

# 青海湖

## 流域生态环境保护与修复

《青海湖流域生态环境保护与修复》编辑委员会

青海人民出版社

责任编辑 陈孝全

封面设计 苟新京

岳瑞华



ISBN 978-7-225-03118-7



9 787225 031187 >

定价: 78.00元



青海省科学技术著作出版经费资助出版

# 青海湖流域生态环境保护与修复

《青海湖流域生态环境保护与修复》编辑委员会

青海人民出版社

2008·西宁

图书在版编目(CIP)数据

青海湖流域生态环境保护与修复/陈桂琛主编. —西宁:  
青海人民出版社, 2007. 12  
ISBN 978 - 7 - 225 - 03118 - 7

I. 青… II. 陈… III. ①青海湖—流域—生态环境—环  
境保护 ②青海湖—流域—生态环境—环境污染—污染防  
治 IV. X321. 244

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 204135 号

青海湖流域生态环境保护与修复

QINGHAIHU LIUYU SHENGTAI HUANJING BAOHU YU XIUFU

《青海湖流域生态环境保护与修复》编辑委员会

出 版 青海人民出版社 (西宁市同仁路 10 号)  
发 行 : 邮政编码 810001 总编室 (0971) 6143426  
发行部 (0971) 6143516 6123221  
经 销: 新华书店  
印 刷: 青海西宁印刷厂  
开 本: 787mm × 1092mm 1/16  
印 张: 22.25  
字 数: 510 千  
插 页: 22  
版 次: 2008 年 6 月第 1 版  
印 次: 2008 年 6 月第 1 次印刷  
印 数: 1 - 2 500 册  
书 号: ISBN 978 - 7 - 225 - 03118 - 7  
定 价: 78.00 元

版权所有 翻印必究

(书中如有缺页、错页及倒装请与工厂联系)



# 《青海湖流域生态环境保护与修复》

## 编 辑 委 员 会

主 任 曹文虎

副主任 解 源 班 果 高延林

委 员 (以姓氏笔画为序)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 马玉寿 | 王亚军 | 叶润蓉 | 司文轩 | 朱同林 |
| 何秉儒 | 张登山 | 张德海 | 李来兴 | 杨俊岭 |
| 杨贵林 | 汪青春 | 辛有俊 | 陈孝全 | 陈桂琛 |
| 周国英 | 苟新京 | 范楚林 | 班 果 | 高延林 |
| 常 祺 | 曹文虎 | 彭 敏 | 董全民 | 解 源 |

主 编 陈桂琛 陈孝全 苟新京

撰稿者 (以姓氏笔画为序)

|     |      |     |     |     |
|-----|------|-----|-----|-----|
| 丁文超 | 丁忠兵  | 马文林 | 马玉寿 | 马有义 |
| 王 勇 | 王定晖  | 冯廷花 | 卢学峰 | 叶润蓉 |
| 司文轩 | 孙 菁  | 孙饶斌 | 朱 华 | 应百才 |
| 张 卫 | 张贺全  | 张晓峰 | 张艳得 | 张登山 |
| 张德海 | 时兴合  | 李仑格 | 李玉军 | 李来兴 |
| 杨 毅 | 杨秀丽  | 杨贵林 | 汪青春 | 辛有俊 |
| 陆文正 | 陈孝全  | 陈桂琛 | 周国英 | 武春青 |
| 苟新京 | 范年华  | 范楚林 | 侯秀敏 | 段彦敏 |
| 赵以莲 | 容旭祥  | 徐文华 | 高元洪 | 高起兄 |
| 常 祺 | 黄志伟  | 彭 敏 | 温国安 | 葛劲松 |
| 董全民 | 谢孺卓玛 | 窦国林 |     | 颜亮东 |
| 燕华云 |      |     |     |     |

制 图 王 苑 王 宝 王 青 郭新萍 (审核)

## 序

青青的山，蓝蓝的海。西部歌王王洛宾先生的一曲悠扬的《在那遥远的地方》把游人带回到了青海湖畔的金银滩草原。“青海湖，璀璨跳跃的蓝珍珠，图腾般显现在眼前。立刻，天地融为一派普天的美妙，一幅涌荡的生命图”（《天界》，裴林）。青海湖以她自然景观的震撼之美、民族文化的神秘之美、人与自然的和谐之美敞开了她博大的胸怀拥抱来自五湖四海的客人，她以迷人的景色回报着来观光的世界五大洲的朋友。

古人佚名氏在距今1 000年前就曾描绘了青海湖流域秋日的壮丽景象：“山河远近多穹帐，戎俗迢观少物华。六月尚闻飞雪片，三春岂见有烟花。凌晨倏闪奔雷电，薄暮斯须敛霁霞。傍对崇山形屹屹，前临巨壑势呀呀”。清代诗人杨揆在《青海道中》曰：“飞沙怒盘旋，迎面骤如雹。时当泽腹坚，海水亘且涸。层冰摇光晶，黯惨一片绿。或闻大声发，冻折千丈玉。中流起危峰，势可俯高岳。将倾未倾云，欲飞不飞瀑。云是太古雪，压叠如皴瘃。出没罔象形，吐纳蛟蜃毒。西荒此巨浸，洪流所渚蓄。卑禾百战地，秦汉尚遗镞。”描绘了青海湖冬日的景色。19世纪后半叶（1872年）俄国著名探险家普尔热瓦夫斯基（Н. М. Пржеварский）曾率队考察青海湖流域，在其撰写的《荒原的召唤》中说：“我一生的梦想实现了，朝思暮想的考察目的地终于到了。……我们站在这伟大的湖泊的岸边，欣赏着它那神奇的、湛蓝的湖水，欣喜若狂”。20世纪初叶（1907年）普氏学生、俄国探险家科兹洛夫（Д. К. Кознов）在他撰写的《死城之旅》中这样描述了青海湖的美丽景色：“它无与伦比的蓝光、它的咸涩、它的深度及高高掀起的风浪的巨大响声皆给人大海的印象，而不是湖泊”。普氏和科氏一行前后对青海湖流域的水文、气候、地理、动植物、人类文明状况及神话传说等进行考察的同时，他们还指出了青海湖水位下降及湖水面积逐渐萎缩的缘由是：“夏天时，青海湖广阔水域的蒸发损失得不到补充”，一语道破了青海湖水

位下降的真实原因。

1937年,我国地质学家孙健初到青海湖考察,并在1938年《地质评论》(第3卷)上发表《青海湖》一文,记述了湖区地貌、地层及其成因,指出青海湖是地层断陷诸水汇归而形成的。

光阴荏苒,物换星移。近几十年来,由于气候变化和人类活动两大因素的综合影响,青海湖流域已出现了青海湖水位逐年下降、湖区土地沙漠化日趋扩大、草地植被不同程度退化、青海湖裸鲤资源锐减、野生动物及鸟类栖息环境恶化等一系列的生态环境问题。昔日,普氏们观测到的青海湖最大水深达37.5m,湖水面积为4 800km<sup>2</sup>;而目前实测的青海湖水最深处为26m,湖水面积下降至4 264km<sup>2</sup>。可遗憾的是,当年那里成群藏羚羊在湖周草地上自由自在地采食,流域草原上奔跑着三五成群的野驴的自然景象早已不复存在。

为了落实科学发展观,抓住国家西部大开发的有利时机,本书编委会组织编撰了《青海湖流域生态环境保护与修复》一书。其主要特点:一是本书全面而系统地总结吸收前人对青海湖流域的科学考察成果,并参阅大量国内外最新科研资料,试图在科学性、学术性、前瞻性和实用性上有所突破和创新;二是将基础理论研究和应用研究有机结合,在内容上侧重实用,力求直接为青海湖流域的生态保护与综合治理提供科学依据和技术支撑;三是该书体例合理、资料翔实、数据可信、图文并茂,具有较强的可读性。与目前国内同类书籍相比较,它仍是一部不可多得的青海湖流域生态保护学科中的重要学术专著。

最后,我想用青海作家裴林女士的一段散文(《落笔青海湖》)来权且作为本文的结束语:“青海湖的美妙神奇,绝非我的笔所能够描述和解释清楚。远方的朋友,你来吧,来看看青海湖,来拥抱青海湖,来做一场青海湖的梦吧。这梦是扯不醒的,连同那永久的谜,将伴你满满地离去,无论你走到哪里,这梦,这谜,都会在你的心间重新织起、织浓、织成一幅不泯的蓝图”。

陈孝全

2008年3月



## 前 言

富饶、美丽的青海湖流域地处青藏高原东北部，神奇、浩瀚的青海湖是我国内陆面积最大的咸水湖。她像一块晶莹的蓝宝石镶嵌在青海高原上。她既有古人梦寐以求的王母瑶池、昆仑仙境，又有秀丽的湖光山色、肥沃的湖滨草原、动人的神话传说而称著于世。青海湖流域作为青藏高原的重要组成部分，而属于全球气候变化的敏感区和生态系统典型脆弱区，因其独特的地理位置及自然环境特点，一直为世人所瞩目。

青海湖流域自然环境奇异，地理景观多样，生态类型独特。它不仅是亚洲特有珍稀鸟禽繁殖栖息的重要地方，也是极度濒危的野生动物普氏原羚的惟一栖息地和生物多样性汇集的重要场所。据调查统计，青海湖流域有种子植物 52 科，174 属，445 种（其中裸子植物 3 属 6 种）；哺乳类 41 种，两栖类 2 种，爬行类 3 种（其中青藏高原特有种类 10 种）；鸟类 189 种（种群数量在  $30 \times 10^4$  只以上）。青海湖中有藻类 53 种（硅藻 22 种，绿藻 18 种，蓝藻 10 种，裸藻、黄藻和甲藻各 1 种），鱼类 8 种。在野生动物中，有国家 I 级保护动物 8 种，II 级保护动物 29 种，属于《濒危野生动植物种国际贸易公约》的有 38 种。1992 年青海湖被列入国际重要湿地名录，是拉姆萨尔湿地保护公约中著名的湿地保护区；1997 年经国务院批准为国家级自然保护区，名列我国八大鸟类自然保护区之首；2005 年 10 月被《中国国家地理》杂志评为“中国最美的五大湖泊”之首；2006 年被国家建设部列入国家自然遗产名录；2007 年初又被国家旅游局评为 4A 级旅游风景区，同年 12 月 7 日在 2007 博鳌国际旅游论坛上，青海湖景区被授予“国家旅游名片”称号。

中华人民共和国成立后，党和政府在青海湖地区实行了一系列扶持和发

展畜牧业、发展地方经济的政策,极大地促进了经济发展和社会繁荣,改善了农牧民的生产生活条件。但是,近几十年来,由于气候变化和人类活动的综合影响,青海湖流域已出现了青海湖水位逐年下降、土地沙漠化趋势加剧、草场植被破坏日益严重、渔业资源锐减、野生动物和鸟类栖息环境恶化等一系列的生态环境问题。

青海湖流域生态环境恶化的严峻态势,已引起党中央和国务院、中共青海省委和省政府,以及社会各界人士的高度关注。近年来,青海省人民政府将青海湖流域的生态治理列为全省生态建设的重点区域之一,实行封湖育鱼、退耕还林还草、水土保持、草场围栏、天然林资源保护、天然草地恢复与建设等生态综合治理,并取得了一定的进展,但是受资金投入和科技支撑等因素的限制,还没有从根本上扭转生态环境恶化的趋势。2005年8月上旬,由全国人大常委会副委员长、民盟中央主席丁石孙和全国政协副主席、民盟中央常务副主席张梅颖,率领国家有关部门的专家对青海湖流域进行了考察。在此基础上,向中央提交了《关于加强青海湖及其流域生态保护与治理的建议》的报告,温家宝总理对信函作了重要批示:“青海湖及其流域生态环境保护 and 综合治理应列入议事日程”,并要求国家“发改委会同有关部门及青海省研究,提出意见”。党和国家领导人心系青海湖,支持搞好青海湖流域的生态保护建设,是推动和促进青海湖流域生态保护和综合治理的强大动力。同年9月19日国家发展和改革委员会在北京召开了“青海湖及其流域生态环境保护与综合治理”座谈会,为我们全面保护和治理青海湖流域的生态环境理清了思路,提出了目标,指明了方向。

2007年12月,国家发展和改革委员会批复了《青海湖流域生态环境保护与综合治理规划》,规划投资15.67亿元。规划期10年,分两个阶段实施,前五年为第一阶段,以恢复和建设为主;后五年为建设阶段,以继续建设和巩固建设成果为主。规划的建设内容分为5个工程类别,22个专项。2008年5月26日正式启动,到2017年完成,这标志着继实施《青海三江源自然保护区生态环境保护 and 建设总体规划》之后,青海省又一项生态环境保护 and 建设的重点工程正式进入实施阶段。

青海湖流域是青海省生态环境保护 and 建设的重点区域之一。这是因为:青海湖是世界著名的湿地自然保护区,高原生物的多样性、代表性和特有性是其其他湿地所无法比拟的;青海湖是维系青藏高原东北部生态安全的重要水

体,是阻挡西部沙漠化向东延伸的天然屏障,是保护青海省经济社会最为发达的河湟谷地生态安全的最后一道天然屏障;青海湖是高原高寒干旱地区重要的水汽源,是环青海湖地区的气候调节器;青海湖又是高原特色资源青海湖裸鲤的惟一水体和濒危珍稀野生动物普氏原羚的最后分布区主要栖息场所,同时该流域还是青海省现代畜牧业建设的示范基地,是少数民族聚居区经济社会可持续发展的依托,是保证该地区社会安定和民族团结的重要因素之一。因此,加快对青海湖流域生态保护和综合治理具有十分重要的现实意义和深刻的历史意义。

青海湖流域生态环境保护和综合治理,是一项长期、艰巨、复杂的系统工程,涉及到气候学、自然地理学、地球物理学、地球化学、地质学、水文学、生物学、生态学、农学、畜牧学、草原学等多学科、多领域。既有基础理论研究,又有应用科学的课题;既有自然科学,又有社会科学和人文学科的领域。因此,实施流域生态环境保护和修复需要多学科的知识创新和技术创新成果的支持和保障。必须认真贯彻落实党中央、国务院的各项方针政策,以生态文明理念和保护生物多样性为根本,紧紧围绕青海湖水位下降、湖区土地沙漠化、生物多样性受到严重威胁为重点,以科学发展观和可持续发展理论为指导,充分利用大自然的自我修复能力,运用生物、工程、行政法律等综合手段,采用保护、恢复、治理、建设相结合的多种措施,促使青海湖流域的草地生态系统和湿地生态系统等典型生态类型步入良性循环的轨道。在流域生态保护和综合治理的同时,大力改善农牧民生产生活条件,用政策和典型示范引导农牧民调整和优化产业结构,积极发展后续产业,加快脱贫致富奔小康的步伐,将生态环境保护和建设与社会主义新农村、新牧区建设有机地结合起来,以实现生态、经济与社会的协调发展为目标,大力促进青海湖流域生态环境保护和经济社会和谐发展。

为了给青海湖流域生态环境保护和综合治理提供科学依据和技术支撑,由青海人民出版社科技编辑部原主任、编审陈孝全,中国科学院西北高原生物研究所副所长、研究员陈桂琛和青海省农业资源区划办公室原主任、高级农艺师苟新京共同策划了《青海湖流域生态环境保护与修复》选题,草拟编写提纲,确定编写思路、原则及撰稿要求等事项;邀请各专业研究领域的老、中、青年学者撰写稿件,然后由陈孝全、陈桂琛和苟新京对书稿进行统编;最后,经本书编委会审定出版。

本书共分 10 章。在吸纳各学科多年研究成果的基础上,全面而系统地介绍了青海湖流域的基本情况、自然地理、资源特征、生态环境现状与环境特点;用科学发展观和人与自然和谐共处的理念,分析和探讨青海湖流域的生态保护与修复方略,其目的就是为青海湖流域生态保护和修复工程提供基础资料和重要思路。内容丰富,资料翔实,图文并茂,并配有 140 余幅彩色照片。书末还附有青海湖流域行政区划图、青海湖流域水系分布图和青海湖流域卫星影像图。

本书在编辑出版过程中,得到了青海省发展和改革委员会、中国科学院西北高原生物研究所、青海省科技厅、省农牧厅、省水利厅、省测绘局、省环保局、省林业局、省气候中心、省工程咨询中心和青海人民出版社等单位在资料、文献、图片及出版经费等方面给予的大力支持和帮助,同时亦得到了国家科技支撑计划项目“青海湖流域生态和环境治理技术集成与试验示范”资助。在此一并表示谢忱。

编 者

2007 年 10 月



## 目 录

## 序

## 前言

|                             |       |
|-----------------------------|-------|
| 第一章 绪论 .....                | (1)   |
| 一、基本概况 .....                | (1)   |
| 二、历史沿革 .....                | (2)   |
| 三、行政区划 .....                | (6)   |
| 四、经济社会发展状况 .....            | (8)   |
| 第二章 流域自然地理 .....            | (14)  |
| 一、地质构造基础 .....              | (14)  |
| 二、地形地貌特征 .....              | (18)  |
| 三、青海湖区的形成与演化 .....          | (19)  |
| 四、流域生态环境自然演变 .....          | (21)  |
| 五、流域科学考察研究概况 .....          | (32)  |
| 第三章 流域自然资源 .....            | (38)  |
| 一、气候及其主要特征 .....            | (38)  |
| 二、土地资源 .....                | (52)  |
| 三、水文与水资源 .....              | (62)  |
| 四、植被与植物资源 .....             | (76)  |
| 五、野生动物资源 .....              | (88)  |
| 六、水生生物资源 .....              | (95)  |
| 七、农作物与畜禽品种 .....            | (101) |
| 八、能源 .....                  | (107) |
| 九、矿产资源 .....                | (110) |
| 十、生态旅游资源 .....              | (113) |
| 第四章 流域生态系统特征与生态环境质量评价 ..... | (124) |
| 一、典型生态系统及其特征 .....          | (124) |
| 二、气候变化及人类活动对流域生态环境的影响 ..... | (127) |
| 三、生态环境的主要问题及其成因分析 .....     | (142) |
| 四、生态环境质量评价 .....            | (150) |
| 第五章 流域生态保护与综合治理规划概要 .....   | (159) |
| 一、总体思路和指导思想与基本原则 .....      | (159) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 二、生态保护分区与技术路线 .....       | (161) |
| 三、生态保护治理内容与规模 .....       | (165) |
| 四、生态保护与修复效益分析 .....       | (167) |
| 第六章 流域生态保护与修复 .....       | (172) |
| 一、天然植被保护与恢复 .....         | (172) |
| 二、退化草地修复与治理 .....         | (181) |
| 三、土地沙漠化防治 .....           | (185) |
| 四、水土保持 .....              | (202) |
| 五、生态林建设 .....             | (208) |
| 六、退耕还草 .....              | (213) |
| 七、草地有害生物综合治理 .....        | (216) |
| 第七章 流域湿地保护与综合治理 .....     | (233) |
| 一、湿地保护与修复 .....           | (233) |
| 二、青海湖裸鲤保护与种群恢复 .....      | (247) |
| 三、湿地鸟类及栖息地保护 .....        | (253) |
| 四、流域环境保护与污染治理 .....       | (260) |
| 第八章 珍稀物种保护与自然保护区建设 .....  | (270) |
| 一、普氏原羚保护及种群恢复 .....       | (270) |
| 二、青海湖自然保护区的管理与建设 .....    | (277) |
| 第九章 生态旅游与农村牧区基础设施建设 ..... | (284) |
| 一、生态旅游与环境保护 .....         | (284) |
| 二、生态畜牧业建设 .....           | (288) |
| 三、饮水安全工程 .....            | (303) |
| 四、小城镇建设 .....             | (307) |
| 五、能源建设 .....              | (312) |
| 第十章 生态监测与科技支撑 .....       | (317) |
| 一、生态监测 .....              | (317) |
| 二、科研项目与技术推广 .....         | (320) |
| 三、人工增雨体系建设 .....          | (324) |
| 参考文献 .....                | (332) |
| 附录 青海湖流域生态环境保护条例 .....    | (338) |

# 第一章 绪 论

神奇、浩瀚的青海湖是一颗镶嵌在青藏高原上的璀璨的明珠。这里雁飞鸟鸣，波光粼粼，景观旖旎，她的博大、神圣、深邃，以及那些脍炙人口、经久不衰的动人神话传说和瓦蓝般的天水一色，令人陶醉、令人赞美、令人遐想、令人流连忘返。

今天，青海湖终于掀开了她神秘的盖头，正在走近中国走向世界，展示着她那婀娜多姿的迷人风采和悠久的民族文化。

## 一、基本情况

### （一）青海湖流域的范围

青海湖流域地处青藏高原东北部，既是连接青海省东部、西部和青南地区的枢纽地带，又是通达甘肃省河西走廊、西藏自治区、新疆维吾尔自治区的主要通道。

青海湖流域亦称青海湖盆地。其四周分界线为：东至日月山脊与西宁市所属湟源县相连；西临敖仓诺尔、阿木尼尼库山与柴达木盆地、哈拉湖盆地相接；北至大通山山脊与大通河流域分界；南至青海南山山脊与茶卡—共和盆地分界。地理位置介于北纬 $36^{\circ}15' \sim 38^{\circ}20'$ ，东经 $97^{\circ}50' \sim 101^{\circ}20'$ 之间，土地总面积 $29\,661\text{km}^2$ （表1-1-1）。

表 1-1-1 青海湖流域（刚察、海晏、天峻、共和县）面积（单位： $\text{km}^2$ ）

| 县 名 | 流域面积   | 陆地面积     | 青海湖面积   |
|-----|--------|----------|---------|
| 合 计 | 29 661 | 25 397.0 | 4 264.0 |
| 刚 察 | 7 775  | 6 248.8  | 1 526.2 |
| 海 晏 | 2 178  | 1 578.4  | 599.6   |
| 天 峻 | 13 535 | 13 535.0 |         |
| 共 和 | 6 173  | 4 034.8  | 2 138.2 |

注：青海湖面积采用 2005 年气象卫星资料数据确定。

青海湖流域在行政区划上分别隶属于海北藏族自治州（以下简称海北州）的刚察县和海晏县，海西蒙古族藏族自治州（以下简称海西州）的天峻县，海南藏族自治州（以下简称海南州）的共和县，其范围涉及 3 州，4 县，25 个乡（镇）。在刚察、天峻、海晏三个县中有部分乡村及其管辖的范围不在青海湖流域之内，包括疏勒河、大通河与湟水流域的上段；共和县列入青海湖流域的只有 5 个乡（镇），而青海南山以南的 7 个乡（镇）不属于青海湖流域范围。此外，在流域范围内的还有 5 个省、州、县属国有

农牧场,包括青海省农牧厅管辖的三角城种羊场(刚察县境内),三江集团公司管理的湖东种羊场和铁卜加草原改良试验站(共和县境内),海北州管辖的青海湖农场(刚察县境内),以及刚察县属黄玉农场(表1-1-2)。

表1-1-2 青海湖流域行政区划(单位:个)

| 县名 | 流域内乡(镇)数 | 流域内乡(镇)名称                       | 流域内省、州属农牧场       | 行政村 |     |     |
|----|----------|---------------------------------|------------------|-----|-----|-----|
|    |          |                                 |                  | 合计  | 流域内 | 跨流域 |
| 合计 | 25       |                                 |                  | 130 | 60  | 70  |
| 刚察 | 5        | 沙柳河、哈尔盖、泉吉、伊克乌兰、吉尔孟             | 青海湖农场、三角城种羊场     | 31  | 5   | 26  |
| 海晏 | 5        | 青海湖、托勒、甘子河、金滩、三角城               |                  | 15  | 2   | 13  |
| 天峻 | 10       | 新源、龙门、舟群、江河、织合玛、快尔玛、生格、阳康、木里、苏里 |                  | 57  | 43  | 14  |
| 共和 | 5        | 倒淌河、江西沟、黑马河、石乃亥、英德尔             | 湖东种羊场、铁卜加草原改良试验站 | 27  | 10  | 17  |

注:刚察县境内含县属黄玉农场;资料由青海省水文水资源勘测局提供。

## (二) 青海湖——我国最大的咸水湖

青海湖是我国最大的湖泊之一,青海省因青海湖而得名。它是我国面积最大的高原内陆咸水湖而闻名于世。其地理位置为北纬 $36^{\circ}32'$ ~ $37^{\circ}15'$ ,东经 $99^{\circ}36'$ ~ $100^{\circ}46'$ 之间。湖水面积 $4\,264\text{km}^2$ ,湖水容量 $743\times 10^8\text{m}^3$ 。

青海湖湖面东西最长 $106\text{km}$ ,南北最宽 $63\text{km}$ ,周长约 $360\text{km}$ 。湖面海拔 $3\,194\text{m}$ 。湖水最深处 $26\text{m}$ ,平均深度 $16\text{m}$ 。湖中含氧量极低,浮游生物十分稀少,矿化度 $12.32\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,含盐量 $14.13\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,透明度在 $3\text{m}$ 以下。每年进入湖泊的总径流量为 $27.46\times 10^8\text{m}^3$ (其中,地表径流量 $14.43\times 10^8\text{m}^3$ ,地下径流量 $13.03\times 10^8\text{m}^3$ )。由于入湖水量入不敷出,导致湖面水位下降幅度增大,资料显示在 $1955\sim 1985$ 年的30年间湖水平均每年下降 $10\text{cm}$ 。

青海湖流域整体轮廓呈椭圆形,自西北向东南倾斜,是一个封闭的内陆盆地,其水体形状很像一只“翱翔的雄鹰”。四周山峦起伏,河流纵横。北部为大通山,东部日月山是青海省农业区与牧业区的分水岭,西部高原丘陵带与柴达木盆地相接,周围山峰多在海拔 $4\,000\text{m}$ 以上,最高处为西北部海拔 $5\,291\text{m}$ 的岗格尔肖合力山。从相对高度 $2\,000\text{m}$ 左右的山岭到湖面之间,环带状发育着宽窄不一的侵蚀构造地貌、堆积地貌和风积地貌。

## 二、历史沿革

青海湖在西汉时称西海、仙海、鲜水海、卑禾羌海,到北魏时才始称青海,到清代

加了个“湖”字。1949年后统称青海湖。历史上之所以称青海湖为仙海和鲜水海,与西王母神话有关。据《汉书·地理志》载:“金城郡‘临羌县西北至塞外,有西王母石室、仙海、盐池’”;另据《十三州志》沿袭汉书的记载:“青海在临羌县,有西王母石室,仙海、盐池”。史学界一般认为“仙海”就是青海湖,天峻县关角沟的二郎洞乃传说中的西王母石室。此外,青海湖亦被称为“卑禾羌海”是因为青海湖流域早先曾是卑禾羌人的牧地,故以其命名。羌人究竟如何称青海湖实难考证,但蒙古语称青海湖为“库库诺尔”,意为“蓝色的海”,是以湖水颜色来命名的;而藏语则称青海湖为“措温波”,其意是“青色的湖”。值得一提的是青海湖还有一个古老的藏语名字叫“赤薛甲姆”,藏族学者解释说,因湖周有过1万顶帐幕或者有万座帐幕被海水吞没而得名。“甲姆”藏语意为“王母”,将两词连起来可译为“万帐王母”,汉语称西王母。传说西王母和周穆王相会的瑶池应当就是今日的青海湖。

### (一) 中华人民共和国成立以前

青海湖地区建置始于汉代。汉宣帝神爵元年至二年(公元前61年~前60年),西汉军队进击湟水流域的先零羌等部落,部队曾西进到青海湖附近。据《前汉书·赵充国传》卷六十九记载:“修建湟峡以西道桥70余处,令可至鲜水左右”。汉平帝元始四年(公元4年),王莽在今海晏县三角城设西海郡,筑5县(即海晏县三角城、尕斯库勒古城、刚察县北向阳古城、共和县草多隆古城、兴海县支东加拉古城)。《西羌传》亦云:“初开以为郡,筑五县,边海燧亭相望。”西海郡的设置,使汉朝行政管辖范围扩大到青海湖地区。王莽居摄元年(公元6年),羌人首领庞恬、傅幡等不满王莽夺地设郡,并兴兵围攻西海郡,太守程永弃城潜逃,被王莽处死。于翌年春天派护羌校尉率兵击败羌人,恢复西海郡。新莽地皇四年(公元23年)王莽政权崩溃,西海郡随之废弃。

东汉初年,居住在黄河北岸的烧当羌首领联合附近小部落击败先零羌河卑、湍羌后,逐渐强盛,青海湖地区亦归属其势力范围,一直到和帝永元十三年(公元101年),汉军举兵平定烧当羌。次年,东汉陇西相曹凤向汉和帝奏称:烧当羌居地,土地肥美,饶于田畜,地形险固,又有西海渔盐之利,所以强盛,每胁诱众羌为乱。值此迷唐失败远走,宜及时恢复西海郡县,隔断胡羌交关之路……国家可无西方之忧。和帝即任命曹凤为金城西部都尉,治龙耆(即王莽时代之西海郡治)。安帝永初元年(公元107年),东西两部羌人大败汉军,青海地区完全处于羌人控制之下。后经持续12年之久的战乱,最后仍以羌人失败而告终。

东晋隆安元年(公元397年),鲜卑秃发乌孤进入湟水流域,建立南凉国。与此同时,臣服于南凉的鲜卑乙弗部落由甘肃迁徙到青海湖地区。元兴元年(公元402年)秃发傉檀袭位,称凉王,迁都乐都城,次年进占姑臧作为国都,统治地区东起兰州,西到青海湖。东晋义熙十年(公元414年)秃发傉檀率兵西进青海湖,掠夺乙弗部落牲畜 $40 \times 10^4$ 头只。居今临夏地区的鲜卑乞伏炽磐建立的西秦王国乘机攻占乐都,秃发傉檀降,青海湖的乙弗部落从此臣服于西秦。东晋安帝义熙十三年(公元417年)北凉势力渐入青海湖地区,但迫于西秦的压力,不久即回师河西走廊。

西魏大统元年(公元535年),吐谷浑王夸吕建立政权,在青海湖西 $7.5\text{km}^2$ 处建



伏俟城（今共和县石乃亥乡铁卜加村），后于公元540年建都于此。从此，青海湖流域完全置于吐谷浑统治之下。北周建德五年（公元576年），北周太子宇文贇进攻吐谷浑，曾一度到达伏俟城，但随后又退出。吐谷浑派遣使者向北周纳贡，以后双方时战时和，一直持续到隋朝初年。

隋大业五年（公元609年）四月，隋炀帝亲自统兵征讨吐谷浑，不久便击败吐谷浑，并以伏俟城为治，设置西海郡。大业十三年（公元617年）隋朝濒于覆灭，吐谷浑又率部重新回到青海湖。

唐朝，吐谷浑为其属国。唐贞观十年（公元636年），吐蕃北渡黄河，进入青海湖南部地区。吐谷浑首领诺曷钵被迫走避青海湖北。贞观二十三年（公元649年）唐高宗继位，册封诺曷钵为驸马都尉。唐咸亨元年（公元670年），吐蕃占领了吐谷浑王国地盘，青海湖地区旋即置于吐蕃政权统治之下，而唐朝势力渐退到日月山以东。唐开元十九年（公元731年），吐蕃遣使者向唐提出划分疆界，唐玄宗乃以赤岭（今湟源县日月山）为界，表以大碑，刻约其上。开元二十一年（公元733年），金城公主请立碑于赤岭，以分唐朝与吐蕃之境。唐天宝七年（公元748年），唐右武卫员外将军、陇右节度副使哥舒翰在青海湖北设神威军，又筑城于青海湖龙驹岛上，谓之应龙城，但次年复被吐蕃占据。唐会昌二年（公元842年），吐蕃中央王朝崩溃，整个青藏高原被吐蕃属部割据，出现了大小不一、各自为政、互不辖属的部落。

宋建隆元年（公元960年），为牵制西夏，宋朝对甘青一带的吐蕃部落采取笼络手段。宋仁宗天圣十年（公元1032年），青海东部出现了河湟吐蕃唃廝囉地方政权，青海湖大部归属唃廝囉，并臣服于宋朝。11世纪中后期，宋朝设置专管茶马交易的机构“提举茶盐司”等，通过“以茶博马法”获得大批良马，并以此控制藏族各部落。总之，在元朝以前，历代王朝对青海西部牧区多以“属部”视之。

元朝，则将青海地区变“边郡”为“内郡”，与内地一样，具皆赋役之。1229~1241年，蒙古窝阔台汗在位时，其次子阔端负责统领藏区，包括青海湖在内的整个藏区成为阔端的辖区，一直延续到忽必烈称帝时。蒙古先后在各藏区成立若干宣慰司、宣抚司和安抚司等地方行政机构。嗣后，于河州设置吐蕃等处宣慰使司都元帅府，辖青海湖（今海东及玉树地区除外）等地的藏区。蒙古中统五年（1264年），设释教总制院直接管辖藏族地区，行政令于原吐蕃控制之地，一切军政、民政、财政悉归其管。

明太祖洪武三年（1370年），明征西将军邓愈攻占河州，元朝吐蕃宣慰使等官吏相继归顺明朝，明朝统治势力开始到达青海地区，采取安抚政策，数度招抚青海蒙古族和藏族（明朝称为西番）。洪武八年（1375年），明朝应卜烟帖木儿的请求，在撒里畏兀儿（今海北州境内）设安定、阿端二卫，原元朝曲先答林元帅府首领入贡，明朝颁旨设曲先卫。洪武三十年（1397年），罕东部首领南吉入贡，明朝又设置罕东卫。以上所设四卫，称之为“塞外四卫”，罕东卫卫治中心在今青海湖北部的刚察一带。据《天下郡国利病书》云：“罕东卫西北去卫（即西宁卫）三百里”。

明孝宗弘治元年（1488年），设西宁道兵备官，直接统治青海蒙古族和藏族各部。明正德五年（1510年），东蒙古两个较大的封建领主亦卜剌与满都赉阿固勒呼（明史称阿尔秃斯）率众占据青海湖地区，原驻本地的游牧藏族一部分被迫迁走他乡，留下的

亦受亦卜剌的控制,归其麾下。明正德九年(1514年),明朝派三边总制彭泽统兵向青海湖地区进击,亦卜剌和阿尔秃斯率众渡黄河,经河州,入四川北部,转辗到达西藏地区。不久,彭泽回师内地,亦卜剌部又复返青海湖地区。同年鞑靼蒙古族小王子的另一部属卜儿孩因内部纠纷迁到青海湖地区,并经常发兵攻掠明朝边地。在此后的十几年里,明朝为防止蒙古族和藏族联合起来对付朝廷,对藏族采取以抚为主的政策,遂使甘青边塞的局势日趋稳定。

明嘉靖十二年(1533年),占据河套的蒙古吉囊一度率众入青海境内突击亦卜剌部,亦卜剌失去了大部分属众,只剩下卜儿孩一支只能敛众自保。嘉靖二十年(1541年),卜儿孩向明朝入贡,青海湖地区又成为明朝属地。嘉靖二十八年(1549年),居住在蒙古的阿勒坦(明史称俺答)部进入青海湖地区,逐走了卜儿孩,留其子丙兔驻守,并时常威胁西宁地区的安全。一直到明隆庆四年(1570年)才接受明朝的召抚。明崇祯九年(1636年),原居住在天山南麓的固始汗(成吉思汗之弟哈布图哈萨尔第19代孙)与准噶尔部巴图尔珲台吉率领部众到达青海湖畔(今刚察县境内),以后又进军西康。崇祯十五年(1642年),固始汗统兵进藏,先后征服前、后藏,成为整个藏区的大汗,并在拉萨建立政权,派诸子驻牧青海,将青海辖地分为左右两翼,青海湖北部及布哈河一带属左翼管辖。

清顺治二年(1645年),青海蒙古族和藏族的大部分部落隶属于青海和硕特部。顺治三年,清军进入青海。顺治十年(1653年),清赐固始汗金册、金印。康熙十五年(1676年),清政府遣使察汗托罗亥(青海湖东白城子),招抚青海地区蒙古族各部落。康熙三十年(1691年),左右翼全部归附清王朝。雍正三年(1725年),清朝在青海设立青海办事大臣(也称西宁办事大臣),管理青海蒙古族和藏族地区,青海湖地区尽归其管辖。同年,又将蒙古族划编二十九旗,旗下严格编制与管理,札萨克(旗长)统领所属人口。雍正四年(1726年)在藏族中清查户口并设置千百户,同时划定各自的地界。

民国2年(1913年),北洋政府改青海办事大臣为“青海办事长官”,其组织形式依如清代。民国4年(1915年)改设“青海蒙番宣慰使”,专行管理少数民族民政事务。民国18年(1929年)1月,青海省政府正式成立,青海湖流域除刚察部落隶属省直接管辖外,其余地区分属都兰(民国6年设理事,民国19年设县)、共和(民国18年设县)、海晏(民国29年设治局,民国32年设县)三县管辖。

历史上,青海湖地区曾长期处于民族纷争和地方政权割据的重要地域,也是历代中央王朝在西部边陲中西部的交通要冲,加之这里又是重要的畜牧业生产基地,因此,战略地位十分重要,历来为兵家必争之地。战事频繁发生,湖区亦由此成为中国西部的重要战场。唐代诗人描写青海湖地区的边塞诗,大部分都充满了悲凉和凄楚的意蕴。杜甫的“君不见青海头,古来白骨无人收”的诗句,就是对青海湖地区古战场悲惨景象的真实写照。

## (二) 中华人民共和国成立之后

1949年9月26日,青海省军政委员会在西宁成立。青海湖流域分属湟源县和共和

县。1950年设海晏行政区和刚察行政区。1953年12月21日,设立海南藏族自治州(专区级),将位于青海湖流域的共和县属地区划归其管辖;同年12月31日,设立海北藏族自治州(专区级),位于青海湖流域的海晏行政区和刚察行政区划归其管辖;1954年1月25日,设立海西蒙古族藏族哈萨克族自治区(专区级),将青海湖流域内的天峻县地区划归其管辖。1954年12月31日,上述3个专区级自治区改称自治州,直到现在。至此,青海湖流域始终保持由3州4县管辖的格局。

### 三、行政区划

#### 1. 确定行政区划的依据

青海湖盆地处于青海高原群山环绕之中。北面是巍峨挺拔的大通山,南面是逶迤绵延的青海南山,东面是雄伟壮丽的日月山,西面是峥嵘嵯峨的天峻山。从流域边界上看,北面是大通河流域,东面是湟水谷地,南面是共和盆地,西面是柴达木盆地。青海湖流域地跨海西、海北、海南三州,与西宁市相邻;东北部为海北州的刚察、海晏县,东南部隔日月山与西宁市的湟源县和海南州的贵德县接壤;西部布哈河上游为海西州的天峻县,隔天峻山与海西州的乌兰县、德令哈市相望,南面毗邻海南州的共和县。

根据国家发展和改革委员会2005年9月19日召开的“青海湖及其流域生态环境保护与综合治理座谈会”的会议精神,结合青海湖流域的地理特征,在实地勘察和广泛征求有关部门意见的基础上,界定青海湖流域面积为29 661 km<sup>2</sup>,其中陆地面积25 397 km<sup>2</sup>,湖泊水面面积4 264 km<sup>2</sup>(2005年气象卫星照片判读数据)。范围包括60个完整行政村(其中,海晏县2个,刚察县5个,天峻县43个,共和县10个);跨流域行政村70个(其中,海晏县13个,刚察县26个,天峻县14个,共和县17个)。此外,还包括三角城种羊场、黄玉农场、青海湖农场、铁卜加草原改良试验站和湖东种羊场等5个农牧场。

#### 2. 行政区划简介

(1) 海晏县:位于海北州境东南部,县府驻地三角城,距州府驻地西海镇15 km<sup>2</sup>。现有人口3.3万,以汉族为主,还有藏、蒙古、回等少数民族;辖1镇,6乡,26个行政村。地势由东北向西南倾斜,大部分地区海拔在3 000 m以上;属大陆性气候,干湿分明,冬长夏短。据银滩乡气象资料,多年平均气温-1.1~0.3℃,最冷月(1月)均温-13.6℃,最热月(7月)均温11.8℃。极端最高气温28.1℃,极端最低气温-31.7℃。年降水量401.1 mm,相对湿度61%,多年平均蒸发量1 437 mm。年日照时数2 880.4 h,日照百分率65%。年太阳辐射量6 201 MJ·m<sup>-2</sup>,年紫外线辐射量387 MJ·m<sup>-2</sup>。气压690.1 mb,空气含氧量为海拔0 m的72%。植物生长期56~175 d,无霜期23~43 d。年大风日数30~39 d,多年平均风速3.7 m·s<sup>-1</sup>,最大风速23.3 m·s<sup>-1</sup>,常年主导风为西北风。最大冻结深度1.6 m,历年最大积雪厚度22 cm。

县境内属青海湖流域的主要河流为甘子河。为农牧结合地区,以牧为主,牲畜品种有马、牛、羊等。有白唇鹿(*Cervus albirostris*)、马麝(*Moschus sifanicus*)、岩羊(*Pseudois nayaur*)、旱獭(*Marmota himalayana*)等珍稀野生动物和柴胡(*Bupleurum*

condensatum)、秦艽 (*Gentiana dahurica*)、水母雪莲 (*Saussurea medusa*) 等野生药用植物资源。地跨青海湖与湟水流域 (包括大通河), 东面为湟水, 西面为青海湖流域; 海晏县的青海湖乡、托勒蒙古族自治乡、甘子河乡大部分地域在日月山以西, 属青海湖流域; 金滩乡、三角城镇的几个村在青海湖流域内有放牧草场。

(2) 刚察县: 环湖地区重点牧业县之一, 其地域位于青海湖北岸, 县府驻地在沙柳河乡。现有人口 3.95 万, 藏族占全县总人口的 70% 以上, 其余有汉、蒙古、回、东乡等少数民族。辖沙柳河镇、哈尔盖乡、伊克乌兰乡、泉吉乡、吉尔孟乡, 有 31 个村民委员会。地处祁连山系大通山脉中段, 北部高山绵延, 南部较低缓, 形成由西北向东南倾斜的梯形地势。大通山横贯县境北部, 将全境分割成南北方向的两个区域: 北部为大通河流域, 南部是青海湖水系。境内主要河流有默勒河、克克塞河、江仓河、沙柳河、乌哈阿兰河、布哈河、哈尔盖曲、吉尔孟河。属高原大陆性气候, 干湿分明, 冬长夏短。多年平均气温  $-0.7^{\circ}\text{C}$ , 最冷月 (1 月份) 均温  $-13.7^{\circ}\text{C}$ , 最热月 (7 月份) 均温  $10.6^{\circ}\text{C}$ 。极端最高气温  $25.0^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-31.0^{\circ}\text{C}$ 。年降水量 371mm, 相对湿度 54%, 多年平均蒸发量 1 446.6mm。年日照时数 3 030h, 日照百分率 69%, 年太阳辐射量  $6\,347\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ , 年紫外线辐射量  $396\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ 。牧草生长期 120 ~ 162d, 无霜期 46 ~ 130d。年大风日数 47d, 多年平均风速  $3.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 最大风速  $26.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

主要矿藏有煤、铁、铜、银、铀等。工业有制革、建材、原煤开采等。牲畜品种有藏系绵羊、牦牛、马等。野生动物有白唇鹿、马麝、普氏原羚 (*Procapra przewalskii*)、棕熊 (*Ursus arctos*)、藏狐 (*Vulpes ferrilatus*)、岩羊、旱獭等; 野生药用植物有冬虫夏草 (*Cordyceps sinensis*)、宽叶羌活 (*Notopeterigium forbesii*)、青海黄芪 (*Astragalus tanguticus*)、柴胡等。此外, 青海湖鸟岛上还分布有斑头雁 (*Anser indicus*)、灰雁 (*A. anser*)、大天鹅 (*Cygnus cugnus*) 等各类候鸟 30 余种。

县境内青海湖畔地势平坦, 气候温暖, 水源充足, 土地肥沃, 宜耕、宜牧和发展人工草场。20 世纪五六十年代, 由于大规模垦荒种地, 耕地面积曾一度达到  $2\times 10^4\text{hm}^2$  以上, 成为青海湖流域最大的农耕区。虽然农业经济在特定的年代得到很大发展, 当时解决了全县的粮、油需求, 但是也给畜牧业和生态环境带来了不利影响。一方面耕地扩大, 挤占了已经捉襟见肘的优质冬春草场, 增加了草场的载畜压力; 另一方面, 大量引水灌溉, 造成河水断流、入湖水量减少, 青海湖裸鲤 (*Gymnocypris przewalskii przewalskii*) 洄游搁浅等一系列严重的生态问题。

(3) 天峻县: 海西州管辖县, 现有人口 1.83 万。辖新源镇、舟群乡、江河乡、织合玛乡、快尔玛乡、阳康乡、生格乡、龙门乡、木里乡、苏里乡和尕河乡, 共 1 镇 10 乡, 62 个行政村。县府驻地为新源镇。

天峻县地处青藏高原东北端的祁连山中段南部地区, 山脉呈东南西北走向, 高山纵横, 以山地为主, 高山、中低山、山谷和山间盆地相间分布。布哈河自西北向东南流经县境南部, 疏勒河自东南向西北流经县境北部。属高原寒带气候类型, 其特点是: 春季多风, 夏季清爽, 秋季寒润, 冬季干寒。年平均气温  $-1.5^{\circ}\text{C}$ , 最冷月 (1 月) 均温  $-14.7^{\circ}\text{C}$ , 最热月 (7 月) 均温  $10.3^{\circ}\text{C}$ 。极端最高气温  $25.6^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-35.80^{\circ}\text{C}$ 。年降水量 338mm, 相对湿度 50%, 年蒸发量 1 651.5mm。年日照时数 3 050

h, 日照百分率 68%, 年太阳辐射量  $6\,289\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ , 年紫外线辐射量  $393\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。牧草生长期 98 ~ 185d, 无霜期 23.6d。多年平均风速  $3.8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 最大风速  $24\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 常年主导风为 WNW。最大冻结深度 3m, 历年最大积雪厚度 14cm。

常年主导矿藏有煤、石灰石、硫磺、砷硝、铅、锌等。工业以采矿和畜产品加工业为重点。农业以养殖业为主, 牲畜品种有藏系绵羊、牦牛、马等。名贵野生动物有白唇鹿、马麝、棕熊、雪豹 (*Panthera uncia*)、猞猁 (*Lynx lynx*) 等, 珍禽有淡腹雪鸡 (藏雪鸡 *Tetraogallus tibetanus*)、大天鹅、黑颈鹤 (*Grus nigricollis*) 等, 以及雪莲、冬虫夏草等野生药用植物。

(4) 共和县: 位于青海湖之南, 县政府驻恰卜恰镇。辖 3 镇, 9 乡, 92 个村委会。现有人口 12 万, 有藏、汉、回、土等 23 个民族, 其中藏族占全县总人口的 50% 左右。

地势由西北向东南倾斜, 西北高东南低。青海南山自西向东横贯全境, 将县境分为南北两个部分。北部是青海湖滨倾斜平原, 南部是青海南山与鄂拉山环抱的共和盆地。除分布有黄河外, 县境内还有恰卜恰河、布哈河、沙珠玉河、倒淌河、黑马河等多条河流。属高原大陆性气候, 干旱少雨。据江西沟气象观测资料, 年平均气温  $0.7^{\circ}\text{C}$ , 最冷月 (1 月) 均温  $-12.3^{\circ}\text{C}$ , 最热月 (7 月) 均温  $11.4^{\circ}\text{C}$ 。极端最高气温  $24.4^{\circ}\text{C}$ , 极端最低气温  $-26.7^{\circ}\text{C}$ 。年降水量 423mm, 多年平均蒸发量  $1\,719.9\text{ mm}$ 。年日照时数 3 011 h, 年太阳辐射量  $6\,397\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ , 年紫外线辐射量  $398\text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 。牧草生长期 174 ~ 183d, 无霜期 85.8d。年大风日数 54.4d, 多年平均风速  $2 \sim 3.4\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 最大风速  $29\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 常年主导风向为北风。最大冻土深度 1.33 ~ 1.80m。

矿藏有石灰石、砂金、铅、锌、白云母、铜、铁等。工业主要有电力、制药、制革、纺织、建材等。农业以种植小麦、青稞、豌豆为主。牲畜品种有绵羊、牦牛、马等。此外, 还有一定种类的野生动物与药用植物。

县境内还有省属湖东种羊场、铁卜加草原改良试验站, 均位于青海湖流域内, 面积  $604.3\text{ km}^2$ 。

## 四、经济社会发展状况

### (一) 民族与人口

青海湖流域人口以藏族为主, 其余还有汉族、回族、撒拉族、蒙古族等。其中, 藏族又占全流域少数民族人数的 90% 以上。

#### 1. 民族

(1) 藏族: 周、秦及两汉时期, 青海湖流域是羌人居住的地区 (汉称西羌)。南北朝、隋唐时为吐谷浑、吐蕃所占据, 以后为藏族居住地区。明代, 蒙古族进入青海湖地区, 一直到民国, 青海湖流域为藏族、蒙古族活动和居住区域。

明末, 由于蒙古族各部落进入青海湖地区, 原居住在青海湖流域的大部分藏族迁到黄河以南放牧, 青海湖地区逐渐成为蒙古族的领地。清雍正二年 (1724 年), 清政府平息了蒙古族罗卜藏丹津反清事件后, 将青海蒙古族、藏族部落编入“内番”, 划定蒙古

族与藏族牧地。在藏族中设置千百户，每千家委任千户1员，每百家委任百户1员，不足百户设百长1员。清道光二年（1822年），又重新进行了编制，每300户设千户1员，千户以下设百户、百长等。居住在黄河以南的千卜录、都秀、汪什代海、阿曲乎等藏族部落陆续返回青海湖地区，刚察部落则重返今刚察县。咸丰九年（1859年），清政府派员再次划分部落界地，环湖及黄河以北地区准予刚察等部落居住，编查户口1747户，18420人，至清代后期，形成了“环海八族”。民国23年（1934年），环海八族是刚察族、公洼塔尔代族、都秀族、千卜录族、汪什代海族、阿曲乎族、热安族和阿尔克族。而居住在青海湖流域的则是刚察族、千卜录族、汪什代海族等。

（2）蒙古族：进入青海始于元代，成吉思汗经临洮西渡黄河，攻破积石州（今循化县），占领西宁州，接着又占领了青海湖周围及柴达木东部地区，并在此驻军屯牧。元朝灭亡后，蒙古族撤到长城以北和新疆地区。明正德五年（1510年），居住在内蒙古河套地区的蒙古部落酋长亦卜剌和阿尔秃斯起兵反抗东蒙古达延汗，失败后率部1万余人迁徙到青海湖一带驻牧。明正德九年（1514年），鞑靼蒙古族小王子部属卜儿孩率部迁到青海湖滨。明嘉靖三十八年（1559年），鞑靼蒙古俺答汗率部1万人到青海湖地区，赶走卜儿孩部，由其子丙兔驻守。崇祯九年（1636年），居住在今新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市的西蒙古和硕特部固始汗率部1万人徙居青海湖地区。清康熙十六年（1677年），新疆蒙古族准噶尔部首领噶尔丹发兵击破和硕特各部，迁入环湖地区。清雍正三年（1725年），清王朝将蒙古族各部编为“二十九旗”。每百户编为一佐领，不足百户编半佐领，数个佐领编为一个旗（札萨克），旗长由部落首领（台吉）担任，各部划定地界，各旗之间互不统属。二十九旗中，全部在青海湖流域的旗有和硕特部南左后旗、和硕特部南右后旗和喀尔喀南右旗。

此外，曾在青海湖流域部分地区放牧过的旗，还有和硕特西前旗、北右旗、北前旗、北右末旗、东上旗，以及青海绰罗斯部南右旗头旗、北中旗等。

## 2. 人口

1949年，青海湖流域共有22549人。1953年第一次人口普查，为30301人，年平均自然增长率75‰。1964年第二次人口普查为48122人，与1953年相比净增17821人，增加约58.81%。1982年第三次人口普查，达到76882人，与1964年相比，19年间共增加28760人，年平均自然增长率33‰。到1985年，全流域共有84040人。2004年，青海湖流域总人口数为8.56万。其中，农牧户总数1.38万户，人口7.09万；牧业户1.26万户，人口6.50万。农业户（含半农半牧户）0.12万户，人口0.59万。陆地人口平均密度 $3.4 \text{ 人} \cdot \text{km}^{-2}$ （表1-4-1和表1-4-2）。

表 1-4-1 2004 年青海湖流域农牧业人口与民族比例

| 县名 | 人口<br>合计<br>(万) | 农牧业人口 |            |            |      |           |           |            | 少数民族      |                 |
|----|-----------------|-------|------------|------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
|    |                 | 小计    | 牧户<br>(万户) | 农户<br>(万户) | 小计   | 牧民<br>(万) | 农民<br>(万) | 劳动力<br>(万) | 人口<br>(万) | 占农牧业<br>人口比例(%) |
| 合计 | 8.56            | 1.38  | 1.26       | 0.12       | 7.09 | 6.50      | 0.59      | 3.40       | 6.45      | 90.97           |
| 刚察 | 3.95            | 0.50  | 0.42       | 0.08       | 2.64 | 2.29      | 0.35      | 1.06       | 2.33      | 88.26           |



续表

| 县名 | 人口<br>合计<br>(万) | 农牧业人口 |            |            |      |           |           |            | 少数民族      |                 |
|----|-----------------|-------|------------|------------|------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------------|
|    |                 | 小计    | 牧户<br>(万户) | 农户<br>(万户) | 小计   | 牧民<br>(万) | 农民<br>(万) | 劳动力<br>(万) | 人口<br>(万) | 占农牧业<br>人口比例(%) |
| 海晏 | 0.72            | 0.17  | 0.16       | 0.01       | 0.71 | 0.69      | 0.02      | 0.50       | 0.61      | 85.92           |
| 天峻 | 1.34            | 0.27  | 0.27       |            | 1.34 | 1.34      |           | 0.66       | 1.21      | 90.30           |
| 共和 | 2.55            | 0.44  | 0.41       | 0.03       | 2.40 | 2.18      | 0.22      | 1.18       | 2.30      | 95.83           |

注:在农户及其人口中,有720户,3493人属半农半牧经营户。

表 1-4-2 青海湖流域历年人口状况 (单位:人)

| 年 份  | 刚察县    | 海晏县 (3 乡) | 共和县 (4 乡) | 天峻县    | 合 计    |
|------|--------|-----------|-----------|--------|--------|
| 1949 | 8 529  | 4 159     | 5 640     | 4 221  | 22 549 |
| 1953 | 13 184 | 5 644     | 6 375     | 5 098  | 30 301 |
| 1960 | 31 277 | 2 224     | 14 412    | 5 891  | 53 804 |
| 1964 | 28 986 | 2 065     | 9 736     | 7 335  | 48 122 |
| 1979 | 40 332 | 4 388     | 21 095    | 13 526 | 79 341 |
| 1982 | 40 990 | 5 219     | 18 734    | 11 939 | 76 882 |
| 1985 | 42 632 | 5 875     | 23 032    | 12 501 | 84 040 |
| 2004 | 39 500 | 7 200     | 25 500    | 13 400 | 85 600 |

### (三) 生产力水平

#### 1. 农牧渔业

(1) 农业:青海湖流域在中华人民共和国成立之前基本上没有农耕地,当地居民全部以放牧为生。从20世纪60年代开始,一些省级单位和相关部门陆续来这里开荒种地。随后,一些牧民群众也在一些条件适宜的地域垦荒。除土壤条件较好的地块外,多数耕地长期处于低产水平。随着西部大开发和生态环境治理,从2000年开始,农牧场和农牧民已实施退耕还林(草)工程。截至2005年,在流域范围内已退耕24 320.2hm<sup>2</sup>(占流域耕地面积的57.59%),现有农耕地17 911.8hm<sup>2</sup>(表1-4-3)。

表 1-4-3 青海湖流域耕地面积 (单位:hm<sup>2</sup>)

| 单 位        | 2000 年初耕地 | 已 退 耕 地       |               | 2005 年实有耕地 |
|------------|-----------|---------------|---------------|------------|
|            |           | 2000 ~ 2001 年 | 2002 ~ 2005 年 |            |
| 合 计        | 42 232.0  | 1 087.9       | 23 232.3      | 17 911.8   |
| 共和县        | 13 257.9  | 1 087.9       | 5 806.7       | 6 363.3    |
| 海晏县        | 1 188.3   |               | 411.3         | 777.0      |
| 刚察县        | 8 780.9   |               | 3 133.3       | 5 647.6    |
| 青海湖农场      | 14 110.6  |               | 10 533.3      | 3 577.3    |
| 三角城种羊场     | 2 218.7   |               | 1 666.7       | 552.0      |
| 铁卜加草原改良试验站 | 454.3     |               | 147.7         | 306.6      |
| 湖东种羊场      | 2 221.3   |               | 1 533.3       | 688.0      |

注:2000年初耕地面积为青海省林业局2002年调查统计数。

农作物主要以小麦、青稞、油菜为主,部分地方也种植少量马铃薯、豌豆等。粮食作物(小麦、青稞等)平均单产  $1\,730 \sim 3\,000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,油菜籽平均单产  $1\,100 \sim 1\,500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。2005 年青海湖流域种植业总产值为 2 579.5 万元。

(2) 畜牧业:流域内 2004 年末有各类牲畜  $265.78 \times 10^4$  头只,其中牛  $40.65 \times 10^4$  头,马  $2.94 \times 10^4$  匹,绵羊  $218.72 \times 10^4$  只,山羊  $3.42 \times 10^4$  只,骡、驴 500 头(各类牲畜共折合  $401.88 \times 10^4$  只羊单位)。天然可利用草地现在实际载畜量平均 2.1 只羊单位  $\cdot \text{hm}^{-2}$ (表 1-4-4)。2004 年,青海湖流域各类牲畜数量是 20 世纪 50 年代初期的  $147.35 \times 10^4$  只羊单位的 2.7 倍。

表 1-4-4 青海湖流域内各县现有各类牲畜数量(单位:  $\times 10^4$  头只)

| 县名 | 合计(羊单位) | 绵羊     | 山羊   | 牛     | 马    | 骡    | 驴    | 草地平均载畜(羊单位 $\cdot \text{hm}^{-2}$ ) |
|----|---------|--------|------|-------|------|------|------|-------------------------------------|
| 合计 | 401.88  | 218.72 | 3.42 | 40.65 | 2.94 | 0.02 | 0.03 | 2.1                                 |
| 刚察 | 169.52  | 86.38  |      | 18.52 | 1.51 |      |      | 3.4                                 |
| 海晏 | 37.88   | 26.22  | 0.33 | 2.40  | 0.30 |      |      | 4.0                                 |
| 天峻 | 106.14  | 56.06  | 0.63 | 11.42 | 0.65 |      |      | 1.1                                 |
| 共和 | 88.34   | 50.06  | 2.46 | 8.31  | 0.48 | 0.02 | 0.03 | 2.6                                 |

注:2004 年度刚察、海晏、天峻、共和县流域内畜牧业总产值为 22 736.1 万元。

(3) 渔业:20 世纪 50 年代初期,青海湖裸鲤估测资源量为  $19.9 \times 10^4 \text{ t}$ 。1958 年开始捕捞利用,据不完全统计,至今青海湖裸鲤捕捞量为  $30.8 \times 10^4 \text{ t}$ (不包括偷捕滥捞数量)。其中,1959~1962 年为强度捕捞阶段,捕捞量为  $8.09 \times 10^4 \text{ t}$ ,以后捕捞量逐年下降。60 年代中后期至 70 年代后期,年捕捞量在  $0.4 \times 10^4 \text{ t}$  左右;80 年代后期降至 1 200t 左右;90 年代中后期年产量减至 700t。2000 年青海省人民政府下令全面封湖育鱼,青海湖裸鲤数量得到了初步恢复,但盗捕现象仍时有发生。

## 2. 工业与交通运输

(1) 工业:当今世界,能源是一个国家的重要战略物资,是实现国民经济现代化和改善提高城乡居民生活质量的重要物质基础。青海湖流域至今还没有大型工业设施和现代工业企业。主要矿产资源当属煤炭资源,如热水等煤矿。其余的多为畜产品加工、建材、食品生产等工业项目。

热水煤矿横跨祁连、刚察两县,矿务局设在刚察县境内,距西宁 219km,海拔在 3 800m 以上,地质储量  $3.8 \times 10^8 \text{ t}$ ,煤种有贫煤、瘦煤、不黏结煤,热量  $24\,806.94 \sim 27\,811.05 \text{ kJ}$ ,灰分为 10.9%~19.0%,为优良的民用和工业用煤。该矿区始于 1958 年土法开采。1968 年筹建热水矿区,设计年产量  $110 \times 10^4 \text{ t}$ 。20 世纪 70~80 年代,先后有柴达尔平洞、先锋露天矿和海塔尔露天矿投产,年生产原煤在  $35.60 \times 10^4 \sim 80.0 \times 10^4 \text{ t}$  之间。1974 年建成哈尔盖至热水煤矿的铁路专用线。

## (2) 交通运输

1) 公路:青海湖南北两岸分别有国道 Gz25(即 109 国道)和 G315 国道通过,流域内穿越里程分别达到 152km 和 238km。湖区北面 G315 国道贯通海晏、刚察、天峻三县;湖区南岸的 Gz25 国道连接共和县倒淌河、江西沟、英德尔、黑马河四个乡(镇)。

两条国道向西通往海西州,向东到达省会西宁市。在青海湖东西两岸还有省道和省级旅游公路,南北方向与 G25 和 G315 国道相接,形成了完整的环湖交通公路圈。此外,青海湖北部,南起海晏县三角城镇,向西北到甘子河乡的还有 310 省道通过,全长 53km;204 省道南起海晏县马匹寺,通过热水煤矿和柴达尔山口到达祁连县城,流域内长 71km。

境内县乡(镇)公路都是沙石路和土路。主要有刚察县境内的 X530 和 X533 两条县道,呈环带状交汇于西北部的江仓煤矿,全长 200km。海晏县境内的 X523 县道,南起茶默路口,北过萨拉牙合进入祁连县境内,境内全长 45km。天峻县境内有新源镇向西北经苏里乡和尕河乡至硫磺矿,阳康乡至木里煤矿;新源镇至舟群乡和新源镇至织合玛四条简易公路,总长为 451km。

2) 铁路:青海湖北岸有东西向穿越的青藏铁路,东起海晏县金滩乡,向西北经三角城镇和海北州府西海镇到刚察县城南,再折向西南经吉尔孟乡到天峻县天棚与关角垭口,进入海西州乌兰县境内。青海湖流域内铁路全长 220km。另外,由刚察县哈尔盖至热水煤矿还有一条专用铁路线,全长约 50km。

### 3. 生态旅游产业

旅游产业是当今世界最有发展前途的新兴经济部门。旅游业又被称为“无烟工业”或“无形贸易”。生态旅游已成为国内外游客首选的一项重要活动,它是获取外汇,扩大就业的一种主要手段,通过旅游资源的开发利用可以带动二、三产业和文化事业的发展 and 繁荣。

青海湖流域的风光名胜,以其高原湖泊的烟波浩淼,波澜壮阔,碧波万顷而闻名于世。这里有绿草如茵的草原、峥嵘挺拔的雪山、月牙型的沙丘、翱翔在蓝天白云下的飞禽水鸟、独具高原特色的珍稀野生动物——普氏原羚和青海湖裸鲤,以及藏族、蒙古族风情为一体的民族歌舞表演,构成了一个地域辽阔、门类多、品位高、文化内涵丰富和具有较高生物科学含量的特色风景名胜生态旅游区。青海湖每年吸引着数十万国内外游客前来观光朝圣。人们赞美青海湖浩瀚、雄伟、秀丽、神奇,把它誉为青海高原上的一颗灿烂明珠。

### 4. 文化教育卫生事业

青海湖流域涉及 25 个乡镇,130 个行政村,乡镇所在地位于流域范围内的有 19 个。各乡镇普遍设有卫生院,相应的配备有医务人员,并有少量病床。部分行政村还设有医疗卫生点。流域范围内的刚察、海晏、天峻、共和县共有中小学校 81 所,在校学生 8 721 人,教职工 1 524 人。其中,中学 4 所,乡村小学 77 所,教育点有的已经设到行政村。各县儿童入学率达 95% 以上,但中、老年农牧民中,文盲、半文盲人数还有相当比例。

### 5. 农牧民生活水平

长期以来,青海湖流域生活的农牧民,他们祖祖辈辈均以畜牧业生产为主。自 20 世纪 60 年代开始他们部分经营种植业,90 年代才逐渐开展个体运输业、商品零售、餐饮、旅游等服务业以及劳务输出等。

由于气候条件的限制,流域农业生产一直处于中低产水平。2004 年流域农牧业收

人加上第三产业,人均年收入为2 673.9元,高于青海省农牧民的平均收入,但仍低于全国农村居民的人均收入。

青海湖流域各县农牧民的生活与居住条件均处于中下水平。据流域各县统计资料,天峻县牧民有40%以上的人口与牲畜饮用水安全性差,苦水、氟水率高;海晏县在流域内的村民饮用苦水、氟水与细菌超标水的人数达到37%;共和县在流域内的有5个乡农牧民饮用水主要靠井水、集水廊道、截流等方式,饮水安全无法保证。

农牧民的通讯条件亟待改善。天峻县在流域内的有10个乡牧民拥有固定电话的仅有59户;刚察县农牧民有固定电话的亦只有880户。

大多数牧户已经实现定居,但也有少数牧民仍然过着游牧生活。农牧民大多以牛羊粪、农作物秸秆、灌木薪柴和少量煤炭为主要生活用能源,利用太阳灶等设施解决生活能源的为数较少。

## 第二章 流域自然地理

### 一、地质构造基础

青海湖流域位于3个构造单元及多条深断裂的交汇部位,结构复杂,强度较弱。上新世出现断陷,中更新世成湖。湖盆可划分为3个地垒和3个次级断陷盆地。其形成和演化受中祁连南缘大断裂带、宗务隆山—青海南山大断裂带和黑马河—达日大断裂带重新活动及其他 NWW, NW, NNW, SN, NE 向断裂的活动及伴随的差异隆升所控制,与青藏高原的隆升演化有密切关系,尤其是可能与青藏高原发生后造山伸展作用有关的应力场转变造成的负反转构造有重要关系。中中新世夷平面形成以来的新构造活动和青海湖的形成演化具明显的脉动性。

#### (一) 区域地质背景

青海湖位于南祁连早古生代裂陷槽、青海南山晚古生代—中生代复合裂陷槽和中祁连地块等3个构造单元的变汇部位(图2-1-1)。区内主要断裂如下。

##### 1. 中祁连南缘断裂带

走向 NWW—NW—NWW, 倾向 NE, 倾角  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ , 长 400km。主要活动时期为早古生代(陈炳蔚等, 1996), 多期活动, 晚中生代以来的活动对哈拉湖、青海湖的形成有控制作用, 沿此断裂有浅源地震发生及温泉生成。

##### 2. 宗务隆山—青海南山断裂带

此断裂带为青海湖—北淮阳断裂带的西段, 西起大柴旦附近, 东经青海湖南缘东延。走向 NWW, 倾向 SW, 倾角  $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ , 形成于早古生代, 长期活动。电测深资料表明, 该断裂带在青海湖南缘为正断层性质(中国科学院兰州地质研究所, 1979)。

##### 3. 黑马河—达日断裂

北起泉吉, 向南过青海湖西缘、黑马河、青海南山、大河坝、阿尼玛卿山、甘德、达日, 南延入四川, 与白玉—巴塘—中甸断裂相连。该断裂是青藏高原东北地区一条很重要的南北向断裂(青海省地质矿产局, 1991)。又据地球物理资料记载, 此断裂具南北向重力梯级带, 鄂拉山以北, 断裂西侧为强度较高、大小不等的航磁异常密集区, 东侧则为异常平静区。

#### (二) 新构造分区与构造特征

中新世以来, 环湖区随着青藏高原的明显隆升, 先存断裂复活, 新断裂产生, 发生

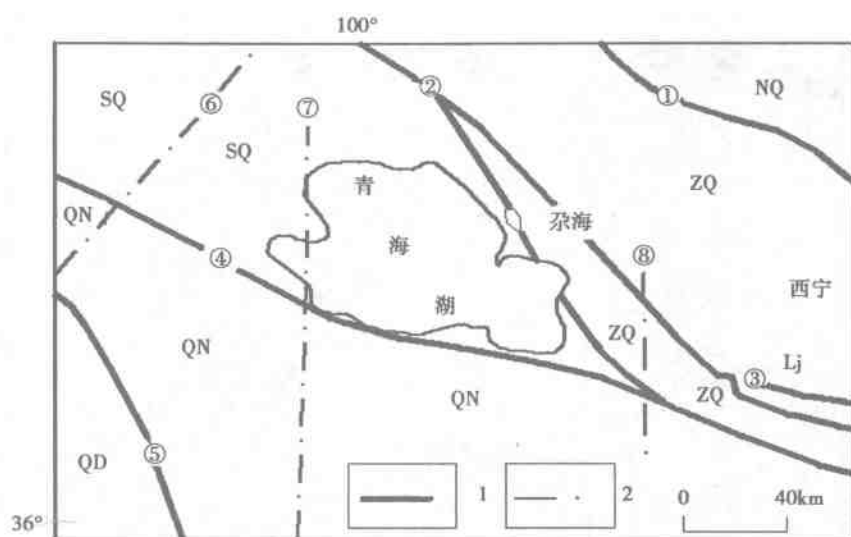


图 2-1-1 青海湖地区大地构造位置图

(引自边千锲《青海湖的地质构造背景及形成演化》，2000)

NQ 北祁连山带; ZQ 中祁连地块; Lj 拉脊山裂谷; SQ 南祁连早古生代裂陷槽; QN 青海南山晚古生代、中生代复合裂陷槽; QD 柴达木地块; ①中祁连地块北缘深断裂带; ②中祁连地块南缘深断裂带; ③拉脊山深断裂带; ④宗务隆山—青海南山大断裂带; ⑤鄂拉山大断裂带; ⑥祁连—茶卡—治多断裂带; ⑦黑马河—达日大断裂带; ⑧海晏—年保玉则断裂带; 1 大断裂; 2 遥感和地球物理资料解释的大断裂

显著的差异隆升, 形成若干大小不同的隆起带、断(或拗)陷带、地垒和地堑。大致可分为大通山、团保山—日月山和青海南山 3 个隆起带; 甘子河—湟水、布哈河和倒淌河 3 个地堑以及青海湖断陷盆地等 7 个构造单元。青海湖断陷盆地又进一步分为黑山—海心山、三块石和二郎剑 3 个地垒及北部、南部和东南部 3 个次级断陷盆地(图 2-1-2, 图 2-1-3)。

### 1. 大通山隆起带

位于青海湖以北, 自北而南依次发育 I、II 级夷平面及山麓剥蚀面。北部 I 级夷平面海拔 4 200 ~ 4 500 m, 急剧隆升和侵蚀切割造成陡坡高山地形, 具角峰、鱼脊峰、冰碛物等古冰川遗迹。中部 II 级夷平面海拔 3 800 ~ 4 000 m。南部为山麓剥蚀面, 海拔 3 500 ~ 3 680 m, 属多层台山。台地已被河流切割, 河谷形态多为“U”形, 均有“谷中谷”现象。说明此区一直处于间歇性的上升过程中。

### 2. 甘子河—湟水地堑

北界是洪合日河脑逆断层, 南界为拉脊山逆断层, 此断层兼具右旋走滑性质。

### 3. 团保山—日月山隆起带

此隆起带呈 NNW 向展布, 海拔 3 500 ~ 4 389 m。急剧隆升和侵蚀切割造成陡坡中高山地形, 具齿状山脊。最高峰发育冰川刻蚀地形, 残留有 I 级夷平面。宽阔的倒淌河谷是古布哈河—倒淌河谷的遗迹, 分布在 II 级夷平面之下, 且不低于山麓剥蚀面。说明这



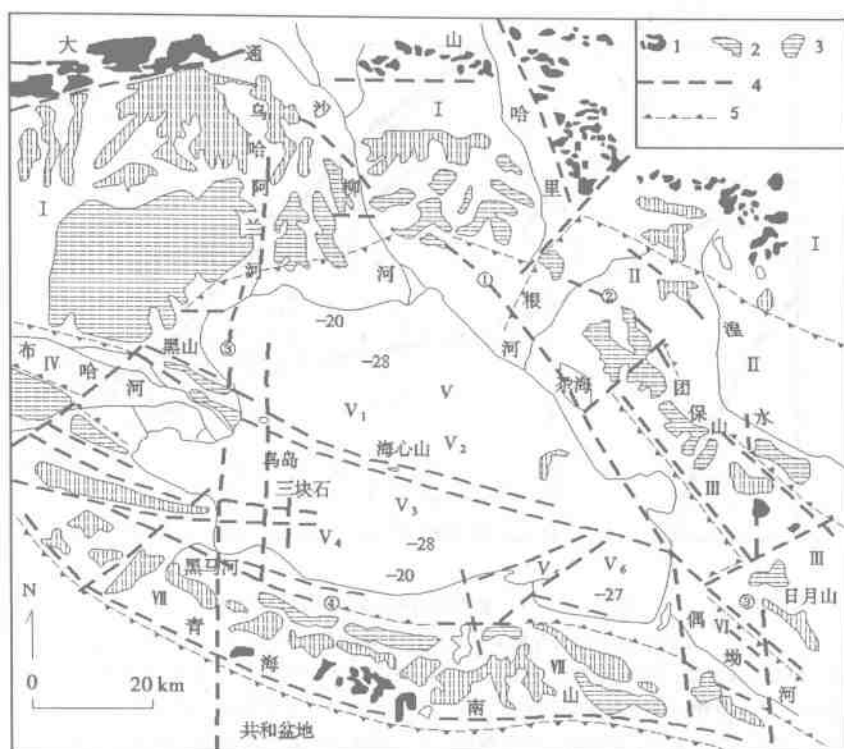


图 2-1-2 青海湖地区新构造略图

(引自边千韬《青海湖的地质构造背景及形成演化》，2000)

I I级夷平面；2 II级夷平面；3 山麓剥蚀面；4 断裂；5 隆起带界限；I 大通山隆起带；II 甘子河—湟水地堑；III 团保山—日月山隆起带；IV 布哈河地堑；V 青海湖断陷盆地；V<sub>1</sub> 北部次级新陷盆地；V<sub>2</sub> 黑山—海心山地垒；V<sub>3</sub> 南部次级断陷盆地；V<sub>4</sub> 三块石地垒；V<sub>5</sub> 二郎剑地垒；V<sub>6</sub> 东南部次级断陷盆地；VI 倒淌河地堑；VII 青海南山隆起带；①中祁连地块南缘断裂带；②拉脊山断裂带；③黑马河—达旦大断裂带；④宗务隆山—青海南山大断裂带；⑤海晏—年保玉则断裂带

条古河属于早—中更新世和中—晚更新世湖盆闭塞，表明本区到中更新世时已隆升到使倒淌河倒流的程度。

#### 4. 布哈河地堑

西起天峻，东入青海湖，呈 NWW 向展布，长 76km。物探资料证实，布哈河地堑北界有一近于垂直的大断裂，向 NNE 陡倾，它切割了志留系—第四系。断裂北侧上新统很薄或很快缺失，而南侧上新统厚达 200m，反映此断裂可能在上新一早更新世时为同生逆断层，断层面向北陡倾，北盘上升；中更新世此断层转变为同生正断层，北盘下降，致使北盘中更新统一全新统的厚度显著大于南盘。反映出本区古应力场由挤压转为拉张，形成负反转构造。湖盆南缘的正断层系以及浅层地震测量揭示出的湖底发育的一系列高角度同生正断层（中国科学院兰州分院等，1994）均可能为中更新世以来由

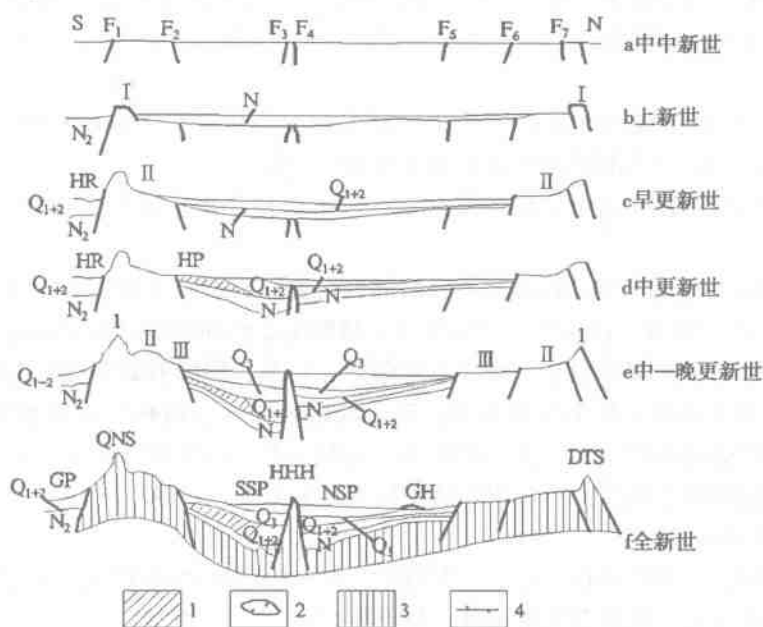


图 2-1-3 中中新世以来青海湖形成演化示意图

(引自边千韬《青海湖的地质构造背景及形成演化》，2000)

F<sub>1</sub> 青海南山南缘断裂; F<sub>2</sub> 宗务隆山—青海南山大断裂带; F<sub>3</sub> 和 F<sub>4</sub> 布哈河—倒淌河断裂带; F<sub>5</sub> 和 F<sub>6</sub> 中祁连地块南缘断裂带; F<sub>7</sub> 拉脊山断裂带;  
 I I 级夷平面; II II 级夷平面; III 山麓剥蚀面; HP 黄土冲积平原;  
 HR 黄河古河道; GP 共和盆地

逆断层转换而成。

### 5. 青海湖断陷盆地

湖盆的北缘和东缘主要受中祁连南缘断裂带的新活动和团保山—日月山强烈隆起带的控制。在尕斯海北侧花岗闪长岩中见与中祁连南缘断裂带平行的小断层兼具右旋走滑性质,可能此深断裂在中新世以来的新活动也兼具右旋走滑性质。湖盆的南缘主要受宗务隆山—青海南山大断裂带重新活动和青海南山隆起带的控制。湖盆南缘宗务隆山—青海南山大断裂带现在表现为正断层性质。湖盆的西缘最复杂,主要控制因素是 SN 向的黑马河—达日断裂带的新活动和布哈河—倒淌河断裂带,湖盆西缘呈 SN 向展布的面貌主要受前者控制。湖盆总体上具掀斜构造特征,向东南倾斜。青海湖断陷盆地又可进一步分为北部、南部和东南部 3 个次级断陷盆地及黑山—海心山、二郎剑和三块石 3 个地垒,它们在浅层地震资料上有明显反映(中国科学院兰州分院等, 1994)。

(1) 黑山—海心山地垒:横亘于青海湖中部,隔开南北两个次级断陷盆地。其南北两侧以同生断层为界(中国科学院兰州分院等, 1994)。黑山由志留系浅变质岩组成,为一断块山,山顶平坦,属山麓剥蚀面。其北侧哈达滩 2 级湖阶地上的湖相沉积物的时代属中—晚更新世。此阶地距黑山很近,但剖面中却没有取材于黑山的变质岩屑。

这反映出在中一晚更新世时黑山尚属潜山,其抬升应在晚更新世末。该地垒上的海心山拔湖 70m,岛缘悬崖陡立,发育成 4 级浪蚀阶地。说明晚更新世以来,该地垒有多次间歇性上升。

(2) 北部次级断陷盆地:位于黑山—海心山地垒以北,周围被断裂,特别是同生断裂所围限,全湖最大水深位于海心山以北 12km 处。

(3) 南部次级断陷盆地:位于黑山—海心山地垒之南,周围被断裂或同生断裂所围限。

(4) 二郎剑地垒:为一楔形地垒,两侧以同生断裂为界(中国科学院兰州分院等,1994),呈 NE 方向插入青海湖,隔开南部次级断陷盆地和东南部次级断陷盆地。

(5) 东南部次级断陷盆地:位于二郎剑地垒以东,周围被断裂或同生断裂所围限。

(6) 三块石地垒:位于湖西南部,有 7 块密集在一起的礁石露出水面,岩性和走向与湖边中三叠统灰岩一致,但倾向相反。说明二者之间有构造变动。此地垒呈 NW 向展布,两侧以同生断裂为界(中国科学院兰州分院等,1994)。

#### 6. 倒淌河地堑

原与青海湖、布哈河相连的统一大地堑。后来中段发展成青海湖断陷盆地,东段便形成为倒淌河地堑。其中有次级地垒,如将军台。

#### 7. 青海南山隆起带

属多层台山。发育两级夷平面和山麓剥蚀面。由于隆升的不均衡性,有西高东低的趋势。茶卡北山、橡皮山、哈图山等山脊部分发育冰川刻蚀地形。橡皮山山顶上保存有 I 级夷平面,海拔 3 800 ~ 4 300m,山势由南向北层层下降。

## 二、地形地貌特征

青海湖流域是一个封闭的内陆盆地。四周高山环绕,北部的大通山,是流域与大通河的分水岭;东面的日月山,是流域与湟水流域的分水岭,也是青海省农业区与牧业区的分界线;西部的高原丘陵地带,是流域与柴达木盆地的分水岭;南面的青海南山,是流域与共和盆地的分水岭;东南部的野牛山,是流域与贵德盆地的分水岭。

整个流域近似织梭形,呈北西西—南东东走向。全流域地形从西北向东南倾斜,北面大通山西段的岗格尔肖合力海拔 5 291m,是青海湖流域的最高点。青海湖位于流域的东南部,湖水面海拔 3 194m。相对高度在 2 000m 以上的山岭到湖面间,呈环带状发育着宽窄不一的剥蚀构造地形、堆积地形和风积地形。

青海湖是我国内陆最大的咸水湖。约在第四纪以前,青海湖地区是一个连在一起的古老陆地(由三叠系的大向斜),后来经过三次构造运动,逐渐断陷而形成盆地。从地质构造上看,青海湖地区正好处于南祁连槽、中祁连槽、青海南山槽、柴达木台块、北昆仑槽的交会地带。由于其硬化程度不同,在这几种构造接触地带发生强烈断裂,断裂方向大致呈北西西和近南北向,它们控制了湖盆轮廓。而今日的湖盆外缘则呈东西长,南北短,湖底边缘陡,中部缓,湖中有山嘴伸入,四界均为断裂所限制。当时,古青海湖是河湖共存,湖水与古黄河相通。到至今 13 万年前,强烈的又一次造山运动,使古

湖的西部与柴达木盆地分开,东部日月山隆起,迫使黄河水向西流,形成今日的倒淌河,将原来的外泄湖变成了闭塞湖。古青海湖的气候较湿润,湖水面积比现在的大得多。距今约1万年前,湖区气候又变得干旱,蒸发强烈,湖面逐渐缩小,水质咸化,沉积增厚。原来湖中的岛屿、黑山、将军台等逐渐脱离湖体,成为湖畔孤山。原先湖滨的海湾如尕海、耳海,也纷纷脱离湖体,成为今日青海湖的子湖。目前的海晏湾正向子湖过渡,鸟岛和海西山也由岛屿逐渐变成半岛。

目前,青海湖呈椭圆形,周长有360km,湖水面积4 264km<sup>2</sup>。若与1万年前的湖面相比,东西两岸退缩20km,水位下降80m,其面积缩小1/3。湖中的蛋岛、鸟岛、海心山,都是湖泊形成时产生的地垒断块,潜伏水下,后来随着水位不断下降,才逐渐露出水面而形成今日之岛屿。

青海湖流域地貌以冲积洪积平原为主。湖周围有数十条河流注入,其中以湖西的布哈河最大,入湖处河道曲折而分散,形成冲积三角洲。湖北面的多条支流的作用,在河岸形成冲积平原,使湖区全部形成湖积平原。湖南部靠近青海南山脚下为低山丘陵,地面多起伏不平,且向湖区倾斜,形成山前破碎斜坡,到湖区时形成宽广的山前洪积—湖积平原。青海湖东面为倒淌河谷地,河谷宽5km,形成一级阶地,由于地势平坦,入湖处是一大片沼泽湿地。此外,湖东部地区还分布有大片新月形沙丘。湖中的海心山、海西皮山因受湖水长期侵蚀,形成规模宏大的湖蚀穴、湖蚀岸和湖蚀阶地。

### 三、青海湖区的形成与演化

中中新世的夷平面不存在显著的湖盆面貌。此后青海湖地区的构造演化可大致分为5个阶段,青海湖的形成与演化也可分为5个时期。

#### (一) 青海湖地区的构造演化

##### 1. 中中新世—上新世差异隆升阶段(构造洼地期)

中中新世之后,青海湖地区随着青藏高原的明显隆升,老断裂重新活动,新断裂产生,统一的中中新世夷平面解体,发生显著的差异隆升。其升起的部分成为Ⅰ级夷平面,抬升的时间是晚中新世—上新世。以下事实可资佐证,青海南山南侧的共和盆地内厚达千余米,从上新统开始的共和群多直接覆于前新生代褶皱基底之上。这说明上新世已出现盆岭地貌。在盆地中堆积很厚的上新统的同时,盆地周围升起了Ⅰ级夷平面。在青海湖地区,布哈河—青海湖—倒淌河断陷带开始发育,形成构造洼地。

##### 2. 上新世中期地壳相对稳定阶段

此时期侵蚀出Ⅱ级夷平面。

##### 3. 上新世末期—早更新世第2次强烈差异隆升阶段(地堑期)

此时期,青海湖地区随着青藏高原的急剧隆升又发生一次强烈断块差异隆升运动,青海南山南麓上第三系被早—中更新统不整合覆盖,是此次运动的标志之一。这次运动使Ⅰ级夷平面上升到雪线以上,同时在其边缘升起了Ⅱ级夷平面。新生山地进一步增大,两级夷平面开始组成环绕布哈河—青海湖—倒淌河断陷带的阶梯式地形,这时布哈

河—青海湖—倒淌河断陷带进一步发育成地堑。

#### 4. 中更新世相对稳定阶段（河湖并存期）

中更新世隆升减缓，侵蚀出山麓剥蚀面。布哈河—青海湖—倒淌河地堑进一步发育，并与黄河各地相连。青海湖段进一步发育成断陷盆地。这时正值间冰期，气候温湿、降水量增加，加之冰川消融，使地堑内水量大增，形成相当规模的河流。在该断陷盆地内集水成湖，形成河湖并存状态，其时限暂定为距今  $21 \times 10^4 \sim 35 \times 10^4$  a（中国科学院兰州分院等，1994）。中更新统湖相沉积的分布表明，当时的青海湖比现在东西更长，南北更窄，更像个地堑。

#### 5. 中更新世末期—晚更新世第3次强烈差异隆升阶段（全盛期）

此次隆升使山麓剥蚀面升起，团保山—日月山一带隆升最为强烈，使倒淌河转向西流，堵塞了古湖的出口，青海湖由外泄湖变成闭塞湖。中更新世末期，青4孔沉积物突然从浅水湖相变为含黄铁矿结核的较深水湖相，青5孔从黄土冲积相变为浅湖相，说明在中更新世末期青海湖已经闭塞。此时期，老断裂、新断裂、同生断裂活动增强，青海湖进一步扩大加深，湖盆内黑山—海心山、二郎剑和三块石3个地垒开始差异抬升，将湖盆分割为3个次级断陷盆地。此时已奠定了目前青海湖形态的基础。由于湖盆闭塞和气候继续向温湿转化，导致水位上升、湖面扩大，出现了一个全盛时期，时限可能为  $16 \times 10^4 \sim 22 \times 10^4$  a B. P.（中国科学院兰州分院等，1994）。青4孔上旋回的沉积相表明，这时水盆地显著加深，沉积物显著变细；从青5孔开始出现湖相沉积来看，这时湖面更为广阔，以至南缘的黄土冲积平原（ $Q_{1+2}$ ）亦被湖水淹没。

## （二）青海湖的形成与演化

青海湖的形成与演化过程在经历了构造洼地、地堑、河湖并存和全盛期之后，主要由于气候变化使湖盆发生波动退缩。此过程又可分为以下5期。

#### 1. 晚更新世（ $8 \times 10^4 \sim 11.5 \times 10^4$ a B. P.）

此时期为湖盆第1次波动退缩期，青海湖湖面缩小。

#### 2. 晚更新世（ $3 \times 10^4 \sim 6 \times 10^4$ a B. P.）

此时期为青海湖第1次复兴期，随着末次冰期的间冰阶世界性增温，气候转暖，青海湖又得到了发展。

#### 3. 晚更新世末期（ $1.8 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$ a B. P.）

此时期为青海湖第2次退缩期，此时处于末次冰期，气候干旱，青海湖第2次退缩。约在  $1.8 \times 10^4$  a B. P. 前青海湖的面积、水深要比现今小得多。

#### 4. 全新世中期（5 000 ~ 2 600 a B. P.）

此时期为第2次复兴阶段，末次冰期后，气候转温湿，湖水水位波动上升，形成较为稳定的高湖面，湖水水位比现今高 11 ~ 13 m（陈克造等，1990）。

#### 5. 全新世晚期第3次退缩期（2 600 a B. P. 至现今）

此时期，由于气候向干旱转化，青海湖发生第3次退缩。青海湖在缩小过程中，尕斯库勒湖、耳海、新尕斯库勒湖等子湖相继脱离母体。

综上所述,青海湖地区是多条深断裂汇聚之地。新构造分区分为大通山、团保山—日月山和青海南山 3 个隆起带;甘子河—湟水、布哈河和倒淌河 3 个地堑以及青海湖断陷盆地等 7 个构造单元。青海湖断陷盆地又进一步分为黑山—海心山、三块石和二郎剑 3 个地垒及北部、南部和东南部 3 个次级断陷盆地。

青海湖的形成演化受控于完整性差、强度较低的岩石圈以及与青藏高原隆升演化相联系的应力场的转变,中祁连南缘大断裂带、宗务隆山—青海南山大断裂带和黑马河—达日大断裂带重新活动及其他 NWW、NW、NNW、SN、NE 向断裂的活动及伴随的脉动性差异隆升。古气候的波动变化也是十分重要的因素。湖盆的分割主要受同生正断层控制。

## 四、流域生态环境自然演变

青海湖是我国内陆第一大湖,在漫长的历史进程中,受气候变化与人为活动的影响,流域的生态环境也经历了漫长的演变过程,发生了一系列的变化,为使人们更好地了解 and 掌握青海湖流域生态环境的自然演变特征,进一步揭开青海湖流域神秘的面纱,笔者从以下几个方面对青海湖流域生态环境的演变及其特征进行归纳和分析。

### (一) 流域气候演变

#### 1. 气温的变化

青海湖流域的年平均气温总体呈现出波动上升的变化趋势(图 2-4-1)。根据青海湖流域的年平均气温变化曲线可以看出,一元线性拟合的年、季气温上升趋势比较直观;6 阶多项式拟合的年平均气温曲线反映出自 20 世纪 80 年代末显著增暖以来,90 年代后期增暖达到了最强。环青海湖地区年平均气温 1961~1962 年、1967 年、1983 年为相对的低温年,1988 年、1998~2002 年则为相对的高温年。

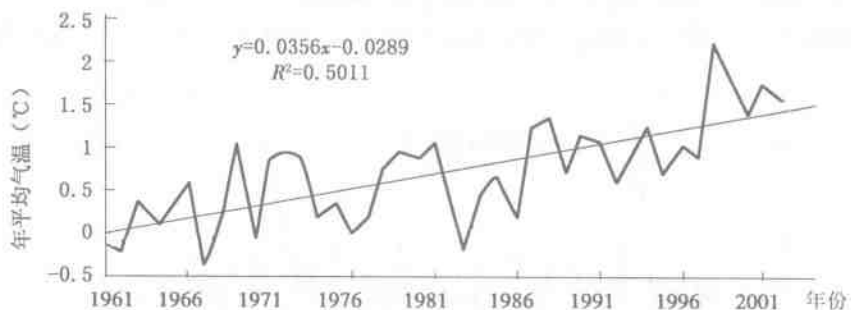


图 2-4-1 青海湖流域年平均气温的年际变化(引自时兴合等, 2005)

从 20 世纪 50 年代末至 90 年代前期,青海湖流域年平均气温上升了 0.4℃,其结果主要是由于冬季增温所致。如 80 年代 1 月份平均气温比 50 年代末增温达 0.8℃,就是 90 年代前期也比 50 年代末增温 0.4℃。相反,夏季的气温从 60 年代起便开始下降,从



70 年代开始基本保持不变,总的形势是冬变暖而夏转凉。因此,造成气温年较差逐渐变小,尤其是 80 年代年较差要比 50 年代末小  $1.4^{\circ}\text{C}$ ,相应地  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  积温呈现下降趋势。

根据青海湖流域及邻近地区的刚察、天峻、茶卡、共和、湟源 5 站作为代表站的综合数据(表 2-4-1),进行综合分析可见,青海湖流域的年平均气温自 60 年代起表现出逐步升高的变化趋势,1 月份平均气温早期逐渐上升,但 90 年代则有所下降,7 月份平均气温则基本处于相对的稳定状态。

表 2-4-1 青海湖流域及邻近地区气温、降水和蒸发平均值

| 年 代         | 年平均气温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 1 月平均气温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 7 月平均气温<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 气温年较差<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 年均降水量<br>(mm) | 年均蒸发量<br>(mm) |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------|---------------|
| 1958 ~ 1960 | 1.2                             | -12.6                             | 13.4                              | 26.0                            | 336.7         | 1 855.2       |
| 1961 ~ 1970 | 1.0                             | -12.9                             | 12.9                              | 25.8                            | 326.4         | 1 729.2       |
| 1971 ~ 1980 | 1.3                             | -12.4                             | 12.8                              | 25.2                            | 319.6         | 1 691.5       |
| 1981 ~ 1990 | 1.3                             | -11.8                             | 12.8                              | 24.6                            | 347.4         | 1 507.5       |
| 1991 ~ 1995 | 1.6                             | -12.2                             | 13.0                              | 25.2                            | 325.4         | 1 566.9       |

注:表内数据来自刚察、天峻、茶卡、共和、湟源气象站综合数据。

刚察气象站 1958 ~ 2001 年的气温资料分析结果表明,逐年平均气温 40 年来明显升高,已从 1960 年的  $-0.7^{\circ}\text{C}$  升至 1990 年的  $0.1^{\circ}\text{C}$ ,且与逐年极端低温升高有较好相关性(孙永亮等,2007)。1990 年与 1960 年的同日平均气温相比,已有 261d 变暖(占年天数的 71.5%),且主要发生在冬季。

## 2. 降水的变化

青海湖流域的年降水量基本处于波动起伏的微弱上升趋势,但总体趋于稳定状态(图 2-4-2)。根据流域的降水量变化情况,一元线性拟合直线的春季、秋季降水下降和冬季上升趋势比较直观,年和夏季降水环青海湖地区增多的趋势也一目了然。年降水的 6 阶拟合曲线直观地反映出 20 世纪 80 年代多雨和 90 年代少雨的特征,且 90 年代末降水为偏少趋势。就年平均降水量而言,1967 年、1984 年、1988 年、1989 年为多雨年

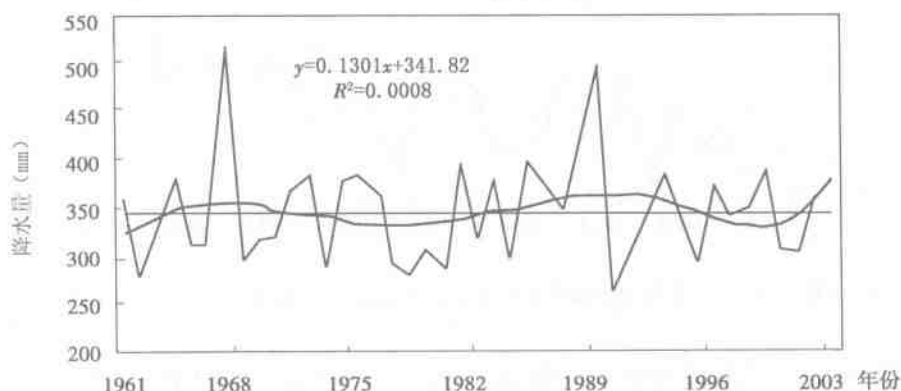


图 2-4-2 青海湖流域年降水量的年际变化

份,而1962年、1973年、1978年、1990年为少雨年份。青海湖流域的降水量表现出下述变化规律(表2-4-2)。

表2-4-2 青海湖流域年、季降水量的时段变化趋势(单位:mm)

| 时 段        | 春季平均 | 夏季平均  | 秋季平均 | 冬季平均 | 年平均   |
|------------|------|-------|------|------|-------|
| 1961~1970年 | 95.0 | 206.7 | 64.2 | 2.7  | 341.3 |
| 1971~1980年 | 79.4 | 216.5 | 66.3 | 4.4  | 331.8 |
| 1981~1990年 | 95.6 | 233.1 | 63.0 | 3.2  | 367.2 |
| 1991~2000年 | 81.9 | 230.1 | 51.1 | 3.7  | 340.0 |
| 1961~1990年 | 90.0 | 218.8 | 64.5 | 3.4  | 346.8 |
| 1971~2000年 | 85.6 | 226.6 | 60.1 | 3.7  | 346.3 |

注:表中数据引自时兴合等(2005)。

根据降水变化倾向率可见,区域年、夏季、冬季降水变化的气候倾向率为正值,每10年周期分别为1.301mm、5.875mm、0.147mm;而春季、秋季降水变化的气候倾向率为负值,每10年周期分别为-2.497mm、-3.570mm。这说明青海湖流域年、季降水变化也不十分突出,降水缓慢增加或减少均属正常波动。

就1971~2000年间的平均降水量与1961~1990年间的平均值比较而言,年降水量减少了0.3mm,夏季和冬季分别增加了7.8mm、0.3mm,而春季和秋季均减少了4.4mm。

就年平均降水量而言,20世纪80年代最多,而70年代最少,60年代和90年代相差不大,最多的80年代与最少的70年代相差35.4mm,90年代比80年代偏少27.2mm,60~90年代间呈现出“多—少—多—少”的代际变化过程。

就春季降水量而言,20世纪70年代、90年代在79.4~81.9mm之间,而60年代和80年代在95.0~95.6mm之间,前者较后者偏少13.5~14.6mm,其代际变化过程和趋势,与年降水量的变化趋势完全一致。

就夏季降水而言,80年代和90年代多,而60年代和70年代少;最多的80年代与最少的60年代相差26.4mm,降水的代际变化趋势正好与秋季相反,即从60~90年代依次经历了“少—少—多—多”的代际变化过程。此外,80年代和90年代夏季降水量的明显增加,也在年降水量增加中占有较大的比重。

就秋季降水而言,90年代比70年代明显偏少了15.2mm,比60年代偏少约13.1mm,秋季降水趋势的年代际变化特征与夏季相反,即从60~90年代经历了“多—少—多—少”的代际变化过程。

就冬季降水而言,70年代和90年代多,而60年代和80年代少,最多的70年代与最少的60年代相差1.7mm。降水的年代际演变趋势与春季相反,即表现出“少—多—少—多”的代际变化过程。

据相关报道,流域20世纪50~70年代降水呈减少的趋势,80年代降水明显增加,尤其是80年代后期增加更为明显,气候有向暖湿方向发展的趋势。例如,1981~1993年的13年间,暖湿年就占6年。据国家气候中心诊断室提供的青海、西藏、甘肃、宁

夏 4 省区 1951 ~ 1990 年的平均降水、气温变化曲线, 依照气候类型划分后 (温度、降水值在平均值以上为暖、湿年, 反之为冷、干年), 1986 ~ 1989 年连续 4 年均为暖湿年。由此可见, 80 年代后半期气候暖湿的特征, 在西北省区具有一定的普遍意义。

### 3. 蒸发量的变化

青海湖流域的地表蒸发量呈现出明显的波动上升趋势 (图 2-4-3)。区域地表蒸发量的变化曲线可见, 一元线性拟合直线显示出年平均和春、夏、秋、冬四季的地表蒸发量, 有明显的直观上升趋势。年地表蒸发量的 6 阶拟合曲线, 也很直观地反映出 20 世纪 60 年代和 80 年代地表蒸发量相对较小, 而 90 年代地表蒸发量大的特征, 并且 90 年代后期的地表蒸发量迅速增大。

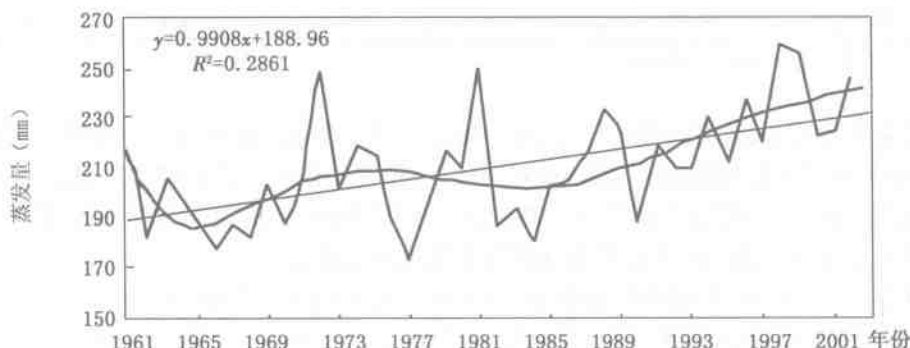


图 2-4-3 青海湖流域地表年平均蒸发量的年际变化

据时合兴等 (2005) 报道, 青海湖流域年蒸发量出现了一次明显减少和一次明显增大, 明显减少在 20 世纪 80 年代初, 明显增大则在 80 年代末, 而整个 90 年代一直保持着增大趋势 (李林等, 2002); 但青海湖湖面蒸发量自 1961 年以来呈现出微弱的减少趋势, 气候倾向率为  $-2.54\text{mm} \cdot (10\text{a})^{-1}$ , 并未达到显著性水平 (李林等, 2005)。同时, 流域的地表蒸发量表现出下述变化规律: 流域年、春、夏、秋、冬四季地表蒸发量变化的气候倾向率均为正值, 按每 10 年周期分别为  $9.908\text{mm}$ 、 $1.267\text{mm}$ 、 $5.786\text{mm}$ 、 $2.599\text{mm}$ 、 $0.257\text{mm}$ 。这说明流域春、夏、秋、冬四季的地表蒸发量变化比较突出, 呈明显的增加趋势。多数季节地表蒸发量的增加, 也导致了年地表蒸发量的缓慢增加。根据不同年代的年、季蒸发量 (用高桥浩一郎 [m] 蒸发公式计算地表蒸发量) 平均值分析 (表 2-4-3), 用 1971 ~ 2000 年的标准气候均值与 1961 ~ 1990 年的标准气候均值进行比较, 全年和春、夏、秋、冬四季平均蒸发量分别增加了  $11.7\text{mm}$ 、 $1.8\text{mm}$ 、 $7.1\text{mm}$ 、 $2.1\text{mm}$ 、 $0.3\text{mm}$ ; 青海湖流域全年和四季的平均蒸发量以 20 世纪 90 年代最大, 而 60 年代最小。年和四季的蒸发量都经历了一个从 “少—多” 的历史演变过程。

表 2-4-3 青海湖流域地表年、季蒸发量年代际变化 (单位: mm)

| 时 间 | 1961 ~ 1970 | 1971 ~ 1980 | 1981 ~ 1990 | 1991 ~ 2000 | 1961 ~ 1990 | 1971 ~ 2000 |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 年平均 | 193.4       | 207.5       | 207.7       | 227.3       | 202.9       | 214.2       |

续表

| 时 间  | 1961 ~ 1970 | 1971 ~ 1980 | 1981 ~ 1990 | 1991 ~ 2000 | 1961 ~ 1990 | 1971 ~ 2000 |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 春季平均 | 27.0        | 30.7        | 25.1        | 32.3        | 27.6        | 29.4        |
| 夏季平均 | 146.6       | 154.5       | 157.7       | 168.1       | 153.0       | 160.1       |
| 秋季平均 | 19.2        | 21.2        | 23.8        | 25.5        | 21.4        | 23.5        |
| 冬季平均 | 0.8         | 0.9         | 1.2         | 1.4         | 0.9         | 1.2         |

从以上分析也可以得出,在全球气候变暖的背景下,流域年和多数季节地表蒸发量有增大的趋势,这和气温的演变趋势基本一致。

据周陆生等(1996)报道,流域的地表年蒸发量从20世纪50年代起一直呈下降趋势,至80年代降到最低,90年代前期略有回升,但总量比50年代末仍减少了288.3mm。造成这种现象的原因主要有两个方面:其一,虽然年平均气温升高,但在蒸发量旺盛的夏季则出现气温降低现象,总效应还是使蒸发量减少;其二,区域内80年代的平均风速为负距平,比平均值减少 $0.3 \sim 0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,这也使得蒸发量减少。

据邵玉红等(2001)报道,流域的年蒸发量总体呈下降状态主要是在20世纪80年代以前,在80年代末、90年代初降至低谷,此后又呈明显的上升状态,在90年代又增至与60年代相当的水平。

孙永亮等(2007)利用刚察气象站1958~2001年的气温资料分析结果表明,日降水量 $P \leq 5 \text{ mm}$ 的降水总量以平均每年 $0.9 \text{ mm}$ 的速率显著减少,已从1960年的 $130.8 \text{ mm}$ 减少为1990年的 $116.2 \text{ mm}$ ,而 $P \geq 20 \text{ mm}$ 的降水总量以平均每年 $0.9 \text{ mm}$ 的速率显著增加,已从 $29.7 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ 增加为 $36.9 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ ;连续无降水最长天数由1960年的32d增加为1990年的45d,至少10d连续无降水总天数由103d增加为145d。

#### 4. 冷暖期的变化

据杜乃秋(1989)、孔昭宸(1989)、周陆生及徐国文(周陆生,1992)等研究,青海湖流域自晚更新世末次冰湖以来,古气候曾经历了冷干—凉干(转暖冰川融化)—暖湿—冷干的变化,与其相对应的湖水变化为急剧收缩—扩张—缓慢退缩—退缩的进退过程。

青海省气象局气候资料室和气象科学院利用树轮资料对青海湖地区近600年来的气候变化进行了比较系统的分析研究,其结果表明,近600年来湖区大约有5个相对温暖和4个相对寒冷的时期。其中主要的温暖期是16世纪、18世纪末至19世纪前半期;主要的寒冷期是15世纪后半期、17世纪40年代至18世纪30年代。

湖区近600年来的主要冷暖干湿期大致为:15世纪中、后期为冷干期;16世纪以暖湿期为主;17世纪至18世纪前期以冷干年份居多;18世纪中期至20世纪初又以暖湿为主导;20世纪前期以冷干为主,中期转为暖干。

刘兴起等(2003)利用青海湖内沉积物碳酸盐的组成、来源及其同湖水物理化学性质的关系,探讨了青海湖16 ka B.P.以来的古气候环境演化过程。其结果表明,15.2 ka B.P.为末次冰期盛冰阶进入晚冰期的界限,晚冰期气候的冷暖波动频繁,幅度较小,13.4~13 ka B.P., 12~11.6 ka B.P.和11~10.4 ka B.P.之间的冷颤动分别

相当于老仙女木、中仙女木和新仙女木事件, 13 ~ 12 ka B. P. 和 11.6 ~ 11 ka B. P. 之间的暖期则分别对应于博令和阿勒罗得暖期。全新世初期 (10.4 ~ 10 ka B. P.) 白云石含量的突然增高和文石的消失, 可能同淡水快速补给前期盐度较高的湖水有关, 反映了全新世开始时气温和降水的增加具有突变性的特点。全新世大暖期的鼎盛期, 即 6.7 ka B. P. 左右时湖水的盐度较低。6.7 ~ 4 ka B. P. 为气候转型过程中的冷暖和干湿的快速波动期。4 ka B. P. 以后碳酸盐含量急剧降低, 气候逐步向冷干化方向发展。

周笃珪等 (1996) 通过对青海湖东北岸间歇性河流大水沟一级阶地上冲积—风积剖面的  $^{14}\text{C}$  年龄和孢粉组合分析的结果表明, 流域的气候演变过程与流域其他地点或用其他方法得出的演化序列有较好的一致性, 青海湖盆地气候环境向冷干方向的发展始于距今 3 500 年前后。

张恩楼等 (2004) 利用成体特异湖浪介 (*Limnocythere inopinata*) 体长与盐度关系的经验公式, 定量重建了青海湖近 0.9ka 来的古盐度变化序列。从其恢复的盐度变化序列来看, 1160 ~ 1290 年的湖水低盐度, 表明中世纪暖期时该地区气候较为湿润; 而小冰期的 3 个冷期所对应的 1410 ~ 1540 年, 1610 ~ 1670 年和 1770 ~ 1850 年的 3 个湖水高盐度期, 表明该地区在小冰期的冷期, 气候较为干燥; 而最近几十年的高盐度和近几十年的气候暖干化是一致的。利用此法所恢复的青海湖古湖水盐度变化曲线与该地区树轮所恢复的降水曲线呈现较好的一致性, 间接说明其结果是比较可靠的, 具有一定的区域代表性。

王艳姣等 (2003) 采用主成分分析、趋势分析和相关分析方法, 对流域及其周边的天峻、刚察、共和、茶卡等气象站的气象资料进行分析后的结果表明, 1959 ~ 1988 年间, 青海湖流域的平均气温、平均最高气温、平均最低气温都明显升高, 其中以平均最低气温上升最为明显; 该地区 20 世纪 80 年代相对湿度较大, 而 90 年代则向暖干发展。

## (二) 流域地表水文环境的演变

### 1. 青海湖湖体水化学的演变

根据孙大鹏等 (1991) 的研究结果, 青海湖湖水属硫酸钠亚型, 是一个典型的大陆水体。湖水中的阳离子主要为  $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+}$ , 阴离子主要为  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^{2-}$ ; 若与海水相比, 在化学组成、特征系数和水化学类型等方面有着明显的区别。青海湖湖水在化学组成上基本上是一个均一体, 63 个不同深度水样分析结果计算, 其主要化学成分的标准差, 仅为  $1 \sim 13 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 这与青海湖外围水系常年补给和频繁的风力作用所产生的潮流活动和浪力作用有关。与周边的部分独立湖泊进行比较, 青海湖北侧海晏湾和尕斯库勒湖等湖水的盐度均比青海湖高, 主要化学成分的含量也略高于青海湖; 青海湖东侧的耳海为一淡水湖, 盐度仅  $1.2 \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 其主要化学成分与青海湖略有不同, 与补给源——倒淌河河水亦有不同。由此可见, 青海湖湖水的水化学特征不同于海水, 也不同于其外围河水。

青海湖湖水的演化过程与其沉积过程紧密相联系 (孙大鹏等, 1991)。据 1985 年中瑞合作从青海湖湖底获得深 5m 左右的 Piston 岩心研究的结果来看, 13 000 年以来青

海湖沉积了一套黑色、灰黑色富含有机质的碳酸盐质淤泥。大量碳酸盐的形成,是湖水中的化学作用和生物化学作用长期进行的结果。在此沉积过程中,由于大量  $\text{CaCO}_3$  从湖水中沉淀,导致具有其外围河水组成的青海湖原始水体向当前青海湖湖水的方向演化。由于锶伴随碳酸钙在沉积物中富集,造成今日青海湖湖水低锶的现状。

由于近代气候比较干燥,风沙作用强烈,在青海湖东北部逐步分割出许多小湖,这些湖的湖水在盐度和主要化学成分的含量上都比青海湖高,目前正处于盐湖演化的早期阶段。而近 30 年来青海湖湖水本身的盐度也明显地增加,这些均说明了青海湖正缓慢地向盐湖方向发展。青海湖湖水天然蒸发实验的结果表明 (Sun Da-peng et al., 2002), 其原始湖水析出文石,随着蒸发浓缩进一步析出水菱镁矿—石盐—无水芒硝—白钠镁矾—软钾镁矾等,这也说明了青海湖的演化也将沿着这种析盐序列进行。在低品条件下,水菱镁矿析出后将出现芒硝,与西藏自治区某些硫酸盐型盐湖的盐类沉积顺序相似。

根据于升松 (1996) 的研究结果,青海湖水化学组成 (尤其是水中离子难度顺序) 与尕斯库勒湖和耳海的水完全相同,但与周边河水正好相反。

根据杨建新等 (2005) 的研究结果,青海湖水盐度有明显增高趋势,1962 年青海湖含盐量为  $12.49\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 目前已达到  $15.3\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ; 青海湖水系的 COD 含量有增加趋势,2003 年检测值为  $90.4\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 2004 年检测为  $98\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 局部甚至达到  $166\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

## 2. 地表河流及其径流的演变

根据于升松 (1996) 的研究结果,近 30 年来,青海湖及其入湖河流水系均处于萎缩过程中,水系的总矿化度增加,逐渐咸化。1962 年时,青海湖东缘仅存在尕斯库勒湖和耳海两个子湖;湖水中耸立着鸟岛、海心山、三块石及沙岛等独立岛屿 (中国科学院兰州地质所, 1979)。1986 年时,在湖的东缘又形成了海晏湾和沙岛湖两大子湖,鸟岛已与陆地连成一片,原沙岛与新形成的沙岛相连而形成一片新的大沙岛。1958 ~ 1986 年间,青海湖周边河流的年平均径流量为  $16.0 \times 10^8 \text{m}^3$ , 年际变化虽有波动,但总趋势下降。

又据于升松 (1996) 的研究结果,青海湖流域内各水体的演化顺序为:河流水 → 耳海水 → 青海湖水 → 尕斯库勒湖水,河流水和尕斯库勒湖水的化学组成是青海湖水的过去,尕斯库勒湖水的化学组成则是青海湖的未来,如果气候持续干旱,尕斯库勒湖未来可能会演化成盐湖的早期阶段,但青海湖在短期内不会变成盐湖。

根据刘吉峰等 (2007) 的研究结果,青海湖主要补给河流布哈河的年径流量在 20 世纪 80 ~ 90 年代呈减少趋势,其主要原因在于气候变化。在此基础上,根据未来不同气候情景的变化趋势,对布哈河径流变化进行了预测,得出未来 30 年径流增加的可能性比较大,青海湖水位下降速度将会减缓甚至出现上升趋势的结论。

## 3. 青海湖水位的演变

也有资料表明,青海湖的水位在历史演变进程中呈现出持续下降趋势。据资料报道 (李小玲, 2005), 三四万年前青海湖的水位大约比现在高 80m, 全盛时期青海湖湖面面积约  $8200\text{km}^2$ , 约为目前湖面面积的 2 倍。根据有关资料推算, 1908 ~ 1957 年间青



海湖的水位由海拔3 205 m 下降为海拔3 196.57 m, 平均每年下降 17.2 cm (陈桂琛等, 1995; 李小玲, 2005)。

自建立湖水位观测体系以来, 青海湖水位呈现出较为明显的波动下降趋势。由 1959~2005 年青海湖年平均水位变化过程线 (图 2-4-4, 图 2-4-5, 二郎剑水位站现称为下社水位站) 可以看出, 青海湖水位由 1959 年的海拔3 196.55 m (二郎剑水位海拔3 196.48 m) 下降到 2005 年的海拔3 192.93 m (二郎剑水位海拔3 193.04 m), 47 年间水位下降了 3.62 m (二郎剑水位下降 3.44 m), 平均每年水位下降 7.7 cm (二郎剑水位下降 7.3 cm)。



图 2-4-4 青海湖 1959~2005 年平均水位变化过程线 (沙陀寺水位站)

由青海湖 1959~2005 年月平均水位过程线 (图 2-4-6) 可以看出, 湖水位最高出现在 9 月份, 比流域内最大降水量出现月份滞后 1 个月左右; 湖水位最低出现在 1 月份和 12 月份, 与流域降水量最小月份出现相一致。年内 5~9 月份为蓄水期, 10~12 月份为消耗期, 1~3 月份因湖面封冻结冰, 湖水位基本上处于平衡期。1 月份平均水位比 12 月份高出 5 cm, 这可能是湖水结冰后体积膨胀所致。

由图 2-4-6 可以看出, 青海湖水位下降的年份共有 32 年, 平均年内下降值为 15.5 cm; 水位上升或持平的年份共有 14 年, 平均年内上升值为 10.9 cm。其中湖水位年内下降超过 10.0 cm 的年份共有 22 年; 水位年内上升超过 10.0 cm 的年份共有 5 年。

通过对沙陀寺站 (1961~1992)、下社站 (1993~2002) 年平均水位和月平均水位进行相关分析表明, 青海湖水位变化自身的持续性较强, 使得湖水位序列具有很高的自相关关系, 当年水位与滞后 1~10 年的水位相关系数在 0.987~0.858 之间, 均达到了  $P < 0.001$  的显著性水平, 这使其与气象、水文因子间的关系并不显著 (图 2-4-7)。

对于青海湖水位的未来发展趋势, 学术界存在不同的观点。部分学者认为, 青海湖



图 2-4-5 青海湖 1959~2005 年平均水位变化过程线 (二郎剑水位站)

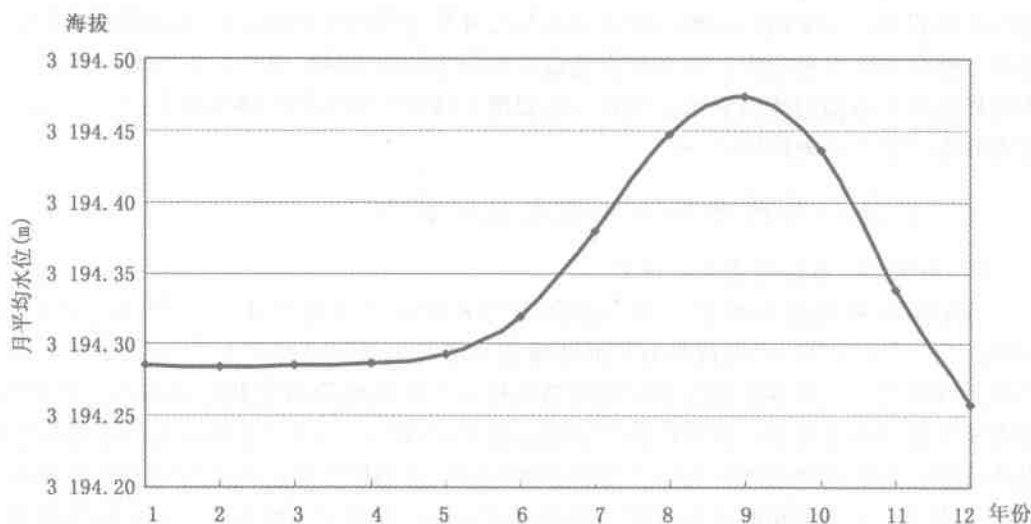


图 2-4-6 青海湖 1959~2005 年月平均水位过程线 (二郎剑水文站)

的水位有进一步继续下降的趋势 (杨雪, 2004; 李林等, 2005); 部分学者则认为, 青海湖水位将保持一定水平甚至将伴随气候变化而回升 (丁永建等, 1995; 范建华等, 1992)。毫无疑问, 造成青海湖水位下降的原因是多方面的, 其中既有社会经济发展过程中的影响因素, 也有自然环境条件演变过程中的影响因素。归纳起来, 造成青海湖水位下降的原因主要包括下述三个方面。其一, 区域气候暖干化。由于青海湖流域气候暖

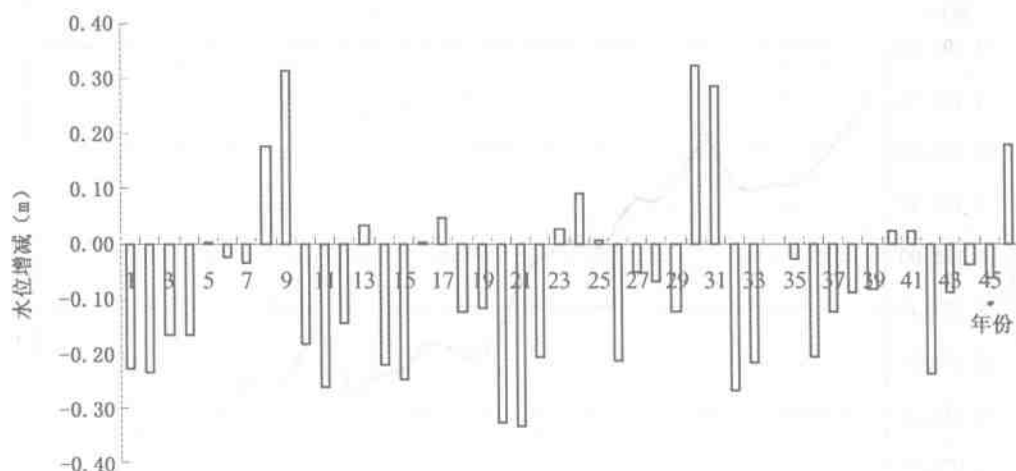


图 2-4-7 青海湖 1959~2005 年水位 (年内) 升降过程图

干化趋势的发展,年平均气温和年平均蒸发量均呈现出明显的增高趋势,必然会导致青海湖水面蒸发强度的增加而造成水位下降。其二,入湖补给不足。由于气候干暖化等方面因素的影响,青海湖的入湖河流数量和径流补给量均明显下降,使青海湖的水量补给难以弥补自身的水量损失,也必然会造成青海湖水位的下降。其三,人为截流耗水。青海湖周边人为活动的截流取水,也在一定程度上减少了实际的入湖水源补给量,成为导致青海湖水位下降的原因之一。

### (三) 流域植被与草地生态系统的演变

#### 1. 植被景观与植被类型的演变

青海湖流域植被在水平与垂直方向上均表现出明显的规律性分布(陈桂琛等,1993;彭敏等,1993)。海拔相对较低的湖盆及河谷地带以草原植被为主,其水平变化规律大致表现为:刚察县的泉吉和青海湖渔场一线以东地段由芨芨草原占主导地位;青海湖南岸江西沟以东湖盆及山前洪积扇地段主要分布以西北针茅和短花针茅占优势的温性草原;青海湖西面和泉吉以西的湖盆地带则以扁穗冰草和高山苔草等为优势种的温性草原为主;铁卜加草原改良试验站和青海湖鸟岛管理站以西的布哈河河谷地段则由于生境更为寒冷而分布着大面积的紫花针茅草原。在青海湖北面的哈尔盖曲河谷及山前洪积扇也有大面积的紫花针茅草原分布。在一些相对较为潮湿的地带还发育有以紫花针茅、高山嵩草、矮嵩草等为优势种所构成的高寒草甸化草原。从变化趋势来看,湖区植被由东向西整体表现出更加适应寒旱生境的倾向。在湖区周边的山地以及海拔相对较高的山前洪积扇地段山地则被包括高寒草原、高寒灌丛、高寒草甸和高寒流石坡稀疏植被等在内的各类高寒植被所占据。随着山地海拔的升高,湖区植被也表现出较为明显的垂直分布规律。湖区东侧的青海湖南部山地阴坡的植被垂直带依次表现为温性草原(海拔3 200~3 350m)→高寒灌丛(海拔3 350~3 800m)→高寒草甸(海拔3 400~4 000

m) → 高寒流石坡稀疏植被 (海拔4 000m 以上); 北部山地阳坡依次表现为温性草原 (海拔3 200 ~ 3 300m) → 高寒草原 (海拔3 300 ~ 3 600m) → 高寒灌丛与高寒草甸 (海拔3 500 ~ 4 000m) → 高寒流石坡稀疏植被 (海拔4 000m 以上)。湖区西侧的布哈河谷南部山地阴坡的植被垂直带依次表现为高寒草原 (海拔3 300 ~ 3 500m) → 高寒灌丛与高寒草甸 (海拔3 400 ~ 4 100m) → 高寒流石坡稀疏植被 (海拔4 100m 以上); 北部山地阳坡依次表现为高寒草原 (海拔3 300 ~ 3 600m) → 高寒灌丛与高寒草甸 (海拔3 500 ~ 4 200m) → 高寒流石坡稀疏植被 (海拔4 200m 以上)。

从地理景观而言, 青海省东部地区、青海湖流域和柴达木盆地是基本处于同一纬度范围内东西向的三个相对独立的局部盆地或低海拔河谷区域, 尽管湖区植被与青海省东部地区和柴达木盆地北缘的植被存在一定联系, 但无论在基带植被类型及植被的垂直带谱方面均与其他两个地区存在显著差异而不同于这两个地区。就整体而言, 由于较为独特的地理位置及其生态环境条件, 使湖区植被表现出自身的特点和发展趋势 (彭敏等, 1993)。这主要表现为: ①流域森林植被趋于消退状态, 原有分布的喜温树种松树、桦树等逐渐消退, 仅有耐高寒生境的青海云杉 (*Picea crassifolia*) 和祁连圆柏 (*Sabina przewalskii*) 得以残存。②高寒植被类型相对较为发育, 高寒草原、高寒灌丛、高寒草甸和高寒流石坡稀疏植被等在内的各类高寒植被均在流域有较广分布。除少数局部地段外, 四周山地已基本上为高寒植被类型所占据而明显具有主导地位。此外, 部分高寒植被类型现以扩散分布到湖盆的低海拔地段。③温性植被相对不发育甚至处于退缩状态。尽管草原植被类型是流域的基带植被类型, 但温性草原植被所占比例相对较小, 且受湖泊增温效应的影响而主要在流域的狭长地带内呈不连续的环带状分布; 相反, 高寒草原则占有较大比例, 且成为流域基带植被类型中的真正主导成分。据报道 (杜乃秋等, 1989), 全新世时期的湖区植被和气候更接近于青海省黄河 (含湟水) 流域现有自然植被分布区。比较可见, 流域现有温性植被类型的分布范围很小, 已退缩于湖体周围的狭状环带范围内, 其群落组成种类也相对较少。由上述分析可见, 流域植被的整体景观有朝高寒景观方向演变的发展趋势。

由于青海湖总体生态环境的退化, 也呈现出湿地生态系统趋于退化的现实。随着青海湖水位的下降, 湖滨的一些浅水地区逐步露出水面, 不仅演变为陆地而失去其原有的湿地生态系统功能, 而且成为湖泊周围沙漠或沙漠化土地的主要物质来源地。据报道 (倪绍祥等, 1999), 青海湖水位的下降, 已导致在湖滨、三角洲及入湖河道下游两侧低洼地中的湿地明显呈现出不断萎缩之势; 沙柳河口的沼泽面积, 在 1956 年时有 50km<sup>2</sup>, 到 1986 年则减少为 20km<sup>2</sup>。据报道 (杜庆, 1990), 青海湖流域的沼泽面积显著减少。在湖北岸过去可以看到众多的子母湖湾, 而现在已所剩无几, 代之出现的是一处处干涸皸裂的湖盆和连片的沙包沙原。此外, 在青海湖流域分布的许多西藏嵩草 (*Kobresia tibetica*) 为主要优势种的沼泽草甸, 目前正在向以线叶嵩草 (*K. capillifolia*)、嵩草 (*K. bellardii*) 等为优势种的高寒草甸方向演变, 基本失去原有的湿地生态系统功能。如果流域气候干暖化趋势和人为活动进一步加强, 湿地植被生态系统的退缩趋势势必会进一步加剧。

## 2. 草地生态系统的演变

随着人口增长及对资源的需求增加,青海湖流域的草地生态系统正在向不断退化的方向发展,已成为制约流域社会经济发展的重要因素之一。据青海省草原总站 1977 年及 1986 年两次调查资料对比分析,湖区草场从面积及产量均有明显变化,在各类型草场中,相对优良的高寒草甸草场、高寒灌丛草场、山地草原草场、沼泽草场、疏林草场面积均有不同程度的缩减,而相对较差的荒漠草场的面积则不断扩大,说明流域草场出现明显退化,有向荒漠化发展趋势。

20 世纪 50 年代初期,流域曾经是草群繁茂,优良牧草丰富的天然草场。而如今,草场退化似乎已成普遍现象,低产草地面积占有相当比例,且呈增加趋势。据样方调查,退化草场的植被盖度明显下降,群落组成中优良牧草的数量和比例下降。刚察县草场的平均可食青草产量 1959 年为  $2\,056.5\text{ kg} \cdot \text{hm}^2$ ,到 1980 年则降为  $1\,270.5\text{ kg} \cdot \text{hm}^2$ ,产草量下降了 38.22%;天峻县 70 年代初期的平均草场产量为  $2\,115\text{ kg} \cdot \text{hm}^2$ ,到 80 年代已降为  $1\,240.5\text{ kg} \cdot \text{hm}^2$ 。调查表明,至 1987 年底,流域内各类草场退化面积达到  $689\,840\text{ hm}^2$ ,已占到全区草场总面积的 35.65%。由于草地退化和食物供给不足等原因,流域的牲畜品质也明显下降。50 年代末,绵羊的平均体重为 25kg,近年来已下降到 15~20kg,下降了 20%~40%;羊毛产量也从 50 年代的平均每只羊产毛 1.25kg 降为 80 年代的 0.72kg,减少了 27.23%。

根据青海湖流域不同年代草地资料对比分析,30 年来草地年均退化  $23\,000\text{ hm}^2$ ,其中轻度退化草地为  $9\,000\text{ hm}^2$ ,中度退化草地为  $8\,933\text{ hm}^2$ ,重度退化草地为  $5\,067\text{ hm}^2$ ,并且每年仍以 3% 速率递增。尚永成(2006)也认为,流域植被整体景观明显呈现出由草原植被景观向荒漠化植被景观演变趋势,优良牧草种类减少,毒杂草大量滋生,可食草产量大幅度下降,植被盖度明显降低。由此可见,青海湖流域的天然草地退化尚有继续发展的趋势。

受自然环境条件的影响,青海湖流域的草地生态系统属于极不稳定的脆弱生态系统,极易受到外部自然环境变化和人为扰动的影响而导致破坏,一旦遭受破坏后的恢复难度很大。因此,造成草地生态环境恶化的原因是多方面的,虽然有气候干暖化、气候异常等自然因素的影响,但最主要的原因还是放牧草地长期超载过牧、盲目垦荒、乱采滥伐等不合理人为活动。此外,鼠虫害也是造成青海湖流域草地生态系统退化演变的动因之一。

## 五、流域科学考察研究概况

青海湖地处青藏高原的东北部,是我国面积最大的湖泊。青海湖流域独特的地理位置及环境特点,对于研究全球气候变化、生物多样性及其保护、高原内陆湖泊的生态环境特点及其演变规律、青藏高原隆升与高原环境演变机制等重大问题都有重要意义。此外,流域也是全球变化的敏感地区和生态系统脆弱地区。

多年来,对青海湖流域的科学研究主要围绕以下几个方面工作展开的,大致可以分为前期和后期两个时段。

### (一) 早期考察研究 (1950 ~ 1980 年)

1955 年,中国科学院地理研究所施雅风院士带队,与国家地质部水文工程地质局、国家水利部勘测设计院、中央气象局、海道测量部青海测深队等单位的科技人员,共同组成考察队,对青海湖流域的自然地理、湖体与水文、气候特征等进行了调查,完成《青海湖及其附近地区自然地理(着重地貌)的初步考察》的报告,使用回声测深仪测量青海湖水深,获得较为准确的水深资料。1955 年 7~9 月份,测得青海湖的平均湖水位海拔为 3 197.36m,最深处(位于东南湖湾)水深为 32.8m。

1956 年开始,由中国科学院水生生物研究所等多家单位联合组成考察队,对青海湖的渔业资源及渔业生物学基础进行了全面系统的调查研究,并提交了考察报告和开发渔业资源的建议。1959 年和 1962 年随着北京动物研究所青海工作站和西北高原生物研究所的成立,围绕着青海湖裸鲤和鸟岛的几种主要鸟类资源进行了大量的研究并报道(王以康,1958;黎尚豪,1959;刘立光等,1959;冼耀华,1963,1964,1974;张玉书等,1980;王侠,1981;赵利华等,1975;赵利华,1982)。1975 年,中国科学院西北高原生物研究所的科研人员,总结以往研究和自身研究成果,完成并由科学出版社出版学术专著《青海湖地区鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学》(青海省生物研究所,1975),对青海湖流域的鱼类区系、青海湖裸鲤的食性及饵料基础、青海湖裸鲤的繁殖生物学特性、青海湖裸鲤的资源现状及其增殖途径等进行了研究和论述。

1961 年开始,中国科学院系统的兰州地质研究所、水生生物研究所、微生物研究所、南京地质古生物研究所等单位的科技人员,共同成立“青海湖综合考察队”,从湖区地貌、湖泊地质、湖水物理化学、水动力、水生生物、水体微生物、现代沉积作用、地球化学、有机质、早期成岩等方面进行了较为全面的综合考察和研究,编辑出版《青海湖综合考察报告》(中国科学院兰州地质研究所等,1979)等学术专著。1962 年测定的青海湖平均湖水位为海拔 3 195.96m,最大水深(海心山南侧、海心山北侧、东南湖湾各一处) 27m。

### (二) 近期考察研究 (1980 ~ 2007 年)

1987~1990 年启动,青海省科学技术委员会资助开展“青海湖水位下降及生态环境保护对策研究”攻关项目,针对湖区的地质特征及其演变规律、气象与水文特征及演变趋势、湖水位下降及其与人类活动的关系、沙漠化趋势与成因等众多方面进行了较为全面的研究,取得揭示青海湖水位变化规律和趋势、提出青海湖水位下降的主要成因在于自然因素而非人为活动耗水过度的重要结论,初步揭示青海湖流域沙漠化的发展趋势及其可能成因。

20 世纪 80 年代末,中国科学院兰州分院组织有关专家,开展了气象、水文、生态、沉积、水化学、稳定同位素和生物地球化学等方面的研究,研究取得了青海湖属发育较晚的年轻湖泊、湖区近代的气候环境演化相似于我国东部、青海湖水域面积曾出现三次收缩与伸展的波动、湖水位下降到一定程度后将会保持基本稳定、青海湖将呈现出主湖不断分割而转变为子湖群的演变趋势、青海湖在 1 万年内不会迅速干涸、青海湖近



来一直处于反映气候环境干旱程度的较强碱性水介质环境等重要结论,出版专著《青海湖近代环境的演化和预测》(中国科学院兰州分院等,1994)。

### 1. 地质及气候水文研究

(1) 古环境演变的研究:山发寿等(1993)根据青海湖南岸二郎剑阶地QH—86中200余个孢粉样品的分析资料,得到了350ka B. P. 以来的湖区植被和环境演变;周笃珏等(1996)研究结果表明青海湖盆地气候环境向冷干方向的发展始于距今3500年前后;王云飞(1993)分析了青海湖区域气候与环境的演化过程、特点和规律等;王苏民等(1992)预测了青海湖近代萎缩的未来趋势;张彭熹等(1994)则对青海湖全新世以来古环境的参数进行了分析;上述研究工作连同此后的一些研究,先后有刘兴起等(2002, 2003a, 2003b, 2003c, 2006)、沈吉等(2001, 2004)、张恩楼等(2002a, 2002b, 2004)、史基安等(2003)、余俊清等(2002, 2004)、郭雪莲等(2002, 2005)。这些研究工作对深入了解青海湖区域的古环境演变及其变化趋势具有较好的指导作用。

(2) 地质研究:主要围绕流域地质构造的背景、演变、形成和演化趋势等方面展开(胡东生,1989;袁宝印等,1989;边千韬等,2000),对青海湖湖底构造及其沉积物等开展了大量的研究(张倩等,1994;王新民等,1997;宋春晖等,1999;安芷生等,2006;李善营等,2006a, 2006b;于炳松等,2007),并对湖底沉积物的化学成分等进行了分析(Li Jinggui et al., 1995;徐昶等,1989;董继和,1990;应光国等,1992, 1993;李景贵等,1994, 1995;祁永唐等,2004)。在湖区动植物微量元素分析方面,也开展了许多的研究工作(李天才等,2001, 2002;韩友吉等,2005;祝存冠等,2005a, 2005b)。

(3) 气候变化等研究:围绕湖区近年来的气候变化,周陆生等(1996)、李林等(2002)、王艳姣等(2003)、贾红莉等(2005)、时兴合等(2004, 2005a, 2005b)先后展开了大量的研究,分析了环青海湖地区年、季气候变化的特征和规律。

(4) 湖体水位与水量平衡的研究:在针对湖区水位变化及其趋势和原因、水位特征以及人类活动对湖区水位的影响等诸多方面,周陆生等(1992, 1996)、范建华等(1992a, 1992b)、高晓清等(1992)、秦伯强等(1992)、汤懋苍等(1992)、杨贵林等(1992)、丁永建等(1993, 1995)、曲耀光(1994)、马钰(1996)、贾玉连等(2000, 2001)、冯松等(2000)、刘小园(2001, 2004)等做了大量的研究。此外,在青海湖湖水的演化及其蒸发、降水、湖区水量变化等方面,孙大鹏等(1991, 1993, 1995, 2002)、张家武等(2004)也开展了许多研究工作。

### 2. 动物资源研究

(1) 草地蝗虫的研究:巩爱歧等(1999)率先对蝗虫与地貌类型的关系进行了研究。倪绍祥等(2000a, 2000b, 2002)分析了气候、地形和土壤对蝗虫的影响,结果发现气温对草地蝗虫的影响较为显著的是在蝗卵越冬月和孵化期;降水太多不利于草地蝗虫的发育,但适量降水因有利于蝗蛹出土可能会增加蝗虫基数;青海湖Ⅱ级阶地和构造台地更有利于蝗虫的繁育,土壤的温度、质地及水分和盐分含量对草地蝗虫的发生和发育也有一定影响。张洪亮等(2002a, 2002b, 2002c, 2002d)通过合成分析和相关分析,研究了气候异常对蝗虫灾害发生的影响,发现前一年和当年夏季温暖少雨、冬季多雪有利于蝗虫的生长和越冬,进而易于造成蝗灾,相反则不会发生。王杰臣等(2001,

2003) 则围绕青海湖流域蝗虫成灾状况与气候的关系以及蝗虫的空间分布展开了研究。邓自旺等(2002, 2005) 对青海湖流域草地蝗虫发生的气候背景和遥感监测方法等亦进行了系统研究。

(2) 普氏原羚的研究: 蒋志刚等(1995, 2001) 研究了普氏原羚的历史分布与现状, 以及普氏原羚的种群结构, 指出其濒临灭绝的原因是土地沙漠化和狼的捕杀, 如湖东—克图沙漠中狼的捕食可能是影响普氏原羚种群密度的主要原因, 而丧失栖息地和偷猎是对元者种群的直接威胁。李迪强等(1999a, 1999b) 研究了普氏原羚的活动规律, 发现沙地沙蒿群落中其活动较多, 利用起伏的沙丘可作为隐蔽生境; 草原中的芨芨草群落和冷蒿—紫花针茅群落是普氏原羚的主要采食场所; 同时普氏原羚具有晨昏型活动规律, 常常聚群活动, 在目前人为活动影响下, 很难进行季节性迁移。刘丙万等(2002a, 2002b, 2002c) 对普氏原羚的生境选择进行了数量化分析, 研究了其采食对策, 并指出草原围栏对普氏原羚种群的影响。王秀磊等(2005) 对普氏原羚的生境适宜性进行了评价, 邓杰(2005) 则针对普氏原羚的种群现状与保护进行了相关报道。

(3) 鱼类研究: 对青海湖的鱼类资源, 主要围绕以下几个方面展开的。

1) 种群生物学研究: 主要由陈民琦等(1990)、陈大庆等(2006a)、史建全等(2000a, 2000b, 2000c, 2000d, 2000e, 2004a, 2004b)、刘军(2005, 2006)、唐红玉等(2006)、杨廷宝等(1996, 1999, 2000b)、Yang Tingbao(2000a)、张信等(2005a, 2005b)、赵凯等(2007) 进行了研究和报道。

2) 分子技术的应用研究: 近年来, 随着分子生物学技术的迅速发展, 在青海湖裸鲤研究方面也得到了广泛的应用, 主要由陈大庆等(2006b)、魏乐(2000)、祁得林等(2002, 2003, 2004)、李太平等(2001, 2003)、许生成等(2003a, 2003b)、张雁平等(2006)、赵凯(2001a, 2001b)、赵凯等(2001c, 2005, 2006) 等开展了大量的研究工作。

3) 其他研究: 包括一些对青海湖裸鲤等鱼类资源化学成分的分析研究, 主要有薄海波等(2006)、李明德等(1995)、王璞等(2006)、杨启绪等(1998) 的报道。

(4) 鸟类研究: 鸟类资源如对黑颈鹤的有关繁殖行为等的研究, 由李来兴(1994) 进行了报道。此后, 对青海湖鸟岛鸟类资源的保护、利用、疾病防治, 以及鸬鹚的繁殖生物学等方面, 蔡景龙等(2000, 2001)、孙建忠等(2006)、王云涛(2000a, 2000b)、张同作等(2003a, 2003b) 进行了诸多的研究。

### 3. 植被生态学研究

陈桂琛等(1993)、彭敏等(1993) 对青海湖流域植被做了大量基础性研究工作, 并对湖区植被及其分布规律进行了系统的划分; 淮虎银和刘庆等对青海湖南岸和北岸的植被及其数量亦进行了分析研究(1995a, 1995b, 1997a, 1997b, 1993a, 1993b, 1996, 2000)。在上述工作的基础上, 诸多研究逐步扩展开来并得到了细化。周笃珩(1996) 利用红外航片对青海湖北岸从泉吉到甘子河的长 60~70km, 宽 10km 的地带进行了土地利用分析; 陈桂琛等(1991) 对沙生植被进行了遥感解译, 划分为 6 种植被类型, 提出封育是保护沙生植被最为现实有效的方法。

(1) 湿地研究: 通过对青海湖湿地植物的个体、种群、群落三个层次的研究, 探

讨了湿地植物的形态结构对高寒湿地环境的适应性,高寒湿地环境对植物结构的塑造作用;不同植物种群在湿地环境当中的形成及发展过程;湿地植物群体(或群落)结构特征随环境梯度变化的规律(黄志伟等,2001a,2001b);吴向培(2003)对湖区湿地现状进行了分析研究,并提出了保护对策。

(2) 沙地研究:张登山等(1991)研究了青海湖沙堤的形成,发现水下沙堤以及湖东现代沙丘沙的主要源地是湖西岸和北岸几条大河造成的河口三角洲地区,认为治沙主要是减少沙源。何东宁(1993)研究了青海湖主要的沙地特征;赵鸿斌(1993)利用数学方法研究了每年入湖的沙量为 $978.2558 \times 10^4$ 吨;宋春晖等(2000,2001)研究了湖西岸风成沙丘特征以及三角洲的类型、特征和成因;赵以莲等(2003)对青海湖地区典型沙地——湖东沙地和鸟岛沙地的植被特征、群落多样性以及其与环境因子间的关系等进行了研究。

(3) 灌丛研究:祝存冠等(2006,2007)研究了青海湖区河谷灌丛植被特征、群落多样性以及其与环境因子间的关系。

(4) 温性草地研究:围绕青海湖地区典型温性草原——芨芨草草原,研究了围栏内外芨芨草群落的主要优势种群的分布格局、生态位以及群落结构和物种多样性特征(陈桂琛等,1993b;周国英等,2003,2004,2005,2006),同时对芨芨草群落种子形态、萌发特性以及地上生物量、土壤种子库等进行了一系列比较分析研究(周国英等,2007a,2007b)。此外,针对该地区草地类型的变化及其结构演替,俞文政等(2007)亦进行了报道。

(5) 高寒草地研究:围绕青海湖区典型高寒草原——紫花针茅草原,研究了围栏封育后紫花针茅草原植物群落特征及其多样性,以及针茅草原群落生物量的动态变化(孙菁等,2003,2004)。王小利等(2006a,2006b,2006c,2006d)围绕线叶嵩草、紫花针茅中度与重度退化草地,开展了其地形植物量和草地光能转化效率的研究。周国英等(2004,2005)对施肥和围栏封育条件下湖区高寒草原群落、物种多样性及地上生物量等进行了比较分析。

(6) 植被保护研究:主要由杜庆(1990)、彭敏等(1994)、周立华等(1992)、陈桂琛等(1994b,1995,1997)、王维岳等(1996)、郭武(1997)、魏克家等(1997)、韩永荣(2000)、辛存岳等(2001)、朱琰等(2001)、杨修等(2003)等进行了大量的研究报道。

#### 4. 遥感及地理信息系统

遥感及地理信息系统的研究应用,首先由陈桂琛等(1991,1992)对湖区沙生植被和沼泽草甸进行了遥感解译;周笃珺(1996)对湖北岸的土地利用状况进行了遥感分析。此后,在湖区沙地、草地植被生物量、土地利用变化、湖区生态环境变化、土地荒漠化、水域变化及湖岸演变遥感监测等方面,虞卫国等(2002)、高小红等(2002)、牛志春等(2003)、沈芳等(2003)、高会军等(2005)、简季等(2006a,2006b)、冯钟葵等(2006)、张灿龙等(2006)进行了研究报道。

#### 5. 旅游人文资源研究

此项工作是近几年才兴起的。主要阐述和介绍了青海湖区旅游和人文资源,指出了

现在存在的问题,并提出了发展青海湖区生态旅游业的目标、原则、布局、建设内容和旅游线路等(苟任黎,2003;赵浩明等,2003;张祖群等,2004;姚春丽等,2005)。

## 第三章 流域自然资源

### 一、气候及其主要特征

作为青藏高原重要组成部分的青海湖流域,属于全球气候变化敏感、生态系统脆弱区之一。历史上,青海湖流域曾是水草丰美,河水清澈,水量充沛,野生动物特别是大型禽类种群繁多,湖中惟一的经济鱼类——青海湖裸鲤资源十分丰富的地区。近半个世纪以来,由于自然环境条件变化和人类活动的影响,青海湖流域出现了较为严重的生态问题,干旱化加剧,冰川、雪山逐年消退萎缩,直接影响到湿地、河流和青海湖的水源补给;湿地面积不断减少,河流径流量和入湖水量不断减少,水位逐年下降,湖泊面积日益缩小,湖水矿化度增高;草地退化、沙化,野生动物的栖息环境发生变化,栖息地被人为分割,形成孤岛状分布,种类之间的关联度下降;青海湖裸鲤遭超强度捕捞,加上生态环境恶化,珍贵的鱼种濒临灭绝。青海湖生态环境恶化,不但影响青海湖流域,而且严重威胁到青藏高原东北部的生态安全和这一地区经济社会的可持续发展。因此,分析研究青海湖流域的气候与水资源状况及其相互影响关系,对保护、恢复和综合治理流域生态环境将起到积极的作用。

#### (一) 气候

青海湖流域气候特征的描述是基于对流域内及与流域相关的天峻县城、茶卡、刚察县城、共和县江西沟等气象站及部分水文站观测数据展开的。

##### 1. 气候概况

青海湖流域地处东亚季风区、西北部干旱区和青藏高原高寒区的交汇地带,其气候类型为半干旱的温带大陆性气候。流域深居内陆,海拔较高,气温偏低,寒冷期长,没有明显四季之分,干旱少雨,太阳辐射强烈,气温日较差大是其气候的综合特征。同时,由于青海湖广阔的水体对气候的影响,使这一区域又兼有明显的湖区区域小气候特点。

(1) 气温较低,垂直变化明显:流域内年平均气温在 $-1.1 \sim 4.0^{\circ}\text{C}$ 之间,1月平均气温在 $-14.3 \sim -9.8^{\circ}\text{C}$ 之间,7月平均气温在 $10.9 \sim 15.6^{\circ}\text{C}$ 之间。极端最高气温在 $24.4 \sim 33.7^{\circ}\text{C}$ ;极端最低气温 $-26.9 \sim -35.8^{\circ}\text{C}$ 。气温由东南向西北递减。无霜期较短。

(2) 四季多风、风力强劲,环湖地带存在明显的湖陆风:青海湖湖面海拔3 194m,位于高空西风带和东亚季风的影响范围内,境内四季多风。夏季盛行风向以东风或东南

风为主, 冬季则以偏西风为主。流域年平均风速为  $2 \sim 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 风速由青海湖的东南方向西北方递增。风速最大的月份在 3~4 月份, 风速最小的月份在 12 月至翌年 1 月份, 全年风速变化为春大冬小型。湖西北的风速大于湖南地区, 瞬时最大风速超过  $30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。年大风日数在 23~73d, 大风日数总的分布趋势由东南向西北随海拔升高而递增。湖滨地带存在明显的湖陆风现象, 区域小气候特点明显。

(3) 日照充足, 太阳辐射强: 流域地处内陆高原, 全年晴多云少, 因而日照充足, 年日照时数为 2 907~3 090h, 年日照百分率为 66%~70%; 太阳辐射强烈, 年太阳辐射总量在  $6\,000 \sim 7\,000 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$  之间, 年直接辐射在  $3\,500 \sim 4\,200 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$  之间。

(4) 降水稀少, 蒸发量大: 流域年降水量平均值在 291~579mm 之间, 受地形和湖区影响, 降水分布极不均匀, 在青海湖北岸降水从北向南递减, 而湖南岸则相反; 湖滨四周向湖中心递减, 湖东则由东部向西部递减, 湖西在布哈河下游河谷地带则向东递减。

青海湖流域属半干旱地区, 常年蒸发量较大, 达 1 300~2 000mm 之间。蒸发量的分布与降水分布恰恰相反, 即湖滨平原和地势较低的河谷地区蒸发量较大, 而地势越高蒸发量则越小。

## 2. 气候特征

(1) 气温: 流域年平均气温在  $-1.1 \sim 4.0^{\circ}\text{C}$  之间, 而湖周边地带的气温在  $1.0 \sim -1.0^{\circ}\text{C}$  之间, 年平均气温基本呈南高北低的态势, 南北两岸平均气温相差约  $1.3^{\circ}\text{C}$ 。湖体南北向温度梯度要明显小于湖东西两侧陆地上的温度梯度, 显示出水体对温度的调节作用。由此可见, 流域气温年变化呈一峰一谷型。陆上各站最高气温出现在 7 月份, 而最低气温出现在 12 月份, 但是湖中海心山测点最高气温却出现在 8 月份, 可能也是水体影响所致。流域内主要气象站各月平均气温见表 3-1-1。

表 3-1-1 青海湖流域各主要气象站(点)的平均气温(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

| 站名  | 1月    | 2月    | 3月   | 4月  | 5月  | 6月  | 7月   | 8月   | 9月  | 10月  | 11月  | 12月   | 全年   | 极端最高气温 | 极端最低气温 |
|-----|-------|-------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|-------|------|--------|--------|
| 刚察  | -13.5 | -10.2 | -5.0 | 0.8 | 5.4 | 8.4 | 10.9 | 10.3 | 6.0 | 0.3  | -6.3 | -11.0 | -0.3 | 27.5   | -30.4  |
| 天峻  | -14.3 | -11.3 | -6.0 | 0.2 | 4.9 | 8.1 | 10.4 | 9.8  | 5.4 | -0.9 | -8.0 | -12.1 | -1.1 | 28.0   | -35.8  |
| 江西沟 | -12.5 | -9.5  | -4.3 | 1.6 | 6.1 | 9.4 | 11.5 | 11.2 | 7.1 | 1.8  | -4.6 | -9.1  | 0.7  | 24.4   | -26.9  |
| 海心山 | -13.5 | -11.4 | -5.1 | 0.6 | 5.7 | 9.0 | 11.9 | 12.0 | 7.7 | 2.4  | -4.6 | -10.0 | 0.4  |        |        |

注: 海心山数据引自许协江、黄锦恩等(1987)。

流域日平均气温稳定通过各界限温度的初、终日因测站海拔、下垫面状况和局部环境的不同而有早晚之别(表 3-1-2)。各界限温度初、终期间的日数与积温分布有两个特征: 一是南部比北部持续时间长, 积温多; 二是湖边较远离湖泊的地方持续时间长, 积温多。

