



2008-2009

环境科学技术 学科发展报告

Report on Advances in Environmental Science and Technology

中国科学技术协会 主编

中国环境科学学会 编著



 中国科学技术出版社



2008-2009

环境科学技术

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

中国科学技术协会 主编

中国环境科学学会 编著

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2008—2009 环境科学技术学科发展报告/中国科学技术协会主编;
中国环境科学学会编著. —北京:中国科学技术出版社,2009.3

(中国科协学科发展研究系列报告)

ISBN 978-7-5046-4934-8

I. 2… II. ①中…②中… III. 环境科学—研究报告—中国—
2008-2009 IV. X

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 018556 号

自 2006 年 4 月起本社图书封面均贴有防伪标志,未贴防伪标志的为盗版图书。

中国科学技术出版社出版

北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081

电话:010-62103210 传真:010-62183872

<http://www.kjpbooks.com.cn>

科学普及出版社发行部发行

北京凯鑫彩色印刷有限公司印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:12.5 字数:290 千字

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:38.00 元

ISBN 978-7-5046-4934-8/X · 102

(凡购买本社的图书,如有缺页、倒页、
脱页者,本社发行部负责调换)

2008—2009
环境科学技术学科发展报告
REPORT ON ADVANCES IN ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

专 家 组

组 长 金相灿

副组长 张夫道 赵 烨 张 宁 张桂兰 牛静萍
董志灵

成 员 (按姓氏笔画排序)

丁国武	王国清	万 东	马 林	付 蓉
李 娜	李沛祺	刘兴荣	朱宇恩	庠 宇
达龙珠	陈志凡	肖进兵	张树清	张 瑜
胡德鹏	高 原	姜艳萍	姜 霞	路 芳

学 术 秘 书 姜艳萍 王国清

序

当今世界,科技发展突飞猛进,创新创造日新月异,科技竞争在综合国力竞争中的地位更加突出。党的十七大将提高自主创新能力、建设创新型国家摆在了非常突出的位置,强调这是国家发展战略的核心,是提高综合国力的关键。学科创立、成长和发展,是科学技术创新发展的科学基础,是科学知识体系化的象征,是创新型国家建设的重要方面,是国家科技竞争力的标志。近年来,随着对“科学技术是第一生产力”认识的不断深化,我国科学技术呈现日益发展繁荣局面,战略需求引领学科快速发展,基础学科呈现较快发展态势,科技创新提升国家创新能力,成果应用促进国民经济建设,交流合作增添学科发展活力。集成学术资源,及时总结、报告自然科学相关学科的最新研究进展,对科技工作者及时了解和准确把握相关学科的发展动态,深入开展学科研究,推进学科交叉、渗透与融合,推动多学科协调发展,适应学科交叉的世界趋势,提升原始创新能力,建设创新型国家具有非常重要的意义。

中国科协自2006年开始启动学科发展研究及发布活动,圆满完成了两个年度的学科发展研究系列报告编辑出版工作。2008年又组织中国化学会等28个全国学会分别对化学、空间科学、地质学、地理学、地球物理学、昆虫学、心理学、环境科学技术、资源科学、实验动物学、机械工程、农业工程、仪器科学与技术、电子信息、航空科学技术、兵器科学技术、冶金工程技术、化学工程、土木工程、纺织科学技术、食品科学技术、农业科学、林业科学、水产学、中医学、中西医结合医学、药学和生物学工程共28个学科的发展状况进行了研究,完成了中国科协学科发展研究系列报告(2008—2009)和《学科发展报告综合卷(2008—2009)》。

这套由29卷、800余万字构成的学科发展研究系列报告(2008—2009),回顾总结了所涉及学科近两年来国内外科学前沿发展情况、技术进步及应用情况,科技队伍建设与人才培养情况,以及学科发展平台建设情况。这些学科近两年产生了一批重要的科学与技术成果:以“嫦娥一号”探月卫星成功发射并圆满完成预定探测任务、“神舟七号”载人飞船成功发射为代表的一系列重大科技成果,表明我国的自主创新能力又有较大提高,在科研实践中培养、锻炼了一批

