

城市内河 污染治理与生态修复 ——理论、方法与实践

◎黄民生 陈振楼 主编



科学出版社
www.sciencepress.com

城市内河污染治理与生态修复 ——理论、方法与实践

黄民生 陈振楼 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在论述城市内河社会经济和生态环境功能、水体污染的严峻现状、水体污染与生态退化成因和过程的基础上,系统介绍城市内河污染治理与生态修复的理论、方法与实践,包括城市内河资源环境生态调查、污染源控制与治理、水体与滨岸带生态修复及城市水资源可持续管理,并以上海市丽娃河为例介绍城市内河综合整治的技术方法及其应用效果。

本书可作为高校环境、生态、水利等相关学科的研究生教学参考书,对从事城市水体污染治理与生态修复的工程技术和规划管理人员也具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

城市内河污染治理与生态修复:理论、方法与实践/黄民生,陈振楼主编. —北京:科学出版社,2010

ISBN 978-7-03-027752-7

I. 城… II. ①黄…②陈… III. ①城市-内河-河流污染-污染防治②城市-内河-生态环境-环境治理 IV. X522

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 096258 号

责任编辑:张 析 刘希胜 / 责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

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>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2010 年 6 月第一次印刷 印张: 18 插页: 6

印数: 1—2 500 字数: 389 000

定价: 65.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

城市内河是城市重要的资源和财富，在供水、排涝、运输、环境、生态、文体等方面具有重要的价值。近 30 年来，在我国快速城市化及其社会经济发展过程中，城市内河遭到了破坏和污染，黑臭及富营养化内河越来越多，与“文明城市”、“生态人居”的目标相距甚远。治理城市内河污染、修复城市内河生态已成为我国面临的紧迫任务。

本书在国家科技重大专项（ZX200907317-006）、国家自然科学基金（40971259）、上海市科技攻关计划重点课题（062312019）、上海市优秀学科带头人计划（10XD1401600）的资助下，从我国城市内河污染治理与生态修复事业的迫切需要出发，在论述城市内河社会经济和生态环境功能、水体污染的严峻现状、水体污染与生态退化成因和过程的基础上，从环境生态调查、污染源控制与治理、水体与滨岸带生态修复、水资源可持续管理等方面系统介绍城市内河治理与修复的理论、方法与实践，并以丽娃河为例介绍城市内河综合整治的技术方法及其应用效果。

本书由黄民生、陈振楼主编和统稿，参加编写的有曹承进、陈玉辉、张勇、高尚、朱勇、李孔燕、陈建军、张一璠、张佳磊。华东师范大学史家樑教授对本书的编写提出了宝贵意见和建议，上海市政工程设计研究总院、温州市温瑞塘河管理委员会等单位提供了部分图片资料，在此一并致谢！

因编写人员的能力和水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 3 月于上海·丽娃河畔

目 录

前言

第 1 章 城市内河及其保护的重要性	1
1.1 概述	1
1.2 水利功能	2
1.2.1 供水	2
1.2.2 防洪排涝	4
1.3 航运功能	7
1.3.1 内河航运功能的特点	7
1.3.2 内河航运的变迁	7
1.4 生态环境功能	8
1.4.1 调节小气候	9
1.4.2 控制污染	10
1.4.3 生态建设	11
1.5 文体功能	12
1.5.1 自然与人文景观	13
1.5.2 健体、休闲、娱乐	14
1.5.3 滨水经济	15
第 2 章 城市内河水体污染的严峻现状	17
2.1 水体污染的概念	17
2.2 水体污染源	18
2.3 河流污染的特点	18
2.4 城市内河水体污染的危害性	22
2.4.1 健康危害性	22
2.4.2 环境生态危害性	24
2.4.3 社会经济危害性	25
2.5 中国城市内河水污染状况	26
第 3 章 城市内河水体污染与生态退化的成因和过程	30
3.1 流域土地利用变化	30
3.2 过量纳污	32
3.2.1 污(废)水	32

