

# 煤制气废水处理技术研究

孙思羽

河南龙宇煤化工有限公司 河南 商丘 476600

**摘要：**煤制气过程中产生的废水含有高浓度酚类、氨氮、氰化物及重金属等污染物，对环境及人类健康构成严重威胁。本文深入探讨了煤制气废水处理技术，涵盖物理沉淀、吸附、膜分离，化学氧化、还原、络合沉淀，以及好氧、厌氧生物处理等方法。通过预处理、物化处理、生化处理、深度处理及消毒排放等流程，可有效去除污染物，确保废水达标排放，保障环境安全。

**关键词：**煤制气；废水处理技术；工艺流程

引言：随着煤化工产业的快速发展，煤制气作为重要的能源转换方式，其生产过程中产生的废水处理问题日益凸显。煤制气废水成分复杂，含有大量有毒有害物质，若未经有效处理直接排放，将对环境和生态系统造成严重影响。因此，开展煤制气废水处理技术研究，探索高效、经济的废水处理工艺，对于保障环境安全、促进煤化工产业可持续发展具有重要意义。

## 1 煤制气废水概述

### 1.1 废水来源与成分

煤制气废水主要来源于煤炭气化工序的各个环节，包括洗涤水、洗气水和蒸气分流水。（1）洗涤水、洗气水、蒸气分流水的成分。1）洗涤水：在煤炭气化过程中，洗涤水用于清除煤炭表面杂质和气化过程中产生灰尘的关键环节。洗涤水中富含酚类化合物，这些酚类物质主要来源于煤炭中的有机质在高温下的热解和水解反应，包括但不限于苯酚、甲酚、二甲酚等。此外，洗涤水中还可能含有一定量的油脂、悬浮物和其他有机杂质。2）洗气水：主要用于吸收和去除气化炉中产生的有害气体，如硫化氢（ $H_2S$ ）、氰化物（ $CN^-$ ）等。这些气体在气化过程中被水吸收，形成含有高浓度污染物的洗气水。3）蒸气分流水：蒸气分流水主要来源于蒸气冷却过程中的冷凝水。这部分水中通常含有较高的氨氮（ $NH_3-N$ ）和可溶性有机物，这些成分可能来自煤炭气化过程中的氨气释放和有机物的热解。（2）污染物种类及浓度。煤制气废水中污染物种类繁多，浓度各异。常见的污染物包括酚类物质、氰化物、氨氮、硫化物、重金属以及悬浮物等。其中，酚类物质和氨氮的浓度通常较高，是废水处理中的重点目标。

### 1.2 废水的危害

煤制气废水未经处理或处理不达标直接排放，将对环境和生态系统造成严重后果。（1）对环境和生态系统

的破坏。废水中高浓度的酚类物质会严重抑制水生生物的生长和繁殖，甚至导致水生生态系统崩溃。氨氮和硫化物等污染物则可能导致水体富营养化和酸化，破坏水体的自然净化能力。（2）对人类健康的潜在威胁。酚类物质对人体具有强烈的毒性，长期接触或摄入含酚废水可能导致神经系统损伤、肝肾功能异常等健康问题。此外，废水中的重金属和有毒有机物也可能通过食物链累积，最终对人体造成危害<sup>[1]</sup>。

### 1.3 废水处理的必要性

鉴于煤制气废水的严重危害，其处理不仅关乎环境和生态系统的安全，也是煤化工产业可持续发展的重要保障。（1）促进煤化工产业可持续发展。通过有效的废水处理技术，可以将废水中的污染物去除或降低到安全水平，从而减少对环境的破坏，为煤化工产业的可持续发展提供有力支撑。（2）符合环保政策与排放标准。随着环保法规的日益严格和人们对环境保护意识的提高，煤化工企业必须采取有效的废水处理技术，确保废水达标排放，以避免因环保问题而引发的法律风险和舆论压力。

## 2 煤制气废水处理技术

### 2.1 物理处理方法

物理处理方法主要通过物理手段去除废水中的悬浮物、油脂和某些溶解性物质，常用的方法有沉淀法、吸附法和膜分离法。（1）沉淀法、吸附法、膜分离法。1）沉淀法：利用重力作用使废水中的悬浮物自然沉降，以达到与水分离的目的。沉淀法操作简单，成本低廉，但只能去除较大颗粒的悬浮物，对于溶解性物质和微小颗粒的去除效果不佳。2）吸附法：利用吸附剂（如活性炭、沸石等）的吸附作用去除废水中的污染物。吸附法能有效去除废水中的油脂、酚类、重金属等，但吸附剂容易饱和，需要定期更换或再生，成本较高。3）膜分离法：利用膜组件的截留作用去除废水中的污染物质和微

