

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.14.007

# 城市“合改分”与合流制溢流控制的总体策略与科学决策

杨正<sup>1,2</sup>, 车伍<sup>3,4</sup>, 赵杨<sup>5</sup>

(1. 中国地质大学<北京> 水资源与环境学院, 北京 100083; 2. 北京雨人润科生态技术有限公司 城市雨洪管理研究中心, 北京 100044; 3. 北京建筑大学 城市雨水系统与水环境教育部重点实验室, 北京 100044; 4. 北京未来城市设计高精尖创新中心, 北京 100044; 5. 北京雨人润科生态技术有限公司, 北京 100044)

**摘要:** 城市合流制排水系统的改造与溢流控制涉及一系列对城市发展的重大和长期影响, 需要从全局考虑, 经科学、系统性分析和评估后慎重决策。从法律法规与管控机制、政策要求、规范标准与技术指南、相关专项规划等方面分析当前需重点突破的瓶颈问题, 提出国家总体策略进一步完善的重点。分析了我国典型城市主要控制策略的选择与分类, 提出城市“合改分”与合流制溢流控制的科学决策, 需明确城市合流制及相关排水系统现状条件与关键问题、主要的限制性因素, 合理制定排水系统污染负荷削减目标, 评估控制策略可实施性、效果与代价, 优化选择合流制溢流控制技术策略, 并构建控制策略的实施保障与调整机制。

**关键词:** 合改分; 溢流控制; 合流制; 分流制

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2020)14-0046-10

## General Strategy and Scientific Decision-making of Urban “Combined Sewer Separation” and CSO Control

YANG Zheng<sup>1,2</sup>, CHE Wu<sup>3,4</sup>, ZHAO Yang<sup>5</sup>

(1. School of Water Resources and Environment, China University of Geosciences <Beijing>, Beijing 100083, China; 2. Stormwater Management Research Center, Beijing Yuren Rain-eco Technology Co. Ltd., Beijing 100044, China; 3. Key Laboratory of Urban Stormwater System and Water Environment <Ministry of Education>, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, China; 4. Beijing Advanced Innovation Center for Future Urban Design, Beijing 100044, China; 5. Beijing Yuren Rain-eco Technology Co. Ltd., Beijing 100044, China)

**Abstract:** Urban combined sewer system retrofit and overflow control involve a series of long-term and major impacts on urban development. So a careful determination should be made through scientific and systematic analysis and assessment from the whole prospect. The bottleneck issues in terms of laws, regulations and control mechanism, policy requirements, standard and technical guide, relevant special planning were analyzed, and the key improvement focus were put forward. The typical strategy selection and classification of typical cities in China were analyzed. Then, the key elements of scientific determination for urban “combined sewer separation” and CSO control strategies were put forward, which included clear clarification of the current situation, key issues and major limiting factors of urban combined sewer and relevant drainage system, setting reasonable targets of pollution load reduction of drainage system, assessment of strategy implementability, effects and cost, optimization of technical

strategy, establishment of implementation guarantee and adjustment mechanism.

**Key words:** combined sewer separation; CSO control; combined sewer system; separate sewer system

## 1 需求与机遇

我国不同城市排水系统在发展过程中呈现出多种形式及其完善程度的极大差异,很多地区仍面临旱季污水直排与雨季雨污水溢流污染的严重问题,是导致当前大量城市水环境问题仍然严峻的重要原因之一。城市合流制及相关排水系统的改造与溢流控制,必须解决系统性的问题,需要构建综合控制系统,其中又涉及到多个子系统的协调衔接,并需要综合评估现实条件下多重制约因素的影响。对城市合流制及相关排水系统的进一步完善以及污染控制综合系统的构建,是中国当前大量城市在水环境治理工作中,必须面对并需要系统开展的一项重要而艰巨的工作。

近年来,《关于加强城市基础设施建设的意见》(国发[2013]36号)、《关于加强城市地下管线建设管理的指导意见》(国办发[2014]27号)、《水污染防治行动计划》、《关于保持基础设施领域补短板力度的指导意见》(国办发[2018]101号)等多项国家政策的发布,“海绵城市建设”“黑臭水体治理”“城

镇污水处理提质增效”“城市排水防涝补短板建设”等专项工作的快速推进,以及国家对“推进城镇老旧小区改造”“推进城镇低效用地再开发”等相关工作的要求,都直接涉及到大量城市排水系统基础设施的新建与改造工作,从不同层面给城市合流制排水系统问题的综合解决带来了机遇。

## 2 国家总体策略进一步完善的重点

面对上述机遇的同时,应清醒地认识到我国城市排水系统当前面临的复杂局面,与美国、日本、德国等发达国家相比,我国对城市合流制排水系统问题的研究与实践整体上晚了三四十年,这也是当今该领域面临如此多、如此大的问题与困惑的重要原因,仍需要国家、城市以及专业领域各项工作的大力推进与完善。

