



城市人工水体建设丛书



城市人工水体 水环境生态效应与保护

褚君达 张永春 胡孟春 郑孝宇 著



科学出版社

www.sciencep.com

X52

城市人工水体建设丛书

城市人工水体水环境生态 效应与保护

褚君达 张永春 胡孟春 郑孝宇 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系“城市人工水体建设丛书”之一。

本书分上篇“城市人工湖泊水环境保护生态措施研究”和下篇“城市人工湖泊水水质演化规律及调控研究”两部分。上篇介绍湖泊生态系统构建的理论思想、人工湖泊水环境保护的生态系统构建方案、工程效益评价与生态风险评估、技术支撑及运行管理体系等内容,理论思想、工程方案与技术管理三者有机结合,以河南省郑州市郑东新区龙湖水系建设为例,比较完整地论述了城市人工湖泊水生态系统构建的理论和方法。下篇介绍了人工湖泊水水质污染防治和水环境保护研究的目标、技术路线、技术原理和方法,以郑东新区龙湖水系建设为例,在整体规划的基础上,研究各种工程调控措施(控制闸调控、截污、引水、注水、挡污、湖深调整等)及生态措施综合影响下,龙湖水水质环境要素的演化规律,提出人工湖泊水系建设及运行管理的优化方案,为龙湖水水质污染防治和水环境保护提供科学依据。

本书内容丰富、系统性强,有一定的实用性。可供从事水资源规划、生态、水环境保护、城市规划的科研、规划、设计和管理人员参考,也可供高等院校相关专业师生参阅。

图书在版编目(CIP)数据

城市人工水体水环境生态效应与保护 / 褚君达等著. —北京:科学出版社, 2008

(城市人工水体建设丛书/董增川主编)

ISBN 978-7-03-022088-2

I. 城… II. 褚… III. ①人工湖-影响-生态环境-x 研究-郑州市
②人工湖-生态环境-环境保护-研究-郑州市 IV. P942.611.78 X21
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 073871 号

责任编辑:王志欣 沈 建 / 责任校对:钟 洋

责任印制:安春生 / 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6月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2008年6月第一次印刷 印张: 13 1/2

印数: 1—2 500 字数: 176 000

定价: 45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

“城市人工水体建设丛书”

编写委员会

主 任 赵建才 王庆海

副主任 胡文杰 董增川

委 员 (按姓氏拼音排序)

陈鸿汉 陈 喜 褚君达 邓晓颖 董增川

高茂生 侯怀仁 胡和平 胡孟春 胡文杰

梁忠民 刘 俊 唐晓燕 田富强 王庆海

武 雄 张 丽 张龙江 张耀存 张毅敏

张永春 张子亮 郑孝宇 钟 中 周定友

主 编 董增川 胡文杰 梁忠民

“城市人工水体建设丛书”序

水是人类文明的摇篮,四大文明古国都诞生于河流沿岸。随着科学技术的快速发展和生产力水平的迅速提高,人类控制河流的能力远远超过历史上任一时期的水平,在利用河流造福人类的同时,也对河流健康造成了伤害。河流干涸、缺水严重、环境恶化、洪涝灾害频繁等一系列水安全问题已严重威胁人类的生存和发展。在经历了无数次的失误和挫折之后,人类终于认识到,与河流的关系应该是既要改造和利用,又要主动适应和保护。“人水和谐”治水理念在这种认识下不断发展和成熟起来。

黄河流域原为茂密的森林和稀疏草原,数千年间已被开垦为农田,气候亦随之变化,广大地区逐渐退化为半干旱或半干旱半湿润地带,尤以黄土高原为甚。半个世纪以来的工农业发展和人口膨胀大大加重了环境生态负担,生态建设刻不容缓。

改革开放初期,郑州曾以“绿城”饮誉全国,可是后来城市扩展挤占绿地,地下水超采,植被退化,河流干枯,生态建设严重滞后。城市生态绿地空间的减少大大降低了自然系统的生态效益,市区空气环境质量特别是悬浮颗粒物和降尘常年处于污染状态,氮氧化物、二氧化硫等常有不同程度的污染,生态环境的保护与建设难以适应时代的发展。合理调控和利用水资源,统筹人、城市和自然和谐发展,是21世纪郑州建设以人为本生态城市的迫切要求。

