

市政给排水设施中污水处理与再利用的研究

黄武

上饶市广丰区市政工程公司, 江西上饶, 334600;

摘要: 城市化进程加快使市政给排水设施污水处理压力剧增, 水资源短缺与污水排放污染的矛盾凸显。污水处理与再利用成为缓解水资源紧张、改善生态环境的重要方式。本文聚焦市政给排水设施中的污水处理与再利用, 梳理设施运行现状与不足, 分析主流污水处理技术适配性及再利用途径, 探讨推广中的关键问题, 提出优化策略, 为提升污水处理效率与水资源循环利用水平提供参考, 助力城市水资源可持续发展。

关键词: 市政给排水设施; 污水处理; 水资源再利用; 污水处理技术

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 12. 085

引言

城市人口增长与工业发展, 让市政污水排放量大幅上升, 传统给排水设施的污水处理能力和效率逐渐无法满足需求。大量未有效处理的污水直接排放, 污染土壤与水源, 加剧水资源短缺。同时, 城市绿化、工业冷却、市政杂用等领域对非饮用水需求增加, 为污水处理再利用提供空间。但市政给排水设施在污水处理技术应用、再利用系统建设、运营管理等方面存在短板, 制约规模化推进。因此, 深入研究市政给排水设施中污水处理与再利用, 对优化城市水资源配置、减少污染、推动绿色发展意义重大。

1 市政给排水设施中污水处理与再利用的现状

1.1 污水处理能力与覆盖范围现状

当前, 多数城市的市政给排水设施在污水处理能力上呈现区域不均衡的特点。部分中心城区的污水处理厂建设较早, 经过多次扩建与改造, 处理能力基本能匹配区域污水排放量, 且处理工艺相对成熟。但在城市新区、郊区及县域地区, 污水处理设施建设进度滞后, 部分区域甚至未建成规模化的污水处理厂, 导致大量污水无法得到集中处理。在覆盖范围方面, 市政污水管网的铺设也存在差距, 老城区因道路狭窄、地下管线复杂, 污水管网改造难度大, 部分街巷仍未接入市政污水系统; 农村地区则因居住分散, 污水管网覆盖成本高, 多数生活污水直接排放, 进一步加剧了污水处理设施覆盖范围的不均衡问题。

1.2 再利用应用场景与规模情况

污水处理后的再利用场景目前仍较为有限, 主要集中在城市绿化和市政杂用领域。在城市绿化中, 部分公

园、道路绿化带会采用处理后的再生水进行灌溉, 尤其在干旱季节, 能在一定程度上替代自来水, 减少新鲜水资源消耗。市政杂用方面, 再生水多用于道路清扫、公厕冲洗等, 部分城市的市政工程在施工过程中, 也会少量使用再生水进行降尘、混凝土养护。但从整体规模来看, 再生水的利用量占污水处理总量的比例较低。工业领域对再生水的使用较少, 仅少数耗水量大且水质要求不高的行业有尝试; 地下水回灌、生态补水等场景的应用则更为罕见, 多数城市尚未形成系统的再生水利用体系, 导致再生水的潜力未得到充分发挥。

2 市政给排水设施中主流污水处理技术分析

2.1 生物处理技术应用特性

生物处理技术是市政污水处理中应用最广泛的技术类型, 其中活性污泥法和生物膜法最为常见。活性污泥法通过曝气使污水与活性污泥充分混合, 利用微生物的代谢作用分解污水中的有机污染物, 具有处理效率高、适应范围广的特点, 能有效去除污水中的 BOD、COD 等指标, 适合处理水量大、污染物浓度中等的市政污水。但该技术对运行条件要求较高, 曝气系统能耗大, 且容易产生污泥膨胀问题, 需要专业人员进行精细化管理。生物膜法则是让微生物附着在载体表面形成生物膜, 污水流经生物膜时, 污染物被微生物吸附、降解。

2.2 物理化学处理技术处理效果与适配场景

物理化学处理技术在市政污水处理中多作为预处理或深度处理环节, 配合生物处理技术使用。沉淀技术通过重力作用使污水中的悬浮物下沉, 去除水中的泥沙、胶体颗粒等, 是污水处理的基础环节, 预处理阶段采用沉淀技术, 能减少后续处理单元的负荷, 提升整体处理

效率。过滤技术则利用滤料的截留作用,进一步去除污水中的细小悬浮物、胶体和部分有机物,常用于生物处理后的深度处理,能有效降低污水的浊度,改善出水水质。消毒技术是污水处理的最后环节,常用的有氯消毒、紫外线消毒等,其目的是杀灭污水中的病原微生物,防止再生水使用过程中传播疾病。

