

青藏

铁路沿线生态与环境安全

郑 度 张懿铨 等著



浙江出版联合集团
浙江科学技术出版社

国家自然科学基金项目(90202012)

国家重点基础研究发展计划项目(G1998040800 和 G2005CB422000)

西藏自治区发展咨询委员会咨询项目

青藏铁路沿线生态与环境安全

郑 度 张镱锂 等 著

浙江科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

青藏铁路沿线生态与环境安全 / 郑度 张懿铨 等著. —杭州: 浙江科学技术出版社, 2009.9

ISBN 978-7-5341-3707-5

I. 青... II. ①郑... ②张... III. 青藏高原—铁路沿线—生态环境—环境保护—研究 IV. X731

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 170785 号

青藏铁路沿线生态与环境安全

郑 度 张懿铨 等著

出版发行 浙江科学技术出版社

杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006

联系电话: 0571-85164982

E-mail: msm@zkpress.com

图文制作 杭州兴邦电子印务有限公司

印 刷 浙江新华数码印务有限公司

经 销 全国各地新华书店

开 本 889×1194 1/16

印 张 15.25

版 次 2009 年 9 月第 1 版

印 次 2009 年 9 月第 1 次

书 号 ISBN 978-7-5341-3707-5

定 价 198.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题, 本社负责调换)

策划编辑 沈振杰 朱 园 封面设计 孙 菁

责任编辑 莫沈茗 卢晓梅 责任印务 田 文

责任校对 赵 艳

National Natural Science Foundation of China (Grant No. 90202012)

National Basic Research Program of China (Grant Nos. G1998040800 & G2005CB422000)

Consultative Committee for Development of Xizang (Tibet) Autonomous Region

ECOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL SECURITY ALONG THE QINGHAI-TIBET RAILWAY

ZHENG Du ZHANG Yili *et al.*

Zhejiang Science and Technology Publishing House

《青藏铁路沿线生态与环境安全》编辑委员会

科学顾问 孙鸿烈

主 任 郑 度

委 员 (以姓氏笔画为序)

丁明军	王五一	王兆锋	刘林山
刘峰贵	杨林生	李双成	张镱锂
陈 辉	赵 林	阎建忠	魏万红

序

QINGHAI-TIBET RAILWAY

青藏铁路的建设是中国乃至世界史上重要的历史事件。青藏高原独特而又敏感脆弱的自然环境，给工程带来一系列复杂的难题，如冻土问题、生态与环境保护、经济发展效益等。

青藏铁路跨越近720余 km 的多年冻土区，周围环境的轻微扰动，冻土将发生显著变化，冻土的加速融化会严重影响铁道路基的稳定。为保障这条交通干线的长治久安，必须解决冻土融化问题。同时，冻土地带地面的高寒草甸、高寒草原植被也将因冻土加速融化失去地下水的供给而枯竭。由于我国冻土学家长期对青藏高原永久冻土分布、形成、变化规律等科学问题深入研究，得以及时地为应对冻土融化问题做出了科学方案，保证了青藏铁路的顺利建设和安全运营。

青藏铁路沿线分布着特殊的生态系统类型和丰富的珍稀野生动植物，多条国际河流发源于此，是亚洲重要的水源地，在生物多样性保护和水资源保护方面具有重要的战略意义。为了有效地保护这些特殊珍贵资源，在国家科技部、国家自然科学基金委员会和西藏自治区支持下，我国地理科学与生物科学工作者对青藏铁路沿线特殊的土壤化学环境、植被现状及其变化、动物生活习性、土地利用和景观格局变化、环境疾病和人类健康以及生态系统健康和生态风险评价等一系列问题展开了深入研究。

《青藏铁路沿线生态与环境安全》一书，全面、详实地论述了我国科学工作者对青藏铁路沿线生态与环境安全问题多年来系统、深入研究的成果，相信它必将对这一重要地区开发、利用和保护起到重要的作用。



2009年9月19日

前言

QINGHAI-TIBET RAILWAY

青藏铁路是高海拔地区线路最长、建设难度最大的工程之一。它穿越了青藏高原腹地的 6 个自然地带,其修建与运营,在青藏高原上形成一条近 2 000km 长的线状建构物,为地学、生物学、资源与环境科学等多学科的综合与交叉研究提供了平台,也是“人地关系研究”的天然实验室。在科学研究层面,高原铁路建设、运营与沿线生态和环境相互作用机制是重要科学问题,其内容涵盖铁路沿线土地利用变化对高寒生态系统结构与功能、对动物迁徙及栖息地变化、对物种安全和自然疫源地的影响等。在实践和政策层面上,则要着力解决铁路沿线生态与环境保护及地区经济发展问题,如高原特有珍稀濒危野生动植物资源及生态与环境的保护机制,实现沿途脆弱生态区环境改善和经济发展的“双赢”问题等。铁路与环境保护和经济发展相和谐,有利于青藏铁路(公路)生态廊道区域功能的发挥,进而带动整个青藏高原社会经济的发展,充分发挥青藏高原生态安全屏障的效能。

