



抚仙湖

生态环境治理体系 构建理论与技术



金相灿 主编

非外借



科学出版社

抚仙湖生态环境治理体系 构建理论与技术

金相灿 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以抚仙湖为案例,集成总结近十年湖泊治理领域的理论研究、流域方案设计与治理工程实践,凝炼构建了一整套符合国情的“湖泊生态环境治理体系”的理论、方法与技术。书中首先研究和阐述了“湖泊生态环境治理体系”的概念与内涵,同时从湖泊全流域出发,以生态环境保护与湖泊水环境保护为终极目标,兼顾流域经济与社会的持续发展,系统设计六大技术体系。全书分为六篇共15章,60余万字。第一篇是以“绿色流域”思路为指导的抚仙湖水污染防治总体方案;第二篇是抚仙湖以承载力为制约的流域产业结构调整与布局;第三篇是以低污染水控制为重点的流域系统控源体系;第四篇是以清水产流机制修复为目标的入湖河流水污染治理工程体系;第五篇是流域生态修复与湖滨生态系统构建方案;第六篇是以生态文明为指导的湖泊流域生态管理体系。本书的主要内容反映了我国近十年来在湖泊生态环境治理研究与实践方面的一系列成果或最新体现。

本书可供生态工程、环境工程、水污染控制、湖泊水库工程等相关领域的科研、教学和管理人员阅读与参考。

图书在版编目(CIP)数据

抚仙湖生态环境治理体系构建理论与技术 / 金相灿主编. —北京:科学出版社, 2019.1

ISBN 978-7-03-059094-7

I. ①抚… II. ①金… III. ①抚仙湖-生态环境-环境综合整治-研究 IV. ①X524.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第236603号

责任编辑:刘冉 李丽娇 / 责任校对:杜子昂

责任印制:肖兴 / 封面设计:北京图阅盛世

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019年1月第一版 开本:720×1000 1/16

2019年1月第一次印刷 印张:30 1/4

字数:610 000

定价:150.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

编 委 会

主 编：金相灿

副 主 编：吴献花 袁旭军

编 委（按姓氏笔画排序）：

白献宇 刘晓波 池艳峰 吴献花

金相灿 袁旭军 郭美锦 黄民生

曹泽渊

序

湖泊作为重要的国土资源，其生态健康与安全是我国未来社会经济发展的重要保障。目前我国已经发生富营养化的湖泊面积达 5000 km²，虽然经过几个五年计划的治理，主要流域如太湖、滇池和巢湖等湖泊富营养化情况已有所好转，但是湖泊富营养化形势仍然严峻。例如，2009 年太湖水质总体劣 V 类，总氮超标严重，处于中度富营养化水平；巢湖水质总体劣 V 类，处于轻度富营养化状态；滇池总体水质劣 V 类，全湖富营养化，并趋近重度富营养化；洪泽湖水质总体劣 V 类，总氮超标严重，处于轻度富营养化状态；鄱阳湖和洞庭湖湿地变化明显，生态环境质量下降。根据目前湖泊水体污染发展速度，我国具备发生富营养化条件的湖泊面积还会有所增加，众多湖泊仍将面临高藻、藻毒素、高氨氮等突出问题。因此，在今后相当长的时期内，我国湖泊富营养化治理任务依然艰巨，仍然是我国水环境领域最为艰巨的任务之一。

作者根据长期在湖泊富营养化治理领域的研究成果与实践经验，凝炼总结出一整套适用于我国湖泊流域生态环境治理体系的理论、方法与技术。概括起来该体系由一个“绿色流域”指导下的治理方案与六大治理技术集成板块组成。也就是说，湖泊治理可以立足于“绿色流域”全面规划，构建一个全新的“湖泊生态环境”治理体系，实现湖泊水体富营养化状态逆转、水质改善与良好持续、水生态健康发展与生物多样性维持。按照该体系的思路已在抚仙湖与洱海等开展了水环境治理规划，实施了治理体系的工程建设，取得了显著的成果，并被国内同行认可。

