

Research on the Application of Multi-stage AO+MBR Process in the Treatment of Coal Chemical Wastewater

Xuhui Zhang

Beijing Zhongke Guoyi Environmental Protection Engineering Co., Ltd., Beijing, 100080, China

Abstract

With the rapid development of the coal chemical industry, the treatment of coal chemical wastewater is becoming increasingly prominent. The paper analyzes the characteristics of coal chemical wastewater and builds a multi-stage AO+MBR wastewater treatment system. The system consists of two parts: multi-stage activated sludge process (AO) and membrane bioreactor (MBR), and achieves efficient treatment of wastewater through mutual cooperation. The research results indicate that the multi-stage AO+MBR process has shown good treatment effects in the treatment of coal chemical wastewater. This process can effectively remove COD and ammonia nitrogen in the wastewater, and the generated effluent meets the national discharge standards. Meanwhile, this process also has the advantages of simple operation, small footprint, and low energy consumption.

Keywords

multi-stage AO + MBR process; coal chemical wastewater; wastewater treatment

多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理中的应用探究

张旭辉

北京中科国益环保工程有限公司, 中国 · 北京 100080

摘 要

随着煤化工行业快速发展, 煤化工废水的处理问题日益凸显。论文分析煤化工废水的特性, 搭建一套多级 AO+MBR 工艺的废水处理系统, 该系统由多级活性污泥法 (AO) 和膜生物反应器 (MBR) 两个部分组成, 通过相互协作来实现废水的高效处理。研究表明, 多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理中表现出了良好的处理效果, 该工艺能有效去除废水中的 COD 和氨氮, 并且产生的出水达到国家排放标准。同时, 该工艺还具有操作简单、占地面积小、能耗低等优点。

关键词

多级 AO+MBR 工艺; 煤化工废水; 废水处理

1 引言

传统煤化工废水处理方法主要包括生物法、化学法和物理法等, 但这些方法存在着处理效果不佳、能耗高、操作复杂等问题, 无法满足废水处理的要求。因此, 开发一种高效、低能耗的废水处理技术势在必行。而多级 AO+MBR 工艺作为新发展起来的一种先进的废水处理技术, 具有高效、稳定、节能等优点, 在煤化工废水处理中具有广阔的应用前景。该工艺将好氧反硝化-好氧处理 (AO) 和膜生物反应器 (MBR) 相结合, 通过好氧生物反应器去除废水中的有机物, 再通过膜生物反应器进行深度处理, 有效去除废水中的微生物、悬浮物和胶体物质。本研究旨在探索多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理中的应用, 通过本研究的开展为煤化工废水处理技术的发展和應用提供重要参考^[1]。

【作者简介】张旭辉 (1980-), 男, 中国北京人, 本科, 工程师, 从事工业园区污水处理研究。

2 多级 AO+MBR 工艺的运行原理

多级 AO+MBR 是结合多级活性污泥氧化 (AO) 和膜生物反应器 (MBR) 两种工艺。在硝化阶段, 废水中的氨氮通过好氧条件下的硝化作用转化为亚硝酸盐和硝酸盐; 在反硝化阶段, 通过缺氧条件下的反硝化作用将亚硝酸盐和硝酸盐还原为氮气, 并释放出有机物质。在 AO 处理阶段之后, 废水进入 MBR 处理阶段, MBR 系统采用微孔膜作为固液分离装置, 将水体和微生物完全分离。水体被膜截留, 而微生物和溶解有机物则被留在膜表面形成的生物膜上。膜孔径通常在 $0.1\sim 0.4\mu\text{m}$, 有效阻止微生物和悬浮物, 实现高效的固液分离。且 MBR 系统具有较大的活性污泥浓度, 能够提高废水处理效率。

其运行原理主要包括好氧条件下的硝化作用、缺氧条件下的反硝化作用, 以及膜的分离作用。好氧条件下和缺氧条件下的硝化作用使有机物质得到有效转化, 降低废水中的有机物和氮气含量。膜的分离作用能将水体和微生物完全分

