

沈渭寿 刘 波 颜长珍 张 慧 著

青藏高原

典型区生态状况时空变化及
气候变化响应研究

QINGZANGGAOYUAN
DIANXINGQU SHENGTAI ZHUANGKUANG SHIKONG BIANHUA JI
QIHOU BIANHUA XIANGYING YANJIU

中国环境出版社

“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书



青藏高原典型区生态状况 时空变化及气候变化响应研究

沈渭寿 刘 波 颜长珍 张 慧 著

X321.27
S426
中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

青藏高原典型区生态状况时空变化及气候变化响应研究 / 沈渭寿, 刘波, 颜长珍, 张慧著. —北京: 中国环境出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5111-1533-1

I. ①青… II. ①沈…②刘…③颜… III. ①青藏高原—区域生态环境—研究②青藏高原—气候变化—研究 IV. ①X321.27
②P468.27

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 178696 号

出 版 人 王新程
策划编辑 王素娟
责任编辑 张 杰
责任校对 唐丽虹
封面设计 刘丹妮

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67121726 (生态图书出版中心)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2013 年 12 月第 1 版
印 次 2013 年 12 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 19.25
字 数 424 千字
定 价 96.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

编委会

顾问：吴晓青

组长：赵英民

副组长：刘志全

成员：禹军 陈胜 刘海波

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技

术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项，涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

序

青藏高原是全球最高的高原，平均海拔在 4 000 m 以上，素以“世界屋脊”著称。由于其幅员辽阔、地势高亢、历史年青和中低纬的地理位置而形成一系列独具的自然特征，在全球占有重要的席位，被称为地球的“第三极”。青藏高原独特的地理环境和气候条件，对我国、东亚甚至全球气候变化都有极其重要的影响，因而被称为我国气候变化的“敏感区”和“启动区”。青藏高原上独特而脆弱的高寒生态系统是否稳定不仅对我国的东部和西南部的气候有着巨大影响，而且也对北半球甚至全球的气候产生明显影响。

青藏高原是我国长江、黄河和亚洲若干条重要江河水系的发源地，高寒生态系统在涵养水源、保持水土等方面发挥着显著的作用，对中下游地区有着重要的生态安全屏障功能。作为世界上主要的高寒生物资源库，青藏高原蕴含着许多独特的种质资源和土著生物，具有极大的生物多样性保护价值。青藏高原作为我国少数民族聚集区，由于社会历史、自然环境条件以及少数民族文化素质等方面的原因，其基础设施薄弱，经济结构单一，资源综合利用水平低、效益差，地区经济发展缓慢，依托于草地的畜牧业成为当地重要的基础产业。

因此，围绕青藏高原的生态环境变化研究是当前国际关注的学术热点，不仅是前沿的基础科学研究，更具有重要的应用前景，对青藏高原生态环境管理、应对气候变化和维护区域和国家生态安全都具有重要意义。我们欣喜地看到，随着我国对青藏高原生态环境的高度重视，对青藏高原全方位的科学研究不断拓展和深化。沈渭寿研究员带领所属的团队面向环境保护与可持续发展的需求，多年奋战在青藏高原生态环境研究领域。特别是他们从具有鲜明现实意义的环境管理和政策角度，选取雅鲁藏布江源区、藏北高原和若尔盖湿地三个各具特

色的典型区，充分地挖掘了国产环境卫星数据在青藏高原生态环境研究中的应用潜力，对青藏高原 30 多年来生态状况的时空变化进行深入细致的分析研究，进而开展了气候变化对青藏高原生态环境的影响评估，取得了可喜的显著进展。这本专著正是他们多年研究成果的集中体现，在此我谨表诚挚的祝贺，相信这一专著的出版将对我国青藏高原的科学研究和环境管理起到积极的促进和支撑作用。

