



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

城市河湖水生态与水环境

王 超 陈 卫 主编
金相灿 主审

中国建筑工业出版社

CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

城市河湖水生态与水环境

王 超 陈 卫 主编
金相灿 主审

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市河湖水生态与水环境/王超, 陈卫主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 7

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材)

ISBN 978-7-112-12280-6

I. ①城… II. ①王…②陈… III. ①城市-河流-生态环境-环境管理-高等学校-教材②城市-河流-水环境-环境管理-高等学校-教材 IV. X522. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 138658 号

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等学校给水排水工程专业指导委员会规划推荐教材

城市河湖水生态与水环境

王 超 陈 卫 主编

金相灿 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市彩桥印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 15½ 字数: 320 千字

2010 年 10 月第一版 2010 年 10 月第一次印刷

定价: 28.00 元

ISBN 978-7-112-12280-6

(19536)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本教材是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。本书将城市中的河湖水体作为城市生态复合系统的子系统，以理论分析和数值模拟相结合的方法，对城市河湖水生态系统建设和水环境管理的基本理论、规划理念、设计建设和管理体系进行论述。本教材中，分析城市生态系统特征、功能及结构，界定城市水生态系统的内涵；探讨城市水生态系统建设与环境规划理念，介绍城市水功能划分与安全环境容量计算方法；基于城市防洪安全、生态环境用水安全和城市水系统良性循环的需求，论述城市河湖水生态与环境建设体系，探讨城市水环境保护与生态修复工程的基本原理和技术途径以及适合于城市河湖水生态系统良性循环、水环境安全与社会经济可持续发展相协调的建设模式，给出了城市水生态与水环境建设及其水污染防治取得实效的部分案例。

本教材适用于给排水科学与工程（给水排水工程）、环境工程、环境科学和城市规划等相关专业的本科生和研究生，对拓宽视野、丰富知识结构、培养具有跨学科或专业交叉渗透知识结构的人才具有重要作用。本书亦可供相关领域的科技人员、决策人员和管理干部参考。

* * *

责任编辑：王美玲

责任设计：陈旭

责任校对：张艳侠 关健

前 言

城市水生态系统建设与水环境管理是伴随着城市社会经济高速发展引发的生态环境问题而形成新的研究方向，是当今社会特别关注的热点问题之一。近年来国内外十分重视城市生态建设与环境保护，相继提出了“园林城市”、“山水城市”、“绿色家园”和“生态城市”等规划理念，并逐步进行建设实施，争创“环保模范”城市也蔚然成风。然而，在生态城市规划建设中，对水的综合作用的认知尚不够深入，水仅仅被作为城市复合生态系统中的资源需求和环境要素进行分析评价，未将其生态功能显现出来；在城市水环境保护及水污染整治中，虽加大了工程设施建设的投入，但环境管理及其系统建设尚明显不足。对城市水生态系统的理论研究不多，建设中的关键技术尚未解决，城市水环境综合管理水平与城市经济发展不协调，缺乏科学管理模式和先进管理手段。值得注意的是，城市水生态系统建设与水环境管理涉及城市生态、城市水文、水资源、市政工程、环境工程与水利工程等交叉领域，因此，更缺少具有跨学科或专业交叉渗透知识结构的技术管理人才。

近年来，国内陆续出版了一些涉及城市生态学、环境保护与管理方面的书籍，如《城市生态学》、《城市生态与城市环境》和《景观生态学》，这些书是从城市规划和景观生态效应的视角探讨其理论与方法。《污染生态学》是以污染元素为对象探讨生态学问题。《城市水生态系统建设与管理》在分析城市生态系统特征、功能及结构基础上，提出了城市水安全的框架体系，构建了城市水生态系统建设的理论及其技术途径。《湖泊和湿地水环境生态修复技术与管理指南》对湖泊富营养化的由来、现状及未来趋势作了系统深入的论述，重点描述了适用于亚太国家的湖泊水体、河流、沼泽的水域管理技术以及防治富营养化的物理、化学、生物技术方法。面向环境学科的教材如环境概论、环境评价、环境保护等较多。国外近年来热门的相关书籍有：《The Ecology of a Multipurpose Water Resource》（英国），强调水资源管理中的生态规则。《The Environmental Science of Drinking Water》，针对化学和生物化学工业污染物给饮用水水质处理带来的困难，提出必须修订标准和改进净水处理技术。《Environmental Management》（美国），强调了水和地理环境的工程管理，将科学、工程和多专业交叉的重要性及各学科理论的相互关系，包括可持续发展与环境管理，水、废水以及洪水管理，给水排水管理与污泥运输，生活垃圾与工业垃圾管理，地理与环境，自然灾害，矿物环境工程等。《Multivariate Environmental Statistics》（美国），提供了

