

市政道路桥梁污水处理工艺及其回用技术分析

黄涛

362526*****1233

摘要: 市政道路桥梁建设与运营过程中产生的污水,具有成分复杂、悬浮物含量高、含油及重金属污染物等特点,若未经妥善处理直接排放,将对周边水环境与土壤造成严重污染。本文系统分析了市政道路桥梁污水的来源与特性,重点探讨了适用于该类污水的处理工艺,包括物理沉淀、隔油、混凝气浮、生物处理及深度处理技术。同时,结合水资源可持续利用的需求,对处理后的污水回用于道路清扫、绿化浇灌、施工用水及景观补水等领域的可行性与技术路径进行了阐述。研究表明,通过组合工艺实现污水的达标处理与安全回用,不仅能够缓解城市用水压力,还可降低环境污染,促进市政基础设施的绿色循环发展。

关键词: 市政道路桥梁; 污水处理; 回用技术; 混凝沉淀; 资源化; 可持续水管理

DOI: 10.69979/3060-8767.26.04.062

引言

随着我国城市化进程加快,市政道路桥梁等基础设施建设规模扩大,施工及运营期污水问题凸显。道路桥梁污水源于施工场地排水、路面雨水径流等,含大量悬浮固体、石油类物质等污染物。若直接排放,易导致水体富营养化、土壤污染,影响饮用水安全。近年来,随着生态文明与“海绵城市”理念推进,市政污水治理与资源化利用成城市可持续发展重要课题。传统污水处理侧重集中式生活污水厂处理,对道路桥梁分散、波动性强的污水关注不足。因此,探索适用于道路桥梁的高效经济污水处理工艺,推动处理出水高品质回用,对节约水资源、降低环境负荷、实现基础设施绿色转型意义重大。

1 市政道路桥梁污水的来源与水质特征

市政道路桥梁污水按其产生阶段可分为施工期污水和运营期污水两大类。施工期污水主要来自基坑排水、混凝土养护废水、机械设备冲洗水及施工人员生活污水等,其特点是悬浮物浓度极高,常伴有水泥浆、砂粒等建筑材料残留,pH值偏碱性,并可能含有微量油脂。运营期污水则以路面径流为主,尤其在降雨初期,雨水冲刷路面与桥面,携带积聚的灰尘、轮胎磨损颗粒、车辆漏油、重金属、冬季融雪剂及大气沉降污染物等,形成污染负荷较高的初期雨水。此外,服务区、收费站等附属设施也会产生一定量的生活污水与洗车废水。

这类污水的水质特征主要表现为:悬浮物(SS)含量高,通常可达数百至上千毫克/升;石油类物质因车辆

行驶而普遍存在;重金属虽浓度不高但具有累积性生态风险;溶解性固体特别是氯离子在冬季使用融雪剂后显著升高;水质与水量波动大,受天气、交通量等因素影响显著^[1]。这些特征决定了其处理工艺需具备较强的抗冲击负荷能力,并能针对性地去除多种污染物。

2 污水处理主要工艺技术分析

2.1 物理处理技术

物理处理是道路桥梁污水处理的前端核心环节,主要用于去除污水中的悬浮固体与部分油脂。这种处理方法在实际应用中具有重要的基础作用,因为悬浮物和油脂的存在不仅会影响后续处理工艺的效果,还可能导致管道堵塞或设备损坏。沉淀技术是最常见的方法之一,通过重力沉降原理,将污水中的大部分砂粒与较重悬浮物分离出来,从而实现初步净化。平流式沉淀池因其结构简单、运行稳定,在施工工地得到广泛应用;而旋流沉淀池则以其高效的除砂能力受到青睐,尤其适用于含砂量较高的工业废水处理场景。隔油处理则专门针对含油污水,利用油水密度差异实现分离,常用设备包括传统隔油池和现代化的斜板隔油装置,这些设施对浮油的去除效果显著,能够有效减少油脂对环境的污染。此外,过滤技术(如石英砂过滤、滤网过滤)可作为后续精细处理手段,进一步降低出水中的悬浮物浓度,为水质达标提供保障。总体而言,物理法具有操作简单、运行费用低的优点,但其局限性也较为明显——对于溶解性污染物的去除效果有限,因此通常需要与其他处理技术联合使用。