高层次科技领军人才,专业技术人才队伍规模不断壮大且结构更为合理,科技支撑条件逐步得到改善,学科发展的平台建设取得了显著的进步。该系列报告由相关学科领域的首席科学家牵头,集中了本学科广大专家学者的智慧和学术上的真知灼见,突出了学科发展研究的学术性。这是参与这些研究的有关全国学会和科学家、科技专家研究智慧的结晶,也是这些专家学者学术风范和科学责任的体现。

纵观国际国内形势,我国仍处于重要战略发展机遇期。科学技术事业从来没有像今天这样肩负着如此重大的社会使命,科学家也从来没有像今天这样肩负着如此重大的社会责任。增强自主创新能力,积极为勇攀科技高峰作出新贡献;普及科学技术,积极为提高全民族素质作出新贡献;加强决策咨询,积极为推进决策科学化、民主化作出新贡献;发扬优良传统,积极为社会主义核心价值体系建设作出新贡献,是党和国家对广大科技工作者的殷切希望。我由衷地希望中国科协及其所属全国学会坚持不懈地开展学科发展研究和发布活动,持之以恒地出版学科发展报告,不断提升中国科协和全国学会的学术建设能力,增强其在推动学科发展、促进自主创新中的作用。

A stylized, handwritten signature in black ink, likely belonging to Miao Xiang, the President of the Chinese Association of Science and Technology.

2009年3月

前言

2008年是改革开放30周年,全球经济发展研究表明,当一个国家的人均GDP处于500~3000美元的发展阶段时,往往对应着人口、资源、环境等瓶颈约束是最为严重的时期。我国目前正进入一个关键性发展阶段,面临着经济高速发展,自然资源超负荷利用,生态环境日益恶化,这就要求环境科技工作要超前行动。当前,我国的环保科技工作进入了历史最好的发展时期,特别是环境保护部成立以后,环保科技工作站在了新的历史起点上。为加快科技创新的步伐,推动环境友好型社会的建设,全面落实科学发展观,必须实施科技兴环保战略,坚持“自主创新,重点跨越,支撑发展,引领未来”的指导方针,以科技创新促进“历史性转变”,进一步增强环境科技创新能力,以科技进步带动环保事业的发展。

中国环境科学学会发挥自身拥有多学科、跨领域、高层次专家学者的优势,组织学会所属各分会和专业委员会以及有关院校、科研院所,以科技创新思维为基础,以年度实际完成的科技成果和信息资料为依据,深入开展年度学科发展专题研究,编写了《环境科学技术学科发展研究报告(2008—2009)》,及时反映我国环境科学技术研究与发展现状、趋势,取得的新成果和新进展,在社会经济发展中的应用和成效,探讨我国环境科学近期任务及发展中具有影响力的新增长点,为各级政府和有关领导及相关企事业单位广大科技工作者提供参考,为促进环境科技进步提供服务,为建设环境友好型社会发挥积极作用。

在本报告编写过程中,得到了中国环境科学研究院、中国农业科学院、北京大学、中国人民大学、北京师范大学、兰州大学、北京中医药大学东方医院、哈尔滨师范大学、甘肃省环境监测站、河南省肥料质量管理办公室、河南省农业科学院信息所等单位的大力支持和帮助,许多专家、学者都积极地为本报告提供文字资料和提出宝贵的建议,在此一并表示衷心的感谢!

