

污水装置托管运行模式下的扩容改造与运营实践

刘 成 程彬伟

新疆广汇煤炭清洁炼化有限责任公司 新疆 哈密 839000

摘要：污水装置托管运行模式下，扩容改造与运营实践聚焦于提升处理能力与效率。通过预处理系统升级、生物处理系统扩容、深度处理系统增设及污泥处理系统改进等技术路径，结合智能监控、精准曝气等智能化手段，实现污水处理全流程优化。托管模式依托专业团队，强化技术支持与成本管控，通过绩效考核与激励机制保障运营质量，有效应对市场恶性竞争与监管漏洞等挑战，推动污水处理行业可持续发展。

关键词：污水装置；托管运行模式；扩容改造；运营实践

引言：随着城市化进程加速与环保要求日益严格，污水装置处理能力与运营质量面临更高挑战。污水装置托管运行模式凭借专业分工、技术集成与风险共担等优势，成为提升污水处理效能的重要途径。然而，在扩容改造需求激增的背景下，托管模式需兼顾技术升级与运营优化，以应对处理规模扩大、水质标准提升及成本控制等复杂问题。本文从托管模式理论基础出发，系统探讨扩容改造技术路径与运营实践策略，为行业可持续发展提供参考。

1 污水装置托管运行模式理论基础与框架

1.1 托管模式定义与分类

污水装置托管运行是指污水装置产权方将设施运营管理相关工作委托给专业第三方机构负责的运营模式，其核心在于通过专业分工提升运营效率与质量，主要分为两类：（1）全托管模式：第三方机构承接污水装置全流程运营管理工作，涵盖从进水调控、工艺运行、设备运维到出水排放的全链条环节，承担运营过程中的主要责任与风险。例如慧欣环境技术公司承接的工业污水装置全托管项目，通过派驻专业运营团队、搭建专属运维体系，实现污水处理全流程标准化运营^[1]。（2）部分托管模式：针对污水装置运营中的特定环节或专项任务进行委托，产权方保留部分核心运营权。常见委托内容包括关键设备维护、水质实时监测、工艺优化咨询等，适用于产权方具备基础运营能力但需强化专项环节管理的场景。

1.2 托管模式的核心优势

（1）技术专业化：第三方机构凭借行业积累，可引入AAO工艺、反硝化滤池等先进处理技术及智能控制系统，提升污水处理效率与稳定性，解决产权方技术储备不足的痛点。（2）成本优化：通过规模化采购药剂、集中调配运维资源、优化工艺参数实现节能降耗，有效降

低单吨水处理成本，相较于产权方自主运营更具规模效益。（3）风险共担：托管合同中明确界定产权方与第三方的责任边界，针对出水不达标、设备故障等问题设定清晰的处罚与补偿机制，实现运营风险的合理分摊。

1.3 托管模式的实施框架

（1）合同设计：核心在于明确服务范围、量化绩效指标（如出水达标率、设备完好率）及费用结算方式，其中绩效指标与费用挂钩的结算模式可有效激励第三方提升运营质量。（2）监管机制：构建政府监管、第三方专业机构检测与公众监督相结合的多方监管体系，通过在线监测平台实时监控出水水质，保障运营过程合规透明。（3）利益协调：建立兼顾业主、托管方与用户的收益分配模型，平衡各方诉求，例如将成本节约部分按约定比例共享，实现多方共赢，保障托管模式长期稳定运行。

2 污水装置托管运行模式下扩容改造的技术路径与实践

2.1 预处理系统升级

（1）格栅改造：采用网板式格栅全面替代传统回转式格栅。相较于回转式格栅，网板式格栅具备栅条间隙均匀、运行阻力小、抗堵塞能力强的优势，且通过模块化设计可灵活适配不同处理规模。某市政污水厂在托管团队推动下完成格栅改造后，不仅纤维类杂质拦截效率从原来的55%提升至95%，提升幅度达40%，还大幅降低了栅渣清理频次，减少了人工运维成本，同时避免了因格栅堵塞导致的进水溢流风险，保障了后续处理单元的稳定进料。（2）沉砂池优化：依托流体力学仿真模拟技术，对原有沉砂池的池体结构、导流装置进行优化重构，消除池内死水区与涡流现象，提升砂水分离效率；同时结合在线砂量监测数据，建立动态排砂周期调控模型，替代传统固定周期排砂模式。以南昌县某污水厂扩容改造项目为例，托管团队通过流态优化与智能排砂调

控,将砂粒去除率从改造前的80%提升至95%,沉砂含水率降低12%,有效减少了砂粒对后续生物反应池曝气装置、管道的磨损,延长了设备使用寿命,同时降低了污泥处理系统的负荷^[2]。

