

■ 青海柴达木 梭梭林自然保护区科学考察集

COLLECTION OF
SCIENTIFIC INVESTIGATION IN CHAIDAMU
Haloxylon ammodendron FOREST
NATURE RESERVE IN QINGHAI PROVINCE

张胜邦 董旭 主编



■ 中国林业出版社



ISBN 7-5038-3716-0



9 787503 837166 >

定价：65.00 元

青海柴达木梭梭林自然保护区 科学考察集

张胜邦 董旭 主编

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

青海柴达木梭梭林自然保护区科学考察集/张胜邦主编. —北京: 中国林业出版社, 2004.3
ISBN 7-5038-3716-0

I. 青... II. 张... III. 梭梭树—自然保护区—科学考察—考察报告—柴达木盆地
IV. S759.922.44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 013259 号

出 版: 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电 话: 66184477

发 行: 新华书店北京发行所

印 刷: 北京地质印刷厂印刷

版 次: 2004 年 5 月第 1 版

印 次: 2004 年 5 月第 1 次

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 12.75

字 数: 320 千字

印 数: 1~1000 册

定 价: 65.00 元

《青海柴达木梭梭林自然保护区科学考察集》

领导小组、编辑委员会

领导小组

- 组 长 李三旦 (青海省林业局局长)
- 副组长 郑 杰 (青海省林业局副局长)
- 成 员 董建生 (青海省野生动植物和自然保护区管理局副局长)
- 邢小方 (青海省林业局发展计划和资金管理处处长)
- 董 旭 (青海省林业调查规划院院长)
- 董得红 (青海省林业调查规划院副院长)
- 张胜邦 (青海省林业调查规划院总工程师)
- 向齐普 (青海省海西州林业局局长)
- 刘国顺 (青海省德令哈市副市长)
- 李大平 (青海省都兰县副县长)
- 杨雅馨 (青海省乌兰县副县长)

编辑委员会

- 主 编 张胜邦 董 旭
- 副主编 董得红 张学元 张更权
- 编 委 刘建军 张富强 许国海 梁生甫
- 张邦奇 靳鹤龄 谢 佐 周陆生
- 柴永煜 叶润蓉 丁学刚 李玉军
- 陈进福 李启江 文妙霞

科学考察组

- 组 长 张胜邦 (青海省林业调查规划院 高级工程师)
- 副组长 董 旭 (青海省林业调查规划院 高级工程师)
- 成 员 靳鹤龄 (中科院旱区寒区环境与工程研究所 博士 研究员)
- 张凤臣 (国家林业局西北林业调查规划设计院 高级工程师)
- 张邦奇 (国家林业局西北林业调查规划设计院 高级工程师)
- 董得红 (青海省林业调查规划院 高级工程师)
- 周陆生 (青海省气象局 高级工程师)
- 谢 佐 (青海省地方志编辑委员会 教授)
- 叶润蓉 (中科院西北高原生物研究所 副研究员)
- 丁学刚 (青海省环境科学研究院 高级工程师)
- 李启江 (青海省水文局 高级工程师)
- 李玉军 (青海省地质环境总站 高级工程师)
- 黄金嗣 (青海省草原总站 高级畜牧师)
- 柴永煜 (国家林业局西北林业调查规划设计院 高级工程师)
- 陈进福 (青海省林业科学研究所 副研究员)
- 文妙霞 (国家林业局西北林业调查规划设计院 工程师)
- 张学元 (青海省林业调查规划院 工程师)
- 张更权 (青海省林业调查规划院 工程师)
- 许国海 (青海省林业局宣传中心 工程师)
- 张富强 (青海省林业调查规划院 工程师)
- 梁生甫 (青海省地矿调查院 助理工程师)
- 铁顺良 (青海省德令哈市林业与环保局 高级经济师)
- 周晓伟 (青海省都兰县林业与环保局 高级工程师)
- 沈明喜 (青海省乌兰县林业与环保局 工程师)
- 李金善 (青海省德令哈市林业与环保局 工程师)
- 张彦玲 (青海省都兰县林业与环保局 工程师)
- 李海仙 (青海省乌兰县林业与环保局 工程师)

◇ 新的一天



◇ 秋实



◇ 航亚保护小区



◇ 连湖保护小区

◇ 驼绒藜



◇ 灶火保护小区



◇ 诺木洪保护小区





◇ 挺进沙海



◇ 露餐



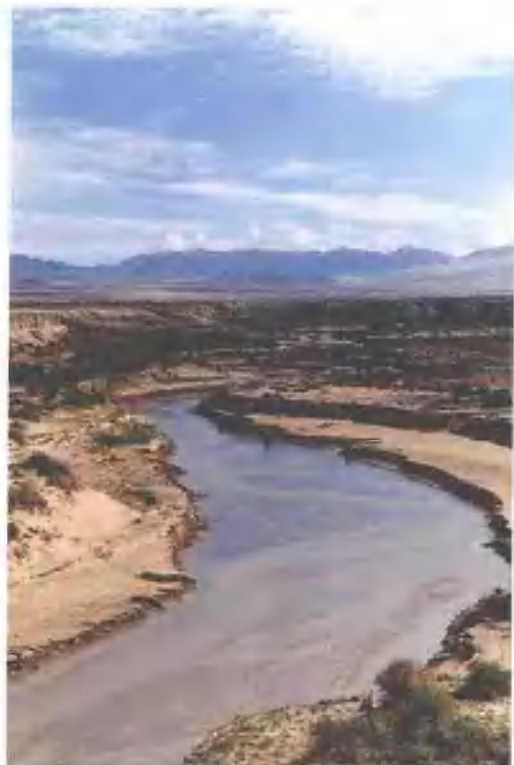
◇ 沙拐枣



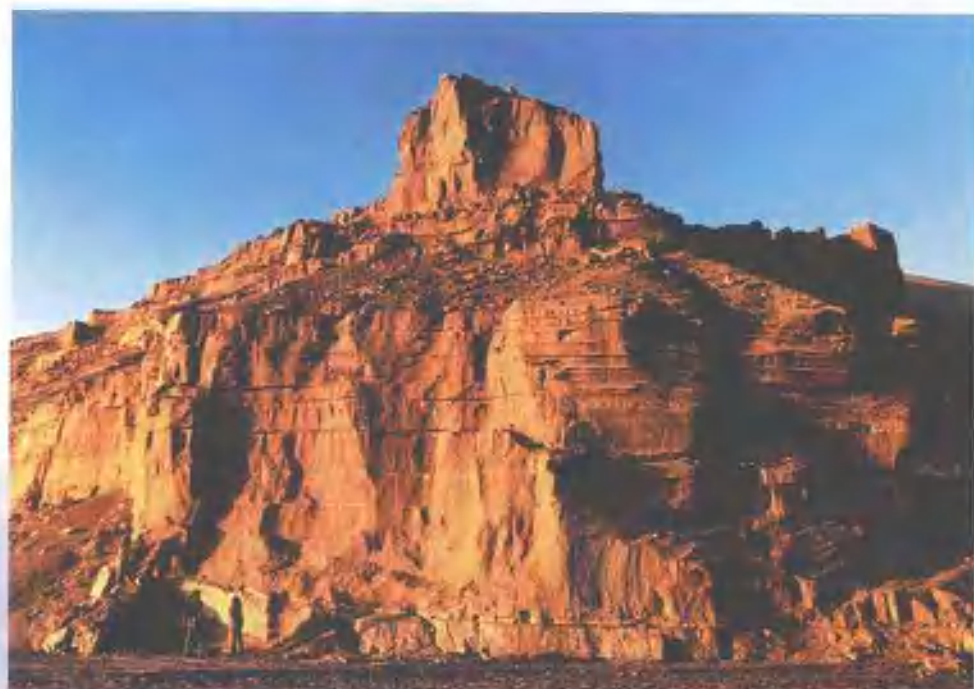
◇ 梭梭苗木密度调查



◇ 灶河



◇ 干旱剖蚀山地



◇ 考察沙漠演化





◇ 荒漠蒿



◇ 唐古特白刺



◇ 金色补血草



◇ 黑果枸杞





◇ 藏原羚
(许国海摄)



◇ 青海沙蜥



◇ 赤麻鸭
(许国海摄)



◇ 山水相映



◇ 贝壳梁



◇ 白公山



◇ 沼泽地



◇ 百折不挠斗风沙



◇ 连湖晚霞

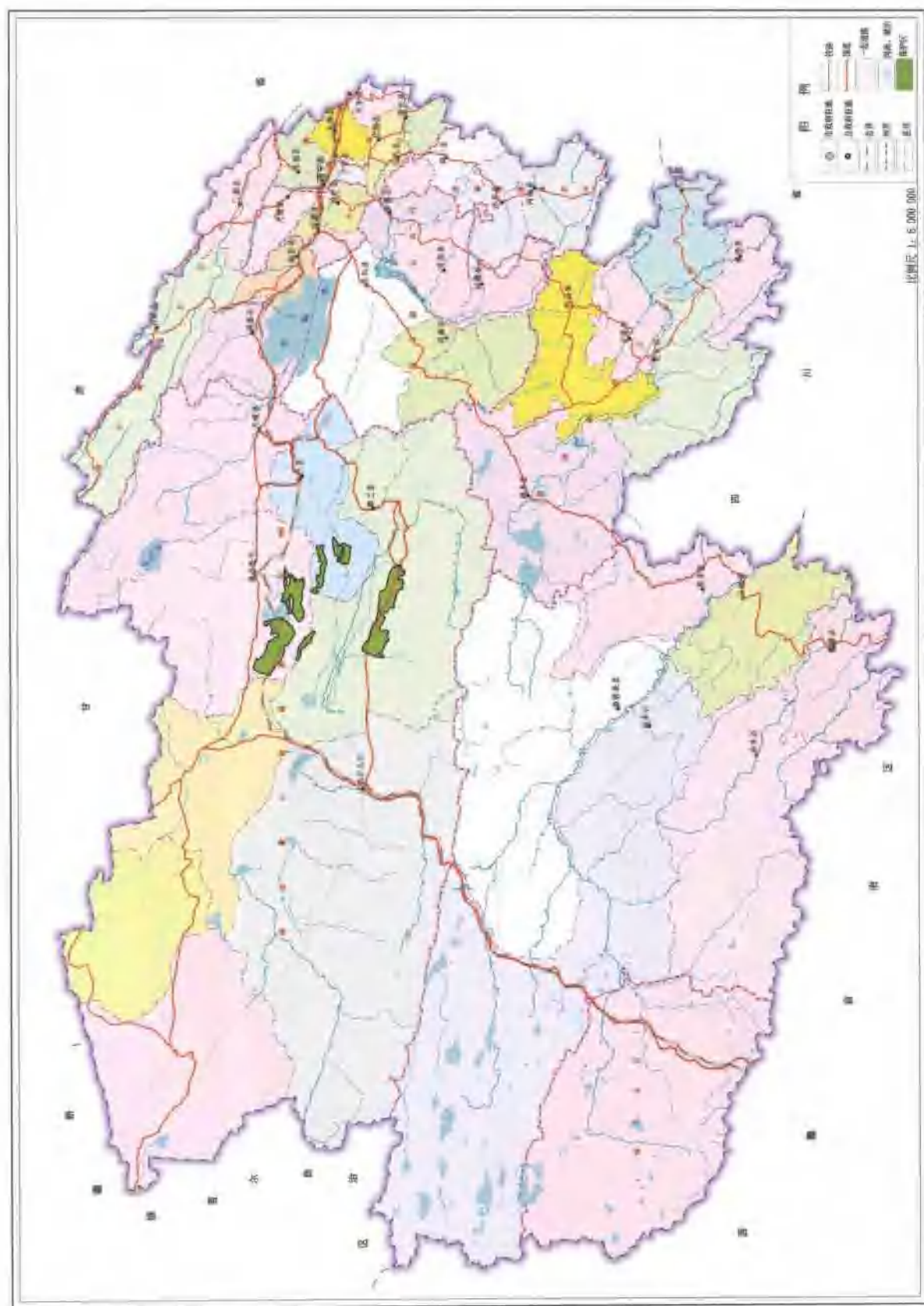


◇ 吐蕃古墓遗址

◇ 呼唤绿色

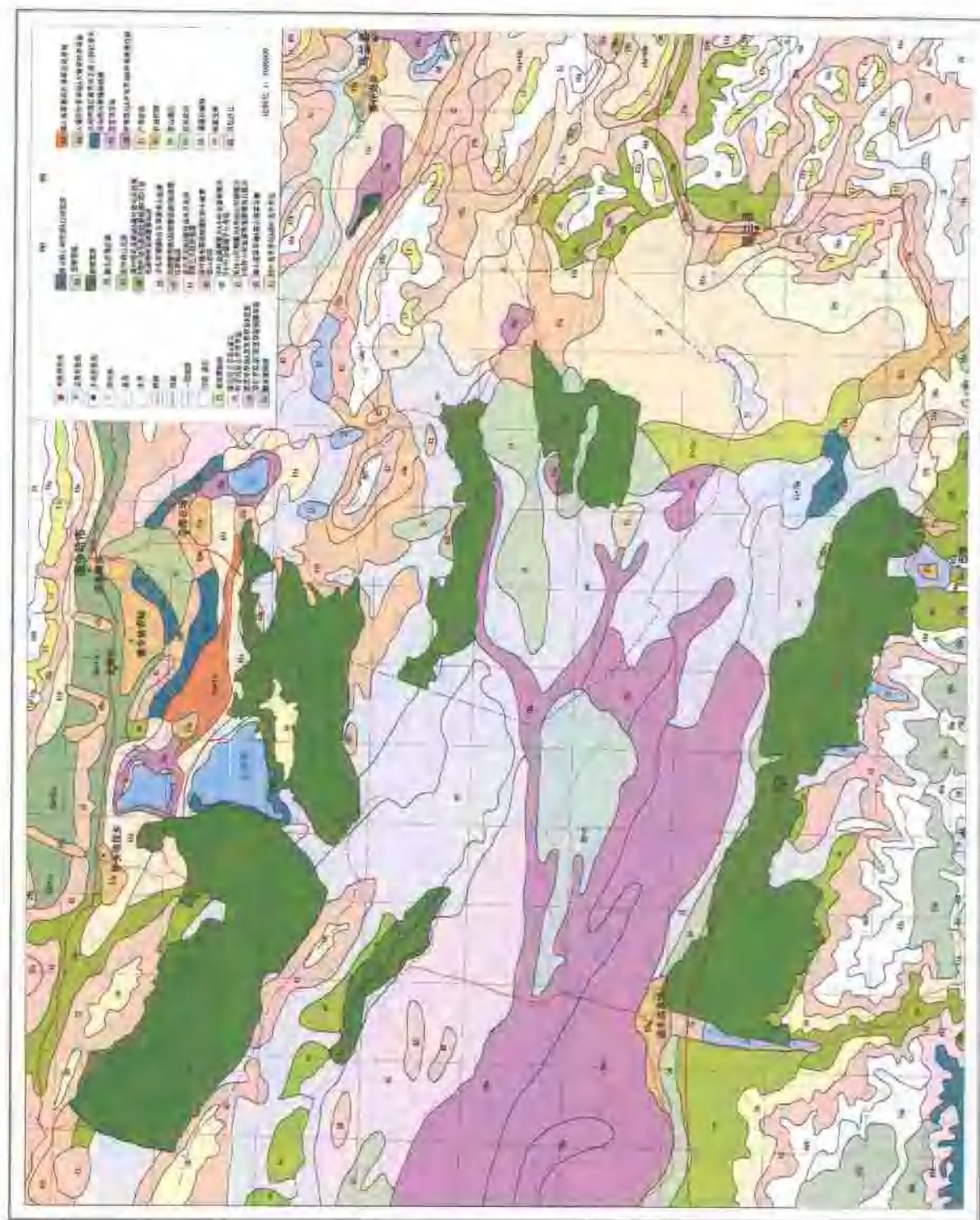


(所有图片除注明外均为本书作者拍摄)

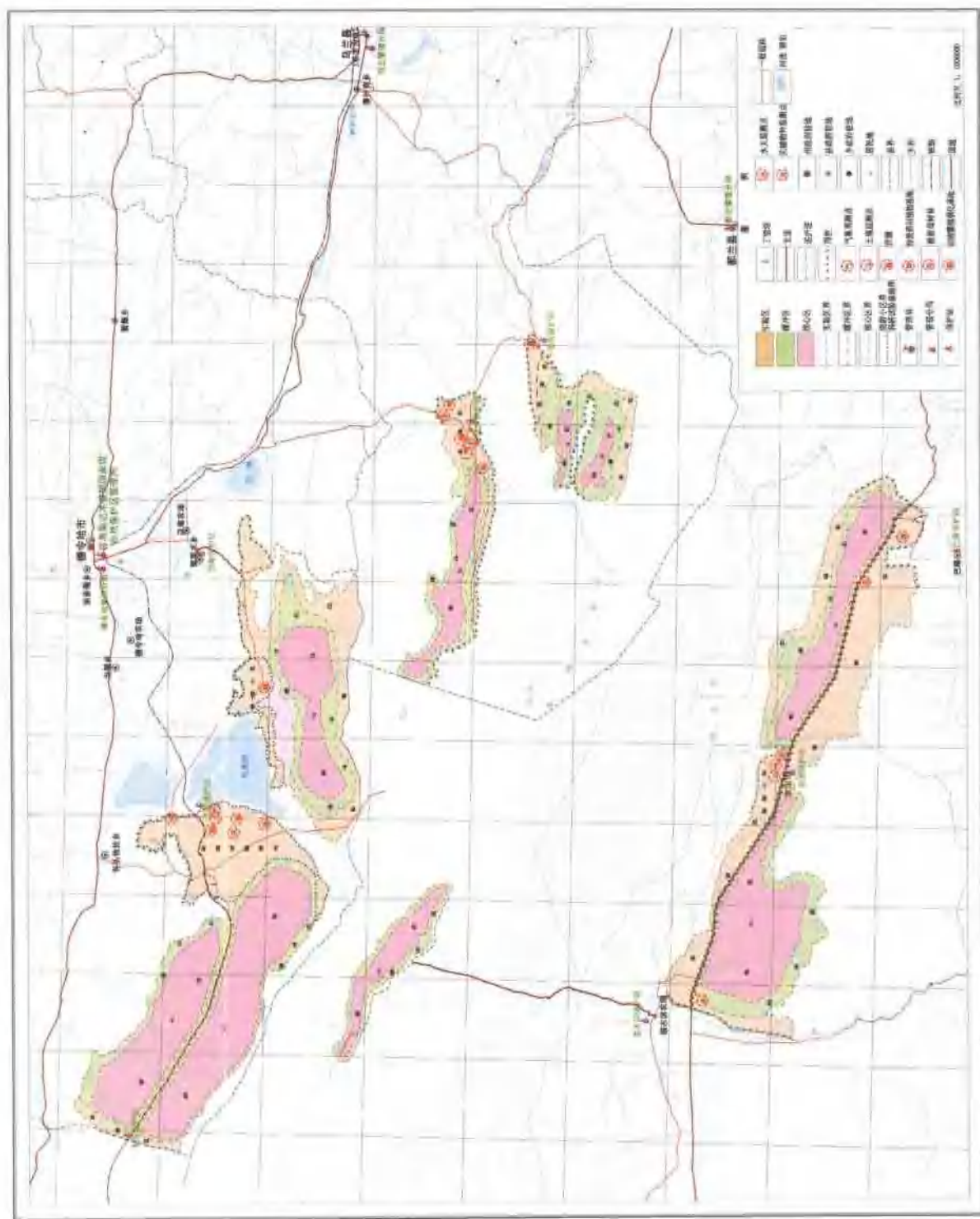


青海柴达木梭梭林自然保护区位置图

青海柴达木梭梭林自然保护区植被图



青海柴达木梭梭林自然保护区总体规划图



序

森林、湿地和野生动植物是大自然馈赠给人类的宝贵财富。实施野生动植物保护和自然保护区建设工程,对维护国家生态安全、促进国民经济可持续发展、确保中华民族长远利益,具有重大的战略意义,是一项造福人类的伟大工程。

森林是“地球之肺”,湿地是“地球之肾”,野生动植物是“人类之友”,它们共同构成了陆地生态系统的主体。野生动植物则是自然保护区的精华,建设自然保护区就是保护“肺”、“肾”、“友”的最有效的措施和手段,其保护成效直接关系到人民群众的根本利益。

自然保护区建设是六大林业生态工程的重要组成部分。青海荒漠化面积占全省总面积的1/3,建立自然保护区是防治荒漠化的重要措施之一。根据新时期我国野生动植物保护和自然保护区建设发展的战略目标,“加强重点荒漠自然保护区的建设,加大基础设施投入,建立管理机构,采取封育、围栏和巡护等措施,重点保护荒漠地区的小半乔木(梭梭)植被和生物多样性。”建立荒漠区国家级自然保护区,符合青海自然保护区建设发展的战略目标、分区布局 and 战略重点。

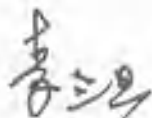
青海柴达木梭梭林自然保护区有15科41属65种沙生植物,这些物种大多是在严酷的自然条件下经过长期选择而保留下来的,具有顽强的生命力,是特殊荒漠系统的组成部分,它不仅对西部地区防风固沙、改变荒漠面貌和保护绿洲生态环境、引种驯化等方面具有一定的现实意义,而且在植物学、分类学、生态学等方面的研究,也有很重要的科学研究价值。

青海柴达木梭梭林自然保护区有野生动物119种,其中国家一级保护鸟、兽种类5种,二级保护种类11种,分别占青海省一、二级保护动物的31%和24%。因此,在该区域建立自然保护区,可使这些动物的繁衍生息增加一个稳定发展的场所。

青海柴达木梭梭林自然保护区的建立和发展,对于防治荒漠化,特别是在减少、防治沙尘暴危害方面具有重要的现实意义,将省级保护区晋升为国家级自然保护区十分必要。

《青海柴达木梭梭林自然保护区科学考察集》的出版,为省内外科学工作者乃至国外专家学者了解并研究柴达木盆地东部地区的自然环境提供了一份充实的基础资料,为青海省社会、经济和生态可持续发展创造更为有利的条件。

青海省林业局局长



2003年12月26日

Preface

Forests, wetlands, wild animals and plants are precious property given by the Nature. The implementation of Wild Animals and Plants Protection and Nature Reserves Conservation Construction Programmes is a great engineering for human beings and has important strategic significance to maintaining national ecological environment, advancing sustainable development of national economy and ensuring long-term benefits for the Chinese nation.

From scientific perspective, forests are known as the "lung" of the earth, wetlands as the "kidney" of the earth and wild animals and Plants as the "friends" of human beings, all of which constitute main parts of terrestrial ecosystem. Wild animals and plants are the essence of nature reserves. So, to construct nature reserves is best effective measure and way to protect the "lung", "kidney" and "friends", which is closely related to the fundamental benefits of local communities.

Nature reserves construction is an important part of the six forestry-ecological programmes in China. Desertified area in Qinghai is about 1/3 of Qinghai province area. To establish nature reserves is one of important measures taken. Based on the development strategic goals of wild animals and plants and nature reserves in China at the new stage, which are to emphasize on the construction of key desert nature reserves, to increase the investment in the infrastructure, to establish management agencies, to take some measures such as hill closure for forest cultivation, fencing and patrol, to protect the semi-arbor vegetation (e.g. *Haloxylon ammodendron*) and biodiversity in desertified areas, national desert nature reserves should be established in Qinghai, which will follow the strategic goals, zoning layout and strategic priority of the nature reserve development in Qinghai.

There exist 65 species of psammophyte with the total of 41 groups, 15 families in Tsaidam *Haloxylon Ammodendron* Forest Nature Reserve in Qinghai (CHAFNR), most of which survive from very bad natural conditions, so have strong life power and become a part of specific desert ecosystem. They not only play an important role in the western area in protecting against wind and preventing sand from drifting, changing desert visage and protecting oasis ecological environment, species introduction and domestication, but also have very important scientific research values in botany, classification and ecology.

There exist 119 species of wild animals in CHAFNR, 5 of which are listed in the first-

class national protection species and account for 31% of the total first class nation protection species in Qinghai, 11 for the second class protection species, 24% of the total second class national protection species in Qinghai. Some endemic species in Qinghai - Tibetan Plateau are there, such as Tibetan blood pheasant, Himalayan snow cock, Beautiful rosefinch (*Carpodacus pulcherrimus*), Chinese pine vole (*Pitymys Irene*), Himalayan alpine marmot (*Marmota marmota*), White-lipped deer (*Cervus albirostris*), Red deer (*Wapiti Cervus elaphus*), Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*), Tibetan gazelle (*Procapra picticaudata*), etc.. Therefore, a new nature reserve to be established here will provide a stable habitat for those wild animal species. There is also a transition area between Qinghai - Tibetan Plateau and Meng - Xin Plateau, which becomes a good research place for fauna evolution.

The establishment and development of CHAFNR is of important significance in combating desertification, especially in reducing and controlling sandstorm. So it is necessary that this nature reserve shall be upgraded from provincial level to national level.

The publishing of the Collection of Scientific Investigation in Tsaidam Haloxylon Ammodendron Forest Nature Reserve in Qinghai Province will provide substantial basic materials for the scientists both in and out of Qinghai Province, and foreign experts and scholars to learn about and do research on natural environment in the eastern area of Tsaidam Basin, and, at the same time, create some favorable conditions for the social, economic and ecological sustainable development in Qinghai.

Li Sandan

Director General of Qinghai Provincial Forestry Bureau

Dec. 26, 2003

前 言

柴达木盆地是我国四大盆地之一，是我国八大沙漠和四大沙地中分布海拔最高、沙漠危害最严重的地区之一，也是我国西北地区沙尘暴的策源地之一，以沙漠化和盐渍化为特征的荒漠化土地急剧扩展，在荒漠地区极具代表性。

2003年4月和8月，在青海省林业局的领导下，青海省林业调查规划院组织海西蒙古族藏族自治州林业局、德令哈市林业和环保局，都兰县林业和环保局、乌兰县林业和环保局以及省内外专家、学者和自然保护区人员进行了科学考察。本次考察采用“3S”先进技术与传统调查技术相结合，自然保护区特点与相关规范相结合，取得科研成果并撰写成《青海柴达木梭梭林自然保护区科学考察集》。

2003年11月15日由青海省科学技术厅主持，组织省内外有关专家进行了评审。根据与会专家的建议和意见，又进行了深入细致的修改。为了便于服务生产和国内外人士更加了解柴达木荒漠区的奥秘，为柴达木自然保护区建设提供科学依据，也有利于争取国际上的合作与支持，决定正式出版发行《青海柴达木梭梭林自然保护区科学考察集》。

本书共分十二章，包括总论；自然地理；沙漠及沙漠化形成和演化过程；沙漠及沙漠化现状和评价；植物资源；梭梭资源；动物资源、旅游资源；环境影响评价；社区及社区经济；自然保护区管理；自然保护区评价。各章节主要编写人员是：第一章张胜邦、董旭，第二章张胜邦、董旭、董得红、李启江、李玉军，第三章张胜邦、靳鹤龄、董得红，第四章张胜邦、董旭、靳鹤龄，第五章董得红、董旭，第六章张胜邦、陈进福、张更权，第七张胜邦、叶润蓉、张更权，第八章董得红、谢佐、张学元、张更权，第九章董旭、张学元、文妙霞，第十章董旭、柴永煜、张胜邦、张学元，第十一章张邦奇、张学元、张胜邦，第十二章张学元、董旭、张邦奇、柴永煜、董得红。全书由张胜邦统稿。

本书在编写和出版过程中得到了中国科学院旱区寒区环境与工程研究所、中国科学院西北高原生物研究所、国家林业局西北林业调查规划设计院、青海省环境科学研究院、青海省水文地质环境监测站、青海省气象局等有关单位的大力支持和帮助。中国林业出版社严丽等同志为本书的编辑出版工作付出了辛勤劳动，作者在此一并表示衷心感谢！

由于学识水平有限，时间短促，许多考察资料还有待于进一步研究和探讨，不当之处，敬请专家、学者及广大读者批评指正。

编著者

2003年12月26日

目 录

序

前言

第一章 总论	(1)
第一节 地理位置	(1)
第二节 自然地理	(1)
一、地貌	(1)
二、地质	(2)
三、气候	(2)
四、水文	(3)
五、水文地质分区与分布特征	(4)
六、土壤	(4)
第三节 沙漠及沙漠化形成和演化过程	(5)
一、地质时期沙漠的形成条件	(5)
二、沙漠的形成历史	(6)
第四节 沙漠化现状和评价	(8)
一、沙漠化现状	(8)
二、沙漠化危害	(8)
三、沙漠化评价	(9)
第五节 植物资源	(10)
一、植物区系	(10)
二、植被	(10)
三、植物资源及分布	(11)
第六节 梭梭资源	(11)
一、梭梭林分布	(11)
二、梭梭特性	(12)
三、梭梭林类型	(12)
四、梭梭林演替	(12)
五、梭梭林生物量	(12)
六、梭梭培育	(13)
第七节 动物资源	(13)
一、脊椎动物区系	(13)
二、动物群及其特征	(13)
三、动物资源评价	(14)
第八节 旅游资源	(14)

一、人文景观	(14)
二、自然景观	(15)
三、景观资源评价	(16)
第九节 环境影响评价	(16)
一、环境影响分析评价	(16)
二、环境影响评价	(17)
第十节 社区及社区经济	(17)
第十一节 自然保护区管理	(17)
一、保护区性质、任务和目标	(17)
二、保护区功能区划	(18)
三、主要规划内容	(18)
四、投资估算	(21)
五、组织机构与人员编制	(21)
第十二节 自然保护区评价	(21)
一、生态结构与功能评价	(21)
二、生态评价	(22)
三、管理评价	(22)
四、效益评价	(22)
第二章 自然地理	(24)
第一节 现代地貌的形成与特征	(24)
一、风积地貌	(24)
二、湖积地貌	(24)
三、洪积地貌	(25)
四、干燥剥蚀山地	(25)
第二节 地质	(25)
一、地层	(25)
二、构造	(30)
第三节 气候	(32)
一、采用的气候资料及处理方法	(32)
二、气候的基本特征	(32)
三、气温	(33)
四、降水	(35)
五、日照	(38)
六、风	(40)
七、气象灾害	(40)
八、气候资源的评价与利用	(42)
第四节 水文	(45)
一、地表水资源	(45)
二、河川径流特征分析	(47)

三、地表水资源动态趋势分析	(49)
四、地下水资源	(50)
五、“三水”关系分析	(51)
六、水资源总量	(51)
第五节 区域水文地质	(52)
一、水文地质分区	(52)
二、地下水的赋存条件及分布规律	(52)
三、主要水文地质区的地下水补给径流与排泄	(55)
四、地下水类型与含水岩组划分	(57)
第六节 土壤	(65)
一、主要土壤类型及特征	(65)
二、土壤风蚀特征	(75)
第三章 沙漠及沙漠化形成和演化过程	(81)
第一节 地质时期沙漠的形成条件	(81)
一、新构造运动对气候的影响	(81)
二、冰期气候波动的影响	(82)
第二节 沙漠化形成的历史过程	(83)
一、人类历史时期沙漠化的扩大	(83)
二、现代时期沙漠化的加剧	(84)
第三节 沙漠化未来发展趋势	(88)
一、自然因素可能发展趋势	(88)
二、人为因素可能发展的趋势	(89)
三、沙漠化趋势预测	(90)
第四章 沙漠及沙漠化现状和评价	(92)
第一节 沙漠化分布和特征	(92)
一、都兰沙漠化分布和特征	(92)
二、德令哈沙漠化分布和特征	(92)
三、乌兰沙漠化分布和特征	(93)
第二节 沙漠及沙漠化危害	(93)
一、影响农、林、牧业生产	(93)
二、危害水库、涝池、渠道、湖泊及埋压建筑物	(96)
三、影响交通、通信和输电线路	(96)
四、污染环境	(97)
第三节 沙漠化评价	(97)
第五章 植物资源	(99)
第一节 植物区系	(99)
一、植物区系的基本组成	(99)
二、植物区系的基本特征	(100)
第二节 植被	(102)

一、植被演化历史	(102)
二、植被分布特点	(103)
三、植被分类	(103)
四、主要植被群系特征描述	(105)
第三节 植物资源及分布	(108)
一、植物资源概况	(108)
二、裸子植物	(110)
三、被子植物	(111)
第六章 梭梭资源	(114)
第一节 梭梭自然分布与保护功能区划	(114)
一、梭梭的自然分布、林分结构	(114)
二、梭梭的生长型与结构	(115)
三、梭梭自然保护功能区划	(116)
第二节 梭梭形态特征、生物学特性及生理特征	(117)
一、梭梭形态特征	(117)
二、梭梭生物学特性	(117)
三、梭梭生理特征	(120)
第三节 梭梭生态学特性	(120)
一、梭梭林生态特性	(121)
二、梭梭林类型	(122)
三、梭梭林演替规律	(122)
四、梭梭林生物量	(123)
第四节 梭梭林培育	(124)
一、种子采集、贮藏、调制	(124)
二、育苗	(124)
三、造林	(125)
四、封沙育林	(126)
第七章 动物资源	(127)
第一节 研究历史	(127)
第二节 脊椎动物区系特征	(127)
一、水生脊椎动物区系	(127)
二、陆生脊椎动物区系	(127)
第三节 动物种类及其分布	(128)
一、动物种类	(128)
二、各类群的分布	(128)
第四节 动物群及其特征	(128)
一、温带荒漠、半荒漠动物群	(129)
二、高山裸岩动物群	(129)
三、湿地动物群	(129)

四、农田动物群	(129)
第五节 动物资源评价	(129)
第八章 旅游资源	(131)
第一节 人文景观	(131)
一、遗址	(131)
二、寺院	(131)
三、人工绿洲	(134)
四、蒙古族风情	(135)
第二节 自然景观	(135)
一、“姊妹”湖	(135)
二、白公山	(136)
三、贝壳梁	(138)
四、芦苇船	(138)
五、哈利哈图森林公园	(139)
六、世界上最高的狩猎场	(139)
第三节 景观资源评价	(139)
一、气象天象景观美妙	(140)
二、水域风光丰富	(140)
三、民族风情纯朴	(140)
第九章 环境影响评价	(141)
第一节 环境影响类型划分	(141)
一、环境影响分类	(141)
二、拟建工程项目环境影响分析	(141)
第二节 保护区环境影响分析评价	(141)
一、A类项目的环境影响分析	(141)
二、B类项目的环境影响分析	(142)
三、D类项目的环境影响分析	(143)
第三节 环境影响评价	(143)
第十章 社区及社区经济	(144)
第一节 社区	(144)
第二节 社区经济及交通通讯	(144)
第三节 文教卫生	(145)
第四节 保护区历史沿革	(145)
第十一章 自然保护区管理	(147)
第一节 保护区性质、任务和目标	(147)
一、性质	(147)
二、任务	(147)
三、规划目标	(147)
第二节 保护区功能区划	(148)

一、区划原则	(148)
二、区划方法	(148)
三、功能分区	(148)
第三节 保护区主要规划内容	(149)
一、保护工程规划	(149)
二、科研与监测工程规划	(152)
三、宣传教育规划	(154)
四、多种经营规划	(156)
五、社区共管规划	(157)
六、生态旅游规划	(158)
七、基础设施建设规划	(159)
第四节 投资估算	(161)
一、按工程项目分	(161)
二、按投资构成分	(161)
三、按规划期限分	(161)
第五节 组织机构与人员编制	(161)
一、组织机构	(161)
二、人员编制	(162)
第十二章 自然保护区评价	(165)
第一节 生态系统的结构与功能现状	(165)
一、原始古老的自然性	(165)
二、地理位置的特殊性	(165)
三、生态环境的典型性	(165)
四、物种的稀有性	(165)
五、生态系统的脆弱性	(166)
六、保护生态的必要性	(166)
七、科学研究的重要性	(167)
第二节 生态评价	(167)
一、稀有性	(167)
二、多样性	(167)
三、代表性	(167)
四、自然性	(167)
五、面积适宜性	(167)
六、生存威胁	(168)
第三节 管理评价	(169)
一、管理评价指标	(169)
二、管理评价标准	(169)
三、管理评价	(169)
第四节 效益评价	(170)

一、生态效益	(170)
二、社会效益	(170)
三、经济效益	(171)
附录 1 自然保护区及周边地区野生植物名录	(172)
附录 2 自然保护区及周边地区野生动物名录	(184)
参考文献	(189)

第一章 总 论

第一节 地理位置

柴达木盆地是青藏高原北部的一个内陆盆地，位于青海省西北部。盆地东部为海西蒙古族藏族自治州都兰、乌兰和德令哈三县（市）所辖，是柴达木梭梭林自然保护区的主体位置。东部与海南藏族自治州共和、兴海县相连，南至东南部与玉树藏族自治州的曲麻莱县和果洛藏族自治州的玛多县为邻，西至西北部与格尔木市、大柴旦镇接壤，北部紧靠甘肃省阿克塞县。介于 $36^{\circ}00' \sim 37^{\circ}24'N$ ， $95^{\circ}58' \sim 97^{\circ}52'E$ ，位于青海省中区北部。东西长约 200km，南北宽约 150km，总面积约为 46.68 万 km^2 。

第二节 自然地理

一、地貌

柴达木盆地东部地貌类型复杂多样，主要有风积地貌、湖积地貌、洪积地貌、干燥剥蚀山地等 4 类。

1. 风积地貌

(1) 流动沙丘。西起铁奎，东至夏日哈，北起牦牛山南麓，南到香日德，是柴达木盆地沙漠集中分布区之一。主要由新月形沙丘、新月形沙丘链、沙垄及格状沙丘构成。

(2) 半固定沙丘。盆地东南部除山地外都有零星分布，植被盖度 10% ~ 29%，且分布比较均匀。风沙流动受阻，属流沙纹理普遍存在的沙（丘）地。

(3) 固定沙丘。主要分布在盆地南部诺木洪至香日德一线，及东部察汗乌苏有零星分布。植被盖度 $\geq 30\%$ ，风沙活动不明显，沙（丘）地基本固定。

2. 湖积地貌

湖积地貌既分布于保护区西北部拗陷低地，也占据着各次级小盆地的低洼部分，湖积平原常常不是环绕整个现代湖泊，而是环绕一个湖群发育。湖积地貌海拔 2675 ~ 3300m，最低处是霍布逊湖。

3. 洪积地貌

作为活跃外营力的流水是洪积地貌形成的主要原因。洪积地貌的发育程度与河流数量及其水量多寡密切相关，地表径流越多，河流越密集，洪积地貌分布越广。保护区洪积地貌主要分布在南部布尔汗布达山北麓，包括洪积扇和洪积倾斜平原。

4. 干燥剥蚀山地

本区南部山地系昆仑山支脉，包括布尔汗布达山、脱土山、乌拉山、鄂拉山、夏日哈山等，海拔 3300 ~ 5000m，相对高差较大。该山地以布尔汗布达山为主体，呈东西走向，横卧

该区南部,系现代冰川、寒冻、风化作用形成的剥蚀山地,山势高峻,断层发育,岩层复杂。山体坡面与坡麓广泛分布有寒冻、风化碎屑物。

二、地质

1. 地层

保护区位于柴达木地层区,北部区以欧龙布鲁克地层分区为代表,南部区以柴达木盆地南缘地层分区为代表。

(1) 北部区。主要包括元古界的下元古界达肯大板群(Pt, dk)和震旦系全吉群(Zqn),古生界的寒武系和奥陶系(O)、泥盆系(D)、石炭系(C)、中生界的侏罗系(J)和白垩系(K),新生界的第三系(R)和第四系4个地质阶段的地质岩层。主要岩石有黑云角闪片麻岩、角闪斜长片麻岩、沙砾岩、石英岩、白云岩、硅质岩、灰黑色板岩、灰岩、粉砂岩、页岩、泥岩等几十种岩石。岩层厚度因不同历史形成时期、不同地域位置,不同发育程度等多方面因素而变幅很大,薄者仅百米左右,厚者达到5000m以上。

(2) 南部区。前第四纪地层有元古界、下石炭统、中下侏罗统、第三系。

元古界(Pt)含金水口群与冰沟群两部分。石炭系(C)则布于三通沟一带。侏罗系(J)的下侏罗统与中、下侏罗统碎屑岩组($J1-2$)分布于盆地边缘丘吉沟一带及三通沟一带。第三系(R)的下第三系渐新统(E_3)和上第三系上新统(N_2)地层,前者分布于五龙沟、冰沟以西盆地边缘,剖面厚度从100~1000m;后者地表未见出露。第四系(Q)包括下更新统(Q_1)、中更新统(Q_2)、上更新统(Q_3)和全新统(Q_4)4部分,由湖积物(Q_1^l)、冰碛物(Q_2^d)、洪积层、沙砾石层、冰水——河流相堆积与沼泽相沉积、湖泊化学沉积、冲积层与风积物等构成。主要分布于草原地区与湖泊、河道区域以及洪积冲击地带。

2. 构造

(1) 断裂。本区基岩山区长期以来由于历次地层构造运动,断层比较发育。控制本区地质历史的3条主要断裂带:一是宗务隆山南缘断裂带;二是昆北断裂带格尔木隐伏断裂;三是鄂拉山断裂带。

(2) 褶皱。与保护区关系较为密切的是中、新生界地层在喜马拉雅构造运动作用下产生的褶皱。在北部区以北西西向斜列的短轴背斜为主,主要分布于丘陵区。该部为第三系地层,翼部为第四系地层。构成背斜成丘,向斜成谷的构造景观。主要有欧龙布鲁克东背斜、乌兰——德南丘陵复背斜、达达肯乌拉山东侧阿木尼克复背斜和其他短轴背斜,此外,在努尔河下游,下更新统湖积地层也形成有一系列东西向褶皱。

三、气候

1. 气候

本区位于柴达木盆地东部,由于深居内陆,加之盆地地形封闭,基本不受东南季风的影响。而来自孟加拉湾、印度洋的西南暖湿气流虽然是本省主要水汽输送带,但这些暖湿气流在翻越青藏高原腹地多重山脉之后,速度缓慢,水汽大减。到达昆仑山及其支脉的北坡后形成下沉气流,使空气变得十分干燥,干旱少雨是本区最基本的气候特征。

(1) 气温。保护区的气温分布受海拔高度和盆地地形的影响。盆地中心地带、海拔相对较低的诺木洪、灶火、卜浪沟平均海拔低于3000m,年平均气温3~4.5℃,盆地边缘海拔较高的地区,年平均气温只有1℃左右;海拔十分接近的分区其温度高低则受纬度的影响,纬

度低而温度高, 温度低而纬度高。保护区最热月气温均出现在7月, 而且都超过 13.0°C 。

(2) 降水。保护区降水由盆地东部边缘向盆地中心区逐渐减少。都兰、乌兰、香日德处于盆地东—东南部边缘区, 德令哈处于盆地东北部边缘地带, 上述4地气象站年降水量在 $170\sim 190\text{mm}$, 而不足 200mm 。诺木洪接近盆地内陆中心, 同时又处于布尔汗布达山北部背风坡。因此, 降水更少, 年降水量只有 44mm , 气候极为干燥。保护区各分区或邻近气象台站, 或处于各站之间, 年降水量分布基本遵循柴达木盆地降水分布的规律。各区中除宗加区年降水量不足 100mm 外, 其余各分区均在 $100\sim 200\text{mm}$ 。5~9月降水量相当于全年降水量的 $80\%\sim 90\%$, 其余各月基本无雨雪。

(3) 日照。日照时数和百分率与晴天日数、云量的多寡有密切的联系, 其空间分布特征一般与晴天日数、云量分布也有相互联系。整个保护区的日照时数在 $2900\sim 3200\text{h}$ 之间, 比照省内其他地区仍是十分丰富的。一般的规律是每年5~8月, 太阳高度角大, 日照充沛。12月至翌年2月太阳高度角偏低, 日照时数也最少。

(4) 风速、风向。保护区年平均风速在 $2\sim 4\text{m/s}$ 之间, 其中, 德令哈 2.2m/s , 都兰 2.4m/s , 乌兰 2.7m/s , 香日德 3.1m/s , 诺木洪 3.2m/s , 南部风速稍大, 但总体差异不大。这与保护区地形相对平坦开阔有关。一般来讲, 春季风速大于秋季, 诺木洪、香日德、都兰三地以西北、东南风为主, 乌兰县与德令哈两地以东北、西南风为主。

2. 气象灾害

保护区全年气象灾害主要有干旱、霜冻、冰雹和风沙。但是由于年降水量均不足 200mm , 处于常年干旱或极干旱状态, 因此风沙是最主要的气象灾害。

保护区全年大风日数在 $12.4\sim 50.0\text{d}$ 之间, 在诺木洪附近, 海拔高出诺木洪测站的山区大风日数更多。大风日数主要集中在3~6月份, 约占全年大风日数的 52% (香日德)~ 71% (都兰)。年沙尘暴日数 $3\sim 5\text{d}$, 即保护区多年来平均每年要出现3场以上沙尘暴天气, 主要集中在2~5月。显然, 在大风日数多、降水量少致使植被覆盖度低的诺木洪地区, 沙尘暴日数也是保护区最多的。每月4~5月份, 保护区出现 $0\sim -6^{\circ}\text{C}$ 的低温频率在 $7\%\sim 15\%$ 之间, 往往对农作物幼苗造成危害, 也影响开始萌发的林草幼嫩枝叶的生长。由于空气温度低, 降水少, 冰雹出现的频率也低于青海东部地区, 但出现一次强冰雹危害就很大。发生时间一般在每月5~7月。

四、水文

1. 地表水

(1) 河流。本区主要河流有香日德河、巴音河、诺木洪河、察汗乌苏河、沙柳河、都兰河等, 香日德河是本区最大的一条河流, 发源于果洛州阿尼玛卿山的长石头山和布尔汗布达山的札柯得东侧, 河长 231km , 集水面积 $12\,339\text{km}^2$, 多年平均流量 4.53亿 m^3 。

巴音发源于德令哈北部山地干流河长 308km , 流域面积 7281km^2 , 河道平均比降 0.65% , 多年平均流量 3.32亿 m^3 , 最终流入克鲁克湖。

诺木洪河发源于都兰县境内西南部布尔汗布达山, 流长 165km , 河道平均比降 1.304% , 距河源 123km 以上流域面积 3773km^2 , 多年平均径流量 1.55亿 m^3 。

察汗乌苏河发源于鄂拉山, 流长 123km , 河道平均比降 1.258% , 流域面积 4434km^2 , 多年平均径流量 1.54亿 m^3 。

(2) 湖泊及冰川。本区主要咸水湖泊有南北霍而逊湖、托素湖、尕海; 淡水湖有克鲁克

湖、阿拉克湖。主要湖泊总面积为 506km^2 ，总储水量约 56亿 m^3 ，其中淡水湖面积 93.6km^2 ，储水量 7.84亿 m^3 。

冰川主要分布在保护区南部的昆仑山与祁连山山脉的高山区，总面积约 18.57km^2 ，夏季消融补充水源，本地区内巴音河和香日德河是重要的水源之一。

2. 地下水

(1) 地下水类型。本区地下水从其形成的特征和其存在的形式来看，主要有山地基岩裂隙水，洪积砾石层潜水，洪积—湖积层潜水和自流水、洪积平原自流水 4 种类型。根据地貌类型，分别分布在石山区、冲积与洪积平原以及河湖积平原。

(2) 地下水资源量。诺木洪以西潜水厚度 320m ，清水河以东大于 200m ，察汗乌苏以北大于 30m ，矿化度小于 1.0g/L ，山前冲积扇与扇裙细土交界处潜水涌量 $0.1\sim 0.2\text{L/s}$ ，矿化度 $0.3\sim 3\text{g/L}$ 。

3. 水资源总量

经计算，香日德河流域水资源总量为 $5.747 \times 10^8\text{m}^3$ ，巴音河流域水资源总量为 $3.547 \times 10^8\text{m}^3$ ，诺木洪河流域水资源总量 $1.960 \times 10^8\text{m}^3$ ，察汗乌苏河流域水资源总量 $1.954 \times 10^8\text{m}^3$ ，沙柳河流域水资源总量 $0.825 \times 10^8\text{m}^3$ ，都兰河流域水资源总量 $0.522 \times 10^8\text{m}^3$ ，夏日哈河流域水资源总量 $0.245 \times 10^8\text{m}^3$ 。

五、水文地质分区与分布特征

1. 水文地质分区

保护区在地域上位于祁连山脉宗务隆山与昆仑山脉布尔汗布达山之间的柴达木盆地东部地带。其间北西西—南东东向展布的欧龙布鲁克山、泉水梁、德南丘陵、牦牛山和阿木尼克山、达达肯乌拉山、大浪土尔岗丘陵、乌依奥木克山的分隔，由北至南形成了 6 个水文地质区 13 个亚区。

2. 地下水的赋存条件及分布规律

本区地下水赋存分布有如下规律：北部区的欧龙布鲁克、阿木尼克等山区与南部区的布尔汗布达山区均赋存基岩裂隙水，南部山区较北部山区裂隙水丰富。盆地近中部的上新统与下更新统所形成的低山丘陵为弱含水的层状裂隙孔隙承压自流水，只有在断裂构造带富水性较强。广大盆地平原区均属孔隙水分布区。其中山前冲洪积倾斜平原戈壁带为大厚度统一潜水位，再向盆地中心的各冲湖积平原，也为多层承压自流水分布区。

六、土壤

1. 主要土壤类型

(1) 栗钙土。栗钙土分布于青藏公路七道班至香日德山间谷地，位居棕钙土与山地草原化草甸土之间。主要生长芨芨草、针茅等草原植被类型，草高 $5\sim 30\text{cm}$ ，盖度 50% ，发育于窄谷滩地。

(2) 棕钙土。本土类为境内主要地带性土壤，分布面积大，在海拔 3800m 以下均有分布，以夏日哈、察汗乌苏、香日德一线为多，巴隆—诺木洪的低山带亦有分布。

(3) 灰棕漠土。灰棕漠土分布在脱土山以西大面积的山前洪积扇，包括砾质戈壁及土质戈壁，风蚀残丘及低山地，海拔 3400m 以下，是境内西部的基带土壤，也是温带荒漠的地带性土壤。

(4) 盐土。主要分布于北部洪冲积倾斜平原, 围绕霍布逊湖湖滨, 呈半环形

盐土的形成, 反应了强烈的积盐过程。盆地中部地势低洼, 河流及地下水汇集, 气候极端干旱, 降水稀少, 聚集蒸发浓缩; 再则第三纪、第四纪的沉积物富含易溶盐类, 即含盐风化壳及母质的影响; 三是地下水位高, 矿化度高, 在强烈的蒸发作用下盐分向地表聚集, 进行强烈的现代积盐。地势稍高的湖、河、河阶地形成了含盐量 3%~30% 不等的盐土, 湖滨低洼处, 形成了 20~30cm 厚的盐壳

(5) 草甸土。该土壤形成于冲积物母质上, 质地粗细不一, 砂砾相间。植被为沙棘、柽柳、苔草等。土壤剖面结构简单, 上层为不连续薄草皮, 砾质土无草皮层, 下层为锈色斑纹层。有机质含量低, 颜色浅, 强石灰反应, 无盐化作用。主要分布于各河流河漫滩或一级阶地上, 零星分布。

(6) 沼泽土。分布在境内湖沉带的湖洼滩地, 扇缘溢水带河畔小溪水边, 具有水成和半水成土的特点。表层有腐泥质层和泥炭层, 下部在淹水作用下进行着强烈的还原作用, 高价铁转化为亚铁, 土壤颜色呈青灰色。

(7) 风沙土。风沙土是在风成砂性母质上发育起来的一类土壤, 形成于干旱半干旱地区。主要分布于夏日哈、察汗乌苏、香日德、诺木洪一线, 是柴达木盆地的主要风沙土区之一。

根据风沙土成土过程中的不同阶段, 又划分为: 流动风沙土、半固定风沙土、固定风沙土 3 种类型。

2. 土壤风蚀特征

(1) 沙粒的运动形式。当风速达到起动风速时, 地表沙粒便开始移动, 形成风沙流。依据风力和土壤颗粒大小及质量的不同, 沙粒以 3 种基本形式运动, 即悬移、跃移和蠕移。

(2) 影响土壤风蚀的主要因素。土壤的机械组成、地表类型、植被盖度与土壤含水量等都会对土壤风蚀程度产生不同的影响。

除了自然因素对土壤风蚀及风沙活动有很大影响外, 人类活动对风蚀也有很大影响。特别是开垦、樵采及过度放牧等人类活动对风蚀沙化影响较大, 这些活动也是本区当前风沙活动加剧的主要因素。

起伏低缓的固定半固定沙丘是本区的主要地貌类型之一。一般沙丘高度 5~20m, 坡度 10°~25°, 也有超过 35°的。固定沙丘在大风及强度人类活动影响下, 易发生风蚀沙化。

第三节 沙漠及沙漠化形成和演化过程

一、地质时期沙漠的形成条件

1. 新构造运动对气候的影响

新构造运动不仅奠定了柴达木盆地的地貌特征, 而且直接影响柴达木盆地的气候变化。首先构造运动使欧亚大陆连成一片, 青藏高原隆起迫使大气环境改变。南来的暖湿气流受阻, 降水减少, 区域性风速增大。地势抬升后, 原来完整的柴达木湖瓦解, 湖泊沼泽面积缩小乃至干涸消失, 荒漠与风沙地貌发育。风对湖积、洪积物作用强烈形成沙土、沙垄等风积地貌。同时基岩遭受强烈寒冻风化和机械风化, 不断制造出砂与粉尘物质, 以流水作用过程为主。经常性和临时性流水将风化沙和粉尘带入盆地沉积, 形成大量含砂的松散物质, 为区

内沙漠的形成及风力作用提供了丰厚的沙源。

新构造运动引起的盆地纬度北移,高度和地形变化使区内气候愈来愈干冷,加之水流和风蚀,使盆地出现了荒漠景观,生物气候带由亚热带变为荒漠带。这便是该地区沙漠形成的长期演变过程。

2. 冰期气候波动的影响

冰期气候波动对本区沙漠的演化和土地沙漠化正、逆过程的交替出现与生物气候带的演变历史产生巨大影响。柴达木盆地处于西北部干旱荒漠与东南部半湿润森林草原之间的干旱荒漠草原和半干旱干草原或灌丛草原过渡带位置,西南和东南季风减弱萎缩,而西伯利亚寒潮东进,南下频率和强度大为增长,气温更加干旱。地表广遭风蚀,植被疏矮,沙砾、粉尘随风漂移,留下粗大的沙砾堆积,戈壁地貌显现。间冰期时多季风影响,强风、流水等地表外营力不断,大量泥沙与岩石风化物被冲刷,搬运形成湖、河相沉积。平缓、低洼地区逐步发育成沙质土壤。

柴达木盆地第四纪气候演变的总趋势是冰期越来越干燥,间冰期气候干燥存在减缓趋势,这与青藏高原对冰期气候和间冰期气候的放大作用密切相关。受气候变化的影响,生物气候带及区域生态环境必然发生相应的变化。

二、沙漠的形成历史

1. 人类历史时期沙漠的扩大

(1) 新冰期气候波动与沙漠化。新冰期冷暖气候波动,引起我国东部海面及蒙古高压和海洋气团对大陆的影响范围发生变化,从而使本区所处的生物气候带、地表主要外营力(风力、水力)作用过程出现相应变更。只是这个时期寒冷气候波动历时短、强度小。由此引起的干冷气候以及植被变化较小,但本区温暖期形成的生态环境仍较脆弱,即使这样,也足以使原有的生态平衡破坏,出现沙漠化,外营力一直是本区沙漠环境形成的主要动力。

(2) 盆地的地理作用和非地理作用的影响。新构造运动使得隆起的青藏高原对柴达木盆地的气候影响增大。盆地冬季受西伯利亚高压控制,气候寒冷干旱,夏季因巨大高原和丛山相隔,湿润的西南季风难以逾越,潮湿的海洋水汽长莫及,致使降水稀少。

盆地效应是盆地本身特殊的地貌结构造成的,四周山地高,盆地地形闭塞,散热慢,气温较高,使盆地受较深的低压控制,导致周围山地的大气下降,盆地气候干燥。

非地理作用是一种因增加反射率造成的自诱导效应,是发射率反馈机制引起的。盆地地区辐射强烈,与周边地区反差大,形成强劲的上升和下沉气流。如此长期的恶性循环,必然加剧了盆地土地沙漠化进程。

(3) 人为因素的影响。人类的生产生活活动是使生态环境发生变化的一个重要因素,但是人与环境之间的矛盾不是十分尖锐,与地质构造和大气变迁相比,对沙漠化的影响毕竟很小,人类历史时期的人类经济活动只是促进沙漠化过程的一个因素,但不是重要因素。

2. 现代沙漠化发展的加剧

现代时期指最近的150年内。处于荒漠气候带上的柴达木盆地东南部地区相当于经历了新冰期第四期之后又处于一个相对温暖时期,也是人类活动比较频繁的时期,尤其以近40年来的人类活动更为频繁。这个时期该地区沙漠的形成过程,很大程度上取决于自然因素和人为因素共同作用的结果。

(1) 自然因素。柴达木盆地东南部地区,其构成生态环境的自然要素是很脆弱的,而且

自身就孕育着土地沙漠化的因素。

①气候干燥多风。柴达木盆地具有典型的大陆性荒漠气候特征,因风力在起沙风速以上的次数极为频繁,地表植被稀少,粉沙和细沙砾一直处于极度干燥、疏松的状态,每次大风都可形成风沙天气,频繁的起沙风加上地域性山谷风,为土地沙漠化的加剧发展提供了强大的动力。

②地表沙源丰富。柴达木盆地风成沙来源于盆地本身,主要有5个方面:一是盆地西北部第三纪地层的风蚀产物丰富;二是盆地中部第四纪湖相沉积物;三是第四纪洪积物中所含的大量细粒物质;四是现代次生风成沙;五是周围山脉古老变质岩风化物源量大。

③植被稀疏低矮。气候干冷,多风和基岩粗松、不稳定等生境条件,使生长于本区的植被种类少、覆盖度低、生态萎缩、长势不良。整个保护区内多数灌木与草的植株生长高度都很低(5~100cm),生长势较差,植物种类单纯,群落组成简单。这样的植被条件,势必使大面积地表处于裸露、半裸露状态,容易为风蚀创造条件,造成沙漠化蔓延。

(2)人为因素。近150年来,人们对沙漠化的认识严重不足,特别是对自然资源的不合理利用,在很大程度上破坏了生态平衡,导致了沙漠化面积的不断扩大。

①乱垦。20世纪50年代曾在柴达木大量开荒,既缺乏科学规划,又不顾生态特点,盲目开垦了本不宜开垦的土地,加之没有防护林网的保护,水利设施少而不配套,有灌无排,致使地下水位上升,盐分在土壤表层聚集,次生盐渍化面积逐年扩大,加之风沙干旱威胁,产量长期低而不稳,大量土地被弃耕撂荒,加速了荒漠化进程。

②滥牧。本区在草场利用上的严重问题:一是严重超载过牧导致植被的破坏;二是对草场的保护利用缺乏认识,导致沙化面积的不断扩大。

③乱伐(挖)。本区稀疏矮小的植被,特别是多年生灌木丛发挥的挡风阻沙效应明显。成为沙漠化蔓延的主要屏障。植被遭到破坏以后,沙质地表裸露,成为新的风蚀突破口与沙漠源。

本区现代时期沙漠化过程是以缓慢的自然沙化为基础,人为的破坏激发了自然外营力的强化,使生态系统陷入无休止的恶性循环状态。

2. 沙漠化未来发展趋势

(1)自然因素可能发展趋势。气候是自然环境方面制约植被等其他环境因子以及土地沙漠化自然过程发生变化的最活跃易变的主宰因素,它的长期作用,通常反映在植被的变化上,从柴达木盆地荒漠带上的一些植被变化可以看出当地沙漠化发展的趋势。

青藏高原仍然以每年0.8mm的速度升高,抬升的过程尚未终止时,柴达木盆的气候不会发生质的变化,沙漠化总趋势不会改变,沙漠化过程不可能短时间内发生根本逆转,影响沙漠的自然因素和自然过程必将继续存在。

(2)人为因素可能发展的趋势。干旱区的土地资源利用有其特定的条件,土地利用得合理就能防治沙漠化的发生与蔓延,反之,如果不注重科学合理开发就会导致土地退化,沙化严重。随着防护林的营造、农业耕作技术的提高、人工种草的大面积发展和现有植被的强化保护,绿色植物的覆盖度会逐渐提高,土地沙漠化现象会逐渐减轻直到消失。

(3)沙漠化趋势预测。土地沙漠化的自然过程和人为过程不是孤立的,而是相互叠加、相互激发而加速或正负抵消的一个过程。根据本地区自然因素和人为因素的可能变化及其反馈关系,对沙漠化未来发展的总趋势简要估测为:沙漠化越发展,植被愈加减少,地表蒸发

更加强,气候更趋干旱;反之,绿洲发展,植被增加,地表蒸发减弱,气候就趋于湿润。尽管目前人类还不能完全控制大气变化,但可以通过种草、植树,保护植被,建立人工绿洲等措施,来减轻、抵御气候变化对人类生产与生活产生的不良影响。

第四节 沙漠化现状和评价

柴达木盆地东部都兰、德令哈和乌兰三县(市)沙漠化土地总面积 273.3 万 hm^2 , 其中流动沙丘(地) 22.8 万 hm^2 , 占沙漠化总面积的 8.3%; 半固定沙丘(地) 36.8 万 hm^2 , 占 13.5%; 固定沙丘(地) 8.6 万 hm^2 , 占 3.1%; 戈壁 122.1 万 hm^2 , 占 44.7%; 风蚀劣地 1.9 万 hm^2 , 占 0.7%; 潜在沙化土地 81.1 万 hm^2 , 占 29.7%。流动沙(丘)地西起铁奎, 东至夏日哈, 北起牦牛山南麓, 南至香日德, 是都兰县主要流沙集中地。半固定沙(丘)地在整个县境内除山地外均有分布, 有一定的流沙纹理; 固定沙(丘)地主要分布在盆地南部诺木洪、香日德一线, 东部的察汗乌苏有零星分布。戈壁主要分布在布尔汗布达山山前冲积和 109 国道两侧 10~20km 不等的地带。

一、沙漠化现状

1. 都兰沙漠化现状

都兰县沙漠化土地面积 1 511 464.4 hm^2 , 占全县总面积的 29.1%。在沙漠化土地中: 流动沙(丘)地 214 794.9 hm^2 , 占沙漠化土地面积的 14.2%; 半固定沙(丘)地 216 788.8 hm^2 , 占 14.3%; 固定沙(丘)地 2482.8 hm^2 , 占 0.2%; 戈壁 478 034.7 hm^2 , 占 31.6%; 潜在沙漠化土地 599 363.2 hm^2 , 占 39.7%;

2. 德令哈沙漠化现状

德令哈市沙漠化土地面积总面积 1 067 458.7 hm^2 , 占全市总面积的 38.7%。其中流动沙丘(地) 6432.1 hm^2 , 占沙漠化总面积的 0.6%; 半固定沙丘(地) 148 804.5 hm^2 , 占 13.9%; 固定沙丘(地) 25 222.1 hm^2 , 占 2.4%; 戈壁 690 119.6 hm^2 , 占 64.7%; 风蚀劣地 19 669.2 hm^2 , 占 1.8%; 潜在沙化土地 177 211.2 hm^2 , 占 16.7%。德令哈市沙漠化土地由戈壁、潜在沙化土地、半固定沙丘(地)、固定沙丘(地)、流动沙丘(地)和风蚀劣地 6 种类型组成。

3. 乌兰沙漠化现状

乌兰县沙漠化土地总面积为 154 643.9 hm^2 , 占县总土地面积 21.6%, 其中流动沙地(丘) 6527.5 hm^2 , 半固定沙丘(地) 2853.2 hm^2 , 固定沙丘(地) 57 931.3 hm^2 , 非生物治沙 40.0 hm^2 , 戈壁 53 099.8 hm^2 , 潜地沙化土地 34 129.1 hm^2 , 分别占沙漠化土地面积的 4.2%、1.8%、37.5%、0.02%、34.3%、22.1%。

二、沙漠化危害

1. 影响农、林、牧业生产

(1) 沙漠化面积扩大。由于地表风蚀, 风沙蔓延和沙丘前移, 沙漠化面积逐年扩大, 可利用土地逐渐缩小。1959 年青海省沙漠化面积 597.0 万 hm^2 , 至 1994 年沙漠化面积 1064.8 万 hm^2 , 35 年扩大了 467.78 万 hm^2 , 增加了 78%。平均每年增加 13.37 万 hm^2 , 年扩展速度 2.2% 以上。

(2) 肥力损失严重。由于长期遭到风蚀, 表土层有机质和氮、磷、钾等营养元素不断吹失, 损失严重, 使土地质量降低, 生物收获量不断下降。据计算, 保护区内 3 县沙漠化土地每年风蚀的总量达到 40 亿 t。

(3) 风害。指风对植株造成的生理和机械损害。风既是形成流沙的动力, 又具有很大的破坏力, 在风的作用下, 农作物与草本、木本植物蒸腾加强, 丧失水分而引起生理干旱、枯萎, 甚至死亡。尤其是大风与低温、干旱伴随, 造成的灾害更为严重。

(4) 风蚀、沙割和沙埋。在风的作用下, 刮走土壤表土留下极结层, 从而使土壤粗化硬化, 耕作层变薄, 有机物减少, 土地生产潜力下降。风沙对幼苗的沙割与撞击造成伤害。沙粒在运动过程中, 具有一定的冲击力, 足以推动 6 倍于它的直径或 200 倍于它的重量的表层沙粒。这样大的冲击力不断打在幼嫩的枝叶上, 轻者使植株出现伤斑, 变黄变枯, 重则使整株死亡。

(5) 草场产草量降低, 载畜量下降。由于草场不同程度的沙漠化, 生草面积逐渐缩小, 单位产草量下降, 草质变坏, 可食牧草减少。

(6) 威胁牲畜安全。大风和沙尘暴使沙土吹入羊毛内, 增加负荷, 行走困难, 消耗体力。特别是春季产羔期, 大风伴随低温, 易造成牲畜死亡和沙埋。

此外, 沙漠化对林木的危害也很严重, 风蚀、沙割、沙埋对幼苗、幼树的危害与农作物相同。成林树木因树高、冠大, 风沙流吹割易造成机械损伤, 进而病虫害入侵, 有时因蒸腾强烈造成生理干旱而死亡。

2. 危害水库、涝池、渠道、湖泊及埋压建筑物

沙区水库、涝池及重要的湖泊, 常受风沙堆积, 逐渐缩小库容, 缩短使用寿命, 影响生产、生活用水及水产养殖等。风沙流遇建筑物受阻, 常常以堆积的形式被压埋。

3. 影响交通、通信和输电线路

(1) 对铁路的危害。沙漠化对铁路危害路段有赛什克—尕斯库勒湖—饮马峡段。危害的形式有以下几种: 一是风蚀路基, 在风沙流的撞击和磨蚀下, 路肩宽度减少, 负荷减弱, 严重时破坏路基, 危及行车安全; 二是道床积沙, 行走不稳, 严重时造成脱轨; 三是流沙堵塞桥梁和涵洞造成山洪漫流。

(2) 对公路的危害。主要是风沙流受阻堆积和沙丘前移压埋, 迫使行车改道。在夏日哈、乌兰山等地常见。

(3) 对通信和输电线路的危害。沙区电线长期受风蚀的影响会缩短使用寿命, 有时刮断电线造成短路和停电, 传输信号中断。在风沙频繁季节, 经常出现有害线路的风沙电现象。

4. 污染环境

冬春季节, 沙尘遮天盖地, 大气混浊, 使人们的生产、生活环境受到严重污染, 给身心健康带来很大的危害。沙尘暴发生时, 室内白昼需点灯, 室外的沙尘物质巨增。

总之, 沙漠化对人类的危害是多方面的, 因其不是突发性产生, 不会顷刻间毁灭人们的生命财产, 故不像地震、洪水等自然灾害那样受到重视。实际上, 沙漠化的危害从时间上出现是频繁的、经常的, 在空间上分布是广泛的、多样的, 由此造成的经济损失是惊人的。

三、沙漠化评价

根据青海省荒漠化普查和监测土地类型划分标准, 荒漠化土地主要包括严重的荒漠化土地(流动沙区)、中度荒漠化土地(半固定沙地、戈壁及风蚀劣地)、轻度荒漠化土地(固定

沙地)和潜在的荒漠化土地。柴达木盆地梭梭自然保护区中总的荒漠化发展状态为中等程度,潜在的荒漠化面积也较大,如不注意生态环境保护,导致潜在荒漠化土地转变为荒漠化土地,对整个盆地生态环境将产生巨大的影响。

其中最严重的地区是北部地区的德令哈市,中等程度荒漠化土地所占比重最高;其次是南部的都兰县,中度荒漠化土地与潜在荒漠化土地所占比重相近,严重荒漠化土地所占比重在整个保护区中最高,荒漠化发展态势虽不如德令哈市强烈,但若不注意保护现有生态环境,必然会导致荒漠化的大规模发展。荒漠化发展较轻的地区是乌兰县,但潜在荒漠化土地比重相对较大。

第五节 植物资源

一、植物区系

1. 植物区系的基本组成

柴达木盆地自第三纪以来,发生了一系列的沧桑巨变,经历了不同的地质时期和气候演变,随着时间的推移,逐渐形成、发展成今天的植物区系组成和植被景观。自然保护区位于东部的荒漠带上,在柴达木盆地的植物区系组成成分上具有代表性。

根据柴达木盆地现有植物种类进行分析,盆地植物区系的组成成分主要世界广布种成分、泛北极区系成分、中亚区系成分、古地中海成分、喜马拉雅成分以及特有种等。

2. 植物区系基本特征

植物的优势种是构成植物群落的主体,多种多样的植物群落都有一定的发生、演化历史和一定的外貌、种类的组成、层片结构以及占据一定的时间、空间和生态环境。植物群落所具有的这些特征,均以种类组成为基础。

(1) 组成植物群落的种类贫乏。该区有植物418种,分属于196属53科。与青海省有维管束植物113科564属2100种左右相比,区内种类成分相当贫乏。有些科植物种类虽不多,如麻黄科、怪柳科和藜科等,但在构成自然保护区荒漠植被中起着极其重要的作用。

(2) 以温带科属为主,特有种属少。据科属统计,10属以上的大科仅有菊科、禾本科、藜科和豆科,这些均属温带分布植物,可见保护区内植物区系具有典型的温带特征。

(3) 区域性生态特征显著。自然保护区的植物,在长期适应盆地强烈干旱和土壤盐化生态环境条件的过程中,形成了显著的区域性生态特征。主要表现在植株矮小,多丛生状,旱生形态,根系发达,具泌盐功能。为了适应干旱和强烈蒸发的环境,往往缩小叶面或者完全退化,茎叶肉质化、角质化以减弱植株的水分蒸腾。

(4) 地理成分比较复杂,具有古老性特征。柴达木盆地植物种类较少,据对盆地及其周围山地的植物不完全统计,高等植物约418种,分属53科196属。

二、植被

1. 植被演化历史

盆地在中生带以前为古地中海的一部分,经过喜马拉雅造山运动隆起成陆地,通过长期的旱化过程形成的荒漠植被,种类成分复杂而古老,以温带起源植物为最多。

2. 植被分布特点

柴达木盆地地域辽阔,它由巨大的盆地和周边高大山地组成,地理环境极其复杂,植被

类型多样,表现出独特的地理分布规律。因山地受内陆干旱气候影响极为强烈,植被景观的高寒干旱特征极其显著,植被垂直带谱单调,形成了干旱、半干旱垂直分布格局。

3. 植被分类

植被是生态系统中最活跃的自然要素。它是在一定的气候、土壤、水分等自然条件综合作用下长期演化形成的。

分类原则主要依据结构与外貌、植物种类、生态环境等条件而定。

植被分类单位柴达木地区植被分类单位暂分为3级。

第一级:以建群植物的生活型来划分,并考虑大地形环境,相当于植被型或群系组;第二级:以建群植物或有代表性的优势植物种类和生境来划分,大多数为优势种群系,其中有的单位相当于群系组;第三级单位没有完全划分,先是在一些分类单位较复杂的基本单位下面做了进一步区分,有的相当于群丛纲,有的相当于群丛组。

植被分类系统包括森林、山地和河谷灌丛、荒漠、草原、草甸等5个大的类型。主要植被群系占主导地位的有青海云杉群系、祁连圆柏林群系、梭梭群系、红沙和五柱蕤荬柴群系、驼绒藜群系、蒿类群系、膜果麻黄群系、蒙古沙拐枣群系、多花怪柳+长穗怪柳群系、白刺+合头草群系、沙蒿+白刺群系、盐爪爪+西伯利亚白刺群系、海乳菜+芦苇群系等。

三、植物资源及分布

1. 植物资源的一般特征

生态环境的特殊性形成了柴达木盆地植物在区系、分布、生长发育、生态适应性等方面的一系列区域性特征,并在盆地植物资源的特征上得到集中反映。

盆地植物种类组成和结构简单,资源植物在地域分布上相对集中,成片分布;许多资源植物在盆地内分布广,蕴藏量大,经济价值较高;严酷的环境条件使盆地天然森林很少,仅有的天然乔木都明显矮小,树干多弯曲,经济利用价值低;由于干旱的生态条件,植物的地下根系普遍发达,其生物量大于地上部分。

2. 植物资源分类

柴达木盆地的资源植物可以分为经济植物和饲用植物两大类。盆地内饲用植物是发展草地畜牧业的物质基础,是盆地内组成资源植物的主体,主要由禾本科、莎草科、菊科、藜科、豆科、蓼科等植物组成。盆地经济资源植物可分为食用植物、药用植物、工业用植物、环境用植物及其他经济植物。有些资源植物具有多种经济用途,有些资源植物除具有经济价值外,还具有饲用价值。

第六节 梭梭资源

一、梭梭林分布

梭梭是荒漠地区特有的植物,是比较古老的种,第三纪已经发生,属戈壁—吐兰种。地理分布区域在 $60^{\circ} \sim 111^{\circ}\text{E}$ 、 $36^{\circ} \sim 48^{\circ}\text{N}$ 之间的广大干旱荒漠地区。垂直分布最低海拔150m,最高可达海拔3260m。

在全球分布最多的是蒙古、俄罗斯、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦等国也有分布。我国分布于广大干旱荒漠地区,在青海省分布于柴达木盆地东部和南部。梭梭有很

强的抗逆能力,适应性强,在风积沙丘、沙地、干涸河流沿岸、洪积—冲积扇以及山前洪积砾质戈壁上都生长。青海柴达木梭梭林自然保护区位于青海省海西州的德令哈市、乌兰县和都兰县境内,由6大块组成,涵盖了梭梭自然分布区。

二、梭梭特性

1. 梭梭生物学特性

梭梭生长较迅速,柴达木地区人工春季播种苗当年高生长30~40cm,最高可达50cm,平均地径0.2~0.6cm,2年生的幼苗能长到50~80cm。自然更新苗较人工苗生长慢,高生长是人工苗的1/3~1/2。自然条件下,20年生梭梭林可长到2~3m,当年平均高生长达15~41cm,地上部分生物量单株达13kg。

2. 梭梭生理特征

梭梭在一个生长季内,春天叶开始萌发,随着数量增加蒸腾作用加强;秋后由于气温不断降低,叶片功能减退,并逐渐脱落,致使功能叶数量减少,有效蒸腾面积也随之减少,蒸腾作用逐渐减退。嫩枝多液,细胞液中含有高浓度盐分,渗透压强,吸水率很高。

3. 梭梭生态特性

(1) 根系庞大叶片小。垂直根深达5m以下,深深扎入地下水层,以吸取地下水。水平根也极发达,长达10m以上。叶退化成为极小的鳞片状,靠绿色嫩枝营光合作用。

(2) 耐干旱、风蚀和沙埋。梭梭很耐风蚀,其根系被风蚀裸露1m多,植株仍正常生长。特别是梭梭根系呈锚状,经风蚀吹露地面后,形成支柱,对植株起固定和保护作用。梭梭亦耐一定沙丘埋,沙压后长出萌发枝,成丛状生长。梭梭茎干坚硬,极耐沙割。

(3) 耐酷热严寒。梭梭喜光性强,不耐庇荫。其枝干表面灰色,绿色嫩枝光滑发亮,能反射掉部分阳光照射,以减轻阳光对树体的灼伤,而且嫩枝肉质化,细胞液黏滞度很大,蛋白质凝固点高,原生质亲水力很强,使其不致因高温而强烈脱水,造成代谢紊乱或生长停止。所以梭梭在气温43℃,沙面地表温度高达60~80℃情况下,仍能维持生长。

(4) 抗盐性极强。梭梭可从土壤中吸取大量的盐分,茎枝内盐分含量高达14%~17%。梭梭需要一定含盐的土壤才能生长,含盐量达1%~2%时生长良好,耐盐的临界范围4%~6%,种子发芽力在含盐量5%的土壤中还不受影响,只有达到8%时才丧失发芽率。

三、梭梭林类型

梭梭灌木林在柴达木盆地不同的立地条件下,形成了密度不同的灌木林分 and 结构。它的基本特点是植株低矮、林分稀疏、密度小、结构单纯。盆地常见的林地类型有戈壁梭梭林、壤土梭梭林和沙地梭梭林。

