

丛书主编 吴春笃

水污染控制技术研究丛书



APPLICATION OF URBAN COMBINED SEWER OVERFLOW
POLLUTION CONTROL TECHNOLOGIES

城市合流管网溢流污染 控制技术应用

解清杰 吴春笃 殷晓中 编著

水污染控制技术研究丛书

丛书主编 吴春笃

APPLICATION OF URBAN COMBINED SEWER OVERFLOW
POLLUTION CONTROL TECHNOLOGIES

城市合流管网溢流污染 控制技术应用

解清杰 吴春笃 殷晓中 编著

图书在版编目(CIP)数据

城市合流管网溢流污染控制技术应用/解清杰,吴春笃,殷晓中编著. —镇江:江苏大学出版社, 2014.12

ISBN 978-7-81130-900-3

I. ①城… II. ①解… ②吴… ③殷… III. ①城市污水—合流污水—管网—污染防治 IV. ①TU992.21
②X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 310775 号

城市合流管网溢流污染控制技术应用

Chengshi Heliu Guanwang Yiliu Wuran Kongzhi Jishu Yingyong

编 著/解清杰 吴春笃 殷晓中

责任编辑/吴昌兴 郑晨晖

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/9.75

字 数/210 千字

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

书 号/ISBN 978-7-81130-900-3

定 价/30.00 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研究及工程示范(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研究及工程示范(BE2008615)”
课题资助

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大规模、全方位的工业化和城市化进程以及粗放型的经济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与示范。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

在我国快速城市化进程中,新城区建设大多采用雨污分流排水系统。但由于历史原因,城市中的老城区大多数仍保留合流制排水系统,当城市降雨产生径流时,雨污合流排水系统的溢流污染要比分流制排水系统的严重。针对溢流污染采取的常规处理措施是将城市污水送往污水处理厂处理。我国污水处理厂处理的对象主要是城市污水,处理规模大多偏小,故难以处理短时间内合流制排水系统的高负荷冲击,通过溢流措施溢流出的合流污水中仍存在大量污染物。因此,合流制排水系统造成的污染问题得到越来越多的关注和研究。

发达国家很早便开始重视溢流污染的问题,并对溢流污染控制进行了系统的研究,近年来的研究力度也很大。国内外的经验都已经证明,城市暴雨管理和溢流污染控制不仅关系到水环境的质量,而且事关城市重要基础设施的规划和建设,事关城市安全与可持续发展百年大计的重大战略问题,必须予以足够的重视。国家和各城市应尽快开展系统性研究,在此基础上制定中长期的控制目标和规划,并将雨水径流污染和溢流污染纳入污染物排放总量控制范畴。

因我国对溢流污染控制的研究起步较晚,各城市的自然条件、发展程度、基础设施状况等各方面条件相差很大,故应根据各城市的不同特点有针对性地开展研究,制订符合当地条件的溢流污染控制策略及措施,并将其纳入水务、市政、环保等职能部门的监管之中。

溢流污染控制技术的研发在国外已开展了很长时间,相对较为成熟;并有一些控制设施的专利产品,它们的应用取得了很好的控制效果。虽然我国的个别大城市近几年加强了对溢流污染控制的研究,但还未形成系统化的处理技术和处理设施。随着我国对溢流污染的进一步深入研究,对这方

面的需求会不断增加,应针对我国城市的条件及特点,开发适用的污染控制技术和装置,确定设施的设计计算方法,形成相应的技术体系并制定技术规范 and 标准。

本书结合编者近年的研究成果,从溢流污水的基本概念、溢流污染的控制技术、施工与运行管理等方面对城市溢流污水控制技术的应用进行了论述,深入地介绍了溢流污水的产生及其排放特征、磁絮凝、多级吸附净化等污染控制技术、工程施工与质量验收等。

本书为城市管理者和设计者提供了溢流污水控制的相关技术参考,对实现城市排水系统的低污染排放具有很强的现实意义。相信通过本书的阅读,读者可以更清晰地了解溢流污水的各种控制措施,并掌握各种控制在溢流污染控制中的具体应用方法。

本书是编者在参与和主持大量相关项目研究成果的基础上总结而成,特别感谢国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07317-001)、国家“863”重大科技专项(Z003AA601100)和江苏省科技支撑计划项目(BE2008615)的支持。本书参编者还包括白戈、厉青、段明飞、何锋。同时,本书编写过程中还引用了部分学者的研究成果,在此表示衷心感谢。

