

# 煤气化废水处理技术研究进展

吴东升 田玲 武建军

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油分公司 宁夏 银川 750411

**摘要:** 在追寻清洁高效的能源利用途径中,煤气化技术备受瞩目,然而其伴生的废水处理问题亦日益凸显。本文深入剖析了近年来煤气化废水处理领域的最新研究动态,系统梳理了物理法、化学法、生物法及其组合工艺在处理实践中的应用与进展。通过全面的优劣势分析,本文旨在为煤气化废水的处理提供坚实的理论基石和切实可行的技术指导,助力煤气化技术的绿色可持续发展。

**关键词:** 煤气化废水; 处理技术; 研究进展; 物理法; 化学法; 生物法

## 引言

煤炭资源的丰饶为煤气化技术铺就了宽广的舞台,其清洁与高效的特性让人们对未来充满希望。然而,当技术的光辉背后,煤气化废水这一难题逐渐浮出水面,其含有的众多有毒有害物质,无疑给环境带来了沉重的负担。面对这一挑战,寻求高效且经济的废水处理技术成为了刻不容缓的任务。本文旨在汇聚该领域的智慧与力量,展现最新的研究成果,为科研人员和工程技术人员提供前行的明灯,共同为煤气化废水处理技术的进步与发展贡献力量。

## 1 煤气化废水概述

煤气化废水,源于煤气化工艺中不可或缺的洗涤、冷凝和净化等环节,是一种典型的工业废水。在这一系列生产过程中,原料煤中的杂质、气化剂以及高温条件下产生的反应副产物,都会随着气流进入洗涤水,从而形成了这种成分极为复杂的废水。煤气化废水的组成极为复杂,其中不仅包含了氨氮、氰化物、硫化物等无机污染物,更有酚类、油类、多环芳烃等多种有毒有害的有机污染物。这些污染物的存在,使得煤气化废水具有极高的污染负荷和毒性。未经处理的煤气化废水如果直接排放到环境中,将对水体、土壤乃至整个生态系统造成严重的污染和破坏。例如,废水中的有毒有害物质会大量消耗水中的溶解氧,影响水生生物的正常生长和繁殖;同时,这些物质还可能通过食物链进入人体,对人类健康构成严重威胁。此外,煤气化废水中还含有大量的悬浮物和油类物质。这些物质在排放过程中容易形成油膜,覆盖在水体表面,不仅影响水体的美观,更重要的是,它们会阻碍空气中的氧气进入水中,降低水体的自净能力,进一步加剧环境污染。针对煤气化废水的处理,我们不仅要考虑如何有效去除其中的污染物质,达到排放标准,还要积极探索如何实现废水的资源化利用

和污染物的最大化回收。这既是对环境保护的负责,也是对资源可持续利用的追求。深入了解煤气化废水的来源、组成及其可能带来的危害,对于我们后续开展针对性的废水处理技术研究、制定科学合理的废水处理方案具有十分重要的意义。只有充分掌握煤气化废水的特性,我们才能更有效地对其进行处理,从而保护环境、保障人类健康,实现资源的可持续利用<sup>[1]</sup>。

## 2 物理法处理煤气化废水

煤气化废水是一种复杂的工业废水,含有大量的有机物、无机物和有毒有害物质。由于其成分复杂且毒性较高,传统的废水处理方法往往难以达到理想的处理效果。因此,物理法在煤气化废水处理中发挥着重要的作用。吸附法是物理法处理煤气化废水的一种常用技术。其原理是利用吸附剂的吸附作用,将废水中的污染物吸附到吸附剂表面,从而实现废水的净化。常用的吸附剂包括活性炭、沸石、硅胶等。活性炭因其比表面积大、吸附能力强而被广泛应用于煤气化废水的处理中。吸附法具有操作简单、能耗低等优点,特别适用于处理低浓度的煤气化废水。然而,吸附法也存在一些局限性,如吸附剂易饱和、需要定期更换或再生等。膜分离技术是另一种重要的物理法处理煤气化废水的手段。膜分离技术利用特殊的膜材料,通过物理过滤、渗透等作用,将废水中的溶质和溶剂进行分离。常见的膜分离技术包括微滤、超滤、纳滤和反渗透等。这些技术在煤气化废水的深度处理中发挥着重要作用,可以有效去除废水中的悬浮物、胶体、细菌、病毒以及部分溶解性有机物和无机盐。膜分离技术具有分离效率高、操作简单、占地面积小等优点。然而,膜分离技术也存在投资成本高、膜易污染和堵塞等问题。除了吸附和膜分离技术外,还有一些其他的物理法也被应用于煤气化废水的处理中,如沉淀法、气浮法等。沉淀法通过向废水中投加化学药

