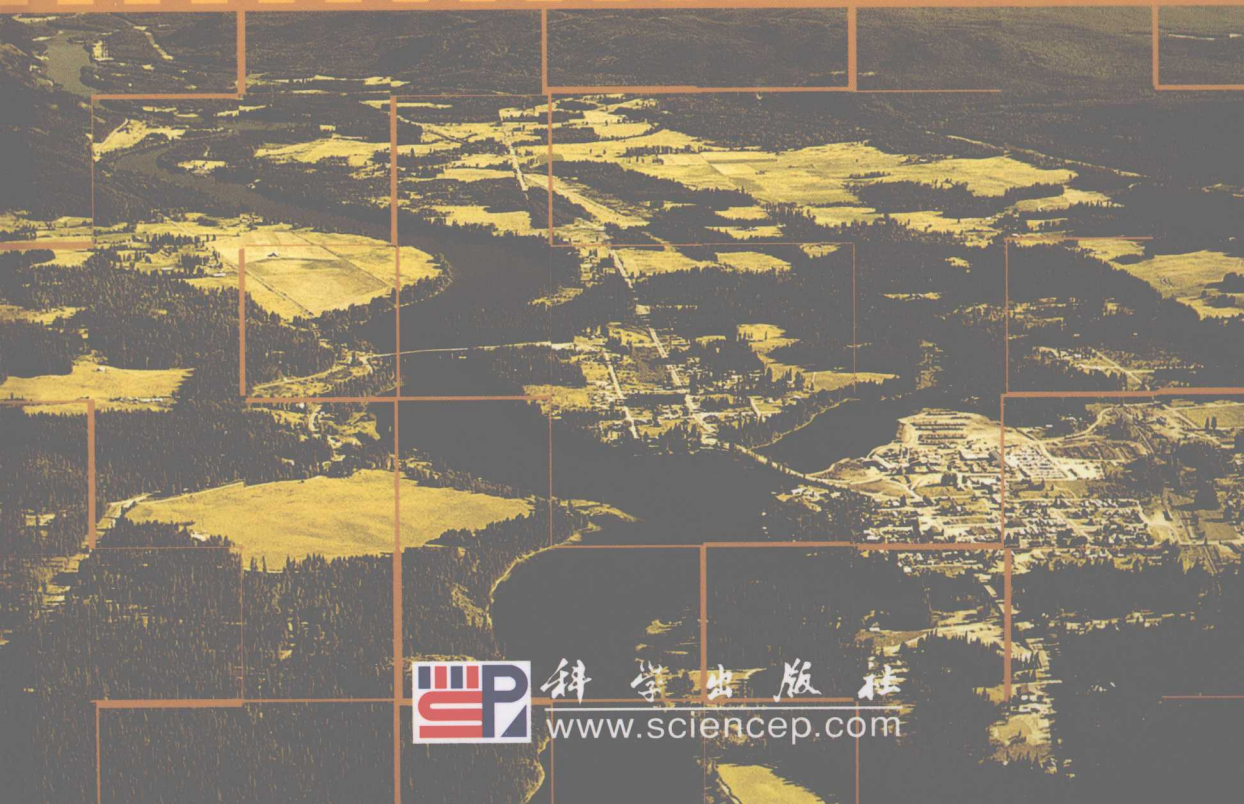


滨江水体水质改善、 生态修复理论及应用

逢 勇 朱 伟 唐洪武 王国祥 著
李 华 李一平 丁 玲

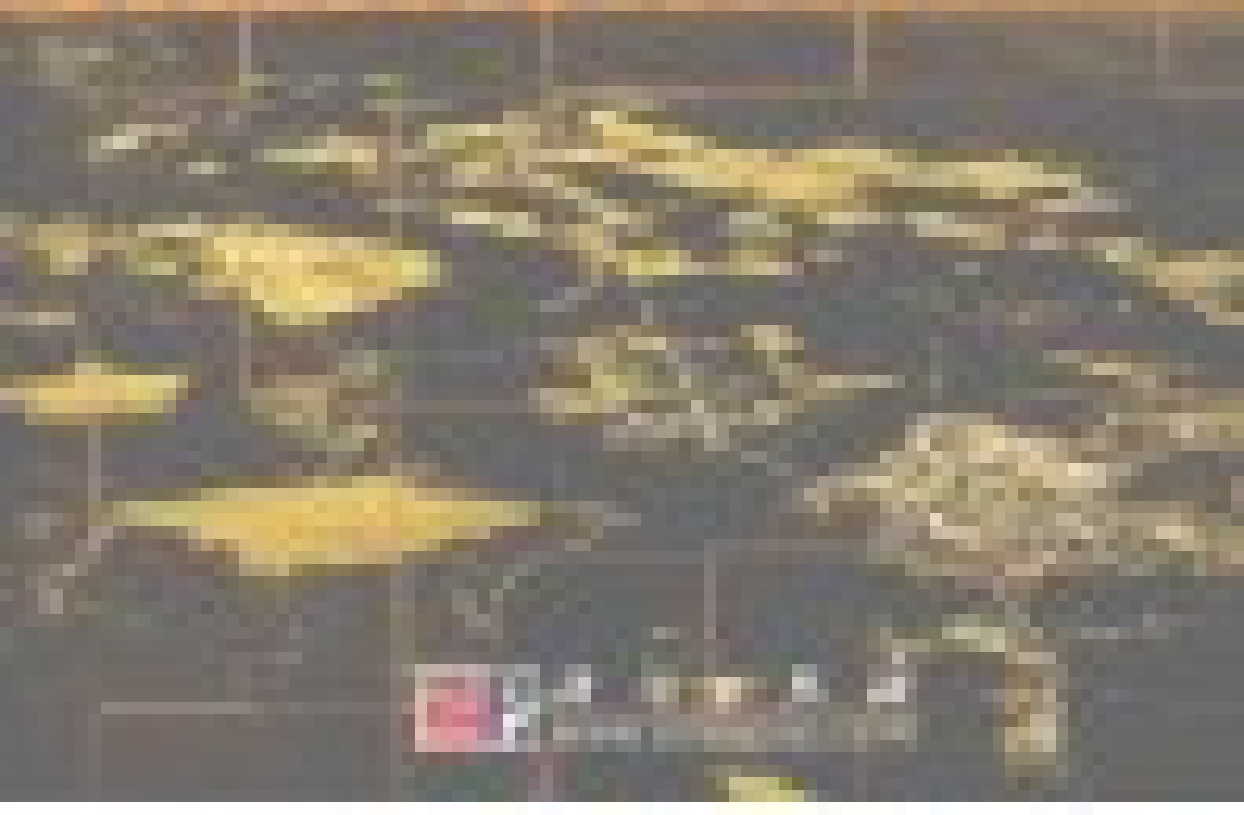
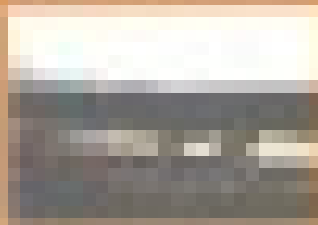


科学出版社

www.sciencep.com

浙江水体水质改善 生态修复理论及应用

主编 陈 旭 副主编 潘建民 潘建明
编委 王 强 陈一平 丁 强



浙江大学出版社
ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

滨江水体水质改善、生态修复 理论及应用

逢 勇 朱 伟 唐洪武 王国祥 著
 王 华 李一平 丁 玲

本书出版获国家自然科学基金(NO. 50579015)及国家
高技术研究发展计划项目(NO. 2003AA6011002)共同资助

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书共分为上、下两篇。上篇为第1章至第4章,阐述了滨江水体的基本特征与环境问题,系统概括了生态修复、城市污水及工业废水处理、水环境数学模型及物理模型等基本理论与技术,为解决滨江水体所面临的水资源、水环境、水景观及水文化等系列性问题奠定了重要基础。下篇为第5章至第15章,以应用性研究为主要特色,应用上篇论述的理论与方法,对江苏省镇江市内江的水质改善、生态修复进行了深入研究。通过大量的野外实测、室内试验及相应的物理模型、数学模型建立,研究了内江水量、水质及泥沙的相互制约关系,并制订了合理可行的水量调控方案以维持三者的动态平衡;预测了调控措施实施后不同水平年内江沉水植被的恢复特征;研究了工程措施实施后的长效管理技术,以保证内江综合环境效益的长期性与可持续性。