(2) 降水: 流域降水的水汽来源主要来自孟加拉湾。夏季由于受副热带高压与高原热低压的作用, 暖湿气流一般经我国横断山脉由南向北输送, 经川西、甘南沿黄河、湟水溯流而上抵达流域上空。流域降水的时空分布除具有内陆气候特点外, 还受到“湖泊气候效应”的影响, 具有自身的特征。



表 3-1-2 青海湖流域各气象站稳定通过界限积温及相应期内的降水量

| 站 名 | ≥0℃ 积 温        |           |           |            |               |  | ≥3℃ 积 温        |           |           |            |               |  |
|-----|----------------|-----------|-----------|------------|---------------|--|----------------|-----------|-----------|------------|---------------|--|
|     | 初日 终日<br>(日/月) | 天数<br>(d) | 积温<br>(℃) | 降水<br>(mm) | 占年降水<br>量 (%) |  | 初日 终日<br>(日/月) | 天数<br>(d) | 积温<br>(℃) | 降水<br>(mm) | 占年降水<br>量 (%) |  |
| 刚 察 | 20/4 16/10     | 180.0     | 1 292     | 357.3      | 94            |  | 10/5 28/9      | 141.9     | 1 189     | 324.8      | 85            |  |
| 天 峻 | 21/4 9/10      | 171.9     | 1 211     | 310.5      | 92            |  | 12/5 24/9      | 135.6     | 1 110     | 280.1      | 93            |  |
| 江西沟 | 14/4 21/10     | 191.6     | 1 483     | 394.8      | 93            |  | 13/5 10/10     | 161.1     | 1 411     | 369.8      | 87            |  |
| 站 名 | ≥5℃ 积 温        |           |           |            |               |  | ≥10℃ 积 温       |           |           |            |               |  |
|     | 初日 终日<br>(日/月) | 天数<br>(d) | 积温<br>(℃) | 降水<br>(mm) | 占年降水<br>量 (%) |  | 初日 终日<br>(日/月) | 天数<br>(d) | 积温<br>(℃) | 降水<br>(mm) | 占年降水<br>量 (%) |  |
| 刚 察 | 30/5 16/9      | 110.0     | 1 019     | 277.1      | 73            |  | 20/7 11/8      | 22.5      | 270       | 60.9       | 16            |  |
| 天 峻 | 2/6 13/9       | 104.1     | 945       | 231.3      | 68            |  | 20/7 9/8       | 20.4      | 238       | 51.5       | 15            |  |
| 江西沟 | 16/5 23/9      | 131.1     | 1 267     | 328.7      | 78            |  | 12/7 20/8      | 40.4      | 484       | 117.9      | 28            |  |

流域年平均降水量为 291~579mm (表 3-1-3)。整个流域的降水分布情况比较复杂,如沿布哈河顺流而下,降水表现出逐步增加的趋势,河口降水比上唤仓要高出 78mm;沿沙柳河溯流而上的降水则反而增加,如热水比刚察增加了近 200mm。流域降水梯度变化很大,这些都是地形作用的结果。但就湖周边而言,还是南岸或西南岸的降水量比北岸的降水多,尤其是西南方的黑马河是湖周一个多雨中心。流域降水高度集中,5~9 月份降水量占全年降水量的 85%~89%。流域夜雨的比例相当大,无论是全年,还是 5~9 月间夜雨量都占同期总降水量的 60% 左右。据 1988 年 5~6 月份的考察资料统计,湖中心海心山的夜雨率高达 83%。

表 3-1-3 青海湖流域主要气象、水文站的年平均降水量

| 站 名    | 刚 察   | 天 峻   | 江西沟   | 上唤仓   | 布哈河   | 沙陀寺   | 热 水   | 下 社   | 黑马河   |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 降水(mm) | 381.8 | 344.7 | 417.3 | 291.0 | 328.3 | 369.2 | 579.0 | 364.5 | 417.6 |
| 站 别    | 气象    | 气象    | 气象    | 水文    | 水文    | 水文    | 水文    | 水文    | 水文    |

流域各站降水年变化形式一致,即 7 月份降水最多,而冬季 12 月至翌年 1 月份降水最少,如刚察 7 月份降水量为 89.0mm,12 月至翌年 1 月却不足 1mm。流域雨季始于 5 月中旬,终于 9 月上旬,全年雨日在 80~110d 之间。

流域内年降水量相对变率见表 3-1-4。由此可见,年降水量相对变率离湖泊较近的刚察、海晏、江西沟较小,而离湖泊较远的天峻等 4 站相对变率则较大,相距越远则相对变率亦越大。

表 3-1-4 青海湖流域内年降水量相对变率

| 站 名     | 刚 察  | 天 峻  | 江西沟  | 海 晏  |
|---------|------|------|------|------|
| 相对变率(%) | 11.1 | 18.0 | 12.3 | 11.0 |

(3) 蒸发:蒸发是青海湖及其流域内水量的主要损失途径,多年平均蒸发量在

1 300 ~ 2 000mm (表 3-1-5, 20cm 口径蒸发皿观测值)。蒸发量的年际变化不大, 年内分布与降水量基本一致, 但季节变化相对比较均匀。

表 3-1-5 青海湖流域内各站点的年蒸发量 (单位: mm)

| 站 名 | 刚 察     | 天 峻     | 茶 卡     | 海 晏     |
|-----|---------|---------|---------|---------|
| 蒸发量 | 1 454.4 | 1 613.9 | 1 909.6 | 1 432.8 |

(4) 总辐射和直接辐射: 太阳辐射是地球表面和大气的主要能源之一, 是天气气候形成和变化的能量基础。青海湖流域太阳辐射丰富 (表 3-1-6), 年总辐射量在 6 000 ~ 7 000 MJ · m<sup>-2</sup> 之间。总辐射量年变化均出现在 5 月份, 月总辐射量最小值均出现在 12 月份, 全年变化呈一峰一谷型。

表 3-1-6 青海湖流域内各月及年总辐射量 (单位: MJ · m<sup>-2</sup>)

| 站 名 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 全 年   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| 刚 察 | 364 | 414 | 557 | 628 | 695 | 687 | 674 | 649 | 519 | 469  | 377  | 322  | 6 355 |
| 天 峻 | 368 | 414 | 569 | 632 | 687 | 670 | 649 | 615 | 507 | 473  | 381  | 322  | 6 287 |
| 江西沟 | 377 | 423 | 557 | 641 | 703 | 682 | 687 | 641 | 519 | 473  | 373  | 327  | 6 403 |
| 海 晏 | 356 | 406 | 532 | 615 | 691 | 674 | 678 | 599 | 494 | 461  | 368  | 322  | 6 196 |

流域内各月和年直接辐射量见表 3-1-7。流域直接辐射量占总辐射量的 58% ~ 61%, 年内各月的直接辐射量以 7 ~ 8 月份为最大, 个别站出现在 6 月份; 直接辐射量最少的月份与总辐射量一样均出现在 12 月份, 全年变化亦呈一峰一谷型。

表 3-1-7 青海湖流域内各月及年直接辐射量 (MJ · m<sup>-2</sup>)

| 站 名 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 全 年   |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-------|
| 刚 察 | 222 | 239 | 276 | 314 | 364 | 402 | 410 | 410 | 297 | 293  | 239  | 201  | 3 667 |
| 天 峻 | 226 | 239 | 285 | 318 | 360 | 394 | 394 | 389 | 289 | 297  | 243  | 205  | 3 639 |
| 江西沟 | 230 | 243 | 276 | 322 | 368 | 398 | 419 | 406 | 293 | 297  | 239  | 205  | 3 696 |
| 海 晏 | 218 | 234 | 268 | 310 | 364 | 394 | 414 | 381 | 281 | 289  | 234  | 201  | 3 588 |

(5) 日照时数和日照百分率: 流域年日照时数在 2 907 ~ 3 090h 之间, 年日照百分率 66% ~ 70%。流域内刚察等站日照时数最多月出现在 5 月份, 天峻出现在 3 月份, 江西沟出现在 4 月份, 即春季各月日照时数最为充裕。刚察等站除在 5 月份出现第一个峰值外, 8 月份又出现第二个峰值, 前者主要因该月云、雨天气相对较少而造成; 后者主要是白天时间长所致。流域日照时数最少月均出现在 12 月份, 显然是由于该月白天时间短所致。流域各站日照百分率最高月份一般出现在秋冬季 11 月至翌年 1 月份和春季 4 月份; 最低月份则出现在夏季 6 ~ 7 月份和秋季 9 月份 (表 3-1-8)。

表 3-1-8 青海湖流域内各月日照时数 (h) 和日照百分率 (%)

| 站 名 | 1 月   | 2 月   | 3 月   | 4 月   | 5 月   | 6 月   | 7 月   | 8 月   | 9 月   | 10 月  | 11 月  | 12 月  | 全 年      |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 刚 察 | 243.8 | 231.1 | 257.0 | 266.3 | 269.0 | 243.7 | 255.1 | 260.4 | 231.4 | 259.8 | 251.8 | 242.7 | 3 012.1* |
|     | 80    | 76    | 69    | 68    | 61    | 55    | 57    | 62    | 62    | 75    | 83    | 82    | 68**     |
| 天 峻 | 248.8 | 239.4 | 270.1 | 278.0 | 269.0 | 238.2 | 246.3 | 254.1 | 234.3 | 266.6 | 257.3 | 247.7 | 3 049.8* |
|     | 81    | 79    | 73    | 71    | 61    | 54    | 55    | 61    | 63    | 77    | 85    | 84    | 69**     |
| 江西沟 | 248.8 | 235.4 | 259.4 | 272.1 | 275.3 | 245.6 | 253.0 | 259.8 | 222.2 | 251.1 | 248.5 | 240.2 | 3 011.4* |
|     | 81    | 77    | 70    | 69    | 63    | 56    | 57    | 62    | 60    | 72    | 81    | 80    | 68**     |

注: \* 表示日照时数; \*\* 表示日照百分率 (%)。

(6) 环流概况: 青藏高原及其附近的环流状况, 无论是平均流场还是大环流背景下的天气系统的活动, 都无不清楚地显示着高原的影响。在冬季主要受对流层西风、极地西风、平流层西风以及这些风带中的急流影响; 在夏季主要受对流层热带东风、副热带西风、平流层东风以及青藏高原热低压环流的影响。此外, 印度西南季风的影响也是不能忽视的。总之, 青藏高原地区存在行星尺度、区域性天气尺度、中尺度和因局地地形、地貌影响而形成的山谷风或湖陆风等四级尺度大小不同的环流影响。夏季, 青海湖流域位于柴达木热低压的东侧, 以吹东风或东南风为主; 冬季, 流域主要受西风带的影响, 以吹偏西风为主。

根据刚察站的资料计算得到的高原季风相对指数来判断, 季风现象已不甚明显(戴加洗, 1990)。然而, 由于湖泊和陆地物理属性的差异, 致使环湖地带常年盛行湖陆风, 成为青海湖流域重要的气候特征之一。

(7) 风速和大风日数的年变化: 流域各站年平均风速为  $2 \sim 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 风速由青海湖的东南方向西北方递增, 各站风速最大的月份一般出现在春季 3~4 月份。风速最小的月份, 如刚察、海晏出现在冬季 12 月至翌年 1 月份, 全年风速变化为春大冬小型; 而江西沟等风速最小的月份出现在 8 月份, 天峻则出现在 9 月份, 全年风速变化基本为春大夏小型。

由于受地形和海拔高度的影响, 流域大风日数分布差异很大。大风日数总的分布趋势由东南向西北随海拔升高而递增。流域各站均以 3 月份出现的大风日数最多, 大风日数出现最少的月份均在 9 月份, 大风日数的年变化属于春多秋少型。这是因为初春西风急流强劲, 午后地面增热旺盛, 空气对流强烈, 高空动量下传最多, 往往在午后容易产生大风; 而早秋环流形势相对较为稳定, 气压梯度较小, 风速相对亦较小。

(8) 青海湖湖陆风: 由于湖泊和陆地之间物理属性的差异而引起的以 24h 为周期的局地性风系。

1) 湖陆风风向和频率: 青海湖的湖陆风十分明显, 白天盛行湖风, 风从湖内吹向陆地; 夜间转为陆风, 风从陆地吹向湖内。由湖风转为陆风, 或由陆风转为湖风常有一个过渡风向出现, 一般风向按顺时针方向转换。据湖正北方的刚察站资料统计, 湖陆风出现的频率见表 3-1-9。

表 3-1-9 青海湖流域刚察站湖陆风出现频率

| 季 节    | 春 (4 月) | 夏 (7 月) | 秋 (10 月) | 冬 (翌年 1 月) |
|--------|---------|---------|----------|------------|
| 频率 (%) | 50      | 58      | 56       | 63         |

注：此资料为 1985~1987 年数据。

由表 3-1-9 可见，冬季湖陆风出现频率最高，春季最低，夏、秋两季接近。湖陆风出现频率的年际变化不大，如 1985 年、1986 年、1987 年各季代表月累计出现次数分别为 70 次、65 次、74 次，说明湖陆风在该地区是一种持久且又稳定的基本气候现象。

2) 湖陆风转换和持续时间：湖陆风出现时间的早晚与湖泊、陆地之间热力状况差异的季节变化有关。高原春季地面增温迅速，湖风出现时间较其他季节早，冬季日出时间迟，湖风出现时间亦迟。湖风与陆风转换时间的季节变化是，冬季湖风转陆风提前，陆风转湖风延迟；夏季则相反。青海湖环湖地带春、夏、秋三季湖风开始出现时间大约在日出后 3h，主要集中在 10~11h（北京时间），占总次数的 63%~80%；冬季湖风出现时间大约在日出后 2.5h，主要集中在 11~12h，占总次数的 78%。全年湖风平均持续时间春、夏两季为 9h，秋季 8h，而冬季不足 8h，均比陆风平均持续时间短。夏季，湖风最长持续时间可达 13h，最短仅 5h；冬季，湖风最长持续时间可达 10h，最短仅 6h。

陆风开始时间在春、夏两季不够集中，多数出现在 19~22h；秋、冬两季主要集中在 19~20h，其频率分别为 78% 和 91%。春、夏两季午后大气不稳定，多大风和阵性天气，常扰乱陆风正常的开始时间，出现时间也较分散；秋、冬季节大气相对较为稳定，陆风开始时间也较正常。陆风平均持续时间都在 14h 以上，其中冬季最长达 16.4h。

3) 湖陆风的风速及其日变化：湖陆风是范围有限的局地环流，常在大范围气压梯度小的天气背景下发生，因此风速一般不会太大。据刚察站 1987 年 1 月、4 月、7 月、10 月的风速资料统计，湖陆风的平均风速，以 4 月份最大，达  $3.3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，1 月份最小，为  $2.7\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，7 月份与 10 月份接近，分别为  $3.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  和  $2.9\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

青海湖湖陆风风速有明显的周期性变化，1 月份风速最小出现在 12h，以后逐渐增大，至 17h 达最大，之后又逐渐减小，20h 出现第二个低值。7 月份与翌年 1 月份变化趋势相似，但最小值出现在 11h，最大值出现在 19h。

### 3. 主要气象灾害

#### (1) 干旱

1) 春旱：指春季农作物播种至分叶期出现的干旱，这个时段大致在 3~5 月份，依据 1960~2001 年资料对春季干旱分级指标分析，天峻、刚察、江西沟、共和春季出现轻旱的次数分别为 2 次、5 次、3 次、4 次，天峻、刚察、共和春季出现中旱的次数分别为 3 次、2 次、3 次，共和春季出现 1 次重旱。

2) 夏旱：指发生在夏季 6~8 月份的干旱。据统计，天峻、刚察、江西沟、共和夏季出现轻旱的次数分别为 4 次、2 次、1 次、1 次，江西沟、共和夏季出现中旱的次数分别为 1 次、1 次。

3) 春夏连旱：指春季发生干旱后，又出现夏旱。此时段正是农牧业生产的关键时期，若发生干旱，将直接影响农牧业总产量。据统计，天峻、江西沟、共和春季到夏季

出现轻旱的次数分别为1次、1次、1次。

(2) 洪灾：指降大雨或暴雨，引起山洪暴发或河水泛滥，冲毁交通、水利、电信设施、淹没作物或草场等灾害，同时暴雨易引发泥石流、山体滑坡等地质灾害，使道路、桥梁、建筑等设施损坏及人员伤亡。由于洪灾是由某时段的降水量、降水强度和降水持续时间所决定的，因此分析洪灾特征事实上是在解释造成洪灾现象的降水特征。

据青海省《地方标准气象灾害标准/DB63》规定：日(24h)降水量 $\geq 50\text{mm}$ 或12h降水量 $\geq 30\text{mm}$ 或1h降水量 $\geq 16\text{mm}$ ，即为暴雨。按这个标准，青海暴雨只是偶然发生。

依据上述条件统计，1960~2001年的42年间，青海湖流域暴雨4个站点累计出现过58站次(表3-1-10)，年平均1.4站次，平均每站不足0.5次，概率极小。其中，6月份累计出现11站次，占年总次数的19%；7月份累计出现15站次，占26%；8月份出现26站次，占45%，为暴雨出现次数最多的月份；9月份累计出现5站次，占9%；5月份仅出现了1站次。可以看出，暴雨发生时间多在5~9月份，主要在8月份，7月份次之。

表3-1-10 青海湖流域各气象台站累年暴雨天气次数

| 台 站 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全 年 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 合 计 |    |    |    |    | 1  | 11 | 15 | 26 | 5  |     |     |     | 58  |
| 天 峻 | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | 4  | 1  | 9  | 0  | 0   | 0   | 0   | 15  |
| 刚 察 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 3  | 4  | 5  | 2  | 0   | 0   | 0   | 14  |
| 共 和 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 6  | 7  | 1  | 0   | 0   | 0   | 16  |
| 海 晏 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 2  | 4  | 5  | 2  | 0   | 0   | 0   | 13  |

注：此资料为1960~2001年数据。

洪灾是大降水造成的。据不完全统计，1966~2001年的36年间，青海湖流域4个站均发生过洪灾，累计为23站次(表3-1-11及表3-1-12)，年平均0.6站次。其中，5月份累计出现1站次，占年总次数的4%；6月份累计出现2站次，占9%；7月份累计出现14次，占61%；8月份累计出现5次，占22%；9月份累计出现1次，占4%。由此可见，洪灾发生时间在5~9月份，其中7月份最为频繁，其次为8月份，7~8月份出现洪灾次数占全年总次数的83%，与暴雨的年内分布规律比较吻合。此外，20世纪90年代以来，发生洪灾的站次比20世纪60~80年代明显增加，这可能与全球气候变化有关。

表3-1-11 青海湖流域各气象台站累年作物受害的洪灾次数

| 台 站 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全 年 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 合 计 |    |    |    |    | 1  | 2  | 7  | 4  | 1  |     |     |     | 15  |
| 天 峻 |    |    |    |    |    |    | 2  |    |    |     |     |     | 2   |
| 刚 察 |    |    |    |    |    |    |    | 2  |    |     |     |     | 2   |
| 共 和 |    |    |    |    | 1  | 2  | 4  | 2  | 1  |     |     |     | 10  |
| 海 晏 |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |     |     |     | 1   |

注：此资料为1991~2001年数据。

表 3-1-12 青海湖流域各气象台站累年作物受害的洪灾次数

| 台 站 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全 年 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 合 计 |    |    |    |    | 7  | 1  |    |    |    |     |     |     | 8   |
| 天 峻 |    |    |    |    | 3  |    |    |    |    |     |     |     | 3   |
| 刚 察 |    |    |    |    | 3  | 1  |    |    |    |     |     |     | 4   |
| 海 晏 |    |    |    |    | 1  |    |    |    |    |     |     |     | 1   |

注：此资料为 1966 ~ 1990 年数据。

(3) 雹灾：冰雹是从冰雹云中降落下来的固态降水物，它不仅影响农牧业生产，同时对房屋建筑、工业和航空等也造成一定程度的危害。冰雹对作物的危害，一方面是使作物遭受机械损伤，破坏作物正常的生活机能；另一方面，它直接打落作物的穗粒，造成减产，严重的甚至颗粒无收。冰雹对作物危害的轻重，决定于冰雹的大小、降雹时间、降雹密度以及作物所处的发育期和复生能力等。据统计，1971 ~ 2000 年刚察县年平均雹日多达 15d（表 3-1-13），最少的海晏县年平均雹日为 4.6d。青海湖北部刚察县雹日的年际变化在 7 ~ 26d。另外，各地受灾面积和雹日的最多和最少年份很不一致，似乎也无规律可循。由此可见，雹灾和雹日的多少有很大的局地性。

流域大部地区冰雹出现在 4 ~ 10 月份，11 月至翌年 3 月份各地均未出现过冰雹。但尽管如此，流域各地的冰雹主要出现在夏半年，一般是 6 ~ 8 月份最多，此时正是主要作物小油菜处于开花以后的发育阶段，因此极易受冰雹的危害。从作物的生长发育和冰雹的月变化看，冰雹的多发期正是作物或牧草受其危害后难以恢复或不能恢复的时期，这对农牧业生产十分不利。

表 3-1-13 青海湖流域各站各月平均冰雹日数

| 地 点 | 4月  | 5月  | 6月  | 7月  | 8月  | 9月  | 10月 | 全 年  |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 共 和 | 0.3 | 1.1 | 1.8 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 0.4 | 7.3  |
| 天 峻 |     | 0.6 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 0.7 | 0.1 | 7.1  |
| 刚 察 | 0.2 | 1.1 | 4.4 | 4.7 | 2.5 | 2.0 | 0.1 | 15.0 |
| 海 晏 | 0.0 | 0.4 | 1.6 | 1.0 | 0.6 | 1.0 | 0.0 | 4.6  |
| 江西沟 |     | 0.1 | 1.1 | 1.1 | 1.3 | 2.1 | 0.3 | 6.0  |

(4) 连阴雨：指连续阴雨 5d（期间日平均总云量  $\geq$  八成）或以上，其过程总降水量  $\geq 10\text{mm}$ ，且期间不能出现 2 个无雨日（即日降水量不得  $< 0.1\text{mm}$ ）的天气过程，称为一次连阴雨天气。

春季是流域降水较少的季节，连阴雨天气亦相对较少。统计表明，1960 ~ 2001 年间春季连阴雨天气出现的次数为 55 站次，仅占全年发生总次数的 16.2%。夏季是流域降水较多的季节，连阴雨天气亦相对较多。统计表明，1960 ~ 2001 年的 42 年间，夏季连阴雨天气出现的次数为 55 站次，仅占全年发生总次数的 68.2%。秋季也是流域降水天气仅次于夏季的季节，连阴雨天气的发生次数仅次于夏季。统计表明，1960 ~ 2001



年的42年间,秋季连阴雨天气出现的次数为232站次(表3-1-14),仅占全年发生总次数的15.6%。流域就连阴雨天气的年变化而言,与降水量的年内分配基本相似,6~9月份的连阴雨天气出现的频率较大,其中以6月份为最多,在42年间全流域累计出现了83站次,而10月至翌年4月份相对较少,其中11月、12月、翌年1月、2月份基本未出现过连阴雨天气。

表3-1-14 青海湖流域各气象台站累年连阴雨天气次数

| 台 站 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全 年 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 合 计 | 0  | 0  | 5  | 7  | 43 | 83 | 79 | 70 | 46 | 7   | 0   | 0   | 340 |
| 天 峻 | 0  | 0  | 2  | 3  | 16 | 33 | 27 | 27 | 14 | 0   | 0   | 0   | 122 |
| 刚 察 | 0  | 0  | 1  | 2  | 14 | 26 | 29 | 19 | 15 | 2   | 0   | 0   | 108 |
| 共 和 | 0  | 0  | 2  | 0  | 10 | 11 | 14 | 15 | 7  | 3   | 0   | 0   | 62  |
| 海 晏 | 0  | 0  | 0  | 2  | 3  | 13 | 9  | 9  | 10 | 2   | 0   | 0   | 48  |

注:此资料为1960~2001年数据。

由于流域海拔高,深居内陆,属大陆性气候,连阴雨天气的直接后果是使气温持续偏低,因此,无论是春、秋季,连阴雨天气造成的低温均可推迟作物和牧草的生育或生殖生长,连阴雨天气过后突然放晴,冷平流和辐射降温共同作用,往往会形成霜冻,若霜冻发生在春季则为晚霜冻;发生在秋季则为早霜冻。

(5) 牧区雪灾:雪灾是流域牧区的主要自然灾害之一。每年10月中下旬至翌年5月上中旬这一时段,该地区极易出现局地或区域的强降雪天气过程,加之气温较低,积雪难以融化,时常造成大雪封山、冻死、饿死牲畜,使流域牧民财产遭受巨大损失。

据1960~2004年的45年间海西州东部和青海湖流域主要雪灾的统计,自1960年以来,发生牲畜死亡超过 $3 \times 10^4$ 头只的雪灾10次,涉及三个县以上的雪灾7次,其中1970年、1974年、1986年、1989年、1990年、1993年、1995年雪灾造成的各类牲畜死亡均超过了 $10 \times 10^4$ 头只,最严重的1993年曾波及六个县,各类牲畜死亡 $31.83 \times 10^4$ 头只。在时间分布上,10~11月份发生雪灾1次,1~5月份发生9次。从空间分布上,青海湖(刚察、共和)流域发生雪灾4次,海西州东部(天峻、乌兰、德令哈、都兰)地区发生11次,两地区同时发生1次。说明海西州东部和青海湖流域后冬至翌年春季发生雪灾的次数偏大(9/10),而前冬发生雪灾的次数偏小(1/10),发生区域性(3个县及以上)雪灾年的概率为15.9%(7/44),发生局部(2个县及以下)雪灾年的概率为6.8%(3/44)(表3-1-15)。青海湖流域发生14站次的雪灾中,前冬(10~11月份)发生1站次,后冬至翌年春季(1~4月份)发生13站次。

据1960~2004年海西州东部和青海湖流域主要雪灾出现时段内地面气象资料统计,雪灾发生时段累计降水量在13.5~204.3mm之间,平均降雪天数除3次在6d以下外,其余8次在8~21d,最大积雪深度除2次为4cm外,其余均在9~17cm之间,平均积雪持续日数为3~56d,时段平均气温除1987年外,均低于 $-0.9^{\circ}\text{C}$ 。同时,极端最低气温平均在 $-9.9 \sim -23.8^{\circ}\text{C}$ 之间,极端最高气温平均在 $7.6 \sim 20.0^{\circ}\text{C}$ 之间(表3-1-16)。

表 3-1-15 海西州东部和青海湖流域主要雪灾

| 出现时间           | 出现地区<br>(县)        | 最大积雪深度<br>(cm) | 死亡牲畜<br>( $\times 10^4$ 头只) |
|----------------|--------------------|----------------|-----------------------------|
| 1961 年 4 月     | 天峻                 | 14             | 4.45                        |
| 1970 年 2~4 月   | 乌兰、天峻、德令哈          |                | 18.69                       |
| 1974 年 3 月     | 都兰、乌兰、天峻           |                | 20.61                       |
| 1982 年 2~3 月   | 都兰、天峻、刚察           | 66             | 6.26                        |
| 1986 年 10~11 月 | 天峻                 |                | 10.41                       |
| 1987 年 4 月     | 乌兰、都兰、刚察           | 40             | 4.13                        |
| 1989 年 3~4 月   | 天峻、共和              | 30             | 16.4                        |
| 1990 年 3~4 月   | 天峻、乌兰、都兰、德令哈       |                | 22.18                       |
| 1993 年 1~3 月   | 都兰、天峻、乌兰、德令哈、共和、刚察 | 67             | 31.83                       |
| 2004 年 1~2 月   | 乌兰、天峻、德令哈          | 30             | 9.25                        |

注：此资料为 1960~2004 年数据；最大积雪深度为所在地测站以外的深度。

表 3-1-16 海西州东部和青海湖流域主要雪灾期间的降雪、气温

| 出现时间           | 发生<br>县数<br>(个) | 累计<br>降水量**<br>(mm) | 平均降<br>雪日数***<br>(d) | 最大积<br>雪深度*<br>(cm) | 平均积<br>雪日数***<br>(d) | 平均<br>气温***<br>(℃) | 极端最低<br>气温平均<br>(℃) | 极端最高<br>气温平均<br>(℃) |
|----------------|-----------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| 1961 年 4 月     | 1               | 18.9                | 1                    | 14                  | 7                    | -0.9               | -22.3               | 16.0                |
| 1970 年 2~4 月   | 4               | 82.2                | 9                    | 10                  | 19                   | -6.6               | -21.2               | 12.9                |
| 1974 年 3 月     | 3               | 20.3                | 8                    | 4                   | 11                   | -5.2               | -20.7               | 11.4                |
| 1982 年 2~3 月   | 3               | 39.0                | 9                    | 9                   | 18                   | -7.3               | -21.5               | 7.6                 |
| 1986 年 10~11 月 | 1               | 13.5                | 4                    | 10                  | 3                    | -4.7               | -18.0               | 9.5                 |
| 1987 年 4 月     | 3               | 57.9                | 6                    | 4                   | 5                    | 3.3                | -9.9                | 20.0                |
| 1989 年 3~4 月   | 2               | 118.3               | 21                   | 17                  | 19                   | -1.4               | -16.0               | 12.9                |
| 1990 年 3~4 月   | 4               | 127.2               | 11                   | 13                  | 9                    | -2.8               | -13.9               | 15.1                |
| 1993 年 1~3 月   | 6               | 204.3               | 20                   | 16                  | 39                   | -7.1               | -20.2               | 8.5                 |
| 2004 年 1~2 月   | 3               | 29.9                | 10                   | 10                  | 18                   | -8.8               | -23.8               | 9.6                 |

注：此资料为 1960~2004 年数据。\* 最大积雪深度指所在地测站的积雪深度；\*\* 累计降水量指发生雪灾期间该地区所有测站的降水总量；\*\*\* 平均降雪日数、平均积雪日数、平均气温指发生雪灾期间该地区的平均值。

地表累计积雪量为某时段平均积雪深度的累计值。据 1961~1990 年及 1971~2000 年海西州东部和青海湖流域冬、春季各年代累计积雪量的 10 年和 30 年平均值统计，1971~2000 年海西州东部和青海湖流域冬、春季气候均值较 1961~1990 年分别增加了 39cm 和 9cm，且冬季累计积雪量增加比较显著（表 3-1-17）。由此分析，流域冬、春季累计积雪量偏大的年份至少有 14 年，并以 20 世纪 80~90 年代为最多，这和雪灾发生的实际情况以及冬季降水增多和气温变暖的趋势基本吻合。可见，青海湖流域冬、春季降水量和累计积雪量的缓慢增加容易导致该地区地表积雪的积累，极易形成雪灾和低温冻害。

表 3-1-17 海西州东部和青海湖流域冬、春季地表累计积雪量的 10 年和 30 年平均值

| 时 段       | 1961 ~ 1970 | 1971 ~ 1980 | 1981 ~ 1990 | 1991 ~ 2000 | 1961 ~ 1990 | 1971 ~ 2000 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 冬季平均 (cm) | 89          | 104         | 197         | 205         | 130         | 169         |
| 春季平均 (cm) | 72          | 55          | 139         | 100         | 89          | 98          |

(6) 寒潮、强降温：寒潮、强降温天气过程是指大规模的强冷空气活动的过程，常造成剧烈的降温并伴有大风、降雪和冻害等灾害性天气现象。寒潮和强降温天气能导致交通中断，牲畜和早春晚秋作物受冻，对国民经济建设和人民群众生活造成重大损失。

寒潮、强降温是青海省灾害性天气之一。国家气象局对寒潮的规定是，在 24h 内日平均气温下降  $\geq 10^{\circ}\text{C}$ ，最低气温  $\leq 5^{\circ}\text{C}$  的强冷空气过程，称为寒潮。从青藏高原天气气候特征出发，日平均气温 24h 内下降  $6^{\circ}\text{C}$  以上，称为强降温；冬春季节日平均气温 24h 内下降  $8^{\circ}\text{C}$  以上，且最低气温低于  $5^{\circ}\text{C}$  或 72h 内日平均降温连续下降  $8^{\circ}\text{C}$  以上，且最低气温低于  $5^{\circ}\text{C}$ ，称为寒潮。

依据上述指标统计，1960 ~ 2001 年的 42 年间刚察、共和分别发生 117 次和 114 次寒潮天气过程，平均每年 2.8 次（表 3-1-18）；刚察、共和则分别发生 79 次和 98 次强降温天气过程，平均每年分别为 1.9 次和 2.4 次（表 3-1-19）。流域寒潮主要出现在隆冬季节的 12 月份和翌年春季 4 ~ 5 月份，占全年总次数的 44%；强降温主要集中在 3 ~ 5 月份的春季，占全年总次数的 49%。

表 3-1-18 青海湖流域各代表站的寒潮发生次数

| 站名 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 合计  |
|----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 刚察 | 9    | 14   | 16   | 14  | 14  | 14  | 17  | 19  | 117 |
| 共和 | 10   | 9    | 10   | 11  | 8   | 13  | 28  | 25  | 114 |

表 3-1-19 青海湖流域各代表站的强降温次数

| 站名 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 合计 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----|
| 刚察 | 3   | 7   | 11  | 11  | 17  | 7   | 3   | 3   | 1   | 4    | 9    | 3    | 79 |
| 共和 | 5   | 5   | 9   | 17  | 20  | 8   | 5   | 5   | 6   | 1    | 3    | 9    | 93 |

### (7) 低温冻害

1) 早霜冻和晚霜冻：霜冻是春（3 ~ 5 月份）、夏末秋初（8 ~ 10 月份）在作物或牧草生长季节里，夜晚土壤表面或植物株冠附近的温度短时降至  $0^{\circ}\text{C}$  以下而发生冻害，细胞被冰块挤压，使代谢过程破坏，造成农作物或牧草的损害过程。老百姓称谓“黑霜”。它与气象学上的霜，即清晨或夜间在地面或近地物体冷却到  $0^{\circ}\text{C}$  以下，水汽凝华而成，或由露冻结而成的白色松脆的冰晶有所不同。老百姓称谓“白霜”。

霜冻的指标：日最低气温  $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，地面温度  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  的日期作为霜期。以下半年日最低气温第一次出现  $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，地面温度  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  的日期为初霜日；翌年上半年日最低气温最后一次出现  $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，地面温度  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  的日期为终霜日。以终霜日的次日至初霜日前一日之间的

天数为无霜期。

霜冻的种类：霜冻以形成的原因区分，可分成三类：一类是由于大规模的冷气团入侵，使地表温度急剧下降而形成的霜冻，称平流霜冻；一类是在晴朗无风（或微风）的夜晚，空气冷而干洁，地面辐射冷却强烈而形成霜冻，称辐射霜冻；第三类是由于平流降温后，紧接着强烈辐射冷却而形成的平流辐射霜冻，称混合霜冻。混合霜冻对作物危害最为严重。

霜冻的分布：流域初、终霜冻出现日期见表 3-1-20。初霜冻最早出现在海晏和刚察县，平均在 7 月份出现；天峻县稍晚，平均在 8 月份出现；共和县最晚，平均在 9 月份出现。初霜冻出现最早和最晚的平均日期相差 2 个月左右。

表 3-1-20 青海湖流域各站平均初、终霜冻日期和无霜冻日数

| 站名 | 最低气温 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ |          |       | 最低气温 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ |          |       | 1987 ~ 2001 年<br>比 1960 ~ 1986<br>年无霜冻延长<br>天数 |
|----|-------------------------------|----------|-------|-------------------------------|----------|-------|------------------------------------------------|
|    | 初霜冻日期                         | 终霜冻日期    | 无霜冻天数 | 初霜冻日期                         | 终霜冻日期    | 无霜冻天数 |                                                |
| 共和 | 9 月 8 日                       | 5 月 30 日 | 100   | 9 月 24 日                      | 5 月 17 日 | 129   | 20                                             |
| 海晏 | 7 月 9 日                       | 6 月 24 日 | 14    | 7 月 31 日                      | 6 月 13 日 | 47    | 13                                             |
| 刚察 | 7 月 14 日                      | 6 月 22 日 | 21    | 8 月 20 日                      | 6 月 11 日 | 69    | 29                                             |
| 天峻 | 8 月 1 日                       | 7 月 23 日 | 8     | 8 月 7 日                       | 7 月 16 日 | 21    | 17                                             |

注：此资料为 1960 ~ 2001 年数据。

终霜冻终止日期的早迟正好与初霜冻的情况相反，即初霜冻出现得越晚的地区，终霜冻终止得越早；反之，初霜冻出现得越早的地区终霜冻终止得越晚。共和县终霜冻终止最早平均在 5 月下旬，天峻县终止最晚，平均在 7 月中旬。终霜冻终止最早和最晚平均日期相差达 1 个半月。

在近十几年来，青藏高原气候变暖与全球气候变暖的趋势是同步的，且气温的增幅比全球更为明显。青海湖流域气候变暖必然影响初、终霜冻期的变化，从流域不同气候时期霜冻期比较，由于 1987 ~ 2001 年间比 1960 ~ 1986 年间气候变暖，使得流域终霜冻期提前，初霜冻期推迟，年平均无霜冻期平均延长 13 ~ 29d。

2) 低温冻害：指在作物生长季节， $0^{\circ}\text{C}$  以上的低温对作物的损害，使作物生理活动出现障碍，严重时某些组织遭到破坏。作物或牧草受害后，外观无明显变化，故有“哑巴灾”之称。

低温冻害的种类：以作物在不同的生长季节受到低温冻害，可分成三类：一类是延迟型冻害，即低温在作物的生育期间，特别是在营养生长阶段发生，引起作物生育期明显延迟，作物不能正常成熟，引起减产；第二类是障碍型冻害，即作物或牧草在孕穗、抽穗、开花等生殖生长的重要时期，遇到短时间低温，使生殖器官的生理机制受到破坏，造成空粒而减产；第三类是混合型冻害，即延迟型冻害与障碍型冻害在同年度发生，给农牧业生产造成大幅度减产。

低温冻害的指标：可分为两类。①作物或牧草生长期间低温冻害的气象指标：作物生育期内日最低气温低于作物生育期下限温度并持续 5d 以上，或任一时段内月季平均

气温低于历年同期平均值  $1^{\circ}\text{C}$  以上；②作物生育期生物学下限温度指标：不同的作物在不同生育期的生物学下限温度指标是不同的（表 3-1-21）。

表 3-1-21 作物生育期生物学下限温度指标

| 作物名称 | 苗 期<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 生殖器官形成及开花<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 灌浆结实期<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 青 稞  | 2~3                           | 6~8                                 | 9                               |
| 小油菜  | 2~3                           | 8~10                                | 9                               |
| 马铃薯  | 4~5                           | 7~10                                | 6                               |

作物受害的低温冻害分级指标，可分为三级，即轻度（对作物的植株正常生育有一定影响，造成千粒重轻度下降）；中度（低温持续时间较长，作物生育期明显延迟，影响正常开花、授粉、灌浆、结实率低，千粒重下降）；重度（作物因长时间低温不能成熟，严重影响产量和质量）。

#### （8）大风、沙尘暴

1) 大风：在气象学上的定义，是指瞬间风速达到或超过  $17.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ （或目测估计风力达到或超过 8 级）的风。青海湖流域是青海省大风较多的地区之一。据 1960~2001 年的 42 年间气象资料统计，流域平均年大风日数在 37.0~69.9d 之间。其中，上半年（1~6 月份）出现频繁，达 35.7d，占全年大风日数的 75%，主要发生在 2~4 月份，分别为 5.3d、8.3d、6.6d，共有 20.2d，占全年大风日数的 42%；最少下半年（8~10 月份），分别为 2.2d、1.4d、2.1d，共有 5.7d，仅占全年大风日数的 12%。青海湖北岸的刚察县年大风日数达 47.4d，南岸的共和县年大风日数为 39.9d，均比湖区附近的其他地区的大风日数多（表 3-1-22）。

表 3-1-22 青海湖流域各气象台站累年大风天气发生次数

| 台站 | 1 月 | 2 月 | 3 月  | 4 月  | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 全年   |
|----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 刚察 | 3.4 | 5.3 | 8.2  | 6.6  | 4.9 | 3.3 | 2.7 | 2.2 | 1.4 | 2.1  | 3.2  | 3.9  | 47.2 |
| 天峻 | 5.6 | 8.4 | 12.1 | 10.0 | 6.6 | 4.3 | 3.5 | 2.7 | 2.7 | 3.1  | 4.8  | 6.0  | 69.8 |
| 共和 | 3.3 | 5.4 | 7.6  | 5.9  | 3.5 | 2.0 | 1.4 | 1.0 | 1.1 | 1.7  | 3.5  | 3.5  | 39.9 |
| 海晏 | 3.0 | 3.8 | 5.7  | 5.0  | 3.8 | 2.8 | 1.8 | 1.6 | 0.9 | 1.4  | 3.3  | 3.8  | 36.9 |

注：此资料为 1960~2001 年数据。

大风天气形成的原因，一般有以下三个方面：①冷锋过境。这种大风在青海省北部所占比重较大，尤其是冬半年。由冷空气入侵所形成的风往往持续时间较长，有时可达数天。②动量下传。这种大风在青海省冬春季节所占比重较大，且此类大风来势迅猛，一二小时即可伸展数十至数百千米，有明显的日变化，且多数出现在午后 12~19h。最大风速往往出现在地面温度最高、空气对流扰动最盛的 15~17h，此后风势随温度下降而减弱，待至日落即告平息。动量下传的偏西大风秉性干热，一般不会带来雨雪。③热力对流产生的地方性积雨云大风。此类大风与积雨云相伴而生，故称积雨云大

风。若同时发生雷电和阵性降水,即为雷雨。这种热力对流积雨云大风具有明显的日变化,且历时短,多出现于午后气温上升最高的时段,一般历时数分钟至数十分钟,风区范围较小,风向随积雨云底的移动而变化。

2) 沙尘暴:沙尘暴天气是指强风从地面卷起大量沙尘,使空气混浊,大气能见度 $<1\text{km}$ 的一种天气现象。依据风速和能见度,沙尘暴天气可分为沙尘暴、强沙尘暴和特强沙尘暴,即当风速为 $10.8 \sim 17.1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,能见度 $<1\text{km}$ 时为沙尘暴;风速为 $17.2 \sim 24.4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,能见度 $<0.5\text{km}$ 时为强沙尘暴;风速 $>24.4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,能见度 $<0.1\text{km}$ 时为特强沙尘暴。

青海省沙尘暴天气出现次数有2个明显的高值区,即以刚察县为中心的环青海湖地区和青南高原的唐古拉及可可西里地区。其中,刚察县是青海省沙尘暴天气出现次数最多的地区,天峻、刚察、共和、海晏县在42年间分别累计出现313次、580次、200次、58次,平均每年分别出现7.5次、13.8次、4.8次、1.4次(表3-1-23)。环青海湖高值区以刚察为中心向周围地区扩散。

表 3-1-23 青海湖流域各气象台站累年沙尘暴天气发生次数

| 台站 | 1月 | 2月  | 3月  | 4月  | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 全年  |
|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| 天峻 | 32 | 48  | 76  | 59  | 37 | 4  | 0  | 1  | 1  | 9   | 23  | 23  | 313 |
| 刚察 | 48 | 103 | 149 | 113 | 60 | 11 | 1  | 0  | 1  | 12  | 29  | 53  | 580 |
| 共和 | 20 | 31  | 57  | 34  | 19 | 4  | 1  | 1  | 4  | 2   | 8   | 19  | 200 |
| 海晏 | 5  | 12  | 24  | 12  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1   | 1   | 58  |

注:此资料为1960~2001年数据。

一般而言,沙尘暴天气的发生需要两个条件:一是强劲持久的大风和上升气流,为沙尘暴天气提供动力及热力条件;二是地表有丰富的松散干燥的沙尘,为沙尘暴天气提供物质基础。青南高原西部和环青海湖地区分别是青海省大风日数出现最多和较多的地区,冬春季盛行强劲的偏西风。同时,这两个地区植被稀疏,生态环境十分脆弱,特别是近年来过度采矿、超载过牧等人为活动的影响,使生态环境受到严重破坏,土壤沙化现象极为严重,致使每年春季特别是3月份土壤解冻后土质干燥松散,配合以频繁出现的冷空气活动产生的强劲风力作用,导致沙尘暴天气的屡屡发生。至于夏秋两季,恰在牧草生长季,植被盖度较高,加之少有大风天气,故沙尘暴天气出现次数明显少于冬春季。正是由于40年来大风日数的减少,虽然干旱加剧,生态环境不断恶化,植被裸露现象日趋严重,但因其主导因素即动力条件的减弱,使沙尘暴天气的出现次数逐年减少。但在气候背景相近特别是风力状况基本一致的情况下,地表植被状况却对沙尘暴天气的发生次数和能见度有着较为显著的作用。

(9) 雷暴:流域南部和北部雷暴的初日出现在4月下旬,其西部和东部雷暴的初日出现在5月上旬,出现日期相差7~10d。雷暴终日天峻出现在9月下旬,共和、海晏县出现在10月上旬,刚察则出现在10月中旬(表3-1-24)。雷暴终日最早和最晚相差19d。雷暴的初终日数在146~170d之间,长达5个月至5个半月。



表 3-1-24 青海湖流域各气象台站雷暴的初终日期

| 台 站 | 初 日      | 终 日       | 初终日数 (d) |
|-----|----------|-----------|----------|
| 天 峻 | 5 月 1 日  | 9 月 23 日  | 146      |
| 刚 察 | 4 月 24 日 | 10 月 11 日 | 170      |
| 共 和 | 4 月 24 日 | 10 月 1 日  | 161      |
| 海 晏 | 5 月 3 日  | 10 月 3 日  | 154      |

注：此资料为 1960~2001 年数据。

流域 3~4 月份和 10 月份累年雷暴发生次数在 1~21 次之间，5 月和 9 月份在 38~83 次之间，6 月份在 87~112 次之间，7 月和 8 月份在 100~135 次之间。青海湖流域累年雷暴年发生次数在 404~542 次之间（表 3-1-25）。由此可见，刚察发生的累年雷暴的年发生次数比海晏偏多了 87 次，比天峻和共和分别偏多了 133 次和 138 次。

表 3-1-25 青海湖流域各气象台站累年雷暴发生次数

| 台站 | 1 月 | 2 月 | 3 月 | 4 月 | 5 月 | 6 月 | 7 月 | 8 月 | 9 月 | 10 月 | 11 月 | 12 月 | 全年  |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| 天峻 | 0   | 0   | 1   | 5   | 40  | 96  | 123 | 104 | 38  | 3    | 0    | 0    | 410 |
| 刚察 | 0   | 0   | 2   | 8   | 61  | 112 | 135 | 120 | 83  | 21   | 0    | 0    | 542 |
| 共和 | 0   | 0   | 2   | 8   | 51  | 87  | 100 | 106 | 43  | 8    | 0    | 0    | 405 |
| 海晏 | 0   | 0   | 1   | 6   | 51  | 101 | 120 | 110 | 58  | 9    | 0    | 0    | 456 |

注：此资料为 1960~2001 年数据。

## 二、土地资源

### （一）土地资源的环境条件与基本特点

#### 1. 环境条件

青海湖流域地处青藏高原东北部，是西北黄土高原区、柴达木盆地戈壁风沙区和青南高原区三者的交汇地带。流域是连接青海省东部、西部和青南地区的枢纽地带，是通达甘肃省河西走廊、西藏、新疆三省区的主要通道。

（1）地形地貌：流域四面环山，北部为大通山，东面为日月山，南面是青海南山，西面为阿木尼尼库山，均为祁连山系南部支脉的主要山体。流域地貌多样，由湖滨平原、冲积平原、低山、中山、冰原台地和现代中山组成。在湖滨区和低洼地带有沼泽湿地分布；青海湖西北部与北部发育着河漫滩、三角洲及冰川期堆集阶地；在青海湖东部与东北部有大面积的风沙堆积区，在山麓与平滩地的交替地带有冲积洪积扇分布。

（2）气候条件：流域属于典型的高原大陆性气候，干燥、寒冷、多风，形成寒冷期长，温暖期短，四季不分明，干旱少雨，太阳光照强烈，气温日较差大而年较差小等气候特点，同时由于宽阔的青海湖水面的蒸腾调节作用，又有明显的盆地自身的小气候特征。日照时数多而光照强烈，加速了成土母质的分化，促进了土壤水分的大量蒸发。干旱、多风、少雨又促进了土壤沙漠化的发展，土壤侵蚀强烈，自然植被覆盖率低，生

态环境脆弱。

(3) 水文条件: 流域水文环境具有其自身的鲜明特点, 它是一个独立的集水区域, 周围有 40 多条大小河流组成一个完整的内流河水系。河流分布主要在西北部和北部, 南部和东部河道少而且短, 最大的河流布哈河全长 286km, 集水面积占流域总面积的 48.5%。青海湖水面面积 4 264 km<sup>2</sup> (2005)。此外, 还有面积 > 300hm<sup>2</sup> 的中小湖泊 70 多个, > 100hm<sup>2</sup> 的有 12 个, 主要分布在流域西北部的布哈河河源地区和流域东南部的湖滨地带。西北部的多数为淡水湖, 东南部多数为咸水湖。

流域沼泽湿地比较发育, 主要由湖滨沼泽和河源沼泽两部分所组成, 其面积要占流域陆地面积的 10.89%。

## 2. 基本特点

流域独特的自然地理与环境条件给土地资源带来了一系列特点。

(1) 土壤类型复杂多样: 影响土壤类型的主要因子有地形地貌、水文地质、气候因素、生物因子(动植物与微生物)和人类活动等, 土壤是在它们的共同作用下形成的自然体。由于自然条件的特殊性, 也就形成了流域复杂多样的土壤类型。据调查, 流域内有高山寒漠土、高山草甸土到栗钙土、沼泽土、风沙土等 10 多个类型。从而也就形成了对土地资源利用的多样性。

(2) 土地面积大而能够被直接利用的土地面积少: 流域除去青海湖水面面积之外, 还有陆地面积(包括河流和小湖泊等) 25 397km<sup>2</sup>, 占流域总面积的 85.6%。但是, 由于多方面自然因素的制约, 尤其是气候条件和土壤质地两个方面的不利因素, 能够直接被利用来发展农、林业生产的土地有限。

(3) 土地的生产力水平低: 主要表现在农业、林业和牧业等三个方面。

1) 牧业: 流域范围内天然草地面积占流域总面积的 72%, 而可利用的牧草地只有草地面积的 89%。草地产草量低, 高山与亚高山草甸类草地载畜能力为 0.74hm<sup>2</sup>/只羊单位, 高山干草原类为 1.63 hm<sup>2</sup>/只羊单位, 山地草甸类为 0.80 hm<sup>2</sup>/只羊单位。

2) 农业: 流域范围内农耕地面积占流域总面积的 0.61% (2005)。由于气候条件等自然因素的限制, 农作物品种不多。粮食平均单产 1 730 ~ 3 000kg · hm<sup>-2</sup>, 油菜籽单产 1 100 ~ 1 500kg · hm<sup>-2</sup>, 明显低于青海省东部地区。

3) 林业: 流域内林地面积占流域总面积的 2.8%, 多数属于滩地灌木林与山地灌木林类型, 分布在水分条件较好的河流中、下游段两岸和青海南山中上部。只有很少一部分天然针叶乔木以疏林或散生木状态分布在海晏县西部山地、共和县石乃亥西南山地以及天峻县生格乡境内, 种类单一, 植株低矮, 生长极其缓慢。

## 3. 土壤类型及其分布

流域范围内分布有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、山地草甸土、山地灌丛草甸土、黑钙土、栗钙土、沼泽土、风沙土、盐土等土壤类型。

(1) 高山寒漠土: 此类土分布于海拔 3 900m 以上的山体上部与分水岭处。土层浅薄、土体粗、骨性强、养分含量低, 植被盖度只有 5% 左右。这类土壤占流域面积的 10% 左右。主要分布区域有: 一是天峻县的西北部阳康曲与希尔格曲之间的高山顶上部一线; 二是天峻县西部艾日盖曲与哈吉尔曲的上游两岸高山区; 三是天峻县生格乡东部的阿

尔扎山区上部；四是刚察县的东北部大通山山脊线一带。主要地被物有垫状驼绒藜 (*Ceratoides compacta*)、垫状点地梅 (*Androsace tapete*)、藓状蚤缀 (*Arenaria bryophylla*)、短管兔耳草 (*Lagotis breviflora*)、唐古特红景天 (*Rhodiola algida*) 等 (表 3-2-1)。

表 3-2-1 高山寒漠土化学性质

| 特征数 | 层次 | 有机质<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g·kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg·kg <sup>-1</sup> ) |      |     | C/N  | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|-----|----|------------------------------|--------------------------------------------|-----|--------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|------|-----|------|----------------------------------------|
|     |    |                              |                                            |     | N                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                   | P    | K   |      |                                        |
| 平均值 | A  | 11.1                         | 90.0                                       | 8.3 | 0.64                     | 1.41                          | 26.6             | 42                        | 3.03 | 105 | 10.1 | 8.46                                   |
| 平均值 | BC | 9.6                          | 127.5                                      | 8.3 | 0.6                      | 1.29                          | 22.6             | 34                        | 1.83 | 104 | 9.3  | 7.53                                   |

注：A 层取自 8~16 个样本，BC 层取 3~4 个样本。数据来源于《青海土壤》(中国农业出版社，1997)。

(2) 高山草甸土：此类土分布于海拔 3 700~4 200m 之间的山地，通常位于山地的中、上部或平缓山地的顶部。土层厚度 30~50cm，富含有机质，植被低矮，盖度 70%~90%，是流域内一种主要的草地土壤类型，占流域总面积的 20%~25%，是畜牧业生产的夏秋季牧场。

高山草甸土在青海湖流域的分布，包括海晏县的北部山地与共和县东部日月山中上部山地。

分布的优势植物主要有矮嵩草 (*Kobresia humilis*)、线叶嵩草以及珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*)、美丽风毛菊 (*Saussurea superba*)、龙胆 (*Gentiana algida*)、麻花艽 (*Gentiana straminea*) 等 (表 3-2-2)。

表 3-2-2 高山草甸土化学性质

| 特征数 | 层次             | 有机质<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g·kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg·kg <sup>-1</sup> ) |     |     | C/N  | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|-----|----------------|------------------------------|--------------------------------------------|-----|--------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|-----|-----|------|----------------------------------------|
|     |                |                              |                                            |     | N                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                   | P   | K   |      |                                        |
| 平均值 | As             | 122.9                        | 6.8                                        | 7.2 | 5.43                     | 1.9                           | 22.8             | 286                       | 6.2 | 173 | 13.6 | 29.46                                  |
| 平均值 | A <sub>1</sub> | 73.0                         | 4.0                                        | 7.6 | 3.22                     | 1.8                           | 21.5             | 182                       | 3.7 | 126 | 10.8 | 18.32                                  |
| 平均值 | AB<br>(BC)     | 45.3                         | 29.1                                       | 7.4 | 3.03                     | 1.6                           | 11.6             | 150                       | 2.9 | 104 | 9.2  | 13.78                                  |

注：As 层取样本数 143 个，A<sub>1</sub> 层样本数 123 个，AB (BC) 层样本数 25 个。数据来源于《青海土壤》。

(3) 高山草原土：此类土是山地较干旱区域发育的土壤类型，分布于海拔 3 800~4 400m 的天峻县西北部的阳康曲源头山地与西部夏日格曲上游两岸山地，共和县倒淌河、江西沟、黑马河等地宽谷阶地及青海南山坡麓。由于日照充足，蒸发强烈，气候干燥而土壤水分不足，表层没有形成草皮层。土层厚度通常在 40~50cm 之间，有机质含量在 2% 左右，植被盖度 >50%。高山草原土面积占流域总面积的 20%~25%。

地表植物主要有紫花针茅 (*Stipa purpurea*) 形成禾草疏丛建群种，伴生有冰草 (*Agropyron cristatum*)、羊茅 (*Festuca ovina*)、黄芪 (*Astragalus spp.*)、狼毒 (*Stellera chamaejasme*) 等 (表 3-2-3)。

表 3-2-3 高山草原土化学性质

| 特征数 | 层次 | 有机质<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g·kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg·kg <sup>-1</sup> ) |     |     | C/N  | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|-----|----|------------------------------|--------------------------------------------|-----|--------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|-----|-----|------|----------------------------------------|
|     |    |                              |                                            |     | N                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                   | P   | K   |      |                                        |
| 平均值 | A  | 30.0                         | 84.6                                       | 8.3 | 2.12                     | 1.3                           | 22.0             | 111                       | 4.4 | 170 | 8.2  | 11.65                                  |
| 平均值 | B  | 22.4                         | 89.1                                       | 8.1 | 1.29                     | 1.2                           | 22.5             | 78                        | 3.0 | 121 | 10.1 | 8.4                                    |
| 平均值 | C  | 10.5                         | 97.1                                       | 8.3 | 0.68                     | 1.1                           | 19.9             | 26                        | 2.2 | 112 | 8.9  | 6.45                                   |

注：A 层取样本数 85 个，B 层样本数 76 个，C 层样本数 32 个。

(4) 山地草甸土：比较广泛的分布在低山丘陵的中、上部，低山及浑圆山体的顶部，河谷两岸的阶地与高海拔的山前滩地。分布海拔 3 400 ~ 3 750m，是流域主要的冬春季草场。土壤地表有 10cm 左右松软的草皮层，有机质层 20 ~ 25cm，土层厚度 1m 以上，植被盖度 70% ~ 80%。山地草甸土面积占流域总面积的 5% ~ 8%。

主要生长有高山嵩草 (*Kobresia pygmaea*)、矮嵩草、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、早熟禾 (*Poa pratensis*) 等。

山地草甸土分布地区在天峻县阳康乡果当、塞尔娘、曲陇，快尔玛乡的塞尔曲、恰通、德陇，织合玛乡的吉刚、加吉及其东部，共和县日月山脊线以西山地中上部和青海湖以西，天峻县城以南的橡皮山北部山地一带 (表 3-2-4)。

表 3-2-4 山地草甸土化学性质

| 序号 | 层次      | 有机质<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g·kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg·kg <sup>-1</sup> ) |    |     | C/N  | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|----|---------|------------------------------|--------------------------------------------|-----|--------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|----|-----|------|----------------------------------------|
|    |         |                              |                                            |     | N                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                   | P  | K   |      |                                        |
| 1  | 0 ~ 10  | 151.4                        | 1.0                                        | 7.3 | 7.40                     | 2.09                          | 25.0             | 159                       | 10 | 300 | 11.8 | 51                                     |
| 2  | 10 ~ 37 | 81.9                         | 1.5                                        | 7.3 | 3.47                     | 1.57                          | 24.3             | 73                        | 1  | 59  | 13.7 | 39                                     |
| 3  | 37 ~ 56 | 38.1                         | 2.5                                        | 7.6 | 1.66                     | 1.45                          | 25.5             | 40                        | 1  | 56  | 13.3 | 23                                     |

(5) 山地灌丛草甸土：主要分布于海拔 3 300 ~ 4 000m 的中低山丘陵地的阴坡。主要植物种有金露梅 (*Potentilla fruticosa*)、鬼箭锦鸡儿 (*Caragana jubata*)、窄叶鲜卑木 (*Sibiraea angustata*)、山生柳 (*Salix oritrepha*)；草本植物有嵩草 (*Kobresia spp.*)、苔草 (*Carex spp.*) 等。

山地灌丛草甸土与高山草甸土镶嵌，形成不连续的草皮层。土壤颜色深暗，向下逐渐变浅，草本植物根系发育，有机质含量通常在 4% ~ 10% (表 3-2-5)。

表 3-2-5 山地灌丛草甸土化学性质

| 序号 | 层次      | 有机质<br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g·kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g·kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg·kg <sup>-1</sup> ) |   |     | C/N  | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|----|---------|------------------------------|--------------------------------------------|-----|--------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|---|-----|------|----------------------------------------|
|    |         |                              |                                            |     | N                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                   | P | K   |      |                                        |
| 1  | 0 ~ 13  | 186.5                        | 0.1                                        | 7.4 | 7.9                      | 1.9                           | 24.0             | 599                       | 5 | 203 | 13.9 | 37.18                                  |
| 2  | 13 ~ 25 | 144.3                        | 0.2                                        | 7.6 | 6.1                      | 1.9                           | 17.5             | 404                       | 4 | 153 | 12.9 | 33.43                                  |
| 3  | 25 ~ 43 | 98.8                         | 0.6                                        | 7.4 | 4.1                      | 1.6                           | 14.1             | 198                       | 3 | 95  | 14.3 | 28.33                                  |

(6) 栗钙土: 主要分布于布哈河中下段的山前冲积阶地、湖滨平原以及丘陵的前沿地带, 如青海湖四周山麓以下滩地、共和县倒淌河以北滩地等。面积约占流域总面积的 3.4%。

栗钙土土层较干燥、淋溶弱, 土层中部碳酸钙含量较高, 土层厚度不一, 超过 1m 的并不少见。

栗钙土的植被以草本植物为主, 常见植物有西北针茅 (*Stipa krylorii*)、短花针茅 (*S. breviflora*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、冰草、早熟禾、赖草 (*Leymus secalinus*) 等, 盖度 30% ~ 50% (表 3-2-6)。

表 3-2-6 栗钙土化学性质

| 类型           | 层次 | 有机质<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g · kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg · kg <sup>-1</sup> ) |      |     | C/N   | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|--------------|----|--------------------------------|----------------------------------------------|-----|----------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|------|-----|-------|----------------------------------------|
|              |    |                                |                                              |     | N                          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                     | P    | K   |       |                                        |
| 暗栗钙土         | A  | 52.4                           | 108                                          | 8.2 | 3.20                       | 1.7                           | 22.7             | 179                         | 5.33 | 203 | 9.50  | 20.87                                  |
|              | B  | 36.1                           | 133                                          | 8.4 | 1.94                       | 1.6                           | 22.5             | 123                         | 3.5  | 105 | 10.79 | 16.84                                  |
|              | BC | 17.0                           | 154                                          | 8.5 | 0.96                       | 1.45                          | 22.6             | 63                          | 2.13 | 69  | 10.27 | 12.9                                   |
| 栗钙土<br>(亚类)  | A  | 20.7                           | 119                                          | 8.3 | 1.42                       | 2.0                           | 23.0             | 85                          | 10.6 | 242 | 8.45  | 12.28                                  |
|              | B  | 15.0                           | 125                                          | 8.4 | 1.22                       | 1.8                           | 22.7             | 61                          | 41   | 166 | 7.13  | 12.06                                  |
|              | BC | 8.9                            | 134                                          | 8.5 | 0.73                       | 1.65                          | 22.0             | 41.5                        | 2.9  | 120 | 7.07  | 10.62                                  |
| 淡栗钙土<br>(亚类) | A  | 17.3                           | 128                                          | 8.4 | 1.03                       | 1.6                           | 23.1             | 8                           | 68   | 180 | 9.74  | 11.89                                  |
|              | B  | 12.8                           | 135                                          | 8.6 | 0.72                       | 1.5                           | 22.4             | 61                          | 3.1  | 120 | 10.31 | 10.57                                  |
|              | BC | 6.2                            | 143                                          | 8.6 | 0.46                       | 1.45                          | 22.0             | 36.5                        | 2.47 | 108 | 7.82  | 10.09                                  |

(7) 风沙土: 主要分布于湖滨滩地和湖东地区, 包括海晏县甘子河下游, 刚察县吉尔孟河下游地区, 共和县东部小北湖以北地区, 占流域总面积的 12%。风沙土是土壤失去植被保护后经风蚀和沙压搬运和堆积作用下, 植物种类简单, 生长稀疏, 盖度低。主要植物有青海固沙草 (*Orinus kokonorica*)、沙蒿 (*Artemisia spp.*)、赖草等 (表 3-2-7)。

表 3-2-7 风沙土化学性质

| 类型            | 层次 | 有机质<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g · kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg · kg <sup>-1</sup> ) |     |     | C/N  | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|---------------|----|--------------------------------|----------------------------------------------|-----|----------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|-----|-----|------|----------------------------------------|
|               |    |                                |                                              |     | N                          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                     | P   | K   |      |                                        |
| 草原风沙土<br>(亚类) | A  | 15.4                           | 58.1                                         | 7.8 | 0.9                        | 0.8                           | 17.4             | 25                          | 2.4 | 75  | 9.9  | 5.06                                   |
|               | BC | 13.9                           | 41.0                                         | 7.7 | 0.6                        | 0.7                           | 15.9             | 2.5                         | 5.0 | 56  | 13.4 | 4.84                                   |
| 荒漠风沙土<br>(亚类) | 通体 | 4.3                            | 85.0                                         | 8.2 | 0.19                       | 0.8                           | 23.5             | 21.0                        | 2.7 | 232 | 13.1 | 3.79                                   |

注: 草原风沙土 A 层样本数 15 个, BC 层 5 个。荒漠风沙土样本数 14 个。

(8) 沼泽土: 在河流源头、山地、沟谷、河滨平原低洼地处都有少量分布, 且不受垂直地带的影。沼泽土主要分布区包括青海湖周围河滨低地, 如共和县石乃亥乡东南的大小泉湾, 黑马河至江西沟、倒淌河湖边湿地等。另外, 在刚察县境内的哈尔盖曲、乌哈阿兰曲、吉尔孟河源头地区以及布哈河上游的峻河、夏日哈曲、希格尔曲、阳康曲等河流的源头区也有大面积分布。沼泽土占流域总面积的 9.5% 左右。

这类土壤植被生长茂盛, 盖度通常在 90% 左右, 主要植物有苔草、嵩草、马先蒿 (*Pedicularis spp.*) 等 (表 3-2-8)。

表 3-2-8 沼泽土化学性质

| 序号 | 层次      | 有机质<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g · kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg · kg <sup>-1</sup> ) |   |     | C/N | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|----|---------|--------------------------------|----------------------------------------------|-----|----------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|---|-----|-----|----------------------------------------|
|    |         |                                |                                              |     | N                          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                     | P | K   |     |                                        |
| 1  | 0 ~ 12  | 127.5                          | 96.0                                         | 7.6 | 5.51                       | 1.6                           | 17.8             | 107                         | 2 | 120 | 13  | 35                                     |
| 2  | 12 ~ 29 | 59.6                           | 80.0                                         | 8.0 | 2.18                       | 1.2                           | 19.1             | 67                          | 2 | 110 | 16  | 34                                     |
| 3  | 29 ~ 57 | 22.7                           | 83.0                                         | 8.3 | 1.28                       | 1.0                           | 19.0             | 19                          |   | 120 | 11  | 17                                     |

(9) 黑钙土: 分布于刚察、海晏、共和三县海拔 3 200 ~ 3 500m 的山体下部、山前冲积与洪积平原、台地、缓坡和滩地。它上接山地草甸土, 下承栗钙土, 属冷温半湿润、寒冷半干旱气候。植被为草原草甸类, 主要生长有针茅、早熟禾、垂穗披碱草、小嵩草等, 盖度 70% ~ 80%。成土母质为黄土、红土、残积坡积物以及冲积、洪积物 (表 3-2-9)。

表 3-2-9 黑钙土化学性质

| 类型                 | 层次 | 有机质<br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | CaCO <sub>3</sub><br>(g · kg <sup>-1</sup> ) | pH  | 全量 (g · kg <sup>-1</sup> ) |                               |                  | 速效 (mg · kg <sup>-1</sup> ) |      |     | C/N  | 代换量<br>[cmol (+)<br>kg <sup>-1</sup> ] |
|--------------------|----|--------------------------------|----------------------------------------------|-----|----------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------|------|-----|------|----------------------------------------|
|                    |    |                                |                                              |     | N                          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | 碱解<br>N                     | P    | K   |      |                                        |
| 黑钙土<br>(亚类)        | A  | 66.7                           | 78.0                                         | 8.1 | 2.86                       | 1.80                          | 22.4             | 199                         | 6.6  | 197 | 13.5 | 22.02                                  |
|                    | B  | 34.7                           | 98.0                                         | 8.3 | 2.03                       | 1.6                           | 22.4             | 113                         | 3.1  | 124 | 9.9  | 20.09                                  |
|                    | BC | 23.4                           | 112.0                                        | 8.4 | 1.42                       | 1.4                           | 24.2             | 93                          | 2.6  | 103 | 9.6  | 18.28                                  |
| 淋溶<br>黑钙土<br>(亚类)  | A  | 75.2                           | 32.8                                         | 8.0 | 3.93                       | 1.9                           | 23.5             | 218                         | 9.4  | 197 | 11.1 | 26.79                                  |
|                    | B  | 56.6                           | 11.5                                         | 7.9 | 2.87                       | 1.8                           | 24.5             | 178                         | 5.9  | 95  | 11.4 | 25.44                                  |
|                    | BC | 37.8                           | 0.9                                          | 7.8 | 1.72                       | 1.5                           | 22.3             | 128                         | 2.7  | 94  | 12.7 | 23.42                                  |
| 石灰性<br>黑钙土<br>(亚类) | A  | 84.3                           | 97.1                                         | 8.2 | 4.32                       | 7.0                           | 21.7             | 217                         | 6.3  | 193 | 11.3 | 28.66                                  |
|                    | B  | 55.4                           | 96.8                                         | 8.2 | 3.03                       | 1.6                           | 22.8             | 139                         | 5.2  | 136 | 10.6 | 25.62                                  |
|                    | BC | 26.6                           | 127.5                                        | 8.5 | 1.48                       | 1.4                           | 19.2             | 59                          | 1.86 | 74  | 10.4 | 24.37                                  |

青海湖流域还有草甸土、盐土等分布, 但其面积都不大, 呈零星分布状态。

## (二) 土地资源评价

土地资源的优势包括各类土地的质地与立地条件及其开发潜力, 不足之处则重点分



析土地开发利用的制约因素。

### 1. 土地资源优势

(1) 天然草地资源: 流域天然草地面积为  $213.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占流域总面积的 72%。其中可利用的天然草地和人工草地面积为  $193.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占流域天然草地面积的 90.6%, 是发展畜牧业生产的理想场所。沼泽型湿草地又是流域草地类型中非常重要的一项。湿草地普遍具有水生、湿生植物盖度高, 再生能力强, 是食草类牲畜主要的牧草地之一, 尤其是河源类沼泽湿草地, 海拔相对较高、气温低, 是重要的夏秋季牧场。河滨类沼泽则是主要的冬春季牧场。

(2) 青海湖水面资源: 青海湖是我国海拔最高、面积最大的一个高原湖泊, 有水域面积  $4\,264 \text{ km}^2$  (2005 年), 占流域总面积的 14.4%。湖水清澈湛蓝, 湖中的岛屿和四周的湖滨地区以及广阔的湖面均为水鸟栖息、活动的场所。

青海湖广阔的水面, 每年蒸腾到空气中的水量将达到  $70 \times 10^8 \text{ m}^3$  以上, 这无疑大大增加了空气中的含水量, 相对湿度明显高于青海湖流域外部地区。这样的水汽条件是优越于西部柴达木盆地和南部共和塔拉滩地区生态环境的重要原因之一; 这样的蒸腾调节作用以及四面环山的地貌类型, 形成了青海湖盆地独特的气候与生态特征。

(3) 乔、灌木林生态资源: 在流域自然地理与气候条件相对严酷的条件下, 仍然有一定数量的乔、灌木树种分布其间, 林地面积  $8.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占流域总面积的 2.8%。这些林地绝大部分属于滩地灌木林与山地灌木林类型, 很少有天然乔木林分布。山地乔灌木林是流域陆生生态系统的一个重要组成部分, 它对涵养水源、保持水土、调节气候、阻挡风沙都有很大作用, 对整个流域的生态环境产生一定的影响。

(4) 植被类型优势: 流域植被类型多样, 物种丰富。据统计, 种子植物有 52 科, 445 种。它是青藏高原与甘肃河西走廊、陕甘宁黄土高原区三者交汇地带与湖泊、湖滨、中低山、高山、冰川等多种地貌类型的特殊条件下形成的。植被类型包括灌丛植被、草原植被、草甸植被、沙生植被和水生植被、沼泽植被等。

(5) 动物资源优势: 自然地理条件独特的青海湖流域, 是青海省内野生动物物种和数量分布都较为集中的重要区域。流域内有高等动物 243 种, 其中鸟类 189 种, 哺乳类 41 种, 两栖与爬行类 5 种, 鱼类 8 种等。众多的物种资源在地域分布上形成了湖区与湖滨湿地动物群、湖边滩地与山地草原动物群、高山高寒灌丛动物群、高寒草甸及高山裸岩动物群等四种类型。

### 2. 土地利用的制约因素

(1) 自然因素的制约: 流域因地势高耸、远离海洋而气候严寒, 雨量稀少、干旱, 并由此而派生的其他因素严重制约着土地资源的利用。如高山寒漠土、风沙土、盐土等发育缓慢, 土质粗骨性强, 土层薄、养分含量低, 目前还难以利用。

(2) 生态条件的制约: 流域从整体上来讲, 是一个生态环境非常脆弱的地区, 水土与气温条件供需不平衡, 制约着林、草等植被资源的发展, 自然植被既稀疏又不均衡, 不少地表处于裸露状态。自然灾害的频繁出现也影响着对土地资源的利用, 干旱、山洪、冻害、冰雹、雪灾等交替发生。脆弱的生态环境也形不成生态平衡的条件, 一旦遭到破坏, 恢复难度较大, 也就难以发展农牧业生产。

(3) 土壤质地的制约: 虽然流域地貌类型多样, 但在同一个大环境条件下形成的土壤, 如土壤结构、土壤水分、土壤养分和土壤盐碱度等基本条件非常相近, 这些共性因子均对发展农林牧业生产的适宜程度大大降低。

(4) 过度利用的制约: 随着人口的增加和人类活动的频繁, 流域对各类土地资源的利用力度超过了其承受能力, 也是造成生态失衡、草地退化的一个重要原因。2004年, 流域区内天然可利用草地的实际载畜量, 平均每公顷 2.3 只羊单位, 这已经大大超过了理论载畜量。现有的草食牲畜数量是 50 年前的 3 倍, 每只羊单位占有的草地由 50 年前的  $1.29\text{hm}^2$  降到 2004 年的  $0.43\text{hm}^2$ 。

20 世纪 50 年代中后期, 由于大面积开垦草地搞农耕, 撂荒后又不能及时恢复草原植被而出现大量的沙化土地。风沙区范围由原来的青海湖东北部一地逐渐向整个湖区外围扩展, 除湖水退缩、湖底泥沙裸露以外, 放牧过度也是主要原因之一, 如鸟岛与海西皮西部出现的大面积沙地就是具体的印证。

对土地资源的不合理利用以后, 普遍出现土壤表土流失严重, 肥力下降, 土地荒漠化进程加剧, 土壤次生盐渍化发展。

### (三) 土地利用

#### 1. 土地开发利用概述

从汉代起, 青海已逐渐成为历代封建王朝对外交通的重要通道和中原地区与西部边陲的重要屏障。汉王朝为了保护边陲的安宁和经济的发展, 开始确立“军事屯田”和“移民实边”的政策, 对青海东部河湟谷地实行较大规模的垦殖利用。汉宣帝时, 湟水中下游开始建立地方政权, 驻兵屯田, 移民垦殖, 安顿羌人, 传入先进的铁木农具及农耕法。到西汉末年, 地区社会安定, 人口增多, 土地的垦殖利用已初具规模。

虽然青海东部地区的农垦事业已经兴起, 但居住在西部的土著民族——羌人, 依然利用其境内肥美的水草条件, 过着逐水草而居的游牧生活。青海湖流域得天独厚的自然地理条件, 为畜牧业生产的发展提供了广袤的水草资源, 属“畜牧为天下饶”之地。当然, 日月山以西的青海湖盆地, 其自然地理和气候条件也明显区别于东部的河湟地区, 为发展农业生产形成了许多制约因素, 是农垦事业难以扩展的主要原因。直到 20 世纪 50 年代, 青海湖流域一直是以畜牧业生产为主, 无农业可言。

20 世纪 50 年代中后期, 随着流域人口的增加, 尤其是劳改农场的建立, 青海湖周围的土地开发利用随之兴起, 先后建立了青海湖农场、黄玉农场等。随后一些省级单位和军队后勤部门也在青海湖四周开垦耕地, 建立农场。在这些单位与部门农垦的影响下, 一些牧民群众也在气候条件比较适宜的地域开始小面积的垦荒种地。到 1960 年, 青海湖周边地区被开垦的草地曾达到  $13.33 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。由于大多数被垦荒的草地不适宜耕作, 到 60 年代后期开始又逐渐弃耕撂荒, 但到 1985 年前, 整个流域农耕地面积仍然有  $5 \times 10^4 \text{hm}^2$  左右。

另外, 随着交通运输业的推进和国民经济的发展, 流域修建有青藏铁路和多条公路、水库、水坝和渠道等设施, 以及城乡居民房屋与工业厂矿, 这些也都改变了土地类型。

## 2. 土地利用现状及其利用结构与利用率

(1) 土地利用现状: 按照青海湖流域土地利用类型划分, 可分为草地、耕地、林地、居民点与工矿用地、交通过地、水域及其他土地等 7 大类。

1) 草地: 天然草地面积占流域总面积的 72%, 是一个主要地类。草地类型包括高寒草原类、温性草原类、高寒草甸类、低平地草甸类等。在高寒草甸类和低平地草甸类之中包含有河源沼泽湿草地和湖滨沼泽湿草地。

在草地面积之中, 有一部分属于暂不可利用草地, 约占流域内草地面积的 9.4%。暂不可利用草地, 包括悬崖峭壁牲畜难于到达啃食的草地, 毒杂草比例特高而可利用牧草非常少的草地, 牧草植株稀疏、数量和质量都非常低下的草地, 以及相当一部分荒漠类草地。

各类草地资源的利用程度不完全相同。从草地质量上来看, 温性荒漠类草地质量不如其他类型高, 利用率也就低; 从草地的地域分布来看, 高寒草甸与高寒草原分布海拔高, 气候寒冷, 每年可利用时间仅限于 7~9 月份。而牲畜利用多的是温性草原和低平地草甸类, 通常都有 7~8 个月的放牧时间。

从提高草地资源利用率、有效保护草地资源的角度出发, 20 世纪 70 年代开始实施草地围栏, 至今围栏面积仍有  $67 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 占流域可利用草地面积的 35.3%。

2) 耕地: 流域的农耕地是从 20 世纪 50 年代后期发展起来的。1960 年以后, 由于盲目开垦而使一部分被开垦的草地重新弃耕撂荒; 随后的 40 多年间耕地面积又多次起伏变动。自 2000 年开始实施退耕还林工程以来, 5 年间退耕面积占到原耕地面积的 57.6%, 目前耕地面积仅占流域总面积的 0.6%。

现有耕地主要分布在青海湖四周的湖滨滩地及上部阶地一带, 包括湖南岸的江西沟至“151”一带, 湖东岸地区, 湖北岸的哈尔盖曲、泉吉河与沙柳河中、下游两岸滩地, 以及海晏县甘子河地区等。现有耕地经过多年耕作利用, 表土已经充分熟化, 有的还建有灌溉设施, 农作条件成熟, 主要种植青稞、油菜、马铃薯、豌豆等农作物。

3) 林地: 林地面积占流域总面积的 2.8%。以山地或滩地天然灌木林为主, 树种有山生柳、金露梅、鬼箭锦鸡儿、窄叶鲜卑木、水柏枝 (*Myricaria germanica*)、乌柳 (*Salix Cheilophila*)、叉子圆柏 (*Sabina vulgaris*) 等。天然乔木林树种有青海云杉和祁连圆柏等, 均以散生或疏林的形式存在。人工营造的林地都在居民点、农耕地附近, 近 20 年来不断扩大造林地面积, 包括许多滩地与山地的宜林地, 树种以适生的乡土树种为主, 如青杨 (*Populus cathayana*)、小叶杨 (*P. simonii*)、怪柳 (*Tamarix chinensis*)、沙棘 (*Hippopae rhamroides*)、水柏枝、乌柳、柠条 (*Caragana korshinskii*) 等。

天然林地的分布地域, 包括共和县境内的青海南山阴坡的中上部山地, 石乃亥以西山地, 天峻县布哈河流域的河谷滩地与阴坡半阴坡山地, 刚察县吉尔孟曲、伊克乌兰曲、乌哈阿兰曲和哈尔盖曲的中上游山地阴坡、半阴坡, 海晏县西部山地等。林地分布的地块面积均不大, 呈条带状或小块状, 生长在山地阴坡或半阴坡。

4) 居民点与工矿用地: 流域内城镇和居民点少, 工矿企业更少, 因而占用的土地不多, 其面积仅占流域总面积的 0.1%。

从分布地域上来看, 刚察县和天峻县城镇与居民点用地相对多一点, 但这两个县的

牧民大多数分散居住在各牧业点,且居住用地分散而不集中。实施牧户定居工程以来,相当多的牧户已经定居生活,但仍然有少部分牧户保持原来的游牧生活。共和县和海晏县在流域内只占了一部分,故占用的居民用地更少。但这两个县在流域内的位置又是铁路、公路的穿越区,小集镇多,定居点也相应多一些,而且这里农业多于畜牧业,居住相对集中。

5) 交通用地:青海湖流域是青海省省会西宁市通往柴达木盆地的必经之地,也是通达甘肃省河西走廊和新疆维吾尔自治区、西藏自治区的主要通道。中华人民共和国成立初期开始,先后建成青藏公路、青新公路、青藏铁路及热水煤矿专用线。

随着西部大开发的进程和地方经济建设的推动,环青海湖旅游业和体育竞技的开发,以 109 国道和 315 国道为骨干线的公路交通网初步形成。如 109 国道从日月山脊向西进入流域区,贯通共和县的倒淌河、江西沟、黑马河,再向西到海西州境内;315 国道在湖北岸,贯通海晏、刚察、天峻三个县。这两条国道在湟源县境内交汇后继续向东到达西宁市。

此外,青海湖东西两边,分别由省道和省级旅游专线公路南北方向分别与 109 国道和 315 国道相接,形成一个完整的环湖交通公路圈。流域内还有 204 省道和 310 省道以及多条县、乡级公路组成的县、乡级公路网。

6) 水域:青海湖是其流域内水域的主体,占流域总面积的 14.38%。流域内还分布有布哈河、沙柳河、哈尔盖曲等大小河流 40 多条,水系在湖西部与北部发达,东部与南部地域狭窄,河道短,河网稀疏。此外,还有  $>300\text{hm}^2$  的中小湖泊 70 余个,其中  $>30\text{hm}^2$  的有 20 余个,  $>100\text{hm}^2$  的有 12 个。

青海湖水域的存在,除产生了巨大的生态效益和水体的经济效益外,也是湖区周围 8 万农牧民生存和农牧业生产发展的基础。

7) 其他土地:主要包括沙化地、盐碱地、沙石裸岩地、冰川与积雪覆盖地、裸土地和荒漠化土地等,面积近  $30 \times 10^4\text{hm}^2$ ,占流域总面积的 9.9%。

沙漠化土地包含有流沙地、露沙地、固定和半固定沙地等类型,这里有长期历史演变而形成的沙地,也有近几十年来青海湖水位逐渐下降后露出的湖滨沙地和沙卵石地,还有一部分弃耕、弃牧而未恢复植被的沙化地。流动沙地与半流动沙地集中分布在青海湖东岸的海晏县和共和县境内。

沙石裸岩地、冰川与积雪、荒漠化土地,主要分布在布哈河源头和流域西部、北部的山体上部至山脊线位置。由于海拔高,气温低,几乎无地表植被生长,许多野生动物也难以生存。

上述这些未利用土地类型,由于恶劣的环境条件,从广义上来讲都属于未利用的土地,在目前的科学技术水平上还难以开发利用。

(2) 土地利用结构与利用率:在上述 7 种土地类型中,以直接经营土地为产业的有农耕地、牧草地、林地三类,统称为农林牧业用地。以土地作为基础用于城乡建筑、农村居民点建设、发展工矿和交通建设的用地有两类,统称非农林牧业建设用地。第三种类型用地包括水域与未利用的土地,在水域面积中还有一部分是直接为农牧业生产服务的,如农林灌溉系统与水产养殖用水库、池塘等。

青海湖流域有农耕地、可利用牧草地、林地合计  $203.54 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占流域总面积的 68.6%, 而牧草地又占了这三项土地中的 95.1%, 农耕地和林地面积很少。按流域内 4 个县来分析, 刚察县农林牧业用地占全县总面积的 69.2%, 海晏县农林牧业用地占全县总面积的 57.5%, 天峻县农林牧业用地占全县总面积的 81.1%, 共和县农林牧业用地占全县总面积的 62.7%。天峻县比例高于其他三县, 但县境内无农耕地。海晏县比例最低, 主要是该县在流域区内的林地与农耕地都少于刚察和共和两县。

土地作为一种资源, 其根本价值在于人们对土地的利用程度, 包括直接利用和间接利用两个方面。土地是否具有优势, 不仅体现在土地资源本身的数量与质量上, 更重要的是人们在经营利用土地中所发挥出来的经济优势和土地永续利用的潜力。通过现有土地利用的数量、利用率、利用结构比例与其利用后的经济、社会、生态三方面的效益分析, 可以看出, 流域的土地整体利用率不高, 间接用地与直接用地两项合计为 68.88%, 还有 31.12% 为暂未利用土地 (包括水域)。同时占青海湖流域总面积 2.8% 的天然林地, 其主要作用在于发挥它的生态效益, 而无直接经济利益可言。可利用牧草地一项, 由于产草量低、经营水平低, 故经济效益不高。

### 三、水文与水资源

青海湖流域为四周群山环抱的封闭式山间内陆盆地, 其中山区面积约占流域总面积的 68.6%; 河谷与平原面积占 31.4%。

青海湖水体位于流域的东南部, 长轴走向为北西西向, 东西最长 106km, 南北最宽 63km, 周长约 360km。湖水呈碱性, pH 值为 9.23, 相对密度为 1.0115, 含盐量为  $14.13 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。湖中岛屿有两处: 一处为海心山, 另一处为三块石; 蛋岛、鸟岛已与陆地相连。青海湖东面有四个子湖, 由北而南分别是尕斯库勒湖、新尕斯库勒湖、海晏湾和耳海, 大部分为咸水湖。

流域有大小河流 40 余条, 集水面积  $> 300 \text{ km}^2$  的干支流有 16 条。主要河流有布哈河、巴戈乌兰河、沙柳河、哈尔盖曲、甘子河、倒淌河、黑马河等, 其中以布哈河最大。河流呈明显的不对称分布, 西面和北面河流多且流长水大, 东面和南面则相反。河流主要以降水和冰雪融水补给, 流域内的现代冰川分布于布哈河上游的岗格尔肖合力 (意为仙女峰), 共有 22 条, 分布面积为  $13.29 \text{ km}^2$ , 储量  $5.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 年融水量  $0.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。另外, 在湖西北河源地区分布 10 多个  $> 0.3 \text{ km}^2$  的淡水湖 (图 3-3-1)。

#### (一) 降水与蒸发

##### 1. 降水

降水是青海湖流域河湖水量及地下水的主要补给来源。该地区虽为内陆盆地, 但由于西南暖湿气流和高原季风的影响, 加上本身的调节作用和西风带系统过境频繁, 所以降水量相对于其他内陆地区比较丰沛。

(1) 基本资料情况: 青海湖流域辽阔, 降水观测站点稀疏, 分布不均。湖周围一带降水观测站点比较密集, 其他地区就比较稀疏, 而且观测年限长短不齐, 水文站多设



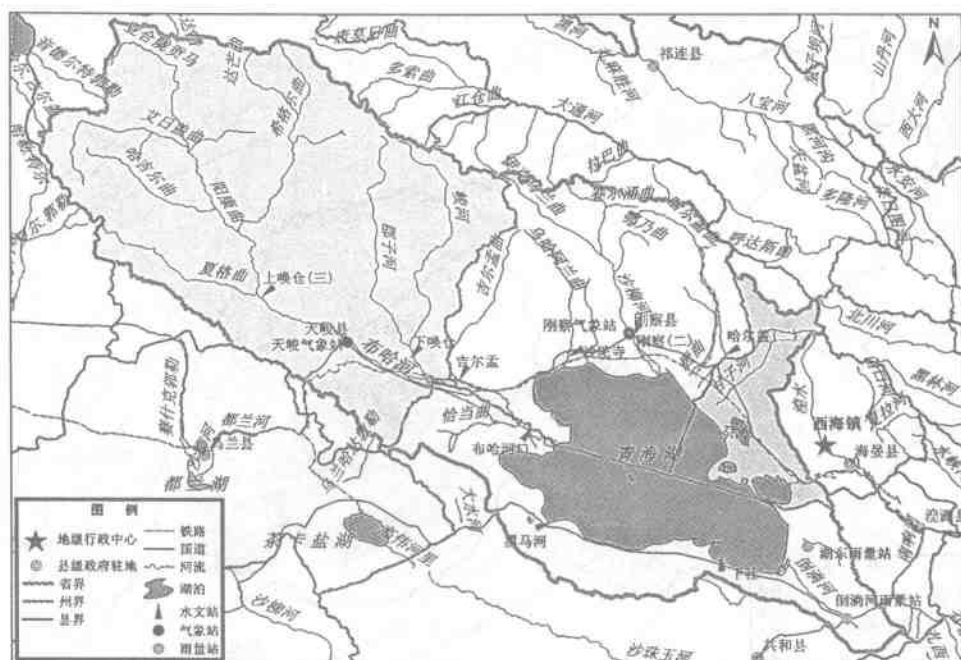


图 3-3-1 青海湖流域山区平原分区及主要水文站和气象站分布

在出山口附近，气象站多设在位于山前平原的县城内，区域代表性相对较差。

根据资料质量较好、系列较长、系列完整、面上分布均匀且能反映地形变化影响、年限在 20 年以上的原则，选取流域内外上峡仓、天峻（气象站）、布哈河口、刚察、下社、沙陀寺、黑马河、倒淌河（雨量站）、哈尔盖（雨量站）、茶卡（气象站）、沙珠玉等 11 个代表站，进行降水分析与评价，其余短系列站作为参考站。

据对站点历年和同年各站资料的对照分析、极值的分析考证、站点的迁移处理等资料的合理性检查，由于大部分雨量站观测系列短，只有天峻（气象站）、布哈河口、刚察、下社 1956~2000 年的观测系列比较完整。因此，对缺测的月、年降水量主要采用直线相关法和均值替代法进行插补。

(2) 降水特征：根据降水的主要成因、水汽的来源、冷暖锋面的活动情况，结合地理位置、地形、地貌和气候等因素对降水的影响，依据雨量观测资料绘制 1956~2000 年多年平均降水量等值线图。从气候、地形及其他地理等条件和以往研究成果对等值线进行了合理性检查，等值线的分布及弯曲情况符合一般规律，高值区、低值区的分布与降水形成的条件基本吻合，与年径流深等值线图、陆地蒸发量等值线图进行了反复对照和合理性分析。从等值线图上不难看出，多年平均降水量在 300~450mm 之间，量算出流域平均降水为 354.6mm，折合水量  $105.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。年降水量由湖北山区向南递减，但湖南的黑马河地区由于地形利于气流抬升，形成另一个高值区（图 3-3-2）。

全年降水量主要集中在夏秋两季，5~9 月份降水量约占全年降水量的 85% 以上，最大月降水量多发生在 6~8 月份，最小月降水量多发生在 12 月至翌年 1~2 月份。年



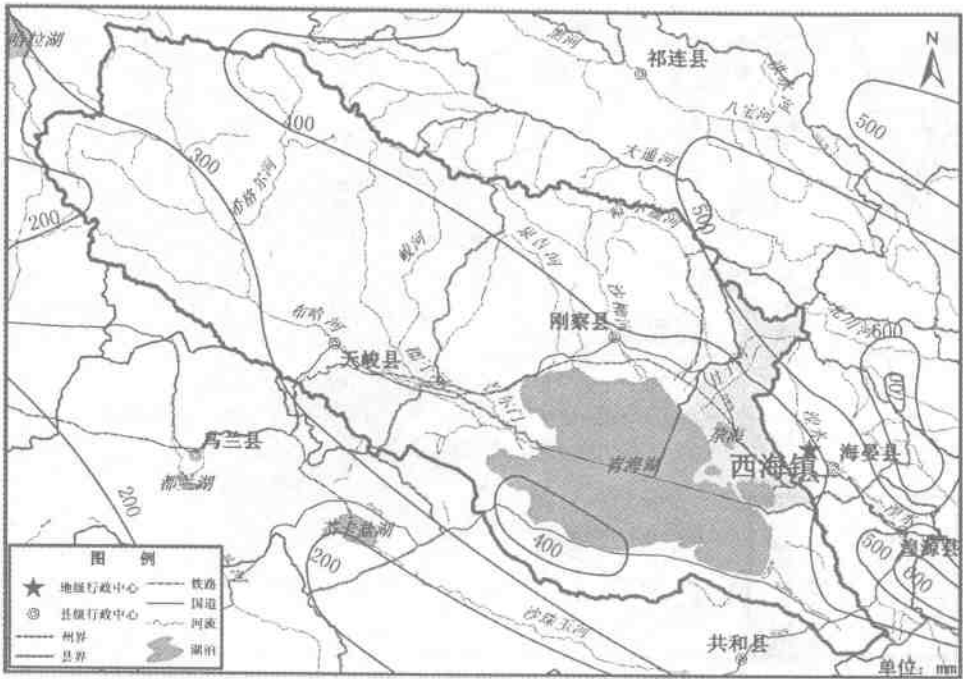


图 3-3-2 青海湖流域降水等值线图

际变化不大， $C_v$  介于 0.15 ~ 0.30 之间，年最大与最小降水量之比为 2.5 左右，年际变化的趋势与降水量相反，即降水量大的地区年际变化小，降水量小的地区年际变化大，由湖北部地区向湖南部地区递增。降水量的年内分配见表 3-3-1。

表 3-3-1 青海湖流域雨量代表站年降水量年内分配（单位：mm）

| 雨量站名称 | 频率           | 典型年  | 1月  | 2月  | 3月  | 4月   | 5月    | 6月   | 7月   | 8月   | 9月   | 10月  | 11月 | 12月 | 全年    | 连续最大四个月 |       |
|-------|--------------|------|-----|-----|-----|------|-------|------|------|------|------|------|-----|-----|-------|---------|-------|
|       |              |      |     |     |     |      |       |      |      |      |      |      |     |     |       | 起止月份    | 降水量   |
| 上峡水文站 | 偏丰年 $p=20\%$ | 1981 | 0.8 | 1.4 | 1.9 | 27.7 | 13.8  | 82.2 | 98.9 | 51.0 | 49.2 | 2.9  | 0.0 | 0.6 | 330.4 | 5-8     | 245.9 |
|       | 平水年 $p=50\%$ | 1971 | 1.6 | 1.0 | 0.0 | 4.3  | 34.4  | 19.7 | 45.1 | 85.4 | 73.1 | 16.0 | 0.2 | 0.0 | 280.8 | 5-8     | 184.6 |
|       | 偏枯年 $p=75\%$ | 1968 | 0.5 | 0.4 | 3.7 | 18.2 | 28.4  | 65.4 | 66.2 | 24.6 | 24.8 | 8.5  | 0.0 | 0.0 | 240.7 | 5-8     | 184.6 |
|       | 枯水年 $p=95\%$ | 1979 | 0.2 | 0.9 | 1.7 | 4.9  | 11.8  | 32.7 | 76.8 | 38.9 | 35.2 | 3.2  | 0.0 | 0.3 | 206.6 | 5-8     | 160.2 |
|       | 多年平均         |      | 0.5 | 1.5 | 3.4 | 10.5 | 39.2  | 66.5 | 68.3 | 55.2 | 34.7 | 9.7  | 1.3 | 0.3 | 291.1 | 5-8     | 229.3 |
| 天祝气象站 | 偏丰年 $p=20\%$ | 1964 | 2.4 | 2.2 | 5.4 | 18.6 | 107.1 | 77.3 | 93.2 | 54.1 | 34.8 | 0.3  | 0.3 | 0.0 | 395.7 | 5-8     | 331.7 |
|       | 平水年 $p=50\%$ | 1988 | 0.0 | 0.4 | 5.0 | 6.3  | 61.3  | 41.6 | 49.9 | 94.2 | 53.8 | 9.4  | 1.0 | 6.3 | 329.2 | 5-8     | 247.0 |
|       | 偏枯年 $p=75\%$ | 1995 | 0.4 | 1.7 | 3.6 | 13.8 | 8.2   | 70.1 | 82.8 | 46.3 | 44.2 | 8.7  | 0.0 | 0.4 | 280.2 | 5-8     | 207.4 |
|       | 枯水年 $p=95\%$ | 1978 | 0.4 | 3.7 | 4.9 | 11.5 | 32.9  | 34.4 | 49.6 | 32.7 | 23.4 | 16.1 | 1.5 | 0.0 | 211.1 | 5-8     | 149.6 |
|       | 多年平均         |      | 0.9 | 1.5 | 5.2 | 14.1 | 42.6  | 74.9 | 76.0 | 72.3 | 38.4 | 10.7 | 1.5 | 0.6 | 338.7 | 5-8     | 265.8 |

续表

| 雨量站名称  | 频率           | 典型年  | 1月  | 2月  | 3月   | 4月   | 5月   | 6月   | 7月    | 8月    | 9月    | 10月  | 11月  | 12月  | 全年    | 连续最大四个月 |       |
|--------|--------------|------|-----|-----|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|---------|-------|
|        |              |      |     |     |      |      |      |      |       |       |       |      |      |      |       | 起止月份    | 降水量   |
| 布哈河水文站 | 偏丰年 $p=20\%$ | 1971 | 2.3 | 0.1 | 0.6  | 6.1  | 58.0 | 32.3 | 40.8  | 126.7 | 137.3 | 41.5 | 5.3  | 0.0  | 451.0 | 6~9     | 337.1 |
|        | 平水年 $p=50\%$ | 1995 | 1.1 | 1.0 | 10.3 | 11.7 | 11.8 | 56.7 | 61.5  | 66.2  | 100.8 | 18.4 | 8.2  | 15.6 | 363.3 | 6~9     | 285.2 |
|        | 偏枯年 $p=75\%$ | 1980 | 5.0 | 4.5 | 0.0  | 16.7 | 20.7 | 56.8 | 78.9  | 86.2  | 40.2  | 0.1  | 1.6  | 0.0  | 310.7 | 6~9     | 262.1 |
|        | 枯水年 $p=95\%$ | 1962 | 0.3 | 0.0 | 1.7  | 0.8  | 29.8 | 45.7 | 70.9  | 27.4  | 45.0  | 22.1 | 1.0  | 0.0  | 244.7 | 6~9     | 189.0 |
|        | 多年平均         |      | 1.1 | 1.6 | 4.6  | 11.9 | 45.9 | 69.5 | 74.6  | 78.9  | 60.0  | 23.2 | 3.5  | 1.2  | 376.0 | 6~9     | 283.0 |
| 刚察水文站  | 偏丰年 $p=20\%$ | 1989 | 0.0 | 3.1 | 2.3  | 44.0 | 25.9 | 84.7 | 102.7 | 89.5  | 47.7  | 43.2 | 11.7 | 1.1  | 455.9 | 6~9     | 324.6 |
|        | 平水年 $p=50\%$ | 1986 | 0.0 | 1.7 | 4.8  | 9.7  | 47.7 | 92.9 | 84.4  | 116.5 | 16.8  | 11.7 | 0.4  | 4.1  | 390.7 | 6~9     | 310.6 |
|        | 偏枯年 $p=75\%$ | 1973 | 0.4 | 2.3 | 0.5  | 5.9  | 30.4 | 62.9 | 99.1  | 51.6  | 61.6  | 29.8 | 0.1  | 0.0  | 344.6 | 6~9     | 275.2 |
|        | 枯水年 $p=95\%$ | 1978 | 0.1 | 3.8 | 9.3  | 10.9 | 27.4 | 40.8 | 62.3  | 55.6  | 38.2  | 16.3 | 3.7  | 0.0  | 268.4 | 6~9     | 196.9 |
|        | 多年平均         |      | 1.0 | 1.9 | 5.8  | 14.1 | 42.5 | 75.3 | 90.1  | 92.4  | 54.9  | 14.1 | 2.5  | 0.7  | 395.3 | 6~9     | 312.7 |

## 2. 蒸发

蒸发反映了在充分供水条件下的蒸发能力,其大小取决于当地气温、饱和差、风速等气象因素。在影响蒸发的几个气象因子中,一般气温随海拔的增加而降低,风速和日照随海拔增高而增大,综合影响的结果是随海拔增高而蒸发量减少。青海湖流域水面蒸发量的变化趋势是:由山区向平原递增,由北向南递增;水土流失严重、植被稀疏、干旱高温地区蒸发量大于植被良好、湿度较大的地区。

蒸发是流域内水量的主要损失途径。由于流域气候干燥、多风,蒸发量大,多年平均蒸发能力在 850~1 050mm 之间。蒸发的年际变化不大,年内分配与降水量基本一致,但季节变化相对比较均匀,5~9 月份蒸发量约占全年蒸发量的一半。代表站多年平均水面蒸发年内分配见表 3-3-2。

表 3-3-2 蒸发量代表站 (1980~2000) 多年平均水面蒸发年内分配

| 蒸发站名称 | 多年平均月水面蒸发量 (mm) |      |      |       |       |       |       |       |       |      |      |      | 多年平均    |
|-------|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|---------|
|       | 1月              | 2月   | 3月   | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月  | 11月  | 12月  |         |
| 天 峻   | 29.2            | 38.6 | 64.5 | 96.0  | 136.7 | 126.0 | 130.3 | 129.9 | 104.2 | 80.0 | 48.5 | 34.5 | 1 018.4 |
|       | 2.9             | 3.8  | 6.3  | 9.4   | 13.4  | 12.4  | 12.8  | 12.8  | 10.2  | 7.9  | 4.8  | 3.4  | 100.0   |
| 布哈河口站 | 23.8            | 33.8 | 55.4 | 81.1  | 125.6 | 120.4 | 125.8 | 124.3 | 93.8  | 68.6 | 40.2 | 29.6 | 922.3   |
|       | 2.6             | 3.7  | 6.0  | 8.8   | 13.6  | 13.1  | 13.6  | 13.5  | 10.2  | 7.4  | 4.4  | 3.2  | 100.0   |
| 沙陀寺   | 24.3            | 35.9 | 60.3 | 84.0  | 123.6 | 115.6 | 125.7 | 124.6 | 90.5  | 66.6 | 43.4 | 31.6 | 926.1   |
|       | 2.6             | 3.9  | 6.5  | 9.1   | 13.3  | 12.5  | 13.6  | 13.5  | 9.8   | 7.2  | 4.7  | 3.4  | 100.0   |
| 刚 察   | 23.2            | 32.7 | 56.6 | 84.8  | 116.1 | 123.9 | 107.8 | 95.3  | 69.5  | 70.6 | 41.0 | 28.6 | 850.1   |
|       | 2.7             | 3.8  | 6.7  | 10.0  | 13.7  | 14.6  | 12.7  | 11.2  | 8.2   | 8.3  | 4.8  | 3.4  | 100.0   |
| 下社站   | 25.4            | 34.1 | 57.3 | 86.2  | 130.2 | 124.0 | 136.5 | 133.1 | 96.2  | 86.3 | 54.7 | 37.3 | 1 001.3 |
|       | 2.5             | 3.4  | 5.7  | 8.6   | 13.0  | 12.4  | 13.6  | 13.3  | 9.6   | 8.6  | 5.5  | 3.7  | 100.0   |
| 黑马河   | 34.6            | 45.8 | 72.4 | 101.7 | 117.7 | 96.8  | 101.6 | 107.2 | 79.6  | 88.9 | 62.4 | 45.2 | 953.9   |
|       | 3.6             | 4.8  | 7.6  | 10.7  | 12.3  | 10.1  | 10.7  | 11.2  | 8.3   | 9.3  | 6.5  | 4.7  | 100.0   |

干旱指数 ( $r$ ) 是反映一个地区气候干湿程度的指标, 它是水面蒸发能力与年降水量的比值。若  $r > 1$ , 说明水面蒸发能力大于降水, 气候干燥,  $r$  愈大, 愈干燥; 若  $r < 1$ , 说明降水量大于蒸发能力, 气候就显得湿润。

青海湖流域多年平均干旱指数在 1.5 ~ 3.5 之间。其中, 湖东北部山区, 干旱指数在 1.5 ~ 2.0 之间, 与自然地理分区的半湿润半干旱区接近; 中部环湖区干旱指数在 2.0 ~ 3.0 之间, 相当于自然地理分区半干旱区; 湖西南部区, 干旱指数在 3.0 ~ 3.5 之间, 相当于自然地理分区干旱区。部分主要代表站多年平均干旱指数统计结果见表 3-3-3。

表 3-3-3 青海湖流域主要代表站干旱指数

| 站 名   | 多年平均           |          | 干旱指数<br>( $r$ ) |
|-------|----------------|----------|-----------------|
|       | 水面蒸发 E601 (mm) | 降水量 (mm) |                 |
| 天 峻   | 1 018.4        | 350.3    | 2.9             |
| 布哈河口站 | 922.3          | 388.6    | 2.4             |
| 沙陀寺   | 926.1          | 337.3    | 2.7             |
| 刚 察   | 850.2          | 394.3    | 2.2             |
| 下社站   | 1 001.3        | 396.2    | 2.5             |
| 黑马河   | 953.9          | 448.7    | 2.1             |

## (二) 地表水资源

青海湖流域基本属于内陆半干旱地区, 水资源不丰富, 大气降水量是水资源的总补给源。由于受气候、自然地理条件和水文地质条件等影响, 河川径流直接补给包括降水补给、冰雪融水补给和地下水补给。冰雪融水补给主要集中于布哈河源区, 有少量的冰川融水补给; 地下水补给如黑马河等南部诸河和巴戈乌兰河; 降水补给为主的河流占大多数, 包括布哈河、沙柳河、甘子河等; 绝大多数河流以地下水、降水混合补给为主。

### 1. 实测径流分析

根据全国水资源分区的统一划分和技术大纲的要求, 青海湖流域属于西北内陆河流域(一级区)的青海湖水系(二级区)。青海湖流域过去和现有水文站见表 3-3-4。

表 3-3-4 青海湖流域水文站基本情况

| 河 名  | 站 名    | 位 置         | 经 度       | 纬 度       | 集水面积(km <sup>2</sup> ) | 说 明                                                                           |
|------|--------|-------------|-----------|-----------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 布哈河  | 上唤仓(三) | 天峻县<br>快尔马乡 | 98°41'00" | 37°27'00" | 7 840                  | 1957年4月20日,由青海省水利局设立为水文站。1962年7月1日基本断面下迁14km,为上唤仓(二);1967年10月1日上迁19km,为上唤仓(三) |
| 布哈河  | 布哈河口   | 刚察县<br>泉吉乡  | 99°44'00" | 37°02'00" | 14 337                 | 1957年5月1日,由青海省水利局设立为水文站                                                       |
| 江 河  | 下唤仓    | 天峻县<br>天棚乡  | 99°18'00" | 37°15'00" | 3 048                  | 1958年4月21日,由青海省水利局设立为水文站,1968年10月1日撤销                                         |
| 吉尔孟河 | 吉尔孟    | 刚察县<br>吉尔孟乡 | 99°29'00" | 37°10'00" | 926                    | 1958年4月,由青海省水利局设立为水文站,1962年6月21日撤销                                            |

续表

| 河 名   | 站 名    | 位 置         | 经 度        | 纬 度       | 集水面积(km <sup>2</sup> ) | 说 明                                                                                                                                      |
|-------|--------|-------------|------------|-----------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 依克乌兰河 | 刚 察    | 刚察县<br>沙柳河乡 | 100°06'00" | 37°23'00" | 1 361                  | 1976年1月撤销                                                                                                                                |
| 依克乌兰河 | 刚察(二)  | 刚察县<br>沙柳河乡 | 100°08'00" | 37°19'00" | 1 442                  | 1958年4月10日,由青海省水利局设立为水文站。1976年1月1日基本断面下迁7km,为刚察(二)                                                                                       |
| 哈尔盖曲  | 哈尔盖(二) | 刚察县<br>哈尔盖乡 | 100°30'00" | 37°14'00" | 1 425                  | 1958年4月,由青海省水利局设立为水文站。1960年6月1日下迁1km,为哈尔盖(二)。1964年1月撤销                                                                                   |
| 黑马河   | 黑马河    | 共和县<br>黑马河乡 | 99°47'00"  | 36°43'00" | 107                    | 1958年11月1日,由青海省水利电力厅设立为大喇嘛河口水文站。1960年基本断面上迁1 690m,为大喇嘛河口(二),1962年5月停测;1964年7月在大喇嘛河口(二)下游200m处恢复观测,改名为黑马河。1974年11月1日向东迁250m设尺观测。1993年1月撤销 |

据统计,直接流入青海湖且流域面积 $>5\text{km}^2$ 的河流有48条,上述具有实测径流的河流基本上是主要入湖河流。布哈河是青海湖流域最大的河流,多年平均径流量 $7.825 \times 10^8 \text{m}^3$ ;沙柳河为流域的第二条大河,多年平均径流量 $2.507 \times 10^8 \text{m}^3$ ;哈尔盖曲是流域的第三条大河,多年平均径流量为 $2.42 \times 10^8 \text{m}^3$ ;黑马河位于青海湖南岸,多年平均径流量为 $0.109 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

上述四条实测径流的河流集水面积 $17\,311 \text{km}^2$ ,控制青海湖流域山丘区面积的77.6%,径流量为 $12.816 \times 10^8 \text{m}^3$ ,占流域总径流量的77.1%(表3-3-5)。

表3-3-5 青海湖流域主要河流特征值

| 河 流  | 集水面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 河 长<br>(km) | 多年平均径流量<br>( $\times 10^8 \text{m}^3$ ) | 占入湖径流量<br>(%) | 备 注 |
|------|----------------------------|-------------|-----------------------------------------|---------------|-----|
| 合 计  | 17 311                     | 518.5       | 12.861                                  | 77.1          |     |
| 布哈河  | 14 337                     | 286.0       | 7.825                                   | 46.9          |     |
| 沙柳河  | 1 442                      | 105.8       | 2.507                                   | 15.0          |     |
| 哈尔盖曲 | 1 425                      | 109.5       | 2.42                                    | 14.5          |     |
| 黑马河  | 107                        | 17.2        | 0.109                                   | 0.7           |     |

径流年内分配不均匀,以布哈河为例,6~9月份径流量占全年水资源量的82.4%,最大月径流量一般发生在7月份,可达全年径流量的28%,最小月径流量多发生在1~2月份,不足全年的1%。总体上来看,5~9月份径流量约占年径流量的70%~85%,其中7~8月份可占年径流量的40%以上(表3-3-6)。

径流量的年际变化比年降水量的年际变化大得多, $C_v$ 介于0.30~0.60之间。地区分布与降水基本一致,湖北岸为高值区,而布哈河的右岸地区和湖东地区为两个低值区,年径流系数在0.15~0.35之间(表3-3-7)。

表 3-3-6 青海湖流域水文代表站径流量年内分配(单位:  $\times 10^4 \text{ m}^3$ )

| 河流名称  | 站名   | 频率   | 典型年  | 径流量   |       |       |       |         |          |          |          |          |         |         |       | 汛期      |      |          |
|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|-------|---------|------|----------|
|       |      |      |      | 1月    | 2月    | 3月    | 4月    | 5月      | 6月       | 7月       | 8月       | 9月       | 10月     | 11月     | 12月   | 全年      | 起止月份 | 天然径流量    |
| 布哈河   | 布哈河口 | 20%  | 1962 | 696.6 | 701.8 | 811.9 | 842.7 | 790.4   | 6 485.3  | 57 930.3 | 16 399.8 | 12 345.3 | 7 638.7 | 1 584.6 | 822.6 | 107 050 | 7~10 | 94 314.1 |
|       |      | 50%  | 1986 | 546.1 | 523.4 | 564.8 | 500.0 | 1 341.2 | 15 442.3 | 26 745.0 | 19 972.7 | 8 318.4  | 2 591.5 | 875.6   | 629.0 | 78 050  | 6~9  | 70 478.4 |
|       |      | 75%  | 1960 | 811.5 | 742.6 | 915.9 | 692.0 | 690.9   | 2 500.8  | 10 126.3 | 22 392.3 | 3 682.7  | 3 510.7 | 1 103.9 | 870.4 | 48 040  | 7~10 | 39 712   |
|       |      | 95%  | 1979 | 612.7 | 525.6 | 556.3 | 618.8 | 548.4   | 486.7    | 3 908.3  | 11 211.5 | 3 989.2  | 1 407.3 | 774.1   | 551.1 | 25 190  | 7~10 | 20 516.3 |
|       |      | 多年平均 |      | 662.5 | 594.1 | 676.3 | 885.6 | 2 976.5 | 8 801.3  | 21 960.7 | 20 136.9 | 13 545.6 | 5 559.8 | 1 640.8 | 809.9 | 78 250  | 6~9  | 64 444.5 |
| 依克乌兰河 | 刚察   | 20%  | 1967 | 80.3  | 27.6  | 128.6 | 901.8 | 2 999.3 | 2 695.4  | 5 167.8  | 9 773.8  | 6 556.5  | 2 704.4 | 1 147.7 | 366.8 | 32 550  | 7~10 | 24 202.5 |
|       |      | 50%  | 1982 | 104.4 | 114.8 | 218.0 | 686.3 | 1 086.7 | 2 323.0  | 7 735.8  | 3 032.4  | 5 733.7  | 2 809.0 | 891.1   | 254.8 | 24 990  | 7~10 | 19 310.9 |
|       |      | 75%  | 1991 | 44.8  | 18.7  | 289.5 | 745.0 | 1 092.3 | 2 414.3  | 4 953.4  | 4 894.4  | 2 027.7  | 1 121.9 | 802.8   | 325.2 | 18 730  | 6~9  | 14 289.8 |
|       |      | 95%  | 1973 | 75.0  | 75.2  | 241.2 | 941.2 | 1 243.4 | 1 926.7  | 1 599.6  | 1 904.7  | 1 877.7  | 2 148.8 | 370.8   | 85.7  | 12 490  | 7~10 | 7 530.8  |
|       |      | 多年平均 |      | 80.1  | 42.1  | 212.7 | 926.4 | 1 742.9 | 3 136.9  | 6 278.8  | 5 527.8  | 4 124.9  | 1 984.9 | 763.1   | 248.4 | 25 069  | 6~9  | 19 068.4 |
| 墨马河   | 墨马河  | 20%  | 1959 | 5.40  | 2.50  | 15.6  | 33.8  | 37.5    | 631.2    | 340.9    | 238.9    | 259.7    | 77.7    | 26.0    | 3.8   | 1 673   | 6~9  | 1 470.7  |
|       |      | 50%  | 1975 | 0.50  | 0.50  | 2.1   | 6.5   | 1.9     | 144.9    | 379.4    | 189.8    | 142.3    | 45.3    | 19.7    | 1.1   | 934     | 6~9  | 856.4    |
|       |      | 75%  | 1969 | 0.60  | 0.00  | 13.1  | 13.0  | 99.2    | 106.4    | 99.2     | 139.5    | 17.9     | 13.9    | 3.9     | 0.30  | 507     | 5~8  | 444.3    |
|       |      | 95%  | 1977 | 0.00  | 0.30  | 17.3  | 28.3  | 3.2     | 24.4     | 7.2      | 61.2     | 38.6     | 14.9    | 4.8     | 0.80  | 201     | 6~9  | 131.4    |
|       |      | 多年平均 |      | 3.50  | 3.00  | 9.6   | 27.1  | 129.3   | 270.5    | 235.6    | 169.9    | 131.2    | 65.9    | 32.3    | 8.1   | 1 086   | 6~9  | 807.2    |

表 3-3-7 青海湖流域水文站天然年径流量特征值

| 河流名称  | 水文站名称 | 集水面积<br>(km <sup>2</sup> ) | 多年平均                                   |          | C <sub>v</sub> | C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub> | 不同频率年径流量 (×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ) |        |        |        |
|-------|-------|----------------------------|----------------------------------------|----------|----------------|--------------------------------|---------------------------------------------|--------|--------|--------|
|       |       |                            | 径流量 (×10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ) | 径流深 (mm) |                |                                | 20%                                         | 50%    | 75%    | 95%    |
| 布哈河   | 布哈河口  | 14 337                     | 78 250                                 | 54.6     | 0.52           | 2                              | 108 800                                     | 71 300 | 48 400 | 25 200 |
| 布哈河   | 上唤仓   | 7 840                      | 66 800                                 | 84.6     | 0.37           | 2                              | 86 200                                      | 63 800 | 48 900 | 32 000 |
| 依克乌兰河 | 刚察    | 1 442                      | 25 070                                 | 177.7    | 0.35           | 2                              | 32 000                                      | 24 100 | 18 800 | 12 600 |
| 黑马河   | 黑马河   | 107                        | 1 086                                  | 102.5    | 0.77           | 2                              | 1 700                                       | 900    | 500    | 200    |

## 2. 无资料地区径流分析及流域径流等值线

径流分析选用资料系列较长、精度较高、代表性好的 3 个站点。径流资料主要选自水文统计、水文年鉴。虽然水文资料精度较高,但对选用的资料仍进行了审查,包括对极值的分析考证,站点迁移与合并处理等。通过合理性检查,使资料具有较高的精度和一定的代表性。

资料的插补延长,本次年径流资料统一采用 1956~2000 年(45 年)同步系列作为地表水资源量分析计算的基本依据,选用站同步期月、年径流资料,缺测 1956~1958 年资料。根据各河流补给来源,采用不同的途径和方法对缺测资料进行插补延长。具体采用以下几种方法:①对于邻近站或补给类型相似的河流,多采用相关法来插补汛期月径流或年径流,相关关系较好,相关系数在 0.85 以上;汛期径流量一般占年径流量的 70% 以上,且相关关系较好,用来插补年径流量。②对历年非汛期月径流量变幅不大,退水过程趋势稳定的,采用均值法或趋势法,插补非汛期缺测月份径流量。③对于观测年限较短但又属于径流空白地区的参考站,则选用同一气候区的参证站,采用比值法修正多年平均值。比值法如下:

$$PN = HN/Hn \times Pn$$

式中:  $PN$ ——短系列订正后均值;

$Pn$ ——短系列均值;

$HN$ ——参证站长系列均值;

$Hn$ ——参证站长系列中与短系列同步的  $n$  年均值。

年径流深等值线图的绘制,以流域内的代表站为主要依据,参考周边地区水文站和区间径流资料。参考降水、坡向、海拔高度、土壤等因子,勾绘径流深等值线图。绘制径流深等值线时,选择较大的控制站,用等值线量算控制站以上流域的水量,与控制站还原后的水量比较,调整等值线使两者之间的误差  $< \pm 5\%$ ,并且不出现系统偏大或偏小。对勾绘的径流深等值线图与以往的成果、降水量等值线图、冰川分布、地形等进行综合对比分析,以确保合理性。

根据青海湖流域及其周围水文站实测径流资料,绘制径流深等值线图(图 3-3-3),流域径流深在 50~150mm 之间,在黑马河和北部布哈河、沙柳河、甘子河、巴戈乌兰河的上游径流深在 100mm 以上。全流域多年平均径流深为 54mm。

## 3. 流域总地表水资源

流域多年平均(1956~2000)径流量为  $16.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,径流深为 54mm,径流系数



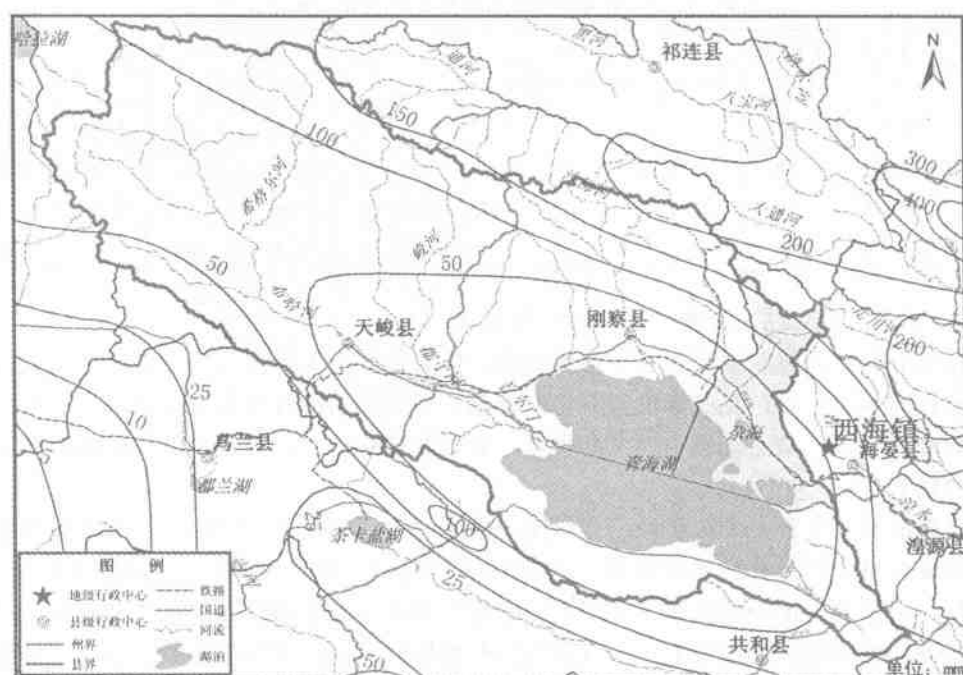


图 3-3-3 青海湖流域径流深等值线图

0.15。青海湖流域地表水资源年际变化比较大，历年最大地表水资源量  $42.38 \times 10^8 \text{ m}^3$  (1989)，最小  $5.585 \times 10^8 \text{ m}^3$  (1979)，极值比达到 7.6 (图 3-3-4)。



图 3-3-4 青海湖流域地表水资源变化过程线

不同保证率为  $P=50\%$  时 (平水年份)，地表水资源量为  $15.0 \times 10^8 \text{ m}^3$ ， $P=75\%$  时 (偏枯年份)，地表水资源量为  $10.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ ， $P=95\%$  时 (枯水年份)，地表水资源量为  $6.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。典型年年内分配见表 3-3-8。

表 3-3-8 青海湖流域地表水年内分配 (单位:  $\times 10^8 \text{ m}^3$ )

| 频率   | 设计年   | 典型年  | 1月    | 2月    | 3月    | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   | 全年    |
|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 50%  | 15.00 | 1970 | 0.091 | 0.069 | 0.085 | 0.291 | 1.479 | 2.955 | 2.885 | 5.081 | 1.319 | 0.569 | 0.264 | 0.104 | 15.19 |
|      |       | %    | 0.60  | 0.46  | 0.56  | 1.92  | 9.73  | 19.45 | 18.99 | 33.44 | 8.68  | 3.75  | 1.74  | 0.68  | 100   |
| 75%  | 10.80 | 1991 | 0.081 | 0.067 | 0.130 | 0.222 | 0.319 | 0.867 | 2.652 | 4.103 | 1.340 | 0.540 | 0.296 | 0.147 | 10.76 |
|      |       | %    | 0.75  | 0.62  | 1.21  | 2.06  | 2.97  | 8.05  | 24.64 | 38.12 | 12.45 | 5.01  | 2.75  | 1.36  | 100   |
| 95%  | 6.26  | 1973 | 0.097 | 0.093 | 0.151 | 0.308 | 0.386 | 0.864 | 1.054 | 1.041 | 0.655 | 0.697 | 0.187 | 0.093 | 5.63  |
|      |       | %    | 1.73  | 1.66  | 2.68  | 5.47  | 6.86  | 15.36 | 18.73 | 18.50 | 11.64 | 12.39 | 3.32  | 1.65  | 100   |
| 多年平均 |       |      | 0.102 | 0.084 | 0.144 | 0.359 | 0.976 | 2.229 | 4.390 | 3.888 | 2.737 | 1.210 | 0.420 | 0.165 | 16.70 |
|      |       | %    | 0.61  | 0.50  | 0.86  | 2.15  | 5.84  | 13.34 | 26.28 | 23.28 | 16.38 | 7.25  | 2.52  | 0.99  | 100   |

#### 4. 水质和泥沙

(1) 地表水质: 流域河流矿化度较小, 一般在  $0.22 \sim 0.30 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 总硬度在  $0.15 \sim 0.26 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ; 水化学类型为 C III Ca 型水, 但湖水矿化度极高, 达到  $15.8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

大部分河流天然水质良好, pH 值在 8.0 左右, 基本满足各种用水要求。据 2000 年的监测数据, 采用《地表水环境质量标准》GB3838—2002 评价标准, 对河水的溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量、氨氮、挥发酚、砷、五日生化需氧量和六价铬、氟化物、氰化物、汞、铜、铅、锌、镉、pH 值、水温和总硬度评价, 评价方法采用单指标法, 评价河长 689.5km, 水质为 I 类的占评价河段长的 84.1%, 水质为 II 类的占评价河段长的 15.9%。

青海湖全年水质类别为 III 类, 但水中氯离子含量高, 水质苦涩, 不能饮用。根据湖泊营养化状态评定与分类方法, 计算出青海湖总评分值 47 分, 营养化状态为中营养。

(2) 河流泥沙: 不仅反映河流水土流失的状况, 而且还是河川径流质量的一个重要标志。河流泥沙主要来自春汛和夏汛期间。春汛期间河流挟带的泥沙, 主要系融冰雪水和降水产流过程形成, 其过程是随着春季气温的回升, 沿河两岸及山坡冰雪融化, 加上流域内雨、雪形成的地表径流, 在产流过程中, 冲刷经过冬季大风沙集积在冰、雪上的部分沙土带入河道; 夏汛期间河流挟带的泥沙, 主要为降水产流过程中, 冲刷地表沙土带入河道形成。

青海湖各河流上游植被较好, 河床宽浅, 河道比降较小, 水流缓慢, 谷地有草甸和沼泽发育, 加之气温低, 降水强度小, 流水剥蚀作用小, 故河流多年平均含沙量  $< 0.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。据布哈河口 1956~2000 年输沙量趋势线 (图 3-3-5) 分析, 布哈河输沙量略减, 初步分析是与 20 世纪 90 年代暴雨较少, 来水偏小有关。对不同系列、不同年代输沙量对照表 (表 3-3-9) 进行分析, 布哈河口站产沙系数在  $0.457 \sim 0.474$ , 说明多年平均输沙量变化较为稳定。对多年月平均含沙量分析表明, 连续最大三个月含沙量布哈河口站为 5~7 月份, 月含沙量变化范围是  $0.002 \sim 0.681 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

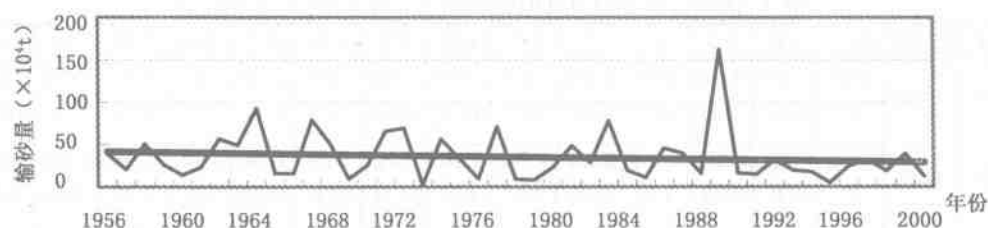


图 3-3-5 布哈河口历年输沙量过程线

表 3-3-9 布哈河不同年代平均输沙量

| 河流名称 | 控制站<br>(代表站) | 不同系列年平均输沙量 ( $\times 10^4 \text{t}$ ) |           |           |           | 不同年代年平均输沙量 ( $\times 10^4 \text{t}$ ) |      |      |      |      |
|------|--------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------------------------------|------|------|------|------|
|      |              | 1956~1979                             | 1971~2000 | 1980~2000 | 1956~2000 | 50年代                                  | 60年代 | 70年代 | 80年代 | 90年代 |
| 布哈河  | 布哈河口站        | 37.2                                  | 34.3      | 33.6      | 35.5      | 34.2                                  | 40.7 | 35.1 | 47.3 | 21.9 |

### (三) 地下水资源

#### 1. 地下水的赋存条件与分布规律

青海湖流域为四周高山环抱的封闭盆地，地下水具有干旱—半干旱区内陆盆地典型的水平环状分布规律，即自周边山区向盆地中央依次为地下水的补给区、径流区和排泄区。同时，由于多年冻土的发育，也具有冻土水文地质特征。

青海湖盆地周边山区，由三叠纪以前的变质岩、砂岩、砾岩以及中生代侵入岩组成，历次构造作用以及长期的物理化学风化影响，岩石裂隙比较发育，易于接受降水的渗入补给，能够贮存较丰富的基岩裂隙水；而在局部伸向山前地段，由于第四纪的覆盖，其水动力条件可转化为承压自流水。

在海拔3 800m以上的多年冻结区，普遍埋藏着冻结层水。由于气候严寒，降水较丰富，漫长的冬季地表冻结，地下水的补给量大为减少；夏季气温升高，冻结层上部1~3m消融，形成冻结层上水，以泉的形式出露于地表。

青海湖盆地广泛分布着第四系松散沉积物，其岩相有河湖相、冰碛—冰水相、冲—洪积相及洪积相等，具有颗粒粗大，孔隙性强，储水空间大等良好条件，当其在接受山区地下水、地表水及大气降水补给后，形成松散岩类孔隙水。其中，下更新统河湖相沉积物，岩性主要为细粉砂砾石，并含多层较稳定的黏土、亚黏土相对隔水岩层，形成环湖承压水区。

#### 2. 地下水类型与含水岩组划分

根据地下水的赋存条件、水理化性质及水动力特征，将区内地下水划分为以下五种基本类型：松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙孔隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水、基岩裂隙水以及冻结层水。其中，冻结层水和基岩裂隙水分布较广，为两种主要类型。

(1) 松散岩类孔隙水：松散岩类孔隙潜水具有含水介质颗粒粗大，堆积松散，孔隙发育的特点。在山间沟谷及山前倾斜平原区主要接受大气降水、山间溪流及基岩裂隙

水的补给,但因其含水层厚度薄,径流距离短,循环交替积极,所形成的地下水大部分向地表水体排泄,随着河流距离的增长,接受补给地下水愈多,则河水量愈大。

表 3-3-10 青海湖流域松散岩类孔隙水富水性及其分布

| 孔隙水类型           | 极强富水地段                                           | 强富水地段                                                       | 中等富水地段                                                   | 弱富水地段                                         |
|-----------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
|                 | 单井最大涌水量<br>$>5\,000\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$ | 单井最大涌水量<br>$1\,000 \sim 5\,000\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$ | 单井最大涌水量<br>$100 \sim 1\,000\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$ | 单井最大涌水量<br>$<100\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$ |
| 河谷、沟谷的砂砾卵石层潜水   | 分布于布哈河中、下游河谷                                     | 分布于倒淌河乡一带                                                   |                                                          | 分布于布哈河三角洲,倒淌河下游及青海湖盆地周边小冲沟                    |
| 山前平原、山间平原砂砾石层潜水 | 分布于沙柳河、哈尔盖曲近河床地带                                 | 主要分布于湖北部哈尔盖洪积扇两侧、山间平原,甘子河两岸及湖南部安置农场一带                       | 分布于巴哈乌兰河洪积扇与沙柳河洪积扇之间,沙柳河洪积扇与哈尔盖曲洪积扇之间,甘子河东侧、湖东及湖南山前大部分地段 | 分布于泉吉乡、那仁贡麻、环仓休麻寺、橡皮山北侧及哈达滩和团保山山前地带           |
| 湖滨平原砂砾石、粉砂层潜水   |                                                  |                                                             | 分布于湖南大部地带、石乃亥乡近湖地带、沙柳河洪积扇及哈尔盖曲洪积扇地带                      | 分布于湖西、湖东的湖滨地带                                 |
| 山前、湖滨平原层间承压水    | 顶板埋深<br>$>100\text{m}$                           |                                                             | 分布于湖南、湖东、湖北的湖滨地带                                         | 分布于哈尔盖洪积扇中、下部                                 |
|                 | 顶板埋深<br>$50 \sim 100\text{m}$                    | 分布于江西沟乡一带                                                   | 分布于湖南、湖东山前平原中部以及湖北沙柳河以西地段                                | 分布于黑马河西北山区,措果湖与青海湖之间地带和湖北部三角城羊场以东山前平原中部地带     |
|                 | 顶板埋深<br>$<50\text{m}$                            | 分布于布哈河三角洲                                                   | 主要分布于三角城羊场一带                                             | 分布于倒淌河下游地带                                    |

(2)基岩裂隙水:见表 3-3-11。

(3)冻结层上水:分布于湖周海拔3 800m 以上地带。由于冻土相对隔水,冻结层上水大量溢出,形成大面积高山沼泽和集水洼地。

冻结层水主要通过构造融区获得大气降水、冰雪融水及冻结层上水的补给,然后再

表 3-3-11 青海湖流域基岩裂隙水富水性及其分布

| 裂隙水类型   | 极强富水地段                                      | 强富水地段                                               | 中等富水地段                                                 |
|---------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|         | 单泉流量 $>100\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$ 的地段 | 单泉流量在 $10 \sim 100\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$     | 单泉流量 $<10\text{t} \cdot \text{d}^{-1}$ 的地段             |
| 一般基岩裂隙水 | 分布于湖东的大板山分水岭一带及湖北部、西北部中高山区                  | 分布于湖北部、西北部中山到低山丘陵区,团保山分水岭,湖东近分水岭地带和哈图山分水岭及橡皮山近分水岭地带 | 分布于环湖四周低山丘陵地带                                          |
| 温 泉     |                                             |                                                     | 分布于湖区东北部甘子河左岸山体边缘,哈尔盖曲上游热水煤矿西北 12km 处,哈尔盖曲右岸叶鄂院琼哇沟的沟口处 |

通过地下径流后,沿断层破碎带运移,在适宜地段以上升泉的形式泄出地表。

### 3. 地下水的补给、径流及排泄条件

青海湖流域的地下水,主要来源于大气降水和河水的渗漏补给。在山区,降水和冰雪融水的一部分下渗形成基岩裂隙水,其中高山区降水量大,因而基岩裂隙水丰富,包括冻结层水;而低山丘陵区降水相对较少,基岩裂隙水也较贫乏。基岩裂隙水经短暂的流程,其大部分在深切沟谷的两侧以泉的形式泄出,汇入地表水,少部分呈隐蔽形式补给山前平原地下水。

山前平原区,受第四纪地层空间分布及多元结构的控制,上部为松散砂砾卵石层,下部为黄土状亚砂砾卵石层,使上游单一的潜水到此转化为上部砂砾卵石层潜水和下部中细砂含砾粗砂多层承压水,且二者有着密切的联系。山前平原及河流中、下游的河谷平原地下水,主要是河水的渗入补给,河溪出山口后,在平原第四系透水性良好的砂砾卵石带,大量渗漏补给山前平原地下水,形成潜水富集带。就现有资料来看,整个环湖平原除橡皮山以北至石乃亥和哈达滩至沙陀寺地带无承压水外,其余地带都有承压水分布;而湖南岸的合力木河至安置农场一带则为承压自流水,以顶托形式排泄于湖中。

当地下水运行到湖滨地带,由于岩层颗粒变细,地下水流动不畅,水位抬高,开始大量泄出,形成湖滨沼泽带,并以泉或泉集河的形式注入湖中。这种现象以布哈河和哈尔盖曲等河口地段尤为明显,其他地段多以地下水形式泄入青海湖。

### 4. 地下水化学特征及水质评价

在整个流域内,从地下水的补给区到排泄区,由潜水到承压水的水化学分带,都有一定的规律性。其水化学特征如下。

(1) 水平方向上的水化学特征:在水网发育、地形强烈切割的地段,矿化度  $<0.3\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,水化学类型以重碳酸钙型水为主,矿化度具有随海拔高度降低而略有升高的特点;在水网不发育的地区,矿化度多在  $0.5\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  以上,从高山区到低山区,水化学类型由重碳酸钙镁型水变为重碳酸氯化钠钙型水。

在山前平原、布哈河河谷平原、沙柳河、哈尔盖曲近床地带以及湖东、湖南近山前

地带,矿化度 $<0.4\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,以重碳酸钙型或重碳酸钙镁型为主;而在哈达滩、巴哈乌兰河与沙柳河洪积扇间、哈尔盖曲洪积扇的西缘地段,矿化度多在 $0.4\sim2.2\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,属重碳酸氯化钠钙型水。

倒淌河河谷潜水,矿化度多在 $0.5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下,多属重碳酸钙钠型水,仅至湖滨地带渐变为氯化物重碳酸钠型水。

湖滨平原是地下水的排泄区,蒸发强烈,受湖水退缩盐分残留的影响,水化学类型较为复杂。在有河流入湖处,或有泉水大量溢出地带,矿化度在 $0.3\sim0.6\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,水化学类型主要为重碳酸钙钠镁型水,而在没有河水补给或上游地下径流条件差的地带,矿化度在 $0.6\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 以上,最高达 $2.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。例如,哈达滩及湖北个别地带,有些地带水化学类型与湖水相同,显然是受湖水影响的结果。

(2) 垂直方向上的水化学特征:在山前平原潜水和承压水同时并存地区,由于地下水类型不同,补给径流和排泄条件也不尽相同,而导致了地下水的水化学类型出现垂直分带。例如,甘子河地区山前平原中部,就潜水来说是强径流带,矿化度 $0.19\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,属重碳酸钙镁型水;而下部承压水径流条件和补给条件均较差时,矿化度为 $0.25\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,属重碳酸钙钠型水。较潜水的水化学类型复杂,至山前平原的前缘地带,潜水矿化度为 $0.45\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,水化学类型属重碳酸钙钠镁型;而下部承压水矿化度为 $0.7\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,其类型属氯化物重碳酸钠钙型水,较上层潜水型复杂。

在黑马河、江西沟一带,潜水的水化学类型简单,而承压水的水化学类型复杂和垂直分带规律。

综上所述,尽管地下水水化学类型在垂直方向上有分带现象,但是,从矿化度指标来看,承压水大部分 $<0.5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,小部分达 $0.5\sim1.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ,个别 $>1.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。这说明本区深层承压水径流途径较短,地下水的矿化作用并不强烈,多属低矿化的重碳酸钙钠型水。湖南岸的湖滨地带,下更新统中的承压水,在局部地段出现氯化物、重碳酸钠型或钠镁型水,这一异常现象,可能是湖水作用的结果。

#### 5. 地下水资源量

根据地形地貌、地质构造及水文地质条件,青海湖盆地可划分为山丘区和平原区,分别计算其地下水资源量。

(1) 山丘区:采用排泄量法,即山丘区地下水资源量近似等于河川基流量、山前侧向排泄量、浅层地下水开采量和潜水蒸发量等各项排泄量之和。据计算,青海湖山丘区地下资源量为 $8.33\times10^8\text{m}^3$ 。

(2) 平原区:地下水资源水循环较为复杂,采用补给量法计算。通常平原区地下水补给量包括降水入渗补给量、地表水渗漏补给量、人工回灌补给量、山前侧向补给量和井灌回归补给量等。其中地表水渗漏补给量包括河道渗漏补给量、库塘渗漏补给量、渠道渗漏和田间灌溉补给量。在青海湖平原区,人工回灌和井灌回归补给量很小,可忽略不计。据计算,青海湖平原区地下水资源量为 $9.34\times10^8\text{m}^3$ ,其中与山丘区地下水重复量为 $5.34\times10^8\text{m}^3$ 。青海湖地下水资源量达 $12.33\times10^8\text{m}^3$ 。

#### (四) 水资源总量

一定区域内的水资源总量是指当地降水形成的地表和地下产水量,即地表径流量与



降水入渗补给量之和。地表径流量包括坡面流和壤中流,即河川径流量中扣除河川基流量部分的水量。降水入渗补给量是指降水入渗对地下水的补给量,其排泄形式主要包括:河川基流量、潜水蒸发、河床潜流量、山前侧渗量、地下水开采净消耗量等项之和。大气降水、地表水、地下水三者之间存在着相互联系、相互转化的关系,地表水中包括一部分地下水的排泄量,而地下水的补给量中又有一部分地表水的渗漏补给,地表水和地下水之间存在有重复量。区域内地表、土壤、地下的蓄变量( $\Delta V$ )在多年均衡条件下,可以忽略不计。

根据我国目前水资源评价工作的实际情况,水资源总量采用下式计算:

$$W = R + Pr - Rg$$

式中:  $W$ ——水资源总量;

$R$ ——河川径流量(即地表水资源量);

$Pr$ ——降水入渗补给量(山丘区用地下水总排泄量代替);

$Rg$ ——河川基流量(平原区为降水入渗补给量形成的河道排泄量)。

据计算,1956~2000年青海湖流域地表水资源量为  $16.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,地下水资源量为  $12.33 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。流域水资源总量为  $23.27 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,产水系数为 0.22。

#### 四、植被与植物资源

青海湖流域位于青藏高原东北部,气候类型属典型高原大陆型气候特征。境内复杂的地貌类型及青海湖的存在对植被特征及其分布有重要影响。流域土壤类型主要有高山寒漠土、高山草甸土、亚高山草甸土、高山草原土、灰褐土、沼泽土等。由于受其地理位置、地貌特征、气候条件、海拔梯度以及土壤类型等综合影响,形成了复杂多样的生境类型,使其拥有复杂多样的植被类型,成为我国青藏高原生物多样性的一个重要区域。

青海湖流域在中国植物区系分区上属泛北极植物区内的青藏高原植物亚区的唐古特地区。这是一个在青藏高原隆升过程中形成的年轻植物区系。北温带成分和中国-喜马拉雅成分在本区均占有重要地位,并形成了一些青藏高原的特有成分。嵩草属的许多种形成了高寒草甸的主要优势种。圆穗蓼(*Polygonum macrophyllum*)、珠芽蓼等植物常成为高寒植被的主要植物。此外,还有马尿泡(*Przewalskia tangutica*)、青藏苔草(*Carex moorcroftii*)、黄缨菊(*Xanthopappus subacaulis*)等青藏高原特有植物。据流域采集标本和样方资料统计,现有种子植物 52 科, 174 属, 445 种(陈桂琛等, 1993),其中裸子植物仅有 3 属共 6 种,乔木树种有祁连圆柏、青海云杉和小叶杨。本区北温带分布型科属占有较大优势,重要科有禾本科(Graminae 83 种)、菊科(Compositae 54 种)、莎草科(Cyperaceae 35 种)、豆科(Leguminosae 29 种)、龙胆科(Gentianaceae 25 种)和玄参科(Scrophulariaceae 20 种),超过 10 种植物以上的属是苔草属(*Carex* 18 种)、风毛菊属(*Saussurea* 17 种)、蒿属(*Artemisia* 16 种)、龙胆属(*Gentiana* 12 种)、马先蒿属(*Pedicularis* 12 种)、针茅属(*Stipa* 12 种)、早熟禾属(*Poa* 12 种)、黄芪属(*Astragalus* 11 种)、嵩草属(*Kobresia* 10 种)、委陵菜属(*Potentilla* 10 种)。

## (一) 主要植被类型

植被是泛指地球表面或某个地区所有植物群落的总体。根据植物群落学原则(中国植被编委会, 1980), 青海湖流域的自然植被有寒温性针叶林、河谷灌丛、高寒灌丛、沙生灌丛、温性草原、高寒草原、高寒草甸、沼泽草甸、高寒流石坡植被等。现就本区主要植被类型及其基本特点简述如下。

### 1. 森林

森林是以乔木植物为建群种所组成的植物群落类型之一, 是陆地最重要的生态系统类型。它具有涵养水源、保持水土、防风固沙等一系列重要的生态功能。流域的天然森林类型和面积较少, 主要分布于局部水热条件较好的地区, 海拔一般为3 300~3 450m。年降水量接近400mm。森林代表树种有祁连圆柏、青海云杉、小叶杨等。森林分布特征明显, 主要呈片状或零星块状分布于山地或特定位置, 并呈现明显的疏林化现象。根据建群种的差异可划分为寒温性常绿针叶林和温性落叶阔叶林, 其主要特征如下。

(1) 寒温性常绿针叶林: 以祁连圆柏为建群种所构成的寒温性常绿针叶林, 仅零星分布于青海湖西面的切吉河南面山坡的深切沟谷地带, 海拔3 350~3 600m, 呈疏林状态, 并沿沟谷地形交替出现。该种能适应半干旱、寒冷气候和瘠薄土壤, 而生长缓慢, 树形矮小。灌木层有冰川茶藨子(*Ribes gracile*)、金露梅等, 草本植物有波伐早熟禾(*Poa poophagorum*)、落草(*Koeleria cristata*)、二裂委陵菜(*Potentilla bifurca*)、乳白香青(*Anaphalis lactea*)、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)等, 缺乏苔藓层, 总盖度为60%~75%, 景观呈暗绿色, 其上为以山生柳等为优势的高寒灌丛所占据, 并逐渐向高寒草甸过渡。此外, 以青海云杉林为建群种所构成的针叶林仅见于青海湖东北部的海晏湾沙地, 面积很小。

(2) 温性落叶阔叶林: 以小叶杨为建群种所构成的阔叶林仅见于青海湖东北部的海晏湾沙地沟谷地带, 海拔3 200~3 250m, 呈片状分布, 面积很小。温带落叶阔叶林是流域沙地上独特的森林植被类型, 一旦破坏恢复极为困难。森林郁闭度一般为0.45~0.65。灌木种类有湖北花楸(*Sorbus hupehensis*)、叉子圆柏(*Sabina vulgaris*)、圆头沙蒿等。

### 2. 灌丛

灌丛是以灌木为建群种或优势种所组成的植物群落类型, 是流域重要的景观生态类型。灌丛多集中分布于山地、山麓及河谷滩地, 灌丛植物生长密集, 组成种类丰富, 类型较少, 分布区域独特, 对涵养水源、保持水土、防风固沙等具有十分重要的生态意义。主要包括河谷灌丛(分布于河谷滩地)、高寒灌丛(发育于高寒山地)和沙地灌丛等。

(1) 河谷灌丛: 在青藏高原分布较广, 多以斑块状、条带状或岛状出现在高海拔干旱与半干旱地区的河谷滩地。群落中的草本植物以河漫滩草甸或草原成分为主。它在本区可以分为两个群落类型: 具鳞水柏枝(*Myricaria squamosa*)群落集中分布于布哈河、沙柳河等河流下游地区海拔3 200~3 300m的河漫滩和一级阶地, 水分条件较好, 基质为沙砾质, 营养期为深绿色; 而以肋果沙棘(*Hippophae neurocarpa*)群落为优势的灌丛则集中分布于布哈河中上游海拔3 300~3 700m的沙砾质河漫滩, 植株高1.0~

1.4m, 生长较为齐整密集, 夏季季相为灰绿色。两群落常见的草本植物有垂穗披碱草、赖草、草地早熟禾 (*Poa pratensis*)、白花蒲公英 (*Taraxacum leucanthum*)、多茎委陵菜 (*Potentilla multicaulis*)、鹅绒委陵菜 (*P. anserina*)、短穗兔耳草 (*Logotis brachystachys*)、肉果草 (*Lancea tibetica*)、多枝黄芪 (*Astragalus polycladus*)、甘肃马先蒿 (*Pedicularis kansuensis*) 等。灌木层分盖度 50% ~ 70%, 群落总盖度为 60% ~ 85%。

(2) 高寒灌丛: 由耐寒的中生或旱中生落叶阔叶灌木组成, 广泛发育于青藏高原东南边缘山地, 在本区有以下两个典型群落。

1) 毛枝山居柳、鬼箭锦鸡儿、金露梅灌丛: 主要出现于青海南山和日月山海拔 3 350 ~ 3 800m 的山地阴坡及沟谷地带, 呈斑块状分布。在不同地段、地形及海拔高度上, 三个建群种的数量比例有所不同, 且有梯度变化特征。常见的草本植物有线叶嵩草、嵩草、喜马拉雅嵩草 (*K. royleana*)、黑褐苔草 (*Carex atrofusca*)、珠芽蓼、藏异燕麦 (*Helictotrichon tibeticum*)、垂穗鹅冠草 (*Roegneria nutans*)、双叉细柄茅 (*Ptilagrostis dichotoma*)、线叶紫菀 (*Aster farreri*)、高山唐松草 (*Thalictrum alpinum*)、黄花棘豆 (*Oxytropis ochrocephala*) 等。灌木层高为 50 ~ 120cm, 最高可达 180cm, 其分盖度 45% ~ 85%, 群落总盖度为 75% ~ 95%。营养期为深绿色。这是本区高寒灌丛最有代表性的类型。

2) 金露梅灌丛: 主要分布于青海南山、日月山、热水等地海拔 3 300 ~ 3 500m 的山地阴坡及沟谷下部滩地, 呈扇形镶嵌于高寒草甸中。以金露梅为优势种。草本植物有嵩草、高山嵩草 (*Kobresia pygmaea*)、矮嵩草、黑褐苔草、发草 (*Deschampsia caespitosa*)、芒落草 (*Koeleria litwinowii*)、圆穗蓼、珠芽蓼、美丽风毛菊等。金露梅植株低矮, 高 30 ~ 60cm, 分盖度 40% ~ 70%, 群落总盖度达 80% ~ 95%。营养期季相为深绿色, 开花时节为金黄色。

(3) 沙生灌丛: 主要分布于青海湖东北部海拔 3 200 ~ 3 350m 冲积平原的固定与半固定沙丘地带。其主要优势种有圆头沙蒿、叉子圆柏、刺叶柄棘豆、中麻黄、甘青铁线莲等。它们可形成各自的群落并分布于不同地段。草本植物有赖草、毛穗赖草 (*Leymus paboanus*)、冰草、粗壮嵩草 (*Kobresia robusta*)、青藏苔草、拂子茅 (*Calamagrostis epigeios*)、披针叶黄华 (*Thermopsis lanceolata*)、阿拉善马先蒿 (*Pedicularis alaschanica*)、异叶青兰 (*Dracocephalum heterophyllum*)、直立黄芪 (*Astragalus adsurgens*)、镰形棘豆 (*Oxytropis falcata*)、大籽蒿 (*Artemisia sieversiana*)、碱韭 (*Allium polyrhizum*) 等。圆头沙蒿根系极为发达, 其上常寄生有列当 (*Orobancha coerulescens*)。群落总盖度为 15% ~ 35%。沙地灌丛植被分布表现有以下特点: ①沿沙丘边缘分布, 形成具有一定固沙作用的沙丘边缘植被带; ②在沙丘洼地形成具有特殊小生境的沙生植被, 呈孤岛状形态点缀于沙丘之间。

### 3. 草原

草原是以寒旱生的多年生草本植物和小半灌木为优势所组成的植物群落, 是重要的景观生态类型之一。草原主要分布于流域的山地阳坡、山间谷地、河谷滩地等, 重点围绕青海湖呈环带状分布, 在布哈河河谷滩地也有大面积分布, 对防风固沙、保持水土具有十分重要的生态意义。草原区年降水量一般在 330 ~ 400mm 之间。土壤为高山草原土

和栗钙土等。流域分布有温性草原和高寒草原两大类型。

(1) 温性草原：分布于青海湖湖盆区的冲洪积平原、山地坡麓及湖中岛屿，由于地形宽阔平坦，加上湖体本身的增温作用（湖泊效应），使草原在湖盆地带得到发育。主要优势种有芨芨草、西北针茅、短花针茅、青海固沙草、冰草和高山苔草（*Carex ivanovae*）等。它们既可形成单优势种群落，也可形成多优势种群落。从分布情况来看，以芨芨草、西北针茅、短花针茅等所形成的群落具有较大的分布面积。

