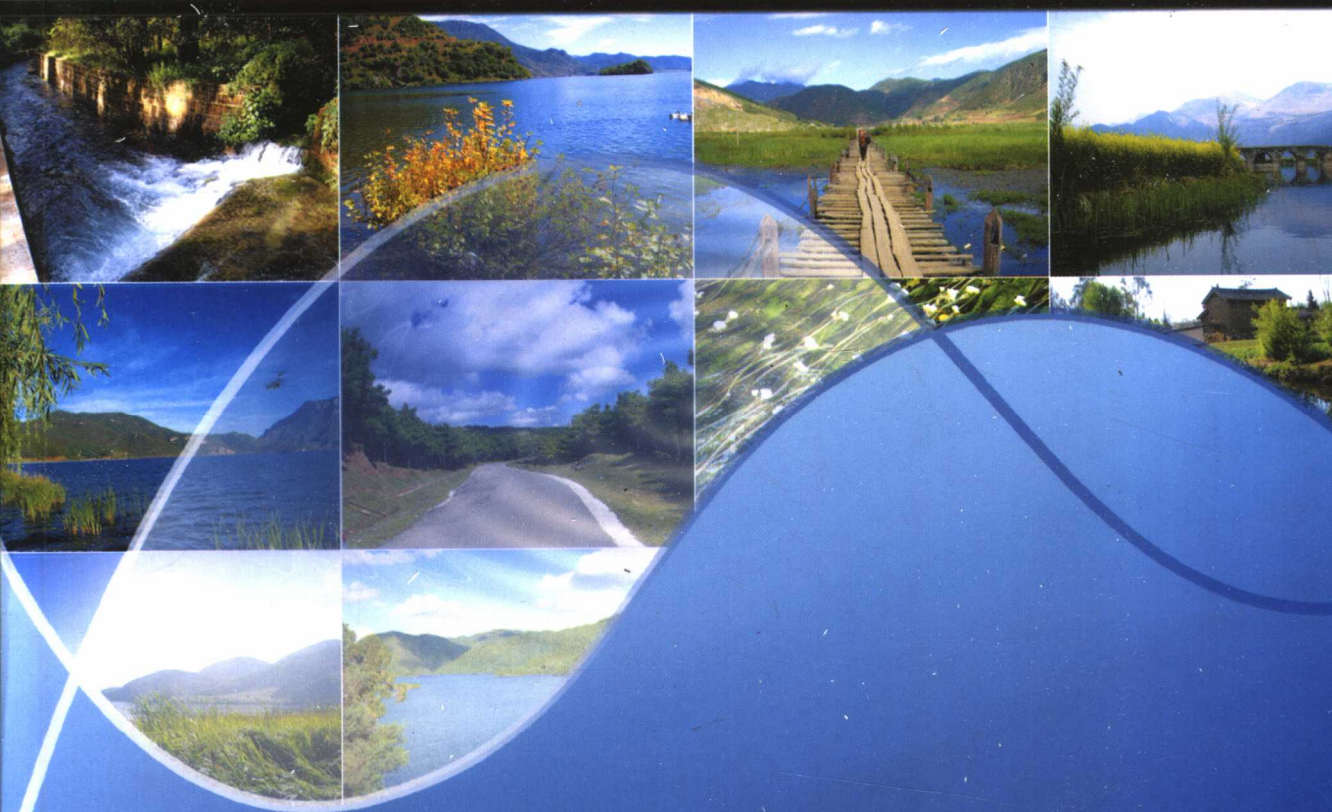


国家重点基础研究发展计划项目资助



流域环境规划典型案例

郭怀成 刘永 贺彬 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

流域环境规划典型案例

郭怀成 刘 永 贺 彬 著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

流域环境规划典型案例/郭怀成,刘永,贺彬著. —北京:北京大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-301-12500-7

I. 流… II. ①郭… ②刘… ③贺… III. 流域-环境规划-案例分析-云南省 IV. X321

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 098461 号

书 名: 流域环境规划典型案例

著作责任者: 郭怀成 刘 永 贺 彬 著

责任编辑: 王树通

标准书号: ISBN 978-7-301-12500-7/X · 0024

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752021 出版部 62754962

电子邮箱: zpup@pup.pku.edu.cn

印 刷 者: 北京大学印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 18 印张 456 千字 插页 8 页

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024 电子邮箱:fd@pup.pku.edu.cn

内 容 简 介

流域环境规划是水污染预防和控制过程中的有效手段,也是协调流域发展与水环境保护的重要工具。流域环境规划以水环境子系统为核心,将与其密切相关的其他子系统纳入规划的范畴,以保障水质达标、水生态系统健康以及流域社会经济的可持续发展。

北京大学是我国最早开展流域水资源保护、水污染控制与环境规划的单位之一,并作为重要的研究方向发展至今,提出了很多新方法,形成了具有国内领先水平的诸多成果,在国内外均具有较高的影响和指导意义。本书选取了其中两个典型案例,据此阐述了流域环境规划的发展趋势、研究思路、研究内容与方法及实际编制过程,为国内流域环境规划的进一步研究提供借鉴和参考。

