



三江源

湿地变化与修复

常国刚 李凤霞 李林 等 编著

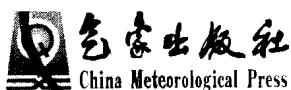


气象出版社

China Meteorological Press

三江源湿地变化与修复

常国刚 李凤霞 李 林 等 编著



内容简介

青藏高原是我国湿地的重要分布区之一,长江、黄河源区沼泽湿地分布范围广大,是世界上海拔最高的沼泽湿地。本书在野外考察的基础上,结合遥感和地理信息技术,对三江源地区的湿地开展了动态监测和评估,揭示了三江源地区湿地退化的事实,并对其退化的原因进行了分析。利用 RegCM-3 区域气候模式,通过改变三江源地区下垫面,定量模拟湿地变化与气候变化的关系,结果表明,湿地减少后将会造成湿地分布集中区域出现气候暖干化趋势,并且这种趋势会随着时间进程缓慢扩大。数值模拟的结果支持了湿地具有冷湿效应的结论。针对三江源地区湿地退化特点,开展了高寒退化湿地修复技术的试验示范,总结了适合三江源地区湿地修复的技术,为三江源湿地修复工程的实施提供了技术方法。

本书可供从事生态环境保护和建设的管理人员、科研和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

三江源湿地变化与修复/常国刚等编著. —北京:气象出版社,2011.1
ISBN 978-7-5029-5135-1

I. ①三… II. ①常… III. ①沼泽化地-研究-青海省 IV. ①P942.440.78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 244618 号

Sanjiangyuan Shidi Bianhua yu Xiufu

三江源湿地变化与修复

常国刚 等 编著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址: <http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:李太宇

封面设计:博雅思企划

责任技编:吴庭芳

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:512 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版

印 数:1~1500 册

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

封面摄影:罗应刚

印 张:20

印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价:50.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

序 言

三江源因中华民族的两条母亲河长江、黄河及著名国际河流澜沧江发源于此而得名。这里分布着我国面积最大、海拔最高的天然湿地，以及湖泊、河流、沼泽、苇地、滩涂等，河流众多、水系纵横，地表水年径流量达 129 亿 m^3 ；三江源区高寒湖泊群 16543 个，总面积 2354 km^2 ，冰川面积 1813 km^2 ，平均每年融水量约 17 亿 m^3 。源区为青藏高原主要的冻土带，地温高、厚度薄，是典型的地热融区，维系着独特的冻土湿地生态系统。源区是我国重要的生态功能区，其独特的高寒植被成为高寒生物自然种质资源库、生物物种形成和演化的中心，每年森林固碳量达 1.4 亿 t；源区还是我国乃至东亚地区天气气候演变的上游和气候变化的敏感区，以冷湿和温（暖）干组合为主，记录着中世纪暖期和小冰期的 3 次冷期和期间的多次暖期。特别是 1961—2008 年该地区以 0.31 $^{\circ}\text{C}/(10\text{ a})$ 、高于全国和全球平均增温的速率升温，其气候、水资源和生态系统的独特性、原始性和脆弱性成为全球气候变化研究的关注点。

近年来，三江源地区的生态保护与建设得到了党中央、国务院的高度重视。2005 年国务院正式批准《青海三江源自然保护区生态保护和建设总体规划》，总投资达 75 亿元。为此，青海省气象部门在国家科技部、国家自然科学基金委员会和青海省科技厅的支持下，承担了《三江源湿地的区域气候生态效应监测评估技术》、《三江源地区湿地——区域气候相互效应分析》和《三江源地区湿地保护修复技术的引进与示范》课题研究任务，加强了对三江源地区气候变化、湿地生态系统的演变规律及其成因的研究，对三江源湿地的区域气候、水文生态效应的科学评估，还开展了退化湿地修复试验，提出了退化湿地修复技术，为三江源地区生态保护和建设工程的实施提供了有力的科技支持，同时也取得了一批科研创新成果。这本 40 余万字的专著，正是这些成果的总结，凝聚了项目组成员的心血。

该书在系统阐述三江源地区自然、地理、社会以及生态系统概况的基础上，全面分析了三江源地区气候变化与生态演变的基本规律和成因，利用区域气候模式（RegCM-3）模拟研究了三江源区湿地变化对区域气候影响，科学评估了三江

源湿地的区域气候水文生态效应，还系统介绍了三江源地区土地利用空间地理数据库和三江源地区退化湿地修复试验及修复效果和推广应用前景。该书的出版，既为三江源地区生态保护与建设工程提供了科学适用的技术方法，也为生态、农业、气象等专业人员了解三江源地区气候变化与生态演变规律、借鉴湿地修复技术提供了很有价值的参考资料，为保护三江源地区生态环境和科学应对气候变化提供了科学依据，具有较高的学术价值和应用价值。我谨向参加这项工作以及为本书出版付出艰辛努力的科技工作者，特别向常年工作在青海特别是三江源地区的气象工作者表示由衷的敬意！

郑国光^{*}

2010年9月于北京

* 郑国光，中国气象局局长，研究员，博士生导师，理学博士。

前 言

湿地是重要的国土资源和自然资源，如同森林、耕地、海洋一样具有多种功能。湿地与人类的生存、繁衍、发展息息相关，是自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一，它不仅为人类的生产和生活提供多种资源，而且具有巨大的环境功能和效益，在抵御洪水、调节径流、蓄洪防旱、控制污染、调节气候、控制土壤侵蚀、促淤造陆、美化环境等方面有着其他系统不可替代的作用，被誉为“地球之肾”，受到全球广泛关注。在世界自然资源保护联盟（IUCN）、联合国环境规划署（UNEP）和世界自然基金会（WWF）世界自然保护大纲中，湿地与森林、海洋一起并称为全球三大生态系统。

