



攻克“三大难题”论文集

青藏铁路建设环境保护研究

孙永福 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

攻克“三大难题”论文集

青藏铁路建设冻土工程研究

青藏铁路建设卫生保障研究

青藏铁路建设环境保护研究



ISBN 978-7-113-07169-1



9 787113 071691 >



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

地址：北京市宣武区右安门西街8号

邮编：100054

网址：WWW.TDPRESS.COM

ISBN 978-7-113-07169-1/TU · 840

定 价： 138.00 元

铁路科技图书出版基金资助出版

攻克“三大难题”论文集

青藏铁路建设环境保护研究

孙永福 主编

中国铁道出版社

2007年·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

青藏铁路建设环境保护研究/孙永福主编. — 北京: 中国铁道出版社, 2007. 7
ISBN 978-7-113-07169-1

I. 青… II. 孙… III. 青藏高原—铁路工程—环境保护—文集
IV. X731.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 063204 号

书 名: 青藏铁路建设环境保护研究

作 者: 孙永福 主编

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市宣武区右安门西街 8 号)

策划编辑: 叶 娟 王俊达

责任编辑: 许上杰 徐 艳 张 悦 时 博 张 婕

封面设计: 马 利

印 刷: 北京盛兰兄弟印装有限公司

开 本: 880 mm×1230 mm 1/16 印张: 21.75 字数: 472 千

版 本: 2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 1~1 200 册

书 号: ISBN 978-7-113-07169-1/TU·840

定 价: 138.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

联系电话: 010-63549496 (市电) 021-73174 (路电)

网址: <http://www.tdpress.com>

编辑委员会

主	编	孙永福					
副	主 编	卢春房					
执行副主编	黄 民	何华武	耿志修	郑 健	张曙光		
	杨建兴	方兰珍	安国栋	覃武凌	黄弟福		
编	委	杨忠民	吴克俭	韩树荣	苏全利	周孝文	
		朱振升	铁春林	刘新科	胡书凯	王志坚	
		张克敬	拉有玉	才 凡	吴维洲	赵世运	

本书策划组

组	长	杨忠民				
副	组 长	严贺祥	胡书凯	拉有玉		
成	员	姜正才	邱晓燕	衣化如	陈方荣	
		王学杰	宋 洁	答治华	李耀增	
		秦建成	孙士云	熊永钧		

序 言

坚持环境保护基本国策，是落实科学发展观的重要举措，是建设社会主义和谐社会的内在要求。围绕把青藏铁路建成世界一流高原铁路这个总目标，在环保方面提出了建设高原生态环保型铁路的具体要求。青藏铁路建设五年多来，在各个方面共同努力下，全面落实各项环保措施，大力创新高原环保技术，走出了一条依法环保、全员环保、科技环保的新路子。

青藏铁路格尔木至拉萨段穿越素有“世界屋脊”、“地球第三极”之称的青藏高原的腹地。青藏高原保存着相对完整的特殊生态系统和特有物种，野生动植物资源、水资源、矿产资源等十分丰富，是我国和南亚、东南亚地区的“江河源”、“生态源”，是世界山地生物物种一个重要起源和分化中心。青藏铁路沿线生态环境具有独特性、原始性、脆弱性和敏感性。在这样一个对全球环境具有特殊意义的地区修建铁路，必须以对子孙后代负责的精神，把环境保护放在优先位置，统筹安排，周密部署，做到重大工程建设与环境保护和谐统一，建设一条高原生态环保型铁路。

增强全员环保意识，是建设高原生态环保型铁路的思想基础。青藏铁路建设始终坚持对全体参建人员进行广泛深入、形式多样、内容生动的环保宣传教育，提高对环保重要意义的认识。不仅对领导干部、工程技术人员进行环保技术培训，而且对工人、民工进行遵纪守法教育，环保宣传资料人手一册，环保宣传牌随处可见。“十分爱护青海、西藏的生态环境，十分爱护青海、西藏的一草一木，精心保护我们祖国的每一寸绿地”，成为广大建设者的共同誓言和自觉行动。在千里铁路建设工地上，形成了人人重视环保、人人参与环保的良好氛围。涌现出一大批自觉保护植被、保护水源、保护野生动物的先进典型，感人事迹广为传颂。

严格执行环保法律法规，是建设高原生态环保型铁路的行动准则。青藏铁路建设自始至终贯彻了“预防为主、保护优先”方针和“三同时”原则。在建设前期阶段，按照环境保护法、水土保持法、野生动物保护法等法律法规，组织专家深入青藏铁路实地考察，开展多项环保课题研究，对沿线生态环境影响进行科学论证。先后编制了环境影响评价大纲、环境影响报告书，针对工程对环境有影响的问题提出了环保方案，进行了认真的环境影响评价。以环境影响评价结论指导设计、施工和环境管理。在设计阶段，确定了尽量绕避自然保护区、设置野生动物通道、保护冻土和湿地环境等设计原则。初步设计编制了环境保护篇，施工设计明确了环保措施，重要工点作出了环保工程设计，用于环保工程的投资达 15.4 亿元。在施工阶段，制定施工环保管理与监控计划，实行质量环保安全一体化管理。在竣工投产时，严格组织铁路内部环保检查验收，经认真整改后报请国家组织环保验收。

建立健全环保工作机制，是建设高原生态环保型铁路的可靠保障。青藏铁路建设总指挥部负责制定和检查落实环保管理制度，设计单位明确环保措施，施工单位具体落实环保措施并承担责任，工程监理单位负责施工环保日常监理。总指挥部委托具有工程监理资质并经环境保护业务培训的第三方单位，对设计文件中环保措施的实施情况进行工程环境监理。由专职的工程环保监理对施工环保进行全面监控，这在我国重大工程建设项目中尚属首次。在青藏铁路建设总指挥部统一领导下，把环保纳入各单位考核重要内容，实行严格的奖惩制度，有效调动了环保积极性。国

家有关部门加强指导、监督，青藏两省区有关部门加强协调、监测，地方环保部门与施工单位签订了环保责任书，对搞好环保工作发挥了重要作用。

攻克环保关键技术，是建设高原生态环保型铁路的强力支撑。开展植被恢复与再造技术研究，从收集的34种高原草种中选出18种，分别在海拔4300米的当雄、海拔4500米的沱沱河和海拔4700米的安多进行试验，中选出耐寒抗旱成活率高的9种优质草种。同时，总结27标段移植草皮和种草经验，形成规范化的工法，在全线有条件的地段推广，收到良好效果。组织专家调查野生动物分布情况和活动规律，研究设置了桥下、隧顶和路基缓坡平交三种形式野生动物通道。现场监测发现，大批野生动物经由桥梁下部迁徙，证明设置桥下通道可行、有效。因此，从运输安全考虑，路基缓坡平交通道不宜保留，可就近改走桥下和涵洞通道。研究确定主动降温、冷却地基的设计思想，总结了成套工程技术措施，保护了多年冻土环境。采取多种措施保持路基两侧地下水贯通，从而保护了湿地环境。研制成功运营污水污物处理设施，已经投入使用。创新高原环保关键技术，彰显出青藏铁路环保新水平。

在青藏铁路建设期间，沿线植被、湿地、冻土、自然景观等都得到有效保护，水土流失得到有效防止，江河湖泊未被污染，野生动物迁徙未受影响，环境保护成绩显著。国家环保总局、水利部、林业局等部门多次进行检查认为，青藏铁路建设环保管理经验居国内重点工程建设项目领先水平，具有示范意义。全国人大环资委对青藏铁路环保工作进行专题调研后认为，青藏铁路建设是落实科学发展观的具体体现，是构建人和自然和谐的重要范例，是依法环保的先进典型。国家审计署对青藏铁路环保进行专项审计后认为，青藏铁路建设严格执行环保法规，规范管理环保资金，全面落实环保措施，取得了我国重大建设项目环境保护的突出成绩。

现在，青藏铁路全线开通运营。要认真总结青藏铁路建设环保工作经验，继续做好运营环保工作，保持高原生态环保型铁路的良好形象。《青藏铁路建设环境保护研究》反映了青藏铁路环保重要成果，是科研、设计、施工、监理等部门环保工作人员的智慧结晶。这本论文集，不仅为总结青藏铁路建设环保工作打下了基础，而且为搞好青藏铁路运营环保提供了借鉴，也可供重大工程建设项目环保工作参考。在此，谨向青藏铁路环保工作人员和全体建设者致以崇高敬意！

孫永福

二〇〇七年三月

目 录

综 论

建设青藏高原生态环保型铁路	孙永福 (1)
青藏铁路建设环境保护理念创新与管理实践	铁道部发展计划司 (9)
高原地区铁路建设中的生态环境保护管理	青藏铁路公司 青藏铁路建设总指挥部 (18)
青藏铁路建设施工期的环境保护管理	王志坚 赵新宇 答治华 (28)
青藏铁路建设的生态环境保护	杜有玉 (32)
打造一流设计精品 创建高原生态铁路	铁道第一勘察设计院青藏铁路环保项目组 (37)
青藏铁路与环境保护	冉 理 (43)
青藏铁路沿线的生态环境特点及保护对策	孙士云 (47)

高寒植被保护

青藏铁路建设对沿线高寒生态系统的影响与恢复研究	沈渭寿 张 慧 邹长新 曹学章 唐晓燕 (53)
沱沱河试验段移植原生草种护坡工程效果分析	杨印海 张 芳 惠旭辉 (62)
青藏铁路高寒地区植被生态恢复理论与对策研究	董林水 张旭东 漆良华 周金星 (68)
青藏铁路高寒草原植被恢复与再造的研究	魏建方 (76)
青藏铁路沿线垫状植物的现状调查	李冬雪 黄玲玲 周金星 (84)
10 标段和 29 标段路基边坡植草的试验研究	高国朋 高福记 (91)
古露人工湿地再造技术	于春红 李少亮 王兴亚 (100)
27 标段草皮移植施工技术	宁佐春 黄 洁 (105)
15 标段施工期植被的防护与生态恢复	程 昊 甄晓云 (110)
5 标段多年冻土区植被保护	何 兵 (115)

野生动物通道

青藏铁路沿线野生动物现状与保护对策	杨奇森 冯祥建 等 (118)
交通设施对可可西里藏羚羊季节性迁移的影响	夏 霖 杨奇森 等 (128)
青藏铁路沿线野生动物的栖息状况	姬明周 吴晓民 等 (135)
青藏铁路动物通道的有效性监测	吴晓民 姬明周 等 (142)

水土保持措施

唐拉段沿线水土流失现状与防治对策	杜 蓓 (150)
青藏铁路路基风蚀防治措施研究	刘世海 许兆义 杨成永 (155)
格拉段水土保持监测方案	许兆义 刘世海 杨成永 (162)
青藏铁路施工期土壤侵蚀预测	邹长新 沈渭寿 张 慧 (167)

多年冻土保护

青藏铁路建设与冻土环境	答治华 任卫来 (175)
青藏铁路修建对冻土环境的影响与对策	杜 蓓 武 军 (179)
冻土环境路基工程保护措施	石刚强 宴 顺 (186)
冻土地段的施工与环境保护	王友芽 胡种新 (191)
风火山隧道施工的环境措施	杨文宣 (196)
6 标段施工中的冻土环境保护技术	刘见青 (200)
16 标段环境保护措施与方法研究	徐存良 (206)
青藏铁路“三电”工程施工中的环境保护	王明晶 (211)

旅游生态景观

青藏铁路沿线旅游景观保护	赖文宏 (216)
唐拉段沿线景观美学评价方法研究	张 慧 沈渭寿 邹长新 江腊沙 (221)
青藏铁路的生态环境影响与效益	陈 佐 (230)
精心培育青藏铁路纪念林	
拉萨火车站绿化建设纪实	宋 歌 (235)

污染防治研究

青藏铁路站车固体废物处置方式探讨	陈泽昊 阮志刚 马 龙 (240)
青藏铁路低温生活污水处理试验研究	侯世全 李德生 栗 健 (250)
格拉段旅客列车垃圾处理的探讨	刘 丹 李启彬 查 坤 (257)
青藏铁路旅客列车粪便污水处理新技术的试验研究	李德生 (261)

施工环保管理

措那湖路段施工期环保措施	王庆辉 (270)
青藏高原湿地施工环保措施	李军涛 (276)
3 标段和 12 标段施工期环保措施	曹玉新 李西亚 吴则沛 (283)
青藏铁路施工期环境保护工作管理	宁佐春 黄洁 (288)
青藏铁路临时施工便道恢复方法的探讨	李维生 (292)
自然保护区地段的施工环保工作	张爱忠 (296)
青藏铁路铺架作业环保监控控制	李清芳 敬廷银 (300)

行政监督与运营管理

青藏铁路建设环保行政监察的探索与实践	郝青俊 范锐洪 (304)
西藏段环境管理和行政监督	西藏自治区环境保护局 (311)
从青藏铁路看铁路、公路等线性交通工程施工期环境监理	白晓军 陈泽昊 (315)
《青藏铁路格尔木至拉萨段运营期环境保护实施管理办法》的研究	姜海波 李耀增 孙健 (321)
青藏铁路运营期次生环境影响与对策	夏先芳 (326)
青藏铁路格拉段列车生态观光旅游产品的开发与设计	陈致杭 李渤生 (330)
后 记	(337)

建设青藏高原生态环保型铁路

孙永福

(铁道部, 北京 100844)

摘 要:青藏铁路格拉段全长1 142 km, 是世界上海拔最高、线路最长的高原冻土铁路。工程建设面临自然保护区、野生动物保护、植被和自然景观保护、江湖水源保护、冻土环境保护、水土保持等一系列问题。为了将青藏铁路建设成高原生态环保型铁路, 采取了依法开展环保工作, 增强全员环保意识, 创新环保管理制度, 强化环保工程设计, 加强环保监督检查, 狠抓环保科研攻关等措施, 努力创建高原冻土铁路环境保护管理新模式, 从而减少了对珍稀野生动物和高原植被的影响, 防止了江河源头的污染, 保护了湿地和冻土环境, 控制了水土流失, 有效地保护了青藏铁路沿线生态环境, 在国家重点建设工程项目中处于领先水平, 具有示范意义。

关键词:青藏铁路; 高原生态; 环境保护; 工程建设

0 引 言

青藏铁路格尔木—拉萨段(简称格拉段), 全长1 142 km, 是世界上海拔最高、线路最长的高原冻土铁路, 是当今世界高原最具挑战性的工程项目, 是人类铁路建设史上的伟大壮举。工程建设面临多年冻土、高寒缺氧、生态脆弱三大世界性难题的严峻挑战。五年来, 全体建设者从实践“三个代表”重要思想、落实科学发展观的高度, 把建设生态环保型铁路当作造福当代、惠及千秋的大事来抓, 严格实施各项环保措施, 进行了有益探索, 积累了宝贵经验, 收到了良好效果, 有效保护了青藏铁路沿线生态环境。全国人大环资委在专题调研后认为, 青藏铁路建设是落实科学发展观的具体体现, 是人与自然和谐相处的重要范例, 是依法保护环境的先进典型。国家环保总局等部门多次检查后认为, 青藏铁路建设环境保护在国家重点建设工程项目中处于领先水平, 具有示范意义。国家审计署在专项环保审计后认为, 青藏铁路建设严格执行环境保护法律法规, 规范管理环保资金, 全面有效落实各项环境保护措施, 环境保护工作取得了突出成绩, 为我国重大建设项目工程建设与环境保护协调开展积累了宝贵经验。2006年3月1日, 青藏铁路格拉段已经开通货物运输, 7月全线开通运营, 一条世界一流的高原生态环保型铁路将展现在世人面前。

1 青藏铁路建设面临的生态环境保护难题

青藏高原是世界上最年轻、海拔最高、对生态环境影响最大的高原，是全球相对特殊的地理单元和区域，素有“世界屋脊”、“地球第三极”之称。青藏铁路（格拉段）从青藏高原腹地穿过，处于3 000 m以上的高海拔地区，其中有960 km在海拔4 000 m以上，占线路总长的84%，翻越唐古拉山的铁路最高点海拔5 072 m（世界上已建铁路最高点是4 817.8 m）。线路全长1 142 km（其中新建正线1 110 km，既有线改造32 km），共设车站34个，设计工程总量为：路基土石方7 807万 m^3 ，桥梁159 879延长米，涵洞35 611横延米，隧道9 527延长米，永久用地6 240公顷，临时用地6 174公顷。工程浩大艰巨，环境保护面临一系列难题。

1.1 自然保护区保护问题

青藏高原是世界上仅有的独特生态环境系统和世界山地生物物种一个重要的起源和分化中心，是亚洲气候变化的“起搏器”。高原独特的自然环境条件，对周边地区气候和水资源具有直接影响。由于高原内部水热条件的差异，形成了独特的高寒生物区系。高寒草原在亚洲和世界高寒地区中均具有代表性，至今还基本保持着原始的自然演变过程。为保护青藏高原独特的高原高寒生态系统，我国建立了可可西里、三江源等国家级自然保护区。青藏铁路将对自然保护区生态环境产生切割影响。如何把建设对自然保护区的影响降到最低，这是我们设计、施工必须解决的问题。

1.2 野生动物保护问题

青藏高原复杂多样的生态环境，为各种高原动物提供了繁衍生息的有利条件，虽然高原动物物种少，但珍稀特有动物物种多，种群数量大。特有高原哺乳动物种数11种，占高原哺乳动物总种数的68%；特有高原鸟类科7种，占高原鸟类总种数的23%；此外还有高原特有两栖爬行动物80多种、鱼类100多种。如何保护野生动物生存的生态环境不受改变，是青藏铁路建设环境保护的重要内容。特别是南北走向的铁路可能阻隔东西方向的野生动物迁徙路径，如何设置野生动物通道是面临的全新课程。

1.3 植被和自然景观保护问题

青藏高原自然景观自东南向西北呈现高寒灌木—高寒草甸—高寒草原—高寒荒漠更替。既有由这些生态系统组成的水平地带系列，又有高寒草原、高寒草甸、冰雪带等垂直带系列。同时，在水平地带系列中还间布有一定面积的沼泽植被、垫状植被，使自然景观呈现出多样性。铁路沿线有万山之祖昆仑山，有旅游名胜玉珠峰、措那湖、雁石坪，唐古拉山南坡喀斯特岩溶地貌天然神奇。青藏铁路建设必须保护沿线植被环境和自然景观不受破坏。

1.4 江湖水源保护问题

青藏高原是中国和南亚地区的“江河源”，长江、黄河、雅鲁藏布江等大江大河均发源于此，高原湖泊星罗棋布。青藏铁路跨越柴达木内河、长江、扎加藏布河及怒江、雅鲁藏布江等五大水系，线路沿措那湖岸边穿行20多公里。青藏铁路建设中确保水源水质不受污染是一项重要任务。

1.5 冻土环境保护问题

青藏高原是世界上中、低纬度海拔最高、面积最大的多年冻土分布区，面积约150万 km^2 ，

占中国多年冻土面积的70%。与高纬度多年冻土相比,青藏高原冻土具有温度高、厚度薄和敏感性强的特点。青藏铁路穿越从昆仑山北麓至安多长达550 km的连续多年冻土区,其中,高温不稳定性 and 高温极不稳定性冻土地段长度为210 km;多冰、富冰、饱冰冻土和含土冰层路段长达300 km,占多年冻土区总长度的一半以上。另有岛状冻土、深季节冻土分布。除了气候转暖对多年冻土环境的影响外,还存在着人为活动的影响。多年冻土环境变化,将导致高温冻土区的冻土退化,高含冰量冻土地段地表破坏,导致发生热融沉降等问题。保护冻土环境是建设青藏铁路的关键所在。

1.6 水土保持问题

由于青藏高原特殊的地理和气候条件,生态环境十分敏感、脆弱,物质循环和能量转换过程缓慢,植物种类较少,生长期短,物产量低。唐古拉山以北大部分路段植被稀疏,荒漠化严重,而且在长期低温环境下生长的高寒植物和地表植被,一旦破坏,很难恢复,具有不可逆性,并会加速冻土融化,引起土壤沙化和水土流失。必须采取切实可行措施,搞好工程防护。唐古拉山以南湿地发育,线路经过湿地,既要确保工程稳定可靠,又要保持湿地水源的联通性,防止湿地萎缩。

2 创建高原冻土铁路环境保护管理新模式

科学发展观的核心是以人为本,明确要求坚持可持续发展,促进人与自然相和谐,实现经济发展和人口、资源、环境相协调,坚持走生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路,保证一代接一代地永续发展。青藏铁路建设在国家重大基础设施建设中具有举足轻重的地位。切实解决青藏铁路建设面临的一系列环保难题,不以牺牲青藏高原的生态环境为代价,是建设世界一流高原铁路的重要内容。为此,我们吸取国内外工程建设环保经验,结合青藏铁路建设实际,积极探索,勇于实践,努力创建建设高原生态环保型铁路的新模式。

2.1 依法开展环保工作

环境保护是我国的基本国策。我们在青藏铁路建设全过程中,自始至终贯彻中华人民共和国《环境保护法》、《水土保持法》、《野生动物保护法》等环境保护法律法规。确立了“预防为主、保护优先、开发与保护并重”的环保工作方针和“环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产”的“三同时”环保工作制度。明确提出了确保江河源水质不受污染,野生动物迁徙不受影响,多年冻土环境、植被和湿地环境、铁路两侧景观不受破坏,努力建设具有高原特色的生态环保型铁路的环境保护总目标。根据《全国生态环境建设规划》和《全国生态环境保护纲要》,切实做好环境影响评价工作,开工之前就针对面临的生态环境问题,确定了多项课题,对青藏铁路建设的生态与环境的影响进行了科学、严密的论证,组织编写了青藏铁路全线环境影响评价大纲和青藏铁路格拉段自然保护区野生动物专题报告。组织有关专家和工程技术人员到沿线进行现场调研,多次召开研讨会,广泛听取各方面的意见和建议,由建设和设计单位先后编制了格尔木—唐古拉山段、唐古拉山—拉萨段环境影响报告书(含水土保持方案),经铁道部预审后报国家环保总局和水利部,正式批复后组织实施,指导青藏铁路建设环境保护和水土保持工作依法开展,规范运行。按照国家有关法规、环境影响评价技术规范和青藏铁路建设环保工作总体目标,用生态环境

评价结果指导设计、施工和环境管理,深入开展研究和实地考察,分析了铁路工程可能对自然保护区生态环境造成的影响,制定了青藏铁路全线工程环保对策,提出了缓解对自然保护区环境影响的方案和措施,有效地保护了铁路两侧自然保护区生态系统的完整性。

2.2 增强全员环保意识

让全体建设者参与环保是宪法赋予的权利,是现代文明的体现。保护环境,实现人与自然相融、共同持续发展的长远目标,人人有责。我们在青藏铁路建设中,把增强全员环保意识作为重要一环来抓,不断强化全员环保教育,确立可持续发展思想,使全体参建人员自觉保护生态环境。我们编印了《青藏铁路施工期管理人员环保手册》、《青藏铁路施工期施工人员环保手册》等资料,发放到全体参建人员,普及环保知识。坚持对施工人员进行环保专业技术培训,共举办40多次培训班,培训各类人员4300多名。通过培训教育,使参建人员明确了环保工作目标,熟知环保工作要求,为在施工中落实环保措施奠定了坚实的群众基础。广泛开展环保宣传活动,使全体参建人员树立生态文明观、生态伦理观、生态平衡观和生态安全观。在生活营地和施工工地竖立了500多块环保宣传标语牌,诸如“科学施工珍爱生态环境”、“爱护高原每寸绿地”、“珍爱野生动物、呵护高原生态”等,大力营造人人关心环保、人人参与环保、自觉保护环境的良好氛围,把珍爱青藏高原一山一水、一草一木的要求变为广大参建人员的自觉行动。广大建设者自觉履行保护生态环境的义务,保护江河源水质,不向江河源流中排放污水、倾倒垃圾;自觉维护生态多样性,不捕杀国家明令禁止的野生动物。分布在可可西里的国家濒危一级保护动物藏羚羊,每年6~7月都集结成群,长途跋涉前往卓乃湖、太阳湖等地产仔。为确保藏羚羊顺利通过,前去繁衍生息,施工人员和施工机械撤离工地,拔掉让藏羚羊警觉和恐怖的彩旗,主动停工让道。有的单位精心养护受伤的藏羚羊,康复后放归大自然,最大程度地保证了铁路沿线野生动物的正常活动,使“保护环境,从我做起”较好地落到了实处。

2.3 创新环保管理制度

做好高原铁路建设环保工作,没有现成经验可资借鉴,必须大胆创新,建立符合青藏高原环境特点的环保管理制度,探索具有青藏铁路建设特色的环保之路。我们在中国铁路建设史上首次建立了全线环保监理制度,由青藏铁路建设总指挥部委托第三方对全线环境保护进行全过程监控。监理内容包括施工期“三同时”落实情况、各种固体废物弃物处置、废水污水处理、保护野生动物、环境质量事故处理、参与阶段性环保验收和群众投诉反映污染情况等,环保监理按照规范要求执行环境影响评价制度,严格管理全线环保设施运行,检查排污许可证申报与审批,报告环保监理工作,持证上岗,公开行为规范、工作制度、工作程序、违规处罚和执行情况,接受社会各方面监督,及时处理违规行为。青藏铁路全线推行环保监理制度受到国家环保总局的高度关注,已专门下发文件,在全国部分重点工程建设项目中推广运用。

建立了由青藏铁路建设总指挥部统一领导、施工单位具体落实并承担责任、工程监理单位负责施工环保工作日常监理、专职环保监理实施全面监控的“四位一体”环保管理体系。提出“质量环保双优”目标要求,把环保工作纳入“建功立业劳动竞赛”和“优质工程”评定范围。依法制定《青藏铁路建设施工期环境保护管理办法》,建立了环保工作记录、环保措施审查、环保监理和检查、临时工程核对优化、施工期和运营期污水防治、环境综合整治与定量考核、环保奖

惩、环保目标责任追究、总结环保经验和先进工法等一整套环保管理制度和措施。做到环保制度健全,环保措施严格,环保责任到位,环保管理科学、机构人员到位。青海省和西藏自治区环保部门与青藏铁路建设总指挥部及参建单位签订环境保护责任书。严格执行这些环保管理制度和措施,对做好重大工程建设环境保护工作发挥了积极作用。

2.4 强化环保工程设计

搞好环保工程设计,从源头上把关,是把青藏铁路建设对生态环境的影响降到最低程度首要前提。我们在保护多年冻土环境方面,针对沿线不同特点冻土,开展科研试验,工程设计中采用了片石气冷路基、碎石护坡、片石护道、热棒路基等工程措施。在保护野生动物方面,开展优化线路设计,尽量避开野生动物栖息、活动的重点区域,减缓了对保护区的切割和完整性影响,尽量减少对自然保护区的干扰。对动物通道形式进行了优化设计。藏羚羊、藏原羚等中小型动物的桥下通道净高应大于3 m,藏野驴、野牦牛等大型动物的桥下通道净高应大于4 m,高寒草原草甸动物群通过的路基缓坡通道坡度小于35°,最大程度地保证铁路沿线野生动物的正常活动。在保护沿线自然景观方面,对全线295处取弃土场和砂石料场逐个进行现场核对和优化设计,共优化238处。取土场、砂石料场设置在距线路500 m以外偏僻处,尽量相对集中。在保护江河湖泊方面,对特别重要点进行专项环保设计。专门编制了江河源、措那湖和拉萨河大桥等重点路段施工专项环保设计篇章。优化沿线车站站房设计,努力做到一站一景,使沿线车站成为新的景观。

2.5 加强环保监督检查

把环保监督检查融入青藏铁路工程建设全过程,可为建设高原生态环保型铁路保驾护航提供有力保障。国家环保总局和铁道部联合下发了《关于加强青藏铁路建设生态环境监督管理工作的通知》,对施工期内的环境保护和监督检查工作做出了专门部署。国家环保总局、国土资源部、水利部、国家林业局等有关行政主管部门多次派出检查组检查施工中各项环保措施落实情况,肯定成绩,提出问题,指导改进,一旦发现违反环境保护规定的行为,即予以严厉处罚。铁道部依法行使环保检查职能,经常开展环保执法检查,检查内容包括完善环保制度和措施,保护高寒植被、冻土环境、野生动物、江河源头和湿地,避免施工引起水源区沙化、湿地萎缩、草地退化和水质污染,防止土壤侵蚀等,及时解决发现的环保问题。青藏铁路建设总指挥部设立了环保部门,配备了专(兼)职环保工作人员,组织专家咨询评议会,定期对工程设计质量和生态环保工作方案进行评估,在全线公布举报电话,公开环保信息,随时受理环保投诉,接受各方面环保监督。各施工单位进行环保自检自查,已完工地段组织开展内部环保验收工作,保证环保措施落到实处。一些施工单位还设置了生态环境保护监管员,负责施工现场沿线的生态保护工作。青海省和西藏自治区环保部门设立了青藏铁路环保行政监察办公室,定期监察全线环保工作,及时纠正了违规现象,确保了环保工作规范运作。加强环境监测是开展环保监督检查的重要内容。为了准确、及时、全面地反映铁路沿线环境保护工作的质量现状及其变化趋势,我们运用采样技术、测试技术和数据处理技术,对影响环境质量各种因素的代表值进行测定,对发现的环保问题及时调查处理,保证定点、抽样监测规范,公布监测结果真实可靠。委托青海省和西藏自治区环保局对格尔木河、楚玛尔河、沱沱河、通天河、联通河、拉萨河等河流水质进行监测,在全路开创了工

程建设委托第三方监测水质的先例。2005 年国家审计署对青藏铁路环境保护工作进行了专项审计, 给予充分肯定, 对进一步提高青藏铁路建设环境保护管理水平, 起到了很大的促进作用。

2.6 狠抓环保科研攻关

搞好青藏铁路建设的环境保护, 离不开科学技术的有力支撑。为破解环保难题, 我们组织国内各方面环保科研力量, 与建设、设计、施工单位一起开展环保科研攻关和环保工艺创新。从青藏铁路建设立项开始, 对沿线自然保护区、珍稀野生动物、生物多样性和多年冻土环境现状进行了 8 次大规模现场调研、踏勘和采样。设计阶段开展了青藏铁路格拉段“环境影响评价总体设想”、“主要环境敏感问题”和“设计、施工期的环境保护方案”等 6 个专题的科学研究, 编制了“青藏铁路格拉段自然保护区野生动物专题报告”。施工阶段开展了“野生动物通道适应性以及通道功能评价”、“铁路隔离带对野生动物生存环境选择和遗传多样性的影响”、“青藏铁路高寒植被恢复与再造试验”等课题研究。大力开展环保工艺创新, 总结推广路基边坡、水沟和取土场植草等先进工法。中铁十四局集团公司在进行科技攻关的 14 个施工工艺难题中, 涉及环保施工的就占了一半。用取得的大量科研试验成果指导青藏铁路建设的环保设计和施工, 在攻克“生态脆弱”难题中起到了重大作用。

3 青藏铁路建设环保工作的主要成果

3.1 保持了自然保护区的整体功能

青藏铁路经过可可西里和三江源自然保护区。铁道部提出了调整铁路沿线自然保护区功能的建议, 即将铁路西侧一定范围内的缓冲区, 调整为实验区。经国家林业局和青海省人民政府批准, 同意将可可西里自然保护区和三江源自然保护区的楚玛尔河—索加野生动物核心保护区, 距铁路西侧最近的 2 km 范围的缓冲区, 调整为实验区。这就完善了自然保护区功能区的划分, 维护了自然保护区的完整性。

3.2 实现了高海拔植被有效保护

植被难以生长的路段保留施工范围内路基和施工车辆所经处的地表植被, 逐段移植, 将其连同腐植土易地假植保存, 待路基成型后, 再覆盖到已完成的路基边坡或施工场地表面, 使地表植被的损失减少到最小程度。对自然条件稍好的当雄、沱沱河、安多等地段选择 3 种不同类型植被区, 精选适合高寒环境的高原草种, 辅以适合的喷播、覆膜等播种繁育培育技术, 进行人工路基边坡植草试验和植被恢复试验, 进行植被再造, 尽最大努力恢复地表植被。试验总面积近 3 万 m^2 均获成功, 开创了世界高原、高寒地区人工植草试验成功的先例。我们及时把研究成果总结成草皮移植工法和人工植草工法, 在全线有条件的区段进行推广。唐古拉山以南安多—拉萨段路基两侧已形成了“绿色长廊”。严格划定施工范围和人员、车辆行走路线, 防止对施工范围之外区域的植被和地表覆盖层造成碾压和破坏。

3.3 保证了野生动物迁徙不受影响

铁路选线尽量避开野生动物栖息、活动的重点区域, 西藏段工程绕避了林周彭波黑颈鹤自然保护区。对于经过可可西里、三江源等自然保护区的线路进行了多方案比选, 尽量走在青藏公路东侧, 减少对自然保护区的影响。组织国内专家研究野生动物保护问题, 深入调查沿线野生动物

分布习性和迁徙规律,结合自然条件在远离站场的路段设置了桥下、隧顶和路基缓坡平交等三种形式的野生动物通道共33处。对于习惯在高山裸岩、高山草甸地区活动的高山山地动物群(如盘羊、岩羊、白唇鹿等),设置上方动物通道;对于习惯在平缓地区活动的高寒草原草甸动物群(如藏羚羊、藏原羚等),设置桥梁下方通道或缓坡平交通道;对于沼泽湿地动物群和野生动物种群复杂的区段,综合设置复合式动物通道。这在我国重大工程建设项目中尚属首例。国内专家学者对此看法不一,有的专家认为野生动物不会从铁路桥下通过,有的专家则认为野生动物对新的迁徙环境也有适应性。通过开展野生动物穿越动物通道诱导试验研究和现场监测,表明野生动物能够逐步适应新的迁徙环境。据现场监测报告,2004年仅从可可西里五北大桥这一处动物通道经过的藏羚羊就有4000多只,证明青藏铁路设置野生动物通道可行、有效。

3.4 做到了江河湖泊不受污染

贯彻“防、治、管”三结合方针的综合措施,控制江河湖泊水源不受污染。将河滩采砂产生的含砂废水排入泥砂沉淀池,泥砂沉淀后再排入河流;对施工营地产生的污水进行简易污水池处理;把桥梁基础施工及混凝土拌合站产生的冲洗泥浆废水用静置沉淀法进行固液分离,分离出的水用于喷洒施工场地或便道降尘;保证了使施工、生活产生的废水污水在排入水体环境之前达到国家规定的排放标准,避免因施工引起水源区沙化和水质污染。施工单位在20多公里措那湖沿湖路段,用13万条装满砂石的编织袋垒成护堤,有效防止施工泥沙入湖。在拉萨河特大桥施工中,施工单位采取严格的环保措施,采用旋挖钻机干法成孔,防止泥浆污染拉萨河水。施工固体废物和营地生活垃圾分类收集,不可降解成分运至环保条件允许的地点集中处理。建立污水处理设施,沱沱河站污水处理必须达到国家规定的生活用水水源水质标准,其他车站污水处理达标后将用于车站范围内的绿化,不直接排入地表水体,有效合理的利用了水资源。旅客列车采用封闭式车体,车上粪便收集、垃圾装袋,运至高原下交车站集中处理。尽量减少车站的设置,建成后的沿线车站取暖使用以电能、太阳能、风能为主的环保型能源。尽量采用远程自动化控制,机械化维修,减少高原上的组织机构和人员,最大限度地防止人群活动造成次生环境影响。

3.5 确保了湿地环境、冻土环境和自然景观不受破坏

湿地被称之为高原肾脏,是调节地区温度和湿度的重要生态因素。为了最大限度地保护湿地环境,我们尽量减少在湿地区域修筑路基的长度,采取“以桥代路”、“涵洞改桥梁”和路基段增加涵洞设置等措施,有效保持了青藏铁路沿线湿地地下水的联通性。对湿地区域工程表土和植被均采取异地移植和有效养护,施工结束时回铺恢复。在开心岭2号大桥湿地桥梁施工中,将施工破土地表草皮移植养护用于桩基础周围植被恢复;在西藏羌塘草原露天车站施工时,在原湿地旁植被稀疏处挖掘出与湿地等高的洼地,引入湿地原水,把原湿地牧草连根挖出半米深植入洼地内,再造出8万 m^2 “人工湿地”;在措那湖路段施工中,施工单位共移植草皮9万多平方米,较好地保护了湿地的生态环境。

高原寒区冻土环境极其脆弱,一旦破坏,相当长时期内极难恢复,甚至根本无法完全恢复。为了有效保护冻土环境,我们确立了“主动降温、冷却地基、保护冻土”的设计思想,在不断探索和实践实现了“对冻土环境分析由静态转变为动态,对冻土保护由被动保温转变为主动降温,对冻土治理由单一措施转变为多管齐下、综合施治”的“三大转变”。结合青藏铁路多年冻

土试验工程研究,采用了能够保证铁路沿线冻土路基稳定性的片石气冷路基、碎石(片石)护坡或护道、通风管路基、热棒等技术,对高温极不稳定等特别复杂的多年冻土地段采用桥梁通过措施,为全线的设计、施工和运营、维修奠定了良好基础。

为保护铁路沿线自然景观,取消在玉珠峰、措那湖等风景区内不符合景观要求的取土场、砂石料场;对已完工地段及时做好线路两侧施工场地、营地、便道、取弃土场、砂石料场及邻近区域的地表恢复,清除施工痕迹;全力保护沿线自然遗迹、人文遗迹、风景名胜区,主动修复藏北八塔、天葬台等铁路沿线人文景观;集资修建沱沱河长江源风景区,使青藏铁路与人文环境达到和谐统一,许多地段已成为弘扬藏民族文化的靓丽风景,受到青海省和西藏自治区人民及社会各界的高度赞扬。

3.6 防止了铁路沿线水土流失

认真落实《水土保持法》,采取有效措施防止铁路沿线水土流失。对宜于植草地段的路基边坡大量采用草皮防护。南山口—昆仑山不宜于植草的地段采用干砌片石或混凝土预制块方格型骨架护坡进行防护,或采用挂网喷射混凝土防护。半固定沙丘和风沙流地段,在路基两侧设了石方格或土工格栅。楚玛尔河、沱沱河以及唐古拉山越岭地区河流地段的线路,基础除满足抗冲刷要求外,边坡采用了干砌片石或混凝土块防护。沿线高路堤、深路堑地段设置了加筋墙,隧道施工弃渣采用了挡墙工程。施工中不断优化各类施工场地,严格控制破土面积。由国土、环保、水利行政主管部门和建设、设计、监理、施工各有关部门联合确定施工人员和车辆便道的行走路线;按指定范围施工,划定用地范围,明确用地数量以及沿线营地、施工便道、取弃土场与铁路路基的合理设置间距,尽量缩小营地设置、人员设备进场、施工便道开设、采石、取土场、路堑开挖等施工活动工作面,力求做好水土保持。措那湖路段桥梁基础施工和路基施工产生的淤泥、废渣统一堆置在远离措那湖的取土坑内并进行平整,防止了对措那湖地段水土保持产生影响。

4 结 论

青藏高原环境敏感、脆弱,在高原修建铁路面临着自然保护区及江河源头区环境保护、珍稀野生动物栖息环境及高原植被保护、高原冻土及高寒湿地环境保护、水土流失控制及高原景观在保护等一系列重大难题,建设开发与环境保护的矛盾突出。在青藏铁路建设中,高度重视、深入调研、科学论证,严格依法组织了工程的环境影响评价,提出了工程建设环境保护总体目标,制定了对策措施,落实了环保工程设计,通过加强宣传教育、创新管理体制、加强监督检查,依靠科技攻关,较好地完成了各项环境保护任务,减少了对珍稀野生动物和高原植被影响,防止了江河源头污染,保护了湿地和冻土环境,控制了水土流失,实现了大规模工程建设和生态环境保护的和谐统一,为建设一条高原生态环保型铁路做出了有益的探索。

青藏铁路建设环境保护 理念创新与管理实践

铁道部发展计划司

摘 要：青藏铁路穿越生态原始独特、环境敏感脆弱的青藏高原，建设中乃至运营后的环境保护是青藏铁路建设的三大难题之一。铁道部发展计划司作为铁路建设环境保护行业行政主管部门，在建设前期，组织科研、设计、建设及施工单位考察调研、专题研究，安排重大科研项目攻关，组织和指导环评工作，用环评成果指导设计；在建设过程中，强化施工期环境监督管理，组织青藏铁路环境保护工作的现场检查和环保执法监察，配合青藏铁路环保专项审计，组织开展青藏铁路环境保护内部验收；建设后期，组织研究和部署运营期环境保护工作，确保铁路运输生产对沿线冻土、动物通道和植物生长环境的影响程度最低。青藏铁路环境保护组织和管理工作的创新与实践，为今后的铁路环境保护积累了宝贵经验。

关键词：青藏铁路；建设；环境保护；创新；管理

把铁路修到拉萨，是党和国家几代领导人十分关心的重大工程，是青、藏两省区各族人民的热切期盼，同时也是包括铁路广大职工在内的全国人民的共同愿望。在新世纪之初，按照党中央国务院的战略决策，铁路建设者在世界屋脊展开了一项向人类极限挑战的伟大工程。青藏铁路建设面临的“多年冻土、高寒缺氧、生态脆弱”三大世界性难题，这是制约青藏铁路建设成败的关键，其中在脆弱的生态环境中如何建设一条世界一流的高原环保型铁路是面临的三大难题之一。在铁道部党组的领导下，全体建设者迅速行动，调整部署，集中力量，全力以赴抓好青藏铁路建设环境保护组织工作，积极组织各个有关方面的环保力量，对青藏高原的环境特点、青藏铁路建设可能面临的重大和主要敏感环境问题开展研究、对青藏铁路环境影响评价工作的总体设想和工作步骤，以及如何在设计和施工中落实环保措施等展开讨论，并就青藏铁路对自然保护区、野生动物、植被和自然景观、江湖水源、冻土环境保护和水土保持影响等一系列重大问题的防护措施取得共识，为有条不紊、紧张有序地开展青藏铁路建设环境保护工作打下了坚实基础。

1 认真学习和深刻领会党中央、国务院关于建设世界一流高原环保型铁路的指示精神，把环保理念贯穿建设全过程

党中央、国务院对青藏铁路建设环境保护高度重视，明确要求把青藏铁路建设成为世界一流高原铁路，要把保护生态环境放在突出的位置，爱护青藏高原的一草一木。为贯彻落实中央领导的指示精神，铁道部党组要求把建设生态环保型高原铁路当作贯彻落实科学发展观，实施可持续发展，造福当代、惠及千秋的大事来抓，把环保管理和建设管理、环保创优和质量创优摆在同等位置。

青藏高原有“世界屋脊”、“地球第三极”之称，是我国的“江河源”、“生态源”。由于特殊的地理环境和气候条件，青藏高原生态系统独特，珍稀物种丰富，自然景观多样，生态环境脆弱。铁道部发展计划司作为铁路建设环境保护行业行政主管部门，深刻认识到，做好青藏铁路建设的环境保护工作，关系到青藏地区社会经济的可持续发展和青藏铁路建设的成败，责任无比重大。在青藏铁路建设的一切工作和活动中，始终把落实环境保护基本国策，依法开展生态环保工作，严格执行中华人民共和国《环境保护法》、《水土保持法》、《野生动物保护法》等，作为开展青藏铁路环境保护工作的根本；在项目决策阶段，确立了“预防为主、保护优先、开发与保护并重及环评指导设计、施工和环境管理”的青藏铁路建设环保工作方针；在项目建设过程，围绕“建设世界一流高原生态环保型铁路”目标，把环境管理作为建设管理的重要内容来抓，提出质量、环保“双优”的建设目标，并采取技术措施与管理措施并重的管理手段，实施全面系统优化管理。把国家环境保护的有关法律、法规和有关措施，广泛地向全体参建队伍进行宣传，使全体参建人员充分认识做好青藏铁路建设环境保护工作的重要意义，切实提高环境保护意识，形成全员、全过程参与环保工作，确保各项措施落到实处。

2 科学组织青藏铁路各项环境保护工作，明确各阶段环保工作重点，扎实推进，确保铁路建设和环境保护协调发展

青藏铁路建设是一个庞大而复杂的宏伟工程，青藏高原特有的生态环境和敏感问题给建设项目前期环境保护工作带来前所未有的困难。为保证青藏铁路全线如期开工建设，必须统筹安排环评大纲、专题报告、环评报告书（水土保持方案）编制工作，对环境评价、专题研究等工作完成时段做出合理安排，并紧密配合各段设计和施工进度，科学指导工程设计，既满足青藏线部分地段作为试验段需要提前开工的要求，又为科学开展各项专题研究和环评工作争取到必要时间，保证环保各项工作的质量。同时为加快工作进度，要求环评、科研及设计等相关单位必须充分利用既有资料，加强类比调查，结合重点敏感地区开展现场调研、现场监测，尽快组织和会同国内对自然保护区及珍稀濒危动植物、生物多样性、高寒地区的冻土、湿地、荒漠化、水土保持等生态环境研究有专长的一流技术单位进行合作。具体有如下8个方面的内容：

2.1 及时主持召开青藏铁路格尔木—拉萨段环保工作研讨会

为充分听取各有关方面对青藏铁路环境保护工作的意见和建议，2001年2月18～19日，铁道部会同国家环保总局等部委在北京主持召开了青藏铁路格尔木—拉萨段环保工作研讨会。与会

代表和专家听取设计单位和评价单位对格拉段预可研报告的介绍、环评工作的初步设想,以及观看格拉段部分地段现场录像,并经认真、热烈、充分地讨论,及时收集和汇总专家意见,进行认真研究,进一步理清了思路,明确了青藏高原环境特点、面临的主要环境问题、环境保护总体目标等,并对下一步工作做出了具体策划与安排。

2.2 组织相关专家多次赴青藏高原沿线进行实地考察、调研

青藏铁路建设立项以后,组织相关专家对沿线自然保护区、珍稀野生动物、生物多样性和多年冻土环境现状等进行了8次大规模现场调研、踏勘和采样。如:2001年3月14~29日,组织了由铁道第一勘察设计院、中国环境科学院、南京环境科学研究所派员参加的青藏线格拉段环评大纲现场调研、踏勘工作;2001年5月9~15日,组织由国家环保总局、国家林业局、水利部、中国科学院及特聘专家、铁道第一勘察设计院技术人员参加的对青藏线格拉段环境现状进行了调查;2001年7月21日~8月16日,组织了由铁道第一勘察设计院、中科院西北高原生物所、南京环境科学研究所、中铁西北院参加的青藏线环评报告书现场调研、踏勘工作等。

2.3 组织自然保护区、野生动物通道专题研究

组织安排编写《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段自然保护区、野生动物通道专题报告》。2001年4月下旬完成全线关于自然保护区野生动物通道的专题报告,于2001年5月16日在北京召开了新建铁路青藏线格尔木—拉萨段自然保护区、野生动物通道专题报告审查会,并邀请了国家环保总局、林业局、中科院及青海、西藏两省区等权威部门领导和专家参会。专家评审意见认为,专题报告内容全面、资料翔实、依据充分,对格拉段穿越、临近自然保护区的几处线路局部比较方案,充分考虑了对野生动物的影响,推荐方案基本合理;提出的自然保护区功能区的调整意见,符合当地实际,基本可行;野生动物通道的类型、数量、布设地段是在调查研究沿线野生动物的习性、迁徙规律的基础上提出的,基本能够保证铁路沿线野生动物的正常活动。这项工作的顺利完成,为后续环评报告书的编制打下了基础。

2.4 组织编写环境影响评价大纲

组织安排《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段格尔木至唐古拉山口环境影响评价大纲》和《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段唐古拉山口至拉萨环境影响评价大纲》的编写工作。

2001年2月底上报格望段及试验段环境影响评价大纲(站前部分),2001年4月下旬上报格尔木—唐古拉段环境影响评价大纲,唐古拉—拉萨段环境影响评价大纲;全线环境影响评价大纲于2001年7月4日获得国家环保总局的批复。批复意见认为,大纲编制前期准备工作充分,工程分析和环境概况阐述清楚,内容全面,重点突出,保护目标确定合理,指导思想明确。因此,环境影响评价大纲成为后续开展环评工作的依据。

2.5 组织编写环境影响报告书和水土保持方案报告

组织安排《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段格尔木至唐古拉山口环境影响报告书》、《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段唐古拉山口至拉萨环境影响报告书》、《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段格尔木至唐古拉山口水土保持方案报告》、《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段唐古拉山口至拉萨水土保持方案报告》的编制工作,并要求评价工作应紧密结合《全国生态环境保护纲要》、当地社会经济发展规划和环境保护规划进行,要体现预防为主、保护优先、开发与保护并重及环评指导

设计、施工、环境管理的原则；应充分利用既有资料，加强类比调查，结合重点敏感地区开展现场调研、现场监测，尽快组织和会同对自然保护区及珍稀濒危动植物、生物多样性、高寒地区的冻土、湿地、荒漠化、水土保持等生态环境研究有专长的单位进行合作，以进一步加快环评进度，在保证环评工作质量的前提下，有力地推进了青藏铁路建设前期环境保护工作的步伐。

2001年6月下旬上报格拉段及试验段环境影响报告书（站前部分）；2002年3月下旬上报格尔木—唐古拉段环境影响报告书（含水土保持方案）；2002年12月下旬完成唐古拉—拉萨段环境影响报告书（含水土保持方案）。分别于2002年2月27日～3月1日、2003年1月21～22日、2002年2月26～27日、2003年1月20日召开环境影响报告书、水土保持方案专家审查会并顺利通过评审，并报国家环保总局和水利部分别进行审查和批复。环境影响报告书、水土保持方案及其相应的批复意见，成为指导后续各阶段设计、建设施工管理及运营管理的依据。

2.6 组织开展科研攻关和环保创新实践，为工程和环保设计提供技术支持

为了解决“生态脆弱”这一世界性难题，在项目建设前期，结合工程设计和建设需要，及时组织并指导设计、科研等单位开展了青藏铁路格拉段“环境影响评价总体设想”、“主要环境敏感问题”、“环评技术路线和思路”、“沿线规划标准”、“设计、施工期的环境保护方案”、“评价工作方案进度”等6个专题的科学研究。同时，积极指导建设和施工单位开展高寒植被恢复、野生动物保护、多年冻土环境保护等创新实践，并取得了显著成效。具体有：

(1) 青藏铁路高寒植被恢复与再造试验。在沱沱河、安多、当雄等地分别开展了高寒草原、高寒草甸和高寒灌丛植被的人工再造与恢复技术试验研究，试验物种17种，试验面积3万m²，为沿线植被恢复奠定了基础。

(2) 野生动物通道适应性以及通道功能评价研究。首次尝试在沿线设置野生动物通道33处，累计宽度达59.84 km。及时组织开展野生动物对通道的适应性观测研究，对通道功能进行科学评价和完善，对13处路基缓坡通道的坡道作了进一步的放缓。

(3) 青藏铁路固体废弃物处理技术研究。为青藏铁路格拉段旅客列车垃圾投放点的设置、垃圾处理方式的选择、旅客列车垃圾填埋场的设计提供了技术支持。

(4) 缺氧低温环境下污水处理技术研究。为全线9个有人值守车站和7处武警守护点各自不同污水处理工艺的确定和运营期水污染控制奠定了基础。

(5) 青藏铁路运营期环保管理体系研究。重点对野生动物对通道的适应性进一步进行观测，对路基风沙病害整治开展研究，对青藏铁路已建环保设施运营情况及其效果进行观测等，便于采取必要的环境保护措施，确保把青藏铁路的开通运营对环境的影响降低到最低程度。

在环境保护设计和施工工艺的创新实践中，对湿地、湖泊环境的保护，设计上增加桥涵密度、路基抛填片石、加筋土挡墙、换填渗水土材料等，并在沿措那湖路段用装满沙石的编织袋垒成20 km长的护堤，有效保护湿地和湖泊；在多年冻土环境保护方面，开展多项冻土保护措施的研究，采用通风管、热棒、碎石垫层等降温措施，冷却地基，保护冻土等；在自然景观保护方面，积极优化取弃土场、砂石料场和施工便道位置等。

通过以上各项科研工作的开展以及创新实践，野生动物通道切实发挥了作用，每年往返于可可西里等通道的藏羚羊达数千只之多；植被和表土得以充分保护和利用；自然景观和湿地环境得

到最大限度保护,取土场由初步设计的295处优化为238处,距离线路200 m左右移至500 m以上,取消了玉珠峰景区内6处取土场、错那湖景区内2处砂石料场;施工场地、营地和便道设置数量得到了最大限度的控制;湿地地段,路基基底抛填片石和路基换填渗水土材料达101 km,湿地以桥代路达10 km,占露车站重建湿地8万 m^2 等,满足了青藏铁路工程设计、建设和运营管理需要。

2.7 落实环境影响评价成果指导设计的原则,不断完善重大环境敏感问题的环保设计

督促并指导设计单位在青藏铁路工程设计中落实环境影响评价成果指导设计的原则,并对野生动物通道、邻近错那湖路段的环保设计等重大环境敏感问题提出具体要求。并要求设计单位专门编写《青藏线设计暂规》中之环境保护篇章,铁道部下发了“关于进一步加强青藏铁路建设中环境保护工作的若干意见”,要求在工程设计中全面落实国家批复的环保设计原则。

(1) 在环评审查阶段,除了环评人员,还必须由院级主管环保领导带队组织设计总体、各有关专业设计负责人参加环境影响报告书和水土保持方案审查会,直接听取专家意见,完整准确地理解环保要求。

(2) 设计单位的环保专业在初步设计阶段就应向线路、路基、桥涵、隧道、施工组织、给排水、暖通、站场等专业提出具体的环保要求,在主体工程及各相关工程的设计中全面落实环保措施。

(3) 由于环境影响评价文件等批复稍滞后于项目的初步设计,因此,为确保环评成果指导设计的原则能真正落到实处,有效地指导设计,要求在国家环保总局、水利部对青藏线环评报告和水土保持方案批复之后,对工程设计中的具体环保措施进行检查,确保工程设计严格按批复意见开展。

(4) 对青藏铁路工程中的重大环境敏感地段和方案,则要求设计单位对设计方案进行充分论证和比选。如:林周彭波线路绕避方案;穿越自然保护区的三个比选方案;以桥代路保护湿地路段方案;采用加筋土挡墙保护湿地方案;动物通道布设方案;污染治理措施方案比选等。特别是在邻近错那湖路段的环保设计中,为保护错那湖和杂弄湖附近的湿地,将原DK1 587+194~DK1 587+500 联通河中桥改为特大桥;将位于湿地附近的联通河车站由DK1 588+400 改至DK1 594+400 等。

2.8 环境保护宣传工作

组织指导建设单位开展施工准备阶段的环保宣传工作,并与国家环保总局协调,联合组织编印《青藏铁路施工期管理人员环保手册》、《青藏铁路施工期施工人员环保手册》,普及环保知识,在建设源头上保证全体参建人员懂环保,自觉保护生态环境。

3 加大环保工作协调力度,加快三江源、可可西里等重大敏感地段线路方案比选及功能区界调整,确保青藏铁路依法建设

于2001年5月16日在北京主持召开青藏铁路穿越可可西里、三江源等自然保护区专题会议,专门研究青藏铁路穿越自然保护区的几处线路局部比较方案,充分考虑了青藏铁路对野生动

物的影响,优化选择了对自然保护区切割较小、且尽量与既有青藏公路共用交通走廊的方案。并据此报请国家主管部门对沿线保护区功能划分进行局部调整。

同时,对建设过程中遇到的问题及时协调处理。如:2003年1月21~22日的环评审查会上,西藏自治区林业部门和有关专家提出安多—那曲间线路穿越错那湖自然保护区路段的设计方案应重新进行研究,经邀请有关专家慎重研究后,于2003年1月27日下发了“关于对青藏铁路唐拉段安多至那曲线路方案穿越错那湖自然保护区核心区问题进行核查的紧急通知”,要求设计院对此段线路方案立即进行复查,确认是否直接穿越保护区核心区,研究局部避让或改变保护区功能的具体方案。

就野生动物通道有关问题,多次邀请国家环保总局环评司、国家林业局保护司、青海省林业局、中国科学院动物研究所、北京大学心理学系、北师大生命科学学院、中国科学院西北高原生物研究所、西北濒危动物研究所、四川省绿色江河环境保护促进会等国内权威部门的专家,专题研究青藏铁路野生动物保护问题,对深化野生动物迁徙习性研究,不断完善工程和管理措施,起到了推动作用。

4 强化施工期环境保护监督检查,首次引入第三方环保监理制度,多次组织联合大检查,确保各项制度和措施落到实处

建设中,铁道部和青藏铁路建设单位分别制订颁布青藏铁路建设环境保护工作要求和规章制度,下发到设计、施工、监理等相关单位贯彻执行。并参照国际金融组织贷款建设项目环境保护中有关环境保护管理计划和环境监控计划的要求和做法,首次在铁路工程建设中引入第三方环保监理制度,青藏铁路建设总指挥部委托熟悉环境影响评价工作、环境保护工作经验丰富并具有甲级环评资质的第三方对全线环境保护进行全过程监控。监理内容包括施工期“三同时”落实情况;施工现场各种固体废弃物处置、废水污水处理;取(弃)上场等水土保持方案的优化和落实;野生动(植)物的保护;环境质量事故处理;环保验收和群众投诉等,及时处理违规行为。建立了由青藏铁路建设总指挥部统一领导、施工单位具体落实并承担责任、工程监理单位负责施工环保工作日常监理、专职环保监理实施全面监控的“四位一体”环保管理体系。提出创建“质量环保双优”要求,把环保工作纳入“建功立业劳动竞赛”和“优质工程”评定范围,实行了“环保一票否决制”。指导制定了《青藏铁路建设施工期环境保护管理办法》,建立了环保工作记录、环保措施审查、环保监理和检查、临时工程核对外、施工期和运营期污水防治、环境综合整治与定量考核、环保奖惩、环保目标责任追究、总结环保经验和先进工法等一整套环保管理制度和措施。并指导完善环保管理控制机制,如实行环保措施审查制度;坚持临时工程现场核对、优化、审批制度;将环保工作质量与验工计价挂钩等。青藏铁路全线推行环保监理制度受到国家环保总局的高度关注,已专门下发文件,在全国部分重点工程建设中推广运用。

为确保环保、水保工作落到实处,铁道部与国家环保总局联合下发《关于加强青藏铁路建设生态环境监督管理工作的通知》,对施工期的环境保护和监督检查做出了专门部署。开工以来,铁道部主管部门多次组织对青藏铁路建设中的环境保护管理工作进行检查。同时,配合国家相关部门对青藏铁路环境保护工作的现场检查和环保执法监察。

2002年5月10~17日,会同国家环保总局,组织青藏铁路建设总指挥部,铁道第一、第四勘察设计院,铁道科学研究所,中铁工程总公司,中铁建筑总公司,铁道部建设司等参加检查工作。

2002年8月13~20日,与国家环保总局、水利部、国土资源部、国家林业局组成联合检查组,青海省、西藏自治区环保局、水利局、林业局、国土资源厅及环评、环境监理单位派代表参加检查工作。

2003年6月23~29日,铁道部发展计划司组织铁道科学研究所,铁道第一勘察设计院,青藏铁路总指挥部、青藏铁路拉萨指挥部,青藏铁路工程质量监督站等部门对青藏铁路环境保护工作进行了检查。

2003年8月9~15日,与国家环保总局监督管理司、自然生态保护司,水利部、国家林业局、国土资源部、交通部,青海省、西藏自治区环保、水利、国土部门等参加现场检查。

2004年8月,配合国家环保总局对青藏铁路环保工作进行执法检查。

通过强化现场检查,指导并督促落实了国家和铁道部关于青藏铁路建设环境保护工作的一系列法规、制度,实现了工程质量和环境保护“双优”的目标。国家环保总局等部门多次检查后认为,青藏铁路建设环境保护在国家重点工程建设项目中处于领先水平,具有示范意义。

5 在铁路建设中首次组织开展环保内部验收工作,努力做好迎接国家对青藏线环境保护工作检查验收准备

为了实现“使青藏铁路真正做到在建设过程中是环保线,在运营中也是环保线”、“要深入研究运营期的环保工作,搞好相关调查研究,采取完善的措施,确保运营达到环保要求”的建设目标,在青藏铁路竣工验收之前对环保工程进行了专项内部验收,这在铁路建设中也是首次尝试。首先是要求青藏铁路公司委托专业单位完成了青藏线环保内部验收标准编写工作,于2005年11月7日在北京组织召开青藏线环保内部验收标准研讨会,部署内部验收相关工作,于2005年12月28日下发“关于对青藏铁路格拉段工程环境保护验收标准和方案(内部)以及验收工作计划和要求进行修改的通知”(计环保函〔2005〕49号),对青藏线环保内部验收工作的目的和要求进一步进行明确,2006年1月5日及时下发了《关于青藏铁路环境保护内部验收安排的批复》(计环保函〔2006〕2号),对青藏线的环保内部验收工作做出了详细安排。于2006年4月20日,以“关于进一步加强青藏铁路格拉段环保内部验收工作的通知”(计环保函〔2006〕83号)再次强调环保内部验收有关要求和安排,2006年5月24日在北京主持并邀请部内相关司局、专家召开青藏线环保内部验收准备会议,对青藏线环保内部验收现场调查报告及相关工作进行审查,具体落实验收工作各个事项,并于2006年5月28~31日组织铁道部青藏办、建设司、科技司、鉴定中心,铁道科学研究所,青藏铁路公司、青藏铁路指挥部,济南铁路局、上海铁路局,铁道第一、二、三、四勘察设计院组成内部验收组,对青藏铁路建设环境保护工作进行验收,于2006年6月21日以部文“关于印发《青藏铁路格尔木至拉萨段工程竣工环境保护内部验收意见》的通知”(铁计函〔2006〕489号)下达验收意见,为青藏铁路开通及试运营期的环境保护工作打下了良好基础,同时也为迎接国家对青藏线环境保护工作检查验收做好了相关准备。

6 高度重视并充分认识青藏铁路环境保护专项审计工作的重大意义, 积极配合审计工作

从审计前调查到审计报告正式对社会公布, 历时近一年, 部有关部门指定专人全程配合国家审计署开展的青藏铁路环境保护专项审计工作。2005年3月13~22日, 完成审计前现场调查, 协助制定审计调查方案; 2005年6月22~24日, 进行青藏铁路环境保护专项审计培训, 讲授青藏铁路所处的环境特点, 铁道部在铁路建设方面的法律法规以及在青藏线这一特殊环境背景下所采取的一些特殊管理措施、创新实践等; 2005年4~9月, 配合完成现场审计, 现场审计中对青藏铁路建设、设计、施工、监理等所有参建单位的环保工程 and 建设资金使用进行了全面审计, 并延伸调查到国家和地方相关部门。通过这次环保专项审计, 对铁路建设中如何做好环保工作和加强资金管理有了新的认识。

(1) 通过审计对依法建设、依法管理和依法环境保护的观念 and 意识进一步得到强化、深化, 并促使系统、全面地对青藏铁路的环保工作乃至建设管理进行了多次大检查, 及时发现和纠正了在环保和管理上不规范和不到位的做法, 为实施内部环保验收创造了条件, 并为最终把青藏线建成生态环保型铁路提前做好了准备。

(2) 通过审计及时总结建设、管理和环保工作经验, 找出了在建设、管理和环保工作中的不足, 指出了在具体工作上的一些失误和漏洞, 使这些错误得到及时纠正, 对加强管理和改进环保工作起到了很大的促进作用, 切切实实地提高了建设管理水平和环保工作质量。

(3) 通过审计, 对今后建设和运营期的环保管理提出了很好的建议和意见, 例如开展野生动物通道的长期观测, 确保已建各项动物通道发挥作用; 开展冻土环境的长期观测, 确保路基工程长期稳定安全; 重视运营期的环保管理等意见, 对做好今后的环境管理具有较强的指导意义。

国家审计署在专项环保审计后认为, 青藏铁路建设严格执行环保法规, 规范管理环保资金, 全面落实环保措施, 取得了我国重大建设项目环境保护的突出成绩。中共中央政治局委员、国务院副总理曾培炎在审计报告上作出了“青藏铁路建设中认真做好环境保护工作的经验, 值得全面总结推广”的重要批示。

7 部署运营期环境保护工作, 确保把运输生产对沿线自然生态环境的不利影响降到最低程度

青藏铁路格尔木—拉萨段已建成投入运营。按照党中央、国务院“建设好、使用好、管理好、总结好”世界一流高原铁路的重要指示, 根据铁道部党组对抓好青藏铁路运营管理的统一要求, 结合青藏铁路所处高原独特的自然、地理、生态环境状况, 部署安排了青藏铁路运营期的环保相关工作, 对青藏铁路格尔木—拉萨段运营期环境保护工作进行专项研究, 并于2006年3月18日在北京主持召开了青藏铁路格拉段运营期环境保护管理办法研讨会, 邀请青海省环境保护局, 青海省环境监测中心站, 西藏自治区环境保护局, 交通部天津水运工程科学研究所, 部有关部门, 以及中国铁道学会环保委员会、上海铁路局、铁道科学研究院、铁道第一勘察设计院等单位 and 代表参加研讨。根据研讨会上专家们的意见和建议, 部制订下发了“关于做好

青藏铁路运营期环境保护工作的意见”(铁计函〔2006〕426号),对青藏铁路格尔木—拉萨段运营期环境保护工作提出了10项要求,要求青藏铁路公司及有关单位结合实际贯彻落实,以确保最大限度地减少铁路运营对野生动物活动和迁徙环境的影响;保持沿线冻土和植物生长环境的稳定;监测并治理沙害路基;规范职工和旅客在高原环境的行为准则,防止人为活动对环境的污染;建立长期环境监测体系和重大环境事故应急预案,避免重大环境灾难事件的发生。

8 及时落实党中央、铁道部领导指示,组织青藏线环境保护总结工作,为今后铁路工程建设积累宝贵经验

为落实党中央和国务院关于认真总结青藏铁路环保工作经验的指示精神,切实总结好青藏铁路建设环境保护的成功经验和做法,按照部党组的统一部署,及时组织安排了青藏铁路建设环境保护工程总结工作。收集整理了参建的科研、设计、建设、施工、监理等单位的环保论文55篇,编辑出了《青藏铁路环境保护研究》论文集。目前正在组织有关单位和专家编写青藏铁路建设总结环境保护篇。通过系统总结青藏铁路建设环境保护工作的成功经验,为将来铁路建设环境保护工作留下宝贵财富,提供重要借鉴。

2006年7月1日,世界一流高原环保型铁路胜利通车。回顾青藏铁路建设5年多环境保护的管理历程,从中得到的重要启示是:对环境和生态有重大影响的铁路建设工程要始终坚持铁路建设与环境保护协调发展,将环境保护的理念贯穿在建设项目的每一个环节;要始终坚持建设项目的环境保护全过程管理,坚持环评成果指导设计、施工,强化施工期的环境保护管理,必要时引入环境专项监理;要始终坚持科技先行,用理论指导环保实践,在实践中进一步创新并升华理论;要始终坚持全员参与,把保护环境变成每一个参建者的自觉行动。铁道部发展计划司作为铁路建设环境保护行业行政主管部门,全程参与了青藏铁路建设环境保护各阶段的组织工作,对青藏铁路环境保护组织和管理工作进行了一系列的探索和实践,取得了一定的成绩,积累了一定的经验。目前,正在对青藏铁路建设环保工作的理念创新和管理实践进行系统总结,并计划将其中成功做法推广应用今后的铁路工程建设和大中型建设项目的环境保护工作中去,力争使铁路环境保护管理工作再上新台阶。

高原地区铁路建设中的 生态环境保护管理

青藏铁路公司 青藏铁路建设总指挥部

摘要:在青藏高原高寒、原始、独特、敏感、脆弱的生态环境下建设规模宏大的青藏铁路,面临许多从未遇到过的生态环保课题。本着对历史和后人高度负责的精神,青藏铁路公司、青藏铁路建设总指挥部创造性地提出并实施“高原地区铁路建设中的生态环境保护管理”,对全线环保工作实施有效的组织管理。带领参建单位全面贯彻环保理念、落实环保措施,在工程设计、科研攻关、管理制度、施工组织设计以及施工工艺等方面实现了很多创新,做到了环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产,有效保护了多年冻土环境、江河源水质、野生动物迁徙条件和高原自然景观。

关键词:青藏铁路;生态环境;环境保护;管理

青藏铁路东起西宁、西抵拉萨,全长1956 km,是世界海拔最高、里程最长、施工难度最大的高原铁路。其中西宁—格尔木段在1958年~1979年间建成,于1984年正式投入运营;正在建设的是格尔木—拉萨段(简称格拉段),亦即目前习惯上所称的青藏铁路。青藏铁路格拉段于2001年2月7日经国务院批准立项,2001年6月29日正式开工,工期为6年。工程可研预估总投资为262.1亿元,全部由国家投资。经国务院批准,成立了青藏铁路公司,作为项目法人承担建设管理职责;青藏铁路建设总指挥部作为青藏铁路公司的派出机构,具体负责现场施工的组织指挥,实施质量、安全、工期、投资和环保控制。

青藏铁路沿线生态环境异常脆弱,自然条件极端恶劣,技术要求非常复杂,施工任务十分艰巨。开工以来,青藏铁路建设总指挥部率领全体参建单位,不畏艰险,大胆创新,积极、正确应对异常脆弱的生态环境和极端恶劣的施工环境所带来的巨大挑战,工程建设顺利推进,不断取得重要成果。在实践中,他们创造性地提出并认真推行“高原地区铁路建设中的生态环境保护管理”,取得了显著成绩,不仅把铁路建设对环境的影响降低到了最低限度,而且有效地保持了施工沿线的生态平衡,维护了施工沿线的高原观光风景,控制了施工沿线的环境污染,得到了国家权威部门的充分肯定和社会各界的高度赞扬。

1 高原地区铁路建设中的生态环境保护管理产生的背景

青藏铁路立项之后,海内外曾有舆论认为,修建这条铁路将会破坏沿线的生态环境,甚至造成“生态灾难”。之所以会出现这样的说法,就是因为青藏铁路所经之地青藏高原的生态环境非常独特。

2001年6月,青藏铁路建设总指挥部成立以后,联合有关各方对青藏铁路沿线的生态环境进行了广泛深入的调查研究,对铁路沿线生态环境的独特性有了清晰的认识和全面的把握。

一是青藏铁路深入素有“世界屋脊”、“地球第三极”之称的青藏高原腹地。这里不仅是我国乃至世界的“气候调节器”,而且是我国和南亚地区的“江河源”,长江、澜沧江、怒江、雅鲁藏布江等大江大河都从这里奔流而出。由于江河流域与高原内部水热条件的差异,形成了由高寒河谷灌丛、高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠组成的高寒生态系统,使这一区域既有由这些生态系统组成的水平地带系列,而且在水平地带系列中还间或分布有一定面积的沼泽植被、垫状植被,还有高寒草原、高寒草甸、冰雪带等垂直带系列。所有这些,增加了自东南向西北呈现的高寒灌丛—高寒草甸—高寒草原—高寒荒漠渐次更替的自然景观的多样性。其中,尤以在亚洲和世界高寒地区中均具有代表性的高寒草原分布最广,至今还基本保持着原始的自然演变过程。

二是青藏铁路所经之地,海拔高,空气稀薄,气候干寒,生物量低,生物链简单,生态系统中物质循环和能量的转换过程缓慢,致使高原生态环境十分脆弱。长期低温和短促的生长季节,不仅使植被一旦破坏很难恢复,而且还会加速冻土融化、土地沙化和水土流失。特别是沿线大量分布的湿地,是地球上具有多种功能的、独特的生态系统,既是巨大的天然蓄水库,又是蕴藏丰富生物资源的摇篮,同时还是一个巨大的物种基因库;既在补充地下水、调节气候、维持河川径流的平衡、蓄洪防火、净化水质等方面起着重要作用,又在维护生态平衡、降解环境污染等方面具有重要作用。

三是青藏铁路所经之地,珍稀特有动物物种多,如哺乳动物中的特有种多达11种,占总种数的68.7%;鸟类科种有7种,占总种数的23%。其中的藏羚羊、藏野驴、黑颈鹤等属国家保护的珍稀、濒危种类。这些珍稀特有动物原来生境的连续性、自由迁徙活动以及基因的正常交流等,绝对不能因修筑铁路而遭到破坏。

四是青藏铁路所经之地的生态环境具有极强的不可逆性,即无论哪个方面遭到破坏,将很难完全恢复。例如近30年前公路改扩建时曾在两侧取土引起植被破坏,至今植被还远远没有恢复;藏北草甸上不到半米高的爬地松,其生长期竟长达70~80年。

可见,青藏高原具有世界上仅有的独特生态系统,是世界山地生物物种一个重要的起源和分化中心,被称为全球重要的“生态源”。世界自然基金会(WWF)特别看重青藏高原的特殊生态价值和科学研究价值,将其列为全球生物多样性保护最优先的地区。我国也将青藏高原列为国家生物多样性保护行动计划优先保护的区域。

在青藏高原这种高寒、原始、独特、敏感、脆弱的生态环境下建设规模宏大的青藏铁路,要面临很多新的环保课题,主要有:如何保护高寒植被,如何保护自然保护区和珍稀濒危野生动植物资源;如何保护高原湖泊和湿地生态系统;如何保护高原冻土环境和沿线自然景观;如何防治

水土流失和环境污染等等。其中如何保护野生动物、高寒植被、湿地环境和多年冻土环境,是以往铁路建设中从未遇到过的生态环保难题。要解决这些问题,难度极大。一方面党和国家对青藏铁路建设中的环境保护工作提出了高标准、严要求,另一方面如何在现有的铁路建设管理模式之下,建立有效的生态环境保护管理系统和制度,使之有机结合,这在国内外尚无先例,缺乏可资借鉴的成熟经验。带着这些新课题,青藏铁路建设总指挥部以强烈的政治责任感和使命感,本着对历史和后人高度负责的精神,全面贯彻落实党中央、国务院“十分爱护青海、西藏的生态环境,十分爱护青海、西藏的一草一木,精心保护我们祖国的每一寸绿地”的指示精神,充分听取各方面的意见,集思广益,锐意创新,创造性地提出“高原地区铁路建设中的生态环境保护管理”,并迅速形成环保管理控制体系,付诸实施,全力把青藏铁路建成生态环境保护示范线,建成中国铁路的形象工程。

2 高原地区铁路建设中的生态环境保护管理内涵和主要做法

高原地区铁路建设中的生态环境保护管理的内涵是:在铁路建设过程中,针对青藏高原高寒、高原、原始、独特、敏感、脆弱的生态环境,以维护高原生态系统平衡为目标,将环境保护管理列为建设管理工作的主要目标之一,全面贯彻“预防为主,保护优先,开发与保护并重”的环保工作原则,全面做好生态环境保护规划;建立环保管理体系,创新环保施工工艺,按照“技术措施与管理措施并重”的思路,在项目可行性研究阶段、设计阶段、施工阶段,都把环境保护视为铁路建设工作的重要组成部分,层层落实环保管理目标,使铁路建设对环境的影响降到最低限度,有效保持了铁路沿线的生态系统平衡。

2.1 更新建设管理理念,增强全员的环保意识

面对青藏铁路建设环保工作的艰巨性和复杂性,青藏铁路建设总指挥部在国内率先将环保管理列为建设管理工作的主要目标之一,在铁路建设史上首次提出要力创质量、环保“双优”,对青藏铁路建设中的环境保护工作实施统一组织和管理;大力更新铁路建设管理理念,坚持铁路建设与高原生态环境保护并重,全面贯彻“预防为主、保护优先、开发与保护并重”的工作原则,按照“技术措施与管理措施并重”的思路,在项目可行性研究阶段、设计阶段、施工阶段,都把环保工作视为项目建设的一个重要组成部分,对环保工作质量与工程质量一样重视,这些做法与以往的铁路建设项目相比较,都是重要的突破。

为切实强化参建员工的环境保护意识,充分发挥“全员参与”的重要作用,在施工准备期,按不同阶段、不同项目的特点,青藏铁路建设总指挥部先后4次对技术、管理人员进行了系统的环保知识、环保管理制度、环保措施要求强化培训,培训面覆盖了全线所有的施工标段。各施工单位也按照青藏铁路建设总指挥部的统一部署,组织对全体员工进行不同层次的环保培训。广泛深入开展环保宣传教育活动,结合工点实际制定详细的“环保作业指导书”或“环保实施细则”,对施工人员进行具体细致的宣讲;在沿线竖立环保宣传牌、“环保措施要求”和“环保工作程序”提示牌,形成了一条寓教于其中、生动靓丽的环保风景线。通过培训和宣传教育,增强了全员的环保意识和责任感,激发了广大建设者搞好环保工作的主动性、积极性和创造性,同时也大大提高了施工人员的环保工作技能。“家住长江尾,来到长江头,保护长江源,就是保护家乡

水”、“让蓝天常在，让碧水常流”、“珍爱高原千古植被，来日回首一生无悔”、“争当建设英雄，不做环保罪人”等口号深入人心，形成了人人重视生态环境保护的浓厚氛围。

2.2 确立环境保护管理总目标，全面做好环境保护规划

在青藏铁路的可行性研究阶段，针对复杂的生态环境问题，铁道部和有关方面就组织开展了野生动物保护、高寒植被恢复与再造等多项课题研究。组织国内生态环境研究领域的专家，按照环境保护法、水土保持法、野生动物保护法等法规以及《全国生态环境建设规划》、《全国生态环境保护纲要》的要求，深入实地全面考察，就青藏铁路建设对生态环境影响的问题进行了科学、严密的技术论证，分别编制了“环境影响评价大纲”、“环境影响报告书”、“水土保持方案”以及“青藏铁路格拉段自然保护区、野生动物通道专题报告”、“色林措自然保护区生态环境影响专题报告”，提出了建设期生态环境保护方案。在此基础上，青藏铁路建设总指挥部经过反复讨论研究，提出并报经铁道部批准确立了“确保多年冻土环境得到有效保护，江河水质不受污染，野生动物迁徙不受影响，铁路两侧自然景观不受破坏，努力建设具有高原特色的生态环保型铁路”的环保工作总体目标。

为了将环境保护工作总体目标变为现实，青藏铁路建设总指挥部带领所属各部门，全面做好环保工作规划，将环保总体目标分解细化，并在工程设计、科研攻关、管理制度、施工组织设计以及施工工艺等方面，分阶段、分项目、分单位逐一落实。

一是在设计中全面贯彻生态环境保护的理念。为了确保“环境影响报告”、“水土保持方案”及国家有关部委批复意见在初步设计和施工图设计中得到落实，在铁路选线上，尽量避开野生动物栖息、活动的重点区域，如为了保护黑颈鹤栖息地，放弃了经由林周、彭波到达拉萨的方案，选择了投资更大的经由羊八井方案；对于无法避让，必须经过野生动物活动区域的路段，如在穿越可可西里、三江源等自然保护区的线路区段的设计中进行了多方案比较与选择；为尽量减少对野生动物活动的干扰，在调查研究沿线野生动物的习性、迁徙规律的基础上，在不同地段布设了不同类型的野生动物通道，桥涵和隧道设计也充分考虑了野生动物穿越铁路的需要，在许多地段专门架设了旱桥，作为野生动物迁徙的通道，力求最大程度地保证铁路沿线野生动物的正常活动。

二是为了不破坏草地、湿地的自然环境，设计中大量采用了“以桥代路”的方案。

三是在施工中加强现场调研，在取土场、弃土场及砂石料场选址、路基土石方调配中，不断优化完善生态环保方案。

四是青藏铁路各车站采用电能、太阳能、风能为主的环保型能源取暖；车站的废弃物集中收集处理，生活污水处理达标排放；客车采用封闭式车体，在车上将垃圾装袋，运至高原下交给车站集中处理；采用中心站管理模式、远程自动化控制以及机械化维修，最大限度地压缩组织机构和人员，减少生活垃圾产生，保护青藏高原的自然生态环境。

2.3 加大投资力度，为环境保护提供资金保障

青藏铁路建设总指挥部始终把保护青藏高原独特的生态环境作为一项政治任务来抓，坚持做到环保工程与铁路主体工程同时设计、同时施工、同时验收，在工程投资中坚决优先安排环保资金。在工程设计和投资使用上充分保证环境设施和环保措施所需的资金。全线用于自然保护区保

护、野生动物保护、植被保护、水土流失防治、污染防治、环境监测等环保工程的专项或与其他工程相结合的环保工程投资总额达到15亿元以上。

2.4 建立“四位一体”环保管理体系,实现全面系统管理

青藏铁路建设总指挥部在内部建立了强有力的、分工明确的环境保护管理领导和组织机构。指挥长亲自担任环境保护管理领导机构的主管;工程部负责环保工程技术优化和环保实施方案审查;监理部负责环保实施过程的质量监督控制;计划财务部负责合同管理和资金保障;各施工单位均设立了“环境保护管理领导小组”等专门机构,从而建立了横向到边、纵向到底的责任体系,做到了人员配备、组织机构、管理措施三到位,实现了环保工作的规范化、制度化、程序化。

在完善内部机构的同时,总指挥部委托铁道科学研究院环控劳卫所作为第三方,负责对全线环境保护进行全过程监控,在国内铁路建设中第一次实行环保监理制度,创造性地建立了“四位一体”的环境保护管理体系(见图1),即由青藏铁路建设总指挥部统一组织领导、施工单位具体落实并承担任务、工程监理单位负责施工过程中的环保工作日常监理、环保监理单位对施工单位和工程监理单位实施全面监控的环境保护管理体系。青藏铁路建设总指挥部还联合青藏两省区环保局与各施工单位签订了环保责任书,在责任书中明确规定了各自的环保工作范围、要求和职责,促使参建单位各尽其责,各展所长,密切协作,形成合力。

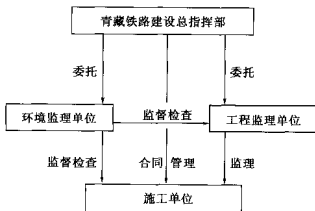


图1 “四位一体”的环保管理组织体系

为使“四位一体”的环保管理体系运行起来有法可依、有章可循、有据可查,青藏铁路建设总指挥部建立健全一整套法规性办法、见证性办法和技术指导性办法。其中,法规性办法有:《青藏铁路建设施工期环保管理办法》、《青藏铁路建设监理管理办法》、《青藏铁路建设优质样板工程评选办法》、《青藏铁路建设设计优化规定》、《青藏铁路建设施工组织设计编制、管理规定》、《青藏铁路建设奖励管理规定》、《青藏铁路建设建功立业劳动竞赛办法》等;见证性办法有:《环境保护实施记录》、《环境保护计划报审单》、《期中环境保护质量评价表》、《环境保护验收收单》、《环境监理通知书》、《环境保护整改验收单》等;技术指导性办法有:《线下工程施工环保措施要求》、《站后工程施工环保措施要求》、《临时工程生态环境恢复技术要求》、《路基边坡、水沟草皮

移植施工工法》等。这些办法的付诸实施,实现了对施工沿线环保工作的全面系统管理,做到了规范化、制度化和程序化,从而保证了环境保护工作的成效。

2.5 规范环保管理制度，层层落实环保目标

为了有效管理铁路建设中的环保工作,层层落实环保目标,青藏铁路建设总指挥部积极探索,大胆创新,建立起包括环保监控制度、环保工作记录制度、环保措施审查制度、临时工程核对应酬制度和环保奖惩制度等一整套较为完善、规范的环保管理制度体系,严格管理,按章办事,分阶段有重点地实施了全程控制。

2.5.1 制定管理制度,完善控制机制

一是严格实行环保措施审查制度。将环保措施纳入施工组织设计中, 严格审查项目施工组织设计方案中的环保方案, 不合格的不准开工。二是坚持临时工程现场核对、优化、审批制度, 即对取土场、弃土场、砂石料场, 以及施工便道、场地、营地等临时设施的选址, 坚持按规定的工作程序办事, 即由建设单位牵头, 设计、监理(环保监理和工程监理)和施工单位共同参与现场核对、优化和审批, 然后报地方环保、水利、林业、国土资源部门核备。三是实施环保监理工作制度。委托第三方环保监理单位对青藏铁路建设中的环保工作实施监控, 制定了“青藏铁路施工期环境保护监理指南”, 严格按确定的环保监理工作程序办事(见图2)。

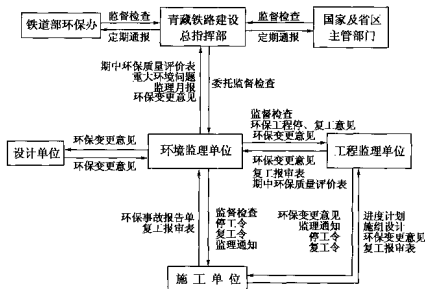


图2 环境监理工作程序

2.5.2 分阶段分重点, 实施全程控制

青藏铁路建设总指挥部在工程的每个阶段都制定实施了相应的环保制度和措施,严格落实阶段性目标。

一是在施工准备阶段,严格审查各项目实施组织设计中的环保方案,严格控制临时工程的设置,做好环保工作技术交底,以确保临时工程规划设置合理、环保方案合理、环保措施有效。

二是在施工实施阶段,建立监督检查制度,将各项环保措施融入施工组织管理过程中。工程监理单位、环保监理单位加大工作力度,加强施工全过程环保监督管理,狠抓制度兑现和落实,确保施工行为、施工工艺对环境影响最低。工程监理单位在每月的工程监理月报中对各施工单位的环保效果进行评价。环保监理单位定期或不定期地对施工单位各工点环保措施落实情况进行检查,对存在的问题下发《环境监理通知书》,并对整改情况实施监督检查。青藏铁路建设总指挥部不定期组织对沿线工点环境保护情况及落实《环境监理通知书》情况进行检查,对已经出现或者潜在的环保问题,及时下发通知,督促责任单位做出整改或加强防范,利用《监理简报》向全线通报环保突出问题,推广好的做法和经验;委托权威机构加强环境监测和监控工作,对沿线江河水质、水土流失以及野生动物进行监测,为评价和改进施工中的环保和水土保持工作提供依据。

在施工收尾阶段,对环保工作质量进行全面评定。按照环保设计,对环保工作进行质量验收。对不合格的问题提出整改意见,并监督落实。

2.5.3 坚持持续改进,实现环境管理的PDCA循环

青藏铁路建设总指挥部吸收了环境管理体系中PDCA运行模式的思想精华,通过规划(plan)、实施(do)、检查(check)、改进(action)的不断循环,持续改进管理措施。如在对2002年度环保管理质量总结、评价的基础上,于2003年初修订《青藏铁路建设施工期环境保护管理办法》,进一步明确了沿线的自然保护区、地表植被、珍稀野生动物、冻土环境、湿地、原始地貌景观、河流源头水质、地表土壤及水土保持功能作为铁路建设环保的重点对象;界定了环保监理的职责、工作范围及与施工单位、监理单位之间的相互关系;加大了环保工作的奖惩力度。随着建设期不同阶段建设任务的变化,环保工作的重点也随之变化。每年开工之初,在总结、分析和评价过去环保工作效果的基础上,依照当年的建设任务计划研究制定年度环保工作目标,明确工作要点,部署落实目标的措施,从而实现环境保护管理控制的PDCA循环,不断提升环境保护管理水平和环保工程质量。

2.6 坚持重奖重罚,建立有效的激励和约束机制

在激励机制方面,一是将环保工作成效纳入青藏铁路建设有关工作考核奖励当中,如在青藏铁路建设优质样板工程评选和青藏铁路建设建功立业劳动竞赛评比中,生态环保工作成效均被列为重要评价指标;二是青藏铁路建设总指挥部联合青藏两省区环保局按省区管界对各施工标段(单位)的环保工作质量进行评比,实施环保专项表彰和奖励。

在约束机制方面,一是将环保工作质量与工程验工计价挂钩,对施工中破坏环境的行为或环保工作不到位的,依据监理工程师在“期中环境保护质量评价表”中估列的环保工作费用,在季度验工计价中予以扣除,用于另行安排其他单位或人员进行恢复和完善,同时还要向全线通报、进行经济处罚;二是对优质样板工程实行环保一票否决制,环保评分达不到规定总分值的90%者,不得评为优质样板工程。

2.7 强化环保科研攻关,创新环保施工工艺

针对青藏铁路建设中面临的许多从未遇到过的生态环保难题,青藏铁路建设总指挥部积极组织科研技术、设计和施工单位开展科研攻关活动,大胆创新和推广环保施工新技术与新方法;

一是针对青藏高原植被很难人工恢复的技术难题,组织国内权威机构组成科研攻关组,在铁路沿线不同的气候环境中,开展高寒草原、草甸和灌丛植被的人工再造与恢复技术试验研究,现场试验施工总面积达 3 万 m^2 ,现已取得成功,既为工后恢复沿线生态植被奠定基础,也为提升青藏铁路生态环保整体水平创造了技术条件。另外,在高寒草甸植被保护方面,妥善保存并充分利用施工铲除的草甸植被,开展移植工艺试验研究,取得成功后,总结出成熟的施工工艺,用于指导全线草皮移植的施工。

二是针对如何最大限度降低铁路建设对沿线野生动物栖息环境的影响这个难题,在项目的可行性研究阶段,就组织国内有关高原野生动物研究领域的专家进行了深入研究,完成了“自然保护区、野生动物通道专题报告”。创造性地提出了野生动物通道的工程设计与施工方案,在全线设置了桥梁下方、路基缓坡和隧道上方等三种形式的野生动物通道 33 处,沿线累计宽度达 59.84 km。野生动物通道的建设,填补了国内“空白”。野生动物通道建成后,青藏铁路建设总指挥部立即组织有关机构,开展野生动物对通道适应性的观察研究和通道功能评价,并据此及时完善了野生动物通道,对路基缓坡通道的坡度作了进一步放缓,个别地段还补充增设了 2.5 km 的路基缓坡通道,为野生动物尽快适应新的迁徙环境创造了条件。2003 年以来,野生动物通道经受了包括藏羚羊、藏原羚、藏野驴、岩羊、盘羊等国家一、二类保护动物在内的野生动物迁徙和活动的考验。实践证明,开辟野生动物通道达到了预期效果。

三是针对如何保护湿地、湖泊环境免遭破坏的难题,组织科技人员和广大员工,进行了深入的研究和探索,在铁路经过的湿地地段,采用逢沟设桥涵、增加小桥涵密度的设计措施,大量采用以桥代路(仅此一项,全线新增桥梁约 20 km)、路基抛填片石、填筑渗水材料等新的施工工艺。措那湖沿湖路段工程的施工中,制定了详细的生态环保施工组织专项方案,有效防止了对措那湖及湖畔湿地造成破坏。四是针对如何确保多年冻土环境稳定的难题,大力开展技术攻坚,依靠技术创新成果指导设计和施工,科学、有效地保护冻土环境。多年冻土是一种特殊的地质体,同时也是高原生态环境的主要依附体。主要特点是:多年冻土季节性融化层(活动层)每年都发生季节性的冻融过程,在寒冷季节因冻结而产生隆起(即冻胀),温暖季节因融化而产生沉陷(即融沉),并伴随发生各种不良冻土地质现象,如冰锥、融冻泥流、热融滑坍、热融湖塘等。不仅如此,气温的升高、人类活动的加剧等都会使季节性融化层加深,产生更大的冻胀和融沉。在多年冻土地段修筑铁路是一项世界性技术难题,即使发达国家也没有完全解决。青藏铁路是目前全球穿越永久性冻土地区最长的高原铁路,如何保护高原多年冻土环境,是对青藏铁路建设者的巨大挑战。在青藏铁路建设中,开展了大量的冻土环境科研试验,通过科研试验,总结创新出多种保护多年冻土环境的施工工艺,如片石通风路基、片石通风护道、碎石护坡、热棒路基等,并广泛应用于铁路工程设计与施工之中;在桩基施工中,大量采用旋挖钻干法成孔,严格控制混凝土入模温度,减少施工过程对多年冻土环境的热扰动;在修建世界海拔最高的高原冻土隧道——风火山隧道时,创造性地采用了“随开挖、随支护、早封闭、快衬砌”等新施工技术工艺。这些新的施工技术工艺,同时也解决了“含土冰层”、“富冰冻土”、“饱冰冻土”以及“高温冻土”的工程技术难题,为我国多年冻土地区隧道、路基和桥梁等工程施工积累了宝贵的经验。

3 高原地区铁路建设中的生态环境保护管理的实施效果

3.1 环保效果十分明显

一是有效保护了高寒植被生态系统。在施工中,坚持“集中”、“少占地”原则,最大程度地减少施工便道、单纯弃土场的设置数量,尽可能地利用取土场做临时场地、营地等,有效地减少了临时用地面积,并对沿线路路基底、取土场、弃土场、施工便道、场地和营地内的地表植被及表土,进行有效的异地移植和定期洒水养护,施工完毕后用于回铺场地地表、路基边坡以及水沟坡面等。到目前为止,所实施的边坡草皮移植效果良好。在安多—拉萨段,将原设计总长为64公里的浆砌片石水沟变更为“草皮水沟”。高寒草甸植被恢复与再造试验研究取得成功,依据人工种草科学试验结果,在安多—拉萨段长达400余公里范围内适宜人工恢复植被的铁路路基边坡上,实施了人工种草或草皮移植。

二是野生动物栖息环境良好。据观测,2003年和2004年藏羚羊既通过了路基缓坡通道,也通过了桥梁下方通道,这些事实证明,修建包括路基缓坡通道和桥梁下方通道在内的野生动物通道,对于保护藏羚羊和其他野生动物的正常迁徙、保证野生动物的繁衍和物种延续是有效的。各参建单位加强队伍管理,不仅杜绝了捕杀野生动物现象,而且自觉救治受伤的野生动物,并及时将它们送到野生动物保护机构;坚持严格管理,文明施工,施工工地井然有序,保证了经常出没施工区的藏羚羊、黄羊不受干扰,实现了人与野生动物的和谐共处。根据专业机构观察资料,青藏铁路建设没有影响藏羚羊的生态繁衍。

三是多年冻土环境稳定。大量采取片石通风路基、热棒路基以及碎石护坡等新的施工工艺后,路基基底的多年冻土上限均出现上升,未出现多年冻土环境的融沉破坏。

四是生态功能区功能良好。在比选线路、优化设计的基础上,编制自然保护区生态环保专项施工方案。在施工中设置醒目的区界牌、边界线,严格控制施工人员活动和机械作业范围,严禁进入保护区的缓冲区。沿线湿地地段,通过采取绕避或逢沟设桥涵、以桥代路、路基抛填片石填筑渗水材料等工程措施,保证了地表径流对湿地水资源的补充,防止湿地萎缩,确保水源涵养功能不受影响,生态功能处于良好稳定状态。

五是保持了高原景观完整。从施工准备阶段起,就对设计中的取弃土场、砂石料场逐个进行现场核对和优化,全线初步设计中的268处取土场和23处弃土场分别被优化为231处和7处;昆仑山以南沿线取土场由原设计的距线路200m左右移至距线路500m的景观区以外;对玉珠峰、措那湖等风景区内不符合景观要求的取土场、砂石料点均予以取消;沿线营地、便道的规划和设置,均避开了景观敏感区,从而最大限度地保持了高原景观的完整。

六是严格控制环境污染。对生活垃圾分类处理,将其中不可降解的集中运往山下垃圾场处理。在邻近河流湖泊地段施工中,采取沙袋围堰防护等措施防止污染水体。经监测,在施工过程中,同一大桥上、下游水质基本没有变化。

3.2 社会效益非常显著

青藏铁路建设中的生态环境保护管理取得的良好效果,受到广泛好评,国内外各种媒体多次热情报道宣传了这方面的成果,引起了强烈的社会反响。尤其是青藏铁路在设计上,充分考虑了

当地的民族文化风格,在施工过程中全力保护了当地自然生态的原貌,还主动修复了铁路沿线的许多人文景观(如藏北八塔、天葬台等),使青藏铁路与当地文化达到了高度的和谐统一,许多地方都成为藏文化的美丽风景,受到青藏两省区人民及社会各界的高度赞扬。

在青藏铁路建设中,青藏铁路建设总指挥部以建设有高原特色的生态环保型铁路为目标,努力实践科学发展观,坚持以维护高原生态系统平衡为核心,推行“生态环保与工程质量并重”、“管理措施与技术措施并行”的建设管理思路,这种建设管理理念的突破和所创建的一整套行之有效的生态环境保护管理方法,在国内乃至世界开发建设项目都具有很强的独创性和借鉴推广价值。生态环保型铁路的建设对青藏两省区的经济和社会发展必将起到巨大推动作用。

3.3 生态环境保护管理创新成果得到国家权威部门充分肯定

从2002年8月至今,国家环保总局、国务院青藏铁路建设领导小组办公室、铁道部、交通部、水利部、国土资源部、国家林业局和青藏两省区有关部门对青藏铁路施工期环境保护工作进行了多次联合检查和专项检查,一致认为:开工以来,青藏铁路建设总指挥部高度重视青藏铁路建设中的生态保护工作,以强烈的政治责任感,把环境保护工作作为建设管理工作的重点,坚持“预防为主、保护优先、开发和保护并重”的原则,做到环保设施与主体工程同时设计、同时施工,在工程设计、科研攻关、管理制度、施工组织设计以及施工工艺等方面贯彻环保理念,有效保护了多年冻土环境、江河源水质、野生动物迁徙条件和铁路两侧自然景观。青藏铁路建设总指挥部以生态保护为重点,高标准、严要求,推动各项环境保护措施落实到位,取得了显著成效。青藏铁路建设中的环境保护工作在国内重点工程建设项目中居于领先水平,具有示范作用。

3.4 造就了一支过硬的生态环保型铁路建设队伍

在推行“高原地区铁路建设中的生态环境保护管理”过程中,培养了一批具有专业水平的环保管理技术干部,广大铁路建设者增强了环保观念和法律知识,提高了环保工作技能。青藏铁路的建设者不仅将建成世界一流的环保型高原铁路,而且必将造就为世界一流的生态环保型铁路建设大军。

(本文2004年12月获第十一届国家级企业管理创新成果一等奖,录入2005年3月出版的《国家级企业管理创新成果(第十一届)》,成果主要创造人卢春房,参与创造人黄第福、答治华、王隼峰、刘端)

青藏铁路建设施工期的环境保护管理

王志坚 赵新宇 答治华

(青藏铁路建设总指挥部, 青海 格尔木 816000)

摘 要: 青藏铁路建设中的环境保护工作举世瞩目, 为有效控制铁路施工对沿线生态环境的影响, 青藏铁路建设总指挥部在施工中提出了实现工程质量和环境保护双优的建设目标, 探索并完善了一套行之有效的施工期环保工作管理模式, 特别是在构建青藏铁路总指挥部、施工单位、工程监理单位、环保监理单位“四位一体”的环保管理体系, 制定《青藏铁路施工期环保措施》等强制性环保措施, 以及实行环保监理制度等方面的做法, 是独具特点、且行之有效的。

关键词: 青藏铁路; 环境保护; 施工期

为保护好青藏铁路建设中的高原生态环境, 贯彻“预防为主, 保护优先, 开发与保护并重”的原则和建立“三同时”(同时设计、同时施工、同时投产)制度, 全面落实《环境影响报告书》等环保文件及批复意见要求, 在施工阶段, 青藏铁路建设总指挥部提出了实现工程质量和环境保护“双优”的建设目标, 采取了加强环保宣传教育、完善环保管理体系、制定强制性的环保措施、实行环保监理制度等一系列措施, 使各项环保措施得以切实落实, 最大限度地减少对沿线生态环境的影响。

1 加强环保知识教育, 提高环保意识

青藏铁路建设工程开工前, 青藏铁路建设总指挥部聘请有关专家分别组织了两期施工单位管理人员和技术人员的环保知识培训。各施工单位根据铁道部和国家环保总局编印的《青藏铁路施工期管理人员环保手册》、《青藏铁路施工期施工人员环保手册》以及青海省环保局编印的《青藏铁路格唐段施工期环境保护手册》等资料, 对施工人员进行不同层次的培训, 提高了参建人员的环保意识, 明确了环保工作的意义和具体要求。同时, 施工单位在青藏铁路施工现场树立了大量的环保宣传标语牌, 内容直观、生动、形象, 既起到宣传教育作用, 又寓含警示意义。

2 构筑“四位一体”的环保管理体系

工程开工前,青藏铁路建设总指挥部根据国家有关环保法律法规的要求,制定了《青藏铁路建设施工期环境保护管理办法》,构筑了由青藏铁路建设总指挥部统一领导、施工单位具体落实并承担责任、工程监理单位负责施工过程环境保护工作的日常监理、环保监理单位对环保工作实施全面监控“四位一体”的环保管理体系。青藏铁路建设总指挥部是青藏铁路建设施工期环境保护工作的组织者和管理者,负责对各施工单位、工程监理单位和环保监理单位的环境保护工作进行归口管理,调查处理施工期的重大环境保护问题;施工单位是施工期环境保护的实施者和责任者,接受工程监理单位的环保监理,同时也接受环保监理单位的监控和检查,具体负责施工期环保措施的实施;工程监理单位根据环保措施和环保设计方案要求,负责对施工单位的环保工作质量进行日常监理;环保监理单位依据《环保监理细则》及《环保监理细则》,对施工单位的环境保护工作质量、工程监理单位的环保监理质量进行监督,对施工单位不符合环保要求的行为提出书面整改意见,限期整治,并追踪检查和落实,同时负责沿线砂石料场环保措施的监督落实。

各施工单位均建立了以工程局指挥部领导挂帅,环保部门主管、项目施工队专职环保管理人员具体负责的两级环境保护管理体系,做到了人员、组织机构、管理措施三到位。“四位一体”环保管理体系的建立,为施工期环保管理工作的程序化、规范化运行奠定了基础。

3 明确环保目标,制定强制性环保措施

为确保把青藏铁路建设成一条生态型铁路,青藏铁路建设总指挥部提出了实现工程质量和环境保护“双优”的建设目标,把环境保护与工程质量并列为大头来把握。

为使环保管理工作有章可循,青藏铁路建设总指挥部在《环境影响报告书》等环评文件及批复意见的基础上,制定了《青藏铁路施工期环境保护措施》,此措施为强制性环境保护措施,是青藏铁路施工准备阶段、施工期和竣工阶段环保工作的具体内容要求。施工准备阶段的措施重点是保证临时工程规划设置合理,施工阶段的措施重点是保证施工行为、施工工艺对环境的影响最低,施工收尾阶段的措施重点是保证环境的有效恢复,不留后患。

为实现环保工作目标,调动参建各方环境保护工作积极性,奖优罚劣,青藏铁路建设总指挥部还将环保工作纳入到《青藏铁路建设奖励管理规定》中的“创优质样板工程奖”及“建功立业劳动竞赛奖”评定范围,对优质样板工程实行环保一票否决制。对环境保护工作较差的单位,青藏铁路建设总指挥部视其程度进行通报;对施工中破坏环境行为或环境恢复不及时,监理单位根据其程度估列环境恢复费用,青藏铁路建设总指挥部在季度验工计价中予以扣除,用于安排其他单位或人员进行恢复。强制性环保措施的制定和落实为环保目标的实现提供了有力保障。

4 建立环保工作制度,保证环保工作有序开展

(1) 环保工作记录制度。对所有工地(包括营地、施工场地、施工便道、砂石料场及主体工程),开工前对原地貌进行拍照、摄像,并作为档案资料保存,用作环保效果评价的基础资料。填写《工程项目环境保护申报登记表》、《水土保持方案报告表》,报地方环保、水保主管部门备

案,便于地方行政主管部门监督检查。

(2) 环保措施审查制度。将施工期的环保、水保措施纳入施工组织设计中,作为审查开工的必要条件。在单位工程开工报告的审批中,严格审查施工组织设计中的环保、水保措施方案,环保措施不符合要求者,不得开工。

(3) 环保工程监理制度。在铁路建设史上首次引入环保监理制度,并结合青藏铁路工程建设的特点,构筑了具有可操作性、且行之有效的环保监理体系和环保监理工作程序。5种环保监理工作表(环境保护计划报审单、环境保护验收单、期中环境保护质量评价表、环境保护实施记录、环境监理通知书)及对工程监理的环保工作要求(如监理月报制度、开复工报告制度中的环保要求等)的检查实施,保证了施工中每个阶段、每个环节的环保工作都得到有效控制。环保监理单位每季度对整个标段和重点工程结构物的环保工作质量提出的《期中环境保护质量评价表》,作为每季度项目中中间验工计价的重要依据之一。

(4) 临时工程核对优化程序。对需变更的取弃土场、砂石料场及施工便道、施工场地、营地等临时设施的选址,建立由青藏铁路建设总指挥部牵头,设计、监理和施工单位共同参与的现场核对和优化,然后报地方环保、林业、水利、国土资源等部门审批的工作程序。

5 加强施工中环保监控力度,确保环保措施得到落实

(1) 样板引路,推行专项环保试点。青藏铁路建设总指挥部与环保监理站不定期在全线选定环境保护工作示范点,在全线推广其环保工作经验。同时,青藏铁路建设总指挥部还经常组织环保工作的现场观摩,通过观摩,各单位之间取长补短,有力地推进了环境保护工作上台阶、上水平。

(2) 加大施工过程中的环保监理和监控力度。要求将各项环保措施融入施工组织管理过程中,全面落实各项环保措施。工程监理单位既要监理工程质量,又要监理施工过程中的环保质量,并在每月的工程监理月报中必须对各施工单位的环境保护效果进行评价。要求施工单位的生产活动必须在限定的范围内进行,不准越界;环境保护监理单位定期或不定期对各施工单位的各工点环境保护措施落实情况进行检查,对环保工作中存在的问题下发《环境监理通知书》,通知施工、工程监理单位进行整改。青藏铁路建设总指挥部不定期地对各工点的环保情况及《环境监理通知书》的落实情况进行检查。

(3) 加强环境监测。青藏铁路建设总指挥部委托环境监测部门对沿线施工期主要河流水质、水土流失状况、野生动物通道进行跟踪监测,为评价和改进施工中各项环保、水保工作提供依据。同时,加强与可可西里自然保护区管理局及索南达杰自然保护站的沟通和配合,利用他们对野生动物的长期观测信息,掌握野生动物的迁徙动态,为保证野生动物的正常迁徙而及时调整施工组织提供依据。

6 接受各方的监督检查,促进环保工作

工程开工前,青藏铁路建设总指挥部联合青、藏两省区环保局与各相关施工单位签订了环境保护责任书,主动接受地方环保行政主管部门的监督和检查,加大环保执法力度。在施工中,及

时落实国家有关部委及青藏两省区环保、水保、林业和国土资源主管等部门在日常的监督和检查中提出的环保问题，并设立环保工作监督举报电话，接受社会各界的监督。

综上所述，青藏铁路建设中的环境保护工作经过多年的探索与实践，形成了具有青藏铁路特色的环境保护管理模式和运行机制，强制性环保措施在“四位一体”的环保管理体系和有效的管理制度下得到了全面地贯彻和落实，环保工作成绩得到了国家有关部门的高度评价。

青藏铁路建设的生态环境保护

拉有玉

(青藏铁路建设总指挥部, 青海 格尔木 816000)

摘 要: 青藏铁路格拉段建设中, 为有效控制工程建设对沿线生态环境的影响, 维持高原生态系统的自我平衡, 对环境保护工作实施了全面系统化的管理和一系列技术创新。从项目的可行性研究, 到设计、施工, 每一环节都贯彻环保理念, 充分体现了“预防为主、保护优先、开发与保护并重”的原则, 全面创新了施工期间的环保管理模式, 环境保护取得了显著的成效。青藏铁路建设的环保实践表明, 依法开展环保工作, 积极探索环保施工方法和工艺, 切实落实环保措施、注重科研和技术创新等, 是环境保护工作取得显著成效的重要保证。

关键词: 青藏铁路; 环境保护; 生态系统

0 引 言

青藏铁路格尔木—拉萨段由北向南跨越青藏高原腹地, 翻越唐古拉山的铁路海拔最高点, 穿越多年冻土区路段, 是世界上海拔最高、线路最长、难度最大的高原铁路。

青藏铁路沿线生态环境具有许多特点。一是具有独特的高寒生态系统, 地处我国及南亚“江河源”区的青藏高原, 高原内部水热条件的差异, 使沿线形成了由高寒灌丛、草甸、草原和荒漠组成的高寒生态系统, 其中, 广泛分布的高寒草原在亚洲和世界高寒地区均具有代表性, 至今还基本保持着原始的自然演变过程; 二是具有丰富的珍稀特有种, 青藏高原上动物物种虽少, 但珍稀特有种多, 种群数量大; 三是具有多样的自然景观, 沿线呈现出高寒灌丛、高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠更替的自然景观; 四是生态环境极具脆弱性, 沿线海拔高, 空气稀薄, 气候寒冷、干旱, 生态系统中物质循环和能量的转换过程缓慢, 致使沿线生态环境十分脆弱, 长期低温和短促的生长季节使寒冷地区的植被一旦破坏, 恢复十分缓慢。因此, 青藏铁路建设面临着以下生态保护问题: 如何把铁路建设对沿线自然保护区的影响降到最低; 如何避免或减少对沿线野生动物迁徙路径的切割; 如何在大规模的工程建设中保护好高原脆弱的植被; 如何使铁路这一浩大工程与高原自然景观保持和谐; 如何确保多年冻土环境得到有效保护、江河湖泊水源不受污染等。特别是野生动物、高寒植被和多年冻土环境的保护, 是青藏铁路建设中环保工作的难点。

为有效控制工程建设对沿线生态环境的影响,维持高原生态系统的自我平衡,在青藏铁路建设过程中,对环保工作实施了全面系统化管理和一系列技术创新,从项目的可行性研究,到设计、施工,每一个环节都贯彻环保理念,充分体现了“预防为主、保护优先、开发与保护并重”原则和同时设计、同时施工、同时投产制度。国家环保总局等部门的多次检查、全国人大环资委的调研以及国家审计署的环保专项审计,都对青藏铁路建设中的环境保护工作成绩给予高度评价。