2.2 生物处理系统扩容

(1) 工艺转型:针对传统CAST池存在的脱氮效率低、抗冲击负荷能力弱、处理规模受限等问题,实施CAST池改AAO池的工艺升级。改造过程中,通过重构池体功能分区,增设厌氧区、缺氧区与好氧区的独立廊道,优化污泥回流与混合液回流系统,强化硝化与反硝化反应的协同进行。某工业园区污水厂完成该工艺转型后,在处理规模提升30%的基础上,总氮去除率从原来的60%跃升至85%,出水总氮浓度稳定低于10mg/L,达到一级A排放标准,成功适配了园区企业产能扩张带来的污水排放增量与水质升级需求^[3]。(2) 曝气控制:引入精准曝气系统替代传统粗放式曝气模式,构建“在线监测-智能调控-精准供氧”的闭环管理体系。通过在生物反应池不同区域布设溶解氧(DO)传感器,实时采集水质参数与污泥浓度数据,结合微生物代谢模型,动态调节曝气风量;同时采用空气悬浮离心风机替代传统罗茨风机,提升曝气效率。实践表明,该模式可实现曝气能耗精准管控,某污水厂应用后,曝气系统节能效率达30%,年节约电费近120万元,同时避免了过度曝气导致的污泥老化问题,提升了活性污泥的沉降性能与污染物降解能力。

2.3 深度处理系统增设

(1) 反硝化滤池增设:作为深度脱氮的核心单元,反硝化滤池采用专用改性滤料,在缺氧环境下通过反硝化细菌的作用,将水中残余的硝酸盐氮转化为氮气排出,设计负荷严格控制在 $\leq 3\text{kgN}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。该单元可与前端生物处理系统形成协同,使出水总氮去除效率进一步提升20%-30%,确保出水总氮浓度稳定达标,有效解决了传统工艺脱氮不彻底的痛点,尤其适用于饮用水源保护区周边的污水厂升级改造。(2) 消毒工艺优化:针对高色度、高浊度废水消毒不彻底的问题,采用二氧化氯消毒工艺替代传统紫外消毒。二氧化氯具有氧化能力强、杀菌谱广的特点,受水体色度、浊度影响小,且消毒副产物生成量远低于紫外消毒。某印染废水处理厂在托管改造中完成消毒工艺升级后,不仅出水细菌总数、大肠菌群数完全达标,还成功解决了高色度废水消毒后水质不稳定的问题,提升了出水回用的可行性^[4]。

2.4 污泥处理系统改进

随着污水处理规模扩大,污泥产量同步增加,传统污泥处理设备存在处理效率低、污泥含水率高(通常为

80%左右)、运输处置成本高的问题。托管方通过引入浓缩脱水一体化设备,整合污泥调理、浓缩、压榨等多个环节,优化絮凝剂投加方案,实现污泥处理的高效化。某污水厂采用带式压滤型浓缩脱水一体化设备后,污泥处理能力提升50%,污泥含水率从80%降至65%,不仅大幅降低了污泥运输过程中的渗漏风险,还使污泥焚烧、填埋等后续处置成本降低35%,同时提升了污泥资源化利用的潜力,为污泥制肥、协同焚烧发电等资源化路径提供了基础条件。

3 污水装置托管运行模式下的运营实践优化策略

3.1 智能化监控系统应用

(1) 实时数据采集:引入SCADA(数据采集与监控系统),实现对污水处理全流程关键参数的实时采集与动态监控,核心监控指标涵盖溶解氧(DO)、污泥浓度(MLSS)、进水COD、出水氨氮等20余项关键参数。系统通过分布式传感器组网,将数据实时传输至控制中心,实现运行状态可视化,为工艺参数调整提供实时数据支撑,避免因参数偏离导致的处理效果波动。(2) 预警模型构建:基于机器学习算法构建设备故障与水质异常预警模型,通过挖掘历史运行数据、设备参数与故障案例的关联规律,实现故障的提前预判。例如针对核心动力设备鼓风机,模型可通过分析风机振动频率、电流波动、温度变化等数据,提前72小时预判潜在故障风险,并推送预警信息与处置建议,大幅降低非计划停机概率。某市政污水厂应用该模型后,设备故障停机时间减少60%,保障了运行连续性。

3.2 成本控制与资源回收

(1) 药剂优化:针对传统铝盐药剂耗量大、处理效果不稳定的问题,采用聚合氯化铝(PAC)替代传统铝盐。聚合氯化铝具有絮凝效率高、适用水质范围广、药剂投加量少的优势,通过精准计算进水水质与药剂投加量的匹配关系,实现药剂高效利用。某工业污水厂在托管团队主导下完成药剂替代后,吨水药耗降低15%,年节约药剂成本近80万元,同时出水悬浮物去除率提升10%^[5]。(2) 能源管理:构建“沼气发电+光伏互补”的清洁能源供应体系,实现能源自给与节能降耗。一方面,对污泥厌氧消化产生的沼气进行收集、提纯与发电,电力直接用于污水处理设备运行;另一方面,在厂区屋顶、空地铺设光伏组件,利用太阳能发电补充能源需求。某大型市政污水厂通过该模式,绿电占比提升至20%,年减少外购电量120万度,降低能源成本约96万元,同时减少碳排放500余吨,践行绿色运营理念。