生物。膜分离法包括超滤、纳滤、反渗透等，能有效去除废水中的悬浮物、胶体、溶解性有机物和微生物等，出水水质好，但膜组件易污染，需要定期清洗或更换，且设备投资和运行成本较高<sup>[2]</sup>。（2）优缺点及适用条件。沉淀法、吸附法和膜分离法各有优缺点。沉淀法适用于去除废水中的大颗粒悬浮物；吸附法适用于去除废水中的油脂、酚类、重金属等污染物；膜分离法适用于对出水水质要求较高的场合。在选择具体方法时，需要根据废水的性质、处理要求和经济成本等因素进行综合考虑。

## 2.2 化学处理方法

化学处理方法主要通过化学反应去除废水中的污染物，常用的方法有氧化法、还原法和络合沉淀法。（1）氧化法、还原法、络合沉淀法。1）氧化法：利用氧化剂（如臭氧、过氧化氢、高锰酸钾等）将废水中的有机物氧化为二氧化碳和水，或将其转化为无毒或低毒性的物质。氧化法能有效去除废水中的有机物和氰化物等污染物，但处理成本较高。2）还原法：利用还原剂（如亚硫酸钠、硫化钠等）将废水中的污染物还原为无毒或低毒性的物质。还原法适用于处理含有高价金属离子或某些难降解有机物的废水。3）络合沉淀法：通过向废水中投加沉淀剂（如硫化物、氢氧化物、铁盐等），使污染物与沉淀剂形成难溶的沉淀物，从而实现污染物的去除。络合沉淀法适用于处理含有重金属离子、硫化物等污染物的废水。（2）化学药剂的选择与投加量。化学药剂的选择和投加量应根据废水的性质和处理要求进行确定。一般来说，选择化学药剂时应考虑其去除效率、成本、环境影响等因素。投加量应根据废水的污染程度、处理目标和药剂的活性等因素进行计算和调整。（3）处理效果与成本分析。化学处理方法的处理效果通常较好，能够去除废水中的多种污染物，包括有机物、无机物和微生物等。特别是对于一些难降解的有机物和有毒的重金属离子，化学处理方法往往具有显著的优势。然而，化学处理方法也存在一些局限性，如处理成本较高、可能产生二次污染等问题。

## 2.3 生物处理方法

生物处理方法是利用微生物的代谢作用去除废水中的有机污染物和氮、磷等营养物质的一种有效方法。根据微生物的生长环境和代谢方式的不同，生物处理方法可以分为好氧生物法和厌氧生物法。（1）好氧生物法。好氧生物法是在有氧条件下，利用好氧微生物的代谢作用将废水中的有机物分解为二氧化碳、水和生物质等无害物质的过程。PACT法（粉末活性炭-活性污泥法）是一

种结合了粉末活性炭吸附和活性污泥法的好氧生物处理方法，能够高效去除废水中的有机物和色度等。载体流动床生物膜法则是利用载体上的微生物膜去除废水中的有机物和氮、磷等营养物质。（2）厌氧生物法。厌氧生物法是在无氧或低氧条件下，利用厌氧微生物的代谢作用将废水中的有机物分解为甲烷、二氧化碳和生物质等的过程。UASB法（上流式厌氧污泥床）是一种典型的厌氧生物处理方法，适用于处理高浓度有机废水<sup>[3]</sup>。（3）微生物的选择与驯化。微生物的选择和驯化对于生物处理方法的成功应用至关重要。在选择微生物时，需要考虑废水的性质、处理目标和微生物的适应性等因素。驯化则是指通过调整废水的成分、温度、pH值等条件，使微生物逐渐适应废水环境并提高其去除污染物的能力。（4）处理效率与影响因素。生物处理方法的处理效率受到多种因素的影响，包括废水的水质、温度、pH值、溶解氧浓度以及微生物的种类和数量等。为了提高处理效率，需要严格控制这些因素并优化生物处理工艺的参数。例如，通过提高废水的温度或溶解氧浓度可以促进微生物的代谢活动；通过选择合适的微生物种类和数量可以提高其对污染物的去除能力。

## 3 煤制气废水处理工艺流程

### 3.1 预处理阶段

预处理是废水处理的起始阶段，旨在去除废水中的大颗粒悬浮物和调节水质水量，为后续处理提供稳定的条件。（1）格栅、调节池等设施的应用。格栅是预处理阶段的第一道防线，用于去除废水中的大块固体杂质，如煤渣、塑料碎片等，以防止其堵塞后续处理设备。调节池则起到均质和调节水质水量的作用，通过混合和储存废水，使其水质和水量更加均匀，便于后续处理。（2）去除大颗粒悬浮物，调节水质和水量。预处理阶段的核心任务是去除废水中的大颗粒悬浮物，这些悬浮物不仅会干扰后续处理设备的正常运行，还会增加处理难度和成本。通过格栅和调节池等设施的应用，可以有效去除这些悬浮物，并调节水质和水量，为后续处理阶段提供稳定的环境。