一种新的多元化环境统计学方法,提出了未来研究和讲解的新问题。《Modern Ecology》(澳大利亚),以许多国外生态研究的案例为基础,通过介绍几位动物学家、植物学家以及地理学家的观点,给出了地球生态系统与污染的关系,论述了碳素循环及现在气候变化、现代远程检测技术和地理学模型,探讨了都市景观生态问题。《Frontiers in Ecology》(澳大利亚)是面向全社会的生态学与环境学读本,向研究者、管理者、政治家和公众扩大和强化对生态学和环境问题的认识提出挑战。

从相关内容的教材而言,以水的社会循环主体元素——城市水体为对象,论述其水生态系统建设和水环境保护的教材尚属空白。在水生态系统建设和水环境保护理念上,非常有必要向国外学习与借鉴,但限于我国国情和自然人文等种种条件,在建设模式和管理平台方面,迫切需要构建适合我国城市水生态系统建设和水环境保护的系统理论和管理模式,并大力开发和实施相关的技术措施。

给水排水工程是城市建设与水业发展的支撑学科,在专业课程或教学内容上适当向城市水生态系统建设和水环境管理方面拓展,是新世纪人才培养的迫切需要,对研究和指导城市水生态系统建设和水环境管理具有理论意义和应用价值。

本教材由王超、陈卫、王沛芳和林涛等编写。编写人员及分工为:第1章,王沛芳、陈卫、林涛;第2章,王超、王沛芳、钱进;第3章,王超、王沛芳;第4章,王超、王沛芳、陈卫;第5章,王超、王沛芳、钱进;第6章,陈卫、林涛、刘成、杨金虎。全书由陈卫、王沛芳统稿。

本教材由中国环境科学研究院金相灿研究员主审。

本教材是一次全新的尝试,涉及面广,相关理论与实践在不断探索和完善中。限于编者的认识、知识和水平,书中难免存在缺点和不妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 城市河湖水系统生态建设	1
1.2 城市河湖水污染防治与水环境保护.....	10
第 2 章 城市河湖水系统生态与环境规划	25
2.1 城市河湖水系规划.....	25
2.2 城市河湖防洪排涝规划.....	28
2.3 城市河湖水环境规划.....	30
2.4 城市河湖水景观规划.....	32
第 3 章 城市河湖水功能划分与安全纳污容量	35
3.1 水功能划分.....	35
3.2 城市河湖水功能划分.....	40
3.3 城市河湖安全纳污容量.....	45
第 4 章 城市河湖水生态系统与环境建设	54
4.1 城市河湖系统防洪排涝.....	54
4.2 城市生态环境用水安全保障.....	72
4.3 城市河湖水系统综合建设及其良性循环.....	81
第 5 章 城市河湖水生态系统修复理论及技术	91
5.1 城市化与河湖.....	91
5.2 城市河湖生态修复的原则.....	93
5.3 城市河湖水生态系统修复的理论基础.....	94
5.4 城市河流水生态系统修复技术.....	98
5.5 城市湖泊水生态系统修复技术	105
5.6 城市河湖滨岸缓冲带修复技术	108
第 6 章 城市河湖水污染综合治理技术	120
6.1 城市水环境污染成因分析	120
6.2 城市污（雨）水处理及其资源化利用	157
6.3 城市污泥处理处置技术	180
6.4 城市河湖水环境质量改善技术	201
6.5 城市水环境质量改善的应用实例	224
主要参考文献	237

第1章 绪 论

1.1 城市河湖水资源系统生态建设

1.1.1 城市河湖水资源生态系统

城市河湖包括自然形成和人工开挖的流经城市区域的运河、河流、渠道（含暗渠）、城区湖泊和水库。

城市河湖水资源生态系统是城市水生态系统的重要组成部分，也是城市复合生态系统的主要构成部分，是在城市这一特定区域内，自然形成的或人工建造的河流、溪流、渠道、湖泊、水库以及与外部水系相通的园区、居住小区和大型绿地中人工水面等水体中生存着的生物与其环境之间不断进行物质和能量交换而形成的一个统一整体。由于城市人类活动与水体密切相关，城市人群及其与水相关的活动也属于城市河湖水资源生态系统的涵盖内容，即与城市水循环有关的城市水系统包含在城市河湖水资源生态系统之中。

