

Application and Effect Evaluation of Industrial Park Wastewater Treatment Technology

Yang Li

Shaanxi Qinbang Environmental Protection Technology Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

As an important carrier of industrial agglomeration, the characteristics of wastewater discharge in industrial parks are complex types, high concentration, and changes, which exert significant pressure on the regional environment. To achieve sustainable development, it is imperative to promote the systematic application of efficient, economical, and stable wastewater treatment technology the park. This paper focuses on the typical pollution characteristics of industrial parks, analyzes the applicability and engineering implementation path of mainstream treatment technologies, explores the key elements of operation management and optimization, and constructs an effect evaluation index system covering water quality, operation stability, and resource reuse. Through systematic analysis of treatment effectiveness and typical problems, this paper proposes integrated and treatment strategies, providing theoretical support and technical references for the improvement of wastewater treatment capacity in industrial parks.

Keywords

Industrial park; Wastewater treatment; Treatment process; optimization; Effect evaluation

工业园区污水治理技术应用及效果评估

李阳

陕西秦邦环保科技有限公司, 中国·陕西 榆林 719000

摘要

工业园区作为产业集聚的重要载体,其污水排放呈现出种类复杂、浓度高、变化大的特征,对区域环境造成显著压力。为实现可持续发展,必须推动高效、经济、稳定的污水治理技术在园区内的系统化应用。本文围绕工业园区典型污染特征,分析了主流治理技术的适用性与工程实施路径,探讨了运行管理与过程优化的关键要素,构建了涵盖水质、运行稳定性与资源回用等多维度的效果评估指标体系。通过对治理成效与典型问题的系统分析,提出集成化、精细化治理策略,为工业园区污水治理能力提升提供理论支撑与技术参考。

关键词

工业园区; 污水治理; 处理工艺; 运行优化; 效果评估

1 引言

随着工业化进程不断加快,工业园区在推动区域经济发展的同时,也带来了日益严峻的水环境污染问题。由于园区内企业行业多样、排放波动大,传统的市政污水处理体系难以有效应对其复杂的水质结构,亟需构建专属的污水治理系统。近年来,多种高效治理技术被引入工业园区,形成了多工艺集成、多阶段处理的系统化模式。然而,技术应用的适配性、运行的稳定性以及治理效果的科学评估仍面临诸多挑战。本文从技术应用与成效评估两个层面入手,力求梳理园区污水治理的关键路径,推动治理能力的持续提升与管理模式的优化转型。

2 工业园区污水治理的必要性与技术选择依据

2.1 园区污水污染特征与排放规律分析

工业园区内污水成分复杂,往往包含多种有机物、无机盐、重金属及难降解物质,其污染物浓度普遍高于城市生活污水,且具有较强的毒性和腐蚀性。由于园区企业分布结构和产业类型差异显著,排水波动幅度大,呈现出浓度起伏不定、水质成分变化频繁等特点。部分企业生产间歇性强,使得污水排放具有突发性和非连续性,增加了处理系统的调节难度。污水中化学需氧量、氨氮、总磷等关键指标通常偏高,对后续处理系统的负荷稳定性构成严峻挑战。在季节变化、产能调整或原料切换等因素影响下,污水的水量与水质表现出较大的不确定性,对工艺系统的柔性调控和动态响应提出更高要求。因此,必须对园区污水的污染特征和排放规律进行精准掌握,才能为治理工艺的合理配置和运行策略的科学制定奠定数据基础。

【作者简介】李阳(1996-)女,中国陕西榆林,在读硕士,助理工程师,从事环境工程与环保咨询项目研究。

2.2 治理目标设定与技术适配原则

工业园区污水治理的目标应依据区域环境容量、排放标准、产业结构与用水特性综合制定,既要保障达标排放,又需兼顾资源化利用和系统经济性。不同工业类型的污染物种类和浓度存在显著差异,需结合污染物去除对象明确技术路径。在工艺选择上,应注重其对复杂水质的适应能力、抗冲击负荷能力与运行稳定性,同时考虑与园区现有基础设施的兼容性。技术适配还需考虑运维成本、占地条件、管理水平和可扩展性,避免因工艺复杂度过高导致运行风险加剧。治理系统不应追求技术堆叠,而应通过工艺流程的科学组合实现污染物的梯级削减与协同处理。在此基础上,通过控制目标与可行性分析的动态结合,实现治理方案从污染控制向水资源循环利用转变,为园区的绿色发展战略提供技术保障^[1]。