3.3 绩效考核与激励机制

(1) KPI体系设计: 构建涵盖水质达标、运营效率、设备管理三大维度的KPI考核体系, 核心指标包括出水达标率(要求 $\geq 99\%$)、吨水能耗强度(目标 $\leq 0.35\text{kWh/吨水}$)、关键设备可用率(要求 $\geq 98\%$)等。指标设定结合行业标准、项目实际情况与业主需求, 采用量化考核方式, 确保考核公平性与可操作性。(2) 奖惩机制: 将KPI考核结果与托管费用直接挂钩, 制定“超额减排奖励+未达标罚款”的双向奖惩规则, 并在托管合同中明确界定。例如, 若出水水质优于合同约定标准, 按超额减排量给予每吨水0.1元的奖励; 若出现出水不达标情况, 按超标水量与超标浓度梯度罚款, 单次最高罚款不超过当月托管费用的30%。某项目通过该机制, 托管团队运营积极性显著提升, 出水达标率稳定保持在99.5%以上, 吨水能耗较合同目标降低8%。

4 污水装置托管运行模式的现存挑战与对策建议

4.1 现存挑战

(1) 市场恶性竞争: 当前污水托管运营市场准入门槛参差不齐, 部分中小企业为抢占市场份额, 采取“低价中标”策略。为控制成本, 中标企业往往压缩运维投入, 减少专业人员配置、降低药剂质量标准、简化运维流程, 直接导致服务质量下降, 出现出水水质波动、设备运维不到位等问题, 不仅损害业主利益, 还破坏了行业公平竞争环境, 阻碍了托管模式的良性发展。(2) 监管漏洞: 现有监管体系存在覆盖不全面、技术手段滞后等问题, 难以实现对托管运营全流程的有效管控。部分托管方利用监管漏洞, 通过篡改水质监测数据、伪造运维记录等方式规避责任, 如人为调整在线监测设备参数、替换水样等, 导致监管部门无法掌握真实运营情况, 出水超标风险隐患增加, 严重影响污水处理的生态效益。

4.2 对策建议

(1) 政策层面: 完善托管运营行业资质认证体系, 明确企业技术实力、人员配置、设备条件等准入标准, 提升行业准入门槛。建立行业黑名单制度, 将低价恶性竞争、篡改数据、履约不力的企业纳入黑名单, 限制

其市场参与资格, 同时畅通举报渠道, 强化行业自律与行政监管协同, 营造公平有序的市场环境。(2) 技术层面: 推广区块链技术在污水处理监测数据管理中的应用, 利用区块链去中心化、不可篡改、可追溯的特性, 实现监测数据从采集、传输到存储的全流程留痕。将水质参数、设备运行数据等关键信息上链, 确保数据真实可信, 从技术层面杜绝数据篡改行为, 为监管提供可靠的数据支撑, 提升监管效率与精准度。(3) 合同层面: 引入第三方担保机制, 要求托管方提供履约担保, 由专业担保机构对其履约能力进行评估与保障。在托管合同中明确担保范围、理赔流程, 当托管方出现服务质量不达标、违约等情况时, 由担保机构向业主承担赔偿责任, 有效降低业主风险, 同时倒逼托管方规范运营行为, 保障托管服务质量与合同履行效果。

结束语

污水装置托管运行模式下的扩容改造与运营实践, 是技术革新与管理优化的深度融合。通过科学规划技术路径、强化智能化监控、完善绩效考核机制, 不仅实现了处理能力与出水水质的双提升, 更推动了行业向专业化、精细化方向发展。面对未来, 需持续突破技术瓶颈、健全监管体系、培育良性市场生态, 以托管模式为支点, 撬动污水处理全产业链升级, 为生态文明建设与可持续发展注入强劲动力。

参考文献

- [1]杨刚刚.污水处理装置控制系统的设计及应用[J].仪器仪表用户,2021,(2):69-72
- [2]郑孝灿.污水处理装置DCS系统的国产化改造[J].齐鲁石油化工,2023,41(2):143-146
- [3]张伟.城市污水处理厂能效提升的研究与实践[J].环境保护,2023,(9):45-50.
- [4]王磊,赵强.基于数据分析的污水处理厂运行优化策略研究[J].工业水处理,2023,(4):78-84.
- [5]李华,陈敏.污水处理工艺优化与节能技术应用综述[J].水处理技术,2022,(6):12-18.