

市政污水深度处理及回用系统的工艺设计与应用

马 永

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：针对水资源短缺和水环境治理的双重需求，市政污水深度处理及回用成为缓解水资源压力的一种重要途径。本文结合工程实践，以工艺设计原则为依据，确定预处理+A²/O+MBR+反渗透+消毒的组合工艺方案，对各个处理单元的设计参数和技术要点进行详细的阐述。用实际工程案例来验证系统的处理效果，出水水质可以满足工业冷却、城市绿化等回用的要求。该工艺设计具有稳定性和经济性，给市政污水深度处理及回用系统建设提供技术参考。

【关键词】：市政污水；深度处理；回用系统；工艺设计；MBR；反渗透

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.002

1 引言

由于城市化进程加快以及工业生产规模扩大，水资源供需矛盾越来越突出，市政污水排放量不断增大，给水环境造成严重压力。市政污水经过深度处理后回用，一方面可以减少污水排放量，减轻对水环境的污染，另一方面也可以替代一部分新鲜水资源，缓解水资源短缺的问题。目前国内市政污水回用主要应用领域有工业冷却、城市绿化、道路冲洗、景观用水等。工艺设计是污水深度处理和回用水系统的核心，工艺设计的好坏直接影响整个系统处理效果、运行费用以及回用安全。因此开展科学合理的工艺设计研究，有重要的现实意义。

2 市政污水深度处理及回用系统工艺设计

2.1 设计原则

市政污水深度处理和回用系统工艺设计要符合四个原则。一是达标性原则，处理后的出水水质必须达到对应回用场景的国家标准；二是稳定性原则，工艺要适应进水水质、水量的波动，保证处理效果稳定；三是经济性原则，在满足处理要求的前提下，降低工程投资和运行成本；四是环保性原则，减少工艺运行过程中污泥、药剂等二次污染物的产生。

2.2 工艺方案选择

根据市政污水水质复杂、污染物种类多等特点，结合不同的回用场景的水质要求，本次设计采用预处理+A²O+MBR+反渗透+消毒的组合工艺。该工艺可以实现对悬浮物、有机物、氮磷营养盐和溶解性盐类的高效去除，出水水质好，适用范围广。各单元的功能为预处理去除大颗粒杂质和部分悬浮物，保证后面工艺的稳定运行，A²/O单元实现有机物降解和氮磷去除，MBR单元进一步截留污染物，提高出水悬浮物和浊度指标，反渗透单元去除溶解性盐类，满足高标准回用需求，消毒单元杀灭病原微生物，保证回用安全。

2.3 核心单元设计参数

本次设计以某城市市政污水厂升级改造项目为背景，设计处理规模为10万m³/d，回用规模为5万m³/d。各核心处理单元的详细设计参数如下表所示。

表1 核心单元设计参数

处理单元	设计参数	核心功能
格栅	栅条间隙 10mm，过栅流速 0.8~1.0m/s，安装角度 60°	去除污水中石块、树枝等大颗粒杂质
旋流沉砂池	水力停留时间 20s，表面负荷 120m ³ /(m ² ·h)，砂水分离器处理量 100m ³ /h	去除污水中砂粒，减少设备磨损
A ² /O 反应池	总水力停留时间 12h，厌氧区 2h、缺氧区 3h、好氧区 7h，MLSS 浓度 4000mg/L	降解 COD、BOD ₅ ，同步去除氨氮、总磷
MBR 池	膜通量 15L/(m ² ·h)，水力停留时间 2h，曝气量 12m ³ /m ² ，膜组件孔径 0.04 μm	截留活性污泥与悬浮物，强化固液分离
反渗透装置	操作压力 1.5~2.0MPa，回收率 75%，膜元件排列方式 2:1	去除溶解性盐类、重金属等污染物
紫外消毒池	有效照射剂量 ≥40mJ/cm ² ，水流速度 0.3m/s，灯管使用寿命 8000h	杀灭病原微生物，保障回用水水质安全

2.4 回用系统设计

按照回用的目的将处理后的出水分为两个回用方向。一是工业回用,供给周边工业园区作为冷却用水,设计水质应满足《城市污水再生利用工业用水水质》中敞开式循环冷却水系统补充水标准;二是市政回用,用于城市绿化、道路冲洗、景观用水,水质应符合《城市污水再生利用城市杂用水水质》标准。回用管网采用独立敷设方式,管网设计压力0.4MPa,设置水质在线监测设备,实时监测COD、BOD、总氮总磷、浊度、余氯、等关键指标,保证回用水质稳定。