郑波

2013 年 8 月 31 日

前 言

日益加剧的人口—资源—环境冲突带来的生态环境退化问题，给人类生产和生活带来了巨大的影响，甚至已经威胁到人类的生存。因此，人类急需了解区域生态环境的特点及状况，认真思考并正确处理与生存紧密相关的生态退化和环境问题。青藏高原是我国和南亚地区的江河源和生态源，其生态环境状况直接影响中下游区域的生态环境质量。由于独特的地理环境和特殊的气候条件，发育了世界上独一无二的高寒生态系统，成为全球变化研究中的先兆区和预警区，长期以来本区的生态环境变化一直受到国内外的高度关注。

青藏高原生态环境不仅关系到区域内社会经济的可持续发展、人民生活水平的改善以及民族地区政治稳定，而且影响到大江大河的中下游地区及高原周边地区。作为我国和南亚地区的江河源和生态源，青藏高原生态退化直接影响了高原生态系统水环境和水源涵养能力。因此，开展青藏高原生态现状、动态趋势及防治对策的研究，对促进青藏高原及其影响区的社会经济可持续发展具有重要意义。

青藏高原约占我国大陆面积的近 1/4，是世界上最高、最年轻的高原，被称为世界“第三极”，对全国乃至全球的大气、水量循环具有重要影响，是北半球气候的启动区和调节区，通过大气环流会将区域气候变化的结果驱动和放大到全球尺度^[1-3]。青藏高原的生态环境退化，尤其是高原湿地的退化对高原自身及周边地区产生重要影响：一方面直接影响了高原生态系统水环境和水源涵养能力，使我国、南亚和东南亚国家的许多河流流量的稳定性变差，进入河床的泥沙大幅度增加，造成干旱和洪水频繁发生，干季时严重缺水，雨季时洪水泛滥成灾；另一方面由于植被减少，使沙砾质地表的反射率增大，频繁的沙尘暴又具有阳伞效应，使本区夏季气温降低，高原热低压以及由此诱发的东南亚夏季风时间缩短且强度变弱，从而导致我国东南部以及东南亚、南亚等许多国家得不到及时和充足的夏季降水而陷入生存危机^[1-4]。

青藏高原也是我国长江、黄河及亚洲重要河流的上游关键源区。青藏高原独特的地理环境和特殊的气候条件，发育了世界上独一无二的高寒生态系统，其涵养水源、保持水土等功能对于下游地区具有重要作用。高寒生态系统的健康稳定有利于增强我国气候状况的稳定性，减少灾害性气候发生率，在一定程度上能够遏制全国生态退化的趋势。了解青藏高原生态环境现状及退化过程，不仅具有重要的科学意义，同时还有利于对青藏高原生态退化的监测、评估、防治与管理，对于维护区域和国家生态安全具有重要意义。

本书选取藏北草原、若尔盖湿地、雅鲁藏布江源区作为典型研究区，以我国具有自主知识产权的环境一号卫星数据为主要信息源，分别对各典型区生态状况的时空变化进行调查与评估，研究青藏高原生态状况时空变化的遥感监测及评估技术与方法，分析不同区域生态状况时空变化的驱动机制，阐述气候变化对青藏高原生态环境的影响，提出相应的环

境管理对策，为青藏高原生态环境综合决策与管理提供技术支持。

本书的研究成果是沈渭寿研究员及其所带领的研究团队多年来在青藏高原生态环境研究方面的成果。本书各篇执笔人如下：第一篇由刘波、沈渭寿、孙明、杨凯、李佳承执笔；第二篇由沈渭寿、刘波、张慧、赵卫、纪迪、孙俊、杨凯、林乃峰执笔；第三篇由颜长征、宋翔、谢家丽、李森执笔；第四篇由沈渭寿、刘冬、欧阳琰、杨春燕、白淑英、仇洁、林乃峰执笔；全书结构和内容由沈渭寿拟定，沈渭寿和刘波完成统稿和定稿。

本书研究工作得到了国家环保公益性行业科研专项“青藏高原生态退化及环境管理研究”（200909050）专项资金的资助。本书的研究工作得到了环境保护部和西藏自治区环保厅的大力支持。在本书出版之际，对环境保护部科技标准司刘志全副司长、禹军处长、陈胜副处长，自然生态保护司侯代军副巡视员、房志处长、刘玉平处长，西藏自治区环保厅张天华副厅长、庄红翔副厅长、普布旦巴处长，环境保护部南京环境科学研究所高吉喜所长以及西藏山南地区、日喀则地区、那曲地区环保部门的大力支持表示衷心感谢！

