

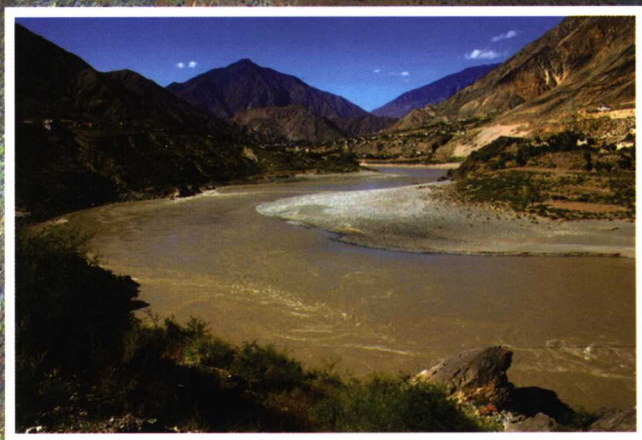
生态科学与环境问题研究丛书



流域生态系统的生态保护 及其数字化管理

——以云南金沙江流域为例

杨树华 王宝荣 王崇云 著
彭明春 朱翔 闫海忠



科学出版社
www.sciencep.com

生态科学与环境问题研究丛书

流域生态系统的生态保护 及其数字化管理 ——以云南金沙江流域为例

杨树华 王宝荣 王崇云 著
彭明春 朱翔 闫海忠

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以金沙江流域(云南部分)为例,在大量实地考察和生态学研究的基礎上,对金沙江流域的生态特征和生态系统组合规律,流域生态保护及数字化管理的内容、方法和步骤进行了全面深入的论述;在实地研究的基础上,对以3S技术和计算机技术为支撑建立的流域生态保护数字化管理的决策支持系统进行了介绍。

本书为流域生态系统的生态保护和建设、数字流域建设和生态管理提供了科学依据和模式,为西部大开发中长江上游地区的生态保护提供了科学依据和相关技术支撑,对从事流域生态保护和建设、环境管理、遥感与地理信息系统、空间决策支持系统等工作的科研和教学人员以及相关农、林、环保工作人员和技术管理干部有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

流域生态系统的生态保护及其数字化管理:以云南金沙江流域为例/杨树华等著. —北京:科学出版社,2006

(生态科学与环境问题研究丛书)

ISBN 7-03-017340-6

I. 流… II. 杨… III. ①流域—生态环境—环境保护 ②流域管理
IV. ①X171.4 ②P343

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 055009 号

责任编辑:马学海 韩学哲 吴伶俐 王国华/责任校对:曾茹

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>

涿海印刷有限责任公司印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年7月第一版 开本:B5(720×1000)

2006年7月第一次印刷 印张:14 插页:4

印数:1—2000 字数:260000

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)



作者简介

杨树华 1951年11月生。教授，博士生导师。1982年获云南大学生态学硕士学位，1995年获博士学位。现为云南大学生态学与地植物学研究所所长，云南省生态学会理事。主要从事生态学和景观生态学的科研和教学工作，主持完成研究项目15项。撰写、参与撰写或翻译的著作主要有《滇池流域的景观格局与面源污染控制》、《环境与植物生态学》、《可持续发展评判》、《植物生态学》等5部，发表论文40余篇。所主持完成的项目中，有2项获云南省科技进步二等奖，3项获云南省科技进步三等奖。

本丛书列入云南大学生态学国家级重点学科建设学术著作及教材编写规划中，并由其资助出版

《生态科学与环境研究丛书》
编辑委员会

顾 问 姜汉侨 朱维明 王焕校 金振洲 杨一光
吴玉树 党承林

主 编 段昌群

编 委 段昌群 何大明 杨树华 吴兆录 欧晓昆
陆树刚 苏文华

英文编辑 Cindy Q. Tang (唐勤)

