

工业污水处理分析及环境治理

刘慧

内蒙古滟晴环境技术有限公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000

DOI:10.61369/EAE.2025050011

摘要 : 中国工业化的发展稳步向前, 为我国经济发展奠定了坚实的基础, 发挥着承上启下的积极作用。而随着工业生产的发展, 排出的污废水量也随之增加, 一旦处理不完全, 以忽视之态, 无章法的肆意排放, 就会严重污染周围水质和土壤环境。部分工业企业对污废水的处理工作极其不重视, 造成周围的生活用水被污染。因为水本身具有流动性的特点, 能够使污染源不断地向周围发展、恶化, 使附近的城市和农田遭受到不同程度的污染。

关键词 : 工业; 污废水; 污染; 污废水处理; 治理

Analysis of Industrial Wastewater Treatment and Environmental Governance

Liu Hui

Inner Mongolia Yanqing Environmental Technology Co., Ltd., Ordos, Inner Mongolia 017000

Abstract : The development of China's industrialization is progressing steadily, laying a solid foundation for the country's economic growth and playing a pivotal role in bridging past and future development. However, with the expansion of industrial production, the volume of wastewater discharged has also increased. If this wastewater is not treated thoroughly and is instead discharged indiscriminately and without proper regulation, it can severely pollute surrounding water bodies and soil environments. Some industrial enterprises pay extremely little attention to wastewater treatment, resulting in the contamination of nearby domestic water sources. Due to the inherent mobility of water, pollutants can continuously spread and worsen, causing varying degrees of pollution to nearby cities and farmland.

Keywords : industry; wastewater; pollution; wastewater treatment; governance

引言

污废水处理是当下环境防护需要首先解决的问题。在人们生活中, 水质良好与土壤洁净直接关系到人类的生活和生存。如果无法对工业污废水的污染问题进行合理解决, 就会对人类的生活和生存造成不可估量的危害。因此, 社会想要持续稳定的发展, 人们能够健康安定的生活, 首先就是对大自然环境的爱护, 减少对环境的污染, 特别是工业污废水对水质的污染。

一、工业废水处理技术

1. 物理法: 工业废水处理中的物理法是通过物理或机械作用分离污染物, 不改变物质化学性质的技术, 主要作为预处理或一级处理手段。重力分离法, 原理: 利用颗粒密度差异实现沉降或上浮, 如平流式沉淀池通过重力使悬浮物沉降。应用: 去除悬浮固体和浮油, 是基础物理处理手段。气浮法, 原理: 通入微气泡携载悬浮物上浮分离, 适用于细小颗粒或油滴。设备: 气浮机广泛用于工业废水处理。过滤与离心分离, 过滤法: 使用多孔材料(如滤布、砂滤)截留悬浮物。离心分离: 高速旋转加速高密度悬浮物沉降, 常用于高浓度废水。其他技术, 吸附法: 活性炭等吸附剂去除溶解性有机物^[1]。膜分离: 反渗透、超滤等精细分离技术。物理法通常位于处理系统前端, 保护后续设备并稳定处理流程, 常与化学法、生物法结合形成分级处理模式。

2. 化学法: 工业废水处理中的化学法是通过化学反应去除或转化污染物的技术, 中和法, 通过投加酸/碱药剂调节废水pH值, 同时使重金属离子生成氢氧化物沉淀(如Cr³⁺转化为Cr(OH)₃)。例如含氰废水在碱性条件下通氯气氧化, 分步转化为CO₂和N₂。氧化还原法, 氧化剂应用: 使用臭氧、双氧水等氧化有机物, 或通过碱性氯化法处理含氰废水。还原剂应用: 如用FeSO₄将Cr⁶⁺还原为Cr³⁺后沉淀去除。混凝沉淀法, 投加混凝剂(如铝盐、铁盐)使胶体颗粒脱稳聚集, 通过沉淀或气浮分离悬浮物及胶体污染物。高级氧化技术, (AOP)利用羟基自由基氧化难降解有机物, 如电催化氧化技术可降低处理成本40%^[1]。2025年零排放项目中, 该技术已实现有机物高效分解。其他化学法, 离子交换: 树脂吸附重金属离子。化学沉淀: 如磷酸盐沉淀除磷。技术特点与趋势, 化学法处理效率高, 但药剂成本较高, 常需与物理法(如过滤)或生化法联用。2025年技术突破聚焦智

能化投药系统与资源化回用，如 MBR+化学氧化组合工艺使 COD 去除率达 95%。

3. 生化法：工业废水处理中的生化法是通过微生物代谢作用降解有机污染物的核心技术，主要分为需氧和厌氧处理两大类别。其核心优势在于处理成本低、无二次污染，且对有机物、氨氮、总磷等污染物去除效果显著。技术分类与原理，需氧处理，活性污泥法：利用悬浮微生物群体吸附分解有机物，包含曝气池、沉淀池等单元。生物膜法：通过填料表面的微生物膜降解污染物，如生物滤池、生物接触氧化法。厌氧处理，消化池工艺：在密闭反应器中分阶段降解高浓度有机物。UASB（升流式厌氧污泥床）：利用颗粒污泥层提升处理效率。应用场景与限制，适用性：市政污水、食品加工废水等可生化性高的废水。局限性：对含重金属、高浓度大分子物质（如化工废水）需先通过物理化学法预处理。技术发展趋势，未来将聚焦低碳源利用工艺（如 S2EBPR、DAS）及微生物菌种优化，以提升处理效率和降低能耗。