该体系还包括一系列关键技术：产业结构调整控污减排技术，污染源工程治理与控制技术，低污染水处理与净化技术，清水产流机制修复技术，入湖河流综合治理技术，流域生态修复与保护技术，湖泊水体生境改善技术，以及流域管理与生态文明建设技术。

1. 湖泊“绿色流域”建设的概念和内涵

湖泊的水污染现状与富营养化状态，实际上是其流域整体污染水平的一种客观反映，流域社会经济发展状况、环境的污染程度与生态水平直接影响到湖泊的水质和富营养化状态与趋势。因此在湖泊治理中，必须从整个流域经济、社会、环境的关系出发，建设一个与湖泊水环境保护目标相匹配，社会、经济、环境和

谐发展的绿色流域，才是湖泊环境保护与水污染防治的关键所在。建设湖泊绿色流域，就是要良好协调流域发展与湖泊保护间的关系，使流域发展与湖泊的水环境保护目标相适应，使流域污染物入湖量与湖泊水环境承载力相适应，实现流域经济可持续发展的同时让湖泊休养生息。

2. 湖泊生态环境治理体系的六大技术集成板块

在湖泊生态环境治理体系中，应当因地制宜，针对湖泊主要特征与环境问题，设计提出适宜的治理体系。根据抚仙湖的经验，作者得出了六大技术集成板块：①以“绿色流域”思路为指导的抚仙湖水污染防治总体方案；②抚仙湖以承载力为制约的流域产业结构调整与布局；③以低污染水控制为重点的流域系统控源体系；④以清水产流机制修复为目标的入湖河流水污染治理工程体系；⑤流域生态修复与湖滨生态系统构建方案；⑥以生态文明为指导的湖泊流域生态管理体系。

此书以抚仙湖为案例，对治理体系的构建理念、顶层设计、工程体系、成套技术等开展专门的研究与讨论。在书中，以上述每种技术集成板块作为一个专篇，逐章深入开展研究与讨论，共同构成抚仙湖生态环境治理的完整体系，为湖泊的生态全面修复、污染源系统控制、入湖河流改善、湖泊水质保护及流域生态管理提供技术支撑。

3. 湖泊治理体系的工程技术体系

在湖泊治理规划与设计，一般均应依照“污染源系统控制—清水产流机制修复—湖泊水体生境修复—流域系统管理”的路线图来构建治理体系。基于抚仙湖、星云湖、杞麓湖、洱海等湖泊的治理经验，通过梳理和凝炼，已经形成了多套湖泊治理工程技术系统。

1) 流域产业结构调整控污减排系统

通过建立优化的社会经济发展模式，尤其是产业结构的优化布局和调整，从源头上调整污染源分布和组成，减少整个流域污染物排放量。产业结构的调整减排是发展流域生态经济、促进社会经济可持续发展、建设湖泊治理体系的重要基础。产业结构调整减排应以湖泊水质保护目标和水环境承载力为依据。

2) 流域污染源工程治理与控制系统

在流域产业结构调整的基础上，针对流域污染源实施经济可行的工程措施，对湖泊流域重点污染源，包括乡镇与村落的生活污染、农田面源污染、畜禽养殖污染、旅游宾馆饭店污染、工业点源污染等进行治理，形成涵盖重点区域、互相衔接的工程控源系统体系，使流域污染源达标排放。这是减少流域污染物排放量，降低污染物入湖负荷极为重要、最直接、见效最快的手段措施。

3) 流域低污染水处理与净化系统

湖泊流域的“低污染水”如果不能得到有效净化,湖泊水质保护目标就无法实现。在污染源工程治理达标排放的基础上,通过建设塘坝湿地、透水地面、湖滨带与缓冲带及生态河道等,形成互相关联、共同作用、逐级削减的低污染水处理与净化体系。

4) 流域清水产流机制修复系统

清水产流机制是湖泊流域清水量平衡和污染物平衡相互作用的庞大体系,是由清水产流区、清水养护区、湖滨带与缓冲带区组成的有机整体,其中清水产流区是清水产生的源头,为流域提供充足的清水量;清水养护区是流域污染物净化的重点区域和重要的清水输送通道,其山前平原的多塘、湿地等可拦截净化低污染水,保证清水入湖;湖滨带与缓冲带区是净化地表漫流的低污染水、保障清水入湖的重要生态屏障。