四、梭梭林演替

在荒漠区的自然条件下的梭梭灌木林,是最稳定的灌木林类型之一。它遭到破坏后,通常变成裸露地,而不太可能被其他植被类型所替代,这是因为它经过严酷的生境条件考验的结果。与自然界的其他植被类型一样,在柴达木地区,梭梭灌木林的形成也是历史与演化的结果,是柴达木地区环境变化的综合反映,它在戈壁、沙砾、沙质等立地条件下,经过长期适应与演替,最后占优势而形成主体群落稳定下来。

五、梭梭林生物量

梭梭生物量随地径和高度增加而增大,梭梭地上生物量构成中,枝叶生物量占98%以

上,果实重仅占2%左右,表明梭梭结实量很低,同时也表现出荒漠植被生殖生长过程中最大限度降低养分消耗的特点。地下生物量占全株生物量的比重大,约占48.5%~78.4%,强大的根系是梭梭群落稳定发生、发展、演替的直接原因。

梭梭林分生物量因林分类型不同而呈现显著变化。其地上部分生物量每公顷在433~5280kg(鲜重),地下部分生物量每公顷在439~2526kg。梭梭纯林中,建群种梭梭对林分的生物量贡献最大,高达98.5%,这主要与梭梭纯林林下植物单一、稀疏有关。

六、梭梭培育

1. 种子采集

梭梭在我国西北及内蒙古荒漠地区分布广,种子成熟期不一,一般在10~11月间,梭梭果实由绿色变成淡黄色或褐黑色时,即为成熟,可及时采集,否则易被大风吹失。

2. 育苗

梭梭育苗目前有大田常规育苗和容器育苗两种方式,生产上以常规育苗为主。

3. 造林

(1) 直播造林。梭梭直播造林方法简便,节省人力、物力,但由于沙漠地区一般都干旱、炎热、多风、管理困难,所以在沙漠地区进行直播造林,通常成活率较低,直播造林的季节通常在春季融雪时进行,在条件较好而鼠害不严重的地区,也可在秋末播种。

(2) 植苗造林。根据经验,梭梭最适宜在湖盆边缘地下水较高而盐渍化较低的沙地、沙壤地或固定、半固定沙丘间薄沙地上栽植,成活率高;在黏土地上植苗成活率不高,生长不好,但如果深耕细耙,充分疏松土壤,仍可达到较好的效果。低洼潮湿潮地、盐渍化严重的盐碱地以及流动沙丘的背风坡不宜作造林地。

梭梭造林一般采用穴植,深度可根据苗根长短而定,比苗根深10~15cm即可。

4. 封沙育林

封沙育林是荒漠地区遵照自然法则保护荒漠环境的行之有效的途径。其优点在于:封沙育林可最大限度限制强度放牧,有利于植物的正常生长,有利于植被盖度的提高,有利于母树结实量的提高和林分的天然更新。

第七节 动物资源

一、脊椎动物区系

保护区脊椎动物共120种。陆栖动物占绝对优势,其数量占保护区动物总数的95.8%。

1. 水生脊椎动物区系

保护区的河流均系柴达木盆地内陆河及其支流,栖息有5种鱼类,隶属于1目2科。

2. 陆生脊椎动物区系

保护区中共有陆栖动物115种,隶属于22目41科。其中两栖类和爬行类极为贫乏,分别为1种和3种,二者合计仅占陆栖脊椎动物总数的3.45%;鸟类77种,占总数的62.93%;兽类41种,占总数的33.62%。

二、动物群及其特征

保护区地处柴达木盆地的中东部,为荒漠和半荒漠地带,部分水草丰盛的地段成为许多

动物聚集的地方；可灌溉的平地被垦为耕地，成为动物特殊的栖息环境。

1. 温带荒漠、半荒漠动物群

以啮齿类和有蹄类动物的繁盛为特征。也有不少体形较小的鸟类在这里生存。

2. 高山裸岩动物群

主要分布于盆地边缘的山地岩壁、砾石堆、流石滩等环境中。

3. 湿地动物群

该类群动物主要为水禽类，分布于湖泊、水溪边、河滩与沼泽地。

4. 农田动物群

保护区该类动物较少，栖息于林缘灌丛、河滩灌丛，耕地附近或草丛中，以农作物和杂草的种子、植物果实及嫩叶为食。以鸦、雀、鼠、兔类为多见。

三、动物资源评价

在保护区内栖息的鸟、兽种类虽然并不多，但包括的国家一级保护鸟、兽种类有 5 种，二级保护种类 11 种，分别占青海省一、二级保护动物的 31% 和 24%。在该区域建立保护区，可使这些动物的繁衍生息增加一个稳定的场所。另外，这一区域又是青藏高原与蒙新高原的过渡带，是开展动物区系演变的研究场所。

第八节 旅游资源

一、人文景观

1. 遗址

(1) 吐蕃墓葬群。吐蕃墓葬群位于都兰县热水乡，是我国唐代早期大型吐蕃墓葬群之一，共计 200 余座，被文化部列为我国 1983 年六大重要发现之一。近几年的考古发掘又有新的成果，成为 1996 年全国十大重大考古发现之一，为全国重点文物保护单位。

(2) 塔温搭里哈遗址。塔温搭里哈遗址位于柴达木盆地都兰县巴隆乡境内，是一处典型的代表诺木洪土著文化的遗址。诺木洪土著文化因首先在都兰县诺木洪发现而得名。

2. 寺院

(1) 都兰寺。都兰寺位于乌兰县铜普乡，距茶汉诺 28.5km 处的哈拉尕图山下，古刹因位于都兰河畔，故称都兰寺。都兰寺全称“噶丹桑阿玉仁佩林”，意为“具喜密宗增益洲”。收藏有不少佛教所特有的珍品，是蒙、藏族地区很有名望的寺院之一。

(2) 香日德寺。香日德寺是一座具有 200 多年悠久历史的格鲁派寺院，坐落在海西蒙古族藏族自治州都兰县香日德镇的上开柴村。

3. 人工绿洲

(1) 香日德。昔日的香日德到处是黄沙滚滚，满目荒凉的地方。20 世纪 50 年代，一批拓荒者走进了这片荒原。一排排、一行行抵御狂风沙暴的防护林带堪称“绿色长城”，奇迹般地出现在这片沙漠土地上，治服了狂风沙暴的侵袭和肆虐，将一个干旱脆弱的生态环境改造成良性循环的农业人工生态系统。

(2) 诺木洪。诺木洪绿洲位于都兰县的西南部，总面积为 15 000hm²，耕地面积 4200hm²，主要农作物是春小麦、油菜；人工林以青杨、枸杞、沙棘为主；天然灌木及半灌

木主要有怪柳、梭梭、白刺、沙拐枣、枸杞以及蒿类植物。

除上述两地之外,在保护区范围内还有德令哈、尕斯库勒、希里沟、察汗乌苏、夏日哈等地,都是近 50 年来建设起来的。

4. 蒙古族风情

柴达木盆地的蒙古族,来自内蒙古呼伦贝尔大草原。在青海高原数百年的生活过程中,除保留原有的一部分生活习俗外,大量地吸收了其他兄弟民族的文化成分,逐步形成了具有青海高原特色的蒙古族风情。

二、自然景观

1. “姊妹”湖

克鲁克湖坐落在怀头他拉草原上,蒙古语的“克鲁克”是水草丰美之意,东距海西州首府德令哈 40km,与托素湖有一条 7km 的水道连通,故称为姊妹湖。

托素湖在南,克鲁克湖在北,青藏铁路从两湖中间穿过,形如衬褂挂在钢绳上,人们把它俩叫姊妹湖,同时又叫它们搭褂湖。

2. 白公山

白公山是托素湖东北地貌最显著的一座中等山峰,它的标志显著,远看像金字塔,有神秘感;侧看,如大猩猩坐望碧湖;正面看,是单面山状,峭壁迎湖屹立,高约 200 余 m。作托素湖环游,追寻外星人遗物,是很有价值的旅游开发项目。

3. 贝壳梁

远古的柴达木(至少在喜马拉雅造山运动前)是一片汪洋,为地质学家所公认。柴达木在漫长的地质时期中,由海变成了湖。剧烈的造山运动在造就南昆仑、北祁连、西阿尔金山的过程中,也造就了众水向盆地中心汇聚。后经无数次地质变化,旱风与干燥交替的气候演变,清水枯竭,水面逐年缩小,泱泱大湖干涸露底,旱风挟着飞沙威胁水族。贝壳转向中心水注,求得最后的生存,直至灭绝。位于诺木洪以北 30km 余,是一道长 2000m,底宽 30m,高 5~10m 的贝壳堤。

4. 芦苇船

芦苇船位于贝壳梁西南、塔里他里哈新石器遗址西北的小湖中。这一带地势低洼,河汉发育,春夏之际,芦苇吐青。

5. 哈利哈图森林公园

哈利哈图原始森林距乌兰县东南 18km,天然林面积 11 000 多 hm^2 ,主要树种有祁连圆柏、青海云杉等。祁连圆柏分布范围小,有残遗种的特征。分布在省域西界的极限边缘,由分布区域缩小,种数量减少,有逐渐向东部退居的趋势。哈利哈图 1985 年被批准成立省级森林公园。

6. 世界上最高的狩猎场

猎场位于都兰县境内,有巴隆和沟里两个狩猎点,猎场海拔 3000~5000m,占地面积分别为 1.9 万 hm^2 和 2.5 万 hm^2 ,地处东昆仑山支脉布尔汗布达山区。

都兰国际猎场自 1985 年对外开放以来,先后接待过来自美国、英国、德国、意大利、瑞士、挪威、西班牙等十多个国家的狩猎爱好者,是目前国内较为理想的狩猎场之一,也是世界上最高的狩猎场。开发合理的、有计划的狩猎活动,可以达到留优劣汰,发展种群的目的。

三、景观资源评价

柴达木梭梭自然保护区地处柴达木盆地东部, 该区旅游资源丰富, 景观独特, 具有青藏高原北部所独有的高原荒漠草原风光与藏、蒙、回等多民族聚居的人文景观。

1. 气象天象景观

保护区地处高海拔地区, 气象天象景观非常丰富, 时常可以看到一些与其他山川迥异的奇特天象, 气象景观。

气象天象绝伦美妙, 漫步在这变幻无穷的天幕之下, 可除却烦恼, 了然轻松。

2. 水域风光

这里既有急流奔腾滚珠溅玉的河流, 姿态绰约静谧如镜的高山湖泊, 还有水质甘甜冬夏不竭的涌泉。区内水体清澈透明, 微波漪澜, 沙漠、湖光、山色、草甸交相辉映, 景色如画, 宛如“瑶池”再现, 令人心旷神怡, 留连忘返。

3. 民族风情纯朴诱人

藏族、蒙古族等少数民族, 构成了柴达木梭梭自然保护区特有的人文景观, 也会聚了多种民族风情。其生活习俗、服饰特色、饮食居住、婚丧嫁娶、文化娱乐、社会风尚等等, 都是旅游者探询的对象。

第九节 环境影响评价

环境影响按照环境问题性质、潜在的影响程度及敏感程度等因素分为 A、B、C、D 4 类:

规划拟建的工程项目以 A 类和 D 类为主, B 类项目只有生态旅游开发一项, 不存在 C 类项目。

一、环境影响分析评价

1. A 类项目的环境影响分析

A 类项目主要是以小型土建工程为主的项目, 其对环境的影响一般只存在于建设过程中, 建成后对环境基本上没什么影响。

(1) 不在保护区范围内的 A 类项目。主要有局址、分局址、部分站址、科研中心、宣教中心等工程项目。

(2) 在保护区范围内的 A 类项目。该类项目主要包括道路改建整修工程及部分保护站的站址建设工程等。其实施地点主要在保护区的实验区内, 对环境的不利影响主要表现在工程建设过程中产生的生活垃圾及建筑垃圾对环境的污染, 但这种影响在工程结束后随着施工单位对现场进行处理而消除。

随着保护区内 A 类项目的实施, 将对保护区的功能完善, 生态系统逐步走向良性循环起到巨大的促进作用, 这也正是规划和建设这些项目的最根本的原因。

2. B 类项目的环境影响分析

规划的建设项目中, 仅生态旅游工程属于 B 类项目。由于开展旅游的区域和线路都安排在实验区内景观资源比较丰富且有特色的地带。因此, 生态旅游的开发、旅游设施的建设以及旅游活动的开展等, 都可能造成不利的和重大的环境影响。

规划中对生态旅游项目的开发极为慎重,是根据保护区生态环境的实际情况,经过全面分析和反复论证之后才确定的项目。通过采取有效的防治措施,可以将旅游开发可能造成的不利的环境影响降低到最小甚至基本消除。

3.D 类项目的环境影响分析

D 类项目是以改善和保护环境为目的的环保项目,这类项目的建设对环境不会产生比较大的影响。可能对环境产生微小的不利影响的 D 类项目,在于建设过程中和建成后的管理之中。

二、环境影响评价

保护区规划充分体现了保护工作的根本宗旨,并进行了环境影响预测。就是在环境现状调查、工程调查与分析、生态现状评价的基础上有选择有重点的对拟建项目某些评价因子进行了预测。无论是建设过程中还是工程建成后,基本上都不会对环境产生不利的影响,即使个别项目可能存在某些影响,但随着防治措施的实施,整体生态环境的改善会降低到不形成危害或完全消除危害。

第十节 社区及社区经济

社区与保护区关系密切,保护区的建设、管理可能影响社区的经济发展和资源开发利用,而社区的经济活动又会影响自然保护。因而必须特别关注,处理好保护与发展的关系,促进社区经济和自然保护区共同发展。

保护区周边的群众主要以牧业为主,近年来随着社区经济的发展,群众的生活水平有了很大的提高,已基本解决了温饱问题。

保护区所在的乡均通公路。通汽车的村 62 个,占总村数的 98.4%。到乡的公路状况比较好,但到村的公路标准低、路况差。到保护区的公路,除都兰县的宗加、巴隆和乌兰县的灶火外,其他区域均无正式公路。

保护区内各县都设有中学,乡镇有小学,牧区的学生基本上都能免费上学。牧民适龄儿童入学率仍然很低,主要因素是受交通条件和生活水平两个因素的影响。

区内基本上建立起了县医院、乡镇卫生所、村卫生室三级医疗卫生体系。

柴达木梭梭林自然保护区,是 2000 年 5 月经青海省人民政府批准成立的,当初的名称为艾(阿)木尼克自然保护区,保护区的范围只包括德令哈市的阿木尼克、米扎格和巴图等地区,保护区面积 31.05 万 hm^2 。

规划是按照 2002 年 9 月朱镕基总理,温家宝、邹家华等国家领导指示和有关文件规定,对柴达木盆地梭梭分布范围进行重新区划,形成新的青海柴达木梭梭林自然保护区,保护区总面积 466 800 hm^2 。包括德令哈市、乌兰县、都兰县。

第十一节 自然保护区管理

一、保护区性质、任务和目标

青海柴达木梭梭林自然保护区是以保护荒漠生态系统为主,并兼有保护生物多样性和野

生动物类型的国家级自然保护区。

1. 任务

宣传贯彻执行国家有关自然保护的方针、政策、法规。建立机构、加强管护。开展科学研究,寻求合理利用和扩大梭梭及其他资源的有效途径。在保护自然资源、自然环境不受破坏的前提下,积极开展教学实习、科普旅游、生态旅游,扩大宣传,普及科学知识,增强人们热爱自然、保护环境意识,丰富人们的精神文化生活。

2. 规划目标

结合保护区的实际情况,确定今后 10 年建设发展的总目标是:全面保护自然环境和生物资源,建立健全保护区管理机构;完善各种设施建设;积极开展科学研究,拯救和保护梭梭林及其他濒危珍稀物种;将有效保护与积极恢复和发展生物资源结合起来,探索荒漠环境条件下各物种间的依存关系和演替规律及合理开发利用自然资源的途径;适当发展多种经营和生态旅游业。

二、保护区功能区划

1. 区划原则与区划方法

划分的基本原则是根据区域生态系统的原生性、特有性、多样性、完整性以及自然资源的丰富程度和保护的目的,将各保护小区划分为核心区、缓冲区、实验区 3 个功能区。

在深入细致外业踏查的基础上进行分析论证,采用自然区划法确定功能区的具体界线,但遇到地形平缓,地形地物不明显时,采用 TM 卫星影像图和地形图,通过 GPS 定位来确定功能区界线。

2. 功能分区

(1) 核心区。核心区是保护区的核心,是原生性生态系统中保存最完好的区域,也是保护对象集中分布地,同时也是保护区内受人为干扰最少的区域。

(2) 缓冲区。缓冲区是核心区和实验区的过度区域,对核心区起缓冲作用,包括一部分原生性生态系统和由演替类型所占据的半开发地段。

(3) 实验区。缓冲区的周围划出相当一部分区域作为实验区。实验区包括部分原生或次生生态系统,是保护区内人为活动相对频繁的区域,自然生态系统已很不完整,演替过渡的次生生态系统占较大比例。

三、主要规划内容

1. 保护工程规划

(1) 保护站。保护站是自然保护区的基层单位,直接联系着保护对象和自然保护区内外居民,保护站工作也是自然保护区基础性工作。

(2) 公安执法队伍建设。公安执法队伍主要担负着维护保护区内社会治安、打击破坏保护区内自然资源和设施设备的违法犯罪活动、查处违法案件等重要职责,为保护区的建设和发展营造良好的环境起保驾护航的作用。

(3) 界碑、界桩、标牌。为了明确保护区范围和功能分区界线,达到有效管理保护区,控制人畜活动范围和教育社区群众的目的,需设置界碑、界桩和标牌。

(4) 道路及设施

①巡护道路。规划道路总长度 142.7km,其中尕斯库勒保护站 40.0km,航亚保护站 15.0km,

连湖保护站 28.0km, 卜浪沟保护站 14.7km, 灶火保护站 27.0km, 诺木洪保护站 18.0km。

②巡护设施。保护区面积大, 范围广, 气候变化莫测, 野外巡护工作难度大, 为了更好地完成巡护任务, 规划配备足够的适用于野外工作的优良设施设备包括车辆、通讯工具、防护装置等。

(5) 防护围栏。在人畜活动比较频繁的地区以及梭梭退化严重的地段设置铁丝网围栏, 有效防止牲畜进入及人为破坏, 保护和恢复梭梭等自然资源及其生境。

(6) 防火工程。

①瞭望塔。瞭望塔是护林防火的必备设施, 在预防森林火灾、及时发现火灾隐患及监视火灾发生蔓延等方面具有重要的作用。

②防火设备。配备现代化的防火救火设备, 做到尽早发现火情, 尽快控制火险, 把火灾损失减少到最小程度。

(7) 野生植物保护及生境培育工程

①病虫害防治。一是要做好病虫害的预测预报工作, 掌握病虫害的种类、发生规律; 二是要严格检疫工作, 防止病虫害的传入; 三是要做好病虫害的治理工作。

②苗圃建设。为解决人工辅助自然恢复工程用苗问题, 需建立保护区专用苗圃, 圃址选在交通方便、立地条件较好、水源充足的地段, 达到就地培育、就地栽植、减少损耗、保证成活的目的。

(8) 植被恢复。在保护好现有梭梭的同时, 恢复人为破坏严重、植株稀少、覆盖度小的区域, 对保护工作来说尤为重要。植被恢复主要采用封沙育林和人工辅助自然恢复两种方法。

2. 科研与监测工程规划

(1) 科研、监测计划与发展规划。为使保护区的科研监测工作有序展开, 逐步取得科研成果并用于指导实际工作, 达到在行业内的科学研究领域处于领先地位, 需制定出适合于本地的科研与监测课题、计划与发展规划。

(2) 科研监测发展规划。抓住国家西部大开发的历史机遇, 加大资金投入, 培养和聘用高素质的科研人才, 多出成果, 出好成果; 搞好科研监测基础设施建设, 配备高质量的科研监测设施设备, 建立行业内一流的科研监测体系。

(3) 科研、监测工程规划。为加强科研基础设施建设, 创造良好的科研环境, 规划建设一处设施完善、功能齐全的科研中心。

利用地理信息系统 (GIS)、遥感 (RS)、全球定位系统 (GPS) 和互联网 (Internet) 等技术, 建立以地理信息系统为技术支持平台, 以野外观测调查、遥感和全球定位系统为数据更新手段, 以网络通讯为信息传播途径的自然保护区资源监测体系, 对动植物、水资源、自然生态系统和景观、环境因子及社会经济活动进行适时动态监测。

(4) 科研组织与管理。努力提高科研人员的技术水平, 重点培养一批能主持课题研究的骨干力量和学术带头人。鼓励在职人员深造, 倡导自学精神。

为了避免科研选题的重复性、误导性以及研究方法不当对物种和生态环境的干扰, 避免人、财、物等资源的浪费, 应成立自然保护区学术委员会。

3. 宣传教育规划

(1) 宣传教育。为提高保护区干部职工的管理水平和业务技术水平, 应加强职工在职教

育与培训,采取多种形式分期分批对所有在职职工进行全面培训。

对自然保护区周边群众的宣传教育,应采用通俗易懂,易于接受的方式,提高群众对自然保护区建设的重要性和必要性的认识,使其自觉参与自然保护区的建设与管理。另外,通过法制宣传,提高周边群众的法制观念,达到依法管理的目的。

宣传教育对象为社会各界、大专院校、科研单位、中小學生。宣传内容包括自然保护区的科普知识,保护区的基本情况、重点保护对象及其在保护荒漠自然环境和珍稀野生动植物资源的作用等。

(2) 宣教工程规划。规划在自然保护区管理局内建立宣教中心,与管理局管理办公用房、科研中心合建。在保护区管理局和各分局各设立1个宣传橱窗,在每个保护站各设1个永久性标牌;编写《柴达木梭梭林自然保护区》宣传图书或画册;拍摄一部反映柴达木梭梭林自然保护区的宣传片。

4. 多种经营规划

(1) 珍贵药用植物繁育基地。保护区由于其所处的独特地理环境因素,造就了沙生植物的独特性和难以复制性,区内的药用植物有:枸杞、麻黄、黄芪、茵陈、白刺、锁阳、水麦冬、马泡等。应逐步建立繁育基地。

(2) 采种母树林基地。规划在交通方便、立地条件好、梭梭生长优良的区域,择选采种母树林基地。为保护区和社区营林生产提供优良林木种子。

(3) 动物繁殖驯化基地。自然保护区内建立动物繁殖驯化基地的目的是增加种群数量,为今后实现人工饲养积累经验。

5. 社区共管规划

其目的在于帮助社区合理使用自然资源,一方面使社区在发展中能持续地利用社区的资源,减少对保护区资源的侵蚀和破坏;另一方面通过帮助社区发展经济和提高生活水平,减小由于生物多样性保护给社区带来的发展约束,使社区能尽量同生物多样性保护相协调,并积极地参与保护区的保护与管理工作。

6. 生态旅游规划

自然保护区发展旅游必须将生态保护放在首位,并严格实行“三控制”,即生态旅游的空间和范围控制、旅游项目控制、开发强度控制。在生态环境不受破坏的前提下,适度开展生态旅游,达到自然保护与旅游开发的和谐一致,实现景观资源的可持续利用,取得最大的社会、经济与生态效益。

(1) 旅游小区区划。根据柴达木梭梭自然保护区的实际情况,拟区划2个旅游小区,分别是:尕斯库勒旅游小区,面积9273hm²;宗加旅游小区,面积4811hm²。

(2) 旅游活动项目规划。自然保护区的景观资源是大自然留给人类的宝贵财富,因此在开发建设中要突出独特的景观韵味,深入挖掘其文化内涵,并将其融入旅游产品中。以高品位的文化内涵来吸引旅游者。

(3) 旅游设施规划:指示牌、餐饮、帐篷与其他设施等。

7. 基础设施建设规划

(1) 管理局建设。管理局综合办公楼包括办公业务机构(含公安机构)用房、科研中心、宣教中心等。

配套工程包括交通工具、通讯及互连网、供电、给排水、广播电视、供暖、庭院绿化、

办公设备等。

(2) 管理分局与保护站建设。主要有德令哈、乌兰、都兰 3 地与 8 个下属保护站的办公室和生活设施建设工程, 配套工程包括通讯工具、供电、给排水、办公设备等。

四、投资估算

柴达木梭梭林自然保护区计划投资 7 796.06 万元。

按投资构成分, 建筑工程投资 2 848.16 万元, 占总投资的 36.53%; 设备购置费 2029.67 万元, 占总投资的 26.3%; 其他费用 2 918.23 万元, 占总投资的 37.43%。

按规划期限分前期 (2003 ~ 2007 年) 投资 4 483.50 万元, 占总投资的 57.51%; 后期 (2008 ~ 2012 年) 投资 3 312.56 万元, 占总投资的 42.49%。

五、组织机构与人员编制

1. 组织机构

根据保护区经营范围、保护区的性质等, 在精简、统一、高效的原则下, 设置柴达木梭梭林自然保护区的组织机构。管理局与管理分局两级机构包括保护、人事、宣教、财务等部门。

2. 人员编制

保护区的人员编制, 在本着强化管理、保证效率、精简和压缩非生产人员的原则下, 按保护管理、科研和经营等各项任务定岗、定员。计划总编制 166 人, 其中管理局 39 人, 管理分局 63 人, 保护站共计 64 人。

第十二节 自然保护区评价

一、生态结构与功能评价

1. 原始古老的自然性

在保护区的核心区内梭梭林未受人类侵扰, 自然生境完好, 保持着原始的世代演替状态, 这些原始天然梭梭林, 部分已处于成熟和过熟状态, 新生的中幼龄梭梭就在老树下哺育成长, 反映出其原始的自然状况。

2. 地理位置的特殊性

梭梭分布在广大干旱荒漠地区, 其垂直分布除新疆准噶尔盆地、东天山山间盆地海拔在 150 ~ 500m 外, 一般都分布在 800 ~ 1500m, 而柴达木盆地的梭梭, 大多分布在海拔 2800 ~ 3260m, 面积 46.68 万 hm^2 , 大面积高海拔分布, 堪称“世界之最”, 形成高原盆地独特的荒漠景观, 可见其地理位置的特殊。

3. 生态环境的典型性

梭梭属有 10 种之多, 多集中于中亚。我国分布的梭梭有两种, 一种为白梭梭, 只在新疆有分布; 梭梭则分布于新疆、青海的柴达木、甘肃的西部和内蒙古的西部。柴达木梭梭林自然保护区地处典型的荒漠地带, 干旱、风蚀沙埋、酷热严寒, 梭梭在如此恶劣的环境下仍正常生长。

4. 物种的稀有性

保护区内尚有 15 科 41 属 65 种沙生植物, 这些物种大多是在严酷的自然条件下经过长

期选择而保留下来的,具有顽强的生命力,是特殊荒漠系统的组成部分,它不仅对柴达木盆地防风固沙、改变荒漠面貌和保护绿洲生态环境。引种驯化等方面具有现实意义,而且在植物学、分类学、生态学等方面的学术研究,也有很重要的科学研究价值。

5. 生态系统的脆弱性

梭梭地处荒漠地区,各物种之间及物种与环境之间的依存关系十分紧密和敏感,一个物种的兴衰会直接影响到另一物种的存亡,而环境因子的变化直接影响到动植物的发展变化。荒漠生态环境十分恶劣,其生态系统也十分脆弱,一旦破坏,极难恢复。

6. 保护生态的必要性

柴达木盆地东部是梭梭分布集中的地区,在很长一段时期内,梭梭灌木林在荒漠自然条件下是最稳定的灌木群落之一。它对维持该区域脆弱的生态平衡,改善生态环境,遏制流沙,固定沙丘、保护农业生产和人民生活等方面起着不可替代的作用。保护区的建立有利于保护现有植被特别是梭梭林,进而可以减少风沙危害,改善生态环境,保护好它们赖以生存的这片土地,不仅保护了这里的野生动植物资源,而且也当地农牧民带来直接和间接的利益,对促进农牧业的发展都具有重要意义。

7. 科学研究的重要性

梭梭群落及其个体是人类生存环境中气象因子变化记录的生物活体资料,是揭示我国西北地区过去、现在和将来荒漠化进程中,各种逆境生态因子对人类生存环境产生胁迫强度的生态学资料的信息载体。

二、生态评价

参照南京环境科学研究所提出的自然保护区生态环境质量定量化评价方法与标准,结合柴达木梭梭林自然保护区的实际情况,采用对物种稀有性、多样性、自然性、面积适宜性、生存威胁等因子对柴达木梭梭林自然保护区的生态环境质量进行定量化评价。

经过专家组评定打分统计,生态质量总得分为 81.3 分,表明青海柴达木梭梭林自然保护区生态质量等级达到较好的标准。

三、管理评价

柴达木梭梭林自然保护区,原名艾(阿)木尼克自然保护区,2000 年 5 月经青海省人民政府批准建立,由于机构、人员均与林业站合并办公,基础设施建设滞后。科研工作结合林业生产开展了梭梭育苗、造林和封育等试验研究。按照本次自然保护区管理工作划分标准,柴达木梭梭林自然保护区管理工作尚处于初级阶段。

四、效益评价

1. 生态效益

(1) 增加植被覆盖度,遏制草场退化趋势,防止土地荒漠化。柴达木盆地是青海省沙漠化土地面积最大的地区,总面积 110.7 万 km^2 ,占柴达木盆地面积的 43.45%,占全省沙漠化面积的 95.53%。通过有效保护与繁衍培育,滥牧、滥垦、滥伐、滥樵、滥挖等不合理的人为活动将得到有效的控制,植被盖度提高,荒漠化进程减缓,直至停止,生态环境改善。

(2) 多样性 维持生态平衡。柴达木梭梭林自然保护区内野生动植物资源丰富,种类繁多。但是,随着人为活动增多,牛羊数量不断增加,毁灭性采挖珍稀药材活动泛滥成灾,捕杀野生动物活动严重。保护区建立以后强化管理于保护,上述破坏活动将得到有效控制。

(3) 改善周边居民的生态环境。保护区建成后, 植被覆盖率提高, 生态系统功能改善, 空气相对湿度提高, 沙尘暴天气频率降低, 次数减少, 有利于周边居民的生产、生活条件的改善。

2. 社会效益

(1) 为科学研究提供良好基地。柴达木梭梭林区为典型的荒漠植被, 在荒漠生态系统中占有重要地位, 区内分布着特有的物种和生物群落。是进行多种科学研究的良好基地, 是设在大自然中的天然实验室。

(2) 是进行宣传教育的重要场所。自然保护区是向群众进行有关自然知识和自然保护宣传的自然博物馆。

(3) 促进周边地区经济的可持续发展。自然保护区的建设和发展, 将进一步带动本区域及周边地区交通、商业、服务业、旅游业、农副产业等各行各业的发展。

(4) 旅游价值。保护区保存了稀有的动植物种群, 高原盆地的自然景观与藏、蒙古民族之间的人文景观等, 都对旅游者有较大的吸引力。自然保护区可以在不违背自然保护法规, 不破坏自然资源、不污染环境的前提下进行旅游项目的开发。

3. 经济效益

自然保护区建设事业是一项生态公益事业, 本项目建成以后, 将产生巨大的生态效益和社会效益, 同时保护区可通过开展生态旅游, 多种经营活动, 积极发展种植业、养殖业、采集业、旅游业等项目, 获取一定的经济收益。

第二章 自然地理

第一节 现代地貌的形成与特征

柴达木盆地东部地貌类型复杂多样,主要有风积地貌、湖积地貌、洪积地貌、干燥剥蚀山地等4类。

一、风积地貌

风成沙是风积地貌形成的物质基础。在风的作用下,将地表细粒物质吹扬,把它携带到空中,当风力减弱或受到阻碍时,这些细粒物质重新降落到地面,表现为各种不同的地表形态,即各种风积地貌。

风积地貌类型主要有流动沙丘、半固定沙丘和固定沙丘。

1. 流动沙丘

西起铁奎,东至夏日哈,北起牦牛山南麓,南到香日德,是柴达木盆地沙漠集中分布区之一。主要有新月形沙丘、新月形沙丘链,沙垄及格状沙丘构成。植被盖度小于10%,基本上属于裸露地。较高的新月形沙丘达17m,迎风面向WN,移动方向SEE,最大年移动速度56m。东南边缘夏日哈新月形沙丘,由于夏季受西北风影响外,东南风尾间和地形风的影响,沙丘的移动方向有所摆动,形成典型的格状沙丘链。

2. 半固定沙丘

盆地东南部除山地外都零星分布有半固定沙丘地,植被盖度10%~29%(草本盖度<30%,或灌木盖度<30%,或乔木郁闭度<0.5)之间,且分布比较均匀,风沙流动受阻,但流沙纹理普遍存在。

3. 固定沙丘

主要分布在盆地南部诺木洪至香日德一线及东部察汗乌苏有零星分布。植被盖度 $\geq 30\%$ (草本盖度 $\geq 30\%$,或灌木盖度 $\geq 30\%$,或乔木郁闭度 ≥ 0.5),风沙活动不明显,沙(丘)地基本稳定。

二、湖积地貌

湖积地貌既分布于保护区西北部拗陷低地,也占据着各次级小盆地的低洼部分,湖积平原常常不是环绕整个现代湖泊,而是环绕一个湖群发育。湖积地貌海拔2675~3300m,最低处是霍布逊湖。本区湖积地貌具有以下特点:

1. 平坦

所有湖积平原都是平坦少起伏,只以很小的坡度从四周向湖岸缓慢倾斜,平原面积愈大则坡度愈小。

2. 质地较细

湖积平原组成物质较细,以黏土、粉砂和细砂为主,夹少量砾石。

3. 地下水位高

湖积平原由于地下水位高,盐渍化、沼泽化现象比较普遍。

4. 植被稀疏

由于地表盐碱化程度高,往往成为不毛之地,只在某些沼泽化地段生长少量的耐盐碱植物。

三、洪积地貌

作为活跃外营力的流水是洪积地貌形成的主要原因。洪积地貌的发育程度与河流数量及其水量多寡密切相关,地表径流越多,河流越密集,洪积地貌分布越广。该区主要分布在布尔汗布达山北麓,包括洪积扇和洪积倾斜平原。

1. 洪积扇

由于洪水挟带大量砾石和泥沙,溢出山口后,失去各自的约束,水流分散,水量亦因渗漏和蒸发而锐减,流速减缓,搬运能力急剧降低,地貌过程随之发生由搬运向堆积的转化。最初的沙粒物质基本上沿河流呈带状分布,年长日久,堆积物充填河床,导致河道摆动,堆积物又沿新河道重新分布。河道反复摆动的结果,堆积物分布成以山口为柄向下游左右展开的扇形。

本区洪积扇具有坡度平缓,组成物质具有明显的纵向分选作用,粒径由扇根向扇缘方向逐渐变小,呈带条状分布;地下水位亦按同一方向由深变浅,并最终在扇缘露出;植被亦同一方向由少增多,至细土带有密灌,扇缘分布耐盐植被。

2. 洪积倾斜平地

由众多洪积扇和扇间低地组成的洪积倾斜平地其横向呈波状起伏,纵向由山麓向盆地内微缓倾斜。

四、干燥剥蚀山地

本区南部山地系昆仑山支脉,包括布尔汗布达山、脱土山、乌拉山、鄂拉山、夏日哈山等,海拔 3300~5000m,相对高差较大,该山地以布尔汗布达山为主体,呈东西走向,横卧本区南部,系现代冰川、寒冻、风化作用形成的剥蚀山地,山势高峻,断层发育,岩层复杂,主要地层有:早古生代超基性岩,晚古生代花岗岩、花岗斑岩、花岗闪长岩、闪长岩,下古生界的中—基性火山岩、千枚岩、片麻岩、大理岩,震旦系千枚岩、片麻岩、白云质灰岩,石炭系砂岩、页岩,二迭系、三迭系砂岩、页岩,夹石灰岩、板岩煤层以及第三系、第四系的冰水沉积物等。由于海拔高,寒冻风化强烈,坡面和坡麓广布寒冻、风化碎屑物,成土母质多为残积坡积物。由于地形引起的水热条件差异,导致土壤和植被各异,大致以脱土山为界,山地东段植被较好,阳坡多为草原植被,阴坡分布有圆柏、高山柳等森林类型和草甸草原植被,是天然草场的主要分布区域。

第二节 地 质

一、地层

保护区位于柴达木地层区,北部区以欧龙布鲁克地层分区为代表,南部区以柴南缘地层分区为代表。

(一) 北部区

1. 元古界

(1) 下元古界达肯大板群 (Pt, dk)。分布于欧龙布鲁克一带, 呈北西向展布, 由混合岩化黑云角闪片麻岩、角闪斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩及条带状、眼球状、条痕状混合岩组成, 出露厚度 4381m。在角闪斜长片麻岩和斜长角闪片麻岩中, 角闪石的 K—Ar 同位素年龄为 1617Ma、1516Ma、1580Ma、1587Ma; 全岩 Rb—Sr 同位素等时线年龄为 1463Ma 和 1556Ma。

(2) 震旦系全吉群 (Zqn)。见于欧龙布鲁克山区南坡。由基本上未变质的砂砾岩、石英岩、砂页岩及白云岩构成。含丰富的叠层石及微古植物化石。与下元古界达肯大板群呈角度不整合接触, 上与寒武系下统呈整合接触。厚 1037~1341m。

2. 古生界

(1) 寒武系

①下寒武统 (C_1)。红沟组冰碛层: 冰碛层的砾石主要来源于红藻山组含藻、含叠层石白云岩, 含硅质条带白云岩、硅质岩。上部为紫红色冰碛砾岩, 厚 12.5~35m; 下部为黄绿、灰绿色冰碛砾岩, 厚 5~75m。冰碛砾石堆积杂乱, 无层次, 无分选, 无方向性。粒径小者在 1cm 以下, 大的几十厘米, 最大者达 2.2m。擦痕、核槽、磨光面及压坑、压裂石多见, 白云质胶结。

黑土坡组页岩: 含藻类及虫牙化石。

②中寒武统 (C_2)。分布于欧龙布鲁克中东段。下部为灰色厚层灰质白云岩夹硅质岩、核形石灰质白云岩, 底部有一层含腕足化石的石英砂砾岩; 中部为暗紫色、黄绿色长石粉砂岩及钙质页岩夹薄层硅质白云岩; 上部为灰色白云质灰岩、灰岩及竹叶状灰岩、鲕状灰岩, 富含腕足及三叶虫化石。本统连续性好, 层序清楚。厚度 432~796m。

③上寒武统 (C_3)。分布与中统一致。主要岩性为灰色灰岩, 次为白云岩, 富含三叶虫化石。

(2) 奥陶系 (O)

①下奥陶统 (O_1)。多泉山组 (O_{1d}): 分布于欧龙布鲁克。为灰白色白云岩、灰色燧石条带灰岩及豹斑状灰岩, 厚 830~1116m。与下伏上寒武统及上覆下奥陶统石灰沟组皆为连续沉积。

石灰沟组 (O_{1s}): 灰黑色板岩、灰绿石页岩及浅黄绿色岩屑砂岩与页岩互层, 富产笔石。厚 698m。

②中奥陶大头羊沟组 (O_{2d})。分布于达肯大坂南坡的大头羊沟一带。下部为碎屑岩, 中、上部为碳酸盐, 厚度大于 1829m。与下伏石灰沟组为平行不整合接触。

(3) 泥盆系 (D)。分布于阿木尼克山—达达肯乌拉山一带, 仅见上泥盆统一阿木尼克组。下部为杂色砂岩段, 由灰紫、紫红色、灰绿色巨厚层石英长石砂岩、岩屑砂岩夹粉砂岩构成; 上部为板岩—火山岩段, 由深灰色厚层板岩夹岩屑砂岩、中酸性凝灰岩、火山角砾岩、安山岩及少量灰岩等构成。厚 5288m。

(4) 石炭系 (C)

①下石炭统 (C_1)。杜内阶城墙沟组 (C_{1c}^1): 下部砾岩段由灰色中厚层状石英长石砂岩夹薄层粉砂岩、含砾砂岩构成, 厚 116m; 上部灰岩段由灰色厚层状生物碎屑灰岩构成, 厚

452m。

维宪阶怀头他拉组：下部为粉砂质灰岩段，厚 490m；上部为砂页岩夹灰岩段，厚 251m。

②中石炭统克鲁克组。下部为煤系地层，产植物化石；上部为紫灰色巨层生物灰岩与紫红色砂质灰岩互层。厚 235m，与下伏怀头他拉组呈断层接触。

③上石炭统扎布萨杂秀组。深灰色厚层生物灰岩、硅质条带灰岩夹砂页岩及煤线。出露厚度 722m。

3. 中生界

(1) 侏罗系 (J)。仅见中侏罗统，出露在穿山沟以东。达达肯乌拉山南缘。主要岩性为杂色泥岩、粉砂岩、页岩、砂岩夹炭质页岩、煤线、菱铁矿、赤铁矿及石灰岩。厚 123m。与下伏下泥盆统及上覆新第三系均呈不整合接触。

(2) 白垩系 (K)。只有下统犬牙沟群，出露于阿木尼克山南麓。上部棕灰色砾岩夹砂岩、灰白色含砾砂岩及浅棕红色砂岩，厚 128m；下部为灰白色砾岩、棕红色砂岩或白色砾岩，厚 530m。

4. 新生界

(1) 第三系 (R)

①渐中新统干柴沟组——下油砂山组 (E_3N_{17})。零星出露于背斜轴部。为砖红色、棕褐色粉砂岩、泥岩。厚 150~350m。

②上新统 (N_2)。大面积出露于库尔雷克湖——托素湖西南及阿木尼克山——达达肯乌拉山以南地区。为砖红色、橘红色、土黄色砂岩、粉砂岩、泥岩，夹砾岩及少量泥灰岩、黏土岩。厚 1724~5029m。

(2) 第四系

①下更新统 (Q_1)。主要出露于库尔雷克湖西南，托素湖以南及北霍布逊湖以北地区。为灰—黄灰色砾岩、砂岩、泥岩。厚 225~1250m。与下伏新第三系整合接触。

②上更新统 (Q_3^{al-pl})。主要分布于各山地之间的滩地。主要为砂砾石，构成阶地地貌。

③全新统 (Q_4)。全新统广泛发育，成因复杂。

A. 全新统湖积——化学沉积 (Q_4^{l-ch})。分布于北霍布逊湖湖区，岩性为粉砂质黏土及淤泥，含石膏、芒硝散晶。

B. 全新统沼泽堆积 (Q_4^b)。分布于库尔雷克湖四周外围泄水区，为深灰色含腐殖质的砂质黏土，组成草地沼泽。

C. 全新统化学堆积 (Q_4^{ch})。分布于北霍布逊湖，为灰黑色含盐淤泥夹纯白色石盐层。

D. 全新统湖积 (Q_4^l)。零星分布于托素湖以西、以南。为灰黄色粉砂及泥质，具微细水平层理。

E. 全新统冲洪积。分布于各山体丘陵边缘地带，以砂砾石为主。

F. 全新统风积 (Q_4^{ol})。零星分布于阿木尼山克东北侧及北霍布逊以东地区，由中—细粒石英、长石及暗色岩屑组成。分选、磨圆度好。地貌上呈新月形沙丘。

(二) 南部区

南部区前第四纪地层有元古界、下石炭统、中下侏罗统、第三系。

1. 元古界 (Pt)

(1) 金水口群。分布于金水口至跃进山、小庙、五龙沟及黑熊沟下游一带，出露良好，为东昆仑山标准剖面，分为片麻岩组和片岩组。

片麻岩组 (Ptjs^a)：岩性为条痕状、条带状、眼球状混合岩、斜长片麻岩、斜长角闪岩、变粒岩夹黑云母石英片岩及大理岩透镜体，小庙剖面厚 2954m，金水口剖面厚 5405m。属中深变质带，经受不同程度混合岩化作用，混合岩基体、脉体清晰，基体成分为各种片麻岩、片岩、变粒岩及少量斜长角闪岩，脉体成分主要为长英质，矿物主要是斜长石、石英等。

片岩组 (Ptjs^b)：岩性为二云母石英片岩、石英岩、白云母片岩夹白云岩，与下伏地层整合接触，属浅—中变质带。小庙剖面厚 650m。本组产包心菜叠层石，片理较发育，多数片理方向与层面一致。

(2) 冰沟群。分布五龙沟、小庙以南及诺木洪河至洪水河之间地区，以冰沟一带出露最好，为东昆仑山的标准剖面，按岩性由老至新，分为 3 个岩组。

结晶灰岩、大理岩组 (Ptbg^a)：岩性为灰色含硅质条带状结晶灰岩，底部为大理岩。它与下伏金水口群地层整合接触。属浅变质带。冰沟剖面厚 1617m。

结晶灰岩、板岩、大理岩组 (Ptbg^b)：岩性为灰黑色硅质结晶灰岩、灰色条带状大理岩、角砾状白云岩及灰绿色板岩，它与下伏地层呈整合接触。属浅变质带，冰沟剖面厚 2631m。本组富产叠层石化石。

变砂岩、板岩组 (Ptbg^c)：岩性为黑色变细砂岩、板岩和少量结晶灰岩，与下伏地层呈假整合接触，为地壳回返上升后的建造，属浅变质带，丘吉东沟剖面厚 607m。产叠层石。

2. 石炭系 (C)

下石炭统 (C₁)。分布于三通沟一带，岩性为：暗绿色细碧岩、火山角砾岩、安山岩、流纹岩、泥凝灰岩夹千枚岩、结晶灰岩。它与下伏地层为断层接触，三通沟一带厚 1396m。

3. 侏罗系 (J)

(1) 下侏罗统小煤沟组 (J_{1x})。分布于盆地边缘丘吉沟一带，岩性为灰色、灰黑色含砾砂岩、细砂岩、粉砂质黏土岩夹炭质页岩及薄煤层，可见厚度 64m (未见底)。与下伏地层呈不整合接触或断层接触。

(2) 中、下侏罗统碎屑岩组 (J₁₋₂)。分布于三通沟一带，岩性：下部为灰绿色厚层砾岩夹砂砾岩、砂岩、页岩、泥灰岩、凝灰岩；中部为灰绿色粗粒长石质硬砂岩夹泥钙质砂岩、凝灰质砂岩、砂质页岩；上部为灰色、灰绿色砂岩夹炭质页岩、安山质凝灰岩、含砾粗砂岩、长石质硬砂岩夹煤线，含植物化石。分别不整合于元古界、石炭系及华力西期花岗岩之上。厚 1967m。

三通沟安山质凝灰岩可同香日德幅白石岩英安质溶岩凝灰岩对比，后者用钾氩法测定为 1.873—1.981 亿年。

4. 第三系 (R)

(1) 下第三系渐新统 (E₃)。零星分布于五龙沟、冰沟以西盆地边缘，在哈熊沟口钻孔也有揭露。岩性下部为砖红色砾岩，中部为黄褐色、橘黄色及砖红色砂岩，上部为砖红色砂砾岩，它不整合于金水口群片麻岩及华力西期花岗岩体之上，或为断层接触。五龙沟剖面厚 1249m，哈熊沟口钻孔揭露厚 135.5m。

(2) 上第三系上新统 (N₂)。地表未见出露，据努尔河田参 1 井揭露地下 664—1104m 为

上新统地层, 岩性为棕色、棕黄色泥岩夹灰色砾岩, 局部胶结, 部分长石风化成高岭土, 在 862~870m 井段见湖花介 101 种, 1032~1040m 井段见小玻璃介 32 种 (破碎), 均为上新世狮子沟组标准化石。

5. 第四系 (Q)

(1) 下更新统 (Q_1)

①湖积物 (Q_1^{l-ol})。出露于努尔河两侧, 主要岩性为浅棕色至土黄色黏土、亚黏土及青灰色粉细砂夹炭质条带、泥炭层, 并含芒硝晶体。具良好的水平层理, 为厚层状, 单层厚 10~15cm, 略具胶结, 孔隙裂隙发育较差。在努尔河下游细砂层中发育对称波痕。该层曾受构造变动, 努尔河中游该层厚约 440m。由于湖区逐渐退缩, 它与下更新统冲湖积层主要为相变关系。其孢粉组合为麻黄占 20%~37%, 藜科占 16.7%~41.2%, 蒿属占 5.9%~19.3%, 蒿属占 2.5%~26.5%, 并有少量冷松、云杉等乔木花粉。

②冲湖积层 (Q_1^{l-ol})。出露于努尔河上游、诺木洪农场以北至宗家乡西, 组成弧形背斜。在背斜南翼它深埋地下, 109 国道以南各孔均见该层。主要岩性为湖相的土黄色至青灰色黏性土及河流相灰色粉细砂、泥质砂砾石互层, 而且往南颗粒愈粗, 砾石磨圆度较好, 胶结程度不高, 孔隙较发育。但细粒地层一般微胶结或半胶结, 裂隙—孔隙不发育。该粉细砂层发育有典型的河流型斜层理, 湖相黏性土发育有典型的湖成波痕。这些地层上部并发育融冻褶皱或冰卷泥。

(2) 中更新统 (Q_2)

①冰碛物 (Q_2^{gl})。丘吉沟口, 黑熊沟下游、昆仑山北坡各沟口分布有冰碛物。最低分布高程 3100~3500m, 地貌上组成终碛冰砾阜, 岩性为泥质大漂砾, 灰色至杂色, 无层理, 大小混杂。漂砾约占 80%, 次滚圆状, 粒径 0.2~2m 以上, 成分与上游岩性有关, 大部分为花岗岩、片麻岩、斑状花岗岩、砂岩等。泥质含量约占 20%, 充填于大漂砾之间, 呈弱泥质胶结, 有凹面石。岩性与纳赤台地区菜园子沟冰期冰碛物相似, 可能相当于大姑冰期冰碛物, 上游残存部分冰川谷、角峰。

②冰水—河流相堆积 (Q_2^{gl-rl})。分布较广, 在山区构成大部分洪积台地及二、三级阶地的基座。

金水口一带冰水沉积物为灰白色砂卵砾石层, 并夹有少量漂砾, 卵砾石具定向排列, 有水平层理。分选性与磨圆度较差, 泥质半胶结。地表出露厚度为 15~20m, 总厚度约 30~70m。

盆地内冰水沉积一般埋藏在 50~100m 深地下, 岩性为深灰色泥质砂卵砾石或泥砾, 往北粉细砂、黏性土夹层增多, 局部泥钙质胶结。厚约 33~85m。

在弧形背斜一带该层出露地表, 岩性为灰色砂砾卵石及砂层, 砂砾卵石层较密实, 但未胶结 (表层为碳酸钙镁胶结); 砾卵石含量约占 70%~80%, 滚圆状, 粒径 0.5~5cm, 成分为片麻岩、花岗岩、灰岩、砂砾岩、石英岩、安山岩、板岩等 (物质来源为昆仑山)。砂层一般具有典型的河流型交错层, 并有风化壳及冰缘气候形成的涡卷状构造, 它与下更新统冲湖积层呈整合接触。

③洪积层 (Q_2^{pl})。分布较狭窄, 组成山区较高洪积扇面, 一般覆盖于冰碛物或冰水沉积物之上。岩性为深灰色粗砂卵砾石层, 具层理, 弱胶结, 砾石具定向排列, 砾径大者 10~20cm, 小者 2cm 左右, 风化较强烈, 磨圆度较差, 有斜层理。厚约 2~8m。

(3) 上更新统 (Q_3)

①冰碛物 (Q_3^{al})。残存于高山地区冰斗内, 岩性为块石、碎石, 直径 50~70cm, 并夹极少的小碎石, 由于搬运距离较短, 一般呈棱角状, 成分与当地母岩一致, 厚约 4~5m。冰斗分布高程分别为 4400~4600m。

②洪积层 (Q_3^{pl}) 及冲洪积层 (Q_3^{pl+al})。广泛分布于山前戈壁带和细土带, 由 4 个冲洪积扇构成, 由于水动力条件逐渐变缓, 岩相的水平分带性明显, 卫片影像清晰可辨, 由山麓往北依次为:

砂卵砾石层: 构成山前大片的戈壁滩, 多半为深灰色, 砾石成分因地而异, 以花岗岩、花岗闪长岩、灰岩、大理岩为主, 次为片麻岩、变砂岩、板岩、片岩等。粒径由山前往北逐渐变细, 由卵砾砂的混合物逐渐过渡为砂砾及泥 (黄土类土) 的混合物, 磨圆度也由棱角状逐渐过渡为次滚圆状。可见到因粒径差异所构成的粗糙层理, 砾石具定向排列, 微胶结或不胶结, 一般厚 40~50m 以上, 最厚达 133m。

③冲湖积层 (Q_3^{la+al})。地表未见出露, 主要埋藏于冲湖积平原地下, 据钻孔埋深为 14~74m。岩性为灰色或棕黄色粉细砂、黏性土夹泥炭层。

④沼泽相沉积 (Q_3^h)。分布于努尔河上游, 岩性上部为灰黑色泥炭层, 厚 1.5~2.0m, 结构较致密, 具水平层理, 含有丰富的平卷螺、尖顶螺化石和植物残骸; 下部为灰绿色、锈黄色、橘黄色亚砂土、粉细砂, 中细砂互层, 结构较致密, 具水平层理, 亚砂土内螺化石较多。厚 4~6m。

(4) 全新统 (Q_4)

①湖冲积层 (Q_4^{al+la})。主要分布于哈鲁乌苏河以北, 努尔河中游。岩性为灰绿色、土黄色粉细砂夹棕黄—紫红色亚黏土, 局部夹淤泥层, 并含有原生石膏、芒硝、石盐晶体, 局部含有河蚬壳体。

②沼泽相沉积 (Q_4^h)。主要分布于细土带以北, 分为长年沼泽及翻浆期季节性沼泽, 它原始沉积通常为冲洪积或冲湖积, 后期沼泽化作用对其进行改造。岩性以灰黑色、灰黄色亚砂土、淤泥质粉细砂为主, 夹薄层淤泥或泥炭。厚度一般 0.5~2m, 最厚不超过 7m。

③湖泊化学沉积 (Q_4^{ch})。分布于努尔河左岸, 盐类含量高达 50% 以上, 主要矿物成分是石盐, 其次为石膏、水氯镁石等, 为表卤蒸发形成的粗粒原生盐类晶体。

盐层厚度一般 0.5~1.2m, 其内赋存潜水型晶间卤水。

④冲积层 (Q_4^{al})。组成近代河谷、河槽、漫滩及一级阶地、诺木洪农场以北的三河冲积扇。岩性以浅灰色、灰黄色砂卵砾石, 含砾中粗砂, 中细砂层为主, 砾石分选性及磨圆度由上游至下游递增, 成分主要为灰岩、砂岩、花岗岩、石英岩等。结构松散, 斜层理发育, 一般厚 0.5~2m, 诺木洪河该层厚约 5m。

⑤风积物 (Q_4^{eol})。主要分布于戈壁带与细土带接壤部, 以固定、半固定砂丘为主。岩性为土黄色、黄白色粉细砂, 中细砂, 松散, 有风成斜交层理, 矿物成分主要为石英, 次为长石、云母。厚 1~10m, 最大厚度约 15m。

二、构造

1. 断裂

本区基岩山区长期以来遭受历次构造运动, 断层较发育。就控制本区地质历史的 3 条主

要断裂带分述如下。

(1) 宗务隆山南缘断裂带。由一束密集断裂组成。主断裂西起阿尔金山南麓，东经赛什腾山北缘、宗务隆山南坡，与鄂拉山断裂带相接。呈北西—北西西向延伸，长 550km，倾向北东，倾角 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ，为二级构造分区的界线。

断裂在平面上呈锯齿状，地貌反差显著，断裂两侧地质构造迥然不同，西段呈北西走向，北侧是晚古生代台缘褶皱带，主要发育晚古生代地槽型沉积；南侧为晚奥陶世优地槽断褶皱带，主体分布上奥陶优地槽型沉积，晚古生代地层则是海陆交互地台盖层沉积。东段断裂成为柴达木北缘台缘褶皱带与欧龙布鲁克台隆的分界。

据南北两侧古生界的巨大差异推测，断裂与中奥陶世末生成，控制南侧晚奥陶世裂堑发育。华力西早期，断裂活动性增强；印支期断裂活动性减弱；燕山—喜马拉雅期仍有活动，控制了断陷盆地的形成；晚近时间还有震中分布；是一活动断裂带。

(2) 昆北断裂带格尔木隐伏断裂。地表未见出露，据物探及钻孔资料推测，西起祁漫塔格西南，东经格尔木北、香日德，交于断裂西南端，呈北西西—东西向延展，长 700km。构成二级构造分区界线。

地表观察表明，两侧的构造单元不同，北侧为柴达木盆地台地，南侧为东昆仑北坡断隆。断裂两侧地貌反差较大，山岳与盆地对峙，界线平直，并发育残山。早更新世以来南侧剧烈抬升，并向北逆冲于柴达木盆地之上。如在诺木洪南昆仑山麓，见华力西期花岗岩向北逆冲于第三系之上，断面南倾，倾角 45° 左右。磁力、重力异常清晰，线性特征突出，构成梯级带。

(3) 鄂拉山断裂带。位于柴达木准地台东缘，由数十条北北西向逆断层组成；部分地段南北向基底断裂发育，TM 卫星影像清晰，有直线状踪迹可循。主断裂即鄂拉山断裂，西于乌兰东接宗务隆山南缘断裂带，东经哇洪山偏南南东交于昆中断裂，长 200km。倾向东，倾角 65° 。构成二级构造分区的结合部。

断裂北东是柴达木北缘台缘褶皱带，主体是石炭系优地槽沉积，褶皱紧密，线性特征明显；断裂南西为柴北缘残山断褶带，上泥盆统一石炭系为地台型盖层沉积，褶皱形态以宽缓短轴为主。沿断裂带侵入的中酸性岩体十分发育，且呈北北西向延伸；山地与狭长盆地、谷地相间的地貌格局，受控于该断裂带；青根河一带有中、小地震分布，表明本断裂是一长期活动断裂带。

2. 褶皱

与保护区关系较为密切的是中、新生界地层在喜马拉雅构造运动作用下产生的褶皱。

在北部区以北西西向斜列的短轴背斜为主，主要分布于丘陵区，该部为第三系地层，翼部为第四系地层。构成背斜成丘、向斜成谷的构造景观，主要有：

(1) 欧龙布鲁克东背斜。轴向 320° ，长约 28km，宽约 18km。

(2) 乌兰—德南丘陵复背斜。轴向 310° ，长约 60km，宽约 30km。

(3) 达达肯乌拉山东侧阿木尼克复背斜。轴向 300° ，长约 40km，宽 15km。

(4) 其他短轴背斜。如长山、大漫土尔岗等短轴背斜，沿北西西向斜列，长 20—30km，宽 5—10km。

在南部区努尔河上游，诺木洪农场以北及宗加乡以西下更新统——中更新统冲湖积地层中发育有一大型复式背斜，即所谓弧形构造。它呈 S 形展布，弧顶分别向南、向北突出，东

西长约 80km 余, 南北宽 4~7km, 在五龙沟及洪水河地区隐伏到地下。它由数个次级舒缓状背斜及向斜所组成, 两翼较对称, 倾角一般 $3^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。

此外, 在努尔河下游, 下更新统湖积地层也形成有一系列东西向褶皱。

第三节 气 候

一、采用的气候资料及处理方法

保护区内有德令哈、都兰、乌兰、香日德和诺木洪 5 个气象站, 各站位置见表 2-1。

表 2-1 保护区气象站位置

站 名	地 址	北 纬	东 经	海拔高度 (m)	建站时间
德令哈	德令哈 (市区)	37°22'	97°22'	2981.5	1955 年 8 月
都 兰	察汉乌苏镇和平街 2 号	36°18'	98°06'	3191.9	1954 年 1 月
乌 兰	乌兰县城东街 (市区)	36°55'	98°29'	2950.0	1980 年 8 月
香日德	香日德农场 (草原)	36°04'	97°48'	2905.4	1957 年 10 月 (1997 年 10 月撤站)
诺木洪	都兰县诺木洪农场 (草原)	36°26'	96°25'	2790.4	1956 年 6 月

由表 2-1 看出, 5 站建站时间除乌兰较迟外, 其余各站至今都已积累了 40 多年的气象资料, 乌兰也有 20 多年的资料, 这些资料可以反映保护区气候的基本特征。

保护区地形平坦开阔, 海拔高差不十分明显, 有些要素受大地形影响, 在柴达木盆地的分布有比较明显的规律。例如, 降水分布基本由盆地东南部向西北部逐渐减少, 从而可以画出降水量的等值线分布图。保护区各核心区根据所在地理位置, 从降水量分布图上可以内插得到该核心区的降水量。年、月温度资料, 根据青海高原温度依海拔、纬度、经度变化的三元线性回归方程 $\hat{T} = a_0 + a_1 h + a_2 \varphi + a_3 \lambda$ 来推算。这些方程的复相关系数在 0.955 (12 月) ~ 0.981 (10 月), 置信水平极高。根据保护区核心区的地理坐标, 可估算出月、年平均温度。其他要素基本根据区内 5 个气象台站的多年观测资料, 来描述其时、空分布特征。为推算各核心区气温、降水量, 将有关地理参数列于表 2-2。

表 2-2 保护区各分区海拔、经纬度*

分区名	平均海拔 (m)	经度	纬度
航亚区	3259	95°58' - 96°37'	37°08' - 37°24'
连湖区	3180	95°58' - 96°52'	36°58' - 37°18'
诺木洪区	2717	96°17' - 96°42'	36°47' - 36°58'
杂海区	3033	96°47' - 97°28'	36°56' - 37°09'
宗加区	3260	96°23' - 97°02'	36°10' - 36°26'
巴隆区	3062	97°00' - 97°33'	36°00' - 36°16'
灶火区	2915	97°07' - 97°43'	36°43' - 36°52'
卜浪区	2937	97°30' - 97°52'	36°29' - 36°40'

* 由工作图上读得, 平均海拔为该区东、南、西、北、中 5 点读数平均值。

二、气候的基本特征

由于深居内陆, 加之受盆地地形封闭、海拔相对较低等地理因素的影响, 形成气候相对

温和, 干旱少雨, 太阳辐射、光照强烈等主要气候特征。本区有灌溉条件的地方已发展绿洲农业, 其主要气候灾害有霜冻、冰雹和风沙。

本区位于青藏高原北部边缘, 已基本不受东南季风的影响。来自孟加拉湾、印度洋的西南暖湿气流虽然是本省主要水汽输送带, 但这些暖湿气流在翻越青藏高原腹地数道东西向山脉如喜马拉雅山、唐古拉山、昆仑山之后, 水汽大减, 此外在高原北缘昆仑山及其支脉的北坡形成下沉气流, 使空气变得十分干燥, 干旱少雨是本区最基本的气候特征。

本区海拔相对较低, 又受盆地闭塞地形影响, 在全省形成仅次于东部河湟谷地的气温高值区, 气候相对温和, 热量资源比较充足。由于终年降水天气较少, 晴天日数较多, 加之大气干洁透明, 太阳辐射、日照时数尤为丰富。

三、气温

1. 气温的空间分布

保护区各分区和邻近气象台站月、年平均气温列于表 2-3。保护区各分区的气温分布受海拔高度和盆地地形的影响十分明显。位于盆地中心地带、海拔相对较低的诺木洪区、灶火区、卜浪区平均海拔不足 3000m, 年平均气温 3.0~4.5℃; 地理位置更接近盆地边缘、海拔相对较高的航亚区、连湖区、宗加区年平均气温 0.6~1.6℃; 巴隆、杂海区年平均气温分别为 2.8℃和 2.1℃。海拔十分接近的分区其温度高低受纬度的影响, 如航亚区与宗加区平均海拔十分接近, 但航亚区纬度更高, 年平均气温比宗加区低 1.0℃。各气象站由于海拔相对更低些, 又多位于河谷地区, 年平均气温相对偏高, 实测的年平均气温在 3.2 (都兰) ~4.9℃ (诺木洪)。整个保护区由于地形、海拔相差十分悬殊, 故温度的地区差异十分明显, 最高年平均气温 (诺木洪区) 与最低年平均气温 (航亚区) 相差不足 4.0℃。

表 2-3 保护区各分区和邻近气象台站月、年平均气温 (℃)

区、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	年	年代
德令哈	-10.9	-6.4	-0.6	5.6	10.9	14.2	16.4	16.1	11.2	4.1	-3.7	-9.1	4.0	1973~2000
都兰	-9.8	-6.5	-1.3	4.2	9.2	12.6	14.8	14.3	9.6	3.0	-3.9	-8.3	3.2	1971~2000
乌兰	-11.3	-6.7	-0.7	5.1	10.4	13.5	15.6	15.0	10.7	3.9	-3.9	-9.6	3.5	1981~2000
香日德	-9.6	-5.6	—	5.6	10.7	13.7	15.5	15.0	10.2	3.7	-3.3	-8.0	4.0	1971~1996
诺木洪	-9.7	-5.3	0.6	6.6	12.1	15.4	17.3	16.5	11.8	4.6	-3.3	-8.5	4.9	1971~2000
航亚区	-13.4	-9.6	-4.0	2.0	7.2	10.8	13.0	12.4	7.7	0.8	-6.9	-12.0	0.6	模型推算值
连湖区	-12.8	-9.0	-3.3	2.7	7.4	11.3	13.5	13.0	8.3	1.4	-6.2	-11.3	1.3	模型推算值
诺木洪区	-9.5	-5.6	0.1	6.2	11.1	14.6	16.7	16.1	11.3	4.5	-2.8	-8.1	4.5	模型推算值
杂海区	-11.9	-8.1	-2.4	3.7	8.6	12.1	14.3	13.7	9.0	2.3	-5.2	-10.4	2.1	模型推算值
宗加区	-11.9	-8.2	-2.7	2.9	7.8	11.3	13.4	12.9	8.4	1.8	-5.6	-10.6	1.6	模型推算值
巴隆区	-10.6	-7.0	-1.4	4.3	9.0	12.4	14.5	14.0	9.5	3.0	-4.3	-9.3	2.8	模型推算值
灶火区	-10.8	-7.0	-1.3	4.7	9.5	13.0	15.1	14.5	9.9	3.2	-4.2	-9.4	3.1	模型推算值
卜浪区	-10.7	-6.9	-1.3	4.6	9.4	12.8	14.9	14.3	9.8	3.2	-4.1	-9.3	3.0	模型推算值

保护区最热月气温均出现在 7 月, 而且都超过 13.0℃, 从热量条件看, 保护区能满足各种树木生长。

2. 气温的时间变化

(1) 气温的年变化。保护区深居内陆, 与我国东部地区相比, 季风气候的特征已有所减弱。四季不甚分明, 一般可分冬、夏半年。最高气温出现在 7 月, 各站区气温都在 13.0℃以

上,最低气温出现在1月,各站、区均在 -9.5°C 以下,但最冷的航亚区也只有 -13.4°C ,冬季不十分寒冷。

(2) 气温的年际变化。图2-2分别为德令哈、都兰、诺木洪3站1961~2002年年平均

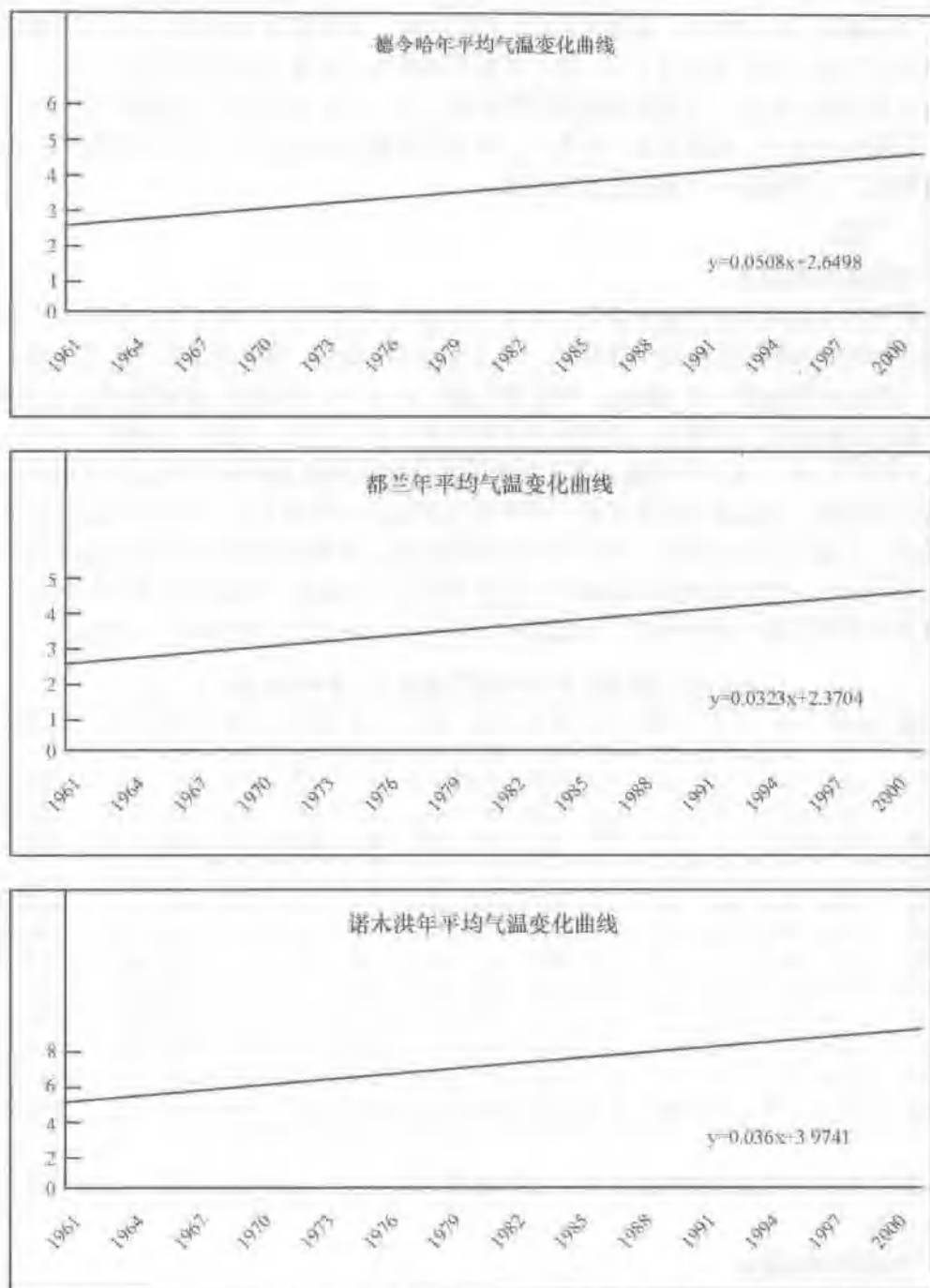


图2-2 德令哈、都兰、诺木洪年平均气温变化曲线

气温的年际变化曲线,由图看出,3站气温总趋势都在升高,升温率分别达到 $0.51^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 、 $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ 和 $0.36^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ (乌兰为 $0.499^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,图略)。这是保护区气温对全球变暖的响应,而且反映十分敏感和强烈。据统计,全省26个台站的升温率为 $0.16^{\circ}\text{C}/10\text{a}$,保护区的升温率为全省平均值的2~3倍,也明显高于全国的升温率。德令哈的升温率名列全省前茅。保护区各地年平均气温随年代的升温变化都达到显著或十分显著的置信水平。

表2-4为保护区德令哈等3站年、季平均气温的年代值($^{\circ}\text{C}$)。可以看出,除冬季外,升温最明显的时期主要发生在20世纪90年代。

表2-4 保护区德令哈等3站年、季平均气温年代值($^{\circ}\text{C}$)

	德令哈					都兰					诺木洪				
	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年
60年代	4.9	15.4	2.7	-11.8	2.8	3.8	13.7	2.1	-9.3	2.6	6.2	16.0	3.6	-9.0	4.2
70年代	5.3	15.3	3.4	-9.1	3.7	4.0	13.6	2.5	-8.4	2.9	6.4	16.1	4.0	-7.9	4.6
80年代	4.8	15.5	3.7	-8.7	3.8	3.6	13.7	2.8	-8.0	3.0	6.1	16.2	4.2	-7.7	4.7
90年代	6.0	16.1	4.2	-8.6	4.4	4.5	14.4	3.4	-8.0	3.6	6.9	16.9	4.8	-7.7	5.2

四、降水

1. 降水的空间分布

表2-5为保护区各分区年降水量,表2-6为保护区5个气象台站月、年降水量。

表2-5 保护区各分区年降水量(mm)

区名	航亚区	连湖区	诺木洪区	杂海区	宗加区	巴隆区	灶火区	卜浪区
年降水量	133	122	102	159	68	131	169	179

表2-6 保护区气象站月、年降水量(mm)

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	年
德令哈	4.1	3.1	5.0	6.9	22.6	39.7	41.7	31.9	17.2	6.6	1.2	2.4	182.3
都兰	4.0	4.8	8.4	9.1	24.7	41.7	46.5	26.5	14.8	5.9	3.9	3.5	193.9
乌兰	1.7	1.5	4.0	8.7	24.3	40.2	45.9	26.3	18.8	4.6	0.9	1.2	178.0
香日德	3.6	4.6	7.7	6.7	24.2	44.3	41.4	24.1	15.2	4.9	2.1	2.8	181.6
诺木洪	0.8	0.4	0.4	0.9	4.0	10.6	15.3	8.1	3.7	1.0	0.3	0.7	44.3

注:年代同气温。

由表2-5、表2-6看出,保护区降水分布一般遵循由盆地东部边缘地区向盆地中心区逐渐减少的规律。都兰、乌兰、香日德处于盆地东—东南部边缘区,德令哈处于盆地东北部边缘地带,上述4站降水量约在170~190mm,而不足200mm。诺木洪更接近盆地内陆中心,同时又处于布尔汗布达山北部背风坡,年降水量只有44mm,气候极为干燥。保护区各分区或邻近气象台站年降水量分布基本遵循柴达木盆地降水分布的规律。各分区中除宗加区年降水量不足100mm外,其余均在100~200mm。

2. 降水的时间变化

(1) 降水的年变化。保护区干、湿季分明,降水高度集中,5~9月降水量占年降水量

的 80% (都兰) ~ 90% (诺木洪)。其余各月降水量只占年降水量的 10% ~ 20%。都兰、香日德雨季始于 5 月中旬, 而终于 9 月上旬, 雨季雨量占年降水量的百分率分别为 70.4% 和 73.6%。德令哈、乌兰雨季起止时间及雨季雨量占年降水量的百分率与都兰、香日德十分接近。诺木洪降水量极少, 也无从论述雨季问题。

盆地东南部都兰、香日德、诺木洪夜雨比率略高于白昼雨量, 而北部德令哈夜雨量反比昼雨量少, 这与青海南部高原、祁连山区、东部农业区等大部地区夜雨率较高 (55% ~ 68%) 有一定区别 (表 2-7)。

表 2-7 保护区夜雨的百分比率 (%)

	全 年	作物生长率		全 年	作物生长率
德令哈	49	47	香日德	54	54
都兰	53	53	诺木洪	57	56

(2) 降水的年际变化。图 2-3 分别为德令哈、都兰、诺木洪 3 站 1961 ~ 2002 年降水量年际变化图, 可以看出, 降水量有增加的趋势, 增加率分别为 20.9mm/10a、13.0mm/10a 和 2.4mm/10a。但是乌兰表现为减少的趋势, 变化率为 -8.3mm/10a (图略)。这可能与乌兰起止年代从 1981 ~ 2002 年与上述 3 站不一致有关, 此外, 降水较之气温变化的局地性更大也有关系。

表 2-8 给出了保护区 3 站年、季降水量的年代值。可以看出, 保护区多雨年代主要发生在 20 世纪 80 年代, 这与全省绝大部分地区的降水变化的年代特征是一致的。此外, 青海省多数地区 90 年代是一个干旱的年代, 特别是汛期降水减少较明显, 这在江河源地区比较突出, 导致江河流流量减少。然而在本保护区内, 90 年代并非是最干旱的年代, 尤其是夏季的降水量没有减少。保护区内, 60 年代是最干旱的年代。

表 2-8 保护区 3 站年、季降水量年代值 (mm)

年代	德 令 哈					都 兰					诺 木 洪				
	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年	春	夏	秋	冬	年
60	32.1	69.3	20.9	4.2	126.6	39.7	97.9	28.2	10.7	176.4	9.0	23.5	6.6	1.2	40.4
70	15.8	111.5	28.1	7.5	162.9	30.8	108.5	26.4	13.7	178.7	3.2	27.6	7.2	0.9	38.8
80	54.1	109.7	22.8	9.4	195.7	56.5	114.5	26.0	11.6	207.9	7.4	37.3	4.5	1.8	50.9
90	27.0	108.8	24.4	11.1	171.7	39.5	121.2	21.4	12.5	195.2	5.5	31.2	3.4	2.9	43.2

(3) 降水量的变差系数。保护区由于降水少, 一般降水量的变差系数要比湿润地区大得多。表 2-9 给出了各站 3 ~ 10 月和年降水量的变差系数。对比全省其他地区, 保护区年降水量的变差系数要比祁连山区、青海南部高原大 1 倍以上。