中国环境科学学会

2008年12月

目 录

序	韩启德
前言	中国环境科学学会

综合报告

环境科学技术学科的研究现状与发展前景	(3)
一、引言	(3)
二、环境科学技术学科发展的现状	(4)
三、环境科学技术发展趋势	(4)
四、环境科学技术重点领域发展回顾、趋势预测与研究方向建议	(5)
五、环境学科重大应用成果推荐	(34)
参考文献	(34)

专题报告

水环境科学技术发展研究	(43)
大气环境科学技术发展研究	(79)
固体废物处理技术发展研究	(111)
环境医学发展研究	(138)
农村环境保护发展研究	(157)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Current Situation and Future Prospects of the Research on Environmental Science and Technology	(181)
---	-------

Reports on Special Topics

Advances in Water Environmental Science and Technology	(184)
Advances in Atmospheric Environmental Science and Technology	(184)
Advances in Solid Waste Treatment	(185)
Advances in Environmental Medicine	(186)
Advances in Rural Environmental Protection	(186)

综合报告

环境科学技术学科的研究现状与发展前景

一、引言

环境科学在中国有近三十年的发展历史,随着经济的发展,人们对环境问题的认识不断提高,环境科学学科体系也一直处于完善与发展之中。随着环保工作不断深化,在环境执法力度加大,企业守法意识普遍提高后,科技进步将是改善我国环境质量的唯一途径。回顾环境保护的历史我们可以发现,每一次环境保护事业的跨越式发展都离不开环保科技的突破。举几个例子,如曝气复氧技术使英国泰晤士河污染治理发生了质的飞越,废物再生技术使丹麦 98% 的废料不必再用填埋的办法进行处理,湿法涤气系统使德国提高了烟气处理能力,可去除烟道内 98% 的灰、99% 的氯化氢和二氧化硫等,新型的纳米级净水剂的吸附能力和絮凝能力是普通净水剂三氯化铝的 15 倍左右,碳吸附、碳捕捉等技术的突破将掀起“低碳经济”的浪潮,提高人类应对气候变化的能力。这些事例说明,环保科技创新是提升污染治理水平、保护生态环境最有效的手段之一。

尽管全国环境质量总体呈好转趋势,但环境保护形势依然严峻。长江、黄河、珠江等七大水系总体水质与 2006 年持平。197 条河流 407 个断面中,一至三类、四至五类和劣五类水质的断面比例分别为 49.9%、26.5% 和 23.6%。珠江、长江总体水质良好,松花江为轻度污染,黄河、淮河为中度污染,辽河、海河为重度污染。湖泊富营养化问题突出。全国近岸海域一、二类海水比例为 62.8%,比 2006 年下降 4.9 个百分点;三类为 11.8%,上升 3.8 个百分点;四类和劣四类为 25.4%,上升 1.1 个百分点。四大海区近岸海域中,南海、黄海近岸海域水质良,渤海为轻度污染,东海为重度污染。农村面临环境污染和生态破坏的双重威胁。突出表现为生活污染加剧、面源污染加重、工矿污染凸显、饮用水存在安全隐患、生态退化尚未得到有效遏制。

党中央、国务院高度重视环境科技工作。国务院发布的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020)》中,将环境保护作为国家科技发展的 5 个战略重点和 16 个重点专项之一,把环境保护相关技术列入了优先领域,环境科技工作摆到了前所未有的高度。第七次全国环保科技大会上,环境保护部副部长吴晓青强调环保科技的重点工作是:以水体污染控制与治理重大专项为龙头,全力推进环保科技创新工程;以严格准入为重点,加快环保标准体系建设;以污染减排为抓手,加快技术管理体系建设和适用技术推广;以保护人体健康为目标,全面落实国家环境与健康行动计划。同时,要大力加强环境监测的技术支撑能力。

2008 年是环保史上具有里程碑意义的一年,中央为加大环境政策、规划和重大问题的统筹协调力度,将环保总局改为环保部。环境保护部的成立标志着我国的环保事业进入了一个全新的发展阶段。以科研、标准、技术等为主要内容的环境科技作为环保事业的重要组成部分,已经进入环境保护的主战场,融入国家经济发展的大局。

当前,我国的环保科技工作进入了历史最好的发展时期,特别是环境保护部成立以后,环保科技工作站在了新的历史起点上。为了充分发挥科技的支撑保障作用,我们需要从机构队伍、管理水平、创新能力等方面切实加强环保科技工作。环境科技必须真正体现以环境优化经济增长的新思路、新要求,为切实解决突出的环境问题提供最有效的科技服务。