1) 芨芨草原：分布于湖盆地带的北部和东南部海拔3 200 ~ 3 350 m 的湖岸冲洪积平原，如倒淌河、哈尔盖、泉吉、青海湖农场等地，形成一条宽1 ~ 10 km 的弧形植被带。土壤为栗钙土。芨芨草为群落优势种。常见伴生植物有短花针茅、西北针茅、冰草、蕨草、青海固沙草、赖草、高山苔草、大花嵩草（*Kobresia macrantha*）、猪毛蒿（*Artemisia scoparia*）、沙蒿、青甘韭（*Allium przewalskianum*）、伏毛山莓草（*Sibbaldia adpressa*）、阿尔泰狗娃花（*Heteropappus altaicus*）等。群落结构层次明显，上层为芨芨草，层高60 ~ 90 cm，其他植物构成第二层，高度为15 ~ 45 cm。群落总盖度为45% ~ 85%，芨芨草分盖度30% ~ 60%。

2) 西北针茅、短花针茅草原：主要分布于湖盆四周海拔3 200 ~ 3 400 m 的干燥冲洪积平原，尤其是江西沟、湖东种羊场、甘子河、石乃亥等地。西北针茅、短花针茅为群落优势种。青海固沙草、早熟禾常为次优势种。伴生植物有冰草、落草、赖草、大针茅（*Stipa grandis*）、高山苔草、沙蒿、猪毛蒿、伏毛山莓草、二裂委陵菜、阿尔泰狗娃花、异叶青兰、黄缨菊等。群落总盖度为40% ~ 75%，优势种分盖度25% ~ 50%。

(2) 高寒草原：以紫花针茅为优势种的高寒草原集中分布于流域的北部和西北部海拔3 300 ~ 3 800 m 的山地阳坡，并沿着布哈河干旱宽谷延伸。次优势种为高山苔草、冰草等。伴生植物有落草、赖草、冷蒿（*Artemisia frigida*）、乳白香青、阿尔泰狗娃花、天蓝韭（*Allium cyaneum*）、柴胡（*Bupleurum condensatum*）等，群落总盖度为45% ~ 75%，优势种分盖度35% ~ 50%。营养期季相为绿黄色，开花结果为银灰色（8 ~ 9月份）。在一些相对潮湿的山坡还常见有矮嵩草、高山嵩草等出现在群落中，形成草甸化草原。

#### 4. 草甸

草甸是以多年生中生、湿中生草本植物为优势所形成的植物群落，是流域重要的生态景观类型之一。草甸主要分布于河谷阶地、浑圆山地、山间坡麓、湖滨滩地等，对涵养水源、保持水土等具有十分重要的生态意义。草甸区年降水量在360 ~ 560 mm 之间。土壤为高山草甸土、草甸土和盐渍草甸土等。流域草甸类型主要包括高寒草甸、高寒沼泽草甸和轻度盐渍化草甸三个群落类型。

(1) 高寒草甸：由耐寒的中生多年生草本植物为优势种组成的群落，是本区主要植被类型，面积较大，主要分布于流域四周海拔3 200 ~ 4 100 m 的山地、滩地和宽谷，优势种以嵩草属为主，如高山嵩草、矮嵩草等。此外，圆穗蓼、珠芽蓼等也常为优势种或次优势种出现。较为典型的群落如下。

1) 高山嵩草草甸：主要分布于流域海拔3 300 ~ 4 100 m 的高山地带及高海拔滩地。以高山嵩草为优势种，具毡状草皮层，常见伴生植物有矮嵩草、嵩草、密生苔草

(*Carex crebra*)、圆穗蓼、珠芽蓼、白花蒲公英、高原毛茛 (*Ranunculus tanguticus*)、矮火绒草 (*Leontopodium nanum*)、达乌里龙胆 (*Gentiana dahuria*)、麻花苳、刺芒龙胆 (*G. aristrata*)、美丽风毛菊、疏齿银莲花 (*Anemone obtusiloba* ssp. *ovalifolia*) 等。群落总盖度为 65% ~ 90%，优势种分盖度 40% ~ 70%。夏季呈翠绿色平铺如毯的季相，圆穗蓼及其他双子叶植物交织其间，增加了群落的美丽多彩。

2) 矮嵩草草甸：主要分布于流域海拔 3 200 ~ 3 800m 的山坡上，以矮嵩草为优势种，伴生植物有高山嵩草、黑褐苔草、落草、紫羊茅 (*Festuca rubra*)、乳白香青、皱边喉花草 (*Comastoma polycladum*)、短穗兔耳草、二裂委陵菜、甘肃马先蒿等。群落总盖度为 65% ~ 85%，矮嵩草分盖度 20% ~ 45%。

3) 嵩草草甸：主要分布于流域海拔 3 300 ~ 3 800m 的山坡，多呈小片状，常与高寒灌丛相邻。优势种为嵩草，伴生种有高山嵩草、黑褐苔草、异针茅 (*Stipa aliena*)、圆穗蓼、珠芽蓼、矮火绒草、线叶垂头菊 (*Cremanthodium lineare*)、肉果草、黄花棘豆、湿生扁蕾 (*Gentianopsis paludosa*) 等。总盖度为 65% ~ 85%，优势种分盖度 25% ~ 45%。

4) 线叶嵩草草甸：主要分布于流域海拔 3 350 ~ 3 800m 的山地阴坡，但不集中连片分布。优势种为线叶嵩草，常混生有金露梅、鬼箭锦鸡儿等单株灌木。其他伴生植物有喜马拉雅嵩草、落草、异针茅、高原早熟禾 (*Poa alpigena*)、紫羊茅、珠芽蓼、圆穗蓼、柔软紫菀 (*Aster flaccidus*)、嵩草、高山唐松草、黄花棘豆等。群落总盖度为 65% ~ 85%，优势种分盖度 30% ~ 45%。

(2) 高寒沼泽草甸：是在寒冷潮湿的自然环境综合作用下形成的，地形明显低洼，土壤含水量呈过饱和状态。植物种类组成以湿生、湿中生植物为主，常见优势种有西藏嵩草、华扁穗草 (*Blymus sinocompressus*)、亮囊苔草 (*Carex stenophylloides*)、水麦冬 (*Triglochin palustre*) 等。高寒沼泽草甸在本区分布面积最大的群落如下。

1) 西藏嵩草沼泽草甸：集中分布于青海湖北部海拔 3 200 ~ 4 000m 的河源地区以及河流两旁的低洼滩地。以沙柳河、哈尔盖曲、布哈河等河源滞水滩地最为集中，多为片状分布，与高寒草甸呈复合镶嵌状态。西藏嵩草为优势种，伴生植物有黑褐苔草、亮囊苔草、高山嵩草、芒落草、发草、圆穗蓼、斑唇马先蒿 (*Pedicularis longiflora* var. *tubiformis*)、弱小火绒草 (*Leontopodium pusillum*)、云生毛茛 (*Ranunculus nephelogens*)、皱边喉花草、三脉梅花草 (*Parnassia trinervis*)、三裂叶碱毛茛 (*Halerpestes tricuspis*) 等。由于气候寒冷，土层下部常见有永冻层或季节性冻土层，融冻作用常形成半球形冻胀草丘，丘间有时积水。西藏嵩草常丛生于突起的草丘上或草丘的周围，丘间季节性积水洼地则多为其他沼泽草甸植物。群落总盖度为 80% ~ 90%，优势种分盖度 40% ~ 65%。营养期季相为深绿色。

2) 华扁穗草沼泽草甸：主要分布于海拔 3 198 ~ 3 300m 的湖滨滩地及河流两侧洼地。优势种为华扁穗草，伴生植物有亮囊苔草、紫野大麦 (*Hordeum violaceum*)、微药碱茅 (*Puccinellia micrandra*)、鹅绒委陵菜、西藏嵩草、斑唇马先蒿、水麦冬、海韭菜 (*Triglochin maritimum*)、海乳草 (*Glaux maritima*)、三裂叶碱毛茛、西伯利亚蓼 (*Polygonum sibiricum*)、星状风毛菊 (*Saussurea stella*)、狭萼报春 (*Primula stenocalyx*) 等。



在局部积水地段常见有二柱头薹草 (*Scirpus distigmaticus*)、少花荸荠 (*Eleocharis quinqueflora*)、杉叶藻 (*Hippuris vulgaris*)、狸藻 (*Utricularis vulgaris*)、莼齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*)、小灯芯草 (*Juncus bufonius*) 等具有沼泽性质的植物生长。群落总盖度为 85% ~ 95%，优势种分盖度 65% ~ 85%。夏季季相呈褐绿色，常有黄色斑点 (斑唇马先蒿)，点缀其中。

(3) 轻度盐渍化草甸：是在潮湿盐渍化的自然环境综合作用下形成的植被类型，地形平缓低洼，土壤盐渍化。植物种类组成以耐盐碱、湿中生植物为主，常见优势种有马蔺 (*Iris lactea* var. *chinensis*) 和星星草等。流域常见的植物群落如下。

1) 马蔺盐渍化草甸：分布于青海湖东部海拔 3 200 ~ 3 250 m 的河滩或湖滨低湿滩地，面积较小，主要集中分布于倒淌河河谷及青海湖等地，土壤为轻度盐渍化草甸土。以马蔺为优势种，伴生植物有青海野青茅 (*Deyeuxia kokonorica*)、垂穗披碱草、鹅绒委陵菜、海乳草、西伯利亚蓼、假水生龙胆 (*Gentiana pseudoaquatica*)、小花棘豆 (*Oxytropis glabra*) 等。马蔺斑块状丛生，丛径达 185 cm × 215 cm，顶部较齐整或密集连片，层高 30 ~ 45 cm。群落总盖度为 70% ~ 85%，优势种分盖度 45% ~ 75%。营养期季相为翠绿色。

2) 星星草盐渍化草甸：分布于青海湖西部鸟岛周边以及黑马河河口海拔 3 200 ~ 3 250 m 的河滩或湖滨低湿滩地，土壤为轻度盐渍化草甸土。以星星草为优势种，伴生植物有西伯利亚蓼、海乳草、鹅绒委陵菜等。星星草丛生状，顶部较齐整或密集连片，层高 40 ~ 55 cm。群落总盖度为 30% ~ 45%，优势种分盖度 30% ~ 40%。夏季营养期季相为翠绿色，秋季果穗期季相为褐黄色。

#### 5. 高寒流石坡稀疏植被

高寒流石坡稀疏植被是以高山适冰雪植物所形成的稀疏植物群落类型，是本区分布海拔最高的植被类型，主要分布于海拔 4 100 m 以上的山坡及山体顶部，呈孤岛状。由于强烈的寒冻物理风化作用，导致大量岩石不断崩塌形成倒石堆，碎石在流水和重力作用下滑形成肩形或条状砾石带。植物常有特殊的形态特征，如植株矮小、垫状、密被绒毛、节间缩短等。该类型并非呈等高线分布，而是随寒冻风化的流石滩呈舌状伸延到高寒草甸带内，形成上下交错状分布。群落结构极为单调，群落组成以菊科高山植物和其他垫状植物为常见，垫状植物及各种风毛菊在群落组成中占有重要地位。常见植物有甘肃蚤缀 (*Arenaria kansuensis*)、唐古特红景天、垫状点地梅、水母雪兔子 (*Saussurea medusa*)、鼠麴风毛菊 (*Saussurea gnaphaloides*)、四蕊山莓草 (*Sibbaldia tetrandra*)、短管兔耳草、矮垂头菊 (*Cremanthodium humile*)、簇生柔籽草 (*Thylacospermum caespitosum*) 等。

#### 6. 水生植被

水生植被是指以沉水植物为主要代表组成的植物群落，属隐域性植被类型，广泛分布于流域的湖泊浅水区、河流缓流区或微弱流动的溪流以及湖塘洼地等水生环境，而集中分布于湖体、河流入口及湖滨地带。水生植被的主要优势植物有龙须眼子菜、水毛茛 (*Batrachium bungei*)、穗状狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum*) 等，这些水生植物常生长于水底泥土、水流停滞或微弱流动的浅水生境中。水生植被往往随湖泊或河流呈环带状、



条带状或斑块状分布。群落分布的海拔为3 194 ~ 3 600m, 常为单种群落类型, 有时在浅水区常可见有荸荠 (*Eleocharis spp.*)、沿沟草 (*Catabrosa aquatica*)、杉叶藻、水麦冬、三裂叶碱毛茛等挺水植物相伴生。

## (二) 植被分布规律

植被的分布规律是水热状况综合作用的结果, 而地形地貌特征可导致水热状况组合变化, 从而影响植被分布。青海湖流域植被的分布规律主要表现为以下两个方面。

流域植被东西方向的水平分布, 表现出一定的水平变化规律, 如湖盆地区及河谷地带以草原植被为主, 植被变化规律大致表现为刚察县的泉吉和南岸的青海湖渔场以东地区以芨芨草草原占主导地位, 而湖南岸江西沟以东湖盆及山前洪积扇主要分布以西北针茅和短花针茅占优势的温性草原; 青海湖西面和刚察县的泉吉以西的湖盆地带则以冰草和高山苔草等为优势种的温性草原为主, 由于受自然条件的影响, 流域的西北部 and 北部山坡比其南部和东部更加接近祁连山内部, 地势高亢, 易受山地冷气侵袭, 年平均气温比南部和东部低 1.5 ~ 2.0℃, 且受布哈河谷地的强烈西风影响, 加剧了生境的寒冷, 致使铁卜加草原改良试验站和鸟岛以西的布哈河河谷和湖北部的哈尔盖曲河谷及山前洪积扇有大面积的紫花针茅高寒草原分布。此外, 在一些相对潮湿地带还发育有以紫花针茅、高山嵩草、矮嵩草等为优势构成的高寒草甸化草原。湖盆由东而西植被整体表现为具有更加适应耐寒旱的倾向, 而四周山地垂直带谱的东西变化分异不大, 主要表现为分布海拔高度上的微小差异。

青海湖流域为一完整的内陆盆地, 除了湖区西南方向因地形影响, 草原植被相对不发育外, 以芨芨草、西北针茅、短花针茅、青海固沙草、冰草、高山苔草等为优势形成的温性草原在湖盆地区呈环带状分布; 同时浩瀚的青海湖使这种环带特征更为明显, 温性草原在湖盆四周形成一条狭窄的环形草原带, 这是与湖泊的增温效应相联系的。而湖盆西北部及北部地区发育的大面积紫花针茅高寒草原则是真正代表本区气候特征的植被类型。虽然本区植被水平地带性分异受到青海湖的影响, 但其植被组合及特征却表现出与青藏高原植被的明显相似性。

草原植被是流域的基带植被, 而四周山地则以高寒植被为优势, 具有垂直变化特征, 但随着山地海拔的升高也有一定表现的垂直分布。现以本区东西两条剖面变化为例, 流域东部南北剖面变化是: 在湖南部的山地阴坡依次是温性草原 (海拔3 200 ~ 3 350m) → 高寒灌丛 (海拔3 350 ~ 3 800m) → 高寒草甸 (海拔3 400 ~ 4 000m) → 高寒流石坡植被 (海拔4 000m 以上); 湖北部垂直变化依次是温性草原 (海拔3 200 ~ 3 300m) → 高寒草原 (海拔3 300 ~ 3 600m) → 高寒灌丛与高寒草甸 (海拔3 500 ~ 4 000m) → 高寒流石坡植被 (海拔4 000m 以上)。而在湖西部的垂直变化表现为: 布哈河南部的山地阴坡垂直带依次是高寒草原 (海拔3 300 ~ 3 500m) → 寒温性针叶林 (海拔3 350 ~ 3 600m) → 高寒灌丛与高寒草甸 (海拔3 400 ~ 4 100m) → 高寒流石坡植被 (海拔4 100m 以上); 在布哈河北部的山地阳坡垂直变化依次是高寒草原 (海拔3 300 ~ 3 600m) → 高寒灌丛与高寒草甸 (海拔3 500 ~ 4 200m) → 高寒流石坡植被 (海拔4 200m 以上)。可见, 不同地段在带谱组成、幅度等方面有一定变化, 但仍有明显的

共性。整个流域植被垂直带谱的变化表现为以青海湖为中心,从湖滨地带随海拔升高依次是草原带(海拔3 200~3 600m)、高寒灌丛和高寒草甸带(海拔3 250~4 100m)、高寒流石坡植被带(一般海拔4 100m以上)。流域植被的这种分布特征在青藏高原上具有一定的普遍性;而四周山地广泛发育的高寒灌丛、高寒草甸与高寒流石坡植被等各类高寒植被则表现出与青藏高原植被的广泛一致性。此外,受局部地形的影响,沼泽草甸也有一定分布面积,其海拔变化范围较大,而沙生植被则与沙化地相联系。

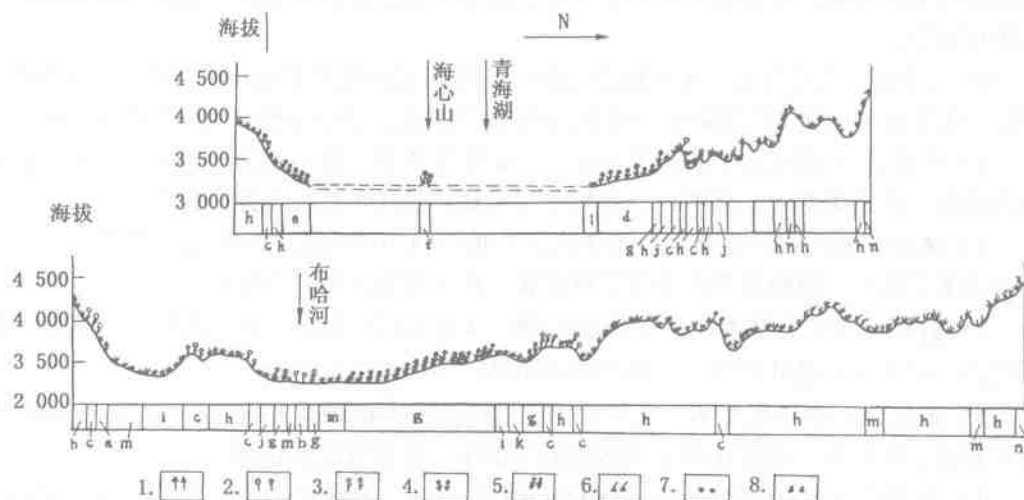


图3-4-1 青海湖流域植被分布剖面图(引自陈桂琛等,1993)

1. 寒温性针叶林; 2. 高原河谷灌丛; 3. 高寒灌丛; 4. 温性草原; 5. 高寒草原; 6. 高寒草甸; 7. 沼泽草甸; 8. 高寒流石坡植被; a. 祁连圆柏林; b. 具鳞水柏枝灌丛; c. 毛枝山居柳鬼箭锦鸡儿金露梅灌丛; d. 芨芨草原; e. 针茅草原; f. 针茅早熟禾草原; g. 紫花针茅草原; h. 高山嵩草草甸; i. 矮嵩草草甸; j. 线叶嵩草草甸; k. 嵩草草甸; l. 华扁穗草沼泽草甸; m. 西藏嵩草沼泽草甸; n. 高寒流石坡稀疏植被

### (三) 野生资源植物

青海湖流域独特的地理位置和环境条件,孕育了独特而多样的生物多样性,有许多青藏高原野生资源植物。据调查统计,现有种子植物52科,174属,445种。根据植物资源的不同用途,现将它们分为饲用植物、药用植物、食用植物、观赏植物、纤维植物及固沙植物等经济植物类群。其中,饲用植物有优良牧草60余种;防风固沙及水土保持植物30余种;药用植物有中藏药材60余种,著名的有水母雪莲、麻花艽、唐古特红景天、黄芪、柴胡、冬虫夏草等。

#### 1. 牧草与饲用植物

凡是能供牲畜食用的各类植物称为饲用植物。流域的饲用植物资源相当丰富,具有许多高海拔地区牧草的特点,常见的以禾本科和莎草科植物较多。牧草植物的适口性良好、植株相对矮小、耐牧性强,有很多种类是营养价值很高的优良牧草。

(1) 禾本科牧草:禾本科牧草是最常见的牧草类型,许多植物为天然草地的优势常见种,如垂穗披碱草、早熟禾、羊茅、针茅等。牧草植物的适口性均良好。主要有以

下十几种。

1) 冰草: 多年生草本。生于海拔3 200 ~ 4 000m 的干旱山坡、湖岸草地以及沙砾滩地等生境。植物富含蛋白质, 返青早, 耐践踏, 为草原优良牧草。

2) 发草: 多年生草本。生于海拔3 200 ~ 4 100m 的高山草甸、林缘草丛、山坡草地、河滩湿润地等。植物草质柔软, 叶量丰富, 在结实前为各类牲畜所喜食。

3) 垂穗披碱草: 多年生草本。生于海拔3 200 ~ 4 200m 的山坡草地、河滩草甸以及路边等多种生境。青草期茎叶质地柔软, 营养丰富, 适口性良好, 为各类牲畜均喜食的优良牧草。

4) 羊茅: 多年生草本。生于海拔3 200 ~ 4 100m 的山坡草地及高山草甸等。植物草质良好, 牧草返青较早, 具有耐寒、耐旱、耐践踏等特点, 为各类牲畜喜食的优良牧草。

5) 中华羊茅 (*Festuca sinensis* Keng): 多年生草本。生于海拔3 300 ~ 4 000m 的河谷与山坡、高山湿草地、林下等。植物茎叶柔软, 是高寒地区的优良牧草。

6) 藏异燕麦: 多年生草本。生于海拔3 400 ~ 4 100m 的高山草甸、灌丛草地、林下及山坡草原等。植物在开花盛期草质柔软, 秋冬季牲畜喜食其叶片。

7) 落草: 多年生草本。生于海拔3 200 ~ 4 000m 的山坡草地、灌丛、河滩等。植株较高, 叶片多, 茎秆在种子成熟后也不粗硬, 为草地优良牧草。

8) 芒落草: 多年生草本。生于海拔3 200 ~ 4 100m 的山坡草地、灌丛、河滩等。植株较高, 叶片多, 茎秆在种子成熟后也不粗硬, 为草地优良牧草。

9) 落芒草 (*Oryzopsis munroi* Stapf ex Hook. f.): 多年生草本。生于海拔3 300 ~ 4 200m 的高山灌丛、山地阳坡、沙砾滩地以及农田路旁等。本种是一种优良牧草, 叶片数量多, 质地柔软, 适口性好, 各类牲畜喜食。

10) 早熟禾: 一年生或二年生。生于海拔3 200 ~ 4 300m 的河滩草地、山坡林下、灌丛草甸等。早熟禾属植物在流域种类较多, 比较常见的有高原早熟禾 (*Poa alpigena*)、冷地早熟禾 (*P. crymophila*) 和波伐早熟禾等。大多茎叶柔软, 适口性好, 为各类牲畜所喜食。

11) 双叉细柄茅: 多年生草本。生于海拔3 300 ~ 4 100m 的高山草甸、山坡草地、河滩草地等。本种茎叶柔软, 各类牲畜均喜食, 为草地优良牧草。

12) 垂穗鹅冠草: 多年生草本。生于海拔3 300 ~ 4 100m 的山坡草地、河滩草甸、林缘灌丛等。牧草耐寒、耐旱, 在抽穗期前茎叶柔软, 为各类牲畜喜食。

13) 紫花针茅: 多年生草本。生于海拔3 400 ~ 4 100m 的高寒草原、山坡草地、河谷阶地、河滩沙砾地等。针茅属 (*Stipa*) 植物在流域约 12 种, 多数种类返青早, 蛋白质含量丰富, 产草量高, 耐牲畜践踏, 又可刈割干草。

14) 穗三毛 (*Trisetum spicatum* (L.) Kicht.): 多年生草本。生于海拔3 200 ~ 4 100m 的山坡草地、高山草甸、灌丛草地等。本种为优良牧草, 各类牲畜喜食。

(2) 莎草科牧草: 莎草科牧草是常见的优良牧草, 特别是以嵩草属和苔草属植物为代表的牧草类群已成为青海湖流域草地的典型植物, 如线叶嵩草、高山嵩草、喜马拉雅嵩草等。此外, 苔草属植物也是十分常见的类群, 如青藏苔草、无脉苔草 (*Carex enervis*)、黑褐苔草等。主要的牧草植物如下。

1) 华扁穗草: 多年生草本。生于海拔3 200~4 200m以下的溪边、河漫滩潮湿处, 密集生长, 草质柔软, 各类牲畜均喜食。

2) 黑褐苔草: 流域内苔草属植物有18种, 是组成草地植被的优势种类或常见植物。多年生草本。生于海拔3 200~4 200m的山坡草甸、河谷阶地、河漫滩湿地以及灌丛草甸等。苔草植物牧草草质柔软, 蛋白质和脂肪含量均较高, 各类牲畜常年喜食, 为草地优良牧草。

3) 线叶嵩草: 流域内嵩草属植物有16种, 是组成天然草地的主要植物种类。多年生草本。生于海拔3 400~4 200m的高寒草甸、山坡草地、河谷阶地以及灌丛草甸等生境。本种大多草质柔软, 营养价值高, 适口性强, 为各类牲畜常喜食的优良牧草。

4) 二柱头薹草: 多年生根状茎草本。生于海拔3 200~4 000m的沼泽草甸、河谷阶地、高寒草甸以及湿草地等生境。植株矮小, 产草量低, 为牲畜喜食的优良牧草。

(3) 豆科牧草: 以豆科植物为主的牧草, 流域内以豆科牧草的植物种类相对贫乏, 且以黄芪属植物为多见, 许多种类为草地的伴生植物。主要的牧草植物如下。

1) 多枝黄芪 (*Astragalus polycladus* Bur. et Franch.): 多年生草本。生于海拔3 200~4 200m的山坡草地、草原、河滩地等。植株质地柔软, 蛋白质含量高, 且有耐寒旱和践踏特点, 为各类牲畜常年优先采食的优良牧草。

2) 天蓝苜蓿 (*Medicago lupulina* L.): 一年生草本。生于海拔3 200~3 600m的山坡草地、田边荒地、河滩草甸以及水边湿草地等。为优良的豆科牧草, 但数量较少。

(4) 杂类牧草: 常见的如蓼科的珠芽蓼、圆穗蓼等, 菊科的几种风毛菊, 均属柔软多汁, 不具异味, 各类牲畜均喜食。主要的牧草植物如下。

1) 天蓝韭: 多年生丛生鳞茎草本。生于海拔3 200~3 800m的高寒草原、高山草甸、灌丛草地等生境。植物叶片多汁, 牲畜喜食, 有牲畜“药草”之效。

2) 冷蒿: 多年生草本或近似小半灌木。生于海拔3 300~4 000m的高寒草原、河岸阶地、干旱山坡及草地、荒漠与干旱沙地等。本种为草原小半灌木植物群落的优势种, 为牲畜的优良抓膘草之一, 各类牲畜均喜食。

3) 黄蒿 (*Carum carvi* L.): 多年生草本。生于海拔3 200~3 900m的高山草甸、河滩草地、田边路旁、林下灌丛等。本种植物返青早, 各类牲畜常年采食。

4) 杉叶藻: 多年生水生草本。生于海拔3 200~4 200m的沼泽草甸、湖泊与河流浅水区、热融湖塘及水池等沼泽环境。本种青草期松脆多汁, 马和牛喜食。

5) 甘肃马先蒿: 二年生草本。生于海拔3 200~4 100m的河谷草甸、灌丛林缘、山坡草地、路边村舍等处。本种返青早, 幼嫩期马、牛、羊均喜食, 为优良牧草。

6) 圆穗蓼: 多年生草本。生于海拔3 300~4 200m的河滩草甸、高寒草甸、山坡草地、高山灌丛以及河谷阶地等多种生境。植物种子含有丰富的淀粉, 适口性好, 为各类牲畜喜食的优良牧草。

7) 珠芽蓼: 多年生草本。生于海拔3 200~4 200m的高寒草甸、沟谷灌丛、潮湿草地以及河谷阶地等生境。本植物种子(珠芽)的出粉率高达54%~62%, 经加工后可食用。同时, 茎叶幼嫩时羊特喜食, 是牲畜催肥抓膘的优良牧草。

8) 蒲公英 (*Taraxacum mongolicum* H. - M.): 多年生草本。生于海拔3 200~4 100

m 的沟谷草甸、农田路旁、村舍荒地、水边沟渠等处。本种植物适口性好, 各类牲畜喜食。

9) 海韭菜: 多年生草本。生于海拔3 200~4 000m 的沼泽草甸、河滩湿地、沼泽浅水以及湖滨滩地等生境。牧民群众称本种植物为“药草”, 各类牲畜常年喜食。

## 2. 防风固沙与水土保持植物

防风固沙与水土保持植物多为较高大的乔、灌木植物和少数多年生草本植物, 具有防风固沙和水土保持功能, 以及耐干旱、盐碱、抗风沙作用。主要植物如下。

(1) 青海云杉: 常绿乔木植物。仅见于湖东北部的局部沙丘, 海拔3 250~3 400m。是青海湖流域重要的乔木树种。

(2) 祁连圆柏: 常绿乔木植物。仅见于湖西部的局部沟谷山地及石头缝隙, 海拔3 250~3 400m。是青海湖流域重要的乔木树种。

(3) 小叶杨: 落叶乔木植物。仅见于湖西部的局部沟谷山地及石头缝隙, 海拔3 250~3 400m。是青海湖流域重要的乔木树种。

(4) 叉子圆柏: 常绿灌木植物。仅见于湖东北部的局部沙丘, 海拔3 250~3 600m, 呈片状分布。植物生长力旺盛, 为良好的防风固沙植物。

(5) 具鳞水柏枝: 落叶灌木。生于流域布哈河、沙柳河、哈尔盖曲等海拔3 300~3 800m 的河谷滩地、阶地以及河漫滩, 为青藏高原河谷地区最常见的灌木植物, 呈片状分布。为良好的水源涵养和水土保持植物, 青草期植物的花、叶为牦牛与绵羊采食。

(6) 金露梅: 落叶矮灌木。生于流域海拔3 500~3 900m 的山地阴坡、半阴坡及滩地的高寒灌丛或草甸, 为青藏高原地区最常见的灌木植物, 呈片状分布。为良好的水土保持植物, 青草期植物的花、叶为牦牛与绵羊喜食。

(7) 鬼箭锦鸡儿: 多刺落叶矮灌木。生于流域海拔3 500~3 800m 的山地阴坡及半阴坡, 为青藏高原高寒灌丛或灌丛草甸最常见的灌木植物, 呈片状分布。为良好的水土保持植物, 青草期植物的花、叶为牦牛与绵羊喜食。

(8) 山生柳: 直立矮小灌木。生于海拔3 500~3 800m 的山地阴坡及半阴坡、沟谷, 为青藏高原高寒灌丛或灌丛草甸最常见的灌木植物, 呈片状分布。为良好的水土保持植物, 青草期植物的叶为牦牛与绵羊喜食。

(9) 肋果沙棘: 落叶灌木。生于流域布哈河上游海拔3 600~3 900m 的河谷滩地、河岸阶地以及河漫滩, 为青藏高原河谷地区景观独特的灌木植物, 其顶部为平状, 呈片状分布。为良好的水源涵养和水土保持植物。

(10) 沙棘: 落叶灌木。生于流域海拔3 250~3 800m 的河漫滩灌丛、河岸阶地、山坡林缘以及沟谷滩地等。为青藏高原常见的灌木植物, 呈片状分布, 是良好的水源涵养和水土保持植物, 也是生态保护恢复的关键植物。

(11) 圆头沙蒿: 落叶矮灌木。常见于固定沙丘或半固定沙丘的优势植物, 海拔3 250~3 600m, 呈片状分布。植物生长力旺盛, 为良好的防风固沙植物。

(12) 沙蒿: 多年生草本植物。常见于流域草原、干旱山坡等, 海拔3 250~3 500m, 为干旱草原的常见伴生植物。本种生长力旺盛, 为良好的防风固沙植物。

(13) 芨芨草: 多年生高大密丛草本。生于海拔3 250~3 600m 的草原、干旱山坡

等。本种生长力旺盛,为良好的防风固沙植物,返青期、青草期营养丰富,也是耐牧性能好的牧草。

(14) 赖草:多年生草本。生于海拔3 250~3 800m的草原、河滩湖岸、路旁等。本种生长力旺盛,为良好的防风固沙植物,其返青期、青草期营养丰富,亦是耐牧性能好的牧草。

(15) 青海固沙草:多年生草本。生于海拔3 300~3 700m的干旱山坡、山地草原、固定沙丘、疏林下等。本种为良好的保土固沙植物,也是耐牧性能好的牧草。

(16) 芦苇 (*Phragmites australis*):高大多年生草本。仅见于湖东部的倒淌河、北部的沙柳河、东北部的沙岛以及西部的鸟岛等海拔3 200~3 300m的沼泽、湖泊与河流浅水区等沼泽水生以及沙地环境。本种是青海湖湿地和沙地的水源涵养以及防风固沙的重要植物种类,为鸟类生存创造了良好的栖息环境。

(17) 水葱 (*Scirpus tabernaemontani*):多年生沼泽草本。仅见于湖东部的倒淌河、东北部的沙岛以及北部的沙柳河等海拔3 200~3 300m的沼泽、湖泊与河流浅水区等沼泽水生环境。是青海湖湿地的重要植物种类,为鸟类生存创造了良好的栖息环境。

### 3. 药用植物

药用植物是指具有药用价值的经济植物类群。青海湖流域的药用植物约60种,其中许多种为青藏高原特色的中藏药植物资源。这些药用植物不仅用途较广,而且不少种还是高原地区的重要特产。

(1) 柴胡:伞形科柴胡属植物小叶黑柴胡 (*Bupleurum smithii* var. *parvifolium*) 的根,性味苦、微寒;可解热开郁,舒肝止痛,和表解里。柴胡生长在海拔3 200~3 800m的山坡草地、高山灌丛、高山草甸、沟谷林缘等生境。

(2) 秦艽:龙胆科龙胆属植物麻花艽和小秦艽 (*Gentiana dahurica*) 的干燥根。性味苦、辛、平,能祛风湿,退虚热,止痛。秦艽生长在海拔3 200~4 000m的山坡草地、灌丛草地、高山草甸、沟谷河滩等,是重要的野生药用植物。

(3) 水母雪莲:菊科风毛菊属植物水母雪莲的全草。性味甘、温;主治经血不调、肾虚腰痛、风湿性关节炎,以及外伤出血等。水母雪莲生长在海拔3 900~4 200m的高山流石坡地带,是青藏高原的名贵药材。

(4) 椭圆叶花锚:龙胆科花锚属植物椭圆叶花锚 (*Halenia elliptica*) 的全草。性味苦、涩,能清肝利胆,尤为治疗黄疸性肝炎效果甚佳。本种生长在海拔3 400~3 800m的山坡草地、河谷阶地、灌丛草地等生境,是重要藏药野生药用植物。

(5) 黄芪:豆科黄芪属植物直立黄芪、马衔山黄芪 (*Astragalus mahoschanicus*)、青海黄芪等的根。性味甘,能补气固表,托疮生肌,利水消肿。黄芪生长于海拔3 400~3 900m的灌丛草地、沟谷林间、山坡草甸等多种生境。

(6) 冬虫夏草:麦角科(肉座菌科)虫草属真菌冬虫夏草的子座及幼虫尸体的复合体。性味甘,能补肺益肾,止咳,止血,祛痰,可治诸虚百损,为滋补佳品。本种生长于海拔3 500~4 100m的高山灌丛草甸。



## 五、野生动物资源

青海湖流域野生动物资源比较丰富,仅脊椎动物而言,已经记录到 243 种,基本上代表了青藏高原湖盆类群的动物学全貌,也是此类动物地理单元物种多样性最为丰富的地区。本节就青海湖脊椎动物研究简史、栖息地类型、相应的动物类群、动物区系构成及野生动物资源现状等五个方面,对流域野生动物资源的全貌做一简要概述。

### (一) 流域动物研究简史

首先,认识青海湖流域野生动物的,当属生活于此的土著居民。关于他们对野生动物的认识,散见于大量典籍之中,且带上了明显的民族文化色彩。最著名的是藏族大型史诗《格萨尔》中关于“三仙鹤送信”的故事。其中,关于黑颈鹤的生活习性、地理分布、形态特征等有不少描述。

近代,青海湖盆地动物学的研究,是以考察和生物区系研究为主的。首先进入青海湖盆地进行动物考察的是俄国探险家普尔热瓦斯基。他于 1872 ~ 1885 年多次率领中亚探险队到青藏高原东北部进行动植物采集,曾 3 次到过青海湖。黑颈鹤和青海湖裸鲤就是他在第 1 次对青海湖探险时发现并命名的。类似的由国外学者主导进行的动物学考察,直到 1949 年末累计不少于 10 次。

由我国学者主导的青海湖流域动物学考察始于 20 世纪 50 年代末,首先是围绕青海湖鱼类学研究展开的。中国科学院先后建立青海工作站,继而又建立了面向青藏高原生物学的中国科学院西北高原生物研究所。青海湖裸鲤的研究首先取得了突破,1975 年由科学出版社出版《青海湖地区的鱼类区系和青海湖裸鲤生物学》一书。1985 年,中国鸟类环志中心在青海湖作了中国鸟类的首次环志。1988 ~ 1989 年,中国科学院西北高原生物研究所与青海省农林厅合作,对青海湖环湖地区鸟兽进行了首次全面、系统的普查,重点对黑颈鹤、鸟岛上栖息的鸬鹚 (*Phalacrocorax carbo*)、斑头雁、鱼鸥 (*Larus ichthyæetus*) 和棕头鸥 (*Larus brunnicephalus*) 以及一些大型兽类的种群数量和栖息地分布等作了系统调查和研究。从 1995 年开始,由中国科学院西北高原生物研究所和青海湖国家级自然保护区管理局合作,对青海湖水鸟进行统计与定期监测。同时,对青海湖裸鲤的人工繁育和流放以及普氏原羚的研究也进入了全面和多元化研究阶段。2005 年春季,青海湖鸟岛首次发生 H5N1 在野生鸟类感染的重大事件,导致了人们对青海湖流域动物学研究的进一步重视和关注,从而促进了对湖区野生动物保护的进一步发展。

### (二) 流域野生动物栖息地类型

青海湖是目前我国内陆最大的微咸水湖泊。盆地四周为大通山、日月山和青海南山所环绕,山区约占流域总面积的 2/3。盆地内水系发达,主要河流有布哈河、沙柳河、哈尔盖曲、泉吉河、倒淌河、黑马河等。青海湖就坐落其东南部。盆地呈明显的三级夷平面,在第三级夷平面的这些主要河流,构成广袤的湖滨平原和高寒草场。同时,山麓平原发育有洪积扇地貌,湖滨广泛发育有湖堤,湖东北部形成风沙堆积。湖岸多为砂

质,但在河口和海湾处淤积明显,甚至发育出三角洲。湖内有鸟岛和海心山。这些都为野生动物的栖息提供了良好的条件。现就主要栖息地类型概述如下。

#### 1. 高山裸岩雪线带

一般分布在海拔3 900m以上,地势陡峭,植被稀疏,地表碎石松散,岩石分化剧烈,处于寒暖季或年份交替时雪线或冰盖升降活动范围之内。在各类栖息地类型中,这是气温最低、氧分压最低和紫外辐射最强烈的严酷动物栖息环境。由于占据山脉的最顶端,此类栖息地的分布呈不连续的点状分布。这些条件决定了高山裸岩及雪线带生态环境脆弱、生物生产力低下,是湖盆地区极端生物环境的典型代表。

#### 2. 高山草甸灌丛带

一般分布在海拔3 400~4 000m之间,是高大山体的主体部分,其形态多是高差不大的平顶山岭、台地、峡谷地综合体,宏观形态比较平缓。因坡向的不同,植被有所不同。阳坡比较干燥,阴坡相对湿润,常形成高山灌木林。组成主要以柳属(*Salix*)、金露梅、锦鸡儿属(*Caragana*)为主,但分布面积更广的是高寒草甸。它以嵩草属为优势种,在地表形成了致密而复杂的草结皮,植被外形致密而低矮,高度在40cm以下,初级生产力比较高,生态系统相对比较稳定。

#### 3. 湖滨平原带

顾名思义,分布在海拔3 400m以下的湖滨,但在青海湖呈不对称分布。在湖体的东部和南部相对比较狭窄,在湖体的西部和北部相对比较宽阔。同时从高山出流的河流,在湖滨平原这一相对平缓的地形作用下,蜿蜒曲折,形成相对于流量极不对称的宽阔河床。这一区域发育着良好的温性草原,植被以针茅(*Stipa spp.*)、冷蒿(*Artemisia spp.*)等优势种组成。就湖盆地区而言,湖滨平原带是人类活动最为剧烈的区域,开辟有大量的农田,环湖形成了许多村落和城镇,甚至有了一些小型工业出现。湖体的东北部还形成了一定规模的流沙堆积。

#### 4. 青海湖湖体和子湖

青海湖湖体位于盆地东南角,北纬 $36^{\circ}32'$ ~ $37^{\circ}15'$ ,东经 $99^{\circ}36'$ ~ $100^{\circ}47'$ 之间,南北最宽处63km,东西最长106km,周长约360km。发育的子湖基本坐落在湖体的北部和东部,比较重要或面积较大的有海晏湾、尕斯库勒湖、耳海、草塔等。同时在湖体中还存在着8个岛屿,其中沙岛、海晏湾湖堤、鸬鹚岛、蛋岛和鱼鸥滩在近半个世纪当中才相继连陆。

### (三) 流域主要脊椎动物类群

青海湖流域的动物多样性相对较高,加上动物本身活动区域和范围比较大,很难在有限的时空内给出不同物种的具体分布。但是,由于动物在长期的自然环境中,在自动适应和被动选择双重作用下,每种动物的分布大致有些规律性,结合人们对动物栖息环境的认识,还是可以划分出一些大致的类群。

#### 1. 高山裸岩雪线动物群

高山裸岩雪线动物群包括许多种类,如淡腹雪鸡(藏雪鸡)是该类群的典型代表,种群数量比较大,属于优势种群;鹰科(*Accipitidae*)中的秃鹫(*Aegypius monachus*)、

胡兀鹫 (*Gypaetus barpatus*) 等食腐动物亦栖息于此; 鸟类中的朱雀 (*Carpodacus spp.*)、岭雀 (*Leucosticte spp.*) 和岩鸽 (*Columba rupestris*) 也是常见物种。雪豹、棕熊是这一地区兽类的代表; 岩羊和盘羊一度是最重要的狩猎动物, 种群数量可观。其他常见的还有石貂 (*Martes foina*)、香鼬 (*Mustela altaica*) 等。高原鼠兔 (*Ochotona curzoni-ae*) 和高原鼯鼠 (*Myospalax baileyi*) 也是这一动物类群的成分。

#### 2. 高山草甸灌丛动物群

物种多样性比较丰富, 兽类中的狼 (*Canis lupus*)、藏狐、赤狐 (*Vulpes vulpes*)、藏野驴 (*Equus king*)、白唇鹿、马鹿 (*Cervus elaphus*)、藏原羚 (*Procapra picticaudata*) 等均是常见种类。其中马麝及高原鼠兔、高原鼯鼠、喜马拉雅旱獭 (*Marmota himalayana*) 是常见的草地动物。鸟类中常见的有大鸮 (*Buteo hemilaius*)、渡鸦 (*Corvus corax*)、红嘴山鸦 (*Pyrhacorax pyrrhacorax*)、褐背拟地鸦 (*Pseudopodoces humilis*)、棕颈雪雀 (*Montifringilla ruficollis*)、白腰雪雀 (*Montifringilla taczanowskii*)、黑喉雪雀 (*Montifringilla davidiana*)、角百灵 (*Eremophila alpestris*)、长嘴百灵 (*Melanocorypha maxima*) 和小云雀 (*Alauda gulgula*) 等。中国林蛙 (*Rana temporaria*) 和高原蝮蛇 (*Agkistrodon halys*) 分别在湿地和巨砾环境中出现。一些雁型目 (*Anseriformes*) 鸟类及黑颈鹤在湿地环境栖息。

#### 3. 湖滨平原动物群

湖滨平原动物群主要以草地动物和农田动物为主, 常见种类有高原鼠兔, 种群数量较大; 其次为高原鼯鼠和高原兔 (*Lepus oiostolus*)。香鼬、艾虎 (*Mustela eversmanni*) 和藏狐是它们的天敌, 数量可观。黄嘴朱顶雀 (*Carduelis flavirostris*) 是当地典型的留鸟, 也是优势种。树麻雀 (*Passer montanus*) 是村落中的优势种, 同时伴有喜鹊 (*Pica pica*) 和岩鸽等。蒙古百灵 (*Melanocorypha mongolica*)、短趾沙百灵 (*Calandrella cinerea*)、家燕 (*Hirundo rusica*)、金腰燕 (*Hirundo daurica*)、毛脚燕 (*Delichon urbica*)、几种鹌鹑 (*Motacilla spp.*)、几种鹀 (*Anthus spp.*)、赭红尾鹀 (*Phoenicurus ochruros*) 等常见种。沙漠和半沙漠化的环境中栖息着特有动物普氏原羚。湿地环境中黑颈鹤和大天鹅亦为常见种, 并有大量水鸟成群出现。青海湖裸鲤在洄游季节的河流中亦为常见种。青海沙蜥 (*Phrynocephalus vlangalii*) 在沙化环境中普遍。

#### 4. 湖滨湿地岛屿动物群

以水鸟为主, 包括鱼类中的青海湖裸鲤、两栖类中的中国林蛙和花背蟾蜍 (*Rufopraddei*)。水鸟中的大天鹅是冬候鸟, 其他绝大多数是夏候鸟或繁殖鸟。其中的黑颈鹤以湖滨沼泽为栖息地, 白骨顶 (*Fulica atra*)、凤头鹀鹁 (*Podiceps cristatus*)、绿翅鸭 (*Anas crecca*)、针尾鸭 (*A. acuta*)、绿头鸭 (*A. platyrhynchos*) 在芦苇等水生植物中营巢; 赤麻鸭 (*Tadorna ferruginea*) 选择岩缝栖身, 环颈鸻 (*Charadrius alexandrinus*) 在湖底初露的泥滩建立繁殖领域, 红脚鹬 (*Tringa totanus*) 出没在沼泽草甸; 而普通鸬鹚、斑头雁、鱼鸥和棕头鸥则在岛屿上集群营巢繁殖, 构成了所谓的鸟岛奇观, 吸引着成千上万的游人欣赏参观。

### (四) 流域动物区系构成

青海湖流域的野生动物, 截至 20 世纪 90 年代中叶, 记载有脊椎动物 243 种, 隶属

5 纲, 24 目, 52 科, 141 属。各纲的情况见表 3-5-1。

表 3-5-1 青海湖流域脊椎动物种属及隶属关系

| 纲 类 | 目 数 | 科 数 | 属 数 | 种 数 |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 鱼 纲 | 1   | 2   | 3   | 8   |
| 两栖纲 | 1   | 2   | 2   | 2   |
| 爬行纲 | 2   | 3   | 3   | 3   |
| 鸟 纲 | 14  | 33  | 102 | 189 |
| 哺乳纲 | 6   | 12  | 31  | 41  |

青海湖流域动物区系成分的划分, 因不同纲而各不相同。鱼纲在流域中分布有 8 个种, 与整个青藏高原的鱼类区系相同, 均属中亚高原区系复合体, 归属东洋界。鸟纲种数在流域脊椎动物中占 73.7%, 似应在动物地理区划中更有分析参考价值。因为从整个鸟类名录中分析, 似乎只有池鹭 (*Ardeala baechus*) 等少数鸟种属于东洋界, 其余多数属古北界成分, 部分属广布种。哺乳纲种数虽不过 41 种, 但区系成分与鸟纲基本相似。

## (五) 流域野生动物资源

### 1. 资源现状

青海湖流域野生动物资源在人类活动范围不断扩大的压力下, 资源量处在不断下降的过程中。青海湖裸鲤曾经是青藏高原已知鱼类中经济效益最大的鱼种, 但自 1958 ~ 1984 年总产量达到  $18.04 \times 10^4 \text{ t}$ , 至今几乎到了生态绝灭的程度。在鸟类中, 虽然有像大天鹅那样的物种, 从纯越冬鸟转为既越冬又繁殖个体的留鸟情况, 但这种物种也就仅此 1 种。文须雀 (*Panurus biarmicus*) 是依靠芦苇生存的小型雀型目, 但随着芦苇大面积的衰退, 已经在青海湖基本消失。野牦牛、藏野驴等大型动物仅在阳康以西偶尔才能见到踪影。高原鼠兔和高原鼯鼠曾经是草原草甸最常见的物种, 在持续几十年的大面积“灭鼠”压力下, 种群动态剧变, 致使它们的天敌如金雕 (*Aquila chrysaetos*)、大鵟、鸢 (*Pandion haliaetus*)、狼、赤狐、藏狐、香鼬、艾虎、石貂、荒漠猫 (*Felis bieti*)、猓狍等种群数量不断下降。青海湖鸟岛的繁殖水鸟在连续几年的禽流感的打击之下, 种群数量均有不同程度的下降。特别是在蛋岛原有普通鸬鹚、斑头雁、鱼鸥、棕头鸥四种水鸟共同集群繁殖, 但到 20 世纪 70 年代末普通鸬鹚和鱼鸥相继在蛋岛消失, 斑头雁和棕头鸥种群数量各自维持在 6 000 只和 5 000 只左右。青海湖鸟岛这一自然奇观能否持续存在下去, 已成为摆在我们面前的一个富有挑战性的课题。

### 2. 重要物种

(1) 青海湖裸鲤: 栖息于青海湖及其注入河流, 诸如布哈河、黑马河、伊尔德马河、倒淌河、哈尔盖曲、沙柳河、巴哈乌兰河等。杂食性, 既食浮游动物, 也食着生硅藻和丝状藻, 个别的肠含物中发现有鳃类。主要集中于每年 3 ~ 7 月份由青海湖进入河流中产卵繁殖。一般在流速缓慢、平稳, pH 值为 7.8 ~ 8.2, 底质为石砾、卵石、细

沙,水深0.10~1.10m,水温在6~17℃时进行繁殖活动。布哈河为青海湖裸鲤的主要产卵场。

青海湖裸鲤是青海湖水体中最重要的低等动植物的消费者,也是青海湖生产力的主要体现者,同时还是青藏高原野生鱼类中已知发挥经济效益最大的一种,为我国西北地区一种重要适用鱼类。由于以往捕捞过度,加上人们现在还未知的一些原因,产量锐减,小型化趋势严重,拯救该物种已经到了非常紧迫的时候。

(2) 中国林蛙:在青海湖区广布于多种生境中,如农耕地、河流、山溪、草原、灌丛、沼泽草甸等,尤以沼泽地数量最多。白天多隐伏于杂草、灌丛、作物丛、石块下或泥洞内,黄昏后外出活动,有少数亦于白天活动。行动比较敏捷,能迅速避开敌害。

中国林蛙能大量捕食直翅目、膜翅目、鳞翅目、半翅目和鞘翅目等各种昆虫及其幼虫,对消灭农田、草原、灌丛和森林的害虫具相当作用。青海湖产的林蛙与我国东北地区产的同属于一种,但有分子生物学研究表明,可能属于不同的亚种。由于哈士蟆的药用价值的驱动,青海湖的中国林蛙亦被认为是重要的药材资源。不过其成分和药效是否与原产东北地区的一致,还未有报道。

(3) 青海沙蜥:在植物稀疏的干燥砂砾地带,移动沙丘中均有分布。营穴居生活,一般筑洞于较板结的砂砾地斜面、沙丘和草丛埂上,也有在砾石下者。洞口及洞道横切面均呈半月形,大小随沙蜥个体大小而异;洞道多不分支而小弯曲,斜向地下,长短及深浅与沙蜥个体大小呈正比,一般20~110cm不等。

青海沙蜥白昼活动。一般于4月上旬出蛰。正常天气下,沙蜥常在9~14时活动,其中11~13时为其活动高峰;阴天外出活动个体较少。在其活动时,若受惊扰即迅速逃逸或钻入附近的洞穴内。10月中旬开始入冬眠。

生活在青海湖周沙滩砾石间、芨芨草丛或一般草丛灌丛间,以小型昆虫及幼虫为食,鞘翅目为主,常见捕食危害牧草的害虫,有益于牧业生产,是湖周生态系统中重要的次级消费者。

(4) 密点麻蜥:生活时背面呈橄榄棕或棕灰色,具深色斑点或网纹,略成纵行,体侧和四肢背面镶以黑边的白色、蓝绿或黄绿色眼斑,从肩部向后至尾基部两侧的纵行眼斑尤为鲜艳。腹面为黄白色,但在繁殖季节雄蜥则呈黄色或深黄色。

密点麻蜥数量不如青海沙蜥多,分布亦较窄、穴居。天气晴朗时,一般于9时左右外出活动,其中10~11时30分及16时左右最为活跃。洞道直径2cm左右,长25~50cm,多倾斜入地下。每年4月上旬出蛰,5~6月中旬为交尾期,7月上旬至8月初为产仔期,10月中旬开始入冬眠。

主要以各种昆虫及其幼虫为食,有益于农牧业生产,是青海湖生态系统中重要的次级消费者。

(5) 高原蝮蛇:雄性长49~60cm,雌性长55~61cm。头宽扁呈三角形,吻棱较明显,躯干粗壮,尾短。头背灰褐色,散有深褐色斑,背面土黄或灰褐色,从颈部至尾端具若干褐色宽横斑,每一横斑是由左右二圆斑合并形成。体侧有一列深褐色粗大黑斑。腹面灰褐色,密布深褐色细点。生活于山生柳灌丛间有砾石的地方,数量稀少,很难见到。

蝮蛇属有毒蛇,对抑制小型啮齿类种群数量起着重要的作用。

(6) 石貂: 体形略大于艾虎, 躯体细长, 鼻垫纵沟较深。耳壳短小, 四肢亦短, 尾长约占头体长的  $1/2$ , 呈圆筒状, 尾蓬松。体背浅咖啡褐色, 体侧及腹部毛色较背上中区略浅淡。颈、喉和胸部具乳白色块斑, 可延伸到前肢肩胛部。四足及尾的颜色与体背接近或较深, 尾端长毛栗褐色。

石貂昼伏夜出, 生性机警, 故在野外很难见到, 受惊时常发出“咕、咕”的叫声。青海湖流域主要分布于南部山地和石乃亥乡后山的河谷两岸, 捕食各种鼠类及小鸟。

(7) 香鼬: 酷似黄鼬, 但身体细而小, 尾毛短而紧密。体背棕黄或褐黄色, 胸、腹部橙黄色。活动时, 频繁进出于乱石缝或各种洞穴。雌性体长  $200 \sim 210\text{mm}$ , 雄性体长  $230 \sim 253\text{mm}$ , 尾长超过头体长之  $1/2$ , 四肢短, 耳壳亦短。

香鼬在青海湖流域分布广泛, 栖息于山地、灌丛和草原, 也可见于海拔  $4\,000\text{m}$  的高山, 生境多样。主要利用啮齿类动物的洞穴为巢, 或栖息于岩隙中, 多在日间活动, 但黄昏活动频繁。因其躯体纤细, 常能钻进鼠洞中捕猎鼠类, 如鼠兔、田鼠、仓鼠等。但有时也捕捉小鸟, 盗食鸟卵、幼鸟。据记载, 春季交配, 怀孕期 1 个多月; 夏初产仔, 每胎产  $4 \sim 8$  仔。

(8) 兔狲 (*Felis manul*): 体形较粗而肥, 尾粗而浑圆。耳短、圆形, 两耳相距较远。体后部背面和尾巴具黑色横纹。体重  $3 \sim 4\text{kg}$ 。食物以小型鼠类为主, 主要捕食鼠兔、仓鼠、跳鼠等, 有时则加害于鸟类。在食物缺乏时也捕食蜥蜴、蛙类。据记载, 交配期约在 2 月间, 雄兽间常有争斗, 叫声特殊; 母兽在 4 月底或 5 月初产仔, 一般仔数常为  $3 \sim 4$  只, 也有 6 只。

兔狲在青海湖流域分布较广, 主要栖息荒漠草原及高原草原, 在林区, 丘陵地带及山地也有活动, 栖居海拔可达  $4\,500$  米左右。常单独栖居, 筑巢在岩隙中、大石下, 或利用其他动物洞穴。

(9) 猞猁: 系猫科动物中体型大的一种动物。外形似猫, 比猫大得多, 四肢粗壮, 尾很短; 耳甚宽, 耳尖生有耸立笔毛, 两颊具下垂的长毛。行动敏捷, 善于爬树, 也能游水。视觉、听觉均发达, 猎捕食物时常采用静待突击方式。

猞猁在青海湖流域原分布于青海南山、石乃亥后山中, 最高海拔可达  $4\,600\text{m}$  以上, 多活动于高山灌丛、高寒草原及山地草原等环境中, 栖居于石洞或岩缝中。目前在流域几乎处于绝迹。

(10) 雪豹: 典型的高山动物。体形似豹, 体长  $1.2\text{m}$ , 体重  $35 \sim 45\text{kg}$ 。头小而圆; 尾粗长, 约  $1\text{m}$ , 略短或等于体长, 尾毛长而柔。全身呈灰白色, 满布黑斑, 头部黑斑小而密。背部、体侧及四肢外缘形成不规则的黑环, 越往体后黑环越大。颈下、胸部、腹部、四肢内侧及尾下部均为乳白色。

雪豹在青海湖流域主要分布于青海南山, 出没于高原草甸、高山灌丛等裸岩地带。筑巢较为固定, 一般筑在岩洞或大石下, 窝内脱落的被毛因长期卧压成毡状。外出觅食, 按一定路线绕行, 需多日才回窝里, 具夜行性, 白天很难见到; 活动路线较为固定, 喜走山脊和溪谷, 黄昏时活动最为活跃。

身体矫捷, 性情机警敏捷, 在捕食时表现十分凶猛。一般埋伏在岩石或小路边, 等



猎物走近时,突然扑击,或借助隐蔽物匍匐跟踪,当接近时则猛跳几次,捉住猎物。以岩羊、鹿、盘羊等有蹄类动物为食物,有时也捕食旱獭、高原兔、雪鸡等,饥饿时也盗食家畜。雪豹虽凶猛,但未听到有攻击人的现象。

(11) 赤狐: 体形系狐类较大的一种。其颜面部较窄,四肢、耳壳较藏狐略长。尾粗、尾毛蓬松,其长超过体长之半。背部毛暗红棕色,颈部、前背浅棕黄色;体侧乳黄色或浅黄色,腹部白色或黄白色,四肢前面具黑纹,尾端白色。个体之间,毛色变异较大。食物较杂,善食野兔、鼠类等,也吃蜥蜴、蛙等。

赤狐在青海湖流域分布较为广泛,对流域的鸟类有一定的危害。

(12) 棕熊: 体形比黑熊大,成体超过 1.8m。头宽圆而吻长,鼻端裸出。肩部隆起,尾短。毛色变异较大,但毛的基部呈暗棕色,胸肩部带黄白色领斑或环带。耳朵有黑棕色的长毛,腹部毛色比背部浅,四肢近黑色。

棕熊以鼠兔、旱獭为主要食物,也食植物。在青海湖流域分布于青海南山等高原草甸、高山灌丛等生境。目前,流域则很难见到其踪迹。

(13) 马鹿: 体形较大。头部狭长,耳大,呈圆锥形。颈较长,约占体长的 1/3,颈下毛较长。上体呈暗褐色,下体浅淡。冬毛厚密色深,夏毛稀疏色浅。鼻端两侧及嘴唇为褐色。耳内毛白色。臀部有一块明显的乌白色臀斑。

马鹿在青海湖流域的栖息高度在海拔 3 500 ~ 4 300m 之间,主要分布在湖西岸的橡皮山一带的沟谷灌丛和高山草甸为主的生境。多晨昏活动,其性机警,善奔跑,听觉、视觉特别灵敏。

(14) 普氏原羚: 体毛夏季沙黄略带赭石色,短而亮。喉腹与四肢内侧均为白色。有白色臀斑。冬毛稍淡,略为棕黄色。其性机警,善奔跑,听觉灵敏。活动时常结群,一般在 6 ~ 8 只,多者达几十只。以禾本科、莎草科等植物的嫩稚茎、叶为食。

青海湖流域是普氏原羚的主要分布栖息地。目前,估算种群数量在 300 只左右。属国家珍贵一级保护动物,近几年来由于加强了普氏原羚栖息地管理及其生物学研究,使种群数量得到一定程度的恢复。

(15) 藏原羚: 体形矫健,四肢细长,行动轻捷。吻部短宽,眼大而圆。耳小,尾短。雄兽有两角,呈镰刀状,细而长,自额部几乎平行向上升起,再向后弯曲,在近角附近呈弧形上翘。体色灰褐,腹部毛白色。臀部有纯白色大斑。

藏原羚主要分布于青海湖西部与湖东岸的山地草滩地带。经调查,其数量已很少,正面临局部灭绝的危险。因此,应进行合理的管护,采取相应的措施加以保护。

(16) 岩羊: 体形中等。头狭长,颌下无须,两耳短小,尾短,蹄黑而硬。雌雄兽均具角,角形简单,但形状、大小有差异。冬毛褐黄色,夏毛青灰色,四肢外侧毛黑色,背腹之间有明显的黑色条纹。听觉、视觉发达,行动敏捷,休息与采食时常有“哨兵”警戒。食物以各种牧草为主,取食时间不固定,白天取食和休息交替进行。

岩羊主要分布于青海南山的高山裸岩地带,以及相接的高山草甸。其种群数量相对较多,最大群达 30 只。湖西部的裸岩山地也有分布。岩羊是国家二级保护动物,应加强管理,合理利用。

(17) 黑唇鼠兔 (*Ochotona curzoniae*): 体形中等。耳较小而圆。足部指垫及趾垫隐

于毛被内。爪甚发达。雌兽乳头6枚。

黑唇鼠兔主要分布于青海湖西部的高原草原、高山草甸地带，在谷地灌丛外围的草地上也有分布。以牧草为食。

(18) 达乌尔鼠兔 (*Ochotona daurica*): 体形较高原鼠兔略小，体长126~190mm，上下唇四周非明显的黑褐色，呈白色或污白色。耳壳较短而圆，长20.2mm。后肢略长于前肢，指(趾)垫不明显外露且小，爪较弱。夏毛短而稀，毛色长而密；冬毛长而密，毛色浅淡。躯体腹面灰白色，胸部中央有棕黄色斑，体侧毛色浅淡，呈沙黄色。四肢外侧同体背毛色。

达乌尔鼠兔在青海湖流域主要分布于湖南的江西沟、黑马河及石乃亥一带的山地草滩和河谷草原地带，群栖，洞穴密集。据调查，江西沟、黑马河一带数量较多。每年4~10月份为繁殖期，一年繁殖2次，每胎产仔5~6只，有的略多。

(19) 喜马拉雅旱獭：体形粗壮，体长500mm，耳壳短小，颈部粗短，躯体肥胖。尾短而稍扁平，四肢短而粗，指(趾)端具爪。自鼻端经两眼眉间到两耳前方之前有似三角形的黑色毛区，即“黑三色”。颈背和体背部同色，呈沙黄色、棕黄色或橘黄色；体侧黑色毛尖较体背稍浅；四肢和足上面呈淡棕黄色或沙黄色。听觉、视觉良好，受惊吓时常蹲在洞口互相呼叫报警。其活动较缓慢。穴居，其洞道较深，分主道和分道，主道为卧室，支道为厕所。有冬眠习性，多在9月底入蛰，翌年春季出蛰。出蛰不久即交配，夏初产仔，一胎4~6只。

喜马拉雅旱獭主要分布于青海南山的高山草原地带。为群居类型，营家族生活。其数量随生境而异。据调查，流域西南部的谷沟两旁的山地和滩地草地密度较大；湖北部的干草滩、荒漠草原地带洞穴较少。这与气候干燥、植被覆盖稀疏、草本植物多较枯黄、生存条件不适宜有关。

(20) 高原鼯鼠：体形粗壮，耳壳退化，眼小，鼻垫呈三叶形，尾及后足上面覆以密毛，前足指爪发达，适应于地下挖掘活动。营穴居生活，以植物的根部为食，危害农作物和牧草。经调查，其密度在鸟岛最大，挖掘推出松土而形成的土丘数量十分可观，多达700~800个·hm<sup>-2</sup>，土堆相连几乎将草皮全部覆压破坏。

高原鼯鼠在青海湖流域分布范围较广泛，河滩草原、河谷山地草原、高山草甸、灌木林及农耕地中均有分布。但是以潮湿的沟谷冲积平原、草原草甸和灌丛草甸分布最多，海拔在3100~3900m之间。

## 六、水生生物资源

青海湖流域是一巨大复合生态系统，作为湿地生态系统的主体——青海湖湖泊生态系统是流域水资源的最终归宿，是流域内外水汽循环启动区、加湿站和转运站；是连接陆地生态系统的重要环节，对于整个生态系统的安全具有十分重要的意义。

青海湖湖泊生态系统由水体环境和水生生物资源两大部分组成，水生生物资源由鱼类饵料生物、鱼类和微生物等组成。

## (一) 湖泊环境特点

青海湖湖泊生态系统由巨大的高原湖泊水体、岛屿、河流和湿地所构成,湖泊、湿地和岛屿则是食鱼鸟类和水禽栖息和繁殖的主要活动场所。湖泊和河流是食鱼鸟类觅食的核心水体。

### 1. 水体巨大,理化条件独特

青海湖目前有水面积 $4\,264\text{km}^2$  (2005),平均水深 $16\text{m}$ ,总储水量为 $743 \times 10^8\text{m}^3$ ,是我国最大的内陆湖,也是青海省最大的水体。如此浩瀚的水体既对湖周的陆地生态系统产生重要影响,又是鱼类生长繁衍的巨大空间。

### 2. 气候高寒干旱,水体冷凉

青海湖水位在冷干型气候的影响下,呈持续波动下降的趋势。青海湖区年平均气温在 $3 \sim -3^\circ\text{C}$ 之间,而近湖水的周边地带年平均气温为 $1 \sim -1^\circ\text{C}$ ,湖水在冬季和春季封冰,冰期长达4个多月,141~150d;夏季湖水表层平均水温为 $15^\circ\text{C}$ ,最高为 $18.6^\circ\text{C}$ ,底层水温为 $6.5^\circ\text{C}$ ,水温明显低于同纬度平原地区的湖泊。水温低不利于温水性鱼类的生长和繁衍,而冷水性或广温性鱼类最适宜的生长温度也要 $18 \sim 24^\circ\text{C}$ ,因此青海湖的低水温不利于青海湖裸鲤的生长,延迟了裸鲤的性成熟。

### 3. 水体含盐量较高,且钙、镁、氯离子和碳酸根离子不平衡,pH值偏高

青海湖水位的下降,使湖水含盐量由1956年 $12.49\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 上升到1986年的 $14.13\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,pH值平均在9.2以上,有的水区高达9.5,致使淡水鱼类难以存活。青海湖裸鲤虽能在湖中觅食、生长和发育,但不能进行繁殖,必须到淡水中才能进行繁殖。而湖水含盐量的继续上升必将严重影响青海湖裸鲤的生长,使鱼个体小型化,繁殖力下降。

### 4. 饵料生物种类少,种群结构简单,生物量低

据中国科学院西北高原生物研究所1961~1962年调查测定,青海湖中的浮游生物、底栖动物、有机碎屑所能提供的鱼产量仅为 $34.35\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。鱼类天然饵料的贫乏已严重制约鱼类资源的增殖和种群规模的扩大,更加影响了鱼类的生长速度和繁殖能力。

### 5. 湖泊水体大,河流水量小

入湖大多数河流为季节性河流,水位在春、夏季变化大。加之河水在春季消冰期和夏季洪水季节含沙量大,且透明度很低,这也影响到青海湖裸鲤的生长发育。

## (二) 水生生物

### 1. 生产者(浮游植物和底生植物)

青海湖是一个高矿度的咸水湖,其生态系统中的生产者主要为浮游植物和底栖植物。据调查,青海湖的浮游植物共有52个属种,其中硅藻门占优势,有23个属种;绿藻门17个属种;蓝藻门10个属种;黄藻、甲藻各1个属种。平均每升水体中浮游植物有 $14.63 \times 10^4$ 个,以春季最多,达 $20.88 \times 10^4$ 个 $\cdot \text{L}^{-1}$ ;冬季最少,仅有 $9.10 \times 10^4$ 个 $\cdot \text{L}^{-1}$ 。浮游植物在不同季节,分布于不同水层,总趋势为0~6m的水体表面层数量最大。浮游植物通过自身光合作用把二氧化碳和水合成碳水化合物,并把太阳能转化为生物可利用的化学能,为生态系统中的消费者提供食物和营养物质。

青海湖中采集到底生植物有 45 个属种, 其中硅藻门 24 个属种, 绿藻门 12 个属种, 蓝藻门 9 个属种。绿藻门中的刚毛藻和无隔藻, 生物量巨大, 分布极广, 但鱼类不能直接摄取和消化这些藻类, 故其资源呈不断增长的趋势。同时还对系统的物质循环和能量流通产生明显的影响。

青海湖的附属水体——耳海中有很丰富的鱼类饵料生物, 其中水生维管束植物有 7 种, 优势种类为川蔓藻 (*Ruppia maritima*)、眼子菜 (*Potamogeton spp.*)、芦苇。

## 2. 消费者

水体生态系统中的消费者是指以水生植物及其对附属物为食物来源的生物群体的总称, 包括浮游动物、底栖动物、鱼类和食鱼鸟类, 并由它们构成了一个复杂的食物链网。依据其生态位的不同, 消费者又可分为初级消费者、次级消费者和高级消费者。

(1) 初级消费者 (浮游动物和底栖动物): 青海湖水体生态系统中的初级消费者主要有以浮游植物为食的浮游动物和以底生植物、有机碎屑为食的底栖动物两大类群。青海湖中共检到浮游动物 23 个常见种, 其中原生动物 1 种, 轮虫 11 种, 枝角类 5 种, 桡足类 6 种。其优势种类为环顶巨腕轮虫、裸腹蚤、咸水北漂蚤。浮游动物的生物量以秋季最高, 春季最低; 种群个体以夏季最多, 春季最少。青海湖中共检到底栖动物 24 种, 其中介形类、钩虾为优势种。

(2) 次级消费者 (即鱼类资源): 青海湖水体生态系统中, 次级消费者生态位的生物类群为鱼类, 大型经济鱼类有青海湖裸鲤、甘子河裸鲤 (*Gymnocypris przewalskii gan-zihonensis*); 小型经济鱼类有硬刺高原鳅 (*Triplophysa scleroptera*)、隆头高原鳅 (*T. alticeps*) 和背斑高原鳅 (*T. dorsonotata*)。其中在青海湖中栖息的鱼类共有 3 种, 即青海湖裸鲤、硬刺高原鳅和隆头高原鳅; 在河流和淡水草湖中栖息的鱼类有甘子河裸鲤、背斑高原鳅。

青海湖裸鲤是青海湖中特有的大型经济鱼类, 是名贵稀有的水生动物, 也是重要的保护对象。青海湖裸鲤属鲤形目鲤科, 裂腹鱼亚科, 裸鲤属鱼类, 是青海高原种群数量最大、最具经济开发价值的鱼类资源, 也是青海省和西北地区居民的重要食用鱼之一。

(3) 高级消费者 (食鱼鸟类): 食鱼鸟类是青海湖水体生态系统中的高级消费者, 它们以鱼类为食, 处于食物链的最高位置上。鱼类是它们的食物基础, 食物的缺乏会对食鱼鸟类的种群产生明显的影响。青海湖周围的食鱼鸟类主要有鸬鹚、棕头鸥、鱼鸥等。

(4) 其他水禽: 大天鹅、斑头雁、灰雁等食草水禽以水体为栖息环境, 以湖滨沼泽中的水生植物、湿生植物为食, 其粪便的一部分排入水体之中, 给水体生态系统增加了有机碎屑的来源, 成为水体生态系统中有机废弃物的来源。

(5) 寄生生物: 青海湖中的鱼类寄生虫主要有头槽绦虫、舌状绦虫和棘头绦虫。这三种绦虫对青海湖中的鱼类危害最大, 鱼染此虫, 身体消瘦, 腹部膨大, 行动迟缓, 易被食鱼类捕食。食鱼鸟类是此类寄生虫的中间宿主, 易重复感染, 传播极快。

## 3. 分解者 (微生物)

青海湖底土壤中的各种微生物都是分解者, 包括细菌和真菌。它们以有机物作为发酵的原料, 依靠自身的生物酶系统, 把有机物淀粉、多糖、纤维素、半纤维素、果胶质

等动物难于消化的有机物,降解为自身可吸收利用的单糖、氨基酸、脂肪酸、维生素和微量元素,促进自身的生长和繁衍,而菌体蛋白质又可成为鱼类和浮游动物、底栖动物的饵料,进入新一轮的物质循环和能量流通。微生物呼吸作用所产生的  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  被浮游植物所利用,进入新一轮的物质循环和能量流通。

### (三) 青海湖鱼类资源

由于青海湖水温低,供鱼类食用的食物量少,且含盐量高达  $14.13\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ , pH 值  $9.2 \sim 9.5$ , 咸度高于海水,因此限制了大型经济鱼类的生长繁衍。据多年调查,青海湖流域仅有 8 种鱼类。其主要种类如下。

#### 1. 硬刺高原鳅

体延长,后躯稍侧扁。眼侧上位。须三对。口下位,深弧形。唇肉质,多皱褶。下颌正常。无鳞,侧线完全。背鳍最后不分枝鳍条粗而硬,鳍高为基部的 2 倍。腹鳍起点与背鳍的第 2 (少数与 1 或 3) 分枝鳍条相对,其末端伸达肛门。尾鳍微凹。鳔前室位于骨质囊中,后室为一前具细管发达的游离膜质鳔。胃“U”形,肠绕折简单,且在胃的连接处具一盲突。背部和体侧上部具很多黑褐色细斑纹,腹部灰白。除臀鳍外各鳍均显小斑点。雌雄差异与长蛇高原鳅相似,但雄性颊部具皮状颗粒突起。

硬刺高原鳅分布于青海湖及黄河上游各地。

#### 2. 隆头高原鳅

体延长,头后背高隆,体躯近似圆筒形。眼侧上位。须三对,口下位,口裂弧形,唇肉质。下颌正常。无鳞,侧线完全或至臀鳍后不清晰。背鳍游离缘平截。腹鳍起点与背鳍的第 2 (少数与 1 或 3) 分枝鳍条相对,末端伸达臀鳍起点。尾鳍后缘微凹。鳔前室分左、右两侧泡,侧泡大,位于骨质囊中,与形态近似的高原鳅同性别同体长比较,骨质鳔囊为后者的 2~3 倍。后室不发达或不明显。胃“U”形,肠绕成螺旋状。背部有褐色横斑,体侧有不规则细点或斑纹,腹部呈淡黄色。背尾鳍具多数小黑点,雌雄差异明显,雄性胸鳍和颊部皮肤有绒毛状增厚。栖息于河流和湖泊静水高处,以着生藻类和水生昆虫为食。

隆头高原鳅为青藏高原特有种,主要分布于黄河上游直到源头地区,柴达木盆地和青海湖附属河流中。

#### 3. 背斑高原鳅

别名:中亚高原鳅。体延长,前躯呈圆筒形,后躯侧扁。头稍平扁,吻钝,口下位。上唇缘呈流苏状,下唇薄而后移,边缘光滑,后部有短乳头状突起与皱褶。下颌宽平,边缘薄而锐利,上下颌均外露。须三对,外吻须伸达鼻后孔之下,颌须伸达眼后缘之下或超过。无鳞,皮肤光滑。侧线完全。背鳍游离平截或微凹,胸鳍末端达胸腹鳍起点相对于背鳍起点 1 或 2 分枝鳍条末端伸达臀鳍起点。尾鳍微凹或凹入。下叶稍长。鳔前室位于骨质囊中,后室退化或仅残留很小的膜质室。肠较长,在胃后方盘曲或螺旋形。体长为肠长的 80%。体基色浅褐,腹部灰白。背鳍前后各有 3~4 块深褐色鞍斑,体侧具明显或不明显的褐色纹背,背、尾鳍有 2 或 3 行黑褐色条纹。

栖息于河流和湖泊岸边浅水的砾石间隙,常以硅藻、绿藻及植物碎屑和摇蚊幼虫、

毛翅昆虫幼虫为主要食物。每年5~7月份为繁殖旺季。

分布于青藏高原各大河流水系,如黄河、长江、澜沧江、怒江、雅鲁藏布江、塔里木河、柴达木河等上游干支流,遍及青海、西藏、四川西部、甘肃河西走廊及甘南地区、新疆、宁夏、内蒙古等地区。

#### 4. 小眼高原鳅 (*Triplophysa microps*)

别名:短尾高原鳅、长身高原鳅。体延长,前躯呈圆筒形,后躯侧扁。头锥形,顶部稍扁平,吻钝圆,口下位,弧形。眼侧上位,较大或较小。上唇缘有不明显的乳突或皱褶,下唇面具细纹或皱褶。下颌匙状、较厚,边缘露出或不露出。须三对,外吻须伸达鼻后孔或眼前缘,颌须伸达眼球中部或眼后缘。体裸露无鳞,表面多光滑,侧线完全或不完全。鳍大小正常,背鳍游离平截或稍外凸呈弧形,背鳍刺弱,胸鳍末端约伸达胸、腹鳍基距的中点。腹鳍起点相对背鳍起点稍前或稍后,末端多伸达肛门,尾鳍后缘稍凹或平截。鳔前室分左、右两侧泡,位于骨质囊中,后室退化或仅残留很小的膜质室。肠短,呈“Y”字形,自“U”形胃发出后,在胃的后方绕一环后直达肛门。

体背侧褐色,腹部浅黄或灰白。背鳍前后各有4~5块深褐色鞍斑,体侧有不规则的深褐色纹背和点,小个体沿体侧中轴有一列深褐色斑块。背、尾鳍有褐色小点2~3行。

栖息于河流浅水砾石或水草丛中,以水生昆虫幼虫或底栖无脊椎动物为主要食物兼食藻类和植物碎屑。每年5~6月份为繁殖季节。

小眼高原鳅分布于青藏高原的黄河、长江、澜沧江、怒江上游干支流,柴达木盆地及藏北内陆水系及青海湖水系皆有分布。

#### 5. 青海湖裸鲤

(1) 青海湖裸鲤生物学特征:青海湖裸鲤是鲤科裂腹鱼亚科裸鲤属鱼类,是一种杂食性底栖鱼类,具广温性、广盐性,耐盐碱能力很强,其最适生长温度在13~25℃之间。内蒙古自治区西部的平原型水库中青海湖裸鲤也能正常生长,且生长速度明显加快,增重700g只需要3年,比青海湖内快2倍多;青海湖的生境适宜于青海湖裸鲤正常生长发育,而浅海的鲢鱼和梭鱼却不能成活,说明青海湖裸鲤的耐盐碱能力很强。青海湖裸鲤还可在可鲁克湖和托素湖中分布,而托素湖的含盐量在连通河河口区为26.5 g·L<sup>-1</sup>,pH值为9.0,青海湖裸鲤仍能存活、生长,但个体小型化。

(2) 青海湖鱼产能力分析:青海湖属贫营养型湖泊,鱼类饵料生物种类少,种群结构简单,资源增殖缓慢,鱼产力很低。据中国科学院西北高原生物所长期研究和监测资料显示,浮游植物的生物量为304.5kg·hm<sup>-2</sup>,浮游动物的生物量为2250kg·hm<sup>-2</sup>,底栖动物的生物量为525kg·hm<sup>-2</sup>,青海湖鱼类饵料生物的鱼产力为34.35kg·hm<sup>-2</sup>,故理论渔业资源量应为89447.4×10<sup>4</sup>t。但因绿藻中的无隔藻等大型藻类难以被鱼类利用,故实际鱼产力就必然低于理论资源量。据专家估测,20世纪60年代青海湖裸鲤的资源量达7.5×10<sup>4</sup>t。1959~1995年间,青海湖已向市场提供鱼产品约20×10<sup>4</sup>t,成为青海省及周边地区的主要鱼食品(表3-6-1)。

(3) 青海湖渔业及渔业资源变化:青海湖裸鲤是青海省特有的大型经济鱼类,在青海湖及其附属河流、淡水湖泊中栖息、繁衍,种群数量大,资源量相对较丰富,是青



表 3-6-1 青海湖鱼类饵料生物鱼产力

| 饵料生物名称                                   | 浮游植物 | 浮游动物  | 底栖动物 | 合 计   |
|------------------------------------------|------|-------|------|-------|
| 产鱼能力( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ) | 4.35 | 22.50 | 7.50 | 34.35 |

海省集中分布的最重要的经济鱼类资源。由于青海湖裸鲤资源的规模开发,使青海省渔业成为产供销一体化的独立产业,如 20 世纪 60 年代初,青海湖裸鲤资源的规模开发,平均年产量达到  $2.1 \times 10^4 \text{t}$ 。1949 ~ 1971 年间青海湖鱼产量占青海省鱼产量的 100%; 1980 ~ 1986 年青海湖鱼产量占 70% 以上; 1986 ~ 1994 年的 9 年间青海湖鱼产量占 60%。青海湖渔业一直是全省渔业的支柱产业。1995 ~ 2000 年青海湖限产 700t,才致使青海湖鱼产量占全省总产量的比例下降至 37%,而青海湖渔业产值的下降幅度更大,仅为 10% 左右。

青海湖裸鲤是湖河产卵繁殖型鱼类,它在咸水湖中不能进行繁殖,必须到河流的淡水体中进行产卵繁殖。自然繁殖仍然是青海湖裸鲤增殖资源、维持种群平衡的主要手段。大规模的捕捞,特别是对产卵鱼的大规模捕捞使渔业资源急剧衰退,青海湖裸鲤资源由 20 世纪 60 年代初的  $7.5 \times 10^4 \text{t}$  下降到 20 世纪 70 年末的  $0.5 \times 10^4 \text{t}$ 。进入 20 世纪 80 年代以后,由于产卵场的不断缩小,使产卵繁殖的鱼群体缩小,低龄化趋势加剧,后备群体急剧减小,造成青海湖裸鲤资源的继续衰退,资源量降至  $1.2 \times 10^4 \text{t}$ 。1984 ~ 1986 年、1986 ~ 1989 年先后两次对青海湖进行封湖育鱼,繁殖季节在禁鱼区禁止捕捞,冬季全面封湖,使青海湖裸鲤的产卵场得到有效保护,产卵群体低龄化的趋势有所缓解,但渔业资源衰退的趋势并没有得到遏制(表 3-6-2)。据中国水产学会渔业资源专家的评估,1994 年青海湖裸鲤的资源量仅为 7 500t,平均每公顷水体只有 17.4kg 渔业资源,捕捞群体的平均个体重仅有 160g/尾。进入河道产卵的鱼明显减少,产卵期明显缩短。由于布哈河、沙柳河等河流水量减少,河水骤涨骤落,使大量青海湖裸鲤不能回到大湖而死亡,青海湖裸鲤资源呈现继续衰退的趋势,资源量降至  $0.5 \times 10^4 \text{t}$ 。捕捞群体的小型化和产卵群体的低龄化趋势在连续多年的封湖条件下仍未得到遏制,青海湖裸鲤资源濒临枯竭。

表 3-6-2 海心山水域历年青海湖裸鲤分析比较

| 年 份          | 1962 | 1964   | 1965   | 1971  | 1973   | 1975   | 1978  | 1985  |
|--------------|------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|
| 平均尾数<br>(尾)  | 80   | 108    | 141    | 156   | 176    | 165.2  | 163.7 | 280   |
| 平均体长<br>(cm) |      | 31.8   | 29.06  | 27.94 | 27.14  | 27.17  | 27.01 |       |
| 平均体重<br>(g)  | 625  | 449.99 | 351.79 | 308.2 | 283.91 | 302.74 | 305.4 | 178.6 |

注:此资料为青海湖裸鲤 50kg 捕获物分析数据。

从封湖育鱼的实践和对捕捞群体、产卵群体的监测表明,自 20 世纪 90 年代以来,青海湖裸鲤资源衰退趋势加剧,捕捞群体小型化,产卵群体低龄化的趋势进一步加剧,

繁殖产卵群体数量明显减少,产卵繁殖的时间推迟,由过去的4月下旬推迟到5月下旬,推迟约30d;青海湖裸鲤的产卵场明显缩小,由20世纪60年代初的107条河流减少为90年代中期的仅7条河流,而能给青海湖裸鲤提供产卵繁殖场的河流最少时只有布哈河、泉吉河、沙柳河、哈尔盖曲、黑马河等5条河流。其中,布哈河产卵场由过去的80km缩短为50km,沙柳河产卵场则由过去60km缩短为18km,产卵场地的缩小给青海湖裸鲤产卵繁殖带来灭顶之灾,使青海湖裸鲤幼鱼的生长、发育环境更加严酷,生存空间狭小,饵料生物贫乏,造成青海湖裸鲤幼鱼提前进入咸水水体,导致大量的幼鱼被寄生虫感染而死亡,使青海湖裸鲤资源的增殖更为艰难,资源衰退的进程进一步加剧。

截至2000年夏季,机械化拖网作业的单网产量只有100kg,渔获物的平均个体重仅有160g/尾。青海湖裸鲤后备亲鱼群体的减少和产卵繁殖环境的恶化,使青海湖裸鲤资源衰退的趋势不能得到遏制。这种状况如不改变,青海湖裸鲤资源就有面临枯竭的危险。

## 七、农作物与畜禽品种

农作物与畜禽品种是生物多样性资源的重要组成部分。青海湖流域属高海拔地区,在长期的人为干预和自然选择下,农作物与畜禽为适应冷凉型气候条件,形成了自身的特点。农作物生育期短,且抗寒、耐旱性强;畜禽种类较少,多为原始品种,流域地区的牦牛有别于三江源地区的牦牛,故称之为“环湖型牦牛”,而藏羊则属于长毛小尾草地型品种,也有部分改良羊分布在流域地区。

### (一) 农作物品种

青海湖流域的种植业始于1958年,到1960年开垦荒地面积达到 $13.33 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,1962年后弃耕 $8.27 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,到1985年底实有耕地面积 $5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。1985年后实施退耕还牧,耕地面积下降到 $2.13 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。据2004年统计,流域耕地面积为 $1.79 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。由于自然条件的限制,农作物种类少,内部结构比较简单。主要的农作物品种有青稞、小麦、燕麦、白菜型小油菜、蚕豆,以及马铃薯、豌豆和少量蔬菜作物。粮食作物(小麦、青稞)平均单产 $1730 \sim 3000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,油菜籽平均单产 $1100 \sim 1500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

#### 1. 青稞 (*Hordeum vulgare* var. *nudum*)

青稞的生态适应性具有独特的优越性,其生育期短(120d左右)、早熟、抗寒、耐旱、耐瘠,在夏季仅需短期高温便能成熟。如以热量指标计算,在年平均气温 $-1 \sim -1.5^\circ\text{C}$ , $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温 $1200^\circ\text{C}$ 的地区亦宜种植,这种特殊的生态适应性是其他粮食作物难以替代的。青稞的增产潜力比较大,如刚察县境内的军区农场1975年种植青稞 $47 \text{ hm}^2$ ,平均单产 $2640 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,可谓大面积丰产;青海湖农场四大队1979年种植“西藏60日”(紫)青稞 $2.4 \text{ hm}^2$ ,平均单产 $5332.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,这在青海湖流域也是高产的。不论从气候条件、土地资源、丰歉程度和增产潜力等诸多方面评价,青稞在流域栽培种植

亦有广阔的前景。

20 世纪 80 年代以来,海北州农业科学研究所的科技人员通过不懈努力,陆续选育了一批青稞优良品种,种植面积较大的有“肚里黄”、“北青 3 号”、“北青 6 号”等。其中,共和县以“肚里黄”、“北青 3 号”为主,海晏、刚察、天峻县以“北青 3 号”、“北青 6 号”为主。上述青稞品种种植区域除青海湖流域及周边地区外,在西藏、甘肃、四川等省区也有分布。

“北青 3 号”是该所于 1977 年以门农 1 号为母本,肚里黄 × 西藏早熟青稞为父本杂交选育而成。该品种生物学特性为春性,幼苗直立,叶浓绿色,叶姿平展。株高 105.0 ~ 121.0cm。茎秆紫黄色,弹性中等,茎粗 0.3cm,茎秆蜡粉少。茎节数 5 节,穗下节长 31.0cm。单株有效分蘖数 0.7 个,分蘖成穗率 60%。穗全抽出,闭颖授粉,穗脖半弯垂。穗近似纺锤形,四棱,穗长 5.0 ~ 6.0cm,籽粒裸粒、黄色,长圆形。种子基刺绒毛。种子休眠期短。千粒重 42 ~ 46g,穗粒数 34 ~ 36 粒,穗粒重 1.4 ~ 2.02g,经济系数 0.4,容重  $776\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,籽粒半硬质,粗蛋白含量 10.8%,出粉率 95%。本品种生育期 123 ~ 132d。抗云纹病。一般水肥条件下单位面积产量  $3\,000 \sim 3\,800\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,水肥条件特佳的可达到  $6\,200\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。适宜在海拔 3 000m 以下的水地、浅山和较暖的脑山地种植。

“北青 6 号”是该所于 1986 年用 71-24-1 作母本,北青 1 号作父本通过有性杂交选育而成。该品种生物学特性为春性,幼苗直立,叶色绿,叶耳白色,叶姿平展。株型半松散,株高 101 ~ 111cm。茎秆黄色,弹性中,蜡粉中。茎节数 5 节,穗下节长 31.7 ~ 39.5cm。单株有效分蘖数 0 ~ 1 个,分蘖成穗率 43.1%。穗全抽出,闭颖授粉,穗脖弯垂,穗部半弯。穗长方形,四棱,疏穗,穗长 5.5 ~ 6.9cm。颖壳黄色,外颖脉黄色,窄护颖。长芒,有齿,黄色。裸粒、黄色,卵圆形。种子基刺纤维状,千粒重 43.0 ~ 43.6g,穗粒数 35 ~ 49 粒,穗粒重 1.5 ~ 2.2g,容重  $820.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ ,籽粒半硬质,粗蛋白含量 15.10%,出粉率 90.00%。生育期 110 ~ 118d。本品种耐湿、耐寒、耐旱、耐盐碱,较抗倒伏。高肥力条件下单位面积产量达  $4\,500 \sim 5\,250\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,一般肥力产量为  $3\,600 \sim 4\,125\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,在无灌溉的旱作条件下,产量为  $3\,000\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。适宜在年均温  $0^{\circ}\text{C}$  以上,海拔 3 200m 以下的高、中位山旱地种植。

## 2. 油菜 (*Brassica campestris*)

白菜型小油菜适宜在高寒地区种植,海拔 3 200 ~ 3 350m 是生产小油菜的适宜生态区。其生态特点是:幼苗直立、叶色淡绿、春性极强、幼苗耐寒、花芽分化快,三片真叶期即可出现花蕾,营养生长和生殖生长同步进行,无明显的营养生长期;植株矮小,分枝性弱,宜于密植,生育期间所需积温较少(约  $1\,000^{\circ}\text{C}$ ),能在较低温度条件下顺利进行光合作用和迅速运转光合产物,因此小油菜产量稳定,甚至还能高产。地处刚察县境内的军区农场 1975 年种植油菜  $347\text{hm}^2$ ,平均单产达  $1\,679.3\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;青海湖农场四大队一中队,1979 年种植浩油 1 号油菜  $12\text{hm}^2$ ,平均单产达  $2\,125.5\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;青海湖农科所 1978 年种植该所选育的油菜新品种“7201”  $1.2\text{hm}^2$ ,单产平均高达  $2\,347.5\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

据调查,青海湖流域在 20 世纪 90 年代有油菜品种(品系) 12 个,种植面积较大

的有“牦蹄尾”和“浩油5号”2个品种；门油3号、浩油1号、后字106、7201（由青海湖农场农科所育成）和小油菜5个品种（品系）种植面积较小；小黑油菜、门源小油菜和“71-72”三个品种（品系）种植面积不大。无芥酸品种“斯斑”油菜（白菜型）在青海湖农场农科所也有少量种植。

近年来，大面积推广种植的油菜品种主要有“青杂1号”、“青杂2号”、“青杂3号”、“浩油5号”、“浩油11号”等。其中，共和县以“青杂1号”、“青杂2号”、“青杂3号”、“浩油11号”为主；海晏县以“浩油5号”、“浩油11号”为主；刚察、天峻县以“浩油11号”为主。

“浩油11号”是青海省浩门农场农科所于1963年，在门源小油菜群体中系选优良单株，经定向选择培育而成，原代号“三一六”，属白菜型油菜。该品种生物学特性为子叶肾脏形。幼茎紫绿色。心叶淡绿，刺毛少，基部叶深绿色，叶脉白色，叶柄长，叶全缘，蜡粉少。苔茎叶为长椭圆形，无柄，半抱茎。株高75.0~98.8cm。一次有效分枝2.5个。花黄色，花瓣球拍形，花冠圆形，花瓣平展，离瓣。角果长4.3~5.8cm，果黄色，每角果粒数14.6~20.3粒。种皮黑褐色、光滑。千粒重2.3~3.5g，种子含油量44.3%，油中芥酸含量23.8%，饼粕中硫代葡萄糖甙含量为 $46.32\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ 。生育期115d，耐寒性强，高抗倒伏，不易裂角。一般水肥条件下平均单产1275.0~2175.0 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。1990年浩门农场种植2933 $\text{hm}^2$ ，平均单产1795.5 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。本品种适宜在年平均气温 $0^{\circ}\text{C}$ 以上，海拔2800~3250m的脑山或半浅半脑山地区种植。

“青杂3号”是青海省农林科学院于1996年通过甘蓝型和白菜型油菜种间杂交，选育出的特早熟甘蓝型双低品系144，用该品系与波里马细胞质雄性不育系侧交后连续回交，育成不育系144A和保持系144B。从双低特早熟甘蓝型株系97-482中选株，与波里马细胞质雄性不育系侧交，选育出恢复系482-1R。然后以不育系144A与恢复系482-1R配制成的杂种，代号“E144”，属甘蓝型油菜。该品种生物学特性为子叶心脏形，幼茎绿色，基部叶深绿色，叶脉白色，蜡粉少。苔茎叶披针形、无柄。苔茎绿色。株高146cm，一次有效分枝数4~6个，主花序长65cm左右。花冠椭圆形，花瓣形状侧叠、平展。角果长6~9cm，黄绿色，每角果粒数26~28粒。种子黑褐色，圆球形。千粒重3.5g。种子含油量44.27%，油中芥酸含量0.80%。麻渣中硫代葡萄糖甙含量 $30.50\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ 。生育期105~108d，抗旱性、耐寒性、抗倒伏中等。轻感菌核病。大面积种植单产2700~3390 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ，高水肥条件下单产3390~4290 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。本品种适宜在年平均气温 $0^{\circ}\text{C}$ 以上，海拔2800~3250m脑山或半浅半脑山地区种植。

### 3. 燕麦 (*Avena sativa*)

燕麦是一种可消化蛋白质和维生素较丰富的一年生禾本科优质饲料作物，适宜于凉爽的气候，对土壤要求不严，适应性较强，产量较高。用燕麦作青饲料，可随喂随割；调制青干草可在抽穗至开花期收割；收种子可在大部分穗头达到黄熟期收割。籽粒中蛋白质含量10%左右，茎叶中蛋白质含量为8.73%。当小穗70%成熟时茎秆质地柔软，茎叶仍呈绿色，是良好的饲草，既可以青饲，又可晒成干草。

青海湖流域种植的燕麦品种较多，主要有青海甜燕麦和丹麦444等，均为禾本科燕麦属一年生植物，疏丛型，须根系，茎秆直立，高100cm左右。最适合生长在气候凉

爽、雨量充足的地区,种子发芽的最低温度为 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。幼苗能耐 $-3\sim -4^{\circ}\text{C}$ 低温,成年植株在 $-3\sim -4^{\circ}\text{C}$ 低温下仍能缓慢生长, $-6^{\circ}\text{C}$ 则会受冻害。开花和灌浆期遇到较高的温度则影响结实。本品种需水量较其他谷类作物多,对土壤选择不严,各类土壤均可种植,但以富含有机质的土壤为最佳。鲜草单产 $27\,000\sim 30\,000\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

#### 4. 蔬菜

青海湖流域蔬菜种植历史较短。主要有马铃薯 (*Solanum tuberosum*)、白菜 (*Brassica pekinensis*)、萝卜 (*Raphanus sativus*)、菠菜 (*Spinacia oleracea*)、葱 (*Allium fistulosum*)、蒜 (*A. sativum*) 等。近年来,随着种植面积的扩大,如黄瓜 (*Cucumis sativus*)、西红柿 (*Lycopersicon esculentum*)、茄子 (*Solanum melongena*)、辣椒 (*Capsicum annuum*) 等蔬菜种类也不断增多。种植的主要蔬菜品种如下。

门源青头萝卜,为门源县当家品种。植株高 $53.8\text{cm}$ ,开展度 $30\text{cm}$ 。叶簇半直立,花叶型。肉质根短圆柱形,纵径 $24\text{cm}$ ,横径 $9.9\text{cm}$ ,约 $2/3$ 露出土面,露出地面部分为深绿色,入土部分为白色。肉色浅绿。肉质根与叶重之比约 $5:1$ ,肉质根基本无开裂分叉现象,含水量 $92.18\%$ ,粗纤维 $0.88\%$ ,可溶性糖 $3.92\%$ ,维生素C含量为 $37.8\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ 。肉质细嫩、甜脆,生食、熟食均宜。耐贮藏,贮藏期从当年10月中旬至翌年3月中旬,约 $150\text{d}$ ;贮藏损耗率 $2.5\%$ 。在土壤水肥条件较好的地块,单产可达 $5.25\times 10^4\sim 6.0\times 10^4\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,一般条件下单产可达 $2.25\times 10^4\sim 4.5\times 10^4\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

“乐都红皮大蒜”由乐都县农业科技人员在当地红蒜中经多年提纯繁育而成。植株高 $50\text{cm}$ ,每头蒜 $4\sim 6$ 瓣,蒜头直径 $4\sim 7\text{cm}$ ,蒜头平均单重 $50\text{g}$ 。瓣大肥厚,辣味、香味浓厚,口感好,具有高原独特风味。蒜头排列紧密,适于运输,耐储藏,不易出芽。单产鲜蒜 $3.25\times 10^4\sim 6.0\times 10^4\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,产蒜薹 $5\,250\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,在共和县单产可达到 $3.0\times 10^4\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上。

“津杂2号”黄瓜籽种系从市场购进,育苗自繁。该品种主蔓长 $280\text{cm}$ ,侧蔓少。主蔓第 $5\sim 6$ 节着生第一朵雌花。果实长 $32\sim 36\text{cm}$ ,横径 $3.8\sim 4.1\text{cm}$ ,深绿色,刺瘤密,顶部有浅黄色条纹,肉厚 $1.3\sim 1.5\text{cm}$ 。单果重 $350\sim 500\text{g}$ ,质脆,味微甜,品质优良。播种至初收春播 $60\sim 70\text{d}$ ,秋播 $38\sim 42\text{d}$ ,延续采收 $35\sim 40\text{d}$ 。本品种生长力强,主侧蔓均可结果,且较耐寒,抗霜霉病、枯萎病和白粉病。

“乐都辣椒”籽种从市场购进幼苗自繁。该品种生长势中,株高 $95\text{cm}$ ,开展度 $80\text{cm}$ ,主茎高 $30\text{cm}$ 。果实深绿色,老熟果呈暗红色,长圆锥形,表皮皱缩,有棱沟,单果重 $50\text{g}$ 左右,果皮软,味辣,果肉细嫩。露天种植单产 $2.25\times 10^4\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,温棚种植可达 $5.25\times 10^4\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

## (二) 畜禽品种

青海湖流域水草丰美,海拔较低,畜牧业发展历史悠久。据考古证明,远在夏代末(公元前16世纪),这里就有以游牧为生的人类活动,后为羌人久居之地,仍以游牧为主。吐谷浑驻牧青海湖,进一步促进了畜牧业的发展,由于战事频繁,对马匹特别青睐,因而马的改良很有成效。据《北史》卷九十六——《列传八十四·吐谷浑》记载:“青海周回千余里,海内有小山,每冬冰合后,以良牝马置此山,到来春收之,马皆有

孕,所生得驹,号为龙种,必多骏异。吐谷浑尝得波斯草马,放入海,因生骠驹,能日行千里,世传青海骠者也。”而“青海骠”曾是中国历史上名噪一时的宝马,也是吐谷浑向南、北朝进奉的贡品。同时,青海湖流域的牦牛品种也有别于青南地区的牦牛,称为“环湖型牦牛”。由此可见,流域牲畜品种有地区特色。

牲畜种类有绵羊、牦牛、马、驴和骡。其中以绵羊的数量最多,牦牛、马次之。2004年各类牲畜存栏  $265.78 \times 10^4$  头只(合 401.88 只羊单位)。其中,绵羊  $218.72 \times 10^4$  只,占各类牲畜总数的 82.29%;牦牛  $40.65 \times 10^4$  头,占 15.29.29%;山羊  $3.42 \times 10^4$  只,占 1.29%;马  $2.94 \times 10^4$  匹,占 1.11%;骡、驴 500 匹,占 0.02%。草地实际载畜量  $2.1$  只羊单位  $\cdot \text{hm}^{-2}$ 。

### 1. 绵羊

青海湖流域的绵羊原为古老品种藏系羊。目前,除天峻县大部分地区和刚察县部分地区还保有部分藏系羊外,其余地区的绵羊均属杂种血统。

(1) 藏系羊:流域藏羊属长毛小尾草地型品种,其祖先为羯羊,也叫盘羊,俗称大角羊。藏羊头呈三角形,鼻梁隆起,面部清秀,角长而呈扁螺旋状弯曲,躯体较长,骨骼发育良好,腰背平直,腿高尾小。毛色多为白色,头肢杂色较多,极少数为黑色或褐色、花色。公羊体重约 38kg,母羊体重约 36kg。藏羊体质坚实,性情温顺,合群性好,能忍耐高温严酷的自然条件,杂食、耐粗饲,行动敏捷,善登高,适于远牧。据刚察县测定,在藏羊发育过程中,1 周岁内发育较快,以后逐年减慢,7 岁后衰退,寿命 8 年左右。成年公羊产毛量 1.56kg,母羊产毛量 1.02kg,毛质以粗毛为主,品质优良,是制作长毛绒和地毯的上等原料。屠宰率为 40% 左右,育肥 10 月龄羔羊胴体重 13kg。公羊 9~10 月龄性成熟。母羊 1.5 岁开始配种,怀孕期 150d,3~6 岁为生育高峰。母羊一生可产 5~7 胎,双胎率极低,只有 1%~2%。

(2) 改良羊:流域是青海省绵羊改良最早的重点地区之一。自 1950 年开始引进外地种羊,实施绵羊改良工作,曾先后引进过兰哈羊(新疆羊前身)、内蒙古茨盖羊。1963 年青海省绵羊改良工作会议确定环青海湖地区绵羊改良方向为“毛肉兼用半细毛羊”,用茨盖羊和新藏一代杂交,绵改工作取得进展。1964 年 6 月青海省绵羊改良现场会议在海晏县召开,经与会专家鉴定,茨-新藏二代改良羊体质结实,适应能力强,纯白同质度高,但毛短而细;后又引进新西兰和英国罗姆尼玛许种羊与茨-新藏二代改良羊进行复交,育成英罗-茨-新藏改良羊。1987 年青海省绵羊改良育种领导小组主持召开绵羊改良成果鉴定会,认定半细毛羊已经培育成功,经青海省人民政府正式命名为“青海高原毛肉兼用半细毛羊”新品种。经过改良的杂种羊在性状特征和生产能力方面均比土种藏系羊有较大的改善,大大提高了牧业生产的经济效益。

改良羊一般胸较宽深,腰背平直,四肢粗壮,个体体尺均大于藏系羊。适于远山放牧,耐粗放管理,性情温顺,抗病力较强。剪毛量改良公羊为 4.88~6.84kg/只,母羊为 2.44~2.65kg/只。成年公羊毛长 12cm 以上,母羊 9.5cm。母羊羊毛细度 50~58 支纱占 90% 以上,工业验证净毛率为 65%。本品种羊毛密度、均度、弯曲度、油汗和腹毛着生均符合育种指标要求。



## 2. 山羊

山羊为肉、奶、绒兼用品种。其体格较小,公、母羊头上均有角,颞下有须,面部清秀,体躯狭短。披毛为黑色、白色和青色,分为两层,内层为绒毛,外层为粗长毛。四肢细短,蹄呈尖形。成年公羊体重 27~43kg,母羊 23~27kg,屠宰率 39%~46%,每只山羊产肉约 12kg。山羊体质坚实,耐粗放,食性广,喜食树枝,落叶及杂草。合群性和抗病力强,行动敏捷,活泼好斗,善攀登。山羊一般为 1 年 1 羔,也有双羔和 3 羔。成年公羊毛、绒产量 0.73kg,母羊毛、绒产量 0.55kg。

## 3. 牛

流域内牛的品种有牦牛、黄牛和犏牛,以牦牛数量最多。

(1) 牦牛:由野牦牛驯化而来,为青藏高原特有品种。青海湖北部海晏县的牦牛属环湖牦牛类型。牦牛是肉、奶、皮、毛和使役多用品种。牦牛体躯矮长,四肢短细,蹄小而尖,头侧视呈楔形,多无角,颞顶突起,颞毛丛生,有角者头形清秀。胸深宽,腰略凹陷,尾中下端生有帚状长毛,身体披毛粗长,内层为绒毛,是制作牛绒衫的上等原料。其生产性能以肉为主,次为奶、毛、皮和役用。4 岁牦犏牛活重 330.1kg,成年牦犏牛活重 464.5kg,屠宰率 46.5%。母牦牛一生可产犊 6~7 头,一般多为 1 年产 1 犊、隔年产 1 犊,也有 3 年产 2 犊或 4~5 年产 3 犊的。平均产奶期 150d,日产奶量 1.5~2.2kg,全年产奶量 103.7~388.9kg。3 岁以上牦犏牛年产毛量 1.73kg,母牛为 0.56~1.24kg,毛、绒比例 54.79% 和 45.21%。牦牛是牧民的交通工具,被誉为“高原之舟”,其寿命一般为 20 年。役用牦牛可负重 50~100kg,日行 25~35km。

(2) 犏牛:是牦牛和黄牛自然杂交种,因杂交的公母牛不同又分“黄犏牛”和“牦犏牛”,是青海高原特有的品种。其外貌和体型介于牦牛和黄牛之间,头宽长,颈短粗,背腰平直,角细长,向前上方弯曲,体躯长,胸宽深,四肢健壮,蹄坚实,尾细长,披毛以黑色居多。生产性能高,是优良的役、乳兼用牛。母牛日产奶量 2.5kg 左右,最高可达 3.9kg,含脂率约 5%。犏公牛无生殖能力,供耕地、驮运、拉车役用等;犏母牛虽有生殖能力,但所生的第一代“杂里巴”或“牦杂拉”,生产性能一般。

(3) 黄牛:流域饲养有少量黄牛,属蒙古牛种中的小型黄牛类型。其性情温顺,耐粗放,易管理。黄牛公母皆有角,头小不正方,颈略长不粗壮。前后高低相差不大,背腰平直。母牛年产奶量在 541~698kg 之间。

## 4. 马

流域内各地马均属浩门马种,是蒙古马的一个支系,为乘、挽兼用型。体型较小,结构匀称,特点是体质结实。据史料推断,本地马的来源既有羌族从东南引进的西南马种,也有吐谷浑引进的蒙古马,经杂交而育成的现代马。

(1) 共和马:在平坦的草地上对侧步最快 1 000m 需 1 分 47 秒,袭步 1 000m 需 1 分 25 秒。在砂石路面上单套拉架子车,载物 1 000kg,行程 10km 需 2 小时 15 分;同样路面条件,双套拉胶轮车,载砂石 1.5t,1h 行程 5.8km。

(2) 海晏马:行走 1 000m 最快速度为 1 分 18 秒。4 匹马拉胶轮车,装货 2t,在砂石路面上时速为 5~6km。用单马耕地,每日可耕 0.2~0.35hm<sup>2</sup>。单人乘骑时速为 7.5km,行走 100km 需 15h。

(3) 天峻马：行走速度为日行 40~70km。急速行进 2 500m，平均需时 5 分 38 秒。

(4) 刚察马：在平坦道路上善走对侧步，速度较快，持久力强，稍加补饲每日可行走 60~70km。涉水能力极佳，在水深淹及马腹时，依然能驮人或物安然泅水而过。单套中型胶轮车载重 0.5t，日可行 30km；3 套马拉车载重 2t，日行 35~35km，可长年使役。

#### 5. 猪

品种来源于青海互助猪（即八眉猪），目前大部分为杂种猪。其生产性能为：母猪每年产仔 1~2 窝，每窝 8~10 头，最多可达 12 头。生长一年的猪体重可达到 100kg。

#### 6. 鸡

原为高原土种鸡，现在多为杂种鸡。母鸡年产蛋 120~156 枚，每枚鸡蛋平均重量 50.86~52.07g，标准差 5.37~5.58g。

## 八、能 源

青海湖流域农村能源建设是生态环境保护和经济建设可持续发展的重要建设内容，是生态文明建设不可缺少的重要组成部分，是重建人与自然有机和谐的统一，实现社会经济与自然生态在更高水平的协调和持续发展。因此，解决流域农牧民生活用能，提升用能档次，对流域的生态保护和修复以及提高文明生活水平，具有深远的历史意义和现实意义。

### （一）能源资源现状

青海湖流域能源资源主要有生物质能、新能源和常规能源等资源。

#### 1. 生物质能

流域生物质能主要有畜粪、秸秆、薪柴和泥炭，其中畜粪和秸秆资源构成农牧民生活消费的主体。

(1) 畜粪资源：是流域农牧民生活的主要生活能源，年产畜粪总量为  $42\ 824.80 \times 10^4 \text{ kg}$ ，折合  $20\ 866.01 \times 10^4 \text{ kg}$  标煤。其中，牛粪最多，折合  $12\ 405.82 \times 10^4 \text{ kg}$  标煤，占畜粪总量的 59.45%；其次为羊粪，折合  $7\ 552.54 \times 10^4 \text{ kg}$  标煤，占 36.20%；第三为马粪，占 4.28%；其他畜类占 0.07%（表 3-8-1）。

表 3-8-1 青海湖流域畜粪资源

| 种 类 | 数 量<br>( $\times 10^4$ 头只) | 产 粪 量<br>( $\times 10^4 \text{ kg}$ ) | 标 煤 数<br>( $\times 10^4 \text{ kg}$ ) | 占标煤总量的百分率<br>(%) |
|-----|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| 合 计 |                            | 42 824.80                             | 20 866.01                             | 100              |
| 羊   | 222.14                     | 15 549.80                             | 7 552.54                              | 36.20            |
| 牛   | 40.65                      | 25 406.25                             | 12 405.82                             | 59.45            |
| 马   | 2.94                       | 1 837.50                              | 892.47                                | 4.28             |
| 骡   | 0.02                       | 12.50                                 | 6.07                                  | 0.03             |
| 驴   | 0.03                       | 18.75                                 | 9.11                                  | 0.04             |

(2) 秸秆资源: 流域农作物主要以小麦、青稞、油菜为主, 有些地方也种植少量马铃薯、豌豆等。粮食作物(小麦、青稞类)平均单产 $1\,730 \sim 3\,000 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 油菜籽平均单产 $1\,100 \sim 1\,500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。据《青海省农村能源综合区划》载, 流域农作物秸秆总量折合 $122.87 \times 10^4 \text{ kg}$ 标煤。

(3) 薪柴资源: 流域的薪柴资源是青海省薪柴资源较丰富的地区之一。天峻、刚察和海晏县有着较大面积的灌木林分布, 可提供大量的薪柴资源。据《青海省农村能源综合区划》载, 流域薪柴资源总量折合 $810.32 \times 10^4 \text{ kg}$ 标煤。

## 2. 新能源资源

流域内新能源资源有太阳能、风能等, 二者均为优势资源。

(1) 太阳能资源: 属青海省太阳能丰富区, 日照时间长。按全国太阳能区划划分标准, 大部分地区属二类地区, 年总辐射量在 $630 \sim 670 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ , 年日照时数为 $2\,700 \sim 3\,010 \text{ h}$ , 年日照百分率在 $50\% \sim 67\%$ 。丰富的太阳能资源为光电和光热利用创造了优越的条件。

(2) 风能资源: 流域风能资源属于风能季节利用区, 平均风速在 $2.2 \sim 3.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 年大风日数 $24 \sim 55 \text{ d}$ , 风能密度在 $42 \sim 91 \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2}$ , 风能有效利用时数为 $2\,100 \sim 5\,295 \text{ h}$ , 丰富的风能资源为风力发电和提水利用提供了有利的资源条件。

## 3. 常规能源

流域常规能源主要有煤炭资源和小水电资源。

(1) 煤炭资源: 流域各县均有分布, 其中位于刚察、祁连两县的热水煤矿煤炭地质储量为 $3.8 \times 10^8 \text{ t}$ , 而其他可利用的小矿煤资源量也有 $4\,562.64 \times 10^4 \text{ kg}$ 标煤。

(2) 小水电资源: 青海湖北部, 涉及有刚察、海晏和天峻等县, 处于祁连山地, 小水电资源发源于祁连山的内陆河, 主要河流有沙柳河、哈尔盖曲、布哈河等, 坡度大, 水利资源较为丰富; 而在湖南侧, 涉及共和等县, 小水电资源分属于青海湖水系, 主要有倒淌河、黑马河、沙珠玉河等, 因河流短, 坡度小, 水利资源不十分丰富。

# (二) 能源消费现状及其特征

## 1. 能源消费现状

青海湖流域农牧民生活用能消费类型为牧业乡牧民的消费类型、农业区农民的消费类型和前两者共存的混合型。主要用能类型和用能结构如下。

(1) 消费的主要类型: 据调查, 目前流域农村牧区主要用能来源于畜粪、秸秆和煤炭, 少部分农民使用沼气池和太阳灶。这反映农牧民在生活水平逐步提高的前提下, 农村用能水平较前有了较大的提高。其主要用能类型见表3-8-2。

表3-8-2 青海湖流域农村生活能源的主要类型

| 类 型 | 发热量 ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) | 利用方式 | 来 源    | 现状利用水平 |
|-----|------------------------------------------|------|--------|--------|
| 畜 粪 | 14 235                                   | 灶    | 牲畜粪便   | 主要利用   |
| 秸 秆 | 14 654                                   | 灶    | 农产品    | 主要利用   |
| 薪 柴 | 16 747                                   | 灶    | 砍割天然植被 | 少部分利用  |

续表

| 类 型 | 发热量 ( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )    | 利用方式 | 来 源     | 现状利用水平 |
|-----|---------------------------------------------|------|---------|--------|
| 煤 炭 | 16 747                                      | 灶    | 购 买     | 少部分利用  |
| 太阳灶 | 每年按节省秸秆 800kg 计                             | 吸热板  | 购买 (成品) | 少部分利用  |
| 沼气池 | 每年按节省秸秆 1 000kg 计                           | 灶    | 液化气     | 少部分利用  |
| 油气能 | $50\,241.6 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-3}$  | 炉    | 煤 气     | 基本没有利用 |
| 电 能 | $3\,600.6 \text{ kJ} \cdot \text{kWh}^{-1}$ | 电灶   | 输电线路    | 基本没有利用 |

## (2) 消费现状分析

1) 牧业乡的农村用能结构: 流域约有牧业户 1.26 万户, 人口 6.52 万。在牧民的炊事采暖用能中, 有 80% ~ 90% 为牛羊粪, 其余的为煤炭。一般牧民每年烧用的畜粪量为 5 000 ~ 8 000 kg, 折合 2 428.50 ~ 3 885.60 kg 标煤; 而生活条件相对较差的牧户, 烧用的畜粪量为 2 000 ~ 4 500 kg, 折合 971.40 kg 标煤。所用畜粪量中的 1/3 ~ 1/2 是牧民从草场上拾回来的。

2) 农业乡的农村用能结构: 据对共和县农村的调研, 平均每户农民拥有耕地约  $1 \text{ hm}^2$ 。部分农民将秸秆喂牲畜, 大部分生活用能来源于畜粪。现以 5 口之家进行用能分析, 耕地为  $1 \text{ hm}^2$ , 其中  $0.53 \text{ hm}^2$  地种植青稞或小麦, 单产按  $3\,600 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  计算,  $0.40 \text{ hm}^2$  地种植油菜, 单产按  $1\,500 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  计算, 这两项秸秆量折合 1 075 kg 标煤, 烧畜粪 4 000 kg, 折合 1 942.80 kg 标煤; 平均每户烧煤炭 240 kg, 折合 137.40 kg 标煤 (表 3-8-3)。

表 3-8-3 共和县农户农村用能结构

| 名 称      | 畜 粪      | 秸 秆   | 煤 炭    | 合 计      | 人均占有量  |
|----------|----------|-------|--------|----------|--------|
| 实物量 (kg) | 4 000    | 2 150 | 240    |          |        |
| 折标煤 (kg) | 1 942.80 | 1 075 | 137.40 | 3 155.20 | 631.04 |
| 构成比例 (%) | 61.57    | 33.50 | 4.93   | 100      |        |

注: 此资料为 2005 年的数据。

由表 3-8-3 可知, 农户每年平均用能量为 3 155.20 kg 标煤, 畜粪用量占总用能量的 61.57%, 秸秆用量占 33.50%, 煤炭用量仅占 4.93%, 畜粪依然是流域主要的炊事采暖用能。

## 2. 能源消费特征

据调查, 流域农村能源具有以下四个方面的消费特征。

(1) 用能方式单一, 不合理用能量大: 流域农村能源资源种类基本齐全, 但生活炊事采暖用能以生物质能为主, 其消费量占总消费量的 80% ~ 95%; 生物质能在能源消费中所占比例偏高, 且不合理用量约占 40%。不合理用量大, 故对生态环境造成潜在的威胁。

(2) 常规性能源消费水平低: 流域常规能源消费主要以煤炭为主, 户均煤炭用量占 10%; 小水电资源目前利用率不高。这反映了流域内农牧民的生活用能水平较低。

(3) 新能源开发利用程度较低: 流域太阳能、风能资源丰富, 就利用形式可以有光电、光热、风力发电和风光互补等多种类型, 但实际调查中, 仅有部分农户家中可以见到太阳能的利用, 牧民家中大多拥有太阳能家用小电源, 用于解决照明用能。由于可再生能源的建设资金匮乏, 缺少投资渠道, 因此新能源实际开发利用率较低。

(4) 农村能源服务体系建设滞后, 组织机构不健全: 农村能源建设是一项综合性很强的应用技术, 加快农村能源建设离不开一支高素质的科技人才队伍, 同时也需要有专业的服务机构。目前, 流域农村能源建设服务体系突出的问题是基层服务组织力量薄弱, 缺少专业的农村能源技术指导站, 且人员素质不高、跟踪服务、技术指导跟不上, 因而严重影响着流域农村能源事业的发展。

## 九、矿产资源

矿产资源是地壳在其长期形成、发展与演变过程中的产物, 是自然界矿物质在一定的地质条件下, 经一定地质作用而聚集形成的。它具有一定的经济价值, 包括将来可能开发并具有经济价值的资源。青海湖流域主要属于南祁连加里东期钨、锡、金、铜成矿带。流域西北与中祁连加里东、华力西期钙、稀有、铜、铅、铁(钛、锶、金)、煤、建材非金属成矿带相接; 东与日月山—化隆加里东期镍、铜(铂)成矿带相连; 东南与拉脊山加里东期铁、镍、钴、金、稀土、磷(铜、钛、铂)成矿带接壤; 南部为东昆仑成矿带的青海南山—双朋西华力西期铜、金、钨、锡、铋、石灰岩、脉石英成矿亚带。由于流域区内地质工作程度较低, 以至于连一些较大的基础地质问题, 如中祁连与南祁连板块的划分、南祁连与拉脊山裂陷槽的关系及其地质演化与成矿作用的关系等均有待于进一步的深入研究。

### (一) 流域内的矿床及矿点分布

截至目前, 青海湖流域已发现各类矿床及矿点共 29 处(图 3-9-1)。其中, 各类矿床 9 处(表 3-9-1); 矿点 20 处(表 3-9-2)。

表 3-9-1 青海湖周边矿床分布

| 图上编号 | 矿产地名称 | 矿种      | 矿床规模   | 勘查程度 | 资源储量(kg)                                                   |
|------|-------|---------|--------|------|------------------------------------------------------------|
| 101  | 热水    | 煤       | 大型(井田) | 勘探   | $183 \times 10^8$                                          |
| 112  | 热水一号  | 矿泉水     | 小型     |      | $86\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$                         |
| 119  | 达拉沟   | 灰岩(水泥用) | 大型     | 普查   | $1\,420.3 \times 10^8$                                     |
| 146  | 甘子河   | 矿泉水     | 中型     |      | $540\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$                        |
| 147  | 黑沟屏   | 玄武岩(铸石) | 小型     | 详查   | $12.2 \times 10^8$                                         |
| 158  | 橡皮山   | 石灰岩(电石) | 大型     | 普查   | $500.0 \times 10^8$                                        |
| 167  | 石灰窑   | 石灰岩     | 大型     | 普查   | $500.0 \times 10^8$                                        |
| 188  | 裕龙沟   | 铜、镍、铂   | 小型     | 详查   | 铂: 221<br>铜: $469.9 \times 10^4$<br>镍: $485.5 \times 10^4$ |
| 201  | 沟后村吾口 | 饰面用大理岩  | 大型     | 勘探   | $1\,779 \times 10^4 \text{m}^3$                            |

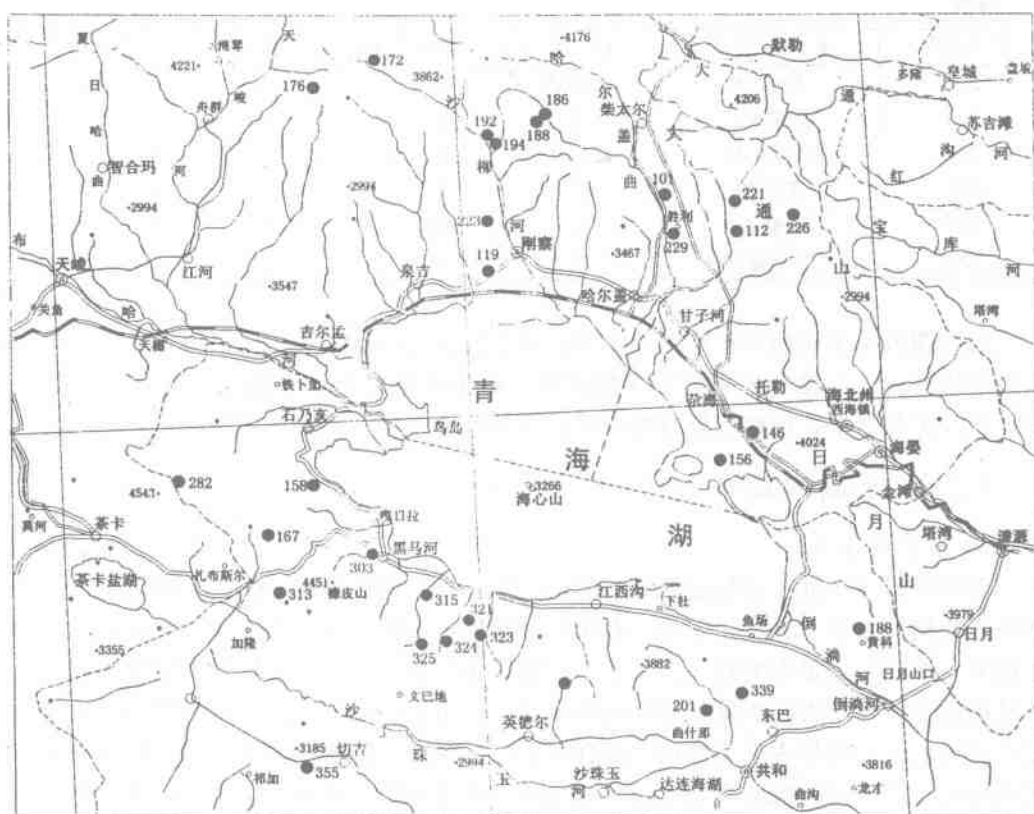


图 3-9-1 青海湖流域矿产分布图

表 3-9-2 青海湖周边矿点分布

| 图上编号 | 矿产地名称      | 矿种  | 矿床规模 | 勘查程度 | 资源储量(kg)                |
|------|------------|-----|------|------|-------------------------|
| 156  | 野鹿台        | 铜   | 矿化点  | 预查   | 90                      |
| 172  | 纳尔扎        | 金   | 矿点   | 普查   |                         |
| 176  | 伊克乌兰       | 铁   | 矿化点  | 预查   |                         |
| 183  | 野鹿台        | 铜   | 矿化点  | 预查   |                         |
| 186  | 更直那瓦日      | 铜   | 矿化点  | 预查   |                         |
| 192  | 刚察大寺       | 铜金  | 矿点   | 普查   |                         |
| 194  | 刚察大寺西      | 铜   | 矿化点  | 预查   |                         |
| 221  | 高 钠        | 铜   | 矿点   | 预查   |                         |
| 223  | 沙柳河(刚察大寺东) | 铜   | 矿化点  | 预查   |                         |
| 226  | 野鹿台        | 铜   | 矿点   | 普查   |                         |
| 229  | 冰 沟        | 铅   | 矿化点  | 预查   | 0.4 × 10 <sup>8</sup>   |
| 282  | 红 岭        | 铁   | 矿点   | 普查   |                         |
| 303  | 黑马河        | 铁   | 矿点   | 查    |                         |
| 313  | 红旗岭        | 铁、锰 | 矿点   | 普查   |                         |
| 315  | 赛尔北山       | 磁铁矿 | 矿点   | 预查   |                         |
|      |            |     |      |      | 1.92 × 10 <sup>8</sup>  |
|      |            |     |      |      | 0.115 × 10 <sup>8</sup> |



续表

| 图上编号 | 矿产地名称 | 矿种  | 矿床规模 | 勘查程度 | 资源储量(kg)            |
|------|-------|-----|------|------|---------------------|
| 321  | 塔冉渠   | 磁铁矿 | 矿点   | 预查   | $1.4 \times 10^8$   |
| 323  | 塔温8号  | 铁   | 矿点   | 普查   | $0.175 \times 10^8$ |
| 324  | 塔温6号  | 磁铁矿 | 矿点   |      |                     |
| 325  | 赛尔沟   | 铁   | 矿点   |      |                     |
| 333  | 哈睹山   | 铜   | 矿点   | 预查   |                     |
| 339  | 梅尕龙洼  | 铜   | 矿化点  | 预查   |                     |

已查明或基本查明的矿床以煤为主, 勘察程度为勘探, 资源储量约  $1.83 \times 10^8 \text{ t}$ , 属大型矿床规模。其他多为非金属建筑材料, 矿床规模以中小型居多。新发现的矿点以铜、铁、金等居多, 但矿点勘察程度很低, 其规模和经济价值难以判定。

## (二) 流域内成矿远景

### 1. 成矿带特征

青海湖流域多处于南祁连加里东期钨、锡、金、铜成矿带, 南部为青海南山—双朋西华力西期铜、金、钨、锡、铋、石灰岩、脉石英成矿亚带, 具有一定的成矿背景和找矿前景。南祁连加里东期钨、锡、金、铜成矿带对应于南祁连—拉脊山构造单位, 在秦祁昆造山系成生期古陆块体与槽地相间格局中, 位于中祁连块体之南, 且与块体之北的北祁连槽地对应的早古生代槽地, 闭合于志留纪末期。同样在隆升背景上挤压皱褶形成的造山带, 造山期后沉降活动由西向东变迁, 西部开始于晚泥盆系, 而东部开始于早二叠纪。三叠纪之后, 整体保持持续缓慢的抬升剥蚀态势, 稍后有侏罗、白垩和三叠纪的沉积盆地零星分布。

流域内造山期地层只有奥陶系和志留系。奥陶系岩性为碎屑岩夹碳酸盐岩和中酸性火山岩的复理石建造和岩石组合, 沉积环境有利于铁、锰等矿产的形成; 志留系几乎是泥、砂质碎屑岩岩石组合, 局部有中性或中酸性火山岩透镜状产出, 缺乏含矿信息。造山期后的盖层下石炭统有海相石膏层产出, 二叠系中分布有含铜砂岩层。

南祁连造山亚带的基本形态是宽阔复式向斜构造, 核部位置在哈勒腾河—布哈河一线, 造山期成矿信息匮乏。从成矿背景分析, 向斜轴部及南翼对成矿较为有利; 北翼奥陶系分布带的成矿背景较好, 尤其在刚察县东的哈尔盖曲下游一带, 是成矿的有利部位。志留纪以后 115Ma 的剥蚀期, 由于基底稳定程度高, 物源供给充分, 环境利于沉积作用, 存在有利富集的成矿地段。

南祁连成矿带中, 中酸性岩浆侵入活动强烈, 以加里东期为主。相应的成矿作用不明显, 与岩浆岩有关的矿产主要为热液性多金属矿化点。

### 2. 主要潜力矿种

根据地层、构造、岩浆岩、地球化学特征等特点, 流域内分布的潜力矿种为锑、钨、铋、铷、金、锡、钴、铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 等。据国家有关部门预测, 未来 20 年内我国需要的 45 种重要矿产资源将更加供不应求, 严重短缺的有 9 种。而青海省的矿产资源开发刚刚开始, 在 45 种重要矿产中青海省就占有 32 种, 且 18 种矿产的保有储量居全

国前 10 位。因此, 加快青海省及青海湖流域矿产勘查进程, 把青海省建成国家矿产资源战略基地, 是与其矿产成矿地质背景条件相一致的; 是与青海各时代地层发育较齐全, 经历了多期广泛而又剧烈的岩浆活动, 形成了多种类型的岩浆岩, 这是与形成多样性的矿产地质构造条件相一致的。

## 十、生态旅游资源

青海湖流域集自然美、人文美、生态和谐之美、博大精深的东方美于一体。青海湖区的碧水、蓝天、雪山、草原、鸟类、鱼群等丰富的生态旅游资源构成了一幅奇丽壮美的高原风光, 以及她独特的人文历史、宗教民俗、美丽的神话传说吸引了越来越多的国内外游客到湖区旅游、观光, 青海湖<sup>\*</sup>已成为驰名中外的西部生态旅游的重要景区。

### (一) 自然景观

#### 1. 青海湖

关于青海湖的传说故事, 世上已流传很多。相传远古时候, 青海湖一带是片辽阔的草原, 草原中央有一口深不见底的大泉眼, 被一块大石板盖住了。后来有个路人揭开石板取水解渴, 喝完水因匆匆赶路而忘记盖上石板, 故泉水滚滚而出, 便汇成一片汪洋; 还说是西王母调遣一座小山稳稳地盖在泉眼之上, 止住海水的上涨。这就是民间传说中青海湖和海心山的成因。另外, 还有许多关于青海湖美丽的传说: 一说是二郎神与孙悟空恶斗时变法形成; 一说是格萨尔王妃打水时没有盖好井盖而使泉水漫延开来而形成; 一说是由文成公主过日月山时不慎打碎了铜镜而衍化所成。

青海湖在蒙古语里, 它被叫作“库库诺尔”; 在藏语里, 它被叫作“错温布”。其意皆为“青颜色的大海”之意。为什么要叫做“青色的海”, 而不叫做“蓝色的海”呢? 莫不是出于“青出于蓝而胜于蓝”的俗语? 其实, 青海湖水之所以如此湛蓝, 因为湖面高出海平面 3 194m, 比两个泰山还高, 湖水中含氧量较低, 浮游生物稀少, 含盐量在  $12.49 \sim 14.13 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ , 透明度在 3m 以下, 湖水就显得格外晶莹明澈。因此, 青海湖水要比其他的蓝色显得美, 更醉人呵! 这醉人的色彩撩拨游人的灵魂, 牵引着每个游人的无尽遐想。用笔墨形容青海湖, 是形容不出来的, 只有去了, 用双脚去丈量她的遥远, 用眼睛去目睹她的圣洁, 用心去感受她的神圣, 脚起泡了, 眼缭乱了, 心感动了, 那么再回过头来说一声: 我还会来时, 你将读懂青海湖的魅力所在。

青海湖区鸟禽集中栖息、繁殖的鸟屿有鸟岛、海心山、孤插山(三块石)、海西山、沙岛以及鸟岛至泉湾、那尕则沿湖滩涂、沼泽地。同时, 也是游人观赏的景点。

(1) 鸟岛: 20 世纪初, 鸟岛是一个孤岛, 面积仅有  $0.1 \text{ km}^2$ 。由于湖水逐年下降, 现在变成了半岛与陆地相接。西边的小岛叫海西山, 又叫小西山, 东边的大岛叫海西

\* 据科学调查资料, 若干万年前青海湖是一个外泄湖。周围有百川纳入湖中, 湖水又从东面外泄注入黄河。在因地壳断裂形成的造山运动继续作用下, 湖东地势受挤压渐渐隆起, 造就出日月山, 使湖水的出口被凸起的山脉所阻隔, 东向河水倒淌向西。现今日月山中的倒淌河就是这段地壳变迁史留下的痕迹。

皮,两岛现在连成一片。鸟岛位于布哈河口以北4km处,岛的东头大,西头窄长,形似蝌蚪,全长1500m。1978年以后,北、西、南三面湖底外露与陆地连成一片。鸟岛坡度平缓,地表由沙土、石块覆盖。主要植物有冰草、镰形棘豆、西伯利亚蓼、蒿草、早熟禾等。岛的西南面有几处泉水涌流。青海湖鸟岛自然保护区是青海省对外开放的一个窗口,也是专家学者考察高原鸟类的一个重要地点。每年3~4月份,从南方迁徙来的雁、鸭、鹤、鸥等候鸟陆续到达这里,开始择地营巢;5~6月间鸟蛋遍地,继而幼鸟成群,热闹非凡,数里之外,鸟鸣声可传入耳际;7~8月间,秋高气爽,群鸟翱翔蓝天或游弋湖面;9月底又开始南迁。

(2) 海心山:位于青海湖湖心偏南,距鸟岛约25km。此山长2300m,宽约800m,面积1.14km<sup>2</sup>,高出湖面7.8m,呈长条形,中部宽而两端窄,南部边缘岩石裸露形成陡崖,东、西、北三面为平缓滩地,岛上大部分被沙土覆盖,生长有冰草、芨芨草、镰形棘豆、蒿草、披针叶黄华等。植被盖度在50%以上。鸟禽集中分布在岛的崖边及碎石滩地栖息。海心山又是青海湖的又一名胜,自古以产“龙驹”而闻名。海心山环境幽雅,绿草如茵,轻飘薄云,淡水清泉,景色宜人。山上古刹白塔隐存其间,犹如步入仙境一般。若攀上海心山的顶端远眺青海湖的全貌,那海阔天空,天水相连,鸥翔鱼跃的壮丽景色,可以使游人尽情享受大自然的美景,陶冶情操,舒展胸怀。

(3) 孤插山:又名三块石,位于湖西南部,南距湖边8km,距西北面的鸟岛20km。三块石由礁石、碎石滩及沙埂组成,东西长约700m,南北宽约150m。礁石南坡较平缓,北边为陡壁。岛上植被稀少,仅在碎石块间隙生长有牛尾蒿(*Artemisia subdigitata*)等,盖度不到5%。这里是青海湖禽鸟聚栖最多的岛屿之一。

(4) 海西山:又名海西皮,位于布哈河口以北约6km,与蛋岛同处在布哈河冲积滩地的顶端,两岛南北相距约2km。岛的东北缘有新层陡崖紧靠湖边,陡崖外有一近似圆形的岩石屹立于湖中,离湖岸约30m,是鸬鹚的繁殖场所。生长的主要植物有芨芨草、冰草、早熟禾等,盖度在60%左右。

(5) 沙岛:位于湖东北部的海晏县境内,曾是湖中最大的岛屿,现已成为半岛。表面由沙砾覆盖,基本无植被,是鱼鸥的栖息繁殖地。沙岛是因青海湖水位逐年下降,湖沙垄突出水面受风沙堆积而成。它将蓝天、碧水、黄沙混为一体,以优美的自然风光、独特的沙丘景观,以及东临金银滩、南依青海湖的独特地理位置,吸引着越来越多的游客来此观光度假。岛内淡水湖泊星罗棋布,金沙银沙交相辉映,海鸟成群,绿草镶翠,苇丛如画,水天一色,构成了一幅美丽动人的画卷,使人欣赏不尽沙漠绿洲的风韵,领略不完金色洁沙的奇特,是一个集观光旅游、运动娱乐、避暑度假为一体的多功能风景名胜,可与宁夏回族自治区沙湖相媲美。

(6) 泉湾:即那杂则滩涂沼泽地,位于青海湖西南面,主要生长有湿生植物苔草、华扁穗草、杉叶藻等。这里有多处泉水涌流而形成的沼泽湿地,冬季不封冻,人畜不易进入。近湖岸6~8km范围内水草及浮游生物丰富,是青海湖裸鲤幼体生活区,也是众多候鸟、旅鸟育雏区和栖息地。大天鹅及黑颈鹤等珍禽就生活在这里。

除以上鸟类主要栖息地外,还有湖南岸的一郎剑、二郎剑,湖北岸的沙柳河、泉吉河、哈尔盖曲河口一带和布哈河中、下游及其滩涂也是禽鸟栖息、觅食区域。

(7) 油菜花: 油菜花美的震撼力, 源于它的浩瀚广博。逢其花期, 花迎花送, 伴君万里。每年7月前后, 海拔3 194m的青海湖畔油菜花盛开。浓艳的黄花, 紧围着青海湖大半圈湖岸, 足有几十万公顷。在高原深蓝的天空下, 繁花金黄一片, 嵌镶在湛蓝的青海湖岸上, 无际无边; 在高原深蓝的天空下, 浓艳的油菜花和绿油油的青稞、小麦田相伴相依, 绵延至天边。此时, 如果游客坐在行走的车上, 景随车动呈现在眼前的是巨幅的变幻图形, 有的如棋盘, 有的如折扇, 有的如几何图形, 美轮美奂。色块的简单构图给人丰富的遐想, 如天公铺在人间的绝美画卷, 没有什么艺术大师能为大自然裁剪出如此的华丽衣裳。

(8) 青海湖裸鲤: 俗名湟鱼。它的祖先是鳞的, 经过漫长的演化, 形成了几乎全身无鳞的鱼类。湟鱼是冷水性无鳞鱼, 身体肥硕, 肉质肥嫩, 脂肪和蛋白质的含量都很高, 营养丰富, 味道鲜美, 是一种稀有鱼类。它同泰山的赤鳞鱼、富春江的鲥鱼、洱海的弓鱼和油鱼, 并称我国五大名鱼。

## 2. 日月山

日月山就是古代著名的赤岭, 坐落在青海省湟源县西部, 属祁连山脉。它是古时候中原通向西南地区和西域等地的要道。如今的青藏公路, 恰与唐蕃古道在日月山口相叠。北魏明帝神龟元年(公元420年), 僧人宋云自洛阳西行求经, 便是取道日月山前往天竺的。后来, 文成公主经日月山赴吐蕃和亲形成的唐蕃古道, 则一直是宋元各代甘青地区通往川藏一带的必经之路。

日月山是青海省农业区与牧业区的分界线。登上峰顶极目远望, 东麓是富饶美丽的湟水流域, 清澈的河水蜿蜒曲折, 盘山绕岭, 滋润着两岸丰腴的田野, 养育着这里勤劳的人民; 而西北方便是波澜壮阔的青海湖; 西南, 山峦绵亘, 草原无际, 帐篷点点, 炊烟袅袅, 数不尽的牛羊骏马犹如五彩斑驳的珍珠在绿油油的草地上滚动; 距日月山的西山脚下, 便是闻名遐迩的倒淌河。日月山美丽的风景吸引着大批的游客。这里是个山口, 为纪念文成公主而建在两座山顶上的日亭和月亭, 像二位威武的将军忠实地守卫着这一方净土。周围的山势, 壮丽却柔和, 线条柔畅, 没有一点奇崛之感, 让人觉得亲近。在这里, 一年四季多为寒冷天气, 山坡上几无树木, 只有那绿茵青翠、一眼望不到边的草坡, 随着山势起伏而绵延不尽, 犹如一幅巨大的锦缎铺展在高山之下, 让人真正明白绿草如茵的真正含义。这大片大片绿油油的草地, 像一位向天地敞开了心胸的圣者, 让人顿然心胸开阔, 不由伸开双臂去拥抱这可爱的大自然。

(1) 日月山双亭: 在日月山口, 有为纪念唐代文成公主进藏联姻而建的日月二亭。唐贞观十五年(公元641年), 宗室女文成公主远嫁吐蕃赞普松赞干布, 自长安赴拉萨途中在这里停留, 留下很多历史佳话和神奇的传说, 给日月山增添了一层神秘色彩。唐开元二十一年(公元733年)确定唐朝和吐蕃以赤岭分界, 并立界碑, 成为民族友好的象征。20世纪80年代中期修建的日月二亭, 分立于垭口两侧, 建筑精巧、辉煌。日亭内有青海省人民政府撰文刻制的“文成公主进藏纪念碑”, 记述了文成公主和亲始末及历史功绩, 亭内还绘有壁画, 再现了文成公主进藏的历史面貌; 月亭有珍贵的“唐蕃赤岭分界碑”和文成公主在西藏传播中原文化, 促进西藏文化艺术与生产成就等方面的壁画。山口中立有1950年10月1日由青海省军区司令员贺炳炎、政委廖汉生树立

的“日月山修路纪念碑”，记载了中国人民解放军修建青藏公路的业绩。

(2) 日亭壁画：主要讲述了藏王松赞干布派大臣禄东赞赴唐都长安求婚，以及求婚过程中禄东赞以大智大勇力排诸难，巧破难题的轶事（见本节文成公主的传说）。

(3) 月亭壁画：主要介绍了文成公主入藏后，在西藏传播中原精神文明与物质文明的情况。当时，唐朝已进入封建社会，而吐蕃则处于奴隶社会阶段。因此，壁画逐一反映了文成公主带去的纺织、酿酒、音乐、舞蹈、天文、地理以及佛教等传播情况。各种先进技术的传入，极大地促进了吐蕃社会的进步与文明。随之，吐蕃创立了自己的藏文。藏文的创立，标志着吐蕃民族从此进入了文明时代，而文成公主作为这个文明时代的奠基人，而永垂唐蕃史册。

(4) 倒淌河：发源于日月山西麓的察汗草原，自东向西流经约 40km 后注入青海湖的耳海。倒淌河是注入青海湖水量最小的支流，但河水清澈见底，常年不断。因倒淌河水是由东向西流淌以及文成公主的传说而名扬四海。

倒淌河镇是青藏公路和青康公路的交汇处，是西宁市通往海西、玉树、果洛、海南等民族自治州及西藏自治区的必经之地。镇内建有纪念文成公主的雕塑公园，也是旅行休息就餐的好地方。

### 3. 金银滩

位于海北州青海湖畔，距西宁市约 160km，西部与青海湖相临，北、东部是高山峻岭环绕，南部与西海郡遗址——三角城接壤，方圆 1 100km<sup>2</sup>，有麻皮河和哈利津河贯穿。这里因西部歌王王洛宾的一曲《在那遥远的地方》而闻名于世。金银滩曾是“百万顷海涛，居千里旷野，草原如茵，牛羊如云”，数万藏族同胞世代生活在这块热土地上，放牧着数十万头只牛羊。直到 20 世纪 50 年代末，大批军事专家入驻金银滩，并把这里划为军事禁区，数万藏族牧民才奉命迁出。

金银滩在藏语里，意为“盛满酥油的草滩”。据有关藏文资料记载，称“金银滩”为“扎西雅莫塘”，其意是“吉祥的盛夏草原”。金银滩分为金滩和银滩，一条小河穿流其间，北岸草滩上盛开着一种叫金露梅的金黄芳香的小花，故称金滩；南岸草滩上则是洁白如银的银露梅的天下，谓之银滩。在洁白如银的银滩草原深处，有一个东西长 650m，南北宽 600m 的遗址，这就是西海郡古城遗址。有关金银滩的传说很多。

传说一：相传明末清初，蒙古王固始汗之孙罗卜藏丹津，青海人称“丹津王”，他趁康熙驾崩，雍正即位之际，起兵反叛清王朝。清兵进兵西宁，他兵败后，从“藏大路”，也就是现在的巴燕峡进入海晏。丹津王站在克图垭壑西望，见青海湖畔一带山险林密，地势险要，进可攻，退可守，是个藏龙卧虎之地，便派胞妹阿宝前去驻扎。阿宝率一部分人马来到一片草滩上，当时正值大雨过后，山洪爆发，河水猛涨，人马全被大浪冲翻，金银财宝全部落入河水之中，经过一番挣扎，人马虽侥幸脱险，但金银财宝却被冲走了。后来，一些蒙藏牧民放牧到这里，经常从河床边捞到散金碎银，于是，“金银滩”的美名就这样传开了。

传说二：据说很早以前，这里没有什么草滩，只是一座山峰，来往行人到了这里，只能踩石攀援而上，往返十分艰难。后来有一个姓毛的头人，发起捐款修路，蒙藏牧民十分称赞，一共捐了几百万两金子。谁知这姓毛的头人见了金银，便心生邪念，暗中合



伙将金银偷运出境,当他门刚爬到山峰时,突然天昏地暗,大雨倾盆,一声惊雷,将这山峰一劈两半,呈现一片大草滩来,姓毛的头人及同伙被炸死,所带金银撒遍草滩。后来,人们就把这片草滩称为金银滩。

金银滩的传说是美丽的。但现实比传说更加神秘而美丽——这里曾是中国西部歌王王洛宾和藏族姑娘卓玛产生美丽故事的地方,也是世界经典名曲《在那遥远的地方》的诞生之地。故事发生在1939年的夏天,草原上风景如画。中国电影创始人之一的郑君里,率摄制组千里迢迢来到金银滩草原,拍摄一部影片《祖国万岁》。当时,邀请了王洛宾先生参加。摄制组在青海湖畔(就是此地)开机,郑君里请当地同曲乎千户的女儿萨耶卓玛扮演影片中的牧羊女,王洛宾被临时指派与卓玛一起放牧。此时的卓玛正是情窦初开的少女,她头发梳成了十多条小辫披在身后,两只大眼睛闪烁着大胆而炽烈的光芒。那时金银滩上有个说法:“草原上最美的花儿是格桑花,青海湖畔最美的姑娘是萨耶卓玛。”王洛宾一边陪卓玛放牧,一边听卓玛唱藏族民歌。有一天放牧归来,卓玛在羊圈边清点羊群,王洛宾一直注视着卓玛。当卓玛抬头的瞬间,突然看见王洛宾的双眼很快躲向一边。这时卓玛的脸变得很红,她举起手中的鞭子,狠狠地向王洛宾的背部抽了一鞭子,然后转身跑回了自己的帐篷……就这样,一鞭抽出了一首世界经典名曲《在那遥远的地方》。

金银滩草原的美丽和神秘吸引了不少国内外游客。近年来,在金银滩草原举办的“王洛宾音乐旅游艺术节”、环青海湖国际公路自行车赛、中央“心连心”慰问演出、“海北民族传统体育运动会”以及中央台大风车、湖南台“快乐大本营”等纷纷来到这里拍摄电视片、电视剧、民俗风情等节目。从此,金银滩草原成为众多民族文化的汇集地。

#### 4. 年钦夏格日山

年钦夏格日山位于刚察县和海晏县交界处的哈尔盖环仓村大草原,海拔4385m。年钦夏格日山,藏语意为“戴着白帽子的山神”,相传是西王母修行居住的地方。峰顶终年积雪、白云缭绕,是青海省藏区的一座神山。山峰顶端有一石柱,高3m,腰围3.3m,宛如殿堂的廊柱,表面光洁,敲击时发出金属声响。当地牧民称石柱为镇山神柱。山中水草丰美,野花遍地,一年四季似仙气笼罩,给人沉浸于一种神秘的感觉。此地距315国道15km,交通便利。

## (二) 人文景观

### 1. 原子城

作为世界上第一个退役的核武器基地——原子城,座落在金银滩草原上,距离西宁市90km,是我国建设的第一个核武器研制和生产基地。

青海原子城始建于1958年,在这1170km<sup>2</sup>的神秘禁区内,成功地研制组装了中国首枚原子弹和氢弹。1995年5月15日,该基地光荣退役,如今的原子城,已更名为西海镇,1993年7月,海北藏族自治州州府迁入,在全世界开创了核武器研制基地“化剑为犁”的先例。原子城经过严格、彻底处理,经国务院和青海省有关部门严格检测,这里的土壤、水质、牧草等各项环境指标完全符合国家和国际标准。2003年7月,随



着中国第一个核武器研制展馆正式向游人开放,原子城的神秘面纱被完全掀开,前来旅游观光、探密的游客络绎不绝。现已成为“全国第三批爱国主义教育基地”。

教育基地的主要参观景点和保护遗址有:张爱萍将军题写碑名的“中国第一个核武器研制基地”纪念碑;有张爱萍将军、两弹元勋科学家王淦昌、朱光亚、邓稼先、周光召等居住过的将军楼和科技人员居住过的“黄楼”;有当年视为禁中之禁的厂部办公楼、科技楼、档案馆、研制实验楼;有当时在西北地区堪称一流的影剧院;有第一颗原子弹启运上车的“上星站”;有三十多年如一日保护禁区安全的“六号哨”;有基地第一批人员驻扎过的“三顶帐房”遗址;有进行冷爆实验的爆轰实验场;有代表核设施处理成就的“亚洲第一坑”和“退役工程纪念碑”。教育基地文物遗址是不可多得的文物资源,成为中国独具特色的旅游奇观。

## 2. 伏俟城

伏俟城位于石乃亥北、菜济河南的铁卜恰。东距青海湖约15km,今属海南州共和县石乃亥乡,是最有名的古城遗址之一。从现存的城址看,呈方形,东西长220m,南北宽200m,墙基宽17m,高12m。南面城墙有一宽10m的城门,城内自城门起,向西有一中轴线,中轴线两旁各有隆起的两排长50m,宽35m的房屋基址。城内最西边又有一小方城,东西长70m,南北宽68m,城门朝东。小方城与南城墙之间有一个长15m,高9m的土台,台上也有房屋遗址。城内有通街。古城外周曾有长方形的外廓,现仅有南墙外廓,长约1400m,其高度仅隆起地表。其余三面外廓均遭河水冲刷而被破坏。伏俟城的布局风格带有汉文化的影子,又有吐谷浑人的特点。

伏俟城,相传为北魏时代的吐谷浑王伏连筹所建,距今有1500多年历史。当时北魏朝廷封伏连筹为征西将军、西海郡开国公,并在此建筑城池。公元540年,伏连筹之子夸吕在此建立起青海历史上第一个封建王国——吐谷浑王国,定伏俟城为都城。史书上有着这样的记载:“夸吕立,始自号为可汗,居伏俟城。在青海西十三里,虽有城廓而不居。”吐谷浑王国在全盛时期,统治范围很广,东至陇右洮河一带,西到今柴达木盆地乃至新疆维吾尔自治区东南部,北到祁连山麓至今之甘肃省武威,南面深入到今天川西北的松潘九寨沟、黄龙一带。

伏俟城遗址形制特殊,地理位置重要,它对研究吐谷浑族与中原汉族的文化联系及吐谷浑族的历史有着重要的意义。

## 3. 西海郡遗址

西海郡遗址俗称三角城,始建于公元4年,属国家级文物保护单位。它位于青海湖东北侧、湟水南岸的金银滩上,城呈梯形,东西长600~650m,南北宽600m,城墙残高4~12m,基宽8m,顶宽2m。夯土板筑,夯土层厚6cm。城有东、西、南、北四门。在城内曾采集到卡约文化夹沙粗陶片、西汉和王莽时期的五铢钱、货布、货泉、大泉五十等货币,还有东汉时期的“西海安定元兴元年作当”陶文的瓦当等。故城内还曾采集到唐代莲花纹瓦当和宋崇宁重宝、圣宋元宝等钱币。更重要的是,城内出土了篆刻有“西海郡虎符石匮始建国元年十月癸卯工河南郭戒造”铭文的虎符石匮。

