DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.260389

老旧小区合流制管网溢流污染削减措施

万　风,李思洁
(上海勘测设计研究院有限公司,上海市 200434)

摘　要: 针对老旧小区合流制管网雨季溢流污染严重、空间狭小及资金有限等突出问题,提出并比较了3种削减措施。采用合流制改分流制可从源头根治污染,预计COD等污染物年削减率达70%~90%,但成本高、工期长;建设小型调蓄设施可快速削减40%~60%的污染物,投资适中但对运维依赖强;优化现有截流系统,投资最低、施工最快,但污染物削减效果仅20%~40%。通过综合比较得出,分流制是长远方向,调蓄设施适合过渡,截流优化适用于应急或轻度污染小区。实际决策应结合小区条件选择单一或组合方案,并加强运维管理与海绵设施融合。

关键词: 老旧小区;合流制管网;溢流污染;削减措施
中图分类号: TU992　　**文献标志码:** B　　**文章编号:** 1009-7716(2026)11-0285-04

Measures to Reduce Overflow Pollution in Combined Sewer System of Old Residential Areas

WAN Feng, LI Sijie
(Shanghai Survey and Design Research Institute Co., Ltd., Shanghai 200434, China)

Abstract: Aiming at the prominent problems such as severe overflow pollution during the rainy season, limited space and restricted funds in the combined sewer system of old residential areas, three reducing measures are proposed and compared. Converting a combined sewer system to a separated system can eliminate pollution at the source, and it is estimated that the annual reduction rate of pollutants such as COD can reach 70% to 90%, but the cost is high and the construction period is long. Constructing small-scale regulating storage facilities can rapidly reduce pollutants by 40%-60% with moderate investment but strong dependence on operation and maintenance. Optimizing existing intercepting systems offers the lowest investment and fastest construction, yet the pollutant reduction effect is only 20%-40%. A comprehensive comparison indicates that the separated system represents the long-term solution, the regulating storage facilities are suitable for transitional measures, and the interception optimization is ideal for emergency or lightly polluted areas. Practical decision-making should select single or combined approaches based on community conditions, while enhancing operation and maintenance management and integrating sponge facilities.

Keywords: old residential areas; combined sewer system; overflow pollution; reduction measures

0　引　言

老旧小区作为城市发展的重要组成部分,其基础设施状况直接关系到居民的生活质量和城市的生态环境。在这些小区中,合流制管网系统由于建设年代早、设计标准低等原因,已难以适应现代城市的发展需求,溢流污染问题尤为突出。每逢雨季,大量包含生活污水、厨房废水、路面沉积物的混合污水因超出管网承载能力而发生溢流,直接排入周边水体或积聚在小区内,不仅导致水体黑臭,滋生细菌、蚊虫,还会散发难闻气味,严重影响居民的日常生活和身体健康,同时对城市水环境质量造成极大破坏。

目前,老旧小区合流制管网溢流污染的治理已成为城市环境治理的重要课题。如何结合老旧小区空间狭小、人口密集、资金有限等实际情况,选择经济可行且效果显著的削减措施,是亟待解决的问题。本文围绕这一核心问题,提出了合流制改分流制、建设小型调蓄设施、优化现有截流系统3种具体措施,深入分析各措施的实施方式、预期效果及可能存在的问题,并从经济成本和可行性等方面进行综合比较,旨在为老旧小区合流制管网溢流污染的治理提

收稿日期:2026-04-12
作者简介:万风(1987—),男,硕士,工程师,从事污水处理及市政排水管网设计工作。
通信作者:李思洁(1990—),男,本科,工程师,从事水环境治理、污水处理及市政排水管网设计工作。邮箱:291639984@qq.com

供科学、实用的参考依据，推动老旧小区人居环境的改善和城市生态的可持续发展。

1　背景简介

老旧小区作为城市发展的历史缩影，其排水系统多建于20世纪70—90年代，受当时技术水平与城市规划理念限制，普遍采用合流制排水模式。这类小区通常占地面积为2万～15万m^2，楼栋密集、人口密度大，人均公共空间不足，管网铺设空间极为有限。从气候条件看，多数老旧小区所在区域年平均降雨量为600～1 200 mm，雨季集中在6～8月，短历时强降雨频发，而合流制管网设计标准偏低（多按1～3年一遇暴雨设计），难以应对现代城市的降雨强度。