二、环境科学技术学科发展的现状

目前我国环保科技的发展现状,离振兴环保事业的要求还有相当大的差距。同发达国家相比,我国的环保科技起步较晚、基础薄弱、自主创新能力低、技术储备不足,部分地方和部门还存在重管理轻科技的现象,科技部门自身人员少、任务重、支撑能力不强、科研队伍素质亟待提高等问题。

近年来,我国不断加大环境科技研究的投入,但是污染事件还是时有发生,我国整体环境质量并没有出现明显改善。总体水平偏低的生产技术,是造成环境问题的根本原因。如果仅仅提高污染链条“末端”治理技术,如污水一级处理不能解决,就上二级深化,二级不行就上三级深化,虽然费用逐级递增,却又不能从根本解决环境问题。因此,必须采取高效低耗循环经济技术,把污染控制从“末端”推到全过程。

如何化解经济快速发展对资源、能源消耗的高度依赖,如何跨越资源、能源的瓶颈约束已成为这一时期我国面临的主要难题。低碳之路无疑为中国的可持续发展提供了一条新的途径。发展低碳经济有可能演变为中国未来社会经济发展的主流模式,成为促进国内节能减排和应对全球气候变化的重要战略选择。

当前,农村环境与发展、节能减排、发展高效低耗的控制技术、城市生态环境问题等是环境科学技术学科发展的热点问题。2008年环境科技的重点是:①以水专项为龙头,全力推进环保科技创新工程;②加快环保标准体系建设,推动建立符合转变经济发展方式要求的环境准入体系。以“两高一资”行业和“三湖”地区产业结构调整为重点,全面推进国家污染物排放标准工作,发布钢铁、有色金属、造纸、煤矿瓦斯、生活垃圾、机动车及发动机、制药等重点行业污染物排放标准;③以污染减排为抓手,加快技术管理体系建设和适用技术推广;④以保护人体健康为目标,全面落实国家环境与健康行动计划。

三、环境科学技术发展趋势

我国环境保护事业进入了一个稳定发展的阶段,环境科学技术的发展呈现以下特点:

(1)不断加大环境科技研究的投入,降低环保成本,提高生产技术水平,提升污染治理能力。环境科学与技术之间的相互融合、相互渗透与相互转化更加迅速。

(2)技术创新和制度创新有机配合,政府主导和企业参与实施,环境科技在基础研究、高新技术研究与成果应用转化等纵深层面同时展开,研发与应用结合更加紧密。

(3)跨学科的研究方式和专项计划的组织方式成为主流。以往对单一资源或环境问题的单一机构、单一学科研究方式被针对单一或综合资源与环境问题的由自然科学家、社

会科学家、经济学家、工程学家和政策制定者共同参与的跨学科、多部门联合研究方式所替代,并且无论在国际科学界还是在各国国家研究组织中,对重大资源与环境问题的基础研究往往是通过设立专门的研究计划来完成。

(4)以解决当前或未来面临的重大资源与环境问题为重点,更加关注环境与其对人体健康的影响研究,关注人类生产方式的转变,关注地区发展的不平衡关系、人与自然等人类社会发展的协调与和谐问题等,环境科技对人类社会发展导向作用愈加显现。

四、环境科学技术重点领域发展回顾、趋势预测与研究方向建议

近年来,我国环境科技工作围绕环保重点工作和突出环保问题,组织开展科学研究和技术攻关,在解决重大环境问题、建立健全环境管理制度、制订完善技术法规和标准、开发推广污染防治技术,以及促进经济增长方式转变等方面,发挥了重要引领和支撑作用,为环保事业发展提供了一定的科学、技术和物质保障。

(一)水环境科学技术

水污染防治是我国环保工作的重点领域之一。由于自然界水存在的不同形态,下面从湖泊科学、河流水环境科学技术、地下水污染控制技术和城市水环境研究四个方面,评述水环境科学领域的国内外现状与发展趋势,对我国水环境科学领域的发展目标、重点研究方向与关键技术提出建议。