青藏高原面积幅员辽阔，人烟稀少，气候恶劣，生态环境问题十分复杂，具有长期性、综合性、复杂性等特点。本书虽然做了大量的实地调查和研究工作，但难免存在一些不足，甚至产生谬误，有待于我们今后在该领域的继续深入研究和不断探索中改正。

沈渭寿
2013年5月

目 录

第一篇 雅鲁藏布江源区生态状况时空变化遥感监测与评估

第 1 章 雅鲁藏布江源区自然地理与环境问题概况	3
1.1 地理位置	3
1.2 地貌特征	3
1.3 土壤类型及其空间分布	3
1.4 自然条件	4
1.5 社会经济状况	4
1.6 生态环境	4
第 2 章 野外调查与遥感数据处理	6
2.1 野外调查	6
2.2 遥感数据源	9
2.3 遥感影像预处理	10
第 3 章 雅鲁藏布江源区草地光谱特征与分类研究	13
3.1 数据预处理	13
3.2 植被提取	15
3.3 源区草地植被光谱特征分析	19
3.4 雅鲁藏布江源区草地分类	25
第 4 章 雅鲁藏布江源区生态状况遥感监测与评估	38
4.1 研究方法	38
4.2 结果与分析	42
4.3 小结	43
第 5 章 雅鲁藏布江源区生态退化时空变化研究	45
5.1 雅鲁藏布江源区风力侵蚀时空变化	45
5.2 雅鲁藏布江源区冻融侵蚀时空变化	53
5.3 雅鲁藏布江源区水力侵蚀时空变化	58
第 6 章 雅鲁藏布江源区典型区研究总结与对策	62
6.1 主要结论	62
6.2 源区主要生态退化问题	63
6.3 源区生态环境管理对策	64

