

环境工程中城市污水处理技术运用研究

刘炳良

固阳县生活污水处理站 内蒙古 包头 014200

摘要：城市污水处理是环境工程水生态治理领域的核心环节，直接决定城镇水环境质量与水资源循环利用效能。本文基于污染物去除机理将主流城市污水处理技术划分为物理、化学、生物三大核心类别，系统梳理各类技术的作用原理、适用场景与工程应用边界，从技术选型适配性、运行管控精度、设备运维配套三个维度，梳理当前行业普遍存在的共性问题，针对性提出全流程优化运用策略，可为不同工况下城市污水处理系统的工艺选型、精细化运行与长效运维提供标准化技术参考，助力城镇污水处理效能稳定达标与运行能耗持续优化。

关键词：环境工程；城市污水；处理技术；技术运用

引言：随着国内城镇建成区规模持续扩张，城市污水排放总量与组分复杂程度同步提升，对污水处理系统的污染物去除能力、运行稳定性与低碳运维水平提出了更高要求。当前部分城市污水处理工程存在工艺选型同质化、运行管控粗放、运维体系不完善等问题，难以适配差异化进水工况与日趋严格的出水排放标准。本文结合环境工程领域主流污水处理技术的工程实践经验，系统梳理技术分类体系、现存核心问题与全链条优化路径，为城镇污水处理工程的规范化建设与高效运行提供实操性技术支撑。

1 城市污水处理技术核心应用分类

在环境工程领域的城市污水处理体系中，当前主流技术体系依据污染物去除机理与工艺处理层级，可明确划分为物理处理技术、化学处理技术、生物处理技术三大核心类别，三类技术依托完全差异化的作用逻辑，分别靶向去除污水中不同相态、不同类型的污染组分，在污水处理的预处理、主处理、深度处理全流程中承担不同功能，共同构建分层递进的多级污水处理技术体系，是当前国内城市污水处理工程实现污染物达标排放的核心技术支撑^[1]。

物理处理技术主要依托重力、机械截留、离心分离等物理作用，在不改变污染物化学性质的前提下，实现污水中悬浮态漂浮物、大粒径泥沙、油脂类浮渣等易分离污染物的去除，是污水处理厂预处理阶段的核心工艺，可大幅降低后续主处理单元的污染负荷，减少后续工艺的运行压力。化学处理技术通过向污水中投加特定化学药剂，依托混凝沉淀、氧化还原、酸碱中和等化学反应过程，实现污水中胶体态污染物、溶解性重金属、难降解有毒有机物的定向转化与分离，多用于工业废水占比偏高的城市污水预处理段，以及尾水深度处理的提

标改造环节。生物处理技术则依托驯化后的功能微生物群落的代谢作用，在好氧、厌氧或缺氧环境下，将污水中呈溶解态、胶体态的可生物降解有机污染物分解为稳定无机物，同步完成脱氮除磷的核心处理目标，是当前城市污水处理厂主处理单元的核心技术，承担着大部分有机污染物与营养盐的去除任务。三类技术并非独立运行，工程实践中通常根据进水水质特征与出水标准要求组合搭配，形成适配性的完整处理工艺链。

2 主流城市污水处理技术及运用原理

2.1 物理污水处理技术

物理污水处理技术是城市污水处理体系中的基础性前置工艺，核心原理是依托机械截留、重力沉降、微气泡吸附等纯物理作用，全程不改变污染物的化学组分与性质，定向去除污水中的悬浮颗粒物、漂杂物、泥沙等固态污染组分，几乎所有城市污水处理工程都将其设置为预处理单元，从源头削减后续主处理单元的进水污染负荷，规避设备堵塞风险。该类技术的核心工程工艺涵盖格栅截留、沉淀、气浮、多介质过滤等单元，不同工艺分别适配不同粒径、不同密度的悬浮污染物形态。其中，阶梯式粗细格栅按栅距梯度拦截大块漂浮物与纤维类缠绕物，从源头避免后续水泵、曝气头等核心设备堵塞；沉淀工艺依托污染物与水体的密度差，通过控制池内表面负荷实现固态颗粒物的自然沉降分离；气浮工艺通过生成数十微米级的微气泡，精准吸附比重接近水体的细小悬浮杂质，解决该类污染物无法通过自然沉淀有效分离的技术痛点。实际工程运用中，该技术操作流程简便、设备运维成本低，运行过程无化学药剂引发的次生污染风险，可稳定去除进水中占比约30%的固态污染物，大幅降低后续生化、化学处理单元的运行压力，是所有城市污水处理工艺不可或缺的前置基础环节^[2]。

