

“十二五”国家重点图书出版规划项目

典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书

三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理

赵新全 等 著



科学出版社

“十二五”国家重点图书出版规划项目

典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书

三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理

赵新全 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

三江源区是我国重要的生态功能区,具有丰富的水资源与生物资源,生态地位重要,生态环境脆弱,该地区的生态环境退化已引起各方面的广泛关注。本书系统总结了三江源区退化草地生态系统恢复及可持续发展方面的最新成果,内容包括:三江源区的自然概况、气候变化特征及生态系统演变趋势,典型草地植物群落结构、生产力动态及形成过程,草地退化成因、生态过程、恢复机理及治理措施,适宜优良牧草的筛选和人工草地的建植,草原害鼠及其综合控制,放牧对植物物种多样性、植物及家畜生产力的影响,草地资源的合理利用及草地生态系统可持续管理与展望。

本书可供从事草地生态学、恢复生态学、草原管理学、三江源生态环境问题研究的科研人员、高校教师和研究生阅读,亦可供生态环境保护、草地畜牧业生产及区域可持续发展相关部门的管理人员及技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理 / 赵新全等著. —北京:科学出版社, 2010

(典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-03-027059-7

I. 三… II. 赵… III. ①退化草地-草地改良-研究-青海省
②草地-生态系统-研究-青海省 IV. ①S812.8②S812.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 048113 号

责任编辑:李 敏 张 菊 / 责任校对:桂伟利

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 6 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2011 年 6 月第一次印刷 印张: 24.75 插页: 2

印数: 1—1 500 字数: 580 000

定价: 88.00 元

如有印装质量问题, 我社负责调换

《典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书》

编 委 会

主 编 傅伯杰 欧阳志云

副 主 编 蔡运龙 王 磊 李秀彬

委 员 (以姓氏笔画为序)

于洪波 王开运 王顺兵 方江平

吕昌河 刘刚才 刘国华 刘晓冰

李生宝 吴 宁 张 健 张书军

张巧显 陆兆华 陈亚宁 金昌杰

郑 华 赵同谦 赵新全 高吉喜

蒋忠诚 谢世友 熊康宁

《三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理》

撰写成员

主 笔 赵新全

成 员 （以姓氏笔画为序）

马玉寿 王启基 刘 伟 周 立 周华坤

赵 亮 施建军 徐世晓 董全民

总 序

我国是世界上生态环境比较脆弱的国家之一，由于气候、地貌等地理条件的影响，形成了西北干旱荒漠区、青藏高原高寒区、黄土高原区、西南岩溶区、西南山地区、西南干热河谷区、北方农牧交错区等不同类型的生态脆弱区。在长期高强度的人类活动影响下，这些区域的生态系统破坏和退化十分严重，导致水土流失、草地沙化、石漠化、泥石流等一系列生态问题，人与自然的矛盾非常突出，许多地区形成了生态退化与经济贫困化的恶性循环，严重制约了区域经济和社会发展，威胁国家生态安全与社会和谐发展。因此，在对我国生态脆弱区基本特征以及生态系统退化机理进行研究的基础上，系统研发生态脆弱区退化生态系统恢复与重建及生态综合治理技术和模式，不仅是我国目前正在实施的天然林保护、退耕还林还草、退牧还草、京津风沙源治理、三江源区综合整治以及石漠化地区综合整治等重大生态工程的需要，更是保障我国广大生态脆弱地区社会经济发展和全国生态安全的迫切需要。

面向国家重大战略需求，科学技术部自“十五”以来组织有关科研单位和高校科研人员，开展了我国典型生态脆弱区退化生态系统恢复重建及生态综合治理研究，开发了生态脆弱区退化生态系统恢复重建与生态综合治理的关键技术和模式，筛选集成了典型退化生态系统类型综合整治技术体系和生态系统可持续管理方法，建立了我国生态脆弱区退化生态系统综合整治的技术应用和推广机制，旨在为促进区域经济开发与生态环境保护的协调发展、提高退化生态系统综合整治成效、推进退化生态系统的恢复和生态脆弱区的生态综合治理提供系统的技术支撑和科学基础。