城市河湖水资源生态系统不仅是城市物质和能量的主要来源，而且还承担着城市生态系统废弃物的还原和输送作用，是整个城市环境的载体。城市河湖水体接纳城市排水系统排放的尾水，其尾水水质直接影响城市河湖水资源生态系统的环境质量。城市河湖水资源系统与城市的生存和发展息息相关。掌握城市河湖水资源系统的组成、特点及系统健康要求，对指导城市河湖水资源生态系统建设和保护具有重要意义。

1. 城市水生态系统及其建设

城市水生态系统就是在城市圈内水与各环境要素和社会经济之间相互作用而形成以水为中心的复杂系统，即雨水与防洪排涝、水资源开发利用与城市供水、水资源配置与生态需水、水量与水域纳污、污染源排放与水环境保护、水污染与水体修复、水景观与人水相亲、水面面积与人居舒适度、人文历史与水文化、水经济与社会进步等方面的城市水问题。城市水生态系统建设科学内涵应是确保城市社会经济发展和人居环境的安全、水环境质量的明显改善和水资源的永续利用、水体自然景观和人文景观的协调和美观、历史文化的展现和城市品位的提升，最终实现环境优美、舒适宜人、经济发展、社会进步，水生态系统良性循环的城市水圈。

2. 城市河湖水生态系统健康的内涵

健康的城市河湖生态系统不仅意味着能保持生态系统自身完整性,而且能够提供合乎自然和人类需求的生态服务。因此,城市河湖生态系统健康的概念应具有双重属性:从自然属性来说,整个生态系统是完整的、稳定的、可持续的,对外界不利因素具有抵抗力;从社会属性来说,具有持续提供完善的生态系统服务功能和满足城市居民休闲娱乐的需要。据此,健康的城市河湖生态系统应具备以下特征:能够保证生态功能和服务功能的适宜水量;水质良好,具有一定的流动性;水生态系统结构完整,具有自动适应和自调控能力,能在人工调节下持续发展;能够发挥正常的生态功能、景观功能、旅游休闲功能,体现水文化内涵。

与自然河湖相比,城市河湖与区域人类活动的交互影响较大,一方面,城市的社会经济活动高度依赖于区域健康的河湖提供的各种服务功能;另一方面,城市高强度的社会经济活动对河湖的水量、水质、水循环、水生态和总体健康状况都有显著的影响。当人为干扰的强度小于生态系统的自调控阈值时,城市河湖生态系统保持一种动态平衡,处于健康的状态;当人为干扰的强度超过生态系统的自调控阈值时,城市河湖生态系统结构和功能改变,使城市河湖生态系统健康受到损害,生态质量不断下降,处于临界状态,此时,可以通过人工或自然恢复对其进行改善;当到达临界状态的最小值时,城市河湖生态系统进一步恶化,处于不健康的状态,其自然恢复难度加大,采取人为调控对城市河湖进行人工恢复,其恢复的可能性较大。

1.1.2 城市河湖水生态系统分析

1. 城市水生态系统的营养结构

城市水生态系统作为城市生态系统的组成部分,其营养结构具有自然和社会两方面的属性和特征。

城市水生态系统的生产者在生态特征上与城市陆生生态系统差别很大。对生物学的自然生态而言,生产者除一部分水生高等植物外,主要是体型微小但数量惊人的浮游植物。这类生产者的特征是代谢率高、繁殖速度快,种群更新周期短,能量的大部分用于新个体的繁殖,因此,生物量低;城市这样的人工生态系统,水生态系统中很多营养物质来自人为因素,如城市污水的排入、固废堆积、暴雨雨水的汇入等,其生产者的主要来源已不再局限于自然生态系统中的水生植物。

城市水生态系统的自然消费者一般也是体型较小,生物学分类地位较低的变温动物,新陈代谢过程中所需要的热量比常温动物少,热能代谢受外界环境变化的影响较大。城市水生态的社会消费群体即人类,主要包括居民生活用水、工业生产用水、城市市政综合用水等方面。这部分消费群体所消耗的不仅仅是水域中

的“营养成分”，更重要的是对水量的占用。对水的过量消耗使得大量水生动植物丧失了栖息地，水生态系统将会出现萎缩。

自然分解者在城市水生态系统中作用较差，很大程度上只是依赖水体中部分浮游生物通过自溶（autolysis）来完成物质循环的功能。大量的分解者应该是城市水生态系统的社会消费者，即人类通过人工作用，对系统内废物进行分解，如污水治理、固废的处理等。

