

城镇污水处理厂工艺运行问题及优化措施研究

郑旭东

芜湖城市建设集团股份有限公司 安徽 芜湖 241000

摘要: 城镇污水处理厂在保障水环境安全中发挥关键作用,但工艺运行面临进水水质波动、污泥膨胀、脱氮除磷效率低、能耗药耗高及稳定性差等问题。本文分析活性污泥法、生物膜法及厌氧-好氧组合工艺特点,从进水调控、污泥处理、脱氮除磷优化、节能降耗及稳定性提升等方面提出针对性措施,通过技术创新、人员培训及资金政策支持保障优化实施,为提升城镇污水处理效能提供理论支撑与实践参考。

关键词: 城镇污水处理; 工艺优化; 脱氮除磷; 节能降耗; 运行稳定性

引言: 随着城镇化进程加速,城镇污水排放量持续增长,污水处理厂成为保障水环境安全的核心设施。当前,活性污泥法、生物膜法及厌氧-好氧组合工艺是城镇污水处理的主流技术,但进水水质波动、污泥膨胀、脱氮除磷效率不足、能耗药耗偏高及工艺运行稳定性差等问题,制约了污水处理效能的提升。这些问题不仅影响出水水质达标,还增加了运行成本与环境风险。因此,系统分析工艺运行问题,提出针对性优化措施,对提升城镇污水处理效率、降低运行成本、保障水环境安全具有重要意义。

1 城镇污水处理厂常见工艺类型及特点

1.1 活性污泥法

活性污泥法依托悬浮生长的微生物体系实现污染物降解,核心原理是利用菌胶团形态的微生物群体,吸附、氧化分解污水中有机污染物,通过泥水分离完成净化过程^[1]。工艺流程可概括为污水经预处理后进入生化反应池,与回流的活性污泥充分混合,在曝气条件下完成微生物代谢与污染物降解,随后混合液进入沉淀池实现泥水分离,上清液作为处理后出水排放,沉淀污泥部分回流至反应池维持菌群浓度,剩余部分排出系统。该工艺对易降解COD去除效率突出,工艺流程成熟且运行技术相对完善,但曝气能耗偏高,易出现污泥膨胀等运行问题,污泥产量较大且处置成本较高,适用于进水水质稳定、处理规模较大的城镇污水处理场景,尤其适配对有机污染物去除要求较高的工况。

1.2 生物膜法

生物膜法通过在载体表面构建附着生长的微生物群落形成生物膜,运行机制依赖生物膜的吸附、传质与生物氧化作用降解污染物。生物膜会形成明显分层结构,表层好氧层负责有机物降解与氨氮硝化,中间兼氧层可实现硝化反硝化,内层厌氧层完成难降解有机物水解与

反硝化脱氮,老化生物膜自然脱落、新生生物膜重新定殖,形成动态更新平衡。不同水质条件下,生物膜净化效能存在差异,高浓度有机废水处理中可通过生物膜内层厌氧菌群实现难降解有机物水解酸化,低C/N污水中可借助兼氧层同步硝化反硝化提升脱氮效果,水质波动较大时,附着生长的微生物群落可发挥缓冲作用,维持处理效果稳定,适配多种水质工况的处理需求。

1.3 厌氧-好氧组合工艺

厌氧-好氧组合工艺的协同作用体现在功能互补与效能提升,厌氧单元优先处理高浓度有机污染物,通过微生物代谢将复杂有机物转化为小分子物质,削减后续好氧单元有机负荷,同时产生沼气实现能源回收;好氧单元承接厌氧出水,深度降解剩余有机物,完成氨氮硝化与磷的吸收,实现污染物深度净化。脱氮除磷方面优势显著,厌氧环境可促进聚磷菌释磷,好氧环境则推动聚磷菌超量吸磷,通过排泥实现磷去除;好氧单元产生的硝态氮回流至厌氧单元,经反硝化作用转化为氮气排放,无需额外增设反应单元即可实现脱氮功能,大幅提升污水净化的综合性与经济性,适配对脱氮除磷有明确要求的城镇污水处理场景。

2 城镇污水处理厂工艺运行中的常见问题

2.1 进水水质波动大

进水水质不稳定会破坏工艺运行稳态,干扰微生物代谢平衡,削弱污染物降解效能,还可能引发后续处理单元运行紊乱,导致出水指标波动。水质波动会改变反应体系内碳氮磷配比,影响微生物活性与增殖速率,降低处理系统抗冲击能力。水质波动主要源于城镇雨污合流管网的雨水混入、工业废水未经充分预处理直接接入、居民生活用水时段性变化等,预处理单元拦截效果不足也会加剧波动^[2]。应对需从源头管控与工艺调节双向发力,推进雨污分流改造,加强工业废水接入管控,增