水是城市的灵魂,历史证明依山傍水的城市(即山水城市)能最大限度地符合人类聚居功能和城市综合文明,因而能够长盛不衰。中国古代人居环境的形成和建筑的发展,从生境相地,到邑、郊、野、林结构模式,最后到山水城市,具有天、地、人合一的东方特有的哲学和文化,是城市文明可持续发展的可靠途径。郑州市郑东新区的规划和建设为郑州市总体规划的修编完善、建设宜居城市提供了契机。新的城市总体规划提出建立生态走廊的概念,遏制郑州水环境和空气质量日趋恶化的现状,改善城市环境生态。其主要内容就是把郑州西南嵩山一带的丘陵、森林和郑州东北的黄河生态湿地通过流经市区的河流相连接,沿大小河流两岸布建河川生态公园,从而形成贯穿全市、环抱城郊的生态走廊和城市森林,形成城市尺度上的生态绿地空间,最终使城区人工绿化、大小水域和林园逐渐演化为仿真的自然生态系统,实现艺术景观、自然环境与生态效益的统一。

郑东新区规划对原郑州总体规划进行合理修正,提出整治水系、开挖龙湖,通

过水系水域绿化构造河川生态网络,营造山水园林城市的方案。龙湖,位于郑东新区北部,规划水域面积6平方公里左右。该地低洼易涝,长年积水,历史上沼泽遍布,现状多为鱼塘。郑东新区规划挖湖筑山、依山造景、因势改造为湖的方案科学合理、经济易行,符合中国园林一池三山和笼山为苑的传统山水意匠手法,是平原城市因藉自然进行城市设计、改善人居环境的优秀作品。通过龙湖水系广大水面不断蒸发而产生的水汽通量激发局地湿循环,调节小气候,造成适宜的生活湿度、温度环境,并通过开朗明静的湖泊风光产生深邃久远的景观心理效应,丰富市民的精神家园。

龙湖工程也是郑东新区的供水工程。龙湖引沉沙后的黄河水作为主要水源,辅以地表径流、降雨和适量的地下水等自然补给,水质良好、水量充足可靠。四季湖水经过精确模拟分析和实时监控进行循环排泄,确保湖体水质长年达到或接近身体可接触水平。更换的湖水一部分将直接排入贾鲁河,为其提供可靠的稀释水源,改善贾鲁河水质(贾鲁河为淮河上游主要支流之一,淮河近十年来水质污染严重,已成公害),大部分经必要处理后可作为新区生态绿地灌溉用水、市政卫生清洁用水和工农业用水。水资源的循环利用将有效地降低城市用水成本。由于龙湖供水对一般品质用水有了保证,郑东新区可以实现分质供水,建立从直饮水、生活用水到循环用水不同品质的供水体系。这种多重复合式的供水-用水方式对于郑东新区实现国际接轨、提高城市品位和生活品质、建立节水型社会有着重要的现实意义。

城市水系统组成复杂,受人类活动影响最大。本丛书结合河南省郑州市郑东新区重大工程研究项目“龙湖水资源保护与运行方式研究”,针对城市人工水体建设中存在的一系列科学问题,从系统论的观点出发,提出了模型群耦合研究的思想。以城市水系为纽带,综合运用工程、生态与管理措施,集成中尺度天气数值分析,地表水、地下水、水量水质模拟技术,探索城市水环境要素的演变规律,分析城市水系在防洪、水资源利用、生态环境保护、文化建设等方面的作用,构成了人水和谐现代城市建设的关键技术和理论方法体系,为城市人工水体建设提供技术指导。丛书共分5册,包括:《城市人工水体的综合效应与调控》、《城市人工水体的气象效应与局地环境变化》、《城市人工水体水文效应与防灾减灾》、《城市人工水体的水资源效应与利用》、《城市人工水体水环境生态效应与保护》。

该项研究由河海大学作为主持单位,联合了清华大学、南京大学、中国地质大学、国家环境保护总局南京环境科学研究所、华北水利水电学院等单位共同完成,研究成果为郑东新区的规划建设提供了科学依据。在研究过程中,得到了郑州市人民政府、郑东新区管理委员会、黄河水利委员会勘测规划设计研究院、中国水利

水电科学研究院、河南省水文局、河南省环境科学研究所、郑州市建设委员会、郑州市规划局、郑州市水利局、郑州市环保局、郑州市公用事业局、郑州市市政局、郑州市水利勘测设计研究院、郑州市市政设计院、郑州市自来水总公司、郑州市白庙水厂、郑州市柿园水厂等单位的大力支持与帮助,在此对他们一并表示衷心的感谢!