5) 入湖河流污染控制技术系统

河流是清水的主要输送通道,入湖河流的污染控制是湖泊污染治理的重点。并应以清水产流机制修复为关键,围绕河流可以分区实施清水产流机制修复,构建系统的保障体系,维持机制的健康运行,对保证入湖河流水体的优良、保护湖泊良好的生态系统与水质健康至关重要。

6) 湖泊流域生态修复技术系统

湖泊流域的生态系统保护与修复是湖泊治理的核心内容,包括源头的涵养林保护与修复、湖滨生态系统(湖滨带与缓冲带)修复与维护,沿河生态系统修复及湖泊水生生态养护与修复等任务,也是绿色流域建设的主要内容,因此生态修复技术是不可或缺的内容。

7) 湖泊水质改善与水生态修复系统

在流域陆域一系列水污染治理与生态修复工程措施实施的同时,针对湖泊水体中泥源性与藻源性内负荷积累、水生植被退化、水生态系统稳定性下降等特征,通过实施泥源与藻源“内负荷”去除、水生态系统的修复、湖泊生态养鱼等工程措施,促进水体生态环境的改善与水生态系统的恢复。水体生态环境的改善与水生态系统的修复有利于增加湖泊自净能力,对于减少湖泊内源污染、促进水体中污染物去除、加快湖泊水质改善起到重要作用。

8) 流域监管与生态文明建设系统

流域管理与生态文明构建是一项系统工程,是由相关政策法律完善、机构组织建设、公众意识提高、智能监控监测等多方面组成的有机整体,涉及流域生态环境的各个方面,是湖泊治理体系的重要组成部分。

总之,湖泊生态环境治理体系是一项规模化系统工程,涵盖了流域社会、湖区经济与环境生态的现状、发展与趋势,涉及其各自的作用与影响,以及相互间的拮抗作用与协同作用。

由于湖泊流域治理的综合性与复杂性，因此在治理体系的构建中，应当形成以政府为主导，企业为主体，科研单位、社会组织与公众共同参与的三位一体的实施团队，这样湖泊保护与治理目标方能达成。

应当注意的是，在湖泊治理中，应从流域出发，总结保护与治理的实践经验，依据湖泊生态安全保障的理念与系统控制论，将湖泊水污染防治与全流域的社会经济发展、流域生态系统建设及人们文明生产生活行为融为一体，结合我国湖泊及特定湖泊的水污染治理工作，“一湖一策”地提出符合特定湖泊需求的湖泊生态环境治理体系，这样才能有效地保护与治理湖泊的生态环境。切忌生搬硬套，在湖泊治理中也没有“放之四海而皆准”的治理体系，此书可为国内同行开展湖泊治理时，提供一些参考与借鉴。

徐南妮

2017年冬

前 言

我国是一个多湖泊国家，全国大小湖泊共计 24880 个，总面积达 83400 km²，约占国土总面积的 0.87%。但是近几十年来，随着流域城市化迅速扩张与人类不合理活动的蔓延，大量生活污水、农田面源与工业废水的产生量与排放量急剧增加，尤其是流域性的“低污染水”经入湖河流或地表径流方式排入湖泊，引起了湖泊水体的耗氧性污染物与营养性污染物的污染，进而发生藻类大面积繁衍与增殖，有的湖泊甚至暴发藻华或水华，给许多湖泊的水质与水生态带来极大的影响，甚至是“灾害”，干扰和制约了湖泊流域社会与经济的发展，给当地居民的生产生活造成了严重影响。