西汉末年,王莽以国舅身份夺取汉朝实权。他居政后,“北伐匈奴,东致海外、南怀黄支”,唯独在西方边境未有较大建树。为弥补这缺陷,遂于汉平帝元始四年(公元

4年)派中郎将平宪等,携带大量黄金货币,西出塞外,引诱卑禾羌献地称臣。当时,在全国已设有东海、南海、北海三郡,王莽为凑“四海”之数,取“四海归一”之意,以良愿等所献之地称为“西海郡”,下设五县,并沿青海湖修筑了许多亭燧,将数以万计的囚徒迁到西海郡内。

西海郡故城内出土的虎符石匮,分上下座,整体由花岗岩雕成。上座为俯卧状态石虎,出土于1944年,虎身长1.5m,背宽0.6m;石虎下有石座,称石匮,出土于1986年,座长1.3m,宽1.15m,高0.65m。石虎基座及石匮正面从右至左凿有:“西海郡虎符石匮始建国元年十月癸卯工河南郭戒造”三行22个篆字。“虎符石匮”的“匮”同“柜”,是放兵符的柜子;“始建国”是王莽夺西汉政权后取的第一个年号;“元年十月”是指始建国元年十月癸卯日;“工河南”古时“工”同“功”,“河南”是地域的概称,指西海郡位于湟水南;“郭戒造”,郭戒人物不详。将这三行22字串解,意思为西海郡的虎符石匮,建于王莽篡权后的第一年十月癸卯日,由在河南地区一个名叫郭戒的人造的。

“虎符”即兵符,是古代帝王授于臣属兵权和调兵遣将的信物,分为两半,右半边留在朝廷,左半边发给地方官吏或统兵将帅。西海郡的石匮虎符显然不是用于上述用途的,西海郡的虎符石匮建造年代是始建国元年十月,这正是王莽新政与西汉王朝地方政权更替交接之时,王莽是靠阴谋诡计、“石符”、“匮策”之类东西假托天命,企图以符命说为其大造舆论夺取政权的。而西海郡的“虎符石匮”正是这种情况下的产物,王莽登基后,为巩固政权曾“颁符命四十二篇于天下”,大体言王莽当代汉有天下。故推测:西海郡虎符石匮大概是用来说盛放五威将颁布于天下的所谓“符命四十二篇”的。因放有“符命”,所以有“符”之名;因是盛具,所以有“匮”之称。西海郡建造“虎符石匮”的作用之二,无非是告诉人们,王莽政权受命于天,非人力所能动摇。

#### 4. 石堡城

石堡城位于湟源县药水峡东面的哈拉库图附近,东距湟源县城约20km,西距日月山10km,在青海古代历史上,它是一个十分险要的战略要塞。石堡城,原来是一个不很大的三角形方台,正面长约100m,两侧宽约90m,面积约5000m<sup>2</sup>,堡内可容纳上千人驻守。城堡沿着三面断崖依形就势垒建而成,城墙是用长条形巨石堆砌起来的,非常坚固。离大方台不远的地方,还有一小方台,中间也是一条山脊小径。人们称之为“万人台”,又有人称为“万人坑”。

石堡城相传为隋文帝时所修。由于它地处交通要冲,地理形势十分险要,是当时设置屯兵的重要军事据点。据史书记载,自隋唐以来,在石堡城下,曾发生过无数次惊心动魄的战斗。其中最残酷、最激烈的莫过于唐代天宝年间的唐蕃之战。当时,唐王朝的军队为了攻占被吐蕃扼守的石堡城,曾使数万人死于城下,石堡城始终未能攻下。后来,陇右节度使哥舒翰采取深夜偷袭的办法,才将它攻了下来。哥舒翰因此而威名大震。唐王朝为了表彰哥舒翰,封他为“西平郡王”。

#### 5. 白佛寺

白佛寺位于青海湖北岸的同宝山下,是流域最大的藏传佛教寺院,距海晏县城29km。寺院三面环山,南望青海湖,四周水草肥美,是藏传佛教格鲁派寺院,寺院前

八大如意塔拔地而起,蔚为壮观。

白佛寺也叫永宁寺、尕托寺、同宝寺等,藏语叫做“拉茂尕托根得侍为灵”,其意是拉茂府邸永安洲。创建该寺院的第一世活佛措尼嘉措是西藏达瑞县拉茂村人,所以后人也称“拉茂活佛”。拉茂活佛来青海后首先在尖扎县建造了一座帐房寺院,这就是白佛寺的前身。清嘉庆年间,这座帐房寺院随同达如玉部落迁移到了今海晏县。白佛寺依山而建,庭院楼阁,高低错落,碧瓦宫墙,挑角飞檐。佛堂建筑金碧辉煌,光彩夺目,晨钟暮鼓更显寺院肃穆,寺内藏有《甘珠尔》大藏经全套;小经堂藏有鎏金铜质狮子一对,大象一只,神态栩栩如生。站在小经堂前,极目远眺,那浩瀚的青海湖仿佛就在脚下,万顷碧波,水天一色。

#### 6. 沙陀寺

沙陀寺亦称沙托寺、尕旦寺,藏语叫做“扎西群科林”,其意为“吉祥法轮洲”。现址位于刚察县西南46km,青海湖西岸的黑土根,即今泉吉乡境内布哈河畔的单龙沟。故址在今泉吉乡西南6km的年乃索麻,泉吉河与阿斯汉河之间隆起的山梁上,顺地形一直延伸到青海湖畔。该寺建于1665年,属藏传佛教宁玛派寺院。据传,五世达赖喇嘛罗桑嘉措在清顺治十年(1653年)受召进京觐见皇帝,受封诰返回西藏时,与随行僧众和地方官员300余人经青海湖,宿营沙陀地方。由于长途跋涉,人乏马困,又缺饮水,正当束手无策之际,达赖喇嘛随从在南坡丛草乱石之间,寻得一涓清泉,解决了人畜饮水的问题。当时,五世达赖发现了山梁上的“俄博”,探询当地牧民后,随即将原名改为“达秀拉什则”(意为富强繁荣的山岗之神),并且隆重举行了“转果拉”仪式。从此,沙陀寺成为宗教圣地,吸引了无数信徒到此煨桑拜佛。此后,在这里形成了一座帐房寺院,由同德县郎加高僧尕日旦经营,香火兴隆。至1941年,在原来“俄博”的基础上建成一座经堂(约30间),占地400m<sup>2</sup>,并建有僧舍300多间,聚僧130余人,成为环湖地区较有影响的寺院。大经堂飞檐画栋,赭墙香饰,屋顶饰有镏金跪犀牛法轮等,佛坛香烟缭绕,经轮旋转不停,加之青海湖水风光,十分壮观。

可惜,沙陀寺于1958年后被拆毁,仅余断瓦颓垣。1962年该寺院一度重开,新建经堂6间,添置了一些佛像、经典和常用法器。1967年该寺院第二次关闭,1981年再次批准开放。1982年9月于现址新建经堂一座(25间),僧舍87间,有阿卡11人。新建沙陀寺依山傍水,大方美观,雕梁画栋,桑炉高立,寺门轩昂,甚为精美。

#### 7. 祭海台

祭海台位于泉吉乡西南8km,青海湖北岸。清雍正二年(1724年),朝廷派军队在青海湖边与青海蒙古族首领罗卜藏丹津叛兵交锋,由于叛军早有提防,逃往南疆。清兵两天两夜未休息,喝不上水,吃不上饭,人困马乏,口干舌燥,在饥渴到了山穷水尽的绝境,朝廷大将岳钟琪便令三军朝西海跪拜,求海神显灵,赐水救命。果然,在几处洼地挖出了泉水。后来,岳钟琪回到京城,向皇帝复命,求万岁赐封海神显灵赐水,拯救三军性命。皇帝听后大喜,诏封“灵显宣威青海湖”御赐神位,并诏于每年秋八月定期祭海,不得有误,从此便开始正式祭海,一直延续后世。

祭海大典十分隆重肃穆,主持者为钦差大臣,陪祭者有青海蒙古诸王公、札萨克等,后来环湖藏族千百户头人也来参加。祭典完毕后,诸王公争相抢割献祭的牛羊肉,

称之为“抢宴”。“抢宴”结束，钦差大臣、诸位王公贵族到会盟亭和湟源东科儿寺会盟，由钦差大臣宣读皇帝的旨谕，宣布诸项政令，处理一年来发生的案件纠纷，安排来年的诸项事宜；而王公贵族则领受钦差大臣代表皇帝招待的“赐宴”。

“灵显青海之神”祭海石碑，现珍藏在湖东种羊场，成为环海地区的珍贵文物之一。

#### 8. 岩画

岩画是描绘雕刻在岩石崖上的一种绘画。流域刚察县境内就分布有哈龙岩画和舍布其岩画。其中，哈龙岩画位于吉尔孟乡哈龙沟口，绘有鹿、牦牛、豹、羊、虎、骆驼等；舍布其岩画位于泉吉乡舍布其沟口的山顶上，岩画打凿于一块高2.8m，宽3.4m的岩体上，个体形象40个，以动物和狩猎为主，其中有一幅单骑射猎野牦牛的形象有较高的艺术水平。有关专家研究认为，这些岩画作品出自长期生活在青海高原的羌人、吐谷浑、吐蕃等艺人之手，真实地反映了他们对生产生活及对艺术的现实追求，均有较高的历史研究价值和艺术观赏价值。

#### 9. 西王母神话传说故事

史学家、考古学家研究认为，中华版图东面夏、商、周朝时，版图西面存在着一个与羌戎族紧密相关的西王母古国，活动于青海湖盆地、柴达木盆地和东昆仑山地等广大地域。

青海湖是西王母的最大瑶池。民间神话传说称，原青海湖所在地是一片辽阔、肥美的草原。一天，有父子俩路过这里时，儿子喝了泉水而忘盖泉眼石板，于是泉水大量外涌泛滥成灾，淹没了草原、万顶帐篷和无数牲畜，给黎民百姓带来了无穷灾难。在这紧急时刻，西王母把夏格日山东侧的一座山顶搬过去压在泉眼上，大水被制止住了。这座山的顶部就是今日青海湖的海心山，山的上部至今仍然是平的。人们为了感谢西王母的大恩大德，每年都来到湖边祭海。青海湖数十种珍鸟就成为西王母忠实、亲密的使者，其中有3只青鸟专为西王母采食；另一只名叫希有的大鸟是西王母的坐骑之一，每到春节期间，西王母便乘坐这只神鸟到东方碧海去会见丈夫玄龙大帝，玄龙大帝当上玉皇大帝后，西王母便赴天宫与丈夫会晤。

相传，公元前985年周穆王带着白圭、玄璧、绛罗绸缎等礼物，来到美丽的青海湖畔会见西王母。西王母拜受了礼品，并在瑶池旁设蟠桃宴盛情款待这位来自东方的君王，高兴之余即席吟唱堪称河湟第一诗的《白云歌》。青海湖畔优美风光，西王母超人的美貌以及对周穆王的盛情接待，还有西王母国在经济、军事、文化上所具有的优势，才出现了周穆王乐而忘归的历史事实。

#### 10. 文成公主的传说

唐朝文成公主嫁给藏王松赞干布的故事，流传已经1000多年了。汉藏联姻促进了民族团结，特别是对藏族地区经济、文化等方面的发展起了积极的作用。当时汉族的纺织、建筑、造纸、酿酒、制陶、冶金、农具制造等先进生产技术，以及历法、医药等都陆续传入了藏族地区。同时，汉族也吸收了不少藏族的文化。

藏族民间至今还流传着许多文成公主进藏的故事。其中一个传说故事是这么说的：藏王松赞干布派了一位叫禄东赞的使者前去长安求婚。当时前往长安求婚的使者共有7

人。起初，唐太宗认为西藏太远，不愿将公主远嫁。于是同大臣们商量，出了几道难题来考这7位使者，企图将藏王的使者难住，以便谢绝这门婚事。

第一道难题是将500匹小马放在中间，500匹母马拴在四周，让这7位使者分辨出每匹小马的亲生之母。其中6位使者把小马牵近母马，母马不是踢就是跑，小马怎么也不敢近母马的身。藏王使者懂得母马性情，他让人给母马饲喂上等草料，让它们先吃饱，然后饱食的母马便叫将起来，招呼自己的小马去吃奶。于是500匹小马纷纷来到自己的母亲身边，藏王使者毫不费劲地解答了这道难题。

第二道难题是要用一根线穿过一块中间有弯曲孔道的玉石。那6位使者花了半天的时间，相尽办法都未能穿成。最后轮到藏王的使者，他的办法倒也简单，他捉来一只小蚂蚁，先把细线粘在蚂蚁的脚上，然后在玉石的另一个孔眼处抹一些蜂蜜，蚂蚁闻到蜜香，就赶紧沿着弯曲的孔道往里钻，结果又是藏王使者得胜。

第三道难题是将两头刨得粗细一般的一根大木头，让7位使者分清哪头是树梢，哪头是树根，同时说出其中道理。那6位使者看过来，看过去，量了又量，怎么也分不出来。藏王使者叫人把木头放在河里，木头一浮起，前头轻，后头重，轻者为梢，重者为根，一清二楚。

藏王使者的聪明才智使唐太宗很惊讶，也很喜欢他。最后又出了一道难题：谁能在300个穿着打扮一模一样的姑娘中认出谁是公主来？这7位使者都从未见过公主，要认出来谈何容易！那6位使者专挑最漂亮的姑娘认，结果都认错了。藏王使者从一伴老妇那里得知公主从小爱擦一种香水，经常引着飞蝶在头上飞。藏王使者根据老妇的这一指点，从300个姑娘中认出了公主。于是皇帝只得同意将公主许配给藏王。藏王使者见了公主说：“你去西藏的时候，别的东西都不必带，只要带些五谷种子、锄犁和工匠就行，这样就可以帮助我们西藏种植更多更好的庄稼。”

文成公主进藏时，皇帝送给她的有500驮五谷种子，1000驮锄犁，还有数百名最好的工匠。

相传，当年文成公主辞别父母，离开长安以后，爬山涉水，历尽艰辛来到青海高原上的赤岭，由于离亲人和家乡越来越远了，不由得思念起远在长安的父母来。她想起临别时母亲送给的一面宝镜时说的话：若怀念亲人时，可从宝镜里看到母亲。于是公主急忙取出“日月宝镜”，双手捧着照起来，不照则已，一看反倒吃了一惊。原来文成公主从镜子里看到的并不是母亲，而是自己满脸憔悴的愁容。她一生气，把宝镜摔在地上。没想到，宝镜一落地，立刻化成一座高山——后人称之为日月山。它恰好挡去了一条东去河流的去路，河水不得不掉头回流。于是人们称这条河叫倒淌河。有人甚至说这河水就是文成公主的眼泪哩！

### 11. 青海湖区藏族风情

藏族不分男女老幼，一年四季均穿藏袍。藏袍一般都具有长袖、大襟、宽腰、无兜等特点。根据气候变化更换，穿着藏袍时，将衣领高高提起，腰间系上腰带，使怀与腰背都形成大行囊。袍内配穿一件黄、白、咖啡等颜色的衬衫；天气暖和，或参加劳动时，则脱去衣袖，束在腰间，极为方便。

藏靴式样不分男女，一般用黑牛皮做靴面。靴腰则用红牛皮或氍毹、石羊皮等缝

制。毛毡做靴里,也有用双层布料做靴里的。

发梢续以红、黑红穗子,梳成独辮,盘在头顶,辮穗垂于右手侧。藏族妇女均蓄长发,梳成若干小辮,辮梢用辮套套住,垂于背后,或压在腰带下。辮套镶有银盾、银碗、琥珀等装饰品。

藏族十分讲究装饰品。男性腰间都佩带精制的藏刀,刀鞘饰以白银、鎏金,刀柄镶有玛瑙等,多为骨柄。此外,随身携带精制的钱包、火镰等。男女都戴手镯及镶有玛瑙的银戒指。妇女戴耳环(也有男性佩戴者)和项链。无论男女,胸前都佩戴精制的银质方形护符,盒内装有经文、佛像等,期望以此避邪消灾,平安幸福。

生活在青海湖畔的藏族同胞十分好客,宾客到来,热情的主人从帐篷走出来,主动引客人入帐篷至宾客位置就座,一碗热腾腾、香喷喷的酥油奶茶双手递到你的手,以示对客人的尊重和礼貌。若是尊贵客人到来,主人要宰羊,灌血肠,按民族礼节用手抓羊肉款待。

每年夏季黄金季节,青海湖畔举办大型群众性文化娱乐活动。届时环湖甚至更远的藏、蒙古族牧民,带着帐篷、食品,骑上骏马,赶着牛羊,携带全家老少从四面八方汇集到这里。主要活动项目有文艺演出、篝火晚会、赛马、摔跤、射箭比赛等,还邀请中外宾客欣赏青海湖风光,品尝藏族风味餐。同时,也举行盛大的物资交流活动。一连数日,青海湖畔彩旗飘舞,人欢马嘶,歌声阵阵,舞姿翩翩,人们沉浸在欢乐的节日之中。

#### 12. 环青海湖国际公路自行车赛

自行车运动作为一种重要的体育休闲方式,目前正吸引着越来越多的公众参与。环青海湖国际公路自行车赛虽然是一项专业赛事,但是它起到了良好的示范作用,带动了当地体育休闲产业的发展。

环青海湖国际公路自行车赛成功举办之后,借助赛事的知名度,青海省成功地建立了“环青海湖民族体育圈”,成为全国20个全民健身著名景观之一。在青海湖周围的旅游景区,青海省体育局投资上千万元修建了房车营地、原子城射箭基地,配备了沙地摩托车、滑翔伞等体育休闲设施,吸引了大批体育休闲爱好者。

环青海湖国际公路自行车赛的主题意义,就在于更好地宣传青海湖旅游景区,打造旅游品牌,突出人文、生态、环保等主题。以“环湖赛”为龙头的国内外体育赛事的成功举办,使青海湖流域很快成为青海省的旅游热点地区,其旅游品牌地位正在不断提升。



## 第四章 流域生态系统特征 与生态环境质量评价

### 一、典型生态系统及其特征

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总称,其中包括数以万计的动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们于生存环境形成的复杂的生态系统。其中包括生态系统多样性、物种多样性、遗传多样性等层次。生态系统多样性是指生物圈内生境、生物群落和生态过程的多样化以及生态系统内生境差异、生态过程变化的惊人的多样性(中国科学院生物多样性委员会,1994)。生物多样性是人类赖以生存和发展的物质基础,它不仅为人类提供了食物、能源、健康等基本需求,同时对维护区域生态平衡、调节气候环境以及促进区域可持续发展具有重要的意义。

#### (一) 流域典型生态系统类型

青海湖流域地处青藏高原东北部,是我国祁连山脉的一个大型山间盆地。以青海湖巨大的天然水体为中心,形成地貌类型独特、气候环境多样、生境变化复杂分布格局。现有种子植物 52 科, 174 属, 445 种。本区地域辽阔、地势高耸、地形复杂,具有独特和多样化的高原自然景观及生态系统类型,典型生态系统类型有森林灌丛生态系统、草原生态系统、草甸生态系统、湿地生态系统、沙地生态系统和农田生态系统等。

##### 1. 森林灌丛生态系统

森林是地球上重要的生态系统类型之一,它是在湿润、半湿润的环境条件下发育形成的,具有涵养水源、调节气候、保持水土、防治风沙等方面的生态功能。青海湖流域缺乏典型的以乔木树种为优势构成的天然森林植被,乔木树种有小叶杨、青海云杉和祁连圆柏等,常构成小面积的疏林类型,面积较小。灌木林地是流域广泛分布且有代表性的森林灌丛生态系统类型,可以划分为河谷灌丛和高寒灌丛两大类。

(1) 高寒灌丛:是指以灌木为建群种所组成的植被类型。高寒灌丛的优势种主要有山生柳、金露梅、鬼箭锦鸡儿等。

(2) 河谷灌丛:是指以灌木为建群种所组成的植被类型。河谷灌丛的主要优势种有具鳞水柏枝和肋果沙棘等。

受人类活动的影响,灌丛生态系统的野生动物种类较少。常见的有狼、香鼬等。森林中常见的鸟类有蓝马鸡(*Crossoptilon auritum*)、血雉(*Ithaginis cruentus*)、雉鹑(*Tetraophasis obscurus*)、高原山鹑(*Perdix hodgsoniae*)、石鸡(*Alectoris graeca*)等。

## 2. 草原生态系统

草原是陆地生态系统的重要类型之一。它是在半干旱、半湿润的环境条件下发育形成的,由多年生草本植物所组成。草原是流域草地畜牧业的重要物质基础,并且具有涵养水源、保持水土、防治风沙等生态功能。草原可以划分为两大类型,即温性草原和高寒草原。前者主要分布于青海湖的周边滩地(海拔3 200~3 450m)等,其优势植物有芨芨草、短花针茅、西北针茅、蒿(*Artemisia spp.*)等;后者分布于湖西北部海拔3 500~3 900m布哈河谷地和山地,主要优势种有紫花针茅、青藏苔草、羊茅、冷蒿等。

草原生态系统的野生动物种类很多,且许多种类具有青藏高原特色。兽类动物有普氏原羚、赤狐、喜马拉雅旱獭、高原鼠兔等。鸟类种类丰富,猛禽类如大鸮、兀鹫、胡兀鹫、红隼(*Falco tinnunculus*)、猎隼(*Falco cherrug*)、玉带海雕(*Haliaeetus leucoryphus*)等;百灵类有角百灵、小云雀等。

## 3. 草甸生态系统

草甸生态系统是在湿润、半湿润环境条件下形成的生态系统类型,植物群落组成以中生多年生草本植物为主。流域草甸生态系统主要为高寒草甸,它是在高寒气候环境的特殊产物,由寒冷中生多年生草本植物为优势种,以嵩草属和苔草属植物为典型代表,如矮嵩草、高山嵩草、线叶嵩草等。

高寒草甸生态系统的野生动物种类有棕熊、藏原羚、白唇鹿、高原鼠兔、高原麝鼠、喜马拉雅旱獭等。鸟类种类丰富,猛禽类如大鸮、兀鹫、胡兀鹫、玉带海雕、红隼等。

## 4. 湿地生态系统

湿地指陆地上常年或季节性积水和过湿的土地,并与其生长、栖息的生物种群构成的独特生态系统。根据青海湖天然湿地的水文、生物、土壤等组成要素的基本特征,可以划分为湖泊型湿地、河流型湿地和沼泽型湿地三个基本类型。根据湿地植物优势种的差异,即水生、沼生和湿生植物划分为水生植被、沼泽植被和沼泽草甸三大类型。

湿地生态系统的野生动物以鸟类和鱼类动物为主,其种类也十分丰富。鸟类动物有黑颈鹤、斑头雁、鱼鸥、棕头鸥、鸬鹚、赤麻鸭、红脚鹬、普通燕鸥(*Glareola maldivarum*)、普通秋沙鸭(*Mergus merganser*)、金鸻(*Pluvialis dominica*)、长嘴百灵等;鱼类有青海湖裸鲤、细体高原鳅(*Triplophysa leptosoma*)等。

## 5. 沙地生态系统

沙地生态系统是青海湖流域重要的景观类型之一。它是在干旱、半干旱的环境条件下发育形成的。由于气候变化、植被严重退化和冻融侵蚀等因素形成了沙漠化土地。植物主要优势种有赖草、青藏苔草、蒿、山生柳、金露梅等。

沙地生态系统的野生动物种类有普氏原羚、高原鼠兔、喜马拉雅旱獭、高原麝鼠等。鸟类种类丰富,猛禽类如大鸮、胡兀鹫等。

## 6. 农田生态系统

农田生态系统是指由人工植被及其生态环境所组成的非自然生态系统。流域农田生态系统,主要分布在海拔3 300~3 450m的刚察、共和县的江西沟、湖东种羊场等地区。根据灌溉条件,可以划分为水浇地和坡旱地两种类型。种植的粮油作物主要有油菜、青稞以及各种青饲料等。

农田生态系统的野生动物种类十分贫乏,多数为伴人动物种类,如树麻雀等。

### 7. 城镇生态系统

城镇是具有一定规模的工业、交通运输业、商业聚集、人口集中的区域,它与人类社会发展密切相关。城镇生态系统明显不同于其他自然生态系统,出于人们美化环境、观赏游览以及休闲娱乐等需要,观赏动植物种类相对集中,绿化的乔灌木树种形成若干生物多样性保护基地。

城镇生态系统的野生动物种类相对贫乏,多为伴人动物种类,如麻雀、小家鼠(*Mus musculus*)等。

## (二) 流域生态系统基本特征

青海湖流域独特的地理位置以及自然环境特点,从而形成生态系统多样性的基本特征,即生态系统的独特原始特点、敏感脆弱特征、空间分布差异以及时间动态变化等。现就其主要特点分析如下。

### 1. 独特原始特点

高寒生态系统及其景观生态类型是青藏高原独特的生态系统类型,在高原独特的环境条件下,经过长期演化和发展而形成的,并在青藏高原隆升以及气候环境演变过程中表现出独特的发展趋势,如高寒草甸、高寒湿地、高寒草原、高寒垫状稀疏植被等。青海湖流域是一个完整的内陆盆地,由巨大的湖体及周边的山地所构成,作为祁连山间盆地具有相对的独立性。从区域生态系统的生物种类组成来看,许多动植物种类为青藏高原特有种或主要分布于高原地区,代表植物有紫花针茅、青藏苔草、多种嵩草属植物等,国家级珍稀保护的野生动物有普氏原羚等。

青海湖流域是青藏高原东北部的重要组成部分,平均海拔在3 200 m以上。除了局部地区(如草地开垦、道路建设等)受到严重生态干扰之外,就总体而言,各类自然景观及生态类型受到人类活动的干扰仍相对较少,不少区域处于自然原始状态,其生态系统具有明显的多样化与原始性特点。

### 2. 敏感脆弱特征

青海湖流域各生态系统十分敏感脆弱,主要表现为生态系统结构简单、生产力水平低、稳定性差和自我恢复能力弱等特点,容易因外界因子的干扰和破坏而发生变化。以高寒草地生态系统为例,高寒草原是青藏高原典型的地带性高寒植被类型(中国植被编委会,1980),在干旱、严寒、多风等极端气候环境条件下,草原容易因地表植被的干扰和破坏而出现沙漠化过程,生态系统一旦遭到破坏,恢复极为困难和缓慢,有时甚至是不可逆转的。高寒嵩草草甸是指以耐寒、多年生、密丛、短根茎、地下芽的嵩草属植物为优势形成的植物群落类型,是青藏高原典型而独特的生态系统类型(周兴民等,2001)。在寒冷、多风以及冻融等作用下,具有草毡层结构、生物生产力低及冻融侵蚀过程强烈,草地过度放牧可出现地表植被衰退破坏之后形成黑土型退化草地,其恢复极为困难。

### 3. 空间分布差异

区域作为祁连山相对独立的自然单元,具有明显的空间分布特征。总体而言,流域

生态系统主要由湿地生态系统、草地生态系统和沙地生态系统等组成。草原植被在湖盆地区呈环带状分布,巨大的青海湖水体使这种环带特征更为明显,并随海拔变化呈现规律性变化。湿地生态系统则以湖泊为中心,以河流和沼泽为纽带,形成湖泊、河流、沼泽草甸的辐射状结构。沙地的发育和分布则与区域沙漠化过程密切相关。

#### 4. 时间动态变化

青海湖流域的生态系统变化是一个动态的发展过程。受气候干暖化趋势及湖区人类活动的综合影响,流域整体环境呈现恶化趋势,特别是在环湖公路两侧及周边地区生态退化更加明显,如道路建设的景观破碎化、草地开垦的植被破坏以及冬春草场过度放牧等生态问题突出。区域沙漠化扩展亦表现加速趋势,据资料研究表明,1956~1972年间平均每年扩展 $2.84\text{km}^2$ ,沙漠化土地年扩展速率为 $0.60\%$ ;而从1972~1986年间平均每年增加 $18.44\text{km}^2$ ,沙漠化土地年扩展速率为 $3.03\%$ 。人类活动作为区域生态系统变化的催化和诱导因素,使得流域生态变化更加复杂化。

## 二、气候变化及人类活动对流域生态环境的影响

考虑到气候资料的连续性和代表性,选取了分别位于青海湖东、西、南、北方位的海晏( $36^{\circ}55'\text{N}$ ,  $100^{\circ}59'\text{E}$ )、茶卡( $36^{\circ}47'\text{N}$ ,  $99^{\circ}05'\text{E}$ )、共和( $36^{\circ}16'\text{N}$ ,  $100^{\circ}37'\text{E}$ )及刚察( $37^{\circ}20'\text{N}$ ,  $100^{\circ}08'\text{E}$ )四个气象站1961~2004年间的逐月气温、降水资料求其算术平均后,代表青海湖流域进行分析。

据1956~2004年青海湖沙陀寺及下社两水文站观测资料分析表明,近49年来青海湖水位除个别年份略有回升外,总体上呈明显下降趋势,年下降 $8.2\text{cm}$ (图4-2-1)。在这49年间,湖水位上升年份为12年,持平年份为2年,其余34年为水位下降年份。同时,青海湖水位存在着明显的年内变化特征,1~4月份水位平缓,从5月份开始上涨,至8~9月份达到最高值,随后下降较快,至12月份达到全年最低水位(图4-2-2)。

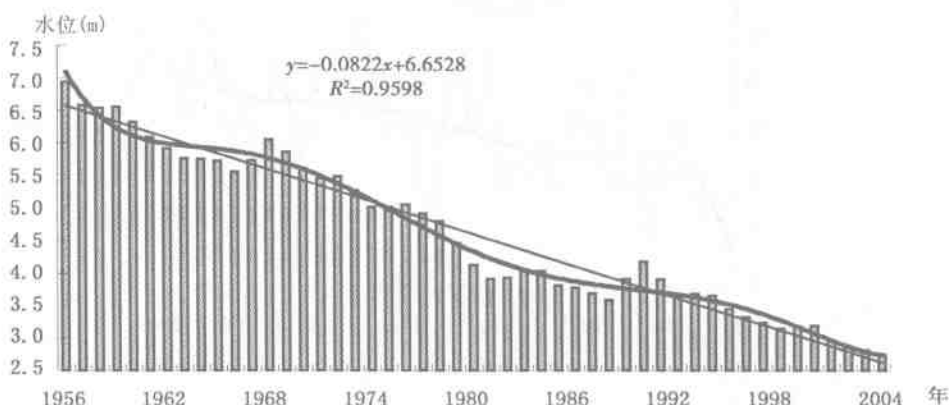


图4-2-1 青海湖1956~2004年水位变化曲线

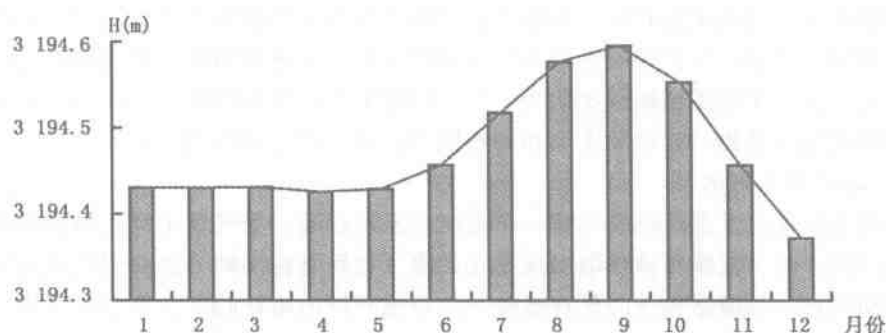


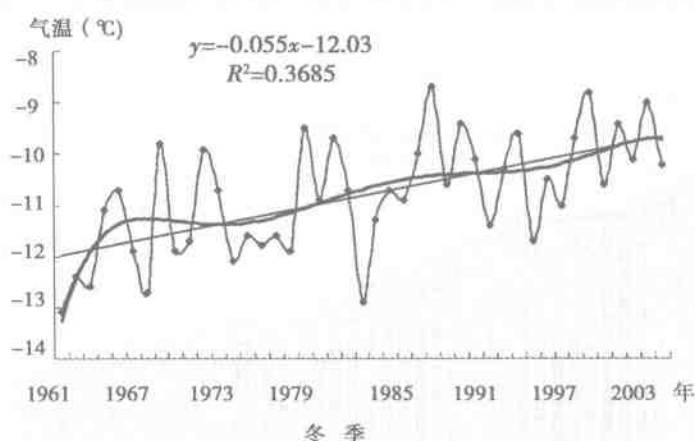
图 4-2-2 青海湖 1956 ~ 2004 年水位年内变化曲线

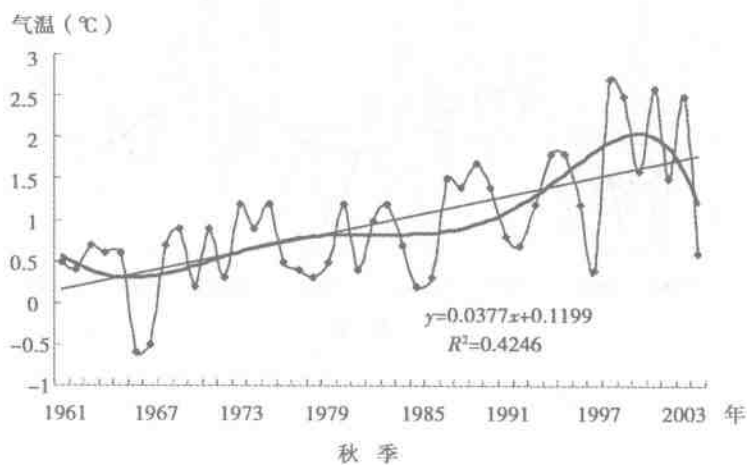
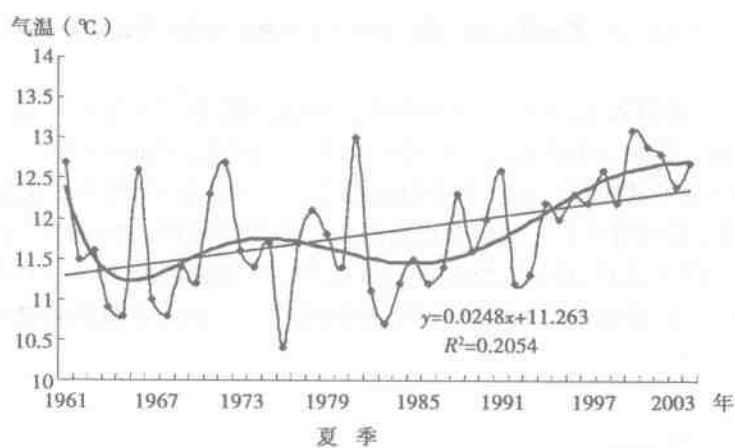
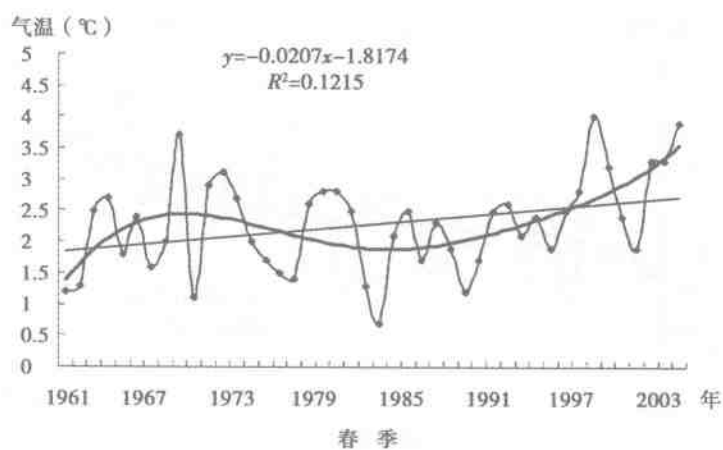
人类活动不是孤立的，必然引起对自然地理面的大规模干预。同样，人类活动或多或少会对青海湖流域生态环境演变造成影响。

## (一) 气候变化对流域生态环境影响

### 1. 流域气候变化

(1) 气温：青海湖流域 1961 ~ 2004 年四季及年平均气温除年际间的微小波动外，均呈现出明显的上升趋势。通过估计气候趋势同样发现，气温增幅较为显著，春、夏、秋、冬及年平均气温的线性变率分别达  $0.55^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.20^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.25^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 、 $0.38^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$  和  $0.35^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ，其中以秋、冬两季增温最为显著（图 4-2-3）。年平均气温线性变率为  $0.35^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ，明显高于青海省平均增幅（ $0.25^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ，1961 ~ 2002）和全球气温增幅（ $0.03 \sim 0.06^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ）。说明青海湖流域是青海省乃至全球增温较为显著的地区之一。







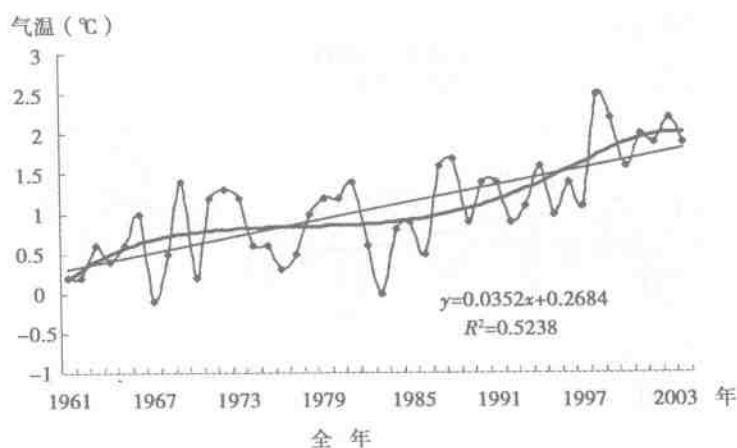
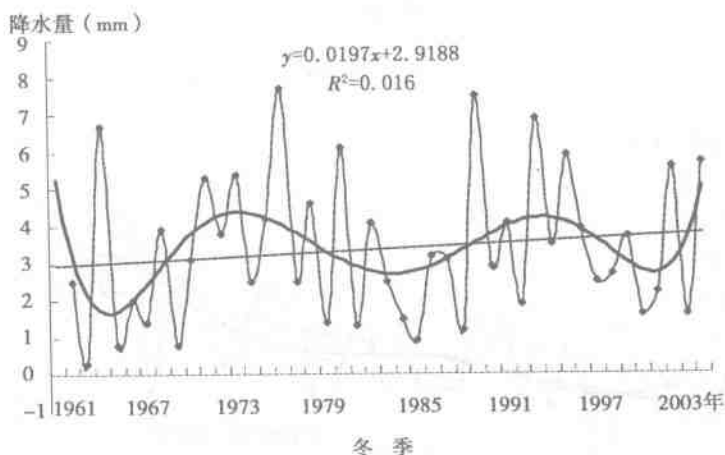
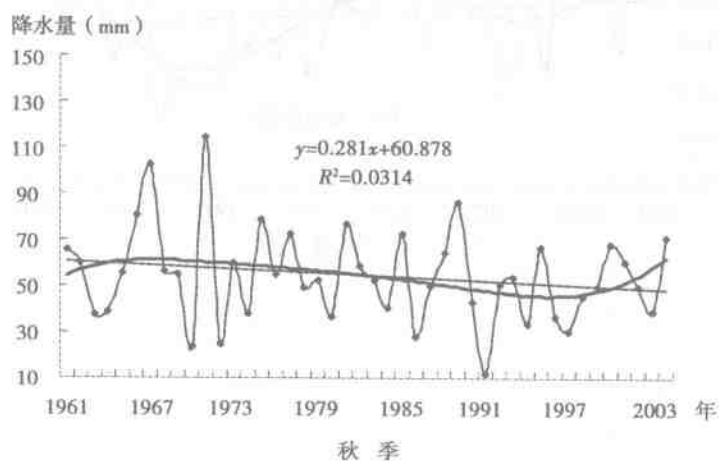
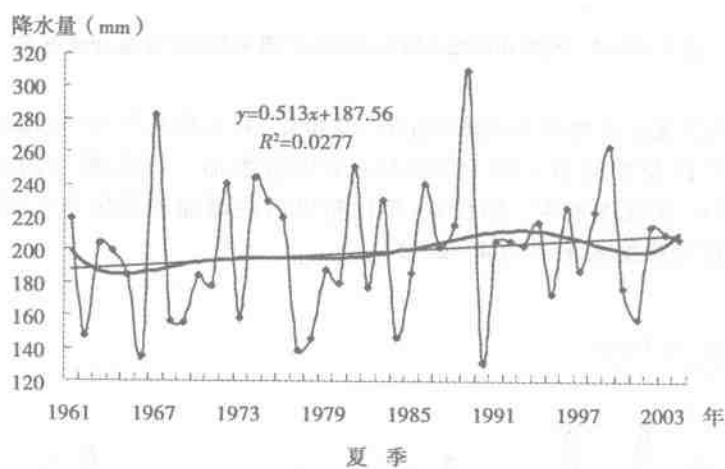
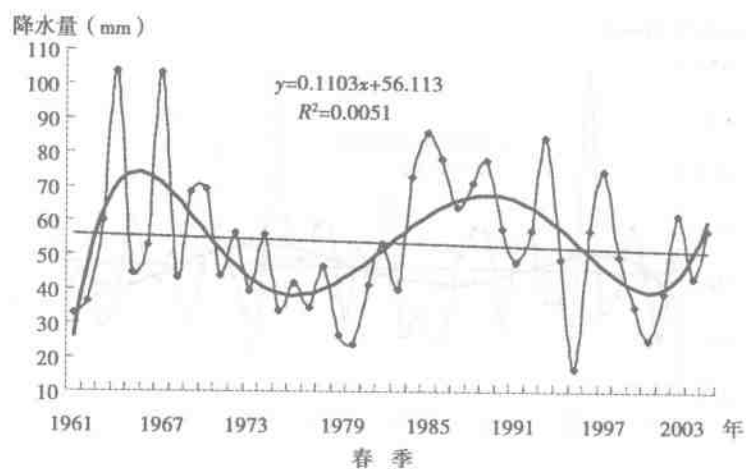


图 4-2-3 青海湖流域 1961~2004 年四季及年平均气温变化曲线

(2) 降水: 青海湖流域 1961~2004 年四季及年降水量变化中, 春、秋季呈现出明显的减少趋势, 其倾向率分别为  $-1.11\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$  和  $-2.81\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ ; 冬季降水量少, 其变化趋势也不甚明显; 夏季和年降水量均自 20 世纪 70 年代中后期开始增多趋势, 到 80 年代末达到最大值, 此后开始出现显著的减少趋势。2001 年以后降水又表现出增多的特点, 但未达到 80 年代的水平; 而秋季降水量的线性变率同样高于青海省秋季降水量减幅 ( $-1.83\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ )。说明青海湖流域秋季降水量减幅就全省而言是显著的(图 4-2-4)。





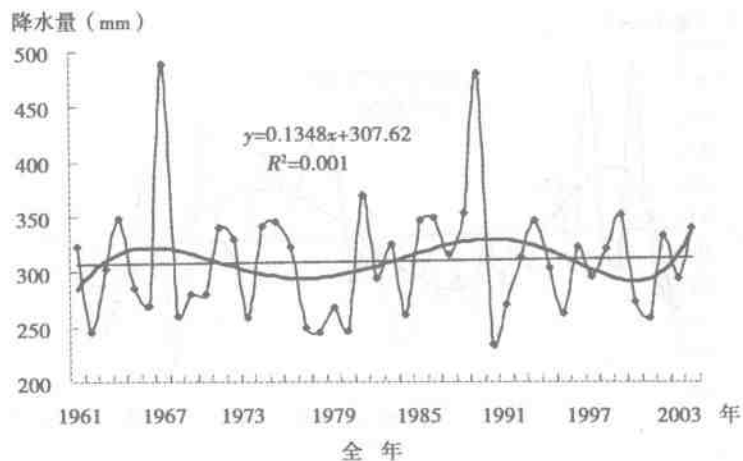
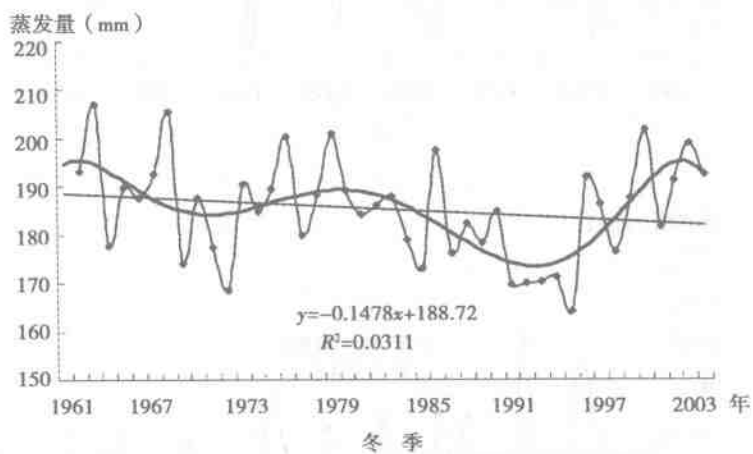
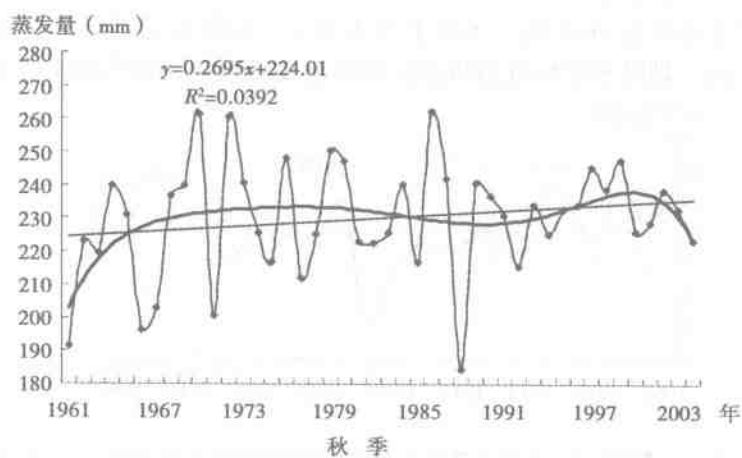
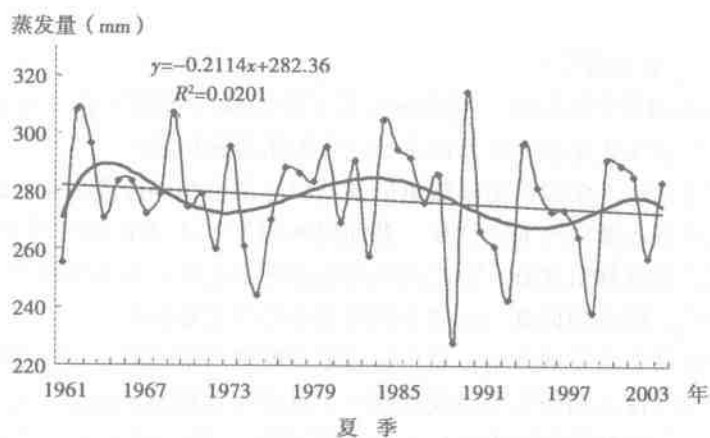
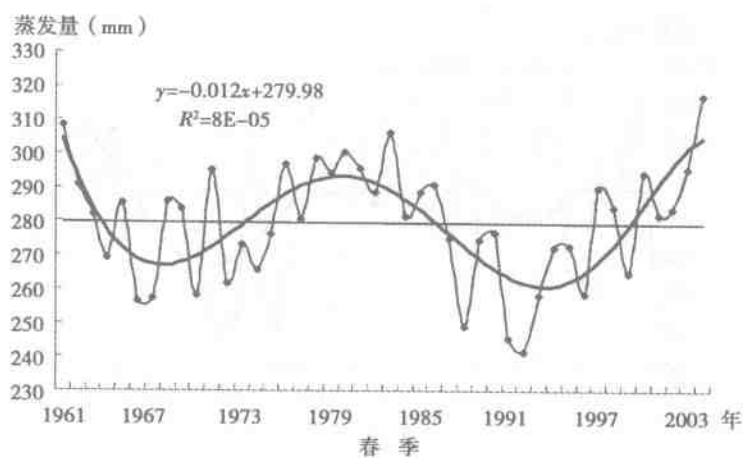


图 4-2-4 青海湖流域 1961~2004 年四季及年降水量变化曲线

(3) 湖面蒸发: 青海湖水面蒸发量在 20 世纪 70 年代末至 80 年代中期达到最大, 此后至 90 年代初开始减少, 90 年代以后又开始增加。尽管其总的变化趋势是以  $-1.03\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$  的变率减少, 但自 90 年代初以后的增加趋势却非常明显, 且目前处在一个蒸发量比较高的水平 (图 4-2-5)。





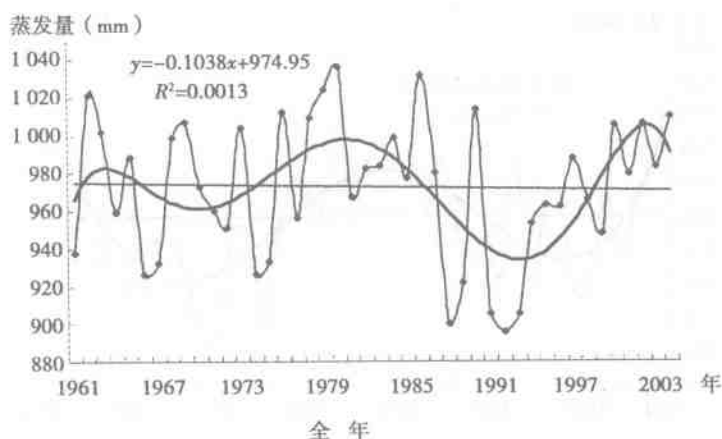


图 4-2-5 青海湖 1961~2004 年四季及年湖面蒸发量变化曲线

## 2. 流域气候变化的影响

(1) 对青海湖水位的影响：青海湖水位下降的原因包括气候变化和人类活动两个方面。其中，气候变化是影响青海湖水位变化的主要原因之一。气候变化对湖水位的影响，主要是通过影响入湖河流的径流量以及湖面降水量和湖面蒸发来实现的。青海湖水量补给主要是通过入湖河流的径流量、湖面降水以及地下水径流补给来实现的。其中，以前两项为主要水量补给成分；而支出项则包括湖水的蒸发以及湖水渗透，湖水渗透部分应该比较稳定，因此湖面蒸发就成为湖水支出中的主要部分。

气候变化对湖泊水位的影响主要是通过影响湖泊水量的收支平衡体现出来的。一方面，流域气候变化使入湖河流的径流量减少，进而导致湖泊水位的下降；另一方面，伴随着气候变暖，青海湖的水温也出现了升温的现象（图 4-2-6），这无疑使湖面蒸发量增大，致使青海湖水量存储减少，最终出现水位下降。同样，数值模拟结果表明，当气温不变，降水量增加 1mm 时，水位上升 4.1mm；当降水量不变，气温升高 1℃ 时，水位下降 9.5mm。即降水增加对湖泊水位的影响是正效应，而气温上升和蒸发增大对

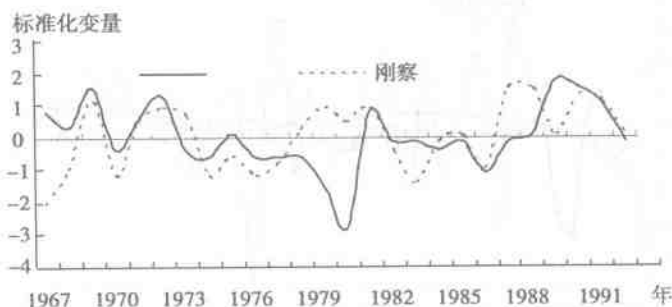


图 4-2-6 1967~1992 年刚察年平均气温和青海湖年平均水温标准化变量曲线

水位的影响是负效应。显然,流域气候变化,特别是20世纪90年代以来气温升高、降水减少和蒸发增大直接造成了青海湖水位的下降。

施雅风等根据气候数值模拟推算了气温变化对径流量的影响。若降水不变,气温升高 $4^{\circ}\text{C}$ ,则径流量可减少15%左右;而降水量和蒸发量对流域径流量的影响则是:降水量越小,蒸发量越大,则径流量越小;反之,则相反。流域年平均气温、年蒸发量分别以 $0.35^{\circ}\text{C} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 和 $1.80\text{mm} \cdot 10\text{a}^{-1}$ 的速率升高和增大,降水量自20世纪90年代以来却出现明显的减少趋势(尽管近几年有所增加),使该地区地表径流量出现明显减少趋势,进而影响到湖泊水位的变化。

1961~2004年青海湖水位变幅(当年水位与上年水位的差值)以及各年依气温和降水划分的气候类型见表4-2-1。如果以水位变幅在 $\pm 0.05\text{m}$ 内为正常年, $\geq 0.05\text{m}$ 为水位上升年, $\leq -0.05\text{m}$ 为水位下降年,在这44年间,青海湖水位变化为下降特点的年份有26年,上升的年份有7年,持平11年。年水位下降幅度 $>0.20\text{m}$ 的年份多达13年,其中,1980年、1979年、1991年是青海湖水位下降最明显的年份,水位分别下降 $0.34\text{m}$ 、 $0.33\text{m}$ 、 $0.27\text{m}$ ,其气候特点表现“暖干”特征;水位上升幅度最大的年份分别是1989年、1968年、1990年,水位分别上升 $0.33\text{m}$ 、 $0.32\text{m}$ 、 $0.22\text{m}$ ,以上三个年份的气候特征分别表现为“湿”、“冷干”和“暖干”。进一步分析发现,上年度的气候特征对湖泊水位有“滞后效应”,如1967年为典型的“冷湿”气候,其“滞后效应”使得翌年“冷干”气候特征下湖水位仍然表现出明显的上升特点。具有“暖干”气候特征的1990年也是如此。

表4-2-1 青海湖水位历年变幅与气候类型(单位:m)

| 年 份  | 水位变幅  | 气温特征   | 降水特征   | 年 份  | 水位变幅  | 气温特征   | 降水特征   |
|------|-------|--------|--------|------|-------|--------|--------|
| 1961 | -0.24 | 4级(偏冷) | 3级(正常) | 1983 | 0.09  | 5级(冷)  | 3级(正常) |
| 1962 | -0.17 | 4级(偏冷) | 5级(干)  | 1984 | 0.01  | 3级(正常) | 4级(偏干) |
| 1963 | -0.25 | 4级(偏冷) | 3级(正常) | 1985 | -0.22 | 3级(正常) | 2级(偏湿) |
| 1964 | 0.09  | 4级(偏冷) | 2级(偏湿) | 1986 | -0.04 | 4级(偏冷) | 2级(偏湿) |
| 1965 | -0.03 | 4级(偏冷) | 4级(偏干) | 1987 | -0.08 | 2级(偏暖) | 3级(正常) |
| 1966 | -0.17 | 3级(正常) | 4级(偏干) | 1988 | -0.11 | 2级(偏暖) | 2级(偏湿) |
| 1967 | 0.18  | 5级(冷)  | 1级(湿)  | 1989 | 0.33  | 3级(正常) | 1级(湿)  |
| 1968 | 0.32  | 4级(偏冷) | 4级(偏干) | 1990 | 0.26  | 2级(偏暖) | 5级(干)  |
| 1969 | -0.19 | 2级(偏暖) | 4级(偏干) | 1991 | -0.27 | 2级(偏暖) | 4级(偏干) |
| 1970 | -0.26 | 4级(偏冷) | 4级(偏干) | 1992 | -0.22 | 3级(正常) | 3级(正常) |
| 1971 | -0.15 | 2级(偏暖) | 2级(偏湿) | 1993 | 0.21  | 3级(正常) | 2级(偏湿) |
| 1972 | 0.03  | 2级(偏暖) | 2级(偏湿) | 1994 | -0.03 | 2级(偏暖) | 3级(正常) |
| 1973 | -0.21 | 2级(偏暖) | 4级(偏干) | 1995 | -0.22 | 3级(正常) | 4级(偏干) |
| 1974 | -0.26 | 4级(偏冷) | 2级(偏湿) | 1996 | -0.12 | 2级(偏暖) | 3级(正常) |
| 1975 | 0.00  | 4级(偏冷) | 2级(偏湿) | 1997 | -0.09 | 3级(正常) | 3级(正常) |
| 1976 | 0.04  | 4级(偏冷) | 3级(正常) | 1998 | -0.09 | 1级(暖)  | 3级(正常) |
| 1977 | -0.14 | 4级(偏冷) | 4级(偏干) | 1999 | 0.03  | 1级(暖)  | 2级(偏湿) |
| 1978 | -0.11 | 3级(正常) | 5级(干)  | 2000 | 0.02  | 2级(偏暖) | 4级(偏干) |



续表

| 年 份  | 水位变幅  | 气温特征   | 降水特征   | 年 份  | 水位变幅  | 气温特征  | 降水特征   |
|------|-------|--------|--------|------|-------|-------|--------|
| 1979 | -0.33 | 2级(偏暖) | 4级(偏干) | 2001 | -0.25 | 1级(暖) | 4级(偏干) |
| 1980 | -0.34 | 2级(偏暖) | 5级(干)  | 2002 | -0.10 | 1级(暖) | 2级(偏湿) |
| 1981 | -0.21 | 2级(偏暖) | 2级(偏湿) | 2003 | -0.03 | 1级(暖) | 3级(正常) |
| 1982 | 0.02  | 4级(偏冷) | 3级(正常) | 2004 | -0.08 | 1级(暖) | 2级(偏湿) |

总之,青海湖水量补给主要是通过入湖河流的径流量、湖面降水以及地下水径流补给来实现的,其中以前两项为主要水量补给成分;而支出项则包括湖水的蒸发以及湖水渗透,湖水渗透部分应该比较稳定,因此湖面蒸发就成为湖水支出中的主要部分。气候变化对青海湖水位的影响,主要是通过影响入湖河流的径流量以及湖面降水量和湖面蒸发量来实现的。青海湖水位的年际波动主要受降水量的影响。从短时间尺度看,气候暖干化是造成青海湖水位下降的主要原因(图4-2-7),而冷湿的气候条件又可使青海湖水位回升或维持平衡。但从千年级时间尺度看,青海湖的萎缩又是以气温降低,降水减少,即冷干气候作为背景的。但毋庸置疑,气候变化决定了青海湖的水位变迁。

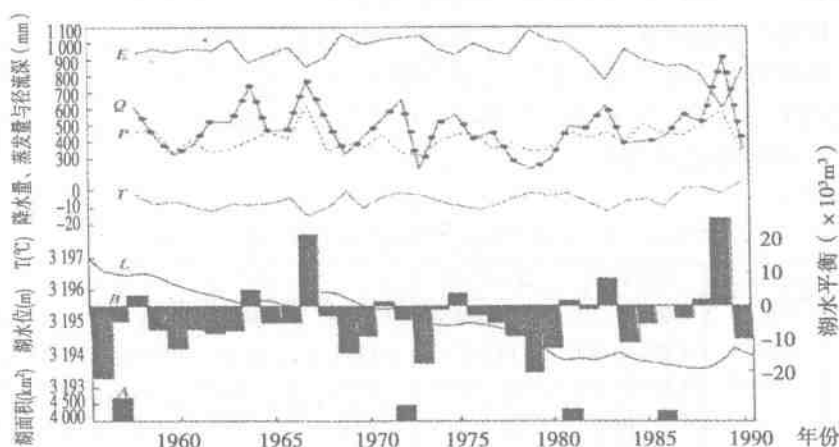


图4-2-7 青海湖1957~1990年间水量收支、水位变化与流域气候变化

E 湖面蒸发; Q 入湖径流量; P 湖面降水量; T 年平均气温; L 湖面蒸发; B 湖水平衡; A 湖面积

根据湖泊水量平衡原理,就多年平均状况而言,青海湖水文因子间应存在如下关系:

$$\Delta H = Q + R - E$$

式中:  $\Delta H$ ——水位升降值;

$Q$ ——入湖地表径流量;

$R$ ——湖面降水量;

$E$ ——蒸发量。

当  $\Delta H > 0$  时,水位上升;当  $\Delta H < 0$  时,水位下降。可见,在人为因素影响不显著的情况下,青海湖水位的升降主要取决于入湖流量、湖面降水量和蒸发量。入湖流量作

为湖泊水量的输入项,对湖泊水位的变化有着显著性的影响,上年入湖流量对当年湖泊水位的影响明显大于当年入湖流量的影响,尤其夏季入湖流量对湖泊水位升降的影响最为明显,而秋季湖泊水位升降对入湖流量的响应最为显著;湖面蒸发量和降水量对湖泊水位的影响在不同程度上具有以上特征的同时,由于冬季湖面封冻的原因使得冬季湖面蒸发量和降水量对湖泊水位的影响不甚显著。

此外,由于流域气温明显升高,流域内的冰川和积雪消融速度加快,总蒸发量增大,同时下垫面与近地层空气之间温差变大,强对流降水概率变大,降水季节分布的不均程度进一步加大。春、秋季降水量亦呈明显减少趋势。目前,流域蒸发量仍处在较高的水平,地表径流减少趋势明显,气候变化的上述特征使得湖泊水量补给少于湖面蒸发损失,故湖水位下降明显。

(2) 对流域草地的影响:目前,草地退化的主要表现在植被稀疏,盖度降低;土壤被破坏,有机质流失;草层高度降低,优良牧草和可食牧草所占的比例降低,最终反映到草场产草量下降,平均高度降低。据海晏县 1973 年(旱年)调查,全县平均可食青草产量为  $2\ 189.7\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 时隔 8 年,到 1980 年调查时(平年),平均可食青草产量为  $1\ 437.0\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 产草量下降 34.38%, 损失牧草  $17\ 773.25 \times 10^4\text{kg}$ , 相当于  $12.17 \times 10^4$  只羊单位的一年食草量;1984 年,海晏县退化草场面积为  $8.274 \times 10^4\text{hm}^2$  (其中,轻度退化草场面积  $5.291 \times 10^4\text{hm}^2$ , 占全县退化草场面积的 63.95%;中度退化草场  $2.539 \times 10^4\text{hm}^2$ , 占 30.68%;重度退化草场  $0.444 \times 10^4\text{hm}^2$ , 占 5.37%), 损失牧草  $8\ 556.22 \times 10^4\text{kg}$ , 减少载畜量  $5.86 \times 10^4$  只羊单位。

青海湖流域代表性的铁卜加牧业气象试验站 1987~1996 年的 10 年间观测的天然牧草发育期、高度、产草量分析,天然草地平均牧草(鲜草)产量为  $2\ 833\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 其中前 5 年为  $3\ 287.7\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 后 5 年为  $2\ 079.1\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 后 5 年较前 5 年产量下降了 36.76%;10 年间禾本科牧草平均高度为 24cm, 前 5 年为 29cm, 后 5 年为 19cm, 后 5 年较前 5 年高度降低了 34.48% (图 4-2-8 和图 4-2-9)。

据研究,流域天然草地面积处在一个较缓慢的萎缩过程中,沙化植物的生长范围在扩大,天然草地生产力明显下降,呈现出草场退化的趋势。草地退化除了表现为产量与盖度下降,毒杂草大量滋生,使草地载畜能力下降,可利用面积减少外,更多地表现为草地优势种群演化、草群结构变化、草地生产力下降等生态功能的变化。

气候变化对草地植被的影响主要表现在三个方面:一是影响牧草的生长期;二是影响牧草产量;三是影响牧草的群体结构。据铁卜加牧业气象试验站观测 10 年的资料分析,天然牧草返青期与上年度的降水量呈明显的正相关,与蒸发量的多少呈负相关;而牧草的枯黄期与热量及水分条件关系密切,如牧草枯黄前出现干旱天气则可使牧草提前枯黄。流域刚察县秋季降水量自 20 世纪 60 年代以来,以每 10 年 10.0mm 的速率减少,且春季降水从 90 年代开始出现每 10 年减少 4.1mm 的趋势,这一变化趋势导致了牧草返青的推迟。同时,在该地区牧草枯黄前的 8~9 月份降水呈减少趋势,气温升高  $0.22 \sim 0.35\text{℃} \cdot 10\text{a}^{-1}$ , 加剧了干旱对牧草的影响,致使牧草枯黄期提前。因此,气候干旱化使流域牧草的有效生长季呈缩短趋势。

据研究,流域光照条件充足,能够满足牧草生长发育的需要;而限制天然牧草产量



图 4-2-8 历年牧草（鲜草）产量

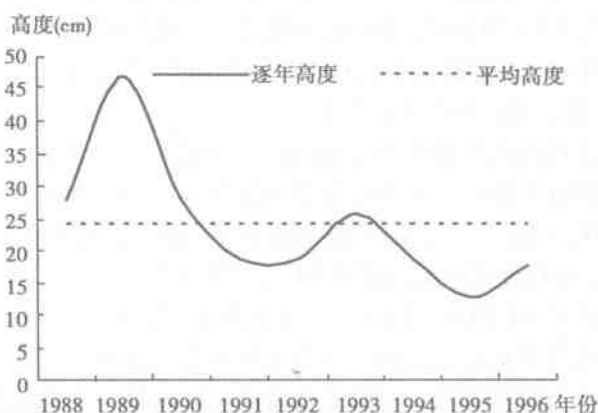


图 4-2-9 历年禾本科牧草平均高度

的主要因子是降水和温度。若降水越多，牧草的产量越高，反之，则相反。流域西北部降水量呈逐年减少的趋势，同样导致了牧草产量的下降。

应该说明的是，造成流域草场退化的原因除气候因素外，还有超载过牧、滥采乱挖等人为因素及鼠害等。但毋庸置疑，超载过牧和气候干旱化是主要原因，其中气候干旱化导致的草场退化是缓慢的、长期的、大规模的，而超载过牧造成的草场退化是区域性的、剧烈的，甚至有时是毁灭性的。特别是气候干旱化、草场退化和超载过牧之间是相互联系、相互影响的，气候干旱化造成草场退化，生产力下降，使草地载畜能力下降，导致超载过牧；而超载过牧进一步加剧畜草矛盾和草场退化，使草地植被群体结构发生改变，盖度、密度下降，直至下垫面状况出现重大变化，影响到地表与大气间的物质和

能量的交换,加剧气候变化的干旱化趋势。

### (3) 对流域土地沙漠化的影响

沙漠化的过程是一个使生物生产能力严重下降,生态系统贫瘠化,从而引起植物生殖量、土地载畜量、作物产量和人类健康水平下降等一系列不良连锁反应的过程,其最为直接的表现是土地的退化和沙漠的扩大。严格地说,多数沙漠化现象都应该看作气候变化和人类活动共同作用的结果,但气候变化占主导地位。土地沙漠化是干旱的直接后果之一。

青海湖流域沙漠化土地可划分为重度、中度、轻度三个等级和流动沙丘地、半固定沙丘地、固定沙丘地和半裸露沙砾四种类型。其中,80%流动沙丘地分布于湖东的海晏县;半固定沙丘地主要分布在湖东北的哈尔盖和湖西北的鸟岛;固定沙丘地和半裸露沙砾全部分布于湖西北的布哈河流域鸟岛等地。据观测,年平均风速  $3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上,大、中型沙丘每年移动  $3 \sim 8\text{m}$ ; 平均风速  $3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  以下,小型沙丘每年移动  $8 \sim 12\text{m}$ 。

经相关分析,气候因子与沙漠化的关联序为:年均湿度 > 年均气温 > 大风日数 > 年均风速 > 年均降水 > 蒸发量,增温增湿的气候变化趋势对沙漠化逆转具有促进作用。

总之,流域中强烈发展中的沙漠化土地面积明显增加,其年增长率超过了流域土地沙漠化总面积的年增长率,严重沙漠化土地面积也略有增加;而发展中的沙漠化土地和潜在沙漠化土地面积减少。这说明沙漠化程度在原地呈不断加剧发展的变化趋势,特别是发展中的沙漠化土地和潜在沙漠化土地加剧变化,发展成强烈发展的沙漠化土地和严重沙漠化土地的面积幅度较大。

## (二) 人类活动对流域环境演变的影响

青海湖流域的自然环境特征影响着该区域人类的各项活动和生产方式形成。1949年以前,流域基本上是以原始的高寒草地畜牧业为主,靠天然草地放牧、逐水草而居的游牧生活。中华人民共和国成立以来,特别是改革开放30年来,随着社会生产力发展和生产关系变革,流域畜牧业、种植业、渔业和旅游业等有了长足发展,青藏公路、青新公路和青藏铁路横贯其中,人类活动日趋频繁。现就人类活动对流域环境演变作如下探讨。

### 1. 人口快速增长的影响

近几十年来,流域人口发展特点呈稳定上升趋势,1949~1960年的12年间年平均自然增长率为11.55%,1979~2004年的26年间年平均自然增长率亦在30.34‰。人口的快速增长,必然造成对资源和环境的压力。由于湖盆地带大面积垦荒、鱼类资源的超强度捕捞、因缺生活燃料导致灌丛植被破坏等现象均与这一时期人口增长有直接的关系。

客观地讲,青海湖水位下降的主要原因包括气候变化和人类活动两个方面。但是根据水量平衡原理以及气候与青海湖水位变化的影响研究发现,人类活动对青海湖水位的影响较小,如湖周水浇地面积约  $1.8 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 草地灌溉面积  $0.4 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 年灌溉用水量为  $0.8 \times 10^8 \text{m}^3$ , 人畜饮用水量为  $0.1 \times 10^8 \text{m}^3$ 。人为耗水量只占青海湖年亏损水量  $4.5 \times 10^8 \text{m}^3$  的20%。说明人类活动对青海湖水位的影响是不大的。

根据多年的对比研究分析,人类活动直接耗水量不是湖水位下降的决定因素,其主要原因则是气候干暖化致使湖面蒸发量超过湖面降水量与入湖河流径流量之和。从某种意义上说,青海湖水位下降是青藏高原隆升之后以冷干和暖干为主的气候特征的延续和发展。然而人类活动通过改变流域生态环境状况而间接影响到湖水位下降的问题也不容忽视。由于对流域灌丛植被的人为破坏(如乱砍滥伐)以及过度放牧,致使其植被盖度不断下降,土地沙漠化趋势加剧,地表水分涵养能力下降,阳光直接辐射量相应增加,流域地表面的实际蒸发量无疑会加剧,从而导致入湖河流径流量的不断减少,最终影响到入湖水量补给的不断减少。据对刚察县几种生境类型的蒸发蒸腾情况的尝试性观测表明,歇闲地和农田的土壤水分蒸发量明显增大(表4-2-2)。可见生态环境改变可影响到青海湖水量的平衡问题。

表4-2-2 不同生境类型的水分蒸发蒸腾情况

| 生 境                                                               | 芨芨草群落   | 矮嵩草群落  | 农 田    | 间 歇 地  |
|-------------------------------------------------------------------|---------|--------|--------|--------|
| 主要植物种                                                             | 芨芨草、早熟禾 | 矮嵩草    | 青 稞    | 甘肃马先蒿  |
| 群落盖度(%)                                                           | 85~90   | 75~95  | 85~95  | 65~75  |
| 植物-土壤总蒸发蒸腾( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-2}$ ) | 662.90  | 407.36 | 724.65 | 925.29 |
| 植物蒸腾( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-2}$ )       | 467.44  | 88.25  | 245.83 | 129.51 |
| 土壤蒸发( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-2}$ )       | 195.46  | 319.11 | 478.82 | 795.78 |
| 水面蒸发( $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hr}^{-2}$ )       | 0.034   | 0.044  | 0.025  | 0.032  |
| 土壤含水量(%)                                                          | 7.677   | 5.628  | 6.965  | 6.531  |

注:引自陈桂琛等,1994。

如上所述,青海湖水位下降是气候变化和人类活动共同影响的结果。在目前尚不能有效改变流域气候环境的前提下,适度减少人类活动对流域生态环境的破坏,并对流域生态环境实施综合治理,最终使流域生态环境得到较大改善,地表水分涵养能力得到提高,无疑是减缓水位下降趋势的有效举措。

## 2. 传统畜牧业发展的影响

畜牧业生产在青海湖流域有着悠久的发展历史。1949~1987年,流域各类牲畜数量年平均增长率为2.64%,2004年各类牲畜存栏总数上升为 $265.78 \times 10^4$ 头只(折合 $401.88 \times 10^4$ 只羊单位)。畜群的持续增长直接造成对草地资源的压力增加,虽然流域牲畜总数呈波动状态,但整体趋势仍在上升,而这种波动变化又是与流域高寒生态较低的生产力、季节草场的不平衡以及各种自然灾害的频繁发生等因素密切相关。

由于过度放牧以及鼠虫害等作用,草地退化已成为流域严重的生态问题之一。目前各类退化草地面积为 $93.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,约占流域草地总面积的43.67%。草地退化主要表现为产草量下降、优良牧草比例减少、杂毒草增加等(表4-2-3)。尽管草地的产草量受降水量及降水季节分配波动很大,但不同时期的产草量对比还是很能说明植被的破坏情况及其表现。例如,天峻县1973年和1982年平均单产可食鲜草分别为 $2115 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $1484 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,产草量下降了29.83%。温性草原和高寒草原的狼毒、高寒灌丛和高寒草甸的棘豆近年来已对牲畜造成很大危害。

表 4-2-3 青海湖部分地区草场放牧情况对照

| 样地位置          | 草场类型     | 放牧情况 | 群落总盖度(%) | 优良牧草   |         | 杂 毒 草  |         |
|---------------|----------|------|----------|--------|---------|--------|---------|
|               |          |      |          | 分盖度(%) | 占总盖度(%) | 分盖度(%) | 占总盖度(%) |
| 151 厂南侧青海南山山麓 | 矮嵩草草原化草甸 | 轻牧   | 81.5     | 69.6   | 85.4    | 11.9   | 14.6    |
|               |          | 过牧   | 73.3     | 37.7   | 51.43   | 35.6   | 48.57   |
| 江西沟乡政府西侧      | 针茅草原     | 围栏内  | 68.7     | 56     | 81.51   | 12.7   | 18.49   |
|               |          | 围栏外  | 58.3     | 31.7   | 54.37   | 26.6   | 45.63   |
| 刚察县城北面山地阳坡    | 针茅草原     | 轻牧   | 99       | 74.5   | 75.25   | 24.5   | 24.75   |
|               |          | 过牧   | 80       | 50.6   | 63.25   | 29.4   | 36.75   |

注:引自陈桂琛等,1994。

虽然人类活动近 30 年来对流域植被的基本分布格局影响不大,但对局部植物群落的破坏和干扰是十分明显的。如沙柳河、布哈河下游河谷灌丛的破坏,沙丘外缘中麻黄的采伐,农业垦荒之后的弃耕地等均较为明显。同时,草地退化还进一步加剧了草畜矛盾、水土流失等问题。

### 3. 盲目垦荒扩大耕地的影响

流域种植业的发展是近 30 年来人类活动的主要标志之一。20 世纪 50 年代末至 60 年代初,流域曾大量开垦荒地,农耕地面积达  $4.9 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,后因气候原因,部分新垦农田因无法收获而先后弃耕,弃耕地主要集中分布于湖盆草地。正是这种盲目的不合理垦荒才导致了一系列的生态后果。风沙活动加剧以及沙漠化土地面积扩大已是流域十分突出的生态问题之一。1956 年、1972 年和 1986 年沙丘及沙漠化土地面积分别达到  $45\,200 \text{hm}^2$ 、 $49\,800 \text{hm}^2$  和  $75\,656 \text{hm}^2$ 。其活动范围已由原来主要集中于湖东北部地区,而向整个湖盆地带扩大,如鸟岛西北部、倒淌河河谷等。青海湖鸟岛也随着布哈河每年平均  $35.77 \times 10^4 \text{t}$  入湖泥沙量以及风沙堆积活动、湖水位下降等综合原因于 1978 年与湖岸连陆,致使鸟岛的鸟类生态环境恶化。

### 4. 渔业资源过度开发的影响

青海湖以盛产青海湖裸鲤而闻名。1959 年以前主要以冰下钩捕和湖边围捕为主,年产量一般在数十吨或数百吨。1960~1962 年在三年“大饥荒”时期青海湖裸鲤年捕捞量高达  $1.8 \times 10^4 \sim 2.8 \times 10^4 \text{t}$ 。此后的 20 多年间,非法捕捞和不合理捕捞等人类活动对鱼类资源的直接破坏现象仍在不断发生。这种不正常的过度捕捞,超过鱼类资源再生能力,致使个体减少、产量下降、群体结构低龄化,进而破坏了流域的鱼类资源。与此同时,湖区气候寒冷、水中饵料缺乏、鱼类生长速度十分缓慢,一条 500g 的青海湖裸鲤需生长 10 年左右。加之流域气候干暖、湖水位下降、环境污染以及入湖河流被截流引水灌溉等,致使鱼类产卵场所遭受破坏。由此可见,青海湖鱼类资源减少是人类不合理活动直接作用的结果,同时又与生态环境恶化有一定的联系。

### 5. 环境污染的影响

青海湖流域是以青海湖为中心的盆地高寒草甸和草原生态系统。无论是系统的稳定性及可调节功能等方面均为脆弱。其污染源主要来自流域城镇居民、旅游景点及工矿企



业的污水、废气、固体废物（垃圾等）、噪声以及面源污染（如兽药污染、化肥和农药污染）等。目前，流域生活污水排放量为 $5\,848\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，主要污染物有 BOD、COD、SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$  等。

如果说青海湖水位下降的主要原因是气候干暖化造成的，那么环境污染则完全是人类活动的直接结果。虽然这一问题目前并不严重，然而随着流域经济社会发展及人口数量的不断增长，环境污染必将变得更为突出，许多废弃物未经处理而直接排放，而有些污染则是缺乏环保意识造成的。

综上所述，青海湖流域生态环境演变是自然因素和人类活动综合作用的结果。气候演变是生态环境演变的主导因素，而人类活动则是近 30 年来流域生态环境演变的催化和诱导因素。青藏高原的隆升以及气候的演变对生态环境的影响是在漫长地质历史演变过程中形成的，有相对的稳定性，影响环境整体基本格局；而人类活动对生态环境的影响是跳跃、波动和不稳定的，其结果也是难以预测的（陈桂琛等，1994）。人类活动的最基本影响，表现在对一个地区能量和水分条件的改变上。从生态系统能量和物质的观点看，青藏高原的巨大隆升造成生境的寒旱化以及人类不合理活动致使系统的能量输入减少，影响物质循环转化，如干旱缺水、对生物资源的过分掠夺而缺乏必要的投入，对本来就已十分脆弱的生态系统造成很大的压力，使流域生态环境整体退化。随着经济社会的发展，人类活动将进一步增强，对生态环境所产生的新矛盾和环境压力也将增加。因此，青海湖流域人类活动对生态环境的影响和作用不可忽视。

此外，青海湖作为干旱半干旱地区的大面积水体，对当地局域气候具有一定的调节功能。首先，由于湖水的热力作用，使得湖周边地区温差变小。流域年平均气温在 $3 \sim -3^\circ\text{C}$ 之间，而湖周边地带年平均气温在 $-1 \sim 1^\circ\text{C}$ 之间。湖体南北向温度梯度明显小于东西向温度梯度，这也是湖体对温度调节作用的结果。其次，青海湖对湖周围的风具有一定调节功能。由于湖面粗糙度远远小于湖周边地表面，气流在经过光滑的湖面时得到加速，即风速加大。第三，由于湖面与周边下垫面热力状况的差异，以 24h 为周期的局地湖陆风是湖体对当地风调节的结果。另外，湖体作为巨大水体，可有效遏制柴达木盆地荒漠化向东南方向蔓延，湖东南面草场退化及沙化程度要小于湖西北面，这是湖体“天然屏障”作用的体现。

青海湖流域生态环境的变化对其相关环境有着深刻的影响。500Hp 水汽通量散度表明，青海省境内祁连山至青海湖一带存在一个水汽的辐散区，也就是说，青海湖流域具有向周围地区输送水汽的功能，这对周围地区的降水分配十分重要。偏西气流可将流域上空的水汽输送至青海省东部甚至更远的地区，在合适条件下可在当地形成一定降水。西南季风比较强盛时也可以翻越祁连山到达河西走廊的张掖地区并将流域上空的水汽输送至该地区上空。春末夏初由于流域独特的地形和热力作用形成的青海湖锢囚锋可在青海省东部及海南等地形成比较大的降水。

### 三、生态环境的主要问题及其成因分析

青海湖流域作为青藏高原的组成部分，自然环境条件较为恶劣。流域范围内，地势

较高,低温、干旱、多风等极为恶劣严酷的自然条件导致区域环境极为脆弱的特点。同时,该流域也是一个地处内陆且以少数民族占据主体地位的多民族聚居地区,属于青海省经济社会发展较强的地区之一。受社会发展及自然环境演变等诸多因素的影响,流域生态环境呈现出趋于恶化的总体发展趋势,对区域经济社会的可持续发展带来一定的负面影响。在目前情况下,要实现区域经济社会的健康持续发展,必须对流域目前存在的各种主要问题有较为清醒的认识,在科学发展观指导下,提出适宜的有效对策与措施,通过一切可能的方法或途径,避免、减缓和克服流域内的生态环境问题,实现区域范围内人与自然之间的有效和谐,促进区域社会经济的可持续发展。为此,对流域目前所存在的主要问题及其形成原因进行分析探讨。

### (一) 青海湖水位下降

长期以来,青海湖水位表现出较为明显的不断下降趋势,已成为流域的主要生态环境问题之一。虽然由于研究角度和研究方法上存在差异,对青海湖湖面水位变化的研究数据也不尽相同,但近100年来青海湖湖面水位下降则是一个不争的事实。在长期的历史演变过程中,青海湖的水位呈现出明显的波动下降趋势。特别是有水文记录以来的近几十年来,青海湖水位的下降趋势更为明显。

随着青海湖水位的不断下降,伴随青海湖水位面积的不断缩小、湖水矿化度呈上升趋势、湖水整体质量恶化、湖滨沙地形成加剧等一系列问题,并对湖中生存鱼类的繁衍生息也造成了一定的不良影响。

#### 1. 湖水位演变情况

虽然缺乏较为详细的记录数据,但也有资料表明青海湖的水位在历史演变进程中呈现出不断持续下降的变化趋势。有资料报道(李小玲,2005),三四万年前青海湖的水位大约比现在高80m,全盛时期青海湖湖面面积约8200km<sup>2</sup>,约为目前湖面面积的2倍。据有关资料推算,1908~1957年间青海湖的水位由海拔3205m下降为海拔3196.57m,平均每年下降16.86cm(陈桂琛等,1995;李小玲,2005)。

自建立湖水位观测体系以来,青海湖水位也呈现出较为明显的波动下降趋势。据青海省水文总站的实测数据资料,1957~2004年间青海湖水位由海拔3196.57m下降为3196.49m,平均每年下降约0.17cm,表现出明显的下降趋势。又如1959~1988年的30年间有7年湖水位上升,1年持平,其余22年均均为下降。在湖水位下降年份中,下降幅度最大为0.34m(1980)。

对于青海湖水位的未来发展趋势,学术界存在不同的观点。部分学者认为,青海湖水位有进一步继续下降的趋势(杨雪,2004;李林等,2005);部分学者则认为,青海湖水位将保持一定水平甚至将伴随气候变化而回升(丁永建等,1995;范建华等,1992)。

#### 2. 湖水位下降原因

毫无疑问,造成青海湖水位下降的原因是多方面的,其中既有社会经济发展过程中的影响因素,也有自然环境条件演变过程中的影响因素。归纳起来,造成青海湖水位下降的主要原因有以下几个方面。

(1) 流域气候干暖化: 众多的研究结果表明, 在全球气候变化的总体进程中, 青海湖流域也经历了干、湿、冷、暖等方面的周期性变化(杜乃秋等, 1989; 孔昭宸等, 1989; 周陆生等, 1992; 周笃珺等, 1996; 李林等, 2002; 刘兴起等, 2003; 王艳姣等, 2003)。但总体发展趋势则是向干暖化的方向发展。据李林等(2002)研究结果, 流域的年平均气温和年平均蒸发量均呈现出明显的波动增高趋势, 成为流域总体气候趋势向干暖化方向发展的有利证明。伴随流域干暖化趋势的增强, 必然会导致青海湖水位的下降。有学者认为, 流域气候的干暖化是造成青海湖水位下降的主要原因(彭敏等, 1994; 李林等, 2004; )。

(2) 湖水“收支”不平衡: 对于青海湖入湖补给水量的统计研究, 虽存在不同的相关报道, 但青海湖补给水量小于损耗的结论却属共识。据资料报道(杨雪, 2004), 半个世纪以前流入青海湖的河流曾经有 108 条。但是, 目前只剩下布哈河、沙柳河、黑马河、泉吉河等 40 余条, 其他河流则已经干枯。同时这些较大的河流也出现季节性断流现象。由于流域内入湖水量的明显减少, 势必导致青海湖入湖补给水量的大幅度减少, 成为青海湖水位下降的动因之一。

一般而论, 青海湖水位下降的直接原因就是入湖补给量小于湖水亏损量, 其蒸发量大于降水量是造成湖面水位下降的重要因素。从青海湖北岸的刚察县气象站资料分析, 年平均降水量在 20 世纪 90 年代较 60 年代减少 17.6mm; 而年平均气温 90 年代较 60 年代增高 0.8℃。这是湖区气候暖干化持续增温, 使得入湖补给水量明显不足, 致使湖面水位持续下降。

据李林等(2002)对青海湖流域 1976 年来的气温、降水、蒸发等气候要素变化趋势的研究结果, 年平均气温及春、夏、秋、冬四季的平均气温均呈上升趋势, 尤以秋、冬两季较为明显; 年平均降水量以及春、夏、冬等季节的平均降水量自 20 世纪 90 年代后出现减少趋势, 秋季降水始终呈减少趋势; 但年平均蒸发量及春、夏、秋、冬四季的蒸发量均呈增大趋势。气温的升高和蒸发的增大, 无疑使湖面蒸发量增大, 致使青海湖水量存储减少, 最终出现水位下降。

(3) 人为活动截流: 也是导致流域河流入湖水量减少的因素之一。青海湖水资源的减少, 湖面日渐缩小的原因固然与气候干旱、降水稀少有关。但人类不合理的开发利用也加速了青海湖水位的下降。伴随流域经济社会的发展进程, 流域内的人口数量由 20 世纪 50 年代的 2 万多人上升到目前的 8.56 万人, 耕地面积还有约  $1.79 \times 10^4 \text{hm}^2$  (2005)。从实地调查情况来看, 这些居民的生活用水和耕地的农业用水, 特别是青海湖北部大部分农田的灌溉用水, 主要取自于青海湖的沙柳河、哈尔盖曲、布哈河等河水, 其结果必然造成各被利用河流的分流, 以及入湖水量的分流和减少, 最终成为导致青海湖水位下降的原因之一。

## (二) 湿地面积萎缩

由于青海湖总体生态环境的退化, 也呈现出湿地生态系统区域退化的现实, 成为流域日益显现的生态环境问题之一。其主要表现形式为青海湖面积减少、湿地面积萎缩、湿地环境质量下降、湿地生态功能减弱等方面。

青海湖水位的下降,导致湖泊面积和湖体蓄水量的不断减少。据有关资料报道(陈桂琛等,1995),1908~1988年间,青海湖面积平均每年减少 $8.4\text{ km}^2$ ,湖体蓄水量平均每年减少 $8.21 \times 10^8\text{ m}^3$ 。据青海湖1956年、1972年、1986年航片和卫片资料解译,青海湖面积分别为 $4\,580.36\text{ km}^2$ 、 $4\,450.3\text{ km}^2$ 和 $4\,304.5\text{ km}^2$ ;1956~1986年湖面面积减少 $279.4\text{ km}^2$ ,平均每年减少 $9.3\text{ km}^2$ 。

随着青海湖水位的下降,湖滨的一些浅水地区逐步露出水面,不仅演变为陆地而失去其原有的湿地生态系统功能,而且成为湖泊周围沙漠或沙漠化土地的主要物质来源地。据报道(倪绍祥等,1999),青海湖湖面的下降已导致在湖滨、三角洲及入湖河道下游两侧低洼地中的湿地面积明显呈现出不断萎缩之势。例如,1956年沙柳河口的沼泽面积为 $50\text{ km}^2$ ,到1986年则减少为 $20\text{ km}^2$ 。同时湖北岸还可以看到过去众多的子母湖湾现在已所剩无几,代之出现的是一处处干涸皸裂的湖盆和连片的沙包沙原,基本失去原有的湿地生态系统功能。造成流域湿地面积萎缩的主要原因有以下两个方面。

#### 1. 流域气候干暖化

如前所述,流域在其演变进程中的干暖化趋势十分明显,这不仅造成了青海湖水位的下降,而且也会造成流域湿地生态系统水源补给能力的下降,导致这些湿地长期处于无法获得足量水分补充的境地,其结果则造成湿地面积的明显萎缩。同时伴随气候干暖化进程的发展,青海湖周边河流的实际流量也会出现减少现象,部分河流的季节性断流,也直接或间接地影响到河边湿地的水源补给,造成湿地缺水后的萎缩现象。

#### 2. 湖水位的不断下降

青海湖水位的下降,一方面造成湖滨原有覆水地段的出露并呈现疏干趋势;另一方面则降低部分湖滨湿地地下水补给能力的下降,使原有湿地无法获得足以维系湿地生态系统需求的水分补充,这些也成为导致青海湖流域湿地趋于萎缩的重要原因。

### (三) 沙漠化现象日益严重

风沙活动加剧以及沙漠化土地增加已是流域较为突出的生态问题之一。由于气候变化与人为因素的影响,流域的风沙活动明显加剧,土地沙漠化现象日益严重。据青海省农林科学院调查,1972年鸟岛附近有沙地 $4.25\text{ km}^2$ ,到1986年已增至 $26.65\text{ km}^2$ ,增加了5.27倍,致使鸟岛的鸟类生存环境恶化。1980年以前刚察县几乎没有沙漠化土地,但到1980年以后沙漠化土地强烈发展,到1999年沙漠化土地已扩展为 $211.06\text{ km}^2$ 。

据资料统计和航卫片构绘计算,1956年流域的沙漠化土地为 $452.9\text{ km}^2$ ,1972年增为 $498.4\text{ km}^2$ ,1986年则高达 $756.6\text{ km}^2$ 。据此计算,1956~1986年间流域的沙漠化土地平均每年扩大 $10.1\text{ km}^2$ ,年扩展速率为1.73%。沙漠化土地的分布范围已由原来主要集中于湖东北部向整个湖盆地带扩大。据报道(张登山等,2003),目前流域沙漠化土地主要分布在湖东岸下巴台、海晏县克图及耳海周围,湖北岸的尕海周围、草裕链、甘子河,湖西岸的鸟岛、沙陀寺至布哈河、石乃亥地区及湖南岸一朗剑、二朗剑的部分沙漠化土地,总面积高达 $1\,695.12\text{ km}^2$ 。根据流域土地沙漠化程度,可以划分为潜在沙漠化土地、正在发展中的沙漠化土地、强烈发展中的沙漠化土地和严重沙漠化土地等四个等级。其中,后两个等级的沙漠化土地面积为 $1\,232.60\text{ km}^2$ ,占流域沙漠化土地总面积的

72.71%。造成流域沙漠化土地面积明显扩大的原因,主要是气候因素和人为因素共同作用的结果。归纳起来,主要表现在以下三个方面。

### 1. 气候干暖化趋势的影响

据报道(刘吉峰等,2006),青海湖流域内土壤可蚀性  $K$  值的高值区主要集中在环湖周围,在流域西北部高山区也有分布。这些土壤是可蚀性  $K$  值较高的土壤类型,土壤有机质含量较低,土壤团粒结构差,土体松散,地表植被盖度也相对较低,易于遭受侵蚀。在流域气候干暖化增强的背景条件下,这些高值区土壤的稳定性进一步下降,最终发展成为沙漠化土地。因此,这些土壤可蚀性  $K$  值的高值区也是土壤沙化比较严重的区域。

### 2. 青海湖水的退缩

由于青海湖水位的不断下降,湖水面积也逐步缩小。伴随湖水面积的退缩,使湖滨部分地段的湖底外露,湖底原有的细土沉积就可能直接演变为沙漠化土地,或者成为重要的风成沙源。例如,湖东岸沙漠化的形成是全新世湖泊退缩过程中的产物。

### 3. 不合理人为活动所致

流域土地沙漠化范围及其面积的扩大有气候因素的作用结果,但不合理的人为活动也是重要成因。特别在近期湖盆沙化范围及其面积的扩大则更多地是人类活动的结果。土地资源的不合理利用,在一定程度上也加剧了流域土地沙漠化趋势。加之盲目垦荒后的大面积弃耕,不仅造成原有草地稳定结构的破坏,而且造成土壤的严重退化。据调查,流域曾在20世纪50年代末期大面积垦荒,到1960年耕地面积还达  $4.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。目前,实施退耕还牧还草后,湖盆草原地带仍集中分布有大量弃耕地,加上过多的休闲地和冬天裸露的耕地已在事实上成为本区重要的沙源。同时,流域天然草地利用长期处于超载过牧的状态下,使草地植被的繁育再生能力明显降低,植被盖度有所下降,地表植被保持水土的实际能力减弱,成为流域沙漠化发展的重要因素之一。20世纪70年代早期,流域范围内大面积构筑的“草库仑”,不仅未能发挥其预期效果,而且对原有草地造成了破坏,倒塌后的土墙有可能成为潜在的沙源。

## (四) 天然植被遭受破坏,草场生产能力下降

随着人口增长及对资源的需求增加,流域植被已受到不同程度的破坏,草场退化较为严重。据相关资料记载,20世纪50年代初期在布哈河、沙柳河等较大河流的宽阔河谷上密集生长着以具鳞水柏枝和沙棘(*Hippophae spp.*)为主要优势种的高原河谷灌丛。但目前已遭到严重破坏,许多原生灌丛已不复存在,如今保存较好的高原河谷灌丛仅存在于布哈河中上游的河谷地带,而在布哈河下游和沙柳河两岸仅有少数高原河谷灌丛群落残留在河流中间的沙堆中。二郎剑和湖东北部沙化地区外缘地带,曾分布有一定数量的中麻黄(*Ephedra intermedia*),如今已被大量采挖而残存无几,近乎匿迹。

流域天然草地的退化现象也十分严重。20世纪50年代初期,湖区曾经是草群繁茂,优良牧草丰富的天然草场。如今,草地退化似乎已成普遍现象,低产草地面积占有相当比例且呈增加趋势。据样方调查,退化草地的植被盖度明显下降,群落组成中优良牧草的数量和比例下降。刚察县草地的平均可食青草产量1959年为  $2\,056.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,



到1980年降为 $1\,270.5\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,产草量下降了38.22%;天峻县70年代初期草地的平均青草产量为 $2\,115\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,到80年代已降为 $1\,240.5\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。调查表明,到1987年底流域内各类草场退化面积达 $689\,840\text{hm}^2$ ,已占到流域草地总面积的35.65%。由于草地退化和食物供给不足等原因,流域牲畜品质明显下降。50年代末,绵羊的平均体重为25kg,近年来平均体重已下降到15~20kg,下降了20%~40%;羊毛产量也从50年代的平均每只产毛1.25kg降为80年代的0.72kg,下降了27.23%。

据报道(尚永成,2006),流域中度以上草地退化面积已达 $148\times 10^4\text{hm}^2$ ,占流域可利用草原面积的55.72%。其中,“黑土滩”面积 $22.54\times 10^4\text{hm}^2$ ,沙化草地面积 $41.85\times 10^4\text{hm}^2$ ,毒杂草型退化草地面积 $83.60\times 10^4\text{hm}^2$ ,并且每年仍以3%速率递增。尚永成(2006)认为,湖区植被整体景观明显呈现出由草原植被景观向荒漠化植被景观演变的趋势,优良牧草种类减少,毒杂草大量滋生,草地产草量大幅度下降,植被盖度明显降低。

受自然环境条件的影响,流域草地生态系统属于极不稳定的脆弱生态系统,极易受到外部自然环境变化和人为扰动的影响而导致破坏,草地生态系统一旦遭受破坏后的恢复难度很大。因此,造成草地生态环境恶化的原因是多方面的,可大致归纳为以下几个方面。

#### 1. 气候变暖和气候异常的影响

气候对草地植被的影响主要表现在三个方面:一是影响牧草的生长期;二是影响牧草产量;三是影响牧草的群体结构。有关研究表明,牧草返青期与当年春季降水量和上年秋季降水量有着显著的正相关关系,而牧草的枯黄期与热量及水分条件密切相关,若牧草枯黄前出现干旱天气则可使牧草提前枯黄。青海湖流域自1976年以来的秋季降水量呈明显的减少趋势,且春季降水量也从90年代开始出现显著的减少。这一变化趋势直接导致了牧草返青期的推迟和牧草枯黄期的提前,使牧草的有效生长季呈现缩短趋势。此外,牧草产量与牧草生长季的降水量有着明显的对应关系,降水偏多的年份牧草产量相应提高;反之,牧草产量则降低。近年来,流域降水量呈逐年减少趋势,也同样导致了牧草产量的下降。因此,气候干旱化和春旱的发生已成为导致天然草地植被退化的重要原因之一。

#### 2. 放牧草地长期超载过牧

受各方面因素的影响,青海湖流域放牧草地长期超载过牧的问题一直未能得到根本解决。据刚察县1990年的调查统计,全县各类牲畜总量折合 $126.25\times 10^4$ 只羊单位,但草地理论载畜量仅为 $106.97\times 10^4$ 只羊单位,实际超载 $19.28\times 10^4$ 只羊单位,超载率为18.02%。流域内其他各县的实际情况基本类同。

超载过牧的必然结果就是对草地造成巨大压力,导致天然草地的自我恢复和繁育能力、草地实际生产能力和产草量明显下降,从而进一步加剧了已经显得十分突出的畜草矛盾。当达到一定的压力程度时,就会导致天然草地发生难以逆转的退化,可食牧草比例下降而杂毒草比例上升,草地生产力明显下降,最终导致天然草地的严重退化。草场退化现象在牧区居民点附近尤其明显,就是过度利用天然草地而导致草场严重退化的最好实例。



### 3. 盲目垦荒和人为滥伐

缺乏科学规划的盲目垦荒, 不仅难以获得农作物的收成, 而且会对原有基本稳定的草地群落造成难以弥补的损失。例如, 1958 ~ 1960 年间青海湖流域曾进行过大面积的垦荒活动。由于自然环境条件不适于农作物栽培, 其中大部分耕地不得不弃耕。据实地调查, 20 世纪 60 年代的农田弃耕地, 至今依旧未能得到有效的恢复。与周边原生植被相比, 这些弃耕地依然存在群落结构较为简单、优良牧草比例较低、群落生物多样性较差的情况。

由于多方面的原因, 流域居民对野生植物的滥采乱伐, 也是造成区域天然植被遭受破坏的主要因素之一。以前, 为满足生活用柴的需要, 农牧民大量采伐具鳞水柏枝和沙棘等河谷灌丛植物, 山生柳、鬼箭锦鸡儿等高山灌丛植物和叉子圆柏等固沙植物的情况较为常见, 致使这些灌木植被遭受到不同程度的破坏; 为经济利益驱动, 大量滥伐中麻黄等药用植物和其他经济植物的现象也较为普遍, 不仅造成原生植被类群生物多样性的降低, 而且造成原有群落结构稳定性的下降, 最终导致天然植被的破坏。实践证明, 在青海湖流域较为严酷的自然环境条件下, 遭受破坏的天然植被往往难以依靠自身力量在短期内得到有效的恢复。

### 4. 鼠虫泛滥引起的危害

青海湖流域曾经较为严重的鼠、虫危害, 也是造成区域天然植被和草地生态系统破坏的作用因素之一。据研究, 鼠害严重地段的鼠类密度可以达到  $75 \sim 165 \text{ 只} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 鼠洞在 2 250 ~ 2 700 个之间。如果按照鼠兔的日食量为 66g (鲜草), 鼢鼠的日食量为 264g (鲜草), 平均日食量 165g (鲜草), 全年危害鲜草期 180d 的标准计算, 每公顷草地每年损失牧草为 2 200 ~ 4 900kg (鲜草)。据 1997 年 8 月的实测结果, 虫害严重地段的蝗虫密度可达  $300 \text{ 头} \cdot \text{m}^2$  以上, 大大超过  $25 \text{ 头} \cdot \text{m}^2$  的理论防治标准。按每虫口平均日采食量折算, 每公顷草场每年损失鲜草达 1 500kg 以上, 优良牧草损失率达 50% ~ 80%, 有些地段甚至牧草几乎被全部吃光。

## (五) 野生生物资源种类和数量下降

由于湖区生态环境的逐渐恶化, 流域内的野生生物资源 (特别是动物资源) 的种类和数量均有所下降。青海湖流域是青海省野生动物集中分布区之一, 分布有各类高等动物 235 种。其中, 鸟类 189 种, 哺乳类 41 种, 两栖类 2 种, 爬行类 3 种, 分别占青海省相应动物资源种类数的 55.82%、39.90%、22.20% 和 42.8%。在这些野生动物中, 国家一级保护动物 8 种, 国家二级保护动物 29 种, 有经济价值的 18 种, 属于青藏高原特有的动物种类有 10 种。

近年来, 流域野生动物的数量也呈较为明显的减少趋势, 部分种类甚至趋于灭绝。普氏原羚目前仅在流域的局部地区有分布, 成为世界上最濒危的有蹄类动物之一, 先后被 IUCN (国际自然保护联盟) 红皮书和中国濒危兽类红皮书列为极危级 (CR) 保护物种。盘羊和岩羊数量很少, 雪豹似乎已经绝迹, 藏雪鸡和高山雪鸡 (*Tetraogallus himalayensis*) 也已不常见。秃鹫和胡兀鹫数量很少。在高山草甸和草原动物群中, 大型动物如野牦牛、藏原羚、藏野驴、白唇鹿、马鹿、狍鹿 (*Capreolus capreolus*)、棕熊几

乎已经消失,狼和喜马拉雅旱獭已不多见。高山灌丛动物群中的马麝的种群数量已很难恢复。

青海湖鸟岛曾是鸟类生存的理想王国,但目前的鸟类资源种类和数量也在明显减少,或迁移分布到海心山、沙岛、孤插山(三块石)等其他地段。虽然经过青海湖国家级自然保护区管理局的不懈努力,青海湖鸟岛栖息的鸟类数量有了明显的回升,但依旧没能达到历史上的最高水平,数十万只鸟儿云集此地的壮观景象已成为历史。

青海湖裸鲤属于青藏高原的特有种类,曾盛产于青海湖。据早期调查,青海湖内的鱼类资源蕴藏量达 $5 \times 10^4$ t,年产量占青海省鱼产量的45%。然而,从20世纪80年代开始,青海湖裸鲤资源明显锐减,可捕量下降,鱼体变小,性早熟,产卵量减少,青海湖裸鲤资源近于灭绝。在这种情况下,青海省人民政府被迫采取一系列措施来保护青海湖裸鲤资源的生存和繁衍,一方面投入巨资进行青海湖裸鲤的人工育鱼及放养,一方面则制定出台众多保护青海湖裸鲤资源的相关法规,加大监管和处罚力度。这些措施,虽然对促进青海湖裸鲤资源的恢复起到了积极作用,但还不足以从根本上解决青海湖裸鲤资源的保护和增殖问题。

除野生动物数量明显减少外,流域野生植物资源也存在遭受破坏的现象,表现出资源储量明显锐减,有些种类则几乎趋于灭绝。造成流域野生动物资源数量减少的主要原因,大致可归纳为如下几个方面。

### 1. 青海湖裸鲤资源产卵场的破坏

青海湖流域的气候干暖化发展趋势,使周边河流的水量呈现下降趋势,导致青海湖裸鲤天然产卵场遭受破坏,使其自身的繁衍能力明显下降。布哈河、沙柳河、哈尔盖曲、黑马河、甘子河等周边河流曾是青海湖裸鲤的回游产卵场,但伴随流域气候的干暖化进程,甘子河已完全断流,哈尔盖曲和黑马河在鱼类繁殖季节的流量明显下降,沙柳河则由于农业截流而导致水量减少。这些现象,对青海湖裸鲤的产卵繁育造成了十分不利的影响,致使青海湖裸鲤自身的繁衍能力和资源量明显下降。

### 2. 鸟岛连陆及鸟岛生态环境的恶化

由于布哈河输沙和风沙堆积等自然因素,青海湖鸟岛已由湖中的独立小岛而连陆成为半岛,使鸟岛的生存环境质量明显下降。鸟岛连陆后,在岛上发展形成了十分明显的沙丘堆积,加之连陆后,在鸟岛周围约8 000hm<sup>2</sup>的草地上,以角鸟曲为中心的沙化地带呈扇形向四周推进,平均流沙厚度14cm,部分地区形成小型的新月型沙丘,厚度大都超过60cm,加速了鸟岛生态环境的恶化,导致候鸟迁徙数量日益减少。鸟岛连陆后,为野生食鸟性兽类的闯入提供了十分便利的条件,也对栖息鸟类的生存带来了巨大的威胁。此外,禽流感等突发事件,也是导致流域鸟类资源数量锐减的重要原因之一。

### 3. 不合理的人为活动

青海湖属于高寒气候类型的贫养型湖泊,水中饵料缺乏,鱼类的生长期短,生长速度缓慢,鱼类资源本身的自我繁育能力和增殖能力十分脆弱。据了解,青海湖裸鲤每年的生长量约为50g。由于开发利用初期,对青海湖鱼类资源的掠夺性捕捞以及长期以来的乱捞偷捕,尤其是对繁殖亲鱼和幼鱼的捕杀,不仅超出资源实际承受能力而使资源量锐减,而且对资源本身的自我恢复及繁育能力造成巨大的破坏。其结果必然导致青海湖

裸鲤资源数量的急剧下降。

人类对野生动物的乱捕滥猎和栖息地的破坏,是造成青海湖流域野生动物数量下降的主要原因。人类长期无节制地开垦草地,直接破坏了野生动物原有的栖息生境,使野生动物的繁衍受到直接和间接的影响。大面积的网围栏建设和公路建设,在一定程度上制约了野生动物的活动范围和活动能力,造成野生动物分布生境的破碎化,也在一定程度上对野生动物造成极为不利的负面影响。例如,湖东旅游公路的修建,人为切割了普氏原羚的分布区域,加之草原网围栏的建设,使其生境明显呈现破碎化的发展趋势,直接影响到普氏原羚不同种群间的交流。又如大范围的灭鼠行动,也会由于带毒饵料的使用而直接或间接毒杀其他野生动物种类,化学毒饵导致鹰、雕、隼、狐狸等野生动物种类的死亡。这些人类活动都在一定程度上造成了流域野生动物数量的明显减少。此外,人类的超强度不合理采挖,则是造成流域野生植物资源储量锐减的重要原因。特别是一些具有较高经济价值的资源植物种类,如中麻黄、冬虫夏草、雪莲、红景天、藏茵陈(*Swertia mussotii*)等植物种类,现存数量已经十分有限,有些种类则已近乎灭绝。

#### 四、生态环境质量评价

青海湖流域独特的地理位置及环境特点,对于研究全球气候变化、高原内陆湖泊生态特点与演变规律,以及青藏高原隆升与高原环境演变机制等重大问题都有重要意义。它作为青藏高原的重要组成部分,在维系青藏高原生态平衡方面亦起着不可估量的作用(刘景华,2007)。

生态环境质量是指在一个具体的时间或空间范围内环境的总体或部分环境要素的复合体对人类的生存及社会经济持续发展的适宜程度(叶亚平,2000)。区域生态环境是区域经济社会可持续发展的基础;区域生态环境质量标志着区域经济社会可持续发展的能力,以及社会生产和人居环境稳定协调的程度。生态环境质量评价是对区域生态环境质量进行科学、量化描述的一种方法,目的是评价某区域生态环境质量优劣及其影响作用关系(贾艳红,2004)。

生态环境质量评价的目的是客观、正确地了解生态环境质量及其动态变化的原因和规律,预测生态环境的发展变化,拟定保护控制与利用的可行性措施提供科学依据(蒙荣,2000)。

开展区域生态环境质量评价,能够科学地把握区域生态系统的环境质量现状,协调区域发展与环境保护关系,合理进行区域生态环境综合整治,促进区域生态系统良性循环。首先,它能够使得决策者与公众等明确区域生态环境质量的基本状况;其次,找出区域生态环境质量变化的内在原因,并由此制定相关对策;第三,能够逐渐使得决策者、公众等明确在自然环境、灾害、污染、人口、科技、教育、福利等方面全面发展的必要性,改变传统的“区域国内生产总值、地方财政收入的增长等于区域社会经济的全面发展”的认识误区,并由此逐渐认识到区域可持续发展目标的真正内在涵义,并为相关部门的科学决策提供一定的借鉴与参考(朱晓华,2001)。

生态环境质量评价的原则是:①主要关系原则:指正确认识环境的范围、内容和功

能,分析环境的成因、演化及其影响因素,弄清生态环境中各组成要素变化及其因果关系、主次关系,划分环境要素的等级体系,正确选择评价参数和质量标准,确定适宜的权重,达到全面、正确地认识生态环境状况及其生态效应。②地带性和区域性原则:针对不同区域、不同类型的生态环境,选取的环境评价要素及其评价参数、制定的环境评价质量标准均应考虑地带性和区域性差异。③总体估计原则:生态环境是受人类活动和各种自然因素影响的复杂综合体。其中各种环境要素对塑造环境形成的综合影响,通过一定的方法和程序做一个总的估计和比较。④持续利用原则:评价时应从生态、经济和政策方面按照生态环境的持续利用原则,使单要素和综合整体的质量评价结果体现出生态与经济的协调性。⑤经济补偿原则:环境要素对生态环境造成的影响,有的损失是偶然性的,如旱灾;有的是周期性的,如采挖经济植物;有的是永久性的,如开垦、筑路等。为了科学比较这些损失,在计算经济损失时应根据其影响的轻重程度,按一次性补偿的原则来确定。⑥贵极无价原则:对于濒临灭绝的珍稀物种、自然奇观、独特的生态系统等,认为其价值无穷,无法用数量来表示,或者只能用特殊的符号来表示而不能估价。

## (一) 总体评价

### 1. 流域生态环境现状

(1) 青海湖水位下降,湖面萎缩,水环境趋于恶化:青海湖水位变迁的历史经历了多次升降波动,出现明显的直线下降趋势是在近百年间,特别是20世纪20年代末以来最为明显。1908年俄国学者测量的水位是海拔3205m,之后1908~1986年间湖水位就下降11m,平均每年下降13.9cm,水面面积缩小676km<sup>2</sup>。分析1959~2000年42年间青海湖年水位变化,1959~1988年的30年间水位降低了2.96m,平均每年降低10.2cm;1988~2000年的13年间水位又降低了39cm,平均每年降低3cm。可以看出湖水位呈现出持续下降趋势,但下降趋势已明显趋缓,速率降为每年8.2cm。这42年间青海湖水位总计下降3.35m,面积退缩288.3km<sup>2</sup>(王黎军,2003)。

青海湖在1975~2000年的26年间,湖岸总体变化趋势是整体退缩,变化较大的为东岸沙岛和海晏湾地带、北岸沙柳河入湖地带、西岸布哈河入湖地带。西岸和北岸缩进距离分别达1566.3m和3266.9m,年均缩进62.6m和130.6m。除了湖面退缩,青海湖正在从单一的高原大湖泊变为“一大数小”的湖泊群。早在20世纪60年代,青海湖北缘就分离出面积达48.9km<sup>2</sup>的尕斯库勒湖,后来又分离出沙岛湖和海晏湖两个新湖泊。自1986年以来,在湖东北面又有一个面积达96.7km<sup>2</sup>的湖泊近期已基本从青海湖分离出来。

青海湖水位下降使湖水水环境发生显著变化。据青海省水文水资源的勘测表明,1962年青海湖含盐量为12.49g·L<sup>-1</sup>,到1986年增加为14.15g·L<sup>-1</sup>,目前有的年份达到了16g·L<sup>-1</sup>。同时,由于青海湖水体含盐量较高,平均pH值已由过去的9上升到9.2以上,有的水区高达9.5(刘进琪,2007)。

(2) 草地生态退化:据韩永荣(2000)报道,湖区的优良草场由20世纪50年代的201×10<sup>4</sup>hm<sup>2</sup>下降到90年代末的109×10<sup>4</sup>hm<sup>2</sup>,单产鲜草由1963年的1740kg·hm<sup>-2</sup>

下降到 1996 年的  $1\ 089.6\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 34 年间下降 37.4%。近十多年来, 由于超载过牧和气候变化影响, 流域草地退化不断加剧, 退化面积达  $93.3 \times 10^4\text{hm}^2$ , 占可利用草地面积的 49.13%。其中, 中度以上退化草地为  $65.67 \times 10^4\text{hm}^2$ , 占该流域可利用草地面积的 34.58%; 重度退化草地  $13.44 \times 10^4\text{hm}^2$ , 占 7.08%; 极重度退化草地  $8.98 \times 10^4\text{hm}^2$ , 占 4.68%。一方面, 受草地开垦影响, 草地面积持续减少。据刘进琪 (2007) 报道, 近 15 年间减少草地面积的 90% 转为耕地, 只有 3.27% 转为未利用土地, 这反映出青海湖流域天然草地的人为开垦利用现象非常严重; 另一方面, 草地退化的一个重要指标就是盖度下降, 近 15 年间 >70% 高盖度草地转化为中盖度 (盖度介于 30% ~ 70%) 草地和低盖度 (盖度 <30%) 草地分别为  $482.42\text{hm}^2$  和  $1\ 397.37\text{hm}^2$ , 中覆盖草地转化为高覆盖草地和低覆盖草地分别为  $671.1\text{hm}^2$  和  $5\ 004.43\text{hm}^2$ , 低覆盖草地转换为高覆盖草地和中覆盖草地的面积分别为  $301.7\text{hm}^2$  和  $3\ 168.79\text{hm}^2$ , 转换的结果, 使高覆盖草地减少  $906.39\text{hm}^2$ , 中覆盖草地减少  $2\ 024.32\text{hm}^2$ , 低覆盖草地则增加  $2\ 931.31\text{hm}^2$ 。

(3) 土地沙漠化: 流域沙漠化土地主要分布在湖东岸下巴台、海晏克图及耳海周围, 此外在湖北岸的尕斯库勒湖周围、草场、甘子河, 湖西岸的鸟岛、沙陀寺至布哈河、石乃亥地区及湖南岸一朗剑、二郎剑等地带也有部分沙漠化土地分布, 总面积为  $1\ 695.12\text{km}^2$ 。湖东岸的下巴台到日月山一带是流动沙丘集中分布区, 在湖西岸的鸟岛地区主要是平缓流沙地, 它们均分布在河漫滩、入湖河口三角洲及湖滨平原, 为流沙直接入湖的主要地段 (张登山, 2003)。

1956 年和 1972 年流域沙漠化土地面积分别达  $452.88\text{km}^2$  和  $498.37\text{km}^2$ , 而到 1986 年流域沙漠化土地面积增加到  $756.56\text{km}^2$ , 比 1956 年扩大了 67.1%。2000 年流域沙漠化土地面积又扩大到  $1\ 695.12\text{km}^2$ , 比 1956 年增加  $1\ 242.23\text{km}^2$ , 比 1986 年增加  $938.57\text{km}^2$ 。1956 ~ 2000 年的 45 年间平均年增长  $28.89\text{km}^2$ , 其中, 1956 ~ 1972 年 17 年间平均年增长  $2.84\text{km}^2$ ; 1972 ~ 1986 年 15 年间平均年增长  $18.44\text{km}^2$ ; 1986 ~ 2000 年 15 年间平均年增长  $72.2\text{km}^2$ , 增幅比前 30 年显著增加。自 1986 年以来, 流域土地沙漠化扩展速率平均达到 8.86%, 明显高于大部分干旱内陆沙漠化区, 成为我国西部土地沙漠化强烈发展区之一 (高小红, 2002)。目前, 青海湖区属强烈、严重沙漠化土地面积达  $1\ 232.6\text{km}^2$ , 由于沙漠化土地面积扩大, 造成大量泥沙入湖, 严重威胁湖区水环境安全和鸟类的生存。

(4) 生物多样性减少: 受区域生态环境退化影响, 流域生物多样性遭受严重破坏。目前, 野生动植物有 15% ~ 20% 濒临灭绝, 高出全国平均水平 5 个百分点。例如, 普氏原羚是我国特有的珍稀物种, 数量不足 300 只, 仅生存于青海湖流域; 藏原羚、野牦牛以及鹰雕等野生动物, 几经捕猎或草原灭鼠引发的二次中毒而大量死亡 (蒋志刚, 2001); 青海湖裸鲤由于 20 世纪 50 ~ 90 年代过度捕捞, 造成渔业产量逐年下降, 致使资源处于严重衰退之中, 已不具备开发能力 (史建全, 2004)。青海湖鸟岛已成为半岛, 致使鸟类大量迁徙, 过去数十万只鸟儿云集此地的壮观景象已不复存在。流域内珍贵稀有的冬虫夏草、雪莲、红景天、藏茵陈等 14 类高原独有的珍稀植物被过度采挖, 生物资源濒临灭绝。



## 2. 生态环境成因分析

青海湖流域生态环境的退化原因可以归结为全球气候变化导致区域气候的暖干化趋势发展加剧,入湖水量减少,以及人类活动等共同影响所致。基本上可以概括为以下几方面。

(1) 气候的暖干化趋势:在全球气候暖干化发展趋势的大背景下,流域气候正向暖干化趋势发展。据时兴合(2005)报道,1971~2000年流域年、季平均气温的标准气候均值较1961~1990年偏高0.2~0.5℃,秋、冬季和年平均气温各年代呈递增趋势;春、夏季气温总的趋势亦在升高。年平均降水量流域1971~2000年较1961~1990年标准气候均值平均减少了0.3mm,其中夏季和冬季分别增加了7.8mm、0.3mm,春季和秋季平均减少了4.4mm,即冷季和暖季略有增加,而过渡季节减少幅度比较大。流域年和春、夏、秋、冬四季地表平均蒸发量1971~2000年较1961~1990年标准气候均值分别增加了11.7mm、1.8mm、7.1mm、2.1mm、0.3mm。年和四季蒸发量20世纪90年代最大,而60年代最小。

(2) 入湖水量减少:青海湖系封闭的内陆湖,来水量包括湖面降水量、地表水入湖量、地下水入湖补给量三部分;耗水量主要是青海湖水面蒸发量。据1959~2000年水量计算,多年平均年入湖的地表水量为 $15.26 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,湖面降水量为 $15.61 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,地下水入湖补给量为 $6.03 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,湖泊水面蒸发量为 $40.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,自1959年1月至2000年底,累计减少水量 $149.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均每年减少水量 $3.60 \times 10^8 \text{ m}^3$ (刘小园,1996)。入湖水量减少,再叠加气温升高产生的湖面蒸发加大因素的共同影响,青海湖水量均衡状况呈现持续的亏损局面。因此,湖水量对气候变化具有高度依赖性和敏感性,入湖水量减少和气温升高是导致湖水位下降和湖水量减少的根本因素。

## (3) 人类活动

1) 草地开垦:中华人民共和国成立前,青海湖流域只有少量零星的农业耕地,分布在共和县石乃亥一带,耕作粗放,产量很低,形不成生产规模。至1958年3月,第一次在刚察县开垦荒地 $180 \text{ hm}^2$ 。随后1959~1960年先在石乃亥、铁卜加地区开荒 $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,后又在青海湖南岸、青藏公路两侧开荒 $2000 \text{ hm}^2$ ;在湖北岸刚察县境内开垦土地 $3.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,全流域开荒面积最高达 $13.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。由于流域气候条件不适宜发展种植业生产,大部分耕地种而无收或收获极少,只好弃耕,且这些弃耕地基本上没有进行处理而出现沙化现象。

2) 农灌用水:青海湖流域到目前已修建农灌渠道40条,草原灌溉渠道约30条,人畜引水管道约50条,机电井52眼。水利工程比较单一,规模较小。据调查统计,2000年总用水量为 $1.00 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,其中农业灌溉用水量 $0.83 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占流域总用水量的83%;草原灌溉用水量 $0.0171 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占1.7%;工业用水量 $0.0276 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占2.8%;城镇生活用水量 $0.0095 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占0.9%;农村生活用水量 $0.1158 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占11.6%。从上述统计可以看出,灌溉用水仍占用水的绝大部分,其次是农村生活用水,城镇工业和生活用水占的比例则很小;水资源开发利用程度比较低。2000年地表水的实际开发利用程度为7.9%;水资源浪费现象比较严重,渠系水利用系数仅为0.3~0.4,大水漫灌、跑水、漏水的现象仍然存在;水污染不容忽视,虽然工业用水量



不大,但废水多未经处理直接排放,对青海湖水质产生不利影响(燕华云,2003)。

3) 超载过牧:青海湖流域的畜牧业仍停留在自然放牧、靠天养畜的状态。由于放牧过度,致使草地得不到喘息的机会,优良牧草逐年退化。过去盲目追求存栏头数,据1985年统计,环湖片草场理论载畜量为 $1\,086.64 \times 10^4$ 只羊单位,实际载畜 $1\,303.29 \times 10^4$ 只羊单位,超载为 $216.65 \times 10^4$ 只羊单位,致使草场严重退化。由于植被退化,盖率降低,产草量下降,严重影响了草地畜牧业生产,致使牲畜长期处于半饥饿状态,造成品质严重下降。据统计,退化草地面积约占流域天然草地总面积的43.67%。草场演替十分明显,在流域的草原草场、草甸草场、灌丛草场、沼泽草场和荒漠草场等五类草场中,草原草场、草甸草场、灌丛草场和沼泽草场面积与20世纪50年代相比较均有不同程度的缩减,而荒漠草场急剧增加,充分预示着草场向干旱荒漠化演替的趋势(魏克家,1997)。

4) 人类工程:20世纪50年代以后,随着青藏公路、青新公路、青藏铁路的修建和光缆干线的铺设,以及70年代“牧业大寨”运动中,揭挖草皮修建“草库伦”(围栏)和棚圈,使草原大面积受到破坏,形成次生裸地。此外,随着流域人口的增加,牧户燃料缺乏,在一些灌丛分布区域无序的樵采活动,也是造成流域植被生态系统破坏的原因之一。如沙柳河河谷的灌丛植被,现已残存无几;布哈河下游的灌丛也不同程度遭受到了破坏。

总之,青海湖流域地势高耸、相对高差变化较大,加上境内复杂的地貌类型以及巨大的青海湖水体对气候所起的一定调节作用,使流域水热状况、土壤等自然生态因子具有明显的差异性,因而形成了区域独特的高寒气候,对流域生态环境的形成和发展起到了决定性的作用。同时也形成了独特原始和多样化的高原自然景观及生态系统类型。从总体上来看,流域生态环境的基本特征主要表现为生态系统类型多样化,如水域生态系统、温性草原生态系统、高寒草原生态系统、高寒灌丛生态系统、高寒草甸生态系统、高寒沼泽生态系统,以及高寒流石坡生态系统等;这些生态系统是随着青藏高原的隆升,经过长期的适应进化而形成的,最终形成了结构简单、生态环境脆弱、受人为干扰较少、抗逆性差、自我恢复能力低等独有的特点,生态环境一旦遭受破坏则恢复极其困难。同时,正是由于流域的这种生态环境特征,才决定了该区生态环境的特殊保护要求,即在生产发展和环境建设的方式方法上,必须针对其特征开展,以避免对生态环境造成破坏。

## (二) 分类型评价

青海湖流域作为青藏高原的重要组成部分,它必然和青藏高原具有相似特点,即高原生态系统的独特性、原始性和脆弱性(陈桂琛,2003)。但是,由于地形地貌条件的差异、气候条件的不同以及人为活动影响程度的迥异,各类型的生态环境质量又有明显的差异。按照流域各生态类型特征分析,流域的生态类型可以大致分为水域、温性草原、高寒草原、高寒沙地、高寒草甸、高寒湿地、高山流石坡、高寒灌丛等生态类型。

### 1. 水域生态系统

水域生态系统包括流域的河流和湖泊生态系统,是流域最基本的生态类型之一。目

前,由于湖水下降,沙地隆起,在湖东北面除原有的尕斯库勒湖以外,又分离出新尕斯库勒湖、海晏湾和耳海等独立的子湖。另外,流域范围内还有面积 $>3\text{hm}^2$ 的小型湖泊70多个,其中面积 $>30\text{hm}^2$ 的有20余个, $>100\text{hm}^2$ 的有12个,主要分布于湖西北部的布哈河河源地区和湖东南部的湖滨地带(杨川陵,2007)。湖西北部的多数为淡水湖,而湖东南部的多数为咸水湖。注入青海湖的大小河流有40余条,均属于内陆封闭水系,且大部分为间歇河,干流短,但雨季流量大。流域的河流大多数以雨、雪补给型为主,其流量依降水量的多少而变化,年内分配很不均匀,主要集中在5~9月份,占全年径流量的85%以上(杨川陵,2007)。

由于气候的变暖和人类经济活动的增加,近年来青海湖水位呈下降趋势,水域面积缩小。据冯钟葵(2006)利用遥感数据监测结果得知,自1986年以来的20年间,水域面积最大和最小的年份出现在1989年和2001年,二者面积相差 $135\text{km}^2$ 。青海湖水域面积的变化有两个明显的特征:一是青海湖水域面积在整体上呈现出明显的下降趋势;二是青海湖水域的年度变化呈现在整体下降的同时又有短期小幅回升的现象,回升时间不超过2年。在水位下降、水域面积退缩的状况下,水质亦发生了明显的变化。据于升松(1996)报道,近30年来,青海湖流域现代气候向着干旱方向发展,湖水总矿化度增加,化学组分的浓度分配结构发生变化,使湖水向着 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 和 $\text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ 及 $\text{SO}_4^{2-}$ 浓度减小, $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 及 $\text{Cl}^-$ 浓度朝着增加方向演化。在今后若干年内,如果气候仍然持续向着干旱趋势发展,湖水总矿化度还将持续增加,并且其各化学组分浓度分配还将持续发生变化,最终可能导致尕斯库勒湖首先进入盐湖发展的早期阶段,而只要气候持续干旱的渐变过程中突发性干旱灾害不发生,青海湖本身就不会在短期内变为盐湖。

## 2. 高寒湿地生态系统

陈桂琛(1995)将流域的湿地生态系统按照分布区域不同而分为湖滨沼泽湿地、河源沼泽湿地和冰川湿地三种类型。其中,流域湖滨沼泽主要分布于布哈河中下游50km段、沙柳河、哈尔盖曲、甘子河下游10km段、倒淌河下游30km以及平坦的冲积、洪积三角洲和大小泉湾、鸟岛、耳海、尕斯库勒湖、沙岛等湖滨。流域河源沼泽主要分布于湖西北部与北部的河源地区,包括阳康曲、希格尔曲、夏日哈曲和夏日格曲、峻河、吉尔孟曲、泉吉河、沙柳河、哈尔盖曲等,以沼泽湿草地形式出现,多呈斑块状与草甸草原交错镶嵌。这些河源湿地一般分布于海拔3800~4200m,个别地段可下延至海拔3400m,也有上升至海拔4500m的。湖滨沼泽与河源沼泽水生、湿生植物丰富,植被盖度高,是食草牲畜的主要牧草地之一,也是众多野生禽兽类动物的栖息与繁衍区域。流域冰川湿地涉及22条冰川,主要分布于布哈河源头沙果林那穆吉木岭。

近年来,流域内的湖滨沼泽、河源沼泽逐年萎缩。据资料分析,目前流域沼泽面积比1956年减少 $2.61 \times 10^4\text{hm}^2$ ,其中湖滨沼泽比1956年减少 $0.61 \times 10^4\text{hm}^2$ ,原分布有30余处,现已有7处干涸。沙柳河三角洲的沼泽,1959年为 $0.5 \times 10^4\text{hm}^2$ ,到1986年已缩小到 $0.2 \times 10^4\text{hm}^2$ 。河源沼泽由于暖干气候影响,沼泽化草甸向高寒草甸演变,面积缩小,水量减少,原有沼泽湿地小丘凸起、干裂,泥炭外露,湿生植物逐渐被中生植物所代替,水源涵养功能减退(杨川陵,2007)。

### 3. 温性草原生态系统

温性草原主要分布于湖周的冲洪积平原、山地坡麓的狭长地带内,呈不连续的环带状分布。这种分布格局显然和该区域地形宽阔平坦,以及青海湖巨大水体的存在及湖泊产生的湖泊增温效应有关(彭敏等,1993)。植被以芨芨草原和西北针茅、短花针茅草原为主(陈桂琛等,1993),主要优势种有芨芨草、西北针茅、短花针茅、青海固沙草、冰草和高山苔草等。它们既可形成单优势种群落,也可形成多优势种群落。从分布情况来看,以芨芨草、西北针茅、短花针茅等所形成的群落具有一定分布面积。

该生态系统类型受人类活动的影响最大,尤其是人为开垦。加上芨芨草的分布与地下水位有关,即根系分布的深度随着地下水位升降而变化,芨芨草被当作牧区寻找水源、打井的指示植物(解新明,2000)。青海湖流域的主要农场、羊场等均位于芨芨草分布区,由于开垦、过度放牧等不合理利用,使原本脆弱的草地生态环境更加脆弱,温性草原遭到严重破坏,面积急剧减少,导致土地生产力下降,物种多样性大量丧失(周国英等,2003)。

### 4. 高寒草原生态系统

高寒草原生态系统是以紫花针茅为优势种构成的高寒草原(彭敏等,1993)。高寒草原集中分布于湖北部和西北部海拔3 300~3 600m的山地阳坡,并沿着布哈河干旱宽谷延伸(陈桂琛等,1993)。群落的种类组成简单,以多年生禾草为主,群落层次分化较为明显,一般具有2~3个片层。牧草的耐牧性较差,该区域已成为过度放牧的重点区域之一。此外,该生态系统区域曾被大面积开垦为农田,垦后又因不适于耕作而弃耕,目前自然恢复较好。该区域由于降水量少,蒸发量大,生态环境质量较差,仅次于温性草原生态系统。

### 5. 高寒草甸生态系统

高寒草甸是流域最主要的草地类型之一。其面积较大,主要分布于湖四周海拔3 200~4 100m的山地、滩地和宽谷(陈桂琛等,1993)。由耐寒的多年生中草本植物为主形成的一种草地类型,主要特点是草地植物优势种明显,地表植被盖度大,牧草低矮且层次分化不明显,牧草生长期短,产草量较低,植物地下根系发达,常形成特殊的草皮层结构。该生态系统的主要优势植物以莎草科嵩草属和苔草属植物为典型代表,主要种类有高山嵩草、线叶嵩草、矮嵩草、藏嵩草、针叶苔草(*Carex duriuscula* subsp. *stenophylloides*)和黑褐苔草等。另外,常见的还有早熟禾、羊茅、针茅(*Stipa* spp.)以及圆穗蓼、珠芽蓼等植物,由此构成不同的草甸类型,如高山嵩草草甸、矮嵩草草甸、嵩草草甸和线叶嵩草草甸等。高寒草甸草地的生产力属中等水平。该区域由于受放牧的影响,有的地段因长期过度放牧以及鼠害影响,草地的植物种类常出现杂草化现象,出现“黑土滩”退化草地。

### 6. 灌丛生态系统

由于水热条件不同,灌丛生态系统又分为河谷灌丛和高寒灌丛两种类型。河谷灌丛在青藏高原分布较广,多呈斑块状、条带状或岛状出现在高海拔干旱与半干旱地区的河流滩地,群落中的草本植物以河漫滩草甸或草原成分为主(陈桂琛,1993)。该生态系统依据优势种不同又可分为以下两种优势种灌丛:肋果沙棘为优势的灌丛则集中在布哈

河中上游海拔3 300~3 700m的沙砾质河漫滩;具鳞水柏枝为优势的灌丛集中分布于布哈河、沙柳河、甘子河、哈尔盖曲等下游海拔3 200~3 300m的河漫滩和一级阶地,水分条件较好,基质为沙砾质。

高寒灌丛是由耐寒的多年生中生或旱中生落叶阔叶灌木以及草本植物为主所形成的类型。以灌木植物为优势,植物生长密集且盖度大,层次结构明显,常形成斑块状或片状结构,并与其他草地类型呈复合镶嵌分布。毛枝山生柳、鬼箭锦鸡儿、金露梅灌丛主要出现于青海南山和日月山海拔3 350~3 800m的山地阴坡及沟谷地带,呈斑块状分布。在不同地段、地形及海拔高度上,三个建群种的数量比例有所不同,并有梯度变化特征(陈桂琛,1993)。金露梅灌丛主要分布于青海南山、日月山、热水等地海拔3 300~3 500m的山地阴坡及沟谷下部滩地,呈扇形镶嵌于高寒草甸。

该生态系统类型结构相对复杂,物种种类丰富,生态系统稳定,是流域内相对稳定的生态类别,亦属于流域高质量生态类型。但因广泛受到人为干扰,尤其以河谷灌丛受到樵采的影响最为严重。由于人为砍伐的影响以及气候暖干化趋势的影响,该生态系统类型的面积有缩小趋势。

#### 7. 沙地生态系统

流域沙地主要分布于环湖周围的山前平原地带,具体在湖东、湖东北部的海晏县克图、大小占岭至共和县倒淌河一线;尕斯库勒湖、草塔拉、甘子河、沙陀寺至布哈河、鸟岛、布哈河以南至石乃亥。沙丘类型主要为新月型沙丘、沙山、沙垄及沙地,沙山最高达160m。海晏县境内的沙岛、下巴台、草塔拉、大小占岭等地主要以流动沙丘、沙垄、固定及半固定沙丘所组成;刚察县境内的海西山、鸟岛、泉吉、哈尔盖等地以流动沙丘分布为主,同时还分布有较大面积的潜在沙漠化土地。此外,布哈河向南到湖东种羊场,还有湖堤流动沙地,离湖堤较远处形成新月型沙丘。

沙地生态系统包括圆头沙蒿+刺叶柄棘豆群落、叉子圆柏群落、甘青铁线莲群落和中麻黄群落及湖岸沙堤禾草类群落、湖岸沙堤杂类草群落等六大群落类型;这些群落基本呈四种分布格局:即沙丘边缘带状分布、沙丘间低洼地孤岛状分布、湖水退缩沉沙裸露地耐盐植物聚集性分布和沿沙堤呈条带状分布(陈桂琛,1991)。

自然条件是形成沙漠化的潜在因素,人为活动是叠加于环境背景之上的诱发因素,这两者的结合才能造成沙漠化的发生和发展。在现代土地沙漠化过程中,气候暖干化,再加人为因素的加剧作用,致使非沙漠地区出现以风沙活动为主要特征的类似沙质疏松地表的退化,土壤出现风蚀、风沙流及风沙堆积、沙丘移动等一系列现象,受风沙影响的草地生物量下降,牧草退化。

#### 8. 高寒流石坡生态系统

高寒流石坡主要分布于流域海拔4 100m以上的山坡及山体顶部,呈孤岛状。由于强烈的寒冻物理风化作用,导致大量岩石不断崩塌形成倒石堆,碎石在流水和重力作用下下滑形成扇形或条状砾石带。植物常见有特殊的形态特征,如植株矮小,呈垫状,密被绒毛,节间缩短等。该类型并非呈等高线分布,而是随寒冻风化的流石滩呈舌状伸延到高寒草甸带内,形成上下交错状分布。群落结构极为单调,垫状植物及各种风毛菊在群落组成中占有重要地位(陈桂琛,1993)。

该生态系统类型结构简单,物种种类贫乏,生态系统非常脆弱,但因海拔高,气候条件极为恶劣,人类活动很少到达,故该区域的生态系统最为完整和原始。

综上所述,青海湖流域生态环境质量整体状况处于中等水平,基本上由西向东,从流域周边山地向盆地中心逐渐降低,但局部地区有变异,表明自然条件对流域生态环境质量的空间分异起主要作用。流域生态环境优良的是高寒灌丛生态系统,主要是流域周边的山地阴坡及沟谷带,植被发育较好;流域生态环境良好的是高寒沼泽和高寒流石坡生态系统,该区域人迹罕至,生态系统最为完整和原始,但植被盖度非常低,生态系统脆弱;流域生态环境中等的是水域和高寒草甸生态系统,但该区域受到人为干扰较轻;流域生态环境较差的是温性草原和高寒草原,主要分布在冲洪积平原及山前阳坡,是目前的主要农业区;流域生态环境最差的是沙地生态系统,分布于湖周的湖滨地带,主要的生态环境问题是沙漠化和盐沼化,是流域生态环境变化最敏感的地区,也是流域生态环境保护的重点区域。

## 第五章 流域生态保护与综合治理规划概要

青海湖流域生态环境的恶化,引起了党中央、国务院领导的高度重视,青海省各级政府近年来加大了对流域及其周边生态的保护与治理力度,先后实施了人工种草、草地围栏、封湖育鱼、牲畜圈养、工程固沙、沙区封育、天然林保护、退耕还林、建立国家级自然保护区等措施,已取得了初步成效。

1975年,青海省建立青海湖鸟岛自然保护区,并设立相关管理机构;1992年,青海湖被列为国际重要湿地;1997年,青海湖鸟岛自治保护区升格为国家级自然保护区,保护区总面积 $49.52 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

2000年以来,青海湖流域先后实施了退耕还林还草工程、天然林保护工程、防沙治沙工程、封山育林工程,累计完成退耕还林还草面积 $3.81 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,保护天然林面积 $5.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,治理沙漠化土地面积 $325 \text{ hm}^2$ ,封山育林面积 $0.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

2002年以来,流域的共和、刚察、海晏、天峻四个县和三角城种羊场,实施天然草原保护和建设项目,建成高产人工饲草料基地 $0.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,围栏改良草地 $1.27 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,补播改良草地 $0.29 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,灭治草原鼠害 $40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,对 $8.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 退化草场进行围栏封育,建设划区轮牧围栏草场 $4.13 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,并建设草地生态监测点17处,进行草地资源动态监测。

自20世纪80年代以来,青海省人民政府先后进行了3次封湖育鱼。2001年1月,省政府又决定再实施为期10年的封湖育鱼,全面禁止捕捞。同时,1997年在青海湖建立青海湖裸鲤人工放流站,从2002年开始实施试验性繁育、放流青海湖裸鲤原种种苗 $1500 \times 10^4$ 尾。

为保护青海湖及其流域的生态环境,除认真贯彻《国务院办公厅关于加强湿地保护管理的通知》(国办发〔2004〕50号)文件外,青海省先后制定了禁牧、禁垦、禁伐、禁采等《政府令》,发布了《关于对青海湖实施封湖育鱼的通告》等一系列规定和行政措施,颁布了《青海湖流域生态环境保护条例》,出台了《青海湖旅游区管理暂行规定》,依法加强了对青海湖及其流域的生态环境保护工作。

目前,青海湖流域及周边地区生态环境“局部有所改善,总体继续恶化”的局面,还没有从根本上得到遏制。

### 一、总体思路和指导思想与基本原则

#### (一) 总体思路

以科学发展观和国家加强生态保护和环境建设的整体战略为指导,以尊重科学和人



与自然和谐相处的理论为依据,充分利用大自然自我修复的能力,采用保护、恢复、治理、建设相结合的措施,运用生物、工程、行政、法律等综合手段,以改善青海湖流域生态环境为根本目标,建立起流域良性循环的草地生态系统、森林生态系统和鱼、鸟共生的湿地生态系统;在生态保护和综合治理的同时,大力改善农牧民生产生活条件,引导农牧民调整和提升产业结构,加快脱贫致富奔小康的步伐,逐步实现生态、经济与社会效益的协调统一,促进流域生态环境保护和经济社会的和谐发展。

## (二) 指导思想

认真贯彻落实党中央、国务院关于环境保护和建设的方针、政策,以生态环境和生物多样性保护为根本,紧紧围绕青海湖流域生态环境突出的矛盾和问题,以治理湿地萎缩、湖水下降、草原退化、沙漠化扩展和保护生物多样性为重点,加大流域内生物资源尤其是国家重点保护野生动植物及其生境保护力度;以减畜、退化草地治理、沙漠化土地防治、水土保持和水源涵养林建设为主体手段,采取生物、工程措施并举的方法,增强生态系统的自我恢复能力;以技术支撑体系和生态环境监测体系建设为保障,加强基础教育和科技支撑,提高素质和实施项目的能力,加大生态监测力度,为实施项目提供科学依据;以发展生态畜牧业和开拓后续产业为突破口,调整和提升地方产业结构,大力发展特色经济,吸纳富裕劳动力向二、三产业转移,切实解决好农牧民和移民的生产生活基础设施建设。

## (三) 基本原则

基本原则是:①坚持统筹规划、突出重点、综合治理、分步实施的原则;②坚持生态环境保护、综合治理与调整和提升产业结构、农牧民实现小康生活相统一的原则;③坚持尊重自然规律,充分发挥自然修复的功能,采取保护、治理、恢复和建设相结合的原则;④坚持因地制宜、分类指导的原则;⑤坚持以科技为支撑,实用技术推广应用和先进技术研究开发相结合的原则;⑥坚持在保护中开发,在开发中保护的原则;⑦坚持“谁建设、谁管护、谁所有、谁受益”的原则,充分调动广大农牧民的积极性;⑧采取保护和综合治理与行政手段、法律、法规相结合的原则,建立效益长效发挥机制;⑨坚持可持续发展的原则,建立人与自然和谐相处的社会。

## (四) 具体措施

### 1. 强化生态保护

对青海湖流域的森林灌丛、野生动植物资源、湿地资源进一步加大保护力度,继续依托林业重点工程,实施好天然林保护、国家重点生态公益林建设、野生动植物资源保护和自然保护区建设、“三北”防护林建设等工程,建立野生动物疫病监测防控体系,继续实施封湖育鱼,对流域的生态环境进行全面保护,促进生态自我恢复和发展。

### 2. 实施退牧还草与退耕还林

对青海湖流域的中度以上退化草地,实施退牧还草工程,采取围栏封育、禁牧、休牧等方式,使草地得以休养生息,促进草地植被和生态环境的自我恢复。实施退耕还林

还草工程,对20世纪50年代在环湖地区开垦的耕地实施退耕还林还草工程,加快生态建设步伐。

### 3. 进行综合治理

实施防沙治沙工程,采取生物措施和工程措施相结合的办法,对 $28.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 沙漠化土地逐步进行综合治理。开展天然草场植被恢复与建设,对部分严重退化的草地采取围栏封育、限制载畜量、建立人工草地、进行补播、施肥等措施进行治理。加强水土流失治理和有害生物防治,巩固造林种草成果,实施春秋两季人工增雨综合作业,开发青海湖地区空中水资源,增大入湖河流的径流量,以增加青海湖水源补给。

### 4. 加大基础设施建设投入

实施青海湖国家级自然保护区基础设施建设二期工程,重点改善鸟岛和普氏原羚保护基础设施。加快旅游基础设施建设,充分利用高原湖泊湿地、沙丘景观和宗教人文景观等旅游资源,合理开发高原特有的旅游产品,提高旅游综合效益。实施渔业资源保护管理工程建设,扩大青海湖裸鲤培育基地、人工放流站点设施建设。

### 5. 加快实施人畜转移

加快小城镇建设步伐,依托流域现有的小城镇,进行有步骤、有计划、适度的生态移民。在群众自愿的前提下,将一部分牧民转移到小城镇脱离农牧业,从事二、三产业,国家给予生活补助。同时积极引导留居草场的牧民转变传统的牧业生产方式,配套建设暖棚、围栏等畜牧业生产设施,依托饲草料种植基地,积极推行舍饲圈养,加快发展设施畜牧业、生态畜牧业,增加农牧民群众的收入。通过人口和产业的有序转移和转变,减轻人口、牲畜对流域生态环境的压力,促进牧区生产力的提高和社会全面进步。

### 6. 加强组织管理和法治建设

加强青海湖流域生态环境综合治理的统一领导,强化组织协调,加强相关的法律法规建设,对治理和建设项目依法进行管理,完善政策,调动各方面的积极性,形成合力,保证治理和建设目标的实现。

## 二、生态保护分区与技术路线

### (一) 分区与治理重点

青海湖流域地类复杂,生态环境恶化的程度和原因也不尽相同,必须进行分区和分类,并针对不同区域和地类,采取不同的保护与治理措施。经过实地考察,并综合专家的意见,将流域划分为三个区域,即青海湖及湖滨区、中山丘陵区、高海拔山区。在这三个区内又分水体、湖滨草原、沼泽、温性草原、高寒草甸等14个地类。

#### 1. 青海湖及湖滨区

本区包括青海湖及其各子湖的水体、湖滨平原、冲积平原和入湖三角洲等,总面积 $90.28 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,海拔3 192.8~3 300m。共分7个类型,主要是水体、湖滨草原、湖滨沼泽、耕地、沙漠化土地、自然保护区、风景旅游区等。

其生态环境的主要问题是:湖水位不断下降、沼泽湿地萎缩、天然草地退化、土地

沙漠化强烈发展、水土流失加剧、青海湖裸鲤濒临灭绝、生物多样性面临严重威胁以及污染日趋严重等。

根据存在的问题,拟采取的保护与治理措施是:人工增雨、环境保护与污染治理、退化草地保护与治理、退耕还草、沙漠化土地治理、水土保持与河道疏浚、沼泽湿地保护、陆生生物多样性保护和青海湖裸鲤保护与恢复等。

## 2. 中山丘陵区

本区范围介于青海湖及湖滨区与高山区之间,以丘陵和中山山地为主,总面积  $42.93 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,海拔 3 300 ~ 3 500 (3 600) m。共分 3 个类型,主要是温性草原、高寒草原、山地灌丛等。

生态环境的主要问题是:草地退化日趋严重、水源涵养功能减退、沟壑侵蚀严重等。

根据存在的问题,拟采取的保护与治理措施是:人工增雨、退化草地保护与治理、水土保持、水源涵养林建设等。

## 3. 高海拔山区

本区位于中山丘陵区以上山区。以高山、冰川和河源沼泽为主,总面积约  $163.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,海拔 3 500 (3 600) ~ 5 174 m。共分 4 个类型,主要是高寒草甸、河源沼泽、冰川雪山、高山流石坡(裸岩)。

生态环境的主要问题是:河源沼泽萎缩、水源涵养功能减退、草地退化等。

根据存在的问题,拟采取的保护与治理措施是:人工增雨、退化草地保护与治理、沼泽湿地保护等。

# (二) 技术路线

为了保障工程项目顺利实施,规划中加强了科研推广与技术培训、生态监测和管理与服务体系等支撑措施。

## 1. 缓解青海湖水量亏损的技术路线

(1) 加大人工增雨作业:缓解青海湖流域湿地萎缩、青海湖湖水持续亏损的主要手段是人工增雨,直接增加降水量和入湖水量。开发利用大气中的水汽资源,来缓解流域的水位下降是本次规划的首选项目。一是根据青海省气象部门多年的观测资料,流域的主体空间有比较丰富的水汽资源。由于青海湖自身的水体效应与青海湖盆地特定的地形条件,其空间湿润系数在 0.44 ~ 0.79 之间,比流域的周边地区高出 2 ~ 3 倍,具有人工增雨的气象条件。二是多年来青海省在实施人工增雨作业方面积累了丰富的实践经验,而且也取得了显著的生态效益和经济效益。三是人工增雨作业可以整体改善青海湖流域的生态环境条件,使流域多项生态治理工程起到事半功倍的作用。

青海湖流域年平均降水量在 291 ~ 579 mm 之间。采取人工增雨作业后,气象部门预测年平均绝对增水量为  $9.2 \times 10^8 \sim 13.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,年均增加湖水量  $1.9 \times 10^8 \sim 2.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,不但使整个青海湖流域各种生物的生存条件得到明显改善,而且会使湖水由年均亏损  $3.97 \times 10^8 \text{ m}^3$  下降到  $1.07 \times 10^8 \sim 2.07 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,亏水状况将得到明显缓解。

要达到上述预期目标,在充分利用气象部门现有基础设施和正在实施的三江源自然

保护区人工增雨工程新建设施的基础上,针对流域特定的地理环境条件,补充和增建人工增雨决策指挥平台、人工增雨作业体系、增雨作业效果监测评估等必要的技术手段。

(2) 强化水资源管理,控制居民用水量:为扭转青海湖水持续亏损,除规划人工增雨项目外,还应强化水资源管理,严格控制用水量。一是减少取水、限制发展耗水项目;二是提倡定额用水和节约用水,对农牧业生产和退耕还林草必需用水项目,应推广喷灌和滴灌等节水灌溉技术。

(3) 植被整体修复:在流域干旱的立地条件下,下垫面植被的整体修复主要依靠水资源作为支撑,而植被恢复以后,又能促使流域内水资源的良性循环系统。二者相辅相成、缺一不可。

考虑到流域内草地、湿地面积占流域总面积的72% (占流域陆地面积的84%以上),因此,把治理与修复退化草地、实施水土保持、遏制湿地萎缩作为主攻方向。通过减畜封育、禁牧、退耕还草、退化草地治理、补播与种草等手段来恢复、稳定草地面积,提高植被盖度;通过封山育林、湿地保护、人工造林等措施扩大林地(主要是灌木林)和湿地面积,提高水源涵养等生态功能;以多种工程设施治理水土流失和沙漠化土地。

(4) 规范并优化人为活动,辅以必要的工程治理措施:青海湖流域水资源的污染来源于人为因素。人为污染源主要是工业废弃物和废水污染、农牧业生产用药与化肥的残余污染,以及城乡居民生活污水与生活垃圾等方面。对流域中小工业企业如皮革加工厂、季节性牲畜屠宰场等都必须有相应的环保设施。对于农药、化肥的残留物污染,解决的办法:一是淘汰重度污染药物的使用;二是提倡生物防治措施;三是增加有机肥减少化肥的使用。

把城乡居民的生活污染作为重点治理对象。治理点集中在城镇、主要旅游景点和乡村人口集中分布的地域,而对分散居住的牧业户,主要通过宣传教育,以提高生活质量为目的,防止生活污染物的扩散。

从治理生活污染源入手,实施生活垃圾的收集、分类、运输、填埋和生活污水处理。一是建立污水处理工程;二是建立生活垃圾收集系统和填埋场,防止生活污染物污染水源。

## 2. 退化土地治理项目的技术路线

青海湖流域陆地生态系统的主体是草地(湿地)生态系统,为此,该流域的治理主体亦相应是流域内的退化草地和湿地,以期还原流域本来的生态面貌。在治理中应遵循的技术路线是:减少不合理的人为活动→保护和合理利用天然草地和湿地→实施封育禁牧、季节性休牧、划区轮牧和补播,增加天然草地(湿地)盖度与产草量→以草定畜、科学减畜,降低天然草地(湿地)放牧压力→在人为辅助下增强草地(湿地)生态系统的调节功能,使草地(湿地)生态系统得以自我恢复。

在退化草地的治理中,以放牧强度最大、退化最严重的冬春草场为重点。从地域上看,以青海湖周围地区和各河流中下段为主进行保护和开展综合治理工作;从草地类型上看,以中度以上退化草地(含裸露草地、沙漠化草地、杂毒草草地)为主攻方向;对高海拔地区的夏季草场,则以封育和自然修复为主。

以流域内各类草地饲草量为基础,计算出合理的理论载畜量,通过畜种、畜群结构的调整,科学确定畜种结构、畜群结构和牲畜数量,以达到畜草基本平衡。

网围栏的建设必须考虑到有利于对野生动物的保护和种群的繁衍,在野生动物分布区,如湖滨湿地、河源湿地、灌木林和水源涵养林建设区以及沙漠化土地治理区原则上不设置网围栏,网围栏仅在中度以上退化草地进行围建。