### 2.1 总体策略的基本思路

针对城市合流制排水系统改造与溢流控制,梳理国家、城市与专业领域不同层面的主要工作与相互关系,提出总体策略的基本思路,具体如图1所示。

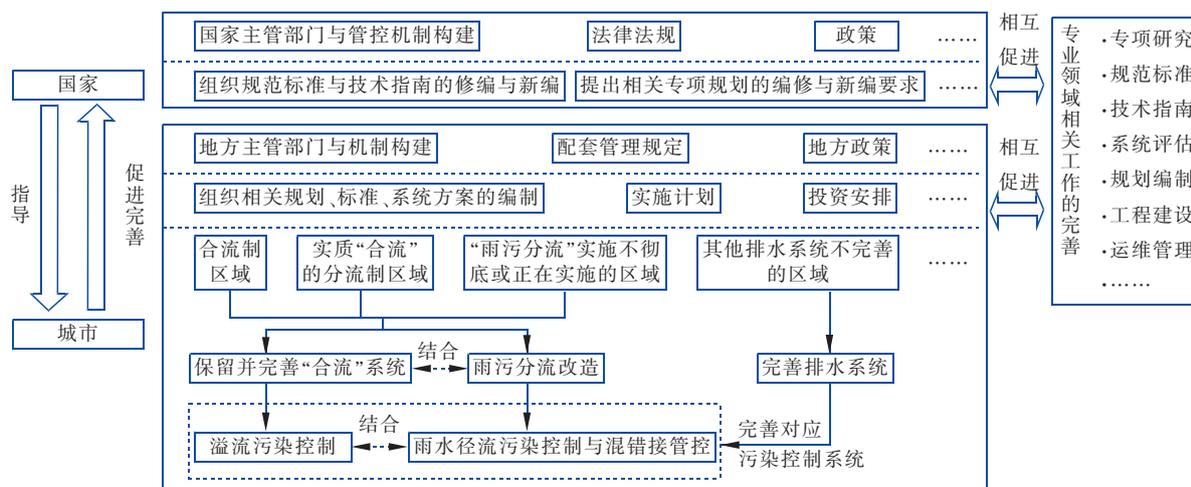


图1 总体策略的基本思路

Fig. 1 Basic idea of general strategy

其中,国家层面需进一步明确相关主管部门对合流制排水系统问题的管控及科学指导责任,健全管控机制,完善相关法律法规与政策要求,组织开展国家规范标准与技术指南的修编与新编,并提出对

相关专项规划的修编与新编要求;在国家总体策略的指导下,各城市完善相应管理机制,组织编制相关专项规划、标准、系统方案等,部分城市相关工作的“先行先试”可反向促进国家相关政策和要求的完

善;专业领域辅助国家与城市相关工作的具体开展,推动国家提出更具实施指导性的控制策略要求,指导城市针对不同区域的排水系统特征,科学决策是否全面实施“合改分”、部分“合改分”或合理保留已有合流制并实施有效的合流制溢流(CSO)控制,正在实施“合改分”及改造不彻底的区域是否继续实施或转变策略。对实施“合改分”的区域需同步控制雨水径流污染,并重视对分流改造中可能产生的混错接问题的管控,对不宜改、难以改的“合流”区域需制定系统、全面的溢流控制策略,对其他排水系统不完善的区域需进一步完善排水系统以及对应的污染控制系统。

## 2.2 完善法律法规与管控机制

国家法律法规要求与管控机制的建立对城市合流制及相关排水系统问题的妥善解决具有决定性的重大意义,也是“依法治国”“依法治水”的必然要求。我国当前环保领域的《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》等法律中,主要围绕建立“污染物总量控制”与“排污许可”体系提出了总体要求<sup>[1]</sup>。其中,“污染物总量控制”的目标设定及结果统计主要涵盖工业污染源、城镇生活污染源、机动车及农业污染源和集中式污染治理设施。针对城镇生活污染源的控制,主要考虑了对应人口的产污量与污水处理设施的处理量,并未包括城市雨水排放与合流制溢流形成的污染排放量。国家生态环境部主管的排污许可制度主要针对固定源污染进行管控,2019年更新的《固定污染源排污许可分类管理名录》并未纳入城市雨水与合流制溢流污染控制。在2020年6月生态环境部最新发布的《第二次全国污染源普查公报》中,普查对象也未涵盖城市雨水径流污染与合流制溢流污染。

由此可见,城市合流制及相关排水系统产生的污染问题当前并未纳入国家生态环境部“污染物总量控制”与“排污许可”的管控体系内。虽然近年来在生态环境部与住房和城乡建设部等联合发布的城市黑臭水体治理相关政策中也提出了要削减合流制溢流污染,但由于不在其污染排放管控体系范围内,对各城市具体实施的指导与监管力度有限。换句话说,国家污染物总量控制和排污许可,没有对接到黑臭水体治理中对雨水和合流制溢流产生的比较严重的污染进行有效控制的具体要求,生态环境部主管的《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—

2002),也未涉及对城市“雨污合流”排水系统雨季合流污水的处理与排放要求,成为需要突破的重要瓶颈问题。

在国家相关法律法规与排放许可制度中,进一步完善对城市合流制溢流控制的相关要求,是未来持续提升我国城市水环境质量的重要保障。美国在20世纪80年代便将城市雨水径流污染与合流制溢流污染纳入管控范围,在国家污染物排放(NPDES)许可证制度的管控体系下,落实合流制溢流污染控制的相关规划与技术要求,值得借鉴。

2013年,国务院发布《城镇排水与污水处理条例》,这是第一部专门针对城建领域城镇排水与污水处理的国家行政法规,其中,针对城市合流制排水系统,提出“雨污合流地区,应当按照城镇排水与污水处理规划要求,进行雨水、污水分流改造”。基于该要求,各城市在当时编制的排水防涝等相关专项规划中,普遍提出了“雨污分流改造”的近远期要求,但实施过程中,不同城市又演化出了不同的策略选择。

