

可持续发展案例研究丛书

中外水体富营养化 治理案例研究

● 郭培章 宋群 / 主编

ZHONGWAI SHUITI FUYINGYANGHUA
ZHILI ANLI YANJIU



中国计划出版社

中外**水体富营养化治理**案例研究

主编 郭培章 宋群

中国计划出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

中外水体富营养化治理案例研究 / 郭培章, 宋群编.
北京: 中国计划出版社, 2003. 5
(可持续发展案例研究丛书)
ISBN 7-80177-187-7

I. 中... II. ①郭...②宋... III. 水体—富营养化—污染防治—案例—世界 IV. X52

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 016467 号

中外水体富营养化治理案例研究

主编 郭培章 宋群

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906415 63906416)

新华书店北京发行所发行

世界知识印刷厂印刷

850×1168 毫米 1/32 13.25 印张 328 千字

2003 年 5 月第一版 2003 年 5 月第一次印刷

印数 1—2000 册

☆

ISBN 7-80177-187-7/F·077

定价: 23.00 元

《中外水体富营养化治理案例研究》编委会名单

主编:郭培章 宋 群

编委(按姓氏笔画排序):

孙广宣 孙 楨 何开丽 宋国君 单立志
周景博 胡洪营 施汉昌 郭怀成 夏 成

前 言

当前,我国水体的富营养化已日益成为影响我国湖泊发展的主要问题之一,并成为影响我国水资源环境,制约我国经济与社会可持续发展的重要因素。为了更好地推动我国水体富营养化治理工作的开展和水资源的合理与有效利用,2001年4月,国家计委地区经济发展司设立了《中外水体富营养化治理案例研究》课题,并委托国家计委对外经济研究所牵头,联合清华大学、北京大学和中国人民大学有关学者专家共同组成课题组开展研究。课题组根据课题设计要求,在广泛收集、整理和分析国内外有关资料和信息的基础上,于2001年10月份与11月份分别形成了课题的有关分报告与总报告。

本课题研究成果由1份总报告与10份分报告组成。分报告主要是:一方面对美国、欧盟、日本、加拿大、澳大利亚、荷兰、瑞典等国家水体富营养化治理情况进行了比较全面系统的总结介绍;另一方面对我国的太湖、滇池及巢湖等三大主要湖泊的水体富营养化状况和治理情况进行了具体分析。在各分报告研究的基础上,形成了《国外水体富营养化治理的主要经验及对我国的政策建议》总报告。

此研究课题的创新之处在于:一是比较全面系统地概括和介绍了目前国外水体富营养化的治理观念、监测方式、治理做法、措施及效果,特别是对目前国外已大量采用的生态整体治理的观念及生态评估方法进行了重点介绍,为我国更好地开展水体富营养化治理提供了重要的国际经验,并填补了这方面国内资料的空白。

二是对水体富营养化的成因、危害及治理意义进行了比较系统的分析和阐述,提出富营养化的形成既有自然因素,也有人为因素,加速其发展主要是人为因素。由于水体富营养化对自然生态、经济发展及人体健康都将产生很大危害,因此,注重对水体富营养化的治理对于生态环境保护、人类生产生活条件优化将具有十分重要而积极的意义。三是对我国三大湖水体富营养化状况进行了比较系统的综合性分析,指出了我国与国外存在的主要差距及问题,在借鉴国际治理经验的基础上提出进一步促进我国水体富营养化治理的政策重点应主要放在:树立战略、长期、持续治理的指导思想;加强治理的生态系统性、整体性和配套性;健全和完善有关的法律;建立有效的经济调控机制;借鉴国外的适宜技术;积极开展本土研究工作和加强环境教育与公众参与等。

课题完成后,经由中国环境科学研究院刘鸿亮院士、中国科学院地理科学与资源研究所章申院士、北京大学环境科学中心徐云麟教授、中国环境科学研究院金相灿所长(研究员)及国家环保局刘鸿志博士(处长)等专家的评审,他们对课题研究及成果给予了充分的肯定,同时也指出了不足。在充分吸取专家意见的基础上,本书进行了认真的修改。在此,对以上专家对课题的支持及帮助表示诚挚的谢意。

