

煤气化废水零排放处理技术的新突破

颜世超

中国神华煤制油化工有限公司鄂尔多斯煤制油分公司 内蒙古 鄂尔多斯 017209

摘要: 煤气化废水作为煤化工产业的关键副产物,具有高浓度污染物和复杂水质特征,对环境构成严重威胁。本文综述了煤气化废水的来源、水质特征及分类,并详细探讨了现有零排放处理技术的进展,包括有机废水处理技术、含盐废水处理技术等,进一步介绍了预处理技术、生物处理技术、深度处理技术以及零排放实现技术的新突破,如高级氧化预处理、A/O耦合工艺、膜分离深度处理等。这些技术为煤气化废水的高效处理和资源回收提供新途径。

关键词: 煤气化废水; 零排放; 处理技术; 新突破

1 煤气化废水概述

1.1 废水来源

煤气化废水主要产生于煤炭气化过程中,这一环节是煤化工产业的核心部分。在煤气化工艺中,高温下的煤炭与气化剂(通常是氧气、水蒸气或二氧化碳)发生化学反应,生成煤气(主要为一氧化碳、氢气等气体混合物)和固态残渣。此过程中,煤气冷却、洗涤及气体净化步骤会产生大量废水。废水的来源包括煤气冷却器排水、煤气洗涤塔排水、除尘系统冲洗水以及设备泄漏和地面冲洗水等。这些废水含有高浓度的污染物,若未妥善处理直接排放,将对环境造成严重污染。

1.2 水质特征

煤气化废水的水质特征复杂多变,主要取决于煤炭种类、气化工艺、操作条件及净化方式等因素。一般而言,煤气化废水中含有高浓度的氨氮、有机污染物(如酚类、多环芳烃等)、悬浮物、重金属离子(如镍、铬、镉等)以及无机盐类。这些污染物不仅浓度高,而且生物毒性大,难以通过常规的水处理技术有效去除。废水的pH值往往偏碱性,且含有一定量的难降解有机物,进一步增加处理的难度^[1]。

1.3 废水分类

根据煤气化废水的来源、水质特征及处理需求,可以将其大致分为以下几类:一是冷却水,主要来源于煤气冷却过程,这类废水一般污染物含量较低,但水量大,适宜采用循环利用的方式减少水资源浪费;二是洗涤水,产生于煤气洗涤塔,含有高浓度的氨氮、悬浮物及有机污染物,处理难度较大;三是工艺废水,包括设备泄漏、地面冲洗等产生的废水,这类废水水质复杂,处理时需根据具体情况采取针对性的措施;四是高盐废水,主要来源于煤气化过程中的盐水循环系统和废水蒸发浓缩环节,含有高浓度的无机盐类,对处理设备材质

和工艺选择有特殊要求。针对不同类别的煤气化废水,需采用适宜的处理技术和策略,以实现高效、经济、环保的处理目标。

2 现有煤气化废水零排放处理技术

2.1 有机废水处理技术

2.1.1 预处理(物化处理)+生化处理+深度处理

煤气化有机废水成分复杂,含有大量酚类、氨氮、油类及多种有毒有害物质,直接进行生化处理难度大且效果不佳。因此,采用预处理(物化处理)、生化处理和深度处理相结合的工艺是实现其有效处理的关键。预处理(物化处理)主要通过物理和化学方法去除废水中的悬浮物、油类、部分有机物和重金属等污染物,为后续生化处理创造良好条件。常见的物化处理方法包括格栅、沉砂池去除大颗粒杂质;气浮法去除油类和悬浮物;化学沉淀法去除重金属离子和部分有机物等。例如,通过投加石灰乳可使废水中的磷酸盐形成沉淀去除。生化处理是利用微生物的代谢作用,将废水中的有机物分解为二氧化碳和水等无害物质。常用的生化处理工艺有活性污泥法、生物膜法等。活性污泥法通过曝气使活性污泥与废水充分接触,微生物吸附、分解有机物;生物膜法则微生物附着在载体表面形成生物膜,废水流过生物膜时,有机物被微生物摄取降解。在实际应用中,可根据废水的水质特点选择合适的生化处理工艺,也可将多种工艺组合使用,以提高处理效果。深度处理是在生化处理的基础上,进一步去除废水中的难降解有机物、氮磷等营养物质和微量污染物,使废水达到回用或排放标准。深度处理方法包括活性炭吸附、反渗透、超滤等。活性炭吸附可去除废水中的色度、异味和部分有机物;反渗透能有效截留水中的离子、有机物和微生物等,产出高质量的回用水。