二、零排放与资源化

1. 深度处理：核心技术体系，分质预处理，针对不同水质（如含重金属、高盐废水）采用硫化沉淀、离子交换等技术，实现污染物精准分离。例如电镀废水通过分质收集可使重金属回收率超 95%。膜分离技术，反渗透（RO）：脱盐率 >98%，产水回用率达 85% 以上，如煤化工项目通过多级 RO 将废水 TDS 浓缩至 200,000mg/L。纳滤（NF）：用于分盐预处理，为后续结晶提供基础。蒸发结晶，MVR 蒸发：能耗较传统蒸发降低 40%，某化工园区通过 MVR+冷冻结晶年产工业盐 300 余吨。分盐结晶：通过纳滤或离子交换膜分离氯化钠与硫酸钠，纯度可达 99.5%。资源化实践案例，钢铁行业：智慧水网络管控平台提升吨钢用水效率，重点企业重复利用率达 98.25%。电子工业：成都双流再生水厂采用地埋式设计，处理工业废水同时打造生态公园，实现“处理+增值”。煤化工：威立雅项目通过多级 RO 与 MVR 组合，水资源回收率超 99%。政策与成本挑战，政策要求：2025 年钢铁、石化等行业重复利用率需达 97% 以上。处理成本：约 90.8 元 /m³（含电费药剂），设备投资占比 3.75%~7.5%。通过技术创新与智慧化管理，工业废水零排放已从环保需求升级为资源循环的重要路径。

2. 分质处理：工业废水零排放（Zero Liquid Discharge, ZLD）是通过分质处理、膜分离、蒸发结晶等技术组合，实现废水全量回用和污染物资源化的闭环处理体系。其核心特征包括全量回用（回用率 ≥ 95%）、盐分资源化（如氯化钠、硫酸钠结晶纯度达 99%）及环境友好性。关键技术流程，分质预处理，针对不同水质（如含重金属、高盐废水）采用硫化沉淀、离子交换等技术，实现污染物精准分离。例如，电镀废水通过分质收集，重金属回收率超 95%。膜分离技术，纳滤（NF）分离一价 / 二价盐，反渗透（RO）脱盐率 >98%，产水回用率可达 85% 以上^[2]。某煤化工项目通过多级 RO 将含盐废水浓缩至 TDS 200,000mg/L，回用率超

99%。蒸发结晶，机械蒸汽再压缩（MVR）能耗较传统蒸发降低 40%，分盐结晶技术可产出纯度 99% 的工业盐。某化工园区采用 MVR+冷冻结晶组合，年产工业盐 300 余吨。资源化应用案例，燃煤电厂：国电汉川电厂采用全膜法工艺，淡水回收率超 93%，实现水、盐、泥资源化。煤化工：百万吨级项目通过 MCR 膜化学反应器 + 高倍膜浓缩 + 蒸发结晶，运行 8 年稳定达标。经济与挑战，成本：设备投资高（如 MVR 蒸发器单套超千万元），能耗占运营成本 40%~60%。技术难点：需应对高盐、高硬度水质，工艺设计需精准调控。

三、工业废水环境治理管理策略

1. 总量控制：总量控制的核心原则，环境容量导向：依据水功能区划和水质标准，反推污染物允许排放总量，确保输入负荷与水体自净能力相匹配。分级管理机制：实行流域 - 控制单元二级分配，跨省水域需联合核定，强化区域协同治理。动态响应机制：建立水质目标与污染源治理的联动体系，根据环境变化调整排放限額。实施总量控制的关键措施，纳污能力核算：采用技术经济分析方法，结合水文、水质数据，确定区域环境容量。引入安全余量计算，预留突发污染事件的缓冲空间。总量分配与许可：省级政府制定总量控制计划，明确重点污染物种类、削减量及时限。排污许可证制度：对达标企业发放正式许可证，超标企业限期治理并核发临时许可证。工业废水循环利用：推动石化、钢铁、造纸等行业废水回用，力争 2025 年规模以上工业用水重复利用率达 94% 以上。推广电化学循环水处理、智慧用管控等先进技术，减少废水排放量。分类监管与风险防控：针对有毒有害水污染物（如油类、剧毒废液）实施名录管理，严格禁止非法排放。强化含病原体污水消毒处理，确保达标排放。推动污染土壤修复、工业废气治理等配套技术应用。