此外,在该条例中明确提出了“排水户应当按照污水排入排水管网许可证的要求排放污水,雨水、污水分流地区,不得将污水排入雨水管网”。但从各城市的实际实施情况来看,一方面,城市大量区域雨污水的混接问题形成于条例发布之前;另一方面,鉴于我国大量城市排水系统现状复杂的实际情况,存在多重形式的混接、错接和乱接问题,增大了政府监管和执法的难度,这些都在一定程度上影响了条例的实施效果,条例发布后各地混接乱接现象不同程度地依然存在。

结合近年来各城市雨污分流改造等工程的实际进展情况,应进一步修订完善条例中对城市合流制区域的总体策略要求。同时应结合各城市在执法实施过程中暴露的典型问题,进一步完善条例相关实施细则,并加大政府执法和监管力度,坚决杜绝新建、改建项目与城区再产生新的雨污混接、错接和乱接的问题,同时加快对现有违法现象的排查与追责。

## 2.3 完善国家相关政策

梳理近20年国家发布的涉及城市合流制排水系统改造的相关政策,分析不同政策中相关要求的演变过程以及当前仍存在的主要问题。2000年,建设部、国家环境保护总局与科学技术部联合印发《城市污水处理及污染防治技术政策》,其中要求:

“对于新城区,应优先考虑采用完全分流制;对于改造难度很大的旧城区,可维持合流制排水系统,合理确定截流倍数”。可以看出,当时针对城市排水体制的要求为分流制与合流制并存,但针对保留合流制排水系统的区域,仅笼统提出了“合理确定截流倍数”的要求,无法有效指导合流制系统问题的全面治理。

在《“十一五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》中,开始明确提出“要结合旧城改造、道路建设等,加强雨污分流系统的改造和完善”。昆明、广州、南京等城市即在“十一五”期间开始大力推进“合改分”工程,但由于种种困难和原因,均未能按原计划完成改造,昆明等城市通过实践和吸取经验教训,甚至转变了策略方向,放弃了全面“合改分”。在《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》中,上述要求调整为“结合当地条件,加快实施雨污分流改造。难以实施分流制改造的,要采取截流、调蓄和处理措施”,总体仍优先以“雨污分流改造”为主的同时,增加了对不能实施改造区域的基本控制要求,与上述《城市污水处理及污染防治技术政策》的要求相比,除截流外,还增加了可以采取调蓄和处理设施控制溢流污染,政策体现出更加灵活和务实。

2013年国办发23号文件《国务院办公厅关于做好城市排水防涝设施建设工作的通知》,在总体工作要求中提出“力争用5年的时间完成雨污分流改造”,在设施建设要求中提出“加大雨污分流排水管网改造力度,暂不具备改造条件的,要尽快建设截流干管,适当加大截流倍数,提高雨水排放能力,加强初期雨水的污染防治”。该文件中首次提出了雨污分流改造的时间节点要求,进一步加大了各城市雨污分流的改造力度。且与上述《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》相比,将“难以实施分流制改造的”改为“暂不具备改造条件的”,即对现状合流制排水系统的溢流控制作为暂时过渡选择,远期仍引导实施雨污分流改造。针对暂不进行改造的合流制排水系统仅提出了建设截流干管的要求,没有回答截流倍数如何“适当加大”,截流后污水处理厂如何配合等,对“初期雨水”的污染防治也是一个比较模糊的要求。

2018年,由于多重现实条件的制约,各城市普遍未能按照上述2013年国办发23号文件的要求完

成合流制区域的全面改造,同年在住房和城乡建设部与生态环境部联合发布的《城市黑臭水体治理攻坚战实施方案》中,提出“有条件的地区,要积极推进雨污分流改造。暂不具备条件的地区可通过溢流口改造、截流井改造、管道截流、调蓄等措施降低溢流频次,采取快速净化措施对合流制溢流污染进行处理后排放,逐步降低雨季污染物入河湖量”。该文件在仍然推进雨污分流改造的同时,进一步提出了更为完善的合流制溢流控制要求,提出可通过实施不同类型的措施,减少系统外排入河的污染物总量,明确了合流制溢流污染控制的总体指导原则,是一项重要突破。

2019年,在住建部、生态环境部、国家发改委联合发布的《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》中,提出“实施管网混错接改造、清污分流等,提升现有设施效能”,未再突出合流制区域的“雨污分流改造”要求,这是一项重要的转变,也体现了由于各地近10年来推进雨污分流改造过程中面临的现实困难和暴露出的多重问题,针对城市格局基本定型的建成区,全面推进“合改分”面临的巨大难度和高额的代价并应采取多种措施开始取得一定的共识。

从上述相关政策要求的演变过程可以看出,近10~15年来,长期以“加快合流制区域的雨污分流改造”为主要策略导向,这对历史遗留的合流制系统问题的解决起到了一定的积极作用,许多城市都投入巨资和以极大的决心开展了“合改分”的艰巨工程,尤其近年来海绵城市建设和黑臭水体治理的攻坚举措,取得了有目共睹的初步成效,为进一步全面解决合流制排水系统问题提供了有意义的经验。但由于我国不同地区城市排水系统的特征、问题与改造条件等差异极大,大量城市短期内难以实现老城区合流制区域的全面改造,即使相对长期来看,也很难得出全部都实现“合改分”的合理性结论。从国际经验看,“合改分”无疑是解决合流制问题可选的策略之一,但不是唯一和必须的选项;“合改分”也应该是城市合流制溢流(CSO)控制的可选择的技术措施之一。想通过“一律化”的“合改分”要求来解决我国城市合流制问题可能过于理想化和简单化,确实到了需要反思和用科学的方法及数据进行决策的时候,多年来许多城市的实践已经证明,单一的“合改分”策略难以系统解决我国城市合流制排