在过去 10 年中，参与项目的科研人员针对我国青藏高寒区、西南岩溶地区、黄土高原区、干旱荒漠区、干热河谷区、西南山地区、北方沙化草地区、典型海岸带区等生态脆弱区退化生态系统恢复和生态综合治理的关键技术、整治模式与产业化机制，开展试验示范，重点开展了以下三个方面的研究。

一是退化生态系统恢复的关键技术与示范。重点针对我国典型生态脆弱区的退化生态系统，开展退化生态系统恢复重建的关键技术研究。主要包括：耐寒/耐高温、耐旱、耐

盐、耐瘠薄植物资源调查、引进、评价、培育和改良技术,极端环境条件下植被恢复关键技术,低效人工林改造技术、外来入侵物种防治技术、虫鼠害及毒杂草生物防治技术,多层次立体植被种植技术和林农果木等多形式配置经营模式、坡地农林复合经营技术,以及受损生态系统的自然修复和人工加速恢复技术。

二是典型生态脆弱区的生态综合治理集成技术与示范。在广泛收集现有生态综合治理技术、进行筛选评价的基础上,针对不同生态脆弱区退化生态系统特征和恢复重建目标以及存在的区域生态问题,研究典型脆弱区的生态综合治理技术集成与模式,并开展试验示范。主要包括:黄土高原地区水土流失防治集成技术,干旱半干旱地区沙漠化防治集成技术,石漠化综合治理集成技术,东北盐碱地综合改良技术,内陆河流域水资源调控机制和水资源高效综合利用技术等。

三是生态脆弱区生态系统管理模式与示范。生态环境脆弱、经济社会发展落后、管理方法不合理是造成我国生态脆弱区生态系统退化的根本原因,生态系统管理方法不当已经或正在导致脆弱生态系统的持续退化。根据生态系统演化规律,结合不同地区社会发展特点,开展了生态脆弱区典型生态系统综合管理模式研究与示范。主要包括:高寒草地和典型草原可持续管理模式,可持续农—林—牧系统调控模式,新农村建设与农村生态环境管理模式,生态重建与扶贫式开发模式,全民参与退化生态系统综合整治模式,生态移民与生态环境保护模式。

围绕上述研究目标与内容,在“十五”和“十一五”期间,典型生态脆弱区的生态综合治理和退化生态系统恢复重建研究项目分别设置了11个和15个研究课题,项目研究单位81个,参加研究人员463人。经过科研人员10年的努力,项目取得了一系列原创性成果:开发了一系列关键技术、技术体系和模式;揭示了我国生态脆弱区的空间格局与形成机制,完成了全国生态脆弱区区划,分析了不同生态脆弱区面临的生态环境问题,提出了生态恢复的目标与策略;评价了具有应用潜力的植物物种500多种,开发关键技术数百项,集成了生态恢复技术体系100多项,试验和示范了生态恢复模式近百个,建立了39个典型退化生态系统恢复与综合整治试验示范区。同时,通过本项目的实施,培养和锻炼了一大批生态环境治理的科技人员,建立了一批生态恢复研究试验示范基地。

为了系统总结项目研究成果,服务于国家与地方生态恢复技术需求,项目专家组组织编撰了《典型生态脆弱区退化生态系统恢复技术与模式丛书》。本丛书共16卷,包括《中国生态脆弱特征及生态恢复对策》、《中国生态区划研究》、《三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理》、《中国半干旱草原的恢复治理与可持续利用》、《半干旱黄土丘陵区退化生态系统恢复技术与模式》、《黄土丘陵沟壑区生态综合整治技术与模式》、《贵州喀斯特高原山区土地变化研究》、《喀斯特高原石漠化综合治理模式与技术集成》、《广西