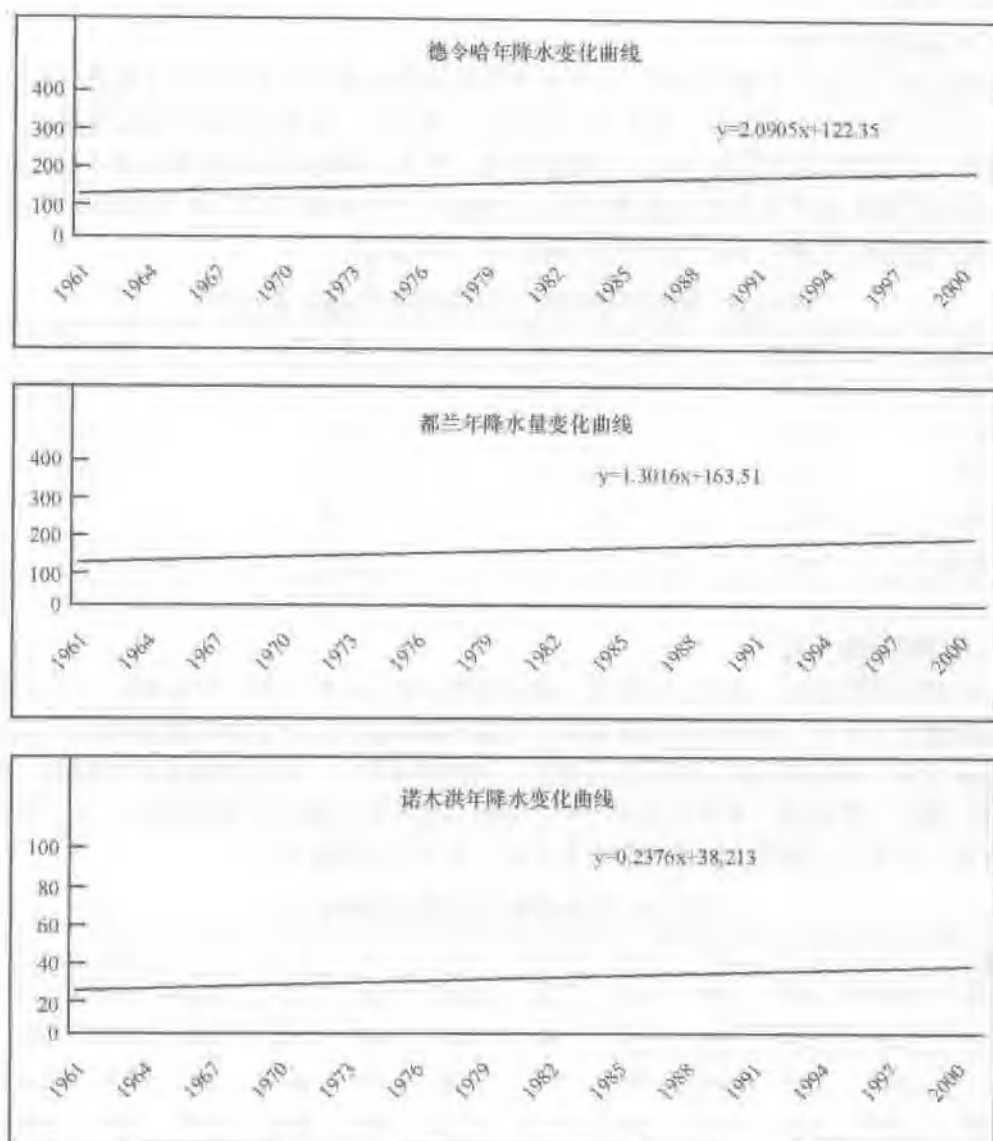


图 2-3 德令哈、都兰、诺木洪年降水量变化曲线

表 2-9 保护区德令哈等 5 站降水量的变差系数

站名	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	年
德令哈	1.40	1.00	0.90	0.55	0.50	0.60	0.72	0.95	0.34
都兰	0.72	0.91	0.68	0.45	0.55	0.60	0.64	0.92	0.28
乌兰	1.2	1.12	0.80	0.48	0.45	0.48	0.65	0.85	0.30
香日德	1.0	0.85	0.78	0.55	0.58	0.62	0.75	0.93	0.26
诺木洪	1.61	1.38	1.47	0.80	0.76	0.87	1.02	2.92	0.42

五、日照

1. 日照的空间分布

日照时数和百分率与晴天日数，云量的多寡有密切的联系，其空间分布特征一般与晴天日数、云量分布也有相互联系。如表 2-10 所示，德令哈、诺木洪两地，总云量最少，而晴天日数多，故日照时数也比较多；总云量相对多、晴天日数相对较少的香日德日照时数也少一些。但是，整个保护区的日照时数 2900~3200h，在本省虽次于位于盆地西北端的冷湖（3495.7h）和茫崖（3367.5h），但日照时数仍是十分丰富的。

表 2-10 保护区日照时数、日照百分率与云量、降水关系

地 名	日照时数	日照百分率 (%)	总云量 (成)	晴天日数 (d)
德令哈	3124.8	70	5.2	77.8
都兰	3091.8	70	5.7	61.7
乌兰	3014.4	68	5.5	80.5
香日德	2970.3	67	5.9	67.0
诺木洪	3188.5	72	5.2	75.4

2. 日照的时间变化

(1) 日照的年变化。表 2-11 给出了德令哈等 5 站月日照时数。由表看出，月日照时数最少均出现在 2 月份，此时太阳高度角低，月份日数也较少，故日照时数也最少。德令哈峰值出现在 5 月，因为此时尚未完全进入雨季，云雨相对较少，而太阳高度角已较高，所以日照充沛。都兰、香日德、诺木洪与德令哈的变化形式相似，都是谷值出现在 2 月，而峰值出现在 5 月。只有乌兰例外，峰值出现在 8 月份，而 5 月为次高值。

表 2-11 德令哈等 5 站各月日照时数 (h)

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
德令哈	2342	2286	2562	2782	2872	2680	2730	2820	2608	2738	2490	2338
都兰	2318	2204	2502	2781	2881	2683	2680	2783	2570	2717	2480	2319
乌兰	2374	2160	2346	2647	2771	2558	2704	2806	2542	2652	2418	2267
香日德	2264	2122	2397	2652	2772	2554	2546	2644	2384	2604	2485	2281
诺木洪	2310	2203	2613	2865	3041	2843	2869	2883	2631	2775	2536	2325

(2) 日照时数的年际变化。图 2-4 分别为保护区北部德令哈和东南部都兰年日照时数的年际变化图，年日照时数的变率分别为 $-2.31\text{h}/10\text{a}$ 和 $1.39\text{h}/10\text{a}$ 。经计算，乌兰、诺木洪和香日德的变率分别为 $2.37\text{h}/10\text{a}$ 、 $-2.71\text{h}/10\text{a}$ 和 $1.47\text{h}/10\text{a}$ 。保护区内虽日照时数变化率的正负号不尽一致，但变化率普遍较小，随年代的变化不明显。

表 2-12 列出了德令哈、都兰两站年、季日照时数的年代值。总的看来，各年代之间的日照时数差异不明显。

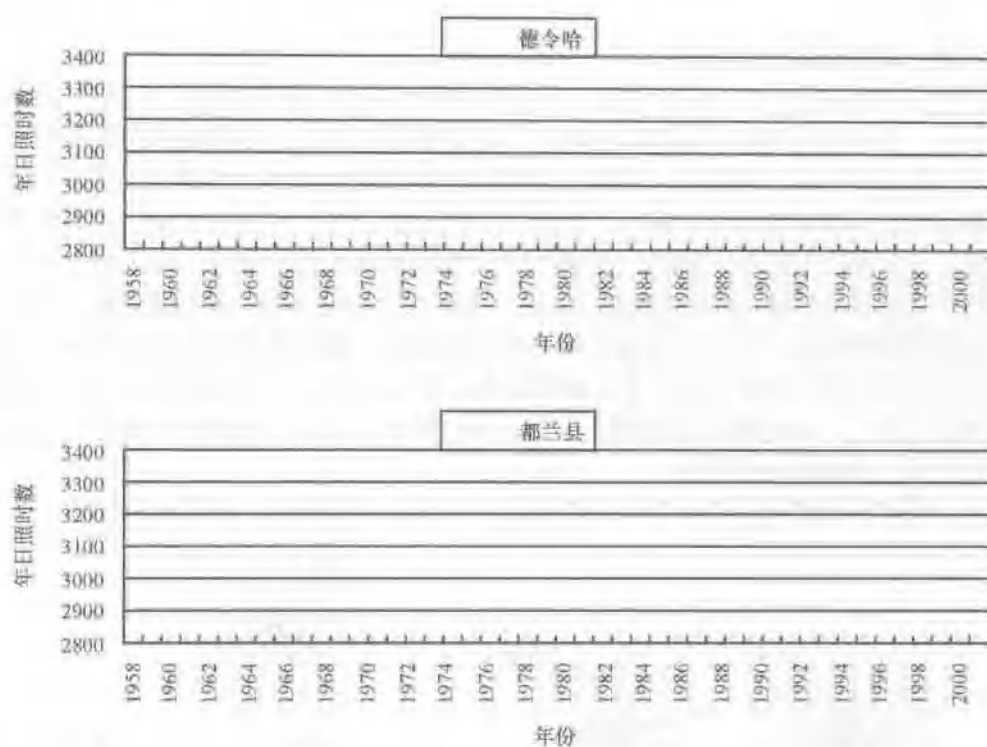


图 2-4 德令哈、都兰日照时数年际变化图

表 2-12 德令哈、都兰日照时数年代值 (h)

	年代	全年	春季	夏季	秋季	冬季	年代
都兰	50	2968.6	738.1	815.9	764.3	888.0	1956 ~ 1959
	60	3115.9	815.8	867.6	755.8	937.7	1960 ~ 1969
	70	3156.9	843.2	840.5	786.6	948.4	1970 ~ 1979
	80	3120.3	814.8	827.3	785.6	953.7	1980 ~ 1989
	90	3106.5	811.3	806.5	786.7	947.2	1990 ~ 1999
德令哈	50	3143.8	832.4	834.2	785.5	970.5	1956 ~ 1959
	60	3059.6	803.4	837.6	742.0	929.6	1960 ~ 1969
	70	3135.0	837.8	818.7	784.6	948.1	1970 ~ 1979
	80	3052.9	802.0	800.4	767.3	934.6	1980 ~ 1989
	90	3075.6	796.7	817.8	786.3	914.3	1990 ~ 1999

六、风

1. 风速、风向频率的空间分布

保护区年平均风速在 $2 \sim 4 \text{ m/s}$ 之间, 其中德令哈 2.2 m/s , 都兰 2.4 m/s , 乌兰 2.7 m/s 、香日德 3.1 m/s , 诺木洪 3.2 m/s 。南部风速稍大, 但总体差异不大。这和保护区地形相对平坦开阔有关。在这种大地形背景下, 风向与尺度更小的局地地形关系十分密切。保护区 5 个气象站多数分布在不同走向的河谷地带。如都兰位于西北 (NW) — 东南 (SE) 走向的察汗乌苏河河谷; 香日德位于西北 (NW) — 东南 (SE) 走向的香日德河河谷。由于河谷对气流的引导作用, 使许多河谷测站风向与河谷走向相一致, 而且由于山谷风的物理成因, 使得一日中风向有周期性的变化, 白天与夜晚风的方向往往相反。都兰最多风向频率为 SE、SSE 风向, 次多风向为 W 和 WNW 风向; 香日德最多风向为 SE 风向, 而与此相反的 NW 风向频率也可达到 10% 以上。由各站风向玫瑰图 (图 2-5) 看出, 各站风向频率分布特征也无不反映了局地河谷、山脉走向的影响。

此外, 保护区的静风频率在 11% (诺木洪) — 35% (德令哈), 静风频率较高。

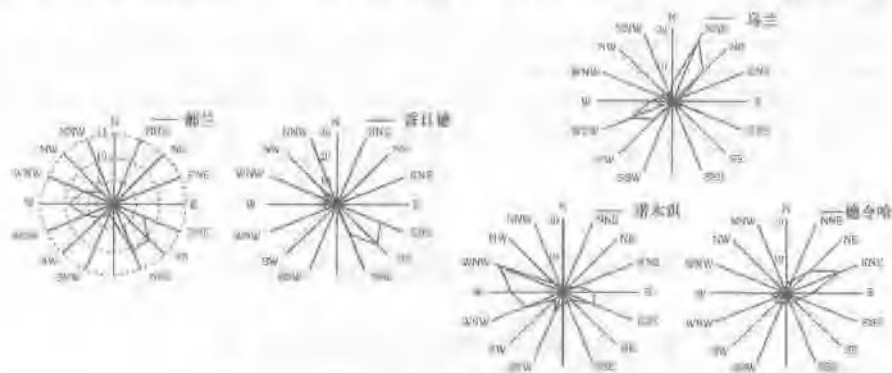


图 2-5 保护区德令哈等 5 站风向玫瑰图

2. 风速的变化

保护区风速的年变化多数为春大秋小型, 如都兰、乌兰、诺木洪, 即春季 4 月或 3 月风速最大, 秋季 9 月风速最小; 德令哈为春大冬小型, 即 5 月风速最大, 12 月风速最小; 香日德较为例外, 最大风速出现在 11 月, 而最小风速出现在 7 月和 9 月。表 2-13 列出都兰、香日德两站月风速值, 可见其年变化的差异。

表 2-13 都兰、香日德各月风速 (m/s)

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
都兰	2.3	2.4	2.7	2.8	2.7	2.3	2.2	2.1	1.9	2.1	2.4	2.3
香日德	3.3	3.4	3.4	3.6	3.3	2.7	2.4	2.5	2.4	2.9	3.7	3.6

七、气象灾害

保护区气象灾害主要有干旱、霜冻、冰雹和风沙。但是由于年降水量均不足 200 mm , 处于常年干旱或极干旱状态, 因此不再专题研究该地区旱涝发生的基本规律。此外, 冬春季降

水更少,也不易发生雪灾。

1. 霜冻

霜冻是保护区仅次于干旱的主要气象灾害,也是农作物高产、稳产和热量资源充分利用的限制因素。霜冻危害作物的实质是低温冻害。作物在不同生育阶段,抵御低温能力各不相同,统计了4~9月各级低温(最低气温)出现的频率,如表2-14所示。保护区各级低温出现的频率远比湟水、黄河谷地为高。

表 2-14 保护区4~9月各级最低气温出现的频率(%)

内容 地点	0~-2℃						<-2~-4℃						<-4~-6℃						<-6℃					
	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9	4	5	6	7	8	9
德令哈	19	9	2	0	1	9	18	5	0	0	0	5	15	3	0	0	0	3	19	2	0	0	0	1
都兰	22	11	2	0	0	9	22	5	0	0	0	3	13	1	0	0	0	1	12	0	0	0	0	0
香日德	26	7	2	0	0	4	19	3	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
诺木洪	23	8	1	0	0	7	16	3	0	0	0	2	10	1	0	0	0	1	9	0	0	0	0	0

4月0~-2℃以及-2~-4℃的出现频率都在15%以上,-4~-6℃的频率也达到9%~15%,<-6℃的频率在德令哈还达到19%。5月0~-2℃的低温出现频率在7%~11%,此外还可能出现<-2~-6℃的低温。4月的低温对春小麦前期的生长构成危害;5月的低温对小油菜前期、子叶期造成不利影响。

德令哈、都兰、乌兰、香日德和诺木洪全年霜日分别为40.3、38.5、33.2、22.6和60.2日。诺木洪霜日最多。保护区霜冻危害的程度是比较严重的。例如,1975年6月15~16日出现的严重霜冻,在当时的德令哈农场,成灾面积达2570.8hm²,其中粮食183.6hm²,油菜142hm²,其他作物5942hm²。

2. 冰雹

冰雹是保护区重要气象灾害之一,但由于水汽条件比青海省祁连山区青海南部高原要差,故冰雹日数也要少得多。各月冰雹日数见表2-15。

表 2-15 保护区冰雹日数(d)

站名	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	年
德令哈		0.4	0.8	0.5	0.5	0.3	0.1	2.5
都兰		0.3	0.7	0.6				1.8
乌兰		0.1	0.2	0.3	0.1			0.6
香日德		0.1	0.2	0.3				0.7
诺木洪	0.1	0.1	0.1	0.1				0.4

保护区北部虽然总体上雹日数并不多,但遇到强对流天气时,也可发生强度很大的雹灾。例如1974年7月12、23、24日德令哈地区遭受严重雹灾,雹块直径一般1cm左右,最大的达到3cm,这在全省也是罕见的强冰雹。

3. 风沙

由表2-16看出,保护区大风日数在12.4~50.0日之间,在诺木洪附近,海拔高出诺木

洪测站的山区大风日数会更多。还可看出,大风日数主要集中在3~6月份,约占全年大风日数的52%(香日德)~71%(都兰)。年沙尘暴日数约3~5d,即保护区多年平均情况下每年要出现3场以上沙尘暴天气。沙尘暴日数主要集中在2~5月,约占全年沙尘暴日数的70%(诺木洪)~90%(乌兰)。大风日数空间分布与沙尘暴日数的空间分布关系极为密切。显然,在大风日数多,因降水量少致使植被覆盖度低的诺木洪地区,其沙尘暴日数也是保护区最多的。相反,在都兰、乌兰两地大风日数较少,降水相对较多致使植被覆盖度较高,沙尘暴日数也相应最少。

表 2-16 保护区大风、沙尘暴日数 (d)

项目	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	年
大 风	德令哈	0.8	1.3	3.6	3.6	4.3	3.8	2.6	1.9	0.6	0.9	0.6	0.2	24.1
	都兰	0.3	1.0	2.0	2.7	2.4	1.7	0.9	0.6	0.3	0.2	0.2	0.2	12.4
	乌兰	0.3	1.5	2.6	2.4	2.5	1.1	0.9	0.8	0.2	0.3	0.6	0.3	13.4
	香日德	1.8	1.8	2.3	3.1	2.4	1.7	0.8	0.6	0.4	0.5	1.5	1.5	18.4
	诺木洪	1.9	3.5	7.3	9.1	7.9	5.0	4.1	3.1	2.3	2.3	1.9	1.6	50.0
沙 尘 暴	德令哈	0.3	0.5	0.9	0.9	0.4	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.1	3.6
	都兰	0.0	0.2	0.5	0.9	0.6	0.2	0.1	0.1	0.0	0.2	0.1	0.0	2.9
	乌兰	0.1	0.8	0.7	0.7	0.4	0.1	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	2.9
	香日德	0.1	0.4	0.7	0.9	0.3	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
	诺木洪	0.3	0.6	1.0	1.0	0.7	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	4.7

八、气候资源的评价与利用

1. 热量资源

保护区农、林、牧业发展,种植哪一类作物,适生树种的选择,耕作制度的确定,在很大程度上取决于积温的多少。表 2-17 给出了保护区 5 个气象站各界限温度初、终日、初终间日数和积温。由表看出,保护区 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温大致在 2200~2600 $^{\circ}\text{C}$ 之间,初终间日数 200~230 日,是青海省热量资源丰富的地区之一。 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温和初终间日数,也反映了热量资源比较丰富,仅次于青海省东部湟水、黄河谷地。比较而言,保护区西南部诺木洪地区的热量资源更为丰富一些。

表 2-17 德令哈等 5 站界限温度初终日及积温

站名	$\geq 0^{\circ}\text{C}$				$\geq 5^{\circ}\text{C}$				$\geq 10^{\circ}\text{C}$				作物生 长季 积温 ($^{\circ}\text{C}$)	作物生 长季 日数
	初日	终日	初终间 日数	积温	初日	终日	初终间 日数	积温	初日	终日	初终间 日数	积温		
德令哈	27/3	28/10	216	2365	21/4	8/10	171	2213	2/6	15/9	106	1600	2185	182
都兰	3/4	25/10	206	2303	1/5	3/10	158	1838	15/6	7/9	85	1190	1938	181
乌兰	25/3	27/10	217	2215	28/4	10/10	167	2037	5/6	15/9	103	1460	2123	194
香日德	24/3	29/10	220	2314	21/4	8/10	172	2142	3/6	13/9	103	1490	2234	197
诺木洪	21/3	30/10	225	2560	16/4	14/10	182	2419	16/6	20/9	129	1950	2414	193

2. 水分资源

此处水分资源仅指自然降水。水分资源能否得到充分利用,主要视作物、牧草的生长季内的降水量占年降水量百分率的高低。一般本保护区具有雨热同季的气候特点,水分资源能得到较好的利用。表2-18列出了德令哈等4站作物和牧草生长季降水量及其占年降水量的百分率。与本省其他各地相比较,保护区降水量的利用率还是很高的。然而,由于降水总量小、年降水量不足200mm,故保护区接受的自然降水远不能满足农作物和牧草正常生长发育,是本地区天然植物稀疏、乔灌木植株矮小、发育不良的主要原因。因此,保护区绿洲农业用水主要依赖于高山冰川、积雪融水的灌溉。

表2-18 生长季降水量及其占年降水量百分率

地名	作物生长季降水量 (mm)	%	牧草生长季降水量 (mm)	%
德令哈	158	90	162	92
都兰	146	82	150	85
香日德	139	86	143	88
诺木洪	36	91	38	96

3. 光能资源

光能资源除前用日照时数、日照百分率来表征外,更具实际意义的是太阳辐射量。将保护区气象站用经验公式计算的辐射量列于表2-19。

表2-19 德令哈等4站月、年太阳辐射量 (MJ/m²)

地名	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年
德令哈	373	431	590	716	791	770	738	733	611	532	398	339	7042
都兰	385	431	595	712	795	770	758	729	607	532	406	352	7067
香日德	377	423	574	678	766	758	745	703	590	519	406	352	6883
诺木洪	385	435	611	733	821	791	795	741	624	548	414	352	7247

根据全省太阳能资源区划,诺木洪属于太阳能资源特丰且利用佳期长区,是青海省太阳能资源利用前景最好的地区;德令哈、都兰、乌兰、香日德属太阳能资源特丰且利用佳期较长区,也是全省太阳能资源具有广阔开发前景的地区。由此可见,保护区光能资源特别丰富,极具开发前景,完全能满足作物、牧草光合作用的需求。

4. 风能资源

目前国内外运用风力发电机来利用风能资源,通常将“起动风速”到“停机风速”之间的风能称为“有效风能”,期间的累计时数称为“有效风能时数”。在我国目前多取3~20m/s范围产生的风能作为有效风能。根据风能区划,全省分为风能资源丰富区、较丰富区、可利用区、季节利用区和贫乏区。表2-20列出了德令哈等4站风能的计算结果。

保护区中诺木洪地区、香日德西部、乌兰北部属风能可利用区,年平均有效风能406~526kW·h/m²,年平均有效风能累计时数4060~5240h,出现频率46%~60%;香日德东部、北部、乌兰南部属风能季节利用区,年平均有效风能215~390kW·h/m²,年平均有效风能累计时数2570~5030h,出现频率29%~57%;德令哈、都兰属风能贫乏区,年平均有效风能

150~197kW·h/m², 年平均有效风能累计时数 1280~3290h, 出现频率 15%~38%。由此可见, 保护区香日德致诺木洪一带具有风能开发的较大潜力, 而其他地区开发, 利用的价值不大。保护区大部分地区春季到初夏时间是风能利用相对较好的时期, 而香日德主要在秋末和冬季。

表 2-20 年有效风能储量 (kW·h/m²) 和连续最多最少时段*

年有效风能		连续最多时段			连续最少时段		
		月份	有效风能	占年储量 (%)	月份	有效风能	占年储量 (%)
德令哈	177.31	3~6	89.0	50.2	10~1	28.61	16.1
都兰	191.78	2~5	90.47	47.2	7~10	40.27	21.0
香日德	390.21	11~2	189.53	48.6	6~9	66.00	16.9
诺木洪	504.43	3~6	276.02	54.7	9~12	102.48	20.3

* 引自青海省气象局科教处《青海风能手册》。

5. 气候资源的综合利用和评价

保护区由于地势比较平坦开阔, 地理条件较为相似, 气候类型较为单一, 都属于凉温干旱、极干旱农林牧气候区。区内年平均气温 0~5℃, 最暖月平均气温 13~17℃, 最冷月平均气温 -9~-14℃, $\geq 0^\circ\text{C}$ 积温 2000~2800℃, 作物生长季 150~200d, 牧草生长季 190~215d; 年降水量 200mm 以下, 诺木洪仅 44.3mm, 年湿润系数小于 0.2; 年日照时数 2900~3200h, 年总辐射量 6800~7300MJ/m², 可见保护区内光能资源丰富, 热量资源一般也可满足春小麦的正常生长, 但水分奇缺, 严重限制了光、热资源的充分利用。保护区中耕田以块状分布于山麓洪积扇的中下部, 同时可用祁连山和昆仑山的冰雪融水来灌溉。因此, 德令哈南部、香日德、诺木洪等地有水利灌溉条件的地方绿洲农业发展条件比较好。保护区内不少地区为流沙和风蚀裸地, 寸草不生, 因此可利用草地面积很小, 而且植被稀疏, 群落结构简单, 以超旱生灌木和半灌木为主。

保护区农业生产有利的条件是: 夏秋没有炎热高温, 作物没有内地常见的“午睡现象”; 春季温度回升早, 但幅度比内地小, 使麦类的分蘖—拔节期增长; 夏秋温度较低, 使灌浆成熟期较长, 因此养分积累多、颗粒大, 千粒重也高; 日较差大, 夜间温度较低, 可以减少作物呼吸消耗, 使光合作用效率增高, 有利于碳水化合物和糖分的积累。不利的气候条件, 最突出的是干旱少雨。作物在生长季内的湿润系数多在 0.2 以下。因此, 农业全靠灌溉, 没有灌溉便没有农业, 水制约着保护区农业的发展, 也制约着畜产品数量的增加, 限制了牧业产值的提高。另外, 保护区霜冻危害比较严重, 尤其是德令哈地区, 早霜冻相当普遍, 这主要是这些地区纬度较偏北, 而且地形低陷, 冷空气易于积聚, 所以不宜多种晚熟的春小麦。区内多大风, 风沙危害也十分普遍。为逐渐改善保护区的生态条件, 应改变单一的农业经济结构, 扩大林牧比重, 把保护并发展现有乔灌木资源放在首要位置, 建立护田林网、营造小片人工林、人工饲草基地相结的体系, 扩大地表绿色植被面积, 借以削弱风沙活动的程度, 使生态系统逐渐趋于平衡。

第四节 水 文

水资源是自然保护区存在和发展的一个重要因素。水资源量的多少、时空分布、动态变化趋势以及水质的优劣,与自然保护区的关系极为密切。地表水及地下水在排泄和被消耗的过程中互相交替转化,但它们的基本补给来源均为大气降水。山体对降水的影响十分显著,根据经验,在一定范围内,地势每升高 100m,降水将增加约 33mm。因此,本区南侧的布尔汗布达山,对众多河流的形成具有举足轻重的影响。形成的主要河流有香日德河、巴音河、诺木洪河、察汗乌苏河等,河水流出口或冲积扇前缘下渗为地下河,在细土带下缘或沼泽上缘溢出。

一、地表水资源

1. 主要河流

本区主要河流为香日德河、巴音河、诺木洪河、察汗乌苏河、沙柳河、都兰河等,香日德河是本区最大的一条河流。

(1) 香日德河。香日德河上游分东西两岔,各有一调节湖泊,东岔是主流,发源于果洛州阿尼玛卿山的长石头山加么吻,向西北流入托素湖(冬给错纳湖),湖水面积 253km²,蓄水量 75.28 亿 m³,湖最大水深 86m。在托素湖以上称东曲,长 110km,集水面积 1443km²。西岔发源于布尔汗布达山的札柯得东侧,向东流 57km 入阿拉克湖,集水面积 1443km²,湖水面积 35km²,出湖后称红水川河。两岔汇合后称洪水河,与清水河汇合后称香日德河,流到香日德大桥,潜流 20km 后在小柴旦附近又溢出地表,此后该河称巴颜河,即柴达木河。香日德河总长 231km,集水面积 12 339km²,河道平均比降 7.08‰,多年平均径流量 4.53 亿 m³。

(2) 巴音河。巴音河又名巴音郭勒,发源于海西州德令哈市北部的巴拉哈牙麻托西北海拔 4821m 高地。源头河道走向从北向南,至乌兰哈德拜合乞诺尔东约 6km 处转向东流,在昂格勒郭勒汇口以上至河源,河道为季节河,干流到拜勒其尔,河道进入峡谷,峡长约 21km,走向转为从北向南,山口以下河名为巴音河,流向又转为从东向西,水流常年呈断续状态。约 45km 处进入德令哈市,干流走向转为从北向南,地势平坦,水流分散,约 27km 至唐和,流向又转为从东向西,水流较集中,多弯道。唐和至河口,沿河两岸有多处绿洲分布,并有大面积沼泽。约 51km 进入克鲁克湖,干流长 308km,河源至德令哈市 208km,流域面积 7281km²,河道平均比降 0.65‰,多年平均径流量 3.32 亿 m³。

(3) 诺木洪河。诺木洪河发源于都兰县境内西南部布尔汗布达山海德乌拉西侧,河源海拔 4886m。上游分东西两支,皆名哈拉郭勒,西支河道较长,为干流,源头河道走向自西向东,从河源起至八宝山 30km 余为季节性河流,河谷开阔平坦,至八宝山附近,河水以泉的形式涌出地面,河名为八宝郭勒,以下河道常年有水,东支哈拉郭勒汇口以下河道走向改为从南向北,进入峡谷,河名为诺木洪郭勒,太门可锥以下称诺木洪河,太门可锥以下 18km 处,河谷渐宽,自金水口附近河道出山口,进入宽阔滩地。诺木洪农场灌区以下水流分散,为大面积沼泽,最终汇入南霍布逊湖。河长 165km,河道平均比降 1.304‰,距河源 123km 以上流域面积 3773km²,多年平均径流量 1.55 亿 m³。

(4) 察汗乌苏河。察汗乌苏河发源于鄂拉山。源区山地为柴达木内陆流域与黄河支流大

河坝河, 曲什安河的分水岭。虽偶有超过海拔 5200m 的高峰, 但多数山峰海拔不足 5000m, 相对高度小而坡度和缓, 高原特征显著, 不利于形成多年积雪, 加上固态降水不多, 故冰川和多年积雪均无从发育。该河上游称为拉窝河, 察汗乌苏河源为柴达木河上游的北支, 至都兰以西和以北, 因地表覆盖大片流动沙丘, 河水渗入地下, 终与柴达木河失掉地表径流联系。察汗乌苏河自源头至察汗乌苏段长约 123km, 河道平均比降 1.258%, 流域面积 4434km², 多年平均径流量 1.54 亿 m³。

2. 河川径流量

本区属内陆河流域, 香日德河设有香日德水文站, 巴音河设有德令哈水文站, 诺木洪河设有诺木洪水文站, 察汗乌苏河设有察汗乌苏水文站, 沙柳河设有查查香卡水文站, 都兰河设有上杂巴水文站, 其多年平均径流量见表 2-21。对于没有水文站控制的夏日哈河, 收集本区内外河流控制测站, 点绘径流深等值线图, 量算出相应河流径流量; 对于有水文站控制的河流, 因控制站在河流出口处, 测站以下为径流失散区或非产流区, 故测站以上径流量即为流域径流量。各河流地表水资源量计算结果见表 2-22。

表 2-21 保护区主要河流控制测站多年平均径流量

河 流	控制测站	集水面积 (km ²)	天然河川径流量 (10 ⁸ m ³)
香日德河	香日德	12 339	4.530
巴音河	德令哈	7281	3.323
诺木洪河	诺木洪	3773	1.545
察汗乌苏河	察汗乌苏	4437	1.540
沙柳河	查查香卡	1965	0.6503
都兰河	上杂巴	1107	0.4330

表 2-22 保护区主要河流地表水资源量

河 流	香日德河	巴音河	诺木洪河	察汗乌苏河	沙柳河	都兰河	夏日哈河
流域径流量 (10 ⁸ m ³)	4.530	3.323	1.545	1.540	0.6503	0.4330	0.1926

3. 湖泊及冰川

湖泊对调节河流径流、繁衍水生生物、提供工农业生产用水及人畜饮水等发挥重要作用。本区主要咸水湖泊有南北霍布逊湖、托素湖, 尕斯库勒湖, 淡水湖有克鲁克湖、阿拉克湖。主要湖泊总面积为 506km², 总储水量约 56 亿 m³, 其中淡水湖面积 93.6km², 储水量 7.84 亿 m³ (表 2-23)。此外, 尚有玛多县境内的托素湖 (淡), 对本区香日德河径流量起着重要的调节作用。

表 2-23 主要湖泊特征统计表

湖泊名称	北纬	东经	面积 (km ²)	水量 (亿 m ³)	水面高程 (m)
南霍布逊湖	36°44'	95°43'	74.3	15.0	2676
北霍布逊湖	36°55'	95°56'	108	3.2	2676
托素湖	37°09'	96°56'	193	29.0	2811
尔海	37°08'	97°34'	37.1	1.0	2851
克鲁克湖	37°17'	96°54'	58.6	2.9	2817
阿拉克湖	35°34'	97°07'	35.0	4.9	4094

冰川是指寒冷地区多年积雪经过变质成冰,在重力作用下能自行流动,并具有一定形态的冰体。本区冰川主要分布在昆仑山、祁连山山脉的高山区,按流域主要分布在巴音河和香日德河上游高山区,总面积约 18.57km²。冰川将水以固体形式贮存起来,夏季消融补充水源,是本区重要的水源涵养形式之一。

二、河川径流特征分析

1. 河川径流年内分配

本区河流河川径流量,除察汗乌苏河、沙柳河集中分布在 4~7 月、都兰河集中分布在 5~8 月外,其余集中分布在 6~9 月。其中,香日德河 6~9 月径流量占年总量的 52%,巴音河 6~9 月径流量占年总量的 50%,诺木洪河 6~9 月径流量占年总量的 40%,察汗乌苏河 4~7 月径流量占年总量的 55%,沙柳河 4~7 月径流量占年总量的 45%,都兰河 5~8 月径流量占年总量的 45%。主要河流丰枯期径流分配见表 2-24。

表 2-24 主要河流丰枯期径流分配

河 流	香日德河	巴音河	诺木洪河	察汗乌苏河	沙柳河	都兰河
测 站	香日德	德令哈	诺木洪	察汗乌苏	查查香卡	上尕巴
连续最大 4 个月径流量占年 总量的百分比 (%)	52	50	40	55	45	45

香日德河最大月径流出现在 7 月份,汛期各月径流量占年总量的 10.6%~16.4%,枯期各月径流占年总量的 3.4%~9.3%。巴音河最大月径流出现在 7 月份,汛期各月径流量占年总量的 9.9%~14.8%,枯期各月径流占年总量的 5.9%~7.2%。诺木洪河最大月径流出现在 7 月份,各月径流变化平缓,汛期各月径流量占年总量的 8.7%~11.7%,枯期各月径流占年总量的 6.5%~8%。察汗乌苏河径流年内分配差别最大,最大月径流出现在 4 月份,汛期各月径流量占年总量的 11.7%~16.7%,枯期各月径流仅占年总量的 0.9%~11.5%。沙柳河最大月径流出现在 4 月份,汛期各月径流量占年总量的 10.5%~11.8%,枯期各月径流仅占年总量的 5.1%~9.6%。都兰河最大月径流出现在 7 月份,汛期各月径流量占年总量的 9.0%~12.8%,枯期各月径流仅占年总量的 5.9%~8.9%。

2. 河川径流年际变化

(1) 年际变幅。河川径流的年际变化,可用变差系数 C_v 值来反映径流量年际间变化的离散程度。 C_v 值愈大,离散程度愈大,径流年际间波动愈大,年际变化也就愈不稳定; C_v

值愈小,离散程度愈小,径流年际间的波动愈小,年际间的变化也就较为稳定。河川径流年际间出现的最大值和最小值,又反映了径流年际变化的范围。本区主要河流年径流变差系数 C_v 值为 0.16~0.53。 C_v 值的大小主要与径流补给方式有关,以地下水补给为主的河流,其年际变化较小,如巴音河、诺木洪等河流;受雨雪水补给的河流,年际变化较大,如香日德、察汗乌苏等河流。察汗乌苏河径流 C_v 值达到 0.53。本区河流最大径流量的距平率为 62.8%~154.7%,察汗乌苏河达到 154.7%,最小径流量距平率为 -72.9%~-21.9%,最大值与最小值之比为 2.08~9.41 倍,察汗乌苏河达到 9.41 倍(表 2-25)。主要河流控制站年径流过程见各站年径流过程线图。

年径流变差系数 C_v 值、径流年最大值与最小值之比值,从两个角度反映了年径流变化的稳定程度,及可供水量的稳定程度。 C_v 值和 $W_{\max}/W_{\min}$ 值愈小,年径流变化的稳定程度越高,可供水量的稳定性也就越高。

表 2-25 保护区主要河流河川径流变化特征

河 流	控制测站	多年平均 径流量 W (亿 m^3)	年径流变差 系数 C_v	最大年径 流量 $W_{\max}$ (亿 m^3)	最小年径 流量 $W_{\min}$ (亿 m^3)	最大径流 量距平率 $W_{\max}-W$ W	最小径流 量距平率 $W_{\min}-W$ W	最大最小比值 $W_{\max}/W_{\min}$
香日德河	香日德	4.530	0.35	8.055	2.444	0.778	-0.460	3.30
巴音河	德令哈	3.323	0.18	5.561	2.337	0.673	-0.297	2.38
诺木洪河	诺木洪	1.545	0.16	2.516	1.207	0.628	-0.219	2.08
察汗乌苏河	察汗乌苏	1.540	0.53	3.923	0.4169	1.547	-0.729	9.41
沙柳河	查查香卡	0.6503	0.23	1.056	0.4274	0.624	-0.343	2.47
都兰河	上尕巴	0.4330	0.26	0.9557	0.2780	1.207	-0.358	3.44

(2) 丰枯水变化周期。选择具有较长系列的香日德、德令哈、诺木洪、察汗乌苏、上尕巴 5 个代表站,采用 1956~2000 年 45 年的同步期系列,绘制年径流模比系数差积曲线图,分析丰、枯变化情况。

由年径流模比系数差积曲线图看出:德令哈、上尕巴站表现为一种多峰式的过程,说明年际间丰、枯变化较为频繁,且变幅较大;而香日德、诺木洪、察汗乌苏站则表现为一种“V”形的过程,说明径流年际间丰、枯持续时间较长,变幅较大。

巴音河德令哈站有两个丰枯水循环周期,第一周期 1958~1977 年,枯水期 1958~1963 年,丰水期 1964~1977 年;第二周期 1978~1989 年,枯水期 1978~1980 年,丰水期 1981~1989 年。

都兰河上尕巴站有两个丰枯水循环周期,第一周期 1960~1976 年,枯水期 1960~1966 年,丰水期 1967~1976 年;第二周期 1977~1993 年,枯水期 1977~1985 年,丰水期 1986~1993 年。

诺木洪河、香日德河、察汗乌苏河均只有一个丰枯水段。诺木洪、察汗乌苏河枯水期 1956~1966 年,丰水期 1967~1993 年;香日德河枯水期 1956~1967 年,丰水期 1968~1993 年。

3. 典型年各河流径流量

典型年河川径流量,根据径流量频率计算挑选,采用皮尔逊Ⅲ型频率适线法计算。在进

行频率适线计算时,对出现个别特大值未作处理,适线满足绝大部分点据的拟合要求,照顾到各种典型年保证率需要。各种保证率采用 $P=20\%$ 的偏丰年, $P=50\%$ 的平水年, $P=75\%$ 的偏枯年, $P=95\%$ 的枯水年。主要河流控制站各种典型年径流量见表 2-26, 主要河流各种典型年径流量见表 2-27。在频率适线计算时, 倍比系数 C_s/C_v 根据各河流的水文特性, 采用了相应的数值。

表 2-26 主要河流控制站不同频率地表水总量 (单位: 亿 m^3)

河流	控制站	C_v 值	适线 C_s/C_v	$P=20\%$		$P=50\%$		$P=75\%$		$P=95\%$	
				径流量	典型年	径流量	典型年	径流量	典型年	径流量	典型年
香日德河	香日德	0.35	2	5.78	1985	4.35	1967	3.39	1964	2.27	1961
巴音河	德令哈	0.18	2	3.81	1983	3.28	1968	2.90	1980	2.40	1961
诺木洪河	诺木洪	0.16	2	1.75	1975	1.54	1969	1.38	1959	1.17	1962
察汗乌苏河	察汗乌苏	0.53	2	2.15	1987	1.40	1984	0.94	1957	0.48	1966
都兰河	上苏巴	0.26	2	0.52	1967	0.42	1994	0.35	1999	0.26	1966

表 2-27 保护区主要河流不同频率地表水总量 (单位: 亿 m^3)

河流	$P=20\%$	$P=50\%$	$P=75\%$	$P=95\%$
香日德河	5.78	4.35	3.39	2.27
巴音河	3.81	3.28	2.90	2.40
诺木洪河	1.75	1.54	1.38	1.17
察汗乌苏河	2.15	1.40	0.94	0.48
沙柳河	0.77	0.64	0.54	0.43
都兰河	0.52	0.42	0.35	0.26
夏日哈河	0.27	0.18	0.12	0.06

三、地表水资源动态趋势分析

选择区内香日德、德令哈、诺木洪站,采用方差分析法,对香日德河、巴音河、诺木洪河地表径流变化过程进行周期波识别,然后用周期波叠加法,对地表径流量未来变化趋势进行预测,预测结果见表 2-28。

20 世纪 90 年代,区内各河流天然地表径流量比多年均值略偏小,属平水年,从预测结果来看,至 2000 年,较多年均值偏多。

区内香日德河流域 2003-2010 年间,水量偏丰年为 2003 年、2004 年、2006 年、2010 年,水量分别超出多年均值的 17.4%、46.3%、30.0%、30.8%; 枯水年出现在 2007 年、2008 年,水量比多年平均要少 27.5%、21.2%。

巴音河流域水量偏丰年为 2005 年、2006 年、2008 年、2009 年,水量分别超出多年均值的 23.3%、46.9%、11.4%、11.4%; 枯水年出现在 2003 年、2007 年、2010 年,水量比多年平均要少 25.5%、17.3%、13.7%。

表 2-28 保护区各水文站未来地表水量预测 (单位: 10^8 m^3)

世纪	20 世纪					21 世纪
年代	50 年代	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代	2000 年
香日德	3.08 偏枯	3.66 偏枯	4.68 平水	5.98 偏丰	4.47 平水	4.95 偏丰
德令哈	3.27 平水	3.25 平水	3.36 平水	3.63 偏丰	3.08 平水	3.53 偏丰
诺木洪	1.33 偏枯	1.46 平水	1.64 平水	1.70 偏丰	1.49 平水	1.65 偏丰

诺木洪河流域水量偏丰年为 2006 年、2008 年、2009 年, 水量分别超出多年均值的 8.9%、45.2%、26.5%; 枯水年出现在 2004 年, 水量比多年平均要少 28.1%。

通过预测可得出以下结论, 本区内水文站地表径流量多年平均不会发生太大变化, 与实测多年均值相差不远 (表 2-29), 但在多年丰枯期的交替转换中, 偏向丰水期转化趋势。这说明在未来 10 年, 青海省柴达木梭梭林自然保护区内各河流地表径流总量是稳定的。

表 2-29 保护区各水文站天然地表径流量多年均值预测

站 名	香日德	德令哈	诺木洪
实测多年均值 (亿 m^3)	4.530	3.323	1.545
预测多年均值 (亿 m^3)	4.605	3.361	1.564
相 差 (%)	1.7	1.1	1.2

四、地下水资源

本区地下水从其形成的特征和其存在的形式来看, 主要有山地基岩裂隙水、洪积砾石层潜水、洪积—湖积层潜水和自流水、洪积平原自流水 4 种类型。根据地貌类型分布在石山区、冲洪积平原和河湖积平原。

1. 地下水类型

(1) 山地基岩裂隙水。本区山地周围的前震旦系和古生界岩层, 节理、裂隙都比较发育, 特别是海相灰岩分布区存在溶洞, 侏罗系陆相含煤构造蕴藏层间裂隙承压水。在一般情况下, 这些地下水以泉水形式流入深切河谷, 也有的直接渗入盆地边缘深厚洪积砾石层。

(2) 洪积砾石层潜水。洪积扇的组成主要为砂砾, 当有河流流经时, 富水性强而成为地下潜水, 潜水藏深达 50m 以下, 一般由上部向下部传递, 埋藏深度自洪积扇上部向下部递减。

(3) 洪积—湖积层潜水和自流水。在洪积扇边缘与湖积平原交界处, 由于土质的变化使洪积砾石层潜水在这一交界处渗出。由于透水层和不透水层相间分布, 往往形成承压水。水质一般矿化度较低, 仅在最接近湖积平原处, 才转变为微咸或咸水。

(4) 洪积平原自流水。洪积平原组成物质主要为黏土和淤泥, 并夹有盐类沉积。在第四纪湖相沉积层下的第三纪地层中, 往往存在含淡自流水层。据资料, 已知最大埋深可达 1500m, 可能与山区地下径流有联系。

2. 地下水资源量

诺木洪以西潜水厚度 320m, 清水河以东大于 200m, 察汗乌苏以北大于 30m, 山区基岩裂隙水渗透系数 $11 \sim 281\text{m/昼夜}$ 之间, 单位涌水量 $5.0 \sim 111.67\text{L/s.m}$, 矿化度小于 1.0g/L , 山前冲积扇与扇裙细土交界处潜水平涌量 $0.1 \sim 0.2\text{L/s}$, 矿化度 $0.3 \sim 3\text{g/L}$, 地下水埋深较浅处, 矿化度有的高达 30g/L 。

地下水资源量, 通常为山丘区地下水资源量与平原区地下水资源量之和, 扣除山丘区与平原区地下水重复计算量。山丘区通常采用排泄量总和法计算, 即山丘区地下水资源量, 等于山丘区多年平均河川径流的基流量与河床潜流量及山丘区地下水向平原区的侧向排泄量之和。平原区地下水通常采用补给量总和法计算, 即平原区地下水天然资源量, 等于平原区降水入渗补给量与山前侧向流入量及地表水体入渗补给量之和。平原区河川基流量与山前侧向流入量之和, 即为平原区与山丘区地下水资源重复计算量。本区主要河流流域地下水资源量见表 2-30。

表 2-30 保护区主要河流流域地下水资源量

河 流	香日德河	巴音河	诺木洪河	察汗乌苏河	沙柳河	都兰河	夏日哈河
全流域径流量 (10^8m^3)	4.142	2.929	1.413	1.408	0.5946	0.3794	0.1751

五、“三水”关系分析

“三水”关系指降水、地表水、地下水三者之间的转化和平衡关系, “三水”转化直接影响区域水资源的时空分布。考虑地形、地貌、水文地质、气候等自然条件因素, 本区大致可分为山丘区、平原区两类。

山丘区按海拔、自然条件和降水方式的不同, 又可分为中山区和低山区。中山区植被较好, 降水相对较多, 比较有利于形成径流, 地表水、地下水的补给来源一部分为降水, 一部分为冰雪融水补给。在低山区, 降水量少, 植被稀疏, 蒸发量大, 不利于径流的形成。少量的降水全部蒸发, 降水量大时, 小部分补给地表水, 只有极少量下渗补给浅层地下水。在河流出山口, 地下水除河流潜流、山前侧渗部分直接补给平原区地下水外, 其余受山前构造带阻隔, 成为河床基流。虽然河水和地下水可能存在几次的转化和交换, 但总体而言, 山区的地下水补给地表水。

平原区有许多冲积、洪积扇和湖积平原, 也称山前平原。由于地势相对平坦, 蒸发量大, 降水很难形成地表径流或补给地下水。河流出山后直接与冲积、洪积扇接触, 河床及其以下地层又均为大孔隙的卵砾石层, 透水性极强, 河水大量渗漏补给地下水。在平原区的细土带, 由于含水层岩性较细, 水位高, 地形坡度突然转折等原因, 致使地下水渗出, 形成泉水溢出带。在平原区, 以地表水补给地下水为主。

六、水资源总量

由于地表水与地下水之间存在频繁的转换和重复关系, 在计算水资源总量时, 就不能简单地将地表水资源与地下水资源相加而得, 还应当再扣除二者之间的重复量之后才是实际的水资源总量, 重复量为山丘区河川基流量与平原区地表水体入渗补给量之和, 再扣除河川基流入渗补给平原区地下水的量。计算结果见表 2-31。

表 2-31 保护区主要河流水资源总量 (单位: 亿 m^3/a)

河 流	地表水资源量	地下水资源量	重复水量	水资源总量
香日德河	4.530	4.142	2.925	5.747
巴音河	3.323	2.929	2.705	3.547
诺木洪河	1.545	1.413	0.998	1.960
察汗乌苏河	1.540	1.408	0.984	1.954
沙柳河	0.650	0.595	0.420	0.825
都兰河	0.433	0.379	0.290	0.522
夏日哈河	0.193	0.176	0.124	0.245

第五节 区域水文地质

一、水文地质分区

保护区在地域上位于祁连山脉宗务隆山与昆仑山脉布尔汗布达山之间的柴达木盆地东部地带。其间由于北西西—南东东向展布的欧龙布鲁克山—泉水梁—德南丘陵—牦牛山和阿木尼克山—达达肯乌拉山—大浪土尔岗丘陵—乌依奥木克山的分隔,由北至南形成了如下 6 个水文地质区 13 个亚区。

I 区: 德令哈冲洪积平原——库尔雷克湖、托素湖冲湖积平原松散岩类孔隙潜水——承压自流水分布区;

II 区: 欧龙布鲁克山区基岩裂隙水及碳酸盐岩类裂隙岩溶水, 泉水梁——德南丘陵区碎屑岩类裂隙孔隙水, 牦牛山区基岩裂隙水及碳酸盐岩类裂隙岩溶水分布区;

III 区: 欧阿谷地——东灶火谷地松散岩类孔隙潜水分布区;

IV 区: 阿木尼克——达达肯乌拉山区基岩裂隙水及碳酸盐岩类裂隙岩溶水分布区与达达肯乌拉——大浪土尔岗丘陵区碎屑岩类裂隙孔隙水分布区;

V 区: 巴隆——诺木洪冲洪积平原——冲湖积平原松散岩类孔隙潜水及承压自流水分布区;

VI 区: 布尔汗布达山区基岩裂隙水及碳酸盐岩类裂隙岩溶水分布区。

以阿木尼克山——达达肯乌拉山——大浪土尔岗丘陵为界可分为北部区和南部区, 北部区以低山丘陵及山间谷地为主, 南部以冲洪积冲湖积平原为主。

二、地下水的赋存条件及分布规律

地下水的赋存条件和分布规律, 严格受区域地貌、地质构造、地层岩相、气象、水文等条件的控制, 由山区到盆地具有明显的分带规律。

1. 山区

北部区的欧龙布鲁克山、阿木尼克山、达达肯乌拉山, 牦牛山和南部的布尔汗布达山基岩山区, 在地貌上属侵蚀、剥蚀构造中、高山, 地层为元古界、古生界的变质岩、碳酸盐岩夹碎屑岩及华力西期中酸性侵入岩, 因受历次构造运动的影响, 断裂、裂隙发育, 为基岩裂隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水创造了良好的贮存空间。

在北部区因山体单薄,汇水面积小,山势低矮,海拔一般在3500~4000m,大气降水稀少,无终年积雪,受控于上述原因,所能汇集到的降水量自然不多,加之山势陡峻,沟谷深切,地表径流条件良好,大部分降水以地表洪流的形式进入盆地,仅有少量降水渗入补给地下水,以沟谷潜流的形式进入盆地(谷地)。所以山区泉点稀少,流量小,水质差,地下水贫乏。

在南部区,布尔汗布达山山体浑厚,汇水面积较大,海拔高度多在4000m以上,降水相对较多,补给条件相对较好,地下水相对丰富。

2. 丘陵区

丘陵区海拔高度一般在2800~3200m,地层为中、新生界的砂砾岩、砂岩、泥岩,构造上为短轴背、向斜或单斜构造,背斜轴部或单斜构造岩层长期裸露地表遭受强烈风化,故裂隙较为发育,有利于地下水的赋存。因地处盆地边缘,降水补给有限,主要靠山区地下水的侧向补给,赋存有碎屑岩类裂隙孔隙水,在含水层间有厚层泥岩隔水时,可形成承压——自流水。总体上看,其富水性差、水质也差。丘间洼地第四系松散堆积物厚度较小,地势较高,无补给源,一般为透水不含水层。

3. 平原区

平原区海拔高度一般在2800m以下,主要因河流的入渗补给而赋存松散岩类孔隙水。受新构造运动影响和基底形态的控制,第四系薄厚不一,各盆地(谷地)地下水的赋存与分布也不尽相同。

(1) 北部区。德令哈冲洪积平原区,第四系松散堆积物厚度达数100m,地层为冲洪积砂卵砾石,巴音河进入平原后大量垂直渗漏形成了极为丰富的松散岩类孔隙潜水。

向下至巴音郭勒河——库尔雷克湖地区,第四系厚达530m,地层为上更新统冰水、冲湖积相的含泥砂卵砾石、砂砾石、砂、亚砂土、亚黏土及全新统砂、亚砂土组成多层状含水系统,为潜水、承压(自流)水共存。200m以浅分布有4个含水层组。由于含水层颗粒疏松,为地下水的赋存提供了良好的空间,德令哈冲洪积平原孔隙潜水的大量侧向补给,形成了质好量丰的松散岩类孔隙承压(自流)水。

欧阿谷地的中、西段,由于地势高,第四系厚度薄,地层为上更新统的砂碎石、砂砾石、砂等,岩层渗透性能好,沟壑常切入第三系,地表坡降较大,加之补给量不足,地下水难于贮存其中,致使绝大部分地段为透水不含水层。只有在地势低洼,第四系相对较厚地段,形成很薄的孔隙潜水,水量极小,且水质较差;欧阿谷地东段(托素湖南),地势低洼,第四系厚度大(150m未揭穿),地层颗粒较粗,有利于地下水的贮存。主要接受周围山区暂时的洪流和山区地下水通过断裂补给以及托素湖水的补给,赋存水量中等的咸潜水。

阿木尼克山南山前倾斜平原,第四系呈带状分布且厚度较薄,颗粒粗,地势高,利于地下水径流,不易赋存,地下水仅沿现代沟谷呈线状分布,大部分地段为透水不含水层。往南的冲洪积、冲湖积平原,地形平坦,含水层颗粒细,为多层状结构,赋存有松散岩类孔隙潜水和承压(自流)水,均为卤水,水量贫乏。素棱郭勒河北化学盐类沉积区赋存有晶间卤水,水量亦贫乏。该区中、下更新统地层因受构造变动褶皱隆起,形成舒缓状背斜,其间赋存有碎屑岩类裂隙孔隙水,含水层为多层状结构,经钻探揭露200m以浅分布有3个含水层组,为承压(自流)水,水量中等,也为卤水。

表 2-32 柴达木盆地梭梭林自然保护区水文地质分区表

分区代号	分区名称	地下水类型	所属流域	所在自然保护区分布
I—1	德令哈冲洪积平原区	松散岩类孔隙潜水		
I—2	巴音郭勒河—库尔霍克湖—托素湖冲湖积平原区	松散岩类孔隙承压—自流水		
II—1	欧龙布鲁克山区	基岩裂隙水及碳酸盐岩类裂隙岩溶水		
II—2	泉水梁—愚南丘陵区	碎屑岩类裂隙孔隙水		连湖区的科研实验区；尕斯库勒湖区的核心区、缓冲区、实验区及旅游小区
II—3	牦牛山区	基岩裂隙水及碳酸盐岩类裂隙孔隙水		
III—1	欧阿谷地区	松散岩类孔隙潜水		航亚区的核心区、缓冲区、实验区；连湖区的核心区、缓冲区、实验区
III—2	东灶火谷地区	松散岩类孔隙潜水		东灶火河谷区的核心区、缓冲区、实验区
IV—1	阿木尼克—达达肯乌拉山区	基岩裂隙水及碳酸盐岩类裂隙岩溶水		
IV—2	达达肯乌拉—乌依奥木克丘陵区	碎屑岩类裂隙孔隙水		
IV—3	阿木尼克山前冲洪积平原区	松散岩类孔隙水及无水区	素棱郭勒—北霍布逊湖	诺木洪区的核心区、缓冲区、实验区
V—1	素棱郭勒河—北霍布逊湖冲湖积平原区	松散岩类孔隙承压—自流水	素棱郭勒—北霍布逊湖	小浪区的核心区、缓冲区、实验区
V—2	巴隆—诺木洪冲洪积平原区	松散岩类孔隙潜水	柴达木河—南霍布逊湖	巴隆区、宗加区的核心区、缓冲区、实验区
VI—1	布尔汗布达山区	基岩裂隙水及碳酸盐岩类裂隙岩溶水		

(2) 南部区。素棱郭勒河源头地带，为鄂拉山山前冲洪积冲湖积平原区，由于被大面积的沙丘所覆盖，使细土带与戈壁带的界限不清，沙漠与冲湖积平原直接接触。其上部透水不含水、下部有大厚度砂卵石层分布，含水丰富。

巴隆至诺木洪松散岩类分布区，大致以 109 国道为界，其南为冲洪积砂卵石分布区，厚度 300m 左右，经发育于南部山区的河流出山后的入渗补给，赋存有丰富的松散岩类孔隙潜水。其中，各洪积、冰水扇的轴部为地下水的主要赋存地段，各扇间地带相对次之。向北，逐渐过渡为冲湖积的黏性土加粉细砂，地下水富水性相对变差。由于径流过程中的溶滤作用和毛细蒸发作用，地下水相继矿化为咸水或卤水。

综上所述,本区地下水赋存分布规律有如下特征:北部区的欧龙布鲁克、阿木尼克等山区与南部区的布尔汗布达山区均赋存基岩裂隙水,南部山区较北部山区裂隙水丰富。盆地近中部的上新统与下更新统所形成的低山丘陵区为弱含水的层状裂隙孔隙承压自流水,只有在断裂构造带富水性较强。广大盆地平原区均属孔隙水分布区。其中山前冲洪积倾斜平原戈壁带为大厚度统一潜水层,再向盆地中心的各冲湖积平原,也为多层承压自流水分布区。

三、主要水文地质区的地下水补给径流与排泄

区内地下水所遵从的总的规律是自基岩山区向盆地中心按流域完成一个补给、径流、排泄的水循环过程。即在基岩山区由于裂隙及岩溶发育,降水相对较丰沛,经入渗而形成基岩裂隙水和碳酸盐类裂隙岩溶水,之后大部分以山区泉水形式排泄于沟谷之内形成河流进入平原区。少部分以潜流方式侧向补给平原区的孔隙水或丘陵区的碎屑岩类裂隙孔隙水。进入平原区的河流及雨洪于冲洪积扇表面以垂直入渗方式补给冲洪积平原区松散岩类孔隙潜水,由于平原区大气降水稀少,故河流及雨洪的渗漏成为平原区孔隙潜水的主要补给源。冲洪积平原区的孔隙潜水向下侧向补给冲湖积平原区的松散岩类孔隙承压——自流水和湖水,最终消耗于蒸发。

1. 北部区

(1) 德令哈冲洪积平原——库尔雷克湖、托素湖湖积平原区。各盆地内地下水主要来源于盆地周边山区地表水(含季节雨洪)出山口后的渗漏和基岩裂隙水的侧向补给。宗务隆山前德令哈冲洪积平原地下水主要接受巴音河水的渗漏补给。巴音河自北而南流入,在山前戈壁带中,河水大量下渗,至尕斯库勒湖以北渗漏殆尽,全部转化为地下水而使下游成为干涸河道,仅在雨季才有洪流通过,实测河水渗漏率为 $0.3 \sim 0.137 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}$,由上游向下游逐渐变小。按巴音河德令哈水文站(1971~1984)多年观测资料枯水期平均流量 $7.21 \text{ m}^3/\text{s}$ 计算,渗漏补给量为 $2.273 \text{ 亿 m}^3/\text{a}$ 。宗务隆山区季节雨洪的渗漏和基岩裂隙水的侧向补给也是地下水的重要来源之一。

山前冲洪积平原戈壁带是地下水的形成——径流区,属典型的溶滤潜水,以水平运动为主。地下水流向基本与洪积扇轴线方向相一致。即地下水主流方向是由北向南径流,但至平原中部,由于德令哈丘陵隆起的阻拦,地下水转向东南方向径流,汇入平原前缘。由于南侧德南丘陵的阻拦,大部分地下水转向西流,补给库尔雷克湖——托素湖湖积平原及湖泊,少部分向东南径流补给尕斯库勒湖积平原及尕斯库勒湖。

(2) 欧阿谷地—东灶火谷地区。欧阿谷地中西段勘探证实为透水不含水层,山区基岩裂隙水的补给极其微弱。谷地东段接受来自周边的山区季节性洪水补给,形成一定量的地下水向东南方向径流,于长山一带泄出,汇入东灶火河。

东灶火谷地接受托牛山区的基岩裂隙水和德南丘陵区的碎屑岩类裂隙孔隙水及大气降水补给形成孔隙潜水,之后沿谷地中央以泉或沼泽形式泄出,成为东灶火河。由于地势平缓,地下水运动缓慢,致使其大部分消耗于蒸发,矿化度随之不断升高而形成卤水,少部分向南穿越长山沟谷后排入素棱郭勒河。

2. 南部区

巴隆—诺木洪冲洪积、冲湖积平原区

(1) 地下水的补给。南部区盆地内降水量同样稀少,平均年降水量不足 50 mm ,日降水量 $\geq 10 \text{ mm}$ 的有效降水量在24年中仅出现9次,而年蒸发量高达 2500 mm 以上,所以盆地内

大气降水对地下水的实际补给意义不大,仅在暴雨后可在戈壁带形成溪流,对地下水有一定补给。

在气候垂直分带因素控制下,昆仑山区降水量较盆地多为多,据青海省降水量等值线图,巴隆—宗加保护区南侧的昆仑山区年降水量约 200mm,往南递增。它是基岩裂隙水和地表雨洪的主要补给来源。由基岩裂隙水补给和雨洪加入而形成的诺木洪河和香日德河的下渗分别是来自南侧和东侧的主要补给来源。

①南部山区河流的垂直渗漏补给:保护区南部主要河流有诺木洪河、洪水河、五龙沟,其次是丘吉东沟、冰沟、棉柳沟、红土沟等。

诺木洪河在小庙以南接受地下水补给,流量递增。小庙至金水口河段,第四系厚 30—70m,河流垂直渗漏强烈,流速仪实测下渗量达 $2.1\text{m}^3/\text{s}$,即年下渗量 0.663 亿 m^3 。金水口下游非农灌期河水或渠灌余水,全部下渗补给戈壁带巨厚潜水含水层,年下渗补给量达 0.679 亿 m^3 。

洪水河非农灌期间全部下渗补给了戈壁带巨厚潜水含水层,农灌期间干渠下渗率经实测为 35.82%,补给地下水总量为 0.138 亿 m^3/a 。

其他小河未出山口即渗漏殆尽,其年下渗补给量大约 0.131 亿 m^3 。

南部山区河流及雨洪年补给总量约 1.611 亿 m^3 。

②渠系渗漏及农灌回归水补给:诺木洪农场干渠下渗率实测平均为 9.05%,农灌期间渠流量 $4.45\text{m}^3/\text{s}$,全年农灌期下渗总量为 0.073 亿 m^3 (按 210 天计算)。

诺木洪农场及宗加乡农田土层为砂性土,透水性较强,目前各农业单位大都采用大水漫灌的方法,灌水定额普遍较高,因而田间渗水量较大。据试验,农田灌水下渗率为 24%,现有灌溉面积 5247.6hm^2 (包括林地),每公顷年灌溉定额 9000m^3 。回归水年总量为 0.113 亿 m^3 。

③香日德河谷平原区承压水侧向补给量:香日德河多年平均流量 $11.4\text{m}^3/\text{s}$,香日德农场干渠总引水量平均 $6-7\text{m}^3/\text{s}$,香日德农场及其上游潜水埋藏深,岩性粗粒,垂直下渗强烈。至该农场六大队五中队时河水全部潜流,该河年平均下渗量估算约 $8.50-9.0\text{m}^3/\text{s}$ 。于下游浅层地下水溢出而形成泉集河——柴达木河。据柴达木河宗加水文站观测,多年平均流量为 $5.70\text{m}^3/\text{s}$,这表明该断面还保有大约 $2.8-3.3\text{m}^3/\text{s}$ 的地下径流量。由于沿途大量消耗蒸发,进入本区后河水流量减少一半,地下水(承压——自流水)也大量消耗于越流及地下蒸发,剩余地下径流量约 $90964\text{m}^3/\text{d}$,即 0.331 亿 m^3/a 。

④基岩裂隙水的补给:据概算基岩裂隙水对平原区孔隙水的侧向年补给量大约 0.0483 亿 m^3 。

综上所述,本区地下水年总补给量大约为 2.103—2.303 亿 m^3 。

(2)地下水的径流。南部区地下水有两个径流方向,哈鲁乌苏河以南地下水径流方向与地貌岩相带一致,南向北扇形径流。哈鲁乌苏河以北冲湖积平原承压水自东南流向西北。

(3)地下水的排泄。在冲湖积平原区,地下水为承压自流水,由于多为细粒地层且地形平缓,地下水水平运动极为缓慢,故垂直蒸发是其主要排泄方式。

①泉流式溢出:地下水以泉群或沼泽形式大量溢出并很快汇成泉集河,一般在翻浆期的 4—5 月及洪水期后的 10—11 月溢出量较大。

根据 1981 年夏野外实测,泉集河溢出总量 $5.333\text{m}^3/\text{s}$ 。

上述泉集河流到下游低凹处形成大片沼泽,最终消耗于水面蒸发,只有少数表流能注入南霍布逊湖。

②陆面蒸发、植物蒸腾:细土带以北,地下水埋深大部地区小于2.5m,该带潜水位年变幅为1m左右,表层土毛细管深度1.5~1.8m,估计一年中有半年时间潜水位小于临界深度,潜水可沿毛细管上升至地面蒸发,而深层水的水头远高于浅层水,它通过越流补给上部浅层水。水分蒸发后,将盐分携至地表或上部上层,故由南至北,地表盐碱化逐步加重。

潜水埋深小于2.5m的区域面积约2000km²,大部分地方植被稀少,为次生盐壳所覆盖,潜水为咸卤水。概算测区年陆面蒸发量约0.4574~0.496亿m³/a。

③地下水的侧向排泄:测区地下水大部分消耗于蒸发,剩余部分侧向流入北霍布逊湖方向。据水均衡法概算侧向排泄量约0.243~0.364亿m³/a。

四、地下水类型与含水岩组划分

1. 富水性、水位埋深及水质的分级

(1) 依据本区实际情况及相关水文地质规范要求,将区内地下水富水性、埋藏深度及水质作如下划分。

①松散岩类孔隙潜水(包括大厚度潜水和多层状含水岩组的上部潜水):

- * 水量极丰富:计算单井出水量大于5000m³/d;
- * 水量丰富:计算单井出水量1000~5000m³/d;
- * 水量中等:计算单井出水量100~1000m³/d;
- * 水量贫乏:计算单井出水量10~100m³/d。

②松散岩类孔隙承压自流水:

- * 水量极丰富:计算单井出水量大于5000m³/d。
- * 水量丰富:计算单井出水量1000~5000m³/d。
- * 水量中等:计算单井出水量100~1000m³/d。
- * 水量贫乏:计算单井出水量10~100m³/d。

③碎屑岩裂隙孔隙水:

- * 水量丰富:计算单井出水量大于1000m³/d;
- * 水量中等:计算单井出水量100~1000m³/d;
- * 水量贫乏:计算单井出水量小于100m³/d。

④基岩裂隙水:

- * 水量丰富:单位流量大于1L/t;
- * 水量中等:单泉流量0.1~1L/t;
- * 水量贫乏:单泉流量小于0.1L/t。

(2) 埋藏深度。孔隙潜水划分为50m、30m、10m等3条水位埋深等值线,埋深小于50m者定为浅藏区,大于50m者定为深藏区。

(3) 水质。各类地下水按矿化度分为:淡水——小于1g/L;微咸水——1~3g/L;半咸水——3~10g/L;咸水——10~50g/L;卤水——大于50g/L。

2. 松散岩类孔隙水

(1) 德令哈冲洪积平原——库尔雷克湖、托素湖冲湖积平原区

①松散岩类孔隙潜水

水量丰富的孔隙潜水：在宗务隆山前德令哈冲洪积平原一带，含水岩组由上更新统冲洪积砂卵石、中粗砂及中更新统冰水堆积的含泥砂卵石组成，岩性单一，厚 50~100m，大量接受巴音河水垂直渗漏补给。富水性强，单位涌水量 2.79~16.62L/t·m，巴音河谷单位涌水量最大达 48.33L/t·m；渗透系数一般为 5.54~38.79m/d，最大 145.2m/d；换算涌水量大于 1000m³/d。巴音河谷一带水量极为丰富，计算单井涌水量大于 3000m³/d；水位埋深 10~50m，个别地段稍大；水质良好，矿化度小于 0.5g/L，属 HCO₃—Ca·Mg 型或 HCO₃·Cl—Ca·Mg·Na 型水。

水量中等的孔隙潜水：分布于德令哈冲洪积平原前细土带上部。含水岩组为上更新统冲洪积砂卵石、中粗砂、粉细砂及中更新统冰水堆积的含泥砂卵石。据钻孔资料，潜水位埋深 10~25m，含水层厚 20~30m，渗透系数 2~4m/d，单位涌水量 0.5~1.5L/t·m，计算单井涌水量 280~790m³/d。水质良好，矿化度 0.33~0.67g/L，属 HCO₃Cl—Ca·Na 型水。

水量贫乏的孔隙潜水：分布在巴音河下游，尕斯库勒湖平原上部、托素湖一带。含水层为全新统冲洪积粉细砂、细砂及淤泥质亚砂土，厚度小于 5m，地下水埋深小于 3m，单位涌水量 0.02~0.14L/t·m，渗透系数 1.2~4.7m/d，计算单井涌水量小于 100m³/d。水化学类型复杂，矿化度一般小于 2.1g/L，但尕斯库勒湖南侧高达 33.7g/L。

水量贫乏的淡—咸潜水：分布于库尔雷克湖周，该地为巴音河流域地下水的汇集中心，含水层为全新统冲洪积、冲湖积、湖沼相的粉砂、淤泥质粉砂等，地下水主要依赖上游潜水和下部承压（自流）水的越流补给。因地势低洼，地下水的水平运动十分缓慢，主要表现为垂直蒸发和蒸腾作用。库尔雷克湖西岸及北岸地下水位埋深 1~5m，含水层厚度小于 2m，单位涌水量 0.003~0.17L/t·m，渗透系数 0.25~1.8m/d，矿化度 3.6~63.25g/L，最高达 117.27g/L，水化学类型为 Cl·SO₄—Na·Mg 型或 Cl—Na 型；湖东岸地下水位埋深小于 3m，含水层厚度小于 2m，单位涌水量 0.005~0.019L/t·m，渗透系数 2.16~5.54m/d，受巴音郭勒河的影响，近河地带的地下水的矿化度小于 1g/L，远离河流地段矿化度 1~3g/L，最高达 8.22g/L，水化学类型为 HCO₃Cl—Na·Mg 型或 SO₄·Cl—Na·Mg 型；湖南岸地下水由于受南部第三系丘陵的阻挡和溶解了老地层中的可溶盐分，地下径流不畅，因而矿化度高，达 40g/L 以上，水化学类型为 Cl—Na·Mg 型。接近湖区，随着地势变缓，地下水以泉的形式溢出，大多为下降泉，部分因具承压性而呈上升泉的形式溢出，单泉流量 0.01~0.349L/t，矿化度 0.73~8.78g/L，水化学类型为 HCO₃·Cl·SO₄—Na·Mg、Cl·HCO₃—Na·Mg、Cl·SO₄—Na·Mg 型水。

②松散岩类孔隙承压（自流）水

水量丰富的松散岩类孔隙承压（自流）水：分布在德令哈冲洪积平原前缘细土带内，含水层颗粒粗，透水性好，渗透系数为 20~90m/d，最大为 190m/d；计算单井涌水量为 1000~3000m³/d，个别达到 5000m³/d 以上。巴音河谷中段两侧为自流区，水头高出地表 1.68~7.05m，水质良好，矿化度 0.25~0.6g/L，最高为 0.92g/L，属 HCO₃—Ca·Mg·Na 或 HCO₃·Cl—Ca·Mg·Na 型水。

尕斯库勒湖南岸承压水，据钻孔资料，含水层顶板埋深 29m，厚 48.94m，水位在地表以下 0.37m，渗透系数 11.19m/d，单位涌水量 5.414L/t·m，计算单井涌水量 3360.81m³/d，水质差，矿化度 6.7g/L，属 Cl—Na 型水。

水量中等的松散岩类承压（自流）水：主要分布在巴音河下游戈壁农场及尕斯库勒湖积平

原北半部。在巴音河下游冲湖积平原据 Z_1 、 Z_2 及 Z_3 号钻孔揭露, 为自流水。水头高出地面 7.93~8.90m, 渗透系数 1.7~5.4m/d, 单位涌水量 0.28~1.23L/t·m, 换算涌水量 570~695m³/d。水质良好, 矿化度小于 0.5g/L, 属 $\text{HCO}_3\text{—Mg·Na+Ca}$ 型或 $\text{Cl·HCO}_3\text{·SO}_4\text{—Mg·Ca·Na}$ 型水。尕海冲湖积平原北部为承压水, 仅在尕海湖滨带有自流现象, 但水头很低, 仅高出地面 0.09m。含水层透水性及富水性都差, 据钻孔资料, 渗透系数 0.374~7.407m/d, 单位涌水量 0.107~1.137L/t·m, 计算单井涌水量 140.6~698.07m³/d, 矿化度 0.30~0.98g/L, 属 $\text{HCO}_3\text{·Cl—Ca·Mg·Na}$ 型或 $\text{SO}_4\text{—Ca}$ 型水。

下更新统冲湖积砂岩、砂砾岩及泥岩地层承压水广泛分布于各盆地深部。据钻孔资料, 含水层为砂岩、砂砾岩, 埋藏在 72~172m 以下, 揭露厚度 24.72~102.03m, 水位在地表以下 1.30~38.85m。透水性较好, 渗透系数 0.401~4.71m/d, 单位涌水量 0.25~1.379L/t, 富水性中等, 计算单井涌水量 153.49~846.65m³/d。矿化度 0.616~2.33g/L, 属 $\text{Cl·SO}_4\text{·HCO}_3\text{—Mg·Ca}$ 或 Cl—Na 型水。

③水量贫乏的松散岩类孔隙承压(自流)水。在巴音河下游及尕海冲湖积平原一带全新统冲湖积粉细砂、中细砂夹淤泥质亚砂土、亚黏土中有浅层的孔隙承压水分布, 含水层顶板埋深 9~17m, 厚 9~15m, 水位在地表以下 0.84~5.55m。渗透系数 0.4~1.5m/d, 单位涌水量 0.04~0.14L/t·m, 计算单井涌水量 1~76m³/d。戈壁农场及尕海农场以东地段水质较好, 矿化度小于 0.5g/L, 属 $\text{HCO}_3\text{·Cl—Ca·Mg·Na}$ 型水; 而尕海湖滨水质较差, 矿化度 2.36~5.04g/L, 属 $\text{SO}_4\text{—Ca}$ 或 Cl—Na 型水。

④水量中等—贫乏的淡—微咸承压(自流)水。分布于库尔雷克湖周, 含水层为上更新统冰水、冲湖积的含泥砂卵砾石、砂砾石、砂、淤泥质粉砂等组成, 亚砂土、亚黏土、黏土构成较稳定的隔水层。含水层自周边向湖盆中心厚度逐渐变薄, 颗粒逐渐变细, 富水性逐渐减弱, 水质逐渐变差, 水位由负水头过渡为正头。垂向上自上而下水头增加, 水质变差。

库尔雷克湖周承压(自流)水存在着 4 个含水层(组)。

第一承压(自流)水层: 该含水层隔水顶板埋深为 7.4~46.0m, 分布稳定, 为亚砂土、亚黏土夹薄层黏土, 厚 8.0~10.0m。含水层岩性为上更新统冲湖积相的砂砾石、中细砂、粉砂、淤泥质粉砂等。湖西地区地下水位埋深 16.60~+5.08m, 单位涌水量 0.19~6.79m³/d·m, 计算单井涌水量 8.29~505.78m³/d, 渗透系数 0.1~4.69m/d, 矿化度 0.96~12.30g/L, 水化学类型为 $\text{Cl·SO}_4\text{—Na·Mg}$ 型或 $\text{Cl·SO}_4\text{·HCO}_3\text{—Mg·Na}$ 型; 湖东地区全为正水头, 为 +3.86~+7.43m, 含水层为上更新统冲湖积相的砂砾石、含砾粗砂等, 渗透性好, 单位涌水量 76.39m³/d·m, 计算单井涌水量 430.07~602.02m³/d, 渗透系数 2.56~6.26m/d, 矿化度 0.62~0.97g/L, 为 $\text{HCO}_3\text{·Cl·SO}_4\text{—Na·Mg}$ 型或 $\text{SO}_4\text{·Cl·HCO}_3\text{—Na·Mg·Ca}$ 型水; 湖北地区地下水位 2.24~+4.52m, 含水层为上更新统冲湖积、冲湖积砂砾石、淤泥质粉砂等。单位涌水量 29.37m³/d·m, 计算单井涌水量 261.86m³/d, 渗透系数 1.16m/d, 矿化度 1.72~2.68g/L, 水化学类型为 $\text{Cl·SO}_4\text{—Na·Mg}$ 型。