1 环境保护的主要做法

1.1 全面做好项目环保设计

在青藏铁路格拉段项目设计中,严格落实环境影响报告书及批复意见提出的各项环境保护要求。一是在设计选线上,设法避开各环境敏感区,防止阻断生态系统内的物流、能流和基因流。如:为保护黑颈鹤栖息地,放弃了线路经由林周彭波自然保护区的方案,选择了投资更大的经由羊八井方案;对于无法避让,必须经过野生动物活动区域和自然保护区路段,在设计上进行了多方案比选,将工程活动尽量局限在线路两侧一定范围内。二是采取各种有效的工程缓解措施,减少铁路建设对各生态环境的影响。如为减少铁路构筑物对野生动物活动的干扰,沿线设置野生动物通道供动物穿越;为不破坏草地、湿地及多年冻土环境,采用以桥代路、路基换填渗水材料、块石通风路基、碎石护坡等工程措施;为减少铁路运营对环境造成的影响,沿线车站废弃物集中收集处理,生活污水处理达标排放;客车采用封闭式车体,垃圾装袋,运至高原下车站集中处理;采用中心站管理模式、远程自动化控制以及机械化维修,减少沿线组织机构和人员数量。三是统筹规划、合理安排、严格控制施工临时用地。强化现场调研和优化,在取弃土场、砂石料场、路基土石方调配以及施工临时用地选址上不断优化和细化生态保护方案,以最大程度减少破土面积。

1.2 注重环保科研和技术创新

在项目实施的全过程中,青藏铁路的环保工作始终坚持科技创新。组织国内科研机构等参与环境保护工作,在广泛吸收国内外青藏高原环保研究成果基础上,对沿线自然保护区、珍稀野生动物、生物多样性和多年冻土环境现状等进行了多次大规模现场调查和系统研究,大量推广使用了具有高科技含量的试验研究成果,对攻克“生态脆弱”难题和全面提高环保水平起到了重要作用。

(1) 保护植被生态。针对青藏高原植被很难人工恢复的技术难题,建设者在沿线沱沱河、安多、当雄等海拔4 500 m以上的地段,开展高寒草原、草甸地区草种直播、草皮栽植(铺砌)、植被自然演替恢复等人工再造与恢复试验研究,试验物种17种,试验面积3万m²。通过研究,在高寒草甸地区筛选出以种子繁殖为主的垂穗披碱草、老芒麦、达乌里披碱草等作为植被再造的主要草种,开创了世界高寒地区人工植草试验成功的先例,实现了高寒植被生态保护新突破。

(2) 建设动物迁徙通道。针对沿线野生动物栖息环境保护难题,组织国内高原野生动物研究领域专家进行了深入研究,结合高原野生动物习性,借鉴国外经验,在全线设置了桥梁下方、路基缓坡和隧道上方等三种形式的野生动物通道33处,沿线路宽度达59 km。野生动物通道的建

设,填补了国内工程建设在野生动物保护领域研究和实践的空白。通道建成后,持续开展野生动物迁徙观测,继续开展动物通道设置评价的研究,及时完善野生动物通道功能,为野生动物适应新的迁徙环境创造了条件。

(3) 保护冻土环境。针对多年冻土环境保护问题,青藏铁路的建设者在清水河、北麓河、沱沱河及安多等不同冻土环境下,确立了“主动降温、冷却地基、保护冻土”的设计思想,提出了片石通风路基、片石通风护道、碎石护坡、热棒等多种保护冻土环境的工程措施。

(4) 探索污水处理工艺流程及环保施工方法。针对高寒缺氧环境下的污水处理工艺问题,系统地进行了高寒缺氧环境下的污水处理技术研究。研究开发了沱沱河车站使用的满足《生活饮用水水源水质标准》(CJ 3020—93) 二级标准要求 and 沿线其他车站使用的满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 一级标准要求的一整套污水处理工艺流程与设备。积极探索环保施工方法和工艺。施工中探索和推行了诸如路基及挡水埝填筑时不设纵向施工便道、运输车辆上路基范围内倒行卸土的施工方法;挡水埝、电杆基坑及电缆槽开挖施工临时弃土时,采用在原地面铺设彩条布等方法防止破坏地表植被;在湿地地段桥梁施工时,严格控制墩位施工活动范围,施工便道上设置足够的过水管道,保证湿地上下游的水力联系等。

1.3 全面创新施工期环保管理模式

在中国铁路建设史上,青藏铁路首次引入环保监理制度,建立起由青藏铁路建设总指挥部统一领导、施工单位具体落实并承担责任、工程监理单位负责施工环保工作日常监理、环保监理单位实施全面监控的“四位一体”环保管理体系。各施工单位建立了由局指挥部领导挂帅、环保部门主管、项目施工队专职环保人员具体负责的环保管理体系和自上而下的环保目标责任制,形成了一个纵向统一领导、分级管理,横向分工合作、协调一致、职责分明的管理机构统一体。

实施环保措施审查制度、临时工程核对优化制度、环保一票否决制和环保内部验收制度。制定和完善了以“施工期环保管理办法”为主体的设计优化规定、施工组织设计编制管理规定、监理管理办法、优质样板工程评选办法等一系列与之配套的环保管理法规性文件。“环保实施记录”、“环保计划报审单”、“期中环保质量评价表”、“环保验收单”、“环保监理通知书”、“环保整改验收单”等环保监理工作过程见证性文件的建立,使得铁路建设中的环保监理制度同工程监理制度得以有机结合。积极主动寻求外部监督,联合青海省和西藏自治区环保局与各施工单位签订环保责任书,进一步强化管理的制约机制。

2 环境保护的成效显著

2.1 高寒植被生态系统得到有效保护

一是临时设施在设置上做到了严格控制,尽可能利用公路废弃便道、场地、道班以及乡村道路等,有效减少施工对高原植被生态的破坏。以巴拉大才曲和清水河特大桥为例,这两座桥共有1473孔梁,由于施工组织需要临时存梁,施工中采取了不破坏地表植被,沿桥下施工便道路缘临时存梁措施,比专门集中设置存梁场少占地近6万 m^2 。二是对沿线永久占地和临时用地内的地表植被和表土,进行异地移植保存,施工完后回铺场地地表、路基边坡。三是利用高寒地区人工种草科研成果,对安多—拉萨地段的临时用地、路基边坡进行人工植被恢复。安多—拉萨段

300 多公里长路基边坡形成“绿色长廊”，而且还创造性地设计了长64 km的“绿色草皮水沟”。

2.2 野生动物栖息环境完整

除已设置的动物通道外，铁路穿过的可可西里、三江源自然保护区范围内，沿线净高大于3 m的其他桥梁总长度达57.2 km。这些桥梁都为野生动物自由穿越线路提供了通道条件。三年来的监测表明，野生动物通道的作用已逐渐显现，藏羚羊等野生动物已逐渐适应铁路建设引起的环境变化。施工过程中的有效管理，实现了人与野生动物的和谐相处。

2.3 多年冻土环境稳定

在沿线多年冻土分布区内，根据冻土的特性和科研成果，大量采用片石通风路基、热棒路基以及碎石护坡路基等新的施工工艺后，路基基底的多年冻土上限均出现上升，未出现融沉破坏现象。沿线大量碎石护坡措施的应用，在保护路基基底多年冻土环境的同时，也发挥了路基坡面的水土保持功能。

2.4 生态功能区功能良好

采用绕避措施，避开了沿线大量的沼泽湿地地段，对线路必经的湿地地段，除增设小桥涵外，还增加了累计长达10 km的以桥代路工程，其余湿地路段的路基采用抛填片石和填筑渗水材料等措施，充分保证地表径流对湿地水资源的补给，减少对水源涵养功能影响。在古露车站附近，还尝试了湿地异地重建补偿措施，人工重建湿地达8万m²。施工中，编制了自然保护区、拉萨河特大桥等环境敏感点的环保专项施工组织计划，设置醒目的界牌（界线），严格控制施工行为。如措那湖路段，用装满沙石的编织袋垒成20 km长的护堤，防止水土流失和对湖水的污染。

2.5 保持了高原景观的完整

施工准备阶段，对设计中的取弃土场、砂石料场逐个进行现场核对和优化。全线原初步设计的295处取土场被优化为238处；昆仑山以南沿线取土场由原设计距线路200 m左右移至距线路500 m以上的景观区以外；对原设计中玉珠峰景区内6处取土场、措那湖景区内2处砂石料场予以取消；沿线营地、便道的规划和设置，均避开了景观敏感区，最大限度地保持了高原景观的完整。

2.6 水土流失防治措施到位

在严格控制施工破土面积的前提下，不具备植草条件的荒漠地带、高寒草原地带等，铁路路基边坡采取了干砌片石、混凝土骨架或挂网喷射混凝土护坡等工程防护措施；宜于植草的安多以南地带，采取人工种草和草皮回铺措施，恢复路基边坡及临时用地的地表植被。风沙地段，沿线路累计设置了82 km长的石方格、卵砾石覆盖及立式沙障等防护措施；弃土优先弃于临近取土坑中，尽量避免单纯弃土场的设置，全线仅有的3处弃渣场均严格遵循了“先挡后弃”的原则；河道采砂、桥梁桩基施工采取了有效的疏导和防护措施。跟踪监测水上流失情况表明，青藏线的修建未加剧该区域的水土流失。

2.7 环境污染得到有效控制

施工中，对生活垃圾进行分类处理，不可降解的集中运往山下垃圾场处理；生活污水经沉淀处理，用以降尘或绿化。对施工期江河水质的跟踪监测表明，施工活动对沿线河流和邻近湖泊的水质无明显影响。

3 结束语

青藏铁路建设的环保工作实践表明,要做好开发建设项目的环境保护工作,一是要提高建设者的环保意识,这是搞好建设项目环保工作的基础。无论是项目的管理者、设计者,还是广大的现场建设者,环保意识的增强,可以极大地提高环保工作的主动性和创造性。青藏铁路建设中,大量的环保施工方法和工艺都是由广大施工人员发挥自己的聪明智慧和积极探索而来。二是要依法开展环保工作,这是搞好建设项目环保工作的保证。项目建设前期,必须认真做好环评;项目设计阶段,要切实落实环保措施;项目施工中,必须加大环保措施落实情况的监督检查,才能保证建设项目环保工作的整体水平。三是要建立有效的环保管理机制,这是搞好建设项目环保工作的有力措施。青藏铁路建设所创建的由环保监理、工程监理共同承担环保管理的模式,实现了环保监理制度和工程监理制度的有机结合,做到了项目建设管理的一体化,实现了建设项目环保管理的规范化、制度化和程序化,使得环保工作始终处于有序可控状态。四是要重视环保科研和技术创新,这是搞好建设项目环保工作的有效途径。

打造一流设计精品 创建高原生态铁路

铁道第一勘察设计院青藏铁路环保项目组

摘要:在借鉴国内外重大工程环保建设经验的基础上,青藏铁路建设严格要求环保设计与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。在环保设计阶段,吸纳国内权威单位和知名专家参与环保工作,及时解决主要环境问题,优化线路方案,加强环保管理力度,落实环保措施;对取土场、砂石料场进行核对优化;对野生动物通道及自然保护区路段进行优化设计;减少路基工程占用湿地的面积,保证湿地的水源涵养功能不受影响,有效保护了多年冻土环境、江河源水质、野生动物迁徙条件和铁路沿线的自然景观。

关键词:青藏铁路;环境保护;设计;管理

环境保护是我国的一项基本国策,国务院环境保护主管部门通过制定和实施“环境影响评价制度”和“三同时制度”来减缓项目建设对环境的影响和落实环保措施,以保护生态环境和控制污染。青藏铁路环境影响评价工作是我国铁路建设史上最特殊、要求最高的一项工作。环评单位通过对沿线环境现状和青藏铁路工程特点的分析,采用遥感技术,按自然保护区、珍稀野生动物保护、生物多样性、冻土环境、水土流失、景观保护等多个专题,对青藏铁路沿线环境的影响做了详细的评价,完成的青藏线环境影响报告书和水土保持方案,通过以金鉴明、郑度、刘昌明院士为组长的专家组审查并获得了国家环保总局、国家林业局、水利部、铁道部及与会专家极高的赞誉。

1 概述

青藏铁路格尔木—拉萨段位于青藏高原腹地,跨越青海、西藏两省区,线路北起青海省西部重镇格尔木市,基本沿青藏公路南行,途经纳赤台、五道梁、沱沱河沿、雁石坪,翻越唐古拉山进入西藏自治区境内后,经安多、那曲、当雄至西藏自治区首府拉萨市。青藏铁路经过可可西里国家级自然保护区和三江源自然保护区边缘分别约100 km和193.4 km,紧邻西藏色林措黑颈鹤自然保护区缓冲区约31 km,跨越长江源主要河流并临近措那湖,断线穿越沼泽湿地约100 km,沿线珍稀野生植物种类较多、种群数量大,破坏后难以恢复。

沿线自然生态环境原始、独特、脆弱、敏感,是铁路建设项目中所遇环境问题最多、环境敏感程度和受关注程度最高的项目,在设计、施工中有效保护青藏高原的原始生态环境,是青藏铁路建设的重要任务,也是国内外关注的焦点。青藏铁路建设领导小组全面落实科学发展观要求,提出了“拼搏奉献,依靠科技,保障健康,爱护环境,争创一流”的建设方针,并在借鉴国内外重大工程环保建设工作经验的基础上,结合青藏铁路建设实际,提出了努力建设具有高原特色的生态环保型铁路的建设目标,严格要求环保设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产。

2 主要环保设计工作内容

2.1 明确重点,加强前期策划

为了及时贯彻“环评成果指导设计并为设计服务”的思想,在铁道部计划司和国家环保总局监督管理司的精心策划和组织下,编制完成了“青藏线格拉段环境影响评价总体设想”、“青藏线格拉段主要环境敏感问题”、“青藏线格拉段环评技术路线和思路”、“青藏线格拉段设计和施工期的环境保护措施”、“青藏线格拉段沿线的规划标准”等六册文件,并于2001年2月18~19日在北京主持召开了青藏铁路建设环境保护座谈会。会议确立的“预防为主、保护优先,开发与保护并重及环评成果指导设计、施工、环境管理”原则,贯穿于后续的各项环保工作中,为青藏铁路达到一流生态环保型铁路的目标提供了有力的保障。

2.2 积极吸纳国内权威科研单位和知名专家

为了解决青藏铁路建设中的野生动物保护和植被恢复与再造两大环保难题,并能够在较短的时间内按“建设项目环境管理条例”完成环评和环保设计工作,使评价结论和环保设计更具有公正性、客观性和合理性,在项目前期,通过调查、走访国内众多科研单位。经过筛选,吸纳了中国环科院生态所、中科院动物所、中科院植物所、中科院西北高原生物所、国家环保总局南京环科院、中铁西北院、青海省林业厅、西藏林业厅、西南交通大学等9家单位和国内知名专家参加各项环保工作,充分利用了各单位在自然保护区、珍稀野生动植物、生物多样性、冻土等生态环境研究方面多年的工作经验、技术资料的积累储备等,为确保青藏铁路达到一流环保设计构架了坚实的技术支撑。

设计单位紧密结合《全国生态环境保护纲要》与当地社会经济发展规划、环境保护规划及地方性法规、政策;充分利用既有资料,加强调查,现场调研、勘察、监测,做到了“全、新、准、细、严”。“全”——广采博学,得到国内相关领域优秀科研成果和人才的支持,获取了最多、最全面的信息;“新”——采用了最新的航拍片、卫星片、电子地理信息等现状资料;“准”——预测不用常规的类比法,而用模拟实验或实测数据;“细”——在防护措施的制定上打破常规,根据冻土、植被等特殊特性,按不同的生态类型、不同地段做出更细密的措施;“严”——对于295处取土场和砂石料场以及施工营地、便道,反复勘测比选,直至落实具体位置,在此基础上提出有针对性的、可操作性强的环保对策和措施,为解决青藏铁路建设环境保护问题,优化青藏铁路环境保护设计,有效控制工程带来的影响,保护和改善青藏高原独特原始的生态环境起到了重要作用,确保建设过程中的环境保护始终处于有序和可控状态。2001年度国内十大环境新闻评选中,青藏铁路环境影响评价名列第六,高度评价青藏铁路环境保护“开了我

国生态铁路建设的先河”。

2.3 及时解决主要环境问题，优化线路方案

为了充分体现“预防为主，保护优先”的环境保护工作方针，避免对生态环境的影响造成既成事实，在工程可研和选线阶段，环评编制单位积极介入工程可研设计中，从生态大环境的角度分析初选线路方案与各类自然保护区、野生动植物分布区的位置关系及影响，同时，与铁道部主管部门、合作单位、自然保护区主管部门等单位积极沟通，通过调研、现场踏勘、现场联合办公等措施，顺利完成“青藏线格拉段自然保护区、野生动物通道专题报告”；初步设置了野生动物通道；选择了羊八井方案，避免了林周彭波黑颈鹤自然保护区；优化了线路穿越可可西里、三江源等自然保护区路段的线路方案，减缓了对保护区完整性的影响；确保了环保工程数量和投资纳入主体工程之中。

2.4 加强环境管理力度，切实落实环保措施

在环评阶段，组织项目总体、有关设计专业参加环境影响报告书和水土保持方案报告书的编制工作和审查会，认真听取专家意见，完整准确地理解环保要求。

在设计阶段，为了及时落实国家环保总局、水利部、铁道部的批复意见，衔接好环评报告书、水保方案报告书与设计之间的关系，编制单位对各项繁杂的环保、水保措施和建议，进行了筛选、细化和分类，编制了具有可操作性的环保、水保设计指导意见书，下发各相关专业，并要求在设计文件和施工图中逐项落实。

在施工阶段，设计单位首次配备了环保专职人员配合施工，以指导和解决环保措施在落实中的技术问题。当工程中涉及重大环境问题时，召集环保和有关专业共同研究解决。

2.5 加强沟通，及时优化设计方案

2.5.1 取土场、砂石料场的核对优化

在青藏铁路初步设计阶段共规划设置了295个取土场和砂石料场，其中唐古拉山以北段185处，唐古拉山以南段120处。虽然在环评报告书和水土保持方案中对其选址的合理性进行了分析评价与优化调整，但随着各阶段工作的逐渐深入，在施工图阶段仍发生了一定的变化。为了保护冻土环境、植被、自然景观并严格控制破土面积，设计单位与建设单位及时沟通，在青藏铁路建设中开创了由建设单位牵头，设计单位、监理单位、施工单位等部门参加，对取弃土场、砂石料场进行现场核对优化并报地方主管部门核备的环保工作管理制度，对不利于景观保护、植被保护要求或不符合当地区域发展和草场保护规划及影响当地民族宗教信仰的取弃土场予以取消或改移位置，并编制了平面示意图及相关文字资料。在开工前，对唐北段原185处和唐南段原120处取土场、砂石料场分别优化为146处和92处。例如：中铁五局标段的DK960和DK966两处取土场，原设计在铁路与公路之间，影响著名的玉珠峰雪峰的景观，优化后移至公路右侧，使其位置相对合理；原设计DK1586+050右侧500m的砂卵石场位于色林措自然保护区内的措那湖湖岸滩地，经优化后改移；原设计DK1599+300左100m的片石场位于措那湖和杂弄湖间，对景观和水土保持有一定影响，予以改移。同时环评、设计单位先期编制了关于施工场地、便道和弃地设置的原则和暂行规定，并在施工准备阶段对其进行了核对优化，划定了用地范围，明确了用地数量，为环境管理提供依据。

2.5.2 野生动物通道的优化设计

青藏铁路设置野生动物通道的位置、形式及保护措施在国内铁路建设中尚属首次。根据藏羚羊迁徙的调查报告、观测记录,设计单位及时加强与建设单位、施工单位的沟通,在藏羚羊迁徙的主要路段,采取了降低缓坡通道坡度的措施,并拆除了影响藏羚羊通行的挡水墙一侧混凝土预制板贴面,通过变更7处路基缓坡通道、6处桥梁路基复合通道及加强实施临时管制措施,在2003年6~8月藏羚羊大规模迁徙季节,几乎所有从三江源保护区赴可可西里腹地进行繁殖迁徙的藏羚羊均安全越过铁路,仅从可可西里五北大桥动物通道通过的藏羚羊就有4 000多只。实践证明,青藏铁路设置野生动物通道可行、有效。

2.5.3 色林措自然保护区路段的优化设计

青藏铁路安多—那曲的线路方案紧邻色林措自然保护区约31 km,且距离保护区缓冲区(无实验区)措耶湖东岸较近,环境敏感程度高。国家环保总局要求优化该段的线路方案和加强环境保护措施。针对提出的问题,环评设计单位召集各有关专业共同研究解决方案。首先,单独编制了“色林措自然保护区生态环境影响专题报告”以指导设计;其次,提出了三个线路方案,并进行了环境影响分析评价和工程可行性分析;第三,优化了设计方案。主要内容有:对石质路堑采取了控制爆破加防护排架阻挡;为保护措耶湖和杂井湖附近的湿地,将联通河中桥改为特大桥,联通河车站改移,压缩措耶湖车站建设规模;制定了详细的施工组织设计和临时防护措施,在临湖一侧20 km长的路基坡脚用13万条砂带设置临时挡护堤,有效防止弃渣进入湖内,并采用拉线或围栏方式限定施工活动范围。通过严格的管理和高效的工作,在较短的时间内,以上环保措施均得以实施。

2.5.4 表土保存和草皮移植

青藏高原生态环境脆弱,一经破坏,难以恢复,采取措施有效保存表层土壤和植被显得尤为重要。为了保护青藏高原的生态环境,在设计文件中对取土场等提出了熟土堆放、移植草皮的环保要求。在青藏铁路建设总指挥部的统一部署下,各施工单位对路基基底、取土场、施工便道等工程的表层熟土和植被均采取了异地移植和保存。经估算,唐古拉山以南段约移植草皮58.72万 m^2 。例如,位于措耶湖路段的中铁19局在施工中共移植草皮约9万 m^2 ;中铁5局在DK1 824~DK1 826段路基施工中,将铲除的植被和表土移植于路基两侧或取土坑中加以有效养护,施工完毕后回铺场地地表或路基边坡;在开心岭2*大桥湿地桥梁施工中,将施工场地地表草皮移植养护用于桥基础周围植被恢复,较好地保护了湿地的生态环境。设计与建设单位在总结经验和试验研究的基础上,大力推广了水沟植草工法,据统计,唐古拉山以南段采取水沟植草约64 304 m。

2.5.5 草场、湿地保护措施

为了减少路基工程占用湿地的长度和宽度,保证湿地水源涵养功能不受影响,设计先后采取了绕避、以桥代路、设置加筋挡墙及抛填片石、填筑渗水材料等各项措施,经优化后,改移车站一处;在联通河、罗玛、妥如等地段避免穿越湿地约2 km;采取以桥代路8.68 km;设置加筋挡墙约5 km。这些措施大幅度减少了穿越湿地的长度和占用湿地的面积,有效保护了湿地生态系统。

2.5.6 污染防治设计

对桥梁基础设施及混凝土拌和站产生的泥浆废水要求设置沉淀池,采取静置沉淀法进行固液分离,分离出水来的用于喷洒场地或道路,废渣运往指定的弃渣场。

通过现场调查并结合高原气候特点,对施工营地产生的废污水经过污水池处理,用于场地洒水降尘。

对各车站运营期废水采取 SBR 和 MBR 处理工艺;对沱沱河站产生的污水采用 MCR+电催化氧化工艺进行深度处理。

对各施工场地、营地产生的生产、生活垃圾分类设点,集中收集并定期运往指定地点处理。

对格尔木站和拉萨站设置了垃圾转运站并配备储运设备。

旅客列车设置了集便器并设计地面接纳装置。

3 植被恢复与再造试验研究成果在工程中应用

青藏铁路沿线生态环境脆弱,经预测,若不采取人为辅助措施加快植被恢复过程,工程建成后 15 年内,地表植被仍将难以达到相应植被类型的种类组成、群落盖度及生物量水平,其结果将可能加剧高原草地退化和水土流失、影响野生动物觅食和繁殖、导致高原生态景观破碎化等。目前,我国在退化草地生态系统等方面的植被恢复工作虽然取得了很多成果,但在海拔 4 000 m 以上的高寒地区进行植被恢复与再造则没有成功的先例。青藏铁路能否真正建设成为“具有高原特色的生态环保型铁路”,高原植被保护与恢复再造工作是分水岭。

为了实现建设“具有高原特色的生态环保型铁路”的目标,国务院青藏铁路建设领导小组办公室、铁道部高度重视该项环保科研工作,积极寻求解决办法和组织科研力量,在较短的时间内完成了立项、组织等一系列工作。2001 年 9 月,由铁一院牵头,组织中科院植物所、中科院西北高原生物所等国内权威科研单位参加的“青藏铁路植被恢复与再造试验研究”正式启动,并确立了试验研究场地和试验工程类型;2002 年初完成了室内研究阶段性成果,2002 年下半年进行了野外试验研究,建成试验施工总面积达 3 万 m²,完成了初期坪床建植和管理、中期苗木养护、晚期植物越冬前技术处理等 3 个阶段的施工和观测工作;2003 年完成了植物的越冬返青技术处理工作,试验工程已开始苗木的后期养护管理及观测和对物种适应性研究。

根据沱沱河、安多、当雄等 3 处试验场植物越冬返青状况和目前植物生长状况分析,采取合理的施工方法、科学的养护手段,对苗木进行适当的安全越冬和返青技术处理,大部分供试植物可以适应青藏高原的环境而正常生长,试验研究取得丰硕成果。

4 青藏铁路环保工作的丰硕成果

国家环保总局于 2003 年 8 月 9~14 日,会同国务院青藏铁路建设领导小组办公室、铁道部、交通部、水利部、国土资源部、国家林业局,邀请青藏两省区有关部门和部分生态、动物和植物专家组成检查组,对青藏铁路施工期环境保护工作进行了全面检查,提出建议和改进措施。检查组认为:开工两年以来,青藏铁路公司和青藏铁路建设总指挥部以及各参建单位高度重视青藏铁路建设中的环保工作,以强烈的政治责任感,把环保工作作为建设管理工作的重点,积极贯彻落实

实国家关于环境保护工作的政策、法规和要求,坚持“预防为主、保护优先、开发和保护并重”的指导思想,做到环保设施与主体工程同时设计、同时施工,在工程设计、科研攻关、管理制度、施工组织设计以及施工工艺等方面贯彻环保理念,有效保护了多年冻土环境、江河源水质、野生动物迁徙条件和铁路两侧自然景观。广大参建者在工期紧、任务重、高寒缺氧等恶劣环境下,缺氧不缺精神,胸怀建设秀美山川壮志,自觉爱护青藏高原的一草一木。青藏铁路建设中的环保工作在国内重点工程建设项目中居于领先水平,具有示范作用。

青藏铁路开工建设以来,有关部门严格执行环境影响评价制度,切实加强环境监察,有效保护了青藏高原冻土环境、江河源水质、野生动物迁徙条件和青藏铁路两侧的自然景观。从2001年开工至今,高原、高寒地表植被,自然保护区和珍稀濒危野生动物资源,高原湖泊、湿地生态系统,高原冻土环境和沿线的自然景观得到了有效的保护;对污染物排放实行严格控制,保护了铁路沿线环境。青藏铁路工程沿线生态环境保持良好状态。

5 提高建设项目环保水平

青藏铁路沿线的环境不仅具有原始、独特、脆弱、敏感等特点,而且受到了国家及社会各界、国外舆论的广泛关注。也可以说,是铁路建设项目中所遇环境问题最多、环境敏感程度和受关注程度最高的项目。

青藏铁路与一般铁路项目相比,在建设前期就进行了扎实的环境保护设计工作,并由在自然保护区、珍稀野生动植物、生物多样性、冻土等生态环境研究方面有专长的单位展开合作,先后八次对青藏铁路沿线的环境现状进行了现场调研、踏勘和采样。同时采用新技术,在沿线基础资料缺乏的情况下,为了提高环评质量,为环保设计提供依据,环评中采用了3S技术和2000年最新TM卫星影像资料,通过遥感信息的提取和解译,调查沿线生态系统类型、数量及分布状况,并对工程修建后的影响进行预测,大量节省人力物力,提高了环评报告书的质量。

“青藏铁路高寒植被恢复与再造试验研究”以科研成果为基础,给排水管路及排水构筑物工程试验研究、太阳能技术的综合应用研究、无人值守站房的设计研究、客车垃圾收集卸载专题研究成果均已纳入青藏铁路运营期环保措施的范围,使环境保护措施得以具体实施。

青藏铁路与环境保护

冉 理

(铁道第一勘察设计院, 陕西 西安 710043)

摘要: 针对青藏铁路环境保护的特殊性, 积极开展科学考察和调研工作, 对高原植被恢复与再造技术进行现场试验; 工程设计中采取绕避自然保护区、设置野生动物迁徙通道、避免改变河流湖泊径流环境、减少占用草原草甸面积等措施; 采用通风路基、热桩等地温调控技术降低地温。桩基施工采用旋挖钻机, 干法施工, 减少了泥浆等废液的排放。制定了前期、施工期、运营期的环境管理、环境监督计划和施工人员环境保护守则等, 通过一年多的施工, 各项措施得到了很好的落实。

关键词: 青藏铁路; 环境保护; 工程施工

青藏高原享有“世界屋脊”之誉, 地理学家把它与南极和北极相比, 称之为地球的第三极。它不仅在高度和面积上堪称世界第一, 也是地球上最年轻的高原。青藏高原具有独特的自然景观, 特殊的地壳、土地幔结构, 复杂的生物区系, 多样化的生态系统和丰富的自然资源。高原的形成、演化及其存在, 不仅对高原本身而且对周边地区的自然环境和人类活动产生广泛而深刻的影响。因此, 做好高原的环境保护工作不仅对本地区而且对全球具有现实和深远的意义。

1 青藏高原的环境特征

青藏高原保存相对完整的特殊生态系统, 特有的物种、特殊的生态价值和科学研究价值是我国及南亚地区的“江河源”、“生态源”, 是世界山地生物物种一个重要的起源和分化中心。青藏高原对全球环境具有特殊意义, 其生态环境十分脆弱, 一旦破坏很难恢复。近年来由于自然条件变化和人为活动, 对当地的生态环境已造成了一些影响, 如冻土退化, 超载放牧, 鼠害虫害, 淘金采药造成草场退化、沙化, 水土流失加剧, 生态环境质量下降, 偷猎使野生动物种群数量下降等等。

1.1 地形地貌

青藏铁路格拉段格尔木—南山口通过柴达木盆地南缘的山前冲、洪积倾斜平原。南山口—昆仑山、羊八井—拉萨属坡降较大的河谷区, 其余大部分地区以高原宽谷为主要的地貌类型, 宏观上呈现高准平原地貌, 整个地势由西向东逐渐降低。沿线所经山脉多呈东西走向, 自北向南主要

有昆仑山、可可西里山、风火山、乌丽山、开心岭、唐古拉山、头二九山、念青唐古拉山等。以上山脉除昆仑山北坡及羊八井峡谷地势较险峻，相对高差大于700~1 000 m外，其余山脉相对高差小于300 m。

1.2 河流

青藏铁路格拉段经过地区的河流分为5个水系，即：格尔木内陆河水系、长江水系、扎加藏布内陆水系、怒江水系和雅鲁藏布江水系。

1.3 气象

格拉段通过的地区深居大陆内部，除唐古拉山以南部分地区受海洋性气候影响和北部柴达木盆地受内陆干旱气候影响外，绝大部分属高原腹地，具有独特的冰缘干寒气候特征，且随海拔增高而呈明显的气候垂直分带性。沿线海拔高，空气稀薄，气压低，海拔高程4 500 m以上地区年平均气压58 kPa，唐古拉山垭口为54.4 kPa。

1.4 土壤和植被

格尔木·纳赤台为温性荒漠植被，土壤为沙砾质和砾质灰棕漠土，植被稀疏，主要有膜果麻黄、白刺、沙拐枣、圣柳、猪毛菜、驼绒藜、冷蒿等；纳赤台—唐古拉沿线土壤以高山草原土为主，植被主要为紫花针茅和扁穗茅草原，伴生有青藏苔草、密棘棘豆、链形棘豆，密花黄芩、扁穗茅、矮生三裂委陵菜、唐古拉点地梅等；唐古拉山—当雄土壤以草甸土为主，植被为高寒草甸植被类型。常见的有小嵩草草甸、藏北嵩草草甸、沼泽草甸等；当雄—拉萨的土壤以灌丛草原土和棕壤为主，植被有高寒灌丛草原植被和农业植被等。

1.5 珍稀野生动物

青藏铁路沿线分布的珍稀野生动物有10多种，以哺乳类和鸟类为主，按其栖息地可划分为山间湖盆与宽谷河滩动物群、高山山地动物群和湿地动物群。

山间湖盆与宽谷河滩动物群喜欢栖息于地势平缓，景观开阔的山间盆地和湖泊四周，也时常出没在宽阔的河滩。它们主要以集群的方式和迅跑的本领来逃避天敌的袭击，主要有藏羚、藏野驴、野牦牛、藏原羚4种，均属于青藏高原特有种群。

高山山地动物群大多喜欢在山地栖息，其中偶蹄类动物以集群和善于攀爬陡壁的方式躲避天敌的侵袭，主要有岩羊、盘羊、白唇鹿、豺狼、雪豹、棕熊等。

湿地动物群主要有生活在江河、湖泊、沼泽湿地的游禽、涉禽等鸟类，如黑颈鹤、斑头雁、赤麻鸭、棕头鸥等。

1.6 冻土环境

青藏铁路通过片状多年冻土区长达550 km。影响多年冻土环境的因素可分为外部因素和内部因素，外部因素是指气候变化、地形地貌、构造运动、人为活动等，内部因素主要是岩土性质、含水量、含冰量、年平均地温等。

全球性的气候变暖，特别是20世纪70年代以来已导致冻土出现退化的现象，人为活动对环境的破坏也会导致冻土环境的变化。

2 强化青藏铁路环境保护工作的意义

青藏铁路位于高原腹地，而青藏高原是我国和南亚、东南亚地区主要河流的发源地和上游流

经地区。在人类发展的历史进程中，青藏高原以它广阔的胸怀哺育了古代黄河长江流域文明和印度河流域文明。直到今天，它仍然对中华民族乃至南亚、东南亚人民的生存和发展有着决定性的影响。

青藏高原的降水、冰雪、气候、植被，以及资源开发过程的生态环境演化状态，必然影响到相关区域，引起下游地区生态环境的变化。青藏高原的“江河源”地位同时衍生了生态源地位。

青藏高原作为地球地势最高的一级台阶耸立在亚洲，俯视着太平洋和印度洋。它的存在对毗邻地区的生态环境构成了极为深刻的影响。这里的气候变化不仅直接驱动我国东部和西南部气候变化，而且对北半球具有巨大的影响，甚至对于全球的气候变化，也具有明显的敏感性、超前性和调节。

显然，青藏高原的生态环境不仅构成当地经济社会发展的自然基础，影响着本地区社会发展和居民的生活质量，而且也影响着毗邻地区乃至更广泛范围生态环境的变化。维护青藏高原良好的生态环境既符合本地区居民的利益，而且也将惠及其他地区的居民乃至全人类。因此，做好青藏铁路的环境保护工作具有特别重要的意义。

青藏铁路的环境保护同其他铁路相比又有其特殊性。具沿线海拔高、空气稀薄、气候寒冷、干旱，动植物种类少、生长期短、生物量低、生物链简单，生态系统中物质循环和能量的转换过程缓慢，致使本区生态环境十分脆弱。长期低温和短促的生长季节使植被一旦破坏，较难恢复，而且加速冻土融化，引起土地沙化和水土流失。沿线分布的珍稀野生动物，特别是青藏高原的特有种群必须重点保护。这一切又给青藏铁路的环境保护工作提出了许多新课题，必须十分重视，并妥善处理好开发建设与环境保护的矛盾。

3 青藏铁路环境保护工作的内容和措施

党中央、国务院对做好青藏铁路建设中的环境保护工作极为重视。铁道部、国家环保总局在开展项目可行性研究报告的同时，先后3次组织铁道部、国家环保总局、水利部、国家林业局、中国科学院、青海省、西藏自治区的有关专家赴现场，就环境保护问题开展科学考察和调研工作。针对“自然保护区、野生动物通道”等敏感问题，组织编写了专题报告，对高原植被的恢复与再造技术开展了现场试验。

青藏铁路建设中的环境保护工作，始终坚持“预防为主、保护优先、开发与保护并重”的指导方针。根据青藏高原的特点，将沿线地表植被、珍稀保护物种、自然保护区、湿地、原始景观、河流源头水质、冻土环境等放在保护工作的首位。

青藏铁路环境保护采取了以下措施：

(1) 铁路选线。在铁路选线过程中，尽量避让主要环境敏感点。在西藏自治区境内线路先后避开了纳木错自然保护区、林周彭波自然保护区，对无法避让的可可西里与三江源自然保护区经多方案比选后，采用了对保护区扰动最小、影响最小的线位通过。

(2) 路基施工。为了减少对植被的破坏，路基施工采用分段集中取土的方案，取土场选择在线路200 m以外2 km以内，植被稀疏、对景观影响较小的地点。对下珠峰等重点景观区，及时将取土场由左侧调整至右侧。施工后，采取整平、覆盖，在有条件的地区采用植被恢复技术，以减

少对景观和生态的影响。

(3) 野生动物通道设置。全线在反复调研的基础上设置了 33 处野生动物通道, 其中缓坡式平交通道 7 处, 桥梁下方通道 13 处, 桥梁缓坡通道 10 处, 隧道上方通道 3 处。为减少施工期对野生动物的惊扰, 在通道范围内禁止设置施工营地和砂石料场, 在野生动物迁徙期暂停施工, 并加强保护动物的宣传, 把施工期间的人为活动限制在一定的范围内。

(4) 取土场及施工便道选址。为了减少工程施工对水土流失、冻土环境、景观等的影响, 使其尽快恢复原功能和原貌, 对取土场表层的熟土在取土前推置一旁集中堆放, 待取土完毕后, 覆盖平铺, 以便尽快恢复其生长能力。对草甸植被采取分割块铲起移植到适当的地方培植, 以备利用。

对施工便道进行统一规划, 禁止施工车辆越界行车。在选择生活营地时, 将减少植被破坏作为重点考虑因素, 在有条件时, 尽量利用修建青藏公路时遗弃的场地。施工人员的餐饮由格尔木生活基地加工成半成品或成品定期运往施工营地, 以减少生活垃圾的数量, 现场的生活垃圾放入指定容器, 对不可降解和含有害物质的垃圾运至拉萨和格尔木集中处理。

(5) 路基及桥梁施工技术。为了保护冻土环境, 在设计中广泛采用了以主动降低地温的地温调控技术, 如通风路基、热桩等, 在冻土环境极为复杂的地区, 采取了以桥代路的工程措施。

为减少桥梁施工中对水体的污染, 桩基施工中大量推广采用了旋挖钻机和干法施工, 减少了泥浆等废液的排放。

(6) 防治环境污染的措施。在运营期推广采用洁净能源。在格尔木采用燃气锅炉, 拉萨采用燃油锅炉; 对沿线小站采用电、太阳能综合采暖; 对沱沱河等车站污水进行深度处理, 达标排放; 在各车站健全垃圾收集、清运和防止污染的措施。客车垃圾采用车上收集, 用垃圾袋封装, 至垃圾处理点卸下统一处理。

此外, 为了保证环境保护工作的顺利推进, 分别制定了前期、施工期、运营期的环境管理计划与环境监督计划, 并制定了施工人员环境保护守则。在铁路建设项目中第一个签订了环保责任书, 第一个推行了环境监控制度, 保证了各项环保措施的有效落实。

综上所述, 青藏铁路的环境保护工作, 涉及的领域之广, 采取措施之多, 订立的制度之严, 堪称中国铁路建设之最。通过一年多的施工, 各项措施得到了很好的执行。但在如此复杂的环境下修建铁路仍带有很强的探索性。随着工程的不断推进, 还需不断完善, 加强环保意识, 改善环保工作, 将青藏铁路真正建成 21 世纪的环保型铁路。

青藏铁路沿线的生态环境特点及保护对策

孙士云

(铁道第一勘察设计院, 陕西 西安 710043)

摘要: 青藏铁路沿线的生态环境特点可概括为具有独特的高原、高寒生态系统、丰富的珍稀特有物种、脆弱的生态环境、多样的自然景观、广布的高寒湿地、星罗棋布的自然保护区, 以及位于高原腹地的长江源国家级生态功能保护区。根据青藏铁路沿线生态环境的特点和沿线5个生态分区的特点, 以及生态保护的原则, 提出了具体的保护对策。特别是对铁路穿越的可可西里、三江源和一江两河自然保护区, 应做多方案比选, 尽量减少对保护区的切割和对重要生态环境的影响。

关键词: 青藏铁路; 生态环境; 保护对策

1 青藏铁路沿线的生态分区及其特点

青藏铁路跨越青藏高原腹地, 南北长1 110 km。由于地形地貌、气候、植被类型等不同, 其生态环境各有特点。为了对不同地段采取不同的保护措施, 根据其特点将全线划分为如下5个生态分区。

(1) 格尔木—南山口。属柴达木盆地南缘山前冲、洪积倾斜平原, 地形平坦, 地势向北倾斜, 海拔2 800~3 000 m。本段属柴达木盆地干燥气候区, 夏季炎热, 冬季寒冷, 相对湿度低, 降雨量极小。年平均气温6.7℃, 最高气温35.5℃, 最低气温-33.6℃, 年平均降水量40 mm左右, 相当湿度32%。本段为戈壁裸地生态系统, 呈戈壁荒漠地貌景观, 植被极为稀疏, 覆盖度在2%以下, 植被类型以旱生灌木、小半灌木为主。

(2) 南山口—昆仑山。属坡降较大的昆仑山河谷区, 海拔高度为3 000~4 770 m。铁路溯格尔木河、昆仑河、小南川而上。其中南山口—昆仑桥为格尔木河宽谷阶地, 河床宽约100~200 m; 昆仑桥—望昆为昆仑河河谷阶地, 现代河床宽约20~200 m; 望昆—昆仑山口为高原丘陵及中高山区。本段属昆仑山以北干旱气候区, 年平均气温-3.6℃, 最高气温23.7℃, 最低气温-26.7℃, 年平均降水量250~300 mm左右, 相对湿度47%。本段3 500 m以下为山地荒漠

生态系统, 3 500 m 以上逐渐过渡为山地草原生态系统, 植被覆盖度为 15%~25%, 主要荒漠植被为膜果麻黄、驼绒藜、蒿叶猪毛菜、沙生针茅、紫花针茅等优势种组成的群落。

(3) 昆仑山—唐古拉山。海拔高度为 4 500~5 200 m, 除可可西里山、风火山、乌丽山、开心岭、唐古拉山等越岭地段相对高差 100~300 m 外, 其他地段宏观上均属高准平原地貌, 地形平坦开阔。本段属干寒气候区, 气候多变, 空气稀薄, 气压低, 年平均气温 -2°C ~ -6.9°C , 最高气温 24.2°C , 最低气温 -45.2°C , 年平均降水量 250~300 mm 左右。随着高原水热条件的差异, 本段自东南向西北形成了由高寒草甸向高寒草原、高寒荒漠过渡的以高寒草原为主的高寒生态系统, 其中除五道梁、开心岭附近分布有沼泽草甸, 风火山地区、通天河—唐古拉山北坡分布有嵩草草甸外, 其余大部分分布为高寒草原, 有紫花针茅、扁穗茅、羽柱针茅、青藏苔草、昆仑嵩草等植物群落。高寒草原是亚洲中部高寒环境中典型的自然生态系统之一, 并且在世界高寒地区也具有代表性。

(4) 唐古拉山—当雄。为藏北高原, 海拔高度为 5 200~4 300 m, 除头二九、九子纳越岭地段海拔相对高度较大外, 其余地段也呈高准平原地貌, 地形开阔平坦。本段受海洋性气候影响, 呈现高原亚干旱气候, 年平均气温 -1.3°C ~ -2.9°C , 最高气温 24.2°C , 最低气温 -41.2°C , 年平均降水量 293~430 mm。本段以高寒草甸生态系统为主, 主要有小嵩草草甸、藏北嵩草草甸和沼泽草甸, 覆盖度为 60%~90%, 其中小嵩草草甸分布面积最大, 连片分布于那曲、安多一带的广阔高原面上; 藏北嵩草草甸和沼泽草甸分布面积小且不连续, 一般分布在地下水丰富的河边洼地、山前洪积扇缘的潜水溢出带。

(5) 当雄—拉萨段。海拔高度为 4 300~3 640 m。当雄—羊八井线路位于念青唐古拉山南麓谷地, 地形开阔平坦, 低阶地及河漫滩湿地发育; 羊八井—拉萨为坡降较大的藏布曲峡谷区和拉萨河宽谷盆地, 藏布曲峡谷区, 河谷狭窄, 山坡陡峻, 现代河床宽 20~50 m, 拉萨河宽谷盆地, 现代河床宽 500~800 m, 主流摆动较大。本段气候属高原亚干旱气候, 年平均气温 1.6°C ~ 7.8°C , 最高气温 29.6°C , 最低气温 -35.9°C , 年平均降水量 407~468 mm。本段主要以灌丛草原生态系统为主, 灌丛植被有金露梅、香柏、锦鸡儿, 覆盖度 40% 左右; 草原植被主要为长芒草原, 覆盖度 10%~30%。

2 青藏铁路沿线的生态环境特点

2.1 独特的高原、高寒生态系统

青藏高原保存有相对完好的原始高原面。随着高原内部水热条件的差异, 青藏铁路沿线自东南向西北形成了由高寒灌丛向高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠过渡的高寒生态系统。在这个独特的高寒自然环境和高寒生物区系中, 尤以高寒草原、高寒草甸分布最广, 有紫花针茅、羽柱针茅、青藏苔草、昆仑嵩草、小嵩草、藏北嵩草等植物群落。高寒草原和高寒草甸不仅是亚洲中部高寒环境中典型的生态系统之一, 并且在世界高寒地区也具有代表性。

2.2 丰富的珍稀特有物种

被誉为“地球第三极”的青藏高原, 有着独特的自然条件和丰富的自然资源, 造就了丰富多彩的动植物区系, 被世界自然基金会列为全球生物多样性保护最优先的地区, 也被列为中国生物

多样性保护行动计划优先保护的区域。

铁路经过地区动物物种较少,但珍稀特有物种较多,种群数量大。常见的哺乳类动物共16种,其中11种为青藏高原特有种;鸟类约30种,其中7种为青藏高原特有种。属国家一级保护的动物主要有藏羚羊、藏野驴、野牦牛、白唇鹿、雪豹、藏雪鸡、黑颈鹤等,属国家二级保护的动物有岩羊、盘羊、黄羊、狼狽、棕熊、斑头雁等。铁路沿线两侧经常活动的珍稀野生动物约有14种,以哺乳类和鸟类为主。

2.3 脆弱的生态环境

青藏高原海拔高,空气稀薄,气候寒冷、干旱,动植物种类少、生长期短、生物量低、生物链简单,生态系统中物质循环和能量的转换过程缓慢,致使本区生态环境十分脆弱。长期低温和短促的生长季节使寒冷地区的植被一旦破坏,恢复十分困难,而且加速冻土融化,引起土地沙化和水土流失。目前,铁路沿线的一部分地区仍为无人区,自然环境还保持着较原始的自然状态。科学研究表明,全球变暖对青藏高原的自然环境已带来一定的影响。

2.4 多样的自然景观

青藏铁路沿线的自然景观呈现多样性和独特性。既有高寒灌丛、高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠组成的水平高寒生态景观,又有高寒草甸、高寒草原、冰雪带等组成的垂直高寒生态景观;既有可可西里和三江源地区有蹄类野生动物的栖息和迁徙环境,又有西藏境内广布的沼泽湿地和鸟类的栖息环境。除此以外,还有昆仑山、唐古拉山、念青唐古拉山的神秘雪峰和冰川,多年冻土区的冻胀丘、冰锥、热融湖塘等冻土奇观,古老的长江源头——楚玛尔河、沱沱河、布曲,美丽的高原湖泊——措那湖,羊八井的峡谷,藏北的草原风光和民族风情等等。

2.5 广布的高寒湿地

湿地是地球上拥有丰富自然资源的独特生态系统。由于具有涵养水源、蓄洪调洪、调节气候、净化环境等功能,因此被称为地球的“肾脏”。根据成因不同,可将沿线的湿地分为沼泽型、湖泊型和河床型三类。

昆仑山—唐古拉山段的河床型湿地主要分布在不冻泉—五道梁段的楚玛尔河高原内、布曲河谷区的温泉和唐古拉山北坡等地段。沼泽型湿地主要分布在五道梁、风火山、开心岭越岭地段。本段湿地主要是由于冻土融化和宽浅河滩的漫流形成的,具有小片、不连续分布的特点。青藏铁路断续穿越50多处,累计长度约15 km。

唐古拉山—拉萨段铁路沿线湿地分布较多,其类型主要为沼泽型和湖泊型。本次青藏铁路主要穿越被列入中国湿地保护行动计划的2块湿地——聂荣、安多沼泽湿地和那曲沼泽湿地。聂荣、安多沼泽湿地分布在唐古拉山—措那湖段,面积3 879 km²,海拔4 500~5 200 m。土壤类型主要有泥炭上、泥炭沼泽土、草甸沼泽土和腐殖质沼泽土。植被类型主要为藏北嵩草和华扁穗草。本次线路穿越其约15 km(主要在措那湖附近)。那曲沼泽湿地在措那湖—桑雄段,主要分布在那曲县西部和安多县南部,念青唐古拉山北麓的那曲河上游。面积2 025 km²,海拔4 300~4 800 m。土壤类型主要为泥炭沼泽土、草甸沼泽土和腐殖质沼泽土。植被类型主要为藏北嵩草和华扁穗草。本次线路断续穿越其约25 km(主要为喀隆和阿贡片)。

2.6 星罗棋布的自然保护区

青藏高原由于具有独特的自然环境和对全球环境具有特殊意义,因此《全国生态环境保护纲要》中明确指出,在青藏高原适合建立大面积的自然保护区。

青藏铁路沿线分布有 5 个已建的自然保护区和 6 个规划的自然保护区。5 个已建的自然保护区为青海省境内的可可西里、三江源自然保护区和西藏境内的羌塘、林周彭波黑颈鹤、拉鲁湿地自然保护区;6 个规划的自然保护区全部在西藏境内,为一江两河、纳木错、羊八井—格达温泉蛇、拉萨古柏树林、达孜叶巴喀斯特地貌和堆龙德庆县马乡不整合接触等自然保护区。青藏铁路穿越了可可西里、三江源自然保护区和规划的一江两河自然保护区,毗邻的保护区有 11 个(见表 1)。现重点介绍铁路穿越的自然保护区。

表 1 青藏铁路毗邻的自然保护区一览表

	所在行政区域	面积 (km ²)	级别	建立时间	线路与保护区 的最近距离 (km)
三江源格拉丹东雪山 核心保护区	青海省格尔木市	2 300	省级	2000.5	50.1
三江源当曲湿地 核心保护区	青海省杂多县	9 200	省级	2000.5	92.4
一江源果宗木查湿地 核心保护区	青海省杂多县	4 800	省级	2000.5	171.1
羌塘国家级 自然保护区	西藏安多、双湖、尼玛、 改则、日土、革吉 6 县	247 120	国家级	1993	104.9
纳木错 自然保护区	西藏当雄、班戈县	10 610	规划中		15.4
羊八井—格达温泉蛇 自然保护区	西藏当雄县	80	规划中		15.5
林周彭波黑颈鹤 自然保护区	西藏林周县	96.8	自治区级	1993	27.5
拉萨古柏树林 自然保护区	西藏林周、尼木县	75	规划中		25.2
达孜叶巴喀斯特地貌 自然保护区	西藏达孜县	60	规划中		10.1
堆龙德庆县马乡不整合 接触自然保护区	西藏堆龙德庆县	8.5	规划中		2.5
拉鲁湿地 自然保护区	西藏拉萨市区	6.2	自治区级	1999	2.0

(1) 可可西里自然保护区(国家级)。该保护区建于1995年10月,1997年12月升为国家级自然保护区。其范围为昆仑山以南,唐古拉山以北,青藏公路以西的以可可西里山为主体的广大区域,面积4.5万 km^2 。保护对象为青藏高原特有的珍稀野生动植物种、原始的自然环境、高寒草原生态系统和特殊意义的自然景观。行政区域为青海省玉树州。青藏铁路在其实验区边缘共穿越约100 km。

(2) 三江源自然保护区(省级)。该保护区建于2000年5月,现正申报国家级自然保护区。其范围包括青海省玉树、果洛两个藏族自治州全境,黄南藏族自治州的泽库、河南两县,海南藏族自治州的兴海、同德两县及格尔木市的唐古拉山乡。总面积31.8万 km^2 ,占青海省土地总面积的44.1%。保护对象为水源环境、生物多样性及高原生态系统的自然完整性。根据保护区自然资源分布情况、保护目标、保护对象等,将该保护区划分为四种类型,划定了25个核心区、25个缓冲区和1个实验区。青藏铁路在唐古拉山乡北界至唐古拉山段穿越了其实验区193.4 km,在昆仑山至唐古拉山乡北界穿越了楚玛尔河野生动物核心保护区实验区边缘119.75 km和索加野生动物核心保护区实验区边缘14.91 km。

(3) 一江两河自然保护区(规划中的)。该保护区是目前正在规划的以保护黑颈鹤主要繁殖地为重点、以申扎黑颈鹤繁殖地为中心的,涵盖西藏黑颈鹤其他栖息地和冬季采食地的永久保护区与季节性保护点相结合的自然保护区群。其范围包括那曲、阿里、山南、林芝、昌都、日喀则等6个地区和拉萨市的41个县。整个保护区由中心保护区、卫星保护区和季节性保护区组成,其中卫星保护区由4个较大的湖泊湿地保护区和一些零散的湿地保护区(暂未划分功能区)组成。青藏铁路在安多和那曲附近穿越了其一些零散的湿地保护区共61.1 km(喀隆湿地3.7 km,阿贡湿地北片32.5 km,阿贡湿地南片24.9 km)。季节性保护区中,将黑颈鹤过夜和休息的河流湿地划分为季节性核心区,将采食的农田划分为季节性缓冲区。青藏铁路在拉萨河中下游穿越季节性缓冲区17.1 km。

青藏铁路共穿越规划中的一江两河自然保护区78.2 km。

2.7 长江源国家级生态功能保护区(试点)

该源区位于青藏高原腹地,西北以昆仑山脉与柴达木盆地内陆水系分域,东北以巴颜喀拉山脉与黄河分域,南以唐古拉山脉、色的日峰等与西藏诸河、澜沧江分界,西以可可西里山、乌兰乌拉山与可可西里内陆水系分域,东与四川接壤,流域总面积约15.85万 km^2 ,以保护水源涵养为目的。长江源主要由正源沱沱河、北源楚玛尔河和南源当曲组成,在青海省玉树乡出境。青藏铁路格唐段穿越其约428 km。

3 生态保护的原则与对策

生态保护的原则是:

(1) 铁路经过地区生态环境极为脆弱,一经扰动、破坏,难以恢复。因此,工程设计中要充分体现“预防为主,保护优先”的原则;

(2) 设计人员在设计中要有高度的环保意识,处处体现爱护高原的生态环境,爱护沿线的野生动物和一草一木,保护沿线的湿地、冻土环境、水土资源和水质。

生态保护的对策如下:

(1) 线路在经过可可西里自然保护区和三江源楚玛尔河、索加野生动物核心保护区时,应做多方案比选,尽量减少对保护区的切割及对重要生境的影响。

(2) 线路在通过湖泊、湿地等环境敏感地带时,尽量采取绕避或进行路桥比选。

(3) 根据沿线野生动物种群分布特征、种群交换情况,及其栖息地、繁殖地等状况,设置野生动物通道。

(4) 设计中应加强土石方的调配力度,进行充分的移挖作填,减少取土场的设置和弃土弃渣量。

(5) 为了保护沿线的生态环境、自然景观等,工程取土应采取分段集中取土的原则,取土场应选择在路堤上侧200 m以远,植被稀疏的山包、丘包、融区、河滩及少冰、多冰地带设置。在融冻泥流、热融滑塌等冻融侵蚀发育的地带,富冰、饱冰、含土冰层地带,横坡明显的坡地边缘地带,植被发育的地带禁止设置取土场。

(6) 沿线分布的沼泽型、湖泊型、河床型等湿地不仅具有涵养水源的特殊生态功能,而且是部分野生动物生息繁衍的栖息地,工程取弃土场避开该类湿地,以保护其特殊生态功能。

(7) 线路在漫流区或大面积湿地分布地段通过时,应采取以桥代路、加大桥涵密度等措施,避免切割、阻挡地表、地下径流的排泄。

(8) 工程建筑物根据所处的地形条件和水文特征进行合理布设,不得采取强行改变地表径流方向或改沟、改河。

(9) 在野生动物迁移通道上,不应设置取弃土场等大型临时工程,避免阻断野生动物迁移路线。

(10) 在多年冻土区,对工程挖方段和取土场的草甸植被应采取分割划块铲起,移植于适当的地方培植,以备利用。将取土场表层的熟土在取土前推至一旁集中堆放,待取土完毕后覆盖平铺,以便尽快恢复其生产力。路基工程的坡面、两侧等积极采取有效的、可行的植被恢复方案,严禁挖取其他地方的草皮用于路基工程防护。

(11) 对隧道出渣加强调配,尽量减少渣场的设置,对不能利用的选择地势低洼、无地表径流、植被稀疏的地方堆置,不得侵占河道、湖泊、湿地、自然保护区的缓冲区和核心区及高寒植被发育的草地资源,弃渣完毕后对其进行防护。

(12) 合理规划、设计施工便道及便道宽度,并要求各种机械和车辆固定行车路线。不能随意下道行驶或另开辟便道,以保证周围地表和植被不受破坏。

(13) 线路纵向便道充分利用了既有路基和既有青藏公路,线路横向便道。以少布点、拉大间距为原则,并避开了环境敏感地区。

青藏铁路建设对沿线高寒生态系统的影响与恢复研究

沈渭寿 张 慧 邹长新 曹学章 唐晓燕

(国家环境保护总局南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042)

摘 要:采用 GIS 技术, 编制青藏铁路沿线 50 km 范围生态系统类型和脆弱度分区图, 用叠图法研究各类工程活动对沿线生态系统的影响范围、面积和指数, 类比青藏公路, 研究青藏铁路高寒生态系统的恢复机制, 预测其恢复程度和恢复速度。研究表明, 铁路工程对高寒生态系统的影响程度主要取决于地表原始土壤受破坏和扰动的程度以及生态系统本身的脆弱性, 植被覆盖度与物种丰富度的恢复与地表原始土壤的破坏程度呈显著负相关关系, 与恢复年限、年平均降水量、年平均相对湿度呈显著正相关关系, 而与海拔高度、气温无明显的相关关系。在年降水量大于 200 mm 的地段, 只要地表能够保留一定比例的原始土壤, 工程结束后 30 年左右物种多样性基本上可恢复到破坏前的水平, 而植被覆盖度至少需要 45~60 年以上才能恢复到破坏前的水平。

关键词:青藏铁路; 高寒植被; 生态影响; 恢复预测

目前, 我国铁路建设对生态环境影响的研究主要集中在铁路工程建设对生态环境影响的预测与评价方法研究, 层次分析法、模糊综合评价法和矩阵半定量预测方法得到比较广泛的应用。青藏铁路对沿线高寒植被及其生态环境的影响的程度, 以及受到扰动后高寒植被的恢复, 是世人十分关注的问题。采用 GIS 技术, 分析铁路工程对沿线高寒生态系统的影响方式和影响程度, 并通过采用类比法, 预测青藏铁路工程扰动后高寒生态系统的恢复程度和恢复速度。

1 新建青藏铁路工程及沿线生态环境状况

新建青藏铁路格尔木—拉萨段全长 1 142 km, 自北向南纵贯青海和西藏两省区。其中青海省境内 596.58 km (含 31.75 km 既有线), 行政区划上跨越青海省海西州格尔木市和玉树州至多县; 西藏境内 545.42 km, 跨越西藏自治区那曲地区的安多县、那曲县, 拉萨市的当雄县、堆龙德庆县和拉萨市区。

线路通过地段除格尔木—南山口位于柴达木盆地南缘外, 其余地段均位于青藏高原。其中北

端南山口—昆仑山段和南端羊八井—拉萨段为降坡较大的河谷地貌,中间地段昆仑山—羊八井段宏观上为高平原地貌,地形平坦开阔,地面平均海拔高程大于4 500 m。线路经过的主要山系自北向南主要有昆仑山、可可西里山、风火山、乌丽山、开心岭、唐古拉山、头二九山,念青唐古拉山系的桑雄岭、九子纳和羊八岭。这些山系多呈穹形起伏,相对高差一般小于300 m,宏观地形相当开阔,山岭浑圆而坡度平缓,呈现“远看是山近看平川”的高原景观。

新建青藏铁路自北向南纵贯青海、西藏两省区,地貌类型丰富、气候环境多样、海拔高度垂直变化大(2 800~5 600 m)、多年冻土发育、生境条件独特,从而形成了沿线丰富而独特的生态系统类型。主要生态系统类型包括典型荒漠、河谷灌丛、高寒草原、高寒草甸草原、高寒草甸、高寒灌丛、高山冰雪、高寒沼泽化草甸、高寒沼泽、湖泊湿地、河流湿地、温性草原等生态系统类型。由于青藏高原严酷的自然条件,导致了青藏高原高寒生态系统十分独特、脆弱、对人类扰动极其敏感的自然属性。

2 新建铁路沿线高寒生态系统类型图的编制及生态系统脆弱度的计算

利用3S技术,采用最新美国陆地资源卫星Landsat-5 TM和Landsat-7 ETM+影像数据,1:250 000电子地形图和1:100 000地形图,参照铁路沿线植被类型图、土地利用现状图、草地类型图、土壤类型图等附件资料,在实地考察的基础上,以铁路为基线,编制了唐古拉山口—拉萨段沿线50 km范围生态系统类型图。

生态系统的脆弱度是生态系统经受人类扰动程度的一个重要测度,本研究采用下式计算铁路沿线各生态系统类型的脆弱度:

$$G=1-\frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i}{(\max \sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i + \min \sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i)} \quad (1)$$

(1)式中:G为脆弱度; P_i 为脆弱生态系统及环境特征指标初值化之值; W_i 为各指标权重。

按脆弱度大小可将各生态系统脆弱性划分为四类,即:

$G \geq 0.65$ 为极强度脆弱;

$0.65 > G \geq 0.45$ 为强度脆弱;

$0.45 > G \geq 0.3$ 为中度脆弱;

$G < 0.30$ 为轻度脆弱。

新建青藏铁路沿线生态系统及环境特征采用海拔高度、降水量、植被盖度、Shannon-Winner多样性指数、植物种的饱和度、土层厚度、第一性生产力等自然成因指标以及生态系统对工程扰动的敏感系数和破坏后恢复能力系数等影响表现指标(表1)。

从新建青藏铁路唐古拉山口—拉萨铁路两侧生态系统脆弱度的计算可以看出,高山冰雪生态系统和湖泊生态系统属极强度脆弱;高寒沼泽化草甸及沼泽生态系统和河流生态系统属强度脆弱;高寒草原、高寒草甸草原、高寒草甸和高寒灌丛生态系统属中度脆弱;温性草原生态系统和农田生态系统属轻度脆弱(表2)。

表1 新建青藏铁路唐古拉山口—拉萨段铁路两侧生态系统自然成因和影响表现指标

生态系统	自然成因指标							影响表现指标	
	海拔 高度(m)	降水量 (mm)	植被盖 度(%)	Shannon- Winner 多样 性指数	1 m ² 植物 种饱和度	土层厚 度(cm)	第一性 生产力 (kg·hm ⁻²)	对工程扰动 敏感系数	破坏后恢复 能力系数
温性草原	3 500~4 300	300~400	15~15	0.14	5~15	5~10	1 320~2 800	0.30	0.6
高寒草原	4 300~5 200	100~300	10~50	0.37	5~10	5~20	850~2 650	0.35	0.5
高寒草 甸草原	4 300~5 200	300~400	20~40	0.42	8~12	10~30	750~2 720	0.40	0.4
高寒草甸	4 000~5 200	300~500	70~90	0.37	6~14	20~50	950~2 350	0.50	0.3
河流	3 700~5 100	300~600	0~15	0.22	—	—	50~1 000	0.45	0.3
湖泊	3 800~5 000	300~600	0~2	0.15	—	—	10~00	0.75	0.1
高寒沼泽化 草甸及沼泽	4 000~5 100	300~600	80~90	0.50	9~16	20~50	850~3 500	0.85	0.1
高寒灌丛	4 000~5 000	300~500	30~50	0.53	8~20	20~40	750~1 800	0.45	0.5
农田	3 500~4 000	200~400	10~95	0.48	10~15	10~30	7 500~15 000	0.30	0.4
高山冰雪	4 500~6 200	300~800	0~2	0.07	0~1	0~10	0~10	0.90	0.2
各指标权重	0.07	0.08	0.10	0.05	0.05	0.07	0.08	0.25	0.25

注：上表数据计算中取平均值。

表2 新建青藏铁路唐古拉山口—拉萨段铁路两侧生态系统的脆弱度

生态系统名称	脆弱度	脆弱性评价
高山冰雪生态系统	0.858	极强度脆弱
温性草原生态系统	0.262	轻度脆弱
高寒草原生态系统	0.413	中度脆弱
高寒草甸草原生态系统	0.421	中度脆弱
高寒草甸生态系统	0.411	中度脆弱
高寒沼泽化草甸及沼泽生态系统	0.610	强度脆弱
流生态系统	0.586	强度脆弱
湖泊生态系统	0.830	极强度脆弱
农田生态系统	0.237	轻度脆弱
高寒灌丛生态系统	0.314	中度脆弱

3 铁路工程建设对沿线高寒生态系统的影响方式和影响程度的分析

铁路工程建设对沿线高寒生态系统的影响方式主要包括路基工程（路基线路及开挖填埋）、

砂石料场设置、工程取弃土、临时施工便道、施工临时场地（含生活营地）、桥涵隧道工程、工程永久站场和工程施工人员活动对生态系统的影响（表3）。

表3 工程施工对沿线生态系统的影响及扰动系数

工程项目	影响分析	扰动系数
路基、站场工程	通过路基、站场压占，地表植被和植物物种受到彻底破坏，植被盖度和植物物种多样性下降为零。路基工程对沿线生态系统和景观类型的线性切割，造成生境的破碎化	1.0
取弃土场	通过开挖取土或弃土，地表植被和土壤结构受到彻底破坏，植物群落盖度和植物物种多样性下降，工程结束后地表植被和物种多样性开始缓慢的自然恢复过程	0.9
施工便道	通过运输机械（车辆）碾压，破坏地表植被和土壤物理结构，植被盖度和物种多样性下降，工程活动结束后地表植被和物种多样性开始缓慢的自然恢复过程，其恢复速度取决于原始土壤和植被受破坏的程度	0.7
桥涵工程	地表土壤结构和植被受破坏的程度较小，工程活动结束后地表植被和物种多样性的自然恢复较快	0.3
隧道工程	地表土壤结构和植被受破坏的程度较小，仅在隧道进、出口处土壤结构和植被受到破坏	0.1
施工营地	由于场地占用、机械碾压以及人员活动等，地表植被和土壤结构受到一定程度的破坏，工程活动结束后地表植被和物种多样性自然恢复过程较快	0.5

注：采用特尔菲法，经过专家两轮问卷调查，作归一化处理后得出各类工程的扰动系数。

本研究采用下式计算铁路工程建设对沿线高寒生态系统的影响程度。

$$CI = \int_0^{\infty} A(x) \cdot B(x) \cdot C(x) dx \quad (2)$$

式中， CI 为影响指数； x 为施工性质变量； $A(x)$ 为地表原始土壤和植被受破坏的程度； $B(x)$ 为工程量函数，此处以破坏或受影响的面积比例表示， $C(x)$ 为生态系统的脆弱度。

$$\text{具体到铁路工程建设中 } CI = (a_1b_1 + a_2b_2 + \dots + a_nb_n) \cdot c_i \quad (3)$$

式中， a_i 表示施工性质对地表原始土壤破坏和扰动的程度； b_i 表示工程破坏或影响的铁路两侧一定范围内某一生态系统面积的百分比， c_i 表示第 i 个生态系统的脆弱度。

采用地理信息系统（GIS）技术，根据工程设计资料，将各类工程活动叠加在生态系统类型图上，计算各类工程活动对沿线生态系统的影响范围和影响面积。然后根据上式计算工程建设对沿线生态系统及其生物多样性影响的评价指数（表4）。

从表4可以看出，工程建设对沿线各生态系统影响程度的 CI 值排序结果为：高寒草甸生态系统 > 温性草原生态系统 > 高寒草甸草原生态系统 > 高寒草原生态系统 > 农田生态系统 > 沼泽及沼泽化草甸生态系统 > 河谷谷地生态系统。湖泊生态系统、高山冰雪生态系统和高寒灌丛生态系统距新建铁路线较远，工程对其基本上不造成直接影响。

高寒草甸生态系统是本段铁路沿线分布最广的一类生态系统，也是铁路工程建设影响范围最

表 4 工程建设对沿线生态系统及其生物多样性影响的评价指数

生态系统类型	工程占用 面积(hm ²)	占2 km该类 生态系统(%)	占50 km该类 生态系统(%)	影响指数 (CI)	以最大指数为100 的标准化值(CIR)	影响程度 排序
高山冰雪生态系统	0.0	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	8
温性草原生态系统	313.7	1.922	0.096	0.485 7	87.388 4	2
高寒草原生态系统	127.7	1.064	0.081	0.400 0	71.961 9	4
高寒草甸草原生态系统	251.0	1.041	0.044	0.416 5	74.937 2	3
高寒草甸生态系统	1 729.5	1.526	0.061	0.555 8	100	1
高寒沼泽化草甸及沼泽 生态系统	115.4	0.378	0.032	0.219 1	39.418 3	6
河流生态系统	39.9	0.004	0.000	0.123 0	22.132 1	7
湖泊生态系统	0.0	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	8
农田生态系统	106.8	0.011	0.194	0.002	45.097 1	5
高寒灌丛生态系统	0.0	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	8

大的生态系统类型。从工程建设对沿线生态系统及其生物多样性影响的评价指数来看,对高寒草甸生态系统的影响评价指数最高。本段铁路工程占用和破坏的高寒草甸生态系统总面积为1 729.5 hm²,占铁路沿线2 km范围内此类生态系统的1.526%,50 km范围内的0.061%。因此,尽管高寒草甸生态系统是本段铁路工程占用和破坏面积最大的生态系统类型,但相对铁路沿线较大范围内高寒草甸生态系统来说,其影响程度相对较小。另外,路基工程对高寒草甸生态系统的线性切割所造成影响相对于高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统要小一些,因为高寒草甸生态系统是一种地带性的生态系统,在青藏高原除地形低洼处几乎都有分布,不会因为局部地形地貌的改变而造成较大范围生态系统的退化。

从占用的温性草原生态系统、高寒草甸草原生态系统和高寒草原生态系统的面积来看,工程建设对这三类生态系统都有较大的影响。但从本段铁路沿线生态系统的脆弱性来看,温性草原生态系统属轻度脆弱,高寒草原生态系统和高寒草甸草原生态系统均为中度脆弱,而湖泊和河流生态系统、高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统及高山冰雪生态系统为强度脆弱和极强度脆弱。因此,总体上看,虽然工程建设对这三类生态系统类型的影响比较大,但由于这三类生态系统经受人类活动干扰的能力相对较强,工程活动结束后其恢复速度相对较快,工程施工过程中和施工后只要采取严格的植被保护和恢复措施,将不会对这三类生态系统造成不可逆转的破坏。

高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统是青藏高原高寒地区最重要的草地生态系统。从工程建设对沿线生态系统及其生物多样性影响的评价指数来看,其影响程度排序为第6。但是,高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统属强度脆弱的生态系统,在新建铁路沿线各类生态系统类型中,路基工程对高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统的影响最大。除了路基工程的直接占用造成高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统植被、土壤的破坏外,路基工程对高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统的切割分化,将导

致此生态系统类型的萎缩和退化。即便是线路从高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统的边缘通过,也会因为路基工程对高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统水文条件的影响而造成此类生态系统的萎缩和退化。施工便道也会对高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统造成较大影响。在高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统设置施工便道需要铺盖砂石等填料,对生态系统的破坏性较大,同时施工便道也会造成高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统的线性切割,造成湿地的萎缩和退化。

从铁路工程对沿线生态系统及其物种多样性影响的评价指数来看,虽然河流生态系统是除高寒灌丛生态系统、高山冰雪生态系统和湖泊生态系统以外受影响最小的生态系统,其影响程度排序为第7。但桥涵工程以及在河流生态系统内取砂、卵石料会对河流生态系统造成一定的影响。桥涵工程虽然对河流生态系统的水文过程不会造成较大的影响,但桥涵工程施工工期不仅会对河流生态系统的植被和景观造成较严重的破坏,而且由于施工场地、施工营地的破坏和生活垃圾、生活污水的排放,造成河流生态系统的污染,对河流生态系统的健康造成一定的影响。在河流生态系统取砂、卵石料,不仅会造成河流沿岸植被和景观的破坏,对河流生态系统的水文过程也会造成一定的影响。

4 工程扰动后高寒植被的恢复预测

新建青藏铁路格尔木—拉萨基本上与青藏公路并行。考虑到青藏铁路与青藏公路沿线高寒植被的相似性及工程建设影响的相似性,这里采用类比调查的方法,即通过调查青藏公路建设后高寒植被的恢复情况,对青藏铁路建设工程扰动后高寒植被的自然恢复情况进行预测。

公路建设对原始土壤的破坏和扰动后高寒植被的自然恢复过程至今已有30多年。调查采用样方调查方法,在典型路段和植被类型地段分别设置受破坏和扰动后植被恢复的调查样方和未受破坏和扰动的原始植被的对比调查样方。样方调查包括植被覆盖度、物种丰富度、原生植被类型、破坏后的恢复年限、地表0~10 cm深度内土壤机械组成、有机质含量,以及样方地段的自然条件如海拔高度、多年平均降水量、年均气温、年均相对湿度等(表5)。

表5中植被覆盖度恢复程度(Y_1)和物种丰富度恢复程度(Y_2)为破坏后恢复样方数据除以对比样方数据,即破坏后植被覆盖度和物种丰富度恢复到破坏前的百分比;原始土壤受破坏程度(X_1)为破坏前后土壤中粉砂、黏粒、有机质含量之比,比例越低,破坏程度越重。

表5 青藏公路沿线各样点植被恢复程度及自然条件

样点 序号	原生植被 类型	样方 数量 (个)	植被覆 盖恢复 程度 Y_1	物种丰 富恢复 程度 Y_2	土壤破 坏程度 X_1	恢复年 限/y X_2	海拔高 度(m) X_3	多年平 均降水 量(mm) X_4	年均气 温($^{\circ}\text{C}$) X_5	年平均 相对湿度(%) X_6
1	裸露戈壁荒漠	8	0.13	0.312	0.725	16	2 820	41.8	6.7	6.1
2	黄毛头红砂荒漠	6	0.1	0.5	0.762	18	3 210	41.8	6.7	6.1
3	嵩叶猪毛菜荒漠	4	0.567	0.583	0.549	22	3 670	290.9	6.7	51
4	高山嵩草草甸	12	0.305	0.602	0.605	21	4 670	290.9	-5.2	32

续上表

样点 序号	原生植被 类型	样方 数量 (个)	植被覆 盖恢复 程度 Y_1	物种丰 富恢复 程度 Y_2	土壤破 坏程度 X_1	恢复年 限/年 X_2	海拔高 度 (m) X_3	多年平 均降水 量 (mm) X_4	年均气 温 ($^{\circ}\text{C}$) X_5	年平均 相对湿度 (%) X_6
5	高山嵩草草甸	6	0.268	0.589	0.634	22	4 715	41.8	-5.2	32
6	流石坡稀疏植被	8	0.333	0.692	0.622	22	4 630	290.9	-5.2	32
7	紫花针茅草原	14	0.455	0.636	0.459	21	4 610	248.5	-4	51
8	高山嵩草草甸	10	0.042	0.219	0.804	15	4 520	248.5	-4	6.1
9	高山嵩草草甸	6	0.365	0.478	0.578	20	4 540	248.5	-4	32
10	紫花针茅草原	6	0.223	0.556	0.618	19	4 940	428.4	-2.9	6.1
11	藏北嵩草草甸	8	0.859	0.666	0.099	25	4 810	428.4	-2.9	57
12	高山嵩草草甸	6	0.189	0.58	0.707	19	4 730	293.4	-2.9	6.1
13	高山嵩草草甸	6	0.605	0.714	0.254	23	4 650	293.4	-1.3	53
14	藏北嵩草草甸	10	0.588	0.625	0.264	21	4 520	428.4	-1.3	53
15	高山嵩草草甸	4	0.543	0.558	0.314	20	4 450	293.4	-1.3	51
16	紫花针茅草原	12	0.627	0.727	0.266	23	4 215	468.1	1.6	53
17	高山嵩草草甸	10	0.824	0.769	0.096	25	4 410	468.1	1.6	57
18	藏白蒿草原	6	0.798	0.788	0.169	27	3 680	406.8	7.8	54
19	固沙草原	8	0.887	0.902	0.061	30	3 685	468.1	1.6	53
20	白草草原	10	0.834	0.782	0.106	28	3 670	406.8	7.8	54
21	长芒草原	8	0.923	0.845	0.039	30	3 650	406.8	7.8	57

通过对新建青藏铁路格尔木—拉萨公路沿线不同自然条件下 21 个典型地段、共 168 个样方调查数据的相关分析,得出植被覆盖度与物种丰富度的恢复程度与原始土壤受破坏程度、破坏后恢复年限和样方地段的自然条件之间的相关矩阵(表 6)。从表 6 可以看出,植被盖度与物种丰富度的恢复程度与原始土壤受破坏的程度呈显著负相关关系;与破坏后恢复年限、年平均降水量、年平均相对湿度呈显著正相关关系;而与海拔高度和年均气温无明显的相关关系。这说明,工程建设扰动后高寒植被的恢复在很大程度上取决于地表原始土壤受破坏的程度和当地的水分条件,而海拔高度和温度条件对植被恢复的影响不大。

表 6 植被恢复程度与原始土壤受破坏程度和样方地段自然条件之间的相关矩阵

Y_1							
0.841 *	Y_2						
-0.977 *	-0.820 *	X_1					
0.913 *	0.927 *	-0.873 *	X_2				
-0.113	-0.013	0.073	-0.159	X_3			
0.733 *	0.653 *	-0.744 *	0.622 *	0.249	X_4		
0.389	0.258	0.344	0.384	-0.883 *	0.065	X_5	
0.907 *	0.752 *	-0.876 *	0.773 *	0.035	0.599 *	0.202	X_6

* 在 0.01 水平显著。

通过植被覆盖度与物种丰富度的恢复程度、原始土壤受破坏的程度、破坏后恢复年限和年平均降水量之间的多元回归分析,可以得出以下预测模型:

$$Y_1 = 0.416 - 0.797 \times 1 + 1.777 \times 10^{-2} \times 2 + 5.820 \times 10^{-5} \times 4$$

$$R = 0.985,$$

$$Y_2 = -0.255 + 5.181 \times 10^{-2} \times 1 + 3.609 \times 10^{-2} \times 2 + 1.808 \times 10^{-4} \times 4$$

$$R = 0.933,$$

式中 Y_1 和 Y_2 分别为植被覆盖度与物种丰富度的恢复程度;

X_1 为原始土壤受破坏的程度;

X_2 为破坏后恢复年限;

X_3 为年平均降水量;

R 为复相关系数。

根据上述预测模型与实地调查,物种丰富度要比植被覆盖度恢复得快,在年平均降水量 200 mm 以上的地段,破坏后 30 年左右物种丰富度基本上可恢复到破坏前的水平。相比之下,植被覆盖度的恢复要慢的多。在年平均降水量 200 mm 以上的地段,原始土壤受破坏的程度在 30% 时,即地表土壤中粉砂、黏粒、有机质含量占破坏前的 70% 左右时,30 年后植被覆盖度可恢复到破坏前的约 70%,植被覆盖度恢复到破坏前的水平至少需要 45 年以上的时间;而原始土壤受破坏程度达 70% 时,30 年后植被覆盖度仅可恢复到破坏前的约 40%,植被覆盖度恢复到破坏前的水平至少需要 60 年以上的时间。需要说明的是,这里所指的恢复到破坏前的水平并非是完全恢复到破坏前的植被种类组成和相对数量比例,更不是演替到当地的原生植被类型,而只是恢复到植被种类组成类似、物种多样性指数和植被覆盖度相近的状态。

5 结论与讨论

(1) 尽管高寒草甸生态系统是本段铁路工程占用和破坏面积最大的生态系统类型,但相对铁路沿线较大范围内高寒草甸生态系统来说,其影响程度相对较小。而且高寒草甸生态系统主要建

群种和常见伴生种均为青藏高原广布种,工程建设不会造成该类生态系统中某些物种的消失和多样性的减少。工程施工过程中和施工后只要采取严格的植被保护和恢复措施,就可以将工程建设对高寒草甸生态系统及其物种多样性的影响降低到可以接受的程度。

(2) 高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统是一种非常脆弱的隐域性生态系统,即便是轻微的人类干扰,也会造成生态系统的退化。铁路工程设计和施工过程中,应尽可能减少对此类生态系统的干扰和影响。在高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统分布比较集中的路段,工程设计中应尽可能以桥代路,以减少对此类生态系统的影响。线路从高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统边缘通过,特别是从山前平原和冲洪积扇下部通过时,路基工程对下游主要依靠地下潜流或地面漫流作为水源补给的湿地生态系统影响相对较大,一定要做好换填渗水土等工程措施,以便将铁路工程建设对高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统的影响降低到最小程度。

(3) 在高寒沼泽及沼泽化草甸生态系统范围内,原则上不应设置取弃上场、砂石料场和施工营地等临时用地。同时应尽可能少设或不设施工便道,必须设置时,施工后一定要将铺盖的砂石等填料铲除,以便尽可能恢复施工前的地形地貌和水文过程。

(4) 通过对青藏铁路建设工程扰动后高寒植被的恢复机制和恢复程度的研究表明,受扰动和破坏后高寒植被的恢复主要取决于地表原始土壤受破坏的程度和当地的水分条件,而与海拔高度没有明显的相关性。因此,工程建设过程中保留适当比例的地表原始土壤,是保证工程竣工后高寒植被恢复的关键。

沱沱河试验段移植原生草种 护坡工程效果分析

杨印海¹ 张 芳² 惠旭辉¹

(1. 中铁西北科学研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000;

2. 内蒙古农业大学, 内蒙古 呼和浩特 010019)

摘 要: 青藏铁路沱沱河试验段地处高原亚寒带半干旱气候区, 植物种类组成单调, 层次结构简单, 植被稀疏, 个体矮小, 分化不明显, 生物生产力较低, 有效生长期短。土壤基质粗骨性强, 干燥松散。在该试验段进行的移植原生草种护坡工程试验研究, 对路堤防风蚀和水蚀起到积极的作用, 可解决多年冻土区的路基坡面防护问题, 有利于路基工程的稳定。同时推广移植原生草种的成果还具有很好的环保价值, 有利于改善青藏高原脆弱的自然环境, 使生态环境向良性方向发展。

关键词: 沱沱河; 青藏铁路; 紫花针茅; 成活率; 环保

国外自然条件类似青藏高原高寒、干旱、缺氧的地带极其罕见, 几乎没有在高原地带铁路路堤边坡移植草皮植物的先例。20 世纪 70、80 年代, 我国中铁西北科学研究院在青藏高原风火山路基试验段曾将当地草皮贴在边坡上, 其生长状况良好。此后中铁西北科学研究院与兰州铁路局科研所、青海海西州草原站一起在青藏铁路西格段的客城—陶力等区间成功进行了天然生长灌木移植、人工种植培植培育草本、禾本植物的现场试验, 取得了良好的效果。但在路堤坡面移植尚没有成功的先例。植物在路堤边坡上生长成活, 形成植被草皮, 将是一种永久性的防护措施, 它能起到防风蚀和水蚀的作用, 可解决多年冻土区的路基坡面防护问题并有利于环保。

1 试验工程概况

1.1 试验工点自然特征

青藏铁路沱沱河试验段 (DK1 229+400~DK1 229+452), 海拔高度约 4 600 m, 地处高原亚寒带半干旱气候区, 寒冷干旱、空气稀薄、风力强劲, 气温、气压低, 昼夜温差大、辐射强烈。年平均气压 585.0 mb, 年平均气温 -4.0℃。最冷时期为 1 月, 最暖为 7 月, 每年 9 月至次年 4 月为冻结期, 全年无绝对无霜期。相对湿度平均 53%。沱沱河年降水量 248.5 mm, 年平均

蒸发量 1 638.9 mm, 年平均风速 3.9 m/s, 主导风向为 W, 平均雷暴日数 47.8 天。

沱沱河宽谷冲积平原多年冻土分布带, 冻结—融化作用频繁, 冻土的天然上限为 2.65 m。融区内最大冻结深度 5.0 m。多年冻土类型为岛状多年冻土, 属高温极不稳定区。本区表层 1~2 m 为亚砂土或砂、角砾土, 下部为 2~3 m 的残积碎石亚黏土层, 其下以砂页岩和泥灰岩为主。地震烈度为 7 度。

沱沱河试验段所在地为山前冲洪积高原及沱沱河阶地, 地貌上属长江源小起伏高山宽谷盆地, 海拔高程 4 560 m 左右, 其中有较宽的冲积平原和冲洪积平原, 在其边缘地带分布着剥蚀台地和河湖相沉积台地。本段地形平坦、起伏不大, 局部分布宽浅谷地, 地面冲沟发育, 局部地表为湿地, 并有积水洼地, 多为热融湖塘, 局部地段发育半固定沙丘、半固定沙地。沱沱河是本段最大河流, 地表水主要为各冲沟季节洪水, 地下水主要为冻结层上水和融区的地下潜水。

1.2 植被状况

1.2.1 采集地的植被调查

调查表明, 沱沱河地带属高寒草原生态系统。由于地形气候和基质的限制, 植物种类组成单调、层次结构简单、植被稀疏、个体矮小、覆盖度低、草层低、分化不明显、生物生产力较低、有效生长期短。沱沱河地区植被总盖度约 25%~35%。该地区多年生的草本植物占绝对优势, 建群种为禾本科针茅属紫花针茅, 高度可达 20~30 cm, 盖度约 10%~15%。伴生种在当地除青蒿、矮火绒草外, 还分布有紫羊茅、高山早熟禾、垂穗鹅观草、二裂委陵菜、异叶青兰及豆科、菊科和苔藓类的一些植物, 零星分布的植物有蔷薇科的金露梅属灌丛、报春花科点地梅属高山垫状植被。

1.2.2 原生植物的土壤特性

沱沱河地区的土壤基质粗骨性强, 干燥松散。土壤母质以湖积、洪积和冲积物为主, 剖面中可见砂砾含量多, 全剖面呈微碱—碱性, $\text{pH} > 8.5$ 。碳酸钙质量分数高, 有钙积层形成趋向, 但盐分的聚集不明显。剖面中二氧化硅质量分数高, 铁、铝质量分数较低; 黏土矿物以伊利石为主, 高岭石次之, 蒙脱石较少。暖季土层融化层深度增加, 在风的吹蚀下极易发生风蚀, 加速土壤沙化和水土流失。

对移植植被的路堤设落的表层路基填料的粒度和移植植物生长层的土壤粒度进行了颗粒分析试验, 粒径分布见表 1 和表 2。

表 1 沱沱河试验路堤填料颗粒分析试验 (取自 DK1 129+450 路肩处)

取样重量: 1 937.6 g				定名: 砾石土								
筛 号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	散失
孔径 (mm)		60	40	31.5	25	20	16	10	5	2.5	<2.5	
筛余重量 (g)		0	0	129.7	47.8	62.5	75.9	201.4	285.2	304.0	818.5	12.6
占总	共计筛余	0	0	6.69	2.47	3.23	3.92	10.39	14.72	15.69	42.24	0.65
量(%)	累计筛余	0	0	6.69	9.16	12.39	16.31	26.70	41.42	57.11	99.35	100.00

表2 沱沱河植物生长层颗粒大小分析试验 (取自 DK1 129+450 以东 1.5 km 处)

取样重量: 959.05 g					定名: 砂土						
筛 号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	散失
孔径 (mm)		20	10	5	2	1	0.5	0.25	0.1	底	
筛余重量 (g)		0	0.85	7.16	7.52	2.98	45.85	179.13	558.10	153.96	3.5
占总量 (%)	共计筛余	0	0.09	0.75	0.78	0.31	4.78	18.68	58.19	16.05	0.36
	累计筛余	0	0.09	0.84	1.62	1.93	6.71	25.39	83.58	99.63	100.00

试验表明植物生长层与路堤填料粒度较粗, 分别为细砂土和砾石土。另外还对路基填料和植物生长层的土壤进行了养分试验和 pH 值指标试验见表 3。

表3 沱沱河地段路基填料和植物生长层土壤因子

土名	W 有机质 (%)	W 碱解氮 (mg/kg)	W 速效磷 (mg/kg)	W 速效钾 (mg/kg)	pH 值
路基填料土	0.22	14	6	75	8.7
植物生长层土	0.48	26	8	117	8.9

从试验指标可以看出, 两种土的粒度较粗、营养成分低、pH 值较高、土壤偏碱性, 属贫瘠土质。

1.2.3 原生动物的生态特性

沱沱河地区土壤贫瘠等严酷的生态环境对植物的生长和生存都极为不利。在沱沱河地区, 针茅属的许多植物形成密丛, 基部常被宿存的枯叶鞘所包围, 以避免夏季过热, 并保护更新芽渡过漫长而又寒冷的冬天。多数植物根系分布较浅, 根系集中在 0~30 cm 的土层中, 细根的主要部分位于地下 5~10 cm 的范围内, 雨后可以迅速吸水。据统计 2003 年 5~10 月的地面温度平均高出气温 5.66℃, 2004 年 5~10 月期间的地面温度平均高出气温 5.98℃, 这对生长季平均气温仅 5℃左右的高原植物具有重要的生态学意义。

1.3 试验工程设计

1.3.1 设计依据

通过上述对植被、气候环境等的调查分析, 以及沿线相关地段实地生长着禾本科、莎草科高原耐寒耐旱植物生长的实际情况和火风山路堑试验段已有当地草皮移植成活的先例, 可以推论在采取适宜的措施条件下, 路堤坡面移植草皮大范围成活具有可行性。

1.3.2 植物种属选择

经过调查和分析, 在沱沱河地段天然生长的主要建群种属为禾本科的紫花针茅。确定选择移植的植物种主要为草本植物—禾本科紫花针茅属紫花针茅和对比植物青藏苔草与矮火絨草。

1.3.3 试验工点布置

沱沱河试验段路堤坡面为移植原种草植物路基护坡的里程位置。沿拉萨方向路基左侧斜坡长 7.2~8.0 m, 路基右侧斜坡长 6.0~6.5 m, 路堤高约 5 m, 坡度 1:1.5。试验铺砌移植草皮 722 m² (路基左侧为 395 m², 路基右侧为 327 m²)。

1.3.4 施工工艺

施工从2002年5月28日开始,至2002年6月底现场移植全部完成。施工工艺见图1。

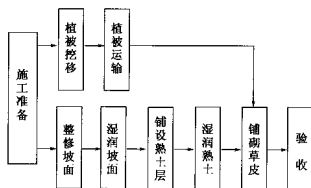


图1 移植原生草施工工艺流程图

2 现场土壤含水率的试验

对移植植被路堤边坡的不同地块及附近未移植植被的路堤进行取样,送试验室做土壤含水率的实验(见图2),取土深度20 cm,即达植物根系生长的有效生长层。

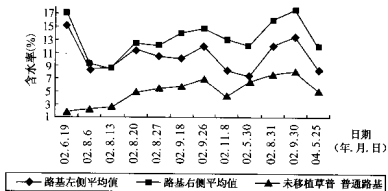


图2 路基左侧、路基右侧、未移植草普通路基含水率对比曲线

从图2中可以看出试验路基的土壤含水率均明显高于未移植草的普通路基是普通路基的2~3倍,这说明路堤上移植的植被起到了涵养水源、减少蒸发的作用,有效地减少了路堤中水分的散失。

植被成活率的统计采用现场作对比调查的方法进行植被成活率的统计(见图3)。

从图3中可以看出:青藏苔草的成活率逐年降低,到2004年青藏苔草的平均成活率仅为16%;而矮火绒草和紫花针茅的成活率却很高,到2004年矮火绒草平均成活率达99.2%,紫花针茅平均成活率达100%。即不同草种的成活率是紫花针茅>矮火绒草>青藏苔草。

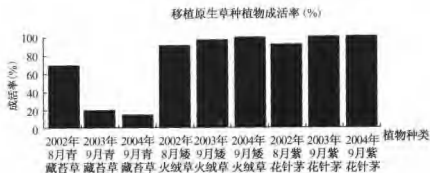


图3 移植原生草植物成活率统计图

3 积温分析

为了说明移植原生草坡面经过两个冻融循环, 其下坡面表层的温度变化情况。在这里引入了 N 系数 (路堤表面的积温与空气积温之比), 即 $N = I_s / I_a$ 。式中 I_s 为路堤表面的积温; I_a 为空气的积温。在融化期 n 系数为 n_f , 在冻结期 n 系数为 n_f 。通过计算融化期的 n_f 和冻结期的 n_f , 来掌握移植原生草坡面表层的的热量变化。具体情况见表4。

表4 沱沱河移植原生草课题各测温孔 N 系数统计表

时间 (年)	1°孔 (阴坡)		2°孔 (阳坡)		4°孔 (阳坡)		5°孔 (阴坡)		6°孔 (阳坡)	
	融化期 (n_f)	冻结期 (n_f)	融化期 (n_f)	冻结期 (n_f)	融化期 (n_f)	冻结期 (n_f)	融化期 (n_f)	冻结期 (n_f)	融化期 (n_f)	冻结期 (n_f)
2002	0.28	—	0.29	—	0.91	—	0.86	—	0.88	—
2003	0.26	0.10	0.25	0.09	0.73	0.01	0.76	0.02	0.76	0.02
2004	0.27	0.09	0.19	0.09	0.55	0.01	0.69	0.01	0.54	0.02

注: 因2002年气象资料只有5~12月, 故无法算出冻结期的 N 系数, 即 n_f 。

从表4中可以看出融化期的 n_f 随着时间的变化呈减小趋势; 冻结期的 n_f 随着时间的变化, 基本上不变化, 这说明进入移植原生草坡面土壤中的热量减少了, 进入土壤的冷量仍保持不变。移植原生草起到了阻止热量流入土壤的作用, 保证了路基下冻土不退化, 从而保证了冻土上限不下降, 有利于路基的稳定。

4 移植原生草护坡试验工程的推广

2002年国务院公布的《中国西藏环境保护白皮书》将沱沱河试验段移植原生草植物护坡作为环境保护成功典范列出。由于沱沱河试验段移植原生草护坡试验工程树立了高原移植原生草护坡的典范, 现青藏铁路唐古拉山以南地区的施工单位 (第22~30标段) 已经大范围进行本地区原生植物的移植工作。沱沱河试验段采用在坡面与地面的交界处设立条形土块带, 防止坡面草皮

下滑,而唐古拉山以南地区因降水丰富,生长着许多苔原植物,采用在坡面上隔一定的间距插入细木条,防止坡面草皮下滑,其他移植工艺与沱沱河试验段移植原生草试验工程类似。

5 工程效果分析

通过在青藏高原沱沱河试验段进行的移植原生草皮护坡试验,表明三种移植的植物生长情况良好,达到了成功移植的目的,移植的草皮还起到了稳定路基、保证路基下冻土不退化的作用;此外对草皮进行有效利用,造价相对较低,具有较好的经济效益;同时,草场是当地牧民的生活之源,及时恢复草皮,能造福当地牧民,具有较好的社会效益;在高海拔、高寒、干旱、缺氧、植被稀少的地带进行草皮的移植还有很好的环保价值,而且移植草皮简单实用、成本低廉、人工保养少、草皮的成活率高。

6 结 论

通过 2001~2004 年在沱沱河试验段移植原生草种的现场研究和试验分析,可以得出如下结论:

(1) 紫花针茅和矮火绒草须根发达,能起到固持土体、增加土体抗蚀性等作用,而且对恶劣环境适应性强,长势较好,成活率高,是高寒草原地段推广移植原生草的首选植物。

(2) 不同草种在相同技术条件下,植草成活率是紫花针茅>矮火绒草>青藏苔草。三种草的平均成活率:青藏苔草为 22%;矮火绒草为 98%;紫花针茅为 100%。

(3) 从 2002~2004 年土壤含水率测试资料中可以发现,移植原生草路基坡面处的土壤含水率均高于普通路基。

(4) 融化期的 n_t 随着时间的变化呈减小趋势;冻结期的 n_f 随着时间的变化,基本上不变化。这说明进入移植原生草坡面土壤中的热量减少了,进入土壤的冷量却保持不变。移植的原生草很好的起到了阻止热量流入土壤的作用,保证了路基下冻土不退化,有利于路基的稳定性。

(5) 在取草皮地段取出草皮和熟土移植到路基坡面后,在原取草皮地段,因还有较好的基土,建议进行植物种植。

青藏铁路高寒地区植被生态 恢复理论与对策研究

董林水 张旭东 漆良华 周金星

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要: 运用高寒地区植被生态恢复理论与技术研究方法, 对青藏高寒地区植物区系特征、群落生态学特征以及植被退化演替生态学过程等方面进行相关研究。青藏铁路沿线的主要生态环境问题是荒漠化、草地退化、人为干扰破坏等几个方面。其中, 草地退化是沿线最主要的生态环境问题, 其影响因素包括过度气候干旱化、放牧、鼠害、以及其他人为干扰等因素。通过加强青藏铁路沿线植被生态恢复理论和技术的研究和应用, 在恢复生态学的理论指导下, 系统研究沿线的植被生态系统结构、功能及演替退化生态学过程, 建立植被恢复试验示范点, 总结和推广恢复技术和措施, 保护青藏高原的生态平衡。

关键词: 青藏铁路; 沿线; 植被生态恢复; 理论和对策; 研究进展

青藏铁路沿线植被生态系统的长期保护和恢复, 是保护沿线生态环境最基础和最重要的内容之一。但是对沿线植被生态系统, 尤其是植被恢复生态学方面的研究和了解还比较欠缺。针对青藏铁路沿线植被生态环境长期保护和恢复问题的系统研究急需加强。因此, 非常有必要及时总结现有研究结果, 并及时开展青藏铁路沿线植被恢复生态学的系统研究, 为沿线植被长期保护和恢复对策的制定提供理论依据。中国林业科学研究院在青藏铁路建设部门、西藏自治区林业局、青海省农科学院等多家单位的协助下于 2005 年夏季对新建青藏铁路格尔木—拉萨段进行了全面而系统的植被生态学外业调查, 取得了初步的研究结果。

1 青藏铁路沿线自然概况

1.1 地形地貌

新建青藏铁路自格尔木—拉萨全长 1 142 km。其中, 海拔在 4 000 m 以上的地段长达 960 km

以上, 4 500 m 以上的地段长达 780 km, 多年冻土带主要分布在昆仑山口地貌, 其他坡降较大地段包括南山口—昆仑山、风火山、乌丽山、开心岭、唐古拉等越岭地段以及羊八井—拉萨段区段等。全线最高峰为唐古拉山, 线路通过处地面最高海拔为 5 071 m, 沿线山系多为东西走向。青藏铁路线域的主要地貌类型有: 冻土地貌、冰川雪峰、戈壁荒漠、山地、高寒草场、沼泽、湖泊、峡谷、河谷及河谷盆地等。昆仑山北坡的西大滩出现岛状多年冻土和隔年冻土, 昆仑山以南出现连续多年冻土, 厚达 70~80 cm; 昆仑山 5 000 m 以上及唐古拉山 5 400 m 以上的地段多为当被和冰川。线域内较大的河流包括格尔木河、昆仑河、楚玛尔河、沱沱河、通天河、布曲河等。

1.2 气候条件

青藏高原具有自己独特的气候特征, 青藏铁路格拉段位于高原腹心地带, 途径多种自然地貌类型和气候类型。铁路北端海拔在 3 500 m 以下的地带, 温凉干旱, 年平均气温主要在 -5°C ~ 5°C 之间, 年降水在 50 mm 以下, 系高原温带干旱气候区; 南部羊八井—拉萨一带, 年平均温度在 5°C 左右, 年降水在 400 mm 左右, 属河谷半干旱农牧区, 分布有大片农田; 中部地带海拔均在 4 000 m 以上, 形成高原亚寒带气候特征, 其中昆仑山、可可西里山一带及唐古拉山峰脊一线, 几乎常年冰天雪地, 形成高原寒带。总体上来讲, 青藏铁路线域的气候特点是干湿两季分明, 冬长夏短, 季节变化缓慢; 太阳辐射强烈, H 照时间长; 年温差小, H 温差大, 且不同地域温度差异很大, 沿途经历了自高原温带向高原寒带的过度; 降水稀少, 北部一般在 100 mm 以下, 南部在 400 mm 左右, 中部一般在 200~400 mm 之间, 但由于蒸发较少, 中部相对凉爽湿润, 加上雪山、冻土的滋润, 高原上常发育有湖泊、河流和沼泽等; 风季与旱季同期, 风大沙多, 构成铁路的一大危害。沿线几个地带的部分气候条件指标如表 1 所示。

表 1 青藏铁路沿线典型地段气候指标

地点	海拔(m)	气压(mb)	年均气温($^{\circ}\text{C}$)	最热月平均气温/ 最冷月平均气温($^{\circ}\text{C}$)	年均降水量/蒸发量(mm)
格尔木	2 807	724	6.7	17.8/-8.9	41.8/2 392.6
五道梁	4 612	579	-5.2	5.6/-16.7	290.9/1 316.9
沱沱河	4 560	585	4.0	7.6/-16.2	248.5/1 638.9
安多	4 800.0	574	-2.9	7.5/-14.7	428.4/1 782.9
那曲	4 507.0	587	1.3	8.0/-12.9	421.8/1 961.5
当雄	3 648.7	604	1.6	16.8/-9.7	468.1/1 866.1
拉萨	3 648.7	652	7.8	14.5/-1.8	406.8/1 975.7

2 青藏铁路沿线植被生态学特征研究进展

2.1 铁路沿线自然植被生态环境区划及分析

青藏铁路沿线植被群落特征的研究主要是近些年围绕线路建设的生态环境影响评价进行, 多数是评价性、考察性的总体研究, 关于沿线植被群落系统特征的研究还非常少。不

同学者对青藏铁路沿线植被类型带的划分,大致相同,略有差别。

(1) 格尔木—南山口:戈壁荒漠植被,以旱生灌木、半灌木为主。南山口—昆仑山:山地荒漠和山地草原植被景观带,以膜果麻黄、驼绒藜、蒿叶猪毛菜、沙生针茅、紫花针茅等为主。昆仑山—唐古拉山:高寒草原为主,以及部分高寒草甸、荒漠植被景观;以紫花针茅、扁穗茅、羽状针茅、青藏苔草、昆仑蒿草等植物群落。唐古拉山—当雄:高寒草甸为主,主要为小嵩草草甸,藏北嵩草甸和沼泽草甸为主。当雄—拉萨:灌丛草原生态系统为主。灌丛植被有金露梅、香柏、锦鸡儿等,草原植被为长芒草原为主。

(2) 青藏公路、铁路共跨越9个经度,12个纬度带,其间穿越了祁连山地草原带、柴达木山地荒漠带、青南高寒草原草甸带、羌塘高寒草原带、果洛那曲高寒灌丛草甸地带和藏南山地灌丛草原地带6个自然植被类型区。

(3) 青藏铁路沿线的景观生态类型划分为:格尔木—昆仑山,柴达木盆地南缘灰棕漠土旱生灌木景观。植被主要包括膜果麻黄、猪毛菜、紫花针茅等。沿线以风蚀为主,部分地段存在半固定沙丘,其他地段也存在潜在沙漠化现象。昆仑山口—唐古拉山口,藏北高山草原景观区。多年冻土连续分布,植被盖度20%~35%。建群种多为紫花针茅。安多—那曲,藏东北高山草甸景观区,该段多年冻土路线呈岛状分布;小嵩草草甸是该段的优势植被类型,植被盖度40%~90%,具有草原化草甸特征。当雄—拉萨,藏南山地及谷地灌丛草原景观区,属温暖半干旱气候条件。各种类型的灌丛草原是该段最主要的原生植被类型,如西藏狼牙刺、三刺草灌丛草原等,念青唐古拉山一带还发育着高山草甸。

(4) 沿线植被生态类型划分为:高山干旱荒漠区格尔木—昆仑山长166 km;高原冷凉干旱、半干旱高寒草原区昆仑山—雁石坪长342 km;高原冷凉半湿润沼泽草甸区那曲—当雄长160 km;高原冷凉半湿润高寒灌丛草原区当雄—羊八井长73 km;高原温凉半湿润河谷盆地农牧区羊八井—拉萨长85 km。

(5) 主要分布于格尔木—小南川之间的荒漠植被类型包括:合头草荒漠,伴生植物有盐爪爪、中亚紫菀木、蒿叶猪毛菜等。怪柳、西伯利亚白刺荒漠,伴生植物有黑果枸杞、阔叶独行菜、芦苇等。驼绒藜荒漠。伴生植物有蒿叶猪毛菜、盐爪爪、中亚紫菀木、白藜等。蒿叶猪毛菜荒漠,伴生植物有盐爪爪、中亚紫菀木、合头草、驼绒藜等。黄毛头—五柱红砂荒漠,以旱生半灌木黄毛头、五柱红砂为群落优势种,常见伴生种有中亚紫菀木、蒙青绢蒿、合头草、碱蓬等。另外,灌丛群落则以水柏枝群落为主,主要生长在该段铁路沿线河谷滩地湿润地区。

综合上述研究结果,结合对沿线植被的实地系统调查,简要分析了沿线植被区划(见表2)。

2.2 青藏铁路沿线及青藏高原群落生态学相关研究进展

2.2.1 青藏高原植物区系特征研究

青藏高原植物区系的研究主要以国内研究为主,关于区系特征的研究区域主要集中在青藏高原东南边缘川西和甘南地区,以及青海省东部地区等青藏高原的边缘地区,关于高原核心腹地的植物区系研究很少,尤其是广大的无人区,而青藏铁路沿线的植物区系特征研究更是非常之少。

(1) 关于青藏高原边缘植物区系研究相对丰富,研究结果表明该区属于泛北极植物区中国—喜马拉雅森林植物亚区横断山脉地区的一部分。区内共有种子植物2162种。对雅鲁藏布江中游

表2 青藏铁路沿线植被类型分布概况

区 段	海拔范围 (m)	平均气温 (℃)	年降水量 (mm)	线域所属 生态类型区	优势植被 类型	优势植物	伴生植物
格尔木— 小南川	2 800~3 700	5.7 (格尔木)	40	高寒荒漠和 山地 荒漠 地段	荒漠植被	合头草、驼 绒藜、蒿叶 猪毛菜等	中亚紫菀 木、盐爪 爪、碱蓬
小南川— 昆仑山	3 700~4 770			山地荒漠与 高寒草原过 渡区	沙生针茅草 原、紫花针 茅草原	沙生针茅、 紫花针茅等	膜果麻黄、 驼绒藜、蒿 叶猪毛菜
昆仑山— 唐古拉山	4 500~5 100	-4.0 (沱 沱河沿)、 -5.2 (五 道梁)	250 (沱沱 河沿)、290 (五道梁)	高寒草原为 主, 间有部 分高寒草甸	紫花针茅草 原、青藏苔 草草原等	紫花针茅、 扁穗茅、羽 状针茅、青 藏苔草	昆仑蒿草、 羽状针茅等
唐古拉山— 当雄	4 300~5 100	-2.9 (安 多) -1.3 (那 曲)	428 (安多) 421 (那曲)	高寒草甸	小嵩草草甸 为主, 藏北 嵩草和沼泽 草甸零星 分布	小嵩草、藏 北嵩草等	嵩草属、根 茎苔草属、 针茅属等 植物
当雄— 拉萨	3 640~4 300	1.6 (当雄) 7.8 (拉萨)	468 (当雄) 406 (拉萨)	灌丛草原	金露梅灌 丛、香柏灌 丛、锦鸡儿 灌丛草原等	金露梅、香 柏锦鸡儿、 长芒草等	短花针茅、 三刺草、丝 颖针茅等

沙地植物区系特征进行分析, 结果表明该地区植物区系以东亚成分占绝对优势。西藏地区境内的相关植物区系研究, 以藏南森林分区为主。对西藏米拉山地区种子植物区系特征进行了研究, 该地区有种子植物 728 种, 植物地理成分以温带成分为主。对西藏地区珍稀濒危植物区系及保护对策进行了研究。

(2) 青藏高原北部, 以青海省境内为主的植物区系特征研究也比较多。刘庆、黎云祥等对青海湖北岸的植物区系进行了研究, 结果表明该地区现有种子植物 142 种。另外, 对喀拉昆崙山—昆仑山地区的植物区系组和分布规律进行了系统研究, 结果表明该地区有种子植物 827 种, 禾本科最多有 136 种, 其次是菊科、豆科、十字花科、莎草科和藜科等, 并指出昆仑山作为中亚地区和青藏高原植物亚区之间的分界是合理的。此外, 对黄河源头地区植物的区系特征和青海省境内的禾本科植物区系特征进行了研究。

(3) 对青藏铁路唐古拉山—拉萨段的植物区系特征进行了研究, 结果表明, 这一区段植物数

量以禾本科植物最多, 菊科次之, 牻牛儿苗科较少。禾本科、菊科、豆科和毛茛科的植物属地数量较多, 占总数的 48.4%, 而种数较多的莎草科和蔷薇科的植物仅限 3 个属中, 大部分科的仅有一属; 种的分布多集在禾本科、菊科、莎草科、豆科、毛茛科和蔷薇科, 占总数的 68.6%, 其他科的种数均在 10 种以下, 一半以上科的种数为 1~2 种。植物区系成分属的分布类型主要包括: 世界广布成分、北温带或泛北极区成分、温带亚洲成分、亚洲中部成分、东亚成分、中国喜马拉雅成分、占地中海成分、特有成分等。

