

国内外对合流制管道溢流污染的控制与管理

杨 雪¹, 车 伍¹, 李俊奇¹, 李海燕¹, 邝 诺²

(1. 北京建筑工程学院 环境能源工程学院, 北京 100044; 2. 北京市排水集团, 北京 100038)

摘 要: 随着城市化进程的加快,城市雨水问题以及合流制排水管道的溢流污染问题变得日益严重。合流制管道的溢流污染已成为部分城市改善水体水质的主要制约因素之一。若未经有效处理的溢流污水直接排入水体中,不仅会严重地破坏水环境功能,还将危及人类健康。介绍了国内外部分城市控制合流制管道溢流污染概况,分析了我国目前控制合流制管道溢流污染存在的问题和不足,讨论国外经验对我国的启示并提出一些建议,为我国对合流制管道的溢流污染控制提供借鉴。

关键词: 雨水问题; 合流制管道; 溢流污染控制

中图分类号: TU99 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2008)16 - 0007 - 05

Control and Management of Combined Sewer Overflow Pollution at Home and Abroad

YANG Xue¹, CHE Wu¹, LI Jun-qí¹, LI Hai-yan¹, KUANG Nuo²

(1. School of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China; 2. Beijing Drainage Group Co Ltd, Beijing 100038, China)

Abstract: With the rapid development of urbanization, the problems of urban stormwater and combined sewer overflow (CSO) pollution become increasingly serious. CSO pollution has become one of the main factors affecting receiving water quality in some cities. If the untreated overflow sewage flows directly into the receiving water, it will destroy the function of the water environment and endanger human health. The general situation on the CSO pollution control at home and abroad is reviewed. The problems and gaps in the CSO pollution control in China are analyzed. The inspiration from foreign experience to China is discussed, and some suggestions are put forward to provide reference for the CSO pollution control in Chinese cities.

Key words: stormwater problem; combined sewer; overflow pollution control

合流制管道系统的溢流(CSO)污染对城市水体造成了严重威胁,已成为许多城市水体的主要污染源之一。城市合流制管道溢流污水中含有多种病原微生物、氮磷营养物及有毒有害物质,若未经有效处理便直接排入水体,则会严重地破坏水环境功能并危及人类健康。从国内外城市排水系统长期的实践

经验和现实情况看,部分合流制系统的存在是不可避免的,甚至在特定条件下具有一定的合理性^[1,2]。此外,我国新发布了污染物总量控制目标,对污染物排放提出了更严格的要求。因此,城市水环境质量要想得到根本改善,就必须加强对合流制管道溢流污水的控制和管理。

基金项目:北京市“学术创新团队”项目(BJE10016200611); 国家科技支撑计划课题(2006BAJ08B04)

1 国外对合流制管道溢流污染的控制

国外很多城市存在合流制管道系统,他们在很早的时候便开始了对合流制管道溢流污染控制的研究,并已取得显著成果。

1.1 美国

美国有 32 个州有合流制管道系统,且主要集中在美国东北部和北美五大湖区域附近,共有 859 处。

为了解决合流制管道的溢流污染问题,美国环保局在 1989 年 8 月 10 日发布了合流制系统的溢流污染控制对策。该对策将溢流当作点源污染,列入国家污染排放许可和清洁水法控制之列,要求所有合流制系统的溢流必须按照上述法律法规进行治理,并达到以下 3 个目标: 确保溢流只在雨季发生; 所有溢流排放必须符合清洁水法在技术和水质方面的要求; 减小溢流对水质、水生生物和人类健康的影响。

虽然这个对策在当时引起了大家对 CSO 污染问题的关注,但它在解决一些根本问题上却存在一些缺陷。于是,美国环保总局在 1991 年与国家管理机构及其他环境组织进行协商,使 CSO 污染控制政策有了进一步的发展,并于 1994 年在 CSO 控制对策的基础上发布了 CSO 控制法规。1995 年美国环保总局发布了 CSO 长期控制规划指南和 CSO 九项基本控制措施指南(见表 1)。