本书主要供水利部门、环境保护部门、城市建设管理部门的管理者与决策者以及相关专业的科研人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

滨江水体水质改善、生态修复理论及应用/逢勇等著. —北京:科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-018176-3

I. 滨… II. 逢… III. ①区(城市)—水环境—环境保护—镇江市
②区(城市)—泥沙—污染控制—镇江市 IV. ①TV213.4 ②TV152

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 126736 号

责任编辑:孙 芳 王志欣 吴伶俐 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:刘士平/封面设计:耕者设计工作室

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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年1月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008年1月第一次印刷 印张:24 3/4

印数:1—2 000 字数:486 000

定价:75.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

前 言

水是生命的源泉,水是经济发展的命脉。然而,随着我国工农业的迅速发展,地表水的污染问题日益突出。河流水质呈现下滑趋势,河流本身所具有的生态系统和自净能力遭到破坏,大量湖泊富营养化。在过去二十多年中,国内外专家、学者针对受损水环境展开了各种治理技术的研究。作为对污染水体修复的一种手段,水生态修复方法成为水环境治理技术中的研究热点。其中,水生植物修复更是引起了国内外学术界的关注。研究表明,水生高等植物能够快速吸收水体和沉积物中的营养盐,有效防止湖泊富营养化;它们通过与浮游藻类争夺营养、光照及分泌化感物质有效抑制藻类的过量生长;同时,水生高等植物为其他水生生物的生存、繁衍提供了非常重要的生境条件,是提高水生动、植物群落多样性的基础。因此,恢复水生植物群落可以使水体生物多样性得到恢复,受损的水生生态系统得到逐步修复,最终优化生态环境。从 20 世纪 80 年代起,许多学者建议利用高等水生植物来控制、治理藻型富营养化浅水湖泊,并取得了一定的成效。

然而迄今为止,针对滨江水体开展的生态修复的研究尚不多见。滨江是与江、河毗邻的一个特定的空间地段,滨江水体直接或间接与外域大江、大河相通,受大江、大河的水文情势影响作用明显,一般兼有河流与湖泊的特征。由于外部江水中挟带的大量泥沙使滨江水体混浊、泛黄,透明度很低,水生植物,尤其是沉水植物由于水下光照不足而难以存活;此外,滨江水体受大江水位的影响,水位季节性变化较大,这种水文条件也给水生植被的恢复带来很大的困难。因此,滨江水体与单一的河流、湖泊相比,其水质改善、生态修复理论与技术的研究更为复杂。

镇江属于长江三角洲典型的滨江城市,位于长江与京杭运河两条黄金水道交汇处,是一座集工业、港口、旅游为一体的城市。“一水横陈,三面连冈”形象地描述了镇江独特的滨江地形,使镇江自古以来成为兵家必争之地,也正是由于这一独特的滨江地形,使古城治水面临着其他城市所未遇到的难题和挑战。近十多年来,围绕城市水环境的改善与保护,镇江市投入大量的人力、物力,展开了一系列诸如污水截流工程(世界银行项目)、城市污水处理厂建设、工业污染源治理等大规模水污染综合整治工作,有效遏止了镇江市水环境的恶化。但是,随着城市经济建设的飞速发展,水环境承受压力和水环境整治配套工作滞后的矛盾日益显现,城市内河及内江水质不尽如人意,水文及生态条件退化,环境质量的改善跟不上市民对环境需求的日益增长。在此背景下,镇江市政府于 2002 年底向科技部争取了国家“十五”重大科技专项——水污染治理专项中的城市水环境改善专题项目“镇江城市水环

境质量改善与生态修复技术研究及示范工程”，简称镇江“863”项目，并通过科技部专家的论证，2003年10月19日正式启动，对镇江市水环境进行生态整治，以改善内江水质为龙头带动4条城市河流的水质改善，建设一个良性的水环境生态系统，形成和谐的生态景观和滨江城市的水环境，为类似城市水环境综合治理提供示范。经过三年多的艰苦努力，在圆满完成科研项目的同时，完成了本专著的撰写工作。