中国幅员辽阔，地理环境复杂，气候多样，造就了国际《湿地公约》列出的全部湿地类型，产生了巨大的经济效益、生态效益和社会效益。我国湿地的分布面积及其生物资源在世界上占有重要地位，而且拥有独特的青藏高原湿地。青藏高原是我国湿地的重要分布区之一，特别是长江、黄河等大江大河的源头地区为沼泽湿地集中分布地区。三江源地区地处青藏高原腹地，因中华民族的两条母亲河——长江、黄河以及著名国际河流澜沧江的发源地而得名，总面积 31 万多平方千米，包括玉树、果洛等 5 州 16 个县，是中国面积最大、海拔最高的天然湿地和生物多样性分布区之一，是我国生物物种形成、演化的中心之一，也是国内外科技界瞩目的研究气候和生态环境变化的敏感区和脆弱带。三江源地区气候及生态环境的变化不仅直接影响着当地的资源开发利用和经济建设，而且对全国乃至东亚地区气候变化及生态平衡起着极其重要的作用。三江源区河流密布、湖泊和沼泽众多、雪山冰川广布，是世界上海拔最高、面积最大、分布最集中的地区，区内许多湿地为世界和中国所知名。根据三江源自然保护区天然湿地的水文、生物、土壤等组成要素的基本特征，划分为湖泊型湿地、河流型湿地和沼泽型湿地三个基本类型。三江源独特的地理位置及其自然环境特点，形成了高原湿地生态系统的基本特征，即高原生态系统的独特性、原始性和脆弱性。

近些年来，随着全球气候变暖，三江源地区年平均气温呈上升趋势，同时降水量逐年减少，冰川、雪山逐年萎缩，直接影响三江源地区湿地的水源补给，导致了三江源地区湿地退化，表现为湿地面积萎缩、湖泊数量减少、湖泊水位下降、湖水咸化、内流化和盐碱化、河流流量减少，大面积沼泽因失水而枯竭，泥炭地干燥并裸露，沼泽湿地水源涵养功能降低。此外，三江源地区草场退化、土地沙化、水土流失、冰川萎缩等生态退化现象日益严重，对当地乃至我国经济社会的可持续发展造成了严重影响。

三江源地区生态环境的严峻态势引起了党中央、国务院和青海省委省政府以及社会各界的高度重视。2000年5月,青海省人民政府批准成立三江源自然保护区,同年7月,时任中共中央总书记、中华人民共和国主席的江泽民同志亲笔题写了“三江源自然保护区”碑名,表明中国对生态环境保护 and 建设的决心。2005年1月,国务院正式批准实施《青海三江源自然保护区生态保护和建设总体规划》,投资75亿元在三江源地区实施生态和建设工程。工程建设的主要内容包括生态保护与建设项目、农牧民生产生活基础设施建设项目、支撑项目三大类20项子工程。其中湿地保护工程投资1.12亿元,保护规模 $10.675 \times 10^4 \text{ hm}^2$,该工程的实施对三江源地区高寒湿地生态系统保护和综合治理具有十分重要的意义。

为了给三江源地区高寒湿地保护和修复提供科学依据和技术支撑,青海省气象局原局长常国刚、青海省气象科学研究所所长李凤霞、中国气象科学研究院郭安红先后从国家科技部、青海省科技厅和国家自然科学基金委员会申请科研项目,分别主持了国家科技部科研院所社会公益研究项目《三江源湿地的区域气候生态效应监测评估技术》(2005DIB3J109)、三江源地区生态和建设工程科技支撑项目《三江源地区湿地保护修复技术的引进与示范》(2006-S-3)和国家自然科学基金项目《三江源地区湿地——区域气候相互效应分析》(40405022),开展了大量的科学研究、试验工作,取得了一批科研创新成果。

本书共分为九章及附录中的20篇论文,对三江源地区气候变化特征、湿地动态变化与原因、湿地变化对区域气候影响、高寒湿地修复技术的试验示范与推广进行了较为详尽的阐述,其目的就是为三江源地区湿地保护和综合治理提供基础资料和技术方法。

本书撰稿人员:第1章由李凤霞、肖建设撰写;第2章由李林、戴升、朱西德撰写;第3章由李凤霞、伏洋、肖建设、李林编写;第4章由郭安红、高素华、王兰宁、刘玲、纪玲玲撰写;第5章由郭安红、吴素霞、严应存、李凤霞编写;第6章由肖建设、校瑞香、严应存撰写;第7章由周秉荣、张国庆、颜亮东、李英年、才仁扎西、耿小平撰写;第8章由周万福、颜亮东、李英年、雷生栋、李国山、林峰撰写;第9章由周秉荣、李凤霞撰写。统稿由李凤霞、常国刚担任。

在本书编辑出版过程中,得到了青海省气象局、青海省科技厅、中国气象科学研究院、中国科学院高原生物研究所和气象出版社的大力支持和帮助。在项目实施过程中,玉树藏族自治州气象局、果洛藏族自治州玛多县气象局给予了大力协作,为试验数据的采集提供了人员和交通保障。周华坤、李甫、刘安花、马宗泰、夏书克、黄晓明等同志参与部分缩写工作,在此一并表示感谢!