离。这些过程相互协同作用,使得多级 AO+MBR 工艺能高效地去除废水中的有机物质和氮气,达到较高的处理效果^[2]。

3 多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理中的应用优势

随着煤化工行业的发展,传统废水处理方法已无法满足煤化工行业对废水处理的要求,因此多级 AO+MBR 工艺应运而生,其在煤化工废水处理中具有多样化应用优势。首先,高效去除废水中的污染物。煤化工废水含有各种有机物和氨氮等有害物质,传统废水处理方法往往无法彻底去除。而多级 AO+MBR 工艺结合好氧处理和膜生物反应器两种方法,通过好氧处理有效降解有机物,通过 MBR 膜的过滤作用彻底去除污染物。其次,占地面积小。煤化工企业面临场地有限的问题,传统废水处理设备需要占用较大的面积。而多级 AO+MBR 工艺采用膜生物反应器,能大幅度减少处理设备的占地面积,节约煤化工企业的场地。最后,低能耗。传统废水处理方法要投入大量的电力和化学药剂,才能维持其正常运行。多级 AO+MBR 工艺采用生物反应器和膜过滤器,能有效降低能源消耗,减少企业的运营成本^[3]。

4 多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理中的应用

4.1 生化处理段设计

在生化处理段设计中,工作人员要科学评估煤化工废水特性和水质指标,了解废水的 COD、BOD、NH₃-N 等含量、pH 值、温度等因素对生化处理的影响,给后续工艺设计提供依据。并根据废水的特性和处理要求,确定采用多级 AO+MBR 工艺级数和膜生物反应器数量,通过模拟计算和实际运行数据分析,确定最佳的工艺配置方案。然后,设计 AO 生化池和 MBR 膜生物反应器的尺寸和参数,根据处理规模和负荷要求,确定生化池的容积、深度、进出水口位置等参数,并考虑好氧区和缺氧区的设计。同时,根据废水的特性和水质指标,确定 MBR 膜生物反应器的膜面积和通量,并选择适当的膜材料和膜孔径。在生化处理段完成设计后,需要进行工艺的运行和调试,保证其稳定和高效地运行。通过对进水水质的监测和处理效果的评估,对工艺进行优化,从而达到废水处理的要求。

煤化工废水中主要以水煤浆气化废水、稳定轻烃废水、精馏废水、洗煤废水、生活污水及其他间断废水为主,经预处理后混合在一起后,采用生化处理的方式进行净化,小时处理水量 330t/h,进水 COD 浓度为 891mg/L,出水时降到 31mg/L,去除率达到 96.5%。BOD₅ 进水浓度为 402mg/L,出水时降到 12mg/L,去除率达到 97%。氨氮浓度从 175g/L 降到 2g/L,去除率达到 99%。总氮去除率是 90%,SS 的去除率是 85%,均满足行业标准。因此,通过生化处理,混合废水的净化效果达到预期标准。

4.2 工艺路线设计

煤化工废水含有高浓度的有机物和氨氮等污染物,传统处理方法难以达到排放标准。因此,设计一条高效、经济的工艺路线对于煤化工废水处理至关重要。多级 AO+MBR 工艺路线主要由多级活性污泥氧化(AO)和膜生物反应器(MBR)两个部分组成。多级 AO 工艺采用串联反应器,将废水分为多个级别进行处理。在每个级别中,通过控制 DO(溶解氧)浓度和曝气时间,使得废水中的有机物被细菌降解为较小的有机物,提高废水处理效率,降低能耗。MBR 是一种通过膜分离技术实现的生物处理工艺。在 MBR 中,通过膜的过滤作用,将废水中的污染物与微生物分离,从而实现污水净化。MBR 工艺具有出水水质稳定、占地面积小等优点,适用于处理高浓度有机废水^[4]。