### 3.2 物化处理阶段

物化处理阶段主要通过混凝、沉淀、气浮等技术去除废水中的油类、硫化物、氰化物等污染物。（1）混凝、沉淀、气浮等技术的应用。混凝是通过向废水中加入混凝剂，使废水中的悬浮物、胶体等微小颗粒聚集成较大的颗粒，便于后续沉淀去除。沉淀则是利用重力作用使废水中的悬浮物自然沉降到底部，形成污泥并排出。气浮则是利用空气产生气泡，将废水中的油类、悬

浮物等污染物吸附到气泡上，随气泡一起浮到水面并去除。(2)油类、硫化物、氰化物等污染物的去除。物化处理阶段可以去除废水中的多种污染物，特别是油类、硫化物、氰化物等难降解物质。通过混凝、沉淀和气浮等技术的应用，可以将这些污染物从废水中有效分离出来，从而降低废水中的污染物浓度<sup>[4]</sup>。

### 3.3 生化处理阶段

生化处理阶段是利用微生物的代谢作用降解废水中的有机物和氨氮。(1)活性污泥法、生物膜法、A/O法等的应用。活性污泥法是通过向废水中加入活性污泥，利用污泥中的微生物降解废水中的有机物。生物膜法则是利用附着在载体表面的微生物膜去除废水中的有机物和氮、磷等营养物质。A/O法(厌氧-好氧法)是一种结合了厌氧和好氧处理工艺的方法，通过厌氧段和好氧段的交替运行，可以高效去除废水中的有机物和氨氮。(2)有机物和氨氮的降解。生化处理阶段的主要任务是降解废水中的有机物和氨氮。通过微生物的代谢作用，可以将这些污染物转化为无害的二氧化碳、水和生物质等。这一阶段的处理效果直接关系到最终出水水质的好坏。

### 3.4 深度处理阶段

深度处理阶段是在生化处理基础上进一步去除废水中的残留污染物，确保出水水质达标。(1)膜分离技术。膜分离技术是一种高效的深度处理方法，通过不同孔径的膜组件截留废水中的污染物，从而实现污染物的去除。超滤、纳滤和反渗透等技术可以根据废水的水质和处理要求进行选择和应用。(2)吸附、离子交换等技术的应用。除了膜分离技术外，吸附和离子交换等技术也可以用于深度处理阶段。吸附是利用吸附剂的吸附作用去除废水中的溶解性有机物、重金属离子等污染物；离子交换则是通过离子交换树脂将废水中的离子与树脂上的离子进行交换，从而实现离子的去除或浓缩。(3)去除残留污染物，确保出水水质达标。深度处理阶段的核心任务是进一步去除废水中的残留污染物，确保出水水质符合环保标准和排放要求。通过膜分离技术、吸附和离子交换等技术的应用，可以将废水中的微小颗粒、溶解性有机物、重金属离子等污染物有效去除，使出水水质更加清澈、纯净。

### 3.5 消毒与排放阶段

消毒与排放阶段是废水处理的最后一步，旨在杀灭废水中的病原微生物，确保出水不会对环境 and 人类健康造成危害。(1)消毒方法的选择与效果评估。消毒方法的选择应根据废水的水质、处理要求和排放标准进行确定。常用的消毒方法有氯消毒、臭氧消毒、紫外线消毒等。氯消毒具有杀菌效果好、成本低廉等优点，但可能会产生余氯和有机卤化物等副产物；臭氧消毒具有强氧化性，能够杀灭多种病原微生物，但设备投资和运行成本较高；紫外线消毒则具有无化学残留、操作简便等优点，但可能受到废水透明度、水流速度等因素的影响。在选择消毒方法时，需要对各种方法的优缺点进行综合评估，并根据实际情况进行选择。(2)排放标准的符合性验证。在消毒与排放阶段，需要对出水水质进行严格的监测和检测，以确保其符合环保标准和排放标准。这包括检测出水中的悬浮物、溶解性有机物、重金属离子、病原微生物等指标，以验证废水处理工艺的有效性和稳定性。同时，还需要定期对废水处理设施进行维护和保养，确保其正常运行和长期稳定运行。

### 结束语

综上所述，煤制气废水处理技术的研发与应用对于环境保护和煤化工产业的可持续发展至关重要。通过深入研究和实践，我们已经取得了一系列重要的技术成果和工程经验。然而，面对日益严格的环境标准和不断变化的废水水质，仍需不断探索和创新更为高效、经济、环保的废水处理技术。未来，我们将继续加强技术研发，推动产学研合作，为煤化工产业的绿色发展贡献更多的智慧和力量。

### 参考文献

- [1]肖琴,伍赠玲,王乾坤.有色金属行业含砷废水治理技术及工业应用[J].黄金,2023,(08):89-90.
- [2]刘花春.高盐化工废水处理工艺研究进展[J].化学工程师,2023,(06):68-70.
- [3]张志宝.煤化工高盐废水处理工艺的研究及优化运行[J].清洗世界,2022,(03):26-28.
- [4]李晓斌.典型印染废水处理工艺案例分析及方法探究[J].皮革制作与环保科技,2022,(14):135-137.