编著者

2010年11月

目 录

序言

前言

第 1 章 三江源地区概况	(1)
1.1 三江源行政区域与地理位置	(1)
1.2 三江源地区自然环境概况	(2)
1.3 三江源地区社会环境概况	(3)
1.4 三江源地区生态系统类型及其主要特征	(4)
1.5 三江源地区环境演化态势及原因	(7)
第 2 章 1961—2009 年三江源地区气候变化的基本事实	(13)
2.1 资料来源及处理	(13)
2.2 气候变化分析	(14)
2.3 三江源地区主要气象灾害	(23)
第 3 章 三江源地区湿地动态变化与成因	(29)
3.1 湿地的概念	(29)
3.2 三江源地区湿地概况	(30)
3.3 湿地的生态服务功能和退化特征	(34)
3.4 湿地动态变化研究方法	(36)
3.5 三江源地区湿地动态变化	(48)
3.6 三江源地区湿地变化与气候条件的关系	(56)
第 4 章 三江源地区湿地变化对区域气候影响的数值模拟分析	(68)
4.1 三江源地区气候变化及其与湿地的相互作用	(68)
4.2 利用 RegCM-3 模式模拟三江源地区气候的可行性分析	(72)
4.3 理想试验	(75)
4.4 敏感性试验	(77)
第 5 章 三江源地区湿地的区域气候水文生态效应及气候健康性评价	(83)
5.1 三江源地区湿地的区域气候水文生态效应	(83)
5.2 三江源地区湿地健康的气候评价	(87)
第 6 章 三江源地区土地利用空间地理数据库	(93)
6.1 地理信息数据库研究现状	(93)
6.2 数据库设计目标及系统的环境条件	(96)
6.3 数据库的技术实现	(96)
6.4 地理数据库建设	(98)
6.5 系统建设	(100)
6.6 数据库系统的功能	(102)

第 7 章 三江源地区退化湿地修复试验	(105)
7.1 国内外研究进展	(105)
7.2 退化湿地恢复策略	(106)
7.3 高寒退化湿地修复技术选择	(107)
7.4 三江源湿地修复试验设计	(108)
第 8 章 三江源地区湿地修复效果分析	(115)
8.1 人工增雨补水型湿地修复技术效果	(115)
8.2 封育减畜型湿地修复技术效果	(122)
8.3 引水灌溉型湿地修复技术效果	(129)
8.4 人工建植型湿地修复技术效果	(137)
第 9 章 三江源地区湿地修复效益与推广	(142)
9.1 三江源地区湿地修复技术成本及投入产出效益	(142)
9.2 三江源地区湿地修复技术的推广	(145)
附录 论文	(149)
青海气候变化对生态与环境的影响.....	(149)
近 43 年来三江源地区气候变化趋势及其突变研究	(155)
三江源地区湿地变化及区域气候的变化.....	(162)
黄河源区湿地变化与气候变化的关系研究.....	(167)
黄河源区湿地萎缩驱动力的定量辨识.....	(175)
黄河源区地表水资源变化及其影响因子研究.....	(184)
21 世纪以来黄河源区高原湖泊群对气候变化的响应	(193)
近年来黄河源头地区一玛多县湖泊变化研究.....	(201)
长江源头湿地消长对气候变化的响应.....	(208)
三江源区湿地变化对区域气候影响的数值模拟分析.....	(219)
青海省天然草地退化及其环境影响分析.....	(233)
江河源地区草地变化特征及水土保持功能评价.....	(246)
青海省草地生态环境变化态势及驱动力分析.....	(254)
长江、黄河源区土壤水分动态变化规律	(264)
黄河源头生态环境变化的遥感监测及驱动因素.....	(271)
高寒沼泽湿地土壤水分对放牧强度的响应研究.....	(279)
人工增雨补水型湿地修复技术研究.....	(283)
灌溉对高寒草原植被群落影响的实验研究.....	(289)
三江源地区极端气候事件演变事实及其成因探究.....	(295)
青藏高原典型生态环境评价方法研究——以青海省玛多县为例.....	(302)

第 1 章 三江源地区概况

1.1 三江源行政区域与地理位置

长江、黄河、澜沧江源地区通称“三江源”地区，位于青藏高原腹地的青海省南部。西、西南与新疆维吾尔自治区、西藏自治区接壤，东、东南和四川省、甘肃省毗邻，北与本省海西蒙古族藏族自治州、海南藏族自治州的共和、贵南、贵德 3 个县及黄南藏族自治州同仁县相邻。地理位置介于北纬 $31^{\circ}39'$ — $36^{\circ}16'$ ，东经 $89^{\circ}24'$ — $102^{\circ}23'$ 之间。行政区域包括果洛藏族自治州的玛多、玛沁、达日、甘德、久治、班玛 6 个县，玉树藏族自治州的称多、杂多、治多、曲麻莱、囊谦、玉树 6 个县，海南藏族自治州的兴海、同德 2 个县，黄南藏族自治州的泽库、河南 2 个县以及格尔木市代管的唐古拉山乡，共 16 个县，128 个乡（镇），679 个行政村（见图 1.1）（《三江源自然保护区生态保护与建设》编辑委员会，2007）。