第二篇 藏北高原草地生态状况时空变化遥感监测与评估

第 7 章 藏北高原自然地理与环境问题概况 69

7.1 地理位置 69

7.2 地貌与地质构造 69

7.3 气候与水文特征 69

7.4 土壤与植被特征 70

7.5 社会经济状况 70

7.6 生态环境 72

第 8 章 野外实验及数据处理 73

8.1 野外实验 73

8.2 光谱数据处理 76

8.3 遥感影像预处理 76

第 9 章 藏北高原草地光谱特征分析 80

9.1 实验与方法 80

9.2 不同植物光谱曲线特征 82

9.3 不同盖度和不同生长时期光谱特征 83

9.4 结论 88

第 10 章 基于地面光谱数据的土壤含水量预测 89

10.1 混合光谱曲线与土壤水分 89

10.2 土壤含水量预测 92

10.3 结论 108

第 11 章 基于环境卫星数据的藏北高原土壤含水量反演 109

11.1 数据预处理 109

11.2 实测地表反射率与遥感影像地表反射率 114

11.3 含水量模型反演及分析 114

11.4 地形因子对土壤含水量分布的影响 117

11.5 结论 121

第 12 章 藏北高原草地生态状况时空变化分析 122

12.1 数据与方法 122

12.2 藏北高原植被变化趋势 123

12.3 藏北那曲地区气候变化趋势 125

12.4 藏北高原植被变化与气候因子关系 129

12.5 藏北高原草地生态状况时空分析 130

第 13 章 藏北高原典型区研究总结与对策 136

13.1 研究总结 136

13.2 藏北草地主要生态环境问题 137

13.3 藏北高原生态环境管理对策 139

第三篇 若尔盖湿地生态状况时空变化遥感监测与评估

第 14 章 若尔盖湿地自然地理与环境问题概况 143

 14.1 地理位置 143

 14.2 地质地貌特征 144

 14.3 气候条件 144

 14.4 生物资源 144

 14.5 水文特征 145

 14.6 社会经济 145

 14.7 生态环境 146

第 15 章 主要数据源及数据预处理 147

 15.1 主要数据源 147

 15.2 图像数据预处理 151

 15.3 土地覆盖分类体系 153

第 16 章 若尔盖湿地生态退化时空格局监测 156

 16.1 若尔盖湿地不同生态退化类型调查 156

 16.2 若尔盖湿地时空变化格局 160

 16.3 若尔盖湿地土地利用时空变化格局 171

 16.4 若尔盖湿地不同生态系统用地时空变化格局 175

 16.5 若尔盖湿地土地沙漠化时空变化格局 181

 16.6 草地退化时空变化格局 187

 16.7 土壤侵蚀估算 190

第 17 章 若尔盖湿地生态系统质量变化评估 194

 17.1 生态系统生产力指数 195

 17.2 区域整体生产能力指数的时间变化特征 195

 17.3 按县域划分的生产能力指数的时空变化特征 196

 17.4 HJ-1 数据估算若尔盖草地 NPP 的潜力评估 197

第 18 章 若尔盖湿地生态系统服务功能评估 204

 18.1 生态系统生态服务功能评价方法 204

 18.2 生态系统生态服务价值变化分析 205

 18.3 敏感度分析 207

 18.4 不同服务功能的价值变化 208

第 19 章 若尔盖湿地生态退化的驱动力 210

 19.1 气候变化 210

 19.2 构造运动 212

 19.3 地表物质 212

 19.4 冻融变化 212

 19.5 人为因素 213

19.6	鼠害虫害	216
19.7	政策影响	216
第 20 章	若尔盖湿地生态退化的环境管理对策	218
20.1	研究总结	218
20.2	若尔盖湿地主要生态退化问题	220
20.3	若尔盖湿地生态退化的生态环境管理对策	222

第四篇 青藏高原气候变化响应研究

第 21 章	青藏高原气候变化特征	227
21.1	数据与方法	227
21.2	青藏高原气候变化特征	228
21.3	小结	241
第 22 章	气候变化对西藏高寒湿地的影响	242
22.1	数据来源与研究方法	242
22.2	结果与分析	244
22.3	小结	255
第 23 章	气候变化对西藏积雪的影响	256
23.1	数据来源与研究方法	256
23.2	结果与分析	257
23.3	小结	268
第 24 章	气候变化对植被的影响	269
24.1	数据与方法	269
24.2	结果分析	272
24.3	小结	276
第 25 章	气候变化对西藏农业的影响	278
25.1	数据来源与研究方法	278
25.2	结果与分析	279
25.3	小结	282
参考文献		283

Contents

Part I Monitoring and Assessment of Spatial-Temporal Ecological Change in the Source Region of Yarlung Zangbo River by Remote Sensing

1	Physiographic Conditions and Socio-Economic Status in the Source Region of Yarlung Zangbo River	3
1.1	Geographical Location	3
1.2	Landforms	3
1.3	Soil	3
1.4	Natural Conditons.....	4
1.5	Socio-Economic Status.....	4
1.6	Eco-Environmental Conditions	4
2	Field Experiment and Remote Sensing Data Processing.....	6
2.1	Field Experiment	6
2.2	Data Source	9
2.3	Remote Sensing Data Pre-Processing.....	10
3	Spectral Characteristics and Classification of Vegetation in the Source Region of Yarlung Zangbo River	13
3.1	Data Processing	13
3.2	Vegetation Information Extraction	15
3.3	Spectral Characteristics of Vegetation	19
3.4	Vegetation Classification	25
4	Assesment of Ecological Status in the Source Region of Yarlung Zangbo River	38
4.1	Materials and Methods	38
4.2	Results and Analysis	42
4.3	Conclusions	43
5	Assesment of Spatial-Temporal Ecological Change in the Source Region of Yarlung Zangbo River	45
5.1	Wind Erosion	45
5.2	Freeze-Thaw Erosion.....	53
5.3	Water Erosion	58
6	Summary and Enviromental Management Strategies.....	62

