

煤化工中焦化废水污染防治技术探究

张鼎

山西焦化设计研究院(有限公司)

DOI:10.12238/pe.v3i3.13637

[摘要] 针对煤化工产业迅猛发展致使焦化废水排放量剧增、环境污染问题日益严峻的现状,本研究基于对煤化工中焦化废水所蕴含的危害与污染防治的必要性,全面梳理并分析了当下应用于煤化工中焦化废水的各类污染防治技术。分析发现,单一技术往往存在局限性,多种技术的耦合与协同应用展现出更优的处理效果与发展潜力。通过分析,文章旨在为煤化工企业及相关环保部门提供全面且深入的技术参考,以推动焦化废水处理效率与质量的提升,实现煤化工产业与生态环境的和谐共生及可持续发展。

[关键词] 煤化工; 焦化废水; 污染防治技术

中图分类号: P618.11 **文献标识码:** A

Exploration of Pollution Prevention and Control Technologies for Coking Wastewater in Coal Chemical Industry

Ding Zhang

Shanxi Coking Design and Research Institute (Co., Ltd.)

[Abstract] In response to the rapid development of the coal chemical industry, which has led to a sharp increase in coking wastewater discharge and increasingly severe environmental pollution problems, this study comprehensively sorts out and analyzes various pollution prevention and control technologies currently applied to coking wastewater in coal chemical industry based on the hazards contained in coking wastewater and the necessity of pollution prevention and control. Analysis has found that a single technology often has limitations, and the coupling and collaborative application of multiple technologies demonstrate better processing effects and development potential. Through analysis, the article aims to provide comprehensive and in-depth technical references for coal chemical enterprises and related environmental protection departments, in order to promote the improvement of coking wastewater treatment efficiency and quality, and achieve harmonious coexistence and sustainable development between the coal chemical industry and the ecological environment.

[Key words] coal chemical industry; coking wastewater; pollution prevention and control technology

引言

在世界能源构成中,煤一直占有十分重要的位置,而煤化学技术是实现煤资源有效开发的一种有效手段。根据有关资料,到2024年,世界煤化学工业将继续扩大,而煤制油、煤制气、煤焦化等工程也将继续高速发展。但同时也带来了许多难治理的污水,其中以焦化污水最为突出。煤化学炼焦是一种典型的以煤为原料的高温热解产物,其生成的污水种类繁多、毒性强,是制约其工业化应用的瓶颈。如果这些污水没有经过适当的治理就直接排放,将给周围的环境带来无法估计的危害,这对生态平衡和人体健康都是一个巨大的隐患。如何对其进行高效治理,是我国煤炭工业可持续发展迫切需要解决的难题。

1 煤化工中焦化废水的危害与污染防治的必要性

1.1 焦化废水的危害

焦化废水是煤化工业中一种具有代表性的污染物,其成分组成复杂,具有很高的毒性,对环境和人体健康有着严重的威胁。目前焦化废水中检出的酚类、多环芳烃、杂环化合物(如吡啶、喹啉)、氰化物和重金属等已超500余种。2023年全国焦炭产量4.90亿t,按照每吨焦废水排放0.5m³计算,每年产生的废水排放总量达到2.45亿m³,且高浓度氨氮和COD远超微生物耐受阈值^[1]。

在生态破坏上,焦化废水中含酚、氰等有害物质会使污水中的自净效果显著降低,每毫克氨氮氧化需消耗4.6毫克溶解氧,导致水体黑臭和鱼类死亡。多环芳烃(如苯并芘)具有强致癌性,部分浓度达83.4μg/L,可在生物体内富集并引发食物链

污染^[2]。在人体的健康危害上,酚类化合物通过皮肤接触或饮用水摄入可引发慢性中毒,0.1g的氰化物就会致命,而当硝酸盐转变为亚硝酸盐时,就会与胺类形成亚硝胺,会显著增加患白血病、肿瘤等多种疾病的风险。已有研究发现以荧蒽、喹啉等为代表的焦化废水中的典型污染物具有一定的遗传毒性和致畸作用,长期暴露可引起基因突变^[3]。

1.2 污染防治的必要性

随着世界范围内的生态环境问题日趋严重,环保问题得到了空前的关注。焦化废水是一类具有较高污染的工业污水,其大量的排出造成了严重的生态危害。如果得不到很好的处理,水资源短缺和生态系统退化的问题将会更加严重。针对煤化工生产过程中产生的有害物质,必须采取有效的措施进行污染防治,如此方能维护生态平衡。