综上所述, 青藏铁路沿线至今还没有全面系统的植物区系特征研究, 关于沿线由北到南的环境梯度上植物区系动态变化格局研究, 不仅对青藏铁路的建设而且对于认识青藏高原植被分布的空间异质性及发生机制均具有重要的理论意义。

2.2.2 青藏高原高寒地区植物群落生态学特征研究

青藏高原植被群落特征研究相对薄弱, 相关研究主要集中在对高原南部林区、高原牧区草原或草甸植物等群落特征的研究, 而关于荒漠或高寒冻土区的研究则非常少, 青藏铁路沿线也还没有系统的植被群落特征的相关研究。

国内有关学者对藏北草地群落 β 多样性进行了研究, 表明群落 β 多样性随着海拔的增加呈先增加后降低的趋势。

(1) 青藏高原的嵩草草甸可以分为矮嵩草草甸、小嵩草草甸和藏嵩草沼泽化草甸三种类型。

(2) 研究高寒草甸的群落退化特征, 结果显示, 莎草科和禾本科植物生物量随着退化加剧呈下降趋势, 而杂类生物量则呈上升趋势。

(3) 研究青藏高原扇形草甸高寒草原的基本群落特征, 主要分析该群落种类组成及植物区系特征。

(4) 应用相关分析法分析青海湖鸟岛沙地植物群落的物种多样性, 各多样性指数间的关系。

(5) 研究“黑土滩”退化草地的植被演替规律, 分析黑土滩的形成机制和生态过程。

(6) 系统研究青藏高原高寒灌丛的多样性和生态优势度和垂直结构。

(7) 研究青藏东缘的鲜卑花灌丛群落类型和生物量及环境因子的相关关系。

(8) 分析西藏东南部林区林下灌草植物群落物种多样性。

由上述可知, 关于青藏高原植被群落生态学的相关研究, 主要是在典型地段小范围内的分散研究, 大尺度植被群落特征空间分布格局与规律性研究则非常少。

2.2.3 高寒草地退化生态学过程和机理研究

青藏铁路沿线草地退化是其主要植被生态环境问题, 沿线草地退化的生态学过程研究还相对薄弱。而目前我国的草地生态学相关研究成果主要集中分布在内蒙古、川西、甘南等草原分布地区。因而, 今后沿线草地退化的生态学研究, 可以借鉴相关区域的研究方法和成果。

草地退化的过程也是群落结构和功能的变化过程, 包括植物物种组成变化、生产力、群落空间结构以及土壤水分、养分含量等方面的因素变化。草地退化也可理解为在干扰条件下的群落逆向演替的过程。具体研究如下:

(1) 对退化高寒草甸植物群落结构特征及物种多样性进行分析, 认为高寒草甸在人为干扰、超载过牧等因素的影响下, 退化严重, 草地退化过程中, 物种丰富度急剧下降, 植被盖度下降,

优良牧草物种及生物量比例大幅度减少。

(2) 对不同退化程度高寒草甸地下生物量变化进行了研究, 结果显示草地地下和地上生物量随着草地退化程度的加剧而下降; 随着草地退化的加剧, 植物根系有向表层聚集的趋势; 莎草和禾本科草生物量呈下降趋势, 而杂草类则表现为增长的趋势。

(3) 对中国科学院河北生态定位站中华羊茅退化演替数量特征进行研究, 结果表明, 阔叶杂草(细叶亚菊、西伯利亚蓼等)比其他杂草类具有较大的生态位宽度, 这种草类的人侵是导致草地退化的一个重要影响因素。

3 青藏铁路沿线主要植被生态环境问题及治理研究进展

青藏铁路沿线由北到南穿越了青藏高原主要的植被类型区, 沿线的植被生态环境问题主要包括荒漠化、草地退化、人为干扰破坏等几个方面。其中, 草地退化是沿线最主要的生态环境问题。主要影响因素包括过度气候干旱化、放牧、鼠害、以及其他人为干扰等因素。

3.1 青藏铁路高寒荒漠地段的主要生态环境问题

青藏铁路沿线温性荒漠地段主要分布在格尔木—小南川之间, 长度达113 km。自然环境独特, 又非常脆弱。主要属昆仑山的北坡低山带、山前冲积扇、河谷阶地等。土壤灰棕漠土、粗骨土以及风沙土等。同时, 青藏建设施工中采用多项保护植被的工程措施。包括取土的方式和方法等。其中, 个别风沙路基地段, 采用片石方格网来防治风沙, 保护路基以及植被等。

铁路建成后, 荒漠化路段的防沙治沙以及植被保护措施应该做好长期规划和实施措施。根据相关学者对青藏高原区域沙漠化的区划结果, 本段主要属于柴达木盆地地区格尔木亚区。线域范围内主要有流动沙丘地、半固定沙丘地、固定沙丘地和裸露沙砾地等几种类型的沙漠化土地。随着格尔木的工业建设的发展, 本地区人为活动日益增多, 沙漠化面临进一步发展的趋势, 需要及时进行重点治理。过度放牧、鼠害、人为破坏仍然是影响本地区荒漠化最主要的因素。

3.2 青藏铁路高寒草原(草甸、灌丛草原)地段的主要生态环境问题

除去铁路北端的高寒荒漠路段外, 高寒草原、草甸以及灌丛草地是青藏铁路沿线最主要植被生态系统类型。沿线各段均存在不同程度的过度放牧和人为过度干扰的现象, 草地植被也存在较为严重的退化现象。另外, 鼠害也是很多地段导致草地退化关键因素之一。

3.2.1 过度放牧及其对草地退化影响

过度放牧和人为干扰是青藏高原植被退化的最主要影响因素, 不同的牧压梯度对草地退化演替的影响差异较大。目前关于青藏高原的草地放牧干扰的研究, 多为探讨性的研究, 定量研究还不是很多。目前区域总体过渡超载放牧是青藏高原很多地区的普遍问题。另外, 长期放牧条件下, 草地群落优势种、盖度、生物量、土壤理化性质等逐渐发生变化。

3.2.2 鼠害的发生情况及其与草地退化的关系

草地鼠害是草原开发利用过程中出现的重要生态学问题。据相关研究表明, 在青海高寒草甸退化草地, 高原鼠兔的栖息密度可达360只/hm²。在种群中等密度情况下, 高原鼠兔的能量摄入占高寒草甸地上部分生产量的8.17%, 约为家畜可利用资源的10%, 可见由鼠害造成的草地初级生产量减少相当严重。

鼠害对草地群落退化和演替的影响,主要通过鼠类对植物地上及地下根系部分啃食,以及土丘对植物覆盖和破坏等造成,通过研究高原鼯鼠与植物地上生物量的相关关系,结果表明,鼠类与双子叶植物在地上生物量所占百分的对数值呈极显著的正相关关系,草地次生植被面积随鼠类种群密度增加而显著增加、土丘覆盖植物的恢复速率则随着鼠类种群密度增加而显著地降低,单子叶植物重要值随着鼠类密度增加而显著下降。灭鼠后,禾本科草类、莎草科植物重要值上升,生物量增加。通过6年的观测和研究发现,在鼠类轻度、中度、重度和极度危害影响下会出现不同植物群落,说明鼠类活动可引起植被的退化演替,并且具有一定演替方向和可检验性。

3.3 青藏铁路沿线植被生态环境治理研究进展

3.3.1 沙漠化防治研究

青藏铁路沿线北端的高寒荒漠路段,是一种典型的高寒沙漠化区域。由于该区域既有一般沙漠化形成的风力和物质条件,又有强烈的高原冰川冰缘作用或冻融作用,加之人为干扰作用等,使其现代沙漠化过程受到冰缘、冻融、流水、风力、干旱和人为等多种营力作用,地表荒漠草原砾质化、农田土层粗化和土地不均匀风蚀切割,因而使得沙漠化过程扩展速度加快,总体上处于一种强烈的发展态势,属沙漠化严重发展区域。该区域资源利用和开发过程中,如何防治沙漠化,已成为摆在人们面前的重要课题。

青藏高原尤其是西藏沙漠化的调查、研究与防治工作于20世纪90年代初期才开始起步,比较典型的包括青海共和盆地沙珠玉沙漠化土地治理,编制了西藏—江两河中部流域沙漠化防治规划。在柴达木盆地及其他地区的城镇、绿洲建设了防风面沙林,开展了部分防治工作等。但是,总体来讲,本地区沙漠化研究和治理工作还相当薄弱,高寒沙漠化地区的有效防治技术和治理模式还处于探索阶段。因而,该地区沙漠化防治研究和治理工作仍然是急需加强的,应该结合青藏铁路沿线防沙治沙工作积极开展土地沙漠化防治的研究和技术探索工作。

3.3.2 草地退化防治研究

除去上述草地沙漠化的防治研究外,青藏铁路沿线区域高寒草原、草甸以及灌丛草原植被类型也存在较严重的草地退化现象,其中,从畜牧业利用的角度来看,次生有害、有毒杂草入侵,以及黑土滩型草地退化是两类最主要的退化特征。

青藏铁路沿线草地退化防治主要包括合理利用草地、治理草地鼠虫灾害、减少人为干扰等措施。草原管理技术方面,除去日常的管理技术外,还应加强以下几个方面的管理:围栏封育;铁路周边一定范围内限制人为放牧、取土、取柴等人为干扰破坏活动;退化草地补播与补植优良灌草种类,加强人工植被建设;人工清除有害杂草,消灭鼠虫灾害;建立沿线植被恢复的典型试验示范点,选择可行而有效的恢复措施和技术,并推广至整个线路;建立沿线的生态环境管理和监测机构,统一管理和监督沿线的生态环境保护情况。

4 讨论与分析

从已有的研究结果来看,青藏铁路沿线高寒植被生态环境非常脆弱,而且目前青藏铁路沿线范围内存在较大面积的植被退化尤其是草地退化的现象。而目前我国关于青藏高原尤其是青藏铁路沿线植被群落结构及功能特征研究,多为定点分散性的研究为主,而青藏铁路沿线的植被特征

生态学系统研究较少。基于铁路沿线植被生态环境长期保护策略和技术制定的迫切性,因此,非常有必要及时开展青藏铁路沿线区域植被生态恢复的理论与技术的研究。

青藏铁路沿线今后植被生态恢复理论和技术的研究和应用,应该是在恢复生态学的理论指导下,系统研究沿线的植被生态系统结构、功能及演替退化生态学过程。建立植被恢复试验示范点,及时总结和推广成功的恢复技术和措施。把青藏铁路建设成高原的生态长廊,在发展经济的同时,充分保护青藏高原的生态平衡。今后,青藏铁路沿线的生态恢复理论和技术要着重研究以下几方面。

(1) 沿线植被生态学特征研究。青藏铁路沿线植被生态学的研究,可以从两方面着手进行,一是对沿线进行系统而全面的实地外业调查,系统分析沿线植被的生态系统的结构和功能特征,以及植被退化的过程和趋势;二是在沿线典型地段建立长期定位试验观测站点,观测内容包括植被生态系统结构、功能及效益、植被生态恢复过程及趋势等。

(2) 沿线植被生态环境治理措施和技术研究。沿线植被生态环境治理措施应该在充分总结现有研究成果的基础上,进行沿线典型地段植被恢复关键技术的集中示范和重点攻关,在铁路建设期建立的植被恢复试验示范点的基础上,增加设立典型地段植被恢复的试验示范点。在各个典型地段植被恢复试验成功以后,再将植被恢复技术推广到整个沿线区域。另外,及时建立青藏铁路沿线生态防护、监测体系与防护制度也是至关重要的。通过制定管理政策,禁止或限制人为干扰破坏作用(放牧、取土等),采取人工建设植被或建立防护措施(防沙设施等),保护沿线一定范围内的植被生态环境,为铁路的长期安全运营提供良好的外部环境。

青藏铁路高寒草原植被 恢复与再造的研究

魏建方

(铁道第一勘察设计院, 陕西 西安 710043)

摘 要: 青藏铁路高寒草原植被恢复与再造工程的试验研究, 在青藏铁路沱沱河试验段建立了植被恢复试验点。主要研究和探索昆仑山—唐古拉山高寒草原地段青藏铁路建设过程中取弃土场的植被恢复与再造的技术问题。试验段植被属由耐寒旱的多年生丛生禾草和根茎苔草为优势种所形成的植物群落为青藏高原典型的地带性高寒植被类型。试验段土壤类型为高山草原土, 土壤质地为砂砾质和砂壤质, 表层沙砾化。从现场试验结果来看, 披碱草、早熟禾等均能较好地适应高寒草原的取土场环境, 植物在生长季节能正常生长。在植被恢复的时间选择上应尽量利用青藏高原雨热同季的特点, 可提高植被恢复的成功率。

关键词: 青藏铁路; 高寒草原; 植被恢复; 植被再造

1 试验研究的基础背景

1.1 研究基础与目标

青藏铁路建设是青海、西藏的繁荣昌盛与可持续发展的保证, 通过科学试验研究应用新技术, 加强生态环境保护和施工后地表植被的恢复是把青藏铁路建设成环保铁路的重要工作内容。

针对近几十年来高原生态环境质量整体下降的趋势以及长江、黄河源头地区生态问题, 国内外有关科研单位的专家学者开展了探讨研究, 对高寒脆弱生态区的植被退化、土地荒漠化等问题有了进一步的认识, 同时对退化生态系统植被的恢复重建技术与措施积累了一些重要经验。目前国内有关单位, 已在江河源的达日县、玉树县以及青海湖地区建立了相应退化草地恢复的试验示范点, 这些研究主要在海拔4 000 m以下的地区。近年来在青藏公路建设和改建过程中, 有关

部门根据工程需要也进行了小面积的草皮移植试验,这些研究虽然不系统,但其成果和经验为青藏铁路沿线的生态环境保护和植被恢复研究工作奠定了重要基础。

根据青藏铁路工程建设中的生态环境保护以及植被恢复建设的需要,近两年来,在青藏铁路沱沱河试验段建立植被恢复试验点,开展了高寒草原区植被恢复与再造工程的试验研究,主要研究和探索昆仑山—唐古拉山间高寒草原地段青藏铁路建设过程中取弃土场的植被恢复与再造的技术问题,为青藏铁路工程建设的植被恢复与再造工程提供科学依据。

1.2 试验区自然环境特征

在对青藏铁路沿线高寒草原生态系统的实地调查的基础上,以具备典型代表性和有条件开展试验研究为原则,确定以沱沱河试验段工程取土场为高寒草原植被恢复主要试验点,开展了试验研究工作。

试验点所处区域属沱沱河北岸冲洪积平原,地形略有起伏,地形开阔,局部分布宽浅谷地,地表植被较为稀疏,周围部分地段有沙地分布。地层主要属第四系全新统粉质黏土、细砂、砾砂、圆砾土。试验地段为多年冻土向沱沱河融区过渡地带,主要表现为岛状多年冻土与融区交错分布,融区主要分布于地势较高、排水条件良好、土层较干燥的低缓丘陵。

试验段气候属高原大陆性气候类型,具有高寒、干旱、多风等主要特点,其气象条件见表1。

表1 沱沱河试验段主要气象资料

试验段名称及平均海拔		沱沱河段4 560 m
气象台站及海拔		沱沱河4 533 m
气温(℃)	年平均	-4.0
	极端最高	24.5
	极端最低	-45.2
	最热月平均	7.6
	最冷月平均	-16.2
气温气温(℃)	年平均气温较差	23.8
降雨量(mm)	年平均	248.5
	年最大	459.5
	年最小	164.2
蒸发量(mm)	年平均	1 638.9
	年最大	1 945.5
风(m.s ⁻¹)	平均风速	3.9
	年平均大风日数	178

试验段植被由耐寒旱的多年生丛生禾草和根茎苔草为优势种所形成的植物群落,形成青藏高原典型的地带性高寒植被类型。该群落具有很强的耐寒、耐旱特性,种类组成贫乏,群落结构简单,层次分化不明显,植被稀疏。主要植物种类约40余种,种类组成以禾本科、莎草科、菊科

等为主。常见伴生植物有粗壮嵩草、青藏苔草、梭罗草、青海苔草、沙生风毛菊、铺散亚菊、弱小火绒草、青藏狗娃花、垫状点地梅、青海雪灵芝、裂叶独活、中亚早熟禾、胡芥、黄芪、棘豆、二裂委陵菜、马先蒿、短穗兔耳草等。群落总盖度一般为25%~40%。

试验段土壤类型为高山草原土，土壤质地为砂砾质和砂壤质，表层沙砾化。草皮层薄或无，根系较多，腐殖质层厚度5~10 cm，粒状和团粒状结构较发育，有机质含量10 g/kg左右，腐殖质层或过渡层之下即为发育良好、颗粒均匀的粒状结构。全剖面微碱性，pH7.8~8.9，通体石灰反应强烈，钙积层明显。

2 试验研究技术路线与结果分析

2.1 室内试验分析

主要开展了取土场土壤分析和种子萌发试验两方面的室内工作。

2.1.1 土壤分析试验与初步结果

青藏铁路高寒草原取土场的表土层，在施工过程中已经完全剥离，恢复前是土壤基质很差的次生裸地，其下大部为缺少各种营养物质砂砾质极强的底部生土，十分贫瘠，有机质含量不到原生高寒草原的一半，全氮、全磷、速效氮、速效磷的含量均显著下降，而全钾和全盐的含量增加，pH增加，土壤呈盐碱化、贫瘠化的趋势。取土场和原生高寒草原的土壤成分的比较如表2所示。

表2 沱沱河取土场和原生高寒草原土壤分析结果

原编号	有机质 (gkg ⁻¹)	全 N (gkg ⁻¹)	全 P ₂ O ₅ (gkg ⁻¹)	全 K ₂ O (gkg ⁻¹)	碱解 N (mgkg ⁻¹)	速效 P (mgkg ⁻¹)	速效 K (mgkg ⁻¹)	全盐 (gkg ⁻¹)	pH
取土场	2.05	0.18	0.54	14.01	10	2	71	0.59	8.66
原生草原	5.47	0.36	0.69	11.50	27	6	68	0.41	8.40

2.1.2 种子萌发试验与初步结果

根据对部分植物种子的试验材料所进行的形态、发育、千粒重等方面的检测和不同温度处理(5℃~35℃)、不同药剂处理(0.4% CaCl₂+0.2% KNO₃、赤霉素500 mg/kg、0.2% KNO₃、0.25 g/l ZnSO₄+0.2% KNO₃)情况下的种子萌发试验结果，不同植物种子萌发的情况差异较大，粗壮嵩草的萌发率几乎为零，披碱草可达60%以上，而早熟禾、赖草等则介于两者之间，虽然不同产地的植物种子有一定差异，但总体而言，高海拔地区的植物种子差异不是很大。同时使用生长刺激素有助于提高种子的萌发率。

2.2 现场试验

2.2.1 初步试验方案

根据青藏铁路植被恢复的需要，结合工程扰动区域特点和铁路沿线环境特征，建立了沱沱河试验段工程取土场植被恢复试验示范点，设定了A区、B区和C区为单种植物试验区，D区和E区为多种植物试验区，F区为植物试验小区并取得部分试验数据和初步结果。试验草种主要有披碱草、早熟禾等多种耐寒旱植物种。考虑工程实施的实际情况，试验场地未采取表土回填、有机

肥改土等措施, 仅在播种多年生草本植物种子时, 拌加种子基肥, 以提高植被恢复的效果。

2.2.2 播种程序及植物养护过程

土地翻耕→平整→耙沟→播种(条播)→磨平。

(1) 适时灌溉。虽然青藏铁路高寒草原取土场植被恢复与再造地区的年降水量仅为 260~350 mm, 但主要集中在 6~9 月, 且多夜雨, 其自然降水可基本满足试验植物生长的需要。但在取土场当年恢复的植物群落, 植物生长在缺少团粒结构和腐殖质的砂砾质的生土上, 土体在夏季强烈太阳暴晒作用下极易失水, 因而容易造成植物幼苗死亡和发育不良, 影响植被恢复的效果。为此, 在第一年和第二年的植被恢复与再造高寒草原取土场植被养护过程每年浇水 6~9 次。

(2) 适当施肥。适当施肥可促进植物的快速生长, 是恢复植物群落安全越冬的重要保障措施。一般在植物生长期需追肥两次, 第一次在幼苗生长 1 个月后即 7 月中下旬, 第二次在幼苗根系迅速生长的 8 月中旬。第二年开始在 6~7 月追肥一次。

2.3 试验结果与分析

2.3.1 植物幼苗

沱沱河试验段取土场植被恢复植物播种时间为 2002 年 6 月 23~27 日。2002 年 7 月 16 日和 8 月 17 日单位面积植物幼苗数量观测结果见表 3 和表 4。

表 3 植被恢复技术种苗数量统计(株数)

播种区段	观测内容: 幼苗数量(株/m ²) 观测时间: 2002 年 7 月 16 日						播种方式
	样 1	样 2	样 3	样 4	样 5	平均值	
B 区段	944	768	912	592	672	778	种子条播
C 区段	1 264	896	1 328	2 016	1 616	1 424	种子条播
D 区段	944	768	864	944	944	893	种子条播
E 区段	656	480	432	224	288	416	种子条播
备注	样 1 表示样地编号, 其他类推						

表 4 植被恢复技术种苗数量统计(株数)

播种区段	观测内容: 幼苗数量(株/m ²) 观测时间: 2002 年 8 月 17 日						播种方式
	样 1	样 2	样 3	样 4	样 5	平均值	
A 区段	240	416	336	384	384	352	种子条播
B 区段	1 536	1 584	1 616	1 216	1 392	1 469	种子条播
C 区段	1 504	1 072	1 712	2 576	1 888	1 750	种子条播
D 区段	1 392	704	928	1 104	1 376	1 101	种子条播
E 区段	736	752	528	448	272	547	种子条播
备注	样 1 表示样地编号, 其他类推						

从表 3、表 4 的数据来看, 目前选择的主要植物种类可以用于高寒草原区取弃土场的植被恢复, 从而加快草原区取弃土场的植被恢复。

2.3.2 植株高度

取土场植物播种时间为 2002 年 6 月 23~27 日 (其中 A 区播种时间为 2002 年 7 月 16 日)。2002 年 7 月 16 日和 8 月 17 日植株高度观测结果见表 5 和表 6。

表 5 沱沱河植被恢复技术试验植株高度

试验区段	观测内容: 植株高度 (cm) 观测时间: 2002 年 7 月 16 日			
	B 区段	C 区段	D 区段	E 区段
Z1	3.0	4.2	3.2	3.6
Z2	5.8	5.4	0.2	0.2
Z3	3.7	2.7	1.7	0.3
Z4	5.1	3.1	3.7	1.0
Z5	2.8	3.4	3.2	0.8
Z6	4.8	3.9	0.2	0.7
Z7	4.3	2.4	3.9	0.1
Z8	4.5	1.7	3.9	0.7
Z9	3.6	2.5	3.7	0.8
Z10	6.0	3.3	1.6	0.2
Z11	3.3	1.4	2.8	0.1
Z12	1.0	2.2	3.9	0.3
Z13	1.5	2.8	3.5	2.8
Z14	5.4	0.9	0.4	3.2
Z15	0.9	0.4	2.6	2.2
Z16	2.5	3.4	1.1	3.7
Z17	4.7	2.9	1.0	0.4
Z18	1.0	2.6	3.5	3.2
Z19	0.3	4.1	3.7	1.4
Z20	3.0	4.4	0.9	2.9
平均值	3.36	2.89	2.44	1.43
备注	(1) Z1 表示植株编号, 其他类推。每个类型 20 株; (2) 此数据为现场测定的植株自然高度 (叶层高度)。			

表 6 沱沱河植被恢复技术试验植株高度

试验区段	观测内容: 植株高度 (cm) 观测时间: 2002 年 8 月 17 日				
	A 区段	B 区段	C 区段	D 区段	E 区段
Z1	3.6	3.5	5.6	2.5	1.3
Z2	3.1	3.7	5.4	2.1	1.6
Z3	2.6	3.6	4.9	3.1	3.2
Z4	2.9	4.8	5.0	3.5	5.5
Z5	3.3	3.2	5.6	2.6	3.8
Z6	4.0	4.6	4.8	2.3	3.1
Z7	2.9	3.8	5.2	2.5	2.6
Z8	3.5	5.1	6.1	2.4	2.4
Z9	1.9	2.9	6.3	2.7	2.2
Z10	1.8	3.5	5.0	2.5	2.6
Z11	5.0	3.6	5.1	3.5	3.0
Z12	2.2	5.1	4.7	3.2	4.5
Z13	3.8	5.0	5.1	2.7	3.8
Z14	2.9	4.2	4.1	3.1	2.0
Z15	2.7	4.3	5.6	4.1	2.1
Z16	4.7	5.2	4.8	2.6	5.4
Z17	3.4	3.8	5.1	3.1	4.1
Z18	3.0	3.4	5.2	2.6	3.2
Z19	2.7	3.9	5.1	3.2	5.4
Z20	1.0	4.1	4.5	3.5	4.9
平均值	3.05	4.07	5.16	2.89	3.34
备注	(1) Z1 表示植株编号, 其他类推。每个类型 20 株; (2) 此数据为现场测定的植株自然高度 (叶层高度)。				

从植株高度的变化情况看, 取土场的植物生长发育正常。

2.3.3 植被盖度与群落生物量

2002 年 9 月测定了沱沱河试验段取土场植被恢复之后的盖度和生物量。相关数据参见表 7 和表 8。

表7 沱沱河植被恢复技术试验数据(覆盖度)

播种 区段	观测内容: 覆盖度 (%)										观测时间: 2002 年 9 月 12 日		播种方式
	样 1	样 2	样 3	样 4	样 5	样 6	样 7	样 8	样 9	样 10	平均值		
A 区段	5	6	15	5	5	1	3	6	8	1	5.5	单种条播	
B 区段	20	15	6	30	15	12	10	35	10	15	16.8	单种条播	
C 区段	20	30	35	25	45	30	30	25	50	30	32.0	单种条播	
D 区段	20	45	25	35	50	20	10	45	30	30	31.0	多种条播	
E 区段	30	35	15	45	8	15	5	10	25	35	22.3	多种条播	
原 地上 始 地上	37	37	49	41	35	38	38	40	45	53	41.3	高寒草原	
	44	37	49	53	40	45	52	55	47	44	46.6	高寒草原	
备注	样 1 表示样地编号, 其他类推。												

表8 沱沱河植被恢复技术试验数据(生物量)

播种区段	观测内容: 生物量 (干重) (g)					观测时间: 2002 年 9 月 13 日		播种方式
	样 1	样 2	样 3	样 4	样 5	平均值		
A 区段	0.100	0.081	0.186			0.122	单种条播	
B 区段	0.296	0.295	0.428			0.340	单种条播	
C 区段	0.437	0.848	0.504			0.596	单种条播	
D 区段	0.621	0.495	0.924			0.680	多种条播	
E 区段	0.398	0.361	0.424			0.394	多种条播	
原始植被	2.149	2.326	4.662	0.981	9.607	3.945	高寒草原	
备注	(1) 样 1 表示样地编号, 其他类推; (2) 单位为 g/ (25 cm×25 cm ²)。							

从植被覆盖度和生物量的比较情况来看, 取土场植被恢复的覆盖度和生物量均达到一定的水平。

3 研究的初步结论与建议

(1) 从对取土场土壤分析的初步结果来看, 施工后与生态环境密切相关的土壤质量条件明显下降, 特别是土壤有机质含量和土壤的物理性状变化较大, 总体表现为质地砾石化、营养贫瘠化和加重土壤盐碱化。为作好青藏铁路建设过程中的植被恢复与再造, 应切实作好取弃土场、施工便道的表土回填工作。

(2) 植被恢复与再造应根据植物群落的自然演替规律, 先选择一些具有耐瘠薄土壤的先鋒植物种类, 然后再逐步过渡到优势物种所组成的顶级群落类型。在植物种类的选择过程中, 应尽量使用本地物种, 不引进外来物种以及杂毒草, 以免对高寒草原生态系统带来各种危害。从现场试

验结果来看,披碱草、早熟禾等多种试验草种均能较好地适应高寒草原的取土场环境,植物在生长季节能正常生长。但是这些植物是否可以安全越冬以及形成稳定的群落类型还有待进一步试验研究。在完成越冬试验之后,建议进一步扩大试验规模,为全线取土场的植被恢复奠定基础。

(3) 在植被恢复的时间选择上应尽量利用青藏高原雨热同季的特点,这样符合生态学规律,也可以提高植被恢复的成功率。

青藏铁路沿线垫状植物的 现状调查

李冬雪 黄玲玲 周金星

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

摘要:对青藏铁路沿线垫状植被的种类、分布情况及其对青藏高原恶劣生境的适应特点进行了研究。研究表明,青藏铁路沿线的垫状植物有26种与变种,主要分布在海拔4 000 m以上的高寒草原、高寒草甸和荒漠草原。垫状植物在长期的自然选择中逐步形成了枝条密集节间缩短、叶片缩小并在叶表面形成毛状物、角质层和蜡质层等附属物,发达的根系及流线型的低矮垫状外表等特征,以适应寒冷、干旱、强风、强辐射和贫瘠的土壤等恶劣的生境。垫状植物的生长、发育和扩展改善了土壤条件,为其他植物的迁入、生长和发育提供了有利条件。

关键词:青藏铁路;垫状植物;植被恢复

在青藏铁路建设过程中,路基工程、挖填方、施工便道和临时站场势必会在一定程度上破坏铁路沿线的植被,进而对区域生态环境产生一定的负面影响。减少青藏铁路建设对脆弱生态地区可能带来的潜在危害,已成为目前我国乃至世界所关注的热点问题。2005年7~8月,通过对青藏铁路沿线植被、生态、土壤等专项试验的考察,研究沿线垫状植物的种类、分布、特点,并根据垫状植物的适应特性对青藏铁路沿线植被恢复作用进行了探讨。

1 垫状植物的概念

垫状植物(Cushion plant)是分布在极地、高山和沙漠等极端生态环境下所形成的一类具有特殊生活型的植物。由于不同学者对于“垫状植物”的理解不同,因而其定义也就不同,在此认为垫状植物是生长在高原高山,分枝繁多、密集、节间极度缩短,叶片小、密集、簇生、宿存、裹茎,含地面芽、地上芽、地上芽和地面芽及地上芽和地下芽,耐寒耐旱、抗强风、抗强辐射,遗传特性稳定,具唯一同化表面的一类座垫状的多年生中旱生或旱生的草本或小灌木植物。山等

极端生境。在青藏高原及毗邻的中亚高山就有 110 多种, 分属于 13 科的 19 属。迄今为止, 我国学者已陆续对青藏高原某些地区垫状植物的植被类型、形态解剖、生理特性、植物区系及群落演替进行过研究。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

青藏铁路格拉段地处北纬 $29^{\circ}30' \sim 36^{\circ}25'$ 、东经 $90^{\circ}30' \sim 94^{\circ}55'$, 北起青海省格尔木市, 沿途经过南山口、不冻泉、五道梁、沱沱河、唐古拉山, 进入西藏境内, 再经安多、那曲、当雄, 最后到达西藏首府拉萨, 全长 1 142 km。青藏铁路沿途穿越 547 km 的多年冻土区, 965 km 的高海拔区域, 经过戈壁与山地荒漠、高寒草原、高寒草甸、沼泽草甸、高山灌丛和农田等多种生态系统。该线路的气候表现为严寒、干旱、多风、昼夜温差大、辐射温差大、辐射强烈, 大多数地区的年平均气温在 0°C 以下, 年平均降水量为 41.8~468.1 mm, 蒸发量为 1 316.9~2 392.6 mm, 年平均大风日数 9.8~178 d (见表 1)。

表 1 青藏铁路沿线主要站点气候因子

气象站	海拔 (m)	年平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)	年均降水量 (mm)	年均蒸发量 (mm)	年均风速 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	年均大风 日数 (d)
格尔木	2 807.6	6.7	41.8	2 392.6	2.6	9.8
五道梁	4 612.2	-5.2	290.9	1 316.9	4.1	130.1
沱沱河	4 533.1	-4.0	248.5	1 638.9	3.9	178
安多	4 800	-2.9	428.4	1 782.9	4.3	147.1
那曲	4 507.0	1.3	421.8	1 961.5	4.1	106
当雄	4 201.1	1.6	468.1	1 866.1	2.4	57.1
拉萨	3 648.7	7.8	406.8	1 975.7	2.0	26

2.2 研究方法

在铁路两侧, 沿青藏铁路以南山口为起点, 在南山口—当雄, 每间隔 50 km 设一条样带, 当雄—拉萨, 每间隔 25 km 设一条样带, 样带垂直于铁路线。此外, 在那曲车站和当雄车站各设置典型样带 1 条; 以铁路线为样带中点, 在铁路两侧沿样带各设置样地 5 个, 样地中心距铁路线距离分别为 5, 25, 75, 150, 300 m, 遇到河流则放弃, 其中 5 m 处样地规格为 $10 \text{ m} \times 40 \text{ m}$, 其余为 $20 \text{ m} \times 20 \text{ m}$; 每个样地沿对角线设置 9 个 $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ 的样方, 分别测定每个样方的植物种类组成、高度、盖度和数量。共调查 27 个样带, 248 个样地, 2 242 个样方。

3 结果与分析

3.1 青藏铁路沿线垫状植物种类与分布特点

通过对青藏铁路沿线植被的调查, 共采集到种子植物约 312 种与变种, 分别隶属于 44 科、

153 属, 其中垫状植物约有 26 种与变种, 见表 2。

表 2 青藏铁路沿线垫状植物调查结果

样地	地理位置			植被类型	垫状植物	
	北纬 (N)	东经 (E)	海拔 (m)		种类	数目
南山口	36°10′	94°46′	3 094	山地荒漠	无	0
纳永台	35°54′	94°43′	3 446	山地荒漠	无	0
西大滩	35°43′	94°10′	4 386	荒漠草原	团垫黄芩 ¹ , 白花团垫黄芩 ² , 澜沧雪灵芝 ³ , 藓状雪灵芝 ⁴ , 甘肃雪灵芝 ⁵ , 卵瓣雪灵芝 ⁶ , 尖瓣雪灵芝 ⁷	7
不冻泉	35°32′	93°56′	4 619	高寒草原	团垫黄芩, 茵垫黄芩 ⁸ , 镰形棘 ⁹ , 垫状驼绒藜, 垫状点地梅, 澜沧雪灵芝, 青海雪灵芝 ¹⁰	7
楚玛尔河	35°22′	93°27′	4 514	高寒草原	茵垫黄芩, 四裂红景天 ¹ 垫状繁缕, 藓状雪灵芝, 垫状点地梅, 高原点地梅 ¹²	6
五道梁	35°07′	93°02′	4 740	高寒草甸	甘肃雪灵芝, 尖瓣雪灵芝, 垫状繁缕, 钻叶风毛菊, 垫状点地梅, 唐古拉山点地梅 ¹³	6
风火山	34°39′	92°53′	4 869	高寒草甸 沼泽草甸	甘肃雪灵芝, 尖瓣雪灵芝, 镰形棘豆, 青藏雪灵芝 ¹⁴ , 四裂红景天, 喜马红景天 ¹⁵ , 钻叶风毛菊, 垫状点地梅, 高原点地梅, 雅江点地梅	10
乌 丽	34°23′	92°39′	4 593	高寒草原	茵垫黄芩, 镰形棘豆	2
开心岭	34°05′	92°20′	4 764	沼泽草甸 高寒草原	茵垫黄芩, 藓状雪灵芝, 垫状金露梅, 镰形棘豆, 垫状点地梅, 钻叶风毛菊	6
塘 港	33°44′	92°08′	4685	高寒草原	藓状雪灵芝, 矮蓼 ¹⁶ , 垫状金露梅, 茵垫黄芩, 垫状点地梅	5
布玛德	33°23′	91°56′	4 822	高寒草原	藓状雪灵芝, 垫状金露梅, 茵垫黄芩, 垫状点地梅	4
唐古拉山	33°04′	91°44′	4 968	高寒草原 沼泽草甸	藓状雪灵芝, 四裂红景天, 茵垫黄芩, 垫状金露梅, 垫状点地梅, 高原点地梅	6
扎加藏布	32°42′	91°30′	4 889	高寒草原 沼泽草甸	藓状雪灵芝, 垫状繁缕, 矮蓼 ¹⁶ , 茵垫黄芩, 镰形棘豆, 垫状金露梅, 垫状点地梅, 钻叶风毛菊	7

续上表

样地	地理位置			植被类型	垫状植物	
	北纬 (N)	东经 (E)	海拔 (m)		种类	数日
安 多	32°16'	91°39'	4 713	高寒草甸	甘肃雪灵芝, 澜沧雪灵芝, 茵垫黄芪, 寄生雪灵芝 ¹⁷ , 团垫黄芪, 镰形棘豆, 垫状繁缕, 垫状点地梅	8
错那湖	31°56'	91°31'	4 614	高寒草甸	鲜状雪灵芝, 西藏虎耳草 ¹⁸ , 垫状点地梅团垫黄芪, 矮孝芳, 茵垫黄芪, 垫型蒿 ⁹	7
嘎 恰	31°36'	91°44'	4 549	高寒草甸	鲜状雪灵芝, 垫状繁缕, 茵垫黄芪, 垫型蒿	4
那 曲	31°22'	91°56'	4 553	高寒草甸	鲜状雪灵芝, 茵垫黄芪, 垫状金露梅, 垫状点地梅, 垫型蒿	5
母布曲大桥	31°04'	91°40'	4 681	高寒草甸	鲜状雪灵芝, 茵垫黄, 垫状点地梅, 垫型蒿	4
乌玛塘	30°37'	91°32'	4 561	高寒草甸	鲜状雪灵芝, 茵垫黄芪, 垫状点地梅, 垫型蒿	4
当雄车站	30°28'	91°06'	4 303	高寒草甸	无	0
当雄大桥	30°27'	91°04'	4 299	高寒草原 高寒草甸	鲜状雪灵芝, 茵垫黄芪, 垫型蒿	3
宁 中	30°21'	90°53'	4 227	高寒草甸 沼泽草甸	无	0
羊八林	30°14'	90°34'	4 563	高寒草甸	山居雪灵芝 ²⁰ , 团垫黄芪, 垫状点地梅	3
羊八井	30°02'	90°35'	4 588	高山灌丛	鲜状雪灵芝, 垫状点地梅	2
马 乡	29°55'	90°42'	3 941	沼泽草甸 农田	无	0
古 荣	29°44'	90°47'	3 803	农 田	无	0
东 嘎	29°38'	91°01'	3 634	高寒草甸 沼泽草甸	无	0

由表 2 及调查结果可以发现, 青藏铁路沿线的垫状植物种类与分布有以下特点:

(1) 26 种与变种垫状植物分属于 9 科、12 属, 9 科包括石竹科 (Caryophyllaceae)、报春花科 (Primulaceae)、豆科 (Leguminosae)、蔷薇科 (Rosaceae)、景天科 (Crassulaceae)、菊科

(Comosiate)、十字花科 (Cruciferae)、藜科 (Chenopodiaceae) 和虎耳草科 (Saxifragaceae); 12 属则分别为: 驼绒藜属 (Ceratoides)、无心菜属 (Arenaria)、繁缕属 (Stellaria)、葶苈属 (Draba)、红景天属 (Rhodiola)、虎耳草属 (Saxifraga)、委陵菜属 (Potentilla)、黄芪属 (Astragalus)、棘豆属 (Oxytropis)、点地梅属 (Androsace)、凤毛菊属 (Saussurea) 和蒿属 (Artemisia)。其中无心菜属最多, 有 9 种; 点地梅属 4 种; 黄芪属 3 种; 红景天属 2 种。

(2) 26 种与变种垫状植物的大多数为多年生草本, 只有垫状金露梅 (*Potentilla fruticosa* var. *pumila*) 和垫状驼绒藜 (*Ceratoides compacta*) 两种为小灌木。

(3) 青藏铁路沿线的垫状植物主要分布在海拔 4 000 m 以上的西大滩至当雄的高寒草原、高寒草甸和荒漠草原, 生长在植被盖度较小、植被较矮的山坡或流石坡、台地和滩地和草地, 该段也是青藏铁路沿线温度最低、风速较大、年平均大风日数最多的地段 (见表 1); 在海拔低于 4 000 m 的南山口、纳赤台和拉萨郊县等的 5 个样点均未发现垫状植物的分布, 相对于海拔高于 4 000 m 的线城, 这些样点有年平均温度较高、风速小、年平均大风日数少等特点。

(4) 在青藏铁路沿线的一些地段, 垫状植物形成群系, 如垫状点地梅群系 (Form. *Androsace tapete*)、鲜叶雪灵芝群系 (Form. *Arenaria bryophylla*) 和垫状金露梅群系 (Form. *Potentilla fruticosa* var. *pumila*)。从分布面积来说, 垫状点地梅群系分布面积最大, 其群落盖度约 30%; 鲜叶雪灵芝群系次之, 群落盖度约 20%。垫状点地梅群落和鲜叶雪灵芝群落常镶嵌分布; 垫状金露梅群系分布于开心岭 扎加藏布的局限区域, 那曲附近也有少量分布, 但其群落盖度比垫状点地梅和鲜叶雪灵芝的大, 约为 40%, 在塘港和开心岭等地势比较平坦的砾砂土壤上垫状金露梅的盖度达 60%。从生境来说, 垫状金露梅群系较耐旱, 垫状点地梅群系次之, 而鲜叶雪灵芝群系较喜湿。

(5) 垫状植物垫状植物通常和其他植物相伴而生。垫状植物的枝叶丛中往往会生长多种其他非垫状植物如苔草 (*Carex* spp.)、羊茅 (*Festuca* spp.)、火绒草 (*Leontopodium* spp.)、凤毛菊 (*Saussurea* spp.) 和委陵菜 (*Potentilla* spp.) 等; 有时 1~2 种垫状植物会生长在一起, 很难分开。我们在楚玛尔河曾观察到生长在一起的垫状点地梅 (*Androsace tapete*) 和针叶风毛菊 (*Saussurea subulata*), 在开心岭, 一株垫状点地梅生长在一株已经死亡大半的雪灵芝上, 在二者的枝丛中又生长了青藏苔草 (*Carex moorcroftii*)、牛耳风毛菊 (*Saussurea woodiana*)、多茎委陵菜 (*P. multicaulis*) 与二裂委陵菜 (*P. bifurca* var. *bifurca*) 等植物。

3.2 青藏铁路沿线垫状植物对环境的适应特性

在调查过程中发现, 垫状植物产生一些适合生存于寒冷、干旱、强风、强辐射和贫瘠土壤生境的形态学特性。垫状植物一般比较低矮, 仅有 2~3 cm 高, 能达到十几公分的非常少, 垫状植物的茎枝节间极度缩短, 分枝多而密集且有一致的顶端, 形成流线型的外表, 低矮的植株以及流线型的表面可以降低风速。此外, 多数垫状植物的根系非常发达且木质化, 如无心菜属的雪灵芝类, 其主根可达十多公分, 直深入土, 将植物体牢牢固定在地上。有些垫状植物如雅江点地梅 (*Androsace yargongensis*) 和垫状繁缕 (*Stellaria decumbens* var. *ovatipetala*) 的茎上则产生了许多不定根, 这些不定根分布在垫状体的周围, 在一定程度上也起到了固定作用, 以防强风将其连根拔起。

有些垫状植物的叶片比较小且多呈较硬的针状如雪灵芝和针叶风毛菊,有些垫状植物的叶片不是针状但变得很小且表面密被角质层、腊质层和各种毛状物等附属物如垫状驼绒藜,这些结构可以降低蒸腾强度,并具有保护作用,是对寒冷、干旱环境的一种适应。垫状植物的叶片簇生于枝顶,在垫状体表面形成覆盖层;枯死的枝条和叶片宿存包裹着幼嫩的枝条,在一定程度上保护了幼嫩的叶芽和花芽免遭寒害。

3.3 垫状植物在青藏铁路沿线植被恢复中的作用

青藏高原的生态环境非常脆弱,尽管设计、施工人员对青藏铁路沿线的生态环境特点有比较全面的认识,并且采取了一系列的保护措施,但沿线动用 $6 \times 10^7 \text{ m}^3$ 土方、 $6\,667 \text{ hm}^2$ 的永久用地、 $2\,667 \text{ hm}^2$ 的临时用地和 67 hm^2 的弃渣占地还是在一定程度上对铁路沿线植被造成了破坏,尤其是在所调查的不冻泉、布玛德、扎加藏布、那曲、乌玛塘、羊八井等样带,最靠近铁路的样地内植被几乎完全被破坏。

垫状植物是最先占据永久雪线下的高山风化岩砾、近代冰碛、塌积阶地、冰舌末端的表碛和终碛等高山原始粗骨土地段的植物。垫状植物密集的枝条积累了强风刮来的细沙并吸湿保温,促进了其枯死枝叶的腐烂和分解,积累了有机质,从而改变了局部小环境,为自身和其他植物的迁入提供了基础。此外,试验表明,在日落一段时间后或者早晨日出前垫状植物丛中的温度比周围地面温度高 $1.2^\circ\text{C} \sim 2.5^\circ\text{C}$,因此,使得一些植物的种子可以在垫状植物这个相对温、湿和避风的“港湾”萌发,安家落户。

由表2可知,垫状植物主要分布在海拔4 000 m以上的青藏铁路沿线(昆仑山口—羊八井)。因此,除了运用多种手段和方法进行青藏铁路沿线植被恢复外,还应充分利用这些垫状植物资源。

在沱沱河的试验发现,披碱草(*Elymus* spp.)和早熟禾均能很好的适应高寒草原的取土场生境。因此,在进行青藏铁路沿线高寒草原植被恢复时,要选择那些青藏铁路沿线自然条件下发展起来的优势种或建群种,如紫花针茅(*Stipa purpurea*)、扇穗茅(*Littledalea racemosa*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、羊茅、早熟禾等的种子进行撒播或条播,尤其要充分利用垫状植物这些天然温床,将种子播入垫状植物的枝丛中可以更好的达到植被恢复的效果。对于那些在自然状态下主要以无性繁殖为主的嵩草属植物,可以将其种子进行人为除去种皮或用NaOH溶液浸泡等方式处理后播入垫状植物枝丛中。

4 结 论

(1) 通过对青藏铁路沿线植被调查,共采集到种子植物312种与变种,隶属于44科、153属,其中垫状植物约26种与变种,隶属于9科、12属,其中无心菜属最多,有9种,点地梅属4种,黄芩属3种,红景天属为2种。绝大多数的垫状植物为多年生草本,小灌木只有2种。

(2) 青藏铁路沿线的垫状植物主要分布于海拔高于4 000 m以上的昆仑山口—羊八井段的高寒草原、高寒草甸和荒漠草原等寒冷、干旱、风速大且年均大风日数多的区域,在低于海拔低于4 000 m的南山口、纳赤台和拉萨郊县等的5个样点均未发现垫状植物的分布。

(3) 青藏铁路沿线的垫状植物在长期的自然选择中逐步形成了枝条密集节间缩短、叶子针状

或很小的其他形状且叶片上形成毛状物、角质层和蜡质层等附属物、发达的根系及流线型的低矮垫状外表等特征，以适应寒冷、干旱、强风、强辐射和贫瘠的土壤等恶劣的生境。

（4）在进行青藏铁路沿线植被恢复的时候，除了运用各种手段外，还应当充分利用垫状植物资源，将其他植物的种子撒播在垫状植物枝丛中，使垫状植物成为其他植物生长、发育的温床，从而逐渐达到植被恢复的目的。

10 标段和 29 标段路基边坡植草的试验研究

高国朋 高福记

(中铁二局集团公司岩土公司, 四川 成都 610031)

摘 要: 根据青藏高原气候条件和铁路路基边坡的特殊性, 在大面积植草之前建立试验区, 对不同类型的草种在一定区域路基边坡的生长适应性进行研究。试验观测的项目包括物候期、自然覆盖度、越冬率。经过综合比选确定禾本科的垂穗披碱草、新麦草, 紫草科的聚合草, 蓼科的鲁梅克斯。在大面积推广时以垂穗披碱草、新麦草为主, 以鲁梅克斯和聚合草为辅。

关键词: 青藏铁路; 草皮移栽; 施工技术

0 引 言

青藏铁路 10 标段、29 标段, 位于西藏自治区拉萨市当雄县和堆龙德庆县境内, 10 标段羊八井—古荣 (DK1 921+000~DK1 970+500), 29 标段羊八岭—羊八井 (DK1 885+050~DK1 921+000), 地处高寒高海拔的青藏高原腹地, 海拔高程 3 800~4 600 m, 线路长度 86.4 km。

该地区属高原干旱地区, 随海拔的增高呈现出明显的气候垂直分带性, 年平均气温 1.6℃, 极端最高气温 26.5℃, 极端最低气温 -35.9℃; 年平均降水量 468 mm, 年平均蒸发量 1 866 mm; 昼夜温差大, 平均温差达 15℃左右。由于特定的环境, 一年之中没有春夏秋冬之分, 一年分为暖季和寒季, 一般情况, 5 月中旬至 9 月中旬为暖季, 其余时间为寒季。

该区段是西藏大风天最多地区之一。每年 2~4 月份, 午后及傍晚多出现大风天气, 风速常在 30~40 m/s。砂石、尘土飞扬、遮天蔽日, 形成沙尘暴。年平均风速约为 3 m/s。一般每天 14:00~15:00 起风, 19:00 左右停止。太阳总辐射量大约在 489.86~581.97 kJ/cm²。大部分地区照数为 3 000 h 以上。这是由于地势高耸, 空气稀薄干燥, 透明度高, 晴天多, 日照长, 阳光辐射过程能量消耗少的缘故, 来自太阳的紫外线强度也大大增强。白天接受大量太阳辐射热, 近地面气温迅速上升, 夜间地面散热快, 气温急剧下降。每年降水量集中, 雨季多集中在 6~9 月份, 此时降水量占全年降水量的 80%~90%; 旱季一般集中在 10 月~次年 5 月, 旱季时雨水极少。

1 模拟路基

经过多方考察论证,并征求有关专家意见,试验区建立在自然条件比铁路路基植草区段稍恶劣的地方,采取标准模拟路基型式,模拟路基选用渗水土填料,边坡铺盖不同的土层厚度,分离成若干小区,对不同的草种分别进行试验。选择草种以多年生耐寒、耐旱、耐瘠薄、无毒害、根系发达、越冬能力强、成本低为原则,尽量多选择本地草种。

试验场设立在距离拉萨市以北100 km的羊八井镇。试验区海拔为4 350 m左右,气候较为恶劣,年最高气温27℃,最低气温-36℃,平均降水量468 mm,对植草试验不利的自然因素较多,如风沙大(试验场地处羊八井峡谷的风口),光照强(年日照时间在2 800 h以上),昼夜温差大,适合植物生长期短,严寒期长。针对试验场气候条件,制定了一系列试验方案,如:浇水、施肥时间和次数、灭鼠(虫)措施,冬灌、春灌等措施。

2 试验内容

试验内容包括三个方面:

- (1) 选择草种(考虑发芽率、成活率、经济性、长势及越冬率等)。
- (2) 选择种植工艺(包括种植土层厚度、有无骨架、播种方式等)。
- (3) 确定养护工艺(包括浇水、施肥次数、冬灌、春灌,施作量和施作时间等)。

3 试验研究过程设计

试验研究过程大体分为草种选择、植草施工工艺确定、路基植草扩大试验三个阶段。

第一阶段:

- (1) 通过对多种草种的小区试验,初步确定几种能够在青藏铁路路基上生长的草种;
- (2) 通过对比试验,在种植工艺上取得一定的经验;
- (3) 通过对比试验,在养护工艺上取得一定的经验。

第二阶段:

(1) 根据青藏铁路路基成型进度情况,将上述越冬和生长情况较好的几种草种应用到部分实际铁路路基护坡上,在小范围应用,并总结经验;

(2) 喷播机械设备的选型,撒水和养护设备的选型;

(3) 进一步摸索实际铁路路基植草的种植和养护等工艺、方法。

第三阶段:

进一步大量试验新的草种,对已试验成活草种进行第二年的自然生长试验观察。

4 试验草种

试验材料主要是经过对施工管段气候、水文、土壤物理化学性质等进行大量调查,并经多方了解后确定的几种可能适应管段自然条件生长的草种。试验草种共计13个,其中禾本科10个,豆科1个,其他科2个,混合草坪配方5组(见表1)。根据铁路段走向,设长30 m,宽10 m,

坡度为1:1.75南北走向的标准铁路模拟路基,在模拟路基的东坡、南坡、北坡进行植草试验,见图1、2。小区布置为宽2 m,长5 m,品种随机排列。某些小区因出苗或越冬率差,在适当的时候翻掉换种新品种或品种组合。

表1 供试品种登记表

编 号	品种名称	备 注
1	细茎披碱草	—
2	鲁梅克斯	—
3	冰 草	—
4	紫花苜蓿	—
5	芨芨羊茅	—
6	聚合草	移栽
7	牛尾草	—
8	羊 茅	—
9	垂穗披碱草	—
10	新麦草	—
11	老芒麦	—
12	短芒披碱草	—
13	中华羊茅	—
14	草坪配方 A	由精锐、托亚、美国兰草、杂交高羊茅按比例配合
15	草坪配方 B	由草地之星、美国兰草、杂交高羊茅、托亚配合
16	草坪配方 C	由精锐、美国兰草、杂交高羊茅、草地之星配合
17	草坪配方 D	由托亚、美国兰草、精锐、杂交高羊茅配合
18	草坪配方 E	由托亚、精锐、草地之星、杂交高羊茅、美国兰草配合



图1 试验场植草生长情况



图2 植草一个月后的生长状况

5 播种及管理

参试品种多为春播,个别为夏播,播种方式为条播、撒播混合进行,条播时深度为5~8 cm,播种后轻度镇压,因当地干旱少雨,浇水保苗适当加勤。根据生长情况,在禾本科品种分蘖期浇水或下雨后追施尿素。用量约每小区60~70 g。

6 试验观测项目

物候期:根据需要仅记录播种量、出苗期、越冬期,各期均以50%的植物出现为度。

自然覆盖度:分为四级。优——自然覆盖度 $\geq 80\%$;良——自然覆盖度 $\geq 60\%$;中——自然覆盖度 $< 60\%$;差——自然覆盖度 $< 40\%$ 。

越冬率:分为四级。优——越冬率 $\geq 80\%$;良——越冬率 $\geq 60\%$;中——越冬率 $< 60\%$;差——越冬率 $< 40\%$ 。

7 结果分析

(1) 物候期:由于植草护坡的主要目的是保持水土、防风固沙、防蚀防冲,因此在这里舍弃了一些无关紧要的测试项目。物候期观测结果见表2。2002年5月31日第一次播种后,各品种出苗皆比较整齐。第二次播种,即2002年7月4日,出苗皆比较整齐。第三次播种,即2003年5月25日短芒披碱草没有出苗,其余品种出苗整齐。第四次播种,即2003年7月1日的中华羊茅出苗整齐。

(2) 自然覆盖度:自然覆盖情况直接关系到护坡结果的优良与否,所以也是本次研究所要关注的重点之一,试验结果见表3。五组草坪配方与垂穗披碱草、新麦草、中华羊茅表现优秀,羊状羊茅、鲁梅克斯与聚合草表现良好,短芒披碱草由于出苗差,所以此项表现亦差,其余品种表现一般。

(3) 越冬率:越冬率是青藏铁路护坡植草试验最重要的考察指标,不管出苗率多高,自然覆盖度多好,如果没有越冬率的支持,则一切都是空谈。由于项目期限为2年,故只能观测到2002~2003年的越冬情况,而且只以小区内2002年最后一次播种的品种为准,越冬率情况见表4。鲁梅克斯、聚合草在单播时越冬优秀,混播时良好,垂穗披碱草优秀,紫花苜蓿良好,其余品种包括五组草坪配方皆不能在当地良好越冬。

表2 物候期观测表

120 品种名称	播种小区	播种期	播种量 (g/m ²)	出苗期
细茎披碱草	2	2002.5.31	12.0	2002.6.14
鲁梅克斯	3	2002.5.31	2.0	2002.6.10
细茎披碱草+鲁梅克斯	4	2002.5.31	6.0+1.0	2002.6.14
冰草	5	2002.5.31	3.0	2002.6.14

续上表

120 品种名称	播种小区	播种期	播种量 (g/m ²)	出苗期
紫花苜蓿	6	2002.5.31	3.0	2002.6.18
冰草+紫花苜蓿	7	2002.5.31	1.5+1.5	2002.6.18
苇状羊茅	8	2002.5.31	3.0	2002.6.14
聚合草	9	2002.5.31	分株移栽	2002.6.10
苇状羊茅+聚合草	10	2002.5.31	1.5+分株移栽	2002.6.10
细茎披碱草+苇状羊茅	11	2002.5.31	6.0+3.0	2002.6.14
细茎披碱草+冰草	12	2002.5.31	6.0+1.5	2002.6.14
细茎披碱草	13	2002.5.31	12.0	2002.6.14
鲁梅克斯	14	2002.5.31	2.0	2002.6.10
细茎披碱草+鲁梅克斯	15	2002.5.31	6.0+1.0	2002.6.10
冰草	16	2002.5.31	3.0	2002.6.10
紫花苜蓿	17	2002.5.31	3.0	2002.6.18
冰草+紫花苜蓿	18	2002.5.31	1.5+1.5	2002.6.18
苇状羊茅	19	2002.5.31	3.0	2002.6.14
聚合草	20	2002.5.31	分株移栽	2002.6.10
苇状羊茅+聚合草	21	2002.5.31	1.5+分株移栽	2002.6.10
细茎披碱草+苇状羊茅	22	2002.5.31	6.0+3.0	2002.6.14
细茎披碱草+冰草	23	2002.5.31	6.0+1.5	2002.6.14
垂穗披碱草	24	2002.7.4	15.0	2002.7.20
草坪配方 A	3	2002.7.4	25.0	2002.7.20
草坪配方 B	4	2002.7.4	25.0	2002.7.20
草坪配方 C	5	2002.7.4	25.0	2002.7.20
草坪配方 D	7	2002.7.4	25.0	2002.7.20
草坪配方 E	15	2002.7.4	25.0	2002.7.20
垂穗披碱草	1	2003.5.25	15.0	2003.6.1
新麦草	3	2003.5.25	2.0	2003.6.1
老芒麦	5	2003.5.25	12.0	2003.6.1
牛尾草	17	2003.5.25	12.0	2003.6.1
短芒披碱草	22	2003.5.25	12.0	-
中华羊茅	19	2003.7.1	12.0	2005.6.1

表 3 自然覆盖情况

小区编号	播种品种	自然覆盖度
2	细茎披碱草	中
3	鲁梅克斯	良
4	细茎披碱草+鲁梅克斯	中
5	冰 草	良
6	紫花苜蓿	差
7	冰草+紫花苜蓿	差
8	芨状羊茅	良
9	聚合草	良
10	芨状羊茅+聚合草	良
11	细茎披碱草+芨状羊茅	良
12	细茎披碱草+冰草	中
13	细茎披碱草	中
14	鲁梅克斯	中
15	细茎披碱草+鲁梅克斯	中
16	冰 草	差
17	紫花苜蓿	中
18	冰草+紫花苜蓿	中
19	芨状羊茅	良
20	聚合草	良
21	芨状羊茅+聚合草	良
22	细茎披碱草+芨状羊茅	中
23	细茎披碱草+冰草	中
24	垂穗披碱草	优

表 4 越冬率情况

小区编号	播种品种	越冬率
2	细茎披碱草	中
3	草坪配方 A	差
4	草坪配方 B	差
5	草坪配方 C	差
6	紫花苜蓿	中

续上表

小区编号	播种品种	自然覆盖度
7	草坪配方 D	中
8	苇状羊茅	差
9	聚合草	优
10	苇状羊茅+聚合草	良
11	细茎披碱草+苇状羊茅	差
12	细茎披碱草+冰草	差
13	细茎披碱草	差
14	鲁梅克斯	优
15	草坪配方 E	差
16	冰草	差
17	紫花苜蓿	中
18	冰草+紫花苜蓿	中
19	苇状羊茅	差
20	聚合草	优
21	苇状羊茅+聚合草	良
22	细茎披碱草+苇状羊茅	差
23	细茎披碱草+冰草	差
24	垂穗披碱草	优

8 试验结论与建议

经过综合评比,筛选出 4 个品种,分别是禾本科的垂穗披碱草,新麦草,紫草科的聚合草,蓼科的鲁梅克斯,在大面积推广时以垂穗披碱草、新麦草为主,以鲁梅克斯和聚合草为辅,因为鲁梅克斯与聚合草皆是宿根性植物,扎根极深,可用作护坡草的镶边植物。

9 路基边坡植草扩大试验的效果

(1) 羊八井高边坡段。该试验路基全长 261 m,为路基左侧,气候与试验场条件相同,填料为砂卵石。路基设有两级边坡,中间有护道,一级边坡为浆砌骨架护坡,路基高度远大于试验场地,草在生长期难以汲取自然地面的水分。7 月中旬开始进行种植,种植土砂石含量比较高,覆盖土厚 20 cm,护道采用撒播,一级边坡与二级边坡采用沟种,草种与复合肥混合后下种。

(2) 昂嘎段。该段全长 100 m,为路基左侧,气候相对羊八井湿润,温度较高,路基填料接近于种植土,路基高度与试验场相近。8 月底开始进行种植,覆盖种植土黏性土成分很高,草种与复合肥混合后下种,采用沟种。

(3) 马乡段。该段全长 650 m,为路基两侧,气温高于羊八井,路基填料为砂卵石,路基高

度与试验场相近。5月中旬开始种植,其中150 m采用了三维植被网,种植土部分为黏土,部分为砂黏土,采用撒播,后期追肥。

邱嘎段种植后使用了无纺布,生长快,发芽率高,越冬率高。马乡砂黏七段比黏土段发芽早,且发芽率高,整段越冬率一般,未采用三维植被网的段落,路基经受风力后,表面种植土流失大。羊八井段二级边坡沟埋深大于5 cm,几乎没有发芽,一级边坡生长较好,越冬率较高,护道采用撒播,越冬后表面种植土流失严重。

10 影响施工质量因素

(1) 土壤。可因地制宜,选择就近的沙壤、壤土等。要保持壤土的干燥,并过筛,去掉粗的颗粒物和杂物。

(2) 有机质。常采用的有机质为泥炭土,泥炭土有机物持水量很高,通气性良好,其独特的轻质、持水、透气和富含有机质特点,可蓄水,保水,防止板结,改善土壤物理结构,并保持肥效的持久力。

(3) 化学肥料。加入一定量的缓释全价肥有利于植物生长后期肥料的持续供应。

(4) 保水剂。坡面上植物种子的发芽和生长对气候相当敏感,稍一干旱植物就凋败枯萎,因此保水剂是坡面上植物得以正常生长发育的关键。保水剂可吸收自身数百倍至数千倍的水分。这些水分不易被一般物理方法挤排出来,而植物根系却能吸收储存在保水剂中的水分。保水剂可将偶尔的降雨迅速地膨胀成凝胶将水分储存起来,干旱时便慢慢地释放给根系。

(5) 结合剂。为了避免雨、风、雪等因素对基质造成侵蚀、冲刷,必须在种植基质中加入适量的结合剂,以促使基质与岩面粘结和基质硬化。常用的结合剂是普通硅酸盐水泥。水泥呈碱性,一般来说对种子的生根、发芽是有害的,因此其用量必须控制得当。掺入水泥的同时,可加入一定量的中和物质,如磷酸作为缓冲剂以调节基质的pH值。

(6) 无纺布。作为植物养生网能防止种子和土壤受暴雨等的冲刷造成流失,也可适当遮阴,防止土壤干燥,使种子更容易发芽,无纺布可选16~20 g/m²热合或热黏型无纺布。

11 施工工艺总结

(1) 清除坡面上的杂草、碎石等杂物,不规则的地方做必要的修整夯实。

(2) 对土质不适合植草的地面,可先铺覆一定厚度的种植土,土壤厚度视土壤类型及坡面平整度而定。坡面回填富含有机肥料的基质材料,基材须混合均匀,并保持一定的湿度。适当洒水以确保坡面潮湿。

(3) 设立排水沟槽。10标段沿线虽然年降水量仅460 mm,但在雨季仍然会出现暴雨,一次性降水量较大,加之路基顶无相应的排水措施,这样在新回填的客土坡面很容易形成大小不等的冲刷沟槽,影响工程外观形象和质量。因此,可根据路基实际情况,在相应位置设立排水沟槽。沟槽开挖要求线条直顺,边坡平整,沟槽内铺设彩条布或塑料薄膜,以便导流和保护边坡。

(4) 植草。将草籽与肥料及细土按一定的比例混合好后,均匀播撒在边坡上,边坡的上部适当增加草籽用量。撒完后用扫帚轻扫一遍,再均匀覆一层细土,轻轻拍实,最后覆盖无纺布,待

草长出后可将无纺布撤掉。

(5) 无纺布铺设。应采用从坡顶至坡脚顺铺的方式铺设，无纺布保持端正且与坡面贴合，相邻之间搭宽度应在 5 cm 左右，当需要上下搭接时，应让上接头压下接头，接头宽度大于 15 cm。无纺布固定采用块石均匀压紧，块石之间距离 150 cm 左右，上下端用土将无纺布压在沟槽内夯实。

(6) 施工完后，可按正常绿化保养方法进行浇水、施肥等养护工作。

古露人工湿地再造技术

于春红 李少亮 王兴亚

(中铁十三局集团公司青藏铁路工程指挥部, 吉林 长春 130033)

摘 要: 古露湿地位于西藏自治区那曲县古露镇。青藏铁路古露车站占用湿地面积约 10 万多平方米。通过采用人工湿地再造技术, 在附近的荒地上人工营造一片与原湿地同样的有利草皮生长的环境, 保护好基底移植下来的草皮。其施工工艺包括移植季节的选定、测量放线、开掘荒地、引水、切割草皮、移植、养护等。人工湿地再造技术可以保持当地气候的湿润, 增加野生动物, 改善放牧条件。

关键词: 湿地保护; 人工湿地再造; 青藏高原; 青藏铁路

古露湿地位于西藏自治区那曲县古露镇。青藏铁路 25 标段古露车站 (DK1 765+500~DK1 766+800) 位于古露湿地上, 平均海拔 4 667 m, 设计占用湿地面积约 10 万 m², 古露湿地方圆 10 多平方公里, 缘桑曲河而成, 经过河流的冲积和滋养, 纳草生长茂盛, 湿地内有黑颈鹤、野黄鸭等多种野生动物。施工前期, 在优化施工方案时发现, 施工设计中没有具体说明将基底草皮移植至何处, 只要求将草皮整齐堆码, 但堆码草皮会使草皮腐烂致死。可将草皮移植到附近的荒地上洒水养护, 然后回铺到成型路基边坡上。还可以将草皮移植平铺到 10 多里外的海拔 4 700 m 的取土场处, 但取土场干涸贫瘠, 湿地纳草属喜水植物, 草皮成活需要充足的水分, 一旦离开水, 草皮难以成活。为此, 在施工前, 要勘察周边环境, 并进行必要性论证。

1 人工湿地再造的必要性

1.1 水土流失治理

西藏高原属于高寒草甸和草原区, 水土保持能力差, 水土流失问题较为严重。为了较好地做好水土保持综合治理工作, 西藏自治区制定了《西藏水土保持规划》、《西藏自治区水土保持项目管理办法》, 把预防、监督、保护放到水土保持工作的首位。为防止造成新的水土流失, 充分保持水资源, 将古露车站侵占的原有的湿地草皮移植到附近的荒地上, 既保证了湿地的完整性, 又

防止了水土流失。

1.2 防沙治沙的需要

西藏的风沙活动频繁,特别是受全球气温变暖的影响,造成臭氧空洞扩大,近几年西藏出现雪线上升、湖泊干涸、草场退化,局部地区草场退化、石质化、低质化等现象。为了有效遏制和治理草场退化、土地沙化、恢复植被、降低风沙对土壤的侵蚀,古露车站施工前期,对基底进行了处理,结合实际开展人工湿地再造工程,较好地起到了防风治沙作用。

1.3 水环境、大气环境的保持

古露湿地的既有环境被路基施工填筑后,会对周围的水环境、大气环境造成不良影响。如截断水流、气候干燥增大等。为了较好地保持原有的水环境、大气环境,决定采用人工湿地再造技术,利用湿地原有的水资源灌溉原有的移植草皮,使它们继续固土保湿,调节大气环境。

2 人工湿地再造的方案优化

经现场实地考察,在站场施工的红线外,有一片荒地,海拔在4 667.5 m,比站场的设计海拔高0.5 m,而且荒地很开阔,高于附近自然湿地0.5 m。经勘测,最后决定利用湿地本身的优势,把周围的荒地挖深,使其深度与湿地等高,移植自然草皮,引水灌溉,进行人工湿地再造,其地形地貌如图1所示。

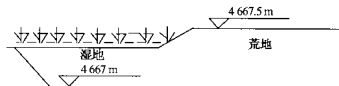


图1 湿地再造地形地貌示意图

3 人工湿地再造技术的作用机理及施工工艺

在原有湿地的边缘,开掘与原有湿地底部相同的高度,将水引至新开掘的地面上,再将切割下来的草皮移植到开掘处,平铺,人工养护,直到成活后与原湿地连成一片。

工艺流程图见图2。

3.1 移植季节的选定

古露湿地一般在4月下旬,地层冻土开始解冻;5月中旬,草类才逐渐萌芽;6月下旬,草类基本长成;7月份是生长旺盛期。为此,湿地草皮的移植宜选择在6月下旬,加强养护,才能确保在7月份完全成活。

3.2 施工前注意事项

施工前,对现场进行调查,确保附近的输油管道、光缆、电缆等设施安全。施工中发现以上设施,应立刻停止施工,并及时上报有关部门。



图2 人工湿地再造技术施工工艺流程

3.3 测量放线

在站场施工前核对设计，确定路基基底在湿地中的位置。用全站仪测设出基底与湿地相交的四点，计算湿地面积。根据计算出的面积测量附近荒地面积，荒地与湿地接壤，即在原湿地的边缘扩展，根据地形、长宽适当调整，但要确保需要移植的面积能容纳在扩展的面积之内。

3.4 开掘荒地

实地考察，湿地边缘的荒地均是砂卵石，没有植被或零星有点杂草，很荒无。受风沙及干旱气候的影响，湿地面积在逐年减少。为了很好地保护这片湿地，经多方论证，同意开掘此处荒地。首先测量荒地的标高，与湿地底部标高对比，确定开掘深度，然后从远离湿地处开始开掘，开掘出的弃土经勾机放到东风自卸汽车上，运至弃土场，在弃土场内被摊平。在开掘的过程中逐渐向湿地靠近，防止碾压，防止人为踩踏。

3.5 引水

在湿地内取出水样，经化验及水质分析，掌握水中各种矿物质的含量，再取附近河流的水进行化验，两者对比，确定河流中的水与湿地用水的差异，然后根据对比结果，在市场上购买化肥（此类化肥适于草类生成），取少量河水，加入适当的化肥进行试验，选定河水与化肥的配比。

选定后，首先将需要移植的湿地与原湿地人为隔开，采用 $\phi 120$ mm的PVC管若干，选择适当的坡度，将站场湿地内的水引至开掘好的荒地上。因是新开掘的地面，土质较疏松，吸水量较大，湿地内原有的部分水不能满足移植后草类生成的需要，为此利用水车对附近河流的水及化肥进行配比后，运至开掘的荒地上，营造出一种与原湿地相似的水质。用水车拉水若干，直到与原湿地内的水有等闲高度后，就可以进行下道工序。

3.6 切割草皮

用人工切割草皮。首先将草皮切割成 $0.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$ ，深度一般以见底部潮湿营养土为准，切割下来后，离移植地点近处由人工搬运，远处由机械运输。

3.7 移植

移植湿地草皮的顺序是由远向近，由两侧向中间，全部采用人工方式将成块的草皮平铺。采用这种顺序主要是为了防止水外流，把水向中间挤，与原湿地接通后，保持湿地的水不流失。草皮在搬运的过程中，要尽量保持草根不被破坏，营养土不散落掉；被移植的草皮块挨块整齐平铺，尽量按照顺序移植。

3.8 养护

刚移植完的湿地草皮状态与原来相同，过几天有可能因要适应新的环境，会部分发生萎缩，这需要加强养护。养护中，注意观察草皮的生长状态，如果叶子不挺拔、萎落，说明缺水；如果叶子泛黄，有可能养分不足，为此要补充水分，播撒适宜草皮生长的化肥。

4 人工湿地再造技术对环境的影响

人造湿地和原来施工方案比较，直接和长远的效果都非常明显：草皮移植环境好，草皮成活率高，人工湿地再造和自然湿地连成一片，湿地资源没有减少和破坏，保持了原有的生态环境。人工湿地再造虽然增加了施工难度，加大了人、财、物的投入，但符合保护高原生态环境的长远利益，也符合西藏当地人民的根本利益。古露车站施工，在青藏铁路全线首创人工湿地再造做法。

4.1 气候的湿润

多年来，湿地的存在，已经对气候形成规律，突然间破坏，周围的气候会受到影响。湿地的存在，在春、夏、秋季可以缓解干旱；水分的蒸发，可以湿润空气；雨水降临时可以储存水分，如此循环，调节着周围的气候，永久保持着自然状态。建设古露车站虽然占用了湿地，但并没有减少湿地的面积，使周围气候有所改善。由于灌溉水分较多，增加了附近空气的湿度；湿地带延长，绿色面积增大，草类通过光合作用，释放的氧气增多，增加了空气中的含氧量。

4.2 野生动物的增多

每年春季湿地内水解冻时，古露原有湿地内都有成群的黑颈鹤、黄鸭在湿地内畅游，寻找食物。古露车站施工当年，由于进行湿地移植，部分野生动物离开，但由于移植后，面积加大，水质丰富，在移植后的第二年，当草类全部成活后，来这里栖息的黑颈鹤、黄鸭等野生动物逐渐增多，为野生动物们提供了更广阔的栖息场所。

4.3 放牧条件的改善

在古露湿地附近，居住的都是牧民，牧草的好坏，将直接影响到他们的生活。为此，牧民们在夏季温和多雨时围栏养护水草，到较远的山坡上放牧，冬季寒冷降雪时储蓄水草抗雪救灾，湿地是古露百姓的衣食所靠和生存之本。人工湿地再造成功后，四周用围网围起，在春、夏、秋季，草类任意生长。冬季时，附近的牧民才打开围网的门，让牦牛或羊在其内自由地吃草，满足生长的需要。由于湿地面积加大，冬季牧民们再也不用到较远的草场去放牧了。

5 人工湿地再造的效益

古露人工湿地再造是设计外工程，投入劳务 40 多人次，2 700 工时；机械台班费用 78 万元，总计 182 万元。在青藏铁路全线首创人工湿地 8 万多平方米，成活率 100%。该项工程被中国建设总公司命名为“青年文明号”。

27 标段草皮移植施工技术

宁佐春 黄 洁

(中铁五局集团公司青藏铁路工程指挥部, 贵州 贵阳 550003)

摘 要: 青藏高原生态系统中物质循环和能量的转换过程缓慢, 长期低温和短暂的生长季节使植被一旦被破坏, 其恢复周期十分漫长, 容易引起土壤沙化和水土流失。在青藏铁路施工中对路基基底将要破坏的草皮进行移植利用。施工采用机械配合人工的方式进行开挖, 回铺的草皮采用水沟、路基原地面移植至路基两侧的草皮, 草皮摊铺到位后, 提供足够的水份和养料, 同时禁牧封育。

关键词: 青藏铁路; 高原铁路; 环境保护; 草皮移植; 施工技术

青藏铁路 27 标段位于青藏高原西藏自治区当雄盆地中央, 起于当雄县乌玛塘乡止于当雄县, 起止里程DK1 814+850~DK1 848+710, 全长33.777 km。自然生态以高寒草甸、湿地生态系统为主, 生态极其脆弱。线路走行于藏北高原念青唐古拉山以北当雄盆地边缘地带、呈低丘、垄状地貌, 沟梁相间, 海拔高度在4 300~4 500 m之间, 年平均气温为 1.6℃, 极端最高气温 26.5℃, 极端最低气温-35.9℃, 年平均蒸发量1 866 mm, 年平均降水量468 mm, 降水量集中在 7、8、9 月份, 空气稀薄、气压低, 太阳辐射强。青藏铁路 27 标段唐古拉山以南处于当雄高寒草原区, 草皮对当地的生态环境和牧民的生活及环境保护起极其重要的作用, 因此保护草原对管段路基边坡、水沟草皮的及时恢复, 是施工中环境保护的重要措施之一。

1 草皮移植的作用

(1) 由于青藏高原生态环境条件十分恶劣, 生态系统中物质循环和能量的转换过程缓慢, 长期低温和短暂的生长季节使植被一旦被破坏, 其恢复周期十分漫长, 容易引起土壤沙化和水土流失。而移植草皮能保证被破坏的植被及时恢复, 最大限度地减少对环境的破坏扰动。

(2) 由于移植草皮是对施工中路基基底将要破坏的草皮进行移植利用, 变废为宝, 造价相对来说也就较低。同时, 草场是当地牧民的生活之源, 及时恢复其草皮, 能造福当地牧民。

(3) 青藏铁路 27 标段通过草皮水沟、边坡草皮移植的实际操作检验, 具有可靠的实用性和可操作性, 并能保证被移植草皮有较高的成活率。

2 适用范围与要求

草皮移植施工技术适用于青藏高原高寒草原、高寒草甸区的多年生草皮移植。一般海拔在 5 000 m 以下。对草皮的要求是根系较发达,易切块成型。移植到路基边坡与水沟的草皮必须是生长在草地中多年生草皮,对路基边坡的要求是填料为细颗粒土质边坡,对粗颗粒土质边坡、腐殖土厚度要适当加厚。草皮水沟的适用范围为:非常流水、非湿地及地势平坦水流冲刷较小的地段。

根据高寒草原、高寒草甸区生长的多年生草地植物的再生特性及其影响牧草再生能力的因素(牧草自身的生物学再生能力;牧草生长必须的环境条件;利用的方式、条件及强度;以及多年生草地植物再生时贮藏营养物质动态的影响),在草皮移植过程中,必须保证满足其再生的基本条件。

3 施工工艺要点

高寒、干旱区多年生草地植物草皮移植施工工艺流程见图 1,其施工要点包括以下内容。

(1) 挖掘草皮前,明确即将挖取草皮的类别,掌握其生物特性。青藏高原干旱、半干旱区,主要是属于多年生草类。它们地上部分的枝条,每年在生长季节结束后死亡,同时在来年春夏季由蘖节、根颈、根茎处的芽形成新的枝条。

(2) 根据当地多年生草地植物贮藏营养物质动态的变化情况,选择一个挖取草皮的最佳时期——草地植物贮藏的营养物质含量相对较高的时期。挖取草皮要求选在草地植物的分蘖期及结实期,即 5~8 月之间。因为草皮挖出后,草地植物进入根部的有机物被暂时中断,草地植物依靠其地下器官贮藏的营养物质动态维持其再生,草地植物贮藏的营养物质含量越高,草地植物再生时形成的枝条数量愈多,再生进行得愈快。

(3) 取草皮时,应注意所取草皮的块度。在施工方便的条件下,所取草皮的块度要尽可能大,从而减少根系的切割,同时根据根系深入地下的深度,确定所取草皮的厚度,保证所取草皮的厚度大于根系埋入地下的深度,从而保证根系的完好性。

(4) 草皮挖取后,如果有地方能及时移植上去当然最好,如果施工条件不允许,就需要暂时置放路基两侧空地上。在此期间,由于草皮离开了它吸取营养物质所依托的土壤环境条件,因此应加强草皮养护。草皮不应叠放,而应假植平铺,相当于进行了一次划破草皮的入土措施,可有效改善草皮附着土壤的通气条件,提高土壤的透水性和透气性。平铺堆放的草皮在堆放时,用腐殖土填塞缝隙。根据环境条件及时洒水养护。

(5) 草皮取走后,应将草皮下的有机土清除堆放,以便回植草皮时使用。因为青藏高原的土壤以草毡土、寒钙土为主体,土壤发育年轻,剖面风化弱,土层薄,粗骨性强,可给态养分含量低,因此现有草皮下的有机土对移植草皮的再生能力十分重要。

(6) 草皮回铺前需先进行刷路基边坡、挖水沟等平整作业,再回铺 0.2~0.3 m 厚有机土层,在有机土里掺和一些适宜所选草类生长的有机肥及化肥,并洒水使有机土层保持湿润,再回植草皮。

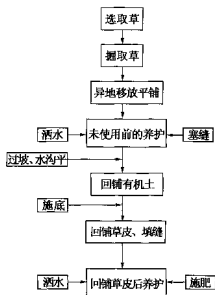


图1 高寒、干旱区多年生草地植物草皮移植施工工艺流程图

(7) 草皮回植时，顶面要求平顺，草皮块厚度不一时，用其底下的有机土找平。草皮块与块间的缝隙用细土填塞，起到根部保湿的作用。

(8) 由于天然降水在不同季节分布不均，降水时间及降水量均不可能完全符合草地植物生长发育的需要，因此，必须根据实际环境条件和草地植物生长发育的季节需要，及时进行施肥和洒水养护，防止土壤干裂，适量满足草地植物对营养和水分的需要。洒水时不仅要控制洒水量，过多的水形成胶泥层，干裂时破坏草地植物根系的再生；同时要注意使用水的水质，水中含有过多的可溶性盐类时，不仅破坏草地植物的生理过程，影响草地植物的生长发育，而且会导致土壤盐碱化，恶化草地的生态环境；还要控制水的温度，水温对植物的生长发育有显著的影响，水温应与草地土壤的温度接近，才适宜植物的生长。植物在其生长过程中，会根据自身的需要，对环境中的养分有选择性吸收，打破土壤中阴阳离子的平衡，因此施肥时，必须在进行土壤成分分析的基础上，根据植物不同的生长时期进行不同的施肥，在移铺前以使用机肥为主，在幼苗期施以无机磷、氮为主的种肥。

4 工程实例（草皮水沟施工）

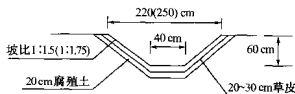
- (1) 施工依据。路基排水系统图。
- (2) 施工地点。DK1 825+793~DⅡK1 826+350段的排水沟。草皮来源采用该段原地面移植草皮。
- (3) 施工时间。施工自2003年8月6~20日完成。
- (4) 施工组织。施工由中铁五局青藏铁路指挥部拉萨分部第七项目部实施。项目部安排一项

目队进行施工。投入人工 30 人、挖掘机 1 台、汽车 1 台, 及各种工具。

(5) 施工水沟断面见图 2 和主要工程数量见表 1。

表 1 主要工程数量表

项 目	单 位	数量 (坡比 1:1.5)	数量 (坡比 1:1.75)
揭草皮	m ²	4.00	6.0
挖土方	m ³	2.588	4.5
弃填腐殖土	m ³	0.85	1.3
铺草皮	m ²	4.170	4.8
填 缝	m ³	0.2	0.3
有机肥	kg	0.5	0.6
化 肥	kg	0.5	0.6



注: 括号内数值为坡比 1:1.75 的尺寸, 其余尺寸相同。

图 2 施工水沟断面示意图

(6) 施工方案。由施工技术人员按图 2 将水沟的边线在实地进行放线, 并用石灰线标志。采用挖掘机配合人工的方式将原地面草皮移植至水沟边缘外侧, 并保证成活。

挖基。采用机械配合人工的方式进行开挖。首先采用挖掘机进行初挖, 然后用人工进行平整、修整, 直至符合试验水沟断面。开挖过程中, 用彩条布覆盖反压在护道上, 以免弃土污染护道上草皮。挖掘机在路基上作业, 机械不得在草皮上碾压, 采用自卸汽车将废料运至弃土场。开挖过程中做到随挖随弃。人工清基时, 弃土也随时清理。

草皮回铺。回铺的草皮采用水沟、路基原地面移植至路基两侧的草皮。回铺前, 首先将水沟基底进行夯实处理, 保证大面平整, 基底密实。再用腐殖土有机肥沿沟面夯铺 20 cm 厚。为了使回铺后的草皮美观, 按水沟断面制作了木架, 并挂通线。在所有准备工作就绪后, 请监理工程师检查基坑, 符合要求后即开始回铺。

回铺严格按下至上的原则进行。首先将沟底的草皮回铺到位, 两侧的草皮按顺序均匀、紧密回铺。边铺边用钉钎将草皮进行固定。在回铺过程中应重点注意以下事项:

- ①草皮移植应先在草皮底部回铺腐殖土, 其厚度在 20 cm 以上, 它是草皮赖以生存的根本。
- ②回铺的草皮面缝隙必须用腐殖土填塞紧密, 以提高其饱水性。
- ③回铺必须保证大面平整, 必要时可减少其保护层, 但必须保证其腐殖土的厚度。
- ④回填的腐殖土上必须平整, 人工夯填, 并严格按断面回铺, 以保证草皮成活。

洒水养护。草皮摊铺到位后，必须要保证假植期草皮的存活，必须为它提供足够的水份和养料。每天洒水不得少于3次。在回铺初期适当施加有机肥料。同时，由于水沟地处路基边，为了保证草皮的光合作用能很好的进行，必须进行路基降尘工作。

禁牧封育。回铺后的草皮更为脆弱，需要一定时间才能与土壤结合。因此，要求相当长一段时间不允许在新草皮上放牧或其他活动，采用刺铁丝隔离，使其能自然生长。

5 结束语

经过施工人员精心施工与草皮的精心养护，回铺移植的水沟草皮经过寒季的实践检验，移植的草皮已基本发芽，其成活率均在90%以上。如路基边坡草皮防护施工工艺除在回铺移植草皮前，根据路基断面进行挂线刷坡并夯实外，其草皮回铺移植的施工方案、施工工艺、步骤、草皮养护等与草皮水沟施工相同。

15 标段施工期植被的防护与生态恢复

程 昊¹ 甄晓云²

(1. 中铁四局集团公司, 安徽 合肥 230023;

2. 云南利鲁环境建设有限公司, 云南 昆明 650041)

摘 要:青藏铁路 15 标段位于青藏高原腹地, 长江源保护区, 沿线为高寒草原、高寒草甸等生态系统。植被保护的好坏, 直接影响高原生态环境, 特别是冻土环境。铁路施工对植被的影响主要表现在路基、取弃土场、临时工程等对植被的破坏和占用, 以及对土壤结构的破坏, 导致植被覆盖度降低, 从而在一定程度上加剧风蚀、冻融侵蚀等水土流失, 并导致生态系统的萎缩和退化。为此, 针对路域植被可能造成的影响, 制定场址替代、线路形式替代、施工方式替代、工艺技术替代、生态保护措施替代等防护措施。同时在取土场、桥涵施工场地等地方, 对损失的环境植被, 因地制宜, 采用相应的避免、减缓或补偿植被影响的特定的办法和途径, 对植被的生态恢复进行试验和探索。

关键词:青藏铁路; 高原冻土; 生态恢复; 植被; 防护

1 青藏铁路 15 标段环境特点

青藏铁路 15 标段, 北起通天河 DK1 282+124, 南至雁石坪 DK1 334+050, 线路全长 49.583 km, 位于通天河盆地和布曲河谷地, 通天河盆地地形平坦, 地势开阔。布曲河蜿蜒漫流, 盆地内局部分布沙地, 大多区域植被稀疏。15 标段全部处在高原永久性冻土地区, 多年冻土层厚度 5~40 m, 高含冰量冻土段较长, 不良冻土现象发育, 属高温极不稳定冻土。气候属干寒区, 气候多变, 空气稀薄, 气压低, 年平均气温 $-2^{\circ}\text{C} \sim 6.9^{\circ}\text{C}$, 最高气温 24.2°C , 最低气温 -45.2°C , 年平均降水量 250~300 mm 左右, 海拔 4 570~4 710 m。青藏铁路多次经过冻融过渡带, 路域生态环境既原始独特, 又敏感、脆弱。15 标段线路处于青藏高原腹地, 长江源保护区, 沿线为高寒草原、高寒草甸等高原独特生态系统, 自然生态环境十分脆弱, 一旦遭到扰动破坏, 其恢复将十分困难。该区域环境保护质量直接影响长江水源质量。

2 青藏铁路 15 标段植被类型及工程建设对植被的影响

2.1 植被类型

(1) 高寒草原。高寒草原是在高寒干旱气候环境下形成的植被类型,典型分布生境为宽阔谷地、湖盆滩地、高山下部缓坡及山前冲洪积扇周围,多呈连续片状分布。土壤为高山草原土,土体砂砾质,地表多有砾石或浮砂。植被常以耐寒旱的紫花针茅 (*Stipa purpurea*)、青藏苔草 (*Carex moorcroftii*)、扇穗茅 (*Littledalea racemosa*) 等为优势种,羊茅 (*Aneurolepidium chinensis*)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、冷地早熟禾 (*Poa crymophila*) 等为辅助种,并形成相应的群落类型。植被覆盖度为 10%~20%。

(2) 高寒草甸。高寒草甸是在具有适中水分条件下而形成的植被类型。其典型分布生境有山地阴坡、河谷阶地、湖盆滩地等,多呈片状分布。土壤为高山草甸土,土体为砂砾质母质层。植被以垂穗披碱草 (*Elymus nutans*)、冷地早熟禾 (*Poa crymophila*) 等中生草本植物为主。植被覆盖度为 15%~50%。高寒草甸具有特有的草毡层结构,草毡层是高寒草甸在高寒环境下形成的特有根系层,大量植物根系错落交织形成十分致密的根系层,厚度一般在 5~15 cm,草毡层下部为砂砾石母质层。

本管段植被状况,只有一种三类保护植物,即茄科 (*Solanaceae*) 的马尿泡 (*Przewalskia tangutica* Maxim.), 主要在雁石坪附近路边等地表裸露生境,无论从其分布区域、种类数量,还是从植物资源种类及其生活型等来看,其质量状况都处于中等偏低水平。通过野外实地调查,看到植被演替基本处于顶级群落阶段,部分地段因过度放牧植被处于放牧偏途顶级阶段。

2.2 工程施工对高寒草原、高寒草甸植被的影响

工程主要类别是路基工程、取弃土场、桥梁工程、施工便道、砂石料场以及站场工程等。其影响途径主要是通过对地表植被和土壤结构的破坏,导致植被覆盖度降低,生物量和植物种类减少以及土层结构破坏,使高寒草原、高寒草甸的结构和功能下降,局部生态环境恶化,伴随冻融侵蚀、风蚀等水土流失。

(1) 路基工程对植被的影响。路基填筑或开挖,直接破坏地表植被和植物物种,使影响区域植被分布面积减少、植物群落覆盖度下降,并导致路基部分高寒草原、高寒草甸的生物量及植物物种多样性下降为零。同时路基工程建设造成的线状切割,改变了地表径流方向,导致生态系统的萎缩或退化。

(2) 取弃土场对植被的影响。地表取土或弃土破坏地表植被和土壤结构,改变地形地貌以及自然景观,使区域植被覆盖度和植物多样性下降,并在一定程度上加剧水土流失及风沙活动等生态问题。

(3) 砂石料场对植被的影响。采挖砂石可改变地形地貌、自然景观及地表植被。

(4) 施工便道对植被的影响。运输机械(车辆)碾压破坏地表植被和土壤物理结构,影响植物生长发育,直至植物枯死,导致生态系统结构和功能下降,并使景观生态受到影响。同时车辆碾压造成表层土壤裸露松散,成为沙化的沙源,在风动力作用下,表土向周围扩散,进而发展成为沙漠化土地。

(5) 施工场地、生活营地、站场工程对植被的影响。场地占用、机械碾压以及人员活动等,可破坏场地周围原生植被和土壤结构,降低生态系统功能。其影响范围与程度与场地规模、人员数量及活动时间等有密切关系。

(6) 桥涵工程对植被的影响。桥涵工程建设可改变河道地形地貌、水文过程和地表植被,影响生态系统结构和功能。

3 工程施工中植被的防护及生态恢复

青藏铁路的施工对植被的影响是不可避免的,尽管影响的范围和程度对于不同类型的单项工程各有差异,但其影响的性质基本上可以分为可逆转的和不可逆转的两大类。因此,施工过程中,根据工程施工工艺的不同以及其对植被所带来的影响,因地制宜,制定相应的避免、减缓或补偿植被影响的防护及生态恢复措施,将施工对植被的影响降低到最低程度,保证路域环境植物群落及生态系统的动态平衡。

3.1 工程施工中植被的防护

(1) 取土场选址时,严禁进入保护区的缓冲区、严禁侵占河道及湿地等环境敏感地带,取土场设置在无植被或植被稀少地带,并遵循集中取土的原则,最大限度减少取土场数量。

(2) 尽量减少临时用地的使用。如不设纵向便道,利用路基及青藏公路作为路基工程填料的运输,横向便道的宽度严格按设计要求控制;不设置专门弃土场,生活垃圾及生产垃圾统一运至设计取土场或公路原有取土坑中掩埋、平整;小型预制构件的生产,如堆坡和挡水埝砌块的预制,以及生产人员的营地,都设置在取土场中;涵洞的施工不设临时营房等,都大大减少了因征用土地而对植被造成的影响或破坏。

(3) 砂石料场选择在基岩裸露地带和无植被的河滩地。

(4) 生活营地、生产场地等场址选在荒地、植被稀少地带,或者在公路现有废弃的道班、施工场地、取土场中。

(5) 桥涵等排水工程施工时,设置临时排水设施,如埋设混凝土排水管或建造盲沟,保证河道畅通或地表径流,防止下游植被或湿地的萎缩或退化。

(6) 优化施工组织,改进施工工艺和办法,将施工对植被的影响控制在最小程度和范围。路基施工时,对开挖路堑地段的地表植被及表土异地保存、培植。

施工便道直接在原地地面填筑,完工后再掘除填料至原地面,以保存表层土壤,为便道的植被恢复提供基础。取土场在取土前,将地表植被和表土分段铲除,并选择地点进行有效保存和养护。对桥涵施工场地、生活营地以及施工便道等的界线进行围护,防止人员、机械活动对周围原生植被及土壤造成破坏。挡水埝施工时,在挡水埝和路基之间铺设隔垫物,以减轻埋设防水卷材开挖出的土方的临时堆置对植被的占压;挡水埝填料运输时,车辆尽量倒行,减少车辆在施工处的掉头而对植被造成的破坏;迎水面的混凝土挡块在挡水埝填筑50 cm高时运输进去,防止挡水埝成型后运输车辆对植被造成破坏。水沟施工前,先将水沟与路基间草皮假植、养护,完工后再将草皮移植回来,减轻水沟施工对植被的影响和破坏。及时清运骨架护坡施工产生的余土,防止弃土因在路基坡脚堆置时间过长而影响植被正常的生长与发育。

3.2 工程施工中植被的生态恢复

生态恢复是相对于生态破坏而言的。生态破坏可以理解为生态系统的结构发生变化、功能退化或丧失,关系紊乱。生态恢复就是恢复系统的合理结构、高效的功能和协调的关系,但不意味着在所有场合下都能够或必须恢复到原先的状态,生态恢复最本质的目的就是恢复系统的必要功能并达到系统自维持状态。

由于青藏铁路施工环境的特殊性,对于取土场、施工场地、生活营地、便道的生态恢复,主要是植被恢复,目前尚处在试验和探索阶段。从青藏铁路 15 标段环境状况的实际情况出发,对取土场边坡及桥梁施工场地的植被恢复进行了试验,并取得了一定的进展。

3.2.1 植被恢复的试验过程

(1) 场地整理。先掘除施工场地原地面的填料及硬化地面,粗略整治后进行灌水,把水浇透,使土壤自然下沉并使坑洼洼的地方暴露出来,再利用人工进行平整,并保证土壤湿润达到 10~15 cm 以下,同时将播种地划成 10 m 宽若干长条。取土场边坡则沿坡面自上而下,每隔 30 cm 左右横向挖成沟状。

(2) 底肥。用当地牛、羊等的粪便或有机复合肥,或覆盖原表层土对土壤进行改良,每平方米施肥 120~150 g。

(3) 种植前的种子处理。提前将要播种的垂穗披碱草种子放在水中浸 1~2 天,期间换水 2~4 次,捞出晾干后掺沙随即播种。

(4) 播种。将播种地划成 10 m 宽若干长条,逐条均匀撒播。为使播种均匀,将每一长条应播的种子 ($20\sim30\text{ g/m}^2$) 分成 2 份,其中 1 份顺方向撒播,1 份逆向撒播。种子撒播前掺人部分细沙或细土,拌合均匀后再进行撒播。

(5) 滚压。种子撒好后立即即覆表层土,厚约 1 cm,并进行滚压,保证种子与土壤充分接触。对于取土场边坡因面积大,覆土困难,故改用细齿耙,往返拉松表土面,帮助细小草籽落人土粒下面。

(6) 覆盖。淋水保持潮湿并用塑料薄膜加以覆盖,以达到保温、保湿之目的。

(7) 出苗前管理。播种后每隔 2~3 天对播后场地喷水。每次喷水以喷湿表层土为度,要求做到连续喷水,确保播下的草籽能吸到水分。

3.2.2 试验结果

本次植被恢复试验,相关技术参数如下表。

植被恢复试验的相关技术参数表

地 点	草 籽	播种量 g/m^2	播种面积 m^2	种植方式	播种时间	出苗时间
DK184+500 取土场边坡	垂穗披碱草	20	1 000	沟植	7 月 16 日	7 月 22 日
塘甘木大桥施工场地	垂穗披碱草	30	200	撒播	7 月 17 日	7 月 23 日

在进行上述试验的同时,也进行了对照试验,即种子不经过浸泡处理,种植地也不用水浇透,出苗前也不喷水,播种后直接覆盖,发现种子发芽需要 21 天左右。试验还证实,幼苗破土 10 天后揭去塑料薄膜,即使没有遮阳处理,幼苗也能正常生长。并且,由于大桥施工场地水分

充足,取土场边坡由于是沟槽形,土壤蓄水量相对也较高,使生长的小草的枯黄期较周围草皮推迟了15天左右。

4 结束语

在施工过程中,加强对路域环境植被的保护,尤其是高寒草甸草毡层的保护,有着十分重要的意义。道路沿线的植被状况,不仅影响着青藏高原的自然环境和生物多样性,特别是冻土环境,更是防止青藏高原水土流失(包括风蚀、水蚀、冻融侵蚀等)的控制因子。因此,在施工中坚持“预防为主,保护优先”的原则,尽量减少施工过程对地表植被的影响和破坏,就显得尤为重要。从工程结束后路基两侧植被的自然恢复情况来看,由于施工中采取了有效措施,使得表层土壤及草毡层得到了较好的保护,再加上近几年雨量较多,植被自然恢复进展较快。

从试验过程及结果观察来看,用人工播草对植被进行恢复,取得了如下结论:

(1) 能否正常发育和成长,其主要控制因子是土壤的水肥状况及温度。在播草过程中,尽量使用当地表层土,或者按要求进行土壤改良,保证了其生长发育的前提条件。近几年随着高原降水量的增加,也为所播草种的正常生长创造了良好条件。

(2) 草种的选择。选择当地乡土物种如垂穗披碱草、羊茅等,既避免了外来物种的入侵,又能保证当地植被的盖度和物种稳定性,符合当地生态系统稳定性的要求。

(3) 从3年来的生长状况来看,目前所播草种生长良好,生长周期与周边自然植被相同。由于播种过程中使用了羊粪等作为底肥,使得羊粪中很多当地草种一起生产,保证了播种区域物种的丰富度和生物多样性。

5 标段多年冻土区植被保护

何 兵

(中铁电气化集团公司三公司, 河南 郑州 540005)

摘 要: 新建青藏铁路 5 标段穿越唐古拉山高寒多年冻土区, 环境温度一般在 $-28^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$, 植被以沙草为主, 生长周期长, 一旦被破坏难以恢复。在青藏铁路通信工程施工中采用草移植、搬运、存放养护和回移等技术, 有效地保护施工区的植被。

关键词: 青藏高原; 高原冻土; 植被; 成活率

青藏铁路雁石坪—安多通信工程属于新建青藏铁路格尔木—拉萨站后“三电”工程 5 标段, 铁路施工里程为 DK1 333+400~DK1 537+850, 全长 188.162 正线公里, 跨越海拔 5 072 m 唐古拉山口是全线最高点, 标段最低点是安多车站, 海拔 4 703 m, 全线平均海拔在 4 800 m 以上。该标段穿越 140 km 唐古拉山无人区, 环境气温一般在 $-28^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间, 年平均温度在 0°C 以下, 风雪天气较多, 属于高寒区段。全段处于青藏高原多年冻土区, 冻土上冻程度深, 上冻时间长; 地表植被根系不发达, 熟土层较薄, 地面以上生长高度低, 生长周期长, 被破坏以后难以恢复。在施工过程中提高高原多年冻土区植被的成活率是环保工作的一个难点。

1 植被成活率的关键技术

高原冻土区的植被以高原特有的沙草为主, 间杂有紧贴地表生长的草苔, 它具有生长周期长, 根系不发达, 植被生长高度较低, 容易受冻土侵害, 且被破坏以后难以恢复的特点。通过调查发现, 雁石坪—唐古拉的土质以砂砾土为主, 植被稀疏, 草根极浅, 且不易移植; 地表沙化严重, 且大风天气较多, 在该段需要克服施工对沿线植被的进一步破坏, 尽可能减轻地表的沙化程度。唐古拉—扎加藏布的草地属于沙地型, 草地植被稀疏, 草皮熟土松散。扎加藏布—托居草皮坚硬、表土变薄, 属于湿地型。托居—安多区间草皮特点为草皮根深、表土厚实, 草皮柔软; 在该段施工中需要加大环保的恢复力度, 提高被破坏植被的成活率, 减少裸露地面, 尽量避免对沿线自然景观造成破坏。

1.1 电缆工程对植被的影响

铁路通信工程施工具有线长、点多的特点。在电缆施工时, 需要开挖缆沟, 敷设光缆和防雷排流线, 人工或机械开挖均会对沿线植被造成不同程度的破坏。在沼泽或湿地进行 GSM-R 基础

开挖和浇注时,桩基较深(最深达25 m)且土质情况极不稳定,必须使用旋挖钻机、冲击钻和吊车等机械进行施工。大型施工机械进、出场也会对施工场地的植被造成不同程度的碾压,且难以恢复。因此要提高植被的成活率,需要做好植被的移取、搬运、存放养护和回移等工作。

1.2 草皮移取

开挖缆沟前,要将划线范围内缆沟上的草皮进行移取。取草皮的宽度要控制在50 cm以内,草皮熟土的取土厚度控制在30 cm以上,当熟土完全移走后,仍能保证草皮回移后的成活率(熟土能充分保证根部水分不散失)。草皮的大小一般为50 cm×50 cm,草皮取出以后放在排水沟一侧,并堆放整齐。在缆沟另一侧的草地上铺放3 m宽的彩条布用于盛放挖沟所取出的泥土,防止泥土压死草地植被。

在植被稀少的地方,取土时要防止泥土往缆沟两边随意堆放。植被稀疏而且不易取出或取出的草皮表土极易松散时,尤其要注意控制移取草皮的大小。在进行缆沟开挖时,不论草皮的大小,一定要将缆沟边的植被移出。为了保证所取出草皮的成活率,要防止将草皮倒置,并根据天气情况定期为取出的草皮洒水。

在进行缆沟开挖时,要严格按照既定的施工方案,即缆沟开挖前的草皮移植要整齐,熟土层要足够厚;缆沟开挖时挖出的泥土要用足够宽的彩条布进行防护,土和草皮要分别在缆沟两边进行堆放;缆沟回填时,缆沟夯实与原始地面保持水平后,方可进行草皮的回移。在使用机械开挖时,要在挖掘机履带下垫放彩条布、棉被或钢板等物品,防止植被被机械直接碾压。

在选定位置的铁塔基础开工以前,对9 m×9 m施工范围内的草皮进行全部移植。对铁塔桩基开挖过程中取出的泥土采用彩条布垫放,并将其及时清运至规定的弃土场。对运至施工现场的砂、碎石料用彩条布垫放,避免其对草地直接压盖,这样也有利于施工完成后对场地的清理,保证草皮的成活率。而对水泥、粉煤灰和外加剂等易产生扬尘的材料,则用彩条布和塑料布进行下铺上盖,防止起大风时灰尘对环境造成污染。考虑进场施工机械自身的重量很大(重达20多吨),为防止机械直接碾压草皮造成草皮损伤,在进场道路上使用钢板、胶皮垫、轮胎和棉被等材料进行垫放,力争不在草地上留下车轮印痕,并且能保证被压植被的存活率。

唐古拉山南北两侧由于地处多年冻土区,七、八月份施工时大部分区段在该季节进入了冰雪融溶区,而且也进入了当地山区的雨季。该区段植被状况良好,地表水和地下水都很丰富,在进行缆沟开挖时,首先需要将缆沟附近用土石进行围堵,然后将地表水用工具进行排放,水排放完后进行草皮移植和开挖。

在沼泽和湿地施工时,由于地表水和地下水均很丰富,地表松软,不宜采用机械开挖。挖掘机进场容易陷入泥潭,且被压过的植被和履带痕迹不易恢复,不利于环保工作的进行。由于施工条件受限,采购的许多砂石料都夹杂有对混凝土强度有极大影响的泥土,所以在进行混凝土搅拌前要对砂石料进行清洗。考虑到污水会对草地或河流造成污染,要把清洗剩下的污水进行先沉淀再排放。使用打桩机施工时,由于需要大量黏土和清水进行造浆,按要求在桩基旁边挖掘规则的泥浆池和排污池,泥浆池排出的污水首先流入排污池进行沉淀,对澄清后达到排放要求的水再进行二次排放,杜绝污水横流。

1.3 草皮搬运

在缆沟开挖时,缆沟上移取的草皮就近放置于缆沟两侧,搬运距离近,通常使用人力搬运。在桩基开挖时,由于施工场地材料和机械对植被的影响面较大,移取的草皮一般放于距铁塔桩基50 m以外的地方,搬运距离较远,通常使用手推车运输,尽量减少运输过程中对草皮根部泥土造成的损失。

1.4 草皮存放和养护

在选取草皮存放地点时,除了要考虑运输距离和施工影响面外,还要考虑存放点是否平整,水源是否充足,且不能有原始草皮,避免对新植被造成进一步损坏。在临时存放草皮时,草皮摆放要整齐有序,错落有致。摆放点要有熟土且含水量较高,不能直接置放在岩石上。在草皮摆放完毕以后,需要用细土对缝隙进行填充,可以起到保湿的作用,提高草皮的成活率。在地表沙化较严重的地方,需要临时对存放的草皮进行日常养护,如定期洒水和施肥等。

在寒冷季节、日照时间长或风沙较大时,地表水蒸发较快时,还可以在浇水后对草皮表面进行覆盖,以保证植被的含水量。由于干线光缆施工周期较短,一般为7~10天,缆沟边存放的草皮保养程序相对简单,只需要避免缆沟坍塌造成附近的草皮跌落至沟内。而在进行GSM-R铁塔桩基和承台施工时,从桩基开挖到基站设备安装完成,一般为3~6个月。移取的草皮临时存放和养护的时间较长,所经历的考验也最为严峻。

1.5 草皮回移

缆沟回填完毕以后,要将草皮完整地回移。要考虑到缆沟自然沉降对草皮的影响。回移草皮的过程要防止熟土散落,注意轻拿轻放,且草皮要在缆沟上方摆放整齐,禁止无规则地乱放。在缺少草皮的地方要想办法从草皮丰富的地方移取一部分进行补充。在GSM-R桩基施工完毕后,要对基站场地进行平整。在平台周围砌出规则的梯形土台,大小一般为9 m×9 m,并在其上覆盖草皮,尽量使铁塔桩基融入到周边的环境。

在每年8月中旬上冻以前,集中人力对全线的草皮进行整治。首先通过对高出地面的缆沟进行平整夯实,然后对缆沟上的草皮进行重新均匀摆放,让缆沟上的草皮高度基本与缆沟两侧草皮保持水平,使之充分融入到周围的大环境中。对缺少或有枯死草皮的地段通过移植进行补充。

2 施工区段内植被成活的效果

在5标段草皮回移工程中唐古拉—扎加藏布区间植被稀疏,地形由草地过渡为沙地。草皮根系很浅,草皮表土稀薄,不能完整地将草皮取出,且草皮表土会自然散掉。施工人员将取出的草皮及时送到沿线的草皮养护区进行专门养护,待缆沟回填完毕以后再将这些小草皮回到缆沟上部。扎加藏布—托居区间植被分布不连续,草皮在移取时,不容易成形,在施工时,尽量保证草皮的大小一致,并保证草皮熟土的厚度,以便为草皮提供足够的养分。托居—安多区间主要采用人工开挖。由于站前单位修建水沟和挡水埝的影响,缆沟径路主要选择在沟外1 m,工作重点放在草皮的移植工作上。通过这些措施5标段干线光缆缆沟上回移的草皮经过两年的风吹雪打,现在已是生机盎然。本办法推广到施工全线以及后续的GSM-R铁塔桩基和承台的施工中。结果表明,该办法能显著提高高原多年冻土区被破坏植被的成活率,最高达92%。

青藏铁路沿线野生动物现状与保护对策

杨奇森 冯祚建 等

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要: 青藏铁路沿线共有野生动物 130 余种, 其中国家Ⅰ级保护动物 9 种, 国家Ⅱ级保护动物 24 种, 我国及青藏高原特有种 18 种。根据动物可能受铁路工程影响的程度分析, 其中受铁路工程影响较大的种类主要是地面活动范围较大、不同季节需要穿过铁路进行迁移的种类, 包括藏羚、藏原羚、藏野驴、野牦牛等。铁路的建设分割了野生动物生境的连续性, 形成了野生动物迁移途中的一道屏障。根据野生动物在铁路沿线的分布情况和野生动物穿越铁路路基的相关区域, 结合铁路路基状况、野生动物的种类特点和习性的可塑性, 青藏铁路在沿线设置了野生动物通道 33 处, 以保证野生动物迁移路线的畅通。