岩溶山区石漠化及其综合治理研究》、《重庆岩溶环境与石漠化综合治理研究》、《西南山地退化生态系统评估与恢复重建技术》、《干热河谷退化生态系统典型恢复模式的生态响应与评价》、《基于生态承载力的空间决策支持系统开发与应用：上海市崇明岛案例》、《黄河三角洲退化湿地生态恢复——理论、方法与实践》、《青藏高原土地退化整治技术与模式》、《世界自然遗产地——九寨与黄龙的生态环境与可持续发展》。内容涵盖了我国三江源地区、黄土高原区、青藏高寒区、西南岩溶石漠化区、内蒙古退化草原区、黄河河口退化湿地等典型生态脆弱区退化生态系统的特征、变化趋势、生态恢复目标、关键技术和模式。我们希望通过本丛书的出版全面反映我国在退化生态系统恢复与重建及生态综合治理技术和模式方面的最新成果与进展。

典型生态脆弱区的生态综合治理和典型脆弱区退化生态系统恢复重建研究得到“十五”和“十一五”国家科技支撑计划重点项目的支持。科学技术部中国21世纪议程管理中心负责项目的组织和管理，对本项目的顺利执行和一系列创新成果的取得发挥了重要作用。在项目组织和执行过程中，中国科学院资源环境科学与技术局、青海、新疆、宁夏、甘肃、四川、广西、贵州、云南、上海、重庆、山东、内蒙古、黑龙江、西藏等省、自治区和直辖市科技厅做了大量卓有成效的协调工作。在本丛书出版之际，一并表示衷心的感谢。

科学出版社李敏、张菊编辑在本丛书的组织、编辑等方面做了大量工作，对本丛书的顺利出版发挥了关键作用，借此表示衷心的感谢。

由于本丛书涉及范围广、专业技术领域多，难免存在问题和错误，希望读者不吝指教，以共同促进我国的生态恢复与科技创新。

丛书编委会

2011年5月

序

三江源地区地处青海省南部高原，总面积 36.3 万 km^2 ，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境内，而获得“中华水塔”的美誉。其中黄河、长江、澜沧江地表径流量的 49%、25% 和 2% 分别来源于此。三江源区分布着我国面积最大、海拔最高的天然高寒湿地；区内冰川资源丰富，是河流湖泊的重要补给水源。三江源地区是我国最重要的生态功能区之一，区内发育有丰富而独特的高寒植被，是高寒生物自然种质资源库，在涵养水源、固碳增汇、维持生物多样性等方面作用显著。由于作为青藏高原主体的三江源地区的热力作用和动力作用在东亚地区初夏大气环流转换过程中起着非常重要的作用，其下垫面植被的变化对于高原东亚季风环流和我国气候的变化有重大影响。正是由于该地区水资源、气候和生态系统的独特性、原始性与脆弱性，使得该地区成为全球变化的敏感区，备受国际科技界瞩目。

近年来在气候变化和人类活动的共同影响下，三江源地区草场退化、土地沙化、水土流失、河流径流量减少、冰川萎缩和湖泊水位下降等生态与水资源问题日益严重，对当地乃至我国社会经济的可持续发展造成了严重的影响，引起党中央、国务院的高度重视。对此，国务院于 2005 年正式批准实施《青海三江源自然保护区生态保护和建设总体规划》，此外即将实施“三江源国家生态保护综合试验区”等项目，这些项目投资大、周期长，具有艰巨性和复杂性，是惠及三江流域乃至全国的宏大生态工程。这些项目工程不仅关系到三江源区人民的利益，更关系到我国经济社会的可持续发展和全面实现小康社会宏伟目标的大局。保护和建设好三江源生态环境，恢复其生态功能，实现区域生态环境良性循环与草地畜牧业的可持续发展，改善农牧民生存条件，提高人民生活水平，是历史赋予我们的光荣使命。

在中国科学院西部行动计划、国家科技支撑计划、青海省科技攻关计划、三江源自然保护区生态保护和建设总体规划等科研与推广项目的支持下，中国科学院西北高原生物研究所、青海省畜牧兽医科学院等科研单位，紧紧围绕恢复生态学的国际学术热点问题和区域社会经济可持续发展的重点进行了长期系统的研究。这些研究以三江源高寒草地生态系统为研究对象，通过国内外有效合作，运用生态学、草业科学、畜牧学、土壤学、气象学、草原管理等学科的系统理论，开展了野外长期监测、定位控制实验和试验示范等方面的研究，并在三江源区的自然概况、气候变化特征及生态系统演变趋势，典型草地植物群落结构、生产力动态及形成过程，草地退化成因、生态过程、恢复机理及治理措施，适宜