目 录

第1章 概 述 / 1

- 1.1 溢流污水的特征 / 1
 - 1.1.1 溢流污水的定义 / 1
 - 1.1.2 合流溢流污水的特点 / 3
 - 1.1.3 合流管网溢流污水的影响因素 / 3
 - 1.1.4 溢流污水对受纳水体的影响 / 7
 - 1.1.5 溢流污水的产生原因 / 8
 - 1.1.6 溢流水量的确定 / 9
- 1.2 溢流污水的管理及排放要求 / 10
 - 1.2.1 溢流污水的管理 / 10
 - 1.2.2 排放要求 / 12

第2章 溢流污水的处理 / 13

- 2.1 处理原则 / 13
- 2.2 处理流程 / 13
 - 2.2.1 国外对合流溢流污水的处理措施及研究现状 / 13
 - 2.2.2 合流溢流污水的处理措施及流程 / 16

第3章 溢流污水物化处理 / 19

- 3.1 旋流分离 / 19
 - 3.1.1 适用地区 / 19
 - 3.1.2 定义与目的 / 19
 - 3.1.3 技术特点 / 21
 - 3.1.4 旋流器的性能指标与结构 / 22
 - 3.1.5 设备的维护与管理 / 27

- 3.1.6 造价指标 / 28
- 3.2 磁絮凝 / 28
 - 3.2.1 适用地区 / 28
 - 3.2.2 定义与目的 / 28
 - 3.2.3 技术特点 / 28
 - 3.2.4 设计与选型 / 29
 - 3.2.5 设备的运行与管理 / 35
 - 3.2.6 造价指标 / 36
- 3.3 混凝沉淀 / 36
 - 3.3.1 适用地区 / 36
 - 3.3.2 定义和目的 / 36
 - 3.3.3 技术特点 / 38
 - 3.3.4 设计与选型 / 38
 - 3.3.5 设备的运行与管理 / 39
 - 3.3.6 造价指标 / 41
- 3.4 调蓄 / 41
 - 3.4.1 适用地区 / 41
 - 3.4.2 定义与目的 / 41
 - 3.4.3 技术特点 / 42
 - 3.4.4 设计与选型 / 45
 - 3.4.5 设备的维护与管理 / 52
 - 3.4.6 造价指标 / 52
- 3.5 多级吸附净化床 / 53
 - 3.5.1 适用地区 / 53
 - 3.5.2 定义与目的 / 53
 - 3.5.3 技术特点 / 53
 - 3.5.4 工艺选材及施工 / 53
 - 3.5.5 设备的维护与检查 / 58
 - 3.5.6 造价指标 / 58