1. 湖泊科学

湖泊是由湖盆、湖水及水中所含的矿物质、有机质和生物等所组成的复杂的生态经济系统,是自然万物和人类文明的繁盛之地。湖泊具有重要的功能,主要表现在调节河川径流、提供水源、繁衍水生生物、沟通航运,改善区域生态环境以及开发矿产等多种功能,它是国民财富的重要组成部分,对国民经济和社会的发展发挥难以替代的作用。

(1)湖泊科学研究进展。

1)富营养化机理研究。早期的富营养化机理研究主要是探讨营养盐负荷与浮游藻类生产力的相互作用和关系,确定了氮、磷以及氮磷比分别与藻类生长的相关关系,提出了控制外源性营养盐输入的富营养化水体治理措施,并取得了一定的效果,但对于浅水湖泊却收效甚微。为此,各国学者对内源性营养盐的影响进行了研究,影响沉积物内源释放的外部因素主要有温度、pH、氧化还原电位、铁和锰含量等。美国的 Bateus 等以俄克拉荷马州卡·布莱克韦湖底质进行厌氧—好氧、带菌—无菌、搅拌 3 种条件组合的模拟实验表明,在好氧搅拌带菌情况下沉积物的释放量最大。荷兰的 Brouwer 等研究发现硫酸盐和碳酸氢盐是影响底泥降解和恢复湖泊的关键因素。但从目前国内外对内源性营养盐影响的治理效果来看并不十分理想,还存在不少问题需要深入研究。“十五”期间,国家启动了“973”计划项目“湖泊富营养化过程与蓝藻水华暴发机理研究”,在富营养化的产生条件和机理等方面取得了一定的成果。

2)最低生态水位研究。湖泊最低生态水位的计算方法有年保证率法、湖泊形态法、天然水位资料法、曲线相关法、功能法和最低年平均水位法等。

3) 湖泊评价方法研究。重金属污染方向的评价方法较多,如地累积指数法、沉积物富集系数法、次生相与原生相分布比值法、次生相富集系数法、污染负荷指数法、潜在生态风险指数法、回归过量分析法、模糊集理论、脸谱图法,以及化学、生态学和毒理学的综合方法。其中,潜在生态风险指数法充分考虑了重金属的生物毒性与生态风险,应用较广泛。而对湖泊底泥中重金属污染的风险评价多采用 Hakanson 沉积物生态风险指数法,也有研究者对底泥重金属污染进行简单的相关性分析。

目前已有的湖泊水质及富营养化评价方法有营养状态指数法、神经网络评价、分形理论评价、人工鱼群算法、鱼耳石评价法、基于模糊理论的湖泊水质富营养化评价模型、投影寻踪回归(PPR)水质富营养化综合指数预测模型、改进密切值法等。

4) 富营养化模型发展趋势。引入随机过程:生态系统本身是复杂多变的,含有众多不确定性因素。为了使问题得到解决,人们常将随机问题视为确定性问题进行简化。但随着研究的深入,必然要回复对研究对象本来面目的表述,将随机性考虑在内便是必然趋势。

非线性方法应用:藻类的生长受到众多因素影响,本身是非线性现象。因此,运用非线性方法和分岔混沌理论对模型进行分析和研究,从深层次和本质上揭示模型的规律,代表了模型研究的重要方向。

对气候条件的考虑:气候变化会对湖泊富营养化产生明显影响。因此,对于气候等条件加以充分考虑是模型发展的内在要求。目前,Hany Hassan 和 J. M. Malmaeus 等人在研究过程中将水文和气候作为对富营养化过程的组成部分加以考虑,并建立相应的数学模型。

遥感技术应用:建模的一个重要基础是监测资料,而水体遥感监测正是通过研究水体反射光谱特征与水质参数浓度之间的关系,建立水质参数反演算法,对湖泊富营养化进行监测,这已成为目前湖泊遥感技术应用的主要领域之一。