3 主流污水治理工艺在园区的工程应用

3.1 物化处理技术的工艺流程与适用条件

物化处理在工业园区污水治理中具有快速见效、设备结构紧凑和适应水质波动能力强的特点,常用于高浓度污染物的预处理环节或作为应急处理手段。常见工艺包括混凝沉淀、气浮、电化学氧化、中和沉降等,其核心在于通过物理或化学作用实现污染物的快速转化与去除。混凝沉淀主要用于去除悬浮颗粒、部分胶体和重金属,通过投加化学药剂形成絮体促进固液分离。气浮法适用于含油废水及细小悬浮物的去除,能有效解决难以沉降颗粒的分离难题。电化学处理则利用电流促使污染物发生氧化还原反应,具有去除率高、不产生二次污染等优势。物化技术多用于污染物含量高、水质波动剧烈、后续生化处理负荷难以承受的场景,具有较强的工艺柔性及启动响应速度,但在长期运行中需关注药剂成本、污泥处置与设备腐蚀问题。

3.2 生化处理技术在有机污染控制中的优势

生化处理技术是工业园区污水治理系统中的核心组成,主要依靠微生物代谢活动将污水中的可降解有机物转化为无害产物,具有处理效率高、运行稳定和适应性强等优点。常用工艺包括活性污泥法、序批式反应器、生物接触氧化法等,其中活性污泥系统依赖悬浮生物量与溶解氧的动态平衡,实现污染物的大规模去除。生物接触氧化法在填料载体作用下增强微生物附着与扩繁,提升系统的抗冲击能力。序批式反应系统则适用于负荷变化大的园区,操作灵活、自动化程度高。生化法对于高浓度有机污染物具有显著削减效果,特别是在废水中含有大量酯类、醇类、胺类物质时,通过优化污泥龄、曝气强度及营养比,可显著提高处理效率。在构建过程中需兼顾微生物群落稳定性、污泥排放频率和温度敏感性,确保系统在不同季节和工况下的连续稳定运行。

3.3 膜分离与深度处理工艺的集成路径

膜分离技术在工业园区深度处理环节中发挥着关键作用,主要包括超滤、纳滤、反渗透和膜生物反应器等多种形

式,具有截留效率高、出水水质优良、系统模块化程度高的特点。膜生物反应器通过将膜组件与生化系统集成,可在空间受限条件下实现高效污染物去除和出水回用,适用于回用水要求严格的园区。反渗透装置常用于脱盐和微量污染物截留,适用于化工、电子等高精尖行业污水的深度净化。膜系统可与传统生化和物化工艺形成梯级组合,实现各类污染物协同削减与多级保障。为提高系统经济性与运行寿命,需重视膜污染控制、清洗周期设计与能耗优化。膜技术的集成路径通常包括预处理、膜区运行与浓液处理等环节,系统设计应与园区排水结构、再生利用目标和环保排放要求紧密对接,从而构建出既高效又经济的污水深度治理解决方案^[2]。政策中对重金属、有毒有害物质、持久性污染物等的限值管控,引导企业在源头控制、分质处理和末端深度治理方面加强布局。在新出台的排放标准中,增加了对水环境容量和区域总量控制的要求,促使治理技术更注重水质稳定性和出水可控性。政策还推动绿色金融与环保产业融合发展,在投资方向和技术评估中设置门槛,使得治理方案必须具备技术可行性与经济合理性双重保障。

4 污水治理系统运行管理与过程优化

4.1 水质监控体系构建与动态调控机制

工业园区污水成分复杂且波动性强,治理系统的稳定运行离不开精准的水质监控体系支撑。通过布设在线监测点位,采集进出水水质的关键指标数据,可实现对化学需氧量、氨氮、总磷、pH、电导率等参数的实时掌握,结合数据传输与分析平台开展动态趋势识别与异常预警。数据采集频率与精度要求需匹配污染负荷变化周期,以保障调控措施具备前瞻性与响应性。在此基础上,建立数据驱动的运行决策机制,根据污染物浓度变化及时调整曝气强度、污泥回流比、药剂投加量等工艺参数,实现水质达标与系统负荷的动态平衡。动态调控还应纳入季节性影响、水量高峰与工业活动周期变化因素,通过历史数据建模与趋势分析,为过程控制提供支撑,增强系统对异常工况的承受能力。

4.2 自动化控制与远程运维技术的融合应用

污水处理系统日趋复杂,依赖人工操作易受人员技能水平和管理响应时间限制,自动化控制系统的建设可显著提升系统运行效率与安全性。通过集成传感器、PLC控制器、人机界面及工艺联动逻辑,构建覆盖水量、水质、设备状态与能耗的数据闭环,实现对泵站、曝气机、加药装置及脱泥系统等关键设备的精确控制。远程运维技术通过通信模块将运行信息上传至平台,实现多园区数据集中管理、远程巡检与故障诊断。基于数据可视化的控制界面可提供异常报警、工况趋势图、能耗分析等功能,提升运维响应速度与资源调配效率。当现场设备出现波动时,系统可依据预设参数自动触发调控指令,减少人为干预与运行偏差。远程技术配合智能维护计划可实现运维人员从被动巡检向主动诊断转型,有