表 1 CSO 九项基本控制措施指南

Tab 1 Combined Sewer Overflows - Guidance for Nine Minimum Controls

基本控制	控制方法举例	
设施的运行和维护	维护、检修设施;清理沉积物;修理泵站;检查系统运行	
使收集系统的储存能力最大化	增加下水道储水能力、增大水力停留时间、清除沉积物、调整和增大截流泵站能力	
加强对预处理设施的调整	体积控制:优化储存池、限制流量、减少径流、增设挡板	污染控制:暴雨处理、日常管理、BMP 措施
污水处理厂处理的最大流量	分析流量、评估设计能力、调整内部管道、分析管道系统运行情况	
削减旱季污水溢流	执行常规检查;去除非法连接;清理、检修合流制管道系统	
CSO 中的固体和悬浮物质的控制	增加挡板、格栅、筛网、截流井;源头控制、街道清洗、公众教育、固体废物回收	
污染预防	源头控制、保护水资源	
公共宣传	记录;电视、报纸报道;信函通知	
监测溢流污染影响和控制措施成效	确定所有 CSO 排水口;记录 CSO 发生的次数、频率和持续时间;总结接纳水体的水质数据;总结 CSO 的影响	

为了有效控制城市合流制系统的溢流污染,美国环保局还发表了相关工作指南,包括合流污水溢流监测和建模指南、合流污水溢流治理资金筹措指南、合流污水溢流投资估算和建设计划指南、合流污水溢流控制技术选择指南。

美国在对 CSO 污染控制的逐步研究中发现,要想有效控制 CSO 污染,必须加强对其源头的控制,也就是要将 CSO 污染控制与暴雨径流控制有效地结合起来,以便从根本上减少或消除 CSO 的发生。在 2005 年的《城市非点源污染国家管理办法》中规定必须采取措施控制径流污染,项目开发后的 TSS 年均负荷不得超过开发前或控制在年均 TSS 负荷的 80%;控制开发后的径流洪峰和径流总量不超过开发前或采取其他调蓄措施防止下游河道或海岸线的侵蚀,以便从源头有效控制 CSO 污染。2007 年美国环保总局提出了促进实施绿色措施协议,其中强调在 CSO 污染控制过程中要尽量采取一些暴雨管理的绿色措施,例如雨水花园、生物滞留系统、绿色停车场的设计等。

美国不仅出台了关于 CSO 污染控制的一系列法规,同时各城市根据法规中的具体要求,针对合流制溢流的污染状况,采取了相应的具体措施。例如改造合流管道、改进管道中截污装置的材料、增大原有管道的尺寸、增大污水厂的处理容量、尽量减少溢流量等。如亚特兰大兴建了地下隧道、贮存池,并与管道相连,雨天时隧道和贮存池用于贮存过多的雨污水,降雨过后则将这部分雨污水输送至污水厂^[3]。后来又将贮存池进一步改进成带有砾石床的湿地处理系统,在储水的同时进行净化,但这种系统的维护管理费用较高^[4]。费城在溢流口采用充气式橡胶堰,可充分利用现有系统的贮存容积,减少溢流量。据统计,利用这项技术,费城可减少一场降雨中 70% 的溢流量^[5]。

1.2 日本

日本的多数大城市保留了合流制管道系统,全日本采用合流制的城市共 192 个。日本合流制的溢流污染问题也非常突出,因此专门成立了合流制管道系统顾问委员会来研究 CSO 污染的控制问题。他们主要在以下领域开展 CSO 污染控制研究: a 格栅; b 高效过滤; c 沉淀和分离; d 消毒; e 检测仪器和控制方法,还提出了 24 种相关技术并已应用于 13 座城市中。到 2005 年,所有的技术都被成功地

测试并提议将其大规模地应用于全国^[6]。

大阪市约 97%的地区采用合流制管道系统。为了解决当地的 CSO 污染问题,市政府建造了许多控制设施,如雨水储存管、雨水隧道、蓄水池等。为了加快这些设施的应用,当地政府创立了一个 2002 年—2006 年的合流制管道系统发展的紧急计划,将其作为尽可能完成的目标。这个计划包括一些实际的措施,如在雨季对混合水进行活性污泥处理、建立雨水蓄水池、利用大规模雨水干管的富余调蓄空间储存雨水、改进并安置滤网以分离微粒和砂粒等。大阪市还提出了“雨季废水处理办法”,这个方法可使雨季管道处理能力达到最优化以实现 CSO 污染的控制^[7]。