编 务 刘嫦娥 常学秀 彭明春 闫海忠

丛书序

生态学研究生物与环境之间的相互关系，包括环境对生物的影响、生物对环境的适应及对环境的改造。生物与生物之间、生物与环境之间相互作用，协同发展，共同进化，形成包括人类在内的所有生命赖以生存和发展的支持系统，即生态系统。人作为生态系统中的一个重要组成部分，已经成为影响全球生态系统变化的重要力量，从生态系统中随意获取资源引起生态破坏，随意排放废弃物导致全面的环境污染，其后果已影响到所有生态系统乃至全球生物圈的稳定性和健康发展，退化的生态环境反过来又制约了包括人类在内的所有生命体系的生存和发展。如何应用和发展生态学的理论与方法，认识自然生态系统发展变化的规律，明确人类社会干扰自然生态过程的机制，探讨长久地维持自然界服务人类的资源支持能力和环境保障能力，是生态科学解决环境问题、服务可持续发展战略的重要突破口和着力点。

在人口众多、资源禀赋先天不足的我国，当前经济高速发展、社会全面进步，资源短缺、环境恶化的问题日益凸显。生态学及其相关学科，甚至整个社会都处在围绕资源与环境问题开展“生态环境救亡”的运动中，生态学面临机遇和挑战。全社会的普遍关注成为生态学发展的动力，而生态学工作者如何按照学科自身的特点开展深入的研究工作，为解决当前人类面临的资源与环境问题提供知识储备和思想智慧，并推进人类逐步形成生态思维、打造可持续发展的理论高地，就成为生态学工作者应尽的责任和义务。

生态学的研究对象具有很强的区域性，而发展生态学理论和方法也正需要从具有不同时空特点的生态现象和生态问题中着手。云南地处我国西南边疆，低纬度高海拔、连接青藏高原与中南半岛，特殊的地质、地形、地貌、气候条件使之成为我国生态环境最复杂、多样、敏感的区域，也是生物多样性十分丰富、生态功能极其重要的区域；同时，云南地处众多大江大河的上游，在维护我国生态安全、保护生物多样性等方面，承担着不可替代的责任。伴随西部大开发、国家能源基地、中国面向东南亚和南亚通道的建设，保护与发展之间的矛盾十分突出。云南的生态环境是中国乃至世界生态环境及其变化的一个缩影，既保存有各种各样最原始的自然-经济-社会形态，又因经济突飞猛进的发展，生态环境正发生着跃迁性的变更，未来的发展在保护与开发方面将面临艰难的选择，生态环境将面临众多的变数，这已引起国内外众多科研机构的高度关注，也成为世界性的生态学研究热点区域和重要疆场。目前已有 10 多项国家重要研究计划针对云南的资源与环境问题在进行研究，20 多个国际组织进入此地开展相关调研和分析。

为了结合国际生态学的学科前沿推进我国生态学的研究工作，解决云南经济社会发展中存在的资源与环境、保护与开发之间的矛盾，云南大学在生态学国家级重点学科建设的过程中，依托几代云南大学生态学者研究积累的基础数据和对云南复杂生态环境问题的认识与理解，进行初步归纳和整理，编写出版《生态科学与环境问题研究丛书》。这套丛书涉及的生态环境问题大多是国家和省级有关部门下达的科研课题所探讨的内容，这些成果可为国内相关研究提供基础资料，也为区域生态环境保护和可持续发展提供科学依据。组织编写这套丛书仅是我们促进相关研究工作的初步尝试，希望得到广大专家和学科同仁们的帮助和支持，并不吝提出宝贵意见。

云南大学生态学国家级重点学科建设委员会

2005年9月

前 言

本书在云南省重点科技攻关项目“金沙江流域(云南部分)生态保护和建设决策支持系统研究”研究报告的基础上修改完成。

生态保护和建设是维护国家和地区的生态安全、实施可持续发展战略的坚实基础。云南省为多山高原，处于大江大河的上游地区，山高坡陡，河谷切割深，生态系统极为脆弱，生态建设的任务尤为繁重。