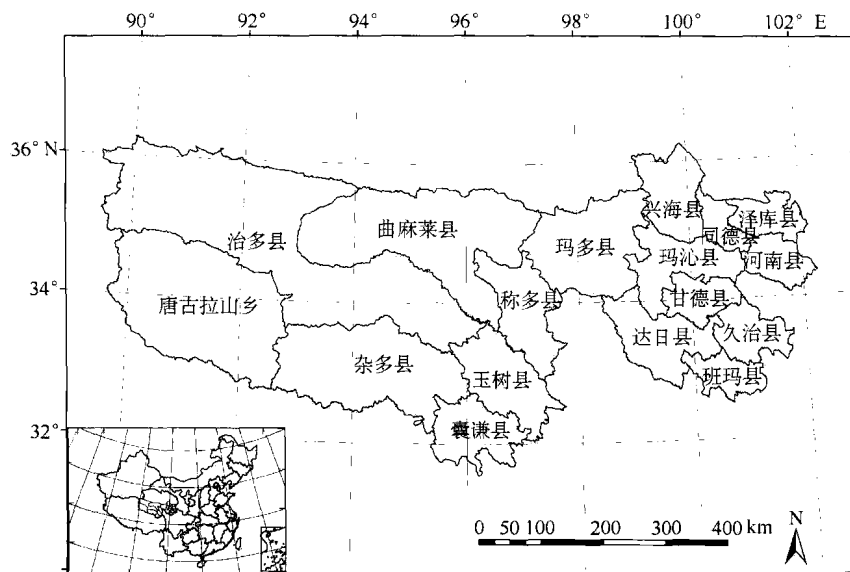


图 1.1 三江源自然保护区行政区域与位置图

黄河流域包括玛沁、甘德、同德、兴海、泽库、河南县全部及久治、达日、玛多县大部分和称多、曲麻莱县小部分，流域面积 $16.72 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占三江源自然保护区面积的 46.1%，黄河干流全长 5464 km，青海省境内干流长 1959.1 km；长江流域包括治多、班玛县全部及称多、曲麻莱、玉树县、唐古拉山乡大部分，流域面积 $15.85 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占三江源自然保护区面积的 43.6%，长江干流全长 6300 km，青海省境内干流长 1217 km；澜沧江流域包括囊谦县全部及杂多县大部分和玉树县小部分，流域面积 $3.74 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占三江源自然保护区面积的

10.3%，澜沧江干流全长 4600 km，青海省境内长 448 km。

1.2 三江源地区自然环境概况

1.2.1 地理气候

三江源地处青藏高原腹地，其南北边缘分别为唐古拉山脉和昆仑山脉，其间为可可西里和巴颜喀拉山脉及其相间的山谷盆地。南缘唐古拉山脉，最高峰为长江源头海拔 6621 m 的各拉丹东，北缘昆仑山脉，最高峰为海拔 6860 m 的布喀达坂峰，东北缘阿尼玛卿山脉最高峰为海拔 6282 m 的主峰玛积雪山。山地之间为宽阔的宽谷湖盆带，有楚玛尔河、沱沱河、黄河等东西方向纵横区内，还有扎陵湖、鄂陵湖、可可西里湖等嵌布其中。

三江源气候属典型高寒大陆性气候，气候极为寒冷，具有气温低、降水少而集中、风大等特点。气温的分布主要取决于海拔高度和纬度的高低，其次也与局部地形有关，三江源年平均温度在 -5.4°C （五道梁） $\sim 4.1^{\circ}\text{C}$ （囊谦）之间，稳定通过 0°C 的积温少，如玛多和五道梁 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温分别为 $744.7^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 和 $450.6^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 。年平均降水量在 274.8 （五道梁） ~ 748.4 （久治）mm 之间。年平均风速为 1.0 m/s （玉树） ~ 4.5 （五道梁） m/s 。

1.2.2 地貌类型

三江源地貌类型由海拔 6000 m 以上的极高山，海拔 4000 m 以上的高山，到高海拔丘陵台地和平原三大基本地貌类型组成，主要地貌形态是起伏和缓的高原夷平面。由于未受到青藏高原强烈隆起所造成的河流溯源侵蚀影响，因此三江源地形起伏相对较小，特别是西部可可西里地区相对高差只有 300~600 m。地貌组合在南北方向呈现山地与河谷湖盆相间现象，东西方向表现为东南部流水与冰川作用的地貌较强。根据各类地貌组合的区域分异，李炳元（1996）曾将该区西部概括为五大地貌分区：昆仑山中、大起伏高山区；长江源小起伏高山宽谷盆地区；可可西里—巴颜喀拉山丘状高原湖盆区；唐古拉山极大起伏极高山区；祖尔肯乌拉山中、小起伏高山谷地区。各地貌带皆受地质构造控制，呈近东西和西西北走向。

1.2.3 水资源

长江、黄河、澜沧江均发源于青海省南部高原，水资源得天独厚。三江源区地表水年径流量为 $129.05 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，地下水资源为 $53.14 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。人均水资源量 $45.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，相当于全国人均水资源量 2300 m^3 的 200 倍（三江源自然保护区生态环境编委会，2002）。

三江源冰川资源丰富，其中长江源区冰川储量达 $1496.04 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；澜沧江源区冰川储量 $124.75 \times 10^8 \text{ m}^3$ ；黄河源区冰川储量 $191.95 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。三江源区冰川平均每年融水量约 $17.02 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，成为三江源自然保护区干支河流的重要补给水源。

三江源各河道不仅水量丰富，而且具有坡陡流急的特点，蕴藏的水力资源十分可观，但因其地域高寒，交通闭塞，故开发利用难度较大。本区水力资源理论蕴藏量达 $161.82 \times 10^4 \text{ kW}$ 。可开发的水力资源：长江源区可建水电站 11 座，装机容量 $23.97 \times 10^4 \text{ kW}$ ，年发电量 $12.34 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ ；黄河源区可建水电站 35 座，装机容量 $3.19 \times 10^4 \text{ kW}$ ，年发电量 $1.29 \times$