水系统的复杂问题。同时,上述政策中针对暂不进行雨污分流改造的合流制排水系统,主要提出了建设截流、调蓄与处理等技术措施的要求,仍难以有力支撑各城市应对合流制系统复杂问题和巨大的现实困难时制定清晰可行的系统策略。

因此,结合专业领域的发展与各城市实际实施情况,应适时修订与完善国家相关政策要求,且应考虑制定针对合流制排水系统的专项政策。可借鉴发达国家经验,例如美国、日本等均在国家层面提出了针对合流制排水系统改造与溢流控制的专项政策,且在政策提出前开展了大量的专项研究与调研工作,成立了专门针对合流制系统问题的研究委员会,全面诊断全国范围不同城市合流制及相关排水系统面临的复杂问题,充分认识合流制系统问题的特征与客观规律,这是提出更具针对性与实施指导性国家政策要求的重要基础。

#### 2.4 规范标准与技术指南的修编与新编

随着国家相关政策要求的更新,城市排水领域主要的规范标准也在不断地修编调整。其中,《室外排水设计规范》(GB 50014)在1987年、1997年、2006年的修订版本中,均提出要根据当地的具体条件综合考虑选择分流制或合流制排水体制。但在上述多项政策要求推进“合改分”的影响下,《室外排水设计规范》在2011年的修订版中,首次加入了对合流制排水系统分流改造的要求,提出“现有合流制排水系统,有条件的应按照城镇排水规划的要求,实施雨污分流改造;暂时不具备雨污分流条件的,应采取截流、调蓄和处理相结合的措施”。后续在2014年、2016年两次修订中,均保留了该项要求。《城市排水工程规划规范》(GB 50318—2017)中,明确提出“除干旱地区外,城市新建地区和旧城改造地区的排水系统应采用分流制,不具备改造条件的合流制地区可采用截流式合流制排水体制”,在规划层面明确了保留合流制排水系统的区域,应构建完善的截流式合流制排水系统。2018年,在住房和城乡建设部发布的《室外排水设计标准(征求意见稿)》中,提出“现有合流制排水系统,应采取截流、调蓄和处理等措施,提高截流倍数,控制溢流污染;并按城镇排水规划的要求,实施雨污分流改造”。与2016年版《室外排水设计规范》相比,在控制要求的顺序上,由优先提出要实施雨污分流改造转变为优先提出了对合流制溢流污染的控制要求,但同

时仍在强调要按照排水规划实施雨污分流。《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018),首次提出了灰色设施与绿色设施合理结合来控制合流制溢流污染,并提出了合流制溢流体积削减与处理设施的水质控制标准。

从以上分析可以看出,关于城市合流制排水系统改造与溢流污染控制,专业规范标准和国家相关政策要求的一致性与区别,以及近年来随着实践的摸索和时间的推移所产生的积极变化。同时,需要指出,当前规范标准中针对合流制排水系统的要求,在一些关键环节、系统性、各标准之间的衔接性上仍需要进一步突破和完善,具体内容的广度与深度也亟待扩展与加强,否则,不足以支撑如此复杂的系统工程的设计和实现。

以截流倍数为例,在上述《室外排水设计规范》与《城市排水工程规划规范》中,均提出合流制排水系统的截流倍数宜采用2~5,选择依据为“根据旱流污水的水质、水量、排放水体的环境容量、水文、气候、经济和排水区域大小等因素经计算确定”。截流倍数是一个重要的系统性参数,其选取取决于各城市排水系统的具体条件,与上游收集管网的完善程度、下游处理设施的处理能力,以及调蓄设施的位置与规模等有密切的衔接关系,还受到管网运行水位、淤积情况等现实条件的影响,需要进行客观、详细的论证和技术经济分析后予以确定。上述规范标准中的要求尚不能清晰回答截流倍数选取与各影响因素的相互匹配与制约关系,以及对系统投资和方案优化等方面的综合影响。部分城市在截流系统的新建或改造过程中,缺乏系统考虑和匹配分析,简单“提高截流倍数”,并不能真正系统解决区域的溢流污染问题,有些盲目的截流干管改造造成了投资的浪费或低效,这样的例子已不少见。

除规范标准外,2016年住建部发布的《城市黑臭水体整治——排水口、管道及检查井治理技术指南(试行)》也提出了部分合流制溢流污染控制要求,主要包含了调蓄与就地处理设施的相关技术要求,但还不足以系统指导城市合流制排水系统改造与溢流控制。对比美国提出的合流制溢流控制9项基本控制措施与长期控制规划的相应技术指南,日本国土交通省发布的《合流制排水系统紧急改善计划编制指南》等,都是在国家层面提出了合流制溢流控制总体的技术体系以及技术策略选择的基本要