3 工程应用案例

3.1 项目概况

某城市市政污水厂升级改造项目,原处理工艺为传统活性污泥法,出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级B标准。为达到污水回用目的,采用本文所设计的预处理+A2/O+MBR+反渗透+消毒工艺进行升级改造,项目总投资1.2亿元,设计处理能力为10万m³/d,回用水量5万m³/d,工业回用水量3万m³/d,市政回用水量2万m³/d。2023年建成的项目投运后至今运行效果稳定。

3.2 处理效果

为了对系统的处理效果有准确的认识,在整个运行过程中采用在线监测与实验室检测相结合的方法,对进水及各个核心单元的出水水质进行了连续12个月的跟踪监测,监测周期为每天一次,COD、氨氮每4小时监测一次。监测数据显示,进水水质受城市生活污水和部分工业废水混合影响,有波动,核心污染物浓度范围明确。各单元出水水质逐步提高,最后出水各项指标都稳定达到目标回用标准。

3.3 经济与环境效益

自项目开始运行18个月以后,经济效益和环境效益都有了明显的提高,经济效益表现为单位运行成本为1.2元/m³,药剂费成本0.32元/m³(PAC、PAM、反渗透阻垢剂),电费成本0.61元/m³(提升泵、曝气设备、膜组件运行耗电),人工及维护费0.27元/m³(操作人员薪酬、设备维修费)。当地工业新鲜水价格为3.2元/m³,市政绿化用水价格为2.0元/m³,

参考文献:

- [1] 李航.绿色施工技术在房建施工中的标准化应用实践[J].中国建筑金属结构,2025,24(22):196-198.
- [2] 徐淑起.新型绿色节能技术在房建工程施工中的创新应用[J].中国建筑金属结构,2025,24(21):13-15.
- [3] 张新军.绿色施工技术在房建施工中的应用[J].新疆有色金属,2025,48(04):106-108.

按回用规模5万m³/d计算,每年可以节约新鲜水费用4860万元,扣除运行成本2190万元,年净收益为2670万元,项目的静态投资回收期由原来的3年缩短到2.8年。另外回用水供给工业园区后,降低企业用水成本,间接带动区域工业产值提升约1.2%。环境效益上,污水回用每年节约新鲜水资源1825万m³,相当于20万人口用水量的缓解。同时减少市政污水排放量1825万立方米,其中COD减排量为520吨、氨氮减排量为55吨、总磷减排量为58吨,经测算后可以使得周边受纳水体COD浓度下降15%~20%,氨氮浓度下降10%~12%,明显改善了水体的生态环境。另外系统产生的污泥经脱水干化后用作制砖原料,实现污泥的资源化利用,每年减少污泥填埋量约3000t,降低二次污染的风险。

4 问题与优化建议

4.1 运行过程中存在的问题

项目运行期间出现的主要问题有两个。MBR膜组件容易受到污染,造成膜通量下降,需要定期进行化学清洗,增加了运行成本和维护工作量;反渗透浓水排放存在二次污染的风险,浓水含盐量高,直接排放会对周围水体造成影响。

4.2 优化建议

对以上问题提出如下建议。一是改善MBR池的运行参数,调节曝气量、污泥龄等来减少膜污染;选用抗污染性能更好的膜组件,延长膜使用寿命。第二是对反渗透浓水进行深度处理,采用浓水回用工艺,把浓水再进一步处理后用于园区道路冲洗或者绿化,提高水资源的利用率,降低浓水排放造成的环境压力。

5 结论

综上所述,本文设计的预处理+A2/O+MBR+反渗透+消毒的组合工艺适合于市政污水深度处理和回用。经由工程实践加以检验,该工艺的处理效果稳定,出水水质可以达到各种回用场合的水质标准。项目运行取得较好的经济效益和环境效益,为市政污水资源化利用提供可行的技术方案。之后根据运行参数的优化、浓水处理工艺的完善,可以提高系统稳定性和经济性,促进市政污水回用事业的可持续发展。