作者在湖泊领域开展了大量富营养化控制的研究、探索与实践工作，日积月累，加深了对湖泊的认识与感知，积累了一批适合湖泊富营养化治理的新技术，并初步形成湖泊生态环境治理的理论与技术体系。值得说明的是，在此所谓的“治理”一词，并非狭义的治理（treatment）概念，而是目前国际流行的广义（governance）概念，这里的“治理体系”是指集政府多手段监管、流域管理、生态修复与工程治理措施为一体的治湖体系。湖泊治理需要理论方法作指导，也需要工程技术作支撑，为总结多年来的成果并使其得以应用，本书以抚仙湖研究成果为主体，以其湖泊治理工程设计与实践为基础，结合近年作者在洱海、星云湖、长寿湖等研究与治理的实践，同时参考与吸收国内外同行的部分研究成果，形成了《抚仙湖生态环境治理体系构建理论与技术》一书，期望为我国湖泊治理与保护尽绵薄之力。

本书以抚仙湖为案例，集成总结近十年湖泊治理领域的理论研究、流域方案设计与治理工程实践，凝炼构建了一整套符合国情的“湖泊生态环境治理体系”的理论、方法与技术。书中首先研究与阐述了“湖泊生态环境治理体系”的概念与内涵，同时从湖泊全流域出发，以生态环境保护与湖泊水环境保护为终极目标，兼顾流域经济与社会的持续发展，系统设计六大技术集成体系板块：①以“绿色流域”思路为指导的抚仙湖水污染防治总体方案；②抚仙湖以承载力为制约的流域产业结构调整与布局；③以低污染水控制为重点的流域系统控源体系；④以清水产流机制修复为目标的入湖河流水污染治理工程体系；⑤流域生态修复与湖滨生态系统构建方案；⑥以生态文明为指导的湖泊流域生态管理体系。各部分内容相互呼应，共同构成一个完整的治理体系。

第一篇重点阐述以“绿色流域”思路为指导的湖泊水污染防治体系的思路、技术与方法，重点介绍湖泊及其流域的生态环境现状与问题诊断、湖泊水环境承载力与总量控制，湖泊“绿色流域”体系构建与水污染防治总体方案设计四大部分的思路与技术。

第二篇重点阐述以水环境承载力为制约的流域产业结构调整体系，包括水环境承载力的模拟计算、流域优化的社会经济发展模式构建，尤其是产业结构的优化布局和调整方案设计，产业结构的调整减排系统构建程序与方法。

第三篇重点阐述以低污染水控制为重点的流域系统控源体系，重点讨论与阐述流域污染源系统处理的新思路、低污染水处理与净化内涵及工程系统的技术与方法。

第四篇重点阐述以清水产流机制修复为目标的入湖河流水污染治理工程体系的理念、技术与方法。包括阐述“清水产流机制”概念、修复思路与技术方法，接着以抚仙湖两条入湖河流为例，展示以流域“清水产流机制”修复思路为指导，采取产流区、汇流区和出流区三区有效措施，实现了清水入湖的案例。

第五篇首先研究讨论了抚仙湖流域的生态修复思路与总体方案；接着详细论述了我国已经成功构建的、大规模的湖滨缓冲带修复案例——抚仙湖湖滨生态缓冲带修复项目的设计理论、修复思路、工程措施与技术方法；重点介绍抚仙湖水环境保护与水生态修复方案。

第六篇主要论述湖泊全流域的生态文明管理，以抚仙湖为例，着重讨论了湖泊流域“控源+强化管理”的思路，与全流域环境监管与综合管理、污染源监控体系和流域生命观测，以及湖泊流域法律法规管理、经济政策及行政管理措施等综合性管理与决策服务系统平台。

总之，本书的主要内容反映了作者近十年来在抚仙湖生态环境治理研究与实践方面的一系列成果或最新体现。书中首次引入了湖泊“绿色流域”概念、水环境承载力强限制下的产业结构调整、流域清水产流机制修复、低污染水处理与净化、污染源系统处理等新思路，一改原有的传统规划方法，形成了我国湖泊水污染控制的一个新的治理体系。