城市水生态系统自然营养结构中物质循环和结构单一，其生产、消费和分解者均很薄弱。在无人为因素干扰的情况下，可实现生产、消费和分解的动态平衡。但是城市水生态系统很大程度受到人为因素的影响，人类在生产、消费和分解中均有参与。因此，若系统中生产和消费过量，而分解不足，则使得城市水生态系统中营养物质过剩，水量变化不定，水体环境恶化，造成城市水生态系统功能萎缩，甚至枯竭。

2. 城市水生态系统的功能特点

城市水生态系统功能特点同样也具有自然和社会两方面的属性和特征。

与城市中其他生态系统相比，水生态系统对光能的利用率比较低。据奥德姆（Odum）对佛罗里达中部某银泉的能流研究，太阳总有效能中 75.9% 不能为初级生产者利用，22.88% 呈不稳定状态，而实际用于总生产力的有效太阳能仅 1.22%，除去生产者自身呼吸消耗的 0.7%，初级生产者净生产力所利用的光能只有 0.52%。而据特兰斯康对俄亥俄州荒地生态能流的研究结果，太阳辐射总能量的 1.6% 为初级生产者利用，用于净生产的光能占总辐射能的 1.2%。荒地生态系统是陆地生态系统中生产力比较低的生态类型，但其光能的有效利用率仍为水域生态系统的 2 倍多。

在城市水生态系统中初级生产转化为次级生产的效率一般在 10% 以上，不低于城市陆地生态系统。所以，在城市水生态系统中，若除去人为干扰，分解者的作用远没有陆生生态系统重要，水域中只有 10%~40% 的初级生产量是由分解者分解的。

自然水域生态系统中动植物尸体及其排泄物的去向主要有三种：一是通过自溶而归还环境并被重新利用；二是由分解者分解而被重新利用；三是下沉，下沉部分有的被水生生物利用，有的则随水体运动返回上层而被再利用。但在城市水生态系统的河流生态系统中，由于水的流动性较大，系统物质循环的功能比较差、内源性营养少，需要大量外源性营养物质，但又不能超过系统所能承受的阈值，这是河流生态系统在物质循环上的特点。

3. 城市水生态系统的基本特征

城市水生态系统属淡水生态系统，主要包括湖泊、水库和河流等类型。其中，湖泊、水库属于静水环境，而河流属动水环境。河流能不断地输入营养物和

排出废弃物，因此比湖库静水环境的生产力高很多倍。

(1) 湖库生态系统

湖泊水库具有十分复杂的生态系统，一般将这个生态系统划分为三个不同类型的区域：湖滨带、浮游区和底栖区，各自拥有不同类型的生物群落。①湖滨带通常生长着大量的草类植物，又称为“草床”，是湖泊与陆地交接区域。许多天然湖泊具有大面积的湖滨带，从功能上来说，湖滨带可以有效截留地表径流中泥沙等悬浮物，吸收其中营养物质，减少其对湖泊水库水体的影响；另外，湖滨带植物可以为各种动物提供良好的栖息地和大量食物，促进生态良性循环。但是过度繁殖的湖滨带植物也会产生大量有机物，每年大量根生植物和附着的藻类腐烂后产生的有机物随水体进入湖泊水库，将影响水体水质，甚至加剧湖泊富营养程度。②浮游区是湖泊水库水域主体，在浮游区生长着多种水生高等植物，包括沉水植物、浮水植物和挺水植物三类。水生高等植物在生长过程中能够将一部分溶解性、悬浮性和沉积性的营养物质吸收固定在植物体内，通过定期收割，移出水体之外，一定程度上降低水体富营养化水平。植物还能通过与藻类竞争营养，遮挡光线能量，拟制藻类的繁殖生长速度。但是，如果在湖泊水库中，任由水生高等植物自由生长、堆积和腐烂，将导致湖泊水库的沼泽化。③在底栖区，生活着丰富的底栖动物和微生物，起着分解作用，将湖滨带或浮游区产生的各种有机物重新分解，使之变为动植物能够重新吸收的营养因素等，然后扩散传质至表水层或有光层。湖泊水库水生态系统，如图 1-1 所示。