$10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$; 澜沧江源区可建水电站 2 座, 装机容量 $9.8 \times 10^4 \text{ kW}$, 年发电量 $4.54 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。其资源主要分布在长江源区通天河上段、南源当曲、北源楚玛尔河; 黄河源区卡日曲、玛曲、卡日曲河口至黄河沿段、多曲及勒那曲; 澜沧江源区扎曲干流。

1.2.4 土壤类型

三江源地貌和自然地理过程比较年轻, 气候条件特殊, 地面寒冻分化作用强烈, 土壤发育过程缓慢, 成土作用时间短, 土壤比较年轻, 质地粗, 沙砾性强, 其组成以细沙、岩屑、碎石和砾石为主。三江源土壤类型分为 14 个土类, 28 个亚类。在三江源东南缘山地河谷、峡谷区向高原面过渡地带, 土壤为灰褐土, 升至高原面, 土壤为高山灌丛草甸土和高山草甸土, 向西北深入土壤依次出现高山草甸土—高山灌丛草甸土—高山草甸土—高山草原草甸土—高山草原土—高山荒漠草原土的水平地带性变化规律。土壤垂直带谱结构为灰褐土—高山草甸土—高山碎石带或高山寒漠土。愈向高原西部和西北部深入, 带谱愈趋简单, 高山草甸土几乎占据了高山碎石带以上的全部空间。进入高山草原带, 垂直带谱基本仅由高山草原土—高山寒漠土组成。除按水平和垂直分布规律分布的主要土壤外, 在黄河、长江源区的玛多县、玛沁县和可可西里等地, 还形成了大面积的沙漠化土地, 发育了风沙土。

1.2.5 植被类型

植被是特定自然环境中各种生态要素相互作用的综合反映。三江源的植被类型主要有高寒草原、高寒草甸和高山冰缘稀疏植被。高寒草原是三江源分布面积最大的植被类型, 还可以细分出紫花针茅草原、青藏苔草草原、扇穗茅草原、早熟禾草原、镰叶韭草原等。唐古拉山北坡、长江源一带、东部山地垂直分布的高寒草甸, 主要有高寒嵩草草甸、无味苔草—唐古拉点地梅草甸、垂穗披碱草草甸和藏北嵩草草甸等。高寒荒漠仅在局部地区有小面积分布。沼泽草原、高山河谷甸甸灌丛和垫状植被类型也有零星分布。植被群落中优势度最大的植被分属于禾本科、莎草科、豆科、菊科、石竹科和报春花科六大科。除了高寒荒漠和河谷灌丛外, 三江源区所有植被类型的建群种和优势种都是这几个科的植物。

总的来看, 三江源自然保护区作为全球高海拔地区的一个独特的自然环境, 有一系列迥然不同于低海拔环境的基本自然特征, 即地势高亢, 自然地理过程年轻; 空气稀薄, 太阳辐射强, 气温低, 日温差大; 现代冰川、冻土发育, 冰缘、寒冻风作用普遍; 独特的高原动植物区系的生态效应; 垂直自然带普遍与水平地带紧密结合; 地旷人稀, 人为因素对自然环境的影响相对较弱, 区内自然植被演替、河流湖泊的演变等自然过程基本保持着原始的天然状态。

1.3 三江源地区社会环境概况

三江源自然保护区国土总面积为 $3181.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占青海省国土总面积的 44.1%。其中, 耕地(包括园地) $4.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占保护区总面积的 0.14%; 林地 $382.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (其中, 有林地 $22.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 疏林地 $4.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 灌木林地 $87.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 其他用地 $267.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$), 占保护区总面积的 12.01%, 森林覆盖率为 3.45%; 天然草地面积 $2112.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占保护区总面积的 66.40%; 水域 $76.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占保护区总面积的 2.39%; 其他用地面积

$606.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占保护区总面积的 19.06%。三江源自然保护区内现有人口 69.7 万人, 以藏族为主, 占总人口的 90% 以上, 其余为汉族、回族、撒拉族、蒙古族等, 约占全区总人口的 10%。人口密度每平方千米 2.19 人。

据《青海统计年鉴(2008)》, 2007 年三江源自然保护区国内生产总值 456134 万元, (其中, 第一产业 244492 万元, 占该区国内生产总值的 53.60%; 第二产业 88819 万元, 占 19.47%; 第三产业 122823 万元, 占 26.93%)。在第一产业中, 牧业产值 206557 万元, 占保护区第一产业总产值的 84.48%。地方财政收入 192235 万元, 农牧民人均纯收入 1547~3436 元。牧业是保护区内各县(乡)的主导产业, 也是其经济的主要来源。工业以加工业、采掘业、原料工业和手工业为主。由于保护区地域辽阔, 地形复杂, 交通不便, 人口稀少, 经济文化落后, 牧民仍延续着半定居、半游牧的生活方式, 传统的生活方式束缚了全区经济的进一步发展。目前 16 个县中除兴海县以外, 其余 15 个县均为贫困县, 其中国家级贫困县 7 个, 分别为泽库、玉树、囊谦、杂多、治多、甘德、达日; 省级贫困县 8 个, 分别为同德、河南、称多、曲麻莱、玛沁、玛多、班玛和久治。