2.2 化学处理技术

化学处理主要用于去除污水中难以通过物理方法分离的胶体物质、部分重金属及磷酸盐等。这类污染物往往颗粒细小、稳定性强,仅靠物理沉降无法完全去除,因此需要借助化学反应来改变其性质,使其易于分离。混凝沉淀是关键技术之一,通过向污水中投加铝盐、铁盐等混凝剂,使原本细小的悬浮颗粒与胶体聚集成较大絮体后沉降下来,这一过程不仅可以有效降低浊度,还能去除部分重金属离子,从而改善水质。气浮工艺,尤其是加压溶气气浮,在除油与去除轻质悬浮物方面表现优异。该技术通过向水中注入微小气泡,使气泡附着在污染物表面并带动其上浮至液面,随后进行刮除分离。这种方法特别适用于含油量较高的洗车废水或其他类似工业废水的处理^[2]。对于某些特殊污染物,例如高浓度氯离子或难降解有机物,可以考虑采用电化学处理或膜分离技术,尽管这些技术的成本较高,但它们能够在特定情况下提供卓越的处理效果,因此常被用于有严格回用水质要求的场景。

2.3 生物处理技术

对于含有可生物降解有机物的污水(如服务区生活污水),生物处理是一种经济且高效的解决方案。生物处理的基本原理是利用微生物的新陈代谢活动分解污水中的有机污染物,将其转化为无害的二氧化碳、水以及其他副产物。生物膜法,如生物滤池、移动床生物膜反应器(MBBR),因其抗冲击负荷能力强、占地面积相对较小的特点,成为许多道路附属设施的理想选择。特别是在污水量波动较大的情况下,这类系统能够保持稳定的处理效果,避免因流量变化导致的水质恶化问题。人工湿地作为一种生态处理技术,在土地条件允许且处理规模不大的情况下,也可以发挥重要作用。它通过植物、微生物与基质之间的协同作用净化污水,不仅能够有效去除污染物,还能营造良好的景观效果,尤其适合处理路面径流。然而,人工湿地对冬季低温及高盐污水的适应性仍需进一步研究和优化,以确保其全年运行的可靠性。

2.4 深度处理与消毒技术

当处理出水需要回用时,往往需要进行深度处理以满足特定的水质标准。这是因为常规的物理、化学和生物处理虽然能够大幅削减污染物,但仍可能存在微量悬

浮物、色度以及部分有机物残留的问题,这些问题可能影响回用水的安全性和适用性。过滤技术在这一阶段发挥了重要作用,它能够进一步去除上述残留物质,提高出水的清澈度和纯净度。膜处理技术,包括微滤、超滤及反渗透,更是现代深度处理领域的明星技术。这些技术通过不同孔径的膜材料高效截留细菌、病毒及溶解性盐类,从而产出高品质的回用水。不过,膜处理技术的投资与运行维护成本较高,因此在实际应用中需要综合考虑经济效益与水质需求之间的平衡。消毒是保障回用水卫生安全的关键步骤,常用的消毒方法包括氯消毒、紫外线消毒和臭氧消毒。其中,氯消毒因其成本低廉、操作简便而广泛应用于各类水处理工程;紫外线消毒则凭借其快速杀菌、无化学残留的优势逐渐受到关注;臭氧消毒虽然效果显著,但由于设备复杂、能耗较高,一般仅在特殊场合使用^[3]。

3 处理出水回用途与技术考量

3.1 回用于市政杂用水

经过达标处理后的出水,尤其是那些各项指标都能够满足《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920)标准要求的出水,其用途十分广泛,可以被应用于道路清扫与降尘工作之中,能够有效地清除道路上的灰尘和杂质,保持道路的清洁;还可以用于绿化浇灌,为城市中的绿色植物提供必要的水分滋养,保证城市的绿化效果;此外,车辆冲洗也是其重要的用途之一,可以清洗掉车辆表面的污垢,使车辆保持干净整洁。这些市政杂用水的途径有着巨大的用水需求量,并且这种需求是非常稳定和持续的,所以完全可以有效地替代自来水,从而节约宝贵的淡水资源。然而,在实现这一目标的过程中,技术方面存在一些关键点需要重点关注。首先,必须确保出水中的悬浮物含量以及病原微生物指标能够长期稳定地达到相关标准要求。这是因为如果悬浮物含量过高,可能会导致喷洒设备出现堵塞的情况,影响正常的使用功能;而病原微生物指标不达标则可能引发一系列公共卫生问题,对人们的健康造成潜在威胁。另外,对于绿化浇灌这一具体用途来说,还需要特别关注出水中盐分的含量,因为这些盐分可能会对植物的正常生长产生一定的潜在影响,例如影响植物对水分和养分的吸收,甚至可能导致植物出现生理干旱等问题。