该含水层(组)除库尔雷克湖东及西北角为水量中等的淡水外, 其余地段为水量贫乏的微咸水。

第二承压(自流)水层: 分布于库尔雷克湖外围, 含水层隔水顶板埋深为 48.29~83.46m, 厚 10~15m, 岩性为亚砂土、亚黏土等。含水层为上更新统冲湖积的砂砾石、砾砂、中粗砂等。含水层颗粒自周边向湖区变细, 厚度变薄, 富水性、透水性减弱。湖西北侧

地段富水性极强,单位涌水量大于 $80\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,计算单井涌水量大于 $5000\text{m}^3/\text{d}$,矿化度小于 1g/L ,为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Mg}\cdot\text{Na}$ 型水,属水量极丰富的淡水地段;湖东西两侧地段单井计算涌水量 $1000\sim5000\text{m}^3/\text{d}$,属水量丰富的淡水地段。其他地段单位涌水量 $100\sim500\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,计算单井涌水量 $100\sim1000\text{m}^3/\text{d}$,矿化度太多 $1\sim3\text{g/L}$,为微咸水,水化学类型 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 、 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 、 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Mg}$,水量中等。

本含水层(组)水量丰富,库尔雷克湖西北角和东部水质较好,埋藏不深,部分自流,便于开采利用。

第三承压(自流)水层:该含水岩层分布于库尔雷克湖西,隔水顶板埋深 $63.50\sim94.31\text{m}$,厚 $5\sim8\text{m}$,岩性为亚砂土、亚黏土;含水层为上更新统冰水相含泥砂卵砾石、砂砾石等,静止水位 $16.60\sim+2.82\text{m}$,单位涌水量 $7.98\sim147.69\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,计算单井涌水量 $62.85\sim1316.68\text{m}^3/\text{d}$,渗透系数 $0.55\sim5.28\text{m/d}$,矿化度 $1.41\sim1.68\text{g/L}$,水化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 型。该含水层(组)在湖西北侧富水性较强,属水量丰富的微咸水,其余地段为水量中等的微咸水。

第四承压(自流)水层:仅在库尔雷克湖西的7号孔中揭露到,隔水顶板埋深 $90.74\sim93.02\text{m}$,厚 2.28m ,岩性为亚砂土;隔水底板埋深 $120.12\sim131.07\text{m}$,厚 10.95m ,岩性为中、下更新统的砂质泥岩。含水层为上更新统冰水相的微含泥质砂砾石、细粉砂,厚 27.10m ,水头高 $+2.79\text{m}$,单位涌水量 $54.72\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,单井计算涌水量 $565.8\text{m}^3/\text{d}$,渗透系数 1.94m/d ,矿化度 1.77g/L ,水化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 型,为水量中等的微咸水。

(2) 欧阿谷地、东灶火谷地

① 欧阿谷地微咸——咸潜水

水量中等的咸潜水:

分布于欧阿谷地东段,含水层为上更新统洪积、冲湖积相砂卵砾石、砾砂、粗中砂夹粉砂等,含水层厚 123.04m ,局部含淤泥质亚砂土、亚砂土夹层,使之赋存的地下水具微承压性。地下水位埋深 3.61m ,单位涌水量 $32.32\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,计算单井涌水量 $328.47\text{m}^3/\text{d}$,矿化度 17.2g/L ,水化学类型为 $\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 型,属水量中等的咸水。

水量贫乏的微咸潜水:分布于欧阿谷地中部偏东地段,含水层为上更新统洪积之含泥砾砂,受基底抬升的影响,第四系厚度薄。据21号孔资料,含水层厚仅 4.25m ,地下水位埋深 16.35m ,单位涌水量 $4.67\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,计算单井涌水量为 $14.99\text{m}^3/\text{d}$,矿化度 1.44g/L ,水化学类型为 $\text{SO}_4\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 型。水量贫乏。

② 东灶火谷地。东灶火谷地的含水层岩性为砂砾石、中粗砂及粉细砂,厚度 $40.16\sim85.36\text{m}$,渗透系数 0.80m/d ,单位涌水量 $0.325\sim0.676\text{L/t}\cdot\text{m}$,计算单井涌水量 $172.38\sim358.56\text{m}^3/\text{d}$ 。为中等富水地段。水质一般较好,矿化度小于 1g/L ,属 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型水。仅在东灶火河下游谷地中,由于水位埋深过浅,蒸发浓缩作用强烈,水质极差,矿化度一般 $10\sim50\text{g/L}$,个别达 186g/L 。

(3) 阿木尼克山南山前平原水量贫乏的咸潜水。分布于阿木尼克山南山前冲洪积倾斜平原和较大沟谷中,含水层为上更新统冲洪积之砂砾石、中粗砂、含黏土粉细砂等,含水层厚度小于 10m ,地下水位埋深小于 3m ,含水层颗粒自北而南逐渐变细,矿化度升高。据试坑抽水资料,单位涌水量 $0.041\text{L/t}\cdot\text{m}$,渗透系数 0.31m/d ,矿化度 $5.27\sim120.74\text{g/L}$,水化学类

型绝大部分为 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型,个别为 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}$ 型。属水量贫乏地段。

(4) 诺木洪——巴隆冲洪积平原区。

① 诺木洪——宗加段

巨厚潜水含水组:主要分布于戈壁带,面积约 1158km^2 。含水层为中、上更新统地层,结构较单一,无大片隔水夹层存在。上部为上更新统冲洪积含泥砂卵石、砂砾石、含砾中粗砂,结构疏松;下部为中更新统冰水相泥质砂卵石、泥质砂砾石,结构较密实。卵、砾石平均含量 $50\%\sim 85\%$,透水性、富水性较强,由于颗粒级配及泥质含量的差异使其各处富水性不均一。该层隔水底板为下更新统冲湖积层黏性土。

诺木洪冲洪积扇轴部:含水层颗粒粗大,含水层厚 $76\sim 135\text{m}$ 。潜水埋深最浅 13m ,往南渐深,据电测深资料,戈壁带后缘潜水埋深约 150m 。该处水量极丰富,单位涌水量 $997.1\sim 2678.6\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,渗透系数 $29\sim 152\text{m}^2/\text{d}$,计算单井涌水量大于 $5000\text{m}^3/\text{d}$,前缘富水性稍降低,但换算涌水量大于 $2000\text{m}^3/\text{d}$ 。

潜水矿化度约 0.5g/L ,为 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型或 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水。

洪水河冲洪积扇轴部:含水层为小泥质砂卵砾石,据 42 孔资料,含水层厚 44.09m ,根据各孔水力坡度推算潜水埋深 $30\sim 80\text{m}$ 。该处水量极丰富,42 孔单位涌水量 $1195.1\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,渗透系数 $70.14\text{m}^2/\text{d}$,计算单井涌水量约为 $9651.7\text{m}^3/\text{d}$ 。潜水矿化度 0.44g/L ,为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水。

扇间地区:含水层颗粒稍细,泥质含量增加,导致其富水性、透水性稍差。前缘潜水埋深约 20m ,后缘潜水埋深超过 100m ,含水层厚 $30\sim 84\text{m}$ 。该处水量丰富计算单井涌水量 $1000\sim 5000\text{m}^3/\text{d}$,渗透系数为 $4.63\sim 58.5\text{m}^2/\text{d}$ 。潜水矿化度 $0.48\sim 1.17\text{g/L}$,为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 或 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水。

总之,该含水组距山区补给源较近,补给条件较好,含水层巨厚粗粒,使储存量较大,因而具有丰富的地下水资源,其前缘埋藏不深,便于集中开采。

根据地面调查及物探资料,山区诺木洪河漫滩全新统卵砾石层厚度不超过 15m ,结构疏松,小庙至金水口河流下渗量 $2.1\text{m}^3/\text{s}$,表明该河谷潜水富水性较好,计算单井涌水量超过 $5000\text{m}^3/\text{d}$ 。但两侧基座阶地冰水泥质砂砾石孔隙性较差,推断计算单井涌水量 $100\sim 1000\text{m}^3/\text{d}$ 。潜水矿化度小于 0.5g/L ,为 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水。

多层状含水组:位于巨厚潜水含水组以北,主要分布于细土带及冲湖积平原,面积约 2000km^2 。按水文地质结构及所处空间位置,将层状含水组由上而下归并两个含水组(段)。

潜水(包括浅层承压水)含水组(段):弧形带以南该含水组主要为上更新统冲洪积含泥砂砾石、中细砂层,结构疏松,其隔水底板埋深一般 $40\sim 60\text{m}$,前缘可浅于 30m ,后缘最深达 106m (61 孔),隔水层为亚砂土或亚黏土,潜水位在扇轴部及后缘埋藏较深,约 $30\sim 47\text{m}$,前缘及扇间较浅,约 $2.39\sim 9.79\text{m}$ 。由于细土带前缘黏土夹层增加,含水介质逐渐变细,含水层厚度逐渐变薄,一般 $18\sim 30\text{m}$,最厚 58.83m ,最薄 7.64m 。富水性在细土带后缘及扇轴部较好,前缘及扇间较差。如扇轴 95 孔单位涌水量 $2858.6/\text{d}\cdot\text{m}$,渗透系数 $121\text{m}^2/\text{d}$,计算单井涌水量 $15\,579.7\text{m}^3/\text{d}$,潜水矿化度 $0.5\sim 1.0\text{g/L}$,多数为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水,少数为 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水。

扇间 58 孔潜水单位涌水量 $3.1\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$,渗透系数 $0.3\text{m}^2/\text{d}$,矿化度 6.03g/L ,为 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4-$

Na·Mg 型。

弧形带以北该含水组一般为浅层承压水，岩性主要为全新统及上更新统冲湖积中细砂，粉细砂层，含水层厚 20~45m，在努力尔河左岸并包括表层石盐层。富水性一般较差，计算单井涌水量小于 $100\text{m}^3/\text{d}$ 。其隔水底板埋深 27~70.40m，岩性为亚砂土。

水化学变化较大，哈鲁乌苏河与柴达木河之间浅层承压水为淡水，矿化度 $0.6\sim 1\text{g/L}$ ，属 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{—Na}$ 型，但该河下游及素梭郭勒河矿化度达 10g/L 以上，属 Cl—Na 型水。该含水组表层潜水据浅孔及试坑抽水单位涌水量小于 $20\text{m}^3/\text{d}$ ，矿化度 $13\sim 133\text{g/L}$ ，最高 361.27g/L ，为 Cl—Na 型、 $\text{Cl—Na}\cdot\text{Ca}$ 型、 $\text{Cl—Na}\cdot\text{Mg}$ 型水。

承压含水组：弧形带以南该含水组主要为中更新统冰水相泥质砂卵石，中细砂，含水层顶板埋深通常 30~60m，最深 116.56m，最浅 17.74m，其厚度 3~20m，具有南薄北厚的特征，岩性为亚砂土、亚黏土。

含水层底板埋深通常 50~90m，最深 138m，最浅 28.20m，岩性为下更新统冲湖积黏土、亚黏土。

该层地下水在细土带南部为承压水，北部一般为自流水，自流水水头高于地面 $+1\sim +5\text{m}$ ，最高 $+7.78\text{m}$ 。扇轴部或后缘富水性好，接近弧形带或扇间含水层变薄、颗粒变细，富水性明显变差。诺木洪农场场部 7601 孔至四大队 7603 孔，97 孔一带富水性最佳，大口径并实际单位涌水量 $1038.4\sim 2912.9\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ，计算单井涌水量达到 $5000\sim 15000\text{m}^3/\text{d}$ 以上，该层承压水矿化度较上层水低，一般为 $0.36\sim 0.65\text{g/L}$ ，以 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{—Na}\cdot\text{Ca}$ 型为主， $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl—Na}\cdot\text{Ca}$ 型为次。扇间地区由于富水性及径流条件较差，矿化度超过 1g/L ，诺 1 孔矿化度 4.7g/L ，水化学类型也深化为 $\text{Cl}\cdot\text{SO}_4\text{—Na}\cdot\text{Ca}$ 型水。

弧形带以北该含水组为自流水，正水头高 $+2\sim +10\text{m}$ ，承压水顶板埋深 52~92m，靠近弧形带顶板变浅，岩性为淤泥质亚砂土，底板埋深约 58~132m，岩性为淤泥质亚砂土夹泥炭层。含水层岩性也由中粗砂、中细砂变成粉细砂。富水性一般较差，单位涌水量 $7.2\sim 10.4\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ，渗透系数 $0.60\sim 0.99\text{m/d}$ ，计算单井涌水量 $64.9\sim 74.4\text{m}^3/\text{d}$ 。该自流水上游矿化度 0.75g/L ，为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{—Na}$ 型水。下游矿化度 $1\sim 10\text{g/L}$ ，为 Cl—Na 型水。

下更新统冲湖积自流含水组：主要分布于弧形构造带及努尔河下游，有时其上覆盖中上更新统含水层组。它既是阻水构造，其本身又组成复式贮水背斜，是东盆地复式向斜（坳陷）内次一级构造。根据钻探资料，背斜轴部 120m 以浅有两个含水组。

第一含水组：隔水顶板埋深 7~28m，岩性为亚砂土、亚黏土，底板埋深一般 40~60m，含水层为含砾细中砂、中粗砂等，偶为砂砾石，大部厚 6~37.80m，大部孔水头高出地面 $+3.0\sim +16.90\text{m}$ ，单孔涌水量一般 $10\sim 100\text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ，渗透系数 $1.46\sim 13.51\text{m/d}$ 。该自流水矿化度一般 $0.5\sim 1\text{g/L}$ ，为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{—Na}\cdot\text{Ca}$ 型水，但弧形带向南突出部分该组富水性差，矿化度较高，达 $3.85\sim 17.31\text{g/L}$ ，为 Cl—Na 型水。

第二含水组：在阻水背斜轴部顶板埋深一般 60~70m 以下，顶板岩性为亚黏土、黏土，垂向渗透系数 $<10^{-6}\text{cm/s}$ ，使高压自流水具有良好的顶盖。其下高压自流水含水层约 20~30m，岩性含砾粗砂，水头 $+15\sim +38\text{m}$ 。

高压自流水矿化度小于 1g/L ，一般为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{—Na}\cdot\text{Mg}$ 或 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3\text{—Na}\cdot\text{Ca}$ 型水，少数 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl—Na}$ 型水，卤族元素含量低。

②宗加—巴隆段

孔隙潜水(单层状)含水岩组:其分布为——在布尔汗布达山前,沿109国道两侧,东西长50km,南北平均宽约12km的范围内。

其含水层为上、中更新统洪积含泥质砂卵砾石,浅土黄—浅灰色,一般松散未胶结,部分密实或微胶结。粒度大于2mm者占45%~75%,砾石成分多为花岗岩及变质岩。磨圆及分选均差。26号孔揭露含水层厚度96.87m,下部见花岗岩。其余钻孔均未揭穿含水层。

该层富水性很强,可划分为水量极丰富和水量丰富两级。

地下水位埋藏深度为:50m等埋深线在109国道以北2~4km通过。30m等值埋深线接近细土带承压自流水分布区。南部接近山体边缘部分水位深达90m。

矿化度均小于1g/L,为淡水,水化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型和 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 型。

该含水层具有如下特点:

- A. 含水层厚度大,颗粒粗,具有极强的富水性和渗透性。
- B. 该含水层位于上游,补给条件优越,补给源丰富。
- C. 水位埋深由上游一下游逐渐由深100m变浅为小于30m。
- D. 均为水质良好的淡水。
- E. 因富水性很强便于集中开采。

孔隙承压自流水(多层状)含水岩组:分布于潜水(单层状)含水岩组以北及以西的广大地区。在地层上,它是潜水含水组北延(或西延)的相变部分;在地下水径流中属上、下游关系。

可将承压含水岩组分为4个含水层。

A. 第一潜水—承压水含水层:该含水层底板埋深一般在40~50m间,隔水底板分布稳定,厚度在2~7m,为亚砂土层。该含水层地下水类型为:在戈壁带与细土带交界附近,一般为潜水形式存在。水位埋深由南向北递减,而且在东西方向上也略有差异,清水河以东为8~12m,以西为18~23m。至细土平原,随着地表亚砂土层的增厚,由潜水相变为承压水,地下水位埋深深度在0~8m间。再向北变为自流水,水位在0~+3m,最高可达+4.9m。

含水层地层时代主要为上更新统,少量中更新统,岩性为砂砾石、含泥砂砾石、含砾中粗砂,以至细粉砂。由南而北砾石含量逐步减少,颗粒逐步变细。含水层厚度中值为26.6m,变化范围在20~35m间,厚度也有由南而北变薄的趋势。

其富水性自南而北变小,在南部潜水类型地带,渗透系数在10~20m/d间,单位涌水量为1~5L/s·m,计算单井涌水量为118~1827m³/d,属于水量丰富的。在承压自流水带,渗透系数仅2~5m/d,单位涌水量0.1~1L/s·m,计算单井出水量15~573m³/d,多数为100~300m³/d,属水量贫乏和中等。

水质矿化度均小于1g/L的淡水,地下水化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型, $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 型及 $\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型。

B. 第二承压—自流水层:含水层底板埋深75~85m,南部浅,北部深。隔水底板厚5~10m,岩性为亚砂、亚黏土。

含水层地层时代,大部分为中更新统。岩性为砂砾石、泥质砂砾石、含砾中粗砂、中细砂、粉砂等。由南而北砾石含量减少,颗粒变细,相应的富水性、透水性也变弱。含水层厚度在12~28m,中值19m,最大可达45m。

地下水位在承压区为0~18m,北部自流区一般在0~+6m,富水程度由南向北渐弱。

南部承压区渗透系数 $1 \sim 6\text{m/d}$ ，北部为 $1 \sim 5\text{m/d}$ ，单位涌水量南部 $1 \sim 5\text{L/s}\cdot\text{m}$ ，北部 $0.2 \sim 2\text{L/s}\cdot\text{m}$ 。在清水河—洪水河间计算单井出水量高达 $4619 \sim 30\,761\text{L/d}$ ，属水量极丰富的。其余均为丰富到中等，计算单井出水量一般为 $1000 \sim 5000\text{m}^3/\text{d}$ ，少量 $100 \sim 1000\text{m}^3/\text{d}$ 。

水质均属于矿化度小于 1g/L 的淡水，水化学类型绝大多数为 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Mg}$ 或 $\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型。

本含水层（组）基本特征为：

a. 上部有稳定的隔水顶板，均为承压自流水。

b. 自南而北含水层厚度变薄，颗粒变细，富水性也逐渐减弱。

c. 本含水层（组）水量丰富，水质好，埋藏不深，大部承压自流，故为承压自流水组的主要含水层。

第三承压—自流含水层：含水层底板埋深 $110 \sim 130\text{m}$ ，仅有少数钻孔对其有所了解。底板岩性以亚砂土为主，次为亚黏土，南薄北厚，变化在 $2 \sim 20\text{m}$ 间，地下水位在南部为 $+0.5\text{m}$ ，北部高达 8.62m 。

含水层时代皆为中更新统，岩性为含砾中粗砂为主，与上覆含水层相比，颗粒变细。含水层厚度 $10 \sim 60\text{m}$ ，变化较大。

富水性由南而北减弱。位于细土带的 8 号孔渗透系数为 2.47m/d ，单位涌水量 $0.413\text{L/s}\cdot\text{m}$ ，水量中等。水质均为矿化度小于 1g/L 之淡水，水化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型。

第四承压—自流含水层：仅有个别钻孔揭露此层。含水层底板埋深 $136 \sim 164\text{m}$ ，隔水顶板岩性以亚砂土为主，厚度在 $3 \sim 10\text{m}$ 。含水层时代为中更新统，岩性东西差异大。东部的 14 号孔，含水层厚度仅 7m ，而清水河以西达 $18 \sim 24\text{m}$ 。岩性由南而北为含泥卵砾石、中粗砂、中细砂。其富水性相应减弱，南部渗透系数达 10m/d ，单位涌水量 $3 \sim 4\text{L/s}\cdot\text{m}$ ；北部渗透系数 $3 \sim 4\text{m/d}$ ，单位涌水量 $0.5 \sim 1\text{L/s}\cdot\text{m}$ 。计算单井出水量 $254 \sim 467\text{m}^3/\text{d}$ ，在 33 号孔达 $1790\text{m}^3/\text{d}$ 。水质均为矿化度小于 1g/L 的淡水，水化学类型为 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型。

(5) 素棱郭勒河—北霍布逊东冲湖积平原区。该区为松散岩类孔隙水，含水层厚度巨大。在素棱郭勒河源头地区被大面积的沙丘所覆盖，下伏含水层水量丰富，但埋深较大。向西随地层颗粒的逐渐变细而潜水过渡为承压自流水多层结构，水量逐渐变小。

在柴达木河与素棱郭勒河间广泛分布的冲湖积含水层，下部承压自流水尚无勘探资料，推测为水量中等—贫乏。表层潜水，据试坑揭露，含水层岩性主要为灰黑色细粉砂及淤泥质粉砂，厚度不超过 3m 。部分地区地表为亚黏土，亚砂土覆盖，变为表层承压水。富水性弱，试坑简易抽水涌水量均小于 $10\text{m}^3/\text{d}$ ，单位涌水量小于 $1\text{L/s}\cdot\text{m}$ 。为高矿化咸—卤水，矿化度由东而西升高，最高可达 213.4g/L 。地下水化学类型单一，均属 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型。

在北霍布逊湖东广大的冲湖积平原，含水层为全新统冲湖积相粉细砂、粉砂，淤泥质粉细砂、含石盐的粉细砂等。地下水主要依赖上游潜水和下部承压（自流）水的越流补给，因地势非常平坦，地下水运动十分缓慢，加之地下水位埋藏浅（小于 3m ），蒸发作用强烈，导致地下水矿化度高，形成高矿化度卤水。含水层厚度不足 10m ，单位涌水量 $0.01 \sim 0.10\text{L/s}\cdot\text{m}$ ，渗透系数 $0.07 \sim 1.89\text{m/d}$ 。矿化度除在沿河地带因河水补给淡化而较低外，其余均在 215g/L 以上，水化学类型为 $\text{Cl}-\text{Na}$ 型或 $\text{Cl}-\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水。属水量贫乏地段。

3. 基岩裂隙水

分布于北部区的欧龙布鲁山西段、阿木尼克山、达达肯乌拉山、牦牛山和南部区的布尔

汗布达山基岩山区。含水层由元古界、古生界的片岩、片麻岩、板岩、砂岩、砾岩及华力西期侵入岩组成。历经多次构造变动,构造裂隙及风化裂隙均较发育。在北部区,由于山势低矮,降水少,补给量小,除牦牛山外,无论块状岩类还是层状岩类,均泉点少流量小且水质差,单泉流量 $0.01 \sim 0.76 \text{ L/s}$,矿化度 $3.60 \sim 18.99 \text{ g/L}$,水化学类型为 $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 或 $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 - \text{Na}$ 型。

在南部区布尔汗布达山由于山势较高、山体浑厚和降水相对丰沛,块状岩类的单泉流量一般在 $0.1 \sim 1 \text{ L/s}$,层状岩类的单泉流量一般小于 0.1 L/s 。

4. 碳酸盐岩裂隙岩溶水

北部区主要分布于欧龙布鲁克山中段,阿木尼克山东段及牦牛山山顶部位,南部区布尔汗布达山元古界冰沟群分布区有较大面积的出露。北部区单泉流量一般在 $0.1 \sim 0.5 \text{ L/s}$,矿化度在 $1 \sim 3 \text{ g/L}$ 。南部区泉水较多,其单泉流量大多是 $1 \sim 10 \text{ L/s}$,地下径流模数 $1 \text{ L/s} \cdot \text{km}^2$ 以上。受断裂构造影响的泉水流量可以超过 10 L/s ,如 181 泉位于洪水河阻水的逆断层的上盘,岩性为冰沟二组灰黑色结晶灰岩,溶蚀裂隙发育,其下盘岩性为板岩,泉群沿上盘山坡灰岩次级张扭性断裂泄出。泉水温度 17°C ,流量 $19 \sim 11 \text{ L/s}$ 。

裂隙岩溶水矿化度 $0.5 \sim 1 \text{ g/L}$,主要为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Ca}$,其次为 $\text{Cl} \cdot \text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$ (Mg) 型水。

5. 碎屑岩类裂隙孔隙水

分布于丘陵区,岩性为侏罗系、白垩系及第三系的泥岩与钙质粉砂岩、砾岩互层。由于泥岩隔水岩层的存在,多形成裂隙孔隙承压含水层,单泉流量多小于 0.1 L/s ,浅层水矿化度一般在 $3 \sim 20 \text{ g/L}$ 。深层水一般在 100 g/L 以上。

第六节 土 壤

一、主要土壤类型及特征

1. 栗钙土

栗钙土分布于青藏公路七道班至香日德山间谷地,位居棕钙土与山地草原化草甸土之间。

该土类主要生长芨芨草、针茅等草原植被类型,草高 $5 \sim 30 \text{ cm}$,盖度 50% ,发育于窄谷滩地,虽与棕钙土热量条件相似,但受地形因素影响,接受坡积水较多,具有较好的水分条件,成土母质为坡积—冲积物。

栗钙土地势平坦,剖面发育较完整,由栗色有机质层、钙积层、母质层构成,有机质层厚 $24 \sim 30 \text{ cm}$,有机质含量 2.008% ,以下出现钙积层厚 $50 \sim 60 \text{ cm}$,新生体呈斑点状、假菌丝状,碳酸钙通体含量 12.38% ,土体深厚 $> 100 \text{ cm}$,质地轻壤至中壤,土壤易溶盐及碳酸盐下移,表土含盐量 0.058% 。下层为 0.604% ,通体石灰反应强烈, pH 值 8.75 。其剖面性状见表 2-33、2-34、2-35。

表 2-33 栗钙土剖面性状

层次 (cm)	颜色	质地	结构	干湿度	紧实度	植物根	新生体	pH	石灰反应
0~30	浅栗色	轻壤土	块	潮	较紧	多		8.68	+++
30~85	黄棕	中壤土	棱块	潮	紧实	较多	粉点状	8.39	+++
85~100	黄棕	中壤土	块	潮	较紧	少		8.25	+++

表 2-34 栗钙土化学性状

层次 (cm)	pH	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	交换量 (me/100g 土)	全盐量 (%)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K			
0~30	8.68	1.966	0.1381	0.146	2.08	90	2	192	11.40	8.43	0.058
30~85	8.39	1.168	0.0916	0.136	1.95	44	1	140	13.40	6.32	0.440
85~100	8.25	1.149	0.0846	0.136	1.87	35	1	140	15.40	6.87	0.604

表 2-35 栗钙土机械组成

层次 (cm)	> 1mm 砾石 (%)	粒径 (mm) (%)						总量 (%)		质地名称
		1~0.25	0.25~0.05	0.05~0.01	0.01~0.005	0.005~0.001	≤ 0.001	< 0.01	> 0.01	
0~30		0.06	25.74	46.76	10.16	8.13	9.15	27.44	72.56	轻壤土
30~85		0.08	18.27	44.35	12.10	14.11	11.09	37.30	62.70	中壤土
85~100		0.08	23.61	39.16	12.05	18.07	7.03	37.15	62.85	中壤土

栗钙土地势平坦,水分条件较好,可考虑建设围栏草场或垦为人工草场,提高草场生物量。

2. 棕钙土

本土类为境内主要地带性土壤,分布面积大,在海拔 3800m 以下均有分布,以夏日哈、察汗乌苏、香日德一线为多,巴隆—诺木洪的低山带亦有分布。

棕钙土形成于凉湿干旱、半荒漠生物气候条件下,年平均气温 2.5℃ 左右,≥0℃ 积温 1800~4200℃、≥5℃ 积温 1500~2200℃、≥10℃ 积温 980~1500℃、年平均降水量 80~200mm。植被为荒漠草原及草原化荒漠类型,成土母质较复杂,以洪积冲积物及坡积残积物为主,其成土过程为钙化过程,弱有机质积累过程并伴有一定的盐化过程,亦微显沙化、假结皮等荒漠土壤的特点。

根据其有机质积累,土地利用,盐化、土壤侵蚀等方面状况将棕钙土划分为:棕钙土、淡棕钙土、盐化棕钙土、棕钙土性土 4 个亚类。

棕钙土亚类植被以盐爪爪、芨芨草为优势种。成土母质为洪—冲积物,剖面分化明显,由腐殖质层、钙积层和母质层组成,有机质层厚 15~30cm,钙积层厚 10~50cm 不等,10~40cm 深即出现淀积。新生体呈斑点状或粉末状,局部剖面底层有石膏细粒聚集,土体厚度不等,质地以壤土为主,石灰反应较强烈。其剖面性状见表 2-36、2-37、2-38。

棕钙土除牧草地外,位于洪积扇的细土带及河谷阶地有水源的地段,多垦为农田,在人们精耕细作、施肥灌溉等活动影响下,土壤肥力不断提高,易溶盐分及钙积层位下移,经长期培肥等一系列耕作措施而成为高产稳产的农田,其自然土壤与耕作土壤盐分差异不大,但盐分耕作土减少。棕钙土为农田主要分布于查查香卡农场、察汗乌苏镇、夏日哈乡及香日德镇地区,面积 18 366.7 km^2 。棕钙土表层养分和盐分平均含量见表 2-39。

表 2-36 棕钙土剖面性状

层次 (cm)	颜色	质地	结构	干湿度	紧实度	植物根	新生体	pH	石灰反应
0-18	淡灰黄	中壤土	小块	干	紧实	多		9.10	+++
18-48	淡黄	轻壤土	棱块	润	紧实	较多		8.61	+++
48-77	淡黄	轻壤土	大块	润	较松	较少	粉点状	8.10	+++
77-100	淡黄	轻壤土	大块	润	较粉	少		8.00	+++

表 2-37 棕钙土化学性状

层次 (cm)	pH	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	交换量 (me/100g 土)	全盐量 (%)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K			
0-18	9.10	1.115	0.0675	0.161	1.83	24	6	257	12.08	9.95	0.059
18-48	8.61	0.635	0.0445	0.122	1.73	21	4	285	13.31	6.53	0.545
48-77	8.10	0.670	0.0365	0.136	1.94	30	2	248	12.53	5.64	1.062
77-100	8.00	0.594	0.0318	0.148	2.00	23	3	227	9.86	5.64	1.055

表 2-38 棕钙土机械组成

层次 (cm)	>1mm 砾石 (%)	粒径 (mm) (%)						总量 (%)		质地名称
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01	>0.01	
2-18	0.4	0.12	27.71	41.33	11.09	8.06	11.69	30.84	69.06	轻石质中壤土
18-48		1.81	43.16	30.24	8.06	4.03	12.70	24.79	75.21	轻壤土
48-77	8.4	0.87	34.89	37.37	9.09	5.05	12.73	26.87	73.13	中石质轻壤土
77-100		0.24	35.52	36.36	10.10	4.04	13.74	27.88	72.12	轻壤土

表 2-39 棕钙土表层养分和盐分平均含量比较

项目 类型	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	全盐量 (%)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K		
自然土	0.959	0.0675	0.139	2.18	44	7	213	10.69	0.178
耕作土	0.926	0.0616	0.137	2.17	41	6	146	9.44	0.120

3. 灰棕漠土

灰棕漠土分布在脱土山以西大面积的山前洪积扇,包括砾质戈壁及土质戈壁,风蚀残丘

表 2-42 灰棕漠土机械组成

层次 (cm)	>1mm (砾石 (%))	粒径 (mm) (%)						总量 (%)		质地名称
		1- 0.25	0.25- 0.05	0.05- 0.01	0.01- 0.005	0.005- 0.001	<0.001	<0.01	>0.01	
0~8	51.00	42.18	45.21	6.01	1.00	1.00	4.60	6.60	93.40	石质土
8~24	19.00	58.87	29.46	3.02	2.04	2.01	0.66	8.65	91.35	重石质紫砂土

表 2-43 灰棕漠土表层养分和盐分平均含量比较

项目 类型	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	盐分 (%)	交换量 (me/100g 土)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K			
自然土	0.509	0.0351	0.129	1.99	33	6	178	7.22	0.918	4.23
耕作土	1.142	0.0689	0.430	2.15	47	9	146	10.32	0.612	6.51

4. 盐土

盐土的形成,反映了强烈的积盐过程。本区平原地势低洼,河流及地下水汇集,经历了长期现代积盐过程,其成因在于:一是气候极端干旱,降水稀少,蒸发量大,各河流携带大量的易溶盐,聚集蒸发浓缩;二是第三纪、第四纪的沉积物富含易溶盐类,即含盐风化壳及母质的影响;三是地下水位高,矿化度高,在强烈的蒸发作用下盐分向地表聚集,进行强烈的现代积盐。湖滨低洼处,形成了20~30cm厚的盐壳,其上地势稍高的河流阶地,形成了盐土,盐土含盐量一般>3.00%,高者表土达32.00%,盐分组成以氯化物为主,硫酸盐次之。主要分布于北部洪冲积倾斜平原,围绕霍布逊湖湖滨,呈半环形(图2-44、2-45、2-46、2-47)。根据盐土的主导积盐过程和附加过程(为沼泽化、草甸化过程)将此划为草甸盐土、沼泽盐土。

表 2-44 草甸盐土剖面性状

层次 (cm)	颜色	质地	结构	干湿度	紧实度	新生体	pH	石灰反应
0~18	微棕黄	中壤土	粒块	潮	松	晶体	8.30	+++
11~25	黄棕	中壤土	块	潮	较紧	白色钙质	8.70	+++
25~44	黄棕	轻黏土	块	潮	紧		8.55	+++
45~85	黄棕	轻壤土	块	潮	紧		8.70	+++

表 2-45 草甸盐土化学性状

层次 (cm)	pH	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	交换量 (me/100g 土)	碱化度 (%)	交换性钠 (me/100g 土)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K				
0~11	8.30	2.294	0.1010	0.085	1.56	171	23	875	9.38	3.57	10	0.35
11~25	8.70	0.516	0.0263	0.076	1.59	64	6	342	13.55	4.49	4	0.18
25~44	8.85	0.725	0.0246	0.086	1.52	76	6	507	16.03	6.33	4	0.27
45~85	8.70	0.523	0.0238	0.077	1.62	31	6	316	11.84	4.80	4	0.18

表 2-46 草甸盐土盐分含量、组成

层次 (cm)	全盐量 (%)	盐分组成类型	离子组成 (%)						
			CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(K+Na) ⁺
0-11	17.635	Cl ⁻	0.031	0.041	9.976	0.9932	0.533	0.389	5.749
11-25	2.1558	Cl ⁻	无	0.038	1.103	0.270	0.124	0.108	0.513
25-44	2.494	Cl ⁻	微痕	0.038	1.540	0.258	0.225	0.129	0.504
45-85	1.476	SO ₄ ²⁻ Cl ⁻	微痕	0.035	0.667	0.256	0.102	0.400	0.376

表 2-47 草甸盐土机械组成

层次 (cm)	粒级 (mm) (%)						总量 (%)		质地名称
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01	>0.01	
0-11	1.14	19.74	39.56	7.10	1.01	31.45	39.56	60.44	中壤土
11-25	2.88	34.24	30.43	21.30	1.01	10.14	32.45	67.55	中壤土
25-44	0.26	6.42	30.43	30.43	23.33	9.13	62.89	37.11	轻壤土
45-85	0.14	28.99	42.52	8.10	16.20	4.05	28.35	71.65	轻壤土

目前基本上是牧业用地，该草场草质粗，适口性差，但有较好的耐牧性，是骆驼放牧的良好草场。该亚类土壤含盐量 < 6.00%，该区部分做了垦殖，但都因无灌溉设施而弃耕。

5. 草甸土

该土壤形成于冲积物母质上，质地粗细不一，砂砾相间。植被为沙棘、怪柳、苔草等。土壤剖面结构简单，上层为不连续薄草皮，砾质土无草皮层，下层为锈色斑纹层。有机质含量低，颜色浅，强石灰反应，无盐化作用。主要分布于各河流河漫滩或一级阶地上，零星分布。在水热条件较好土层较厚地段，已有部分被垦为农田。其剖面特性和理化性见表 2-48、2-49、2-50。

表 2-48 草甸土剖面性状*

层次 (cm)	颜色	质地	结构	干湿度	紧实度	植物根	新生体	pH	石灰反应
0-10	棕色	砂壤土	块	潮湿	紧实	较密		8.75	+++
10-20	淡棕红	轻壤土	块	潮湿	紧实	多		8.70	+++
20-60	灰色	砂壤土	大块	潮湿	紧实	少	锈色斑纹	8.60	+++
60以下	杂色	砂夹粒	粒块	潮湿	紧实	无			

* 采自香日德河一级阶地。

表 2-49 草甸土化学性状

层次 (cm)	pH	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	交换量 (me/100g 土)	全盐量 (%)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K			
0-10	8.75	0.920	0.0616	0.062	1.55	42	4	113	9.43	5	0.174
10-26	8.70	3.360	0.1934	0.094	1.69	48	3	88	10.61	8.79	0.096
26-60	8.60	1.251	0.0619	0.094	1.65	30	3	75	11.05	4.18	0.104

表 2-50 草甸土机械组成

层次 (cm)	粒径 (mm) (%)						总量 (%)		质地名称
	<0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01	>0.01	
0-10	0.32	43.23	41.33	3.02	3.02	9.07	15.11	84.89	砂壤土
10-26	0.18	19.01	52.53	3.08	8.08	12.12	28.28	71.72	轻壤土
26-60	0.10	35.52	48.29	4.02	2.01	10.06	16.09	83.91	砂壤土

6. 沼泽土

分布在境内湖沉带的湖洼滩地，扇缘溢水带河畔小溪水边，具有水成和半水成土的特点。表层有腐泥质层和泥炭层，下部在淹水作用下进行着强烈的还原作用，高价铁转化为亚铁，土壤颜色呈青灰色，根据泥炭层、腐泥层和盐分含量分为 3 个亚类：草甸沼泽土、泥炭沼泽土、盐化沼泽土。

(1) 泥炭沼泽土（亚类）。分布在境内郭里木乡，一棵树村到戈壁农场一带的沿湖洼地上。

具水成土特点：表层有厚 30~50cm 的暗棕色泥炭层，以下为黏重的蓝灰潜育层，在这一层中常发现有螺壳，是湖面退缩和湖积物的见证。剖面性状见表 2-51。

表 2-51 泥炭沼泽土剖面性状

剖面地点及海拔	层次 (cm)	颜色	质地	结构	紧实度	植物根	新生体	pH	石灰反应
郭里木乡 一棵树村	0-40	暗棕	泥炭	无	软有弹性	有新生草根		7.0	+++
	40-70	棕	砂土	块	松	多	蓝灰潜育层	7.0	+++
	70-100	蓝灰	重黏土	块	松	少	蓝灰潜育层	8.0	+++
	100 以下	蓝灰	重黏土	块	较	多	蓝灰潜育层	8.0	+++

剖面所在地，地下水接近地表，季节性积水，泥炭层上边已密生杂草，地表因冻融交替形成胀塔头，有白色盐霜。

这一土类面积小，一棵树村群众有挖泥炭做燃料的习惯。当地农家肥缺乏，土壤又急需有机肥，可进行合理加工，作为有机肥源。

(2) 草甸沼泽土（亚类）。分布在境内各湖洼地，和扇缘溢水带。

有强烈的生草过程，主要植物种类为芦苇、宽叶苔草、海韭菜，草皮层以下常有腐泥层，腐泥层有臭鸡蛋味，以下为蓝灰色潜育层。地下水位常在 0.5m 左右，季节性达到地

表。剖面性状如表 2-52、2-53。

表 2-52 草甸沼泽土剖面性状

剖面地点及海拔	层次 (cm)	颜色 (干)	质地	结构	紧实度	植物根	新生体	pH	石灰反应
连湖东站北湖边 2812m	0~9	灰褐	细砂		紧	草皮	锈斑	7.5	
	9~22	蓝灰	砂土	块	紧	较多		7.5	+
	22 以下	蓝灰	砂土	粒	松			7.5	

表 2-53 草甸沼泽土理化性状

层次 (cm)	pH	代换量 (mmol/100g 土)	速效养分 (mg/g)			养分全量 (%)	
			N	P	K	N	P
0~9	8.66	3.58	58	8.2	522	0.0065	0.0875
9~22	8.6	2.56	107	13.75	442	0.1153	0.0701

这类土壤植被多为芦苇和苔草，产量 1200~1800kg/hm²，由于夏季水湿泛浆无法放牧，冬季结冻后可适度放牧利用。

(3) 盐化沼泽土 (亚类)。分布在境内湖滩洼地和交接洼地，形成于排水不畅的积水滩地，由于强烈蒸发积盐 0~20cm，含盐量常超过 1.0%，20cm 以下含盐量为 0.5%~0.8%。表层以下即呈蓝灰色潜育层。盐分有季节性变化，是盐化沼泽土的特点之一。剖面性状见表 2-54、2-55。

表 2-54 盐化沼泽土剖面性状

剖面地点及海拔	层次 (cm)	颜色 (干)	质地	结构	紧实度	植物根	新生体	pH	石灰反应
连湖东站 2850m	0~18	暗棕	腐泥质		松	密集		8.1	+++
	18~25	深灰	砂壤土	块	松	极多	潜育层	8.1	+++

表 2-55 盐化沼泽土化学性状

层次 (cm)	pH	全盐 (%)	有机质 (%)	盐 分 %						
				CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ K ⁺
0~18	8.1	1.25	22.58	无	0.121	0.407	0.321	0.032	0.065	0.303
18~25	7.6	0.784		无	0.101	0.222	0.219	0.019	0.047	0.173

有机质含量 22.58%，平均含盐量 1.12%。主要植物以苔草、海韭菜等为主，盖度 25%~40%。冬季结冻期可进行放牧利用。

7. 风沙土

风沙土是在风成砂性母质上发育起来的一类土壤，形成于干旱半干旱地区。主要分布于夏日哈、察汗乌苏、香日德、诺木洪一线沙带上，是柴达木盆地的主要风沙土区之一。

该区气候干燥，在大而频繁风力作用下，沙土飞扬，形成风沙流。在风力减弱，或植物自身的障碍作用，使之形成风沙岗地、新月形沙丘。沙地，经过一定的生物作用和剖面发

育,成为风沙土,根据风沙土成土过程中的不同阶段,又划分为:流动风沙土、半固定风沙土、固定风沙土。

(1) 流动风沙土。流动风沙土多分布夏日哈、察汗乌苏、香日德。从德令哈二级站东南山坡到尕斯库勒湖以西的布赫特山南麓片。从铜普乡中尕巴到希里沟河东庄的铜普片,平行于牦牛山山体伸入卜浪沟地区的牦牛山片,从海拔 2800m 的湖滨阶地到 3900m 的山坡,各种地貌上均有发育。除少数沙拐枣和千叶棘豆以外,少见其他植物。沙随风移,造成风沙流,侵袭草场农田。

该亚类属风沙土成土过程的最初阶段。地表有 15cm 以上的流沙,植被极其稀疏,有沙生千叶棘豆、沙蒿等,土壤具备了一定的肥力特征,但风力搬运堆积作用强烈,形成波状和新月形沙丘等,植被定居困难。土壤剖面分化极其微弱或无分化。其剖面特性和理化性见表 2-56、2-57、2-58。

表 2-56 流动风沙土剖面性状*

层次 (cm)	颜色	质地	结构	干湿度	紧实度	植物根	pH	石灰反应
0-74	灰黄	砂土	单粒	润	松散	极少	9.10	+++
74-90	暗灰黄	砂壤土	小块	湿润	稍紧	无	8.90	+++
90-120	暗灰黄	砂壤土	块	湿润	稍紧	无	8.71	+++

* 采自夏日哈西风沙岗地。

表 2-57 流动风沙土化学性状

层次 (cm)	pH	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	代换量 (me/100g 土)	全盐量 (%)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K			
0-74	9.10	0.176	0.0074	0.064	1.82	9	3	45	5.01	1.04	0.035
74-90	8.90	0.275	0.0153	0.057	1.88	20	4	75	6.47	4.46	0.065
90-120	8.71	0.239	0.0115	0.072	1.92	19	3	80	6.53	4.75	0.132

表 2-58 流动风沙土机械组成

层次 (cm)	粒径 (mm) (%)						总量 (%)		质地名称
	1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01	>0.01	
0-74	33.67	1.60	63.13	1.00	0.00	0.60	1.60	98.40	松砂土
74-90	10.44	76.94	2.00	2.00	4.01	4.61	10.62	89.38	砂壤土
90-120	7.49	76.28	3.01	4.02	4.02	4.18	13.22	86.78	砂壤土

(2) 半固定风沙土。半固定风沙土多分布察汗乌苏、铁奎、香日德、巴隆—诺木洪一线沙带上。

该亚类属风沙土成土过程的中间阶段。分布在流动风沙土的边缘和中间低平带,是流动风沙土向固定风沙土的过渡类型,呈怪柳包、白刺沙包和白刺芦苇沙包景观。由于固沙植物生长,迫使流动沙开始固定,已没有风沙迁移,相对稳定,剖面也开始有初步分化,有机质

已在剖面中开始积累。与流动风沙土相比,成土时间较长,肥力略高,植被种类增多,生物积累量提高,剖面也较发育。植物有怪柳、白刺、梭梭、沙拐枣、针茅、千叶棘豆、沙蒿等,由于植物的固定作用,形成以植物为中心的大小不等的怪柳包、白刺包及波状沙丘,沙丘高5~20m。流动沙多被固定,剖面也较发育,局部受地下水或其他因素的作用,尚出现钙积层、盐分聚集层等。其剖面特性和理化性见表2-59、2-60、2-61、2-62。

半固定风沙土是境内骆驼放牧的良好草场,沙柳包有很好的固沙作用。目前应保护“怪柳包”,禁止垦荒,维护生态平衡。

表 2-59 半固定风沙土剖面性状

层次 (cm)	颜色	质地	结构	干湿度	紧实度	植物根	新生体	pH	石灰反应
0-10	灰棕	轻石质砂壤土	单粒	干	松	无		7.80	+++
10-26	灰棕	紫砂土	粒片	干	松	无		7.90	+++
26-70	灰黄	中壤土	片状	干	松	无	粉点状	7.51	+++
70以下	冲积物 母质层								

表 2-60 半固定风沙土化学性状

层次 (cm)	pH	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	全盐量 (%)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K		
0-10	7.80	0.628	0.0237	0.107	2.16	92	4	386	6.97	1.871
10-26	7.90	0.333	0.0131	0.116	2.18	59	5	195	7.11	0.698
26-70	7.51	0.643	0.0299	0.107	2.23	55	3	227	8.18	0.790

表 2-61 半固定风沙土机械组成

层次 (mm)	> 1mm	粒径 (mm) (%)						总量 (%)		质地名称
	砾石 (%)	1 ~ 0.25	0.25 ~ 0.05	0.05 ~ 0.01	0.01 ~ 0.005	0.005 ~ 0.001	< 0.001	< 0.01	> 0.01	
0 ~ 10	2.90	16.11	44.19	28.03	7.03	2.00	2.61	11.64	88.36	轻石质砂壤土
10 ~ 26		1.70	53.61	37.07	3.01	2.00	2.61	7.62	92.38	紫砂土
26 ~ 70		0.87	25.30	35.35	15.15	11.11	11.72	37.98	62.02	中壤土

表 2-62 半固定风沙土剖面性状*

层次 (cm)	颜色 (干)	质地	结构	紧实度	植物根	pH	石灰反应
0-16	灰黄	细砂	散粒	松	少	8.5	+++
16以下	暗灰黄	粗砂	散粒	松	少	8.5	+++

*采自赛什克乡卜浪沟村 3026m。

(3) 固定风沙土。固定风沙土分布在红水川的哈拉希里克。该亚类属风沙土成土过程的最后阶段,流沙被固定,植被多为草原类型,剖面分化明显,土壤发育朝地带性土壤发展。

其剖面特性和理化性见表 2-63、2-64、2-65、2-66。

表 2-63 固定风沙土剖面性状

层次 (cm)	颜色	质地	结构	干湿度	紧实度	植物根	新生体	pH	石灰反应
0-27	灰黄	砂土	单粒	湿	松	多		9.10	+++
27-65	淡棕	砂壤土	块	湿	松	少	粒点状	8.74	+++

表 2-64 固定风沙土化学性状

层次 (cm)	pH	有机质 (%)	全量养分 (%)			速效养分 (mg/kg)			CaCO ₃ (%)	交换量 (me/100g 土)	全盐量 (%)
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P	K			
0-27	9.10	0.621	0.0457	0.047	1.53	14	2	495	7.11	2.32	0.046
27-65	8.74	1.146	0.0847	0.047	1.53	41	2	38	9.44	7.38	0.064

表 2-65 固定风沙土机械组成

层次 (cm)	>1mm 砾石 (%)	粒径 (mm) (%)						总量 (%)		质地名称
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	≤0.001	≤0.01	>0.01	
0-27	13.00	47.43	47.57	2.00	0.00	2.00	1.00	3.00	97.00	重石质松壤土
27-65	10.80	17.03	51.88	10.04	2.01	4.02	5.02	11.05	88.95	重石质砂壤土

表 2-66 固定风沙土性状*

层次 (cm)	颜色	质地	结构	紧实度	根系	新生体	pH	石灰反应	有机质 (%)
0-17	黄白	细砂	单粒	松	极少	白色斑点	8.73	++	0.47
17 以下	棕黄	中细砂	单粒	松	极少	白色斑点	8.49	++	0.49

* 采自额济纳旗东灶火 2920m。

二、土壤风蚀特征

1. 沙粒的运动形式及影响土壤风蚀的主要因素

(1) 风作用下沙粒的运动形式。当风速达到起动风速时,地表沙粒便开始运动,形成风沙流。依据风力和土壤颗粒大小及质量的不同,沙粒以 3 种基本形式运动,即悬移、跃移和蠕移。

①悬移运动:指土壤与粉沙颗粒保持一定时间悬浮于空气中而不与地面接触,随气流向前移动。沙粒小易形成悬移运动,当沙粒粒径<0.1mm 时,可形成近似的悬移运动。只有粒径<0.05mm 的粉沙及黏土颗粒可形成真正的悬移运动,随风飘移很长距离。

②跃移运动:沙粒受风力上扬作用,脱离地表进入气流后,在气流作用下加速运动,并与水平线很小的锐角迅速下落,这种移动称为跃移。跃移的沙粒在接触地面时可能冲击其他沙粒使其跃移。粒径为 0.1~0.15mm 的沙粒最容易以跃移的形式运动。

③蠕移运动:沙粒沿地表滚动或滑动的移动称为蠕移运动。蠕移可在风力直接作用下发

生,但大多数的粗沙粒是在较细的沙粒跃移冲击作用下发生蠕移运动的。发生蠕移运动的粒径通常为 $0.5 \sim 2.0\text{mm}$ 。

(2) 影响土壤风蚀的主要因素

①土壤机械组成对风蚀的影响: W.S.Chepil 在研究美国西部大平原土壤风蚀问题时,经过大量观测和试验,根据土壤粒径把土壤颗粒分成 4 部分: 粒径 $< 0.42\text{mm}$, 极易风蚀; 粒径 $0.42 \sim 0.84\text{mm}$, 风蚀困难; 粒径 $0.84 \sim 6.4\text{mm}$ 不风蚀; 粒径 $> 6.4\text{mm}$ 不风蚀。W.S.Chepil 把粒径 $\geq 0.84\text{mm}$ 的沙粒称为不可蚀因子。不同的学者在划分这一标准时不尽相同,有时把粒径 $\geq 0.84\text{mm}$ 的沙粒称为不易蚀因子,还有人把粒径 $\geq 1\text{mm}$ 的沙粒作为划分不易蚀因子的界限,这说明土壤颗粒大小对土壤风蚀有重要的影响。起动风速最小的石英沙粒的粒径为 0.08mm 左右,对于更小的石英沙粒来说,起动风速反而要增大。这个结论,我们在香日德—巴隆地区,采集具有代表性的流动、半固定、固定和未翻耕地土样各 2 箱,在中国科学院兰州沙漠研究所风沙物理和风沙环境实验室风洞模拟实验进行了验证(表 2-67),耕地和固定沙地中细沙占总风蚀量的 $0.53\% \sim 32.92\%$,而粉沙高达 $13.54\% \sim 92.12\%$; 半固定沙地和流动沙地中细沙占总风蚀量的 $13.36\% \sim 50.27\%$,而粉沙仅占 $0.27\% \sim 16.34\%$ 。

②地表类型对风蚀的影响: 不同地表类型在相同风力作用下,风蚀强度不同,其抗风蚀能力亦有明显的差别(表 2-68),耕地(小麦留茬)经过 5 个不同风速,其吹蚀后的总风蚀量为 105.11g/min ,而流动沙丘(地)在相同条件下的总风蚀量为 30756.17g/min ,是耕地的 292.6 倍。从中看出,抗风蚀能力耕地(小麦留茬) $>$ 固定沙地 $>$ 流动沙地。

③植被盖度对风蚀的影响: 对不同植被盖度进行不同风速实验(表 2-69),不同植被盖度的风蚀临界风速值不同。一定植被盖度的地表有其特有的抗风速强度极限值,但其值随植被盖度的增加而增加;在相同风速条件下,地表土壤风蚀量随植被盖度的增加而减少,二者呈负相关。

④土壤含水量对起动风速的影响: 据风洞实验,土壤含水量对土壤颗粒的风蚀起动风速有重要的影响(表 2-70)。流沙在干燥状态下风蚀起动风速较低,约为 $4.5 \sim 5.0\text{m/s}$ 。随着含水量的提高,起动风速也迅速提高。当含水量为 2.21% 时,风蚀起动风速为 12.21m/s ,沙粒含水量达到 2% 以后,流沙也很难被风蚀。

表 2-67 不同粒径土壤风蚀的风洞实验

类型 \ 土样	起动风速 (m/s)	风蚀量 (g/min)	极粗砂	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粉砂	粘土
			2.0~4.0	1.0~0.5	0.3~0.25	0.25~0.125	0.125~0.063	0.063~0.002	0.002~0.001
耕地(留茬) 巴隆	7.0	105.11	2.86	6.00	9.90	21.24	44.46	13.54	2.00
耕地(留茬) 香日德	7.0	178.99	0.13	0.21	0.53	0.78	4.29	92.12	1.94
固定沙地, 巴隆	7.0	256.13	0.60	1.70	10.47	32.92	27.93	26.11	0.27
固定沙地, 香日德	6.6	280.95	0.13	0.87	3.39	11.73	12.73	69.02	2.13
半固定沙地, 巴隆	6.4	587.58	0.43	2.50	13.36	22.93	45.44	16.34	
半固定沙地, 香日德	5.6	13372.12	0.53	10.53	37.37	50.07	1.50		
流动沙地, 巴隆	5.2	22862.17		0.93	34.63	42.54	20.75	1.15	
流动沙地, 香日德	5.2	30756.17		0.17	21.46	44.74	33.36	0.27	

表 2-68 不同地表类型的风蚀强度

地表类型及采集地点	风蚀强度 (g/min)					合计	倍数
	7 (m/s)	10 (m/s)	15 (m/s)	20 (m/s)	25 (m/s)		
耕地(留茬), 巴隆	0.40	1.40	11.08	23.00	68.51	105.11	1
耕地(留茬) 香日德	0.10	0.25	1.08	3.03	174.54	178.99	1.7
固定沙地, 巴隆	0.15	0.38	9.82	27.23	218.55	256.13	2.4
固定沙地, 香日德	0.62	7.30	53.13	83.33	136.55	280.95	2.7
半固定沙地, 巴隆	0.47	6.50	54.03	185.08	341.50	587.58	5.6
半固定沙地, 香日德	1.29	117.50	908.33	3100.00	9200.00	13 372.12	127.2
流动沙地, 巴隆	231.67	987.50	3435.00	6708.00	11 500.00	22 862.17	217.5
流动沙地, 香日德	11.17	1195.00	4725.00	10 100.00	14 725.00	30 756.17	292.6

表 2-69 植被盖度与土壤风蚀量的关系

植被盖度 (%)	临界风速 (m/s)	风速 (m/s)	风蚀量 (kg/min)	风蚀模数 ($\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{s}$)
69.7	10.2	14.0	0.14	0.02
		21.6	0.49	0.07
		24.0	0.82	0.12
58.5	8.7	14.4	0.25	0.05
		19.6	0.88	0.18
		22.4	0.90	0.18
		23.6	2.28	0.46
27.4	8.3	10.2	0.07	0.01
		16.7	0.87	0.10
		20.6	1.95	0.21
		24.4	4.93	0.54
10.0	7.8	10.6	0.43	0.05
		15.5	1.77	0.21
		21.5	2.36	0.28
		24.9	4.56	0.54

表 2-70 不同土壤含水量与风蚀起动风速的关系

沙样含水量 (%)	风蚀起动风速 (m/s)	沙样含水量 (%)	风蚀起动风速 (m/s)
<0.80	4.5~5	2.21	12.21
1.11	6.58	4.73	14.32

⑤其他因素对风蚀的影响：除了土壤机械组成、地表类型、植被盖度、土壤含水量对土壤风蚀有显著影响外，土壤的容重、团粒结构、硬度等也对风蚀有影响。特别是植被盖度对土壤风蚀影响更大，当盖度增加时，土壤风蚀明显下降。一方面是由于随着盖度的增大，增加了下垫面的粗糙度，使近地面风速下降；另一方面，随着植被盖度的增加，植物根系对土

壤的固结作用加强,土壤本身抗风蚀能力增加。

除了自然因素对土壤风蚀及风沙活动有很大影响外,人类活动对风蚀也有很大影响。特别是开垦、樵采及过度放牧等人类活动对风蚀沙化影响较大,这些活动也是本区当前风沙活动加剧的主要因素。

2. 土壤风蚀的过程

(1) 沙丘的风蚀过程。起伏低缓的固定半固定沙丘是本区的主要地貌类型之一。一般沙丘高度 5~20m,坡度 $10^{\circ}\sim 25^{\circ}$,也有超过 35° 。固定沙丘在大风及强度人类活动影响下,易发生风蚀沙化。其发育过程如下:

①迎风坡出现活化缺口:由于放牧、樵采及开荒种地,破坏了植被,打破了原有的生草层或土壤结皮,使地表失去保护作用,局部小面积沙物质外露,地面粗糙度下降。处于迎风坡,风力作用较强,扬沙形成风沙流,挟沙气流的风蚀作用比净风的风蚀作用大几十倍甚至上百倍(表 2-71),使植被已经破坏的地段形成活化缺口,风蚀过程加速。活化缺口的沙物质被风搬运到背风坡及下风侧丘间低地产生斑点状的草灌丛沙堆。

表 2-71 净风和挟沙风与土壤风蚀结果

土壤类型及采集地点	气流状况	风速 (m/s)	风蚀量 (g/min)	倍数
半固定沙地,香日德	净风	7	6.97	1
	挟沙风	10	146.55	21.0
固定沙地,巴隆滩	净风	7	7.92	1
	挟沙风	10	293.97	37.1
耕地(国茬),滩巴隆	净风	7	0.35	1
	挟沙风	10	267.14	763.2

②迎风坡出现风蚀窝:风蚀缺口位于迎风坡,且形成坑穴,使风的流线产生涡旋,风沙流的掏蚀作用加强,加上缺口周围有植被等的保护作用,风蚀缺口向较深处发展,形成风蚀窝。这时在背风坡及下风侧丘间低地产生片状流沙及草灌丛沙堆。

③迎风坡出现风蚀陡坎:随着风蚀窝的出现,气流的涡旋掏蚀作用进一步加强,由于风蚀窝周围植被的保护作用,风蚀窝加深,风蚀窝的迎风坡变陡,由于陡壁疏松,出现倒坍现象。倒坍物松软易风蚀,使风沙流密度加大,风蚀作用加强。风蚀窝的迎风壁向两侧扩展,这种风蚀和倒坍的反复作用形成了风蚀陡坎。这时在背风坡及下风侧丘间低地形成较厚的覆沙层,出现半流动成片分布的草灌丛沙堆。

④迎风坡出现风蚀坑:随着风蚀陡坎的出现,风蚀作用和倒坍作用反复进行。依据地形、沙丘大小、土壤质地、植被覆盖的差异及这一过程持续的时间不同,经过反复的倒坍,陡坎逐渐变缓,在迎风坡成风蚀坑。这种风蚀坑多位于迎风坡下部,大小差异较大。迎风坡的沙物质一般堆积于背风坡,背风坡脚和下风侧丘间低地等部位。通常在背风坡脚覆沙层最厚,形成流动沙丘及流动草灌丛沙堆。

⑤风蚀坑迎风坡变缓:随着风蚀坑的进一步发展,迎风坡受风蚀和倒坍的反复作用变缓,背风坡变陡,形成典型的流动沙丘地貌类型。

沙丘的风蚀过程可以概括为 5 个阶段:活化缺口—风蚀窝—风蚀陡坎—风蚀坑—风蚀坑

迎风坡变缓。

伴随于迎风坡的风蚀过程,背风坡和背风坡下侧积沙过程也经历了5个阶段:斑点状草灌丛沙堆—小片状流沙—半流动片状流沙—流动沙丘及流动草灌丛沙堆—典型流动沙丘。

(2) 沙质农田的风蚀过程。该区农田大多分布在冲积、湖积平原,相对起伏2m以下,坡度一般小于 10° ,在开垦之前多用于放牧或樵采。开垦后由于天然植被保护层遭到破坏,加上沙质的土壤属性,易受风蚀。农田的风蚀过程与沙丘风蚀过程既有相似之处,又有较大区别。

①表层风蚀粗化:缓坡固定沙地开垦以后,改变了地面性质。原有的植被破坏,地表只有在夏秋季节有作物覆盖,其他季节土壤表层裸露,抗风蚀能力减弱,土壤易遭受风蚀,尤其在干旱多风的春季土壤风蚀严重。

开垦的缓坡沙质农田在春季大风作用下,首先吹蚀掉土壤表土中的细小颗粒,使地表粗化。在风沙流作用下,地表形成风蚀小沟,在下风侧丘间低地或背风坡形成小片状覆沙。这种类型的农田一般在播种前开垦,由于当年风蚀时间短,风蚀量不算很大,在正常年份可获得一定的收获量。

②地形改变产生风蚀沟槽:沙质缓坡农田多种植农作物,收获后残留在土壤中的根量很少,地表基本处于裸露状态,在翌年春季即遭受强烈风蚀。在风蚀严重的地段可吹蚀掉约25cm厚的表土层,在毗连地段可形成约10cm厚的积沙,并产生片状流沙和草灌丛沙堆,地形发生改变,形成明显的风蚀沟槽和沙堆,地表变得起伏破碎,一般种植1~2年即弃耕摆荒。

③弃耕农田继续风蚀:弃耕农田在第二年春季仍无植被层而继续风蚀,风蚀沟槽进一步加深,严重地段形成流动和半流动草灌丛沙堆。

④弃耕农田进入次生演替阶段:弃耕缓坡农田一般呈小块不连续开垦,地块周围仍为草场等天然植被,种源丰富,在弃耕后的第二年多雨季节,天然植被开始恢复,进入次生演替阶段。在植被恢复初期一般以蒿类、藜类等适口性差的植物占优势,牲畜很少吃,人为干扰较弱,植被恢复较快,风蚀减慢,但还要持续一段时间。

沙质农田的土壤风蚀一般经历了4个阶段,这个过程可以表示为:表层风蚀粗化—产生风蚀沟槽—弃耕后继续风蚀—植被进入次生演替阶段。

(3) 耕地土壤风蚀。耕地土壤风蚀是沙漠产生和发展的一种重要形式,对农牧业生产造成严重危害。对该区农田土壤风蚀问题的主要研究结果简述如下。

作物留茬对防治风蚀有明显作用,其根系可以固结土壤,增加土壤固结性能,增强土壤抗风蚀能力。在春播前保留残茬(不耕作),能有效减弱土壤春季风蚀。实验选用两箱耕地土样,小麦留茬10~15cm,先做未翻耕实验,再做翻耕实验。翻耕实验前将0~10cm表土挖松、打碎,刮平,土中的杂草、麦茬和植物根系任其保留。实验表明(表2-72),在一定时间不同风速吹蚀下,翻耕土壤的风蚀量远大于未翻耕土壤的风蚀量,在风速10m/s以下风蚀量差别较小,风速10m/s以上风蚀量相差悬殊,翻耕地的风蚀量相当于未翻耕地的10~38倍。

表 2-72 土地翻耕与土壤风蚀量的关系

土样采集地点	实验内容	风速 (m/s)	吹风时间 (min)	风蚀量 (g)	风蚀强度 (g/min)
香日德	未翻耕	7	20	2.00	0.10
		10	10	2.50	0.25
		15	5	5.40	1.08
		20	2	6.06	3.03
		25	2	349.08	174.54
	翻耕	7	10	5.00	0.50
		10	7	9.35	1.34
		15	3	61.04	20.35
		20	1	349.00	349.00
		25	1	1475.00	1475.00
巴隆滩	未翻耕	7	15	6.00	0.40
		10	10	14.00	1.40
		15	5	59.00	11.80
		20	3	69.00	23.00
		25	2	137.01	68.51
	翻耕	7	10	6.60	0.66
		10	7	60.00	8.57
		15	3	359.00	119.67
		20	1	1225.00	1225.00
		25	1	2600.00	2600.00

第三章 沙漠及沙漠化形成和演化过程

柴达木盆地东部地区沙漠及沙漠化的形成过程,除了与柴达木盆地整体大环境的形成与发展过程有关外,还有其自身的区域形成过程和历史演变过程。根据土地沙漠化是气候干旱和人类不合理的经济活动共同作用的结果这一观点,结合区内新构造运动、第四纪地层、气候演变、植被变化以及风洞实验等,进行了该区沙漠化成因的分析和研究,在荒漠环境中建立一个与自然生态系统相协调的高效人工生态系统,具有一定的指导意义和实践依据。

第一节 地质时期沙漠的形成条件

一、新构造运动对气候的影响

早在侏罗纪开始,燕山运动促使柴达木开始发育断陷盆地,第三纪初,周围山地隆起,盆地整体陷落,形成柴达木盆地的雏形。随着青藏高原的隆起,海水退出高原区,来自南部的挤压力导致盆地地壳底部岩石相变,密度加大,地壳下沉,发育拗陷盆地。上新世末以来盆地发生5次较大的构造运动,即上新世更新世初至早更新世初(距今280万~200万年)、早更新世中晚期(距今160万~110万年)、早更新世末至中更新世初(距今76万~60万年)、中更新世晚期(距今30万~16万年)及晚更新世晚期(距今3万年左右)(魏新俊1993),这一系列的构造运动,导致盆地拗陷幅度的不断加大,沉积厚度可达10 000m。由于盆地四周山脉深部温度的不断上升,相平衡界面上石榴辉岩($\rho=3.5$)还原为辉长岩($\rho=3.0$),密度降低,体积膨胀,地壳开始加厚并逐渐隆起,山脉不断升高,以致山地出现冰雪,发育冰川、河流。在重力和流水的作用下,山地遭受侵蚀,并通过流水作用在盆地腹地形成以湖相—河流相为主沉积,柴达木盆地正式形成。

新构造运动不仅奠定柴达木盆地的地貌特征,而且直接影响柴达木盆地的气候变化。首先,构造运动使欧亚大陆连成一片,隆起的青藏高原迫使大气环流改变格局,阻挡了南来的印度洋和孟加拉湾暖湿气团,导致降水减少,促使中亚干旱区的形成,加大区域的风速,而且干季与风季同时发生。其中发生在中更新世晚期的新构造运动,成为直接造成现代地貌形成的动力。受此构造运动的影响,西南部印度板块向北俯冲,柴达木板块挟持顶托抬升,使统一的柴达木湖解体,基本上奠定了内陆盆地的格局,其结果,一方面使区内气候变冷变干(按每上升100m气温下降0.65℃计算,晚更新世和全新世期间,气温约下降3.9~4.9℃),同时,随着盆地的上升和河流侵蚀面的下降,以河水为潜水面的地下水位相对降低,而与地下水互补的湖泊和沼泽也陆续缩小,解体甚至完全干涸;另一方面,构造运动为荒漠地貌和风沙地貌的发育提高了丰富的碎屑物质,由于山脉隆起和盆地凹陷导致侵蚀的加剧,水蚀发展,地表切割更为破碎,河谷两旁含砂地层大量露出,并几经流水冲刷、分选、停积,为风的吹蚀和搬运创造物质条件。再者,新构造运动为柴达木盆地地貌塑造创造了主要动力因素。这主要包括了水和风两种重要的外营力。

在新构造运动时期水的侵蚀作用主要表现于盆地南部和北部山地及盆地边缘地区,在河流出口处形成巨大冲洪积扇并发育河流阶地等。水的作用包括侵蚀、搬运和堆积3个不可分割的过程,仅仅是侵蚀作用或堆积作用不显著,并不等于水的地貌作用不显著。盆地内巨厚的沉积物为洪积相、冲积相或湖相,最初都是依靠流水,特别是暴雨洪流,从周围山地搬运到盆地内部。水以其侵蚀作用塑造盆地边缘狭窄地带的地貌,对盆地边缘山地加以改造,同时又以其堆积作用塑造盆地内广大地区的地貌。

风是盆地地貌形成的又一重要外营力,风力地貌在柴达木几乎随处可见。但是,风力主要以洪积、湖积物质为作用对象,对经过构造变动的洪积、湖积地貌加以侵蚀改造和以风积物覆盖它们,形成各种风蚀残丘和沙丘,造成地貌的地域分异。

风的地貌作用也包括侵蚀和堆积两方面。风吹蚀古老基岩风化物和新生代比较疏松的岩层后,地表残余物质的形态即是风蚀地貌;从风蚀区吹扬的沙粒在风力减弱或受地形阻碍时重新沉降于地面,形成新月形沙丘、沙丘链、沙垄等风积地貌。风作为一种重要的地貌外营力,时间并不太长久,比之塔克拉玛干大沙漠,柴达木的沙漠显然要年轻的多,盆地沙漠分布十分零散,面积不够广大,沙丘规模较小和类型不完备。

风力作用只是在盆地背景下导致较小尺度的地貌分异。外营力主要表现为河湖堆积作用,与盆地的环境条件密切相关。盆地及周围山地气候干燥,限制了河流水量和侵蚀能力,另一方面又严重影响了植被发育,造成地表沙石裸露,为风力作用创造了前提。

新构造运动造成的气候效应,还使山地冰期或冬期多处于冰川、积雪和冰缘作用过程,基岩遭受强烈寒冻风化和机械风化,不断制造出砂与粉尘物质,在间冰期或夏季,以流水作用过程为主,四周经常性和临时性流水将基岩风化砂和粉尘带入盆地沉积,形成大量含沙的松散物质,为区内沙漠环境的形成及风力作用提供了丰厚的沙源。

新构造运动引起的盆地纬度北移,高度和地形变化使区内气候愈来愈干冷,加之水流和风蚀,使盆地出现了荒漠景观,生物气候带由亚热带变为森林草原带、荒漠带。这便是该地沙漠环境形成的最初演变过程。

二、冰期气候波动的影响

冰期气候波动对本区沙漠的演化和土地沙漠化正、逆过程的交替出现与生物气候带的演变历史产生巨大影响。新第三纪末,受全球气候波动的影响,帕米尔高原形成冰盖,高山区发育了冰川、冰盖,全球步入冰期气候波动时代。这在柴达木盆地区内同样有反映。受这种冰期气候波动的影响,加之亚洲大陆上新世末,更新世初新构造运动,造成一系列高原山地(主要是青藏高原等)的抬升和山间盆地(包括柴达木、塔里木、阿拉善高原等)的陷落,很可能在青藏高原北面已逐渐形成较强的高压区,使晚第三纪时主要由海陆对比关系出现的东亚季风环流系统更趋强化,从根本上打破我国早先与纬度大致平行的行星气候带分布状况,基本奠定类似于现代与纬度斜交的气候带格局(张林源 1981)。从此,柴达木盆地已处于西北部干旱荒漠与东南部半湿润森林草原之间的干旱荒漠草原和半干旱草原或灌丛草原过渡带位置,较易受到冰期气候波动导致的生物气候带水平和垂直移动之影响。

冰期时,随着全球气温的降低,大气中的水分以固态水的形式大量聚集于两极和中低纬度山地高原区,返回海洋的水量减少,导致冰川和多年冻土面积扩大,海面下降,海岸线后退,大陆面增加。此时,西南和东南季风减弱萎缩,而西伯利亚—蒙古高压增强前伸,寒潮南下频率和强度大为增长,我国水平生物带南移,垂直生物气候带下移。本区处于冰缘环

境,冷高压控制下,自西北向东南出现干冷,多西北风的干旱荒漠草原生物气候带。地表外营力中,流水作用仍占有相当重要的地位,但风力作用已显著加强,并存在明显的周期性变化。柴达木盆地东南部地区的风力更为强大,气候变得更干旱,植被随之变得疏矮,地表广遭风蚀,出现各种风蚀、风积形态;加之水蚀,从中产生的大量沙粒、粉尘随风和流水向平坦低洼处输移,粗大砂粒残留原地,形成戈壁,在少数植被密集地段,因风沙流过饱和,也出现一些流沙堆积。

间冰期时,随着全球气温的升高,两极和中、低纬度山地高原区的冰川、积雪和多年冻土大量消融,返回海洋的水量增加,导致海面上升,海岸线往陆地推进,大陆面减少。因海洋性气团势力兴盛强大,势必导致西南和东南季风北上的频率、强度增加,我国的水平和垂直生物气候带北移和上移。本区处于间冰缘环境,较多受季风影响,自东南往西北主要处于暖湿、多东南风的森林草原、疏林草原或灌丛草原生物气候带。地表外营力以流水作用和成土过程占主导地位。在地势较高,植被稀疏的沙丘和基岩面上,遭到流水剥蚀,大量流沙和基岩风化物被冲刷、搬运,在地势低洼的大小河流和湖沼地区形成大量河湖相沉积。在一些地势低矮或坡度平缓、植被茂密、受流水侵蚀和堆积影响较小的地表,逐步发育砂质和粉砂质土壤。总的来看,冰期气候波动是导致本区生物气候带和沙漠化正、逆过程交替变化的决定性因素。

总之,柴达木盆地第四纪气候演变的总趋势是冰期越来越干燥,间冰期气候干燥存在减缓趋势,这与青藏高原对冰期气候和间冰期气候的放大作用密切相关。受气候变化的影响,生物气候带及区域生态环境必然发生相应的变化。

第二节 沙漠化形成的历史过程

一、人类历史时期沙漠化的扩大

人类历史时期大体相当于第四纪地质上的全新世中期(7500~2500aB.P)和晚期(2500~100aB.P)。研究本区这个时期土地沙漠化,必须考虑两点:一是新构造运动及新冰期气候波动对环境影响;二是新石器时代以后的人类在生产活动中对自然环境所造成的诱导作用。

1. 新冰期气候波动与沙漠化

我国北方半干旱区研究结果表明,近5000年来气候发生了多次的波动,主要存在全新世大暖期中的寒冷事件(即新冰期第二冷期)、秦汉气候温暖期、东汉寒冷期、中世纪暖期、小冰期和20世纪暖期等气候事件,沙漠的演化及土地沙漠化正、逆过程的变化往往与气候事件在时间上的同步性,即寒冷期沙漠扩张、土地沙漠化正过程发展,相反温暖期沙漠扩张速度减慢或固定缩小,土地沙漠逆过程发展,柴达木盆地沙漠和沙漠化变化也具有类似的过程,只是变化的幅度较小而已,说明我国北方近5000年内的沙漠化过程深受新冰期气候波动的影响。新冰期冷暖气候波动,引起我国东部海面及蒙古高压和海洋气团对大陆的影响范围发生变化,从而使本区所处的生物气候带、地表主要外营力(风力、水力)作用过程出现相应变更。所不同的只是这个时期寒冷气候波动历时短、强度小。由此引起的干冷气候以及植被变化较小,但本区温暖期形成的生态环境仍较脆弱,即使这样也足以使原有的生态平衡破坏,出现沙漠化。直至上世纪初,外营力与季节同期周期性的影响,一直是该地区沙漠形

成的主要动力。夏秋季气温升高,冰融、降水形成的水力作用,将高山基岩风化物带入区内,形成冲积—洪积平原;冬春季寒旱和该区昼夜温差大的特点,加剧基岩分化,风力将沙质地表风蚀起沙,粒径大的砂粒和砾石留在原地,细砂、粉砂物质相反以蠕移、跃移、悬移3种方式被搬运,经日复一日、年复一年地反复分选侵蚀和再搬运堆积,使得沙源变得尤为丰富,外营力作用更加突出,沙漠化进程日趋强烈。

2. 盆地的地理作用和非地理作用的影响

新构造运动使得隆起的青藏高原对柴达木盆地的气候影响增大。盆地冬季受西伯利亚高压控制,气候寒冷干旱,夏季因巨大高原和丛山相隔,湿润的西南季风难以逾越。香巴地区东离太平洋,南离印度洋均2000km左右,北离北冰洋4000km余,西至大西洋约7000km多,因此,潮湿的海洋水汽鞭长莫及,致使降水稀少。