本书在编写过程中，内容虽经多次修改与完善，文字也多次校核，但不足之处在所难免，望同行学者不吝指正。

作者

2018年3月

目 录

序 前言

第一篇 以“绿色流域”思路为指导的抚仙湖水污染防治总体方案

第1章 抚仙湖及其流域环境概况	3
1.1 抚仙湖流域自然环境概况	3
1.1.1 地理位置	3
1.1.2 地质地貌	3
1.1.3 气候气象	5
1.1.4 植被和土壤	6
1.1.5 河流水文	6
1.1.6 陆地生态与水土流失	8
1.1.7 自然资源	9
1.2 抚仙湖流域社会经济概况	10
1.2.1 行政区划	10
1.2.2 人口及分布	11
1.2.3 国民经济状况	11
1.2.4 土地利用与种植结构	12
1.2.5 产业结构分析	13
1.3 抚仙湖湖滨缓冲带概况	14
1.3.1 抚仙湖湖滨缓冲带	15
1.3.2 抚仙湖沿岸景区景点	19
1.3.3 抚仙湖缓冲带植被	22
参考文献	22
第2章 抚仙湖生态环境现状与主要问题	23
2.1 湖泊流域主要污染源与产生量	23
2.1.1 流域内行政村与人口	23
2.1.2 流域内的农村污染	25
2.1.3 流域农田径流污染与分析	27

2.1.4	磷矿山和磷化工污染现状与分析	28
2.1.5	旅游污染现状与评价	28
2.1.6	流域内的城镇生活污染	29
2.1.7	抚仙湖主要污染物产生量	30
2.1.8	流域污染源的主要问题	31
2.2	抚仙湖缓冲区生态环境问题	32
2.2.1	缓冲带内及其周边污染	32
2.2.2	缓冲带主要环境问题	33
2.3	抚仙湖流域的入湖河流问题	34
2.3.1	流域入湖河流现状	34
2.3.2	流域入湖河流主要问题	36
2.4	湖泊水质与水生态及其问题	37
2.4.1	湖泊水体水质与评价	37
2.4.2	湖泊底质评价与分析	43
2.4.3	湖泊水生态群落与组成	44
2.4.4	湖泊主要生态问题	46
2.5	流域森林植被、土壤与水土流失及其评估	47
2.5.1	流域森林植被调查	47
2.5.2	流域土壤与土地利用	47
2.5.3	流域水土流失问题	48
2.5.4	植被、土壤的主要环境问题	49
2.6	流域产业结构现状及其问题	49
2.6.1	流域压力已超湖泊承载力	50
2.6.2	流域中污染产业比例较高	51
2.6.3	流域产业结构呈粗放式发展	51
2.7	湖泊及其流域的主要环境问题与原因	51
2.7.1	湖泊水环境的主要环境问题	51
2.7.2	湖泊流域的主要环境问题	53
2.7.3	湖泊水环境下降的主要原因	54
	参考文献	56
第3章	抚仙湖“绿色流域”与水污染防治总体方案	57
3.1	湖泊水污染防治的目标与指标	57
3.1.1	方案设计原则	57
3.1.2	方案设计范围	59
3.1.3	设计总体目标	59

3.1.4 方案分期目标	60
3.1.5 方案设计指标	61
3.2 湖泊“绿色流域”构建理念	62
3.2.1 “绿色流域”的概述	62
3.2.2 湖泊“绿色流域”体系内涵	63
3.3 抚仙湖“绿色流域”与水污染防治方案设计	68
3.3.1 九大湖泊的污染与营养特征	68
3.3.2 “绿色流域”构建与水污染防治方案的定位	69
3.3.3 抚仙湖水体营养特征	69
3.3.4 方案设计的主要依据	70
3.3.5 抚仙湖“绿色流域”构建的顶层设计	71
3.4 抚仙湖“绿色流域”与水污染防治规划方案	72
3.4.1 抚仙湖全流域污染趋势与控制重点	72
3.4.2 抚仙湖营养状态变化的机理分析	73
3.4.3 抚仙湖“绿色流域”与水污染防治方案框架	74
3.4.4 抚仙湖流域设计区划	74
3.5 抚仙湖“绿色流域”与水污染防治六大工程措施	77
3.5.1 流域产业结构调整与污染减排工程措施	77
3.5.2 流域污染源系统控源工程措施	79
3.5.3 抚仙湖入湖河流水污染治理工程措施	80
3.5.4 抚仙湖缓冲带生态系统修复工程措施	83
3.5.5 抚仙湖水质改善与生境修复工程措施	83
3.5.6 抚仙湖全流域环境监管及综合管理措施	84
参考文献	85