4.3 多级 AO 池设计

煤化工废水通常含有高浓度的有机物和重金属离子,因此要设计合适的 AO+MBR 工艺参数和操作条件。还要考虑废水处理后的排放标准,确保出水达到环保要求。同时在 AO 池的设计中,多级 AO 工艺的主要作用是去除有机物,如 BOD、氨氮、总氮。AO 工艺包括好氧和厌氧两个阶段,好氧阶段通过好氧菌对有机物进行降解,并将氨氮转化为硝态氮,生成二氧化碳和水;缺氧阶段通过缺氧菌进一步降解废水中的有机物,并通过反硝化去除水中的总氮含量。多级 AO 工艺能提高有机物的去除效率,降低 COD 浓度。目前,MBR 工艺则主要用于悬浮物的去除。MBR 系统采用微孔膜过滤技术,将生物污泥与废水分离,使悬浮物无法通过膜孔,从而实现悬浮物的有效去除,同时不断浓缩水中的活性污泥,达到提升活性污泥浓度的效果。因此,MBR 系统还具有较高的水质稳定性和处理效果,适用于处理高浓度废水。在生化处理的设计中,需要合理安排 AO 和 MBR 系统之间的流程,通常 AO 系统位于 MBR 系统前,通过好氧和缺氧的有序处理,降低有机物浓度和 COD 值;而 MBR 系统则负责悬浮物的去除和提高污泥浓度。通过合理组合 AO 和 MBR 工艺,最大程度地去除废水中的有机物和悬浮物,达到预期的处理效果^[5]。

在本煤化工废水综合处理项目中,AO 处理系统采用两级 AO 串联的方式进行设计,并分为双线并列运行。在 A 段的缺氧池进水口投加碳源,以补充反硝化所需的碳源。碳源补充是为反硝化细菌补充碳源,保证反硝化的速率,同时需要对好氧段投加碳源,以维持活性污泥的浓度,保证在低 BOD 的情况下,加快硝化菌的优势增长。而两级 AO 的碳源浓度需控制在合理的范围内,建议以乙酸钠为碳源投加,避免甲醇的防爆设计和淀粉的不溶解性。由于本项目废水中含有一定的甲醇,故采用该股废水作为碳源的补充,节省了药剂投加费用^[6]。

另外,采用多点投加碳源的方式,可有效控制反硝化和硝化的过程,本项目中,在两级 A 段缺氧池的进水口均

进行碳源投加,以维持缺氧反硝化所需的碳源,避免反硝化速率的降低。其原理为,氨氮的降解是在自养型硝化菌占优势后体现出来的,严格控制水体当中的碳源含量,有效控制硝化细菌的菌种优势,提高硝化速率。而较长的污泥龄,可大大提高硝化细菌的增长速度,控制剩余污泥排出量,减少污泥处理费用。

4.4 MBR 设计

第一,膜组件的选择。MBR 工艺使用膜组件来实现固液分离,因此膜组件的选择至关重要。煤化工废水中含有高浓度的悬浮颗粒和有机物,因此需要选择具有较高截留率和抗污染能力的膜组件,如中空纤维膜、平板膜,其中中空纤维膜由于其较大的截留率和较好的抗污染能力,被广泛应用。第二,通气方式选择。MBR 工艺通过向膜组件提供气体来清洗膜孔,同时也可增加膜组件的通气方式来改善通气效果。常见的通气方式包括外部通气和内部通气。外部通气是将气体从膜组件外部引入,通过气泡的上浮来清洗膜孔;而内部通气是将气体从膜组件内部引入,通过气泡的下沉来清洗膜孔。对于煤化工废水处理,由于废水中含有较高浓度的悬浮颗粒和有机物,使用外部通气的方式能更好地清洗膜孔,提高膜组件的使用寿命。第三,MBR 系统的运行条件控制。MBR 系统运行条件直接影响着废水处理效果。在煤化工废水处理中,由于废水中有机负荷较高,容易导致 MBR 系统的过载,工作人员要合理控制系统的进水流量和有机负荷,定期检查系统的运行状态,及时清除膜组件上的污泥,保证系统的正常运行。

