

市政污水处理厂改良型氧化沟提标改造技术及应用

何亮

广东绿日环境科技有限公司, 广东 广州 510000

DOI:10.61369/ME.2025110021

摘 要： 为解决市政污水处理厂出水水质不达标、处理能力不足等问题，以福建省某镇级污水处理厂项目为研究对象。该项目将原有0.5万 m³/d处理规模扩容至1.0万 m³/d，出水标准提升至《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准。通过阐述改良型氧化沟提标改造技术的工艺原理、核心内容及应用流程，剖析改造过程中面临的用地紧张等难题，并针对性提出优化工艺组合等解决措施，可为同类市政污水处理厂改良型氧化沟提标改造提供实践参考。

关 键 词： 市政污水处理厂；改良型氧化沟；提标改造技术

Technology and Application of Upgrading and Renovation for Improved Oxidation Ditch in Municipal Sewage Treatment Plants

He Liang

Guangdong Lvri Environmental Technology Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000

Abstract： To address issues such as substandard effluent quality and insufficient treatment capacity in municipal sewage treatment plants, this study takes a township-level sewage treatment plant project in Fujian Province as the research object. The project expands the original treatment capacity from 5,000 m³/d to 10,000 m³/d and upgrades the effluent standards to meet the Class 1A criteria specified in the "Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plants" (GB18918-2002). By elaborating on the process principles, core components, and application procedures of the upgraded modified oxidation ditch technology, this study analyzes challenges encountered during the renovation, such as limited land availability, and proposes targeted solutions such as optimizing process combinations. These findings provide practical references for upgrading modified oxidation ditch technology in similar municipal sewage treatment plants.

Keywords： municipal sewage treatment plant; modified oxidation ditch; upgraded renovation technology

引言

引言随着城市化进程加快与环保要求提高，众多早期建设的市政污水处理厂面临处理能力不足、出水水质难以满足新排放标准的困境，提标改造成为必然选择。改良型氧化沟工艺因流程简捷、抗冲击负荷能力强等优势，但在长期运行中逐渐显现出脱氮除磷效率有限、能耗较高等问题。本文以福建省某镇级污水处理厂项目为依托，深入探讨改良型氧化沟提标改造技术的原理、应用难题及解决措施，旨在为市政污水处理厂提标改造工程提供技术支撑，助力水环境质量改善与生态文明建设。

一、工程概况

福建省某镇级污水处理厂位于丘陵沉积地貌区域，服务范围涵盖周边居民生活污水与工业园区生产废水，原处理规模为0.5万 m³/d，采用改良型 Carrousel-2000 氧化沟工艺，主要处理单元包括粗细格栅及进水泵房、旋流沉砂池、氧化沟、二沉池、污泥脱水车间等。近年来，受服务区域人口增长与产业扩张影响，污水排放量逐年攀升，原有处理能力接近饱和。还需要新建核心处理单元，包括处理规模0.5万 m³/d的二沉池，规模1.0万 m³/d的调节池及前置生物脱氮池、提升泵房及滤布滤池、80平方米的鼓

风机房。另外，还要进行设备及装置升级与新增，如在生化池中增设新型 LR-HBR 系列生物膜反应器模块，新增空气悬浮风机、自动隔膜板框压滤机等设备，同时完善电气、自控及仪表系统，确保改造后工艺稳定运行，出水水质达标。

二、市政污水处理厂改良型氧化沟提标改造技术

（一）工艺原理与特点

改良型氧化沟工艺是在传统 Carrousel 氧化沟基础上优化而来，属于活性污泥法的一种变型，核心是通过合理布置曝气机与

流道，在单一沟体内形成厌氧、缺氧、好氧交替的环境，实现有机物去除与脱氮除磷。其工艺原理为：污水进入氧化沟后，在曝气机推动下沿环形流道循环流动，曝气机下游区域溶解氧（DO）浓度较高（3 ~ 3.5mg/L），形成好氧区，可实现有机物降解与硝化反应；曝气机上游区域 DO 浓度较低（0~0.5mg/L），形成缺氧区，反硝化细菌利用污水中碳源将硝酸盐转化为氮气，实现脱氮；若在进水端增设厌氧池，还可促进聚磷菌释放磷，为后续好氧区过量吸磷创造条件^[1]。