优良牧草的筛选和人工草地的建植，草原害鼠及其综合控制，放牧对植物物种多样性、植物及家畜生产力的影响，草地资源的合理利用及草地生态系统可持续管理等方面取得了可喜的进展。

这部专著是高原生态科学工作者们多年研究的系统总结。有些研究成果，诸如草籽生产及加工、退化草地的生态恢复、天然草地及人工草地合理放牧利用、家畜冷季科学补饲及育肥等方面的技术规程，已由青海省质量技术监督局颁布为青海省地方标准。通过研究已经初步建立了三江源区生态保护和可持续发展的配套技术体系，经过实践检验，在三江源草地生态功能恢复和可持续利用方面取得了良好的效果。

这部专著既是以上研究成果的集中反映，也是对我国恢复生态学及区域可持续发展领域的重要贡献。它的出版将为三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理提供重要的理论基础和技术支撑，并对加速恢复三江源区退化生态系统的服务功能、合理利用草地资源、发展草地生态畜牧业、促进三江源区可持续发展，具有重要的理论价值和实践意义。在该书即将出版之际，我很高兴地为之作序，并向长期在高寒草地进行科研和实践工作的科技工作者们表示深深的敬意与祝贺。



中国工程院院士

2011年3月

前 言

在书稿即将完成之际，便开始为新书的前言写些什么而忙碌，不禁浮想联翩。此刻我正在前往北京的飞机上，似乎云端之上的我心绪和思维都变得异常活跃，思绪一下跌进回忆里。时光荏苒，往事早已深深地铭刻于脑海，历历在目，难以忘怀。将时针拨回 1982 年 8 月，那时我刚刚参加工作，带着青春的梦想和一腔热忱，寸草欲报三春晖，与同事们一同乘坐解放牌大卡车前往中国科学院海北高寒草甸生态系统研究站，一路颠簸。当车翻越大阪山时，天突然下起雨来，虽然单位给我们配备了羽绒服，但高海拔缺氧又寒冷的气候，对于我这个来自陕西农村的孩子来说还是一个不小的考验。经过近 10 个小时的车程，终于抵达目的地——海北站（我们习惯了这样简称）。我的老师皮南林先生便详细地介绍了海北站的工作，并手把手地教我开展藏系绵羊的放牧及营养代谢实验，而且告诉我今后家畜方面的野外研究工作主要由我来完成，从此我就与海北站的家畜放牧生态学研究结下了不解之缘：在绵羊及牦牛的食性、食量、体重变化、消化代谢、能量平衡等方面开展研究，同时还与周兴民先生指导的植物组成员联合组成放牧生态研究大组，学到很多植物学方面的知识。一边搞科研，一边“串帐房”、访牧民，了解他们的生产、生活情况，掌握了不少“一线”资料。每天晚饭后的篮球赛和可口免费的牦牛酸奶成为那段青春岁月里令我快乐和满足的事情；连夜寻找丢失的试验羊不慎被困沼泽地的情景也至今让我心惊胆战；冬季在河里破冰打水时水桶粘去手皮见证了青藏高原的寒冷。其间有苦、有乐，也有危险。直到 1999 年，我一直从事放牧生态学及动物营养学研究工作。在此期间一起工作的还有王启基、周立、张松林、赵多琥、史顺海、林亚平、冯金虎等先生。通过研究我们得出青海草地传统畜牧业生产效率低下、过度放牧是草地退化的主要原因，鼠害是草地退化的结果而不是原因，草地退化引起鼠害，进而加速了草地退化的进程等科学结论，为以后工作的扩展打下了良好的基础。

