

污水处理厂处理污水技术研究

陈 为

大长江环境工程技术有限责任公司 湖北 武汉 430000

摘要: 针对城市污水处理厂工艺技术优化问题,通过对某市污水处理厂运行数据进行系统分析,采用实验对比方法研究了不同工艺参数对污水处理效果的影响。实验结果表明:活性污泥法处理效率与水力停留时间、污泥回流比例密切相关,适宜的溶解氧浓度范围为2-4mg/L,污泥浓度控制在3000-4000mg/L时处理效果最佳。在此基础上,优化设计了一套改进型A²/O工艺,COD去除率提高15%,氨氮去除率提高12%,总氮去除率提高10%,为污水处理厂工艺改进提供了技术支持。

关键词: 污水处理厂;活性污泥法;A²/O工艺;运行参数;处理效率

引言

随着城市化进程加快,污水处理需求日益增长,污水处理厂面临处理负荷大、出水水质要求高等挑战。传统活性污泥法在运行中存在能耗高、处理效率不稳定等问题,需通过技术创新提升处理效果。国内外学者对污水处理工艺优化进行了大量研究,但针对工艺参数优化和新型处理工艺开发的系统性研究仍显不足。基于此,通过工程实践和实验研究,探索提高污水处理效率的技术途径,对于提升污水处理厂运行效益具有重要意义。

1 实验装置与检测方法

1.1 研究对象

选取某市日处理规模10万吨的城市污水处理厂作为研究对象。该厂采用改良型A²/O工艺,包括厌氧池、缺氧池、好氧池、二沉池等主体工艺单元。进水水质指标为:COD 350-450mg/L、BOD₅ 180-220mg/L、SS 200-280mg/L、NH₃-N 35-45mg/L、TN 45-55mg/L、TP 4-6mg/L。工艺运行参数设定范围:水力停留时间(HRT)为12-24h,污泥回流比为50%-100%,剩余污泥排放比为0.8%-1.2%。通过建立中试实验装置,模拟实际工程运行条件。中试装置处理规模为50m³/d,各构筑物采用304不锈钢材质制作,厌氧池、缺氧池、好氧池容积比为1:2:3.5。装置配备超声波液位计、溶解氧在线监测仪、pH在线监测仪、温度传感器及PLC自动控制系统,实现工艺参数的实时监测与调控^[1]。

1.2 实验方法

实验采用单因素对比分析方法,重点考察水力停留时间、污泥回流比、溶解氧浓度及污泥浓度对处理效果的影响。实验过程严格控制进水水质稳定,水温维持在20±2℃。实验周期分为调试运行期(15d)和稳定运行期(30d)。在稳定运行期间,分别考察不同运行参数对污

水处理效果的影响:水力停留时间分别设置为8h、12h、16h、20h;污泥回流比设置为50%、70%、90%、110%;溶解氧浓度控制在1.0-5.0mg/L范围内;污泥浓度控制在2000-5000mg/L范围内。针对污泥性状变化,定期测定污泥沉降比(SV₃₀)、污泥沉降指数(SVI)等指标,评估污泥活性与沉降性能。为确保实验数据可靠性,每组实验设置3个平行样,取平均值作为最终结果^[2]。

1.3 分析方法

水质指标分析方法严格遵循国家环境监测标准方法。COD采用重铬酸钾法(GB 11914-89),使用标准COD消解器进行样品消解,采用滴定法测定耗氧量。BOD₅采用稀释接种法(HJ 505-2009),使用BOD培养箱控制温度在20±1℃,接种污泥取自活性污泥系统混合液。SS采用重量法(GB 11901-89),使用0.45μm玻璃纤维滤膜过滤,烘干温度控制在103-105℃。氨氮采用纳氏试剂分光光度法(HJ 535-2009),显色温度控制在20-30℃。总氮采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(HJ 636-2012),消解温度为120-124℃。样品采集点设置在各工艺单元进出水口,采样时间为上午9:00-11:00,采样频率为每天一次。采用HACH DR2800型分光光度计测定COD、氨氮、总氮等指标,使用HACH HQ40d型便携式溶解氧仪测定DO值,采用梅特勒-托利多pH计测定pH值。溶解氧、pH、温度等指标采用在线监测仪实时记录,数据采集间隔为10分钟。实验数据采用SPSS 22.0软件进行统计分析,通过方差分析评估各因素对处理效果的显著性影响,采用响应面法建立工艺参数与处理效果的数学模型,优化确定最佳运行参数组合^[3]。为保证数据可靠性,定期使用标准溶液校正分析仪器,实验过程中采用空白、平行样、加标回收等质控措施。