2.1.2 生化处理工艺

生化处理工艺在煤气化有机废水处理中起着核心作用。其中,厌氧生物处理工艺具有能耗低、可产生沼气等优点,能有效降解废水中的高浓度有机物。例如,上流式厌氧污泥床(UASB)反应器,废水从底部进入,与反应器内的厌氧污泥充分接触,有机物在厌氧微生物的作用下分解为甲烷和二氧化碳等。该工艺能够承受高浓度的有机物输入,处理效率高,但要求进水水质稳定且对温度敏感”。好氧生物处理工艺则通过好氧微生物的代谢作用,将有机物彻底氧化分解为二氧化碳和水。序批式活性污泥法(SBR)是一种常见的好氧处理工艺,它集均化、初沉、生物降解、二沉等功能于一体,通过间歇式运行,实现不同处理阶段的交替进行。SBR工艺具有运行灵活、抗冲击负荷能力强等优点,能有效处理煤气化有机废水中的有机物和氨氮等污染物^[2]。另外,还有一些新型的生化处理工艺,如膜生物反应器(MBR),它将生物处理与膜分离技术相结合,具有出水水质好、占地面积小等优点。MBR工艺中的膜组件能有效截留微生物,使生物反应器内保持较高的微生物浓度,提高有机物的去除效率。

2.1.3 深度处理工艺

深度处理工艺对于确保煤气化有机废水达到零排放要求至关重要,活性炭吸附工艺利用活性炭的多孔结构和巨大比表面积,吸附废水中的有机物、重金属离子等污染物。活性炭吸附饱和后,可通过再生处理恢复其吸附能力,实现活性炭的循环利用。它通过施加一定的压力,使水分子透过反渗透膜,而将溶解性盐类、有机物、胶体等污染物截留,从而实现废水的脱盐和净化。反渗透产水水质高,可回用于生产过程中的多个环节,如循环冷却水补水、锅炉用水等。超滤技术也是一种重要的深度处理方法,它主要用于去除废水中的悬浮物、胶体、大分子有机物等。超滤膜的孔径较小,能有效截留这些污染物,同时允许水分子和小分子溶质通过。超滤可作为反渗透的预处理工艺,减轻反渗透膜的污染,延长其使用寿命^[3]。

2.2 含盐废水处理技术

在处理含盐废水时,针对不同类型的废水需采用不同的方法。对于低盐废水,主要目标是去除其中的盐分和有机物,以达到回用或排放标准。离子交换和电渗析是两种常用的处理方法。离子交换利用树脂上的离子与废水中的离子进行交换,能有效去除盐分,但树脂需要定期再生。电渗析则在电场作用下,利用离子交换膜的选择透过性实现脱盐,适用于低盐废水,但对水质要求较高,需严格预处理。浓盐水处理难度相对较大,常

用蒸发结晶和膜蒸馏技术。蒸发结晶通过加热使水分蒸发,盐分结晶析出,其中多效蒸发技术利用二次蒸汽提高能源利用效率,能实现盐分的资源化利用,但设备投资和运行成本较高。膜蒸馏利用膜两侧温度差,使水分以蒸汽形式透过膜,盐分被截留,操作条件温和,适用于高浓度含盐废水;对于盐分极高、处理难度更大的高浓盐水,固化处理是有效方法。固化处理通过化学反应将盐分转化为稳定固体,便于储存和处置。水泥固化和石灰固化是两种常见的固化方法。水泥固化利用水泥水化反应将盐分包裹在基质中,成本低,但固化体增容较大。石灰固化则利用石灰与盐分反应,生成稳定固体产物,对重金属废水处理效果较好,但会产生大量热量和废气,需采取相应处理措施。

3 煤气化废水零排放处理技术新突破

3.1 预处理技术创新

预处理是煤气化废水处理的第一步,也是至关重要的一步。传统的预处理技术主要包括混凝沉淀、气浮、过滤等,但这些方法在处理高浓度、难降解的煤气化废水时效果有限。因此,预处理技术的创新成为提高废水处理效率的关键。高级氧化预处理技术利用强氧化剂(如臭氧、过氧化氢等)产生的高活性自由基,将废水中的难降解有机物氧化为易降解的小分子物质,为后续的生物处理提供有利条件。MBR预处理技术则将膜分离技术与生物处理技术相结合,通过膜的截留作用,将废水中的悬浮物、胶体物质以及部分溶解性有机物有效去除,同时提高废水的可生化性。

3.2 生物处理技术革新

生物处理技术是煤气化废水处理中的核心环节。传统的生物处理技术,如活性污泥法、生物膜法等,在处理低浓度有机废水时效果较好,但在处理高浓度、难降解的煤气化废水时面临挑战。因此,生物处理技术的革新成为提高废水处理效率的关键。A/O耦合工艺通过厌氧段和好氧段的有机结合,实现了废水中难降解有机物的有效降解和氮的去除^[4]。固定化微生物技术则利用物理或化学方法将微生物固定在载体上,形成固定化微生物反应器,提高了微生物的浓度和活性,从而增强了废水处理效果。另外,研究人员还在探索利用基因工程技术对微生物进行改造,以提高其降解难降解有机物的能力。