从 2000 年起，在科学技术部“十五”攻关项目的支持下，我们将工作地域逐步拓展到三江源区。2001 年 4 月在朗百宁、周立、王启基先生的指导下，我们将新的研究工作部署在青南高原玛沁县的军牧场，其间研究团队不断壮大，刘伟、周华坤、徐世晓、赵亮等许多年轻的科学工作者的加入，为我们的团队注入了新的活力，随后青海省畜牧兽医科学院的马玉寿、董全民、施建军、李青云等先生也加入其中，同时，果洛藏族自治州的各级领导及草原站的李有福、李发吉先生也给予了无私的帮助。试验地海拔接近 4000 m，高寒缺氧，条件十分艰苦。我们面对的是一片片杂草蔓延、没有生机的“黑土滩”不毛之

地和凛冽刺骨的狂风、肆虐寒彻的雨雪，但我们大家没有退缩，更坚定了信心和力量去从容面对这些困难。风餐露宿、与牧民同吃住、共度时艰，同志们当时吃面片时那种迷茫无奈、哭笑不得的尴尬表情，成为现在闲暇时相互调侃的话题，亲切而难忘。当年建立了牧草良种繁育、以恢复植被为目的的多年生人工草地，完成了天然草地补播施肥及除莠灭杂、鼠害综合防治、牛羊冬季舍饲育肥等多项试验研究，研究区域约3万亩^①，开了在海拔4000 m大面积建植人工草地的先河，同时建立起气象观测场、增温试验平台、碳通量观测塔等设施，收集了大量的第一手资料。在试验示范工作的基础上，提出了草地退化分等级治理的途径与方法、草地鼠害综合治理的理念，分别完成了草籽生产及加工、退化草地的生态恢复、天然草地及人工草地合理放牧利用、家畜冷季科学补饲及育肥等方面的技术规程编制，提出了“120资源转换”模式。建立“以地养地”的模式是解决草畜之间季节不平衡矛盾的重要措施，也是保证冷季放牧家畜营养需要和维持平衡饲养的必要手段。

2006年起，在国家科技支撑计划、中国科学院西部行动计划、青海省重大科技专项等项目的支持下，我们重新调整研究计划，将生态恢复与区域畜牧业生产紧密结合，争取实现生态环境保护与区域畜牧生产、农牧民致富的双赢。应用生态系统耦合理论及生态学原理，建立了典型草地牧业区、农牧交错区和河谷农业区农牧业生产系统耦合的“三区理论”及相应的生产范式，实现三大效应：时空互补效应、资源互作效应、信息与资金的激活效应。建立了稳定、高产的人工草地，加强冷季补饲，搭起区域间资源流动桥梁，减缓系统间的时空相悖性。证明在三江源区严重退化且难以自然恢复的退化草地建植人工植被是可行的也是必要的，并在三江源东部条件较好的地区建立了20余万亩的人工饲草料基地，结合青干草、青贮、草颗粒及全价颗粒饲料加工的饲草料加工体系和集约化舍饲育肥示范基地，年育肥牛羊20万头（只），牧民的收入得到大幅度提高，初步实现了当初从丹麦回来拟建立青藏高原饲草料基地的梦想。当接过巴滩果洛生态移民新村牧民送来的具有浓郁民族特色的锦旗时，我为之感动，心中是沉甸甸的，这其中有满足、有安慰，更有一份责任。2008年正月初八冒着满天纷飞的大雪与青海省科技厅厅长解源同志再次去果洛新村调研，牧民们渴望致富的眼神和积极生活的热情让我觉得很欣慰，多少年来利用节假日深入牧区牧户、指导生产生活的辛劳顿时化为满心的幸福和自豪，那一刻嘴角露出的是来自心底的微笑。

结合青海生态立省战略的实施及绿色发展的理念，我们定义了草地畜牧业的内涵及发展的三个阶段，即以生态保育为前提的草地生态畜牧业的模式，这是生态畜牧业的初级阶段，适合于自然条件差的广大天然草地区；以资源循环利用为目标的生态畜牧业发展模式，这种生产方式是生态畜牧业的一更高种形式，适应于农牧交错区、退耕还草（林）及有条件建植人工草地的区域；现代健康养殖的有机畜牧业生产方式，这种方式利用区域草