2. 厂内与厂外协同：厂内治理：源头控制与工艺优化，分类收集与预处理，按废水性质（如酸碱、含油、重金属）设置独立管道系统，配套中和、隔油、化学沉淀等预处理设施，确保水质稳定达标。高浓度有机废水采用“厌氧 + 好氧”组合工艺，通过 UASB 反应器降解 COD 并回收沼气，降低后续处理负荷。清洁生产与循环利用，推行节水工艺，减少新鲜水用量；工业废水经处理后回用于冷却、冲洗等环节，实现梯级利用。化工园区内企业间构建生态产业链，如将某企业废水作为另一企业原料，实现资源闭环。厂外协同：管网衔接与联合处理，纳管准入与动态调控，严格限制含重金属、难降解有机物废水进入市政管网，鼓励食品加工等优质碳源废水接入。通过“动态余量 - 实时配比”模型，根据污水处理厂进水水质自动调整工业废水投加量，避免冲击生化系统。园区集中处理与资源化，专业园区建设共享污水处理厂，采用“工业废水 + 生活污水”协同处理模式，降低单位处理成本。达标再生水用于工业循环冷却、市政绿化，形成“处理 - 回用 - 减排”循环链^[2]。政策与技术双轮驱动，政策引导与监管强化，落实排污许可与排水许可制度，对纳管企业实施全流程监管。通过阶梯水价、排污权交易等经济杠杆，倒逼企业提

升治污水平。技术创新与数智赋能，推广零碳技术（如电化学氧化、生物强化）和智能化管理系统，实现能效与降碳协同提升。建立厂网协同平台，整合水质、流量实时数据，优化工艺参数与应急响应。协同效益与未来方向，厂内厂外协同可降低30%以上处理成本，减少温室气体排放，助力园区绿色转型。未来需深化“五律协同”（技术、经济、社会、生态、制度）机制，推动工业废水治理从末端处置向全生命周期管理跃迁。

四、工业污水处理与环境治理的挑战与趋势

1.浓盐水处理难：主要挑战，技术瓶颈，高盐废水因渗透压高、腐蚀性强，传统处理技术难以实现高效脱盐与资源化。部分工业园区仍存在处理设施不完善、技术参差不齐的问题，导致达标排放率不稳定。成本压力大，浓盐水处理需结合膜分离、蒸发结晶等高能耗工艺，1吨高盐废水处理成本显著高于普通工业废水。企业面临环保投入与经济效益的平衡难题。国家政策明确要求化工等重点行业实现废水“零排放”，并加强在线监测与“一企一管”管控。2025年新国标对总溶解性固体（TDS）等指标提出更严限制。结合光伏发电降低碳足迹。资源化：通过分盐结晶回收工业级氯化钠、硫酸钠，实现盐分资源循环利用。智能化：引入AI算法优化膜通量、预测结垢风险，提升系统稳定性。

2.智能化管理：智能化管理的核心突破，AI驱动的精准调控，通过神经网络算法实时分析水质参数（如COD、氨氮含量）及设备运行数据，动态调整曝气量、药剂投加等参数，使印染废

水COD去除率提升15%–20%。智能系统还能替代高风险区域人工巡检，实现全天候无死角监测。数据整合与决策优化，当前治理系统多停留在数据可视化阶段，需解决数据分散、标准缺失问题，构建统一规范的生态大数据平台，以支撑算法模型的高效训练。边缘计算与轻量化算法的应用可降低对高算力的依赖。行业转型趋势，从达标排放到资源化循环，“十五五”期间，工业废水处理将向深度回用与资源回收转型，尤其在缺水地区需结合绿色工厂建设，推动污水再生利用。VOCs治理领域已形成从材料研发到“绿岛”集中服务的完整产业链，市场规模达1150亿元。技术融合与模式创新，数字孪生、物联网技术与水务治理深度融合，智慧水务系统实现从被动响应到主动管理的跃升。中小型企业通过“绿岛”模式共享集中治污设施，降低治理成本。现存挑战，技术短板：传感器可靠性不足，AI模型可解释性差，需机理模型与统计模型结合提升决策容错率。人才缺口：复合型技术人才缺乏制约智能化落地。标准细化：工业废水排放标准需针对重金属、微塑料等新污染物制定针对性限值。未来，智能化治理需进一步推动环保数据基建与绿色算法研发，实现低碳化与精细化的双重目标。

总之，污水处理和水环境保护是现阶段经济发展的薄弱环节。企业和政府有责任做好废水处理和环境保护工作，发挥监督引导作用，提高企业废水处理环保意识，使企业承担起应有的社会责任，提高综合效益。企业也应采取适当的方法处理生产中的工业废水。水资源对我们的生存和发展至关重要，必须实现绿色发展和和谐发展，给人们一个健康的用水环境。

参考文献

- [1] 袁鹏.常见工业污水处理方法的研究[J].化工技术与开发.2012,(10)88–90.
- [2] 张宏宇.浅谈工业污水处理分析及环境治理[J].污染防治技术.2006,(3)125–127.