2.3 新型污水处理技术应用潜力与优势

新型污水处理技术如膜分离技术、高级氧化技术,在市政污水处理中展现出良好的应用潜力。膜分离技术利用半透膜的选择透过性,能有效截留污水中的有机物、微生物、重金属离子等污染物,出水水质稳定且优质,可直接满足再生水在工业、地下水回灌等场景的使用要求。该技术的优势在于处理效率高、占地面积小,且污泥产量极少,减少了污泥处置的成本和环境压力。不过,膜分离技术的初期设备投资较高,膜组件容易出现污染、堵塞问题,需要定期清洗或更换,运营成本相对较高。

3 市政污水处理后的再利用途径与适配性

3.1 城市绿化与市政杂用适配性分析

污水处理后用于城市绿化具有较高的适配性。城市绿化对水质的要求相对较低,再生水经过常规处理后,其COD、BOD、悬浮物等指标基本能满足绿化灌溉需求,且再生水中含有一定的氮、磷等营养物质,可在一定程度上替代化肥,促进植物生长。同时,城市绿化灌溉用水量稳定,且灌溉时间多集中在清晨或傍晚,与再生水的供应节奏容易匹配。市政杂用方面,道路清扫、公厕冲洗等场景对水质的要求也不高,再生水的水质完全能够满足需求。

3.2 工业冷却与生产辅助用水可行性

污水处理后用于工业冷却与生产辅助用水具有一定的可行性,但需根据工业行业的特点和用水要求进行适配。对于钢铁、电力、化工等耗水量大且冷却用水水质要求不高的行业,再生水经过深度处理(如膜分离、高级氧化)后,其水质可达到工业冷却用水的标准,替代新鲜水用于冷却塔补水,能大幅减少工业新鲜水用量。在生产辅助用水方面,再生水可用于工业厂区的地面清洗、设备冲洗、除尘等,这些场景对水质的要求相对宽松,常规处理后的再生水即可满足需求。不过,工业用水对水质的稳定性要求较高,若再生水水质波动较大,可能会影响工业生产的正常运行,甚至对设备造成腐蚀、

结垢等问题。

3.3 地下水回灌与生态补水应用要求

污水处理后用于地下水回灌和生态补水对水质的要求极为严格,应用过程中需满足一系列特定要求。地下水回灌直接关系到地下水资源的安全,再生水必须经过深度处理,去除水中的重金属离子、持久性有机污染物、病原微生物等有害物质,确保回灌后不会对地下水水质造成污染。回灌前还需对地下水含水层的水文地质条件进行详细勘察,选择合适的回灌地点和方式,避免因回灌不当导致含水层堵塞或地下水水位异常变化。生态补水方面,再生水主要用于河流、湖泊、湿地等水体的补水,以改善生态环境。

4 市政给排水设施污水处理与再利用面临的问题

4.1 技术与设施适配性不足问题

污水处理技术与市政设施运行的适配性不足是当前面临的主要问题之一。部分城市在引入污水处理技术时,未充分考虑本地市政设施的实际情况,盲目采用先进但复杂的技术。例如,一些中小城市的污水处理厂引入了膜分离技术,但当地的污水水质波动大、污染物成分复杂,且污水处理厂缺乏专业的技术人员和完善的维护设备,导致膜组件频繁损坏,处理效率大幅下降,技术无法充分发挥作用。同时,市政污水管网与污水处理厂的处理能力不匹配,部分区域污水管网输送能力过剩,导致污水处理厂进水负荷不足,设备闲置;而部分区域污水管网输送能力不足,大量污水溢流,污水处理厂却无法接收处理。

4.2 水质标准与用户需求匹配问题

污水处理后再利用的水质标准与用户需求之间存在不匹配的情况。目前,我国针对再生水的水质标准主要有《城镇污水再生利用工程设计规范》等,但这些标准多为通用性标准,缺乏针对不同用户群体的细分标准。例如,工业冷却用水对水质的要求因行业、工艺不同而差异较大,但现有标准未对不同工业行业的再生水水质做出具体规定,导致部分工业企业因担心再生水水质无法满足生产需求,而不愿使用再生水。在城市绿化领域,虽然再生水水质标准能满足基本灌溉需求,但部分高档住宅小区、植物园对灌溉水质的要求更高,希望再生水中的盐分、重金属等指标进一步降低,现有标准无法满