本书是课题组集体智慧的结晶，凭着对科学研究的执著追求，以及对一些滨江发达城市水环境危机的忧虑和责任心，克服种种困难，完成了本书的撰写工作。本书主要编写人员为：

逢 勇 朱 伟 唐洪武 王国祥 王 华 李一平 丁 玲
徐锡荣 肖 洋 曹 昀 刘明源 谢 飞 庄红红 郭长城
葛绪广 王志良 张 刚 马 婷 刘 洋 秦王玉

感谢众多专家、学者和管理人员在项目进行过程中提出的宝贵意见。同时，感谢在创作本书过程中给予作者帮助和支持的所有朋友。

由于时间及对该领域研究认识水平有限，书中可能存在一些不妥之处，敬请各界人士批评指正！

河海大学环境科学与工程学院

作 者

2007年8月

目 录

前言

上篇 理论与基础

第 1 章 滨江水体的基本特征与研究途径	3
1.1 滨江水体概念界定	3
1.2 滨江水体基本特征与问题分析	9
1.3 滨江水体研究内容与意义	20
参考文献	22
第 2 章 生态修复理论及技术	24
2.1 生态修复的基本原理	24
2.2 滨江水体生态修复技术	32
2.3 本章小结	61
参考文献	62
第 3 章 城市污水及工业废水处理技术	63
3.1 城市污水处理	63
3.2 工业废水处理	73
3.3 本章小结	80
参考文献	80
第 4 章 水环境数学模型及物理模型理论	81
4.1 水流数学模型基本理论及方法	81
4.2 水质数学模型基本理论及方法	90
4.3 湖泊富营养化的生态学模型	93
4.4 泥沙数学模型基本理论及方法	99
4.5 水体透明度模型	104
4.6 水环境容量模型	105
4.7 物理模型基本理论	107
参考文献	112

下篇 应用研究

第 5 章 内江水量、水质、泥沙基本特征	117
5.1 研究区域基本概况	117
5.2 水文、水质、泥沙同步监测	118
5.3 内江水文特征分析	119
5.4 内江水质特征分析	123
5.5 内江泥沙特征分析	128
5.6 内江底质特征分析	139
5.7 内江水体透明度-含沙量平衡关系研究	142
5.8 内江生态系统特征分析	143
参考文献	144
第 6 章 内江水环境数学模型及物理模型建立	145
6.1 内江水环境数学模型建立	145
6.2 内江物理模型建立	158
6.3 物理模型对数学模型的校验	182
参考文献	185
第 7 章 室内外试验研究	187
7.1 污染物与藻类相互关系试验研究	187
7.2 不同类型水生高等植物的水环境效应	192
7.3 滩地土壤水分含量对挺水植物的胁迫	205
7.4 水位(水深)变化对挺水植物生长发育的影响	210
7.5 水体浊度对沉水植物的胁迫	212
7.6 沉积物性质对沉水植物生长的影响	219
7.7 湿地水生高等植物对内江水体泥沙及污染物的影响野外示范研究	223
7.8 内江底泥污染物释放规律实验研究	230
7.9 水动力条件对内江水体中藻类生长影响实验研究	238
参考文献	242
第 8 章 物理模型实验研究	244
8.1 泥沙沉降速度特性	244
8.2 植被对明渠水流特性影响研究	248

8.3 内江模型水流特性试验	256
8.4 内江泥沙特性试验	260
8.5 泥沙控制及沉沙区论证试验	265
8.6 本章小结	270
参考文献	270
第9章 内江水环境容量计算研究	272
9.1 内江污染物通量计算	272
9.2 内江水环境容量计算	280
参考文献	286
第10章 内江水量、水质、泥沙基本平衡关系研究	287
10.1 建立内江水量-水质平衡关系的作用	287
10.2 内江水量-水质平衡关系研究	287
10.3 内江水量-泥沙平衡关系研究	293
10.4 内江水量-水质-泥沙平衡关系研究	296
第11章 内江泥沙控制的工程方案研究	297
11.1 物理沉沙区总体布局	297
11.2 引航道节制闸方案设计研究	298
11.3 引航道暗堰方案论证	306
11.4 最终推荐方案	306
第12章 水位调控对内江生态系统影响及保护研究	307
12.1 研究思路及技术路线	307
12.2 内江芦苇湿地保护方案研究	308
12.3 调控影响后沉水植物生长区域确定	311
参考文献	316
第13章 内江水位调控调度方案研究	317
13.1 水位调控方案总体原则及思路	317
13.2 调度方案比选	318
13.3 平衡调度方案的制订	323
13.4 平衡调度效果评估	328
第14章 工程后综合效益评估	334
14.1 内江水环境达标分析	334

