

城市排水管网雨天溢流污染就地处理技术思考

赵鸿茹

中持水务股份有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i7.2756

[摘要] 随着城市化进程的加快,城市排水管网雨天溢流污染问题日益凸显,成为影响城市水环境质量的重要因素。本文针对这一问题展开深入探讨,首先分析了城市排水管网雨天溢流污染的主要因素,进而阐述了就地处理技术的显著优势。最后,通过介绍多效澄清技术、生物吸附多效澄清技术、超磁分离/磁混凝沉淀技术以及MagBR-MBBR+气浮一体化工艺等真实案例与数据,展示了城市排水管网雨天溢流污染就地处理技术的实际应用效果。

[关键词] 城市排水管网; 雨天溢流污染; 就地处理技术

中图分类号: S276 文献标识码: A

Thoughts on On-site Treatment Technology for Overflow Pollution from Urban Drainage Networks during Rainy Days

Hongru Zhao

CSD Water Service Co., Ltd.

[Abstract] With the acceleration of urbanization, the problem of stormwater overflow pollution in urban drainage networks has become increasingly prominent, becoming an important factor affecting the quality of urban water environment. This paper conducts an in-depth discussion on this issue. Firstly, it analyzes the main factors of stormwater overflow pollution in urban drainage networks, and then elaborates on the significant advantages of on-site treatment technology. Finally, through the introduction of real cases and data such as multi-effect clarification technology, biological adsorption multi-effect clarification technology, super-magnetic separation/magnetic flocculation sedimentation technology, and MagBR-MBBR + air flotation integrated process, it demonstrates the practical application effects of on-site treatment technology for stormwater overflow pollution in urban drainage networks.

[Key words] Urban drainage network; Rainstorm overflow pollution; On-site treatment technology

引言

在城市化进程不断加速的今天,城市排水管网雨天溢流污染问题愈发严重,给城市水环境质量带来了极大的挑战。每逢雨季,大量雨水混入排水管网,导致管网超负荷运行,进而引发溢流现象。这些溢流中往往含有大量污染物,若未经有效处理直接排入水体,将对城市生态环境造成不可逆转的损害。因此,探索城市排水管网雨天溢流污染就地处理技术,成为当前城市水环境治理的迫切需求。本文旨在通过深入分析溢流污染的主要因素,阐述就地处理技术的优势,并结合实际案例与数据,展示该技术的实际应用效果,以为城市排水管网雨天溢流污染的治理提供有益参考。

1 城市排水管网雨天溢流污染因素

1.1 雨强度的突然增大

在雨季,尤其是遭遇短时强降雨天气时,雨水径流会迅速增加,超出城市排水管网的设计承载能力。这种雨强度的突然增大,

使得排水系统无法及时将雨水输送至处理设施,导致管网内水位急剧上升。当水位超过管网的设计溢流点时,未经处理的雨水和污水混合物便会通过溢流口直接排入周边水体,造成严重的溢流污染。此外,雨强度的突然变化还可能引发管网内的沉积物再悬浮,进一步加剧出水水质的恶化。

1.2 城市地表的不透水性增加

随着城市化进程的加速,城市地表的不透水性面积显著增加。大量的硬质铺装如混凝土、沥青等替代了原有的自然土壤和植被,导致雨水无法有效下渗。这种地表性质的改变使得雨水径流形成时间缩短,径流量大幅增加。在降雨过程中,更多的雨水迅速汇聚到排水管网中,进一步加重了管网的排水负担。同时,不透水地表还减少了地下水的补给,破坏了自然的水循环平衡,使得城市在面对降雨时更加脆弱,也加剧了雨天溢流污染的发生频率和严重程度。

1.3 排水管网系统本身的老化、破损以及设计不合理

排水管网系统作为城市基础设施的重要组成部分,其老化、破损以及设计不合理问题日益凸显。老化的管道因材质腐蚀、结构强度下降,容易出现渗漏、破裂等现象,导致污水外泄,污染周边环境。破损的管道则可能因外力作用(如施工、地质变动)或内部压力变化而断裂,严重影响排水功能。此外,设计不合理的管网系统,如管径过小、坡度不当、布局混乱等,都会降低排水效率,增加溢流风险。这些问题不仅加剧了雨天溢流污染,还对城市水环境安全构成了长期威胁^[1]。

具体而言,一些早期建设的排水管网,由于当时技术条件和经济水平的限制,选用的管材质量较差,经过多年使用后,管道内壁结垢严重,过水断面减小,影响了排水能力。而且,部分管网在长期运行过程中,缺乏必要的维护和检修,导致管道连接处松动、密封不严,进一步加剧了渗漏问题。在设计方面,一些城市在规划排水管网时,没有充分考虑到城市未来的发展需求,管径设计偏小,无法满足暴雨期间的排水要求。同时,管网布局不合理,部分区域排水管道过长、转弯过多,增加了水流阻力,降低了排水速度,使得雨水在管网内积聚,容易引发溢流。这些老化、破损以及设计不合理的排水管网系统问题,已经成为制约城市排水功能提升和雨天溢流污染控制的关键因素。