盆地效应是盆地本身特殊的地貌结构造成的,四周山地高,盆地地形闭塞,散热慢,气温较高,使盆地受较深的低压控制,导致周围山地大气下降,盆地气候干燥。

非地理作用是一种因增加反射率造成的自诱导效应,是发射率反馈机制引起的。其过程:干燥气候导致地表光秃裸露,缺乏植被覆盖的沙漠、砾漠,岩漠和盐漠地面反射率很高(达28%左右),而且盆地上空少云,年平均总云量三成左右,所以盆地的地面辐射很强,地表热量损失很大,远远超过其周围地区,对流加剧,形成强烈的下沉气流。绝热下沉的气流是干燥的,如此互为因果,恶性循环,从而加速加剧土地沙漠化进程。

3. 人为因素的影响

人类是自然环境发展到一定阶段的产物。大约在全新世中期,人类已摆脱原始单纯的采集、狩猎活动,开始一定程度的农牧业生产活动。它不仅以生物圈的组成部分而存在,并通过生产、生活活动与自然环境各要素发生联系和作用,成为促使生态环境变化的一个重要因素。人类历史时期,由于柴达木盆地人口相对较少,生产工具落后,人与环境之间的矛盾不十分尖锐,对沙漠化的影响毕竟很小,相比气候变化引起的沙漠化正过程,人为活动的影响微不足道。因此,可以说人类历史时期的人类生产活动只是促使沙漠化正过程的一个因素,但不是重要因素。

二、现代时期沙漠化的加剧

现代时期指19世纪中叶至20世纪末(约150年)。处于荒漠气候带上的柴达木盆地东南部地区,相当于经历了新冰期第四期(又称小冰期)之后又处于一个相对温暖时期,也是人类活动比较频繁的时期,尤其以近40年来的人类活动更为频繁。这个时期该地区沙漠化的形成过程,很大程度上取决于自然因素和人为因素共同作用的结果。

柴达木盆地的沙漠分布广泛,但比较零散,沙丘类型主要包括新月形沙丘、新月形沙丘链、纵向沙垄等。

柴达木盆地东部流动沙丘,西起铁奎,东至夏日哈,北起牦牛山南麓,南到香日德间的柴达木东南边缘区,是盆地沙漠集中分布的地区之一。H.M. 普尔热瓦斯基(第一个到达柴达木盆地的外国探险家,1872)最早指出这里发育有沙垄和沙丘,后来一些学者又描述了这里怪柳包的形成过程。本区沙丘不仅分布于低平地带,而且发育在夏日哈河、察汗乌苏河和香日德河的高阶地上。较高的新月形沙丘可达17m,移动方向为SE,最大年移动速度达56m。但另一类小的新月形沙丘,移动方向与大沙丘有显著差异,这是由于盆地东南边缘夏季除受西北风影响外,东南风尾间和地形风也制约着沙丘移动方向,不同方面的沙丘组合成

为典型的格状沙丘链。这个地区的沙漠主要是分选佳、磨圆度高的河流冲积物，与盆地西部的沙粒有显著区别。从本区风成沙的粒度分析看，几乎没有粗沙和中沙，细沙比例高达73.4%。

1. 自然因素

柴达木盆地东南部地区，其构成生态环境的自然要素是很脆弱的，而且自身就孕育着土地沙漠化的因素。最突出的有以下3个方面。

(1) 气候干冷多风。柴达木盆地具有典型的大陆性荒漠气候特征，概括地说，寒冷，干旱，富日照，多风，就是这种气候的最显著标志。虽然盆地在青藏高原上堪称气温较高、热量比较丰富的地区，但除中心区年平均温度可达 5°C 左右外，其他部分均在 $0\sim 4^{\circ}\text{C}$ 之间，且各地盛夏都可能出现 0°C 或接近 0°C 的低温，可见这个盆地仍然是寒冷的；年降水量除东南一隅可达170mm以上外，大部地区不超过100mm，诺木洪一带降水量不足50mm，干燥表现得相当突出；日照时间长，太阳辐射强，而且光质好，在一定程度上弥补了热量的不足；年均风速大，大风日数多，是盆地气候的显著特征之一。

柴达木盆地处于欧亚大陆腹地，东南季风不易到达，西南季风夏季仅及盆地东部。盆地南北两侧有高山挟持，形成东西长约1000km的天然通道，冬季冷空气很容易侵入，沿通道东灌，风速大，风向稳定。特别是寒潮侵入盆地，造成猛烈的降温，大风和风沙天气气温降到 $-28\sim -33^{\circ}\text{C}$ 。夏季，柴达木盆地仍在大陆气团控制下，天气晴朗，日照时间长，阳光充足。同时还存在着以整个青藏高原为尺度的大型山谷风，围绕一个山系的山谷风。盆地中一些小的山脉及次级盆地产生的气候效应，使气温、降水、气压、风压发生了明显差异。

盆地的风向高空终年盛行W风，而地面风由于地形影响，W风环流在山地两侧转变成地域性山谷风环流，因而山地和盆地之间地域性环流很盛行。因风力在起沙风速以上的风极为频繁，同时地表物质疏松，且植被稀少，风力很强，就可形成风沙天气，危害工农牧业生产。

干旱、寒冷和多大风是土地沙漠化的因素之一。据诺木洪、香日德气象站的统计资料表明，该地区多年平均温度只有 $2.9\sim 5.8^{\circ}\text{C}$ ，年较差分别在 $25.3\sim 26.1^{\circ}\text{C}$ ；月平均最高气温 $16.0\sim 17.3^{\circ}\text{C}$ ，最低气温 $-10.1\sim -10.4^{\circ}\text{C}$ 。多年平均降水量 $37.9\sim 170.6\text{mm}$ ，多年平均蒸发量却高达2114.6mm，湿润指数一般在0.05~0.20之间，属干旱地区。本区一般3~5月份地温高于气温，6~9月份地温低于气温。同时，区内风大而频繁，诺木洪全年多西风(W)和西北西风(WNW)，多年平均风速 3.7m/s ， ≥ 8 级以上的大风日数平均54d，最大瞬时风速可达 25m/s ；香日德全年多东南风(SE)和南南东风(SSE)，多年平均风速虽低于 5m/s ，但 $\geq 5\text{m/s}$ 的起沙风速累计时数高达1888.1h， ≥ 8 级以上的大风日数平均21d，最大瞬时风速可达 24m/s ，沙尘暴最多的一年曾出现过4次(1970年)。由于昼夜温差较大，降水量少而蒸发量大，年大风日数较多，寒冻、冻融和机械风化作用广泛发展，加速着花岗岩、砂岩、花岗闪长岩等的物理风化，促进砂和粉砂大量形成。而经常性的干旱使地表组成物质大部分时间处于干燥、疏松状态，频繁的起沙风加上地域性山谷风则更为土地沙漠化的形成提供了强大的动力。

(2) 地表沙源丰富。柴达木盆地东南部地区不论在周围山坡、河谷、农田、荒漠地带还是沼泽地带都堆积有不同厚度的第四纪松散沉积物。这些沉积物及表层土壤在物质和机械组成上的共同点是都含有一定数量的沙粒。沙粒具有内聚力和结持力小，质地松散的特性，地

表沙粒含量愈高就愈不稳定,愈容易遭到风蚀起沙。从根本上说,地表物质组成中的沙源,主要来自周围山地(主要指布达汗布达山)花岗岩、砂岩、花岗闪长岩等的基岩风化产物,由第四纪以来不同时期经常性和暂时性流水带入盆地形成的。由于本区所处的高寒位置,太阳直接辐射,日温昼夜交替变化大,导致基岩寒冻风化、机械风化十分强烈。以后又经风力和水流的长期搬运、多次分选,使沉积物中的砂粒相对集中,甚至以挟沙层出现。因此,大面积含砂地表的存在,便为本区沙漠化正过程的发生、发展准备了沙物质基础。

柴达木盆地风成沙来源于盆地本身。主要有以下几个方面:盆地西北部第三纪地层的风蚀产物;盆地中部第四纪湖相沉积物;第四纪洪积物中所含的细粒物质;现代次生风成沙;周围山脉古老变质岩风化产物。风蚀区的大量细粒物质,在风力挟带下向东南方向搬运,并堆积于盆地南缘。这是仅凭直观观察、分析就可以相信的。从风蚀地貌发育程度和分布范围,也不难粗略估算被风蚀物,即沙源的数量。第四纪湖相干缩后出露的地面,大量细粒、干燥、疏松物质成为沙源也易于理解。所以,完全可以说,前两项乃是风成沙的主要来源。第四纪洪积物的剖面证实它含有一定数量的沙,而地表仅保留砾石级物质,表层沙已被吹扬;固定沙丘上的植物由于自然和人为原因死亡后,失去保护的沙粒重新活动,近几十年来非常突出。相比之下,周围山地古老岩石风化产物对现代风成沙就只是一个次要的和间接的来源了。因为,盛行风向与山脉走向的关系,使昆仑山和祁连山的风化物质不可能直接吹入盆地,而只能随地表径流进入盆地,并以洪积—冲积物形成堆积。柴达木风成沙主要来源于盆地本身。

(3) 植被稀疏低矮。气候干冷,多风和基岩粗松,不稳定等生境条件,使生长于本区的植被种类少,覆盖度低,植株矮小、长势不良。据实地调查发现,该区广大山坡基岩和风化物上面一般极少或无植被生长,戈壁带上主要分布有梭梭、麻黄、沙拐枣及蒿类等耐旱植物,盖度很低;细土带上也只是散生或片状分布一些耐旱沙生植物,如怪柳、白刺等;沼泽地带分布着耐盐类禾本科的芨芨草、根茎性草及白刺等,覆盖度稍高。以宗加—巴隆 14 个植被样地调查为例,样地面积 100m²,灌木盖度平均 13.36%,每公顷株数平均 193 株,梭梭平均高 92.0cm (表 3-1)。从总体上看,整个区内多数植株生长高度均比较低(5—100cm),生长势较差,植物种类单纯,群落组成简单。这样的植被条件,势必使大面积地表处于裸露或半裸露状态,容易为风蚀创造条件,造成沙漠化蔓延。

表 3-1 宗加—巴隆植被样地调查表

样地号	地点	样地面积(m ²)	横坐标	纵坐标	海拔(m)	灌木盖度(%)	树种组成	梭梭株数	每公顷株数	梭梭平均高(cm)	梭梭平均冠幅(cm)	梭梭平均地径(cm)	备注
1	巴隆	100	0375466	3990172	2982	13	蒿、梭	1	100	80	70	4	109 国道
2	巴隆	100	0349213	40000561	2890	22	梭、麻、枣	4	400	65	68	4	109 国道
3	巴隆	100	0339150	4003010	2898	17	梭、盐	1	100	80	75	3	
4	巴隆	100	0333837	4004295	2914	17	梭、盐	2	200	120	110	4	
5	巴隆	100	0322302	4011464	2882	19	梭、麻、枣	4	400	90	90	4	
6	宗加	100	0321145	4012129	2870	9	梭		0				

(续)

样地号	地点	样地面积 (m)	横坐标	纵坐标	海拔 (m)	灌木盖度 (%)	树种组成	梭梭株数	每公顷株数	梭梭平均高 (cm)	梭梭平均冠幅 (cm)	梭梭平均地径 (cm)	备注
7	宗加	100	0311091	4014642	2806	13	梭、盐	2	200	100	108	5	
8	宗加	100	0305354	4017051	2792	11	梭、盐	2	200	110	110	4	
9	宗加	100	0301922	4019232	2799	11	梭、盐、蒿	1	100	90	80	4	
10	宗加	100	0300766	4019966	2804	11	梭、盐、蒿	2	200	120	106	4	
11	宗加	100	0299242	4020873	2816	11	梭、盐、蒿	2	200	100	104	4	
12	宗加	100	0297878	4021805	2818	11	梭、盐、蒿	3	300	106	110	5	
13	宗加	100	0288683	4026494	2786	11	梭、盐、蒿	1	100	80	75	4	
14	宗加	100	0286001	4026760	2794	11	梭、盐、蒿	2	200	90	90	4	

注：在树种组成栏中，梭=梭梭，盐=盐爪爪，蒿=五角蒿，麻=麻黄，枣=沙拐枣，驼=驼刺藤

2. 人为因素

现代时期，随着人口迅猛增加，生产工具和技术大大推进，人对自然环境的作用明显地增加了。近 150 年来，人们对沙漠化认识的不足，特别是对自然资源的不合理利用，在一定程度上破坏了自然生态平衡，导致沙漠化面积的不断扩大和严重程度的不断加强。

(1) 乱垦

20 世纪 50 年代，青海省工业迅速发展，人口急增，粮食需求量超过了生产量。为了适应人口增长的需要，曾在柴达木大量开荒。由于缺乏科学的规划，不顾生态特点，盲目开垦了一些不宜种植的土地，加之没有防护林网的保护，水利设施少而不配套，有灌无排，致使地下水位上升，水盐动态平衡失调，盐分在土壤表层聚集，耕地次生盐渍化面积逐年扩大，加之风沙干旱威胁，不仅产量不高不稳，而且大量土地被弃耕撂荒。1960 年开荒面积 8.6 万 hm^2 ，两年后弃耕面积达 65%。据中国科学院兰州沙漠研究所风洞实验研究，在耕作中彻底破坏了地表原生植被和土壤结构，也就极大地加剧土壤风蚀，一方面因农田本身风蚀而粗化或古沙翻新；另一方面还为周围地区沙漠化的发生和发展提供了沙源，从而形成大面积的沙漠化土地，成为区域沙漠化的又一主要过程。由此造成的沙漠化和盐碱化从土地利用角度讲，也很难恢复到原生的自然状态。

(2) 滥牧。由于区内受气候、土壤条件的限制，天然草场较少，草场质量低劣，只能承受有限的载畜量。本区在草场利用上有两个严重问题：第一，严重超载过牧，仅香巴地区附近乡镇的牲畜数量到 1997 年底存栏头数达 58.7 万头（只），比 20 世纪 50 年代初增加 2.7 倍。尤其造成冬春季草场放牧强度增加，使得牲畜的践踏范围和对好的草场的践踏频度迅速增加。其结果，一方面由于过度啃食，草场得不到再生和更新的机会而逐步退化，另一方面破坏了草场植被和土层，在畜群点、饮水点和畜道上呈斑块状、同心圆状遭到风蚀沙化。第二，人类对草场的合理利用缺乏认识，迫使草场生态系统的组成、结构受到干扰，系统成分的多样性、能量流、物质循环受到影响甚至被中断，加上人类毁灭性的生产方式、掠夺式的利用资源，无法使生态系统的平衡得以恢复，势必导致沙漠化面积的不断扩张蔓延。

(3) 乱伐（挖）。本区稀疏矮小的植被，特别是多年生灌木丛发挥的灌丛堆效应是挡风

阻沙,保护土壤,成为沙漠化蔓延的主要屏障。植被破坏,“怪柳包”“白刺包”活化,沙质地表裸露,成为风蚀的突破口与沙漠的源泉。自20世纪60年代以来,随着青藏公路、青新公路和青藏铁路的建设,以及大力发展绿洲农业和开发工矿业,使以梭梭、怪柳为主的沙生植被遭到了极大的破坏。据记载,1962~1980年的18年,乌兰(含德令哈)的沙区植物被破坏了30万 hm^2 ,仅德令哈旺尕秀煤矿煤油焦烧窑,每年要烧掉75万 kg 的梭梭。据都兰县统计,每年的生产、生活燃料,要砍挖薪柴2000万 kg 左右。除当地的牧民每年烧掉大量的梭梭外,也有外地人员拉运梭梭柴现象。由于以梭梭为主的大量沙生植被遭到破坏,该地区的生态环境日趋恶化,土壤沙化干旱进一步加剧,境内的河流流量普遍锐减,并均已出现断流现象,且断流期日渐增长。作为农牧交错区,由于烧柴和副业收入问题长期得不到解决,群众经常在村落附近以及远处固定沙地上去砍柴和挖药材,采挖的对象主要是梭梭、怪柳、白刺、麻黄等,砍挖的方式大多是成块、连片的连根挖掘,植被破坏的数量很大。当地政府部门虽然多次禁止乱砍滥伐,仍然屡禁不止,这样的现实导致的结果是森林面积骤减,沙生植被得不到生机,反而被沙粒淹没,沙漠进程加剧。

从以上分析可以得出,本区沙漠化恶化的原因,主要是气候干旱,处于欧亚大陆中心,降雨稀少,下垫面有丰富的沙物质,植被低矮稀疏,大风频繁,加上地形的作用,更加剧了沙漠化的形成。这是自然因素的作用。但是,最近几十年来,由于人类不合理的砍挖烧柴、草场过牧、滥垦、水资源利用不合理等生产活动,使一些原来呈固定、半固定的怪柳包、白刺包等变成流动沙丘,草场沙化,风沙活动强烈。尽管在香日德、诺木洪等地建起了绿洲,使局部地区沙漠有了明显改观,但就总体而言,沙漠化在加剧。因此,本区现代时期沙漠化过程是以缓慢的自然沙化为基础,人为破坏激发自然外营力的强化,使生态系统陷入恶性循环状态,导致生态环境的进一步恶化。

第三节 沙漠化未来发展趋势

一、自然因素可能发展趋势

气候是自然环境方面制约植被等其他环境因子以及土地沙漠化自然过程发生变化的最活跃易变的主宰因素。正确的预测未来气候变化是一个十分复杂的问题。国内外一些著名科学家从人类活动使大气 CO_2 及其他温室效应气体含量的增加提出,到2030年,全球大气平均温度将增加 $1.5\sim 4.5^\circ\text{C}$ 。对于我国西北地区,夏季可能增暖 4°C 以上,降水也有可能增加,但从总的趋势来看,蒸发量的增大趋势大于降水增加趋势,土壤湿度下降,有可能加剧干旱,导致沙漠化的进一步蔓延。

气候作为土地沙漠化自然发展的主宰因子,它的长期变化,通常反映在植被的变化上,从柴达木盆地荒漠带上的一些植被变化情况可以看出当地沙漠化发展的趋势。柴达木盆地原先与塔里木盆地同属统一的温带荒漠植被型,区系多属中亚成分,但柴达木盆地后来发育成高原盆地,经过第四纪以来的气候变化,植被的稳定性已不复存在,出现了分异,不同于中亚新疆一带,主要表现在:①植物种数减少。许多典型的荒漠种如盐穗木、多种猪毛菜、盐节木消失或减少;梭梭属在新疆有3种,柴达木盆地仅1种,沙拐枣属在中亚至新疆有12种,柴达木盆地仅2种。②出现了地理替代现象,为了适应新的环境,若干古老的旱生种在盆地出现了替代种,显示了独立的演替方向,如柴达木盆地沙拐枣、唐古拉白刺、青藏麻

黄、垫状驼绒藜的出现更反映了本区向高寒荒漠化演替的趋势。

就柴达木盆地而言,青藏高原虽然仍以每年 0.8mm 的速度升高,但抬升的过程尚未终止时,这里的气候不会发生质的变化,沙漠化总趋势不会改变。据有关学者研究,全球气候自新冰期第四期(小冰期)以来,气温有所回升,到 20 世纪 30~50 年代,出现了温暖期(即 20 世纪温暖期),升温的最高点出现在 1930~1940 年间,年平均气温较 19 世纪 80 年代高约 1℃。此后,温度又反复下降,至 20 世纪 80 年代初,再次逐渐回升。但近几十年来,不论是干湿年还是冷暖年,在具有以往波动幅度的气温、降水、大风及其相应植被、土壤条件下,砂质地表经风力作用都是风蚀起沙的。显然,在今后相当长的时间内,至少在 21 世纪初,气候波动的周期长短以及幅度上不会有太大变化,由此决定的自然条件(植被、土壤等)在某些年份可能因为获得一些改善而减轻沙漠化,但整个沙漠化正过程不可能短时间内发生根本逆转。换言之,影响沙漠化的自然因素和自然过程必将继续存在数年或几十年。

二、人为因素可能发展的趋势

干旱区的土地资源利用有其特殊重要的意义,这是因为它与沙漠化的发生、发展或控制有着密切的关系。土地利用合理就能防治沙漠化的发生,反之暂时的利益就会导致土地退化,沙化严重,乃至土地废弃。该区农业综合开发,蕴藏着丰富的土地资源,但整个地区恶劣的自然条件,脆弱的生态系统将为农业综合开发带来很大的危险性。虽然按照自然规律,服从国民经济建设需要,结合当地实际,全面规划,综合治理和利用,做到当前利益和长远利益相结合的可持续发展战略,虽然具体施工过程中采取了一定的措施,保护覆盖度较大的灌木林地,但是,在实际开发中,大面积的平整土地,旧沙翻新,势必要破坏部分梭梭、白刺、怪柳等沙生植被,为此,平整土地在开发初期有可能为土壤风蚀创造条件,局部地段产生沙漠化现象,随着防护林、农作物、人工种草等绿色植物的覆盖,这种暂时的沙漠化现象会逐渐消失。

随着农业开发的逐步推进,移居的人口将相应的增加,移民是沙漠治理的建设者,在一定程度上又是沙漠化发展的制造者。由于移民都来源于贫困山区,缺乏保护环境、改善生态环境的意识,加上移民在异地的脱贫需要一个比较长的时间,取暖需要烧柴、搭建房屋草棚需要林木树干,移民为了减少开支,就会诱发偷砍、滥伐(挖)沙生植被的现象。

以香日德地区为例,近 40 年来,随着香日德等绿洲的开发和调庄人数的增多,附近乡镇人口明显增加,耕地面积也随之增多(表 3-2)。人们对粮、肉、禽、蛋、奶,尤其是燃料的需求量与土地实际所能提供的生物生产能力之间的矛盾日趋尖锐,造成人们对绿洲外围地区自然资源的掠夺式利用,超过了土地生物资源自我恢复的弹性限度,促使沙漠化不断加剧。但本区绿洲通过多年的防护林建设,人口增加,耕地面积增多,单位面积上的人口承载力加大,如香日德土地面积 91 503hm²,仅占总面积的 4.1%;而耕地面积 5667hm²,占总耕地面积的 78.3%;人口 12 649 人,占总人口的 52.2%。从局部看,绿洲风沙环境有了明显改善,人民生活、生产质量有了明显提高。

表 3-2 土地面积与人口承载力

地区	面积 (hm ²)				人口	
	总面积	%	耕地面积	%	总人口	%
香加	319 927	14.2	889	12.3	4835	20.0
香日德	91 503	4.1	5667	78.3	12 649	52.2
巴隆	346 518	24.3	556	7.7	3696	15.3
宗加	1 017 284	45.2	129	1.7	1794	7.4
海里	273 670	12.2			1236	5.1
合计	2 248 902	100.0	7241	100.0	24 210	100.0

三、沙漠化趋势预测

土地沙漠化的自然演替过程和人为过程不是孤立进行的,而是相互迭加,相互激发而加速加剧。根据本区自然因素和人为因素的可能变化趋势及其反馈关系,以下对沙漠化未来可能发展的总趋势用趋势预测法对本区沙漠化未来发展趋势进行预测。

柴达木盆地 1959 年沙漠化土地(包括流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘和戈壁) 580.0 万 hm², 1977 年 772.1 万 hm², 1986 年 849.4 万 hm², 1994 年沙漠化普查 1025.4 万 hm² (表 3-3)。

表 3-3 柴达木盆地沙漠化变化

年度	面积 (万 hm ²)	增加面积 (万 hm ²)	年均增加 (万 hm ²)	年增长率 (%)
1959	580.0			
1977	772.1	192.1	10.6	1.84
1986	849.4	77.3	9.7	1.25
1994	1025.4	176.0	22.0	2.59
1959-1994	445.4		12.7	2.19

预测公式: $D = A(1 + R)^n$

式中, D 表示某一时期沙漠化土地面积; A 表示现有沙漠化土地面积; R 表示沙漠化土地面积年均增长率; n 为预测年限。

虽然历经 4 次调查,其方法、标准、手段有所差异,但反映了沙漠化逐年扩大的趋势。据 35 年来沙漠化变化情况,1959~1994 年增加 445.4 万 hm², 年均增加 12.7 万 hm², 年增长率 2.19%。根据 1994 年全省沙漠化普查结果,全区沙漠化、荒漠化土地面积 982 529.11 hm², 其中流动沙(丘)地 269 248.81 hm², 半固定沙(丘)地 175 962.11 hm², 固定沙(丘)地 50.21 hm², 戈壁 486 032.21 hm², 重盐碱地 10 562.21 hm², 闾田 1268.01 hm²。若按 2.19% 沙漠化发展速率预测本区沙漠化发展趋势,根据上述公式预测结果,至 2000 年,沙漠化面积(包括流动沙丘、半固定沙丘、固定沙丘和戈壁)由 1994 年的 93.1 万 hm²,可能增加到 106.0 万 hm²;至 2010 年,可能增加到 131.7 万 hm²。当然,沙漠化率达到很高程度时,沙漠化速度就会减慢,原因是能发生沙漠化的土地都沙化了,非沙漠化的土地难以发生,沙漠化不会是无限扩大的。

沙漠化越发展,植被减少,地表蒸发加强,小气候更趋干旱;反之,绿洲发展,植被增

加, 地表蒸发减弱, 小气候趋于湿润。尽管目前人类还不能控制大气变化, 但可以通过种草、植树, 保护植被, 建立人工绿洲等措施, 来减轻、抵御气候变化对人类产生的不良影响。近几年在柴达木盆地实施退耕还林工程与荒山荒地造林工程已初见成效。

第四章 沙漠及沙漠化现状和评价

第一节 沙漠化分布和特征

柴达木盆地东部都兰、德令哈和乌兰三县(市)沙漠化土地总面积 273.3 万 hm^2 , 其中流动沙丘(地) 22.8 万 hm^2 , 占沙漠化总面积的 8.3%; 半固定沙丘(地) 36.8 万 hm^2 , 占 13.5%; 固定沙丘(地) 8.6 万 hm^2 , 占 3.1%; 戈壁 122.1 万 hm^2 , 占 44.7%; 风蚀劣地 1.9 万 hm^2 , 占 0.7%; 潜在沙化土地 81.1 万 hm^2 , 占 29.7% (表 4-1)。

表 4-1 各类沙漠化土地现状统计表

单位: (hm^2)

地类	总计	流动沙地	固定沙(丘)地	半固定沙(丘)地	戈壁	风蚀劣地	潜在化土地
合计	2 733 527.0	227 754.5	85 636.2	368 446.5	1 221 254.1	19 669.2	810 766.5
都兰	1 511 464.4	214 794.9	2482.8	216 788.8	478 034.7		599 363.2
德令哈	1 067 458.7	6432.1	25 222.1	148 804.5	690 119.6	19 669.2	177 211.2
乌兰	154 603.9	6527.5	57 931.3	2853.2	53 099.8		34 192.1

一、都兰沙漠化分布和特征

都兰县沙漠化土地面积 1 511 464.4 hm^2 , 占全县总面积的 29.1%。在沙漠化土地中: 流动沙(丘)地 214 794.9 hm^2 , 占沙漠化土地面积的 14.2%; 半固定沙(丘)地 216 788.8 hm^2 , 占 14.3%; 固定沙(丘)地 2482.8 hm^2 , 占 0.2%; 戈壁 478 034.7 hm^2 , 占 31.6%; 潜在沙漠化土地 599 363.2 hm^2 , 占 39.7%。流动沙(丘)地西起铁奎, 东至夏日哈, 北起牦牛山南麓, 南至香日德, 是都兰县主要流沙集中地。流沙形状有新月形沙丘, 新月形沙丘链, 沙垄, 沙堆及格状沙丘, 最高处达 17m, 主要风向为 WN, 沙移方向为 SEE; 半固定沙(丘)地, 在整个县境内除山地外均有分布, 有一定的流沙纹理; 固定沙(丘)地, 主要分布在盆地南部诺木洪, 香日德一线, 东部的察汗乌苏有零星分布, 风沙活动不明显; 戈壁: 主要分布在布尔汗布达山山前冲积和 109 国道两侧 10~20km 不等的地带。潜在沙化土地主要分布在沙地周边及县境内过度放牧的天然草地中。

二、德令哈沙漠化分布和特征

德令哈市沙漠化土地总面积 1 067 458.7 hm^2 , 占全市总面积的 38.7%。其中流动沙丘(地) 6432.1 hm^2 , 占沙漠化总面积的 0.6%; 半固定沙丘(地) 148 804.5 hm^2 , 占 13.9%, 固定沙丘(地) 25 222.1 hm^2 , 占 2.4%; 戈壁 690 119.6 hm^2 , 占 64.7%; 风蚀劣地 19 669.2 hm^2 ,

占 1.8%；潜在沙化土地 177 211.2hm²，占 16.7%。戈壁主要分布在市北部的哈拉湖盆地，以及宗务隆山前平原；固定沙丘（地）主要分布在托索湖以北与巴音河以南的狭长地带；半固定沙丘（地）主要分布在托索湖与尕斯库勒湖以南；潜在沙化土地主要分布在市南部过牧的天然草场；流动沙丘（地）面积较小，零星分布在哈拉湖和尕斯库勒湖边；风蚀劣地主要分布在戈壁乡以南和郭里木乡以西。

三、乌兰沙漠化分布和特征

乌兰县沙漠化土地总面积为 154 643.9hm²，占全县总土地面积 21.6%，其中流动沙地（丘）6527.5hm²，半固定沙丘（地）2853.2hm²，固定沙丘（地）57 931.3hm²，戈壁 53 099.8hm²，潜地沙化土地 34 129.1hm²，分别占沙漠化土地面积的 4.2%、1.8%、37.5%、34.3%、22.1%。

流动沙丘（地）分布在县城以南都兰湖东南及县城铁路沿线和县城以东，东山山基部；半固定沙地（丘）分布在柯柯盐湖以西及县城东南。固定沙地分布在茶卡盐湖周围，都兰湖以东和柯柯湖以南呈带状分布。戈壁分布于茶卡盐湖以南、哈利哈德山以北、县城东南。在柯柯盐湖南紧靠固定沙丘（地）的戈壁，也呈带状分布；潜在沙化土地大多为 20 世纪 50～60 年代开垦后的弃耕地，主要在察汗托诺汗以东的平坦台地上，县城东及莫河驼场周围。

第二节 沙漠及沙漠化危害

沙漠化作为全球十大环境问题之首，受到国际社会及中国政府的高度重视。青海是中国沙漠化较为严重的地区之一。沙漠化问题严重地威胁了沙区人民生存和社会经济发展。以下结合 1994～1995 年全省沙漠化普查与监测资料，采用若干典型的经济技术指标，进行定量估算和定性分析，揭示沙漠化危害情况，以引起各界重视，为防沙治沙提供依据。

一、影响农、林、牧业生产

1. 沙漠化面积扩大

由于地表风蚀、风沙蔓延和沙丘前移，沙漠化面积逐年扩大，可利用土地逐渐缩小。1959 年沙漠化面积 597.0 万 hm² [包括流动沙丘（地）、半固定沙丘（地）、固定沙丘（地）、戈壁和风蚀残丘。段庆光等 1988]，至 1994 年，全省沙漠化面积 1025.4 万 hm²，35 年扩大了 467.78 万 hm²，平均每年增加 13.37 万 hm²，年扩展速度 2.2%。预计至 2030 年沙漠化面积将扩大到 1546.1 万 hm²。土地沙漠化不仅在空间上逐渐扩展，而且在恶化程度上越来越严重，每年都有一定面积的耕地、草地变成半固定沙地和流动沙地。

2. 肥力损失严重

由于长期遭到风蚀，表土层有机质和氮、磷等营养元素不断吹失，使土地质量降低，损失严重，生物收获量不断下降。据兰州沙漠研究所风洞实验计算，流动沙丘（地）风蚀模数为 $1.51 \times 10^6 \text{ t/a} \cdot \text{km}^2$ ，半固定沙丘（地）风蚀模数为 $3.414 \times 10^4 \text{ t/a} \cdot \text{km}^2$ ，固定沙丘（地）风蚀模数为 $2.89 \times 10^4 \text{ t/a} \cdot \text{km}^2$ 和潜在沙漠化风蚀模数为 $1.57 \times 10^4 \text{ t/a} \cdot \text{km}^2$ 。按上述风蚀模数可粗略估算出柴达木盆地东 3 县（市）沙漠化和潜在沙漠化每年的风蚀总量为 $4.0146 \times 10^9 \text{ t}$ （表 4-2、4-3）。其中，有机质 $5.2771 \times 10^6 \text{ t}$ ，相当于优质厩肥 $2.5863 \times 10^6 \text{ t}$ ，折合人民币

198.7万元；全养分氮 $2.873 \times 10^5 \text{t}$ ，相当于尿素 $6.24 \times 10^5 \text{t}$ ，折合人民币 31.79 亿元；全养 P_2O_5 $4.1972 \times 10^5 \text{t}$ ，相当于过磷酸钙 $1.7271 \times 10^5 \text{t}$ ，折合人民币 1.727 亿元。土壤一经沙漠化，要恢复到原有肥力状况是很困难的。据兰州沙漠研究所研究，共和县沙珠玉乡 1962 年以来封沙育林（草）地、人工生物固沙地与附近流动沙丘（地）比较，土壤有机质、氮和磷营养元素绝对增加量和相对增加速度是很慢的。要恢复到原生土壤肥力，至少需要 11~18 年，一般需四五十年至上百年。

表 4-2 风蚀模数、年风蚀量以及肥力损失量估算表

沙漠化 土地类型	风蚀模数 ($\text{t/a} \cdot \text{km}^2$)	沙漠化面 积 (km^2)	风蚀量 (t/a)	有机质 (t)	氮 (t)	肥力损失量 P_2O_5 (t)	粉沙 (t)	粘土 (t)
流动沙丘（地）	1.51×10^6	2277.545	3.4411×10^9	3.233×10^4	2.4072×10^4	1.5820×10^5	4.455×10^3	2.2013×10^6
半固定沙丘（地）	3.414×10^4	3684.465	1.2601×10^8	1.8554×10^5	1.4473×10^6	8.9300×10^4	3.417×10^6	1.0316×10^7
固定沙丘（地）	2.890×10^4	856.362	2.4811×10^7	8.4281×10^5	1.7341×10^6	1.7320×10^5	1.696×10^6	2.5241×10^7
落地沙漠化	1.570×10^4	8107.665	1.2713×10^8	2.2182×10^5	1.7301×10^5	1.5490×10^5	2.730×10^7	4.6810×10^6
合计			4.0146×10^9	5.2771×10^5	2.8730×10^5	4.1972×10^5	6.7282×10^7	1.5750×10^7

表 4-3 沙漠化土地年损失肥力以及相当于不同肥料与价格

沙漠化 土地类型	有机质 (t)	相当 氮肥 (t)	人民币 (万元)	全养分氮 (t)	相当尿素 (t)	人民币 (万元)	全养 P_2O_5 (t)	相当过磷 酸钙 (t)	人民币 (万元)
流动沙丘（地）	3.233×10^4	1.5687×10^2	78.4	2.4072×10^4	5.2301×10^5	10.46	1.5820×10^5	1.1070×10^5	0.107
半固定沙丘（地）	1.8554×10^5	9.1812×10^3	45.4	1.4473×10^6	3.1440×10^5	6.28	8.9300×10^4	1.9050×10^5	0.19
固定沙丘（地）	8.4281×10^5	4.1344×10^3	20.6	1.7341×10^6	3.7680×10^5	7.53	1.7320×10^5	7.6400×10^5	0.76
落地沙漠化	2.2182×10^5	1.0876×10^3	54.3	1.7301×10^5	3.7600×10^5	7.52	1.5490×10^5	1.2812×10^5	0.12
合计	5.2771×10^5	2.5863×10^3	198	2.8730×10^5	6.2400×10^5	31.79	4.1972×10^5	1.7271×10^5	1.727

3. 风害

这里主要是指风对植株造成的生理和机械损害。风既是形成流沙的动力，又具有很大的破坏力，在风的作用下作物蒸腾加强，丧失水分而引起生理干旱、枯萎，甚至死亡。尤其是大风与低温，干旱伴随而至，造成的灾害更为严重。据 1958~1977 年的不完全记载，因风蚀、沙割、沙埋和风害造成的损失（主要指粮食）达 150.8 万 kg，折算人民币 301.6 万元（表 4-4）。同时，也因风沙危害造成粮食减产，按 10%~20% 估算，年约减少粮食 9624 万 kg，折算人民币 1.9248 亿元。

表 4-4 1958~1977 年风沙对农业直接危害统计表

时间(年.月.日)	地 点	损失粮食(万 kg)	人民币(万元)
1958. 4. 3	诺木洪地区	29.7	59.4
1960. 5. 8	诺木洪地区	2.1	4.2
1960. 8. 4	诺木洪地区	18.9	37.8
1960. 8. 4	查香卡农场	9.2	18.4
1961	香日德地区	14.0	28.0
1966. 3. 14	诺木洪地区	37.0	74.0
1970. 4. 16	德令哈地区	9.9	19.8
1970. 4. 16	诺木洪地区	10.0	20.0
1977. 5. 25	德令哈地区	20.0	40.0
Σ		150.8	301.6

4. 风蚀、沙割和沙埋

(1) 吹失表土及种子 在风的作用下,刮走土壤表层的颗粒,从而使土壤粗化,耕作层变薄,有机物减少,土地生产潜力下降。尤其春天播种后正值风季,在强风吹蚀下,表土刮走,种子裸露,造成复播,既浪费种子、肥料,又浪费人力、财力。如 1970 年 4 月 14 日,香日德出现 35m/s 极大风速,风灾造成 664.9hm² 的已播种的小麦种子被风吹走,不得不重播。

(2) 伤害禾苗 风沙对幼苗沙割、撞击等危害的一种现象。沙粒在运动过程中,具有一定的冲击力,足以推动 6 倍于它的直径或 200 倍于它的重量的表层沙粒。这样大的冲击力不断打在幼嫩的植株上,轻者使植株出现伤痕斑点,变黄变枯,重则造成整体植株死亡。如 1958 年 4 月 3 日,诺木洪持续大风,极大风速 34m/s,已出苗的小麦 259.0hm²、青稞 20.0hm²、豌豆 4.0hm² 在风和风沙流的作用下,造成了灾害,未出土的种子也被吹跑。1960 年 5 月 8 日,诺木洪极大风速 28m/s,有 13.3hm² 油菜嫩苗被大风吹死而全部补播,有 78.7hm² 豌豆叶片被打落而严重影响生长发育,有 46.7hm² 小麦、青稞的叶片被打枯萎而影响生长。

(3) 吹倒作物、吹落颗粒 指作物生长后期,大风造成农作物倒伏而减产。作物生长晚期,成熟的小麦常被大风吹打穗头,造成折断,落籽,减产严重。如 1966 年 3 月 14 日,诺木洪有 2513.3hm² 小麦因受风灾,平均吹落颗粒 300kg/hm²,损失粮食达 37.0 万 kg。

5. 草场产草量降低,载畜量下降

由于草场不同程度的沙漠化,生草面积逐渐缩小,单位产草量下降,草质变坏,种类减少。据共和草场的测定,1974~1981 年亩产草量降低 35.09%,约 60kg。同时,草群中不可食草由 1974 年的 1.69% 增加到 1981 年的 10.26%,从而使草场载畜能力下降了 30.86%。诚然,产草量降低的原因较为复杂,但沙漠化是其重要因素之一。

6. 威胁牲畜安全

大风和沙尘暴使沙土吹入羊毛内, 增加负荷, 行走困难, 消耗体力。特别是春季产羔期, 大风伴随低温, 易造成牲畜死亡和沙埋。

此外, 沙漠化对林木的危害也很严重, 风蚀、沙割、沙埋对幼苗、幼树的危害与对农作物的危害相同。成林树木因树高, 冠大, 风沙流吹割易造成机械损伤, 进而病虫害入侵, 有时因蒸腾强烈造成生理干旱而死亡。据调查, 诺木洪、香日德农场边缘的青杨林风蚀严重, 根系外露, 部分林木因机械损伤和病虫害入侵, 迎风面树冠枯死, 有的则整株死亡。诺木洪农场有些 7~8m 高的青杨, 被沙埋 4~5m 而枯死。

二、危害水库、涝池、渠道、湖泊及埋压建筑物

沙区水库、涝池及重要的湖泊, 常受风沙堆积, 逐渐缩小库容, 缩短使用寿命, 影响生产、生活用水及水产养殖等。冬春季节, 大风刮起, 常常填平渠道, 迫使群众花费大量劳力挖沙清淤。香日德农场 18.7km 的干渠, 每年用于清淤的费用可达 30 多万元。

建筑物对风沙流受阻, 常常以堆积的形式被压埋。1990 年以来, 德令哈市郭里木乡团结村 35 户 669 人因沙埋耕地与房屋, 逼迫搬迁至巴音河农场平原村。每户从拆房至新屋落成, 财物及人工折算费用现价约 2 万元, 损失人民币约 70 万元。

三、影响交通、通信和输电线路

1. 对铁路的危害

沙漠化对铁路危害路段有赛什克—尕斯库勒湖—饮马峡段。危害的形式有以下几种: 一是风蚀路基。在风沙流的撞击和磨蚀下, 路肩宽度减少, 负荷减弱, 严重时破坏路基, 危及行车安全。如 1976 年 5 月, 乌兰地区一场风暴, 使乌兰站东 2.3km 的路基被刮走 1/3, 枕木悬空, 重新修筑路基用去片石 0.8 万 m^3 。二是道床积沙。一般积沙高度超过轨道 20cm, 长 2~3m 时, 有可能引起机车脱轨。有时虽然积沙在 20cm 以下, 但路段过长, 机车不得不减速慢行, 道床积沙后, 使车辆震动, 沙子通过道碴向下渗落, 积累在道床底部, 抬高钢轨, 机车摇摆, 行走不稳, 严重时造成脱轨。为了保证线路质量, 需要经常清除积沙。在清除积沙的过程中, 往往还带走一部分石碴, 石碴减少, 道床捣固不实, 钢轨接头处受车轮冲击, 导致“低接头”现象, 影响行车安全。据统计, 1984~1988 年, 沙区铁路年均清沙 32.3 万 m^3 ; 1992~1994 年, 年均清沙 7.5 万 m^3 , 年均清沙费达 160 万元。1983 年以前, 容城一带曾先后脱轨 12 次。1985 年有 8 个区间因沙埋线路中断行车 31 次。1986 年 3 月, 陶力站因夜间沙子上道, 造成货车颠覆, 油罐车爆炸, 报废油罐车 4 辆, 损失汽油 220t, 中断运行 15 小时 45 分, 直接经济损失近 100 万元。三是流沙堵塞桥梁和涵洞, 一旦出现暴雨洪水, 则造成严重后果。四是沙尘造成机车零部件磨损加快。正常情况下, 内燃机在机车行走 1.5 万~7.5 万 km 后才更换活塞环, 而沙区行走 1 万~1.5 万 km 就需更换。据铁路治沙部门估算, 1990~1994 年, 用于铁路防治沙害方面的投资达 1000 万元以上。

2. 对公路的危害

主要是风沙流受阻堆积和沙丘前移压埋。柴达木东部沙区公路(主要指国道、省道)长约 20.0km, 危害严重段是都兰夏日哈、乌兰山等。特别是乌兰山因风沙危害, 近年公路曾改道, 按每千米投资 120 万元计, 损失折算人民币约 2400 万元。

3. 对通信和输电线路的危害

沙区输电线路长期受风蚀的影响, 缩短使用寿命, 有时刮断电线。在风沙频繁季节, 经

常出现有害线路的风沙电现象。据省电信传输局介绍,这种风沙电对通信产生干扰,轻则影响通信传输质量,重则造成失真或中断信号,有时还击穿线路设备和击伤线路维护人员。输电线路也由于强烈的风沙运动产生电磁场作用,导致高达 2700V 的电位梯度,影响输电质量,威胁人畜安全。

四、污染环境

冬春季节,沙尘遮天盖地,大气混浊,使人们的生产、生活环境受到严重污染,给身心健康带来很大的危害。沙尘暴发生时,室内白昼点灯,室外以石英、微量元素、盐分等组成的沙尘物质聚增。经测定,2m 高处不同风速沙尘密度比规定的卫生标准超过 10 倍,有时甚至百倍(表 4-5)。这些沙尘物质严重污染水源、食物、精密仪器仪表和工矿设备。

总之,沙漠化对人类的危害是多方面的,因其不是突发性的,并不顷刻间毁灭人们的生命财产,故不像地震、洪水等自然灾害那样受到重视。实际上,沙漠化的危害从时间上出现是频繁的、经常的,在空间上分布是广泛的、多样的,由此造成的经济损失是惊人的。估算出的土壤肥力经济损失年平均达 35.68 亿元人民币(表 4-6),相当于海西州第一产业产值的 11.3 倍(海西州 2000 年第一产业产值为 3.155 亿元)。沙漠化的危害十分严峻。

表 4-5 沙漠化污染空气对比表

2m 高风速 (m/s)	8	6	5
气温 (°C)	28.0	29.2	27.6
沙尘密度 (mg/m ³)	75.25	47.36	23.95
国家允许最大沙尘密度 (mg/m ³)	0.5	0.5	0.5

引自柏俊义,青藏铁路沙害的研究和防治。

表 4-6 沙漠化肥力损失一览表

序号	危害内容	折算人民币 (亿元)
1	有机质	0.0198
2	全养氮 (N)	31.79
3	全养磷 (P ₂ O ₅)	1.727
合计		35.68

附,经济技术指标:公路清沙 3 元/m²;水库、渠道清沙 4 元/m²;铁路清沙 8 元/m²;粮食(小麦) 2 元/kg;修筑公路(三级) 120 万元/km;羊 200 元/只;尿素 0.2 万元/t;过磷酸钙 0.1 万元/t;优质厩肥 50 元/t。

第三节 沙漠化评价

自 1977 年联合国沙漠化大会后,沙漠化评价研究就一直没有中断过,综观其研究,其中沙漠化现状评价、荒漠化危险度评价、荒漠化监测评价体系等内容讨论最多。以下主要是对沙漠化现状评价。

根据青海省荒漠化普查和监测土地类型划分标准,荒漠化土地主要包括严重的荒漠化土地(流动沙区)、中度荒漠化土地(半固定沙地、戈壁及风蚀劣地)、轻度荒漠化土地(固定沙地)和潜在的荒漠化土地。实际调查表明,在柴达木梭梭林自然保护区内中度荒漠化土地最多,达 $1\,609\,369.8\text{hm}^2$,占全区荒漠化土地总面积的59%;其次是潜在荒漠化土地,面积达 $810\,766.5\text{hm}^2$,占全区荒漠化土地总面积的30%;再次为严重荒漠化土地,达 $227\,754.5\text{hm}^2$,占全区荒漠化土地的8%;轻度的荒漠化土地最少,仅占全区荒漠化土地面积的3%。由此可见,在柴达木盆地梭梭林自然保护区中荒漠化发展状态为中等程度,潜在荒漠化面积也较大,如不注意生态环境保护,导致潜在荒漠化土地转变为荒漠化土地,对整个盆地生态环境将产生巨大的影响。

保护区中不同区域荒漠化发展的态势也不尽相同,各县荒漠化发展态势各有差异。都兰县位于保护区的最东端,中等程度荒漠化土地最多,面积 $694\,823.5\text{hm}^2$,占都兰县荒漠化土地面积的45.97%;其次为潜在的荒漠化土地,面积 $599\,363.2\text{hm}^2$,占都兰县荒漠化土地面积的39.65%;再者是严重的荒漠化土地,面积 $214\,794.9\text{hm}^2$,占都兰县荒漠化土地面积的14.21%;最少的是轻度荒漠化土地,面积 2482.8hm^2 ,仅占全县荒漠化土地面积的0.16%。荒漠化发展的总态势与保护区总体态势相似,中度荒漠化土地的程度相对减小,潜在荒漠化土地比重相对增多,严重荒漠化土地所占比重最高。

德令哈市荒漠化土地虽然也是中度荒漠化土地最多,但其比重很大,总面积为 $858\,593.3\text{hm}^2$,占全县荒漠化土地的80.43%,远远高出梭梭林自然保护区中度荒漠化土地的比重。其次是潜在的荒漠化土地,面积达 $177\,211.2\text{hm}^2$,占全县荒漠化土地总面积的16.6%;再次是轻度的荒漠化土地,面积达 $25\,222.1\text{hm}^2$,占全县荒漠化土地总面积的2.36%;严重荒漠化土地面积最小,达 6432.1hm^2 ,仅占全县荒漠化土地总面积的0.6%。可见德令哈市荒漠化发展的态势与整个梭梭林自然保护区荒漠化发展的态势相似,但中度荒漠化土地所占比重远远高于保护区中度荒漠化土地的比重,其他类型的荒漠化土地的比重则相对较小。

乌兰县位于保护区东北部,荒漠化总态势与保护区有差异,其轻度荒漠化土地面积最大,达 $57\,931.3\text{hm}^2$,占全县荒漠化土地总面积的37.47%;其次是中度荒漠化土地,面积达 $55\,953\text{hm}^2$,占全县荒漠化土地面积的36.19%;再次是潜在荒漠化土地,面积达 $34\,192.3\text{hm}^2$,占全县荒漠化土地总面积的22.12%,严重荒漠化土地面积最小,达 6527.5hm^2 ,占全县荒漠化土地总面积的4.22%。

综观柴达木盆地梭梭林自然保护区荒漠化发展的态势,其荒漠化发展是中等程度,其中最严重的地区是北部地区的德令哈市,其中等程度荒漠化土地所占比重最高,其次是南部的都兰县中度荒漠化土地与潜在荒漠化土地所占比重相近,严重荒漠化土地所占比重在整个保护区中最高。荒漠化发展最轻的地区是位于保护区东北部的乌兰县,但潜在荒漠化土地比重相对较大。

第五章 植物资源

第一节 植物区系

一、植物区系的基本组成

柴达木盆地自第三纪以来,发生了一系列的沧桑巨变,经历了不同的地质时期和气候演变,随着时间的推移,逐渐形成、发展成今天的植物区系组成和植被景观。新中国成立后,科学考察不断深入,对柴达木盆地植物区系组成的认识逐步提高和深化。根据近期中国科学院西北高原生物研究所和植物研究所的考察资料(1982),盆地(包括周围山地)有植物418种,分属53科196属。其中菊科23属63种,禾本科31属54种,藜科16属39种,豆科14属38种,莎草科6属27种。植物科、属、种的构成体现了盆地内旱生、盐生荒漠、半荒漠植被主要种的组成特征。盆地植物除了种属组成的贫乏外,地域分布上由东向西种属逐渐减少也是一个显著的特征。据统计资料,盆地东部有植物33科119属169种,盆地西部仅有12科36属45种,这与盆地气候由东向西趋于干旱化密切相关,显示了盆地内部自然环境条件的地域差异。自然保护区及其周边地区,在植物区系组成成分上具有代表性。

根据柴达木盆地现有植物种类进行分析,盆地植物区系的组成成分主要有以下6种。

(一) 世界广布种成分 在植物区系中所占比例不大,种类不多,在群落组成中不起建群作用,但分布很广,主要是一些沼生、水生或田间杂草植物。如芦苇 *Phragmites communis*、海韭菜 *Triglochin maritimum*、莼叶眼子菜 *Potamogeton pectinatus*、宽叶眼子菜 *P. perfoliatus* 等。

(二) 泛北极区系成分 系指广泛分布于欧亚大陆和北美温带地区的种。植物大都属中性和湿冷生植物,在盆地四周山地的森林草原、荒漠草原、高山草原、高山草甸和高寒荒漠草原植被中起着重要的作用,在盆地内部分布极少。主要植物有荨麻 *Urtica cannabina*、扁蓄 *Polygonum aviculare*、巴天酸模 *Rumex patientia*、珠芽蓼 *Polygonum viviparum*、盐角菜 *Salicornia herbacea*、刺蓬 *Salsola ruthenica*、卷耳 *Cerastium arvense*、香唐松草 *Thalictrum foetidum*、锥果葶苈 *Draba lanceolata*、芝麻菜 *Brassica sativa*、阔叶独行菜 *Lepidium latifolium*、多茎委陵菜 *Potentilla multifida*、密枝委陵菜 *P. virgata*、腺毛委陵菜 *P. viscosa*、山野豌豆 *Vicia amoena*、野苜蓿 *Medicago falcata*、披针叶黄华 *Thermopsis lanceolata*、沼生柳叶菜 *Epilobium palustre*、冰草 *Agropyron cristatum*、发草 *Deschampsia caespitosa*、西伯利亚披碱草 *Elymus sibiricus*、洽草 *Koeleria cristata*、穗三毛草 *Trisetum spicatum* 等。

(三) 中亚区系成分 指主要分布于亚洲内陆干旱地区及地中海周围干旱地区的植物种。中亚区系成分以旱生、超旱生的植物种类为特征。在柴达木盆地的荒漠草原、荒漠和高寒荒漠草原植物群落中占有非常显著的地位。如沙生针茅 *Stipa glareosa* 和戈壁针茅 *S. gobica* 是荒漠植被的建群种,短花针茅 *S. breviflora* 是荒漠草原的优势种。常见的耐盐植物有盐角

菜、盐地碱蓬 *Suaeda salsa*、盐生风毛菊 *Saussurea salsa*、秤苞黄鹌菜 *Youngia paleacea*、盐生双脊草 *Dilophia salsa*、海韭菜、盐爪爪 *Kalidium foliatum* 等。还有耐盐的盐地怪柳 *Tamarix karelinii*、红砂 *Reaumuria soongarica* 等灌木。

(四) 古地中海成分 指地中海常绿林区、亚非荒漠区及欧亚草原区分布的干旱、半干旱植物种，在本区的荒漠与草原植被中占有较为突出的地位，有不少是古老的种属。如具叶盐爪爪、角果碱蓬 *S. coriniculata*、平卧碱蓬 *S. prostrata*、短穗怪柳 *T. laxa* 等植物。梭梭 *Haloxylon ammodendron* 在荒漠植被中具有非常重要的作用；膜果麻黄 *Ephedra przewalskii*、中麻黄 *E. intermedia* 和单子麻黄 *E. monosperma* 分别是温性荒漠和高寒荒漠草原的重要成分；驼绒藜 *Ceratoides latens* 是戈壁和高寒荒漠砂砾地的建群种；白刺属是荒漠植被的建群种。

(五) 喜马拉雅成分 指青藏高原分布的植物种。尽管这些植物种在盆地内植物群落中很少见，但在四周山地的高寒草甸和高寒荒漠草原中占有重要的地位。如积石山柳 *Salix amnematchinensis*、圆穗蓼 *Polygonum sphaerostachys*、大黄 *Rheum pumilum*、点地梅 *Androsace mariae*、迭裂银莲花 *Anemone imbricata*、小花黄芪 *Astragalus fenzelianus*、青甘虎儿草 *Saxifraga tangutica*、短穗兔儿草 *Lagotis brahystachys*、藏兰石草 *Lancea tibetica*、乳白香青 *Anaphalis lactea*、唐古特雪莲 *Saussurea tangutica*、草甸雪兔子 *S. thoroldii*、盘花垂头菊 *Cremanthodium discoideum*、垂穗披碱草 *Elymus nutans*、青藏苔草 *Carex moorcroftii* 等在高寒植被中占有非常重要的地位。紫花针茅 *S. purpurea* 是高寒荒漠草原中的建群植物。

(六) 特有种 柴达木盆地没有自己的特有种，特有种也比较少，说明盆地植物种的形成年代还比较年轻。柴达木沙拐枣 *Calligonum zaidamense*、驼绒藜、唐古特白刺 *Nitraria tangutorum*、柴达木猪毛菜 *Salsola zaidamica* 等均系盆地的特有种成分。这些特有种分布范围小，具有残遗种的特征。

二、植物区系的基本特征

植物的优势种是构成植物群落的主体，多种多样的植物群落都有一定的发生、演化历史和一定的外貌、种类组成、层片结构以及占据一定的时间、空间和生态环境。植物群落所具有的这些特征，均以种类组成为基础。对一地区的植物区系成分和生活型系统研究，能够揭示不同植物群落的发生与发展方向，不仅具有重要的科学意义，而且对合理开发植物资源，保护和改造植被有重要的应用价值。以下为柴达木盆地自然保护区植物区系的特征概述。

(一) 组成植物群落的种类贫乏

该区有植物 418 种，分属于 196 属 53 科。与青海全省维管植物 113 科，564 属，2100 种左右相比，区内种类成分相当贫乏。有花植物是组成区内植物区系的重要部分，种类最多的为菊科，有 23 属 63 种，占该区植物总数的 15.30%；其次是禾本科，有 31 属 54 种，占 12.90%；藜科有 16 属 39 种，占 9.20%；豆科有 14 属 38 种，占 9.00%；莎草科有 6 属 27 种，占 6.40%；十字花科有 10 属 15 种，占 3.50%。有些科植物种类虽不多，如麻黄科、怪柳科和藜科等，但在构成自然保护区荒漠植被中起着极其重要的作用。

(二) 以温带科属为主，特有种属少

据科属统计，10 属以上的大科仅有菊科、禾本科、藜科和豆科，这些均属温带分布植物，可见保护区内植物区系具有典型的温带特征。区内常见的特有种属仅有固沙草属，常见的

特有种有青海云杉 *Picea crassifolia*、柴达木沙拐枣、驼绒藜、唐古特白刺、柴达木猪毛菜、膜果麻黄、霸王 *Zygophyllum xanthoxylon*、青海黄芪 *Astragalus tanguticus*、唐古拉虎儿草 *Saxifraga tangutica*、西藏嵩草 *Kobresia schoenoides*、毛枝山居柳 *Salix oritrepha* 等。

(三) 区域性生态特征显著

自然保护区的植物，在长期适应盆地强烈干旱和土壤盐化生态环境条件的过程中，形成了显著的区域性生态特征。主要表现在植株矮小，多丛生状，旱生形态，根系发达，具泌盐功能。在极干旱和相对湿度极低的环境下，多数植物植株矮小，像青海云杉，平均株高仅有 10.40m，与生境条件好的地区生长的云杉相比，其株高差 1 倍以上。整个盆地内多数草本类、灌木类和小灌木类植物，其植株都有低矮的特点；其他地区的非丛生性植物，在盆地呈丛生状，像柴达木圆柏、芦苇、新疆枸杞 *Lycium ruthenicum* 等；区内植物为了适应极度干旱和蒸发强烈的环境条件，往往叶面缩小或完全退化，而通过植物的绿色茎进行光合作用，如梭梭、蒙古沙拐枣 *Galligonum mongolicum*、木本猪毛菜 *Salsola abrotanoides*、琵琶柴 *Reaumuria songarica*、小果白刺 *Nitraria sibirica*、多花怪柳 *Tamarix hohenackeri*、麻黄等。有些植物的叶茎变厚或强烈肉质化，如盐角菜、白刺、枸杞等。有些植物如驼绒藜植株被密毛或加厚叶面的角质层，以减弱体内水分的蒸腾；植物在干旱生境条件下为了维持生命，尽量发展根系，以便吸取和贮存土壤中的水分和养分。盆地内多数植物的地下根系的生物量远远大于地上部分生物量，像由怪柳形成的“红柳包”，其地下根系的重量是地上部分的数十倍。白刺株高不到 1m，茎秆粗小于 1cm，但其主根粗 5~7cm，长 5~7m；沙蒿 *Artemisia desertorum* 主根粗 3~5cm，长 3~4m；琵琶柴主根粗 4~6cm，长 4~6m。在土壤盐渍化条件下，植物的同化器官强烈肉质化，以增加体内水分的贮存量，如盐角草水分含量高达 91.10%。通过水分提高细胞液和原生质的渗透压，达到泌盐的目标，怪柳、白刺、盐角草、猪毛菜、盐爪爪 *Kalidium foliatum* 等植物能够生长在极度干旱、含盐量高达 13%~25% 的土壤上，就是通过特殊的泌盐功能适应环境条件的。

(四) 地理成分比较复杂，具有古老性特征

柴达木盆地植物种类较少，据对盆地及其周围山地的植物不完全统计，高等植物约 418 种，分属 53 科 196 属。在第三纪中期以前，柴达木盆地为一古陆地，基本上具有同现在相类似的干燥气候，它与同纬度的地中海区域的植物，通过中亚的干燥盐渍化土壤的渠道发生着密切的联系，以后在喜马拉雅造山运动的强烈影响下，周围山地再度升高，成为封闭的高原盆地，盆地气候干燥化程度进一步加剧，遗留下许多古老的地中海植物区系成分。其中典型的有白刺、长毛白刺 *Nitraria roborouskii*、黑果白刺 *Lycium ruthenicum* 以及寄生植物锁阳 *Cynomorium songaricum* 等。另外，组成荒漠植被的主要植物如梭梭、白刺、唐古特白刺、长毛白刺、驼绒藜、短穗怪柳、长穗怪柳 *Tamarix elongata*、合头草 *Sympegma regelii*、沙拐枣、里海盐爪爪 *Kalidium caspicum*、细枝盐爪爪 *K. gracile*、木本猪毛菜、枸杞等，均广布于中亚、新疆、河西走廊和宁夏西部，这些植物在柴达木盆地各种植物群落中分别起着主次不同的作用。柴达木盆地的特有种分布也说明植物区系的古老性。

第二节 植 被

一、植被演化历史

柴达木盆地是一个高原型构造盆地。在泥盆纪以前,柴达木周围的祁连山和昆仑山都是强烈下沉的地槽区,而柴达木则是介于两者之间的一个隆起带。地壳运动使昆仑山和祁连山地槽先后褶皱成为山地。周边的阿尔金山亦断裂上升,柴达木盆地由隆起带转化为相对下陷带,才形成盆地。盆地在中生带以前为古地中海的一部分,经过喜马拉雅造山运动隆起成陆地,通过长期的旱化过程形成的荒漠植被,种类成分复杂而古老,以温带起源植物为最多。藜科特别发达,猪毛菜属尤多,怪柳科、蒺藜科几乎有全部属种,十字花科有很多的单科和寡型的短命植物,菊科的蒿属和伞形花科的阿魏尤多,唇形科、紫草科、百合科的郁金香、藜科的沙拐枣、锐枝木蓼 *Atraphaxis pungens*、麻黄科中有许多特有的属和种。到白垩纪,柴达木盆地的周围山地开始褶皱上升,并不断遭到剥蚀,柴达木盆地则继续沉降,开始了盆地地形形成过程。进入新生代以后,盆地四周山体继续抬升。到第三纪新世中期,印度板块由南向北漂移,青藏地区急剧抬升,气候开始变冷,但仍受印度洋暖湿气流的影响。此时盆地和高原的银杏植物消失,代之以桦、鹅耳枥、栗、山毛榉等属为主的落叶阔叶林;山地上部则发育了冷杉、云杉、雪松、铁杉等属为主的湿润常绿针叶林。柴达木盆地因受南面高原山地对印度洋气流的屏障作用而开始旱化,中亚荒漠植物开始入侵,发育了由麻黄属、藜科、蒺藜科、菊科、禾本科、豆科、百合科等旱生、盐生植物组成的灌木和草本植物群落。到上新世,青藏高原诸大山脉继续上升,印度洋气流对柴达木地区的影响变得非常微弱,气候进一步趋向寒冷、干燥。此时南部昆仑山仅在山谷中生长有松、榆、云杉、冷杉、桦木等。而喜暖湿环境的铁杉、山毛榉等绝迹。随着地理的分化和气候的变迁,新第三纪植物区系分异比较清楚,植被类型也较前复杂,逐渐向近代方向发展。柴达木盆地完全变为温带荒漠气候,湖面因强烈蒸发而收缩,含盐量增高,开始出现盐湖,在盆地边缘的洪积平原和冲积平原上发育着以麻黄科、藜科、蒺藜科、菊科植物为主的温带荒漠。此时,中亚已经抬升为陆地,起源于南古大陆和地中海沿岸的旱生植物成分,取道中亚发展到本区,怪柳科和蒺藜科的白刺就是其中的代表。进入第四纪以后,整个青藏高原在继续抬升,而柴达木盆地则仍在下降,接受沉积物质。在早更新世,昆仑山和祁连山的沟谷地区除了有云杉、松、桦等乔木外,由于气候旱化,出现了最耐旱和适应寒冷的圆柏林。此时在一些淡水湖泊中生长有丰富的水生性植物,如双星藻 *Zygnema*、香蒲 *Typha*、眼子菜 *Potamogeton*、黑三棱 *Sparganium*、睡菜 *Najas*、狐尾藻 *Myriophyllum* 等属。上新世期间,本区范围内的造山运动表现出巨大规模,区内植被成分还在继续演变着。中更新世气候处于冰期,柴达木盆地气候干旱寒冷,乔木数量减少,藜科植物得到广泛发展。嵩草属和针茅属的高山植物成分由中亚山地侵入,在青藏高原和山地上形成高寒草甸和高寒草原。晚更新世为世界间冰期,昆仑山地带又短暂趋向温暖,还短期出现冷杉。进入全新期以来,柴达木地区的气候虽有许多小的波动,但其总的趋势是随着青藏高原的不断抬升而逐渐变冷变干,乔木树种只剩下云杉和圆柏。植被的基本类型由旱生、盐生的灌木、半灌木及草本组成,其中的怪柳、白刺、麻黄、藜科、蒿类、禾草植物占优势。

二、植被分布特点

柴达木盆地地域辽阔,它由巨大的盆地和周边高大山地组成,地理环境极其复杂,植被类型多种多样,表现出独特的地理分布规律。从经度地带分布上看,盆地东西长 850km,在热量条件基本相似的情况下,盆地东部夏季受季风影响,西部常年受西风环流控制则干旱少雨,降水量自东向西明显递减,由东部的年降水量 193.9mm(都兰)下降到西部的 17.6mm(冷湖),由此植被的分布自东向西发生明显的变化。东部的香日德、察汗乌苏和乌兰等地的洪积平原上,广泛发育着芨芨草原或芨芨草荒漠草原;德令哈和巴隆以西到大柴旦一带,洪积平原上植被以蒿叶猪毛菜、驼绒藜、红砂和膜果麻黄为主的砾质荒漠为主,大柴旦和格尔木以西的洪积平原上出现了大面积的裸露戈壁、风蚀雅丹地貌及沙漠,仅有局部沟谷生长着稀疏的矮灌木和小灌木荒漠植被;从盆地的水平地带上看,因盆地是由山前地带向盆地中心平缓倾斜的平原,南北宽为 350km,植被具有环带状分布特征,但这种环带状分布形式往往受水系和地质结构的影响而表现出不完整性,这种环带状分布格局是盆地中心为裸露盐碱地、盐壳和盐湖,冲平原细土带上依次发育着以芦苇、怪柳、白刺、海乳菜等耐盐、湿生植物为主的沼泽化盐生草甸和盐生草甸植被;冲积、洪积平原细沙(沙漠)带上发育着以梭梭、怪柳、沙拐枣、合头草、白刺、盐爪爪等为主的温性荒漠植被;洪积砾石戈壁带上发育着以膜果麻黄、蒿叶猪毛菜、合头草、红砂等矮半灌木为主的砾漠植被。植被的垂直带分布主要由海拔高度的变化所引起的大气水热再分配造成的。南面的昆仑山和北部的祁连山,阿尔金山,一般海拔高出盆地 1000~1500m,随着海拔升高,植被分布有着明显的差异。因山地受内陆干旱气候影响极为强烈,植被景观的高寒干旱特征极其显著,植被垂直带谱单调,形成了干旱、半干旱垂直分布格局。昆仑山北坡基带植被是灌木荒漠—亚高山荒漠草原—亚高山草甸—高寒荒漠化草原;祁连山系南坡的宗务隆山南坡基带植被是荒漠草原—半灌木荒漠草原—亚高山灌木草甸化草原—高寒荒漠化草原。

三、植被分类

植被是生态系统中最活跃的自然要素。它是在一定的气候、土壤、水分等自然条件综合作用下长期演化形成的。同时与周围环境之间不断进行着物质和能量循环,相互发生影响。在自然界,生态条件千差万别,错综复杂,与其相适应的植被类型多种多样。在进行植被分类时,首先依据植物群落本身的特征、外貌、种类组成、层次与层片结构来识别植物群落,同时把生境特征作为辅助或参考依据。

(一) 分类原则

——结构与外貌 结构与外貌主要是生活型和层片的不同,是最明显的外观特征。柴达木盆地的建群植物、优势植物和重要常见植物的生活型和层片可以划分为如下:

1. 乔木

常绿针叶乔木层片:青海云杉、祁连圆柏

落叶阔叶乔木层片:小叶杨、胡杨

2. 灌木

常绿小灌木层片:中麻黄、单子麻黄、膜果麻黄

落叶灌木层片:蒙古沙拐枣、梭梭、积石柳等

落叶小灌木层片：木本猪毛菜、红砂等

小半灌木层片：木紫菀、沙蒿、驼绒藜等

3. 草本植物

密丛禾草层片：沙生针茅、紫花针茅等

疏丛禾草层片：西伯利亚披碱草等

根茎禾草层片：芦苇、赖草等

密丛莎草层片：西藏嵩草等

根茎莎草层片：华扁穗草等

——植物种类组成 当植物群落外貌相似时，区分植物分类单位的另一个重要标准是植物种类组成。特别是对中下级单位进行分类时，更需要考虑群落的植物种类组成。植物群落每一层次都有一个或几个优势种，其中主要层次的优势种为建群种。建群种决定着植物群落的外貌，对植物内部环境的形成起决定作用，在群落中具有最大的生物量。优势种也是群落的重要建造者，但在荒漠地区群落成分相对贫乏和群落结构简单的情况下，其作用明显减弱。

——生态环境 任何植被都能适应一种特定的生态环境，有一定的生态幅度和分布范围。在荒漠地区干旱和多盐的环境条件下，当不同群落的植物种类成分相近时，土壤基质往往差异很大，由于生境条件的差异性，植物群落的生长状况相差很大，植被的改造利用方向和破坏后自然恢复的程度也不相同。在地形较平坦、地下水分状况较好，土壤盐分较少的细沙壤漠上，梭梭被伐后1-2年内即可出现梭梭实生苗。在流动和半流动沙丘上的梭梭遭破坏后，沙害将失去控制，自然恢复难度很大。

(二) 植被分类单位

依据分类原则，柴达木地区植被分类单位暂分为3级。

第一级：以建群植物的生活型来划分，并考虑大地形环境，相当于植被型或群系组。

第二级：以建群植物或有代表性的优势植物种类和生境来划分。大多数为多优势种群系，其中有的单位相当于群系组。

第三级单位没有完全划分，先是在一些分类单位较复杂的基本单位下面做了进一步区分。有的相当于群丛纲，有的相当于群丛组。

(三) 植被分类系统

(1) 森林

①青海云杉林群系 (Form *Princea creassifolia*)

②祁连圆柏林群系 (Form *Sabina przewalskii*)

③河谷小叶杨群系 (Form *Populus simonii*)

(2) 山地和河谷灌丛

④小叶金露梅群系 (Form *Potentilla parvifolia*)

⑤积石柳群系 (Form *Salix amnanchensis* + *S. cheilophila*)

⑥水柏枝群系 (Form *Myricaria squamosa*)

(3) 荒漠

⑦梭梭群系 (Form *Haloxylon ammodendron*)

⑧木本猪毛菜群系 (Form *Salsola abrotanoides*)

- ⑨红砂+五柱琵琶柴群系 (Form *Reaumuria soongorica* + *R. kaschgarica* var. *przewalskii*)
- ⑩驼绒藜群系 (Form *Ceratoides latens*)
- ⑪蒿类群系 (Form *Artemisia* sp.)
- ⑫膜果麻黄群系 (Form *Ephedra przewalskii*)
- ⑬蒙古沙拐枣群系 (Form *Calligonum mongolicum*)
- ⑭多花怪柳+长穗怪柳群系 (Form *Tamarix hehenackeri* + *T. elongata*)
- ⑮齿叶白刺+合头草群系 (Form *Nitraria roborowskii* + *Sympegma regelii*)
- ⑯沙蒿+齿叶白刺群系 (Form *Artemisia desertorum* + *Nitraria roborowskii*)
- ⑰粗毛怪柳+疏花怪柳群系 (Form *Tamarix hispica* + *T. karelinii*)
- ⑱西伯利亚白刺+细枝盐爪爪群系 (Form *Nitraria sibirica* + *Kalidium gracile*)
- ⑲尖叶盐爪爪+唐古特白刺群系 (Form *Kalidium cuspidatum* + *Nitraria tangutica*)
- ⑳盐爪爪+西伯利亚白刺群系 (Form *Kalidium foliatum* + *Nitraria sibirica*)
- ㉑垫状水柏枝群系 (Form *Myricaria prostrata*)
- ㉒黑刺群系 (Form *Hippophae rhamnoides*)
- ㉓细叶亚菊群系 (Form *Ajania tenuifolia*)

(4) 草原

- ㉔戈壁针茅群系 (Form *Stipa gobica*)
- ㉕沙生针茅群系 (Form *Stipa glareosa*)
- ㉖芨芨草+短花针茅群系 (Form *Achnatherum splendens* + *stipa breviflora*)

(5) 草甸

- ㉗大花罗布麻+芦苇群系 (Form *Apocynum hendersonii* + *Phragmites communis*)
- ㉘芨芨草+芦苇群系 (Form *Achnatherum splendens* + *Phragmites communis*)
- ㉙海乳菜+芦苇群系 (Form *Glaux maritima* + *Phragmites communis*)
- ㉚矮嵩草+珠芽蓼群系 (Form *Kobresia humilis* + *Polygonum viviparum*)
- ㉛藏嵩草群系 (Form *Kobresia tibetica*)
- ㉜眼子菜群系 (Form *Potamogeton peolinnatus*)

四、主要植被群系特征描述

柴达木梭梭林自然保护区位于柴达木盆地东部,是盆地中植被类型和植物种类最丰富的地域。下面就自然保护区及其周边地区具有代表性的植被群系进行描述(表5-1)。

(一) 青海云杉群系

青海云杉分布在盆地东部,面积很小。零星分布于自然保护区外围托牛山一带山地阴坡,海拔3400~3900m,土壤为碳酸盐灰褐色森林土。乔木层郁闭度0.5~0.6,树高10m左右,胸径20~30cm,树龄均在200年以上。青海云杉林具有明显的三层空间结构:乔木-草本-苔藓。云杉林砍伐十分严重,森林环境变干,天然更新很差,森林面积在逐年缩小,需要保护和人工更新,维护好盆地内稀有的森林资源。

(二) 祁连圆柏林群系

祁连圆柏林主要分布在盆地边缘的中山阳坡和半阳坡山地。自然保护区外围托牛山以及都兰县的夏日哈-香日德附近山地一带阳坡有零星分布,海拔3500~3900m,土壤为栗钙土,有黄土覆盖。祁连圆柏林是一个稀疏的植物群落,水平结构不均匀,株高3~6m,胸径

表 5-1 保护区各功能区主要植被组成

分区名	主要群系组成
航亚区	梭梭、驼绒藜、白刺、盐爪爪
连湖区	梭梭、白刺、盐爪爪、驼绒藜、芦苇
诺木洪区	梭梭、怪柳、白刺、芦苇
尕斯区	梭梭、白刺、盐爪爪、猪毛菜、芦苇
宗加区	梭梭、怪柳、红砂、白刺、沙蒿、芨芨草
巴隆区	梭梭、怪柳、驼绒藜、白刺、红砂、沙拐枣、盐爪爪、芦苇、沙蒿
灶水区	梭梭、怪柳、白刺、沙蒿、芦苇、盐爪爪
卜浪区	梭梭、白刺、怪柳、沙蒿、芦苇

60~70cm, 郁闭度 0.2 左右, 树龄都在千年以上, 祁连圆柏空间结构基本为 3 层: 乔木—灌木—草本。祁连圆柏林人为破坏非常严重, 由于生境干旱, 自然更新十分困难。祁连圆柏林是生长在干旱严酷的大陆性气候条件下的少数树种之一, 它不仅具有经济价值和维护荒漠生态系统的价值, 而且还具有重要的科学研究价值。

(三) 梭梭群系

梭梭林大面积分布于诺木洪和锡铁山以东的盆地河流两岸的粗沙黏性盐土地带, 是自然保护区内最珍贵的天然植被。分布海拔 2750~2950m, 它可以适应不同类型的棕荒漠土、棕钙土和不同盐化和碱化的土壤, 地理分布比较广, 生态幅度比较宽, 它可以单独组成一个群落, 也可以和各种超旱生灌木、草本、短命植物组成多种植物群落, 种类组成贫乏。生长在壤漠土上的原始状态的梭梭群落, 一般高度达 2.5~3m, 主杆基部直径为 20~30cm, 总盖度 10%, 伴生种有西伯利亚滨藜、西伯利亚白刺; 生长在砾漠上的梭梭群落高度不超过 1m, 呈灌丛状, 总盖度 5%~8%, 伴生种有超旱生的膜果麻黄、蒙古沙拐枣等; 生长在沙漠上的梭梭株高 1~1.5m, 伴生种有沙鞭 *Psammochloa villosa*、沙蓬 *Agriophyllum squarrosum*、虫实 *Corispermum* sp.、沙蒿等。梭梭群系主要集中分布在航亚、连湖、尕斯、卜浪沟、诺木洪等功能区。梭梭生长缓慢, 木质坚硬含水量少, 是荒漠区优质的防风固沙植物。20 世纪 50~60 年代梭梭林遭受大面积破坏, 使盆地土地荒漠化加剧。