关键词: 青藏铁路; 野生动物; 动物通道; 保护

青藏高原具有独特而典型的高寒生态系统, 为中亚高原高寒环境和世界高寒草原的典型代表, 由多种多样复杂的自然生态系统组成, 至今仍保持着比较原始的生态和人文环境, 原始自然状态保存较好, 是研究和开展野生生物资源保护和持续利用的天然实验室。由于其独特的自然条件, 同时伴随青藏高原隆起和占地理环境的变迁, 使这里既保留了若干古老的物种, 同时又产生出许多新的属种, 从而使高原成为现代物种的分布和分化中心。以哺乳类的鼠兔属为例, 全世界现存 25 种, 青藏高原计有 16 种, 占该属总种数之 64%; 又如鸟类中的雪鸡属和雪雀属等种类都是在高原隆起后, 产生并长期适应而逐渐形成的。

青藏铁路深入青藏高原的腹地地带, 是我国长江、黄河、澜沧江、怒江等主要江河发源的源头地区, 沿线野生动物种类多、数量大, 特别是一些大中型草原动物, 由于活动范围大, 不同季节间取食、饮水、繁殖配对等都需要进行大规模、长距离的迁移, 青藏铁路的建设无疑不可避免地会对它们目前的活动产生一定影响。因此, 青藏铁路建设与当地野生动物保护的关系, 备受各方人士的关注。为了有效降低人为设施对野生动物的扰动, 国内学者于 1986 年~1993 年先后在沿线地区进行过大量调查。根据历史基础资料并在此基础上, 确定铁路沿线地区可能受到铁路建

设影响的野生动物的种类及其分布情况,需要重点监测的对象有:藏羚、藏原羚、藏野驴、野牦牛、黑颈鹤。从2001年11月开始,按季节和铁路建设不同阶段对一些重点对象的分布、数量、迁移及通过铁路的部位进行了监测。重点分析藏羚等主要对象通过已建铁路路基情况、在建路基及铁路的阻隔作用等。2001~2003年,分不同的季节对该地区野生动物的分布、数量、季节活动规律及可能跨越铁路的具体位置等实际情况进行了实地考察,并提出了相应的保护对策;同时也为未来对青藏铁路的影响做进一步评价提供了基础资料。

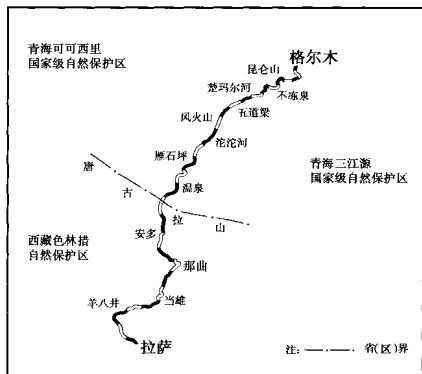


图1 青藏铁路及其沿线经过的主要区域

1 铁路沿线野生动物的种类及分布

青藏铁路穿越青海三江源国家级自然保护区、可可西里国家级自然保护区和西藏色林措国家级自然保护区的缓冲区,行政上属青海省格尔木市、青海玉树藏族自治州的杂多、曲麻莱、治多县和西藏安多、当雄县及拉萨市辖区(见图1)。沿线野生动物主要分布在野牛沟口三叉河大桥以南至西藏羊八井以北区段。根据近年来的有关调查资料和现场调查,沿线两侧范围内经常活动的珍稀野生动物(指受铁路直接影响较大)以哺乳类和鸟类为主,其中包括一些国家重点保护的珍稀、濒危物种。

野生动物的资源量常以其绝对数量和相对数量两种方式来表示,由于该地区范围宽广,我国历年来在该地区的研究工作基础薄弱,野生动物数量调查难度大、持续时间要求较长,不能适应铁路工程建设的要求。为此,在基于历史资料的基础上,结合2001年~2003年的考察结果,同

时考虑铁路经过地区的行政归属关系,将铁路沿线受国家保护的野生动物分布情况按不同自然环境区段列出(见下表)。

青藏铁路沿线地区分布的野生动物名录表

动物名称	保护等级	分布				受影响程度
		昆仑山以北	昆仑山—唐古拉山	羌塘高原东部	羊八井以南	
猕 猴	Ⅱ			+		—
黑 熊	I			+		—
狼	I	—	—+	+		+
豺	Ⅱ	—		+	+-	+
棕 熊	Ⅱ	+	++	+	+	+
石 貂	Ⅱ	+	++	—	+	+
荒漠猫	Ⅱ	+		—		++
兔 狲	Ⅱ		++	+	+-	++
猓 狷	Ⅱ	+	++			
雪 豹	I	+	++		+	++
藏野驴	I	+	+++	+++		—+
马 麝	Ⅱ			+	+	+++
白唇鹿	I	+	+++	+	+	
马 鹿	Ⅱ	+	++			
野牦牛	I	+++	+++	+		+++
藏原羚	Ⅱ	+++	+++	+++		+++
藏 羚	I	+	+++	++		+++
岩 羊	Ⅱ	+	++	++	+	++
盘 羊	Ⅱ	+	++	++	+	+
羚	Ⅱ	+			++	+
高山兀鹫	Ⅱ		++	+		++
胡兀鹫	I			+		++
猎 隼	Ⅱ			+		++
高山雪鸡	Ⅱ	+	++	+		—
蓑羽鹤	Ⅱ	+				—
黑颈鹤	I				+	++
棕头鸥	I		+	++	++	+++
雕 泉	Ⅱ		++			—

续上表

动物名称	保护等级	分布				受影响程度
		昆仑山以北	昆仑山·唐古拉山	羌塘高原东部	羊八井以南	
藏雪鸡	Ⅱ			+	++	-
大鸢	Ⅱ			+		++
普通鸢	Ⅱ			+		++
红隼	Ⅱ				++	+
纵纹腹小鸢	Ⅱ				+	-

注：在分布地区中“+”表示分布地区内的相对数量；受铁路影响程度中“+”表示受铁路影响的程度，“-”表示受铁路影响的程度轻或几乎不受铁路影响。

2 铁路沿线野生动物的生态类型

野生动物的分布与其生境的关系十分密切，不同类型的动物分布于各自独特的生境中，青藏铁路沿线地域辽阔，包括了多种类型的微生境，从而为不同类型的野生动物提供了多样的生存空间，特别是山地动物、森林动物、草原动物和高原荒漠动物等，条件尤其优越。生态条件是动物生存的决定因素之一，生态地理动物群能很好地表现动物与生态条件的关系。从生态地理角度，结合沿线的自然环境和野生动物栖息地的特征，将其划分为以下几个生态型进行分析。

2.1 高山山地动物群

本类动物主要分布于海拔较高，人类活动相对较少的高山裸岩、高山灌丛及高山草甸地区。这类动物往往具有很强的攀缘能力和耐高寒的能力，该类群在铁路沿线分布的典型种类如雪豹、岩羊、盘羊、白唇鹿、棕熊等。属国家Ⅰ级保护的有雪豹、白唇鹿、胡兀鹫；属国家Ⅱ级保护的有棕熊、兀鹫、暗腹雪鸡、藏雪鸡、藏马鸡等。

2.2 高寒草原草甸动物群

该动物群主要栖息于山间盆地及宽阔河滩，自然条件相对单纯，主要植被是由多种针茅、蒿、硬叶苔草和小半灌木垫状驼绒藜等组成。野生动物以草食性的有蹄类为主，铁路沿线常见的种类有：猢狲、藏羚、藏野驴、野牦牛、藏原羚、大鸢、普通鸢、猎隼、胡兀鹫、褐背拟地鸦、高山岭雀以及多种雪雀等。其中猢狲、藏羚、藏野驴、野牦牛、藏原羚、大鸢、普通鸢、猎隼、胡兀鹫、兀鹫为国家重点保护动物。藏羚、藏野驴、野牦牛、藏原羚、褐背拟地鸦、高山岭雀、以及白腰雪雀、棕颈雪雀等为我国青藏高原高寒草甸、草原动物特有类群。

2.3 沼泽湿地动物群

湿地是人类最重要的环境资本之一，也是自然界中生物多样性最丰富和生产力较高的自然生态系统，它不但具有丰富的资源，而且还有巨大的环境调节功能和生态效益；湿地在提供水资源、调节气候、涵养水源、均化洪水及降解污染物等方面都发挥着巨大的作用。青藏高原湖泊湿地众多，是世界上海拔最高的大面积高原沼泽和湖泊群，形成了独特的生态环境。

在青藏铁路沿线，湿地主要包括沿线的格尔木河、昆仑河、清水河、楚玛尔河、秀水河、沱

沱河、通天河水系、怒江源头水系、拉萨河上游支流等以及沿线蓄水的湖泊和沼泽,栖息于此的鸟类是湿地的主要动物群。它们主要在这里越冬或全年在此居留,对于湿地有很强的依赖性。最常见的湿地鸟类有黑颈鹤、棕头鸥、斑头雁、赤麻鸭、普通秋沙鸭、普通燕鸥、鸬鹚等,其中以斑头雁、棕头鸥数量最多,而黑颈鹤、棕头鸥为国家Ⅰ级重点保护鸟类。

3 野生动物面临的主要问题

3.1 城镇化进程加快

青藏公路通车 50 年来,沿线许多本荒无人烟的地区,现在已围绕军队运输兵站、交通食宿站、旅游景点,发展成为具有一定规模的城镇,纳赤台、西大滩、不冻泉、五道梁、沱沱河、雁石坪、温泉等都有一定的食宿接待能力。1990 年,在可可西里考察时,本以为无人涉足的“无人区”,竟然发现已有牧民在其间放牧了十几年,特别是青藏铁路西(宁)格(尔木)段通车以来,兰州军区、成都军区和西藏自治区各级政府相继在格尔木建立中转站、办事处等,使原本无名的格尔木一举成为青海县级建制中最大的城市和全国辖区面积最大的城市,人口迅速膨胀。青藏铁路格(尔木)拉(萨)段的建成,必将会进一步加速其城镇化的进程。

3.2 野生动物数量锐减

栖息于整个地区的珍贵、稀有与特有的哺乳类计 50 余种及亚种,如藏野驴、野牦牛、藏羚、藏原羚、盘羊、藏狐、棕熊、雪豹和高原兔等,占该区兽类总种数的 80% 左右。特别是前 4 种特有的有蹄类,它们不仅是中国宝贵的自然遗产,同时也是全世界的共同财富。据估计,在青藏高原范围内藏野驴、野牦牛及藏羚之每种的种群存量恐不超过 10 万头,而藏原羚不足 1 万头,盘羊少于 2 万头。

青藏铁路西格段通过的布哈河流域及环青海湖地区,在 20 世纪 50 年代时普氏原羚数量十分可观,而目前减少到不足 300 只,种群的濒危状况远远超过了著名的大熊猫。虽经多方努力,种群状况一直不太理想。1990 年,可可西里的野牦牛数以万计、藏羚羊数千只的野牛沟地区,1996 年时的数量远不如过去,原本像天然野生动物公园的昆仑山—沱沱河一带,目前野生动物已变得相当稀少。

3.3 非法盗猎现象不时发生

尽管沿线人类的社会生产活动对野生动物的直接影响并不太大,然而,由于一些野生动物本身具有极高的经济价值,一些非法盗猎者长期在荒无人烟的高原内部以猎杀野生动物为业,甚至多次与野生动物管理部门及保护人员发生枪战并造成人员伤亡,青海、西藏均多次发生猎杀藏羚、雪豹、藏原羚、鹿等野生动物及其盗运动物皮张的事件。

4 新建铁路可能对当地野生动物的影响

由于缺乏长期的连续监测资料,很难得出结论。根据历年组织的青藏考察、青海省及西藏自治区野生动物管理部门的长期调查,以及 2001 年~2003 年青藏铁路沿线调查,结合青藏公路通车 50 年及青藏铁路西格段通车以来沿线野生动物的变化情况,从不同方面对铁路建成后可能会对当地野生动物产生的影响进行分析。

4.1 增加对高原生态系统的扰动

青藏高原是全球最脆弱的生态系统之一，这种系统抗外界干扰的能力很弱。青藏公路通车以来，公路两侧的环境受到很大影响（包括线路切割和车辆及其人类活动等）；铁路建设以后，路基和附属设施又会占用相当一部分土地，野生动物相应地失去这一部分生境；另外，昆仑山以南的铁路路基建筑在永久性冻土层上，路基相当高（最高区段达20多米，相当于在草滩上矗立起一座7~8层的楼房），野生动物从视线、视角及迁移途径方面都会产生一些障碍。铁路建设期间和通车以后，进出高原的人数会大大增加，人口密度增加会相应地产生出一系列由于人类而出现的生态问题。因此，如果不处理好上述这些问题，野生动物及其赖以生存的生态系统都将受到较大的扰动。

4.2 相应地减轻目前存在的部分环境压力

目前，青藏公路格拉段长度1100多公里，汽车运输需要2~3天时间，加上汽车运输量有限，人、车数量多且在路上停留的时间长，对野生动物惊扰较大，发生偷猎的机会很多。青藏铁路通车后，列车的运力是汽车的数百倍，运输成本更低，且列车经过一定区间的时间很短，在非站点外几乎不发生人员滞留现象，使公路交通产生的压力有可能下降。

青藏铁路的建设对青藏高原土著野生动物而言，既会产生较大十扰的负面影响，也有可能减少目前人为压力的正面作用。如果能处理好站场周围的环境、提高司乘人员素质、加强野生动物保护执法力度、减少废物排放等扰动因素，野生动物受铁路惊扰的影响就会大大减少。同时，野生动物本身也具有主动适应环境变化的能力，在一些野生动物密集分布区采取适当的保护措施后，野生动物可以通过适应（包括适应列车运行噪声、惊扰等）和调整自己的行为方式来主动适应变化了的环境。

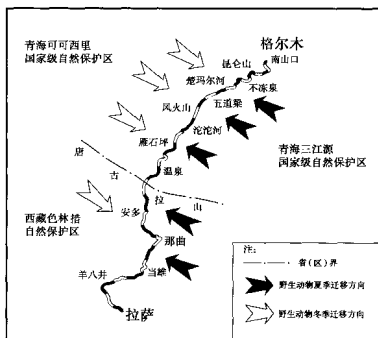
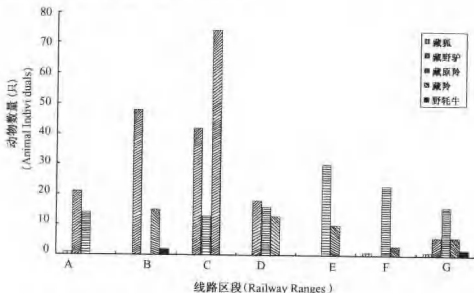


图2 不同季节野生动物的迁移途径及区段

4.3 野生动物活动与青藏铁路的关系

青藏高原的季节性差异十分明显,这里的野生动物往往通过不同季节的迁移来充分利用有利的资源(食物资源、空间资源、气候资源等)和避开不利的因素(如夏季,离人类活动较近的地区,避开人和家畜的频繁活动等),在过去的历史长河中,这些野生动物已经形成了稳定的迁移习性和固定的迁移路线(见图2)。青藏铁路工程跨越了这些野生动物的分布区,野生动物生境及其季节迁移的路径被铁路分割,高大的铁路路基就将成为野生动物跨越的一道门槛。

2001年11月,根据野生动物的生活习性,沿青藏公路对不同区段,分早、晚两个时间段分区段进行观察,统计了沿线的主要大中型野生动物种类、穿越铁路的区段和数量,不同区段主要分布野生动物数量按统计次数平均后统计见图3。



A. 西大滩—昆仑山 B. 昆仑山—不冻泉 C. 不冻泉—五道梁 D. 五道梁—风火山
E. 风火山—沱沱河 F. 沱沱河—唐古拉 G. 唐古拉—那曲

图3 主要易受影响野生动物种类在沿线不同区段的数量分布

5 野生动物保护措施与建议

青藏高原是人类难得的一片净土,野生动物是高原的主人,保护野生动物是铁路建设者不可推卸的责任和义务。

5.1 建立野生动物通道

5.1.1 建立野生动物通道的意义

铁路的分割打破了野生动物原来生境的连续性,构成了野生动物迁移途径上的一道门槛。从铁路工程上讲,保护野生动物最重要的就是尽可能地保证野生动物生境的连续和迁移途径的畅

通,因此,设置野生动物通道对于保证野生动物生境的连续和野生动物迁移路线的畅通是极其重要和十分必要,对于保证铁路设施、列车运行的安全具有重要意义。

5.1.2 野生动物通道的基本形式与技术要求

以野生动物考虑,不同的野生动物的通道应有所区别。在青藏铁路野生动物通道设计中,设立三种基本的野生动物通道形式(见图4)。

桥梁下方通道——在青藏铁路上共有上千座大中小桥,大部分桥下都没有水,因此,铁路建成后,只要能很好恢复桥梁下原始景观,野生动物就可以自然通过。对于下方有水的桥梁,通过增加引桥高度和恢复引桥下方的景观,野生动物在取食、饮水时也可以自然通过。这种形式特别适合于典型的草原有蹄类动物。

隧道上方通道——隧道本是铁路的工程设施,但如果在铁路建成后,很好地恢复好挖隧道时破坏的植被、处理好弃渣,在隧道进出口增加一些必要的防护措施等,也可以为野生动物通过提供便利。这种类型特别适合于山地类型的野生动物通过。

路基平交缓坡通道——在野生动物分布比较集中,又没有其他可利用的工程设施时,通过降低路基两侧坡度、并在降低坡度后的缓坡上进行植被恢复措施,诱导野生动物从特定区段的路基上通过。这种形式适合于喜欢攀登到高处观望后再通过的动物。



图4 野生动物通道形式模式图

此外,由于几乎没有完全只适用一种形式通道的动物类型,因此,根据动物组成在沿线设置由以上基本通道形式组合而成的复合通道。总之,充分利用当地的地形、地貌等因素,综合考虑不同类型野生动物的行为适应能力和可塑性,尽可能利用铁路工程的一些有利条件来设置野生动物通道。

对于高山山地动物通过的平交缓坡,铁路两侧路基坡度应小于 40° ;而对于草地草原动物通过的缓坡通道,铁路两侧路基坡度应以不大于 35° 为原则;桥梁下方以引桥作为通道的部分,对于藏野驴等大型动物通过的通道,通道实际高度不能小于5 m;而对于藏羚和藏原羚等中小型动物通过的通道,通道实际高度不能小于3 m;对于隧道上方通道的形式,为防止动物进入隧道,

增加防护措施。

5.1.3 野生动物通道方案

在青藏铁路沿线,一共设计了野生动物通道33处,通道总宽度(沿铁路方向的线路长度)58.5 km,占线路总长度的5.27%。同时,在西藏境内,铁路经过牧场附近还设置了200多个家畜通道,也基本可以满足野生动物通过的需要。如可可西里野生动物通道(见图5)。



图5 建成后的可可西里野生动物通道

5.2 施工期间的人为影响因素与保护建议

铁路建设施工期间,大量的人员、设施都汇集在昔日寂静的高原上,可能是野生动物面临的最大的挑战。特别是进入野生动物的繁殖季节,施工期间的野生动物保护更应引起重视。据调查,2001年铁路开工前,在索南达杰保护站一带可以很容易发现几只甚至十多只的藏原羚和一些藏羚的种群,施工开始后,发现这一带的羚羊已迁移到了离施工现场很远的河滩地带。除一部分气候因素外,施工的影响也是不可低估的。对于施工期间,建议从以下几方面来保护野生动物:许多施工人员来自内地,很少见到如此大量的野生动物,出于好奇去接近甚至哄赶野生动物,应在工人进入施工工地前加强教育;在施工工地加强爱护环境、保护动物的宣传,尽可能少破坏植被;高原上风大,运土时应尽量减少漏撒,减少扬尘污染;不同地段的施工应尽可能避开野生动物繁殖期,特别是繁殖配对和产仔期;施工人员生活区应远离野生动物活动区;加快施工进度,缩短施工周期。

5.3 运营期间的保护管理建议

铁路建成以后,运营是长久的影响因素,只有处理好了铁路运输与野生动物保护的关系,才能真正实现保护好野生动物的最终目标。因此,在未来运营期间建议:提高司乘人员的环境意识;在野生动物通过地段设置明显标志;在列车车厢内增加保护环境、保护动物的提示,把列车

建设成为运输和绿色环保宣传车；在野生动物分布区控制鸣笛；控制废物、废水的排放；加强卫生防疫工作，严格控制活体动物进出高原。

青藏铁路为陆生的野生动物设置通道在国内还是首次。实践证明，青藏铁路野生动物通道的修建，对未来处理重大工程建设与野生动物保护之间的和谐提供了经验和教训。

交通设施对可可西里藏羚 季节性迁移的影响

夏 霖 杨奇森 等

(中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘 要: 藏羚是青藏高原的特有动物种群, 每年的 6~7 月, 藏羚从冬季栖息地通过可可西里前往产羔地产仔, 并在产羔后一个月左右返回冬季栖息地。青藏铁路的修建, 成为藏羚迁移途中的屏障。为保障藏羚安全跨越铁路, 青藏铁路在设计中首次引入了野生动物通道, 并加以实施。目前, 在可可西里境内, 主要迁移通道已经建成并投入使用。2004~2005 年, 通过对藏羚迁移进行连续监测表明, 楚玛尔河通道和可可西里通道及附近的迁移线路上桥梁及涵洞使用率比 2003 年有了很大提高。随着铁路施工结束和周围环境的清理与恢复, 藏羚已开始逐步适应了新的环境。

关键词: 交通设施; 藏羚; 季节性迁移; 影响

藏羚是青藏高原特有种群, 分布于青藏高原及临近地区。近一个世纪以来, 以获取羊绒为目的的猎杀使藏羚种群数量减少了近二分之一, 现被列为国家 I 级保护动物, 受到 CITES 公约的保护。近年来, 政府反偷猎行动使盗猎逐渐得到控制, 但人类活动及开发造成的环境质量退化和栖息地退缩, 却日益明显地威胁着该物种的繁衍生息。随着西部大开发的展开, 青藏高原上的交通设施建设不可避免地要影响沿线野生动物活动, 其中对藏羚迁移的影响已引起了国内外保护人士的极大关注。

可可西里的太阳湖和卓乃湖是已知藏羚重要的产羔地。每年 6~7 月, 西藏羌塘、新疆阿尔金山和青海三江源的怀孕雌羚将携 1 龄雌羚前往该地区产仔, 并在产羔后一个月左右启程返回各自冬季栖息地。20 世纪 50 年代建成的青藏公路和目前新建青藏铁路已成为藏羚迁移途中两道连续的屏障。为保障藏羚安全跨越铁路, 青藏铁路设计施工中首次引入了野生动物通道。在可可西里境内, 主要迁移路线上的通道目前已完工并投入使用, 从楚玛尔河大桥至五道梁二十余公里是藏羚的主要迁移通道, 见图 1。

关于交通设施对野生动物影响的研究在国际上始于 20 世纪 60~70 年代, 野生动物通道的应用也有许多成功的先例, 对通道使用率的系统监测与评价在近十年才有所发展, 但中国这一领域



图1 可可西里自然保护区及藏羚羊迁移路线示意图

的科学研究尚属空白。2004~2005年,在青海可可西里藏羚种群迁移的途中进行了连续观测,在楚玛尔河通道(楚玛尔河特大桥)和可可西里通道(五北大桥)建立固定观测点,在桥梁周围4个方向安装自动录像设备记录野生动物通道使用情况。由于藏羚在白天活动,可肉眼或使用望远镜直接记录种群数量;另外,通过沿青藏公路驾驶车辆巡视主要迁移路径内藏羚穿越铁路和公路的总体情况。观测期间,详细记录了公路、铁路对藏羚迁移的影响和各野生动物通道投入使用

1 藏羚迁移过程

2004~2005年,对藏羚从冬季栖息地迁移至产羔地,再从产羔地迁移至冬季栖息地往返可西里迁移的全过程进行了监测。

1.1 上迁情况 (冬季栖息地—产羔地)

2004年6月21日~7月2日共记录到1 660只藏羚羊跨越青藏公路和铁路(见表1),全部个体通过可可西里通道(五北大桥)穿越铁路,包括1 651头雌性成体或亚成体和9只幼体。由于1龄亚成体与成体在外形上已很难区分,故合并统计。上迁过程中,藏羚需首先跨越铁路再翻越公路,在铁路路基前集结为7.4%的观测到的29个群进行统计,群平均大小为256.9头,其中300只以上大群占全部个体的67.4%(见表2)。藏羚在白天集群反复尝试跨越通道,失败后不在路基下或通道前停留,而是返回到楚玛尔河河滩附近过夜。2005年上迁阶段,从5月31日~7月

月2日,共记录到1 509藏羚个体穿越铁路和公路,全部穿越青藏铁路可可西里通道通过铁路。

表1 2004~2005年藏羚上迁跨越青藏铁路数量统计

日期	5.31	6.13	6.20	6.21	6.22	6.23	6.24	6.25	6.26	6.27	6.29	6.30	7.1	7.2	合计
通过数量/只	2004	0	0	0	400	0	697	0	121	175	0	0	80	187	1 660
	2005	134	183	310	151	18	339	77	0	38	72	54	133	0	1 509

表2 跨越青藏铁路集群大小统计

群大小	群数		个体数量		群内个体数占总数之比(%)	
	上迁	下迁	上迁	下迁	上迁	下迁
0~50	8	11	227	313	3.0	13.2
51~100	4	5	292	399	3.9	16.8
101~150	2	8	270	962	3.6	40.6
151~200	2	1	378	195	5.0	8.2
201~250	3	1	689	223	9.2	9.4
251~300	2	1	575	276	7.7	11.7
301~350	3	—	987	—	13.3	—
651~700	1	—	651	—	8.7	—
701~750	1	—	707	—	9.5	—
751~800	1	—	772	—	10.4	—
851~900	1	—	900	—	12.1	—
>1000	1	—	1 001	—	13.4	—
总计	29	27	7 449	2 368	—	—
平均	—	—	256.9	87.7	—	—

1.2 下迁情况(产羔地—冬季栖息地)

7月底,藏羚携带幼仔返回。2004年监测到2 303只个体跨越公路后通过铁路(见图2,图3),其中1 291只使用野生动物通道,1 012只直接翻越铁路路基(见表3,表4)。2005年下迁共记录到1 977只藏羚个体成功跨越铁路,其中仅仅46只翻越路基,其他全部使用野生动物通道,占总通过数量的98%(见表3,表5)。在2004~2005年的监测中,对回迁群组成进行了分析。2004年幼体与雌性成体的比例为53:100,2005年为54:100。在以往报道中,藏羚羊冬季种群中幼体与雌性成体的比例为30:100~50:100,比本次统计略低。但由于藏羚还处于迁移途中,在到达冬季栖息地前还会有部分个体死亡,而在迁移结束后的第一个冬季幼体死亡率也很高,甚至可达1/3,所以最终成活幼体与成年雌体的比例仍可保持在30:100~40:100的历史变异区间。调查结果显示,新建铁路目前对藏羚羊及其成活率的影响还不显著。另外,在下迁群中未见300个体以上的大群体,群平均大小只有87.7头(见表2),活动比较分散,各群到达的时间不

如上迁集中。



图2 藏羚跨越青藏公路

表3 2004~2005 藏羚下迁跨越青藏公路数量统计

日期(8月)	3	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	20	21	22	23	25	26—	总计	
通过数	2004	0	0	48	9	36	0	121	633	54	272	298	274	143	0	0	0	0	415	2 303	
量(只)	2005	100	31	0	525	0	250	87	0	0	34	174	132	0	6	320	250	247	26	133	2 315

表4 2004 藏羚下迁跨越青藏铁路数量统计

日期(8月)	8	10	12	13	14	15	16	17	18	19—	总计	通过率(%)
使用通道数量	0	0	190	444	0	178	298	181	0	0	1 291	56.1
翻越路基数量	3	21	0	0	243	86	0	21	143	495	1 012	43.9
总计	3	21	190	444	243	264	298	202	143	495	2 303	100%

表5 2005 年藏羚下迁跨越青藏铁路数量统计

日期(8月)	3	9	11	12	15	16	17	20	21	22	23	25	27	总计	通过率(%)
使用通道数量	100	499	250	50	31	83	173	6	208	81	290	10	150	1 931	98
翻越路基数	0	0	0	0	0	0	0	0	0	46	0	0	0	46	2
总计	100	499	250	50	31	83	173	6	208	127	290	10	150	1 977	100

2 铁路对藏羚迁移的影响

2.1 铁路建筑自身结构性影响

铁路本身是一道物理屏障,无疑会对动物行为产生影响。高耸的路基对其视野形成阻碍,造成一定的压力,藏羚在跨越铁路前发生集群,绝大多数个体需徘徊尝试数次才能通过。野生动物通道建成之初,对动物而言仍是一陌生物体,无经验的藏羚有可能忽视其存在,而选择按本能行



图3 藏羚成功通过可可西里通道

事——在路基顶部观望后直接翻越障碍，正如在过去的半个世纪里跨越公路一样。2003年，绝大多数个体直接翻越路基，因当时挡水埝还未完工，轨道还没有铺设，翻越路基比较容易，该段铁路完工后，铁轨、陡峭高耸的路基、不易攀爬的挡水埝和其他附属设施都将使翻越路基越发艰难。

2.2 施工期影响

施工期间大量人为活动、往返运输车辆、地表挖掘和堆放的弃渣等也将对藏羚迁移造成干扰。所幸为确保藏羚迁移采取了停工让行、限制人为活动等措施（包括施工集中采石、取土、堆料等有严格要求等），建设部门已经尽其所能地减少了施工期干扰。藏羚是十分敏感的动物，地表形态的变化常常使行进中的群体望而却步。我们曾见到一个土坑、一个沙堆甚至一块砖头都能导致成群藏羚后退或绕道的情况。

2.3 天敌的影响

在可可西里，藏羚的主要天敌是狼。由于铁路的阻隔，造成藏羚群在路基前大规模集结和停留，为一直尾随其后的食肉动物提供了更多的捕食机会，在观测中共记录到10次狼尾随和捕食藏羚的情形。

2.4 野生动物通道使用及初步评价

在2004~2005年的观测中，对楚玛尔河通道和可可西里通道进行了重点监测，同时也记录了两通道附近主要迁移路线上其他桥梁和涵洞的使用情况。见到可可西里通道使用率最高，上迁期两年均达100%，下迁分别为56.1%和98%，比前2003年的25%有很大提高。藏羚已开始逐

步适应了新的环境。

楚玛尔河通道——与青藏公路并行，相距约 200~500 m。这一地带曾经是藏羚羊主要迁移通道之一，但近两年只有极少数个体从此通过，在本次考察中仅在回迁途中记录到 41 只藏羚羊穿越该通道。从通道结构上看，楚玛尔河大桥与可可西里通道同属桥梁下方通道，结构近似，但楚玛尔河大桥下施工人员的工棚一直没有撤除，即使是在停工期间仍见有人在桥下或桥上活动，桥墩下的工棚、周围堆放的生产工具或车辆都影响了这一通道的使用率。可见人为活动是影响这一通道使用的重要原因之一。

楚北通道——这是一座缓坡平交通道，位于楚玛尔河大桥以北的楚玛尔河河滩。与楚玛尔河大桥一样，人为活动是影响这一通道使用的主要原因。

可可西里通道——即五北大桥，是近两年藏羚羊跨越铁路的主要通道，位于青藏公路里程 K2 997~2 998 对应位置，与青藏公路并行，相距约 1.5 km。随着铺轨完成，可可西里通道主体工程竣工，周围施工队和指挥部在藏羚羊迁移季节前已经迁出，地表初步清理，人员活动较少，为藏羚羊顺利通过创造了有利条件，2004 年通道使用率提高与周围环境的改善密切相关。

五道梁以桥代路工程——该桥位于五北大桥以北约 5 km，为铁路桥梁，结构与五北大桥近似，与公路距离在 3 km 以上，周围地势较为开阔，有水源及平缓土坡。虽然不是专门设计的野生通道，但具有一定使用前景，2003 年施工人员曾见到数群藏羚羊由此通过。但由于目前这里是主要施工点和工程管理指挥部所在地，周围遍布工棚和生产材料，施工车辆频繁，人员活动干扰严重，故未见藏羚羊通过。

小桥和涵洞——在观测中仅见两个体从一长约 10 m、高 2 m 的小桥下通过，绝大多数藏羚羊在桥洞附近徘徊后继续寻找其他通路，仅有少数尝试通过。这类结构多见狼、狐或藏原羚使用。藏羚羊多在平坦开阔地带活动，黑暗窄小的通道会对其造成压力和恐惧感，不适合大群动物通过。

2.5 公路对藏羚羊迁移的影响

青藏公路建于 20 世纪 50 年代，承担进藏物资 80% 的运输任务，是西藏的生命线。特别是近年川藏公路、新藏公路受路况和气候条件的限制无法保持全年畅通，新疆、四川的很多进藏车辆都绕行青藏公路，使得青藏公路运输更加繁忙。夏季是高原最繁忙的季节，一些大的工程建设和运输活动都在短暂的夏季完成，而此时亦正值藏羚羊迁移的季节。铁路施工和游客为公路带来一年中最繁忙的车流。根据对藏羚羊集中迁移时期日间公路车流量统计，每分钟为 1.24 辆，日高峰出现在中午 13:00~14:00，可达 3.28 辆，而藏羚羊日活动高峰亦在这一时段内（见图 4），车流对藏羚羊跨越公路造成很大影响。另外，公路带来的游客、司机成为藏羚羊跨越公路、铁路的一大干扰因素，对藏羚羊跨越公路也影响不小。

3 保护建议

基于以上监测结果，对青藏铁路施工提出如下建议。

（1）在藏羚羊迁移高峰期，严格控制野生动物通道附近人为活动。

（2）通道优化：为保证藏羚羊迁移和保障铁路运输的安全，在藏羚羊频繁翻越铁路的路基两侧非通道部位设置围栏或围网，通过物理阻隔引导其向通道方向行动，并最终使用通道跨越铁路。铁

路对应公里里程K2 985~3 005为攀爬路基频繁的地段,据观测,藏羚是能够逐步适应通道迁移的。

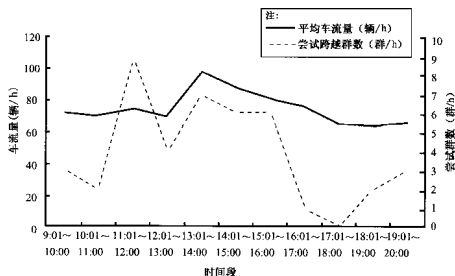


图4 青藏公路日间车流量及藏羚尝试跨越公路群聚统计

(3) 确保工程完成后地表恢复,移除一切施工材料和残渣,并尽可能恢复原始植被。

(4) 道路交通管理部门协同保护区管理局加强公路管理,禁止在迁移集中路段鸣笛或停车观看。由于这一带有多处低谷(K2 994, K2 996, K2 998),在今后可能进行的公路改造中设立野生动物通道,在此架设桥梁,让藏羚从桥下自由通过。

(5) 加强公众教育:关于保护藏羚的报道虽在媒体上屡见不鲜,青藏公路上的过客也大都都知道要保护藏羚,但真正面对大群野生动物时,激动的人们往往又忘却了动物的利益,甚至发生伤害行为。因此,公众教育还需加强,要从内心真正唤起人们的保护意识。

(6) 开展藏羚跨越青藏铁路和公路的长期监测和深入研究:在中国,交通发展和动物保护之间的矛盾才刚刚开始引起关注,没有适合中国实际情况的任何相关资料以供参考。对青藏铁路和公路的监测将为今后中国制订人与动物和谐发展的交通计划提供宝贵的资料。建立起野生动物通道,还仅仅是迈出的第一步,通道的优化和运营期的保护行动都将依赖于系统的监测结果。

青藏铁路沿线野生动物的 栖息状况

姬明周 吴晓民 等

(西北濒危动物研究所, 陕西 西安 710032)

摘要: 青藏铁路通过的主要地段生态类型多种多样, 沿线主要是草甸草原, 分布的野生动物以种类少、数量大、特有种多、食草类动物多群居为主要特征。对于青藏铁路野生动物栖息状况的调查地点选择了野生动物资源具有显著代表性的昆仑山—五道梁中间地段, 调查对象主要是高原特有种藏羚、野牦牛、藏野驴等动物。调查和监测结果表明, 青藏铁路设置的野生动物通道位置合理, 满足了野生动物迁徙、种群交流及活动的需要; 由于对植被、湿地、地貌、自然景观的保护, 青藏铁路沿线的野生动物能够自由自在生活草原上。

关键词: 青藏铁路; 野生动物; 栖息状况

青藏高原具有独特的生态环境, 丰富的动植物资源, 是生物多样性重点保护区和典型的生态环境脆弱区、敏感区。青藏铁路从高原腹地穿越而过, 不可避免地影响了其生态环境, 切割了野生动物栖息地生境, 对野生动物的活动领域和迁徙路线造成了阻断。“建成一条生态环保型铁路”是青藏铁路建设的目标。随着青藏铁路的开通, 铁路沿线的生态环境, 野生动物的栖息状况, 成为新的关注点。

1 青藏铁路沿线生态环境

青藏铁路通过的主要地段为柴达木盆地、昆仑山、唐古拉山、念青唐古拉山等, 生态类型多种多样, 沿途生态环境概况见表1。

国家林业局野生动植物保护司重点资助项目 (2003 年)

中科院西安分院, 陕西省科学院资助项目 (2004K-09)

青藏铁路建设总指挥部资助项目 (2005 年)

表1 青藏铁路格尔木—拉萨段生态环境概况

地形	格尔木—南山口	南山口—昆仑山	昆仑山—唐古拉山	唐古拉山—当雄	当雄—拉萨
地貌	戈壁荒漠	戈壁荒漠	高准平原	高准平原	谷地、峡谷、宽谷盆地
海拔 (m)	2 800~3 000	3 000~4 700	4 500~5 200	5 200~4 300	4 300~3 640
年最高温度(℃)	35.5	23.7	24.2	24.2	29.6
年最低温度(℃)	-33.6	-26.7	-45.2	-41.2	-35.9
年均降水(mm)	40	250~300	250~300	293~430	407~468
相对湿度(%)	32	47	—		
植被	旱生灌木、小灌木	针茅、猪毛菜、骆驼藜等	昆仑蒿草、青藏苔草、针茅等	蒿草等	锦鸡儿、金露梅、长芒草等
盖度	<2	15~25		60~90	10~40
生态系统	戈壁裸地	山地荒漠、山地草原	高寒草甸	高寒草原	灌丛草原
气候	干燥气候	干旱气候	干寒气候	亚干旱气候	亚干旱气候

2 青藏铁路沿线的主要野生动物

青藏高原是世界山地生物物种一个重要的起源和分化中心，高原内部属古北界区系，东南部属东洋界区系。青藏铁路通过的沿线主要是草甸草原，分布的野生动物以寒漠动物类群为主，野生动物以种类少，数量大，特有种多，食草类动物多群居为主要特征。铁路通过的区域内共有哺乳类动物 16 种，其中青藏高原特有种 11 种；鸟类约 30 种，其中 7 种为青藏高原特有种。青藏铁路沿线的常见野生动物见表 2。

3 青藏铁路建设的环境保护

为了使青藏铁路建设对高原环境影响得到有效控制，工程建设前已认真做好环境影响评估，贯彻“预防为主，保护优先”的原则，在工程设计、建设、试运营中充分重视环境保护和生态建设工作，保护内容涉及生态环境、水环境、声环境、大气环境等，建立了可行的环保制度。

高原、高寒地表植被的保护采用多项措施，防止和杜绝扩大对施工区域外植被造成碾压和破坏。施工范围内的植被，先将草皮异地保存，施工结束后回覆到完工的路基边或施工场地面。昆仑山以南地段安排了植被恢复工程，选育当地草种播种植被。

高原湖泊、湿地的保护尽量绕避湿地，选择以桥代路方案，加大涵洞设置数量，避免路基建筑对地表径流的切割影响，保证地表径流对湿地水资源的补充，防止湿地萎缩。工程取土、采石、弃土场尽量远离铁路设置。工程结束后，做好表层植被恢复，保持冻土环境稳定，避免和减少对沿线自然景观的影响，尽量减少铁路车站的设置，减少车站排放污染物对环境的影响。使用清洁型能源，做好污水、垃圾的处置工作。

表2 青藏铁路沿线常见野生动物名录

动物名称	所属科	别 称	分布地点	保护级别
藏 羚	偶蹄目, 牛科	独角兽、长角羊	可可西里	I
藏原羚	偶蹄目, 牛科	西藏黄羊、白屁股	东大滩、西大滩、昆仑山南麓、不冻泉、可可西里等	II
岩 羊	偶蹄目, 牛科	石羊、崖羊、蓝羊	昆仑河两岸、野牛沟、昆仑山等	II
盘 羊	偶蹄目, 牛科	大头羊、大角羊	昆仑山、野牛沟、雀巧北等	II
白唇鹿	偶蹄目, 鹿科	白鼻鹿、扁角鹿	西大滩、沱沱河、通天河	I
野牦牛	偶蹄目, 牛科	野牛	野牛沟、昆仑山口、楚玛尔河中上游等	I
藏野驴	奇蹄目, 马科	亚洲野驴、野马	野牛沟、昆仑山南麓、不冻泉、五道梁、通天河南	I
旱 獭	啮齿目, 松鼠科	哈拉、雪猪	沿线均有分布	—
棕 熊	食肉目, 熊科	马熊、藏马熊	野牛沟、可可西里、安多	II
雪 豹	食肉目, 猫科	艾叶豹、荷叶豹、卓豹	—	I
狼	食肉目, 犬科	—	西大滩、野牛沟、昆仑山、五道梁、安多、那曲等	—
沙 狐	食肉目, 犬科	狐狸	西大滩、不冻泉、安多、野牛沟、五道梁、那曲	—
藏 狐	食肉目, 犬科	草地狐	—	II
豺 狗	食肉目, 猫科	豺狗獾、马豺狗	西大滩、不冻泉、安多	II
藏雪鸡	鸡形目, 雉科	雪鸡、淡腹雪鸡	西大滩、五道梁、那木措湿地、当雄、拉萨	II
斑头雁	雁形目, 鸭科	白鸭、黑纹头雁	—	—
赤麻鸭	雁形目, 鸭科	黄鸭	那木措、拉萨、不冻泉	II
棕头鸥	鸥形目, 鸥科	藏鸥、仙鹤	那木措湿地、拉萨河	II
黑颈鹤	鹤形目, 鹤科	华形目, 鹰科	安多、那木措湿地	I
胡兀鹫	鸟形目, 鹰科	—	—	I

为了保护青藏铁路沿线的自然保护区和野生动物的生活环境, 工程设计中对穿过可可西里、三江源、色林措等自然保护区试验区的线路采用避让、缩短方案。工程活动量限制在线路两侧一

定范围,减少对环境干扰。根据沿线野生动物的习性、迁徙规律以及人类活动,工程在相应路段设置了行人、牲畜和野生动物通道。

青藏铁路建设对环境的保护、重视和管理措施的落实,使沿线的生态环境保护,尤其是野生动物、植被、湿地、自然保护区和自然景观的保护,取得了明显的效果。

4 野生动物栖息状况调查

4.1 调查的地点、对象、目的和方法

青藏铁路工程大、线路长、生态环境复杂。沿线野生动物主要分布在野牛沟以南至唐古拉山分水岭以北的区域中,区域内野生动物资源丰富,种类较多、种群规模较大,具有显著的代表性,因此调查地点选在上述区域中段,即昆仑山口—五道梁。

调查对象主要是高原特有藏羚以及相同环境下共同生活的野牦牛、藏野驴和藏原羚等。这些野生动物可代表性地反映铁路修建后野生动物的栖息状况。

调查目的是青藏铁路修建后,对野生动物栖息环境产生切割、迁徙活动领域形成阻断,调查为其设置的野生动物通道对野生动物的影响以及利用情况。

调查方法以定点监测藏羚迁徙对野生动物通道的利用,动态巡查调查区域内野生动物的种类、数量分布、行为以及穿越铁路的情况。

4.2 藏羚的迁徙、繁殖调查

藏羚有长距离季节性迁徙现象。每年6~7月,它们各自沿着千百年来踩踏出的固定路线,成群结队地向可可西里腹地走去(上迁),8~9月带着幼仔从原路返回(回迁),完成生育使命。为解决铁路对藏羚迁徙路线的阻断和隔离,青藏铁路设计修建了野生动物通道。2004~2005年,在藏羚的迁徙时间内,对野生动物通道进行全天候监测。上迁藏羚穿越可可西里通道监测见表3。

表3 2004~2005年上迁藏羚穿越可可西里通道统计表

日 期	2004 年上迁数量/只	2005 年上迁数量/只
5.31	0	134
6.14	0	183
6.20	0	310
6.21	370	151
6.22	0	18
6.23	700	339
6.24	0	77
6.25	120	0
6.26	170	38

线上表

日 期	2004 年上迁数量/只	2005 年上迁数量/只
6.27	0	72
6.28	0	54
6.29	0	0
6.30	0	133
7.1	80	0
7.2	180	0
合 计	1 620	1 509

2004~2005 年,铁路在调查区域内主体工程完成并有试运行列车通过。对于 6~7 月上迁藏羚群持续监测,共记录 1 620 只和 1 509 只藏羚通过通道穿越铁路,上迁藏羚群 100% 是通过桥梁下方的可可西里通道迁徙通过。藏羚上迁时间集中在 6 月下旬,从上迁利用率来看,动物通道能够满足藏羚迁徙的需求。从适应性来看,监测得知 2005 年藏羚群在通道前的滞留徘徊时间明显短于 2004 年。2004 年多数藏羚群需经过半天至两天不等的时间进行反复尝试后才敢穿越通道,2005 年藏羚群滞留徘徊时间大为缩短,从集群到穿越通道约需 3~5 h。

表 4 2004~2005 年回迁藏羚穿越青藏铁路统计表

日 期	2004 年		2005 年	
	穿越通道数量/只	翻越路基数量/只	穿越通道数量/只	翻越路基数量/只
8.3	0	0	100	0
8.8	0	24	0	0
8.9	0	0	499	0
8.11	0	0	250	0
8.12	190	0	50	0
8.13	444	0	0	0
8.14	0	243	0	0
8.15	178	86	31	0
8.16	298	0	83	0
8.17	181	21	173	0
8.18	0	143	0	0
8.19	0	415	-	—
8.20	0	80	6	0

续上表

日 期	2004 年		2005 年	
	穿越通道数量/只	翻越路基数量/只	穿越通道数量/只	翻越路基数量/只
8.21	0	0	208	0
8.22	0	0	91	46
8.23	0	0	290	0
8.25	0	0	10	0
8.27	0	0	150	0
合 计	1 291	1 012	1 941	46

从表 4 可知, 藏羚回迁时间集中在 8 月中下旬。2004~2005 年藏羚产仔后回迁穿越铁路时, 穿越通道和翻越路基几乎各占一半, 2005 年则 95% 以上藏羚通过穿越通道返回栖息地, 不到 5% 的藏羚翻越路基。由此从回迁来看, 两年来, 野生动物通道利用率大幅度上升。

由于铁路设置了野生动物通道, 使具有迁移习性的藏羚种群没有或减少了迁徙中的阻碍, 正在适应新的环境。野生动物通道在保护藏羚, 保护好它们的迁移路线, 保护好繁殖地的生态环境方面已发挥了重要作用。

4.3 有蹄类动物栖息状况调查

对于设定区域(昆仑山口—五道梁)有蹄类动物的调查, 采用乘车巡查, 借助望远镜观察。调查结果见表 5。

表 5 2005 年有蹄类动物巡查统计表

日 期	野牦牛	藏原羚	藏野驴	其 他
6.18		5 群 (17 只)	2 群 (42 头)	旱獭 (5 只)
6.20		4 群 (37 只)	2 群 (14 头)	
6.22	1 群 (4 头)	8 群 (55 只)	4 群 (61 头)	♂藏羚 1 群 (10 只)
6.23		8 群 (42 只)	4 群 (53 头)	
6.25		15 群 (53 只)	2 群 (10 头)	狼 (2 只) ♂藏羚 1 群 (8 只)
6.28		16 群 (65 只)	5 群 (14 头)	旱獭 (4 只)
6.29		6 群 (32 只)	2 群 (14 头)	旱獭 (4 只)
合 计	1 群 4 头	62 群 (302 只)	21 群 (208 头)	♂藏羚 2 群 (18 只) 旱獭 3 次 (13 只)

2005 年 6 月在 7 天有效巡查中, 记录到藏羚伴生动物有野牦牛 1 群 (4 头)、藏原羚 62 群 (302 只)、藏野驴 21 群 (208 头)、藏羚雄性群体 2 群 (18 只)、旱獭 13 只/次。未观察到它们穿

越铁路通道或路基的记录,但这些动物在铁路两侧觅食、嘻闹、休息,同观察者的警界距离保持在100 m左右,最近警界距离可到50 m。这些野生动物在同一区域内和谐相处,自由活动。藏羚同藏野驴共同觅食,藏原羚和藏羚相伴一对,栖息生境相同食草性动物,相处而不混群。从未发现它们明显受铁路影响的情况。

4.4 部分鸟类的活动调查

青藏高原铁路的修建,对鸟类的栖息、生存不会产生很大影响。在对藏羚和有蹄类动物的监测调查中,记录到大鸨、赤麻鸭、斑头雁、角百灵、红嘴山鸦、褐背拟地鸭、麻雀等常见鸟类。

由于铁路建设中,对高原植被的保护和恢复,动物的栖息地得到有效保护。原来在沼泽、湿地生存、繁殖的斑头雁在仅有的小河、水潭的可可西里通道周围,筑巢、产卵、孵化,斑头雁带领着幼雏漫步在铁路线旁,从一个侧面,真实反映了生态环境得到保护。

5 结论和建议

青藏铁路是世界上海拔最高,路线最长的高原铁路。铁路穿越的区域山脉绵延,地势高耸,地形复杂,生态环境高寒、独特、原始和脆弱。由于环境保护措施的加强,铁路沿线野生动物栖息现状较好,通过两年的监测和调查,初步得出以下结论:

(1) 设置的野生动物通道,位置合理,满足了野生动物迁移,种群交流以及活动的需要。特别是对有迁移特性的藏羚种群,两年来对通道的使用率和适应能力都有明显提高,对藏羚的保护起到重要作用,说明野生动物通道是可行和有效的。藏羚种群一如既往的来回迁移,生息繁衍,壮大成长。

(2) 由于对植被、湿地、地貌、自然景观的保护,铁路沿线有蹄类动物,受影响程度很小,藏原羚、藏野驴、野牦牛等能自由自在的活动在草原上,对于往来人员、车辆在警界距离外,均置之不理,安详和谐地生活。

(3) 随着《野生动物保护法》的执行、宣传和管理力度的增强,保护区管理人员的努力,野生动物已被有效的保护起来。从昆仑山口—五道梁成为国内能直接看到野生动物为数不多的地区之一。

野生动物通道的设立,是铁路建设中保护野生动物生存环境的重要措施。创建人与自然的和谐,必须为野生动物的顺利迁移创造安全的环境条件。通过监测调查,从青藏铁路铺设到建成通车,野生动物的生存栖息状况是比较理想的。铁路正式通车运营之后,应继续加强监测和调查对野生动物的影响,为今后的保护工作提出可靠的科学资料和管理依据。青藏铁路、青藏公路的管理、经营、维护要加强同沿线自然保护区的密切联系与合作,互通信息,共同做好高原生态环境和野生动物的保护和管理。

青藏铁路动物通道的有效性监测

吴晓民 姬明周 等

(西北濒危动物研究所, 陕西 西安 710032)

摘要:在青藏铁路建设中,根据野生动物种类数量、分布规律、生活习性,在野生动物迁徙、饮水、觅食所经过的主要路段或附近而设置的野生动物通道上,安装红外录像监测装置,或设定观察点,有效监测野生动物通过通道的种类、数量、行为、结构,监测对象主要是藏羚等有蹄类野生动物。通过对繁殖藏羚群上迁穿越通道、携仔藏羚群回迁穿越通道的监测,以及对有蹄类动物的动态监测结果表明,藏羚等有蹄类野生动物对通道道适应性较快,在通道前排徊和滞留时间明显缩短,未影响到它们的迁徙。利用野生动物通道获取的相关数据资料,为进一步的研究提供了科学依据。

关键词:青藏铁路;动物通道;藏羚;监测

1 青藏铁路沿线自然生态环境和工程建设

1.1 青藏铁路沿线的生态环境的主要特征

青藏高原位于中国西南部,北起昆仑山,南至喜马拉雅山,西迄喀拉崕仑山,东抵横断山,为中国第一大高原,平均海拔4 600 m。青藏高原太阳辐射强,气温低,日夜温差大。由于山岭相互交错,冰雪融水,高原被分割成许多盆地,河谷和湖泊,地形地貌复杂。

青藏铁路2001年新开工修建的格尔木—拉萨段几乎与青藏公路平行修建,沿线生态环境极其脆弱。植被区划属高寒草原地带。在青海境内的植被覆盖率50%,西藏境内植被覆盖率70%~90%。植物均为草类,无任何乔木和灌木。由于高原气候的影响,虽有植被,其返青生长周期短,一旦破坏,依靠自然条件则长期难以恢复。

1.2 青藏铁路沿线动、植物的主要特征

青藏高原的植物区系属于不同的地理区系分布区,植物方面分属泛北极区的青藏高原植物区

国家林业局野生动植物保护司重点资助项目(2003年)
中科院西安分院,陕西省科学院资助项目(2004K 09)
青藏铁路建设总指挥部资助项目(2005年)

区和中国-喜马拉雅森林植物亚区。高原腹地以高原草甸草原和荒漠为主体的高原垂直带呈现水平地带变化,具有大陆性高原特色。青藏铁路通过的地段植物区系属于泛北极区的青藏高原植物亚区。这里的植物矮小,甚至匍匐在地,多数没有明显的茎秆,叶多为针形或多肉质,表面含蜡质,以防止水分蒸发,抵抗高寒和干旱。由于气候因素的影响,生长期短是这里植物特征之一,植物生长周期短促,光照强烈,昼夜温差大,造就植物储存粗蛋白含量高的特性,为高原食草动物提供营养丰富的食物。

青藏高原是世界山地生物物种重要的起源和分化中心,高原内部属于古北界区系,东南部属于东洋界区系。动物则为高地森林草原—草甸草原—寒漠动物类群,青藏铁路通过的区域主要是草甸草原—寒漠动物类群。动物中藏羚是高原上惟一的特有属,野牦牛则是第四纪冰期中冰缘环境下发展起来的种类。青藏铁路通过地区是世界上自然条件最严酷的地区之一,在这里生存的物种是在长期适应这种生态环境下的特有种和少量高山种类。野牦牛浓而长的体毛和藏羚柔而密的绒,造就抵御严寒的本领。藏羚粗大而上翘的鼻孔增大空气吸入量,适应了严重缺氧的环境。毛色与环境相似,能躲避敌害。这里的动物以种类少,特有种多,种群数量大为主要特点。

1.3 青藏铁路沿线的工程建设

为了西藏地区社会经济发展和各民族生活水平的提高,新中国成立后,对西藏进行了大规模的基础建设。20世纪50年代初期修筑的青藏公路,70年代中期铺通的格尔木—拉萨成品油输油管线,80年代铺设的通信光缆和青藏公路铺盖沥青路面等几项重大基本建设工程,都穿越了青藏高原腹地,几乎沿重合地段修建。青藏公路与高原结合基本为平缓区、输油管线、通信光缆均埋设在地面以下,建设中虽对植被、生境有所损坏,但对地形、地貌没有重大变动。虽然青藏公路的工程建设对高原动物活动、迁徙有些影响,建成后车辆行驶对藏羚穿越青藏公路有些阻碍,但其他影响甚微。

青藏铁路的修建,隆起了路基、涵洞、桥梁、隧道以及辅助建筑,将不可避免地高原野生动物栖息环境产生影响,对其运动、迁徙路线造成隔离、阻断。

为了使铁路建设对青藏高原的环境影响得到有效控制,保护动、植物资源及其生态环境,青藏铁路在建设贯彻“预防为主,保护优先”的原则,保证野生动物栖息地的连续和其活动、迁徙路线的畅通。铁路建设者采取有力措施,加强对高原、高寒地区植被,自然保护区和珍稀濒危野生动物资源,高原湖泊,湿地生态系统,高原冻土环境和沿线自然景观的保护。设置野生动物通道,保护生态环境,解决、减少、缓解铁路造成对生境切割,动物活动、迁徙路线隔离、阻断,不仅保证了铁路工程建设,而且达到了保护高原野生动物的目的。

2 青藏铁路建设的野生动物通道

从20世纪50~60年代,生态学家和民间组织开始关注公路和铁路对野生动物栖息地的影响和对生命的直接损害。欧洲一些国家开始设计和使用野生动物通道以保护有限的生物多样性资源。自20世纪70年代起,美国和加拿大等国家陆续开始关注交通设施对环境的影响,在近20年内把环境影响评估和野生动物通道设计纳入常规的交通设施规划中,并制定了相关的法规和政策。青藏铁路所有动物通道的设置标志着人类生态保护意识提高和环保措施的实施。

2.1 野生动物通道的设置原则和形式

世界各国都采取不同的方式为野生动物设置通道,北美为野生动物挖“路下通道”,如蛙、蛇等小型动物的“管状涵洞”,驯鹿、野羊等大型动物的“桥下涵洞”等,欧洲一般为大型动物搭建上跨的“过街天桥”,种植花木,模拟成自然的山坡地形。在青藏铁路上,几乎采用了所有国际主流动物通道模式。

青藏铁路格尔木—拉萨段,依据野生动物的习性特征,充分利用铁路通过的地形地貌,修建了野生动物通道,供野生动物迁徙。

野生动物通道的设置坚持“青藏铁路建设与动物资源保护并重”,设计采纳了野生动物专家、环境保护部门的建议,征求当地牧民群众的意见,依据不同地貌,野生动物种类数量、分布规律、生活习性,充分利用地形、地貌,将通道设置在野生动物迁徙、饮水、觅食所经过的主要路段或附近,并尽量利用或适当改变铁路工程的动物通道设计原则。

野生动物通道的修建形式有桥梁下方通道、隧道上方通道和路基缓坡通道三种。对于高山山地动物群,选择隧道上方通道形式;草地动物群,选择桥梁下方通道形式;动物种群结构复杂地区,选择路基缓坡和桥梁下方或桥梁下方和隧道上方的复合型通道。

2.2 野生动物通道的设立情况

青藏铁路沿线共设计修建了33处野生动物通道,以唐古拉山为界,青海境内25处,西藏境内8处。其中桥梁下方13处,缓坡通道7处,桥梁缓坡复合型通道10处,桥梁隧道复合通道3处,通道总长度59 846.46 m。建设如此规模的野生动物通道,在国内及世界铁路建设史上还是首次。

3 青藏铁路野生动物通道的利用

监测和评估青藏铁路野生动物通道的作用和功能,调查研究野生动物对通道的适应和利用,将进一步优化和完善野生动物通道,提高野生动物通道的利用率。

3.1 青藏铁路野生动物通道的监测

3.1.1 动物通道的监测方法

对青藏铁路野生动物通道的监测采用了三种方法:自动录像监测——在野生动物集中迁徙、活动的主要通道安装红外录像监测装置;动态监测——即对铁路沿线和路基进行动态巡查;定点观察——即设定点观察点,用高倍望远镜,全天候观察监测。通过上述方法,对野生动物通过通道的种类、数量、行为、结构进行有效性监测。

3.1.2 野生动物的监测工作点

青藏铁路沿线受铁路工程影响的野生动物主要是迁徙物种,因而选择的主要监测对象是藏羚,同时兼顾藏原羚、藏野驴和野牦牛等其他物种。铁路修筑主要影响三江源区域的藏羚种群迁徙,集中在楚玛尔河—五道梁一带。定点监测便固定在可可西里通道和楚玛尔河通道。动态监测为铁路沿线所有野生动物通道。

3.2 动物通道的监测结果

藏羚有亘古不变的迁徙行为,每年6月~7月,藏羚沿着千百年来踩踏出的固定路线,成群

结队向可可西里腹地走去,完成繁殖生育使命。“藏羚羊是青藏高原的关键物种,它们的迁徙行为划分了当地生态系统的轮廓。”“这种行为肯定有或一定有过巨大的适应优势。”因此保护藏羚首先必须保护藏羚的迁徙路线,保护好藏羚繁殖地的生态环境。

2004年~2005年,经过对6月~7月怀孕藏羚上迁到繁殖地以及8月~9月产仔后藏羚和幼仔回到栖息地的调查、监测,了解藏羚种群往返穿越野生动物通道的方式、数量、时间、行为,以及在青藏铁路附近产仔和迁徙的增长情况。

3.2.1 繁殖藏羚群上迁通过野生动物通道的监测

2004年6月~7月,对可可西里通道持续监测,共记录1 620只藏羚穿越野生动物通道,而且全部由可可西里通道通过,时间集中在6月21日~7月2日。在通道设置初期,由于对新环境的陌生、恐惧,大多数藏羚群体通过通道需要经过1天~2天时间,在通道附近聚集、徘徊后,才能尝试着通过。2005年,共记录到1 509只藏羚穿越通道迁徙进入可可西里腹地产仔,时间集中在5月31日~6月30日,全部由可可西里通道通过。2005年监测表明,藏羚已经熟悉并逐步适应了通道,大多数通过时间都在半天之内,有些群体到达通道数分钟便穿越通过,见表1。

表1 2004~2005年上迁藏羚穿越可可西里通道数量统计表

日 期	2004年数量/只	2005年数量/只
5.31	0	134
6.14	0	183
6.20	0	310
6.21	370	151
6.22	0	18
6.23	700	339
6.24	0	77
6.25	120	0
6.26	170	38
6.27	0	72
6.29	0	59
6.30	0	133
7.1	80	0
7.2	180	0
合 计	1 620	1 509

藏羚群体穿越可可西里通道的行为分为聚集、观望、穿越、远离四个过程。

聚集:迁徙的藏羚分批陆续会聚在可可西里通道旁觅食、休息、鸣闹、活动。

观望:聚集在通道旁的藏羚群,开始犹豫徘徊,心神不宁,然后静立在大桥墩下,停止觅食、活动,左右观望,好像在等待时机。

穿越:各种干扰平静后,在勇敢者的带领下(一般为亚成体藏羚),藏羚群开始穿越通过通道。

远离:通过通道的藏羚群,迅速远离铁路,择机穿越公路,沿着迁徙路线继续前进。

3.2.2 携仔藏羚群回迁通过通道的监测

藏羚返回栖息地的迁徙,时间分散,种群松散,大小群体不等。2004年监测结果表明,回迁时间主要集中在8月,穿越通道1291只,翻越路基1012只。大群趋于从通道下方集中通过,由于干扰,回迁过程中观测到近46%的个体分散翻越路基跨过铁路,特别是后期,铁路恢复施工后,干扰因素增大,400余只藏羚全部翻越路基。2005年监测得知,穿越青藏铁路共13天,计1987只,从铁路动物通道通过1941只,铁路路基跨越46只。因铁路施工基本结束,干扰降低,穿越铁路路基的藏羚仅占迁徙数的2.5%,野生动物通道利用率大为提高,见表2。

表2 2004~2005年回迁藏羚穿越青藏铁路统计表

日期	2004年		2005年	
	穿越通道数量/只	翻越路基数量/只	穿越通道数量/只	翻越路基数量/只
8.3	0	0	100	0
8.8	0	24	0	0
8.9	0	0	499	0
8.11	0	0	250	0
8.12	190	0	50	0
8.13	444	0	0	0
8.14	0	243	0	0
8.15	178	86	31	0
8.16	298	0	83	0
8.17	181	21	173	0
8.18	0	143	0	0
8.19	0	415	—	—
8.20	0	80	6	0
8.21	0	0	208	0
8.22	0	0	91	46
8.23	0	0	290	0
8.25	0	0	10	0
8.27	0	0	150	0
合计	1291	1012	1941	46

3.2.3 动态监测有蹄类动物的调查

动态监测的对象主要是藏羚的伴生物种藏原羚、野牦牛、藏野驴等。从不冻泉—五道梁,每

日沿青藏公路观察铁路附近野生动物的种类、数量、行为及沿线分布情况，并两次从昆仑山口—沱沱河进行了长距离巡查。监测铁路对藏羚及伴生有蹄类野生动物栖息地生境的实质性影响，见表3。

表3 2005年6月青藏铁路沿线有蹄类动物监测统计表

日 期	野牦牛	藏野驴	藏原羚	其 他
6.18		2 群 (42 头) 3 000 km 3 003 km	2 群 (7 只) 2 990 km, 上午 3 群 10 只 2 998 km 3 001 km	旱獭 (5 只) 斑头雁 (7 只)
6.19	大雪, 能见度 20 m, 无法巡查			
6.20		2 群 (14 头) 2 999 km 3 002 km	4 群 (37 只) 2 995 km 2 999 km 3 000 km 3 001 km, 上午	斑头雁 (5 只) 2 995 km
6.21	巡查 6 月 20 日过通道的藏羚仍在路旁未穿越公路			狼 (2 只), 2999 km
6.22	4 头 2 908 km	4 群 (61 头) 2 997 km 3 000 km 2 972 km 2 766 km	8 群 (55 只) 2 921 km — 3 006 km	
6.23		4 群 (53 头) 3 000 km 3 002 km 2 997 km 2 998 km	8 群 (42 只) 2 982 km — 3 003 km	
6.24	调查藏羚穿越公路			
6.25		2 群 (10 头) 3 003 km 3 000 km	15 群 (53 只) 2 923 km — 3 003 km	狼 (2 只) 3 002 km

续上表

日 期	野牦牛	藏野驴	藏原羚	其 他
6. 28		5 群 (14 头) 3 003 km 3 004 km 3 005 km 3 113 km 3 145 km	16 群 (65 只) 2 999 km - 3 126 km 上午	旱獭 (4 只) 3 034 km 3 051 km 3 109 km
6. 29		2 群 (14 头) 3 001 km 3 003 km	6 群 (32 只) 3 006 km 3 004 km 2 997 km 2 995 km 2 993 km 2 991 km	旱獭 (4 只) 2 990 km 2 991 km

注：表中××××km表示观察点在青藏公路上的位置。

藏原羚与藏羚相伴，是一对栖息环境相似、又能和谐相处的野生动物。通过调查，在藏羚迁徙的路线上，分布着众多群体的藏原羚，它们在可可西里通道自由往返、觅食、活动。2005年6月28日从五道梁—沱沱河145 km路段巡查线路上就统计了16群藏原羚，估计在视野观察范围内藏原羚数量为100~150只。

藏野驴是藏羚的好邻居，栖息于海拔4 200~5 100 m之间的高原草原、高寒草原和山地荒漠带，是高原有蹄类动物的优势代表种。在巡查路线上，查明藏野驴主要分布在青藏公路2 900~3 005 km之间，这段正是藏羚迁徙的线路。藏野驴在沱沱河附近也有分布。藏野驴的活动未影响到藏羚的迁徙。2005年6月22日巡查统计到4群61头藏野驴，估计调查线路数量为60~100头。

野牦牛是种典型的高寒动物，终年游荡，栖息于人迹罕至的高山大岭，山间盆地，高寒荒漠草原。2005年6月22日在昆仑山口公路2 908 km处，发现4头野牦牛，昆仑山口估计数量在10~20头。从昆仑山口—沱沱河沿途巡查，再未发现过野牦牛。在野牦牛栖息的生境中曾见到过盘羊和岩羊。

在定点观察和巡查中，先后发现了2次狼。2005年6月21日观察到准备穿越可可西里通道的藏羚群被狼追击冲散，干扰了迁徙。6月25日在青藏公路3 002 km处，距观察车约500 m远处发现2只狼。狼是藏羚的主要天敌之一，而藏羚防御天敌的本领只有快速拔腿逃跑。

4 结论和建议

4.1 藏羚对野生动物通道的适应性

藏羚对栖息环境的变化非常敏感，迁徙路上地形、地貌、植被因铁路的筑建而改变，特别是

对新出现的野生动物通道都有一个适应过程。为排除和减少人为产生的各种干扰,设置动物通道是较好的方法。两年的监测数据显示,藏羚对野生动物通道适应较快,在野生动物通道前徘徊和滞留时间明显缩短。今后,应进一步加强有效管理,把产生干扰的各种人为因素降到最低,使野生动物能够在短时间适应新的栖息环境。

4.2 藏羚对野生动物通道的有效利用

2004~2005 年对三江源地区藏羚迁徙通过野生动物通道的监测表明,通道的有效利用表现为:(1)上迁的藏羚群体全部从“可可西里通道”通过。(2)2004 年回迁的藏羚群翻越路基的约占迁徙数量的 46%,而 2005 年回迁的藏羚群翻越路基的约占迁徙数量的 2.5%,大为降低。95%以上的回迁藏羚群也是通过野生动物通道返回栖息地。(3)监测中没有发现藏羚迁徙被铁路阻隔而不能通过的现象。(4)7 月初在铁路线附近产仔的藏羚,是因为其群体迁徙到铁路附近,已到了生产期。有的藏羚是穿越过铁路通道后才产仔,没有影响藏羚的繁殖,通道为产仔的藏羚活动提供了便利条件。

4.3 建议

(1)对于野生动物通道的利用,关键是要创造条件让藏羚适应。生态环境的恢复和保护,通过宣传、教育,提高保护野生动物的自觉性,把干扰降到最低点,创建人与自然的和谐,为藏羚早日适应新的栖息环境顺利迁徙而努力。

(2)要宣传藏羚的生活习性和迁徙规律。迁徙经过的铁路、公路处安装警示牌,提示在迁徙季节,更要加强对藏羚等高原珍稀动物的保护。

(3)藏羚迁徙的主要区域的工程建设,在迁徙时间,特别是藏羚相对集中的上迁时间,采取“停工”法,调整施工时间或停工;而公路在藏羚迁徙时段加强管理。实施管制,尽可能为藏羚顺利迁徙创造安静、安全的环境条件。

(4)青藏铁路全面运营后。继续加强监测列车的运行噪声、汽笛喇叭等因素,对野生动物产生各种的影响,野生动物通道的利用,获取相关数据资料,为加强管理,提出科学依据。

(5)青藏铁路、青藏公路、输油管线,通讯光缆等的管理、经营、维护部门,应同可可西里自然保护区、三江源自然保护区、纳木错自然保护区加强联系合作,互通情报,共同做好野生动物的保护和管理。

唐拉段沿线水土流失现状及防治对策

杜 蓓

(铁道第一勘察设计院, 陕西 西安 710043)

摘 要:唐古拉—拉萨铁路沿线冻融侵蚀、风力侵蚀、水力侵蚀和各种土壤侵蚀类型交错并存, 水土流失复杂多样。工程治理主要是路基本体工程、桥梁工程、弃土场、取土场、施工便道等工程建设产生水土流失的区域。路基主体采取坡面防护、冲刷防护、挡土墙和风沙路基防护工程等措施进行治理; 桥梁工程设置桥梁桩基泥浆沉淀池; 弃土场采用挡墙防护。对建设区可绿化地段的路基两侧边坡、边坡坡脚、取土场、弃土场、车站站场、施工便道等人为破坏地表植被产生水土流失的区域进行生物治理, 以植草、种树、移植原地表草皮等为主要防护措施。

关键词:唐古拉—拉萨铁路; 水土流失; 侵蚀; 工程治理; 生物治理; 防治对策

青藏铁路唐古拉—拉萨段线路所经地区自然条件独特, 资源丰富, 人口稀少, 经济欠发达, 因受高原自然条件的影响, 生态环境十分脆弱并呈退化趋势。在此地区建设铁路, 工程建设大面积地扰动地表和植被, 大量的土石方开挖, 必将产生一系列的环境问题。如果对这些地方不予以及时治理, 将导致土地荒漠化和水土流失的进一步发展, 造成难以弥补的损失。因此, 根据“谁开发、谁保护, 谁造成水土流失、谁负责治理”的原则, 通过对铁路沿线水土流失现状及水土保持现状的综合分析, 结合铁路工程特点和环境特征, 提出工程建设用地范围及邻近受影响区域的水土流失防治对策, 对因铁路建设造成的水土流失进行有效治理, 改善当地生态环境, 对区域土地荒漠化防治、水上保持和维护铁路工程具有重大的意义。

1 唐古拉—拉萨段环境及工程概况

青藏铁路唐古拉—拉萨段位于青藏高原腹地, 跨越西藏自治区那曲地区安多县、那曲县, 拉萨市当雄县、堆龙德庆县。线路全长545.27 km。

1.1 铁路沿线自然环境概况

唐古拉山是最高山峰, 线路位于海拔5 071 m。唐古拉—羊八井段宏观上为高平原地貌, 地

形平坦开阔,羊八井—拉萨段为降坡较大的河谷地貌。线路自北向南通过的主要河流有母各曲、桑曲、堆龙曲、拉萨河等。

唐古拉—安多段属高原干旱气候区,安多—拉萨段属高原亚干旱气候区,区内蒸发量远大于降雨量。沿线大气透明度良好,云量少,太阳辐射强,日照时间长。

唐古拉—拉萨铁路沿线成土条件复杂,土壤类型众多,经过的土壤有9个土类,13个亚类。沿线土壤以高山草甸土、亚高山草甸土、草甸土为主。

全段线路均位于亚热带植被地带,铁路沿线植物种类丰富,分属灌丛、草甸、草原、高山稀疏植被、栽培植被五大类型,以高寒草甸植被为主。

1.2 与水土流失有关的铁路工程概况

可能造成水土流失的铁路工程涉及路基工程、站场工程、桥涵工程、隧道工程、弃土(渣)场、取土场、砂石料点、施工便道、施工营地和施工场地等。

2 唐古拉—拉萨段水土流失现状

2.1 铁路沿线水土流失特点

西藏自治区的土壤侵蚀类型在地域上呈多样化分布,在垂直方向上呈规律分布,且生态环境奇特,治理难度大,人为新的水土流失日趋严重。唐古拉—拉萨铁路沿线水保工作起步较晚,没有可参照的详细资料。经采用3S技术与现场调查相结合,得出唐古拉—拉萨铁路沿线水土流失概况。

唐古拉—拉萨铁路沿线冻融、风力和水力侵蚀的土壤交错并存,水土流失复杂多样。唐古拉—桑雄岭间以冻融侵蚀为主,间杂有少数风力侵蚀地段;桑雄岭—拉萨间以水力侵蚀为主,间杂有少数风力侵蚀地段。

2.2 铁路沿线土壤侵蚀类型及成因分析

2.2.1 冻融侵蚀及其成因分析

铁路沿线冻融侵蚀区侵蚀强度多为微度或中度。发生冻融侵蚀的原因主要为土层中的地下水由于温度周期性的正负变化,土层经受反复的冻融并发生应力变形,产生冻胀、融陷、流变等对土体所造成的机械破坏作用。线路为冻融侵蚀的路段约占该段线路总长的53.1%。

2.2.2 水力侵蚀及其成因分析

铁路沿线水力侵蚀区侵蚀级别为微度或轻度,侵蚀模数 $1\,000\sim 8\,000\text{ t/km}^2\cdot\text{a}$ 。发生水力侵蚀的原因主要为桑利到羊八井中高山区及念青唐古拉山南麓谷地,山高坡陡,土层松散,极易造成水蚀。线路为水力侵蚀的路段约占该段线路总长的44.8%。

2.2.3 风力侵蚀及其成因分析

风沙分布范围主要在北桑曲东岸桑卡日岗山麓、措那湖东岸及柳梧隧道进口。铁路沿线风力侵蚀区侵蚀强度为中度或强度。发生风力侵蚀的原因主要为该区地处北桑曲东岸半固定沙地、措那湖东岸新月形沙丘,土质疏松,干旱少雨,在大风的作用下,地面颗粒物质随风漂移,造成了风力侵蚀。线路为风力侵蚀的路段约占该段线路总长的2.1%。

2.3 土壤侵蚀分区

依据西藏自治区土壤侵蚀分区图,青藏铁路唐古拉—拉萨段位于藏北寒冷半湿润半干旱高原冻融侵蚀和风蚀区(Ⅳ区)、藏南温暖半干旱高原宽谷冻融侵蚀和水蚀区(Ⅲ区)。Ⅳ区气候和自然条件都极端恶劣,加之地理位置偏僻,交通闭塞,人口密度尚不足0.3人/km²,水土流失主要为自然因素以及不合理放牧所造成,青藏铁路大部分位于该区。Ⅲ区是西藏自治区耕地最集中、农业最发达的地区,受人为活动影响较大的地方,水蚀作用明显。

2.4 铁路沿线水土保持现状

西藏自治区自然条件恶劣,生态环境脆弱,水土流失治理难度大,加之人口稀少,经济落后,且全区水土流失面积中有89.11%的面积为目前难以治理的冻融侵蚀,至今国内外尚未有治理的成功经验和模式,长期以来该区的水土保持一直没有得到有效的开展。

3 水土流失的危害

铁路工程加重了沿线施工地表的土壤侵蚀状况,将不可避免地造成一定的水土流失,主要表现在以下几个方面:

(1)在多年冻土区工程活动,将使冻土暴露在空气中,融化后形成热融滑塌、融冻泥流,加剧地表水土流失。

(2)在风沙分布范围内的工程活动,可能为风力侵蚀提供了丰富的物质源,造成沙丘活化和沙地面积扩大,导致风蚀强度和面积的增加。

(3)在河道范围内的工程活动,若不及时采取工程治理措施,将增加河流的泥沙量,造成流水对河岸冲刷作用增强,下游河道泥沙淤积,增加防洪负担。

(4)取土场的松散地表、弃土场堆积的弃土弃渣,若不采取妥善治理措施,一旦遭遇较强降水或高山冰雪融水,将加重当地水土流失。

4 唐古拉—拉萨段水土流失防治对策

4.1 铁路沿线水土流失防治“三区”划分

根据《西藏自治区人民政府关于划分水土流失重点防治区的公告》,唐古拉—拉萨铁路沿线的唐古拉—达琼果为重点预防保护区,达琼果—拉萨为重点治理区。重点预防保护区的主要任务为保护自然地貌植被、禁止滥伐林木和破坏草场,同时对局部水土流失严重区有步骤地进行治理。重点治理区的水土保持工作以治理水土流失、改善农业生产条件和生态环境为主,同时做好水土保持预防监督工作。

4.2 防治对策及建议

水土流失防治措施由预防措施、治理措施、管护措施三部分组成。

4.2.1 预防措施

在铁路选线过程中,采取了多方案比选的预防措施。在满足工程安全的前提下,充分考虑预防优先,选择线路短,占地少,对所经地区的生态系统资源破坏小的方案;在选线时力求绕避滑坡、泥石流、崩塌等重力发育侵蚀地段;在设计中加大了以桥代路方案,减少了对冻土环境、地

表草皮、地表径流的破坏和切割,减少了对当地环境的破坏,减轻了水土流失。

隧道产生的弃渣经优化比选后,用作路基填料,尽量减少弃渣场设置;通过以桥代路措施,减少高填深挖地段的设置,减少水土流失隐患;在填挖相间或取土困难地段,为减少取土,采取了扩大路断面取土的措施;对取土场和弃土场位置进行了多次优化比选,并充分利用青藏公路选址合理的既有取土场进行取弃土或作为施工营地、场地使用。

4.2.2 治理措施

工程治理措施主要布设在路基本体工程、桥梁工程、隧道工程、弃土场、取土场、施工便道、施工营地场地等工程建设产生水土流失的区域。主要措施为路堤、路堑边坡防护,采用挡土墙,石方格网沙,修建渡槽排泄泥石流和清理平整等。

生物治理措施具体布设在铁路建设项目可绿化地段的路基两侧边坡、边坡坡脚、取土场、弃土场、车站站场、施工便道等人为破坏地表植被产生水土流失的区域,主要以植草、种树、移植原地表草皮等为主要防护措施。在自然条件较好的草地地段,在植被恢复试验的基础上采用生物治理措施。

(1) 路基主体工程防治措施。以工程治理措施为主,主要采取坡面防护工程、冲刷防护工程、挡土墙工程和风沙路基防护工程等。对土质路堤、路堑边坡适宜植草地段辅以生物治理措施。

(2) 线路路基两侧防治措施。主要为生物治理措施,施工后,在土地平整的基础上,在自然条件较好的马乡—拉萨段线路两侧铁路用地的范围内植乔、灌木。

(3) 站场主体工程防治措施。采取工程治理和生物治理相结合的措施,对处于不同植被类型区的车站站场可绿化用地,采取在施工前将10~30 cm厚的表土层和植被层分割划块铲起,集中保存并加以养护和管理,待施工结束后在土地平整的基础上,将养护成活的草皮回铺,或施工结束后在土地平整的基础上撒草籽,对自然条件较好站区采取草(花)、乔、灌木相结合的方式绿化。

(4) 桥梁工程。在施工时,设置桥梁桩基泥浆沉淀池。施工结束后,及时清除圪堰等水中的杂物,对原有河道、沟渠进行清淤,保证水流畅通。

(5) 弃土弃渣场防治措施。在施工过程中遵循“先挡后弃”的原则,采用挡墙进行防护。弃土场要将地表皮铲起后保存,待施工结束后平整、碾压并播撒草籽。弃渣场做好工程挡护,施工结束后结合自然环境概况撒草籽。

(6) 取土场防治措施。取土场在施工中应分区开采,不得随意开挖,超范围作业。对取土场采取清理、平整工程治理措施,或根据实际情况,依据植被恢复试验结果,采取草皮回铺、撒草籽或灌草结合的生物治理措施。

(7) 砂石料场防治措施。对位于河谷滩地的砂石料场主要采取河道整治措施,对位于基岩出露山地的砂石料场主要采取整平、碎石覆盖压实等工程治理措施。

(8) 施工便道防治措施。对施工便道在施工后采取水临结合的方式,对施工主干道、重点工程便道施工结束后保留作为维修便道继续使用。对其他小临便道清理、平整,采取自然恢复措施或采用植物措施。

(9) 施工场地、营地防治措施。在施工过程中尽量选用既有民房、青藏公路现有或已废弃的道班、公路取土场及植被稀疏地段作为施工营地和场地。施工结束后先清理、平整, 进行地表恢复, 尽量恢复原状。

4.2.3 管护措施

- (1) 建设单位负责组织施工期水土保持工作的实施, 并设置专门的施工期管理机构。
- (2) 将水土保持工作纳入工程监理内容, 委托有资质的机构进行水保监理。
- (3) 地方行政主管部门对施工、运营期水土流失监测工作进行监督和检查。
- (4) 工程竣工以后, 水土保持设施需验收合格才能交付运营。建设单位应有专职人员负责水土保持设施的日常维修和保养工作, 确保水土保持设施安全有效运行。

5 结束语

青藏铁路开工建设以来, 青藏铁路的设计单位、水保方案编制单位、建设单位、施工单位、环保监理单位、地方水行政主管部门、科研单位等各有关单位, 以建设具有高原特色的生态环保型铁路为目标, 认真落实国家有关水保工作的法律法规, 坚持“预防为主、保护优先”的方针和水土保持“三同时”制度, 以及“质量”和“环保水保”双优的要求, 积极采用新技术及新工艺, 探索工作管理模式, 强化水保管理工作力度, 开展水保专项研究, 加强监督检查等措施, 全面落实项目建设中各项水土流失防治措施, 使青藏铁路建设中的水土流失得到有效控制。

工程实施的坡面防护工程(安多以北以骨架护坡等工程措施为主, 安多以南结合工程措施采取了植物护坡)、风沙防护工程(以石方格沙障为主)、挡土墙工程、冲刷防护工程、弃渣挡护工程等措施, 均对水土流失起到了积极的防治作用; 取弃土场、砂石料场、施工便道和营地场地等临时工程, 进行了地表和植被恢复, 有效防止了水土流失。国家审计署审计调查显示, 至2005年6月底, 全线实施完工的相关防护设施工程基本都在环评、水保要求长度的2倍以上, 弃渣挡护率达到了100%。所调查标段设置的取弃土场、砂石料场、营地场地均少于环评、水保规划设置的个数; 调查的护坡和风沙防护设施均达到环评、水保提出的技术要求; 取土场和砂石料场完成恢复后基本达到生态环境恢复的技术要求。聘请的专家通过现场考察, 并对部分水土保持工程的监测数据进行了分析, 确认“水土流失较为轻微”。结果表明, 青藏铁路建设采取的水土流失防治措施切实可行, 效果较好。

青藏铁路路基风蚀防治措施研究

刘世海 许兆义 杨成永

(北京交通大学土木建筑工程学院交通环境工程研究所, 北京 100044)

摘要: 青藏铁路风(治)沙工程中包括了防治风沙流和沙丘前移压埋所造成的危害。高立式沙障用集沙仪测定输沙量、不同沙障之间不同高度的风速,同时测定邻近裸露沙地区的风速作为对照风速。石方格沙障不仅起到了很好的隔离作用,同时也拦截了风沙流中沙粒。高立式沙障降低风速的作用明显,不同距离不同高度的风速均小于对照区相同高度的风速。集沙仪的集沙量与对照区相比下降了数十倍到数千倍,这些措施对保护铁路沿线的工程免遭风沙危害具有非常重要的作用。

关键词: 青藏铁路; 风蚀防治; 测定; 风速

0 引言

青藏铁路格拉段经过轻度以上风蚀区长度约260 km,风蚀区主要分布在沿线的格尔木水泥厂附近、纳赤台—昆仑山口沿线、沱沱河沿附近、通天河周围及雁石坪沿线、三河汇流处—温泉沿线、安多DK1 553~DK1 563、那曲DK1 687~DK1 688、堆龙德庆DK2 002~DK2 003等地段,在上述分布区中,尤以安多段的风蚀最为强烈,其强度以上风力侵蚀段长约8 km。

青藏铁路的风(治)沙工程中包括了防治风沙流和沙丘前移压埋所造成的危害。风(治)沙工程措施有20余种,按其用途可分为:封(闭)、固(定)、阻(拦)、改(向)和消(散)6类;其力学作用原理则是隔断、抑制、增加、减阻和消形等6个方面。青藏铁路格拉段主要的风(治)沙工程类型有固沙、阻沙和输导沙,主要的措施有石方格沙障、碎石压沙、高立式沙障和羽毛排工程等。

北京交通大学科技基金(2003RC039)

青藏铁路建设总指挥部水土流失监测项目资助

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

研究以安多DK1 562处为主要区域,同时对DK886附近石方格沙障的防风蚀效果进行了观测。安多DK1 562位于措那湖附近,处于亚热带,极端最高气温 23°C ,最低气温 -36.7°C ,年均降雨量 428.4 mm ,主导风向为NNE。土壤系新积土,质地粗,黏性甚低。土壤养分欠缺,尤其缺磷,土壤碱解氮,全氮含量低。植被主要为高寒草甸,零星分布,以禾木科草类为主,此外还有苔草和圆穗蓼等。

在此处的风(沙)工程有高立式混凝土预制透风式沙障(高立式沙障)、碎石压沙、石方格沙障等3种措施。三种措施中,最外缘系高立式沙障,高立式沙障布设了3道,碎石压沙与石方格沙障相间分布。

DK886位于昆仑山隧道大里程方向处,此处线路以低填方通过山间洼地,线路两侧为荒地,线路左低右高,地形变化大,为半固定沙地,地表为松散细沙,厚度大约 $4\sim 6\text{ m}$ 。防风固沙工程为石方格沙障,石方格沙障规格为 $1\text{ m}\times 2\text{ m}$,工程面积约为 14 km^2 。

1.2 研究方法

石方格沙障用集沙仪进行风沙流输沙量的测定,以相邻裸露沙地作为对照,比较石方格沙障治沙措施的防风沙效果。高立式沙障用集沙仪测定输沙量的同时,测定了不同沙障之间不同高度的风速,与此同时测定邻近裸露沙地区的风速作为对照风速。随机调查石方格沙障内的集(积)沙量。

2 结果分析

2.1 DK886 石方格沙障的防风蚀效果分析

石方格属固沙工程,其固沙原理是在流沙表面设置切断层或隔断层,改变了下垫面的性质,增加了地面糙度,增大了对风的阻力,使近地面的风速大大降低,因而也就减少了沙粒被吹扬数量,削弱了风沙活动强度,可有效地阻止风沙流的运动。

2004年12月对DK886附近的石方格沙障进行了调查中随机抽取2 013个石方格,获得石方格中的拦沙(积沙)量。在调查中将石方格中的拦沙量以 0.02 m^3 (按总体积的5%)为单位,把石方格的拦沙体积分为20个等级,并依此统计石方格的拦沙量,统计结果见表1。

从表中可以看出,在调查的2 013个石方格中,其总拦沙量约为 74 m^3 ,拦沙体积 $\geq 0.2\text{ m}^3$ (石方格拦沙体积大于等于50%)的石方格数量为19个,石方格的拦沙体积已占石方格体积的一半,石方格在防风固沙中发挥了重要的作用。在调查中还发现,在防护区内,凡是有灌木生长的地方,其周围均形成了一个小小的沙丘,并且沙丘的表面已有硬结皮形成,充分体现了高原植被的拦沙作用及在保护生态环境中的重要性。

2.2 DK1 562 附近防风固沙工程防风蚀效果分析

DK1 562处防风固沙工程有高立式沙障、石方格和碎石压沙3种措施,石方格沙障和高立式沙障及碎石压沙措施配合使用,最外缘为高立式沙障,设有3道高立式沙障,沙障为混凝土预制

表1 风蚀防治工程石方格固沙统计表

拦沙体积 分级 (%)	石方格 数量 (个)	拦沙体积 分级 (%)	石方格 数量 (个)	拦沙体积 分级 (%)	石方格 数量 (个)
0~5	720	35~40	14	70~75	1
5~10	645	40~45	10	75~80	0
10~15	341	45~50	2	80~85	0
15~20	113	50~55	10	85~90	0
20~25	76	55~60	3	90~95	0
25~30	47	60~65	2	95~100	0
30~35	18	65~70	1	合 计	2 013

件构成,属透风式沙障,高度为2 m;高立式沙障后是石方格沙障与压沙碎石相间分布,在靠近铁路路基处又设立了1道高立式沙障(其结构与最外缘的高立式沙障相同),工程单宽为200~300 m,长度1 500 m。

2.2.1 石方格沙障防风蚀效果分析

该防护区石方格长、宽分别为1.5 m,石方格高度为0.2 m。随机抽取其中404个石方格,以获取石方格中拦沙(积沙)数据。在调查中将石方格中的拦沙量以拦沙率进行分级,以5%为单位把石方格的拦沙体积分为20个等级,并依此统计石方格的拦沙量,其统计结果见表2。

表2 DK1 562 风蚀防治工程石方格固沙统计表

拦沙体积 分级 (%)	石方格 数量 (个)	拦沙体积 分级 (%)	石方格 数量 (个)	拦沙体积 分级 (%)	石方格 数量 (个)
0~5	10	35~40	0	70~75	0
5~10	94	40~45	0	75~80	0
10~15	107	45~50	0	80~85	0
15~20	108	50~55	0	85~90	0
20~25	79	55~60	0	90~95	0
25~30	6	60~65	0	95~100	0
30~35	0	65~70	0	合 计	404

在调查的404个石方格中,石方格总拦沙量约为27 m³,这些石方格工程在2004年6月份布设,从表中可以看出,拦沙率虽然均小于30%,但其布设时间短,防护工程发挥作用半年以来,所调查的404个石方格中,拦沙率小于5%的石方格仅10个,表明防护区域的风蚀非常严重,同时也体现了石方格在防风固沙中发挥的作用。

2.2.2 石方格沙障输沙率特征

在石方格防护区和对照区(裸露沙地)布设自制阶式集沙仪,集沙仪由若干单独集沙盒组

成,使用时可将若干集沙盒接合在一起使用。集沙盒的进沙口尺寸为 $2\text{ cm} \times 3\text{ cm}$,与地面呈 30° 倾角,由铝合金材料制成(下同)。

2004年12月分别在石方格沙障内和裸露沙地布设集沙仪进行测定,经过对测定的结果对比分析,不同测次之间石方格和裸露沙地的集沙仪测定结果相似。现以2004年12月22日的测定数据为例进行对比分析,在裸露沙地布设3个集沙仪,分别编为对照1号、对照2号和对照3号,对照1号测定时段长为14 min,平均风速为13.15 m/s;对照2号测定时段长为12 min,平均风速为12.51 m/s;对照3号测定时段长为40 min,平均风速为12.98 m/s;石方格沙障区的集沙仪测定时段长为21 min,平均风速为13.09 m/s。

将对照区各集沙仪与石方格内集沙仪在单位时间内的集沙量作图(见图1),可以看出,在风速大于起沙风速(据野外测定,该区域内的起沙风速约为9.5 m/s)的时段内,集沙仪的集沙量与风速呈正相关,且对照区的集沙仪单个集沙盒的集沙量随着高度增加,集沙量呈降低趋势,但这种趋势在石方格沙障中的集沙仪中不明显,这是因为石方格沙障的存在,阻止了近地表气流与沙层的接触,并且增大了近地表的粗糙度,增加了对风的阻力,降低了近地面风速,阻滞了风流运动,从测定的数据来看,石方格区域内的集沙仪集沙量较小,在 $0.001 \sim 0.0001\text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$,比对照区的集沙量小数1倍至数千倍。

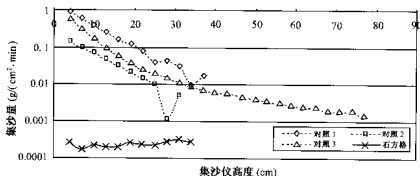


图1 DK1562石方格集沙仪与对照区(裸露沙地)集沙量对比

2.2.3 高立式沙障降低风速效果分析

高立式沙障系阻沙工程,其力学作用原理是增大风沙流的运动阻力,阻滞消能,令其减速和促使沙土颗粒的沉积。

通过对高立式沙障区域内不同高度和不同距离风速的测定,可以得出高立式沙障对风速的影响状况。以2004年12月26日的观测数据为例进行分析,分别在第1道和第2道沙障后2 m、5 m、8 m和12 m和第3道沙障之后的2 m、5 m、8 m、12 m和22 m处分别布设风速测点,每个测点测定3个高度(分别是3 m、2 m和1 m)的风速,并同时测定裸露沙地相同高度的风速作为对照。

将各沙障之间不同测点及不同高度风速与同时刻相同高度的对照区风速的比值(即相应高度风速值占对照区风速值的百分数)进行比较,结果如表3所示。从表中可以看出,第1沙障后的

风速与对照区风速相比较,不同高度风速小于同时刻对照区对应高度风速。在3 m高度的风速,随着距离第1沙障距离的增加,风速呈降低趋势,沙障区风速与对照区风速的比值从2 m处85.37%减少到12 m处的42.50%。高度2 m处风速与对照区风速相比,减少幅度比3 m高度的要大,仅占对照区风速的17.12%~32.97%,且距第1沙障较近的两个测点风速较大,距第1沙障较远的两个测点风速较小。1 m高度的风速降幅也较大,仅是对照区风速的14.68%~30.52%,且距第1沙障较近的两个测点风速较大,距第1沙障较远的2个测点风速较小。

表3 不同高立式沙障防护区不同距离及不同高度风速与对照区风速比较

距沙障距离 (m)	测量高度 (m)	沙障区风速/对照区风速 (%)		
		第1沙障之后	第2沙障之后	第3沙障之后
2	3	85.37	58.03	63.18
	2	17.12	27.70	41.54
	1	29.75	2.09	12.60
5	3	66.44	43.37	68.61
	2	18.36	40.68	77.20
	1	30.52	6.14	14.54
8	3	48.64	40.47	109.3
	2	23.06	25.78	74.42
	1	13.85	6.62	22.49
12	3	42.50	40.29	46.73
	2	32.97	36.39	35.33
	1	14.68	20.03	19.25
22	3	—	—	52.42
	2	—	—	55.42
	1	—	—	40.75

第2沙障之后的风速与对照区的比较结果可以看出,3 m高度处的风速在经过第2沙障后进一步的降低,且在每个测点与第1沙障后的各测点相比均呈降低趋势。高度2 m处的风速与对照区的风速相比,减少幅度比3 m高度的要大,仅占对照区风速的27.70%~40.68%,且与第1沙障后2 m高处各测点相比,其值呈增大趋势。1 m高度处的风速降幅依然很大,且变幅较大。

第3沙障后各测点的数据表明,沙障后各测点所对应不同高度的风速与对照区相比仍有一定程度的降幅,但在距沙障8 m测点处3 m高处风速大于对照区的风速,其余测点和对照区的风速相比,沙障后的风速减幅依然较大,由此可见,高立式沙障可有效降低风速。

2.2.4 高立式沙障防护区输沙率分析

高立式沙障防护区集沙仪集沙量与对照区集沙仪集沙量进行比较如图2所示,对照1在测定时段内的平均风速为12.15 m/s,对照2在测定时段内的平均风速为13.02 m/s,由图中仍可以看出,

在其他条件相同的情况下(沙粒的含水量、沙粒的机械组成等特性)风速(大于等于临界起沙风速以上)越大,集沙仪收集的沙量越多。

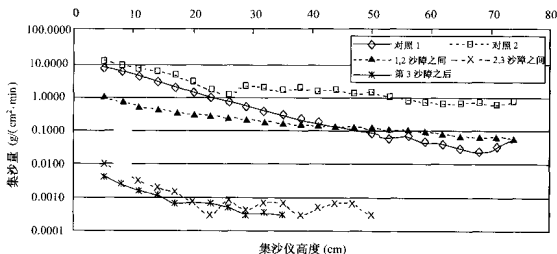


图2 DK1562 高立式沙障与对照区(裸露沙地)集沙仪的集沙量对比

第1, 2沙障之中集沙仪的平均集沙量在 $0.01 \sim 1 \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{m})$ 之间, 在测定对应时段内对照区的平均风速为 12.85 m/s , 集沙仪高度小于 50 cm 的范围内其集沙量小于对照1, 2的集沙量, 但在高度大于 50 cm 后, 其集沙量大于对照1的集沙量, 这可能是由于其在集沙时段内的风速比对应的对照区的风速较大(两者风速分别为 12.85 m/s 和 12.15 m/s), 集沙仪离沙障已有一定的距离, 沙障的防风的效果已被这种因风速增大而引起输沙量增加的效果所掩盖, 致使风沙流在经过第1沙障仍有较大的输沙率。从图中还可以看出, 在经过第1沙障后集沙仪的集沙量和对照区的集沙量相比, 其减小和幅度也较小, 仅在数十倍而已, 远大于在其后的石方格沙障区的集沙量。

第2, 3沙障之中的集沙仪和第3沙障后的集沙仪集沙量接近, 其范围在 $0.001 \sim 0.01 \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{m})$ 之间, 远小于对照区1, 2和第1, 2沙障后集沙仪集沙量, 此表明在风沙流危害严重的地区多重高立式沙障具有明显的防护作用。和第3沙障后的石方格防护区的集沙量相比, 它们的单位集沙量仍然比石方格的单位集沙量(在风速、地表沙粒含水量接近的情况下)大, 石方格的单位集沙量在 $0.0001 \sim 0.001 \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{m})$ 之间。由此可以看出, 高立式沙障、石方格沙障及碎石压沙措施相结合使用后, 对风沙流运动起到了非常明显的抑制作用, 从自制的盒式集沙仪测定结果来看, 可使气流的输沙能力降低数十倍至数千倍。

3 小 结

石方格沙障增加了地表粗糙度, 有效地阻隔了风沙流与地表沙粒的接触, 同时降低了风沙流运动的能量, 可有效地防止沙害的发生、发展。

高立式沙障、石方格沙障和碎石压沙措施相结合使用对于风蚀严重的区域防治效果非常显

著。高立式沙障可显著地降低风速,距沙障不同距离和不同高度测点的数据均表明其可使通过沙障区的风速明显降低,降低幅度从百分之几到百分之几十甚至更大,但这种作用会随着距沙障后距离的增加而开始减弱。集沙仪的观测数据表明,对照区集沙仪集沙量在其他条件相似(沙粒的机械组成及其含水量等条件)的情况下,集沙仪集沙量与大于起沙风速的风速成正相关。各沙障后集沙仪集沙量随着风沙流经过的沙障数的增加呈明显的降低趋势,并且在其后的石方格沙障后的集沙量最小,一方面表明高立式沙障的防风效果,另一方面也表明防风面沙措施相结合使用可有效的防治风沙危害。

格拉段水土保持监测方案

许兆义 刘世海 杨成永

(北京交通大学土木建筑工程学院交通环境工程研究所, 北京 100044)

摘要: 水土保持监测是对铁路施工过程中造成的水土流失进行监测, 并对采用的水土保持工程措施所发挥的作用进行监测, 同时为减少工程施工产生的水土流失和保护环境提供重要的理论和实践依据。根据青藏铁路沿线的水土流失具体情况, 水土保持监测方案分四个层次: 设置监测断面进行定点连续的地面观测; 对敏感点设置监测点进行定点定时的地面观测; 对全线进行抽样调查; 对全线发生的典型土壤侵蚀进行调查。通过对项目区(工程区和影响区)水土流失的监测以及施工过程中水土流失监测、水土保持措施效益的发挥等的监测, 将工程建设引起的水土流失降低到最低程度。

关键词: 青藏铁路; 水土保持; 监测方案

0 引言

青藏铁路所经地区自然条件独特、资源丰富、人口稀少、经济欠发达, 因受高原自然条件的影响, 生态环境十分脆弱并呈退化趋势。由于对资源需求量和利用程度的不断提高, 人类生产建设活动日益频繁, 水土流失日趋严重, 加速了高原生态环境的退化。沿线分布着脆弱的荒漠生态环境, 一旦扰动, 较难恢复。其中, 昆仑山至唐古拉山为多年冻土区, 是全国乃至全球生态环境最敏感的地区。在此区修建铁路, 将会大面积扰动土地和植被。土石方的开挖, 必将产生一定的环境问题, 诱发土地沙漠化和水土流失的进一步发展, 并进而影响到工程的正常运营。同时, 青藏铁路的开通, 将改变当地以柴薪为主的能源结构, 促使畜牧业良性发展, 有利于铁路沿线的植被保护。因此, 修建青藏铁路, 搞好水土保持, 对保护生态环境具有十分重要的意义。

在铁路修建的过程中, 为了加强对环境的保护, 各级政府部门对工程施工过程中造成的环境问题都特别重视, 其中水土保持监测是其中的一项重要内容, 旨在对铁路施工过程中造成的水土流失进行监测和对采取的水土保持工程措施的作用的发挥进行监测, 为减少工程施工产生的水土

北京交通大学科研基金(2003RC039)

青藏铁路建设总指挥部水土保持监测项目资助

流失和保护环境提供重要的理论和实践依据。按照《水土保持监测技术规程》(SL277-2002)、《开发建设项目水土保持方案技术规范》(SL204-98)、《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-96)、《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段格尔木至昆仑山及试验段(站前部分)水土保持方案》(送审稿)、《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段格尔木至唐古拉水土保持方案》(送审稿)及《新建铁路青藏线格尔木至拉萨段唐古拉至拉萨水土保持方案》(报批稿)的要求,并结合青藏铁路线格拉萨段的实际情况,制订《青藏铁路线格尔木至拉萨段水土保持监测方案》。

1 青藏铁路格拉萨段沿线概况

格尔木—拉萨段除格尔木—南山口地段位于柴达木盆地南部边缘,其余地段均处于青藏高原。线路通过的北端南山口—昆仑山属坡降较大的河谷区,中间昆仑山—唐古拉山地段除风火山、乌丽山、九子纳越段坡降稍大外,其余地段宏观上均属高原地貌,地形平坦开阔。唐古拉山是全线最高山峰,线路通过处地面海拔高程5 072 m。唐古拉—羊八井为高原地貌,地形平坦开阔,地面平均海拔高程大于4 500 m。羊八井—拉萨为坡降较大的河谷地貌。

青藏铁路沿线跨越了四个较大的自然气候区,昆仑山以北属干旱气候区,昆仑山—唐古拉山间属干寒气候区,唐古拉山—安多属高原干旱气候区,安多—拉萨属高原亚干旱气候区。

沿线植被类型主要是:格尔木—昆仑山段,其中格尔木—小南川为典型荒漠,河谷地段有河谷灌丛及沼泽湿地,西大滩主要为高寒草原和高寒草甸;昆仑山—唐古拉段,以青藏高原高寒植被类型为主,主要有高原河谷灌丛、高寒草原、高寒草甸、高寒沼泽湿地、高寒垫状植被以及高寒流石坡稀疏植被等。此段高寒草原和高寒草甸是铁路沿线的主要景观生态类型,随海拔高度与生境条件变化而呈交错分布状态;唐古拉—拉萨段均位于亚热带植被地带,唐古拉—雪查玛车站属藏北高原草原、荒漠地区(南羌塘高原草原亚区的申扎小区),雪查玛车站到安多附近、联通河—古露车站之间均属藏东北高山灌丛草甸区(那曲高山草甸亚区的那曲—聂荣小区);线路自安多附近过联通河后属藏北高原草原、荒漠地区(南羌塘高原草原亚区的班戈尔小区);古露车站—拉萨属雅鲁藏布江中游谷地亚高山灌丛草原亚区(拉萨小区)。

2 青藏铁路沿线水土流失状况

青藏铁路格尔木—唐古拉段沿线经过荒漠、裸岩戈壁、河谷灌丛、高寒草原、高寒草甸等不同植被类型下水土流失区,土壤侵蚀类型按外应力分类几乎所有的侵蚀形式均可见到,三大侵蚀类型在不同区域侧重点不同,风力侵蚀除格尔木—南山口段,昆仑河、五道梁、沱沱河局部地段,通天河—雁石坪北长约30多公里为极强度侵蚀外,其余地段为轻度侵蚀;冻融侵蚀分布主要在昆仑山、风火山等地,大部分地段冻融侵蚀为微度和轻度,全线冻融侵蚀的路段约553 km。

唐古拉—拉萨铁路沿线水力侵蚀、风力侵蚀和冻融侵蚀各种土壤侵蚀类型交错并存,水土流失复杂多样。唐古拉—桑雄岭间以冻融侵蚀为主,间杂有少数风力侵蚀地段;桑雄岭—拉萨间以水力侵蚀为主,间杂有少数风力侵蚀地段,该段冻融侵蚀多为微度至中度。

3 青藏线水土保持监测方案

根据青藏铁路沿线的水土流失具体情况,水土保持监测方案分四个层次进行。第一层次是设

置监测断面进行定点连续的地面观测。根据青藏线不同区域的水土流失特征,分别布设风蚀、冻融侵蚀和水力侵蚀监测点若干个,对水土流失状况以及水土保持措施的效果进行监测分析。第二层次是对敏感点设置监测点进行定点定时的地面观测。根据铁路施工过程中的重点扰动点和扰动点的水上流失特征,对施工过程中可能会加重水土流失的重点土石方工点进行地面观测。第三层次是对全线进行抽样调查,对定位观测断面及敏感点观测未覆盖的地区,采用定期抽样调查的方法测量其水土流失状况及其水土保持措施的效益分析。第四层次是对全线发生的典型土壤侵蚀进行调查,如对重力侵蚀、混合侵蚀、滑坡、泥石流和冻融滑塌等其他侵蚀形式,进行水上流失量的测量与统计。

3.1 水土保持监测断面设立

在风力侵蚀区、水力侵蚀区和冻融侵蚀区分别建立观测断面若干个,监测各侵蚀区的水上流失状况及水土保持措施的效果。目前,水力侵蚀、风力侵蚀和水土保持措施效果的监测已有规范,直接参照规范执行。冻融侵蚀尚无规范参照,根据青藏线格拉段的冻融侵蚀实际状况,在楚玛尔河、清水河(连续冻土区)和安多(岛状冻土区)分别布设了取土场、路基冻融侵蚀监测断面。每个监测断面布设冻胀板4个,每个监测点布设监测断面3个。

3.2 青藏铁路线格拉段水土流失敏感点

青藏铁路格拉段沿线的水土流失类型主要有水蚀、风蚀和冻融侵蚀,施工过程的扰动会加重某些区域的水土流失,会产生一些新的水土流失点,这些点称为水上流失敏感点。经对青藏铁路格拉段施工过程中水土流失的实际发生状况的调查,铁路沿线水土流失敏感点主要有以下几处:

(1) 河床扰动点。青藏线施工过程中对河床扰动较大的工点主要有两处,分别是沱沱河上的长江源特大桥工程和拉萨河特大桥工程,河床扰动后产生的泥沙可能对下游造成淤积危害和对水质产生的不良影响。

(2) 昆仑山隧道弃渣场。该弃渣场可能在固体降水和暴雨作用下产生较强烈的水力侵蚀。

(3) 风火山隧道弃渣场。该弃渣场可能在固体降水和暴雨作用下产生较强烈的水力侵蚀。

(4) 措那湖路堤。由于路堤离湖较近,其距离在10~100 m之间,路堤长约30 km,固体降水和暴雨径流冲刷可能会使路堤的泥沙进入措那湖。

(5) 楚玛尔河旁取土场。该区域取土场离楚玛尔河较近,风力侵蚀及冻融侵蚀并存,取土场开挖面的斜坡可能会加重冻融侵蚀和重力分的发生,侵蚀对周围环境可能有一定的影响。

(6) 羊八井二号隧道出口附近的取土场。该取土场因位于强烈水蚀区,取土场开挖面在固体降水和降雨的作用下容易产生较强烈的水力侵蚀。

(7) 羊八井二号隧道出口处的高路堤。该路堤可能在固体降水和降雨的作用下易产生较强烈的水力侵蚀。

(8) 植被恢复取土场。青藏线唐古拉山以南的取土场大多数设计上均是植被恢复取土场,在取土前先将地表植被移植,取土场用完后将植被移回取土场,植被恢复的好坏不但影响取土场的水土流失量,还关系到水土保持林草措施的可行性和有效性。

(9) 施工便道。青藏铁路沿线中从线路通往取土场的施工便道有一定的数量,特别是水蚀、风蚀区的施工便道,其产生的水土流失对周围环境的影响。

(10) 施工营地。施工营地也是容易造成水土流失的场所之一。

(11) 沿途车站。青藏铁路沿线有车站数十个, 车站一般占地面积较大, 对地表造成不可恢复性的破坏较大; 另一方面车站的施工过程中容易造成一定的水土流失, 对周围的环境有一定的影响。

根据以上敏感点的具体情况分别布设了水质监测断面; 水蚀、风蚀监测设施进行水土流失监测。

3.3 冻融侵蚀监测断面

3.3.1 监测断面选址

通过对青藏铁路沿线冻融侵蚀状况的调查分析后确定冻融侵蚀监测断面布设在楚玛尔河附近建立取土场、清水河和安多附近建立路堤冻融侵蚀观测小区各 1 个, 共计 3 个小区。