剂,使废水中的污染物与药剂发生化学反应生成难溶或不溶的沉淀物,从而实现污染物的去除。气浮法则是利用气泡的浮力作用,将废水中的悬浮物、油脂等污染物浮至水面,从而实现废水的净化。这些方法在处理煤气化废水时具有一定的效果,但也需要根据废水的具体水质和处理要求进行选择和优化<sup>[2]</sup>。

### 3 化学法处理煤气化废水

煤气化废水作为一种典型的工业废水,其成分复杂,含有大量的难降解有机物和有毒有害物质。这些物质的存在不仅给废水处理带来了挑战,也对环境和人类健康造成了潜在威胁。因此,开发高效、环保的煤气化废水处理技术,在处理煤气化废水中的难降解有机物方面展现出独特优势。氧化法是化学法处理煤气化废水中的一种常用技术。其基本原理是通过强氧化剂的作用,将废水中的有机物氧化分解为低毒或无毒物质。常用的氧化剂包括臭氧、过氧化氢、高锰酸钾等。这些氧化剂能够与废水中的有机物发生氧化还原反应,使其转化为易降解的物质,甚至矿化为水和二氧化碳。氧化法在处理煤气化废水中的酚类、氰化物等有毒有害物质时效果显著,能够有效降低废水的毒性和生物抑制性。然而,氧化法也存在能耗高、成本高、可能产生二次污染等问题,需要在实际应用中加以注意。还原法则是通过还原剂的作用,将废水中的污染物还原为低毒或无毒物质。常用的还原剂包括亚硫酸盐、硫化物等。这些还原剂能够与废水中的重金属离子、硝基化合物等发生还原反应,将其转化为易于处理的形式。还原法在处理含有特定污染物的煤气化废水时具有较好的效果,能够实现废水的净化和资源的回收利用。然而,还原法的应用也受到还原剂的选择和投加量、反应条件等因素的限制,需要在实际应用中加以优化。沉淀法则是通过向废水中投加化学药剂,使废水中的污染物与药剂发生化学反应生成难溶或不溶的沉淀物,从而实现污染物的去除。常用的沉淀剂包括氢氧化物、硫化物等。这些沉淀剂能够与废水中的重金属离子、悬浮物等发生化学反应,形成沉淀物而得以去除。沉淀法在处理煤气化废水中的重金属离子和悬浮物时具有较好的效果,能够实现废水的澄清和净化。然而,沉淀法产生的沉淀物需要进一步处理处置,否则可能造成二次污染<sup>[3]</sup>。

### 4 生物法处理煤气化废水

煤气化废水作为工业废水的一种,因其含有多种有毒有害及难降解有机物而备受关。生物法作为煤气化废水处理的重要手段,具有经济、环保、可持续性强等

优点,在处理这类废水时展现出显著效果。本部分将详细阐述活性污泥法、生物膜法、厌氧生物法等多种生物处理技术的原理、应用及其研究进展,旨在为煤气化废水的生物处理提供理论支持和实践指导。活性污泥法是一种利用好氧微生物降解有机物的废水处理技术。其基本原理是通过培养活性污泥中的微生物,利用这些微生物的代谢作用将废水中的有机物转化为无机物。活性污泥法在处理煤气化废水时,能够有效去除酚类、氰化物等有毒有害物质,同时降低废水的生物抑制性。然而,该方法对废水中的某些难降解有机物去除效果有限,且易受到环境条件(如pH值、温度等)的影响。近年来,研究者们通过优化活性污泥的微生物群落结构、提高污泥的活性等方法,提高了活性污泥法对煤气化废水的处理效果。生物膜法则是利用附着在固体介质表面的微生物降解有机物的废水处理技术。在生物膜法中,微生物附着在填料或滤料表面形成生物膜,废水在流经这些固体介质时,与生物膜上的微生物发生接触并发生生物降解反应。生物膜法在处理煤气化废水时,具有处理效果好、污泥产量少等优点。然而,生物膜的形成需要一定时间,且易受到水质波动的影响。近年来,研究者们通过改进填料材料、优化操作条件等方法,提高了生物膜法的稳定性和处理效果。厌氧生物法是在缺氧条件下利用厌氧微生物降解有机物的废水处理技术。厌氧生物法在处理煤气化废水时,能够同时实现有机物的降解和能源的回收,具有节能减排的优点。然而,厌氧生物法在处理过程中产生的硫化氢等恶臭气体对周围环境可能造成影响。近年来,研究者们通过开发新型厌氧反应器、优化厌氧微生物的群落结构等方法,提高了厌氧生物法的处理效果并减少了恶臭气体的产生<sup>[4]</sup>。

