

# Research on the application of wastewater treatment process optimization and waste gas monitoring technology

Ye Zhang<sup>1</sup> Jianru Wu<sup>2</sup>

1. Zhenjiang Economic and Technological Development Zone New Material Industrial Park Management Office, Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

2. Yancheng Water Group Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 212000, China

## Abstract

in this paper on the basis of waste water treatment and waste gas monitoring, the impact on the environment, clear wastewater treatment process optimization strategy, the chemical dynamics, microbial ecology and other multidisciplinary theory, improve the treatment efficiency, introduces the development of exhaust gas monitoring technology and application strategy, on the basis of multidisciplinary cross, achieve accurate monitoring. Focusing on the discussion of the synergistic effect of waste water treatment and waste gas monitoring, the comprehensive application strategy is constructed according to the theory of dynamic balance of material circulation, and the effect is also displayed through the case of Iron and Steel Group, so as to provide a scientific basis for the prevention and control of industrial pollution, and help to realize the dynamic balance of intensive utilization of resources and environmental benefits.

## Keywords

wastewater treatment; waste gas monitoring; process optimization; application research

# 废水处理工艺优化与废气监测技术的应用研究

章晔<sup>1</sup> 武建茹<sup>2</sup>

1. 镇江经济技术开发区新材料产业园管理办公室, 中国·江苏 镇江 212000

2. 盐城市水务集团有限公司, 中国·江苏 盐城 224000

## 摘 要

本文以废水处理和废气监测为基础, 研究其对环境产生的影响, 明确废水处理工艺的优化策略, 将化学动力学、微生物生态学等多学科理论融合进去, 提高处理效率, 介绍了废气监测技术多样的发展情况和应用策略, 以多学科交叉作为基础, 达成精准监测。重点探讨废水处理和废气监测的协同效应, 依据物质循环动态平衡等理论构建综合应用策略, 还通过钢铁集团的案例展示成效, 为工业污染防治提供科学依据, 帮助实现资源集约化利用和环境效益的动态平衡。

## 关键词

废水处理; 废气监测; 工艺优化; 应用研究

## 1 引言

在当下工业化进程不断加速的背景下, 环境问题变得越来越严峻, 废水处理以及废气排放变成了限制可持续发展的关键要点, 没有经过妥善处理的废水和废气, 给水体、大气甚至土壤生态系统带来了严重的破坏, 对人类健康以及生态平衡构成了威胁。随着环保要求持续提高, 传统的处理和监测手段已经无法满足需求。在这样的背景之下, 研究废水处理工艺的优化以及废气监测技术的应用, 并寻找二者协同治理的策略非常紧迫。

## 2 废水处理和废气排放的环境影响

废水处理和工业废气排放是两大关键性环境影响因素, 未经达标处理的废水直接排放至自然水体后, 会引发水体理化性质改变, 汞、镉等重金属污染物具有生物累积效应, 通过“藻类-鱼类-人类”的传递路径形成健康威胁。有机污染物过量排放则会急剧消耗水体溶解氧, 造成溶解氧浓度骤降至 1.5mg/L 以下, 致使鱼类等水生生物窒息死亡, 这种连锁反应严重威胁着水域生态系统的物质循环。在气体排放方面, 燃煤企业释放的二氧化硫和氮氧化物在大气中经复杂反应生成  $\text{PH} < 5.6$  的酸性降水, 不仅加速混凝土建筑物的碳化进程, 更会改变土壤理化性质导致植被枯萎。挥发性有机物与氮氧化物在光照条件下发生光化学反应, 生成的臭氧和过氧乙酰硝酸酯不仅诱发呼吸系统疾病, 其温室效应与二氧

【作者简介】章晔（1983-），男，中国江苏常州人，本科，注册安全工程师，从事环境管理研究。

化碳形成协同效应，这种复合型污染已成为区域环境质量恶化的推手。

### 3 废水处理工艺优化策略

### 3.1 废水处理工艺概述

现代废水处理技术包含多种工艺路线以满足不同净化需求,物理法作为基础处理手段,主要通过重力沉淀、多级过滤及离心分离等物理方式(如图1所示)截留水中的悬浮颗粒和不可溶杂质,化学工艺体系则依据污染物质特

性，通过酸碱性和氧化还原反应以及混凝沉淀等原理，促使有毒物质发生化学转化形成稳定形态便于后续去除。在生物处理中，主要依赖微生物的代谢功能对溶解性有机物进行生物矿化，典型如活性污泥法通过曝气系统促进微生物与污染物的充分接触实现高效降解。膜生物反应器创新性地将生物降解与膜分离技术进行耦合，在提升处理效率的同时保证出水悬浮物浓度较大降低。不同处理技术因其作用机理的差异性，在实际工程应用中需根据废水特性进行针对性组合设计。