农、林、牧、水保等专题规划中,为避免上述工程在土地利用上的重复与交叉,要按各自的业务范围和工程内容进行衔接。合理界定工程项目的建设地点、范围是十分必要的。水源涵养林建设地点在海拔3 500m以下的阴坡宜林地;沙漠化土地治理的地点在沙漠化严重且对青海湖水体影响较大的地区;水土保持林建设地点在布哈河、泉吉河、沙柳河、哈尔盖曲、甘子河、倒淌河和黑马河等主要河流两岸至山麓地带,水土流失较严重地区的宜林宜草地上;退耕还草在耕地上实施;人工种草在退耕地和弃耕地上实施;半人工草地在有条件种草的中度退化草地、沙化草地和黑土滩上实施;禁牧在重度退化草地上实施;季节性休牧在中度退化草地上实施;沼泽湿地保护在青海湖河源湿地和湖滨湿地上实施。

### 3. 生物多样性保护的技术路线

陆生生物多样性保护以极度濒危有蹄类动物——普氏原羚和国家重点保护一、二级动物、植物为重点,全面保护其生物物种及生存环境。严禁干扰、危害保护动物,禁止采挖保护植物;建设濒危动物保护站;采取禁牧、生态移民等措施,保护好野生动物活动和采食草地,为野生动植物创造一个良好的栖息、繁殖环境。

在青海湖裸鲤的保护上,采取充分利用现代传媒、设置宣传牌、印制宣传材料等宣传教育办法;用行政手段建立禁捕区,运用巡护、救护等管理、技术措施以及严厉打击非法捕捞等法律手段;疏浚亲鱼繁殖河道,拆除拦河坝,填平坐水坑,确保亲鱼的繁殖,造就良好的青海湖裸鲤繁衍生息的生态环境,从而使青海湖裸鲤种群稳定并不断扩大,达到保护的目的。

### 4. 农牧民生产生活设施建设技术路线

搞好青海湖流域生态保护与综合治理的关键是切实转变经济增长方式和牧民生产生活方式,重点放到创造条件帮助牧民群众转移、转产,积极发展生态畜牧业,从根本上消除造成草地退化、生态破坏的直接原因,逐步扭转生态总体恶化的趋势。

一是以国家资助、农牧民投劳的方式,通过修建畜棚、建立人工草地、引进良种牛羊、购置饲草料粉碎加工机械、建立种畜养殖基地等基础设施建设和设备,从整体上提高畜牧业生产的经营水平。

二是通过科技支撑和宣传示范、调整并优化畜群结构和畜种结构,严格控制牲畜饲养规模,达到畜草平衡;通过分隔围栏轮牧,提高放牧技术,使天然牧草资源达到最佳利用状态,并保持草地资源持续利用。

三是对居住在生态环境条件恶劣、脱贫难度大的少数牧户实施生态移民;加大小城镇建设力度,为他们的新家园提供必需的生活设施和生产条件。

四是为居住地饮用水条件极差或者是有氟、砷化物严重污染的农牧民解决人畜饮水;为农牧户提供太阳灶和建设太阳房小学、卫生室和活动室。这也是减少对生物质能

的消耗,实施生态保护的一项重要措施。

五是完善农林牧业技术服务体系。通过完善草原监理站、畜牧草原科技推广服务站、林业技术服务站、农牧业机械服务站和农牧林业科技信息服务站等,形成农牧业综合服务体系网络,以实用的科学技术为农牧民提供产前、产中、产后全程服务。

六是通过文化和技术培训,努力提高农牧民的整体素质。技术培训包括第一产业的生产实用技术和第三产业的旅游服务技术等。开拓新的产业渠道,带动一批农牧民从事新的职业,既可以解决农村牧区富余劳动力的出路问题,又可以提高他们的生活水平,使农牧民摆脱对草地和牲畜的过分依赖。

#### 5. 技术支撑和管理工程的技术路线

搞好科研与技术推广培训、建设生态监测体系,是青海湖流域生态环境保护和综合治理中必不可少的重要环节。

社会在发展、历史在前进、科技在进步,这是人类社会发展的必然规律。在青海湖流域生态环境保护和综合治理过程中,也必定会出现新问题,这就要通过基础调查和科学研究来解决。课题研究的内容既有自然生态保护方面的,也有综合治理措施方面的,重点应放在对流域水资源平衡研究、自然生态环境治理研究、优化和提升产业结构与潜力研究、流域生态环境监测技术研究等方面。科技推广与示范主要有实用治理技术、适用生产技术和新技术的推广、示范等内容。科技培训主要对象是管理干部、技术人员和农牧民。

青海湖流域监测对象包括气象、水文、草地、湿地、林地、土地沙漠化、生物多样性和青海湖裸鲤资源等方面。监测方法包括遥感监测和地面监测两部分。要建立较为完善的、有效的生态环境监测体系,及时掌握多项生态因子的动态变化,准确反映生态环境的质量现状和演变趋势,同时对综合治理工程效果做出科学、客观的评价,为协调各方面关系、促进经济社会可持续发展和环境保护提供科学决策的依据。

### 三、生态保护治理内容与规模

2008~2017年建设内容包括湿地保护与环境治理、退化土地保护与治理工程、生物多样性保护、农牧民生产生活条件改善、技术支撑和管理等五大工程项目。

#### (一) 湿地保护与环境治理

##### 1. 人工增雨

建设青海湖流域人工增雨决策指挥平台、人工增雨作业体系和人工增雨效果评估平台;实施人工增雨作业等。

##### 2. 沼泽湿地保护

对  $27.66 \times 10^4 \text{ hm}^2$  沼泽湿地进行全面保护。其中,全面封禁保护  $0.96 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,季节性封育保护  $26.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

##### 3. 环境保护与污染治理

建设污水处理厂2座,小型简易污水处理设施18处,垃圾卫生填埋场2处,垃圾



中转站 3 座, 小型垃圾填埋场 40 座等。

## (二) 退化土地保护与治理

### 1. 退化草地保护与治理

治理退化草地  $52.12 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 人工补播种草  $28.49 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 退化草地补播  $9.15 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 黑土滩退化草地种草  $9.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 灭治鼠虫害  $130.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 灭除杂毒草  $33.86 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

### 2. 沙漠化土地防治

治理沙漠化土地面积  $3.94 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。其中, 工程固沙  $0.85 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 营造灌木林  $0.27 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 封沙育草  $2.82 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

### 3. 生态林建设

建设生态林总面积  $3.44 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。其中, 封山育林  $2.83 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 营造灌木林  $0.61 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

### 4. 水土保持与河道修复

营造水土保持灌木林面积  $0.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; 沟头保护与治理 50 处; 河道疏浚 200km, 浆砌石护岸墙  $16.65 \times 10^4 \text{ m}^3$ ; 拆除 1 个引水坝。

### 5. 退耕还草与退牧还草

退耕还草面积  $1.05 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; 退牧还草面积  $85.47 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

## (三) 生物多样性保护

### 1. 陆生生物多样性保护

普氏原羚核心栖息地草原保护建设, 设置野生动物通道等; 建设阳康、热水、快尔玛三个野生动物保护站。

### 2. 青海裸鲤保护与恢复

建设青海湖裸鲤保护与管理设施, 如保护站、实验室、渔政船等; 扩建青海湖裸鲤救护中心, 购置孵化、培育设备和增氧机等仪器设备。

## (四) 改善农牧民生产生活条件

### 1. 生态畜牧业

建设畜棚 7 774 幢,  $93.29 \times 10^4 \text{ m}^2$ , 贮草棚 10 598 座,  $21.2 \times 10^4 \text{ m}^2$ ; 建立人工草地  $5.39 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; 购良种牛细管冻精  $8.51 \times 10^4$  支, 引进大通牦牛 1 000 头, 购进良种肉用种羊 276 只; 购置拖拉机、裹包机、搂草机等 210 台, 粉碎机 2 120 台等。

### 2. 生态移民与后续产业发展

围绕减畜适度生态移民, 加强后续产业发展。迁移安置 881 户, 4 157 人。其中, 安置方式分为三种类型: 一是转产安置型 140 户, 606 人; 二是定居安置型 641 户, 3 049 人; 三是迁移安置型 100 户, 502 人。另外, 建设定居房屋、畜棚、贮草棚等; 扶持牧家乐等生态旅游项目, 建设 4 家藏毯编织厂, 1 家工艺品加工厂, 5 个修理车间, 6

间商贸、餐饮铺面。

### 3. 小城镇建设

修建道路 131.1km, 供水管道 97.2km, 供电高压线路 99.7km, 低压线路 63.96km, 排水渠道 114.7km, 以及医疗、环卫、广播电视、通讯等设施。

### 4. 人畜饮水安全

人畜饮水安全工程共 82 处。修建饮水安全设施, 节约水资源, 基本解决  $3.67 \times 10^4$  人,  $136.15 \times 10^4$  头只牲畜的安全饮水问题。

### 5. 能源建设

购置安装太阳灶  $1.25 \times 10^4$  台, 建太阳房 556 幢, 总面积  $2.78 \times 10^4 \text{m}^2$ 。

## (五) 技术支撑和管理与服务体系建设

### 1. 科研推广与技术培训

包括典型退化生态系统的生态修复技术与示范、优化和提升产业结构与潜力研究、水资源动态变化与反馈机制研究等 10 个项目, 培育示范基地 37 个(点), 培养示范户 520 户, 开展科技承包等; 新建农牧民子女异地教育学校 1 所, 新建 2 所职业技术学校 and 扩建青海省畜牧兽医职业技术学院; 培训农牧民 8 000 人(次)、培训管理干部和专业技术人员 800 人(次)、青年农牧民正规教育 260 人(次)。

### 2. 生态监测

建设鸟禽、草地、水生生物和水土保持等四个定位监测站; 建设水文、水资源、气象、环境质量等专业长期观测站; 建设生态环境综合分析评估系统等。

### 3. 管理与服务体系建设

新建立管理局(与青海湖湿地宣教培训中心合建), 配备仪器设备、交通工具、通讯设备、办公用具等; 扩建县、乡农林牧业技术服务体系; 健全和充实草原(森林)防火设施等。

## (六) 投资估算

青海湖流域生态环境保护与综合治理规划, 初步估算 2008 ~ 2017 年总投资人民币 15.67 亿元, 包括直接建设费 14.95 亿元, 前期费、设计费和管理费等间接费 0.72 亿元。

2008 ~ 2012 年期间工程总投资为 12.74 亿元, 包括直接投资 12.13 亿元, 间接投资 0.61 亿元; 2013 ~ 2017 年安排投资 2.93 亿元, 包括直接投资 2.79 亿元, 间接投资 0.14 亿元。

## 四、生态保护与修复效益分析

### (一) 总体目标

利用 10 年时间, 最大限度地保护和恢复流域内林草植被, 维护青海湖流域湿地、草原、森林、野生动物构成的高寒生态系统的稳定, 特别是青海湖生态系统的稳定, 增

强水土保持、水源涵养功能；开展人工增雨作业，增加降水量，缓解青海湖水位下降的趋势；改善野生动植物栖息、生存、繁衍地生态状况，恢复和发展珍稀动物种群；引导和帮助农牧民群众合理利用自然资源，优化产业结构，转变生产经营方式；促进整个流域自然生态系统的良性循环和经济社会的可持续发展，初步实现生态功能恢复、人民生活水平提高、人与自然和谐相处的目标。

## （二）具体目标

### 1. 构建良性循环的水体生态系统

通过人工增雨作业的实施，年均可增加降水量  $9.2 \times 10^8 \sim 13.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，估测可增加湖水量  $1.9 \times 10^8 \sim 2.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。通过沼泽湿地保护、退化草地保护与治理、水土保持林、水源涵养林建设和环境保护与污染治理以及青海湖裸鲤保护与恢复等措施，改善下垫面植被条件，提高水源涵养和水土保持功能，达到遏制湿地萎缩、减缓湖水下降的目的，进而构建鱼、鸟、水良性循环的水体生态系统。

### 2. 遏制生态环境恶化趋势

通过对退化草地保护与治理，保护沼泽湿地，营造生态林和水土保持林，治理沙漠化土地，退耕还草和新建多年生人工草地，使退化草地得到有效治理，约占流域内陆地总面积的 49%。恢复和重建流域良好的高原植被，使天然草地的植被盖度平均达到 75% 以上，森林盖率提高 0.59 个百分点，基本遏制草地退化、土地沙漠化、水土流失严重的生态恶化趋势，提高生态功能，保障流域及其周边地区国土资源安全。

### 3. 实施生态移民工程，加快小城镇建设

对流域内严重影响生态环境或农牧民生产生活和生态环境特别恶劣的地区，实施适度生态移民。将农牧民从草原上转移到城镇或适度聚居，加大小城镇社区基础设施建设，优化和提升现有产业结构，大力发展后续产业，以增加移民和当地农牧民的收入。

### 4. 加大科技支撑项目建设

加大科技支撑、生态监测、综合服务体系和草原（森林）防火体系等建设，确保各项生态保护和综合治理工程的实施，巩固治理成效，并为系统认识青海湖流域的生态环境变化，提供科学依据和提高技术管理水平。

## （三）分期目标

### 1. 第一阶段

2008～2012 年，为流域生态环境保护与综合治理的重点建设阶段。

（1）基本思路：根据青海湖流域生态环境恶化现状及其原因，按照“因地制宜、因害设防、突出重点、分步实施”的原则，应用成熟的适用技术，采用保护、恢复、治理、建设等多种措施，为生态环境的恢复和好转奠定基础。

（2）具体目标：到 2012 年，通过治理退化草地、保护湿地、退耕还草、治理沙漠化土地、生态林和水土保持林建设、河流修复、人工草地建设等多项工程措施，使草地不再退化，沙漠化土地面积不再蔓延，水土流失有所控制，青海湖水位下降速度减缓，生物多样性保护设施得到加强，产业结构得到进一步调整，农牧民的生产生活条件有所

改善。

## 2. 第二阶段

2013~2017年,为流域生态环境保护与综合治理的发展阶段。

(1) 基本思路:在基本遏制生态环境恶化的势头后,使流域各项生态功能得到发挥,生态环境有所改善,开始走上良性循环的轨道。以畜牧业为主导的产业结构调整产生效益,旅游业、服务业等第三产业得到发展,农牧民经济收入不断提高,可持续发展能力增强。

(2) 具体目标:恢复退化草地,治理沙漠化土地,营造生态林和水土保持林;完成暖棚、贮草棚、饲料粉碎机、细管冻精和引进大通牦牛种公牛规划的50%任务,基本实现畜种良种化和实现畜草平衡,产业结构得到优化;完成28处人畜饮水安全工程建设。加上第一阶段的各项生态保护和治理工程初显效益,草地植被盖度增加到75%,新增林地面积 $1.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,森林盖率达到3.36%;草地(湿地)退化和土地沙漠化面积得到有效控制,中度以上水土流失面积基本得到控制;青海湖裸鲤数量有望恢复到20世纪80年代水平,生物多样性得到恢复和发展;进一步缓解流域生态环境继续恶化的趋势,为阻挡荒漠化向东蔓延建立起有效的生态屏障。

## (四) 三大效益分析

通过青海湖流域生态环境保护与综合治理规划项目的实施,在流域建立起相对平衡的良性循环生态系统,使该区域成为保护东部农业区及青海湖周边地区的绿色生态屏障;充分发挥流域作为青藏高原东北部重要水汽源、重要产水源、国家级自然保护区、风景名胜旅游区和青海省畜牧业示范区的生态功能和社会功能,加大对西北地区乃至我国的生态安全产生积极的影响。

青海湖流域生态环境保护与综合治理,具有明显的生态效益、社会效益和经济效益。首先,可以有效缓解青海湖水位逐年下降的状况,水资源量由目前的年实际亏损 $3.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,下降到年均亏损 $1.07 \times 10^8 \sim 2.07 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;其次,通过保护和修复工程的实施,有效治理各种退化土地 $124.34 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占流域总面积的41%,基本遏制住流域植被盖度减少趋势,实现畜草平衡;第三,流域内广大农牧民的生产生活条件得到明显改善,人均收入显著提高。

### 1. 社会效益

青海湖流域是一个完整的自然、社会、经济复合生态系统。因此,青海湖流域生态环境保护与综合治理规划的实施,不仅对构建流域人与自然和谐及经济社会可持续发展有利,而且对青海省和我国西部地区的生态安全也具有重要意义。

(1) 可以优化畜种与畜群结构,实现畜草平衡:通过上述规划的实施,可进一步优化产业结构,使流域内草地畜牧业逐步向高效生态畜牧业方向转化;优化畜种、畜群结构,使生产能力得到提高,增加农牧民收入。规划实施后,引进优质种羊、良种种牛、良种细管冻精,使区域内良种化水平达到30%以上;经过畜群结构的调整,适龄母畜比例提高6.9个百分点,仔畜繁活率、出栏率、总增率均有较大幅度的提高。

通过项目建设,天然草地植被盖度和产草量将会大大提高,由于加大了人工草地建

设力度,区域内可食牧草总量达到  $15.64 \times 10^8 \text{ kg}$ ,较项目建设前提高 51.5%。另外,通过实施退牧减畜,基本扭转综合治理前草地的严重超载状况,实现建设后的畜草基本平衡,减轻了天然草地的放牧压力,从而增强了其自我恢复能力;通过以草定畜和划区轮牧,为草地畜牧业持续稳定发展创造了条件,为牧民增收、致富奔小康打下了基础。同时,通过综合治理规划的实施,使项目区成为最大的农牧业科学实验和生态畜牧业的示范推广区,使之初步形成人与自然和谐、畜牧业生产与生态环境保护相协调的可持续发展模式。

(2) 可以为青海湖周边地区提供生态保护的成功经验:青海湖流域地处祁连山地、柴达木盆地、共和盆地和东部农业区的交汇地带,其地理、气候、土壤、生物等与上述周边地区极具相似性和代表性。青海湖流域生态保护和综合治理项目采取的治理技术、工程措施,以及优质牧草种子、灌木、乔木树种等,在周边地区的生态治理中都可使用。这将对流域周边地区起到良好的示范和辐射作用,其成功经验还可为青海省环境保护和建设提供借鉴。

(3) 为打造青海湖旅游和体育品牌创造条件:通过规划的实施,进一步改善青海湖区的生态环境和旅游环境,使其旅游资源和体育资源得到进一步开发和优化,高原旅游和高原体育的核心地位与作用得到进一步加强,为湖区生态旅游和高原体育业的发展奠定了基础。

青海湖已成为驰名中外的生态旅游风景区,其旅游品牌已享誉国内并逐步走向世界。随着流域生态环境的好转,青海湖旅游品牌的知名度会越来越高,前来青海湖观光、度假、旅游的国内外游客也会逐年增加,为打造青海湖旅游品牌创造了良好条件,并将带动青海省旅游业的快速发展。

环青海湖地区以“民族体育、传统体育、高原体育”为特色,以环青海湖国际公路自行车赛为龙头,带动射击、射箭、快艇、沙滩摩托车、滑翔机、滑沙等体育运动项目的开展,必将会吸引大批国内外游客。

(4) 为青藏铁路与青藏和青新公路的安全运行提供生态屏障:青海湖流域是连接西藏自治区、新疆维吾尔自治区和甘肃省河西走廊的交通要道,也是接连中西部的交通大动脉和西气东输的大通道。通过对沙漠化土地、退化草地和水土流失的综合治理,使风沙危害和水土流失面积明显减少,为铁路、公路、输气管道的安全运行提供了保障,对西部大开发战略的顺利实施具有重要的意义。

## 2. 生态效益

综合治理的目的主要是生态效益,而生态效益较大的项目有退牧还草与退化草地综合治理工程、沼泽湿地保护工程、退耕还林(草)工程、水源涵养林建设工程、水土保持工程、沙漠化土地治理和人工增雨工程等。规划实施后的定型年估测生态总价值约 1.67 亿元,其中保土(保肥)价值约 1.0 亿元,净化空气价值约 0.09 亿元,减少清淤价值约 0.04 亿元,涵养水源的功能价值约 0.30 亿元,人工增雨价值约 0.24 亿元。

(1) 基本遏制湖区土地退化趋势:通过项目建设,使流域天然草地的植被盖度平均达到 75% 以上;新增森林面积  $1.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (森林保存率按 70% 计算),使森林覆盖率由目前的 2.77% 提高到 3.36%,增加 0.59 个百分点,基本遏制青海湖流域土地退

化趋势。

(2) 有效缓解青海湖水位下降: 青海湖水资源在 1908 ~ 2007 年的 100 年间一直是入不敷出, 水位逐年下降, 其根源在于湖面蒸发量远大于来水量。1959 ~ 2004 年, 平均年亏损水量为  $3.97 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。通过人工增雨项目的实施, 预测在青海湖流域内年均增加降水量  $9.2 \times 10^8 \sim 13.8 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 地表径流汇入青海湖的水量, 再加直接进入青海湖面的降水, 合计年均增加湖泊水量  $1.9 \times 10^8 \sim 2.9 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 使青海湖水资源年均亏损量下降到  $1.07 \times 10^8 \sim 2.07 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 有效缓解了青海湖水位下降趋势。

(3) 为保护流域生物多样性创造条件: 青海湖流域是生物多样性与生物种质基因较为独特的地区。通过项目的实施, 可进一步保护流域内众多的动植物资源, 为青海湖珍稀鸟类提供安全的生存空间, 为青海湖裸鲤提供适宜的产卵场所, 每年可拯救 100t 受困亲鱼顺利产卵。与此同时, 还可利用人工繁殖技术, 每年人工放流青海湖裸鲤鱼苗  $1\,000 \times 10^4$  尾, 为青海湖区构筑鱼、鸟共生的生态环境打下基础。

(4) 对促进青海湖水汽源产生起到催化剂作用: 青海湖流域是环湖水源的产流区, 同时还给湟水、大通河以及哈拉湖流域、托莱河、疏勒河、黑河等河流上空提供了大量的水汽, 从而形成了青藏高原东北部最重要的水汽源、储水库和转运站, 并起到了气候循环的调节器作用。通过规划的实施, 不仅促进了流域水体生态系统的良性循环, 而且还对上述河流径流量增加产生了明显效果; 同时对河湟谷地、祁连山地、柴达木盆地乃至甘肃省河西走廊地区的生态安全产生重要影响。

(5) 有效改善流域生态质量: 通过项目建设, 青海湖流域生态环境将得到进一步改善, 水源涵养和水土保持能力大为增强。预测区内林草地可增加水源涵养量  $9\,981.5 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 有效遏制水土流失、保土固沙  $998.15 \times 10^4 \text{ t}$ , 使进入青海湖的泥沙量减少 80% 以上, 使河流的水量分配状况有所改善。此外, 通过污染治理工程, 可有效地改善湖区环境和水体质量。

### 3. 经济效益

通过本规划的实施, 主要体现的是生态效益和社会效益。为了实现人与自然和谐共处, 充分体现以人为本的科学发展理念, 努力改善当地农牧民的生产生活条件, 提高项目区农牧业生产发展水平, 使广大农牧民得到实惠, 从而尽快脱贫致富奔小康。

本规划实施后, 当地农牧民尚可通过项目获得如下几项间接经济收益。其一, 退牧还草工程的饲料粮补助收入, 总额为 13 039.6 万元, 补助期 10 年, 年均 1 304.0 万元; 其二, 退耕还草工程的粮食与现金补助, 总额为  $2\,520 \times 10^4$  万元, 补助期为 2 年, 年均 1 260.0 万元; 其三, 湿地保护工程中的封育补偿费, 总额为 6 583.5 万元, 补偿期为 10 年, 年均 658.4 万元; 其四, 实施退化草地治理工程后, 除生态效益外的增草效益。

据估测, 退化草地治理后的补播增草、围栏封育增草、防治鼠虫害后减少牧草损失、防除毒杂草后的增草、黑土滩治理后人工群落增草等, 合计年增草较项目实施前增加可食饲草量  $30\,148.5 \times 10^4 \text{ kg}$ , 增草率达 29.19%。年可增加牲畜饲养量  $62.10 \times 10^4$  只羊单位, 出栏率按 40% 计, 年增加牲畜出栏量  $24.84 \times 10^4$  只羊单位。在工程补助期内, 年增加经济收入 9 432.4 万元, 至 2017 年, 流域内农牧民人均年增加收入 1 192 元。



## 第六章 流域生态保护与修复

### 一、天然植被保护与恢复

植被是指陆地表面分布着由许多植物组成的各种植物群落，如森林、灌丛、草原、荒漠、草甸、沼泽等。天然植被，亦称自然植被，是出现在一地区的植物长期历史发展的产物。组成植被的单元是植物群落，某一地区植被可以由单一群落或几个群落组成。植被是一个地区重要的基因库，保存着多种多样的植物、动物和微生物，并为人类提供各种重要的、可更新的自然资源；具有涵养水源、保持水土、蓄洪防旱、调节气候、美化环境和维护生物多样性等一系列重要的生态功能，有着极其重要的价值。长期以来，如何保护天然植被以及恢复退化的自然植被，使天然植被与自然生态融为一体，获得天然植被本身的生产经济效益和生态服务功能，对青藏高原脆弱而敏感的天然植被保护与恢复有着特殊的意义，又是常常被容易忽视的关键科学问题。

#### （一）天然植被及其生态功能

青海湖流域天然植被具有巨大的资源潜力，以草地为例，是流域草地生态畜牧业的重要物质基础，因而具有重要的生态功能和生物多样性保护作用。

天然植被对水源涵养、水土保持、防风固沙、维护生态平衡、保护生物多样性、控制土壤侵蚀、调节气候等起着极其重要的作用，具有独特的生态功能，同时还可为珍稀野生动植物生存提供必不可少的栖息环境。天然植被的重要价值见表 6-1-1。

表 6-1-1 天然植被生态系统效益估算

| 生态系统效益      | 当前价值（亿元） | 潜在价值（亿元） |
|-------------|----------|----------|
| 水土保持        |          |          |
| 水源保护/防止干旱   | 2 000    | > 10 790 |
| 防止水灾        | 29 800   | > 29 800 |
| 防止土壤受侵蚀     | 3 200    | > 3 200  |
| 保持土壤肥力/固氮作用 | 670      | > 1 440  |
| 防止泥沙沉积      | 1 510    | > 1 510  |
| 防止沙漠化       | 540      | 2 800    |
| 稳定海岸        | 20       | > 20     |
| 调节气候与天气     |          |          |
| 改善小气候与局部气候  | 未评估      | 未评估      |

续表

| 生态系统效益    | 当前价值 (亿元) | 潜在价值 (亿元) |
|-----------|-----------|-----------|
| 防止火灾      | 43        | > 43      |
| 防范风暴      | 30        | > 30      |
| 存储碳       | 4 740     | > 4 740   |
| 固碳作用      | 200       | > 200     |
| 控制污染      | > 200     | > 990     |
| 防止生物灾害    | > 800     | > 1 600   |
| 生物多样性利用   |           |           |
| 生物多样性直接价值 | 3 360     | > 6 180   |
| 基于自然的旅游   | 120       | > 120     |
| 再生能源      |           |           |
| 提高水力发电效率  | 430       | 2 360     |
| 最低价值      | > 47 663  | > 65 823  |

注：引自中国环境与发展国际合作委员会生物多样性工作组，2001。

## (二) 流域天然植被基本特征

### 1. 植物种类相对贫乏

青海湖流域位于青藏高原东北部，气候类型属典型高原大陆性气候特征，青海湖巨大水体以及流域复杂多样的生境类型对植被类型及其分布特征有着重要的影响。本区植物种类相对贫乏，现有种子植物 445 种，隶属 52 科，174 属（陈桂琛等，1993）。流域主体的天然植被类型有灌丛植被（河谷灌丛、高寒灌丛、沙生灌丛）、草原植被（温性草原、高寒草原）、草甸植被（高寒草甸、沼泽草甸）等。草原植被的优势植物有芨芨草、西北针茅、短花针茅、紫花针茅等；灌丛植被的优势种如具鳞水柏枝、肋果沙棘、山生柳、金露梅、鬼箭锦鸡儿、圆头沙蒿、叉子圆柏等为优势构成相应的植被类型；草甸植被主要优势种为嵩草属和苔草属植物的高山嵩草、矮嵩草、西藏嵩草、华扁穗草等，盐渍化土地则以马蔺、星星草等为优势植物。

### 2. 植物种类的自身特殊性

青海湖流域为祁连山系南麓中部地段的一个大型山间盆地，处于我国温带草原地区西部，西侧属于温带荒漠地区的柴达木盆地，植被水平地带性变化并未表现出典型的草原—荒漠草原—荒漠的中间过渡类型，而是表现出自身的特殊性。青海湖流域的草原基带植被，与柴达木盆地及其北缘的祁连山南支——宗务隆山和柴达木山的中低荒漠基带植被不同，柴达木地区以典型的中亚荒漠植物为优势种。即使在青海湖东部沙地上的沙生植被也与柴达木盆地明显不同。与青海省东部地区相比，一方面，虽然基带植被均为草原类型，但后者以长芒草（*Stipa bungeana*）和多种蒿（*Artemisia* spp.）为优势种，而青海湖流域则以芨芨草、西北针茅、青海固沙草、冰草、高山苔草、短花针茅等为草原优势种，并且发育大面积紫花针茅高寒草原。另一方面，代表山地植被特点的垂直带谱，柴达木盆地北缘（祁连山西段大南坡）与青海湖流域的垂直带谱存在某些相似之处，但受干旱气候影响，群落具有更强的耐旱特点；比起青海省东部地区山地垂直带

谱,青海湖流域则表现更为简化,且各类高寒植被类型十分发育。

### 3. 植被分布具有明显的空间分布特征

青海湖流域为一完整的高原内陆盆地。草原植被在湖盆地区及河谷地带较为发育,构成了本区的基带植被。温性草原主要以青海湖为中心,呈环带状分布,集中分布于湖盆及河谷地带,由东而西植被类型有更加适应寒冷干旱趋势,而高寒草原的分布则与生境寒冷干旱相一致。沼泽湿地则围绕青海湖为中心,以入湖三角洲为重点区域形成间断分布。沙生植被则与沙化地区密切相关(陈桂琛等,1991)。植被分布还有明显的垂直分异变化,垂直带谱表现为草原带、高寒灌丛与高寒草甸带以及高寒流石坡植被带。植被水平地带性分异既受到青海湖巨大水体存在的影响,其植被组合及特征又表现出与青藏高原植被的明显相似性。作为祁连山南麓中部地区的一个大型山间盆地,其东西方向介于青海省东部地区和柴达木盆地之间,植被东西方向的水平地带性并未表现出明显的过渡特征。流域植被有其自身的特殊性,并与青藏高原隆升之后气候寒冷干旱相一致。因此,青海湖流域就整体而言,应属祁连山地区植被一个相对独立的组成部分。

### 4. 天然植被具有敏感脆弱性

青海湖流域属青藏高原典型生态脆弱区,天然植被具有敏感脆弱等特点。流域天然植被是在高原独特的环境条件下,经过长期演化和发展而形成的,并表现出独特的分布特征和发展趋势。许多动植物种类为流域特有种或主要分布于青藏高原,如国家级珍稀保护的动物有普氏原羚、青海湖裸鲤等,植物有紫花针茅、青藏苔草、嵩草属植物等。这种敏感脆弱特性与灌丛、草原、草甸等天然植被的类型及其分布格局密切相关,而且受气候变化及人类活动干扰的影响,使植被的变化更加复杂。区域海拔在3 200m以上,且气候干旱寒冷。天然植被具有敏感脆弱性主要表现为植物生长期短、植被结构简单、生产力水平低、群落稳定性差和植被自我恢复能力差等特点,容易因外界因子的干扰和破坏而发生变化。以环湖盆地的草原为例,其土壤类型为草原土,土壤质地为砂砾质和砂壤质,表层沙砾化。一方面,在干旱、严寒、多风等气候环境条件下,容易因地表植被的干扰和破坏而出现沙漠化过程;另一方面,湖盆地带的草原又是人类活动以及气候变化敏感集中区域,植被一旦遭到破坏,恢复极为困难和缓慢,有时甚至是不可逆转的。

## (三) 流域天然植被保护与恢复生态工程

青海湖流域天然植被具有重要的资源生产价值和生态服务功能。区域气候变化和人类活动的综合影响,各类天然植被的基本类型、结构特征以及分布格局等变化十分复杂。近几十年来,天然植被退化严重、湿地植被萎缩减少、沙生植被破坏且活化等突出问题,致使天然植被的生物多样性丧失,生态功能和效益下降,因此迫切需要加强流域天然植被的保护与恢复。

### 1. 流域天然植被保护与恢复的基本目标

流域天然植被保护与恢复的总目标是:全面加强流域天然植被及其生物多样性保护,维护灌丛、草原、草甸及湿地植被的基本功能,重点保护与恢复流域湿地植被、草原植被、灌丛植被以及沙地植被,建立流域天然植被保护协调机制和管理体系,初步形

成以青海湖为中心的天然植被保护体系,使以环湖地带和重点河流两侧的天然植被得以有效保护与恢复,植被退化趋势得到明显遏制,天然植被向良性循环方向发展,保持和发挥流域天然植被的各种功能和效益,保证天然植被资源的可持续利用。

近中期目标(至2020年)是:制定和实施天然植被保护与合理利用的管理规范,为流域天然植被保护和合理利用奠定基础。实施重点天然植被保护与恢复综合治理措施,基本遏制人为因素导致的天然植被质量下降以及结构功能退化的趋势,建立流域重点天然植被保护与持续利用实验示范区,使流域天然植被能明显地发挥经济效益、生态效益和社会效益。进一步完善天然植被保护恢复的关键技术,逐步建立流域天然植被保护与合理利用的综合配套措施,使流域重点天然植被得到有效保护,生态功能明显提高,区域经济社会得到持续协调发展。

## 2. 流域天然植被保护与恢复的基本原理

天然植被保护与恢复是根据生态学理论和生物多样性基本原理,通过一定的生物、生态工程的技术或方法,对天然植被进行保护,以保持生态系统的健康和服务功能,对退化植被类型采用以自然恢复为主的方式,实现生态上科学,技术上可行,经济上节约的效果。目前,世界各国均在十分重视利用天然植被保护和改善区域生态环境的理论研究和实践探讨。

流域天然植被保护与恢复的基本原理有二:①植被演替理论:植物群落演替是指在植物群落发展变化过程中,由低级到高级,由简单到复杂,一个阶段接着一个阶段,一个群落代替另一个群落的自然演变现象。演替是植物群落重要特征,是地表同一地段顺序地分布着各种不同植物群落的时间过程。②边缘效应理论:认为两种生境交汇的区段,由于异质性高致使植被及生物多样性丰富,这种区域也是天然植被保护恢复的重点地区。如湿地位于水体和陆地之间,其特殊的地理位置以及生境条件在生物地球化学循环过程中扮演各种重要的角色,也是验证边缘效应的最佳场所之一。沙地与草地之间的植被及其种类组成也是较为丰富的。

## 3. 天然植被保护与恢复的主要原则

青海湖流域现阶段天然植被保护与恢复的主要任务是遏制流域天然植被破坏与退化,保护与恢复流域灌丛、草地、湿地以及沙地等典型天然植被类型生物多样性及其生态功能。在合理科学论证的基础上,采取以自然修复为主的策略和措施,结合工程和生物措施,使天然植被得到有效保护与恢复。天然植被保护与恢复的基本原则如下。

(1) 坚持统筹规划,重点保护恢复的原则:根据流域天然植被特征以及自然和社会经济条件,进行统筹规划,突出重点区域;根据天然植被保护与恢复生态规律和科学管理要求,划分流域灌丛、草地、湿地以及沙地主要天然植被的重点保护与恢复区域,构建青海湖及重点河流为中心的天然植被保护与恢复格局;制定有效可行的措施,开展重点区域及类型保护,维护流域天然植被、生物多样性及其生态服务功能。

(2) 坚持天然植被保护恢复与生境保护相结合的原则:从流域的角度努力做到植被保护恢复和生境保护同步进行,以维护和改善区域生态环境,防止天然植被退化及土地沙漠化和保护流域生物多样性为主要目的。

(3) 坚持以科技为先导,各方积极参与的原则:加大天然植被科学理论与应用的

科技攻关力度,充分借鉴国内外天然植被保护与恢复的经验,认真做好天然植被保护的组织协调,各有关部门要按照职责分工,发挥优势,密切合作,形成合力,做好流域天然植被保护与恢复工作。

#### 4. 天然植被保护与恢复的主要途径

青海湖流域天然植被保护与合理利用的主要途径:①合理划分天然植被区域,因地制宜保护利用;②制定天然植被保护规划,综合利用天然植被资源;③保护关键重点植被,构建天然植被(灌丛植被、草原植被、沙生植被和湿地植被)保护网络体系;④加强天然植被及其动态变化监测,预测植被演替发展趋势。

根据流域天然植被类型、主要特征及其退化程度可以分为三种途径:①重点敏感区且退化不是特别严重的天然植被,如泉湾鸟岛湿地植被、湖东沙生植被等,可通过划定保护区或保护小区,减少人为干扰,使天然植被自然修复并保持自然状态;②重要且退化较严重的天然植被,如环湖草原区、部分河谷灌丛,可采用以自然保护修复为主,结合生态与工程恢复进行保护;③重要且完全次生化裸地,如道路工程建设形成的取弃土场次生裸地,已改变天然植被性质与用途的,可依据生态演替规律,采取人工辅助措施加速自然演替过程。

根据天然植被保护与恢复类型可以分为四种方式:①沙生植被的保护恢复主要是建立保护区,减少人为干扰,促进沙生植被生态系统的自然恢复;②灌丛植被的保护恢复主要是建立重点保护区,禁止人为砍伐灌丛植物,采用乡土植物促进灌丛植被的自然恢复;③湿地植被的保护恢复主要是改善区域生态环境,合理配置水资源,保证正常的生态基流及水文过程,维护湿地植被的生物多样性;④天然草地植被的保护恢复主要是严格控制载畜量,实施轮牧休牧,缓解过度放牧长期以来的累积影响,促进草地植被的自然恢复(表6-1-2)。

表 6-1-2 青海湖流域天然植被类型及其保护恢复策略

| 湿地类型 | 基 本 特 征                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 保 护 恢 复 策 略                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 草地植被 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 草地植被(草原和草甸)以芨芨草、西北针茅、短花针茅、紫花针茅、蒿草、苔草等多年生密丛草本植物为优势构成植被类型,群落盖度在 40%~85% 之间</li> <li>2. 流域的主体植被类型,以青海湖为中心呈环带状分布</li> <li>3. 过度放牧、草原开垦以及工程建设(如铁路、公路等)是影响草地天然植被的重要人为因素</li> <li>4. 草地植被变化主要表现为草地植被结构和功能发生变化,如杂草侵入繁衍扩散以及形成次生裸地,加剧草地退化、土壤侵蚀及土地沙漠化</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 严格控制载畜量,实施轮牧休牧,缓解过度放牧长期复杂影响,促进草地植被的自然恢复</li> <li>2. 禁止随意开垦草地,对已开垦草地及弃耕地,按草地生态演替规律,采用乡土草本植物,加速自然演替过程</li> <li>3. 对铁路和公路建设形成的次生裸地(取弃土场和路基边坡等),按生态演替规律,采用乡土植物恢复地表植被,减少水土流失和景观破碎化</li> <li>4. 根据草地植被特征及气候变化特点,调整草地植被保护利用的方式、规模、范围和程度,保持草地生物多样性,维护生态功能</li> </ol> |

续表

| 湿地类型 | 基 本 特 征                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 保 护 恢 复 策 略                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 灌丛植被 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 灌丛植被以具鳞水柏枝、肋果沙棘、山生柳、金露梅、鬼箭锦鸡儿等矮小灌木植物为优势构成灌丛植被, 群落总盖度在 60% ~ 90% 之间</li> <li>2. 灌丛植被是流域山地以及河谷滩地的重要植被类型, 以河流为中心呈条带状分布和以山地特定坡向呈斑块状分布</li> <li>3. 灌丛砍伐、过度放牧以及工程建设 (如河谷采砂石、矿产资源开发等) 是影响灌丛植被的主要因素</li> <li>4. 灌丛植被变化主要表现为结构和功能的变化, 如灌木消失及无法正常更新以及形成次生裸地, 加剧水土流失及景观破碎化</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 禁止随意砍伐灌丛, 对已破坏灌丛实施封育措施, 加速自然演替过程</li> <li>2. 适度控制载畜量, 缓解过度放牧对灌丛植物更新的影响, 促进灌木生长及自然恢复</li> <li>3. 对工程建设形成的次生裸地, 按生态演替规律, 采用乡土植物恢复其地表植被, 减少水土流失和景观破碎化</li> <li>4. 根据灌丛植被特征及功能, 调整灌丛植被利用的方式, 保护生物多样性, 维护水源涵养及水土保持生态功能</li> </ol>                                                  |
| 沙生植被 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 沙生植被以叉子圆柏、圆头沙蒿、赖草等植物为优势构成植被类型, 群落总盖度在 10% ~ 55% 之间</li> <li>2. 与沙化土地密切相关, 是流域固定和半固定沙地的重要植被类型, 围绕沙地边缘呈环带状分布和特定沙地的斑块状分布</li> <li>3. 灌木砍伐、工程建设 (如公路建设等)、过度放牧以及生态旅游是沙地植被破坏的主要因素</li> <li>4. 沙生植被变化主要表现为群落结构和地表覆盖的变化, 如具有固定和半固定作用的灌木消失, 防风固沙功能减弱</li> </ol>                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 封育措施: 封育是流域沙生植被保护与恢复最有效的可行的办法, 具有生态上科学、技术上可行、经济上节约, 实施封育措施可加速自然演替过程</li> <li>2. 适度控制载畜量, 缓解过度放牧对沙生植物自然更新以及地表干扰的影响, 促进沙生植物生长及自然恢复</li> <li>3. 对工程建设扰动的沙地, 按生态演替规律, 采用生物措施和工程手段 (草方格沙障等) 恢复地表植被, 防风固沙</li> <li>4. 根据沙生植被特征及分布特点, 重视天然植被保护与恢复, 保护生物多样性, 维护植被防风固沙等生态功能</li> </ol> |
| 湿地植被 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 湿地植被以西藏嵩草、华扁穗草、水葱、芦苇等植物为优势构成植被类型, 群落总盖度在 55% ~ 95% 之间</li> <li>2. 与地形地貌特征有密切关系, 是流域极其重要的植被类型, 以青海湖为中心呈环状间断分布和以河流为主体呈条带状分布</li> <li>3. 区域环境恶化、工程建设 (如农田引水灌溉改变水文过程)、过度放牧以及生态旅游是湿地植被破坏的主要因素</li> <li>4. 湿地植被变化主要表现为群落结构和地表覆盖变化, 与湿地水环境的变化密切相关</li> </ol>                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 合理配置水资源, 保证入湖河流等正常的水文功能, 增加水资源量</li> <li>2. 保护和改善湖泊湿地周边生态环境, 特别是易引发水土流失的敏感地段。维持河流正常的生态基流及水文功能, 防止把污染物直接排放河流</li> <li>3. 适度利用沼泽和沼泽草甸, 减少过度放牧等人为干扰, 加强湖边及潜水出露区域的湿地植被与珍稀水禽等生物多样性保护</li> <li>4. 建立生态功能保护区, 减少各种人为干扰, 增加湿地生物多样性</li> </ol>                                         |

### 5. 天然植被保护与恢复的关键技术

目前, 国内外更加重视利用天然植被保护和改善区域生态环境。自然恢复的天然植被最适合当地的物理和生物条件, 其保护与恢复方法主要包括自然恢复和生态恢复两种 (表 6-1-3)。

(1) 自然恢复方法: 就是无需人工协助, 只是依靠自然演替来恢复已退化的生态系统。封山育林是自然恢复的典型方法。森林封育或草原休牧, 使天然植被不受人类活



表 6-1-3 青海湖流域天然植被保护恢复关键技术

| 天然植被类型 | 天然植被保护恢复关键技术                                                                                                  |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 天然草地   | 生境保护与恢复：退化草地恢复技术；水土流失控制技术；土壤修复技术<br>植被保护与恢复：植物种类筛选和培植技术；关键植物保护技术；植物种群调控技术；群落结构优化配置技术；群落演替控制与修复技术；生态系统构建技术     |
| 湿地植被   | 生境与水体修复：湿地基底修复技术；退化草地修复技术；水土流失控制技术<br>植被保护与恢复：关键物种保护技术；生物种群调控技术；群落结构优化配置与组建技术；群落演替控制与修复技术；湿地生态系统构建与集成技术       |
| 河谷灌丛   | 生境保护与恢复：退化灌丛恢复技术；土壤侵蚀控制技术；土壤修复技术<br>植被保护与恢复：植物种类筛选和培植技术；关键植物保护技术；植物种群调控技术；群落结构优化配置技术；群落演替控制与修复技术；生态系统构建技术     |
| 沙生植被   | 生境保护与恢复：固定与半固定沙丘控制技术；草方格固沙技术；石方格固沙技术<br>植被保护与恢复：植物种类筛选和培植技术；关键植物保护技术；植物种群调控技术；群落结构优化配置技术；群落演替控制与修复技术；生态系统构建技术 |

动的影响，就能促进植被自然更新。在保持水土、控制和改善微气候、保护生物多样性和维持大气平衡方面，自然恢复的植被稳定性更好。

(2) 生态恢复方法：指通过人工方法，按照自然规律，恢复天然的生态系统。“生态恢复”是试图重新创造、引导或加速自然演化过程。首先可以把一个地区需要的基本植物和动物放到一起，提供基本的条件，然后让它自然演化，最后实现恢复。因此，生态恢复的目标不是要种植尽可能多的物种，而是创造良好的条件，促进一个群落发展成为由当地物种组成的完整生态系统。

从上面的论述可知，青海湖流域的天然植被保护和恢复总体而言属生态保护问题。因此，天然植被保护和恢复关键技术应以自然生态修复为主的策略，遵循天然植被生态系统的自我设计、自我组织、自我修复的原理，使天然植物得到有效保护。天然植被保护与恢复应尽量减少人类活动对植被直接干扰，逐步促进流域天然植被的生物多样性，从而形成符合流域天然植被生态演替的科学理论、简单易行经济实用的天然植被保护与恢复的综合配套技术。

## 6. 流域重要天然植被保护与恢复

### (1) 布哈河、沙柳河河谷灌丛植被保护与恢复

1) 植被基本概况：布哈河是青海湖水系中最大的河流，全长约 286km，占全部入湖径流量的 46.9%，是青海湖裸鲤洄游产卵的重要场地；沙柳河又称伊克乌兰河，全长 105.8km，占全部入湖径流量的 15%，由西向东南流入青海湖。布哈河河谷分布有具鳞水柏枝和肋果沙棘两大重要的河谷灌丛植被类型，沙柳河因河谷滩地长满沙柳（水柏枝）而得名，且河谷滩地有大面积的具鳞水柏枝灌丛，呈条带状分布。历史上，青海湖入湖主要河流的河谷滩地灌丛均受到人为砍伐等破坏。鉴于河谷滩地灌丛对水土保持、防洪蓄水、增加生物多样性和改善流域生态具有重要作用，应采取相应的天然植被保护与恢复对策，加强灌丛保护。

2) 植被保护与恢复对策措施: ①建立河谷滩地灌丛生态功能保护区, 以自然恢复为主, 亦可采用具鳞水柏枝和肋果沙棘等乡土植物恢复已破坏的河谷滩地灌丛, 促进具鳞水柏枝和肋果沙棘等河谷灌丛保护与恢复, 增加生物多样性; ②保持布哈河和沙柳河正常的水文功能, 维护河流正常的生态基流及其河流健康, 增加水资源量, 禁止在河流上游地区建设拦水坝等工程措施; ③控制布哈河和沙柳河两边 2km 范围内的草地放牧强度, 保护和改善湿地周边草地生态环境。

#### (2) 青海湖湖盆地草原植被保护与恢复

1) 植被基本概况: 青海湖流域海拔 3 200 ~ 3 500m 之间属湖盆地带, 以草原植被类型为主, 主要优势植物有芨芨草、西北针茅、短花针茅、紫花针茅、青海固沙草、沙蒿等多年生草本植物, 群落盖度在 40% ~ 70% 之间。湖盆地带是人类活动最为频繁的地区, 主要有过度放牧、草原开垦、道路建设、生态旅游等。也是天然植被破坏退化最为严重的地区。

2) 植被保护与恢复对策措施: ①根据天然草地资源的特征及变化趋势, 调整草地利用方式、范围和强度, 严格控制天然草地的放牧强度, 防止草场进一步退化及土地沙漠化加剧。②建立科学合理的休牧轮牧制度是维护草地生态平衡的重要保证。尽管围栏封育等措施使草地退化问题有所缓解, 但仍未从根本上改变草地退化的状况。在敏感地段甚至会导致珍稀野生动物生境破碎化, 加剧非围栏草地的压力和持续退化。③在缺乏科学的草地利用监测研究之前, 对天然草地的人工灌溉、草地施肥以及全面补播应持慎重态度。

#### (3) 青海湖东北部沙生植被保护与恢复

1) 植被基本概况: 青海湖流域东北部分布有大面积的沙地, 海拔 3 200 ~ 3 500m 之间, 沙生植被主要优势植物有圆头沙蒿、叉子圆柏、赖草等植物, 群落盖度在 20% ~ 45% 之间。值得一提的是, 湖东沙地有小片的青海云杉林和小叶杨林。本区亦是普氏原羚的重要分布区之一, 保护和恢复天然沙生植被有着特殊的生态意义。

2) 植被保护与恢复对策措施: ①以自然恢复为代表的封育是保护和恢复流域沙生植被最直接而有效的措施, 它能有效地利用乡土植物加速恢复过程, 确保沙地生态系统的健康。②严格控制沙地周边天然草地的放牧强度, 防止草场进一步退化及土地沙漠化加剧。沙地周边的草地, 由于土壤为沙壤土, 植被盖度相对较低, 一旦过度放牧利用即产生沙化, 恢复起来将更加困难。因此, 应把沙地周边草地作为一个生态敏感过渡区, 尽量减少草地放牧活动的直接扰动, 同时保证珍稀野生动物的栖息觅食环境。③近十几年来, 采用沙棘等植物对沙地进行植被恢复, 进一步比较人工辅助恢复与天然植被保护恢复的差异, 为沙生植被保护恢复提供科学依据。

#### (4) 泉湾、鸟岛、布哈河湿地植被保护与恢复

1) 植被基本概况: 青海湖国家级自然保护区属湿地类型的自然保护区。鸟岛及布哈河三角洲植物以水位下降形成的具有耐盐碱的星星草、西伯利亚蓼等, 呈片状分布; 而泉湾位于青海湖西面, 其湿地有众多小泉、溪流、沼池, 水草丰美。湿地植物优势种有荸荠、杉叶藻、苔草、华扁穗草等。

2) 植被保护与恢复对策措施: ①合理配置水资源, 防止河流随意建坝截流及引水

灌溉,保持周边河流等正常的水文功能,保证入湖水资源量。②适度控制湿地周边草地的放牧强度,防止鸟岛周边地区草地进一步退化及土地沙漠化加剧。同时减少放牧活动对泉湾沼泽湿地的直接扰动。③对鸟岛湖滨因水位下降形成的盐碱化湿地采用碱茅等耐盐碱植物,加速植被恢复过程;而对荸荠及杉叶藻等植物构成的湿地植被应以自然恢复为主。

#### (5) 沙柳河、倒淌河湿地植被保护与恢复

1) 植被基本概况:倒淌河发源于日月山西麓的察汗草原,是青海湖水系中最小的一支,在入湖地段形成以水葱、芦苇等优势种组成的沼泽湿地,是鸟类的主要栖息地,是水草丰美的天然牧场。沙柳河近湖岸河流及湖滨地带有大面积的水葱、芦苇等优势种形成的沼泽湿地植被类型,呈片状或条带状分布,是黑颈鹤等珍稀水禽的栖息地。

2) 湿地植被保护与恢复对策措施:①控制倒淌河、沙柳河湿地周边草地放牧强度,保护和改善湿地周边草地生态环境,促进湿地植被的恢复;②应避免在河流上游地区建设拦水坝等工程措施,保持倒淌河和沙柳河正常的水文功能,增加水资源量;③建立生态功能保护小区,以自然植被恢复为主,减少各种干扰,增加湿地生物多样性。

#### (6) 环湖高寒灌丛草甸天然植被保护与恢复

1) 植被基本概况:流域海拔在3 400~4 000 m之间,主要为灌丛草甸植被类型,主要优势植物有山生柳、金露梅、鬼箭锦鸡儿、嵩草、苔草等植物,群落盖度在55%~90%之间。多数属夏季放牧草场,有过度放牧,天然植被退化主要为鼠害及杂草侵入繁衍扩散所致。

2) 植被保护与恢复对策措施:①根据天然草地资源特征及其变化趋势,调整草地利用方式、范围和强度,严格控制天然草地的放牧强度,使草地有正常的休养机会,防止草场进一步退化;②建立科学合理的休牧轮牧制度,是维护草地生态平衡的重要保证。

### (四) 流域天然植被保护与恢复研究展望

天然植被作为青海湖流域所有生态系统的基础,除了草地等正常的生产功能之外,同时具有保持水土、涵养水源、防风固沙、维持生态平衡以及保持物种多样性等方面的生态功能和作用。区域植被反映了地表植物群落的空间分布特征以及时间动态变化过程,是环境质量好坏的重要标志,植被既受其所在环境条件的制约,又可影响所在区段的环境条件。根据流域天然植被基本特征以及动态变化特点,流域天然植被的保护与恢复工作是复杂和艰巨的,应加强以下几个方面的研究工作。

#### 1. 积极开展流域天然植被的科学研究

天然植被的保护与恢复是青海湖流域环境保护和建设最重要的生态工程,过去对天然植被的作用和功能认识不够,多是在植被破坏之后再人为恢复。流域天然植被主要由灌丛、草地、湿地和沙地等植被类型组成,植物群落组成特点、空间变化格局及群落演变等均与气候变化和人类活动密切相关,需要进一步研究和掌握天然植被与生态系统结构和功能的关系,是什么因素阻止或妨碍了天然植被的正常恢复?以河谷灌丛为例,河谷灌丛的结构功能如何?与河流水文过程及河流健康有何关系?河谷灌丛植物群

落结构和功能的变化对河流湿地生态系统有何重要影响?什么是河谷灌丛植被保护恢复最有效可行的措施等重要问题,从而为河谷灌丛植被及其生物多样性的合理利用和保护提供科学依据。

## 2. 加强天然植被及生物多样性保护

流域天然植被具有独特的结构和功能,在深入研究天然植被结构、功能及动态变化关系的基础上,从影响天然植被保护与恢复的关键环节着手,从整体保护出发,把流域天然植被的各种类型有机地结合起来,在流域整体尺度下进行天然植被的保护与恢复,并运用植被生态学理论,对流域天然植被进行保护、恢复和科学管理。

# 二、退化草地修复与治理

## (一) 退化草地概述

青海湖流域是青海省畜牧业发展水平较高的地区之一,但近十多年来,由于超载过牧和大面积开垦草场,流域草地退化严重。据统计,流域内天然草地面积为  $213.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。其中,可利用草地面积为  $189.90 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占流域天然草地面积的 88.88%;中度以上退化草地面积达  $85.47 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占流域可利用草地面积的 45.0%;鼠虫害危害面积为  $130.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占 68.58%。同时,由于气候变暖,干旱少雨等多种因素的影响,流域内植被水源涵养功能大幅下降,导致青海湖水位下降。据统计,1959~2004 年青海湖水位下降了 3.78m,平均以每年 8.4cm 的速率下降。作为青海省王牌旅游景区的青海湖区,正遭受着草地退化、沙化的严重威胁,如鸟岛区草地重度退化面积达  $5.73 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,平均流沙厚度 14cm,部分地区已形成“新月型”沙丘,受害面积约  $0.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。原来水草丰美的优良牧场已不复存在,风光秀美的鸟岛正面临着全面沙化的威胁。青海湖鸟岛是鸟类繁衍生息的理想家园,由于周围生态环境恶化,目前鸟岛连陆,已成为沙丘状半岛,鸟类栖息环境明显恶化。青海湖渔业资源减少,珍稀野生动物普氏原羚数量锐减,成为极度濒危的物种。主要表现在以下几个方面。

### 1. 土地沙漠化强烈发展

目前,青海湖流域风沙活动日趋加剧,土地沙漠化面积增加,是湖区十分突出的环境问题。据资料表明,1956 年、1972 年、1986 年和 2000 年沙丘及沙漠化土地面积分别达  $452 \text{ km}^2$ 、 $498 \text{ km}^2$ 、 $757 \text{ km}^2$  和  $1248 \text{ km}^2$ ,活动范围也由原来主要集中于湖东北部而向整个湖区扩展。特别是青海湖鸟岛发生了巨大的变化。20 世纪 50 年代中期,鸟岛之一的蛋岛为四面环水,面积  $0.11 \text{ km}^2$ ,至 20 世纪 70 年代后期,由于湖水位下降,布哈河三角洲泥沙堆积,使得蛋岛及海西皮岛已与湖岸相连,布哈河河口沿湖岸向北 6km 以上的湖底全部暴露,成为新的沙地,鸟岛的鸟类生存环境大为恶化。

据湖东北岸大水滴剖面的研究,在距今 4200~3500 年前,湖区气候表现得较为暖湿;距今 3500~2700 年,湖区气候转向干旱;距今 2700~1000 年,湖区气候曾一度转湿;距今 1000 年以后,湖区气候转变为冷干型草原气候。近 100 年来,湖区气候出现明显的暖干化趋势。在这种气候环境变化的总体背景下,湖水位不断下降,湖面退

缩,湖底泥沙沉积裸露。湖东岸沙漠的形成是湖区周期性旱化的产物,而鸟岛附近沙地的来源是近300年来湖泊退缩过程中的河湖相沉积物。可见,湖区沙漠化趋势与环境演变有密切关系。同时,人类社会经济活动已成为湖区沙漠化发生的重要诱导因素。湖区近期所表现出的湖盆沙漠化范围及面积扩大则更多地参与了人类活动因素,如不合理的土地利用在一定程度上也加剧了湖区沙漠化趋势。

## 2. 草地退化日趋严重

从20世纪70~90年代,流域森林植被几近消亡,同时草地面积及产量也有明显的改变。相对优良的高寒草甸草地、高寒灌丛草地、山地草原草地、疏林草地等面积均有不同程度的缩减,而相对较差的荒漠草地面积在不断扩大,说明湖区草地呈不断退化的趋势。

由于草地资源利用不合理,流域草地资源退化的问题较为普遍。据统计,中度以上退化草地面积已占流域可利用草地面积的45%。草地的退化一般表现为群落的平均盖度下降,群落组成中优良牧草的数量和比例下降,而杂草和毒草比例明显上升。在局部地段,狼毒、黄花棘豆等有毒牧草已发展成为群落的优势种,其盖度及产量均占有优势。此外,由于草地超载,过度放牧,湖区牲畜品质呈逐年下降趋势。

## 3. 黑土滩、毒杂草蔓延

“黑土滩”是高寒草甸草地发生严重退化后形成的大面积次生裸地。据统计,目前流域黑土滩面积有 $9.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占流域可利用草地面积的4.8%。此类草地平均每公顷产鲜草极低,仅占未退化草地产量的13%,黑土滩退化草地植物种类构成中60%~80%是毒杂草,已完全失去利用价值。不同程度的黑土滩退化草地,其地下活根量呈下降趋势,土壤含水量亦明显下降,土壤趋于碱性,有机质减少。区域退化草地大部分以毒杂草为主,草地的退化一般表现为群落的平均盖度下降,群落组成中优良牧草的数量和比例下降,而杂草和毒草比例明显上升。在区域局部地段,狼毒、黄花棘豆等有毒牧草已发展成为群落的优势种,盖度及产量均占优势。据统计,毒杂草型退化草地面积已达 $33.86 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,占流域可利用草地面积的17.83%,主要包括狼毒、棘豆(*Oxytropis* spp.)、橐吾(*Ligularia* spp.)等毒杂草。

## 4. 鼠虫害严重

据统计,目前流域草地鼠虫危害面积已占流域可利用草地面积的68.58%。常见的害鼠有鼠兔科(*Ochotonidae*)、仓鼠科(*Cricetidae*)、跳鼠科(*Dipodidae*)、松鼠科(*Sciuridae*)、鼠科(*Muridae*)等20个种,但鉴于大部分害鼠种群数量少,且与主要鼠类混生,故形不成大面积的危害。能够对草地造成重大灾害的主要是以高原鼠兔为代表的鼠兔科和以高原鼢鼠为代表的仓鼠科的鼢鼠亚科,主要分布在海拔3200~4500m的高寒草甸、高寒干草原和温性干草原地带。其中,位于湖北岸的海晏、刚察两县草原鼠害以地下鼠——高原鼢鼠为主,湖西、湖南和湖东地区高原鼠兔和高原鼢鼠均有不同程度的分布。草原鼠虫害对流域畜牧业基础产业造成了巨大损失。据测定,高原鼠兔每天采食牧草66~77g,年采食牧草24.1~28.2kg,56只高原鼠兔采食的牧草相当于1只羊单位全年的饲草量;高原鼢鼠终年营地下生活,每只日采食牧草264g,全年采食牧草根、茎、叶达96.4kg。高原鼢鼠除采食牧草外,终年打洞造穴,会引起严重的水土流



失和土壤养分的损失。由于洞道的塌陷、植被破坏，推出的地表土丘覆盖牧草，使草地质量变劣，产量下降。鼠害严重地区的天然草地千疮百孔，甚至成了次生裸地或“黑土滩”。

流域虫害主要是草地蝗虫。据调查，流域有 41 种蝗虫，常见的有蚁蝗属 (*Myrmeleottix*)、雏蝗属 (*Chorthippus*)、皱膝蝗属 (*Angaracris*)、痠蝗属 (*Bryodema*)、星翅蝗属 (*Calliptamus*)、小车蝗属 (*Oedaleus*)、异痠蝗属 (*Bryodemella*)、棒角蝗属 (*Dasyhippus*)、槌角蝗属 (*Gomphocerus*) 等 15 个种，主要分布在高寒干草原区、山地干草原区以及平原荒漠草地，其性喜干旱，喜食禾本科牧草。其中以湖西的天峻县分布最广、危害最大。流域草地蝗虫一般灾害年份密度为  $80 \sim 120$  头  $\cdot \text{hm}^{-2}$ ，使牧草减产 50% 左右，干旱年份其密度高达 300 余头  $\cdot \text{hm}^{-2}$ ，常常将牧草采食一光。此外，海晏县托勒乡、共和县黑马河乡的潮湿草甸区还分布有青海草原毛虫，由于毛虫扩散地域广，虫源地极不稳定，故对其危害亦不容忽视。

## (二) 草地生境恶化原因

青海湖流域在近百年来暖干化气候的大背景下，春旱频繁发生，草地水分蒸发量增加，使草地持水量减少，牧草生长受到明显影响，故返青推延，生长缓慢，植被盖度下降，造成草地的退化；而流域人口的快速增长，过度的垦植和放牧，则是造成植被退化的主要原因。近 50 年来人口快速增长，从 1949 年的 2.2 万人增加到 2004 年的 8.56 万人，增加了 2.9 倍；同期牲畜数量增加了 3 倍，耕地面积增加了 20 多倍。许多草地开垦成农田，加上广种薄收的落后生产方式，使农田长期裸露，风蚀水侵，加剧了土地沙漠化的进程。

草地长期超载过牧是近年来草地退化、沙化的主要原因。牲畜常年的过度啃食和践踏使天然草地得不到休养生息，土壤板结，冬春季节风大风多，草地裸露，蒸发加剧，加上暖冬气候的影响，使草地的土壤含水量明显下降，表层干燥，草根因风蚀、干旱而死亡，使植被盖度明显下降，草层高度降低，优良牧草的比例明显减少，毒杂草增加。近年来，采取围栏封育等措施，保护冬春草场、保护鸟岛周围的草地，使产草量提高，植被盖度达到 80% 以上。实践证明，禁牧封育、减畜育草，可以恢复轻度退化的草地植被。

在湖区基础设施建设中，不合理的开垦草原和乱采滥挖药材等行为，也是草地退化趋势加剧的主要原因之一。

草地退化、沙化使土地沙漠化的过程加剧，风沙危害加重，沙尘暴天气频繁发生。1959~1999 年的 41 年间，刚察县出现沙尘暴 579 次，平均每年 14 次以上，并呈现逐渐增长的趋势；而开垦农田挤占了大片的优良草地，更加剧草畜矛盾。过度的垦殖和落后的生产方式、灌溉制度，使土地次生盐碱化加剧，大片耕地荒芜，水土流失加剧，土壤肥力下降，成为新的沙源。

造成湿地退化的原因是大气变暖、地表蒸发加剧、过度放牧、降水量下降、人畜践踏等多种因素共同作用的结果，其中全球气候变暖和人类无节制的经营活



可低估。土地沙漠化正在导致高寒草甸植被向干旱、荒漠植被演变,而作为湿地保水、蓄水屏障的沼泽草甸与草原的退化亦影响到湿地水分散失加剧,面积急剧萎缩,生态功能大幅下降,生物多样性锐减。湿地功能的退化和整体生态环境恶化之间形成恶性循环。

### (三) 退化草地修复与治理规模

自 20 世纪 80 年代末期至 90 年代初期,随着牧区草场承包责任制的实施,青海湖流域开展了较大规模的草原围栏建设,累计围栏冬春草场近  $50 \times 10^4 \text{hm}^2$ ; 90 年代中后期,在中央和各级政府的大力支持下,流域先后又实施了牧区开发示范工程、国家生态环境建设工程、退耕还林还草工程、天然草原植被恢复和建设工程、草地围栏建设工程和牧草良种繁育基地建设工程等,区域总投资额近 3 亿元,其中国债项目累计投资 1.67 亿元(中央国债投资达 1.1 亿元),开展了以草原围栏、灭鼠治虫、草地改良、人工种草为主要内容的草地基础建设和保护治理,完成封育草场和划区轮牧草场建设  $14.31 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,灭鼠  $40 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,建植人工草地  $0.67 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。截至目前,流域内现有人工草地保留面积  $3.62 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,围栏草地  $66.95 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,畜棚  $108.8 \times 10^4 \text{m}^2$ (表 6-2-1)。

表 6-2-1 青海湖流域草地资源与建设现状

| 县 名 | 草地面积<br>( $\text{hm}^2$ ) | 可利用草地<br>( $\text{hm}^2$ ) | 人工草地<br>( $\text{hm}^2$ ) | 草地围栏<br>( $\text{hm}^2$ ) | 畜 棚<br>( $\text{m}^2$ ) |
|-----|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 合 计 | 2 136 537                 | 1 898 976                  | 36 220                    | 669 543                   | 1 088 176               |
| 刚 察 | 532 800                   | 496 770                    | 9 087                     | 194 684                   | 244 996                 |
| 海 晏 | 121 475                   | 94 062                     | 3 833                     | 68 973                    | 289 750                 |
| 天 峻 | 1 106 940                 | 974 107                    | 3 153                     | 221 633                   | 205 100                 |
| 共 和 | 375 322                   | 334 037                    | 20 147                    | 184 253                   | 348 330                 |

#### 1. 修复与治理工程

从 2008 年开始,退化草地修复与治理建设主要安排退牧还草、重度沙化型退化草地治理、黑土滩型退化草地治理、毒杂草型退化草地治理和草原鼠虫害防治等五项子工程。

(1) 退牧还草工程:对流域内  $85.47 \times 10^4 \text{hm}^2$  中度以上退化草地实施退牧还草工程。建设内容为退牧草地季节性休牧和禁牧围栏建设、退牧草地补播(补播面积占退牧草地总面积的 1/3)、退牧草地饲料粮补助;退牧还草总面积  $85.47 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,其中休牧面积  $67.21 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,禁牧面积  $18.26 \times 10^4 \text{hm}^2$ ;封育围栏建设  $85.47 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,退牧草地补播(中度沙化退化草地)  $28.49 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,退牧草地饲料粮补助  $14\,488.49 \times 10^4 \text{kg}$ (补助期 10 年,折合现金 13 039.6 万元),区域内减畜  $99.57 \times 10^4$  只羊单位(其中移民减畜  $11.53 \times 10^4$  只羊单位,退牧减畜  $88.04 \times 10^4$  只羊单位),减畜率为 23.61%。

(2) 重度沙化型退化草地治理工程:主要建设内容是采用免耕补播法恢复草原植被,并实行长期禁牧封育;建成半人工草地  $9.15 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,禁牧期 10 年。

(3) 黑土型退化草地治理工程: 主要建设内容是建植多年生人工草地, 并长期禁牧封育; 人工草地建植面积  $9.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 禁牧期 10 年。

(4) 毒杂草型退化草地治理工程: 建设内容主要是采取毒草防除和灭治杂毒草 + 季节性休牧的工程措施, 毒杂草灭治面积  $33.86 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

(5) 鼠虫害防治工程: 流域内鼠虫危害的草原面积达  $130.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 在实施退牧还草与退化草地综合治理工程时, 首先要对鼠虫进行灭治。鼠虫害防治主要采用生物毒素人工防治地面鼠害、人工弓箭捕捉地下鼠、利用生物和药物防治虫害, 总规模面积  $130.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。灭鼠  $105.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 其中防治高原鼠兔  $56.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 防治高原鼯鼠  $49.00 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; 灭虫  $25.17 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 其中防治草原蝗虫  $21.06 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 防治草原毛虫  $4.11 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

## 2. 分期目标

第一阶段, 即 2008 ~ 2012 年, 为本项目的重点实施阶段。通过保护、恢复、治理、建设等措施, 为流域退化草地的恢复和逆转奠定基础。具体目标是: 治理中度以上退化草地  $67.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 其中围栏封育  $67.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成禁牧  $14.26 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成休牧  $52.81 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成围栏补播  $22.42 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成治理毒杂草退化草地  $29.86 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 黑土滩型重度退化草地植被重建  $7.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 重度沙化草地治理  $6.56 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成鼠虫害防治  $130.24 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。

第二阶段, 即 2013 ~ 2017 年, 为本项目实施的发展阶段。其生态保护和治理效果有所显现, 生态环境将有所改善, 草地生态系统开始向良性循环转化。具体目标是: 治理中度以上退化草地  $18.40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 其中围栏封育  $18.40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成禁牧封育  $4.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 季节性休牧封育  $14.40 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成围栏补播  $6.06 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成治理毒杂草退化草地  $4.0 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 完成黑土滩重度退化草地植被重建  $1.41 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 重度沙化草地治理  $2.59 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。项目定型年, 基本达到总体目标水平。

# 三、土地沙漠化防治

## (一) 沙漠化土地分布

荒漠化的发展是当今全球生态环境面临的重大问题之一。根据荒漠化防治国际公约的定义, “荒漠化是由于气候变化和人类活动在的各种因素造成的干旱、半干旱和半湿润干旱区的土地退化”。我国学者依据上述荒漠化概念, 将沙漠化定义为 “在干旱、半干旱和亚湿润地区内由于气候变化与人类活动等因素作用所产生的一种以风沙活动为主要标志的土地退化过程”。因此, 沙漠化应包含在荒漠化概念之内, 即风蚀荒漠或沙质荒漠化。青海湖流域沙漠化土地分布在环湖周围的山前平原地带, 主要是在湖东、湖东北一带海晏县的克图、大小占岭至湖东种羊场、倒淌河一带; 尕海、沙岛、草格滩、甘子河; 湖西北岸的沙陀寺至布哈河、鸟岛地区 (图 6-3-1)。据 2004 年青海省林业调查规划院的沙漠化土地监测, 目前流域各类沙漠化土地为  $134\,295.7 \text{ hm}^2$ , 占流域总面积的 4.53%, 占流域陆地面积的 5.29%。其中, 流动沙漠土地  $40\,886.0 \text{ hm}^2$ ; 半固定沙

漠土地11 341.1hm<sup>2</sup>；固定沙漠土地38 129.6hm<sup>2</sup>；露沙地43 928.2hm<sup>2</sup>（表6-3-1）。

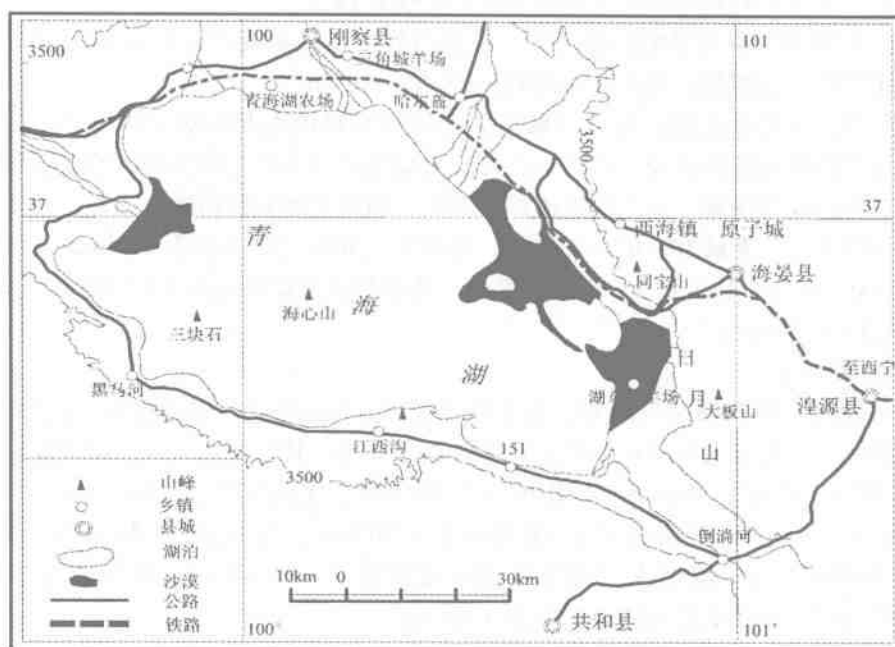


图6-3-1 青海湖流域沙漠化土地分布图

表6-3-1 青海湖流域沙漠化土地面积（单位：hm<sup>2</sup>）

| 地 区 | 合 计       | 流动沙地<br>(丘) | 半固定沙地(丘)    |             | 固定沙地       |            | 露沙地      | 非生物治<br>沙工程 |
|-----|-----------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|----------|-------------|
|     |           |             | 人工半固<br>定沙地 | 天然半固<br>定沙地 | 人工固<br>定沙地 | 天然固<br>定沙地 |          |             |
| 全流域 | 134 295.7 | 40 886.0    | 133.7       | 11 207.4    | 5 093.3    | 33 036.3   | 43 928.2 | 10.8        |
| 共和县 | 29 437.2  | 14 238.1    |             | 2 249.2     |            | 8 668.8    | 4 270.3  | 10.8        |
| 天峻县 | 26 230.6  |             |             | 4 511.3     |            | 21 473.2   | 246.1    |             |
| 海晏县 | 58 627.7  | 22 452.2    |             | 3 304.1     | 5 093.3    | 2 288.6    | 25 489.5 |             |
| 刚察县 | 20 000.2  | 4 195.7     | 133.7       | 1 142.8     |            | 605.7      | 13 922.3 |             |

注：此数据来源于2004年青海省林业调查规划院调研资料。

青海湖北岸的沙岛、湖东岸的下巴台、大小占岭流动沙丘和高大沙山连绵分布在一起，在其周边地区以及沙丘间地中有半固定沙丘和固定沙丘分布；湖西北部的刚察县境内的鸟岛、泉吉、哈尔盖等地有流动沙丘分布；湖西北岸有大面积连片的流动沙丘分布。此外，湖周尚有较大面积的草地已成为潜在沙漠化土地。

流域沙漠化土地以新月形沙丘、沙山、半流动沙丘为主。由于流域西部及向东沿途裸地起沙后，风沙入湖和吹入湖东北地区，在湖中形成沙坝，使湖东北岸形成了一系列子湖，与主体湖隔离，湖水位下降；而湖水位下降后，退缩的湖岸地带逐渐变成沙地，形成了生态环境的恶性循环。

流域风沙堆积基本上呈环湖分布,可分为四个区:一是湖东种羊场到克图一带,称湖东沙区;二是以海晏湾分界沙岛—草裙裤—哈尔盖一带,称甘子河沙区;三是从沙柳河三角洲以西一线,称为鸟岛沙区;四是湖盆东南边缘的浪玛舍岗沙区。

湖东沙区面积最大,沙丘以形体高大、密集分布为特征,其中尤以大型金字塔沙丘最为引人瞩目。沙丘高度从西向东逐渐增加,相对高度从 80m 增至 147m,高出湖面 400m,具有狭窄的脊线和尖削的丘顶。该区西部为湖滨沙地,在其周围还叠置着新月型沙丘及沙丘链。

甘子河沙区是由新老沙岛、湖中沙坝、尕海周围、甘子河、哈尔盖等地的沙地组成,以中型沙丘和新月型沙丘为主,相对高度 20~60m。由于湖水位逐年下降,风沙堆积,新老沙岛相连,形成了沙岛群。湖堤与湖东沙地相接,即将形成脱离主体湖的海晏湾湖,从而构成黄沙碧水交相辉映的奇特水上沙地景观。

鸟岛沙区包括沙柳河入湖三角洲及鸟岛周围的风沙地流动沙丘、湖滨沙地及河床沙地,沙丘形体不高,相对高度在 20m 以下。大部分湖滨沙地于 1972 年以前均在水下,后因湖水位下降,这些水下潜伏沙地才显露出来;同时又因这些沙地处于布哈河入湖三角洲水上部分的辽阔地区,致使其沙漠面积迅速增加,加之湖盆地区盛行西北风,所以这里就成为湖东、甘子河沙区的主要沙源。

浪玛舍岗沙区位于倒淌河与浪玛河之间的分水地带,由于在成因上和湖东沙地密切相关,故列为青海湖流域沙地,面积 20.70km<sup>2</sup>,沙丘高约 50m,形态类似甘子河沙区,沙丘密集相连,层层叠叠。近年来因人为干扰,一定数量的固定沙丘活化成为流动沙丘,在通往龙羊峡的公路上有 5km 长的流沙分布,已严重威胁着公路的畅通。

## (二) 沙漠化土地变化

利用 1956 年、1972 年航片和 1986 年卫片及 1:5 万青海地形图,经野外调绘和室内判读,测算青海湖流域三个年代的沙漠化土地的面积,加上 1994 年和 1999 年的沙漠化土地普查结果,得出青海湖盆地 5 期的沙漠化土地面积(图 6-3-2)。从图 6-3-2 可知,沙漠化土地面积呈上升变化。刚察县 1980 年以前几乎没有沙漠化土地,到 1980 年以后沙漠化土地面积强烈发展,到 1999 年沙漠化土地已扩展为 21 105.9hm<sup>2</sup>,主要是布哈河以北的鸟岛区和沙柳河、哈尔盖曲入口处的河滩地,三角洲变成了沙漠化土地,20 年间增加了 1 110.8hm<sup>2</sup>,这和环湖区的沙漠化土地发展速度基本一致。近 43 年来,青海湖流域沙漠化土地年均增长速率为 2.2%,流域的沙丘则由原来主要集中于湖东北部而正加速向整个湖区扩展(表 6-3-2)。

青海湖流域沙漠化土地面积扩大,主要来源有以下几个方面:一是青海湖体内水域和沼泽地变为流动沙地;二是青海湖体外水域变为流动沙地;三是青海湖体外其他地类如草地变成潜在沙漠化土地、流动沙地,灌木林变为固定沙地;四是沙地本身的变化,半固定沙地变为流动沙地,固定沙地变为半固定沙地。其中,流动沙地(丘)增加幅度较大,面积具有不稳定性,一部分随湖水涨落而形成,一部分是湖东流沙前移和潜在沙漠化土地发展而增加。半固定沙地面积,一是湖东北部分因湖水退缩而形成;二是湖东潜在沙漠化土地因过牧,致使草地退化而形成;三是灌木林退化形成。潜在沙漠化土

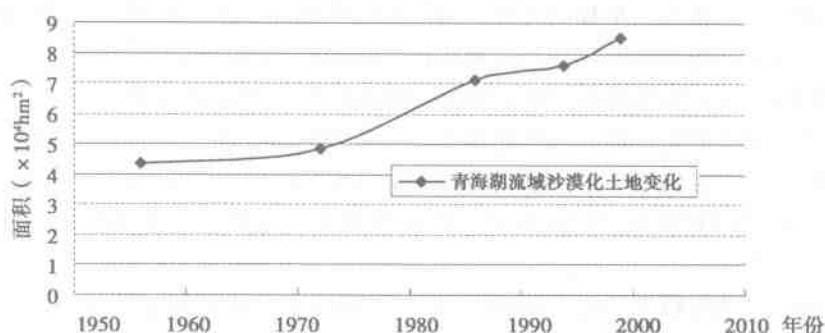


图 6-3-2 青海湖流域沙漠化土地变化

表 6-3-2 青海湖流域沙漠化土地变化 (单位:  $\times 10^4 \text{ hm}^2$ )

| 年 份         | 面 积     | 年均增加面积   | 年增加比例 (%) |
|-------------|---------|----------|-----------|
| 1956        | 4.368 4 |          |           |
| 1972        | 4.848 5 | 0.030    | 0.69      |
| 1986        | 7.122 6 | 0.162 4  | 3.35      |
| 1994        | 7.585 5 | 0.057 9  | 0.81      |
| 1999        | 8.503 0 | 0.183 5  | 2.42      |
| 1956 ~ 1999 |         | 0.096 15 | 2.2       |

地由于过牧,加之气候逐年干旱和鼠虫危害,使其向流动沙地和半固定沙地发展。

### (三) 沙漠化土地成因

青海湖是我国第一大咸水湖,是维系青藏高原东北部生态安全的重要水体,是阻挡西部荒漠化向东蔓延的天然屏障。由于受全球气候变暖和人类活动加剧的双重影响,从 20 世纪后期开始,青海湖流域生态环境急剧恶化,流域内的沙丘由原来主要集中于东北部而加速向整个湖区扩展。

#### 1. 自然因素

(1) 沉积物来源丰富:主要是青藏高原进入第四纪时期大规模隆期古地理风成沙的下伏地貌和青海湖及其内陆河的河湖相沉积产物。由于大规模的地壳运动,沉积速度加快,流域不断下降,而这些河湖沉积物正是形成沙漠化土地的基础条件。

(2) 环湖地区是典型的干旱气候环境:其主要气候特点是干旱少雨,降水稀少且集中,大风日数频繁,日温差大。蒸发量为降水量的 4.3 ~ 5.0 倍,平均风速  $3.2 \sim 4.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,大风日数 10.8 ~ 13.2d。由于上述气候因素使得青海湖水位不断下降,湖底原有的沙带出露水面。特别是 20 世纪 60 年代以来,湖水水位下降幅度越来越大,年平均减少湖水  $4.36 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。近 100 年来,湖面萎缩  $301 \text{ km}^2$ ,湖水平均深度由 26m 下降到现在的 19m。由于湖面萎缩,湖水下降,青海湖岸边裸露的湖床随处可见。据卫星遥感显示,青海湖正在从单一的高原大湖泊分裂为“一大数小”的湖泊群。同时入湖河川不断向湖中延伸,扩大了沙地面积,形成新的供给沙源。加之风力的作用,沙化过程

不断加剧。

(3) 草地退化严重: 流域植被因气候、土壤等环境条件的影响, 植被生长期短, 植被矮小, 盖度低, 保护地表作用减退, 且在风力的作用下, 易起沙。据调查, 青海湖盆地在 20 世纪 50 年代, 优良草地约  $201 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占该盆地草地总面积的 57%, 而到 90 年代末则减至  $109 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 草地退化不断加剧。近年来, 草地鼠虫灾害频繁, 使大面积的草地退化, 并以每年 8% 速率扩展。过去, 以海晏县金银滩为代表的黄金草原, 是青藏高原上最优良的天然草场之一, 而现在却是容颜不再。

## 2. 人为因素

(1) 草场超载, 引起退化、沙化: 长期以来, 青海湖流域和其他牧区一样, 存在着盲目追求存栏数的倾向。这里的牲畜以牛和羊占绝大多数, 1976 年牛、羊总数分别为  $39 \times 10^4$  头和  $181 \times 10^4$  只, 至 1985 年牛增加为  $42 \times 10^4$  头, 羊则下降为  $158 \times 10^4$  只。盲目追求存栏数, 造成草场超载, 引起草地退化、沙化, 鼠害、杂毒草增加等严重现象, 其结果反过来导致存栏数的最终下降。

对于流域的畜牧业来说, 由于农耕地挤占了大片的优良草场, 迫使各类牲畜依赖于周围山地质量相对低下的草地。然而追求存栏数又一度成为这里畜牧业生产的惟一目标, 情况稍好一点的也是单纯以草地面积来规划牲畜的数量, 使得牲畜相对于草地的面积、产量和质量的密度愈来愈大。青藏高原的高寒环境中, 气候干旱, 牧草的生长不仅要受到降水不足的影响, 而且还要受到低温的制约。因此, 流域畜牧业发展必须使畜群不断迁移到新的能提供充足牧草和水源的地方, 也就是采用游牧的方式。而现实是牲畜相对密度越来越大, 游牧的范围则愈来愈小, 以致集中于有限的地域放牧, 结果造成严重的过度放牧, 草地开始退化, 最终形成大面积的沙漠化土地。

(2) 盲目开垦, 引起草地沙化: 1949 年以前, 青海湖北岸的海晏县有部分耕地包括流域外湟水流域的一部分耕地, 面积不超过  $0.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。1958 年以后耕地面积有了很大的变化, 湖岸质量较好的草地皆被开垦为耕地。以青海湖农场为例, 1958 ~ 1961 年播种面积达  $1.47 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。到 20 世纪 80 年代, 由于耕地土壤肥力下降, 灌溉水量不足, 盐碱化土地扩大以及对生态环境问题的重视等原因, 流域耕地面积大为减少, 至今湖区最大的一片耕地仍在沙柳河冲洪积平原垦区。

现湖北岸的耕地大多采取每年半数休闲的办法, 使得这里大片土地全年都呈一种裸露或基本裸露的状态。同时, 随着土壤肥力的下降, 土层遭风力和流水的侵蚀, 盐碱化和沼泽化的发展, 单产大为减少, 原有许多耕地沦为沙地、砾地、沼泽地和盐碱地, 生态环境开始恶化。

(3) 水资源利用不当, 加大蒸发损耗: 1958 年以后, 农耕地的大量开垦使流域的生态环境发生了很大的变化。湖北岸平原上密集的人工沟渠加大了地表径流的蒸发, 使入湖河水量直接减少。湖区虽未见有打井抽取地下水用于灌溉的现象, 但是对沙柳河、哈尔盖曲等入湖河流大规模地引渠截流而改变了湖区地下水的补给状况。在灌溉出现之前, 蒸发对地下水的影响很小, 引渠灌溉后减少了地表水补给地下水的机会和数量, 其结果是将湖区更多的水体展布于地表, 蒸发损耗大为增加, 使排入青海湖的总径流量减少。



湖区耕地皆采取大水漫灌的形式,加上渠系渗漏,部分地段的地下水又不断上升,引起强烈的蒸发损耗。由于灌溉水量不足等原因,湖北岸开垦的土地因灌溉水量不畅而不能全部种植,只好实行所谓的“轮种”,这些裸露的耕地可占到耕地的一半左右。湖南岸的耕地基本上无需灌溉,但这里是流域甚至是青海省内最优良的牧场,由于农耕地的发展,促使大面积耕地在冬春季节成为无遮蔽的裸地,经过蒸发损耗,这些裸地的蓄水量降低,加之冬春季湖区风力最为集中,最大风力可达7~8级,将沙尘物质吹入湖中,引起湖周草地的进一步沙化。

(4) 政策因素影响:土地沙漠化的发展和逆转,政策因素在很大程度上左右着一个时期人类经济活动对环境影响的方式和方向。近50年来,当提出“以粮为纲”、“向沙漠进军”等口号时,大量砍伐森林,破坏草原,开垦造田,仅青海省共和县自1958年以来先后开垦沙地累计 $9.27 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,到1980年时又弃耕 $5.53 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,弃耕率达到59.65%。这些弃耕地上的植被在经过十几年后依旧未能恢复到周边原生植被的状态。土地沙漠化发展就是人类从自然界得到的回报。

当制定的政策正确,采取的措施积极,土地沙漠化就得到有效遏制。党的十五大提出“加强植树种草、搞好水土保持、防治沙漠化,改善生态环境”的方针,1998年国家制定《全国生态环境建设规划》,青海省亦相应制定《青海省生态环境建设规划》,以及后来安排实施的“三北”防护林建设工程、防沙治沙工程、黄河中上游防护林体系建设、长江中上游防护体系建设等项目,以及在世纪之交中央确定的西部大开发战略,把生态环境保护和建设作为第一位的战略步骤,通过这些项目的实施,青海省和西部地区一样,生态环境恶化的趋势将得到抑制和逆转,并最终实现人与自然的和谐相处。

#### (四) 风沙、泥沙和降尘入湖后对主体湖的影响

通过野外风沙观测和风洞实验,建立输沙量数学模型;依据湖区与附近气象站风速的同步观测,建立湖区与气象站风况关系,统计气象站各方位大于起沙风的风力时数,进行多年平均,然后计算风沙入湖量。

风沙入湖后对湖体的影响,主要表现在风沙入湖后形成的水下沙堤、沙坝,造成湖岸地貌的变化。经野外调查不同类型沙漠化土地,进行同步观测搜集风沙流资料,采取风洞模拟实验获得不同风级、风向、起沙风速等有效数据,建立适合该区的风沙流入湖数学模型,然后应用计算机处理数据,并计算入湖风沙量。同时,根据各河流含沙量、流量推算出入湖总泥沙量。在环湖区的主要风沙线设置四个口径为23cm的玻璃缸收集全年入湖空中尘埃量,计算出年入湖降尘量。

##### 1. 野外风沙观测

据青海湖西岸鸟岛平沙地进行的风沙观测,在0~100cm的高度内,随着风速的增大,输沙量增大;随着高度的增加,输沙量减少。当风速分别为 $15.5 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $15.2 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $13.9 \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,输沙总量分别为68.3g、46.93g和35.95g。在0~20cm的高度内,随着风速的减小,输沙量占的比例逐渐加大,分别占56.37%、70.96%和79.28%。在0~40cm的高度内,输沙量占的比例也是随着风速的减小而加大,分别占

75.40%、83.53%和90.96%。

下垫面不同,输沙量亦不同。在同一组观测中,流沙地、开荒地和草原比较,开荒地和草原无论是风速还是输沙量,均较流沙地小;开荒地的输沙量为流沙地的11.52%~36.38%,草原的输沙量又仅为流沙地的5.18%~9.96%。充分说明增加地表盖度对防止土壤风蚀具有重要作用。

## 2. 年入湖风沙量的估算

从环湖沙漠化土地分布特征看,入湖沙量实际上由湖W、N、E三个方面的流沙构成。根据风信资料、输沙量公式和每年各方位的有效进沙投影长度,即可算出湖周围各方位的入湖风沙总量为 $887.0808 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ ,结冰期过湖的风沙总量为 $138.9203 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

入湖降尘量的推算,应根据湖周四个降尘缸平均年采集的尘埃量和湖水面积,推算入湖的尘埃量为 $30.36 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ ;又据青海省水文站统计,环湖全部河流入湖泥沙总量为 $60.815 \times 10^4 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

通过风信资料的分析、风沙观测、风洞实验的计算及河流泥沙、降尘的验算,每年进入青海湖的沙量为 $978.2558 \times 10^4 \text{ t}$ 。其中,风沙量为 $887.08 \times 10^4 \text{ t}$ ,空中降尘量 $30.36 \times 10^4 \text{ t}$ ,河流泥沙 $60.815 \times 10^4 \text{ t}$ 。风沙、河流泥沙、空中降尘入湖后占据一定的湖体。因此,每年入湖的沙物质相当于 $299.5762 \times 10^4 \text{ m}^3$ 的水上溢,同时扩大了蒸发面积,实际上等于加快了蒸发强度。这相当于青海湖底每年沉积约1.6mm厚的泥沙(干沙)。

## 3. 风沙、泥沙和降尘入湖后对主体湖的影响

利用1956年、1972年航片,1986年卫片及1:5万青海湖地形图,通过野外调绘和室内判读,测算了三个年代青海湖沙地的面积、类型、分布,计算出沙地扩大速度及每个沙区相对扩大程度,同时引用近期卫片进行湖水位变化和沙漠化发展关系的研究。

(1) 湖水位变化与裸露湖滨面积的关系:近40多年来,青海湖水位下降加快,沙漠化加剧,导致湖区生态环境恶化。

影响青海湖水位变化的因素很多,如湖面降水,地表、地下径流补给,蒸发、人为用水等。除降水量变化外,笔者认为风沙、河流泥沙入湖填淤形成河口三角洲,水下沙堤进而发展成出露湖面的沙堤、沙丘,直至把大湖分隔成子湖,也是影响水位下降的一个重要因素。

青海湖东部滨岸地带因有广泛的风沙堆积,历史上就形成了尕斯库勒湖和耳海。从两期卫片上判断,1980~1986年间又形成了沙岛湖,海晏湾也处于几乎隔绝的状态。实际上,湖岸线退缩后形成的湖滨裸露地除湖南岸少部分坡度较陡的沙砾石地表外,大部分是沙地,进而扩大了沙漠化土地面积。鸟岛在1956年还是一个远离湖岸的孤岛,它与蛋岛在水下相连,距离湖岸达3800m;到1972年鸟岛仍距离湖岸尚有2600m;但到1979年鸟岛与湖岸已完全相连,形成了鸟岛连陆和一系列子湖与主体湖隔绝的状况,使湖西岸鸟岛的湖岸线发生变化。

总之,通过前几期的航片和后几期卫片,说明青海湖自1956~2004年湖水位在下降。从卫片上还可解译得出,湖岸线退缩形成的湖滨裸露沙地,有的已发展成流动沙

丘,沙漠化仍然在不断发展。

(2) 水下沙堤形成的物质来源与动力条件:注入青海湖的河流有 40 余条,但主要的人湖河流有西岸的布哈河及北岸的沙柳河、哈尔盖曲和甘子河等。进入湖中的沙子(风沙、泥沙),一般在水动力作用下以不同形式搬运、输送和沉积。其中粉沙以上者,首先在河口大量沉积,如布哈河口形成一个出露湖面并向湖内延伸达十几千米的三角洲,在风浪大时,也会出现悬移运动至泥沙运动,在适宜的地段沉积下来。可见,三角洲地区成为风沙入湖的物质来源。

青海湖最大的湖流是由 W、NW 风向推压作用形成的。据风信资料统计,全年以 W、NW 风为主,  $\geq 6.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  (起沙风速) 的 W、WNW、NNW、WSW 四种主风力的时数频率占 59.1%, 而  $\geq 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  的风力时数频率达 82.4%。湖区平均每年有大风(暴)日数 48.1d, 最长达 78d, 主要集中在春季。大风的作用,可造成强劲的西北浪流,其大小取决于风的能量。布哈河等主要河流自西、西北向东南注入形成湖流,在湖流、浪流同向动力共同作用下,入湖的风沙一部分沉积于湖岸地带,另一部分和泥沙一起进入湖中。入湖沙物质沿湖岸以推移形式运动向东搬运,在适宜的地带沉积,沙岛、海晏湾的水下沙堤便是以这种搬运方式形成的。根据粒度对比分析,布哈河、巴哈乌兰河口与海晏湾水下沙样的组分相近,也是有利的佐证之一。

(3) 湖中水下沙堤的形成与发展:有了沙物质来源,加上湖流、湖浪的搬运营力,再有适宜的湖岸地形,就为湖中水下沙堤的形成创造了条件。

青海湖因面积大而具有类似海洋的一些特点,如可以形成湖陆风。进入湖岸带的沙物质,在强劲的由西向东的湖流、湖浪作用下向东搬运,在与湖岸平行的背风方向上出现了沿岸流。当波浪和风的条件适宜时,这种水流可以在破碎波带上以和湖岸平行的方向沿湖底搬运沙子。在有海湾形成的地方,沿平直湖岸线继续漂沙,结果就沿平直湖岸线构成了沉积堤岸,这种向外延伸进入开阔水域的狭窄湖滩沉积为沙嘴或岬。由于波浪在湖湾浅水中的折射作用,沉积物在岬端附近受到沿岸漂沙的搬运,于是该岬逐渐向陆变曲。沙嘴长度会增加并向前延伸穿越湾口,形成湾口沙坝。

由于沙物质源源不断,西风波浪反复作用,使沙岛和海晏湾口的水下沙堤继续发展,增高增长;又因青海湖水位下降,沙物质增加,使沙堤开始出露湖面。据地形图和卫星照片判断,沙岛东西的新沙岛,1972 年还在水下,到 1980 年已露出湖面;海晏湾口的沙堤 1972 年也在水下,到 1980 年已露出湖面。沙堤出露后,一方面水中沙源不断,继续受西风浪流作用向前延伸,另一方面是冬季(12 月至翌年 2 月)湖面封冻后,风沙流穿越冰面,一部分吹入湖东形成目前的风沙地貌,一部分吹入沙堤一带。沙堤接受风沙堆积增高增宽,进一步发展成沙丘。这样反复交替作用,特别是湖水位的继续下降,使海晏湾口沙堤加速发展。

据测算,1972 年海晏湾口沙堤距下巴台嘴最窄处有 500m, 而到 1986 年只剩 300m, 且已有部分水下沙堤。照此下去用不了多长时间,沙堤就会成为拦湾坝,海晏湾与大湖脱离。沙岛在 1980 年还未与新沙岛相连,但到 1986 年老沙岛与新沙岛相连封闭,沙坝进一步发育形成沙岛湖(图 6-3-3、图 6-3-4)。

尕海、耳海与大湖的分隔,以及湖南岸一郎剑、二郎剑南侧形成的泻湖水位下降,

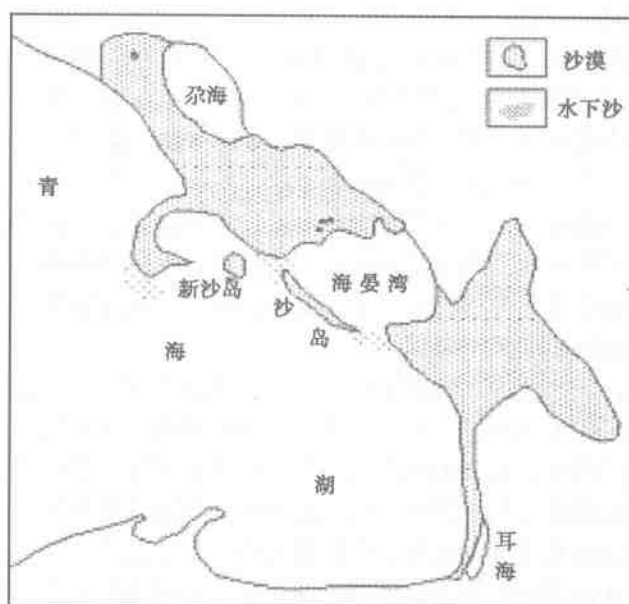


图 6-3-3 青海湖东部沙漠化土地分布图 (1980 年)

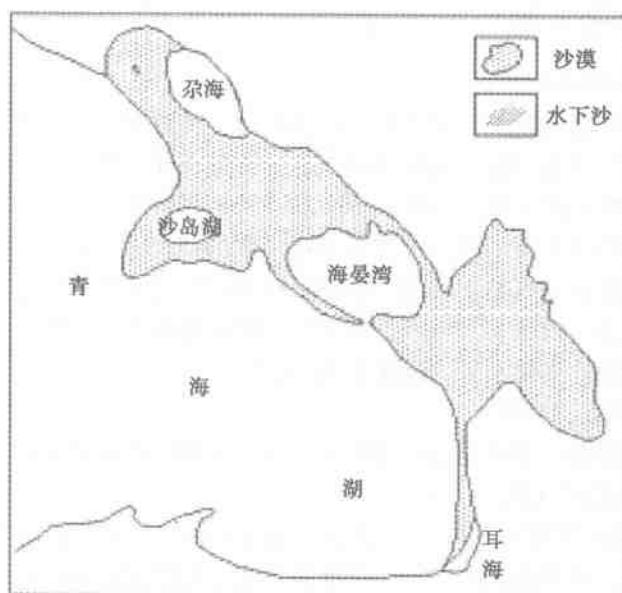


图 6-3-4 青海湖东部沙漠化土地分布图 (1986 年)

其原因之二，可能是受沿岸漂沙作用和风沙堆积所造成的。

(4) 子湖形成对湖水位下降的影响：风沙、河流泥沙活动的后果，使湖中突出水面的沙堤增高阻隔湖水，在湖盆东缘形成一系列子湖，如形成的沙岛湖，海晏湾也正处

于隔绝的状态,这些子湖的出现使湖泊的收缩更加迅速。沙岛沙漠面积 1956 年为  $9.53\text{km}^2$ , 1972 年扩大到  $13.9775\text{km}^2$ , 而 1986 年已扩大到  $22.3975\text{km}^2$ , 相当于增加了两个多沙岛,同时 30 年间湖水面积缩小  $22.3975\text{km}^2$ , 平均每年缩小  $0.75\text{km}^2$ 。这仅是沙岛一处,海晏湾口的沙坝也在增高加宽延伸,湖南岸的一郎剑、二郎剑的沙坝也是如此。由此可见,全新世初期以来,特别是近 50 年来,由于青海湖水位下降,环湖物质地表又扩大了风沙物质来源,导致风沙活动加剧;而河流泥沙、风沙活动又使湖底不断淤浅,沙堤增高,子湖形成,湖面蒸发加剧,青海湖的水体缩小更为加速。这就构成了近代青海湖自然环境演变过程中的一个恶性循环。但是,湖泊退缩和风沙活动的发展并不是直线式的而是波浪式的曲折前进。

青海湖流域风沙、河流泥沙入湖后,在自西向东的湖流和西北风造成的浪流作用下,于东部浅水带形成水下沙堤;当沙堤露出水面后又接受风沙堆积,促使湖中沙堤增长加高、隔断海湾,进而发展成为子湖。历史上形成的耳海、杂海和近代形成的沙岛湖及即将濒临隔绝的海晏湾都是环湖风沙运动的结果,导致青海湖生态环境的恶性循环。

随着流域土地沙漠化过程的发展,植被盖度降低,加速了地面风成沙的扩展。沙丘趋于密集、高大,使脆弱的生态环境愈益恶化,增加了风沙流入湖的宽度,使入湖风沙量呈正比增加。与此同时,土壤瘠薄,草场退化,生物量下降,可利用土地资源丧失。所有这些环境功能的退化都是土地沙漠化的指征。

## (五) 沙漠化土地综合防治

### 1. 沙漠化综合防治方案

各个地区土地沙漠化发展程度不同,所采取的土地利用方式、防治措施和治理途径也不尽一致。为了因地制宜地利用和治理湖区现有沙漠化土地,应以沙漠化过程的发展程度作为青海湖流域整治规划的主要指标。在一个地区内往往可以同时出现多种类型的沙漠化土地,在划分时主要以数量占优势或较多的类型作为指标。同时考虑到土地利用和沙漠治理是靠管辖单位组织实施的,在分区时也应尽可能集中连片并与县、乡地界一致,其中小区的命名,以所在的地名加以确定。湖盆地区由于自然条件和人为作用的程度不同,地区内土地沙漠化发展的程度也截然不同。

### 2. 沙漠化综合防治区划

依据上述分区和各区沙漠化的基本特征,来具体规划综合防治途径。

#### (1) 严重沙漠化区(流动沙地)

1) 湖东种羊场—海晏克图小区:目前,对高大沙丘、沙山治理困难。治理对象主要是大沙丘边缘的丘间底地、草场。一是保护好现有的沙区植被,严禁以叉子圆柏作烧柴,在沙区采挖药材等破坏活动,防止过牧滥牧现象。目前,海晏治沙站采取的围栏封育保护措施是防治沙漠化的有效途径值得推广;二是在较平缓的沙地上栽种怪柳、沙棘、枸杞、沙蒿等固沙植物,并积极建立以赖草和芨芨草为建群种的人工草地;三是在危害严重地段可采取生物措施与工程措施相结合的治理方法加以治理,如克图车站附近,可以设沙障压沙,搞好铁路防沙,进一步种草种树。

2) 沙岛—甘子河小区:治理主要对象是大沙丘边缘的沙漠化草场,防止过牧,如

甘子河乡北面的半固定沙丘,只要适度利用,是可以使沙漠化逆转的,应采用围栏封育,保护恢复植被,控制流沙扩展;在湾口沙堤上种植牧草或灌木,固定流沙,防止湖中沙梁露出水面。

3) 鸟岛小区:是流域重点防治区,也是青海湖自然保护区的核心区,首先要封沙育草保护鸟岛,特别是冬春季要防止牲畜过度啃食践踏草场。同时,此处是西、西北风的入口,又是风蚀沙源地,风蚀不但大量填淤青海湖,而且使闻名中外的鸟岛受到风沙侵袭。现在布哈河三角洲沮洳地带沙滩已伸入到鸟岛和小西山岛,这两个岛屿已和湖岸连成一片。小西山岛已出现风沙覆盖鸟巢,鸬鹚已明显再现迁移现象。对于鸟岛以北的风沙地,目前只能采取封育措施;对于鸟岛周围的流沙地,在封育的基础上应采取机械与生物措施相结合的手段治理,就地取材设置杂草、卵石等沙障,种草种树,从鸟岛管理处至石乃亥可以营造大型防风固沙林带来阻拦流沙侵入。在布哈河口三角洲地区,营造以怪柳、沙棘、枸杞等灌木结合的人工林,块状营造,防止风沙入湖和侵袭鸟岛。

4) 倒淌河—龙羊峡小区:包括倒淌河与黄河分水岭浪麻舍岗地带的流沙、半流动沙丘以及活化的古沙丘。该区治理重点是流动沙丘。治理措施以封育为主,也要防止超载过牧和严禁破坏植被,以防风蚀和风积过程继续发展,同时防止古沙丘的进一步活化,形成沙漠化危害。在公路两侧地区,为防止沙埋公路,可采取设沙障砌石等工程措施,也可栽植灌木,控制流沙危害公路。

(2) 强烈发展的沙漠化区(半固定沙地):指吉尔孟—天棚小区。治理重点是布哈河床及两岸的退化、沙化草场,加之青藏铁路西(宁)—格(尔木)段从小区通过,该区又是风沙源地,对青海湖及鸟岛危害极大。主要应从控制风蚀上采取措施,减少人为的压力,切实有效地保护现有的具鳞水柏枝及肋果沙棘,控制流沙,确保铁路畅通。

### (3) 正在发展中的沙漠化区(固定沙地)

1) 石乃亥—吉尔孟—泉吉小区:包括石乃亥—泉吉公路以西至吉尔孟一线的草场。这是关系到防止风沙掩埋鸟岛,填淤青海湖的百年大计。该区以沙质草场为主,植被稀疏,盖度小,目前已出现局部风蚀和堆积现象。治理原则应以封沙育草为主,划区轮牧,恢复植被,减少风蚀。该小区应建立大型灌木林带及封沙育草带,使上风线吹蚀的沙土在保护带迎风面堆积下来,减少风沙入湖量及对鸟岛的危害。

2) 青海湖农场—哈尔盖小区:包括青海湖农场及哈尔盖地区的农田和沙质草地。大部地区可继续正常种植,但局部地区主要是弃耕裸露地,在冬春季程度不同地出现土壤风蚀堆积现象。因此,应退耕还牧,增加植被盖度,防治破坏表土。整个农田应推行秋季免耕法,防止冬季风蚀疏松土壤,造成土地沙漠化,以及吹蚀表层沃土,减少产量。由于该小区大面积植树造林有难度,故应在局部条件较好的地区可营造适生灌木防护林带。

3) 青海湖乡—托勒—甘子河小区:包括青海湖北岸至大通山南麓坡脚公路一线的沙质草场。由于利用程度不同,沙漠化发展程度不同,托勒至白佛寺一带有风蚀堆积现象,其余地区较轻。该小区有些地方目前已采取了封沙育草措施,是一项投资少、见效快的重要途径。对于已经出现的裸露地,应加以围封,恢复植被;建立轮牧区,提高草场经营效率。



#### (4) 潜在沙漠化区

1) 倒淌河—江西沟—黑马河小区：主要是指湖南岸至青海湖南山北麓公路一线的沙质土壤草场。一郎剑、二郎剑为半固定沙地，因面积不大也划归该小区。只要正常利用，不破坏植被，沙漠化程度将不会发展。农场宜栽植以灌木为主的农田防护林，在几个乡所在地以及村镇搞四旁绿化。一郎剑、二郎剑地区的固定沙丘已开始活化，形成半流动沙丘，主要是过牧造成的。因此，只要合理利用植被就可以恢复植被盖度，防治沙漠化过程发展。

2) 天峻小区：主要包括布哈河床一线的天峻至快尔玛、阳康等地区。只要合理利用草场，就能防治沙漠化发展。该小区有具鳞水柏枝和肋果沙棘保护现有植被，故建议设立天然林保护站。

3) 舟群、生格小区：包括舟群、生格两片裸露的黑土滩地，这两片区域虽不相连，但土地类型一样，故作为一个小区考虑。该小区植被盖度很小，而且有一定的砾石存在于表土层中，有风蚀现象。对这类裸露地应实行禁牧，采取自然恢复植被加上人工种草。

#### 3. 沙漠化综合防治工程

青海湖流域均有沙漠化土地分布，只要因自然环境的影响和土壤质地的不同，沙漠化发展程度亦不同，有退化、沙化草场，半流动、半固定沙丘以及流动沙丘等类型。因为沙漠化的不同类型所造成的危害轻重也不一样，故对其利用方式和所采取的改造治理技术措施也应该有所区别。

##### (1) 防治风沙流的工程与生物措施

1) 设置机械沙障固定流沙：机械沙障是用黏土、麦草、杂草、卵石等材料，在沙面上做成的障蔽物，它具有防风阻沙的作用。沙障类型很多，常用的是直立式沙障。

沙障的设置应与主风向垂直，通常在沙丘迎风坡设置时，先顺主风向在沙丘中部划一道纵向轴线作为基准。由于沙丘中部的风速较两侧强大，因此沙障与轴线的夹角要呈 $90^\circ$ ，这样就可以使沙丘中部的风速向两侧出去，否则气流易趋于中部而使沙障被掏蚀，缩短沙障使用寿命。

在单向起沙风为主的地区，沙障的配置主要采取行列式和网格状式两种。行列式沙障在新月型沙丘迎风坡设置时，丘顶空出一段，先划出一道压沙障的范围界线，然后在迎风坡正面的中部，自上而下，按所需间距向两翼撇出开行沙障，使沙障微呈弧形。新月型沙丘链上设置形式，可参照单个新月型沙丘进行，但是在两沙丘相接的链口处因两侧沙丘坡面隆起形成集风区，其吹蚀力强，沙障间距应小些；在链身上有起伏弯曲的转折面出现处，标志着气流在此换向，此处风向很不稳定，应依据坡面转折情况加设若干条沙障副带，以免侧方向的掏蚀作用，风向的不稳定除常风外还有侧风向，故在这些沙区或地段多采用网格式沙障。与其主风向垂直的沙障间距较小，而与主风向平行的沙障间距较大，一般相当于垂直主风沙障间距的 $1.5 \sim 2.0$ 倍，即构成长方形网格。对于一些风蚀严重的地段，也可以设置成正方形网格沙障。

沙障间距的大小是沙障能否起到良好效益的关键。障距过大，沙障容易被风掏蚀而损坏，间距太小，则浪费工料。因此，在规划设计前必须合理确定它的行间距，并计

算单位面积上沙障的长度及所需材料、用工和开支等。

与主风方向垂直的沙障,其间距与地形、坡度和沙障的高低关系较大,同时还需考虑风力的强弱,即沙障高的间距可适当大些,反之,间距宜小;风力弱处间距可大,否则间距可小。

黏土沙障或隐蔽式紧密沙障的间距,主要是根据固沙造林的需要而确定的。这种沙障的特点是沙障设置后,经过几次大风,因沙障两侧积沙,中间被风蚀,障间形成稳定低洼的凹形沙面,如果沙障的方向正确,稳定后的障间凹面深度约为障间距离的 $1/12 \sim 1/10$ 。从固沙作用看,这类沙障的间距不宜过大,过大则障间凹面过深,容易使沙障遭到掏蚀。为使障间便于种植固沙植物,障间沙面的中部不可堆积干沙,通常黏土沙障的间距为 $2 \sim 4\text{m}$ ,沙障的高度为 $15 \sim 25\text{cm}$ ,也可设置成正方形或长方形格式。

根据本区研究试验结果,在沙丘迎风坡下部 $1/3 \sim 2/3$ 部位的流沙基本被固定。经过迎风坡的风沙流,由于沙子不饱和,使沙丘顶部的流沙不断遭到风蚀,从而拉平降低,然后在被削平的顶部和背风坡采用同一方法治理。

采用麦草方格沙障可将流动沙丘一次性固定。生活用能的多样化保障,使农村麦草成为草方格沙障设置的丰富材料来源。沙障的布设方法是在沙丘迎风坡或强风蚀地段,采用 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 、 $1\text{m} \times 1.5\text{m}$ 、 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 方格密度;在沙丘背风坡或丘间地,采用 $2\text{m} \times 2\text{m}$ 或 $3\text{m} \times 3\text{m}$ 方格密度。这样设置的草方格沙障更经济实用,固定治理的速度也更快,这种治理模式更适合于中小型沙丘。当然选用的沙障材料也可以是黏土,也可以是沙蒿或柳条。2002年,为保障通往青海湖沙岛新公路免受风沙危害,在穿越沙丘地带的公路两侧累计设置了路段长 $10\text{km}$ ,宽 $300 \sim 500\text{m}$ 的草方格沙障,并视沙丘的形态按 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 、 $1\text{m} \times 1.5\text{m}$ 、 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 规格设置沙障,当年就固定了流沙,起到了快速治理的效果。

另外,还有卵石方格沙障,一般用于青藏铁路沿线,规格 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 和 $1\text{m} \times 1.5\text{m}$ ,随粒径大小而定;碎石压沙措施,是在铁路的路肩和线路两侧距坡脚 $30\text{m}$ 范围内铺压 $2 \sim 5\text{cm}$ 厚的卵碎石,防止风蚀和近地面起沙上路。在防治公路沙害中,采取的工程措施主要有砾石沙障、高立式芦苇沙障、格状盐块沙障、阻沙堤、防沙墙、下导风栅板等,这些措施均可有效防治沙害,保障交通线路的畅通。

2) 以生物措施代替机械沙障:在设置沙障后的流动沙丘,当稳定后可进行直播造林,因为稳定的沙面是植物种子萌发生长发育的基本前提。由于沙区气候干燥,土壤瘠薄,沙质地面温度变化剧烈,风蚀、沙埋、沙打严重,即使有沙障保护,一般植物在沙面上也很难定居。因此,对固沙植物的选择是固沙成败的关键。根据流域自然生态特点,就地利用柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)、赖草、芨芨草、沙生针茅(*Stipa glareosa*)、黑沙蒿(*Artemisia ordosica*)和江孜蒿(*A. gyangzeensis*)等耐沙压、耐干旱,根系发达而又生长迅速的植物,在海晏县克图沙区和鸟岛流沙地的沙障内进行直播试验。其方法是在沙障内开沟条播沙蒿,播深 $2.0\text{cm}$ 左右,一边开沟一边撒种,随即覆沙。此时,青海湖区季风已过,雨季即到,气温回升,有利出苗生长。

对于高度在 $10\text{m}$ 以下的中小沙丘,二三年内则可固定。对于平缓的流沙地带,当年就能固定。但是,对于 $100\text{m}$ 左右的大沙山,目前有效措施是封禁上风线,治理边缘

区,减缓风沙袭击,限制其扩展速度,逐步改造。

(2) 植物防沙治沙技术:工程治沙是在一些急需治理的流沙地区采取的措施,或者是植物防沙治沙的先期辅助手段;而植物防沙治沙才是治本的措施,只有采取工程治沙和生物治沙相结合才能达到完全防治的目标。在青海高原沙区建立不同类型的人工植被进行防沙治沙、改善生态环境是可行的。植物固沙技术主要是封沙育林育草,恢复天然植被,它包括直播造林、植苗造林、扦插造林、压条造林以及飞播造林等技术措施。经过40多年的植物治沙实践,已从引种栽培试验、推广应用、生产实践中筛选出了一批适宜沙区生长的乔木和灌木树种,乔木主要有青杨、小叶杨、樟子松(*Pinus sylvestris*)、青海云杉等;灌木有沙棘、怪柳、乌柳、沙柳(*Salix psammophyla*)、枸杞(*Lycium barbarum*)等。

1) 封沙育林育草,恢复天然植被:封沙育草是沙区植物固沙的重要方法。对暂时来不及治理的沙漠化土地实行封育,立即停止对现有植被的破坏和不合理利用,让稀疏植被得以保护恢复。同时也可充分利用和发挥生态环境具有自我恢复与调节能力,即解除外部营力的压力。然后积极创造条件,进行人为干预,如灌溉、播种造林等,促进植物的再生能力与沙漠化逆转。

2) 柠条、沙蒿直播造林快速固沙技术:直播造林是治理流动沙丘和干旱丘间低地的主要技术措施。流动沙丘设置人工机械沙障后,能起到立竿见影之效,但它只是一项临时应急措施,必须同植物固沙相结合,才能达到永久固定沙丘的目的。

在设有沙障保护的沙丘上进行直播造林,是流沙治理的主要途径,也是青海高寒沙区流沙治理模式。由于流动沙丘干沙层厚,沙地贫瘠,沙面温度变化剧烈,虽然有人工沙障保护,也非一般植物所能固定。生产实践表明,只有沙生和旱生植物才能顺利生长。一个好的固沙植物应具备生长迅速、根系发达、易繁殖、易成活、易获得种源、不怕风蚀、不怕沙埋、不怕干热、不怕严寒等特点。实际上完整无缺地具备上述优点的植物是没有的,但可作为选择植物种的重要依据。

3) 杨树高杆深栽抗旱造林固沙技术:杨树大栽子的树种是小叶杨,是本区温性河岸林的主要乡土树种之一。采用的造林方法是大栽子深栽法,栽子长1.2m,直径3cm,深栽1.1m,栽植地点选在丘间地,每年有季节性的1~2次浸水灌溉。大栽子的处理是在每年的初春进行水浸20d,直浸到栽子基部出现“白泡”(根原基)开始造林,造林密度2m×2m。

4) 乌柳、怪柳高杆深栽抗旱造林快速固沙技术:乌柳、怪柳系灌木或小乔木,在青海省各林区均有分布,是一种适应性非常强的天然树种,根据立地条件可成长为乔木或灌木。采用乌柳高杆栽子,一般长1.2m,直径3cm,进行沙丘沙地80cm深栽造林。沙丘迎风坡坡角的各项生长指标均大于在沙丘迎风坡栽植。之所以如此,是因为沙丘迎风坡坡角地势相对低洼,具有季节性泛滥积水的机会,水热条件优越,栽植密度较密有利于高杆栽子生长。高杆深栽造林的优点是成本低,造林方法简单,成活率高,成林速度快,与杨树高杆造林比较,其优点明显,抗风蚀沙埋性强,根系分孽快,保存率高,是今后在治沙造林中的一项主要技术措施。

5) 沙棘造林固沙技术:沙棘根系发达,适应性强,遇到适量沙埋仍能较好生长。

沙棘天然分布区常在河湖沿岸盐渍化沙地上,并能根据周围环境优劣程度,或长成较高大乔木,或长成较低矮小灌丛,具有极强的防风固沙功能。在设置沙障的沙丘上,于第二年4月份,按每一方格栽1棵树设计,采用挖坑植苗法种植,树坑规格为直径30cm,深40cm,选择优良的沙棘实生苗栽植。在苗木运输、假植、栽植过程中,应严格按照造林技术规程实施,可有效提高苗木成活率。据苗木成活率调查,沙棘的成活率及保存率均在90%以上。

综上所述,从防风固沙的作用来看,沙子主要以沙流形式迁移,且气流的含沙量又主要分布在距地面0~60cm的扬沙空间,因此防沙固沙的造林树种只要是株高在1m左右的灌木都能起到防御风沙的作用;选择植物种着重要考虑耐沙压、耐风蚀、耐土壤贫瘠的抗寒、抗旱、耐盐碱的深根性植物种。凡具备上述特点的植物才能在流域沙区定居并发挥其作用。

青藏铁路穿越青海湖流域,沿湖北岸通过,路经几处沙带,如克图车站距沙区只有32m,同时有2km紧依流沙,该段线路又比流沙区低2m之多,风沙流极易埋没轨道,故此地段宜采用克山沙区的试验方法进行治沙。沙陀寺一天棚线段两侧既有潜伏沙又有流沙存在,应切实保护沙漠植被,以免草地受到破坏;天棚地区可采取人工种草种树的措施来防止风沙对铁路的威胁,重点地域也可设沙障固沙。

(3) 主要河流及其河流三角洲的治理:青海湖流域大小河流有40余条,绝大部分已成为间歇河或已枯竭。目前,主要以布哈河、巴哈乌兰河、沙柳河、甘子河、哈尔盖曲以及南线的倒淌河、黑马河为青海湖水源补给河。但是,由于近年来流域人口增加和畜牧业的发展,致使草原退化、沙化面积扩大,河谷两岸灌丛林和草本植物严重破坏,风蚀强烈,水土流失严重。为了保持草原生态系统性,据此提出如下治理措施。

1) 建立保护区:荒漠植被单纯,盖度低,生态环境脆弱,天然植被很容易遭到破坏,因此应当重申青海省人民政府“关于保护沙区植被”的通令,保护环湖植物资源,调查研究草原自然演替规律及合理的结构模式。

2) 建立实验区:研究人工种草种树,防止草原退化、沙化技术措施和防风固沙的科学途径;探索不同类型退化草地改造技术,研究合理地利用草地的有效措施,建立青海湖生态保护站。

3) 区划经营区:充分利用流域水、土、热资源,以生物措施治理草地,大力建立围栏,提倡割草青贮,补充春冬饲料之不足;建立人工高效生态系统,提高第一、二性生产力。

(4) 营造防风固沙林:流域气候特点是风沙大、干燥、气温低,土壤瘠薄是造林的不利因素。因此,造林时应采取因地制宜,因害设防,以营造灌木林为主的防风固沙林。流沙地带要在设置沙障的基础上,当沙丘稳定后再行规划设计造林;半固定、固定沙地一般不需提前整地,但在丘间地或黏土地带可行植前带状整地。造林时要深栽踩实,疏枝短截;躲开风期。根据生境条件选择适生抗逆性强的树种,以健壮无病虫害的3~4年生大苗造林为佳。在水分好的立地条件下,其造林方法也可采取插杆、埋条或压条造林。只要掌握好雨季,采取适宜树种,用种子拌土和生根粉处理后可直播造林。

青海湖区沙漠是古气候对岩石的长期作用所产生的原生沙,由于广阔的布哈河流域

及地球大气环流和西伯利亚高压冷气团的作用下生成的原生风成沙。据测定,布哈河年输沙量为  $35.77 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 仅鸟岛年降尘量就达  $21.7 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。因此,保护鸟岛,减轻青海湖沙害最根本的措施是:①严禁砍挖布哈河沿岸的沙生植物,防止水土流失,减少河流含沙量;②主要河流下游两岸及其入湖宽阔的三角洲,可大力发展饲料林、护堤护岸林;③从鸟岛管理处至石乃亥乡垂直主风方向设置防风固沙林带,林带间距以 200m 为宜。因此项工程涉及的问题较多,难度大,需有关专家论证后再实施。

总之,适时造林是提高成活率的重要环节,一般以每年 4 月下旬为宜。这一点应特别注意,不要等到萌芽放叶后才着手造林工作,这样将严重影响成活。

(5) 种植草场防护林:流域气候复杂多变,干旱、风沙、冰雹、雪灾等自然灾害直接威胁着畜牧业生产的发展。因此,在草原上营造护牧林是非常必要的,它对保护草地调节小气候的作用比其他工程措施无法替代的。

湖区草原应根据不同自然条件和社会条件,以生态学理论为指导,因地制宜地制订草原护牧林规划。草原护牧林应采取带、网、片相结合的形式,最终达到以护牧林代替网围栏的高效人工草原生态系统。

(6) 建设农田防护林:流域湖滨地带目前约有  $1.79 \times 10^4 \text{ hm}^2$  耕地,因风蚀、干旱与低温的影响,产量低而不稳,故营造农田防护林就可以改变农田气候,改善土壤理化性质,减少自然灾害发生。荒漠地区营造农田防护林的生态效益是显著的,它可以降低风速 48.1%, 平均增温  $0.4 \sim 2.2^\circ\text{C}$ , 降低农田蒸发量 22.9%, 提高空气相对湿度  $2.0\% \sim 19.0\%$ , 从而改善田间小气候,促使麦类作物平均增产 20.7%。

农田防护林营造步骤是:在风沙危害的地区结合封沙育草营造防风固沙林,田间按规划营造农田林网,形成完整的防护体系。根据流域气候、土壤特点,在湖北、湖西营造灌木林带;而在湖东除建立灌木林带外,也可营造部分乔灌木混交林。

(7) 湖周裸露沙地治理:由于青海湖水位下降,湖周已形成退缩的湖岸环带状裸地。在坡度大的地段裸地呈窄带状,坡度小裸露地带就宽。特别是湖西北部鸟岛地区,坡降比为  $1/400 \sim 1/200$ , 比较平坦,裸露沙地就形成了带片状,面积亦大,同时又是入湖的主要沙源区。

对于湖南岸的裸露带,因坡度大,又以砾石地为主,不必进行治理。治理的重点是湖西北岸和湖东岸的裸露沙地。采取的主要技术措施是封围,防止牲畜践踏,结合人工直播树草种,逐步建植林草植被,达到湖岸线退缩,裸露的沙地不再形成新的沙源的目标。

(8) 大力发展四旁植树,美化环境:四旁绿化是整个防护林体系的一个组成部分。由于四旁的空间较大,有保护设施,光照充足,土壤一般比较肥沃,潜力很大。在居民区发挥土地优势规划成行、片造林,这对于缺材少柴的湖区居民来说,也是大有益处的。

#### 4. 防沙治沙效益分析

通过流域沙漠化土地治理试验研究(海晏克图和鸟岛两个点),总结经验,加以推广,力求发挥较好的生态效益、经济效益和社会效益。

(1) 生态效益:治理沙漠、防止土地沙漠化,主要是发挥其生态效益,使生态环

境处于良性循环过程。在流沙上设置机械沙障后,就可起到防风阻沙的效果,如在海晏县克图流沙地段设置黏土与草沙障长11 900m,宽0.73m,面积0.87hm<sup>2</sup>,并在沙障间直播沙蒿。经观测,设置沙障比对照区粗糙度明显增加(表6-3-3)。在流沙地上营造沙棘、怪柳和枸杞林11.33hm<sup>2</sup>,树草生长良好(表6-3-4)。

表6-3-3 沙丘设置沙障后和流动沙丘粗糙度对照

| 沙丘类型  | 200cm 高处<br>风速( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 50cm 高处<br>风速( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | $V_{200}/V_{50}$ (A) | 粗糙度( $Z_0$ ) |
|-------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|--------------|
| 黏土沙障  | 10.1                                             | 7.9                                             | 1.278 5              | 0.629 7      |
| 对 照   | 11.0                                             | 9.3                                             | 1.182 8              | 0.203 1      |
| 草 沙 障 | 4.0                                              | 2.0                                             | 2.0                  | 2.995 3      |
| 对 照   | 4.0                                              | 3.6                                             | 1.111                | 0.024 2      |

表6-3-4 树草生长情况

| 立地类型   | 树 种 | 高生长(m) |      | 地径(cm) | 冠幅(cm) | 成活率(%) | 备 注 |
|--------|-----|--------|------|--------|--------|--------|-----|
|        |     | 总 高    | 新 梢  |        |        |        |     |
| 粘土沙障沙丘 | 沙 蒿 | 0.68   | 0.26 | 0.78   | 73×47  | 50     | 播 种 |
| 杂草沙障沙丘 | 沙 蒿 | 0.57   | 0.32 | 0.64   | 59×58  | 70     | 播 种 |
| 流 沙 地  | 沙 棘 | 0.67   | 0.30 | 1.12   |        | 84     | 植 苗 |
| 流 沙 地  | 怪 柳 |        | 0.28 |        |        | 70     | 植 苗 |
| 流 沙 地  | 枸 杞 |        |      |        |        | 71     | 植 苗 |

由表6-3-4可以看出,在设置沙障的沙地上直播沙蒿的效果显著,成活率达50%~70%。原来光秃秃的流动沙丘上,在设置沙障两年后就可固定30%~50%流动沙丘,若再继续采取固沙措施即可全部固定之。设置沙障是固沙的手段,种草种树才是固沙的根本。设置沙障经过两年吹蚀后,沙障内的表层沙已处于稳定状态。障间形成的稳定凹面,除边缘地段外,已不再发生风蚀沙埋现象。

封沙育草是防止沙漠化发展,使其逆转的投资少、见效快的有效途径。海晏县治沙站1980年封育的沙地,植被盖度明显增加。经调查,封育9年后植被可向沙地延伸81.9m,平均每年伸入9.1m,植被盖度一般可达70%以上。植被盖度增加,就能有效降低风速,减少输沙量(表6-3-5)、风沙入河量和入湖量,若加上营造防护林及护牧林,即可有效控制水土流失,减少河流泥沙。

表6-3-5 海晏县风速与输沙量对比百分比

| 观测点区    | 风速(%) | 输沙量(%) |
|---------|-------|--------|
| 对照点(流沙) | 100   | 100    |
| 封沙育草带   | 77.4  | 67.7   |

流沙固定后,地表逐渐结皮,沙地性质改善,松变硬,色加深,有机物增加,进而加速了成土过程,为植物生长创造了条件。



营造农田防护林,可以降低风速 40.0% ~ 50.8%。若按照规划在鸟岛管理处至石乃亥营造几条 9 ~ 11m 宽的大型防风固沙林带,将可降低风速 48.1% 以上。如果流域以现有树种营造灌木林,不但可以降低风速,减少风沙入湖量,而且每年还可减少  $9.034 \times 10^8 \text{ m}^3$  湖水蒸发,并分别提高空气湿度 (2.0% ~ 19.0%), 和空气温度 (0.4 ~ 0.22℃), 降低农田土壤风蚀。

(2) 经济效益: 经封沙育草, 治理沙漠, 增加植被盖度, 生物量显著提高, 如海晏县托勒乡, 在以针茅为主的  $866.67 \text{ hm}^2$  冬季草场上, 于 1975 年封育一个牧草生长期。当年 8 月测定, 单产青草  $2397.75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 株高 12.6cm, 盖度 42.3%, 与未封育草场单产青草  $1569.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 株高 7.1cm, 盖度 30.6% 相比均有提高。对于流域大面积围栏草场, 可将其作为冬春母畜和仔畜的饲草基地, 这在一定程度上可以缓解母畜越冬和春季母仔畜饲草不足的矛盾, 提高仔畜的成活率。

土地沙漠化综合防治主要是以生态效益和社会效益为主, 但项目建成而形成稳定的良性生态环境后, 也将产生直接经济效益。同时生态环境改善后, 前来青海湖旅游观光的中外宾客必然增加, 也会带来巨额的创汇收入。此外, 流域治沙环境的改善, 可降低风沙对铁路交通的危害, 减少机械磨损, 以及沙埋铁路而造成耽误铁路运输, 甚至脱轨事故的发生。

(3) 社会效益: 湖区沙漠采取综合治理措施后, 除发挥其生态效益和经济效益外, 也将产生巨大的社会效益。经治沙试验研究, 可以为治理整个湖区沙漠提供科学依据, 作出示范, 同时也可高原湖泊生态环境的保护和改善摸索经验, 为土地沙漠化治理研究增加新的内容, 对改善和提高流域农牧民的生产生活质量, 促进当地经济社会发展具有重要意义。

## 四、水土保持

### (一) 水土流失现状

水土流失按其词意应包括水的损失 (蒸发、径流、深层渗透等损失) 和土体损失 (或土壤侵蚀) 两种形式。它是指土壤及其他地表组成物质, 在内外营力和人力作用下发生的风化、运移和堆积的全部过程。水土流失按主导侵蚀营力, 可以划分为水力、风力和冻融侵蚀三大类。青海湖流域水土流失形式主要有水力侵蚀、风力侵蚀和冻融侵蚀。水力侵蚀为面蚀和沟蚀为主, 前者主要发生在流域植被盖度低的退化草场及沟坡陡坡地上, 侵蚀面积最大; 后者主要发生在湖泊河流的上游地区, 危害严重。风力侵蚀发生在湖东的尕斯库勒湖、海晏湾、耳海及鸟岛附近, 面积相对较小, 但侵蚀严重, 沙化面积呈逐步扩大的趋势。冻融侵蚀主要发生在湖西部地区, 气温因季节变化出现的冬冻夏融而发生的侵蚀。造成土壤流失的主要原因是地表植被的缺乏。据全国第三次土壤侵蚀遥感调查资料, 流域水土流失面积  $1.52 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占流域土地总面积的 51.17%。其中, 水力侵蚀面积  $0.75 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占流域水土流失面积的 49.35%; 风力侵蚀面积  $0.12 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占 7.51%; 冻融侵蚀面积  $0.65 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 占 43.14% (表 6-4-1 及表

6-4-2)。

表 6-4-1 青海湖流域水力、风力及冻融侵蚀强度分级

| 侵蚀类型 | 轻、中度<br>1 000~5 000<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            | 强 度<br>5 000~8 000<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            | 极强度<br>8 000~15 000<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            | 剧 烈<br>>15 000<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            | 合 计<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            |
|------|-----------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------|------------|
|      | 面 积<br>( $km^2$ )                                         | 比 例<br>(%) | 面 积<br>( $km^2$ )                                        | 比 例<br>(%) | 面 积<br>( $km^2$ )                                         | 比 例<br>(%) | 面 积<br>( $km^2$ )                                    | 比 例<br>(%) | 面 积<br>( $km^2$ )                         | 比 例<br>(%) |
| 合 计  | 13 583.58                                                 | 89.49      | 1 128.23                                                 | 7.43       | 152.22                                                    | 1.0        | 314.82                                               | 2.07       | 15 178.85                                 | 100        |
| 水 蚀  | 6 363.87                                                  | 84.95      | 1 095.01                                                 | 14.62      | 27.51                                                     | 0.37       | 4.52                                                 | 0.06       | 7 490.91                                  | 100        |
| 风 蚀  | 671.87                                                    | 58.93      | 33.22                                                    | 2.91       | 124.71                                                    | 10.94      | 310.3                                                | 27.22      | 1 140.1                                   | 100        |
| 冻 融  | 6 547.84                                                  | 100        |                                                          |            |                                                           |            |                                                      |            | 6 547.84                                  | 100        |

表 6-4-2 青海湖流域四县侵蚀强度分级

| 县 名 | 轻、中度<br>1 000~5 000<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            | 强 度<br>5 000~8 000<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            | 极强度<br>8 000~15 000<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            | 剧 烈<br>>15 000<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            | 合 计<br>( $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$ ) |            |
|-----|-----------------------------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------|------------|
|     | 面 积<br>( $km^2$ )                                         | 比 例<br>(%) | 面 积<br>( $km^2$ )                                        | 比 例<br>(%) | 面 积<br>( $km^2$ )                                         | 比 例<br>(%) | 面 积<br>( $km^2$ )                                    | 比 例<br>(%) | 面 积<br>( $km^2$ )                         | 比 例<br>(%) |
| 合 计 | 13 583.58                                                 | 89.5       | 1 128.23                                                 | 7.4        | 152.22                                                    | 1.0        | 314.82                                               | 2.1        | 15 178.85                                 | 100        |
| 海 晏 | 697.26                                                    | 64.5       | 118.55                                                   | 10.9       | 59.33                                                     | 5.5        | 206.53                                               | 19.1       | 1 081.67                                  | 100        |
| 刚 察 | 3 014.37                                                  | 82.8       | 610.49                                                   | 16.8       | 10.42                                                     | 0.3        | 3.83                                                 | 0.1        | 3 639.11                                  | 100        |
| 天 峻 | 7 927.54                                                  | 95.5       | 332.10                                                   | 4.0        | 34.89                                                     | 0.492      | 0.69                                                 | 0.008      | 8 295.22                                  | 100        |
| 共 和 | 1 944.41                                                  | 89.9       | 67.09                                                    | 3.1        | 47.58                                                     | 2.2        | 103.77                                               | 4.8        | 2 162.85                                  | 100        |

## (二) 水土流失成因

青海湖流域由于特殊的自然条件,使水力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀三大侵蚀类型并存交错,原始生态环境脆弱是该地区的一大特点。近年来,由于受全球气候变化的影响,导致该区降水和径流减少、草地退化、土地沙漠化、生物多样性减少、水土流失日益加剧,使本来就十分脆弱的生态环境更加恶化。

### 1. 自然因素

(1) 雪线上移,冰川退缩:由于雪线上移,冰川退缩,减少了积雪覆盖的范围,增加了冻融侵蚀的面积和侵蚀强度。

(2) 气候干旱,植被稀少:气候干燥,植被减少,草地退化,土地沙漠化,加之常年大风,给风力侵蚀提供了必备条件。据资料显示,该区年平均风速  $2.0 \sim 4.0 m \cdot s^{-1}$ ,最大风速达  $40 m \cdot s^{-1}$ (相当于 12 级大风),6 级以上大风年均达 74.5 d,占全年大风天数的 72%,随着  $4 m \cdot s^{-1}$  以上的起沙风速,裸露的地表土层在风的作用下移动飞扬,形成风力侵蚀,侵蚀强度最大可达到剧烈程度。

(3) 土层疏松,降水集中:虽然气候干旱,降水量逐年减少,但降水相对集中,

且多以暴雨出现,历时短、强度大,对土质疏松、土层薄的地区极易产生水土流失。目前该区水力侵蚀强度也达到中度以上。

(4) 鼠虫害严重:流域天然草地遭受鼠类、蝗虫、毛虫的危害相当严重,如草甸草地每公顷平均有效鼠洞 176 个,尤其是鼠类啃食植物的根部、茎部并挖掘鼠穴,使大面积的天然草地遭到破坏,形成大面积的“黑土滩”,进一步加剧了水土流失。据调查,高原鼠兔平均日食鲜草 64g,62.5 只成年鼠一日的食草量相当于 1 只绵羊的食量,且高原鼠兔喜食莎草科、禾本科和豆科牧草,而这些牧草往往是天然草地上的优势种。鼠害对草地的破坏非常严重。

## 2. 人为因素

(1) 草地过牧超载,导致退化:失去植被保护的表土,极易遭受水土流失危害。该地区牧民由于受传统观念影响,仍然从事着粗放落后的生产方式,一味追求牲畜存栏率而忽视出栏率,使草地的再生和恢复受到严重影响,草地呈逐年退化趋势,地表裸露,水土流失加剧。

(2) 乱垦滥伐,致使植被破坏:无序的垦殖、采药以及对原生植被的滥伐乱垦,造成流域植被日趋减少的主要原因,使本来就十分脆弱的生态环境更加恶化。如 20 世纪 50 年代后期至 60 年代初期,流域开垦草原达  $13.33 \times 10^4 \text{hm}^2$ ,后因不宜种植而弃耕,加上植被的砍挖,草地严重退化,形成片状裸露地。

(3) 不合理基本建设项目,造成新的水土流失:随着流域人口的不断增加和经济社会的不断发展,各种基本建设项目逐渐增多,修建铁路、公路、水利水电工程和开发矿产资源等人为活动也在不同程度地破坏了部分优良草地,造成了新的水土流失。

## (三) 水土流失危害

水土流失是土地荒漠化形成的主要过程,是造成青海湖流域生态环境恶化的重要原因之一。

### 1. 水土资源被破坏,表土流失,土壤肥力下降

由于水土流失,使土地资源质量日趋下降,植被稀疏,表土不断流失,土层变薄,造成土壤肥力下降,进而减弱了水源含蓄能力,增大了地面蒸发,导致土壤贫瘠,生产力下降,小气候环境遭到破坏,引起草地干旱、沙化。

### 2. 泥沙下泻,淤积河道、塘坝,加重山洪、泥石流灾害

由于地表缺乏林、草覆盖,土壤蓄水能力降低,加之该区降水时空分布不均,强度大,极易造成山洪、泥石流灾害,这给当地农牧民生产生活带来了严重威胁。与此同时,暴雨、山洪过后,泥沙下泻时常造成河道、塘坝淤积严重,防洪抗洪能力降低,使工程使用年限和工程效益日益减少。

### 3. 沟壑发育,滑坡增多,生态失衡,恶性循环

严重的水土流失促使滑坡、崩塌等重力侵蚀发生,沟壑面积不断扩大,溯源侵蚀和沟岸侵蚀不断加剧,造成草原、农田被蚕食,土地生产力降低,生产条件和生态环境严重失衡,自然灾害日趋严重和频发,进而危及乡镇城区、工矿、交通和人民生命财产安全,极大地制约着畜牧业的可持续发展和农牧民生活水平的稳步提高。

## (四) 主要河流水系水土流失

### 1. 布哈河

布哈河发源于天峻县沙果林那穆吉水岭东南麓,由西北流向东南,最后流入青海湖。布哈河全长286km,为天峻、共和、刚察三县的界河,流域面积14 384km<sup>2</sup>,多年平均径流量 $8.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。布哈河是流域最大的人湖河流,其径流量约占入湖地表径流量的60%。最大洪峰流量 $530 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,造成大面积草场被冲刷、淤积、风蚀沙化,致使每年约1 000hm<sup>2</sup>草场被冲毁。由于泥沙较多,年入湖沙量约 $36 \times 10^4 \text{ t}$ ,河口处形成开阔平坦的冲湖积三角洲,目前三角洲以每年约300m速率向湖中延伸,已与鸟岛相连。主要表现:一是植被资源遭冲刷而破坏,表土流失:由于布哈河流域地处高寒牧区,草场表皮土层较薄,水土流失严重,使草场资源质量日趋下降,植被稀疏,水源涵养能力随之减弱,加上地面蒸发增加,引起草场干旱、沙化;二是泥沙下泄,淤积河道:随着草场植被的破坏,表土被雨水冲刷流失,下游河道淤积严重,河床抬高,每逢汛期,河道沿岸植被遭受洪水淹没、冲刷而破坏,致使河床逐年加宽,防洪能力下降,严重威胁沿河道路和农牧民生命财产安全;三是草场遭受严重破坏而大片退化:严重的水土流失造成坡面、草地被蚕食,生产能力急剧降低,加之人类不合理的利用和社会经济技术条件的制约,草场退化十分严重。

### 2. 哈尔盖曲

哈尔盖曲发源于台布希山南麓,与海晏县察拉河汇合后流入青海湖。河流南段为刚察县和海晏县的界河。哈尔盖曲全长110km,平均比降10‰,流域面积1 613km<sup>2</sup>,多年径流量为 $1.38 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,河谷宽在0.2~2km,多为砂砾石层,河流出山后渗漏严重,以地下水的形式出露。下游河床为砂卵石组成,渗漏严重,年渗漏水量约 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,尤其枯水期常因渗漏而断流;进入夏季,降水量增大,最大洪峰流量为 $168 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,致使河床两边灌木、草地每年被冲毁67hm<sup>2</sup>以上。

### 3. 沙柳河

沙柳河又称伊克乌兰河,发源于大通山西段桑斯扎山南坡,由西北流向东南,最后流入青海湖。全长106km,多年径流量为 $2.33 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均比降14‰,流域面积1 500km<sup>2</sup>。每年6~9月份为汛期,年平均输沙量为 $8.5 \times 10^4 \text{ t}$ ,最大洪峰流量为 $410 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,每年造成沿河沙柳、草地被冲毁600hm<sup>2</sup>以上。

### 4. 泉吉河(乌哈阿兰河)

泉吉河发源于尔德公贡,由北流向南,最后流入青海湖。全长65km,年径流量为 $0.24 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均比降17‰,流域面积567km<sup>2</sup>,最大洪峰流量达 $100 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,造成每年冲毁草地200hm<sup>2</sup>以上。

### 5. 倒淌河

倒淌河发源于青海南山东端之野牛山西麓,为山谷中地下水泄出聚集而成,自东而西注入青海湖之耳海。全长60km,河床比降26‰,流域面积727km<sup>2</sup>,多年径流量为 $0.17 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,平均流量 $0.54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,最大洪峰流量 $35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。由于河道平缓,泥沙淤积严重,下游河道淤塞后向两岸扩展近20m。每年冲毁淹没草地约33hm<sup>2</sup>。

## 6. 黑马河

黑马河发源于青海南山西段亚勒冈（橡皮山），由西南向北注入青海湖。全长20km，河床比降64‰，流域面积112km<sup>2</sup>，年径流量 $0.11 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，平均流量 $0.35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ，最大洪峰流量达 $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。由于河水携沙量大，流速急，对两岸土地冲刷破坏严重，河道逐年加宽，最宽处达50m。每年冲毁草地约200hm<sup>2</sup>，尤其汛期严重威胁黑马河镇的居民生命财产安全。同时，河水输送上游水土流失区大量泥沙进入青海湖，年输沙量约3000t。

## 7. 甘子河

甘子河发源于肯特达坂山支脉阿尼窝若，由东北向西南流，全长47.4km，河床比降24‰，流域面积296km<sup>2</sup>，多年平均径流量为 $0.19 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，平均流量 $0.6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。近几十年来，随着牲畜数量和人口的增长，河道两岸植被受到人为干扰等诸多原因而遭到严重破坏，河道冲刷十分严重，大量泥沙冲入青海湖。1976年甘子河哈登木段洪水泛滥，淹死牛羊104只；1983年突发洪灾，造成河床改道，淹死藏羊30只，牛、马17头匹，冲毁公路11处和公路桥梁5处；2002年突降暴雨，造成1人死亡，冲毁民房12间，羊棚2处，200多只羊被冲入青海湖。

# （五）防治对策

## 1. 水土保持建设的必要性

（1）人与自然和社会和谐相处的需要：党的十七大提出全面建设小康社会的宏伟目标，改善流域生态环境，提高水土资源利用率，应以水土资源的合理利用来维系流域经济社会的可持续发展，为小康社会奠定良好的生态基础。同时，改善人居环境，促进新农村新牧区建设，构筑人与自然的和谐相处，从而推动流域走上生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路。

（2）维持环湖区河流健康生命，保证流域充足洁净水源的需要：“河道不断流，污染不超标，泥沙不增加”是维持环湖区河流健康生命的三个主要标志。开展水土保持生态建设就是实现这三个目标的具体措施，从源头做起，保护生态环境，涵养水源，改善区域小环境气候，是保证整个流域有充足洁净水源的基础。

## 2. 水土保持建设的成效

目前，流域开展的水土流失综合治理工作虽然刚刚起步，但已取得了一定的成效，积累了经验。随着流域水土保持工程建设的不断深入，植被盖度大幅度提高，野生动物增加，枯枝落叶层增厚，土壤蓄水保土、涵养水源能力提高，沟道得以治理，生态环境明显改善。在退化草原区、灌木林地、疏林地和其他具有植被生长条件的地方，强化管护，改良耕作制度，实施围栏封育、轮封轮牧、舍饲禁牧和补植抚育等措施，保护和恢复植被，充分利用大自然的力量，开展水土保持生态修复工程，加强水土流失严重区域的治理工作，改善当地居民的居住条件。据有关监测资料表明，治理区内（未食）较治理区外（踩食）牧草的平均高度高出0.7~4.8cm，平均盖度增加3.8%~6.6%，鲜草产量增高183~1263kg·hm<sup>-2</sup>。灌木林郁闭度有明显增大。说明水土保持工程有利于提高天然牧草的产量、高度和盖度，从而有利于退化草场植被的恢复和林草地生态环

境条件的改善。通过封禁和综合治理,动植物群落得到良性发展,生态环境向良性循环发展,为形成人与自然和谐共处创造条件。

### 3. 未来水土保持建设的思路

未来水土保持建设的思路是:全面推进流域水土保持生态建设,结合退耕还林、退牧还草、草原配套建设,在人口稠密、牲畜集中、交通便利、有水源保证的地区,营造水土保持灌木林;在乡镇、村庄等附近的侵蚀沟道里布设沟头防护工程,防止沟头前进、沟岸扩张,保证入湖水的质量;在注入青海湖的布哈河、泉吉河、沙柳河、黑马河、倒淌河、哈尔盖曲、甘子河等七条主要河流侵蚀比较严重的河段,进行铅丝笼护岸墙的建设;加快环湖区防风固沙林、水源涵养林、小型水保工程等重点生态工程建设,合理利用水土资源;将水土流失治理与旅游观光、生态休闲、科技生态园区建设等结合起来,改善人居环境,实现人与自然和谐共处,支撑生态畜牧业和特色旅游业发展;认真贯彻执行《中华人民共和国水土保持法》,对各类开发建设项目,加大预防监督管理力度,尽量减少人为造成的水土流失;建立监测网络体系,及时监测水土流失动态和水土保持工程治理效果。具体要从以下几方面抓好水土保持生态建设。

(1) 创新观念、谋求发展,全面推进水土保持生态建设:在坚持以小流域为单元进行水土保持综合治理的基础上,水土保持生态建设充分体现“集中治理、规模治理、综合治理、沟坡兼治”的水土流失防治特点,达到“高起点、高标准、高质量、高效益”的目标,形成“多层次、多功能、多效益”的水土保持综合防护体系,起到示范辐射作用,有效控制水土流失发展。

(2) 调整思路、加强管理,突出水土保持在生态建设中的综合作用:按照实现水土资源的可持续利用和生态环境的可持续维护的发展战略,积极调整思路,贯彻“明确重点、因地制宜、分类指导”的工作方法,以生态修复为骨干,以造林种草为纽带,以沟道工程为重点,以科学管理为手段,以优化水土资源实现农业综合开发和保护流域生态环境为目标,生物、工程、耕作三大措施合理配置,形成水保生态建设的规模化效应,为新农村新牧区建设和改善人居环境建立生态屏障。

(3) 立足本位、着眼实际,正确处理好生态建设和经济发展的关系:把水土保持工作与区域经济发展有机结合起来,是贯彻落实科学发展观的一条生态和经济互补的有效形式,实践中要始终把水保生态建设的切入点放到解决群众关心的生产生活问题上,加大水土保持生态工程的建设力度,科学、高效、合理地利用水土资源为区域经济的发展 and 农牧业不断增效、农村牧区加快发展、农牧民持续增收提供有力支撑。

(4) 预防为主、强化监督,有效控制人为水土流失的发生和发展:在加强水土保持法律法规和监督执法体系建设的同时,狠抓“三权”和“三同时”制度的落实,加大各级人大的监督执法和大中型开发建设项目编制水土保持方案力度,使人为水土流失得到有效控制,为在开发建设中保护生态环境提供保障。

(5) 围绕中心、广泛宣传,努力营造水土保持生态建设的良好氛围:为促进全社会各方面力量都来关心、支持和参与水保生态建设,坚持“三大作用的发挥”即充分发挥人大的监督作用,充分发挥社会舆论的监督作用,充分发挥本行业的优势作用,为水保生态建设和保护创建良好氛围。



#### 4. 建立水土保持生态补偿机制

根据《中共中央 国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》(2006年1号文件)指示精神,“建立和完善生态补偿机制”和国务院下发的《关于加强水土保持工作的通知》(国发[1993]5号)有关规定,建议国务院或省政府应针对青海湖流域的实际情况制定办法,明确在青海省从事国家控股的煤炭、矿山、石油、天然气、水电站等资源开发项目收益中,提取一定比例的经费用于流域水土流失防治工作,加快水土流失防治步伐,改善流域生态环境。

### 五、生态林建设

青海湖流域在青海省生态功能区划中属于生物多样性保护与水源涵养区。营造生态林,具有截流涵养雨水,防止水土流失,增加土壤水分下渗,抑制地表水分蒸发,减缓和调节地表径流的能力,有利于发挥水源涵养、水土保持、净化水质和空气等生态功能。