相较于传统工艺，改良型氧化沟提标改造技术具有显著特点：一是工艺流程简捷，可省去初沉池，减少占地与投资；二是抗冲击负荷能力强，沟内完全混合流态能有效缓冲水质水量波动；三是脱氮除磷效率高，通过优化 DO 梯度与水力停留时间，可同步实现碳、氮、磷去除；四是能耗较低，倒伞型曝气机动力效率可达 2.4kgO₂/kwh，高于普通活性污泥法；五是运行管理方便，设备数量少，维护成本低，适合市政污水厂长期稳定运行^[2]。

（二）提标改造核心技术内容

1. 工艺优化与单元升级

针对原有工艺脱氮除磷效率不足的问题，本项目采用“前置反硝化 + A²/O+LR-HBR 生物膜反应器”组合工艺对改良型氧化沟进行改造：

表1 技术改造方案对比表		
改造内容	改造前	改造后
氧化沟结构	传统 Carrousel 氧化沟，厌氧-缺氧-好氧分区不明确	将原有厌氧池改为缺氧池，增设前置反硝化区
生物处理单元	仅靠活性污泥法处理	在好氧区新增 LR-HBR 系列生物膜反应器模块，提高污泥浓度
回流系统	原有内回流系统运行不稳定	停用原有内回流，在好氧池末端新增混合液回流泵，控制回流比为 100%
除磷措施	依赖生化除磷，效果不稳定	增设 PAC 应急加药系统，强化化学除磷

2. 水质提升与能耗控制

为确保出水达到一级 A 标准，在水质控制方面采取多重措施：一是精准控制进水水质，根据监测数据调整营养液投加量，营养液投加装置采用 PE 桶（V=2000L），配套机械隔膜计量泵（1用1备），确保生化反应所需营养均衡；二是强化除磷效果，在污泥脱水车间设置 PAC 成套加药设备，包括 2m³ 储药桶、2m³ 溶药桶，配套隔膜计量泵，应急投加 PAC，确保出水 TP ≤ 0.5mg/L；三是优化污泥处理系统，新增 1 台自动隔膜压滤机（过滤面积 100m²，N=10.2kW），将污泥含水率由 97.5%降至 60%以下，减少污泥二次污染。在能耗控制上，通过设备选型与运行优化实现节能：选用节能型设备，如潜水搅拌机（N=2.5~5.5kW）、轴流风机（N=0.25kW）等，降低单机能耗；采用 PLC 自动控制系统，根据污水流量、水质参数自动调节设备运行台数与运行时间，如水泵按集水池液位轮值运行，鼓风机根据好氧区 DO 浓度调整曝气量；利用处理后尾水回用，将巴氏计量槽出水用于脱水机房冲洗滤带、构筑物冲洗及绿化浇灌，年节约自来水用量约

7000 吨。

三、市政污水处理厂改良型氧化沟提标改造技术应用的难题

（一）用地紧张与构筑物布局限制

市政污水处理厂多位于城市建成区，改扩建项目往往受限于原有场地红线，可利用空间有限。福建省某镇级污水处理厂项目总用地面积仅 24700 平方米，且一期已建构筑物（如综合楼、污泥脱水车间、配水井等）占据大量空间，二期新建的调节池及生物脱氮池、二沉池、鼓风机房等需在剩余场地内布置，导致构筑物间距紧凑，如新建二沉池西侧距已有二沉池仅 4m，北侧距已建配水井、污泥泵井约 7m，不仅增加了施工难度，还可能影响现有构筑物的稳定运行^[3]。