设水质调节池缓冲波动, 结合实时水质数据调整工艺参数, 维持微生物生长环境稳定。

2.2 污泥膨胀与流失

污泥膨胀由微生物群落结构失衡引发, 丝状菌过度增殖导致污泥絮体松散、沉降性能下降, 进而造成泥水分离困难。这种现象会堵塞处理设备, 降低沉淀池分离效率, 增加污泥处置难度, 还可能导致出水悬浮物超标, 破坏处理系统整体效能。污泥流失与污泥膨胀密切相关, 工艺参数调控不当、曝气强度失衡、沉淀池运行异常等也会诱发污泥流失。预防需聚焦菌群调控与工艺优化, 合理控制反应池溶解氧浓度, 优化碳氮磷营养配比, 抑制丝状菌增殖, 定期排查沉淀池运行状态, 优化污泥回流流程, 提升污泥沉降性能。

2.3 脱氮除磷效率低

脱氮除磷效率受反应环境、营养比例、工艺参数等关键因素制约, 溶解氧浓度、反应时间、pH值的合理性直接决定净化效果, 碳源不足会限制反硝化过程与聚磷菌代谢, 制约脱氮除磷效能。当前工艺在脱氮除磷方面存在明显短板, 传统工艺难以精准适配不同水质需求, 碳氮磷比例调控缺乏灵活性, 部分工艺未设置专门反硝化或释磷单元, 导致反应过程不充分, 微生物群落活性调控不到位进一步降低处理效率, 难以满足严格的氮磷排放要求。

2.4 能耗与药耗高

污水处理能耗主要集中在曝气系统、水泵运行、污泥处理等环节, 药耗则用于混凝沉淀、消毒等单元, 二者是处理厂运行成本的主要组成部分。高能耗与药耗源于工艺参数设置不合理、设备运行效率偏低、药剂投加方式不科学等, 部分处理厂沿用传统高能耗设备, 未实现能耗动态调控, 药剂投加缺乏精准计量, 造成能源与药剂浪费。节能降耗潜力可通过优化曝气与搅拌设备运行参数、采用高效节能设备、精准调控药剂投加量实现, 同时回收污泥厌氧消化沼气, 实现能源循环利用。

2.5 工艺运行稳定性差

工艺运行不稳定主要表现为出水水质忽高忽低、设备频繁故障、微生物活性波动、处理单元衔接不畅等。成因涉及进水水质波动、工艺参数调控不及时、设备维护不到位、微生物群落失衡等, 设备老化、管道堵塞也会破坏运行稳态。稳定运行是保障污水处理效果的核心前提, 唯有维持工艺各单元稳态运行, 才能确保微生物代谢正常, 实现污染物高效降解, 避免出水超标与设备损坏, 降低运行成本, 保障处理厂长期有效发挥污水处理功能。

3 城镇污水处理厂工艺运行优化措施

3.1 进水水质调控

进水水质预处理与均质化策略需围绕源头控制与过程缓冲展开, 优化预处理单元运行模式, 强化格栅、沉砂池拦截效果, 去除污水中悬浮杂质与大颗粒污染物, 减少后续工艺负荷。通过增设均质调节池, 延长污水停留时间, 实现水质水量均衡, 缓解进水波动对后续工艺的冲击^[3]。在线监测技术可实现进水水质指标实时采集与分析, 通过监测数据反馈调整工艺运行参数, 优化反应池曝气强度、药剂投加量等关键参数, 使处理工艺与进水水质动态适配, 提升工艺应对水质波动的能力, 保障处理效果稳定, 该策略已在城镇污水处理工艺优化中得到广泛应用与验证。

3.2 污泥处理与处置优化

污泥减量可通过优化工艺参数、强化微生物代谢实现, 采用污泥回流比优化、生物絮凝剂投加等方式减少污泥产量, 同时通过厌氧消化、好氧稳定等技术实现污泥稳定化, 降低污泥危害性。污泥资源化可结合污泥特性, 通过脱水、干化处理用于土地改良、生物质能源回收等领域, 实现污泥减量化、资源化与无害化协同。改善污泥沉降性能、防止污泥膨胀需从菌群调控入手, 合理控制反应池溶解氧浓度, 优化碳氮磷营养配比, 抑制丝状菌过度增殖, 同时定期排查污泥沉降状态, 采用污泥调理技术提升絮体强度, 优化污泥回流与排放流程, 减少污泥流失。

3.3 脱氮除磷工艺改进

针对现有脱氮除磷工艺不足, 改进方案需聚焦反应单元优化与参数精准调控, 优化工艺流程布局, 增设专门反硝化与释磷单元, 延长反应时间, 提升脱氮除磷过程充分性。生物强化技术通过投加高效脱氮除磷微生物菌株, 优化微生物群落结构, 提升微生物对氮磷污染物的降解能力, 适配不同水质条件下的处理需求。化学沉淀技术可作为辅助手段, 通过投加合适药剂, 与污水中磷离子形成难溶性沉淀物, 强化除磷效果, 同时辅助提升脱氮效率, 两种辅助手段结合可有效弥补传统工艺不足, 实现脱氮除磷效能提升。