金沙江位于长江的上游，金沙江流域的生态保护和建设对于维护长江流域的生态安全具有极为重要的意义。对金沙江流域的生态保护和建设，云南省委、省政府一直给予高度重视。20世纪80年代中期以来，组织实施了“云南省重点国有天然林资源保护工程”和“金沙江流域生态治理工程”等重要生态保护和建设项目。

对于政府及国土管理部门来说，生态保护和建设决策的合理性主要取决于两个方面的因素：一是数据的准确性、系统性和全面性；二是决策方案和决策手段的科学性。长期以来，有关部门、高等院校以及科研院所在金沙江流域的生态环境状况调查方面做了不少工作，但由于受部门、环节、学科以及研究方法和手段的限制，资料分散，缺乏综合性和可比性，难以为管理部门提供流域生态保护和管理的决策依据。

为此，云南省发展与改革委员会1999年将“金沙江流域(云南部分)生态保护和建设决策支持系统”列为云南省重点科技攻关研究项目，项目采用国土资源管理部门与科研院所相结合的方法，由云南省发展与改革委员会地区经济发展处和云南大学生态学与地植物学研究所承担，云南大学生态学与地植物学研究所主持，云南省环境科学研究院、云南省国土资源研究室、云南省发展与改革委员会农村经济处和中国人民解放军信息工程大学参加共同完成。

项目以流域的水土保护和植被恢复为核心，以遏制水土流失为主线，以地理信息系统(GIS)、遥感(RS)和全球定位系统(GPS)为技术依托，通过对典型地段的实地研究，分析流域的生态保护与土地利用的关系，全面建立金沙江流域生态环境现状及其变化状况的数据库和图形库，研制流域生态保护和动态管理的决策支持模型，开发流域生态保护的计算机管理系统，为有关决策部门的管理提供科学依据。

在项目进行过程中，致力于推动流域生态保护和建设的规范化、数字化和服务化目标，取得了以下重要成果：

1) 构建了“数字金沙江”框架,实现了金沙江流域(云南部分)生态保护和建设的数字化管理

项目采集、处理、分析和整合了云南省金沙江流域的数字化海量空间基础信息,其中包括:流域内 49 个县市(区)的 1:250 000 基础地理信息;典型研究区域 1:50 000 基础地理信息;LandSat 7 号卫星 20 世纪 80 年代和 90 年代两个时段全波段的高分辨率卫星影像及采用影像数据判读形成的土地利用类型和植被类型的空间数据图;社会经济基本信息、自然灾害、人口、水文、交通、地形地貌、自然状况、生物资源、珍稀濒危物种、重要植被类型等的数字化信息、文本资料及多媒体数据。

系统共集成基础地图、现状专题数据、遥感数据和专题数据共 49 个图层,数据量达 15.182GB。建立了大比例尺空间数据库,共 23 个图层、58 个图形文件,实现了资源管理和生态保护与建设的辅助决策支持。所有数字化信息可进行网络访问和客户端的实时信息提取与分析,可构建模型进行智能化的决策支持,并在集成的数据系统内实现实时的 3D 显示、叠加和飞行等虚拟可视化操作。项目获取的数字化信息为建立“数字金沙江”搭好了基本框架,实现了“数字金沙江”的第一步。

2) 创建了适合于云南高山峡谷地区植被遥感判读的交互式方法

流域植被和土地利用状况的遥感判读是流域生态保护和建设的关键空间基础信息,是进行流域生态环境评价、生态保护和植被重建恢复、流域生态安全与生态服务功能动态监测的基础和始发点。遥感判读的准确性,直接关系到流域生态保护和建设的成功与否。