#### (一) 生态林现状与存在问题

##### 1. 生态林现状

青海湖流域的林地包括天然林、灌木的有林地和疏林地,已经成林的人工林以及未成林的造林地等类型,其面积有  $8.477 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占流域总面积的 2.77% (表 6-5-1)。

表 6-5-1 青海湖流域林地现状 (单位:  $\text{hm}^2$ )

| 地 区 | 有林地    | 其中:    |        | 盖 度<br>(%) | 灌丛地    | 未成林地      |        |
|-----|--------|--------|--------|------------|--------|-----------|--------|
|     |        | 天然乔灌木林 | 人工造林   |            |        | 人工造林      | 封山育林   |
| 合 计 | 84 770 | 73 569 | 11 201 | 2.86       | 43 294 | 124 462.7 |        |
| 海晏县 | 8 016  | 5 970  | 2 046  | 3.68       | 12 300 | 511       |        |
| 刚察县 | 17 280 | 8 125  | 9 155  | 2.22       | 19 300 | 115 353   | 15 854 |
| 共和县 | 22 497 | 22 497 |        | 3.64       |        | 8 576     |        |
| 天峻县 | 36 977 | 36 977 |        | 2.73       | 11 694 | 22.7      |        |

注:统计时间截至 2004 年年底;未成林人工造林地以退耕还林地为基础,面积含国有农牧场;封山育林面积缺海晏、共和、天峻三县数据。

天然林以灌木林地为主,绝大部分属于滩地灌木林与山地灌木林,多数分布在布哈河、沙柳河、泉吉河、哈尔盖曲的中下游两岸山地、河漫滩地和青海南山阴坡中上部,在刚察、天峻县山地阴坡、半阴坡也有分布,而阳坡很少。主要树种有肋果沙棘、水柏枝、山生柳、乌柳、筐柳 (*Salix purpurea*)、叉子圆柏、金露梅、银露梅 (*Potentilla glabra*)、窄叶鲜卑木、鬼箭锦鸡儿等,多呈块状或小片块,叉子圆柏、箭叶锦鸡儿、金露梅等灌丛的植株高度通常在 0.7~1.5m 之间,窄叶鲜卑木单株高 1.2~1.6m,而山生柳、乌柳的高度可达 2m 以上。乔木树种比较少,而且多数呈疏林地或散生木状态分布在山间,主要树种有青海云杉、祁连圆柏、青杨、小叶杨等。青海云杉与祁连圆柏在

海晏县西南山地,共和县石乃亥乡西部山地以及天峻县南部生格乡境内山地有少量分布,由于干旱的生境条件,植株比较低矮,通常在5~10m之间。青杨和小叶杨则是人工栽培的树种,作为防护林分布在城镇、居民点、道路、水渠和风沙地带前沿。

中华人民共和国成立以来,开展了人工植树造林活动,尤其是20世纪80年代以来,人工造林规模扩大,造林质量和造林成活率也大大提高。人工造林的主要树种有青杨、小叶杨、青海云杉、沙棘、三春水柏枝(*Myricaria paniculata*)等,除少数已经成林以外,多数仍属于未成林造林地(造林1~3年),还有相当一部分幼龄林由于成活率不高,缺株多,还待继续补植成林。同时因气候寒冷,林木生长期短,生长相对缓慢,生长率较低。

## 2. 现有生态林的主要问题

(1) 面积小,分布分散:现有有林地和疏林地面积与流域总面积之比相当低下。20世纪60~80年代,还有相当一部分滩地灌木林被砍伐后开垦为农耕地,致使现存天然灌木林资源均远离城镇与居民点。后来人工营造的乔灌木林,由于受地域的限制,多数呈零星、分散、条带状布局的多,呈块状的少。

(2) 乔木林少,乔灌木林混交结构远未形成:由于特定的生态条件,包括海拔、气候、土壤质地等因素制约,流域内的乔木树种少,乔木林更少。从林地资源的结构来看,树种混交的林地很少,尤其是乔灌木混交林。

乔灌木混交林与单一树种的纯林相比较,从木材利用的角度来看,单一树种的纯林明显高于针阔混交林或乔灌木混交林,但是从生态林的角度来分析,其结果正相反,不同树种组成的混交林,其林冠和地表乃至地下根系都有很多层次,这对调节气候,减轻风力对地表的影响,减少水分蒸发,增加水源涵养能力,减少水土冲刷,改变土壤质地等有很大作用。

(3) 人工林的生态系统尚未形成:流域大规模开展人工造林是从20世纪80年代以后才开始的,目前流域内年平均造林面积在 $2 \times 10^4 \sim 2.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 之间。这些造林地都以防沙固沙林、护岸护坡林、农田防护林、城镇绿化林和滩地坡地林草间作林等类型出现,林地不仅分散不集中,而且造林时间短,大多数还处在幼林期管护阶段,没有形成森林生态系统,也就不可能发挥其生态功能。

## (二) 生态林建设的类型与布局

青海湖流域是青藏高原东北部的一个重要区域,特殊的自然地理条件形成了一个独特的生态类型区。在这一地区开展乔灌木林建设,要兼顾生态保护、畜牧业发展、自然景观的改善等需要。因此,在林种选择、地域布局和树种安排和造林规模等方面都要有明确的设定。

### 1. 林种选择

森林是陆地生态系统的主体,它发挥的功能是多方面的,既能涵养水源、保持水土、调节气候,又可阻挡风沙侵入、减少雹雪霜冻灾害,减缓山洪暴发,保护湖河堤岸和铁路公路与村庄,还可为人们提供生产生活所必需的建筑用材和薪材等。对青海湖流域来讲,发挥森林的生态功能具有重要作用,在这个大前提下,无论是造乔木林还是造

灌木林,造针叶林还是造阔叶林,都可以在流域内发挥其应有的功能,而用材林和经济林都不适合在湖区发展。

## 2. 地域布局

青海湖流域地势高耸,通体海拔在3 200m以上,北部与西部山脊线海拔在4 500m以上。由于气候条件的限制,海拔3 500m以上的地域多数属于高寒草甸类型,已不适宜林木的生长。因此,生态林建设重点应在海拔3 500m以下的山地宜林地和湖滨周围的山麓坡地与滩地。山地上部造林以发挥水源涵养功能为主,中下部造林以发挥水土保持和调节气候的功能为主,缓坡地、滩地造林以发挥保护草地、农田功能为主,铁路、公路、河岸造林以发挥护路、护岸功能为主,城镇与居民点周围造林以发挥绿地优化美化环境、改善居民生活条件为主。

如果宜林地相对集中,则尽可能营造成片林,以充分发挥其生态功能。

## 3. 树种安排

选择造林树种要遵循自然生态条件的许可和不同树种生物学特性的需求,以适生的乡土树种为主,有些经过引种试验可以满足其生长条件的树种也可以栽植。青海云杉、祁连圆柏、青杨、沙棘、怪柳、金露梅、柠条、山生柳、锦鸡儿等都是适生的乡土树种,只是分布的海拔高度和山地坡向有所区别。青海云杉只适宜在山地阴坡或半阴坡生长,其他树种对山地坡向的要求不太严格,只是山地阳坡的地温要高于阴坡,而湿润度则明显低于阴坡。此外,耐旱性能好的树种有柠条、沙棘、锦鸡儿等;青杨、沙棘、柠条、锦鸡儿等树种的分布高度要低于其他几个树种。

从流域整体条件来讲,适宜营造乔木树种的地方不多,主要是营造灌木林。乔木树种主要分布在滩地、铁路与公路沿线、沟渠与河道两岸、城镇和居民点等附近。

## 4. 造林规模

从发挥林木生态功能的需要来讲,只要适宜植树造林的地方都可以营造生态林,扩大林地面积,发挥森林生态功能。流域现有林盖度仅有2.8%。如果要使流域森林盖度达到15%左右,则需要扩大林地面积近 $30 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,这是一个非常漫长而艰巨的任务。如果按每年造林 $1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的指标测算,大约需要30年以上的时间,需要几代人长期不懈的艰苦努力才能完成。

# (三) 植树造林技术与管护措施

青海湖流域安排植树造林的有共和、海晏、刚察、天峻四个县,东西向跨距约100km。由于造林地与封山育林地所处的海拔、坡向、坡位、坡度、土壤质地和土层厚度的不同以及pH值的差异,表现为乔灌木及草本植物的种类与盖度的不同,形成了复杂多样的立地条件。因此,各县经过实地调研并结合多年造林封育的成功经验,选择适生乡土树种,针对不同的立地条件采取相应的整地方式和造林模式,这对提高造林成活率和封山育林成功率大有好处。

天峻县位于流域西部,海拔高、气候寒冷,其山地条件基本上不适合乔灌木造林,只有县城和靠湖东南部的一些乡镇所在地建筑物的庇护下,可以营造少数乔木树种,其他地方只能栽植灌木。山地条件下主要采取封山育林措施,管护并扩大灌木林面积。其

余刚察、海晏、共和三个县，造林地主要选择在湖滨地区和主要河流中下游两岸缓坡地，而多数山地则主要靠封山育林。对现有灌木丛生长的地方，实施5~8年的封育，如有可能则采取一些人工辅助措施，促进其更新发育，尽快达到育林的目的。

### 1. 整地方式

(1) 带状水平阶整地：适宜这一种整地方式的，一般在坡度在 $25^{\circ}$ 以下、地表植物稀少、土层相对较厚且地貌比较完整的缓坡地，在浅山地区比较多见。

带状水平阶整地通常以人工开挖方式，沿水平线把水平阶地中线以上的表土铲除堆在一旁，取底土下翻，在下部外延筑地埂并踩实。阶地中间将表土翻松，并且使外沿地表高于内沿，形成反坡梯田，最后将表土撒到水平阶地上。水平阶地宽2~4m，长6~10m。

(2) 水平沟整地：山地坡度在 $35^{\circ}$ 以下，坡面相对完整、土层较厚的造林地可以开挖水平沟方式进行整地。水平沟沿等高线开挖，宽1~2m，长不限，沟深0.3~0.5m，表土回填，底土筑在外缘成坝起蓄水作用。

(3) 退耕地整地：山地条件下的退耕地，如果为梯田形式，无需再开挖水平阶地或水平沟，只需在造林时挖坑栽植即可。对那些仍是自然坡面的退耕地，则开挖成水平阶地为宜。退耕地的表土已经熟化，肥力相对较高，整地时特别注意将表土复原到地表。

(4) 鱼鳞坑整地：通常在山地坡度较陡、地形比较破碎的地类上进行。每个鱼鳞坑开挖成月牙形，鱼鳞坑之间成“品”字形排列。每个坑的左、右上角都要挖出流水线，分别与上方和下方的鱼鳞坑相连接，达到蓄水进坑的目的。鱼鳞坑的大小视造林地块情况而定，一般以能载2~3棵树苗为准。

(5) 穴状整地：一般坡度在 $35^{\circ}$ 以上，挖鱼鳞坑很困难，只能选择相对平缓一些的坡地，挖直径30~40cm，深20~30cm的穴坑做植苗或直播造林。

### 2. 树种选择

原则上应以适生的乡土树种为主，如青海云杉、小叶杨、沙棘、怪柳、旱榆(*Ulmus glaucescens*)等乔灌木，有些引进品种表现好的，如河北杨等也可栽植。但是，不同的树种其栽植的立地条件大有区别，要注意其适生性。

(1) 青海云杉：系阴性树种，在山地阴坡或半阴坡以及有灌丛遮荫的条件下才能栽植，青海湖流域的刚察、海晏、共和三个县海拔3200~3500m的地区比较适宜。青海云杉浅根性树种，但造林地土层厚度不得少于30cm，宜微酸性土壤。

(2) 小叶杨、怪柳、旱榆：在平地或山地阴、阳坡都可以生长，尤其是旱榆等抗旱性较强，可以在山地阳坡栽植。小叶杨(包括河北杨 *Populus hopeiensis*)系深根性树种，要求土层较厚，一般不少于60cm。怪柳栽植地点主要在水分条件较好的河漫滩地为好。

(3) 沙棘：系适应性很强的树种，平地、山地的阴坡或阳坡都可以栽植，其水分条件要相对好一些。通常情况下以两年生植苗造林为好。

(4) 其他花灌木：在一些特殊造林地段和城镇附近可以安排种植一些花灌木，如丁香(*Syringa spp.*)、怪柳、华北珍珠梅(*Sorbaria kirilowii*)、金露梅等，既达到生态

环境保护效益,又起到景观功能。主要选择在海拔相对较低、土壤湿度较高、靠近河道、沟渠的地方种植。

### 3. 苗木质量

苗木质量的好坏是造林成败的关键。通常情况下应该选用由苗圃培育、根系完整、根茎粗壮、无病虫害感染的壮苗,以达到《青海省主要造林树种苗木标准》的要求。在水分条件较好,或者有灌溉条件的造林地也可以用杨树栽子造林,栽子要求年轻、粗壮、无病斑。

青海云杉苗通常选用苗圃培育,并经过移栽的6~7年实生苗,苗木根茎0.5cm以上,苗高25~30cm的壮苗;小叶杨(包括河北杨)要求3年生以上,根茎3cm以上,苗高1.8m以上的苗木;沙棘一般用2年生,根茎0.5cm以上,苗高0.8m以上的实生苗;丁香、金露梅、华北珍珠梅等花灌木,要求根茎不<1cm,植株1m以上,分枝4~5条的壮苗。

### 4. 造林技术

凡是乔灌木造林,一般都要先挖坑后栽植。坑径和坑深大小要根据苗木根系的大小而定。小叶杨大苗造林,一般要求坑径40cm以上,坑深50cm;青海云杉、沙棘和其他花灌木等,其坑深、坑径大小以保证根系舒展,埋土后根部低于地表2cm为限。

小叶杨、河北杨等大苗造林挖坑时间,可以在造林前一年的秋季进行,也可以在造林季节边挖边栽。在有条件的情况下,在栽植前对苗根以生根粉、吸水剂拌泥水进行蘸浆处理,或者带营养杯栽植。苗木载下填土后都要提苗以保证根系舒展。

乔灌木树种植苗(栽子)造林规格,视树种不同而不同。通常情况下,青杨(河北杨)造林每公顷不少于2500株,株行距2m×2m。青海云杉等针叶树种,每公顷用苗4444株,株行距1.5m×1.5m。各种灌木树种,通常按株行距1m×1.5m布设,每公顷用苗6666株,如果栽植花灌木,则用苗量可以缩减到每公顷2500株左右。

青海云杉喜阴,尤其是在幼龄期,更需要避免阳光直射。因此,幼苗栽植的位置最好选择在有灌丛或树冠挡光、四周遮荫、土质松软的地方。

小叶杨、河北杨等大苗栽植时,根系一定要完整舒展。栽植后根茎周围(直径40cm)的表土面低于外围表土6~8cm,并浇足苗水。

观赏用花灌木等,有条件时在坑底使用一些有机肥或化肥,保证苗木茁壮成长。

### 5. 管护技术

在有浇水或灌溉条件的造林地,栽植后应及时浇水,以防止根系脱水,并使其与土壤紧密结合。在牲畜活动频繁、容易遭到破坏的造林地,要有护林员守护,有条件地区可设置网围栏保护。

造林后的第二年和第三年,对缺苗的坑位要及时进行补植,成林后保证每公顷乔灌木株数不少于设计标准株数的90%。

在造林后的第二年和第三年,结合补栽进行一次松土除草抚育,小叶杨等枝条过多的要剪枝。有条件时可施肥,提高生长率。

## 六、退 耕 还 草

### (一) 流域耕地现状

#### 1. 耕地分布

流域的耕地主要分布在青海湖北部、东南部和南部的湖滨地带,绝大多数农田平行排布于湖南北两侧狭窄的湖周平缓滩地上。据青海省林业调查规划院 2002 年 3 月《青海湖流域各地类面积调查暨退耕还草任务规划报告》调查成果,流域有耕地调查面积为 42 232.2hm<sup>2</sup>,扣除 2000~2005 年已退耕还草面积 24 320.2hm<sup>2</sup>,现有耕地 17 912.0hm<sup>2</sup>(表 6-6-1)。其中,共和县耕地 6 363.3hm<sup>2</sup>,包括倒淌河、石乃亥、江西沟三个乡镇;海晏县耕地 777.2hm<sup>2</sup>,包括甘子河、托勒乡;刚察县耕地 5 647.6hm<sup>2</sup>,包括吉尔孟、伊克乌兰、泉吉、沙柳河、哈尔盖、黄玉农场;青海湖农场耕地 3 577.3hm<sup>2</sup>,三角城种羊场耕地 552.0hm<sup>2</sup>,铁卜加草原改良试验站耕地 306.6hm<sup>2</sup>,湖东种羊场耕地 688.0hm<sup>2</sup>。青海湖流域耕地分布现状见表 6-6-2。

表 6-6-1 青海湖流域土地利用现状

| 土地类型  | 面 积<br>(hm <sup>2</sup> ) | 比 例<br>(%) | 土地类型 | 面 积<br>(hm <sup>2</sup> ) | 比 例<br>(%) |
|-------|---------------------------|------------|------|---------------------------|------------|
| 合 计   | 2 966 100.0               | 100        | 居民工矿 | 3 010.0                   | 0.10       |
| 耕 地   | 17 912.0                  | 0.61       | 交通用地 | 5 347.0                   | 0.18       |
| 林 地   | 82 274.0                  | 2.77       | 水 域  | 426 400.0                 | 14.38      |
| 牧 草 地 | 2 136 537.0               | 72.03      | 未利用地 | 294 620.0                 | 9.93       |

表 6-6-2 青海湖流域耕地分布现状

| 所在地区  | 耕地面积 (hm <sup>2</sup> ) | 比例 (%) | 备 注   |
|-------|-------------------------|--------|-------|
| 合 计   | 17 912.0                | 100.00 |       |
| 共和县   | 6 363.3                 | 35.53  | 4 个 乡 |
| 刚察县   | 5 647.6                 | 31.53  | 5 个 乡 |
| 海晏县   | 777.2                   | 4.34   | 5 个 乡 |
| 国有农牧场 | 5 123.9                 | 28.60  | 农 场   |

#### 2. 耕地利用

流域由于所处的地理位置和环境特点,热量条件不足和水资源分布不均衡等环境因素,形成在湖南部热量条件较好却相对缺水,湖北部淡水资源丰富但热量条件较差的水热分布不均的局面。造成农田耕地生产多采取轮种歇闲的生产经营方式,每年都有一定数量的耕地被作为歇闲地而未加利用,耕地实际利用效率较低。同时种植的农作物品种单一,以白菜型油菜和青稞为主,生产能力低下,单位农作物产量平均只有 1 245kg·hm<sup>-2</sup>,远远低于青海省东部农业区,种植业生产长期处于广种薄收的较低生产水平。



所种植物为一年生作物, 冬季农作物收获后, 耕地地表裸露, 土壤侵蚀严重, 影响草地涵养水分的能力, 加大草地干旱化, 造成草地资源的浪费和生态环境恶化。

流域生态环境恶化的因素是多方面的, 其中土地资源的不合理利用是重要的原因之一。据调查, 自 1987 ~ 2000 年流域耕地面积增加了  $26\,214.0\text{hm}^2$ , 其中旱地增加幅度较大, 14 年间共增加  $19\,868\text{hm}^2$ , 年平均增加  $1\,419.14\text{hm}^2$ ; 除耕地面积扩大外, 各类型草场呈退化趋势, 其中高盖度草场退化最为严重, 14 年间草场面积减少  $36\,125\text{hm}^2$ , 年平均退化  $2\,580.36\text{hm}^2$ 。这些区域草地原生植被为温性草原类, 原生境气候条件并不适宜发展种植业生产, 大多数开垦的土地在种植 2 ~ 3 年后, 土壤中上百年积淀的有机物被消耗殆尽, 粮食产量急剧下降, 单位农作物产量平均只有  $1\,245\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 有些地段甚至基本绝收。大片被开垦的草地被弃耕, 造成草地资源的极大浪费, 对草地植被破坏严重。加之湖区受高寒干旱气候环境影响, 热量条件和淡水资源分布不均衡, 自然条件很难满足种植业的实际需要。草地原有植被遭到破坏后, 草地的自我调节恢复能力较差, 开垦后的草地恢复速度变慢。过度的垦殖使大片草地变为耕地, 落后的农垦方式和灌溉制度, 又使土地次生盐碱化加剧, 农田单产很低, 油菜籽平均产量为  $1\,100 \sim 1\,500\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 青稞平均产量为  $1\,730 \sim 2\,992\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。耕地荒芜和大量弃耕, 土地大片裸露, 成为新的沙源, 既加剧了湖区的水土流失, 又导致土地沙漠化面积增大。

## (二) 退耕还草工程实施

自 2000 年以来, 流域的海晏县甘子河、托勒、青海湖, 共和县黑马河、江西沟、石乃亥、倒淌河、英德尔, 刚察县吉尔孟、泉吉、伊克乌兰、沙柳河、哈尔盖、黄玉农场, 省属三角城种羊场、湖东种羊场、铁卜加草原改良试验站, 海北州属青海湖农场先后实施了退耕还草工程。截至 2005 年, 流域累计完成退耕地造林种草面积  $24\,320.2\text{hm}^2$ , 其中退耕地造林  $18\,239\text{hm}^2$ , 占流域退耕地造林种草面积的 75%; 种草  $6\,081.2\text{hm}^2$ , 占 25%。完成荒山造林种草  $16\,246.7\text{hm}^2$ , 其中荒山造林  $146.7\text{hm}^2$ , 种草  $14\,300\text{hm}^2$ , 封山育林  $1\,800\text{hm}^2$ 。

流域退耕地还林(林草间作)中选择的树种为沙棘、柠条。据调查, 退耕地还林(林草间作)当年成活率为 70% ~ 90%, 退耕后第三年保存率达 65% ~ 75%, 生长良好。退耕地还草和荒山种草中的草种以披碱草为主, 混以无芒雀麦、早熟禾、星星草、老芒麦等, 长势较好, 年均单产干草  $750 \sim 2\,175\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

### 1. 技术路线

流域生态环境恶化的原因, 其中就有大量草地过度开垦, 使土地裸露时间过长, 加重了沙漠化发展。流域实施退耕还林就是要通过恢复植被, 减少土地沙漠化趋势及水土流失。退耕还草工程技术路线是: 分析流域内土地利用现状, 研究土地因耕作出现的沙漠化趋势, 确定需要进一步进行植被恢复并加以保护的地区; 确定合理的退耕还林工程面积及退耕方式, 运用成熟的造林种草技术, 选择适宜的植被恢复方式; 在已确定的退耕地及其周边地区造林种草, 并根据水分条件及灌溉条件确定合理的管理方式, 进行符合实际的经营管理, 以达到生态效益与经济效益共赢的目的。

## 2. 规划面积确定

流域现有耕地17 912.0 $\text{hm}^2$ ，其中各乡镇耕地12 446.4 $\text{hm}^2$ ，农牧场耕地5 465.4 $\text{hm}^2$ （表6-6-3）。考虑到退耕后各乡镇农户和农牧场职工的基本生活保障问题，需保留足够面积的基本生活田。另外，作为青海湖区独特的旅游景观，仍需保留一定面积的油菜地。

表 6-6-3 青海湖流域耕地面积（单位： $\text{hm}^2$ ）

| 单 位    | 耕地调查面积   | 已 退 耕 面 积 |             |             | 现有耕地面积   | 规划退耕面积 | 保留耕地面积  |
|--------|----------|-----------|-------------|-------------|----------|--------|---------|
|        |          | 小 计       | 2000~2001 年 | 2002~2005 年 |          |        |         |
| 合 计    | 41 144.3 | 24 320.2  | 1 087.9     | 23 232.3    | 17 912.0 | 10 500 | 7 412.0 |
| 共和县    | 12 170   | 6 894.6   | 1 087.9     | 5 806.7     | 6 363.3  | 2 550  | 3 813.3 |
| 石乃亥    | 506.2    | 453.7     |             | 453.7       | 52.5     |        | 52.5    |
| 英德尔    | 89.3     | 89.3      |             | 89.3        |          |        |         |
| 黑马河    | 183.3    | 216.6     | 33.3        | 183.3       |          |        |         |
| 江西沟    | 7 786.1  | 3 165.3   | 854.6       | 2 310.7     | 5 475.4  | 2 020  | 3 455.4 |
| 倒淌河    | 3 605.1  | 2 969.7   | 200         | 2 769.7     | 835.4    | 530    | 305.4   |
| 海晏县    | 1 188.5  | 411.3     |             | 411.3       | 777.2    | 200    | 577.2   |
| 青海湖    | 53.1     | 53.1      |             | 53.1        |          |        |         |
| 甘子河    | 1 069.8  | 342.1     |             | 342.1       | 727.7    | 200    | 527.7   |
| 托勒乡    | 65.4     | 16.1      |             | 16.1        | 49.3     |        | 49.3    |
| 刚察县    | 8 780.9  | 3 133.3   |             | 3 133.3     | 5 647.6  | 4 700  | 947.6   |
| 吉尔孟    | 149.5    |           |             |             | 149.5    |        | 149.5   |
| 泉吉     | 502.1    | 126.1     |             | 126.1       | 376      | 200    | 176     |
| 伊克乌兰   | 654.9    | 441.9     |             | 441.9       | 213      | 100    | 113     |
| 沙柳河    | 868.1    | 491.1     |             | 491.1       | 377P     | 200    | 177     |
| 哈尔盖    | 5 144.8  | 954.2     |             | 954.2       | 4 190.6  | 3 950  | 240.6   |
| 黄玉农场   | 1 461.5  | 1 120     |             | 1 120       | 341.5    | 250    | 91.5    |
| 青海湖农场  | 14 110.6 | 10 533.3  |             | 10 533.3    | 3 577.3  | 2 400  | 1 177.3 |
| 三角城种羊场 | 2 218.7  | 1 666.7   |             | 1 666.7     | 552      |        | 552     |
| 铁卜加草改站 | 454.3    | 147.7     |             | 147.7       | 306.6    | 200    | 106.6   |
| 湖东种羊场  | 2 221.3  | 1 533.3   |             | 1 533.3     | 688      | 450    | 238     |

注：耕地调查面积中，不含2000年、2001年退耕面积。

（1）耕地保留面积：对各乡镇从事农业的人口，按人均年消耗原粮400kg并加15%保险系数计算，需保留基本口粮田1 207 $\text{hm}^2$ 。为了使保留的基本口粮田得到轮休保肥、保墒，达到提高粮食产量的效果，按四年轮休1次，需保留歇地302 $\text{hm}^2$ 。各乡镇共需保留基本口粮田和歇地1 509 $\text{hm}^2$ ；各农牧场按人均年消耗原粮400kg并加15%保险系数计算，需保留基本口粮田1 274 $\text{hm}^2$ ；在环湖公路两侧还需要保留耕地3 722 $\text{hm}^2$ ，作为旅游观赏的油菜花带种植地。

青海湖流域拟保留耕地7 411.8 $\text{hm}^2$ ，占流域现有耕地面积的41.4%。

（2）规划退耕面积：流域规划退耕地10 500 $\text{hm}^2$ （占现有耕地面积的58.6%），退

耕地全部还草, 种植多年生牧草。

规划退耕地还草面积10 500hm<sup>2</sup>。其中, 海晏县 200hm<sup>2</sup>, 安排在甘子河乡实施; 刚察县4 700 hm<sup>2</sup>, 规划哈尔盖乡3 950 hm<sup>2</sup>, 黄玉农场 250hm<sup>2</sup>, 泉吉乡与沙柳河乡各 200hm<sup>2</sup>, 伊克乌兰乡 100hm<sup>2</sup>; 共和县2 550 hm<sup>2</sup>, 规划江西沟乡2 020 hm<sup>2</sup>, 倒淌河镇 530hm<sup>2</sup>。另外, 规划青海湖农场退耕2 400hm<sup>2</sup>, 湖东种羊场退耕 450hm<sup>2</sup>, 铁卜加草原改良试验站退耕 200hm<sup>2</sup>。

## 七、草地有害生物综合治理

青海湖流域是青海省重点牧区和畜牧业生产基地之一, 也是全省开发较早、畜牧业发展水平较高的地区。由于地处高寒, 自然环境较为严酷, 加之人类活动极其频繁, 从而使草地生物灾害影响日益严重, 成为可持续发展的限制因素。

有害生物 (pest) 是指对人类及其生存环境直接或间接构成危害的生物, 主要包括啮齿动物、有害昆虫、病毒细菌、有毒植物及有害植物等生物群体。其危害表现为: 破坏土壤、造成水土流失, 破坏森林、草原植被, 污染水源, 危害粮食及饲料作物, 向有益生物 (如牲畜、农作物、优良牧草等) 及人类传播疾病等。据报道, 目前世界范围内有害生物估计有67 000种, 其中害虫 (包括各种螨类) 9 000种, 植物病害5 000种, 杂草8 000种, 等等。青海省草地虽未进行过有害生物详查, 但常见的种类有草地啮齿动物约 57 种, 隶属于 2 目 8 科; 直翅目草地蝗虫 8 科, 38 属, 85 种; 鳞翅目草原毛虫 3 种及毒害草多种。青海湖流域是青海省草地生物灾害常发地区, 其中以鼠、虫、毒草危害最为严重。

### (一) 草地主要有害生物及其危害

#### 1. 草地害鼠

(1) 害鼠种类: 据调查, 流域草地害鼠为啮齿类动物区系 2 目, 8 科, 20 余种组成的。常见的有高原鼠兔、高原鼯鼠、高原田鼠 (*Pitymys irene*)、根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 等。

(2) 地理分布: 流域草地鼠类分布较广, 其垂直分布与草地类型的分布基本一致。分布下限在温性草原区, 海拔为3 200m, 分布上限在高寒草甸和高寒荒漠区, 海拔为 4 800m。其中, 分布广、危害严重的优势种为高原鼠兔, 主要栖息于温性草原与草甸草原, 在流域各种草地类型和地域均有分布; 其次为高原鼯鼠, 主要栖息于海拔3 200 ~ 3 900m的高山草甸草地上, 多集中分布在土壤疏松、湿度较高的滩地、阶地及阴坡地。此外, 还有高原田鼠、西北利亚五趾跳鼠 (*Allactaga sibirica*)、白尾松田鼠 (*Pitymys leucurus*)、长尾仓鼠 (*Cricetulus longicaudatus*)、根田鼠、藏仓鼠 (*Cricetulus kamensis*)、喜马拉雅旱獭、高原兔 (*Lepus oistolus*) 等, 多与上述两种混生, 但分布范围小。

(3) 危害: 近年来, 随着全球性气候变暖等自然因素和超载过牧等人为因素的影响, 草地退化日趋严重, 草原鼠害程度逐年增加。害鼠不仅与牲畜争夺优良牧草, 降低草地载畜量, 而且终年打洞造穴、挖掘草根、推出地表土丘, 破坏植被, 造成塌陷与水

土流失。轻则地表千疮百孔,毒草丛生,使草地植被逆向演替,逐步劣化变质;重则地表土层剥蚀,砾石裸露形成寸草不生的次生裸地。青海湖流域鼠害发生面积约  $117.98 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 危害面积  $92.03 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 占青海省鼠害危害总面积的 13.81%。从害鼠种类看,主要为高原鼠兔,分布最广、数量最多,危害面积达  $81.03 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 占流域鼠害面积的 88.05%, 平均有效洞口为  $275.5 \text{个} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 其次为高原鼯鼠,危害面积为  $9.0 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 占流域危害面积的 9.78%, 平均有效洞口为  $7.5 \text{只} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 高原田鼠危害面积为  $2.0 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 占流域危害面积的近 2.17%, 平均有效洞口为  $899.5 \text{个} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

据测定,高原鼠兔平均有效洞口系数为 0.27, 自然种群每只每日平均采食鲜草 66.0g, 全年(按 365d 计)损耗牧草 24.09kg; 高原鼯鼠危害 3 级平均密度为  $4 \text{只} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 危害 4 级平均密度为  $7.5 \text{只} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 危害 5 级平均密度为  $11 \text{只} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 其成体每只每日采食鲜草 264g, 全年(按 180d 计)损耗牧草 47.52kg; 高原田鼠平均有效洞口系数为 0.30, 其成体每只每日平均采食鲜草 38g, 全年(按 180d 计)损耗牧草 6.84kg。据此,流域三种害鼠每年造成的牧草损失高达  $15.04 \times 10^8 \text{kg}$ 。

## 2. 草地害虫

(1) 害虫种类: 流域草地上能形成大面积危害的害虫主要有直翅目草地蝗虫和鳞翅目草原毛虫。草地蝗虫约 48 种, 是青海省种类最多、密度最高、发生面积最大、危害最严重的种类, 主要有小翅雏蝗 (*Chorthippus fallax*)、狭翅雏蝗 (*Ch. dubius*)、宽须蚁蝗 (*Myrmeleotettix palpalis*)、红翅皱膝蝗 (*Angaracris rhodopa*)、鼓翅皱膝蝗 (*A. barabensis*)、白边痠蝗 (*Bryodema luctuosum*)、轮纹异痠蝗 (*Bryodemella tuberculatum dilutum*)、黄胫异痠蝗 (*Bryodemella holdereri*)、短星翅蝗 (*Calliptamus abbreviatus*)、黑腿星翅蝗 (*C. barbarus*)、李槌角蝗 (*Gomphocerus licenti*)、毛足棒角蝗 (*Dasyhippus barbipes*) 等。草原毛虫主要有青海草原毛虫 (*Gynaephora qinghaiensis*)。另外还有鞘翅目明亮长角金龟子等。

## (2) 地理分布

1) 草地蝗虫: 主要分布在流域内的海晏县甘子河、托勒, 刚察县吉尔孟、泉吉、哈尔盖、沙柳河、伊克乌兰, 共和县倒淌河、江西沟、黑马河、石乃亥, 天峻县快尔玛、江河等地区, 以禾本科牧草为主的温性草原、高寒草原、温性荒漠草地上, 其中又以河流滩地、谷地及矮丘陵的草地蝗虫最严重。

2) 草原毛虫: 分布广、面积大, 常分布在海拔 2 800 ~ 5 000m 以莎草科植物为主的高寒草甸、山地草甸和草甸化草原, 呈斑点状水平分布, 多发生在海晏县托勒、甘子河, 刚察县哈尔盖, 共和县黑马河等地区。

(3) 危害: 据调查, 流域草原虫害发生面积  $23.53 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 危害面积  $18.06 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。其中, 草原蝗虫危害面积  $13.93 \times 10^4 \text{hm}^2$  (严重危害面积  $5.67 \times 10^4 \text{hm}^2$ ), 平均密度  $52.69 \text{头} \cdot \text{m}^{-2}$ , 最高达  $320 \text{头} \cdot \text{m}^{-2}$ ; 草原毛虫危害面积达  $3.6 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 平均密度  $94.1 \text{头} \cdot \text{m}^{-2}$ , 最高达  $324 \text{头} \cdot \text{m}^{-2}$  以上; 明亮长角金龟子是近两年来发生在天峻县的地下害虫, 其危害面积  $0.53 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 平均密度  $20 \text{头/枝}$ , 最高达  $100 \text{头/枝}$  以上。其余害虫也有发生, 但不构成大的危害。

流域草地害虫危害主要表现为两个方面：一是大量啃食优良牧草，造成牧草损失。青海草地蝗虫主要以小型混生种为主，而小型混生种每头日食量为 0.056g，危害天数按 90d 计算，每头一生可消耗鲜草 5.04g。青海 3~5 龄草原毛虫每头日食量为 0.016g，考虑到 1~2 龄草原毛虫采食量较小，危害天数仅按 60d 计算，每头一生消耗鲜牧草 0.96g。据此，流域草地虫害每年所造成的草地植被损失为  $3.64 \times 10^8 \text{ kg}$ 。若将  $3.64 \times 10^8 \text{ kg}$  牧草用于养羊业（利用率 70% 计），每年可多养  $17.59 \times 10^4$  只羊单位，其经济效益可观。二是啃食牧草生长点，造成牧草生长发育受限，使草地植被群落逆向演替，最终草地植被群落退化、沙化成为裸地。如地下害虫（金龟子）危害方式是以幼虫啃食牧草和小灌木根茎为主，成虫期为地面害虫，主要采食灌丛植物水柏枝叶片。该害虫不仅幼虫个体肥大，而且危害期长、食量大，由于大片草地植被根茎被啃食咬断，牧草养分无法输送而枯竭死亡，草地最终形成寸草不生的黑土滩。

### 3. 草地毒草

(1) 毒草种类：据《中国有毒植物》（陈冀胜等主编，1987）记载，我国有毒植物有 101 科，943 种。草地毒草危害已成为青海湖流域三大生物灾害（鼠、虫、毒草）之一。常见的主要毒草有 6 科，15 属，65 种（路远新，1988）。目前对畜牧业生产影响严重的有豆科的棘豆属（*Oxytropis*），禾本科的芨芨草属（*Achnatherum*），瑞香科的狼毒属（*Stellera*），毛茛科的毛茛属（*Ranunculus*）和乌头属（*Aconitum*），龙胆科的龙胆属（*Gentiana*），大戟科的大戟属（*Euphorbia*）等植物。除芨芨草属醉马草（*Achnatherum inebrians*）为单子叶植物外，其余均为双子叶植物。

由于流域人口密度大，牲畜超载严重，在许多超载放牧地区，优良牧草被过度啃食，长期得不到休养生息，使有毒有害植物在草地上繁殖蔓延，形成了大面积有毒植物退化草地。如今流域草地常常可以看到大片以狼毒、黄花棘豆、披针叶黄华、醉马草、橐吾、唐松草（*Thalictrum spp.*）等为主的退化草地。

(2) 地理分布：流域草地毒草最为常见，为优势分布，其中危害较大的有以下四种。

1) 黄花棘豆：为多年生中生植物，根系极为发达，耐旱、耐寒，适应性强。在气候湿润的草甸地区生长尤为茂盛。黄花棘豆北起天峻及海北地区，南向青海湖、共和盆地，直到西倾山的高寒草甸、山地草甸，可以形成以黄花棘豆为优势种的毒草草场。分布海拔在 2 800~4 500m 之间。海晏县甘子河、青海湖，刚察县哈尔盖、吉尔孟（与狼毒混生），天峻县龙门，共和县倒淌河、江西沟、黑马河等地区分布最为严重。

2) 狼毒：为多年生中旱生草本植物，在草群中的竞争力很强，有发达的肉质根，可以吸收深层土壤的水分和养料，除籽实繁殖外，根茎分蘖亦可繁殖。多分布在较为平坦的滩地、谷地或矮丘陵半干旱或干旱的草地，广布于流域内草地，分布上、下限为海拔 3 200~4 800m。在共和县石乃亥、江西沟、倒淌河、黑马河（与棘豆混生），海晏县青海湖、托勒，刚察县吉尔孟、泉吉、哈尔盖，天峻县龙门、快尔玛等地区最为集中。

3) 黄帚橐吾（*Ligularia virgaurea*）：为多年生根茎草本植物，主要生长在高寒草甸及山地草甸，在海拔 3 200~4 500m 草地上能形成大面积优势群落，是草地被过度利用后形成的次优势种群。在流域内的海晏县甘子河、青海湖，刚察县吉尔孟、泉吉等地区

分布最为集中。

4) 醉马草: 为多年生旱生密丛型草本植物, 生长在温性草原, 多分布在海拔 3 200 ~ 4 000m 的冷季草地, 如海晏县托勒, 刚察县吉尔孟等地区。植株丛生高大, 危害面积大, 分布地域广。

(3) 危害: 草地毒草的危害主要表现在两个方面: 一是因毒草的不断滋生蔓延直接与优良牧草争夺生境, 抑制了牧草的生长发育, 使优良牧草比例下降, 毒草和杂类草比例增加, 草地植被呈逆向演替而不断退化; 二是直接引起牲畜误食中毒死亡和母畜怀胎率下降, 进而造成严重经济损失。

流域主要毒草发生面积为  $32.6 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 危害面积为  $18.1 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 其中棘豆属毒草发生面积为  $6 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 危害面积为  $3 \times 10^4 \text{hm}^2$ ; 狼毒发生面积为  $24 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 危害面积为  $14 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 其他毒草发生面积为  $2.6 \times 10^4 \text{hm}^2$ , 危害面积为  $1.1 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。流域因毒草危害, 造成的经济损失每年约 280 万元, 中毒死亡的羊达 8 553 只, 大牲畜约 800 头匹, 其中因棘豆中毒死亡的大牲畜有 630 头匹, 羊 5 920 只。

#### 4. 草地害草

(1) 害草种类: 流域草地有害植物主要有紫草科鹤虱属蓝刺鹤虱 (*Lappula consanguinea*), 菊科苍耳属苍耳 (*Xanthium sibiricum*), 禾本科针茅属紫花针茅、西北针茅、短花针茅等。

(2) 地理分布: 能够形成优势种群的只有针茅属植物, 在流域温性草原、高寒草原、温性荒漠草原均有不同程度的分布。其余有害植物只有局部和零星分布。

(3) 危害: 有害植物的划定是相对的, 一般依据植物本身是否构成危害以及对牲畜是否造成伤害而定, 并非所有的有害植物都是有害无利的。如针茅属植物, 成熟种子能对绵羊造成严重危害, 种子穿透羊皮进入躯体, 不仅造成皮张穿孔, 降低皮张质量, 而且严重时可导致绵羊死亡。然而针茅属植物又是流域草地上多种草地植物群落中的优势种, 由于它的存在直接影响着草群中不同草种数量的变化趋势。因此, 针茅属植物是稳定流域植物群落的重要成分, 不能因其对牲畜造成危害就把它从草群中消除出去, 而只需采用科学的放牧方法, 即可大幅减少它对牲畜的影响。

在流域草地中, 除针茅属植物外, 其他有害植物如蒺藜 (*Tribulus terrestris*)、蓝刺鹤虱、苍耳等植物种子具尖刺、钩状刺等特殊结构, 能刺伤牲畜或粘在绵羊毛被上, 造成羊毛杂质过多, 质量降低, 影响收益。可喜的是它们在流域草群中的分布较少。

#### 5. 牧草病害

牧草病害是世界性灾害, 如美国牧草病害造成的损失每年高达 16 亿美元。牧草病害在我国也是比较严重的, 一直未列入国家防治计划。随着人工草地面积不断增大及全球气候变化, 牧草病害的危害不断加重, 我国南方人工草地发病率达 70% ~ 80%, 北方人工草地发病率达 40% ~ 50%。青海湖流域天然草地牧草中虽有病源存在, 但到目前尚未发生大面积危害, 也未开展过此类调查。人工草地主要病害为黑穗病。



## (二) 草地主要有害生物防治

### 1. 鼠害防治

#### (1) 高原鼠兔防治

1) 化学方法:即以化学药剂防治的方法,用燕麦、青稞、小麦等作为饵料,与化学药品拌成毒饵,用人工投饵的方法投到鼠洞口,可对草地主要害鼠的种群数量起到明显的控制作用。20世纪70年代前流域曾大量选用高效、高毒、高残留的磷化锌、甘氟等杀鼠剂,但这些化学药物残效期长,并有二次中毒现象,也有致使天敌、牲畜中毒死亡的现象发生,故已在鼠害防治中被淘汰禁用。

2) 物理方法:又称器械法,是利用某些物理学原理制成的器械来捕捉害鼠的方法。目前,常用的有套口类和夹板类方法。前者是将做好的活套放在鼠洞口,另一端固定在钉好的木棍或有弹力的木弓上,待鼠通过时被套住;后者是将板夹放在洞口,待鼠出洞时将其夹住。物理方法简便易行,对人畜比较安全,效果较好,但工效较低。只能在鼠害危害较轻的地区利用。

3) 生物方法:使用范围很广,包括利用如狐狸、黄鼠狼、老鹰等天敌捕鼠、致病微生物和化学绝育剂、有害生物制剂及遗传防治等。目前,大面积广泛使用的方法是生物毒素防治法,即用肉毒梭菌制剂与燕麦、小麦为饵料按说明书的方法配制后采用人工投饵的方法。因其具有效果好、对人畜安全、不伤害天敌、不污染环境、使用时牲畜不需倒场禁牧、价格低廉等特点,在草原鼠害防治工作中普遍应用。

4) 生态方法:草原啮齿类动物之所以能够生存并大量繁殖,是因为它与外界具备了适宜的生活环境和充足的食物条件有着极其密切的关系。因此,破坏啮齿类动物的生活环境和食物条件,就能影响其数量。这就是生态学防治方法。调查表明,草地植被盖率和植物高度是草原啮齿类动物选择栖息地的主要限制因子,当植物达到一定高度时,即不适宜各种草地啮齿类动物的栖息。利用这一原理来防治鼠害的主要措施有:首先,通过生物制剂等药物,控制鼠害严重危害地区;其次,对危害地区进行围栏封育、减畜禁牧、休牧育草、人工补播优良牧草等改良措施,迅速恢复植被,使啮齿类动物繁衍、滋生的环境受到破坏,不利于啮齿类动物的生存;第三,以草定畜,确定合理的载畜量,防止草地超载过牧,合理利用草地,促使鼠害草地中主要成员生态经济结构关系向协调互利的方向发展,达到生态系统的平衡。

#### (2) 高原鼯鼠防治

1) 化学方法:曾采用过毒饵法、熏蒸法(灭鼠烟炮、灭鼠弹)等多种防治方法,化学药品主要选用甘氟、磷化锌、毒鼠灵、氯敌鼠钠盐等,以人工探洞投饵灭鼠,因其毒性大、残留时间长,已在鼠害防治中被淘汰。

2) 物理方法:由于高原鼯鼠长年营地下活动,且分布较为集中,因此农牧区群众在实践中总结了一套人工捕捉的方法,即利用植物茎秆或竹片与绳索、钢丝等制成弓箭,进行捕杀。

(3) 高原田鼠防治:其防治方法与高原鼠兔相同。

## 2. 草地虫害防治

草地虫害的防治方法,因害虫的生活习性和发育条件等多有变化,按其所采用的技术措施,主要有化学防治、物理器械防治、生物防治和生态防治等。

(1) 草地蝗虫防治:青海草地已记载的蝗虫有 90 种,其中青海湖流域常见的约 15 种。由于种类较多,其防治采用适时、适龄的原则,重点防治对象是混合种群。因此,防治适期应掌握两条原则:一是防治时晚发种必须全部孵化出土;二是早发种在 3 龄时防治,如遇特殊气候,二者孵化出土间隔太长,也要在早发种交配产卵前防治。

1) 化学防治:即采用化学药剂的防治方法,已由过去的 666 药粉过渡到马拉硫磷、敌敌畏等,经稀释后,进行喷雾洒施或超低量喷雾洒施。目前,以拟菊酯类药品为主,使用的有氰戊菊酯、氯氰菊酯、高效氯氰菊酯等。这是一类新的广谱性杀虫剂,对光稳定,具有触杀和杀卵作用,并兼有驱避和一定的胃毒作用,为神经毒剂,击倒力强。平均每公顷有效成分只要 10g 左右,对人畜、植物安全,对环境污染小。利用人工小型背负式喷雾器械或大型牵引式喷雾器在蝗虫 3 龄前适时防治,按照平均每公顷用量 300 ~ 375ml,防效可达 90% 以上。

2) 生物防治:就是利用各种有益的生物来控制害虫和种群数量。其内容包括以虫治虫、以微生物治虫、以其他动物治虫。其优点是,大多数对人畜安全,不伤及植物,不污染环境,常有持久控制害虫的作用。目前较为成功的方法有以下几种。

蝗虫微孢子虫 (*Nosema locustae*):是丝孢纲 (*Cnidosporidra*),微孢子目 (*Microsporidra*),微孢子虫属 (*Nosema*) 的一种原生动物 (简称 N. L)。据流域草地上试验, N. L 浓度在  $0.5 \times 10^9 \sim 2.5 \times 10^9$  范围内,每公顷施 15ml,对草地蝗虫的灭效为 71.37% ~ 80.32%,校正虫口减退率为 54.61% ~ 68.36%。特别应当指出的是,在应用蝗虫微孢子虫防治蝗虫的草场上,一次施用后,至少可经过 5 ~ 6 年后仍有蝗虫微孢子虫存在于蝗群中,形成一定规模的疾病流行,并在不同处理区内虫口密度一直处于防治指标以下。

细菌灭蝗剂:是一种以类产碱假单胞菌 (*Pseudomonas pseudoalcaligenes*, 简称 P. Pa) 和苏云金杆菌 (*Bacillus thuringiensis*, 简称 B. t) 的亚种为主体成分的杀虫剂。试验证明,细菌灭蝗剂可杀死草地多种蝗虫,对 3 ~ 4 龄草地蝗虫混合种群的  $LD_{50}$  为  $9.47 \times 10^7$  活菌  $\cdot ml^{-1}$ ,属微毒杀虫剂,有较好的灭治效果。

植物源杀虫剂:包括 0.3% 和 3% 印楝素生物制剂两种,由成都绿金生物科技有限责任公司提供。0.3% 印楝素生物制剂不仅对草地蝗虫有较好的防治效果,而且对非靶动物相对安全,适合草地蝗虫的防治。该制剂平均防治效果可达 94.02%。3% 印楝素生物制剂对低龄幼虫 (4 龄以下) 的灭杀力较强,在幼虫 3 ~ 4 龄时是最佳防治时期。施药后第 4 天或第 7 天检查防效可达 90% 以上。

蝗虫微孢子虫 (N. L) + 卡死克 (IGR):为一种混合施药的防治方法。据李韬等研究 (1990) 结果表明,在蝗虫中、低密度危害区,可应用 N. L 与 IGR 混合或间隔 (20m) 喷雾法防治,其校正虫口减退率分别为 76.36% 和 75.01%。N. L 不仅可直接致死蝗虫,而且可通过卵垂直感染下一代,只要有残留蝗虫就会一直感染下去;IGR 可阻止蝗虫脱皮,使蝗蛹一部分死亡,一部分完不成发育阶段,繁衍不了后代。在自然状态

下,蝗虫完不成发育阶段者为9%,但IGR混施区完不成发育阶段者增至42%~46%,其滞育性能为33%~37%。

拟菊酯类农药与N.L隔带喷施:在高密度蝗虫危害区,可以拟菊酯类农药为主,与N.L隔带喷施防治,间隔带为拟菊酯类农药为30m,N.L为10m。这一措施的目的是将N.L引入蝗害区,利用其垂直感染性能控制残虫的密度。经测定,N.L防治当年的蝗虫残虫感染率在40.00%~64.90%之间,平均为50.32%;防治后2~3年的蝗虫残虫感染率平均为39.00%,4~6年的蝗虫残虫感染率平均为12.63%,且虫口密度每百网仅有1.7~7.2头,远在草地蝗虫防治标准以下。

3)物理及器械防治:即利用物理因子如光、热、电、原子能等作用来防治害虫,就是物理防治。目前,物理方法在青海省应用较少。器械防治是根据害虫的生活习性,设计比较简单的器械进行捕捉,如20世纪90年代研制的捕蝗机等。

4)生态防治:即采用牧鸡灭蝗,在蝗虫孵化出土后,将2月龄鸡运到蝗虫危害区,通过训练后采食蝗虫,达到抑制蝗灾的目的。经流域试验测定,35d内蝗虫低密度区每只鸡可控制0.28hm<sup>2</sup>危害面积,中密度地区每只鸡可控制0.12hm<sup>2</sup>危害面积,其防治效率为82.2%。此外,在蝗虫危害区可提倡牧户“圈窝养鸡”,走“自养、自管、自灭、自收益”的道路。

## (2)草原毛虫防治

1)化学防治:与蝗虫化学防治相同。

2)生物防治:主要采用核型多角体病毒、类产碱等生物制剂,对鳞翅目害虫有极强的专一性,对人畜安全,不污染环境。

核型多角体病毒(*Nuclear polyhedrosis viruses*,缩写为GrNPV):青海省于1988年开始进行田间应用试验,并逐步在流域推广应用。GrNPV对低龄幼虫(4龄以下)灭杀力较强,故此时为最佳防治时期,其灭效在73.4%~88.8%之间。采用GrNPV防治草原毛虫地区,当年防治效果虽低于化学药剂,但因其具有垂直和水平感染性能,因而防治后的虫口密度呈逐年下降趋势,3~4年后的控制效果尤为明显,可防止灾害形成,延缓防治周期,最终使草原毛虫的危害程度持续控制在经济防治指标以下。

GrNPV与拟菊酯类农药混喷:在草原毛虫重灾区,由于其密度太大需迅速杀死,以减少牧草损失,故宜用拟菊酯类农药与GrNPV各半混合喷施,既发挥拟菊酯类农药的快捷威力,又发挥GrNPV垂直感染的优点,达到长期控制草原毛虫种群密度的目的。

苏云金杆菌(Bt)与拟菊酯类农药混合喷施:在蝗虫与草原毛虫混生区,可选用Bt与拟菊酯类农药混合喷洒灭杀,但在其密度小时仅用Bt就可杀死以上两种害虫,达到防治的目的;在其密度大时,仅用拟菊酯类农药也可杀死以上两种害虫。若二者混合使用,则可减少拟菊酯类农药的用量,将污染减少到很低的程度。

3)生态防治:采用毛虫雌虫性引诱剂和金小蜂治虫。

毛虫雌虫性引诱剂的应用:据沈南英等(1983)研究,草原毛虫雌蛾羽化后在室温中放置4~5d,剪其尾尖在乙醚中浸泡24h,过滤取其第一步提液,渣质磨碎后再在乙醚中浸泡24h,过滤后取其第二步提液,两次提液混合即为雌性毛虫引诱剂。在毛虫成虫期性成熟后用黄色硬纸板做筒,内涂引诱剂平放在草地上,可大量诱捕雄性毛虫,

使其失去与雌毛虫接触的机会,以达到完不成性交孕卵及产生后代的目的。经化验,毛虫雌性引诱剂由 21 碳带有 3 个双键的烯烃类化合物和 1 个 20 碳带有 3 个双键的烯烃类化合物组成,人工合成后 21 碳与 20 碳的配比在 50:1 时效果最好。

金小蜂 (*Pteromalus sp.*) 的繁殖与利用:据沈南英等 (1983) 研究,金小蜂是青藏高原寄生于草原毛虫蛹体内的天敌昆虫,是一个未曾发现过的新种。在青海省玉树地区,每年 7 月中旬至 8 月中旬金小蜂的卵产于毛虫蛹体内,经 10~15d 孵化发育到老龄幼虫后,即滞育越冬,再经约 300d,至翌年 5 月上旬至 7 月中旬老熟幼虫即化蛹、羽化为成虫。自然状态下,金小蜂寄生率约 20%,产卵时刺死毛虫蛹的比率 >20%。为了提高金小蜂寄生草原毛虫的比率,试验证实,在室内可人工饲养金小蜂让其卵寄生在菜白蝶蛹上,每蛹可平均育成金小蜂子代 29.1 头,最高达 52 头。金小蜂雌虫平均寿命为 7.2d,雄蜂寿命平均为 5.9d。因此,要掌握好时机在人工室内控制下,于毛虫蛹期大量饲放金小蜂成虫,以实现以虫治虫的目的。

### 3. 草地毒害草防治

(1) 化学防除法:一般采用具有选择性化学农药进行防治,如 2,4-D 丁酯类药物防除双子叶植物,具有明显的效果。据报道,流域铁卜加草原改良试验站采用使它隆 (Starane)、草甘膦 (Glyphosate) 两种除草剂,当年灭效达 90% 以上,第二年虽有少量植株的分蘖可以萌发,但是长势很弱,株丛很小。目前,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所研制的灭狼毒、灭棘豆除草剂已经大面积示范,杀灭毒草率达 98%,是草地毒草防除的理想药剂。

(2) 物理方法:就是集中人力进行适时刈割、人工挖除等。此法费时、费工,若大面积发生时则无法达到防除效果,故较少应用。

(3) 生态方法:①采用合理放牧、合理确定载畜量和合理放牧利用强度的方法调整草群结构,控制毒草生长,逐步提高优良牧草再生能力,降低毒草中毒危险性;②依据毒害草对不同动物的易感性差异或改良畜种的特异性,调整畜群结构,选择不敏感畜种放牧以降低毒草危害;③调整放牧利用时间,在放牧前切实安排好各类草地的放牧季节,避开有毒季节进行放牧。

## (三) 草地主要有害生物综合防治

### 1. 综合防治理念

综合防治的概念始于 20 世纪 30 年代,但直到 50 年代才在实践中得到应用。综合防治强调要协调生物防治与化学防治的方法。1959 年,Stern 等讨论了综合控制的概念。1960 年,Geier 和 Clark 赋予了综合防治的生态学涵义,坚持从农田生态群落的角度实现综合防治,并由此引发 IPM 的研究高潮,致使 FAO 于 1966 年建立综合防治的技术框架。同期,我国即开展蝗虫灾害和二化螟的防治。

(1) 草地鼠害综合防治:从草原生态系统的整体观点看,草原害鼠是草地生态系统中与牲畜和其他野生草食动物平等的 1 级消费者,同时它又是小型肉食动物和猛禽等 2 级消费者的食料。因此,草原害鼠在整个系统中有存在的理由。为了保持物种的多样性和食物链的完整性,人类只能将其种群数量控制在经济阈值以下。

青海省草地的主体是高寒草甸和高寒草原,与之相适应的害鼠为高原鼠兔和高原鼢鼠等。因此,制定综合治理的方法和方案时要充分考虑这两种主要害鼠的生态学特性。多年来,青海治理鼠害普遍采用毒饵法和人工捕杀防治,虽在短期内取得了显著的灭杀效果,但防治后残鼠数量即可迅速回升,植被又重遭危害。20世纪80年代,在总结草地保护工作经验教训的基础上,开始从生态学的观点出发,把鼠害防治作为草地系统管理的一项重要内容,逐步由单项治理发展到综合治理,同时发现草地退化和鼠害有着密切的关系。由于管理失调和重牧等不合理利用,加之气候在数十年中逐步趋于暖干化,导致了草地的退化;而退化草地的植被稀疏、牧草低矮,又为高原鼠兔提供了视野开阔的最适生境。退化草地阔叶植物及毒杂草的增加,为高原鼢鼠创造了良好的食料基地,导致害鼠大量繁衍,危害日趋严重;而严重的鼠害又加速了草地的进一步退化,形成了恶性循环。因此,扼制草地的退化,大力治理退化草地,建立郁郁葱葱的人工或半人工草地植被群落,恢复自然植被,增加优良的禾本科、莎草科牧草,必将扼制高原鼠兔和高原鼢鼠的种群数量。

从草原生态系统的整体观点出发,选择化学的、物理的、生物的、生态的优化组合防治鼠害方法,把一种或一种以上的害鼠控制在经济阈值(不足危害的水平)以下,以达到保护人、畜、天敌和环境健康安全,促进生态系统良性循环,提高草地生产能力的目的。方法有弓箭法、夹捕法、化学药物防治法、生物防治法、改变害鼠生境或创造害鼠不良生境的生态防治法等。要因地制宜、因鼠制宜地采用优化综合方法进行防治,以达到各项措施间的协调应用、相互促进、相互补充,提高防治效果;综合防治还应考虑采用相同的有效措施,同时治理1种以上的鼠种;治理害鼠必须保持草地生态环境的纯净(不受污染),促进草地生态系统物质循环和能量流动的正常运转,达到草地永续利用的目的。

(2) 草地虫害综合防治:1966年,联合国粮农组织及生物防治的国际组织共同为“害虫综合防治”(IPC)下的定义是:“害虫综合防治是一套害虫治理系统,这个系统考虑到害虫种的种群动态及其有关环境,利用所有适当的方法与技术以尽可能互相配合的方式,来维持害虫种群达到这样一个水平,即低于引起经济危害的水平”。该定义明确地提出:①用经济阈值来决定是否有防治的必要;②不要求彻底消灭害虫;③充分考虑到自然环境因素所起的作用。1972年,Rabb对害虫综合治理含义的论述是“明智地选择及利用各种防治方法来保证有利于生态方面的、经济方面的及社会方面的防治效果”。他提出的实际措施主要包括:①测定一个害虫的生态系统,决定是否需要改善其数量,降低到可忍受的水平,即低于经济阈值之下;②应用生物学的知识及目前的技术来研究如何达到这一需要的改变,即应用生态学;③设计害虫防治的方法,即适应于现代的技术,又符合环境的要求,即社会可接受性。

草地虫害综合治理可以归结为以下三点:①从生态学观点出发,全面考虑生态平衡、社会安全、经济利益及防治效果,提出最合理及最有益的治理措施。②不着重对有害生物彻底消灭,而着重于对有害生物的数量调节,达到不造成经济危害的地步。这就是容忍一部分害虫的存在。害虫综合治理认为,保留一部分有害生物,即保留了生物的多样性,既对自然平衡有好处,又有利于天敌的存在。③采用综合防治方法,尽量不单



独采用化学防治方法。只有在危害超过经济阈限,而没有别的防治方法时,才允许用化学防治法。在上述基本概念的前提下,核心内容应当是各种防治方法的协调与配合。

## 2. 综合防治存在的问题

### (1) 草地鼠虫害

1) 基础设施缺乏,测报体系不健全,监测预警能力薄弱:多年来,青海省在草原鼠虫灾害治理基础设施建设和设备配备方面力度不够。主要表现在:一是缺乏物资储备,应急治理物资如药品、饵料、施饵器械、车辆及后勤保障物资的储备严重不足,难以保证快速、高效治理;二是各级监测站点少,盲点多,平均每  $400 \times 10^4 \text{hm}^2$  草地才有 1 个监测站点;三是监测站点缺乏必要的基础设施,仪器设备不足,总体技术水平偏低;四是机构不健全,技术力量薄弱,人员变动快,既影响了监测队伍的稳定和监测工作的正常开展,又使监测数据的连续性、代表性、时效性和准确性受到影响;五是测报数据库和全国网络系统有待建立。

2) 资金投入不足,治理能力受到限制:自 2005 年开始,虽然国家增拨了草原鼠虫灾害治理专项补助经费,但由于草原鼠虫灾害发生面积大,地方财力弱,农牧民收入低,多数地方无力配套足够的防治经费,影响了防治面积。据统计,全国每年治理草地鼠虫灾害面积,仅占鼠虫灾害危害面积的 10% 左右,青海省甚至不足 10%,同时还因物价调整因素造成治理成本不断增加,也使得治理的实际投入下降。

3) 科技水平不高,可持续控制能力不足:①综合运用生物制剂、天敌控制、化学农药、补播改良等多项技术合成治理草原鼠虫灾害的能力有限,使持续控制的能力达不到应有的水平;存在应急治理,缺乏治本治理措施,这种单一的治理技术,难以从根本上消除害鼠虫适生条件。②由于治理经费缺乏,大部分灾区完成应急治理后,补播、施肥、灌溉、围栏封育等治本措施难以开展,从根本上消除鼠灾孳生环境实现无害化管理的目标难度大;治理工作中应具备鼠虫灾害信息管理系统、专家决策系统、指挥决策系统和 3S 技术系统等软硬设施均严重不足,防治手段仍停留在人工投饵,手工操作的水平,费时费力速度慢,直接影响到科学治理和可持续控制水平的提高。

### (2) 草地毒草

1) 草地毒草造成的危害认识不足:随着生态环境的恶化,流域毒草面积仍在不断扩大和蔓延,五彩缤纷的毒杂草随处可见。但多年来从上到下各级政府都没将草地毒草防除纳入草地治理范围,对毒杂草造成的危害认识不够。

2) 草地毒草防治缺乏专项资金的支持:多年来,草地毒草防治只停留在局部地区的小面积试验,因缺乏专项资金的支持,要争取大面积开展治理较难。同时,在草地毒草防治中要求点喷,药品专一性很强,且不能损坏其他牧草。因此,防除成本较高,平均每公顷成本要达 9~12 元才能防治。没有国家、地方的资金支持,草地毒草防除难度较大。

## 3. 综合防治策略

(1) 草地鼠害综合防治策略:天然草地是一种可再生资源的自然综合体。可持续发展的畜牧业是以合理、适度的利用草地资源,并向自然资本作适当投资保育其生物多样性及可持续的生产,以有利于其主要依靠自然因素完成的自我修复或生态修复(Eco-



logical Restoration), 乃至能产生资源量的若干储备。相应的草地管理对策, 包括鼠害治理, 必须体现这种生态、经济和社会效益的统一。因此, 草地鼠害防治的着眼点不应该是“灭”或仅挽回“损失”, 而应注重扶正草—畜—鼠的生态协调关系, 才能从整体目标上根除成灾条件, 获得促进草地畜牧业良性循环的持续效益。这就是实施以生态治理为核心内容的草地鼠害防治对策。

长期以来, 国内外对草地鼠害的防治多注意单向控制害鼠种群的策略和方法, 未能摆脱应急防治、重复投资的被动局面, 以至于难以实现持续控制。如前所述, 草地植被在群落水平上为鼠类提供生存和发展条件, 其组成物种的空间分布格局, 可利用与不可利用种类的生物量及其在群落中的比例, 以及由植被构成的三维空间等因素的综合, 共同影响着鼠类群落的结构、种间关系及数量动态。植物群落的变化, 在很大程度上影响着鼠类赖以生存的多维资源状况, 从而左右它们适合度的大小。因此, 通过对植物群落的协同管理可以导引鼠类群落的演替方向; 实施以生态治理为核心内容的综合治理的主要途径, 应着重配合草地改良和退化草地的修复, 因地因鼠制宜地应用生态工程原理和方法, 从以下几个方面制订综合治理鼠害的协调方案: ①立即停止掠夺式的放牧活动, 实行草地的优化科学管理。推行季节放牧营地制度, 以草定畜、划区轮牧、休闲育草, 并依据各地自然条件建立人工饲料基地。禁止开垦天然草地, 处于农牧交错区生态脆弱带的已垦地要退耕还草, 已有的牲畜应实行圈养化。②着力保护好害鼠入侵阶段的轻度危害草地。在早春实施药物防治后, 应有休牧、轮牧、轮封或其他调整载畜量措施的配合。此类草地如能及时采取切实的保护措施, 植被恢复较快, 有可能在短期内通过生态修复向良性循环方向转化。③在害鼠入侵和聚集阶段, 草地已明显退化或严重退化, 植被稀疏低矮化, 即使采取封育措施, 在害鼠密度较高的情况下, 植被的破坏过程仍将继续。除应有计划地安排药物防治外, 在适宜地区应考虑浅耕补播适合的牧草, 同时实施围栏封育, 在有水源条件地区也可考虑灌溉、施肥、建立人工草地等配套综合措施。④保护天敌动物, 严禁狩猎猛禽和草原食肉兽。适当“补加”草原食肉兽和猛禽的栖息条件, 以充分发挥它们与害鼠互为调节因子的作用。

此外, 高原鼠兔、田鼠等种群数量年间有较大变动。在数量高峰之后, 通常有2年左右的低谷期, 且害鼠种群易受灾害气候(如暴雨、大雪)打击, 导致种群数量骤降或崩溃, 如能配合害鼠种群数量的预测, 抓紧利用有利时机实施上述措施, 当能收到事半功倍的效果。

综上所述, 草地鼠害主要防治技术措施为鼠害防治—开发利用—补播牧草—围栏封育—休牧育草—建置鹰架招鹰设施—恢复(保护)草地植被等。强调鼠害防治与生态调控相结合, 在鼠害防治后因地制宜地开展草地灭虫、种草、施肥、划区轮牧、封育等综合治理措施, 使草地植被盖度增加, 改善草地生态环境。

(2) 草地虫害综合防治策略: 草原虫害防治应从“预防”与“治理”两个方面着手, 贯彻“防重于治、加强监测、统一规划、突出重点、综合治理”的方针, 将草原害虫口密度控制在危害水平以下。为此, 应正确处理好以下三种关系。

1) 治标和治本的关系: “治标”重点是要根据各种害虫的危害损失, 科学制订相应的化学和生物防治指标, 来减轻蝗虫发生程度; “治本”重点是考虑对害虫孳生地的

生态治理,通过恢复植被、改善植被结构或其他农业和水利措施,从根本上逐步减少蝗虫适生环境,压缩蝗虫发生范围。

2) 防灾和环保的关系:防治虫害是一项特殊的防灾减灾工作,每年都要喷洒数吨化学农药,在减轻害虫危害的同时,还对农田、草原、水域以及其他有益生物造成了一定的负面影响。由于虫害防治是长期性任务,今后不仅要注重防治效果,还要强化环保意识。通过加大生物防治、生态控制和科学用药力度,最大限度地保护生态,减少环境污染。

3) 眼前和长远的关系:青海省属于虫灾频发区,长期以来草地虫害防治体系一直不健全,致使虫害发生后临阵磨枪、仓促应战的情况时有发生。因此,对虫灾重点发生区和常年发生区,要立足当前,着眼长远,建立比较稳定的虫灾治理体系,完善监测和防治技术规范。只有从投入上、人才上、设施上和管理上建立虫灾治理长效机制,才能实现对虫灾的可持续控制。①健全草地虫害预测预报体系,增加县级测报站、乡级牧民测报员:草地虫害预测预报工作是防治工作的基础,要使防治工作做到有的放矢,使有限的防治经费发挥更大的效益,必须进一步健全预测预报体系,利用测报信息指导防治工作。②保护生态环境,增强抗御虫害能力:目前,流域退化草地已占流域可利用草地面积的49%,退化草地为虫害生长、繁衍提供了有利条件。因此,为了减少其发生发展与危害,必须从源头抓起,治理退化草地,抓好草地生态环境的保护和建设。③建立虫灾防治应急预案:加强虫灾物资的贮备和资金贮备,以及做好虫害防治人员的技术培训,建立一支虫灾防治专业队。④加大投资力度,增加单位面积投资额:草地虫害每年的投资仅占青海省虫害发生面积的10%~20%,且平均每公顷投资额仅在30元左右。因此,争取多方投资,加大虫害防治力度,尽可能采用安全、高效的生防药品和先进器械,以保证防治质量。⑤改进虫害防治手段,因地制宜地配置新型实用的虫害防治器械:如在加大投资的情况下采用飞机灭虫或采购新型耐用的背负式或牵引式喷雾器械进行防治,改变器械滞后这一被动现象,以提高防治效益。⑥加大生物防治措施,开展综合治理:草地虫害防治是一项综合性系统工程,应加大以生物防治为主的综合配套措施。⑦研究落实流域草原虫害防治的长效机制,注重解决好以下问题:一要科学制定生态控制规划;二要稳定虫灾防治经费投入渠道;三要研究制定科学的虫害防治管理办法;四要加强对草原毛虫、蝗虫灾变规律和防治新途径、新方法的研究。这些问题的解决,对推动今后流域草原虫害的可持续治理至关重要。

(3) 草地毒害草综合防治策略:有毒有害植物随着地理环境、土壤和气候等外界因素变化的影响,毒性变化较大,同时对每种牲畜的敏感性也不相同。因此,对有毒植物的防治必须采取预防为主,治理为辅的毒草防御战略,在清楚地掌握当地有毒有害植物种类、毒性及其变化规律的基础上,才能有针对性地进行防治。流域牧业区,以清除狼毒和棘豆属毒草为主;对株体高大的醉马草不要轻易清除,因为它很少为牲畜误食,且具有良好的防风固沙、保持水土的功能。在放牧前切实安排好各类草地的放牧季节计划、放牧牲畜调整计划,避开有毒季节或选择不敏感畜种放牧、割草。对草地要进行保护利用,减轻优良牧草的放牧压力,使其提高与有毒植物的竞争力,通过自然恢复进而达到防除有毒植物的目的。

#### (四) 草地主要有害生物可持续治理

##### 1. 可持续治理理念

草地主要有害生物的可持续治理是综合防治的发展和深入,两者既有区别又有联系。发展和深入都要强调多种有效方法的整合,反对单一方法的使用,尤其是化学农药的过度应用。综合防治的最终目标是获取最大的经济效益,而可持续治理则着眼于农牧业的持续发展,兼顾效益与公平性,即当前效益和长远效益,国家、集体和个人效益的统一,环境与经济的代际公平性。

随着有害生物基础理论的研究逐渐深入,其灾害治理的理论和方法不断丰富与完善,为实现有害生物的可持续控制奠定了良好的理论基础。21世纪实现有害生物可持续控制不仅具有必要性,而且分子生物学、信息技术及行为科学等学科快速发展,为这一技术体系的实现提供了可靠的技术保障。如全球定位系统(Global position system, 简写GPS)、地理信息系统(Geographical information system, 简写GIS)、遥感(Remote sensing, 简写RS)等尖端技术系统,对土地管理、土壤状况、气候气象条件、作物长势、病虫草鼠害发生等信息进行收集和处理,进而通过计算机的信息分析、管理和系统的优化处理,对农牧业生产进行精确性预测与调控管理,其目标是提高资源的产量潜力,对化肥和农药等生产要素实施精确性管理,减少浪费,提高农牧业生产的经济效益,为其可持续发展提供有利的技术支持。

##### 2. 可持续治理指导思想及其原则

(1) 可持续控制指导思想:在一定的区域内实施有害生物可持续控制的策略是促益控害、标本兼顾、协调优化;在控害过程中,坚持区域性、系统性、协调性、动态性和精确性的原则。以区域性生态系统为着眼点,以控制危害为中心,以提高农牧业生产的综合效益为宗旨,以自然控制为基础,协调利用农业调控、行为调控技术,发挥系统的防御机制和耐害补偿作用,保持生态系统的合理结构,利用系统内各种生态关系,促进有益生物群落的建立与发展,减轻害虫发生强度,并将其密度控制在一定水平之下。

##### (2) 可持续控制原则

1) 区域性原则:是指草地主要有害生物仅在一定时间段内一定地理区域内对某种(些)作物造成危害,因此在控制其灾害时,应在一定的空间范围内根据灾害种群发生的时空特性、农业生产的区域布局和作物生长发育状况,因地因时制宜地采取合理的措施,保护有益生物,提高自然生态因子的调控作用,控制有害生物的区域性发生与危害。

2) 系统性原则:是指在特定区域内的生态系统中,生物与非生物、生物与环境,经过长期的相互作用,通过物质流动、能量循环和信息交流,建立了相对稳定的结构及其功能,它们相互依赖相互制约形成了有机的整体。因此,在实施草地有害生物管理的过程中,要综合考虑生态系统内有害生物群落、天敌群落、植物(包括主要寄主作物和杂草等)及其环境因素的相互复杂关系,维持生态系统的良性循环,促进系统的持续发展。

3) 协调性原则:是指农业生态系统作为人工生态系统,虽然受外界干扰强度大,

远偏离平衡态,但系统内生物与非生物、生物与环境之间因长期的相互依存相互制约而形成相对稳定的结构和功能,因此有害生物的控制要综合考虑系统内的互补制约关系,协调利用各种有效的措施控制灾害的发生与危害。

4) 动态性原则:是指草地主要有害生物治理应是一种动态的过程,因为有害生物在生命发展过程中不仅具有其特定的时空动态变化规律,而且生态系统内通过物质循环、能量流动和信息交流所形成的各种生态关系也是动态变化的。随着经济社会的发展和技术的进步,有害生物控制的技术和策略也是不断变化的。因此,随着时间的推移,有害生物治理的策略与方法也要不断地进行创新与发展,以保持有害生物控制的有效性和持续性。

5) 精确性原则:是指在传统的草地有害生物种群管理中,将草地生态系统作为均一系统看待,施行均匀化管理。但实际上,时空异质性是生态系统普遍存在的现象,并导致有害生物发生与危害的空间特异性。因此,为了提高防治效率和控制质量,必须获取有害生物的精确性空间信息(包括危害面积、有害生物种群等)。这些精确性信息的获得必然依赖于现代空间信息技术(GIS、GPS、RS),作为重要的信息源将为种群管理提供可靠的决策依据。

### 3. 可持续治理技术

在实施草地主要有害生物的可持续控制时,必须坚持可持续发展的原则,兼顾经济与环境的代际公平性;充分利用生物资源,突出自然控制的基础地位;合理利用行为作用物质,发挥行为调控的辅助作用;适当使用特异性农药,正确认识化学防治的重要作用。

(1) 利用品种、水、肥和自然天敌等生态因子的调控作用:水、肥、光、温等自然生态因子不仅直接作用于有害生物的生长发育与繁殖,而且可通过植被间接影响到有害生物的种群动态。通过围栏封育、人工增雨控制有害生物灾害,这是利用自然生态因子控制有害生物的典范。重视抗性品种的培育,以实现抗害、耐害和避害的目的。特别是分子生物学和基因遗传工程技术的发展,抗病虫害的基因工程作物的应用越来越受到重视。自然天敌和病原微生物对有害生物的调控作用是自然生态调控的核心,自然天敌的捕食、寄生和致病作用能够有效地控制有害生物的危害。天敌的保护、开发和利用在我国具有悠久的历史 and 优良的传统。早在《诗经》中就曾记载过“螟蛉有子,蜾蠃负之”,描述了胡蜂类捕捉蛾类幼虫的现象。在害虫的可持续控制技术体系中,自然天敌的控害作用将成为当今非常重要的环节。

(2) 充分利用生物资源,适度地进行人工生态调控:生物资源包括可供利用的植物、动物和微生物,它们不同于其他自然资源,有其特殊的性质,可以不断自然更新和繁殖扩大,这正是开发利用生物资源进行有害生物可持续控制的基础。野生植物是培育抗性品种的重要基因库,自然天敌资源经过人工培育、驯化,可以提高它们对害虫的控制效能。微生物资源是开发生物农药的源泉。因此,充分发挥生物的控害作用,在加强自然天敌保护利用的同时,深入开展工厂化天敌和生物农药的生产与利用研究,对不同生态系统进行科学的人工生态调控,为实现有害生物的可持续控制提供重要保障。利用行为作用物质,调控有害生物的生存生殖行为是实现有害生物可持续控制的重要途径之

一。除植物生长调节剂、种内和种间作用物质外,还可以利用天敌或害虫的嗜好寄主,种植诱集作物,保护与繁衍天敌,诱杀害虫,在一定程度上控制灾害生物的发生与危害。此外,像灯光诱杀和毒饵诱杀等也是实施行为调控的重要方法。

(3) 选择特异性农药,进行科学的化学防治:由于农药残留、环境污染和抗性的产生,人们对农药的应用产生了怀疑,甚至产生排斥和恐惧心理。但实践证明,农药在有害生物的控制中具有重要作用,为控制灾害的持续发生提供了可靠的保障。农药的生产和应用要坚持高效、低毒、安全的原则,提倡使用对昆虫的生长发育具有调控作用的新型农药,如蜕皮激素、保幼激素和拒食剂等。因此,加强农药的科学管理与应用,减轻对环境的污染,延缓抗性的产生,开展农药的安全性评价,才能为有害生物的可持续治理服务。

(4) 以 3S 为核心的空间信息技术,为有害生物可持续控制提供精确性监测工具:Rogers 等利用卫星遥感监测舌蝇种群的死亡率和种群密度。Kitron 等利用卫星遥感和地理信息系统,预测舌蝇在人类无法接近的栖息地斑块中的密度,为该种群的治理提供了重要依据。Brewster 等借助卫星图像建立区域性作物图像,以阐明作物和害虫的互作关系。

总之,有害生物可持续控制是有害生物综合治理(IPM)思想的完善与发展,将 IPM 的理论与实践提高到一个新的高度,由过去的单一害鼠、虫、单一草地生态系统的管理发展到益害兼顾,多种草地生态系统协调考虑,区域联合的灾害控制策略。但由于认识的局限性,目前随着科学技术的发展,知识的创新与技术革新将为有害生物的控制赋予新的内容,使其不断发展与完善,从而有效地控制有害生物的发生与危害。虽然,目前在生产实践中对有害生物的可持续控制还有一定的困难,但流域作为青海省畜牧业发展的最前沿,它应倡引全省有害生物控制最高水平和示范作用。

#### 4. 可持续防治基本对策

(1) 提高认识,加强领导:开展草地有害生物防治工作是一项群众性、政策性很强的公益性事业。目前,党和国家高度重视“三农”问题,把增加农牧民收入作为一项重要工作来抓。减轻有害生物的危害损失,保护农牧民利益,促进农牧区经济社会发展与繁荣,既是关系到农牧民当前的切身利益,又是加强生态建设,维护生态安全,促进社会稳定,实现人与自然和谐发展的需要。这是关系中华民族生存与发展的长远大计,需要各级党政领导高度重视,变业务行为为政府行为,抓好有害生物治理工作;要认真学习、领会和贯彻落实党中央、国务院领导对草原有害生物防治工作的重要批示,把草原有害生物防治工作提高到有利于后代生存与发展的战略高度来认识;要加强领导,建立健全草原有害生物防治体系,扩大充实防治队伍,增强防治力量,做到工作有人抓、经常抓、坚持抓,具体业务有人干、坚持干、持之以恒地干。为此,各级政府和有关部门要成立专门领导小组,做到组织领导到位;要逐级建立岗位目标管理责任制,做到人员、任务、责任三落实;要建立健全项目管理办法,层层鉴定目标管理合同,把任务、目标、效益落实到人;要建立草原有害生物防治资金使用监督机制和项目验收机制,提高资金的使用效率。

(2) 建立健全有害生物预警监控体系,提高预测预报质量:监测预警是草原有害



生物治理工作的基础,是实现科学、及时、有效防治的前提和关键。一要加强监测队伍建设,健全省、州、县、乡四级监控机构,要在流域确定主要草原有害生物种类,根据它们的分布区域及主要生物学特性建站,要固定人员、明确职责和任务;二要配备、充实监测工作所需的基本装备、设施、仪器、工具和交通,改善测报手段和工作条件;三要完善监测技术规范,加强测报制度建设,使测报工作实现制度化、规范化和标准化;四要继续与科研院所合作,联合攻关,解决测报技术难题,提高测报质量和水平。

(3) 依靠科技进步,不断更新优化技术,提高有害生物治理水平:科技进步是提高有害生物治理水平的先导。为全面提升草原有害生物治理水平,应加大科技投入,充分依靠现代科技,不断加强草原有害生物科技支撑体系建设。一是加强关键技术的研发,重点是监测预警技术研究、生物生态控制技术研究、鼠害中长期灾变规律与持续控制对策研究、鼠害防治决策指挥系统开发应用研究、有害生物资源综合利用开发应用研究;二是加强生物防治、生态控制、天敌保护利用等先进实用的无公害生物防治和生态控制技术的试验示范和推广;三是加强多方合作,引进和开发鼠害大面积治理的新技术、新产品,重点是建立必要的有害生物可持续治理综合示范基地、生物防治技术示范基地,扶持新技术、新产品的产业化开发与技术储备,加快高新技术的转化。

(4) 建立和完善科学的监督管理机制,提高管理水平:依法管理是草原有害生物治理工作的基本保障。一是认真贯彻执行《中华人民共和国草原法》、《农药管理条例》、国务院《关于加强草原保护与建设若干规定》、农业部《草地鼠虫害实施管理规定》和《草原鼠虫害预测预报规程》的同时,结合青海省及青海湖流域的实际,认真落实《青海省草原灭鼠治虫实施暂行办法》、《青海省草原鼠虫害预测预报实施办法》、《青海省草原鼠虫害及毒草调查技术规程》、《青海省草原无鼠害示范区建设管理办法》等一系列管理规定和技术规程与标准,加强鼠虫害防治工作,把鼠虫害防治工作纳入规范化、制度化、科学化轨道,确保防治效益充分发挥。二是继续抓好落实草原有害生物治理责任制,把防治草原有害生物治理与草原有偿承包结合起来,把草原的责、权、利和管、建、用有机结合起来,最大限度地调动广大农牧民和社会力量参与、保护和合理利用草原的积极性,充分提高和保持草原有害生物治理效果。三是强化项目管理,提高资金效益。有害生物治理必须严格履行国家各有关项目管理程序和办法,实行按规划立项,按项目管理,按设计操作、考核、验收,确保工程建设质量;要加强资金使用的追踪检查和审计监督,强化资金管理,提高资金使用效益;要严格执行财政部《农业防灾救灾资金管理办法》,切实管好用好鼠害防治补助经费,专款专用。四是强化督查制度。在防治关键时期,要深入重点危害区检查督导,确保各项措施到位。

(5) 多方争取经费投入渠道,加大资金投入力度:资金投入是开展草原有害生物治理的保证。要改变目前年年防治、年年成灾的被动局面,一是科学制定草原有害生物治理规划、实施方案,大幅度增加治理资金,加大治理力度;二是草原有害生物防治属国家防灾减灾重大公益性工程,要明确中央和地方政府的投资主体地位,将草原有害生物治理纳入中央和地方基本建设计划,提高预算增幅,稳定治理资金渠道;三是制定优惠政策,改善投资环境,坚持“谁建设、谁利用、谁防治、谁受益”的原则,调动企业和农牧民投资的积极性,在坚持中央和各地方政府长期稳定投入的同时,要争取来自



社会各方面的、多渠道的资金投入,鼓励当地企业和农牧民个人投资有害生物治理,逐步建立起多层次、多方位的投资机制。

(6) 加强人才培养,提高整体素质:一是要分级定期对测报人员进行技术培训,提高测报人员的业务素质,逐步使测报人员的测报技能得到全面提高。二是加强对各级草原有害生物防治科技人员的技术培训,强化技术指导,确保技术服务到位。重点是针对县级草原业务部门技术力量不强、技术队伍不稳定等特点,开展连续、系统的技术培训,不断提高有害生物治理与测报实用技术的推广普及和操作水平。三是要在防治工作开始前,加强对受害区农牧民群众的培训,广泛普及草原有害生物防治的基础知识,加大宣传动员,增强防灾意识。

(7) 建立长期有效的控制机制,巩固和扩大防治成果:多年的草地有害生物防治实践证明,有效地控制草地有害生物危害,保护草地生态环境的根本途径就是采用综合治理措施,而要真正做到综合治理,就必须统筹规划,综合技术、管理、人才、资金等各项措施,把经济、法律、行政等手段有机地结合起来,建立长期有效的控制机制。因此,各级部门应着力抓好以下工作:一要建立长期的规划;二要不断更新优化技术;三要建立和完善科学的管理机制和制度;四要加强人才培养,提高整体素质;五要有稳定的资金作保障。同时,还要把有害生物防治工作与草场分户承包责任制有机结合,落实管护责任制,把有害生物防治与草地改良、生态环境建设结合起来,恢复重建草地植被,创造不利于有害生物生存发展的生态环境,遏制有害生物蔓延趋势;要通过立法,严格执法,宣传法律法规,保护天敌,维持生态平衡;要通过建立健全各种规章制度,实行经济处罚,督促有害生物防治工作取得新的成绩,迈上新的台阶。

## 第七章 流域湿地保护与综合治理

### 一、湿地保护与修复

湿地是地球上极其重要和不可替代的生态系统类型之一,人们通常都把湿地、森林和海洋并称为地球三大生态系统。湿地具有涵养水源、净化水质、保持水土、蓄洪防旱、调节气候、美化环境和维护生物多样性等一系列重要的生态功能,被誉为“地球之肾”。同时,湿地还为人类的生产生活提供多种资源,是独具特色而重要的生命支持系统之一。

#### (一) 流域湿地类型及其主要特征

青藏高原是我国湿地的重要分布区之一,尤其是长江、黄河等河源区的高寒沼泽和沼泽草甸,集中连片分布,成为我国海拔高、面积大的沼泽和沼泽草甸。青海湖流域作为青藏高原东北部的重要组成部分,流域湿地的形成和发展与区域独特的地形地貌、气候条件等自然因素密切相关。

##### 1. 湿地自然环境特征

青海湖流域是祁连山的一个完整的封闭型山间内陆盆地,四周为大通山、日月山、青海南山等高山所环绕,由于受构造运动的控制影响,流域长轴大致为北西西走向,呈菱形格局,湖岸发育多级阶地,湖盆地带为宽坦的湖积冲积平原,整体地势由西北向东南方向倾斜,东西长 306km,南北宽 230km,流域面积 29 661 km<sup>2</sup>。海拔高度范围 3 193 ~ 5 291m。

青海湖水体位于流域的东南隅,湖泊水域辽阔,以青海湖为汇水中心,湖区大小河流 40 余条,主要河流有布哈河、沙柳河、哈尔盖曲、黑马河等。水系分布具有明显的不对称性,湖西北部河流多且流量大,东南部相反。布哈河、沙柳河、哈尔盖曲等河源区为坡度变化相对平缓及高差不大的开阔高平原、丘陵以及低洼地形组成,地势高亢,地形相对平缓,地表切割较弱。这些为湖泊和沼泽湿地的发育奠定了重要基础。

青海湖流域气候属典型高寒大陆性气候,具有气温低、降水少而集中、风大等特点。气候寒冷,年平均气温在 -1.3℃ (天峻) ~ 0.5℃ (江西沟) 之间。 $\geq 0^{\circ}\text{C}$  的年积温为 1 236.6℃ (天峻) ~ 1 491.5℃ (江西沟)。年平均降水量在 323.8mm (江西沟) ~ 384.6mm (天峻) 之间,且集中在 6 ~ 9 月份。年蒸发量达 1 378.7mm (江西沟) ~ 1 767.7mm (天峻)。风向以西北为主,年平均大风日数为 53.1d (刚察) ~ 100.4d (天峻)。山地气候随海拔升高,降水量有所增加,气温则有所下降 (表 7-1-1)。

表 7-1-1 青海湖流域气象站的主要气象要素

| 气象站 | 年平均温度<br>(℃) | 地面平均<br>温度(℃) | 年平均降<br>水量(mm) | 年平均蒸<br>发量(mm) | 年日照时数<br>(hr) | 年平均大风<br>日数(d) |
|-----|--------------|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
| 刚 察 | -3.0         | 2.9           | 381.8          | 1 454.4        | 3 012.2       | 48.2           |
| 天 峻 | -1.1         | 2.4           | 344.7          | 1 613.9        | 3 049.3       | 70.2           |
| 江西沟 | 0.7          | 4.0           | 417.3          | 1 361.2        | 3 011.5       | 52.4           |
| 海 晏 | 0.5          | 4.4           | 391.9          | 1 432.8        | 2 912.7       | 36.9           |
| 共 和 | 4.0          | 6.7           | 314.3          | 1 692.1        | 2 907.8       | 37.2           |

注:海晏县和共和县的气象站在流域之外。

## 2. 湿地生物组成特点与湿地植被类型

湿地生物多样性是所有湿地生物种类、种内遗传变异和它们的生存环境的总称,包括所有不同种类的动物、植物和微生物及其所拥有的基因,它们与环境所组成的生态系统,湿地生物多样性同样包含遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性等层次(赵魁义, 1995)。

### (1) 湿地生物及其组成特点

1) 水生生物:青海湖属贫营养型湖泊。受其地理位置和自然条件的影响,浮游生物种类不多,组成也比较简单。据有关调查资料,浮游植物共有 53 属,以硅藻为主,其中硅藻 22 属、绿藻 18 属,其次为蓝藻 10 属,黄藻、甲藻和裸藻各 1 属。浮游动物主要是原生动物、轮虫类、枝角类和桡足类。浮游生物有明显的空间分布及季节动态变化(中国科学院兰州地质所等, 1979),其生物量年平均为  $0.8917 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,其中浮游植物  $0.175 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,浮游动物  $0.7167 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。低栖动物以摇蚊科幼虫和介形类占优势,比较高等的类型有寡毛纲(Oligochaeta)的仙女虫(*Nais sp.*)、拟仙女虫(*Paranais sp.*)及水丝蚓(*Limnodrilus helveticus*),腹足纲(Gastropoda)的肋狭萝卜螺(*Radix logotis*)、卵圆萝卜螺(*Radix ovata*)、小土螺(*Galba pervia*)、扁旋螺(*Gyraulus grodlerr*)及漏斗螺(*Choanomphalus sp.*),甲壳纲(Crustacea)的钩虾(*Gammarus sp.*)等。它们在湿地生态系统中的作用非常引人注目。湖体水生植被发育不良,高等植物仅有龙须眼子菜、川蔓藻和莎草科植物个别属(陈耀东, 1987a, 1987b)。青海湖及其附属水系的鱼类为高原冷水型鱼类,鱼类区系比较简单,由隶属裸鲤属的青海湖裸鲤和甘子河裸鲤及隶属鳅科,条鳅亚科的背斑高原鳅、硬刺高原鳅和隆头高原鳅组成。青海湖裸鲤(俗称湟鱼)为流域最重要的鱼类,也是流域湿地食物链结构中最关键的物种。

2) 湿地植物:湿地植物指生长于湖泊、河流、沼泽以及沼泽草甸等生境中的水生、沼生和湿生植物。青海湖流域沼泽及沼泽草甸是主要的湿地类型,主要分布于湖滨地带、河流两侧及河源平坦积水滩地。受湖区封闭地形及水文特征的影响,沼泽及沼泽草甸沿湖滨呈间断的环带状结构(陈桂琛等, 1992)。在青海湖流域植物标本采集、样方调查和有关资料收集整理分析的基础上,经初步调查统计分析,组成流域沼泽及沼泽草甸的植物种类约 50 种,组成流域湿地植物种类多属于禾本科、毛茛科(Ranunculaceae)、莎草科等为主,以湿生、湿中生及中生的多年生草本植物为主。其群落优势种有

华扁穗草、亮囊苔草、西藏嵩草、芦苇、杉叶藻、狸藻、水葱、二柱头薹草、荸荠、西伯利亚蓼等。常见的群落伴生植物有苔草、嵩草、水麦冬、发草、斑唇马先蒿、三裂叶碱毛茛、苞齿眼子菜、三脉梅花草、海乳草、小灯心草、美丽风毛菊等。

3) 湿地动物: 湿地动物是指常年或部分时间生活在高寒湿地环境的动物种类, 它们是湿地生态系统的重要组成部分, 有鸟类、哺乳类、鱼类、两栖类等。湿地是许多野生动物, 特别是许多珍稀鸟类和鱼类动物赖以生存的主要环境。青海湖湿地以其独特的环境特征吸引了大量的水禽和沼泽鸟类。以鸟岛及其附近的泉湾沼泽湿地为主构成的鸟岛国家级自然保护区成为许多鸟类聚居繁殖与候鸟迁徙转移的重要地方。高寒沼泽草甸是青藏高原水禽和涉禽重要的栖息地和繁殖地, 为鸟类生存食物以及筑巢、繁殖后代提供了必要的条件。著名的珍稀濒危物种黑颈鹤是青海湖湿地重要的繁殖水鸟之一, 其他种群较大的繁殖鸟有斑头雁、棕头鸥、鸬鹚、鱼鸥等。迁徙鸟有灰鹤 (*Grus grus*), 越冬鸟有大天鹅。沼泽中还常见有花背蟾蜍 (*Bufo raddei*)、中国林蛙等两栖动物。

(2) 湿地植被及其组成特点: 湿地植被是指由水生、沼生和湿生植物为优势种组成的群落类型。青海湖流域湿地的形成发展和演化与独特的自然地理条件有密切关系。据湿地植被调查, 现将流域主要湿地植物群落类型划分如下, 并对各自的种类组成和群落特征进行简要的论述。

1) 眼子菜群落 (Form. *Potamogeton pectinatus*): 分布于流域的湖泊浅水区、河流缓流区或微弱流动的溪流以及湖塘洼地等水生环境, 主要优势植物为苞齿眼子菜和小眼子菜 (*Potamogeton pusillus*), 这些水生植物常生长于水底泥土的生境中。群落分布的海拔为3 191~3 500m。在浅水地段, 眼子菜开花时, 穗状花序常可浮出水面。但在湖泊水浪较大以及河流湍急处, 基底为沙石或卵石的水生生境中, 则很少见到沉水植物生长。

2) 水毛茛群落 (Form. *Batrachium bungei*): 主要生长于流域的溪流、湖塘洼地、湖泊浅水、河滩水池等水生环境, 其主要优势种为水毛茛, 常着生于水底泥土、水流停滞或微弱流动的浅水生境中。分布海拔为3 193~3 600m。分布面积很小, 呈斑块状分布。群落常为单种群落类型, 有时也可见有杉叶藻、三裂叶碱毛茛、苞齿眼子菜等植物伴生。开花时期, 其黄白色的花常浮出水面, 形成独特的湿地景观, 花期结束形成果实后又往往又沉入水中。

3) 杉叶藻群落 (Form. *Hippuris vulgaris*): 主要分布于流域的小型湖泊、缓速流动或停滞的溪流以及热融湖塘等低洼积水生境中, 水下土壤为泥炭土或腐殖质高的淤泥。群落分布海拔为3 200~3 800m。群落杉叶藻优势种为青藏高原湿地典型的挺水植物, 其地下根状茎着生于淤泥中, 植株上部伸出水面。常为单优群落, 或有其他水生植物伴生, 其他常见的水生伴生植物有苞齿眼子菜、水葫芦苗 (*Halperstes cymbalaria*)、穗状狐尾藻 (*Myriophyllum spicatum*)、水毛茛、荸荠、沿沟草等。植株水上部分高度为10~30cm, 群落外貌为暗绿色, 群落盖度变化幅度较大, 一般为20%~65%。

4) 荸荠群落 (Form. *Eleocharis spp.*): 主要分布于流域的小湖边、停滞或微弱流动溪流以及低洼积水的沼泽湿地生境中。分布海拔为3 200~3 800m。群落优势种荸荠为挺水植物, 具根状茎, 以克隆繁殖为主, 常呈片状分布。该群落类型可为纯群落类

型,其他植物亦可侵入伴生,常见的伴生植物有水麦冬、三裂叶碱毛茛、穗状狐尾藻、水毛茛、展苞灯芯草(*Juncus thomsonii*)等。植株水上部分高度为10~26cm,果期群落外貌为褐绿色,群落盖度为50%~85%。

5) 水葱群落(Form. *Scirpus tabernaemontani*):主要分布于流域的倒淌河和沙柳河的下流河段,常小片斑块状聚集分布于积水池塘生境中,分布海拔3 200~3 250m。以水葱为群落优势种。群落优势种水葱为挺水植物,具根状茎,以克隆繁殖为主,常呈聚集片状分布,其分布面积较小。该群落类型可为纯群落类型,其他植物亦可侵入伴生,常见的伴生植物有水麦冬、三裂叶碱毛茛、水毛茛等。植株水上部分高度为50~90cm,果期群落外貌为褐绿色,群落盖度为70%~80%。

6) 芦苇群落(Form. *Phragmites australis*):主要分布于流域的倒淌河和沙柳河的下流河段,常小片斑块状聚集分布于积水池塘生境中,分布海拔为3 200~3 250m。以芦苇为群落优势种,芦苇为挺水植物,具根状茎,以克隆繁殖为主,常呈聚集片状分布,其分布面积较小。该群落类型可为纯群落类型,其他植物亦可侵入伴生,常见的伴生植物有水麦冬、三裂叶碱毛茛、水毛茛等。植株水上部分高度为60~100cm,群落外貌为翠绿色,群落盖度为65%~85%。

7) 西藏嵩草群落(Form. *Kobresia schoenoides*):以西藏嵩草为典型优势种形成的植物群落类型,广泛分布于流域的排水不畅的平缓滩地、山间盆地、碟形洼地、山麓潜水溢出带等地段(陈桂琛等,1993)。在地形平缓滩地,大气降水、地表径流及冰雪融水聚集地表,沼泽化过程强烈,长期过湿的土壤环境,为泥炭发育奠定了基础。常形成热融湖塘以及冻胀草丘等典型景观。大面积集中分布于海拔为3 200~4 600m的沙柳河、布哈河、哈尔盖曲等河源区及河流两侧滩地。西藏嵩草群落是流域高寒湿地生境中植物种类组成最为丰富的类型,群落常见的伴生植物有黑褐苔草、青藏苔草、小早熟禾(*Poa calliopsis*)、发草、穗三毛(*Trisetum spicatum*)、细叶蓼(*Polygonum tenuifolium*)、云生毛茛、小金莲花(*Trollius pumilus*)、天山报春(*Primula nutans*)、蓝白龙胆(*Gentiana leucomelaena*)、斑唇马先蒿、星状风毛菊、海韭菜、灯芯草(*Juncus sp.*)、蓝苞葱(*Allium atrosanguineum*)等。群落总盖度为75%~90%。

8) 华扁穗草群落(Form. *Blysmus sinocompressus*):以华扁穗草为优势种形成的植物群落类型,主要分布于流域的河流两侧低阶地以及湖滨平坦滩地等生境中。地表常有季节性积水,土壤为沼泽草甸土。分布海拔为3 200~4 600m。华扁穗草为地下根茎十分发达的多年生草本植物,根茎密集交错,呈片状分布,并常与其他湿地群落或高寒草甸形成镶嵌复合分布。群落常见伴生植物有青藏苔草、发草、早熟禾、鹅绒委陵菜、湿生扁蕾、假水生龙胆、水麦冬等。果期群落外貌为褐绿色,群落盖度为80%~95%。

### 3. 湿地类型与分布特征

根据流域湿地水文、生物、土壤等基本要素形成的综合体特征,可以划分为湖泊型湿地(Lacustrine)、河流型湿地(Riverine)和沼泽型湿地(Palustrine)三个基本类型。

(1) 湖泊型湿地:是以湖泊为主体形成的湿地类型。流域湖泊较多,以青海湖大型湖泊以及周边小湖泊为典型代表,其中面积 $>0.3\text{ km}^2$ 的湖泊有20余个。河源地区的小型湖泊多为淡水湖,而青海湖及其子湖则为半咸水湖或咸水湖。水生生物在湖体具有

非均匀特点,其中以入湖交汇地区水生生物较为丰富。

(2) 河流型湿地:是以河流为主体构成的湿地类型。流域河流发育不对称,西北部河流较为发育,水系特征为河谷开阔、河槽宽浅、河网较密集。直接入湖的河流流域面积  $>5\text{ km}^2$  的河流有 48 条,有布哈河、泉吉河、伊克乌兰河、哈尔盖曲、黑马河等。而不直接入湖的河流有甘子河、倒淌河。在河流缓慢流动的区段或溪流发育区段,水生植物生长良好,形成河流湿地。

(3) 沼泽型湿地:是以沼泽为主体构成的湿地类型,主要分布于青海湖周边及湖西北部的河源区。其地形平缓开阔,气候较为寒冷,地表长期或夏季暂时积水,土壤常呈水饱和状态,生长沼生或湿生植物。随着泥炭积累逐渐形成泥炭层,或有潜育层发育。这是流域生物多样性较为丰富的湿地类型。

青海湖湿地类型的分布特征十分明显,主要表现为以下三种典型的分布格局(陈桂琛等,1992)。

①以湖泊或浅塘为中心,沿湖滨边缘的环带状分布:这是由湖泊的特点所决定的,受湖泊或湖塘水位变化波动的影响,在湖泊边缘的浅水区至湖滨地带往往生长一些沉水或挺水植物群落类型,如菹齿眼子菜群落等,形成明显的环带状特征。这一类型多位于潜水溢出带,有时候表现为以河流入湖口为中心,呈扇形展开的形式。受湖泊水文特征及其地形地貌等因素的影响,湖滨湿地带宽幅度有所差异,可形成环湖滨地区的间断分布,并具有非对称分布的特点。

②以河流为中心,沿河流两侧浅水区或低洼潮湿积水地段的条带状分布:在河流水流速度缓慢以及河床为淤泥地段,这一湿地类型的分布更为明显。构成该格局的系列条带状湿地植物群落类型依次为河流中的沉水植物群落(如眼子菜群落和水毛茛群落)、河流两侧的挺水植物群落(如杉叶藻群落和芦苇、水葱群落)以及河流两边滩地的沼泽草甸(如西藏嵩草、苔草群落)。河流型湿地类型的分布可随着河流两侧地形地貌及滩地积水的差异,在河流两侧边缘呈不规则扩展。沙柳河、布哈河、倒淌河以及黑马河等均有明显的条带状分布特点。

③河流源头高海拔地区的沼泽型湿地,主要呈斑块状镶嵌分布:流域地势高亢、气候寒冷,土层下部常有多年冻土层或季节性冻土层,降水和冰雪融水在平缓滩地产生滞水,不断发生沼泽化过程,草本植物残体难以完全分解,在土壤中形成厚度不均的泥炭层。由于融冻作用常常形成半圆形的冻胀草丘,丘间洼地常积水,也常形成形态大小各异的热融湖塘。以西藏嵩草、苔草群落为典型代表的沼泽草甸在流域呈斑块状镶嵌分布,构成流域湿地重要的景观生态类型。青海湖北面的沙柳河、哈尔盖曲和布哈河的河源区也有大面积集中分布。

## (二) 流域湿地生态问题及青海湖湿地演变特征

### 1. 流域湿地生态问题

青海湖以其独特的地理位置及景观特点为世人瞩目,青海湖国家级鸟岛自然保护区已被列入“国际重要湿地名录”中。近几十年来,由于气候暖干化趋势及湖区人类活动的综合影响,湖区整体环境呈现恶化趋势(陈桂琛等,1994)。青海湖湿地出现了明显的变化,主要表现为湖泊水位下降、湖泊面积萎缩、河流出现断流、沼泽湿地退化、鸟岛连陆及生物多样性减少等,并成为青海湖流域生态退化的重要标志之一。流域湿地



生态问题主要表现为如下。

(1) 湖泊水位下降和面积减少: 据有关资料推算, 青海湖海拔从 1908 年的 3 205 m 降为 1957 年的 3 196.57 m, 水位平均每年下降为 17.2 cm, 湖泊面积则每年减少  $8.4 \text{ km}^2$ , 蓄水量每年减少  $8.21 \times 10^8 \text{ m}^3$  (施雅风, 1990; 周陆生等, 1992)。根据实测水文资料, 湖面海拔已从 1956 年的 3 196.94 m 变为 1988 年的 3 193.59 m, 水位共下降了 3.35 m, 累计亏水量  $148 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 湖水面积减少了  $301.6 \text{ km}^2$ 。

(2) 河流出现断流现象: 半个世纪以前, 流入青海湖的河流有 108 条, 到现在只剩下布哈河、沙柳河、黑马河等 40 余条。目前, 布哈河、泉吉河、哈尔盖曲、黑马河也时常断流, 现在湖区水的总补给量每年为  $34.57 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 而湖区的年蒸发量高达  $39.3 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 每年平均损失水量  $4.73 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。布哈河已出现多次断流或明显的水量减少, 导致洄游产卵的青海湖裸鲤死亡。许多小溪断流现象更为明显, 不少溪流已变成季节性河流。

(3) 沼泽湿地萎缩退化: 由于气候干暖化趋势和人类活动引水截流及过度放牧等影响, 湖滨地带、河流两侧洼地及河流入口三角洲地带沼泽植被退化并呈现萎缩趋势。如 1956 年沙柳河口沼泽地面积达  $50 \text{ km}^2$ , 而 1986 年仅为  $20 \text{ km}^2$ , 已有多处沼泽干涸 (杜庆, 1990)。随着沼泽湿地的退化, 沼泽湿地边缘中、旱生植物种类逐渐侵入, 植物群落类型向草甸化的方向演替 (王少令等, 1998)。

由此可见, 湖泊面积缩减、河流出现断流以及沼泽湿地萎缩退化是区域气候变化、草地生态恶化、水资源减少的具体表现。由于自然因素和人类活动的综合影响, 青海湖流域湿地的生态演变更加复杂化。近几十年来的气候变化是影响流域湿地生态变化的重要因素之一, 每年缺水  $4.73 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 直接导致水位下降; 伴随高寒地区植被冻土变化, 沼泽湿地退化问题更加突出。同时, 受区域生态环境整体恶化的影响, 特别是草甸不同程度退化及草原沙化趋势加剧等湿地周边生态环境变化, 亦加速了流域湿地生态变迁的生态过程, 成为湿地环境演变不可忽视的重要因素之一。

## 2. 青海湖湿地环境演变特征

(1) 青海湖环境演变自身特征: 青海湖是一个新构造断陷湖, 其形成和发育时期主要在早更新世或中更新世 (中国科学院兰州地质研究所等, 1979)。青海湖的形成是湖体构造洼地相对下陷, 周围山地不断上升和扩大的结果。在经历了早、中更新世的河湖共存阶段后, 青海湖于中更新世随着湖区东部山区的隆升闭塞而由外泄湖变成高原内陆湖。

张彭熹等 (1989) 根据对青海湖湖底近代沉积物中稳定同位素的研究, 认为本区古气候波动变化具有全球性意义, 并根据有关资料划分了青海湖全新世以来的气候环境期, 即凉湿期 (距今 12 000 ~ 10 000 年)、暖干期 (距今 10 000 ~ 7 500 年)、暖湿期 (距今 7 500 ~ 5 000 年)、凉偏湿转温偏干 (距今 5 000 ~ 2 500 年)、冷干期 (距今 2 500 年以来) (中国科学院兰州分院等, 1994)。这种变化趋势在古孢粉资料研究中也得到证实 (杜乃秋等, 1989; 杨惠秋等, 1965)。水位波动正是这一系列气候环境变化的直接反映。在这种大的气候背景下, 推算冰后期以来青海湖的高水位不会超过海拔 3 208 m (中国科学院兰州分院等, 1994)。近两三千年来水位才趋于波动下降。

周陆生(1992)根据青海湖流域及其邻近地区树木年轮资料重建的历史时期气候资料系列,划分了湖区近600年来气候有冷暖干湿期,并认为青海湖近百年来气候变化趋势以暖偏干为主。器测时期的气候观测表明30多年来湖区平均气温呈上升趋势,降水则有一定波动。正是在这种背景下,湖泊处于水量收支负平衡中,致使湖水位波动下降(秦伯强等,1992)。随着湖面萎缩,湖水矿化度由1962年的 $12.490\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (中国科学院兰州地质所等,1979)变为1986年的 $14.152\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (陈克造等,1990)。湖区人为活动耗水对青海湖水位波动没有显著影响,不是水位下降的主导因子(周立华等,1992;彭敏等,1994)。

由此可见,青海湖演变有其自身的规律,它不是单一的形成—发展—萎缩(衰亡)三步曲,而是有着较为复杂的波动历史过程(中国科学院兰州分院等,1994)。它的形成与发展是内外地质营力综合作用的结果,与青藏高原隆起和古气候的波动变化相联系,水位波动亦受人为活动的一定影响。

(2) 流域环境整体恶化对湿地环境演变的影响:由于自然因素与人类活动的综合影响,流域环境演变更趋复杂化,并呈现整体退化趋势(陈桂琛等,1994)。特别是流域植被破坏、草场退化、沙化趋势加剧等一系列生态环境变化对湿地环境演变有重要影响。

随着人口快速增长及其对资源需求增加,流域植被已受到一定程度的破坏,草地退化十分严重。现有各类退化草地 $93.3\times10^4\text{hm}^2$ ,约占流域草地总面积的43.67%。退化草地的产量及盖度下降十分严重,直接导致下垫面状况的改变,间接影响到流域水资源的再分配(张树源等,1992),同时加剧了水土流失及沙化活动等生态环境恶化。

流域风沙活动加剧以及沙漠化土地急剧增加,这一突出的生态环境问题对青海湖湿地环境演变亦有着较大的影响。据资料统计和航卫片构绘计算,1956年湖区沙漠面积为 $452.9\text{km}^2$ ,1972年增加为 $498.4\text{km}^2$ ,到1986年则猛增至 $756.6\text{km}^2$ 。从1956~1972年间平均每年扩展 $2.84\text{km}^2$ ,沙漠化土地年扩展速率为0.60%;而从1972~1986年间平均每年增加 $18.44\text{km}^2$ ,年扩展速率为3.03%。湖区尚有潜在沙漠化土地及正在发展中的沙漠化土地 $1\,669.3\text{km}^2$ 。沙漠化现象对湿地环境演变的影响在湖东北部及西部的鸟岛附近表现尤为突出(图7-1-1)(中国科学院兰州分院等,1994)。1972年鸟岛附近的沙地面积为 $4.250\text{km}^2$ ,到1986年则猛增至 $26.652\text{km}^2$ 。如果单纯以湖水位下降而论,鸟岛现时不致于完全连陆而环境恶化。因为鸟岛在1956年还是湖中的孤岛,环岛水深5m,而从1956~1979年间水位下降2.39m。风沙堆积和布哈河改道及其泥沙淤积加速了鸟岛环境变迁(何东宁等,1993),仅布哈河年平均入湖泥沙量就达 $35.77\times10^4\text{t}$ 。如果全新世高水位湖面推测正确的话,那么从那时至20世纪初(1908年)的近3000年间水位才下降了3m,而有连续实测资料的1956~1986年的31年间水位下降了3.16m。另一方面,研究表明耳海脱离青海湖主体已经历了较长的时间,全新世晚期青海湖水位曾扩大到耳海,其间湖水萎缩下撤形成耳海。而新尕海的形成及海晏湾泻湖的发展则是近几十年的事情(中国科学院兰州分院等,1994;何东宁等,1993)。鸟岛和青海湖东北部环境变迁与水位波动下降有一定的反馈关系,而湖区整体环境恶化的影响,特别是草地退化及沙化趋势加剧等生态环境变化,加速了湿地环境变迁的生态过

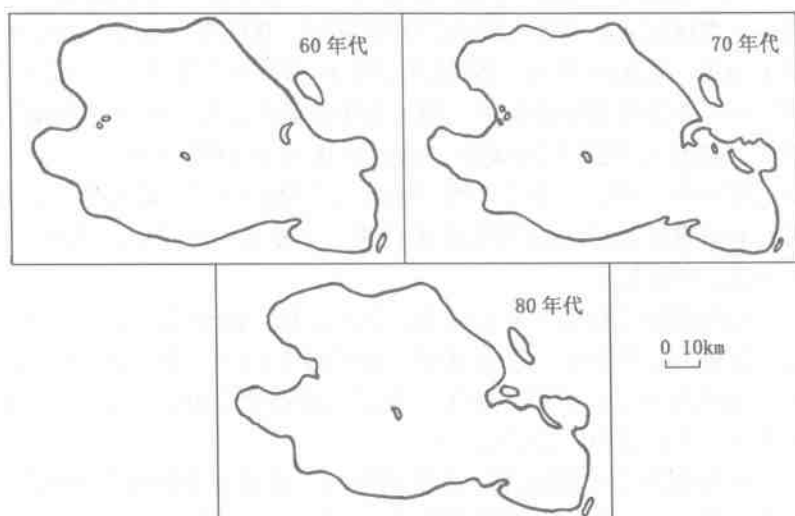


图 7-1-1 20 世纪 60~80 年代土地沙漠化对青海湖湿地环境演变的影响

程。利用成岩环境的演变规律,预测青海湖的发展趋势是向分割、缩小的方向发展,这个过程估计需要经历万年之久(中国科学院兰州分院等,1994)。流域整体环境恶化必将大大加速这一发展过程,而成为湿地环境演变不可忽视的重要因素之一。

(3) 生物资源不合理利用及区域环境恶化对湿地生态系统的影响:流域生物资源的过度利用及环境恶化造成对青海湖湿地生态系统的影响也是不可忽视的。流域人类活动的掠夺性捕捞及产卵环境恶化,致使青海湖的渔业资源锐减,在群体和个体方面均发生了显著变化(赵利华,1982;王基琳,1987)。鱼类资源作为青海湖湿地生态系统中食物链结构的重要环节,对鸟类资源组成变化及鸟岛所具有的价值均是十分重要的。由于气候暖干化趋势和人类活动引水截流及过度放牧等影响,湖滨地带、河流两侧洼地及河流入口三角洲地带沼泽植被退化并呈现萎缩趋势。如 1956 年沙柳河口沼泽地面积达  $50\text{km}^2$ ,而 1986 年仅为  $20\text{km}^2$ ,已有多处沼泽干涸(杜庆,1990)。近年来的调查研究表明,湖区部分河流如布哈河、哈尔盖曲等已受到轻微污染(陈桂琛等,1994),目前污染虽不严重,但因污染直接面对的是青海湖湿地生态系统,加上青海湖本身的封闭性,有可能对湿地环境带来重要影响。湿地面积萎缩、过度放牧扰动、鱼类资源枯竭及环境污染等湖区对生物多样性及生物群落组成变化将带来不利的影响。

综上所述,青海湖湿地环境演变特征有其自身演变规律,湖区整体环境恶化与湿地环境恶化有密切的联系,是一个不可忽视的重要因素,它使得湿地环境演变更加复杂化,同时加速了湿地环境演变的生态过程。

### (三) 流域湿地保护与生态修复工程

青海湖流域湿地独特的地貌特征、水文环境、土壤特点以及生物群落之间的相互作

用和影响,具有特殊的生态功能和复杂的生态过程。由于气候变化和人类活动的综合影响,流域湿地面临湿地数量、面积和资源日益减少,湿地生态功能和效益下降,生物多样性丧失等一系列突出的湿地生态问题,迫切需要加强流域湿地的保护与生态修复工作。

### 1. 流域湿地保护与生态修复的基本目标

(1) 总目标:全面加强流域湿地及其生物多样性保护,维护湿地生态系统的基本功能,重点保护好在国际与国家具有重要意义的湿地,建立青海湖湿地保护协调机制和管理体系,初步形成青海湖湿地保护网络体系,合理配置流域水资源,使青海湖重点湿地得到有效保护,湿地面积萎缩和功能退化趋势得到明显遏制,湿地保护和生态修复得到明显改善,湿地生态系统向良性循环方向发展,保持和发挥流域湿地生态系统的各种功能和效益,保证湿地资源的可持续利用,使其造福当代惠及子孙。

(2) 近期目标(至2010年):制定和实施《中国湿地保护条例》以及相关的湿地保护与合理利用的管理规范,为流域湿地保护和持续利用奠定基础。实施湿地保护与生态修复综合治理措施,合理配置流域水资源,基本遏制人为因素导致的天然湿地数量下降以及湿地结构功能退化的趋势,建设国家级重点湿地保护与合理利用试验示范区。进一步完善退化湿地保护修复的关键技术,建立具有自我修复功能的健康的流域湿地生态系统。

(3) 中长期目标(至2020年):在青海湖流域建立起比较完善、科学、规范的湿地保护与管理体制,合理配置流域水资源,使流域天然湿地及其生物多样性基本得到有效保护,同时力争湿地保护利用与生态修复关键技术得到有效使用,使青海湖湿地能明显地发挥生态效益、社会效益和经济效益。具体作法是建立起比较完善的流域湿地保护与合理利用的法规及政策,合理配置流域水资源,使具有国际或国家重要意义的湿地得到有效保护,生态功能明显提高;建立一批适合流域的若干湿地保护和合理利用模式和较为完善的湿地生态监测体系,使流域湿地保护与国家以及区域经济协调发展,有效地发挥综合效益。

### 2. 流域湿地保护与生态修复的基本原理

湿地生态修复是根据生态学理论和生物多样性基本原理,通过一定的生物、生态工程的技术或方法,对退化或消失的湿地进行修复,改变湿地生态系统退化的主导因子或过程,使生态系统的结构、功能和生态学过程恢复到受干扰前的水平或更高水平。目前,各国均在开展湿地保护与修复试验来摸索湿地保护修复理论。流域湿地保护与生态修复的基本原理有以下四种理论。

(1) 生态演替理论:此理论认为,只要将退化生态系统的生境条件恢复至退化前的状态,该系统的植被乃至整个生物群落可按照一定演替规律自动向前发展,直至恢复到退化前的水平。

(2) 自我设计理论:此理论认为,只要有足够的时间,无论目前生物种类结构如何,但随着时间的进程,湿地将根据环境条件而进行合理自我组织和修复,最终改变其组分结构,环境及其变化将决定生物群落特征及其状态。

(3) 湿地水文理论:此理论认为,河流、湖泊的水文特征直接影响湿地的结构和

功能及其变化。通常河流入湖地段生境异质性高,生物多样性丰富,生态过程更加复杂。另外,河流的上下游之间也有较大的变化,其水文特征以及生物组成和生态过程也有较大的差异。

(4) 边缘效应理论:此理论认为,两种生境交汇的区段,由于异质性高致使生物多样性丰富。湿地位于水体和陆地之间,其特殊的地理位置以及生境条件在生物地球化学循环过程中扮演各种重要的角色,也是验证边缘效应的最佳场所之一。

### 3. 流域湿地保护与生态修复的基本原则

青海湖流域现阶段湿地保护与生态修复的主要目标任务是遏制流域内引起湿地生态系统退化,合理配置水资源,保护湿地生物多样性以及正常的水文功能。在合理论证的基础上,采取以自然修复为主的策略和措施,结合工程和生物措施,使天然湿地得到有效保护。湿地保护与生态修复的基本原则如下。

(1) 坚持统筹规划,重点保护修复的原则:根据流域湿地特征以及自然和社会经济条件,进行统筹规划,突出重点,划分不同的湿地保护区域,构建青海湖流域湿地整体保护与生态修复格局,制定相应措施,开展重点保护。

(2) 坚持生态效益为主导,维护湿地生物多样性及湿地生态系统结构和功能的完整性原则:根据保护湿地的生物生态学特征和科学管理要求,确定适宜而有效的保护措施,实行生物措施、工程措施等专业保护,以保护流域生物多样性及生态环境;遵循《湿地公约》的有关规定,认真履行应尽的国际义务和责任。

(3) 坚持湿地保护修复与草地生态保护相结合的原则:从流域的角度出发,努力做到草地保护建设和湿地生态保护同步进行,防止草地退化、荒漠化和保护流域生物多样性,以维护和改善区域湿地生态环境为主要目的。

(4) 坚持以科技为先导,各方积极参与的原则:加大湿地科技攻关力度,充分借鉴国内外湿地保护与生态修复关键技术和成功有效经验,认真做好湿地保护的组织协调工作,各有关部门按照职责分工,发挥优势,密切合作,形成合力共同做好流域湿地保护。

### 4. 流域湿地保护与生态修复的主要途径

青海湖流域湿地保护与合理利用的主要途径:①合理划分湿地区域,因地制宜地开展保护利用;②制定湿地保护规划,综合利用湿地资源;③合理配置湿地水资源,维护河流健康系统;④保护关键重点湿地,构建湿地网络体系;⑤加强湿地研究监测,预测湿地发展趋势。

根据湿地特征及其退化程度可以分为三种方式:①退化不是特别严重的湿地,通过划定湿地保护区或保护小区,减少人为干扰和开发,使湿地生态系统自然修复;②退化严重的湿地如河谷灌丛,采用生态与工程恢复进行修复;③对改变湿地用途为草地的,可适当采取退草还沼等措施修复。

根据恢复对象可以分为三种方式:①沼泽类型湿地的恢复主要是建立保护区,减少人为干扰,实施湿地生态系统的自然恢复;②湖泊湿地的恢复主要是改善区域生态环境、合理配置水资源以及湖边湿地植被的恢复;③河流生态修复是指采用综合方法,使河流恢复因人类活动的干扰而丧失或退化的自然功能,故河流湿地的恢复主要集中在正常的生态基流及其河流污染防治以及河谷灌丛植被保护恢复(表7-1-2)。



表 7-1-2 青海湖流域湿地类型及其恢复策略

| 湿地类型 | 保护恢复策略                                                                                                                                                                                                       | 主要指标                                                                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 湖泊湿地 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 合理配置水资源,保证入湖河流等正常的水文功能,增加水资源量</li> <li>2. 保护和改善湖泊湿地周边生态环境,特别是易引发水土流失的敏感地段</li> <li>3. 加强湖边及潜水出露区域的湿地植被恢复与生物多样性保护</li> <li>4. 建立生态功能保护区,减少各种干扰,增加湿地生物多样性</li> </ol> | 湖泊水文特征(入湖水量、水体及水位变化)<br>水生植物种类及生物量<br>野生动物状况(珍稀及濒危动物,特别是鸟类、鱼类)<br>水质、溶解氧、矿化度及营养化          |
| 河流湿地 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保证河流正常的生态基流及防止河流污染物排放</li> <li>2. 加强河流岸边带湿地植被如河谷灌丛植被的保护和恢复</li> <li>3. 保护和改善河流湿地周边敏感地段的生态环境</li> <li>4. 建立生态功能保护区(如布哈河谷灌丛以及入湖地带),减少人为过度干扰,增加湿地生物多样性</li> </ol>     | 河流水文特征(水资源、水文、河道生态基流及径流变化)<br>水生植物种类及生物量<br>野生动物(珍稀及濒危动物,特别是鸟类、鱼类)<br>河水水质及混浊度<br>河漫滩及沉积物 |
| 沼泽湿地 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建立规范管理的自然保护区(包含珍稀动物种类以及特殊的湿地类型)</li> <li>2. 可适度利用沼泽和沼泽草甸,减少人为干扰,防止过度放牧</li> <li>3. 保护和改善沼泽湿地周边生态环境</li> <li>4. 保护河流等正常的水文功能,增加水资源量</li> </ol>                      | 水文特征(水资源、水文过程及周期)<br>植物种类组成以及植被(盖度、优势度、多样性指数等)<br>野生动物(珍稀及濒危动物)<br>群落生物量<br>营养物质(氮、磷等)    |

### 5. 流域湿地保护与生态修复的关键技术

目前,国内外的湿地保护修复技术主要包括湿地水体修复技术,如控制污染、去除富营养化、换水、补水等;湿地土壤修复技术,如土壤改良、控制水土侵蚀、去除土壤污染物等;生物修复技术,如物种的引入及去除、植物种植及搭配,以及微生物的引种与控制等;景观重建技术,如地形地貌重建技术等。在具体实践中,常常是多种技术联合应用才能更好地起到湿地保护恢复效果(表 7-1-3)。

从上面的论述可知,青海湖流域的湿地保护和生态修复总体而言还是生态问题。因此,流域湿地的保护和生态修复关键技术应以自然生态修复为主的策略,遵循湿地特殊生态系统的自我设计、自我组织、自我修复的原理,注重发挥流域湿地生态系统的整体功能,注意冰川、河流、湖泊和沼泽在湿地植物分布、动物回游迁徙以及与此相关的生态过程中相互制约与相互影响的作用,使天然湿地得到有效保护。与传统湿地保护和生态修复工程方法比较,其突出特点是尽量减少人类活动对湿地直接干扰破坏以及湿地周边地区植被等下垫面的过度扰动,保持和改善湿地的正常水文过程和功能作用,逐步增长流域湿地的生物多样性,提高湿地生物生产力水平,从而形成一种符合流域湿地生态演替科学理论、简单易行、经济实用的湿地保护与生态修复综合配套技术。



表 7-1-3 青海湖流域湿地保护修复及其关键技术

| 湿地生态类型       |      | 湿地保护修复及其关键技术                                                                                                                                      |
|--------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自然<br>湿<br>地 | 湖泊湿地 | 湖泊湿地生境与水体修复:退化草地修复技术;水土流失控制技术;湿地水体修复技术;湿地水体修复技术<br>湖泊湿地生物修复:关键物种保护技术;生物种群调控技术;湖滨群落结构优化配置与组建技术;湖滨群落演替控制与修复技术<br>湖泊湿地生态系统结构与功能修复:湿地生态系统构建与集成技术      |
|              | 河流湿地 | 河流湿地生境与水体修复:湿地基底修复技术;湿地水体修复技术;河流污染防治技术;退化草地修复技术;水土流失控制技术<br>河流湿地生物修复:关键物种保护技术;生物种群调控技术;群落结构优化配置与组建技术;群落演替控制与修复技术<br>河流湿地生态系统结构与功能修复:湿地生态系统构建与集成技术 |
|              | 沼泽湿地 | 沼泽湿地生境修复:退化草地修复技术;水土流失控制技术;湿地土壤修复技术<br>沼泽湿地生物修复:物种筛选和培植技术;关键物种保护技术;生物种群调控技术;群落结构优化配置与组建技术;群落演替控制与修复技术<br>沼泽湿地生态系统结构与功能修复:湿地生态系统构建技术               |

#### (四) 流域重点湿地保护

##### 1. 鸟岛泉湾湿地

(1) 湿地基本概况:青海湖国家级自然保护区位于青藏高原东北部,地理坐标位于北纬  $36^{\circ}32' \sim 37^{\circ}25'$ , 东经  $99^{\circ}36' \sim 100^{\circ}46'$ , 属湿地生态系统类型的自然保护区。保护区总面积为  $4\,952\text{km}^2$ , 其中核心区面积为  $912.52\text{km}^2$ , 缓冲区面积为  $472.15\text{km}^2$ , 实验区面积为  $3\,567.33\text{km}^2$ 。保护区始建于 1975 年, 1997 年 12 月经国务院批准晋升为国家级自然保护区。保护区野生动物资源丰富, 据调查, 共有鸟类 189 种, 兽类 41 种, 两栖爬行类 5 种, 鱼类 8 种。其中国家一级保护动物包括普氏原羚、黑颈鹤等 8 种; 二级保护动物 29 种。在区内栖息的各种鸟类数量达  $30 \times 10^4$  只以上, 其中以水禽鸟类为优势, 如斑头雁、棕头鸥、鱼鸥、鸬鹚 4 种大型水鸟数量在  $6 \times 10^4$  只。鸟岛和泉湾是保护区最重要的组成部分。

鸟岛, 又名小西山或蛋岛 (因鸟蛋遍地而得名), 位于青海湖西北隅的布哈河口以北  $4\text{km}$  处, 因岛上栖息数以十万计的候鸟而得名。由海西山 (亦称小西山, 又名蛋岛) 和海西皮组成; 海西山形似驼峰, 面积原来只有  $0.11\text{km}^2$ , 现在随着湖水下降有所扩大, 岛顶高出湖面  $7.6\text{m}$ 。岛上鸟类数量多, 有  $8 \times 10^4 \sim 9 \times 10^4$  只之多。每年春天, 斑头雁、鱼鸥、棕头鸥等一起来到这里, 在岛上各占一方, 筑巢垒窝, 全岛布满鸟巢。

泉湾位于青海湖的西面, 因这里有多处泉水涌流形成沼泽湿地, 且冬季不封冻而闻名。泉湾湿地有众多小泉、溪流、沼池, 水草丰美。主要生长有湿生植物荸荠、杉叶藻、苔草、华扁穗草等。近湖岸  $3 \sim 6\text{km}$  范围内水草及浮游生物丰富, 是青海湖裸鲤幼体生活区, 也是众多候鸟、旅鸟育雏区和栖息地。大天鹅及黑颈鹤等珍禽就生活在这里。冬季常聚集着来自西伯利亚的越冬大天鹅。

(2) 湿地保护与生态修复对策: ①进一步规范自然保护区管理, 特别是黑颈鹤、

大天鹅等珍稀水禽和普氏原羚及其栖息地保护;②减少人为活动对泉湾沼泽湿地的直接扰动,特别是过度放牧,同时控制湿地周边草地的放牧强度;③合理配置水资源,防止河流随意截流引水灌溉,保持周边河流等正常的水文功能,增加水资源量;④通过合理利用草场资源及控制载畜量等措施,防止鸟岛周边地区草地的进一步退化及土地沙漠化加剧,同时对鸟岛湖滨因水位下降形成的盐碱化湿地采用碱茅等耐盐碱植物,加速植被恢复过程。

## 2. 布哈河河流湿地

(1) 湿地基本概况:布哈河是青海湖水系中最大的河流,全长286km,占全部入湖水量的46.9%,是青海湖裸鲤洄游产卵的重要通道,每年5月中旬至7月上旬,青海湖裸鲤在布哈河下游河道洄游产卵。布哈河河谷地区还分布有水柏枝和肋果沙棘两大重要的河谷灌丛植被类型,对防洪蓄水、增加生物多样性和改善流域生态具有重要作用。在布哈河口的西北侧即为驰名中外的青海湖鸟岛。布哈河河谷两边草地还有不同程度退化。

(2) 湿地保护与生态修复对策措施:①禁止在河流上游地区建筑拦水坝等工程措施,保持布哈河正常的水文功能,以维护河流正常的生态基流及其河流健康,增加水资源量;②保护和恢复沟谷滩地水柏枝和肋果沙棘等河谷灌丛以及河流岸边带湿地植被;③控制布哈河两侧草地放牧强度,保护和改善湿地周边草地生态环境;④建立布哈河生态功能保护区,减少干扰,增加湿地生物多样性。

## 3. 倒淌河耳海湿地

(1) 湿地基本概况:倒淌河发源于日月山西麓的察汗草原。海拔约3300m,全长约40km,自东向西流入青海湖,故名倒淌河。是青海湖水系中最小的一支。河流蜿蜒曲折,在入湖地段形成沼泽湿地,是鸟类的栖息地。湿地植物群落由水葱、芦苇等优势种组成。耳海是青海湖东岸的子湖,为淡水,面积4km<sup>2</sup>。湖滨地势开阔平坦,气候比较温和,是水草丰美的天然牧场。据有关资料,倒淌河耳海湿地周边草地因过度放牧而退化十分严重。

(2) 湿地保护与生态修复对策:①控制倒淌河、耳海湿地周边草地放牧强度,保护和改善湿地周边草地生态环境,促进湿地植被的恢复;②避免在河流上游地区建筑拦水坝等工程措施,以保持倒淌河正常的水文功能,增加水资源量;③建立倒淌河生态功能保护小区,减少各种干扰,增加湿地生物多样性;④防止倒淌河镇对河流下游造成污染破坏。

## 4. 沙柳河河流湿地

(1) 湿地基本概况:沙柳河又称伊克乌兰河,源头为冰冻沼泽区,由西向东南流入青海湖。因河谷滩地长满沙柳(水柏枝),故得其名。是青海湖裸鲤洄游产卵的重要通道之一,每年5月中旬至7月上旬,青海湖裸鲤在沙柳河逆流而上产卵繁殖。沙柳河河谷地区还分布有水柏枝河谷灌丛植被类型,对防洪蓄水、河流生态和生物多样性保护具有重要作用。在沙柳河入湖地段发育有大面积的沼泽湿地,是黑颈鹤等水禽的重要栖息地。此外,沙柳河周边地区还有较大面积的耕地开垦,草地亦有不同程度退化。

(2) 湿地保护与生态修复对策:①防止在河流上游地区修建拦水坝等工程措施,

以保持沙柳河正常的水文功能,维护河流正常的生态基流及其河流健康,增加水资源量;②保护水柏枝河谷灌丛,防止对湿地植被(生境)的过度扰动,促进河流岸边带湿地植被的保护和恢复;③调控人类活动,合理利用湿地资源,控制河流敏感区段两侧草地放牧强度,保护和改善湿地周边草地生态环境;④建立沙柳河生态功能保护小区,减少干扰,为鸟类等野生动物提供良好栖息条件,增加湿地生物多样性;⑤做好湿地污染防治工作,禁止在河道附近随意丢弃垃圾等污染物。

#### 5. 黑马河河流湿地

(1) 湿地基本概况:黑马河位于青海湖西南面,发源于橡皮山东南的亚勒岗,全长 17.2km,流域面积 107km<sup>2</sup>。曾是青海湖裸鲤洄游产卵的重要通道之一,因近年水量减少,暂时失去青海湖裸鲤洄游产卵功能。黑马河入湖地段发育一定面积的沼泽湿地,是鱼鸥等水禽重要的栖息地。

(2) 湿地保护与生态修复对策:①防止在河流上修建拦水坝等工程措施,保持正常的水文功能,增加水资源量;②控制河流敏感区段两侧草地放牧强度,保护和改善湿地周边草地生态环境,促进河流岸边带湿地植被的保护和恢复;③建立生态功能保护区,禁止在河道附近随意丢弃垃圾等污染物,减少干扰,增加湿地生物多样性。

#### 6. 河源区沼泽草甸湿地

(1) 湿地基本概况:集中分布于布哈河、沙柳河和哈尔盖曲的河源区。沼泽湿地为山谷间河滩湿地,冻土发育状况良好。植物生长期 90~100d。西藏嵩草、苔草沼泽化草甸十分发育,草层高 15~25cm,盖度 65%~90%。沼泽湿地退化之后,沼泽草甸向高寒草甸植被演替,沼泽特征逐渐消失,调节水源的功能明显下降。

(2) 保护与生态修复对策:①保护和改善沼泽湿地周边草地生态环境,加快湿地植被的恢复;②减少沼泽草甸放牧干扰,增加湿地生物多样性。

### (五) 流域湿地保护与生态修复工程研究展望

湿地作为流域极其重要的特殊生态系统,它具有涵养水源、调节区域气候、维持生态平衡以及保持物种多样性等方面的生态功能和作用。因此,根据流域湿地的主要特征及其变化的特点,考虑到流域湿地保护与生态修复工作的复杂性和艰巨性,提出湿地保护与生态修复工程研究展望。

#### 1. 积极开展青海湖流域湿地的科学研究

鉴于流域湿地生物群落组成特点及湿地环境演变特征,流域河流、湖泊和沼泽的保护及修复是一个复杂的生态工程,需要了解和掌握破坏、干扰湿地生态系统结构和功能或阻止其恢复的自然或人为因素,分析河流、湖泊和沼泽生态系统结构和功能的变化,以及对湿地生态系统有重要影响的物理、化学和生物过程。特别是流域水资源合理配置、湿地动态变化规律、湿地生态系统及生物多样性特征以及湿地地球化学循环等重要问题,从而为湿地及其生物多样性合理利用和保护提供科学依据。

#### 2. 加强湿地生态系统及生物多样性保护

流域湿地生态系统具有独特的结构和功能,在深入研究湿地生态系统结构及功能关系以及食物链特征的基础上,从影响湿地生态系统的关键环节着手,从湿地生态系统的

整体保护出发,加强青海湖裸鲤和鸟类的保护,特别是把流域视为一个复合生态系统,将河流、湖泊和沼泽生态系统和陆地生态系统紧密结合起来,在流域整体尺度下进行河流、湖泊和沼泽的保护与生态修复,保护流域湿地生态系统及其生物多样性,并运用生态学等原理,对生态系统进行保护、恢复和科学管理。

### 3. 强化流域草地生态环境保护

流域湿地的动态变化是气候变化和人类活动综合作用下的产物。从生态学角度及其生态过程来分析,青海湖流域湿地变化仍有许多不确定因素,湿地退化与区域生态环境退化有密切的关系,特别是湿地周边草地退化以及河谷灌丛破坏等直接影响湿地本身。河流、湖泊以及沼泽生态系统易受周边地区生态环境状况的影响,包括人类各种活动和自然生态过程而发生深刻变化。从某种意义上说,保护流域生态环境与保护湿地本身就具有同样重要的意义(陈桂琛等,1995)。

## 二、青海湖裸鲤保护与种群恢复

青海湖是在喜马拉雅造山运动中,四周山体抬升,断陷而成的构造型湖泊。在古气候和地质营力的综合作用下,经历了河湖共存、封闭湖泊、水面扩张、水体骤缩、水体恢复和湖水位下降等不同的发育阶段,形成了在高寒干旱条件下,基本保持自然生态系统结构的特点。目前,青海湖水位仍处在持续、波动下降的过程,因此青海湖裸鲤的保护与种群恢复就显得尤为重要。

### (一) 青海湖水体现状与渔业资源概况

#### 1. 青海湖水体现状

(1) 水分蒸发加剧,湖水位下降:流域内干旱化趋势加剧,降水减少,使入湖补给水量减少,入不敷出,自1908年至今的近百年间青海湖水位呈持续下降趋势。

(2) 湖水的矿化度升高:青海湖是封闭内陆湖泊,湖水的矿化度因湖水位的持续下降而升高,特别是碱度的升高明显,pH值继续向碱性方向发展,对水生饵料生物和鱼类的生存及繁衍造成严重威胁。青海湖水的含盐量只有海水含盐量的40.3%,远远低于海水,但其pH值却高于海水,比海水的pH值高出46%,因而只有青海湖裸鲤和两种高原鳅尚能在青海湖中生存、觅食,但生长发育也受到了严重的不良影响,性成熟亲鱼在湖中不能产卵繁殖,受精卵在湖水中不能孵化;刚孵化的幼鱼在湖水中难以成活,死亡率很高。湖水位的继续下降对湖水理化条件的影响必将威胁青海湖裸鲤的生存。这是青海湖水体环境条件中对青海湖裸鲤生存、生长和繁殖影响最大的因素。

(3) 水体生物种类少,且生物量低:由于青海湖水体冷凉,水温低,鱼类饵料生物种类少,生物量低,直接影响到青海湖裸鲤的生长和种群的增殖,造成青海湖裸鲤生长缓慢,性成熟推迟,资源增殖缓慢。

(4) 水体质量受污染:青海湖水体生态系统自净能力较低,河水或地下水的污染会给湖水造成污染,可以直接或间接地威胁鱼类的安全,给鱼类种群的繁衍带来灾难。水鸟以鱼为食,又是鱼类寄生虫的中间寄主,若其他水域的鱼类寄生虫病传播到青海湖

裸鲤，可使 70% 幼鱼感染绦虫病，轻者生长缓慢，行动迟缓，易被水鸟捕捞，重者则因病而死亡，给青海湖裸鲤的种群繁衍和资源增殖带来巨大的灾难（图 7-2-1）。

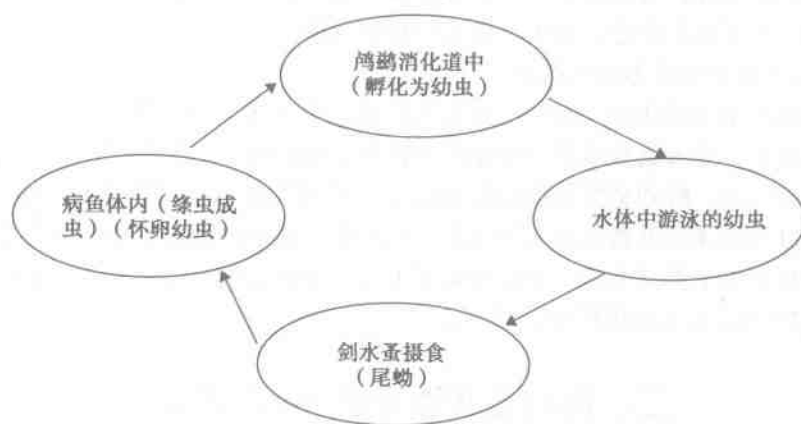


图 7-2-1 青海湖裸鲤绦虫病病原生物传播示意图

由于河流水体生态系统和湖泊水体生态系统的贫营养特征和自净能力低，极易受污染的特点是高原冷凉水体生态系统脆弱性的集中表现。布哈河、沙柳河、哈尔盖曲等流域的工业和生活污水的不合理排放已给入湖河流造成污染，加之畜疫防治中的羊药浴池大多建在河边，羊药浴后的药液直接排入河中，或被河水冲入湖泊。特别是用敌百虫等药物极易造成青海湖裸鲤成鱼和幼鱼的大量死亡。水体周围生态环境恶化以及进入水体泥沙量的增加也给湖泊水体环境带来了不利的影响，加剧湖水蒸发、水位持续下降、增加新的沙源和沙漠化土地面积。

总之，青海湖水体是青海湖裸鲤栖息、觅食、繁殖的主要场所，巨大的水体不仅给青海湖裸鲤提供了巨大的生态空间，而且也水鸟提供了栖息场所和食物来源，这对青藏高原的水禽迁徙具有深远的影响。其中，以湖水位下降、矿化度升高以及鸟岛连陆、鸟岛东北部的沙漠化土地的不断扩大所造成的影响最大，是青海湖渔业资源急剧衰退和水鸟种群数量减少的主要原因之一。

## 2. 渔业资源状况

### （1）青海湖裸鲤生长繁殖和种群演替特点

1) 个体生长缓慢，性成熟晚：据中国科学院西北高原生物研究所测定，平均尾重 250g 的个体需生长 6~8 年，平均增重 500g 活重需 10~12 年。而且鱼苗鱼种期个体生长缓慢；青海湖裸鲤性成熟年龄为 4~5 年，进入河道产卵的繁殖群体平均年龄在 6 年以上（陈民琦等，1990），比冷水性的虹鳟鱼晚 1~2 年。由于个体生长缓慢，进入产卵繁殖和渔捞群体的周期长，资源增殖十分缓慢，维持种群繁衍和动态平衡所需要的后备群体要求数量大，给资源增殖造成更大的压力。

2) 性成熟亲鱼产卵环境变化：性成熟亲鱼不能在湖中产卵繁殖，必须顶流而上，到河道的淡水中产卵，因而生殖洄游距离长，亲鱼体质消耗大，且鱼群密集，水浅，极

易遭受鸟害、兽害和人为的破坏,资源增殖难度大;性成熟雌鱼繁殖力低,体重 1.0kg 性成熟雌鱼的平均怀卵量为 1.6 万粒/尾,相对繁殖力为 28 粒/克。加上受精卵的受精率、孵化率、幼鱼成活率均很低,易受到水体环境的限制。进入 20 世纪 90 年代,由于春旱频繁发生,使布哈河的来水量锐减,性成熟个体因水小而不能进行河道产卵,使繁殖期推迟 30~40d,使产卵鱼群的数量大幅度减少,从而使幼鱼生长季节缩短,越冬成活率下降,青海湖裸鲤的后备群体缩小。

3) 适口饵料减少,水体含盐量升高:河道中水质冷凉,浮游生物种类少,生物量低,能给幼鱼提供的适口饵料很少,故而影响了幼鱼的生长和发育;同样,湖泊水体中天然饵料种类少,生物量低,不能满足青海湖裸鲤生长发育的需要。天然饵料的贫乏是影响青海湖裸鲤种群规模和生长速度的主要因素。近年来,湖水含盐量的升高已明显影响青海湖裸鲤的生长,使个体小型化趋势加剧。例如,1983~1985 年青海湖裸鲤的性成熟亲鱼移殖到内蒙古自治区的黄旗海进行养殖试验。在人工养殖条件下,青海湖裸鲤 3 周岁的个体平均体重可达到 700 克/尾,其生长速度明显高于在青海湖水体的生长速度。

4) 环境污染影响鱼类产卵繁殖:经济鱼类品种单一,渔业生态系统结构简单,自我修复的能力很低,一旦遭受破坏就难于恢复。同时,由于鱼类生存环境严酷,每遇到水质污染和自然灾害,就会造成产卵鱼群和鱼苗鱼种的大量死亡。1983 年夏季,由于布哈河沿岸羊药浴药液排入河中,流经铁卜加湾,造成河道中和进水口周围大量成鱼和幼鱼的中毒死亡;1987~1989 年,由于布哈河水量减少,洪水骤涨骤落,使大量产卵鱼群被困河湾和浅水沟汊,因缺氧窒息而大量死亡,仅 1987 年就死亡亲鱼达 70t 以上。青海湖裸鲤是食鱼鸟类的主要食物,春夏之交正是鸟类繁殖育雏季节,这时也是青海湖裸鲤溯河产卵的季节,河道中鱼群密集,极易遭受鸟害和人为的破坏。

## (2) 青海湖裸鲤资源的衰退及其原因

### 1) 资源衰退:可分为衰减初期、衰减中期和严重衰减期。

衰减初期始于 1959~1962 年的大规模捕捞青海湖裸鲤,其年产量超过了青海湖裸鲤种群增殖的能力,特别是在黑马河、铁卜加、布哈河、泉吉河、沙柳河、哈尔盖曲大量捕杀产卵亲鱼群体,造成青海湖裸鲤资源的急剧衰减。据统计,1959~1962 年机拖作业捕捞量平均为 1 300~5 000t,仅占总捕捞量的 10%~15.9%;其余都为产卵场和河口区、铁卜加湾、沙陀寺湾大拉网、迷魂阵和抬网捕捞的产卵亲鱼和后备繁殖群体,年捕捞量达到  $1.17 \times 10^4 \sim 2.55 \times 10^4$ t。

衰减中期始于 1963~1979 年,停止大拉网、“迷魂阵”和小眼挂网、抬网捕捞作业,冬季全部禁捕,并加强了产卵场的保护和管理,只保留了青海湖渔场对拖渔轮在深水区的捕捞活动,捕捞非产卵鱼群,使产卵鱼群能顺利产卵。同时,人为的破坏活动较少,虽然也出现过河道水位下降的情况,但春旱发生频率低,对亲鱼产卵活动影响较小,渔业资源趋于稳定,鱼产量稳定在  $4\,560\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$ ,离散系数较小。但产卵鱼群平均个体重量明显下降,鱼群向小型化方向发展,资源增殖率明显下降,如亲鱼的绝对繁殖率比 20 世纪 60 年代下降 50% 以上,平均怀卵量只有 8 100 粒/尾。产卵群体低龄化趋势明显。



严重衰减期始于1990年以后,产卵场的人为破坏和河流水位下降,泥沙淤积河口区。在春早年,产卵鱼群因水浅或偷捕网具的包围而不能进入布哈河产卵繁殖,使产卵繁殖期推迟,鱼群缩小,产卵繁殖时间缩短(1993~1994年时产卵期只有20d)。沙柳河、哈尔盖曲因修建有拦河大坝,阻断了青海湖裸鲤产卵繁殖的通道,在枯水季节因河道中没有水,青海湖裸鲤不能进入沙柳河产卵;丰水季节,虽然河道中有水流,但产卵亲鱼只能到达拦河坝下,被偷捕人员抢捕一空。青海湖裸鲤资源增殖遭受灭顶之灾,其资源衰退进一步加剧,青海湖裸鲤资源量只有20世纪60年代开发初期的10%,而能进入河道的产卵鱼群更是寥寥无几,已经难于形成渔汛。资源增殖的基础十分脆弱。

2) 资源衰退原因:青海湖渔业资源是在青海湖水体环境演化更替过程自然选择的结果。历史上,青海湖裸鲤资源基本没有开发利用,保持了原始的种群面貌,资源量大,产卵繁殖的亲鱼群体大,渔业生态系统自我修复的能力较强。20世纪初叶以来,青海湖水位的持续、波动下降,产卵场不断缩小。特别是近十年来,湖区气候暖干化趋势加剧,降水量减少和分配规律的变化,使布哈河、沙柳河、泉吉河、黑马河、哈尔盖曲等河流春旱集中,河水位下降,造成青海湖裸鲤产卵场缩小,甚至不能进入河道产卵繁殖,是造成青海湖裸鲤资源衰退,甚至枯竭的主要原因;其次超强度的捕捞,特别是产卵场的过度捕捞,对青海湖裸鲤资源的衰减和濒临灭绝起到了加剧作用。具体原因有以下两个方面。

湖水位下降,含盐量增加:实验证明,青海湖裸鲤在尕斯库勒湖中不能生存(其含盐量为 $26\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , pH值9.5),主要是碱度太高,造成青海湖裸鲤中毒死亡。据1985年中国科学院西北高原生物研究所实测结果显示,青海湖含盐量 $14.13\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , pH值平均达到9.2。含盐量的增加特别是碱度的增加,对青海湖裸鲤的生长发育造成不良影响。若碱度超过青海湖裸鲤的耐受力,就会造成青海湖裸鲤的大量死亡,因此维护青海湖的水量平衡,使湖水矿化度降低, pH值下降,为青海湖裸鲤的生长发育创造良好栖息环境,是恢复渔业资源的根本措施。

水体污染:20世纪80年代以来,由于羊药浴的废弃药液排入河流,流入湖中,使青海湖裸鲤产卵亲鱼大批死亡。如1983年6~7月间因羊药浴废液污染布哈河水,致使铁卜加湾的青海湖裸鲤死亡成鱼超过1000t,有的鱼鸥捕食中毒的死鱼而中毒致病。因此,防治水体环境污染是保护鱼类、鸟类栖息环境,恢复渔业资源的关键措施之一。

综上所述,青海湖渔业资源衰减和濒临灭绝是青海湖生态环境恶化和人类长期超强度捕捞和产卵场缩小及产卵的亲鱼遭受捕杀等综合因素作用的结果。气候暖干化,河流水位下降,以及修建拦河大坝,阻断青海湖裸鲤的生殖洄游通道,使青海湖裸鲤的产卵场缩小,产卵期缩短,进入河道的产卵鱼群减少,这是造成青海湖裸鲤资源衰减和枯竭的主要原因;长期的超强度捕捞,特别是对产卵亲鱼的滥捕滥捞,造成产卵鱼群的繁殖力下降,幼鱼成活率降低,这是青海湖裸鲤资源严重衰退的直接原因。