本书可作为水环境及其规划领域科技人员的参考书,也可作为高等院校环境科学研究生专业课程的参考书。

前 言

流域(Watershed)是人类的主要生境之一,流域内的水、土地、生物以及矿产等资源维系着人类的生存和发展,河流、湖泊、水库和湿地等作为栖息地为物种多样性的维持提供了保障。但是随着社会经济的发展,流域内的资源和生态系统受到了来自外界的巨大胁迫。流域水系污染和生态退化已成为我国目前面临的重要环境和生态问题之一。

流域环境规划是水污染预防和控制过程中的有效手段,也是协调流域发展与水环境保护的重要工具。流域环境规划以水环境子系统为核心,将与其密切相关的其他子系统纳入规划的范畴,以保障水质达标、水生态系统健康以及流域社会经济的可持续发展。随着我国水污染的加剧以及公众和各级政府对流域水环境改善的关注,流域环境规划已从单一的水资源、水质管理及水污染控制规划发展到系统性的综合规划,它的作用也日益明显。

北京大学是国内最早从事流域环境规划研究和实践的单位之一,参与并引导了国内流域环境规划的整个发展历程。自20世纪80年代初期开始,作者主持或参与了多项流域水质管理规划、污染控制规划、水资源保护规划以及流域环境规划等的研究工作。主要研究包括:①伊洛河水质评价与管理规划研究(1981~1984);②江西九江市龙开河流域综合整治规划(1989~1990);③洱海流域可持续发展综合环境规划(Integrated Environmental Planning for Sustainable Development in the Lake Erhai Basin(1995~1997));④云南省滇南四湖流域环境总体规划(1997~1999);⑤邛海流域环境规划(2003~2004);⑥云南大理茈碧湖流域水污染综合防治规划(2004~2005);⑦杞麓湖流域水污染综合防治规划(2005);⑧云南省大理鹤庆县草海湿地水污染综合防治规划(2005~2006);⑨松华坝水源区(嵩明县)水污染综合防治规划(2005~2006);⑩云南省-四川省泸沽湖流域水污染防治规划(2006~2007);⑪云南省洛龙河流域水污染综合防治规划(2005~2006)等。

上述规划的主体涵盖了河流、湖泊、湿地、水源保护区和湖泊群等多种类型;内容从水质管理向水污染控制和综合流域环境规划延伸;规划思想和方法自成体系,包含了系统分析、规划优化、不确定性分析等方面,并充分吸收了国际上相关研究的最新理论和方法。前期的研究也在流域环境规划的很多方面取得了进展。如,课题①是当时国内同类项目中成果最为全面系统的研究。在课题③中,首次开发了一种基于不确定性和交互性的模糊多目标规划方法,被应用于不同层次的环境规划中,从而增强了环境规划的实用性和可操作性;并率先将不确定性模糊多目标规划(IFMOP)模型和系统动力学(SD)模型有机地集成在一起,构成一个完整的规划模型体系,可应用于环境规划的不同对象。课题④和⑤是系统化和综合化的流域环境规划案例研究,在研究中实现了多种模型的综合和DSS的引入,完善了流域环境规划的情景分析方法体系。在课题⑦中,提出并完善了以流域保护方法、流域分析和景观生态学等相关理论为基础的流域分析方法,该方法在后续的多项研究中得到广泛应用,是目前我国流域水环境研究的主导思想。课题⑧是国内较为少见的在流域尺度对湿地进行规划研究的案例。课题⑨切合了国家饮用水源地保护的新要求。课题⑩为国内跨区流域的环境规划提供了借鉴,为解决跨界流域的冲突问题开辟了途径。

本书首先对上述研究的成果进行了总结。由于无法全面反映所有研究的成果,同时鉴于课题⑨和⑩的特殊性、应用价值和典型意义,在书中以这两个研究为案例加以重点分析;借以展示流域环境规划的研究思路、方法和实际编制过程,并以期为国内流域环境规划的进一步研究提供借鉴和参考。

本书是北京大学环境科学与工程学院郭怀成教授环境规划与管理研究小组 20 年来集体智慧的结晶,殷切希望各位同行能不吝指正。如需更多的内容与最新研究进展,敬请访问我们的主页 <http://www.ccepr.org/> 以及本书的主页 <http://www.ccepr.org/watershedcases/>, 获取相关电子补充材料和案例研究照片。

本书的出版得到了国家重点基础研究发展计划(973)项目专项经费资助(编号:2005CB724205),参与编写人员有:周丰、郁亚娟、黄凯、王真、范英英、毛国柱、马豫、邹宇飞、徐志新、阳平坚、王金凤、姜玉梅。在此一并表示感谢。