随着使用年限增长，管网老化问题愈发严重：混凝土管出现裂缝、接口渗漏，铸铁管锈蚀穿孔，部分管道淤积率超过30%，实际排水能力仅为设计值的50%～70%。在旱季，污水尚能勉强通过管网输送至污水处理厂；雨季来临时，雨水迅速汇入管网，混合污水量骤增，超过截流倍数的部分便从溢流口直接排放。据调研，典型老旧小区单次降雨可产生数十至数百立方米溢流污水，其中COD浓度可达200～500 mg/L，SS浓度100～300 mg/L，氨氮浓度20～50 mg/L，污染物总量占周边水体污染负荷的30%～50%。溢流污水不仅污染小区周边的内河、湖泊，还会在路面形成积水，导致地面积垢、异味弥漫，严重降低居民生活质量，成为制约老旧小区宜居性提升的关键瓶颈。

2　老旧小区合流制改分流制的可行性

2.1　方案介绍

合流制改分流制是通过重构排水管网体系，实现雨水与污水的彻底分离。具体而言，需在小区内重新规划2条独立管道系统：一是新建污水管网，沿楼栋外墙或道路边缘铺设，接入每户居民的厨房、卫生间排水口，将生活污水统一收集后接入城市市政污水干管；二是对现有合流制管道进行检测与修复，保留其作为雨水管网的功能，负责收集屋面、路面雨水，经雨水口汇入后直接排入城市雨水管网或周边水体。对于小区内的绿化带、空地，可增设雨水渗透设施，减少雨水直接进入管网的总量[1]。同时，需拆除原有合流制溢流口，封堵不必要的管道连接点，确保雨污路径完全独立。

2.2　预期效果和可能存在的问题

合流制改分流制可从源头根治溢流污染问题，预期效果显著[2]。改造后，雨水与污水彻底分离，旱季污水全部进入污水处理厂，雨季雨水不再混入污水系统，溢流口处将基本无混合污水排放，COD、SS、氨氮等污染物向周边水体的年排放量可削减80%以上，小区内涝风险也随之降低。同时，雨水管网独立运行后，可结合海绵城市理念设置下凹式绿地、透水铺装等设施，进一步削减径流峰值，改善小区微环境。然而，在老旧小区实施这一方案面临诸多现实挑战。首先是空间制约。小区楼间距窄、地下管线错综复杂（燃气、电力、通信等管线密布），新增一套污水管道往往需破路开挖，施工期间严重影响居民出行与生活，且部分狭窄巷道甚至无法满足2条管道并排敷设的最小间距要求。其次是改造成本高昂。工程费用涵盖管材购置、土方开挖、路面恢复、化粪池改造、住户立管接入等，单平方米改造成本可达200～400元，一个中等规模老旧小区总投资往往在数百万元以上，财政压力较大。再次是技术协调难题。老旧小区多为多产权、多住户，居民对入户接管、临时停水等改造工作的配合度不一；同时，雨水出口需对接市政雨水管网，而许多老旧小区周边市政雨水系统本就不完善，存在“小区改完了，雨水无处可排”的尴尬。此外，改造期间若管理不当，临时导排污水可能造成二次污染。因此，合流制改分流制更适合楼间距相对宽裕、居民共识较强、周边市政管网配套齐全的老旧小区，对于空间极度局促或资金匮乏的小区则需谨慎评估。

3　老旧小区建设小型调蓄设施的可行性分析

3.1　方案介绍

小型调蓄设施是在合流制管网关键节点设置临时储存溢流污水的构筑物，通过“错峰排放”减少雨季污染负荷。结合老旧小区空间特点，可采用地下埋置式调蓄池，容积通常为50～300 m^3，多设置在小区边缘、停车场下方或绿化带地下。设施采用模块化设计，由截流井、调蓄池、提升泵、控制系统组成。晴天时，截流井将全部污水导入市政污水管，调蓄池空置；雨天时，当合流管内流量超过截流倍数（通常设定为3倍旱流流量），多余污水通过溢流管进入调蓄池，直至池体充满；降雨结束后，控制系统启动提升泵，将池内污水按污水处理厂承受能力逐步抽回截流井，进入污水管网处理；调蓄池排空后，通过自