2.2 化学污水处理技术

化学污水处理技术以定向可控的化学反应为核心作用机理,通过向污水中投加对应组分的专用水处理药剂,与水体中原有溶解性污染物、胶体态污染物发生氧化、还原、絮凝、中和等定向化学反应,将原本呈溶解态、稳定胶体态的污染物转化为可通过固液分离工艺去除的固态絮体,或直接转化为无毒无害的稳定小分子物质,最终实现水质定向净化。该类技术多用于城市污水处理的中段强化处理与尾水深度净化阶段,可针对性去除物理工艺无法彻底清除的难降解溶解性有机物、重金属离子、过量酸碱物质、总磷等特征污染物。当前工程领域主流应用工艺包含絮凝沉淀法、高级氧化还原法、酸碱中和法三类,不同工艺可根据进水特征污染物类型单独或组合选用。实际工程运用中,该技术污染物去除靶向性强、单位时间净化效率高,可快速改善污水色度、浊度,从源头削减引发水体富营养化的核心营养盐组分。但该技术的落地运行需精准管控药剂投加量、水力反应停留时长、水体pH值、搅拌强度等核心参数,参数管控偏差易造成药剂无效浪费或出水药剂残留引发二次污染,对全流程工艺操控精度要求较高。

2.3 生物污水处理技术

生物污水处理技术是当前城市污水处理的核心主流技术,原理是利用微生物的新陈代谢作用,将污水中的有机污染物、氮、磷等营养物质分解、转化为二氧化碳、水、氮气等无害物质,实现污染物的无害化降解。该类技术主要针对城市污水中占比最高的可溶性有机污染物,适配城市生活污水的水质特征,整体处理效果稳定、运维成本低廉、环保性突出。工程中常用的工艺包含活性污泥法、生物膜法、厌氧生物处理法等。活性污泥法依托悬浮生长的微生物菌群降解污染物,适配大规模城市污水集中处理;生物膜法通过附着在载体上的生物膜完成净化,抗水质冲击能力更强;厌氧生物处理则适用于高浓度有机污水的预处理,可实现污染物高效降解的同时降低能耗。在环境工程运用中,生物处理技术是城市污水达标处理的核心工艺,承担着主要的污染物降解任务^[3]。

3 城市污水处理技术运用中存在的核心问题

3.1 技术选型适配性不足

不同城市的污水水质、污水排放量、处理场地条件存在显著差异,而在实际工程运用中,普遍存在技术选型同质化、盲目套用通用工艺的问题。部分污水处理场景未结合本地污水的污染物浓度、成分特征匹配对应技术,高浓度污染污水采用简易物理处理工艺,低污染

水体过度使用复杂生化处理工艺,导致出现净化效果不达标或处理能耗过高、资源浪费的问题。同时,部分处理系统存在工艺组合不合理的情况,预处理、主处理、深度处理工艺衔接不畅,各技术环节的优势无法充分发挥,整体污水处理系统的运行效率大幅降低。

3.2 技术运行管控精度偏低

各类污水处理技术均有对应的运行参数标准,生物处理的温度、溶解氧、污泥浓度,化学处理的药剂配比、反应时长,物理处理的水流速度、过滤层级等参数,直接决定最终处理效果。当前多数城市污水处理工程中,存在运行管控精细化程度不足的问题,多采用常态化固定参数运行,未根据进水水质、水量的动态变化及时调整工艺参数。例如,微生物生长环境参数失衡会导致生物菌群活性下降,污染物降解效率降低;药剂投加比例失衡会造成絮凝效果不佳或药剂残留,最终导致污水处理水质稳定性差,难以持续维持高标准净化效果。

3.3 工艺运维与设备配套不完善

污水处理技术的高效运用离不开配套设备的稳定运行与常态化运维管理。现阶段部分污水处理工程存在设备老化、配套设施不完善、运维工作不到位的问题。物理处理的过滤设备、沉淀装置易出现堵塞、积垢问题,未及时清理会降低分离效率;生物处理的曝气设备、污泥回流设备故障,会直接破坏生化处理体系的稳定性;同时,部分运维操作缺乏标准化流程,设备检修、污泥处置、系统清洗等工作流于形式,导致各类处理工艺长期处于非最佳运行状态,不仅降低污水处理质量,还会增加设备损耗与运行能耗,提升整体处理成本^[4]。

4 环境工程中污水处理技术的优化运用策略

4.1 结合水质工况科学匹配技术工艺

为破解污水处理技术与实际工况适配性不足的行业共性问题,在污水处理工程的前期设计与现场落地全阶段,需优先对目标城市的污水水质组分特征、特征污染物浓度区间、日均污水排放总量、不同时段的水质水量波动规律开展连续不少于72小时的在线监测与采样化验,结合区域内工业废水接入管网的占比、管网溢流风险等边界条件,搭建差异化、模块化的组合式处理工艺体系。针对原生污水中漂浮物、大粒径悬浮物占比偏高的工况,针对性强化物理预处理单元的工艺配置,优化不同栅距的粗细格栅、旋流沉砂池、高效气浮装置的串联组合逻辑,精准去除各类固态污染物,避免后续单元设备堵塞与负荷冲击。针对以生活污水为主、可生化性较好的进水工况,将生物处理单元作为工艺核心,根据脱氮除磷的设计目标选用适配的A²/O、MBR等生物工