第4章 溢流污水生态净化 / 59

4.1 无动力生态减速降污床 / 59

4.1.1 适用地区 / 59

4.1.2 定义与目的 / 59

4.1.3 技术特点 / 59

4.1.4 施工要求 / 60

4.1.5 维护与检查 / 61

4.1.6 造价指标 / 61

4.2 景观挂篮 / 62

4.2.1 适用地区 / 62

4.2.2 定义和目的 / 62

4.2.3 技术特点 / 63

4.2.4 施工方法 / 63

4.2.5 维护与检查 / 66

4.2.6 造价指标 / 66

4.3 生物栅 / 66

4.3.1 适用地区 / 66

4.3.2 定义和目的 / 66

4.3.3 技术特点 / 67

4.3.4 设计与选型 / 67

4.3.5 维护与管理 / 70

4.3.6 造价指标 / 70

4.4 两栖浮床 / 70

4.4.1 适用地区 / 70

4.4.2 定义与目的 / 70

4.4.3 技术特点 / 71

4.4.4 设计与选材 / 73

4.4.5 维护与管理 / 75

4.4.6 造价指标 / 75

- 4.5 人工湿地 / 76
 - 4.5.1 适用地区 / 76
 - 4.5.2 定义与目的 / 76
 - 4.5.3 技术特点 / 77
 - 4.5.4 设计与选型 / 78
 - 4.5.5 建筑材料与施工方法 / 83
 - 4.5.6 维护与检查 / 84
 - 4.4.7 造价指标 / 85
- 4.6 土壤滤床 / 85
 - 4.6.1 适用地区 / 85
 - 4.6.2 定义与目的 / 85
 - 4.6.3 技术特点 / 86
 - 4.6.4 施工方法 / 88
 - 4.6.5 维护与检查 / 88
 - 4.6.6 造价指标 / 89
- 4.7 雨水花园 / 89
 - 4.7.1 适用地区 / 89
 - 4.7.2 定义与目的 / 89
 - 4.7.3 技术特点 / 90
 - 4.7.4 标准与做法 / 91
 - 4.7.5 维护与管理 / 96
 - 4.7.6 造价指标 / 96
- 第5章 溢流污水沉淀净化 / 97
 - 5.1 沉淀净化技术 / 97
 - 5.1.1 沉淀净化技术的定义及分类 / 97
 - 5.1.2 沉淀池的分类 / 98
 - 5.2 技术特点 / 99
 - 5.3 沉淀池池型的选择 / 99
 - 5.4 沉淀池的设计 / 100
 - 5.4.1 沉淀池设计的一般规定 / 100

5.4.2	竖流式沉淀池	/ 101
5.4.3	高效斜板(管)沉淀池	/ 103
5.4.4	高密度沉淀池	/ 105
5.5	维护与管理	/ 113
5.5.1	沉淀池的运行管理	/ 113
5.5.2	沉淀池的异常问题及解决对策	/ 114
第6章	溢流污水处理工程施工	/ 117
6.1	溢流污水处理工程选址	/ 117
6.1.1	总体要求	/ 117
6.1.2	选址原则	/ 117
6.2	工程施工与验收	/ 118
6.2.1	一般规定	/ 118
6.2.2	土建工程施工	/ 119
6.2.3	安装工程施工	/ 121
6.2.4	系统联合调试	/ 122
6.2.5	工程验收	/ 123
6.2.6	环境保护验收	/ 127
6.2.7	施工过程安全注意事项	/ 128
6.3	运行与维护	/ 128
6.3.1	一般规定	/ 128
6.3.2	运行检测	/ 129
6.3.3	维护与保养	/ 129
6.3.4	日常管理过程中主要的安全事项	/ 130
6.4	排水管材与接口	/ 130
6.4.1	排水管材	/ 130
6.4.2	排水管道的接口	/ 132
6.4.3	排水管道的基礎	/ 134
附录:	名词解释	/ 136
	参考文献	/ 139

概 述

1.1 溢流污水的特征

1.1.1 溢流污水的定义

合流制排水系统(combined sewer system,简称 CSS),是指将生活污水、生产废水和雨水混合在同一管渠内排除的系统。最早出现的合流制排水系统,将排除的混合水不经处理就直接排入水体,国内外很多老城市几乎都是采用这种合流制排水系统。

由于污水未经无害化处理就排放,会使接纳水体遭受严重污染。现在常采用的排水系统是截流式合流制排水系统。这种系统是在临河岸边建造一条截流干管,同时在合流干管和截流干管相交前或相交处设置溢流井,并在截留干管下游设置污水处理厂,如图 1.1 所示。

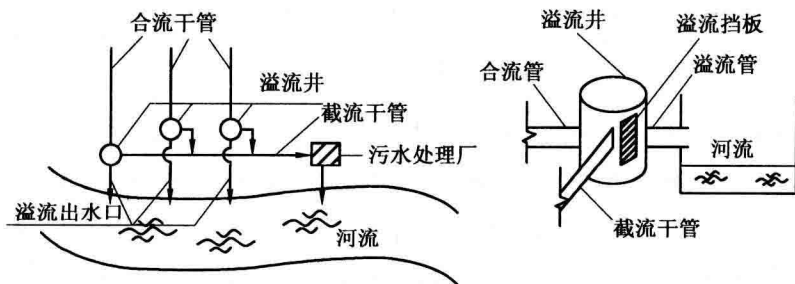


图 1.1 合流制排水系统及溢流井示意

这样,晴天和初降雨时所有混合水都排送至设置在污水下游的污水处理厂,经处理后排入水体。随着降雨量的增加,溢流井水位不断上升,当超

过溢流挡板时,就会有部分混合水从溢流井溢出直接排入水体。截流式合流制排水系统较普通的合流制排水系统已经前进了一大步,但仍有部分污水未经处理就直接排放,使水体遭受污染,这是它的最大缺点。国内外在改造老城市合流制排水系统时,通常采用这种系统。