作者

2007 年 5 月于燕园

目 录

绪 论	(1)
§ 1 研究背景	(1)
§ 2 流域环境规划进展	(3)
§ 3 相关重点研究	(4)
§ 4 流域环境规划方法	(10)

上篇 泸沽湖流域水污染防治规划

第一章 规划总则	(17)
1.1 规划依据	(17)
1.2 规划目的	(18)
1.3 指导思想与原则	(18)
1.4 规划范围与时段	(19)
1.5 规划指标与目标	(19)
1.6 规划理念与技术路线	(20)
第二章 规划区背景	(23)
2.1 自然环境概况	(23)
2.2 社会经济发展状况	(24)
第三章 泸沽湖流域景观生态格局与环境功能区划	(28)
3.1 区划原则	(28)
3.2 区划依据和方法	(29)
第四章 泸沽湖流域社会经济发展战略分析	(32)
4.1 发展战略指导思想	(32)
4.2 泸沽湖流域社会经济系统特征分析	(32)
4.3 泸沽湖流域社会经济发展预测与分析	(33)
4.4 战略发展分析	(36)
第五章 泸沽湖流域水环境系统分析	(38)
5.1 水资源系统分析	(38)
5.2 流域水质评价	(41)
5.3 流域污染负荷分析	(48)
5.4 水环境容量与总量控制	(55)

第六章 泸沽湖流域生态系统分析	(59)
6.1 流域水生态系统分析	(59)
6.2 陆地生态系统现状分析	(63)
6.3 影响因素	(65)
6.4 小结	(67)
第七章 泸沽湖流域水污染综合防治规划总体方案	(68)
7.1 泸沽湖流域规划前期评估	(68)
7.2 流域环境问题诊断与规划方案总体框架	(72)
7.3 污水收集与集中处理系统规划方案	(75)
7.4 农业面源污染防治工程规划方案	(82)
7.5 湖区与湿地生态环境修复工程规划方案	(89)
7.6 河道修复与陆地生态建设工程规划方案	(102)
7.7 社会主义新农村环境整治规划工程方案	(108)
7.8 流域水环境管理规划方案	(120)
第八章 规划总体方案优选与可行性分析	(128)
8.1 规划总体方案优选	(128)
8.2 规划方案目标可行性分析	(133)
8.3 风险分析	(134)
第九章 结论与建议	(137)
9.1 结论	(137)
9.2 建议	(138)

下篇 松华坝水源保护区水污染综合防治规划

第一章 总则	(141)
1.1 编制依据	(141)
1.2 编制目的	(141)
1.3 编制的指导思想与原则	(142)
1.4 规划范围与时段	(144)
1.5 规划指标与目标	(145)
1.6 技术路线	(146)
第二章 松华坝水源保护区(嵩明县)概况	(148)
2.1 自然环境概况	(148)
2.2 社会经济发展状况	(150)
第三章 水源保护区社会经济发展战略分析	(153)
3.1 发展战略指导思想	(153)

3.2	社会经济系统动态仿真模型	(153)
3.3	水源保护区社会经济发展预测与分析	(159)
3.4	水源保护区社会经济发展战略目标与措施	(163)
第四章	水源保护区水污染控制分区	(165)
4.1	区划目的	(165)
4.2	区划原则	(165)
4.3	区划依据和方法	(166)
4.4	区划结果与重点	(168)
4.5	分区论述	(169)
第五章	水源保护区水环境系统分析与环境问题诊断	(171)
5.1	河流和水源地水质综合评价	(171)
5.2	污染负荷分析与预测	(174)
5.3	冷水河和牧羊河水质预测	(184)
5.4	水环境容量与总量控制	(185)
5.5	水源区环境问题诊断	(188)
5.6	防治对策	(192)
第六章	水源保护区水污染综合防治规划总体方案	(194)
6.1	规划方案总体框架	(194)
6.2	小集镇和农村人居环境综合整治规划	(195)
6.3	农业面源污染防治和生态农业建设规划	(209)
6.4	河道生态修复工程规划	(221)
6.5	陆地生态建设与水土保持工程规划方案	(228)
6.6	水源保护区水环境管理规划	(238)
第七章	水源保护区水污染防治与利益补偿	(243)
7.1	水源区水污染防治与利益补偿的关系	(243)
7.2	水源区利益补偿机制	(244)
7.3	松华坝水源区保护的利益补偿	(247)
第八章	规划总体方案优选与可行性分析	(254)
8.1	规划总体方案优选	(254)
8.2	规划方案目标可行性分析	(264)
第九章	规划实施与管理	(266)
9.1	相关职能部门目标职责	(266)
9.2	水源保护区水环境管理体制与制度	(267)
9.3	规划实施的监督管理	(268)

第十章 结论与建议.....	(269)
10.1 结论	(269)
10.2 建议	(270)
参考文献.....	(272)

