

煤化工废水处理技术及工艺研究

朱继荣, 伊 滨, 曾玉婷, 李 新

(杭州鑫富科技有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘 要 随着社会经济的发展和人们生活水平的提高, 环境保护的重要性越来越受到社会的关注, 在工业发展进程中同步发展相应环境保护措施已成为人们的共识。为此, 煤化工废水处理工艺及技术应与煤化工同步发展, 以有效处理生产中的各类废水, 保护生态环境。本文以煤化工废水处理技术与工艺为研究对象, 介绍了煤化工废水处理技术, 并详细探讨了煤化工废水处理工艺, 以期为煤化工废水处理作业提供有益参考。

关键词 煤化工行业; 废水处理技术; 一级处理; 二级处理; 深度处理

中图分类号: X75

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.011.021

0 引言

在全球能源需求旺盛的背景下, 煤炭作为重要的化石能源之一, 将其进行加工利用是保证社会生产的重要方式。煤化工产业负责将煤炭进行深加工, 以提升煤炭的附加值, 并在一定程度上缓解能源危机, 推动经济的可持续发展。然而, 煤化工产业在对煤炭进行加工中会产生大量的废水, 且其处理难度大、含有有毒物质、成分较为复杂, 已成为制约煤化工产业健康发展的关键问题。由于废水中存在重金属、有机物等污染物质, 若未妥善处理便将此类废水排放将影响人体健康, 污染环境。为此, 探索开发经济、高效且环保的煤化工废水处理工艺和技术, 不仅能够提升煤化工产业的绿色竞争力, 还能满足环境政策要求, 推动环境的可持续发展及资源的循环利用。

1 煤化工废水处理技术概述

煤化工废水中含有的成分较为复杂, 包含硫化氢、氨、焦油等。对其进行处理需要采取三种工艺, 分别

是物化处理、生化处理和深度净化。生化处理的成效受物化处理的影响。采取科学、可行的物化处理技术能够降低废水处理的能源消耗及成本支出。物化处理属于初级处理, 包含除尘、隔油、脱酚等过程。当然, 也需注意由于污水的水质不同, 在实际处理时需要选择合适的处理技术。

煤化工废水处理分为三个阶段: 一级、二级及深度处理。其中, 一级处理为物理预处理并回收处理氨类及酚类物质。二级处理采取活性污泥法及厌氧生物法。深度处理时采取 MBR 法及吸附法进行进一步处理, 最终实现零污染排放, 详见图 1。

1.1 一级处理

此阶段的主要任务是净化废水, 清除其中油脂、灰尘、氨类及酚类物质, 将有价值的物质进行回收利用。

1. 重力沉降法。水相和油相之间存在密度差, 采取重力沉降法在重力的作用下, 废水中的水与油将自动分离。此方式较为便捷, 能够有效去除超 100 μm

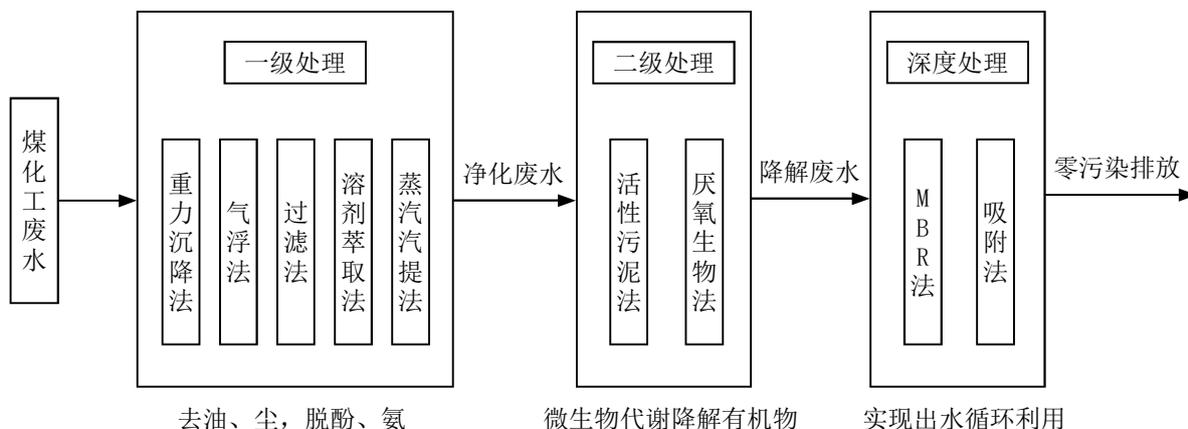


图 1 煤化工废水处理流程图

粒径的浮油。影响去除质量和效率的因素为静置时间及处理工艺，静置时间越长处理效果越佳。此过程需要使用的设备包含立式除油罐、平流斜板式隔油池、粗粒化除油罐等^[1]。