在目前使用的遥感判读研究方法中,一般使用目视解译和监督分类两种方法。金沙江流域自然条件复杂、地形地貌多样,仅采用某一种方法进行流域的遥感判读是不适用的,特别是在对遥感判读的植被分类系统、上图单元和判读方法的选择上。项目组通过反复摸索、实践和验证,摸索出一整套基于 3S 技术、在云南高山峡谷地区适用的交互式遥感判读方法,总结出能满足流域生态保护和建设的遥感植被判读上图单元,规范了流域植被和土地利用遥感判读的技术路线和方法。

3) 率先研发了具有自主知识产权的“生态保护与建设空间决策支持系统”

在“数字金沙江”的框架下,研发和构建了具有自主知识产权的 GIS 平台。项目研制的“金沙江流域生态保护和建设决策支持系统”,基于 PowerMap 空间数据显示控件和 EagleEye 控件,通过编程提供决策支持所需的空间数据的显示、查询和分析功能。以 Access/SQL Server 数据库技术为基础,将所有地理空间信息以数据库存储管理,通过基本的局域网技术、数据库存储技术,既实现了网络应用,对普通办公室也有着很强的适应能力。

由于基础控件是具有自主知识产权的国产软件,系统完全脱离国外软件的应用环境,在 Windows 平台上即可安装运行,且功能齐全、内容丰富、界面友好、

操作简单、运行环境成本低廉，并通过外挂模块整合，实现决策支持，为用户节省了巨额的软件投入。在政府及有关资源管理部门中具有较好的推广应用价值。

在项目研究过程中，一直得到著名生态学家、云南大学前副校长、云南大学生态学与地植物学研究所所长姜汉侨教授的指导和帮助。书稿完成后，姜汉侨教授审阅了全部书稿，提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心感谢。

中国人民解放军信息工程大学华一新教授、吴升博士、李永宏博士，云南省环境科学研究院贺彬院长、李卓卿工程师、朱云燕工程师，云南大学生态学与地植物学研究所欧晓昆教授，云南大学汤芝兰副教授，云南省昆明市政府研究室许英处长等都参加了项目的研究工作，在此一并表示感谢和歉意。

流域的生态保护和建设及其数字化管理涉及面广，本书仅以金沙江流域(云南部分)的实践进行初步系统探索，难免出现疏漏和错误，敬请读者不吝批评指正。

作 者

2006年4月

目 录

丛书序

前言

1 概论	1
1.1 流域生态系统与生态保护	1
1.1.1 流域生态系统	1
1.1.2 流域生态保护	2
1.1.3 “数字流域”与生态保护的数字化	4
1.2 金沙江流域(云南部分)生态保护的数字化管理	5
1.2.1 生态保护目标	5
1.2.2 生态管理目标	8
2 金沙江流域的自然环境特征	9
2.1 地理位置和地质地貌	9
2.1.1 地理位置	9
2.1.2 地质地貌	10
2.2 水文状况	11
2.2.1 河流水系	11
2.2.2 降雨	14
2.2.3 径流	15
2.3 土壤	15
2.3.1 主要土壤类型	15
2.3.2 分布规律	20
3 金沙江流域的生态环境状况	22
3.1 植被景观特征及其分布规律	22
3.1.1 植被发育的自然环境特征	22
3.1.2 植被的特点	23
3.1.3 主要植被类型	26
3.1.4 植被分布规律	35
3.1.5 云南金沙江流域的植被分区	38
3.2 土地利用状况	38
3.2.1 土地资源特点	38
3.2.2 土地利用现状	39