3.2.2	大气干湿沉降	34
3.2.3	固体废物	35
3.2.4	地表径流污染	36
3.3	过度工程化	37
3.3.1	河流渠道化	37
3.3.2	河流非连续化	39
第4章	城市内河资源环境生态调查	42
4.1	城市内河流域自然地理调查	42
4.2	城市内河水资源调查	44
4.2.1	河道的定名、分级分区和编码	44
4.2.2	河道断面观测	45
4.2.3	河道水位和流速观测	50
4.2.4	河道流量计算	51
4.3	城市内河水工设施调查	51
4.4	城市内河流域社会经济与土地利用调查	53
4.4.1	人口调查	53
4.4.2	经济、交通调查	54
4.4.3	土地利用调查	56
4.5	城市内河生态环境调查	57
4.5.1	水质调查	57
4.5.2	底质调查	59
4.5.3	生物调查	62
4.6	城市内河污染源调查	73
4.7	城市内河黑臭调查	77
4.8	城市内河其他调查	78
第5章	城市内河污染源控制与治理	79
5.1	城市污水的污染控制与治理	79
5.1.1	城市污水的水质特征、排放特点与危害	79
5.1.2	城市污水收集系统	80
5.1.3	城市污水处理技术	81
5.2	工业废水的污染控制与治理	105
5.2.1	工业废水的特性、排放特点与危害	105
5.2.2	工业废水处理技术	106
5.2.3	典型行业的工业废水处理工艺	122
5.3	城市污水再生和回用	124

5.4	固体废物的污染控制与治理	125
5.4.1	固体废物定义、排放特点与危害	125
5.4.2	城市生活垃圾处理、处置和利用技术	125
5.4.3	水生植物残体处理、处置和利用技术	129
5.5	地表径流的污染控制与治理	130
5.5.1	地表径流污染的定义、排放特点与危害	130
5.5.2	地表径流污染控制与治理的对策和方法	131
5.6	其他污染控制与治理	132
5.7	城市内河污染监督与管理	132
5.8	上海市水污染控制与治理简介	133
5.8.1	面源水污染控制与治理	134
5.8.2	污水处理厂升级改造	137
第6章	城市内河水体与滨岸带生态修复	140
6.1	城市内河水体生态修复	140
6.1.1	生态修复的概念	140
6.1.2	河流生态功能及其修复的重要性	140
6.1.3	河流生态修复的国际发展趋势	141
6.1.4	我国城市内河生态修复的紧迫性	141
6.1.5	城市内河水体生态修复技术	142
6.2	城市内河滨岸带生态修复	192
6.2.1	城市内河滨岸带的重要性	192
6.2.2	城市内河滨岸带发展和变化过程	193
6.2.3	城市内河滨岸带生态修复应遵循的原则	193
6.2.4	城市内河生态型护岸的类型及其构建方法	194
第7章	城市水资源可持续管理理论与方法	204
7.1	我国水资源利用与管理现状	204
7.1.1	我国水资源现状	204
7.1.2	我国城市水资源开发利用历程	205
7.1.3	我国传统水资源管理体制	206
7.2	城市水资源可持续管理的理论与方法	207
7.2.1	城市水资源可持续管理理论	207
7.2.2	城市水资源可持续管理指标体系的构建与评价方法	211
7.3	上海市水资源可持续管理评价实证研究	217
7.3.1	上海市市情特点及分析	217
7.3.2	“人水和谐”指标体系的建立	222

7.3.3	上海市水资源可持续管理状况评价	230
7.4	城市水资源可持续管理对策与措施	237
7.4.1	发达国家城市水资源管理经验	237
7.4.2	我国城市水资源管理建议	238
第8章	城市内河污染治理与生态修复实践——以丽娃河为例	245
8.1	河道概况	245
8.2	治理前河道生态环境状况	246
8.2.1	排水系统	246
8.2.2	排污口	247
8.2.3	水文	248
8.2.4	桥涵和护岸	250
8.2.5	水质	250
8.2.6	底质	252
8.2.7	生物	254
8.2.8	环境恶化与生态退化的成因分析	255
8.3	治理技术与工程实施	255
8.3.1	技术方案	255
8.3.2	工程实施	256
8.4	治理效果	259
8.4.1	藻华和黑臭现象消除	259
8.4.2	水质显著改善	259
8.4.3	水生生态良性恢复	261
参考文献		262
彩图		