第二篇 抚仙湖以承载力为制约的流域产业结构调整与布局

第4章 两湖流域环境资源、区位优势及其问题	91
4.1 湖泊流域产业结构调整的新思路	91
4.1.1 产业结构布局与调整的原则	92
4.1.2 产业结构布局与调整的阶段	94
4.1.3 湖泊流域产业结构的调查与解析	94
4.1.4 区位优势调查与功能区划	95
4.2 两湖产业结构调整的相关调查及其问题	97
4.2.1 两湖流域自然条件	97
4.2.2 两湖流域主要入湖河流	99

4.2.3	两湖水环境现状与问题	100
4.3	两湖流域区位优势与自然资源	105
4.3.1	交通区位优势	106
4.3.2	经济区位优势	107
4.3.3	多元的旅游资源	108
4.3.4	生态环境优势	109
4.3.5	丰富的矿产资源	110
4.4	两湖流域产业结构现状与问题	111
4.4.1	两湖流域产业结构特征	111
4.4.2	三次产业结构现状	113
4.5	流域各产业发展的特征分析	116
4.5.1	三次产业增加值结构变化	117
4.5.2	流域人口变化	118
4.5.3	三次产业人员就业变化	118
4.5.4	第三产业发展的基本特征	119
4.5.5	工业发展的基本特征	120
4.5.6	农业发展的基本特征	121
4.6	流域产业发展与湖泊水质关系	122
4.6.1	生猪养殖加速了流域水体污染	123
4.6.2	农药化肥大量使用加速流域水质下降	124
4.6.3	磷矿山开采和磷化工企业严重影响湖泊水质	124
4.6.4	粗放经营的旅游业带来新的污染	126
4.7	经济与环境的矛盾及主要问题	126
4.7.1	产业结构不合理,不利于环境改善	126
4.7.2	产业布局不合理,对环境的影响大	127
4.7.3	环境承载力有限,流域环境压力大	127
	参考文献	127
第5章	抚仙湖水环境承载力与总量控制	129
5.1	湖泊水环境承载力与总量控制方法	129
5.1.1	水环境承载力概念与技术路线	129
5.1.2	水环境承载力计算的水资源基础	131
5.1.3	抚仙湖流域污染物排放量、入湖量及其平衡	132
5.1.4	抚仙湖流域主要污染负荷趋势预测	136
5.1.5	抚仙湖水环境承载力计算	139
5.1.6	主要污染物总量控制	142

5.2 星云湖水环境承载力与总量控制	143
5.2.1 水环境承载力计算的水资源基础	143
5.2.2 星云湖流域污染物排放量、入湖量及其平衡	146
5.2.3 星云湖流域主要污染负荷变化趋势预测	152
5.2.4 湖泊及流域环境承载力分析与估算	155
5.2.5 流域主要污染物总量控制	160
5.3 两湖流域水环境承载力	162
5.3.1 两湖流域主要污染物承载力	162
5.3.2 两湖小流域(区域)的环境承载力	163
5.4 两湖流域社会经济发展模式	166
5.4.1 两湖流域人口与社会经济预测	166
5.4.2 两湖流域污染负荷趋势预测	169
5.4.3 两湖流域社会经济发展方案比较	173
参考文献	175
第6章 两湖流域产业结构调整的总体方案与空间布局	176
6.1 指导思想与原则	176
6.1.1 指导思想	176
6.1.2 产业结构调整的原则	176
6.2 调整目标与技术路线	180
6.2.1 规划范围与规划期	180
6.2.2 调整目标	180
6.2.3 路线图	181
6.3 两湖流域产业结构调整的总体方案设计	182
6.3.1 流域产业结构调整总体方案	183
6.3.2 流域空间结构组织	185
6.3.3 产业结构调整总体布局功能区划	186
6.4 旅游及配套服务业布局与总体方案	189
6.4.1 未来旅游业产业构成类型敏感性分析	189
6.4.2 旅游产业结构调整布局原则与思路	190
6.4.3 旅游产业结构调整布局	192
6.5 农业产业结构调整方案与布局	194
6.5.1 农业产业结构调整方案	194
6.5.2 农业产业结构调整布局	195
6.6 流域工业结构调整总体方案与空间布局	196
6.6.1 工业结构调整总体方案	196