2 煤化工中焦化废水污染防治技术

2.1 生物处理技术

2.1.1 活性污泥法

活性污泥工艺是一种常用的污水生化处理工艺,其基本原理是通过悬浮生长的微生物絮体(即活性污泥)对废水中有机污染物的吸附、分解与代谢。该工艺通过对焦化废水和活性污泥进行充分搅拌,使废水中的有机物被微生物吸收,并经微生物代谢转化为二氧化碳、水分以及微生物本身的细胞物质。

常见的活性污泥法工艺包括传统活性污泥法、序批式活性污泥法(SBR)、厌氧-好氧活性污泥法(A/O)、厌氧-缺氧-好氧活性污泥法(A₂/O)等^[4]。

常规的活性污泥工艺能有效地去除水中的易降解性有机物质,而不能有效地处理含难生物降解的有机物质以及高氨氮的焦化污水。SBR法是一种将进水、反应、沉淀、排水等多道过程于同一反应釜中进行的过程,其操作灵活,占地面积小,可对水、水等复杂多变的焦化污水进行高效治理。A/O是一种基于厌氧与好氧相结合的新技术,通过厌氧降解污水中的大分子有机质,提升污水的生物活性;在此基础上,通过好氧菌对污水中的有机质进行降解,达到脱氮、脱碳的目的,达到脱氮、脱碳目的。A₂/O系统通过在A/O系统中增设了一个厌氧区,从而达到了对污水中各种有机污染物的高效去除。

2.1.2 生物膜法

生物膜法是使微生物附着在固体载体表面,形成一层生物膜,利用生物膜上的微生物对废水中的污染物进行降解的技术。在生物膜法处理系统中,焦化废水流经生物膜时,其中的有机物、氨氮等污染物被生物膜吸附,并在微生物的作用下进行分解代谢^[5]。

常见的生物膜法工艺有以下几种。见表1。

2.1.3 厌氧生物处理法

厌氧生物处理是指在厌氧环境中,通过厌氧微生物降解污水中的有机质生成甲烷和二氧化碳等气体的一种工艺。采用厌氧生物技术对焦化污水进行深度净化,同时还能生成甲烷进行能量循环。在此基础上,提出了一种基于水解反应的厌氧生化工

艺。在水解过程中,复合大分子有机质被水解菌降解成低分子有机质;在酸性条件下,酸性微生物将小分子有机质转变成挥发性的脂肪酸;在产乙酸过程中,产乙酸细菌将挥发性脂肪酸进一步转变成醋酸;最终,在产甲烷期,由产甲烷菌将乙酸、氢气、二氧化碳等分解成甲烷和二氧化碳。常规厌氧生化处理技术包括:上行流式厌氧污泥层(UASB)、厌氧折流板(ABR)和厌氧膨胀颗粒污泥(EGSB)。UASB内有大量活性厌氧污泥,废水自下而上流动,与污泥中的厌氧微生物充分接触。厌氧微生物在无氧环境下将废水中的糖类、蛋白质等有机物分解。先是水解细菌把大分子有机物转化为小分子,接着产酸菌将小分子变为挥发性脂肪酸,最后产甲烷菌把脂肪酸分解为甲烷和二氧化碳。

表1 常见的生物膜法

类型	原理	优缺点
生物滤池	通过滤料表面生长的生物膜对废水进行净化。	处理效果稳定、运行管理简单。但占地面积大、易堵塞。
生物转盘	由转动的盘片和固定的接触反应槽组成,盘片表面的生物膜交替与废水和空气接触,实现对污染物的降解。	具有能耗低、耐冲击负荷能力强等特点。
生物接触氧化法	在反应器内设置填料,微生物附着在填料表面形成生物膜,同时向反应器内曝气,为微生物提供氧气。	具有处理效率高、占地面积小等优势。
生物流化床	利用流化态的载体表面的生物膜进行废水处理。	具有传质效率高、微生物活性强等优点。

2.2 物理化学处理技术

2.2.1 吸附法

吸附是指通过吸附材料的表面性质来吸附污水中的有机物质,达到对污水中的污染物进行有效的分离。目前,国内外主要采用活性炭、沸石、膨润土和粉煤灰等吸附材料对其进行了研究。由于其高比表面及孔道分布,对有机污染物如酚类、氰化物、多环芳烃等均表现出良好的吸附性能。吸附技术具有操作简便、处理效果好等优势,但是其吸附能力受限,在达到饱和状态时必须进行再生或替换,造成处理费用高。