第 1 章 城市内河及其保护的重要性

1.1 概 述

滨江临河逐水而居、聚而为市、筑而为城，是古代城市的基本成因之一。城市内河是指与城市融为一个整体（包括园林景观、生态环保、建筑艺术等方面）的人造河流及流经城市的那一部分天然河流，规模较小的一般称为城市河道。在很多城市，穿城而过的城市内河以及沿河建筑景观，往往成为最富特色的自然人文景观。城因河而美、河因城而名，这是不少世界名都的特色，比如巴黎塞纳河、伦敦泰晤士河、柏林莱茵河等。在国内，上海和广州分别将黄浦江、珠江及其沿岸景观规划建设作为构建国际大都市形象的基本要素之一。由此可见，城市内河对于一个城市发展的重要性。

然而，随着社会经济及城市建设的迅速发展，城市人口急剧扩张，城市污染物排放量大幅增加，而大多数城市的环境保护基础设施建设严重滞后，污染物未经有效处理就排入水体，造成内河水质日趋恶化，严重影响城市的环境质量。城市内河普遍遭到严重污染，一些内河沦为城市的污水排放沟，因此，城市内河污染治理与生态修复是保障城市健康、持续发展的必要条件和重要任务。

总体上看，作为城市空间的一部分，城市内河具有自然和社会双重功能。城市内河的自然功能是通过河道不断的水循环及其时空变化，对地区内生物有机体活动的状况、生态环境的平衡、小气候的变化、水资源的再生性和永续利用产生影响，同时也对地区洪、涝、旱等自然灾害的形成产生重大影响。城市内河是城市天然的生态廊道，河流与河滩、河岸植被一起，控制着水和矿物质养分的流动，可减少城市内涝、杂物淤积的发生和土壤肥力的损失。城市内河也是动植物在城市中重要的迁移路径，为鱼类、鸟类、昆虫、小型哺乳动物以及各种植物提供了良好的生存环境和迁徙廊道。由于河道流经不同区域，生存于其中的物种也呈现出丰富的生物多样性。城市内河的社会功能是指河流在满足人的需求方面所表现出的功能特征，包括保障人民生命财产安全的泄洪排涝功能，提供游览休息场所、感受自然的游憩功能，改善城市形象、展现优美景观的美学功能，开展科学研究、提供实验场所、探索自然奥妙的科研和教育功能等。

城市内河对城市社会、经济、环境的协调发展有至关重要的价值。随着城市化进程的加快，城市空间不断扩展，许多原来位于郊野的河流水系随着城市区划的外延而成为城市重要的自然开放空间。现阶段，城市内河不仅发挥着防汛、泄

洪、排涝、航运等传统功能，还承担着提供绿地、保护环境等生态功能，兼具旅游、娱乐、文化等社会功能。

1.2 水利功能

城市内河的水利功能是指人类社会为了满足生存和发展的需要，采取各种措施，对城市内河的水资源进行控制和调配，以防治水旱灾害，开发、利用和保护水资源。研究这类活动及其对象的技术理论和方法的知识体系称为城市内河水利科学；为控制和调配城市内河的地表水与地下水，以达到除害兴利目的而修建的工程称为城市内河水利工程。城市内河的水利功能主要包括防洪、排水、灌溉、供水、污渠、港工、水土保持、环境水利等。

随着城市建设和发展，城市内河的水利功能也逐步顺应时代的要求而发生变迁。其中，变化最大的是供水（特别是饮用水供水）功能，这主要是由于内河水体污染所致。

1.2.1 供水

城市在河流的整个流域范围内已成为用水的大户，而且城市用水量占流域总用水量的比例还将上升。除了保障水体中各种生物生存繁衍的生态需水外，城市内河还要为工农业生产、居民生活和市政绿化供水。