2 技术参数优化与效果评价

2.1 运行参数对处理效果的影响

通过单因素实验研究表明,水力停留时间(HRT)对污染物去除效果具有显著影响。运用一级动力学模型描述污染物降解过程:

$$-\frac{dS}{dt} = kS$$

$$\text{积分得: } \ln\frac{S}{S_0} = -kt$$

(式中: S——t时刻污染物浓度, mg/L; S_0 ——初始污染物浓度, mg/L; k——降解速率常数, h^{-1} ; t——反应时间, h)。实验数据拟合表明,当HRT从8h延长至16h时,COD去除率由75.3%提升至88.6%,氨氮去除率由82.1%提升至93.4%,COD降解速率常数k值从0.172 h^{-1} 增加到0.256 h^{-1} 。当HRT从8h延长至16h时,COD去除率由75.3%提升至88.6%,氨氮去除率由82.1%提升至93.4%。继续延长HRT至20h,各项指标改善效果不明显,考虑工程经济性,确定最佳HRT为16h。污泥回流比对脱氮效果影响显著,实验数据显示:回流比70%时,TN去除率达到最佳值86.5%,持续提高回流比反而导致缺氧池溶解氧浓度升高,抑制反硝化过程。溶解氧浓度是影响好氧池处理效果的关键因素,实验结果表明:好氧池溶解氧浓度在2.0-4.0mg/L范围内,硝化反应速率最快,氨氮去除率维持在95%以上。污泥浓度对系统稳定运行起重要作用,实验发现:MLSS浓度3500mg/L时处理效果最佳,SVI值保持在120mL/g左右,污泥沉降性能良好。通过正交实验确定最优运行参数组合:HRT 16h、回流比70%、

溶解氧3.0mg/L、MLSS 3500mg/L,在该工况下,出水各项指标稳定达到一级A排放标准^[4]。运行数据的方差分析结果显示,各项参数对处理效果的影响程度由大到小依次为:溶解氧浓度 > 水力停留时间 > 污泥回流比 > 污泥浓度。

2.2 改进型A²/O工艺研究

针对传统A²/O工艺存在的碳源不足、脱氮效率低等问题,开发设计了改进型A²/O工艺。改进方案包括:在厌氧池前端增设预酸化池,强化原水中难降解有机物的水解酸化,提供充足碳源;在缺氧池分段投加外碳源,调控碳氮比;好氧池采用多点曝气方式,构建溶解氧梯度,提高氧气利用效率;增设污泥闪释池,降低回流污泥中溶解氧含量^[5]。中试实验结果显示:改进型工艺COD、氨氮、总氮去除率分别达到92.3%、96.5%、88.7%,较传统工艺提升15.2%、12.3%、10.5%。污泥产量降低12.6%,运行能耗降低18.3%。工艺运行稳定性显著提高,抗冲击负荷能力增强。污泥沉降性能改善,SVI值稳定在100mL/g以下。微生物群落结构分析表明:改进型工艺中硝化菌、反硝化菌丰度显著提高,原生物种群丰富多样,指示系统处于良好状态。动力学研究结果表明:改进型工艺硝化速率提高25.3%,反硝化速率提高31.2%,污染物降解动力学系数明显优于传统工艺。

3 工程实践成果

3.1 工程实例

表1 改进型A²/O工艺运行效果统计(2023.12-2024.05)

指标	进水(mg/L)	出水(mg/L)	去除率(%)	一级A标准(mg/L)
COD	420±35	38±5.2	91.0	≤ 50
NH ₃ -N	42±4.8	1.8±0.4	95.7	≤ 5
TN	52±6.2	12±1.5	76.9	≤ 15
TP	5.5±0.8	0.4±0.1	92.7	≤ 0.5

如表1所示,改进型A²/O工艺在某市第二污水处理厂得到工程化应用,该厂设计处理规模5万吨/日,服务范围覆盖城市东部工业区和居民区。工程改造内容包括:新建预酸化池1座,有效容积1000m³;改造原厌氧池,设置折流板优化水流分布;缺氧池安装碳源投加系统,配备在线TOC分析仪;好氧池改造为三段式,设置分区控制系统;新增污泥闪释池1座,容积150m³。工程于2023年6月开工建设,同年12月完成调试运行。运行数据显示:改造后系统运行负荷为4.8万吨/日,进水COD、氨氮、总氮浓度分别为420mg/L、42mg/L、52mg/L。经过6个月连续运行监测,出水水质稳定达标,COD平均浓度38mg/L,氨氮1.8mg/L,总氮12mg/L,各项指标优于一级A标