3.2 回用于施工与生态补水

在道路桥梁施工阶段,经过适当处理后的污水可以被回收利用于多个方面。一方面,它可以用于土方作业过程中的抑尘工作,通过喷洒处理后的污水来抑制施工现场产生的大量灰尘,改善施工环境;另一方面,它也可以用于混凝土养护环节,在混凝土成型后的一段时间内,保持混凝土表面的湿润状态,以确保混凝土的质量和性能得到充分的发展;此外,施工设备的冲洗也是其重要的用途之一,可以清洗掉设备表面的泥土、油污等杂质,延长设备的使用寿命。但是,当将处理后的污水用于混凝土养护时,需要严格控制出水中氯离子的含量,因为氯离子含量过高会对混凝土中的钢筋产生腐蚀作用,进而影响整个混凝土结构的安全性和耐久性。与此同时,处理后的出水还可以作为景观水体或者城市河道的生态补水来源。不过,这要求出水具有更低的氮磷营养物含量,因为如果氮磷营养物含量过高,就容易导致水体出现富营养化现象,如藻类过度繁殖、水质恶化等问题,严重影响水体的生态环境和美观度^[4]。

3.3 回用系统构建与水质安全保障

要想建立一个安全可靠的回用系统,需要从多个方面入手进行建设和完善。首先,分质供水管网是必不可少的基础设施之一,它可以根据不同用途对水质的不同要求,将处理后的出水输送到相应的用水点,实现水资源的合理分配和高效利用。其次,储水设施也是回用系统的重要组成部分,它们可以在用水低谷期储存多余的出水,在用水高峰期补充供水,起到调节水量的作用,保证回用水供应的连续性和稳定性。此外,实时水质监测系统更是保障回用水水质安全的关键所在。建议在回用系统中设置在线监测仪表,对浊度、余氯、pH等关键指标进行连续监控,以便及时发现水质异常情况并采取相应的措施。同时,为了确保回用系统的长期安全运行,还需要制定完善的管理制度与应急预案。管理制度应明确各环节的责任主体,规定各个岗位的职责和权限,规范操作流程和维护保养要求等内容,使整个回用系统的运行有章可循、有据可依。应急预案则是在发生突发事件或紧急情况时,能够迅速启动应急响应机制,采取有效的应对措施,最大限度地减少损失和影响。

4 技术挑战与发展趋势

尽管道路桥梁污水处理与回用技术取得了一定进

展,但仍面临一些挑战:其一,水质水量波动剧烈,对处理工艺的稳定性与适应性要求高;其二,冬季低温与融雪剂带来的高盐污水影响传统生物处理与植物净化效果;其三,初期雨水收集与处理设施占地面积大,在城区建设受限;其四,部分深度处理技术成本较高,制约其大规模应用^[5]。

未来发展趋势将侧重于:开发高效、紧凑、模块化的一体化处理设备,以适应分散式处理需求;研发耐低温、抗盐分的高效菌种或人工湿地植物品种;推广源头控制与低影响开发(LID)理念,通过透水铺装、生态植草沟等措施削减径流污染;结合物联网与智能控制技术,实现处理系统的精细化运行与智慧管理;加强政策引导与经济激励,推动污水处理回用的市场化运作。

5 结语

市政道路桥梁污水的有效处理与安全回用,是城市水环境治理与水资源循环利用体系中的重要组成部分。面对其成分复杂、波动性强的特征,需根据具体来源与回用目标,科学选择以物理沉淀、化学混凝为核心,并结合生物处理与深度净化的组合工艺路线。通过技术优化与系统集成,完全能够实现该类污水的达标处理,并将其安全回用于市政杂用、绿化灌溉、生态补水等多个领域,从而显著节约优质水资源,减轻环境纳污负荷。未来,应继续加强针对性的技术研发与集成创新,完善标准规范与管理体系,推动道路桥梁污水处理回用技术的标准化、智能化发展,为构建绿色、低碳、可持续的市政基础设施提供坚实的水务支撑。

参考文献

- [1]李旭刚. 城市旧区市政道路排水改造策略研究[J]. 中国房地产业,2025,(34):82-85.
- [2]朱正南. 水阳江流域典型城市污水提质增效系统方案研究[J]. 工程与建设,2025,39(04):781-784+871.
- [3]蔚馨宇. 提升市政道路给排水工程施工质量的技术措施[J]. 建材发展导向,2025,23(14):7-9.
- [4]姜一丹. 市政道路排水管道系统效能评估及改进措施[J]. 大众标准化,2025,(13):124-126.
- [5]黄伟铭. 市政道路污水管道施工中预防渗漏施工工艺研究[J]. 散装水泥,2024,(06):47-49+52.