（二）停水改造难度大与运行风险高

污水处理厂提标改造需在保证现状处理能力的前提下进行，无法长时间停水，导致改造过程需分阶段实施，工序衔接复杂。某市政污水处理厂现状处理规模 0.5 万 m³/d，若改造期间停水，将导致周边污水直排，污染水环境。因此，项目需在不停水状态下对原有氧化沟、粗格栅及提升泵房等进行改造，如对氧化沟改造时，需先将污水导流至临时处理设施或预留区域，再对单侧沟体进行施工，施工周期长且易受水质水量波动影响。同时，改造过程中设备更换（如紫外消毒池灯管、污泥回流泵）需短暂停运局部单元，可能导致处理效率下降，增加出水超标的风险。

（三）高浓度污水应对能力不足

福建省某镇级污水处理厂接纳的污水中包含养殖废水、工业废水与生活污水，其中养殖废水量达 270m³/d，COD、氨氮、总磷等污染物浓度较高（如 COD ≤ 500mg/L、氨氮 ≤ 35mg/L、总磷 ≤ 3mg/L），且工业废水成分复杂，存在一定波动性。原有改良型氧化沟工艺对高浓度污水的抗冲击能力有限，改造初期若进水质超出设计范围，易导致生化池内微生物活性下降，出现污泥膨胀、脱氮除磷效率骤降等问题^[4]。

（四）设备兼容性与自动化控制问题

提标改造涉及新增设备与原有系统的兼容，若设备选型不当或接口不匹配，将影响整体工艺运行效率。例如，新增的 LR-HBR 生物膜反应器模块需与原有氧化沟池体尺寸适配，曝气管网需与新增鼓风机压力、流量参数匹配；电气系统改造中，现状配电房需新增 10kV 变配电系统（630kVA 变压器）与 500kW 柴油发电机组，需与原有低压配电系统实现电气与机械联锁，避免出现供电故障。

同时，自动化控制水平不足也制约改造效果。原有污水处理厂自动化程度较低，主要依赖人工操作，改造后新增的 PLC 控制系统需整合原有设备运行数据，实现水质、水量、设备状态的实时监测与自动调控。但部分老旧设备缺乏数据采集接口，无法接入新控制系统，导致自动化控制存在“盲区”，需要人工辅助监控，增加了运行管理难度与人为误差风险。

四、市政污水处理厂改良型氧化沟提标改造技术应用的解决措施

（一）优化构筑物布局与空间利用

针对用地紧张问题，通过精细化设计与空间整合提高土地利用效率：一是采用“合建式”布局，将提升泵房与滤布滤池合建，提升泵房位于下部，滤布滤池布置于泵房上方，节省占地面积约40%；二是合理规划工艺流程，按照“进水—预处理—生化处理—深度处理—出水”的顺序布置构筑物，缩短各单元间管渠长度，减少水头损失与占地，如将调节池及生物脱氮池与原有氧化沟相邻布置，共用污泥回流管路；三是利用地下空间，对部分小型构筑物（如营养液投加装置、PAC加药设备）采用半地下式设计，降低地上占地规模。

（二）分阶段施工与临时保障措施

为降低停产改造风险，采用“分区域、分阶段”施工方案，并配套临时处理设施，一是将氧化沟改造分为两期，先对南侧沟体进行施工，北侧沟体维持正常运行，通过临时导流管将污水引入北侧沟体，施工完成后对北侧沟体改造，确保改造期间处理能力不低于 $0.5\text{万 m}^3/\text{d}$ ；二是对粗格栅及提升泵房改造时，启用第二条格栅渠，新增1台链条式回转格栅除污机，同时增设1台潜水排污泵，实现“一用一备”，避免格栅或水泵故障导致停产；三是在厂区临时设置应急调节池（容积 500m^3 ），当进水水量超出处理能力时，暂存污水，待系统稳定后再逐步处理，防止污水外排^[5]。