1. 城市供水要点

城市供水要点主要包括水量、水质和水资源优化配置三个方面的内容。

1) 水量

水量保障是城市供水的第一要素。供水水源水量要求保证率必须达到 95% 以上。城市供水水量不足主要受自然因素和人为因素的影响。自然因素主要是由于天然降水量少等导致水资源不能满足当地工农业生产、城市生活、经济社会发展对水量的要求，通常称为资源型缺水；人为因素主要是上游水资源开发利用程度太高，影响下游城市供水水量，即管理型缺水。水量不足问题可以通过外流域调水的方式来解决。例如，天津市位于严重缺水的海河流域下游，“引滦济津”、“引黄济津”就是引入外流域水资源来解决天津市用水问题。

2) 水质

供水水质必须根据供水对象进行分类管理。其中，工业用水水源地必须根据工业行业的要求确保供水水质安全；农业灌溉水质必须从作物及食品安全的角度，确保污染物在食品内的积累值低于国家标准；水产养殖水质必须达到《渔业水质标准》（GB11607—1989）要求；城市供水企业出厂水质必须达到《城市

供水水质标准》(CJ/T206—2005)的要求。

3) 水资源优化配置

水资源优化配置是对水资源进行重新分配和布局的过程。水资源配置是否合理,不仅关系到它所依托的生态系统的健康,也关系到社会经济的可持续发展。水资源优化配置应以取得社会、经济和环境协调发展的最佳综合效益为准则。实施分质、分级供水是提高城市水资源利用效率的有效途径和方法,即将优质水源水经净化后供给居民生活用水、将一般水源水经净化后供给工业冷却等用水、将中水水源经净化后作为市政杂用水。实际工作中,要按照水资源的质量等级来确定供水对象,实施优水优供高价的政策,进一步提高水资源的利用率,减少污、废水的排放量,改善城市水环境。

2. 城市内河供水的去向及要求

历史上,因近距离供水的经济性,原本水质清洁的城市内河曾是城市供水的主要水源。但是,近年来我国内河水质的严重污染,造成在城市内河供水去向或服务对象中,饮用水供水功能退化乃至消亡。目前,我国城市内河的供水去向主要是农业供水、市政绿化杂用水和景观水体补水。

1) 农业供水

农业灌溉是目前我国城市内河的主要供水功能之一,包括农林灌溉供水和渔业及水禽养殖供水。我国对农业灌溉用水的水质和水量做了相应的规定。《中华人民共和国地表水环境质量标准》(GB3838—2002)中规定,灌溉农田、森林、草地的农用集中提水站所在水域的指定范围称为农业用水区。农业用水区的水质执行地表水环境质量Ⅴ类标准,严于农业灌溉用水标准。农业灌溉用水执行农田灌溉水质标准。按照灌溉水的用途,城郊农业灌溉水水质要求分为两类:一类是指工业废水或城市污水作为农业用水的主要水源,并长期利用的灌区;二类是指工业废水或城市污水作为农业用水的补充水源,而实行清污混灌轮灌的灌区,其用量不超过一类的一半。

2) 市政绿化杂用水和景观水体补水

城镇化的大规模发展、市政工程的配套、城市绿化面积的增加以及人居环境的改善,使得城市市政、园林绿化和景观水体的需水量大大增加。城市内河河水可以直接或经适当净化后用于绿地浇灌(城市绿化)、道路喷洒、厕所冲洗、车辆冲洗等用水和城市景观水体补水。《中华人民共和国地表水环境质量标准》(GB3838—2002)规定了市政绿化杂用水和景观水体补水的水质要求:与人体直接接触的游泳区应执行地表水环境质量Ⅲ类标准,而与人体非直接接触的娱乐用水区执行地表水环境质量Ⅳ类标准,最低要达到地表水环境质量Ⅴ类标准的要求。

1.2.2 防洪排涝

1. 城市防洪排涝的重要性

洪涝灾害始终是人类面临的重要问题,受季风气候影响,我国降水的时空分布不均匀,其中东部以暴雨、台风、风暴潮为主,西部以融水、冰凌和局部暴雨为主。历史上,我国洪水灾害频繁,损失巨大,其中,1954年长江流域的特大洪水淹没农田4755万亩、受灾人口1888万人、死亡3.3万人。城市是经济社会发展的集中区域,是人口和财富的集中地。因此,做好城市防洪防汛工作极其重要,当城市总体规划与城市防洪规划相矛盾时,应以防洪规划为主。