近年来, 由于党和政府高度重视区域经济发展, 加快了三江源地区的交通、通信建设步伐。现在已有宁果公路、214 国道、青藏公路等主干公路与各县及部分乡间公路形成公路网。各县都建立了卫星地面接收站, 安装了程控电话, 与西宁邮电中心连接起来, 形成邮电通信网络。但是我们也必须看到, 一些地区路况依然较差, 通行不畅。大部分牧民居住分散, 无电可用, 更无通信条件可言。目前, 各县都有医院和防疫站, 乡有卫生所, 牧委会有卫生员, 初步形成三级医疗体系, 但缺医少药现象仍然严重, 直接为农牧民服务的医疗体系亟待加强。经过 50 多年的不懈努力, 各县、乡都设有学校, 部分贫困地区学生的衣、食、住、行及各种教育费用均由国家负担。由于居住分散, 牧民接受教育的意识比较淡薄, 适龄儿童入学率仍比较低, 农牧民中文盲半文盲的比例还比较高。农牧民文化科技素质低是制约三江源地区经济发展的主要原因之一。

1.4 三江源地区生态系统类型及其主要特征

生物多样性是生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总称, 它包括数以万计的动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与生存环境形成的复杂的生态系统(中国科学院生物多样性委员会, 1994)。生物多样性包括生态系统多样性、物种多样性、遗传多样性等层次。生物多样性是人类赖以生存和发展的物质基础, 它不仅为人类提供了食物、能源、健康等基本需求, 同时对维护区域生态平衡、调节气候环境以及促进区域可持续发展等具有重要的意义。

1.4.1 生态系统类型

生态系统多样性是指生物圈内生境、生物群落和生态过程的多样化以及生态系统内生境差异、生态过程变化的惊人的多样性(中国科学院生物多样性委员会, 1994)。三江源地处青藏高原, 跨越暖温带和温带气候带, 加上海拔高度的垂直变化, 致使地貌类型丰富、气候环境多样、生境变化复杂, 从而形成了三江源自然保护区丰富而独特的生态系统多样性, 主要包括森林生态系统、草原生态系统、草甸生态系统、湿地生态系统、农田生态系统等。

1.4.1.1 森林生态系统

森林是地球上重要的生态系统类型之一,它是在湿润、半湿润的环境条件下发育形成的,具有涵养水源、保持水土、调节气候、防治风沙等方面的生态功能。青海是一个森林资源贫乏的省份,森林覆盖率仅为2.5%,其中乔木林仅为0.35%,居全国末位。三江源自然保护区有林地面积 $22.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$,疏林地面积 $4.9 \times 10^4 \text{ hm}^2$,灌木林地面积 $87.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$,森林覆盖率3.45%。森林生态系统类型主要有针叶林、阔叶林和灌丛植被等类型。

(1)针叶林:是指以针叶树种为建群种所构成的森林类型。三江源自然保护区的针叶林主要有寒温性常绿针叶林。针叶树种主要有青海云杉、川西云杉、祁连圆柏、大果圆柏等。针叶林主要分布于三江源自然保护区的东南部山地。

(2)阔叶林:是指以阔叶树种为建群种所构成的森林类型。三江源自然保护区的阔叶林以温带落叶阔叶林为主。阔叶树种主要有白桦、红桦、山杨等,阔叶树种所构成的天然次生林在本区的南部山地均有分布。在上述地区,阔叶树种和针叶树种形成有针阔叶混交林。

(3)灌丛:是指以灌木为建群种所组成的植被类型。灌丛是三江源自然保护区广泛分布的森林生态系统类型,可划分为温性灌丛和高寒灌丛两大类。高寒灌丛的优势种主要有头花杜鹃、百里香杜鹃、山生柳、金露梅、鬼箭锦鸡儿等。温性灌丛的优势种主要有沙棘、小檗、水柏枝等。

森林生态系统的野生动物种类十分丰富,属于国家重点保护的动物有白唇鹿、马鹿、马麝、林麝、雪豹、小熊猫等。森林中常见的鸟类有藏马鸡、蓝马鸡、血雉、雉鹑、红腹锦鸡、高原山鹑、石鸡等。

1.4.1.2 草原生态系统

草原是陆地生态系统的重要类型之一,它是在半干旱、半湿润的环境条件下发育形成的,由多年生草本植物所组成的植被类型。草原是三江源自然保护区草地畜牧业的重要物质基础,并且具有涵养水源、保持水土、防治风沙等生态功能。本区的草原划分为两大类型:即温性草原和高寒草原。前者较小,主要分布于本区东北部的兴海、同德等河谷滩地以及黄河谷地等,其优势植物有长芒草、西北针茅、短花针茅、芨芨草、蒿等;后者分布广泛,集中于本区北部、西北部和昆仑山内部山地,主要优势种有紫花针茅、青藏苔草、扇穗茅、冷蒿等。

草原生态系统的野生动物种类很多,许多种类具有青藏高原特色。兽类动物有藏野驴、野牦牛、藏羚、藏原羚、棕熊、白唇鹿、岩羊、赤狐、喜马拉雅旱獭、高原鼠兔等。鸟类种类丰富,猛禽类如大鵟、兀鹫、胡兀鹫、红隼、猎隼、玉带海雕等,百灵类有角百灵、小云雀等。

1.4.1.3 草甸生态系统

草甸生态系统是在湿润、半湿润环境条件下形成的生态系统类型,植物群落组成以中生多年生草本植物为主。三江源自然保护区的草甸生态系统主要为高寒草甸,它是在高寒气候环境下的特殊产物,由寒冷中生多年生草本植物为优势种,以嵩草属植物为典型代表,如矮嵩草、高山嵩草、线叶嵩草等。