本书是在课题研究报告的基础上改编而成。在体例上,将总报告的内容改为综合篇,将国外的专题报告改为国外篇,将国内的专题报告改为国内篇。全书共十二章。各章的主要执笔人是:第一章宋群、孙广宣、夏成;第二章郭培章、周景博、孙楨;第三章胡洪营、种云霄;第四章单立志、林刚;第五章宋国君、谷晶红;第六章胡洪营、刘超翔;第七章单立志、张悦;第八章施汉昌、刘广利;第九章施汉昌、余若楨;第十章郭怀成、孙延枫;第十一章何开丽;第十二章宋国君、王苏苏。全书由郭培章和宋群统稿。

开展水体富营养化研究与治理是实现我国资源、环境、人口可持续发展的的重要组成部分,在借鉴国外经验的基础上,逐步形成符

合我国国情,并有利于国民经济与社会全面发展的治理体系和机制还有许多需要不断探索和解决的新问题。此书的研究成果仅仅是个起步,旨在引起广泛的社会重视,推动我国水资源的可持续利用与发展。限于课题组人员的水平,难免有一些不足或存在一些错误之处,诚挚地欢迎读者批评指正。

《中外水体富营养化治理案例研究》课题组

2002 年 12 月

目 录

综合篇

第一章 国外水体富营养化治理的主要经验	(3)
一、水体富营养化的成因、危害及治理的意义	(3)
二、国外水体富营养化治理的主要经验	(9)

第二章 我国水体富营养化治理的现状与政策建议	(23)
------------------------------	------

一、富营养化现状	(23)
二、富营养化成因	(24)
三、富营养化治理措施	(26)
四、富营养化治理效果	(28)
五、存在的主要问题	(29)
六、促进我国水体富营养化治理的政策建议	(32)

国外篇

第三章 美国湖泊富营养化的治理	(43)
一、概述	(43)
二、生态区概念在湖泊修复中的应用	(47)
三、成功恢复和恢复方法的评价标准	(51)
四、联邦和各州的湖泊恢复与管理计划	(53)

五、恢复的成效评价	(55)
六、管理的协调	(56)
七、恢复技术及相关个案	(57)
八、对我国富营养化湖泊治理的启示	(73)
第四章 欧盟各国流域的生物评估	(77)
一、前言	(77)
二、流域的生态观点	(80)
三、生物评估法的类型和应用	(85)
四、当前应用状况	(100)
五、对我国的启示	(105)
第五章 日本对琵琶湖富营养化的治理	(119)
一、现状和污染控制回顾	(119)
二、综合保护	(126)
三、污染控制经验	(165)
第六章 加拿大水体富营养化的治理	(167)
一、概况	(167)
二、环境问题与保护措施	(168)
三、水资源及污染防治措施	(174)
四、实例——伊利湖的富营养化治理	(187)
五、对我国的一些启示	(191)
第七章 澳大利亚水体富营养化的治理	(194)
一、水体富营养化状况及原因分析	(195)
二、富营养化治理的政策措施	(206)
三、整体流域开发和管理模式——以墨累—达令河为例	(214)
四、采用决策支持系统进行管理的经验	(220)

五、对我国的启示	(225)
第八章 荷兰湖泊富营养化的治理及应用实例	(230)
一、概况	(230)
二、控制湖泊富营养化的态度和方法	(236)
三、实例之一:修复 Naardermeer 湖	(242)
四、实例之二:矿物计算法——消减富营养化取得可饮用水 目标的方法	(248)
五、控制富营养化的经验与教训:选择有效的策略	(254)
六、对我国的启示	(262)
第九章 瑞典水体富营养化的监测方法和控制措施	(265)
一、概况	(265)
二、运用生态学指数评价水体富营养化程度	(270)
三、流域的综合治理与水体保护政策	(292)
四、养殖食用贝类将大量营养元素从海洋回收到 陆地	(302)
五、对我国的启示	(309)