东京有 23 个行政区,其中 82%应用的是合流制管道系统。雨天时溢流污水未经处理直接排入河川,对公共用水产生了不良影响。针对 CSO 污染的情况,东京制定了合流制排水系统的环境目标改善方案,其基本思路是: 削减污染负荷量; 确保公共卫生; 清除漂浮物。根据该地区的环境要求设定了相应的环境目标^[8] (见表 2)。

表 2 合流制排水系统的环境目标改善及实施方案

Tab 2 Improvement and implementation of environmental goal of combined sewer system

项 目	改善目标	现 状	目标值	削减量	对策设施
污染负荷量削减	达到分流制下水道水平	508.8 t/a	306.8 t/a	202.1 t/a	渗透设施、贮留设施
卫生方面的安全	溢流次数减少 50%	3~83 次/a	30 次/a		

为了实现上述环境改善目标,东京选定了雨水贮留设施和渗透设施方案。雨水贮留设施能有效削减雨天时的溢流次数和排放量。同时,通过降雨时贮留、降雨结束后进行适当的处理等削减溢流负荷量,并向公共设施、住宅等推广设置雨水渗透设施(渗透管沟、渗透检查井等),这些渗透设施作为国家综合性治水对策的一部分产生了一定的环境改善效果。关于环境改善目标,将通过在雨水流出井处设置滤网或格栅来完成。

1.3 加拿大

加拿大也一直在研究 CSO 污染的控制方法,多伦多市 1950 年前建成的许多区域都采用合流制管道系统,平均每年要发生 50~60 次的合流制管道溢流。该市早在 20 世纪 90 年代便制定了 CSO 污染

控制 25 年计划,为 CSO 污染提供解决方案,其中一个重要的组成部分是唤起群众对这个问题的重视,也就是在某些基础项目中鼓励市民参与。这个计划的总投资约为 10.47 亿美元,平均每年的运行维护费用约为 160 万美元。2003 年多伦多市政府制定了雨季溢流管理总体规划,目的是减少并最终消除雨季溢流的各种影响。2005 年多伦多市制定了 CSO 污染控制计划,并在 2006 年成立了一些环境评估小组,负责监控这些计划的实施情况^[8]。

1.4 德国

德国从 20 世纪 80 年代开始重视城市雨水径流和 CSO 污染的控制,他们不是依赖“雨污分流”的办法,而是更加重视源头污染控制、CSO 污染控制和雨水径流污染控制的结合^[9]。最典型的措施是修建大量的雨水池以截流处理合流制管道的溢流污水和雨水,以及采取分散式源头生态措施削减和净化雨水。据 1998 年统计,德国共拥有雨水池 31 044 座,总容积达到 $3\,314.3 \times 10^4 \text{ m}^3$,平均为 $0.404 \text{ m}^3/\text{人}$ 。到 2002 年,德国已拥有 38 000 座雨水池,其中溢流截流池 24 000 座,雨水截流池 12 000 座,雨水净化池 2 000 座,总容积达到 $4\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$,平均每座污水厂拥有近 4 座雨水池^[10]。德国因地制宜地保留大量合流制系统(约占 70%,个别城市如汉堡甚至达到 90%),并将重点放在源头污染控制和终端污染控制的结合、排水系统的改造与完善、削减径流量和污染物总量、与其他雨水径流污染控制的技术性和非技术性措施的结合上。通过全面科学的系统规划,较快地实现了对 CSO 污染的有效控制。

1.5 英国

1990 年初英国大约有 25 000 处合流制管道,英国水工业研究所(UKWIR)、水研究中心(WRC)、水研究基金会(FWR)等部门已经进行了大规模的 CSO 研究。为了解决 CSO 污染问题,UKWIR 建立了许多 CSO 相关的研究项目。1996 年谢菲尔德大学建立了“CSO 研究会”,其成员迅速增加,其中包括每个英国水公司的代表,并且在 1997 年与 UKWIR 合并称 CSO 研究团体(CSORG)。CSO 研究团体在之后的 4 年管理了多项与 CSO 相关的研究项目,并对国内的 CSO 污染控制作出了一定的贡献。英国一些水公司已经对许多大规模的 CSO 处理设施运行情况进行了评估。2002 年由工程与自然科学研究中心(EPSRC)和 UKWIR 资助,建立了 CSO