艺,保障有机污染物与氮磷营养盐的高效降解。针对总磷、重金属、出水色度超标的尾水深度处理场景,精准匹配对应的化学混凝、高级氧化、化学沉淀工艺,实现特征污染物的定向深度净化。通过分层匹配、多工艺协同组合的技术路径,充分释放不同处理技术的固有工艺优势,全面提升整个污水处理系统的工况适配性与污染物净化效率。

4.2 精细化管控工艺运行参数

依托环境工程全流程精细化管控的核心理念,建立覆盖全处理单元的动态化工艺参数闭环调控机制,根据进水水质、水量的实时在线监测数据,对各处理环节的核心运行参数进行动态适配性调整,消除水质水量波动对处理系统的冲击影响。在生物处理单元,通过在线溶解氧仪、pH传感器与污泥界面仪的实时反馈,精准调控曝气强度、池内水温、混合液pH值、污泥沉降比与污泥回流比等关键指标,维持功能微生物群落的稳定种群结构与最佳代谢活性,保障有机污染物降解与脱氮除磷效率的长期稳定。在化学处理单元,依托进水端特征污染物的实时浓度数据,动态调整混凝剂、氧化剂等药剂的投加量、池内搅拌转速与水力反应停留时长,在保证特征污染物去除率达标的前提下,避免过量投加造成的药剂残留与运行资源浪费。在物理处理单元,根据进水悬浮物浓度变化,合理控制滤池进水流速、反冲洗周期与沉淀池表面负荷,最大化提升固液分离效率。同步搭建常态化全参数在线监测与台账记录机制,定期对历史运行数据进行复盘分析,迭代优化不同工况下的参数控制阈值,持续保障污水处理全流程的运行稳定性与处理效能^[3]。

4.3 完善设备运维与工艺配套体系

核心处理设备的长期稳定运行,是各类污水处理技术高效落地、持续发挥设计效能的基础前提,需建立覆盖全工艺链的标准化、常态化设备运维管理体系。严格按照设备出厂技术规范与工艺运行要求,定期对粗细格栅、砂水分离器、曝气装置、生物反应池、污泥回流泵、加药计量系统等核心设施开展系统性检修、清洗与性能校准,及时更换老化密封件、磨损叶轮与失效元器

件,从源头规避突发性设备故障引发的工艺运行中断、处理效能下滑等异常问题。针对不同处理单元的工艺运行特性,制定差异化的专属运维作业流程:物理处理单元设备重点排查清理栅条缠绕杂物、滤池板结积垢、管道堵塞等问题,保障水流通流效率;生物处理单元设备重点校准曝气系统氧转移效率、维护污泥回流管路通畅性,为功能微生物群落维持稳定代谢活性提供基础条件;化学处理单元设备定期校验加药计量泵的投加精度,保障药剂输送与混合过程的稳定可控。同步规范污泥、化学废渣等工艺副产物的转运与处置流程,建立副产物日产日清机制,避免副产物在厂区内堆积挤占作业空间、影响系统正常流转,全方位保障各类污水处理技术长期处于稳定、高效、低耗的运行状态。

结束语

城市污水处理技术的高效运用是一项覆盖工艺选型、动态管控、长效运维的系统性工程,不存在通用的标准化套用模板。工程实践中需摒弃同质化选型思路,结合本地水质工况动态匹配工艺组合,依托精细化参数管控与标准化运维体系,充分释放不同技术的固有优势,才能在保障出水稳定达标的前提下,持续降低系统运行能耗与处理成本。后续随着智能监测与低碳工艺的迭代升级,城市污水处理体系的精准化、低碳化运行水平还将进一步提升,为城镇水生态环境的长效改善提供坚实技术支撑。

参考文献

- [1]周俊.环境工程中城市污水处理技术运用研究[J].生态环境保护与修复,2026,39(5):102-104.
- [2]蒋中.环境工程水处理中超滤膜技术运用研究[J].生态环境保护与修复,2026,39(3):87-89.
- [3]关书珍,孟志.环境保护工程中污水处理技术的运用研究[J].皮革制作与环保科技,2026,7(5):24-26.
- [4]魏良良.环境工程中废水处理技术的优化及实践应用研究[J].皮革制作与环保科技,2026,7(4):17-18+21.
- [5]高天宇.环境工程中活性污泥法在污水处理中的应用研究[J].清洗世界,2026,42(1):94-96.