14.2	内江泥沙淤积控制效果评估	339
14.3	对周边水体水环境影响评估	343
14.4	示范工程效益评估	344
第 15 章	长效管理技术	345
15.1	节制闸排沙技术	345
15.2	内江藻类控制的长效管理技术	349
15.3	内江生态管理技术	353
15.4	内江泥沙淤积的清淤管理及淤泥资源化技术	357
	参考文献	359
附录 1	内江数学模型率定验证图	361
附录 2	植物光补偿深度分布图	377
附录 3	沉水植物恢复区域分布图	382

上篇 理论与基础

第 1 章 滨江水体的基本特征与研究途径

1.1 滨江水体概念界定

1.1.1 水体基本类型

水是人类及一切生物赖以生存的物质基础,同时也是工农业生产、社会经济发展和生态环境改善不可替代的、极为宝贵的自然资源。从数量上看,地球上的水量是非常丰富的。虽然地球约 71% 的面积被水覆盖,但是除冰川和冰帽外,可利用的淡水总量却不到全球总储水量的 1%。这一部分淡水与人类的关系最为密切,具有极其重要的社会、经济和环境价值^[1]。水的分类方案很多,根据研究任务、目的的不同,采取的方案也有所区别。如按水的存在形式可分为气态水、液态水和固态水;按照水中的含盐量又可分为咸水、半咸水和淡水;若按天然水所处的环境不同,又可将其分为海水、大气水及陆地水。

水体是指河流、湖泊、水库、沼泽、海洋及地下水等水的聚积体,按照其类型的不同可以将其分成陆地水体和海洋水体或地表水体和地下水体。在环境学中,水体不仅包括水本身,还包括了水中的悬浮物、溶解物质、胶体物质、底质和水生物等,水体是一个完整的生态系统或完整的自然综合体。

1. 河流

河流是陆地表面上经常或间歇有水流动的线形天然水道,是流域自然地理因子综合作用的产物,它的发育和演变对于气候、地质条件、地形、植被、土壤以及土地利用方式等流域控制变量有着强烈的依赖性。河流具有严格限定的空间边界,并可以被视为开放系统,它与外界环境,即流域自然地理系统之间不断地进行着能量与物质的交换。河流是地表形态的主要塑造者,它在将巨量的径流与泥沙输移入海的同时,不仅塑造着自身的河床形态,也通过河谷与水系的形成、演变塑造着陆地表面的各种流水地貌形态。Davis 在建立其侵蚀循环模式时,将流水侵蚀称为常态侵蚀,由此可见其在陆地地形形成中所起的巨大作用。

河流根据其形态可以分为山区河流和平原河流两大类:① 山区河流两岸陡峭,河道深而狭窄,一般呈现“V”形或“U”形。山区河流的河道往往呈现为阶梯状,由一级一级顶部平坦的平台和它们之间的斜坡构成。平台被称为阶地面,而斜坡被称为阶地前坡。最后一级与河谷谷底相连,称其为一级阶地。在山区,由于山

体坡度大,汇流时间短,径流速度快,一旦降雨,就容易形成强烈的洪水冲刷。在这种情况下,如果植被遭到破坏,就会导致严重的水土流失和河流污染。② 平原地势开阔平坦,水流比较舒缓,流速相对较慢。平原河流容易产生泥沙淤积,使河流的形态变化多样,如边滩、浅滩、江心滩等,容易形成大面积的冲积区,其厚度可以达到数十米以上。