3.2.3	土地利用模式	40
3.3	主要生态灾害	46
3.3.1	洪涝灾害	46
3.3.2	旱灾	48
3.3.3	水土流失	51
3.3.4	其他灾害	55
3.3.5	主要生态灾害对社会经济发展的影响	58
4	金沙江流域的生态功能区划	64
4.1	生态功能区划目标	64
4.1.1	生态功能区划的概念	64
4.1.2	生态功能区划的目的	64
4.2	生态功能区划的原则和依据	65
4.2.1	生态功能区划的原则	65
4.2.2	区划等级和依据	66
4.3	区划方法和系统	69
4.3.1	区划的方法	69
4.3.2	区划系统	70
4.4	功能区分类概述	71
4.5	生态保护和建设的重点区域	75
5	金沙江流域的生态环境变化及评价	90
5.1	以植被为主要标志的生态环境变化	90
5.1.1	植被景观类型及其生态潜力的评定	90
5.1.2	植被人为影响和破坏现状分析	96
5.2	土地利用变化	103
5.2.1	土地利用变化状况	103
5.2.2	土地利用变化与社会经济发展的关系分析	106
5.3	生态状况综合评价	108
5.3.1	生态综合评价的指标体系	108
5.3.2	评价标准	111
5.3.3	评价方法	113
5.3.4	评价结果分析	113
6	生态保护和建设决策支持系统	122
6.1	系统设计的依据和原则	122
6.1.1	系统设计的理论依据	122
6.1.2	决策支持系统设计的原则	123
6.2	决策支持系统总体设计	123

6.2.1	系统概述	123
6.2.2	系统体系结构	124
6.2.3	系统功能设计	127
6.2.4	系统数据库逻辑设计	128
6.2.5	外挂模块	134
6.3	系统研发技术路线	135
6.3.1	网络空间决策支持系统开发	135
6.3.2	数据库的建立	136
6.4	植被和土地利用数据的获取	136
6.4.1	植被和土地利用判读上图单元	137
6.4.2	影像处理	141
6.4.3	训练样本与监督分类	147
6.4.4	动态变化分析	154
7	生态保护决策支持系统建设	158
7.1	系统数据库建设	158
7.1.1	系统数据库内容	158
7.1.2	数据来源	158
7.1.3	空间数据库	159
7.1.4	表格数据库	165
7.2	查询分析	168
7.2.1	自然环境特征查询	168
7.2.2	三维地形显示	169
7.3	生态保护综合评价系统	169
7.4	水土流失预测系统	173
7.4.1	预测模型	173
7.4.2	预测系统	174
7.4.3	预测结果	174
8	典型区域生态保护决策支持案例	183
8.1	区域选择	183
8.1.1	流域上游的三坝地区	183
8.1.2	流域中游的掌鸠河流域区	184
8.1.3	流域下游的大山包地区	185
8.2	决策支持模块的实现流程	185
8.2.1	实现流程	185
8.2.2	决策支持模型	185
8.3	天然林保护的决策支持	188

8.3.1	生态保护目标	188
8.3.2	结果分析	188
8.4	草场保护决策支持	191
8.4.1	生态保护目标	191
8.4.2	结果分析	191
8.5	退耕还林(草)决策支持	192
8.5.1	决策目标	192
8.5.2	结果分析	193
8.5.3	退耕还林树种林种配置的建议和措施	195
参考文献		202
图版		

1 概 论

1.1 流域生态系统与生态保护

1.1.1 流域生态系统

流域，指陆地上被分水线所限的集水区域，是一个从源头到河口有径流注入的水文单元，是典型的自然生态系统，在地域上有明确的边界。

流域作为一个整体，是以水分的运动为中心，实现能量流动、物质循环和信息传递的开放系统。流域生态系统可以划分为生命和非生命两个亚系统：生命系统是指流域内的动物、植物、微生物等多种生命有机体的集合，是生态系统的主体；非生命系统主要是自然界诸多物理与化学要素的集合，是生态系统中生命活动所必需的物质来源。通过水分的传递和运输，把流域的生物要素和环境要素有机地结合起来。其中，生物群落是流域生态系统的核心，它决定着系统的物质和能量的转换，形成生产力、能量活动特征和强度以及流域生态系统的外貌景观。

作为水分主要来源的大气降水，在陆地部分的运动受到的地表阻力，包括诸多因素的影响，如海拔高度、岩石的抗蚀性、植被的覆盖度、土壤层的结构等，这些因素间的相互关系和它们的时空分布决定了流域的结构和功能。