6.1 Main Conclusions.....	62
6.2 Environmental Challenge	63
6.3 Enviromental Management Strategies.....	64
 Part II Monitoring and Assesment of Spatial-Temporal Ecological Change on the North Tibet Plateau by Remote Sensing	
7 Physiographic Conditions and Socio-Economic Status	69
7.1 Geographical Location	69
7.2 Landforms and Geological Structure.....	69
7.3 Climate and Hydrology Characteristics.....	69
7.4 Soil and Vegetation.....	70
7.5 Socio-Economic Status.....	70
7.6 Eco-Environmental Conditions	72
8 Field Experiment and Remote Sensing Data Processing.....	73
8.1 Field Experiment	73
8.2 Spectral Data Processing	76
8.3 Remote Sensing Data Pre-Processing.....	76
9 Spectral Characteristics of Alpine Grassland on the North Tibet Plateau	80
9.1 Experiment and Methods.....	80
9.2 Spectral Characteristics of Alpine Grassland with Different Vegetation Type	82
9.3 Spectral Characteristics of Alpine Grassland During Different Growth Phase	83
9.4 Conclusions	88
10 Soil Moisture Content Estimation Based on Field Spectral Data	89
10.1 Spectral Characteristics and Soil Moisture Content	89
10.2 Estimation of Soil Moisture Content	92
10.3 Conclusions	108
11 Estimation of Soil Moisture Content on the North Tibet Plateau Using HJ-1 Remote Sensing Images	109
11.1 Data Pre-Processing.....	109
11.2 Spectral Reflectance	114
11.3 Prediction Model and Analysis.....	114
11.4 Topographic Influence	117
11.5 Conclusions	121
12 Assesment of Spatial-Temporal Ecological Change on the North Tibet Alpine Plateau	122
12.1 Data and Method	122
12.2 Trend of NDVI Change	123
12.3 Climate Change	125
12.4 Relationship of Vegetation Change and Climate Change	129

12.5 Spatial-Temporal Ecological Change of North Tibet Alpine Plateau	130
13 Summary and Enviromental Management Strategies.....	136
13.1 Main Conclusions.....	136
13.2 Environmental Challenge	137
13.3 Enviromental Management Strategies.....	139
Part III Monitoring and Assesment of Spatial-Temporal Ecological Change of Ruoergai Wetland by Remote Sensing	
14 Physiographic Conditions and Socio-Economic Status of Ruoergai Wetland.....	143
14.1 Geographical Location	143
14.2 Landforms and Geological Structure.....	144
14.3 Climate Characteristics.....	144
14.4 Biological Resources	144
14.5 Hydrology.....	145
14.6 Socio-Economic Status.....	145
14.7 Eco-Environmental Conditions	146
15 Data and Its Pre-Processing.....	147
15.1 Main Data Sources	147
15.2 Data Pre-Processing of Remote Sensing Images.....	151
15.3 LUCC Classification System.....	153
16 Assesment of Spatial-Temporal Ecological Degradation of Ruoergai Wetland	156
16.1 Field Survey	156
16.2 Spatial-Temporal Change of Wetland Distribution.....	160
16.3 LUCC of Ruoergai Wetland	171
16.4 Spatial-Temporal Change of Ecosystems Distribution.....	175
16.5 Spatial-Temporal Desertification	181
16.6 Grassland Degradation	187
16.7 Soil Erosion Estimation.....	190
17 Ecosystem Quality Assessment of Ruoergai Wetland	194
17.1 Ecosystem Production Index	195
17.2 Temporal Characteristics of Production Index	195
17.3 Spatial-Temporal Characteristics of Production Index.....	196
17.4 NPP Estimation With HJ-1 Data.....	197
18 Ecosystem Service Value and Function Evaluation.....	204
18.1 Evaluation Method of Ecosystem Service Function	204
18.2 Evaluation Method of Ecosystem Service Value.....	205
18.3 Sensitivity Analysis	207
18.4 Change of Ecosystem Service Value of Different Functions.....	208