2. 城市内河的防洪排涝功能及其保护

河湖水体是城市泄洪排涝系统的重要组成部分。城市河湖槽蓄容量的大小直接反映出该地区容蓄水资源量、涝水及水资源调度的能力,对于区域防洪排涝、水资源调度和水环境容量的确定等均有非常重要的意义。从洪涝水调蓄作用的角度考虑,河道可调蓄容量具有更加重要的意义。城市小水系在蓄积雨洪、分流下渗、提供行洪空间、削减洪峰、降低洪水危害中有着重要作用。王腊春等研究表明,太湖地区河网水系对洪水的调蓄能力约为太湖的50%,在高水位时河网调蓄能力更加突出。杨凯等以上海市长风公园为例,研究了水绿复合型下垫面系统对雨水径流的调蓄作用,该公园总占地面积 37.1hm^2 ,其中水体(银锄湖,原为苏州河的河湾)面积约占41%。根据计算对长风公园降雨产流量与水体(银锄湖)可调蓄容量进行了比较,结果表明:作为短期调蓄效应,在设计重现期为1a、1h降雨强度为 35.5mm 的情况下,长风公园的产流量为 6975m^3 ,银锄湖最大可调蓄容量达到 $151\,000\text{m}^3$ 。由此可见,城市河湖水体在调蓄雨水径流、控制洪涝灾害和减少城市排水设施建设与运行成本上的重要价值。

土地资源紧张、道路建筑密集是我国城市特别是其中心城区的普遍特点。在快速的城市化过程中,我国许多城市河流水系受人类活动的影响不断消亡,尤其是中小河道的消失,导致水面率大大降低、不透水地表的面积扩大,严重削弱了城市河流水系的调蓄能力。下面以上海市为例,简要介绍该市近百年来城市河流水系资源的变化情况及其对城市防洪排涝的影响。

目前,上海市中心城区全部槽蓄容量为 7278.81万 m^3 (包括黄浦江和苏州河等外河),而不包括外河在内的槽蓄容量仅剩 460.98万 m^3 。据初步估算,1860~2003年,上海市中心城区水面积减少约 9.42km^2 ,造成城市水面率下降了近3.61%,槽蓄容量减少了近 2092万 m^3 ,不包括外河在内的槽蓄容量较百年前减少了81.9%,单位面积可调蓄容量减少近 $5.06\text{万 m}^3/\text{km}^2$,致使防洪排

涝能力本来就不高的中心城区常常受淹,内涝水位越来越高,出现小雨量、高水位现象,内涝范围和损失越来越大,防洪投入加大,防洪风险增加,尤其是在台风季节,经常因暴雨使防汛墙出现险情,城区地面频频积水。2005年台风“麦莎”期间,中心城区普降大暴雨、特大暴雨,各区累积降雨量为214.0~315.0mm。天文大潮、风暴潮和暴雨三碰头,致使黄浦江潮位超警戒线,苏州河挡潮闸门关闭,市区河道河水无法下泄,内河水位普遍猛涨,市区内部分河道出现超警戒、超历史记录高潮位。由于内外河水位较高,危及内河防汛墙安全,沿内河的排水泵站一度被迫停机,雨水来不及排入河道,造成市区200多条(段)道路出现积水现象。中心城区中小河流大量消亡,也破坏了上海市水系之间的沟通,加大了内涝发生的概率,使得市区不断改建雨水泵站以应对日益增加的排水压力。上海开埠前,城区雨水可就近排入河道;开埠后,租界开始规划和建设雨水管道,这些管道以黄浦江、苏州河等作为泄水河道,这一状况一直持续到20世纪中叶。1949年,全市有雨水泵站11座,排水能力仅为 $16\text{m}^3/\text{s}$,由于排水不畅,在暴雨期间很多地区积水严重。新中国成立后,市政排水泵站建设投入巨大,至2001年年底,全市已建成雨水排水系统177个。市政雨水泵站数量及其排水能力的增长与消失河道的数目、长度、槽蓄容量直接相关。虽然市区2002年雨水泵站汇水面积达到 369.53km^2 ,排水能力增加到 $1856.54\text{m}^3/\text{s}$,但由于以往历史欠账过多,暴雨季节市区积水现象仍十分普遍。