同时，流域系统中还包含着人口、环境、资源、物资、资金、科技、政策和决策等基本要素。各要素以社会需求为动力，通过社会、经济和自然再生产相互制约、相互交织，构成了一个复合的系统，其中自然是基础，经济是命脉，社会是主导。

近年来，随着流域生态问题的日益突出，许多国家和地区都以流域为单元，对流域生态系统进行了生态和环境问题的研究。

流域生态系统的研究在两个层次上展开：第一层次，将整个流域视为一个水陆相结合、相互作用的大系统，关注流域内不同组成子系统之间的物质能量流动规律；第二层次，研究流域内各主要组成系统的结构和功能，如河网、湖泊、自然植被、农田、城市等，关心这些系统本身的物质和能量流动规律及其在流域整体中的作用。通过研究流域系统的结构和功能，在摸清流域生态系统各参数的基础上，对流域生态系统进行实验性的管理。

在流域内，由于水动力的作用，水、土及其所含的各种物质元素，逐级搬运、

沉降、堆积，并发生物理的、化学的和生物的变化，以此来影响社会经济生活。因此，水土流失一直是受到高度关注的问题。大量的水土流失，使地表植被破坏，土壤的各种物质通过水分流动汇集到江河湖海，破坏了水体的各种功能。例如，水体的富营养化，可以认为是与 N、P 物质在流域生态系统内运动的过程中，发生空间错位阻滞和时间上的节律变态有关。N、P 是陆地生态系统是必不可少的营养物质，但由于诸多不合理的人为活动，N、P 失控地流失到水体中，造成陆地生态系统为了维持生产力而不得不日益扩大对 N、P 的需求，而水体之中却聚集了大量的 N、P，造成污染。

研究区域的可持续发展，包括环境保护、生态修复、土地利用变化的影响、洪涝灾害等问题，无不与流域内物质的输移和生物地球化学作用相关，流域上、中、下游各区段相互作用的过程研究，也可在以河流(湖泊)为物质输移的通道中寻找根源。因此，以流域空间为单元是进行各要素相互作用机理定量化的最佳边界确定方法。

1.1.2 流域生态保护

人类社会的可持续发展归根结底是人与自然协调发展的问題。生态系统管理是合理利用和保护资源，实现可持续发展的有效途径。随着全球资源与环境问题的日益突出，生态系统管理已经成为当代科学发展的新热点。通过对不同类型和不同尺度的生态系统的有效管理，不仅可以维持有序的生态系统水循环、养分循环、碳循环和生物进化等生态学过程，保护物种和生态系统多样性，维持生态系统生产力和环境服务功能的可持续性，同时也是调节自然资源的循环再生和持续利用的关键环节。

流域生态学以生态学理论为指导，以流域为单元，作为整治环境、发展经济的指导，已经在国内外的重大实践中取得了明显成效。如俄罗斯伏尔加河、第聂伯河流域，美国的密西西比河、哥伦比亚河流域，欧洲的莱茵河流域，南亚的恒河流域，中国的长江中下游低丘滩地、江西鄱阳湖流域、长江三峡库区等的生态系统工程，都是为流域中陆地和水体的合理开发利用决策提供了理论依据，成为为区域的社会经济可持续发展做出贡献的成功范例。

20 世纪 90 年代前后，生态学的发展开始注意区域或全球环境问题，研究人类对自然生态系统的控制管理，研究如何以可持续发展的理念来设计生物圈的可持续利用计划，设计世界经济秩序，保护人类共同的未来，提出了生态系统管理的思想和行动计划。这标志着人类由以往的对地圈、生物圈、大气圈以及地球生态系统变化的被动适应，开始走向实施有意识调节和管理的新阶段。

对于人们所处的地球，流域是涉及人类发源和生存的基本组成部分。文化的形成以及人口的集中、财富的集中、城镇的发展，都是从流域开始的。因此，以