3.4 节能降耗措施

优化曝气、搅拌等设备运行参数是降低能耗的关键, 根据反应池溶解氧需求动态调整曝气强度, 采用变频控制技术调节设备运行功率, 避免无效能耗, 同时优化搅拌频率, 确保反应体系混合均匀, 提升污染物降解效率的同时减少能耗。可再生能源利用可结合处理厂实际, 回收污泥厌氧消化产生的沼气用于发电、供暖, 补

充处理厂能源需求,余热回收技术可回收设备运行过程中产生的余热,用于工艺加热或厂区供暖,减少能源浪费。药剂投加采用精准计量技术,根据进水水质与处理需求动态调整投加量,减少药剂浪费,进一步降低药耗与运行成本。

3.5 工艺运行稳定性提升

工艺设计需结合进水水质、处理规模与排放要求,优化工艺流程与单元布局,避免流程衔接不合理导致的运行波动;设备选型优先选用高效、稳定、易维护的节能设备,减少设备故障对工艺运行的影响,运行管理中建立标准化操作流程,加强设备日常维护与检修,及时排查故障隐患^[4]。完善的工艺监控与应急处理机制不可或缺,通过在线监测系统实时监控各单元运行状态与水质指标,建立异常情况预警机制,针对水质波动、设备故障等突发情况,制定针对性应急处置方案,快速响应并解决问题,保障工艺长期稳定运行。

4 优化措施的实施与保障

4.1 技术创新与研发

技术创新是推动城镇污水处理工艺优化升级的核心动力,需立足处理厂实际运行需求,鼓励相关技术研发与创新实践,聚焦工艺效能提升、节能降耗、污泥资源化等关键领域,推动新工艺、新技术的研发与规模化应用。通过技术创新突破传统工艺瓶颈,解决现有优化措施实施过程中存在的技术难题,提升工艺运行的科学性与高效性。加强与高校、科研机构的深度合作,搭建产学研协同创新平台,依托科研机构的技术优势与人才资源,开展针对性技术研发与攻关,促进科研成果转化应用,将实验室技术逐步落地为处理厂实际运行技术,同时借助合作交流提升处理厂自身技术创新能力,培养专业技术团队,为工艺优化措施持续实施提供技术支撑。

4.2 人员培训与管理

操作人员技能水平直接影响工艺优化措施的实施效果与运行质量,强化操作人员技能培训至关重要。培训内容需围绕工艺优化技术、设备操作规范、水质监测方法、应急处置技能等核心内容展开,结合工艺运行实际场景开展实操培训,提升操作人员对优化措施的掌握程度,确保各项优化技术规范落地执行,减少因操作不当导致的运行问题。建立完善的工艺运行管理制度与考核机制,明确各岗位工作职责与操作标准,规范工艺运行

全流程管理,通过考核机制约束操作人员行为,将工艺运行效果、设备维护质量、节能降耗成效与考核结果挂钩,激发操作人员工作积极性与责任心,保障工艺优化措施长期稳定落实。

4.3 资金投入与政策支持

资金投入是工艺优化与设备更新的关键支撑,城镇污水处理厂工艺优化涉及预处理升级、设备改造、技术引进、人员培训等多个环节,均需充足资金保障。缺乏资金支持会导致优化措施难以落地,设备更新滞后,技术升级受阻,进而影响工艺优化成效。需加大资金投入力度,合理分配资金用途,优先保障关键工艺优化与核心设备更新,同时兼顾技术研发与人员培训投入,确保各项优化工作有序推进^[5]。政府层面的政策支持不可或缺,呼吁政府出台针对性扶持政策,引导社会资本参与城镇污水处理厂建设与优化升级,完善资金补贴机制,对工艺优化、技术升级成效显著的处理厂给予资金倾斜,简化技术改造审批流程,为城镇污水处理厂工艺优化与技术升级营造良好政策环境,推动优化措施高效实施。

结束语

城镇污水处理厂工艺运行优化是提升处理效能、降低环境风险的关键路径。通过进水水质调控、污泥处理优化、脱氮除磷工艺改进、节能降耗措施实施及工艺稳定性提升,可有效解决当前运行中的核心问题。同时,技术创新、人员培训及资金政策支持为优化措施落地提供保障。持续推动工艺优化与技术升级,可实现城镇污水处理的高效、稳定、低碳运行,为水环境质量改善与可持续发展奠定坚实基础。

参考文献

- [1]秦怡.城镇污水处理厂脱氮除磷工艺运行效果分析[J].建筑与施工,2026,5(4):90-91.
- [2]王伟,马九利,黄继会,等.城镇污水处理厂改良型交替式工艺运行差异性分析[J].环境科学导刊,2023,42(5):45-52.
- [3]姜科,王真真,战琪,等.城镇生活污水处理厂A2O工艺运行状态的快速判别[J].山东化工,2024,53(1):258-261.
- [4]李玫成.A2O工艺在城镇污水处理厂的运行效能分析[J].工程建设与发展,2026,5(1):61-63.
- [5]王学文,段艳,张欣,等.城镇污水处理厂污泥双回流-AOA工艺改造与运行效果分析[J].给水排水,2025,51(2):72-76