高寒草甸生态系统的野生动物种类有藏野驴、棕熊、野牦牛、雪豹、藏原羚、藏羚、白唇鹿、岩羊、高原鼠兔、高原鼯鼠、喜马拉雅旱獭等。鸟类种类丰富,猛禽类如大鵟、兀鹫、胡兀鹫、玉带海雕、红隼等。

1.4.1.4 湿地生态系统

湿地是地球上具有独特生态功能的景观生态类型,它通常是指陆地上常年或季节性积水和过湿的土地,并与其生长、栖息的生物种群构成的独特生态系统。根据三江源自然保护区天然湿地的水文、生物、土壤等组成要素的基本特征,划分为湖泊型湿地、河流型湿地和沼泽型湿地三个基本类型。并根据湿地植物优势种的差异,即水生、沼生和湿生植物划分为水生植被、沼泽植被和沼泽草甸三大类型。

湿地生态系统的野生动物以鸟类和鱼类动物为主,其种类十分丰富。鸟类动物有黑颈鹤、斑头雁、鱼鸥、棕头鸥、鸬鹚、赤麻鸭、红脚鹬、普通燕鸥、普通秋沙鸭、金鸕、长嘴百灵等;鱼类动物有花斑裸鲤、黄河裸裂尻鱼、小头裸裂尻鱼、骨唇黄河鱼、拟硬刺高原鳅、细体高原鳅、细尾高原鳅、长鳍高原鳅、裸腹叶须鱼等。

1.4.1.5 农田生态系统

农田生态系统是指由人工植被及其生态环境所组成的非自然生态系统。三江源自然保护区的农田生态系统面积很小,主要分布在兴海、同德、玉树等县的局部地区。根据灌溉条件,划分为水浇地和坡旱地两种类型。本区现有各类农田耕地面积 $4.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。种植的粮油作物主要有青稞、油菜等。

农田生态系统的野生动物种类十分贫乏,多数为伴人动物种类,如麻雀等。

1.4.1.6 城镇生态系统

城镇是具有一定规模的工业、交通运输业、商业聚集、人口集中的区域,它与人类社会经济密切相关。城镇生态系统明显不同于其他自然生态系统,出于人们美化环境、景观游览以及休闲娱乐等需要,观赏动植物种类相对集中,绿化的乔灌木树种形成若干生物多样性保护基地。

城镇生态系统的野生动物种类相对贫乏,多为伴人动物种类,如麻雀、小家鼠等。

1.4.2 生态系统多样性基本特征

三江源独特的地理位置及其自然环境特点,形成了高原生态系统多样性的基本特征,即高原生态系统的独特性、原始性和脆弱性。

1.4.2.1 独特性

高寒生态系统及其景观生态类型是青藏高原独特的生态系统类型,其典型类型有高寒草甸生态系统、高寒湿地生态系统、高寒草原生态系统、高寒垫状稀疏植被生态系统等。高寒生态系统是在青藏高原独特的环境条件下,经过长期演化和发展而形成的,在青藏高原隆升以及气候环境演变过程中表现出独特的分布特征和发展趋势。从生态系统的生物种类组成来看,许多动植物种类为青藏高原特有种或主要分布于青藏高原地区,国家级珍稀保护的动物如野牦牛、藏原羚、藏羚、雪豹、藏野驴等,代表植物如川西云杉、大果圆柏、紫花针茅、青藏苔草以及多种嵩草属植物等。

1.4.2.2 原始性

三江源是青藏高原的重要组成部分,平均海拔在 3600 m 以上,大部分地区海拔在 4000 m 以上,有些山峰海拔高达 6000 m 以上。三江源许多高原地区的生态类型和自然景观受人类

活动的干扰很少,处于自然原始状态。由于地域辽阔、山脉众多、河流湖泊广布、地形地貌复杂、气候环境多样等,其生态系统具有明显的多样化特点。原始的景观生态类型具有丰富的美学价值。

1.4.2.3 脆弱性

三江源自然保护区的高寒生态系统十分脆弱,主要表现为生态系统结构简单、生产力水平低、稳定性差和自我恢复能力弱等特点,容易因外界因子的干扰和破坏而发生变化,恢复难度极大且恢复过程极其缓慢。以高寒草地生态系统为例,高寒草原是指耐寒、抗旱的多年生丛生禾草、根茎苔草和小半灌木为优势种所形成的植物群落,是青藏高原典型的地带性高寒植被类型(中国植被编委会,1980)。其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。一方面,在干旱、严寒、多风等气候环境条件下,容易因地表植被的干扰和破坏而出现沙漠化过程;另一方面,高寒草原生态系统一旦遭到破坏,生态系统恢复极为困难和缓慢,有时甚至是不可逆转的。高寒嵩草草甸是指以耐寒、多年生、密丛、短根茎、地下芽的嵩草属植物为优势形成的植物群落类型,是青藏高原典型而独特的生态系统类型(周兴民等,2001)。在寒冷、多风以及冻融作用下,土壤类型为高山草甸土,土层较薄,经常形成草毡层。由于高寒嵩草草甸生物量低,冻融侵蚀过程强烈,草地过度放牧后可出现草场退化,地表植被破坏之后形成黑土型退化草地。草地生态系统的恢复极为困难。