2 就地处理技术的优势

城市排水管网雨天溢流污染问题日益凸显,传统排水系统在应对极端天气时往往力不从心,导致大量未经处理的污水直接排入自然水体,造成严重的水质污染和生态破坏。在此背景下,就地处理技术以其独特的优势,成为解决雨天溢流污染问题的有效途径。

2.1 避免长距离输送中可能发生的二次污染

通过就地处理技术,污水无需经过漫长的管道输送至远处的污水处理厂,从而有效避免了在输送过程中因管道渗漏、事故排放或处理设施故障等原因造成的二次污染。这种处理方式能够确保污水在产生源头附近得到及时处理,大大降低了对周边水体的污染风险,保护了城市水环境的生态安全。就地处理技术通过在污水产生点附近设置处理设施,不仅缩短了污水输送距离,还减少了输送过程中的能量损耗和潜在的环境风险。同时,由于处理过程更加紧凑和高效,该技术能够更快地响应污水水质的变化,及时调整处理工艺,确保出水水质的稳定性和可靠性。此外,就地处理技术还有助于缓解城市排水管网的输送压力,减轻污水处理厂的负荷,提高整个城市排水系统的运行效率和安全性^[2]。

2.2 有助于维护城市水生态系统的平衡

就地处理技术通过减少污水直接排入自然水体的量,有效降低了对河流、湖泊等水域生态系统的冲击。这种处理方式能够有效避免污水中的有害物质对水生生物造成毒害,保护生物多样性。同时,处理后的水质改善有助于恢复水体的自净能力,促进水生态系统的良性循环。此外,该技术还能减少因污水溢流导致的地下水污染风险,保障城市饮用水的安全,从而维护整个城市

水生态系统的健康与稳定。通过实施就地处理技术,周边水域的生态环境得到了显著改善,水生植物的生长更加茂盛,为鱼类和其他水生生物提供了更丰富的栖息地和食物来源。这种生态环境的改善不仅提升了城市水体的景观价值,还增强了城市居民对水环境的满意度和幸福感。同时,就地处理技术还有助于减少因水体污染引发的公共卫生问题,如皮肤病、肠道疾病等,进一步保障了城市居民的身体健康。

2.3 促进了城市排水管理的智能化和精细化进展

随着物联网、大数据等先进技术的应用,就地处理设施可以实现远程监控、自动调节和智能优化,大大提高了处理效率和运行稳定性。例如,通过安装传感器和数据分析系统,可以实时监测溢流污水的流量、水质等参数,并根据这些信息自动调整处理工艺的运行参数,确保处理效果的持续优化。这种智能化管理方式,不仅降低了人工操作的成本和风险,还为城市排水管理提供了更加科学、精准的决策依据。同时,借助大数据分析技术,能够对历史运行数据进行深度挖掘,发现处理过程中的潜在问题和规律,提前进行设备维护和工艺优化,避免因突发故障导致的处理中断或效果下降。而且,智能化的管理系统可以实现多站点、多区域的集中监控和统一调度,让城市排水管理从传统的分散式、经验式管理向集约化、智能化管理转变,进一步提升了城市排水管理的精细化水平^[3]。

3 城市排水管网雨天溢流污染就地处理技术应用

3.1 多效澄清技术

多效澄清技术是城市排水管网雨天溢流污染就地处理中的一项关键技术。该技术通过多级处理单元的组合,实现了对溢流污水中悬浮物、有机物及部分溶解性污染物的有效去除。在实际应用中,多效澄清系统通常包括预处理、一级澄清、二级澄清及深度处理等多个环节,每个环节都针对特定的污染物进行精准去除。例如,预处理环节通过格栅、沉砂等物理方法去除大颗粒杂质;一级澄清则利用化学混凝和沉淀作用,进一步去除悬浮物和胶体物质;二级澄清则通过生物处理或高级氧化技术,降解污水中的有机物和氮磷等营养盐;深度处理环节则采用过滤、消毒等措施,确保出水水质达到排放标准或回用要求。多效澄清技术的应用,不仅提高了溢流污水的处理效率,还显著降低了处理成本,为城市排水管网雨天溢流污染的控制提供了有力支持。例如,在泵站雨水处理项目,处理规模为5000m³/d,该技术利用装备化、集约化、模块化的特点,适应了老旧泵站空间狭窄的情况,出水SS稳定小于10mg/L,总磷小于0.3mg/L。