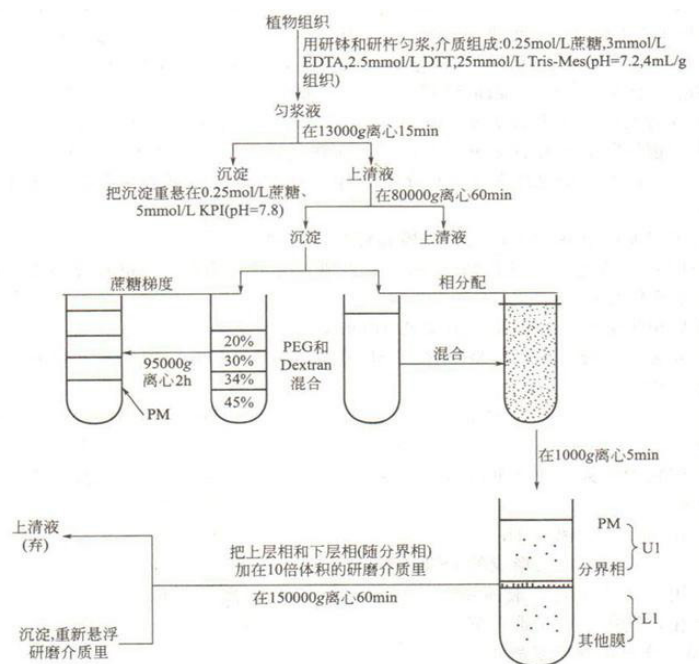


图 1 离心技术概述图

### 3.2 废水处理工艺优化的理论基础

废水处理系统的工艺优化需要融合多学科理论支撑，化学动力学原理通过分析污染物在不同环境下的反应动力学特征，为精准调控反应器运行参数（包括停留时长、温度梯度及药剂投配比）提供科学依据。在此基础上微生物生态学研究通过深入解析功能菌群的代谢机理与环境适应性，指导生物处理单元实施曝气周期调控和溶解氧动态平衡策略，构建利于功能微生物增殖的优势微环境。针对物理分离过程，传质动力学理论通过强化相间物质传递效率，指导设计新型填料结构和优化水力流动模式，有效提升污染物相分离效果。

### 3.3 废水处理工艺优化策略

废水处理系统的工艺优化需要融合多学科理论支撑，化学动力学原理通过分析污染物在不同环境下的反应动力学特征，为精准调控反应器运行参数（包括停留时长、温度梯度及药剂投配比）提供科学依据，在此基础上微生物生态学研究通过深入解析功能菌群的代谢机理与环境适应性，指导生物处理单元实施曝气周期调控和溶解氧动态平衡策略，构建利于功能微生物增殖的优势微环境。针对物理分离过程，传质动力学理论通过强化相间物质传递效率，指导设计新型填

料结构和优化水力流动模式,有效提升污染物相分离效果。

#### 4 废气监测技术的应用策略

#### 4.1 废气监测技术概述

现代废气监测体系呈现多样化发展态势以适应差异化环境管控需求，在光学检测领域，基于光波与气体分子间的能量交换原理，傅里叶变换红外光谱系统能实现对硫氧化物、氮氧化物等气态污染物的快速识别与定量解析，其宽谱检测特性较大提升多组分分析效率<sup>[1]</sup>。针对挥发性有机物监测，基于物质分配差异的色谱法借助色谱柱的高效分离能力，配合高精度检测器完成复杂混合物的成分鉴别与浓度测定，以电化学传感器为代表的智能传感装置则展现出独特优势，通过特异性敏感材料构建的微型化检测模块，可在工业排放口等场景实现目标污染物的原位连续监测。不同技术体系的协同应用为全面解析废气组成特征创造了多维度的技术支撑。

## 4.2 废气监测技术优化的理论基础

废气监测技术革新建立在多学科交叉融合的基础之上，物理光学原理为光谱检测技术奠定物理基础，通过解析气体

分子对特定波长光波的吸收衰减规律与散射特性,优化光学元件布局及光源调制策略,提升检测性能的精确度与灵敏度。在化学分析领域物质相态分配理论构建了色谱分析的理论框架,通过调整固定相填料粒径分布与梯度温控程序,实现快速精准的组分分离,使复杂废气样品的解析效率提升40%以上,材料科学领域的突破则推动传感技术实现创新跨越,开发具有高选择性的纳米复合材料,通过表面官能团修饰与微孔结构调控,改善传感器对特征污染物的吸附催化性能,有效抑制交叉敏感效应,使设备连续运行稳定性突破8000小时大关,为构建智能化废气监测体系奠定技术基础<sup>[2]</sup>。

### 4.3 废气监测技术应用策略

在工程实践中需结合监测目标和废气成分特征,科学筛选适配的检测技术方案,针对固定排放源宜配置集成式在线监测体系,例如在燃煤电厂烟道部署激光光谱分析仪,实现排放参数的动态追踪。移动污染源检测则可采用车载式便携传感器阵列,配合道路抽检提升监测覆盖率。实施周期性设备标定与运行状态核查,构建基于区块链技术的多源数据管理平台,通过大数据建模分析识别潜在排放趋势,同步开展监测人员技术认证考核,强化标准化操作流程的掌握与异常数据研判能力,构建覆盖全流程的智慧化监测体系,为环境治理提供精准数据支撑。