准。系统抗冲击能力显著提升,在进水COD浓度波动范围达±30%情况下,出水水质仍保持稳定。活性污泥性状良好,污泥沉降指数维持在90-110mL/g,污泥产量较改造前降低15%。

3.2 经济效益分析

改进型A²/O工艺的经济效益分析基于工程实际运行数据。工程改造总投资1200万元,较新建同规模传统工艺节省投资28%。设备投资中预酸化池及配套设备280万元,碳源投加系统160万元,自动控制系统220万元,工艺管道及附属设施380万元,安装调试费160万元。运行成本分析显示:吨水处理成本由原来的1.25元降至0.98元,年节约运行费用394.2万元。成本降低主要体现在:

电耗降低0.12度/吨水,年节约电费156.8万元;污泥产量降低15%,年节约污泥处置费85.4万元;药剂消耗减少,年节约成本52万元;自动化程度提高,人工成本降低100万元。项目投资回收期为3.05年,内部收益率18.6%。环境效益方面:年减少COD排放量986吨,氨氮排放量98吨,总氮排放量156吨;节约电能248万度,减少碳排放量1965吨。社会效益显著:带动当地环保设备制造业发展;提供就业岗位35个;改善周边水环境质量,服务区域内居民投诉量降低86%。经济指标分析表明该工艺具有显著的经济优势和市场推广价值,可为同类污水处理厂提供技术改造参考。

4 创新突破与价值实践

4.1 技术创新成果

改进型A²/O工艺通过工艺参数优化和结构创新实现了污水处理效率的显著提升。实验研究确定了最优运行参数组合:水力停留时间16h、污泥回流比70%、溶解氧浓度3.0mg/L、MLSS浓度3500mg/L。在预酸化池的强化水解作用下,提高了系统碳源利用效率,COD去除率提升15.2%。多点曝气模式建立了有效的溶解氧梯度,提高氧气传质效率,氨氮去除率提升12.3%。污泥闪释工艺降低了回流污泥携带溶解氧,优化了缺氧环境,总氮去除率提升10.5%。动力学研究表明,改进型工艺硝化速率和反硝化速率分别提高25.3%和31.2%。活性污泥性能显著改善,SVI值稳定维持在100mL/g以下,污泥产量降低12.6%。

4.2 工程应用价值

改进型A²/O工艺在工程实践中展现出显著的技术经济优势。工程投资成本较传统工艺降低28%,运行成本节约21.6%,投资回收期3.05年,具有良好的经济可行性。工程运行数据验证了该工艺的稳定性和可靠性,出水水质稳定达到一级A标准。工艺设备配置合理,自动化程度

高,设备完好率达98.5%,运行管理便捷。污泥处理系统运行稳定,污泥沉降性能良好,处理成本显著降低。该工艺的推广应用价值突出,能有效解决城市污水处理厂面临的处理效率低、运行成本高等问题。通过标准化设计和模块化建设,工艺具备较强的推广复制性。

结语

通过系统研究污水处理工艺参数优化和新工艺开发,建立了一套适用于城市污水处理的技术体系。研究发现,合理调控工艺参数能显著提升处理效率,改进型A²/O工艺在实际应用中取得良好效果。这些研究成果为污水处理厂技术改造提供了可靠依据,对提高城市污水处理水平具有重要的工程应用价值。未来研究将进一步探索智能控制技术在污水处理中的应用,实现处理工艺的精确调控和运行成本的持续降低。

参考文献

- [1]任琨,武潮辉,杨埴,等.铁碳填料耦合生物膜法对生活污水的处理研究[J/OL].水处理技术,1-8[2024-11-26].
- [2]山西省人民代表大会常务委员会关于批准《大同市城镇排水与污水处理条例》的决定[N].山西日报,2024-11-23(002).
- [3]卢茜,吴永贵,秦仕亿.AAO+悬浮填料(IFAS)工艺在城镇污水处理工程中的应用[J/OL].水处理技术,1-6[2024-11-26].
- [4]李欣焯,耿颖,李瑶华.基于地表IV类水的产业集聚区污水处理工艺的中试研究[J/OL].水处理技术,1-6[2024-11-26].
- [5]陈奇勇,陆芳.污水处理厂机电工程项目管理要点初探[C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司.2024新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(二).广西壮族自治区北流市新圩镇乡村建设综合服务中心,; 2024:2.