下雨和融雪时,管网还同时传输雨水和雪水,当管网内的流量超过污水处理设施的处理能力,就会有部分混合污水溢流排放到天然水体,如湖、河流、海湾等。这些溢流的污水,通常称为合流管网溢流污水(combined sewer overflows,简称CSO)。表1.1给出了不同集水区晴天和雨天溢流污水中几种常见污染物[总悬浮固体(total suspended solids,简称TSS)、化学需氧量(chemical oxygen demand,简称COD)、总凯式氮(total kjeldahl nitrogen,简称TKN)、总磷(total phosphorus,简称TP)、Pb]的平均浓度。

表 1.1 溢流污水中几种常见污染物的平均浓度

mg/L

集水区	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
不渗水面积比例/%	75	5	65		45			45			
天气	晴天		雨天		晴天		雨天		雨天		
TSS	53.3	655.5	15.4	365.5	221	240	160	53	430	202	97
COD	190.6	368.7	44.8	50.0	291.2	75 ^a	134	47 ^a	445	322	68 ^a
TKN	11.3	13.8	2.5	1.4	9.2	2.2 ^b	14.0	1.8 ^b	15.42	20.5	3.8 ^b
TP	5.6	8.3	4.4	5.5	5.0		3.4			1.3	2.63
Pb	0.22	0.09	0.04	0.24	0.15	0.083	0.0015	0.017	<0.20	0.005	0.020

注:①1—居民区+商业区;2—未开发地区;3,4—工业区;5~8—居民区;9—轻工业区。

②表中a代表BOD₅,b代表NH₄⁺-N。

从表1.1中可以看出,雨天污染物的浓度是晴天的2~20倍。我国2002年12月24日发布的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)所规定的污水处理厂二级排放标准为:COD浓度≤100 mg/L,BOD₅浓度≤30 mg/L,SS浓度≤30 mg/L。根据表1.1所列数据可知,由于雨天的雨水量过大,发生了合流污水溢流情况,不经处理的污水排入水体,水体污染物浓度严重超出水质标准,会对水体环境造成严重污染。

1.1.2 合流溢流污水的特点

合流制管网中污水的水量和水质是变化的,旱季时管网中流动的仅是生活污水和工业废水,水量较小,因此,流速较小,水容易产生沉淀;雨季时雨水径流进入管网,不仅带入了径流冲刷的污染物,而且由于水量变大,流速较大,一部分沉积于管渠底部的污染物被冲刷进入混合污水中,使污染物的浓度比降雨径流中高很多。所以雨水不仅能稀释污水,还可能使混合污水的水质比原有污水差。

综上所述,溢流污水具有以下特点:

① 随降雨过程中雨量的变化,溢流污水流量变化很大。

② 因各地气候、降雨量的不同,其中污染物的浓度变化也较大。

③ 对某些河流沟道系统,降雨时,由于地表径流在短时间内累积,流入沟道,在溢流污水排放过程初期,形成了污水流量的高峰值,并且由于初期暴雨对地表和沟道中累积的污染物的冲刷,形成了污染物浓度的高峰,随着径流量的增加,污水得以稀释,污染物浓度下降至平均水平,这种现象被称作初期冲刷,即径流初期雨水中污染物浓度较大的现象。

④ 因受纳水体的水文学和水力学条件不同,溢流污水造成的污染程度不同。溢流污水不论是否经过处理,最终都将排入特定的水体。当受纳水体流速较大时,其稀释能力和水体自净能力都较强,可以减轻溢流污染的影响。然而对于像我国北方地区那种流速较小,流量季节性变化大的水体,溢流污水的排放常常造成相对比较严重的污染。

1.1.3 合流管网溢流污水的影响因素

1. 截流倍数 n_0 的影响

截流倍数 n_0 是指合流制排水系统中,被截流部分的雨水量与旱季污水量的比值。 n_0 的大小直接关系到溢流水量的大小。 n_0 大,则被截流的雨水量大,溢流污水量小,对环境污染程度亦小。早在 1915 年,Engberding 曾提出溢流污染控制中,截流雨水量应为旱季流量的 10 倍,但目前国内外采用的截流倍数范围多为 2 ~ 5 (见表 1.2)。图 1.2 ~ 1.4 主要分析我国不同截流倍数下合流管的污染物溢流量与雨水量的关系。

我国在《室外排水设计规范》(GB 50014—2006)中规定的 n_0 为 1 ~ 5,