(四) 红砂和五柱琵琶柴群系

此群系广泛分布于柴达木盆地四周山麓的砾石戈壁, 是盆地平原地区的水平带植被。自然保护区内主要分布在德令哈地区。分布海拔 2800~3900m, 土壤为砾质石膏棕色荒漠土和壤质盐碱化荒漠灰钙土。分布有红砂纯群落, 株高 10~20cm, 总盖度 5%~15%, 伴生种有少量叉枝鸭葱 *Scorzone radicularis* 和驼绒藜。五柱琵琶柴与西伯利亚白刺、短花针茅组成群落, 株高 10~15cm, 总盖度 10%~20%。此群系主要分布在宗加、巴隆等功能区, 当地群众称“砍巴柴”, 是当地居民主要生活燃料, 长期砍挖引起严重的生态问题。

(五) 驼绒藜群系

驼绒藜群系主要分布在祁连山南麓。自然保护区内主要分布在德令哈和香日德一带的航亚、连湖、巴隆等功能区。海拔 2900~3500m, 土壤为棕钙土、灰棕钙土和棕色荒漠土。株高 60~100cm, 冠幅直径 50cm, 总盖度 35%~40%, 生长茂盛的驼绒藜可分两个层片, 上层为驼绒藜, 下层为红砂和蒿叶猪毛菜 *S. abrotanoides*。群落季相为灰绿色。

(六) 蒿类群系

蒿群系分布范围小, 主要在自然保护区内的德令哈农场南缘盆地隆升的小丘上, 植株形成圆柱状, 多分枝, 叶少, 灰白, 株丛高 20~30cm, 冠幅直径 10cm 左右, 总盖度 10%, 该群落为单优势种群落, 一个层片结构, 局部伴生有珍珠猪毛菜 *S. passerina*、紫花葱 *Allium subungulatum*、金色补血草 *Limonium aureum*。

(七) 膜果麻黄群系

是柴达木盆地荒漠中一个具有代表性的群系, 主要分布在山麓地带的干河床及常年流水的河谷地带。自然保护区内分布在诺木洪河、巴隆河两岸, 宗加、巴隆等功能区。土壤为砾质石膏棕色荒漠土或砾质石膏灰棕色荒漠土。膜果麻黄基本上形成单优势群落, 仅一个层片。株高 35~50cm, 总盖度 10% 左右, 伴生种主要有唐古特白刺、蒙古沙拐枣等。

(八) 蒙古沙拐枣群系

主要分布在盆地南部戈壁边与细沙壤漠之间的流动沙丘地带, 自然保护区内的宗加、巴隆等功能区, 呈零星分布状态, 群落基本上为单种纯植丛结构, 总盖度 2%~3%, 株丛高 70~110cm, 冠幅 60~80cm, 呈灰白色, 根系发达。有少量沙蒿和唐古特白刺伴生。

(九) 多花怪柳、长穗怪柳群系

主要分布在盆地的南部冲积、洪积平原的细土带, 沙漠绿洲。自然保护区内的香日德西部的宗加、巴隆等地呈带状分布, 宗加、巴隆、灶水、卜浪沟等功能区分布面积较大。土壤为荒漠盐化草甸土。该群系除多花怪柳、长穗怪柳外, 伴生有唐古特白刺、齿叶白刺、细枝盐爪爪等。群落结构有两个层片, 盖度在 35%~40%, 由怪柳固定的“红柳包”一般高达 5~6m, 直径 20m 以上, 包高最高可达 15m 以上, 直径 30m 以上。由红柳包形成的景观给荒漠增添了美丽景色。怪柳是沙漠里强有力的固沙植物, 它有其他植物不具备的特征, 一是茎干粗大, 根系深, 耐沙埋, 再生力强; 二是病虫害少, 抵抗力强; 三是叶具有吸盐和泌盐的功能, 从土壤中吸取的大量盐分由叶排出, 降低土壤含盐量。是维护荒漠生态系统的“卫士”。新中国建立后, 盆地大办农业, 导致该群系的严重破坏。要维护绿洲农业生态系统, 必须保护好现有的怪柳荒漠群落。

(十) 白刺+合头草群系

主要分布在盆地东南部的荒漠草原和盐生草甸, 自然保护区内各功能区均有一定数量的分布。建群植物为白刺和合头草, 株高 30~50cm, 层片结构两层, 盖度 25%~30%, 伴生种有白藜、珍珠猪毛菜和驼绒藜。因土壤质地为细粉沙土, 有开发价值, 具灌溉条件的地区基本上已开发利用。

(十一) 沙蒿+白刺群系

主要分布在半固定沙丘低地和背风的山脊地带的宗加、巴隆、灶水、卜浪沟等功能区。成土母质为风积荒漠灰钙土。沙蒿和白刺常形成小型固定沙丘, 具有良好的防风固沙作用。建群植物为沙蒿和白刺, 株高 30~50cm, 最高达 80cm。伴生种有唐古特葱, 细茎葱 *Allium*

subangulatum、沙生针茅等。层片结构两层，总盖度 10%~15%。

(十二) 盐爪爪+西伯利亚白刺群系

分布在盆地东部的小山间盆地或滩地，航亚、连湖、尕海、巴隆等功能区均有分布。海拔 3000~3200m，土层较厚，为冲积和坡积物，地表形成重盐土。建群种为盐爪爪和西伯利亚白刺，伴生种有蒿叶猪毛菜、金色补血草、西伯利亚滨藜、盐角草、盐地碱蓬等。层片结构两层，盖度 20%~25%。

(十三) 海乳菜+芦苇群系

此群系是盆地内分布最广泛的类型之一，主要发育于季节性积水地带和盐湖外缘的湖滨平原。自然保护区内的各功能区均有分布。土壤为淡灰色盐化草甸土和草甸盐土，成土母质为冲积层，腐殖质含量较高，都含有高量的氯化物和硫酸盐。组成该群系的建群种除海乳菜和芦苇外，还有圆穗赖草 *Leymus ovalis*，它生长在小土丘之间的低洼处，在低处宽阔地带形成赖草纯群落。伴生种有海韭菜、苔草、西伯利亚蓼、稗苞黄鹌菜等。群落结构为两层，第一层为芦苇和赖草，高约 60~70cm，第二层为杂类种，高 15~20cm，总盖度为 60%~80%。

第三节 植物资源及分布

一、植物资源概况

植物资源是国家重要的自然资源之一，它包括食用、轻工原料、药用、饲料等有用植物。植物资源的开发利用和保护是国家实施西部大开发的重要内容。据不完全统计，盆地内有资源植物约 300 余种，其中：食用植物 19 种，药用植物 78 种，纤维植物 10 种，木材及建筑材料 5 种，含单宁植物 5 种，香料植物 2 种，饲用植物 200 余种，其中优良饲用植物近 100 种。资源植物约占盆地内植物总数的 75%，由于科学研究和生产实践活动不断向广度和深度发展，无用的植物可以变为有用的资源植物。同时有些资源植物具有多种用途。

1. 资源植物的一般特征

生态环境的特殊性形成了柴达木盆地植物在区系、分布、生长发育、生态适应性等方面的一系列区域性特征，并在盆地资源植物的特征上得到集中反映。

——由于盆地植物种类组成和结构简单，资源植物在地域分布上相对集中，成片分布，如白刺、麻黄、甘草 *Glycyrrhiza uralensis*、罗布麻 *Apocynum venetum*、枸杞、大黄等，既便于采集，又便于加工。

——在盆地干旱生态条件下，植物的地下根系发达，资源植物的地下部分生物量大于地上部分，很多资源植物主要用其根部，像甘草、大黄、狼毒等。

——盆地日照长，太阳辐射强，昼夜温差大，有利于资源植物营养物质的积累，许多资源植物果实大，果实和根部含糖量高，像白刺、枸杞、甘草、大黄等。

——严酷的环境条件使盆地天然森林很少，仅有的天然乔木都比较矮小，树干多弯曲，其经济利用价值低，像青海云杉、祁连圆柏、胡杨、小叶杨 *Populus simonii* 等。

在干旱荒漠、半荒漠生态环境条件下，盆地内植物几乎都具有特别重要的生态意义，对维护荒漠生态系统平衡起到重要作用，都可以看作广义的资源植物。

2. 资源植物分类

柴达木盆地的资源植物可以分为经济植物和饲用植物两大类。盆地内饲用植物是发展草地畜牧业的物质基础,是盆地内组成资源植物的主体。据调查资料:盆地内有饲用植物 200 余种,约占植物总数的 50%,其中优良饲用植物(牧草)约 100 余种,主要由禾本科、莎草科、菊科、藜科、豆科、蓼科等植物组成(表 5-2)。草地类型有荒漠化草原草场;灌木、半灌木荒漠草场;高寒荒漠草场;灌丛、疏林草场;盐生草甸草场;高寒草甸草场等。由饲用植物组成的草场特点是:地域辽阔,有草地少,裸露地多;牧草种类简单,豆科牧草少;荒漠草场的耐牧性、适口性差,生物产量低,打草场少;缺水草场多,有水草场少。自然保护区主要天然草地经济类群组成详见表 5-3。

表 5-2 饲用植物资源科、属、种组成表

科名	属	种	科名	属	种
禾本科	26	48	唇形科	2	4
菊科	17	37	百合科	1	3
藜科	10	25	龙胆科	1	2
豆科	9	11	茄科	1	2
莎草科	5	18	玄参科	2	5
蓼科	3	12	紫草科	1	2
十字花科	7	8	报春花科	1	1
蔷薇科	2	10	胡颓子科	1	1
蒺藜科	3	6	车前科	1	1
伞形科	3	3	鳶尾科	1	2
怪柳科	2	4			
合计			22	100	208

表 5-3 保护区主要草地型经济类群组合表

草地型	平均亩产 (kg)	经济类群 (%)					可食亩产 (kg)
		禾本科	莎草科	豆科	可食杂类草	不可食杂草	
梭梭	41.71				83.00	17.00	34.62
白刺	176.73	28.72		3.56	66.40	1.32	174.38
怪柳	120.32	33.51		2.90	63.59		120.32
沙拐枣	113.17				85.74	14.26	97.03
猪毛菜	114.52	18.33			79.51	2.16	112.05
红砂	34.59	20.24			79.63	0.13	54.50
盐爪爪	128.93				100.00		128.93
骆驼藜	84.36	2.98			97.02		84.36
沙蒿	162.77	10.95	1.88	6.07	80.09	1.01	161.12
麻黄	267.85	31.99			15.00	53.01	125.86
芨芨草	176.59	76.47	1.60	0.48	18.23	2.22	172.67
芦苇	253.08	92.16	0.64		6.44	0.76	251.16

盆地植物资源可分为食用、药用、工业用、环境用植物资源及其他经济植物资源。有些资源植物具有多种经济用途,像沙棘、锁阳,具有食用、药用价值。有些资源植物除具有经济价值外,还具有饲用价值。

(1) 食用植物资源。食用植物资源可分蔬菜植物、果品植物、蜜源植物和饮料植物等。主要有沙棘、锁阳、中宁枸杞 *Lycium barbarum*、苏联枸杞 *L. ruthenicum*、白藜、独行菜、鹅绒委陵菜 *Potentilla anserina*、白刺、蒙古蒲公英 *Taraxacum mongolicum*、珠芽蓼、尖叶盐爪爪、大花罗布麻、兰花葱等。

(2) 药用植物资源。药用植物资源是我国医药宝库中的瑰宝。按其用途可分为中草药植物、特种药源植物及农药植物。主要有膜果麻黄、中麻黄、单子麻黄、白刺、唐古特白刺、西伯利亚白刺、大白刺 *Nitraria roborowskii*、罗布麻、沙棘、锁阳、簇生柴胡 *Bupleurum condensatum*、中宁枸杞、苏联枸杞、达乌里龙胆 *Gentiana dahurica*、秦艽 *G. macrophylla*、黑萼香薷 *Elsholtzia* sp.、平车前 *Plantago depressa*、黑沙蒿 *Artemisia ordosica*、皱叶沙参 *Adenophora stenanthia*、茵陈蒿 *A. capillaris*、阿尔泰紫菀 *Aster altaicus*、箭叶橐吾 *Ligularia sagitta*、拟小檗 *Berberis dubia*、水麦冬 *Triglochin palustre*、醉马草 *Achnatherum inebrians*、头花蓼 *Polygonum macrophyllum*、鹅绒委陵菜 *Potentilla anserina*、忽布筋骨草 *Scirpus* Linn.、甘肃马先蒿 *Pedicularis kansuensis*、西伯利亚蓼 *Polygonum. sibiricum*、盘花垂头菊 *Cremanthodium discoideum*、湿生扁蓄 *Gentianopsis paludosa*、唐古特马尿泡 *Przewalskia* sp.、唐古特苣荬 *Anisodus tanguticus*、海韭菜、兰石草 *Lancea tibetica*、马蔺 *Iris lactea*、沙生风毛菊、狼毒等。

(3) 工业用植物资源。具有工业用途的资源植物，主要分为纤维植物、鞣料植物、油料植物、糖类等4类。纤维植物资源，按利用方式和纤维类型的不同可分为麻类、编织、造纸、填充、木材等。主要有云杉、圆柏、胡杨、青杨、芦苇、怪柳、罗布麻、芨芨草、鬼箭锦鸡儿 *Caragana jubata*、马蔺、狼毒、蓖麻 *Ricinus communis* 等。鞣料植物资源，主要以蓼科、虎儿草科、景天科植物为主，常见的有酸模 *Rumex*、红景天 *Rhodiola* 等属。油料植物资源主要有沙蓬、密穗香薷 *Elsholtzia densa*、播娘蒿 *Descurainia sophia*、小缬草 *Valeriana tangutica*、茵陈蒿等植物。糖类植物资源，主要有鹅绒委陵菜（藜麻）、锁阳等。

(4) 环境用植物资源。按用途分为环境植物、环保植物、美化植物和指示植物。环境植物主要有防风固沙的怪柳、梭梭、沙拐枣、刺叶柄棘豆 *Oxytropis. aciphylla*、合头草、猪毛菜、盐爪爪、驼绒藜、沙蒿、沙鞭等；环保植物有芦苇、香蒲、光稃羊茅 *Festuca kirilowii* 等；美化植物有早熟禾属、羊茅属、铁线莲属、风毛菊属、龙胆属、鸢尾属、岩黄芪属等植物；指示植物有沙蒿、芨芨草、狼毒等。

二、裸子植物

柴达木盆地裸子植物资源分布极为稀少，初步统计为3科3属6种（表5-4）。

表5-4 常见有经济用途的主要裸子植物

植物名称	主要用途	分布
青海云杉	工用	山地阴坡
祁连山圆柏	工用	山地阳坡
膜果麻黄	药用	盆地荒漠
单子麻黄	药用	盆地荒漠
中麻黄	药用	盆地荒漠
木贼麻黄	药用	盆地荒漠

三、被子植物

柴达木盆地被子植物是组成资源植物的主体,初步统计有经济植物 34 科 83 属 104 种(表 5-5)。

表 5-5 常见有经济用途的被子植物表

植物名称	主要用途	分布
胡杨	药用、工用	盆地西部
小叶杨	工用	盆地东部
掌叶大黄	药用	山地
穗花大黄	药用	山地
鸡爪大黄	药用	山地
网脉大黄	药用	山地
皱叶酸模	工用、药用、食用	山地
巴天酸模	工用、药用、食用	山地
沙蓬	工用、食用	盆地内
西伯利亚滨藜	工用、药用、食用	盆地内
白藜	工用、药用、食用	盆地内
猪毛菜	工用、药用、食用	盆地内
碱蓬	工用	盆地内
甘青铁线莲	药用	山地
拟小檗	药用	山地
刺藜	药用	山地
芥菜	工用、药用、食用	山地、盆地内
芝麻菜	工用、药用、食用	盆地内
四棱芥	工用	盆地内
宽叶独行菜	工用、药用	盆地内
独行菜	工用、药用	盆地内
遏蓝菜	工用、药用、食用	盆地内
瓦松	药用	盆地内
四裂红景天	药用	山地
鹅绒委陵菜	食用、工用、药用	山地
金露梅	药用、工用、食用	山地
直立黄芩	药用	山地
果霸那鸡儿	工用	山地
甘草	药用	山地
欣麻	药用	山地
披针叶黄华	药用	盆地

(续)

植物名称	主要用途	分布
广布野豌豆	药用、工用、食用	山地
镰形棘豆	药用、	山地
草原老鹳草	工用、药用	山地
白刺	药用、工用	盆地
唐古特白刺	药用、工用	盆地
西伯利亚白刺	药用、工用	盆地
毛叶白刺	药用、工用	盆地
沙棘	药用、工用	盆地、山地
锁阳	药用、工用	盆地
簇柴胡	药用	山地、盆地
达乌里龙胆	药用	山地
秦艽	药用	山地
萼果香薷	药用、工用	盆地
中宁枸杞	食用、药用	盆地
苏联枸杞	食用、药用	盆地
平车前	药用、工用、食用	盆地
兰花荆芥	药用、工用	盆地
狼毒	药用、工用	山地
罗布麻	药用、工用	盆地
大叶白麻	药用、工用、食用	盆地
甘青微孔草	药用、工用、食用	盆地
小繖草	药用、工用	山地
长柱沙参	药用	山地
苦苣菜	药用、食用	盆地
苍耳	药用、工用	盆地
茵陈蒿	药用	山地
阿尔泰紫菀	药用	盆地
藏吾	药用	山地
乳白香青	药用	山地
蒙古蒲公英	药用	山地、盆地
水麦冬	药用	盆地
醉马草	药用	山地
宽叶香薷	药用	盆地
头花蓼	药用	山地
忽布筋骨草	药用	山地
甘肃马先蒿	药用	山地
珠芽蓼	药用、食用、工用	山地
西伯利亚蓼	药用	盆地
盘花垂头菊	药用	山地
湿生扁蕾	药用	盆地

(续)

植物名称	主要用途	分布
唐古特报春	药用	山地
异叶青兰	药用	山地
大籽蒿	药用	山地
粗果紫堇	药用	山地
唐古特马尿泡	工用、药用	山地
唐古特苣荬	工用、药用	山地
兰花青兰	药用	山地
海韭菜	药用	盆地
唐古特青兰	药用	山地
雅葱	药用	盆地
兰石草	药用	盆地
戟叶火绒草	药用	盆地
细果角回香	药用	山地
密花翠雀	药用	山地
龙须眼子菜	药用	盆地
短穗兔儿草	药用	盆地
甘青铁线莲	药用	盆地
马蔺	药用、工用	盆地
沙生风毛菊	药用	盆地
芨芨草	工用	盆地
野燕麦	工用	盆地
假苇拂子茅	工用	盆地
芦苇	工用、药用	盆地
冷地早熟禾		山地
草地早熟禾		山地
鹿草	工用	盆地
怪柳		盆地
梭梭		盆地
沙拐枣		盆地
刺叶柄棘豆		盆地
合头草		盆地
盐爪爪		盆地
驼绒藜		盆地

第六章 梭梭资源

梭梭 *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge 又名查格(蒙古名), 最早以锁锁为名, 记载在元代陶宗仪《辍耕图录》一书; 又称鹼树、琐琐、索索、梭梭柴、梭梭树等, 札格(蒙语音译)、扎古(蒙语音译)、札干(阿拉善地区蒙语音译)。英名: Saxoul。属藜科, 盐木属(梭梭属)。

以梭梭为优势的灌木林, 对固定流沙, 改变荒漠面貌和保护绿洲生态环境, 有着重要作用, 是荒漠中生物蓄积量较高的植被类型之一。

第一节 梭梭自然分布与保护功能区划

一、梭梭的自然分布、林分结构

梭梭是荒漠地区特有的植物, 是比较古老的物种, 第三纪已经发生, 属戈壁—吐兰种。地理分布区域在 $60^{\circ} \sim 111^{\circ}\text{E}$, $36^{\circ} \sim 48^{\circ}\text{N}$ 之间的广大干旱荒漠地区。垂直分布最低在海拔 150m, 最高可达 3260m。

在全球分布最多的是蒙古, 俄罗斯、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦等国也有分布。

梭梭在我国分布于广大干旱荒漠地区。新疆的准噶尔盆地, 塔里木盆地东北部、东天山山间盆地, 甘肃的河西走廊、北山戈壁以及甘肃、宁夏、内蒙古的腾格里沙漠, 内蒙古的巴丹吉林沙漠、乌兰布和沙漠、巴音温都尔沙漠等地均有分布, 形成大面积天然梭梭林。内蒙古乌拉特后旗北部的梭梭, 是梭梭分布的最东界。从新疆梭梭适生范围来看, 极端最高气温为 43.1°C , 极端最低气温为 -47.8°C , 年降水量 $24.9 \sim 196.3\text{mm}$, 土壤为石质、砾质、沙质、黏质各类荒漠土, 一般为盐渍化土壤。多生长在固定沙地, 丘间低地和平原, 沙砾质戈壁, 而沙漠化边缘的固定沙丘上也有少量生长。

梭梭灌木林在青海省分布于柴达木盆地东部, 主要包括诺木洪、宗家、巴隆、大灶火、小灶火、查香卡、德令哈、托素湖和达布逊湖北岸及铁奎等地。水平分布在 $95^{\circ}30' \sim 98^{\circ}30'\text{E}$, $35^{\circ}50' \sim 37^{\circ}\text{N}$ 之间, 垂直分布在海拔 $2800 \sim 3260\text{m}$ 。

柴达木适生区气候温干, 年平均温度为 $2 \sim 4^{\circ}\text{C}$, 7 月平均温度约 18°C , 年降水量 $40 \sim 150\text{mm}$ 。在分布区中部的诺木洪地区, 海拔 2800m , 年平均气温 4.2°C , 极端最高气温 33.9°C , 极端最低气温 -29.2°C , 地表温度最高 70.29°C , 最低 -34.8°C , 年降水量 40.4mm , 其中 6—8 月降水占全年的 58.2%, 年均相对湿度 33%, 年蒸发量 2550mm , 年均日照 3313.4h 。土壤多呈强碱性反应, pH 值一般 $8 \sim 9.5$, 含盐量 $0.31\% \sim 1.0\%$, 地下水位深 $5 \sim 7\text{m}$ 。梭梭有很强的抗逆能力, 适应性强, 在风积沙丘、沙地、干涸河流沿岸、洪积——冲积扇以及山前洪积砾质戈壁上都能生长。

二、梭梭的生长型与结构

梭梭林各层植物具有以下的基本生长型。

小半乔木：以梭梭为优势，具有明显的主干，基径可达40cm，但高度一般不超过5m。高生长像小乔木，而1年生枝条在越冬后，尖端脱落达1/3左右，具有半木本植物特点，因此称小半乔木。

灌木：成丛生长，无明显的主枝，高度一般为0.5~2.0m，如沙拐枣、木本猪毛菜、麻黄等。

半灌木：丛生，1年生枝条越冬后先端脱落约1/3，高度0.3~1.0m，如沙蒿等。

多年生草本有芦苇，1年生草本有猪毛菜，还有肉质寄生植物锁阳。

梭梭在适宜的生境里可形成比较茂密的灌木林相，盖度在30%以上，通常多为疏林或散生，植株低矮，丛状。由于生境不同，其组成结构亦不同，不同地区的梭梭灌木林分述如下。

——都兰县巴隆附近的梭梭灌木林，多沿季节性河流的两岸分布。立地条件较好，建群种为梭梭，均匀散生或簇状分布。在铁奎的半固定沙地上，分布面积也相当广泛。沙丘的相对高度一般10m左右，地面干沙层约2~3cm，沙地水分条件较好，梭梭能形成隆起的沙包。每公顷有植株约750株，平均高1.2m，平均地径9.5cm，冠幅3m²左右。偶然可见到几株高3m多、基径14cm的老龄梭梭。地被物有驼绒蒿 *Artemisia campistris*，高30~50cm，生长良好，分布均匀；芦苇高度通常不超过0.3m，生长不良，呈块状或零星分布。群落总盖度20%~30%。伴生植物还有冷蒿 *Artemisia frigida*、白刺、花棒 *Hedysarum scoparium*、刺叶柄棘豆 *Oxytropis aciphylla* 等。此种灌木林型常为骆驼的放牧地。由于樵采和过度放牧的影响，一些大的沙丘上的植被已被破坏，引起严重的风蚀和沙丘移动。

——在柴达木盆地南柯柯湖以东（约8km）的梭梭灌木林，沙丘起伏很小，地势平坦。伴生的植物种类较多，生长良好。在灌木层中，梭梭高1.0~1.5m，冠幅1m×2m，驼绒蒿高60cm，冠幅40cm×50cm；伴生植物驼绒蒿高40cm左右，冷蒿高约20cm，红砂高20cm，尚有数量较少的白刺、沙拐枣、木本猪毛菜、膜果麻黄、芨芨草、短花针茅、戈壁天门冬 *Asparagus gobicus*、天兰韭 *Allium cyaneum* 等。植被总盖度达35%~40%，是梭梭灌木林种覆盖度最高的类型。

——分布于盆地南缘诺木洪以东地区砾质或沙碛戈壁地带的梭梭灌木林，土壤含盐量0.5%~1.0%，地下水位很低，土壤干燥，林分稀疏，盖度5%~10%，常有大面积的砾面或沙碛裸露。梭梭高度1.5~3.0m，处于上层；麻黄高0.5~1.0m，处于伴生地位；红砂高仅0.3m左右，为从属层片。它们的叶都极度弱化或密被灰色的绒毛，以节状的新枝进行同化作用，而且都是沿干涸的水沟或公路两侧的集水沟生长，均以强大的根系来吸收土壤深层的水分和营养。

——分布于艾姆尼克山南麓沙砾带上的梭梭灌木林内除偶见白刺、红砂外，再无其他植物，构成梭梭单层纯林。据调查，每亩平均有梭梭55株，平均高1.3m，地径9.5，冠幅2.5m，有枯死或半枯死木7株，还有天然更新的梭梭实生苗16株，总盖度42%，一般约在20%左右。

三、梭梭林自然保护功能区划

青海柴达木梭梭林自然保护区位于青海省海西州的德令哈市，乌兰县和都兰县境内，由6大块组成，涵盖了梭梭自然分布区。为便于管理，将一市二县作为分区，即该保护区分为3个保护分区，各保护分区由于梭梭分布不连片，将地域上连片的称为保护小区。

1. 德令哈保护分区

位于德令哈市西南部。总面积 $221\,317\text{hm}^2$ ，其中核心保护区 $95\,560\text{hm}^2$ （表 6-1）划分为 2 个保护小区。

（1）莲湖——航亚保护小区。位于德令哈市西南部，阿木尼克山以北，怀头他拉乡境内。东起托素湖，西与大柴旦交界，南以阿木尼克山为界，北至巴润多拉山，青藏铁路东西方向横穿而过。地理坐标 $95^{\circ}58' \sim 96^{\circ}52' \text{E}$ ， $36^{\circ}58' \sim 37^{\circ}24' \text{N}$ 。立地条件为沙砾戈壁和沙地，核心区面积 $76\,277\text{hm}^2$ 。

（2）杂海保护小区。位于德令哈西南部，戈壁乡境内。东起马鞍埡豁，西北到托素湖，南至都兰、乌兰县界，北至盐碱地为界。地理坐标 $96^{\circ}47' \sim 97^{\circ}28' \text{E}$ ， $36^{\circ}56' \sim 37^{\circ}09' \text{N}$ 。青藏铁路从保护区西部东西横穿而过。立地条件为沙砾戈壁和沙地，核心区面积 $20\,283\text{hm}^2$ 。

2. 乌兰保护分区

乌兰保护分区的梭梭主要分布在乌兰 9 县西南部，赛什克乡境内的卜浪沟。总面积 $68\,430\text{hm}^2$ ，其中核心保护区面积 $16\,617\text{hm}^2$ （表 6-1），由 2 个小区组成。

（1）灶火保护小区。东起哈热秋洛塔山，西与都兰县交界，南以灶河为界，北至巴尔都希力山山脚。地理坐标 $97^{\circ}07' \sim 97^{\circ}43' \text{E}$ ， $36^{\circ}43' \sim 36^{\circ}52' \text{N}$ 。立地条件为沙地，核心区面积 $11\,542\text{hm}^2$ 。

（2）卜浪沟保护小区。东北以素梭果勒河为界，西到素梭果勒河拐弯处。地理坐标 $97^{\circ}30' \sim 97^{\circ}52' \text{E}$ ， $36^{\circ}29' \sim 36^{\circ}40' \text{N}$ 。立地条件为沙砾戈壁。核心保护区面积 5075hm^2 。

3. 都兰保护分区

都兰保护分区位于都兰县以东，由 2 个小区组成。总面积 $177\,053\text{hm}^2$ ，其中核心保护区 $64\,816\text{hm}^2$ 。

（1）宗加—巴隆保护小区。该保护小区位于青藏公路两侧，宗加和巴隆乡境内。东起益克光河，西到诺木洪河，南以山脚以为界，北至巴颜河。地理坐标 $96^{\circ}23' \sim 97^{\circ}33' \text{E}$ ， $36^{\circ}00' \sim 36^{\circ}26' \text{N}$ 。立地条件为沙砾戈壁，核心保护区面积 $54\,222\text{hm}^2$ 。

（2）诺木洪保护小区。位于阿木尼克山以南，诺木洪乡境内，形似纺垂体。东以盐碱地与阿木尼克山相交处为界，南起盐碱地界边的公路，北至阿木尼克山山脚。地理坐标 $96^{\circ}17' \sim 96^{\circ}42' \text{E}$ ， $36^{\circ}47' \sim 36^{\circ}58' \text{N}$ 。立地条件以沙砾戈壁为主，有少量沙地分布，核心区面积 $10\,594\text{hm}^2$ 。

青海柴达木梭梭林自然保护区总面积为 $466\,800\text{hm}^2$ ，其中，核心区面积 $177\,993\text{hm}^2$ ，占保护区总面积的 38.1%；缓冲区面积 $108\,713\text{hm}^2$ ，占保护区总面积 23.3%；实验区面积 $180\,094\text{hm}^2$ ，占保护区总面积的 38.6%（表 6-1）。

表 6-1 保护区功能区划面积统计表

(单位: hm^2)

项 目			总 计	核心区	缓冲区	实验区
			466 800	177 993	108 713	180 094
保护分区	保护小区	保护站				
德令哈	尕 海	尕 海	81 477	20 283	23 121	38 073
	连湖—航亚	航亚	53 639	38 427	9047	6165
		连湖	86 201	37 850	12 698	35 653
乌 兰	卜浪沟	卜浪沟	33 140	5075	16 426	11 639
	灶火	灶火	35 290	11 542	9738	14 010
都 兰	诺木洪	诺木洪	17 875	10 594	7 281	
	宗加—巴隆	宗加	80 825	34 245	18 226	28 354
		巴隆	78 353	19 977	12 176	46 200

第二节 梭梭形态特征、生物学特性及生理特征

一、梭梭形态特征

梭梭为落叶小乔木或大灌木,高可达 5m,干形节瘤扭曲,具纵向的条状凹陷;树皮灰白色或灰绿色。当年生枝条鲜绿色,光滑直立向上。节间长约 1cm,有关节。单叶对生,叶不发达退化成鳞片状,短三角形,长 1~1.5mm,基部宽 1mm,浅绿色,紧贴于节上,内面基部具白色长柔毛。光合作用主要由绿色嫩枝进行。花两性,形小,不易发现,单生于当年生新枝基部 1~4 节的叶腋,绿色,开放时放出黄色的花药,具微香。花被 1 种,绿色,5 片,离生,宽卵形,边缘渐薄成膜质,内面基部具白色纤毛;花被后来发展成果翅。雄蕊 5,与花被的小片对生。花丝极细,长约 0.5~1mm;花药黄色,背着 2 室,缝裂;花粉粒淡黄色。雌蕊柱状,淡绿色,长约 1mm;柱头 2 裂,呈戟状;子房上位,1 室,具一弯生胚珠。小坚果,基部附有宿存花被所形成的白色膜质翅,易脱落。果横扁,呈圆饼状,顶部凹陷如脐,直径 2~2.5mm。种皮黑褐色,薄,易吸水膨胀。胚弯曲成螺旋状,无胚乳;子叶 2 片,稀有 3 片,绿色,线状,紧卷居于螺旋的中心,胚根早已形成,黄褐色盘绕于外围,盘绕的方向左或右。

材质坚脆,边材淡黄色,心材黄褐色。皮部极薄,分化不明显,呈木栓质,紧附于木质部外,厚约 0.5mm,其间有含叶绿素的间层。根皮黑褐色。

二、梭梭生物学特性

1. 生长状况

梭梭生长较迅速。柴达木地区人工春季播种苗当年高生长 30~40cm,最高可达 50cm,平均地径 0.2~0.6cm,2 年生的幼苗能长到 50~80cm。自然更新苗较人工苗生长慢,高生长是人工苗的 1/3~1/2。自然条件下,20 年梭梭林可长到 2~3m,当年高生长达 15~41cm,

地上部分生物量单株达 13kg。

2. 林分状况 (表 6-2)。

林龄构成: 根据调查柴达木梭梭林林龄多为 20~50 年。其林龄可划分为 3 组: 幼龄林组, 林龄在 10 年以下, 占总面积的 5% 左右, 中龄林组, 林龄在 11~30 年, 占 52%, 老龄林组, 林龄在 30 年以上, 占 43%。

林分密度: 每公顷 200 株以下, 占 55%, 201~400 株, 占 22%, 401~600 株, 占 7%, 601~800 株, 占 10%, 801~1000 株, 占 2%, 1000 株以上占 4%。

林分高度: 1m 以下的占 32%, 1~1.5m 占 49%, 1.51~2.0m 占 17%, 2.01~2.50m 占 2%。

梭梭根系: 梭梭有发达的主根, 可直达潜水面; 自地表到 1m 深的范围内分布有强大的侧面根系统, 侧根扩展的长度常达到植株地上部分高度的 5~10 倍。在地下水位较浅, 地层湿度很大的情况下, 主根较不发达, 长到一定深度时就停止生长, 而侧根却在表面四外扩展。而在较为干燥的情况下, 主根和侧根都是非常发达的。

表 6-2 梭梭林样地调查表 (单位: m, 株, 株/hm², %, cm)

乡	样地号	样地面积	横坐标	纵坐标	海拔	灌木盖度	树种组成*	梭梭株数	每公顷株数	梭梭平均高	梭梭平均冠幅	梭梭平均地径	备注
		10700											
		1600				30		73	456	122	121	7	
怀头他拉	6	100	0282032	4116780	3146	34	梭	7	700	140	150	11	
怀头他拉	7	100	0279804	4117388	3174	36	梭	6	600	160	160	12	铁路边
怀头他拉	8	100	0379803	4117379	3174				0				距梭梭林 40m
戈壁	1	100	0309173	4112420	2836	32	梭、盐、蒿	4	400	110	107	6	
戈壁	2	100	0309739	4110938	2814	44	梭	11	1100	200	160	10	位于托素湖边
戈壁	3	100	0309510	4121872	2812	20	梭、盐、蒿	1	100	120	130	5	梭梭稀少
戈壁	4	100	0309377	4112861	2832	18	梭、盐、蒿	2	200	110	130	5	梭梭稀少
戈壁	5	100	0308033	4117607	2849	21	梭、盐、蒿	1	100	140	124	5	梭梭稀少
郭里木	9	100	0356754	4103842	2981	32	梭、刺	3	300	100	100	6	
郭里木	10	100	0357689	4105141	2966	29	蒿、梭	1	100	110	106	5	梭梭极少
郭里木	11	100	0356754	4103842	2981	29	蒿、梭	4	400	105	110	5	
郭里木	12	100	0352645	4091050	2977	39	梭、刺	6	600	140	140	7	
郭里木	13	100	0353021	4093774	2986	29	梭、刺	4	400	115	120	5	
郭里木	14	100	0351506	4094980	2988	20	梭	2	200	150	140	8	最大一株梭梭高 220cm, 冠幅 470cm, 地径 25cm
郭里木	15	100	0345084	4093577	2996	39	梭、枣、蒿	13	1300	55	60	5	
郭里木	16	100	0348941	4095232	3007	32	梭、枣、蒿	8	800	80	76	6	

(续)

乡	样地号	样地面积	横坐标	纵坐标	海拔	灌木盖度	树种组成*	梭梭株数	每公顷株数	梭梭平均高	梭梭平均冠幅	梭梭平均地径	备注
		600				26		22	367	158	208	7	
赛什克	17	100	0376484	4069024	2908	34	梭、盐、刺	7	700	210	300	12	
赛什克	18	100	0378240	4069845	2918	37	梭	8	800	180	190	9	
赛什克	19	100	0374234	4068074	2909	2	梭	1	100	140	130	6	梭梭极少
赛什克	20	100	0385273	4047223	2911		梭	0	0				
赛什克	21	100	0380186	4052959	2873	14	梭、麻	3	300	160	180	5	
赛什克	22	100	0383224	4070572	2953	42	梭、刺、盐、驼	3	300	100	240	4	
		9 100				15		64	70	112	113	6	
巴隆	23	100	0375466	3990172	2982	13	蒿、梭	1	100	80	70	4	在 109 国道边
巴隆	24	100	0349213	40000561	2890	23	梭、麻、枣	4	400	65	68	4	在 109 国道边
巴隆	25	100	0339150	4003010	2898	17	梭、盐	1	100	80	75	3	
巴隆	26	100	0333837	4004295	2914	17	梭、盐	2	200	120	110	4	
巴隆	27	100	0322302	4011464	2882	19	梭、麻、枣	4	400	90	90	4	
宗加	28	100	0321115	4012129	2870	9	梭		0				
宗加	29	100	0311091	4014642	2806	13	梭、盐	2	200	100	108	5	
宗加	30	100	0305354	4017051	2792	11	梭、盐	2	200	110	110	4	
宗加	31	100	0301922	4019232	2799	11	梭、盐、蒿	1	100	90	80	4	
宗加	32	100	0300766	4019966	2804	11	梭、盐、蒿	2	200	120	106	4	
宗加	33	100	0299342	4020873	2816	11	梭、盐、蒿	2	200	100	104	4	
宗加	34	100	0297878	4021805	2818	11	梭、盐、蒿	3	300	106	110	5	
宗加	35	100	0288683	4026494	2786	11	梭、盐、蒿	1	100	80	75	4	
宗加	36	100	0286001	4026760	2794	11	梭、盐、蒿	2	200	90	90	4	
诺木洪	37	2 500	0278128	4087113	2738	8	梭	4	16	140	160	6	
诺木洪	38	2 500	0277443	4085933	2709	18	梭	11	44	200	240	20	
诺木洪	39	2 500	274383	4088688	2701	25	梭	19	76	150	150	11	
诺木洪	40	100	0397521	4027002	2988	35	梭、麻、蒿	2	200	160	165	9	
诺木洪	41	100	0370573	4097465	2880	17	梭、盐、蒿	1	100	130	120	4	

* 在树种组成栏中, 梭=梭梭, 盐=盐爪爪, 蒿=五角蒿, 麻=麻黄, 枣=沙拐枣, 驼=驼绒藜, 利=白刺

梭梭结实情况: 天然梭梭 7~8 年开始结实, 人工栽培的梭梭 4~5 年即能开花结实, 在 4~5 月间开花, 受粉后的子房暂不发育, 而处在休眠状态隐藏在鳞叶的叶腋; 待到 9 月间天气凉爽, 气候湿润时则迅速发育, 放出淡绿色的果翅结实。当 10~11 月间果翅变淡黄色时果实即成熟。成熟的果实, 常易被大风吹落和遭到鼠害, 应抓紧时间采集。

梭梭种子特性：梭梭种子黑褐色，千粒重 2.99g，每千克纯种子 340 000 粒，每千克纯种子容积重 630g；经 1 年时间保存的种子发芽率尚在 90%。种皮薄，易吸水，由于种子内已有发育完全的胚根和子叶，因而发芽是很迅速的。根据种子发芽试验表明，在气温 19.5~21℃ 时，种子能在 30~60min 就开始萌芽；当气温达到 35℃ 以上时，发芽受到抑制。保存在干燥凉爽的地方，两年之后的种子大部分尚有发芽能力。

三、梭梭生理特征

1. 梭梭蒸腾耗水量

根据郭志中等人的观测，梭梭在一个生长季内，春天开始萌发，随着数量增加，蒸腾作用加强。秋天由于气温不断降低，叶片功能减退，并逐渐脱落，致使功能叶数量减少，有效蒸腾面积也随之减少。蒸腾作用逐渐减退。

各月蒸腾耗水量、叶面积、气温变化情况：一般来讲，如果其他因素不变，蒸腾耗水量与叶面积呈直线相关，而实际上我们测得的蒸腾量是综合因子（包括光照、气温、风速等）作用的结果，气温是影响蒸腾耗水量的另一主要因子。

7 月以前，植物从萌动开始，叶面积随气温升高很快增大，蒸腾耗水量也随着气温升高和叶面积增大而迅速上升；7~9 月间，虽然气温逐渐降低，这时蒸腾耗水量也处于上升状态，达到顶峰（峰值），但上升的速度缓慢。9 月以后，气温和叶面积都很快下降，蒸腾耗水量也随时之迅速下降。梭梭蒸腾最大值在 8 月。

2. 梭梭叶水热特性

根据杨文斌等人的观测结果。梭梭属低水势灌木种，枝条相对含水率相同的条件下比柠条叶水势低约 2.05Mpa，相应的 Ψ_{m}^{100} 和 Ψ_{m}^0 比柠条低约 1.29Mpa 和 1.48Mpa。

梭梭与柠条清晨叶水势与沙土含水率的关系基本相同，关系式为 $Y_m = -A \cdot e^{B \cdot W}$ ；只是由于本身水势的差异和着生沙土的水分特征曲线不同，致使其拐点（ $W \cdot Y_m$ ），不同，梭梭为 2.0~2.8、柠条为 4.5~1.46。

随沙土含水率降低，清晨叶水势的变化与日内其他时间水势的变化呈直线关系。

随着沙土含水率的降低，梭梭、柠条叶水势降低，日较差减少，日变化逐步变得平缓，而日变化曲线谷底值随着沙土含水率基本上呈直线变化，与该树种 P-V 曲线中渗透势的变化基本相似，直到清晨也不能恢复膨压。

沙土水分胁迫对叶水势的影响，主要是了解限制膨压的恢复程度，沙土水分降低导致叶片膨压的降低过程主要受沙土水分特征曲线的影响，如着生在水分特别曲线拐点阈值很明显的沙土上，沙土水势对叶膨压的降低过程在拐点阈值两端有明显差异。

上述叶水势特征与沙土含水率关系的测定结果和分析表明，无论是属于肉质状旱生灌木群的梭梭，还是属于普通旱生灌木群的柠条，二者叶水势随着沙土含水率降低的日变化趋势和不同时间叶水势与沙土含水率的关系基本相似，其差异主要是梭梭的叶水势 Ψ_{m}^{100} 和 Ψ_{m}^0 均较柠条的低约 1.3~2.0Mpa。

第三节 梭梭生态学特性

梭梭属于荒漠植物，梭梭林为典型的荒漠植被。

荒漠植被是地球上旱生性最强的一组植物群落类型的总称。主要分布于干旱气候区内,具有明显的地带特征。生态学上通常称荒漠植物为超旱生(或强旱生)植物,以矮化的木本、半木本或肉质植物为主,形成稀疏的植物群落。一般群落之内的裸地面积常比植物覆盖面积大,所以荒漠群落总是地上部分不郁闭的植物群落。荒漠地区生物积累微弱(生物产量低),而土壤的钙化、石膏化、盐碱化强烈,地表物质的剥蚀与堆积现象明显。生物和环境之间的斗争显得特别激烈,所以荒漠生态系统比较脆弱,植被易于破坏,而且恢复起来比较困难,甚至难以恢复。但是,荒漠植被在荒漠生态系统中仍然具有重大的作用。它不仅在维持能量与物质流转的生命过程中都是第一性生产者,而且对于减缓自然侵蚀,克服荒漠化的进展和保护自然环境都是重要的有效因素。荒漠地区的太阳辐射量特别高,如果充分发挥现有水源的利用率,并改善土壤条件,则生物生产力可以大幅度提高。荒漠的资源潜力是巨大的,是人类开发自然,改造自然的主要领域之一。

一、梭梭林生态特性

1. 根系庞大

垂直根深达 5m, 深深扎入地下水层, 以吸取地下水。水平根也极发达, 长达 10m 以上, 往往分为上下 2 层, 上层根系通常分布在地表 50cm 以内, 下层根系一般分布在 2~3m 范围内, 以便充分吸收沙层水分。

2. 耐干旱、风蚀和沙埋

叶退化成为极小的鳞片状, 靠绿色嫩枝营光合作用, 干旱炎热的夏季常出现有部分嫩枝掉落, 以减小其蒸腾作用; 嫩枝多汁, 内部为两层排列紧密的栅状组织所包围, 细胞液含有高浓度的盐溶液, 渗透压很高, 抗脱水力强, 吸水力高, 能在降水量仅几十毫米、蒸发量达 3000mm 的沙地和砂砾戈壁地区生长。梭梭很耐风蚀, 其根系被风蚀而裸露 1m 多, 植株仍耸立不动, 正常生长。梭梭根系呈锚状, 经风蚀吹露地面后, 形成支柱, 对植株可起固定和保护作用。梭梭亦耐一定沙埋, 沙压后长出萌发枝, 成丛状生长。

3. 耐酷热严寒

梭梭喜光性很强, 不耐庇荫。其枝干表面灰色, 绿色嫩枝光滑发亮, 能反射掉部分阳光照射, 以减轻阳光对树体的灼伤, 而且嫩枝肉质化, 细胞液黏滞度大, 蛋白质凝固点高, 原生质亲水力强, 使其不致因高温而强烈脱水, 造成代谢紊乱或停止, 所以梭梭在气温高达 43℃, 而沙面地表温度高达 60~70℃ 的情况下, 仍能正常生长。梭梭茎枝坚硬, 极耐沙割, 其木质部非常发达, 韧皮部极度退化, 夏秋季节肉质嫩枝不断脱落, 秋末剩下的嫩枝皮层逐渐加厚, 迅速木质化, 所以能忍受 -40℃ 的低温。

4. 抗盐性极强

梭梭可从土壤中吸取大量的盐分, 茎枝内盐分含量高达 14%~17%。梭梭在含盐量 1%~2% 的土壤生长良好, 耐盐的临界范围 4%~6%, 种子发芽率在含盐达 5% 的土壤中不受影响, 只有达到 8% 时才丧失发芽率, 如表 6-3。

表 6-3 不同盐分含量对梭梭种子发芽的影响

含盐量 (%)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0
发芽率 (%)	91	91	95	88	81	81	60	19	9

梭梭生长树枝多而细长。10年进入中龄林时,地径可达10cm,树冠发育成球形,大量结实。30年之后生长停滞,枝条下垂,开始进入衰老期,35~40年枯梢逐渐死亡,在条件好的地方,树龄可达50年。

二、梭梭林类型

梭梭灌木林在柴达木盆地不同的立地条件下,形成了密度不同的灌木林分结构。它的基本特点是植株低矮,林分稀疏、密度小,结构单纯和后期生长不良等。林层盖度一般为10%~44%,平均高1~3m,林龄多为20~50年,林下草本层不甚发育。

我国荒漠梭梭林类型的划分,以前研究得很少。鉴于划分类型有利于采取措施加以保护和促进其更新,现就柴达木梭梭林简述如下。

1. 戈壁梭梭林

一般分布在山前洪积冲积扇、山前剥蚀台地的沙砾戈壁地带。林分类型为:梭梭单层林、梭梭—沙拐枣复层林、梭梭—膜果麻黄复层林。因地下水位很深,土壤贫瘠,梭梭稀疏,生长不良,梭梭单层林盖度为8%~22%。梭梭—沙拐枣复层林、梭梭—膜果麻黄复层林盖度较高,为14%~35%。梭梭单层林下伴生植物单一,仅见一年生雾冰藜、沙蓬、砂蓝刺头、蒿;梭梭—沙拐枣复层林、梭梭—膜果麻黄复层林下伴生植物以灌木状草本和矮灌木为主,主要有红砂、五柱红砂、驼绒藜、锐枝木蓼、合头草、猪毛菜等。

2. 沙地梭梭林

一般分布于流动和半流动沙丘区域。林分类型为:梭梭单层林、梭梭—齿叶白刺复层林。总的来说,沙地梭梭林因生境水分状况较好,生长相对比较旺盛,每公顷有250~1100株,盖度在20%~34%。沙地梭梭林的形成,最初可能发生于沙丘之间的丘间低地。生长在丘间低地上的梭梭遭受沙埋而处于沙丘之上。随着梭梭密度的增长,风沙活动减弱,梭梭即可在沙丘上天然下种,从而在沙丘区域形成林分。伴生植物有合头草、猪毛菜、雾冰藜、沙蓬、砂蓝刺头、蒿及赖草等。

3. 壤土梭梭林

多半分布在沙砾质戈壁与湖泊之间的冲积或湖积平原,黏壤质土及沙壤土,地下水埋深2~10m。林分类型为:梭梭—大叶白刺复层林、梭梭—沙拐枣复层林、梭梭—膜果麻黄复层林、梭梭—盐爪爪复层林。该类型因土壤发育程度较高,土壤有机质积累多,梭梭层片最高、林龄偏大,盖度也高。如赛什克的梭梭—盐爪爪样地,平均高210cm,地径12cm,平均冠幅300cm,覆盖度34%,最高可达44%。伴生植物有红砂、合头草、猪毛菜、雾冰藜等。

三、梭梭林演替规律

梭梭灌木林在荒漠区的自然条件下,是最稳定的灌木林之一。遭到破坏后,通常变成裸露地,而不会被其他植被类型所替代,这是由于它生长在极其严酷的自然环境条件下的结果,很少有其他物种能够在这样的条件下成片生存。与自然界的其他植被类型一样,在柴达木地区,梭梭灌木林的形成也是历史长期演化的结果,是柴达木地区环境变化的综合反映,它在砂质、沙质与戈壁等裸土地上经过长期适应性生存和繁衍,最后占据优势而形成主体群落稳定下来,梭梭的季节变化也很明显,春季萌动后迅速生长、开花,但一年中它时时处于逆境,遇生态条件逆变,它可以处于半休眠状态,如夏季的光灼、干旱时它就停止生长,以维持本身生存的水分,秋季子房重新膨大结果,12月至翌年2月进入全休眠状态,呈灰色

季相。各种类型间的演替关系见图 6-1。



图 6-1 梭梭林各种类型间的演替关系

四、梭梭林生物量

1. 梭梭单株生物量

由梭梭单株生物量调查可知，梭梭生物量随地径和高度增加而增大，梭梭地上生物量构成中，枝叶生物量占 98% 以上，果实重仅占 2% 左右，表明梭梭结实量很低，同时也表现出荒漠植被生殖生长过程中最大限度降低养分消耗的特点（表 6-4）。

表 6-4 梭梭单株生物量调查表

样地号	地径 (cm)	丛高 (cm)	地上鲜重 (kg)				地下鲜重 (kg)			
			枝叶	%	果实	%	主根	%	侧根	%
005	3.5	150	12.8	98	0.2	2.0				
007	4.08	140	4.52	98.3	0.08	1.7	3.24	74.7	1.10	25.3
009	4.69	113.5	2.85	99.3	0.03	1.1	1.85	82.2	0.4	17.8
010	1.88	76	2.75	100	—	—	2.21	76.2	0.69	13.8

梭梭生物量的另一特点就是地下生物量占全株生物量的比重大，约占 48.5% ~ 78.4%，侧根所占比例为 13.8% ~ 25.3%。主根的强烈发育证明柴达木盆地严酷的自然生境条件下，强大的根系是梭梭群落稳定发生、发展、演替的直接原因。

2. 梭梭林生物量

根据调查，梭梭林生物量因林分类型不同而呈现显著变化。其地上部分生物量每公顷 433 ~ 5280kg（鲜重），地下部分生物量每公顷 439 ~ 2526kg。各类型中，梭梭纯林、梭梭白刺复层林、梭梭麻黄复层林为生产力较高的林分，每公顷生物量为 1851.5 ~ 3700.8kg。梭梭纯林中，建群种梭梭的生物量最大，达到 98.5%，这主要与梭梭纯林林下植物单一、稀疏有关。梭梭复层林中，随着伴生矮灌木和草本植物种类的增多和盖度的增加，梭梭生物量的比重降至 12.4%。除地上生物量外，梭梭林地下生物量鲜重在 439 ~ 2526kg 之间，与地上生物

量保持一致。

第四节 梭梭林培育

一、种子采集、贮藏、调制

梭梭在我国西北及内蒙古荒漠地区分布广，种子成熟期不一，柴达木地区一般在 10~11 月间，梭梭果实由绿色变成淡黄色或褐黑色时，即为成熟，可及时采集，否则易被大风吹失。

采种时用采种布单或麻袋，置于母树树冠下，摇动树枝或以棒轻轻击打，使种子落到采集布上或麻袋内。

新采集的种子不易与膜质果翅分离，并杂有沙石和枯枝，要及时摊开晾晒，经风选或筛选，除去果翅、枯枝和沙石等混杂物，使种子纯度达到 70%~80%，含水率降低到 5% 以下。去翅晒干的种子不易吸湿，易于贮藏，有利于保持发芽率，播种后也易与土壤接合发芽，出苗好。

由于种子发芽保存期较短，贮藏时间不宜过长，一般袋装贮藏，带有膜质果翅的种子贮藏半年，发芽率仍能保持在 90% 左右，但 1 年之后，发芽率急剧下降到 40%~50%，2 年之后，种子发芽率更低，不到 10%。

二、育苗

梭梭在青海省规模育苗始于 2002 年，育苗技术尚处于研究和摸索阶段。

梭梭育苗目前有两种方式：大田常规育苗和容器育苗，生产上以常规育苗为主。

1. 圃地选择

梭梭对土壤要求不严，育苗地以含盐量不超过 1%，地下水位在 1~3m 的沙土和轻沙壤土为宜。圃地要求有灌溉条件，切忌在通气不良的黏质土壤，盐渍化过重的盐碱地或排水不良的低湿洼地上育苗。

2. 整地

梭梭对土地整理和土壤肥力要求也不太严格，选作苗圃的沙土或沙壤土在播种前浅翻细耙，除去杂草，灌足底水即可。床式和规格可根据产苗量和圃地具体情况而定，采用小床、大垄、大田均可取得良好效果。但床面要力求平坦、细致。

3. 播种期

梭梭种子生命力持续期短，特别是带花被的种子，含有一定水分，不易贮藏，以秋播为宜。春播宜早不宜迟，乌兰、都兰地区 5 月上旬为宜。

4. 种子处理

为防止根腐病和白粉病的发生，播种前用 0.1%~0.3% 的高锰酸钾或硫酸铜水溶液浸种 20~30 分钟，捞出凉干拌沙播种。

5. 播种量或播种方式

梭梭的种子小，纯净种子千粒重约 3g 左右。根据苗木质量要求，适当密播，以达到分枝少，主根发达，长而粗壮的目的。一般每公顷下种量 30kg 为宜，产苗量可达 90 万~110 万株。

播种方式要因地制宜,一般以开沟条播,覆土 1cm 为好,也可混沙播种。沟播后,浅耙地表,轻轻镇压。条播行距 30~40cm 为宜,沟深 1~2cm。播后引小水缓灌。以后可酌情每隔 1~2 天灌溉 1 次,直到出齐苗,忌大水漫灌和苗床积水。

6. 幼苗抚育管理

播种后,苗床一般不需要覆草。在早春多风和干旱地区,要及时覆草,避免吹蚀和地表干燥。苗床要保持湿润,可视土壤的干旱情况喷灌水分。出苗后,在条件好的地方,整个生长季一般不需要灌溉,只需要及时松土、拔草,保持表土疏松、通气良好,但松土次数不宜过多,以免表土过于疏松而受到严重风蚀,同时要注意病虫害的防治。

三、造林

1. 直播造林

梭梭直播造林方法简便,节省人力、物力,但由于沙漠地区条件一般都比较干旱、炎热、多风、管理困难,所以在沙漠地区进行直播造林,通常成活率只有 10% 左右,特别是盐渍化过重或风蚀较严重的沙地以及石砾戈壁,成活率更低,甚至不成功。

但是在降水较多的年份,早春季等冰雪融化时或秋季雨水较多的天气连阴季节,在一些湿润的固定半固定沙丘、丘间沙地或湖盆沙土上及时抢播,成活率一般可达到 40%。

直播造林的季节通常在春季融雪时进行,在条件较好而鼠害不严重的地区,也可在秋末播种。

2. 植苗造林

苗木要求高 20cm 以上,主根长 30cm 以上,1 年生壮苗,均可用作造林,成活率为 60%~70%。2 年生苗亦可,但成活率一般较 1 年生苗要低。

根据经验,梭梭最适宜在湖盆边缘地下水较高而盐渍化较低的沙地、沙壤地或固定、半固定沙丘间薄沙地上栽植,一般成活率可达 80% 以上,保留率 98%,3 年后株高 1.6m 左右。在半固定沙地上成活率 97% 左右,保苗率只有 55%,当年生长高度达成 39cm。在没有黏土沙障的沙丘迎风坡下部栽植的成活率达 70% 以上,生长良好。在流动沙丘上的方格沙障内成活率 30% 左右,在黏土地上植苗成活率都不大高,生长不好,但如果深耕细耙,充分疏松土壤,仍可达到较好的效果。在地下水位很高或低洼潮湿的潮地、盐渍化非常严重的盐碱地以及流动沙丘的背风坡不宜作造林地。

春季造林和秋季造林均可,一般早春 3 月中旬至 4 月中旬冰雪融化后,土壤水分状况较好,可及时进行造林。秋季降雨量较多的地方,也可秋季造林。

在湖盆沙地、沙壤土、丘间沙地、固定沙丘或其他一般沙荒地上植树造林,造林方法和其他树种相同。在流动沙丘上要设置沙障。一般栽植在迎风坡的中下部沙障网格内;在风蚀较为严重的沙壤地栽植梭梭,也要设置沙障。沙障应在造林前一年秋季或初冬设置。

沙障一般可用间距 3m 行列式。沙障与长年主风向垂直,在沙丘上部风力较强处,应适当加设若干条纵向沙障。沙障类型因所用材料不同而定。在有黏土的地方,可用黏土堆成高 20~30cm 的土埂风墙(黏土沙障)。在缺少黏土或取土较远的地方采用麦草、芨芨草、芦苇、沙蒿等材料设置沙障(插风墙),一般要深埋浅露,深约 20~30cm。露出沙面 10cm 左右即可。

梭梭在沙丘上造林一般采用穴植,深度可根据苗根长短而定,但要比苗根深 10~15cm。

栽植时应将苗木扶正，埋上湿沙多半穴后，再将苗木轻提至合适深度，原根颈要低于穴平面下 5~8cm，踏实后浇水，待下渗后覆干沙保墒。也可采用缝植，先将栽植点上的表层干沙丘铲掉，在湿润沙层上用铁锹开缝，深 20~25cm，将苗木插入窄缝内，再轻提至合适深度，浇水后踏实覆盖干沙。

在地势较为平坦的沙地，可用畜力或动力机械开沟栽植。

梭梭造林密度要根据具体情况而定。林地水分条件较好，为了尽快起到防风固沙的作用，栽植密度应大些；林地水分条件较差，密度应小些。在设置沙障的流动沙丘上栽植，一般行距与沙障间距等宽，2~3m，株距 1~1.5m；在较为平坦的沙地上或不设置沙障的低缓沙丘上，通常行距 1.5~2m、株距 1~1.5m 较为适宜。

梭梭在栽植当年和第二年要定期检查，发现死亡和折断株要及时补植。在设有沙障的地方，发现沙障损坏要及时修补。在水土条件较好的地方，一般不需灌水。在造林地十分干旱情况下，若有灌溉条件，可在 5~8 月灌水 1~2 次，但不可使造林地土壤长期过湿，以免引起腐烂病。

造林地内要禁止放牧，以免牲畜啃食幼苗和折断幼树。

四、封沙育林

近 50 年以来，柴达木的梭梭林经历了两次大的植被变化过程。据沈文录等人对都兰县宗巴滩封沙育林监测与分析，1957~1980 年为逐年减少阶段，植被盖度以 2.14% 的年速率锐减，至 1980 年前的调查资料表明，每公顷的地上主要灌木生物量仅 19.05kg，盖度为 0.4%，达到历史最低点，主要是人类不合理的开发和滥砍滥牧造成的；1980~1990 年为逐年增加阶段，植被盖度由 0.4% 增加到 9.95%，平均以 1% 的年速率递增，主要是实施了封沙育林。目前，柴达木的梭梭林随着保护区的建设和完善，正向着自然恢复和增长的方向发展。据调查，梭梭林下 1~3 年生实生苗出现频度接近 20%，德令哈的连湖—航亚分布区，20m² 内就有 17 株实生苗。实践证明：封沙育林是荒漠地区遵照自然法则保护荒漠环境的行之有效的途径。其优点在于：①封沙育林可最大限度地限制强度放牧；②封沙育林可保护植被的正常生长；③封沙育林加速植被盖度的提高；④封沙育林有利于提高植物种子的数量和质量；⑤封沙育林有利于林分的天然更新，增加植物的种类与数量。

封沙育林应尽可能设置围栏的保护，并在主要交通道路、人口活动频繁、牧畜多的地方设立保护检查站。

第七章 动物资源

第一节 研究历史

动物种类的调查始于 19 世纪后期的一些外国探险家,如俄国的普热尔瓦斯基,在探险过程中,对柴达木盆地的野生动物进行过采集和调查。

我国于 1958~1964 年间,由中国科学院青甘综合考察队对柴达木盆地的野生动物进行了较为全面的系统调查。1986~1987 年,中国科学院西北高原生物研究所、北京动物研究所、新疆生物土壤沙漠研究所与美国内务部鱼类及野生动物管理局、蒙太那大学野生动物系、斯密桑宁博物馆、科罗拉多大学合作,在乌图美仁、阿拉尔、托索湖、红水川和巴隆等地区进行了定点考察。1995~1999 年,由林业部组织,青海省农林厅承担进行了全省陆生野生动物资源调查。先后完成《青海省有关地区哺乳类考察报告》、《柴达木及其邻近地区鸟类考察报告》、《青海甘肃兽类调查报告》、《青海经济动物志》等研究报告和专著。

第二节 脊椎动物区系特征

保护区脊椎动物共 119 种。陆栖动物占绝对优势,其数量占保护区动物总数的 95.8%。

一、水生脊椎动物区系

保护区的河流系柴达木内陆河支流,栖息有 5 种鱼,隶属于 1 目 2 科。按尼柯里斯基(1956)淡水鱼类区系成分的划分原则,保护区仅由单一的中亚山区鱼类复合体构成,即以裂腹鱼亚科的裸裂尻鱼属和条鳅亚科的高原鳅属的鱼类组成。

二、陆生脊椎动物区系

在动物地理区划上,柴达木梭梭林自然保护区属于古北界、中亚亚界、蒙新区、西部荒漠亚区、中部柴达木省。动物区系组成,由青藏高原的一些特有种类与一些典型的蒙新种类混合而成,构成青藏—蒙新的过渡类型,并无形成本身的特有种类。其动物生态地理群以荒漠、半荒漠类群为主。该地理区划中陆栖动物,隶属于 22 目 41 科。其中两栖类和爬行类极为贫乏,分别为 1 种和 3 种,二者合计仅占陆栖脊椎动物总数的 3.45%;鸟类 77 种,占总数的 62.93%;兽类 41 种,占总数的 33.62%。因此保护区是以陆栖脊椎动物鸟兽类群为主。其中繁殖鸟(包括夏候鸟和留鸟)有 60 种,占鸟类总数的 82.19%。兽类中的有蹄类,如鹅喉羚、藏野驴等,一般呈小群活动。

保护区中的花背蟾蜍对环境适应能力较强,可栖息于农田、草原、森林和荒漠边缘,在古北界的东北区、华北区、蒙新区和青藏区均有分布。

爬行类中蝮蛇和密点麻蜥均为广布种,广布于我国北方各地。蝮蛇可栖息于林缘灌丛、

草地、乱石堆、荒漠灌丛等环境。密点麻蜥主要栖息于干草原和荒漠、半荒漠边缘的稀疏灌丛带。青海沙蜥属于高原寒漠动物，主要分布于羌塘高原。

鸟类古北界种类占优势，达 63 种，占鸟类总数的 86.31%，东洋界 9 种，占 12.33%；其余为广布种。古北界鸟类，主要由北方型、高地型和中亚型 3 种成分构成。其中北方型占优势，达 35 种，占古北界种类 55.56%；高地型次之，有 16 种，占 25.40%，中亚型 8 种，占 12.71%。北方型鸟类的繁殖区环绕北半球北部，向南分布达青藏高原。保护区内的这些种类有黑颈鹳、凤头鹳、大天鹅、赤麻鸭、凤头潜鸭、灰鹤、红脚鹳、林鹳、孤沙锥、青脚滨鹳、普通燕鸥、黄头鹈鹕、领岩鹳、麻雀、黄嘴朱顶雀、普通朱雀、白头鹎等。高地型鸟类主要在青藏高原或喜马拉雅山的高山带繁殖，保护区有斑头雁、藏雪鸡、暗腹雪鸡、黑颈鹤、鸢嘴鹳、褐背拟地鸦、褐岩鹳、红腹红尾鹟、花彩雀鹰、棕颈雪雀、棕背雪雀、林岭雀、高山岭雀、大朱雀、白翅拟蜡嘴雀等种。中亚型鸟类在我国主要在蒙新高原区繁殖，保护区主要有石鸡、斑翅山鹑、毛腿沙鸡、小沙百灵、沙鹑、漠鹑、山鹑等种。东洋界的鸟类以横断山脉——喜马拉雅山脉型为主，其主要种有高原山鹑、灰背伯劳、蓝额红尾鹟、白喉红尾鹟、棕背鹳、黄腹柳莺、红眉朱雀、白眉朱雀。

兽类除香鼯的分布不便归类外，其他均为古北界种类。由中亚型、北方型和高地型成分组成。其中，中亚型成分占优势，占古北界种类的 40.54%，该成分种类有柯氏长耳蝠、沙狐、荒漠猫、兔狲、藏野驴、鹅喉羚、长尾仓鼠、小毛足鼠、子午沙鼠、三趾跳鼠、长耳跳鼠。北方型次之，占 32.42%，这些种类包括狼、赤狐、棕熊、石貂、狗獾、艾虎、猓狸、马鹿、根田鼠、麝鼠、小家鼠。高地型占 29.73%，组成种类有西藏鼯鼠、白唇鹿、盘羊、藏原羚、岩羊、喜马拉雅旱獭、白尾松田鼠、松田鼠、高原兔、高原鼠兔、大耳鼠兔、托氏鼠兔、红耳鼠兔。保护区的兽类组成，充分突出了动物耐旱寒的生理特征。

第三节 动物种类及其分布

一、动物种类

动物种类见附录 2《自然保护区野生动物名录》。

二、各类群的分布

保护区内共有 5 种鱼，均系中亚山区鱼类，主要分布于中亚高原河流和浅水湖泊中。两栖动物仅花背蟾蜍 1 种。其适应能力较强，可栖息于农田、森林、草原或荒漠边缘。爬行动物有 3 种，隶属于 2 目 3 科 3 属。它们主要栖息于荒漠和荒漠化草原。鸟纲：鸟类有 77 种，隶属于 12 目 23 科。主要分布于水域、荒漠半荒漠、荒漠草原、灌丛林缘、农田、高山裸岩和峭壁等处。兽类有 37 种，隶属于 6 目 15 科。主要栖息于荒漠和荒漠化草原和局部水草丰盛的地方。

第四节 动物群及其特征

保护区地处柴达木盆地的东部，为荒漠和半荒漠地带，部分水草丰盛的地方成为许多动物聚集的地方；河水可灌溉的平地被垦为耕地，成为动物特殊的栖息环境。根据相关的调查

表 7-1 保护区内国家重点保护动物一览表

动 物 名 称	保 护 级 别	
	I	II
石貂 <i>Martes foina toufouei</i>		✓
荒漠猫 <i>Felis bieti bieti</i>		✓
猞猁 <i>Lynx lynx isabellinus</i>		✓
兔狲 <i>Felis manul manul</i>		✓
棕熊 <i>Ursidae arctos</i>		✓
藏野驴 <i>Equidae kiang holdereri</i>	✓	
马鹿 <i>Cervus elaphus kansuensis</i>		✓
白唇鹿 <i>Cervus albirostris</i>	✓	
藏原羚 <i>Procapra picticaudata</i>		✓
岩羊 <i>Pseudois nayaur szechuanensis</i>		✓
胡兀鹫 <i>Gypaetus barbatus hemichalarus</i>	✓	
大鸮 <i>Buteo hemilasius</i>		✓
藏雪鸡 <i>Tetraogallus tibetanus przewalskii</i>		✓
雉鹑 <i>Tetraophasis obscurus obscurus</i>	✓	
黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i>	✓	
灰鹤 <i>Grus grus</i>		✓

资料,保护区内所分布的野生动物主要包括以下类群。

一、温带荒漠,半荒漠动物群

荒漠、半荒漠动物群以啮齿类和蹄类动物的繁盛为特征。主要有斑翅山鹑、高原山鹑、沙鹑、漠鹑、鸥斑鸠、毛腿沙鸡、短趾沙百灵、小沙百灵、漠雀、棕背雪雀、赭红尾鸨、子午沙鼠、长尾仓鼠、白尾松田鼠、三趾跳鼠、长耳跳鼠、鹅喉羚、藏野驴、沙狐、荒漠猫等,它们多数以草和树木的嫩茎叶为食,而沙狐、荒漠猫等属肉食性动物,捕食鼠、禽等小型动物为主。

二、高山裸岩动物群

该类群动物主要分布于盆地边缘的山地岩壁、砾石堆、流石滩等环境中。主要种类有石貂、藏雪鸡、暗腹雪鸡、石雀、高山岭雀、盘羊、岩羊、棕熊、石貂、香鼬、红耳鼠兔、大耳鼠兔等,由于它们的耐寒性、食物来源、群居或单体生活等习性决定了其生存环境。

三、湿地动物群

该类群动物主要为水禽与涉禽,它们分布于湖泊、河流、溪边、河滩、沼泽地。代表种有黑颈鹈鹕、凤头鹈鹕、大白鹭、斑头雁、大天鹅、赤麻鸭、赤嘴潜鸭、凤头潜鸭、灰鹤、黑颈鹤、红脚鹬、林鹬、青脚滨鹬、鸕嘴鹬、鱼鸥、普通燕鸥、黄头鹈鹕、田鸬、水鸬等。它们都以水生生物为主要食料,包括水草、浮游生物与鱼类等。

四、农田动物群

保护区该类群动物较少，它们栖息于林缘灌丛、河滩灌丛、耕地附近或草丛中，以农作物和杂草的种子、植物果实及嫩叶为食。主要动物有环颈雉、麻雀、大朱雀、红眉朱雀、普通朱雀、岩鸽、喜鹊、褐背拟地鸦、红嘴山鸦、黄嘴山鸦、渡鸦、小家鼠、高原兔等种类。

第五节 动物资源评价

在该保护区内，栖息的鸟、兽种类虽然并不多，但包括的国家一级保护鸟、兽动物有 5 种，二级保护动物 11 种，分别占青海省一、二级保护动物的 31% 和 24%（表 7-1）。此外，像藏雪鸡、暗腹雪鸡、褐背拟地鸦、红眉朱雀、松田鼠、喜马拉雅旱獭、白唇鹿、马鹿、马麝、藏原羚等均属青藏高原特有种。建立保护区，可使这些动物种类的繁衍生息形成一个稳定发展的场所。另外，这一区域又是青藏高原与蒙新高原的过渡带，是开展动物区系演变的研究场所。

第八章 旅游资源

青海柴达木梭梭林自然保护区及其周边地区蕴藏着丰富的人文景观和自然景观,吸引着国内外游客前来考察、探险、狩猎和观光旅游。

第一节 人文景观

一、遗址

1. 吐蕃墓葬群

吐蕃墓葬群位于都兰县热水乡,是我国唐代早期大型吐蕃墓葬群之一,共计200余座,其中一座最大的墓葬高11m,东西长55m,南北宽37m,墓堆下还有3层用泥石混合夯成的石砌围墙,高1m,宽3m。墓南有陪葬坑和陪葬遗迹。

经考古发掘,出土文物有皮靴、金饰品、木碗、木鸟兽、陶罐、古藏文木牍、彩绘木片等。尤其出土了一批绚丽多彩的丝绸织品,其丝绸质料良好,图案清晰,色彩鲜明,是不可多得的稀世珍品。丝绸品种有绵、绫、绢、刺绣等。图案中有珍禽异兽、花草树木、车马人物,其中的佛像、人物狩猎、西域人图像、织锦袜等为我国首次发现。

经有关方面专家研究认定,墓主人是唐代早期吐蕃贵族。当时还处于奴隶制社会。这一吐蕃墓葬群的发掘,对研究吐蕃文明史,研究中西文化交流以及藏族族源的探讨均有重要价值,因而引起了学术界的关注,被文化部列为我国1983年六大重要发现之一。近几年的考古发掘又有新的成果,成为1996年全国十大重大考古发现之一,为全国重点文物保护单位。

2. 塔温搭里哈遗址

塔温搭里哈遗址位于柴达木盆地都兰县巴隆乡境内,是一处典型的代表诺木洪土著文化的遗址。诺木洪土著文化因首先在都兰县诺木洪发现而得名。

该遗址遗物有陶器、毛纺织品和铜器三大类。陶器中以夹沙红陶和灰陶出土数量居多。毛织品有毛布、毛带和毛绳3种,都是用毛制成。毛织品的出现,说明生活在这里的羌族掌握了一定的毛织和染色技术,是对我们古代纺织技术的贡献;在绳线上打有扣结,这可能是古人结绳记事在历史遗物上的表现。铜器有青铜刀、斧等,还有少量冶铜工具残片及铜渣,属青铜器时代。

该遗址延续时间较长,上限在西周时间,下限可能到战国秦汉时期,是历史上我国西部地区羌族文化最典型的遗存,对研究东西方文化交流,我国西部草原文化,羌族的发展变迁以及青藏高原自然地理环境的变化均有重要意义。

二、寺院

1. 都兰寺

都兰寺位于乌兰县铜普乡。距茶汉诺28.5km处的哈拉杂图山下,坐落着一座古刹,因位于都兰河畔,故俗称都兰寺。都兰寺全称“噶丹桑阿玉仁佩林”,意为“具喜密宗增益

洲”。其历史最早可追溯到元世祖元年（1271年）。据说当时有位叫阿嘉措的禅师隐居在塔延森林中坐禅，相传他很有法术，信仰藏传佛教。其后相继有索南嘉措、元丹嘉措、罗桑桑丹、罗桑益希、罗桑阿旺毛兰木等颇有名气的5位禅师，次第在这里坐禅，至今在塔延森林中尚存几十处禅房遗址。明万历六年（1578年），三世达赖喇嘛索南嘉措珞俺答汗的会晤，促进了藏传佛教在蒙古族中的广泛传播。明万历十一年（1583年），三世达赖喇嘛索南嘉措又到塔尔寺讲经。此时，道希汗禅师专程到塔尔寺朝拜，得到三世达赖喇嘛准许，在塔延口修建了一所静虑室（禅室），这就是都兰寺的雏型。

明崇祯七年（1634年），霞巴丹津呼图克图来到塔延山口静虑室主持寺院佛事，清顺治元年至四年（1644~1647年）间由他在静虑室的基础上修建了一座正规的格鲁派寺院，这就是闻名青海蒙古族地区的都兰寺，霞巴丹津呼图克图后来历转封号为丹津呼图克图，成为该寺寺主。

清康熙二十六年（1687年），从二世丹津呼图克图楚臣嘉措起该寺实行时轮修供仪轨，并增设了时轮经院，扩大了寺院规模，从清雍正三年（1726年）起，清朝政府对青海蒙古族实行编旗制。清雍正十三年（1736年），当地蒙旗首领入京朝拜清世宗，世宗皇帝高度赞赏了都兰寺的佛事活动，并赏赐了一对木制竖匾和在黄缎子上用金汁书写的奖状，以及扶持该寺佛事活动的银币等。清乾隆元年至三年（1736~1738年）间，在该寺大院内修建了一座四合院王府，俗称“供老爷庙”，从此左翼各王公台吉相继于此寺设立行置。当时该寺有属民1600余户，并有500余户藏汉民户加入蒙古族籍。民国17年（1928年）都兰理事改为都兰县，设都兰县衙，设置防军于该地。这里为左翼盟各旗互市之所，商务甚盛。该寺在柴达木30余处佛寺中最为著名，有僧众1000余名，房300余间，和一座36根柱子的大经堂。寺院阿拉巴特属（民）200余户有数千只牲畜，以牧猎捞盐为生。据说该寺对佛法及经典的理解，较东部各寺高深，故常有高僧出现，当时安多地区称为索南三尊之一的索南达娃就是该寺时轮院中的高僧之一。此外原静虑室的100多名道行高深的禅徒在家潜修，人们称为仁增巴（持明者）。

清乾隆末年，六世班禅罗桑贝丹意希去北京时路过都兰寺，祈祷天下太平，众生安居乐业。1896年该寺曾两次受到严重破坏，除大经堂外，其他大部分房屋被烧毁，寺内保存的珍贵文物及历史书籍也化为灰烬。