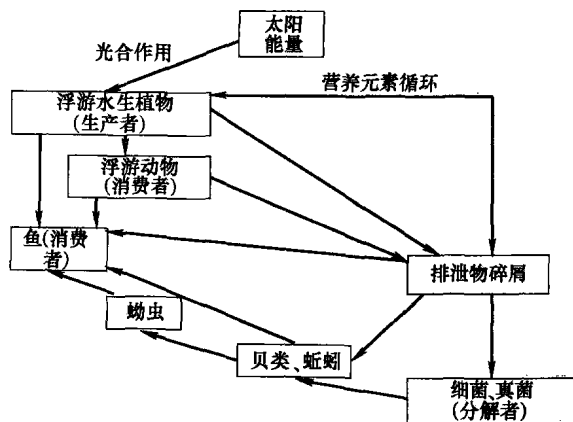


图 1-1 湖泊水库“食物链”结构示意图

湖泊是地面上长期存水的洼地，其特点是水的流动性和更换速度很慢，故也属于静水生态系统。湖泊的许多生态功能与其形态特性有关，受许多因素所制约。

在湖泊的沿岸带内湖水通常较浅，光照较强，溶解氧含量高，水温高，营养物质丰富。所以沿岸带内聚集着许多动植物，尤其是水生维管束植物和藻类等，

生产者极为繁茂。由湖岸向湖心带呈同心圆状分布。在湖泊和池塘的沿岸带除挺水植物、浮水植物、沉水植物外，还生存着大量的浮游动植物和自由生物。

湖泊的浅水层光线弱，浮游植物光合作用补偿层以下的光强度不能满足藻类光合作用的需要，因此，深水层以异养动物和嫌气性细菌为主。

湖泊有独特的发展过程，从产生到衰老，经过一系列的发展阶段，最后由水域生态系统变为陆地生态系统。在这个演变过程中，湖泊经历了由贫营养阶段、富营养阶段、水中草本阶段、低地沼泽阶段直到森林顶级群落的渐变。但在城市生态系统中，大量人为的因素，大大缩短了每个阶段的转变时间。

水库虽然是人工形成的水域，但在生态特征上具有与湖泊基本一致的特点。

(2) 河流生态系统

1) 构成

河流包括河槽与在其中流动的水流两部分。河流属流水型生态系统，是陆地与水体的联系纽带，在生物圈中起着重要的作用。河流生态结构，如图 1-2 所示。

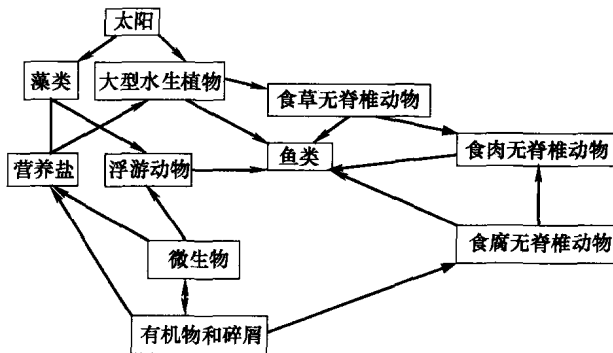


图 1-2 河流生态系统结构示意图

大型水生植物：大型水生植物分为浮游类和根生类，最常见的是水草类，包括有根生且全部淹没在流水中的水草、有根生但叶子漂浮在水面的水草和完全悬浮漂游的水草，其他主要植物是苔藓地衣和地钱，这些植物虽然没根，但长有头发状根须，能渗透缠绕在河床石头裂缝之间，适合流水环境。

微型植物：最常见的是藻类。可以生长于任何适合的地方，如附着在河床石头等介质上，或附着在桥墩、电缆和船舶外体等地方，甚至能够附着于大型植物表面。

动物：主要包括软体动物、蠕动物、水螨、甲壳类动物、昆虫、鱼类等脊椎动物以及微型动物，主要是原生动物，以腐生细菌和腐生物质为食物。

细菌和真菌：细菌和真菌生长在河流的任何地方，包括水流、河床底泥、石头和植被表面等。在河流中起分解者的角色，将死亡的生物体进行分解，维持自

然生态循环。

河岸生态：河岸生态是河流生态的重要组成部分。河岸植被包括乔木、灌丛、草被和森林等。河岸植被能够阻截雨滴溅蚀，减少径流沟蚀，提高地表水渗透效率和固定土壤的作用，从而减少水土流失。

2) 基本特征

① 纵向成带：河流因为是纵向流动的，所以很多特征表现为纵向成带特性。一支水系从上游到河口，水温和某些化学成分发生明显的变化，影响着生物群落的结构。但由于城市河流长度有限，这些变化都不太显著。