综上所述,城市河流水系在预防和控制洪涝灾害中的作用极其重要。因此,保护城市河流水系资源、遏制破坏城市河流水系资源势在必行。

3. 城市防洪排涝及其要点

1) 城市防洪

城市防洪是指研究城市洪水规律与洪灾特点,并采取各种对策,以尽量减轻或防止城市洪水危害的一项水利工作。主要工作内容包括:城市防洪规划与建设、防洪设施的管理与运用、汛期防守与抢险、雨情信息的收集与分析、洪水预报与调度、灾害评估与灾后重建等。监测和预报在防洪工作中的主要作用是及时准确地收集雨情信息,并据此做出准确的预测、预报成果,为各级指挥部门制定防洪决策提供技术支撑。城市防洪的保障措施的工程措施和非工程措施两类。城市内河防洪工程措施,即通过河道整治、修建堤防等防洪工程,避免或降低城市遭受洪水灾害造成的生命财产损失。工程措施仍然是国内外城市防洪的主要措施之一,主要包括:堤防建设,河道整治和护岸建设,防洪闸建设,分蓄洪区建设,山洪和泥石流的拦蓄、排导工程建设,造林及水土保持工程建设等。城市防洪非工程措施指除了防洪工程措施以外的措施,即通过洪水预报、防洪调度、立法、洪水保险、洪泛区管理等措施来减缓洪涝灾害和改变损失分摊的方法。

2) 城市防汛

城市防汛是指在汛期防止城市洪水成灾的各项工作,如对堤防、闸、坝、铁路、桥梁等进行的防护和险情抢修。防汛要本着“以防为主,防重于抢”的原则把各项工作做好,主要工作内容为汛前检查、报汛、组织抢险队伍、物料准备和技术准备等。城市内河防汛措施包括工程性措施和非工程性措施两个方面。工程性防汛的要点包括:加强一线防汛墙建设;全面推进水利设施的养管分离机制和养护监理机制,建立专业化水利工程养护维修队伍;开展堤防行业规范服务达标活动,完善防汛通道隔离带;加强市政基础设施的管理和建设,汛前和汛中对市政管网开展经常性的养护疏通工作;结合城中村整治、截污工程等工程性措施,加强对城区下水道的改造,提高城区的排水能力。非工程性措施主要是指全面防汛信息化的建设,水情遥测系统、一线防汛墙 GIS 系统、风暴潮模拟系统、防汛视频会议系统等构建及其运行。

3) 城市排涝

涝灾是指由于城区降雨而形成的地表径流,进而形成积水(内水)不能及时排出所造成的淹没损失。

城市内河具有将涝灾形成的积水排出的功能。城市内河排涝是指利用城市内河及时地汇集并排除暴雨形成的地面径流,防止城市居住区、公建设施、工商企业受淹,以保障城市人民的生命安全和生活生产正常秩序而采取的措施。

城市内河排涝分自排和抽排两个部分。自排就是堤防外水体不涨水或水位低于内河水位时,堤防保护区内设计标准下的暴雨洪水能及时自流排出堤防外而进入城市内河;抽排则是堤防外水体涨水,防洪排涝闸关闭后堤防保护区内设计标准下的暴雨洪水能及时通过排涝泵站抽排出堤防外而进入城市内河,又称为强排。由雨水沟管和提升泵站形成的城市排水管网等设施对城区内降水所形成的地表径流的外排起到了重要的作用,缓解了内涝。城市人工蓄水池的蓄水能力也对减轻城市内涝、提高城市内河的排涝能力和降低管网强排水系统建设及运行成本起到重要的作用。

对于城市内河自排的标准,一般取不低于堤防标准的年最大 24h 的设计暴雨量(雨洪不遭遇)。根据排涝区不允许淹没的范围、调蓄区容积及排涝区内表面硬化情况,计算确定自排流量。对于城市内河抽排的标准,一般取某一排水区直流的排水口关闸水位(防汛要求),对于关闸后闸外水体涨水到退水开闸的阶段,应统一计算雨洪同期遭遇不同频率不同时间组合的设计暴雨量,再根据这一设计暴雨量和各排涝区不允许淹没的范围、调蓄容积及排涝区内表面硬化情况,计算确定各排涝区抽排流量。