围绕青藏高原“线状设施修建/运营—景观格局—生态过程—功能之间的相互关系”和主动应对措施,国家科技部、国家自然科学基金委和西藏自治区分别批准了:国家重点基础研究发展计划(973)项目专题——青藏铁路/公路沿线的土地利用/覆被现状与变化研究;“中国西部环境和生态科学”重大研究计划项目——青藏铁路的生态与环境效应;西藏自治区咨询项目课题——青藏铁路的生态与环境安全问题和策略。

国家重点基础研究发展计划项目于 2001 年先期启动了青藏铁路/公路沿线的土地利用/覆被现状与变化研究。随着研究的深入,于 2005 年后将青藏铁路沿线地区列为土地变化科学研究样带,对其变化过程进行综合监测研究。

2002 年,在青藏铁路二期工程全线动工之际,国家自然科学基金委批准了青藏铁路环境与生态效应重点项目。承担该项目研究的单位共有 4 个:中国科学院地理科学与资源研

究所、北京大学、扬州大学和中国科学院西北高原生物研究所；项目负责人为张镱锂。根据项目评审专家与中期评估意见，该项目由以下4个专题组成：青藏铁路建设与运营对沿线土地利用和景观格局的影响（负责人为朱会义、摆万奇）；青藏铁路建设与运营对沿线植被和土壤的影响（负责人为张镱锂、王秀红）；青藏铁路对主要动物生活习性的影响（负责人为魏万红）；青藏铁路建设和运营对生态系统健康和风险的影响（负责人为李双成）。

围绕青藏铁路通车运营后所产生的作用和影响，西藏自治区发展咨询委员会于2005年1月决定就青藏铁路与西藏经济社会发展问题开展咨询调研工作，项目由孙鸿烈院士主持。2005年3月在北京召开专家座谈会，设立了青藏铁路与西藏产业结构调整、青藏铁路与推进西藏的城镇化、西藏自治区对外经贸发展前景与规划、青藏铁路运营后的关联运输方式配套、生态与环境安全问题和策略、青藏铁路与西藏和谐社会建设等6个课题。其中，青藏铁路的生态与环境安全问题和策略由中国科学院地理科学与资源研究所承担，郑度院士主持。该课题包括青藏铁路沿线自然环境现状与区域环境变化（负责人为郑度、张镱锂）、土地退化（负责人为张镱锂、王秀红）、生态功能区及生物多样性和自然保护（负责人为李双成）、区域健康和应对策略（负责人为王五一、杨林生）以及西藏铁路沿线生态与环境安全对策和建议（负责人为郑度）等5个专题。

在项目主管部门和依托部门领导下，相关专家对项目研究目标、内容及技术方案做了深入的讨论并进行了系统论证。项目选择青藏铁路（公路）运营段及在建段为重点研究区，研究青藏铁路建设对区域景观格局动态的驱动机制，探索高原铁路（修建与运营）—景观破碎化—生态流变化—生态系统健康之间的相互关系；在定量模拟景观破碎化对生态系统过程与功能影响的基础上，构建高原铁路建设和运营对区域生态系统健康影响的综合性评价体系；

定量刻画青藏铁路(建设和运营)的生态风险,为实现铁路沿线及青藏高原的区域可持续发展提出政策建议。

各研究组根据其研究目标和具体内容,在青藏铁路与公路沿线设定相应研究区域,进行了大量的野外考察,系统地完成了剖面和样区设置、土壤和植被变化连续多年定位和半定位调查及取样、动物习性试验观测与样品采集、土地变化样带土地利用/覆被变化定位调查等。在室内对所采集的大量各类样品、标本进行分析、测试和鉴定,开展室内模拟实验研究等,按计划完成了预期研究内容和研究任务。项目实施过程中,各专题围绕青藏铁路通车运营后的生态与环境安全,展开学科交叉研讨及综合分析,提出了许多有针对性的政策建议,并形成了相关的咨询报告。

为了让读者比较全面、系统地了解本项目的最新研究进展,我们组织撰写了这部学术专著,着重阐述所取得的突出成果。希望这部专著和近年来陆续发表的相关论文,能够对青藏铁路沿线的生态与环境安全研究作出贡献。由于主客观条件的限制,书中难免存在不足之处,衷心期望得到读者的批评指正。

本书编委会

2009年9月16日

Introduction

The Qinghai-Tibet Railway in China, a landmark project, was built during 1958–1979, 2001–2005 and began operations on July 1st, 2006. The 1956-kilometer-long railway is the world's highest and longest highland railway, connecting Xining (capital of Qinghai Province) and Lhasa (capital of the Tibet Autonomous Region). This corridor provides a scientific platform for geography, biology, resources and environmental sciences as well as other multi- and inter-disciplinary studies. It is also an ideal natural laboratory for man-land relationship studies. Its uniqueness is labeled as high average altitude (highest point 5072 meters), cold temperature (mean annual temperature -5.6°C to 8°C), oxygen deficiency, plenty of rare species, fragile and sensitive ecosystems and less human activities, etc. Besides, some 547 kilometers of its track are located on the permafrost area.