耦合模型:研究已经发现水环境和陆地环境、大气环境之间有紧密的联系。随着陆地环境和大气环境研究的深入,模型耦合技术的发展,降雨径流模型、气象模型等有望与湖泊富营养化模型耦合,进一步揭示湖泊中污染物的复杂运动,为湖泊富营养化模型的预测精度奠定基础。

(2) 湖泊富营养化治理工艺及研究进展。湖泊富营养化治理分物理方法和化学方法。物理方法包括清淤挖泥和引水冲污、沉积物氧化、化学沉淀、底泥覆盖技术;化学方法有过滤絮凝方法、人工增氧措施等。

湖泊水体富营养化新型防治方法如下所示。

1) 生态恢复工程措施:包括湖泊滨带生态系统恢复、水生植物生态恢复。利用这些系统具有巨大污染物累积场所的净化作用,减轻污染,恢复生物气息场。

2) 抑藻杀藻技术:可采用化学法、物理法和生物控制法等去除藻类。常用化学除藻剂有硫酸铜、氯、二氧化氯、臭氧、季铵盐等;而常用的生物控制方法是通过施用有效微生物种群和以浮游动物、鱼类、高等水生植物控制浮游植物。

3) 病毒方法抑制藻类:目前已有分离出侵噬蓝藻的病毒(称为蓝藻噬菌体)。实验证明,蓝藻接种该病毒后,藻体数量明显降低,藻类生长受到控制。这是一种颇具前途的

生物学方法。但此法仍处于实验室阶段,在自然湖泊环境中可行性及对其他水体生物及水质的影响需要进一步研究。

4)超声波蓝绿藻去除技术:超声波除藻系统利用超声波辐射破坏藻类的液胞,从而使它们沉入湖底而被细菌分解。该系统适用于发生水华或富营养化的中小型湖泊。我国已在北京什刹海生态修复试验中利用了该项技术,具有一定的技术可行性。

5)利用有益微生物去除丝状蓝绿藻技术:丝状蓝绿藻会增加湖水的 COD 值及浊度,并能降低絮凝效果。日本研发了一种内部填充了大量的有益微生物的生物过滤器。当污水流经该过滤器时有益微生物能捕食和分解丝状蓝绿藻,从而可达到净化水质的目的。该技术具有成本及能耗低的优势,较适用于发展中国家。

6)生物膜法处理技术:微生物群体附着于某些载体的表面上呈膜状,通过与污水接触,生物膜上的微生物摄取污水中的有机物作为营养吸收并加以同化。生物膜具有固定细菌,对环境变化耐受能力强,降解效率高、产生污泥少的特点。主要工艺方法有生物廊道、生物滤池、生物接触氧化池等。生物膜法对于受有机物及氨氮轻度污染水体有明显的效果,日本、韩国等都有对江河大水体修复的工程实例。

7)生物调控:这一概念最早由 Shapiro 提出,是通过调整生物群落结构的方法控制水质。主要原理是调整鱼群结构,保护大型牧食性浮游动物从而控制藻类过量生长。鱼群结构调整的方法是在湖泊中投放、发展某些鱼种,而抑制或消除另外一些鱼种,使整个食物网适合于浮游动物或鱼类自身对藻类的牧食和消耗,从而改善湖泊环境质量。生物调控比较适用于小而浅的、相对封闭的湖泊系统。

(3)湖泊科学研究展望。

1)湖泊水生植被生态恢复研究方向:①建立湖泊水生植被恢复的定量指标和指标体系。②结合实际的经济和社会因素以及气候、地理,水生生态的理化条件等自然因素,通过积累可重复的和长期的实验与观测数据,开展不同地理区域,不同水生生态系统的水生植被恢复研究。③开展湖泊水生植被与干扰因素之间的动态变化关系研究,为水生植被恢复奠定理论基础。④开展湖泊水生植被生态恢复试点工程,分析重新引进当地消失的物种,以及外来种在恢复中的可行性。明确水生植被生态恢复的机制。