绪 论

§ 1 研究背景

水是人类赖以生存和发展的重要资源,在其自然边界(流域)内循环和汇集。从自然地理特征上讲,流域是指水系的汇水区域,是具有水文功能的连续体。据景观生态学理论,流域是以河流为廊道,由“山地-平原-主河道/湖(库)”等斑块所组成的空间联合体,是人类生存的基础。同时,流域又具有鲜明的社会、经济和生态属性,流域的服务功能也多体现于此。与此对应,不同斑块中由于自然作用、人类活动而产生的营养物质和污染物也经由不同层级的河流廊道汇集,从而对主河道(或湖泊)的水环境和水生态系统产生重要影响。

随着我国社会经济和城市化进程的快速发展,流域内的资源和生态系统受到了越来越大的胁迫压力。自“九五”以来,我国开展了大规模的流域水污染和湖泊富营养化防治工作,如:淮河、辽河、海河、松花江、太湖、滇池、巢湖等。尽管我国的水环境保护取得了积极进展,但“十五”期间的环境保护目标和指标未能全部实现,环境形势严峻的状况仍然没有从根本上得到改变。作为国家水环境治理重点的“三河”(淮河、海河、辽河)、“三湖”(太湖、滇池、巢湖)等重点流域和地区的治理任务只完成计划目标的 60% 左右;污染排放强度大、负荷高是目前我国水环境现状的突出特点,且主要污染物排放量远超过受纳水体的环境容量。长期严重的水污染,一方面直接影响了可利用的水资源量和水生态系统的健康;另一方面又间接制约了社会经济的可持续发展,并进而影响了人类对流域内的资源开发和保护。

我国目前的流域水环境问题主要表现在如下几个方面:

(1) 主要水系污染未能得到有效遏制

根据 2006 年发布的《2005 年中国环境状况公报》,在七大水系的 411 个地表水监测断面中,Ⅰ~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 41%、32% 和 27%(图 1)。其中,珠江、长江水质较好,辽河、淮河、黄河、松花江水质较差,海河污染严重。主要污染指标为 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 BOD_5 和石油类。在七大水系的 100 个国控省界断面中,Ⅰ~Ⅲ类、Ⅳ~Ⅴ类和劣Ⅴ类水质的断面比例分别为 36%、40% 和 24%,海河和淮河水系的省界断面污染较重,跨界问题难以协调。

就整体变化趋势而言,有两个明显的特点(基于 2005 年的环境统计数据):① 水质相对较好的南方存在水质明显恶化的趋势。在水量相对丰富、水质也相对较好的珠江流域,在过去的 3~4 年中,污染河长几乎翻了一番。长江也出现明显的恶化趋势,污染河长增加了 37.57%。② 在北方地区,尤其是海河和黄河的水质出现好转迹象,但仍不稳定。2005 年,黄河和海河的污染河长分别减少了 26% 和 16.32%,反映了流域水污染治理初见成效。但由于入河污染负荷的不断增加,加之污染治理进展缓慢,使得重点流域的水污染加剧态势未能从根本上得到有效遏制;水质好转的河段很不稳定,污染治理效果仍需进一步的评估。

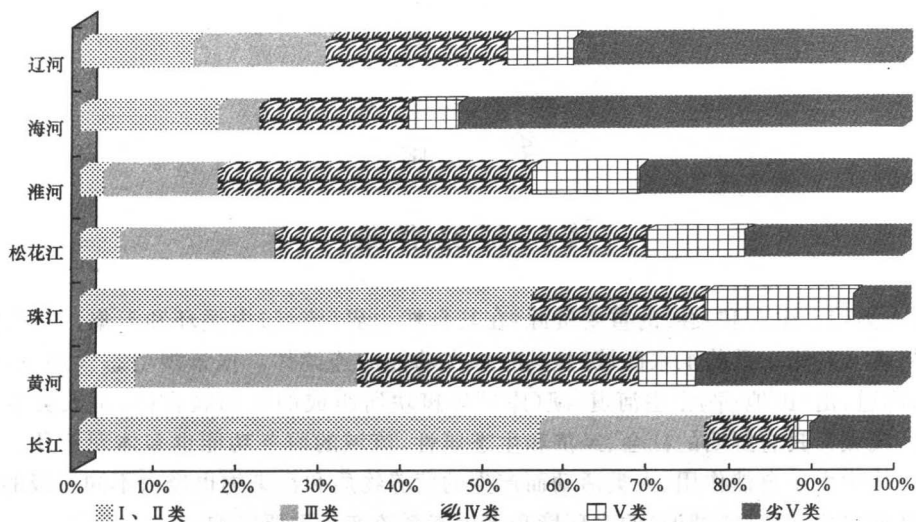


图 1 2005 年七大流域水系水质情况

(2) 湖泊水库富营养化问题突出

同样根据 2006 年发布的《2005 年中国环境状况公报》，我国的富营养化湖泊主要集中在东部平原湖区和云贵高原湖区。在监测的 200 多个湖泊中，75% 呈富营养化状态。在 28 个国控重点湖(库)中，满足 II 类水质的湖(库)2 个，仅占 7%；III 类水质的湖(库)6 个，占 21%；IV 类水质的湖(库)3 个，占 11%；V 类水质的湖(库)5 个，占 18%；劣 V 类水质湖(库)12 个，占 43%，其中尤以太湖、滇池和巢湖等富营养化最为严重。