^① 1亩 $\approx 667\text{m}^2$ ，后同。

地畜牧业的环境优势,发展有机畜产品,生产纯天然、高品位、高质量、高附加值的健康肉食品。通过实践,凸显了它的活力,可以说这是青海草地畜牧业发展新的突破,它将实现青海草地畜牧业由量变到质变的跨越。

以上内容均在本书中有所体现。但三江源疆域辽阔,环境异质性大,生物、环境、人类活动相互作用极其复杂,鉴于我们认识自然的手段有限,有“瞎子摸象”之感。可以说本书的出版发行是我们事业的一个新开始。如果现在要我回答一位朋友提出的我何不换个地方工作的疑惑,这可能是原因之一吧。在此要特别感谢与本著作有关的项目专家组成员傅伯杰、欧阳志云、蔡运龙、李秀彬、刘国华等先生及项目主管部门的解源、冯仁国、高延林、邢小方、格泽彭措、沈建忠、黄铁青、庄绪亮、赵涛、张超远、黄圣彪、张书军、王磊、柯兵、曹慧、马瑞等同志,感谢他们无私的帮助与亲切的关怀,这本书同样属于他们。

本书的研究得到中国科学院西部行动计划项目“三江源区受损生态系统修复机制及可持续管理试验示范”(KZCX2-XB2-06-02),国家科技支撑计划项目“高寒草地退化生态系统综合整治技术研究”(2006BAC01A02)、“三江源区退化草地生态修复关键技术集成与示范”(2009BAC61B02)、“三江源区适宜性草-畜产业发展关键技术集成与示范(2009BAC61B03)”,“十五”国家科技攻关计划重大项目“江河源区退化草地治理技术与示范”(2001BA606A-02)、青海省重大科技专项“青海省种草养畜技术集成与示范”(2009A1-1),中国科学院院士咨询评议项目“三江源国家生态保护综合试验区生态经济发展中的若干重大问题研究”(2009-0405-3)等项目支持。中国科学院北海高寒草甸生态系统研究站、中国科学院西北高原生物研究所三江源草地生态系统观测研究站、中国科学院高原生物适应与进化重点实验室、青海省寒区恢复生态学重点实验室为本研究提供了先进的研究平台和完备的实验条件,在此一并致谢!

书稿本该在四年前就完成,但总觉得需要完善的东西太多,便一拖到今,深感遗憾和歉意。本书各章的写作主笔分别为:第1章徐世晓、赵新全;第2章周立、周华坤;第3、4章王启基、周华坤;第5章王启基、赵亮;第6章马玉寿、施建军;第7章刘伟;第8、9、10章董全民、赵新全;第11章赵新全、周华坤、董全民、徐世晓。在书稿统稿过程中,周华坤、董全民、徐世晓、赵亮等做了大量的工作,显示出年轻人的活力和智慧,从他们身上,我看到了三江源生态恢复及区域可持续发展的未来与希望。

本书内容涉及多方面,由于笔者才疏学浅,对问题的认识不尽完善,难免有不足之处,恳请读者批评指正。

赵新全

2011年1月10日

目 录

总序

序

前言

第1章	三江源区的自然概况	1
1.1	地质地貌	1
1.2	气候	5
1.3	水文特征	9
1.4	土壤	10
1.5	植被	13
1.6	野生动物	20
第2章	三江源区气候变化特征及其生态系统演变趋势	23
2.1	自然景观演化	23
2.2	三江源区气候变化特征	24
2.3	生态系统变化及演变趋势	34
2.4	三江源区草地退化驱动力分析	36
第3章	典型草地植物群落结构、生产力动态及形成过程	44
3.1	高寒草甸主要类型植物群落结构特征	44
3.2	高寒草甸生物量动态及其形成机制	57
第4章	高寒草甸草地退化成因、生态过程及恢复机理研究	85
4.1	草地退化与恢复的概念及其研究进展	86
4.2	草地退化现状及其退化类型	90
4.3	草地退化原因	93
4.4	高寒草地退化机理与生态过程	108
4.5	退化草地恢复演替进程	122
第5章	三江源区高寒草甸退化草地治理模式	127
5.1	天然草地退化程度及恢复技术	127
5.2	退化草地治理技术的筛选及其特点	133
5.3	轻度退化草地治理模式	135
5.4	中度退化草地治理模式	137
5.5	重度退化草地治理模式	138
5.6	退化草地治理效果分析	139
5.7	退化草地综合治理模式	144
第6章	适宜优良牧草的筛选与人工草地建植	145
6.1	优良牧草的筛选与评价	145

