

化工企业污水处理技术方法研究与应用

胡朝丽

贵州黔希化工有限责任公司, 贵州 毕节 551500

摘要： 本文聚焦化工企业污水处理技术, 全面剖析其技术方法与应用, 介绍物理、化学、生物处理等基础技术, 阐述其原理、操作方式、优缺点。深入研究预处理、主处理和深度处理技术, 说明各阶段技术目的、常用方法及对污水处理的关键作用。分析技术发展趋势, 指出多元技术融合、纳米技术应用拓展、原位修复技术兴起的方向, 同时探讨政策与产业支持以及广阔前景。旨在为化工企业污水处理技术的优化与发展提供理论支撑与实践参考。

关键词： 化工企业; 污水处理技术; 技术方法; 发展趋势

Research and Application of Wastewater Treatment Technology Methods in Chemical Enterprises

Hu Chaoli

Guizhou Qianxi Chemical Co., Ltd. Bijie, Guizhou 551500

Abstract: This article focuses on wastewater treatment technology in chemical enterprises, comprehensively analyzes its technical methods and applications, introduces basic technologies such as physical, chemical, and biological treatment, and explains their principles, operating methods, advantages, and disadvantages. It conducts in-depth research on pretreatment, main treatment, and advanced treatment technologies, explaining the technical purpose of each stage, common methods, and their key roles in wastewater treatment. It analyzes technology trends, pointing out the direction of multi-technology integration, the expansion of nanotechnology applications, and the rise of in-situ remediation technologies, while exploring policy and industrial support as well as broad prospects. The aim is to provide theoretical support and practical reference for the optimization and development of wastewater treatment technology in chemical enterprises.

Keywords: chemical enterprises; wastewater treatment technology; technical methods; development trends

引言

当今工业快速发展, 化工行业作为国民经济的重要支柱产业之一, 生产活动极为活跃。然而化工企业在生产过程中不可避免地会产生大量污水, 这些污水成分复杂, 往往含有重金属、有机物、酸碱物质以及各种有毒有害物质。未经有效处理的化工污水若直接排放到自然环境中, 会对水体、土壤造成严重污染, 破坏生态平衡。污水中的重金属离子会在土壤和水体中不断积累, 导致土壤肥力下降、农作物减产, 并且通过食物链进入人体, 危害人体健康, 引发各种疾病。大量有机污染物排入水体, 会消耗水中的溶解氧, 使水生生物因缺氧而死亡, 破坏水生态系统的平衡。随着环保意识的不断增强和环保法规的日益严格, 对化工企业污水处理提出了更高的要求。如何高效、经济地处理化工污水, 实现达标排放甚至水资源的循环利用, 成为化工企业面临的紧迫问题。深入研究化工企业污水处理技术方法, 探索其发展趋势与应用实践, 对于推动化工行业的可持续发展、保护环境和保障人类健康具有至关重要的意义。

一、化工企业污水处理技术概述

(一) 化工企业污水概述

化工企业在生产过程中会产生大量污水, 这些污水来源广泛且成分复杂, 对环境和人类健康构成潜在威胁。化工企业污水来源多样, 涵盖了生产工艺废水、设备清洗水、地面冲洗水以及初期雨水等。在化工合成反应中, 未完全反应的原料、副产物以及

催化剂等可能会随废水排出; 设备清洗过程中会带走附着的化学物质, 形成高浓度的清洗废水。化工企业污水具有成分复杂的显著特点, 其中往往含有大量的有机污染物, 如苯、酚、醛等, 这些物质大多具有毒性和生物难降解性。同时污水中还可能含有重金属离子, 像汞、镉、铅等, 它们在环境中难以自然降解, 会长期积累并造成严重污染。此外化工污水的酸碱度变化大, 部分污水呈强酸性或强碱性, 这也增加了污水处理的难度。在化工废水

中, 如果不经过处理直接排放, 会对环境造成非常严重的污染。化工废水中包含的碱、酸、化学毒物以及重金属等物质对环境的污染非常严重。化工废水中的许多污染物是带有气味或者颜色。如果排入湖泊和河流, 很容易污染水体。不仅水面出现奇怪的颜色和气味, 非常烦人, 而且还会给人造成很大的伤害^[1]。