“城市人工水体建设丛书”

编写委员会

2008年3月

前 言

根据湖泊水资源质量综合评价,我国约有 75% 以上的湖泊水质受到不同程度的污染,已难以满足各种用水功能要求。我国湖泊水质的主要问题是富营养化,富营养化程度总体状况十分严重,约有 2/3 湖泊受到不同程度的富营养化危害,部分湖泊达到严重富营养化程度。城市湖泊水质状况尤为严重,已逐渐降低其旅游、休闲娱乐、调节气候以及改善城市生态环境等功能和价值。因此在城市湖泊水系的规划建设中,研究城市湖泊水系水环境要素演化规律,构建和谐的湖泊水系生态系统,是实现城市可持续发展的基础。本书以河南省郑州市郑东新区规划建设城市湖泊水系——龙湖水系水生态环境保护为主题,深入研究城市湖泊水系建设所蕴含的各种科学和管理问题。

规划建设中的龙湖水系包括龙湖湖体、三河一渠以及 CBD 中心、CBD 副中心等工程,是集城市生态、景观旅游、区域防洪、水资源综合利用等多种功能于一体的综合性工程,也是郑东新区以及郑州市城市发展规划的最重大工程之一。由于龙湖水系工程地处整个郑州市区水系的下游部位,一旦龙湖水系工程实施,如不采取针对性的有效措施,流经市区的贾鲁河、金水河、熊耳河等主要河道的水污染将严重影响龙湖水系的水环境状况。为了实现未来城市社会、经济、生态环境的协调发展,必须加大环境保护特别是水环境的保护力度,制定切实可行的龙湖水系水环境保护规划及水污染综合防治措施,进行科学论证,为水环境保护的决策、管理提供科学依据。

针对龙湖水系工程选址及其建设方案给水环境保护带来的难度,需要通过研究各种生态保护措施及工程调控措施改善龙湖水环境的可行性以及技术方案,考察城市河道及湖区污染源在现状及工程实施后的不同水污染控制条件下,对龙湖水系水环境的影响。为此,本书针对上述目标分上篇“城市人工湖泊水环境保护生态措施研究”和下篇“城市人工湖泊水系水质演化规律及调控研究”两部分分别叙述相关内容。上篇吸纳国内外湖泊生态系统构建的先进理念,采用水陆交错带、湖泊生态系统氮磷循环、水生态系统能值转换等理论方法,提出环湖带生态系统、湖体生态系统、湖体出入口等生态系统的保护设计方案,总结了生态湖构建技术体系,提出了长效管理措施。下篇提出人工湖泊水系水污染防治和水环境保护研究的目标、技术路线、技术原理和方法,研究各种工程调控措施(控制闸调控、截污、引

水、注水、挡污、湖深调整等)及生态措施综合影响下,龙湖水系水环境要素的演化规律,提出符合规划水质目标的人工湖泊水系建设及运行管理的优化方案,为龙湖水系水污染防治和水环境保护提供科学依据。

与本书上篇内容有关的研究工作主要由国家环境保护总局南京环境科学研究所张永春、胡孟春、张毅敏、张龙江、唐晓燕完成。

与本书下篇内容有关的研究工作主要由河海大学褚君达、郑孝宇、刘晓东、徐惠慈完成,华祖林、郑振民、王世和也参加了部分工作。

本书内容研究过程中,得到了郑州市郑东新区管委会的大力支持,水利部黄河水利委员会、郑州市环境保护局、河南省环境保护研究所、郑州市发展计划委员会、郑州市环境监测站、郑州市西流湖园林处、郑州市水产研究所、郑州市土地利用规划院、郑州市自来水总公司等单位提供了相关资料。本书编写中得到了河海大学董增川教授、梁忠民教授,郑东新区胡文杰博士的指导和帮助,在此一并表示感谢。同时向参考或引用有关作品、数据、图表等文献资料的作者表示感谢。由于编写人员水平有限,书中难免存在不足,敬请读者不吝指正。

