

城市黑臭水体治理中给排水系统的作用与对策

张昱

武汉天创建设集团有限公司 湖北武汉 430050

DOI:10.12238/ems.v7i6.13813

[摘要] 近十年来,我国排水系统建设发展迅速,城市污水收集和处理水平大幅提升,区域水环境质量总体不断改善,但城市水体黑臭的问题依然很严峻。排水管网雨污混接、初期雨水未收集处理、排水管网日常维护不足等是城市水体污染的主要原因。因此,本文通过分析城市水环境恶化机理,揭示管网渗漏、雨污混流等传统排水模式对水体污染的放大效应,提出通过建立“截流-分流-净化”三级防控体系实现污染负荷削减。研究发现,优化管网布局、推进智慧化管理、建立多部门协同机制是提升系统效能的关键路径。

[关键词] 黑臭水体; 雨污分流; 管网优化; 协同治理

引言

随着城市化进程加快,大量生活污水与工业废水涌入河道,叠加老旧管网渗漏、混接等问题,导致城市水体自净能力丧失。传统末端治理模式难以应对复合型污染挑战,需从给排水系统这一关键环节切入,建立防-控-治全链条解决方案。当前,一些城市虽已开展排水设施改造,但仍存在技术标准不统一、管理手段滞后等问题。下面我们将系统探讨给排水系统在黑臭水体治理中的核心作用,提出具有可操作性的优化策略,为解决城市水环境顽疾提供新思路。

一、城市水环境恶化与排水系统关联性分析

城市水环境恶化与排水系统的规划、建设及运维水平直接相关。近年来,我国大部分城市水体频繁出现黑臭现象,其本质是污染物输入量长期超出水体自净能力的承载阈值。实地调查显示,黑臭水体的形成与排水系统的结构性缺陷密切相关,主要体现在以下三类问题及其叠加效应:

1. 污水收集能力不足导致直排污染: 一些老城区、城乡接合部仍存在管网覆盖空白区域,沿街餐饮、洗车等经营性场所的污水通过明沟或临时管道直接排入河道。此类污水中含有油脂、悬浮物和化学污染物,长期排放形成固定污染源,导致河道溶解氧骤降,底泥沉积物中有机物浓度超标。据统计,污水收集率低于70%的城市,入河污染物负荷可占水体总污染的40%以上。

2. 雨污混流加剧溢流污染冲击: 老城区普遍采用合流制排水系统,雨季雨水与污水混合后流量激增,远超污水处理厂处理能力。混合污水通过溢流口直排河道,其污染物浓度可达晴天污水的2-3倍。监测数据显示,暴雨期间混流区域河道的氨氮浓度可在4小时内上升3-5倍,且水质恢复周期长达10-15天。这种瞬时高强度污染直接破坏水体生态平衡,导致藻类爆发、鱼类死亡等现象。

3. 管网老化引发次生污染扩散: 超过服役年限的混凝土管道普遍存在裂缝、错位问题,导致污水渗漏污染周边土壤及地下水。同时,地下水通过破损点渗入污水管网,稀释污水浓度,致使污水处理厂进水COD(化学需氧量)浓度下降30%-40%。此类隐蔽性污染难以追溯,且修复成本高昂。研究表明,渗漏严重的管网区域,地下水氨氮超标率可达正常区域的6-8倍。

系统性叠加效应

三类问题相互交织形成恶性循环:

管网渗漏降低污水处理效率,增加治污成本;

雨污混流导致污染周期性爆发,水体自愈能力被压制;

收集盲区造成污水直排,河道长期承受面源污染。

这种复合型污染模式最终引发河道生态系统崩溃,表现为底泥黑臭、水生生物绝迹等不可逆损害。因此,城市水环境治理需从排水系统的根本性缺陷入手,通过提升管网覆盖率、推进雨污分流改造、实施管网修复工程等综合措施,系统性削减污染物输入量,恢复水体的动态平衡能力。

二、给排水系统的核心治理作用

(一) 截污控源的基础屏障

污水管网是拦截污染物的关键设施,其核心作用在于阻断生活污水、工业废水等污染源直接进入河道。老城区普遍存在管网缺失或破损问题,沿街商铺、居民区的生活污水常通过明沟或临时管道直排,导致河道污染物浓度超标。通过完善管网建设,将分散排污口接入市政污水系统,可实现污水全流程密闭输送,既消除直排现象,又避免运输过程中的渗漏污染。

截污控源需重点解决三类问题:

1. 管网覆盖盲区: 针对未接入市政管网的区域,新建污水管道联通排污点。部分区域还需建设截流井,防止雨污混合水溢流入河。

2. 管道破损修复: 借助管道检测技术定位裂纹、塌陷等缺陷,采用非开挖修复技术进行封堵。此类技术无需大面积破路,修复后管道过流能力可恢复95%以上。

3. 错接混接整改: 排查雨水管与污水管的错误连接点,重新铺设错接管段。某城市专项整治后,污水厂进水浓度提高40%,处理效能显著提升。

在实际运行中,污水收集率直接影响治理成效。当收集率低于70%时,大量污水仍会通过渗漏或溢流进入环境;提升至85%以上后,河道污染物浓度通常可下降60%-70%。当前推广的管网普查工程,通过建立电子档案、设置监测点位,实现了管网状态的动态跟踪与管理。

该技术路径的价值在于源头管控: 通过物理隔离手段,在污染物进入水体前完成拦截与转输。这不仅降低了末端治理压力,更从根本环节削减了黑臭水体的污染输入量。

(二) 雨污分流的枢纽功能

雨污混流带来的核心危害,在于降雨期间超出处理能力的混合污水直接排入河道,形成高强度污染冲击。实施雨污分流的核心价值,体现在对污染路径的系统性阻断与资源化调控。

分流工程通过构建独立的雨水、污水管网体系,实现三类关键作用:

1. 初期污染控制: 降雨初期冲刷路面形成的含油污、重金属的高浓度雨水,经分流管道导入污水处理设施,避免直接进入自然水体。有的区域在雨水管入口设置旋流沉砂装置,可截留60%以上的悬浮颗粒物。

2. 系统稳定性保障: 分流后污水管网流量减少30%-40%,显著降低管网满溢风险。雨季时污水处理厂进水浓度波动幅度由±50%收窄至±20%,生化处理单元运行效率提升明显。

3. 水资源再生潜力: 分流雨水经简单过滤消毒后,可直接用于道路冲洗、绿化灌溉等用途。某示范项目将20%的分流雨水回用于市政杂用,年节水达12万立方米。

实施过程中需重点把握三个技术环节:

一是空间适配设计。在地势较高区域设置植草沟、透水铺装等设施,促进雨水源头渗透;在低洼节点建设调蓄池,暴雨时暂存雨水峰值流量,待降雨结束后再缓慢释放处理。

二是智能分流控制。在雨污交汇处安装电动闸门,根据管网水位、降雨强度自动切换分流模式。监测表明,该措施可将误排污水量减少75%以上。

三是运维效能提升。采用管道机器人定期排查错接、渗漏点,仅2023年某市就修正了430处私接混接点,恢复分流系统设计功能。

实践表明,科学实施雨污分流可使入河污染物总量削减50%-70%,同时降低污水处理设施建设规模与能耗。这一技术路径既缓解了城市排水压力,也为黑臭水体治理提供了源头管控支点。

(三)生态补水的调节载体

再生水回用为黑臭水体治理提供了可持续的水源供给。通过将污水处理厂尾水进行深度净化处理后回补河道,可有效改善水体流动性差、自净能力不足等问题。该技术的核心在于科学调控补水水质与水量,需重点关注以下两个环节:

1. 水质长效达标控制:再生水作为生态补水时,需确保主要污染物指标稳定达到景观用水标准。处理工艺通常在二级生化处理基础上,增加过滤、消毒或人工湿地等深度净化单元,重点降低氮磷浓度及悬浮物含量。实际运行中需建立动态监测机制,防范因水质波动引发的二次污染风险。

2. 水文节律适配调控:补水流量需与自然水文特征相匹配。丰水期可减少补水量以避免冲刷底泥,枯水期则需加大补水频次维持水体流动。为提升生态效益,部分项目采用间歇性脉冲补水模式,模拟自然径流的涨落节奏。监测表明,当补水量占河道总流量的10%-15%时,可显著提高溶解氧浓度,激活水体微生物降解功能。

实践表明,科学的生态补水方案能产生多重治理效应。在实施水质调控与流量优化的区域,水体透明度普遍提升50%以上,沉水植物群落逐步恢复,底泥污染物释放速率降低30%-40%。

通过水质保障、水量适配的双重调控,生态补水技术正成为黑臭水体治理的关键支撑手段。未来需进一步优化补水系统的智能化调控能力,提升水环境改善的可持续性。

三、系统优化对策与实践路径

(一)管网提质增效工程

当前许多老旧城区的地下管道存在破裂、堵塞、错位等问题,导致污水外渗或地下水内渗。针对这一现状,建议分步骤实施管网修复:

首先可开展全面排查,使用管道闭路电视(CCTV)检测技术,如同给地下管网做体检,能清晰识别管壁裂缝、树根入侵等缺陷。对于直径30厘米以上的主干管,可采用紫外光固化修复技术——将浸渍树脂的软管送入破损管段,通过紫外线照射使其硬化成型,整个过程只需开挖少量工作井。这种技术修复的管道使用寿命可达20年以上,且施工期间不影响地面交通。

重点改造区域应聚焦两类管段:一是使用超过30年的混凝土管道,这类管道渗漏率普遍超过40%;二是餐饮集中区下方的管道,油污结块导致过水断面缩小50%以上的情况屡见不鲜。

(二)智慧化运维体系建立

传统排水系统管理依赖人工巡检与经验判断,难以应对管网渗漏、暴雨内涝等突发问题。构建智慧化运维体系,需突破“被动响应”模式,通过技术赋能实现精准监测、智能决策与高效处置。

1. 立体监测网络布设

在管网关键节点布设水位传感器、流量计等物联设备,形成“点一线一面”立体监测网络。重点监测区域包括:

(1)易涝点:在立交桥、隧道等低洼路段安装积水深度

探测器,实时反馈积水状态

(2)排污节点:河道排口上游设置水质在线监测仪,对氨氮、COD等指标动态追踪

(3)泵站前池:通过超声波液位计监控水位变化,预防泵站超负荷运行

例如,某城市在污水主干管每隔200米布置监测点,成功将管网渗漏定位精度提升至3米以内。

2. 数据融合与智能决策:搭建城市排水数字孪生平台,整合气象预报、管网运行、污水处理等多元数据。利用水力模型模拟暴雨情景下的管网负荷,预判溢流风险区域。当系统监测到某片区管网负荷率达85%时,自动联动调蓄池蓄水或启动应急泵站抽排。

3. 分级响应与闭环处置

建立“黄—橙—红”三级预警机制:

黄色预警:积水深度 ≤ 15 厘米,触发自动警示并派发巡检任务

橙色预警:积水深度15-30厘米,远程开启排水闸门并调度应急车辆

红色预警:积水深度 > 30 厘米,启动交通管制并启用地下调蓄空间。

通过上述体系,城市排水管理从“事后补救”转向“事前防控”,为黑臭水体治理提供长效保障。

(三)多部门协同治理机制

黑臭水体治理涉及住建、环保、水利等多个部门,建立高效协同机制至关重要。具体实施路径包括:

1. 统一标准体系:制定排水设施建设、验收、运维全流程技术规范,消除不同区域标准差异。明确雨水管渠设计重现期从2年一遇提高到3-5年一遇,增强防洪排涝能力。

2. 联合监管执法:对餐饮、汽修等重点行业实施排水许可管理,安装油水分离器预处理设施。环保部门定期抽查排水水质,对超标排放企业实施“红黄牌”警示制度。

3. 公众参与机制:开通排水设施问题举报平台,对准确反映管网破损、污水溢流等问题的市民给予奖励。某社区开展“民间河长”试点后,违规排污事件同比下降60%。

系统优化需要分阶段推进:近期着重补齐管网短板,中期构建数字化管理框架,远期实现全系统智能调控。这三个阶段层层递进,既要保证阶段性成果,又要为后续升级预留接口。例如在管网修复时预埋传感器线缆,为智慧化改造奠定基础。通过这种循序渐进的策略,可在控制成本的同时持续提升治理效能。

结论

城市黑臭水体治理需要将给排水系统作为核心载体进行系统性重构。通过实施管网提质、智慧升级、机制创新三位一体策略,可显著提升污染防治效能。未来应着重加强新技术应用与长效管理,推动城市水环境治理向精细化、可持续发展方向。

【参考文献】

[1]王键. 污水处理技术在市政给排水工程中的有效运用[J]. 工程技术研究, 2022, 7(24): 33-35.

[2]饶大鹏, 黄海燕. 强化市政给排水管道工程施工质量管理的措施探析[J]. 城市情报, 2021(2): 164-166.

[3]赵建强, 余健, 李柏林, 等. 源自养反硝化协同固定化微生物技术修复城市黑臭水体[J]. 环境污染与防治, 2024, 46(5): 631-637, 644.

[4]李炯坤. 城市黑臭水体治理与生态修复措施探讨[J]. 工程技术研究, 2024, 9(8): 164-166.

[5]周静. 城市黑臭水体治理新思路与新模式探究[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(4): 144-145, 148.