3.3.2 观测小区布设

(1) 取土场冻融观测小区。选择一坡面上的取土场, 观测其蠕动变形、热融滑塌及“溯源侵蚀”状况, 并在取土场内选择面积为 $5\text{ m} \times 5\text{ m}$ 的坡面, 埋入测量土壤变形、温度、含水量的传感器。

(2) 路堤冻融观测小区。路堤观测小区选择在建筑、施工机械影响较小的区域建设观测小区。观测小区在路堤两侧坡面上设置, 沿线路方向的宽度取 2 m 。观测其蠕动变形、热融滑塌状况。

(3) 路堑冻融观测小区。观测小区在路堑两侧坡面上设置, 沿线路方向的宽度取 2 m 。观测冻融松散碎屑脱落、热融滑塌和“溯源侵蚀”情况。

3.3.3 监测内容、方法及设备

(1) 监测内容。因冻融侵蚀目前国内缺少定量研究, 拟选择以下指标进行监测: 大气温度、土壤温度、土壤含水量、土壤蠕移、融冻泥流和溯源侵蚀。

(2) 监测方法。

- ① 大气温度用气温计进行观测;
- ② 土壤温度用热敏电阻进行观测;
- ③ 土壤含水量用 TDR 进行观测;
- ④ 土壤蠕移用测斜仪进行观测;
- ⑤ 冻融滑塌用体积测量法进行观测;
- ⑥ 溯源侵蚀的面积用卷尺进行测量。

(3) 监测设备。主要用到的设备有气温计、热敏电阻、测斜仪、TDR 土壤水分测定仪、钢尺等。

3.3.4 监测频率和监测时段

(1) 监测频率。冻融侵蚀监测在冻结和融化季节每 15 天进行一次, 其他时间每月进行一次。

(2) 监测时段。工程建设期及工程运行期前三年。

3.4 抽样、实地调查

对于断面观测和敏感点观测没有覆盖的其他工程扰动地面的水土流失, 采用抽样调查的方法

进行实地调查。

抽样的频数：取 10%。

调查内容：水蚀：降雨雨型、雨量；侵蚀程度及沟蚀量等。

风蚀：主导风向、最大风力、侵蚀程度和侵蚀量等。

冻融：气温变化幅度、滑塌量、“溯源侵蚀”面积等。

调查方法：询问；收集资料；实地进行体积和面积的测量。所得结果及时填入统一制定的调查表。

3.5 侵蚀调查

在青藏铁路沿线区域对于发生泥石流、滑坡等侵蚀形式进行通过野外实测，调查侵蚀发生的地貌部位和发生规模，调查侵蚀形式发生的气象（包括降雨量、降雨历时、降雨强度等）、地质（包括岩石种类、风化特性、硬度、层理等）、地形（包括坡度、坡形、坡长等）、水文条件（坡面水源和入渗情况、地下水埋深及储水结构等）、土壤（包括种类、土壤厚度、土壤质地、孔隙度、含水量、黏结力等）、植被等条件和施工对重力侵蚀的影响，同时调查侵蚀导致的危害及程度等。表 1 是重力侵蚀程度的划分标准表。

表 1 重力侵蚀程度分级指标表

重力侵蚀面积占坡面面积比(%)	<10	10~15	15~20	20~30	>30
强度分级	轻度	中度	强度	极强度	剧烈

4 小 结

通过对新建青藏线格拉段的水土流失和水土保持措施配置情况的调查，提出了青藏线水土保持监测方案。开展铁路工程建设水土保持监测是环境保护的一项重要内容，特别是在青藏高原区，其生态脆弱，极易遭受破坏，一旦生态环境遭到破坏，几乎无法恢复。水土保持监测是落实法律、法规规定的水土流失防治义务，贯彻“预防为主，全面规划，综合防治，因地制宜，加强管理，注重效益”的水土保持工作方针的重要手段。通过对项目区（工程区和影响区）水土流失监测以及施工过程中水土流失监测、水土保持措施效益的发挥等的监测，使项目的水土流失防治有据可依，确保做到水土保持工程与主体工程“三同时”，将工程建设中引起的水土流失降低到最低程度，为保护高原的生态环境做出贡献。

青藏铁路施工期土壤侵蚀预测

邹长新 沈渭寿 张 慧

(国家环境保护总局南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042)

摘 要: 青藏铁路工程建设不可避免地对沿线水土流失造成影响。采用遥感与地理信息系统技术, 结合野外调查分析结果, 编制唐古拉山口—拉萨段铁路两侧50 km范围土壤侵蚀现状图。根据铁路沿线水土流失现状和铁路两侧不同范围内的土壤侵蚀程度, 以及工程建设活动对水土流失的影响分析, 对施工期土壤侵蚀类型与强度的变化和工程对水土流失的影响进行分析, 预测施工期工程造成的水土流失总量, 并据此分析指出工程可能造成水土流失危害。

关键词: 青藏铁路; 遥感; 施工期; 土壤侵蚀; 预测; 水土流失

0 引 言

青藏铁路施工期的工程建设将不可避免地对沿线水土流失状况造成一定的影响。国家环境保护总局南京环境科学研究所通过分析青藏铁路西藏部分(唐拉段)的铁路沿线水土流失现状和工程对水土流失的影响, 预测了施工期土壤侵蚀类型与强度的变化以及工程造成的水土流失总量, 并据此分析了工程可能造成水土流失危害。

1 土壤侵蚀现状遥感制图

采用2001年Landsat-5 TM影像和Landsat-7 ETM+影像, 经过几何纠正与投影转换, 并参考铁路所经地区地形图、土地利用图及其他土壤侵蚀相关资料及图件, 分析土壤侵蚀类型、坡度、植被覆盖度、地表组成物质等状况, 利用ERDAS和ARC/INFO软件, 采用人机交互判读方法, 综合分析判定铁路沿线50 km范围内土壤侵蚀类型与强度, 即在微机屏幕上进行土壤侵蚀类型与强度勾绘、制图, 作业比例尺1:100000。具体工作流程如图1所示。

2 铁路沿线水土流失现状

根据铁路沿线50 km范围水土流失现状图, 该地区有冻融侵蚀、水力侵蚀和风力侵蚀三种侵

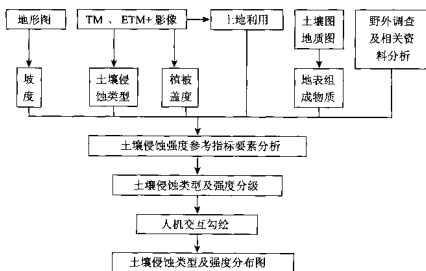


图1 土壤侵蚀遥感制图技术流程

蚀类型,以冻融侵蚀和水力侵蚀为主,风力侵蚀面积较小。侵蚀强度有微度、轻度、中度和强度四级,且以微度和轻度为主。

2.1 水力侵蚀

高强度的降水和高山冰雪融水形成大量的地表径流成为水蚀的主要原因。羊八井—拉萨段沿线山高坡陡,土层松散,一旦地表遭到扰动或破坏,极易造成大面积的面蚀,甚至诱发滑坡或泥石流的发生。该地区水力侵蚀作用相对全区比较显著,是西藏自治区水蚀的主要地段。在铁路两侧2 km范围内,水蚀面积为933.46 km²,占水土流失总面积的43.03%。从总体上看,该地区水力侵蚀强度较小,以微度和轻度水蚀为主,也存在小面积中度侵蚀,其中微度水蚀面积占土壤侵蚀面积的24.86%,轻度水蚀占17.78%,中度水蚀仅占0.39%。

2.2 风力侵蚀

铁路经过地区具有沙质荒漠化形成的风力和物质条件,其表现形式以流动沙丘、平沙地和大面积的风蚀草场为主,其中以风蚀草场分布最广。铁路沿线措那湖、当曲地区由于土质疏松,干旱少雨,过度放牧,导致地表植被稀少,在大风的作用下,地面细颗粒物随风漂移,造成风力侵蚀。该地区风蚀面积较小,在铁路两侧2 km范围内,风蚀面积为135.05 km²,仅占水土流失总面积的6.22%,侵蚀强度为微度、轻度、中度和强度四级。其中,微度风蚀面积占土壤侵蚀面积的1.16%,轻度风蚀占2.09%,中度风蚀占1.60%,强度风蚀占1.37%。

2.3 冻融侵蚀

冻融侵蚀是该地区土壤侵蚀面积最大的侵蚀类型,但侵蚀强度较弱,以微度侵蚀和轻度侵蚀为主,也存在小面积的中度侵蚀和强度侵蚀。铁路两侧2 km范围内,冻融侵蚀面积为1101.02 km²,占水土流失总面积的50.75%,其中,微度冻融侵蚀面积占土壤侵蚀总面积的36.17%,轻度冻融侵蚀占13.98%,中度冻融侵蚀占0.60%。

2.4 铁路两侧不同范围内的土壤侵蚀强度

根据铁路沿线50 km范围水土流失现状图,在铁路两侧不同距离(2~5~50 km)范围内,

微度和轻度水蚀面积比例在下降,中度和强度水蚀面积比例在上升。各类强度风蚀面积比例在下降,但整个风蚀面积比例较小。微度冻融侵蚀面积比例在下降,轻度、中度与强度冻融侵蚀面积比例明显上升(表1)。在铁路两侧2 km范围内的平均土壤侵蚀模数为 $607.0 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$,铁路两侧5 km范围内的平均土壤侵蚀模数为 $671.0 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$,铁路两侧50 km范围内的平均土壤侵蚀模数为 $838.6 \text{ t/km}^2 \cdot \text{a}$ 。

表1 新建青藏铁路唐拉段水土流失现状

(单位: km^2)

侵蚀类型	侵蚀强度	侵蚀面积					
		铁路两侧 2 km范围	%	铁路两侧 5 km范围	%	铁路两侧 50 km范围	%
水 蚀	微度	539.46	24.86	1 049.63	19.93	4 929.19	9.29
	轻度	385.72	17.78	1 060.00	20.13	5 833.45	10.99
	中度	8.46	0.39	66.24	1.26	2 386.35	4.50
	强度	0	0	0.00	0.00	56.60	0.11
	合计	933.64	43.03	2 175.87	41.31	13 205.59	24.88
风 蚀	微度	25.23	1.16	63.22	1.20	520.37	0.98
	轻度	45.27	2.09	101.61	1.93	549.24	1.03
	中度	34.77	1.60	70.20	1.33	700.72	1.32
	强度	29.74	1.37	66.53	1.26	203.43	0.38
	合计	135.02	6.22	301.56	5.73	1 973.76	3.72
冻 融 侵 蚀	微度	784.77	36.17	1 760.13	33.42	16 948.79	31.93
	轻度	303.21	13.98	924.68	17.56	12 379.25	23.32
	中度	13.03	0.60	102.20	1.94	7 398.77	13.94
	强度	0	0	2.39	0.05	1 180.19	2.22
	合计	1 101.02	50.75	2 789.40	52.96	37 907.00	71.41
总计		2 169.69	100	5 260.83	100	53 086.35	100

3 施工期水土流失预测

3.1 预测方法

目前,国内主要应用类比法、实地测试法和数学模型法来预测工程建设造成的水土流失量。青藏铁路是世界第一条高原铁路,至今未有类似建设项目的观测和研究成果可供分析比较,因此类比法不适用。高原的自然环境条件十分原始、恶劣,也为实地测试带来了很大的困难。由于以上条件的限制,工程造成的水土流失量预测采用遥感解译结合数学模型法,即在水土流失现状基础上根据工程活动对地表的破坏和扰动程度预测土壤侵蚀类型与强度的变化,根据预测模型计算工程造成的水土流失总量。

3.2 施工期土壤侵蚀类型与强度变化预测

工程施工期导致的土壤侵蚀类型和强度的变化是比较复杂的,既要考虑工程自身特点对水土

流失的影响,也要考虑施工地表土壤侵蚀现状。因此,施工期土壤侵蚀类型和强度的变化,需要结合工程影响程度与地表土壤侵蚀现状做出科学合理的土壤侵蚀类型和强度的变化预测。

3.2.1 施工期土壤侵蚀类型变化

根据施工地表的土壤侵蚀类型,若施工地表的土壤侵蚀类型为风力侵蚀或水力侵蚀,施工期造成的水土流失影响表现为侵蚀强度的增大;若施工地表的土壤侵蚀类型为冻融侵蚀,施工期不仅会造成侵蚀强度的增大,而且由于工程造成的地表土壤和植被的破坏,导致土壤侵蚀类型由冻融侵蚀变为风力、水力和冻融综合侵蚀。

3.2.2 施工期土壤侵蚀强度变化

不同工程性质对土壤侵蚀强度的影响不同。对于破坏性较强的工程,如路堤、路堑、取弃土场、砂石料场由于地表深挖或填埋,对地表破坏程度较大,土壤侵蚀强度可在现状侵蚀强度的基础上直接变为强度或极强度侵蚀。对于破坏性较小的工程,如站场、施工营地和施工便道等,施工期造成的水土流失强度的变化较小,预测方法是在现状土壤侵蚀强度基础上增大一级计算。如在预测施工营地造成的水土流失强度变化时,若施工前为微度侵蚀,施工期则变为轻度侵蚀,依此类推。施工期造成的水土流失类型和强度变化见表2。

表2 工程施工期土壤侵蚀类型与强度变化预测表

路堤		路堑		站场		弃土场		取土场		砂石料场		施工营地		施工便道	
前	期	前	期	前	期	前	期	前	期	前	期	前	期	前	期
F1	F3	S1	S3	F2	F3	F1	F5	F1	F3	F2	F3	F1	F2	F2	F3
F2	F3	D1	Z3	S1	S2	S1	S5	F2	F3	S1	S3	F2	F3	S1	S2
F3	F4	D2	Z3	S2	S3	S2	S5	F3	F4	S2	S3	F3	F4	S2	S3
F4	F5			D1	Z2	D1	Z5	F4	F5	D1	Z3	F4	F5	D1	Z2
S1	S3			D2	Z3	D2	Z5	S1	S3	D2	Z3	S1	S2	D2	Z3
S2	S3							S2	S3	D3	Z4	S2	S3		
D1	Z3							S3	S4			D1	Z2		
D2	Z3							D1	Z3			D2	Z3		
								D2	Z3						

注:表中“前”为施工前的侵蚀强度,“期”为施工期的侵蚀强度。

字母代表侵蚀类型:F—风力侵蚀,S—水力侵蚀,D—冻融侵蚀,Z—综合侵蚀。

数字代表侵蚀强度:1—微度侵蚀,2—轻度侵蚀,3—中度侵蚀,4—强度侵蚀,5—极强度侵蚀。

3.3 土壤侵蚀模数的确定

风力侵蚀和水力侵蚀的土壤侵蚀模数是根据中华人民共和国行业标准《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-96)确定的。冻融侵蚀土壤侵蚀模数的确定是一项极其复杂的工作,国内虽然已有关于青藏高原冻融侵蚀的动力分析,至今还未见到有关冻融侵蚀模数的定量研究。

由于冻融侵蚀是因寒冻和热融交替作用,使地表土体和松散物质发生蠕动、滑塌和产生泥流

的一种现象,但其往往同水力侵蚀、重力侵蚀交互影响、共同作用,土壤侵蚀流失量较小。因此,同级土壤侵蚀强度下,冻融侵蚀模数比风蚀和水蚀模数要小。这里采取在风蚀和水蚀模数的基础上降低一级的方法计算冻融侵蚀模数。在工程施工导致的土壤侵蚀类型由冻融侵蚀变为风力、水力和冻融综合侵蚀的情况下,其侵蚀模数的计算与风力和水力侵蚀模数相同。本预测中土壤侵蚀强度划分标准见表3。

表3 土壤侵蚀强度划分标准

 (单位: $t/km^2 \cdot a$)

分级	水蚀侵蚀模数	风蚀侵蚀模数	冻融侵蚀模数
微度侵蚀	<500	<200	<200
轻度侵蚀	500~2 500	200~2 500	200~500
中度侵蚀	2 500~5 000	2 500~5 000	500~2 500
强度侵蚀	5 000~8 000	5 000~8 000	2 500~5 000
极强度侵蚀	8 000~15 000	8 000~15 000	
剧烈侵蚀	>15 000	>15 000	

3.4 土壤侵蚀量的计算

本预测采用式(1)计算施工期土壤侵蚀总量 W_s 。

$$W_s = M_{s1} \cdot f_1 + M_{s2} \cdot f_2 + \dots + M_{sn} \cdot f_n = \sum_{i=1}^n M_{si} \cdot f_i \quad (1)$$

式中 W_s ——土壤侵蚀总量 (t);

M_{si} ——施工期各工程施工工地表土壤侵蚀模数 ($t/km^2 \cdot a$);

f_i ——各工程破坏的地表面积 (km^2)。

工程造成的土壤侵蚀增加量 ΔW 为:

$$\Delta W = \Delta M_{s1} \cdot f_1 + \Delta M_{s2} \cdot f_2 + \dots + \Delta M_{sn} \cdot f_n = \sum_{i=1}^n \Delta M_{si} \cdot f_i \quad (2)$$

或 $\Delta W = W_s - W_o$ 。

式中 ΔM_{si} ——土壤侵蚀模数增加量 (t);

W_o ——施工前地表土壤侵蚀量,计算方法同 W_s 。

采用式(4)计算施工前后的平均土壤侵蚀模数:

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n M_{si} \cdot S_{pi}}{\sum_{i=1}^n S_{pi}} \quad (4)$$

式中 $\bar{M}$ ——平均土壤侵蚀模数;

M_{si} ——某一强度的土壤侵蚀模数;

S_{pi} ——某一强度的土壤侵蚀面积占水土流失总面积的百分比。

3.5 工程造成的水土流失面积及流失总量

3.5.1 工程影响的水土流失面积

由于铁路工程是线性工程,主要工程活动集中在线路两侧2 km范围内。该地区工程取弃土场

和砂石料点共 134 处, 其中 2 km 范围内 110 处, 占 82.1%; 5 km 范围内 124 处, 占 92.5%。因此, 工程造成的水土流失主要在铁路两侧 2 km 范围内, 2~5 km 范围影响较轻, 5 km 以外几乎没有影响。

3.5.2 工程造成的水土流失总量

该地区工程施工前, 铁路沿线 2 km 范围内土壤侵蚀总量为 1 316 964 t/a, 平均侵蚀模数为 607.0 t/km²·a。施工期土壤侵蚀总量为 1 464 584 t/a, 平均侵蚀模数为 675.0 t/km²·a。施工期铁路沿线 2 km 范围内土壤侵蚀量增加 147 620 t/a, 平均土壤侵蚀模数增加 68.0 t/km²·a (表 4)。

表 4 铁路工程水土流失预测结果

水土流失 预测区域	时段	土壤侵蚀总量 (t/a)	平均土壤侵蚀模数 (t/km ² ·a)
2 km 范围内	施工前	1 316 964	607.0
	施工期	1 464 584	675.0
	增量	147 620	68.0
5 km 范围内	施工前	3 531 177	671.0
	施工期	3 685 298	699.7
	增量	151 121	28.7
50 km 范围内	施工前	44 516 655	838.6
	施工期	44 671 374	841.5
	增量	154 719	2.9

施工前铁路沿线 5 km 范围内土壤侵蚀总量为 3 531 177 t/a, 平均侵蚀模数为 671.0 t/km²·a。施工期 5 km 范围内土壤侵蚀总量为 3 685 298 t/a, 平均侵蚀模数为 699.7 t/km²·a。施工期铁路沿线 5 km 范围内土壤侵蚀量增加 151 121 t/a, 平均土壤侵蚀模数增加 28.7 t/km²·a。

施工前铁路沿线 50 km 范围内土壤侵蚀总量为 44 516 655 t/a, 平均侵蚀模数为 838.6 t/km²·a。施工期土壤侵蚀总量为 44 671 374 t/a, 平均侵蚀模数为 841.5 t/km²·a。铁路沿线 50 km 范围内土壤侵蚀量增加 154 719 t/a, 平均土壤侵蚀模数增加 2.9 t/km²·a。水土流失总增加量中, 铁路沿线 2 km 范围内的增加量占 95.4%, 沿线 5 km 范围内的增加量占 97.7%。从不同范围内平均土壤侵蚀模数增量分析, 铁路沿 2 km 范围内增加 68 t/km²·a, 沿线 5 km 范围内增加 29 t/km²·a, 而 50 km 范围内仅增加 2 t/km²·a。因此, 铁路工程在施工期间造成的水土流失影响主要在沿线 2 km 范围内, 2~5 km 范围内影响较轻, 5 km 以外几乎不对水土流失造成影响。

工程建设对施工地表造成的水土流失影响则更为显著。施工地表在施工前平均土壤侵蚀模数为 518 t/km²·a, 水土流失强度较弱, 属轻度或轻度土壤侵蚀, 施工期平均土壤侵蚀模数为 2 361 t/km²·a, 水土流失明显加重, 属轻度或中度土壤侵蚀, 平均侵蚀强度增加一级。

从造成水土流失的工程类型来看, 路堤工程对水土流失影响最大, 造成的土壤侵蚀量为 58 001.3 t/a, 占全部工程造成的土壤侵蚀总量的 37.5%; 取土场与弃土场造成的土壤侵蚀量分

别为36 245.4 t和42 762.7 t,造成的土壤侵蚀量占总侵蚀量的23.4%与27.7%。其他工程造成的土壤侵蚀量相对较少(表5)。

表5 各工程施工前和施工期土壤侵蚀量的对比

(单位: t/a)

工程类型	施工前 土壤侵蚀量	施工期 土壤侵蚀量	工程造成	
			土壤侵蚀增量	%
路堤	10 524.1	68 525.4	58 001.3	37.5
路堑	73.4	1 493.9	1 420.5	0.9
站场	860.5	7 955.7	7 095.2	4.6
弃土场	684.3	43 447.0	42 762.7	27.7
取土场	6 687.7	42 933.1	36 245.4	23.4
砂石料场	371.9	2 692.1	2 320.2	1.5
施工营地场地	588.8	2 453.8	1 865.0	1.2
施工便道	938.6	5 947.5	5 008.9	3.2
合计	20 729.3	175 448.4	154 719.1	100.0

3.6 工程建设中可能造成的水土流失危害分析

施工期铁路沿线2 km范围内平均土壤侵蚀模数增加了68 t/km²·a,沿线5 km范围内增加了29 t/km²·a,而沿线50 km范围内仅增加了2 t/km²·a。因此,铁路工程明显加重了沿线较近范围内地表的土壤侵蚀状况,将不可避免地造成一定的水土流失危害。

(1) 在多年冻土区的富冰、饱冰、含上冰层地段的坡地边缘挖方、取土、人为活动等将使冻土暴露在空中,融化后有可能形成热融滑塌、融冻泥流,风沙融蚀坍塌。

(2) 路堤站场工程占地、取土(料)场、施工便道、施工营地、人为活动等扰动地表、损坏植被、土壤,使湖积、冰积环境中形成的细沙外露,土壤抗蚀性降低,为风力侵蚀提供了丰富的沙源。

(3) 在沿线的固定、半固定沙丘、沙地地段,工程施工时可能破坏沙结皮、损坏植被,造成沙地面积扩大,对农业、交通运输业产生不利影响。

(4) 在沿线的河道范围内取土、取沙卵石后,若不及时采取措施等将增加河流的泥沙量,造成流水对河岸冲刷作用增强,下游河道泥沙淤积,增加防洪负担。

(5) 取土场的松散地表和弃土场堆积的大量弃土弃渣,在山高坡陡处一旦遭遇较强降水或高山冰雪融水,将加重水力侵蚀,甚至诱发滑坡或泥石流的发生。

4 结果与讨论

(1) 冻融侵蚀模数的确定尚缺少定量方法的研究。本预测计算采用的冻融侵蚀分级标准是根据青藏高原冻融侵蚀的动力分析而得,有待于进一步深入研究。

(2) 由于铁路工程建设是一种线性工程,该地区工程施工期造成的水土流失影响主要在沿线2 km范围内,2 km~50 km范围内影响很小。

(3) 施工结束后,工程导致的水土流失强度随着地表植被的恢复会逐渐减弱,但水土流失量在一定时段内依然大于施工前的水平。因此,在铁路施工期与运营期需及时采取水土流失防护措施,加强水土流失监测,尤其要对水土流失的重点地段和重点工程予以高度的重视,把工程建设造成的水土流失量控制在最小,争取用最短的时间恢复地表植被,减缓地表水土流失。

青藏铁路建设与冻土环境

答治华¹ 任卫来²

(1. 中铁西北科学研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000;

2. 铁道建筑研究设计院, 北京 102600)

摘要: 调查青藏公路修筑对冻土环境造成破坏的负面影响, 分析铁路建设对冻土环境有影响的工程, 包括路基、桥涵隧道工程及施工期大型临时工程, 提出用地和土石方工程对植被、水文及局部微地貌的改变对冻土环境产生的影响, 进而对多年冻土的季节融化深度、地温等产生影响, 以及工程建设等人为活动对冻土环境造成的影响。高含冰量及地形平坦的冻土地段地表温度升高、地表植被退化、沙化和热融沉陷, 高含冰量及坡度较低冻土地段产生强烈的热融作用, 地表和地下径流条件的改变可能产生冰锥与冻胀丘。

关键词: 冻土环境; 工程设计; 工程施工; 环境保护; 青藏铁路

冻土环境是寒区生态环境的重要组成部分, 人类活动通过人为地改变地表特征、水文环境、生态环境等影响冻土环境的变化。20 世纪 60~70 年代, 由于对冻土环境认识不足, 未考虑寒区可持续发展问题, 在青藏公路修筑过程中, 对冻土环境的破坏较为严重, 特别是青藏公路沙砾石路面修筑和沥青路面的改建, 未对冻土环境进行有效保护, 任意取土、开挖地表、破坏植被, 造成积水洼地、融冻泥流、地面沉降等严重的冻融灾害, 使得工程运营过程中出现了许多负面作用, 严重干扰了道路沿线寒区生态环境平衡, 出现了沙漠化趋势加强、植被退化等寒区生态环境恶化现象。因此, 青藏铁路建设中的冻土环境保护不仅是生态环境保护的需要, 而且也是铁路安全运营的必要条件。

1 青藏高原的多年冻土特征

多年冻土区的冻土环境问题主要是冻土融蚀及由此引起的相关环境问题。冻土的热融蚀敏感性是控制自然条件和人为活动影响下高原冻土区融蚀现象的主要因素, 高原冻土区融蚀现象发生程度可分为以下几种类别。

(1) 强融蚀型: 冻土的年平均地温在 $0^{\circ}\text{C} \sim -0.5^{\circ}\text{C}$, 主要分布在铁路经过地段的南、北岛状冻土区和河流融区边缘地段, 诸如楚玛尔河、北麓河、沱沱河、通天河、布曲河谷地等融区边缘

地带。此类型的多年冻土属于不稳定冻土。

(2) 一般融蚀类型: 冻土年平均地温为 $-0.5^{\circ}\text{C} \sim -1.5^{\circ}\text{C}$, 主要分布于楚玛尔河、北麓河、沱沱河、通天河高原及开阔的山间盆地、谷地, 唐古拉山南坡至头二九山之间。受纬度地带性及地质构造影响, 上述各高原、盆地、谷地冻土温度、厚度尽管属同一类型, 但由北而南亦有差异。此类冻土由于年平均地温较高表现出热稳定性较差, 但在个别地段, 由于厚层地下冰的存在, 相应也减弱了冻土层的热融蚀敏感性。

(3) 弱融蚀型: 冻土年平均地温为 $-1.5^{\circ}\text{C} \sim -3.5^{\circ}\text{C}$, 主要分布于铁路沿线的低山、丘陵及中高山的下部, 如昆仑山、可可西里山、风火山、唐古拉山、桃二九山等。该类冻土地温较低, 虽然浅层地温也在发生变化, 但是由于高含冰量上层的存在减弱了冻土的热融蚀敏感性, 因此, 一般对外的扰动表现了一定的惰性。

(4) 不融蚀型: 这类冻土年平均地温为低于 -3.5°C 。此类型冻土在昆仑山、唐古拉山中上部基岩带可以见到。此类冻土稳定性较好, 由于山区过余冻结能力较强, 潜在季节冻结深度较大, 因此, 冻土的热融蚀敏感性很差。

青藏铁路格拉段沿线途经的550 km多年冻土区, 其中相当段落为高温冻土或高含冰量冻土, 其热敏感性强烈, 气候转暖本身就会使多年冻土的季节活动层厚度增大, 而人为不合理的工程活动同样会加剧这种变化。

2 青藏高原的冻土环境问题

根据对青藏公路及民用建筑物的冻土环境调查分析, 青藏铁路沿线的多年冻土环境问题主要是融蚀、冻胀、沙化、地表植被及沼泽削弱、地表景观的破坏等, 其中热融蚀现象最为突出。

(1) 热融: 包括热融沉陷、热融湖塘和融冻泥流、热融滑塌等, 在青藏高原多年冻土区高含冰量的平原或坡度小于 7° 的平坦低洼地的山间盆地和谷地, 或在沼泽化湿润的山间洼地及谷地, 气候的变化和不合理的人为活动会造成地下冰的融化。如青藏公路黑色路面所造成的基底融沉和路基两侧取土坑而引起的热融湖塘等, 融沉量的大小主要取决于多年冻土上的含冰量, 融沉速率则受多年冻土地温状态的变化速率控制; 而在高含冰量(主要是指含土冰层和厚层地下冰)且横坡大于 7° 的坡地地段则常会产生融冻泥流和热融滑塌, 其产生原因一般除了气温变化外, 更多的是人为不合理的工程活动。

(2) 冻胀: 包括冰锥与冻胀丘, 其主要分布于山前洪积扇、山间洼地、河床及河漫滩等地。地下水出露和富集是冰锥与冻胀丘形成的主要原因, 与青藏铁路临近的公路沿线普遍可见。人类工程活动往往改变地下水运动规律, 使地下水出露或受到阻隔而促使它们的形成和发育。

(3) 沙化: 铁路沿线清水河、五道梁、沱沱河、扎加藏布曲等地段内具有丰富的沙源、强盛的风力和稀疏低矮的植被等独特的自然条件, 成为沙漠化形成和发展的有利条件。在高温多年冻土区, 地表一旦被风沙覆盖, 土层升温, 融化深度加大, 冻结层上水下渗, 地表植物将会枯死; 同时, 地表植被的退化将会进一步加剧沙化。

(4) 植被及沼泽削弱: 青藏公路修建和改建过程中, 就地挖掘取料, 随意铲除地表植被。事实证明, 在青藏高原这种高寒、干旱和贫瘠的特殊环境下, 多年冻土与植被相互依存的生态环境

遭到破坏,植被难以复苏和恢复,即便是草甸地带,时过20多年植被依旧不生,原有的沼泽湿地也正在逐渐消失,进而会影响工程的稳定性。

3 铁路建设对冻土环境的影响

3.1 影响因素

铁路建设对冻土环境有影响的工程主要有:路基工程、桥涵工程、隧道工程以及施工期的临时工程等。其中,以路基工程和施工期临时工程对冻土环境影响最为突出。铁路工程建设对冻土环境的影响主要表现在以下几个方面:用地及土石方工程通过对植被、水文及局部微地貌的改变,进而对多年冻土的季节融化深度、地温等性状产生影响,并可能加剧沙漠化程度;土石方工程直接破坏冻土的热稳定状态;施工人员和工程建设行为等人为活动对冻土环境造成破坏。

3.2 铁路建设可能引起的多年冻土环境问题

青藏铁路可能引起的沿线多年冻土环境问题主要是:加速高温冻土区的冻土退化;高含冰量及地形平坦的冻土地段,地表状态的改变可能造成地表温度升高,冻土稳定性发生变化、地表植被退化、沙化和热融沉陷产生;高含冰量及坡度较陡的冻土地段,地表及植被的破坏将可能产生强烈的热融作用,如热融滑塌和融冻泥流等;地表和地下径流条件的改变将可能产生冰锥与冻胀丘。这些冻土环境问题中,以热融最为突出。

4 铁路建设中采取的冻土环境保护措施

4.1 工程设计方面的环保措施

多年冻土区的铁路设计根据不同的冻土类型和地温分区采用了不同的设计原则和相应的工程措施。在路基工程上采用多填少挖的设计原则,设计合理的填上高度、防排水措施以及一系列主动降温工程措施等。合理设置取土、弃土场地,减少对高含冰量冻土的热扰动和植被的破坏。

4.2 工程施工方面的环保措施

场地布置选择在融区或少冰冻土、多冰冻土、地表植被较少的地段,并充分利用公路工程现有的生活营地和废弃的施工营地。

合理规划施工便道,尽可能减少施工便道数量,运输便道设置在土质干燥、植被稀疏的地方;运输便道的填筑高度满足保护冻土的最小路堤填土高度要求;固定行车路线和道路宽度,限制人为活动范围,尽量少扰动地表、少破坏地表植被。选择正确的施工季节和合理的施工方法(如暖季施工的隔热措施、加快施工进度等)。

4.3 冻土环境监测

青藏高原多年冻土大多温度高,对环境热状态变化的敏感性强,其环境工程地质条件在气候持续转暖的情况下必将发生很大的变化,再加上人为工程活动影响以及人们对冻土认识不足,难以避免在工程设计上存在某些缺陷。所以,在工程施工期和运营期,投资建立了沿线冻土环境观测场,通过监测冻土环境的变化,预测可能带来的后果,制定相应的治理措施等,以便更好地保护和利用多年冻土环境。

5 结 语

铁路工程施工对沿线冻土环境的影响,主要集中在对地表植被的破坏和对冻土水热状态的扰动,从而可能会加剧冻土地表的荒漠化趋势,以及产生热融滑塌、热融沉陷等不良地质现象,而且,这些不良冻土现象也会严重影响到铁路线路的安全可靠。

在青藏公路的修建和历次改建中,由于对环保重视不够和沥青路面的吸热原因,造成了一定的冻土环境破坏问题。但是,铁路路基由于道碴的阻热作用,以及路基设计时针对冻土的地温特点和冻土的工程地质性质采用了不同的设计原则,采取了合理的断面形式以及有效的防热融、排水措施,且取土坑遵循了远离路基本体、集中取土的原则,尽量移挖作填,充分利用弃土和保护地表植被等,将不会产生象青藏公路那样严重的冻土环境问题。同时有青藏公路改扩建时的许多经验教训在先,以及当今人们对青藏铁路建设环境保护意识的增强,铁路建设一开始就把冻土环境保护纳入青藏高原自然与生态环境保护的范畴,并在设施和施工规程中作了明确而详细的规定,只要各项环保措施在工程实施过程中得以有效落实,就可以将对冻土环境的影响限制在最小程度。

青藏铁路修建对冻土环境的影响与对策

杜 蕾¹ 武 军²

(1. 铁道第一勘察设计院, 陕西 西安 710043; 2. 甘肃省国土资源厅, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:以青藏高原为核心分布着大片连续多年冻土、岛状多年冻土及季节性冻土。冻土环境是一种寒冷的自然地理和地质环境, 其本身非常脆弱、敏感。铁路修建过程中的工程活动必然引起冻土环境的变化。在施工中减缓对冻土环境的不利影响, 具体防护措施包括合理控制路基高度, 主动冷却路基, 在路基中埋设工业保温层, 和以桥代路, 即用旱桥跨越极不稳定的高温多年冻土地带。

关键词:冻土环境; 青藏铁路; 工程活动; 影响; 防护措施

0 引 言

青藏铁路格尔木—拉萨段地处青藏高原腹地, 跨越青海省海西州、玉树州, 西藏自治区那曲地区、拉萨市, 全长1 142 km, 其中要穿越连续多年冻土区550 km, 不连续多年冻土区82 km。

冻土环境是一类很脆弱的生态环境, 而且多年冻土又是一种非常特殊的土体, 这就使青藏高原的多年冻土成为高原环境的主要依附体。冻土环境与整个青藏高原生态环境的演化、发展处于密切联系和相互作用之中, 一旦遭到破坏, 恢复极其缓慢, 在很多情况下, 甚至是不可逆的。因此, 在多年冻土区进行任何工程活动时, 对冻土环境的保护都是一个不可避免的重要问题。

1 青藏铁路沿线冻土环境的现状分析

1.1 现 状

由于独特的地质构造和气候变迁历史, 青藏高原的多年冻土有着特殊的发育历史和特征。较高的海拔高度和严酷的气候条件使得青藏高原上发育着世界上中低纬度地区海拔最高、面积最大的多年冻土(青藏高原及西部山地现存多年冻土面积约170万~175万km², 其中青藏高原为150万km²左右)。

程国栋等(1982)对青藏高原及西部山地多年冻土作出了划分:(1)不稳定型冻土: 年均地

漏 $0^{\circ}\text{C} \sim -0.5^{\circ}\text{C}$, 厚度不超过 25 m, 主要分布于青藏高原东、东南部及藏北岛状多年冻土区及融区的边缘地段。(2) 过渡型冻土: 年均地温 $-0.5^{\circ}\text{C} \sim -1.5^{\circ}\text{C}$, 厚度一般为 25~60 m。主要分布于楚玛尔河、沱沱河、通天河高原及青藏公路以西开阔的山间盆地、谷地, 唐古拉山南坡至桃二九山之间, 以及 113 道班一带的谷地、盆地等。(3) 亚稳定型冻土: 年均地温 $-1.5^{\circ}\text{C} \sim -3.0^{\circ}\text{C}$, 冻土厚度为 60~120 m, 主要分布于高原以上的丘陵及高山下部, 如昆仑山垭口、可可西里山、风火山、开心岭、唐古拉山、桃二九山等。(4) 稳定型冻土: 年均地温低于 -3.0°C , 冻土厚度大于 120 m, 主要分布于昆仑山、唐古拉山中上部基岩带。

青藏高原的晚近期构造活动, 导致高原抬升, 气候变冷, 冰川发育, 形成多年冻土。巨高的绝对海拔高程使高原的气候不仅具有纬度地带性, 而且具有明显的垂直地带性, 以青藏高原为核心, 分布着大片连续多年冻土、岛状多年冻土及季节性冻土。青藏铁路沿线多年冻土的发育和分布明显受到三向地带性控制, 即由热量和水分随高度变化造成的垂直地带性; 由热量南北差异引起的纬度地带性; 由距海洋远近和大气环流特点造成的降水不同所产生的地带性。青藏铁路沿线多年冻土分布呈连续分布, 仅在河流及构造温泉影响地带出现面积不大的局部融区。多年冻土上限主要受介质本身(土中含水量、颗粒大小、孔隙率等)和外界条件(年平均气温、地形条件、植被条件等)两大因素的影响, 变化幅度较大, 在山坡顶部及靠近河流的漫滩、阶地较深, 一般为 2.5~3.0 m, 甚至大于 3 m, 在山前缓坡及低洼地较浅, 一般为 1.5~2.0 m。多年冻土厚度, 由北向南呈逐渐减少的趋势, 在唐古拉山前凹陷平原及头儿九山区冻土厚度可达 50~60 m, 而南界附近及靠近河流地段, 一般小于 20~30 m。从北向南多年冻土年平均地温逐渐升高, 但受局部因素影响较大, 河流附近地温较高, 不同坡向也有差异, 阳坡高于阴坡。

1.2 现状分析

青藏铁路沿线的冻土环境是指冻土生存、发展和变化所依赖的沿线周围一定范围内的客观地质实体, 它有着自身的演变规律。铁路修建过程中的工程经济活动, 必然引起冻土环境的变化。一般来讲, 多年冻土层中的含冰条件及土质特征决定着多年冻土一旦遭受人为热扰动后冻土环境可能产生的破坏程度; 多年冻土区内的融区是在气候、水文地质条件、构造、地表状况及地表覆盖条件的综合作用下形成的, 沿线分布的融区主要以河流融区(如沿线的扎加藏布曲、杂勒布曲、央尔布茸等河流地带)和部分构造断裂带融区为主。

沿线多年冻土区的冻融侵蚀主要是以热融作用为主, 其类型主要有: 热融沉降、融冻泥流和热融滑塌。热融作用最突出的地段往往是厚层地下冰发育地段, 冻融作用最活跃的地段一般是含冰量较高的多年冻土发育地段。冻融侵蚀类型及规模取决于冻土的土质特征、温度状况、含冰量的变化以及所处部位的地形条件和植被特征等。由于高含冰量冻土具有很大的融沉性, 若对其热扰动, 在微倾斜的平坦平原上, 常常可能形成热融洼地及热融湖塘; 在地面坡度为 $7^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 的缓坡地带, 可能形成热融沉降及融冻泥流; 在地面坡度大于 15° 的斜坡上, 当富含地下冰埋藏较深时(大于 2 m), 热融侵蚀过程的发育多与冻土地下冰的多年融化有关, 往往形成滑坡、滑塌和大型热融侵蚀地形, 当高含冰量冻土, 特别是厚层地下冰出露地表时, 热融过程将较为强烈, 如果消除这种斜坡上的植被并开挖土石方, 其后果尤为严重。在地面坡度为 $7^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 和大于 15° 的斜坡上, 融冻泥流、热融侵蚀过程往往发育十分充分。

青藏铁路沿线多年冻土及冻融侵蚀类型沿线的多年冻土主要分布在铁路里程DK957+640~DK1 513+770之间,其中不同类型的融区约为102 km,其余453 km均为多年冻土地段。以青藏铁路唐古拉山口—拉萨为例,该段不同类型的融区累计11.89 km,多年冻土地段81.28 km。在多年冻土地段中,高温极不稳定区的长度为51.52 km,占多年冻土区长度的63.4%;高温不稳定区的长度为15.26 km,占多年冻土区长度的18.8%;低温基本稳定和低温稳定区的长度为14.5 km,占多年冻土区长度的17.8%,高含冰量冻土(富冰、饱冰和含冰土层)为24.33 km,占多年冻土区长度的29.9%;低含冰量冻土(少冰、多冰冻土)为56.95 km,占多年冻土区长度的71.1%。

1.3 多年冻土环境影响因素分析

所谓环境,就是“影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体”。为适应和保护冻土分布区的这个“总体”,就必须研究和认识冻土环境的特点及其对人类生存和发展的影响,研究和认识冻土环境天然变化的总趋势和人类活动对这个环境的影响。

冻土是一种对温度敏感和易变的地质体。它是在地壳内热源和地壳外热源的综合作用下形成、发展、退化、消亡的。引起冻土体发生温度变化的原因,一般包括以下两方面:其一,主要是通过热传导使土体增温或降温,从而影响到冻土的稳定性。其二,在热量交换过程中,体系与环境还发生不可忽略的物质交换,而物质交换又带来更大的能量交换,冻土体除了温度变化之外,其结构与构造还受到很大的扰动。

铁路沿线冻土环境的影响因素可以分为外部因素和内部因素(详见图1)。外部因素是指铁路

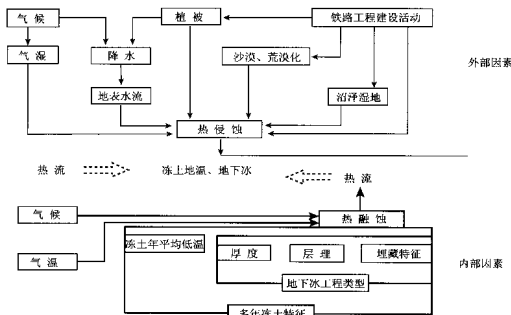


图1 冻土环境影响系统图

注:出自《青藏铁路环境评价报告书》,兰州,铁道第一勘察设计院,2002。

沿线一定范围内气候因素（气温、降水、辐射平衡、雪盖）、地形地貌（海拔、纬度、坡度、坡向、下垫面）、第四纪构造运动、铁路建设的工程活动（修筑工程建筑物、开挖、铲除植被），内部因素是指岩土性质、地质结构、含水量、含冰量、年平均地温等。二者相辅相成，内部因素决定冻土本质特征，外部因素控制和制约内部因素。在这复杂的工程中，冰/水—热—土的动态变化是冻土环境变化的核心，自然地理、地貌、水文、土壤和生物等因素均制约着多年冻土的生存和发展，而多年冻土反过来对这些环境因素又起着巨大的反作用。

2 修建青藏铁路采取的保护冻土环境措施

冻土环境是一种寒冷的自然地理和地质环境（地球冷圈的一部分），土的冻结和融化作用塑造出独特的冷生现象和自然景观，人类活动积极地参与了这一作用，在这个独特的环境下也就造就了协同发展着的脆弱的生态系统。冻土本身对外界条件改变的响应极其敏感，气候条件的变化和人类活动又是破坏外界条件及冻土本身能力巨大的因素，如气温的升高，地表覆盖层的破坏，常会导致冻土的退化，从而引起一系列冻土现象和多年冻土地表景观的破坏，严重威胁到冻土地区各类工程建筑物的稳定。同时，大量事实已证明，脆弱的高原多年冻土生态环境遭到破坏后，恢复将十分困难，甚至不可能。

由于青藏高原特殊的自然地理环境，高原多发的多年冻土冻融灾害问题及工程建设中冻土环境与工程间相互作用等问题，使寒区工程建设具有一定复杂性和困难性。青藏高原多年冻土具有地温高、厚度薄等特点，其复杂性和独特性举世无双，加之全球气候变暖、工程扰动，势必对冻土产生长远影响，而冻土又是一种对温度极为敏感的上体介质，含有丰富的地下冰，易产生水分迁移而发生相变，具有流变性，且其长期强度远低于瞬时强度，并具有融沉性和冻胀性。因此，在冻土区修筑工程常面临冻胀和融沉两大工程问题。

在多年冻土区建设高原铁路是一项世界性难题。在工程作用下，冻土随季节交替不断冻结、融化，极易造成路基冻胀、下沉，严重影响铁路行车。当这些不良冻土现象威胁到铁路安全运营和工程稳定性时，就会演变成工程灾害。特别是在高含冰量、高温多年冻土的斜坡地带，十分微弱的工程热扰动就可能引起冻土区斜坡稳定性的变化，导致工程病害或灾害。

正在建设中的青藏铁路是目前全球穿越永久冻土地带最长的高原铁路。施工势必会对多年冻土活动层造成影响，如果没有相关保障措施，就会进而导致路基基底下沉，影响路基的稳定性。青藏铁路的成败决定于路基，而路基最大的问题就是多年冻土。只有保护冻土，才能保证路基稳定。

2.1 合理控制路基高度

路基工程设计中，为了利用季节融化层作为路基基底，防止多年冻土顶部含冰量较大的土层发生融化下沉，要求具有不致引起冻土天然上限下降的路堤高度，这个路堤高度称为下临界高度。同时，最高的路堤高度又不会在堤体或地基土内残留融化夹层，这个最高路堤高度称为上临界高度。因此，下临界高度和上临界高度构成了评价路基热学稳定性的两个指标。路基合理高度的研究是从路基稳定性与经济效益两点出发的，是结合工程实际需要在上、下临界高度之间选择路基设计高度，以避免路基过低、过高引起的病害和路堤过高造成的不经济。大量的现场观测资

料及数值计算结果表明,路基高度太大或太小都会造成路基下多年冻土上限的下降。

根据青藏高原观测资料,填土高度超过0.5 m时,上限就会上升,当这种人为上限因填土而上升至地表或地表以上时,天然地基可以不做工程处理。20世纪60年代至今,通过长期的试验与跟踪观测可知:一般路堤高度1~2 m,其基底多年冻土就能得到保护,并配合相应的保温护坡、护道,这些路段路堤下即可形成冻土核,冻土上限上升。通过对青藏公路的工程分析,当路基高度高于保护冻土的临界高度时,冻土上限保持原来位置或略有提高,也就是说,路基高度高于保护冻土的临界高度时路基稳定性较好。

在本次青藏铁路路基工程中,在高原多年冻土及岛状冻土地段严格采用保护冻结状态的设计原则,尽量减少挖方,注意避免低填浅挖及零断面,一般地段路堤最小高度不小于1.40 m;地表潮湿及排水困难地段,路堤最小高度不得小于2.0 m,基底必须采用砂卵(砾)石进行换填,其厚度为1.0~1.5 m且不小于天然上限,为防止地表水人渗基底,需在砂卵(砾)石垫层表面铺设2~3层土工布,并充填30 cm厚的黏土隔水层。所以合理控制路基高度,适当提高路基填土高度,用天然土保温,是保护冻土最有效、最经济的方法,可普遍采用。

2.2 主动冷却路基

青藏铁路建设工程不但考虑了目前国际通用的,在多年冻土区进行工程建设的三种设计原则,即保护冻土、控制融化速率和允许融化一种设计原则,并且,为了应对高温冻土和全球变暖的严峻挑战,还必须改变以往一直沿用的消极保护冻土的措施,采用积极的保护冻土措施。在全球气候变暖和工程扰动的大背景下,以中国科学院院士程国栋为代表的青藏铁路冻土攻关的科研工作者根据多年研究的成果,创造性地提出了主动冷却路基的思路,即冷却地基土体,主动降温,减少传入地基土的热量,以保证多年冻土的稳定性,从而保证修筑在上面的工程的稳定性。为此,必须在了解气候—工程—冻土相互作用规律的基础上,研究开发新的地温调控原理和技术,采用高新技术,以确保铁路工程的稳定。

青藏铁路确立了“主动降温、冷却地基、保护冻土”的设计思想,使冻土工程设计实现了“三大转变”,即对冻土环境分析由静态转变为动态;对冻土保护由被动保温转变为主动降温;对冻土治理由单一措施转变为多管齐下、综合施治。为了实现“保护冻土不致退化”的工程设计主导原则,日前高温高含冰量路段均采用了冷却路基、主动保护多年冻土的工程措施。

2.2.1 抛石护坡与抛石路基

抛石护坡和抛石路基主要是以碎石堆砌形成缝隙,缝隙中的空气形成对流,以保持路基下冻土的稳定,并阻止外界热量进入。其工作原理是,由于抛石材料的孔隙性大,空气可在其中自由流动或受迫流动。当暖季表面受热后,热空气上升,块石中气体处于热传导状态,且仍能维持较低温度。因此,传入地中的热量较少。寒季时,冷空气沿孔隙下渗,块石中气体处于热对流状态,对流换热向下,较多的冷量可以传入地基中。所以,其综合效果是冷量输入大于热量输入。另一方面,抛石堆体内以其较大的空隙和较强的自由对流使得冬夏冷热空气由于空气密度等差异而不断发生冷量交换和热量屏蔽,其结果有利于保护多年冻土。抛石路基和抛石护坡建成后,石块之间缝隙的空气在冬天形成循环,使路基保持与外界同样的温度,在夏天则成为“天然隔热层”,有效阻止外来热量的进入,使路基下多年冻土层的坚固性不会因施工而受到影响。日前青

藏铁路已经建成的路基中,有80%以上采取了以抛石路基和抛石护坡等为主的路基新结构。经过实际施工验证和持续现场观测,抛石路基和抛石护坡能够有效地解决路基下冻土冻胀和融沉对路基的危害。

2.2.2 通风管路基

通风管路基主要由路基土体、道碴和通风管构成,就是在路堤中埋设直径30 cm左右的金属或混凝土横向通风管,这样可以有效降低路基温度,起到通风保温和保护冻土的作用。其工作原理是:在寒冷季节,冷空气有较大的密度,在自重和风的作用下将管中的热空气挤出,并不断将周围土体中的热量带走,达到保护地基土冻结状态的目的。俄罗斯冻土科学家曾针对管道通风制冷系统进行了试验研究,工程中将通风管垂直于路基走向埋设在路堤填土底部,同样,进风和出风口的高度不同,研究结果表明工程效果良好。

2.2.3 热棒制冷技术

热棒制冷技术是一种利用液汽转换对流和循环来实现热量传输的系统,是无源冷却系统中热量传输效率最高的装置。它具有传热能力大、传热温差小、启动温度低、均温性能好以及单向传热和安全经济等特点,既可以将冷量有效地传递贮存于地下,又可有效地阻止热量向下传递,是一种可控热量传递的高效导热装置,可以用于冷却地基、防止融沉冻胀等冻害发生。青藏铁路建设中,在高含冰量低路堤和路堑等易产生病害地段,就采用了热棒结合保温材料的处理措施,这是由于这些地段路基基床结构方面在技术上的特殊要求,抛石路基等措施不宜采用,而单一采用填筑土和保温材料的措施有过产生病害的经验教训,因此这一措施就成为多年冻土地区高含冰量地段低路堤和路堑工程的主要处理措施。

2.2.4 遮阳棚、遮阳板路基

遮阳棚技术从传热理论上讲,属于调控辐射以有效控制路基温度场的一种积极主动的保护冻土措施。遮阳棚的主要优点是它既能遮蔽太阳对路面和路基边坡的辐射,又能有效地防止夏季降水渗入路基和冬季降雪覆盖路面,并且能够保证路基的整个横断面利用外部空气进行自然和均匀的通风。在正常有序地排除地表水和地下水的情况下,若路堤及基底附近无积雪和太阳辐射,就可以完全消除路堤变形的根源——路堤基底多年冻土层退化,进而消除路堤产生的变形。

除了以上这些方法,在多年冻土保护中还可以应用人工冻结技术,即将冻结管插入土中,利用人工冷液在冻结管中循环,使土层冻结。冷液可以选用盐水,也可用液氮。一旦冻土路基发生了融沉或融陷(大的融沉),用其他方法不能治理时,人工冻结技术也不失为一个好的抢险措施。

2.3 在路基中埋设工业保温层

通常所说的“保温法”,即是在路基内加铺一层保温材料,利用保温材料的低热导性(热阻)阻止上部热量进入下部上层,从而起到保护多年冻土作用的一种方法。铺设保温层后,保温层下的最高温度包络线始终处于无保温层时的最高温度包络线的内侧,即有保温层时多年冻土的上限一般高于无保温层时多年冻土的上限,保温材料在多年冻土路基中可以有效防止多年冻土的融化。对于道路工程,修筑道路后路基内通常早热积累发展趋势,因此保温层的效果也只是减弱热积累的发展,延缓多年冻土的升温,而不能扭转这种热积累的趋势。在路基中埋设保温层,可以改变进入多年冻土的热周转量,但是不能改变进出多年冻土热量平衡的趋势,可以减缓路基下部

多年冻土融化和升温作用,但它不能从根本上保护多年冻土,只能在冻土温度较低的路段适当采用。因此,在多年冻土温度较低的地段可以适当采用,在高温路段应尽量避免使用。考虑到气候变化,高温高含冰量的路段应尽量采用主动冷却路基的工程措施。

2.4 以桥代路(旱桥)

对于极不稳定的多年冻土地段,青藏铁路采取了以桥代路的工程措施,即用旱桥跨越极不稳定的高温多年冻土地带,避免用路基跨越冻土地段,从而达到保护冻土的目的。以桥代路结构在结构形式上与一般地区桥梁结构并没有本质的区别。在冻土区非河流地段,冻土的温度和水分特征(高温和高含冰量冻土地段)决定了如果采取路基通过,现有路基结构形式在热传导特性上还没有绝对的把握以保证冻土的热稳定性和路基的稳定性,而如果采取合适的桩基类型的桥梁通过该类地段,则在技术上有更大的可靠性。旱桥桥墩的桩基一般深达16~17 m,穿透风化层,直抵基岩面上,以保证其承载力不受冻土变化的影响。穿越可可西里冻土区的清水河特大桥,长达11.7 km。清水河特大桥每一座桥墩下面有4根桩基,每根桩基要深入地下20 m以上,浇筑桥墩的混凝土经过特殊的加工,使它的温度可以和深层的稳定冻土保持一致,能够以最短的时间与周围的冻土固结在一起。尽管地表的浅层冻土随着冻融循环不断变化,清水河大桥依然可以保持稳定,不受干扰。实践证明,以桥代路这种解决多年冻土难题的手段,已经取得了成功。

3 结束语

冻土环境是寒区生态环境的重要组成部分,人类活动和气候变化会对冻土环境产生很大的影响。但是,在青藏铁路工程建设中的冻土工程问题是可以透过特殊的工程结构措施解决的。在第6届国际多年冻土工程会议中,中外专家充分肯定了青藏铁路在攻克多年冻土难题过程采取的一系列有效措施保护冻土环境的做法,对青藏铁路建设者极为关爱高原冻土环境表示由衷钦佩。青藏铁路多年冻土区工程建设所采取的以冷却地基为主、积极保护冻土的设计思路正确,针对不同水文地质环境因地制宜采取片石通风路基、碎石护坡、热棒与保温材料以及采用以桥梁跨越工程地质最为复杂的多年冻土地段等多种工程措施解决多年冻土难题,体现了当代冻土区铁路工程建设的先进水平。

冻土环境路基工程保护措施

石刚强 窦 顺

(中铁西北科学研究院, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 青藏铁路在设计和施工中遵循“冷却地基土体, 减少传入地基多年冻土的热量, 保持多年冻土的稳定”的指导思想, 实现了三个转变: 从静态设计到动态设计的转变; 工程结构和工程措施从单一到综合的转变; 工程结构和工程措施的选取从被动措施到主动措施的转变。同时, 采取片石气冷路基、片石护道和碎石护坡路基、热棒路基、通风管路基、铺设隔热层路基、排水隔水措施以及以桥代路等主要措施来保护冻土环境, 并建设冻土长期观测系统进行监测和预警, 从而保证工程建筑物的稳定, 保护冻土环境的稳定, 确保铁路工程安全通过冻土区。

关键词: 冻土环境; 多年冻土; 稳定; 片石气冷; 热棒

1 概 述

青藏高原多年冻土是高原环境的主要依附体, 冻土环境与整个高原生态环境的演化发展处于密切联系和相互作用中, 多年冻土的退化和植被退化之间呈正反馈机制。在不破坏多年冻土区自然环境和生态环境的前提下, 在维持地温条件不变时, 多年冻土是良好的地基, 工程建筑物是稳定的; 但多年冻土环境一经破坏, 多年冻土将产生退化, 出现热融滑塌、溶冻泥流、热融沉陷、冻胀丘、冰锥等不良冻土现象, 影响植被发育, 造成水土流失, 破坏建筑物的稳定性。

青藏铁路格拉段沿线经过多年冻土地带546.4 km, 其中高温极不稳定区199.8 km, 高温不稳定区74.5 km, 低温基本稳定区和低温稳定区170.5 km, 高含冰量地段223.2 km, 低含冰量地段221.8 km。为了保护沿线冻土环境, 必须采取有效措施, 使施工对环境的影响降到最低限度。

2 冻土特性和冻土工程设计思想

2.1 冻土特性

处于零度或零度以下, 并含有冰的岩石或土体称为冻土。冻结状态维持在两年或两年以上的冻土称为多年冻土。根据年平均地温, 将多年冻土划分为高温极不稳定区、高温不稳定区、低温

基本稳定区和低温稳定区；根据含冰量的多少，将冻土划分为高含冰量冻土（富冰、饱冰冻土和含上冰层）和低含冰量冻土（多冰、少冰冻土）。

温度和水分是控制冻土工程性质的主要因素。冻土特性与土中含冰量有关，而含冰量又直接与温度相关，温度升高，含冰量减少。冻土中的水分随温度的变化在一定条件下发生剧烈相变，水分的固、液相变化引起土体体积的剧烈变化，导致土体发生一定的冻胀和融沉变形，修筑在冻土上的工程结构物随之发生变形。

在青藏高原多年冻土区修建铁路的工程活动，从某种意义上说，在改变着多年冻土的生存环境。挖方作业、路堤基底换填和压实、填方作业等，都在改变着多年冻土上部季节融化层的热学性质，从而改变了多年冻土的生存环境，使其热稳定性受到扰动，影响上部建筑物的稳定性。工程建筑物的失稳还会影响冻土的温度和水分条件，继续影响冻土的热稳定性。

2.2 冻土保护工程设计思想

随着青藏铁路冻土区工程建设的深入和发展，对冻土问题的认识也在不断深化和提高，设计思想、施工技术经过了多次建设实践的检验，逐渐形成一条明确的技术思路，即冷却地基土体，减少传入地基多年冻土的热量，保持多年冻土的稳定，从而保证工程建筑物的稳定。同时，设计思想发生了一个转变：从静态设计到动态设计的转变；工程结构和工程措施从单一到综合的转变；在工程结构和工程措施的选取中，实现从被动措施向主动措施的转变。

为了保护多年冻土，设计中采用以下原则和措施：

（1）当各类路基结构不能确保冻土热稳定性和冻土工程稳定性时，在高温高含冰量地区采用桥梁通过；

（2）大部分高含冰量冻土区段单独或综合采用片石气冷路基和碎石护坡结构；

（3）年平均气温较高、采用路基通过的高温冻土区段，除了采取块石路基结构外，必要时用热棒和遮阳板作补强性工程措施；

（4）低路堤和采用了保温板的部分路基，采用热棒作为补强性工程措施。

3 冻土环境保护采取的主要措施

在多年冻土区修筑道路工程后，原有的地气热交换条件发生了变化，其结果通常是路基内的吸热量增加。路基内逐年的热积累使下伏土体温度升高、多年冻土融化，从而引起道路的下沉变形。青藏铁路采取针对性的措施来保护冻土环境，保证工程建筑物的稳定。

3.1 片石气冷路基

片石气冷路基是空气可以在堤身流动的路堤结构（图1），使用片石填筑路基，其原理是利用堤身人为造成的空隙来改变一般填筑路堤的传热方式，使之由单一的导热方式变为导热与对流的混合方式，促进堤身热量的散失，提高基底的冷储量，维护基底多年冻土的稳定。

由于路堤存在空隙，空气可以在其间自由流动。暖季，太阳辐射加热路堤表面（坡面），在路堤表面（坡面）形成一层热幕。外部热空气比孔隙中的冷空气密度小，故外部热空气不与孔隙中的冷空气发生对流，加之路堤表面（坡面）的热幕象网幕一样，使孔隙中的空气处于相对静止状态，空隙的存在起到一定的热屏蔽作用，相应减少了传入地中的热量。寒季，堤中温度高于外

界气温,密度大的强冷空气在冷却堤表(坡面)的同时,还进入堤中的空隙,通过对流换热不断地置换空隙中相对较热的空气,进一步降低堤身和基底的温度。此时,导热换热与对流换热的热流方向一致,堤身与基底热量的散发速率加快,大大增加了地基中的冷储量,有效地保护了多年冻土的相对稳定。在青藏铁路建设中大量采用片石气冷路基结构和片石护道结构,以及它们与碎石护坡组合的综合措施。

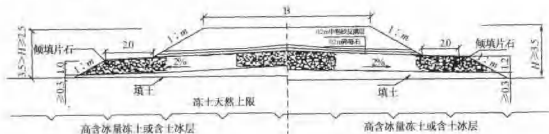


图 1 片石气冷路基结构示意图

试验段观测资料显示:倾填片石的点接触及足够大的孔隙度,具有明显的热开关作用,能够有效降低基底的温度,增加基底冷储量,是保护多年冻土的一种主动工程措施。

3.2 片石护道和碎石护坡路基

片石护道和碎石护坡路基的结构原理和片石风冷路基一样,都具有降温作用,包括暖季的热屏蔽作用和冬季的冷却地基作用,其结果有利于多年冻土保护。此外,碎石护坡通过阴阳坡设置不同的厚度,减少路基体对太阳辐射的吸收,使路基阴阳坡下冻土温度场趋于一致,消除路基横向的不均匀变形。观测资料显示,加碎石护坡的路基热屏蔽作用要好于不加碎片石的普通路基。因此,采取加碎石护坡的措施,可以更好地保护多年冻土。

3.3 热棒路基

热棒是一种液汽两相相对流循环热传输装置(图2),它由一根密封的金属管组成,管内充装液体工质,管的上部为暴露在空气中起散热作用的冷凝器,下部为埋入冻土上层内的蒸发器。当冷凝器的温度低于蒸发器的温度时,蒸发器中的液体工质吸收热量而蒸发,在压差作用下蒸汽上升至冷凝器,放出热量并冷凝成液体,在重力作用下沿管壁流回蒸发器,如此循环使冻土冷却降温。当冷凝器温度高于蒸发器温度时,热棒停止工作,大气中的热量不能通过热棒传至冻土中,所以热棒具有单向传热的特点。

热棒路基结构是一种保护冻土的积极措施,其特点是充分利用自然热源,增加冻土本身的冷储量,提高冻土热稳定性,从而保证路基的稳定性。热棒在冷却地基、路基补强和病害处理等方面具有广阔的应用前景。

3.4 通风管路基

通风管横向埋设在路基体某一高度处,与路基填筑材料组成复合式通风路基(图3)。一方面,通风管中空气的导热性比土层小,可以起到隔热作用,减少传入基底的热量。另一方面,通风管中空气流动,以对流的方式使路基体散热,冬季冷空气在孔内流动,有效降低基底地温,增

加基底的冷储量,保护基底多年冻土。



图2 热棒试验路基



图3 通风管试验路基

通过分析监测资料,对比目前冻土地区路堤工程结构类型,从被动调控与主动调控地温的角度分析,通风路堤是一种从对流角度积极主动调控地温的工程结构,在降低路堤填土及其下部天然土体的温度方面具有良好的工程效果。

3.5 铺设隔热层路基

铺设隔热层路基是在路基内加铺一层保温材料,利用保温材料的低热导性(热阻)阻止上部热量进入下部土层,从而起到保护多年冻土的作用。其作用有正负效应两个方面:正效应达到隔热,防止冻土地基升温,减少冻土的冷量损失,负效应则阻隔了寒季期间冻土地基冷储量的增加。

3.6 排水隔水措施

无论是地表水还是地下水,水的流动和侵入都会带来大量的热,使多年冻土融化,上限下降;在季节融化层的冻结过程中,丰富的水分能引起地基工程强烈的冻胀;因此,冻土区排水隔水措施是保证工程结构物稳定性的重要环节。挡水埝和土护道是冻土区采用的主要措施,挡水埝的设置可提高冻土上限,有利于保护多年冻土,同时挡水埝中设置隔水板,底部低于冻土上限,使水在路基中不能流动,避免路基底多年冻土融化影响建筑物的稳定。

3.7 以桥代路结构

地温较高的不稳定冻土区修筑建筑后,特别是高含冰量冻土对地表的扰动十分敏感。地表一些不大的变化,如植被的破坏、水流的变化等都会引起多年冻土不可逆的变化。在冻土区非河流地段,冻土的温度和水分特征(高温和高含冰量地段)决定了如果采取路基通过,现有路基结构形式在热传导特性上还没有绝对的把握。为保证冻土的热稳定性和路基稳定性,采取合适的桩基类型的桥梁通过该类地段,在技术上有更大的可靠性。青藏铁路在楚玛尔河高平原高温高含冰量地段有20多km是以桥代路的桥梁,其特点一般是桥梁墩台较低,基础大多为混凝土灌注桩,施工多采用对冻土热扰动较小的旋挖钻机和干钻工艺。青藏铁路冻土区桥梁共有472座,长度126.6km,清水河特大桥是青藏铁路最长的桥,该桥全长11.7km,为1366孔8m预应力先张混凝土耐久桥梁。

3.8 拼装式涵洞基础

涵洞基础的选择主要考虑混凝土施工中水泥水化热对涵洞基底多年冻土的热扰动。大量采用拼装式涵洞基础,并在施工中采取最快的开挖基坑和吊装基础,可最大限度地减少对冻土的热扰动。

4 建设冻土长期监测和预警系统

青藏铁路修建后冻上条件不可避免要发生变化,冻上变化的根源来自太阳辐射影响的气温变化,工程的介入改变了冻土环境,使冻土加剧变化,影响到工程稳定性。

2004年11月开始进行的长期观测系统建设,围绕这一复杂变化过程的主要影响因素气温,即冻上变化体现形式(地温)和工程表现形式(工程建筑物变形)进行观测。系统观测的核心数据是冻土区典型地段的气温变化规律、修筑铁路前后冻上温度特征的变化、施工过程和运营期随着冻土温度特征变化的工程建筑物变形规律。长期观测系统建设的功能以冻土区气候、自然地理地质条件、冻土特征数据为基础,建立冻土区空间数据库,在对太阳辐射(气温)—冻土—工程建筑物相互作用研究的基础上,提出冻上和工程建筑物相互作用对工程稳定性影响的预测预报模式,组成依靠长期观测系统的数字路基平台,及时分析监测数据,提出病害发生预警。

5 结论和建议

(1) 在“冷却地基土体,减少传入地基多年冻上的热量,保持多年冻土稳定”设计思想指导下的工程措施,可以有效降低基底地温,增加基底的冷储量,保护基底多年冻土。

(2) 对于多年冻土区潜藏的冻土环境问题应加强监测和管理,建设长期观测系统是实现监测和预警的有效途径。

(3) 在青藏铁路建设和运营中,对冻土环境的脆弱性和不可逆性应有足够的认识,对高原冻土区铁路施工的特殊工程措施、冻土环境保护的特殊性和冻上环境保护的关键技术应有明确认识,尽量减少对多年冻土环境的破坏,保护高原生态环境,防止引起草场退化、荒漠化和水土流失等,从而保护冻土环境的稳定,确保铁路工程安全通过冻土区。

冻土地段的施工与环境保护

王友芽 胡种新

(中铁五局集团公司青藏铁路指挥部, 青海 格尔木 618000)

摘 要: 多年冻土区施工方案的制定应充分考虑冻土环境自身的规律, 科学合理地安排施工季节、施工进度、施工行为, 保护地表植被, 保持冻土的原始热平衡条件; 采取有效工程措施, 避免或减少对多年冻土环境的破坏。同时, 加强施工期管理, 严格控制热污染物的排放, 所有施工便道均应采用冻土保护原则, 按照宁填不挖的要求进行设计修建; 并最大限度地减少取土面积, 对多年冻土区路基的合理高度、用冻土作填料和以桥代路的可行性进行必要研究。

关键词: 多年冻土区; 冻土施工; 环境保护; 技术措施

1 工程施工对多年冻土地区的环境影响

多年冻土地区的现存冻土环境是地质历史时期的产物, 多年冻土环境包括多年冻土区的自然环境和生态环境。在不破坏多年冻土区的自然环境和生态环境的条件下, 多年冻土是相对稳定的。

保护多年冻土环境是保障多年冻土区铁路工程稳定的关键。多年冻土区工程施工不可避免对沿线多年冻土环境将产生消极影响, 主要表现在对多年冻土水热平衡状态的扰动, 从而引起高原多年冻土在平面上和垂直剖面上发生变化, 以及由此引发的对高原多年冻土区生态环境的破坏、地表景观的改变和土壤侵蚀量的增加。如果对冻土环境的脆弱性和环境过程的不可逆性有足够认识, 对高原多年冻土区铁路施工的特殊工程措施有清晰的认识, 从而采取及时有效的防护或恢复措施, 就可在施工过程中尽量减少对多年冻土环境的破坏。

2 冻土施工的环保要求和具体措施

2.1 冻土施工的环保要求

从 21 世纪现代科学技术水平和保护人类生存条件的角度出发, 环境保护是贯穿铁路建设全过程的一条主线, 对青藏铁路建设来说, 环境保护更应从设计阶段打下坚实的基础, 在施工运营阶段始终如一地贯彻执行环境保护的主导思想。青藏铁路工程建设严格执行了环境影响评价制度

和环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产的“三同时”制度的要求。施工中应贯彻“预防为主、保护优先、开发和保护并重”的原则,采取有效措施保护环境。

(1) 冻土工程施工必须有利于冻土环境的保持或恢复,使生态环境不因工程活动而恶化,确保环境保护目标的实现。

(2) 建立有效的文明施工和环境保护管理机构,制定切实可行的管理细则,并贯彻实施。

(3) 认真执行国家颁布的有关法律和条例,对施工人员进行多年冻土区环境保护和文明施工教育,增强职工的环保意识,提高职工环保和文明施工的素质。

(4) 将环境保护和文明施工落实到各级施工单位和部门,实行管理目标责任制,并将环保和文明施工目标与各作业班组和管理人员的收入分配挂钩。

(5) 采取有效措施保护地表植被,保持冻土的原始热平衡条件,避免改变冻土的稳定性。

(6) 施工期应加强管理,严格控制热污染物的排放。施工方案的制定应充分考虑冻土自身的规律,科学合理地安排施工季节、施工进度、施工工序,切实加强冻土环境保护。

(7) 开展定期或不定期的环保及文明施工检查,针对检查中发现问题及时处理。

2.2 临时工程施工措施

(1) 在各临时工程的设置与施工管理中,以不破坏或减少对植被和冻土的影响为原则,保护冻土、保护高寒植被,保持水土,并保证地表水体原有状态及溪沟水流方向。按照环境保护要求规划好施工场地和施工便道,并用围栏把已规划好的场地围起来,以此限制施工人员和施工机械的活动范围。

(2) 施工营地应选择植被稀少的坡地、荒地及非高含冰量冻土地段,且距线路不少于500 m,并远离环境敏感地区布设。避免设置在野生动物栖息地及迁移主通道上,并尽量减少占地面积。采暖房屋应采取隔热或架空处理,以防人为热源对冻土环境造成影响,减少对基底多年冻土的热扰动。加强施工管理,严格控制热污染物的排放。施工场地、营地施工结束后先清理、平整,进行地表恢复,对有绿化条件的营地、场地根据实际情况进行绿化。

(3) 所有便道均采用保护冻土原则,料点便道、取弃土场便道在施工前将10~30 cm厚的表层土、植被层分割划块铲起,集中保存加以适当养护,待施工结束后在土地平整的基础上将养护成活的草皮回铺,或根据实际情况撒播草籽。修建按照宁填勿挖的要求进行施工,填筑厚度不小于0.7 m,必要时在高含冰量冻土或厚层地下冰地段增设工业保温材料进行隔热。便道选线时不仅要考虑保护冻土原则,还要注意避开冰锥、冻胀丘、植被等,尽量避免对生态环境的影响。便道数量在满足工期的前提下尽量集中统一,宁少勿多,达到保护环境和降低成本的双重目的。所有施工便道在两边应插设彩旗,用以规范施工车辆的行驶范围。

(4) 混凝土拌和站应设置在距线路200 m以远的少冰、多冰冻土地带,避免寒季加热原材料产生的热效应,加热原材料尽量采用燃油锅炉,以减少燃煤锅炉产生废渣、废气。

(5) 砂石料场尽量选择植被稀疏的山包、丘包、隔区、河滩及少冰、多冰冻土地带,严格按照环境保护、水土保持、矿产资源管理的要求,做好砂石料场开采的办证工作,严禁无合法手续随意开采。对砂石料场取料后进行平整,对片状石料场取料后进行平整并在坡脚进行挡护,采取自然恢复措施。

(6) 油料存放地应杜绝油品的跑、冒、滴、漏,防止污染。施工人员餐饮取暖宜选用清洁能源,对施工营地产生的废水使用简易污水池进行处理。在生活区设置了垃圾箱,对生产、生活垃圾进行分类(可降解和不可降解)堆放,可降解垃圾定期择地(临近的取土场、弃土场)掩埋,包装类(塑料袋、罐、瓶、电池等不降解垃圾)和含石油类的固体垃圾集中运至格尔木市垃圾场处理。生活废水经沉淀处理后就近排至不外流水体,不得在生活区形成新的积水洼地。

2.3 冻土工程施工措施

做好施工场地的布置规划,本着集中统一、少占用地和最大限度保护植被、限制人机活动范围的原则,加强施工管理。对重点土石方、特大桥、大中桥等工点进行较详细布置。

根据实际情况,对线路两侧及施工便道实施植被恢复。严禁挖取其他地方的草皮用于铁路工程防护,严禁破坏冻土环境,避免诱发冻融病害。

工程施工应选择适宜的季节和时段进行,避免对场地地温和周围环境产生不良影响。高含冰量冻土地带的开挖宜选择在寒季进行,并采取及时有效的保温隔热措施。

施工影响范围内,在施工前将草皮铲起,采取措施保护,以便在施工完毕后对施工场地进行恢复或按设计要求移植到其他地方。

加强草地、湿地的保护。为了减少路基工程占用湿地的长度和宽度,保证湿地水源涵养功能不受影响,多次进行现场优化设计,采取了绕避、以桥代路、设置加筋挡墙、抛填片石、填筑渗水材料等措施。

工程建设过程中应保证坡面的地表径流,避免改变水文过程致使湿地面积萎缩。禁止以沼泽湿地作为弃土渣场,施工便道不得切割、阻挡地表径流的排泄,现存地表径流与施工便道相交处要设置过水涵洞,避免改变水文过程致使湿地萎缩,切实保护高寒湿地。

2.3.1 路基施工

路堤施工时,应严格限制各类施工机械和车辆行走路线,可充分利用路基区域行车。不得与路堤平行设置施工便道,并注意填筑碾压时不得将填料任意散落于路基范围外。

路堑开挖前,应将原地表草皮切割成规则的草皮块,并堆放一处加以养护,待施工完后用于边坡防护等。路堑开挖的土石方符合填料条件的应尽量利用,以减少取、弃土数量。

路堑和低路堤、零断面基底采用爆破开挖时,不得使用扬弃爆破,以保护地表植被。严格控制钻眼粉尘、爆破振动、爆破冲击波等破坏作用。不论采用机械或爆破开挖,都要有效控制开挖断面,缩短暴露时间,同时对暴露的冻土、冰层做昼夜开夜的遮挡防护,减少热融影响。暖季开挖的路堑在清方成型后应尽快完成回填,避免开挖断面长时间暴露。弃渣、弃土等的装载应拍实表面,不准超载,必要时覆盖篷布,以减少运输过程的扬尘污染。

2.3.2 桥涵施工

桥梁基础设计为钻孔灌注桩时,大量采用旋挖钻机,尽量采用干法成孔,以减少桥梁施工对水体的污染,减少对地基温度场的扰动。采用冲击反循环钻机钻孔时,采用钢箱作泥浆池并用枕木架空,避免污染环境或扰动多年冻土的热平衡。

采用保护冻土原则设计的涵洞宜安排在寒季施工,采用延缓融化速率原则设计的涵洞可在暖季施工。涵洞施工尽量采用爆破法快速机械化开挖基坑,只有当所有建筑材料和施工机械备齐

后,才能开挖基坑。基坑开挖后,如果发现基础全部或部分设在纯冰层或含土冰层上,应变更设计调整基础埋置深度。基坑不得积水。矩形涵洞施工采取涵节集中预制,现场拼装,快速施工。

对桥梁基础施工及混凝土拌和站产生的冲洗泥浆废水要求设置沉淀池,采取静置沉淀法进行固液分离,分离出水用于喷洒场地或道路,以减少扬尘。对桥梁围堰产生的废水及时清除水中杂物,灌注水下混凝土时,对孔口溢出的废浆应及时清运至集中弃土场。施工结束后,对原有河道、沟渠进行清淤,疏通河道;对河滩采砂产生的含废水泥沙沉淀池,待泥沙沉淀后,可排入河流。

施工结束后,应及时清除垃圾、杂物,并对临时用地加以平整和恢复表面植被。对施工原有河道及沟渠进行清理,保证水流畅通。

2.3.3 取土场、弃土场的设置

采取分段集中取土原则,最大限度地减少取土场数量。取土场选择在不植被和植被稀疏的地带,严禁侵占河道、湿地、自然保护区的核心区和缓冲区等环境敏感地带,取土场的距离要远离路基本体200 m以上。不得在下列地段取土:高含冰量冻土地段,融冻泥流、热融滑坍等冻融侵蚀发育的地段,横坡明显的坡地边缘地带,植被发育的地带,野生动物主通道上,输油管、通讯光缆埋设处10 m范围内。不得在通讯线网下、输油管道、通讯光缆25 m范围内放炮爆破。

为了保护冻土、植被、自然景观和严格控制破土面积,以环评报告书为依据,在青藏铁路建设中形成由建设单位牵头,设计单位、监理单位、施工单位等参加,对取弃土场、砂石料场进行现场核对优化,并报地方主管部门核备的工作制度。对不符合景观保护要求、植被保护要求的取弃土场予以取消或改移位置。

弃土场应选择在地势低洼、无地表径流、不植被覆盖或植被覆盖较差、远离线路的荒地,严禁侵占河道、湿地、自然保护区的核心区和缓冲区。弃土堆应按设计要求对坡脚进行挡护,堆顶应进行平整覆盖,并作好排水设施,防止水流冲刷。取、弃土场至路基间应设计固定行车路线,不得随意行车。

为了保护青藏高原的生态环境,对取弃土场等提出了熟土堆放、移植草皮的环保要求。对路基基底、取弃土场、施工便道等工程的表层熟土和植被均采取了异地移植和保存。取弃土采用挖掘机装载,自卸汽车运输,不得采用铲运机施工。

工程竣工时,所有取弃土场,进行平整碾压,回铺表土及植被层,边坡进行整理,疏通排水通道,防止场内积水,并按设计做好闭坑覆盖处理,采用挡墙进行防护,并做好排水和恢复等措施。对施工便道、施工场地和施工营地进行环境清扫、平整,除去或掩埋可能对环境带来不利影响的各类废弃杂物,尽量恢复地表水流的自然状态。

取弃土场、砂石料场、施工便道、施工营地、场地等恢复原则以达到和周边自然环境的协调、和谐为根本,以减少或消除对景观的视觉污染为依据。

2.4 其他环保措施

在施工中营造浓厚的环保氛围,重视环保宣传教育。在施工中开展多种形式、多种手段的环保宣传,定期和不定期对施工人员进行环保知识培训,发放环保知识手册,达到人手一份。在驻地 and 施工现场的显著位置树立各类环保宣传标语、宣传牌、警示牌,形成浓郁的环保氛围,使职

工树立良好的环保意识,在施工过程中能更好地贯彻执行有关环保要求,使施工人员对环保知识有了较全面的了解。

建立健全环境管理体系。在国内铁路建设史上首次引入环保监理制度,对以冻土环境保护为核心的环境保护工作实行设计、施工、监理等建设全过程的环境保护监理;在青、藏两省聘请专业工程师担任环保监督员,对所有参建各方的环保工作实施监督。

3 冻土环境保护的效果和设想

(1) 青藏铁路沿线冻土环境和工程环境间的相互作用是极其复杂的系统行为,在复杂的建设活动下对冻土和工程环境进行评价、管理、监测,合理开发、利用和控制冻土环境资源。严格按照规范和设计图施工,在实际中严格执行上述环境保护措施,确保了青藏线环境影响报告书、水土保持方案要求的保护或恢复冻土及生态环境目标的实现;减少工程施工行为对冻土环境的影响,达到既定目标。

(2) 青藏铁路以路基为主,冻土上限埋深较浅,上限以下冻土含冰量较大,可以用作填料的土层浅,取土困难,路堑弃土含冰量大难以以挖作填,因此,高原冻土区路基取土场需要比一般地区面积更大,这对地表植被将造成更大面积破坏,对高原生态环境造成更严重的影响。因此,最大限度地减少取土面积,是保护生态环境的重要措施,有必要对多年冻土区路基的合理高度、用冻土作填料和以桥代路的可行性进行深入研究。

风火山隧道施工的环保措施

杨文宣

(中铁二十局集团公司青藏铁路指挥部, 青海 格尔木 816000)

摘 要: 青藏铁路风火山隧道是目前世界上海拔最高的多年冻土隧道。在分析隧道施工对冻土环境影响的基础上, 介绍了永冻土隧道施工的实用环保技术, 包括弃渣场的选定与防护及恢复技术、植被移植与养护技术、临时设施环保技术、主体工程环保技术、洞内施工环保技术等。设置弃渣场采取工程防护与景观恢复相结合、“先挡后弃”的方法; 在进行主体工程施工时, 明洞开挖、明洞衬砌、洞身开挖分别采用了边线上孔间隔装药、微震光爆进洞技术, 防地表水冲刷边坡、仰拱、热融的排水技术, 水炮泥堵塞炮孔、微震爆破技术; 在洞边施工设置高压水枪、湿式凿岩等措施。

关键词: 永冻土隧道; 环境保护; 恢复技术; 隧道施工; 青藏铁路

0 引 言

青藏高原风火山属于低山丘陵区, 基岩大部分裸露, 侵蚀剥蚀强烈; 为多年冻土区地下冰最发育地区, 不良地质主要为多年冻土, 并广泛分布有含土冰层及高含冰量冻土, 植被覆盖率为15%~30%左右。自然生态环境原始、独特, 生物多样性丰富, 生态系统极其脆弱、敏感, 一经破坏扰动难以恢复。在此区域进行铁路建设不仅工程艰巨、技术难度大, 而且可能对施工区生物多样性、特殊生态系统、自然保护区、生态功能保护区、野生动物、高原冻土环境、水土流失、地质环境等产生影响。

通过两年来的建设实践, 承担风火山隧道施工任务的中铁二十局集团公司敢为人先, 努力开展科技攻关, 把环境保护工作放在优先发展的地位, 提出了“开发与保护并重”、“环保与质量双优”的口号, 使各项环境保护措施得到全面落实, 风火山隧道弃渣场被环保专家称作“风景点”, 为把青藏铁路真正建成21世纪环保型铁路积累了有益的经验。

1 工程简介

全长1 338 m的青藏铁路风火山隧道, 位于新建青藏铁路格尔木—拉萨段秀水河—二道沟区间, 海拔高度4 996 m, 是目前世界上海拔最高的多年冻土隧道, 号称世界第一高隧, 隧道穿越

含土冰层、饱冰冻土、富冰冻土、原始冰川、裂隙冰、夹冰断层、厚层地下冰、泥岩、砂岩、泥沙互层等。洞身最大埋深达100 m, 浅埋地段仅有8 m。该集团公司于2001年10月12日鸣响进洞礼炮, 2002年10月19日胜利贯通。2002年9月突破双月成洞100 m大关, 创造了高原永冻土隧道施工的奇迹。

2 隧道施工对冻土环境的影响

风火山隧道地层中含有含土冰层, 且埋深较浅, 除噪声、冲击、振动大气和水源污染、地层地质和土工技术特性发生改变以外, 隧道两端洞口开挖导致地表热交换改变, 易引起地下含土冰层和厚层地下冰的融化, 导致边坡热融滑塌; 掘进爆破、洞内作业、出渣调配、弃渣位置不当, 不仅影响甚至改变周围野生动物种群的活动, 而且对冻土扰动、植被影响较大。

3 环保技术

由于风火山隧道举世无双的特殊地位, 前来参观、考察的人比较多。因而, 除设置壮观的彩门和环保标志外, 做到工程施工与环境保护并驾齐驱, 用一流的生态理念和质量, 建设一流的生态环保最高隧。

3.1 弃渣场的选定、防护及恢复技术

风火山隧道进口弃渣场, 原来确定在位于进口右侧500 m以外的一个山沟内。从现场情况看, 弃渣处为高寒草甸带, 植被良好, 且常年有流水, 如果作为弃渣场, 对植被影响大, 切割径流不利于环保。经筛选综合考虑, 在距青藏公路GK3 074+800右侧50 m处的老青藏公路取土场设置了永久性弃渣场。现弃渣场面积14 800 m², 弃土平台平均高程4 937 m, 弃渣量50 000 m³。主要采取工程防护与景观恢复相结合的环境恢复措施, 坚持“先挡后弃”的原则, 三面修筑规则几何体挡渣墙, 对弃渣场坡角进行工程防护; 挡墙基础埋深2 m, 地面墙高4 m; 墙高发生变化时, 墙身尺寸以直线渐变过渡; 原设计方案中的边坡防护为干砌片石结构, 本着既增加美感、又确保边坡稳定的原则, 改用1.5 m×1.5 m预制骨架杆件进行边坡防护, 在杆件方格内移植养护的草皮; 同时, 做好地表径流的引排, 有效控制了工程活动对当地水土流失的影响; 在面向公路一侧挡墙上制作环保宣传标语, 将顶部平整并碾压成一个平台; 使整个弃渣场与逶迤的山岭融为一体, 构成良好的自然景观效果。

3.2 植被移被与养护技术

在多年冻土地段施工, 天然植被的保护是一大难题。2001年6月上场, 在营区周围、隧道进出口、弃渣场周边、便道两侧等地, 采取分割划块铲起、移植于适当的地方培植等措施, 建立了“草皮移植养护区”, 集中收集30~50 cm厚度的原始植被, 进行精心养护, 以备用来恢复裸露的地表或美化弃渣场, 保持原始地貌无明显人工斧凿痕迹。

青藏高原的植被特征是生长缓慢, 只出露地表寸许长, 根系极发达且须蔓错结, 移植时成块状。苔原草皮长期根植于冻土之中, 对温度的反映较敏感, 移植后草皮根系脱离冻土母壤, 原生状态改变, 极易受到低温侵害, 所以, 对刚移植的草皮应采取加强保温措施。

风火山地区6月下旬进入暖季, 9月上旬结束。该期间既是施工生产的黄金季节, 也是移植

草皮的最佳时间,因为暖季温度高,日平均气温在 5°C 以上;降雨增多,土质变得疏松,植被移植成活率远比寒季为高。可选择透明塑料布做保温材料,该地区日温差很大,几乎每天都出现 0°C 气温。在每一处养护区都安排了专人管理,防止保温棚破损,并做好养护记录。

草皮湿度保持采用洒水车浇灌的方式。浇灌的次数及洒水量根据寒、暖季节来科学安排。对刚移植后的草皮做到3天浇灌一次,半月后次数递减。暖季雨水多,草皮湿度基本可以自给;寒季水汽蒸发慢,每10天补给一次,确保草皮的成活率。

3.3 临时设施环保技术

(1) 为避免冻融,减少侵占植被,坚持只填不挖的原则,直接用粗颗粒土填筑便道,必要时对地基进行隔热处理。

(2) 生活营区、材料场、拌和站、机械设备占用场地等,尽量避开环境敏感地区,不能设置在植被覆盖良好和高含冰量冻土地段。

(3) 临时设施无切割、阻挡地表径流排泄而形成积水洼地的现象,生活和施工污水也要经沉淀处理后排入指定区域。

3.4 主体工程环保技术

隧道进出口均处于坡脚处,地层中含有含土冰层,且埋深较浅,洞口开挖引起地表热交换的改变,易引起地下含土冰层和厚层地下冰的融化,导致边坡热融滑塌;为此,洞口边、仰坡按设计宽度开挖到位后,立即进行防护,白天覆盖保温彩条布加强防护,避免冻土融化,缩短暴露时间,减少含土冰层或厚层地下冰的融化,避免对冻土环境的热融侵蚀。明洞开挖采用边线上孔间隔装药、微震光爆进洞技术方案,以减少对周边冻土围岩扰动,防止岩体失稳坍塌。由于高原中午气温高,对洞口开挖后外露岩体用彩条布遮阳,晚上取掉,尽量避免热辐射,造成冻土融化;明洞衬砌,首先在技术上考虑排水系统,防止地表水冲刷边坡、仰拱,杜绝热融,同时阻挡地表径流的任意排泄,造成多年的热平衡破坏,引起冻土环境的变化;洞身开挖采用水炮泥堵塞炮孔,不仅起到降温降尘、改善洞内作业环境的作用,而且微震爆破能最大限度减小爆破松动圈的范围,减弱对围岩的扰动;洞门施工做到与周围景观协调一致,适当美化。

3.5 洞内施工环保技术

(1) 结合高原空气稀薄、含氧量较低等实际,为保护施工人员身心健康,投入500多万元,建立了隧道通风、供暖设施;投资800余万元与北京科技大学共同研制建成了两座高原医用制氧站,实现了隧道内弥漫式供氧,改善了工作环境;掌子面设置降尘降噪设施,二衬混凝土施工设置高压水枪,专门消灭复合保温板不慎燃烧所产生的有毒气体和浓烟对作业环境的污染。

(2) 建立隧道施工粉尘、有毒有害气体等环境监测制度,综合治理隧道施工作业环境。隧道内施工实施湿性作业,使有害因素的浓度控制在国家规定的环境标准范围内,杜绝了施工环境的污染。

(3) 采取施工降尘措施,定期或不定期进行现场检测,并及时采取综合治理措施控制与治理。针对隧道施工中汽车出碴粉尘浓度高、尾气污染严重等问题,投资购买了两台有轨运输矿车出碴,混凝土轨道输送罐车。每次出碴前,用水淋湿全部石碴和附近的岩壁,严格隧道作业程序,并随时监测有害因素的浓度,使隧道内粉尘浓度较高的现象得到有效控制。

(4) 根据隧道内爆破后粉尘浓度、有毒有害气体浓度高的实际,采用风机高速挡(风量达到 $900\text{ m}^3/\text{min}$),连续 30 min 向隧道内送风排烟、除尘。

(5) 针对隧道凿岩工序中粉尘浓度易超标的现象,采取湿式凿岩、凿岩和钻眼时先送水的原则,施工人员佩戴防尘口罩。

(6) 定期监测隧道作业环境。在整个隧道施工过程中,不断改善作业环境,一直将各种有害气体保持在安全标准范围内。经监测,安全标准的数据排列如下:二氧化硅控制在 $0.3\sim 1\text{ mg}/\text{m}^3$ 、一氧化碳控制在 $5\sim 20\text{ mg}/\text{m}^3$ 、二氧化碳控制在 $231\sim 435\text{ mg}/\text{m}^3$ 、二氧化氮控制在 $1.5\sim 2.5\text{ mg}/\text{m}^3$ 为宜。

3.6 其他环保技术

(1) 修建垃圾池,凡营地生活垃圾一律投放到垃圾池,存放堆满后集中运往弃渣场进行深埋处理。同时,采取统一为所属单位供应主、副食的措施,既节省了运输费用,又减少了山上生活垃圾的产生量。

(2) 对工地医院的垃圾装入专用垃圾箱运至格尔木集中处理;

(3) 对生活区环境卫生每周集中检查一次,保持生活区环境整洁、卫生;

(4) 规定行车路线,限制扩大人为活动范围;

(5) 禁止在施工现场熔化沥青或焚烧油毡、油漆、保温板、防水板类会产生有害烟尘、恶臭气体的物质;禁止用有毒化学物质做注浆防水剂;将有毒有害废弃物用于回填。

(6) 营地生活垃圾、施工废弃物等集中进行预处理后,采用专用车辆运至指定的垃圾厂掩埋或焚烧处理,不得随意丢弃堆放,造成新的污染源。

6 标段施工中的冻土 环境保护技术

刘见青

(中铁十二局集团第四工程公司, 山西 太原 030024)

摘 要: 青藏铁路 6 标段 (DK1 007+671~DK1 027+581) 处于可可西里国家级野生动物自然保护区, 气候条件非常恶劣, 自然环境处于一种从未被外界破坏的高度纯洁的原始状态, 分布有多年冻土地段及热融湖塘和热融软基。冻土路基要确保地基下多年冻土层与外界不进行热交换, 以保持多年冻土层的稳定, 采取倾填石片通风路基措施, 以保护多年冻土层和确保地基稳定。热融湖塘及热融软基的存在, 直接威胁铁路地基的稳定, 线路经过热融湖塘, 可能造成汇集水对路基的侵蚀, 通过采用抛填片石和局部换填并晾晒填料的方法进行处理, 对热融湖塘实施填埋排风, 截断水流, 使热融湖塘消失。

关键词: 青藏铁路; 多年冻土; 热融湖塘

1 工程概况

1.1 工程简介

中铁十二局集团第四工程公司承建青藏铁路清水河—五道梁间的第 6 标段 (DK1 007+671~DK1 027+581), 当地的气候条件非常恶劣, 高寒缺氧, 自然环境处于一种从未被外界破坏的高度纯洁的原始状态。青藏铁路 6 标段共有路基工程 14.539 km, 设计均为填方, 总量为 839 409 m³, 其中土方为 640 909 m³, 片石 166 563 m³, 中粗砂 15 997 m³, 碎砾石 15 935 m³。中桥 4 座, 合计 244.42 延米。涵洞 9 座, 合计 143.33 横延米, 均为预制拼装式涵洞。

1.2 工程自然环境状况

(1) 地形地貌: 本段线路走行于楚玛尔河高准平原上, 海拔高程在 4 500~4 600 m, 地形平缓, 略有起伏, 其间小冲沟较发育, 沿线半固定沙丘分布, 植被发育。

(2) 气象特征: 本段属于青藏高原冰雪型气候区, 气候干燥, 空气稀薄, 气温气压低, 春秋季节短暂, 冻结期为每年的九月至次年四月, 急风、暴雪、雷电等变化剧烈无常。年平均气压 578.9 mb, 年平均气温 -5.2℃, 极端最高气温 23.2℃, 极端最低气温 -37.7℃, 年均降水量

290.9 mm, 年均蒸发量 1 316.9 mm, 相对湿度平均为 57%, 年平均大风日数 130.1 天, 年平均雷暴日数 36.7 天。

(3) 水文: 本段地表水主要为各冲沟季节洪水, 地下水主要为暖季分布的冻结层上水, 主要受大气降水及暖季冻结层融化水补给, 水量一般不大, 径流条件差, 水质不好, 对混凝土具硫酸盐弱侵蚀性。

(4) 地质: 本段位于多年冻土高温不稳定区, 地层主要为砂类土及黏性土等。不良地质为多年冻土及沿线分布的半固定沙丘。多年冻土上限一般为 2.0~3.0 m, 少冰、多冰、富冰、饱冰冻土及含土冰层均有分布, 不良冻土现象主要为高含冰量冻土。

(5) 地震烈度: 本段地震烈度除清水河试验段 4 座中桥设计为八度外, 其余均为七度。

2 多年冻土环境保护

2.1 多年冻土环境分析

青藏铁路 6 标段为高温不稳定多年冻土区 (年平均地温为 -0.5°C ~ -1.0°C), 该地区的地基为温度处于 0°C 以下, 长期维持冻结状态的含冰岩体和土体。高温不稳定区冻土体容易受外界环境的影响遭到破坏, 破坏后基本上不容易恢复长期冻结状态。所以铁路施工过程中, 必须避免破坏冻土层, 以保护冻土环境和尽量减少施工对冻土层的热干扰, 确保地基的稳定性。作为多年冻土层, 其力学性能良好, 用作铁路地基, 完全可以达到甚至超过设计要求的承载力, 但由于冻土受外界温度和干扰影响, 其保护措施以及针对不同类型的冻土层采取的各种处理措施必须妥当。

冻土具有热融性: 当环境温度升高、冻土上覆层吸收热量增加以及导热性能提高, 都将导致多年冻土层的热平衡的破坏, 使冻土层温度上升甚至造成融化, 从而出现地基热融下陷。

冻土具有冻胀性: 在青藏铁路清水河试验段, 存在大量的冻胀丘, 这就是冻土冻胀性的表现。青藏高原的多年冻土区, 虽然不同于中国东北、俄罗斯西伯利亚地区、加拿大北部等地区的季节性冻土, 冻胀作用稍弱, 但是由于多年冻土区的冻土上限为 2.0~6.0 m 不等, 其上覆层为季节融化层, 每年暖季融化, 寒季冻结, 并且由于多年冻土层具有良好的保水性能, 季节融化层内将存在大量的冻结层上水, 在寒季冻结的过程中, 将产生冻胀, 使地基膨胀, 铁路路基将失稳。同时, 铁路路基为土体填方, 因其具有含水性能, 其冻胀性能不可忽视。路基是线性建筑物, 由于是具有孔隙的保温材料, 多年冻土区将在路基下形成一条多年冻土上限提升的线状带, 这样在路基的上游侧将产生堆积的冻结层上水, 寒季冻结过程中, 这部分堆积的冻结层上水产生的冻胀力将对路基产生很强烈的侵蚀作用。多年冻土区的冻土路基要保证其稳定性能, 最主要的是确保地基下多年冻土层与外界不进行热交换, 从而保证多年冻土层的相对稳定。

多年冻土层是青藏高原环境的保障性因素, 多年冻土层具有保水性能, 其冻结层上水是青藏高原砂性土壤中植被赖以生存的养分, 植被的良好发育, 也给多年冻土层提供了一个良好的保温层, 保护着多年冻土层的稳定。如果破坏冻土, 将造成一个冻土破坏的恶性循环, 并且不可逆转。全球气温升高的趋势对多年冻土区的上限影响特别大。

青藏铁路 6 标段分布有多冰冻土地段, 由于地表的热交换, 路基下的多年冻土地下冰层融

化,使得多年冻土的冻土上限下降,形成凹槽,成为冻结层上水的汇集地。地下水的流动,不断地融蚀地下冰,将造成路基下沉。

该段青藏铁路附近分布有热融湖塘,对于路基穿越和附近经过热融湖塘的处理也必须慎重,必须采取行之有效的处理措施,消除热融湖塘基底的不稳和路基附近的热融湖塘对路基的侵蚀性。

2.2 冻土环境保护措施

根据对青藏铁路 6 标段多年冻土环境的调查和分析,路基施工中保护冻土环境可采取的措施有:设计各种多年冻土保护设施和措施、不换填处理原地表、合理规划施工便道、合理施工便道填高、热融湖塘热融软基处理、临时建筑地基的隔热处理、合理取土厚度控制等。桥涵施工中保护冻土环境可采取的措施有:基坑开挖热融滑塌处理、低温早强耐久混凝土应用、预制拼装法施工、机械设备隔热处理。

2.3 施工中的具体做法

2.3.1 设计各种多年冻土保护设施和措施

本段青藏铁路主要处理措施采取倾填片石通风路基,同时青藏铁路清水河试验段采取的冻土保护措施有:混凝土及 UPVC 通风管路基、保温板路基、热棒路基、保温护道。

倾填片石路基(图 1)是一种针对多年冻土的通风保温措施,由于倾填片石路基层面中,空隙非常大,空气可以在其间自由进行热交换和对流。暖季,热空气在对流过程中总是趋向与地面垂直向上的方向,因此总是将地面的热量向上带走,不利于冷量从地面向上传输;而寒季片石路基层的热传导,由于孔隙间空气的对流作用,也是有利于地面等上部的冷量传入地下。倾填片石层在路基施工中就像在路基中加入了一个热开关,不论在暖季还是寒季,总是有利于地下的热量向上传递和地上的冷量向地下传递。倾填片石路基施工质量的关键在于保证片石中的良好孔隙率并且结构稳定。施工中,按照要求片石取材要求粒径必须控制在 20~40 cm,同时,粒径越单一、级配越差,其倾填的空隙率越高。因此,采用挖掘机配备 HBT-227 型液压冲击锤对片石进行破碎,并根据粒径进行筛选,去除不合格粒径的片石;倾填片石层施工结束,应用挖掘机等重型机械进行压实作业,确保倾填片石层的结构稳定性。片石层上,碎石土或者砾石土反滤层填筑以及中粗砂土填筑,严格控制厚度和级配质量,确保反滤层的良好效果;在片石层上的路基填筑填筑前,使用塑料防雨布覆盖片石边坡,防止填筑土落入片石孔隙中,影响通风效果。

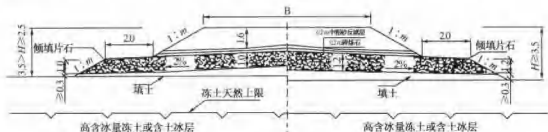


图 1 路堤倾填片石标准横断面

通风管路基是利用在路基中部或者底部埋设混凝土通风管或 UPVC 通风管, 加强空气对流, 达到路基散热和增加基底冷储量的作用, 用以保护多年冻土层和确保地基稳定。通风管施工时, 对基底按照通风管管径降低标高, 碾压至检测合格后, 垫入 1~3 cm 砂垫层, 然后铺设通风管, 再在通风管两侧回填填料, 使用冲击夯夯实, 通风管上填筑土以 15 cm 为宜, 并且在上而填筑土碾压时只能采用静压, 防止破坏通风管。通风管施工中必须做好横坡, 控制好横坡, 以利干排水。通风管埋设时, 两侧均宜超长 50 cm 左右埋设, 路基填筑结束边坡修整完毕, 可将超长部分去除 (针对 UPVC 管容易损坏或易堵塞)。

青藏高原大气透明度高、云量少, 日照时间一般为 2 600~3 000 h/a, 全年各月都是全国首位。青藏高原的太阳辐射强烈, 总辐射量达 $150\sim 170 \text{ kcal/cm}^2 \cdot \text{a}$, 上半年各月比中国其他地区大一倍以上, 下半年各月高出 30%~50%。由此可见, 太阳的辐射热对多年冻土及路基的影响不可忽视。保温板是加入冻土路基中的保温材料, 主要是为降低路基热传递性能而设的冻土保护措施, 分为 EPS 板、PU 板两种试验材料。保温板铺设前, 必须严格控制基底路拱的坡度和垫层的平顺, 确保保温板铺设后不致受力损坏。保温板采取开槽粘贴, 确保不留拼装缝。保温板使用的中砂垫层必须严格过筛, 防止夹石破坏保温板。

热棒是埋设在路基中的密闭管件, 其管中封有液态氮, 外露部分为散热管, 布设有大量的散热片, 通过液氮的对流和散热片的散热作用, 加强路基内部与外界的热交换, 达到降低路基底部或地面的温度, 起到保护冻土的作用。路基填筑施工基本结束后, 采用地质钻机钻孔, 使用吊机配合人工埋设热棒, 这样对路基施工非常有利, 并有利于保护热棒。

在路基两侧设置加宽的护道, 通过路基填料本身具有的热阻, 减少太阳辐射热向路基本体和基底多年冻土层的热传导, 从而起到保护多年冻土环境的目的。一般保温护道在路基的阳坡面设置得比较宽、比较厚。

通过对青藏铁路清水河试验段的各种冻土路基措施的施工和观测, 我们得出基本的结论, 各种保护措施和手段均对多年冻土环境保护有一定的效果。同时, 也总结出倾填片石冻土路基是其中最有效的手段, 采取此种措施, 路基基底的多年冻土上层地温变化幅度最小, 路基本体很少出现因为冻胀、热融、温差导致的路基体沉降、开裂现象, 并且, 采用倾填片石通风路基处理多年冻土也是施工组织最容易、成本较低的一种方法。

2.3.2 不换填处理原地表

青藏铁路 6 标段的路基施工中, 原地表有 40% 左右为沙化土壤, 沙化松散土壤层作为地基而不进行处理显然是不合理的, 但是如果对原地表进行大面积的换填处理, 将会破坏和扰动多年冻土层, 换填处理时也将破坏多年冻土层上覆盖的天然植被保温层, 不仅不利于冻土环境的保护, 也不利于多年冻土地基的稳定 (注: 沙化地段的天然植被一般比较稀少, 同时青藏高原气候寒冷干燥, 路基基底存在少量植被残核, 不会腐蚀或风化导致基底下沉)。为此, 采取抛填片石土、碎石土, 并夯压严实后, 采用压路机多次对原地面进行碾压。经过检测, 原地表的承载力达到设计要求, 然后进行路基填筑施工。由于沙化地段施工车辆行走困难, 采用后倾法施工, 所有车辆采用后退行进、后倾倒土的方式进行第一层填筑。

2.3.3 热融湖塘热融软基处理

热融湖塘及热融软基是由于在多年冻土区存在低洼地,受太阳辐射导致多年冻土季节融化层的融化水和冻结层上水汇集而形成的湖塘;河流经过的地方由于大量冻土层的冰体融化,形成比较软弱的地基。热融湖塘和热融软基的存在,直接威胁铁路的地基稳定,铁路线路经过热融湖塘,可能造成汇集水对路基的侵蚀,在DK1 018+180~DK1 019+600段就遇到了上述两种不利的热融现象。施工中,对热融软基的处理采用抛填片石和局部换填并晾晒填料的方法进行处理,这种方法完全处理了热融软基,效果良好。对于该段地区线路附近存在热融湖塘实施填埋排水,截断水流,使得热融湖塘消失,并且与路基基低等标高,也取得了较好的效果。

2.3.4 临时建筑地基的隔热处理

在青藏铁路施工中,各种临时建筑绝大部分都是热源设施,如果不对其进行隔热处理,将会对冻土环境造成影响。对于各种设有取暖设备的房屋建筑,在地基上部以0.8 m的间距埋设 $\Phi 40$ mm混凝土通风管,通过空气的通风对流加强房屋建筑的基底热量散发,从而保证了地基的稳定和强度。对于帐篷式的临时建筑,在基底填埋70 cm后的粗颗粒土或中砂填料,并且在30 cm处理埋EPS保温板,阻止临时热源向多年冻土层传递。各种移动的热源设备,也采用铺设保温板的方法对其进行隔热处理。各种隔热措施的应用,效果非常好,临时建筑地基下的多年冻土层冻土上限基本未发生变化,对冻土环境的保护起到了积极的作用。

2.3.5 合理取土厚度控制

青藏铁路6标段路基施工中,填料取自曲麻莱河的不冻泉河道内,虽然不同于其他各施工单位的取土场是山地或者平地,但是由于取土后,必然使得多年冻土的冻土上限下降,从而出现冻土层的低凹带,将对河道周边的冻土环境产生影响,因此取土深度的选定,直接关系到取土场周围冻土环境的变化。通过调查,在河道内取土的适宜深度为1.0~1.5 m,施工中,严格控制取土的深度,并且及时平整取土区域。

2.3.6 合理规划施工便道

在多年冻土区修建道路,等于给冻土层铺上了一层保温层,如果便道填筑太高,冻土上限同样也会形成带状的提高,这样会阻断冻结层上水的自然流动,对冻土环境造成一定的影响;由于车辆的行走比较致密,施工便道土体及便道以下的土体导热性能明显比原来松散土体强,如果厚度不够,便道的保温隔热系数不足以抵消由于土体变致密而增加的导热系数,那么多年冻土层的热平衡被破坏,也将导致冻土环境的破坏。通过对冻土路基的多年研究试验表明,便道的最小填高宜为70 cm。当然,便道的填筑高度、填料、施工工艺再合理,也不可避免的或多或少存在对多年冻土的环境影响,并且将占用大量的草地,这对环境的影响同样不可忽视,因此必须尽量减少便道的长度,减少占地面积。

2.3.7 基坑开挖防热融处理

在桥涵基坑开挖时,首先选择比较寒冷的时段施工,同时开挖作业尽量安排在早晨和傍晚,以减少太阳的辐射直接影响基坑。基坑开挖后,搭设比基坑面积稍大的遮阳篷,防止基坑施工中太阳的对基坑的辐射,保护多年冻土环境。混凝土承台、基础施工时,在底部加入PU保温板,减少混凝土水化热向底部的传递,保护多年冻土环境和确保基底稳定。

2.3.8 预制拼装法施工

青藏铁路清水河试验施工结束后,通过各方面数据的显示,即使试用低温早强混凝土也给基底多年冻土回冻带来难度。因此,涵洞的基础施工绝大部分改为预制拼装法施工。在涵洞基坑开挖以前,在预制场分块预制基础,当混凝土达到70%的强度后,开挖基坑,并采用拼装的方法装配涵洞基础。这样不仅可以减少混凝土水化热对涵洞基底的影响,而且施工速度快,基底冻土回冻快,大大地增强了对多年冻土层的保护。