作者

2008年2月

目 录

“城市人工水体建设丛书”序

前言

上篇 城市人工湖泊水环境保护生态措施研究

第一章 国内外城市湖泊富营养化及防治现状	3
1.1 国内湖泊富营养化状况	3
1.2 湖泊富营养化的生态影响	4
1.3 城市湖泊富营养化的成因及特征	4
1.4 湖泊富营养控制技术	5
1.5 国外典型湖泊富营养化防治状况	5
1.6 城市湖泊富营养化防治的必要性	6
第二章 湖泊生态系统构建理论思想	7
2.1 水陆交错带理论	7
2.2 湖泊生态系统氮、磷循环理论	7
2.3 水生态系统能值转换理论	9
2.4 系统动力学思想	10
第三章 龙湖生态设计方法	11
3.1 生态设计目标	11
3.2 生态设计任务	11
3.3 生态设计的原则	12
3.4 生态设计的技术路线	12
3.5 龙湖生态系统概念设计	13
第四章 龙湖水环境保护生态系统具体方案	15
4.1 环湖带生态设计方案	15
4.2 湖体生态系统设计方案	22
4.3 龙湖出、入水口生态保护系统设计方案	31
第五章 龙湖水环境生态保护工程效益及风险分析	38
5.1 湖岸带子系统生态保护效应	38

5.2 湖体子系统生态保护效应	40
5.3 龙湖水环境生态保护工程系统效益分析	42
5.4 龙湖生态风险分析	47
第六章 辅助生态工程、技术支撑与运行管理	49
6.1 龙湖水环境保护辅助生态工程	49
6.2 龙湖生态工程实施技术支撑	53
6.3 龙湖水生态系统维护管理方法	56
第七章 龙湖水环境保护应急措施	59
7.1 应急技术措施	59
7.2 应急组织措施	60
参考文献	62

下篇 城市人工湖泊水系水质演化规律及调控研究

第八章 水环境保护研究目标和技术路线	67
8.1 水环境保护功能和水质目标	67
8.2 实现规划环境目标的难点分析	67
8.3 研究的指导思想和主要内容	68
8.4 研究的技术路线	68
第九章 水环境质量现状调查与评价	70
9.1 水环境功能区划	70
9.2 水环境质量现状监测	70
9.3 水环境质量现状评价	72
第十章 污染源调查与分析	85
10.1 工业及生活污染源	85
10.2 城市面源污染	86
10.3 农田面源污染	86
10.4 湖区雨水污染	86
10.5 旅游污染	86
10.6 底泥污染	87
第十一章 水环境数学模型及污染物迁移转化过程	88
11.1 研究方法与研究范围	88
11.2 河网水量水质数学模型	88
11.3 二维水流水质数学模型	102

11.4 主要污染物迁移转化过程及水质参数	107
第十二章 水环境设计条件及环境影响预测方案	113
12.1 水文条件	113
12.2 水质及污染源条件	115
12.3 工程调控措施的水环境影响预测方案	116
第十三章 工程调控措施对龙湖湖体的水环境影响分析	119
13.1 原状条件下的水环境影响分析	119
13.2 控制闸调控措施的水环境影响分析	123
13.3 城市污水截污 95% 的水环境影响分析	129
13.4 注水措施对湖区的水环境影响分析	135
13.5 间隔引水措施的水环境影响分析	137
13.6 连续引水措施的水环境影响分析	141
13.7 控制水位调控措施的水环境影响分析	147
13.8 挡污措施的水环境影响分析	149
13.9 工程调控措施对湖体的水环境影响分析小结	149
第十四章 工程调控措施对湖周港汊的水环境影响分析	151
14.1 城市污水截污 95% 对湖周港汊的水环境影响分析	151
14.2 注水措施方案 A 的水环境影响分析	156
14.3 注水措施方案 B 的水环境影响分析	158
14.4 湖周面源截污措施对港汊的水环境影响分析	163
第十五章 不同湖深方案综合调控措施的水环境影响分析	169
15.1 湖深 4.5m 方案综合措施的水环境影响分析	169
15.2 湖深 2.5m 方案综合措施的水环境影响分析	171
15.3 湖深 6.5m 方案综合措施的水环境影响分析	174
15.4 不同湖深方案的水环境影响比较分析	176
第十六章 推荐的湖深方案及综合调控措施	184
16.1 推荐的湖区水深方案	184
16.2 推荐的综合调控措施	184
16.3 推荐方案总结	185
16.4 百年一遇洪水时推荐方案的水污染风险分析	186
第十七章 结论	189
17.1 水环境保护功能和水质目标	189
17.2 水环境质量现状调查与评价	189

