

丛书主编 吴春笃

水污染控制技术研究丛书

PLANNING RESEARCH ON POLLUTION CONTROL
OF URBAN COMBINED SEWER OVERFLOW

城市合流管网溢流污染 控制规划研究

吴春笃 肖思思 黄勇强 赵宝康 著

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

499/123

水污染控制技术研究丛书

丛书主编 吴春笃

PLANNING RESEARCH ON POLLUTION CONTROL
OF URBAN COMBINED SEWER OVERFLOW

城市合流管网溢流污染 控制规划研究

吴春笃 肖思思 黄勇强 赵宝康 著

 江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

城市合流管网溢流污染控制规划研究 / 吴春笃等著

· 一镇江: 江苏大学出版社, 2014. 12

ISBN 978-7-81130-878-5

I. ①城… II. ①吴… III. ①市政工程—管网—城市
污水—污染控制 IV. ①TU990.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 310858 号

城市合流管网溢流污染控制规划研究

Chengshi Heliu Guanwang Yiliu Wuran Kongzhi Guihua Yanjiu

著 者/吴春笃 肖思思 黄勇强 赵宝康

责任编辑/吴昌兴

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/http://press. ujs. edu. cn

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/句容市排印厂

经 销/江苏省新华书店

开 本/718 mm×1 000 mm 1/16

印 张/21. 25

字 数/340 千字

版 次/2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-81130-878-5

定 价/49. 00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话: 0511-84440882)

国家重大科技专项“合流制高截污率城市雨污水管网建设、
改造和运行调控关键技术与工程示范(2008ZX07317-001-2)”
课题资助

国家“863”重大科技专项
“镇江市水环境质量改善与生态修复技术研究及示范(2003AA601100)”
课题资助

江苏省重大示范工程项目
“镇江市北部滨水区水环境建设关键技术与工程示范(BE2008615)”
课题资助

《水污染控制技术研究丛书》编委会

主 编

吴春笃

副主编

李明俊 陶明清

委 员

储金宇	赵德安	赵宝康	解清杰
陈志刚	张 波	刘 宏	肖思思
黄勇强	殷晓中	周晓红	依成武
成小锋	张 耘	李耀庭	杨 桦

序

1973 年第一次全国环保大会的召开,标志着中国人环保意识的觉醒。1983 年,第二次全国环保会议将环境保护确定为基本国策。1989 年,中国颁布施行第一部《中华人民共和国环境保护法》。然而,令人痛心的是,这些年随着我国推行的规模化、全方位的工业化和城市化进程以及粗放型的发展模式对生态环境造成了极大的破坏,重大水体污染和大气污染事件时有发生,环境污染和生态破坏已成为制约地区经济发展、影响改革开放和社会稳定以及威胁人民健康的重要因素。

针对我国水体污染的现实问题,国家先后启动了太湖污染治理、滇池污染治理等专项工程。2002 年,“863”计划设立了“水污染控制技术与治理工程”科技重大专项,在全国范围内选择 11 个城市作为科技攻关和示范工程实施城市。该专项简称“城市水专项”,是国家科技领导小组确立的国家“十五”期间 12 个重大科技专项之一。从此,我国开始了新一轮的水体污染控制与环境改善的研究示范工作。2006 年,国家又设立了“水体污染控制与治理”科技重大专项(以下简称“水专项”),并连续执行 3 个五年计划。这是为实现我国社会经济又好又快发展,调整经济结构,转变经济增长方式,缓解我国能源、资源和环境的瓶颈制约,根据《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》设立的 16 个重大科技专项之一。该专项旨在为中国水体污染控制与治理提供强有力的科技支撑,运用科技手段破解中国水环境治理难题,实现水污染防治关键技术的创新。

水专项核心主题之一即城市水污染控制与水环境综合整治关键技术研究及示范。该主题通过识别我国城市水污染的时空特征和变化规律,建立不同使用功能的城市水环境和水排放标准及安全准则,在国家水环境保护重点流域,选择若干在我国社会经济发展中具有重要战略地位、不同经济发

展阶段与特点、不同污染成因与特征的城市与城市集群,以削减城市整体水污染负荷和保障城市水环境质量与安全为核心目标,重点攻克城市和工业园区的清洁生产、污染控制和资源化关键技术难关,突破原有城市水污染控制系统整体设计、全过程运行控制和水体生态修复技术,结合城市水体综合整治和生态景观建设,开展综合技术研发与集成示范,初步建立我国城市水污染控制与水环境综合整治技术体系、运营与监管技术支撑体系,推动关键技术的标准化、设备化和产业化发展,建立相应的研发基地、产业化基地、监管与绩效评估管理平台,为实现跨越发展以及构建新一代城市水环境系统提供强有力的技术支持和管理工具。