(3) 饮用水源保护亟需加强

我国目前的饮用水源同时受到常规污染物和新型有毒物质的共同影响，饮用水安全受到威胁。根据中国环境监测总站 2006 年 6 月发布的《113 个环境保护重点城市集中式饮用水源地水质月报》，74 个饮用水源地不达标，占重点城市饮用水源地的 20.1%；全国还有 3 亿多农民的饮水安全无法得到保障。此外，突发性环境事件频发，也严重威胁饮用水源的环境安全；加之产业布局不合理，加剧了饮用水源地的环境安全问题。

(4) 流域生态用水无法保障

由于不合理的社会经济活动及水资源的过度开发，水资源紧缺与用水浪费、低效率并存，河流遭受严重污染，水资源开发与生态用水冲突，从而使得生态用水被大量挤占。进而加剧了河流干枯和湿地退化，造成生物多样性减少、河流水生态系统受到严重破坏，入海水量减少、河口淤积。

流域内生态环境所面临的一系列问题使得对流域进行规划，推行流域综合管理，加强流域内的资源、生态、环境管理成为必然，以便为流域的持续发展寻求一条可行的途径。我国的流域环境规划工作始于 20 世纪 80 年代初，1996 年 6 月，国务院批准了《淮河流域水污染防治规划及“九五”计划》，这是我国中央政府批准的第一个流域水污染防治规划，自此我国展开了大规模的流域环境规划和污染防治工作。根据我国的水环境现状，在继续加强“三河”、“三湖”治理的同时，亦不能忽视长江、珠江等丰水地区的河流污染问题。因此，实施综合性的流域环境

规划是必需的,也是我国水环境保护的重要工作之一。

§ 2 流域环境规划进展

从发展趋势上看,国外的水环境管理经历了“污染—防治—保护—生态系统管理”的阶段,目前已从污染防治转移到生态系统的恢复与保护。例如,美国以水生态分区(Ecoregions)作为管理基础,采用水生态系统完整性评价(Ecological Integrity Assessment)方法,综合考虑水生态资源和人类干扰,实现水资源与水环境质量的综合管理。

从管理模式来讲,20世纪30年代美国提出了流域管理(Watershed Management),以流域方法(Watershed Approach)为基础,采用流域分析的途径,在流域尺度上,采取有效措施来维系、保护和恢复水环境与水生态系统在物理、化学和生物方面的完整性,缓解了部门和区域之间的冲突,提高了流域水资源管理的效率和效益;目前提出的水生态服务功能(Ecosystem Services),能有效地评估水体为人类提供的功能及自身需求功能,从而为实现经济社会发展的同时确保水生态系统完整性提供抉择的依据。

综合分析可知,流域环境规划的发展有如下几个特点:从单一的水资源、水污染控制规划向综合性和系统性的流域环境规划转变;从偏重水资源规划向水资源、水环境与水生态的综合规划转变;从重视工程方案向综合政策、管理的流域综合管理模式转变;社会经济系统被逐步纳入流域环境规划的分析框架之中;生态管理与流域分析思想在研究中逐步得到深入。

在已有的研究和实践基础之上,流域环境规划未来的发展将在如下4个方面展开:

(1) 以流域为规划和管理的边界与尺度

尽管流域的概念早已得到科学共识,但将其作为一个水环境管理的基本单元却不是自然就形成的理念,而是随着水环境问题研究的不断深入而逐步得到人们的认可,特别是对非点源污染、生物水质标准和生态系统管理的关注程度提高。就流域水污染防治而言,传统的水环境管理更注重点源污染控制,而在非点源污染控制方面存在明显缺失;多侧重于对单一法规标准的关注,如仅控制工业和城镇生活污染物的排放,而缺乏从流域系统角度对水质达标的考虑,其结果是难以实现预期的水环境管理目标。更为重要的是,目前的水质标准正逐步从单一的物化指标向与生物和生态相结合的综合指标转变。因此,传统的水环境管理存在着严重的局限性,已无法适应和满足当今水污染防治的新发展与要求。鉴于上述问题,使得在流域水污染防治和管理中采用以流域思想为基础的研究方法,即流域分析方法成为一种必然。

(2) 流域生态系统管理与综合管理模式的深入研究

综合性和系统性的流域环境规划使得必须要在规划的制定中重视并考虑如下几方面的因素:水资源开发与水环境和水生态保护的协调;流域与水生态分区的协调;对流域生态系统组成、结构与功能的关切。因此需要结合国际研究前沿和国内实际需要,推行流域生态系统管理与综合管理理念,建立适用于中国而非照搬国外的流域综合管理的模式。