2. 气浮法。此方法的原理是污水中的细小悬浮物与水中气泡进行黏着吸附，待吸附物浮到水面后有效去除。气浮法属于前期处理技术，能够将废水中的悬浮物及浮油进行去除。结合不同的废水类型，此法又可分为充气气浮法、电解气浮法等。

3. 过滤法。此方法适用于去除污水中的微小颗粒，亦作为废水处理的前期技术。通常采取膜分析法或吸附、离子交换法进行物理预处理。过滤的介质材料通常为颗粒状的无烟煤、石英砂及核桃壳等，此类材料能够将废水中不溶水的固体进行有效分离，并采取润湿和碰撞聚集的方式将废水中的浮油进行去除。

4. 溶剂萃取法。煤化工废水普遍存在多元酚及单元酚，且二者浓度较高。此方法能够有效去除90%左右的酚类物质，但需要谨慎选择萃取溶剂。通常溶剂的选择需要遵循“相似相溶”的原则，选择价格低、可再生、易分离、萃取效果较好的萃取剂。

5. 蒸汽汽提法。对废水进行加热处理能够将酚类物质变为气态，待气液平衡时，液态酚的浓度将低于气态酚。为此，水蒸气与被加热的废水进行接触时，酚被汽化，采取碱性溶液吸收气态酚，能够有效回收酚并进行再利用。此方法适用于处理酚含量较高的废水，处理方法简单且回收的酚纯度高。

1.2 二级处理

活性污泥法及厌氧生物法是二级处理的主要方法，旨在降解污水中的有机物，达到良好的处理效果。

1. 活性污泥法。此方法属于生物处理法，其将空气吹入废水中，大量空气的涌入，水中将产生以好氧菌为主的褐色絮凝物，即活性污泥。大量的活性微生物生存在褐色絮凝物中，此类微生物以废水中的有机物为食物，并在废水中繁殖、生长。随着褐色絮凝物面积的逐渐增大，其能够有效吸附废水中的有机物，并将其进行分解，达到净化废水的目的。

2. 厌氧生物法。此方法以细菌在厌氧条件下分解有机物为原理^[2]。使用此工艺能够有效处理各种浓度含酚废水。但此方法需要花费一定时间，COD（化学需氧量）去除效果差，甲烷菌易受废水中碳化合物的影响而生长缓慢。为此，厌氧生物法需要结合其他工艺一起使用。

1.3 深度处理

为确保处理后的废水符合相应排放标准，实现零污染排放以供二次利用，为此，需要在二次处理的基础上进行深度处理。

1. MBR法。此方法是使用各类催化剂，通过发生化学或生物反应，将反应产物采用膜分离技术进行处理。此处理系统由水格栅控制箱提升泵、生物反应器循环泵和膜组件装置所组成^[3]。检测试验证明，此技术具有较好的处理效果，符合相应处理标准，能够实现水资源的重复利用。MBR技术能够有效高校去除废水中的油脂、氨氮等物质。

2. 吸附法。此方法适用于废水内部成分种类较少的情况，一般使用的吸附物质由粉煤灰、活性炭等。此方法使用的设备较为简单且易操作，具有较好的处理效果。但使用范围较小，容易造成二次污染。

2 煤化工废水处理工艺

2.1 可行性

实施煤化工废水处理措施，降低废水对环境的影响，循环利用有限的水资源，这不仅符合环保法的相关要求，更是国家与群众所认可的做法。深度加工煤炭所产生的废水，含有大量有机杂质，BOD₅和COD_{CR}的含量均高于0.4，由于污水存在较高的生化性能，为此需要进行生化处理。处理煤化工废水适用地下综合废水处理设备并配套相应的生化设备。在进行生化处理之前，需要尽可能地去去除废水中的悬浮杂质，再将其引入废水控制箱，避免产生不利于废水提升泵的各种影响。

2.2 原则

遵循回收利用再生水及节约用水的原则为前提，以提升煤化工废水处理效率及处理质量为目标。由于废水中成分复杂且多变，为此在实际处理煤化工废水时，需要谨慎选择处理工艺。在设计煤化工废水处理工艺时应遵循以下原则：（1）基于国家环境保护基本国策开展设计工作。（2）废水处理排出指标在符合相应标准的同时，应尽可能减少投资，实现经济效益、社会效益及环境效益并重。（3）在设计处理工艺时，应尽可能灵活、便捷，易于管理且功能稳定。（4）设计使用处理设备及设施应尽可能减少占地及花销，留出一定空间以供运维和管理，设备及设施的分布应按功能划分。（5）优先应有自动化设备及工艺，减少人工操作，以保护工人并提升效率。（6）处理设备及设