The project has focused on the interaction mechanism between the construction and operation of the highland railway and the ecology and environment of its adjacent area. It emphasizes the studies on the relationships of highland railway, landscape fragmentation, ecological flux changes, ecosystem health and adaptation. The research concerning the project mainly includes the following topics: the influences of the railway construction on the regional landscape variation, vegetation change and endangered wild mammals migration; the distribution areas of endemic diseases and its potential impacts; the evaluation of regional ecosystem health, and quantitative simulation of the ecological risk of the construction and operation of the Qinghai-Tibet Railway and Highway; the suggestions for the regional sustainable development in the areas along the railway and on the Tibetan Plateau.

Ever since the construction of the Qinghai-Tibet Railway started in 2001, the project has examined in particular the operating and then ongoing sections of the Qinghai-Tibet Railway and Highway. Researchers have conducted many field surveys, and they finished the setting of profiles and sample plots, continuous position and semi-position observation, sampling of soil and plant, observation and sample collection of animal habits, position observation of land use and cover change, etc. Meanwhile, the analysis, testing, and identification of collected samples and specimens were carried out in the laboratory. The project comprises several latest conclusions on land use/cover change; vegetation change and temporary impacts of endangered wild mammals migration; no evidence of exotic species within the typical areas along the railway as of the year 2005; the establishment of comprehensive evaluation system; current situation of regional ecosystems health; quantitative simulation of ecological risk; engineering technical measures for the construction and protection of the railway and highway based on the synchronous monitoring and experimental studies on permafrost; and the preventive measures for minimizing potential threats to the health of local people, immigrants and travelers along the Qinghai-Tibet Railway.

目 录



QINGHAI-TIBET RAILWAY

铁路沿线生态与环境安全

序 / 1

前言 / 1

第一章 青藏铁路及沿线自然环境概况

1

第一节 青藏铁路概况 / 3

第二节 青藏铁路沿线自然环境 / 6

第三节 青藏铁路沿线社会经济概况 / 22

主要参考文献 / 30

第二章 青藏铁路沿线冻土

33

第一节 青藏铁路 / 公路沿线冻土现状与分布 / 35

第二节 青藏公路 / 铁路沿线冻土变化 / 41

第三节 冻土变化趋势与对策 / 46

主要参考文献 / 50

第三章 青藏铁路沿线土壤环境特征

53

第一节 青藏铁路沿线土壤化学元素分布特征 / 55

第二节 青藏铁路对沿线土壤环境的影响 / 65

主要参考文献 / 72

第四章 青藏铁路沿线植被变化特征

75

第一节 青藏公路 / 铁路对沿线生态系统与植物群落的影响 / 77

第二节 青藏公路 / 铁路沿线植被变化总体特征 / 83

第三节 植被覆盖变化的动因分析 / 86

第四节 青藏铁路沿线植被保护策略 / 100

主要参考文献 / 102

第五章 青藏铁路对沿线动物的影响

105

- 第一节 青藏铁路沿线主要野生动物及其分布 / 107
- 第二节 青藏铁路对沿线动物生活习性的影响 / 116
- 第三节 青藏铁路沿线野生动物保护策略 / 131
- 主要参考文献 / 135

第六章 青藏铁路 / 公路沿线土地利用与景观格局

139

- 第一节 青藏铁路 / 公路沿线土地利用现状 / 141
- 第二节 青藏铁路 / 公路沿线土地利用与景观格局变化总体特征 / 143
- 第三节 青藏铁路 / 公路沿线缓冲区土地利用与景观格局变化 / 155
- 主要参考文献 / 163

第七章 青藏铁路沿线人类健康状况

165

- 第一节 青藏铁路沿线自然疫源性疾病的 / 167
- 第二节 青藏铁路沿线化学性地方病分布状况 / 173
- 第三节 青藏铁路与高海拔环境反应症 / 177
- 第四节 青藏铁路贯通对健康的影响及其对策 / 180
- 主要参考文献 / 182