(3) 流域综合管理中的利益者(Stakeholder)参与及协调机制

由于流域的特殊性,使得在很多地区,流域边界与传统的管理边界(如:行政边界)间存在着不一致,从而在流域的上下游、左右岸中存在着不少的冲突,典型的如:淮河的上下游的四省之间。此外,又由于流域规划的复杂性,使得在规划的过程中吸纳不同的利益群体和公众参与

成为一种必然。

(4) 环境社会学、环境经济与政策等多学科交叉在流域规划中的应用

流域的复杂性使得单纯依靠技术手段已无法完全实现流域规划的预期目标,因此,以人为本,吸纳环境社会学、环境经济与政策方面的相关知识,将规划与实际管理和政策相结合,从而辅助于规划目标的实现,成为未来国内流域规划方面的重要研究方向。此外,基于多学科的规划评估也成为目前和未来流域规划中的重要内容,如:在国家环境保护总局环境规划院 2005 年负责制定的《重点流域水污染防治“十一五”规划编制技术细则》中,已将规划评估作为一项重要的规划内容。

§ 3 相关重点研究

北京大学是我国最早开展流域水资源保护、水污染控制与环境规划的单位之一,并将其作为重要的研究方向发展至今。在相关方面也发表了大量的论文,主持了多项相关的研究项目。在临淄、石桥子和洱海等的水环境规划和流域规划中,提出了环境承载力的指标体系及其定量表述方法,并将其应用于上述研究之中。此外,还首次对中加流域环境规划进行了比较研究。中国和加拿大是两个有着不同社会制度和发展水平的大国,两国均开展了大量的流域环境规划研究工作,因此对其进行比较分析具有重要意义。在该研究中,选择中国太子河和加拿大圣约翰河为典型案例进行了对比分析,得出了两国流域环境规划的异同点,以及我国可从中借鉴的经验。在国内系统地将流域分析方法引入流域环境规划中,拓展了该方法的研究范围和深度。

自 20 世纪 80 年代初期开始,北京大学主持或参与了多项流域水质系统控制规划、污染控制规划、水资源保护规划与流域环境规划的研究工作,现将主要的一些规划内容与技术方法阐释如下。

(1) 伊洛河水质评价与管理规划研究(1981~1984)

伊洛河是黄河下游最大的支流,由伊河和洛河组成,其中洛河流经我国重要的工业城市洛阳,接纳了大量的工业和生活污水,污染较为严重。自 1981 年开始,由黄河水源保护科研所、北京大学和洛阳市环保监测站协作开展伊洛河水质评价和管理规划研究。项目历经 3 年,在大量调查研究和实地测试、计算的基础上,建立水文水质模型,预测污染物排放量及其对水环境的影响,确立水质目标,建立水质预报系统、优化控制模型以及方案比较模型,提出水质管理规划方案。

伊洛河水质评价与管理规划研究的主要贡献在于:它是国内早期水质规划研究的典型案例,项目研究的主要成果发表在《环境科学学报》、《水利学报》及《中国环境科学》等期刊上,并获得 1984 年河南省科技进步三等奖、1985 年水电部科技进步三等奖和国家环保局科技进步三等奖。

(2) 洱海流域可持续发展综合环境规划(1995~1997)

洱海位于云南省大理白族自治州的中部,总面积 $250\sim 257\text{ km}^2$,平均深度 10.2 m ,容积 $(2.9\sim 3.0)\times 10^9\text{ m}^3$,属于澜沧江(湄公河)的一个支流。但随着社会经济的发展,人类活动的加剧,洱海流域存在着许多环境问题:水位下降对环境带来不利影响;水生生物群落结构发生

变化;非点源污染造成洱海水质恶化;流域森林砍伐增加了土壤侵蚀,加速了湖泊的沉积过程;缺乏有效的管理手段;城市污水和工业废水直排。

针对上述环境问题,联合国环境规划署(UNEP)和联合国开发计划署(UNDP)资助设立了洱海流域持续发展投资规划及能力建设和流域诊断研究课题。其中,UNEP 包含了 3 个子课题:洱海流域可持续发展旅游规划;洱海流域环境技术和管理综合研究;洱海流域可持续发展综合环境规划。北京大学与加拿大 Regina 大学主要承担了洱海流域可持续发展综合环境规划(Integrated Environmental Planning for Sustainable Development in the Lake Erhai Basin)的研究工作。

根据 UNEP 以及地方政府的要求与协商,确定洱海流域可持续发展综合环境规划的研究指导思想为:以区域经济、社会发展为基础,环境为核心进行规划的制定,确保区域的可持续发展。确定研究主要目标为:用科学方法制定洱海流域社会经济发展方案,并对这些方案进行解释。为此,该研究主要考虑流域内的如下组分:农业、旅游、林业、网箱养鱼、工业、采石、湖内航运和捕鱼、砖瓦窑、水供给和需求。并通过运用 IMOP(不确定多目标规划)和 SD(系统动力学)方法,描述它们之间的相互关系。并在规划研究中考虑了时空分区问题,整个流域划分为 7 个子区,各个子区具有不同的经济、环境和资源特征。规划研究的时限为 15 年(1995~2010),分为 2 个规划时段(1995~2000 和 2001~2010)。

