

# 零排放技术在煤化工污水处理中的应用

郭令状

河北中煤旭阳能源有限公司 河北 邢台 054000

**摘要:** 煤化工污水因来源复杂、成分多样且难降解,处理难度大。本文综述了煤化工污水的三大来源:气化、焦化、液化及煤制化学品废水,并分析了其高色度、高浊度、污染物复杂及难降解等特征。为实现零排放目标,探讨了有机废水预处理、生化处理及深度处理技术,含盐污水的低盐、浓盐及高浓盐水处理策略,以及污泥和结晶盐的资源化利用方法。特别强调了蒸发结晶工艺在处理高浓盐水中的高效性,为实现煤化工污水零排放提供了技术支撑。

**关键词:** 零排放技术;煤化工;污水处理;应用

## 引言

煤化工行业作为能源转换与化学品生产的重要领域,其生产过程中产生的废水具有成分复杂、处理难度大的特点。随着环保法规的日益严格,实现煤化工污水的零排放已成为行业发展的必然趋势。本文旨在探讨煤化工污水的来源、特征及其零排放处理技术,为煤化工企业的废水处理提供理论依据和技术参考。通过分析有机废水、含盐污水及污泥结晶盐的处理技术,为构建高效、环保的煤化工废水处理体系提供新思路。

## 1 煤化工污水来源

### 1.1 气化废水

在气化过程中,煤被加热至高温,并与气化剂(如氧气、水蒸气或二氧化碳)发生化学反应,生成以一氧化碳和氢气为主要成分的气体产品。然而,这一过程中也伴随着大量废水的产生。这些废水主要来源于煤的预处理、气化反应以及后续的气体净化等环节。气化废水的成分极为复杂,其中含有大量的氨氮、氰化物、酚类化合物以及多种有机污染物。这些污染物大多具有毒性或生物难降解性,对水生生物和人类健康构成潜在威胁。此外,气化废水的COD值极高,通常可达数千甚至上万毫克/升,远高于一般工业废水的排放标准。因此,气化废水的处理是煤化工废水处理中的重点和难点。为了有效处理气化废水,通常采用预处理与深度处理相结合的方法。预处理阶段主要通过物理和化学方法去除废水中的悬浮物、油类及部分有机物,为后续的生物处理提供适宜的水质条件。深度处理则采用高级氧化、膜分离等先进技术,从而降解废水中的难降解有机物,降低COD值,确保出水水质达到排放标准或回用要求。

### 1.2 焦化废水

在炼焦过程中,煤经过高温干馏生成焦炭和荒煤气,同时产生大量含有酚类、氰化物、硫氰化物及多环

芳烃等有毒有害物质的废水。这些废水不仅COD浓度高,而且毒性大,对环境和生物具有极强的破坏力。焦化废水的处理同样面临诸多挑战。由于废水中含有大量难降解的有机物和无机盐类,传统的生物处理方法往往难以达到理想的处理效果。因此,焦化废水的处理通常采用物理化学法与生物法相结合的综合处理工艺。物理化学法包括混凝沉淀、吸附、氧化等步骤,用于去除废水中的悬浮物、油类及部分有机物;生物法则通过微生物的代谢作用从而降解废水中的有机物。此外,针对焦化废水中特有的酚类化合物和氰化物等有毒物质,还需采用专门的处理技术。

### 1.3 液化废水

在煤直接液化过程中,煤在高温高压下与氢气反应转化为液体燃料。然而,这一过程中也伴随着大量废水的产生。这些废水主要来源于煤的预处理、液化反应以及后续的产品分离和精制等环节。液化废水中含有油类、悬浮物及多种溶解性有机物,COD负荷较大<sup>[1]</sup>。此外,由于液化过程中使用了大量的催化剂和溶剂,废水中还可能含有这些物质的残留物。这些残留物不仅增加了废水处理的难度,还可能对环境和生态系统造成长期影响。针对液化废水的特点,通常采用油水分离、混凝沉淀等物理处理方法去除废水中的油类和悬浮物;采用生物处理或高级氧化等化学方法从而降解废水中的有机物。同时,还需对废水中的催化剂和溶剂残留物进行专门处理,以确保出水水质的安全性和稳定性。

### 1.4 煤制化学品废水

在煤制甲醇、乙二醇等化学品的过程中,同样会产生含有特定有机物的废水。这些废水成分复杂,COD浓度变化范围大,且往往含有对生物有毒或难降解的有机物。煤制化学品废水的处理需要根据具体工艺和产品特性制定相应的处理方案。一般来说,可以采用预处理与