污染负荷预测项目^[11]。

2 中国对合流制管道溢流污染的控制

目前,我国某些城市已经认识到 CSO 污染的问题,开展了一些研究并开始采取相应的治理措施。上海市中心城区多数的排水管网仍为合流制,由于大量污水未经任何处理即通过合流管道直接排入黄浦江、苏州河等水体,严重污染了水体水质。为减少合流制系统溢流污水对苏州河的污染,上海也在加紧对合流制排水系统溢流污染控制的研究,主要任务是加强合流污水调蓄池的建设,对初期雨水进行调蓄处理并配套相应的管理措施,将工程措施和非工程措施相结合,加强污染源头的治理与控制。在苏州河整治二期工程实施期间,上海市科委支持完成了“合流制排水系统初期雨水污染控制技术”相关 5 个子课题的研究,为控制合流制管道溢流污染提供了技术支撑。苏州河环境整治一期和二期工程建设完成后,目前正在实施苏州河沿线排水系统雨天溢流量削减工程,其主要目标是通过工程措施和管理措施,减少雨天溢流的次数和溢流污染负荷^[12]。

广州市每到雨季合流制管道溢流问题就非常严重。为了解决这个问题,市政部门针对老城区的情况,推出了“雨污合流”的污水收集和处理办法。广州市市政园林局有关部门经过调研,提出了针对合流制污水管道溢流的八大改良措施,包括对检查井底部进行处理以防止垃圾和污浊物的沉积、增强污水管排水能力、尽量减少通过溢流口直排入河的污水量、在雨水溢流井内设置过滤网格栅等。这些措施有望在老城区生活污水治理方面起到良好作用。

武汉中心城区内的汉口、汉阳及武昌旧城主要为雨污合流制,存在的主要问题有雨水排放标准偏低、污水集中处理率低、管网覆盖率低、合流制管道比例大、设施老化等。对于合流制排水系统,武汉市规划通过提高截流倍数和增加截流量,以有效减少溢流次数及避免合流污水直接污染水体。通过改造、增加截流支管等方法将截流量提高,使雨天溢流次数、溢流量减少。此外,对有条件的地区采用调蓄的方法,将降雨初期超出截流量的合流污水暂时贮存起来,待旱季污水系统设施空余时,纳入污水系统处理后排放^[13]。

虽然我国某些大城市对 CSO 污染控制采取了一些措施,但从总体看,CSO 污染问题尚未引起足够

重视,不少城市尚未理清其排水体制上存在的问题及规划的战略思路,缺乏对 CSO 污染问题的系统研究,如污染负荷评价、污染规律、控制对策及技术措施等;我国的 CSO 污染研究与控制技术水平还很落后,没有形成比较完善的技术体系和先进的技术设施,也缺少相应的控制管理政策和法规。

3 结论与建议

排水体制的选择与改造

国外很多城市存在着合流制管道系统,随着城市的发展,他们并没有完全将其改为分流制,而是通过长期系统的研究,有针对性地、因地制宜地加强合流管道溢流污染控制,不断完善城市排水系统。

我国多数城市至今对雨水径流污染和管道混接的严重后果认识不足,对城市排水系统的深层次问题、雨水径流污染和 CSO 污染问题缺乏系统且深入的研究,还是比较盲目地以实现完全分流制为规划指导原则,过分依赖传统的分流制排水体制来解决 CSO 的污染问题,对老城区改造为分流制时面临的耗费时间长、投入资金和实施难度大、难以达到预期目标等问题估计不足。因此,在排水体制选择或改造问题上,要根据我国各城市的具体情况进行深入研究后慎重而科学地决策。在某些新建城区可考虑采用分流制,而对于一些合流制管道系统相对完善或空间有限的老城区,则应考虑在合流制系统中进行适当改造或建造一些 CSO 控制设施,如采用一些截流/截污措施并对老化的管道进行修复改善等。

尽快制定中长期控制目标和规划

发达国家很早便非常重视 CSO 污染的问题,并对 CSO 污染控制进行了长期而系统的研究,近年来的力度也很大。国内外的经验都已经证明,城市暴雨管理和 CSO 污染控制不仅关系到水环境质量的改善,而且是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 CSO 污染纳入污染物排放总量控制范畴。

因我国对 CSO 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,制定符合当地条件的 CSO 污染控制对策及措施,并将其纳入水务、市政、环保等职能部门

的监管之中。北京、上海等发达城市率先进行系统性研究和方案实施,有利于推广成功的经验,为其他城市的 CSO 污染控制提供借鉴,逐步实现对全国城市 CSO 污染的有效控制。