洱海流域可持续发展综合环境规划研究的主要贡献在于:开发了一套新的流域环境系统规划方法。该方法将不确定性模糊多目标规划(IFMOP)模型与系统动力学(SD)模型有机地集成在一起,构成一个完整的体系。它的突出特点是:IFMOP 充分考虑到了流域环境规划所面临的信息不完备问题,将不确定性信息直接引入优化过程,从而得到以区间数表示的不确定性优化解;在模型优化的解译过程中,将各个变量在区间内进行适当组合就能生成各种针对实际情况的规划方案;IFMOP 的规划结果可以输入到 SD 模型中进行后模型分析,从而对规划方案实施后的环境、经济后果进行合理预测,并为决策者论证、调整方案提供科学依据。规划研究建立了 SD-IMOP 模型,通过两个模型的有机结合,预测流域社会经济、陆地生态等的变化对水环境的影响,并优化得到流域污染控制与管理方案,从而有效地解决了如何生成规划方案以及如何评估各个方案的环境经济后果等问题。

(3) 云南省滇南四湖流域环境总体规划(1997~1999)

滇南四湖包括星云湖、抚仙湖、杞麓湖以及异龙湖,该区域人口密度大、社会经济发展速度快,湖泊受污染也较为严重。为此在荷兰政府的资助下,开展了云南省滇南四湖流域环境总体规划研究。

规划研究确定的技术路线为:在社会经济、环境现状调查与评价的基础上,进行社会经济发展预测与环境预测;根据自然状况、环境现状,以及环境预测的结果,制定综合治理措施;根据环境状况和社会经济发展预测情况,以及湖泊的环境功能,确定湖泊的规划目标,并制定治理措施优化准则;利用优化模型进行治理措施优化,并通过水质模拟,确定综合治理措施优化项目。其中环境现状评价、环境预测、治理措施优化等工作在 DSS 的辅助下完成(图 2)。

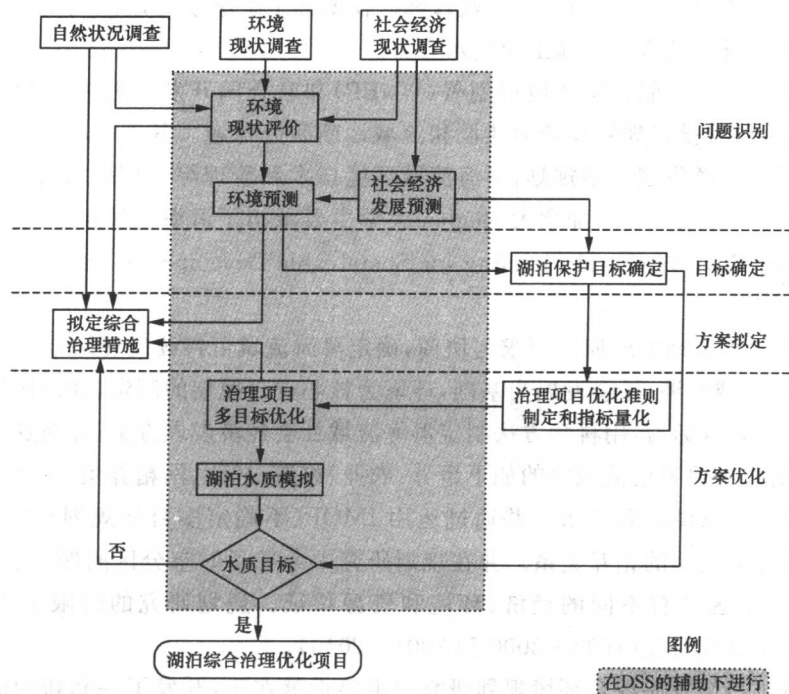


图2 滇南四湖流域环境总体规划研究技术路线

基于上述方法,在对滇南四湖流域的社会经济和环境现状问题以及流域的潜在环境问题进行研究的基础上,根据可持续发展的战略思想,制定出流域的环境治理目标,并进行综合治理规划设计,从环境管理措施和工程措施两个方面,提出了一系列措施。工程措施涉及重点工业污染分散与集中治理工程方案、城镇污水集中处理工程方案、非点污染源治理方案(生态农业建设、农业非点污染源、小流域治理等)、流域生态恢复方案(绿化建设工程、水生生物恢复工程)和水资源开发利用保护工程。

滇南四湖流域环境总体规划的主要贡献在于:实现了多种模型的综合;将DSS引入规划的各个环节。

(4) 邛海流域环境规划(2003~2004)