随着我国社会经济发展和城市化进程的加快,雨污水管网建设正在全力推进。因此,急需根据全国典型城市雨污水管网水污染问题的普遍性技术需求,针对具有代表性的管网问题,开展雨污水管网建设、改造、运行调控关键技术研究 and 工程示范。正是基于这一重大科技需求,我国水专项在城市水环境主题下设置了“合流制高截污率城市雨污水管网建设、改造和运行调控关键技术与工程示范课题”。该课题针对我国各地城市雨污水管网系统多样化、缺乏科学合理的设计、设施不完善、管网容量低、施工质量差、管网截污能力不足、维护不善、错接乱排严重等问题,根据城市的共性技术需求,研究多种排水体制并存、运行调控难度大的城市雨污水管网,溢流污染严重的雨污合流制管网,地质条件不良的特殊地形地貌城市雨污水管网的建设、改造和运行调控关键技术;重点突破科学合理的新建城区雨污水管网建设、老城区雨污水管网改造方案与工程技术方法,雨污水溢流控制技术,城市雨污水管网运行管理与管道状况的动态监测技术;通过技术应用和工程示范,形成合流制高截污率城市雨污水管网建设、改造和运行调控的技术支撑体系。

本丛书是“十五”水专项“镇江水环境质量改善与生态修复技术研究及示范”和“十一五”水专项“合流制高截污率城市雨污水管网建设、改造和运行调控关键技术与工程示范”研究成果的具体体现,是研究团队全体成员的智慧结晶,涵盖了“城市合流管网溢流污染控制规划理论、方法与实证”“排水系统清洁生产理论与实践”“合流制排水系统污染控制原理与技术”“城市合流管网溢流污染控制技术应用”等内容,可为我国城市合流制雨污

水管网污染物的减量控制提供理论依据。

本丛书的出版得到了上海同济大学徐祖信教授、李怀正教授、尹海龙副教授,浙江大学张仪萍副教授,西安建筑科技大学王晓昌教授,北京建筑大学车武教授的热情支持和帮助;得到了镇江市人民政府、镇江市水利局、镇江市住房与城乡建设局、镇江市科技局、镇江市环境保护局及镇江市环境监测中心站等部门和镇江市水利投资公司、镇江市水业总公司、江苏中天环境工程有限公司等单位的大力协助。在此对他们表示诚挚的感谢。

吴春笃

2014年12月12日

前 言

随着合流制系统排出的混合污水对水体污染的加剧,很多城市开始对合流制管道系统进行改造。然而,改造过程中由于长期以来城市排水系统的规划、设计和管理在长期性、综合性、协调性、统一性和多样性等方面考虑欠缺,致使工程布局不合理、防治措施不到位、水污染控制管理水平低下,管理组织结构混乱等一系列问题的产生,不仅导致城市水环境溢流污染日趋严重,而且还造成城市合流管网系统改造与平衡城市水环境系统多种目标难以协调。规划先行,预防为主,防治结合,建立科学、高效、合理的区域城市水污染控制与水环境整治规划管理体系是解决上述问题的关键。

2008年至2012年,江苏大学环境与安全工程学院承担了“合流制高截污率城市雨污水管网建设、改造和运行调控关键技术与工程示范”课题。该课题属于“城市水污染控制与水环境综合整治技术体系研究与示范”主题中的“老城区合流制管网改造策略及规划”项目中的任务之一。“老城区合流制管网改造策略及规划”项目的目标是:基于“减量化、资源化、生态化”的原则及“源-流-汇综合调控”理论,坚持从规划理论创新、规划技术创新及规划管理决策创新等方面突破我国城市旧合流制管网改造的关键问题,以提高截污率,削减污染负荷为目标,以镇江市老城区为研究对象,集中力量解决镇江市老城区旧合流制管网混乱、雨污混流、污水管网溢流污染对长江水域水质安全的影响问题,建立镇江市老城区源-流-汇综合调控的合流制管网溢流污染控制改造规划管理体系,坚持以水体质量改善和水环境安全保障为目标导向,实现合流管网系统污染物的最小化排放及合流管网系统污染物减排功能的提高和系统的稳定转换。