河流是陆地上最重要的水体,它既为社会发展和人民生活提供水源,又在受到人类活动的污染。河流以丰富的水资源哺育着人类,灌溉着农田,净化着环境,以干流、支流航运为纽带沟通着全流域,以广阔的水域养育了千万种水生生物,以蕴藏着的巨大水能为流域的经济振兴提供强大的动力。然而,由于人们对河流水资源的过度开发利用并将大量污水、废水排入其中,导致了河流系统某一项或多项功能的受损或衰竭,制约了河流的可持续利用^[2]。对河流的保护不仅要关注其资源功能,还要关注河流的生态功能。仅仅依靠传统意义上的某些技术指标体系对河流环境进行评估,其不足是忽略了对生物栖息地质量的评估,包括水流条件对于鱼类、两栖动物及岸边植被的影响,以及河流水文、水质条件的变化对于河流生态系统退化的影响等。所以,在新的生态环境理念的引导下,相应地出现了“河流健康”的概念^[3]。目前,对河流健康的认识尚处在一个有争议、模糊的阶段,但在我国的河流管理工作中提出河流健康的概念具有前瞻性。河流管理者不仅是水资源的开发者,也将是河流生态系统的保护者,这是管理理念的重大进步。

2. 湖泊

湖泊被定义为“四周陆地所围之洼地,与海洋不发生直接联系的水体”。湖泊可以理解为是由两个因素构成:一个是封闭或半封闭的陆上洼地;另一个是洼地中蓄积的水体。湖泊是一个自然综合体,是由湖盆、湖水、水体中所含物质——矿物质、溶解质、有机质及水生生物等所共同组成的自然综合统一体。我国幅员辽阔,湖泊众多,从东部沿海平原到西部高原,无论是湿润区还是干旱区,都有天然湖泊分布。湖泊是长期占有大陆封闭洼地的水体,它还积极参与自然界的水分循环,成为地表水的一种类型。湖泊的分布没有地带性规律可循,也不受海拔的限制,它既可以分布在地球表面上任何一个地理或气候区域,如热带、温带或寒带等,也可以发育在低海拔的海滨平原低地,或者在高海拔的高原盆地。影响湖泊地理分布的因素,主要是取决于湖泊形成发育所必须具备的原始洼地以及与湖水补给有关的水文气象条件,而入湖径流量的多少,往往对湖泊的生存和演变更具有重要的意义。

按照不同的划分标准,湖泊的分类也有所不同。例如,按湖盆成因湖泊可分为构造湖、冰川湖、火山湖和堰塞湖;按湖泊的热状况可分为热带湖、温带湖、寒带湖;按湖水的上、下循环现象可分为无循环湖、冷单循环湖、暖单循环湖、双循环湖、寡

循环湖及多循环湖;按湖水矿化度可分为淡水湖(矿化度小于1g/L)、咸水湖(矿化度为1~35g/L)、盐湖(矿化度大于35g/L);按湖水中的营养物质可分为富营养湖、中营养湖和贫营养湖。

湖泊一旦形成,就因受到外部自然因素和内部各种过程的持续作用而不断发生演变。入湖河流携带的大量泥沙和生物残骸年复一年在湖内沉积,湖盆逐渐淤浅,变成陆地,或者随着沿岸带水生植物的发展,逐渐变成沼泽;干燥气候条件下的内陆湖由于气候的变化,冰雪融水减少、地下水水位下降等,补给水量不足以补偿蒸发损耗,往往会引起湖面退缩干涸,或者盐类物质在湖盆内积聚浓缩,使湖水日益盐化,最终变成干盐湖;某些湖泊因出口下切,湖水流出而干涸。此外,由于地壳的升降运动、气候变迁和形成湖泊的其他因素发生变化,湖泊会经历缩小和扩大的反复过程,不论湖泊的自然演变是通过哪种方式,其结果是终将消亡。

湖泊水动力学特征,包括湖流、风浪、风涌水和表面定振波等现象,其成因多数是由于河、湖水量交换及湖面气象因素作用的结果,尤其是在风和气压变化等因素的影响下,水体经常处于运动状态。此外,湖泊形态对湖水的运动规模具有限制作用并直接影响湖水的运动形式。湖水运动是湖泊的重要物理特性之一,它直接关系到湖泊中物质、能量的输送与转换,以及湖泊与外界的物质和能量的交换与转移。因此,湖水运动是湖泊中一切物理因子变化的基本动力条件,也是引起湖泊环境变化的一个极其重要的营造力。