动冲洗系统清洁池壁，防止沉积物淤积。对于容积较小的调蓄池，可采用地埋式一体化设备，减少占地面积，缩短施工周期。

3.2　预期效果和可能存在的问题

建设小型调蓄设施可在不改变既有管网格局的前提下，显著削减溢流污染总量。预期效果方面，单次降雨过程中，调蓄池可拦截 60% ~ 80% 的溢流污水，COD、SS、氨氮等污染物去除率可达 50% ~ 70%，有效减少黑臭水体形成；同时，通过错峰排放，避免了短时间内大量混合污水冲击下游污水处理厂，为管网系统提供了缓冲空间。此外，调蓄池采用地埋式设计，地上部分可恢复为绿地或停车位，对小区景观影响较小，施工周期通常控制在 2 ~ 3 个月内，对居民生活干扰相对有限。然而，该方案在实际落地中仍存在诸多问题。选址受限，老旧小区地下空间紧张，调蓄池建设可能占用停车场、绿化带，引发居民对公共空间减少的担忧，部分小区因地质条件复杂（如地下水位高、存在流沙层），需额外增加防渗、支护措施，成本提高 20% ~ 30%[3-4]。此外，调蓄池运行需要电力驱动提升泵和控制系统，老旧小区原有配电容量可能不足，需增容改造；池底沉积物若清理不及时，容易发酵产生硫化氢等恶臭气体，引发居民投诉；后期运维需定期清淤、检修水泵，对物业管理水平提出更高要求，而许多老旧小区缺乏专业运维人员和稳定资金来源，可能导致设施闲置或失效[5]。因此，小型调蓄设施更适合空间略有富余、居民配合度较高、且有基本物业管理能力的老旧小区。

4　老旧小区优化现有截流系统的可行性分析

4.1　方案介绍

优化现有截流系统是在不改变合流制主体结构的前提下，通过技术改造提升截流效率，减少溢流污染。具体措施包括：一是提高截流倍数。将原有 1 倍截流倍数提升至 2 ~ 3 倍，通过更换大口径截流管（如将 DN300 截流管更换为 DN400）、增设加压泵等方式，增加旱流污水与初期雨水的截流量[6]；二是改造截流井。采用智能截流装置，通过液位传感器与电动闸门联动，根据降雨强度自动调节截流比例，初期雨水（污染浓度高）全量截流，后期雨水（污染浓度低）部分溢流；三是清淤修复管网。对小区内淤积严重的合流管进行机械清淤，修复破损接口，更换老化管段，恢复管网原有排水能力；四是建设预处理设施。在截流井前设置格栅、沉淀池，截留污水中的大颗粒杂质，减少对后续管网与污水处理厂的冲击[7]。

4.2　预期效果和可能存在的问题

预期效果方面，优化后的截流系统可使溢流污水量减少 30% ~ 50%，污染物总量削减 25% ~ 40%，在中小雨天气基本无明显溢流。截流倍数提升后，初期雨水（污染最严重的部分）得到有效收集，污水处理厂进水污染物浓度提高 5% ~ 10%，处理效率稳定性增强。管网清淤修复后，排水能力恢复 20% ~ 30%，小区内涝现象有所缓解，管道维护成本降低 15% ~ 20%[8]。与前 2 种措施相比，该方案投资少（通常为分流制的 1/5 ~ 1/3）、施工周期短（2 ~ 4 周），对居民生活影响小，尤其适合管网状况尚可、资金紧张的老旧小区。

可能存在的问题主要有：污染削减效果有限，受合流制本质限制，无法彻底消除溢流，大雨、暴雨时仍会有大量混合污水排放，长期来看难以满足日趋严格的环保标准；截流倍数提升后，污水处理厂雨天进水量增加 30% ~ 50%，若污水厂本身处理能力不足，可能导致处理不达标，反而加重尾水污染[9]；智能截流装置等设备需定期维护，传感器易受污水中杂质影响而失灵，电动闸门可能因腐蚀卡涩，需配备专业人员进行管理，对于缺乏物业管理的老旧小区，设备故障率较高；改造效果受原有管网条件制约，若小区管网老化严重（如多处渗漏、管径普遍偏小），单纯优化截流系统难以显著改善溢流问题，可能陷入“改造—效果有限—再改造”的恶性循环，长期经济性不佳。

5　不同污染削减措施的综合比较

5.1　经济成本和可行性比较

不同的老旧小区合流制管网溢流污染削减措施，在经济成本和可行性方面存在明显差异，具体比较如表 1 所示。

5.2　环境效益比较

从污染物削减效果看，合流制改分流制效果最为显著，对 COD、SS、氨氮等主要污染物的年削减率可达 70% ~ 90%，能从根本上解决溢流污染问题，且改善效果具有长期性和稳定性，同时还能提升小区排水系统的抗涝能力，为生态修复创造条件[10]。建设小型调蓄设施的污染物年削减率为 40% ~ 60%，对初期雨水污染的控制效果突出，但受调蓄容量限制，在强降雨时效果受限，长期运行中若维护不当，削减率可能降至 30% 以下[5]。优化现有截流系统的污染