2.3.9 机械设备隔热处理

在使用移动发电机、空压机等热源设备时,同样像处理临建热源一样,在其基底铺设 EPS 或者 PU 保温板,隔断机械设备对基底冻土的热扰动。

16 标段环境保护措施与方法研究

徐存良

(中铁十六局集团公司青藏铁路指挥部, 北京 100018)

摘 要:在青藏铁路 16 标段施工中,合理规划施工便道,尽量减少便道数量,在多年冻土区,施工便道尽量少挖多填。施工中不阻断和切断湿地,不在湿地上设置施工营地和临时设施,路基施工前做好永久或临时排水系统,高含冰量冻土地段路堤采用片石保温护道。桥涵工程明挖基础开挖采用“基坑爆破一次成型、机械化快速开挖”工艺,减少对多年冻土地基的热干扰,重要湿地敏感地段采用以桥带路方案。取土场选在无植被和植被稀少且离铁路线路 200 m 以外处,砂石料场远离青藏铁路和主河道地带,遵循分段集中取土、有序采石、有序采砂的原则。

关键词:环境保护;措施;方法;湿地保护;施工便道

1 工程概况

中铁十六局集团公司承建青藏铁路 16 标段,位于青藏高原唐古拉山山区,海拔高程 4 712~4 838 m,起止里程 DK1 334+050~DK1 380+650,全长 46.6 km。主要工程量:布玛德、布强格车站两座,路基土石方 313 万 m³,桥梁 28 座全长 6 566.04 延长米,其中特大桥 4 座、大桥 12 座、中桥 8 座、小桥 4 座(包括以桥代路桥梁 6 座,涵改桥 1 座),涵洞 88 座计 1 661.9 延长米,涵洞主要为现浇和预制拼装两种形式,其他为骨架、碎石护坡以及热棒、抗滑桩等附属工程。沿线高含冰量冻土、沼泽湿地、高温极不稳定多年冻土和高温不稳定多年冻土分布范围广,施工管区的多年冻土自然环境和生态环境敏感、脆弱。线路地处三江源自然保护区,有野生动物出没,设有动物通道。

中铁十六局集团公司青藏指挥部自上而下建立了环保组织机构,制定了环保措施和管理办法,建立健全了环境保护管理体系。由环境保护处负责施工中环境保护的日常工作,成立了以项目经理为组长的环保领导小组,各施工队配备环保监督员,负责各项环保措施的具体落实,并从临时工程开始就严把环保关,将环境保护贯彻于施工的全过程,使施工对环境的破坏降到了最低限度,取得了良好的效果。

2 环境特征

2.1 地形地貌

本段属布曲河谷阶地及温泉断陷盆地，布曲河谷阶地主要由布曲河谷漫滩，一、二级阶地及雁峡峡谷区组成，地形起伏较大，河谷狭窄，三级阶地零星残存。温泉断陷盆地主要由河谷及其阶地组成，地形平坦，地势开阔，植被稀疏，覆盖率30%~40%左右。

2.2 地质情况

本段地层主要为：第四系全新统冲、洪积、冰水沉积、湖积黏土、粉质黏土、砂、角砾土、圆砾土、碎石土、风积粉、细砂，温泉断陷盆地分布有第四系松散沉积层、侏罗系砂岩、石灰岩、页岩、砾岩、泥岩、石膏岩。

由于受河流及构造影响，线路通过地段主要为高温极不稳定多年冻土区（T_{cp} I）。布曲河河床及两侧形成河流融区，温泉断陷盆地形成构造融区，融区最大冻结深度5.5 m。本段内有多处融区与冻土区交替出现。

2.3 不良地质与特殊地质

本段工程主要不良地质问题是多年冻土引起的不良冻土现象，该段局部分布的高含冰量冻土、冻土湿地、石膏区，对工程有一定影响。高含冰量冻土的分布具有埋藏深度、厚度、类型多变、规律性差的特点，一般埋藏深度在15 m以上，厚度2~10 m。本段线路分布有高含冰量冻土路基处理15处，长5 524 m；冻土湿地地基处理6处，长2 495 m；石膏地基处理1处，长210 m。

2.4 水文情况

地表水多为季节性流水，水量随季节有明显变化。地下水为暖季分布的冻结层上水、河流融区本及构造融区水，水位不稳定，水量较小，主要为大气降水和河流补给及冰雪融水，径流条件较好。构造融区水埋深较浅，多具承压性。局部地段地下水对混凝土具有硫酸盐弱侵蚀性。

2.5 气象条件

本段属青藏高原原冰雪型气候区，气候干燥，变化无常。气湿气压低，春秋季节短暂，每年九月至次年四月为冻结期，急风、暴雪、雷电等变化剧烈无常。本段年平均气温-4℃，极端最高气温24.7℃，极端最低气温-45.2℃，年均降水量248.5 mm，年均蒸发量1 638.9 mm，相对湿度平均为53%，年平均大风日数178天左右，最大风速30 m/s，主导风向西，平均雷暴日数年最多47.8天，最大积雪厚度39 cm。

3 环境保护措施和方法

3.1 生态环境保护

3.1.1 临时设施

施工驻地、拌和站、仓库及施工机具停放场地等临时设施，选择在铁路线路200 m以外荒地或植被稀少的低含冰量冻土地段，或利用青藏公路现有的和废弃的道班、营地。

临时房屋基础采用通风管进行隔热处理，减少对基底多年冻土的热扰动。施工营地的生活、

采暖使用液化气、电能等清洁能源,减少了大气污染。职工在固定范围内活动,固定行走路线,防止践踏地表植被。施工营地的生活垃圾分类收集、贮存,按环境部门规定的排污点进行垃圾处理,不随意扔撒或堆放。

3.1.2 施工便道

合理规划施工便道,尽量减少便道数量。施工便道设置在土质干燥、粗粒土基质、地势平坦、植被稀疏的地方,并避开野生动物主通道,减少对动物活动的干扰。

在多年冻土区,施工便道尽量少挖多填,避免对地表植被的破坏及地下水的出露。填筑施工便道时,不铲除地表植被及覆盖物,直接在原地填筑,填筑高度不小于0.7 m,所需填料贯彻集中取土的原则,不在便道两侧取土,便道利用天然地面顺坡排水,防止地表水在便道两侧堆积,以免形成热融湖塘。

施工车辆只能在便道上行驶。施工机械、人员不随意碾压、蹂躏便道外的冻土和草地,确保周围环境和植被不被破坏。对施工便道指定专人维修、养护,定期压实路面和洒水,减少灰尘对周围环境的污染。

3.1.3 湿地保护

不在湿地上设置施工营地和其他临时设施。施工中不阻断和切割湿地,不改变湿地的地表径流。严禁在沼泽化湿地修排水沟,严禁破坏湿地植被。永久、临时工程的取弃土、砂石料的采备,严禁侵占河道、湿地自然保护区的核心区和缓冲区。

3.1.4 野生动植物的保护

不在野生动物栖息地、繁殖地及野生动物迁徙主通道上设置营地,避免惊扰动物活动,阻断其迁徙路线。禁止非法捕猎或者破坏国家保护的野生动植物及其生存环境,不得破坏保护区独特的自然生态环境(包括冻土生态环境、湿地生态环境等)。在动物活动或迁徙过程中,停止施工,人员禁止外出活动。

3.1.5 大气污染防治

禁止在施工现场燃烧有恶臭气味的有毒物质,防止污染空气和水体。施工机械操作必须符合污染物排放标准,并定期检查。生活营地使用清洁能源,炉灶符合烟尘排放标准。

3.2 路基工程冻土环境保护措施

施工前做好永久或临时排水系统。排水设施在路基开工前预先完成,排除地表水原则上采用挡水埝形式,当采取排水沟形式时,应采用浅宽断面,水沟采用混凝土预制块,底部填中粗砂隔热层;地下水采用隔水板排除冻结层上水;高含冰量冻土区路堑堑顶采用包角挡水埝形式,外侧插入挡水板,防止地表水和地下水汇入路基范围侵害路基造成病害,确保路基稳定可靠。

少冰、多冰冻土地段、融区的路堤直接填筑在地面,不铲除路基下的植被,保存在路基下的植被能起到毛细隔断层的作用,使路基上中部冻结层水形成的水分积聚有所减小,这不仅对保护冻土环境有利,还对路基本身稳定有利。高含冰量冻土地段路堤填片石保温护道,以降低基底多年冻土热融的影响。

对于高地温极不稳定区高含冰量冻土地段,当填土高度 $H \geq 2.5$ m时,采取片石通风路堤通过;填土高度 $H < 2.5$ m时,地基进行挖除换填处理,路肩以下0.8 m铺设工业保温隔热材料

(聚胺脂板或 XPS 板)。从而增加垂直方向的热阻,减少热量向基底传递,使基底冻土不能产生受热融化,长期保持冻结状态,确保路基在荷载作用下长期稳定。

多年冻土地区高含冰量、高地温的路堑,堑顶采用铺复合土工膜隔水层及上下回填粗颗粒土进行保温处理,基底和边坡挖除原土换填设保温层(聚胺脂板或 XPS 板),将季节最大融化深度控制在保温(换填)厚度以内,防止高含冰冻土的融化酿成路堑病害。路堑开挖的植被移植利用。路堑开挖过程中,及时采用保温性好的材料对边坡和基底进行临时覆盖,防止热融沉陷和滑坍。采用爆破方法施工时,不使用扬弃爆破,以免破坏地表植被。

非寒季开挖实行全断面分段分层开挖,各层做到一次爆破成形,并采取防雨、防晒措施,以减少热融影响。

高含冰量冻土地带的挖除或爆破安排在寒季(9~11月和3~5月)施工,并采取及时有效的保温隔热措施,避免了对冻土环境的热侵蚀,保护了多年冻土环境。

3.3 桥涵工程冻土环境保护措施

明挖基础开挖采用“基坑爆破一次成形,机械化快速开挖”工艺,减少了对多年冻土地基的热干扰,有利于工后多年冻土环境的恢复。按保护冻土原则设计的明挖基础在寒季施工,暖季施工时采取防雨、防晒措施,从而减少多余热量进入多年冻土影响基础稳定性。

多年冻土地区高含冰量、高地温的桥涵基础,基础设置保温层(聚胺脂板或 XPS 板)和采取防水防渗措施(铺设土工布和接缝充填抗冻性材料),涵洞基础采用钢筋混凝土预制构件,防止浇筑混凝土引起基底热融和多年冻土的融蚀。高地温极不稳定冻土段涵洞采取拼装式钢筋混凝土矩涵,防止了现浇混凝土对冻土的稳定性、承载力等产生不利影响。

基础侧面及台身与土接触部分表面涂10 mm厚沥青青油渣涂层,防止了接触地基土冻胀破坏结构物。灌注桩基础施工过程中,钻孔大量采用了旋挖钻机干法钻孔,减少了其他成孔方式对多年冻土环境带来的负面影响。钻孔场地布置尽量以填代挖,以减少对原地开挖引起的热扰动。禁止损毁施工处外的植被,在植被上经常覆以卵石层,以便对该地段天然水冻状态的干扰减至最小。钻机底座下发动机散热部分铺设聚苯乙烯泡沫塑料隔热板,以减少对地基土的热侵入。护筒埋入多年冻土一定深度,成桩后不拆除护筒,在地基土与桩基之间形成滑动层,减少了外表面的亲水程度,从而降低冻土对护筒的上拔力,保护了桩基的稳定性。在钻孔桩附近设移动式钢制泥浆沉淀池,避免泥浆外流。对于用后的废浆运至设计或地方环保部门指定的地点妥善处理。

混凝土拌和站应设置在距线路200 m以外的低含冰量地带,避免冬季加热原材料造成热效应,破坏多年冻土环境。混凝土掺入低温、早强、耐久混凝土添加剂,混凝土浇筑时控制混凝土入模温度,降低了冰点,减小了热量,防止了多年冻土的融蚀。

重要湿地等敏感地段采用以桥代路方案,减少路基工程阻隔地表径流对湿地环境的影响,进一步优化站位,减少占用湿地的面积。

3.4 水土保护措施

3.4.1 坡面防护工程

土质路堤边坡高大于8 m和土质路堑边坡高大于6 m时,边坡采用 C20 混凝土预制式方格形骨架护坡防护。

3.4.2 取弃土场及砂石料场

取土场选在无植被和植被稀少的离铁路线路200 m以外的少冰、多冰冻土的山坡或融区、河滩谷地,并遵循分段集中取土的原则,最大限度地减少取土场数量。弃土场选择不影响地表径流的地方,严禁在粉细砂地带取土,防止形成沙化。

取土场地表植被,在取土前先行挖出,选址放置,适时洒水培植,待使用完毕后加以平整,并用原有植被覆盖,并作好排水防止水土流失。取土、弃土场采取了平整、顺坡和设置出水口措施,避免形成人为积水坑,将对冻土环境的破坏减少到了最低程度。取土场必要时设置明显的场界标志,以保证人畜通行安全。坡地或山脚处的取土场,取土完毕后,应顺坡连接,形成稳定坡率,防止滑坡、坍塌等现象造成水土流失危害。取土场平整后应回铺保存的表土,为植被恢复提供有利条件。

弃土(渣)场应按照设计要求对坡脚实施挡护措施,顶面应保持平整,坡面要求平、顺、直,必要时应设置地表导流沟渠等引排措施,以减轻水力侵蚀危害。弃于取土坑中的弃土、弃渣,顶面应平整。

3.4.3 砂石料场

砂石料场选择在远离青藏铁路、公路和主河道地带的基岩裸露和无植被的河滩地,采石、采砂场做到有序开采,并坚持随采随回填、平整闭坑的原则。

采石场的采掘面危岩应予以凿除,并保持坡面稳定;采石分离出的废渣应回填于坡脚坑内,对多余废渣进行平整,尽量保持与周围景观的协调。砂、石料场的植被以自然恢复为主。河滩地点的砂、石料场场地应平整,并保持河道畅通。

3.4.4 水环境保护

施工废水、废油、生活污水采用过滤池等有效措施加以处理,做到不超标排放,防止污染周围水环境。

3.4.5 其他保护措施

施工便道恢复时,清除便道填料,露出原地表和植被。施工场地、生活营地内的建筑物、构筑物、硬化地面应予以拆除,并平整场地。建筑物垃圾应尽量回收利用,不可回收者可运至邻近的取土场、弃土场进行填埋;不可降解的生活垃圾和含油类的固体废弃物,应运至指定地点进行处理。

4 结束语

全面、合理、科学地安排和处理好取弃土场地、施工营地、施工季节、工程措施与施工进度等环节,是青藏铁路建设环境保护的关键措施。中铁十六局集团有限公司在青藏铁路16标段施工中,坚决贯彻执行“预防为主,保护优先,开发和保护并重”的原则,在保护青藏高原自然生态环境、冻土环境和水土流失中采取了有效措施和方法,取得了良好的社会效益。该措施和方法,对于高原铁路和公路建设的环境保护具有借鉴意义。

青藏铁路“三电”工程施工中的环境保护

王明晶

(中国电气化集团有限公司青藏铁路指挥部, 北京 100036)

摘要: 青藏铁路 T5、T6、D5、X6 标段“三电”工程项目涉及面广、专业性强, 施工过程复杂。“三电”工程事前控制重点放在施工准备阶段, 并加强对人、材料、机械、方法、环境等因素的控制; 事中控制重点放在控制工序环保质量, 及时抓住施工过程中的环保问题, 并加强施工过程环保全面控制; 事后控制准备好环保验收材料, 组织有关验收, 完成对工程项目的环保评定。通过实施上述措施, 已基本完成施工场地和营地的环境恢复, 地表水源没有污染, 高原植被得以恢复, 自然景观得到保护, 环保工作取得良好效果。

关键词: “三电”工程; 事前控制; 事中控制; 以人为本; 植被恢复

1 “三电”施工项目环境保护的重要性

中铁电气化局集团承建的青藏铁路 T5、T6、D5、X6 标段, 位于青藏高原腹地, 北起雁石坪, 经布强格、翻唐古拉, 进入西藏自治区安多、那曲, 到达自治区首府拉萨市。正线全长 630 km, 主要工程包括: 信号共 8 站 7 区间, 其中, ITCS 无人值守车站 4 站, 有人值守车站 2 站, 采用美国 GE 公司先进的 ITCS 系统; 微机联锁车站 2 站, 采用国产微机联锁和 ITCS 组合系统; 区间采用虚拟自动闭塞, 线路旁边埋设模拟信号机的信号标志牌。该区间跨越海拔 5 072 m 的全线最高点唐古拉山口, 穿过羌塘草原保护区、错那湖自然保护区, 进入拉萨河谷地区。雁石坪至安多段, 跨越青藏高原多年冻土区段和长达 140 km 的无人区; 安多至当雄段, 植被覆盖率高; 进入拉萨河谷地区后, 土层较薄, 植被相对较为稀疏。各标段经过地区自然生态环境原始、独特, 生物多样性丰富, 生态系统极其脆弱、敏感, 破坏扰动后很难恢复。在此区域进行站后“三电”工程建设不仅工程艰巨、技术难度大, 而且可能会对作业区内生态系统、自然保护区等产生影响, 生态环境保护与治理恢复任务重。

因此, 需要搞好环境保护工作, 优化工程环保设计, 强化施工期环境保护监督管理, 将各项

环境保护措施落实到施工作业的一个环节,把工程建设对生态环境带来的不利影响降低到最低限度,在建设中注入绿色文明,用生态理念将青藏铁路建设成为世界屋脊的一流高原环保铁路。

2 “三电”施工项目环境保护的重点和难点

鉴于青藏高原生态环境的敏感性和特殊性,青藏铁路电力线路杆塔施工、通信光缆施工和无线通信 GSM-R 铁塔基础施工的环境保护不同于一般地区铁路电力、通信建设,搞好青藏铁路电力杆塔施工、通信光缆施工和无线通信 GSM-R 铁塔基础施工的环境保护是维护高原生态平衡的需要。

中铁电气化局集团承建的青藏铁路 4 个标段,地处羌塘草原,地表覆盖大片高寒草甸,草皮覆盖率在 60%~90% 以上,有着广阔的沼泽湿地和山地、多年冻土地段和河谷地段,地表水资源非常丰富,这给施工和环保带来很大困难。光电缆施工、机械和人工开挖不可避免地会造成植被破坏;机械进入沼泽湿地和草甸对草皮破坏较大,植被恢复困难;打桩机排出泥浆对地表水源会产生污染;冻土区无线铁塔基础施工,基坑最深达 26 m,电缆沟一次开挖较长,使冻土长期直接暴露在阳光下,易引起冻土融化。因此,在上述地段施工防止冻土融化、地表水源污染、径流阻断、基坑涌水、塌方,进行草皮移植、植被恢复等,成为施工环保的难点和重点。

“三电”工程项目涉及面广、专业性强、技术层次高、施工过程复杂,工程建设点多、线长、覆盖面广。电力 254 正线公里贯通线施工,干支线 830 多 km 光缆沟的开挖、回填,无线通信铁塔 108 座基础开挖浇筑和组立,13 个通信站及地区站的建设,管理跨度大、流动性强,给环境保护监督检查和管理带来很大困难,成为环保管理的难点和重点。

3 “三电”施工项目环境保护的控制及采取的原则和方法

3.1 控制原则

在进行施工项目环境保护控制过程中,应遵循如下原则:

3.1.1 坚持“保护优先,预防为主”的原则

青藏铁路建设环境保护原则是坚持“预防为主、保护优先、开发和保护并重”。站后“三电”工程项目的环境保护,就是要从对环保的事后检查把关,转向对环保的事前控制和事中控制,从对工程项目的环保检查,转向对环保工作质量的检查和对环保工序的检查,这是确保工程项目环境保护的有效措施。所以工程项目在施工过程中应自始至终把“保护优先,预防为主”作为环境保护控制的基本原则。

3.1.2 加强施工人员培训,提高其环保意识

不断学习《青藏铁路建设施工期环境保护管理办法》和《青藏铁路施工期环境保护措施》的规定和要求,提高人的环境保护意识。环境保护控制应“以人为本”,以人的工作质量确保环保工作质量,促进环境保护。

3.1.3 坚持环境保护“三同时”原则

在施工准备阶段各级必须签订有明确管理措施和环保目标的《环保责任书》;在施工组织设计中要根据工程项目中环保自身特点,提出明确的环保方案和环境保护措施;对施工重点项目的

工艺必须有环保措施,并在施工中落实到位。施工阶段必须将环保措施贯穿于施工全过程中,竣工验收阶段必须对工程施工期的环境保护进行验收,达标后方可撤离现场。

3.1.4 坚持环保恢复高质量、高标准,严格检查,一切用数据说话

“青藏铁路唐北(南)段临时工程生态环境恢复技术要求”及“青藏铁路格拉段工程环境保护验收标准(内部)”是评定工程项目环境保护的尺度,其包含的数据是环境保护控制的基础和依据,二者是经过科学论证后而制定的。工程项目环境保护是否符合验收标准,是否与原始地貌相融合,要经过严格检查以测试数据说话。

3.2 控制因素

人、材料、机械、方法、环境等是影响施工项目环境的主要因素,事前对上述因素严加控制,是保证施工项目环境保护的关键。

3.2.1 人的控制

人是直接参与施工的组织者、指挥者和操作者,作为控制对象,要避免产生失误。作为控制动力,要充分调动人的积极性,发挥人的主导作用,从人的综合素质全面加以控制。中铁电气化局集团上线职工和劳务队伍高峰期达3 500多名,全部在格尔木集中,统一组织职业健康、安全、环保知识培训和考试,考试合格者方能上岗。两年多来,各项目部组织现场培训,职工、劳务工受教育面达到了100%,真正做到了上线一批,教育一批,合格一批,上岗一批。

3.2.2 材料控制

对于工程项目环境保护来说,采购环保型材料是关键,要了解环保材料的使用环境、质量、性能、特点和技术参数。必须把好材料进库的环保检验关,特别是电力、通信线路方面器材,更应注重适用于使用地点的气候条件、地理环境因素。验证产品的合格证、使用许可证、入网证,杜绝“三无”产品和以旧充新、以坏充好的伪劣产品。

3.2.3 机械控制

施工负责人应确保机械设备使用中不破坏环境,不随意碾压草皮。根据不同的生态环境特点、工艺特点、施工方法、环保技术要求,选用合理的机械设备和施工方案。应设置醒目的标示牌、边界线,严格限制施工人员活动范围、机械作业范围及行进路线。

3.2.4 方法控制

在制定施工方案的同时,制定环境保护方案,做出施工组织设计和环保设计,认真落实“三同时”原则。采取的施工环保措施应切合实际,解决环保难题,加速进度、降低成本、提高效益,确保环保工作质量。

3.2.5 环境控制

电力、通信工程项目,由于点多面广、施工周期长、流动性大等特点,对不同工程影响环境因素也不同,应根据工程环境、劳动环境、工作环境等具体条件和特点,采取有效措施来控制人、机、料、法、环这些环境因素对工程环境的影响。尤其是施工现场,应建立文明施工环境,杜绝“野蛮”施工和违规施工,保持器材工料堆放有序,铺垫彩条布,道路划线,严禁下道,工作场所清洁整齐,施工程序井井有条,为确保良好的施工环境,确保质量、安全创造良好的条件。

3.3 控制阶段

工程项目环境保护的控制,应有一个总的指导方针,明确各施工阶段环保控制的重点,切实抓好工程项目事前、事中、事后三个阶段的控制。

3.3.1 事前控制

其控制的重点应放在施工准备阶段。首先要做好对工程项目的施工场地环境的调查工作,做好项目施工场地自然条件的调查分析,编制项目环保方案的预算工作;其次做好环保器材、施工机具、生产设备的物资准备工作;再次要做好项目组织机构,合理安排人员,对施工队伍进行教育指导,编制好施工环保措施,制定施工现场管理制度等,做到“打有准备之仗”。

(1) 集团公司领导高度重视环境保护工作。开展专题研究,明确目标、提出要求。局指和各项目部成立了环境保护领导小组,下设安全环保部和专职安全环保监察员,班组设兼职安全环保检查员,形成自上而下的环境保护监督检查网络。

(2) 根据承建标段工程特点,制定并实施了《青藏铁路环境保护管理办法》、《施工期环境保护措施》。针对旋挖钻机施工、超深基坑开挖、基础浇注、杆塔大小运、杆塔组立、导线架设等施工项目,制定了详细的环保措施、作业指导书和施工工艺,用于现场指导施工作业。

(3) 加大环保投入。施工中购置了大量的彩条布、编织袋、钢板、旧轮胎、胶垫、草籽、混凝土护壁、钢护筒等环保物资。弃土清理 51.658 万 m^3 , 营地恢复 1.78 万 m^2 , 施工场地植被恢复 82.77 万 m^2 , 投入环保物资费用达 999.58 万元, 环保恢复费用总计达 3 679.2 万元。

(4) 开工前中铁电气化局主动与地方环保局联系,了解环保要求,签订环保协议;同时对施工环保较困难地段(尤其对湿地、沼泽地区旋挖钻机施工)多次与站前施工单位联系,现场观摩和学习,吸取环保方面的先进经验。

3.3.2 事中控制

加强对施工过程环境保护的全面控制,重点放在控制工序环保质量。做到环保措施有交底、有记录,环保预控有对策,施工项目有方案,工序交接有检查;环保项目有验收,变更方案有手续,发现问题有处理、有复查,环保文件有档案。抓住施工过程中存在的问题以及环保项目的薄弱环节,环环紧扣,处处落实,做好环境保护控制。

(1) 按照青藏铁路环保恢复标准的要求,规定环保恢复必须达到与原始地貌相同。施工前,反复研讨施工方案和环保措施,把保护草原植被景观作为施工重点。对草皮较好的地段,否决了破坏程度较大的机械开挖施工方案,改用人工开挖。先挖出深达 20 cm 熟土草皮,整齐移植到沟的一侧。在沟的另一侧沿沟铺设宽 2.5 m 的彩条布,将沟内挖出的土置于其上,不得越界污染附近的草皮。根据植被恢复阶段性科研成果以及以往黏性土地区植被再植经验(草皮移植保护、表土层植土的保存等),对施工中扰动地貌采取边施工、边恢复的方法,防止大片连锁式反应的破坏发生。在还没有回植草皮之前,对移开的草皮进行养护。回填缆沟时先在沟内铺垫一层腐殖土,再用砍刀将草皮砍切成四方块整齐地摆放在缆沟上,并在草皮缝隙间灌入腐殖土,确保草皮的成活率。对一些有少量弃土的光电缆沟地段采取清扫措施,在选择径路的时候尽量选择草皮易成活的区段,注意保持高原水土不流失。环保恢复中注意施工完成后剩余材料的回收,避免施工现场的环境污染。

(2) 针对一些施工难度较大的山坡、湿地等地段的环境恢复工作,采取了开挖、堆砌、铺垫、围挡、平整、再造等措施,使施工后的环境恢复与自然环境和谐一致,融为一体。环保恢复中对弃置的石块、弃土等用编织袋运出。

(3) 项目部制定了多种管桩施工环保方案。一台旋挖钻机,重达 60 t,为解决旋挖钻孔和转场途中对绿地的碾压破坏,购置了厚达 3 cm、重达 1.3 t 的钢板。转场过程中,旋挖钻机在四块钢板之间不停地旋转,将钢板铺垫在绿地上艰难前行,短短百米的转场距离,需用 8、9 h 才能到位,宁可慢些也要保证草地不被破坏。

(4) 多年冻土区内施工。为保护多年冻土地带和多年冻土区工程结构的稳定,一般选择在 5 月以前、9 月以后进行开挖施工,高含冰量冻土地带无线通信铁塔基桩深达 26 m 多,采用旋挖钻孔法成井,桩孔成型后,下放混凝土护圈或钢护桶护壁,空隙中添入粗砂粒进行有效保温隔热。敞口坑搭建了遮阳棚,防止阳光直射。光缆敷设采用边挖、边放、边回填的方法。通过采取上述保护性预防措施,有效避免了对多年冻土环境的热融侵蚀。

(5) 在地质情况较差的地段施工,为防止坍塌,增加支护,采用坑口加固法、现浇混凝土护壁法、混凝土护圈沉井法、钢护筒防护法,保障人身安全。

(6) 加大环境保护检查和整改力度。自开工以来指挥部共进行几十次综合检查,各项目部采取定期或不定期现场检查,对检查中发现的不足及时下发环保整改通知书,各项目部积极组织整改,整改完成后,进行自检,再由局指组织复查直至达到标准。

(7) 注重项目环保考核。项目部负责本标段各施工单位环境保护目标责任书的制定、下达、实施和考核工作,层层签订环保包保责任书,将环境保护工作与每位施工人员的责任和义务有机结合,切实做到奖优罚劣、重奖重罚、一票否决。

3.3.3 事后控制

事后控制是完成施工过程、环保恢复形成后的控制。要准备好环保验收资料,组织自检和初验,通过组织验收,对照规定的环境保护验收标准和方法,完成对工程项目的环境保护评定。

4 “三电”施工项目环境保护取得的效果

青藏铁路 T5、T6、D5、X6 各标段施工项目环保工作,已基本完成施工场地、营地的环境恢复,环保工作取得了良好效果。青藏高原自然景观得到保护,地表水源没有污染,地表径流没有阻隔,原始地貌景观基本完好,高原植被得以恢复,动物通道畅通无阻。

目前,青藏铁路 T5、T6、D5 各标段“三电”工程已投入运营,青藏铁路“三电”工程已成为高原一道亮丽的风景。

青藏铁路沿线旅游景观保护

赖文宏

(铁道第一勘察设计院, 陕西 西安 710043)

摘 要: 青藏高原旅游资源分为自然和人文两大类型。青藏铁路工程如路基工程、取弃土场、砂石料点、施工便道、施工营地、施工场地, 以及通车后人类活动的增加, 将会对沿线旅游景区景观产生影响。相应的预防措施和恢复措施, 包括提高环保意识, 合理设计, 和设置桥梁车站等建筑物和取弃土场、砂石料场等临时施工场地, 使其与周边自然环境相协调, 以及消除对景观的视觉污染等, 将工程建设对环境的影响减至最少。

关键词: 青藏铁路; 高原; 旅游; 景观; 资源; 措施

青藏高原得天独厚的自然、地理等条件, 形成了许多独特的旅游资源, 如色彩斑斓的地貌, 丰富独特的野生动植物, 以及古老的文化、淳朴的民俗风情等。沿线依次穿越高原山地、高寒荒漠、高寒草原、高寒草甸及河谷盆地等自然生态景观和农业区、半农半牧区、牧区等人文景观, 是一条完整的生态旅游线路。国家旅游局确定“青藏铁路沿线旅游”为“十一五”期间中国旅游行业九大重点旅游区域之一。青藏铁路可以很好地解决交通的不便和高昂的交通费用对当地旅游业发展的制约问题。但其建设将不可避免地旅游景观造成影响, 如施工期对植被、地貌及野生动物栖息环境的影响, 以及运营期运营设施对景观和谐性的影响以及运营排污对景观环境的影响等。

1 青藏高原旅游资源的基本特点

旅游资源主要由自然旅游资源和人文旅游资源两大类型组成, 青藏高原旅游资源的基本特点可以归纳为如下几项。

1.1 以地球第三极和在人类生存极限环境下产生的高原文化为特色

青藏高原是一个非常独特的地理单元, 其平均海拔在4 500 m以上, 高耸的山脉、棋布的湖泊、众多的内外流水系等大的地貌单元排列组合在辽阔高原上。

对于人类来说, 青藏高原生态环境属于一种极限生存环境。在世界众多民族中, 几乎只有藏民族, 在长期与高原环境的斗争中生存下来, 成为当今世界能在高原高寒缺氧环境下长期生存的主要民族之一。特殊而恶劣的自然环境, 不仅导致了这一区域高原文化的鲜明个性, 也导致了其

自身文化运作机制以及流程上的区域特征。青藏高原的人文旅游资源,就是在这种环境下产生的充满了喇嘛教宗教色彩和高寒广袤地域特色的神奇文化。

1.2 极品旅游资源

拉萨是世界上独特展示藏民族文化的代表城市。这一在强大自然威慑力下形成的以藏传佛教为载体的雪域文化,可谓文化旅游资源中的极品。矗立在拉萨红山之上雄伟的布达拉宫是国际著名民族文化遗产。它与拉萨的大昭寺、哲蚌寺、色拉寺和H喀则的扎什伦布寺共同体现藏传佛教的虔诚信仰,同时通过粗犷奔放的音乐、舞蹈、色彩丰富的服饰、多彩的节庆形成一种令世界游客神往的极品文化旅游资源。

1.3 旅游资源的多样性

青藏高原由辽阔的高原和周边的高耸山地两大地貌单元组成。前者河谷宽广、湖泊棋布,表现出未受流水严重侵蚀的高原平坝为主体的地貌特征;后者则雪峰林立、河谷深邃、地势差异高达数千米,有河流、冰川、冰缘等丰富的地貌类型。

青藏高原在复杂环境因子作用下形成丰富多样的自然生态系统。从藏东南向藏西北依次排布着森林—灌丛—草甸—草原—荒漠生态系统,区内还发育有许多隐域性生态系统,如沙地、河流、湖泊、沼泽生态系统等。在生物物种方面,同样表现出极其丰富的多样性。

1.4 旅游资源的自然性

青藏高原为我国人口密度最小的省(区)。以农牧业为主的经济形式基本没有改变。但其农牧产品的商品率不足15%,自给自足的自然经济仍居主导地位。

区内大面积的草地基本维持自然状态,仅在局部地区建有很少的人工草场。在西藏西北部的羌塘高原至今还有近20万km²的无人地区,成为世界上罕见的天然野生动物园,保持着世界上少有的尚未受到人类干扰的高寒草原、荒漠生态系统的原始面貌。

青藏高原是我国乃至世界空气最清新的陆地之一。整个青藏高原天空湛蓝,草原碧绿,森林葱郁,河流湖泊水质清冽,农村田舍质朴清幽,村习民俗古风犹存,宗教文化神秘浓烈,无论是自然还是文化景观,都体现出天人合一的自然风韵。人们可以看到最蔚蓝的天空,呼吸到最清新的空气,触摸到最清洁的水体,充分感受到天人合一、返璞归真的愉悦。

青藏高原绝大多数地区处于高寒地带,生态环境恶劣,生物生产力低下,高寒灌丛、草原及荒漠破坏后恢复困难;青藏高原的野生动物亦因生态环境恶劣,生殖率低和易受雪灾等自然灾害的影响,种群受人类活动影响衰落之后,恢复缓慢。

2 铁路沿线旅游景观评价

青藏铁路沿线的自然景观呈现出多样性和独特性。既有高寒灌丛、高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠组成的水平高寒生态景观,又有高寒草甸、高寒草原、高寒山岳、冰川雪带等组成的垂直高寒生态景观;既有可可西里和三江源地区有蹄类野生动物的栖息和迁徙环境,又有青藏高原境内广布的沼泽湿地和鸟类的栖息环境。

2.1 科学研究价值

青藏高原,素有“世界屋脊”之称。这里独特而复杂的地理环境和丰富的自然资源,成为我

国乃至世界颇为特殊而又神秘的地方,早已为国内外专家学者所瞩目。青藏高原大部分地区原是一个古老的陆块。在晚古生代以前,青藏高原陆块一直被海水淹没,是古特提斯海盆的一部分。三叠纪以后,这一府海盆在海西运动、印支运动和燕山运动中缓慢抬升。独特的生态环境造就了青藏高原独特的气候,并影响到全球气候。铁路沿线有国家一级、二级保护动物野牦牛、藏羚羊、藏野驴、黄羊、岩羊、盘羊、黑颈鹤、藏雪鸡、白天鹅和黄鸭等。丰富多样的生物,构成了我国重要的物种基因库。因此,铁路沿线不仅是天然的地质博物馆,也是气候学、生态学、动物学、植物学、遗传学科研的基地。

2.2 美学价值

青藏高原号称地球的第三极。其高耸入云的地势,年轻而庞大的高原块体,多姿多态的地形、高寒而又特殊的气候、独具特色的生态环境,使之成为地理上独特的单元。新建铁路唐拉段沿线平均海拔在4 500 m以上。在这块高海拔的地方,景观奇特、风光旖旎、雪岭横空、高峰林立、大河奔涌、蓝湖静谧,片片白云犹如旗帜一般挂在峰顶,形态各异,令人陶醉。群群牛羊移动于牧场,金色青稞飘香于河谷,更有那辉煌古寺、淳朴歌舞,令人心醉神迷。多样的景观、绝妙的组合、原始的风貌,具有较高的美学价值和观赏价值,是人们揽胜探险的绝妙之处,更是摄影家的乐园。

2.3 文化价值

西藏的文化艺术源远流长,具有浓郁的民族和地域特色。藏传佛教是我国佛教的发源地,也是西藏文化艺术的主体。西藏文化艺术的发生、发展至今已有5 000年之久。西藏的寺院集建筑、绘画和雕塑于一体,整个布局按佛教的世界模式修建,主体建筑则在藏式建筑的风格上融合了印度和唐朝中原之风,形成具有独特民族文化特色的文化体系。布达拉宫完美体现了雕塑、绘画和建筑领域中的巨大成就。宫殿、城堡和寺院建筑形式有机融为一体,光影、线条、色彩及时空的构架完美无缺,使建筑形式和内容浑然天成,表现出精湛的建筑技巧和独特的文化韵味。西藏文学欣欣向荣,出现了《末拉H巴道歌》《萨迦格言》等名噪一时的文学经典作品,著名长篇英雄史诗《格萨尔王传》作为口头说唱艺术流传于民间。藏医藏药在国际上也颇有影响。西藏文化不愧是中华民族文化艺术宝库中一颗璀璨夺目的明珠。

3 铁路工程对旅游景观的影响

青藏高原一直被人称作是世界上最上的“净土”。它的美丽、圣洁、神奇令人神往。青藏铁路的开通将会拉近我们与这块神秘之地的距离。这将是历史上一次伟大的工程,同时也将成为世界上海拔最高、线路最长的高原冻土铁路。线路完工后,将会从根本上改变西藏交通运输滞后的状况,届时人们可以乘坐新型的封闭空调充氧列车,朝发夕至饱览青藏铁路沿线迷人的雪域风光。同时,青藏铁路沿线的车站、桥梁、隧道等,将成为独具风格和浓郁民族特色的标志性建筑景观,青藏铁路沿线独具魅力的高原风光和人文景观,将因为青藏铁路建设而凸显生机。但是,在青藏高原修建铁路不但工程艰巨、技术复杂,更重要的是生态环境保护与恢复的难度非常大。

青藏铁路对沿线景观产生影响的主要工程类别有路基工程、取弃土场、砂石料点、施工便道、施工营地、施工场地等。青藏高原景观极为敏感和脆弱,即使受到轻微干扰,也会对景观造

成较大冲击。铁路工程会切割景观,造成景观的断裂、使景观的破碎度增加。在施工期不合理地设置取弃上场、砂石料点、施工营地和场地,将会扩大植被的破坏面积,增加恢复的难度。施工完毕后,如果这些场地的恢复措施不得力,将会和周边环境呈现出明显的不协调,给人一种“疮疤”的感觉,长久性地影响景观的美感与和谐,造成视觉污染,铁路工程活动对景观的影响分析见表1。

表1 铁路工程活动对景观的影响分析

铁路工程	影响方式	影响分析
铁路路基工程、站场、施工便道	对景观格局的影响	切割原有景观、使大面积自然景观消失、景观破碎度增加、拼块边缘几何形状趋于简单
取(弃)土场、砂石料点、施工营地	对景观视觉的冲击	不合理的取(弃)土场、砂石料点、施工营地将会和周边环境呈现明显的不协调,长久性的影响景观的美感与和谐,造成视觉污染

由于施工期铁路附属工程数量较大,在局部地段对沿线景观有一定影响;合理设计取弃土场、砂石料场、施工便道、施工营地和场地,并在工程结束时采取工程或生物恢复措施,可以将工程对景观的影响降到最低限度。

青藏铁路通车后,为游客提供了更为方便、安全、舒适、价廉的运输方式,这无疑会使赴藏的旅游者大增,为西藏发展旅游业奠定了基础,对西藏的经济发展起着积极的作用。但同时,由于大量游客的进入,人类活动的增加,使铁路沿线和旅游景区废弃物增加,并且人为活动的增加将加剧植被的退化,对铁路沿线和旅游景区的生态环境造成污染,引起视觉污染。青藏铁路的建设运营,也给一些不法商人掠夺高原珍稀动、植物资源提供了条件,对高原地区动植物资源的保护将带来新的威胁。随着铁路的修建,通往各景区的道路将随着人们的旅游要求而增加,这虽给旅客提供了方便,也有利于西藏的经济发展,但会进一步破坏草原生态环境,使原始景观进一步破碎。

4 旅游资源保护及恢复缓解措施

青藏铁路沿线的自然和人文景观体现了青藏高原特有的风光。为了减小和缓解铁路工程对沿线景观的影响,应采取预防措施和恢复措施对景观进行保护。

4.1 预防措施

建立健全青藏高原旅游资源的法规体系。强化对青藏高原工作人员、各族居民以及旅游人员的法制宣传教育、少数民族习俗和素质教育。

加强对管理人员和施工人员的教育,认真学习《青藏铁路施工期管理人员环保手册》和《青藏铁路施工期施工人员环保手册》,提高环保意识。注意保护高原植被,禁止砍伐灌木、随意割草、采药等活动,不得偷猎、伤害、恐吓、袭击野生动物,或限制其活动自由;施工人员和机械不得在规定区域范围外随意活动和行驶;生活垃圾和建筑垃圾要集中收集、集中处理,不得随意抛撒。为不妨碍野生动物的迁徙,不影响其合理利用铁路两侧的食物资源,铁路沿线应设置多处

野生动物通道。

取弃土场、砂石料场的设置应避开一级景观保护区,在近景带的陡坡取弃土场应设置于背而坡;河滩地取土、取料不得改变河道、河岸原貌;取土、取料、弃土、弃渣要严格在规定区域内取弃,禁止乱取乱弃。

施工场地和营地设计应合理、有序,避开特殊景观区域,如雪山前景区,和冻胀丘、背景区等,面积不应过大,要减少影响范围。已设置的要严格执行使用后恢复景观原貌的要求,其生态景观效果不得低于使用前。施工便道的设置应避开一级景观保护区,为避免断景可绕行或加长道路。

车站、桥梁等建筑物的设计应注意与周边环境和民族风格的协调,避免突兀的感觉。

在运营期,严禁列车垃圾中途下车,沿途抛撒,应集中收集送至垃圾处理场集中处理;站场地区及附近人员较集中的地方,生活垃圾及废水应该分别收集,集中处理。

4.2 恢复措施

取弃土场、砂石料场、施工便道、施工营地和场地等的恢复原则,要以达到和周边自然环境的协调、和谐为基本原则,以减小或消除对景观的视觉污染为依据。

取弃土场、砂石料场在使用结束时应马上进行平整,并根据周边环境决定采取工程或生物措施。在荒漠、半荒漠区以工程防护和“砾幕”覆盖为主;在高寒草原、草甸区以生物措施或自然恢复为主,进行植被恢复要采用当地相应的草种或草皮;在河滩地要将不稳定边坡进行加固,及时疏通洪水通道,防止河道改线造成水力侵蚀等。

在施工期结束后,除了铁路运营期维护必需的施工便道应保留外,对那些造成断景或废弃的便道采取恢复措施,特别是在植被覆盖区要进行植被恢复,进行换填土壤,种植草种或草皮结合自然恢复,减小对景观的影响。施工营地和场地使用结束后,应对场地进行及时清理,清除油渍和垃圾,平整地面,尽量恢复原有地貌、植被的使用功能。

综上所述,要以青藏铁路建设为契机,通过能源结构的改变、产业结构的调整、旅游业的发展,促进当地经济的发展。处理好铁路建设与环境保护的关系,将工程建设对环境的影响减少到最低限度,建设一条高原环保旅游线。

唐拉段沿线景观美学 评价方法研究

张 慧¹ 沈渭寿¹ 邹长新¹ 江腊沙²

(1. 国家环境保护总局南京环境科学研究所, 江苏 南京 210042;

2. 铁道第一勘察设计院, 陕西 西安 710043)

摘 要:在采用遥感和地理信息系统技术对青藏铁路唐古拉山口—拉萨铁路沿线景观进行分类和制图的基础上,以景观类型为评价对象,采用专家评分法按照不同景观要素对铁路沿线景观美景度进行了评价。根据海拔高度、降水量、植被覆盖度、Shanon-Winner 多样性指数、物种丰富度、表层土壤厚度、净第一性生产力等 7 项自然成因指标和工程扰动的敏感系数、破坏后恢复能力系数 2 项影响表现指标计算了景观生态的阈值。在景观美景度和景观阈值的基础上,确定了景观的质量级别。以景观相对于观景者的坡度和景观的可见度对铁路沿线景观敏感度进行了分析与评价。根据景观质量、景观敏感度和距离带的空间叠加,将铁路沿线分为不同级别的景观保护区,为合理设计工程建筑物和施工场地提供了科学依据。

关键词:青藏铁路;景观美景度;景观敏感度;景观阈值;遥感;地理信息系统

1 问题的提出

随着旅游资源开发广度和深度的增加,对景观保护和景观规划的研究逐渐被人们所重视。许多景观规划师、地理学家、林学家、旅游专家以及心理学家开始对景观视觉和景观感知进行研究,并获得了许多研究、评价方法和技术。自 20 世纪 60 年代以来,西方一些发达国家就开展了景观视觉研究和视觉影响评估方法研究,建立了美景度估测模型、景观比较评判模型和环境评判模型等模型方法,并形成了专家学派,心理物理学派,认知学派,经验学派四大学派。在我国,景观保护研究开始于 20 世纪 80 年代末,大多数学者比较注重对景观生态面的研究,而对景观视觉方面研究较少,且大多还停留在传统的描述层次上。但也有些专家和学者对景观视觉中的景观美学和景观评价等方面进行了比较深入的探讨。如俞孔坚提出了 BIB-LCJ 审美评判测量法,并把景观敏感度和景观阈值应用到景观保护规划中;吴必虎建立了森林地区线形景观等距离专家组

目视评测法。

随着 RS、GIS 的发展,国内外一些学者开始探讨 RS 和 GIS 技术在景观视觉、景观评价和景观保护中的应用。Gary 将 GIS 和摄影技术结合应用到景观视觉研究中; Bishop 和 Hulse 运用 GIS 将与视觉要素有关的数据应用于视觉质量评价; John 等运用 GIS 技术根据景观类型、斑块大小及景观类型的重要性对 Chiltern Hills 地区进行了景观评价; Welch 等运用 3S 技术对沿海资源管理进行了研究; Christine 研究了遥感影像中林分数据和景观美景度之间的关系; 俞孔坚运用 GIS 技术对王相岩风景区的景观保护和北京香山滑雪场的景观安全格局进行了研究。

采用 RS 和 GIS 技术,根据青藏铁路沿线景观质量、景观敏感度和距离带建立铁路沿线景观资源保护级别矩阵,评价青藏铁路沿线工程和施工场地所在的景观保护级别,分析工程和施工场地对景观的影响。其目的是为了更加直观、准确、科学地了解工程建设可能对高原自然景观和人文景观造成的影响,以便提出相应的措施,最大程度地减少工程建设对高原景观带来的不良冲击。

2 研究区概况

研究区以新建青藏铁路唐古拉山口—拉萨为基线 50 km 的范围。该区域地貌类型多样,自然景观分异强烈。唐古拉山口—羊八井宏观上为高平原地貌,地形平坦开阔,地面平均海拔高程大于 4 500 m; 羊八井—拉萨为降坡较大的河谷地貌。线路经过的主要山系自北向南有唐古拉山、头二九山和念青唐古拉山。这些山系多呈穹形起伏,相对高差一般小于 300 m,宏观地形相当开阔,山岭浑圆而坡度平缓,呈现“远看是山近看平川”的高原景观。

3 评价方法

3.1 景观分类与制图

遥感资料采用美国陆地资源卫星 Landsat-5 TM 和 Landsat-7 ETM+ 影像数据。相关图件资料有:西藏自治区植被图 (1:3 000 000),西藏自治区土地利用现状图 (1:2 000 000),西藏自治区草地类型图 (1:1 000 000),西藏自治区土壤图 (1:2 000 000)。底图来源于国家基础地理信息中心 1:250 000 电子地形图和 1:100 000 地形图。

根据区域气候、地貌、植被及人类活动的影响,将新建青藏铁路唐古拉山口—拉萨划分为 13 个景观类型,即高山冰雪景观、温性草原景观、高寒草原景观、高寒草甸草原景观、高寒草甸景观、高寒沼泽化草甸景观、河流谷地景观、湖泊景观、高寒灌丛景观、沙丘(沙地)景观、戈壁景观、农田景观、人文聚落景观。

根据遥感影像地物纹理特征,参考地貌、土壤、植被类型、生态系统类型等图件,并结合野外考察建立各种景观类型的解译标志。运用遥感图像处理软件 EARDS,采用人机交互的判读分析方法,解译出沿线 50 km 范围内的景观类型图。

根据 1:250 000 电子地形图中的等高线信息,结合湖泊、河流信息,用 ARC/INFO 8.01 中的 CREATETIN 命令建立 TIN,然后由 TIN 转成 DEM,可以作出坡度图、坡向图。

3.2 景观质量分析与评价

3.2.1 景观美景度分析与评价

运用 ERADS 软件中的 VIRTUALGIS 模块, 将遥感影像和 DEM、铁路线叠加对铁路沿线景观进行三维模拟, 配合录相和照片, 对铁路沿线每种景观类型选出 20 个点位, 参考美国土地管理局的风景资源管理 VRM (Visual Resources Management), 根据以下 6 个景观要素, 请专家对各景观类型分别评分。

- (1) 地形地貌: 根据陡峻度 (1~5 分);
- (2) 植被: 以丰实性为依据 (1~5 分);
- (3) 水体: 存在与否、形态、大小 (0~5 分);
- (4) 色彩: 强烈性及丰富性等 (1~5 分);
- (5) 毗邻风景: 毗邻风景对所评价风景的烘托作用 (0~5 分);
- (6) 特性: 常见一奇特 (1~6 分)。

根据 30 位景观保护、景观规划、生态学家和专业人员对每种景观类型 6 个景观要素单项评分平均值的总和, 将铁路沿线各景观类型的美景度分为 4 个等级: 总分大于等于 19 分为 I 级; 15~18 分为 II 级; 12~14 分为 III 级; 小于 12 分为 IV 级。打分统计结果见表 1。

表 1 青藏铁路沿线景观美景度专家打分统计表

景观类型	地形地貌	植被	水体	色彩	毗邻风景	特性	总分	级别
高山冰雪	5	1	0	5	5	6	22	I
温性草原	2	2	0	3	3	3	13	III
高寒草原	2	2	0	3	3	3	13	III
高寒草甸草原	2	3	0	3	3	3	14	III
高寒草甸	2	4	0	4	4	4	18	II
高寒沼泽化草甸	1	4	1	4	4	4	18	II
河流谷地	2	1	4	4	4	4	19	I
湖泊	1	1	5	5	4	5	21	I
高寒灌丛	3	5	0	4	4	4	20	I
沙丘(沙地)	1	1	0	1	3	1	7	IV
戈壁	1	1	0	2	2	1	7	IV
农田	1	3	0	3	3	2	12	III
人文聚落	1	1	0	3	3	3	11	IV

3.2.2 景观阈值分析与评价

景观阈值是景观对外界干扰的抵抗能力和同化能力, 以及景观遭到破坏后的自我恢复能力的量度。它主要取决于气候、土壤、海拔及生物诸因素, 包括雨量、积温、生物群落结构的复杂性, 自我更新能力, 土壤肥力及自净能力等等。景观脆弱度越高, 景观对外界干扰的抵抗能力和

同化能力以及景观遭到破坏后的自我恢复能力越低。本项研究中景观阈值以“1 景观类型的脆弱度”来表示。根据如下公式可求得铁路沿线各景观类型脆弱度：

$$G = 1 - \sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i / (\max \sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i + \min \sum_{i=1}^n P_i \cdot W_i) \quad (1)$$

式中 G 为脆弱度； P_i 为景观类型及环境特征指标初值化之值； W_i 为各指标权重。

按脆弱度大小可将各景观类型的脆弱性划分为 4 类，即： $G \geq 0.65$ 为极强度脆弱； $0.65 > G \geq 0.45$ 为强度脆弱； $0.45 > G \geq 0.3$ 为中度脆弱； $G < 0.30$ 为轻度脆弱。

新建青藏铁路唐古拉山口—拉萨铁路沿线景观类型及环境特征采用海拔高度、降水量、植被盖度、Shanon-Winner 多样性指数、每 1 m^2 植物种的饱和度、土层厚度、第一性生产力 7 项自然成因指标和景观类型对工程扰动的敏感系数和破坏后恢复能力系数 2 项影响表现指标（见表 2）。

表 2 青藏铁路沿线景观类型及环境特征

景观类型	自然成因指标							影响表现指标	
	$H(\text{m})$	$R(\text{mm})$	$POV(\%)$	$SWDI$	$SOVS$	$ST(\text{cm})$	$NPP(\text{kg}/\text{hm}^2)$	$SCOEI$	RC
高山冰雪	4500~6200	300~800	0~2	0.07	0~1	0~10	0~10	0.90	0.2
温性草原	3500~4300	300~400	15~45	0.44	5~15	5~10	1320~2800	0.30	0.6
高寒草原	4300~5200	100~300	10~50	0.37	5~10	5~20	850~2650	0.35	0.5
高寒草甸草原	4300~5200	300~400	20~40	0.42	8~12	10~30	750~2720	0.40	0.4
高寒草甸	4000~5200	300~500	70~90	0.37	6~14	20~50	950~2350	0.50	0.3
河流谷地	3700~5100	300~600	0~15	0.22	—	—	50~1000	0.45	0.3
湖泊	3800~5000	300~600	0~2	0.15	—	—	10~100	0.75	0.1
高寒沼泽化草甸	4000~5100	300~600	80~90	0.50	9~16	20~50	850~3500	0.85	0.1
高寒灌丛	4000~5000	300~500	30~50	0.53	8~20	20~40	750~1800	0.45	0.5
农田	3500~4000	200~400	10~95	0.48	10~15	10~30	7500~15000	0.30	0.4
各指标权重	0.07	0.08	0.10	0.05	0.05	0.07	0.08	0.25	0.25

注： H 为海拔高度； R 为降水量； POV 为植被盖度； $SWDI$ 为 Shanon-Winner 多样性指数； $SOVS$ 为 1 m^2 植物种饱和度； ST 为土层厚度； NPP 为第一性生产力； $SCOEI$ 为对工程扰动的敏感系数； RC 为破坏后恢复能力系数。

表 3 青藏铁路沿线主要景观类型的脆弱度及景观阈值

景观类型	高山 冰雪	温性 草原	高寒 草原	高寒草 甸草原	高寒 草甸	高寒沼泽 化草甸	河流 谷地	湖泊	高寒 灌丛	农田
脆弱度	0.858	0.262	0.413	0.421	0.411	0.670	0.586	0.830	0.314	0.237
脆弱度评价	极强度	轻度	中度	中度	中度	极强度	强度	极强度	中度	轻度
景观阈值	0.142	0.738	0.587	0.579	0.589	0.330	0.414	0.170	0.686	0.763
景观阈值分级	I	IV	III	III	III	I	II	I	III	IV

各指标的权重采用专家咨询法进行赋值,脆弱度计算结果见表3。

景观阈值分析是进行景观保护的重要依据之一。根据景观类型的脆弱度将青藏铁路唐古拉山口—拉萨景观生态阈值分为一级阈值区、二级阈值区、三级阈值区和四级阈值区。一级阈值区为极强度脆弱区,轻度或局部的人为活动都可能对景观带来强烈的或大面积的冲击,而且工程造成的破坏则极难恢复;二级阈值区为强度脆弱区,对人类扰动较为敏感,工程活动会造成较为严重的植被和景观破坏,加剧水土流失,对景观带来较大的冲击;三级阈值区为中度脆弱区,能够容忍轻度的人类扰动,但工程活动结束后恢复速度较慢;四级阈值区为轻度脆弱区,能够容忍强度较大的人类扰动,工程活动结束后恢复速度较快。

3.2.3 景观质量综合分析与评价

景观美景度越高,景观质量越高,景观受到视觉污染引起的反应越强烈;景观阈值越高,景观经人为活动干扰的能力越强。根据景观美景度和景观阈值对景观质量进行综合评价。

$$p = p_b \vee p_t \quad (2)$$

式中 p 为某一点景观质量, p_b 为该点的景观美景度级别, p_t 为该点的景观阈值级别。根据景观质量综合评价,将本段铁路沿线景观质量由高到低分为 A、B、C、D 共 4 个级别(见表4)。

表4 青藏铁路沿线景观质量分级表

景观质量	景观类型
A	高山冰雪景观、湖泊景观、河流谷地景观、高寒灌丛景观、沼泽化草甸景观、特殊的人文聚落景观(寺庙、园林、原始的民俗聚落等)
B	高寒草甸景观
C	温性草原景观、高寒草原景观、高寒草甸草原景观、农田景观
D	戈壁景观、沙地(沙丘)景观、人文聚落景观

3.3 景观敏感度分析与评价

景观敏感度是景观被注意到的程度,它是景观醒目程度的综合反映。景观敏感度较高的区域或部位,即使受到轻微干扰,也会对视觉造成较大冲击,因而应作为重点保护区。

3.3.1 相对坡度与景观敏感度

景观表面相对于观者视线的坡度越大,景观被看到的部位和被注意到的可能性也越大,在这样的区域内,人为活动对景观带来的冲击也就越大。在景观敏感度与坡度关系的研究中,不同学者采用不同的坡度分级,Scott D. B. 在《减轻林地工程建设项目中的视觉影响》中,将坡度小于 20° 的区域定为低敏感区,坡度在 $20^\circ \sim 42^\circ$ 之间的区域定为中敏感区,坡度大于 42° 的区域定为高敏感区;塔斯马尼亚州林业局在研究波特兰海角风力农场的视觉影响项目中,将坡度小于 10° 的区域定为低敏感区,坡度在 $10^\circ \sim 40^\circ$ 之间的区域定为中敏感区,坡度大于 40° 的区域定为高敏感区。

本研究参考俞孔坚对上相岩景观敏感度坡度分析的结果,并结合青藏铁路的特点,将坡度大于 30° 的区域定为高敏感区,坡度在 $15^\circ \sim 30^\circ$ 之间的区域定为中敏感区,坡度小于 15° 的区域定

为低敏感区。

3.3.2 景观在视域内出现的几率与景观敏感度

沿铁路线每隔1 km取观景点,利用 Arcinfo 软件分析铁路沿线景观的可见性。从观景点看到的点位越多,景观在视域内出现的时间越长,可见性越高,景观敏感度就越高。根据景观被看到的点位或景观在视域内出现的几率,将铁路沿线景观的敏感度分为4个级别(见图1)。从20个以上点位看到的区域(高可见区),为一级敏感区;从10~20个点位看到的区域(中可见区),为二级敏感区;从1~9个点位看到的区域(低可见区),为三级敏感区;不可风区为四级敏感区。

3.3.3 景观综合敏感度分析与评价

根据相对坡度、景观在视域内出现的几率对景观敏感度进行综合评价:

$$s = \begin{cases} s_0 \vee s_1 & (s_1 < 4) \\ 4 & (s_1 = 4) \end{cases} \quad (3)$$

式中: s_0 是基于景观表面相对于观景者坡度的敏感度分量, s_1 为根据景观在视域内出现的几率评价的敏感度分量。通过各敏感度分量的分级分布叠置,得出青藏铁路沿线景观敏感度综合分级分布(见图2)。

一级敏感区为可见区内坡度大于30°的区域或高可见区;二级敏感区为可见区内坡度15°~30°的区域或中可见区;三级敏感区可见区内坡度小于15°的区域或低可见区;不可见区为四级敏感区(见图2)。

3.4 距离带的确定

景观相对于观景者的距离越近,景观的易见性和清晰度就越高,人为活动可能带来的视觉冲击也就越大,景观的保护级别就越高。根据景观距观景者的距离划分为前景带、中景带和远景带。俞孔坚在王相岩景观敏感度分析中将景观距观景者小于400 m、400~1 600 m和大于1 600 m的可见区域划分为前景带、中景带和远景带;VMS中一般将前景带、中景带和远景带分别定为小于0.5英尺、0.5~3~5.0英尺和大于5.0英尺的可见区域;也有学者在不同的研究中将前景带、中景带和远景带定为小于0.25英尺、0.25~3英尺和大于3英尺的可见区域;VRM中根据景观相对于行进路线和观景点的距离分为3个距离带:前景带—中景带(小于3~5英尺的可见区



图1 根据可见性绘制青藏铁路沿线部分地区景观敏感度分级分布图

域)、背景带(3~5~15英尺的可见区域)和不可见带。

本研究主要评价铁路工程活动可能对景观造成的影响。本段铁路工程活动主要集中在铁路沿线2 km范围内,因此以铁路为基线划分为前景带(≤ 500 m的可见区域)、中景带(500~2 000 m的可见区域)和远景带($> 2 000$ m的可见区域)和不可见带(前景带、中景带和远景带的不可见区域)。

3.5 确定景观资源保护级别

利用 ARC/INFO8.01 软件,把青藏铁路景观质量图与敏感度和距离叠置,可将沿线景观分为4个保护级别(见表5、图3)。

一级景观保护区为高山冰雪景观、湖泊景观、河流谷地景观、沼泽化草甸、特殊的人文聚落景观(寺庙、园林、原始的民俗聚落等);前景带或中景带坡度大于 15° 或远景带坡度大于 30° 以及高可见区或前景带、中景带中可见区或前景带低可见区的高寒草甸景观;

前景带坡度大于 15° 或中景带坡度大于 30° 以及前景带、中景带高可见区和前景带中可见区的温性草原景观、农田景观、高寒草甸草原景观、高寒草原景观;前景带坡度大于 30° 和前景带高可见区的戈壁景观、沙地(沙丘)景观、人文聚落景观。一级景观保护区内原则上不应设置取弃土场、砂石料点、施工营地等工程场地和其他工程项目,现有植被和景观必须绝对保护。



图2 青藏铁路沿线部分地段景观敏感度
综合分级分布图

表5 景观资源管理目标分级矩阵

景观保护级别		敏感度									
		I			II			III			IV
		前景带	中景带	远景带	前景带	中景带	远景带	前景带	中景带	远景带	不可见区
景观质量	A	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	B	I	I	I	I	I	II	I	II	III	III
	C	I	I	II	I	II	III	II	III	IV	IV
	D	I	II	II	II	III	III	III	IV	IV	IV

二级景观保护区为中景带坡度小于 15° 和中景带低可见区或远景带坡度为 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 和远景带中可见区的高寒草甸景观;前景带坡度小于 15° 和前景带低可见区或中景带坡度 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 和中景带中可见区或远景带坡度大于 30° 和远景带高可见区的温性草原景观、农田景观、高寒草甸草原景观、高寒草原景观;前景带坡度 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 和前景带中可见区或中、远景带坡度大于 30° 和中、远景带高可见区的戈壁景观、沙地(沙丘)景观、人文聚落景观。二级景观保护区内应控制工程场地的面积和工程场地沿铁路方向的长度,尽可能减少对景观视觉的冲击,同时要确保工程活动结束后自然植被和景观的恢复。

三级景观保护区为远景带坡度小于 15° 和远景带低可见区或不可见区的高寒草甸景观;中景带坡度小于 15° 和中景带低可见区或远景带坡度为 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 和远景带中可见区的温性草原景观、农田景观、高寒草甸草原景观、高寒草原景观;前景带坡度小于 15° 和前景带低可见区或中、远景带坡度 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 和中、远景带中可见区的戈壁景观、沙地(沙丘)景观、人文聚落景观。

四级景观保护区为除一、二、三级景观保护区外的区域。三级和四级景观保护区内可允许一定程度的人类扰动,且对景观视觉的冲击较小,工程活动结束后应采取自然恢复与人工恢复措施,加速自然植被及景观的恢复。

4 结论与讨论

(1) 根据本段铁路工程 109 处取弃土场和 29 处砂石料点的具体位置,采用地理信息系统分析技术,将这些工程场地的位置与景观保护区级别叠置,可以得出上述工程活动所在的景观保护区级别。

(2) GIS 为景观保护研究提供了有利的技术支持,RS 为景观保护研究提供了丰富的数据源。通过对新建青藏铁路唐古拉山口—拉萨铁路沿线景观的分类和制图,对景观美景度和景观阈值进

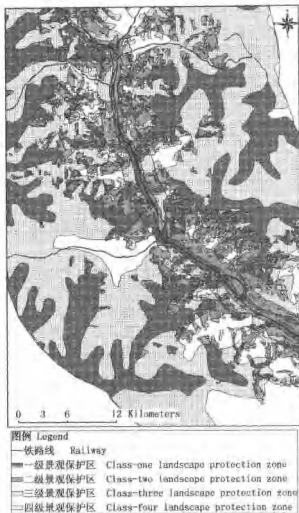


图3 青藏铁路沿线部分地区景观
保护分级分布图

行了评价,确定了景观的质量级别。通过 GIS 的可见度和坡度综合分析确定景观敏感度。根据景观质量、景观敏感度和距离带的空间叠加,确定了景观保护级别,是 RS 和 GIS 技术在景观保护研究中的-次尝试。

(3) 采用 ERADS 软件中的 VIRTUALGIS 模块,利用遥感影像制作出铁路沿线的三维模拟飞行、结合景观类型图并配合照片对景观美景度进行评价,能直观地表达和分析景观,使得传统静态的、平面的评价景观美景度的方法向动态的、三维的方向发展。

(4) 景观脆弱度能定量反映景观对外界干扰的抵抗能力和同化能力,以及景观遭到破坏后的自我恢复能力。根据景观的脆弱度分析景观阈值,为景观阈值的定量分析提供了一个有效的方法。

青藏铁路的生态环境 影响与效益

陈 佐

(铁道科学研究院环控劳卫所, 北京 100081)

摘 要: 交通运输体系是促进青藏高原地区社会经济发展的重要基础性设施。为避免由于经济发展而引起的生态环境恶化的趋势, 建设高效率、低消耗、低污染、安全便捷的交通运输体系成为该地区社会经济发展的当务之急。青藏铁路的建设不仅为青藏高原社会经济发展起到巨大的促进作用, 也将为该地区的高寒生态环境的改善做出有益的贡献。

关键词: 青藏铁路; 生态环境; 影响与效益

青藏高原是我国藏、蒙等少数民族的聚集地, 该地区海拔高度平均 4 000 m 以上, 气候恶劣, 无霜期短。目前, 青藏高原的交通主要依靠公路和航空, 由于这两种交通方式严重受制于气候, 交通严重地制约着青藏高原的社会经济发展。青藏高原是我国西部大开发的重点地区, 也是我国当前生态环境建设重点区域中最敏感、最脆弱的地区。因此, 架构科学合理的运输交通体系, 是必须首先解决的基础性建设任务。

1 青藏高原的生态环境特点

1.1 高寒生态系统

青藏高原拥有世界上面积最大、海拔最高、生命种群比较丰富且保护较好的高寒自然生态系统。该生态系统由面积广阔的高原冻土区、高寒草甸区、高寒荒漠区、高寒沼泽湿地系统组成, 面积达 200 万 km^2 。

青藏高原分布着众多的冰川、雪山、河流、湖泊、湿地, 其中藏北高原内陆水系丰富, 湖泊星罗棋布, 总面积达到 3 万 km^2 。汇入太平洋、印度洋的众多大江大河以及塔里木河、阿姆河等著名的内陆河均发源于青藏高原。

1.2 自然保护区

为了加强对青藏高原自然生态环境的保护, 国家在青藏高原建立了可可西里、羌塘自然保护

区,三江源(长江、黄河、澜沧江)生态功能区和一些地方野生动物保护区。保护区总面积近100万 km^2 ,占青藏高原总面积的50%左右。

青藏高原动植物比较丰富,尤其是生存着诸多高寒物种,如:藏羚羊、藏野驴、野牦牛、白唇鹿、雪豹、岩羊等珍稀物种,还有藏雪鸡、金雕、黑颈鹤等珍稀鸟类。

《全国生态环境建设纲要》指出了我国近期生态环境建设目标:从现在起到2010年,用大约12年的时间,坚决控制住人为因素产生的水土流失,努力遏制荒漠化的发展。生态环境特别恶劣的黄河长江上中游水土流失重点地区以及严重荒漠化地区的治理初见成效。近期,国家环保总局启动的首批国家级生态功能区试点和“三江源”天然林保护工程中明确指出,位于青藏高原的黄河、长江生态功能区、若尔盖—玛曲湿地生态系统和黄河、长江、澜沧江源头地区的天然林保护工程是我国当前生态环境建设的重点项目。上述工程的实施,将为保护青藏高原高寒生态系统和中华民族的母亲河长江、黄河的源头净水做出巨大贡献。

1.3 高寒生态系统的高脆弱性

青藏高原平均海拔高、气压低、温度低、大气含氧量少,日照辐射强烈;空气稀薄,平均气压为62 000~54 000 Pa,比正常大气压低30%~40%;平均气温为2~-6℃,每年有长达235~330天日平均气温在0℃以下,冻结期长达七八个月之久;高原地区太阳年总辐射量比我国东部地区高10%~30%左右,紫外线照射强烈,年降水量在250~600 mm左右。

由于上述气候特点,青藏高原生命代谢率比较低,生态链及食物链单一,自然生态系统自我调节、修复能力极低,该自然生态系统一经干扰和破坏,后果严重。在海拔5 000 m左右的唐古拉山,地表草皮只有3.3 cm高,当地40年前修筑公路挖掉草皮的地方至今没有长出一株草。因此,人类对青藏高原高寒生态系统的任何破坏,都将在数十年甚至数百年内难以恢复,殃及高原地区及周边上千万平方公里、十数亿人口的生存环境。

2 青藏铁路对生态环境的影响

2.1 对自然生态环境的影响

2.1.1 节约大量的自然资源

铁路交通是高效率、低消耗、低污染的运输体系。据报道,欧洲铁路用地只相当于同等运量的公路交通用地量的40%,即修筑铁路比同等运量的公路可节约60%的土地资源。据此推算,修建青藏铁路将比修建公路可节约用地3 000 hm^2 以上。

以2020年我国国民经济发展预测值估算,在全国交通运输总量中,铁路运输量每增加一个百分点,将减少占用333.4 km^2 的土地资源,同时还将减少消耗200万t标准煤。铁路与其他交通方式的单位综合能耗比高达1:5.7。表1列出了几种主要交通工具单位能耗比较。

表1 几种主要交通工具单位能耗表 [kJ/(人·km)]

交通工具	飞 机	汽 车	铁 路
能 耗	1 785	765	435

注:表中汽车指大客车。

由表1可知,铁路交通单位能耗比汽车节约能源42.2%、330 kJ,因而能够推算出青藏铁路格拉段每运送一名旅客将比汽车运输节约377 MJ能源。若考虑高原机械功率损失,则折算节约燃料油约18 kg。按设计运量,青藏铁路开通后,将比公路完成同等运量的客货运输节约燃料油5万t以上。

2.1.2 缓解公路运输对环境污染的恶化趋势

近年来的研究结果已证实,青藏公路沿线气候和高寒生态环境都发生了深刻的变化,公路沿线多年冻土退化、草场退化、荒漠化加速。上述自然生态环境的恶化虽然不完全是青藏公路的建设和公路运输量逐年增加而引起的,但却是重要原因之一。

因此,建设青藏铁路,优化青藏高原交通运输体系,为缓解继而扭转交通干线两侧附近地区环境质量的恶化趋势奠定了基础。

(1) 由于铁路具有通过能力强、全天候、安全、快捷的特点,青藏铁路运营后将明显分流公路运输承担的客货运输量。因此,将大大降低公路运输引起的燃料油的消耗量,降低大气污染物的排放。铁路运输完成同等运量将比公路、航空减少大气污染物排放量约43.7%以上。

青藏铁路开通后,可将高热值的燃料(如:煤炭、石油)运到高原取代农牧区大量使用的低热值高污染的柴草牛粪,为高原农牧区燃料换代提供了可能,改善高原的大气环境。

远期,青藏铁路将实现电力牵引。届时,铁路流动源大气污染物将基本实现零排放,必将大大改善交通对高原大气环境质量的影响。

(2) 由于客运量的增加,加之公路运输速度慢、运行时间长,公路运输产生了大量水污染物引起附近水环境的恶化。而青藏铁路运行速度快(设计速度为100~140 km/h),列车污水及粪便将实行密闭收集、定点处理。据推算,青藏铁路客运产生的污水和粪便仅为同等运量的公路产生量的1/5左右。因此,污染物的产生量和处理后的粪便污水对水环境的污染均将明显降低。青藏铁路将缓解交通运输产生的对水环境污染的恶化趋势。

(3) 由于同样的原因,青藏铁路单位运量产生的固体废物将比公路运输的产生量明显降低。根据青藏铁路的技术要求,全线固体废物将实行分类收集、定点集中实行无害化处理,固体废物对铁路沿线自然环境的影响将基本解决。青藏铁路的建设将明显减少交通运输产生的固体废物对环境的影响。

(4) 目前,铁路运行噪声对环境的影响日益受到人们的关注。尤其是通过人口密集区时将会给人们的生活、工作带来一定的影响。由于青藏铁路开通后列车运行对数很少,且沿线大都人口密度小、或为无人区;通过城市(拉萨、格尔木等)将根据城区规划合理选线建站。因此,青藏铁路运行噪声将不会给沿线居民带来明显的影响。但是,由于沿线分布有自然保护区,线路设计时要在充分调查的基础上,合理选线,尽量避开核心区、稀有濒危动物栖息地,防止运行噪声对上述地区的干扰。

(5) 青藏铁路远期电气化后将会产生电磁干扰,将会对电磁敏感设施和铁路40 m之内的居民电视的收看产生一定的影响。由于青藏高原地区人烟稀少,且根据我国东、中部地区电气化铁路建设成功的经验,上述干扰将会得到很好的解决。

(6) 近期我国关于沪宁高速公路两侧农田土壤受到严重污染并影响农作物生长的研究报道令

人关注。据完成该项研究的南京环境科学研究所介绍,目前沪宁高速公路两侧土壤污染严重,部分地段小麦铅含量已超过国家标准的 6.98 倍。该公路沿途的 80%~90% 的路段土壤受到污染。因此,青藏铁路的建成,将大大缓解公路运输对周边土壤的污染。

2.1.3 减缓青藏高原温室效应生成的趋势

由于青藏高原独特的高寒自然生态系统,抑制该地区温室效应的生成,减缓增加的趋势是青藏高原自然生态环境保护工作的重点任务之一。

青藏铁路开通后,由于其单位运量能源消耗比公路明显降低,其 CO_2 排放量也将大大降低。研究表明,铁路单位运量排放的 CO_2 量与汽车排放量之比为 1:2.68,即在同等运量情况下,铁路运输产生的 CO_2 气体排放量仅为公路的 37.3%。远期电气化之后,铁路流动源将基本实现 CO_2 的零排放,将有利于缓解青藏高原温室效应上升的趋势。由于铁路工程占用土地资源明显低于公路运输,青藏铁路工程对高原植被的破坏也将明显低于公路工程。植被的保护有利于高寒生态系统的正常平稳运行。

目前,我国干线公路以黑色路面为主,而黑色路面在日光照射下吸热快、温度高,其表面温度可达 65℃ 以上,与环境温度相差 30℃ 以上,将明显引起干线两侧环境的热污染。而铁路干线由于占地少,植被破坏少,道床温度与环境温度差明显低于公路。因此,青藏铁路产生的热污染明显低于公路交通,将有利于高原热污染和温室效应的改善。

2.2 对青藏高原社会生态环境的影响

2.2.1 大大促进当地社会经济发展

青藏铁路建设将加速青藏高原城市化进程,促进当地社会经济的发展。青藏铁路工程实施后,将为铁路吸引地区创造 5 万个左右直接或间接的就业机会,还将大幅度降低当地的运输成本,从而推动当地社会经济的发展。

2.2.2 提高民族地区生活水平,改善旅行条件

目前,青藏高原的人员、物资交流依靠航空与公路运输。而这两种交通运输方式受气候、路况的影响很大,而青藏高原气候恶劣、变化无常又是高原自然条件的最大特点。因此,青藏铁路的建成将改变当前的运输条件、为高原地区提供一条全天候、准时、安全、快捷的交通工具。

2.2.3 为出入青藏高原的旅客提供安全保障

由于青藏高原恶劣的自然条件,公路运输事故频发。统计分析表明,铁路运输是最安全的交通运输方式。以 10 亿人·km 统计,航空伤亡人数为 0.26,公路为 16,铁路为 0.18;在货运中,铁路事故率和伤亡人数仅为公路的 1/38。因此,青藏铁路的开通将大大提高进出青藏高原旅行的安全性。

2.3 对周边地区和國家的影响

由于青藏高原的特殊地理位置,青藏高原自然生态环境的稳定不仅关系到祖国东部、北部广大地区生态环境的稳定,关系到中华民族的可持续发展,也关系到东南亚、南亚和中亚部分地区和国家的十数亿人民的繁衍生息。青藏铁路工程带来的社会、经济与生态环境效益,将为上述地区人民的安居乐业、为可持续发展做出有益的贡献。

3 结束语

青藏铁路的科学研究、科学设计、科学施工,对青藏高原高寒自然生态环境的影响将会降到最小。同时,青藏铁路的开通必将极大地促进该地区社会经济的发展。青藏铁路工程将比建设同等运量的公路工程节约大量的土地资源和能源,有利于青藏高原自然生态系统的保护和平稳运行,明显分流青藏高原的公路运输;铁路的高运量、低消耗、低污染的技术优势将大大缓解青藏高原公路运输对环境的影响。青藏铁路的高效、便捷以及高安全性将大大改善青藏高原交通运输和旅行条件。

精心培育青藏铁路纪念林

——拉萨火车站绿化建设纪实

宋 歌

(中铁建工集团青藏铁路工程指挥部, 西藏 拉萨 850000)

摘 要:拉萨火车站的建设者提出并落实着“给过程添绿色, 让结果更精彩”的环保口号。指挥部技术人员经实地勘察, 仔细研究, 向西藏自治区园林专家求证, 提出了树木分批移植及建立绿化区的方案。绿化区的选址经过反复论证, 并咨询了地方环保部门的意见, 最后选定在单位项目部驻地周围近 250 亩荒山坡地作为绿化区进行移植, 一期工程竣工, 为青藏高原增添了一抹绿色。

关键词:青藏铁路; 环保; 植被移植; 拉萨火车站



孙副部长题词的“青藏铁路纪念林”

在举世瞩目的青藏铁路建设过程中, 广大铁路建设者将建设世界一流高原生态铁路的理念贯穿建设始终。当铁轨逐渐铺向拉萨时, 承担建设青藏铁路标志性工程——拉萨火车站的中国铁路建设工程集团提出了“给过程添绿色, 让结果更精彩”的环保口号, 在驻地周围的荒坡建设了一片公园式绿化林, 用实际行动实践了建设生态铁路的理念。2004 年 8 月, 铁道部副部长孙永福为绿化林正式题名为“青藏铁路纪念林”, 作为环保典型向施工全线推广。

拉萨火车站位于拉萨市堆龙德庆县柳梧乡柳梧村境内。柳梧, 藏语意为山羊角, 该村是拉萨河畔的一个古老村庄。这是一块神奇而美丽的土地, 千百年来, 当地村民筑坝修渠, 种田植树, 已经使该村成为一个农田肥沃、绿树成荫的绿色家园。村内两人合抱的百年老树就不下 50 棵, 各类树木近 10 万棵, 为世界屋脊绘制了一抹浓浓的绿色。

1 统一思想, 提高认识

2002 年 6 月, 中国铁路建设工程集团青藏铁路工程指挥部首批进藏施工人员到达拉萨。在进

场建点的同时,迅速开展征地拆迁工作。经现场勘探发现,在车站施工限界内有耕地 900 余亩,这些耕地上的土壤是当地村民千百年来耕种劳动、改造土地所形成的肥沃的熟土,在青藏高原上开发出这样大面积的熟土是非常宝贵的;另外柳梧村有 96 亩林地,树木近 2 万棵,树木直径从 10~600 mm 不等。

按铁路施工常规,这些树木应予以砍伐,站场表层熟土要异地弃置。从建设生态铁路、保护高原环境的高度出发,指挥部“一班人”敏锐地意识到:这片耕地和林地是当地藏族同胞世代代用辛勤劳作积累起来的宝贵财富,是当地群众改造自然的历史见证,是难得的高原绿洲,应该像爱护自己的眼睛一样来保护这片难得的高原绿色。而建设世界一流的高原生态铁路、造福西藏人民也是中国铁路建设者义不容辞的责任。为此,建工集团青藏铁路工程指挥部召开联席会议,进一步统一了思想,提高了认识,将保护林地作为一项课题进行了研究。



绿化前的植被状况

2 科学选址,合理规划

2.1 施工方案

拉萨火车站地处较长的峡谷地带,每年大风天数比同纬度的我国东部地区多 4~20 倍,这里植物生长缓慢,成活率低,一旦伤害,很难再生。针对当地的气候特点,指挥部技术人员经实地勘察,仔细研究,向西藏自治区园林专家求证,提出了树木分批移植及建立绿化区的方案。制定了《绿化区施工方案》和《取土场水土保持方案》,这两个方案分别得到了北京市“优秀合理化建议奖”和中国铁路工程总公司青藏铁路技术改进与合理化建议评比活动一等奖和二等奖。



绿化区土地平整

2.2 选址

绿化区选址经过反复论证,并咨询了地方环保部门的意见,最后选定单位项目部驻地周围的近 250 亩荒山坡地作为绿化区,这里常年风力较小、离村庄较远、地表植被稀疏、水源充足,较适合移植树木的成活。

3 制订方案,科学施工

由于铁路施工工期紧,人员和设备利用率高,且绿化区整体建设工程任务量大,故将绿化区建设工程分为三期进行。



移植树木的养护

一期工程为示范区,占地100亩,绿化其中50亩,以取得经验。包括平整场地、修建缓坡、填铺腐植土、修筑引水槽和灌溉渠、修建两个沉淀池并配套泵送设备、架设低压线路、移栽树木并种植经济作物(苜蓿等)等单项工程。具体做法如下:

(1) 平整场地。为保证取水方便,示范区选在村内水渠旁边的一处缓坡上。由于梯田方案施工难度较高且树林的整体外观,效果较差,所以采取缓坡方案。施工时,先用推土机清理地表,然后按一定的坡度将地面整平,因势利导的修建灌溉渠。

(2) 填铺腐植土。示范区荒坡的土质为粉质沙土,保水性极差,昼夜地表温差大,不适宜种植树木和草皮。只有上面填铺腐植土才可蓄水种树。施工用地大部分为农田,土壤肥沃,腐植土清理数量在6万 m^3 以上,足以保证100亩绿化区的填铺。根据树木种植的要求,设计腐植土填铺厚度为1m。施工时,将路基施工现场清理出的腐植土运至绿化区,按清理后的地表坡度用推土机进行平整,用装载机或载重汽车按每层0.4m的标准分层压实。

(3) 砌沉淀池并配套泵站设备。绿化区的水源首选乡村公路旁的灌溉水渠。灌溉水渠内的水杂质和泥沙较多,需要经过沉淀才能使用,所以必须设置沉淀池。另外根据灌溉水渠的水量,配套流量100 m^3/h 的离心泵。由于绿化区为缓坡自流灌溉,为提高灌溉效率,降低灌溉设备成本,在绿化区中间修建一条引水主渠,利用泵站将沉淀池内的水泵送到主渠内自流至坝顶向两侧分流灌溉。由于缓坡高差为10m,泵房地面至坝顶也有8m的高差,采用高架引水设施造价太高,维修困难,因此采用了修筑引水堤坝在坝顶开挖引水主渠的方案。

(4) 修建灌溉干渠。引水主渠建好后,在其顶端砌筑一座分水池,分水池两侧设置了两块闸板,引水干渠内的水自流至分水池内,再分流至两侧灌溉主渠内,分流方向可由闸板控制,分水池采用水泥砖砌筑结构。

(5) 树木的移栽。移栽季节和树种的选择。根据拉萨市园林规划局和林业局提供的数据,拉萨当地的植树期分春秋两季。春季植树在3月初至月底,时间1个月,是主要的植树期,移栽成活率较高。

(6) 树木的灌溉养护。树木移栽后,雇佣专人进行灌溉养护,使用并看管泵房内的泵站



藏族村民帮助建设绿化区

设备。因为移栽初期1个月内是成活的关键期,所以预计用工10人/日左右,树木发芽成活后则可适当减少用工。对于少量用于园林规划的观赏性树种,则聘请专业人士进行种植与养护。

(7) 制作绿化区防护围栏。由于绿化区附近有十几户村民,村民家中有很多家畜,为防止家畜进入绿化区内践踏破坏,便于绿化区的管理,增强绿化区的外观视觉效果,需要在绿化区周围增设防护栏杆。护栏采用1.5 m高的铁栏杆,下部为砖砌基础,栏杆涂防锈漆和适当颜色的面漆,并定期进行维修和保养。

(8) 备用水源方案。绿化区的成败关键是水源问题,首选水源为村内的灌溉渠,但此灌溉渠水量受村民耕地灌溉的影响很大,而且在天旱或拉萨河水位下降时都可能造成断流。拉萨地区日照时间长,紫外线辐射强烈,树木几天不浇水就会干死。所以,在引水堤坝顶端分水池旁边打了一口备用水井,以备断水时急用。

4 攻坚克难,群策群力

绿化区的筹备建设倾注了指挥部领导班子和全体员工的辛勤汗水。指挥长马福林曾多次参与方案设计和施工组织工作,工程正式开工后经常亲临现场指导施工,即使在出差外,也要电话询问施工进度情况;党委书记张占成亲自策划了绿化区的宣传工作方案;副指挥长刘伟负责抓绿化区建设,从选址到规划方案的制定、从施工组织到建设施工的每一个具体环节,都亲力亲为,带领工作人员攻坚克难,保证了绿化区建设的顺利实施。

为了使这里成为村民们休闲纳凉的公园式绿化区,还修建了围墙、栏杆、石甬道等设施。由北京团市委授旗的项目青年突击队队长白立勇同志带领伙伴们经常利用节假日和休息时间,在绿化区内义务劳动。当同志们问起,他笑笑说道:“我们在建拉萨车站的同时,能为西藏人民造一片绿洲,一个铁路罗布林卡,是我们的荣幸”。正是靠着指挥部全体员工无私奉献的敬业精神和当地藏族同胞的大力支持,才有了绿化区现在的郁郁葱葱、芳草怡人的景象。

综上所述,绿化区建设是一项系统工程,涉及到园林规划、树木种植养护、土壤改良等



春意盎然的绿化区

多门学科。该指挥部本着“高起点、高标准、铸精品工程”的原则,通过设计招标,选取了绿化经验丰富、综合实力较强的专业园艺公司对园区建设进行科学规划设计;在对绿化区表面填铺1 m厚的腐植土的基础上,通过改良灌溉水质来改良土壤。达到了既实现废水综合物利用,又解决了达标污水无处排放的难题,同时也节省了改良土壤所必需的大笔经费;移栽多年生长的大树,是一项专业性很强的技术工作,为此,指挥部领导聘请了林业专家做现场技术指导,保证了大树一次移栽的成活率。

绿化区一期工程已竣工，总投资 155.8 万元，共移栽杨树 4 000 棵、大柳树 92 棵、龙爪槐 120 棵、桃树 600 棵，种植草皮 11 亩。二期工程正在筹划中。我们相信青藏铁路通车之后，这里将成为青藏铁路线上一道美丽风景。

青藏铁路站车固体废物 处置方式探讨

陈泽昊 阮志刚 马 龙

(铁道科学研究院环控劳工研究所, 北京 100081)

摘 要:青藏铁路开通运营后产生的固体废物若处置不当, 将会对高原环境的植被、水体、野生动物及原始自然景观产生不利的影响。通过对兰新线、青藏铁路西格段现场类比调查、环评预测等有关方面的资料分析, 预测青藏铁路运营后固体废物的特征及数量, 进而对铁路垃圾处理方案进行分析。根据青藏高原的环境特点, 对3种常见垃圾处理方式的经济、技术可行性进行对比分析, 提出在高原生态环境条件下集中收集、集中填埋的铁路垃圾处理方案。

关键词:青藏铁路; 固体废物; 处置方式

青藏铁路格拉段经过550 km多年冻土地带及可可西里、三江源、色林措等自然保护区。铁路运营后产生的固体废物若处置不当, 会对高原环境的植被、水体、野生动物及原始自然景观产生不利影响。目前, 沿线的青海、西藏两省区除拉萨、格尔木市外无固体废物消纳场所, 也未开展过海拔4 000 m以上地区固体废物处置技术研究, 因此做好铁路运营期固体废物处置管理具有重要意义。

1 青藏铁路格拉段固体废物数量的预测

青藏铁路格拉段固体废物数量的预测主要从以下三个方面进行, 一是根据课题组对青藏铁路西格段及兰新铁路固体废物的调查, 二是青藏铁路环评报告书对运营后垃圾产生量的预测, 三是以往铁路站车垃圾处理研究及有关统计资料。

1.1 青藏铁路西格段及兰新铁路固体废物现状调查

1.1.1 现场类比调查方案的选择

由于兰新铁路兰州—乌鲁木齐段、既有青藏铁路西宁—格尔木段与青藏铁路格拉段地理位置接近, 两地海拔较高, 同处于大陆腹地, 降雨量较少(青藏铁路南段降雨较多)、昼夜温差大, 生态环境恶劣; 从线路本身特点分析, 类比线路与预测线路具有的共同特点是运量不大, 站间距离较长, 沿线小站旅客乘降人数较少, 游客数量较多; 特别是既有青藏铁路西宁—格尔木段作为青藏铁路的--

部分已经通车运行多年,因此选择该两段线路进行车站垃圾现状调查。

2004年5~6月间,对兰新线兰乌段及青藏铁路西格段14对不同类型的列车以及兰州、西宁、乌鲁木齐、敦煌、鄯善等车站垃圾情况进行了分类调查。调查人员采用统一表格随车调查的方式,按不同级别列车,分别按餐车、软卧、硬卧、软座、硬座、宿营车等车型分别调查,并记录旅客人数及运行时间。根据客车垃圾的组成采用综合分类法,将垃圾分为6类,在列车长协助下,请列车员填写《列车基本情况调查表》。同时也根据车站级别、客流量变化等情况统计分析了兰州、西宁、西乌、鄯善、敦煌等几个垃圾投放站垃圾产生的数量。

1.1.2 青藏铁路西格段及兰新线列车垃圾构成调查结果

根据调查,青藏铁路西格段及兰新线14对列车垃圾组成见表1。

表1 青藏铁路西格段及兰新线旅客列车垃圾与生活垃圾构成比较 (%)

151	废纸	食物残渣	废塑料	瓶罐类	其他	水分
铁路旅客列车垃圾	10.7	52.1	15.9	17.8	3.5	50~69
兰新线、西格段旅客列车垃圾	12.6	46.2	14.9	23.8	2.5	约40

注:垃圾中水分含量指垃圾经烘干后,每100份干垃圾所包含的水量。

由表1可知,在兰新线和既有铁路西宁—格尔木段旅客列车调查的列车垃圾组成情况与全路既有垃圾组成情况基本类似,除各类垃圾组成百分比稍有变化外,列车垃圾中各组分排序一致,含量接近,说明兰新线、西格段的垃圾性质与国内其他铁路垃圾的构成具有同一性,预测青藏铁路开通后,格尔木—拉萨段的列车垃圾性质与调查情况相一致。

1.1.3 西宁—格尔木段车站垃圾数量调查

(1)兰州—西宁—格尔木段旅客列车垃圾数量调查。2004年5月,对西宁—格尔木段3列旅客列车垃圾产生量调查,除对各类车辆垃圾情况进行调查分析外,重点统计投放点垃圾产生量,调查结果见表2。

表2 青藏铁路西格段列车垃圾日产生量

序号	车次	运行区间	运行(km)	运行时间	单程垃圾产量 (上行/下行)	全程垃圾 产量(kg)	旅客垃圾 小时产生量
1	N903/904	兰州—格尔木	1 046	18	280/260	540	0.025 kg(h·人)
2	1047/1050	成都—格尔木 (格尔木—兰州)	1 046	20	340/300	640	0.027 kg(h·人)
3	5701/5702	西宁—格尔木	830	14	190/180	370	0.033 kg(h·人)
合 计						1 550	

由表2可见,兰州—格尔木段旅客列车垃圾产生量为1 550 kg/H。

(2)兰州、西宁、格尔木站垃圾数量调查。根据调查,各有关车站垃圾年产生量见表3。

表 3 青藏铁路西格段车站垃圾产生量

车站	年旅客发送量 (万人/年)	车站垃圾量 (t/年)
兰州站	489.9	2 830 (其中列车投放 2 230)
西宁站	187.6	510 (其中列车投放 440)
格尔木站	68.2	185 (其中列车投放 150)

1.1.4 兰新线车站垃圾数量调查

对乌鲁木齐—兰州段上下行旅客列车进行调查,除对列车垃圾产生量、垃圾分类调查外,还统计了各投放点的垃圾投放量,重点对各垃圾投放站的垃圾产生量进行调查。乌鲁木齐—兰州段共计运行特快旅客列车 5 对,普快 1 对,慢车 5 对,图定列车 11 对。调查结果见表 4、表 5。

表 4 兰新铁路兰州—乌鲁木齐段列车垃圾日产生量

序号	列车性质	运行区间	运行距离 (km)	运行时间 (h)	单程垃圾产量 (上行/下行)	全程垃圾产量 (kg)	旅客垃圾小时产生量
1	特快	兰州—乌西	1 892	24	710/750	1 460	0.030 kg(h·人)
2	普快	敦煌—乌鲁木齐	825	13	370/380	750	0.048 kg(h·人)
3	慢车	兰州—乌西	1 892	31	1 100/1 160	2 260	0.046 kg(h·人)

表 5 兰新铁路兰乌段车站垃圾产生量

车站	车站到发人数 (万人/年)	车站垃圾量 (t/年)
乌西站	798.6	760 (其中列车投放 675)
鄯善站	33.4	510 (其中列车投放 454)
敦煌站	16.6	375 (其中列车投放 335)

表 4 反映了兰新线兰乌段旅客列车垃圾产生量及旅客垃圾产生系数。兰新线有关车站垃圾年产生量见表 5。

1.2 环评报告中固体废弃物的预测

青藏铁路格拉段环评报告中旅客及车站垃圾产生数量见表 6。

表 6 青藏铁路全线旅客列车垃圾产生量

期间	近期 (2010 年)	远期 (2015 年)
列车对数 (对/日)	5	6
旅客列车垃圾量 (t/年)	786.11	943.33
车站垃圾量 (t/年)	300.7	360.8
青藏铁路垃圾总量 (t/年)	1 086.81	1 304.13

由表 6 可知,环评报告预测中,青藏铁路近期车站垃圾总量为 1 086.81 t/年,其中大部分为旅客列车垃圾,占 72.3%,车站产生的垃圾数量占 27.7%。环评报告是按照旅客垃圾排放系数

进行计算和预测的,根据铁道第一勘察设计院《新建铁路青藏铁路格尔木至拉萨段(格尔木—唐古拉山口、唐古拉山口—拉萨)环境影响报告书》有关资料介绍,旅客垃圾排放系数一般取值在 $0.015\sim 0.035\text{ kg/人}\cdot\text{h}$ 之间。车站垃圾排放量一般采用既有站类比调查分析法,也可以采用排放系数计算法。

1.3 格拉段铁路固体废物预测分析

根据以上调查分析,预测青藏铁路运营期固体废物产生量如下:青藏铁路建成后,近期旅客列车对数为特快列车1对,快速列车3对,普客1对,共计5对客车,远期旅客列车为6对。根据设计,青藏铁路格拉段开通实现“ $100\sim 120\text{ km/h}$ 运行速度,少维修,无人化管理”的目标。因此,全线铁路职工人数将大为减少,总数不会超过1000人,同时旅客列车停靠站保留15处。根据我们对青藏铁路沿线环境调查了解,由于沿线海拔高,自然环境极端恶劣,因此除拉萨、格尔木、当雄、那曲、沱沱河等站外,沿线车站垃圾数量较少,运营期间固体废物主要来自于旅客列车。

1.3.1 青藏铁路沿线旅客列车垃圾产生数量预测

根据青藏铁路西格段及兰新铁路垃圾产生量的调查结果,参考环评报告的预测值以及以往铁路垃圾产生量的调查资料,预测运营期间青藏铁路格拉段站车的垃圾产生量。

运营期垃圾量的计算以预测旅客行车人数、乘车时间等参数乘以相应系数而得,即

$$W=K\times Q\times T$$

式中 W ——年垃圾产生总量 (kg/年);

K ——旅客垃圾排放系数,根据类比调查,按 $0.035\text{ kg/人}\cdot\text{h}$ 取值(据有关资料,旅客垃圾排放系数一般取值在 $0.015\sim 0.035\text{ kg/人}\cdot\text{h}$ 之间);

Q ——旅客人数 (人);

T ——旅客乘车时间 (h/年)。

由此计算出旅客列车垃圾产生数量见表7。

表7 青藏铁路格拉段旅客列车垃圾产生量

期间	近期 (2010年)	远期 (2015年)
列车对数 (对/日)	5	6
估计旅客运量 (万人/年)	150	180
旅客列车垃圾量 (t/年)	630	756

1.3.2 沿线车站垃圾产生量预测

采用与既有站类比分析法,预测沿线车站垃圾总量见表8。

表 8 青藏铁路格拉段车站垃圾产生量

序号	站名	中心里程	车站生活垃圾量 (t/年)	
			2010 年	2015 年
1	格尔木	K815+377	95.5	105.0
2	南山口	DK845+366	0.15	0.17
3	纳赤台	DK904+700	0.15	0.17
4	望昆	DK964+550	6.80	7.80
5	五道梁	DK1 093+800	7.70	8.85
6	沱沱河	DK1 236+150	12.0	14.0
7	雁石坪	DK1 333+400	5.00	5.80
8	布强格	DK1 380+050	0.60	0.65
9	安多	DK1 538+000	5.50	6.50
10	那曲	DK1 670+400	11.8	14.2
11	古露	DK1 766+100	0.45	0.52
12	当雄	DK1 848+000	4.60	5.50
13	羊八井	DK1 921+730	1.30	1.50
14	马乡	DK1 954+400	0.30	0.35
15	拉萨	DK2 005+300	144.8	165.0
16	合计		296.65	336.01

1.4 青藏铁路车站垃圾总量预测

1.4.1 青藏铁路车站垃圾总量预测

青藏铁路车站垃圾总量为 926.65 t/年, 其中大部分为旅客列车产生的垃圾, 占 68.0%, 车站产生的垃圾数量占 32.0%, 见表 9。

表 9 青藏铁路格拉段铁路车站垃圾产生量

(t/年)

项目	列车垃圾	车站生活垃圾	总计
2010 年	630	296.65	926.65
2015 年	756	336.01	1 092.01

1.4.2 青藏铁路格拉段垃圾构成预测

根据类比调查及上述分析, 青藏铁路格拉段垃圾构成预计与青藏铁路西格段及兰新线列车垃圾组成基本一致, 见表 10。

表 10 青藏铁路格拉段旅客列车垃圾构成

(%)

种类	废纸类	食物残渣类	废塑料	瓶罐类	其他	水分
百分比	12.6	46.2	14.9	24.8	1.5	40

注：垃圾中水分含量指垃圾经烘干后，每 100 份下垃圾所包含的水量。

2 青藏铁路垃圾处置技术研究

2.1 城市生活垃圾主要处理技术及特点

生活垃圾的处理方式包括简易堆放、卫生填埋、堆肥、焚烧、热处理等方法，广泛应用的城市垃圾处置方式为卫生填埋、堆肥和焚烧 3 种。

2.1.1 垃圾焚烧技术

垃圾焚烧处理是生活垃圾高温热处理技术，20 世纪末气体污染净化技术飞速进展，使垃圾焚烧气体产生的二次污染能被有效控制，促进了焚烧法的广泛应用。焚烧法可以使废物减量化、稳定化、无害化和资源化，且实现速度快。目前焚烧法占垃圾处理总量的比例大于 70% 的有日本、丹麦、瑞士等。垃圾焚烧处理具有占地小、场地选择容易、处理时间短、减量化显著（减重可达 70%，减容可达 90%）、无害化较彻底、以及可回收垃圾焚烧余热等优点。

2.1.2 垃圾堆肥技术

垃圾堆肥处理是在可控制条件下，依靠土壤和垃圾中固有的微生物，使垃圾中有机成分在低温下发酵、分解并转化成一种类似于腐殖质的物质作为肥料或土壤改良剂，从而使垃圾处理达到无害化。垃圾堆肥具有以下优点：（1）投资省，技术和管理相对简单，易于操作；（2）从经营角度可以采用以堆肥为主体、兼有废品回收和惰性残余物填埋的一体化处理方式；（3）堆肥法不受规模大小限制，可以因地制宜制造不同品种和品级的堆肥，易于推广。但也存在着以下缺点：堆肥生产规模受市场需求限制，堆肥肥料质量较差、成本高、销路不好，堆肥中重金属含量较高，农作物不宜施用。

2.1.3 垃圾卫生填埋技术

（1）传统垃圾卫生填埋技术。卫生填埋场处理是一种在工程上对填埋垃圾产生的渗滤液和填埋气体进行控制，从而使固体废弃物对周围环境的污染最小化的固体废弃物处置方法。具有如下优点：完全独立无害化，垃圾处理量相对较大，适应性广，无需进行垃圾预处理；工程投资、运行成本相对较低；处理技术成熟，操作简单，利于推广普及。其缺点是：占地面积较大，填埋场选址有一定难度；填埋场达到稳定的时间较长；渗滤液处理不易达标，如有泄漏，可能污染地下水。

卫生填埋处理作为城市生活垃圾处理的最终方式，因其技术比较可靠、适应性好、投资和运行成本较低，得到了世界各国的普遍应用。许多发达国家均采用卫生填埋作为垃圾的主要处置方法，如英国垃圾填埋占 90%，意大利 74%，美国 67%，德国 46%，法国 45%，也是我国处置城市生活垃圾的主要方式。

目前，我国乃至世界范围内，垃圾填埋时主要采用的还是传统厌氧填埋技术。传统厌氧填埋场的优点是结构简单，建设成本低，同时还可将填埋气作为能源加以利用。其缺点是垃圾中有机

物降解缓慢,达到垃圾稳定化的时间较长;渗滤液水质水量波动大,污染强度高,处理费用居高不下;占地较大,二次污染严重等。

(2) 生物反应器垃圾卫生填埋技术。20世纪70年代起,发达国家相继开始了生物反应器填埋场的研究。生物反应器填埋的核心是通过渗滤液回灌等控制手段,强化填埋垃圾中微生物作用过程,加速垃圾中可降解有机组分的转化和稳定。R·bins·n等人的研究表明,通过渗滤液回灌可以缩短填埋垃圾的稳定化进程(使原来需要15年~20年的稳定过程缩短至2年~3年)。该技术具有加速垃圾的稳定化、减少渗滤液场外处理量、回灌后的渗滤液水量水质均衡、降低渗滤液污染物强度等,而且比其他处理方案更为经济。

2.2 青藏铁路固体废物最终处理方案

2.2.1 青藏铁路垃圾处理方案的选择原则

根据国家《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》,严格垃圾管理,按照减量化、资源化、无害化处理垃圾的要求,结合青藏铁路沿线脆弱的环境特点,确定以下原则处理青藏铁路运营期间车站垃圾。

(1) 保护自然环境。青藏铁路垃圾处理的方案必须遵循国家相关法律法规要求,不能在自然保护区内建设垃圾填埋场、堆肥厂或焚烧厂,并符合环评报告要求以及铁道部、国家环保总局的有关预审和批复意见。一方面确保处理技术的无害化,同时确保处理场地对周围环境的影响最小。

(2) 客车垃圾统一收集点、点投放,沿线车站垃圾分类处理。目前铁路客车垃圾实行袋装收集、定点投放,对铁路客运垃圾的收集与处置取得了良好的效果。根据青藏铁路环境特点,格拉段客运垃圾尽可能在格尔木和拉萨市投放,中间不设垃圾投放点,沿线车站垃圾进行分类,垃圾下运至格尔木和拉萨处理。

(3) 经济性原则。用于青藏铁路垃圾处理的方案应符合建设和运行费用最低的原则。

(4) 可行性原则。青藏铁路格拉段车站分散,垃圾数量较少,因此用于青藏铁路垃圾的处理设施,必须操作简单、使用维护方便,对沿线恶劣的自然环境适应性强。

2.2.2 青藏铁路垃圾处理方案的分析

青藏铁路格拉段运营期车站垃圾的组成以可降解有机物为主,其次是瓶罐类、废塑料和废纸木类垃圾;车站垃圾中可生物降解物含量较高,比较适合进行生物处理。在目前垃圾处理3种主要技术中,适合于青藏铁路垃圾的处理方式应满足:处理规模1 t/日左右,甚至在每天数十公斤的情况下,其处理技术仍然实用且经济;在垃圾日产生量波动较大的情况下能稳定运行,且安全可靠、操作简便;对垃圾组分如塑料含量等无过高要求;二次污染风险小;能适用于青藏铁路沿途非常恶劣的自然气候条件。现分别对焚烧、堆肥和卫生填埋等3种常用的垃圾处理方式进行分析。

(1) 青藏铁路垃圾的堆肥方案。垃圾堆肥技术具有投资较省,技术管理相对简单,并可通堆肥产品获得经济效益等优点。尽管青藏铁路垃圾特别是旅客列车垃圾的组分预测表明,近一半垃圾是可生物降解的,但垃圾堆肥技术的应用,在很大程度上并不取决于堆肥原料的好坏,而取决于堆肥产品的质量和市场销售情况。由于沿线以收业为主,堆肥产品在当地没有销

路,堆肥产品的低价值也无法承受外销的运输成本,故在青藏铁路沿线采用垃圾堆肥并不适用。其次,堆肥法消纳的主要是垃圾中的可腐有机物,而我国铁路垃圾目前仍采用混合收集方式,要从混杂的垃圾中分选出可腐组分,不仅技术上较为复杂,而且经济上花费亦很大,这就从根本上限制了垃圾堆肥技术的应用。再则,垃圾堆肥需要一定的温度条件,而沿线不仅平均气温很低,而且昼夜温差大,无法满足快速堆肥所需的温度要求。因此,也不宜选用堆肥来处理青藏铁路垃圾。

(2) 青藏铁路垃圾的焚烧方案。尽管焚烧法能使垃圾在最短的时间内减量化、稳定化、无害化和资源化。但垃圾焚烧的每吨投资为50万~70万元,是填埋方案的2~3倍,且运行费用也高(100~200元/t),是填埋的数倍。而青藏铁路站段垃圾数量较少,采用焚烧进行处理的方案在经济性方面完全没有竞争力;其次采用垃圾焚烧也必须配备完备的二次污染治理系统和具备一些特定的工艺条件,需要很大的投资和较高的技术管理水平,而小规模焚烧炉进行完备的配置,不论从投资还是运行角度讲都不具备规模效应,在高原环境下也是极不经济,否则容易导致二次污染;第三青藏铁路格拉段所经地区地广人稀,很多路段靠近自然保护区,其大气、环境基本没有受到人为污染,是全国环境质量最好的区域。同时青藏高原又是低氧、低温、低气压的“三低”区域,在这种特殊的环境条件下,进行铁路垃圾的焚烧处理,因不完全燃烧而产生二恶英等二次污染的可能性很大,具有高风险性。因此,从保护生态环境角度讲,也不宜采用焚烧法处理青藏铁路垃圾。

(3) 青藏铁路垃圾的填埋方案。垃圾卫生填埋具有以下特点:一是二次污染风险小。尽管在垃圾填埋过程中,渗滤液是危害最严重、控制最困难的二次污染源,但近年来,垃圾填埋场的防渗技术和渗滤液处理技术得到了长足发展;另一方面,对青藏铁路而言,所需的垃圾填埋处理规模均不大,渗滤液产量较小,较好控制。特别是准好氧填埋技术的发展,为渗滤液的污染控制提供了极好的途径。可以说,虽然进行垃圾填埋时由渗滤液带来的二次污染风险是不可避免的,但却完全可以置于可控范围内,其风险较之焚烧带来的二次污染相对更小。二是投资省、适应性强、实施简便易行。卫生填埋对垃圾的“质”与“量”无严格要求,不需复杂分选流程,填埋后主要依靠垃圾中微生物进行降解、减量,因而其投资最省,实施也简便易行。但一般填埋场的占地面积较大,对于土地资源紧张的地区就成为一大限制因素;但对于人烟稀少的青藏铁路沿线而言,选择合适的卫生填埋场地并不是大问题。三是技术水平要求不高。较之焚烧和堆肥,填埋是最简单易行的垃圾处置手段,对运行管理人员的专业技术水平要求不高,加之对垃圾处理规模的适应性强,完全不受垃圾日产量波动的影响,因而对日产量较小、但波动较大的中小铁路站段垃圾而言,卫生填埋应是更适合、更稳定的铁路垃圾处置手段。

2.2.3 青藏铁路格拉段客运垃圾的处理方式

根据设计资料,青藏铁路格拉段设车站15个,旅客列车开行速度将达到100~120 km/h,格拉段旅客列车运行耗时约12 h左右。格尔木站和拉萨站的垃圾能纳入当地市政垃圾处理设施处理,其他车站产生的垃圾均需进行专门的处理。青藏铁路格拉段旅客列车垃圾产生量分析见表11。

表 11 青藏铁路格拉段旅客列车垃圾产生量

期间	近期 (2010 年)
列车对数	5 对/日
格拉段旅客列车垃圾量	786.11 t/年
每列车 (12 节车计) 单程垃圾量	215 kg/12 h
平均每节车厢单程垃圾量	17.9 kg (约 2 袋)
类比铁路, 兰新线、青藏铁路西格段每节车厢单程垃圾量	14~31 kg/12 h, (每袋垃圾约 5~15 kg, 平均 10 kg/袋, 计约 2~4 袋)