国内篇

第十章 滇池富营养化状况分析	(315)
一、概况	(315)
二、富营养化状况及其原因分析	(318)
三、富营养化的防治措施	(335)
四、主要问题与对策建议	(338)
第十一章 巢湖富营养化的治理	(348)
一、自然环境特征及社会经济发展状况	(348)

二、富营养化状况及成因分析	(354)
三、富营养化治理进展情况及存在的主要问题	(359)
四、富营养化治理的基本思路及远景目标	(364)
五、富营养化治理的政策保障措施	(372)
 第十二章 太湖流域富营养化的治理	 (376)
一、一般情况	(376)
二、富营养化状况与防治	(383)
三、基本结论和建议	(404)

综 合 篇

第一章 国外水体富营养化治理的主要经验

水体富营养化不是一个区域性的问题,除我国外,世界上许多其他国家也都面临着同样的挑战。当然,不同国家水体富营养化的成因不同,国情不同,因而所采取的具体治理措施也有差异,但他山之石,可以攻玉,了解不同国家的解题之道,对我国水体富营养化的治理必有裨益。本章主要总结并介绍了美国、欧盟、日本、加拿大、澳大利亚、荷兰、瑞典等多个国家(地区)水体富营养化治理的主要经验。

一、水体富营养化的成因、危害及治理的意义

(一)水体富营养化的概念

水体富营养化是因氮、磷等营养物质输入过量而引起的一种水体效应,主要表现为水中藻类和大型水生植物的过度生长,同时还伴随一系列的水质与水体生态的变化。

水体富营养化的一般过程是,营养物质,特别是磷输入的增加,为藻类生长提供了适宜的营养,导致藻类的爆发;藻类使水体清洁度下降,有机物和富营养在底泥中的积累进一步耗尽底部水体中的氧,水生植物和具有“清洁作用”的水下植物的数量大大减少,湖泊食物链结构改变;同时,氮磷等营养盐的沉积、有机碎屑的剧烈悬浮以及湖内水生生物死亡后的分解与转化,在水底形成巨大的营养物质储存库,在特定的条件下会再次释放出来,导致水体

富营养化程度的进一步恶化,水体生态环境遭到破坏。

(二)水体富营养化的成因

要治理水体富营养化,必须寻根究源,对症下药。因此,了解成因成为水体富营养化治理的关键。对国内外不同区域水体的考察表明,水体富营养化的形成既有自然因素的作用,也有人为因素的作用,后者的作用更为主要。

1. 自然因素

在一些情况下,富营养化是水体自然发展的结果。如,澳大利亚水体的富营养化问题并不完全起源于工业文明的发展,早在欧洲人定居澳大利亚之前,就有探险者记录了墨累河静止水体中显示绿色蔬菜的颜色,而早在澳大利亚主要的农业发展之前,藻类水华也已经发生在一个百万平方公里范围的流域中,这意味着澳大利亚的一些缓流河流可能先天就存在着发生富营养化的倾向。

具体来看,水体自身的特征、循环周期、所处地质环境与气候环境的性质都可能是导致富营养化问题产生的因素,这些因素往往交互作用,共同促进富营养化的生成。

水体自身的特征对富营养化的形成有重要作用。浅水湖泊相对于深水湖泊,更容易产生富营养化问题。浅水湖泊水浅,阳光穿透性好,水体含氧丰富,温度适宜,可以满足藻类的生长和繁殖所需的阳光、氧气和温度。例如,太湖平均深度 1.89 米,最大深度也仅 2.6 米,是典型的浅水湖泊;巢湖深度也较浅,二者都是典型的易富营养化型湖泊。

水体的循环周期在很大程度上决定水体营养物的浓度。水体更新速度慢,流入的污染物易沉淀,并使进入湖体的营养物质在未输出之前就沉积于湖底,大量营养物质的沉积会导致水体富营养化的发生,而状况一旦出现,就很难恢复。许多存在富营养化问题的水体的循环周期都较长,如日本的琵琶湖,水体循环周期长达 19 年。浅水湖泊一般换水周期也较长,不利于水的更新。