湖泊与人类生活息息相关。因其受到了人类活动的影响,湖泊正面临着水质污染、富营养化、湖区萎缩等问题。在我国东部人口稠密地区的湖泊大多被围垦,湖泊面积减小,降低了湖泊调节洪水的能力,增加了湖体泥沙淤积,降水将工业与生活废弃物带入湖中,造成了湖泊水质与底质的污染。同时,湖区大量工业和生活污水的直接排入与农药化肥的大量使用又进一步加剧了湖泊水环境污染^[4]。湖泊富营养化与湖水中营养物质和有机物的累积水平及速率密切相关,是现代湖泊水环境污染的主要表现。湖水中营养物质的来源主要有工业废水、生活污水、地表径流、湖泊降水和降尘以及湖底淤泥等。近几十年来,由于湖区人口急剧增长,经济活动频繁,湖水中有有机物和营养物质的积累加速增长,加重了湖泊富营养化的程度。富营养化已成为我国东部地区湖泊普遍存在的环境问题。湖泊萎缩问题在我国经济发达地区和相对落后地区均有存在,它主要表现为水位下降、湖水面积减少、蓄水量变少、淤积加快等。造成湖泊萎缩的原因,除了自然因素,如气候干旱、构造抬升活动趋势的影响外,人为因素起了相当大的作用。主要原因有:① 在入湖河流中、上游兴修水库、水坝等水利工程,拦截入湖的水量,以及直接外调湖水,使湖水储量减少,水面下降,从而使湖水发生盐化和干涸;② 在河流中、上游乱砍植被,使水土流失严重,入湖河流含沙量增大,加速了湖泊的淤积;③ 对湖泊生态系统缺乏科学合理的认识,盲目筑埂,围湖造田,从而丧失大面积湖面;④ 缺乏环

境保护意识,向湖区乱弃废物的现象普遍存在,加速了湖泊的淤积;⑤ 湖泊污染和富营养化加速了它的萎缩。湖泊萎缩造成的危害是多方面的,如水体变小,自净能力降低,使之更容易受污染;湖泊滩地裸露,造成大面积沙化,或者盐碱化,引起水生生物的大量减少以至于灭绝,从而使水产量下降,最终破坏了湖泊的生态平衡。

3. 水库

水库是指在山沟或河流的狭口处建造拦河坝形成的人工湖泊。水库建成后,可起到防洪、蓄水灌溉、供水、发电、养鱼等作用。水库规模通常按库容的大小进行划分,一般分为小型水库(10 万~1000 万 m^3)、中型水库(1000 万~1 亿 m^3)、大型水库(1 亿~10 亿 m^3)。据统计,世界各国水库的总库容达 5500 km^3 ,水面面积超过 35 万 km^2 。目前,在我国各大河流的中、上游都兴建了一批水库,它们除了具有蓄水功能外,还具有发电和航运功能。如黄河中、上游的刘家峡、盐锅峡、八盘峡、青铜峡、三门峡和龙羊峡等水库;长江中、上游则有丹江口、柘溪、乌江和二滩等水库。新安江水库,即今千岛湖是我国著名的旅游区。还有正在兴建的举世闻名的长江三峡工程,水库坝高达 180m,总库容达 200 亿 m^3 ,水电站装机容量 1300 万 kW,年发电量 650 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$,可称世界之最。

4. 地下水

广泛埋藏于地表以下的各种状态的水,统称为地下水。我国地下水多年平均补给量约为 8000 亿 m^3 ,与多年平均河川径流量的比例约为 1 : 3.4,在北方地区,这一比例为 1 : 1.58。地下水资源不仅在数量上占有举足轻重的地位,而且还具有水质好、分布广泛、便于就地开采利用等优点。据统计,我国约有 70% 的人口以地下水为主要饮用水源。在北方地区,地下水开发利用率比较高。例如,海河流域的地下水利用率达 90% 以上,在全部用水量中,地下水占 50% 以上。地下水的利用和保护是关系到我国经济和社会可持续发展的战略问题^[5]。