按一般垃圾投放站设置要求, 根据青藏铁路格拉段车站的分布, 格尔木—拉萨间可选定一个垃圾投放站, 安多站距格尔木 698 km, 距拉萨 444 km, 所处位置相对适中, 可作为青藏铁路格拉段唯一的垃圾投放站。但是, 根据兰新线、青藏铁路西格段的调查, 一般旅客列车每节客车垃圾产生数量约 14~31 kg/12 h (平均 10 kg/袋); 沿线一般投放站, 每节客车投放垃圾 1 袋, 而大的投放站, 特别是列车终点站, 垃圾投放数量较多, 一般为 2 袋, 少数可达 3 袋。据此, 推断青藏铁路运营后格拉段每列车厢垃圾产生量 17.9 kg, 以每袋垃圾 8~10 kg 计, 约 2 袋, 这部分垃圾完全可以在格尔木和拉萨市卸下。

因此, 建议青藏铁路格拉段旅客列车垃圾处置方式为, 格尔木至拉萨中间不设垃圾投放站, 旅客列车垃圾直接在格尔木和拉萨市投放, 与两车站垃圾一并交由当地垃圾处理场填埋。铁路部门向当地环卫主管部门上交一定的垃圾处置费用。这样既可以避免列车垃圾对青藏高原环境产生的不利影响, 同时也满足了铁道部和国家环保总局的相关要求。

目前, 格尔木、拉萨均有垃圾填埋场, 可以接收铁路垃圾, 这种方式处理铁路客运垃圾从源头上避免了对青藏高原环境的污染, 体现了垃圾全过程管理、控制原则, 对保护环境最为有利。

2.2.4 青藏铁路格拉段沿线车站垃圾处置处理方式

青藏铁路站车垃圾总量为 926.65 t/年, 其中大部分为旅客列车垃圾, 占 68.0%, 车站垃圾占 32.0%, 约 296 t/年。车站垃圾组成特点与既有线类似, 主要是食物残渣和废瓶罐及各种包装物, 其中食物残渣类垃圾占首位。据此, 确定青藏铁路运营期车站垃圾最终处理方案可作如下 3 种考虑: 一是集中收集, 全部下运至格尔木和拉萨市; 二是车站垃圾按可否降解分类, 不可降解部分 (瓶罐类、废塑料等) 下运格尔木和拉萨市, 可降解部分食物残渣 (占垃圾总量 50% 约, 26 t/年) 就地处理。三是安多站设一集中垃圾填埋场, 处理沿线车站主要生活垃圾。对以上处置方式作如下简要经济比较分析, 见表 12。

根据表 12, 综合考虑各方面因素, 近期利用汽车下运沿线车站垃圾较为经济易行。但是考虑到青藏铁路格拉段沿线距离较长, 而各站垃圾数量变化较大, 除格尔木、拉萨站外, 沿线垃圾产生量较大的车站集中在安多、那曲一带, 因此根据青藏铁路沿线车站分布情况, 可以考虑在安多车站设置一个沿线车站生活垃圾集中填埋场。指定安多站为青藏铁路垃圾投放站还具有以下理由: 安多站距格尔木 698 km, 距拉萨 444 km, 所处位置相对适中, 可以兼顾沿线各站; 安多站正好位于岛状冻土和深季冻土区域外, 冻土对待建填埋场热稳定性的影响相对较小; 安多站位于

表 12 青藏铁路沿线车站垃圾处置方式简要分析

处置方案	方案一	方案二	方案三
处置方式	汽车下运	各站设填埋单元处置	安多站设集中垃圾填埋单元
需处置车站垃圾量 (不含拉萨、格尔木站)	56.35 t/年	约 23 t/年	约 15 t/年
经济比较	8 万元/年	一次投入约 8 万元/个, 运行 费用 1 万元/年	一次投入约 10 万元, 运行 费用 1 万元/年

那曲地区安多县城, 物质和技术支持条件相对较好; 在青藏铁路安多段有现成的较大型取土场可供填埋场选址利用, 例如安多车站附近的 DK1 541+500~900 大型取土场, 距离安多车站约 1 km, 距离适中。而且利用取土场建设填埋场对周围生态环境的影响相对较小; 青藏铁路格拉段车站仅设安多垃圾填埋场, 可以提高垃圾处置效益, 减少了各站单独设场的投资和运行费用, 且有利于垃圾场的安全管理。

青藏铁路低温生活污水 处理试验研究

侯世全¹ 李德生² 栗 健³

(1. 铁道科学研究院环控劳卫所, 北京 100081; 2. 兰州交通大学环境学院, 甘肃 兰州 730070;

3. 铁道第一勘察设计院环境处, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 青藏铁路特殊自然条件限制了生物法在污水处理中的应用。根据现场条件和技术要求, 现场试验结果表明, 采用基本不受自然条件影响的混凝沉淀膜过滤+催化电氧化的工艺流程, 可处理水温低至 5℃ 的铁路站区无粪便污水汇入的生活污水。处理后的出水水质可以达到《生活饮用水水源水质标准》(CJ 3020-93) 二级标准, 可以满足在高原地区高寒、缺氧、恶劣的自然条件下使用的要求。

关键词: 低温; 污水处理; 催化电氧化

新建青藏铁路位于高原腹地, 海拔多在 4 000 m 以上; 气候寒冷, 极端最低气温 -40℃ 以下; 空气稀薄, 气压低, 仅为海平面的 60%~70%; 缺氧, 空气中含氧量比海平面减少 38%~46%; 自然条件恶劣, 生态环境十分脆弱, 一旦破坏以后很难恢复。铁路运营后, 站区将产生一些生活污水, 这些生活污水若不经处理或处理不当, 排放后将对地表水体造成污染。

沱沱河站地处沱沱河畔, 属冰缘干寒气候区, 海拔 4 700 m, 气候多变, 四季不明, 空气稀薄, 气压低, 年平均气温 -4℃, 极端最高气温 24.2℃, 极端最低气温 -45.2℃。沱沱河站为中间站, 设到发线 4 条, 列检所一个, 污水量 30 m³·d⁻¹, 处理后排向沱沱河。沱沱河是长江源头, 根据《地表水环境质量标准》, 规定为Ⅰ类水体, 按照《污水综合排放标准》, 为防止污染, Ⅰ类水体不得新增排污口, 因为修建青藏铁路的重要意义, 国家环保总局同意污水处理后排入沱沱河, 但要求处理后水质达到《生活饮用水水源水质标准》二级标准。

处理生活污水在平原地区有成熟的技术和工艺, 但目前尚没有完全适合青藏铁路海拔高、气温低、空气稀薄、环境条件恶劣的技术和工艺流程。另外, 一般情况下, 污水处理后水质要求达

铁道部科技研究开发计划 (2003G045-C);

青藏铁路公司资助项目

到排放标准,而沱沱河站污水处理后水质要求达到《生活饮用水水源水质标准》(CJ3020-93)二级标准,这在铁路系统甚至国内尚无先例,和排放标准相比,生活饮用水水源水质标准严格得多,国内目前也没有处理达到生活饮用水水源水质标准的处理工艺流程可借鉴,因此必须研究新的技术和工艺,并研制出试验设备,进行现场试验,确保污水达标排放。

1 污水处理技术要求

根据青藏铁路沱沱河站的具体情况,污水处理的工艺流程和处理设备必须满足如下技术要求。

1.1 原水

沱沱河站没有工业设施,不产生工业污水。但地处多年冻土区,无法修建化粪池,站内仅设干厕,不设水冲式厕所,所排污水中不含粪便污水,污水组成主要是厨房、洗涤、洗浴污水。因该站给水水温低,所以排放污水水温也低。设计单位在分析和监测的基础上,确定污水水温最低按 5℃考虑,比平原地区生活污水水温低得多。

1.2 处理后排水水质

在对铁路站区生活污水组成和污染物种类进行分析后,选择 COD_{Mn} 、色度、PH、LAS、氨氮、硝酸盐氮为水质检测项目,处理后排水水质应满足《生活饮用水水源水质标准》(CJ 3020-93)二级标准要求,见表 1。

表 1 处理后水质 (mg · L⁻¹)

项目	COD_{Mn}	色度	pH	LAS	氨氮	硝酸盐氮
标准值	6	不应有明显的其他异色	6.8~8.5	0.3	1.0	20

1.3 设备安装

处理设备安装在有采暖设施的室内,但为了节能,设备间室温很低,室内最低温度按 0℃考虑,设备全自动控制。

2 污水水质分析

在进行试验前,需要先对污水水质进行分析。与一般情况下生活污水水质不同,沱沱河站无粪便污水汇入,因此很难采集到无粪便污水汇入的生活污水水样,需要对各种生活污水和混合污水的水质进行监测。

水样来自某大学校区,分别取自食堂、洗衣房、学生宿舍楼盥洗室、学生澡堂,并按 33%、10%、12%、45% 比例取样混合,连续 3 天采样,每天 2 次。检测项目为 COD_{Cr} 、氨氮,检测方法为国家标准方法,检测结果见表 2。

由检测结果分析可以看出有以下特征。实测数据中,食堂污水 COD_{Cr} 浓度最高,澡堂污水 COD_{Cr} 最低,符合文献中所列出的不同污水 COD_{Cr} 浓度变化的一般规律。

各种污水中,洗衣房污水氨氮浓度最高为 $5.3 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,澡堂污水氨氮浓度最低为 $2.38 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,混合样污水氨氮浓度为 $3.12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,和一般含粪便污水相比,氨氮浓度较低。

表 2 无粪便污水的生活污水水质监测

($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

检测项目	分析方法	组次	取样点				混合样
			食堂	洗衣房	盥洗室	澡堂	
COD _{Cr}	重铬酸钾法	1	646	298	109	73	315
		2	754	235	127	68	352
		3	675	241	113	81	342
		4	689	272	117	78	357
		5	746	259	140	79	369
		6	654	232	142	85	324
平均值			694	256	125	77	343
氨氮	纳氏试剂法	1	3.72	5.06	2.4	2.31	3.08
		2	3.89	5.19	2.47	2.45	3.11
		3	3.76	5.28	2.56	2.38	3.02
		4	4.25	5.24	2.78	2.54	3.23
		5	4.19	5.49	2.82	2.25	3.16
		6	4.08	5.56	2.94	2.33	3.14
平均值			3.98	5.3	2.66	2.38	3.12

注：洗衣房污水为各道洗涤工序的混合水样。

根据实测结果，参考其他车站污水水质的监测结果，预测沱沱河站不含粪便污水水质见表 3。

表 3 不含粪便污水水质

($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

项目	COD_{Cr}	BOD_5	悬浮物	LAS	氨氮	硝酸盐氮
最高值	369	74.4	155	9.5	3.23	47.3
最低值	315	56.3	16.7	7.2	3.02	21.6
均值	343	66	88	8.7	3.12	33.4

3 实验室试验

处理生活污水，目前一般采用生化处理工艺，生化处理中微生物的适宜温度一般在 12°C 以上，但因青藏铁路污水水温低，不适合直接采用，若将污水加温，污水处理成本高，经综合考虑，采用物化处理工艺进行试验。通过工艺比选，选择混凝沉淀+催化电氧化处理工艺进行实验室试验。

3.1 催化电氧化去除污染物机理分析

催化电氧化反应器降解有机污染物是在电场及固体催化剂作用下，有机物与氧化剂迅速反应，生成 CO_2 、 H_2O 或其他小分子有机物的反应。其反应过程可概括为以下 3 种。

3.1.1 污染物在催化活性填料表面的聚集

在催化电氧化反应器的电场作用下,带电的污染物分子或胶体会受到电场的作用而发生迁移,从而在催化活性填料的表面聚集或离析。

3.1.2 污染物的扩散和氧化分解

污染物在催化活性填料表面聚集后,在催化剂与电场的协同作用下,可迅速被催化氧化降解。研究表明,催化活性填料表面污染物的分解主要是以间接氧化为主。催化活性填料起到载体的作用,在电场中产生的氧化剂,通过催化剂可使催化活性填料表面吸附的有机物得到降解,从而使催化活性填料始终处于吸附与解析的动态平衡状态。

有机物的降解过程包括中间强氧化物质的产生及其对有机物的氧化作用等。污染物氧化需要大量的强氧化性中间产物,这些强氧化性中间产物氧化有机物时,活化能较高,需要大量的输入能量,消耗功率大。在此过程中存在着竞争副反应,也严重影响了电化学反应器的电流效率。由于上述问题的出现,在催化电氧化反应器研究过程中,开发的新型固体催化剂,提高了过氧析电位,抑制了副反应的进行;同时添加的固体催化剂,也降低了污染物氧化时的活化能,加速了有机物的氧化分解过程。

3.1.3 催化电氧化降解污染物的过程

(1) 污染物电化学反应过程

根据电化学反应动力学基本原理,可推出反应器中污染物的反应动力学公式为:

$$\bar{v} = k_1 \alpha \beta' e^{-\gamma I} \left(1 - \frac{1}{U - u_0}\right) \quad (1)$$

$$C_t = C_0 - k_1 \Delta S_E \alpha \beta' e^{-\gamma I} \left(1 - \frac{1}{U - u_0}\right) t \quad (2)$$

式中 $\bar{v}$ 为反应器内平均反应速度; k_1 为反应速率常数; α 为反应电流效率; β' 为中间氧化产物产生效率; γ 为衰变率常数; L 为极板间距; U 为反应器输入电压; I 为反应器输入电流; C_t 为时刻有机物浓度; C_0 为有机物初始浓度; ΔS_E 为反应区填料总表面积; t 为反应时间; u_0 为反应器启动电压。

(2) 污染物扩散过程

根据扩散动力学基本规律,可导出污染物扩散反应动力学公式为:

$$J = \left(\frac{D_l}{l} + k'\right) c \quad (3)$$

$$C_t = C_0 e^{-\Delta S_E \left(\frac{D_l}{l} + k'\right) t} \quad (4)$$

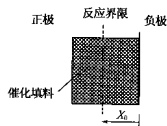
式中 J 为扩散通量; D_l 为扩散系数; l 为扩散层厚度;

k' 为吸附速度; c 为有机物浓度。

由于污染物浓度存在极化,扩散是不断进行的。

(3) 污染物混合反应过程

分界点:



$$X_0 = \frac{I}{U} [a_0 - \ln(t - be^{-a})] \quad (5)$$

$$\text{式中 } b = \frac{D_i + k'}{k_1 a I} c_0 \quad a = \Delta S_B \left(\frac{D_i}{I} + k' \right)$$

在 $X > X_0$ 处, 反应过程由扩散控制, 动力学模式符合扩散控制步骤动力学模式; 在 $X < X_0$ 处, 反应过程由电化学控制, 动力学模式符合电化学控制步骤动力学模式。在催化电氧化反应器运行过程中, 通过对输入电压的控制, 可把反应控制在最佳的反映状态, 以达到理想的处理效果。

3.2 试验结果

实验室试验在某大学校园内进行。生活污水取自学校家属区排放污水, 污水中没有接纳任何工业废水。选择冬季进行试验, 冬季室外气温在 0°C 以下, 生活污水的水温在 8°C 左右, 经过室外水箱储存冷却后, 水温可进一步降低到 5°C 以下。测定项目: COD_{Cr} 、 BOD_5 、氨氮。所有测试项目保存、检测均按《水与废水分析监测方法》(第四版) 进行。

实验室试验工艺流程如下: 原水 → 格栅 → 贮水箱 → 混凝沉淀反应器 → 催化电氧化反应器 → 出水。

原水经过格栅截留大的漂浮物与悬浮物后, 贮于水箱中, 生活污水经过自然降温后, 水温降低至 5°C 以下, 然后经混凝斜板沉淀反应器处理, 再由催化电氧化反应器处理, 出水直接排放。混凝沉淀反应器是集反应沉淀一体化的反应器, 体积为 0.05 m^3 。催化电氧化反应器内装有催化活性填料、电极板、布水器、垫层等, 体积为 0.1 m^3 。外加电场电压为 20 V , 试验水量为 $0.025 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 。试验时间为 30 d , 每 3 d 随机抽样测试一次, 进出水水质见表 4。

表 4 混凝沉淀反应 + 催化电氧化实验室试验结果

($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

序号	COD_{Cr}			BOD_5			氨氮		
	进水	出水	去除率(%)	进水	出水	去除率(%)	进水	出水	去除率(%)
1	455	21.4	95.3	215.2	8.6	96.0	3.82	0.73	81
2	612	35.5	94.2	256.9	8.2	96.8	3.74	0.80	75
3	551	22.6	95.9	256.2	8.5	96.7	3.92	0.75	81
4	524	16.2	96.9	251.2	8.8	96.5	3.92	0.73	81
5	421	16.0	96.2	198.6	7.3	96.3	3.83	0.80	79
6	420	15.5	96.3	201.6	7.5	96.3	3.74	0.75	80
7	385	18.5	95.2	186.3	6.0	96.8	3.93	0.90	77
8	489	24.5	95.0	234.7	9.9	95.8	3.77	0.72	81
9	545	24.0	95.6	265.3	9.6	96.4	3.87	0.81	79
10	608	24.3	96.0	268.6	9.4	96.5	3.96	0.76	81

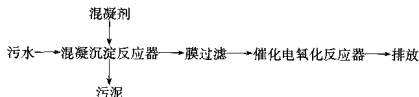
由表 4 可知,采用混凝沉淀+催化电氧化技术处理低温生活污水效果好,出水水质稳定。

4 现场试验

因青藏铁路二期工程正在建设中,无站区生活污水产生,不具备做现场试验的条件,选择格尔木车站为试验地点。格尔木车站海拔 2 800 m,属高海拔地区;冬季较严寒且持续时间长,4 月份夜间室外温度也在 0℃以下,多年平均年最低气温-32℃;污水取自为铁路生活小区生活污水,无工业污水汇入;经实测,污水水温 3~4 月份一般在 7℃左右,为保证污水低温条件,设置了一个中间水箱降温,实测水温可达 0℃,满足水温要求;对试验用污水水质进行监测, COD_{Cr} 浓度均值和表 3 不含粪便污水相近,满足试验污水水质要求。

4.1 工艺流程

试验采用工艺流程如下:



和实验室试验比较,增加了膜过滤处理单元,采用 0.25 m 帘式超滤膜。

4.2 试验条件

试验流量 0.2 m³·h⁻¹。试验在 3—4 月进行,期间,当地室外夜间气温均在 0℃以下;试验共进行了 30 组,实测试验水温 2~6℃,满足低水温的要求。现场检测项目 COD_{Cr}、COD_{Mn}、氨氮。

4.3 试验结果

现场检测结果表明,试验采用工艺流程对 COD、COD_{Mn}、氨氮均有较高的去除率。试验结束后,又连续 2 天、每天 2 次采水样委托甘肃省环境监测中心站进行水质分析,监测指标为: pH 值、BOD₅、COD、色度、悬浮物、COD_{Mn}、LAS、氨氮、硝酸盐氮,均按国家标准方法进行监测,监测统计结果见表 5。

表 5 甘肃省环境监测中心站水质检验结果

(mg·L⁻¹)

水样编号		pH	BOD ₅	COD	COD _{Mn}	氨氮	硝酸盐氮	悬浮物	LAS	色度/度
污水取水口 (原水)	1	6.9	149	312	/	68.4	40.1	158	12.52	179
	2	7.2	138	334	/	72.1	39.8	182	11.24	157
	3	6.9	185	401	/	66.8	32.5	213	14.66	175
	4	7.1	157	366	/	65.3	36.2	201	10.12	185
	日均值	6.9~7.2 ²	157	353	/	68.2	37.2	189	12.14	174

续上表

水样编号		pH	BOD ₅	COD	COD _{Mn}	氨氮	硝酸盐氮	悬浮物	LAS	色度/度
混凝沉淀加膜过滤出水口	1	6.5	49	112	/	59.6	23.9	56	10.26	88
	2	6.8	67	136	/	63.1	33.4	70	9.53	79
	3	6.4	44	124	/	55.8	27.7	50	12.21	87
	4	6.6	56	122	/	53.4	22.8	64	8.95	98
	日均值	6.4~6.8 ²	54	124	/	58.0	27.0	60	10.24	88
	去除率(%)	/	65.6	64.9	/	15.0	27.4	68.3	15.7	49.4
高效催化电氧化反应器出水口	1	7.8	5.3	15.2	6.5	11.2	5.6	13	0.22	7
	2	7.9	4.2	12.6	5.1	10.4	4.9	10	0.16	6
	3	7.3	5.9	15.3	6.3	9.3	4.2	14	0.34	6
	4	7.6	4.1	10.5	5.5	10.1	5.0	9	0.12	8
	日均值	7.3~7.9 ²	4.9	13.4	5.9	10.3	4.9	12	0.21	7
	去除率(%)	/	90.9	89.2	/	82.2	81.9	80	97.9	92.3
水源水质标准值			20 [*]	100 ²	6	1	20	70 [*]	0.3	

注：“*”为污水综合排放一级标准值；“2”为范围。

分析表5结果可以看出：

- (1) 混凝沉淀加膜过滤反应器与催化电氧化反应器均对污水中污染物保持稳定、较高的去除率。
- (2) 混凝沉淀加膜过滤反应器+催化电氧化反应器组合工艺出水水质除氨氮外各指标均能满足生活饮用水水源水质标准(CJ3020-93)二级的要求。
- (3) 因进水氨氮浓度高，现场试验出水氨氮不能达标。但实测不含粪便污水的混合样氨氮浓度较低，不含粪便污水的实验室试验结果表明，出水氨氮也可达到水源水质二级标准。

5 结束语

青藏铁路所处青藏高原的高寒、缺氧、污水水温低等特殊自然条件限制了生物法在污水处理中的应用。通过试验表明，采用混凝沉淀加膜过滤反应器+催化电氧化反应器组合工艺处理铁路站区无粪便污水汇入的低温生活污水，基本不受自然条件影响，出水水质能达到生活饮用水水源水质标准(CJ3020-93)二级标准，可以满足在高原地区高寒、缺氧、恶劣的自然条件下使用的要求。

格拉段旅客列车垃圾处理的探讨

刘 丹 李启彬 查 坤

(西南交通大学环境科学与工程学院, 四川 成都 610031)

摘 要:青藏铁路投运后, 旅客列车垃圾处理方式的选择尤为重要, 数据分析表明, 必须合理设立旅客垃圾投放点, 并避开自然保护区。通过分析垃圾处理方式, 以及垃圾处理方式的选择原则, 认为填埋处理是最适合格拉段旅客列车垃圾处理的方式。可选择在安多建设旅客垃圾堆肥型生物反应堆填埋场, 并对该填埋场的初步设计提出建议。

关键词:列车垃圾; 处理; 堆肥型填埋场; 青藏铁路

青藏铁路建成后, 要按照“快速运行, 免维修, 无人化管理”的目标运行和管理。在其投入运营后, 全线1 142 km只设15个车站, 站间距离30~158 km。除格尔木和拉萨站外, 沿途其他车站定员均不多, 加之全线自然地理环境条件非常恶劣, 在沿途车站建设铁路职工家属区的可能性较小, 故各车站垃圾产生量均不大(根据职工人数, 各车站每天只产生几公斤到数十公斤垃圾), 处理起来相对容易。因此, 重点分析青藏铁路格拉段旅客列车垃圾的处理方案尤为重要。

1 青藏铁路格拉段旅客列车垃圾的产生

根据设计, 青藏铁路投入运营后, 近期(2010年)计划开行5对旅客列车, 年预计运送旅客150万人次, 远期(2015年)计划开行6对旅客列车, 年预计运送旅客180万人次。根据我国铁路旅客列车垃圾产生量, 采用类比分析, 青藏铁路格拉段旅客列车垃圾产生量按 $0.04 \text{ kg/h} \cdot \text{人}$ 计算, 则近期格拉段全线每年将产生旅客列车垃圾720 t(全线铁路旅行时间按12 h考虑), 远期每年将产生旅客列车垃圾864 t, 总量仍相当惊人。

预计青藏铁路格拉段旅客列车垃圾组成与国内其他铁路旅客列车垃圾组成基本一致, 即垃圾

成分较为单一,主要是食物残渣和废瓶罐及各种塑料及纸质包装物,其中又以食物残渣类垃圾占首位。整体而言,可生物降解特性较好。

2 青藏铁路格拉段旅客列车垃圾处理方案选择

2.1 旅客列车垃圾投放点的设置

根据以上列车旅客垃圾产生量数据的分析,在青藏铁路格拉段全程开通后,每列旅客列车平均将产生垃圾约200 kg,考虑客流分布的不均匀性,高峰期时单列客车全程产生的垃圾量将大大高于该数字,若超员率按100%考虑,则该列车全程将产生垃圾400 kg。若青藏铁路格拉段全线不设旅客列车垃圾投放站,最多时一列客车将有400 kg的垃圾堆放在车上,不仅将占据宝贵的旅客列车空间,同时在长达12 h的堆放过程中,不可避免地会发生垃圾的分解并随之带来一系列的污染问题,影响列车环境和卫生。为此,可考虑在格尔木—拉萨之间设置1~2个旅客列车垃圾投放点。

由于青藏铁路穿越了可可西里、三江源和一江两河自然保护区,毗邻羌塘、林周彭波黑颈鹤、拉鲁湿地、纳木措、羊八井、格达温泉蛇(规划中)、拉萨古柏树林(规划中)、达孜叶巴喀斯特地貌(规划中)和堆龙德庆县马乡不整合接触(规划中)等自然保护区,根据我国相关规范和标准的要求,在上述自然保护区内均不能建设填埋场、堆肥场或焚烧厂等垃圾处理设施,因此,在选择青藏铁路格拉段旅客列车垃圾投放点时,必须避开上述自然保护区。

根据青藏铁路格拉段上述自然保护区的分布情况,青藏铁路格拉段青海段(长605.9 km)全部位于可可西里和三江源自然保护区内,因而旅客列车垃圾投放点只能选择在青藏铁路唐古拉山以南段采用单个垃圾投放站方案。

根据青藏铁路唐古拉山以南段自然保护区和车站的分布情况,可将安多车站定为青藏铁路格拉段的唯一垃圾投放站。除不在自然保护区范围内外,指定安多站为青藏铁路垃圾投放站还有以下原因:

- (1) 安多站距格尔木698 km,距拉萨444 km,所处位置相对适中,是青藏铁路唐古拉山以南段距格尔木最近的中间车站。
- (2) 安多站正好位于岛状冻土和深季冻土区域外,冻土对待建垃圾处理设施热稳定性的影响相对较小。
- (3) 安多站依托那曲地区安多县,物质和技术支持条件相对较好。
- (4) 在青藏铁路安多段有现成的较大型取土场可供填埋场选址利用,填埋场建设对周围生态环境的影响相对较小。

2.2 垃圾处理方式

目前,我国铁路垃圾的处理主要有以下方式:

- (1) 有的铁路站段距城市较近,且城市垃圾处理设施较完善,可以集中收集垃圾(包括车站垃圾、列车垃圾和站段生活垃圾),并统一纳入城市垃圾处理系统进行处理,垃圾定时收集清运,基本得到了妥善处理;由于我国大多数中小城市尚不具备完善的垃圾清运和处理系统,因而这种方式主要由位于大城市附近的较大铁路站段所采用。

(2) 采用简易焚化炉将垃圾焚烧减量后进行简易堆填,这主要是一些经济条件较好,所在地用地紧张,难以选择填埋场址的站段所采用。由于受经济和技术因素制约,而且采用简易焚化炉焚烧垃圾,势必造成严重的二次空气污染,因此,采用这种方式的铁路站段较少。

(3) 就近选择天然或人工低洼地形如沟谷、取土坑等,将收集的垃圾由站段集中进行简易填埋处理或直接堆填。该处理方式因操作简单,经济易行,被大多数的中小铁路站段所采用。然而这种堆放或简易填埋的处理方式,没有考虑防渗、气液导排、渗滤液处理、防飞散等环保措施,常常引起严重的二次污染。

(4) 部分站段特别是位于偏远地区的部分中小站段,将其产生和收集的垃圾以一定的费用承包给当地群众,由其进行收集和处理。受技术和经济条件限制,承包人将铁路站段垃圾收集后,并不能对其进行无害化处理,只能将其远离铁路站段后,选择河边或低洼地带倾倒了事,或选择无人地带直接焚烧处理。因此,铁路垃圾的污染危害并没有得到有效控制,仅仅是污染空间位置得到转移。

2.3 垃圾处理方式的选择原则

由于青藏铁路所处的特殊地理位置和环境特征,上述用于一般铁路车站垃圾的处理方式均无法应用于青藏铁路旅客列车垃圾的处理要求。选择青藏铁路旅客列车垃圾的处理方式时必须遵循以下原则:

(1) 可行性原则。用于青藏铁路垃圾处理的方案应技术上可行,适合青藏高原特殊的环境条件。

(2) 经济性原则。用于青藏铁路垃圾处理的方案应符合建设和运行费用最低的原则。

(3) 环境保护原则。用于青藏铁路垃圾处理的方案必须符合国家和地方政府相关法律法规要求,符合环境保护的原则。一方面,确保处理技术的无害化,另一方面,处理场地对周围环境的影响最小。

2.4 垃圾处理方式的选择

由于垃圾卫生填埋具有对垃圾分类收集无过高要求,投资省、运行费用低,技术上简便易行,能对垃圾进行最终处理等优点,因而与堆肥和焚烧相比,卫生填埋处理是最适合青藏铁路格拉段旅客列车垃圾处理的具体方式。

传统的垃圾卫生填埋场仍具有填埋垃圾降解和稳定速率慢、渗滤液难处理且处理费用高等不足,为此人们开始了对生物反应器填埋场的研究。按照运行方式的不同,生物反应器填埋场可分为厌氧型、好氧型和准好氧型三类。厌氧型生物反应器填埋场采取了渗滤液回灌等措施,具有加速填埋垃圾稳定、降低渗滤液污染强度、可回收利用甲烷气体等优点,但其渗滤液氨氮浓度长期偏高、后期 COD 浓度衰减缓慢;好氧型生物反应器填埋场通过强制通风手段来保持填埋垃圾的好氧降解状态,稳定速率快,渗滤液污染浓度衰减快,但需要配套通风设备并消耗较多的能源,不太适合我国国情;准好氧型生物反应器填埋场是通过自然通风手段保持填埋场的局部好氧状态,比厌氧型稳定速率快,渗滤液氨氮浓度低,同时不需通风设备和消耗能源,其中,厌氧型和准好氧型都是比较适合我国国情的选择。

针对青藏铁路旅客列车垃圾填埋场的实际情况,建议安多旅客列车垃圾填埋场按准好氧方式

运行。有关准好氧型运行方式对青藏铁路沿线特殊的地理环境和气候条件的适用性问题已通过现场单元试验得到检验,通过一年多的运行,现场试验单元的渗滤液 COD 和氨氮浓度分别由填埋时的 3 307 mg/L 和 164.3 mg/L 下降到 249 mg/L 和 5.0 mg/L,同时因蒸发量远大于降水量,还避免了渗滤液的排放问题。

3 青藏铁路格拉段旅客列车垃圾填埋场设计的初步考虑

对拟建在安多站的青藏铁路旅客列车垃圾填埋场,因平均每天进场垃圾约 1 t 左右,该填埋场按 15 年使用年限考虑,共计需填埋垃圾约 6 500 t,因旅客列车垃圾中塑料袋等包装物较多,故压实密度不会太大,按 600 kg/m³ 考虑,该填埋场有效容积应为 10 800 m³。垃圾和覆土的比例按 4:1 考虑,该填埋场总容积为 13 500 m³,同时需外借覆土 2 700 m³。填埋场高度按 5 m 考虑,填埋场填埋区占地面积为 2 700 m²。

该填埋单元需配套防渗系统、渗滤液收集系统、渗滤液回灌系统、气体导排系统等设施。由于青藏铁路沿线土壤难以满足渗透系数不超过 10^{-7} cm/s 的要求,加之该填埋场面积不大,故采用土工膜作防渗系统;渗滤液收集系统由渗滤液收集管、渗滤液收集(调节)池组成;渗滤液回灌系统包括回灌池、回灌泵及泵房、回灌管网和回灌布水器等;气体导排系统担负填埋场内垃圾降解产生气体向场外逸出的功能,通过气体导排竖管还向周围垃圾扩散好氧降解所需的氧气。

根据该填埋场的规模和所在地区的具体情况,建设该填埋场预计需投入 90 万元。因需进行每日填埋垃圾的覆盖和渗滤液回灌等操作,填埋场可考虑定员 1 人,包括人员工资在内,该填埋场每年的运行费用约为 3.5 万元。

4 建 议

(1) 由于青藏铁路沿线蒸发量远大于降水量,为避免填埋场长期运行后垃圾含水率无法满足微生物活动需要,应定期补充水分。可将安多站部分生活污水注入填埋垃圾内,在调整了填埋垃圾含水率的同时也减少了需要处理的污水量。

(2) 可将污水处理系统产生的污泥纳入填埋单元进行填埋,以避免污泥的额外处理。

(3) 若铁路车站附近还有其他单位,可将其他单位产生的垃圾纳入该填埋场一并进行处理,以取得更大的社会效益和环境效益。

青藏铁路旅客列车粪便污水处理新技术的试验研究

李德生

(兰州交通大学环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 针对青藏铁路客车粪便污水浓度高、温度低的特点, 通过理论计算和实际类比试验分析, 提出以微电场作用下的物化、生物处理方案, 并研制开发催化电氧化反应器、循环式缺氧生物反应器和电催化生物反应器于一体的组合处理装置。研究结果表明: 催化电氧化反应器对污染物的去除率: 化学需氧量大于 77%, 生化需氧量大于 68%, 悬浮物大于 66%, 氨氮大于 75%, 色度大于 63%; 经过催化电氧化反应器后的出水再进入电催化生物反应器, 其污染物的去除率分别为: 化学需氧量大于 95%, 生化需氧量大于 98%, 悬浮物大于 91%, 氨氮大于 93%, 色度大于 79%。采用组合处理装置处理的水质主要污染物指标除 BOD_5 达到了《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 二级排放标准外, 其余指标均可达到一级排放标准。

关键词: 铁路客车; 粪便污水; 催化电氧化反应器; 循环式缺氧生物反应器; 电催化生物反应器; 去除率

1 概述

铁路旅客列车粪便污水不仅严重污染沿线环境、传播疾病、影响车内卫生、危害工作人员及旅客的身心健康, 同时还对车厢表面、车辆行走部、轨道及零部件造成严重污染, 并使道床板结, 使走行部的部件生锈、脱落, 使用寿命缩短, 由此给行车安全带来了极大的隐患。

据不完全统计, 按正常列车班次(长假不计), 全国每天开行的客运列车约 2 000 列左右, 每列车只按千人计算, 平均每人每天排便以 1 kg 估算, 客运列车每天直排大小便可达 2 000 t 以上。如小便及冲厕所的水不计, 每天大便排量也可达 500 t 以上。

目前国外发达国家对旅客列车粪便污水污染问题的解决办法多是采用密闭式厕所, 主要是通

过集便器将粪便污水收集,到指定站点与城市生活污水混合后处理,处理技术以生化处理为主。我国铁路旅客列车的粪便污水大多采用直排式,只有部分列车安装了集便器。集便器收集的粪便污水以外运处理排放为主。根据铁道部“铁路旅客列车密闭式厕所改造规划”,计划在2010年前在主要干线上运行的旅客列车安装密闭式厕所,原有的仅采用移动吸污车卸污已不能满足卸污作业要求,必须对密闭式厕所高浓度粪便污水进行处理。因此建立配套完善的地面接收及处理设施是加装密闭式厕所的必然要求。目前国内还未建设专业旅客列车粪便污水处理厂。

兰州交通大学针对青藏铁路客车粪便污水浓度高、温度低的特点,研制开发了催化电氧化反应器(专利 ZL200420077764.2)+循环式缺氧生物反应器+电催化生物反应器(专利 ZL200420077767.6)一体化粪便污水直接处理组合装置,在青藏铁路客车粪便污水的实际类水样试验中,取得了成功,为特殊环境条件下的铁路客车粪便污水处理提供了技术保障。

2 技术原理

铁路客车粪便污水处理技术工艺流程见图1。

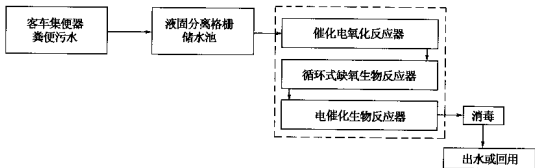


图1 铁路客车粪便污水处理工艺流程图

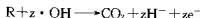
(1) 旅客列车到站后,通过卸污机将客车集便器粪便污水集中送至地下处理站的液固分离格栅储水池,由潜污泵将粪便污水送入催化电氧化反应器中。液固分离格栅储水池分离出的固体作肥料处理。

(2) 进入催化电氧化反应器的粪便污水,通过高效电催化电极、粒子群电极和固体催化填料协同催化作用,加速污水的电化学反应速率,提高污染物的降解能力,从而达到对粪便污水的高效低耗处理。催化电氧化作用的参与者主要是 $\cdot\text{OH}$ 基团。 $\cdot\text{OH}$ 通过“电化学燃烧”使有机物彻底氧化为二氧化碳和水,氨氮被直接氧化成氮气或氮氧化物。

污水中 OH^- 可在电场作用下,在活性填料表面直接释放出电子:



生成的氢氧自由基进行污染物 R 的降解:



同时存在的副反应为: $2 \cdot\text{OH} \longrightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

催化电氧化技术是通过固体催化剂,提高析氧电位,降低污染物氧化时的活化能,阻碍副反应的进行。污染物、 $\cdot\text{OH}$ 、电荷在电场作用下,通过混合、扩散、吸附、传递达到动态平衡,从而高效降解污水中污染物,使出水水质稳定。

(3) 从催化电氧化反应器出水进入循环式缺氧生物反应器。循环式缺氧生物反应器作为生物选择器,可使被催化电氧化反应器破坏的细菌恢复再生。菌胶团可以迅速吸附并储存大量有机物,并使其大量增殖。由于采用内循环水力系统,保证了反应器的缺氧状态,使时间周期长的反硝化菌大量繁殖,反硝化细菌利用易降解有机物作为电子供体,利用硝酸盐(NO_3^-)作为电子受体,获得迅速增殖,实现反硝化,降低出水中的硝酸盐氮浓度。

(4) 从循环式缺氧生物反应器出水进入电催化生物反应器。电催化生物反应器利用微电场的作用,提高污染物的转质速率,增加微生物膜的厚度,使微生物的活性更高。采用微电场的作用不但可以改变微生物的适应性,而且还可提高污水中污染物的运动速率,提高基质的扩散,使微生物膜内部能够具有较充分的营养物质,所以能够使生物膜增厚且生长周期变长。

微电场的作用有利于改变微生物之间的相互关系,能提高混合菌的降解能力。微电场的作用使的微生物对环境因子的敏感性有所降低,系统抵抗不良环境条件的能力随之增强,系统微生物的种类和数量有所增加。因此在微电场作用下的微生态群落,可具备一定抗冲击负荷的能力。微电场作用下参与净化反应的微生物多样化,并形成优势种属,这种现象非常有利于微生物新陈代谢功能的充分发挥和有机污染物的降解。

3 试验结果与讨论

3.1 试验用水水质

列车粪便污水与一般粪便不同,其水质与客运量有关,铁路运输的客运量不同,粪便污水水质也不同。在客运高峰期其污水的排放量骤增。短途客运车与长途客运车的粪便污水的性质也不完全相同,短途客运车的粪便污水中小便的成分较多,因而粪便污水的浓度相对较低。长途客运车大便成分比较多,粪便污水的浓度相对较高。根据目前集便器所收集的粪便污水水质分析,集便器不同其污染物浓度变化较大,真空式集便器冲洗水量较小,污染物浓度较高;重力式集便器冲洗水量较大,污染物浓度相对偏低。一般情况下列车集便器粪便污水静置去除杂质后 COD 浓度在 3 590~7 050 mg/L 之间, BOD_5 浓度在 2 383~4 210 mg/L 之间;国外调查资料 COD 浓度范围 3 800~4 000 mg/L, BOD_5 值浓度范围 2 300~2 530 mg/L。

因青藏铁路尚未通车,无实际水样可用,故根据列车粪便污水的调研,模拟列车粪便污水的水质进行试验。经过现场考察,实验室小试地点选择在格尔木,试验水质采用格尔木某生活小区附近的旱厕粪便污水,其水温在 5℃ 左右。中试试验在兰州交通大学环境学院实验室进行,试验用水取自兰州市安宁区某旱厕粪便污水,水温在 5~28℃。

根据确定的模拟粪便污水水质情况,用格尔木某生活小区的旱厕粪便污水(旱厕粪便污水因无冲洗水浓度较高, COD 变化范围为 16 000~24 000 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的浓度变化范围为 1 400~3 200 mg/L) 配置不同的粪便污水浓度。其 COD 变化范围为 886.6~7 456 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 的浓度变化范围为 203.5~1 032.5 mg/L。用兰州市安宁区某旱厕粪便污水 COD 浓度为 20 000 mg/L

左右, 氨氮的浓度在 1 500 mg/L ~ 2 800 mg/L, 将水样 COD 浓度调至 4 000 mg/L ~ 11 000 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 调至 550 ~ 1 200 mg/L。由于考虑到微生物的营养需要, 采用兰州交通大学生活区生活污水 (其 COD 浓度的变化范围 340 ~ 560 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的变化范围为 30 ~ 65 mg/L) 进行配置试验水样。

3.2 测定指标及试验分析方法

表 1 测定指标及试验分析方法

监测项目	分析方法及仪器设备	方法依据	最低检出限
pH	玻璃电极法	GB6 920—86	
COD	重铬酸盐法	GB11 914—89	≥ 5 mg/L
BOD ₅	稀释与接种法	GB7 488—87	≥ 2 mg/L
悬浮物 SS	重量法、万分之一天平	GB11 901—89	≥ 4 mg/L
氨氮	纳氏试剂光度法	GB7 479—87	0.025 mg/L
色度	稀释倍数法	GB11 903—89	不应有明显其他异色
水温	温度计测定		
总大肠菌数			

3.3 试验结果及分析

3.3.1 催化电氧化反应器对低温粪便污水的处理性能研究

催化电氧化反应器处理低温粪便污水的实验条件为: 反应器阳极为自制的钛基金属氧化物涂层 DSA 阳极板, 阴极采用不锈钢网, 反应器内填加复合催化填料, 工作槽电压为 10 V, 处理水量为 1.0 m³/d, 污水有效反应时间为 1 h, 粪便污水水温控制在 4 ~ 5℃ 进行连续动态运行, 每天上午 9 点和下午 3 点取样监测, 对监测数据取平均值进行分析。其处理去除效果见表 2。

表 2 催化电氧化反应器对低温生活污水的处理效果

项 目	催化电氧化反应器进水	催化电氧化反应器处理出水	去除率 (%)
pH	7.3 ~ 7.5	7.5 ~ 8.0	
COD/mg/L	4 380 ~ 10 200	850 ~ 2 010	80
BOD ₅ /mg/L	2 290 ~ 4 020	640 ~ 1 070	73
SS/mg/L	650 ~ 1 500	220 ~ 430	69
氨氮/mg/L	580 ~ 1 110	125 ~ 220	79
水温/℃	4 ~ 5	9 ~ 11	—

注: 表 2 中所有数据为平均值, 时间为 2004 年 12 月 ~ 2005 年 3 月, 取样分析 104 天。

实验结果表明, 催化电氧化反应器对低温粪便污水中污染物质的去除效率高, 出水 pH、水温均有所提高, 为后续生物处理提供了有利条件。

3.3.2 循环式缺氧生物反应器处理催化电氧化反应器出水的实验结果

循环式缺氧生物反应器的实验条件为：反应器内回流比为 100%，有效反应时间为 2 h，溶解氧含量保持 0.5 mg/L，结果见图 2、图 3，出水 COD 浓度在 500 mg/L 以下，亚硝酸盐氮、硝酸盐氮的去除率在 70% 以上。

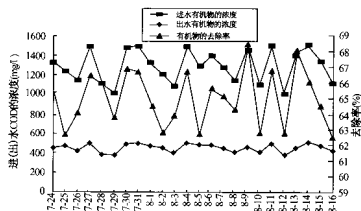


图2 进水 COD_{cr} 的浓度与去除效果的关系

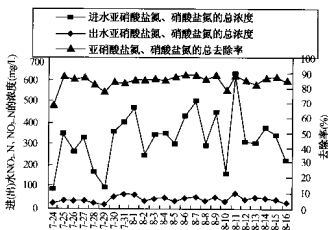


图3 进水 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 的浓度与去除污水的试验结果

3.3.3 电催化生物反应器处理低温粪便污水的实验结果

电催化生物反应器的实验条件为：生物电极为自制电极，反应器外加电压为 2.0 V，污水停留时间为 3 h，溶解氧含量保持 2 mg/L 左右。分别对有机污染物和氨氮两个指标进行试验，结果见图 4、图 5。从图 4、5 中可以看出，在进水 COD_{cr}、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的浓度范围分别在 456 ~ 526 mg/L、85 ~ 108 mg/L 时，二者去除率都能达到 95% 左右。

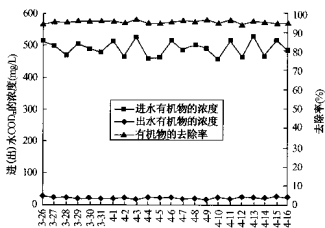


图4 进水 COD 的浓度与去除效果的关系

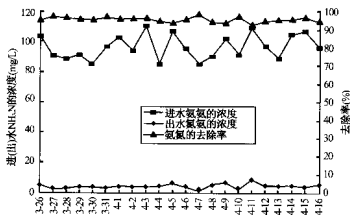


图5 进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度与去除效果的关系

3.3.4 各处理单元的处理效果对比

各处理单元在最佳工况下运行时, 主要污染物 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的处理效果见表 3。

表 3 各处理单元的处理效果统计表

指标	催化氧化反应器			循环式缺氧生物反应器			电催化生物反应器		
	进水	出水	效率(%)	进水	出水	效率(%)	进水	出水	效率(%)
COD (mg/L)	6 230 ~ 7 280	1 250 ~ 1 500	80	1 250 ~ 1 500	400~500	67	400~500	20~25	95
$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	960 ~ 1 010	195 ~ 200	79	195 ~ 200	90~100	50	90~100	4~6	95

3.3.5 水温对去除效率的影响

(1) 在催化电氧化反应器中, 电极和粒子群电极反应是伴有电极/溶液界面以及粒子群电极/

溶液界面上电荷传递步骤的多相催化氧化还原过程。首先,电极反应的速度不仅与温度、压力、溶液介质、固体表面状态等有关,而且受施加于电极/溶液界面电位或者粒子群电极/溶液界面电位的强烈影响。在许多化学反应中,电极电势每改变1 V可使电极反应速度改变1 010倍;然而,对一般化学反应而言,如果反应活化能为 $40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$,反应温度从 25°C 升高到 $1\,000^\circ\text{C}$ 时,反应速度才提高105倍。电极反应的速度可以通过改变电极电势加以控制,因为通过外部施加到电极上的电位可以自由地改变反应的活化能,这是电极反应的特点和优点。其次,电极反应的速度还依赖电极/溶液界面的双电层结构,因为电极附近的离子分布和电位分布均与双电层结构有关。因此,电极反应的速度可以通过修饰电极的表面而改变。

催化电氧化反应器采用自制的钛基金属氧化物涂层 DSA 电极和复合催化粒子群电极,使得电催化电极和粒子群电极具有较高的过氧析电位和催化活性,使得污水中有机污染物的降解反应快速进行。在试验中,选取槽电压分别为4 V、8 V、10 V、12 V、15 V,通过改变试验进水温研究温度对催化电氧化反应器处理粪便污水的效果的影响关系,污水水温分别控制在 3°C 、 5°C 、 7°C 、 10°C 、 15°C 。试验采用装有自制的 SDA 阳极板和不锈钢网阴极的催化电氧化反应器,极板间距为5 cm,板间添加自制的复合催化填料,有效反应时间为1 h,进水 COD 为 $6\,560 \text{ mg/L}$ 。试验出水水质见图6。

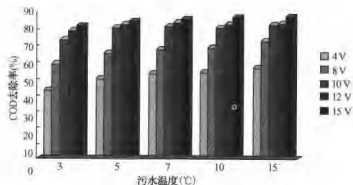


图6 污水温度与催化电氧化反应器处理效果的关系

图6表明:温度对催化电氧化反应器处理粪便污水效果的影响与槽电压的选取有关,当槽电压较低(4~8 V)时,温度对该反应器去除有机污染物的影响较大,当槽电压升高到10 V及以上时,其影响不明显。结果显示,在催化电氧化反应器中,若加载在反应器上的槽电压增大到10 V时,污水温度对反应器的污染物处理效果影响不大。

(2) 通过改变催化电氧化反应器出水水温研究温度对电催化生物反应器处理效果的影响。将催化电氧化反应器进水温控制在 3°C 、 5°C 、 8°C 、 10°C 、 15°C ,进水 COD 为 $400\sim 500 \text{ mg/L}$, NH_4^+-N 为 $80\sim 100 \text{ mg/L}$ 。试验出水水质见图7、图8。

图7、图8表明:温度对电催化生物反应器处理效果有一定的影响。但与一般生物处理方法相比,在低温条件下 COD 的去除率将提高30%, NH_4^+-N 的去除率将提高40%~50%。当水温在 10°C 以上时,其影响不明显。

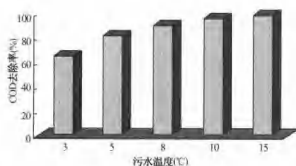


图7 污水温度与电催化生物反应器处理效果的关系

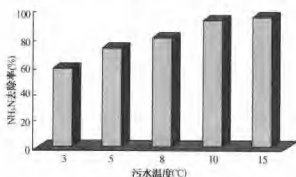


图8 污水温度与电催化生物反应器处理效果的关系

4 结 论

(1) 催化电氧化反应器+循环式缺氧生物反应器+电催化生物反应器于一体的组合处理装置可有效地处理低温条件下的旅客列车粪便污水。在试验条件为：催化电氧化反应器在阳极自制 DSA 板，阴极为不锈钢网，极板间距 5 cm，填加复合催化填料，工作槽电压为 10 V，污水有效反应时间为 1 h，水温在 4~25℃；循环式缺氧生物反应器在污水有效反应时间为 2~2.5 h，最佳脱氮回流比为 100%，填充生物活性填料，最佳内循环方式；电催化生物反应器在阳极自制 DSA 网板，阴极为不锈钢网，极板间距 10 cm，工作电压为 2~3 V，污水有效反应时间为 3 h，生物载体为弹性立体生物活性材料，一般情况下，曝气量气水比选用 2.5:1，若应用于海拔 4 000 m 以上地区时，气水比应选为 5:1。一体化组合处理装置对低温条件下旅客列车粪便污水的主要污染物平均去除效率为：催化电氧化反应器对污染物的去除率：化学需氧量大于 77%、生化需氧量大于 68%、悬浮物大于 66%、氨氮大于 75%、色度大于 63%；经过催化电氧化反应器后的出水再进入循环式缺氧生物反应器和电催化生物反应器，其最终出水 pH 值、COD、SS、 NH_4^+N 、色度等指标均达到了一级排放标准。

(2) 此项技术适用于铁路、公路或城市街道收集的粪便污水的直接处理。

(3) 采用此项技术处理高浓度旅客列车粪便污水, 设备运行费用低, 污水停留时间短, 占地面积少, 出水水质稳定, 基本不产污泥。

(4) 对低浓度生活污水可采用催化电氧化反应器单元或电催化生物反应器单元处理即可达标排放。

措那湖路段施工期环保措施

王庆辉

(中铁十九局集团公司青藏铁路工程指挥部, 西藏 那曲 852000)

摘 要: 20 标段处于西藏自治区色林措自然保护区东区的措那湖边, 施工区域的环境保护也就尤为重要。因此, 要在抓好环保工作思想教育和制度建设的基础上, 狠抓路基工程、桥涵工程、桩基工程等施工区域和取弃土场、驻地及管区环保措施的落实, 还要做好施工便道边坡、桥面边坡、河岸边坡的水土保持工作, 鸟类活动监测和措那湖、嘎弄湖的水质检测工作, 污水、固体垃圾的处理工作, 以达到有效保护青藏高原独特生态环境的效果。

关键词: 青藏铁路; 环境保护; 生态环境; 施工; 措施

1 工程特点

中铁十九局集团公司承建的 20 标段 (DK1 538+550~DK1 595+050) 位于那曲地区安多县 (安多—联通河) 西藏自治区色林措自然保护区东区的措那湖边, 全长 49.535 km, 平均海拔高度为 4 600 m。主要工程量: 措那湖、联通河车站 2 座, 路基填土方 361 万 m^3 , 桥梁 9 座, 全长 2 963.85 延长米, 其中特大桥 3 座、大桥 3 座、中桥 3 座, 涵洞 97 座, 计 243.5 延长米。

沿线经过地面水系由北向南依次为北桑曲、巴索曲、措那湖、联通河。联通河向南沿怒江水系的那曲河前行, 地面水系主要由冰川融水和大气降水补给, 水温较低, 流量随季节变化较大; 地下水类型为第四系孔隙潜水、基岩裂隙水, 水量丰富。山系均呈东西走向, 山体窄而沟谷宽, 山体呈穹形发育。DK1 526+800~DK1 553+200 段为洪积平原, 地形较平坦, 植被发育; DK1 553+200~DK1 562+530 段线路沿申格里贡山脚下穿行, 经过半固定沙地、移动沙丘和湿地; DK1 562+530~DK1 585+500 段在措那湖东岸, 沟梁相间, 地形起伏较大; DK1 585+500~DK1 595+500 段线路基本在平坦的沟谷内穿行, 沟谷内是良好的牧场。线路还通过湿地、新月形沙丘、雪害等特殊地带。

2 环境保护工作的主要做法

2.1 抓好环保工作的思想教育和制度建设

(1) 强化教育, 提高认识, 打造重视环保工作的良好氛围。青藏高原生态环境脆弱, 具有不可

逆转性,况且20标段位于自然保护区内,是江河源头,是环保的重点和敏感地区。搞好环境保护工作,不仅是维护高原生态平衡的需要,更是保证青藏铁路建成后长期安全运营的需要。要充分认识保护生态环境的重要意义,把环境保护工作当成头等大事来抓。抓好教育培训,组织集团公司青藏铁路工程指挥部全体人员、各项目部班子成员进行环保教育和环保知识培训;邀请了青藏铁路环境保护监理站李耀增总监、铁道第一勘察设计院环保设计师孙士云作环保知识专题讲座,同时,分析了青藏铁路建设中环境保护的重要性,从而增强了各级领导干部做好环保工作的紧迫感和责任感。通过指挥部、项目部两级专职环保工程师分别办班讲课、召开职工环保工作动员大会、张贴环保宣传图、在工地现场树立环保宣传牌等多种形式,加强参建人员的环保意识,并向施工队发放《青藏铁路环境保护工作手册》、《施工期环保须知》,做到每个班组都有环保知识手册。对于环保管理,制定了一系列奖惩措施。

(2) 健全组织体系,建立规章制度。集团公司青藏铁路工程指挥部和各项目部自开工就成立了环保工作领导小组,指挥长、项目经理任组长,下设环保科,编配了专职环保工程师,主抓各自管段的环保工作。各工程队成立环保小组,工班组建专职环保员,对环保工作实施全过程监控,使环保工作做到层层有领导,每个工点有人抓。同时,根据《青藏铁路建设施工期环境保护管理办法》及有关要求,及时制定出台了《青藏铁路环境保护实施细则》、《青藏铁路建设施工期环境保护措施》、《环境保护内控标准》、《环保体系》、《环境保护施工组织设计》、《环境保护考核标准》等,并针对一江两河自然保护区措那湖保护区的实际,制定了《措那湖区域施工环境保护措施》、《湿地区域施工环境保护措施》、《环保恢复推进方案》等,明确提出不准随意损坏植被;不准随意开辟施工便道;不准随意设临建工程;不准采掘珍贵药材;不准捕猎野生动物;做到了环保工作有章可循、有“法”可依。

(3) 强化责任意识,确保环保工作落到实处。在培训教育和宣传环保的同时,集团公司青藏铁路工程指挥部与各项目部、项目部与各施工队逐级签订《环境保护责任书》,对各自责任区内的环保目标、营区设置、取弃上场及砂石场规划、草皮养护、污水和垃圾处理、场地恢复等具体工作写入责任书,划分责任区,并严格落实责任到人。在每月的目标管理考核中,环保作为一项重要内容参与考评,并有一票否决权,做到奖优罚劣。

2.2 狠抓施工期环保工作措施的落实

2.2.1 施工区域环保措施

对施工的桥涵工程、措那湖沿岸的路基工程,尤其是靠近措那湖一侧的路基工程,全部用防护网围护,严格限制施工人员的活动范围及施工机械的施工区域,避免破坏施工区域外的自然环境。

在桥涵施工时,每两个墩台间设一个泥浆沉淀池,内砌水泥砖,并用防水砂浆抹面,防止泥浆渗漏。拌制泥浆时采用黏土,以便重复利用,避免多次拌制增加污染。一个沉淀池利用完后,将泥浆采用静置沉淀法进行固液分离,泥渣沉淀后收集运送到弃土场,分离出的净水重复利用或洒于便道降尘。涵洞开挖基底出现渗水时,首先在涵洞边上修建污水沉淀池,然后用水泵将基底渗水抽到沉淀池中,待沉淀过滤到符合环保要求时再排入附近水中,防止了措那湖被污染。

在桩基施工时,为减少泥浆污染,尽量采用旋挖钻机成孔。当旋挖钻机无法钻进时才用冲击

钻机。在桩基附近用编织袋装土，规则地堆码三层作为桩基出渣的临时堆放地，堆满后用运输车及时运至指定的弃土场。



泥浆沉淀池



灌注施工现场

在浇筑桩基混凝土时，在桩顶与沉淀池间挖沟槽，内衬彩条布，将桩基内泥浆排入沉淀池。明挖基础在浇筑混凝土前，用胶管或水泵将基坑积水引到指定地点，禁止将积水直接排入附近的措那湖。对施工境台等地面以上的结构，周围架设防护网，防止浇筑混凝土时，混凝土落入水中。在每次混凝土浇筑完毕清洗搅拌机时，将清洗后的污水接入混凝土运输车，排放到附近的沉淀池内，严格控制随意排放。在混凝土的养生过程中，采用喷雾器喷洒水来保持混凝土的潮湿，注意防止洒水太多，形成新的污水对措那湖污染。

在路基工程施工中，采用拉小红旗或洒灰线的方法做好边界控制，做到不多占一寸土地。

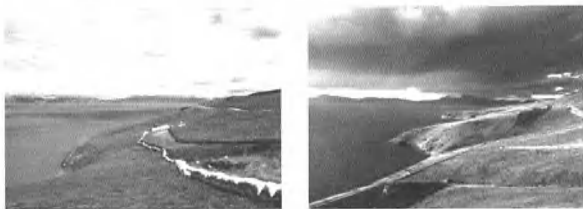
路堤施工注意在设计指定的取土场取土，坚决杜绝在路基两侧就近取土。施工时根据实际情况及时洒水，防止扬尘污染。路堑开挖的土石方做到尽量利用，以减少取、弃土数量。弃土运至指定的弃土场，严禁侵占河道、湿地、自然保护区。施工时，随开挖的进程及时进行边坡防护，防止开挖面暴露时间过长引起水土流失。石质路堑施工重点采用光面爆破和预裂爆破，少装药，多打眼，将爆破能量划整为零，尽量减小爆破噪声对野生动物的干扰。靠近措那湖一侧搭设双层排架，避免飞石进入措那湖。

2.2.2 水土保持措施

施工便道边坡采取干砌片石防护措施。首先对施工便道的边坡进行整修，坡比为1:1，然后进行干砌片石的施工，以避免施工便道边坡在雨季产生水土流失，污染周围湿地、草场和措那湖水。

在桥梁工程施工中，由于河水冲刷以及不稳定边坡的存在，桥面边坡及河岸边坡稳定受到影响，采取编织袋装土堆码对边坡进行防护，防止水土流失。

在措那湖沿岸的路基施工中，用13万条沙袋堆码一道18 km长的防护墙，防止雨水将沙、土冲入湖中和施工时土石滚入湖中。



防止水土流失沙袋挡护

废弃的沙、石、土在指定存放地堆放，不准向河流、湖泊和指定存放地以外的沟渠倾倒。

工程竣工后，取土场、开挖面等裸露土地，采取移植草皮和撒草子种草等措施恢复生态环境。

2.2.3 取弃土场环保措施

取弃土场严格按设计和批复的开采范围，用防护网确立明显的界限，在防护网内组织开挖，严禁超范围用地，破坏地界外的植被。各开采点本着定点、集中开采、深度开挖的原则，最大限度地保护生态环境。取土场施工时坚持分区开采，随开采随恢复的原则。对已开挖的边坡，采取及时有效的防护措施，开采完成后，尽量恢复原地貌。为避免扬尘，在作业面易起扬尘的场所采取湿法作业、车辆运输覆盖等措施。弃土场遵循先挡后弃的原则，弃土前先进行坡脚砌筑，弃土



取土场分区开挖

时,进行分层整平碾压,保证表面平整、坡面平顺。取弃土场所需修筑的临时工程不切割、阻挡地表径流的排汇,不在临时工程附近形成新的积水洼地。合理规划进入取弃土场的施工便道,减少便道数量。取土场开采结束后的恢复措施是对原植被茂密、草皮可移植的开采场地,待取土结束且场地平整后,将原草皮植回取土场,将开采面恢复到天然状态;对原植被稀疏且无法移植草皮的开采场地,待取土结束且场地平整后,利用推土机将存放的熟土推回取土场,将开采面尽量恢复到天然状态。

2.2.4 环境监测

为了监测施工对野生动物及水质的影响,成立了两个环境监测小组,一个小组监测鸟类活动,一个小组监测措那湖及嘎弄湖的水质。

(1) 鸟类活动观测。在措那湖边设立两处鸟类活动观测点,由专人进行不定期的观测,并作详细的观测记录,用以分析施工期对各种鸟类生活习性的影响。



鸟类与施工和谐相处

(2) 水质检测。由试验室组织,相关环保人员参加,定期对措那湖及嘎弄湖的水质作化学分析,以了解施工期对水质的影响,并制定相应的措施。

2.2.5 驻地及营区环境保护措施

驻地及营区采用集中设置、分片管理的原则,尽量选择在荒滩、植被稀少地段,以少破坏自然环境及少占地。营区施工前,项目部对各施工队伍的营区进行优化并摄像,将平面图报到地方国土资源局、环保局等部门,经审核后,进行现场确定,同时办理各种用地手续。营区施工过程中按规定设立垃圾房及污水沉淀池。

2.2.6 污水、固体垃圾处理措施

(1) 生活垃圾处理。对各营区的生活垃圾按可降解和不可降解分别装入垃圾袋中,然后分别将垃圾袋扔到垃圾房的可降解和不可降解池中,定期由专人负责对垃圾房中的垃圾袋收集。可降解的垃圾运到取土坑深埋,不可降解的垃圾装车拉往集中点处理。施工现场及便道两侧设置垃圾箱,垃圾箱也按可降解和不可降解分类。每天派人将垃圾箱中的垃圾分类收集带回营区投入垃圾房,每个营区有专人定期对垃圾房进行清理。

(2) 对垃圾的处理。施工产生的垃圾运至弃土场或指定的地点处理,禁止堆码在河滩挤压河



施工队伍营区一瞥

道或倾倒入附近的水中。

(3) 对污水的处理。各个营区设置一个污水沉淀池，采用向池中投加明矾等外加剂进行水的净化。净化后的水用于喷洒便道或路基撒水，剩余沉淀物每星期处理一次。

综上所述，通过以上各项措施，有效地保护了青藏高原的独特生态环境。经观测站观测，施工期间野生动物的种群、数量没有明显减少，施工现场随处可见人与动物和谐相处互不干扰的景象。

青藏高原湿地施工环保措施

李军涛

(中铁一局集团公司, 陕西 西安 710054)

摘 要: 湿地作为全球三大生态系统之一, 其价值不容忽视。铁路施工经过高原湿地, 在施工中, 要组织施工教育, 保护湿地, 节约用地, 合理规划施工便道、施工生活营地, 采取得力措施降低桥梁、涵洞、路基施工通过湿地的影响。以 14 标段开心岭 2[#] 特大桥为工程实例, 通过采取埋设过水管、草皮移植、设置防护围栏、便道防护和废渣处理池, 以及干法成控、桩基旋挖钻快速施工等措施, 使青藏铁路 14 标段 2[#] 特大桥的湿地保护工作取得了很好的成效。

关键词: 青藏; 高原湿地; 施工; 环境保护; 措施; 效果

0 引 言

青藏高原上多年冻土约有 147 万 km², 平均海拔在 4 000 m 以上, 气温较低, 属大陆型高原冻土。区内日照强烈、气候严寒、地质及水文地质条件复杂, 地下冰发育, 冻结层上水丰富, 融冻交替频繁、冻胀融沉时常发生。中铁一局集团公司第四公司青藏项目经理部施工的青藏铁路 14 标段 (DK1 257+500~DK1 271+000), 位于开心岭山区, 海拔高程 4 700~4 800 m, 为高含冰量多年冻土区, 年平均气温 -5.0℃~-6.5℃, 为低温基本稳定区 (Tcp-III), 冻土上限为地面以下 1.5~4 m。本标段穿过青藏高原沱沱河、通天河主要支流, 管段全部为多年冻土区, 且为高含冰量冻土, 其中开心岭 2[#] 特大桥地处唐北唯一一块湿地, 并且为沱沱河支流诺日把根曲河的源头, 因此, 在施工中做好湿地保护工作意义重大。

1 施工组织教育

湿地是一个大概念, 它包含的内容很多, 涉及的范围很广, 我们主要围绕施工中桥梁、涵洞、路基通过的湿地, 开展湿地保护教育活动, 以达到人们了解并能自觉地保护高原湿地的目的。

施工人员是湿地保护最庞大的群体, 通过宣传, 把湿地保护的重要意义传到每个施工人员, 提高全员的保护意识。

1.1 施工组织

(1) 建立环境保护管理组织体系,制定结合实际、针对性强、便于操作的环保措施,把湿地保护工作贯穿于施工全过程。

(2) 工程开工前,指挥部与各项目经理部,项目经理部与各项目队都签订了有针对性、有明确管理措施和保护目标的“湿地保护责任书”。

(3) 各项目经理部的环保工程师均要做好环境保护实施规划、记录,详细记载施工前、后的环境状况,各种环境保护措施的执行情况等。

(4) 为保证青藏高原湿地在施工过程中不被破坏,针对施工过程各工序进行宣传教育。

(5) 每个项目经理部在编制实施性施工组织设计中,根据工程项目中通过湿地的自身特点,提出了明确的环境保护措施,把工程建设对生态环境可能带来的不利影响控制到最低程度。

1.2 施工保护措施

(1) 严格禁止将施工废水、生活污水、废液直接排入草甸、河流或池塘。靠近生活水源的施工,采用沟壕或堤坝隔离,避免造成污染。

(2) 在湿地、河道中施工时,不得向河流中弃土,不得随意改变河流流向,施工弃土或弃渣须按设计指定地点堆放,待完工后统一处理,并设置必要的防护,防止水土流失。

(3) 自觉维护高原土壤结构,避免土壤沙化,在方法上采取“固”、“阻”结合,以“固”为主,兼顾“输导”的方针,保护好原有自然植被,防止人为恶化环境。

(4) 取土场在取土前将草皮及腐植土提前移堆堆放,定期洒水保湿,待取土完成后,采取人工植被恢复为主,水土流失防护为辅,取完一块恢复一块,取土采取分块、分片、分区、分层,坚决杜绝自由施工,无规则取土。每个取土场均用彩条旗围挡,做到了范围明确,标识齐全,四周整齐、底部平整。

(5) 工程施工中不得随意改变、切割、阻挡地表径流的排泄,不允许形成新的积水洼地。

1.3 具体的实施过程

开设科普讲座,利用板报、影视等媒体,利用施工间隙的时间,对施工人员进行有系统的爱护湿地、湿地知识的宣传和教育。

同时,项目部还成立了由30多名管理人员组成的湿地保护志愿者服务队。服务队成员要能够在湿地保护活动中自觉地起到带头模范作用。

湿地生态环境保护的好坏,直接影响到保护区的生态环境,同时对施工的正常进行具有重要意义。因此设立桥涵、路基湿地保护区。各类湿地保护区的建立,使当地的生态环境明显好转,区域内野生动植物资源的生存条件随之有效改善。

2 临建总体环保方案及措施

根据《青藏铁路施工期环境保护管理办法》和《青藏铁路施工期环境保护措施》及青、藏两省区地方政府对环境保护的有关要求,中铁一局集团公司结合承担施工任务的实际情况,制定了临建总体环保方案,减少对湿地环境的影响,杜绝不必要的地表植被破坏。

14标是线下综合工程标,地处沱沱河与通天河之间,海拔高程4 500 m~4 800 m,新建铁路

与公路国道 109 线交叉并行,管段全长 37.527 km,计划有 5 个参建单位。在临建中尽量缩小占地面积,因地制宜,改建为租,按照一切从简原则,充分利用公路施工取土场废弃荒地 and 已有房屋(如公路道班等)。

(1) 增强员工环保意识,珍惜青藏生态环境。在临时工程施工时,首先确定临时工程占用湿地的时间、区间、范围。临时加工棚、材料堆放场地,尽可能地利用施工地界,做到不占用或少占用湿地或施工红线外土地。并同时制订使用完后的恢复方案。

(2) 坚持节约用地。面积要根据需要合理规划,严格控制,不占草地或少占草地,并履行报批手续。平整场地宁填勿挖,地表植被不得随意铲除,挖方的草皮要妥善保存,以便回铺或移铺。

(3) 各类临时房屋均应避开野生动物通道,建筑坚固、朝阳、避开风口,具备防强风、防严寒、防雷击、防雪灾、防火等条件,距铁路、公路保持一定距离。

(4) 合理规划施工便道、施工场地。按保护冻土原则铺设垫层,周围挖好排水沟,场内不得积水。固定人、车行走路线,限制人为活动范围,尽量不扰动地表植被。

(5) 各参建单位进场前的生活驻地、施工场地、取土场、砂石料场的地形地貌用录像机和数码相机进行拍照,整理成资料,以便后查。

(6) 在施工作业之前安排专人检查施工现场是否对湿地周边进行了防护,是不是做到严格按照湿地保护规划要求的内容。

在临建中,除尽量选择植被稀疏的荒地外,还依据自然环境条件进行树木培植,人为改造环境。如在南山口从内地运来黄土 25 t,种植适合高原生长的花草、树木 1 500 余株,架设灌溉水管 650 m,采用了滴灌方式,对基地进行绿化,树木成活率达 80% 以上。

3 工程建筑物施工的环境保护

3.1 桥梁施工通过湿地段

桥梁施工过程中采取下列措施保护湿地:桥梁施工场地围栏要保持界限分明、整齐、完整、线直、面平;便道(含支便道)边齐坡顺,为保证便道两侧湿地植被,流水畅通,在便道下每 25 m 埋设排水管,并保证便道路面平整无积水;钻孔产生的弃渣、残余混凝土及时运走,清洗导管的污水不得流入草地;承台挖除平台填土时,机械挖除深度应控制在原地面上 20 cm,地面上余留 20 cm 人工清理,将草皮清出后移植养护,草皮移植后再挖承台至设计位置;机械设备产生的废油,废弃配件以及生活用品包装袋等必须回收统一处理,禁止随意排放和丢弃,围栏内外必须保持清洁;桩基施工时,钻孔产生的弃渣、残余混凝土及时运走,清洗导管的污水流入专门存放污水的容器中,不得流入草地;施工用具(护筒、钻头、导管、垫木、钢丝绳、电焊机、电缆线等)在非使用状态下必须保持摆放整齐,在使用状态下必须摆放有序,杜绝凌乱。在任何情况下,施工用具不得与草地接触。

3.2 涵洞施工通过湿地段

涵洞施工的湿地保护措施包括:施工场地围栏要保持界限分明、整齐、完整、线直、面平;生产过程中产生的弃渣、残余混凝土及时运走,污水不得流入草地;机械设备产生的废油、废弃

配件以及生活用品包装袋等必须回收统一处理,禁止随意排放和丢弃,围栏内外必须保持清洁。

3.3 路基施工、取土场的环境保护

为了减少对植被的破坏,路基施工采取分段集中取土的方案,取土场选择在线路500 m以外植被稀疏、对自然景观影响较小的地点,取土前先由试验室对取土场土样进行检验,土质必须满足B类填料要求方可使用;为了减少工程施工对水土流失、冻土环境、自然景观等的影响,使其尽快恢复功能和原貌,取土场土样合格后,先将地表植被及地表土铲起,集中堆放、洒水养护,必要时覆盖塑料膜、草袋保湿养护,然后才可以取土填筑路堤;对已废弃停用的取土场,立即采取平整恢复,取土场平整后采取人工将施工前移植养护的草皮移植回土场,重新培土并且派专人定期洒水养护,必要时覆盖塑料膜养护,保证草皮的成活率。

3.4 施工便道和施工生活营地的环境保护

本着减少占地、保护生态、方便施工的原则修筑,对施工便道进行统一规划,通往取土场修便道3条总长5.0 km。通往取土场道路路基宽4.5 m,路面宽度3.5 m;填筑厚度不小于0.7 m,以满足不破坏冻土环境的最小临界高度。单车道200 m左右设一会车道,会车道路面宽度4.5 m。禁止施工车辆越界行车。在选择施工生活营地时,本着尽量减少对植被的破坏的指导精神,3个施工生活营地有2个利用修建青藏公路时遗弃的场地、另一个建立在植被稀少的地点,生活营地周围用绿网围起来控制人员的活动范围,施工人员的餐饮以及生活必需品,由局物资站统一从格尔木加工成半成品或成品定期运送到生活营地,生活中和施工中产生的垃圾集中堆放,不可降解和含有害物质的垃圾集中运到格尔木处理。

4 工程实例

14标段开心岭1[#]、2[#]特大桥,全长分别是636.5 m, 672.82 m、41个墩台,165根桩。两桥两次横跨青藏公路109国道,地处高原湿地,是诺日巴根曲河的发源地,而诺日巴根曲河又汇入沱沱河,是长江的源头之一。为了保护好这片湿地,我们做了如下环保工作。

作为14标段重点工程和横跨青藏公路标志性工程,开心岭2[#]特大桥的环保问题显得更加重要。为了更有效地保护这块湿地,从特大桥开工伊始就制定并实施如下有效措施。

(1)跨越湿地的特大桥施工便道每25 m埋设过水管一根,确保湿地两侧过水畅通,保证湿地不退化。

(2)施工区域用绿网围栏围设,固定施工范围,减少施工人员、机械设备对周围环境的影响(见图1、图2、图3)。

(3)墩台位间植被移植与保护,施工完毕后恢复。



图1 开心岭2[#]桥防护围栏



图2 开挖前的防护



图3 便道防护

(4) 在地质条件允许的情况下,尽可能采用旋挖钻机成孔,弃渣及时运出,减少对湿地水质污染(见图4)。



图4 混凝土集中拌合站的废渣处理池

(5) 在施工场地设置围栏,控制人与机械的活动范围,围栏要保持界限分明、整齐、完整、线直、面平,任何人及物品在施工过程中均不能超越围栏界线,破坏湿地环境。

(6) 为了减少对环境的污染,桩基施工全部采用旋挖钻机快速施工,并准备了泥浆池,这样既保护了地表环境,同时也减少了对冻土的扰动。

(7) 为了保护地表植被,旋挖钻进场施工前,先为钻机垫好作业平台。

(8) 便道(含支便道)边斜坡顺,为保证便道两侧湿地植被,流水畅通,在便道下每10 m埋设排水管。并保证便道路面平整无积水(见图5)。

(9) 承台施工:承台挖除平台填土时,机械挖除深度应控制在原地面上20 cm,地面上余留20 cm人工清理,将草皮清出后移植养护,草皮移植后再挖承台至设计位置(见图6)。

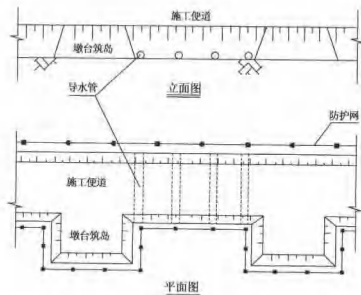


图5 施工便道

(10) 墩身施工完成后, 承台周围将草皮移植回原位, 保证整座桥施工完成后, 墩间有草。

(11) 对于湿孔施工, 为减少挖掘沉淀池对湿地的破坏, 加工水箱运输车4辆, 清运钻孔泥浆1500余立方米, 使施工前后始终保持了场地的整洁干净。

(12) 机械设备产生的废油、建筑废弃物及生活用品包装袋回收驻地统一处理。

(13) 由于采取了行之有效的环保措施, 14标段开心岭1[#]、2[#]特大桥工地现场整洁有序, 两侧植被生长良好, 环保工作受到铁道部、青藏铁路建设总指挥部、青、藏两省区地方政府好评, 并在全线观摩推广。



图6 草皮移植养护

5 结束语

回顾在青藏铁路多年冻土区湿地的施工过程, 总结起来, 能够保证环境保护工作的持续、有效、顺利地进行, 同时确保湿地能够在施工过程中保持良好状态, 主要得力于我们采取了以下措施:

- (1) 在施工前制订了环境保护体系、环境保护领导小组;
- (2) 施工中制订了环境保护的规章制度、层层签订了环境保护责任书, 并派专人管理环境

保护；

(3) 在施工后制订了如何恢复环境的征求意见，对好的意见给予一定的奖励。使得整个环境保护工作在受控的状态下良性循环，并使得各项环境保护措施得到了有效的落实。

我部施工的开心岭 2[#] 特大桥环保工作及取土场草皮移植工作得到了青藏铁路建设总指挥部领导的肯定，并多次组织人员观摩学习，为我局在青藏铁路施工争得了荣誉，也为我们在今后的施工积累了经验。

3 标段和 12 标段施工期环保措施

曹玉新 李西亚 吴则沛

(中铁十四局集团公司, 山东 济南 250014)

摘要: 自然环境保护、野生动物保护、冻土环境保护等是土建工程施工环保工作的重点。路基工程、站场工程、桥涵工程、取弃土场、砂石料场、施工便道和施工营地是影响生态环境的主要因素。保护自然环境、野生动物、冻土环境、施工便道、路基工程、桥涵工程、临时场地等敏感目标的一些具体措施, 包括: 在施工期修筑路基时, 不铲除地表植被, 以利于保护冻土环境; 取土场取完土后将取土部位用草皮土回填覆盖; 各类生活垃圾及废弃物统一收集处理; 根据野生动物生活习性设置通道, 野生动物迁徙时停工让道; 施工现场利用青藏公路废弃管地, 并利用青藏公路、铁路路基及公路废弃的便道进出管地、场地; 采用人工播种、禁牧封育等措施恢复路基边坡植被等, 以保护青藏高原的生态环境。

关键词: 青藏铁路; 环境保护; 工程施工; 生态环境; 措施

1 工程概述

中铁十四局集团公司承建的 3 标段 (DK905+400~DK957+640) 位于青藏铁路纳赤台—西大滩段, 海拔高度 3 700~4 250 m, 全长 52.24 km。路基及站场土石方 396 万 m³; 特大桥 2 座, 共计 1 299 延米; 大桥 6 座, 2 128 延米; 中桥 19 座, 1 310 延米; 小桥 19 座, 1 493 延米; 1.5、2.0、2.5 和 3.0 m 等不同跨径的涵洞 128 座。根据工程需要, 设取土场 16 处, 采石场 2 处, 采砂场 1 处, 各公司均设有混凝土拌合站及现场营地。

中铁十四局集团公司承建的 12 标段 (DK1 080+924~DK1 110+100) 位于青藏铁路可可西里腹地五道梁地区, 海拔高度 4 300~4 700 m, 全长 29.176 km。路基土石方 209 万 m³; 大桥 2 座, 429 延米; 中桥 5 座, 431 延米; 小桥 3 座, 89 延米; 涵洞 52 座, 1 027 横延米; 石方格砂障碎石 11 万 m³。设取土场 2 处, 采石场 1 处, 采砂场 1 处, 除一项目部外均设有混凝土拌合站, 各项目部设有现场营区。

2 工程建设对生态环境的影响途径

施工管区对生态环境影响的因素主要是路基工程、站场工程、桥涵工程、取弃土场、砂石料

场、施工便道和施工营地生产生活等。其影响途径和环保目标见表1。

表1 环境影响途径分析

主要保护目标	保护目标简介	影响途径分析
可可西里自然保护区	青藏高原特有的珍稀野生动植物种、原始的自然环境、高寒草原生态系统和特殊意义的自然景观。	线路工程将对自然保护区生态环境产生分割影响；工程占地将侵占保护区，对保护区的生态环境质量、生态功能产生影响；路基设置不当将阻隔动物种群交换、迁移路线等；土石方等工程将对生物多样性、野生动物栖息环境产生影响。
沿线的野生动物及可能的通道位置	野生动物主要有藏羚羊、藏野驴等，可能的通道位置为： DK1 080+924~DK1 084+500（藏羚羊） 和 DK1 088+000~DK1 090+000（藏野驴）。	不合理的施工便道、施工营区、取弃土场可能造成动物识别错误，影响其种群交换，阻隔其迁移路线。
冻土环境	DK1 086+650~DK1 090+000 低温冻土环境。	路基设置不当将阻挡、改变径流，引起冻土环境变化；积水的浸泡将扰动地表地层，引起冻土上限下降，影响其结构稳定。
沿线植被	线路两侧的荒漠、高寒荒漠、高寒草原上分布的植被。	路基站场工程、取弃土场、施工便道、施工场地、施工营区、人为活动等破坏植被，将影响植物多样性，加剧水土流失。
沿线土壤	线路两侧的荒漠、高寒荒漠、高寒草原等土壤。	路基站场工程、取弃土场、施工便道、施工场地、施工营区、人为活动等扰动地表，将破坏土壤结构，加剧水土流失。
内陆河水系	小南川→野牛沟→三岔河→昆仑河。	桥梁施工中挖基不当将增加河流的泥沙量，施工废水污水排放不当将对河流产生影响。

3 环境保护措施

3.1 健全制度，组织到位，宣传到位

中铁十四局集团公司青藏铁路工程指挥部及其所属项目公司（项目部）均成立了由工程技术、环境保护、物资设备、安全质量等专业人员组成的环境保护领导小组，并专门成立环境保护部，设立专职环保监督员，制定下发了《铁路建设环境保护管理办法》、《青藏铁路环境保护作业指导书》，对开工前、施工中、竣工后环境保护作出了具体规定。中铁十四局集团公司青藏铁路工程指挥部与下属单位签订了环境保护责任书，做到责任明确，各司其职。沿线设置大型彩色喷

绘环保宣传广告标语牌,内容直观生动,既起到宣传作用,又起到了警示意义。

3.2 敏感目标的具体保护措施

3.2.1 自然保护区环保措施

施工场地、营地和施工机械不得随意丢弃生产及生活垃圾。施工营地的布设远离野生动物迁徙通道,并加大营地布设间距。施工机械及车辆在施工便道和工程划定范围内作业,占用临时用地平整后采取植物恢复措施。各类生活垃圾及废弃物统一收集处理,生活垃圾分为可降解和不可降解两类,建造垃圾池,分别存放,按时销毁。中铁十四局集团公司青藏铁路工程指挥部对每一项目部的营地进行了优化设置,并上报青藏铁路建设总指挥部批准。

12 标段桥梁和涵洞的修建,其基础施工均采用旋挖钻机,排出的淤泥、冻土及时用自卸车运至弃土场;施工机械、运输车辆指定区域清洗,严禁在河中冲洗。

新建铁路路基两侧是施工便道,纵向施工利用既有路基。进入路基的横向便道以少布设为原则,尽可能拉大间距,并避开保护区内的敏感区。12 标段近 30 km 的路程,仅设 8 条横向便道。

注意施工营地生活、采暖用煤及施工现场扬尘对大气环境的影响。12 标段共有洒水车 5 台,根据天气和现场情况适时洒水抑制扬尘;运输土石方的车辆根据季节加盖篷布密封。

12 标段冻土区 DK1 084 线路左侧 1 200 m 和 DK1 098 线路左侧 1 500 m 共有两个取土场,其中 DK1 084 取土场为植被较少的丘包,DK1 098 取土场是植被稀少的山包,为避免因取土改变冻土的稳定性,对取土范围用插旗帜及撒灰线的办法进行界定,将表层草皮放置指定范围,待取完土后用草皮土回填覆盖。

为保护可可西里自然保护区内野生动物种群间的交流、觅食、繁殖及季节性迁徙等活动,在 6 月底至 8 月初,大批藏羚羊翻过路基至楚玛尔河迁徙时,工程人员将工地上的各种标牌及小旗撤走,并停工 4 天为藏羚羊让道。

3.2.2 野生动物保护措施

根据野生动物分布、数量及生活习性等规律,设置通道。在万宝沟通道(DK910+100~DK910+600)设宽 500 m 的缓坡平交通道;在 DK920+163~DK920+854、DK931+970~DK932+318 和 DK938+867~DK939+472 处设桥梁通道;在 DK1 082+400~DK1 083+400 处设桥及缓坡复合通道;在 DK1 104+900~DK1 105+700 处设缓坡平交通道。施工期间听从保护站统一指挥,野生动物通过时适时停工。

管区二项目部是野生动物迁移的主要地段,从施工组织安排上,该段加快施工速度,避开迁移高峰期,特别是繁殖配对和产仔期。

3.2.3 冻土环境保护措施

在 12 标段修筑路基时,不铲除地表植被,从而起到保温作用,对保护冻土环境有利。四项目部在一挖方路堑地段,先做了漏斗试验,安排在冬期施工,以避免造成热融侵蚀。在砂场取砂后,及时对河道进行整理和疏通,对河道不稳定边坡采取相应的工程防护措施。取土场取土完毕及时平整和顺坡,用取土前集中堆放一旁的表层山皮土覆盖平铺,以尽快恢复其生长能力。施工现场充分利用了青藏公路废弃的道班、营地等,尽可能减少在未扰动多年冻土区的场地设置数量。进出营地、场地的纵向便道尽可能利用青藏公路、铁路路基及公路废弃的便道,线路横向便

道以少布设、拉大间距为原则,以减少对沿线冻土环境的扰动。

3.2.4 施工便道生态保护与恢复措施

(1) 便道整治。施工结束后,先将铺设的料石土方去除,恢复原有的基础地面,对已塌陷部分进行平整,从而为土壤改良及草种补播奠定基础。

(2) 土壤改良。在牧草萌动季节,对施工便道表层土壤进行松耙处理,使土壤结构和养分条件得到改良。

(3) 补播草种。工程结束后禁牧封育。

3.2.5 路基工程生态保护与恢复措施

(1) 工程防护措施。路基线路多次经过风沙活动频繁地区,采取相应的风沙防护措施,主要设置风沙屏障。

(2) 植被恢复措施。中铁十四局集团公司施工的3标段、12标段路基工程主要集中在包括典型荒漠、高寒草原两大生态系统的区域。因此,要根据各自然区域路基边坡植被演替的规律,采取相应的植被恢复措施。典型荒漠地区的路基边坡受极端干旱环境的限制,几乎见不到植被生长。因此,路基两侧边坡应以工程防护措施为主。

高寒草原地区的路基边坡可通过植被恢复措施,加速路基边坡植被的自然演替过程。其主要措施包括人工播种、禁牧封育等。引种植物以本地物种为主,其主要植物种类有梭罗草、羊茅、冷地早熟禾、赖草、垂穗披碱草、密花黄氏、育藏苔草、紫花针茅等。在植被恢复实施过程中,不得影响路基工程的稳定性。

3.2.6 桥涵工程的生态保护与恢复措施

(1) 景观恢复措施。桥涵工程是铁路建设的重要人造景观,在设计过程中已考虑与区域自然景观相协调。同时在工程结束后,应采取相应的景观恢复措施,如桥梁工程施工建设应注意河道平整、及时疏通洪水通道、防止河道改线造成水力侵蚀等现象。

(2) 工程防护措施。桥梁工程主要与河流有关,由于河水冲刷以及不稳定边坡的存在,河岸边坡稳定性受到影响,为保证河岸边坡的稳定性,采取相应的工程防护措施。施工区段主要桥梁有昆仑河6号大桥、三岔河特大桥、五北大桥、曲北大桥等工程,从而起到保护河道生态环境及生物多样性的作用。

(3) 植被恢复措施。对高寒草原地区桥梁工程的引桥部分可采取相应的植被恢复措施。

3.2.7 临时场地的生态保护与恢复措施

临时场地因人类活动在施工期频繁活动和干扰,致使其周围原生植被枯死,土壤结构被破坏以及卫生状况恶化,在施工期结束之后形成人类活动痕迹特有的斑块状结构。植被恢复治理的重点是高寒草原和高寒草甸区的临时施工场地。因此,可采取相应的措施加快植被恢复进程。

(1) 地面整治。应对原有的斑块状地面进行适当恢复平整,为土壤改良及草种补播奠定基础。

(2) 土壤改良。在牧草萌动季节,对斑块状表层土壤进行松耙处理,有条件的地方增施有机肥料。

(3) 补播草种。根据群落演替规律,采用相应牧草种子进行补播和填压等处理,对已形成的杂草群落可以加以利用。

(4) 禁牧封育。在工程施工结束后,通过上述植被恢复措施,促进植被的恢复。

(5) 其他环保措施。结合生活营地实际,从环保角度应对垃圾进行分类收集、集中处置和处理。

青藏铁路施工期 环境保护工作管理

宁佐春 黄洁

(中铁五局集团公司青藏铁路工程指挥部, 西藏拉萨 850000)

摘 要: 从建立健全环保组织机构、组织环保知识培训、制定环保规章制度等方面入手, 搞好青藏铁路施工环保的组织建设, 并从每一个施工环节上强化和细化施工营地及施工便道、混凝土拌合站、机械修理场、取弃土场、砂石料场、湿地, 以及路基、桥涵的施工现场管理。在此过程中, 需要做好降尘、绿化、合理移植草皮、防止大气污染、防止生产和生活垃圾污染, 尤其在桥涵施工时要注意解决因泥浆外溢对地表产生污染的问题, 并注意及时清理施工现场, 确保施工现场环境整洁等, 以保证工程建设对高原生态环境的影响降至最低限度。

关键词: 施工管理; 环境保护; 青藏铁路

环境保护是修建青藏铁路三大难题之一, 把工程建设可能对生态环境造成的不利影响减少到最低程度, 用生态保护理念把青藏铁路建设成世界一流的高原环保铁路, 因此环境保护的管理工作尤为重要。

1 工程概况

青藏铁路 27 标段地处青藏高原当雄盆地中央, 起于当雄县乌玛塘乡止于当雄县, 起止里程 DK1 814+850~DK1 848+710, 全长 33.777 km, 海拔高度在 4 300~4 500 m 之间。自然生态以高寒草甸、湿地生态系统为主, 生态环境极其脆弱。线路走行于藏北高原念青唐古拉山以北当雄盆地边缘地带, 呈低丘、垄状地貌, 沟梁相间, 年平均气温为 1.6℃, 极端最高气温 26.5℃, 极端最低气温 -35.9℃, 年平均降水量 468 mm, 降水量集中在 7, 8, 9 月份, 年平均蒸发量 1 866 mm, 空气稀薄、气压低, 太阳辐射强。主要工程量: 土石方 233.42 万 m³, 站场 1 座, 特大桥 2 座, 大、中、小桥 12 座, 涵洞 85 座。

2 组织建设

(1) 建立健全组织机构。建立健全环保组织机构, 成立以指挥长为首的环境保护委员会, 建

立由项目部经理和总工程师领导、业务部室分工管理、环境保护部环保技术人员监督指导、作业队具体实施的环境保护管理体制。明确项目部领导层、管理层、作业层各自的环境保护职责,配备专门的环境保护工程技术人员。

(2) 组织环保培训。根据标段的工程特点对项目部经理、总工、部门负责人、队长、技术人员、施工人员,就青藏铁路开工前、施工中、竣工后的环境保护工作进行环境保护知识培训。培训的内容通俗易懂,易于掌握。培训内容一是相关的法律法规,以增强环保的法律意识,二是就标段的工程特点,明确影响环境的因素,针对这些影响因素采取的措施进行重点培训。

(3) 制定规章制度及措施。制定《环境保护管理办法》、《环境保护作业指导书》、《环境保护管理措施》,指挥部与各项目部签定《环境保护责任书》。项目部与各项目队以及劳务协作队层层签定《环境保护责任书》,划分责任片区,做到目标明确、要求具体、内容详细。所属各项目部根据各自管段情况制定相关的环境保护管理办法,要求在工程施工和日常生活中切实作好环境保护工作。制定《环境保护奖惩条例》,《条例》要细化、量化,实行定期、不定期环保检查制度。根据检查结果对照《环境保护奖惩条例》进行奖罚,加强施工现场管理。

(4) 建立环保台账,记录施工前环境状况(包括文字描述及影像资料),为环境恢复工作提供依据和参照。

3 施工现场管理

(1) 施工营地及施工便道。施工营地的选择,采取与地方政府充分协商的原则,尽量减少场地数量和占地面积。选在荒地和植被稀少地带,不堵塞天然水系,场内不积水;对可利用的原有草皮,利用机械配合人工先铲除后进行移植,植于院内花坛和驻地周围;驻地内生活污水处理设三级沉淀池,经沉淀、过滤后用于降尘和绿化;采用电能、太阳能、液化气等清洁能源,减少大气污染;驻地一律设室内厕所,粪便结合当地自然条件妥善处理,避免对水源的影响;生产、生活垃圾的处理,修建垃圾房,按可降解、不可降解、特殊物质分类收集,禁止随地丢弃垃圾,生产、生活区、施工便道及路基桥梁施工现场每隔一定距离设置垃圾箱(桶),并配备有专门的保洁员负责施工便道、现场及营地的保洁工作,并定时将可降解垃圾就地在指定位置进行及时填埋,不可降解垃圾及时清运至垃圾场处理,确保在任何时候都不会对周围环境产生污染。

施工便道尽量利用原有机耕道和植被稀少处,并经现场优化、审核后施工,便道宽度严格控制在3.5 m内,每200 m设一汇车道,每隔一定距离设置动物通道。道路两侧设置刺铁丝及三角旗围栏限制边界,设置告示牌,告知车辆不得随意驶出便道,确保植被不会因施工而遭到破坏。

(2) 混凝土拌合站及机械修理场。混凝土拌合站场地全部用混凝土进行硬化处理,并设置沉淀池,生产污水经沉淀后用于施工降尘;水泥包装袋设专门库房收集;机械设备及车辆修理、养护集中进行,所产生的含油污水集中收集,经澄清、吸附除油后回用,分散排放;各类固态浸油废物,施工过程中产生的废弃机具、配件、包装物等集中收集、封装,运至垃圾场进行处理或回收利用,确保了施工环境的清洁卫生。

(3) 取弃土场。严格按照设计指定的位置和规模取土;取土场的地表植被和表土的铲除分段进行,并在取弃土场内选择地点进行有效保存;设置围栏划定取土范围,严禁超挖,取土场取土

完成后,将取土范围内地面、边坡进行整理,回铺草皮,疏通排水通道,随时做到取土一处,平整恢复一处;弃土场选择在低洼、无地表径流、植被覆盖差、远离线路的荒地;弃于取土坑中的弃土、弃渣及时平整、碾压,并且规定弃土顶面不高于坑顶平面。

(4) 路基施工。先确定路基施工红线范围,再规划草皮移植区(移植区均设在红线外),然后将红线范围内表层30 cm左右的草皮用挖土机(或装载机)配合人工进行剥离。剥离时,要求挖土机从一个方向按顺序小心作业,履带不得碾压草皮,挖土机要平顺推进,剥离后由人工割成方块,然后在移植区由人工依次均匀铺设。草皮移植到位后,根据情况适时洒水,或适量施加有机肥料以提供充足的水份或养料。除此以外,施工便道、取弃土场、临时驻地等产生点多、扬尘较大的地方,适时进行洒水,以尽量减少扬尘覆盖在草皮上,影响草皮的光合作用。路堤填筑到标高后立即将草皮回铺至边坡上。为保证草皮成活,块与块之间的缝隙用腐殖土填塞严实,使之成为一个整体,并定时洒水保证水份不散失,确保草皮成活率。现在移植的草皮和回铺到边坡的草皮均已成活。

(5) 桥涵施工。桥涵施工破土动工前,先按前述路基施工的方法进行草皮移植,以便在施工完成后对施工场地进行恢复。基坑开挖过程中,除预留回填所需土外,及时将挖基土清运至弃土场。

桥梁施工现场,采用大型钢制泥浆池和大功率泥浆泵作为泥浆循环系统。泥浆池容量48 m³,由5个人泥浆箱组合而成,另外制作了3个小泥浆箱备用。抽取泥浆采用泥浆泵配φ150 (mm)软管。

为了避免弃渣所带的泥浆对地表产生污染,制作了大型钢制弃渣箱,装载机配合自卸车及时清运;为了方便清洗导管,专门制作了清洗导管的钢箱,拆卸下来的导管必须在指定的钢箱内清洗;为了保证首批混凝土封底成功,设计制作了体积较大的专用储料斗。首批混凝土在很短时间下降落到导管底的过程中,势必引起泥浆外溢,为了解决泥浆外溢的矛盾,设计制作了1个拦浆箱,套于钢护筒外,并用棉纱将拦浆箱与钢护筒之间缝隙塞紧,有效地防止了泥浆乱溢。为了更好地防止泥浆外流,根据施工时的实际地质情况,在确保不坍塌的情况下,灌注之前,先行抽取孔内一定高度的泥浆,并在灌注过程中,派专人随时抽取泥浆,避免泥浆外流。钻孔时,弃渣做到随弃随装,随装随运。在施工现场,对自卸车进行了改装,在后挡门处加焊一块钢板,使其在运输过程中,更好地防止泥浆外溢。混凝土灌注时,为避免多余混凝土对地表产生污染,一方面在灌注前要求技术人员准确计算所需混凝土数量,另一方面制作了一个钢板箱,垫于漏斗下面,防止溢出的灰浆污染地表。

水下混凝土灌注完成后,现场施工人员及时清理施工现场,确保现场干净整洁。对已施工完成的桩基,采用铁丝及彩色三角旗进行围护。墩台施工完成后,立即进行原地面恢复,通过上述措施有效的保护好了周边环境。

(6) 砂石料场。严格按设计指定的位置和规模,办理了相关土地使用证和开采许可证后再行开采。制定了合理的开采计划和开采后的恢复措施,坚持随采随平整的原则,及时做好河道整理和疏通工作,确保河道内水的正常流通。采砂场洗砂废水设置污水沉淀池,经沉淀后重复利用或排放,未对河道及周边环境造成污染。

(7) 湿地。湿地内草皮移植后不易成活,对湿地桥梁施工便道及场地采取直接在地表用渗水填料填筑、增设排水管的措施,避免阻断地表径流;保留墩与墩之间的地表,最大限度减少占地面积;施工结束后,机械配合人工清除填土,露出原地表植被,补播草种。

4 结束语

以上所介绍的一些基本做法,是青藏铁路施工期环境保护工作必须要求的。通过几年的实践证明,高原环境保护工作除了充分认识其重要性外,更重要的是从制度、措施上力保基础工作的实施,从而使今后高原施工期环境保护取得更大成效。

青藏铁路临时施工便道 恢复方法的探讨

季维生

(中铁十八局集团公司青藏铁路工程指挥部, 西藏 安多 853400)

摘 要:在青藏铁路勘测和施工过程中填筑了大量的临时便道, 必须加以恢复。通过对草皮移植、草皮恢复、喷播植草、草皮无性繁殖等课题进行相关试验研究, 证明草原草垫是根系发达、生存能力较强、移植养护成活率较高的植物。本文介绍了非冻土区草原草甸区域、多年冻土区草原草垫区域、冻土区高植被覆盖率沼泽湿地、冻土区低植被覆盖率沼泽湿地和河滩河道区域的便道恢复方法, 其步骤基本上都是挖除施工便道填料、清理填料直至标高、对上部土层松土增施有机肥料、以机械配合人工的方法进行草皮回铺、用熟土将草皮缝隙填实等。所不同的是, 除前者和后着外, 中间三种区域的便道按照环保管理规定不能移植草皮而直接填筑0.7 m以上, 使碾压后便道下沉量较大而增加了恢复难度, 更需要认真对待。

关键词:施工便道; 临时工程; 恢复方案; 环境保护; 青藏铁路

1 临时施工便道恢复的原因

在青藏铁路建设过程中由于勘测和施工需要, 填筑了大量的临时便道。施工便道在施工期间受到车辆机械的反复碾压, 可能致使便道植被枯死、土壤结构破坏, 在施工期结束之后形成条带状的裸露地景观, 这在高原草原和高原草甸区域表现更为明显。对施工便道进行恢复的原因及意义在于: (1) 便道的存在是对自然景观的破坏; (2) 便道在一定程度上改变了地表径流, 尤其是在斜坡湿地区域会造成下游方向植被的退化甚至死亡, 这就可能造成严重的地质灾害, 对铁路的稳定亦造成不良影响; (3) 会造成野生动物的识别障碍; (4) 施工便道在以后的使用过程中, 可能由于缺乏管理控制, 造成更大范围的破坏。

2 相关试验研究情况

青藏高原由于环境特殊, 各种可参考的成熟经验较少, 2001年起在环保方面就开展了大量

的试验研究工作。先后开展了草皮移植、草皮恢复、喷播植草、草皮无性生殖等相关的试验研究。3年多的观察研究表明:

(1) 高原草原草垫植物根系发达,移植养护成活率较高,但要避免根系部位进风,否则会导致草皮死亡。

(2) 草皮的生存能力较强,即使1~2个生长期因外部因素不能发芽生长,亦有90%以上的草皮保持成活状态。

(3) 无性生殖能力较强,繁衍生根效果明显。

(4) 地表土壤以沙土为主的地域,喷播植草效果较差,但利用自然播种恢复效果良好。

(5) 有机肥料对植物的生长有极大的促进作用。

3 施工便道的恢复方法

3.1 非冻土区草原草甸区域的便道恢复

按照环保管理规定,在非冻土区草原草甸区域修筑的施工便道,要求先移植养护草皮。碾压使用后的便道沉降较小,相对而言降低了恢复工作的难度。具体恢复方法如下:

(1) 用挖掘机挖除施工便道的填料,比较坚实的地段可用大型推土机的松土器先行松土,然后用装载机清理填料直至标高。

(2) 根据移植养护植被的根系厚度确定需要清理的标高,一般根系厚度15~30 cm,清理填料后的标高应低于周边原始地面10~25 cm。在这个深度处基本是原有的地表熟土。

(3) 填料清理达到标高后,以机械或人工的方式将上部10~15 cm土层进行松土作业,在松土过程中拣除石块等对植草不利的土壤组成。

(4) 有条件的地方,可在松土中增施有机肥料,使土壤的结构和养分条件得到一定的改良,这样对植草的成活及生长极为有利。

(5) 以机械配合人工的方式进行草皮回铺,根据移植养护草皮的多少确定草皮回铺的稀疏程度,即移植养护草皮多则回铺的紧密,反之则回铺的疏松。

(6) 草皮回铺后,用熟土将草皮的缝隙填实。试验表明这点对草皮的成活和根系繁衍十分重要。如果草皮的缝隙未填实,一则草皮不宜成活,再则草皮的根系很难在较短的时间内繁衍生根,而不能与周边植被形成有机整体。

(7) 用轻型压路机对回铺的草皮进行适当的碾压。根据实际情况合理确定压路机的自重及碾压次数,既要保证草皮恢复区域的密实,又要避免由于过分碾压造成草皮根系断裂甚至死亡。

(8) 恢复作业完成后,恢复区的植被应与周边的环境植被标高大体顺平。如不能顺平则调整(1)和(2)的作业。

(9) 对恢复区进行适当的人工养护并禁牧封育,促进便道植被的有效恢复。

3.2 多年冻土区草原草甸区域的便道恢复

按照环保管理规定,在冻土区草原草甸区域修筑的施工便道,要求不能移植草皮而直接填筑0.7 m以上,碾压使用后的便道沉降较小。使用时间是确定恢复方案的关键,试验表明:使用时间在—个生长循环内并且便道主体保护完好的便道下植被基本处于成活状态,而使用时间在—个

生长循环以上或者便道主体严重损伤的便道下植被基本上已死亡。由于影响因素较多,最好根据现场的实际情况具体确定,本文仅对前种情况的恢复做出详尽说明。具体恢复方法如下:

(1) 用机械设备对便道填料进行清理,随时监控清理深度,在距原植被10 cm左右处停止机械清理,避免对植被的机械破坏。

(2) 以人工方式对植被上的填料进一步清理,使植被的人为损失降至最低。

(3) 清理完毕后,根据实际植被标高确定下一步的恢复方法。如果植被标高与周边高差在5 cm以内,可直接按照3.1中的(9)实施;如果植被标高与周边高差在5 cm以上,需进行以下步骤。

(4) 用挖掘机或装载机并配合人工对植被进行挖移作业。

(5) 草皮挖移后,有条件的可直接填上松软的熟土到合理标高;如没有熟土可供使用,则需挖除熟土暂且保存,填上土料到合理标高后再回填熟土。

(6) 根据挖移植被的根系厚度确定需要清理的标高,一般根系厚度15~30 cm,标高应低于周边原始地面10~25 cm。

(7) 以机械或人工的方式将上部10~15 cm土层进行松土作业。有条件的地方,可在松土中增施有机肥料,使土壤的结构和养分条件得到一定的改良,这样对植草的成活及生长极为有利。

(8) 以机械配合人工的方式进行草皮回铺。

以下恢复步骤参照3.1中的(6)、(7)、(8)、(9)。

3.3 冻土区高植被覆盖率沼泽湿地的便道恢复

按照环保管理规定,冻土区高植被覆盖率沼泽湿地区域修筑的施工便道,要求不能移植草皮而直接填筑0.7 m以上。碾压使用后的便道沉降较大,一般下沉0.4~1.0 m。试验表明:由于沉降量较大,原植被的破坏死亡率较高,仅有30%~60%的原植被可用于恢复施工。但由于沼泽湿地植被相对而言生命力较强,根据以往试验结论可以使用间隔回铺草皮的方法进行恢复,亦可适当喷播植草以弥补原草皮的不足。具体恢复方法如下:

(1) 用机械设备对便道的填料进行清理,随时监控清理深度,在距原植被20 cm左右处停止机械清理,避免对植被的机械破坏。

(2) 用挖掘机或装载机进行深度挖移作业,需保证一次性将植被从地下挖出,用人工挑拣可使用的草皮以备使用,同时注意原表层熟土与填料的分离。

(3) 先是回填便道填料,并外进与湿地相符的填料使之达到标高。其次回填熟土,并使用小型工具进行适当压实,另在熟土中拌和一定量的有机肥料以改善土壤成分。

(4) 熟土回填完标高应高于周边原地面10~20 cm,以用于日后的自然沉降。

(5) 在熟土层上以人工方式根据草皮块的大小开挖植草坑,用类似于栽树的方式将草皮块栽种在挖好的坑中,用脚踩实。注意事项:一是草皮块栽种好后应低于周边熟土区5~10 cm;二是栽种草皮块尽可能均匀分布;三是草皮块的总面积与局部恢复面积之比大于40%,以利于成功恢复。

(6) 对恢复区进行适当的人工养护并禁牧封育,促进便道植被的有效快速恢复。

3.4 冻土区低植被覆盖率沼泽湿地

按照环保管理规定,冻土区低植被覆盖率沼泽湿地区域修筑的施工便道,要求不能移植草皮而直接填筑0.7 m以上。碾压使用后的便道沉降较大,一般下沉0.4~1.0 m,自然植被覆盖率低于20%,植被根系松散不能结块,但自然播种能力较强,地表土壤以沙土为主。试验表明:喷播植草对此种区域效果较差,但利用自然播种恢复效果良好。具体恢复方法如下:

- (1) 用机械设备对便道的填料进行清理,留适量的填料用以回填。
- (2) 挖出原表层熟土放置一边备用。
- (3) 回填填料到适当标高,并用轻型设备做压实处理。回填熟土,并保证熟土的松散,高于周边环境10~20 cm为预留自然沉降量。应注意:熟土的成分质量和松散程度是恢复成败的关键。
- (4) 对恢复区进行适当的人工养护并禁牧封育,促进便道植被的有效恢复。根据观察,经过一年便道即会与周边环境有机融合,并且植被开始恢复。

3.5 河滩河道区域的便道恢复

河滩河道区域的便道恢复比较简单,只需清理填料、平整现场、疏通河道,确保不影响自然景观、不造成河道堵塞、不造成水土流失即可。

4 结束语

施工便道恢复是青藏铁路环保工作的重要组成部分,恢复的好坏直接关系到青藏铁路工程施工对环境影响的总体评价。笔者在3年的环保工作中组织实施了大量恢复试验,取得了一定的经验。各种施工便道的恢复方法是经过实践考验的,愿此项探究能够为青藏铁路施工便道恢复工作抛砖引玉。

自然保护区地段的施工环保工作

张爱忠

(中铁十二局集团有限公司, 山西 太原 030024)

摘要: 青藏铁路在自然保护区地段工程施工期间, 环保工作的目标是地表土壤、地表植被、冻土环境、野生动物、水资源和大气资源保护。为此采取的环境保护措施包括开展环保知识教育、施工用地控制、固体废弃物污染控制、施工废水和生活污水处理、多年冻土环境保护、野生动物保护和临时工程环境恢复等。为此, 在工程施工中, 要严格按照施工设计和多年冻土区施工技术细则的要求施工, 既保护工程结构的安全, 又保护多年冻土的自然生态环境。

关键词: 多年冻土; 施工; 环境保护; 藏羚羊

1 概述

青藏铁路格拉段 6 标段和 11 标段 (两段相连, 以下称“本段”), 自不冻泉至可可西里, 起讫里程为 DK1 007+671~DK1 080+924, 全长 73.212 km。该段工程位于多年冻土区, 线路通过可可西里国家级自然保护区的东部边缘, 自然保护区内栖息着国家一级保护动物藏羚羊、藏野驴和国家二级保护动物藏原羚以及黑颈鹤、斑头雁等珍奇动物。

