

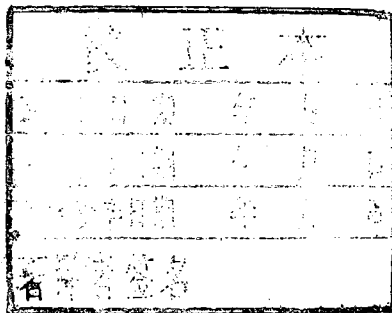


汤逊湖流域纳污能力模拟 与水污染控制关键技术研究

王浩 秦大庸 肖伟华 褚俊英 严登华 等/著

 科学出版社

王澐 秦大庸 尚伟峰 褚俊英 严登华 等/著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍有关湖泊流域水体纳污能力的基础知识、研究现状与进展；汤逊湖流域水环境状况评价与问题诊断，水域叶绿素浓度遥感估测实验；流域污染负荷评价，湖泊水力水质模型和纳污能力评价模型构建；流域污染物总量控制目标与分配指标确定；流域水污染控制措施经济分析；流域排污权交易体系框架设计；相关理论、方法、模型和技术在保护武汉市汤逊湖湖泊水资源与水环境中的应用实例等。

本书可供湖泊流域水环境评价、湖泊水域纳污能力评价、水污染总量控制与分配和排污权交易等领域的工作人员，以及水利、环境、湖泊管理相关专业科研人员 and 高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

汤逊湖流域纳污能力模拟与水污染控制关键技术研究 / 王浩, 秦大庸, 肖伟华等著. —北京: 科学出版社, 2012

ISBN 978-7-03-034031-3

I. 汤… II. ①王…②秦…③肖… III. 湖泊污染—污染防治—研究—武汉市 IV. X524

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 067782 号

责任编辑: 李 敏 张 菊 / 责任校对: 朱光兰
责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 无极书装

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>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 5 月 第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2012 年 5 月 第一次印刷 印张: 15 3/4 插页: 8

字数: 320 000

定价: 80.00 元

如有印装质量问题, 我社负责调换

《汤逊湖流域纳污能力模拟与水污染 控制关键技术研究》

编写人员

王 浩	秦大庸	肖伟华
褚俊英	严登华	李 玮
庞莹莹	涂金花	黄耀欢
王海潮	王 鹏	

序

我国幅员辽阔，湖泊众多，是世界上湖泊比较集中的地区之一。湖泊在当地的经济社会发展过程中发挥着重要的作用，在自然-人类活动-经济社会发展的系统中起到了不可或缺的作用。但是，由于经济社会的快速发展，围湖造地和向湖泊水体中排放污染物，湖泊显现出一系列的生态环境问题，富营养化的问题突出，湖泊型饮用水源地安全受到威胁。

长江中下游平原是我国湖泊最为集中的区域之一，我国著名的五大淡水湖——鄱阳湖、洞庭湖、太湖、洪泽湖和巢湖都分布在这里，湖泊水资源与水环境保护在全国具有举足轻重的地位。长江中下游平原区湖泊流域水环境问题比较突出，制约了区域社会经济的可持续发展。选择富营养化类型、营养水平、湖泊规模和形成机理不同的典型湖泊，开展综合诊断，制定与湖泊营养水平、类型、阶段和地区经济水平相适应的湖泊水污染综合整治方案，逐步实现由湖泊及其集水区的重点控源与局部湖区水质改善向湖泊整体水环境质量明显改善转变的战略目标，可为长江中下游平原区的湖泊流域水污染治理提供借鉴经验。

“汤逊湖流域纳污能力模拟与水污染控制关键技术研究”从湖泊资源利用的角度出发，针对湖泊水污染和生态环境的特点，将湖泊水污染控制与经济社会发展、生态环境保护三者联系起来统一研究，探寻我国湖泊水污染治理模式。经过多学科联合研究，该研究理论和技术创新特色明显，主要体现在四个方面：①在对湖泊水质及纳污能力变化影响机制系统识别的基础上，结合湖泊水动力学特征，构建了具有物理机制的湖泊水环境模拟预测与纳污能力评估平台，可对湖泊水质进行多时空尺度的动态模拟预测，定量核算不同分区的纳污能力；②针对内陆湖泊构建了汤逊湖水体叶绿素的浓度遥感估测模型，并在汤逊湖流域进行了验证；③结合流域各污染源排放特征、构成和空间分布及基于湖泊纳污能力的总量控制要求，建立了湖泊流域水污染物排放的三级层次化分配模型，提出了汤逊湖流域三级污染总量控制与削减方案；④建立了以年均成本作为优化目标的湖泊流域水污染防治措施经济优选模型，提出了汤逊湖流域水污染控制的综合集成方案。

研究成果对汤逊湖流域的水环境与水资源保护具有重要的指导意义和实用价

值，具有针对性和可操作性，可在相关规划和决策中应用，为武汉市“两型社会”建设提供了重要技术支撑；多项研究成果对长江中下游地区湖泊保护和综合治理具有重要推广和应用价值。