6.2 优良牧草的生物生态学特性及栽培要点	151
6.3 人工草地的建植与管理	158
第7章 草地害鼠及其综合控制	171
7.1 主要害鼠的生物学特征	171
7.2 草地害鼠爆发原因及危害特点	176
7.3 草地害鼠防治技术	181
7.4 草地鼠害的综合防治——以三江源区高原鼠兔为例	187
第8章 放牧对草地生产力及生物多样性的影响	197
8.1 放牧演替及其发生机制	198
8.2 放牧对草地植物生产力的影响	200
8.3 放牧对牧草品质的影响	216
8.4 放牧对植物多样性的影响	223
第9章 放牧对家畜生产力的影响	230
9.1 自然放牧下家畜采食量及生产力变化	230
9.2 天然草地放牧家畜个体增重	241
9.3 天然草地放牧家畜单位面积增重	244
9.4 人工草地放牧牦牛个体增重	245
9.5 人工草地牦牛单位面积增重	247
第10章 三江源区草地资源合理利用	249
10.1 天然草地资源的合理放牧利用	249
10.2 人工草地的合理放牧利用	258
10.3 草产品加工技术	262
10.4 牦牛和藏系绵羊暖棚舍饲育肥	275
第11章 三江源区草地生态系统可持续管理与展望	289
11.1 生态系统可持续管理的概念、原理和方法	289
11.2 三江源区草地生态系统可持续管理的原则	290
11.3 生态系统耦合理论及其应用	295
11.4 生态畜牧业理论及其实践	302
11.5 草地生态系统可持续管理展望	311
参考文献	320
附件	338
附件1 高寒草甸中、轻度退化草地植被恢复技术规程	338
附件2 “黑土型”退化草地等级划分及综合治理技术规程	343
附件3 “黑土型”退化草地（黑土滩）人工植被建植及其利用管理技术规范	347
附件4 高寒草甸牦牛放牧利用技术规程	353
附件5 高寒人工草地牦牛放牧利用技术规程	359
附件6 高寒牧区藏羊冷季补饲育肥技术规程	364
附件7 高寒牧区牦牛冷季补饲育肥技术规程	371

第 1 章 三江源区的自然概况

1.1 地质地貌

三江源区位于青藏高原腹地，是青藏高原的主体部分，地理位置介于东经 $89^{\circ}24'$ ~ $102^{\circ}41'$ 、北纬 $31^{\circ}39'$ ~ $36^{\circ}16'$ 。古近纪 - 新近纪末逐渐由海洋抬升成为陆地，在新近纪时高原隆升高度不高，甘肃、新疆一带还多是草原，山区较湿润，有森林分布。到中更新世晚期，高原及西北众多的山脉已隆升至相当高度，这时的准高原面在青藏高原地区达到 3000 m 左右，对水汽的阻滞作用显著，下沉气流强盛，致使我国西北大部分地区出现大片荒漠，到第四纪新构造运动时随着青藏高原继续隆起，形成古代侵蚀地貌。昆仑山及其支脉的巴颜喀拉山、阿尼玛卿山和唐古拉山脉构成了三江源区的骨架，海拔 3335 ~ 6564 m，平均海拔约 4000 m，其间由一系列相间分布的高山、沟谷、盆地等组成，并分布有冰川、裸岩、高寒荒漠、草甸、湿地、湖泊与河流。区域内原始自然植被及其富含有机质的土壤使其水源涵养功能显著，素有“中华水塔”之称，长江总水量的 25%、黄河总水量的 49%、澜沧江总水量的 15% 均来自三江源区（任继周和林慧龙，2005）。它不仅是我国中下游地区水源和生态环境安全的保障，而且对东南亚国家生态安全和区域可持续发展也具有不容忽视的作用。