2)湖泊水质遥感尚待解决的几个问题:遥感水质已经走向实用化阶段,但其实用性仅体现在监测方面。为了增加其实用性,作为一种监测手段,遥感水质应与湖泊生态结合起来,与水体污染、水生态、水质安全等问题联系起来,与湖泊水环境模拟结合起来,扩展水质遥感的生态学意义,推广水质遥感应用范围。

湖泊水质遥感需要解决以下四个关键问题:①兼顾海洋沿海水质遥感,发展专用的静止卫星湖泊水质遥感器;②在当前多光谱遥感资料基础上研发高光谱湖泊水质因子提取的遥感定量化模型,提高反演精度;③深化湖底底质对湖泊水质/水质遥感影响研究,发展湖底水质遥感反射率精确计算模型;④发展适用于湖泊水体区域性 11 类水体大气校正方法,并集成反演、遥感产品制作、分发等技术,构建湖泊水体水质/水色业务化运行体系。

3)湖泊学科研究方向:①应将湖泊作为一个有机体来对待,避免用简单修复的方法来治理富营养化。②注意湖泊生态系统中结构与功能的关系,结构+结构的不同组合可以形成不同的功能。③对湖水中存在的化学元素如氮、磷的分析应进一步深化,可以从磷在

水体中形成的新的化合物来研究富营养化的成因,也可分析是否存在其他的限制因子,或者是否存在各限制因子的综合作用。④比较同一治理方法在不同地区有的成功而有的失败的原因,说明在治理过程中只把握住了部分的原因,在湖泊环境中其他条件具备时便取得了成功,也就是没有把握住全部的必要条件。在以后的研究中可以从差异中寻找缺失的必要条件。⑤加强湖泊治理的多学科融合,可以从不同的学科领域或不同学科的综合来治理湖泊,注重社会因子在湖泊治理中的作用。

2. 河流水环境科学技术

我国河流水污染治理是在 20 世纪 80 年代后期才开始的,相比国外要晚得多,从技术水平上整体比国外落后 20 年。通过借鉴、研究、实践,虽取得了一定进展,一些先进的技术与理念也正在不断得到推广,但我国在环境治理的许多方面仍与发达国家间有很大的差距,技术与理念的推广也存在许多困难。

(1)河流生态修复技术研究进展。河流修复是维护河流健康的重要措施,综述国内外河流修复研究,根据修复的重点,有研究者从修复理念和修复特征将其分为两类。从其修复的理念分为三类:近自然生态工法、水文模式修复法、河流分类法。从河流的修复特征分为防洪排涝、水质改善和生态景观建设三方面。

(2)GIS、RS 及 GPS 技术在河流生态修复中的应用。在河流生态修复规划编制的各个阶段,即河流生态状况调查分析、规划生态修复对策和预测规划效果、规划实施后生态监测等三方面,在遥感与 GPS 支持下的 GIS 系统都是极有用的技术工具。主要体现在以下几个方面:

1)在河流生态现状与历史调查分析方面,利用 GIS 将零散的数据和图像资料,无论是文字、表格和数字,还是图形、图像等各种形式的信息加以综合并存储在一起。利用 GIS 空间数据更新功能,进行长期的信息积累,作为河流环境管理工作的强大数据库。

2)将各类地图与相关的文字、数字信息通过计算机高效、有机地融合在一起。规划人员可以在 GIS 系统支持下提取系统的不同侧面,不同层次的空间和时间特征,对于河流生态系统状况的历史、现状进行分析,识别生态胁迫的主要因子,掌握河流生态系统演变趋势,进一步分析河流生态系统退化的原因。

3)以 GIS 系统为技术平台编制河流生态修复规划。具体方法可以将各类专题地图诸如水系、水文、气候、水利工程设施、标志性物种地图、植被地图、地貌、河流生态修复工程等按照不同土层制作,也可以叠加在一起显示。这样就可以把河流修复项目与自然状况和现有各种工程设施进行综合规划。