## 5 废水处理与废气监测的综合应用策略

### 5.1 废水处理与废气监测的协同效应

工业生产中的废水处理与废气监测看似分属不同领域,实则具有不可忽视的协同作用,生产流程中大量污染物呈现气液两相迁移特征,以石化行业为例,生产过程中挥发的硫化物既会形成酸雾排放,又可能溶解于工艺废水之中,建立联合监测机制能实现污染物的溯源管控,提升资源集约化利用水平。从工程实践角度观察,废气净化装置产生的洗涤废水若能与污水处理系统有效衔接,既消除二次污染风险,又能对特定污染物产生协同降解作用。反观废水处理环节,厌氧消化产生的沼气经成分检测达标后,可转化为清洁能源供厂区自用,形成能源内循环体系。通过水气污染数据的交叉分析,环境监管部门能更精准评估企业污染特征——如将烟气脱硝效率与生化池脱氮效能关联测算,可系统掌握企业氮素代谢平衡状态,为制定差异化管控方案提供科学支撑,这种系统化治理模式降低企业环保设施重复建设成本,通过物质能量循环推动产业生态化转型。

### 5.2 综合应用策略的理论框架

环境治理技术的整合创新需要多维理论体系的协同支撑,物质循环的动态平衡机制为跨介质污染治理提供了科学依据,基于环境介质的交互作用原理,污染物在水-气-土三相中的迁移转化规律呈现出非线性的动态特征,这种相界面反应机理的解析可构建污染物全流程管控体系。以挥发性有机物为例,通过揭示其在气液界面的传质动力学过程,可创新开发兼具液相捕集和气相监测功能的复合型处理装置。在系统优化层面,运用数字化建模工具对污染治理设施

进行虚拟仿真,突破传统经验式设计的局限<sup>[3]</sup>。借助三维可视化平台对废水处理单元与废气监测节点进行拓扑分析,建立工艺参数联动机制,动态模拟不同负荷条件下的系统响应曲线,能精准预判污染物的时空分布特征,可以自主生成适应工况波动的弹性调控方案,这种基于数字孪生的优化方法提升了治污系统的协同效能。生命周期评价体系为构建环境治理的整体性方案提供了多维度的决策支持框架。本研究基于评估模型,对废水处理与废气监测技术展开全流程量化分析,涵盖原料开采、生产制造到产品应用及末端处置等环节,通过系统测算能源消耗强度与环境负荷指数,力求在各个环节实现资源利用和环境效益的动态平衡。这种将过程分析方法与系统工程原理有机结合的研究,为工业污染防治技术集成应用构建了具有可操作性的评估体系。

### 5.3 综合应用策略的实施方案

国内某钢铁集团针对生产环节中废水废气超标的环保痛点,创新构建了污染协同治理体系。在气体排放管控方面,工程团队在关键工序部署了智能监测装置,实时追踪高炉、转炉等设备排放的烟气成分,特别针对硫化物、硝化物及粉尘含量建立动态数据库。水处理系统则创新采用生物降解与深度净化联动的工艺组合,形成多级污染拦截网络。工程团队在调试过程中发现脱硫工序产生的酸性废液富含重金属离子与胶体物质,随即开发了物化协同处理模块,先通过pH调节促使金属离子形成絮体沉淀,再运用厌氧-好氧组合生物膜技术分解有机污染物,最终使出水水质稳定达到地表水Ⅳ类标准。通过分析废气组分数据,技术人员成功从高炉尾气中分离出高热值的一氧化碳,经脱硫除尘后导入联合循环发电系统不仅满足厂区30%的电力需求,更使富余热能转化为蒸汽回用至轧钢工序,实施该体系后,企业大气污染物综合脱除效率提升至行业领先的96.5%,中水回用规模突破每日万吨级,仅煤气回收发电项目每年就减少标准煤消耗8.6万吨,这种将末端治理与资源再生有机融合的模式为行业绿色转型提供了技术路径。

## 6 结语

废水处理和废气监测的综合运用对于环境治理有着很大的意义,通过研究两者的协同效应,构建基于多学科理论的综合应用策略。未来要持续留意环境科学领域的前沿研究成果,不断优化处理工艺和监测技术。加强跨行业、跨领域的合作,推动新技术在实际工程中的广泛使用,完善相关政策法规,引导企业积极参与环境治理,通过各方的努力,达成废水废气的高效治理。

### 参考文献

- [1] 石健. 面向水利工程污水处理工艺与给排水管网优化设计研究[J]. 水利科学与寒区工程, 2024, 7 (12): 9-12.
- [2] 邓华鹏,王楚帆. 城市生活污水处理工艺流程优化设计[J]. 黑龙江环境通报, 2024, 37 (12): 160-162.
- [3] 冯伟,李福祥. 废水处理工艺优化与废气监测技术综述[J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5 (08): 6-8.