② 生物多具有适应急流生境的形态结构：在城市河流中，流速在年际内变化较大，汛期雨水多，上游来水量也较大，故水流较急。河流生物群落中的一些生物种类，为适应这种生存环境，形成了自身的形态结构上有相应的特点。

③ 相互制约关系复杂：城市河流生态系统受其他系统的制约较大，河段受城市陆地生态系统的制约，城市内陆的气候、植被，尤其是人为的干扰对河流生态产生很大影响。另一方面，河流在城市生态系统的物质循环中也起着重要作用。它将城市生态系统中制造的多余的废物等输送到城市之外，所以它也影响着城市生态系统周围的生态系统。

④ 自净能力强，受干扰后恢复速度较快：一般由于河流生态系统具有流动性大，水体更新较快的特点，所以其自净能力较强，在一定限度内，一旦污染源被切断，系统恢复迅速。当然具体情况还与污染物的种类、河流的水文和形态特征有关。

1.1.3 城市河湖水生态系统建设

1. 国内外城市水生态系统建设历程

城市是人群积聚的地区，城市发展很重要的条件是依赖于供水、污水处理和防洪安全。一旦遭遇干旱、洪水和污染，城市中“短路的”水循环就会被破坏，人们的生命和财产就会受到严重威胁。在城市生态规划的早期，研究多侧重城市结构、城市形态和城市艺术，只关注城市生态系统中的能源开发、经济发展和环境保护等方面。直到20世纪90年代初期，关于城市水问题、水循环的研究才逐渐被重视。此后，国际上关于水生态的研究相继开展，大体可归纳为以下几个方面：

(1) 城市中水务的控制规划：主要内容包括城市暴雨水量和水质的控制、利用以及综合管理；城市内河水环境保护；城市水资源的综合利用，一般包括城市供水、排水、气候调节和休闲娱乐等方面。

(2) 流域、湿地生态系统修复理论和应用：近年来，生态系统修复技术成为国内外研究的热点，主要是通过对河流生态系统、湿地生态系统的研究，使人类

更加深刻地认识到自身行为对生态系统的影响效应。另一方面,城市水生态系统修复技术的研究、各种水生植物对生态修复的作用机理研究以及有关生态平衡、生态风险评价方法的研究也开始被人们所重视。

(3) 水利工程对河道变迁、水域生态的影响:水利工程由于破坏了水体的连续性,造成生态系统的失调,河道内流量减少、泥沙淤积、断面萎缩、河床移位、水环境质量下降、生物多样性被破坏。

(4) 河流、湖库对气候的影响:湖泊、水库及流动的河流等水域通过蒸发影响着周边的生态系统和气候特征,特别是干旱、半干旱地区增加水面面积能有效地改善气候环境,为人们提供了休憩、娱乐的舒适空间。

国内对城市水生态的研究起步更晚。相关研究最多的是城市防洪排涝、雨水利用、污水排放、水环境保护治理等几个方面。对于城市河流在城市生态建设中的作用最早的研究是华东师范大学闾水玉、王祥荣于1999年12月发表在《城市环境与城市生态》上的“城市河流在城市生态建设中的意义和应用方法”一文,文章较系统地分析了城市河流在城市生态建设的水源地、削减城市热岛效应和洪涝灾害、绿地建设基地、景观多样性组成、物种多样性保护、组成畅捷交通、亲近自然场所等多方面的意义,指出要保持河流自然地貌特征、维持自然水文过程、控制城市河流水污染、综合规划城市河流与城市建设的关系等思想,保障城市的可持续发展。

比较而言,国外十分注重城市水生态系统的建设,采取了一系列的修复技术和措施,来改善城市的居住环境和弥补人类活动给城市水生态环境造成的危害。我国只是近年来由于水体污染日渐影响了人们正常的生产和生活,城市居民生活质量不断下降,才逐渐开始注重水生态系统的建设工作。江苏省张家港市规划建设了面积98hm²的人工湖,用以增加城市水面面积和城市景观,进而改善城市水生态系统;江苏省泰州市在城市内河防洪的基础上,对城市环城河的景观规划进行设计,为完善修复城市水景观提供了良好的思路;浙江省绍兴市结合城市水系和文化特色,对环城河道的水生态进行了规划,实现了城市内河水系景观与水文化的统一。近期安徽省马鞍山市在城市规划的同时,对市区重要的采石河水景观功能和水环境进行招标规划,体现出人们对城市水景观功能的认识在逐渐加强。但美中不足,这些研究建设都未认识到城市水生态的系统性,仅就水生态系统的某些方面做了一些局部的研究和工作,没能全面地开展水生态系统的综合性研究,缺乏自然—人类—水体相协调的水生态系统建设理念和模式。