在施工中, 施工单位十分重视环境保护工作, 依据国家和铁道部对青藏铁路的环境保护要求, 结合现场具体情况, 采取了一系列针对性措施, 使施工区段的自然生态环境得到了有效的保护。

2 工程范围的自然环境及气候情况

本段新建铁路在青藏公路的东侧, 与公路大致平行, 线路由北向南走行于楚玛尔河高准平原区, 跨越巴拉大才曲、清水河、楚玛尔河及可可西里山垭口。海拔高度 4 450~4 600 m, 地势起伏不大。植被覆盖率约 15%, 本段土层为粉土、粉质黏土、细砂和全风化砂质泥岩, 不良地质为多年冻土及沿线分布的半固定沙丘。多年冻土厚 15~40 m, 多年冻土上限范围为 2.0~5.0 m, 少冰、多冰、富冰、饱冰冻土及含土冰层均有分布。该地区气候干旱、高寒缺氧、冻结期长, 大风、暴风雪、雷电等天气变化无常, 年平均气温 -5.2℃, 极端最低气温 -37.7℃, 冬季平均气温 -11.2℃, 冬季平均天数 258 天。本段生态环境极为脆弱, 一旦破坏, 很难恢复。

3 施工期环保工作目标的制定

3.1 施工期环境影响分析

施工活动可能造成的环境影响主要有：工程建设对地表的破坏；施工取、弃土和开采砂石料对地表土壤、植被和景观的破坏；生活、生产垃圾和生活、生产污（废）水对环境的污染；施工扬尘对大气的污染；施工活动对野生动物的惊扰。

3.2 环境保护目标的确定

针对上述情况，依据青藏铁路环境保护有关要求，确定如下施工区环境保护目标：地表土壤的保护、地表植被的保护、冻土环境的保护、野生动物的保护、水资源环境保护和大气环境保护。

本段工程施工中环境保护的重点除地表土壤、植被、冻土环境的保护外，野生动物保护是本段环境保护重要内容之一。在施工过程中重点需要落实的工作包括：施工用地的规划和控制；施工产生的弃渣的处理；施工、生活垃圾的处理；施工废水、生活污水的处理；施工扬尘的控制；野生动植物的保护；多年冻土环境保护措施；临时工程的环境恢复。

4 施工中主要采取的环境保护措施及实施情况

4.1 提高全员环保意识

（1）开工前青藏铁路环境保护知识普及教育。针对现场具体情况，在开工前编写了多年冻土区环境保护知识培训教材，对施工人员进行了集中培训，使参建人员掌握了本管段环境保护基本要求，提高了施工人员环保意识，为环保工作的开展打下了良好的基础。

（2）施工中环境保护宣传教育。施工过程中，除了在公路旁、施工场地设置了醒目的环境保护警示标牌外，还在不同的地点设置了具有针对性内容的标牌，如采石场环保“八不准”、采砂场环保“九不准”、桥涵施工环保“十不准”、路基施工环保“十不准”、临时工程环保“五不准”等，这些要求简明易懂，现场人员容易掌握，取得了良好的效果。

4.2 施工用地的控制

重点是临时工程用地的控制。主要措施有两条：一是合理规划，先审批后使用；二是在修建的临时工程边界设置醒目的标志或界桩，限制施工生产活动范围，确保用地范围不扩大。其中，临时工程的合理规划极为重要。具体措施如下：

（1）施工营地尽量利用废弃场地修建。共新建营地8处，其中2处利用废弃道班，2处利用废弃施工场地。

（2）施工场地尽量利用正式工程用地和废弃施工场地。如在楚玛尔河以桥代路特大桥等工程施工中，钢筋加工场设置在桥跨内（32 m梁），没有另占地。

（3）对路基、桥梁便道综合考虑，尽量共用。路基工程采取“半幅施工、半幅通车”的措施，不设置纵向便道。

（4）弃土场设置优先考虑利用废弃取土坑或取土场。

（5）采取在梁底垫枕木的措施在便道旁存梁，保护地表植被。本段共架梁3 762片，在架梁

过程中,现场未设置存梁场,节约临时用地约 100 亩。

4.3 固体废弃物污染控制

4.3.1 施工弃渣的处理

施工弃渣主要有:桩基钻渣、桥涵挖基土方、路基弃方、建筑垃圾等。采取的处理措施有:配足设备,及时清运,防止乱堆乱弃造成污染;弃土场及时用机械平整,保持现场整洁。

4.3.2 施工、生活垃圾的处理

(1) 各生活营地、施工场地集中设置分类垃圾站(共设 12 处),对生活施工垃圾集中处理。垃圾按可降解和不可降解分类存放。其中可回收垃圾及时运往废品收购站,不可回收的可降解垃圾运往弃土场进行掩埋处理,不可降解垃圾运往格尔木交环卫部门处理。

(2) 减少生活垃圾的措施。在格尔木驻地设置集中净菜场,对工地所需的蔬菜集中加工,洗净后装入卫生袋用冷藏车运至现场;施工营地采用燃油锅炉和电暖气。此两项措施有效减少了现场固体垃圾。

4.4 施工废水和生活污水处理

(1) 施工废水处理。桥涵工地设置了临时沉淀池,废水经沉淀后排放;各混凝土拌和站设置了专门防渗废水沉淀池(7 处),废水经沉淀后用于降尘。

(2) 生活污水处理。施工驻地设置防渗污水池(10 处),上盖钢筋网片,对生活污水进行沉淀处理,沉淀后用于降尘。

4.5 多年冻土环境的保护

多年冻土环境的保护是环境保护的重要组成部分。上述关于对施工用地的控制措施也是保护多年冻土的主要措施之一,多年冻土区有关施工技术细则提出了明确的要求,设计也采取了相应的措施,这里不再展开介绍。

4.6 野生动物保护

4.6.1 设计关于野生动物通道的设置

栖息在青藏高原的国家一级保护动物藏羚羊,有一种奇特的习性,就是在每年的 6~7 月份,沿着固定的路线由可可西里山迁徙到可可西里腹地卓乃湖、太阳湖一带产仔,产仔后返回迁徙地。迁徙方向为东西,距离有数百公里,而且需跨过建设中的青藏铁路和原来的青藏公路。为此,设计时在野生动物迁徙路线与铁路相交处设置了野生动物通道,通道采取桥梁通道和缓坡通道两种形式。本段共设有 4 个野生动物通道,其中两个为桥梁通道,一个为路基缓坡通道。桥梁动物通道采取以桥代路的工程措施,除了具有保护多年冻土的功能外,兼有野生动物通道的功能。缓坡动物通道设计为路基,为了方便藏羚羊通过,路基边坡坡度由 1:1.5 变更为 1:2。

4.6.2 施工中采取的野生动物保护措施

(1) 砂石料场选择远离动物保护区、核心区。经过合理规划,本段工程最终仅设置了 3 处采石场和 4 处采砂场,均远离野生动物保护区。

(2) 取土场设置避开野生动物迁徙通道。在现场调查时,发现 DK1 081+900~DK1 083+000 左侧取土场位于动物通道上,经施工单位建议、有关单位解决,将取土场变更至 DK1 085+000~DK1 086+000 左侧,有效减少了对野生动物迁徙的影响。

(3) 做好施工人员培训教育, 形成爱护野生动物的良好氛围。在动物通道位置设置警示牌, 标牌注明动物通道名称, 标写“车辆慢行、请勿鸣笛”等字样。

(4) 加强与自然保护区管理部门的联系, 及时了解野生动物迁徙时间。在施工中, 施工单位环保管理人员与可可西里自然保护区管理局动物保护站人员及时进行了沟通, 掌握了藏羚羊的迁徙时间及基本的活动规律。

(5) 做好施工安排, 确保野生动物迁徙通过。如在 2002 年 6 月 21 日~7 月 2 日期间, 在玛尔河至可可西里段路基采取了撤除彩旗、夜间停工等措施, 保证了数千只藏羚羊的迁徙通过。2002 年 8 月 6 日, 当我部收到索南达杰自然保护站的建议书, 得知藏羚羊开始回迁时, 立即下发通知, 8 月 7 日~18 日, 在青藏公路 GK2 984~GK2 998 地段每日早晚各中断车辆通行 1 h, 同时停止该段路基施工, 每日早晚安排专人到公路上拦车, 确保了藏羚羊通过。

4.7 临时工程环境恢复情况

在施工过程中采取了“边施工、边恢复”的措施。具体如下:

(1) 取土场在开挖前将表层熟土挖起存放(厚度约 30 cm)。在施工中采取了“边取土、边平整”的措施。施工结束后及时将表土覆盖好, 进行了平整, 恢复效果良好。

(2) 采石场环境恢复工作量大, 重点是在开采过程中有计划控制好开采面的坡度, 及时做好弃渣的整理, 开采结束后进行了景观的恢复, 与原地形衔接良好。

(3) 8 座新建营地, 有 3 座移交了其他单位, 5 座进行了环境恢复, 情况良好。施工垃圾、垫层运往集中弃土场进行了处理。

(4) 除运营单位要求保留的特大桥、车站便道外, 其余便道恢复及时。

(5) 桥梁墩台完成后, 及时安排机械对桥跨间的施工场地进行了彻底清理, 环境恢复与工程施工基本同步。

综上所述, 青藏铁路建设的环境保护工作是一项系统工程, 需要综合考虑各项环境影响因素, 并应抓住工作重点, 才能防止工程施工对可可西里自然保护区生态环境的影响和破坏。

青藏铁路铺架作业环保监理控制

李清芳 敬廷银

(北京铁城建设监理有限责任公司青藏铁路监理站, 北京 100855)

摘 要: 青藏铁路铺架施工是青藏铁路建设的重点控制工程, 铺架作业对环境的影响因素主要包括生产、生活垃圾和污水以及工程列车跑、冒、滴、漏, 机车、车辆尾气等。为此提出需要督促铺架单位建立和完善环境保护与管理体系和制度, 严格执行《青藏铁路环境保护办法》, 认真做好铺架作业安全管理、生活垃圾及污水处理、施工车辆管理、机车车辆废油和废气管理、野生动植物保护、大气污染防治等的全面监控, 确保铺架作业过程中对环境的有效保护。

关键词: 青藏铁路; 铺架作业; 环境监理

青藏铁路南山口—安多段(DK845+892.533~DK1 537+233.147)横跨青海、西藏两省区, 全长700正线公里, 翻越唐古拉山, 最高点海拔5 072 m, 是世界上海拔最高的高原铁路。途经长达550 km的连续多年冻土区和300多公里的无人区, 保存着相对完整的特殊生态系统、特有的物种和特殊的生态价值和研究价值, 其生态环境十分脆弱, 具有不可逆特性, 一旦破坏很难恢复。因此, 生态环境保护被列为青藏铁路建设的三大难题之一。

1 工程概况与环境

本铺架监理标段北起青海省格尔木市南山口, 沿青藏公路南行, 穿越昆仑山到达青藏高原第一台阶, 翻越唐古拉山, 直至藏北重镇安多, 创造世界铁路铺架最高海拔纪录(5 072 m)。正线铺轨700 km、架设各类桥梁3 534孔、铺设车站24个。铺架作业经过高寒荒漠、草原、草甸、沼泽湿地等不同的高原生态系统, 通过可可西里国家级自然保护区和三江源自然保护区, 沿线珍稀野生动物种类较多、种群数量大, 自然生态环境具有原始、独特、敏感、脆弱、破坏后难以恢复的特点。青藏铁路铺架施工始终是重点控制工程, 作业站线长, 流动性大, 环保监理工作任务繁重而艰巨。

2 铺架作业对环境的影响因素及影响程度

铺架作业对环境的影响因素主要有: 铺架作业安全, 生产、生活垃圾及污水, 工程列车用油

跑、冒、滴、漏，机车、车辆尾气，施工车辆违规通行以及施工人员个人违规行为等。

(1) 铺架作业安全对环境的影响。铺架作业安全对环境影响很大，一旦发生安全事故，铺架机械设备的燃油、润滑油、液压油等就会大量泄露，直接对土地、河流造成严重污染，对高原植被形成破坏。

(2) 生产、生活垃圾及污水对环境的影响。生产、生活垃圾及污水处理不当，随意乱倒乱排，同样会对土地、河流造成污染，影响高原植被生长，对高原生态环境构成威胁。

(3) 工程列车用油跑、冒、滴、漏对环境的影响。在施工过程中，机车和车辆发生跑、冒、滴、漏现象，产生废油、废气，如不采取有效控制措施，任其排放，会造成土地、河流、大气污染，影响范围较广。

(4) 机车、车辆尾气对环境的影响。机车、车辆尾气超标排放会造成大气污染，导致大气环境遭到破坏。

(5) 施工车辆违规通行对环境的影响。施工车辆若不走公路或规定的施工便道，随意开辟道路，会导致高原植被因碾压而遭破坏。

(6) 施工人员个人行为对环境的影响。施工人员不遵守环保规定，在规定活动范围以外自由行动，随意采摘、践踏植被，惊动、追赶、伤害和猎捕动物，随地大小便等不良行为，会破坏高原生态环境。

3 铺架作业环保监控控制内容

监理站根据沿线自然保护区、地表植被、冻土环境、湿地、原始地貌景观、江河源头水质、地表土壤以及珍稀野生动物的保护要求，针对铺架作业对环境的影响因素，制定了详细的环保监控实施细则，督促铺架单位建立和完善环境保护管理体系和制度，严格执行《青藏铁路环境保护管理办法》，认真做好铺架作业过程中的环境保护工作。对铺架作业安全管理、生产生活垃圾及污水处理、施工车辆管理、机车车辆废油和废气管理、野生动植物保护、施工人员个人行为等实施全面监控，采用定期与不定期的形式检查环保工作效果，确保环保工作质量达标。

4 铺架作业环保监控控制措施

监理站坚持环保“三同时”、“五不准”和“谁污染、谁治理”以及“上道工序环境保护质量不达标，不允许施工单位进行下道工序施工”的原则，并贯穿于环保监理工作全过程。增加现场监理巡视检查频率，加大环保整治工作力度，对铺架作业影响环保的主要因素进行有效监控，认真开展环保监理工作，杜绝或减少铺架作业对环境的破坏和污染。

4.1 建立健全环保组织机构，保证环保工作规范、有序开展

监理站组建后，首先成立环保领导小组，总监理工程师任组长，组员由监理组长组成，并配备专职环保监理工程师，按照分工负责各自管段的施工环保监理工作。其次把环境保护作为监理工作的重要内容编入《监理规划》，编制《环保监理实施细则》，与工程质量、进度、投资、安全等监理工作同步监控，并作为年度工作考评的主要项目。

4.2 开展环保教育, 增强环保意识, 做好环保工作

铺架作业是青藏铁路建设的重要工程, 是反映青藏铁路建设的窗口。监理站根据这一情况, 利用一切机会进行环保宣传教育, 督促施工单位加强对参建职工的环保教育, 认真学习《青藏铁路建设施工期环境保护管理办法》和《青藏铁路施工期环境保护措施》, 提高环保意识, 增强保护环境的自觉性。每次工地例会都要强调环保, 检查环保措施的落实情况和实施效果。监理例会组织全体监理人员认真学习有关环保法规和青藏铁路环保要求, 安排布置环保控制措施。施工单位的施工组织设计中如无明确切实可行的环保措施, 则不予批准;《单位工程开(复)工报告》中如无《环境保护计划报审单》和环保措施, 不批准开(复)工。

4.3 将环保工作列入监理巡视检查监控的重要内容, 认真抓好环保措施的落实

(1) 铺架作业安全。由于铺架施工所处的特殊地理环境, 多风、温差大、紫外线强加上线路坡度大, 对铺架作业安全提出了更高的要求。为此, 监理站督促施工单位对保证铺架作业安全采取了一系列有效的措施, 如对机车进行高原适应性改造, 采用防紫外线材料对铺架设备的油、电、水管线进行包裹; 架桥机两侧加装液压防风、防滑支腿, 架桥机空气制动系统采用双配置等。这些措施的采用, 杜绝了脱轨、掉道和溜车安全事故的发生, 从而使环境得到了有效保护。

(2) 生活垃圾和污水处理。对铺架施工过程中产生的生活垃圾采取统一回收, 并利用线下施工单位的弃土场进行集中掩埋的办法处理, 污水采取修建临时沉淀池进行处理。同时, 为保护野外作业环境不被污染破坏, 自制了流动公厕随施工人员流动。在铺架宿营车撤离车站前, 对车站周围环境进行彻底清理, 按规定处理各类生活、生产垃圾, 处理不达标, 不准搬家。

(3) 施工车辆管理。要求所有施工、生活、医疗专用车及指挥车辆都必须沿公路或指定的施工便道行驶, 严禁驾驶人员图省事、抄近路开辟新道碾压植被, 保证周围环境和地表植被不被扰动和破坏。特别是铺架后的支座螺栓锚固作业, 属独立作业项目, 比较分散, 容易被忽视, 是控制的重点。因此, 监理站增加了这方面的监控巡视频率, 若发现施工车辆碾压植被, 则下发《监理工程师通知》, 对当事人按不合格人员处理, 勒令其下岗退场。

(4) 机车、车辆废油管理。为有效减少机车和车辆跑、冒、滴、漏现象的发生, 减少机车、车辆维修次数, 从而最大限度减少废油的产生量, 监理站要求施工单位尽量使用车况良好的机车、车辆在铺架现场作业; 机车、车辆的维修保养尽量集中在南山口检修库进行; 在铺架施工过程中, 及时采取堵、接等措施防止废油泄露到土壤和河流中, 造成污染; 对回收的废油集中存放、统一处理。

(5) 野生动植物保护。在自然保护区内施工, 严禁施工人员采摘、践踏植物和随意铲除草皮, 严禁惊动、追赶、伤害和猎捕动物。在2003年6月下旬铺架施工到达楚玛尔河、可可西里藏羚羊保护区时, 正值藏羚羊西迁产仔时期, 为保证藏羚羊顺利迁徙, 监理站要求施工单位指派专人观察, 若发现成群结队的藏羚羊到来时必须立即停止作业, 撤离人员, 消除一切干扰, 方便藏羚羊顺利迁徙, 为此, 铺架作业曾先后6次累计停工30多小时, 使藏羚羊及时顺利通过了楚玛尔河通道和可可西里通道。

(6) 大气污染防治。督促施工单位加强大气污染防治工作, 尽量利用电能等清洁能源或选择污染程度最低的设备。对有毒、易燃、易挥发物品设专人管理, 密闭存放, 取用时尽量缩短开启

时间。

监理站针对环保工作中出现的问题，及时召开环保工作专题会、环保协调工作会，并签发环保监理工程师通知，取得了良好效果。

5 铺架作业环保监控控制的成效

青藏铁路铺架作业环保监控对有效保护青藏高原生态环境起到了积极作用。监理站通过扎实工作，狠抓落实，加大监控力度，使保护环境成为广大参建者的自觉行动，有效消除了铺架作业对环境的影响，防止了施工对环境的污染，更好地保护了线下施工单位的环保成果，保护了多年冻土环境、江河源水质、野生动物迁徙通道和铁路两侧自然景观，保护了青藏高原脆弱的生态环境。环保工作取得了显著成效，受到了上级领导、社会各界以及各线下施工单位的一致好评，为青藏铁路建设环保工作做出了贡献。

6 结束语

通过铺架作业环保监控控制实践，我们深深体会到：推行环保监控机制有力促进了铺架施工的顺利进行，有效控制了施工对环境的污染，保护了多年冻土环境、江河源水质、沼泽湿地环境和野生动物生存繁衍环境，维持了高原生态平衡。

青藏铁路建设环保行政监察的探索与实践

郝青俊 范锐洪

(青海省环境保护局, 青海 西宁 810007)

摘要: 本文针对青藏铁路建设工程与线路区自然生态环境的特殊性、环保行政监察面临的主要问题, 指出在环保行政监察的具体实践中, 要对沿线生态环境状况进行调研, 全面掌握生态环境现状, 明确工作原则, 实行环境保护目标责任制, 建立环境保护制度, 统一监管职责, 加强环保宣传教育, 组织阶段性环保预验收, 为项目竣工环保验收打好基础。上述措施使环保行政监察工作取得了显著成效, 其环保管理理念、方法、机制和经验在全国工程建设中具有示范和推广意义。

关键词: 青藏铁路; 环境保护; 行政监察; 生态环境

1 青藏铁路建设期环保行政监察的特殊性

1.1 青藏铁路沿线生态环境主要特点

青藏铁路格尔木—拉萨段位于青藏高原腹地, 跨越青海、西藏两省区, 翻越唐古拉山口的铁路最高点海拔达5 072 m, 是世界上海拔最高、线路最长、难度最大、自然环境条件最艰苦的高原铁路。在我国铁路建设史上面临前所未遇的多年冻土、高寒缺氧、生态脆弱三大难题。其沿线主要生态环境特征为:

(1) 独特的高原、高寒生态系统: 青藏高原独特的气候条件, 连片的冻土、湖盆、湿地及缓丘构成原始的高原面, 随着高原内部水热条件的差异, 形成了由高寒灌丛、高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠组成的高寒生态系统, 具有独特的高寒生物区系。其中, 尤以高寒草原分布最广, 在亚洲和世界高寒地区中均具有代表性, 至今还基本保持着原始的自然演变过程, 是世界上仅有的独特生态系统。

(2) 丰富的珍稀特有物种: 本区动物物种虽少, 但珍稀特有种多, 种群数量大, 哺乳动物共有16种, 而特有种占11种, 占本区总种数的68.7%。其中的藏羚羊、藏野驴等属国家重点保护的珍稀濒危物种, 这些珍稀特有动物的栖息环境、迁徙路线及繁殖场地的保护是我国生物多样性保护行动计划优先保护的区域。此外, 植物种类有199种, 其中高原特有种80种以上。极具保护价值的特

有、珍稀濒危野生动植物物种资源,是世界山地生物物种一个重要的起源和分化中心。

(3) 多样的自然景观:青藏高原自然景观自东南向西北呈现高寒灌木—高寒草甸—高寒草原—高寒荒漠更替状态。既有由这些生态系统组成的水平地带系列,又有高寒草原、高寒草甸、冰雪带等垂直带系列。同时,在水平地带系列中还间布有一定面积的沼泽植被、垫状植被,具有自然景观的多样性。

(4) 脆弱的生态环境:青藏高原海拔高,空气稀薄,气候寒冷、干旱,动植物种类少、生长期短、生物量低、食物链简单,生态系统中物质循环和能量的转换过程缓慢,生态环境十分脆弱。长期低温和短促的生长季节使高寒植被一旦破坏,恢复十分缓慢,而且会加速冻土融化、土壤沙化和水土流失。至今铁路沿线部分地区仍为无人区,自然环境还保持着较原始的自然状态。研究表明,全球变暖对青藏高原的自然环境已带来一定的影响。

1.2 环保行政监察面临的主要问题

国务院正式批准青藏铁路立项建设后,党中央、国务院对青藏铁路建设的生态环境保护问题极为重视,提出工程建设与环境保护要高标准、严要求,做到“十分爱护青海、西藏的生态环境,十分爱护青海、西藏的一草一木,精心保护我们祖国的每一寸绿地”。因此,无论是青藏铁路建设者、管理者,还是环境保护等部门的责任都非常重大,有效保护青藏高原生态环境成为国内外关注的焦点。海内外曾有舆论认为,修建青藏铁路将会破坏沿线的生态环境,甚至造成“生态灾难”。

在青藏高原高寒、原始、独特、敏感而脆弱的生态环境下建设规模宏大的青藏铁路,不仅工程技术难度大,而且面临很多难题,如在建设过程中采取有效措施保护高寒草原植被、保护自然保护区和珍稀濒危野生动植物资源、保护高原湿地生态系统以及高原冻土环境和沿线美丽独特的自然景观、防治水土流失、防止长江源水质及高原湖泊污染等,特别是确保建设期间藏羚羊等珍稀濒危动物自由迁徙和种群交换、多年冻土环境保持稳定问题,而高寒植被和湿地生态系统得到有效保护更是国内铁路建设史上从未遇到的生态保护难题,也是环保部门在项目建设环境监管中遇到的一个新课题。

青藏铁路青海境内涉及沿线的海西州格尔木市、玉树州治多县和曲麻莱县,州、县所在地距施工现场数百公里,且交通不便,加之基层环保部门人员少、业务素质低、执法手段缺乏,难以承担相应的环境监督管理职责。省级环保行政主管部门作为地方环境监管责任主体,组织并建立有效的工作机制,强化青藏铁路建设期的环境监管,监督、检查建设、施工单位贯彻执行国家和地方有关环境保护方针政策和法律法规,督促落实环境影响报告书及其批复文件提出的各项生态保护和污染防治措施,把工程建设对生态环境带来的不利影响控制到最低程度。在建设和监管中注入绿色文明,用生态理念将青藏铁路建设成未来世界屋脊的生态环保型铁路,是对环保行政监察工作的一大挑战,也是努力探索和实践的一项重要任务。

2 环保行政监察的具体实践

2.1 抓调研打基础,明确工作原则,提出具体要求

针对青藏铁路建设工程与线路经过地区自然生态环境的特殊性,在建设前期,青海省环境保

护局派员参加国家环境保护总局和铁道部组织的有关环境保护研讨及环境影响报告书审查的同时,认真组织环境管理和技术人员对青藏铁路沿线的生态环境状况进行调研,全面了解、掌握生态环境现状,打好环保行政监察工作的基础,制定了“积极主动进位、依法加强监督、认真做好服务”的工作原则,要求执法监督人员努力践行“三个代表”重要思想,牢固树立大局意识、责任意识和服务意识,全方位做好监督与服务工作。工程开工后,深入施工现场与青藏铁路建设总指挥部及各施工单位取得联系,宣传国家和地方有关环境保护方针政策和法律法规,了解各施工单位的具体工程建设情况,与青藏铁路建设总指挥部和施工单位共同探讨研究、制定环境保护制度和措施,特别是针对各施工单位来自四面八方、对青藏高原自然环境与生态保护特殊性不熟悉、缺乏做好高原生态保护的实践经验等情况,及时向青藏铁路建设总指挥部印发了《关于认真做好青藏铁路建设环境保护工作的通知》,对青海境内建设和施工单位抓实做好环保工作提出了具体要求。主要内容是:

(1) 结合工程建设实际,组织制定环境保护工作制度,健全环保机构,配备专兼职环保管理人员,实行环境保护责任制,把各项环保措施逐级分解落实到各施工单位及责任人,做到组织到位、措施到位、责任到位,确保工程建设环境保护“三同时”制度的执行。

(2) 工程招投标要明确环保责任,把贯彻施工期环保措施作为必备条件,将沿线地表植被、自然保护区、野生动物、湿地、自然景观、河源水质等的保护放在首位。同时要结合实际情况,优化工程环保设计和施工组织设计,合理安排施工作业计划,加强施工场地和生活营地的环境管理,做到文明施工,把工程建设对生态环境可能带来的不利影响控制在最低限度。

(3) 施工单位进场前应进行环境保护备案登记,申报其承建工程内容、施工场地、营地、施工便道、取弃土(渣)场、砂石料场及其他大型临时工程的规模、数量、范围和作业时限,工程拟采取的环保措施(管理制度、技术措施、责任人等)。

(4) 砂石料开采要编制环境保护方案,附开采前地形地貌及自然景观图片,以及开采结束后的自然景观恢复效果图等。

(5) 大力开展环保宣传和职工环保教育,增强建设者的环境意识和环境法制观念,在沿线营造保护生态环境的氛围。

(6) 建立环保工作情况报告制度,定期报告施工期各项环保措施的实施、长江源头主要河流水质状况等,配合环保行政主管部门依法开展环保行政监察工作。

2.2 实行环境保护目标责任制

目前,我国工程建设中,施工单位的主要任务是按工程施工承包合同规定,保质保量按时完成工程建设。由于工程施工承包合同规定的环境保护条款过于原则,实际操作性不强,很难将环境影响报告书及其批复文件确定的各项生态环境保护措施逐一规定,而建设期间能否有效控制生态破坏和环境污染,关键在于施工单位是否采取积极主动预防和治理措施,做到在建设过程中少破坏、多保护,少干扰、多防护,少污染、多防治,把工程建设对生态环境的不利影响控制在最低程度。面对青藏铁路建设环境保护工作既艰巨又复杂的实际,为落实建设期建设、施工单位的环境保护责任和义务,青海省环境保护局在环保行政监察工作中推行了环境保护目标责任制。2002年4月,与青藏铁路建设总指挥部、各施工单位签订了我国铁路建设史上的第一份《环

境保护目标责任书》，把环境保护要求细化到工程建设各环节。主要内容概括为：

(1) 自然保护区和野生动物的保护。组织施工人员认真学习国家和地方有关自然保护区和野生动物保护法律法规，在自然保护区设置醒目的界牌，野生动物通道处设置明显的标示；严格限制施工人员活动和机械、车辆作业范围、行进线路，不得随意进入自然保护区缓冲区和核心区，减少施工对植被和地貌景观的破坏；认真保护野生动物种群交流、觅食、繁殖及季节性迁徙等活动，在野生动物分布及活动密集地段，加快野生动物通道施工进度，缩短施工周期，减少运输车辆和施工机械等人为干扰，确保野生动物季节性迁徙；严禁施工人员猎捕野生动物和采摘、践踏及随意铲除植物；工程结束后，认真做好场地平整和植被恢复。

(2) 保护多年冻土环境。高含冰量冻土地带的开挖工程，应选择在寒季施工并采取及时有效的保温隔热措施，避免因施工不当或防护措施不及时造成对冻土环境的热融侵蚀；混凝土拌合站应设置在距线路200 m以远、低含冰量地带，避免寒季因施工加热原材料造成的热效应破坏多年冻土环境；不得在融冻泥流、热融滑塌等冻融侵蚀发育地带，富冰、饱冰、含土冰层地带，横坡明显坡地边缘以及植被发育良好地带设置取土场，避免改变冻土稳定性，产生热融洼地、热融湖塘等新的自然灾害。

(3) 水环境保护。认真做好施工标段内涉及长江源头布曲河、通天河、沱沱河、北麓河、秀水河、楚玛尔河、清水河以及昆仑河等主要河流水质监测工作，定期报告监测结果；桥隧施工产生的生产废水应采取静置沉淀、隔油等处理措施，不得直接排入水体；施工机械、运输车辆等不得在河水中冲洗，不得向水体倒废油、废弃物或将施工物料等堆放在河流水体附近；桥梁工程施工结束后，应及时清除围堰等河中的杂物，对原有河道进行清理，保证水流畅通；对开挖的河岸边坡应采取及时有效的岸坡防护措施，减少水土流失。

(4) 施工场地、营地等临时设施的环境保护。开工前应场地、营地等临时设施进行优化，布设应选址在路基200 m以远的荒地、植被稀少处或青藏公路现有以及废弃的道班、营地等地带，尽量远离野生动物迁徙通道、主要河流两岸等环境敏感的地区，并减少场地数量和占地面积；控制施工人员活动范围，固定行进线路；对各类生活垃圾及废弃物应分类、统一收集处理；施工结束后及时清理施工现场并纳入文明施工管理及阶段性竣工验收管理。

(5) 施工便道的环境保护。开工前应施工便道进行优化，尽量选址在无植被或植被稀疏处，纵向施工便道应充分利用路基和青藏公路，原则不新建，确因工程需要修建时，应布设在水久用地界内并尽量靠近线路；横向施工便道应以少布设、加大间距为原则，并避开环境敏感地带，做到少占土地，减少对沿线植被的破坏；严格限制施工机械及车辆行进线路，不得随意开辟施工便道、擅自任意行驶碾压破坏植被。

(6) 取弃土(渣)场的环境保护。开工前应取弃土(渣)场进行优化，严格按指定的位置、规模进行施工；取弃土场应选在无植被和植被稀少的地带并远离路基本体200 m以远，遵循集中取土的原则，最大限度地减少取土场数量；不得在公路和铁路间设置取弃土场，严禁侵占河道、湿地、自然保护区的核心区和缓冲区等环境敏感地带，避开一级自然景观保护区；桥基施工的弃土弃渣及隧道弃渣应尽量用作填方，不能利用的应优先回填于附近的取土坑或选择合适场地进行坡脚砌筑后堆放；对设计要求恢复植被的取弃土场，取土前将地表植被分割划块铲起、移植

保存,施工结束后平整、恢复植被。

(7) 砂石料场的环境保护。开工前应对砂石料场进行优化,尽量选择 in 基岩裸露地带 and 无植被的河滩地,并尽量远离青藏公路、铁路线路和主河道地带;要编制环境保护方案,严格按指定的位置、规模开采,坚持随采随回填、平整闭坑的原则;及时做好开采后的河道整理、疏通等恢复措施。

2.3 建立环境保护备案登记制度

青藏铁路在青海境内的线路长达 591.6 km,共有 10 个施工标段、8 个承建施工单位 50 个项目部,工程设计永久占地 4.17 万亩,临时用地 3.15 万亩,土石方总量 4 000 多万 m^3 ,弃土弃渣量 189 万 m^3 。除路基、桥隧、站场等主体设施外,共设置了 40 多处砂石料开采点、100 多处取弃土场、400 多处施工场地、营地和施工便道等临时用地和大临工程,高峰期施工人员数万人。面对这项量大、面广、繁重而艰巨的环保行政监察任务,我们借鉴工业污染源排污申报管理的经验,实行了环境保护备案登记制度。即施工单位进场前进行环境保护备案登记,申报其承建工程的主要内容、施工作业区自然环境简况、施工场地、营地、施工便道设置、取弃土(渣)场、砂石料场以及其他临时工程的规模、数量、占地范围和作业时限,工程拟采取的环境保护措施(管理制度、技术措施、责任人等),并附示意图;对砂石料开采编制环境保护方案,附开采前地形地貌及自然景观图片,以及开采结束后的自然景观恢复效果图等。建设单位组织现场核查、优化后,环保部门会同水利、国土、林业等部门与建设、施工等单位共同进行现场核对,符合环保要求的办理备案手续,并以此为基础进行现场跟踪监督。

2.4 统一监管职责,建立行政监察通报制度

青藏铁路建设工程在青海省境内跨越两个自治州的三个市、县。按目前我国属地管理的规定,环保监督管理至少涉及省环保局、两个地级环保局和三个县级环保局。如果这些不同级别的环保局都单独、分别对辖区内铁路工程建设进行环境监督管理,不仅会造成管理上的重复、出现管理上的混乱,而且会给建设、施工单位造成很多不必要的工作压力,频于应付各级检查。为统一执法尺度,及时有效开展环保行政监察,避免管理混乱,青海省环保局本着“精简、统一、效能”的原则,专门成立了青藏铁路建设环保行政监察办公室,统一负责青藏铁路青海省境内的环保行政监察工作。同时,为规范环保行政监察工作行为,组织编制了《青藏铁路格唐段环境保护监督管理工作手册》,制定了行政监察工作程序和廉政行为规范,向社会公布监督管理举报电话,大大提高了环保行政监察效能。几年来,监察办克服人员少、装备条件差等实际困难,累计行程 5 万多公里,对青海省境内 8 个施工单位 50 个项目部的 40 多处砂石料开采点进行了开采前现场调查,并及时办理了环保审核手续;对 500 多处临时用地和大型临时工程进行了逐点审核,并进行不定期现场监督检查;在藏羚羊迁徙期间,派员驻地与有关部门和施工单位一道监护藏羚羊迁徙。

青藏铁路工程建设每年施工期只有 7 个多月,工期紧、强度大、战线长。为取得各部门的工作支持和配合,监察办积极主动与青藏铁路建设总指挥部、各施工单位以及省内有关部门加强协调、沟通与联系,建立了工作通报制度,不定期通报环保工作动态和行政监察情况,及时交换环保工作情况和意见,建立了良好的工作协调机制,并定期向国家环保总局报告环保行政监察工作

情况,及时向国家有关部委提出了借鉴先进经验、引入社会第三方监督、实行工程环境监理的建议,得到了采纳和实施,青藏铁路工程成为全国首批工程环境监理试点项目。

2.5 加强环保宣传教育,建立有效的激励与约束机制

提高环境意识和环保法制观念,使每个建设者从身边做起,自觉保护生态环境,充分发挥“全员参与”的重要作用,做好青藏铁路建设环境保护的基础工作。为此,青海省环境保护局结合施工沿线生态环境特点、环境保护要求和国家及地方有关环境保护法律法规等,编印了《青藏铁路格唐段施工期环境保护手册》和环境保护宣传单,发送给工程建设者,并利用多种形式组织建设、施工单位开展环境保护宣传教育。沿线各施工单位从生活营地到施工场地树立了大量诸如“精心施工把青藏铁路建设成生态环保模范线”、“科学施工珍爱生态环境”、“爱护高原每寸绿地”、“珍爱野生动物、呵护高原生态”等500多个环保宣传标语牌,内容直观、生动、形象,既起到宣传教育作用,又寓含警示意义,营造了人人重视环保的浓厚氛围,提升了施工人员的环保理念,爱护环境成为自觉行动。

为激励施工单位保护高原生态环境的积极性、主动性和创造性,组织开展了环境保护先进集体评选活动,对环境保护工作做得好的施工单位进行表彰奖励,树立样板。国家环保总局对此给予了充分肯定,并要求推广到全线施工过程中。建设单位将环保工作纳入“建功立业劳动竞赛奖”和“优质样板工程奖”等评定范围,对优质样板工程实行环保一票否决制。

2.6 及时组织阶段性环保预验收,为项目竣工环保验收打好基础

青藏铁路格拉段建设总工期为6年。根据施工组织设计方案,工程由北向南(即由格尔木向拉萨方向)逐步推进、分段建设、分段铺轨。2001年进行格尔木—望昆及冻土工程试验段建设;2002~2003年重点进行唐古拉山以北路段(即青海境内)冻土工程建设,铺轨过风火山;2004年铺轨进入西藏境内,青海境内线下主体工程基本完成,进入施工收尾阶段和站后工程建设。针对建设期不同阶段建设任务和环保工作重点的变化,环保行政监察的工作重点及时调整到工程临时用地(砂石料场、取弃土场、施工便道、场地及生活营地等)生态环境恢复情况的监督检查上来,并及时与建设单位共同研究,结合实际,制定临时工程生态环境恢复技术要求,指导并监督检查施工单位离场前临时工程的生态环境恢复,为项目竣工环保验收打好基础。

3 环保行政监察效果与体会

3.1 实施效果

几年来,青藏铁路建设期环保行政监察工作取得了显著成效。在各级行政监督管理部门、建设和施工单位的共同努力下,特别是青藏铁路建设总指挥部以及各施工单位认真实践“三个代表”重要思想,把坚持以人为本,树立科学发展观,构建人与自然和谐贯穿于工程建设全过程,按照“拼搏奉献,依靠科技,保障健康,爱护环境,争创一流”、“建设世界一流高原铁路”的建设方针,坚持“预防为主、保护优先、防治结合、强化管理”和“生态保护与工程质量并重”的原则,认真贯彻落实国家和地方有关环境保护方针政策及要求,加强领导,精心组织,狠抓落实,强化宣传,文明施工,做到了环保、水保、野生动物保护设施与主体工程同时设计、同时施工,并及时对临时工程的取弃土(渣)场、砂石料场、施工场地、营地、便道等进行生态环境恢

复。在工程建设与环境保护实践中不断探索总结经验,优化工程环保设计、加强科研攻关、创新环保管理机制、优化施工组织设计,建立严格的自我约束、检查机制等,确保了野生动物迁徙不受影响、高寒草原生态系统得到有效保护、多年冻土环境保持稳定、江河源水质不受污染、沿线自然景观不受破坏等环保目标的实现,得到了国家有关部委的充分肯定和社会各界的广泛赞誉,认为青藏铁路建设中的环境保护工作在国内重点工程建设项目中居领先水平,其环境保护管理理念、方法、机制和经验在全国工程建设中具有示范和推广意义。

3.2 几点体会

青藏铁路建设期环保行政监察是一项探索性工作,遇到很多困难,存在很多不足。但更多是得到了国家环保总局和铁道部的大力支持,以及青藏铁路建设总指挥部和各施工单位的理解与配合。从实践中也体会到:

(1) 对于涉及面广、跨行政区、建设周期较长的大型基础设施等项目建设,会引发很多环境问题,环保监管工作必须贯穿于工程项目的整个生命周期,从工程立项、可行性研究、初步设计、招投标、建设、运行到项目终结全过程。强化建设期间的环保监管,可以及时监督、查处并预防或避免环境问题的发生和发展。

(2) 环境保护目标的实现除环境保护等行政主管部门的执法监督外,关键要明确建设、施工单位的环境保护责任和义务,其有效的形式之一是把环境影响报告书及其批复文件确定的各项环境保护措施纳入工程承包合同,编制详细、具体的项目施工期环境管理规定,并使其成为工程招标文件的组成部分。因此,对工程招投标进行环保监管也是建设项目全过程环保监管的重要环节。

(3) 实行统一监督,防止出现环境监督管理上的“重复”和“不协调”问题。要立足监督,各负其责,环保部门会同国土、林业、水利、监察等行政主管部门联合执法,及时查处环境违法案件;要处理好监督部门与建设、施工单位的关系,明确责任主体,加强协调、沟通与联系,依法行政。

(4) 大力推行工程环境监控制。目前,我国的环境管理体制是由各级环保行政主管部门负责对工程项目环境保护工作实施统一监督管理,而环保部门受自身条件的限制,不可能对所有工程项目进行全过程环保监管(尤其是施工期连续现场监管),建设单位又缺乏环保专业人员和环境管理经验及能力,难以承担具体的环境保护管理工作。引入工程环境监控制机制,像工程监理一样,由建设单位委托“第三方”按照“公正、独立、自主”原则,代表建设单位负责对施工单位的环境保护行为进行及时有效的现场监理,可以解决工程建设期间环境管理上的空白。青藏铁路工程环境监控制试点工作已充分证明是完全必要、可行的。

(参加撰写此文的人员还有青海省环境保护局方华、侯天民)

西藏段环境管理和行政监督

西藏自治区环境保护局

摘要: 西藏自治区环境保护局在环境管理工作中, 重视环保工作和制度建设, 与建设单位签订“青藏铁路西藏段环境保护责任书”。结合现场实际, 对每个砂石料场、取土场进行登记备案, 明确开采量和开采范围及生态环境恢复措施, 实行环保目标责任制, 做到组织到位、措施到位、责任到位。为准确了解和掌握铁路沿线的环境质量现状, 对沿线主要河流等水环境、土壤环境、主要车站和城镇等敏感点进行环境监测, 为后续的执法监管提供科学依据。深入现场, 对沿线重点工程和环保情况进行调研并对环保工作进行监督检查, 监督检查结果及时上报。有效的措施和严格的监督管理使生态环保工作卓有成效。

关键词: 环境保护; 环境管理; 总结; 监督检查

青藏铁路西藏段(开心岭—拉萨)跨越西藏自治区那曲地区的安多、那曲, 拉萨市的当雄、堆龙德庆县, 穿越了自然保护区、湿地、野生动物迁徙通道等生态敏感区域, 全长726 km, 所经地方绝大部分为高寒草原、草甸和荒漠草原区。为建设一条高原生态环保型铁路, 在西藏自治区党委、人民政府的领导及国家环境保护总局的指导下, 自2001年青藏铁路开工建设以来, 西藏自治区环境保护局(以下简称区环保局)开展了青藏铁路西藏段的环境管理工作, 并取得了一定的成效和经验。

1 加强环保管理, 严格执法监督

1.1 加强组织领导, 确保铁路建设环保工作有序开展

建设青藏铁路是党中央、国务院作出的重大战略决策, 对促进西藏、青海两省区的资源开发, 加强西藏与内地的联系, 增强民族团结, 巩固国防具有重要意义。2001年5月, 西藏自治区成立了由自治区主席担任组长, 自治区计委、财政厅、交通厅、国土资源厅、环保局等部门组成的支援青藏铁路建设领导小组, 以保证青藏铁路建设工作的顺利开展。

为全面推进青藏铁路西藏段的环境保护工作, 区环保局在铁路建设初期成立了以局长为组长, 局各业务处(室)负责人及拉萨市环保局、那曲地区环保局局长为成员的青藏铁路环境保护工作领导小组, 并明确由区环保局监督管理与污染控制处和区环境监察总队负责青藏铁路建设的环境保护具体工作, 拉萨市环保局、那曲地区环保局负责日常监督检查工作。

在青藏铁路建设时期,区环保局领导高度重视各项环保工作,深入现场,对沿线重点工程和环保情况进行调研并对环保工作进行监督检查。

1.2 重视制度建设,认真落实环保目标责任制

2001年,区环保局下发了《关于认真做好青藏铁路建设环境保护工作的通知》(藏环发[2001]201号),要求工程建设单位必须切实加强领导,精心组织,高度重视青藏铁路生态环境保护工作,正确处理工程建设与环境保护的关系,实行环境保护目标责任制,做到组织到位、措施到位、责任到位,确保工程建设环境保护同时设计、同时施工、同时投产制度的执行。

2002年,为保证铁路工程建设所需砂石料及建筑石材的开采,把“在保护中开发、在开发中保护”的原则落到实处,西藏自治区人民政府下发了《西藏自治区人民政府关于加强青藏铁路格拉段西藏境内沿线砂石料及建筑石材开采管理有关事项的意见》(藏政发[2002]41号)。

2003年4月,区环保局与青藏铁路建设总指挥部及18个建设单位分别签订了“青藏铁路西藏段环境保护责任书”,编制并印发了《青藏铁路西藏段环境保护工作手册》。同时,根据环境影响报告书中确定的砂石料场点位,结合现场实际,对每个砂石料场、取土场进行登记备案,要求各建设单位填报《青藏铁路(西藏段)工程环境保护备案登记表》,明确开采量和开采范围及生态环境恢复措施。

1.3 强化宣传教育,努力形成全社会参与环保的良好氛围

为大力宣传青藏铁路建设的环保工作,起草了《西藏的生态建设与环境保护白皮书》,积极开展青藏铁路环境保护的宣传活动。每年的“六五”世界环境日,通过新闻媒体广泛宣传青藏铁路的建设和环境保护成就,客观真实地介绍西藏的环境状况和青藏铁路的环境保护工作。

为广泛普及青藏高原生物多样性的保护知识,增强全民及参建铁路人员的环保意识,2003年6月,在区环保局与自治区人民政府新闻办公室、教育厅联合举办的“全区中学生环境知识竞赛”和2004年8月与自治区人民政府新闻办公室组织的“全区环境知识竞赛”中,许多问题都与青藏铁路的环保知识有关。

1.4 严格执法监管,促进各项环保措施落到实处

在青藏铁路前期研究工作阶段,区环保局多次组织人员现场调研,确定青藏铁路西藏段环保工作重点,有针对性地 toward 铁路管理、设计、评价单位进言献策。为准确了解和掌握铁路沿线的环境质量现状,对青藏铁路沿线主要河流、湖泊,湿地的水环境、土壤环境,主要车站、城镇、村庄等敏感点的大气环境、噪声环境进行了现状监测,为后续的执法监管提供了科学依据。

2001年,针对青藏铁路西藏段内已开工建设的隧道工程制定了监督检查工作方案,多次到各隧道进行监督检查。为加强施工期的环保工作,落实各项环保措施,2002年6月,对青藏铁路沿线各单位的环保宣传和施工营地、施工便道、砂石料(取土)场布设等进行了检查。

2003年,青藏铁路全面开工建设。为加强青藏铁路西藏段施工期的环境保护工作,根据国家环境保护总局《关于进一步加强青藏铁路施工期环境保护工作的通知》(环办函[2002]471号)的要求,区环保局向青藏铁路建设总指挥部和各施工单位印发了《青藏铁路工程西藏段施工期环境保护工作监督检查实施方案》(藏环发[2003]56号)和《关于印发青藏铁路、青藏公路生态环境监察试点工作方案的通知》(藏环发[2003]281号),并定期开展施工期环境保护监督

检查工作,把监督检查情况及时上报西藏自治区人民政府、国家环境保护总局,抄送青藏铁路建设总指挥部。

2005年,青藏铁路建设站后工程全面展开,铺轨架梁全线贯通,线下主体工程全面完成。为做好临时用地、取弃土(料)场、施工营地、临时便道等设施的生态环境恢复工作,同年5月,下发了《关于做好青藏铁路(西藏段)建设环境保护工作的通知》(藏环发〔2005〕88号),要求各施工标段结合工作实际,针对每个取弃土(料)场、施工营地、临时便道、临时用地等制定明确的恢复计划,全面开展生态环境恢复工作。2005年8月和11月,两次对青藏铁路工程170多个取土场、采石(砂)场及部分施工营地和便道的生态环境恢复情况进行了检查。

2006年5月,开展了全线生态环境恢复情况检查,沿线施工单位非常重视环境恢复工作,但由于设计变更、站台增加等导致已恢复的部分料场和临时用地再次启用、二次恢复等困难,施工单位投入大量人力、物力,结合工程特点,采取措施,积极开展地形地貌和植被恢复,效果良好。

青藏铁路建成后,将带动地区经济发展和城镇建设,也将导致新的环境影响,特别是在环境敏感地带,其所受影响更为突出。青藏铁路建成运营将进一步推动矿业、旅游业、藏医药业等特色产业的快速发展,也将导致资源的大量消耗和区域噪声、水、气、固体废物等环境污染问题呈上升趋势,加之人流、物流增加,势必对自然资源和生态环境造成一定影响。因此,西藏自治区党委、政府在学习研究青藏铁路运营后对西藏经济社会发展的影响,区环保局也在进行分析预测铁路运营后对西藏环境的影响。

总之,为尽可能将工程建设对环境造成的影响降低到最小程度,在青藏铁路建设过程中始终坚持“预防为主,保护优先,开发与保护并重”的原则,采取有效措施,严格监督管理,为保护青藏高原的生态环境做了大量卓有成效的工作。

2 存在的主要问题

(1)环保部门监管能力亟待提高。铁路建设时期西藏自治区各级环保部门密切配合,加强监管,取得了显著的成效。但由于环保队伍人员少,特别是基层环境监察机构尚未健全,致使日常环境监督管理工作困难较大。铁路建设伊始,国家环保总局为拉萨市和那曲地区各县环保部门配备了1辆执法车辆,在一定程度上改善了环保监管执法条件,但由于青藏铁路地处高原、线路长,现有的条件还不能满足对全线进行有效监管的要求。

(2)设计变更增加环境监管难度。在施工阶段,由于料场不能满足需要或因料(土)质不符合施工要求等而变更位置,致使环保部门根据环境影响评价报告确定的料场进行监管与实际不符,需重新对料场进行逐个核实,并登记备案,增加了监管难度,同时也造成了一些不必要的生态破坏。

3 建议

(1)加强环境保护系统能力建设。实施对建设项目环境监管离不开素质高、设施完善的执法队伍。今后应进一步加大环保系统能力建设力度,配备必要的执法监管设备,改善执法条件,以

提高环境执法能力。

(2) 加大建设项目前期工作力度。建设项目在前期工作阶段应进行详细的勘察和设计,同时将环境影响评价和设计相结合,在建设过程中尽量减少设计变更,避免不必要的生态破坏。

(3) 对建设项目料(土)场实行登记备案制度。通过对青藏铁路料(土)场等临时用地实行登记备案制度,对线路每个标段料(土)场分布和变更情况做到了全面掌握。在几年的环境监管工作中,对施工期工程的不同阶段进行有针对性的环境监控,取得了较好的效果。登记备案制度可以使环保部门对建设项目临时土地使用、变更、恢复情况进行动态掌握,使环境监管落到实处。

从青藏铁路看铁路、公路等线性交通工程施工期环境监理

白晓军 陈泽昊

(铁道科学研究院环控劳卫所, 北京 100081)

摘 要: 根据在青藏铁路从事环境监理的工作经验, 以及从事国际金融组织贷款项目环境监控、环境影响评价和建设项目竣工环境保护验收调查的实践, 总结出铁路、公路等线性交通工程建设对环境的影响具有点线兼有、点是重点; 生态破坏、环境污染并存, 生态破坏为主; 施工期生态破坏严重、环境污染较轻; 临时工程、永久工程的影响相当, 后者的影响不可忽视等特点。为此, 提出在公路、铁路施工期环境监理中, 从时段上应涵盖施工的全过程, 包括施工图纸设计阶段、施工准备阶段、施工期、竣工收尾阶段; 从空间上应包括项目施工行为所涉及到的全部区域, 包括临时工程、附属工程、场地恢复、施工行为等, 做到建设单位、施工单位、工程监理单位、环境监理单位共同参与管理。

关键词: 公路; 铁路; 施工期; 环境监理

0 引 言

日前, 我国对建设项目实行环境影响评价和“三同时”(同时设计、同时施工、同时投产)两项制度, 建设项目环境管理工作有环保审批和竣工验收两个重点。这种管理模式对工业污染型的建设项目是可行的、有效的。但铁路、公路、水利、水电、石油(天然气)开发及管线建设工程, 其生态环境影响开始于勘探、选线, 发生在施工筹建期、建设期, 而在竣工验收时, 许多生态破坏早已发生, 诸如自然保护区、生态功能保护区、湿地、珍稀动植物与栖息地的破坏、景观破坏等环境影响已不可逆转。对生态环境影响较大的建设项目实施工程环境监理, 可以使环境管理工作融入整个工程实施过程, 变事后管理为过程管理, 变政府强制性管理为政府监督与建设单位自律相结合, 是我国环境管理的一次飞跃。开展建设项目工程环境监理工作, 对于进一步完善目前的工程监理制度, 确保环境保护“三同时”制度的有效落实, 加强国家对建设项目中期的环境管理, 控制施工阶段的环境污染和生态破坏, 实现建设项目的经济效益、社会效益和环境效

益的统一,是非常必要的,也是十分迫切的。

2001年底铁道部在总结京九铁路、宁西铁路、宝兰二线等世界银行、亚洲开发银行贷款项目环境监控的基础上,根据青藏铁路地处高原生态脆弱区的特点,开始筹备组织开展专项环境监理。2002年初委托铁道第一勘察设计院着手编制环境监理指南,2002年3月青藏铁路建设总指挥部与铁道科学研究院环控劳卫研究所签订环境监理合同,开始实施青藏铁路环境监理。

1 铁路、公路等线性交通工程项目施工期环境影响特点

铁路、公路是国家重要的基础设施,是一种线性工程,具有线长点多、建设周期长、跨越地域大(跨省、市、自治区)等特点,与环境影响有着密切的联系,该类项目建设与运营对环境的影响有以下特性:

1.1 点线兼有、点是重点

根据1986年以来开展公路和铁路建设项目环境影响评价、国际金融组织贷款项目环境监控、建设项目竣工环境保护验收调查以及青藏铁路环境监理的实践,铁路、公路等线性交通工程项目建设和运营期间对环境产生的影响是点线兼有,点为重点,“点”可释为工点和站点,包括:

(1)线路上主体工程的跨河特大桥、大桥,长大隧道、深路堑、高路堤,不良地质和特殊地质工点;

(2)沿线的特殊环境功能保护区,诸如自然保护区,风景名胜区,文物古迹和人文遗迹,水源保护区以及噪声、振动敏感点;

(3)非主体工程的大型取弃土场,砂石料场,特大桥、大桥、隧道的施工营地等;

(4)全线设置的(新建、扩建的)机务车辆系统运行整备、检修、洗刷等段、所、大型客站、编组场(站)、高速公路服务区、养路工区,污染环境的散装货场等,均以“点”的形式对环境产生影响。

而山前、平原的行洪滞洪区段,受国家保护的濒危珍稀野生动物出没、野生植物分布区段的路基工程,全线路基占用的基本农田、水保设施、滩涂湿地、草地草场和破坏植被(砍伐树木)等是以“线”的形式对环境产生影响。从出现的频率及影响程度的评价考虑,“点”对环境的影响是主要的。

1.2 生态破坏、环境污染并存,生态破坏为主

铁路、公路工程引起的生态环境破坏主要表现在改变原有的生态系统(农业、森林、草原、湿地、荒漠等);占用大量土地;破坏地表植被;引发土壤侵蚀(水土流失);改变地下水流向,或使地表水资源漏失;造成生态环境切割,影响野生动物的迁徙、栖息和物种交流;影响行洪滞洪;破坏风景名胜景观或文物古迹、人文遗迹。

铁路、公路等建设项目的工程行为集中在施工期,工程量大,施工期长,且有季节性的特点,表现形式是路基的开挖填筑、桥梁隧道的修建及大型临时工程的实施;施工期对环境的污染多集中于大型工点,如重点工段的施工营地、场地排放的生产生活污水,施工机械的废气、噪声振动及生活、生产垃圾。

对环境的污染主要是运营期运输系统中机车、车辆、客运,房建、生活段货车、客车、罐车

洗刷所,大型客站,高速公路服务区,养路工区及货场等场所、设备、装置向环境中排放污染物或对环境产生有害影响造成的,一般称之为固定污染源。同时,在线路上运行的旅客列车、货物列车、汽车等运输工具向线路两侧排放污染物或对环境产生有害影响而造成的环境污染,一般称为流动污染源。这里所称的污染物是指各类污水、废气、固体废物(生产、生活垃圾),对环境产生有害影响是指噪声、振动、电磁辐射以及光热等。

从破坏和污染的范围、规模、程度方面分析,该类项目对生态环境的破坏要大于、重于对环境的污染。

1.3 临时工程、永久工程对生态环境影响基本相当,临时工程的影响不可忽视

由于铁路、公路建设项目的特点,导致在施工中发生大量的临时工程,其特点也是点多、线长、面广,其数量和规模则因建设项目类型和所在地区的地形、地质及沿线社会环境(如村庄分布、交通状况)的不同,而有着较大的差异,临时工程的类型及其对环境的影响可归纳为:

(1) 临时便道、临时便桥、临时码头:对环境产生的影响有占用土地、破坏植被,污染水体和大气;

(2) 施工营地(人员驻地)、施工场地:对环境产生的影响有占用土地、破坏植被,排放各类污染物;

(3) 砂石料场、取弃土场:对环境产生的影响有占用土地、破坏植被,影响景观,水土流失;

(4) 轨排基地、成品场、材料场、沥青混凝土搅拌站:对环境产生的影响有占用土地、破坏植被,排放各类污染物。

2 铁路、公路等线性交通工程建设项目施工期环境监理应注意的几个问题

总结青藏铁路环境监理的工作经验,在铁路、公路等线性交通工程建设项目中实施施工期环境监理应注意以下几个问题。

2.1 全阶段性

为了建设项目实施全过程环境管理,环境监理应涵盖施工的各个阶段,包括施工图设计阶段、施工准备阶段、施工期、竣工收尾阶段。

(1) 施工图设计阶段。施工图设计应落实项目环境影响评价报告、水土保持方案及其批复意见所确定的项目环境保护原则,在施工图设计阶段引入设计环境监理,为建设单位提供设计咨询,有利于从源头控制环境污染。施工图设计阶段的主要环境监理内容是检查施工图设计文件中对环境影响评价报告、水土保持方案及其批复意见的落实情况。

(2) 施工准备阶段。施工准备阶段主要是完成施工组织设计,施工场地、施工营地、施工便道、取弃土(渣)场、砂石料场等的选址。在设计阶段虽然对施工场地、施工营地、施工便道、取弃土(渣)场、砂石料场等做了规定,但在实际工作中通常会存在变更,为此上述场地的选址会在施工准备阶段完成,土石方调配工作也要在施工组织设计中确定。施工准备阶段的主要环境监理内容是:检查施工合同中环境保护条款落实情况,审查施工组织设计中的环保措施,与建设

单位、设计单位、工程监理单位、施工单位一同进行施工营地、施工场地、施工便道、取弃土(渣)场、砂石料场的现场核对优化以及对施工环保措施的审查等。青藏铁路在施工准备阶段,通过环境监理单位参与取弃土场、沙石料场的选址,避免了对自然保护区、对景观、对野生动物的影响,取得了很好的效果。

(3)施工期。施工期是环境监理的重点阶段,需要环境监理单位与工程监理单位的环保专兼职监理工程师共同配合,完成环境监理工作。施工期环境监理的主要工作内容是:工程设计提出的环保措施落实情况;施工营地、场所污水、固体废弃物的处置情况;砂石料场开采、加工、贮存及环保措施情况;取弃土场的防护措施落实情况及施工材料运输过程中的防护问题;施工便道修筑和使用情况(尤其在生态环境脆弱、敏感地带);临时用地植被处理、恢复及水保措施;生态敏感区(如自然保护区、风景名胜区内)内的施工行为和生活行为的环保措施落实情况。

在青藏铁路环保监理过程中,环境监理人员对施工过程进行现场巡视检查,发现存在的问题,及时提出整改要求,并进行整改效果的监督检查,使在施工中存在的环保问题能及时得到解决。

(4)竣工收尾阶段。主要工作是施工营地、场地等的清场恢复。竣工收尾阶段的环境监理主要工作是:施工营地或场地移交及恢复情况;环保工程、生物措施等的落实情况;取弃土场的平整、恢复情况;施工便道、砂石料场的平整、恢复情况。

青藏铁路在竣工收尾阶段,以青藏铁路建设总指挥部的名义下发竣工环保验收标准,对各单项工程提出环保验收条件要求,环境监理人员对竣工收尾阶段的环保工作进行专项检查。目前青藏铁路正在进行环保内部验收工作,就是对竣工收尾阶段的环境保护工作进行全面的检查。

2.2 全方位监理

环境监理工作对建设项目的监督要体现全方位性。除了对主体工程进行控制管理外,还要关注:

(1)临时工程。环境监理,除主体工程外对施工便道、取弃土(渣)场、施工场地、砂石料场、备料场(轨排场、制梁场、沥青混凝土搅拌站)的环境保护措施更要引起充分的重视,这些地方往往是工程监理单位不关注的地方,容易出现环保问题。

从青藏铁路环境监理的工作来看,临时工程通常容易被工程监理单位所忽视,而临时工程对环境的影响又是很大的。因此在青藏铁路环境监理过程中,主体工程施工过程中存在的环境问题较少,而临时工程中存在的环境问题占的比重较大,如施工车辆在施工便道外行驶问题、取弃土场的表层土及草皮植被保存问题等,因此临时工程的环保问题是应该受到更多的关注。

(2)附属工程。建设项目主体工程施工通常受到建设、施工及工程监理单位的重视,而附属工程(如路基边坡浆砌片石、排水沟等)的施工通常是在主体工程完工后进行,这时施工队伍中主要的管理人员及工程监理单位的主要技术人员已经撤离现场,对施工队伍的管理力度不够,会造成在主体工程施工中精心保护的施工现场环境在附属工程施工中被破坏。因此对附属工程施工不应放松管理,在环境监理中对附属工程的施工要给予关注。

在青藏铁路和其他铁路项目监理、监控过程中发现,在主体工程保护得很好的环境,在附属工程施工过程中,因管理不善而受到破坏,使得前期工作功亏一篑。因此在施工环境监理工作中,不能放松对附属工程的管理。另外青藏铁路在施工过程中采取路基两侧草皮水沟、施工场地

的湿地再造技术等，最大限度地保护了高原植被。

(3) 场地恢复。在公路、铁路施工结束后，存在着大量的场地恢复工作，对施工场地、施工营地、施工便道、取弃土场、砂石料场等在工程完工后，必须按照设计要求及时恢复。施工结束后的对施工场地恢复的程度，很大程度上体现这工程环境保护工作的好坏（尤其是对生态环境、景观有严格要求地区），也直接影响工程能否通过环境保护竣工验收。因此在环境监理中对施工结束后的恢复工作要给予足够的关注。青藏铁路位于高原生态脆弱区，对高原生态环境的保护是青藏铁路施工工期环境保护的重点。在青藏铁路施工过程中，注意了对高原植被的保护，对取弃土场、施工便道等的草皮植被在施工结束后采取了恢复措施。环境监理过程中，重点强调了场地恢复问题，检查施工单位是否按设计要求采取植被恢复或场地平整措施。



照片：青藏铁路施工单位的环保宣传牌

(4) 施工行为。在公路、铁路建设项目中有些邻近自然保护区、风景名胜区、水源保护区等敏感区，有些生态敏感区中存在国家珍稀野生动植物，有的施工场地、营地邻近水源地。环境监理工作在关注本工程的施工对环境的影响外，还应该关注施工行为，禁止施工人员进入自然保护区、风景名胜区的核心区，禁止猎取、采摘国家珍稀野生动植物，禁止在水源水域中排放生活、生产污水以及洗刷车辆机械等。

工程监理管理的是工程质量、进度、投资，而环境监理在关注工程对环境的影响的同时，还要关注施工行为对环境的影响。青藏铁路环境监理过程中，针对施工行为对周围自然保护区、珍稀野生动植物以及江河源头水质的影响进行了监督检查。

2.3 全员参与

青藏铁路施工中提出的“四位一体”的环境管理模式对其他建设项目是一个很好的借鉴。通过“四位一体”的环境管理模式，明确了各建设、施工、工程监理、环保监理各自的职责，做到

了建设、施工、工程监理、环境监理各负其责，共同努力，做好青藏铁路施工期环境保护工作。

对人员的教育、宣传。铁路、公路施工中参建人员众多，民工数量也很大，环境监理单位应举办培训班对建设单位、施工单位、工程监理单位的环保专兼职人员及主管领导进行环保知识教育培训，并要求施工单位在施工现场设立简明易懂的环保宣传牌，加强环保宣传教育。

2.3.1 加强环境保护工作教育

在青藏铁路环境监理过程中，环境监理单位应青藏总指及各施工单位的要求，多次举办了环保培训班，参加培训的人员包括建设单位、监理单位、施工单位等多方面人员，从指挥长、项目部经理、环保专业技术人员到施工队队长，各施工单位再组织本单位的环保培训。青藏总指还专门编制了施工人员环保手册，将环保意识宣传到每一个人。

2.3.2 环境保护工作体系

(1) 施工期环境保护管理工作由建设单位工程指挥部组织实施。

(2) 施工单位是施工期环境保护的实施者和责任者，接受工程监理单位的环保监理，同时也接受环保监理单位的监督和检查。

(3) 环保监理单位监督检查工程监理单位环保监理质量及施工单位环保措施的落实情况。工程监理单位在环保工作质量上接受环保监理单位检查和指导，双方应相互沟通、相互配合，共同推进环保工作。

(4) 建设单位工程指挥部对全线的环保工作进行监督检查。

2.3.3 环保体系职责分工

(1) 建设单位工程指挥部的工程监理部为环境保护工作部门，负责对施工期的环境保护工作进行指导管理，调查处理施工期的环境破坏和污染事故。

(2) 施工单位负责工程施工期环保措施和环保设计方案的实施。

(3) 工程监理单位根据施工期环保措施和环保设计方案，负责对施工单位的施工过程环境保护工作质量进行日常监理。

(4) 环保监理单位根据《环保监理细则》，对施工单位的环境保护工作质量、施工监理单位的监理效果和监理质量进行日常检查和评价，对不足之处环保监理单位与工程监理单位沟通并确定改进意见，限期整治并追踪检查和落实；负责沿线砂石料场及其他相关施工行为（非工程监理管辖范围）的环保措施落实。

(5) 设计单位根据《环境影响报告书》及批复意见的要求，对本次工程提出明确的施工期环境保护设计方案（如植被恢复技术、大临便道、取弃土场、垃圾掩埋场、污水处理方法等）。

3 结束语

2002年10月国家环保总局会同铁道部等六部委决定对新建青藏铁路等13个国家重点工程进行施工期环境监理试点。四年来，青藏铁路环境监理工作在国家环保总局及铁道部组织的多次环保检查中得到肯定，笔者认为：施工期环境监理应形成一种制度，广泛用于铁路、公路等对生态环境影响突出的国家重点工程，以确保建设项目环境保护的全过程管理，真正实现经济建设与生态环境的协调发展。

《青藏铁路格尔木至拉萨段运营期环境保护实施管理办法》的研究

姜海波 李耀增 孙 健

(铁道科学研究院防控劳卫所, 北京 100081)

摘要:《青藏铁路格尔木至拉萨段运营期环境保护实施管理办法》结合青藏铁路地理环境,总结了施工期环保经验,对运营期运行方式进行了分析,对全路各主要运营单位环保管理方式进行了调研。在机构与职责研究方面,提出了三级环保管理体系;在生态环保研究方面,提出了运营期技改、线路维护及抢险检修、信号设备维修改造等施工行为的规范;在污染防治研究方面,提出了污水处理、固体废物收集与处理和噪声及废气排放等规定;在环境监测研究方面,提出了采用日常检测和权威部门监测;在环保宣传与管理研究方面,提出了客运部门负责环保法规和知识的宣传等内容。

关键词: 青藏铁路;运营期;环境保护;实施;管理办法

0 引言

青藏铁路将于2006年7月投入试运营。为了使这条高原铁路成为世界一流的高原生态环保型铁路,针对铁路运营期的特点,借鉴施工期环境保护工作经验,受青藏铁路公司委托,铁道科学研究院研究编制了《青藏铁路格尔木至拉萨段运营期环境保护实施管理办法》(以下简称《办法》)。《办法》的研究编制遵循以下宗旨:(1)编制的《办法》要做到科学化,按照高原环境特点和规律编制;(2)通俗化,使青藏铁路公司所有人员都能够理解《办法》的要求,便于执行;(3)严格化,严格控制人员活动对高原环境的扰动,保护好高原环境。

《办法》的研究结合青藏铁路特殊的地理环境,总结了施工期的环境保护经验,通过对运营期青藏铁路格拉段运行方式的分析及全路各主要运营单位环境保护管理方式的调研,研究编制了《青藏铁路格尔木至拉萨段运营期环境保护实施管理办法》。《办法》的研究主要包括机构与职责、生态环境保护、污染防治、环境监测和环保宣传与管理。

1 机构与职责研究

《办法》除要求青藏铁路公司按常规建立“公司环境保护委员会、公司环境保护办公室、各

基层单位环保专职”三级环境保护管理体系之外,根据青藏铁路沿线站点多、要求严格、气候恶劣、环保工作任务繁杂的特点,在格拉段设置环境监察人员,承担沿线日常环境保护监督、管理工作。要求环保监察人员要由熟悉专业知识、懂得生产业务、有一定组织能力、热爱环境保护工作、能坚持原则的技术人员担当。环境监察人员负责监督管理格拉段各单位的污染防治工作,对环保法规、指标执行及环保设备运行情况进行监督、检查,协助开展环境监测、统计、科研、宣传教育工作,协助处理有关环境保护方面的来信来访,协助调查格拉段环境污染与破坏事故。就环保问题协助与沿线地方各部门进行沟通。

2 生态环境保护研究

格拉段运营期生态环境保护主要体现在运营期技改、线路维护及抢险检修、信号设备维修改造等施工行为的规范,减少和限制运营人员及观光旅客对生态环境的扰动,对动植物的保护及动物通道利用情况的观察等方面。

为保护生态环境,借鉴施工期的经验,通过研究确定格拉段运营过程中出现塌方、路基变形等影响列车正常运行需紧急抢修时,沿线设置的取弃土场、砂石料场、临时施工场地、机具及堆料场、施工便道、电缆径路等,应提出各种场地的平面布置和施工工艺预案,上报青藏铁路公司并征得批准,严禁自行设置。

工务、电务部门在自然保护区、湿地和野生动物栖息地等线路区段进行抢险施工时,要在工地周围设置醒目的标志牌、边界线,严格限制人员活动和机械、车辆作业的范围及行进路线。人员和车辆行驶道路利用线路路基和既有便道,埋设电缆须在原来径路上开挖,避免开辟新的便道和电缆径路。必须开辟新区段要选择在无植被和植被稀疏处,缩短便道长度,便道使用和径路开挖中要严格控制宽度,严禁出现超宽现象,做到少占土地,以减少对高原植被及稳定的土壤结构产生的破坏。

工务部门的取弃土场严禁进入自然保护区缓冲区和核心区,严禁侵入河道及湿地等环境敏感地带,应选择在无植被或植被稀少地带。取土场要远离路基本体500 m以上,并遵循集中取土的原则,最大限度地减少取土场数量。取弃土场的地表植被和熟土铲除分段进行剥离,在取弃土场内选择地点进行有效保存,并做好水土流失防护措施。桥基施工的弃土弃渣及隧道弃渣用作填方,不能利用的和建筑垃圾等优先回填于临近取土坑中,及时平整、碾压,并利用原地表熟土及植被进行覆盖恢复。

砂石料场要选择基岩裸露地带、无植被的河滩地,远离青藏公路、铁路。可可西里、三江源自然保护区内严禁采砂、采石,严禁在河流常水位以下采砂、采石。严格按指定的位置和规模进行,严禁随意乱开乱挖,严禁进入自然保护区缓冲区和核心区开采。坚持随采随平整的原则,在河滩采料及时做好河道的疏通和平整工作。设置污水沉淀池,采砂场的洗砂废水经沉淀后重复利用或排放。工务部门、电务部门在湿地中施工时应严格控制作业范围,并采取确保桥涵两侧湿地地表径流通畅,不得改变线路湿地区段已有过水通道的规格和条件。不得在湿地上开辟横向施工作业便道。检修、施工废弃物不得弃置于湿地内。临时驻地、施工机具及堆料场等小临时设施避免设置在野生动物栖息地及野生动物通道和植被发育良好地带,减少场地的数量和占地面

积。施工结束后的施工场地和营地必须进行彻底清理,平整恢复场地及原地表植被。

工务部门进行检修、维护作业时,应注意线路两侧用地范围内的植被保护。进行补碴、换轨、换枕时不得随意占压、损毁线路两侧植被。电务部门因通讯线路检修需在线路两侧有植被区段挖沟时,施工结束后应及时恢复原有植被。

车务部门要在沿途玉珠峰、唐古拉、措那湖等观光车站铁路地界范围内设置提示牌及人员活动界限,限制旅客及车站工作人员在观光车站的活动范围,减少人员活动对高原生态环境的影响。

青藏铁路公司建立动物通道远程监控系统,对野生动物通过动物通道的情况进行监控。为便于管理,监控系统由车务部门负责。监控人员上岗前须具备识别青藏高原野生动物的基本知识,能够准确识别各种野生动物。根据野生动物活动、迁移规律每周或每月填报监控表,报青藏铁路公司环境保护办公室。报告内容包括野生动物种类、通过时间、通过数量。青藏铁路公司环境保护办公室负责收集、汇总野生动物迁移活动变化规律和野生动物使用通道的情况,为科研和决策部门提供基础数据。

对野生动物活动频繁、易造成行车安全隐患的区段,增设防护栏等防护设施。沿线的维修作业人员施工时遇到野生动物迁移要远离等候,运输材料的各种汽车应停驶,保证野生动物顺利迁移。

3 污染防治研究

污染防治主要包括污水处理、固体废物收集与处理和噪声及废气排放等内容。通过对青藏铁路运营组织管理办法的分析,《办法》规定格拉段沿线污水处理设施由产权单位负责统一管理、维护,确保设施正常运行。沿线生产、生活排放的废水要经过污水处理设施处理达标后排放,不得以任何形式直接外排超标污水。污水处理设施不得无故断水、断电。操作人员应严格按照设备操作规程要求操作和投加水处理药剂。处理后产生的污泥按操作规程干化后及时清理。

工务部门在桥梁检修作业中,要防止污染物排入水体。对桩基施工中的泥浆废水加强控制,泥浆废水就地采用静置沉淀法进行固液分离,上清液回用,沉渣经干化后清运至弃土场。小临工程施工时物料不得堆放在河流、沟渠等水体附近,防止有害物质排入水体。

机务、车辆部门负责监督格拉段运用机车、车辆和作业的机械要选用先进设备,减少跑、冒、滴、漏。机械设备及运输车辆的维修保养要集中进行,产生的含油污物应集中收集、处理。

机车、旅客列车污水须在指定车站(格尔木、拉萨站)由清运中标单位负责通过地面吸收装置卸污,送往指定的污水处理设施。列车中编有机械保温车、加冰冷藏车、鲜活货物货车必须设置污水、污物收集设施,经格尔木车站、拉萨西站检查符合条件后放行。严禁在格拉段沿途车站、区间排水和卸污。格拉段冬季气候条件恶劣,在入冬前要加强对污物地面吸收装置的检查、维护,确保冬季的正常运行。机车、客、货车洗刷须有专用洗刷线,洗刷污水排入站区污水处理系统统一处理,达标排放。

由车务部门在格拉段各车站制定环境卫生管理公约,明确责任,确保站区固体废物(垃圾)按要求及时处理。站区生产和生活固体废物(垃圾)实行分类收集,不得随意抛撒、堆弃和点燃

焚烧。机车、旅客列车配备专用垃圾袋,列车垃圾在格尔木车站和拉萨车站送交。运营中机车擦洗、整备等保养作业的固体废物在机车整备基地送交。垃圾清运中标单位派专人负责固体废物(垃圾)的接收、清运。

生活供应车增挂垃圾专用车。各站区的固体废物(生产、生活垃圾)定期由垃圾专用车负责收集,并转运市政垃圾处理场。沿线远离车站的桥隧看守点、居住地等地的固体废物(生产、生活垃圾)与垃圾清运的中标单位签订垃圾清运协议,由垃圾清运中标单位按各垃圾点距离、人数、垃圾量,根据站区实际情况合理安排垃圾收集密度和清运时间。车务部门在沿途观光车站设置密闭式垃圾箱,由垃圾专用车定期负责收集和转运。

工务、房建部门在沿线进行检修作业时产生的建筑废料,可利用线路两侧视野以外的取土坑或弃土场进行填埋平整,不得影响环境景观。其他生产、生活固体废物(垃圾)按照谁产生谁处理的原则,将垃圾装袋后送往就近的有人值守车站按固体废物处理办法送交,严禁将固体废物滞留在无人车站、区间。

车务部门负责随时清理沿途货场产生的各种散装、鲜活货物装卸残留物及包装等固体废物(垃圾),不得在站场堆存。扬尘污染严重的粉状材料(石灰、水泥等)运输须用袋装或罐装,禁止散装,堆放时加篷盖。

《办法》要求公司环境保护办公室加强与格拉段沿线的城市规划、环境保护等部门的协调和沟通,避免在线路两侧较近距离内规划建设居民区、学校、医院等噪声敏感建筑。

积极推行清洁生产工艺,全线各站区的生活、取暖均采用电能、太阳能作为能源,减少大气污染物排放量。

4 环境监测

青藏铁路格拉段环境监测包括两个方面的内容:(1)日常检测,以了解处理设施的运行效果;(2)权威部门监测,以确定运营期各污染源是否达标排放。《办法》规定格拉段环境监测对沿线各站区污水处理设施运行情况进行日常监督,对处理后水质进行随机抽样监测。发现问题及时通报青藏铁路公司设备运行管理部门进行整改,整改结果向青藏铁路公司有关部门反馈。青藏铁路公司委托有资质的环境监测部门对格拉段各污水处理站污水水质进行定期监测,每年不少于2次。

5 环保宣传与管理

根据调研,环保宣传应由与旅客及各界人士接触较多的客运部门负责。因此《办法》规定客运部门负责履行告知义务,向旅客宣传高原环保知识,使旅客及时了解青藏高原的生态特点、环境保护规定,保持沿途站区和旅游景点的清洁卫生。客运部门应要求列车播音室在列车进入高原前以广播形式向旅客介绍高原气候特点、地貌类型、植被分布、珍稀野生动物分布、国家和地方及铁路部门的有关环保规定等。车务部门应在格拉段沿线客运站候车室以电视录像形式向旅客介绍雪山、湿地、高原湖泊、野生动植物等自然风光和相应的环境保护规定,并在各客运站候车室内外适当位置设置标语牌,以环保警句的形式宣传国家及铁路的环保规定。青藏铁路公司环境保

护办公室应配合客运管理部门与开行在格拉段的外局客运部门保持经常性的沟通,提供格拉段相关的环境保护宣传资料和有关环保办法,提高宣传效果。

青藏铁路公司要对全体员工开展多种形式的环境保护法规和知识宣传活动。其环境保护办公室要在运营中结合监督检查,组织专(兼)职环保监察人员随车进行环保宣传,编制环境保护宣传手册,格拉段上岗人员人手一册。加强环境保护法制观念,增强保护环境的自觉性,使保护环境成为全体员工的自觉行动。青藏铁路公司要定期开展全员环保知识培训,格拉段各运营、设备代维单位人员上岗前必须经过环保知识培训。环保知识培训计划须纳入环保年度工作计划,分层次进行。培训要结合高原环境特点,包括环境基础知识,环保法律、法规,清洁生产管理,ISO14000 环境管理体系等内容。要使全员了解《青藏铁路格尔木至拉萨段运营环境保护实施管理办法》的要求,保证各项环保措施能够落实到位。

《青藏铁路格尔木至拉萨段运营环境保护实施管理办法》的编制符合《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》的要求,严格执行《办法》将对提高青藏铁路公司全体职工的环境意识、加强对青藏铁路沿线独特自然环境的保护起到积极的促进作用。

青藏铁路运营期 次生环境影响与对策

夏先芳

(铁道第一勘察设计院, 陕西 西安 710043)

摘 要: 青藏铁路运营后, 在带动沿线经济发展和居民生活水平提高的同时, 可能再次引发对自然环境的影响。通过对青藏铁路运量的分析, 可能产生的次生环境的影响逐步引起决策和管理部门的关注。研究表明, 通过编制完善发展规划, 采取控制进藏物资类别、鼓励清洁能源的使用、限制高污染工业建设等有效措施, 可预防或减少次生环境影响。

关键词: 青藏铁路; 次生环境; 影响; 对策

青藏铁路格拉段地处青藏高原腹地, 横跨青海省海西州、玉树州, 西藏自治区那曲地区、拉萨市, 全长1 142 km。青藏铁路的开通运营, 无疑将对完善综合运输体系, 强化进藏通道, 促进民族团结、社会发展, 提高居民生活水平, 实施国家西部大开发战略具有重要意义, 但随着上述作用的发挥, 可能会带来环境污染、生态破坏等次生环境影响。分析预测次生环境影响的形式、范围与危害, 及早采取相应避免与减缓措施, 对青藏铁路正面效应的极大发挥意义重大。

1 铁路次生环境影响

环境是人类赖以生存和发展的物质条件的综合整体, 包括自然环境和社会环境两大部分。自然环境按其是否受到人类活动影响又可以分为原生环境和次生环境。

次生环境是指被人类活动改变的自然环境。人类不仅能适应自然环境, 而且还能开发利用自然资源, 改造自然环境, 使环境更加适合于人类生存。在开发改造自然环境的过程中, 有时也会出现不利于人类生存的环境状况。如城市上空被污染的大气、城市周围被污染的水域和水体、城市郊区(农业用地等)被污染的土壤等。

铁路次生环境影响是指铁路的建设和运营在带动沿线和相关区域的社会和经济发展后, 再次引发的对自然环境的影响。这是一种继发性的影响, 这种影响不是由铁路本身的建设和运营所引起, 而是人类围绕铁路项目而从事的其他社会、经济开发活动所带来的对自然环境的影响。

在铁路工程实施后,地方会围绕铁路进行城镇规划和各项经济开发活动,对沿线和当地的资源加以开发和利用,从而带动地区社会经济向前发展,城镇规划向车站发展。这样引发的社会经济发展和城市规模扩大而产生新的对自然环境的影响就是铁路次生环境影响。

铁路建设项目次生环境影响对自然环境是间接的或诱发性的改变,属于间接影响类型。相对于人类需求而言,次生环境影响又可分为有利影响和不利影响两类。

铁路建成运营对次生环境具有明显的有利(正面)影响,这已被国内外无数实例所证明。青藏铁路也不例外,其运营后,在极大地方便人员和物资交流的同时,将带动资源开发和城镇建设,减少公路长途运输的汽车尾气排放,刺激城镇公路及短途运输的发展;优化能源结构,减少林灌植被作为燃料的需求,保护生态环境;增加就业机会和居民收入,促进文化交流和民族团结等。但是青藏铁路对次生环境存在不利(负面)影响,通过积极采取切实可行的措施,最大限度地减少不利因素具有重要的现实意义。

2 青藏铁路运量分析

青藏铁路开通运营后,采用内燃机车牵引,牵引质量2 000 t,其近期(2010年)、远期(2015年)客货列车对数详见表1。

表1 客货列车对数表

单位:对/日

区段	设计年度	客车				货车				合计
		特快	快速	普客	小计	区段货物列车	重点摘挂列车	罐挂列车	小计	
格尔木—那曲	近期	1	3	1	5	3	1	1	5	10
	远期	2	3	1	6	3	1	1	5	11
那曲—拉萨	近期	1	3	1	5	2	1	1	4	9
	远期	2	3	1	6	2	1	1	4	10

从上表分析,2010年后通过青藏铁路出行的旅客平均每天约1万人次,进出货物的平均每天约1万t。

进出藏旅客中旅游观光人员占有相当大的比例。进藏物资中主要为煤炭、成品油、水泥、钢铁、粮棉化肥等,出藏物资中主要为金属和非金属矿石、农副土特产品等。

3 次生环境影响分析

青藏铁路经过多年冻土区约550 km,穿越高寒荒漠、高寒草原、高寒草甸、沼泽湿地、高寒灌丛等不同的高寒生态系统,跨越长江源主要河流,临近措那湖,依次经过安多、那曲、当雄、拉萨等经济据点,自然生态环境具有原始、独特、敏感、脆弱的特点,破坏后不易恢复。因工程建设和运营可能产生的直接环境影响,已引起建设部门、环保部门等足够重视,并采取了多种减免或恢复措施,对可能产生的次生环境影响正逐步引起决策部门和管理部门的关注。

3.1 对环境的污染影响

铁路大运量、快捷、经济的特点,将沿线工业发展所需的原材料及产品运进运出,会刺激经

济快速发展。工业的发展无疑会使各经济据点的大气污染物排放量、工业污水排放量、工业固体废物产生量显著增加,加大环境压力。同时交通的便捷及工业的发展,会吸引周边牧民弃牧务工到城镇定居,加速城市化进程,增加生活污水产生量。大量污染物的直接排放会污染环境,使环境质量下降。

青藏铁路沿线的钢铁或有色金属建设项目,其生产过程会产生大量的烟尘、废气、废水、固体废物等,还有可能引起局部的噪声污染。

大量煤炭的进入和集中使用,在减少公路运输汽车尾气排放、减少林灌破坏的同时,煤尘及燃煤废气排放将显著增加。

3.2 对生态环境的破坏

交通的便捷、运输能力的增加,使沿线地区矿产资源的大量开发成为可能。无论哪种矿产的开发、开采,均会破坏所在地的地表植被、地形地貌,加剧水土流失和荒漠化。大量的废弃矿渣及裸露地表,对自然景观也存在不利影响,特别是在紧靠交通道路附近的矿场,景观影响会尤为突出。部份矿物会通过雨水、融雪水淋溶产生有害性污水,通过地表径流进入水体,从而产生污染地表水体的潜在风险。随着工业的发展、人口的集中、城镇居民的消费水平的提高,对畜牧产品的产量需求也会不断增加,刺激牧民增加牧场面积和养殖规模,一旦超过草场的载畜能力,草场就会遭到破坏,使生态环境恶化。青藏铁路开通运营后,游客人数将急剧增加,若组织不当,会对景点及其周围生态环境产生不利影响。

3.3 对野生动植物的影响

青藏铁路运营后,在方便野生动物保护部门监管的同时,因迁徙性野生动物不得不在人工设定的通道范围内通过,这也给盗猎等不法分子提供可乘之机,迁徙中野生动物遭到猎杀的危险性可能加大。交通的便利,也给盗猎野生动物、盗采野生植物(特别是药用野生植物)的不法分子,提供了便利,若管理不当会使野生动植物资源遭到破坏。

4 对策措施

4.1 编制或完善发展规划,进行规划环评

沿线各级政府部门应结合青藏铁路的开通运营,尽早编制或修订工业、农牧业、旅游业等发展规划。依照《中华人民共和国环境影响评价法》的相应规定编制规划环评,对规划可能产生的环境影响进行预测分析和评价,提出避免和减少环境影响的对策措施。编制城镇发展规划,合理布局,控制人口过快增长,加快污水处理等环保设施的建设,减少污染物的排放量。

4.2 控制进藏物资类别,限制高污染工业的建设

沿线政府和环保部门应禁止高硫分和灰分的煤炭通过铁路进藏,跟踪监测大宗煤炭、焦炭及石油接受地区及其用户的污染物排放量,监督减少污染物排放措施的实施。采取有力措施限制高污染排放的建设项目。

4.3 鼓励利用清洁能源

据分析,单位煤炭的污染物排放量比单位石油的污染物排放高出5倍。从保护环境的角度考虑,沿线地方政府应鼓励厂矿企事业单位和居民尽可能利用清洁能源,如水能、风能、太阳能

和电能,受条件限制不得不采用矿物性能源时,最好利用石油类能源,限制煤炭的燃用。

4.4 其 他

积极发展生态旅游、藏医藏药及高原绿色食品、饮品,促进高原经济稳定持续发展,使旅游、医药及食品资源持续利用。文化部门应加强藏文化的挖掘、研究、整理及编印出版工作,最大限度地保留原始的藏文化遗产。野生动植物资源保护部门、铁路公安部门及运输部门,应加强管理与巡视,坚决打击盗猎、盗采的不法分子,最大限度地保护野生动植物资源。地方相关部门与铁路部门联手对进藏人员进行环境保护和野生动植物保护的宣传教育,提高人们的环保意识,使保护青藏高原的优美环境成为人们的自觉行动。

5 结束语

青藏铁路的运营,将极大地促进沿线经济的发展和居民生活水平的提高,这是毋庸置疑的。其运营后带来的不利次生环境影响也是漫长和复杂的,只要政府部门足够重视,超前研究,提出切实可行的防范措施,就可以避免或最大限度地减少不利次生环境影响,促进沿线地区人与环境和谐发展。

青藏铁路格拉段列车生态观光旅游产品的开发与设计

陈致杭¹ 李渤生²

(1. 中科院东亚自然保护研究、监测与培训中心, 北京 100093;

2. 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要: 青藏铁路沿线分布着保存完好的雪域高原自然景观与传统的藏民族人文景观, 作为一条“生态铁路”, 青藏铁路建成后将成为独具特色的铁路列车生态观光旅游产品的载体。运用“生态旅游”理论, 以青藏高原的自然景观、人文景观和融合景观为依托, 开发铁路列车生态观光旅游产品, 规划设计列车生态观光旅游区段、节点和旅游解说内容, 提出与列车生态观光旅游相关的生态与环境保护管理设想。青藏铁路列车生态观光旅游产品的开发与设计, 将对青藏高原地区社会经济发展起到明显的促进作用。

关键词: 铁路; 生态观光; 规划; 设计; 管理; 产品开发

青藏铁路格拉段北起青海格尔木, 南抵拉萨, 从北至南纵越了世界屋脊——青藏高原。由于铁路沿线分布着保存完好的雪域高原自然景观与传统的藏民族人文景观, 加上这条世界上海拔最高的铁路在施工中采取了多种环境保护措施, 由此成为与原始高原景观融为一体的环境生态工程。

1 列车生态观光旅游产品的性质与开发原则

青藏铁路在未来旅客列车经营上有两种选择, 一是采用现在我国传统的铁路旅客运输方式, 仅将游客安全舒适地运输到目的地作为唯一目的的交通运输经营方式。另一种方式是以列车为载体, 让游客在列车上舒适地欣赏高原风光, 使之成为一种独特的交通工具观光旅游产品。生态观光旅游能提高游客生态与环境意识, 增进其美学与文化的修养。生态观光旅游产品系列包括一般性生态观光旅游、交通工具生态观光旅游和主题生态观光旅游三个支系。

生态观光系列产品是未来 15 年内市场需求量较大的旅游产品, 观光的视觉效果和取景拍照效果及其难易程度, 对游客出游心绪影响较大。精心设计每一个产品节点和项目的展示效果, 涵盖展示全貌、展示角度、展示深度、展示环境、展示时机、展示解说、客流观光间距和观景导游

水平等,应考虑游客的不同背景,避免观光过程中,各种不良因素引发的视觉疲劳,不间断地强化游客观光的兴奋点和提高游兴是生态观光系列产品成功设点、设项的关键。交通工具观光旅游产品可称为交通工具浏览观光,其主要特点是游客乘坐交通工具在相对变速运动中享受区域性景观,感受类型繁多、相变快、内涵丰富的宽视野景观。

青藏铁路生态观光在未来的15年内将出现高峰期,潜在的客源市场将逐年的浮出水面,产品的创新组合、更新、扩展和延伸,将成为青藏高原生态旅游产业/产品开发和设计的一部分,也是铁路运营发挥其最大效益的新课题。其成功的关键是青藏铁路沿线视野景观保护的科学管理、规划与实施。未来的产品开发和设计中鼎力恢复和保护可供观赏野生动物的种群数量、多样性、食物链及其栖息地;鼎力恢复和保护自然植被的密度和盖度、野生花卉、濒危物种;鼎力保护藏式民居和村落,才能确保游客对铁路生态观光旅游产品的群体亲和度的不断提高及其产品的高价位和产品的竞争力。

青藏高原号称世界第三极地,具有迄今世界上保持最为完好的原始高地自然景观。由于其对世界生物多样性保护、南亚中亚及东亚淡水资源生态安全具有极其重要的意义,因而成为世界与我国自然生态系统的重点保护地区。为此,在青藏铁路旅客列车经营上可以重点发展管理严格、对环境影响最小、高附加值的旅游产品——交通工具生态观光旅游。这样旅客列车的经营才可能与“生态铁路”的名称相匹配,使之成为名副其实、内涵丰富的“生态铁路”。

“生态旅游”一词于1970年出现在书刊上,当时并没有人赋予其明确的定义。直到1983年,世界保护联盟(IUCN)在墨西哥城主持生态旅游项目的建筑师Hector Ceballos-Zascuain与其合作者发表了50多篇有关文章,“生态旅游”作为独立的专项旅游产品才有了准确的界定。“生态旅游”的定义最终由国际旅游权威研究机构认定,于1994年正式推出。生态旅游的定义主要包含以下四个要素:

(1) 基于大自然之旅。生态旅游的主要目的地是受人类干扰较少或基本没有干扰的自然及与大自然相依存的人文环境。旅游者在旅游过程中可以身临其境感受大自然的关爱,领悟大自然与人类的微妙关系。从中受到启迪、增长知识、愉悦精神、增强体质、焕发青春,从而更加热爱大自然,自觉地参与保护大自然,并将自身的行为纳入遵循自然规律的轨道。

(2) 保护生态环境之旅。生态旅游是在科学规划前提下实行严格管理的旅游,旅游者和旅游经营者在旅游活动中都要坚持保护生态环境的原则,以确保旅游目的地的自然景观和人文景观不被破坏,保持自然生态系统平衡。

(3) 知性之旅。生态旅游是知性之旅与益智之旅,其整个旅游过程都贯穿着科学教育和生态知识的输导,使游客在享受自然美的同时,增长自然和社会科学知识,提高对自然与人文景观的鉴赏能力和认识水平。生态旅游将促进游客的生态意识、环境意识与科学文化素养的提高。

(4) 百姓致富之旅。生态旅游将用各种形式将旅游的收入返还于生态旅游目的地,用于提高当地群众生活,控制旅游环境污染,保护生物多样性,改善旅游服务设施和进行生态系统的补偿。生态旅游千方百计地通过各种培训,确保旅游目的地的百姓加入旅游产业,并在产业的发展中提高自己的生活水平和科学文化素养。

根据严格意义上的“生态旅游”定义,我们不难看出,青藏铁路列车观光旅游完全可以成为

一种高品质的“生态旅游”产品。

2 列车生态观光旅游产品的设计

2.1 列车生态观光旅游区段与节点设计

根据青藏铁路沿线可视自然与文化景观资源的性质与品质,青藏铁路列车生态观光可分为以下五个生态观光旅游区段,共设计列车生态观光旅游节点 24 处,以符号①~⑮表示。

2.1.1 青海柴达木—昆仑山景观区段

该区段位于柴达木盆地与昆仑山脉之间,处于青藏高原高寒草甸景观向北部塔里木盆地荒漠景观过渡的山地荒漠景观地带。主要观赏景观有:一是柴达木盆地的戈壁荒漠景观;二是攀越昆仑山时所途经的昆仑山北坡格尔木河谷的山地荒漠景观;三是昆仑山地与东昆仑最高峰——玉珠峰景观;四是穿行于昆仑山谷地陡坡与高桥相连的青藏铁路工程景观;五是昆仑山脉与青藏高原交界处的昆仑山口景观。作为列车生态观光旅游的主要节点设计于:④新建青藏铁路起点——南山口车站;⑤格尔木水库;⑥野牛沟口野生动物通道与三岔河大桥;⑦玉珠峰;⑧昆仑山口。

2.1.2 青海可可西里—长江源景观区段

该区段位于青藏高原北部昆仑山地与唐古拉山地之间的青南高原面上,穿越人烟稀少的长江河源地区,沿途展现极为原始的高寒草原景观,是青藏铁路沿线野生动物最密集的地段。主要观赏景观有:一是从青南高原北望昆仑山脉与玉虚峰雪山景观;二是楚玛尔河、北麓河、沱沱河等长江源河流景观;三是可可西里保护区附近的高原珍稀野生动物景观;四是青南高原及其高原上日出、日落、彩虹、雪、雨、雹、霰等高原天象景观;五是唐古拉雪山景观,六是青藏铁路楚玛尔河大桥等野生动物通道与永久冻土地段以桥代路工程景观。作为该区段列车生态观光旅游产品的主要节点设计在:①不冻泉、遥望玉虚峰及昆仑山脉;②楚玛尔河特大桥、以桥代路工程;③五道梁、青藏公路入藏第一关;④可可西里大桥、野生动物通道;⑤索朗达杰野生动物保护站;⑥风火山、青藏铁路早期科研基地;⑦长江源;⑧唐古拉山口。

2.1.3 西藏羌塘怒江源景观区段

该区段位于唐古拉山脉与念青唐古拉山脉之间,属于藏北羌塘高原内外流水系分水岭东侧的怒江源区,以高寒草甸为代表性自然景观,蕴育着西藏独特特色的藏族旅游文化。其主要观赏景观有:一是唐古拉山口南侧无人区原始高寒草甸景观;二是羌塘扎加藏布内流水系景观;三是措那湖怒江上游湿地景观;四是那曲草地藏族游牧文化景观;五是那曲草地新镇景观。在列车生态观光线路上可设计如下节点:⑨安多、牧区藏族民族风情;⑩措那湖、怒江源湿地与珍稀野生动物;⑪嘎恰、怒江上游及高寒草甸牧场。

2.1.4 西藏念青唐古拉景观区段

该区段位于西念青唐古拉山脉的东南坡坡麓地带,地处拉萨中游灌丛草原地带与东羌塘高寒草甸地带的过渡区。由于西念青唐古拉山脉山地高耸、冰雪融水丰富,其山麓地带的当曲与拉曲宽坦的岸边发育了大片的河漫滩沼泽草甸。该区段主要观赏景观有:一是当曲沼泽草甸牧场景观;二是念青唐古拉雪山与第四纪冰川侵蚀与堆积遗迹景观;三是羊八井地热田景观。列车观光

生态旅游产品可设如下节点：④龙仁—当雄、沼泽草甸牧场；⑤达琼果、西念青唐古拉雪山与第四纪山地冰川侵蚀与堆积地貌；⑥当雄、高原圣湖纳木错换乘处；⑦羊八井、地热电站。

2.1.5 西藏堆龙曲—拉萨河谷景观区段

该区段主要位于拉萨河重要支流——堆龙曲谷地，属雅鲁藏布江中游河谷灌丛草原地带，海拔降低与纬度偏南已进入西藏人口密集的农业区。该区段主要观赏景观有：一是羊八井长隧道与桥梁工程景观；二是堆龙曲河谷农田、林木、村落景观；三是拉萨河大桥与拉萨火车站景观。在列车生态观光旅游线路上可设计如下节点：①羊八井、青藏铁路最长隧道；②堆龙、堆龙曲河谷藏族农区田园风光及黑颈鹤越冬地景观；③拉萨河大桥等青藏铁路标志性建筑；④拉萨火车站、青藏铁路标志性建筑。

2.2 列车生态观光旅游解说设计

为了让游客深入观赏体味景观的内涵，获得更深层次的感受，青藏铁路沿线准确、科学的解说将是该产品的精华所在。根据青藏铁路沿线自然与文化景观资源的特性以及青藏铁路自身的价值，提出该产品解说的总体目标是：使游客通过对沿途自然与人文景观的观赏和对青藏铁路列车实际乘坐的体验，深切感受青藏高原壮美的自然和人文风光，感受青藏铁路这一在环境保护理念下修筑的世界宏伟工程的伟大。通过解说使游客深入了解青藏高原的隆升过程及其对周边环境以及人类活动的影响，真切理解青藏高原对我国生态安全、未来发展、资源保障以及人民的精神生活需求的重要意义，从而更加热爱我国这块宝贵的土地，进而促使游客在到达拉萨以后的旅游活动中约束自己的行为，更好地保护高原的一草一木，一山一水。在人文方面，则能较深入理解藏族宗教文化形成与青藏高原环境之间的密切关系，为今后能理性地欣赏独特的藏族宗教文化打下良好的基础。并在未来的西藏之旅中能尊重当地的民族风情，科学理解藏传佛教的文化内涵。除此之外，通过解说还能使游客深刻体会到我国在青藏铁路建设中贯彻尊重自然、保护自然生态理念的重大意义。并通过这一实例加深对人类要走可持续发展之路重要性的认识。青藏铁路列车生态观光旅游在解说包涵以下三个阶段。

2.2.1 导入解说阶段

该阶段解说的主要目的是使旅客逐步理解、熟悉并积极地享用青藏铁路列车生态观光旅游这一崭新的旅游产品。

(1) 青藏铁路概况：包括修建意义、勘测选线过程、技术难题与研究解决过程，施工过程与采用的各项新技术，观光列车各项功能及各种旅游设施使用须知，对青藏铁路工程的总体评价等。

(2) 青藏铁路列车观光旅游沿途景观观赏须知：包括沿途观赏的主要内容，各区段的观赏重点，到达各主要景观点的时间等。

(3) 青藏高原的形成过程：从位于青藏高原北缘的昆仑山脉谈起，讲解板块构造学说与青藏高原的隆起过程，比较塔里木盆地、柴达木盆地与青藏高原的生物异同，讲解高原腹地与中亚低地干旱、半干旱区生物之间的亲缘关系。

(4) 吐蕃王国与吐谷浑王国的兴衰历史，文成公主进藏，唐蕃古道的形成过程，青藏公路选线与维修传奇。

2.2.2 主题解说阶段

该阶段解说的主要目的是使游客在列车上观赏青藏铁路沿线风光时,深入了解青藏高原的形成过程以及对我国及亚洲生态环境产生的巨大影响;青藏高原景观的基本特点以及观赏要点;藏民族文化特点、形成过程以及与高原自然环境的关系;青藏铁路建设理念与所取得的各项成果。其重点解说内容为:

- (1) 青藏高原地貌的特点与形成机制;
- (2) 青藏高原生物多样性的特点与形成机制;
- (3) 青藏高原作为我国江河之源、亚洲水塔的重要意义;
- (4) 青藏高原的热岛效应与东亚大气环流系统的影响;
- (5) 青藏高原在第四纪期间的环境变化特点与其变化机制;
- (6) 藏民族的形成历史、文化特点及农牧区文化差异;
- (7) 藏传佛教与汉传佛教的历史渊源与异同,其形成与高原环境的关系;
- (8) 青藏铁路建设中的冻土难题与解决办法;
- (9) 青藏铁路建设中的环境问题与解决办法;
- (10) 青藏铁路建设中的高原缺氧难题与解决办法;
- (11) 青藏高原在维护我国政治、经济与生态安全上的重要意义。

2.2.3 尾续解说阶段

该阶段解说的主要目的是对游客沿途观赏的自然与人文文化景观做进一步总结,使游客对青藏高原的自然与人文景观有一概括性的了解,为游客入藏旅游提供各项信息和个性化旅游咨询服务,总结列车生态观光旅游产品的特点。为达到上述目的,该阶段解说的主要内容:

- (1) 青藏高原旅游资源主要类型及分布特征;
- (2) 青藏高原各旅游景区介绍;
- (3) 拉萨附近的旅游景点介绍;
- (4) 拉萨市住宿、交通、娱乐、购物、餐饮、医疗等服务信息介绍;
- (5) 西藏旅游注意事项;
- (6) 青藏高原自然与人文景观的特点及在世界生态旅游市场中的地位;
- (7) 世界铁路列车生态观光旅游的产品介绍。

3 列车观光生态旅游产品开发及管理

生态观光旅游产品系列中的交通工具观光支系中的列车观光类专业型产品是大尺度、宽视野、高品位的旅游产品。青藏铁路列车生态观光能使游客在节约住宿开支和避开可能的高山反应的条件下浏览心仪已久且难能仰慕的雪域风光。其产品服务细节的特色及周到是成功开发的关键。比如享用列车观光产品的游客从祖国各地飞往西宁或乘火车直接进入格尔木。在格尔木换乘格尔木—拉萨的青藏铁路生态观光专列。游客将乘坐配有大玻璃窗和舒适转椅的充氧生态观光专列;着装整洁举止有素的生态观光列车服务人员不时送上各种时令水果和可口小食品;列车连续播放沿途风光配乐;导游直面游客在车箱内游动答疑并进行表演式生动讲解。列车进入亮点景观

地带,车速放慢游客抓拍视野景观或以窗外视野景观为背景抓拍纪念照;身着藏装生态观光专列导游在各车箱穿梭往来进行个性化讲解和答疑,分发纪念品,与游客交谈,教唱藏歌等。高原生态观光旅游列车为游客准备多种可口的特色套餐;在安多“措那措”观光站台观赏湖光山色,摄影留念;参观拟建的藏北大型生态野生动物园。列车到达拉萨,游客乘坐充氧大巴环游拉萨主要街道,参观布达拉宫。未来还可考虑开行北京或上海至拉萨的生态旅游观光专列,其内涵会更加丰富。铁路生态观光文系产品组合对心仪雪域高原的中老年游客、青少年游客和行动不便的残疾人游客提供更多的便利,这种支系产品组合可根据市场需求不断延伸、扩展与更新。

青藏铁路沿线除罕见的雪域高原和藏北高寒草原草甸外,还途经藏羚羊、藏野驴、藏牦牛和黑颈鹤等珍稀濒危野生动物的栖息地。青藏铁路的客车运营将采用密封式车厢,老年人和学龄前儿童也可在没有高原反应的情况下到达西藏高原,感受其独特、博大、真实、纯粹与自然的壮丽风光。“预计青藏铁路建成后铁路生态观光旅游产品将逐年升温。青藏铁路生态观光对入藏游客的亲魅力是铁路两侧的雪域高原风光,所以,为确保铁路生态观光旅游产品的质量,应对产品开发和设计所依托的生态与环境做如下考虑。

3.1 视 野

铁路观光环境质量的控制应能确保铁路生态观光的游客视野所及景观未受到任何的人为污染。

- (1) 青藏铁路沿线不增建新的村落和城镇。
- (2) 沿线景观和环境保持区域性本土特色。
- (3) 限制铁路沿线建筑物的高度,保持藏式建筑物的风格和格调。
- (4) 定期监测、检查和拆除铁路沿线阻碍游客视野景观的各类人为视觉污染物,使铁路两侧的自然保护区、雪山冻土区、野生动物频繁出没区和草原草甸区、河流和湖泊区、地质地貌景观等能完美、纯真和清晰地进入游客视野所及的范围,并能和朋友和亲人带去难得一见的雪域风光的高质量照片,吸引更多的铁路生态观光的游客。

3.2 列 车

- (1) 生态观光列车应进行藏式外观处理,使现代化交通工具与原始高原的自然与人文景观相协调;
- (2) 生态观光列车的服务人员应穿着藏式服装并能讲藏语,餐车可考虑藏式装饰;
- (3) 生态观光列车应采用超大玻璃窗,并能有效去除霜和雾气以满足游客的生态观光的需要;
- (4) 生态观光列车运营设计和控制方案直接影响游客的生态观光效果,列车的运行应与导游解说同步。列车驾驶员应根据游客的观光需求,采用与窗体视野景观观赏相适宜的控制技术。

3.3 车 站

- (1) 青藏铁路沿线各车站将成为新的高原生态旅游的人文景观资源,是列车生态观光最为醒目的形象代表和入藏的标志性建筑;
- (2) 各车站的建设应与当地的自然景观和人文景观相协调,突出地方特色,规划建设应有各自的特点;

(3) 每个车站的周边进行藏式林卡绿化,其视觉效果为游客取景拍照创造佳景;

(4) 未来的格尔木车站和拉萨车站的建设应考虑为现代藏式建筑或现代建筑进行必要的藏式修饰与包装,采用藏式林卡绿化,以加深游客在列车观光时产生良好的印象和留下美好的回忆。

4 结束语

青藏生态观光旅游是以青藏高原的自然景观、人文景观和融合景观为依托,从景观地学、景观生态学 and 人类学的角度观察与欣赏青藏高原的自然与人文环境蕴含的“奇凸”与“异凹”画卷显现出的自然美、质感美、古朴美和原始美,并在比较美学、比较历史、比较文化和比较民风民俗的反差中获得补差的享受、快感和满足。青藏铁路列车生态观光旅游产品的开发与设计,必将对青藏高原地区社会经济发展起到明显的促进作用。

后 记

本论文集收集了青藏铁路建设环境保护科研、环境影响评价、设计和施工等方面的实践和创新成果,是广大建设者和科技工作者辛勤劳动的结晶。本论文集由铁道部发展计划司、青藏铁路公司组织征集,在论文收集、组稿、编辑和审查过程中,得到青藏铁路领导小组办公室、铁道科学研究院信息所的大力支持,也得到了有关建设、设计、施工、科研等参建单位的大力配合,中国铁道学会环保委员会贾国荃、来禄、卢学诚等同志对各论文内容进行了详细审查,编辑过程中侯敬、杨倩、葛化一、范今、王志明、陈晓云、刘妍君、徐红、王凯立、董文平、李创等同志做了大量具体的工作,在此,谨对所有关心和支持本论文集编辑和出版的单位和个人表示衷心感谢。由于受工作深度和时间的限制,论文收集尚不全面,错误之处也在所难免,敬请谅解和批评指正。