“汤逊湖流域纳污能力模拟与水污染控制关键技术研究”的成果出版恰逢其时，希望能为我们的湖泊水污染防治提供些技术参考和理性思维。热切希望社会各界关注湖泊水污染防治工作的进展，为湖泊保护工作献计献策，不断地给予关心和支持。



2012年5月

前 言

湖泊无论是对社会经济的发展,还是对生态系统功能的维持,都有着极其重要的意义。然而随着经济的快速发展,我国湖泊开始面临一个前所未有的挑战:数量迅速减少、面积日益萎缩、水质急剧恶化、水生态功能退化。随着太湖、巢湖和滇池相继暴发大规模的水华,危及周边群众的饮水安全,湖泊水污染危机成为一个引起全社会高度关注的问题。湖泊不仅具有维持相关自然资源的功能,更为人类提供长期水源、灌溉、防洪、发电、交通、调节气候与径流、观光游憩等服务。作为世界上湖泊比较集中的地区之一,我国共有两万多个湖泊,其中面积 1km^2 以上的有2700多个,总面积约9万 km^2 。其中淡水湖泊面积为3.6万 km^2 ,淡水储量2260亿 m^3 。长江中下游平原和青藏高原是我国湖泊最为集中的区域。尽管湖泊众多,但随着经济迅猛发展、人口集聚以及不合理的开发利用,近50年来,在我国东中部地区因围垦造成湖泊面积减小约1.3万 km^2 ,超过了五大淡水湖的面积总和。在我国湖泊数量急剧减少的同时,由污染而导致的水质恶化是湖泊面临的最严重问题。由于大量工业污染物以及面源污染进入,目前有75%的湖泊出现不同程度的富营养化。因此,进行湖泊纳污能力评价与湖泊流域水污染调控关键技术研究具有很重要的意义,它不仅对发展和完善湖泊纳污能力评价的理论与方法有重要意义,而且在实际管理中对有效地控制湖泊流域水污染也具有十分重要的应用价值。

目前,国内对于湖泊保护还没有形成一个系统的湖泊保护治理模式。湖泊治理条块分割,以湖泊本身作为治理主体和以工程措施为主要手段,只能治标不能治本,因此仍然存在不少问题。本书力图以流域角度的视野,从湖岸入手,与湖泊水体结合,运用湖泊水动力水质与纳污能力集成模型等辅助手段进行湖泊水污染总量控制研究。这种模式以湖泊流域“自然-社会”二元水循环为基础,综合考虑湖泊治理的工程措施、非工程措施和生物措施等,结合污染物在湖泊水体中的降解转化过程、反应动力学和水体耗氧与复氧等规律,形成一个完整的体系,能有效地缓解水环境污染,减轻湖泊水环境治理的压力,从而促进湖泊保护,改善湖泊水环境质量。

全书共分为11章。第1章概述本书研究的背景和意义,综述湖泊纳污能力评价与湖泊流域水污染调控研究的现状与进展,阐述本书研究的目标、内容和技

术路线。第2~4章在分析湖泊水体纳污能力影响因素和汤逊湖流域特征的基础上,对汤逊湖流域水环境状况进行了评价,指出了汤逊湖流域水环境状况的主要影响因素;并运用遥感估测法对汤逊湖水体叶绿素浓度进行了实验研究。第5~8章构建针对湖泊流域特点的汤逊湖流域水环境模拟与纳污能力评价集成模型平台,并应用该模型平台对汤逊湖流域污染负荷进行计算分析,对汤逊湖湖泊水体平面二维水流运动和水污染物转化与归趋的特征进行反演,在此基础上,对汤逊湖湖泊水体纳污能力进行了分区评价。第9~10章提出汤逊湖湖泊水体污染物总量控制目标,应用三级分配的方法在污染源之间、湖泊流域分区和排污口三个层面进行污染负荷的分配,设计汤逊湖流域水污染防治保障体系和控制措施,并对汤逊湖流域水污染控制措施进行经济比较分析。第11章主要对汤逊湖流域排污权交易的关键技术进行了初步研究。

本书的研究工作得到了国家自然科学基金创新群体研究基金(51021066)、国家自然科学基金课题(51009150)、国家重点基础研究发展计划课题(2010CB951102)和武汉市汤逊湖纳污能力研究项目(ZJ0203012007, Z0202112009)的共同资助。本书编写的具体分工如下。第1章由王浩、肖伟华和褚俊英执笔;第2章由肖伟华和褚俊英执笔;第3章由秦大庸、褚俊英和涂金花执笔;第4章由肖伟华和黄耀欢执笔;第5章由王浩、肖伟华、严登华和褚俊英执笔;第6章由褚俊英、秦大庸和李玮执笔;第7章由肖伟华、王浩、严登华和庞莹莹执笔;第8章由秦大庸、肖伟华和庞莹莹执笔;第9章由王浩、肖伟华和王海潮执笔;第10章由秦大庸、李玮、褚俊英和肖伟华执笔;第11章由肖伟华、涂金花和王鹏执笔。全书由王浩、秦大庸与肖伟华统稿。

本书在研究和写作过程中,得到了武汉市水务局和武汉市水利规划设计与研究院相关领导和研究课题组成员的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢!感谢课题组的所有成员!