邛海地处中国西南亚热带高原山区、四川省凉山州境内,是四川省内最大的天然湖泊,是流域内的重要水源;同时,邛海-泸山景区也是国家级风景名胜区,对当地的社会和经济发展提供了重要支撑。邛海长期的开发建设活动,为西昌市的经济持续发展奠定了良好的基础。但是,由于缺乏系统规划,邛海流域内丰富的自然资源与西昌市的经济水平不相协调,环境保护与经济发展得不到较好的统一。随着西昌城市化建设和邛海周边经济的高速发展,致使水体污染、水土流失、生态环境遭到破坏等环境问题突出。入湖污染物总量激增,水质出现一定程度上的恶化和富营养化趋势。为恢复邛海水质,迫切需要从流域整体入手制定规划并实施水污染综合防治。云南省环境科学研究院与北京大学环境科学与工程学院共同承担了邛海流域环境规划的研究和编制工作。

在征询地方专家和相关部门意见的基础上,将规划的基准年设为2004年,污染控制的时段设定为2005~2015年。规划的技术路线见图3。

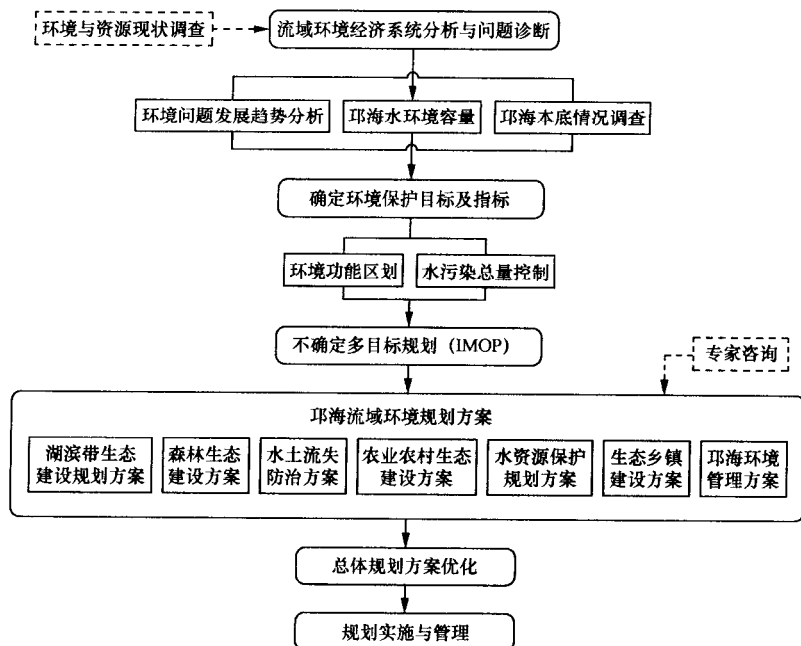


图3 洱海流域环境规划研究技术路线

洱海流域环境规划的贡献在于：改进了洱海流域可持续发展综合环境规划研究中 SD-IMOP 方法；它是系统化和综合化的流域环境规划案例研究；规划中引入了生态系统管理的思想；完善了流域环境规划的情景分析方法体系。

(5) 云南大理茈碧湖流域水污染综合防治规划(2004~2005)

茈碧湖是洱海的重要补给水源，茈碧湖及其下游的弥苴河多年平均径流量为 $3.82 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占洱海多年平均径流量的 47% 左右。同时，茈碧湖流域还是洱海流域的核心组成部分之一，大约是洱海流域总面积的 30.3% 左右，对维系洱海流域的生态平衡起着至关重要的作用。

近年来，随着洱海流域社会经济的发展，洱海的水质出现明显恶化趋势，TN 和 TP 逐年上升，正在由中营养向富营养状态转变，因此迫切需要对其实施治理，恢复洱海及其流域的生态环境质量。作为洱海上游最大的支流，除了自身截留部分污染物外，茈碧湖还通过弥苴河向下游输入大量的污染物，其中，进入洱海的 COD、TN 和 TP 量分别占到流域总污染负荷的 29.3%、17.7% 和 15.2%。因此，在恢复洱海水质的关键时刻，亟需对其上游的茈碧湖流域实施水污染综合整治，以削减进入洱海的污染物，维系整个流域的生态平衡。

同时，茈碧湖流域内也出现了一系列生态环境问题，如：水质污染加重，由Ⅱ类转为Ⅲ类，特别是 BOD_5 的浓度升高；湖滨带遭到严重破坏，湖滨植物逐渐消亡；农田化肥施用方式尚需改进；植被覆盖率较低，水土流失相对严重；农村垃圾、人畜粪便排放等面源污染增加；湖区旅游休闲开发不当，成为湖泊水体新的污染源。

北京大学环境科学与工程学院承担了《云南大理茈碧湖流域水污染综合防治规划》的编制工作：科学、全面地诊断了流域内的生态环境问题，结合流域规划期内的社会经济发展趋势和其他相关配套规划，在满足规划目标的前提下，从污染源治理、湖区生态环境修复与旅游开发、河道生态环境恢复、陆地生态建设与水土保持、洱源县城区水污染整治、茈碧湖下游小流域治