(3)河流水体污染治理技术及发展趋势。治理污染河流是一项复杂的系统工程,目前国内外已经在使用的或已试验的污染河流水体治理技术主要分为物理、化学和生物—生态三类方法。物理方法往往治标不治本,污染物只是得到了转移而并没有消除。化学治理方法主要是采用各种化学药剂,如加入化学药剂杀藻、加入铁盐等促进磷的沉淀(化学固磷)等。生物—生态法是国内外近年来发展迅猛的一种新技术,具有处理效果好、造价低、耗能低、运行成本低等优点。

(4)河流底泥重金属污染治理技术现状与展望。当前国内外对河流底泥重金属污染物的修复主要有原位固定、原位处理、异位固定、异位处理 4 种方法。在这些处理方法中,

多采用物理修复、化学修复、生物修复以及这3种技术联合使用。物理修复方法由原位修复和异位修复2种技术组成。原位物理修复技术包括填沙掩蔽、固化掩蔽、引水、物理淋洗、喷气和电动力学修复等。环保疏浚、工程疏浚、异位淋洗、固化填埋、玻璃化和用作建筑材料等异位修复技术,在国外都有普遍的应用。化学修复是利用化学制剂与污染底泥发生氧化、还原、沉淀、聚合等反应,使重金属从底泥中分离或转化成无毒的化学形态。主要有氧化还原、湿式氧化、化学浸提等传统方法。常常与物理修复结合在一起应用。目前出现的新兴技术有动电技术与电渗析萃取技术。动电技术是一种经济有效的土壤修复,被认为是土壤重金属修复最有前景的技术之一。电渗析萃取技术方面,M Nystroem研究了不同电解液修复河流底泥重金属污染的效果,证明了修复重金属污染的有效性。生物—生态修复是利用培育的植物或培养、接种的微生物的生命活动,对底泥中的污染物进行转移、转化及降解,从而达到去除污染物的目的。分为微生物修复、植物修复、动物修复,以及不同生物联合修复等多种方法。利用植物改良整治河流底泥,将河流底泥中过量的重金属移出底泥,不但治理成本低,而且能营造良好的生态环境。但是,利用植物来修复河流底泥中重金属的机理还有待进一步研究。

3. 地下水污染控制

根据地下水长期监测资料,参照不同用水质量标准和各省地下水质量评价结果,我国地下水质量状况总体较好。92%的地下水资源可作为生活饮用水及工农业供水,但仍有少量为遭受严重污染的地下水,污染严重区主要分布在大城市的中心地带、城镇周围区,排污河道两侧、地表污染水体分布区及引污水灌溉农田地区。据统计,我国大、中城市浅层地下水不同程度地遭受污染,其中约一半的城市市区地下水污染较严重,全国多数城市地下水水质呈下降趋势,部分城市浅层地下水已不能直接饮用,由此造成的缺水城市和地区日益增多。污染组分主要有三氮(NO_3^- 、 NO_2^- 、 NH_4^+)、酚、氰、重金属、总硬度及COD等。

(1)地表水地下水耦合模型。以往的研究更多的将地下水和地表水作为两个不同的系统进行研究,忽略了两者的多尺度、多维相互联系,使得在众多问题上难以得到满意的答复。近几年研究者逐步将地下水和地表水作为一个整体,开发了一系列模型。

1)“四水”转换模型。“四水”转化是从水资源计算与评价的角度提出的大气水、地表水、土壤水与地下水相互转化关系问题。

2)SWATMOD模型。该模型耦合了美国农业部农业研究局开发的半分布式水文模型SWAT和美国地质调查局开发的MODFLOW模型。它不仅能模拟分析灌溉、施肥和耕作措施对农业生产和水资源利用方面的影响,而且能反映复杂含水层系统中地下水的动态。

3)MODBRANCH模型。MODBRANCH模型是E. D. Swain在1994年提出的,耦合了一维明渠不稳定地表水模型BRANCH和三维地下水流模型MODFLOW。

4)MIKE-SHE模型。MIKE-SHE系列模型是在SHE模型的基础上发展起来的模型,是一个综合性的、确定性的且具有物理意义的分布式水文模型。它能够模拟陆地水循环中几乎所有主要的水文过程。

(2)地下水水质评价方法研究进展。