水体周围的地质环境也可能增加水体富营养化倾向。例如,北美的伊利湖早在白种人和印第安人到来之前,就已经处在富营养化的过程之中了,营养物质的主要来源是流域内的岩石和土壤的剥蚀。再如我国的巢湖,北岸是磷矿主要分布区,蕴藏着丰富的磷灰石资源,由于地质构造、地貌的影响,源于磷矿区并以含磷岩层出露区地表径流补给的水系大部分汇入巢湖中,使得巢湖的自然本底磷浓度非常高,具备了易富营养化的背景基础。再如,滇池流域中最主要的土壤类型是红壤、水稻土和紫色土,其土质疏松,较易受到侵蚀;伊利湖在天然富营养化过程中的营养物质主要也是来源于流域内的岩石和土壤。

适宜的气候条件也会使水体具有易富营养化性质。在适宜的温度、充足的光照条件下,藻类的繁殖速度会大大增加。如富营养化在澳大利亚是一个长期和普遍的问题,较高的温度等特殊的环境特征就是富营养化的一个重要诱因。再如我国的巢湖,地处北亚热带季风气候区,光热资源丰富,水深较浅,透明度好,平均温度20摄氏度左右,非常适宜藻类生长,因此巢湖这种类型的湖泊又被称为蓝藻型湖泊,属易富营养化型湖泊。

2. 人为因素

尽管某些水体具有易富营养化特征,但如果没有人为因素的干扰,也不见得一定会产生富营养化问题。人为因素的干扰表现为两个方面:

一方面,对地理特征的人为改变,可能为富营养化的产生创造条件。在澳大利亚常年高温而贫瘠的地区,由于气候干热而建造了许多水库来抗旱,水库对流量的控制导致了許多静止水体的产生,并致使河流流量减小、流速放慢,促使了富营养化程度的不断增加。再以滇池为例,湖泊和陆地之间的湖滨湿地可作为沉积物的沉淀床,对过滤陆源污染、帮助水生物繁衍和生长,抑制富营养化有重要作用,但由于历史原因,滇池沿湖砌了一道防浪堤,切断

了滇池与陆地的天然联系,破坏了湖泊的自净能力和生态系统的完整性。更典型的是巢湖,巢湖曾是一个生物组成多样性、营养结构多层次、生态环境良好的大型天然湖泊,水生生态系统结构稳定,功能齐全,具有自我维持和自我调节的能力,但自1961年建闸后,巢湖由原来的吞吐性湖泊变为人工控制水量的半封闭性水体,几乎丧失了自然吞吐能力,增加了生态系统的不稳定性与脆弱性。

另一方面,自然因素固然是水体富营养化产生的诱因之一,但若没有营养物质的过量输入,那么也不会产生富营养化问题,而这些营养物质的最重要来源就是人类的生产和生活活动,其中最主要的三个污染源是:工业废水、生活污水和农业面源。

工业废水中的氮磷物质是富营养化的重要外源。荷兰地表水富营养化的一个主要原因是工业废水的排放引起藻类的过度增长,继而引起蓝绿藻的爆发,打破了水生生态系统的平衡。滇池流域内的工矿企业涉及化工、制药、造纸、纺织、冶金、印染等各类污染型行业,其中,制肥企业排放的污染物比重最大。大量未经处理的工业废水流入滇池,是滇池富营养化形成的重要原因。

生活污水以洗涤用水、厕所未水为主,前者多含磷洗涤剂,后者主要是粪尿,这些营养物能使水生物过量生长,然后死亡和腐烂,最终消耗溶解氧而导致鱼类死亡。据测算,每人每天排出的粪便中约含氮18.6克,含磷1.74克,不加处理的话,可以污染10吨水体。随着人口的增长,城市化的加速,生活污水的营养负荷日益增加,所造成的危害甚至比工业污染源还大。伊利湖一度富营养化问题非常严重,美、加科学家的共同研究结果表明,伊利湖的主要污染源之一是沿湖的各城市共1100万人口排出的未经处理和部分处理的污水。

农业生产对富营养化形成的影响日益受到关注。沿水体周围农田地表径流、融雪和降雨冲刷的化学肥料、牲畜粪便、农药、除草剂等汇入水体内,也会造成水体营养物质的增高。在西欧,科学技