求,对指导各城市根据具体条件因地制宜确定具体技术路线发挥了关键的作用。

针对当前国家规范标准与技术指南中存在的主要问题,一方面,应尽快组织新编合流制污染控制的专项标准,或修订已有标准,补充相关内容并做好衔接;另一方面,为更好地应对与解决我国不同城市合流制系统如此复杂的系统工程问题,需要考虑新编针对合流制溢流控制的专项技术标准或指南。当前,国内有城市在地方水环境治理的压力与推进合流制排水系统改造和溢流控制相关工作的迫切需求下,已开始研究制定合流制溢流控制的专项地方标准,笔者也参与其中。一些城市相关工作的突破也将进一步促进国家规范标准与技术指南的编制工作。

## 2.5 相关专项规划的修编与新编

我国当前要求编制的与城市排水相关的专项规划主要有排水(雨水)工程专项规划、排水(雨水)防涝综合规划与海绵城市建设专项规划。基于上述国家政策与规范标准的要求,大量城市在早期编制的排水工程专项规划与排水(雨水)防涝专项规划中,针对合流制区域,主要提出了“雨污分流改造”的总体规划要求。例如,车伍等<sup>[2]</sup>对16个城市编制的排水(雨水)防涝综合规划进行分析,其中有13个城市的规划中均提出了实施全面“合改分”,而对合流制溢流污染的控制则基本不涉及或涉及很少,远远达不到系统规划的要求。2016年3月,住建部发布《海绵城市专项规划编制暂行规定》,提出了海绵城市建设专项规划的编制要求,并要求同年10月底前提交规划草案。受限于编制时间以及当时对海绵城市建设内涵与范畴认识普遍不足等原因,大量城市当时编制的海绵城市专项规划主要围绕年径流总量控制率的目标确定与指标分解展开,针对合流制排水系统和溢流问题,多与现有规划内容进行衔接,或仅提出原则性的控制要求,完全不能指导工程设计和具体实施。近年来,上海等城市进一步开展新的专项规划,利用灰绿设施结合控制合流制溢流污染的探索。但总体上,大量城市依据现有城市相关专项规划的内容,难以系统指导合流制排水系统改造与溢流控制工作的长期开展。

近年来国家进一步加大对城市水环境污染治理力度,各城市推进合流制排水系统改造与溢流控制的需求更加迫切,主管部门应考虑组织各城市编制

针对城市合流制排水系统改造与溢流控制的专项规划,或对现有相关规划进行修编。考虑到城市合流制排水系统的改造与溢流控制的系统性强、实施周期长,且需要巨大的资金投入,对一些合流制区域范围占比高、系统复杂、问题突出的城市,应率先考虑编制专门针对城市合流制排水系统改造与溢流控制的长期规划与实施计划,慎重评估分析近远期目标,合理安排资金的投入与建设时序,并分阶段对相关工作进行及时的评估与修正。

该项规划直接决定了巨大的工程投入,且给城市管理和运转带来多方面影响,必须专项投入足够的精力,通过多方充分的协调论证,并匹配必要的规划时间,通过详实的踏勘和对系统真实、全面的综合分析,才有可能在规划中制定较为科学、合理的合流制改造和溢流控制策略及实施计划。美国旧金山、纽约等城市都经历几年的反复论证,才制定出指导未来10~20年合流制溢流控制的长期规划,且结合规划实施情况定期进行修编调整。对比当前国内一些城市,面对如此庞大复杂且投资巨大的系统工程,要求在几周或几个月较短的限定时间内即提出区域改造规划,难以编制出经得起实践和时间检验的好规划,甚至可能造成劣质的实施方案和大量工程投资的浪费。在水环境治理的紧迫背景下,亟待进一步明确该类规划的定位和编制要求,以推进相关规划立项和编制及实施等。

## 3 典型城市主要控制策略的选择与分类

我国城镇污水处理从20世纪80年代开始加快发展,在2000年底,全国平均污水处理率约为34%，“十五”期间提高到52%，“十一五”期间提高到77%，至2014年时已超过90%。在城镇污水处理设施快速建设、污水处理率快速提高的同时,大量城市长期存在“重厂轻网”“重建轻管”等多重问题,对排水管网系统的建设投入不足,未充分认识到其建设与管理的系统性与复杂性,包括学术领域的相关研究也多集中在污水处理厂与处理工艺上,缺乏对“厂-网”系统性研究的长期积累。在“十一五”末与“十二五”期间,新建城镇污水处理设施增速放缓,对城市排水系统存在的突出问题及其改造完善开始取得共识并受到更多重视,同时,城市内涝和黑臭问题的突显,也是促进排水系统改造完善的重要驱动因素之一。根据近年来的进展,可将当前我国典型城市合流制排水系统的改造与溢流控制的策略

选择分为如下几类。

### 3.1 长期推进“合改分”

江苏省是国内持续推进雨污分流改造的典型,无锡、南京等城市均在长期开展雨污分流改造的工作。其中,无锡市从1997年开始结合城市旧城改造推进雨污分流改造,至2008年底基本实现了污水主干管网的全覆盖,部分区域保留原合流制管道作为雨水管网<sup>[3]</sup>。随后于2010年修订《无锡市排水管理条例》,并发布《无锡市控源截污规范排水行为长效管理实施办法》(试行),开展“排水户全接管”的控源截污工程,完善源头管网收集系统,并对小区与建筑逐个排查改造;2016年又开展对已完成控源截污的片区进行复查工作,继续对存在的雨污混错接进行排查与整改。通过20多年的不懈努力,无锡市预计将于2020年基本完成改造。