民国6年（公元1917年），由八世丹津图克图罗桑丹贝尼玛重建都兰寺，不久修复。民国年间苛捐杂税日甚，民族械斗日益增多，牧民群众生活困苦，寺院的收入减少。民国21年住寺阿卡由1919年的40人减少到20余人。直至新中国建立，住寺僧侣一直仅20余名，其中活佛2名；房屋114间，其中，28根柱子的经堂2座，36间，僧客房40间，拉让（活佛住宅）5间，厨房5间，时轮大塔周围的嘛呢房28间；牲畜250余头，耕地300余亩，水磨1盘。生活比较富裕。

1955年起，由八世丹津图克图主持，扩建都兰寺，建成有30根柱子、两层楼房的大殿，共32间，其下院为僧舍，共15间，另外，专修烧施堂1座，共9间，上下两院共有56间。当时，有僧侣136名，新旧2座寺院共房屋170间。其中，68间的3座经堂，9间的1座烧施堂，50间的僧客房，28间嘛呢房，10间厨房、5间拉让。牲畜700余头，耕地300余亩，水磨1盘。

都兰寺50年代未被拆毁。1979年之后，八世丹津呼图克图在热心僧众的积极参与、支

持和信教群众的积极帮助下,重新恢复了都兰寺,恢复后的都兰寺有僧侣46名,房屋87间。其中,20根柱子的经堂1座,共12间,其周围有18间嘛呢房;僧客房9间,厨房2间,时轮大塔1座,周围有24间嘛呢房;新建上下两院的拉让1座,拉让内供有多闻天王,兄妹护法,天王身等卷轴画像。上院为砖木结构的两层楼房,共10间。上层殿内供有释迦牟尼佛像,端坐正堂,两侧侍立着他的两位大弟子,即舍利佛和目犍连,宗喀巴师徒三圣像皆为镏金铜像,各高约5尺许(约1.8m)。一侧依次供有药师八如来塑像,以及智慧之神文殊菩萨像;另一侧供有格鲁派创始人一代宗师宗喀巴大师镏金塑像,高约4m,两侧塑像为大师的两大弟子即甲曹杰和克主杰,各高约7尺(约2.3m),藏文史籍中常称其为“师徒三圣”。殿堂两侧书龛中供有整套用金汁写成的《甘珠尔》大藏经,全套共108函,每函约重六七十斤(约35kg)。据说,1峰雄健的骆驼也只能驮4函。此外尚有1部金汁书写的《般若八千颂》。历史上,这两套佛经被公认为青海境内的珍藏精品,墙壁两侧还供有许多精制的宗喀巴小镏金铜像,据传有千尊之多,殿内还供有历辈丹津呼图克图的银制舍利塔。此外殿内还珍藏有许多藏传佛教所独有的艺术珍品卷轴画,如千手千眼观世音像,密宗事部三怙主、集密、胜乐、怖畏金刚等密宗本尊像,以及大黑天、阎罗王、吉祥天女等各路护法神像。楼下供有宗喀巴师徒三圣像,高约2尺(66cm)。正中为六世班禅丹贝意希的法座。下院为客房,共12间。现在寺院宗教生活正常,一年四季前去朝拜的蒙古族信佛群众络绎不绝。

2. 香日德寺

香日德寺,是一座具有200多年悠久历史的格鲁派寺院,坐落在海西蒙古族藏族自治州都兰县香日德镇的上开柴村。寺院前临香日德河,后靠昆仑山,青藏公路傍寺而过,是海西一线通往西藏的必经之地。那里地势平坦,水源充足,日照时间长,适合农牧业发展,是都兰县的主要粮食产地。该地区历史上曾是香加蒙古族住地,从清代前期为班禅属区,作为班禅商尚堪布住牧之一。后为西藏政教领袖往来内地驻锡之外,清乾隆四十四年(1780年)即七世班禅丹白尼玛时期,初建寺院,以当地地名命名。“香日德”,为藏语,意为“树木繁多的村庄”。

原香日德寺分为两处,一处是专供堪布住宿和接待过往宗教人员及有关使者的食宿站,叫“钦拉让”;一处为宗教活动场所,叫“德钦颇章”。据考证,乾隆年间有寺僧30余人,设有堪布、管家等僧职人员。后来该寺几经沧桑,至20世纪初,“德钦拉让”建筑群被洪水冲毁。1924年九世班禅洛桑土登·却吉尼玛从西藏派来“勘钦王爷”,在原址附近新建125m²的二楼厅式砖木结构大经堂一座,僧舍、斋房80余间,占地50余亩,历时4年落成,取名“潘德群科尔林”(意为利乐法轮洲)。整个建筑群呈“回”字形,由寺墙向内逐次僧舍、斋房,正中央是古色古香的大经堂。大经堂内有大小佛像2000多尊,可容纳千余僧众跏趺诵经。与此同时,将原有的“德钦皮章”,加以维修,易名班禅驻西宁办事处香日德站,一直作为西藏政教领袖往来内地的主要驻锡地。1913年,第十三世达赖喇嘛辗转内地返藏途中,曾居住此寺。

1937年,九世班禅洛桑土登·却吉尼玛在玉树圆寂后,当时班禅堪布厅一面委派内部人员到玉树将这位德高望重的活佛遗体秘密送往西藏扎什伦布寺安葬,一面大做经事,将其“苟东”(遗体“替身”)让信教群众迎至香日德寺中供奉。在此期间,班禅堪布厅有关人员及其眷属卫队等400余人驻寺屯垦,并派人寻访班禅灵童。几经周折,终于在循化县文都沟

地方访到了灵童，即为十世班禅额尔德尼·确吉坚赞。新中国成立后，班禅大师曾先后4次莅临该寺接受信教群众朝拜，并进行了摸顶赐福等宗教活动。故此，香日德寺在海西地区的蒙古族、藏族和汉族等信教群众中享有很高的声望。

1957年前，该寺院的组织分为两个系统：一是行辕行政组织，通常设科长1人，干事10余人，均由班禅驻西宁办事处指派，其薪金、费用也由办事处支付，其主要职责是接待进出西藏途经香日德的班禅属下宗教人员，并对班禅的当地部落属民进行监督。二是寺院宗教组织，原则上设堪布1人，代表班禅总管全寺。下设僧官1人，分管宗教事务；引经师3人，分管喇嘛念经；管家2人，分管寺院财务、生活；“随翁”1人，为班禅堪布勤务；“玛钦”1人，专搞斋方炊事工作。另有堪布的放牧人员数人。全寺共有僧众50多人，最多时达到70人，其中经常住寺者35人，其余平时在家耕牧，每逢宗教节日或佛事活动时来寺念经。20世纪50年代末，寺僧全部遣散。因寺院长期无人管理，加之年久失修，建筑濒临倒塌，遂被拆除。1984年，党和人民政府帮助筹建香日德寺，1987年完工，共花费18万余元。在原址上重点修建二层楼厅式经堂一座，内饰有华盖、法幢、堆绣、卷轴画及诸多佛像，楼上长廊回旋，专设班禅驻锡的经堂卧室，堂层挂有大师像，供桌上灯火通明，十分幽静。另修僧舍、斋房7间，并修了围墙和山门。1988年4月，西藏噶金巴桑拉活佛受班禅大师指派，前来寺院担任堪布，随行人员有扎西加布、巴桑等。该寺现有寺僧28人（其中堪布1人，僧官1人，管家1人，索布1人），并成立了由9人组成的寺管会，由原任堪布的管家洛桑坚赞任主任。

该寺的宗教活动在一般情况下，每年念大经7次，每次多至7天，少则一两天，通常念经人数约50多人。具体日期是正月初一、正月十四至十五、四月十四至十五、六月初四至初十、九月二十二至二十八、十月二十四至二十五、腊月二十三至二十九。每年五月十五寺院举行祭俄博活动时也念经，同时开展赛马、射箭、摔跤等民族传统体育活动。平时应信教群众之邀，寺院指派部分僧人到农家牧户念经，祈安消灾。每年六七月间，由堪布亲自带领管家、玛钦等人前往各村落走帐串户摩顶赐福，念经募化。牧民群众一般以羊肉背1块、酥油1斤（500g），牛肚子1条相送。

寺院财产大体分3部分，一部分属寺院集体所有，一部分属堪布活佛私人所有，另一部分属班禅驻西宁办事处香日德站所有。该寺坚持以寺养寺的原则，充分利用耕地和庭院空地，积极植树造林，发展农牧业生产。现已成为都兰县旅游胜地之一。

三、人工绿洲

1. 香日德

昔日的香日德到处是黄沙滚滚，满目荒凉。20世纪50年代，一批拓荒者走进了这片荒原。一排排、一行行抵御狂风沙暴的防护林带堪称“绿色长城”，奇迹般地出现在这片沙漠土地上，治服了狂风沙暴的侵袭和肆虐，将一个干旱脆弱的生态环境改造成为良性循环的农业人工生态系统。风速比原来的降低了，气温上升了，相对湿度增加了，并依靠盆地光能资源丰富、昼夜温差大等气候优势，实现了农业大面积丰产的新记录。1978年在3.19亩实验田上，创造了小麦亩产1013kg的世界高产记录，尔后又两次创小麦亩产全国最高记录，从而使柴达木绿洲农业载入了世界史册。

香日德生态环境改观，瓜果、蔬菜生长良好。苹果树蔚然成林；一个巴梨重350g，成为香日德的特产；西瓜、白兰瓜、醉瓜、金蛋蛋相继在这里落户；萝卜、辣椒、白菜、葱、蒜、茄

子等蔬菜丰富了盆地人的菜篮子。1个萝卜重0.65kg, 1头大蒜重500g, 1亩大白菜收获1万kg……在这严酷的自然条件下创造出一个又一个的奇迹, 使众多的国内外游人惊叹不已。

2. 诺木洪

诺木洪绿洲位于都兰县的西南部, 总面积15 000hm², 耕地面积4200hm²。主要农作物是春小麦、油菜。人工林以青杨、枸杞、沙棘为主; 天然灌木及半灌木主要有怪柳、梭梭、白刺、沙拐枣、枸杞以及蒿类植物。诺木洪河集水面积2820km², 年均径流量1.511亿m³, 年均流量4.69m³/s。诺木洪从1956年首先开发水利资源, 开荒种田。1958年4月3日, 诺木洪大风持续7h, 最大风速34m/s, 已出苗的259.0hm²小麦、20hm²青稞、4hm²豌豆被大风危害, 未出的种子也随表土被风吹走。1960年3月19日, 诺木洪最大风速34m/s, 20hm²耕地的表土被风吹走3~4cm, 26.7hm²的冬小麦被风吹走, 同时损失肥料100万kg, 形成沙进地弃的局面。从1965年诺木洪开始营造农田防护林以来, 至1995年已建立起较为完整的防护林体系。累计造林363hm², 植树160.2万株, 保存84.8万株, 营造经济枸杞233.3hm²、苹果园29.7hm²、苗圃25hm², 林地占耕地面积的14.9%。绿洲农业必须把水利与防护林体系建设和种植业放在同等重要的位置, 农牧业相结合, 在人工控制下, 建立高效能人工生态系统, 就能创造较高生产力。

四、蒙古族风情

柴达木盆地的蒙古族, 来自内蒙古呼伦贝尔大草原。在青海高原数百年的生活过程中, 除保留原有的一部分生活习俗外, 大量吸收了其他兄弟民族尤其是藏族的文化成分, 逐步形成了具有青海高原特色的蒙古族风情。

青海牧区的蒙古族, 饮食以牛羊肉、奶制品“郭日勒”(青稞炒面)和面食为主, 服装大都是用牛羊皮缝制的长袍, 腰系丝绸腰带, 足穿牛皮或绒做的靴子。妇女的发饰、装饰品特别考究, 用珊瑚、松石、玛瑙串成的项链, 银制的护身佛龕, 大耳坠, 金银、玉石质的手镯, 显得美观大方, 风度不凡。

蒙古人非常注重礼节, 宾客来到, 全家出帐迎接, 用“霍仁木”(全羊席)或上等食品盛情款待。蒙古族人尊重老人, 每逢节日或喜庆日子, 要向老人献“哈达”、磕头, 祝福。

蒙古族的节日主要有: 春节, 是一年中最隆重的传统节日, 男女老少身着节日盛装, 敬神、祭天, 全家团聚, 吃手抓羊肉、饮酒、吃饺子, 互拜祝贺节日快乐; 第二个节日是农历十月二十五的灯节, 纪念黄教创始人宗喀巴涅槃(逝世)的宗教节日; 第三个节日是祭“鄂博”, 即“那达慕”盛会, 约在农历7月举行。

“那达慕”是蒙古语, 即“玩”的意思, 主要内容是赛马。蒙古族人一生几乎是在马背上度过, 马是他们最宝贵的财富, 除了生产、生活中有极为重要的作用外, 就是文学创作、音乐、舞蹈, 人们平日闲谈都离不开马。

第二节 自然景观

一、“姊妹”湖

克鲁克湖, 坐落在怀头他拉草原上, 蒙古语“克鲁克”是水草丰美之意, 距海西州首府德令哈40km, 与托素湖有一条7km的水道连通, 故称为姊妹湖。

当地民间传说, 很久以前, 两个相依为命的蒙古姐妹, 她俩的恋人都被抓去金场当沙

娃，两人累得筋疲力尽，饿倒在雅沙图山上，托大雁给心上姑娘捎信。两姐妹得知后，妹妹背着干粮，姐姐背着盐包，急攀山峰，寻找亲人。当她俩找到倒毙的亲人，悲伤地呼喊，姐姐的泪浸湿盐包，流出一座咸水湖，妹妹的泪汇成淡水湖。

两湖留下一个奇特的现象，相隔仅 7km，且河道相通，竟然是一咸一淡。

科学日臻发达的今天，这神秘的谜底才揭开。发源于祁连山脉哈尔科山的巴音河由东向西流入克鲁克湖，又经连通河流入托素湖。克鲁克湖有出、入口，水经常流动更换，自然水淡；而托素湖只有入口没有出口，水就成了死水。干燥的柴达木盆地蒸发量大于降水量的 100 多倍，由于水分大量蒸发，水中矿物质浓度不断增加，托素湖便成了咸水湖。

托素湖在南，克鲁克湖在北，青藏铁路从两湖间穿过，形如衬衫挂在钢绳上，人们把它俩叫姐妹湖，同时，又叫它们襟襟湖。

克鲁克湖风光旖旎，芦苇茂盛，入春之季，环湖一层金黄，一重嫩绿，天空宝蓝，水鸟翻飞起落，鱼儿泼刺跳跃，水草长满整个湖底，绿色植物盘根错节、密密麻麻，形状各异。春夏有花草探出湖面，冬季冰封之下，也是一个花盛草新的水底迷宫。湖中有 63 种植物，35 种昆虫，17 种两栖动物，成为鱼类喜爱的饵料。

1973 年海西州首次向湖内投放鲤鱼、鲫鱼苗 5 万尾，内地鱼第一次来到海拔 2814m 的高原湖泊安家，开始了柴达木盆地养殖淡水鱼的先例。3 年后，鲤鱼长至 2kg 重，长江、淮河流域生活的鱼类在世界屋脊的淡水湖泊也能正常生活。其后 10 年间，又投放了鲤、鲫、草、鲢、青、团头鲂等 7 种淡水鱼苗，长势也好。1986 年后从辽宁、江苏、上海引进青虾、螃蟹、池沼公鱼、北京鸭，不仅成活，且长得肥美。蟹可长到 320g，大量仔虾云游湖中，成为柴达木最佳养殖基地。水生动植物资源丰满的关键是充足的肥源和饵料，每到春夏，牧人赶着几万头牛羊在湖边放牧，积蓄了大量畜粪。到了雨季，洪水将粪便冲入湖中，成为水草、藻类营养物，湖里的草鱼喜欢吃水草，鲢鱼吃草鱼的粪便，鱼粪又被水生植物吸收，再转化为鱼的饵料，形成水生物食物链。这链式转化使湖区资源往复循环，始而无穷，是只放鱼苗，不投饲料的天然大鱼塘。

克鲁克湖是柴达木盆地十大名景之一。每逢节假日，德令哈市及附近的居民就到湖边野餐、钓鱼、品鲜、乘快艇游览风光，在芦苇丛中玩耍……大戈壁中有此一环碧波，洗涤疲惫和灰尘，置身其间而自得其乐，实是难得的身心享受！

二、白公山

白公山是托素湖东北地貌最显著的一座中等山峰，它标志显著，远看像金字塔，有神秘感；侧看，如大猩猩坐望碧湖；正面看，是单面山状，峭壁迎湖屹立，高约 200m 余。山的东北方向 500 多 m 处是察汗托罗盖敖包，其木刀、矛、棍上哈达飘扬，是寻找白公山最醒目的地物标志。白公山黄灰白色，由第三系白砂岩为主，夹浅褐泥岩组成山体，地层间条带明显，山体距湖面约 80m，其间（湖滩一带）为砂岩，且波纹显著，是湖浪退缩留下的痕印。

沿青新公路自怀头他拉草原向南，进入荒漠，再穿过沼泽区，在托素湖东北角的山崖上，找到 3 个岩洞。于此向四周追索，发现了相当规模的管道群。进入中（主）洞，洞深约 6m，最高处约 8m，和通常所见溶洞迥异，倒像是人工开凿而成。上下左右都是纯一色砂岩。除含砾石外，无任何杂质。一根直径 40cm 的大铁管从顶部斜通到底。由于多年锈蚀，只见半边管壁；另一相同口径的铁管从底壁通到地下，只露出管口，可量其直径，而无法知其长短。洞口之一有 10 余根铁管楔入山体，距离不等，约在一条等高线上向东延伸。这些管子

直径10—40cm,管壁与岩石完成吻合,不像是先凿洞后再安装的。其安装技术,令人惊叹。如果把山比作一个馒头,把管比成一根根竹签,那么山与管的结合,倒像是竹签插进馒头那样轻易和契合,其余各处的无数管道都有这个特点。现在无法解释这些现象形成的原因,人们便将其想象成“外星人”的技艺。

从这管道的锈蚀程度看,建成时间距今至少在一二千年以上。当时,别说是柴达木,就是中国,甚至地球上的人类,仍处在蒙昧、求生的原始生活状态中,又怎么会开矿、炼钢、制造机件,安装出如此大规模、如此技艺高超的工程呢?而且是在岩石里,在湖水里建造一个完整的工业实体,实在是不可能的。

管片样品经锡铁山冶炼石化实验室化验。化验结果,以氧化铁形式出现的氧化铁占30%以上;其他不知道、无法化验出的元素7%到8%;二氧化硅(砂子类)、氧化钙(主要成分之一)含量较大。这与砂岩、砂子与铁的长期锈蚀、融合有关,并非管子本身成分。

从结果不难看出,管子是铁为主的多种金属炼就无疑,并且有7%—8%的其他成分,尚为今天的地球人类所无法认识,这就更增加了铁管工程的科学可靠性和神秘性。

是否是史前期留下的遗物?也就是说,在我们这届人类之前,还有一次人类出现,他们的工业、文化水平远高于现在,当这次人类被冰川灭绝后,但其遗物犹存。这个问题显然不存在,因为这一带未见到任何冰川活动迹象,而铁管的产生时间也不会有几十万年。

那么是否是化石,如芦苇等类的茎管状植物石化,经高压作用而形成呢?

但任何动植物化石,只能保持其原样,而不可能形成有规律、有排列方向的铁管。再说,这一带砂石没有形成化石的条件。而附近的山峦、与此岩性时化,成分完全一样,不仅不见任何化石(即无成化石条件),也不见这样的铁管,甚至连铁粒子也没有散落,一句话,铁管不是地质现象的产物。

外星人为什么会选择柴达木的白公山呢?

柴达木地势高,空气稀薄、云量很少,透明度极好,是观察天体宇宙的理想之地。1984年中国科学院紫金山天文台在德令哈建立青海天文站,就是因为这一带空气干燥、海拔高、容易收到毫米波。结果几年中发现100多个星系,证明观测效果极佳。1993年,日本天文权威海部带领韩国、日本和中国台湾的天文学家到此考察测量,认为这个站在亚洲是很理想的天文观测点。

据此,以外太空人的眼光看,柴达木德令哈一带是星际交往的最好之地,特别是白公山一带条件更优,相连的姊妹湖形成特有标志,白公山又离托素湖最近,地形独特,十分醒目。如果外星人乘坐飞行器进入地球的亚洲中部,首先看到的可能是柴达木,而柴达木盆地之中,比较显目的可能是托素湖,而湖边最易辨识的自然白公山。可以想象,如果外星人进入地球后,这一带很可能是他们来去起落最理想的地点。

假设是外星人所为,那外星人为什么在这一带装置这么多水上、水下管道?是研究托素湖水所含的化学元素?是托素湖水宜于外星客饮用,或还有其他工业开发的價值?是以此为点观察地球近期变化,特别是喜马拉雅运动以来,更新世的盆地变迁?这些客人是什么样子,何时离开柴达木,因何而离开,他们到底要干什么……无数的谜,只有留给科学家们去长期探寻了。

几年来,由于保护不力,白公山管道群已破坏殆尽,崖上管道因讹传含黄金而被挖尽,洞里的一根大管也被人随手掰尽,惟有管形痕迹尚留;湖滩上断续出露的残管也荡然无存,

只能见到铁皮残片而已。

所幸者，除白公山外，又发现两个区，有数以百计的人工管洞，只有一处可见管子的原始安装状态，是特别珍贵的惟一实物了。

三、贝壳梁

从都兰县诺木洪乡政府出发去寻觅贝壳梁，给人的第一个愉悦就是在 30km 的林带西端穿行，沙路两旁，粗壮的杨、榆竞相生长，空中枝叶拥抱一起，抗拒着强劲的大漠风沙，同时，又是一条条遮阳的绿色隧洞。

穿过这奇特的绿色隧洞向北，在红柳丛中穿行，在芨芨草沙包间颠簸，在河汉中涉越约 30km，汽车驶上一条高高的沙坎。确切地说它是一道梁，由贝壳和沙磧结成的一条长 2km 多，底宽 70m，顶宽 30m，高 5~10m 的堤梁。它把盆地东西分成两半，这就是罕见的贝壳山，说它是山大概在戈壁腹地就数它最高了。

这贝壳堆出的壮观，不像大海边一个浪一个浪堆上沙滩的星点，也无须游客卷裤赤足寻找的阵阵欢愉。它是巨大的震撼，是宏篇巨制，让人尽情领悟柴达木近百万年的变迁，中国西部各大盆地的兴衰。

远古的柴达木（至少在喜马拉雅造山运动前）是一片汪洋，为地质学家所公认。柴达木在漫长的地质时期中，由海变成了湖。剧烈的造山运动在造就南昆仑、北祁连、西阿尔金山的过程中，也造就了众水向盆地中心汇聚。后经无数次地质变化，旱风与干燥交替的气候演变，清水枯竭，水面逐年缩小，泱泱大湖干涸露底，旱风挟着飞沙威胁水族。贝壳转向中心水洼，求得最后的生存，那熙熙攘攘、挤挤拥拥的势态可想而知。而诺木洪北边一带是盆地最低洼处，是河流、泉水，积水坑洼发育之一，当然是贝壳求生之处。贝壳不断涌来，在古河道上，越积越多，越爬越高，不知何时，大概是近几万年之内河水改道，旱象加剧，风沙狂戾之下，也就全部灭绝，只留下贝壳的堤墙，挡不住死亡，挡不住水退，挡不住巨湖走向今天的现状，只有几眼泉水汨汨地从沙石、贝壳缝隙间涌出，汇成一弯细流向干滩流去，诉说着它们原始的野性，消亡的一幕。

这里上万亿的贝壳，与大海所见迥异，它们呈灰白色，体小，一般只有指甲盖大，纹理浅，说明波浪冲击小，是湖相沉积产物。砂子与贝片由于盐碱造型坚硬独特，如佛、如山、如花、如画屏，千姿百态，经长途搬运也不碎裂。就是散贝碎沙，经水拌和，也可塑成各自所需形态，不失为有观赏价值的工艺品。

站在梁上，面对大漠，每一个贝片都像在我们耳边响起一种警策之声；不管您是低级动物，还是高级动物，有一个适合自己的生存环境何其重要！如果人类不爱护自己的家园，不准备应付大自然的剧变，是不是也会有那么一天，就像这无数的贝壳一样，堆成一堆。

诺木洪是旅游观光、寻古、品鉴远古文化的最好地区。诺木洪农场五大队新石器文化层面积达 5 万 m^2 ，与贝壳梁，芦苇船呈三角形分布。3 处之间相距不过 20km，竟有如此难得的胜景，实为世界罕见。

四、芦苇船

芦苇船位于贝壳梁西南、塔里他里哈新石器遗址西北的小湖中。这一带地势低洼，河汉发育，大大小小的湖泊如春之酒杯，在大戈壁深处散发清香。春夏之际，芦苇吐青。迎风摇动，碧色依依，戈壁滩蓬勃着生命活力，水鸭飞禽游弋、翱翔，发出清脆的鸣唱，使大戈壁

春意盎然,有置身江汉平原水乡之感。

芦苇船,又是柴达木一奇。一丛丛、一簇簇芦苇生长在湖泊中,小的如床板,大者有一间屋大小,形如纺梭,酷似南方的木船,随风漂游。此时,人站在上面,用木棍作篙,便可撑行在湖面,满湖游乐。试想想,头上蓝天高远,脚下碧波荡漾,撑起芦苇土舟,何等惬意。几个友人,斟一壶酒,弹一曲琴,或高歌或浅唱,游历其间,那乐趣比烟波荡舟划棹江湖,更胜几倍。奇特的柴达木,赐予人类独特的情趣。

五、哈利哈图森林公园

柴达木盆地境内蕴藏着丰富的天然林 60 万 hm^2 以上,多分布在海拔 3600~4500m 高山中部的香日德、察汗乌苏、夏日哈、查查香卡、阿尔扎、希里沟、宗务隆到怀头他拉乡一线,共分 13 片,全盆地森林覆盖率仅为 1.36%。

哈利哈图原始森林距乌兰县 18km,天然林面积达 11 000 hm^2 ,主要树种为祁连圆柏、青海云杉等。祁连圆柏分布范围小,有残遗种的特征。分布在省城西界的极限边缘,分布区域缩小,种数量减少,有逐渐向东部退居的趋势。

山内风光绮丽,气象万千,深峡谷幽、飞瀑流泉,奇林怪石风景如画,如今这里已成为了游人络绎不绝前来观光的景点。哈利哈图 1985 年被批准建立省级森林公园。

六、世界上最高的狩猎场

猎场位于都兰县境内,有巴隆和沟里两个狩猎点,猎场海拔 3000~5000m,占地面积分别为 1.9 万 hm^2 和 2.5 万 hm^2 ,地处东昆仑山支脉布尔汗布达山区。

猎区地势开阔,地貌类型多样,植被茂盛,分布有高山柳、金露梅等灌丛和牧草,为野生动物的繁衍生息提供了优越条件。野生动物有雪豹、盘羊、白唇鹿、藏原羚、岩羊、马鹿、麝、狼、赤狐、高原兔、雪鸡、毛腿沙鸡、石鸡和环颈雉等。其中岩羊数量大,种群多,经常有四五百只群体漫游活动。都兰国际猎场是以狩猎岩羊为主的猎场。一般情况下,在导猎员的指导下,猎获岩羊比较容易。若有运气好,还可观察到雪豹、盘羊、白唇鹿等珍稀动物的活动。

都兰国际猎场为开放游动式猎场,每年 4、5 月和 9、10 月两次对外开放狩猎。这两个猎点分别是蒙古族和藏族同胞聚居区,民族特色浓厚。

都兰国际猎场自 1985 年底对外开放以来,先后接待过来自美国、英国、德国、意大利、瑞士、挪威、西班牙等 10 多个国家的狩猎爱好者,是目前国内较为理想的狩猎场之一,也是世界上最高的狩猎场。

开展有计划的狩猎活动,既可以控制动物种群的稳定和发展,达到重点保护与合理利用,充分实现留优劣汰的目的,还可以保持草原植被的生态稳定,防止牧草资源的无谓消耗,让国内外人士到青海狩猎旅游,增加对青海的了解,有利于青海的改革开放和经济建设。

第三节 景观资源评价

柴达木梭梭林自然保护区地处柴达木盆地东部,具有青藏高原北部所独有的高原荒漠草原风光,景观旅游资源丰富。沙漠、戈壁、湖泊、河流、珍禽、异兽、森林、奇泉、残丘、草原、陡崖、飞瀑等等,有的苍茫突兀,有的雄伟神奇,有的妙趣横生,有的惊险异常,有的安逸舒伸,构成了一幅幅胜景;蓝天白云,茫茫草原,成群牛羊,奇花异草,加之丰富多

彩的民族风情、神秘莫测的宗教文化,使得这里成为人们神往的地方,更是旅游者领略高海拔生态旅游的乐趣,观赏珍贵的高原动植物以及进行探险和科学考察的绝好去处。

柴达木梭梭林自然保护区是一个有距今 2905 ± 140 年历史的诸木洪文化的地方,各族人民热情宽厚、勤劳勇敢、豪放彪悍,其文化传统异彩纷呈。蒙古族“那达慕”盛会,整个场面人欢马嘶。藏族歌舞粗犷雄健,刚劲有力,洋溢着刚健、勇猛之美。野炊的乐趣会使人们忘却了尘世的烦恼。

一、气象天象景观美妙

保护区地处高海拔山区,气象天象景观非常丰富,时常可以看到一些与其他山川迥异的奇特天象、气象景观。

天如汪洋,深不可测,其蓝如染,令人陶醉。

云海茫茫、薄雾朦胧;日出月落,彩光普照;浓雾来时,如烟如幕;薄雾飞来,山峦潜影。云海景观更是迷人,时而山中白云缭绕,崖下浮出一片片白云,冉冉上升;时而黑云压顶,低云密布,山雨欲来,而山下却丽日晴空。有时狂风大起云涌似潮,上下翻腾,波涛滚滚,一会儿烟消云散,一片晴空,万物皆现。变化之多,难以猜测,短短的时间内,可以品味到春、夏、冬的滋味,领略魅力无穷的大自然之美,真是妙不可言。在特定天气条件下,还可以看到奇妙无比的“海市蜃楼”、空中楼阁、山峦叠嶂、湖光山色,在云雾中时隐时现,变幻莫测,实在是美的享受,使你终生难忘。

每当夕阳西下之时,天际晚霞轻飞,紫云飘摇,圣山之颠冰雪晶莹,熠熠闪光,时呈殷红淡紫,而现浅黛深蓝,疑为霓虹变幻,实乃自然天成。

气象天象绝伦美妙,漫步在这变幻无穷的天幕之下,除却烦恼,了然轻松。

二、水域风光丰富

古人云“山得水而活,水得山而媚”,“因山而峻,因水而秀”。水景与山景浑为一体,这里既有急流奔腾滚珠溅玉的河流,形姿绰约静谧如镜的高山湖泊,还有水质甘甜冬夏不竭的涌泉。区内水体清澈透明,微波漪澜,沙漠、湖光、山色、草甸交相辉映,景色如画,宛如“瑶池”再现,令人心旷神怡,乐而忘返。

香日德河、巴音郭勒河、查查香卡河、灶河等大小河流蜿蜒逶迤,山重水复,幽涧深潭;水流湍急处,急流若奔,滚珠泻玉;水流平缓处,清流浅湾,一泓碧水,芳草如茵。

有动有静,有色有泽,有桀有驯,有形有影,有源有势。

水景万千,风光无限,领略生命之力量,洞悟自然之道义,莫过于柴达木“姊妹”湖之水。

三、民族风情纯朴

藏族、蒙古族等少数民族,构成了柴达木梭梭林自然保护区特有的民族结构,也汇聚了多种民族风情。其生活习俗、服饰特色、饮食居住、婚丧嫁娶、文化娱乐、社会风尚等,都构成了旅游者探询的对象。淳朴好客的各民族人民,在生生不息地传承着他们的文化传统,同时也在不断地相互影响、相互渗透、相互学习,共同发展。而他们的勤劳、淳厚、朴实、勇敢、豪放、耿直、聪明,他们的能歌善舞、争强好胜、热爱运动、自立自强的优良传统也构成了诱人的“无形资产”。

第九章 环境影响评价

第一节 环境影响类型划分

一、环境影响分类

参照世界银行及亚洲开发银行项目工作指南,将环境影响按照环境问题性质,潜在的影响程度及敏感程度等因素分为4类:

A类:很少引起重大不利环境影响的项目;

B类:项目可能对环境造成不利的和重大的环境影响,但采取现有的防治措施可避免或减缓其可能造成的环境影响;

C类:项目可能对环境造成不利的和重大的环境影响;

D类:以改善和保护环境为目的的环境保护项目。

二、拟建工程项目环境影响分析

对柴达木梭梭林自然保护区拟建的工程项目逐一进行分析评价,将可能造成环境影响的项目按照以上4类,归类结果见表9-1。

表9-1 拟建工程项目环境影响评价分析一览表

类 型	工 程 项 目 名 称
A类	局、分局、站址建设、科研中心、宣教中心、道路建设
B类	生态旅游开发
C类	
D类	封沙育林、植被恢复、多种经营、界桩界碑、宣传碑牌、围栏建设、巡护路网、防火瞭望塔、野外监测观测点、苗圃、病虫害防治

从表9-1中可以看出,本次规划拟建的工程项目以A类和D类为主,B类项目只有生态旅游开发一项,不存在C类项目。

第二节 保护区环境影响分析评价

一、A类项目的环境影响分析

A类项目主要是以小型土建工程为主,对环境的影响一般只存在于建设过程中,建成后对环境基本上没什么影响。按实施地点不同可将各类项目分为以下两类。

1. 不在保护区范围内的A类项目

主要为局址、分局址、部分站址、科研中心、宣教中心等工程项目,将纳入德令哈市、乌兰县、都兰县以及涉及到的乡镇的城镇建设规划之中,而且各种配套设施比较完善,工程建设之中及建成后的使用过程中,均不会对保护区的环境产生直接影响,对城市环境的影响

将由所在地具体解决。

2. 在保护区范围内的 A 类项目

该类项目主要包括道路改建整修工程及部分保护站的站址建设工程等。其实施地点主要在保护区的实验区内,对环境的不利影响主要表现在工程建设过程中产生的生活垃圾及建筑垃圾对环境的污染,但这种影响在工程结束后随着施工单位对现场进行处理而消除。工程建成之后则由于各种配套设施相应完善,对各种污染源可以进行科学合理的治理,因而一般不会对环境造成大的不利影响。

由此可见,A类项目对环境造成的不利影响甚微。相反,随着保护区内A类项目的实施,将对保护区的功能完善、生态系统逐步走向良性循环起到巨大的促进作用,这也正是规划和建设这些项目的最根本的原因。

二、B类项目的环境影响分析

规划的建设项目中,仅生态旅游工程属于B类项目。由于开展旅游的区域和线路都安排在实验区内景观资源比较丰富且有特色的地带,因此,生态旅游的开发、旅游设施的建设以及旅游活动的开展等,都可能造成不利的环境影响。具体表现如下。

1. 开发建设过程中可能产生的影响

- (1) 局部植被被破坏;
- (2) 生活垃圾和工程废料对环境的影响;
- (3) 施工人员活动和施工作业对野生动物的影响;
- (4) 运输车辆对环境和野生动物的影响。

这些影响是在工程的实施过程中产生的暂时性的不利影响。随着工程建设的结束,这些影响将会消失,环境将会恢复到以前的状况。

2. 运营过程中可能产生的影响

- (1) 与周围自然环境不很协调;
- (2) 旅游活动对野生动物活动的影响;
- (3) 游客对环境组成要素的人为破坏;
- (4) 旅游产生的废水、废物、噪音等污染;
- (5) 对当地社会环境的冲击。

以上这些影响是不可避免的,相对持久的,也是旅游开发项目一般可能对环境造成不利的影响实质所在。规划中对生态旅游项目的开发极为慎重,是根据保护区生态环境的实际情况,经过全面分析和反复论证之后才确定的项目。在项目规划过程中,始终坚持保护生态环境的原则,认真选择和确定旅游开发区域、旅游路线和环境容量;工程建设尽可能要求模拟自然,使工程建成后与周围环境尽量和谐;充分考虑了旅游污染问题,规划了科学合理和行之有效的治理方法和措施;同时,为将一些难以避免的不利影响减小到最低程度,还提出了诸如控制游客容量,加大宣传力度、提高游客环保意识等多项具体建议。因此,通过采取有效的防治措施就可以将旅游开发可能造成的不利的环境影响降低到最小甚至基本消除。

需要指出的是,尽管生态旅游项目可能造成不利的和重大的环境影响,但生态旅游将会使全民的保护意识得到提高,从而间接产生的有利的环境影响巨大,是不可估量的。另外,生态旅游带来的经济效益可提高保护区自身的经济活力,以便更好地进行保护区的环境治理建设。

三、D类项目的环境影响分析

D类项目是以改善和保护环境为目的的环保项目,这类项目的建设对环境不会产生比较大的影响。按照是否产生不利影响可将D类项目分为两类。

1. 不产生任何不利影响的项目

该类项目无论在工程建设之中还是工程建成之后,均不会产生不利的环境影响。主要包括封沙育林、植被恢复、病虫害防治、围栏建设等工程项目。这些项目的实施可以直接扩大生物资源的物种种类、种群数量及分布面积,从而产生巨大的有利的环境影响,是人们用来改善和保护环境的最积极、最直接、最有效的措施和方法。

2. 可能对环境产生微小的不利影响的项目

这类项目以保护管理为主,以达到保护生物资源物种种类、种群数量以及分布面积的基本稳定,但其在建设过程中和建成后会产生微小的不利的环境影响。主要包括宣传碑、界牌、界桩、巡护路网、防火瞭望塔、野外监测(观测)站(点)、多种经营、苗圃等建设项目。其中部分宣传碑建在保护区以外的居民区内,其建设过程中产生的工程废料可能会对环境造成微小的污染,但随着工程的结束,这种污染便会消失。其余项目的实施地点均在保护区内,产生的不利影响主要表现为:

(1) 工程建设过程中可能产生:①局部植被被破坏;②生活垃圾和工程废料对环境的污染;③施工人员的活动对周围野生动物的活动产生不利影响。

与B类项目相似,上述不利影响会随工程的结束而被消除。所不同的是由于这些项目的工程量小、工期短,占地少、分布分散,因而其产生的暂时性的、不利的环境影响更小。

(2) 工程建成后可能产生:①与周围自然生态环境不很协调;②监测人员、巡护人员的活动会对周围野生动物的活动产生不利影响。

前者可以通过模拟自然的方式予以消除,后者因为监测人员和巡护人员数量较少,一般产生的影响很小。

以保护管理为主的这些D类项目在建设过程中以及建成之后存在着不利的环境影响,但其所产生的环境影响甚微小,这种微小的不利的环境影响与其所产生的巨大的有利的环境影响相比是微不足道的,况且这些不利影响通过生态系统自身的调节,最终会自行消失。

第三节 环境影响评价

综上所述,本次自然保护区规划充分体现了保护工作的根本宗旨,并进行了环境影响预测。就是在环境现状调查、工程调查与分析、生态现状评价的基础上有选择有重点地对拟建项目某些评价因子如各类动植物、景观、生物多样性、阳光、水、风、土壤、生境(栖息地)等和生态环境功能变化进行了预测。保护区可增加有益种、增加生境的多样性,还可有效控制水土流失、土壤侵蚀、栖息面积减少、动植物数量减少或灭绝等,工程项目的建立绝大多数都是以保护和改善生态环境为目的的项目,无论是建设过程中还是工程建成后,基本上都不会对环境产生不利的影响,即使个别项目可能存在不利影响,但随着防治措施的实施会降低到不形成危害的程度或完全消除。不仅如此,随着规划项目的实施,将会对保护区及周边的生态环境产生巨大的积极的影响。项目的实施对于减缓保护区的风沙侵蚀、克服荒漠化进展和保护生态环境有着重大意义;对维持本区域脆弱的生态平衡、改善生态环境、遏制流沙和保护农业起着积极的作用。

第十章 社区及社区经济

第一节 社区

社区是指保护区地域内不由保护区管理的社会区域。社区与保护区关系密切,保护区的建设、管理将带动社区的经济发展和资源开发利用,而社区的经济活动又会改善自然保护区条件。因而必须特别关注、处理好保护与发展的关系,促进社区经济和自然保护区共同发展。

保护区跨海西州属一市二县,所涉及的周边乡镇包括德令哈市的戈壁、怀头他拉、杂海乡;乌兰县的赛什克乡和都兰县的宗加、巴隆和诺木洪乡。民族有汉、蒙、藏、回等。所划定的保护区范围内无常住人口,有季节性的放牧活动(表10-1)。

表 10-1 2002 年保护区农村基本情况统计表

县、乡名称		乡镇数	村委会(个)	乡村户数(其中:牧业户)	乡村人口(其中:牧业)
德令哈	戈 壁	3	5	189	862
	杂 海		7	136	586
	怀头他拉		4	260	453
乌 兰	赛 什 克	1	16	416	1 926
都 兰	宗 加	3	10	246	1 024
	巴 隆		14	408	1 663
	诺 木 洪		7	132	469
合 计		7	63	1 787	6 983

第二节 社区经济及交通通讯

保护区周边的群众主要以农牧业为主,近年来随着社区经济的发展,群众的生活水平有了很大的提高,已基本上解决了温饱问题。据统计,2002年末,7个乡镇共有耕地4893.96hm²,粮食总产量6026.48t,平均每亩单产267.35kg,肉类产量2059.22t,奶类产量1054.32t,羊毛产量425.16t;年末牛5997头,马5285匹,羊391 658只,骆驼3288峰。农业总产值6893.51万元,其中:种植业1704.52万元,林业69.98万元,牧业5119.01万元。人均纯收入2228.7元(表10-2)。

保护区所在的乡均通达公路,通汽车的村62个,占总村数的98.4%。到乡的公路状况比较好;但到村的公路标准低、路况差;到保护区的公路,除都兰县的宗加、巴隆和乌兰县

的灶火外,其他区域均无正式公路。

表 10-2 2002 年农村经济及交通、通讯状况统计表

项目	县(市) 乡 镇	德令哈			乌兰	都兰			合 计
		戈壁	孕海	怀头他拉	赛什克	宗加	巴隆	诺木洪	
耕地 (hm ²)		257.61	325.3	67.74	3408.70	132.58	591.26	110.77	4893.96
粮食总产量 (t)		467.94	1233	360.55	1671.0	538.55	1334.5	420.94	6026.48
平均单产 (kg)		224	278	316	241.79	150	275.66	400.0	267.35
肉类产量 (t)		332.74	420	110	605.76	275.18	93.84	221.7	2059.22
奶类产量 (t)		249	90	101	590.75	6.2	5.04	12.33	1054.32
羊毛产量 (t)		73.62	35	39.7	141.65	35.08	64.8	35.31	425.16
牛 (头)		610	299		1377	719	2212	780	5997
马 (匹)		708	57	109	1390	1031	1174	816	5285
羊 (只)		45 926	41 752	32 836	106 736	63 899	59 088	41 421	391 658
骆驼 (峰)		87	42	42	1419	892	404	402	3288
通汽车村 (个)		5	7	4	16	9	14	7	62
通电话村 (个)		4	5	4	16	1	1	3	34
通电村 (个)		2	5	4	11	2	6	3	33

随着通讯事业的发展,区内的通讯状况得到了很大的改变,各乡镇和 34 个村通电话,占总村数 54.0%。部分经济条件较好的农牧民家庭也安装了无线电话。

农村电网的改造将使区内的电力状况得到很大的改善,到目前为止已有 33 个村通电,占总村数 52.4%,牧民由于居住分散,集中供电有一定的难度,部分牧民家庭已用太阳能发电机。

第三节 文教卫生

保护区内各县都设有中学,乡镇有小学,牧区的学生基本上都能免费上学。但由于牧民大多文化素质较低,对接受教育的意识比较淡薄,加之交通不便,因此牧民适龄儿童入学率仍然很低。

区内基本上建立起了县医院、乡镇卫生所、村卫生员的三级医疗卫生体系。乡村牧民由于居住分散,交通不便,加之医疗机构存在设施简陋、设备差和缺医少药现象,因此医疗卫生还得不到保障。但城镇居民的医疗卫生条件较好。

第四节 保护区历史沿革

柴达木梭梭林自然保护区是 2000 年 5 月经青海省人民政府批准成立的,当初的名称为艾(阿)木尼克自然保护区,范围只包括德令哈市的阿木尼克、米扎格和巴图等地区,保护

区的面积 31.05 万 hm^2 ，但保护区人员经费均未到位，管理工作也未正常开展，保护工作由所在市、县林业站代管。本次规划是按照 2002 年朱镕基总理、温家宝副总理、邹家华副委员长和国家林业局周生贤局长的批示，对柴达木盆地梭梭分布范围进行重新区划。形成了新的青海柴达木梭梭林自然保护区，保护区的总面积为 466 800 hm^2 。包括德令哈市、乌兰县、都兰县。

第十一章 自然保护区管理

第一节 保护区性质、任务和目标

一、性质

青海柴达木梭梭林自然保护区是以保护区荒漠生态系统为主,并兼有保护生物多样性的国家级自然保护区。

二、任务

(1) 宣传贯彻执行国家有关自然保护的方针、政策、法规。积极开展科普教育,提高全社会广大人民群众,特别是广大农牧民认识自然、热爱自然、保护自然的思想意识和科技水平。

(2) 建立机构、加强管护。采取行政、法律、工程技术等综合管理手段,切实保护好以梭梭林为主的生物种群所需的特定环境。实施有效措施,拯救濒危物种,恢复、扩大和发展生物资源。

(3) 开展科学研究,探索自然规律,寻求合理利用、发展和扩大梭梭及其他资源的有效途径。

(4) 在保护自然资源、自然环境不受破坏的前提下,积极开展教学实习、科普旅游、生态旅游,以扩大宣传,普及科学知识,增强人们热爱自然、保护环境意识,丰富人们的精神文化生活。

三、规划目标

1. 总体目标

本着认识自然、保护自然、改造自然、利用自然和持续发展的指导思想,遵循结合实际、全面设计、合理布局、讲究实效的方针,经营柴达木梭梭林自然保护区。结合保护区的实际情况,确定其今后 10 年建设发展的总目标是:全面保护自然环境和生物资源,建立健全保护区管理机构,完善各种设施建设;积极开展科学研究,拯救和保护梭梭林及其他濒危珍稀物种;将有效保护与积极恢复和发展生物资源结合起来,探索荒漠环境条件下各物种间的依存关系和演替规律及合理开发利用自然资源的途径,适当发展多种经营和生态旅游。把保护区建成一个融自然保护、科学研究、合理利用、生态旅游、教学实习为一体的综合性、多学科、多功能的自然保护区,为人类造福。

2. 近期目标

建立健全保护区各级管理机构,完成各级管理机构的基础设施建设,包括办公设施、生活设施、保护设施等,制定保护区的具体实施细则和管理办法及各项规章制度;培养一支综合素质好、有专业知识的职工队伍,形成较完善的自然保护区管理体系、科研监测体系和宣

传教育体系；在保护第一的前提下，充分利用荒漠景观积极开展生态旅游，积极探索社区共管模式，协调自然保护区与社区居民的关系，协助当地居民脱贫致富，共同搞好保护工作。

3. 远期目标

进一步加强保护管理工作，使保护区的保护、管理、科研等工作更上一个台阶。对区内的珍稀濒危动植物根据其现状及保护要求和可能，采取人工措施逐步发展种群和数量；加强与科研单位和大专院校的横向联合，发挥科研单位和大专院校国内外信息灵、实验设备齐全、参考文献丰富、实践经验多的优势，提高科研水平，促进保护管理工作。加强社区共管，引导和扶持周边群众调整产业结构，使其积极参与保护事业。

第二节 保护区功能区划

一、区划原则

功能区划分是自然保护区资源保护和管理的基础。其划分的基本原则是根据区域生态系统的原生性、特有性、多样性、完整性以及自然资源的丰富程度和保护的目的，将各保护小区划分为核心区、缓冲区、实验区3个功能区，遵循以下原则。

(1) 有利于保持自然生态系统的完整性、原生性，为保护对象创造良好生境，使生态系统能量流动和物质循环保持动态良性平衡状态。

(2) 有利于自然资源和自然生态环境的保护和管理，发挥自然保护区的多功能作用。

(3) 有利于保护区稳定持续发展。

(4) 有利于保护对象的生存和自然繁衍，有利于种群的发展壮大。

(5) 有利于资源的合理开发和利用，增强保护区的自身发展能力。

(6) 有利于保护区科研工作地开展。

(7) 有利于基础设施的建设和内外部的连接。

二、区划方法

根据上述区划原则，结合柴达木梭梭林自然保护区的实际情况，在深入细致外业踏查的基础上进行分析论证，原则上采用自然区划法确定功能区的具体界线，但遇到地形平缓，地形地物不明显时，采用卫片和地形图，通过GPS定位来确定功能区界线。将梭梭保存相对完好，无人为破坏，生态系统稳定的区域作为核心区。缓冲区与实验区之间的界线确定主要考虑保护区自然与社会情况，同时兼顾保护区的资源利用、生态旅游及多种经营的开展。考虑柴达木盆地的特殊地理位置，当保护区的边界靠山或位于无人活动的地方时，外围根据实际需要只设缓冲区，不设实验区。铁路和公路穿过保护区时，在铁路和公路两边各设500m的缓冲区和500m的实验区。

三、功能分区

根据区划的原则和方法，将各保护小区划分为3个功能区，即核心区、缓冲区和实验区。

1. 核心区

核心区是保护区的核心，是原生性生态系统中保存最完好的区域，也是保护对象集中分布地，同时也是保护区内受人为干扰最少的区域。此区域主要任务是保护自然资源和自然生

态环境不受人干扰,使其在自然状态下演替和繁衍。因此,核心区内除正常的巡护和监测活动外,原则上禁止任何单位和个人进入。如确因科研需要必须进入时,应事先向保护区管理局(或管理分局)提出申请和活动计划,经上级主管部门批准后方可在指定范围内进行,并接受管理局(或管理分局)的管理和监督,科研成果的副本留保护区管理机构备案。

2. 缓冲区

缓冲区是核心区和实验区的过渡区域,对核心区起缓冲作用,包括一部分原生性生态系统和由演替类型所占据的半开发地段。其特征是主要保护对象分布较多,自然生态系统较完整,原生生态系统占较大比例,也有部分演替过度的次生生态系统存在。其功能是防止核心区受到外界的影响和破坏,起到一定的缓冲作用。另外,除正常的巡护和监测外,缓冲区内一般只允许从事科研及调查观测活动,其他活动确因需要必须进入时,应事先向保护区管理局(或管理分局)提出申请,并经批准后方可进入。

3. 实验区

缓冲区的周围划出相当面积区域作为实验区。实验区包括部分原生或次生生态系统,是保护区内人为活动相对频繁的区域,自然生态系统已很不完整,演替过度的次生生态系统已占较大比例。在实验区内可以根据实际需要经营部分短期能收益的农林牧业生产,建立人们所需要的人工生态系统,为当地或所属的自然景观带的植物恢复和建立新的人工生态系统起到示范推广作用。在不破坏自然生态环境的前提下,开展教学实习、参观考察、生态旅游以及其他有利于资源的合理利用与生产的活动。

根据功能区划原则、区划方法和功能分区的指导思想,对柴达木梭梭林自然保护区进行区划,结果如下:

青海柴达木梭梭林自然保护区总面积为 $466\ 800\text{hm}^2$,其中,核心区面积 $177\ 993\text{hm}^2$,占保护区总面积的 38.1%;缓冲区面积 $108\ 713\text{hm}^2$,占保护区总面积 23.3%;实验区面积 $180\ 094\text{hm}^2$,占保护区总面积的 38.6%。

第三节 保护区主要规划内容

一、保护工程规划

1. 保护站

保护站是自然保护区的基层单位,直接联系着保护对象和自然保护区内外居民,保护站工作是自然保护区管理的基础性工作。“保护第一”是保护站工作的指导思想,保护好保护对象及生态环境是保护站一切工作的中心。根据柴达木梭梭林自然保护区的实际情况,本着加强保护、方便职工生活的指导原则,规划保护区共设保护站 8 个。其中:

德令哈管理分局 3 个保护站。尕斯库勒保护站设在尕斯库勒乡,航亚保护站设在航亚火车站,连湖保护站设在连湖。

乌兰管理分局 2 个保护站。卜浪沟保护站设在卜浪沟,灶火保护站设在灶火。

都兰管理分局 3 个保护站。诺木洪保护站设在诺木洪林管站,宗加保护站设在原宗加沙生植物保护站,巴隆保护站设在原巴隆沙生植物保护站。

由于保护区内人烟稀少,地面生活用水少,不利于长期居住,因此不规划保护管理点,由保护站直接实施日常巡护工作。

2. 公安执法队伍建设

公安执法队伍主要担负着维护保护区内社会治安,打击破坏保护区内自然资源和设施设备的违法犯罪活动,查处违法案件等重要职责,为保护区的建设和发展营造良好的环境,起着保驾护航的作用。因此,抓好执法队伍建设,配备必要的交通和通讯等硬件设施设备,是搞好保护区建设必不可少的环节。

本次保护区规划在柴达木梭梭林自然保护区管理局设立公安局,下设3个公安分局,分别设在德令哈、乌兰、都兰3个管理分局;公安分局下设派出所,分别设在各保护站,共8个派出所。公安局、公安分局各配备一辆警务用车,一部车载电台;各派出所配备摩托车1辆,对讲机2部,同时,执法队伍需配备相应的执法装备,如服装、枪支弹药等警械设备。

3. 界碑、界桩、标牌

为了明确保护区范围和功能分区界线,达到有效管理保护区和教育社区群众的目的,需设置界碑、界桩和标牌。

界碑设在保护区区界与进出保护区的主要道路相交处,此次规划界碑10个。规格为 $250\text{cm} \times 150\text{cm} \times 20\text{cm}$ 。

界桩设在保护区区界及各功能区之间的区界上,由于该保护区人为活动较少,因此规划界桩间距为 $2 \sim 3\text{km}$,共设界桩1009个,规格为直径 15cm ,长 160cm 。

在保护区的一般入口处,保护区边界的居民点和人为活动频繁处树立标牌,标牌的内容为指示性、限制性、解说性和宣传性等,目的是昭示规定、规则,宣传规章制度,示人们注意事项等。规划标牌5个,规格为 $150\text{cm} \times 100\text{cm}$ 。

4. 巡护道路及设施设备

(1) 巡护道路 各保护站管护范围大,规划巡护工具主要采用摩托车,但由于秋冬季节气候寒冷,管护人员骑摩托车巡护难度大,需采用吉普车等机动车辆进行巡护。为保证巡护工作的正常进行,需修建适当宽度的巡护道路,规划路面宽 $2 \sim 3\text{m}$,总长度 142.7km ,其中尕斯库勒保护站 40km ,航亚保护站 15km ,连湖保护站 28km ,卜浪沟保护站 14.7km ,灶火保护站 27km ,诺木洪保护站 18km 。

(2) 巡护设施设备 保护区面积大,范围广,气候变化莫测,野外巡护工作难度大,为了更好地完成巡护任务,规划配备足够的适用于野外工作的优良设施设备。主要包括巡护车辆、通讯工具、生活装备、医疗设备等设施设备。

5. 防护围栏

在人畜活动比较频繁的地区以及梭梭退化严重的地段设置铁丝网围栏,有效防止牲畜进入觅食及人为破坏,保护和恢复梭梭等自然资源及其生境。规划防护围栏 453.3km ,其中尕斯库勒保护站 60.8km ,连湖保护站 33.2km ,卜浪沟保护站 80.8km ,宗加保护站 125.1km ,巴隆保护站 153.4km 。

6. 防火工程

(1) 防火瞭望塔 瞭望塔是护林防火的必备设施,在预防森林火灾、及时发现火灾隐患及监视火灾发生蔓延等方面具有重要的作用。本次保护区规划在实验区内选择视野开阔、地势较高、无其他干扰的地方修建3座瞭望塔,其中尕斯库勒保护站1座,连湖保护站1座,灶火保护站1座。瞭望塔采用塔式钢结构,同时配以塔附属建筑。

(2) 防火设施设备 配备现代化的防火救火设备,做到尽早发现火情,尽快控制火险,

把火灾损失减少到最小程度。规划防火设施设备为：防火指挥车1辆，消防车3辆，高倍望远镜6台，电台8台，对讲机3部，灭火机40台，其他扑火工具（1号工具、2号工具等）100套，消防服100套；在保护区主要入口以及认为活动频繁地区，设防火宣传牌8个，规格为3m×2m，钢筋混凝土结构。

7. 野生植物及生境保护工程

（1）病虫害防治工程 病虫害防治工作坚持“预防为主，防治结合”的方针，遵照因害设防的原则。为及早发现病虫害，控制病虫害的发生、传播和蔓延，一要做好病虫害的预测预报工作，掌握病虫害的种类、发生规律；二要严格检疫工作，防止病虫害的传入；三要做好病虫害的治理工作，一旦发生，必须积极采取有效措施，及时治理，最大限度减少其危害程度和危害范围。

梭梭常见病虫害有梭梭白粉病、梭梭根腐病和大沙鼠害。白粉病常发于嫩枝，患病梭梭生理机能降低，发病严重时可导致死亡。在发病时期可用石灰硫磺合剂，多硫化钡等药液喷洒，每隔10d喷洒1次，连续喷洒3~4次；根腐病发于根部，多发生在育苗期，常因圃地土壤潮湿或板结，通气不良而引起病原菌侵害，发病苗木根部腐烂，地上部分枯死。因此，育苗地应选择排水良好的沙土地，生长季中加强松土除草，不应浇灌。发病时及时拔去死株，然后用1%~3%硫酸亚铁沿根浇灌或用退菌特50%可湿性粉剂的800倍药液喷洒，效果较好。大沙鼠啃食梭梭的根和枝，危及梭梭生长发育，严重时可能造成梭梭成片死亡。防治方法为：梭梭树冠中上部长势中等的幼嫩枝条，长约5~6cm，用清水或盐水浸湿后，均匀地喷洒磷化锌药粉，每100个小枝用药量约50~75g，或把制好的毒枝插在大沙鼠出入的洞口或距离洞口15~20cm稍偏旁处，进行诱杀。

为及时防治病虫害，需配备必要的监测和防治设备。规划在管理局建立植物检疫站，建筑面积300m²；设病虫害监测固定样地8个，监测设备8套；病虫害治理设备（含毒罐、试管、便携解剖镜等）8套；喷雾机8台。

（2）苗圃建设 为解决人工辅助自然恢复工程用苗问题，需建立保护区专用苗圃。圃址选在交通方便、立地条件较好、水源充足的地段，以避免运输过程失水和因苗木生长不良而引起的造林成活率低下问题。

本次规划建苗圃14hm²，其中德令哈管理分局5hm²，设在连湖保护站的实验区内；乌兰管理分局3hm²，设在卜浪沟保护站的实验区内；都兰管理分局6hm²，设在都兰县城南部，以现有的苗圃为基础。

8. 植被恢复

梭梭材质坚硬，易燃烧，耐火力强，具有较高的燃烧值，是理想的生活烧柴，被当地群众誉为“沙区活煤”；梭梭的嫩枝是骆驼和羊极好的饲料，周边居民对梭梭林的人为破坏和超载放牧现象比较严重。因此，在保护好现有梭梭的同时，恢复人为破坏严重、植株稀少、覆盖度小的区域，对保护工作来说尤为重要。植被恢复主要采用封沙育林和人工辅助自然恢复两种方法。

（1）封沙育林 在保护区实验区内通过封育措施能够使梭梭植被自然恢复的地段，采取封育方式恢复植被。于封育的周界明显处树立坚固明显的标志牌，明确封育范围，有效防止人畜进入。标志牌规格为150cm×100cm。规划封育区36400hm²，其中德令哈管理分局的连湖保护站16400hm²，都兰管理分局的宗加保护站20000hm²。封育方式为全封。

(2) 防沙治沙及人工辅助自然恢复 自然保护区内实验区的部分地段梭梭分布特别稀少,单靠封育远不能达到植被恢复的目的,因此应进行人工辅助自然恢复。为使人工栽植的梭梭苗木免受流沙的侵害,保证较高的成活率,对区域内的流动沙丘和半固定沙丘应首先采用沙障固沙,阻止沙丘流动,然后再栽植梭梭。沙障固沙采用平铺式沙障或直立式沙障两种方式。

平铺式沙障固沙应使带的走向垂直于主风方向,带宽 0.6~1.0m,带间距 4~5m。将覆盖材料平铺在沙丘上,厚 3~5cm。覆盖材料有柴草、秸秆、枝条等。覆盖物上应用枝条横压,用小木桩固定,或在草带中线上铺压湿沙,柴草的梢端要迎风向。

直立式沙障设在单向起沙为主的地区,沙障应与主风向垂直,呈带状布设。在新月型沙丘上设置时,应比丘顶空出一段,在迎风坡自上而下设置多带弧形沙丘。直立式沙障分为高立式和低立式两种。高立式沙障采用杆高质韧的柴草,长 70~130cm,露出地面 50~100cm,埋入地下 20~30cm,根部培沙高出地面 10cm。低立式沙障采用较软的柴草,露出地面 20~30cm,埋入地下 15~20cm。

保护区梭梭的造林方式宜采用植苗造林,春秋季造林均可,沙障应在造林头年秋季或初冬设置。一般苗高 20cm 以上,冠幅在 30cm 以上的 1 年生健壮苗木均可用作造林。造林株距一般为 1~1.5m,行距 3m 以上,栽植深度须使原根茎低于沙面 6~8cm。在栽植当年和来年要定期检查,发现死亡和折断过多,要及时补植。在设有沙障的地方,如发现沙障损坏要及时修补。

人工辅助自然恢复 16 800hm²,位于德令哈管理局的连湖保护站。

二、科研与监测工程规划

科学研究工作在自然保护区的建设和发展中起着重要的参谋和决策作用。如何实现有效保护生态环境,合理开发利用自然资源、探索自然保护区科学管理的运行机制、使自然保护区的生态效益、社会效益和经济效益得以充分发挥等方面的问题,均需要通过科学研究来解决。因此,科学研究工作是自然保护区工作的灵魂,既是先行性工作,又是基础性工作,是实现自然资源有效保护和合理开发、利用的关键。

1. 科研、监测计划与发展规划

自然保护区科研工作的中心任务是对保护对象与生态环境的研究。为使柴达木梭梭林自然保护区的科研监测工作有序展开,逐步取得科研成果并能用于指导实际工作,在行业的科学研究领域内处于领先地位,需制定适合于本地的科研与监测课题,计划与发展规划。柴达木梭梭林自然保护区的科研、监测工作依据当地的生态环境特点以及动植物资源特点,主要开展以下的研究:

- (1) 资源本底调查研究
- (2) 梭梭及其伴生植物的研究
- (3) 珍稀动物的研究
- (4) 生态系统与生态环境研究
- (5) 自然保护区可持续发展研究
- (6) 自然保护区现代化管理研究
- (7) 自然保护区资源监测体系研究

2. 科研监测发展规划

制定科研发展规划,要以科学技术是第一生产力为指导思想,立足本地,实行科研对外开放,积极引进项目、资金和人才,提高科学管理水平和科技人员素质。

抓住国家西部大开发的历史机遇,加大资金投入,培养和聘用高素质的科研人才,多出成果,出好成果;搞好科研监测基础设施建设,配备高质量的科研监测设施设备,建立行业内一流的科研监测体系;搞好科技人员的生活条件及福利待遇;建立较为完善的科研激励机制和竞争机制,积极开展国内外交流与合作。

加强与科研单位和大专院校的横向联系。保护区发挥具体情况明晰、观测资料丰富、实践经验多的优势;科研单位和大专院校发挥国内外信息灵通、技术力量强、实验设备齐全、参考文献丰富、理论研究深入的优势。两者结合,优势互补,对提高科研水平、发展自然保护理论与促进自然保护区工作均具有极为重要的意义。

3. 科研、监测工程规划

(1) 科研中心。为加强科研基础设施建设,创造良好的科研环境,规划建设一处设施完善、功能齐全的科研中心。

建设地点为保护区管理局,与管理局管理办公用房、宣教中心合建。科研中心规划建筑面积 800m²,包括实验室、化学分析室、标本制作室、标本贮藏室、计算机房、科研资料室、科技档案室、科研监测中心及仪器设备、药品贮藏室等。并配备各种调查、试验辅助设施设备,建立信息管理系统。

科研中心设施设备主要为化验与分析设施设备、标本制作及贮存设备、计算机等。化验与分析设备包括显微镜、解剖镜、分析天平、电子秤、冰箱、烘干箱、冷藏箱、恒温箱、离心机、夹层锅、澄清罐、灭菌器、分光光度仪、野外 pH 试计、酸度计、液相色谱仪等。标本制作及贮存设备包括标本架和消毒柜。计算机与监测中心相同。

监测中心的设施设备主要为建立资源监测体系所需的设施设备,规划配置的科研辅助设备有:计算机、扫描仪、数字化仪、绘图仪、打印机、卫星定位仪、数码照相机、数码摄像机、投影仪;数据库管理软件、图像与图形处理软件和制图软件;调制解调器等网络设备及通讯线路。调查设备有海拔仪、罗盘仪、测距仪、水准仪、经纬仪、求积仪、测绳等。监测设备有气象观测设备、水文观测设备、双筒望远镜、高倍望远镜、摄像机、放像机、土壤测试箱、种子速测仪等。

为实现科研档案的现代化管理,档案室需配备计算机、打印机、电话机、传真机等设备,另外配备档案柜 1 套。

(2) 资源与生态环境监测体系。利用地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)和互联网(Internet)等计算机技术,建立以地理信息系统为技术支持平台,以野外观测调查、遥感和全球定位系统为数据更新手段,以网络通讯为信息传播途径的自然保护区资源监测体系,对动植物、水资源、自然生态系统和景观、环境因子及社会经济活动进行适时动态监测,是保护区提高保护管理和科研水平、实现管理工作现代化的有效途径,也是自然保护区事业发展的必然选择。

4. 科研组织与管理

(1) 科研队伍建设。积极引进有经验的中、高级科研人才,有计划地接收大专院校毕业生,同时加强对在职职工的专业技术培训,逐步扩大科研队伍,壮大科研力量。制定符合实

际的人才培养计划,努力提高科研人员的技术水平,重点培养一批能主持课题研究的骨干力量和学术带头人。鼓励在职人员深造,倡导自学精神。

(2) 科研项目组织管理。为了避免科研选题的重复性、误导性以及研究方法不当对物种和生态环境的干扰,避免人、财、物等资源的浪费,应成立自然保护区学术委员会。学术委员会由管理局主要领导挂帅,科研管理负责人、科研人员代表和聘请的科研顾问担任委员会委员。

建立科研项目评审制度,未经评审通过的研究课题,不得申报立项和开展研究。科研课题管理实行课题负责人制度,课题负责人全面负责科研项目的组织实施。一般项目的负责人可直接委任,综合性科研等重大项目实行项目负责人竞聘制。

(3) 建立科研激励机制。本着吸引人才、快出高质量成果的指导思想,建立科研人才激励机制。把个人的科技成果与其切身经济利益、职称评定、职务升迁挂钩。对作出重大科技成果的科研人员给予一定奖励。对长期不能胜任科研岗位职务、不能作出成果的科研人员要进行下岗培训和分流安置。

(4) 科研档案管理

档案内容:科研规划及总结,包括长期规划和年度计划、专题研究计划、科研工作年度总结、科技成果报告等。科研论文及著作,包括国内外各类学术及科普刊物上发表的论文、文章,个人参与或独立编写的专著等。科研记录及原始资料,包括野外观测记录、巡逻日志、原始课题记录、统计资料、图、照片、声像资料等。科研合同、协议,自然保护区协作单位签订的科研项目合作合同、协议、纪要等。科研人员的成果获奖及个人年度工作总结等。

档案管理:档案管理实行专人负责,持证上岗。建立健全档案管理制度,规范档案资料的收集和借阅工作。加强内部标准化管理,统一规格,统一形式,统一装订,统一编号,确保档案资料无遗失、损坏现象。档案管理实行现代化的微机管理。

三、宣传教育规划

1. 宣传教育

自然保护区是保护自然、认识自然、利用自然和改造自然的基地,自然保护区每前进一步都离不开社会各方面的支持,各项保护措施必须经过自然保护区内外的群众配合才得以落实。因此加大力度,高度强化人们对自然保护的意识,是争取全社会关心和支持自然保护区建设的关键。

(1) 干部职工宣传教育

① 职业培训。为提高保护区干部职工的管理水平和业务技术水平,应加强职工在职教育与培训,采取多种形式分期分批对所有在职职工进行全面培训。

培训方式:主要为系统培训和岗位培训。系统培训主要采取选派保护区管理人员或技术人员到大专院校、科研单位接受系统学习和深造的方式;岗位培训应根据保护区工作岗位特点,组织人员参加有关部委、省(市)、兄弟单位等举办的各种短期培训班,或邀请有关专家来保护区讲学,或组织人员参与科研单位、大专院校的科学研究的科学研究及教学实习,或参与地方举办的自然资源调查及其他管理活动等。

培训内容:主要有国家有关自然和环境保护的法律、法规、条例,如《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国自然保护区条例》、《中华人民共和国防沙治沙法》、《中华人民共

和国环境保护法》等。另有柴达木梭梭林自然保护区的各项规章制度,国内外自然保护区发展的最新动态与发展趋势,调查与监测新技术,分析与化验方法、新仪器设备的使用等等。

②参观考察。为提高自然保护区的管理与科研水平,不断开阔思路,有针对性地解决工作中的实际问题,应加强与国内外自然保护区的横向联系。

举办和参加有关社交活动,在保护区管理方法、管护技术和科学研究等方面相互交流,共同提高。

有计划地组织相关人员到管理先进、科研成果显著的兄弟保护区及行业内的其他单位进行参观考察,学习先进的管理经验,学习提高自然保护区自养能力的方法和途径。

(2) 周边群众宣传教育。对自然保护区周边群众的宣传教育,应采用通俗易懂,易于接受的方式,提高群众对自然保护区建设的重要性和必要性的认识,使其自觉参与自然保护区的建设与管理。另外,通过法制宣传,提高周边群众的法制观念,达到依法管理的目的。

①宣传内容。《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国野生动物保护法》、《中华人民共和国自然保护区条例》、《中华人民共和国防沙治沙法》、《中华人民共和国环境保护法》等法律法规和本自然保护区管理制度。还有人与自然界其他生物相互依存、和谐共处的关系;生态环境保护 and 治理的紧迫性;防火救火及野生动物保护等方面的知识。

②宣传方式

广播宣传:利用宣传车进行巡回宣传,宣传形式可采用人物对话、生活故事、案例分析等容易接受的方式,语言要生动,使群众从生活角度增强对野生动植物及其生境保护的意识。

标志牌、标语宣传:利用准确简练、通俗易懂的语言进行文字宣传,可达到长期宣传的目的。标志牌、标语多置于保护区周边的居民区比较醒目的位置。

图片宣传:定期或不定期举办自然保护区图片、林政案件图片、普法知识宣传画等图片展览,使群众从不同的感官角度接收宣传教育,从而达到社区共管的目的。

(3) 社会宣传教育 宣传对象为社会各界,大专院校、科研单位、中小學生。

①宣传内容。主要有关自然保护区的科普知识。保护区的基本情况,重点保护对象、其在保护荒漠自然环境和珍稀野生动植物资源的作用等。

保护区内各科研监测项目设立的意义、进展程度,所取得的研究成果和进一步的打算等,以便于从资金上、技术上获得外援。

②宣传方式

旅游宣传:通过讲解员解说,散发知识性、趣味性的宣传品,旅游指南及旅游纪念品等形式,对来保护区参观旅游的人员进行自然保护知识的宣传。

图书宣传:通过调查研究,专家论证,编写、出版本保护区的书籍和宣传材料,着重讲解本保护区的地理位置、保护对象、发展历史、现有资源及价值、发展前景等。

媒体宣传:利用广播、电视、报刊、多媒体等传播媒介进行宣传,逐步在保护区所在省、市、县建立宣传网。

建立网站:在互联网上建立柴达木梭梭林自然保护区网站,作为社会公众和行业内部了解和认识本保护区的窗口,加强保护区的对外宣传。

2. 宣教工程规划

(1) 宣教中心。规划在自然保护区管理局内建立宣教中心,与管理局管理办公用房。

科研中心合建。宣教中心建筑面积 600 m², 内设标本室、陈列展览室、资料室、多媒体培训中心等, 并配备相应的宣教设备和培训设备, 主要为普通照相机、数码照相机、数码摄像机、投影仪、幻灯机、多媒体放映机、音像编辑设备、教学实习设备等, 资料室应定购相关报刊、杂志、专业书籍等。

(2) 宣传标志。在保护区管理局和各分局各设立 1 个宣传橱窗, 在每个保护站各设 1 个永久性标牌; 在主要公路入口处及人为活动频繁的地方设立大型宣传标志牌 5 个, 在居民点设立宣传栏 15 个。

宣传标志规格及结构

永久性标牌: 3 m × 2 m, 金属牌。

大型宣传标志牌: 4 m × 3 m, 钢混结构。

宣传栏: 2.5 m × 2 m, 金属牌。

(3) 网站。建立柴达木梭梭林自然保护区网站, 配备必要的通讯线路及计算机设备。

(4) 宣传画册。编写《柴达木梭梭林自然保护区》宣传图书或画册, 采用图文并茂的形式介绍本保护区的基本情况、发展历史、建设成就、以梭梭为主的荒漠植被在荒漠生态系统中的作用以及在防沙治沙、保护农业生产、改善生态环境等方面的作用; 保护区在管理和科研等方面取得的成就和存在的困难, 需要解决的问题等。

(5) 多媒体宣传影像。规划拍摄一部反映柴达木梭梭林自然保护区的宣传片。宣传片主要介绍梭梭的地理分布情况、梭梭的生物学和生态学特性、梭梭作为典型的荒漠植被在生物多样性保护方面的特殊价值; 梭梭在维持荒漠生态系统生态平衡、改善生态环境方面的重要意义; 梭梭被破坏所导致的不良后果; 建立梭梭自然保护区的重要性等。宣传片采用多媒体制作技术, 录制成一部生动的生态环境保护教育影像片, 并制作成光盘, 扩大宣传范围, 强化宣传效果。

四、多种经营规划

建立自然保护区是保护生态环境和自然资源的重要手段, 其目的是为全社会服务, 为子孙后代永续利用。在保护好生态环境和自然资源的前提下, 合理利用实验区内的优势资源, 开展多种经营, 是提高自然保护区自身活力、促进自然保护区事业持续、稳定发展的重要途径, 是自然保护区建设发展到一定阶段的必然产物, 是自然保护区面向社会, 从多方面为社会服务的正确途径。

1. 珍贵药用植物繁育基地

沙区良好的光热条件, 没有污染的环境和大量廉价的土地, 使沙漠蕴藏着巨大商机, 因此沙产业具有广阔的发展前景。

保护区由于其所处的独特地理环境因素, 造就了沙生植物的独特性和难以复制性, 区内的药用植物有: 枸杞、麻黄、黄芪、茵陈、白刺、锁阳、水麦冬、马泡等, 多数药用植物为青藏高原特有的品种和名贵药材, 成为沙漠生出的“金娃娃”。其品质优良, 具有良好的发展前景和开发利用价值。规划建立名贵药用植物繁育基地 3 处, 总面积 15hm²。

建设地点: 德令哈管理分局连湖保护站实验区 5hm²; 乌兰管理分局灶火保护站实验区 5hm²; 都兰管理分局巴隆保护站实验区 5hm²。

种植主要种类: 以经济价值较高的枸杞、锁阳等中药材为主。

2. 采种母树林基地

规划在交通方便、立地条件好、梭梭生长优良的区域, 择选采种母树林基地。主要为保护区和社区营林生产提供优良林木种子。

规划采种母树林基地 3 处, 总面积 170hm^2 。需设置围栏和防治鼠害等措施。

建设地点: 德令哈管理分局尕斯库勒保护站实验区 70hm^2 ; 乌兰管理分局灶火保护站实验区 50hm^2 ; 都兰管理分局巴隆保护站实验区 50hm^2 。

3. 动物繁殖驯化基地

自然保护区内建立动物繁殖驯化基地的目的是增加种群数量, 为今后实现人工饲养积累经验。

保护区内的岩羊、鹅喉羚等动物可以进行人工驯化、繁殖。这样, 一方面扩大种群, 回归自然; 另一方面可向动物园提供动物。另外, 在驯养的同时还可对动物资源的生物学、生态学、生理学特性做深入调查研究, 把驯化、科研、经营、观赏、增殖和保护结合起来。

建设地点: 德令哈管理分局尕斯库勒保护站实验区 (旅游小区西端)。

建设内容: 办公室、宿舍、器具用房等 300m^2 , 配备相应的卫生保健设备。

建设规模: 规划繁殖驯化基地面积 10hm^2 ; 动物 20 头。

五、社区共管规划

在 GEF (全球环境基金) 中国保护区管理项目中社区共管是指对社区的自然资源进行共同的管理, 其目的在于帮助社区合理使用自己的资源, 一方面使社区在发展中能持续地利用社区的自然资源, 减少对保护区资源的侵蚀和破坏; 另一方面通过帮助社区发展经济和提高生活水平, 减小由于生物多样性保护给社区带来的发展约束, 使社区能尽量同生物多样性保护相协调, 并积极地参与保护区的保护与管理工作。