6.6.2 工业结构调整空间布局	197
6.7 流域小城镇建设总体方案与空间布局	198
6.7.1 小城镇建设总体方案	198
6.7.2 小城镇建设空间布局	199
6.8 流域产业结构调整总体布局与政策	200
6.8.1 产业结构调整总体布局	200
6.8.2 流域产业结构调整政策	202
参考文献	203

第三篇 以低污染水控制为重点的流域系统控源体系

第7章 抚仙湖产业结构调整的减排系统	207
7.1 湖泊流域污染源系统控制的新思路	207
7.1.1 湖泊系统控源体系的提出	207
7.1.2 湖泊系统控源体系的顶层设计	209
7.1.3 湖泊系统控源体系的子系统	212
7.1.4 湖泊系统控源体系的技术路线	214
7.2 抚仙湖产业结构调整的污染减排方案	217
7.2.1 发展战略与调整原则	217
7.2.2 流域人口及产业结构布局	219
7.2.3 流域产业结构三产调整减排方案	220
7.2.4 抚仙湖控源管理机制的改革创新	221
7.2.5 抚仙湖近期污染减排方案	221
参考文献	223
第8章 抚仙湖主要污染源与工程治理系统	224
8.1 抚仙湖的污染源类型与特征	224
8.1.1 湖泊流域的主要污染源	224
8.1.2 湖泊流域的污染源分类	225
8.1.3 湖泊流域污染源的征	225
8.1.4 湖泊内负荷	227
8.1.5 污染物入湖途径与负荷计算	229
8.2 抚仙湖污染源工程处理体系目标	233
8.2.1 目标与总体思路	233
8.2.2 工程体系的技术路线	233
8.3 村落生活污水-畜禽-垃圾系统治理	234
8.3.1 村落污染空间分布	234

8.3.2 村落污水治理设计方案	234
8.3.3 人畜粪便污染控制设计方案	235
8.3.4 农村垃圾污染治理规划方案	235
8.4 城镇与旅游景区污染治理方案	236
8.4.1 城镇污染控制规划方案	237
8.4.2 旅游景区及景点污染源治理规划方案	237
8.5 农田径流污染治理方案	238
8.5.1 农田径流污染分布	238
8.5.2 农田径流污染治理工程方案	239
8.6 磷矿山及磷化工污染治理方案	241
8.6.1 磷化工企业污染控制方案	241
8.6.2 磷矿山磷流失控制与复垦方案	243
8.7 流域污染源治理分区方案	246
参考文献	251
第9章 抚仙湖低污染水净化与处理系统	252
9.1 “低污染水”的重要性	252
9.1.1 “低污染水”与富营养化	252
9.1.2 “低污染水”与地表水的差异	253
9.2 抚仙湖流域的低污染水问题	254
9.2.1 抚仙湖流域低污染水来源	254
9.2.2 抚仙湖低污染水的分布	258
9.3 抚仙湖流域低污染水的控制思路与方案	259
9.3.1 设计目标	259
9.3.2 抚仙湖流域低污染水控制思路	259
9.3.3 抚仙湖流域低污染水控制方案	262
9.4 抚仙湖缓冲带低污染水处理方案	266
9.4.1 缓冲带内主要环境问题	266
9.4.2 缓冲带低污染水处理工艺	271
9.4.3 工程设计原则	275
9.4.4 工程构建方案	278
9.5 抚仙湖湿地群低污染水处理思路	282
9.5.1 人工湿地的作用	282
9.5.2 抚仙湖湿地群构建思路	284
参考文献	285