研究团队通过对合流管网溢流污染控制相关规划理论的探讨,提出基于“清洁生产”理论的“源-流-汇综合调控”的溢流污染控制改造规划理论,通过对规划技术方法的探讨,提出多级递阶智能控制规划方法;通过对规划管理决策的研究,提出多目标优化管网改造决策支持系统,从而构建一套集

理论、方法、策略为一体的完整的改造规划管理体系,用于指导区域水环境溢流污染控制示范工程的实践。课题的研究丰富了城市水污染控制与水环境综合整治工程技术管理体系,通过有针对性地构建老城区合流制管网改造规划管理体系,可为其他类似老城市水污染控制和水环境综合整治提供规划管理示范。

作为合流管网溢流污染控制规划理论研究成果,全书共分为两部分。第1部分:城市合流管网溢流污染控制规划理论与方法,包括第1章到第7章内容。其中,第1章是在对城市合流管网系统及溢流污染现状进行分析的基础上,明确城市合流管网溢流污染控制规划研究的动因与意义;第2章是在对相关理论进行介绍的基础上,对“源-流-汇综合调控”城市溢流污染控制规划理论体系的构建;第3章基于对相关规划方法介绍,确立“源-流-汇综合调控”城市溢流污染控制规划方法;第4章是对“源-流-汇综合调控”城市溢流污染源解析,明确城市合流管网溢流污染源和污染物;第5章基于对城市合流管网溢流污染物“源-流-汇”控制技术的介绍,建立“源-流-汇综合调控”城市合流管网溢流污染控制方案;第6章为在第5章介绍的基础上,进行“源-流-汇综合调控”城市合流管网溢流污染控制规划的情景分析与综合决策;第7章介绍了规划的编制与实施相关内容。第2部分:镇江市老城区合流管网溢流污染控制规划实证,包括第8章到第10章内容,主要为基于以上研究成果,针对镇江市老城区合流管网溢流污染控制规划的应用实例介绍。

本书可供高等院校环境工程、环境科学、给排水工程、市政工程、水务工程等专业师生参考,还可为从事城市排水系统规划、设计、管理的科研单位、设计单位和政府管理部门的相关人员提供参考。

本书在写作过程中得到了李明俊、陶明清、胡坚、赵冀平、喻一萍、吴永军、程小娟、危海涛、张耘、周晓红、赵德安、刘宏、陈志刚、黄卫红、盛建国、殷晓中、朱建等同志的大力支持和帮助,江苏大学研究生刘兴、段明飞、厉青、刘春霞、朱丽萍、周清时、袁广娇、任雁、张贝贝等同学为本书做了大量工作,在此一并致以谢忱。

本书参考了国内外的有关论著,并在书后附有主要参考文献目录,在此深致谢意。

限于作者水平,书中难免存在不足之处,敬请读者不吝赐教。

著者

2013年12月

目 录

第1部分 城市合流管网溢流污染控制规划理论与方法

第1章 城市合流管网溢流污染控制规划研究的动因与意义 / 3

- 1.1 城市合流管网系统及溢流污染现状 / 3
 - 1.1.1 城市排水管网系统 / 3
 - 1.1.2 城市合流管网建设现状 / 7
 - 1.1.3 城市合流管网溢流污染研究现状 / 10
- 1.2 城市合流管网溢流污染控制存在的主要问题 / 14
 - 1.2.1 城市合流管网溢流污染控制现状 / 14
 - 1.2.2 城市合流管网溢流污染控制存在的主要问题 / 18
- 1.3 城市合流管网溢流污染控制系统的组成 / 25
 - 1.3.1 基本概念 / 25
 - 1.3.2 合流管网溢流污染的产生和输送过程 / 26
 - 1.3.3 合流管网溢流污染控制系统 / 27
- 1.4 城市合流管网溢流污染控制规划的内涵 / 28
 - 1.4.1 什么是合流管网溢流污染控制规划 / 28
 - 1.4.2 合流管网溢流污染控制规划总体特征 / 29
 - 1.4.3 合流管网溢流污染控制规划的任务与目标 / 30
 - 1.4.4 合流管网溢流污染控制规划分类 / 32
- 1.5 城市合流管网溢流污染控制规划的依据 / 34
 - 1.5.1 规划要素 / 34
 - 1.5.2 规划原则 / 37