施应配套加装除臭、降噪、减震等措施,避免影响周边环境。

2.3 设计

煤化工废水的生物预处理,主要工艺流程及设备如下:生物滤池反应器、生物滤池塔、生物催化氧化反应器、生物转盘反应器、生物流化床和土地处理系统^[4]。其中,生物催化氧化反应器、生物滤池反应器中的生物陶瓷位点过滤器较为常用。前者在高浓度原水中具有较好的应用效果,且孔隙率较大的填料不会致使其发生堵塞。后者具有机械过滤能力,对于低温原水或低浓度原水具有较好的应用效果。

高浓度氨氮废水物理的处理,采取化学或生物处理工艺。采取吸附法处理,需要选择性能高、成本低的吸附剂。化学沉淀法能够吸收废水中的氮,将其作为肥料,为此应谨慎选择化学物质,提升沉淀的纯化。在氨氮废水的物理化学处理中,产生的副产物将存在有毒物质,为此需要合理处理,避免影响环境。

2.4 方案

该工艺处理方案具有较强的实用性,且技术先进,流程合理,处理后的污水达到排放标准,水质符合《废水综合排放标准》的相应指标,体现良好的经济效益与环境效益^[5]。此工艺流程以低能耗的生化处理技术为基础,系统组成较为灵活,能够结合废水的水质进行适应的调整。

考虑水质排放要求和处理排放的功能需求,本研究建议引入垃圾综合处理设备,具体设备参数可参考《室外排水设计规范》。设备引入后废水可以先经由栅除将直径较大的悬浮杂质去除,之后再将废水引入处理池。废水将在提升泵的作用下进入处理系统中,经过水解与酸化,生物催化氧化和沉淀等处理后,废水将达可排放的标准。沉淀池的泥污将随着空气汽提进行转移,污泥将在污泥池中进行沉降、浓缩及消化,上层清液会回流到控制池。二次处理原始废水,粪肥车将泵送处理后的泥污。

2.5 设备说明

煤化工废水处理需使用各类设备,下文将详细介绍方案中的设备及具体功能:(1)格栅:格栅的材质为不锈钢材质,其主要作用是去除直径较大的悬浮杂质及悬浮物。(2)提升泵:调节废水池的污水量,确保水流稳定,处理系统水流持续不断。(3)水解酸化槽:在槽中添加填充物,发生化学反应将大分子有机杂质进行转变,为氧化池作业,分解好氧细菌做准备。(4)

生化处理:根据水质特性,整合污泥池、沉淀池、风机室、催化氧化池、出口池,每个池子具备相应处理功能,保证污水处理达标。(5)防腐、降噪措施:防腐需选用耐腐蚀或镀锌的钢管,包含污泥池、排污池、设备柜中所涉及的工艺管。同时,应对设备进行防腐处理,涂抹防腐涂料,以延长设备使用年限。噪声的主要来源是鼓风机,对其进行降噪处理,可以在其出入口安装消音器,在设备下方安装防震垫,并将其安装在独立且降噪处理的空间内。(6)电气控制:对系统设备进行电气编程,实现自动化作业,当作业出现异常时能够报警,并切换到手动作业,自动化系统能够自动切换风扇和水泵,不需人工调节,节约人力、提升效率。

(7)设备安装要求:位于地脚螺栓的抛光杆应洁净、无油污,保养方式为火焰除油。地脚螺栓应配有垫片且位置经临近,不影响二次灌浆。

2.6 工艺构筑物设计及设备

处理系统构筑物与设备包含:调节池、液位控制器、厌氧池、接触氧化池、接触池填料、填料系统、鼓风机、二沉池、清水池、多介质过滤器。

3 结束语

我国以保护生态文明为目标,积极转变环保思路理念,追寻更加绿色生态的废水处理措施。针对煤化工废水处理问题,面对传统处理技术能耗高、回收利用率低、易造成二次污染等复杂形势,积极研发先进废水处理技术,对传统工程工艺进行优化,优化后的工艺具有负荷高,去除 NP、BOD₅ 和 COD_{Cr} 等效率高,产生污泥量较少等优势,不易发生污泥膨胀现象,处理后的水质达到国家相关要求,此技术具有可实践性,可作为处理煤化工废水的实践工艺,有效保护环境并促进经济可持续发展,具有良好的社会效益与经济效益。

参考文献:

- [1] 牛志军.煤化工废水处理工艺与适用性技术研究[J].山西化工,2024,44(03):229-230,234.
- [2] 陈涛,姜钦亮,王一雯,等.电渗析技术在含盐工业废水处理中的应用研究进展[J].能源研究与管理,2024,16(01):67-75.
- [3] 董欢.煤化工污水处理工艺技术分析[J].科技创新与应用,2022,12(34):169-172.
- [4] 李权.煤化工高含盐废水处理技术的研究进展[J].化学工程与装备,2022(06):272-273.
- [5] 马华鹏.超重力技术强化臭氧高级氧化工艺处理煤化工废水的研究[D].北京:北京化工大学,2022.