## (二) 青海湖裸鲤资源保护与恢复

青海湖渔业资源急剧衰退引起了各级政府和社会各界的广泛关注。早在1964年春,国家水产部颁布《中华人民共和国水产资源繁殖保护条例》,把青海湖裸鲤列为稀有名

贵水生动物,要求加以保护;1979年4月,国家水产总局重新颁布实施《中华人民共和国水产资源繁殖保护条例》,青海湖裸鲤又被列为重要保护对象。1980年4月,经青海省人大常委会批准颁布《〈青海省水产资源繁殖保护条例〉实施细则》,在青海省水产局增设渔政管理科,主要负责青海湖及附属水域渔业资源的增殖保护工作。1982年4月,青海省人民政府制定《青海湖渔业资源增殖保护实施办法》,规定每年的4月至8月15日为禁渔期,划定青海湖裸鲤产卵河道、距湖岸3km以内的水域和三块石至沙陀寺一线以西水域为禁渔区,严禁一切捕捞活动,并明确规定严禁在河道中毒鱼、电鱼和炸鱼,禁止使用底拖网,并规定拖网、挂网的最小网目尺寸。同时,青海省实行捕捞许可证和鱼货运销证制度,在青海湖实行征收渔业资源增殖保护费和资源赔偿费,并规定了渔政管理机构的管理职能和纪律,为青海湖渔业资源的增殖和保护提供了法律支持。1985年7月1日《中华人民共和国渔业法》颁布实施,1992年经青海省人大常委会批准颁布《青海省实施〈中华人民共和国渔业法〉办法》,对青海湖渔业资源的增殖、管理、保护做出了详尽的法律规定,使青海湖渔业资源的增殖和保护纳入了法制的轨道。1997年6月,中国加入《湿地公约》,青海湖被列入主要作为鸟类栖息地的重要湿地名录;同年12月,国务院批准青海湖为国家级自然保护区,要求按国务院颁布的《水污染防治法》、《国家自然保护区管理条例》以及《中华人民共和国渔业法》及其《实施细则》、《中华人民共和国环境保护法》的要求,切实加强青海湖水体环境的保护治理工作和渔业资源的增殖保护工作。

青海省人民政府根据渔业管理和保护的要求,于1985~1989年先后批准成立青海省渔政管理总站及下属的青海湖哈尔盖、江西沟和布哈河水上派出所,并批准成立了环湖共和、天峻、刚察和海晏四县的渔政管理站,建立了一支精干的渔业执法队伍,采取统一管理、分级负责、专群结合等综合措施,依法对青海湖的渔业资源增殖进行保护和管理。1998年,经国务院、公安部和青海省人民政府批准成立青海湖水上公安局,把水上公安和青海湖的渔业资源管理纳入了公安序列,加强了青海湖资源的水域环境保护的执法力度,为青海湖渔业资源保护提供了强有力的法律支持,使青海湖的资源增殖管理和保护工作有法可依,有法必依,执法必严,违法必究的法治环境。

1982年11月至2000年12月,青海省人民政府先后三次决定对青海湖实行封湖休渔,限额捕捞,在禁渔区常年禁止一切捕捞活动,使青海湖渔业资源得到休养生息。例如,1982年11月至1984年12月底,禁止冬季一切捕捞活动;1986年11月至1990年10月,对青海湖实行冬季禁捕,明水期限产1200t,并规定只能在深水区进行限产捕捞。通过先后两次的封湖育鱼,使青海湖裸鲤资源得到休养生息,捕捞群体的平均年龄回升,比1978年提高0.399龄,进入河道的产卵鱼群数量增加,性成熟雌鱼的绝对繁殖力和相对繁殖力比1965年、1978年均有明显提高,青海湖裸鲤的捕捞群体数量开始增加,资源增殖效果较明显。但是1994~2000年连续7年的封湖育鱼使资源衰退的趋势没有得到有效的遏制,鱼群低龄化、小型化的情况没有明显改善,产卵群体小型化趋势进一步加剧。这说明在青海湖水体环境继续恶化的条件下,仅仅依靠青海湖裸鲤的自然增殖已难以较快的恢复资源;湖水含盐量的继续升高和碱度的增高直接威胁着青海湖裸鲤和高原鳅属鱼类的生存和种群的繁衍和增殖,必须采取保护水体环境,增加入湖淡

水和人工增殖资源以及封湖禁捕,保护青海湖裸鲤产卵场的措施,促进水体环境的优化和青海湖裸鲤资源的快速增殖,实现青海湖裸鲤资源的可持续利用,使青海湖鱼鸟共生的湖泊生态系统达到平衡。

### 1. 青海湖裸鲤人工增殖与培育基地建设

(1) 青海湖裸鲤人工放流站配套工程:包括人工孵化及亲鱼培育中心蓄水池及机井工程、孵化用水增温工程、节能日光温棚鱼苗工厂化培育工程、亲鱼微流水强化培育工程等建设。

(2) 鱼种培育基地建设:建立甘子河草湖和耳海的青海湖裸鲤鱼种培育基地和东部农用水库青海湖裸鲤的网箱培育基地及其配套的饲料加工、鱼病防治及增氧设施,为培育青海湖裸鲤的优质鱼种创造条件,并为今后青海湖裸鲤的集约化、半集约化养殖创造条件,以增加大规格鱼种的放流量,加快渔业资源的增殖与恢复。

(3) 沙柳河、哈尔盖曲过鱼通道工程:解决青海湖裸鲤不能溯河产卵的问题,并在青海湖裸鲤产卵季节,调节灌溉用水,开闸放水,保证产卵鱼群进入产卵场产卵繁殖,扩大青海湖裸鲤的天然产卵场和鱼苗培育场所,增加青海湖裸鲤产卵群体的数量,提高其繁殖率,促进青海湖裸鲤资源的增殖。

(4) 亲鱼培育基地建设:建立青海湖裸鲤亲鱼培育、选育和保种基地,建成工厂化封闭循环养殖车间 $3\,000\text{m}^2$ ,围建亲鱼培育面积 $26.7\text{hm}^2$ ,形成年培育性成熟亲鱼 $1.25\times 10^4$ 尾(合 $2.5\times 10^4\text{kg}$ )的培育能力,以保证青海湖裸鲤产卵亲鱼的来源和质量,为其人工增殖和放流提供稳定的种源。

### 2. 水体环境保护和治理工程

(1) 青海湖水体环境保护和监理工程:流域环境保护包括水污染的防治和水位下降趋势的缓解及遏制。主要监测内容有青海湖及附属水体环境监测体系、水环境保护和水污染防治等。规划建立青海湖水域环境监测站,以及青海湖鸟岛、布哈河上焕仓、桥头、沙柳河大桥、哈尔盖曲、泉吉河、黑马河、青海湖二郎剑等八个水质监测站,并与各水文站相结合负责青海湖和附属水体的水质监测、水位监测、水体化学物理特性的定期观测以及水污染防治措施的落实。同时配置水体环境监测船1艘(负责全湖水质的定期分析和渔业资源的管理等)。

(2) 设立流域水资源管理与调配中心:主要承担流域淡水资源的统一管理和调配,并负责征收水资源有偿使用费,以及水资源管理条例的制定,以改变流域淡水资源无人管理、盲目开发利用的状况。

(3) 建议实施引大济湖工程:即在大通河上修建水库,提高大通河水位,通过引水隧洞和多级水力发电站,将大通河通过甘子河注入青海湖,从根本上解决青海湖流域淡水资源不足的难题。

### 3. 渔政管理体系建设

加强环湖渔政管理基础设施建设,建立共和、天峻、刚察、海晏4个环湖县级渔政站以及布哈河、江西沟、哈尔盖曲、湖东等4个水上派出所,并配备公用车辆及必要设备和执法船只等。

### 三、湿地鸟类及栖息地保护

青海湖湿地鸟类包括《湿地公约》中明确定义的水禽的范畴,同时包含了那些在湿地中确实存在但在水禽范畴没有包括的物种。为了更好地阐述本节所涉及的内容,以下按湿地鸟类概况、主要水鸟生物学及水鸟栖息地保护三个方面加以表述。

#### (一) 流域湿地鸟类概况

截至 1994 年底,青海湖盆地已记录到的水鸟共有 72 种,其他在湿地中生活的鸟类 20 余种。这些水鸟物种虽然仅包括了鹬鹬目(Podicipediformes)、鸕型目(Pelecaniformes)、鸕型目(Ciconiiformes)、雁型目、鸕型目(Gruiformes)、鸕型目(Charadriiformes)和鸕型目(Lariformes)中大部分或部分科(Family)的物种,但依然具有其特殊性和复杂性,需要从不同的的角度去理解和认识。

##### 1. 青海湖水鸟各目的物种构成

青海湖水鸟的物种构成,在各个目的比例完全不同。其物种结构见图 7-3-1。

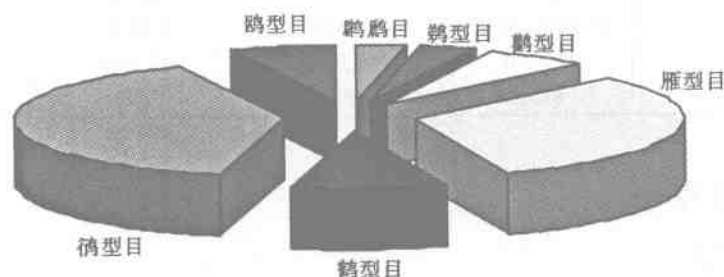


图 7-3-1 青海湖流域水鸟在各个目的物种数量

从图 7-3-1 中可以看出,鸕型目和雁型目鸟类物种,占据了水鸟的绝大多数,而其他 5 个目的物种数,还不到一半。这是青海湖水鸟在组成上的一个特点。

##### 2. 水鸟的物种代表性

青海湖水鸟的代表性,分两个层面理解。一是国内代表性,这里指在某一个目中,青海湖出现的种数,占国内该目种数的比例;二是全球代表性,这里指青海湖出现的物种数占该目全球物种总数的比例(表 7-3-1)。

表 7-3-1 青海湖水鸟种数与代表性

| 目次    | 鸕鹬目  | 鸕型目  | 鸕型目  | 雁型目  | 鸕型目  | 鸕型目  | 鸕型目  |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 世界种数  | 21   | 40   | 117  | 146  | 122  | 206  | 99   |
| 中国种数  | 5    | 7    | 32   | 50   | 28   | 74   | 38   |
| 青海湖种数 | 5    | 2    | 7    | 20   | 6    | 25   | 7    |
| 全球代表性 | 0.24 | 0.18 | 0.27 | 0.34 | 0.23 | 0.36 | 0.38 |
| 国内代表性 | 1.00 | 0.29 | 0.23 | 0.40 | 0.21 | 0.34 | 0.18 |

从表 7-3-1 中可以看出,青海湖水鸟的代表性,或者在全球水鸟中,占比例最高的是鸥型目,其次是鹄型目和雁型目,鹈型目的代表性最差。这是青海湖水鸟的另一个特点。但这一结论也仅限于从目的等级去考虑。如果考虑到科,进一步的特点就会显现出来。例如就鹈型目而言,全球代表性一般,但若仅考虑到鹈科 (Gruidae),全球有 15 种鹈,中国有 9 种,青海湖记录到 4 种。这 4 种鹈的国内代表性和全球代表性分别是 0.44 和 0.27。青海湖的重要性就会凸现出来。

### 3. 水鸟物种重要性

这里借用《湿地公约》拉姆萨尔地点 8 条标准之一的“1%”概念,即一块湿地如果有规律地栖息着某种水禽种群的 1% 的个体,则这块湿地被认为具有国际重要性而应该列入拉姆萨尔地址。青海湖至少有如下几个物种的种群数量达到甚至超过了国际重要湿地的之一标准 (表 7-3-2)。

表 7-3-2 青海湖几种水鸟的种群与重要性

| 物 种 | 种群数量(只)         | 1% 标准(只) | 青海湖种群数(只) | 量重要性(%) |
|-----|-----------------|----------|-----------|---------|
| 鸬 鹚 | 100 000         | 1 000    | 11 500    | 11.5    |
| 斑头雁 | 52 000 ~ 60 000 | 560      | 9 500     | 17.0    |
| 棕头鸥 | 10 000 ~ 20 000 | 1 500    | 6 000     | 60.0    |
| 鱼 鸥 | 25 000          | 2 500    | 13 000    | 52.0    |
| 黑颈鹤 | 8 000           | 80       | 80        | 1.0     |

## (二) 重要水鸟

### 1. 凤头鸬鹚

别名:浪里白,水老呱,水驴子。分布于青海湖耳海、草襟链、倒淌河湿地等处。多栖息于湖泊、河边及沼泽地,特别是在有浓密的芦苇和水草的湖沼中。

常单独,成对小群活动,善潜水,且可潜入水中较长时间并捕食水中游鱼、软体动物、水生昆虫、甲壳类和莎草科华扁穗草的茎叶及禾草植物等。受惊时潜入水中,很少登陆活动,如在陆地则向后拖着脚,以胸触地向前移动。繁殖期 6~8 月,筑巢由水生杂草堆积于浮动的草墩和荒芜的泥堆上。窝卵数 3~5 枚。雌雄均参加孵育但主要由雌鸟负责孵卵,雄鸟则多守护在巢边。孵化期 27~30d。

### 2. 鸬鹚

别名:鸬鹚,鱼老鸬,黑鱼郎,鱼鹰。分布集中于青海湖鸬鹚岛、海心山、三块石等岛屿,栖息于宽阔的水域,如湖泊、河湾湖为其主要繁殖地。

善于游泳和潜水,巧于捕鱼,常站在水边或岩石上等待鱼饵,一般潜水 1~3m,最深可达 10m,持续 30~45s。飞行多低至掠过水面,较为迟钝。在陆上略显笨拙,休息时常以硬尾支持地面,叫声粗重,近似于“啊—啊—啊”的喉音,但很少鸣叫。筑巢临近水边的岩岸边或陡岩坎间,在岛屿上置巢于平地,不隐蔽只筑以柳枝、芨芨草及残羽,外呈多边形。

鸬鹚具有利用旧巢的习惯,有些巢是旧巢沿用,巢呈杯形,一般不深。窝卵数 1~

5枚,多为3枚,卵呈长卵形,两端相等,但有时略为尖些,卵外有层白垩质。雌雄共同营巢,轮流孵卵,4月中旬开始产卵,孵28d左右出雏。共同孵育,在第一枚卵产出后开始孵化,至最后一只雏鸟孵出时,第一只雏鸟已大似成鸟;当亲鸟衔来的食饵大部分被亚成雏鸟所占有,后孵出的雏鸟常因食物不足而死亡。幼鸟具晚成性。

### 3. 大白鹭 (*Egretta alba*)

别名:白漂鸟,白长脚鹭鹭,大白鹤,白庄。在青海湖多为冬候鸟,数量稀少。栖息于湖、河边、沼泽、池塘及有水的农田附近,很少见成群,多单个或成对活动。

大白鹭性畏人,见人即飞。飞行时呈“S”形,两脚向后伸直,速度较慢,鸣声较低,似“rah—rah”。食物以鱼类为主。

### 4. 灰雁

别名:大雁,灰腰雁,红嘴雁,沙雁。分布于青海湖沙岛、倒淌河湿地等处。栖息在水生植物丛的水边或沼泽池,停息于河湾、河流中的沙洲,有时也游于湖泊中。

灰雁3月底至4月初迁徙来青海湖,在繁殖期成对或数只至数十只集结成小群活动。在繁殖和换羽期间经常到水中去活动,性机警,不易接近,叫声近似“Geg—Geg—Geg”,声音洪亮,往往飞行时鸣叫,声扬很远。以野草和种子为主要食物,兼食一些小虾、螺和少量鞘翅目昆虫。营巢于水边的水草或泥滩的苇苇间,筑巢就地取材。换羽时结群数百只,隐蔽在苇苇丛生、人迹难到的地方。窝卵数4~8枚,以5枚最为常见。

### 5. 斑头雁

别名:白头雁,黑纹头雁,麻鹅等。每年3月中下旬迁徙到青海湖,至4月中旬即成群栖息于湖滨草滩的水洼地带,其中蛋岛数量最多,构成5 000~6 000只个体的繁殖群。孵化期之外,多分群并逐一成对活动。

斑头雁为我国青藏高原最为常见的特产种,警惕性很高,每到一地都保持群体活动,每一群设有“哨鸟”。经几天的分群活动、休息追逐之后,便寻找比较安全且适于产卵的沙滩、悬崖或孤岛筑巢,做孵化前的准备。斑头雁交配在水中进行,交配后就开始选择筑巢地点。营巢活动最早开始于4月上旬,一般在4月中旬,以雌鸟为主,雄鸟只起保护和协助的作用。开始营巢时,雌雄鸟共同把草茎、草叶、干燥的藻类碎块等巢材衔至选好的巢址,然后雌鸟卧在地上,以身体为中心,两脚向后挖掘地面形成一个小圆坑,再铺上巢材,雄鸟继续寻找巢材,供雌鸟使用。一直到产下第一个卵后,雌鸟开始从腹部拔下绒羽,铺在巢内。4月中旬开始产卵,窝卵数2~8枚,少数有10枚以上的,通常4~6枚为多。孵育完全由雌鸟担任,从产下第一个卵开始孵卵,孵化29d左右出雏,雏鸟具早成性。

在产卵期中,如果斑头雁的巢受到人或其他天敌的破坏,雌雁立即弃巢,并用枯枝及土等物将卵覆盖;如果还在繁殖期中,它就重新开始筑巢和产卵。斑头雁的天敌较多,在其产卵孵化时常有鹰雕侵袭,但多由群体力量予以抵御。雏鸟长成过程中,若遇有敌害时,就会跳进湖水中游到远处避难,使入侵者望洋兴叹。

### 6. 大天鹅

别名:大鹄,黄嘴天鹅。为青海的冬候鸟。每年10月份以后,由寒冷的北方飞来,



在青海湖越冬。晨昏时在岸边休息，中午以后到浅水薄冰地带觅食，或起飞游戏，数量约1 200只。翌年4月底陆续飞走。

一般成对活动，雏鸟孵出后一直跟随亲鸟，直到迁往越冬地。南迁时，经常组成6~20只小群，队列呈“一”字形或“人”字形，鸣声响亮，音似“ho-ho”或“houk”。在南方，大天鹅常和小天鹅混群，无论是取食或休息时都保持着成对的现象。喜集群生活于水域，性机警，杂食性，既吃水生植物，又捕食水中小型动物，如水栖昆虫、水蛭、蚯蚓、软体动物等。4龄左右性成熟，繁殖期为4~6月份，在越冬期间已出现配对现象。

巢一般建在有芦苇生长的湖沼地区，但巢位则处于稍干燥或隆起的地方，以及植物比较低矮的苔草、芦苇丛中。雌雄共同作巢，巢材有芦苇干、水草和干灌木枝等。巢内层为苔草和羽毛等，外观粗糙，平均高80cm，直径100cm。窝卵数4~9枚，在产卵4~6枚时开始孵化，雌雄共同孵育。雏鸟生长很快，两个月后体形长得很大，待会飞行时便跟随亲鸟向南方迁徙。

天鹅是我国珍禽之一，已被列为国家Ⅱ级保护动物。作为珍稀观赏鸟，各动物园均有饲养。

#### 7. 赤麻鸭

别名：黄鸭，黄凫。为青海湖的主要夏候鸟之一，广布于青藏高原。生活于多种环境下，见于多种水体环境，如河流、沼泽、河岸。

比其他鸭类集群性较差，通常多见单个、成对小群，但有时也集结成数百只的大群。在越冬地，性机警，不易接近，而在繁殖地，表现得较为驯服，善走动在干河岸和长满青草的湖边觅食。杂食性，食物包括各种谷物、水生植物、水生昆虫、甲壳类、软体动物、爬行动物、蛙和小鱼等。营巢在峭壁的石缝间，或者在一些动物的弃洞内、大树洞内，有的离水可远至几百米。2龄性成熟，繁殖期5月末至6~7月间。窝卵数6~12枚，雌鸟孵化，雌雄共同育雏。

赤麻鸭数量较多，冬季分布于全国，为我国主要产业鸟之一。可与家鸭杂交，改良家鸭品种。

#### 8. 翘鼻麻鸭

别名：冠鸭，翘鼻鸭，白鸭。为青海夏候鸟，仅见于青海湖。数量不多，栖息于浅水海湾或广阔的海水浸渍处。迁徙时，常见于各种淡水湖泊、河流、盐池、盐田等处。

飞行似雁，健走善游，并能潜水，喜欢栖居咸水湖泊，在其附近的沙丘及岩石崩塌处掘土营巢。每年5月上旬迁来，迁来即配对。性机警，距人100m即行起飞。鸣声粗涩，声似“kao-r kao-r”；雄鸭叫声低沉，略似狗叫声；雌鸭叫得较快些。2龄性成熟，水中交配，共同育雏。窝卵数7~12枚，孵卵期27~29d。杂食性，食物随地区而异。

#### 9. 绿翅鸭

别名：小凫，小水鸭，绿翅鸭（♂），小麻鸭（♀）。为青海湖旅鸟。每年8~10月间陆续飞向南方，翌年3~5月份又结群返回。迁徙时，成群飞行，往往有上万只之多。在天空掠过时，一群接着一群，像一团团乌云飞滚而过，鸭群鼓翼声响很大。飞行

时像其他鸭类一样,把头向前直伸出来,整个身体形成一个三角形,全群横列呈直线或“V”字型向前急进。从水面飞起时,有时冲天直上,有时挥动两翅,掠过一段水面后升起;降落时,也往往在水面掠过一段距离而入水中。叫声尖锐,音很似“qir-rii”或“kriil”,在冬季很少鸣叫。

绿翅鸭是我国水鸭体形中最小的一种。

#### 10. 绿头鸭

别名:野鸭子,大麻鸭,大红腿鸭。为青海湖繁殖鸟,数量不多。栖居于水浅而水生植物丰盛的湖泊、池沼,冬季在水库、江湾、河口等处也随时可见。

绿头鸭鸣声响亮,与家鸭极其相似,据考证是家鸭的祖先之一。喜结群活动,性机警,不易接近,平时多在湖中游荡、觅食。当受到干扰时,有条件就迅速游入芦苇丛中隐蔽;如无隐蔽处,则起飞入空中,并发出震天的叫声。杂食性,主要以各种杂草的种子、植物的茎根,以及水蛭、昆虫、软体动物等为食。越冬区配对。营巢条件多样化,在湖泊、河流沿岸的杂草垛中,蒲苇滩里的旱地上,倒树下的凹陷处,稠密的禾本科草丛中以及堤岸附近的浅穴里,有时也筑在大树的树杈间及其他鸟类的旧巢中。

#### 11. 赤嘴潜鸭 (*Netta rufina*)

别名:红嘴鸭。青海湖主要迁徙鸟,也有少量个体在青海湖繁殖。多3~5只集群,喜在宽阔水深之处活动,游泳和潜水能力很强,经常一个接一个潜水,追逐戏玩,或常在浅水中倒立,像其他水面性鸭类,能到达泥底和杂草处。杂食性,靠潜水获取食物,食物包括嫩枝、草芽、水生杂草种子和麦苗等,也食水生昆虫、蠕虫和蝌蚪等。窝卵数7~12枚(或14枚)。

#### 12. 白眼潜鸭 (*Aythya nyroca*)

别名:白眼鳧。为青海湖迁徙鸟,数量很少。常出没于富有水生生物和芦苇丛的淡水或半碱水的湖沼、池塘和湿地。冬季见于湖泊和海湾。

为古北界南部典型的淡水潜鸭,善于潜水,但在水下的停留时间不长,常在有芦苇的水草附近活动,并潜伏其中。晨昏常在浅水池中觅食,筑巢于隐蔽而靠近水边的芦苇和水草中。杂食性,但以植物性食物为主。

#### 13. 凤头潜鸭 (*Aythya fuligula*)

别名:泽鳧,凤头鸭子。为青海湖迁徙和越冬鸟。迁徙时,常集成大群,冬季群集更大。有时还与斑背潜鸭、青头潜鸭、红头潜鸭混群,于4月中旬见于青海湖。

凤头潜鸭栖息于湖泊、河流、水塘、水库以及沼泽等地。白天觅食,夜间栖息于近岸的软泥滩,或在离岸不远的水面上漂浮,也有个别迁至内湖活动。善于游泳和潜水,潜入水下数米觅食,可持续3~5min。杂食性,动物性食物包括多种软体动物、甲壳类、蠕虫、蝌蚪、小鱼等;植物性食物包括幼苗、水草等,比例较少。5~6月份繁殖,窝卵数6~12枚。

#### 14. 鹊鸭 (*Bucephala clangula*)

别名:喜鹊鸭,金眼鸭,白脸鸭。为青海湖旅鸟,栖息于水流湍急而清澈的河流,深水的塘堰、湖泊、沼泽等地。

属潜水鸭类,似红头潜鸭。陆上笨拙,飞行时迅速,方向多变,发出特别的啸声。

性机警,距人较远即飞离,一般不易靠近。主要吃动物性食物,包括软体动物、甲壳类及水生昆虫等。

#### 15. 普通秋沙鸭

别名:秋沙鸭,尖嘴鸭,鱼钻子。为青海湖夏候鸟,数量不多。广布于高原河流、湖泊。

潜水高手,能沉没整个身体,仅露出头和颈在水面。常采取集体行动捕鱼,围成一半圆形,把鱼赶进浅水区域捕食。7~8月份,一般由雌鸟带领幼鸭游弋。窝卵数5~8枚,作巢于树穴、石穴、悬崖峭壁处或高草中的凹陷处。

#### 16. 鱼鸥

别名:大海鸥,海猫子。为青海湖优势繁殖水鸟,主要集中在三块石和海心山,数量愈万只。鱼鸥于3月至4月上旬大批迁徙青海湖,分散在各条河口的河网地区,如布哈河、黑马河、沙柳河、甘子河及湖周围有泉水的地方。

鱼鸥以食鱼为主,也吃甲壳类动物。繁殖季节在4月中旬至5月末。巢为河滩上的一些小浅窝,垫以小灌木枝和水草等。窝卵数1~5枚,孵化期28~30d,雌雄共同孵化。雏鸟具早成性,雌雄同育雏,把半消化的碎鱼反刍至嘴边,当雏鸟啄亲鸟嘴尖的红斑时,便被喂到食物。半月后,亲鸟便以家族为单位,紧领雏鸟下水,练习游泳。喜群栖生活,外出觅食,在湖面飞翔或远游,常十余只一起活动。

#### 17. 棕头鸥

别名:小海鸥。为青海湖夏候鸟,数量在5000~6000只之间,常在湖泊、河流、沼泽、草原湿地的岸边及环水的岛屿中栖息活动。迁徙和繁殖季节,可在任何水体中出现。

棕头鸥以鱼、鱼内脏等废杂物,以及其他动物的内脏、蟹、软体动物和蠕虫等为食。喜集群。常与鸢和其他鸥类争吃一些散落的鱼食,或者停落在水边等候,也常涉水到水浪进退的边缘地方,浮捕鱼食或啄食被抛弃的各种可食杂物。繁殖期在5月末至7月份,窝卵数3~6枚。若有卵遗失则继续补卵至原数而不弃巢,但当全窝卵均遗失,亲鸟弃巢。孵化期25~26d,雏鸟晚成。

#### 18. 普通燕鸥 (*Sterna hirundo*)

青海湖夏候鸟。在各子湖、河流和沼泽均可见,但数量分散。栖息于湖岸、河口、沼泽地带。

以小群活动,一般2~3只或3~5只在上空盘旋,偶见单个活动,以鱼、水生昆虫为食。寻食时拍打双翅停在空中,紧盯着水面,一旦发现鱼饵便急速俯冲啄食。有时见其停栖在河滩或湖沼间。繁殖期在4~6月份,群栖繁殖,筑巢在水边或沙滩,巢很简陋,常用一小堆芦草或干草构成,有时就在沙石地上扒一洼窝为巢。窝卵数1~3枚。

#### 19. 黑颈鹤

别名:黑头鹤,青庄,冲虫。为青海湖繁殖鸟,湖区约有7个繁殖对,每一对的繁殖领域为1km<sup>2</sup>,常在溪流或泥泞、潮湿的草地上活动。

每年3月份由越冬地迁飞到繁殖地。初到繁殖期还是集群活动,4月中旬便成对活动,觅食同时寻找巢区。性机警,但不甚畏人,尤其不畏当地穿民族服装的人,因而在

湖沼边草地上常和畜群混杂在一起进行觅食等活动。4月中旬以后开始交配,婚舞交配。5月初开始产卵,巢区选择在入畜不易到达的四面环水,地势稍高,多有高草丛生的地方。巢材依筑巢地周围生长的草被而定。雌雄轮流孵卵,一只孵化,一只觅食。窝卵数1~2枚。雏鸟早成性。杂食性,以植食性食物为主。在越冬地,主要以农田中残留的作物种子和一些植物的根茎,或者以昆虫为食。

黑颈鹤为青藏高原特有珍稀禽类,被列为国家一级重点保护动物及CITES附录I中,《红皮书》将它划作濒危物种。

#### 20. 红脚鹬

别名:赤足鹬,东方红腿。为青海湖繁殖鸟,栖息于湖边、河边、沼泽、草原,大多单个或小群活动,在地面上跑得很快,飞翔力强,飞翔时翼鼓动较慢。鸣声响亮,声似“tu”声,边飞边鸣。在地面或沼泽地,将嘴伸入水中或泥中找寻食物,食物多为鞘翅目、双翅目、蜉蝣目及软体动物。营巢于沼泽地草丛中较干燥的地方,内铺干草。在繁殖期间,当有人侵入时,常发出“去危”“去危”的连续叫声,有时还盘旋于空中。窝卵数一般4枚,多时6~8枚。孵化期23~25d。

### (三) 栖息地保护

水鸟栖息地的保护,本质上就是湿地保护。这是一个十分复杂又科学性极强的系统工程,需要科学的决策和多方的参与,特别是普通公众的参与,才能真正做出成效。青海湖流域生态环境保护与综合治理规划在一定程度上是我国进行湿地保护的典范,更需要不断地在实践中探讨和总结。这里仅就保护工作提出一些思路。

#### 1. 信息的传递和投入

在很大程度上,青海湖湿地保护问题是对具有国际重要性湿地的意义认识不足。解决这一问题的关键是宣传现代环境保护知识,特别是生态学知识的普及。过去的做法只是注重面向普通公众和利用学校对青少年进行宣传。但屡屡出现问题的,却出现在不同层次的决策层。因此,当务之急是针对不同决策层的思想观念开展教育,提高他们的认识。

#### 2. 建立强有力的协调机构

青海湖水鸟栖息地保护涉及的部门众多。每个部门在作出保护措施时,必然从本部门的立场和观点提出具体的措施。但问题是部门之间的共同点,也就是有共识的方面,可能得到了实施和落实。但生态保护问题,往往出现在最薄弱的环节,也就是部门之间共识不够,特别是相互冲突的局部。这是目前保护工作的盲点,必须有强有力的协调机构出来监测、发现和采取措施给以消除。

#### 3. 利益相关者的参与

目前,青海湖湿地的保护模式是以保护区管理局为主,其他部门参与为辅。但实际情况却是“一夫当关”。政府各部门之间的配合或许通过协调能解决部分问题,但许多不对等的社会群体,他们作为利益相关者却被有意无意地排斥到保护参与者的行列之外。更有甚者,部门之间会利用这些社会群体之间的问题,相互制约,形成内耗。这一关键是解决好那些相关的社会群体的参与问题,实际上就是他们之间的利益问题。

## 四、流域环境保护与污染治理

### (一) 流域环境保护与污染现状

#### 1. 流域环境保护基础设施

(1) 城镇环境保护基础设施现状及生活污水排放状况：青海湖流域内除鸟岛和151旅游景区外，各乡镇均无排水管网系统和污水处理系统。依据《青海省“十一五”城镇污水处理及再生利用设施规划》，流域内天峻县新源镇和刚察县沙柳河镇将安排排水工程建设，排水系统采用雨污合流制。其他各城镇尚未安排建设城区排水管网系统。

依据流域内基准年人口情况测算，青海湖流域生活污水排放量为 $5\,848\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。主要污染物为BOD、COD、SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$ ，其排放量分别为 $1\,462\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $2\,924\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $2\,339.2\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $175.4\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ （表7-4-1）。

表 7-4-1 青海湖流域生活污水排放量

| 地 点   |        | 排放量<br>( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ) | 主要污染物排放量 ( $\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ ) |       |         |                          |
|-------|--------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|-------|---------|--------------------------|
|       |        |                                             | COD                                          | BOD   | SS      | $\text{NH}_3 - \text{N}$ |
| 合 计   |        | 5 848                                       | 2 924                                        | 1 462 | 2 339.2 | 175.44                   |
| 天 峻 县 | 新 源 镇  | 600                                         | 300                                          | 150   | 240     | 18                       |
|       | 快尔玛乡   | 160                                         | 80                                           | 40    | 64      | 4.8                      |
|       | 江 河 乡  | 160                                         | 80                                           | 40    | 64      | 4.8                      |
|       | 舟 群 乡  | 80                                          | 40                                           | 20    | 32      | 2.4                      |
|       | 织合玛乡   | 80                                          | 40                                           | 20    | 32      | 2.4                      |
|       | 阳 康 乡  | 80                                          | 40                                           | 20    | 32      | 2.4                      |
|       | 龙 门 乡  | 80                                          | 40                                           | 20    | 32      | 2.4                      |
| 刚 察 县 | 沙柳河镇   | 720                                         | 360                                          | 180   | 288     | 21.6                     |
|       | 哈尔盖乡   | 560                                         | 280                                          | 140   | 224     | 16.8                     |
|       | 伊克乌兰   | 320                                         | 160                                          | 80    | 128     | 9.6                      |
|       | 泉 吉 乡  | 320                                         | 160                                          | 80    | 128     | 9.6                      |
|       | 吉尔孟乡   | 160                                         | 80                                           | 40    | 64      | 4.8                      |
| 海 晏 县 | 甘子河乡   | 240                                         | 120                                          | 60    | 96      | 7.2                      |
|       | 托勒蒙古族乡 | 160                                         | 80                                           | 40    | 64      | 4.8                      |
|       | 青海湖乡   | 128                                         | 64                                           | 32    | 51.2    | 3.84                     |
| 共 和 县 | 石乃亥乡   | 480                                         | 240                                          | 120   | 192     | 14.4                     |
|       | 黑马河乡   | 320                                         | 160                                          | 80    | 128     | 9.6                      |
|       | 江西沟乡   | 400                                         | 200                                          | 100   | 160     | 12                       |
|       | 倒淌河镇   | 800                                         | 400                                          | 200   | 320     | 24                       |

注：此资料为2004年数据。

(2) 流域内生活垃圾处理设施现状及其产生量:“十五”期间,利用国家投资已在沙柳河镇、新源镇、“151”景区、鸟岛景区建成生活垃圾填埋场。此外,共和县倒淌河镇即将动工建设生活垃圾填埋场(表7-4-2)。

表7-4-2 青海湖流域已建生活垃圾填埋场地点

| 建设地点   | 运行初期处理量<br>( $t \cdot d^{-1}$ ) | 使用年限<br>(a) | 垃圾填埋场容量<br>( $\times 10^4 m^3$ ) | 工程进展     |
|--------|---------------------------------|-------------|----------------------------------|----------|
| 沙柳河镇   | 22                              | 15          | 22                               | 2005 年建成 |
| 151 景区 | 3.7                             | 15          | 5.25                             | 2004 年建成 |
| 鸟岛景区   | 2.5                             | 15          | 1.4                              | 2004 年建成 |
| 新源镇    | 11.4                            | 20          | 16.3                             | 2006 年开工 |

由于流域内经济社会发展迟缓,财政收入困难,用于城镇基础设施建设的资金投入十分有限,垃圾收集、运输、处理及处置整体水平很低,普遍存在较为严重的垃圾污染。其中居民点的生活垃圾都是随意倾倒在周边的河道、空地和山沟,没有任何处理设施,不仅严重影响环境卫生,对当地居民的身心健康造成危害,而且也极大地影响了青海湖旅游胜地的外观形象。同时,垃圾沥水通过污染局部土壤和地下水,还影响到流域的水环境质量。据调查资料,目前流域内垃圾产生量为  $103.3t \cdot d^{-1}$  (表7-4-3)。

表7-4-3 青海湖流域垃圾产生量

| 县 域 | 地 点    | 产生量<br>( $t \cdot d^{-1}$ ) | 县 域 | 地 点     | 产生量<br>( $t \cdot d^{-1}$ ) |
|-----|--------|-----------------------------|-----|---------|-----------------------------|
| 天峻县 | 新源镇    | 6.6                         | 刚察县 | 沙柳河镇    | 13.2                        |
|     | 舟群乡    | 1.5                         |     | 哈尔盖乡    | 5.9                         |
|     | 江河乡    | 2.9                         |     | 伊克乌兰    | 2.9                         |
|     | 织合玛乡   | 1.5                         |     | 泉吉乡     | 10.3                        |
|     | 快尔玛乡   | 2.9                         |     | 吉尔孟乡    | 5.9                         |
|     | 阳康乡    | 1.5                         | 共和县 | 石乃亥乡    | 14.7                        |
|     | 龙门乡    | 1.5                         |     | 黑马河乡    | 5.9                         |
| 海晏县 | 甘子河乡   | 4.4                         |     | 江西沟乡    | 7.6                         |
|     | 托勒蒙古族乡 | 2.9                         | 合 计 | 倒淌河镇    | 8.8                         |
|     | 青海湖乡   | 2.4                         |     | 19 乡(镇) | $103.3t \cdot d^{-1}$       |

注:此资料为2004年数据;按已建垃圾收集处理设施满负荷能力计算,目前无害化处理率仅为19.2%。

(3) 工业污染现状:流域范围内除刚察县和天峻县原有一些小企业及煤矿外,基本上无大的工业污染源。目前仅有季节性牛羊屠宰废水产生,且都处在干旱的草原腹地,对流域水体的污染影响轻微;原有工业企业因经营不善或达不到国家污染物排放标准,已依法实行关、停、转、迁。

(4) 面源污染现状:面源污染主要包括兽药污染、化肥和农药污染。青海湖流域是青海省的重点牧区,年均内外寄生虫驱虫的牛羊约294万头只(次)。20世纪80年



代在湖北、湖东地区曾修建有多处药浴池,药浴药物短时间排放量较大,对部分入湖河流水质造成了影响。近年来,流域区内在防治绵羊、牦牛内外寄生虫上基本不再使用有机氯和有机磷农药,而以新型、高效、低残留药物替代,用药方式也逐步以喷雾法代替药浴法,用药地点大多在流域外的夏季草场,且喷雾后药液随即干燥。目前,这些药浴池均已废弃,喷雾驱虫又在远离青海湖滨进行,不会对湖系水体及附近草地造成污染。

以往在长时间、大剂量、大范围内曾广泛使用农药和化肥,使得土壤中残留大量农药和化肥,经雨水冲刷、淋溶随地表径流进入湖体,对湖水造成影响。随着流域内农场和乡镇大规模退耕还草的实施,农作物种植面积逐年减少,相应地化肥、农药使用量亦随之减少。随着生物技术的发展,近年来流域内草地灭鼠、灭虫多采用综合防治方案,对土壤造成的污染也在逐年减轻。

(5) 旅游景区污染:生态旅游污染是流域除城镇污染、农牧业面源污染之外的重要污染因素。湖区主要旅游景区为青海湖鸟岛景区、151 景区和沙岛景区。

1) 污水处理:青海湖鸟岛景区地处青海湖西端,其西北与海西山相连,西南接泉湾湿地。青海湖流域最大的河流——布哈河流经该区并注入湖体,形成著名的布哈河湿地。鸟岛景区内仅有一个村庄(年乃索麻村),约 1 800 人,生活污水约  $200\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。鸟岛另一主要水污染源为旅游接待中心的生活污水。目前,旅游旺季(4~10 月份)污水产生量为  $100\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。旅游淡季污水产生量为  $7 \sim 8\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。污水中主要污染物为 COD、BOD、SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$  等,其浓度分别为  $400\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $250\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $300\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $30\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

鸟岛景区污水处理站设在青海湖自然保护区管理局布哈河大桥以东,青海省渔政管理站南面的陡坎下,于 2002 年 8 月开工新建一套地埋式成套污水处理设备,污水处理能力为  $400\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,可以满足当地现状及旅游发展对污水处理的需求。污水处理站采用厌氧、好氧两级处理工艺,处理后污水达到国家综合排放一级标准,处理后污水全部用于鸟岛景区绿化用水,不再排入布哈河。

“151”景区采用雨污分流形式,沿南北方向布置景区主要污水分支管,次分支管依据地形布置在东西方向人行道下端,仅在滨湖路、帐房路布置东西方向的污水汇流干管。雨水管只设在南北方向的道路下。排水管总长 4 988 m。“151”景区主要水污染源是景区生活污水,污水产生量为  $650\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 。污水中主要污染物为 COD、BOD、SS、 $\text{NH}_3 - \text{N}$  等,其浓度分别为  $400\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $250\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $300\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $30\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。污水处理站位于东环路以东,设计处理能力  $700\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,能满足 2020 年景区污水处理需求。污水处理站采用的污水处理工艺是生物滤池,出水水质达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)的一级标准,处理后的污水由潜水泵提升至景区东南方向草场。

沙岛景区污水主要来自于综合服务区、沙漠运动区和沙漠理疗区的生活污水,污水产生量为  $260\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ,其主要污染物为 COD、BOD、SS 等,排放浓度分别为  $400\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $250\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  和  $300\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。现已在综合服务区建成日处理规模 500 t 的污水处理设施,其处理能力能满足规划水平年的污水排放量。

2) 噪声污染:从 2002 年 5 月起,禁止一切有噪音污染和尾气污染的车辆驶入鸟岛景区,游客可步行或乘坐电瓶车入景区观鸟。据现场噪声监测结果,151 景区与鸟岛景

点声环境质量良好(表7-4-4)。

表7-4-4 青海湖流域噪声监测结果(单位: dB(A))

| 测点 | 315线哈尔盖大桥<br>(7月10日)                      | 315线鸟岛村<br>(9月4日) | 109线K1270+200<br>(7月11日)                     | 鸟岛宾馆和草场<br>(7月12日) | 151景区<br>(9月3日) |
|----|-------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------|--------------------|-----------------|
| 结果 | 车流量50辆·<br>h <sup>-1</sup> ,因风力太<br>大未测噪声 | 48~50             | 车流量55辆·<br>h <sup>-1</sup> 41.2(本<br>底)~82.2 | 宾馆37.2<br>草场36.6   | 42~43           |
| 标准 | 4类:昼70,夜<br>55                            | 4类:昼70,夜<br>55    | 4类:昼70,夜<br>55                               | 0类:昼50,夜<br>40     | 0类:昼50,夜<br>40  |

注:此表来源于青海省环境监测中心站2003年监测数据。

3) 固体废物污染:青海湖景区生活垃圾随着游客的增加,其产生量亦逐年上升。以2000年为例,游客在5~9月份达73.7万人(次),按人均0.5kg·d<sup>-1</sup>计算,可产生生活垃圾368t。从实地调查看,锅炉房炉渣和生活垃圾混在一起倒在湖边,造成游客视觉污染。常住人口生活垃圾年排放量为3.6t。湖边和景区公路两旁垃圾遍地,长期露天堆放而未加及时处置,不仅严重影响景区环境质量,而且成为景区一大公害。

4) 已建成和在建环境保护基础设施:新建的鸟岛污水处理站于2004年通过环境保护验收,日平均处理污水量400t,污水处理采用二级生化处理,废水处理达到国家《污水综合排放标准》(GB8978-1996中二类水体的一级标准)排入收集池;青海湖“151”景区建设的一座污水处理站已于2005年建成,日平均处理污水量700t,采用生化处理工艺,处理后污水达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996)一级标准后回用于景区绿化。鸟岛新建的垃圾卫生填埋场工程于2004年通过环境保护验收,垃圾卫生填埋场占地6700m<sup>2</sup>,库容1.4×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,可服务15年;青海湖“151”景区新建的垃圾卫生填埋场工程于2005年建成,垃圾卫生填埋场占地2×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>,库容5.25×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,可服务15年。青海湖“151”景区新建集中供热工程,现已投入使用。青海湖旅游景区环境保护基础设施建设见表7-4-5。

表7-4-5 青海湖旅游景区环境保护基础设施建设

| 序号 | 项目名称          | 项目内容                    | 建设规模 |    | 建设期   |
|----|---------------|-------------------------|------|----|-------|
|    |               |                         | 单位   | 数量 |       |
| 1  | 鸟岛污水处理站       | 日处理污水400t               | 座    | 1  | 2002年 |
| 2  | 鸟岛环保电瓶车       |                         | 辆    | 13 | 2002年 |
| 3  | 鸟岛景区旱厕、活动厕所   |                         | 个    | 3  | 2004年 |
| 4  | 青海湖151景区污水处理站 | 日处理污水700t               |      |    | 2005年 |
| 5  | 鸟岛垃圾处理场       | 库容14000m <sup>3</sup>   | 处    | 1  | 2004年 |
| 6  | 151景区垃圾处理场    | 库容52500m <sup>3</sup>   | 处    | 1  | 2004年 |
| 7  | 151景区集中供热工程   | 供热面积52000m <sup>2</sup> | 座    | 1  | 2005年 |
| 8  | 沙岛景区污水处理站     | 日处理污水500t               | 座    | 1  | 2005年 |

## 2. 环境质量现状

(1) 流域主要河流水环境质量：流域各主要河流水环境功能及水质保护目标见表 7-4-6。

表 7-4-6 青海湖流域各水系水质目标及水质现状

| 河流名称              | 长度<br>(km)                | 水质目标<br>(类别) | 水质现状                          |
|-------------------|---------------------------|--------------|-------------------------------|
| 倒淌河(共和县)          | 60                        | Ⅲ类           | 总氮超标、高锰酸盐指数超标、COD 超标          |
| 希格尔曲(天峻县)         | 88.2                      | I 类          | 满足水质目标                        |
| 峻河(天峻县)           | 97                        | I 类          | 满足水质目标                        |
| 夏日哈曲(天峻县)         | 91                        | I 类          | 满足水质目标                        |
| 江河(天峻县)           | 20                        | Ⅱ类           | 满足水质目标                        |
| 吉尔孟曲(刚察县)         | 93                        | I 类          | 总氮超标、高锰酸盐指数超标、COD 超标          |
| 阳康曲(天峻县)          | 137                       | I 类          | 满足水质目标                        |
| 布哈曲(天峻县)          | 37                        | Ⅱ类           | 满足水质目标                        |
| 布哈河(天峻县、刚察县、共和县界) | 87                        | Ⅱ类           | 总氮超标                          |
| 乌哈阿兰曲(刚察县)        | 60                        | Ⅱ类           | 满足水质目标                        |
| 瓦音曲(刚察县)          | 38                        | I 类          | 总氮超标                          |
| 伊克乌兰曲(刚察县)        | 51                        | Ⅱ类           | 总氮超标                          |
| 哈尔盖曲(刚察县)         | 100.8                     | Ⅱ类           | 总氮超标                          |
| 哈登曲(海晏县)          | 30.2                      | Ⅱ类           | 满足水质目标                        |
| 错果湖(共和县)          | 10km <sup>2</sup> (面积)    | Ⅲ类           | 满足水质目标                        |
| 尕海(海晏县)           | 48.4km <sup>2</sup> (面积)  | Ⅲ类           | 满足水质目标                        |
| 青海湖(共和、海晏、刚察县)    | 4 264km <sup>2</sup> (面积) | Ⅲ类           | 15 个监测断面中大部分总氮、高锰酸盐指数和 COD 超标 |

注：青海湖流域各水系水质目标根据《青海省水环境功能区划》(2004 年)整理。

据青海省环境监测中心站 2004 年 7~9 月份对青海湖流域的水质监测报告显示，在青海湖入湖河流 8 个监测断面（布哈河、伊克乌兰河、吉尔孟河、乌哈阿兰河、哈尔盖曲、甘子河、倒淌河、黑马河）的 24 个监测项目中，总氮全部超过青海省水环境功能区划中规定的水质保护目标；甘子河、吉尔孟河、倒淌河断面超标；化学需氧量甘子河、吉尔孟河、泉吉河和倒淌河 4 个断面高锰酸盐指数超标。在青海湖流域 15 个监测断面的 24 个监测项目中，总氮、高锰酸盐指数和化学需氧量的大部分均超青海省水环境功能区划中规定的水质保护目标，其余断面和监测项目均符合《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中Ⅲ类水域功能的标准值。

(2) 地下水环境质量：流域绝大部分地区的潜水和承压水均处于天然本底状态，水质较好，符合饮用水标准。

(3) 大气环境质量：流域环境空气质量一般处于自然本底状态。潜在污染源是畜牧业、农业、旅游业和城镇居民生活产生的废气，以及开发建设活动造成的局部和阶段

性空气环境质量影响。但由于排放源分散,大气环境容量充足,流域整体环境空气质量良好。

## (二) 环境污染主要因素分析

根据现状调查和环境监测结果,青海湖流域环境空气质量、地下水环境质量和噪声环境质量基本达到自然保护区的环境质量标准。土壤环境质量有局部污染,主要是生活垃圾污染所致。由于主要城镇原有少量工业企业已经关停,点源污染基本是城镇和居民点生活垃圾、生活污水、医疗废水、医疗废物和锅炉烟尘,以及旅游景点的水汽声噪污染和生态破坏;面源污染主要来自农药、化肥污染,由于近年来退耕还草和畜牧驱虫技术的改进,面源污染影响已经很小。因此,造成青海湖环境污染的主要因素是城镇生活污水和生活垃圾。

除生活污水未经处理直接或间接进入青海湖水体外,居民区倾倒在河道或周边的生活垃圾经雨水淋滤,有害物质也进入河流或地下水,从而造成青海湖水体污染。水体污染对青海湖生态系统的负面影响已经非常明显。据2003年青海省环境保护局组织的调查,在黑马河河口湿地、泉吉滩湿地已经出现局部的富营养化。有关资料显示,曾作为青海湖候鸟主要栖息地的各入湖河口地带,近20年来栖息鸟类大幅度减少。究其原因,一是人类活动侵扰加剧,二是水环境质量下降,使栖息地生态环境恶化、食物减少所致。同时,城镇污水和垃圾污染已经对流域经济社会发展造成了极大干扰。牛羊因吞食塑料垃圾致死现象时有发生,刮风时产生的“垃圾尘”、“塑料雪”严重破坏了草原景观,损坏了青海湖景区形象。

此外,生态环境保护管理体系薄弱也是造成流域生态环境恶化的重要原因。流域生态环境监管工作政出多门,环境监察、自然保护区管理、草原监理、林业监察、水土保持预防监督、渔政管理、水资源监察等部门,在开展生态环境保护工作时缺乏对自然生态系统完整性和系统性保护的统一认识,存在思路不同、措施不一、执法交叉甚至相互矛盾、执法手段简单、开展生态保护的项目需求不统一等问题,同时政府部门也缺乏必要的工作平台和控制手段。

## (三) 城镇人口规模与主要污染物排放预测

### 1. 人口发展与主要污染物排放测算

城镇人口规模的预测是确定污染治理建设规模的基础。目前采用2004年人口基数和各县人口自然增长率预算,至2020年流域人口不足10万。但是,近年来到青海湖旅游人数每年已达百万以上,而且还在逐年递增。基于以上分析,根据2004~2020年《青海省城镇体系规划》,青海湖流域城镇的布局及城镇人口规模的确定遵循如下原则:①《青海省城镇体系规划》提及的县城驻地镇,刚察县沙柳河镇人口数采用自然增长率计算,天峻县新源镇人口数按该县发展规划确定;②《青海省城镇体系规划》提及的五级重点建制镇倒淌河、一般建制镇采用自然增长率计算,并根据规范的人口范围及各地城镇化率进行适当的调整,确定人口规模。

依据《给排水设计手册》和《医院污水处理技术指南》,结合当地实际情况,城镇

综合生活污水排放量指标定为人均  $120\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$ ，医院污水排放量指标定为床均  $300\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$ ，水平年城镇内产生生活污水总量为  $24\,891.2\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ （含医院污水预处理量  $363.2\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ）。城镇污水产生量见表 7-4-7。

表 7-4-7 青海湖流域城镇污水产生量预测

| 地 区   |        | 2004 年排放规模<br>( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ) | 2020 年排放规模<br>( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ) |
|-------|--------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 合、计   | 19 个乡镇 | 6 743.6                                            | 21 168                                             |
| 天 峻 县 | 新源乡    | 600                                                | 1 800                                              |
|       | 快尔玛乡   | 260                                                | 276                                                |
|       | 江河乡    | 277.8                                              | 276                                                |
|       | 舟群乡    | 260                                                | 144                                                |
|       | 织合玛乡   | 260                                                | 144                                                |
|       | 阳康乡    | 260                                                | 144                                                |
|       | 龙门乡    | 260                                                | 144                                                |
|       | 吉尔孟乡   | 160                                                | 960                                                |
| 刚 察 县 | 泉吉乡    | 320                                                | 960                                                |
|       | 沙柳河镇   | 720                                                | 2 640                                              |
|       | 伊克乌兰乡  | 277.8                                              | 240                                                |
|       | 哈尔盖乡   | 560                                                | 2 400                                              |
| 海 晏 县 | 甘子河乡   | 240                                                | 960                                                |
|       | 托勒蒙古族乡 | 160                                                | 960                                                |
|       | 青海湖乡   | 128                                                | 960                                                |
|       | 石乃亥乡   | 480                                                | 960                                                |
| 共 和 县 | 黑马河乡   | 320                                                | 2 400                                              |
|       | 江西沟乡   | 400                                                | 2 400                                              |
|       | 倒淌河镇   | 800                                                | 2 400                                              |

注：此表中数据为 2020 年的预测污水产生量。

据统计，2004 年流域人均垃圾产生量为  $1.35\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ 。资料显示，国内垃圾年增长率高达  $6\% \sim 10\%$ 。随着居民生活水平的提高，人均生活垃圾产生量也会不断增长。当地产生的垃圾中煤灰、炉渣占垃圾总量的  $60\%$ ，并随着清洁燃料的使用，垃圾中煤灰等无机组分将逐年降低，而有机物及塑料、纸张、玻璃、金属等可回收物质则逐年增加。综合考虑以上因素，流域内垃圾年增长率按  $0.95\%$  计算，预测水平年人均垃圾产生量达到  $1.57\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ ，城镇内产生生活垃圾总量为  $382.17\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ （表 7-4-8）。

## 2. 预测结论

(1) 根据城镇污水产生量预测值，2004 年排放规模为  $6\,743.6\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  ( $246.14 \times 10^4\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ )，2020 年排放规模  $21\,168\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  ( $772.6 \times 10^4\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ )，为 2004 年的 3.14 倍。如不考虑污水处理项目建设，则在水体总量和城镇污水排放方式均保持目前水平的前提下，加之青海湖地处高寒地区，水体自净能力较低，同时闭合湖区的环境污

表 7-4-8 青海湖流域生活垃圾产生量预测

| 地 区   |        | 2004 年产生量        |                  | 2020 年产生量        |                  |
|-------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|       |        | $t \cdot d^{-1}$ | $t \cdot a^{-1}$ | $t \cdot d^{-1}$ | $t \cdot a^{-1}$ |
| 合 计   |        | 103.3            | 37 704.5         | 338.21           | 123 446.7        |
| 天 峻 县 | 新源镇    | 6.6              | 2 409            | 23.56            | 8 599.4          |
|       | 快尔玛乡   | 2.9              | 1 058.5          | 3.61             | 1 317.65         |
|       | 江河乡    | 2.9              | 1 058.5          | 3.61             | 1 317.65         |
|       | 舟群乡    | 1.5              | 547.5            | 1.89             | 689.85           |
|       | 织合玛乡   | 1.5              | 547.5            | 1.89             | 689.85           |
|       | 阳康乡    | 1.5              | 547.5            | 1.89             | 689.85           |
|       | 龙门乡    | 1.5              | 547.5            | 1.89             | 689.85           |
|       | 沙柳河镇   | 13.2             | 4 818            | 34.54            | 12 607.1         |
| 刚 察 县 | 泉吉乡    | 10.3             | 3 759.5          | 31.4             | 11 461           |
|       | 吉尔孟乡   | 5.9              | 2 153.5          | 31.4             | 11 461           |
|       | 哈尔盖乡   | 5.9              | 2 153.5          | 31.4             | 11 461           |
|       | 伊克乌兰   | 2.9              | 1 058.5          | 7.85             | 2 865.25         |
|       | 甘子河乡   | 4.4              | 1 606            | 12.56            | 4 584.4          |
| 海 晏 县 | 托勒蒙古族乡 | 2.9              | 1 058.5          | 12.56            | 4 584.4          |
|       | 青海湖乡   | 2.4              | 876              | 12.56            | 4 584.4          |
|       | 倒淌河镇   | 8.8              | 3 212            | 31.4             | 11 461           |
| 共 和 县 | 黑马河乡   | 5.9              | 2 153.5          | 31.4             | 11 461           |
|       | 江西沟乡   | 7.6              | 2 774            | 31.4             | 11 461           |
|       | 石乃亥乡   | 14.7             | 5 365.5          | 31.4             | 11 461           |

注：此表内数据为 2020 年预测生活垃圾产生量。

染累积效应明显。届时，“高原明珠”虽不会成为“滇池第二”，但导致湖区生态系统结构简单、抗干扰能力和自我恢复能力低下，造成食物链残缺不全，湖区现有的生物种类将面临灭顶之灾，存活种群数量和结构也将发生根本改变，其恶化趋势将甚于河流断面。

(2) 规划区内各乡镇 2004 年生活垃圾产生量为  $103.3t \cdot d^{-1}$  ( $3.77 \times 10^4 t \cdot a^{-1}$ )，2020 年生活垃圾产生量将为  $338.21t \cdot d^{-1}$  ( $12.35 \times 10^4 t \cdot a^{-1}$ )，将增长 3.27 倍。目前，流域生活垃圾已经成为影响旅游业、畜牧业发展以及破坏青海湖生态的重要因素，届时受生活垃圾产生量的增多，加上湖区高寒垃圾自然分解消减缓慢，如不采取有效措施，青海湖周边的垃圾影响更加突出。

(3) 开展湖区城镇污水和生活垃圾的治理，建设基本完备的环境保护基础设施体系，不仅是流域生态环境保护与综合治理的需要，而且也是建设社会主义新农村新牧区的需要，是流域发展现代畜牧业和生态旅游业的需要。建设的必要性不言而喻，而且在时间上也相当紧迫。

#### (四) 流域生态环境保护与管理

鉴于青海湖流域生态地位的重要性，多年来，国家和青海省各级政府都着力加强了



对这一地域生态环境保护和建设的投入。流域目前从事生态环境保护的部门包括环境监察、自然保护区管理、草原监理、林业监察、水土保持预防监督、渔政管理、水资源监察等。为切实提高青海湖流域生态环境保护与综合治理的建设效果,并使这一建设成果发挥长期效益,必须强化区域环境管理和监测手段,建立健全协调机制。

### 1. 区域环境管理

(1) 流域环境监管体系设计:通过青海湖流域环境监管体系设计,有效整合流域内从事生态环境保护各部门的管理资源,通过协调和有效设计,建立一个各部门高效协同配合的、界面友好的、面向政府部门和社会公众服务的流域生态保护管理监督执法体系,这是实现流域自然生态完整和系统保护目标的基础工作。主要工作内容包括流域生态环境保护、现有管理资源现状调查、环境监管体系编制设计,以及生态保护各部门联席会议、事故报告、社会公告、环境问责等制度建设。

(2) 机构与监管能力建设项目:针对目前流域环境保护执法能力薄弱、监管手段短缺的问题,开展环境综合监管能力建设,保障规划项目的顺利实施和长期有效运行,及时发现并解决环境问题,形成流域生态环境保护的长效机制。主要内容是在流域环境监管体系设计的基础上,按照充分利用现有管理资源、填平补齐、提升管理能力和反应能力的原则,对流域环境监察、自然保护区管理、草原监理、林业监察、水土保持预防监督、渔政管理、水资源监察等生态保护执法部门,按照执法性质和范围的不同,进行人员、办公设备、交通通讯及管理信息建设,在环境问题发生时确保发现及时、定性正确、处理果敢、措施有效。

(3) 流域生态功能区划:在生态功能保护的思想指导下,全面而系统地调查掌握项目区自然和社会经济状况,特别是对土地利用现状、土地承载力及承载现状、流域社会经济发展对不同地域土地利用需求、流域内各生态子系统的敏感性、生态服务功能的重要性等情况进行调研,充分利用已有的相关研究成果,根据国家生态环境保护相关法律法规和本区域相关规划成果,划分出严格和实用意义上的自然保护区地界,分禁牧区、轮牧区、旅游景点区、城镇区域及其他区域等流域生态功能区域地界,分区制定不同区域的生态环境保护和综合治理方案,编制生态功能区划报告。这一成果经各部门和地方政府充分协调和专家论证后由青海省人民政府颁布,作为流域生态环境保护与综合治理规划实施的基础性文件,实现流域开展生态保护与治理、开发建设活动、城镇建设与发展三统一。

### 2. 环境保护宣传教育

为强化生态环境保护的社会公众意识,在环湖公路、铁路的主要路段路口、主要城镇设立宣传牌碑,编印环境保护科普材料,开展相关环境宣教活动等。

## (五) 污染治理实施方案

### 1. 城镇污水治理项目

城镇污水治理项目应以青海湖湖体水质保护为目标,青海湖流域作为封闭内陆盆地,功能区类型为自然保护区,禁止新设排污口,将流域内对青海湖湖体水质起重要影响的城镇生活污水进行处理,要求达到回用水标准并实现再生回用。城镇污水处理设计

目标必须达到《城市污水再生利用、景观环境用水水质》(GB/T18921-2002)中的城市杂用水标准, BOD 为  $6 \sim 10 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , SS 为  $10 \sim 20 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 总氮为  $15 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , 总磷为  $0.5 \sim 1.0 \text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。然后, 结合流域城镇实际情况, 本着节省投资、经济实用的原则, 综合考虑人口规模和所在城镇的区位重要性及直接影响湖体水质、重要鱼类产卵场和重要动物栖息地等三方面因素, 根据专家咨询会论证意见, 在规划范围 3 镇 16 乡, 5 个农牧场中确定 2 个县政府所在地开展城镇污水治理建设项目 (表 7-4-9)。

表 7-4-9 青海湖流域城镇污水治理项目

| 属 地 | 地 点           | 2020 年城镇规模<br>( $\times 10^4$ ) | 项目名称      | 重 要 性                                                    |
|-----|---------------|---------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------|
| 合 计 | 2             | 3.7                             |           |                                                          |
| 刚察县 | 沙柳河镇 (包含伊克乌兰) | 2.2                             | 沙柳河镇污水处理厂 | 县城所在地, 地处入湖主要河流沙柳河下游, 直接影响湖体水质; 为青海湖裸鲤重要产卵场所, 重要的鸟类栖息地   |
| 天峻县 | 新源镇           | 1.5                             | 天峻县城污水处理厂 | 县城所在地, 地处入湖主要河流布哈河中游, 直接影响湖体水质; 为青海湖裸鲤重要产卵场所, 重要湿地与鸟类栖息地 |

规划确定的 2 个城镇的生活污水通过污水管网全部排往污水处理厂处理, 污水处理厂全部采用半地下式建设格局。污水处理厂建设规模见表 7-4-10。

表 7-4-10 青海湖流域污水处理厂建设规模

| 城 镇 名 称       | 城镇污水量<br>( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ) | 污水排放量 ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ) |         | 建设规模<br>( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ) |
|---------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|
|               |                                               | 医院污水                                       | 生活污水    |                                              |
| 合 计           | 4 905.5                                       | 124                                        | 4 781.5 | 5 000                                        |
| 沙柳河镇 (包含伊克乌兰) | 3 083                                         | 101.5                                      | 2 981.5 | 2 500                                        |
| 新 源 镇         | 1 822.5                                       | 22.5                                       | 1 800   | 2 500                                        |

## 2. 生活垃圾收集与处置

流域内人口居住相对集中的县、乡所在地按照《城市环境卫生设施设置标准》的要求, 建设压缩式中转站, 在偏远乡镇设置生活垃圾集中收集点, 通过垃圾压缩车定期统一收集, 使规划区域内居民生活垃圾统一收集、暂存, 实现垃圾收集密闭化。同时, 根据青海湖区域广阔、人口居住分散的特点, 在现有刚察县沙柳河镇、天峻县新源镇、青海湖国家重点风景名胜区“151”景区、青海湖鸟岛景区生活垃圾填埋场基础上, 规划建设共和县倒淌河镇、黑马河乡两座生活垃圾卫生填埋场, 将能满足以其为中心, 在半径 50km 内所有乡镇 2005 ~ 2020 年生活垃圾无害化处理的要求。与此同时还在沙柳河镇设置 3 座压缩式垃圾中转站, 并按规范在乡镇设置地坑式垃圾储存站和分类式垃圾收集箱, 使城镇生活垃圾无害化处理率 2010 年达到 60%, 2020 年达到 80%。

## 第八章 珍稀物种保护与自然保护区建设

### 一、普氏原羚保护及种群恢复

#### (一) 普氏原羚概述

原羚属 (*Procapra*) 是中亚地区的特有属, 它包括 3 个种, 即普氏原羚、藏原羚和蒙古原羚 (*Procapra gutturosa*)。虽然这 3 个种在国内均有分布, 但只有普氏原羚才是我国特有种。

普氏原羚属偶蹄目 (*Artiodactula*), 牛科 (*Bovidae*), 原羚属动物。个体比藏原羚大, 成体平均体重在 27kg 以上, 体长约 110cm, 肩高约 50cm。毛被呈棕黄色或沙黄色, 四肢内侧以及胸、腹部为白色。尾巴较短, 不足 11cm, 奔跑时, 小尾巴翘起, 使白色的臀斑分外显眼。普氏原羚只有雄性个体有角, 角长约 30cm, 角自头顶长出后, 二角几乎平行向上向后延伸, 最后二角尖明显向内弯。从角基部开始具有明显的环棱, 角尖端光滑无棱。角的形态是鉴别原羚的主要特征之一。

据笔者调查, 普氏原羚分布区的地形地貌大致可划分为沙丘与草地交错地带、剥蚀台地 (或其他类型的台地) 草原地带和山麓缓坡、沟谷及沟谷间平缓草原地带。这些地形起伏较大, 但又不是陡峭的山坡。普氏原羚很善于隐蔽, 无论取食或活动, 卧息或反刍, 均不易被人 and 捕食者发现。其栖息地主要为高寒草原植被类型、草甸化草原植被类型、温性草原植被类型、荒漠化草原植被类型和沙生植被类型 (表 8-1-1)。

表 8-1-1 普氏原羚分布区的植被类型

| 植被类型    | 优势种          | 群落盖度 (%)    |
|---------|--------------|-------------|
| 高寒草原植被  | 紫花针茅         | 71.5        |
| 草甸化草原植被 | 芨芨草          | 63.5        |
|         | 1. 芨芨草       | 93.1        |
|         | 2. 西北针茅      | 68.5 ~ 93.1 |
| 温性草原植被  | 3. 青海固沙草     | 41 ~ 75.53  |
|         | 4. 扁穗冰草      | 60          |
|         | 5. 扁穗冰草、丛生黄芪 | 59          |
| 荒漠化草原植被 | 青海固沙草        | 47.5        |
| 沙生植被    | 圆头沙蒿         | 61.25       |
| 盐地湿生植被  | 1. 西伯利亚蓼、碱蓬  | 40.2        |
|         | 2. 星星草、海乳草   | 84.65       |

据调查结果分析表明,普氏原羚应属较为典型的草原有蹄类动物,其主要栖息于各种草原植被为主的生境中,也可栖息于发育良好的沙地植被(草原成分占据相当比例)与盐生湿地草甸生境中。根据普氏原羚的适生程度,其分布生境内植被类型的出现频度由高到低依次为温性草原→沙生植被→高寒草原→荒漠化草原→草甸化草原→盐地湿生草甸。

清晨和傍晚为普氏原羚的主要摄食时间,其间常到湖边和泉水处饮水,白天大部分时间在山谷或各类丘陵旁、芨芨草丛中休息。在青海湖流域的活动范围小而固定,对生境专一性要求较强,分布海拔在3 194~3 800m之间(表8-1-2)。普氏原羚与藏原羚的分布区重叠,但与蒙古原羚分布区无重叠。

表8-1-2 普氏原羚分布区

| 分布区   | 分布面积 (km <sup>2</sup> ) | 海拔范围 (m)      |
|-------|-------------------------|---------------|
| 合 计   | 878                     |               |
| 元者区   | 60                      | 3 214 ~ 3 246 |
| 湖东克图区 | 100                     | 3 234 ~ 3 347 |
| 海晏刚察区 | 460                     | 3 184 ~ 3 263 |
| 塔勒旋果区 | 68                      | 3 283 ~ 3 303 |
| 鸟岛区   | 74                      | 3 194 ~ 3 213 |
| 生格区   | 32                      | 3 587 ~ 3 730 |
| 切吉滩   | 84                      | 2 941 ~ 2 972 |

普氏原羚的婚配制度为一雄多雌制,每年繁殖1次,发情交配期在12月至翌年1月份。妊娠期为5~6个月,大多在6月中旬至7月上旬产羔。每胎产仔1~2只。

历史上,普氏原羚在我国分布较广。从1875年俄罗斯探险家Przewalski在内蒙古鄂尔多斯采集模式标本后(Ellerman, 1951),国内外科学家曾先后在内蒙古、甘肃和青海等地采集过标本(Allen, 1940; 王香亭等, 1982; 蔡桂全等, 1992)并对普氏原羚在青海、内蒙古西部、甘肃北部、新疆东南部、宁夏等地区的分布作了记载(Ellerman, 1951; 王宗祯等, 1963; 张荣祖, 1964; 中国科学院西北高原生物研究所, 1989; 王香亭, 1991; 郑杰等, 2003)。蒋志刚等(1995)还绘制了普氏原羚的历史分布图(图8-1-2),但图中未标示该动物种类在新疆维吾尔自治区的分布范围。

由于受人类经济活动和自然因素共同作用的影响,近50年来,普氏原羚数量急剧下降,使分布区范围萎缩至青海湖东北部与西部的鸟岛一带(蔡桂全等, 1992; 蒋志刚等, 1995; 2004; 毕俊怀等, 1999),并成为世界上最濒危的有蹄类动物之一。1996年被IUCN(国际自然保护联盟)红皮书列为极危级动物(CR)(Baillie and Groombridge, 1996),1998年又被中国濒危动物红皮书列为濒危动物(E)(汪松, 1998)。

## (二) 分布现状和数量

为了配合“普氏原羚拯救保护工程”的开展,笔者于2003年参加了对普氏原羚分布状况及其数量的专项调查。结果表明,青海湖流域分布有6个隔离的小种群,即元者

群、湖东克图群、海晏刚察群、塔勒旋果群、鸟岛群和生格群（图 8-1-3）。

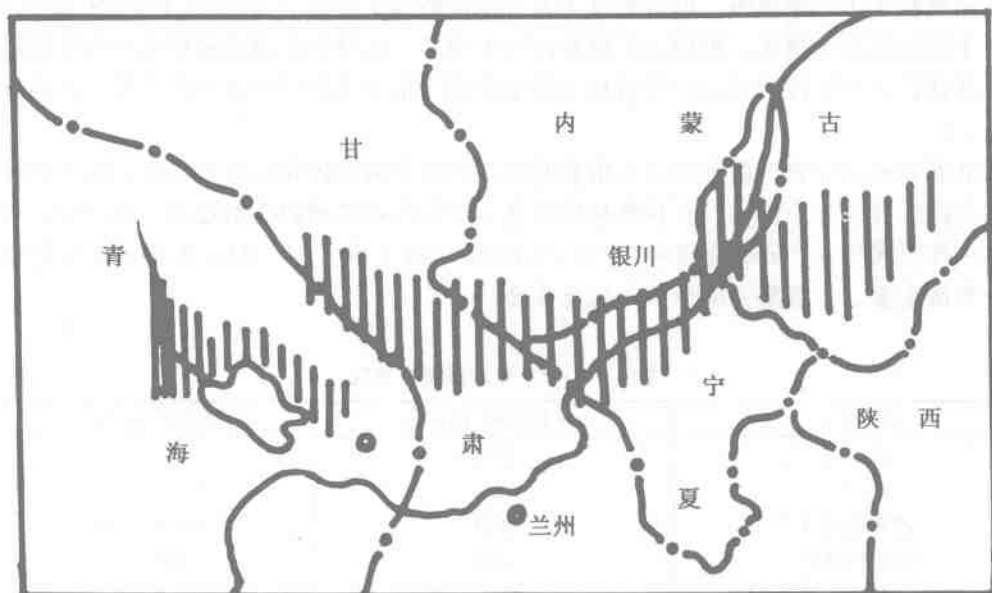


图 8-1-2 普氏原羚历史分布示意图（引自蒋志刚等，1995）

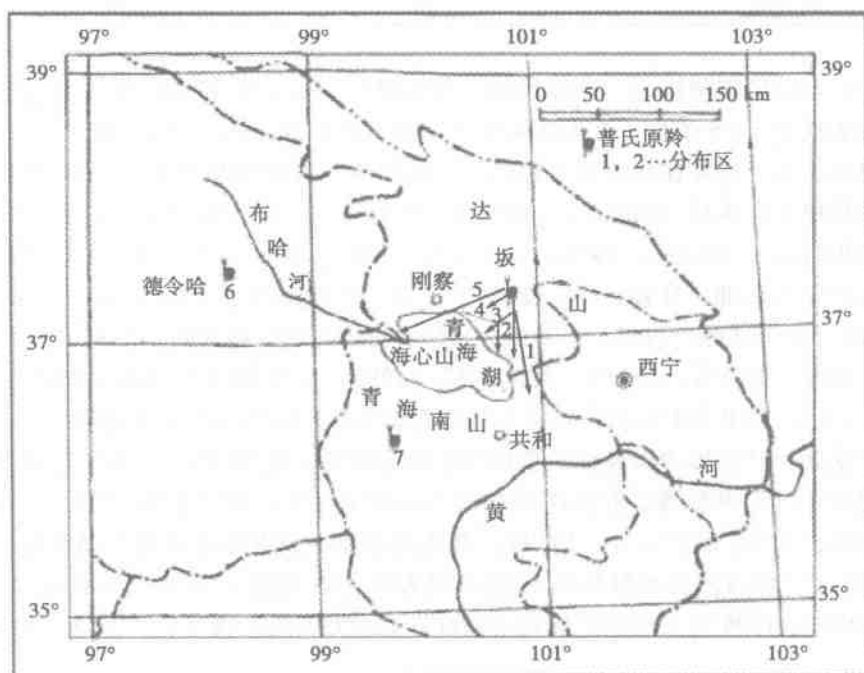


图 8-1-3 普氏原羚现状分布示意图（引自叶润蓉等，2006）

### 1. 分布现状

(1) 元者群: 分布于湖东种羊场以南, 倒淌河以北, 在环湖东路和元者村之间, 北纬  $36^{\circ}30' \sim 36^{\circ}36'$ , 东经  $100^{\circ}46' \sim 100^{\circ}53'$ , 分布区面积约  $60 \text{ km}^2$ , 分布海拔  $3\,214 \sim 3\,246 \text{ m}$ 。元者种群由于受到湖东种羊场、农田和公路等阻隔, 无法与相毗邻的湖东—克图种群进行基因交流, 成为孤立的独立种群。该分布区内无沙丘, 普氏原羚以高低起伏的剥蚀台地和芨芨草丛作为隐身场所。

(2) 湖东—克图种群: 位于克图火车站南面, 湖东种羊场北面, 环湖东路和日月山之间, 北纬  $36^{\circ}40' \sim 36^{\circ}50'$ , 东经  $100^{\circ}47' \sim 100^{\circ}54'$  之间, 区域面积约  $100 \text{ km}^2$ 。该区生存有湖东群和克图群。在这两群普氏原羚栖息地之间有沙山阻挡, 但在沙山的沟谷内, 有曲折的廊道相通, 群间可能存在基因交流, 因此可将它们归为同一种群。该种群由于受到环湖东路的阻隔, 不能与海晏—刚察种群相互来往, 形成独立种群。

(3) 海晏—刚察种群: 位于沙柳河以东, 克图火车站以西, 南临青海湖, 北近 315 国道, 大致范围在北纬  $36^{\circ}51' \sim 37^{\circ}14'$ , 东经  $100^{\circ}14' \sim 100^{\circ}47'$  之间, 分布面积约  $460 \text{ km}^2$ 。该区栖息有两个大群: 一群经常在海晏湾一带活动; 另一群常在哈尔盖曲东面活动, 而在土地闲置期 (每年 10 月至翌年 3 月份) 则常在哈尔盖曲以西的农田区活动。通常分散成 2~3 只或 7~8 只的小群, 但母子群一般多为 20~30 只的大群。清晨采食期间或午间卧息, 反刍时能见到 50 只以上的大群。据调查表明, 这两群普氏原羚之间不存在天然或人为阻隔, 因此将它们视为同一个种群。

(4) 塔勒旋果种群: 位于 315 国道以北, 擦那曲以南, 甘子河与哈尔盖曲之间, 北纬  $37^{\circ}11' \sim 37^{\circ}16'$ , 东经  $100^{\circ}30' \sim 100^{\circ}38'$  之间, 面积约  $68 \text{ km}^2$ 。塔勒旋果种群由于受甘子河乡和 315 国道的阻挡, 尽管与海晏—刚察种群相距很近, 但可能缺乏相互往来和基因交流, 也成为孤立的隔离种群。

(5) 鸟岛种群: 位于环湖西路和青海湖之间, 南以保护区公路为界, 北临 315 国道, 大致范围在北纬  $37^{\circ}00' \sim 37^{\circ}06'$ , 东经  $100^{\circ}46' \sim 100^{\circ}54'$  之间, 面积约  $74 \text{ km}^2$ , 其中裸露的沙丘面积约占 1/2。该区由于来往人员频繁, 另外还有 10 余户固定牧户, 故使生性谨慎的普氏原羚的行动无踪, 取食场所不定, 常隐于湖边沙丘, 偶见其踪影。

(6) 生格种群: 分布于天峻县生格乡东北部和阳康曲之间, 北纬  $37^{\circ}17' \sim 37^{\circ}31'$ , 东经  $98^{\circ}29' \sim 98^{\circ}41'$  之间, 面积约  $70 \text{ km}^2$ 。由于夏日格曲北面的达拉玛里沟、琐柔沟、恰同沟和夏日格曲南面的加琐沟以及快尔玛乡西面一带没有沙丘, 普氏原羚主要在山麓缓坡、山坳和山谷间的平缓地带活动。虽然夏日格曲将普氏原羚隔成两个群, 但在冬季河面封冻后, 两个群才能相互往来。

在这一区域还出现普氏原羚与藏原羚同域分布现象。通常普氏原羚栖息于平缓的山间盆地, 而藏原羚则栖息于山坡。当普氏原羚受到惊扰时, 也会跑向山坡, 但二者毛色差异明显, 普氏原羚被毛为金黄色, 藏原羚为暗褐色, 且普氏原羚的个体比藏原羚大。

普氏原羚除青海湖流域分布的 6 个群外, 在共和盆地 (切吉滩) 也有小群分布。

### 2. 种群数量

青海湖流域普氏原羚共有 6 个群, 累计数量为 527 只 (表 8-1-3)。其中, 海晏—刚察群数量最多, 达 190 只, 占全流域数量的 36%; 鸟岛种群数量最少, 只有 19



只, 仅占 3.6%。

表 8-1-3 普氏原羚种群数量

| 种群名称       | 遇见群数 | 每群个体只数                                       |
|------------|------|----------------------------------------------|
| 合 计        |      | 602                                          |
| 元者种群       | 4    | 27, 2, 8, 9 (46)                             |
| 湖东—克图种群    | 8    | 5, 35, 11, 4, 17, 16, 28, 18 (134)           |
| 海晏—刚察种群    | 12   | 17, 19, 3, 53, 2, 4, 5, 75, 1, 1, 1, 9 (190) |
| 塔勒旋果种群     | 4    | 17, 7, 32, 6 (62)                            |
| 鸟岛种群       | 2    | 8, 11 (19)                                   |
| 生格种群       | 5    | 27, 7, 2, 27, 13, (76)                       |
| 切吉滩种群(流域外) | 7    | 3, 6, 5, 8, 16, 15, 22 (75)                  |

### (三) 致危成因分析

普氏原羚面临的致危因素较多, 既有自然因素, 也有人为因素, 概括起来有以下七个方面的因素。

#### 1. 狩猎过度 and 偷猎

半个世纪前, 青海湖地区的草原上, 散布着上万只普氏原羚, 人们为了度过那场“大饥荒”, 曾开着卡车猎杀普氏原羚, 致使普氏原羚种群数量锐减。尽管 1973 年农林部起草《野生动物资源保护条例》, 但并没有完全终止猎杀普氏原羚。1983 年, 国务院颁布《关于严格保护珍贵稀有野生动物的通令》, 规定制止乱捕滥猎野生动物等内容。然而, 仍有偷猎者不断偷猎普氏原羚。1987 年国务院发布《关于坚决制止乱捕滥猎和倒卖走私珍贵野生动物的通知》, 各级政府逐渐加大了对偷猎的控制。1988 年《野生动物保护法》颁布, 至此, 猎杀普氏原羚的活动才逐步得到遏制。但普氏原羚种群数量已受重创, 很难在短时期内恢复。

#### 2. 草场围栏

构建围栏是草地管理的重要措施。通过围栏, 将草地划分成若干区, 可按照一定次序进行轮牧、调节草食动物对草原生态系统中植物的采食强度, 防止草地退化, 以实现草地可持续利用的目的。但我国大部分牧区的围栏成为每户牧民承包草地的隔离网, 将成片的草地分隔成小块, 使以快速奔跑作为躲避危险的普氏原羚, 因慌不择路, 而直接撞向铁丝网, 撞伤和挂死在铁丝网上的普氏原羚绝非鲜见。据刚察县林业环保局调查认为, 围栏对普氏原羚的觅食、寻偶、产仔、育幼、逃避天敌等正常活动设置了重重障碍。由于网围栏的大量使用, 使原本栖息地范围很小的普氏原羚丧失了更多最合适的生境(李迪强等, 1999) 和生存空间, 围栏已成为普氏原羚等野生有蹄类动物的致命障碍。

#### 3. 栖息地和生境要素丧失

野生动物生境减少、退化与破碎化是野生动物生存面临的最大威胁之一。人类的各种经济活动是导致野生动物生境破碎化的最直接原因。1997 年以前, 湖东—克图与海

晏—刚察分布区之间由沙丘相连,沙丘间有通道,两地的普氏原羚可自由往来,这表明湖东—克图与海晏—刚察群原先属同一种群。随着环湖东路的修建,公路从沙丘中穿过,使原有的生境和通道遭到破坏,一个大种群就被人为分割成2个小种群。此外,小北湖和下西嘛一带都曾是普氏原羚的栖息地(魏万红等,1998),小北湖还是湖东群的主要水源地。笔者1995年在小北湖一带还见过10余只普氏原羚。然而这次调查,此地已没有普氏原羚栖息,这可能与环湖东路的修建和通行有直接关系。由于公路通行后,车辆和行人过往频繁,干扰或破坏了普氏原羚的栖息环境,从而造成该处栖息地的丧失。同时,伴随栖息地丧失,普氏原羚原来赖以生存的生境要素水源也随之丧失(目前只有一个给牛羊饮水的人工饮水点)。另从地形、地理位置和植被类型看,元者与湖东—克图种群应属同一种群,由于湖东种羊场和农田的阻隔,尤其是层层“草库仑”的阻隔,才将它们分割成2个独立群。这表明青海湖东、北岸的普氏原羚本属同一种群,完全是人为活动的影响,才造成了种群的破碎和栖息地的萎缩。

#### 4. 气候变化与自然灾害影响

恶劣的自然环境也是普氏原羚数量减少的原因之一。近百年来,青海湖流域气候呈暖干化趋势变化,湖水水位下降、湖面缩小,致使湖区草地退化,产草量减少,加之超载过牧,使普氏原羚栖息地进一步恶化。

#### 5. 食物匮乏

季节性的食物匮乏,是普氏原羚生存面临的又一大威胁。由于青海湖流域夏秋草场大多在海拔3 500m以上,而普氏原羚的分布海拔在3 184~3 347m,这表明普氏原羚栖息于冬春草场。青海湖流域的冬春草场与夏秋草场面积接近1:1,但冬春草场的利用时间约占全年的2/3(党陈延,1998;魏克家等,1999)。在漫长的冬春季节,可以取食的草地大多被牛羊占领,普氏原羚被排挤到牧草稀少的边缘地带。据湖东牧民介绍,冬天清晨打开家门,时常见到普氏原羚在居民区或羊圈附近,与牲畜争食牧草。这表明生性胆小、谨慎的普氏原羚已处于极度饥饿状态。

#### 6. 天敌捕杀

普氏原羚的天敌主要是狼。目前狼的捕食已威胁到普氏原羚的生存。随着《野生动物保护法》颁布和对野生动物保护力度的加大,狼的数量逐年上升。笔者开展普氏原羚调查期间,在元者、湖东克图、塔勒旋果和鸟岛等地均见到被狼捕食后的普氏原羚尸体残骸。普氏原羚本来就是狼的食物之一,捕食可起到优生劣汰,优化被捕食者种群。但是,由于网围栏的阻挡,再强壮的个体也无法躲避,因此狼的捕食对普氏原羚种群已构成直接威胁。加之普氏原羚现有种群数量很少,狼的捕食无疑是雪上加霜。

#### 7. 潜在的灭绝危险

由于受各种因素的影响,普氏原羚种群逐步演变成彼此隔离的小种群,而小种群内部的近亲繁殖将导致种群基因退化,直接影响到普氏原羚的种群繁殖率、幼子存活率和种群个体对环境的抵抗力,使种群的脆弱性加大,生存力减弱,当灾害出现时极易造成局部小种群的灭绝。同时,普氏原羚的生态可塑性窄,对生境专一性要求较强,有蹄类本身又需要较大的活动范围。因此,这些因素均限制了普氏原羚在自然条件下通过个体迁移,占据新栖息地发展形成新种群。这表明普氏原羚现有小种群均存在灭绝的潜在危

险,相对缺乏形成新种群的可能性。

#### (四) 保护对策与建议

综上所述,普氏原羚出现濒危是受自然因素和人为因素的共同影响。尽管青海省野生动物主管部门加强了对普氏原羚的保护工作,但要使其资源得以恢复,所面临的形势仍然十分严峻。因此,保护和拯救普氏原羚是一项十分艰巨而复杂的系统工程,针对目前存在的问题提出以下对策和建议。

##### 1. 保护现存栖息地

保护普氏原羚栖息地,就是保护普氏原羚。目前,普氏原羚的适宜栖息地极为有限,应严格控制人为开发和占有普氏原羚现存栖息地的相关活动。对需要开展的项目,应建立严格的报批审核制度。在批复前,由有关部门组织专家及职能管理人员共同进行前期的科学论证和评估,并作为审批过程中的重要依据。目前,首先应把面积最大的刚察—海晏分布区列为普氏原羚重点保护区。

##### 2. 提高保护功能

在保护好现有栖息地的同时,应控制放牧强度,加强草地改良与建设,拆除原有的草地围栏,对缺少水源的地方增设饮水点,为普氏原羚的生息创造良好条件,把提高保护功能与生态系统管理相结合。

##### 3. 深入开展科学研究

虽然从20世纪90年代开始,已对普氏原羚开展了一些调查研究,但仍不完善、不系统,缺乏对普氏原羚种群生态学、行为学和保护生物学等方面的深入研究,尤其是深入探索普氏原羚的生物学特点、普氏原羚对环境变化的适应、普氏原羚保护与区域经济发展的关系放到长远发展的战略目标中去研究,这将有助于找到普氏原羚的保护对策,同时又不影响地方经济发展。

##### 4. 培育人工繁育群,加快种群恢复

普氏原羚已成为极度濒危的物种,现存的局部小种群随时都可能受到随机因素影响而灭绝。因此,要确保该物种的存在,除保护好现有种群和它们的栖息地外,还应开展人工驯养和繁殖生物学等方面的研究。通过人工驯养,不断释放繁殖后代,以补充野生种群,增加野生种群的遗传多样性,防止或减少小种群的近交衰退。此外,通过人工驯养和繁殖生物学等方面的研究,来为今后普氏原羚人工驯养开辟新栖息地提供科学依据和积累实践经验。

##### 5. 制定相关物种发展政策,解决农牧民生产生活中的问题

要保护和提高普氏原羚栖息地质量,首先要缓解生态保护与畜牧业生产之间的矛盾。无论是通过社区共管,付给一定的报酬,还是通过一定的补偿机制,解决牧民群众生活中的实际困难,这都需要有相应的政策依据。因此,必须根据实际情况制定出相应的惠民政策。

#### (五) 普氏原羚保护与利用

保护野生动物资源的最终目的是为了能够更好地持续利用资源。一种野生动物资源能否

被直接开发利用,取决于以下四个方面的因素,即种群数量、分布范围、濒危程度和人工饲养繁殖是否成功。由于普氏原羚既不是世界范围的广布种,又不是国内广布种,加之现有数量十分有限,最大隔离种群不足 200 只,属濒危物种。因此,普氏原羚资源目前还不能直接利用。

普氏原羚是羚羊家族中最漂亮的种类,它不仅有美丽的皮毛、矫健的身姿、奔跑时轻盈的舞步都显露出自然的美,给人以美的享受。目前要在加强对普氏原羚保护的同时,开发其非直接利用价值,并将收入用于牧民的草地补偿,以激发当地农牧民群众保护野生动物的积极性,从而有利于对普氏原羚的保护。

## 二、青海湖自然保护区的管理与建设

青海湖自然保护区始建于 1975 年,同时建立保护管理站。1984 年又建立青海湖自然保护区鸟岛管理处,1997 年 12 月经国务院批准青海湖自然保护区晋升为国家级自然保护区。保护区范围,东至环湖东路,西至环湖西路,南至 109 国道,北至青藏铁路所包围的区域,核心区面积为 4 952 km<sup>2</sup>,其中水域面积 4 283 km<sup>2</sup>。保护对象为此范围内的野生动植物资源及其生态环境。

### (一) 机构设置

青海湖国家级自然保护区管理局隶属青海省林业局主管,办公地点设在海北州刚察县泉吉乡年乃索麻村,距离鸟岛 11 km,离西宁市 280 km。该管理局内设办公室、保护科研科、旅游宣传科和森林派出所。此外,还在环湖周围设有 5 个保护站,1 个野生动物救护中心。

### (二) 主要责任和职能

根据《中华人民共和国自然保护区条例》(国务院令第 167 号 1994 年 10 月 9 日)以及根据国务院、省政府和国家林业局的有关规定,主要履行如下职责:①依法保护区内的自然资源和自然环境,特别是珍稀濒危物种(普氏原羚等)和鸟类资源的拯救保护工作;②严格履行《关于特别是作为水禽栖息地的国际重要湿地公约》赋予的职责和义务,保护与恢复湿地生态系统;③开展对生物物种的救护和驯养繁殖业务;④负责编制并实施保护区总体规划和近、中期建设发展规划以及濒危物种、湿地生态、禽流感监测等保护项目;⑤负责保护区内的保护管理基础设施建设;⑥审核、办理在保护区内考察、教学实习、拍摄、拍照等入区手续;⑦开展保护区内与生态资源和自然环境保护相关的行政执法工作;⑧开展野生动物疫源疫病(如野生鸟类禽流感)监测防控工作;⑨开展保护区内野生动植物、湿地资源及生态环境的科研工作;⑩在保护好自然资源和环境的条件下,开展生态旅游管理工作;⑪开展生态保护科普宣传工作,发挥作为全国科普教育基地和爱国主义教育基地的宣传教育功能。

### (三) 功能区划分

根据保护区的自然地理特征和建设任务以及保护的重要性、必要性,将保护区划分为核心区、缓冲区和实验区

#### 1. 核心区

核心区自然资源和生态环境资源保存较为完好具有典型的代表性,在管理方面要实行绝对保护,不得进行任何影响和干扰生态环境的活动,保证自然演替条件,实行全封闭保护管理。核心区面积共 $91\,252\text{hm}^2$ ,占保护区总面积的18%。核心区的作用是保持其生态系统和物种不受人为干扰并在自然状态下的演替和繁衍,保证核心区的完整和安全。

根据保护区湖域面积大小、鸟类分布聚集、湿地保护需要等实地情况,设立以下6个核心区:①以鸟岛为中心的鸟岛核心区;②以鸬鹚岛为中心的鸬鹚岛核心区;③分布于泉湾、布哈河口地带的湿地核心区;④以三块石为重点的三块石核心区;⑤以海心山为核心的海心山核心区;⑥分布于沙岛、尕斯库勒湖地带的沙岛核心区。

#### 2. 缓冲区

在各核心区周围根据实际需要划定缓冲区范围。缓冲区内可进行必要的监测工作,通过保护和移民工程缓解生态环境逐步恶化的势头。该区面积为 $47\,215\text{hm}^2$ ,占保护区总面积10%。缓冲区的作用是缓解外界压力,防止人为活动对核心区的影响,对核心区生态环境的保护具有必不可少的意义。该区内可进行有组织的科研、教学、考察等活动。

#### 3. 实验区

除核心区、缓冲区之外,其余部分划为实验区。该区面积为 $356\,733\text{hm}^2$ ,占保护区总面积的72%。由于该区河口湿地较多,是开展科学实验活动的集中地区。在保证生态环境不受破坏的前提下,按技术规程,根据可利用资源和地域特点,在区内可进行科研、教学、生态旅游等活动,并在可控制的情况下开展与保护方向一致的经营活动,以持续培育自然资源、改善自然环境、合理利用自然资源和人文资源为目的来发展经济。

### (四) 资源保护与管理

青海湖自然保护区是一个野生动物和植物资源丰富、生态环境独特而美丽的地域,环湖周围交通发达、企事业单位多、土地使用者情况复杂,保护管理难度较大。为了保护好资源,保护管理工作应根据国家规定和当地实际情况,坚持保护第一、尊重自然、分类保护、科学管理的原则,实施对重要区域和关键季节的重点保护,对人为活动多的地方加强管理。主要保护管理的区域和方法如下。

#### 1. 海心山的保护和管理

海心山位于青海湖中心,面积为 $1.22\text{km}^2$ ,为保护区的核心区,主要分布有鱼鸥、鸬鹚两种鸟类,以及禾本科植物。在岛屿东南角的沙滩上聚集有约600只鸬鹚和3100只鱼鸥在此做窝繁殖;而在岛屿西北角的一片沙滩和乱石堆聚集着约4000只鸬鹚在此做窝繁殖。由于距离鸟岛湖岸边28km,可派遣巡护船和保护人员到海心山进行巡逻和

监测；同时岛屿上有少数僧人长期居住，亦可聘请他们为保护区的协管员，协助保护区进行保护管理。

### 2. 三块石的保护和管理

三块石位于青海湖西南方，距鸟岛约 20km，面积约  $0.1\text{km}^2$ ，是完全由岩石和沙滩所组成的岛屿。岛上只有鸟类生存，主要鸟类有鱼鸥、鸬鹚和斑头雁，以及极少数的赤麻鸭。鱼鸥数量占有优势，约有  $2.23 \times 10^4$  只，在岛屿东面的沙滩上做窝繁殖，占有岛屿面积的一半。鸟巢密集的地方有巢  $4 \sim 5$  个  $\cdot \text{m}^{-2}$ ，每个巢里有花斑状外壳卵  $2 \sim 3$  枚，卵的孵化率很高，但幼鸟的死亡率亦高。鸬鹚的数量次之，约有  $1.11 \times 10^4$  只，在岛屿西面的岩石上做窝繁殖，每巢有卵  $2 \sim 4$  枚，孵化率较高，成活率亦较高。斑头雁主要分布于岛屿西面平坦的岩石上做窝繁殖，数量约 1 200 只，每巢有卵  $5 \sim 9$  枚，虽孵化率不高，但成活率较高。成鸟以植物和昆虫为食。

此岛屿面积小，鸟的数量大，种类少，密度大，且水域活动面积大。是青海湖鸟类最集中的繁殖地，也是保护区的核心保护区，应严格禁止在岛上和周围水域有人为活动。

### 3. 鸟岛的保护和管理

鸟岛是保护区最早受到保护的区域，它是蛋岛和海西皮岛的总称。20 世纪 80 年代初，由于气候变化，湖水下降迅速，湖底裸露出来，使蛋岛和海西皮连接成片，成为半岛，就是目前众所周知青海湖鸟岛。

(1) 蛋岛：斑头雁和棕头鸥的集中繁殖地，面积  $0.3\text{km}^2$ 。斑头雁的数量约 7 000 只，每年 3 月份从南方的印度、孟加拉或西藏自治区等地飞来，在青海湖周围觅食，选择安全合适的地点做窝。斑头雁在水中交配后，在 4 月中旬做窝产卵并开始孵化，经过约 28d 的孵化，幼鸟出壳，由亲鸟带领离开巢区，四处觅食。棕头鸥来蛋岛做窝繁殖时间比斑头雁要晚  $20 \sim 30\text{d}$ ，棕头鸥每巢产卵  $2 \sim 3$  枚，卵的孵化率高，但幼鸟的存活率不高，孵化完卵后，待幼鸟长大后，大约在 9 月份开始离开青海湖迁徙飞翔。

蛋岛的保护与管理应根据地形特点和人为活动情况采取以下措施：①拉设围栏和浇筑地下水泥墙将鸟类繁殖核心区与缓冲区和实验区进行隔离；②防止和阻止野生动物狼、狐狸、猪獾和鹰等天敌入侵；③建设观鸟室和步行通道，减少人为活动的干扰；④安装计算机监测探头，运用现代化科技手段进行监测和管理，同时进行科学研究；⑤保护工作人员 24h 守候在此，进行现场管理和监测。

(2) 海西皮岛：约  $0.4\text{km}^2$  大岛屿，突起于湖面 30m，西南面坡度较缓，北面、东面、南面均为陡峭岩石；正东面不远处又有一块巨大柱状岩石从湖底破水而出，陡峭险峻，上面栖息着约 400 窝鸬鹚，奇特而壮观，被称为鸬鹚岛。鸬鹚喜欢在岩石上做窝，两岛悬崖上的鸬鹚数量约 2 000 只，经过 3 ~ 7 月一个繁殖期，鸬鹚的数量可增长 1 倍。鸬鹚幼鸟孵出后，亲鸟每天外出捕鱼来喂养幼鸟，直到幼鸟长大能自己捕鱼和飞行，然后到 10 月份迁飞。此处的保护与管理措施是：①拉设围栏和建设通道；②划分出观鸟区，限制人为活动范围；③对现场进行管理和监测。

### 4. 各河口、湿地的保护

青海湖周围的主要河流有 40 多条，常年流淌的入湖河流有 7 条，这些河流及其入



湖区域形成大面积湿地,成为鸟类觅食和栖息的重要场所。此外,环湖周围还有上千口泉眼,也是鸟类喜欢活动的地方,更是冬季大天鹅的主要活动地域。秋季上千只大天鹅从北方飞来青海湖,栖息在鸟岛、泉湾和尕日拉,并在此越冬,直到翌年春季才离开这里迁往北方。

在布哈河入湖口的滩地上,每年有棕头鸥、普通燕鸥在此做窝繁殖;鸬鹚、斑头雁、鱼鸥、潜鸭(*Aythya spp.*)、棕头鸥、翘鼻麻鸭、大白鹭和赤麻鸭等鸟类亦来此觅食。

沙柳河河谷有大片柽柳分布,形成灌木林地与湿地及草原的混合交错地带,成为燕鸥、凤头鸊鷉、鱼鸥的繁殖场所,也是黑颈鹤喜欢的活动区域。

哈尔盖曲两岸有大片草地和少量灌木,是普氏原羚的栖息地和繁殖场所。

甘子河流域有多个较大面积的湖泊湿地,多处芦苇丛生,成为黑颈鹤、凤头鸊鷉的繁殖地。此外,还有一定数量的白骨顶、大白鹭、苍鹭(*Ardea cinerea*),以及少量普氏原羚活动。

倒淌河自东往西流向青海湖,因青海湖水位不断下降,河水不能进入青海湖,而在低洼处形成一个子湖——耳海。这里分布有大面积沼泽芦苇湿地,吸引数量较多的凤头鸊鷉、赤麻鸭、大天鹅、黑颈鹤、大白鹭、苍鹭等来此活动。

黑马河流入青海湖的入湖口分布着面积较大的湿地,这里聚集有数量较大的斑头雁、鸬鹚、鱼鸥等,但繁殖鸟类很少,也有少数黑颈鹤活动栖息。

泉湾一带分布有众多的泉眼,地势平缓,形成大面积泉水湿地,是鸟类种类和数量最多的区域。这里有成千上万只潜鸭、斑头雁、鱼鸥、大天鹅、针尾鸭、赤麻鸭活动觅食,还有一定数量黑颈鹤、灰雁、大白鹭、苍鹭出没。上述区域的保护管理工作是:定期、定点、定人的巡逻调查和监测,观察和记录鸟的种类、数量和生态环境的情况,了解人为活动的情况。如果发现有盗猎或破坏行为,依法予以处置。

### 5. 野生动物保护与疫源疫病监测

本着尊重自然、保护自然、科学管理、持续发展的原则,尽可能地减少人为的干扰,以使保护区内的动物、植物、水生物以及它们生存栖息的环境维持自然状态。由于人为活动的加剧,使得这些野生动物相对失衡,主要表现在:①由于草原的过度放牧,使得草原退化,鼠害猖獗。为了保护草原采取人工或化学灭鼠,杀死了鼠类的天敌,如大鸢、草原雕、猎隼等。②草原网围栏建设,使得普氏原羚、藏原羚的活动区域受到限制。由于网围栏阻隔,普氏原羚多活动在靠近沙漠的地带,取食极少的沙生植物。同时也使得普氏原羚躲避天敌狼的袭击能力减弱。这些因素都可能导致自然生态平衡被打破,有些地区的食物链被打断。因此,对这一地区兽类的保护,也就是对重点保护动物的有效保护。但是,在特殊区域或时期,为了使重点保护动物数量得到回升,也会采取相应的保护措施。例如,为了有效阻止兽类对鸟类的威胁,同样采取了拉设围栏、浇筑地下隔离墙;对进入鸟群的狼、狐狸、草原雕等实施驱赶;对阻隔普氏原羚觅食和种群交流的部分围栏实施拆除,打开通道。此外,加强对兽类活动区域的巡护、调查和监测,防止盗猎等。

按照国家林业局关于建立野生动物疫源疫病监测点的要求,制定野生动物疫源疫病

突发应急方案,对保护区范围的野生动物活动区域进行了重点监测,工作落实到具体人员和地点。例如,2005年5月上旬保护管理人员在第一时间、第一现场及时发现鸟类异常死亡现象,经检测,为野生鸟类禽流感,按照上级的要求和应急方案采取封锁、隔离、清理病原、无害化处理等措施,加强发生地区及其周围区域的调查和监测。经过3个月的努力,终于控制了疫情,避免了其他兽类及人类感染。这次防治禽流感虽然取得了胜利,但也给保护区留下了三道难题:一是今后如何才能预防和控制禽流感的发生;二是如何才能防止类似的野生动物疫源疫病的发生;三是如何才能在自然环境中预防和控制动物疫病的传播。因此,野生动物疫源疫病的预防与控制就成了保护区的一项长期而艰巨的任务。

### (五) 开展科学研究

保护区内有大面积的水域、草原、沙漠、湿地、农田、牧场,有岛屿、景点,还有企事业单位等。自然生态系统复杂,人为活动多样,加上气候和季节的变化。要保护好野生动植物资源,就要有科学管理的措施,要能科学管理就要有科学的理论来指导。因此,抓好科研工作则是保护区工作的一个部分,必须在科研上做好以下几个方面的工作。

#### 1. 充分发挥科级人员的优势

由于保护区面积大、保护点多、保护线路长、保护的对象多,野生动物保护中心和科技人员在做好保护、管理、救护工作的同时,开展对斑头雁、棕头鸥、鸬鹚、大天鹅等的观察研究。主要的研究内容是:活动规律、适应能力、觅食特点、交配和繁殖的过程等。近几年来,救护中心的主要观察研究的内容有:①普氏原羚的交配和繁殖以及人工饲养的观察;②斑头雁人工饲养环境下的繁殖能力和生命周期的观察;③藏原羚的人工饲养及其活动规律;④长耳驴的觅食特点及其习性的观察;⑤普通鸬的习性观察;⑥黑颈鹤的习性观察等等。此外,还对蓑羽鹤、大白鹭、伯劳、猪獾和狼等动物进行饲养和救护,摸索和掌握一些基本技术和基本知识,有利于制定野外保护技术和措施。

#### 2. 与科研院所开展合作

为了摸清保护区内野生动物的习性和活动规律,更好地为保护和管理服务,在保护区科研人员不足和水平不高的情况下,保护区积极对外寻求合作开展科研工作。青海省林业局与中国科学院开展的协作框架下,保护区与中国科学院动物所、微生物所、病毒所、计算机网络中心等单位联合,对保护区的湿地和鸟类进行科研监测,使用最先进的GPS卫星跟踪系统,监测的主要鸟类有斑头雁、棕头鸥、鸬鹚、潜鸭、大天鹅等,重点监测鸟类的迁徙规律及其病菌的携带和传播;研究鸟类流行病的传播途径和发病规律。

与国家林业局林业科学研究院鸟类环志中心合作,参与科技部关于青海湖鸟类迁徙和疫源疫病监测研究的攻关课题。重点对保护区的常见鸟类实施环志、彩环、无线电跟踪和GPS远距离跟踪等多种方法的研究,发现了一些不同寻常的迁徙路线,对野生鸟类的疫病治疗和预防有着重要意义。

与国家林业局林业科学研究院森保所合作,参与科技部国家级自然保护区数字化标本建设课题研究,在专家的指导下,保护区派专人进行动植物标本采集、制作、拍摄、

鉴定和数字化录入工作。同时,建立保护区动植物标本馆和数字化标本库,为保护区科学管理和科普教育创造条件。

与中国科学院西北高原生物研究所专家协作,开展对青海湖鸟类物种的调查工作。经过多年努力基本摸清了青海湖区的鸟类数量,由原来的 168 种增加到 189 种,通过鉴定编写了青海湖鸟类名录。

## (六) 生态旅游管理

首先,规划线路,修建通道和步行区,建设观鸟台和观鸟室。其次,在鸟岛整个区域内禁止机动车入内,减少废气和噪音污染。第三,游客通过步行区到观鸟室或观鸟台参观。为了保证区内的游客和车辆的流动秩序,更好地保护环境,对鸟岛参观旅游进行以下三方面管理:即保护工作人员主要负责鸟类及其环境的保护和监测;电瓶车管理工作人员主要负责电瓶车的运行和调度;旅游服务人员主要负责检验门票、咨询解答、环境卫生、投诉管理。

## (七) 科普宣传

科普宣传是保护区工作的重要部分,由于保护的动植物资源丰富,管理良好,保护区被国家林业局评为先进单位和示范保护区,成为青海省爱国主义教育基地、全国科普教育基地、清华大学生物系学生的社会实践基地等。近几年来,与国家林业局、中国林学会、野生动物保护协会、大中专学校和中小学等众多单位联合举行科普活动,为师生提供教学实习条件,开展夏令营活动,进行科普教育。在青海省林业局的领导下,与有关部门专家一起,每年进行爱鸟周宣传和野生动物保护宣传月活动。保护区管理局还组织人员进行拍摄音像资料,与他人合作出版《青海湖鸟岛》宣传画册,并两次印刷《青海湖国家级自然保护区》宣传画册,预防禽流感宣传单,设计制作大型喷绘宣传牌、宣传栏、宣传长廊等,安装在保护区周围交通要道上。同时,利用环青海湖国际公路自行车赛、王洛宾艺术节等机会进行保护宣传,并与新闻媒体合作在报纸、杂志、电视上进行宣传报道,与 CCTV 合作拍摄了四集系列片《保护青海湖》,良好的自然环境和绮丽风光赢得了社会的赞誉,2005 年青海湖被评为中国最美五大湖之首。

## (八) 基本设施建设

自青海湖自然保护区建立以来,一直致力于保护设施的建设,但由于财力、物力、人力等诸多因素的限制,其建设发展非常缓慢。在 20 世纪 70~80 年代只建有几间平房,到 80 年代后期,为了解决专家学者科研考察和参观的需要,保护区内建成青海湖鸟岛宾馆。随着保护工作的发展,保护管理任务不断增加,科考参观的人数大增,原有的生活和工作设施已不能满足实际需要,在国家林业局和青海省林业局的大力支持下,国家批准了保护区的一期基本设施建设工程项目,投资 719 万元,保护区配套 480 万元,经过几年的努力,建设完成了办公楼、专家流动站、鸟岛保护站、黑马河保护站、湖东保护站、码头、停车场,购置了两艘水上巡逻船,配备了相应的办公设施和仪器设备以及交通工具,改善了办公和生活条件,提高了水上巡逻和调查检测的能力。

### （九）人员培训

为了提高保护管理水平，提高工作人员素质，加强培训业务也是保护区管理局的一项重要任务。一是派人参加青海省林业局安排的关于财会、计算机操作、档案管理和普法教育等培训；二是派人参加国家林业局安排的湿地监测、保护区管理、野生动物疫源疫病防控等培训班；三是派人参加在香港、日本、美国等地举办的关于野生鸟类保护和国际重要湿地管理等培训班；四是邀请中国科学院的动物、鸟类、植物、微生物、病毒、计算机的专家讲课；五是邀请省内专家和兽医到现场指导。经过职工多年的自学和不懈努力，目前保护区在野生鸟类识别、植物鉴定、禽流感监测、动物救护、标本制作、湿地管理、拍摄宣传和计算机操作等方面都有了长足的进步。

## 第九章 生态旅游与农村牧区基础设施建设

### 一、生态旅游与环境保护

青海湖作为国家4A级旅游景区,属湿地型自然旅游景区。湖水浩瀚缥缈,波澜壮阔,湖中五座小岛(蛋岛、海西皮、海心山、沙岛、三块石)似在海面上漂泊的五艘小舟,以其不同的形态特征而独具风光。青海湖是大自然赐予青藏高原的一颗璀璨的明珠,被联合国列入《国际重要湿地手册》,并加入《水禽栖息地国际重要湿地公约》而引起国际社会的广泛关注,是青海省乃至全国最富有高原特色和民族风情的生态旅游景区之一。随着环青海湖国际公路自行车赛的成功举办,它的知名度也在不断提升,青海湖流域已成为青海省吸引国内外游客的重点风景区。

然而,近十几年来,随着全球气候的变化和人为因素的影响,草地退化加剧,土地沙漠化日趋严重,青海湖水位逐年下降,青海湖流域生态环境恶化的问题愈来愈引起社会各界人士的热切关注。如何了解、认识青海湖,如何正确处理好生态旅游与环境保护的关系,使青海湖流域经济社会与自然生态实现可持续发展,就成为当今各级政府决策者、投资开发者、科研工作者及环境保护工作者共同探讨的课题。

#### (一) 流域生态旅游与环境保护的关系

生态旅游是以生态环境为主要资源,在本质上与环境保护保持着内在一致性,是资源节约型和环境友好型和可持续性发展的产业,在一定程度上被誉为“朝阳工业”。在青海湖旅游资源规划中,既要合理开发利用生态旅游资源,又要千方百计地保护好生态环境,实现人与自然的和谐共存和“产业与环境互利”的双赢。生态旅游与常规旅游在发展理念上有根本的区别,生态旅游模式将自然环境和历史人文环境的保护作为旅游开发的基本前提,在规划上采取有控制有选择的开发模式,限制旅游业的发展规模,包括限制游客人数、限制旅游设施的建设,尽可能地保持和维护自然和文化生态系统的完整性,具有特定的社会目标、经济目标和环境目标。随着可持续发展概念的深入人心,生态旅游正在成为实现可持续发展目标的旅游模式,也成为各个自然保护区旅游开发的基本模式。从某种角度来说,生态旅游与环境保护之间并不冲突,具有一定的一致性。二者间相互促进,相互依赖,生态环境已成为旅游业生存和发展的物质基础;反过来生态旅游的发展又对环境保护起到积极的促进作用。但是,必须清楚地看到在发展生态旅游的过程中或多或少会对环境产生一定的破坏作用。因此,在开发流域旅游资源的同时,必须保护和建设好流域的生态环境,使其永续利用。

生态旅游又是一种可持续旅游模式,它要求在维护文化完整、保持生态环境的同时,还要满足人们对经济社会和审美的要求,既能为当代人提供生计,又能保护和增进后代人的利益并为之提供同样的机会。因此,生态旅游的五个主体(当地居民、游客、旅游产业的参与者、研究者和政府)都要参与旅游规划的制定,如开展生态环境可行性论证,确定游客量及活动路线等;严格限制旅游活动的前期调查和旅游决策管理等。这样才有利于旅游对象的保护和社会、生态、经济效益的协调发展。

生态旅游还具有保护性,具体体现在旅游业的方方面面。对于旅游资源规划者来说,保护性体现在遵循自然生态规律和人与自然的和谐统一的旅游产品开发设计上;对于旅游开发商来说,保护性体现在充分认识旅游资源的经济价值,将经济价值纳入成本核算,在科学规划开发基础上谋求持续的投资效益;对于管理者而言,保护性体现在资源环境容量范围内的旅游利用,杜绝短期经济行为,谋求可持续的三个效益的协调发展;对于旅客,保护性则体现在环境意识和自身素质,珍惜自然赋予人类的物质及精神价值,保护旅游资源及生态环境成为自觉行为。

## (二) 流域生态旅游资源特点及其面临的问题

当今世界,人类崇尚自然、回归自然,生态旅游正处于方兴未艾之势。青海湖流域生态旅游资源主要包括自然景观和人文景观两个方面。前者主要有高原湖泊水体旅游资源和丰富多样的生物旅游资源;后者主要是指绚丽多姿的传统民族文化旅游资源。

青海湖自然景观的外在形象是天高水阔,湖光山色,碧草繁花,万物生灵;青海湖风光的风格是天地悠长,雄浑古旷;青海湖风景的内涵是其原创性、独特性和神秘性。其原创性表现在:青海湖水体自然天成,千古不变,几乎没有人创成分和人工雕琢痕迹,也很少受到现代工业化造成的环境破坏和污染,在旅游资源开发中,坚持维护其原创性就等于扼守住了青海湖自然景观的永久魅力;其独特性表现在:青海湖是我国内陆最大的咸水湖,是最美的五大湖之首,它那浩瀚的湖水,独特的地形地貌,珍稀濒危的野生动植物资源,是其他湖泊无可比拟的;其神秘性表现在:青海湖是当地藏族、蒙古族同胞心目中的神湖,它与传统宗教、民俗文化等有着深厚的渊源流长的关系,同时青海湖又是青海各民族人民的母亲湖,在20世纪60年代初以她盛产的青海湖裸鲤养育并救助了百万计的高原各族儿女。如今当人们来到青海湖身边,都会肃然起敬,而青海湖则以她浩瀚坦荡、深邃圣洁的胸怀净化着人们的心灵,让人们享受回归大自然、返朴归真的审美愉悦。这就是青海湖流域生态旅游的特点,其原创性、独特性和神秘性来源于青海湖自然景观的个性,这种独具特色的个性景观,才是青海湖生态旅游的永恒价值。

青海湖生态旅游资源开发,有着得天独厚的自然环境条件,但也要受到来自流域本身的生态环境和旅游环境的制约和影响。一方面,旅游资源开发,必然要受到流域生态环境的制约,如青海湖水位逐年下降,流域草地退化严重,沙漠化土地面积不断扩大,环境质量下降;生物资源受到破坏,野生动植物数量和种类不断减少;随着流域旅游业发展,大量基础设施和道路、宾馆等建设,必然也给生态环境带来一定的破坏,加之流域内人口数量和旅游人数的大幅增加,排放的污水和固体垃圾等污染物亦随之增加,这给流域生态环境带来新的压力。另一方面,旅游环境除直接受到流域生态环境的限制



外,它还要受到其自身的诸多因素影响。如青海湖景区面积很大,且旅游景点相对分散,从西宁市出发赴湖区各景点的旅途时间大于实际的游览时间。旅游季节短,且旺季与淡季不平衡,高原气候大致只有冬夏(或冷暖)两季,夏季(5~10月)气候凉爽宜人,是最佳的旅游季节(即旅游旺季),而冬季从11月至翌年3月份,低温风大,多风沙,冬季游览项目较少,游客相对光顾很少,是旅游的淡季;湖区海拔偏高,如日月山海拔为3452m,青海湖湖面海拔约3194m,这给来自国内外低海拔高度的游客造成了一定的心理障碍;旅游基础设施薄弱,流域人口密度小,缺乏可依托的城镇,致使旅游基础设施较差;旅游项目单一,且多缺少文化内涵。目前,青海湖旅游尚处于起步阶段,开放的景点除日月山、鸟岛、金银滩、原子城等有丰富的文化底蕴外,大多数都以观光旅游为主,文化内容少,旅游产品单一,导致游客对景区的总体评价不高。上述问题的存在,也在一定程度上影响了青海湖旅游业的发展,因此应该尽快在旅游资源开发利用中加以逐步解决。

### (三) 流域生态旅游环境的保护对策

青海湖流域是青海省对外开放的重要窗口,是青海省草地畜牧业的精华所在,流域生态环境的好坏不仅直接影响其经济社会的可持续发展,而且还会影响青海省东部河湟谷地的生态安全和西部重镇兰州和西宁市的城市环境质量。流域生态旅游的生命极其脆弱,一旦遭到破坏几乎无法恢复。因此,在开发旅游资源时,必须严格遵循已出台实施的《青海湖流域生态环境保护条例》及《青海湖景区旅游整体策划》进行,景区的未来发展要围绕其世界遗产型高原湖泊生态旅游胜地的总体定位,在景区旅游开发时始终把生态保护放在第一位,切实处理好生态保护与旅游开发的关系,在保护中开发,在开发中保护。既要注重自然资源的开发利用,又要注重对流域民族文化资源的整合,充分照顾当地农牧民的切身利益,在保持他们生活方式、民族传统的同时,积极引导他们参与到景区的生态保护开发中来,把青海湖景区打造成青海省高原旅游的“金名片”。

目前,流域生态环境所面临的问题是:青海湖水位的持续下降,水面萎缩;河道断流,渔业资源濒临灭绝;鸟岛连陆、萎缩,鸟类数量急剧减少;草地植被退化、土地沙漠化及水土流失、泥石流严重等。流域生态旅游资源保护的落脚点:即在于保护流域自然生态旅游资源与生态文化旅游资源,使流域的生态旅游业从真正意义上成为一种可持续发展的绿色产业。在生态旅游规划中,既要改造不合理的社会生态环境,又要促进一些文化生态事项在保留特质和精华的同时,也要改变自己适应新的环境,否则,保护也是昙花一现,难以长久的。

#### 1. 自然生态旅游资源的保护

对于青海湖流域这个特殊的生态旅游区,进行生态旅游项目建设的主要指导思想应是:以生态环境保护为主线,以发展特色经济为中心,以增加牧民收入为目标,以发展湖区高效生态畜牧业和生态旅游业为突破口,加大自然保护区的保护力度,对核心区实行永久性禁牧封育,逐渐调整产业结构,大力发展旅游业,缓解天然草地的草畜矛盾,采取生物、工程、行政、法律等综合治理措施,建立起山川秀美、良性循环的高效草地生态系统和鱼鸟共生的水生生态系统,使青海湖流域成为保护东部农业区和西宁市生态

环境的绿色生态屏障,成为连接西藏自治区、新疆维吾尔自治区的绿色通道和西部生态旅游的重要景点和中转站,逐步实现生态、经济与社会效益的协调统一,促进流域经济和社会的可持续发展。

在积极开展退耕还林还草、调整产业结构、增加入湖水量、遏制湖水下降等问题的同时,还应把流域建成以生态旅游、环湖赛事为主体的多功能旅游特区(或专区),使旅游、生态、体育赛事等三者协调发展。环青海湖国际公路自行车赛,是以驰名中外的青海湖命名的体育赛事活动,将穿越海北州4县,是我国规模最大、奖金最高的公路自行车赛事,正在成长为世界高原体育运动第一品牌。这一赛事活动,具有明显的地域特点,以高海拔、高落差、高级别等特点有别于世界上其他的自行车公路赛,成为世界高原体育运动第一品牌。是对参赛者心理与运动极限的严峻考验。

## 2. 生态文化旅游资源的保护开发

流域生态旅游资源中的人文、宗教、民俗、历史、神话传说等旅游资源是一种十分脆弱的非物资形态的生态文化旅游资源,开发与保护的难度很大。对于这些非物资形态生态文化旅游资源的保护是一项全新的工作,没有可借鉴的经验和模式,需要根据流域的具体实际,在保护开发工作中大胆探索,敢于创新,走出新路子。首先要弄清它的来龙去脉,把握其精神实质;其次在开发的方式上,也应该多种多样,与时俱进。

(1) 保护开发内容:要积极从立法保护、项目保护、传承保护、节会保护、基地保护等方面去探索开发。

1) 立法保护:加快立法,从根本上加强对生态旅游资源保护。同时按照有关的保护法规和政策,进一步明确保护对象、范围和权属,从而使这些生态旅游资源保护工作法制化、规范化、制度化。要将立法保护和制度保护结合起来,从法律的角度约束、制止人们的破坏行为,并以此为指导去监督旅游开发行为,保障流域生态文化的安全性。

2) 项目保护:确立流域生态文化旅游资源保护名录,对那些确有重大价值的保护项目,特别是一些生态旅游中的非物质文化遗产要鼓励积极申报世界文化遗产和国家非物质文化遗产代表作名录。开展民族民间文化保护工程,将项目保护与工程保护结合起来。例如,祭海就是祭祀青海湖,这是蒙古族的传统。蒙古族原来信仰萨满教,相信万物有灵,尤其认为天是至高无上的神。在元代蒙古族就有祭天、祭山、祭海之风俗,清代以来对青海湖的祭祀活动更具规模、更加富有宗教色彩。与此同时,流域的藏族亦参加了这项祭祀活动。

3) 传承保护:非物质生态文化旅游资源依赖的是特定的人群和特定的环境,在保护的过程中不仅要保护其文化形态,更要注重以人为载体的知识和技能的传承。因此,要特别注意搞好普及教育工作,尊重民间自发性传承方式,全力挖掘尚存的传承地和传承人,加强对掌握这种生态非物质文化遗产技艺人的调查登记,明确需要保护的对象,出台优惠政策和措施,提供一个长期的传承平台,鼓励他们传承,并将传承人保护和传承保护结合起来。

4) 节会保护:要积极开展节日节会活动,举办具有独特魅力的民间传统节日节会,表演丰富多彩的民俗风情和传统歌舞,使非物资形态的旅游资源在活动中加以保

护, 让它们在民族传统节会中复“活”。同时将节会保护和展示保护结合起来, 如举办青海湖生态旅游音乐节, 用音乐这样一种特殊的语言诉说青海湖的美, 让音乐去传递爱的符号, 制造音乐—生命—自然的和谐空间, 使更多的人了解青海湖, 爱护青海湖, 保护青海湖, 让青海湖自然景观的震撼之美、民族文化的神秘之美、人与自然的和谐之美传遍祖国的大江南北、黄河上下, 响彻世界的天涯海角。

5) 基地保护: 下大气力培育生态文化旅游基地, 通过原生态的形式再现原汁原味的民俗风情, 将民间绝活、绝艺在生态文化旅游基地的保护中复活。如被国务院列为全国重点文物保护单位的中国第一个核武器研制基地遗址 (俗称原子城), 曾经为我国的国防现代化建设做出了巨大贡献, 是中华民族热爱和平的象征。这样具有爱国主义教育基地就必须加以保护。

(2) 保护开发措施: 首先明确工作目标、保护范围和重点项目建设的主要任务, 然后积极采取相应的工作措施, 使之能够顺利完成。这些工作措施包括以下几个方面。

- 1) 组织措施: 包括建立健全相应的保护机构工作班子和专家委员会。
- 2) 政策措施: 要制定出台一系列相关的政策法规。
- 3) 奖惩措施: 要建立一套有利于非物资形态的生态旅游资源保护的奖惩机制和措施。
- 4) 培训措施: 建立专门的培训基地和制定培训规划, 进行分级分类培训。
- 5) 专业工作措施: 包括制定统一的业务工作标准、规范一些技术层面上的交替要求等。
- 6) 宣传措施: 加大对民族文化保护的宣传力度, 增强全社会自觉保护的意识。
- 7) 管理措施: 包括工程、项目、资金、人员等管理。
- 8) 部门措施: 明确相关部门的职责和任务, 年度进行考核考证检查。

## 二、生态畜牧业建设

### (一) 草地生态畜牧业可持续发展背景

随着人口增加和科学技术的进步, 人类正以前所未有的规模和强度影响并改变着其赖以生存的地球环境, 使全球生命支持系统的可持续性 (Sustainability) 受到最大挑战。科学家们已经认识到, 人类对生物资源的不合理利用, 以及人类活动导致的全球变化和生态环境的破坏成为生物多样性丢失的最主要原因, 而且必将影响到人类社会的持续发展。因此, 可持续发展已经成为人类社会的一种基本需要和追求目标。它要求人类在发展经济的同时, 必须协调好与自然的关系。目前, 持续发展理论正在逐步成为世界各国和地区制定经济发展政策的基础。尽管“持续农业”研究的发展甚至更小一点的“持续草地畜牧业”只是持续发展中的一个方面, 而且有着自身的特殊性, 但持续发展的理论框架和研究方法仍然适用于它们 (赵新全等, 2000)。

在长期进化适应发展过程中, 草地产生了许多特有的生物类群, 具有丰富的生物多样性, 为人类提供了大量的生物资源, 然而这些资源的利用价值还有很大部分尚未被我

们认识,更缺乏科学有效的管理,有些珍稀资源已受到相当严重的破坏。加之由于干旱或寒冷气候条件的限制,草地物质生产力比较低,在长期落后的生产经营管理下,随着人口的增长和对畜产品需要的增加,导致过度放牧,土地承载力超负荷,使本来脆弱的生态系统整体功能受到严重破坏,这不仅阻碍了草地畜牧业的持续、稳定、协调的发展,而且由于草地严重退化,引起水土流失和环境恶化,对人类的生存条件造成了极大威胁(赵新全等,2000)。因此,草地生态畜牧业可持续发展的理论和实践便应运而生。

### 1. 草地畜牧业的持续发展

从“大农业”的观点看,草地畜牧业的持续发展实际上属于持续农业的范畴。它的内涵已由“农业与环境”国际会议上通过的“登博斯宣言”和国际农业研究磋商小组(CCIAR)技术咨询委员会(TAC)对可持续农业所作的如下定义,即“成功地管理各种农业资源以满足不断变化的人类需求,而同时保护或提高环境质量和保护自然”。

### 2. 草地生态畜牧业的可持续发展

草地生态畜牧业的管理与过去草地的经营管理具有一定区别,首先是目标不同,生态畜牧业变过去的“资源产出型”经营为“资源维持型”经营,设计时优先草地考虑资源的可持续发展,兼顾草地资源利用的保护,明确未来达到的结果,并可对其进行监测与检验;其次是进一步依赖草地生态系统结构与功能,以及对草地生态系统各种生态关系与过程进行充分认识和理解;最后是草地生态系统管理强调人类是草地生态系统的组成部分,承认人类对草地生态系统的持续发展具有重要影响和有能力实现生态系统的可持续发展。

## (二) 流域生态畜牧业建设背景及制约因素

### 1. 生态畜牧业建设背景

青海湖流域的草地畜牧业是青海省畜牧业的重要组成部分,也是21世纪青海省经济开发的重要区域和主要产业之一。作为传统的商品畜牧业基地,青海湖流域畜牧业为当地社会发展及全省经济建设做出了积极贡献。随着生产关系发生的深刻变化,流域草地畜牧业生产力水平有了很大提高,畜牧经济有了长足发展。特别是进入20世纪80年代以来,青海省根据高寒草地畜牧业发展环境和生产力水平实际,针对牧业区地域性差异大、社会经济发展不平衡的特点,认真贯彻“以牧为主,草业先行,多种经营,全面发展”的方针,走“立草为业,调整结构,提高总增,增加商品”的路子,实施“提高环湖,稳定青南,开发农区畜牧业”的发展战略,流域草地畜牧业有了突飞猛进的发展,已开始由传统草地畜牧业向现代畜牧业转变,草地畜牧业进入了一个新的发展时期。

### 2. 生态畜牧业建设的制约因素

青海湖流域草地及其畜牧业是青海省草地资源及其畜牧业生产的精华,党的十一届三中全会以来,经过多年的改革、建设和发展,流域草地畜牧业在许多方面都取得了开创性的进展,为发展现代畜牧业奠定了坚实的基础。随着畜牧业基础建设的不断加强,

综合生产能力稳步提高,畜牧业生产经营方式已由传统的逐水草游牧转变为定居放牧,牧民的商品经济意识大大增强,畜牧业经济结构逐步得到优化,牧民生产和生活水平相应得到很大改善,畜牧业开始摆脱产品经济的束缚,逐步向市场经济转变,畜产品总量短缺的状况得到基本改观,畜产品开始实现由卖方市场向买方市场的转变,畜牧业也随之由单一经济结构向综合经济结构方向发展。特别是一些畜牧业发展水平较快的乡、社,畜牧业已率先开始了在生产方式和经济形态两个方面的转变:一是由靠天养畜向以大规模草地建设和大面积畜牧业实用技术推广为标志的建设养畜转变。随着围栏草场、人工草地、牲畜棚圈、牧民定居等多项配套建设的实施,草地畜牧业的脆弱性得到初步改观,畜种改良、飞播牧草、塑膜暖棚、疫病防治、高产饲草料生产及加工等一大批科技成果得到推广应用,同时注重科学管理在生产实践中的应用,有效地提高了畜产品的总体生产水平,获得了较好的经济效益和社会效益。二是由自给半自给性畜牧业向以不断提高牲畜出栏率、商品率、经济效益为主要标志的商品畜牧业、效益畜牧业转变。近年来,流域大部分地区已开始摆脱自给自足的自然经济状态,进入发展商品畜牧业、效益畜牧业的新时期,部分地区牧户已在“四配套”的基础上实现了生态畜牧业发展的雏形。

然而,青海湖流域草地畜牧业的发展也面临着挑战。从总体上看,流域草地畜牧业仍处于由传统畜牧业向现代畜牧业转变的起步阶段,特别是草地畜牧业的脆弱性、季节性依然存在,草畜矛盾日益尖锐,草地严重退化,人口压力逐年增加,草地生态环境的恶化和日趋激烈的市场竞争,都向草地生态畜牧业提出了严峻的挑战,发展中的制约因素也越来越多。

(1) 资源制约:当前,日益尖锐的草畜矛盾已成为制约流域草地畜牧业发展的最主要障碍。流域畜牧业是天然放牧方式经营的畜牧业,天然草地的优劣及丰欠程度决定着它的兴衰。中华人民共和国成立初期,流域牧区草地状况相对良好。20世纪50年代末,个别地区开始发生较大范围的草地退化现象,随后愈演愈烈,至今未能得到有效遏制。由于干旱、鼠虫危害、超载过牧等多种原因,流域草地平均产草量较30年前下降了50%,有 $93.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 草地呈现退化,占流域可利用草地面积的49.13%。目前,流域大面积草地毒杂草蔓延,部分草地变成“黑土滩”。草地退化,导致了草畜矛盾的进一步激化,严重影响了畜牧业的可持续发展,也直接影响着当地的经济社会发展。

(2) 基础制约:近十几年来,尽管青海湖流域各地普遍加快了草地畜牧业基础建设步伐,生产条件有了改善,开始走上了基本稳定发展的道路,但远未达到完全主动抗御自然灾害和平衡四季草料生产贮备的能力,靠天养畜的局面没有得到根本性改观,传统草地畜牧业生产的脆弱性依然存在。

(3) 特性制约:季节性传统草地畜牧业的主要特性,青藏高原草地畜牧业传统的全年放牧方式决定了对自然条件很强的依赖性。由于冷季贮草水平低,冬春季缺草,一是严重影响了繁殖率、仔畜品质和母畜再生产能力;二是难以形成合理的畜群结构,导致母畜比例提高缓慢,冷季饲养规模居高不下,牲畜周转慢,草地利用效率差;三是制约了牲畜良种化,个体和畜群生产能力低,从而降低了畜产品的工业价值,影响了产品在市场上的竞争力和经济效益。



(4) 服务制约: 目前, 流域多数地区社会化服务体系还很不完善, 服务水平也很低, 除兽医、防疫、配种等服务搞得较好外, 其他如草地建设、饲草料加工、农业机械、技术培训与科研科普、市场信息与经营管理、产品销售、生产资料供应等方面的服务还很不配套, 有些几乎是空白。由于社会化服务跟不上, 给畜牧业的技术进步和生产力水平的提高带来了严重影响。

客观地说, 目前流域牧区养畜规模已达到或超过草地自然生产力的极限, 群体生产能力已接近传统生产能力的极限, 传统生产的潜力已经不多。在继续发展的过程中, 不仅存在基础脆弱、后劲不足和季节性生产的老问题, 而且又遇到草地退化, 人口压力增加的新问题。同时传统生产经营方式潜力与牧民强烈致富要求之间的矛盾更加突出。这些矛盾和问题, 单靠传统的方法和手段是难以解决的。根据草地畜牧业发达国家和地区的实践启示, 要实现流域草地生态畜牧业的快速可持续发展, 其抉择也只有从自身特点出发, 致力于改变粗放的经营方式, 注重保护和合理利用草地资源, 改良和兴建人工草地, 注重家畜良种化和科学化饲养, 注重专业化生产和规模化经营, 注重提高科技含量和机械化程度, 注重社会化服务体系的完善等。只有这样, 才能从根本上改变靠天养畜的状况, 大幅度提高劳动生产率, 使草地畜牧业走上稳定、高产、优质、高效的轨道。因此, 在流域选点建设以依靠建设养畜和科技兴牧, 将各种生产要素优化组合, 合理配置, 走集约化草地生态畜牧业示范基地建设路子, 来示范、引导和推动流域乃至青海省的生态畜牧业经济发展具有极其重要的意义。

### (三) 建设内容

#### 1. 家庭牧场建设

(1) 结构调整: ①畜种结构调整: 通过调查牧草和牲畜生产基本情况, 以畜产品产出和经济高效益和保障牧民基本生产生活需要为目标调整畜群结构, 压缩马, 减少牛, 适当增加绵羊数量。②畜群结构调整: 以饲养良种羊为基础, 合理调整繁殖母畜比例至 65%; 母牛比例至 50%。

(2) 畜种改良: ①绵羊改良: 通过选择和引进早熟肉毛品种基因进行改良, 进而实现良种化饲养, 提高群体产肉性能和繁殖性能。②牦牛改良: 进行牦牛复壮; 同时选择种牛, 以生产高乳脂商品奶为目标, 选择部分母牛与高产黄牛杂交, 饲养犏牛, 提高奶产量。

(3) 主要集成技术推广: ①推广牲畜选配技术; ②实施当年羔羊育肥生产; ③采取暖棚养畜; ④推广冷季配合饲料饲养技术; ⑤推广高产燕麦饲草料种植、天然草场施肥改良、培育刈割草场及禾豆科牧草混播技术; ⑥实施围栏、移动式电围栏分区轮牧; ⑦推广科学饲养管理技术; ⑧推广现有行之有效的疫病防治技术。

#### (4) 基础建设

1) 饲草饲料基地建设: 根据示范区当地植被、土壤以及水热条件, 建立以一年生高产燕麦饲草种植和天然改良刈割草地相结合的饲草饲料基地建设, 结合工业配合饲料入户和周边地区农作物秸秆利用, 形成冬春季节户为单位牲畜 120d 舍饲圈养的饲草料贮备能力。



2) 暖棚建设: 在牧户原有畜棚的基础上, 根据户均养畜规模, 新建一定面积的标准暖棚, 以保证羊群全部入棚过夜

3) 草地改良及围栏草场建设: 采取补播、灌溉、施肥、灭除毒杂草等技术措施改良退化天然草场, 每个建设户改良草场  $20 \sim 26.67 \text{hm}^2$ , 逐步改善草地生态环境和提高天然草地饲草产出能力。另外, 适量购置网片, 要求冬春草场实现分区轮牧, 采用网片分割, 将家庭牧场围栏草地分隔为 3 个以上的轮牧小区。

4) 农机具购置: 合理划分、配置家庭牧场牧户饲草料种植合作单位, 配套购置小型饲草料种植耕作机械, 如小四轮拖拉机及其配套耕、种、收、贮机械, 实现饲草料种植的耕、种、收、贮的机械化作业。

5) 草料棚建设: 以家庭牧场为单位, 每户新建草料棚  $40 \text{m}^2$ , 做到青干饲草入棚存放。

6) 喂料设施建设: 以户为单位, 利用暖棚外墙、畜圈墙壁等设施, 因地制宜地建设喂料设施, 提高饲草利用率。

7) 饲草料加工机械购置: 根据输电条件, 以户为单位, 购置小型饲草料粉碎机具, 保证贮备饲草料的粉碎加工饲喂, 提高利用率。

8) 移动式剪毛机械购置: 以户为单位, 适量配置, 基本实现剪毛机械化。

9) 简易人畜饮水设施建设: 根据水源条件, 建设小型草原水利工程, 包括水井或贮水窖, 实现引水到户、入田、进围栏。

10) 良种羊引进: 根据家庭牧场畜群规模, 适量引进良种羊。

(5) 科技培训: 根据生产及经营需要, 举办多种类型的牧民科技培训班, 为每户培养 1~2 名既有生产实践经验又懂实用技术, 商品意识强的生产经营能手和科技明白人。

## 2. 服务体系建设

在现有服务站(点)的基础上, 配置必要的服务仪器和设备, 完善乡村畜牧综合服务站。强化服务功能, 负责承担起示范区家庭牧场及其他牧户的饲草饲料种植、畜疫防治、技术培训、经营管理、市场信息、畜产品加工上市等环节的产前、产中、产后社会化有偿服务。

## 3. 畜牧产业化建设

以示范区为单位, 组建牧业协会, 方便牧民生产经营, 维护牧民权益。内联家庭牧场, 外引服务组织和贸工牧组织, 实施产业化方式运作, 开展畜产品统一购销, 重点解决当年育肥羔羊的加工和销售问题。

## (四) 建设目标

在完善牧户家庭经营的基础上, 建设发展成为高效示范家庭牧场, 实现经营管理、基本建设、适用技术“三配套”。在生产的机械化、规模化、专业化和科学管理四项水平上获得大幅度提高, 在人工草地建设、草地保护与改良、家畜改良、畜群畜种结构与产品结构调整、冬春舍饲、育肥出栏、社会化服务及产业化经营等方面有较大突破, 使家庭牧场生产和经营能够抵御自然灾害和市场波动的风险。

### 1. 草地经营科学化

通过草地补播、耙地松土、施肥、灌溉等改良措施和人工、半人工草地建设,提高草群质量和牧草产量,适当发展饲料基地,实现增草增畜。同时,对冬春草地实行围栏放牧、划区轮牧,做到合理确定载畜量,安排放牧时间,合理配置畜群结构,保障对草地的合理利用。

### 2. 家畜品质良种化

羊的饲养群体全部良种化,牛逐步达到部分良种饲养。引导牧民采取全部出售淘汰羊、羯羊的办法,购置或串换良种母羊,达到100%饲养良种羊,以提高牲畜的个体产量和群体质量,进而实现畜产品数量与质量的双增值。

### 3. 家畜冷季舍饲化

依托人工饲草料基地和棚圈设施,改变单纯依赖天然草场全年放牧为夏秋放牧加冬春舍饲半舍饲,减少牲畜掉膘损亡,损亡率控制在1.5%以内,具备冬春季节120d以上牲畜入棚渡夜、圈内饲养的能力条件。

### 4. 家畜经营管理效益化

在各级畜牧服务组织指导的帮助下,一方面对家庭牧场生产经营过程中的劳动消耗、物质消耗和经营效果进行精心核算,节约物化劳动和活劳动,争取最佳效益;另一方面要提高畜产品质量和商品率,每年总增畜全部出栏,实现产出畜产品品种的转换和质量效益的提高。

### 5. 工艺技术标准化

实现工艺技术标准化,包括饲草料种植标准化、种植种子标准化、牲畜饲养标准化、饲养品种标准化、繁育技术标准化和畜产品质量标准化等。

### 6. 生产服务社会化

建立健全乡村综合服务站,按照平等、互惠、互利的原则,与贸工牧组织等建立稳定的经济技术和劳动服务协作关系,保障家庭牧场对草业服务、良种繁育推广服务、疫病防治服务、牧机服务、信贷服务、技术培训及科普服务、经营管理与信息咨询服务等方面的要求。

### 7. 生产销售市场化

以“技术依托单位+基地+牧户”为主的规模化经营方式,在项目区具体表现为千家万户式分散饲养与基地产前、产中、产后的技术服务相结合,形成“小群体、大规模”的生产方式,并依托贸工牧一体化组织,建立稳定的市场供销关系,形成畜产品收购、贮运、加工、销售的产业化链条。

## (五) 牦牛藏羊冬季补饲育肥策略

### 1. 舍饲育肥研究现状及发展前景

舍饲育肥是世界许多畜牧业发达地区一项基本投资方式,但由于受传统的“靠天养畜”思想的影响,高寒牧区的牧户对牛羊舍饲育肥并不容易接受。在秋末草场牧草质量和数量缺乏时,开展牛羊育肥,使牲畜及时出栏上市,缩短牲畜存栏时间,这样不仅可以减轻冬季牧场的放牧压力,保护天然草场,而且还可以提高牧户抗灾越冬能力,

增加牧民经济收入(徐世晓等, 2005)。然而长期以来, 由于青海省高寒牧区牧草生产与牲畜营养需要的季节不平衡, 降低了物质和能量的转化效率, 浪费了大量的牧草资源。因此, 以国家西部大开发战略为指导, 依托现代畜牧科学技术, 以市场为导向, 以生产效益为中心, 以牧民增收为目的, 进行牦牛藏羊育肥, 一方面可以解决流域高寒牧区草畜矛盾及季节不平衡, 提高草地资源的利用效率及其经济效益, 以保持草地畜牧业的可持续发展; 另一方面可推进高寒牧区畜牧业结构调整、优化产业结构, 将流域的资源优势转化为经济优势, 实现由粗放经营向集约化经营的转变, 提高牦牛和藏羊的综合效益, 探索出草地生态畜牧业效益化经营的新模式。在实践上, 针对流域草地过度放牧和冬季严重缺草这些主要问题, 以资源的持续最大利用为目标, 以提高牲畜出栏率、商品率和生产力为突破口, 以舍饲和放牧加补饲为主要措施, 充分利用退耕还草建立的人工草地和“休牧育草”恢复起来的天然草地, 改变粗放的传统管理模式, 运用综合配套技术和集约化、专业化生产的经营模式, 使冷季有较充足的饲草供应, 提高流域草地资源的利用效率, 从而实现畜牧业持续、稳定、高效、协调的发展, 使广大牧民尽快走上富裕之路(董全民, 2006)。

## 2. 舍饲育肥的必要性

种草养畜、开展季节性畜牧业, 是解决草畜之间季节不平衡矛盾, 发展高寒草地畜牧业生产的关键, 也是保证季节放牧牲畜营养需要的必要措施(王启基等, 2005)。同时, 开展羔羊、肉牛生产是目前国内外养殖业的发展趋势, 也是商品畜牧业的重要环节。因此, 发展季节畜牧业, 对充分发挥天然草地生产力的季节优势, 减轻冬春草场的载畜量, 缓解草畜矛盾, 减少资源浪费均具有重要的意义(周立等, 1991a; 赵新全等, 2000; 王启基等, 2001; 王启基等, 2005)。根据高寒牧区夏季牧草丰盛, 营养丰富的优势和幼畜早期生长发育快, 饲料消耗少的特点, 不失时机地育肥羔羊和犏牛, 以牲畜最优化生产模式调整畜群结构, 及时出栏经短期育肥的淘汰成畜和当年羯羔(周立等, 1991b; 王启基等, 1991; 赵新全等, 2000)。一方面可以通过培育牲畜优良品种、暖棚建设、冬季补饲等措施来提高牲畜生产性能、质量和能量转换效率, 逐步减少和替代牲畜存栏数, 从根本上缓解草畜矛盾; 另一方面可以对羔羊、犏牛应用生长调节素、饲料添加剂等短期催肥新技术, 使当年羔羊和犏牛达到出栏标准, 在有条件的地方还可进行异地育肥。这样做不仅可以提高羔羊肉的品质, 而且还可以大幅度地提高草地生产效率 and 经济效益(周立等, 1991a; 赵新全等, 2000)。同时, 根据流域各地具体情况, 因地制宜, 充分发挥牧业区、农业区及农牧交错区系统耦合的“时空互补效应”、“资源互作效应”、“信息与资金的激活效应”、“规模效应和品牌效应”, 大力推行“季节畜牧业”模式。近年来, 牛羊育肥、贩销已经成为农业增效、农民增收的有力手段, 加之大型企业的介入, 则以其雄厚的资金、及时的商品流通与增值信息、先进的畜产品加工技术有力地推动了畜牧业产业化进程。资金投入和信息的科学利用对新的生产模式产生一种“激活效应”, 使原来由于缺乏资金而无法实施的经营模式的构想变成了现实(赵新全等, 2005); 示范基地的统一经营又为发挥规模效应和品牌效应打下了良好的基础。

### 3. 牧草青贮及饲料加工和配方

(1) 一年生燕麦和多年生人工草地牧草青贮加工：牧草捆裹技术是在窖贮、塔贮基础上发展起来的一种新的青贮方式，较之传统青贮方式的最大优点是可以移动，可以把本来构不成商品的鲜草变为商品，为合理开发利用饲草资源和调节地域间的余缺创造了条件。青海湖流域冷季漫长，暖季短暂，青绿饲草的供应存在着明显的季节不平衡性，而传统的牧草（饲草）保存方法也有其致命的缺陷——收割时间受到限制，而且青绿色的饲草在晒制过程中渐渐变黄，粗蛋白含量下降4~6个百分点，茎秆变得粗老，适口性和消化率都随之降低；堆垛贮存时，如饲草含水量偏高，或春季雨雪渗入垛内，极易引起霉变，造成更大损失。但用青贮加工方法制成的青干草，营养几乎没有损失。因此，在流域大力推广冷季贮备饲草机械及其加工技术，提高饲草贮备量，集成并推广多年生人工半人工草地青贮牧草暖棚育肥和放牧相结合的草地畜牧业优化经营管理模式，减少营养物质的损失和浪费，缓解饲草供应的季节不平衡性，为畜牧业实现由粗放经营向集约化经营转变提供可靠的饲草技术保障，从而加快了畜群周转，提高了牲畜的出栏率，避免了草场的过度放牧，有利于维持草地生产力和草地生态环境的可持续发展。

具体做法是：9月上旬对当地种植的一年生燕麦和多年生人工草地进行收割，自然晾晒3~4d，然后用CAEB型（小型）打捆机将收割的燕麦青草打成30~40kg的圆形捆，再用CAEB型打捆机将打成的捆用黑塑料薄膜打包青贮。试验时，燕麦草的青干比为2.5:1，多年生人牧草的青干比为3.0:1。

(2) 饲草料加工及饲料配方：，由于流域农业区和农牧交错区现已种植有大面积的油菜和青稞，因此可充分利用菜籽饼和青稞草，并结合饲草基地建设、草产品加工与饲料配方及牦牛的太阳能暖棚饲养，既可缩短牲畜存栏时间，减轻放牧压力，保护天然草场，又可提高牧户抗灾越冬能力，增加牧民经济收入。

进行牧草青贮技术开发，采用黑塑料薄膜打包，制成青贮草捆，供冬春枯草季节补饲。同时，根据藏羊在不同活重和不同日增重条件下的代谢能和可消化蛋白质的需求量，确定饲料的组成和牦牛的采食量，提供多种饲料配方，因地制宜地构建草地生态畜牧业经营管理模式。据韩兴泰等（1997）和薛白等（1997）对生长牦牛能量和蛋白质代谢的研究，在精料型日粮条件下，生长牦牛对日粮能量的消化率、代谢率和沉积率分别为60%~77%、50%~70%和9%~25%，并且随日粮精料含量增加而升高（表9-2-1）；在精料型日粮和粗饲日粮条件下，生长牦牛代谢能需要量分别为：

$$\begin{aligned} ME \text{ (MJ} \cdot \text{d}^{-1}) &= 0.458W^{0.75} + (8.732 + 0.091W) \times \Delta G \text{ 和 } ME \text{ (MJ} \cdot \text{d}^{-1}) \\ &= 1.393W^{0.52} + (8.732 + 0.091W) \times \Delta G \end{aligned}$$

生长牦牛的 CP 需要量为：

$$RD_{CP} = 6.093W^{0.52} + (1.1548/\Delta W + 0.0509/W^{0.52})^{-1}$$

其中  $6.093W^{0.52}$  为维持的氮需要量， $(1.1548/\Delta W + 0.0509/W^{0.52})^{-1}$  为增重需要。

根据以上公式，生长牦牛在不同体重和增重条件下，其代谢能和粗蛋白质的需要量可以通过计算得到（表9-2-2）。

因此，依据牦牛能量和蛋白质需要，应用当地现有资源（青贮牧草、青稞）以及

表 9-2-1 不同日粮条件下生长牦牛代谢能用于生长的效率

| 日 粮                 | 方 程                   | 1kg 计算值, 当 $q$ 分别为 |       |       |       |
|---------------------|-----------------------|--------------------|-------|-------|-------|
|                     |                       | 0.4                | 0.5   | 0.6   | 0.7   |
| 混合日粮                | $kg = 0.38q + 0.282$  |                    | 0.472 | 0.510 | 0.548 |
| 各种日粮                | $kg = 0.78q + 0.006$  | 0.318              | 0.396 | 0.474 | 0.552 |
| 各种日粮<br>(ARC, 1965) | $kg = 0.81q + 0.03$   | 0.354              | 0.435 | 0.516 | 0.597 |
| 颗粒饲料                | $kg = 0.024q + 0.465$ | 0.475              | 0.477 | 0.479 |       |
| 精料型日粮               | $kg = 1.37q - 0.37$   |                    |       | 0.452 | 0.589 |

表 9-2-2 不同活重条件下生长牦牛蛋白质和代谢能需要量

| 体重 (kg) | 日增重 ( $g \cdot d^{-1}$ ) | DMI ( $g \cdot d^{-1}$ ) | CP (%) | ME ( $MJ \cdot d^{-1}$ ) |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------|--------------------------|
| 70      | 200                      | 1 204                    | 15.26  | 14.11                    |
|         | 400                      |                          | 18.45  | 17.13                    |
|         | 600                      |                          | 20.06  | 20.15                    |
| 100     | 200                      | 1 699                    | 12.27  | 18.04                    |
|         | 400                      |                          | 15.04  | 21.61                    |
|         | 600                      |                          | 16.51  | 25.18                    |
| 130     | 200                      | 2 194                    | 10.41  | 21.74                    |
|         | 400                      |                          | 12.88  | 25.85                    |
|         | 600                      |                          | 14.24  | 29.96                    |
| 160     | 200                      | 2 689                    | 9.12   | 25.24                    |
|         | 400                      |                          | 11.36  | 29.90                    |
|         | 600                      |                          | 12.62  | 34.56                    |

临近地区的菜籽饼和麸皮等, 并配与钙和磷以及盐和添加剂, 经粉碎配制加工后筛选出以下几种配方, 供试用。

配方 1: 35% 燕麦草 + 20% 菜籽饼 + 41% 青稞 + 2% 磷酸氢钙 + 1% 盐 + 1% 添加剂; 代谢能 (ME) = 10.26 MJ/kg · DM, 可消化粗蛋白 (CP) = 13.71% (2002)。