1.1.1 三江源区范围界定

从行政区划来看三江源区西部以新疆维吾尔自治区为界，南部紧邻西藏自治区，东部、东南部与甘肃省和四川省毗邻，北以青海省海西藏族自治州，海南藏族自治州的共和县、贵南县、贵德县及黄南藏族自治州的同仁县为界（图 1-1）。



图 1-1 三江源区行政区划图

行政区域包括果洛藏族自治州的玛多县、玛沁县、达日县、甘德县、久治县、班玛县6个县；玉树藏族自治州的称多县、杂多县、治多县、曲麻莱县、囊谦县、玉树县6个县；海南藏族自治州的兴海县、同德县2个县；黄南藏族自治州的泽库县、河南县2个县；以及格尔木市代管的唐古拉山乡，共16个县，109个乡（镇），679个行政村（表1-1）。

表1-1 三江源区所辖州、县、乡（镇）名录

州名	县名	乡（镇）名
玉树藏族自治州	玉树县	结古镇、隆宝镇、下拉秀镇、仲达乡、巴塘乡、小苏莽乡、上拉秀乡、安冲乡
	囊谦县	香达镇、毛庄乡、娘拉乡、乱扎乡、吉曲乡、着晓乡、吉尼赛乡、东坝乡、杂羊乡、觉拉乡
	称多县	称文镇、歇武镇、扎朵镇、清水河镇、珍秦镇、拉布乡、杂朵乡
	治多县	加吉博洛格镇、索加乡、扎河乡、多彩乡、治渠乡、立新乡
	杂多县	萨呼腾镇、昂赛乡、结多乡、阿多乡、苏鲁乡、查旦乡、莫云乡、扎青乡
	曲麻莱县	约改镇、巴干乡、秋智乡、叶格乡、麻多乡、曲麻河乡
果洛藏族自治州	玛沁县	大武镇、拉加镇、大武乡、东倾沟乡、雪山乡、下大武乡、优云乡、当洛乡
	班玛县	赛来塘镇、达卡乡、吉卡乡、知钦乡、玛柯河乡、多贡麻乡、江日堂乡、亚尔堂乡、灯塔乡
	达日县	吉迈乡、上红科乡、下红科乡、桑日麻乡、特合土乡、建设乡、满掌乡、窝赛乡、德昂乡、莫坝乡
	久治县	智青松多镇、索乎日麻乡、哇赛乡、门堂乡、哇尔依乡、白玉乡
	玛多县	扎陵湖乡、黑河乡、黄河乡、花石峡镇
	甘德县	柯曲镇、江千乡、青珍乡、下贡麻乡、上贡麻乡、下藏科乡、岗龙乡
黄南藏族自治州	河南县	优干宁镇、宁木特乡、赛尔龙乡、柯生乡、多松乡
	泽库县	泽曲镇、宁秀乡、和日乡、王家乡、多禾茂乡、多福顿乡、西卜沙乡
海南藏族自治州	同德县	秀麻乡、唐干乡、谷芒乡
	兴海县	中铁乡、龙藏乡、温泉乡、曲什安乡
海西蒙古族自治州	格尔木市	唐古拉山乡

目前在三江源区生态环境研究中，关于三江源区范围有两种比较典型的观点：一种是以地理概念上的流域干流水文网形成的河源区为范围，即黄河源区以多石峡为界，长江源区以楚玛尔河汇合口为界，澜沧江以玉树藏族自治州杂多县为界，认为无论是生态环境研究或者自然地理、水文方面的研究，均应该恪守“源区”的地理限制；另一种是以宏观自然区划为基础，认为龙羊峡水库以上的区域应为黄河源区，该界线与青藏高原同季风气候区和干旱区的分界线接近；直门达水文站以上区域为长江源区。黄河流域生态环境研究的源区不应仅局限在多石峡以上地带，应该以达日县境内的麦多唐宫玛峡为界，以上区域为生态环境研究的黄河源区，该区域大致位于 $33^{\circ}00' \sim 35^{\circ}35'N$ 及 $96^{\circ}00' \sim 99^{\circ}45'E$ 的范围，