根据不同的情况,地下水有不同的分类。按照不同的起源,可以将地下水分为 5 类:① 凝结水,岩石空隙中的水汽凝结而成的水;② 渗入水,由大气降水或地表水(包括水库、灌溉渠、池塘中的水)渗入地下岩石空隙中的水;③ 封存水,在特殊条件下被埋藏在地层深处局部封闭构造中的水,和外界地下水没有联系;④ 脱出水,在高温、高压条件下,沉积物中表生矿物内部的结合水脱出变成的自由水或气态水;⑤ 初生水,从熔岩中分离出来进入岩石空隙中的水。在以上各种类型的地下水中,脱出水 and 初生水分布较少,渗入水分布较为普遍。

按照埋藏条件,可将地下水分为 3 类:① 上层滞水,存在于包气带下部局部隔水层之上的重力水,主要接受大气降水和地表水的补给,有明显的季节性,分布不广。② 潜水,埋藏在地表以下第一个稳定隔水层之上,具有自由水面的重力水。在

重力作用下,潜水能自高处向低处运动。其补给来源主要是大气降水和地表水的渗入。③ 承压水(自流水),充满在两个隔水层之间的地下水,受静水压作用其具有承压性。因为上部有隔水层存在,使补给区与分布区不一致,承压水动态变化稳定。

按照含水层的空隙特性,可将地下水分为3类:① 孔隙水。埋藏于各种松散沉积物颗粒间孔隙中的水。② 裂隙水。埋藏于各种岩石裂隙中的水。又可以将其分为埋藏较浅、分布均匀的风化裂隙水,埋藏较深具有一定方向的构造裂隙水,不随深度的增加而减弱的成岩裂隙水。③ 岩溶水。埋藏于可溶性岩石的溶洞及岩溶空隙中的水。

地下水在岩石空隙中的运动被称为渗流或渗透。地下水在比较细小的岩石空隙中运动,流速较慢时,水流中各质点互不干扰,呈层流状态;当岩石空隙比较大,流速比较快时,水流中各质点互相干扰,呈紊流状态。由于岩石空隙的连续性,在实际工作中可以把地下水运动看作是一种径流运动,概括为地下径流。地下水的运动情况,首先取决于水力坡度,其次受含水层透水性和过水断面的影响。此外,地下水的温度和含盐量等也会影响地下水的流速和流量。

地下水之所以能够不断地运移和保持一定的水力坡度,是因为其具备良好的补给来源和排泄途径,补给区和排泄区也具有较大的高差。当补给源不足或排泄不畅,或者补给区和排泄区高差不大时,水力坡度小,地下水运动缓慢,地下径流的强度则弱。地下水流动是以补给区为起始点至排泄区为终止边界,构成了地下水运动的渗流场,因而地下水运动的方向主要受补给区和排泄区的相对位置所控制,同时也受蓄水构造的隔水边界所制约,不同性质的地下渗流场,其地下径流运动也有所不同。地下水的补给来源主要有降水渗入、灌溉水渗入、地表水渗入、水汽凝结,以及在特定地区不同类型的侧向补给(如山前侧向补给、河渠侧向补给等)和人工补给等。排泄的方式也有多种:山区或山前地区主要为泉;平原地区主要为蒸发。当河流、湖泊等地表水体的水位低于地下水位时,地下水则排向地表,转化为地表水。人工开采等则是地下水的人工排泄方式。地下水的水位、水量、水质和水温等,随时间等条件而发生有规律的变化。与地表水有联系的地下水常受地表水的影响,人工开采可影响地下水的动态变化,补给不足或人工大量开采时会引起地下水位下降等现象的发生。

5. 沼泽水

沼泽水是积于沼泽表面或含于沼泽草根层和泥炭层中,以自由水(也称重力水)和黏着水(包括毛管水、薄膜水、渗透水和化合水)两种形式存在的水体。沼泽水有各种补给来源。位于分水岭上的沼泽体,沼泽水的唯一补给来源是大气降水。缓坡上的沼泽体,以大气降水补给为主,低洼处常有地表径流过境。地下水出露带上的沼泽,以地下水补给为主。平原地区流域分水线处的沼泽,由大气降水和当地