3.3 深度处理技术改进

深度处理是实现煤气化废水零排放的关键环节,高级氧化深度处理技术利用强氧化剂产生的高活性自由基,将废水中的难降解有机物进一步氧化为二氧化碳和水等无害物质。膜分离深度处理技术则利用膜的选择透

过性,将废水中的溶解性有机物、无机盐等有效去除,实现废水的高效率脱盐和浓缩。此外,研究人员们还在探索利用电化学、生物电化学等技术进行深度处理,以提高废水处理效率和资源化利用率。

3.4 零排放实现技术突破

零排放是煤气化废水处理的最终目标,蒸发结晶技术是一种常用的废水处理技术,通过加热废水使其蒸发,从而实现盐分的浓缩和分离。然而,传统的蒸发结晶技术能耗较高,且易产生结垢和腐蚀问题。为了解决这个问题,研究人员开发了多效蒸发、机械蒸汽再压缩(MVR)等新型蒸发结晶技术。这些技术通过优化蒸发过程,降低能耗,提高处理效率,实现废水的高效回收和再利用;膜浓缩技术利用膜的选择透过性,将废水中的水分和盐分进行分离。与传统的蒸发结晶技术相比,膜浓缩技术具有能耗低、占地面积小、操作简便等优点。

4 煤气化废水零排放处理技术发展趋势展望

4.1 智能化与自动化控制

随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展,煤气化废水处理系统将变得更加智能化和自动化。通过安装传感器和监测设备,实时收集和处理废水的各项参数,利用大数据分析和人工智能技术进行优化和控制,可以实现废水处理过程的精确管理和高效运行;智能化控制系统不仅可以实时监测废水的流量、浓度、pH值等指标,还可以根据这些数据自动调节处理工艺和运行参数,确保废水处理效果达到最佳。此外,智能化系统还可以实现远程监控和故障诊断,减少人工干预,提高处理效率和稳定性^[5]。

4.2 资源回收与循环利用

资源回收与循环利用是煤气化废水零排放处理技术的重要发展方向,随着资源短缺和环境污染问题的日益严重,人们开始更加重视废水的资源回收和循环利用。在煤气化废水处理过程中,可以通过蒸发结晶、膜分离等技术回收废水中的盐分和其他有价值物质。这些回收的物质可以用于化工、建材等领域,实现资源的再利用。通过优化处理工艺和运行参数,还可以提高废水的回收率,减少新鲜水的使用,降低生产成本和环境负担。随着技术的不断进步和创新,资源回收与循环利用

将在煤气化废水处理领域发挥越来越重要的作用,推动废水处理技术的绿色化和可持续发展。

4.3 绿色与可持续发展

绿色与可持续发展是未来煤气化废水处理技术的核心目标,为了实现绿色与可持续发展,煤气化废水处理技术需要不断创新和改进。一方面,需要开发更加高效、环保的处理工艺和设备,降低能耗和减少污染物排放;另一方面,需要加强废水处理过程中的资源回收和循环利用,提高资源利用率和降低环境负担。此外,还需要加强废水处理技术的标准化和规范化管理,确保处理效果达到国家和地方环保标准,推动煤气化产业的绿色发展。绿色与可持续发展是煤气化废水处理技术的核心追求,未来需持续创新工艺设备,强化资源回收,规范技术管理,以推动产业绿色转型。

结束语

综上所述,煤气化废水零排放处理技术的发展已取得显著进展,但仍面临诸多挑战。未来,智能化与自动化控制、资源回收与循环利用以及绿色与可持续发展将成为该领域的重要发展方向。通过技术创新和优化管理,有望实现煤气化废水的高效处理、资源回收和环境友好,推动煤化工产业的绿色转型和可持续发展。这将为环境保护和能源利用提供有力支持,促进经济和社会的和谐发展。

参考文献

- [1]张波涛,陈贵锋,彭万旺.煤气化废水处理研究进展[J].洁净煤技术,2023,29(10):185-198.DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.23040601.
- [2]惠贵鹏,景玮,张雪平.煤气化废水预处理工艺的节能改造应用[J].煤化工,2022,50(3):55-57.
- [3]张雪艳.煤化工高盐废水的零排放要求及实施建议[J].石油石化物资采购,2023(3):142-144.DOI:10.12316/j.issn.1674-0831.2023.03.048.
- [4]宗凯强,翟持.煤气化废水处理工艺技术进展[J].煤化工,2023,14(08):123-124.
- [5]陈明翔,高会杰,孙丹凤,郭志华,王刚.煤气化废水处理技术及其应用进展[J].现代化工,2019,14(10):69-70.