上 篇

城市人工湖泊水环境 保护生态措施研究

第一章 国内外城市湖泊富营养化及防治现状

1.1 国内湖泊富营养化状况

富营养化是由于水体中氮、磷营养物质的富集,引起藻类及其他浮游生物迅速繁殖、水体溶解氧量下降、鱼类及其他生物大量死亡、水质恶化的现象。顾宗谦把我国的湖泊富营养化分为天然富营养化和人为富营养化,天然富营养化过程要经过几千年或更长时间才能完成,而人类经济活动可以使湖泊在几年时间内就会出现富营养化现象。

我国是个湖泊众多的国家,现有湖泊 2700 余个,总面积达 9.1 万 km²,占国土面积的 0.95%,其中约 1/3 为浅水湖泊,主要分布在东部沿海与长江中下游地区。由于经济发展、人口膨胀与不合理的开发利用,越来越多的湖泊产生富营养化。我国 37 个主要湖泊的富营养状况为:中营养型和中-富营养型的占 55.8%,富营养型的占 14.7%,重富营养型的占 8.8%。五大淡水湖也具备了富营养化发生条件,太湖和巢湖已进入富营养化状态。湖泊水质恶化,生态系统遭到破坏,富营养化已成为我国湖泊当今重大环境问题(图 1-1)。



图 1-1 中国主要湖泊营养状况变化趋势

1 代表富营养;2 代表中营养;3 代表贫营养

根据 20 世纪 80 年代后期与 90 年代的调查结果,分布在长江中下游湖区、云贵湖区、部分东北山地及平原湖区与蒙新湖区湖泊都已处于富营养化水平。城市周边湖泊由于受城市废水的影响极大,无论地理位置如何,几乎都已达到富营养化或严重富营养化的程度(表 1-1)。自然状况下湖泊向富营养化演变的过程是极缓慢的,而强烈的人类活动则大大加剧了这一进程(袁龙义等,2004)。

表 1-1 我国部分城市湖泊的主要水质状况

湖名	总氮 TN /(mg · L ⁻¹)	总磷 TP /(mg · L ⁻¹)	溶解性磷 DP /(mg · L ⁻¹)	溶解氧 DO /(mg · L ⁻¹)	叶绿素 a Chl-a /(mg · m ⁻³)	透明度 SD /m
杭州西湖	3.10	0.170	0.070	8.28	56.58	0.55
惠州西湖*	2.13	0.165	ND	9.70	ND	0.32
广州麓湖	3.00	0.220	0.024	9.66	86.41	0.37
长春南湖	4.80	0.310	0.049	8.85	ND	0.36
黄石磁湖	2.20	0.090	0.015	7.33	12.21	0.67
南京玄武湖	3.90	0.970	0.180	8.31	99.28	0.27
武汉墨水湖	20.80	0.740	0.122	4.52	153.59	0.24
新疆蘑菇湖	2.40	0.600	0.036	7.40	30.21	0.64
九江甘棠湖	1.70	0.240	0.130	8.03	43.23	0.55
广州流花湖	6.40	0.530	0.037	1.14	239.53	0.19
广州荔湾湖	8.30	0.620	0.118	4.75	149.65	0.30

* 为 2003 年监测的数据;ND 表示未监测

1.2 湖泊富营养化的生态影响

湖泊的富营养化表现为湖泊营养(氮、磷)负荷过度时出现的一系列症状,表征为:湖泊自然生态系统的瓦解;水体生物多样性的下降加速;初级生产力高;藻类生物量高;藻类中的蓝绿藻占了较大比例;水质变得浑浊、透明度明显降低;蓝绿藻不能被浮游动物消化,并对人、畜有毒等。富营养化使湖泊丧失某些经济功能,湖水感官性大大下降,对城市景观也造成了不利的影响。此外湖泊是巨大的天然水库,它常被用来作为饮用水和浇灌水,湖泊富营养化所导致的藻类过度繁殖,易使人们在饮用后致病,对人们的健康产生很大影响,湖泊富营养化在影响饮用功能的同时也破坏水产资源,严重影响鱼类等水生动物生存。

1.3 城市湖泊富营养化的成因及特征

城市湖泊指位于大中城市城区或近郊的中小型湖泊,例如国内的城市湖泊有杭州西湖、惠州西湖、武汉东湖、北京昆明湖、南京玄武湖、济南大明湖、广州流花湖和东山湖等。现代都市的发展都在充分利用城中水体的多种功能,使城市湖泊的价值更多地体现在旅游、娱乐、洪涝调蓄排水、调节气候以及改善城市生态环境等方面(彭俊杰等,2004)。

城市湖泊富营养化是人类社会活动对湖泊高强度的影响导致的结果。Omer-