1.5 三江源地区环境演化态势及原因

1.5.1 三江源地区环境演化总体态势

三江源地区生态环境的演变和发展既受到大环境暖干化趋势的控制和影响,又受到人为不合理活动而引发和促进的区域生态环境问题的发生发展。从区域大尺度的环境演变情况分析,包括三江源在内的青藏高原气候暖干化发展趋势日益明显(汤懋苍等,1998)。自20世纪70年代以来,青藏高原气温持续转暖,特别是冬季升温幅度较大、气温年较差逐年缩小的趋势日趋明显。气候暖干化的发展变化,首先是引起区域生态环境要素的改变,主要表现在植被退化、冻土和冻土环境退化以及土地荒漠化的发展等方面。植被的退化在三江源自然保护区十分普遍,虽然植被的退化与众多因素相关,尤其是人为活动强度较大地区的植被退化,既有气候等自然环境条件改变所导致的原因,又有人为活动对植物退化的影响。从总体上来看,气候条件变化所导致的植被演替发展的漫长过程一直在持续进行,并且日趋严重地表现出来。例如,中国科学院西北高原生物研究所对华扁穗草群落的调查结果表明,由于冻土环境以及冻土的退化,土壤水分迅速减少,原积水区腐殖质露出地面,表层土壤干燥,湿生、中生的华扁穗草群落逐步退缩,由湿生、中生的列氏嵩草和中生型的矮嵩草群落所替代,而原有的矮嵩草群落也逐步演变为高山嵩草群落,高山嵩草群落演变为沙生苔草群落,这种演替变化十分明显,并且呈现大区域范围的演变(赵新全,2009)。说明气候条件的变化对区域植被的控制影响是明显和持续性的。从生态学角度分析,植被的演替变化是植物种对环境适应和进化的发展,是不以人的意志为转移的客观生态发展规律,在一定时期内人类很难直接控制和影响它。因此,在三江源自然保护区生态环境保护 and 建设中,对于自然环境条件引起的生态环境的变异和发展,

应当给予足够的重视和关注,加强对生态环境的科学监测,以预警预报生态环境的演变趋势和动态;在工程措施上应当加强对现有植被和生态环境的保护,并且建设系统调控工程,抗御自然环境演变所导致的生态恶化,防治区域生态环境的进一步恶化和发展。同时,配合退耕还林还草工程的实施,人工恢复与建设植被,扩大植被的覆盖度,保持生态环境的稳定,促进生态环境的良性化发展。

人为活动对三江源自然保护区生态环境的影响主要体现在:一是畜牧业生产发展中的超载放牧,造成牧草休养不足,生机减弱,进而导致植被退化,生态环境变劣;二是人们生产、生活活动直接破坏植被引起的生态环境的退化。超载放牧对区域植被的影响是持续性的,自20世纪60年代以来,受到“左”倾思想的影响,追求牲畜的存栏数,导致了天然草地的承载力高于其理论承载力;80年代以后,虽然畜牧业生产的政策和经营理念有了较大的改进,特别是实行加快畜群周转、提高商品率等方式使得天然草地的压力有所降低,但是草地的退化趋势仍然保持较高的速率。从生态学、生态系统理论和植物生理学角度分析,生态系统的演变是一个循序渐进的过程,植物的演替变化也是周期性的,因此,目前天然草地的放牧压力虽然有所降低,但是生态环境恶化的过程仍然在持续。这种生态环境的演变特征在三江源自然保护区普遍存在。要改变这种恶化趋势也必须有一个过程,土地养分的积累和植物群落的演替都要有一个周期性的过程。从理论上讲,目前三江源自然保护区植被退化的人为影响因素仍然是历史时期的直接或间接影响导致的植被生机退化所造成的。因此,要改变目前本区植被退化的人为影响因素,首先,必须严格控制草地的放牧压力,保障牧草植被的休养,恢复牧草植被的生机,从而彻底遏制人为放牧活动导致的植被退化;其次,必须通过人为的改造性工程措施,加快植被的恢复,保护生态环境的稳定与良性循环。近年来,随着国家对三江源自然保护区生态环境保护和建设力度的加大,本区人为破坏生态环境的情况有了根本性的好转,但是生态环境的局部破坏,仍然时有发生,如春夏季节的采挖药材、滥挖沙金、基础设施工程建设取弃土、采挖建筑砂石料等。局部地区的生态环境恶化趋势在一定时期内仍然存在、且继续发展。因此,人为活动对三江源自然保护区生态环境的影响在一定时期内仍然会以生态环境演变的方式持续发展,但是可以肯定,这种发展趋势将会在人为有意识改善行为方法和模式与建设生态环境中得到全面的遏制,并最终转向良性化趋势发展。

三江源生态环境的演变发展趋势,无论是以大环境背景的控制影响,还是人为活动的干扰影响(包括历史时期的负面影响和现在的不合理方式的负面影响以及生态环境建设改善措施的正向影响)以及影响程度分析,区域生态环境的恶化发展趋势都将会持续一定的时期,这种持续的时段主要是与人为保护建设区域生态环境的方式、力度以及工程的系统性密切相关。在保护与建设力度不足的情况下,生态环境的演变发展将会持续向更加恶化的方向发展,生态环境退化的发展速度将会进一步加快。从现有的研究资料分析,天然草地生态环境的退化将仍然会以每年3%以上的递增速度发展,特别是目前天然草地已经退化发展的地区,其退化发展速度将会进一步递增;目前未发生明显退化地区,其生态环境也将向更加适应大气候暖干化的趋势发展;现有的高寒草甸、湿地、高寒灌丛等生态类型将会进一步萎缩,荒漠、高寒草原的面积将会逐步扩大。这种趋势在三江源自然保护区邻近的青海湖地区已经明显地表现出来,三江源的荒漠化发展趋势亦会与之表现相一致。

三江源生态环境的演变预测分析是一项系统综合性研究,因为本区生态环境的演变和发展既有自然环境要素变迁的综合性影响,同时也有人为不合理活动或不规范活动对生态环境