足这类特殊需求。

4.3 建设及运营成本控制问题

污水处理与再利用系统的建设及运营成本较高,且成本控制难度大。在建设阶段,污水处理厂的建设需要投入大量资金,包括土地征用、设备采购、土建施工等费用,尤其是采用新型污水处理技术时,设备成本更高。再生水输送管道的建设也需要巨额投资,若需覆盖整个城市,管道铺设成本甚至超过污水处理厂本身的建设成本。在运营阶段,污水处理厂的能耗、药剂消耗、人员工资等费用构成了主要的运营成本,其中能耗占比最高,曝气系统、水泵等设备的运行需要消耗大量电能。再生水的处理和输送也需要额外的能耗和药剂投入,进一步增加了运营成本。

5 提升市政给排水设施污水处理与再利用水平的策略

5.1 技术与设施协同优化策略

为实现污水处理技术与市政设施的协同优化,需从前期规划入手,在选择污水处理技术时,充分调研本地的污水水质、水量、市政设施现状及未来发展规划,选择适配性强、成熟可靠的技术。对于中小城市,优先选择运营管理简单、成本较低的生物处理技术;对于水质复杂、再生水需求高的大城市,可适当引入膜分离、高级氧化等新型技术,并配套建设完善的维护设施。在市政设施建设方面,统筹规划污水管网、污水处理厂、再生水管道的建设进度,确保污水管网的输送能力与污水处理厂的处理能力相匹配,再生水管道能覆盖主要用水点。同时,加强现有设施的改造升级,对老旧污水管网进行修复和更新,提高污水收集率;对污水处理厂的工艺进行优化,提升处理效率和水质稳定性;对再生水管道进行排查,修复破损、堵塞的管道,确保再生水输送顺畅。

5.2 再利用场景拓展与水质保障措施

拓展污水处理后再利用的场景,需要结合城市发展需求,逐步扩大再生水的应用范围。在工业领域,针对不同行业的用水需求,制定细分的再生水水质标准,鼓励钢铁、电力、化工等耗水大户使用再生水,并给予一定的政策补贴,降低企业使用成本。在生态领域,加大再生水用于河流、湖泊、湿地生态补水的力度,结合城市水系规划,建设再生水补水工程,改善城市生态环境。在居民生活领域,探索再生水用于小区景观用水、家庭

冲厕等场景,通过宣传教育提升居民对再生水的接受度。

在水质保障方面,建立全流程的水质监测体系,从污水处理厂进水到再生水用户末端,设置多个监测点,实时监测水质指标。加强污水处理工艺的优化,根据进水水质变化及时调整工艺参数,确保出水水质稳定达标。

5.3 运营成本降低的政策与管理建议

降低污水处理与再利用的运营成本,需要从政策和管理两方面入手。在政策层面,完善污水处理费和再生水定价机制,根据污水处理和再生水生产的成本,合理调整污水处理费标准,确保污水处理厂的基本运营收入;制定差异化的再生水定价策略,对工业用户、市政用户、居民用户实行不同的价格,提高再生水的市场竞争力。同时,加大政府补贴力度,对采用节能技术、提升再生水利用率的污水处理厂给予专项补贴,鼓励企业开展节能降耗改造。在管理层面,引入市场竞争机制,推行污水处理厂和再生水运营的市场化改革,通过招投标选择专业的运营企业,提高运营效率,降低运营成本。加强污水处理厂的能耗管理,推广节能设备和工艺,如采用高效曝气系统、变频水泵等,减少电能消耗;优化药剂投加方案,根据水质情况精准投加药剂,避免浪费。

6 结论

本文围绕市政给排水设施中的污水处理与再利用展开研究,系统梳理了当前污水处理与再利用的现状,分析了主流污水处理技术的特性、再利用途径的适配性,指出了技术适配、水质标准匹配、成本控制等方面面临的问题,并提出了相应的优化策略。通过技术与设施协同优化、场景拓展与水质保障、政策与管理完善等策略,可有效提升市政给排水设施污水处理与再利用水平。本次研究为市政给排水设施的优化建设与运营提供了参考,助力城市水资源循环利用。

参考文献

- [1]程铭希.给排水工程管理中的风险识别及应对策略[J].四川水泥,2022,(03):48-49+52.
- [2]陈羽.市政给排水管道的非开挖修复技术[J].建材发展导向,2025,23(20):58-60.
- [3]张琪.市政道路给排水管道施工技术研究[J].现代工程科技,2025,4(19):25-28.
- [4]祁子元.市政明挖给排水管道工程的全要素施工管理策略研究[J].中国建筑金属结构,2025,24(18):139-141.