第2章 “源-流-汇综合调控”城市溢流污染控制规划理论体系 / 41

- 2.1 开放的复杂巨系统理论 / 41
 - 2.1.1 复杂性科学 / 41
 - 2.1.2 系统学 / 42
 - 2.1.3 开放的复杂巨系统 / 43
- 2.2 大系统分解协调理论 / 44
 - 2.2.1 溢流污染控制规划系统的分解 / 44
 - 2.2.2 系统协调 / 45
 - 2.2.3 集成规划 / 46
- 2.3 溢流污染系统控制理论 / 46
 - 2.3.1 CSO 控制系统组成 / 46
 - 2.3.2 CSO 控制系统间的关联性 / 48
- 2.4 综合集成研讨厅思想 / 49
 - 2.4.1 理论框架 / 49
 - 2.4.2 综合集成研讨厅与思维科学 / 50
 - 2.4.3 人机结合的重要性 / 52
- 2.5 清洁生产理论 / 52
 - 2.5.1 清洁生产 / 52
 - 2.5.2 排水系统的清洁生产 / 54
- 2.6 “源-流-汇综合调控”城市溢流污染控制规划理论 / 60
 - 2.6.1 理论内涵 / 60
 - 2.6.2 理论路线 / 61
 - 2.6.3 理论原则 / 63
 - 2.6.4 理论类型 / 63

第3章 “源-流-汇综合调控”城市合流管网溢流污染控制规划方法 / 66

- 3.1 基础方法介绍 / 66
 - 3.1.1 线性规划方法 / 66
 - 3.1.2 非线性规划方法 / 68
 - 3.1.3 动态规划 / 73
 - 3.1.4 溢流污染控制规划新方法 / 77

3.2	多级递阶智能控制规划方法及其概念模型的构建	/ 83
3.3	多级递阶智能控制技术形成管网溢流污染控制规划方法的优点	/ 85
3.4	综合集成研讨厅体系在多级递阶智能控制规划方法中的应用	/ 86
3.5	多级递阶智能控制规划系统的构造和规划的运行步骤	/ 88
3.5.1	开放的工程系统思想	/ 88
3.5.2	开放的工程系统思想在多级递阶智能控制规划中的应用	/ 89
3.5.3	多级递阶智能控制规划方法的构造和运行步骤	/ 90
3.6	多级递阶智能协调器	/ 92
第4章	“源-流-汇综合调控”城市合流管网溢流污染源解析	/ 93
4.1	污染源和污染物	/ 93
4.1.1	污染源及其分类	/ 93
4.1.2	污染物的分类	/ 96
4.2	点污染源解析	/ 98
4.2.1	点污染源的来源	/ 98
4.2.2	工业污染源解析	/ 99
4.2.3	城市生活污染源解析	/ 102
4.3	点污染源预测	/ 103
4.3.1	废水量预测	/ 104
4.3.2	污染物排放量预测	/ 118
4.4	城市面源污染源估算	/ 121
4.4.1	城市面源污染的特征	/ 121
4.4.2	城市面源发生量估算	/ 123
4.4.3	城市面源污染物排放量计算	/ 125
4.5	城市合流管网溢流污染源估算	/ 126
4.5.1	城市合流管网溢流污染的特征	/ 126
4.5.2	城市合流管网溢流污染发生量估算	/ 127
4.5.3	溢流污染源参数调查	/ 136