(二) 物理处理技术

物理处理技术主要依靠物理作用来分离和回收污水中呈悬浮状态的不溶解污染物, 其原理基于物质在密度、粒径、吸附性等物理性质上的差异。沉淀利用重力使污水中的悬浮颗粒下沉实现与水分离, 沉淀池按水流方向分为平流式、竖流式和辐流式, 操作简便、成本低, 能有效去除大颗粒悬浮物, 不过对微小颗粒和溶解性污染物去除效果欠佳; 过滤通过砂滤池、活性炭过滤器等过滤介质截留悬浮颗粒来净化水质, 可进一步降低污水浊度, 但设备需定期反冲洗, 增加了运行成本与管理难度; 气浮是向污水中通入空气, 让悬浮颗粒黏附在气泡上随其上浮至水面以实现固液分离, 适用于处理含油废水、乳化液废水等疏水性污染物, 只是设备投资大, 运行费用高^[2]。

(三) 化学处理技术

化学处理技术是借助化学反应去除污水中的溶解性污染物或胶体物质, 基于化学反应原理, 通过投加化学药剂, 让污染物发生反应转化为无害或易分离的物质。中和用于调节污水 pH 值, 使其符合排放标准或后续处理要求, 酸性污水投加石灰、氢氧化钠等碱性药剂, 碱性污水则投加硫酸、盐酸等酸性药剂, 操作简单但需精准控制药剂投加量, 防止二次污染; 混凝是向污水中添加聚合氯化铝、聚丙烯酰胺等混凝剂, 使胶体颗粒和微小悬浮物凝聚成大絮体以便沉淀或过滤去除, 能有效去除浊度、色度、重金属离子等污染物, 但混凝剂的选择和用量需依据污水水质优化, 否则影响处理效果; 氧化还原通过氧化还原反应将有害物质转化为无害或低毒性物质, 如利用臭氧、过氧化氢等强氧化剂氧化有机物, 使其分解为二氧化碳和水, 利用铁粉、锌粉等还原剂还原重金属离子使其沉淀去除, 处理效率高, 但药剂成本高, 还可能产生需进一步处理的副产物^[3]。

(四) 生物处理技术

生物处理技术是利用微生物的代谢作用, 把污水中的有机物转化为二氧化碳、水和微生物细胞物质, 从而净化污水。其基于微生物的生命活动原理, 利用其分解有机物的能力将污染物转化为无害物。活性污泥法向污水中通入空气, 让微生物在有氧条件下大量繁殖形成活性污泥, 活性污泥中的微生物吸附、分解有机物来净化污水, 处理效率高、应用广泛, 但需要较大的曝气设备和污泥处理设施, 运行成本高; 生物膜法使微生物附着在固体载体表面形成生物膜, 污水流经时其中的有机物被生物膜上的微生物分解利用, 具有处理效率高、耐冲击负荷、污泥产量低等优点, 但生物膜的生长和脱落需要控制条件, 否则影响处理效果; 厌氧生物处理法在无氧条件下, 依靠厌氧微生物将污水中的有机物分解为甲烷、二氧化碳等气体, 适用于处理高浓度有机废水, 具有能耗低、污泥产量少、可回收能源等优点, 但处理过程复杂, 对温度、pH 值等条件要求严苛^[4]。

二、化工企业污水处理技术方法研究

(一) 预处理技术

预处理的主要目的是去除污水中对后续处理工艺有害的物质, 降低污染物浓度, 减轻主处理单元的负荷, 保证后续处理流程的稳定运行。常见的预处理技术有格栅、调节池、隔油等。格栅通过拦截污水中较大的漂浮物和悬浮物, 如树枝、塑料等, 防止其堵塞后续处理设备的管道和泵体。调节池则用于调节污水的水质和水量, 使污水的 pH 值、污染物浓度等指标保持相对稳定, 避免因水质、水量波动过大对后续处理工艺造成冲击^[5]。隔油主要针对含油废水, 通过自然上浮、气浮等方式将污水中的浮油和分散油分离出来, 减少油类物质对后续生物处理单元中微生物的毒害作用。预处理技术操作相对简单, 成本较低, 却是整个污水处理流程中不可或缺的环节, 为后续处理创造良好条件。