1. 推广项目

通过培训和科技示范活动, 调动社区群众采用新技术、新成果的积极性, 以提高农产品及农副产品单位产量和品质, 达到减少对资源消耗的目的。

(1) 优质牧草种植。牧场面积的不足及天然草场的严重退化, 成了畜牧业发展的瓶颈, 这种状况如不及时加以改变, 将会严重制约以畜牧业为主的社区群众的经济发展。为了彻底改变这一不利局面, 提高土地利用率和社区居民脱贫致富能力, 规划在合适的区域选用多年生、抗病虫害的优良草种, 开展人工种草及良种草场示范工程。

建设内容: 多年生优质牧草, 规划总面积 100hm^2 。

实施地点: 乌兰县赛什克乡卜浪沟村。

(2) 畜牧品种改良。为改变目前畜牧品种退化、个体生长慢及畜牧业生产经济发展落后的现状。规划选用个体大、早熟、生长发育快、适应性强和抗逆力强的牲畜, 在社区及周边地区扶持 150 户牧民, 进行畜牧品种改良与良种推广示范活动。

2. 扶持项目

(1) 太阳能灶。规划帮助 150 户居民购买太阳能灶, 进一步改变其生产、生活依赖荒漠灌丛植被的传统方式, 以达到减少对自然资源破坏的目的。

(2) 优质草种生产基地。规划在周边地区选择适宜区域, 建立以披碱草、中华羊茅, 早熟禾等为主体的优质草种生产基地 50hm^2 , 为社区群众提供优良畜草饲料, 带动当地农牧业生产向集约化、产业化发展。

建设规模：总面积 50hm^2

实施地点：德令哈市尕斯库勒乡努尔村。

3. 社区教育

采用多种形式对外进行宣传，以引起社会各界对保护自然资源和生态环境的重视与支持。提高社区群众对自然保护区价值的认识。

(1) 开展自然保护知识竞赛。为扩大保护教育的宣传面，针对中小学生对自然保护知识缺乏的现状，拟在周边地区举办中小学生对自然保护知识竞赛活动。可邀请当地政府有关领导、村组干部及学生家长参加，通过竞赛活动，提高中小学生对自然保护意识。

(2) 编写宣传材料。保护区可通过编写社区共管、自然保护知识、生物多样性保护等宣传材料，对社区群众进行宣传教育，提高社区群众的自然保护意识，使其自觉改变不良的生产、生活习惯，形成热爱大自然、积极参与生态环境保护的良好社会风尚。

六、生态旅游规划

随着我国改革开放的不断深入、市场经济体制的日益完善，人民生活水平的不断提高，带薪假期的延长以及经济的增长，国内旅游业发展势头强劲，成为拉动经济发展的新的经济增长点，并以市场前景广阔、创汇能力强、换汇成本低、消耗能源少、关联带动功能强等众多优势，确立了在第三产业中的龙头地位。

生态旅游在旅游业发展中占有举足轻重的地位，人们返璞归真，回归大自然的愿望日益强烈，保护区内开展的生态旅游和科普旅游恰好可以满足人们的这种需要，为人们了解大自然，保护大自然提供了场所。同时，开展旅游既给人们提供了体会自然的精神享受，又可通过对游客的优质服务，产生一定经济效益，是保护区建设事业发展和提高自身经济活力的有效途径之一。但是，由于旅游业的发展会给保护事业带来一定的问题和压力，因此自然保护区发展旅游必须将保护放在首位，并严格实行“三控制”，即生态旅游的空间和范围控制、旅游项目控制、开发强度控制。在生态环境不受破坏的前提下，适度开展生态旅游，达到自然保护与旅游开发的和谐一致，实现景观资源的可持续利用，取得最大的社会、经济与生态效益。

1. 旅游小区区划

根据柴达木梭梭林自然保护区的实际情况，拟区划 2 个旅游小区，分别是：尕斯库勒旅游小区，面积 9273hm^2 ；宗加旅游小区，面积 4811hm^2 。

(1) 尕斯库勒旅游小区。位于德令哈管理分局尕斯库勒保护站实验区内。该区域人为活动较少，生态系统保存相对完好，是开展科普旅游和科考旅游及科技夏令营旅游的理想场所。随着托素湖的开发建设和新规划项目——动物繁殖驯化基地的实施，将为该区旅游业的发展提供更广阔的前景。

(2) 宗加旅游小区。位于都兰管理分局宗加保护站实验区内。该区交通十分方便，青藏公路与旅游小区擦边而过。该区域是都兰县封沙育草区，游客在此不用远行，沿公路就可以看到沙区人民改善生态环境、抵御自然灾害所取得的防沙治沙成就。是科普旅游和对青少年进行生态环境保护教育的理想场所。

2. 旅游活动项目规划

旅游业不仅是经济活动，而且是一种很强的文化事业。自然保护区的景观资源是大自然留给人类的宝贵财富，因此在开发建设中要突出独特的景观韵味，深入挖掘其文化内涵，并

将其融入旅游产品中,以高品位的文化内涵来吸引旅游者。

旅游项目的规划以体现大自然美、奇、险与丰富知识及探索各种奥秘为原则。具体规划如下项目。

(1) 观光旅游 主要以步行为主,沿旅游线路和公路远眺,近看荒漠自然景观,给人们提供了“回归大自然”的环境。

(2) 科考旅游 自然保护区既是自然资源的宝库,同时也是物种的宝库。区内保存有较完整的生态系统,丰富的荒漠物种和它们赖以生存的接近自然状态的环境,是生物学、生态学、地质学、古生物学,以及其他地学分支和环境科学等学科研究的良好基地。

(3) 科普旅游 旅游者通过参观保护区的一草一木,一山一水,并置身于生态系统中,作为其中一员,在享受自然多样性和文化多样性的同时,也体会到保护生态环境的责任和义务,还可使人获得地球科学知识、自然保护学知识。这里也是开展教学实习的理想场所。

(4) 夏令营旅游 科技夏令营对大多数中小學生都有极大吸引力,他们精力旺盛,勇于探索,通过与大自然接触与交流,不仅锻炼了他们的体质,培养了他们热爱自然的情趣与吃苦耐劳、不畏困难的优良品质,同时还可以使他们从小就懂得保护自然的重要性,从而自觉的保护自然。

3. 旅游设施规划

(1) 指示牌。在旅游线路各主要路口和景区入口处,设立指示牌 10 个,起宣传、导游和警示作用。

(2) 餐饮。为满足游客在旅行中的就餐需求,拟在奈海旅游小区和宗加旅游小区各建一处面积 50m^2 的小吃部。

(3) 帐篷。为满足部分游客过夜的需求,规划在奈海旅游小区预备尼龙帐篷 30 顶,供临时租用。

(4) 其他设施。在旅游线路上设立桌、凳和遮阳伞,以及垃圾筒和厕所等。

七、基础设施建设规划

1. 管理局建设

(1) 建筑工程

① 综合办公楼。管理局综合办公楼包括办公业务机构(含公安机构)用房、科研中心、宣教中心等。规划总面积为 2600m^2 ,其中办公业务机构(含公安机构)用房根据管理局机关和森林公安人员编制进行测算,为 1200m^2 ;科研中心和宣教中心根据需要计算,为 800m^2 和 600m^2 。

② 辅助建筑。总建筑面积 150m^2 ,其中,传达室 20m^2 、食堂 20m^2 、库房 40m^2 、车库 40m^2 、锅炉房 30m^2 。

③ 其他建筑。管理局大门 1 座、院墙 400m。

(2) 配套工程

① 交通工具。配备公务用车 2 辆、警务用车 1 辆,监测用车 1 辆,宣传车 1 辆,病虫害防治用车 1 辆,生活用车 1 辆。

② 通讯及互连网。安装有线电话 18 部, ADSL 宽带互连网接入设备 1 套,配备车载电台 2 部。

③ 供电。直接从德令哈市电网接入,建配电室,配备变压器、配电设备,架设内部输电

线路。

④给排水。给水直接接入德令哈市市政供水管网，采用城市自来水，排水与市政排水管网连接，配备相关的给排水设备。

⑤广播电视。配备电视机8台、DVD机3台、投影仪1台、音响1套。

⑥供暖。采用热水锅炉供暖系统，配备热水锅炉、供暖管道、散热片等设施。

⑦庭院绿化。庭院绿化800m²。

⑧办公设备。配备办公家具、会议家具、接待家具、台式微机、笔记本电脑、复印机、传真机、饮水机等设施设备。

2. 管理分局建设

(1) 建筑工程

①办公楼。管理分局大楼建筑面积根据分局机关和森林公安分局的人员编制进行测算。

②辅助建筑。包括传达室、食堂、库房、车库等。

③其他建筑。管理分局大门、院墙等。

(2) 配套工程

①交通工具。配备公务用车和警务用车。

②通讯及互连网。安装有线电话，ADSL宽带互连网接入设备，配备车载电台。

③供电。直接从所在地城市电网接入，建配电室，配备变压器、配电设备，架设内部输电线路。

④给排水。给水直接接入所在地市政供水管网，采用城市自来水。排水与市政排水管网连接，配备相关的给排水设备。

⑤广播电视。配备电视机、DVD机和音响等设备。

⑥供暖。采用热水锅炉供暖系统，配备热水锅炉、供暖管道、散热片等设施。

⑦庭院绿化。庭院绿化各600m²。

⑧办公设备。配备办公家具、会议家具、台式微机、笔记本电脑、复印机、传真机、饮水机等设施设备。

3. 保护站建设

保护站是自然保护区的基层管理单位，其布局力求便于保护，便于分工协作，便于联系，便于生活。经过实地踏查，在认真分析的基础上，规划建立杂海、航亚、连湖、卜浪沟、灶火、诺木洪、宗加、巴隆等8个保护站。

(1) 建筑工程

①办公用房。根据各保护站人员编制测算建筑面积，共计1920m²。

②辅助建筑。包括食堂、库房、车库、厕所等建筑，共计324m²。

(2) 配套工程

①供电。杂海、航亚、连湖、诺木洪、宗加、巴隆等6个保护站直接从所在地电网接入220/380V照明用电线路，配备配电设备，架设内部输电线路。灶火、卜浪沟保护站配备太阳能发电机各1部。

②给排水。给水方式，杂海、航亚、卜浪沟、灶火、宗加、巴隆等6个保护站采用机井给水。连湖保护站采用简易自流引水，诺木洪保护站与当地给水管网相连、采用自来水给水。排水方式，采用明渠（沟）排放方式。根据各站具体情况配备相应的给排水设施设备。

- ③广播电视。配备电视机、卫星接收设备等。
- ④供暖。采用采暖炉供暖方式,按房间个数配备。
- ⑤办公设备。配备办公家具、台式微机等。

4. 道路工程

自然保护区的道路建设,主要以沟通保护区内外部及各保护站之间的交通联系,加强资源保护,积极开展经营活动为目的。在充分利用现有道路的前提下,根据实际情况合理布设。

(1) 干道。由于自然保护区管理局以及各管理分局均地处道路路网较发达地段,现有道路完全可以满足需要。规划干道主要指各保护站与外界沟通的道路。采用林区公路三级建设标准,共计46km。其中:从德格(德令哈—格尔木)公路至航亚保护站20km;怀头他拉乡至连湖保护站22km;从德都(德令哈—都兰)公路至灶火保护站4km。

(2) 支道。支道是连接保护站与巡护路网的道路,共计60km。其中:尕海保护站12km,诺木洪保护站48km。

第四节 投资估算

一、按工程项目分

经过计算,柴达木梭梭林自然保护区总投资6867.11万元。保护工程投资2794.89万元,占总投资的35.85%;科研监测工程投资567.40万元,占总投资的7.28%;宣教工程投资187.30万元,占总投资的2.40%;多种经营投资802.15万元,占总投资的10.29%;生态旅游投资52.00万元,占总投资的0.67%;社区发展投资206.00万元,占总投资的2.64%;基础设施建设投资2477.59万元,占总投资的31.78%;其他投资708.73万元,占总投资的9.10%。

二、按投资构成分

建安工程投资2848.16万元,占总投资的36.53%;设备购置费2029.67万元,占总投资的26.03%;其他费用2918.23万元,占总投资的37.44%。

三、按规划期限分

前期(2004~2008年)投资4483.50万元,占总投资的57.51%;其中:2004年投资595.64万元,占总投资的7.64%;2005年投资1006.80万元,占总投资的12.91%;2006年投资1122.16万元,占总投资的14.39%;2007年投资1001.56万元,占总投资的12.85%;2008年投资757.35万元,占总投资的9.71%。

后期(2009~2013年)投资3312.56万元,占总投资的42.49%。

第五节 组织机构与人员编制

一、组织机构

根据保护区经营范围、保护区性质,在精简、统一、高效的原则下,设置柴达木梭梭林自然保护区的组织机构。

自然保护区实行“管理局—管理分局—保护保护站”三级保护管理体系。考虑到自然保护区区内人烟稀少,生活、工作条件恶劣等因素,确定每个保护站下不再设立管护点。

自然保护区管理局,设在德令哈市,为处级公益性事业单位;下设管理分局,为科级公益性事业单位。管理分局分别设在德令哈市、乌兰县和都兰县。管理分局下设保护站,分别建于靠近自然保护区的乡镇或村屯所在地。在管理局及管理分局内,根据保护任务、职能单位和管理项目等不同设置办公室、保护科、共管科、多种经营办、计划财务科、人事科、科研中心、宣教中心、公安局等职能机构,各管理分局设公安分局,保护站设派出所。具体职能如下:

办公室负责自然保护区的行政、文秘、后勤等管理工作;计划财务科负责自然保护区的建设开发计划及年度计划的制定、监督和财务、资金的管理;人事科负责人才资源的开发和管理、消防、治安保卫工作;多种经营办公室负责多种经营项目的开发利用以及旅游接待和旅游线路的组织、日程安排、车辆调度工作;保护科负责自然保护区的资源保护和管理;共管科负责社区共管的日常事务管理;宣教中心负责树立企业形象、对外宣传,拓展市场空间,不断提高自然保护区的知名度;科研中心负责科研项目研究以及推广;公安局负责社会治安、森林防火、安全保卫等工作。

保护工作由分管保护和公安工作的副局长负责,由保护科直接组织实施,最后由保护站、公安派出所具体执行。组织机构设置详见图 11-1。

二、人员编制

保护区的人员编制,在强化管理、保证效率、精简和压缩非生产人员的原则下,按保护管理、科研和经营等各项任务定岗、定员。

经过测算,柴达木梭梭林自然保护区正式编制 166 人。季节性合同工、临时工人数由自然保护区管理机构根据需要聘用,不在本次规划范围。



图 11-1 组织机构示意图

1. 保护区管理局人员编制 (共计 39 人)

局领导: 局长 1 人, 副局长 2 人

办公室: 主任 1 人, 文秘 2 人

财务科: 科长 1 人, 会计 1 人, 出纳 1 人, 计划 1 人

人事科: 科长 1 人, 干事 2 人

保护科: 科长 1 人, 技术人员 4 人

社区共管科: 科长 1 人, 干事 1 人

多种经营办公室: 主任 1 人, 技术人员 1 人

宣教中心: 科长 1 人, 技术人员 2 人

科研中心: 主任 1 人, 科研人员 4 人

公安局: 局长 1 人, 政委 1 人, 副局长 1 人, 干警 6 人

2. 德令哈管理分局人员编制 (共计 21 人)

分局领导: 局长 1 人, 副局长 1 人

办公室: 主任 1 人, 文秘 1 人

财务科: 科长 1 人, 会计 1 人, 出纳 1 人

人事科: 科长 1 人, 干事 1 人

保护科: 科长 1 人, 技术人员 2 人

社区共管科: 科长 1 人, 干事 1 人

多种经营办公室: 主任 1 人, 技术人员 1 人

公安分局: 局长 1 人, 副局长 1 人, 干警 3 人

3. 乌兰管理分局人员编制 (共计 21 人)

分局领导: 局长 1 人, 副局长 1 人

办公室: 主任 1 人, 文秘 1 人

财务科: 科长 1 人, 会计 1 人, 出纳 1 人

人事科: 科长 1 人, 干事 1 人

保护科: 科长 1 人, 技术人员 2 人

社区共管科: 科长 1 人, 干事 1 人

多种经营办公室: 主任 1 人, 技术人员 1 人

公安分局: 局长 1 人, 副局长 1 人, 干警 3 人

4. 都兰管理分局人员编制 (共计 21 人)

分局领导: 局长 1 人, 副局长 1 人

办公室: 主任 1 人, 文秘 1 人

财务科: 科长 1 人, 会计 1 人, 出纳 1 人

人事科: 科长 1 人, 干事 1 人

保护科: 科长 1 人, 技术人员 2 人

社区共管科: 科长 1 人, 干事 1 人

多种经营办公室: 主任 1 人, 技术人员 1 人

公安分局: 局长 1 人, 副局长 1 人, 干警 3 人

5. 保护站人员编制

每个保护站配备站长 1 人,派出所所长 1 人,其他人员根据保护站管护面积大小以及管护难度确定。8 个保护站定编 64 人,其中公安人员 16 人。

尕海保护站 8 人,其中公安人员 2 人

航亚保护站 7 人,其中公安人员 2 人

连湖保护站 9 人,其中公安人员 2 人

卜浪沟保护站 9 人,其中公安人员 2 人

灶火保护站 8 人,其中公安人员 2 人

诺木洪保护站 8 人,其中公安人员 2 人

宗加保护站 7 人,其中公安人员 2 人

巴隆保护站 8 人,其中公安人员 2 人

第十二章 自然保护区评价

第一节 生态系统的结构与功能现状

一、原始古老的自然性

梭梭是荒漠地区特有的植被类群，是一个比较古老的植物。各种梭梭大面积分布，形成一类独特的荒漠景观。在保护区的核心区内梭梭林未受人类侵扰，自然生境完好，保持着原始状态，这些原始天然梭梭林部分已处于成熟和过熟状态，新生的中幼龄梭梭就在老树下成长，反映出其原始古老的自然状况。

二、地理位置的特殊性

梭梭的地理位置特殊性表现在以下两个方面：

(1) 梭梭分布在广大干旱荒漠地区，其垂直分布除新疆准葛尔盆地、东天山山间盆地海拔在 150~500m 外，一般都分布在 800~1500m，而柴达木盆地的梭梭，大多分布在海拔 2800~3260m，大面积高海拔分布，堪称“世界之最”，形成高原盆地独特的荒漠景观和特殊的地理位置。

(2) 保护区所在地区属于少数民族地区，又是贫困地区，保护区的建立和发展，将有利于促进当地社会经济的发展，有利于维护民族团结。

三、生态环境的典型性

梭梭属有 10 种之多，多集中于中亚，我国分布的梭梭有两种，一种为白梭梭，只在新疆有分布；另一种梭梭则分布于新疆、青海的柴达木、甘肃的西部和内蒙古的西部。

柴达木梭梭林自然保护区地处典型的荒漠地带。干旱少雨，风大沙多，光照充足，蒸发量大是其显著特点，接近盆地内陆中心的诺木洪年均降水量只有 44.3mm。梭梭在如此恶劣的环境下仍正常生长，并呈现出以下特征：第一，耐干旱，在降雨量不足 45mm 的条件下，生长良好；第二，耐风蚀沙埋，其根系被风蚀裸露 1m 多，植株仍耸立不动，正常生长，沙压后能长出萌发枝，生长更加旺盛，茎干坚硬，极耐沙割；第三，耐酷热严寒，在气温高达 40℃ 以上，沙面地表温度高达 60~70℃ 的情况下仍能正常生长，并能忍受 -40℃ 的低温。

梭梭的生存幅度较广，无论石质、砾质、黏质、沙质荒漠上均有梭梭生长，黏质荒漠上生长的梭梭一般植株高大，冠幅较大，盖度较高。在保护区的核心区和缓冲区内，许多地方梭梭仍呈原始状态，因而成为该物种生态地理区中最典型、最有特色的代表。

四、物种的稀有性

保护区内尚有 15 科 41 属 65 种沙生植物，这些物种大多是在严酷的自然条件下经过长期选择而保留下来的，具有顽强的生命力，是特殊荒漠系统的组成部分，它不仅对柴达木盆地的防风固沙、改变荒漠面貌和保护绿洲生态环境、引种驯化等方面具有一定的现实意义，

而且在植物学、分类学、生态学等方面的学术研究,也有很重要的科学研究价值。

柴达木沙拐枣、驼绒藜、唐古特白刺、柴达木猪毛菜等均系区内的特有种。白刺、枸杞、锁阳等地中海植物,在柴达木盆地虽属残留成分,但仍大量生长着,分布很广。梭梭、膜果麻黄、沙拐枣、优若藜等在全国其他省份很少分布,仅在内蒙古和新疆有分布。寄生在梭梭根部的肉丛蓉已划为濒危植物。

保护区内尚有野生植物 120 种,国家一级保护动物有 5 种,二级保护动物 11 种,分别占青海省一、二级保护动物的 31% 和 24%。此外,像藏雪鸡、暗腹雪鸡、褐背拟地鸦、红眉朱雀、松田鼠、喜马拉雅旱獭、白唇鹿、马鹿、马麝、藏原羚等均属青藏高原特有种。因此,在该区域建立保护区,可使这些动物种类的繁衍生息增加一个稳定发展的场所。另外,这一区域又是青藏高原与蒙新高原的过渡带,是开展动物区系演变的研究场所。

五、生态系统的脆弱性

梭梭属于荒漠植物,梭梭林为典型的荒漠植被。荒漠植被是地球上旱生性最强的一组植物群落类型,其分布具有明显的地带性特征。生态学上通常称荒漠植物为超旱生(或强旱生)植物,以矮化的木本、半木本和肉质植物为主,形成稀疏的植物群落,一般群落之内的裸地面积常比植物覆盖面积大。所以荒漠群落总是地上部分不郁闭的植物群落。

梭梭地处荒漠地区,各物种之间及物种与环境之间的依存关系十分紧密和敏感,一个物种的兴衰会直接影响到另一物种的存亡,而环境因子的变化直接影响到动植物的发展变化。荒漠生态环境十分恶劣,其生态系统也十分脆弱,一旦破坏,极难恢复,所以需要及时保护和特殊管理。脆弱的物种种群表现在活力弱、繁衍能力差、对环境变化适应能力低,极易遭受濒危和灭绝威胁。梭梭的更新速度十分缓慢,在正常的情况下,适应梭梭结种年份的概率仅 0.4,而梭梭种子的寿命只有 1 年,在第二年春季足以使梭梭发芽的雨量的发生概率也只有 0.4,因此,能使梭梭结种并发芽的概率为 0.16,加之梭梭的种子又是鼠类和骆驼的主要食物来源,除鼠和骆驼啃食之外,大部分种子风吹落后被沙覆盖,而覆盖厚度超过 3cm 的种子就无法发芽。因此能够发芽生长的梭梭种子概率相当的小,而有幸发芽生长的梭梭幼苗很大一部分又将被鼠、牲畜吃掉。由此可以看出,梭梭的天然更新是十分艰难而漫长的。因此梭梭林在人为被破坏或自然衰亡后,在强劲风力的作用下,成为沙物质的来源地,新的流动沙地又将形成,梭梭赖以生存的环境不复存在,使本来就已十分残酷的荒漠生态环境变得更加恶劣。

六、保护生态的必要性

柴达木盆地是梭梭分布集中的地区,在很长一段时期内,梭梭灌木林在荒漠自然条件下是最稳定的灌木林之一。它对维持该区域脆弱的生态平衡,改善生态环境,遏制流沙、固定沙丘、保护农业生产和人民生活等起着不可替代的作用。但是,自 20 世纪 60 年代以来,随着青藏公路、青新公路和青藏铁路的建设,以及大力发展绿洲农业和开发工矿业,使以梭梭为主的沙生植被遭到了极大的破坏。据记载,1962~1980 年的 18 年,乌兰、德令哈的沙区植物被破坏了 30 万 hm^2 ,仅德令哈旺尕秀煤矿煤油焦烧窑,每年要烧掉 75 万 kg 的梭梭。据都兰县统计,每年的生产、生活燃料,要砍挖薪柴 2000 万 kg 左右。除当地的牧民每年烧掉大量的梭梭外,也有外地人员拉运梭梭柴现象。以梭梭为主的大量沙生植被遭到破坏,该地区的生态环境日趋恶化,土壤沙化干旱进一步加剧,境内的河流流量普遍锐减,并均已出现

断流现象,且断流期日渐增大。若不采取有效的措施对以梭梭为主的荒漠灌丛加以保护,天然梭梭将面临毁灭的危险。保护区的建立有利于保护现有植被特别是梭梭林,进而可以减少风沙危害,改善生态环境,保护好它们赖以生存的这片土地,因此保护区不仅保护了这里的野生动植物资源,而且也可当地农牧民带来直接和间接的利益,对促进农牧业的发展和科学研究都具有重要意义。

七、科学研究的重要性

梭梭群落及其个体是人类生存环境中气象因子变化记录的生物活体资料,是揭示我国西北地区过去、现在和将来荒漠化进程中,各种逆境生态因子对人类生存环境产生胁迫强度的生态学资料的信息载体。区内保存的较完整的生态系统、丰富的荒漠物种和它们赖以生存的接近自然状态的环境,是开展生物学、生态学、地质学、古生物学,以及其他地学分支和环境科学等学科研究的良好基地。

通过对该地区生物多样性的研究,找出荒漠生态环境下各生物物种之间及其与环境因子之间相互关系,以及每种生物种群及群落的消长演替对该生态系统的影响程度;通过对梭梭生物学特性及种类动态的研究,找出其与环境因子的关系;通过对保护区各种植被特别是梭梭的更新演替规律的研究,探索出如何利用人工措施扩大其分布面积,增加植被盖度,恢复已退化的梭梭林,从而达到改善区内生态环境的目的。

第二节 生态评价

参照南京环境科学研究所提出的自然保护区生态环境质量定量化评价方法与标准,结合柴达木梭梭林自然保护区的实际情况,采用以下因子对柴达木梭梭林自然保护区的生态环境质量进行定量化评价。

一、稀有性

稀有性指标是用来度量物种或生境等在自然界现存数量的稀有程度,常包括稀有物种、稀有群落和稀有生境。

二、多样性

多样性是反映多度和种群丰度的一个指标。多样性可分为物种多样性(物种多度、物种相对丰度)和生境类型多样性。

三、代表性

代表性是度量自然保护区的生物区系、群落结构和生态环境与所在生物地理省或某一生态地理区域内的整个生物区系、群落结构和生态系统的相似程度的一个指标。

四、自然性

自然性是度量自然保护区内保护对象遭受人为干扰程度的一项指标,常称为自然度。自然性的定量评价主要以生态系统受破坏的程度为依据。

五、面积适宜性

自然保护区的面积是一个重要指标,一个保护区的重要程度往往随着面积的增加而提高。一般而言,自然保护区面积越大,则保护的生态系统越稳定,生物种群越安全。评价

保护区面积的适宜性,主要看该保护区的面积是否满足维持保护对象所需的最适面积或最小面积。

六、生存威胁

生存威胁是指自然保护区所面临的人类侵扰压力。生存威胁除了人类的威胁以外,也有保护对象自身的因素,常常表现在生态系统和物种的脆弱性方面,评价因子包括脆弱性(物种生活力、生物种群稳定性、生态系统稳定性)和人类威胁(直接威胁、间接威胁)。

对以上因子经过专家组评定打分后统计,评价结果见表 12-1。

表 12-1 保护区生态质量评价表

评价指标			分级与得分	评价分级				得分	分项得分
			I	II	III	IV			
稀有性 (20)	物种濒危程度 (8)		8				8	18.5	
	物种地区分布 (6)		6				6		
	生境稀有性 (6)			4.5			4.5		
多样性 (25)	物种多样性 (15)	物种多度 (8)				2	2	15	
		物种相对丰度 (7)		5			5		
	生境类型多样性 (10)			8			8		
代表性 (15)				11			11	11	
自然性 (15)			15				15	15	
面积适宜性 (15)			15				15	15	
生存威胁 (10)	脆弱性 (6)	物种生活力 (2)	2				2	6.8	
		生物种群稳定性 (2)				0.4	0.4		
		生态系统稳定性 (2)		1.2			1.2		
	人类威胁 (4)	直接威胁 (2)	2				2		
		间接威胁 (2)		1.2			1.2		
总 计								81.3	
评定等级		标准总分为 100 分 生态质量等级分为五级 很好 86 ~ 100 分 较好 71 ~ 85 分 一般 51 ~ 70 分 较差 36 ~ 50 分 差 ≤ 35 分							

生态质量得分为 81.3 分,表明青海柴达木梭梭林自然保护区生态质量等级达到较好的标准。

第三节 管理评价

一、管理评价指标

自然保护区的管理工作关系着保护区的发展与管理水平的提高。自然保护区有效管理主要从以下几个方面进行评价。

1. 管理条件评价

管理条件评价内容主要包括自然保护区管理机构设置与人员配备情况、基础设施的建设水平及经费来源状况等。

2. 管理措施评价

实现保护区有效管理需要一套切实可行的管理措施,而管理措施的评价内容主要包括管理目标的确定与发展规划的编制、管理计划的制定和管理法规建设等3个方面。

3. 科研基础评价

科研是实现保护区有效管理的基础,坚实的科研基础是制定保护区管理目标、发展规划和管理计划的依据。评价保护区科研基础主要是衡量保护区综合科学考察、专题科学研究和科技力量这3个方面的水平。

4. 管理成效评价

衡量一个保护区管理质量如何,最终还要看其保护区的管理成效。评价管理成效主要考虑以下4项指标,即①保护区内资源和主要保护对象的保护状况;②保护区经营水平和自养能力;③日常管理工作的秩序;④保护区与当地居民之间的关系。

二、管理评价标准

自然保护区的宏观管理工作可划分为3个不同的阶段。

1. 管理工作的初级阶段——保护型管理

管理工作主要集中在保护上,科研工作比较零星,尚未起到参谋和决策作用;外界的干扰和破坏尚未完全排除,多种经营尚未成为稳定的方向和一定的规模。

2. 管理工作的中级阶段——效益型管理

保护区的各项工作已全面展开;科研工作已形成系列,并在保护区的建设和发展中起到参谋和决策作用;人为干扰和破坏已经被消除;多种经营已具有较稳定的发展方向和一定的发展规模;生态效益、社会效益和经济效益均较明显。

3. 管理工作的高级阶段——科学管理阶段

已实行现代化科学管理;科研工作已转入定位观测和定量分析,科研成果直接指导自然保护的各项工作;区内与区外已实现大范围的生态—环境—经济—社会协调发展的局面;自然保护区已成为国内外学者专家进行教学、科研、参观、游览的场所。

三、管理评价

柴达木梭梭林自然保护区【原名艾(阿)木尼克自然保护区】,2000年5月经青海省人民政府批准建立,机构、人员均与林业站合并办公,基础设施建设滞后,科研工作结合林业生产开展了梭梭育苗、造林和封育等试验研究。按照本次自然保护区管理工作划分标准,柴达木梭梭林自然保护区管理工作尚处于初级阶段。

第四节 效益评价

一、生态效益

1. 增加植被盖度 遏制草场退化趋势 防止土地荒漠化

柴达木盆地是青海省沙漠化土地面积最大的地区,总面积 1110.7 万 hm^2 ,占柴达木盆地面积的 43.45%,占全省沙漠化面积的 95.53%。滥牧、滥垦、滥伐、滥采、滥挖等不合理的人为活动,加剧了草场退化和土地荒漠化的进程。据有关调查,从 1959~1994 年,柴达木盆地沙漠化土地共增加 445.4 万 hm^2 ,而且还在以年均 12.7 万 hm^2 的速度增加,如果不及时治理,后果不堪设想。柴达木梭梭林自然保护区的建立,一方面通过保护性措施增加植被覆盖度,遏制生态环境恶化的趋势;另一方面通过封沙育林、人工种草、草场改良、科学养畜、积极发展饲草料基地建设和推广先进经营技术等综合治理项目,扩大林地、草场面积,防止土地荒漠化,实现生态系统的可持续发展。

2. 涵养水源 保护湿地 改善生态系统功能

柴达木梭梭林自然保护区周边分布着托素湖、克日湖、尕斯库勒湖等湖泊,柴达木河、香日德河、素郭鄂勒河等众多河流。柴达木梭梭林自然保护区项目的实施,使项目区内的灌木林地和草场牧地得以休养生息,使项目区及其周边的河流湖泊得以保护和恢复。大大增强项目区内林地草场涵养水源、调节气候的能力。不仅全面改善项目区内生态系统功能,而且对整个柴达木盆地的生态系统改善起到十分重要的作用。

3. 保护生物多样性 维持生态平衡

柴达木梭梭林自然保护区内野生动植物资源丰富,种类繁多。但是,随着人为活动增多,放牧牛羊数量不断增加,毁灭性采挖珍稀药材活动泛滥成灾,捕杀野生动物活动愈演愈烈,致使草场退化、动植物种群数量大幅减少,珍稀动植物种类濒临绝灭,生物多样性受到严重威胁。柴达木梭梭林自然保护区建成以后,可通过禁牧、禁采等多种措施,严格规范人为活动,保护野生动植物资源,增加生物多样性,维持生态平衡。

4. 改善周边居民的生产、生活环境

随着封育保护 改造培植等各项工作的不断发展和深入,多种植被生长旺盛,面积扩大,覆盖率提高,生态系统功能改善,土壤含水量增加,空气相对湿度加大,沙尘暴天气频率降低,次数减少。这些有利因素都是提高农牧业生产的必要条件,也是改变周边地区居民生活环境的有效保证。

二、社会效益

1. 为科学研究提供良好基地

柴达木梭梭林区为典型的荒漠植被,在荒漠生态系统中占有重要地位,区内分布着特有的物种和生物群落。是进行多种科学研究的良好基地,是设在大自然中的天然实验室。是研究沙漠地区的沙化成因、演化规律、防治途径,防沙治沙技术的科研基地,进而为研究柴达木盆地自然生态平衡、最优生态结构、物种引种可能性及分布范围提供了良好条件。是研究人类活动对自然环境的干扰、生物群落的自然恢复能力以及环境本底监测研究的最佳场所。

2. 是进行宣传教育的重要场所

自然保护区是向群众进行有关自然知识和自然保护宣传的自然博物馆。保护区可以接纳

一定数量的青少年学生和旅游者进行参观游览。促进精神文明建设,提高人们保护环境、保护地球的良好意识。

3. 促进周边地区经济的可持续发展

自然保护区的建设和发展,将进一步带动本区域及周边地区交通、商业、服务业、旅游业、农副产业等各行各业的发展。通过社区共管项目,向当地农牧民传授科学知识和先进实用技术,改良项目区内牲畜品种,开展科学放牧,促进地方经济发展,增进民族间的沟通、理解和团结,有利于招商引资,有利于促进区域经济发展。

4. 旅游价值

由于保护区保存了稀有的动植物种群,对旅游者有较大的吸引力。自然保护区可以在不违背自然保护法规、不破坏自然资源、不污染环境的前提下进行旅游项目的开发。

三、经济效益

自然保护区建设事业是一项生态公益事业,本项目建成以后,将产生巨大的生态效益和社会效益,同时保护区可通过开展生态旅游、多种经营活动,积极发展种植业、养殖业、采集业、旅游业等项目,获取一定的经济收益。

梭梭材质坚硬、热值高,有“沙漠活煤”之称;另外,梭梭是骆驼、羊极好的饲用植物,在校梭林得到稳定发展之后,可以采取适度割枝叶舍饲,即不破坏整个生态环境,又能为牲畜提供一定数量的饲料。梭梭根上寄生的锁阳是名贵的中药材,人称“沙漠人参”,每年可为药厂提供大量药材原料。因此,梭梭又具有较大的经济价值。

附录1 自然保护区及周边地区野生植物名录

一、裸子植物门 GYMNOSPERMAE

柏科 Cupressaceae 圆柏属 *Sabina* Mill.

祁连圆柏 *Sabina przewalskii* Kom.

麻黄科 Ephedraceae 麻黄属 *Ephedra* Tourn. ex Linn.

中麻黄 *E. intermedia* Schrenk ex Mey.

单子麻黄 *E. monosperma* Gmel. ex Mey.

膜果麻黄 *E. przewalskii* Stapf

二、被子植物门 ANGIOSPERMAE

杨柳科 Salicaceae

杨属 *Populus* Linn.

小叶杨 *P. simonii* Carr.

柳属 *Salix* Linn.

密齿柳 *S. characta* Schneid.

乌柳 *S. cheilophila* Schneid.

旱柳 *S. matsudana* Koidz.

坡柳 *S. myrillacea* Anderss.

蓼科 Polygonaceae

木蓼属 *Atraphaxis* Linn.

沙木蓼 *A. bracteata* A.

锐枝木蓼 *A. pungens* (M.B.) Jaub.

沙拐枣属 *Galligonum* Linn.

青海沙拐枣 *G. kozlovii* A.

蒙古沙拐枣 *G. mongolicum* Turcz.

蓼属 *Polygonum* Linn.

扁蓄 *P. aviculare* Linn.

圆穗蓼 *P. macrophyllum* D. Don

西伯利亚蓼 *P. sibiricum* Laxm.

细叶西伯利亚蓼 *P. sibiricum* Maxim. var. *thomsonii* Meissn.

珠芽蓼 *P. viviparum* Linn.

大黄属 *Rheum* Linn.

掌叶大黄 *R. palmatum* Linn.

网脉大黄 *R. reticulatum* Los-sinsk.

酸模属 *Rumex* Linn.

皱叶酸模 *R. crispus* Linn.

巴天酸模 *R. patientia* Linn.

藜科 Chenopodiaceae

沙蓬属 *Agriophyllum* Bieb.

沙蓬 *A. squarrosum* (Linn.) Moq.

滨藜属 *Atriplex* Linn.

中亚滨藜 *A. centralasiatica* Iljin.

野滨藜 *A. fera* (Linn.) Bunge

西伯利亚滨藜 *A. sibirica* Linn.

轴藜属 *Axyris* Linn.

杂配轴藜 *A. hybrida* Linn.

雾冰藜属 *Bassia* All.

雾冰藜 *B. dasphylla* (Fisch. et Mey.) O. Kuntze.

驼绒藜属 *Certoides* (Tourn.) Gagnebin

华北驼绒藜 *C. arborescens* (Losinsk.) Tsien et C. G. Ma.

驼绒藜 *C. lateus* (J. F. Gmel.) Reveal et Holmgren.

藜属 *Chenopodium* Linn.

藜 *C. album* Linn.

灰绿藜 *C. glaucum* Linn.

虫实属 *Corispermum* Linn.

毛果虫实 *C. dedinatum* Steph.

粗咀虫实 *C. dutevulii* Iljin

中亚虫实 *C. heptapotamicum* Iljin

帕米尔虫实 *C. panuricum* Iljin

镰叶虫实 *C. falcatum* Iljin

蝶果虫实 *C. patelliforme* Iljin

藏虫实 *C. tibeticum* Iljin.

盐生草属 *Halogeton* C. A. Mey.

白茎盐生草 *H. arachnoideus* Moq.

盐生草 *H. glomeratus* (Bieb.) C. A. Mey.

西藏盐生草 *H. glomeratus* (Bieb.) C. A. Mey.

梭梭属 *Haloxylon* Bunge

梭梭 *H. ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge

盐爪爪属 *Kalidium* Moq.

里海盐爪爪 *K. caspicum* (Linn.) Ung.-Sternb.

黄毛头 *K. cuspidatum* (Ung.-Sternb.) Grub.

盐爪爪 *K. foliatum* (Pall.) Moq.

细枝盐爪爪 *K. gracile* Fenzl

地肤属 *Kochia* Roth.

黑翅地肤 *K. melanoptera* Bunge

地肤 *K. scoparia* (Linn.) Schrad.

盐角草属 *Salicornia* Linn.

盐角草 *S. europaea* Linn.

猪毛菜属 *Salsola* Linn.

蒿叶猪毛菜 *S. abrotanoides* Bunge

木本猪毛菜 *S. arbuscula* Pall.

青海猪毛菜 *S. chinghaiensis* A. J. Li.

猪毛菜 *S. collina* Pall.

钝叶猪毛菜 *S. cheptapotamica* Iljin

密枝猪毛菜 *S. impicata* Botsch.

松叶猪毛菜 *S. laricifolia* Turcz.

珍珠猪毛菜 *S. passerina* Bunge

薄翅猪毛菜 *S. pellucida* Litv.

刺沙蓬 *S. ruthenica* Iljin

柴达木猪毛菜 *S. zaidamica* Iljin

碱蓬属 *Suaeda* Forsk. ex Scop.

角果碱蓬 *S. corniculata* (C. A. Mey.) Bunge

盘果碱蓬 *S. heterophylla* (Kar. et Kir.) Bunge

平卧碱蓬 *S. prostrata* Pall.

盐地碱蓬 *S. salsa* (Linn.) Pall.

合头草 *S. regelii* Bunge

毛茛科 *Ranunculaceae*

银莲花属 *Anemone* Linn.

叠裂银莲花 *A. imbricata* Maxim.

铁线莲属 *Clematis* Linn.

甘青铁线莲 *C. tangutica* (Maxim) Karsh.

翠雀属 *Delphinium* Linn.

白兰翠雀 *D. alboceruleum* Maxim.

单花翠雀 *D. candelabrum* Ostf.

密花翠雀 *D. densiflorum* Duthie ex Huth.

碱毛茛属 *Halerpestes* Greene.

水葫芦苗 *H. cymbalaris* (Pursh.) Greene.

三裂叶水葫芦苗 *H. tricuspis* (Maxim.) Hand.-Mazz.

毛茛属 *Ranunculus* Linn.

砾地毛茛 *R. glareosus* Bge.

柔毛茛 *R. membranaceus* Royle.

唐松草属 *Thalictrum* Linn.

腺毛唐松草 *T. foetidum* Bunge

小檗科 *Berberidaceae* 小檗属 *Berberis* Linn.

拟小檗 *B. dubia* Schneid.

刺檗 *B. vulgaris* Linn.

罂粟科 *Papaveraceae*

紫堇属 *Corydalis* Vent.

糙果紫堇 *C. trachycarpa* Steph.

角茴香属 *Hypecoum* Linn.

细果角茴香 *H. leptocarpum* Hook.

十字花科 *Cruciferae*

芥属 *Capdamine* Linn.

芸 *C. bursa-pastoris* (Linn.) Meide.

播娘蒿属 *Descurainia* Webb et Berth.

播娘蒿 *D. Sophia* (Linn.) Webb ex Praantl.

双脊芥属 *Dilophia* Thoms.

盐地双脊草 *D. salsa* Thoms.

葶苈属 *Draba* Linn.

毛葶苈 *D. eriopoda* Turcz.

苞序葶苈 *D. ladyginii* Poble.

独行菜属 *Lepidium* Linn.

独行菜 *L. apetalum* Willd.

宽叶独行菜 *L. latifolium* Linn.

高河菜属 *Megacarpaea* DC.

大果高河菜 *M. megalocarpa* (Fisch. ex DC.) Fedtsch.

念珠芥属 *Neotorularia* Hedge et J.

蜚果芥 *N. humilis* (C. A. Mey.) Hedge et J.

窄叶蜚果芥 *N. humilis* (C. A. Mey.) Hedge et J.

绒毛念珠芥 *N. mollipila* (Maxim.) Z. X. An.

条果芥属 *Parrya* R. Br.

毛萼单花芥 *P. scapiflorum* (Hook. f. et Thoms.) Manq.

燥原芥属 *Philotrum* C. A. Mey.

燥原芥 *P. canescens* (DC.) C. A. Mey.

簇芥属 *Pycnoplinthus* O. E. Schulz

簇芥 *P. uniflorus* (Hook. f. et Thoms.) O. E. Schulz

大蒜芥属 *Sisymbrium* Linn.

垂果大蒜芥 *S. heteromallum* C. A. Mey.

棒果芥属 *Sterigmastemum* M. Bieb

大花棒果芥 *S. grandiflorum* K. C. Kuan.

紫花棒果芥 *S. matthioides* (Franch.) Botsch

遏蓝菜属 *Thlaspi* Linn.

遏蓝菜 *T. arvense* Linn.

景天科 *Crassulaceae* 瓦松属 *Orostachys* (DC.) Fisch.

瓦松 *O. fimbriatus* (Turcz.) Berger

蔷薇科 *Rosaceae*

沼委陵菜属 *Comarum* Linn.

西北沼委陵菜 *C. saosoniatum* (Steph.) Asch. et Gr.

委陵菜属 *Potentilla* Linn.

星毛委陵菜 *P. acaulis* Linn.

鹅绒委陵菜 (蕨麻) *P. anserina* Linn.

二裂委陵菜 *P. bifurca* Linn.

金露梅 *P. fruticosa* Linn.

矮生多裂委陵菜 *P. multifida* Linn.

小叶金露梅 *P. parvifolia* Fisch.

钉柱委陵菜 *P. saundersiana* Royle

密枝委陵菜 *P. virgata* Lehm.

山梅草属 *Sibbaldia* Linn.

伏毛三梅草 *S. adpressa* Bunge in Ledeb.

豆科 Leguminosae

黄芪属 *Astragalus* Linn.

丛生黄芪 *A. confertus* Benth.

黄白花黄芪 *A. dependens* Bunge var. *flavescens* Y. C. Ho.

都兰黄芪 *A. dulanensis* Y. H. Wu.

长爪黄芪 *A. handersonii* Baker

甘草属 *Glycyrrhiza* Linn.

甘草 *G. uralensis* Fisch.

岩黄芪属 *Hedysarum* Linn.

红花岩黄芪 *H. multijugum* Maxim.

细枝岩黄芪 *H. scoparium* Fisch.

苜蓿属 *Medicago* Linn.

野苜蓿 *M. falcate* Linn.

草木樨属 *Melilotus* Mill.

草木樨 *M. suaveolens* Ledeb.

棘豆属 *Oxytropis* DC.

刺叶柄棘豆 *O. aciphylla* Ledeb.

镰形棘豆 *O. falcate* Bunge

苦马豆属 *Sphaerophysa* DC.

苦马豆 *S. salsula* (Pall.) DC.

黄华属 *Thermopsis* R. Br.

披针叶黄华 *T. lanceolata* R. Br.

亚麻科 Linaceae 亚麻属 *Linum* Linn.

短柱亚麻 *L. pallens* Bunge

多年生亚麻 *L. perenne* Linn.

亚麻 *L. usitatissimum* Linn.

蒺藜科 Zygophyllaceae

白刺属 *Nitraria* Linn.

毛叶刺 *N. roborovskii* Kom.

小果白刺 (西伯利亚白刺) *N. sibirica* Pall.

唐古特白刺 *N. tangutorum* Bobr.

骆驼蓬属 *Peganum* Linn.

多裂骆驼蓬 *P. multisectum* (Maxim.) Bobr.

霸王属 *Zygophyllum* Linn.

粗茎霸王 *Z. locyi* Kanitz Pl.

蝎虎霸王 *Z. mucronatum* Maxim.

怪柳科 Tamaricaceae

水柏枝属 *Mricaria* Desv.

大苞水柏枝 *M. alopecuroides* Schrenk

水柏枝 *M. germanica* (L.) Desv.

枇杷柴属 *Reaumuria* Linn.

五柱枇杷柴 *R. kaschgarica* Rupr

枇杷柴 *R. soongarica* (Pall.) Maxim.

怪柳属 *Tamarix* Linn.

密花怪柳 *T. arcenthoides* Bunge

长穗怪柳 *T. elongata* Ledeb.

刚毛怪柳 *T. hispida* Willd.

多花怪柳 *T. hohenackeri* Bunge

盐地怪柳 *T. karelinii* Bunge

短穗怪柳 *T. laxa* Willd.

细穗怪柳 *T. leptostachys* Bunge

多枝怪柳 *T. ramosissima* Ledeb.

瑞香科 *Thymelaeaceae* 狼毒属 *Stellera* Linn.

狼毒 *S. chamaejasme* Linn.

胡颓子科 *Elaeagnaceae* 沙棘属 *Hippophae* Linn.

黑刺 *H. rhamnoides* Linn.

柳叶菜科 *Onagraceae* 柳叶菜属 *Epilobium* Linn.

沼生柳叶菜 *E. palustre* Linn.

杉叶藻科 *Hippuridaceae* 杉叶藻属 *Hippuris* Linn.

杉叶藻 *H. vulgaris* Linn.

锁阳科 *Cynomoriaceae* 锁阳属 *Cynomorium* Linn.

锁阳 *C. songaricum* Rupr.

伞形花科 *Umbelliferae*

柴胡属 *Bupleurum* Linn.

簇生柴胡 *B. condensatum* Shan.

页蒿属 *Carum* Linn.

页蒿 *C. turvi* Linn.

毒芹属 *Cicuta* Linn.

毒芹 *C. virosa* Linn.

迷果芹属 *Sphallerocarpus* Bess. ex DC.

迷果芹 *S. gracilis* (Bess.) K. & Pol.

报春花科 *Primulaceae*

点地梅属 *Androsace* Linn.

鳞叶点地梅 *A. squarrosula* Maxim.

海乳草属 *Glaux* Linn.

海乳草 *G. maritime* Linn.

报春花属 *Primula* Linn.

天山报春花 *P. nutans* Georgi.

蓝雪科 Plumbaginaceae补血草属 *Limonium* Mill.黄花补血草 *L. aureum* (Linn.) Hill.巴隆补血草 *L. aureum* (Linn.) Hill. var. *dielsianum* (Wangerin) Peng.二色补血草 *L. bicolor* (Bunge) Kuntze.小蓝雪花属 *Plumbagella* Spach.小蓝雪花 *P. micrantha* (Linn.) Kuntze.**龙胆科 Gentianaceae**龙胆属 *Gentiana* Linn.达乌里龙胆 *G. dahurica* Fisch.麻花艸 *G. straminea* Maxim.扁蕾属 *Gentianopsis* Ma扁蕾 *G. barbata* Ma细萼扁蕾 *G. barbata* Ma var. *stenocalyx* H. W. Li ex T. N. Hu.湿生扁蕾 *G. paludosa* Ma**夹竹桃科 Apocynaceae**罗布麻属 *Apocynum* Linn.罗布麻 *A. venetum* Linn.白麻属 *Poacynum* Baill.大叶白麻 *P. hendersonii* Woodson白麻 *P. pictum* Baill.**旋花科 Convolvulaceae 旋花属 Convolvulus Linn.**银灰旋花 *C. ummannii* Desr.田旋花 *C. arvensis* Linn.**紫草科 Boraginaceae**鹧鸪属 *Lappula* V. Wolf蓝刺鹧鸪 *L. consanguinea* Garcke微孔草属 *Microula* Benth.甘青微孔草 *M. pseudotrichocarpa* W. T. Wang宽苞微孔草 *M. tangutica* Maxim.长叶微孔草 *M. trichocarpa* Johnston**唇形科 Labiatae**青兰属 *Dracocephalum* Linn.异叶青兰 *D. heterophyllum* Benth.甘青青兰 *D. tanguticum* Maxim.香薷属 *Elsholtzia* Willd.密穗香薷 *E. densa* Benth.香薷 *E. patina* Garcke.荆芥属 *Nepeta* Linn.蓝花荆芥 *N. foerulescens* Maxim.**茄科 Solanaceae 枸杞属 Lycium Linn.**红枝枸杞 *L. dasystemum* Pojark. var. *rubicaulium* A. M. Lu

黑果枸杞 *L. ruthenicum* Murr.

玄参科 Scrophulariaceae

肉果草属 *Lancea* Hook.

兰石草 *L. tibetica* Hook.

马先蒿属 *Pedicularis* Linn.

阿拉善马先蒿 *P. alaschanica* Maxim.

假弯管马先蒿 *P. pseudocurvisuba* Maxim.

甘肃马先蒿 *P. kansuensis* Maxim.

婆婆纳属 *Veronica* Linn.

长果婆婆纳 *V. ciliata* Fisch.

紫葳科 Bignoniaceae 角蒿属 *Incaryillea* Juss.

密花角蒿 *I. Conycta* Maxim.

狸藻科 Lentibulariaceae 狸藻属 *Utricularia* Linn.

狸藻 *U. vulgaris* Linn.

车前科 Plantaginaceae

车前属 *Plantago* Linn.

平车前 *P. depressa* Linn.

忍冬科 Caprifoliaceae

忍冬属 *Lonicera* Linn.

刚毛忍冬 *L. hispida* Pall.

小叶忍冬 *L. Microphylla* Walld.

矮生忍冬 *L. minut* Batal.

桔梗科 Campanulaceae 沙参属 *Adenophora* Fisch.

长柱沙参 *A. stenanthia* Kitag.

皱叶沙参 *A. stenanthia* Kitag. var. *crispata* Y. Z. Zhao

菊科 Compositae

顶羽菊属 *Acroptilon* Cass.

顶羽菊 *A. repens* DC.

亚菊属 *Ajania* Poljak.

灌木亚菊 *A. fruticulosa* (Ledeb.) Poljak.

铺散亚菊 *A. kharensis* (Dunn) Shih.

香青属 *Anaphalis* DC.

淡黄香青 *A. flavescens* Hand.

乳白香青 *A. lactea* Maxim.

蒿属 *Artemisia* Linn.

茵陈蒿 *A. capillaries* Thunb.

沙蒿 *A. desertorum* Spreng.

冷蒿 *A. frigida* Willd.

臭蒿 *A. hedini* Ostenf.

大花蒿 *A. macrocephala* Jacq.

蒙古蒿 *A. mongolica* (Fisch. ex Bess.) Nakai

- 黑沙蒿 *A. ardosica* Krasch
 猪毛蒿 *A. scoparia* Waldst.
 紫菀属 *Aster* Linn.
 阿尔泰紫菀 *A. altaicus* Willd.
 短舌菊属 *Brachanthemum* DC.
 星毛短舌菊 *B. pubinatum* (Hand.-Mazz.) Shih
 小甘菊属 *Cancrinia* Kar. et Kir.
 灌木小甘菊 *C. maximowiczii* C. Winkl.
 菊属 *Cirsium* Mill.
 藏菊 *C. lanatum* (Roxb. ex Willd.) Spreng.
 矮垂头菊 *C. humile* Maxim.
 还阳参属 *Crepis* Linn.
 还阳参 *C. crocea* (Lam.) Bab.
 弯茎还阳参 *C. flexuosa* (Ledeb.) C. B. Clarke.
 蓝刺头属 *Echinops* Linn.
 砂蓝刺头 *E. gmelini* Turcz.
 狗娃花属 *Heteropappus* Linn.
 阿尔泰狗娃花 *H. altaicus* (Willd.) Novopokr.
 圆齿狗娃花 *H. crenatifolius* (Hand.-Mazz.) Griens.
 半卧狗娃花 *H. semiprostratus* Griens.
 旋覆花属 *Inula* Linn.
 蓼子朴 *Isaloloides* (Turcz.) Ostenf.
 火绒草属 *Leontopodium* R. Br.
 火绒草 *L. leontopodioides* (Willd.) Beary.
 矮火绒草 *L. nanum* (Hook. f. et Thoms.) Hand.
 黄白火绒草 *L. ochroleucum* Beauv.
 弱小火绒草 *L. pusillum* (Beary.) Hand.
 橐吾属 *Ligularia* Cass.
 箭叶橐吾 *L. sagitta* (Maxim.) Matf.
 风毛菊属 *Saussurea* DC.
 沙生风毛菊 *S. arenaria* Maxim.
 柴达木风毛菊 *S. pseudomalitiosa* Lipsch.
 盐地风毛菊 *S. salsa* (Pall.) Spreng.
 鸦葱属 *Scorzonera* Linn.
 鸦葱 *S. austriaca* Willd.
 蒙古鸦葱 *S. mongolica* Maxim.
 帚状鸦葱 *S. pseudodivaricata* Lipsch.
 苦苣菜属 *Sonchus* Linn.
 苦苣菜 *S. arvensis* Linn.
 苦苣菜 *S. oleraceus* Linn.
 蒲公英属 *Taraxacum* Wigg.
 亚州蒲公英 *T. leucanthum* (Ledeb.) Ledeb.

蒲公英 *T. mongolicum* Hand.-Mazz.

狗舌草属 *Tephrosia* Reichenb.

橙红狗舌草 *T. rufa* (Hand.-Mazz.) B. Nord.

苍耳属 *Xanthium* Linn.

苍耳 *X. sibiricum* Patr. ex Widder

眼子菜科 *Potamogetonaceae* 眼子菜属 *Potamogeton* Linn.

龙须眼子菜 *P. pectinatus* Linn.

香蒲科 *Typhaceae* 香蒲属 *Typha* Linn.

长苞香蒲 *T. angustata* Bory de Saint-Vincent

狭叶香蒲 *T. angustifolia* Linn.

蒙古香蒲 *T. davidiana* (Kronf.) Hand.-Mazz.

宽叶香蒲 *T. latifolia* Linn.

水麦冬科 *Juncaginaceae* 水麦冬属 *Triglochin* Linn.

海韭菜 *T. maritimum* Linn.

水麦冬 *T. palustre* Linn.

禾本科 *Gramineae*

芨芨草属 *Achnatherum* Beauv.

醉马草 *A. inebrians* (Hance) Keng ex Tzvel.

芨芨草 *A. splendens* (Trin.) Nevski

冰草属 *Agropyron* Gaertn.

冰草 *A. cristatum* (Linn.) Gaertn.

燕麦属 *Avena* Linn.

野燕麦 *A. fatua* Linn.

光稃野燕麦 *A. fatua* var. *glabrata* Petern.

雀麦属 *Bromus* Linn.

雀麦 *B. japonicus* Thunb.

拂子茅属 *Calamagrostis* Adans.

假茅拂子茅 *C. pseudophragmites* (Hall, f.) Koel.

沿沟草属 *Catabrosa* Beauv.

沿沟草 *C. aquatica* (Linn.) Beauv.

发草属 *Deschampsia* Beauv.

发草 *D. caespitosa* (Linn.) Beauv.

野青茅属 *Deyouzia* Clarion.

矮野青茅 *D. tibetica* Bor.

披碱草属 *Elymus* Linn.

短芒披碱草 *E. brevistatus* (Keng) Keng f. Bull. Bot. Res.

披碱草 *E. dahuricus* Turcz.

垂穗披碱草 *E. nutans* Griseb.

老芒麦 *E. sibiricus* Linn.

羊茅属 *Festuca* Linn.

光稃羊茅 *F. kirilowii* Steud.

落草属 *Koeleria* Pers.

落草 *K. cristata* (Linn.) Pers.

赖草属 *Leymus* Hochst.

宽穗赖草 *L. ovatus* (Trin.) Tzvel.

毛穗赖草 *L. paboanus* (Claus) Pilger

柴达木赖草 *L. pseudoracemosus* Yrn et J.K. Yang

赖草 *L. secalinus* (Georgi) Tzvel.

固沙草属 *Orinus* Hitchc.

青海固沙草 *O. kokonorica* (Hao) Keng ex Tavel.

狼尾草属 *Pennisetum* Rich.

白草 *P. centasiaticum* Tzvel.

芦苇属 *Phragmites* Trin.

芦苇 *P. Australis* (Cav.) Trin.

早熟禾属 *Poa* Linn.

川青早熟禾 *P. indatienuata* Keng ex L. Liu

山地早熟禾 *P. orinosa* Keng ex P.C. Kuo

波伐早熟禾 *P. poophagorum* Bar.

草地早熟禾 *P. pratensis* Linn.

沙鞭属 *Psammochloa* Hitchc.

沙鞭 *P. villosa* (Trin.) Bor.

碱茅属 *Puccinellia* Parl.

碱茅 *P. distans* (Linn.) Parl.

鹤甫碱茅 *P. haughtiana* Krecz.

多花碱茅 *P. nudiflora* L. Liu

裸花碱茅 *P. nudiflora* (Hack) Tzvel.

星星草 *p. tenuiflora* (Griseb.) Scribn.

鹅观草属 *Roegneria* C. Koch.

芒颖鹅观草 *R. aristigibasis* Keng et S.L. Chen

垂穗披碱草 *R. nutans* (Keng) Keng

冠毛草属 *Stephanachne* Keng

冠毛草 *S. pappophora* (Hack.) Keng

针茅属 *Stipa* Linn.

短花针茅 *S. breviflora* Griseb.

沙生针茅 *S. glareosa* P. Smirn.

西北针茅 *S. krylovii* Roshev.

紫花针茅 *S. purpurea* Griseb.

昆仑针茅 *S. roborowskyi* Roshev.

戈壁针茅 *S. tianschanica* Roshev.

莎草科 *Cyperaceae*

扁穗草属 *Blysmus* Panzer

华扁穗草 *B. sinocompressus* Tang et Wang

苔草属 *Carex* Linn.针叶苔草 *C. duriuscula* C. A. Mey.伊凡苔草 *C. ivanovae* Egorova.小钩毛苔草 *C. microglochin* Wahlenb.青藏苔草 *C. moorcroftii* Falc.**荸荠属 *Eleocharis* R. Br.**中间型荸荠 *E. intersita* Zinsetl.具刚毛荸荠 *E. villiculosa* Ohwi var. *setosa* Ohwi**蒿草属 *Kobresia* Willd.**蒿草 *K. bellardii* (All.) Degl.矮生蒿草 *K. humilis* (C. B. Mey. ex Trsutz.) Serg.粗壮蒿草 *K. robusta* Maxim.西藏蒿草 *K. schoenoides* (C. A. Mey.) Steud.**蔗草属 *Scirpus* Linn.**扁秆草 *S. planiculmis* F. Schmidt.球穗草 *S. strobilinus* Roxb.**灯心草科 *Juncaceae* 灯心草属 *Juncus* Linn.**小灯心草 *J. bufonius* Linn.细灯心草 *J. gracillimus* (Buch.) V. Krecz.展苞灯心草 *J. thomsonii* Buchen.**百合科 *Liliaceae*****葱属 *Allium* Linn.**蒙古韭 *A. mongolicum* Regel.碱韭 *A. polyrhizum* Turcz.唐古韭 *A. tanguticum* Regel.**天门冬属 *Asparagus* Linn.**西北天门冬 *A. persicus* Baker.**鸢尾科 *Iridaceae* 鸢尾属 *Iris* Linn.**马蔺 *I. lactea* Pall.

附录2 自然保护区及周边地区野生动物名录

一、鱼纲 PISCES

鲤形目 CYPRINIFORMES

鲤科 Cyprinidae

黄河裸裂尻鱼 *Schizopygopsis pylzovi*

鳅科 Coditidae

拟硬刺高原鳅 *Triplophysa pseudoscleroptera*

巩乃斯高原鳅 *Triplophysa kungessana*

后尾高原鳅 *Triplophysa crassicauda*

隆头高原鳅 *Triplophysa alticeps*

二、两栖纲 AMPHIBIA

无尾目 SALIENTIA

蟾蜍科 Bufonidae

花背蟾蜍 *Bufo raddei*

三、爬行纲 REPTILIA

蜥蜴目 LACERTIFORMES

鬣蜥科 Agamidae

青海沙蜥 *Phrynocephalus vlangalii*

蜥蜴科 Lacertidae

密点麻蜥 *Eremias multiocellata*

蛇目 SERPENTIFORMES

游蛇科 Colubridae

蝮蛇 *Aghkistrodon halys*

四、鸟纲 AVES

鸬鹚目 PODICIPEDIFORMES

鸬鹚科 Podicipedidae

黑颈鸬鹚 *Podiceps caspicus caspicus*

凤头鸬鹚 *Podiceps cristatus*

鹤形目 CICONIIFORMES

鹭科 Ardeidae

大白鹭 *Egretta alba alba*

雁形目 ANSERIFORMES

鸭科 Anatidae

斑头雁 *Anser indicus*

大天鹅 *Cygnus cygnus*

赤麻鸭 *Tadorna ferruginea*

赤嘴潜鸭 *Netta rufina*

凤头潜鸭 *Aythya fuligula*

隼形目 FALCONIFORMES

鹰科 Accipitridae

大鸮 *Bubo hemilasius*

胡兀鹫 *Gypaetus barbatus hemochalarus*

鸡形目 GALLIFORMES

雉科 Phasianidae

藏雪鸡 *Tetraogallus tibetanus przewalskii*

暗腹雪鸡 *Tetraogallus himalayensis koslowi*

石鸡 *Alectoris graeca magna*

斑翅山鹑 *Perdix hodgsoniae przewalskii*

高原山鹑 *Perdix hodgsoniae koslowi*

环颈雉 *Phasianus colchicus vlangalii*

鹤形目 GRUIFORMES

鹤科 Gruidae

灰鹤 *Grus grus*

黑颈鹤 *Grus nigricollis*

鸻形目 CHARADRIIFORMES

鹬科 Scolopacidae

红脚鹬 *Tringa totanus totanus*

林鹬 *Tringa glareola*

孤沙锥 *Capella solitaria solitaria*

青脚滨鹬 *Calidris temminckii*

反嘴鹬科 Recurvirostridae

鸕嘴鹬 *Limnodromus struthersii*

鸥形目 LARIFORMES

鸥科 Laridae

鱼鸥 *Larus ichthyophaga*

普通燕鸥 *Sterna hirundo tibetana*

鸽形目 COLUMBIFORMES

沙鸡科 Pteroclididae

毛腿沙鸡 *Syrhaptes paradoxus*

鸠鸽科 Columbidae

岩鸽 *Columba rupestris rupestris*

鸕庭鸠 *Streptopelia turtur arenicola*

鸮形目 STRIGIFORMES

鸮科 Strigidae

纵纹腹小鸮 *Athene noctua orientalis*

佛法僧目 CORACIIFORMES

戴胜科 Upupidae

戴胜 *Upupa epops saturata*

雀形目 PASSERIFORMES**百灵科 Alaudidae**短趾沙百灵 *Calandrella cinerea dukhunensis*小沙百灵 *Calandrella rufescens kukunorensis*角百灵 *Eremophila alpestris eluesi*小云雀 *Alauda gulgula inopinata***鹀科 Motacillidae**黄头鹀 *Motacilla cinerea*白鹀 *Motacilla alba leucopsis*田鹀 *Anthus novaeseelandiae richardi*粉红胸鹀 *Anthus roseatus*水鹀 *Anthus spinoletta couellii***伯劳科 Laniidae**红尾伯劳 *Lanius cristatus tsaidamensis*灰背伯劳 *Lanius tephronotus tephronotus*楔尾伯劳 *Lanius sphenocercus giganteus***鸦科 Corvidae**喜鹊 *Pica Pica bottanensis*褐背拟地鸦 *Pseudopodoces humilis*红嘴山鸦 *Pyrrhocorax pyrrhocorax himalayanus*黄嘴山鸦 *Pyrrhocorax graculus diguatus*渡鸦 *Corvus corax tibetanus***鹡鹑科 Troglodytidae**鹡鹑 *Troglodytes troglodytes idius***岩鹀科 Prunellidae**领岩鹀 *Prunella collaris tibetana*褐岩鹀 *Prunella fulvescens nanshanica***鸫科 Turdinae**赭红尾鸫 *Phoenicurus ochruros rufiventris*蓝额红尾鸫 *Phoenicurus frontalis*白喉红尾鸫 *Phoenicurus schisticeps*红腹红尾鸫 *Phoenicurus erythrogaster grandis*沙鸫 *Oenanthe isabellina*漠鸫 *Oenanthe deserti oreophila*棕背鸫 *Turdus kessleri*斑鸫 *Turdus naumanni einomus***画眉科 Timaliinae**文须雀 *Parus blanfordi rufescens*山鹛 *Rhopophilus pekinensis albosuperciliaris***莺科 Sylviinae**黄腹柳莺 *Phylloscopus affinis*花彩雀鹰 *Leptopoeile sophiae stoliczkae*

文鸟科 Ploceidae麻雀 *Passer montanus dilutus*石雀 *Petronia petronia brevirostris*棕颈雪雀 *Montifringilla ruficollis*棕背雪雀 *Montifringilla blanfordi blanfordi***雀科 Fringillidae**黄嘴朱顶雀 *Carduelis flammaria miniakensis*林岭雀 *Leucosticte nemoricola nemoricola*高山岭雀 *Leucosticte brandti pallidior*漠雀 *Rhodopachys githagineus mongolicus*大朱雀 *Carpodacus rubicilla severzonii*红眉朱雀 *Carpodacus pulcherrimus argyrophrys*白眉朱雀 *Carpodacus thura deserticolor*普通朱雀 *Carpodacus erythrinus roseatus*白翅拟蜡嘴雀 *Mycerobas carnipes carnipes*白头鹀 *Emberiza leucocapilla fronto*灰眉岩鹀 *Emberiza cia godlewskii***五、哺乳纲 MAMMALIA****食虫目 INSECTIVORA****鼯鼠科 Soricidae**西藏鼯鼠 *Sorex tibetanus tibetanus***翼手目 CHIROPTERA****蝙蝠科 Vespertilionidae**柯氏长耳蝠 *Plecotus kozlovi***食肉目 CARNIVORA****犬科 Canidae**狼 *Canis lupus chanco*藏狐 *Vulpes ferrilata*赤狐 *Vulpes vulpes Montana*豺 *Cuon alpinus***熊科 Ursidae**棕熊 *Ursidae arctos***鼬科 Mustelidae**石貂 *Martes foina toufouensis*狗獾 *Meles meles leucurus*香鼬 *Mustela altaica longstaffi*艾虎 *Mustela eversmanni larvatus***猫科 Felidae**荒漠猫 *Felis bieti bieti*兔狲 *Felis manul manul*猞猁 *Lynx lynx isabellinus*

奇蹄目 PERISSODACTYLA

马科 Equidae

藏野马 *Equus kiang holdereri*

偶蹄目 ARTIODACTYLA

鹿科 Cervidae

白唇鹿 *Cervus albirostris*

马鹿 *Cervus elaphus kansuensis*

牛科 Bovidae

鹅喉羚 *Gazella subgutturosa*

盘羊 *Ovis ammon hodgsoni*

藏原羚 *Procapra picticollata*

岩羊 *Pseudois nayaur szechuanensis*

啮齿目 RODENTIA

松鼠科 Sciuridae

喜马拉雅旱獭 *Marmota himalayana robusta*

仓鼠科 Cricetidae

仓鼠亚科 Cricetinae

长尾仓鼠 *Cricetulus longicaudatus* subsp.

小毛足鼠 *Phodopus roborowskii*

沙鼠亚科 Gerbillinae

子午沙鼠 *Meriones meridianus roborowskii*

田鼠亚科 Arvicolidae

根田鼠 *Microtus oeconomus limnophilus*

磨鼠 *Ondatra zibethicus*

白尾松田鼠 *Pitymys leucurus leucurus*

松田鼠 *Pitymys leucurus*

鼠科 Muridae

鼠亚科 Murinae

小家鼠 *Mus musculus garuensis*

跳鼠科 Dipodidae

五趾跳鼠 *Allactaga sibirica*

三趾跳鼠 *Dipus sagitta deasyi*

长耳跳鼠 *Euchoreutes naso alaskanicus*

兔形目 LAGOMORPHA

鼠兔科 Ochotonidae

高原鼠兔 *Ochotona curzonae*

红耳鼠兔 *Ochotona erythrotis*

大耳鼠兔 *Ochotona macrotis macrotis*

托氏鼠兔 *Ochotona thomasi*

兔科 Leporidae

高原兔 *Lepus ovisiolus kozlora*

参考文献

- 王辉, 刘干枝等. 1996. 生态经济型防风治沙体系优化配置技术规程研究. 中国沙漠, (4)
- 王葆芳. 1987. 国内外沙漠化监测评价指标体系概述. 林业科技通讯, (7)
- 中国可持续发展林业战略研究项目组. 2003. 中国可持续发展林业战略研究·战略卷. 北京: 中国林业出版社
- 中国科学院兰州沙漠研究所沙坡头沙漠科学研究所. 1980. 流沙物理研究. 银川: 宁夏人民出版社
- 中国科学院地理研究所. 1959. 中国综合自然区划. 北京: 科学出版社
- 中国科学院西北高原生物研究所. 1989. 青海经济动物志. 西宁: 青海人民出版社
- 中国科学院自然区划委员会. 1960. 中国植被区划(初稿). 北京: 科学出版社
- 中国植被编辑委员会. 1980. 中国植被. 北京: 科学出版社
- 石蒙沂等. 1992. 共和盆地机械沙障固沙效益分析. 青海环境, (2)
- 冯宋明. 1983. 拉汉英种子植物名称. 北京: 科学出版社
- 宁夏林业厅自然保护区办公室, 宁夏六盘山自然保护区管理处. 1988. 六盘山自然保护区科学考察. 银川: 宁夏人民出版社
- 西北师范学院地理系. 青海师范学院地理系. 1978. 青海省地理. 西宁: 青海人民出版社
- 刘新民等. 1996. 科尔沁沙地风沙环境与植被. 北京: 科学出版社
- 刘遵发主编. 2001. 甘肃敦煌自然保护区科学考察. 北京: 中国林业出版社
- 张胜邦, 董旭, 张更权等. 2001. 青海柴达木盆地东南部风沙环境综合防治研究. 北京: 海洋出版社
- 张胜邦, 董旭, 刘玉璋等. 1999. 柴达木盆地东南部土壤风蚀研究. 中国沙漠, (3)
- 张胜邦, 董旭等. 1996. 青海格尔木市防治荒漠化规划研究. 北京: 中国环境科学出版社
- 张胜邦, 董旭. 2003. 建立青海柴达木国家级自然保护区的刍议. 林业经济, (2)
- 张更权, 张胜邦, 董旭等. 1998. 柴达木盆地诺木洪绿洲农业开发调查报告. 青海农林科技, (2)
- 张奎壁, 邹受益. 1997. 治沙原理与技术. 北京: 中国林业出版社
- 李耀阶等. 1987. 青海木本植物志. 西宁: 青海人民出版社
- 李亚美, 陈国勋. 1994. 地质学基础. 北京: 地质出版社
- 杜庆等. 1980. 柴达木地区植被及其利用. 北京: 科学出版社
- 杜恒俭, 陈华慧, 曹伯勋. 1980. 地貌学及第四纪地质学. 北京: 地质出版社
- 吴玉虎等. 1997. 青海植物名录. 西宁: 青海人民出版社
- 吴征镒. 1965. 中国植物区系的热带亲缘. 科学通报, 1: 25-33
- 吴鲁夫著; 傅崇信, 陆定安, 沈阳安等译. 1964. 历史植物地理学. 北京: 科学出版社
- 沈文录, 张胜邦, 周晓伟等. 1995. 都兰县宗巴滩风沙育林监测与分析. 青海农林科技, (3)
- 宋朝枢, 王呈荣. 2002. 甘肃莲花山自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社
- 宋朝枢, 贾昆峰. 2000. 马拉桥梭梭林科学考察集. 北京: 中国林业出版社
- 青海森林编辑委员会. 1993. 青海森林. 北京: 中国林业出版社
- 青海省地方志编纂委员会. 1993. 青海省志(十二). 农业志, 渔业志. 西宁: 青海人民出版社
- 赵雪, 赵文智, 宝音等. 1997. 河北坝上脆弱生态环境及整治. 北京: 中国环境科学出版社
- 赵鸿斌. 1985. 春日德农场的绿色长城. 青海环境, (4)
- 国家林业局野生动植物保护司. 2001. 湿地管理与研究方法. 北京: 中国林业出版社
- 周兴民等. 1987. 青海植被. 西宁: 青海人民出版社
- 周立华, 孙世洲, 陈桂琛等. 1990. 青海植被图(1:1000000). 北京: 中国科学技术出版社

- . 1979. 论中国植物区系分区问题. 云南植物研究, 1 (1): 1-22
- . 1987. 西藏植物区系的起源及其演化. 西藏植物志, 北京: 科学出版社, vol. 5, 874-902
- . 1991. 中国种子植物属的分布区类型专辑. 云南植物研究 (增刊), 4: 1-139, 141-178
- , 王荷生. 1983. 中国自然地理 (上册). 北京: 科学出版社
- 董玉祥, 刘玉璋, 刘毅华等. 1995. 沙漠化若干问题研究. 西安: 西安地图出版社
- 董光荣, 高尚玉, 金炯等. 1997. 青海省共和盆地土地沙漠化与防治途径. 北京: 科学出版社
- 董光荣, 董玉祥等. 1996. 西藏“一江两河”中部流域土地沙漠化防治规划研究. 北京: 中国环境科学出版社
- 董旭, 张胜邦. 1995. 高寒沙区防治沙漠化中几个问题的思考. 青海农林科技, (3)
- 廖国藩等. 1996. 中国草地资源. 北京: 中国科学技术出版社
- 魏振铎. 1986. 青海省北部荒漠化在继续加剧. 青海环境, (1)

书中引用主要参考资料

- 李江英, 周陆生, 陈芳等. 青海高原无测站地区热量资源的推算方法
- 乌兰县人民政府, 海西州区划大队. 青海省乌兰县农牧业自然资源调查区划报告. 1992
- 都兰县人民政府, 海西州区划大队. 青海省都兰县农牧业综合区划文集. 1988
- 青海省林业勘察设计院. 青海省沙漠化普查报告. 1994
- 青海省林业勘察设计院. 青海省荒漠化监测成果. 2000
- 青海省林业勘察设计院. 青海省沙化土地监测成果. 2000
- 青海省气象科学研究所. 青海省农牧业气候资源分析及区划. 1985