3.2 生物吸附多效澄清技术

生物吸附多效澄清技术是在传统多效澄清技术基础上发展而来的一种创新型污水处理技术。它结合了生物吸附作用与多级澄清工艺,通过生物载体表面吸附和微生物降解的协同效应,有效去除污水中的有机物、氮磷等污染物。该技术采用特殊设计的生物吸附填料,不仅增大了微生物附着面积,还提高了系统对污染物的捕获能力。在实际工程应用中,该技术展现出处理效率高、抗冲击负荷能力强、运行稳定等优点,特别适用于城市排

水管网雨天溢流污染的快速处理。例如,河南息县污水处理厂处理能力为25000m³/d,经改造后,雨季处理能力可增加至50000m³/d^[4]。该项目采用BioSandS生物吸附多效澄清技术,不仅实现了对BOD的去除率达到85%以上,SS、COD、TP的去除效果也较一级强化有了明显改善,为雨季下游断面达标提供了坚实的基础。此外,该技术还具备占地面积小、建设周期短、运行成本低等显著优势。其模块化设计使得系统可以根据实际处理需求进行灵活组合和扩展,进一步提升了技术的适用性和经济性。在河南息县污水处理厂的成功应用中,该技术还通过优化生物载体结构和微生物群落结构,提高了系统对低温、高负荷等不利条件的适应能力,确保了雨季期间污水处理的稳定性和可靠性。同时,该技术产生的污泥量较少,且污泥性质稳定,易于后续处理和资源化利用,有效降低了二次污染的风险。

3.3 超磁分离/磁混凝沉淀技术

超磁分离/磁混凝沉淀技术是一种高效的水处理技术,它结合了磁分离和混凝沉淀的优点。该技术通过向污水中投加磁种和混凝剂,使污染物形成磁性絮体,随后利用磁力作用快速分离絮体,从而实现污水的净化。这一技术具有处理效率高、占地面积小、泥水分离效果好等显著特点。在实际应用中,超磁分离/磁混凝沉淀技术能够快速去除污水中的悬浮物、有机物和磷等污染物,有效改善水质。同时,该技术还具有操作简便、运行稳定、易于自动化控制等优势,为污水处理提供了一种高效、可靠的解决方案。如中建环能的超磁分离技术能在4~6min的停留时间内有效去除水体悬浮物、藻类和磷等。合肥市瑶海区南淝河初期雨水截流调蓄项目采用该技术,占地面积约45亩,服务面积22.6平方公里,生化处理设计规模15000立方米/天,每年可实现COD减排48.2吨,氨氮减排14.7吨,总磷减排1.02吨。

3.4 MagBR-MBBR+气浮一体化工艺

MagBR-MBBR+气浮一体化工艺是将膜生物反应器(MBR)、移动床生物膜反应器(MBBR)以及气浮技术有机结合的一种创新工艺。该工艺中,MBBR部分通过在反应器内设置悬浮填料,为微生物提供附着生长的载体,增加了生物量,提高了对污染物的降解能力;MBR部分则利用膜的高效分离作用,实现泥水分离,保证了

出水水质的稳定和优良。而气浮技术能够有效去除水中的悬浮物、油脂等,进一步净化水质。这种一体化工艺具有处理效率高、出水水质好、占地面积相对较小等优点,能够适应不同规模和类型的污水处理需求,在工业废水处理、城市污水处理等领域有着广阔的应用前景。例如,在南京市雨花台区南河丁树涵和油脂涵水质净化站项目采用此工艺,该水质净化站为“花园式”全地下水净化站,位于地下负一层,水质净化空间最高4.1m,最低3.4m,比常规水质净化空间高度减小一半以上,出水达到地表V类水标准^[5]。

4 结束语

综上所述,城市排水管网雨天溢流污染问题不容忽视,而就地进行处理作为一种有效的解决方案,展现出了其独特的优势和应用潜力。通过避免长距离输送中的二次污染、维护城市水生态系统的平衡以及促进城市排水管理的智能化和精细化,就地处理技术为城市排水管网雨天溢流污染的控制提供了新的思路和方法。未来,随着技术的不断进步和应用经验的积累,相信就地处理技术将在城市排水管理中发挥更加重要的作用。

参考文献

- [1]谢恬颖,胡晓昕.上海市中心城区雨天溢流事件初期效应探究[J].城市道桥与防洪,2025,(02):137-140.
- [2]陈黄隽,李一平,周玉璇,等.分流制系统雨水管网混接雨天溢流污染特征研究[J].中国给水排水,2023,39(19):116-124.
- [3]祝超逸,李怀正.河道护坡湿地类型对雨天溢流污染物去除特性[J].净水技术,2023,42(05):122-130.
- [4]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.
- [5]陈冬育.合流制排水系统雨天溢流污染控制及优化探究[J].科技创新与应用,2019,(17):115-116.

作者简介:

赵鸿茹(1991--),女,汉族,江西九江人,硕士研究生,中级环保工程师,研究方向:溢流污染控制,初期雨水治理,水环境治理与污染防控。