与无锡相比,南京市合流制区域范围更大,全面改造面临的难度也更大。2010年左右,南京市全面启动了雨污分流改造。但由于对改造涉及的复杂现实条件与难度预估不足,进展缓慢,甚至一度停滞。2014年又提出老城区暂维持截流式合流制,主要在外围新城区完善雨污分流体制<sup>[4]</sup>。2017年修订《南京市排水条例》,纳入雨污分流改造要求,同年制定了《南京市雨污分流攻坚计划(2017—2019年)》,再次重启主城区的雨污分流改造,虽然历经反复,但总体上近10年来一直在持续开展雨污分流改造的相关工作。

### 3.2 明确放弃全面“合改分”

北京市在1991年与2004年编制的两版城市总体规划中均提出要对老城区进行雨污分流改造,但由于城区建设密度高,改造空间极为有限,且部分区域还有建筑遗产的特殊保护要求,北京市二环内老城区至今实现完全雨污分流改造的区域范围比例不足15%,其中还有部分区域仅完成了主干管网的改造,未对源头大量区域进行彻底改造,总体仍表现为雨污合流。2010年,北京排水集团与北京市城市规划设计研究院、北京建筑大学联合开展了“北京市中心城合流制排水系统改造规划研究”,首次从系统的角度提出了北京市合流制溢流控制的总体技术策略,以期转变传统以“合改分”为主的控制思路,打破困局。在北京市2016年编制的新版城市总体规划中,将“雨污分流改造”改为“采取低影响开发、雨污分流、截流和调蓄等综合措施改造老城排水系

统”。2019年北京市政府发布《北京市进一步加快推进城乡水环境治理工作三年行动方案(2019年7月—2022年6月)》,提出要进一步开展合流制溢流污染调蓄控制措施的规划研究,当前北京市正在开展利用大型管渠空间进行雨季调蓄的实践。针对北京老城区合流制片区的综合改造、溢流控制系统策略的选择与匹配、主要制约因素与系统组合及其技术经济的综合分析等,仍有待于进一步研究和规划落实。

昆明市2009年强力启动雨污分流改造,在实施过程中逐步认识到二环内老城区改造的难度和代价,难以实现全面改造,决定部分区域暂时保留合流制排水系统并控制溢流污染。昆明市在其“十三五”城乡排水发展规划(2016—2020)中,明确提出主城区部分区域将长时间维持合流制排水系统。其中,调蓄池建设是昆明市合流制溢流控制应用的重要技术措施,从2010年开始陆续建设完成了17座合流制溢流调蓄池。从现有调蓄池的运行情况来看,需要进一步完善合流制区域“截流—调蓄—处理”各系统间的衔接匹配和优化设计,以及对干管运行水位等影响因素的综合考虑。合理设计调蓄池规模与运行策略,是合流制溢流调蓄池在控制系统中能有效发挥作用的重要前提。

### 3.3 “合改分”与溢流控制策略之间的反复

广州市2009年发布《关于推行雨污分流改造的通告》,开始推进“合改分”,实施过程中同样受到了多重限制条件的影响,进度严重滞后。2013年广州市又组织编制了深隧工程建设规划,拟通过深层调蓄隧道综合提高区域的排水防涝与溢流污染控制能力,并开始试验段的工程建设,且通过论证分析,得出深隧建设与雨污分流相比其投入产出比更为合理。2019年广州市发布第4号总河长令,全市开展“排水单元达标”攻坚行动,又再次提出以雨污分流改造为总体目标,要求2024年力争90%以上区域完成改造。

广州市前期雨污分流停滞,拟改为以深隧工程建设为主,如今又重启全面雨污分流改造。在总结前期实施经验的基础上,需评估并明确雨污分流是否有条件全面实施。同时,雨污分流与深隧等合流制溢流控制工程在实施区域、控制目标等方面如何有效衔接,以及不同策略的实施难度、投资效益、能实现的控制效果等,也有待进一步深入分析。

此外,近年来国家加大了对城市黑臭水体与水污染治理的考核和督察力度,面对水环境达标的压力,部分城市考虑到区域整体改造的难度与综合影响,没有首先从排水系统完善的角度出发,而是将建设重点优先放在期望能快速见效的工程措施上,如调蓄池等局部节点设施建设,或新建截流干管、局部雨污分流等管网工程,但由于大量城市区域系统本身的完善程度较差,造成部分节点工程建成后并不能在系统中发挥应有的作用,也造成了不少城市在策略选择上的困惑与反复,有些形成骑虎难下和无所适从的困局,还带来了一系列其他的衍生问题,一些工程项目出现投资效益低下,甚至无效的情况。例如,“不完整的截流式合流制排水系统”“不彻底的雨污分流改造形成的排水系统”等城市混杂的排水系统,很多就是由于系统改造实施过程中的反复而形成的“半拉子”工程。

### 3.4 “灰绿结合”控制合流制溢流的探索

上海市在2020年4月公示的《上海市城镇雨水排水规划(2020—2035年)》中,明确提出保留老城区的合流制区域,并建设溢流控制设施,同时,针对分流制区域的雨污混接问题持续开展排查和整改。上海从2003年启动的苏州河整治二期工程中便开始建设合流制溢流调蓄池控制溢流污染,2017年又进一步开展了深层调蓄隧道试验段的建设,同时开展了建成区分流制地区雨污混接综合整治专项行动,如今提出了“绿、灰、蓝、管”并举的规划建设理念,在应对城市合流制排水系统问题上,上海市总体走在国内的前列。