第八章 青藏铁路沿线的生态系统健康评价

185

- 第一节 青藏铁路沿线生态系统健康现状 / 187
- 第二节 青藏铁路沿线生态系统健康评价 / 194
- 第三节 青藏铁路沿线生态系统健康管理 / 200
- 主要参考文献 / 203

第九章 青藏铁路沿线生态风险分析

205

- 第一节 青藏铁路沿线生态风险源分析 / 207
- 第二节 青藏铁路沿线生态风险评价 / 209
- 第三节 青藏铁路沿线减缓生态风险的策略 / 214
- 主要参考文献 / 218

结语 / 219

后记 / 223



CONTENTS

QINGHAI-TIBET RAILWAY

铁路沿线生态与环境安全

Foreword / 1

Preface / 1

Chapter 1 The Qinghai-Tibet Railway and its geographic features 1

- 1 The Qinghai-Tibet Railway and its location / 3
 - 2 The geographic features along the Qinghai-Tibet Railway / 6
 - 3 The socio-economic development along the Qinghai-Tibet Railway / 22
- References / 30

Chapter 2 Permafrost along the Qinghai-Tibet Railway 33

- 1 Current status and distribution of permafrost / 35
 - 2 Permafrost changes / 41
 - 3 Trends and future changes in permafrost response / 46
- References / 50

Chapter 3 Characteristics of soil environment along the Qinghai-Tibet Railway 53

- 1 Spatial distribution of soil elements / 55
 - 2 Effects of the Qinghai-Tibet Railway on soil environment / 65
- References / 72

Chapter 4 Characteristics of vegetation change along the Qinghai-Tibet Railway

75

- 1 The impacts of the Qinghai-Tibet Highway and Railway on plant community and biodiversity / 77
 - 2 The characteristics of vegetation coverage change / 83
 - 3 The driving factors affecting vegetation coverage change / 86
 - 4 The suggestions on vegetation preservation / 100
- References / 102

Chapter 5 Effects of the Qinghai-Tibet Railway on the animals in the vicinity

105

- 1 Main wild animals along the Qinghai-Tibet Railway / 107
 - 2 Effects on the animal habits of the Qinghai-Tibet Railway / 116
 - 3 Protection management of wild animals / 131
- References / 135

Chapter 6 Land use and landscape pattern change along the Qinghai-Tibet Railway and Highway

139

- 1 Land use along the Qinghai-Tibet Railway and Highway / 141
 - 2 The characteristics of land use and landscape pattern change along the Qinghai-Tibet Railway and Highway / 143
 - 3 Land use change and landscape pattern change of buffer zones along the Qinghai-Tibet Railway and Highway / 155
- References / 163

Chapter 7 Human health along the Qinghai–Tibet Railway 165

- 1 Prevalence of diseases of natural infectious focus along the Qinghai–Tibet Railway / 167
 - 2 Prevalence of biogeochemical endemic diseases / 173
 - 3 High altitude sickness / 177
 - 4 Countermeasures for health protection after the opening of the Qinghai–Tibet Railway / 180
- References / 182

Chapter 8 Assessment of the ecosystem health along the Qinghai–Tibet Railway 185

- 1 Present situation of the ecosystem health / 187
 - 2 Assessment of the ecosystem health / 194
 - 3 Ecosystem management / 200
- References / 203

Chapter 9 Ecological risk analysis along the Qinghai–Tibet Railway 205

- 1 Analysis of ecological risk sources / 207
 - 2 Ecological risk assessment / 209
 - 3 Countermeasures for ecological risk control / 214
- References / 218

Summary / 219

Postscript / 223

QINGHAI-TIBET
RAILWAY 第一章

青藏铁路及沿线自然环境概况



青藏铁路从青藏高原东北隅的青海省西宁市出发，穿越高原腹地到达西藏自治区拉萨市，基本贯穿了素有“世界屋脊”和“地球第三极”之称^[1]的青藏高原高核心地带。青藏高原独特的自然环境孕育了丰富的珍稀动植物和特殊的生态系统类型，分布着众多的冰川、冻土、湖泊和湿地，孕育了多条亚洲著名的河流（如长江、黄河、恒河、印度河、雅鲁藏布江、怒江和澜沧江等），成为亚洲重要的生物多样性（尤其是寒区生物基因多样性）“宝库”和水源地，是我国乃至亚洲地区重要的生态安全屏障，在全球水资源保护和全球生物多样性保护方面具有重要的战略意义。青藏高原脆弱的生态系统和敏感的环境，易受到人类活动的扰动和影响，因此，跨越青藏高原的青藏铁路与已经运营多年的青藏公路的自然环境和区域社会发展状况备受社会各界广泛关注，尤其是青藏铁路运营后对沿线区域生态与环境及区域经济的可能影响^[2,3]，直接关系到青藏高原及中国西部社会经济可持续发展方向和区域生态安全。