2. 我国城市水生态系统建设和管理现状及存在的主要问题

水是生命之源,是社会经济发展和最重要的自然资源。自古以来,人类就依水而居,近水而种。河流与城市的发生、发展息息相关,河流为城市居民供应了用水水源、浇灌着肥沃的土壤、提供了便捷的物资运输通道;近代城市发展水

资源的作用更为突出,城市生活、工业、服务业、公共事业及景观环境的建设和发展都与水资源不可分割。居民生活必须要有充分的保障,工业生产必须水源充足、优美的城市环境更离不开清洁良好的水生态系统。因此,一般世界上经济最发达的区域、社会经济发展活跃的城市和地区都有充足的水资源。

但是近年来社会经济飞速发展、城市规模不断扩大、人工构筑物不断增加,使得城市内河水系不断萎缩、内湖富营养化不断加重、水环境质量不断恶化,可供利用的水资源量不断减少,城市水生态系统不断衰退,人居环境品位不断下降。城市水生态系统成为城市发展的制约因素,主要表现在以下几个方面:

(1) 城市防洪除涝安全得不到保障:长期以来,我国城市防洪标准不高,洪涝灾害始终是城市的心腹之患。特别是近年来随着城市规模的不断扩大,原本较低标准的防洪设施,加之城市化率提高带来的下垫面大幅度改变,使得产、汇、流过程发生较大变化;同时,城市排水设施不完善,加上城市建设挤占河道用地,造成内河水系行洪不畅,由此给城市的防洪排涝带来更大压力,加剧了城市洪涝灾害的频繁发生,威胁着人们正常的生产生活安全。

(2) 城市供水安全得不到保障:城市规模的急剧扩大,居民生活、工业生产和服务业用水量增加的要求不断加大,“资源型”缺水日益突出;同时,污染物排放量不断增加,水环境质量日渐下降,供水水源水质得不到保障,造成“水质型”缺水;水资源时空分布不均、水量调控工程措施不利,城市净水设施和输配水管网系统不完善,形成“工程型”缺水。三种类型的缺水使得城市供水安全得不到保障,制约了城市的发展。

(3) 水环境质量严重恶化:根据全国水环境质量公报统计,我国城市河流80%以上河段水体质量低于Ⅳ类水质标准,河道水体黑臭现象十分普遍。城市生活污水和工业废水排放量有增无减,城市的面污染源控制不力,许多城市生产废物和生活垃圾倾倒河流现象较为普遍,严重影响城市河湖水体水质,并且影响城市景观环境,造成水生态系统功能退化。

(4) 城市水系规划不成系统:城市在迅速发展的过程中,其系统的规划未得到广泛重视。造成了水系被割断、侵占甚至完全破坏的状况,水面面积严重不足,加大了水环境管理的难度。同时,城市水生态系统在建设过程中也没有以科学规划做指导。

(5) 城市水资源管理混乱:城市水资源管理是我国水管理最混乱的地方。在城市防洪安全方面,由于城市外河和内河由不同部门管理,造成外河防洪标准不断增高,内涝却无法排除的现象;供水方面,水源地和供水系统由不同部门管理,使得城市水资源日益紧张,缺水问题不断加剧;水环境方面,水量调配与水质管理严重分离,城市水量得不到保障,水质得不到改善,水体的环境质量日趋恶化;生态用水方面,水利、环保、城建都不负责,造成枯水期河湖水位极低,

甚至干涸，阻断了水生态系统的正常循环。

综上所述，城市水生态系统存在严重不健康状况，生态系统日益退化，生态功能不断削弱。虽然近年来国内外逐渐重视城市生态建设，相继提出了“园林城市”、“山水城市”、“绿色家园”和“生态城市”的理念，并逐步进行建设实施。但是，基于人与自然和谐相处理念指导下的建设模式尚未形成，城市水生态系统建设的理论研究和技术开发严重不足，目前生态建设的方法还远不能遏止水生态系统退化的趋势，必须寻求新的建设模式，在水功能区划的基础上，切实开展城市水系规划，构建科学合理的水污染控制方法和技术系统，在城市河湖生态修复技术的支持下，形成完整的城市水生态与水环境的基本理论和治理技术体系，为我国城市的生态建设与和谐发展提供理论基础和技术支持。