2.2.2 混凝沉淀法

混凝沉降法是一种通过向生活污水中投加絮凝剂使水中的胶态或微小的固体悬浮物凝聚成大的絮团,然后通过沉降实现固-液分离。

目前,我国对焦化污水的治理多使用无机絮凝剂和有机絮凝剂。絮凝剂在絮凝过程中,会在水中生成高价阳离子,从而形成双层结构,从而导致胶粒的不稳定,从而导致絮凝。而有机絮凝剂在絮凝反应中,由于其长链的桥联,使悬浮在水中的微小絮团聚集在一起,从而加快了絮凝速度。其优点是操作简单、处理成本相对较低,但对溶解性有机物和氨氮等污染物的去除效果有限,且混凝剂的投加量需要严格控制,过量投加可能会导致出水水质恶化^[6]。

2.2.3萃取法

萃取法是利用溶质在两种互不相溶的溶剂中的溶解度差异,将溶质从一种溶剂转移到另一种溶剂中的过程。在焦化废水处理中,萃取法主要用于回收废水中的酚类等有价值的物质,同时降低废水的污染负荷。常用的萃取剂有苯、重苯、N-503等。萃取法具有处理效率高、选择性好等优点,能够有效回收废水中的有用物质,降低后续处理难度,但萃取剂的选择和使用需要谨慎,部分萃取剂可能具有毒性和挥发性,若处理不当会对环境造成二次污染。

2.3深度处理技术

2.3.1高级氧化技术

除Fenton试剂方法外,常用的几种高级氧化方法有臭氧氧化法、光催化氧化法和湿法氧化法等^[7]。臭氧氧化技术既可以通过臭氧的强烈氧化作用实现对水中有机物的直接氧化,也可以通过臭氧降解生成的OH来实现对有机物的氧化。研究表明,臭氧可以有效地降解水中的有机污染物,如酚类、氰化物、多环芳烃等。光催化氧化是指在可见光的刺激下,通过光生电子-空穴对与水、氧发生化学反应,形成具有较高氧化活性的活性物质(如OH),进而将其用于处理污水中的有机污染物。湿法氧化法是一种以大气中的氧为氧化剂,在高温、压力下,将污水中的有机污染物氧化成CO₂和H₂O。本项目提出了一种新的高效脱氮除磷工艺,以改善其生化性能,并为其进一步的生化处理提供了良好的条件。

2.4新兴耦合处理技术

由于目前采用的工艺方法存在的问题较多,因此,生物-物理-化学的联合工艺是目前国内外研究的热点。比如,将生化工艺和活性炭吸收工艺有机地组合在一起。在此过程中,活性炭既可吸收污水中的污染物,又可在其表面上生长大量的细菌,使其具有较强的降解能力。同时,由于微生物自身的新陈代谢作用,使得其在不同的环境条件下,能够在不同的条件下对其进行修

复,从而达到提高其使用年限的目的。其中,MBR是一种集生化和物理于一体的新型生化工艺。该工艺利用微生物降解污水中的有机质,利用膜装置将污水中的微生物与污水进行分离,即可将污水中的微生物与污水进行分离,又可将污水中的微生物及大分子物质拦截下来,确保出水水质。

3 结语

煤化工中焦化废水的污染防治是一项艰巨且关键的任务。其危害广泛,涉及人体健康、生态环境和经济发展多个方面,污染防治具有紧迫性和必要性。未来需进一步加强技术研发,优化工艺组合,提高处理效率,降低处理成本,同时加强环境监管,确保各项技术有效实施,以实现煤化工行业的绿色可持续发展,保护生态环境安全。

【参考文献】

- [1]报告派研读的雪球专栏:炼焦煤行业报告:焦煤价格或已见底,存在反转可能[EB/OL](2024-4-11)[2025-4-8].
- [2]刘忠海.煤化工中的焦化废水污染控制原理与技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(04):138-140.
- [3]杨馥瑄.冶金工业焦化废水处理存在的问题与解决策略初探[J].世界有色金属,2021,(03):8-9.
- [4]范军晓.多种工艺处理焦化废水的对比研究[J].山西化工,2024,44(10):230-232.
- [5]陈磊.焦化废水的近零排放处理[J].清洗世界,2024,40(11):26-29.
- [6]陈颖,李泽敏.焦化废水后物化处理的臭氧-混凝-吸附原理选择与协同机制[J].环境科学学报,2022,42(11):1-11..
- [7]权晓慧,苏冰琴,王健,等.高级氧化技术处理焦化废水的研究进展[J].中国给水排水,2024,40(12):41-48.

作者简介:

张鼎(1990—),男,汉族,山西省临汾市人,中级工程师,本科,学士,研究方向:焦化化产。