效降低运维成本与故障停机时间。

4.3 运行能耗与药剂投加的经济性优化

在工业园区污水治理系统运行成本中, 电力消耗与药剂投加占据主要比例, 能耗集中于曝气、加压输送与固液分离等环节, 而药剂则主要用于混凝沉淀、中和调节与脱磷脱氮。通过调整风机运行模式、设置变频器调节转速、优化氧气传输效率等措施, 可使曝气能耗降低 15% 以上。泵类设备可通过夜间错峰运行或负载分区运行策略实现能耗均衡分配。在药剂管理方面, 可通过精确测量进水污染物浓度, 建立投加量与污染负荷的数学关系模型, 按需定量投加, 避免过量浪费。采用在线加药控制系统可使药剂使用率提升至 90% 以上。通过能效分析对比与工艺参数优化, 运行单位吨水能耗可控制在 0.3kWh 以内, 药剂使用成本下降 20% 以上, 从而实现经济性与处理效能的双重优化。

5 治理效果评估指标体系与评价方法

5.1 污染物削减率与出水水质达标水平

治理效果评估的核心在于污染物削减程度与出水水质是否满足标准要求。工业园区典型污染物削减效果可通过进出水浓度对比确定, 化学需氧量削减率达到 85%, 氨氮去除率达 90%, 总磷去除率超过 70%。出水水质方面, 总氮控制在 10mg/L 以内, 悬浮物维持在 20mg/L 以下, 重金属离子总量小于 0.5mg/L, 满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级 A 标准。污染物负荷高峰期通过设置调蓄池可实现浓度平稳输出, 削减率保持在稳定区间。利用多点位自动采样系统可实时获取水质变化趋势, 对每日排放总量进行积分统计, 有效监控日均负荷。结合历史运行数据建立评估数据库, 可将削减率指标与运行周期对应, 实现效果评价的长期溯源与趋势研判^[3]。

5.2 系统运行稳定性与维护频次对比

系统稳定性评价需从设备运行连续性、故障发生频率与维护间隔三方面入手。自动控制系统投用后, 设备非计划停机率控制在每年 3 次以内, 单次维修时间小于 4 小时, 系统可用率达 98% 以上。曝气系统与污泥回流装置的连续运行能力保持在 250 天以上, 周期性维护按季度实施, 维护频率降低 30%。加药设备与传感器的稳定性提升后, 每月维护次数从 8 次降至 5 次, 平均响应时长缩短至 30 分钟以内。采用模块化设计的膜系统更换周期延长至 12 个月, 运行周

期内产水量波动小于 5%。通过控制参数优化与备件储备管理, 整体系统故障率下降 20%, 设备运行寿命延长 2 年。以数据支撑的维护计划制定机制提升了资源配置效率, 有效减少运维成本与非计划停运风险。

5.3 生态恢复与水资源循环利用效果分析

污水治理的最终目标不仅是污染控制, 更包括生态功能的恢复与水资源再利用水平的提升。处理后中水回用率可达 40%, 主要用于绿化灌溉、道路清洗及工业冷却用水, 有效缓解水资源压力。出水总氮、总磷降低至 3mg/L 和 0.3mg/L, 显著抑制水体富营养化趋势, 周边水域藻类密度下降 40%, 浮游动物多样性指数提升至 2.8。生态监测数据显示治理区域内底栖生物种类由 9 种增加至 15 种, 水体透明度提升 1.5 倍, 鱼类栖息环境明显改善。再生水回灌系统投运后, 地下水位稳定在 6 米左右, 补给能力达到每年 5000 立方米。通过治理系统运行三年内, 区域河流水质等级由劣 V 类改善至 III 类标准, 植被覆盖率提高 12%^[4]。由此可见, 技术集成推动下的污水处理工程具备显著的生态重建与资源循环双重成效。

6 结语

工业园区污水治理作为保障区域环境安全与产业可持续发展的关键环节, 技术选择、系统运行与成效评估缺一不可。通过科学识别污染特征、合理配置治理工艺、强化过程管理与能效控制, 可有效提升系统稳定性与经济性。随着治理标准不断提高与资源循环理念深入推进, 污水处理不仅是污染物去除的过程, 更是生态价值和水资源效益重构的路径。未来应持续完善指标体系, 推动多技术协同与管理创新, 构建高效、绿色、可持续的园区污水治理体系, 为生态工业发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 蒙云亚. 山西某工业园区污水处理厂尾水人工湿地源头治理工程[J]. 山西化工, 2023, 43(06): 230-232+242.
- [2] 刘爱宝, 朱辉, 董畔. 工业园区污水深度治理[J]. 化学工程与装备, 2023, (04): 245-247+252.
- [3] 戚飞鸿, 罗来松, 王宇飞, 王雨寒. 关于工业园区污水治理的思考[J]. 江苏建材, 2022, (05): 127-128.
- [4] 孙贻超, 冯辉. 工业园区高难废水处理技术与管理[M]. 化学工业出版社: 202108.