近年来,在推进海绵城市建设的过程中,绿色雨水基础设施受到越来越多的重视和应用,针对合流制区域的溢流控制,“灰绿结合”的策略在国际上也已成为重要趋势。国内部分海绵城市试点城市在合流制区域的改造过程中,也对“灰绿结合”综合策略的实施开展了一定的探索。以笔者参与的安徽省池州市海绵城市试点建设为例,考虑到池州市汛期降雨频繁,且污水厂处理余量有限,若建设调蓄设施,能实现雨后回流至污水处理厂进行处理的量也较为有限,在此条件下,源头小区海绵改造可减少合流制管道的雨水入流,对区域合流制溢流控制具有重要作用。因此,最终采用了将部分2000年前后建设的建筑小区进行源头减排改造,新建截污干管与合流制溢流调蓄池加就地生态化处理的“灰绿结合”综

合策略,也是对有些难以实施源头改造的老城区海绵城市建设考核达标的补充,且将调蓄池建设与老城区老旧公园的有机更新相结合,发挥了综合效益。

### 3.5 总结

我国各城市总体从2000年以后,才开始逐渐重视对合流制排水系统的改造与溢流控制,大量城市甚至直至近年在海绵城市建设与黑臭水体治理等工作中,才开始推进。车伍、唐磊等在2012年便提出了城市合流制排水系统改造与溢流控制应从全局考虑,进行系统性决策<sup>[5-6]</sup>,但从上述各城市的策略选择与实施情况来看,大量城市仍普遍采取了较为单一的技术路线。

一定程度上来说,由于国家法规政策、规范标准等对各城市应对合流制及相关排水系统问题的系统指导性不足,且长期以来,对“合改分”有较为明确的政策导向,使部分城市在未对改造条件、预期效果与代价等进行系统分析的情况下,即提出了“合改分”的总体策略。城市合流制排水系统改造和溢流控制的策略选择与当地的排水系统完善程度、空间条件、基础设施建设管理水平、水文地质条件、地下水位等因素直接相关,不同城市应根据具体条件开展系统性评估以选择适宜的技术路径。

若实施某区域的“合改分”工程,需重点对市政以及地块内管网与建筑排水管全部排查改造的可行性和经济、社会代价进行评估;若选择增加系统调蓄能力,需综合评估截流干管与处理厂系统的现存条件、调蓄设施的种类和分布以及可实施的空间条件,评估调蓄设施回送水量对污水处理厂旱季冗余处理能力的要求,以及当地汛期降雨间隔与调蓄池排空时间的匹配要求,合理确定调蓄设施类型及规模;若增大系统截流能力,需考虑处理设施处理能力的匹配,包括是否需要提升污水处理设施的雨季处理能力,或调整污水处理厂的规模与运行工艺,或分散截流至其他污水处理设施;若增加源头减排设施,需基于源头控制与合流制溢流控制效果的响应关系,以及源头可实施的现场条件,统筹分析确定源头减排的控制目标与可实施的区域范围等。

## 4 城市“合改分”与合流制溢流控制决策

城市“合改分”与合流制溢流控制的科学决策需重点把握以下关键问题:

① 明确城市合流制及相关排水系统现状条件

## 与关键问题

在掌握区域排水系统规划设计情况的基础上,应尽可能通过详细的现场调查与分析,全面了解城市不同区域排水系统现状实际的子系统构成、运行效能与建设条件,明确现状不同类型排水系统的范围、各区域范围内的污水收集率与处理率、雨水排水标准、截流倍数、管道运行水位与淤积深度等关键指标,以及前期已开展相关控制工程的成效与仍面临的问题,综合分析并明确城市合流制及相关排水系统的现状条件、关键问题与瓶颈环节,是进一步进行决策分析的重要基础。

### ② 合理制定排水系统污染负荷削减目标

对城市合流制及相关排水系统的污染控制应以减少系统污染负荷外排为总体目标。城市受纳水体水质情况受到上游来水水质、水体流动性与补水循环等外界多重因素的影响,对于城市排水系统污染控制目标的设定,除考虑与水体水质标准的衔接关系外,首先应从排水系统本身的完善程度出发,分析不同子系统的完善与对应可实现的污染负荷削减量。借鉴德国、日本等发达国家经验,城市合流制及相关排水系统改造后的外排污染负荷,首先应实现不高于假定该区域改造为分流制并控制雨水径流污染后的外排污染负荷,可将其作为系统改造标准设定的重要参照。在确定系统外排污染负荷削减总体目标的基础上,进一步建立外排水量、水质控制与污染负荷削减之间的相互关系,进而合理确定系统溢流总量、频次、外排污染物浓度等具体控制指标。

### ③ 城市“合改分”与合流制溢流控制策略可实施性、效果与代价评估

“合改分”与合流制溢流控制工程需要首先对涉及的巨大工程量、地上与地下空间的协调、多方面的社会影响、巨额投资以及改造后可实现的污染负荷削减效果等进行综合分析,评估是否有条件、有必要实施全面的“合改分”,正在实施“合改分”的区域是否仍坚持全面实施,以及合流制溢流控制工程的可实施条件。

需要指出,从近年来各城市开展的合流制排水系统改造相关工程投资情况来看,由于涉及大范围排水系统基础设施的整体改造,以及调蓄池等大型设施的建设,还涉及拆迁等其他问题,通常投资较大,且实施周期长。例如,南京2010年开展“雨污分流改造”时拟投资180亿元;广州2013年深隧规划