(二) 主处理技术

主处理技术是污水处理的核心环节, 旨在大幅度去除污水中的主要污染物, 使污水达到基本的排放标准。物理、化学和生物处理技术都广泛应用于主处理阶段。物理处理中的沉淀、过滤等方法可进一步去除污水中的悬浮固体。化学处理中的混凝沉淀、氧化还原等方法, 能够有效去除污水中的重金属离子、色度、部分有机物等污染物^[6]。生物处理技术是主处理阶段的主力军, 活性污泥法通过活性污泥中微生物的代谢作用, 将污水中的大部分有机物分解为无害物质; 生物膜法利用附着在载体表面的生物膜对污水进行净化, 耐冲击负荷能力较强; 厌氧生物处理法对于高浓度有机废水的处理效果显著, 在分解有机物的同时还能产生沼气等清洁能源。主处理技术根据污水的水质特点和处理要求进行合理选择和组合, 以实现高效的污水处理。

(三) 深度处理技术

经过主处理后的污水, 虽然大部分污染物已被去除, 但可能仍含有一些微量的污染物和营养物质, 无法满足更高的排放或回用标准, 此时就需要深度处理技术。深度处理技术主要包括膜分离技术、高级氧化技术、离子交换技术等。膜分离技术包括反渗透、超滤等, 利用半透膜的选择透过性, 将污水中的微小颗粒、溶解性盐类、有机物等进一步分离去除, 出水水质优良, 可满足高品质的回用要求, 但膜组件成本较高, 运行过程中需要防止膜污染^[7]。高级氧化技术通过产生具有强氧化性的自由基, 将难降解的有机物彻底氧化分解为二氧化碳和水, 有效提高污水的可生化性和去除难降解污染物。离子交换技术利用离子交换树脂与污水中的离子进行交换反应, 去除污水中的特定离子, 如氨氮、重金属离子等。深度处理技术能够进一步提升污水的处理效果, 为污水的达标排放和回用提供有力保障。

三、污水处理技术发展趋势

(一) 技术发展趋势

化工企业污水处理在未来将不再局限于运用单一技术, 而是朝着多元技术深度融合的方向发展。生物处理技术与高级氧化技

术的结合,便是极具潜力的发展路径。微生物在污水处理中一直发挥着重要作用,它们能够高效分解污水中大部分易降解的有机物,为后续处理减轻负担。但面对一些结构复杂、难以被微生物直接分解的有机物,高级氧化技术就派上了用场。高级氧化技术利用强氧化性的自由基,如羟基自由基($\cdot\text{OH}$),能够将这些顽固的难降解有机物分解为小分子物质,甚至彻底矿化为二氧化碳和水^[8]。通过这种先生物处理、后高级氧化处理的协同方式,既能充分发挥微生物处理成本低、效率高的优势,又能借助高级氧化技术攻克生物处理难以解决的难题,大幅提高整体处理效果。

不仅如此,物理、化学和生物处理技术之间的协同效应也将愈发明显。物理处理技术如沉淀、过滤等,能够快速去除污水中的悬浮物和大颗粒杂质,为后续化学和生物处理创造良好条件;化学处理技术通过添加化学药剂,实现污染物的转化和去除;生物处理技术则利用微生物的新陈代谢作用,进一步净化水质。这三种处理技术相互配合、取长补短,形成一套更加高效、稳定的处理工艺,满足日益严格的污水处理标准。

纳米技术凭借其独特的物理化学性质,在污水处理领域展现出巨大的潜力。纳米材料的粒径通常在1-100纳米之间,这赋予了它们极大的比表面积和特殊的表面活性。以纳米催化剂为例,其独特的结构和高活性位点,能够显著加快化学反应速率。在污水处理中,纳米催化剂可以加速化学氧化、还原等反应进程,大大提升化学处理效率。而纳米过滤膜更是具有卓越的性能,它的孔径极小,能够精确过滤掉污水中的微小颗粒、重金属离子以及有机污染物^[9]。与传统过滤膜相比,纳米过滤膜具备更高的过滤精度和更强的抗污染性能,能有效延长使用寿命,降低运行成本。随着纳米技术的不断突破和发展,其在化工企业污水处理中的应用必将更加广泛和深入。