表1　溢流污染削减措施环境效益对比表

项目	合流制改分流制	建设小型调蓄设施	优化现有截流系统
建设内容	新建污水管网、改造雨水管网、拆除溢流口	地下调蓄池、截流井、提升泵、控制系统	更换截流管、改造截流井、清淤修复、增设预处理设施
单位造价	200～400元/m^2（按小区占地面积计）	600～1 000元/m^3（按调蓄容积计）	50～80元/m^2（按小区占地面积计）
工期	3～6个月	1.5～3.0个月	2～4周
施工影响	需大面积开挖路面、中断交通，影响居民日常生活	局部开挖，对交通与居民生活影响较小	局部施工，主要在管网沿线与截流井周边，影响较小
年运行费用	5～10万元（管网维护、电费等）	1～3万元（设备维护、电费等）	1～2万元（清淤、设备维护等）
适用小区类型	资金充足、空间较大、对环境要求高的小区	资金中等、空间有限、需快速见效的小区	资金紧张、管网状况较好、污染问题较轻的小区

物年削减率为20%～40%，仅能在一定程度上缓解污染，无法彻底解决问题，且随着管网继续老化，效果可能逐年下降[11]。

从生态影响看，分流制改造过程中虽会暂时破坏小区绿化，但后期可结合雨水景观设计恢复生态功能；调蓄设施若选址合理，可与周边绿地结合，形成小型生态缓冲带；而截流系统优化对生态环境的直接影响较小，但因无法根治污染，周边水体的生态恢复进程相对缓慢[12]。

5.3　综合分析

综合比较3种措施的经济成本、环境效益与实施可行性，可以看出各有优劣，适用场景差异明显。合流制改分流制虽投资最高、施工难度最大，但能从源头上彻底根治溢流污染，环境效益最为持久，适合资金充裕、空间条件允许、对小区环境质量有长期提升要求的改造项目，尤其可作为城市更新中“完整社区”建设的配套工程；建设小型调蓄设施则在投资适中、施工快速、不改变管网格局之间取得了较好平衡，污染物削减效果明显且可控，适合空间局促但略有富余、需要短期内见到治理成效的老旧小区，但其长期效果高度依赖后期运维管理[13]；优化现有截流系统投资最低、实施最简便，对居民生活干扰最小，但污染削减效果有限，难以应对大雨及暴雨工况，更适合作为资金极度紧张或即将纳入拆迁改造范围的小区临时性过渡方案，或与其他措施（如源头雨水减排）联合使用。在实际工程决策中，建议结合小区具体条件（包括管网老化程度、可用地下空间、居民改造意愿、地方财政能力及环保考核要求）进行多目标权衡。对于多数老旧小区而言，单一措施往往难以达到理想效果，可考虑“优化截流系统+小型调蓄设施”的组合模式，以较低成本将污染物削减率提升至50%以上[14]；而在具备条件的老旧小区改造中，仍应优先推动雨污分流，以实现合流制管网溢流污染的最终解决。

6　结　语

老旧小区合流制管网溢流污染削减需结合小区实际条件，选择适宜的技术路径。合流制改分流制虽成本高、难度大，但能实现污染的长效控制，是未来发展的主要方向；小型调蓄设施可快速见效，适合作为过渡措施；优化现有截流系统则适用于应急改善或轻度污染小区。

建议如下：一是政府层面应加大对老旧小区排水改造的资金支持，将分流制改造纳入城市更新优先级项目，同时出台补贴政策，鼓励小区采用绿色建材与智能技术；二是建立“居民参与+专业机构评估”的决策机制，在方案选择前充分公示施工影响、成本分摊等信息，通过听证会、问卷调查等方式听取居民意见，平衡各方利益；三是加强后期运维管理，对于分流制小区，定期开展管网混接排查；对于调蓄设施，委托专业公司进行维护，确保设备正常运行[15]；四是结合海绵城市理念，在改造中融入雨水花园、透水铺装等设施，减少雨水径流总量，降低管网压力。通过多措并举，逐步解决老旧小区合流制管网溢流污染问题，提升居民生活品质，改善城市生态环境质量。

参考文献：

[1] 付孟雅，王凤仙．三河市燕郊合流制管网溢流污染控制研究[J]．给水排水，2023，59（增刊2）：364-369.

[2] 胡瑜．合流制排水系统雨天溢流污染控制及优化对策分析[J]．工程建设与设计，2022（14）：33-35.

[3] 张卫，赵树旗，卢兴超，等．华盛顿哥伦比亚特区合流制管网溢流污染治理及长效管控策略的工程经验分析[J]．净水技术，2022，41（3）：110-117.

[4] 史秀芳，卢亚静，潘兴瑶，等．合流制溢流污染控制技术、管理与政策研究进展[J]．给水排水，2020，56（增刊1）：740-747.

[5] 海永龙，郁达伟，刘志红，等．北运河上游合流制管网溢流污染特性研究[J]．环境科学学报，2020，40（8）：2785-2794.

[6] 姚瑶．基于故障情景的合流制管网溢流污染与CSO调蓄池优化研究[D]．西安：西安理工大学，2025.

（下转第303页）