### 5 组合工艺处理煤气化废水

煤气化废水因其复杂的成分和高毒性,一直是废水处理领域的难题。传统的单一处理方法往往难以达到理想的处理效果,因此,组合工艺成为了煤气化废水处理研究的热点。这些组合工艺结合了物理法、化学法和生物法的优势,旨在实现煤气化废水的高效、经济处理。物理-化学法组合工艺是其中的一种常见组合。物理法如吸附、膜分离等可以初步去除废水中的悬浮物、油脂等污染物,为后续化学处理创造有利条件。化学法如氧化、还原等则可以进一步去除废水中的难降解有机物和有毒有害物质。这种组合工艺在处理煤气化废水时,能够显著提高废水的可生化性,为后续的生物处理提供良好的基础。化学-生物法组合工艺则是另一种有效的组合方式。化学法可以预先破坏废水中的难降解有机物,降

低其生物毒性,提高其可生化性。随后,通过生物法如活性污泥法、生物膜法等进一步去除废水中的有机物。这种组合工艺充分利用了化学法和生物法的优点,既能够处理难降解有机物,又能够实现废水的稳定达标排放。物理-生物法组合工艺同样在煤气化废水处理中展现出良好的应用前景。物理法如沉淀、气浮等可以去除废水中的悬浮物和油脂,为后续的生物处理减轻负担。生物法则能够利用微生物的代谢作用,将废水中的有机物转化为无机物。这种组合工艺在处理煤气化废水时,既能够发挥物理法的快速处理效果,又能够利用生物法的彻底处理优势,实现废水的深度净化。除了上述几种常见的组合工艺外,还有一些研究者尝试将物理法、化学法和生物法三者相结合,形成更为复杂的组合工艺。这种组合工艺在处理煤气化废水时,能够充分发挥各种方法的优点,实现废水的全面、高效处理。然而,这种组合工艺在实际应用中还存在一定的技术难度和操作复杂性,需要进一步的研究和优化<sup>[5]</sup>。

## 6 研究展望

煤气化废水处理作为环境保护领域的重要课题,其技术研究与实际应用一直备受关注。尽管当前已经取得了一定的研究进展,但由于煤气化废水的复杂性、毒性以及处理难度的不断提升,该领域仍然面临许多问题和挑战。未来,煤气化废水处理技术的研究展望主要集中在以下几个方面。首先,针对煤气化废水中难降解有机物的处理,需要进一步研究和开发高效、环保的降解技术。这包括新型催化剂的开发、强化氧化技术的优化以及微生物降解机制的深入研究等。通过不断提高难降解有机物的去除效率,可以进一步提升煤气化废水处理的整体效果。其次,煤气化废水处理技术的集成与优化是未来的重要研究方向。通过将物理法、化学法和生物法等多种处理技术进行有机组合,形成高效、稳定的组合工艺,可以进一步提高煤气化废水的处理效率和稳定性。同时,还需要针对不同类型的煤气化废水,开展针

对性的技术研究,以实现废水的个性化处理和资源化利用。此外,煤气化废水处理技术的智能化和自动化也是未来的发展趋势。通过引入先进的自动化控制系统和智能化监测技术,可以实现对煤气化废水处理过程的实时监控和智能调控,提高处理过程的稳定性和效率。这不仅可以降低人力成本,还可以减少人为因素导致的处理失误和环境风险。同时,加强煤气化废水处理技术的政策支持和法规制定也是至关重要的。通过制定更加严格的环保法规和标准,可以推动煤气化废水处理技术的不断创新和应用。此外,政府还可以通过提供资金支持、税收优惠等措施,鼓励企业和科研机构投入更多资源进行煤气化废水处理技术的研发和推广。

## 结束语

在迈向煤气化产业可持续发展的征途中,煤气化废水处理技术的研究扮演着举足轻重的角色。本文综述了近年来的研究硕果,为高效经济的废水处理提供了宝贵的理论支撑和实践指南。然而,环保标准的日益严格与煤气化产业的迅猛发展,使得处理技术仍面临重重考验。展望未来,我们必须深化科研探索,激发技术创新活力,以推动煤气化废水处理技术不断迈上新台阶,共绘绿色发展的美好蓝图。

## 参考文献

- [1]张博,戚可卓.煤化工废水处理技术与工程应用[J].广东化工,2020(13):140-142.
- [2]高明龙.煤化工高浓有机废水处理及特征性有机污染物降解机理研究现状[J].洁净煤技术,2020(11):117-118.
- [3]高慧杰,张广智等.煤化工废水处理技术的相关研究[J].石油炼制与化工,2020,45(5):87-90.
- [4]张博,戚可卓.煤化工废水处理技术与工程应用[J].广东化工,2020(13):140-142.
- [5]张润楠等.煤气化废水深度处理与回用研究进展[J].化工学报,2020(09):341-342.