(二) 政策与产业支持

近年来政府持续加大对环保领域的资金投入力度,设立了专门的污水处理技术研发专项资金。这些资金主要用于鼓励企业和科研机构开展前沿技术研究,对那些致力于研发新型高效污水处

理技术的项目给予重点资助。同时政府积极支持产学研合作,搭建起高校、科研机构与企业之间的沟通桥梁,加速科研成果从实验室走向实际生产的转化进程。通过这种合作模式,高校和科研机构能够充分发挥其科研优势,为企业提供技术支持和创新思路;企业则凭借其丰富的实践经验和生产能力,将科研成果进行产业化应用,实现互利共赢^[10]。

在产业层面,化工企业、环保设备制造商、科研院校等各方积极响应,纷纷组建产业联盟。产业联盟整合了各方的资源优势,形成强大的合力,共同推动化工企业污水处理技术的整体进步。

(三) 前景

随着环保意识增强和环保法规日益严格,化工企业对污水处理技术和设备的需求不断增长,新建化工项目和现有企业的技术改造都为污水处理市场带来广阔发展空间,预计未来几年,化工企业污水处理技术市场规模将保持稳定增长态势。并且在全球环保形势日益严峻的背景下,各国在化工企业污水处理技术领域的合作与交流更加频繁,通过引进国外先进技术和经验,同时将国内成熟的技术和设备推向国际市场,既能促进我国化工企业污水处理技术水平的提升,也能推动我国环保产业走向世界。

四、结束语

化工企业污水处理技术涵盖了从基础的物理、化学、生物处理技术,到各阶段针对性的预处理、主处理和深度处理技术,并且正朝着多元融合、创新应用的方向发展。技术的不断革新与政策、产业的有力支持相互促进,共同推动化工企业污水处理水平的提升。尽管目前已经取得了显著进展,但化工企业污水处理仍面临诸多挑战,如复杂污水成分的高效处理、新技术的成本控制与推广应用等。未来需要进一步加强科研创新,促进产学研深度合作,加快技术转化与实际应用。同时化工企业应积极承担社会责任,加大污水处理投入,严格遵守环保法规。

参考文献

- [1] 罗玉萍. 探讨化工污水处理技术方法实施 [C]// 上海筱虞文化传播有限公司. Proceedings of 2023 Seminar on Engineering Technology Application and Construction Management. 新疆圣雄电石有限公司, 2023:2. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2023.026441.
- [2] 张孝添, 孙萌萌. 化工企业污水处理技术方法研究与应用 [J]. 清洗世界, 2024, 40(09): 163-165.
- [3] 李凤. 石油化工污水处理技术现状及发展趋势 [J]. 化工设计通讯, 2018, 44(12): 210.
- [4] 李华, 贾美如. 石油化工企业污水处理技术综述 [J]. 化工设计通讯, 2017, 43(10): 192-193.
- [5] 朱宏国. 石油化工污水处理技术研究 [J]. 化工管理, 2014, (33): 219.
- [6] 裴守信. 我国石油化工企业污水处理技术的现状及发展趋势 [J]. 山西化工, 2018, 38(05): 208-210. DOI: 10.16525/j.cnki.cn14-1109/tq.2018.05.75.
- [7] 李伟. 石油化工污水处理技术现状及发展趋势 [J]. 化工设计通讯, 2018, 44(09): 208.
- [8] 韦浩. 石油化工污水处理技术的现状与发展趋势 [J]. 化工管理, 2014, (32): 273.
- [9] 刘晓燕. 当议化工污水处理问题 [J]. 现代经济信息, 2015, (11): 270.
- [10] 马桂香. 石油化工污水处理技术的现状与发展趋势 [J]. 化工管理, 2017, (21): 113.