3. 城市水生态系统的研究对象与任务

城市水生态系统的研究对象与任务可以归纳为以下几点：

(1) 城市水生态系统的内涵和功能界定

通过对生态系统、城市生态系统及水生态系统理论的深入了解和对国内外相关研究成果的回顾、总结与集成，制定城市水生态系统的研究计划，探讨水生态系统内部循环过程，揭示各要素之间的作用机理，查明水生态系统与社会经济发展的互动规律，界定城市水生态系统的内涵，规范城市水和各环境要素的生态功能，为城市水生态系统建设提供理论依据。

(2) 健康城市水生态系统建设模式研究

基于城市水生态系统的内涵和相关功能，结合生态城市规划的关键问题，如水源规划、水系规划、水安全、水环境质量及水景观等各项因素，提出健康城市水生态系统建设模式的构建理念及原则，并建立城市水生态系统建设的框架体系。

(3) 完善的城市水生态系统建设规划

根据城市自然环境、社会经济发展水平，考虑城市发展的定位、经济产业格局、社会经济规划目标等因素，综合国际先进经验和国内研究成果，进行合理的城市水生态系统规划，确定科学的城市水系、城市居民生活和水生态平衡所需要的适宜水面面积、城市水安全规划等体系。为城市水生态系统的健康运行提供科学技术指导和理论依据。

(4) 城市水生态系统安全保障体系

水是生命的保障，同时如果管理不善，也会成为城市的危害。城市水生态系统安全体系主要包括城市防洪排涝体系、枯水期生态用水量保障体系、城市水环境保护体系三方面。近年来随着城市化率的提高，大量城市边缘的农庄和农田被划归城市，城市水系范围的扩大及下垫面的改变给城市防洪和排涝带来很大压力。在城市安全体系中，协调统一河湖防洪标准与城市排水标准，确定合理的水

文分析计算方法,制定安全的城市防洪体系;论证枯水期城市河湖的引客水能力,保障河湖水系的环境用水量和生态需水量;根据城市水环境功能区划,确定城市水生态系统的最大安全纳污容量,研究定量化计算模式,为城市水质安全提供技术支持。

(5) 城市水生态系统中水环境保护及污染水体的生态修复途径

调查分析城市的污染成因,提出水环境质量保护的技术途径,研究城市洼陷结构中生物工程对污染物的截留效应以及不同尺度河道对污染物质的净化效应。通过现场监测和实验手段,研究河道沿岸不同水生植物对水体中典型污染物质的吸附和截留规律,分析水生植物对污染水体的净化效应,探讨城市水生态系统的修复途径。结合当今的研究热点,分析河湖滨岸缓冲带的作用和建设依据,给出适合的缓冲带宽度评价指标体系,为城市水生态系统的全面修复和水体环境质量的保护提供技术支持。

1.2 城市河湖水污染防治与水环境保护

城市河湖水系统是城市水环境的主要组成部分,河湖水系统的污染防治和保护是城市水环境治理工作的重要内容。全面地了解城市水环境系统的组成、功能、现状和发展趋势是科学、有效开展城市河湖水污染防治与水环境保护的前提和基础。

城市水环境系统由水的自然循环系统和社会循环系统组成,由于人为的因素城市水环境系统比天然水环境情况显得更为复杂,如图 1-3 所示。在自然循环系统中,水体通过蒸发作用进入大气,蒸发的水汽被气流输送到大陆,然后以雨、雪等降水形式落到地面,一部分形成地表径流,一部分渗入地下形成地下水,一部分又重新蒸发返回大气。没有受人类活动影响的水的自然循环系统一般都处于平衡状态,水体的结构与功能一致。人们为了生活和生产的需要,由天然水体取水,经适当处理后供人们生活和生产使用,用过的水又排回天然水体,这就是水的社会循环。在水的社会循环过程中,除了有部分水量消耗外,主要发生的是水质变化过程。随着城市化进程的加快,人类对自然水资源的利用不断加大,在城市化过程中自然水环境系统不断地受到干扰,使其结构发生改变,从而影响到它原有的功能。

城市水环境系统的功能包括:提供城市生活和生产所需的水量;补给周边地下水并成为城市地表径流和污水排放的主要接纳体;作为城市产品、物流和人流的运输通道;实现城市小气候和流域洪水的调节;发挥郊区农业灌溉、旅游观赏及水上娱乐活动的功能;发展必要的渔业和水产等。城市水环境往往是整个流域的一部分,参与整体的水循环过程,城市水环境系统作为一个复杂、开放的体