第5章 “源-流-汇综合调控”城市合流管网溢流污染控制方案的建立 / 142

5.1 源头控制技术 / 142

5.1.1 生产废水零排放技术 / 142

5.1.2 生活污水源控制技术 / 144

5.1.3 城市雨水资源化途径 / 150

5.1.4 节水减排技术 / 154

5.2 过程控制技术 / 157

5.2.1 合流污水的管道控制 / 158

5.2.2 合流污水的存储调蓄——溢流截流池 / 158

5.2.3 锥体控制等截流量截流井 / 159

5.2.4 液控弯管虹吸溢流式截流井 / 162

5.2.5 多功能截流井 / 165

5.2.6 截流式合流管网构建技术 / 166

5.3 末端治理技术 / 167

5.3.1 传统工艺治理技术 / 167

5.3.2 磁絮凝溢流污染控制关键技术 / 181

5.3.3 旋流分离器控制雨水径流污染技术 / 187

5.3.4 多级吸附净化床技术 / 192

5.4 溢流污染控制方案的生成 / 193

5.4.1 方案生成的原则 / 193

5.4.2 方案生成的方法 / 195

5.4.3 方案生成的过程 / 198

5.4.4 生成规划方案的约束条件 / 200

5.4.5 方案技术经济比较方法 / 202

第6章 “源-流-汇综合调控”城市合流管网溢流污染控制规划的情景分析与综合决策 / 205

6.1 情景分析概述 / 205

6.1.1 基本概念 / 205

6.1.2 基本特点 / 206

6.1.3 基本体系框架 / 207

6.1.4	基本分析步骤	/ 208
6.1.5	情景分析的局限性	/ 210
6.1.6	情景分析与合流管网溢流污染控制规划	/ 211
6.2	备选方案的比较	/ 213
6.2.1	方案评比过程	/ 213
6.2.2	环境影响评价	/ 215
6.2.3	经济影响评价	/ 220
6.2.4	社会影响分析	/ 229
6.3	决策分析	/ 233
6.3.1	决策的相关概念及内涵	/ 233
6.3.2	决策分析的步骤	/ 235
6.3.3	决策分析的构成要素	/ 237
6.3.4	决策分析方法	/ 238
6.3.5	决策技术	/ 239
6.4	综合决策	/ 250
6.4.1	多目标决策模型的应用	/ 250
6.4.2	综合决策多目标集成模型的设计	/ 251
6.4.3	情景分析方法的应用	/ 253
6.4.4	综合决策模型在多级递阶智能协调器中的运行步骤	/ 254
6.4.5	综合决策模型满意解集的确定策略	/ 255
第7章	规划的编制与实施	/ 257
7.1	规划编制与审批	/ 257
7.1.1	编制环境规划的工作程序及编制	/ 257
7.1.2	组织	/ 259
7.1.3	申报和审批	/ 260
7.1.4	公众参与	/ 261
7.2	规划实施与保障机制	/ 263
7.2.1	建立和完善长效管理保障机制	/ 263
7.2.2	增强法制观念,加大执法力度	/ 264
7.2.3	加强合流制管网全流程监控能力建设	/ 265

- 7.2.4 创新经济核算体系 / 267
- 7.2.5 建立可持续利用的水环境保障体系 / 267

第2部分 镇江市老城区合流管网溢流污染控制规划实证

第8章 镇江市老城区合流制管网现状 / 271

- 8.1 雨水管网现状 / 271
 - 8.1.1 雨水排水方向 / 271
 - 8.1.2 雨水排水河道 / 271
 - 8.1.3 区域低洼地区的积水情况 / 271
 - 8.1.4 排水管道 / 272
 - 8.1.5 排水泵站 / 273
 - 8.1.6 水闸 / 274
- 8.2 污水管网现状 / 274
 - 8.2.1 污水管道现状 / 274
 - 8.2.2 排放口 / 282
 - 8.2.3 泵站概况 / 283
 - 8.2.4 污水处理厂 / 284
- 8.3 现存问题分析 / 284
- 8.4 进行镇江市老城区合流制管网溢流污染控制规划的必要性 / 288

第9章 镇江市老城区合流管网溢流污染控制规划内容 / 289

- 9.1 规划要求 / 289
 - 9.1.1 规划年限 / 289
 - 9.1.2 规划范围 / 289
 - 9.1.3 规划指导思想、原则与理论 / 291
 - 9.1.4 规划依据 / 291
 - 9.1.5 规划的总体目标 / 291
 - 9.1.6 具体规划内容 / 292
- 9.2 规划预测 / 292
 - 9.2.1 受纳水体分析 / 292
 - 9.2.2 污水量预测 / 294

9.2.3	雨水径流量预测	/ 296
9.3	基于“源-流-汇综合调控”城市合流管网溢流污染控制规划理论、方法的应用	/ 299
9.3.1	规划方案确立的基本条件	/ 299
9.3.2	情景分析	/ 301
9.3.3	最优规划方案	/ 302
9.3.4	最优方案的工程投资估算	/ 307
第 10 章	镇江市老城区合流管网溢流污染控制规划综合决策	/ 308
10.1	规划目标综合决策思路	/ 308
10.2	规划目标实现的具体技术策略	/ 309
10.2.1	源头治理策略	/ 309
10.2.2	过程治理策略	/ 309
10.2.3	末端治理策略	/ 314
10.3	规划目标实现的社会经济及环保策略	/ 314
10.3.1	社会经济策略	/ 314
10.3.2	环保策略	/ 315
10.3.3	规划目标实现的规划管理策略	/ 318
参考文献		/ 322