拟投资250亿元;上海市2017年启动的深隧试验段建设投资22亿元,深隧工程总投资也上百亿元。由于涉及巨额的投资,需综合比较和分析不同技术策略的直接与间接建设成本,以及后续维护管理成本等,对不同方案进行技术经济分析评估,充分考虑政府或投资方长期的可承受支付能力,进行方案优选。

### ④ 合流制溢流控制的技术策略选择

针对保留合流制排水系统的城市区域以及分流制混接区域,溢流控制技术策略选择必须结合对涉及各子系统关系与内部掣肘环节进行综合分析。其中,截流、调蓄、处理各子系统间的匹配与技术路线选择是系统改造经常面临的核心难点之一。例如,部分城市地下水水位低,管网外水入渗量小,对日常运行水位的影响小,在污水处理厂有一定的旱季处理冗余量的情况下,有利于优先通过新建截污干管或调蓄设施等,提高系统的截流倍数,最大限度发挥污水厂的控制能力。相反,在地下水水位较高,管网入渗较为严重,容易形成合流制管网的日常高水位运行的地区,会很大程度上影响管网的截流能力与污水厂的处理能力,源头减排与分散处理设施的应用有可能会发挥更重要的作用。

在技术策略选择分析的基础上,针对具体技术措施形式的选择,需要进一步结合城市空间条件、投资等因素进行综合判断。在措施选择阶段,可能会因为空间条件不足、投资过高等原因调整措施的形式(比如灰色或绿色设施),压缩设施规模,进行总体策略的调整,技术策略的最终选择是结合技术与非技术多重因素综合分析的结果。

### ⑤ 控制策略的实施保障与优化调整机制

在国家法规政策、规范标准等进一步完善的基础上,城市也需落实、完善相应的管理规定与地方政策法规,编制地方规范标准,并具体开展相关专项规划的修编与新编工作,落实控制策略选择与涉及的空间需求和建设用地,制定具体的实施计划和资金安排,明确近远期目标与不同阶段的重点工作,并建立实施过程的适时评估与调整机制。

## 5 展望

城市合流制排水系统的改造与溢流控制已成为我国城市水环境综合治理中的重大课题,对我国城市未来水环境、水生态和水安全乃至城市的生活质量具有长远的影响。最近几年,业内取得了很大的进展,部分城市也进行了有益的探索和实践,但必须

看到,在许多城市,针对是否全面推行“合改分”、合流制溢流控制策略如何选择等方面仍面临诸多的困惑和挑战,在城市管理和专业领域的许多方面也暴露出短板与瓶颈。我国城市合流制排水系统的问题非常的独特和复杂,必须全面、客观、深入理解城市合流制排水系统特征,在清晰问题诊断的基础上,推进国家总体策略以及各城市控制策略的不断完善。统筹国家、城市以及专业领域的各方责任以及相互之间的衔接和配合关系,突破现阶段的桎梏与瓶颈环节,摒弃毕其功于一役的简单思维和简单、绝对化的方法,制定精明而持久的改造和控制策略并保留效果评估和及时调整的机会。

#### 参考文献:

- [1] 王春磊. 污染物总量控制制度实施中的若干问题研究[J]. 政治与法律, 2016(12):62-70.  
Wang Chunlei. Study on some issues of total pollutant emission control system[J]. Political Science and Law, 2016(12):62-70 (in Chinese).
- [2] 车伍,葛裕坤,唐磊,等. 我国城市排水(雨水)防涝综合规划剖析[J]. 中国给水排水, 2016, 32(10):15-21.  
Che Wu, Ge Yukun, Tang Lei, et al. Analysis of integrated plan for urban drainage (stormwater) and flood control[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(10):15-21 (in Chinese).
- [3] 赵磊,吴峰,李美,等. 关于控源截污工程长效管理的思考[J]. 中国给水排水, 2012, 28(12):21-23.  
Zhao Lei, Wu Feng, Li Mei, et al. Thoughts on long-term management of pollutant source control project[J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(12):21-23 (in Chinese).
- [4] 刘雪彤,于涛. 城市重大建设工程的决策与实施机制——以南京雨污分流工程为例[J]. 规划师, 2016, 32(4):50-54.  
Liu Xuetong, Yu Tao. Major construction project decision-making mechanism: Nanjing separate rainwater and sewage system project[J]. Planners, 2016, 32(4):50-54 (in Chinese).
- [5] 车伍,唐磊. 中国城市合流制改造及溢流污染控制策略研究[J]. 给水排水, 2012, 38(3):1-5.  
Che Wu, Tang Lei. Research on strategy of China combined sewer system retrofitting and combined sewer overflow control[J]. Water & Wastewater Engineering, 2012, 38(3):1-5 (in Chinese).
- [6] 唐磊,车伍,赵杨,等. 合流制溢流污染控制系统决策[J]. 给水排水, 2012, 38(7):28-34.  
Tang Lei, Che Wu, Zhao Yang, et al. Study on the systematic decision-making of combined sewer overflow pollution control[J]. Water & Wastewater Engineering, 2012, 38(7):28-34 (in Chinese).



作者简介:杨正(1990-),男,山东潍坊人,在读博士,北京雨人润科生态技术有限公司城市雨洪管理研究中心主要负责人,主要研究方向为城市雨洪管理。

E-mail: yangzheng203@163.com

收稿日期:2020-06-02