配方 2: 65% 燕麦草 + 19% 菜籽饼 + 12% 青稞 + 2% 磷酸氢钙 + 1% 盐 + 1% 添加剂; 代谢能 (ME) = 12.06 MJ/kg · DM, 可消化粗蛋白 (CP) = 8.44% (2002)。

配方 3: 40% 披碱草 (青干草) + 20% 菜籽饼 + 36% 青稞 + 2% 磷酸氢钙 + 1% 盐 + 1% 添加剂; 代谢能 (ME) = 9.76 MJ/kg · DM, 可消化粗蛋白 (CP) = 11.29% (2003)。

配方 4: 60% 披碱草 (青干草) + 19% 菜籽饼 + 17% 青稞 + 2% 磷酸氢钙 + 1% 盐 + 1% 添加剂; 代谢能 (ME) = 11.70 g · DM, 可消化蛋白质 (CP) = 8.32% (2003)。

配方 5: 40% 披碱草 (青干草) + 25% 菜籽饼 + 31% 青稞 + 2% 磷酸氢钙 + 1% 盐 + 1% 添加剂; 代谢能 (ME) = 10.1 MJ/kg · DM, 可消化蛋白质 (CP) = 12.9% (2003)。

配方 6: 35% 披碱草 + 32% 麸皮 + 13% 菜籽饼 + 16% 青稞 + 2% 磷酸氢钙 + 1% 盐 +

1% 添加剂；代谢能（ME）= 13.06MJ/kg · DM，可消化粗蛋白（CP）= 9.67%（2004）。

配方 7：65% 披碱草 + 16% 麸皮 + 7% 菜籽饼 + 8% 青稞 + 2% 磷酸氢钙 + 1% 盐 + 1% 添加剂；代谢能（ME）= 8.32%，可消化粗蛋白（CP）= 11.70MJ/kg · DM（2004）。

#### 4. 育肥补饲技术

##### （1）藏系绵羊舍饲育肥

1) 藏系绵羊的体重变化：在整个育肥期，各育肥组羔羊每期个体增重见表 9-2-3。由表 9-2-3 可知，羔羊个体总增重的大小顺序为：第 1 组（配方 1）> 第 3 组（100% 青贮披碱草）> 第 2 组（配方 2）> 对照（自由放牧），且它们的增重率分别为 51.27%、50.08%、48.75% 和 -8.25%。显著性检验表明，三个育肥组的总增重极显著地高于对照组（ $t = 5.841 > t_{0.01} = 4.167$ ），进一步做多重比较，第 1 组与第 2 组在 0.10 的水平上达到显著（ $t = 2.496 > t_{0.10} = 2.353$ ），第 1 组与第 3 组在 0.20 的水平上达到显著（ $t = 1.901 > t_{0.20} = 1.638$ ），而第 2 组和第 3 组在 0.50 的水平上才达到显著（ $t = 2.496 > t_{0.10} = 2.353$ ）。因此，精料为 35% 的日粮与 100% 的燕麦青贮草对羔羊的育肥效果接近，即使精料为 65% 的日粮与 100% 的燕麦青贮草对羔羊的育肥也未达到显著水平。

表 9-2-3 藏系羔羊个体舍饲育肥效果的比较

|       | 预试前体重<br>$\bar{x} \pm S$ (kg) | 试验末体重<br>$\bar{x} \pm S$ (kg) | 总增重<br>$\bar{x} \pm S$ (kg) | 比对照增加<br>$\bar{x} \pm S$ (kg) | 增重百分比<br>$\bar{x} \pm S$ (kg) |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 第 1 组 | 18.81 ± 3.29                  | 28.46 ± 5.60                  | 9.65 ± 3.02                 | 11.17 ± 3.69                  | 51.27 ± 11.33                 |
| 第 2 组 | 18.83 ± 2.98                  | 28.01 ± 4.98                  | 9.18 ± 2.87                 | 10.60 ± 2.73                  | 48.75 ± 19.03                 |
| 第 3 组 | 18.8 ± 13.98                  | 28.23 ± 5.01                  | 9.42 ± 3.29                 | 10.94 ± 3.19                  | 50.08 ± 21.12                 |
| 对 照   | 18.42 ± 4.10                  | 16.9 ± 3.61                   | -1.52 ± 0.98                |                               | -8.25 ± 3.01                  |

2) 藏系绵羊个体增重与育肥期间的关系：羔羊个体增重随育肥时期的变化呈 S 型，也即呈单峰曲线变化，它们的回归方程见表 9-2-4。羔羊个体增重随时间的变化呈二次曲线关系，且第 1 组和第 2 组羔羊的个体增重与育肥时间之间的二次曲线关系达到了极显著水平，第 3 组在 0.10 的水平上达到了显著。通过计算可知，当  $X = 5.05$  时，第 1 组羔羊的个体增重达到最大，因此从经济和饲料利用的角度考虑，用这种日粮育肥 1 岁羔羊的时间不能少于 50d；第 2、第 3 组在  $X = 3.59$ 、3.69 时羔羊个体增重达到最大，因此它们的育肥时间不能少于 40d。但具体育肥多长时间，还需考虑成本因素等（董全民等，2004）。

表 9-2-4 羔羊个体增重与育肥期间的回归方程

| 试验处理  | 回 归 方 程                             | R 值     | P 值    |
|-------|-------------------------------------|---------|--------|
| 第 1 组 | $Y = -0.0493x^2 + 0.4984x + 0.523$  | 0.879 8 | < 0.01 |
| 第 2 组 | $Y = -0.1564x^2 + 1.1244x - 0.1381$ | 0.962 9 | < 0.01 |
| 第 3 组 | $Y = -0.0968x^2 + 0.714x + 0.05823$ | 0.703 6 | < 0.10 |



3) 饲料转化率与育肥时间的关系: 从图 9-2-1 可以看出, 各育肥组羔羊饲料转化率的变化与其个体增重的变化趋势基本一致, 且其饲料转化率与育肥时间之间也是二次趋向关系。第 1 组羔羊的个体增重与育肥时间之间的二次曲线关系达到了显著水平, 第 2 组达到了极显著水平, 第 3 组在 0.10 的水平上达到了显著 (表 9-2-5)。当  $X=5.24$  时, 第 1 组羔羊的饲料转化率达到最大; 当  $X=3.61$  和 3.67 时, 第 2 组和第 3 组分别达到最大。这与羔羊个体增重的变化很接近。饲料转化率最大的时期也就是回报率最高的时间。因此, 不论从羔羊个体增重, 还是从饲料转化率的角度考虑, 利用相应的日粮组成育肥 1 岁羔羊时, 第 1 组、第 2 组和第 3 组分别不能少于 50d、36d 和 37d。这也说明, 羔羊日粮中精料比例越高, 对已适应完全放牧的藏系绵羊, 其瘤胃微生物区系形成适应这种舍饲日粮的瘤胃微生物区系的时间就越长, 加之 1 岁羔羊的瘤胃还没有发育完全, 瘤胃微生物区系还未稳定, 也会影响瘤胃微生物对高比例精料的消化和吸收。因此, 日粮中精料比例越高, 羔羊饲料转化率达到最大的时间就越长, 曲线的峰值就出现的越晚 (董全民等, 2004)。

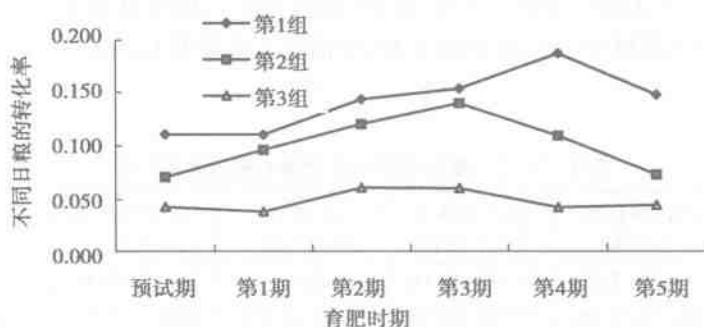


图 9-2-1 饲料转化率随育肥时间变化的关系

表 9-2-5 饲料转化率与育肥时间之间的回归方程

| 试验处理  | 回 归 方 程                             | R 值     | P 值    |
|-------|-------------------------------------|---------|--------|
| 第 1 组 | $Y = -0.0035x^2 + 0.0367x + 0.0676$ | 0.854 0 | < 0.05 |
| 第 2 组 | $Y = -0.0095x^2 + 0.0685x + 0.0064$ | 0.960 2 | < 0.01 |
| 第 3 组 | $Y = -0.0023x^2 + 0.0169x + 0.0245$ | 0.652 7 | < 0.20 |

4) 羔羊育肥效益分析: 据笔者试验, 自 2002 年 11 月 20 日开始, 到 2003 年 1 月 24 日结束。试验分为五期, 预试期 16d (11 月 20 日至 12 月 5 日), 每 10d 早晨空腹称重 (用电子秤称重) 1 次。每天的日粮 (第一组为  $1.1\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ , 第二组  $1.5\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ , 第三组  $3.51.5\text{kg} \cdot \text{d}^{-1}$ , 第一、第二组的日粮组成与牦牛相同, 第三组为 100% 燕麦青贮草) 分两次喂完 (早晨 8:00, 下午 4:00), 每日饮水 2 次 (早晨 10:00, 下午 5:30)。每天早晨饲喂之前, 分别记下前一天每组所吃剩的饲料。对照组为自由放牧, 不补饲, 无圈舍。价格按市场价计算 ( $6.5\text{元}/\text{kg}$  活重), 经济效益见表 9-2-6。

表 9-2-6 实验羔羊 (1 岁) 饲料成本及经济效益

| 实验组别 | 饲料成本<br>(元/kg) | 平均增重<br>(kg/只) | 增重成本<br>(元/kg) | 平均获利<br>(元/只) | 比对照组多获利<br>(元/只) |
|------|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------|
| 第一组  | 0.79           | 9.65           | 4.50           | 14.45         | 28.31            |
| 第二组  | 0.49           | 9.18           | 4.00           | 18.33         | 32.19            |
| 第三组  | 0.20           | 9.42           | 3.72           | 21.52         | 35.38            |
| 对照组  |                | -1.52          |                | -13.86        |                  |

从表 9-2-6 可知, 在 50d 的育肥期内, 第一组 (精料 65%)、第二组 (精料 35%) 和第三组 (100% 燕麦青贮草) 的个体增重分别比对照组增加 11.17kg、10.7kg 和 10.94kg, 羔羊的个体增重和平均获利第三组最高; 三组分别比对照组多获利 28.31 元/只、32.19 元/只和 35.38 元/只。

## (2) 牦牛舍饲育肥

1) 育肥牦牛日增重的变化: 在整个放牧育肥期内, 牦牛平均日增重的变化基本呈 S 型 (图 9-2-2)。在不同的育肥时期, 第一组 (配方 1) 牦牛的平均日增重总是大于第二组 (配方 2), 而且除了第二期, 预试期的牦牛平均日增重大于其他各育肥期, 两处理的牦牛平均日增重均在育肥第二期达到最大, 然后均开始下降。这是因为经过 16d 的预试期, 牦牛瘤胃微生物还没有从完全放牧条件下的区系形成适应这种舍饲日粮的瘤胃微生物区系, 所以在育肥第一期, 牦牛的平均日增重出现了下降趋势, 但再经过第一期的适应后, 适应这种日粮的瘤胃微生物区系基本趋向稳定, 出现了牦牛的“补偿性生长”, 在育肥第二期牦牛平均日增重达到最大, 然后均开始下降, 从第四期开始, 牦牛平均日增重趋向稳定。

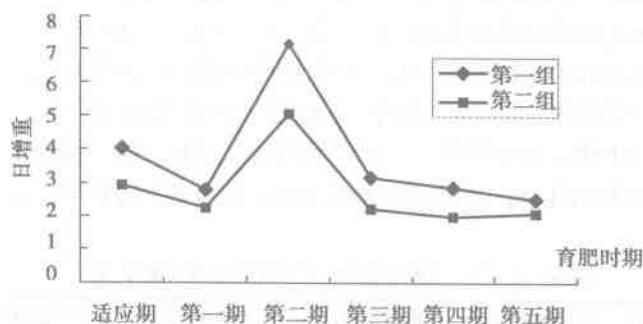


图 9-2-2 舍饲条件下牦牛的平均日增重变化

通过对两处理不同放牧期牦牛的平均日增重进行方差分析, 处理之间同一放牧期牦牛的平均日增重之间差异极显著, 处理内不同放牧期牦牛的平均日增重之间差异显著 (表 9-2-7), 进一步做极复方差分析 (表 9-2-8), 第二期两个处理的牦牛平均日增重之间差异极显著, 预试期、第三期、第四期两个处理的牦牛平均日增重之间差异显著, 第一期、第五期两个处理的牦牛平均日增重之间差异不显著; 两个处理内第二期与其他各育肥期牦牛平均日增重之间差异显著, 除了第二期, 其他各育肥期牦牛平均日增重之间差异均不显著。

表 9-2-7 暖棚舍饲条件下牦牛日增重统计分析

| 差异源 | SS        | df | MS        | F         | P-value   | F crit    |
|-----|-----------|----|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 处理内 | 0.027 52  | 1  | 0.027 520 | 13.021 24 | 0.015 405 | 6.607 877 |
| 处理间 | 0.222 163 | 5  | 0.044 433 | 21.023 41 | 0.002 272 | 5.050 339 |
| 误差  | 0.010 567 | 5  | 0.002 113 |           |           |           |
| 总计  | 0.260 251 | 11 |           |           |           |           |

表 9-2-8 暖棚舍饲育肥牦牛体重及日增重

|          | 体重 ( $x_1 \pm s$ ) (kg) |                |                | 平均日增重 ( $x_2 \pm s$ ) (kg/head · d) |                            |     |
|----------|-------------------------|----------------|----------------|-------------------------------------|----------------------------|-----|
|          | 第一组                     | 第二组            | 对照组            | 第一组                                 | 第二组                        | 对照组 |
| 预试前      | 117.98 ± 6.78           | 117.46 ± 7.02  | 118.60 ± 8.21  |                                     |                            |     |
| 预试末 (开始) | 122.04 ± 12.02          | 120.40 ± 8.21  |                | 0.27 ± 0.10 <sup>Aa</sup>           | 0.20 ± 0.098 <sup>Ab</sup> |     |
| 第一期      | 124.84 ± 16.20          | 122.66 ± 8.65  |                | 0.28 ± 0.123 <sup>a</sup>           | 0.23 ± 0.096 <sup>b</sup>  |     |
| 第二期      | 132.04 ± 13.02          | 127.66 ± 9.87  |                | 0.72 ± 0.298 <sup>Ab</sup>          | 0.50 ± 0.212 <sup>Ba</sup> |     |
| 第三期      | 135.22 ± 18.32          | 130.10 ± 12.34 |                | 0.32 ± 0.164 <sup>Aa</sup>          | 0.22 ± 0.102 <sup>Ab</sup> |     |
| 第四期      | 138.10 ± 16.32          | 132.10 ± 18.10 |                | 0.29 ± 0.123 <sup>Aa</sup>          | 0.20 ± 0.068 <sup>Aa</sup> |     |
| 第五期      | 140.62 ± 19.65          | 134.20 ± 16.85 | 109.80 ± 10.10 | 0.25 ± 0.132 <sup>a</sup>           | 0.21 ± 0.081 <sup>a</sup>  |     |

注：同行角大写字母不同者为差异极显著 ( $P < 0.01$ )，相同者为差异显著 ( $P < 0.05$ )，未标大写字母者为差异不显著 ( $P > 0.05$ )；同列角小写字母不同者为差异显著 ( $P < 0.05$ )，相同者为差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

2) 牦牛育肥的增重效果：在整个放牧育肥期内，第一组牦牛的绝对增重、相对增重和平均日增重分别比第二组和对照组高 5.9kg、4.94%、0.9kg/head · d 和 31.44kg、26.59%、0.49kg/head · d，第二组比对照组高 25.54kg、21.65%和 0.4kg/head · d，而且第二组的“增重/采食量”也比第一组高 (表 9-2-9)。因为日粮中粗饲料比例太低，反而会影响牦牛的消化和吸收效率，所以第一组的“增重/采食量”比第二组低。这一结果与吴克选等 (1997)、王万邦等 (1997) 和余明胜等 (1997) 的结论基本一致。因此，在完全舍饲条件下育肥牦牛，适当增加精料比例，甚至精料占到 65%，提高牦牛的日常增重是完全可行的。

表 9-2-9 暖棚舍饲条件下牦牛体重及增重变化

| 组   | 始重 (kg)       | 末重 (kg)        | 绝对增重 (kg)    | 相对增重 (%)     | 日增重 (kg/head · d) | 增重/采食量        |
|-----|---------------|----------------|--------------|--------------|-------------------|---------------|
| 第一组 | 117.98 ± 6.78 | 140.62 ± 19.65 | 22.64 ± 6.45 | 19.19 ± 7.12 | 0.35 ± 0.15       | 0.092 ± 0.023 |
| 第二组 | 117.46 ± 7.02 | 134.20 ± 16.85 | 16.74 ± 5.12 | 14.25 ± 3.21 | 0.26 ± 0.12       | 0.101 ± 0.038 |
| 对照组 | 118.60 ± 8.21 | 109.80 ± 10.10 | -8.8 ± 1.99  | -7.4 ± 2.02  | -0.14 ± 0.06      |               |

3) 牦牛育肥效益分析：第 1 组的日粮组成为：35% 燕麦草，20% 菜籽饼，41% 青稞，2% 磷酸氢钙，1% 盐，1% 添加剂，其成本为： $0.35 \times 0.2 + 0.2 \times 0.80 + 0.41 \times 1.1 + 0.02 \times 1.6 + 0.01 \times 1.6 + 0.01 \times 6.0 = 0.79$  元/kg；第 2 组的日粮组成为：65% 燕麦草，19% 菜籽饼，12% 青稞，2% 磷酸氢钙，1% 盐，1% 添加剂，其成本为： $0.65 \times 0.2 + 0.19 \times 0.80 + 0.12 \times 1.1 + 0.02 \times 1.6 + 0.01 \times 1.6 + 0.01 \times 6.0 = 0.49$  元/kg。价格按

市场价计算 (7.0 元/kg 活重), 经济效益见表 9-2-10。

表 9-2-10 实验牦牛 (2.5 岁) 饲料成本及经济效益

| 实验组别 | 饲料成本<br>(元/kg) | 头均增重<br>(kg/头) | 增重成本<br>(元/kg) | 头均获利<br>(元/头) | 比对照组多获利<br>(元/头) |
|------|----------------|----------------|----------------|---------------|------------------|
| 第一组  | 0.79           | 15.78          | 6.00           | 15.66         | 77.26            |
| 第二组  | 0.49           | 11.54          | 5.94           | 12.18         | 73.78            |
| 对照组  |                | -8.8           |                | -61.6         |                  |

从表 9-2-10 可知, 在 50d 的育肥期内, 第一组 (精料 65%) 比第二组 (精料 35%) 的个体增重高 3.48kg, 比第二组多获利 3.48 元; 第一、第二组分别比对照组的个体增重高 24.58kg 和 20.35kg, 比对照组分别多获利 77.26 元和 73.78 元。

### (3) 牦牛冬季补饲及其经济和生态效益分析

1) 补饲牦牛的增重效果: 不同处理组牦牛个体增重随补饲时间的动态变化见表 9-2-11。在 162d 的补饲期内, 除了处理 A、B 和 C 第 1 个月牦牛个体增重为正值, 所有处理组牦牛个体增重均为负值, 也即牦牛体重均在减少。方差分析表明, 补饲日粮组成和补饲时间对牦牛个体增重的影响均达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ) (表 9-2-12)。对各处理而言, 在第 1 个月, 处理 A 牦牛个体增重极显著地高于其他处理组, 处理 B 和 C 之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但它们和对照组之间的差异显著 ( $P < 0.05$ ); 在第 2 个月至第 4 个月, 处理 A 和对照 CK 之间的差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 而且它们也和处理 B 和 C 之间的差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 但处理 B 和 C 之间的差异不显著 ( $P < 0.05$ )。在最后 1 个月, 各处理之间的差异均不显著 ( $P > 0.05$ ) (表 9-2-11)。在整个补饲期内, 处理 A 第 1 个月和第 4 个月牦牛个体增重之间的差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 与其他各月之间的差异亦极显著 ( $P < 0.01$ ), 但第 2 个月和第 3 个月之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 而它们与第 4 个月之间的差异显著 ( $P < 0.05$ ); 处理 B 和 C 最后 1 个月牦牛的个体增重极显著地低于其他各月 ( $P < 0.01$ ), 第 2、3、4 个月之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但它们与第 1 个月之间的差异显著 ( $P < 0.05$ ); 对照组第 1 个月与其他各月之间的差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 第 2、3、4 个月之间的差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 但它们与最后一个月之间的差异显著 ( $P < 0.05$ )。

表 9-2-11 牦牛个体增重的变化 (单位: kg/头)\*

| 时 间<br>(2002~2003) | 处 理                         |                            |                            |                            |
|--------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|                    | A(100% 精料)                  | B(50% 精料 + 50% 的青贮草)       | C(100% 青贮草)                | CK(自由放牧)                   |
| 11.13~12.15        | 3.08 ± 0.31 <sup>A</sup>    | 0.82 ± 0.12 <sup>Ba</sup>  | 0.49 ± 0.08 <sup>Ba</sup>  | -1.94 ± 0.19 <sup>Bd</sup> |
| 12.15~1.10         | -0.06 ± 0.01 <sup>Cc</sup>  | -0.52 ± 0.11 <sup>Bb</sup> | -0.72 ± 0.10 <sup>Bb</sup> | -3.00 ± 0.23 <sup>Bb</sup> |
| 1.10~2.16          | -0.01 ± 0.004 <sup>Cc</sup> | -1.65 ± 0.21 <sup>Bb</sup> | -0.67 ± 0.13 <sup>Bb</sup> | -3.16 ± 0.46 <sup>Bb</sup> |
| 2.16~3.14          | -0.21 ± 0.05 <sup>Cb</sup>  | -1.52 ± 0.24 <sup>Bb</sup> | -1.74 ± 0.72 <sup>Bb</sup> | -3.39 ± 0.17 <sup>Bb</sup> |
| 3.14~4.22          | -3.58 ± 0.98 <sup>Dc</sup>  | -3.63 ± 0.99 <sup>Dc</sup> | -3.11 ± 0.65 <sup>Dc</sup> | -3.46 ± 1.21 <sup>Dc</sup> |

\* 同行或列角大写字母不同者为差异极显著 ( $P < 0.01$ ); 小写字母不同者为差异显著 ( $P < 0.05$ ); 大写字母相同, 小写字母不同者为不显著 ( $P > 0.05$ )。

表 9-2-12 补饲日粮和时间对牦牛个体增重的影响

| 影响因子 | 平方和      | 自由度 | F-值      | F-临界值   | P 值      | 显著性 |
|------|----------|-----|----------|---------|----------|-----|
| 处理时间 | 15.211 1 | 3   | 10.023 1 | 3.490 3 | 0.001 40 | **  |
|      | 56.314 6 | 4   | 27.830 7 | 3.259 1 | 0.000 05 | **  |

2) 补饲牦牛的经济效益: 在 162d 的补饲期内, 各处理组牦牛的个体增重均为负值, 也即牦牛均减重, 但处理 A 牦牛体重的损失最小, 为 0.78kg/头, 处理 B 和 C 分别为 5.75kg/头和 6.49kg/头, 而对照组达到 16.16kg/头。各补饲处理组 A、B 和 C 牦牛体重分别比对照少损失 15.36kg/头、10.41kg/头和 9.67kg/头, 个体增重分别比对照组牦牛相对提高 95.36%、64.42% 和 59.84%; 相对于对照组, 各补饲处理组 A、B 和 C 牦牛的饲料报酬 (采食量/相对个体增重) 分别为 5.23: 1、7.68: 1 和 8.38: 1。在补饲期内, 不同处理组牦牛比对照获利 (每头牦牛体重相对对照的增加 (kg/头) × 牦牛活重的价格 (元/kg)) 分别为 122.88 元/头、83.28 元/头和 77.36 元/头, 各处理组牦牛补饲的总成本分别为 69.66 元/头、46.98 元/头和 24.30 元/头, 因此, 不同日粮补饲组牦牛的产出投入比分别为 1.76: 1、1.77: 1 和 3.18: 1 (表 9-2-13)。

表 9-2-13 不同补饲日粮下牦牛的生产 and 经济效益

| 项 目                         | 处 理     |         |         |         |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
|                             | A       | B       | C       | CK (对照) |
| 总增重 (kg/head)               | -0.78   | -5.75   | -6.49   | -16.16  |
| 比对照的相对增加 (kg/head)          | 15.36   | 10.41   | 9.67    |         |
| 比对照的相对提高 (%)                | 95.05   | 64.42   | 59.84   |         |
| 采食总量 (kg/头)                 | 81.00   | 81.00   | 81.00   |         |
| 采食量/相对个体增重                  | 5.23: 1 | 7.68: 1 | 8.38    |         |
| 相对收入 (元/头)                  | 122.88  | 83.28   | 77.36   |         |
| 补饲成本 (元 · d <sup>-1</sup> ) | 0.43    | 0.29    | 0.15    |         |
| 总成本 (元/头)                   | 69.66   | 46.98   | 24.30   |         |
| 产出/投入                       | 1.76: 1 | 1.77: 1 | 3.18: 1 |         |

3) 补饲牦牛的生态效益: 高寒草甸生态系统的生产力状况及服务价值见表 9-2-14。据董全民等 (2006) 对高寒草甸适宜放牧强度的研究结果, 草地年度最大生产力为  $36.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 因此可以将补饲牦牛体重较对照的增加, 也即补饲组较对照组牦牛个体的相对增重折算, 得到恢复补饲期牦牛体重损失所需的草地面积。另外, 参照谢高地等 (2001, 2003) 对中国自然草地生态系统服务价值的核算和青藏高原生态资产的价值评估, 确定高寒草甸草地生态系统提供的涵养水源、土壤保护、生物多样性保护、气体调节、气候调节、食物生产、废物处理、原材料生产和娱乐文化等生态系统服务的价值分别为  $527.81 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 、 $1286.53 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 、 $719.03 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 、 $527.81 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 、 $593.84 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 、 $197.86 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 、 $864.21 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 、 $33.01 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  和  $26.34 \text{ 元} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ , 因此高寒草甸生态系统总价值

为4 776.44元·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>。不同处理组 A、B 和 C 牦牛补饲产生的生态效益价值分别达到2 006.10元/头·年、1 337.40元/头·年和1 421.87元/头·年（董全民等，2007）。

表 9-2-14 不同日粮补饲牦牛的生态效益

| 项 目                                                  | 处 理      |          |          |         |
|------------------------------------------------------|----------|----------|----------|---------|
|                                                      | A        | B        | C        | CK (对照) |
| 补饲期牦牛个体总增重                                           | -0.78    | -5.75    | -6.49    | -16.16  |
| 比对照的相对增加                                             | 15.36    | 10.41    | 9.67     |         |
| 高寒草甸草场牦牛最大生产力 (kg·hm <sup>-2</sup> )                 |          | 36.65    | 36.65    |         |
| 高寒草甸生态系统服务总价值 (元·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> ) |          | 4 776.44 | 4 776.44 |         |
| 恢复冬季牦牛体重损失所需草地面积 (hm <sup>2</sup> )                  | 0.42     | 0.28     | 0.26     |         |
| 补饲牦牛的生态效益价值 (元/头·年)                                  | 2 006.10 | 1 337.40 | 1 241.87 |         |

### 三、饮水安全工程

#### （一）人畜饮水现状

青海湖流域由于受诸多因素影响，人畜饮水困难问题一直比较突出，已经成为制约地区经济发展、影响牧民群众脱贫致富的主要因素之一。为解决人畜饮水困难和不安全的问题，党和各级政府高度重视农牧区人畜饮水工作，把解决农牧区人畜饮水困难列入重要议事日程，在国家的大力支持下进一步加大了投资力度，农牧区人畜饮水工作取得了显著成效。特别是在“十五”期间，在国家水利部的大力支持下，区内人畜饮水工作进入了一个快速发展阶段，人畜饮水基础设施得到了极大的加强，人畜饮水条件明显改善，截至2005年，流域共兴建人畜饮水工程近115项，其中集中管道工程78项，分散工程37项，基本上解决3.67万人（其中有农场0.346万人），140.31万头只牲畜（其中大畜36.09万头，小畜104.22万只）的饮水困难问题。一大批人饮工程的实施，解放了广大农牧民的劳动力，促进了地区经济社会的发展。

为进一步加强农牧区供水设施建设，完善农牧区供水社会化服务体系，保障农牧区供水安全，按《全国农村牧区饮水安全工程总体规划及“十一五”规划工作大纲》的安排和要求，2004年底，青海省水利厅组成调查组对全省农牧区人畜饮水情况进行了调查，基本摸清了青海湖流域内饮水不安全人数为7.02万人。按地区划分，刚察县饮水不安全人数为3.02万人，占流域饮水不安全人数的43%；海晏县饮水不安全人数为0.68万人，占9.7%；天峻县饮水不安全人数为1.12万人，占15.95%；共和县饮水不安全人数为2.2万人，占31.34%。

#### （二）饮水困难类型和成因分析

据初步调查分析，流域饮水困难和不安全类型主要有以下两类：一是资源性缺水；二是工程性缺水。氟、砷含量超标等水质型缺水在部分地区也有分布。



### 1. 资源性缺水

流域年降水量普遍较少,三年一大旱,小旱年年有,加之气候变迁,雪线上升,湖泊干涸,原有水源枯竭,造成地区性人畜饮水困难。

### 2. 工程性缺水

流域海拔较高,地形条件复杂,山高坡陡,河流深切,由于地形、地貌、地质条件和资金投入的影响,水利供水设施不足,有水蓄不住,造成人畜饮水困难。“人在山上住,水在山下流,听水响,看水流,山上用水贵如油”是这些地方的真实写照。

饮水困难或不安全的主要原因有:①自然条件恶劣,干旱少雨,蒸发量大,无稳定水源,加之人高水低,取水距离远,是造成人饮水困难的主要原因之一。项目区水资源的补给来源主要是依靠大气降水,由于干旱天气日增,湖泊、湿地面积缩小,沼泽消失,加之人类活动对生态环境的破坏,使得水资源呈现了逐年减少的趋势。由此,直接导致了水的供需矛盾的加大。②供水工程老化失修严重。项目区现有的人畜饮水工程大多修建时间长,设施老化严重。由于受资金限制,工程建设标准不高,加之经多年运行,工程老化失修相当严重,效益衰减。另外,建设时在工艺选择上比较落后,且制水后水质达不到饮用水标准。③管理机制落后。虽然大多数工程建成后都能得到可持续发展,但仍存在重建设轻管理的现象。由于存在管理机制不完善,未成立社区用水协会,水价不到位,水费征收难度大,致使工程难以维持正常运行,也是部分已建工程得不到及时维修,造成饮水困难的主要原因之一。④牧区经济体制改革因素影响。随着牧区经济体制改革的不断深入,牲畜作价入户、草地承包到户,大部分牧民群众已告别了逐水草而居的游牧生活,而过上了定居放牧的安定生活。但因流域人口、牲畜数量的增加与集中居住,需要修建固定的人畜饮水工程,以解决和改善牧民及牲畜的饮水问题。

## (三) 人畜饮水工程建设

### 1. 建设思路和基本原则

(1) 建设思路:坚持以人为本、全面协调、可持续发展的科学发展观,充分认识解决农村牧区饮水安全问题的艰巨性、复杂性和紧迫性。按照建设社会主义新农村的总体要求,加快农村牧区饮水安全工程建设步伐,深化农村供水管理体制改革的,强化水源保护、水质监测和社会化服务,建立健全农村饮水安全保障体系,使农村牧区群众获得安全饮用水,维护生命健康,提高生活质量,促进地区经济社会可持续发展。

(2) 基本原则:①结合定居点的建设:按照“统筹规划,分步实施,因地制宜,注重实效”的原则,解决该区人畜饮水问题;②保证水源的可持续性:水源布局要合理,既要考虑当前又要考虑长远,既要考虑水量又要考虑水质,水源的选择要符合当地水资源规划和管理的要求,合理利用水资源,优质水源应首先满足生活用水需要;③近期与长远结合:根据各地自然条件和社会发展情况,因地制宜地确定饮水工程类型、规模和标准,避免出现低水平的重复投资;④建立工程良性运行的建管机制:建立归属清晰、责权明确的管理体制和充满活力的运行机制,积极培育农牧区供水市场,在工程管理中要重视运用参与式方法,特别是要充分发挥用水合作组织的作用,切实保护用水户利益,确保工程良性运行和可持续利用。

## 2. 技术路线

根据总体布局,规划近期全面解决流域内的人畜饮水困难问题。结合流域地形、地质、气象、水文、水源条件和社会经济状况等因素综合分析,确定流域人畜饮水工程建设以小型工程为主,工程水源以引取地表水为主,根据地区条件因地制宜地采取引泉、截流、打井、管道输水等工程措施。在具体实施以各乡或各村(牧业点)为单元工程时,对水源丰富的地区,以引取小沟道地下(地表)水为主,选择沟道上游水质较好、水量相对稳定、距饮水困难村社(牧业点)地形落差大的水源为供水水源,在选择工程措施时优先考虑自压管道供水方式;对水源相对贫乏的地区,在无法用地表水源供水时,采用机井(人工井)等工程措施开采浅层地下水解决饮水问题。

## 3. 存在的主要问题

在国家和水利部的大力支持下,流域人畜饮水工程取得了一定的成绩,基本解决了3.67万农牧民的饮水困难问题。但在人畜饮水工程实施过程中,从前期规划、设计、工程实施到后期管护都存在一定问题。主要有:①前期工作不扎实,工程建设选址不尽合理,有些工程水源选择上没有考虑到充沛的水量来源和水质要求,工艺选择单一,千篇一律地选用传统工艺等;②工程监督力度不大,工程建设标准不高,容易损毁,没能发挥应有的设计效益,同时还存在个别工程施工粗糙,达不到设计要求的现象;③工程建成后,由于管理体制不健全或业主不明确,工程产权不清晰,运行机制不活,工程管理难度大,造成工程运行几年后又无水可饮。

# (四) 对策与措施

## 1. 供水工程特点

流域供水工程分集中和分散供水工程两大类。集中供水工程是在一个或几个村庄,有的扩大到整个乡镇甚至跨县,利用管网将水统一送到各家各户或集中供水点的工程;分散供水工厂是单户或几户联合,利用小井、集雨水窖、水池等微型工程供水。

(1) 点多面广,单个工程规模小:流域辽阔,农牧民居住相对分散,供水工程面广量大,且大多分布在自然条件差、经济落后、交通不便的偏远地区,使工程规模小,且分散。

(2) 服务对象为弱势群体,带有扶贫性质:供水工程的服务对象是农牧民,人畜饮水投资主要是国家补助资金的无偿使用,这样容易出现两个方面的消极影响。一是对管理部门而言,容易出现投资不讲回报,项目管理粗放等问题;二是对受益群众而言,缺乏监督和参与项目管理的主动性,有的甚至根本不知道自己还有参与监督管理的权利和义务。

(3) 工程维护管理和经营难度大:饮水工程一般单项规模小、数量多、分布范围广、受益人口少,其工程单位投资大(如青海省饮水人均单位投资达840元,有的地区高达1500~1800元),运行成本高,加之流域内牧民生活不富裕,承受能力有限,水费标准低且征收困难,工程维护管理和经营难度很大。

(4) 饮水工程建设和供水标准较低;有些工程建设标准已不适应当前农村牧区的发展要求。

## 2. 正确处理饮水工程的几个关系

解决流域农牧民饮水困难和不安全问题,不仅关系到当地群众生活质量的提高、健康状况的改善,而且关系到农村牧区群众脱贫致富奔小康、地区经济持续发展和维护社会稳定的大局。在工作中应正确处理好以下几个关系。

(1) 生产用水与生活用水的关系:饮水困难地区大多是水资源非常缺乏的地区,要按照现代水利思路 and 人与自然和谐共处的思想,以水资源的可持续利用保障经济社会的可持续发展;正确处理生活用水和生产用水的矛盾,首先保证群众生活用水,严格控制灌溉用水和高耗水作物。

(2) 集中供水与分散供水的关系:在水源、人口和经济条件具备的地区,要优先发展集中供水,避免低水平重复投资建设,为进一步提高农村牧区群众的生活水平打下基础。

(3) 工程建设与管理的关系:工程建设与管理是密不可分的,建设是管理的前提和基础,管理是工程长期发挥效益的重要手段。管理包括建设之前的管理、建设中的管理和建设后的管理。在工程建设之前就要明确工程的“业主”和管理体制,制定出运行管理方案,并参与工程规划设计及实施方案的制定。在工程建设中,管理者要参与工程建设监督,避免超规模、超标准建设造成建后运行费过高或投资不够先砍管理设施等问题。工程建成后,要按照管理方案确定管理人员、运行机制以及核定水价。

(4) 小型公益性基础设施建设与市场机制的关系:饮水工程是一项基础设施建设和社会公益性事业,国家在投资政策上要按照公共财政办法扶持建设。但流域内饮水工程又有它的特殊性,服务对象是千家万户的老百姓,日常运行、管理、维护等费用较大,政府不可能负担。因此,在建设上要靠各级政府扶持和群众自筹,引入市场机制,调动各方面投资积极性,鼓励农户、牧户和其他社会力量投资建设。在运行管理方面要按市场机制的办法操作,实行有偿供水、成本收费企业化运作,从而达到良性运行的目的。

## 3. 对策与措施

饮水工程的质量好坏,直接关系到群众的切身利益,因此要进一步强化项目管理,做好工程建设和管理的各项工作。

(1) 进一步提高认识,加强领导和责任分工:农村牧区饮水安全工程是构建和谐社会,建设社会主义新农村新牧区的具体体现,对这项工作的重要性应有一个认识,加强组织领导,要层层落实责任,一级抓一级,级级有压力,做到领导到位、组织到位、责任到位、措施到位,以强有力的组织领导做保证,全面推动此项工作的开展。

(2) 加强建设项目管理,确保工程质量:①认真做好规划、设计和实施方案的编制工作:要按照科学发展观确定工程建设标准,要尽可能选择水质良好、便于卫生防护的水源地,在工程选型上要充分征求农民群众的意见,根据水源、用水需求、地形、居民分布等条件因素,通过技术经济比较,因地制宜合理确定,宜集中则集中,宜分散则分散;②严格选择施工队伍:小型分散的水窖等工程可由水利部门选择有经验的技术人员做指导,受益区群众自建、自管、自用,集中供水工程应实行项目法人制,选择有经验、有资质的水利专业队伍施工,工程规模及投资较大的项目必须进行招投标,按照

“四制”实行；③把好材料设备质量关：要采取各种措施防止劣质、不合格的材料设备用于人畜饮水工程，关键材料和设备的采购，必须有相关专业的技术人员参加，防止一味追求价格便宜而降低质量标准的情况发生；④加强项目资金管理，确保资金发挥效益：要严格执行资金管理制度，实行专户储存、专款专用，增加资金管理和使用透明度，实行财务公开，加大资金监督检查力度，按期或不定期对人畜饮水工程资金到位和管理使用情况进行检查，并配合审计部门进行监督和审计；⑤严把工程验收关：按照《验收规程》和《农村人畜饮水项目建设管理办法》严格进行工程验收，决不让不合格的工程投入运行。

(3) 加强工程建后管护，确保工程长期受益：流域饮水工程项目多、规模小、分布面广，建后管理难度大，要做好管护工作。首先要改革管理体制，明晰工程所有权，建立用水户协会参与自主管理体制；其次要逐步建立适应市场经济体制的良性运行机制，引入市场机制，采取灵活多样的方式，深化农村牧区饮水工程运行机制改革；第三要做好水费的征收、管理和使用工作，实行有偿供水，合理收费；第四要加强水源地保护和饮用水安全监督管理，依法实施饮用水水源保护区制度，合理确定保护区，严格禁止破坏涵养林和水资源保护设施的行为，因地制宜地进行水源安全防护、生态修复和水源涵养等工程建设，同时要加强对饮用水水源、水厂和用水点的水质检测，及时掌握水源环境、水质状况，并定期检查。

(4) 建立项目建设期监督和运行期评估制度：有关部门应强化农村牧区饮水工程项目管理，对农村牧区饮水安全项目实行监督和后评估制度，全面监督推行“六制”和农民用水户全过程参与的管理模式，确保工程长期有效发挥效益。“六制”管理模式为：①规划建卡制：以县为单位，规划到村，做好前期工作；②公示制：实施“六公开”，解决对象、补助政策、规划方案、管理程序、财务估算、干部责任；③集中采购制：主要材料设备集中招标采购；④资金报账制：以县为单位财政资金报账制；⑤巡回监理和受益农民跟班监督制；⑥改革管理体制和运行机制，明确产权，确定主体，落实水价机制，按成本收费确保工程良性运行。

(5) 加强宣传、培训和新技术推广：一是通过广播、电视、报刊等多种途径，加大宣传工作力度，提高社会对饮水安全工作的认识；二是加强培训和技术指导，定期或不定期组织不同层次的培训，提高项目建设和管理人员的工作能力和业务水平，并经常聘请有农村牧区供水经验的专家下基层进行技术咨询和指导；三是组织力量，结合农村牧区供水工程特点，在相关技术规范的基础上，编制农村牧区饮水工程设计技术和管理手册。

## 四、小城镇建设

党的十七大报告指出，统筹城乡发展，推进社会主义新农村建设，解决好农业、农村、农民问题，事关全面建设小康社会大局，必须始终作为全党工作的重中之重。要加强农业基础地位，走中国特色农业现代化道路，建立以工促农、以城带乡长效机制，形成城乡经济社会发展一体化新格局。小城镇作为城市之尾，乡村之首，是城乡经济统筹

发展的焊接点。实践证明,加速农村牧区小城镇建设是实现农村经济跨越式发展的重要途径,是融合城乡二元经济结构的重要着力点。小城镇以其经济集聚功能和社会服务功能,解决城乡间产业、就业及收入结构的长期失衡问题,促进农业生产力水平的提高、农牧民收入的持续快速增长和农村经济的繁荣,使广大农牧业地区的生产压力、环境压力得以减轻,有利于生态环境的保护与修复,使传统的封闭型农牧业社会逐渐向现代的开放文明型农牧业社会转变。

### (一) 流域小城镇建设现状及存在的主要问题

近年来,在地区经济快速发展的推动和国家扩大内需、加大基础设施投入、实施西部大开发战略等宏观政策的大力支持下,青海湖流域的小城镇建设也取得了长足的发展。截至2006年底,在流域的海晏、刚察、共和、天峻四县中,共有建制镇10个,镇区面积为2 083 hm<sup>2</sup>,人口28 884人,分别占流域总面积的0.07%,占流域总人口的33.74%,平均每3.37×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>有1个建制镇。但横向比较,流域建制镇数量偏少,规模亦较小,难以带动地区经济发展。具体来看,当前流域小城镇建设存在以下主要问题。

#### 1. 小城镇数量少,城镇体系尚不完善

2006年底,在流域四县中,每万平方千米有建制镇0.30个,与之相比较,青海省每万平方千米有建制镇1.88个,而全国每万平方千米有建制镇28.18个。可见,流域小城镇数量偏少,城镇化水平极低,一些农牧民仍生活在方圆百里见不着城镇的地方,几乎与世隔绝,生产生活条件极为艰苦。

#### 2. 小城镇基础设施落后,城镇功能较弱

随着西部大开发战略的实施,国家加大了对西部城镇基础设施建设的投入力度,在一定程度上缓解了城镇基础设施总量不足、欠账过多的矛盾。但从总体上看,目前流域城镇的基础设施建设水平仍然很低。主要表现在:城镇供水紧张,供水设施老化;城镇道路硬化水平低,城镇之间客车班次少,农牧民出行不便;城镇环境质量差,绝大多数的城镇建成区内无系统的排水设施,且供热、供气普及率低;污水处理和垃圾处理设施严重缺乏,等等。流域城镇公用基础设施的落后,严重制约着城镇居民生活水平的提高和城镇自身的发展。

#### 3. 小城镇建设资金短缺

小城镇的建设和发展是一个庞大的社会系统工程,需大量资金投入。目前,青海湖流域小城镇建设资金来源主要有国债及各地政府的自筹资金;交通、水利、电力、电讯、林业等部门的专项投资;小城镇范围内收取的城市维护建设税;通过抵押、财政贴息等形式贷款以及社会化、市场化运作方式吸纳的社会资金。但从总体上看,流域由于受经济发展水平和市场发育程度的限制,当地政府几乎拿不出什么财力用于城镇基础设施建设,通过市场化融资进行基础设施建设也面临重重困难,绝大多数城镇的基础设施建设只能依靠国家和上级政府的专项拨款和政策性贷款,基础设施的多元化投资体制远未形成。而在招商引资方面,由于对外宣传不力和优惠政策的落实不到位等原因,成效也十分有限。凡此种种因素,使得流域小城镇建设资金缺口巨大,已成为制约当地小城



镇建设速度和发展水平的重要因素。

#### 4. 管理体制不顺, 工作人员素质不高, 难以适应小城镇发展的需要

在现行的小城镇管理体制中, 镇级政府虽是当地的综合管理部门, 但却不具有必要的行政管理权限, 小城镇建设与发展所涉及的财政、税务、公安、国土、人事等方面事务都是由县级政府统一管理, 致使各部门间沟通协调不够。例如, 土地部门在实施土地管理过程中, 由于缺乏必要的沟通协调机制, 土地总体规划与城镇总体规划不衔接, 在单独审批建设用地过程中, 经常不能周密考虑与城镇总体规划的关系; 交通部门对穿越城镇的过境公路只管收费不管建设和维护, 对建设部门投入到过境公路的建设资金等于无偿使用; 电力和通讯部门在铺设电缆和通讯设施时, 常不注意城镇设施、住宅等的规划与安全; 税务部门只管税收征管, 而对镇级政府为吸引客商投资办企业而出台的有关减免税收的优惠政策不予理会; 工商部门只管收取市场管理费, 而对繁荣市场所进行的城镇建设不予投入, 等等。这些问题的存在, 极大地影响了小城镇建设的速度和水平。另外, 在一些小城镇管理机构中, 由于工作人员来源多, 文化程度不高, 有些未经过专业培训, 对业务不熟悉, 因而难以胜任小城镇建设与管理的繁重任务, 也在一定程度上制约着小城镇的发展。

#### 5. 农牧民进镇积极性不高, 也在一定程度上制约着小城镇的发展

据调查, 许多现已进入城镇务工经商的农牧民还未完全适应城镇生活方式, 致使他们不敢轻易放弃所承包的草场土地, 不得不选择“两栖式”生活。如家庭中的部分成员在城镇从事工商业, 而另一部分成员则留在草场从事传统畜牧业, 或是农闲进城居住, 农忙又返回农村牧区。这一现象使得流域的小城镇发展难以获得稳定增加的人口支撑, 难以形成应有的聚集效应。造成这一现象的原因, 一方面是在目前的小城镇建设过程中, 社会保障体系建设严重滞后, 不能及时将新迁入城镇的农牧民纳入城镇社会保障体系中, 使他们对城镇生活缺乏最起码的安全感; 另一方面, 流域农牧民的文化科技素质普遍较低, 他们只有传统的农牧业生产经验, 而缺乏移居城镇后从事后续产业所需要的生产技能, 因而较难适应城镇生活。加之流域小城镇自身经济发展水平较低, 工商业不发达, 给农牧民提供的就业机会仍十分有限, 也在一定程度上影响着农牧民进入城镇的积极性。

## (二) 促进流域小城镇建设的对策

大力加强小城镇建设是 21 世纪我国解决“三农”问题的一项重大战略决策, 也是青海湖流域全面建设小康社会、实现人与生态环境和谐发展的必然要求。结合当前流域小城镇建设中存在的困难和问题, 提出如下几点意见和建议。

#### 1. 解放思想, 更新观念, 形成科学合理的小城镇发展思路

小城镇建设是一项涉及面广、关连性强、难度大、周期长的系统工程, 而青海湖流域由于生产力水平低、气候条件恶劣, 小城镇建设更面临一些特殊困难。为此, 必须要以科学发展观为指导, 大胆解放思想, 更新观念, 形成科学的适合当地实际情况的小城镇发展思路: 第一, 将小城镇的经济带动功能与公共服务功能并重, 完善小城镇网络体系。流域小城镇建设既要满足集聚生产要素、带动地区经济发展的要求, 又要兼顾改善



当地农牧民生产生活条件的需要。这就要求人们在进行小城镇规划布局时既要考虑当地的经济水平和发展条件,在条件好的地方优先发展,又要考虑人口分布的因素,逐步在经济落后地区建立和完善小城镇体系,为当地农牧民提供平等的公共服务。第二,尊重自然规律和市场规律。小城镇是伴随着经济增长而发展起来的,它的发展又能促进经济增长;小城镇发展不仅要受第二、三产业发展的拉动,也要受第一产业发展的推动,同时还要受农牧民生活水平提高后对城市型物质文明和精神文明追求的驱动。因此,小城镇建设既不宜“人为抑制”,也不宜“拔苗助长”。第三,注重生态环境保护。流域生态环境十分脆弱,一旦破坏将危及青藏高原东北部地区的生态安全。因此,流域小城镇建设决不能重复“先发展后治理”、“边建设边污染”的传统工业化道路。必须把污染防治和生态保护放在小城镇建设优先考虑的位置,对小城镇建设的各个项目实行生态环境一票否决制。第四,保持小城镇的民族地域特色。流域是青藏高原高寒草甸草原的典型代表,浓郁的藏族文化与传统的游牧生产方式相互渗透,旖丽的自然风光与古朴的民族风情相结合,共同构成了我国最主要的生态旅游区和生态功能区。因此,流域小城镇建设应该在完善各项基础设施和服务功能的同时,应特别注重对传统文化的保护,要因地制宜,建设具有青海高原特色和民族特色的小城镇体系。

## 2. 发展特色产业,提高城镇经济活力

特色产业的发展,可形成区域经济辐射源,把农牧民与城镇经济有机联系起来,形成加工、贸易、综合开发等为特色的小城镇产业支撑点,达到建一个城镇,活一片经济的目的。为了防止流域小城镇的“空壳化”,不能强行把农牧民赶进来,也不能仅通过简单的“户口转换”等技术手段实现所谓的城镇化。小城镇首先要有一定的经济基础,要立足于不同小城镇的功能定位,不断挖掘、培育各自的特色产业,并在一个较大范围形成合理的产业布局和各具特色的城镇经济,从而吸纳和聚集农牧区人口,形成小城镇发展的经济基础,以保证小城镇具有可持续发展能力。在实际的特色产业选择、培育工作中,首先要拓宽思路,克服一些传统观念的制约。长期以来,理论界根据20世纪中叶发达国家的城市化经验,总是把城镇化与工业化联系在一起,认为离开了工业化就不可能实现真正的城镇化。这一理论观点至今仍对我国的城镇化实践产生着重要影响。但实际上,随着经济的发展和机制的完善,工农业产品的价格“剪刀差”正在逐渐消除,传统农牧业的收益正在逐渐提高,再加之绿色农业、生态畜牧业的蓬勃发展和交通条件的改善,农牧业已完全可能成为支撑城镇发展的支柱产业。特别是在生态环境脆弱、地处偏远、矿产资源也不很丰富的青海湖流域,并不具备多少发展工业的有利条件,绝大多数地区小城镇建设可行的支柱产业仍是畜牧业,通过小城镇在市场、科技、信息等方面的辐射作用,带动周围畜牧业向绿色、优质、高效方向发展,同样能够促进城镇农牧产品加工业、商贸服务业的发展,进而为城镇发展提供经济支撑。另外,每个小城镇都要树立培育和发展特色产业、主导产业的强烈意识,要充分挖掘和发挥当地的自然、地理、经济、区位、人文、自然资源等优势,尽快选择和确定自己的特色产业和主导产业,要注意产业的多样性和细分,形成各地区间产业的合理分工布局,避免城镇间特色产业的完全雷同和恶性竞争。

### 3. 建立多元化投融资体制, 加快城镇基础设施建设

流域资金短缺是当地小城镇建设面临的重大难题, 也是制约小城镇基础设施建设的关键因素之一。为此, 必须深化改革, 建立多元化投融资机制, 支持和鼓励国有、集体、私营、合资、独资等多元投资主体共同参与, 多渠道筹集资金。第一, 继续争取国家、青海省加大对流域小城镇基础设施的投资力度, 使广大农牧民也能分享国家经济快速发展的成果, 使该流域经济和基础设施建设能与全国、全省同步协调发展。第二, 以改革为动力、市场为机制、政府投资为导向、民资为主体、外资为补充, 形成多渠道、多形式、多方位投资新体系, 按照“谁投资、谁受益”的原则, 运用市场机制多方面、多渠道筹集建设资金。同时, 筛选切实可行的项目, 采取项目引资方式, 鼓励省内外、国内外客商和当地富裕起来的农牧民进镇投资兴办企业或市政基础设施。在具体操作过程中要从实际出发, 量力而行, 不能随意摊派, 加重投资者的负担, 要信守承诺, 兑现相关优惠政策。第三, 适当扩大城镇的财政收入范围, 对进驻镇企业实现的增值税, 其地方留成的部分应全额留在镇财政; 收取的城镇维护建设税和市政、公用、环卫、园林设施配套费等, 应按照取用一致的原则, 全额留镇, 用于市场建设和维护等。与此同时, 要不断完善小城镇资金管理机制, 规范城镇建设维护税的使用, 提高资金使用效率。

### 4. 深化改革, 降低农牧民进镇的成本

流域小城镇发展还普遍面临一系列制度性障碍, 如户籍管理制度、土地使用制度、社会保障制度等。为此, 必须进一步深化改革, 降低农牧民进镇的成本和门坎, 破除阻碍小城镇发展的制度性障碍。第一, 改革户籍管理制度。户籍管理制度是我国 20 世纪 50 年代制定的一项主要行政管理制度, 在特定的历史条件下对社会的稳定起了一定的积极作用。但在现阶段, 这一制度对工业化和城市化发展的阻碍作用日益显现, 必须逐步进行改革。可考虑淡化户籍制度的“福利化”色彩, 对凡在小城镇有合法住所和稳定生活来源的人员均允许申请在小城镇落户, 并保证他们在就业、教育、医疗、社会保障等方面享受与城镇原有居民同等的权力。第二, 改革土地管理制度。依据流域地势平坦开阔, 具有进行适度规模经营的有利条件, 各级政府完全可以制定和实施在保证土地所有权、承包关系不变前提下, 承包权与使用权有偿流转的政策, 通过租用、转让、入股、拍卖等形式使土地转化为资本, 为增加农牧民收入和发展城镇基础设施、乡镇企业、第三产业创造条件。第三, 完善社会保障制度。要积极筹措资金, 改善小城镇学校、医院的硬软件条件, 提高学校教育水平和医院的医疗保障能力。要积极争取上级财政支持, 完善医疗、养老、就业保障体系。要将城镇居民纳入城镇社会保障体系之中, 将农村居民纳入农村社会保障体系之中, 做到应保尽保, 并逐渐缩小城乡社会保障水平的差距。

### 5. 加强管理, 提高城镇政府的公共服务能力

伴随着二、三产业在小城镇的发展壮大和众多农牧区人口向小城镇的转移, 小城镇在性质上逐渐发生了相应的变化, 城市的一般特征日趋明显。农牧业管理和农村牧区管理已不再是镇政府管理工作的全部, 城镇基础设施的完善、市场秩序的维护、收入分配的调节等工作都离不开政府的参与。为此, 各个镇政府必须不断深化行政管理体系改革, 加强对经济、社会、文化等各项事务的管理, 提高政府的公共服务能力。第一, 拓

宽乡镇政府的职能,增强政府经济管理能力。要制定和实施公平有效的政策,鼓励和支持中小企业、非公有制经济的发展,促进市场经济主体的多元化,增强地区发展的活力;要制定政策引导当地资本市场、产品市场、劳动力市场的建立和完善,促进资源配置的优化。第二,转变政府职能,强化政府的社会职责。在日益强调社会与经济同步发展的今天,乡镇政府必须承担起越来越大的社会发展责任。要加强社会舆论引导,增强社会凝聚力;要更加关注社会弱势群体,并通过建立科学合理的扶助机制,保障社会最基本的公平正义;要建立和完善社会保障体系,促进社会的和谐发展。第三,加强文化科技管理。随着经济社会的发展,文化科技对一个地区的经济社会发展和人的全面发展起着越来越重要的作用。乡镇政府要通过各种途径筹措资金,建立有利于人们身心健康的文化娱乐中心和各种文化活动场所;要积极组织开展形式多样的健康文化活动,唱响主旋律,弘扬正气,为地区经济社会发展营造一个良好的文化氛围和外部条件。第四,加强政府自身管理,提升政府形象。要按照中央的要求,不断推进政府管理的民主化进程,强化公众对政府权利的监督。要特别注重对窗口行业的管理,提高工商、税务等部门的服务水平,提升政府形象,改善当地的投资环境和经济发展环境。

#### 6. 积极推进生态移民工程,促进小城镇发展

虽然目前理论界和有关部门对生态移民工程在实践中出现的种种困难和问题尚存在诸多争论,但在生态环境严重恶化地区,实施生态移民仍是从根本上保护和改善当地生态环境的必然选择。青海湖流域既是我国重要的生态功能区,也是生态环境极度脆弱、生态破坏比较严重的地区,在其中部分地区实施生态移民工程已刻不容缓。第一,政府要发挥主导作用。要精心做好生态移民的前期规划工作,要投入必要的财政资金,保障移民工程的顺利实施。第二,要充分发挥移民自身的能动性和市场机制的作用。在移民安置方式上,要尊重农牧民的意愿,实施多途径安置,如投亲靠友、转产就业安置、集中统一安置,等等。政府要对选择各种安置方式的移民给予应有的资金、政策保障,建立政府与移民共担责任与风险的机制。第三,完善社会保障体系,不断提高保障标准。建立和完善社会保障体系是保证移民稳定安置和移民工程成功的关键。通过给移民提供终身的、且水平不断提高的养老、医疗和基本生活保障,解除移民异地就业、生活的后顾之忧,也使政府在移民工程的后续发展过程中只承担有限责任。第四,利用实施生态移民工程的契机,促进小城镇发展。要引导移民进入附近小城镇就业安置,减少移民安置的经济成本和社会成本;要对进入小城镇的移民给予必要的资金、政策支持,帮助他们实现就业、创业;要利用移民工程配套资金,加强小城镇基础设施和公共服务设施建设,提高小城镇吸纳移民的能力和自身的发展水平。

## 五、能源建设

### (一) 流域能源建设的基本思路与发展理念

#### 1. 基本思路

青海湖流域能源建设的基本思路是:以全面建设小康社会和社会主义新农村新牧区

建设为中心,以开发利用太阳能和风能资源作为能源建设的突破口,提高可再生能源的利用率;把农村能源建设同提高农牧民收入水平紧密的结合起来,优化和建立合理的用能结构,提高能源资源利用的转换效率;建立适合不同区域的农村能源综合利用体系,为保护生态环境和提高农牧民的生活质量做出贡献。

## 2. 建立农村生态能源的发展理念

农村生态能源是指以生态经济学原理和生态经济规律为依据,以节约资源,保护环境,获得较高经济效益、生态效益和社会效益为特征的现代能源发展模式。在宏观上农村生态能源协调由能源系统和生态系统结合而成的能源生态经济系统的结构和功能,协调生态—经济—技术关系,促进系统的物质流、能量流、信息流、人流、物流和价值流的合理运转和系统的稳定、有序、协调发展,建立宏观的生态经济动态平衡;在微观上做到多层次物质循环和综合利用,提高能量转换和物质循环效率,建立微观的生态经济平衡,使生态能源系统一方面能以较少的投入为社会提供数量大、品种多、质量好的能源产品,另一方面又能以合理利用和保护资源,提高环境质量,为经济社会的持续发展创造条件。农村生态能源具有资源利用的可持续性、结构上的高品位性、生产上的商品性、生态环境质量的保持和提高等特点。在发展模式上注重能源效率和环境保护的新型能源模式,倡导节能型生产和生活方式;逐渐优化能源结构,提高能源利用的经济效益和生态效益,并注重新能源的开发;注重能源效率的提高,通过结构调整、管理节能和技术节能等,提高农村能源的转换效率,以此节约能源资源,改善生态环境。生态能源模式是实现农村能源可持续发展的重要途径。

## (二) 流域能源建设方案

### 1. 总体建设方案

青海湖流域应主要实施太阳能综合利用工程、风力发电应用工程等(表9-5-1)。

表9-5-1 青海湖流域农村能源建设规划

| 名 称          | 规 模      | 单位造价        | 总投资(万元) | 节能效益                     |
|--------------|----------|-------------|---------|--------------------------|
| 合 计          |          |             | 22 962  | $91.63 \times 10^4$ t 标煤 |
| 一、太阳能综合利用工程  |          |             | 17 852  | $21.7 \times 10^4$ t 标煤  |
| 1. 太阳灶       | 12 600 台 | 200 元/台     | 252     | $20.7 \times 10^4$ t 标煤  |
| 2. 太阳能住宅     | 8 000 户  | 6 000 元/户   | 4 800   | $1 \times 10^4$ t 标煤     |
| 3. 太阳能户用小电源  | 4 000 户  | 8 000 元/户   | 3 200   | 节约 420 万元                |
| 4. 太阳能采暖配套系统 | 4 000 户  | 15 000 元/户  | 6 000   | 4 000 t 标煤               |
| 5. 太阳能光伏水泵   | 200 套    | 180 000 元/套 | 3 600   |                          |
| 二、风力发电系统     | 400 套    | 43 000 元/套  | 1 720   |                          |
| 三、生态家园建设     | 4 500 户  |             | 3 150   | 4 500 t 标煤               |
| 3. 四位一体      | 1 500 户  | 13 000 元/户  | 1 950   | 2 500 t 标煤               |
| 4. 三位一体      | 3 000 户  | 4 000 元/户   | 1 200   | 2 500 t 标煤               |
| 四、省柴节煤改灶工程   | 8 000 户  | 300 元/户     | 240     | $10 \times 10^4$ t 标煤    |

(1) 太阳能综合利用工程: 以太阳能综合利用为突破口, 使太阳能利用作为生活能源最主要的辅助能源, 达到既解决农牧民的炊事采暖问题, 又保护和改善流域的生态环境, 使其良性循环。

太阳能在炊事和照明方面, 应实施的主要工程有太阳灶、太阳能热水器、太阳能家用小电源、太阳能光伏电站等; 在生活取暖方面应实施的工程为被动式太阳能采暖房、户用太阳能光热转换取暖和户用节煤高效采暖两用炉配套组装系统; 在生产上, 应实施的主要工程有日光节能温室、太阳能畜棚、太阳能光电水泵等。这些项目的实施, 有助于解决流域能源短缺问题, 为生态保护和提高农牧民的生产生活水平带来良好的效益。

(2) 风力发电综合利用: 青海湖流域是开发利用风能资源的良好地带, 且青海湖又是目前青海省重要的生态旅游资源名牌, 因此应加强在该流域建立风力发电机群, 既可以充分利用清洁的可再生能源, 又可以打造具有高原特色的生态旅游基地。

风力发电系统由风力发电机、充电器、数字逆变器、蓄电池等组成。风速为  $1.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  微风即就能使其转动, 当风速达到  $2.5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  时开始发电。风机转动时无噪音, 输出功率变化值在 13 ~ 25V 范围的交流电, 经过充电器的整流, 再对蓄电池充电等一系列控制电路, 最后输出为稳定的 220V 的交流电流, 可提供给当地农牧户正常使用。

(3) 生态家园建设: 流域农业区应在农户庭院中建立以沼气池为纽带的太阳能猪舍、厕所和蔬菜大棚 (或日光节能温室) 组合的小型生态工程, 即建立“四位一体”或“三位一体”的生态家园建设模式户, 同时坚持因户制宜的原则, 进行太阳能热水器等多配套模式。

(4) 省柴节煤改灶工程: 利用节能技术, 推广普及适合农牧民的省柴节煤灶, 提高能源转换效率, 使炉灶转换效率由现在的 10% ~ 20% 提高到 35% ~ 45%, 减少薪柴使用量, 防治水土流失, 维护生态平衡。

## 2. 农牧户合理用能模式

(1) 农业户合理用能模式: 根据农户收入设计为高、低两个方案。在低方案中, 农村能源合理用能量为: 生物质能中, 30% 秸秆用于薪柴, 70% 用于饲喂牲畜, 麦衣子煨炕, 70% 麦秆用于饲喂牲畜; 畜粪中的 40% 用于煨炕, 其余还田。常规能源中, 煤炭用量为 1 500kg, 主要用于冬季取暖。新能源中, 每户拥有 1 台太阳灶, 并在一定农户中推广示范沼气池。每个农户主要的合理用能结构见表 9-5-2。

表 9-5-2 青海湖流域合理用能结构 (低方案)

| 名 称       | 秸 秆   | 畜 粪    | 煤 炭    | 1 台太阳灶 | 合 计      | 人均占有量  |
|-----------|-------|--------|--------|--------|----------|--------|
| 实物量 (kg)  | 2 495 | 474    | 1 500  | 800    |          |        |
| 折合标煤 (kg) | 1 247 | 230.22 | 857.10 | 400    | 2 734.32 | 546.86 |
| 构成比例 (%)  | 45.61 | 8.42   | 31.35  | 14.62  | 100      |        |

由表 9-5-2 可知, 每个农户的合理用能量为 2 734.32 kg 标煤, 人均占有量为 546.86 kg 标煤, 户均消费的有效能耗为  $50\,340.8\text{kJ} \cdot \text{d}^{-1}$ 。



在合理用能结构高方案中,对于条件相对较好的农户,在满足其对生活用能需求的基础上,应考虑增加煤气、沼气的利用率。每个农户的合理用能结构见表9-5-3。

表9-5-3 青海湖流域合理用能结构(高方案)

| 名 称      | 秸 秆   | 煤 炭    | 1 台太阳灶 | 沼气池    | 煤 气    | 合 计      | 人均占有量  |
|----------|-------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|
| 实物量(kg)  | 1 200 | 1 500  | 800    | 823    | 60     |          |        |
| 折合标煤(kg) | 600   | 857.10 | 400    | 412.50 | 113.16 | 2 382.76 | 476.55 |
| 构成比例(%)  | 25.18 | 35.97  | 16.79  | 17.31  | 4.75   | 100      |        |

由表9-5-3可见,高方案合理用能量为2 382.76kg标煤,户均消费的有效能耗为40 020kJ·d<sup>-1</sup>。由于流域太阳能和风能资源丰富,农牧户生活用能应以建立被动式太阳能采暖房、太阳能光热取暖、风光互补等模式,尽量减少生物质能和煤炭的使用量,以保护和改善流域的生态环境。

(2) 牧业户合理用能模式:由于受传统用能习惯以及交通不畅等多种因素的限制,牧业户炊事采暖用能常以畜粪资源为主,用能类型较单纯。因此,合理用能结构设计中,增加太阳灶、太阳能采暖房和煤炭用量,使其尽可能地减少畜粪用量,将畜粪还草,促进草地的良性循环(表9-5-4)。

表9-5-4 青海湖流域牧业户均合理用能结构

| 名 称     | 畜 粪   | 煤 炭   | 太 阳 能 |        | 合 计      | 人均占有量  |
|---------|-------|-------|-------|--------|----------|--------|
|         |       |       | 太阳灶   | 太阳能采暖房 |          |        |
| 实物量(kg) | 4 764 | 500   | 800   | 1 200  |          |        |
| 折标煤(kg) | 2 314 | 285.7 | 400   | 600    | 3 599.70 | 719.94 |
| 构成比例(%) | 64.28 | 7.94  | 11.11 | 16.67  | 100      |        |

由表9-5-4可知,牧业户合理用能结构中,畜粪用量占整个用能量的64.28%,太阳能占27.78%,这样既可使畜粪还田,又可提高牧业户的炊事采暖用能水平。今后,牧业户的用能方向应该以太阳能和风能资源利用为主。

### 3. 效益分析

青海湖流域能源建设所获得的效益,首先应考虑农牧民个人的经济效益;其次是有利于国家和整个社会的综合效益,如保护自然生态环境,促进生态良性循环,提高农牧业生产的现代化程度和改善农牧民物质文化生活等。流域能源建设项目建成并良性运行后,可大幅度减少流域内农牧民生活性能源费用的支出,增加农牧民的收入水平。

(1) 经济效益:太阳灶对缓解农村能源短缺起着重要作用,每台太阳灶最低年均节省秸秆800kg,户均年节约开支约300元;太阳能热水器年均吸热相当于200kg标煤的热量,每台可节约开支200元左右;太阳能户用小电源每户年均可节约开支180元;户用太阳能光热转换取暖和户用节煤高效采暖两用炉配套组装的采暖系统,年均可节约1 500~2 500kg煤标,节能效益显著。

此外,牲畜暖棚、日光温室、节柴灶和风力发电机等均有较好的经济效益。



(2) 生态效益: 能源建设项目实施后, 农牧户家庭将能直接受益, 白天烧水不需要再用秸秆、畜粪和薪柴等生物质能, 既可减轻燃料燃烧对环境的污染, 减少二氧化碳的排放量, 又可减少对生物质能的依赖, 促进生态环境的良性循环, 有利于改善和保护生态环境。在无电区, 农牧民可以使用户用小电源, 解决照明、看电视的电力供应, 实现家居温暖清洁化, 提高生活质量。

(3) 社会效益: 能源建设项目的实施, 将有效地解决农牧民燃料短缺的问题, 增加能源的供应量, 遏制植被破坏, 保护生态环境, 促进农牧民居住环境的改善和社会的稳定。同时, 对发展地方经济和社会文化事业, 增强民族团结, 构建和谐社会有着重要的现实意义和深远的历史意义。

### (三) 流域能源建设措施

为了确保农村能源建设取得实效, 真正发挥能源建设项目在流域生态保护与修复中的作用, 应当做好以下几个方面的工作。

#### 1. 提高认识, 加强领导

流域能源建设是保护和改善生态环境, 提高农牧民生活水平的重要建设内容, 各级政府部门要统一思想, 提高认识, 要把流域能源建设纳入重要议事日程, 明确主管领导和主管部门, 进一步强化能源机构职能和协调作用。

#### 2. 加大宣传力度, 逐步转变农牧民的生活习惯

通过广播、电视、电信、计算机网络及农牧民培训, 加强能源建设的重要性、必要性和相关能源技术的宣传, 同时根据不同区域特点建立能源试验示范基地, 使贫困农牧户及时了解、掌握能源建设信息, 为流域能源工作的顺利开展, 逐步转变农牧民的生活习惯, 奠定良好的基础。

#### 3. 增加投入, 注重实效

继续加大对流域能源建设的投资力度, 在争取国家扶持的同时, 要加强资金管理, 提高使用效果, 做到专款专用, 把有限的资金用好、用活、用出实效。

#### 4. 依靠科技, 加强培训

坚持“科技兴能”战略, 鼓励并支持农村能源科研、开发和新技术引进与示范推广, 不断提高能源建设科技含量。同时有计划、多层次地培养能源建设人才, 通过生态与科技培训和宣传, 一方面使农牧民能够认识到不合理用能对生态环境的破坏和危害性, 另一方面使农牧民能够了解新能源、新技术的优点和技术要点, 提高合理用能的自觉性。

#### 5. 培植产业, 建立健全能源服务

通过科研开发、示范推广、服务保障, 向产、供、销及售后服务的一条龙发展, 逐步由以政府投资为主, 过渡到以市场营运为主, 实现流域能源建设的产业化发展, 是解决该地区能源问题的有效途径。

## 第十章 生态监测与科技支撑

### 一、生态监测

由于生态系统本身的复杂性和人类对生态环境认识的局限性,决定了对自然生态的认识过程必然是一个逐步深入的过程。生态环境监测体系建设工程,是《青海湖流域生态环境保护与综合治理规划》的重要组成部分。通过生态环境监测网络体系的长期运作,不断积累科学监测数据,为科学决策提供服务。该项目的实施,可对流域内自然生态系统以及生物多样性的组成、结构和变化规律有一个全面清晰的认识,进而为流域内资源利用、农牧业生产等经济社会发展提供服务。通过生态监测可为自然生态系统和生态功能恢复提供科学依据;通过生态监测还可为生态环境保护和建设工程提供服务,为推动区域经济社会的可持续发展提供服务;通过生态监测亦可为培养和造就一批生态环境监测技术骨干,提高生态监测整体能力。

《青海湖流域生态监测体系建设工程》的规划范围包括共和县的倒淌河乡、江西沟乡、黑马河乡、石乃亥乡,天峻县的新源镇、舟群乡、江河乡、智合玛乡、龙门乡、木里乡、阳康乡、生格乡和快尔玛乡,刚察县的沙柳河镇、哈尔盖乡、伊克乌兰乡、泉吉乡、吉尔孟乡,海晏县的甘子河乡、托勒乡、青海湖乡,共涉及21个乡107个行政村,规划面积为29 661 km<sup>2</sup>,规划期为10年(2008~2017年),计划分两期实施。

#### (一) 必要性和主要目标

长期以来,青海湖流域监测工作以各部门、分专业为主,主要服务于本部门专业的需要,且侧重于对单项自然资源的监测和评价;而对流域生态系统及功能的监测评价则十分薄弱。各部门在流域开展监测工作的广度、深度不尽相同,重复工作较多,监测缺乏系统性、连续性、相关性和可比性。流域现有的监测能力、监测指标体系和已有的监测数据无法满足流域生态系统综合评估的需要,更无法满足为政府部门科学决策提供有效支撑和服务。

流域生态监测体系建设工程的实施,可建立起较为完善和有效的生态环境监测体系,及时掌握生态因子动态变化,准确及时地反映生态环境质量现状和生态环境演化情况;可以利用遥感技术,结合地面定位站网的观测,对流域生态环境现状、演化进行全面系统的评价;同时对综合治理效果作出科学、客观的评价,为各级政府协调、促进经济社会和环境保护的可持续发展提供科学决策依据。因此,建设生态环境监测体系工程就十分必要和紧迫。

项目建设的主要目标：一是实现基础数据和资料的系统观测、连续积累、科学存储、有效利用；二是服务于全流域生态系统综合评估；三是服务于生态治理成效评估；四是为流域资源、环境、人口的管理和经济发展决策提供依据；五是建成生态监测科研、教学和公众参与的信息平台、技术保障平台。

## （二）主要技术路线

### 1. 地面监测技术路线

地面监测在整合现有监测资源的基础上，根据流域生态环境保护与综合治理工程项目的特点，充分利用现有监测站点的基础上填平补齐、合理布设生态监测站点，按年度计划实施连续监测。

### 2. 遥感监测技术路线

利用多源卫星遥感数据分析区域土地利用、土地覆盖分布和动态变化，对区域生态环境状况进行评价，并结合流域内的社会、经济、环境、人类活动等因子，分析区域生态环境发生变化的驱动力，为制定流域生态保护与恢复对策提供依据。

### 3. 生态环境评价与系统综合评估技术路线

学习和借鉴联合国千年生态系统评估计划（MA）、中国西部生态系统综合评估经验、青海三江源自然保护区生态保护和建设生态系统综合评估经验及其总体规划相关科技支撑项目的成果，结合青海湖流域生态环境特点，确定生态系统评估框架与评价指标，开展流域内各类生态系统分析（主要包括：生态系统相关性分析、生态约束条件分析、时空格局变化特征及其驱动因子的综合分析），评价生态系统现状、区域环境问题，揭示该流域生态系统结构和功能的变化规律，及时跟踪该项规划实施状况，实现对流域生态环境评价与生态系统的综合评估，以及展望《青海湖流域生态环境保护与综合治理规划》实施后的未来情景。

## （三）内容及规模

### 1. 生态监测站网体系

青海湖流域地跨海南、海北、海西 3 个州 4 个县的 21 个乡 107 个行政村，同时涉及民政、农牧、旅游等部门及 11 个国有农、牧、渔场，以及青海湖国家级自然保护区和风景名胜区等，行政隶属关系复杂，各部门各行业的行政管理与流域生态系统的完整性不相协调。为了更好地适应自然生态系统的完整性要求，遵循各子系统间的有机联系，需要建立一个跨行政区、站点建设层次清晰、布局疏密有度、工作内容相互区别又相互关联的站网体系，以支持全流域生态监测在统一的监测技术标准和要求的下，统一调度、高效运行。因此，规划建设由专业生态监测系统和综合分析评估系统构成的青海湖流域生态监测站网体系，以适应流域生态监测工作的需要（图 10-1-1）。专业生态监测系统由省级各专业部门（水利、林业、农牧、气象和环保）派出的专业站和中心实验室组成，各专业站根据业务归口，依据统一监测规范和实际监测工作需要，设立定位监测点实施具体监测任务。综合分析评估系统由遥感监测平台、地理信息系统应用平台、综合数据库（模型库）与传输系统、生态监测技术档案馆组成，对流域生态服务

功能和生态综合治理的最终成效进行评估。

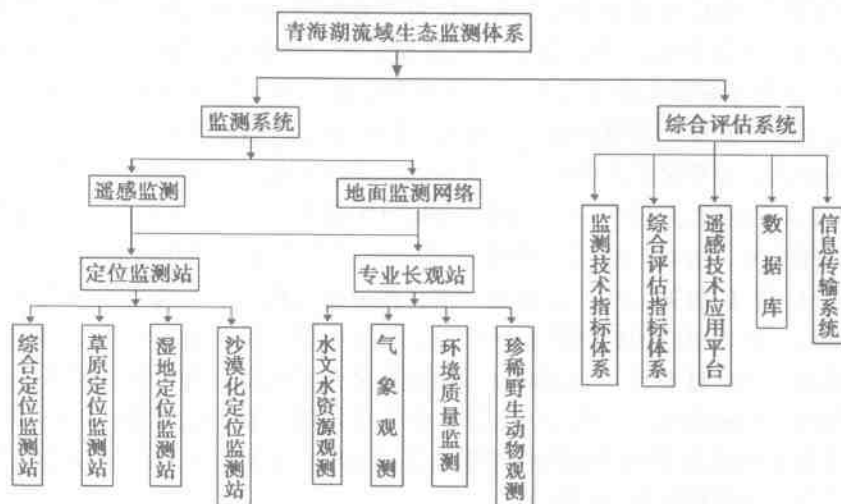


图 10-1-1 青海湖流域生态监测体系

## 2. 地面监测网络

定位监测站由鸟岛综合定位监测站、草地定位监测站、水生生物定位监测站、水土保持定位监测站组成，主要负责对生物多样性和湿地、森林、荒漠生态系统监测，以及草地资源状况、鼠虫害动态、土壤状况动态、草地利用现状、草地生态环境变化、草地生态保护与建设工程跟踪、水生生物种群、结构、生物学习性等进行长期定点观测（包括鱼类、水生浮游类生物、底泥生物等）和水土保持（包括水蚀、风蚀、冻融侵蚀）及各工程项目建设成效监测。

专业长观站主要依托青海省各相关部门现有的基础设施和技术人员，通过整合和必要的改造和完善进行建设。专业长观站由水文水资源长观站、气象长观站和环境质量监测站组成。水文水资源长观站由现有的布哈河水文站和刚察水文站以及下社湖泊水位站及已建的泉吉河、哈尔盖曲和黑马河四处水文巡测站和下社湖泊水位站新设的湖泊水质自动监测站组成；气象长观站由现有的天峻、刚察、海晏气象观测站及新建的江西沟、黑马河、铁卜加、吉尔孟、泉吉、哈尔盖、青海湖乡、日月山、倒淌河、海心山等 10 个气象自动观测站（其中倒淌河、哈尔盖增加大气  $\text{CO}_2$  通量及梯度观测）组成；环境质量监测站由布哈河上设立河流水质自动监测站（包括监测设备和站房）1 座，在 151、天峻、刚察县城各设立 1 个环境空气自动监测站（包括降水监测设备、大气气溶胶化学观测设备等）及配备流动监测车等。专业长观站主要负责逐日河流水位、流量、泥沙、冰情、降水、蒸发、水温、湖泊水位及气象要素的动态监测和气候灾害监测。环境质量监测站主要负责流域内水环境质量（包括湖泊水质）、环境空气质量、土壤环境本底值监测，由流动监测车和自动监测站组成。流动监测车主要用于流域内无自动监测点区域的环境空气和水环境质量监测，同时兼顾流域内重点污染源监测和突发性污染事件的应急监测，以全面掌握流域内环境质量的变化趋势。

### 3. 生态环境综合分析评估系统

生态环境综合分析评估系统的主要工作包括青海湖流域遥感监测信息与地面监测数据（包括调查与统计数据）的采集，多源数据汇总、标准化、统计、分析和存储（数据库建设），生态环境质量评价与生态系统综合评估，为生态环境保护与建设工程、环境管理、经济社会发展、政府决策提供技术支持和建议，为社会提供生态环境信息共享平台和信息查询。主要建设任务是：通过遥感数据的采集、收集和处理系统建立、各类生态环境要素的动态监测模型建立，确定数据分类体系、编码规范、元数据标准、数据库的硬件软件开发、生态环境综合数据库建立，服务产品、评价产品及基本图件库制作、各种监测资料的数据共享平台建立，信息传输系统建立，以及生态环境评价与综合评估分析模型设计、中心实验室建设和生态监测技术档案馆建设等，建立起青海湖流域生态环境遥感监测信息平台、地理信息系统应用平台及数据库和生态环境评价与综合评估系统。实现对流域的环境、社会、经济各要素的编辑、查询、管理、分析、输出等功能，实现对多元数据和多尺度数据的有效融合和集成，进而对生态环境质量、生态系统进行现状评价、综合评估和趋势分析。

## 二、科技项目与技术推广

加强对青海湖流域相关重大科学问题研究以及关键技术问题攻关，提高区域相关研究的整体水平以及有效维护流域生态安全的能力。在补充完成相关研究工作、完善相关技术体系集成、示范与推广的基础上，全面提升流域生态环境保护与综合治理的科技支撑能力，组织不同类型的系统培训，大幅度提高流域生态环境保护与建设领域的管理能力和广大农牧民的科技文化整体素质，以实现人与自然的和谐，促进区域经济社会的可持续发展，对减缓流域生态环境的恶化趋势、促进区域整体生态环境的保护、提高草地综合生产能力、促进区域生态旅游业和高效草地畜牧业的健康发展具有重要意义。

### （一）流域生态环境研究与示范推广项目

#### 1. 流域生态环境本底信息管理系统研究

应用遥感、地理信息系统和全球定位系统为主，应用空间对地观测的技术资源和数据资源，结合地面考察资料和已有的研究成果，对青海湖流域生态环境进行本底调查，为国家实施生态环境综合治理提供全面的基础数据和科学依据，为长效的生态环境的动态监测和效果评估建立必需基础，以提高生态环境监测工作的科学水平。

#### 2. 流域典型生态系统的环境质量与安全性评价

建立符合区域实际、科学合理、可操作性强的生态环境质量评价的技术方法和指标体系，为流域典型生态系统类型环境质量演变趋势的科学预报、环境质量演变动态预警、相关生态环境建设工程质量及安全性的客观评估等方面，提供坚实的科技支撑和实用标准。

#### 3. 普氏原羚的濒危机制及保育对策研究

基于普氏原羚种群数量锐减和栖息地急剧萎缩的现状，开展对普氏原羚及其栖息环

境进行深入的系统研究,进一步了解并掌握普氏原羚的活动规律、食物结构、种群数量锐减和栖息地萎缩的成因,为确定科学合理的普氏原羚保护及种群数量恢复决策提供坚实的基础。

#### 4. 青海湖裸鲤资源恢复技术及人工养殖技术研究示范

青海湖裸鲤是青海湖中的主要经济鱼类,近几十年来,由于青海湖水位持续下降、河道侵蚀、湖区沼泽面积减小、产卵场遭到严重破坏,造成青海湖裸鲤资源处于濒危状态。为此,开展青海湖裸鲤资源恢复技术及淡水养殖技术示范研究尤为迫切。

#### 5. 流域草地鼠、虫害成灾机理及防控技术与示范

阐明昆虫和小哺乳动物种群爆发与崩溃的生态学过程及基因流动特点,寻找遏制有害生物种群数量增长的有效措施,建立草地鼠、虫害防治的生态学途径。

#### 6. 流域外来物种的调查、评价及防治对策研究

掌握流域植物性外来物种的种类及分布规律,并进行安全性、风险性等多方面的系统评估,维护区域内部的生物多样性。

#### 7. 流域天然草地毒杂草综合防治技术研究

查清主要毒杂草的种类、分布、数量、危害状况及其生物学特性(发育规律、生活习性、传播途径等);针对主要毒杂草提出综合防治技术,并对防治剂进行环境影响评价,为流域开展毒杂草防治工作提供必要的可靠依据。

#### 8. 流域气候变化对生态环境和水资源影响研究

开展生态环境和水资源本底调查,了解流域水分循环过程和水资源分布状况,研究其演变规律,分析其影响因子,利用区域气候模式,进行定量数值模拟和评价生态环境变化对水资源的影响,预测未来发展趋势;分析湿地生态系统对区域气候稳定、水平衡的服务功能,并提出具有较强针对性的适应对策,为流域的水资源可持续利用及生态环境建设提供技术支撑。

#### 9. 流域资源及其配置研究

针对青海湖及周边区域缺水以及生态环境退化等问题,提供入湖径流的变化成因及解决对策方面的科学依据,以便进一步深入地分析青海湖流域的水平衡问题。

#### 10. 流域人工增雨技术研究

采取人工增雨技术和措施,缓解或遏制在全球气候变化及人类活动的综合影响下,青海湖补给水量减少,天然草地出现大面积退化,青海湖流域出现轻、中度水土流失等生态环境恶化趋势的研究。

#### 11. 流域退化草地生态系统的恢复机理与治理示范

针对流域生态环境特征,紧密结合恢复生态学和可持续发展理论,研究流域退化草地的现状、形成机理、生态过程和演变趋势,提出流域草地生态环境保护 and 建设对策以及重、中、轻度退化草地治理途径、配套技术和模式。

#### 12. 流域土地沙漠化防治技术与示范

研究流域土地沙漠化的变化及发展趋势,以及形成的自然和人为驱动机制,筛选适宜的机械沙障设置材料,选择耐盐树、草、药种,配置不同类型沙漠化土地综合防沙治沙模式,以建立青海湖流域重点林业工程建设科技支撑示范区,加快流域防沙治沙治理



步伐,恢复和改善青海湖生态环境。

#### 13. 流域自然灾害遥感动态监测与预警技术研究

利用遥感手段对流域生态环境和自然灾害,特别是雪灾、雹灾、洪水、泥石流等灾害的监测、预测和评估开展系统的研究,并在遥感信息资源相互补充,达到共享,真正使流域的自然灾害监测、预警达到要求的精度和准确性,使常规遥感监测业务化和可持续化,对流域农牧业生产、环境保护和建设提供科技支撑。

#### 14. 流域信息化平台建设研究

在现有监测站通信网络的基础上,建设一个能覆盖所有监测站、省级信息控制处理中心、各级政府及科研业务部门的通信网络系统,实现监测数据的不间断传输,提高监测信息的传输速度和质量,为政府决策和科研部门提供青海湖流域及周边地区生态保护动态变化的信息共享数据库系统。

#### 15. 青海湖珍稀鸟类生活习性与生态环境关系研究

青海湖内的蛋岛、鸬鹚岛及其相关岛屿和半岛,是青海湖流域内最为重要的鸟类栖息地,其生存环境的变化,对鸟类有着显著的影响。本研究将以白天鹅、斑头雁、棕头鸥等珍稀鸟类作为主要研究对象,深入研究这些鸟类的生物习性与栖息地生态环境之间的内在关系,为进一步保护与改善流域珍稀鸟类的栖息环境提供科学依据。

#### 16. 流域后续产业发展方向与潜力的研究

流域生态环境保护与综合治理规划项目实施后,将有一大批科技项目和工程项目上马,这在发挥生态效益的同时,也会产生明显的经济效益和社会效益。为实现流域生态环境的良性循环,使湖区经济社会持续健康发展,必须大力研究后续产业发展方向与潜力。

#### 17. 流域草畜数量和营养平衡关系的研究

研究分析流域天然草地牧草主要营养成分季节性动态变化规律,进行牧草营养价值评定,这对于确定天然草地牛羊的采食量及载畜能力,按照草畜平衡原理,分别确定天然草地、退化草地治理后、采用人工草地饲草补饲后不同区域所能承载的牲畜养殖数量意义重大。

#### 18. 流域人工草地建植技术示范与推广

为实施合理的牲畜补饲方案,研究各区域人工种草的可行性,以提高人工草地饲草产量入手,开展人工草地建设集成技术研究,进行人工草地建设布局和人工草地建植技术示范。

#### 19. 流域牲畜优化生产模式示范与推广

研究草畜优化生产模式,保障牲畜健康养殖,进行农牧生产系统耦合技术与示范,建立草畜优化生产模式,为开展大面积生产示范,推进畜牧业生产经营方式的转变,提高草畜生产系统的综合效益提供样板并推广应用。

#### 20. 流域牲畜主要疫病防治技术示范与推广

流域畜牧业的持续发展,离不开疫病防治技术的保障作用,而无公害防治技术是生产优质畜产品的关键技术之一,开展安全防治药物的应用研究,可为流域绿色畜产品的生产提供保障。

### 21. 流域天然草地资源保护利用技术研究与推广

选择流域典型的草地类型进行定位,对草地资源动态变化进行全年监测,评价不同利用方式和气候变化对草地资源和生态功能的影响,提供草地保护和利用的综合技术措施,推广先进适用技术,以防止天然草地退化。

### 22. 流域水源涵养林营造技术示范与推广

青海湖流域的主要河流滩地及山地分布有大面积天然灌木林,是流域主要的水源涵养林。由于人为和自然因素的综合影响,流域生态环境恶化,林地萎缩,致使水源涵养功能减弱。为此,筛选出适宜的树种及种植技术进行组装集成示范,包括草场防护林、防风固沙林、乔灌混交林,结合退耕还林工程开展造林种草等试验研究,总结出适宜流域水源涵养林恢复和建植技术模式并加以推广应用,必将提高造林成活率和保存率,以改善该流域的水源涵养功能。

### 23. 流域蓄(提)水微灌技术集成示范与推广

研究利用丰富的太阳能资源和降水资源,将球型水窖蓄水技术、太阳能提水技术、温室微灌技术等进行组装配套应用,为改善和提高流域农牧民的生产生活水平提供技术支撑。

## (二) 科技培训

通过对青海湖流域管理干部、技术人员和农牧民不同层次不同内容的科技培训,使该地区从事种植业、养殖业、草业、林业、疫病防治和第三产业等行业的广大干部群众了解流域生态环境保护和建设的重要意义,增强环境保护意识、转变观念、提高科学文化素质,促进科技项目的顺利实施和流域生态、社会、经济协调和可持续发展,必须造就一支适应农村牧区经济建设需要的管理人才、技术推广人才、科技企业家和高质量的农牧民共同组成的人才队伍。

针对农牧民群众,开展第一产业包括种植业实用技术、养殖业实用技术、畜禽常见疫病防治、草原保护和建设等科技培训;开展第二产业包括农畜产品加工、建筑业、中藏草药采集加工、旅游业工艺品制作等培训;开展第三产业如旅游业、商贸业、汽车等保养维修,以及餐饮业、家政服务业等培训。

针对各级政府部门的管理干部,开展流域生态环境保护与综合治理的专业基础知识和科技项目管理等培训。

针对专业技术人员,开展牲畜本品种选育及复壮技术、牲畜饲料与营养调控技术、犏牛生产及饲养管理技术、青海细毛羊和半细毛羊现代育种及生产管理技术、肉羊杂交生产技术、集约化生产管理技术、季节性放牧加补饲和舍饲育肥技术、优良肉羊品种的繁育技术、畜疫防治技术、天然草地保护与合理利用技术、流域一年生和多年生人工草地建植技术、打草贮青技术、燕麦种子质量检验技术、干草调制技术、退化草地恢复治理技术、水源涵养林技术、防沙治沙技术和水土保持技术等培训。

此外,设立5个省级培训中心,34个基层培训基地,配置相应的培训设备。培训配套资料由培训项目的中标单位负责编写印制,组织涉及流域生态环境保护与经济社会发展的相关行业专家学者,按实际需要进行编写。建设各类示范基地和示范户,并根据示

范基地和示范户的需要,下派科技特派员,进行科技服务,鼓励科技人员以技术或资金投入的方式进行有偿服务,促进科技成果转化成为现实生产力。

### 三、人工增雨体系建设

#### (一) 人工增雨的必要性

##### 1. 有效缓解水资源匮乏,抑制青海湖水位的持续下降

在流域的生态系统各要素中,水是其中的核心要素之一。通过对其他生态环境要素的影响,对生态系统变化起着决定性的作用。水的盈亏,决定生态环境的发展方向。在众多水量不足的解决方案中,人工增雨作业的方法具有投资少、见效快、实施便捷的优点。加之流域具有丰富的水汽资源,但只有不到10%水汽形成降水,具有较高的人工增雨潜力,因此开发空中水资源是缓解青海湖流域水资源匮乏,抑制青海湖水位下降的有效手段之一。

##### 2. 有效改善流域的生态环境,加快恢复流域生态屏障的功能

改善地表水资源状况,保护生态环境,实施可持续发展战略,是我国的一项基本国策。青海湖流域近几十年来,由于气候变化和人为因素影响,造成了流域冰川、雪山逐年消退萎缩,河流径流量和入湖水量不断减少,青海湖水位逐年下降,草地植被退化、土地沙漠化、野生动物的栖息环境恶化。通过实施人工增雨工程,增加青海湖注入河流的径流量,改善水资源状况,进而达到改善流域生态环境的目的。由此可以看出,实施人工增雨工程项目建设显得尤为重要。

##### 3. 促进流域的经济社会发展及和谐社会建设

经济增长和环境保护的协调发展是任何政府部门所不能忽视的。由于水资源短缺,致使生态环境恶化,而生态环境的恶化又进一步影响地表水环境,直接影响到流域生态系统的稳定。因此,解决好水的问题,就在一定程度上遏制了这种恶性循环的发生和发展,可以有效地对流域经济社会发展起到保障和促进作用。

青海湖流域是多民族群众的聚居地,由于历史、自然环境条件和社会发育程度等方面的原因,使社会综合生产力水平低下,对于草地资源的依赖程度高。因此,解决好水的问题,可以减少由水而引起的生态灾害对流域生态的影响,进而对农牧民安居乐业、发展地域经济、构建和谐社会在自然环境方面就有了坚实的保障。

#### (二) 人工增雨的可行性分析

##### 1. 气象条件可行性分析

大气中的水资源基本是以水汽为主,但水汽本身无法形成降水,只有云中的液态水才有可能通过自然过程或人工影响产生降水。人工降雨的资源条件可定义为云中还没有通过自然过程转化为降水的液态水。通过对青海省东部及环青海湖地区的资料计算分析表明,在有云无雨时,青海省东部及环青海湖地区水汽与液态水比值为50~2000,平均值为371,液态水在大气总水量中所占份额还不到1%;在有降水时,青海省东部及

环青海湖地区水汽与液态水比值为 20~100, 平均值为 95, 液态水在大气总水量中所占份额一般不超过 2%; 当有强降水时, 青海省东部及环青海湖地区水汽占大气总含水量的 2%~5%。由此说明, 汽态水通过凝结、凝华等微观过程转变为液态水的比例只有总水汽含量的 1%~5%, 人工增雨有相当的潜力可挖。如果进行人工增雨催化作业, 将大气中汽态水转化为液态水的比例增加 1%, 那么有可能增加的降水将在 20% 以上。

据分析, 青海湖流域的降水高度集中, 其中 5~9 月份的降水量占全年降水量的 85%~89%。流域夜雨的比例相当大, 无论是全年, 还是 5~9 月间的夜雨量均占同期总降水量的 60% 左右。春季作业区平均阴天日数为 10.47d, 平均降水日数为 7.09d, 产生降水的概率达到 68%。这说明春季作业区降水的效率较高, 作业的起始时间应从 3 月上旬起, 作业时段考虑从 3~10 月份较为理想。

## 2. 经济可行性

青海湖流域人工增雨体系建设完成后, 不仅将从整体上提高青海省人工影响天气的综合技术水平, 而且还会在更高效率上提高流域空中水资源的开发效率, 为青海省乃至全国的经济社会发展带来明显的经济效益。

从投资角度而言, 人工增雨项目与其他解决干旱及流域水量短缺问题的方案(如调水工程项目)相比较, 具有投入少、见效快、项目实施方便、能够边建设边发挥效益、建设周期短等特点, 且人工增雨作业在青海省已经实施了 10 多年, 积累了丰富的经验与教训, 在可操作性上更为有益。

## 3. 技术可行性

从人工影响天气技术发展与国内外人工影响天气作业的实践上看, 青海省人工增雨的背景条件、生态监测技术、主要技术设备的配置和现有技术力量等方面而言, 本项目都是可行的。

综上所述, 青海湖流域人工增雨工程项目建设在气象、经济、技术条件等方面都是可行的。

# (三) 人工增雨的指导思想、基本路线和主要目标

## 1. 指导思想

以科学发展观为指导, 以实现保护和恢复生态功能、促进人与自然和谐与可持续发展、加快农牧民达到小康生活三大目标为基本方向; 充分发挥气象事业的基础性、现实性和前瞻性作用; 全面提升人工增雨的科技创新能力和业务服务水平; 充分发挥人工增雨工程的社会效益、经济效益和生态效益。

## 2. 基本路线

按照人工增雨科学理论及作业实践经验总结, 科学合理设计和建设青海湖流域人工增雨作业工程体系, 充分发挥现有气象基础设施的作用, 加快新理论新技术新设备应用, 边建设边作业边受益, 在最短的时间内争取最大化的生态效益、经济效益和社会效益。

## 3. 主要目标

按照人工增雨科学理论和国内外多年的作业实践经验, 科学合理地建设“一个系统, 二个平台”, 即人工增雨决策指挥平台、人工增雨作业系统和人工增雨效果评估平

台,突出人工增雨的现代化、科学化和实效化的特点,努力实现作业效果的最大化。

#### (四) 人工增雨的内容及其规模

在充分利用气象系统现有基础设施和三江源人工增雨工程新建业务设施的基础上,合理布局,科学安排,建设适合青海湖流域的人工增雨决策指挥平台、人工增雨作业体系和人工增雨效果评估平台。

##### 1. 决策指挥平台

(1) 平台概述:人工增雨决策指挥平台,包括决策指挥所需的基本数据的采集、传输、预处理和分析,在进行综合判断后,对作业的时机、作业的时空范围、作业的播撒剂种类和剂量等方面给出科学判断。在飞机作业后进行实时指挥,保证增雨作业效果最大化。流域人工增雨的内容和规模见表 10-3-1。

作业指挥的体系建设中,将充分利用青海三江源人工增雨工程中的省级指挥中心和其中的部分通信系统的建设项目,以避免重复投资和建设。

表 10-3-1 人工增雨决策指挥平台建设项目

| 项 目                          | 地 点                                  | 规模   |
|------------------------------|--------------------------------------|------|
| 人工增雨指挥分中心                    | 151*                                 | 1 处  |
| GBPP-100 雨滴谱仪                | 151                                  | 1 套  |
| 闪电定位仪(一主四副)                  | 海晏、天峻、刚察、江西沟、151                     | 1 套  |
| C 波段天气雷达                     | 海南州共和县                               | 1 部  |
| 移动式 GPS 自动探空仪                | 青海湖流域                                | 1 部  |
| 中规模同步卫星接收系统                  | 海晏县西海镇、151                           | 2 套  |
| 地基 GPS 数字化大气探测站              | 海晏、天峻、刚察、江西沟、151                     | 5 套  |
| 自动气象站                        | 刚察县 3 个,天峻县 4 个,海晏县 3 个,青海湖流域南部 5 个  | 15 个 |
| 单雨量自动站                       | 刚察县 5 个,天峻县 11 个,海晏县 6 个,青海湖流域南部 4 个 | 26 个 |
| 9 要素气象浮标站                    | 青海湖流域东部、西部                           | 2 个  |
| 指挥系统通讯传输网络建设                 | 分中心及作业点                              | 1 套  |
| 分中心决策指挥系统(包括数据库、作业指挥、模式分析系统) | 151                                  | 1 套  |
| 气象综合分析服务系统                   | 151                                  | 1 套  |
| 软件开发系统集成与标准化建设               | 青海湖流域                                | 1 套  |
| 移动气象要素监测平台                   | 青海湖流域                                | 1 部  |
| 移动人工增雨作业指挥平台                 | 青海湖流域                                | 1 部  |
| 后勤保障车                        | 青海湖流域                                | 5 部  |

\* 151,即指青藏公路 151 公里处,原山鹰机构厂遗址。

##### (2) 建设方案

1) 作业指挥分中心:为保证作业信息科学、统一、准确和畅通,提高作业指挥能力,依托三江源自然保护区人工增雨工程建设的省级指挥中心,在 151 处建立青海湖流

域人工增雨指挥分中心。

2) GBPP-100 雨滴谱仪: 测量降水的雨滴谱分布, 分析大气降水的分布规律、强度和降水概率。设置在 151 处。

3) 闪电定位仪: 也称雷电监测定位仪, 是指利用闪电回击辐射的声、光、电磁场特性来遥测闪电回击放电参数的一种自动化探测设备。可以对雷雨云进行观测, 一方面保证人工增雨作业飞机的安全, 另一方面对局地性对流天气进行观测, 并判断作业时机。布设一主站四副站的雷电监测网, 主站设在西海镇, 四副站分别设在天峻、刚察、江西沟、151 处。

4) C 波段天气雷达: 在流域南部布设 1 部移动式的天气雷达, 保证对流域内天气系统的动态监测, 提供观测区降水、雷暴等强对流天气及中尺度天气系统的探测产品, 以及与西宁市、海北州等雷达实现联网拼图。考虑到天气系统的生消规律和水汽输送的路径, 天气雷达设置在海南州共和县。

5) 移动式 GPS 自动探空仪: 在流域内布设 1 部移动式 GPS 自动探空仪, 监测流域内的近地层气象探空要素。布设在青海湖流域。

6) 中规模同步卫星接收系统: 实时监测云系生消变化和天气系统的影响范围等。分别设置在海晏县西海镇和 151 处。

7) 地基 GPS 数字化大气探测站: 地基 GPS 大气探测是利用 GPS 信号进行大气遥感的一种新型探测手段, 它探测的水汽含量以及电子浓度总量, 对流域天气系统预警监测、气候研究和空间天气的监测具有重要的应用价值。分别设置在海晏、天峻、刚察、江西沟、151 处。

8) 自动气象站: 为人工增雨作业气象条件判断提供综合依据之一。分别在刚察县布设 3 个, 天峻县布设 4 个, 海晏县布设 3 个, 流域南部布设 5 个, 共布设 15 个。

9) 单雨量自动站: 为人工增雨作业气象条件判断和作业效果评估提供依据, 分别在刚察县布设 5 个, 天峻县布设 11 个, 海晏县布设 6 个, 流域南部布设 4 个, 共布设 26 个。

10) 9 要素气象浮标站: 观测 9 种气象要素值, 包括气温、气压、湿度、风向、风速、降水和地温等气象要素值。共建立 2 个站, 分别设置在青海湖东部和西部的湖面上。

11) 指挥系统通讯传输网络建设 (含中心至分中心及作业点): 以保证资料、采集的信息以及作业信息的实时传输和作业指令的顺利下达。

12) 分中心决策指挥系统 (包括数据库、作业指挥、模式分析等): 人工增雨作业指挥系统利用各类收集到的气象资料和数值预报产品进行短期、中期的作业天气预警, 并将预警信息下传给各分中心; 根据气象资料分析结果和作业形式预报, 判断飞机作业条件, 进行飞机作业方案设计, 并将作业方案下达作业机组; 利用 GPS 和无线电传输技术, 实时记录飞机作业路线及航线上的各种气象资料; 通过各种观测资料, 在地面实施对飞机人工增雨作业的监控。各分指挥中心 (地区级) 主要包括地面增雨作业指标判别、作业方案设计和作业指令的下达。建设地点设在 151 处。

13) 气象要素综合分析保障系统: 对于各种气象要素进行分析处理, 提供气象服



务产品用于流域内的生态保护和综合治理,为人工增雨作业提供气象信息的直接保证。建设地点设在 151 处。

14) 软件开发系统集成与标准化建设:完成指挥系统和通信网络的模块化标准和集成标准,并建设软件系统的标准化体系和系统运行的标准化体系。系统化的形成人工增雨作业指挥体系。

15) 移动式气象要素探测平台:为适应流域内不同时段和区域观测气象要素、大气化学要素的要求,在流域内开展气象要素动态监测。

16) 移动式人工增雨作业指挥平台:建立起一个高效、机动的指挥平台,能在流域一些作业条件好,但缺乏必要生活保障地区进行机动作业,以便组织指挥无人飞机或周围作业点科学作业,保证作业效果的最大化。该平台是青海省人工影响天气作业指挥系统的重要组成部分。

17) 后勤保障车:对人工增雨作业进行后勤保障。

## 2. 人工增雨作业系统

(1) 系统概述:人工增雨作业系统由飞机催化系统和地面催化系统组成。在流域进行常年性立体式人工增雨作业,对于流域内的大范围降水系统、地域性降水云系进行科学合理的人工催化,可以充分开发空中水资源。空中作业飞机将利用青海三江源人工增雨工程建设中的作业飞机。人工增雨作业系统建设项目和规模见表 10-3-2。

表 10-3-2 人工增雨作业系统建设项目

| 项 目          | 地 点                                                            | 规模   |
|--------------|----------------------------------------------------------------|------|
| 车载式小型火箭发射装置  | 海晏县火箭 3 部,刚察县火箭 3 部,天峻县火箭 5 部,江西沟火箭 2 部,黑马河乡火箭 1 部,倒淌河乡火箭 1 部  | 15 部 |
| 地面燃烧炉        | 刚察县 5 个,天峻县 16 个,海晏县 4 个,江西沟 2 个,黑马河乡火箭 2 架,倒淌河乡火箭 1 架         | 30 架 |
| 作业探测综合应用船    | 青海湖                                                            | 1 艘  |
| 监测船改装        | 青海湖                                                            | 1 艘  |
| 监测船气象监测设备    | 青海湖                                                            | 1 艘  |
| 监测船作业设备      | 青海湖                                                            | 1 艘  |
| 作业点基础设施建设    | 海晏县火箭 7 处,刚察县火箭 8 处,天峻县火箭 21 处,江西沟火箭 4 处,黑马河乡火箭 3 处,倒淌河乡火箭 2 处 | 45 处 |
| 作业保障装备及系统    | 151                                                            | 1 套  |
| 作业系统集成和软件开发  | 151                                                            | 1 套  |
| 人工增雨作业综合试验系统 | 151                                                            | 1 套  |

## (2) 建设方案

1) 车载式火箭发射装置:青海湖是我国“五湖之首”,生态地位和旅游地位十分重要,因此不在这一特殊区域布设火力较为强烈的高炮和大型火箭设备,只布设车载式小型火箭发射装置 15 部。其中,流域各地布设的规模是海晏县 3 部,刚察县 3 部,天峻县 5 部,江西沟 2 部,黑马河乡 1 部,倒淌河乡 1 部。

2) 地面燃烧炉:为保证全天候人工增雨作业,加大增雨力度在流域内的主要河流

区域布设地面燃烧炉,共30架。其中,各区域布设的规模分别是刚察县5架,天峻县16架,海晏县4架,流域南部5架。

3) 作业探测综合应用船:由于青海湖水域面积辽阔,故设置作业探测综合应用船,用于青海湖湖体本身的探测和人工增雨作业。对青海湖人工增雨作业的效果进行评估、水生态变化和气象生态变化等项目进行综合监测。作业探测综合应用船布设在151。

4) 船载监测设备及安装:进行舰载气象生态监测遥测和气象、大气环境监测的设备及其安装。

5) 监测船气象监测设备:用于作业探测综合应用船上的气象、大气化学等要素的探测和预处理。

6) 监测船作业设备:用于作业探测综合应用船上的人工增雨作业,拟采用火箭加燃烧炉的方式。

7) 作业点基础设施建设:为保证安全作业,作业达到标准化和正规化,对作业点进行基础设施建设。建设地点共45处,包括海晏县火箭7处,刚察县火箭8处,天峻县火箭21处,江西沟火箭4处,黑马河乡火箭3处,倒淌河乡火箭2处。

8) 作业保障装备及系统:用于作业设备的安全检测和故障的判断维护。

9) 人工增雨作业综合试验系统:为了科学有效地探索出一整套适应流域的人工增雨作业的方法,需要进行大量的科学实验和实践,这套系统就是用于人工增雨作业的各种实验设置。

### 3. 人工增雨效果评估平台

(1) 平台概述:人工增雨工程的评估平台,就是利用综合监测系统收集到的气象、生态和大气成分等方面的资料信息,对人工增雨及其他综合治理措施实施后的效果进行科学合理评估。人工增雨效果评估平台建设内容和规模见表10-3-3。

表 10-3-3 人工增雨效果评估平台建设项目

| 项 目          | 地 点                       | 规模  |
|--------------|---------------------------|-----|
| 监测无人飞机       | 151                       | 1架  |
| 机载监测设备及安装    | 151                       | 1架  |
| 效果评估校验站      | 刚察县5个,天峻县11个,海晏县6个,流域南部4个 | 26个 |
| 大气化学要素综合监测系统 | 151                       | 1个  |

流域人工增雨工程的评估平台主要任务是完成科学检验人工增雨的效果,指导修正人工增雨作业的技术方法;分析水资源环境的改善状况和流域生态效益的多寡和变化趋势等科研项目。

(2) 建设方案:在人工增雨工程的规划中,为了保证准确而有效地对青海湖人工增雨作业的效果进行评估,设计出一架用于近地生态监测的无人飞机,飞机上将搭载用于生态监测遥测和气象、大气环境监测等设备。

1) 监测作业无人飞机:对流域人工增雨作业的效果进行评估,生态变化进行监

测。监测作业无人飞机布设在 151。

2) 机载监测设备及安装: 进行生态监测遥测和气象、大气环境监测的设备及其安装的工作。

3) 效果评估校验站: 为人工增雨作业的效果分析提供第一手的资料和信息。效果评估检验站分别布设在刚察县 5 个, 天峻县 11 个, 海晏县 6 个, 流域南部 4 个, 共 26 个。

4) 大气化学要素综合监测系统: 对环青海湖地区的大气化学成分进行连续监测。建设地点设置在 151。

## (五) 人工增雨的效益分析

### 1. 经济效益分析

人工增雨工程项目不仅有利于青海湖流域生态环境的改善, 而且对流域农牧业经济的发展, 都具有重要的意义。例如, 由中国科学院大气物理研究所等专家对 1997 ~ 2000 年黄河上游人工增雨效果进行评估, 一致认定: 1997 ~ 2000 年共为黄河上游地区约  $3.5 \times 10^4 \text{ km}^2$  的区域内增加降水  $50 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 增加黄河径流量约  $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 其中约  $40 \times 10^8 \text{ m}^3$  留在当地, 对该地区的牧草生长和生态环境补充了水源。而青海湖流域的大气环流形势和常年平均降水量较三江源自然保护区黄河上游更为有利, 按目前的资料估算, 在流域近  $3 \times 10^4 \text{ km}^2$  地面上, 如果以相对增水率 10% 计算, 平均每年增加降水  $11.49 \times 10^8 \text{ m}^3$  是有可能的, 可直接为青海湖增加  $2.43 \times 10^8 \text{ m}^3$  的水量。这对遏制青海湖水位下降将起到十分重要的作用, 而留在原地的降水将有利于农作物和牧草的生长, 有利于流域生态环境的修复。

降水对牧草产量形成的影响, 主要是通过改善牧草根系土壤的湿润状况, 满足牧草光合作用对水分的需求来完成的。研究表明, 牧草根系主要集中的 0 ~ 20cm 土层, 土壤湿度与牧草高度呈正相关, 信度达到 0.001 的显著性水平。由此可见, 人工增雨通过改善土壤湿度, 尤其是 0 ~ 20cm 土层湿度来满足牧草生长对水分的需求, 促进牧草的生长, 这对于流域湿地生态保护和治理将产生积极的促进作用。

因此, 流域人工增雨作业的实施, 不仅从整体上提高流域空中水资源的开发效率, 增加青海湖入湖河流的径流量, 而且还将促进整个流域及其周边地区的农牧业及其相关产业发展。

### 2. 社会效益分析

1975 年 8 月, 青海湖鸟岛自然保护区建立, 随后国家将其列为全国八大重点鸟类自然保护区之一。目前, 青海湖已成为全国乃至世界重要的候鸟研究基地, 吸引了众多国内外专家、学者前来考察。特别是 2004 年, 中国科学院和中国工程院的多名院士来青对青海湖流域进行实地考察后指出, 流域并不是一个单一的生态系统, 而是一个大的综合性的“自然、社会、经济复合生态圈”, 流域治理对中国乃至全球生态环境的意义重大。青海湖周边有自然的动植物系统、有人类生活生产区, 它们之间互相影响, 对流域生态环境变化产生极大的作用。过去人们只注重对青海湖核心区的治理而忽视了周边广大流域的治理, 这种做法是不合理的。青海湖流域是青海湖重要的来水补给地, 周边

地区的污染、沙化等问题都会对青海湖产生重要影响,因此治理仅仅盯着青海湖本身是远远不够的。要彻底治理青海湖,就必须将整个流域纳入保护治理范围。

青海湖流域生态环境的恶化问题已经引起了国家和社会各界的广泛关注,流域生态环境保护也是实施西部大开发战略的重要组成部分。归根结底,流域生态环境的变化问题主要根源在于水资源的匮乏,实施人工增雨作业是解决生态环境恶化的最有效的途径之一,可以极大地缓解地区经济社会发展对水资源需求的矛盾。

### 3. 生态效益分析

目前,青海湖流域面临的生态环境恶化问题,主要表现在地表水资源匮乏、草场退化、土地沙漠化、水土流失、生物物种受到生存威胁等方面。水环境作为生态系统的一个亚系统,与其他生态亚系统相互影响。人工增雨作业试图通过解决水资源匮乏这一问题,促使流域生态环境改善。通过近几年在黄河上游实施人工增雨作业的效果来看,据牧草资料分析表明,在光、热相同的年份,由于开展人工增雨使牧草产量增加二成以上,平均每公顷可增加牧草产量 525kg。可见,人工增雨对地表植被的恢复是非常有益的。同时,水环境和地表植被的改善,又有利于保持水土,为生物提供更为广阔的生存环境。此外,通过人工增雨可以净化大气,增加土壤水分,能有效地遏制沙尘暴等恶劣天气的发生,从而有利于大气环境的保护。

## 参 考 文 献

- 1 丁永建, 刘风景. 近三十年来青海湖流域气候变化对水量平衡的影响及其趋势预测 [J]. 地理科学, 1995, 15 (2): 128~135.
- 2 丁永建, 刘风景. 青海湖流域水量平衡要素的估算 [J]. 干旱区地理, 1993, 16 (4): 25~30.
- 3 于升松. 青海湖及其水系近 30 年来的化学变化 [J]. 海洋与湖沼, 1996, 27 (2): 125~131.
- 4 山发寿, 杜乃秋, 孔昭宸. 青海湖盆地 35 万年来的植被演化及环境变迁 [J]. 湖泊科学, 1993, 5 (1): 9~16.
- 5 马生林, 刘景华. 青海湖区生态环境研究 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 2003.
- 6 马桂香. 青海湖主要旅游景区的污染控制问题 [J]. 青海环境, 2003, 13 (1): 31~34.
- 7 马钰. 青海湖水位变化与湖区气候要素的相关分析 [J]. 湖泊科学, 1996, 8 (2): 103~106.
- 8 中国环境与发展国际合作委员会生物多样性工作组. 利用天然植被改善中国退化环境 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- 9 中国科学院兰州分院等. 青海湖近代环境的演化和预测 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- 10 中国科学院兰州地质研究所等. 青海湖综合考察报告 [M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- 11 孔昭宸, 杜乃秋, 山发寿. 青海湖全新世植被演变及气候变迁——QH85-14C 孔孢粉数值分析 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1990, 10 (3): 79~88.
- 12 王小利, 干友民, 张力, 等. 青海湖地区紫花针茅型中度与重度退化草地光能转化效率的研究 [J]. 草业与畜牧, 2006, 8: 1~4, 11.
- 13 王小梅, 孙中英. 高原“湿地”——青海湖流域生态环境综合评价 [J]. 青海师范大学学报 (自然科学版), 1999, 2: 49~52.
- 14 王云涛. 论青海湖鸟岛资源保护与利用 [J]. 中南林业调查规划, 2000, 19 (2): 34~37.
- 15 王纯德. 青海湖流域环境制约及旅游业发展对策 [J]. 青海经济研究, 2003, 4 (1): 43~45.
- 16 王苏民, 施雅凤. 晚第四纪青海湖演化研究析视与讨论 [J]. 湖泊科学, 1992, 4 (3): 1~9.
- 17 王杰臣, 倪绍祥. 环青海湖地区草地蝗虫成灾状况与气候条件的关系 [J]. 干旱区研究, 2001, 18 (4): 8~12.
- 18 王顺忠, 陈桂琛, 周国英, 等. 青海湖鸟岛地区草地植物群落特征的研究 [J]. 生态学杂志, 23 (3): 16~19.
- 19 王艳姣, 周晓兰, 倪绍祥, 等. 近 40a 来青海湖地区的气候变化分析 [J]. 南京气象学院学报, 2003, 26 (2): 228~235.
- 20 王培生. 青海湖鸟岛 [J]. 生物学通报, 1998, 33 (4): 23.
- 21 王基琳. 青海湖裸鲤 *Gymnocypris przewalskii* (Kessler) 产卵场破坏原因与保护对策 [J]. 现代渔业信息, 2005, 20 (6): 11~12.
- 22 王维岳. 青海湖流域生态环境问题及保护 [J]. 水土保持通报, 1996, 16 (6): 59~64.
- 23 王黎军. 青海湖水位下降的成因分析与对策 [J]. 青海大学学报 (自然科学版), 2003, 21 (5): 28~31.
- 24 邓自旺, 周晓兰, 倪绍祥, 等. 环青海湖地区草地蝗虫发生遥感监测方法研究 [J]. 遥感技术与

- 应用, 2005, 20 (3): 326~331.
- 25 邓自旺, 倪绍祥, 张洪亮. 青海湖地区草地蝗虫发生的气候背景 [J]. 自然灾害学报, 2002, 11 (2): 91~95.
- 26 长春地理研究所主编. 鸟岛自然保护区图 [M]. //中国自然保护地图集. 北京: 科学出版社, 1989.
- 27 冯廷花, 常祺. 环青海湖区牛羊育肥生产模式 [J]. 黑龙江畜牧兽医, 2003, 8: 13~18.
- 28 冯宗炜, 冯兆忠. 青海湖流域主要生态环境问题及防治对策 [J]. 生态环境, 2004, 13 (4): 467~469.
- 29 冯松, 汤懋仓, 周陆生. 青海湖近 600 年的水位变化 [J]. 湖泊科学, 2000, 12 (3): 205~210.
- 30 史建全, 祁洪芳, 杨建新. 青海湖自然概况及渔业资源现状 [J]. 淡水渔业, 2004, 34 (5): 3~5.
- 31 史建全, 陈大庆. 青海湖裸鲤资源评析 [J]. 淡水渔业, 2000, 30 (11): 38~40.
- 32 边千韬, 刘嘉麒. 青海湖的地质构造前景及形成演化 [J]. 地震地质, 2000, 22 (1): 20~26.
- 33 任杰, 李幸福. 青海湖流域复合生态系统分析 [J]. 湖泊科学, 1992, 4 (4): 48~55.
- 34 伏洋, 张国胜, 李凤霞, 等. 青海省草地生态环境变化态势及驱动力分析 [J]. 草业科学, 2007, 24 (5): 1~8.
- 35 会峰, 徐福留, 赵臻彦, 等. 青海湖生态系统健康评价 [J]. 城市环境与城市生态, 2003, 16 (3): 71~72, 75.
- 36 刘小园. 青海湖水位变化趋势 [J]. 干旱区研究, 2001, 18 (3): 58~62.
- 37 刘小园. 青海湖流域水文特征 [J]. 水文, 2004, 24 (2): 60~61.
- 38 刘丙万, 蒋志刚. 青海湖草原围栏对植物群落的影响兼论濒危动物普氏原羚的保护 [J]. 生物多样性, 2002, 10 (3): 326~331.
- 39 刘丙万, 蒋志刚. 普氏原羚生境选择的数量化分析 [J]. 兽类学报, 2002, 22 (1): 15~21.
- 40 刘丙万, 蒋志刚. 普氏原羚的采食对策 [J]. 动物学报, 2002, 48 (3): 309~316.
- 41 刘兴起, 沈吉, 王苏民, 等. 青海湖 16 ka 以来的花粉记录及其古气候古环境演化 [J]. 科学通报, 2002, 41 (6): 1351~1355.
- 42 刘庆, 周立华. 青海湖北岸植物群落与环境因子关系的初步研究 [J]. 植物学报, 1996, 38 (11): 887~894.
- 43 刘进琪, 王一博, 程慧艳. 青海湖区生态环境变化及其成因分析 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21 (1): 33~37.
- 44 刘尚武主编. 青海植物志 (一至四卷) [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1996, 1997, 1999.
- 45 孙大鹏, 马育华. 青海湖湖水的蒸发实验研究 [J]. 盐湖研究, 1995, 3 (2): 10~19.
- 46 孙大鹏, 唐渊, 徐志强, 等. 青海湖湖水化学演化的初步研究 [J]. 科学通报, 1991, 15: 1172~1174.
- 47 孙永亮, 李小雁, 许何也. 近 40a 青海湖流域逐日降水和气温变化特征 [J]. 干旱气象, 2007, 25 (1): 7~13.
- 48 孙菁, 彭敏, 陈桂琛, 等. 青海湖区针茅草原植物群落特征及群落多样性研究 [J]. 西北植物学报, 2003, 23 (11): 1963~1968.
- 49 安芷生, 王平, 沈吉, 等. 青海湖湖底构造及沉积物分布的地球物理勘探研究 [J]. 中国科学 (D), 2006, 36 (4): 332~341.
- 50 巩爱岐, 等. 青海草地害鼠害虫毒草研究与防治 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 2004.



- 51 巩爱歧, 倪绍祥. 青海湖环湖区蝗虫与地貌类型关系的研究 [J]. 南京师范大学学报 (自然科学版), 1999, 22 (4): 111 ~ 115.
- 52 师永民等. 青海湖湖区风成沙堆积 [J]. 沉积学报, 1996, 14 (增刊): 234 ~ 239.
- 53 曲耀光. 青海湖水量平衡及水位变化预测 [J]. 湖泊科学, 1994, 6 (4): 298 ~ 307.
- 54 朱琰, 崔广柏, 杨钰. 青海湖萎缩干涸原因、发展趋势及对生态环境的影响 [J]. 河海大学学报, 2001, 29 (4): 104 ~ 108.
- 55 汤懋仓, 高晓清, 张建. 近 30 年来青海湖水位的年际变化 [J]. 中国科学 (B), 1992, 6: 524 ~ 527.
- 56 何东宁, 赵鸿斌, 张登山, 等. 青海湖盆地沙地特征及风沙化趋势 [J]. 地理科学, 1993, 13 (4): 382 ~ 388.
- 57 宋春晖, 方小敏, 师永民, 等. 青海湖西岸风成沙区特征及成因 [J]. 中国沙漠, 2000, 20 (4): 443 ~ 446.
- 58 宋春晖, 方小敏, 师永民, 等. 青海湖现代三角洲沉积特征及形成控制因素 [J]. 兰州大学学报 (自然科学版), 2001, 37 (2): 112 ~ 120.
- 59 张孚允, 高原洪, 王箴. 青海湖地区候鸟迁徙研究初报 [J]. 野生动物, 1987, 28.
- 60 张国胜, 李希来. 环青海湖地区植物群落结构演替及其气象条件分析 [J]. 中国生态农业学报, 2001, 9 (1): 95 ~ 97.
- 61 张英才, 孔巧玲. 青海湖水域的小气候效应分析 [J]. 青海水利, 1992, 2: 37 ~ 39, 44.
- 62 张信, 陈大庆, 严莉, 等. 青海湖裸鲤资源保护面临的问题与对策 [J]. 淡水渔业, 2005, 35 (4): 57 ~ 60.
- 63 张贵祥, 倪绍祥. 环青海湖地区草地蝗灾及其防治 [J]. 山西师范大学学报 (自然科学版), 1999, 13 (2): 65 ~ 67.
- 64 张贺全. 青海湖生态环境恶化现状及原因分析 [J]. 青海环境, 2006, 16 (2): 51 ~ 56.
- 65 张家武, 金明, 陈发虎, 等. 青海湖沉积岩芯记录的青藏高原东北部过去 800 年以来的降水变化 [J]. 科学通报, 2004, 49 (1): 10 ~ 14.
- 66 张恩楼, 沈吉. 青海湖近 900 年来气候环境演化的湖泊沉积记录 [J]. 湖泊科学, 2002, 14 (1): 32 ~ 38.
- 67 张彭熹, 张保珍, 杨文博. 青海湖冰后期以来古气候波动模式的研究 [J]. 第四纪研究, 1989, 1: 73 ~ 74.
- 68 张登山, 王彬. 青海湖中沙堤的形成及其对湖水位的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 1991, 5 (1): 96 ~ 101.
- 69 张登山, 武健伟. 环青海湖区沙漠化综合治理规划研究 [J]. 干旱区研究, 2003, 20 (4): 307 ~ 311.
- 70 时兴合, 李林, 汪青春, 等. 环青海湖地区气候变化及其对湖泊水位的影响 [J]. 气象科技, 2005, 33 (1): 58 ~ 62.
- 71 李凤霞, 李林, 沈芳, 等. 青海湖湖岸形态变化及成因分析 [J]. 资源科学, 2004, 26 (1): 38 ~ 44.
- 72 李凤霞. 青海湖环湖重点区域生态环境研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- 73 李来兴. 繁殖黑颈鹤觅食行为及时间配置初步研究 [M]. // 中国鸟类学会水鸟组编著. 中国水鸟研究. 上海: 华东师范大学出版社, 1994.
- 74 李林, 王振宇, 秦宁生, 等. 环青海湖地区气候变化及其对荒漠化的影响 [J]. 高原气象, 2002, 21 (1): 59 ~ 65.

- 75 李林, 朱西德, 王振宇, 等. 近 42a 来青海湖水位变化的影响因子及其趋势预测 [J]. 中国沙漠, 2005, 25 (5): 689~696.
- 76 李迪强, 蒋志刚, 王祖望. 人类活动对普氏原羚的影响 [J]. 生态学报, 1999, 19 (6): 890~896.
- 77 李迪强, 蒋志刚, 王祖望. 普氏原羚的活动规律与生境选择 [J]. 兽类学报, 1999, 19 (1): 17~24.
- 78 李积兰, 马生林. 青海湖区生态环境恶化原因探析 [J]. 水利经济, 2006, 24 (4): 8~11.
- 79 杜乃秋, 孔昭宸, 山发寿. 青海湖 QH85-14C 钻空孢粉分析及其古气候环境的初步探讨 [J]. 植物学报, 1989, 31 (10): 803~814.
- 80 杜庆. 初探青海湖地区生态环境演变的起因 [J]. 生态学报, 1990, 10 (4): 317~322.
- 81 杨川陵. 青海湖流域湿地系统退化现状及原因分析 [J]. 青海草业, 2007, 16 (2): 21~27.
- 82 杨建新, 祁洪芳, 史建全, 等. 青海湖水化学特性及水质分析 [J]. 淡水渔业, 2005, 35 (3): 28~32.
- 83 杨前进. 青海湖旅游资源开发模式研究 [J]. 青海师范大学学报 (自然科学版), 2007, 1: 83~87.
- 84 杨贵林, 刘国东. 青海湖水位下降与趋势预测 [J]. 湖泊科学, 1992, 4 (3): 17~23.
- 85 杨惠秋, 江德昕. 青海湖盆地第四纪孢粉组合及其意义 [J]. 地理学报, 1965, 31 (4): 321~333.
- 86 沈吉、张恩楼. 青海湖近千年来气候环境变化的湖泊沉积记录 [J]. 第四纪研究, 2001, 21 (6): 508~513.
- 87 邵玉红, 张占峰. 青海湖地区 40 多年来的气候变化 [J]. 青海气象, 2001, 1: 22~25.
- 88 陈万隆, 孙卫国, 周竞南, 等. 青海湖湖陆风的数值研究. 湖泊科学 [J]. 1995, 7 (4): 289~296.
- 89 陈大庆, 张信, 熊飞, 等. 青海湖裸鲤生长特征的研究 [J]. 水生生物学报, 2006, 30 (2): 173~179.
- 90 陈发虎, 王世兰, 张维信, 等. 青海湖南岸全新世黄土剖面、气候信息及湖面升降探讨 [J]. 地理科学, 1991, 11 (1): 76~85.
- 91 陈桂琛, 黄志伟, 卢学峰, 等. 青海高原湿地特征及其保护 [J]. 冰川冻土, 2002, 24 (3): 254~259.
- 92 陈桂琛, 彭敏, 李来兴, 等. 青海湖湿地环境特征及其保护与合理利用 [M]. //中国湿地研究. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995, 241~247.
- 93 陈桂琛, 彭敏, 周立华, 等. 青海湖地区生态环境演变与人类活动关系的初步研究 [J]. 生态学杂志, 1994, 13 (2): 44~49.
- 94 陈桂琛, 彭敏, 周立华. 青海湖地区沼泽草甸遥感解译及其群落特征 [J]. 高原生物学集刊, 1992 (11): 23~30.
- 95 陈桂琛, 彭敏, 赵京. 青海湖地区沙生植被遥感解译及其保护 [J]. 中国沙漠, 1991, 11 (3): 44~49.
- 96 陈桂琛, 彭敏. 青海省芨芨草草原的群落特征及其分布规律 [J]. 西北植物学报, 1993, 13 (3): 154~162.
- 97 陈桂琛, 彭敏. 青海湖地区植被及其分布规律 [J]. 植物生态学与地植物学报, 1993, 17 (1): 71~81.
- 98 陈耀东. 青海湖莎草科植物的研究 [J]. 植物研究, 1987, 7 (2): 115~128.
- 99 陈耀东. 青海湖眼子菜科植物的研究 [J]. 水生生物学报, 1987, 11 (3): 228~235.

- 100 沈耀华. 青海湖地区斑头雁繁殖习性的初步观察 [J]. 动物学杂志, 1964, (1): 12.
- 101 周立华, 陈桂琛, 彭敏. 人类活动对青海湖水位下降的影响. 湖泊科学 [J]. 1992, 4 (3): 32~37.
- 102 周陆生, 杨卫东. 青海湖流域近六百年来的气候变化与湖水位下降原因 [J]. 湖泊科学, 1992, 4 (3): 25~31.
- 103 周国英, 陈桂琛, 赵以莲, 等. 青海湖地区芨芨草群落特征及其物种多样性研究 [J]. 西北植物学报, 2003, 23 (11): 1956~1962.
- 104 周国英, 陈桂琛, 魏国良, 等. 青海湖地区芨芨草草地土壤种子库的初步研究 [J]. 生态学杂志, 24 (7): 724~728.
- 105 周笃珪, 马海州, 山发寿, 等. 青海湖流域及周边地区的草地资源与生态保护 [J]. 资源科学, 2006, 28 (3): 94~101.
- 106 周笃珪, 周立华. 青海湖流域沼泽化草甸形成发育的主要气候因子 [J]. 地理科学, 1997, 17 (3): 271~277.
- 107 林建才. 青海湖地区荒漠化土地动态变化的探讨 [J]. 林业勘察设计, 2003, 2: 26~29.
- 108 武晓东. 我国草原鼠害区域性综合防治策略的初步探讨 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 2001.
- 109 范建华, 施雅风. 气候变化对青海湖水情的影响 I. 近30年时期的分析. II. 历史时期分析和未来情景研究. 中国科学 (B), 1992, 6: 537~542; 657~662.
- 110 郑杰. 普氏原羚种群现状与保护 [J]. 青海环境, 2005, 15 (2): 53~56.
- 111 青海省工程咨询中心. 青海湖流域生态环境保护与综合治理规划 [S]. 西宁: 青海省工程咨询中心, 2007.
- 112 青海省地方志编纂委员会. 青海省志·青海湖志 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1998.
- 113 青海省地方志编纂委员会. 青海省志·农业志 渔业志 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1993.
- 114 青海省生物研究所. 青海湖地区的鱼类区系和青海湖裸鲤的生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1975.
- 115 俞文政, 曲福田, 张和平, 等. 青海湖地区草地资源生产潜力及可持续利用分析 [J]. 中国草地学报, 2007, 29 (3): 78~83.
- 116 俞文政, 常庆瑞, 岳庆玲, 等. 青海湖流域草地类型变化及其结构演替研究 [J]. 中国农学通报, 2005, 21 (4): 306~309, 362.
- 117 施雅风, 陆梦熊, 李维质, 等. 青海湖区及其附近地区自然地理 (着重地貌) 初步考察 [J]. 地理学报, 1958, 24 (1): 33~48.
- 118 祝存冠, 陈桂琛, 周国英, 等. 青海湖区河谷灌丛植被群落多样性研究 [J]. 草业科学, 24 (3): 31~35.
- 119 胡东生. 青海湖的地质演变 [J]. 干旱区地理, 1989, 12 (2): 29~36.
- 120 赵以莲, 周国英, 陈桂琛. 青海湖区东部沙地植被及其特征研究 [J]. 中国沙漠, 2007, 27 (5): 820~825.
- 121 赵利华. 捕捞对青海湖裸鲤种群结构的影响 [J]. 高原生物学集刊, 1982 (1): 177~194.
- 122 赵浩明. 青海湖旅游与环境保护 [J]. 青海环境, 2003, 13 (1): 14~16.
- 123 赵鸿斌, 年奎. 青海湖风沙危害与沙漠化土地开发利用可行性的研究 [J]. 青海农林科技, 1995, 1: 18~24.
- 124 赵鸿斌, 何东宁, 张登山, 等. 青海湖入湖沙质物的计算与水下沙堤的形成 [J]. 湖泊科学, 1993, 5 (1): 40~45.
- 125 倪绍祥, 巩爱岐, 蒋建军, 等. 环青海湖地区生态环境问题及其整治 [J]. 资源科学, 1999,

- 21 (6): 43~46.
- 126 徐叔鹰, 徐德馥. 青海湖东岸的风沙堆积. 中国沙漠 [J]. 1983, 3 (2): 11~17.
- 127 徐国文. 青海湖近 8 000 年来演变及发展趋势 [J]. 青海地质, 1992, 1 (1): 70~72.
- 128 秦伯强, 施雅风. 青海湖水文特征及水位下降原因分析 [J]. 地理学报, 1992, 47 (3): 267~273.
- 129 耿占坤. 青海湖传 [M]. 北京: 人民日报出版社, 2000.
- 130 袁宝印, 陈克造, Bowler JM, 等. 青海湖的形成与演化趋势 [J]. 第四纪研究, 1990 (3): 233~243.
- 131 贾玉连, 施雅风, 范云崎. 四万年以来青海湖的三期高湖面及其降水量研究 [J]. 湖泊科学, 2000, 12 (3): 211~218.
- 132 郭武. 青海湖水位下降与湖区生态环境演变研究 [J]. 干旱区资源与环境, 1997, 11 (2): 75~80.
- 133 高会军, 李小强, 张峰, 等. 青海湖地区生态环境动态变化遥感监测 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2005, 16 (3): 100~103.
- 134 高晓清, 汤懋仓. 青海湖水位的月际变化 [J]. 高原气象 [J]. 1992, 11 (3): 305~311.
- 135 常有奎. 青海湖环湖地区秋季人工增雨的综合效果分析 [J]. 气象, 2002, 31 (2): 43~47.
- 136 淮虎银, 周立华. 青海湖湖盆南部植物群落的生态优势度与海拔梯度 [J]. 西北植物学报, 1995, 15 (3): 240~243.
- 137 黄志伟, 彭敏, 陈桂琛, 等. 青海湖几种主要湿地植物的种群分布格局及动态 [J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7 (2): 113~116.
- 138 彭敏, 陈桂琛, 周立华. 青海湖水位下降与湖区人为耗水关系的研究 [J]. 地理科学, 1994, 14 (2): 127~135.
- 139 彭敏, 陈桂琛. 青海湖地区植被演变趋势的研究 [J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 17 (3): 217~223.
- 140 董旭, 辛文荣. 青海湖及其周围地区沙化土地变化动态研究 [M]. // 祝列克主编. 中国荒漠化和沙化动态研究. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- 141 蒋志刚, 冯祚建, 王祖望, 等. 普氏原羚的历史分布与现状 [J]. 兽类学报, 1995, 15 (4): 241~245.
- 142 蒋志刚, 李迪强, 王祖望, 等. 青海湖地区普氏原羚的种群结构 [J]. 动物学报, 2001, 47 (2): 158~162.
- 143 韩友吉, 陈桂琛, 周国英, 等. 青海湖地区高寒草原植物个体特征对放牧的响应 [J]. 中国科学院研究生院学报, 2006, 23 (1): 118~124.
- 144 韩永荣. 青海湖环境恶化危害与防治对策 [J]. 中国水土保持, 2000, 8 (1): 18~19.
- 145 简季, 李洪建, 戴晓爱. 青海湖区土地荒漠化遥感地学分析 [J]. 地球信息科学, 2006, 8 (2): 116~119.
- 146 虞卫国, 陈克龙. 青海湖环湖区沙漠化土地的遥感动态研究 [J]. 盐湖研究, 2002, 10 (4): 48~51.
- 147 樊乃昌. 青海草原鼠害的生态学及其治理对策 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 2001.
- 148 燕华云, 贾绍凤. 青海湖水量平衡分析与水资源优化配置研究 [J]. 湖泊科学, 2003, 15 (1): 35~40.
- 149 薛白. 环青海湖地区天然草场牦牛的环境容纳量 [J]. 中国草食动物, 2001, 3 (2): 5~7.

## 附 录

### 青海湖流域生态环境保护条例

(2003年5月30日青海省第十届人民代表大会常务委员会第二次会议通过  
2003年5月30日青海省人民代表大会常务委员会公告第1号公布)

#### 第一章 总 则

第一条 为了保护青海湖流域生态环境和自然资源,促进生态与经济和社会的协调发展,根据有关法律、行政法规,制定本条例。

第二条 凡在本省行政区域内从事与青海湖流域生态环境保护有关的管理、开发、建设、生产、科学研究、文化体育、旅游观光等活动,应当遵守本条例。

第三条 本条例所称青海湖流域,是指青海湖和注入青海湖的布哈河、乌哈阿兰河、沙柳河、哈尔盖河、黑马河及其他河流的集水区。

青海湖国家级自然保护区(以下简称自然保护区)是青海湖流域生态环境保护的重点地区。

第四条 青海湖流域生态环境保护以维护生物多样性和保护自然生态系统为目标,以水体、湿地、植被、野生动物为重点,妥善处理生态环境保护与经济建设和农牧民利益的关系,全面规划,统一领导,分级负责,归口管理。

第五条 省和青海湖流域州、县人民政府(以下简称州、县人民政府)鼓励、支持单位和个人,采取承包、租赁、股份制等形式,从事青海湖流域生态环境保护和建设,并在资金、技术等方面给予扶持。

对在青海湖流域生态环境保护和建设工作中做出显著成绩的单位和个人,给予表彰或者奖励。

第六条 省和州、县人民政府应当加强青海湖流域生态环境保护的宣传,增强全社会的生态环境保护意识和法治观念。

第七条 一切单位和个人都有保护青海湖流域生态环境的责任,并有权检举、控告破坏生态环境的行为。

#### 第二章 管 理

第八条 省人民政府领导青海湖流域生态环境保护工作。

州、县人民政府负责本行政区域内青海湖流域生态环境的保护工作。

第九条 省人民政府制定青海湖流域生态环境保护规划并纳入国民经济和社会发展规划。流域内的水资源开发利用、城镇和风景区建设、草原基础设施建设以及旅游业等规划应当服从生态环境保护规划。

省和州、县人民政府应当将青海湖流域自然资源和环境保护、生态建设纳入国民经济和社会发展

计划,并组织实施。

第十条 省人民政府青海湖流域生态环境保护协调机构,负责全流域生态环境保护的综合协调工作。协调机构的日常工作由省人民政府环境保护行政主管部门负责。

第十一条 省和州、县人民政府环境保护、水利、建设、草原、林业、渔业、旅游等部门,依照各自的职责负责青海湖流域生态环境保护工作。

第十二条 自然保护区管理机构负责自然保护区的具体管理工作。

### 第三章 保 护

第十三条 省和州、县人民政府应当维护青海湖流域河道和湖岸的自然生态,采取措施,加强水源涵养区域的保护,增加入湖水量。

第十四条 青海湖流域实行用水管理制度。禁止在流域内兴建高耗水项目。新增用水应当按有关规定履行审批手续。

在青海湖流域河道新建水利工程,不得影响青海湖裸鲤洄游产卵。

第十五条 州、县人民政府应当加强草原基础设施建设和饲草生产基地建设。畜牧业生产应当实行以草定畜、草畜平衡制度,科学利用草场,防止超载过牧。对轻度退化草场实行限牧或者休牧,对中度以上退化草场实行休牧或者禁牧。

第十六条 州、县人民政府应当建立健全草原鼠虫害监测、预报、防治体系,进行植被保护的技术指导和服务工作。

第十七条 州、县人民政府应当加强青海湖流域水源涵养林和防风固沙林的保护和建设,禁止采伐、砍挖。

第十八条 省人民政府应当建立青海湖流域生态保护补偿调节机制。

第十九条 州、县人民政府根据水土保持规划,划定青海湖流域水土流失重点预防区、监督区和治理区,按照国家水土保持技术规范,组织有关部门和单位有计划地综合治理水土流失。

第二十条 省人民政府统一部署青海湖流域的退耕还草(林)工作,州、县人民政府负责组织实施。

第二十一条 州、县人民政府及有关部门,应当采取植物固沙、设置人工沙障等措施,封育沙区植被,防治青海湖流域土地荒漠化、沙漠化。

在草原上进行采土、采砂、采石等活动,应当报县级人民政府草原行政主管部门批准。

禁止开垦草原。禁止在生态脆弱区的草原上采挖植物和从事破坏草原植被的其他活动。

第二十二条 在青海湖流域进行项目建设和经批准进行采土、采砂、采石等活动的单位或者个人,应当在规定的时间和区域内,按照准许的方式作业,并在规定的期限内恢复植被。

第二十三条 加强青海湖流域湿地保护,组织对湿地的综合性调查研究,开展湿地野生动植物种群及生息地的监测。对受到严重破坏的湿地野生动植物,通过封育或者人工驯养繁殖等措施予以恢复。

第二十四条 禁止非法猎捕国家级和省级保护的陆生野生动物。因科学研究、驯养繁殖等特殊情况需要猎捕的,必须依照有关法律、法规规定报有关行政主管部门批准。

第二十五条 禁止任何单位和个人破坏珍贵、濒危陆生野生动物和水生生物的生息繁衍场所。

州、县人民政府和自然保护区管理机构应当采取措施,限制和减少普氏原羚、黑颈鹤、大天鹅等珍贵、濒危陆生野生动物主要生息繁衍场所的人为活动。

第二十六条 州、县人民政府应当根据普氏原羚的生活习性和分布状况,划定区域,采取措施,予以保护。



第二十七条 省人民政府应当采取措施保护青海湖裸鲤资源。

第二十八条 对影响青海湖裸鲤洄游产卵的水利工程,影响普氏原羚种群交流的网围栏的处理办法,由省人民政府规定。

第二十九条 青海湖流域的建设项目必须依照环境影响评价法的规定,先评价后建设。

经批准的建设项目的防治污染设施,必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。已建成的设施,其污染物排放超过国家规定排放标准的,应当限期治理;逾期达不到标准的,依法予以关闭。

第三十条 禁止在湖泊、河道以及其他需要特别保护的区域,排放、倾倒固体废物、油类和含有病原体的污水及残液等有毒有害物质。

州、县人民政府应当进行城镇和旅游景点生活污水处理和固体废弃物处置设施建设,加强生活污水和固体废弃物排放管理。

第三十一条 青海湖流域发展旅游业应当以保护生态环境为前提,旅游景点和线路的确定,应当符合生态环境保护的要求。

第三十二条 进入自然保护区的人员,必须服从自然保护区管理机构的管理。

## 第四章 处 罚

第三十三条 违反本条例规定,有下列行为之一的,由县级以上人民政府草原行政管理部门责令停止违法行为,限期恢复植被,处以罚款:

(一)在生态脆弱区的草原上采挖植物和从事破坏草原植被的其他活动的,处以300元以上3000元以下的罚款;

(二)未经批准在草原上采土、采砂、采石的,处以500元以上5000元以下的罚款;

(三)经批准的建设项目和进行采土、采砂、采石等活动,未在规定的期限内恢复植被的,处以5000元以上10000元以下的罚款。

非法开垦草原的,依照《中华人民共和国草原法》的有关规定处罚。

第三十四条 违反本条例规定,采伐、砍挖林木的,由县级以上人民政府林业行政管理部门责令停止违法行为,限期补栽(种)林木,处以100元以上5000元以下的罚款。

第三十五条 破坏普氏原羚、黑颈鹤、大天鹅等珍贵、濒危陆生野生动物主要生息繁衍场所的,由县级以上人民政府林业行政管理部门责令停止违法行为,限期恢复原状,处以相当于恢复原状所需费用2倍以上3倍以下的罚款。

第三十六条 非法猎捕国家级和省级重点保护野生动物的,由县级以上人民政府林业行政管理部门责令停止违法行为,没收猎捕工具、猎获物和违法所得,处以相当于猎获物价值5倍以上10倍以下的罚款;没有猎获物的,处以1000元以上10000元以下的罚款。

第三十七条 非法捕捞青海湖裸鲤等水生生物的,由县级以上人民政府渔业行政管理部门责令停止违法行为,没收捕捞工具、捕捞物和违法所得,处以捕捞物价值5倍以上10倍以下的罚款。

第三十八条 违反本条例规定,有下列行为之一的,由县级以上人民政府环境保护行政管理部门责令改正,处以罚款:

(一)在湖泊、河道以及其他需要特别保护的区域,排放、倾倒固体废物、油类的,处以5000元以上50000元以下的罚款;

(二)在湖泊、河道以及其他需要特别保护的区域,排放、倾倒含有病原体的污水及残液等有毒有害物质的,处以5000元以上20000元以下的罚款。

第三十九条 在自然保护区内违反本条例规定的行为,由县级以上人民政府有关行政管理部门或

者由其委托自然保护区管理机构依照有关法律、行政法规和本条例的规定进行处罚。

第四十条 在自然保护区内不服从管理机构管理的,由自然保护区管理机构责令改正,处以100元以上5 000元以下的罚款。

第四十一条 执法人员在履行职务时,滥用职权、玩忽职守、徇私舞弊的,由其所在行政管理部门或者上一级行政管理部门给予行政处分。

第四十二条 违反本条例规定,构成犯罪的,依法追究刑事责任。

## 第五章 附 则

第四十三条 省人民政府可以根据本条例制定实施办法。

第四十四条 本条例的具体应用问题由省人民政府负责解释。

第四十五条 本条例自2003年8月1日起施行。

## 编 后 记

《青海湖流域生态环境保护与修复》经本书编委会及全体撰稿人的共同努力，历时近一年，现终于付梓并与读者见面了。我们感到十分欣慰。因为本书可以为西部大开发、青海经济社会发展和生态环境保护 and 建设尽一份绵薄之力。但因青海湖流域研究资料丰富，科研时间跨度长达数十年，编辑出版的各类书籍有 10 余种，已发表学术论文多达三四百篇。面对这浩瀚的文字材料，要在较短时间内搜寻出该书需要的有用资料，绝非易事。因此，本书所辑录的内容可能有不够周全之处，有的可能缺乏其深度和广度，甚至个别地方还可能有谬误等，恳请同仁及读者批评指正。

本书编撰人员如下：

第一章 绪论由苟新京、陈孝全、陆文正、丁文超执笔。

第二章 流域自然地理

一、地质构造基础由李玉军执笔。

二、地形地貌特征由陈孝全执笔。

三、青海湖区的形成与演化由李玉军执笔。

四、流域生态环境自然演变由彭敏、燕华云执笔。

五、流域科学考察研究概况由孙菁、徐文华执笔。

第三章 流域自然资源

一、气候及其主要特征由汪青春、时兴合、颜亮东执笔。

二、土地资源由温国安、高元洪、苟新京执笔。

三、水文与水资源由杨贵林、燕华云执笔。

四、植被与植物资源由陈桂琛、卢学峰执笔。

五、野生动物资源由李来兴执笔。

六、水生生物资源由应百才、温国安、谢孺卓玛执笔。

七、农作物与畜禽品种由苟新京、马文林执笔。

八、能源由朱华执笔。

九、矿产资源由襄国林执笔。

十、生态旅游资源由马有义执笔。

第四章 流域生态系统特征与生态环境质量评价

一、典型生态系统及其特征由陈桂琛、周国英执笔。

二、气候变化及人类活动对流域生态环境的影响由时兴合、汪青春、陈孝全执笔。

三、生态环境的主要问题及其成因分析由彭敏执笔。

四、生态环境质量评价由周国英执笔。

第五章 流域生态保护和综合治理规划概要由苟新京、张贺全、孙饶斌执笔。

第六章 流域生态保护与修复

一、天然植被保护与恢复由陈桂琛、彭敏、张晓峰执笔。

二、退化草地修复与治理由常祺、容旭祥、冯廷花执笔。

三、土地沙漠化防治由张登山执笔。

四、水土保持由张艳得、张卫执笔。

五、生态林建设由温国安、高元洪、苟新京执笔。

六、退耕还草由常祺、段彦敏、杨秀丽执笔。

七、草地有害生物综合治理由辛有俊、侯秀敏执笔。

第七章 流域湿地保护与综合治理

一、湿地保护与修复由陈桂琛、黄志伟执笔。

二、青海湖裸鲤保护与种群恢复由应百才、温国安、苟新京执笔。

三、湿地鸟类及栖息地保护由李来兴执笔。

四、流域环境保护与污染治理由武春青、王定晖、高起兄执笔。

第八章 珍稀物种保护与自然保护区建设

一、普氏原羚保护及种群恢复由叶润蓉执笔。

二、青海湖自然保护区的管理与建设由张德海执笔。

第九章 生态旅游与农村牧区基础设施建设

一、生态旅游与环境保护由马有义、陈孝全执笔。

二、生态畜牧业建设由董全民、马玉寿执笔。

三、饮水安全工程由范年华、范楚林执笔。

四、小城镇建设由丁忠兵执笔。

五、能源建设由朱华执笔。

第十章 生态监测与科技支撑

一、生态监测由司文轩、王勇、葛劲松执笔。

二、科研项目与技术推广由赵以莲执笔。

三、人工增雨体系建设由杨毅、李仑格执笔。

提供彩色照片的人员有：张德海、陈桂琛、张胜邦、高元洪等。这里特别值得一提的是：青海省测绘局局长杨俊岭、副局长刘海平、总工程师黄伟星、信息中心主任郝利华等还为本书的《青海湖流域行政区划图》、《青海湖流域水系分布图》、《青海湖流域卫星影像图》等7幅地图的绘制提供了热情的帮助，在此表示衷心感谢。

编 者

2008年4月