1.3 航运功能

航运是交通运输系统的重要组成部分。我国已经形成了以长江、珠江、京杭大运河、淮河、黑龙江、松辽水系为主的水运网络。截至2008年年底,我国内河航道通航总里程达到12.28万km,居世界第一。

1.3.1 内河航运功能的特点

在铁路、公路、航空等运输网络还不发达的年代,城市内河航运是城市内客运和货运的主要途径,具有许多自身特有的、其他运输途径无可比拟的优越性,具体表现在以下几个方面。

(1) 城市内河水道的建设可以密切结合水利资源的综合利用、结合城市开发而进行,发展城市内河航运是建设资源节约型、环境友好型社会和实现交通可持续发展的积极措施。

(2) 城市内河航运的运输能力(即航道的通过能力)较高。通常一条单线铁路的年运量约为3000万t,而一条通航河流的运输能力远远超过这个数量,如德国莱茵河1970年的货运量就相当于20条铁路的货运量。

(3) 城市内河航运的运输成本较低。根据统计分析,水运的运输成本一般仅为铁路的 $1/3 \sim 1/2$ 和公路的 $1/10 \sim 1/5$ 。

(4) 内河航运(特别是对大宗货物的运输)是一种安全、经济、高效、节能和环保的运输手段。同时,在一些河流水系发达的地区,内河航运便于实行大、中、小结合及长、短途运输结合。内河船舶能装载各种类型的货物,包括建筑材料(特别是沙石和水泥)、矿石、石油、煤、铁、粮食、盐、肥料及化工原材料。事实证明,驳船是运输危险品和超重量、超体积物资的可靠和有效工具,包括石油产品、液化天然气、化工产品等。

(5) 城市内河航运对环境的污染(噪声、振动、尘垢和散发有害物等)较公路和铁路运输少。

(6) 城市内河航运在现代国防建设中也起重要作用,是一类安全性高的交通运输方式。

(7) 城市内河航运建设占地少、投资省、能耗低、污染少、运量大。如果结合水利水电建设进行水资源综合开发利用,则投资和能耗会更节省。

1.3.2 内河航运的变迁

正因为城市内河航运有着运量大、投资少和能耗低等诸多优点,一直受到世界各国的广泛重视。世界上凡是工农业生产较为发达的国家,其城市内河航运也

都是比较发达的。例如,美国、德国、荷兰和俄罗斯等,基本上建成了一个四通八达的内河航道网,其货物周转量仅次于铁路运输。

而对于中国而言,许多城市(尤其是在江南)地处河湖纵横交错的水运功能丰富的地带,经由这些城市内河航道,与周边城乡紧密联系,内河航运的兴盛对这些城市发展的作用明显,贡献良多。以上海为例,鸦片战争后,上海港聚集着大量载客运货的小船和驳船。19世纪50年代,为扩大进出口贸易和在华活动范围,欧美商人将航运业的触角伸向中国城市的内河水道。进入20世纪,铁路、公路渐次修筑,但大多城市内河航运仍因其四通八达、价格便宜长盛不衰,有的还因与铁路联运而得以拓展。城市内河航运业的兴盛直接推动了民族船舶修造业的发展。与远洋、近海客货轮相比,内河小吨位轮船的制造周期短、技术要求低,与早期民族资本船舶修造业的经营能力较相适应;自清政府开禁以来,城市内河小轮业发展很快,市场需求大。城市内河航运的拓展还推动了近代中国城市港区、城区的扩大及远郊一些城镇的发展。新中国成立后,城市内河航运在社会经济生活中特别是在促进城乡经济交通方面,一直发挥着十分重要的作用。城市内河航运基础设施的建设为沿海和长江沿岸经济的腾飞作出了不可估量的贡献。改革开放以后,我国城乡经济有了空前迅猛的发展,在交通运输方面,一批高等级公路相继竣工,并实现了乡乡通公路。相比之下,城市内河航运的发展相对滞后,甚至在一定程度上由于公路和铁路网的大发展而被冷落。应该承认,在总体上,近年来,人们对发展城市内河航运的认识上不仅存在偏差,而且在基础设施建设中,航道的开发与整治及水运的组织没有被放在应有的位置,优越的水运资源未获得进一步利用和发挥。实际上,与铁路、公路、航空相比,城市内河航运具有投资少、运营及养护成本低、污染小、运量大的突出优势,尤其是在江南水网地带,城市内河航运更有航路如蛛网般纵横交错、覆盖面大的独特优势,同时,城市内河航运的上中游部分是交通运输中最薄弱的一环,需要加大整治和挖潜的力度。在大力促进城乡经济协调发展和城乡一体化进程的今天,结合城市内河航运发展的现状,我们更应充分重视和发挥它们在整个交通运输网络与经济建设全局中的地位及作用。