（三）强化预处理与工艺抗冲击能力

在预处理段，本次改造通过关键设备的扩容与升级，显著提升了系统的稳定性与处理能力。改造前，格栅系统仅单渠运行，提升泵房配置也较为紧张。改造后，通过启用第二条格栅渠并新增1台链条式回转格栅除污机（ $B=0.8\text{m}$, $N=1.1\text{kW}$ ），实现了双渠并行，大大增强了对悬浮物的拦截能力和设备检修时的运行灵活性；同时，在提升泵房新增1台潜水排污泵（ $Q=360\text{m}^3/\text{h}$, $H=15\text{m}$, $N=18.5\text{kW}$ ），使运行模式优化为“2用1备”，不仅直接提升了 $350\text{m}^3/\text{h}$ 的污水提升能力，更极大地保障了后续处理单

元进水的水量与稳定性，为整个工艺流程的顺畅运行奠定了坚实基础。

（四）设备选型兼容与自动化系统升级

在设备选型上，严格遵循“兼容性、标准化”原则：一是优先选择与原有设备品牌、型号匹配的产品，如新增的污泥回流泵与原有水泵参数一致，确保管路接口、控制信号兼容；二是对新增设备进行接口适配设计，如LR-HBR生物膜反应器模块的不锈钢膜架尺寸根据氧化沟池体定制，曝气管网采用标准化接口，与鼓风机出口管路直接对接；三是在设备采购前进行技术交底，要求厂家提供设备控制协议与数据接口，确保可接入全厂自动化控制系统。

在自动化控制升级方面，构建“中控室—现场PLC—设备传感器”三级控制系统：一是对原有老旧设备进行改造，加装智能传感器（如液位计、DO仪、COD在线监测仪），实现运行参数实时采集；二是在中控室设置上位机监控系统，整合各处理单元运行数据，可远程控制设备启停、调整运行参数，如根据DO浓度自动调节鼓风机曝气量，根据液位自动控制水泵运行台数；三是建立数据预警与故障诊断功能，当设备运行参数超出正常范围（如水泵电流异常、出水COD超标）时，系统自动报警并提示故障原因，便于运维人员及时处理。通过自动化升级，减少了人工干预，提高了工艺运行稳定性与管理效率。

五、结束语

文章以某福建省某镇级污水处理厂改良型氧化沟提标改造项目为依托，深入探讨了市政污水处理厂改良型氧化沟提标改造技术的应用与实践。通过采用“前置反硝化+ A^2/O +LR-HBR生物膜反应器”组合工艺，并结合设备升级与自动化控制系统的完善，本次提标改造工程有效提升了污水处理厂的脱氮除磷能力与系统稳定性，实现了从 $0.5\text{万 m}^3/\text{d}$ 扩容至 $1.0\text{万 m}^3/\text{d}$ ，并确保出水水质稳定达到一级A标准，为类似镇级污水处理厂的提标改造提供了可借鉴的技术路线与实践经验。

参考文献

- [1] 岳崇峰, 李桂姣, 许江城. 改良 AAO+ 深床反硝化滤池工艺用于污水处理厂提标改造 [J]. 城市道桥与防洪, 2024(6): 163-168.
- [2] 蒋富海, 陈亚松, 张显忠, 等. 污水处理厂提标扩量协同增效的实践应用 [J]. 中国市政工程, 2023(3): 41-46, 55.
- [3] 朱诚熠, 黄天寅, 曹强, 等. 佛山市某污水处理厂技改工程实例 [J]. 水处理技术, 2024, 50(4): 140-143.
- [4] 鲍任兵, 万年红, 邹磊, 等. 城镇污水生化处理原位提标技术路径研究 [J]. 给水排水, 2024, 50(9): 33-42.
- [5] 李明惠. 试述污水处理厂如何在技改中实现节能增效 [J]. 智能城市, 2017, 3(9): 120.