制定 CSO 污染控制法规

CSO 污染控制已成为发达国家水污染控制的重要领域,同样也投入了大量资金,并建立了配套的 CSO 污染控制法规。由于认识与研究上的滞后与不足,中国至今还缺乏相应的法规、政策体系。今后,我国应加大这方面的投入,加快建立 CSO 污染控制的相关法规,保障 CSO 污染控制工作的有效开展。

研发 CSO 污染控制技术及其装置

CSO 污染控制技术的研发在国外已开展了很长时间,形成较为成熟的技术,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。虽然中国的个别大城市近几年加强了对 CSO 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 CSO 污染研究的进一步深入,对这方面的需求会不断增加,应针对我国城市的条件及其特点,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和标准。

CSO 污染控制与暴雨径流污染控制的结合

经过长期的研究,发达国家意识到最有效的 CSO 污染控制方法是从根本上减少或消除 CSO 的发生,也就是从源头控制 CSO 污染,通过渗透设施、滞留设施等一系列成熟的体系对暴雨径流进行有效控制以减少 CSO 的发生,使 CSO 污染控制与暴雨径流控制有效地结合。发达国家很早便开始了城市暴雨径流污染控制,经过长期发展已逐渐形成比较完善的体系,如最佳管理措施(BMP)、低影响开发(LID)、可持续排水系统(SUDS)等,其中一些分散式源头生态措施(如雨水花园、生物滞留系统、各种渗蓄设施等)的综合应用可有效控制径流污染和削减雨水径流排放量,同时可削减 CSO 溢流污染。

加强对公众的宣传与教育

CSO 污染控制在国外的经验之一是加强宣传与教育,提高公众的环境保护意识,引起公众对 CSO 污染问题的重视,并且在某些项目中鼓励市民参与。我国今后应加大城市雨水径流污染和 CSO

污染问题的公众宣传,使人们逐渐认识雨水径流和 CSO 污染对环境影响的严重性,并且鼓励市民参与到 CSO 污染控制的项目中,通过加强公众教育,减少雨、污水的直接排放和管道混接等问题的发生,使 CSO 污染控制在我国得到较快的发展。

参考文献:

- [1] 刘翠云,车伍,董朝阳. 分流制雨水与合流制溢流水质的比较[J]. 给水排水, 2007, 33(4): 51 - 55
- [2] 潘国庆,车伍. 国内外排水体制的探讨[J]. 给水排水, 2007, 33(增刊): 323 - 326
- [3] Joseph Lynn Tilton. CSO solutions[J]. Stormwater, 2003, 4(7): 11 - 12
- [4] Thomas R Decker, Qi Z G. Site assessment for a stormwater detention basin water-quality retrofit[J]. Stormwater, 2003, 4(3): 5 - 6
- [5] Joanne Dahme, James T Smullen. Innovative strategy helps Philadelphia manage combined sewer overflows[J]. Stormwater, 2000, 1(1): 3 - 4
- [6] Horie N, Kabata M, Sano H. Japanese Project Spirit 21: Development and Testing of CSO Treatment Technologies and Instrumentation Systems[M]. Japan: EWR I, 2005.
- [7] Furukawa K. Activated Sludge Treatment of Wet Weather Wastewater in Osaka City[M]. Japan: GESAP, 2002.
- [8] Jonathan P 'ng, Weng Yau Liang, William Snodgrass, et al. Wet Weather Flow Master Plan[M]. Toronto: Toronto Water, 2006.
- [9] 车伍,李俊奇,陈和平,等. 城市规划建设中排水体制的战略思考[J]. 昆明理工大学学报, 2005, 30(3): 72 - 76
- [10] 唐建国,曹飞,全洪福,等. 德国排水管道状况介绍[J]. 给水排水, 2003, 29(5): 4 - 9
- [11] Barry Thompson. Combined sewer overflows[M]. UK: Thomson Research-Project Management Ltd, 2002.
- [12] 徐贵泉,陈长太,张海燕. 苏州河初期雨水调蓄池控制溢流污染影响研究[J]. 水科学进展, 2006, 17(5): 705 - 708
- [13] 汪常青. 武汉市城市排水体制的探讨[J]. 中国给水排水, 2006, 22(8): 12 - 15

电话: 13581654471

E-mail: chewu812@163. com

收稿日期: 2008 - 01 - 15