为顺应新时期我国社会经济发展的需要,目前我国城市内河的水运以货运为主,其客运功能相对退化且以休闲娱乐等为主,如观光、划龙舟等。

1.4 生态环境功能

内河水体是城市中活跃且富有生命力的部分。它是形成和支持城市生态系统的重要因素。在输送淡水和泥沙的同时,河流也运送由于雨水冲刷、城市排水而带入河流中的生物质和矿物盐类,为城市内河及其流域内的生物提供营养物质,

为它们运送种子,排走和净化废物,并以各种形式为它们提供栖息地,使城市内河成为多种生态系统生存和演化的基本保证。城市内河处于城市水域生态系统和城市陆地生态系统的交接处,具有两栖性的特点,并受到这两类生态系统的共同影响,呈现出生态的多样性。因此,城市内河万物竞生、物种繁多、食物链复杂,与城市整体生态系统息息相关。“水为万物之源”,城市内河水维护着城市生命的延续,不仅承载着水体循环、水土保持、储水调洪、水质涵养、维护大气成分稳定的功能,而且能调节温湿度、净化空气、吸尘减噪、调节城市小气候,有效改善城市的生态环境,增加自然环境容量,促使城市持续健康发展。从生态方面看,城市河道保护和治理必须有效控制上游水土流失,合理调配水资源,保护河道中生物的多样性,为鱼类、鸟类、昆虫、小型哺乳动物及各种植物提供良好的生活及生长空间,改善水域生态环境。

完整的城市内河生态系统应包含潜流带、蓄水层、河槽、漫滩、河岸带、漫滩阶地等几方面内容,这些内容分别构成了城市内河纵向、垂向及侧向的三维空间结构。人类活动对城市内河结构的影响就体现在这三维空间结构之中,如顺直化改造、护岸硬化、深潭和浅滩的消失等。城市河流生态系统可以分为三个亚系统,即河岸亚系统、水体亚系统和底栖亚系统。如果这三个亚系统及各要素之间能够形成良好的循环,并且城市内河能够保持完整、健康的三维空间结构,那么它作为城市生态系统重要组成部分的功能就能够得到充分发挥。

1.4.1 调节小气候

小气候是指从地面至100m高度空间内的气候,这一层正是人类生活、植物生长和内河生态系统运行的区域和空间。人类的生产和生活活动、植物的生长和发育、生态系统的运行都深刻地影响着城市小气候。现代城市都拥有大量的建筑和街道广场,地表基质被水泥、沥青等不透气、不透水的硬铺装覆盖,而且居民的生产和生活活动排放出大量的热量、水汽、烟尘等,加上玻璃幕墙的光热反射、汽车尾气、无数空调机等,这些因素相互作用,构成了独特的城市小气候特征。城市小气候受其所在的地理位置、大气环流、土壤植被和地形特征等自然因素的影响,形成了热岛、干岛、湿岛、混浊岛和雨岛“五岛效应”。城市内河生态系统由于具有大量的绿地和水体,通过水面蒸发和植物蒸腾等作用,能提高空气湿度、减少温度的激烈变化,有利于空气流动,从而缓解城市地区的“五岛效应”,在调节城市小气候方面具有非常重要的作用,是城市中具有自净负反馈调节能力的重要系统。

1. 增湿

城市内河及其附属的植物生态系统为城市小气候提供大量的增湿水源。一方