在本煤化工废水综合处理项目中,MBR 池分双线运行设计,MBR 池内共设置 28 套浸没式 RW400 板式膜组件,膜总面积 16240m^2 ,膜通量为 $0.49\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$,同时每个池子预留 3 个安装位置,预留空间达到 15%,极大增加系统的可扩充能力。每个 MBR 池之间由管道连通,当其中一个 MBR 池对应的生化池故障时,也可以使用该 MBR 池进行处理污水。为每个 MBR 系统设置自动清洗气动切换阀,可 MBR 膜清洗的过程全自动。在 MBR 池底设置跟生化池相同的曝气系统,使 MBR 池也具备一定的生化处理能力。

MBR 池的曝气强度为 $20\text{Nm}^3/(\text{膜元件} \cdot \text{h})$,采用磁悬浮风机曝气清洗由于膜元件是由竖直放置的支撑板作为夹层的平板膜组成。含有活性污泥的进水经平均孔径为 $0.4\mu\text{m}$ 的平板膜过滤,过滤后活性污泥以团状沉积在膜的表面,同时从膜元件底部不断进入的气泡对其进行曝气,形成了交叉流式的清洗方式,污水沿膜面的平行方向流动,处理水则从膜面的直角方向过滤,进水中的活性污泥则被浸没式平板膜去除。曝气水流经常对膜面进行冲洗,形成在膜表面难以堆积污物的构造,可有效防止活性污泥堵塞膜孔。从而形成一个连续过滤+连续清洗的截留过程。

在曝气自动控制方面,通过变频方式调节曝气量,使清洗气量形成间断的气量变化,形成了强弱的交替的风量擦洗效果,从而对 MBR 膜表面附着的活性污泥,产生了类似于振动式的风量擦洗,使具有黏性的活性污泥无法在 MBR 膜表面长期附着。该运行方式经一段时间试验,通过定期对 MBR 膜表面的污泥附着观察,和产水率记录,其运行效果和产水率明显优于传统设计的使用效果。

5 结语

本研究通过对多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理中的应用进行系统性分析,得出以下结论:

①多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理中具有良好的降解效果,通过多级 AO+MBR 工艺处理后的废水 COD、BOD、氨氮、总氮等主要污染物浓度显著降低,达到国家排放标准要求。

②多级 AO+MBR 工艺能高效去除废水中的长链和环链等难降解有机物,使废水中的有机物质得到有效降解和分解。

③采用多点投加碳源的方式,并严格控制水体当中的碳源含量,可有效控制反硝化细菌的菌种优势,控制和提高反硝化速率。

④较长的污泥龄可大大提高硝化细菌的增长速率,使活性污泥浓度在合理的范围内,从而控制剩余污泥的排出量,减少污泥的处理费用。

⑤相比其他传统工艺,多级 AO+MBR 工艺能够更有效地利用废水中的有机物质和氮源,减少处理过程中的能耗。

综上所述,多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理中具有较好的降解效果、去除难降解有机物和氨氮的能力,且稳定性较高、能耗和占地面积相对较低。因此,多级 AO+MBR 工艺在煤化工废水处理领域有着广阔的应用前景。然而,仍需进一步研究该工艺的操作参数和控制策略,以提高其处理效果。

参考文献

- [1] 柳训鲲.煤化工废水处理自动化控制研究[J].当代化工研究,2023(8):74-76.
- [2] 李启辉.煤化工废水处理及资源化利用研究现状[J].应用化工,2023,52(7):2234-2238+2243.
- [3] 赵斌斌.煤化工废水处理关键问题解析及技术发展趋势[J].山西化工,2022,42(3):358-359+362.
- [4] 牛红兵.煤化工废水处理关键问题解析及技术发展趋势[J].工程管理与技术探讨,2023,5(3).
- [5] 陈浩.煤化工废水处理关键问题解析及技术发展趋势[J].科学与财富,2023(19):175-177.
- [6] 徐春来.试论高效混凝沉淀技术在煤化工废水处理中的应用路径[J].数字化用户,2024(15):19-20.