由于湖泊水资源与水环境系统问题本身存在复杂性,且数学模拟与风险管理学科交叉,加之时间和水平有限,书中错误在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2012年3月于北京

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 湖泊纳污能力与水污染控制研究需求	1
1.2 湖泊纳污能力与水污染控制研究进展	4
1.3 主要研究内容	8
第 2 章 湖泊流域水体纳污能力的影响机理	10
2.1 湖泊纳污能力的基本概念与构成	10
2.2 纳污能力的影响因素分析	11
2.3 纳污能力计算的主要方法	14
第 3 章 汤逊湖流域特征与水环境问题诊断	16
3.1 汤逊湖流域的基本特征	16
3.2 汤逊湖流域水环境状况评价	21
3.3 汤逊湖流域水环境问题归因分析	37
第 4 章 汤逊湖水体叶绿素浓度遥感估测分析	40
4.1 湖泊水体叶绿素分析概述	40
4.2 实验概况与数据说明	41
4.3 实验数据分析	42
第 5 章 汤逊湖流域水环境模拟与纳污能力评价集成模型	50
5.1 汤逊湖流域水环境模拟与纳污能力评价综合模型	50
5.2 汤逊湖流域水量平衡分析模型	51
5.3 汤逊湖流域污染负荷模型	56
5.4 汤逊湖水体水环境模型	64
5.5 汤逊湖水体纳污能力评估模型	69
第 6 章 汤逊湖流域污染负荷全方位评价技术	71
6.1 流域污染负荷的影响因素分析	71
6.2 流域现状与未来水平年入湖污染负荷分析	84
6.3 流域污染负荷的不确定性分析	112

第 7 章 汤逊湖水体水力水质模拟计算	119
7.1 湖泊流域水量平衡模拟	119
7.2 汤逊湖平面二维水动力模拟	124
7.3 汤逊湖平面二维水质模拟	131
第 8 章 汤逊湖水体纳污能力评价	143
8.1 汤逊湖水环境保护目标	143
8.2 汤逊湖纳污能力的评估结果	143
第 9 章 汤逊湖流域污染物总量控制与分配技术	172
9.1 汤逊湖流域水污染物入湖总量控制与削减	172
9.2 汤逊湖流域水污染物控制总量的分配	173
9.3 汤逊湖流域水污染调控的方案设计	186
9.4 构建汤逊湖流域水污染防治综合保障体系	189
第 10 章 汤逊湖污染控制措施的经济分析技术	192
10.1 汤逊湖污染控制措施的经济分析方法	192
10.2 重点措施的成本效益	193
10.3 污染控制措施模型优选	200
第 11 章 汤逊湖流域排污权交易关键技术研究	205
11.1 排污权交易概述	205
11.2 汤逊湖流域排污权交易的必要性与可行性	209
11.3 汤逊湖流域排污权交易体系的框架设计与关键技术	211
11.4 排污权交易的保障体系	217
参考文献	220
附录	226
彩图	

第 1 章 绪 论

1.1 湖泊纳污能力与水污染控制研究需求

1.1.1 实践需求分析

湖泊是我国许多城市重要的取水水源地和备用水源地，湖泊水资源保护是建立水资源保护和河湖健康保障体系的一个重要内容。同时，湖泊是一种宝贵的自然资源和具有复杂结构的生态系统，具有不可替代的多方面价值和功能，如调节径流、供应水源、水产养殖、调节生态环境和气候、水运功能以及娱乐功能等。我国是一个湖泊众多的国家，湖泊水体作为我国水资源赋存的重要形式，其生态健康与安全是 21 世纪我国经济社会发展的重要保障。自 20 世纪 80 年代以来，我国许多湖泊水体污染和富营养化状况呈现明显加重趋势。从根本上讲，湖泊水污染以及富营养化问题是跨越时空的自然演变与社会经济发展共同作用的结果，它伴随着流域水文循环过程以及人类长期、持续的社会经济活动而不断强化。当前湖泊水环境污染以及富营养化问题发展快、危害大、处理难、恢复慢，已成为世界范围内最为严重的环境问题之一（Jørgensen, 1999; Rast and Holland, 1988; 刘凌和崔广柏, 2004）。

世界各国的实践表明，湖泊水污染问题的产生与发展，表面上是资源与环境危机，实质上是治理与调控危机（赵生才, 2004）。面临湖泊萎缩和水质恶化的严峻形势，如何合理、有效、可持续地保护和利用湖泊水资源，是我国社会经济与资源环境科学发展的必然要求。长期以来，在湖泊水环境管理方面，我国主要以污染物的排放标准作为主要依据实行浓度控制占据主导地位的湖泊管理。由于流域可纳污量日益减小，即使污染源全部达标也难以满足水环境功能目标的要求。因此，实行以纳污能力为核心的污染物总量控制与管理势在必行。纳污能力的核算是污染物总量控制的科学基础，是保证污染物总量控制制度规范性、系统性和可操作性的重要环节。

根据 2009 年 2 月全国水资源工作会议的精神，在当前及今后一个时期，以水资源配置、节约和保护为重点的水资源管理工作要在 2020 年初步形成与全面