深度处理相结合的方法进行处理。预处理阶段主要去除废水中的悬浮物、油类及易降解的有机物；深度处理则采用生物处理、膜分离或高级氧化等先进技术从而降解废水中的难降解有机物和有毒物质。此外，针对煤制化学品废水中可能存在的特定污染物，还需采用专门的回收或处理技术进行处理。

## 2 煤化工污水的特征

### 2.1 色度与浊度高

煤化工污水的色度与浊度显著高于一般工业废水，这主要源于生产过程中多种物质的混合与化学反应。在煤的气化、焦化、液化及化学品制备等环节中，煤中的矿物质、有机质以及添加的催化剂、溶剂等经过高温高压等条件的作用，发生复杂的物理和化学变化，生成了一系列带有颜色的化合物和悬浮颗粒物。这些物质包括色基团和助色基团，它们共同作用于废水，使废水呈现出深黄、棕黑甚至墨绿等不同的颜色。同时，废水中还含有大量的悬浮物，如煤粉、焦炭颗粒、油滴等，这些颗粒物不仅增加了废水的浊度，也增加了后续处理的难度。高色度与高浊度的煤化工废水不仅影响水体的外观，还可能对生态环境造成不良影响。例如，色度高的废水会阻挡阳光进入水体，影响水生植物的光合作用；浊度高的废水则可能携带大量病原体和有害物质，对水生生物构成威胁。

### 2.2 污染物成分复杂

煤化工废水的污染物成分极为复杂，涵盖了有机污染物和无机污染物两大类。有机污染物主要包括酚类、多环芳香族化合物、含氮杂环化合物、含硫杂环化合物以及油类等，这些有机物大多具有毒性或生物难降解性，对环境和生物体具有潜在的危害。无机污染物则包括氨氮、硫化物、重金属离子以及盐类等，它们的存在不仅增加了废水处理的难度，还可能对处理设备造成腐蚀和损坏。由于煤化工废水中的污染物种类繁多且浓度高，传统的废水处理方法往往难以达到理想的处理效果。因此，在煤化工废水处理过程中，需要采用多种处理技术相结合的综合处理工艺，针对不同污染物的特性进行有针对性的处理。

### 2.3 难降解

煤化工废水中含有大量难以降解的有机物，这些有机物大多具有稳定的化学结构和复杂的分子结构，使它们在自然环境中难以被微生物分解和利用。难降解有机物的存在不仅增加了废水处理的难度和成本，还可能对生态环境造成长期影响。为了有效处理煤化工废水中的难降解有机物，需要采用一系列高级氧化技术、生物强

化技术或组合工艺等先进技术手段<sup>[2]</sup>。高级氧化技术如臭氧氧化、芬顿试剂氧化等，可以通过产生强氧化性的自由基攻击有机物分子，破坏其化学结构并使其降解为小分子物质；生物强化技术则是通过向废水中投加具有特定降解能力的微生物或酶制剂，增强生物处理系统的降解能力；组合工艺则是将多种处理技术进行有机结合，形成优势互补的处理系统，以提高废水处理的效率和效果。

## 3 零排放技术在煤化工污水处理中的应用

### 3.1 有机废水的处理技术

在煤化工污水处理的零排放目标驱动下，有机废水的处理技术被赋予了更高的要求与精细化的操作流程。预处理阶段，除了传统的隔油、气浮、沉淀等手段外，还引入了超声波处理、微电解等新技术，这些技术能够更有效地破坏废水中的乳化油结构，促进悬浮物的凝聚与沉降，从而更彻底地去除废水中的初期污染物，为后续生化处理奠定坚实基础。

生化处理作为有机废水处理的核心环节，其工艺选择与优化至关重要。现代煤化工企业常结合项目实际水质特性，灵活采用A/O、A<sub>2</sub>/O、SBR、氧化沟及MBR等先进生化处理工艺，或进行工艺组合与创新，如将MBR与A/O工艺结合，形成高效膜生物反应系统，不仅强化了生物处理效果，还通过膜技术实现了泥水分离，减少了污泥产量，提高了出水水质。此外，通过调整微生物种群结构、优化营养盐比例等措施，可从而提升生化系统的稳定性和处理效率。

深度处理阶段则是实现零排放目标的关键。在采用臭氧氧化、化学氧化等高级氧化技术的基础上，还融合了BAF的二次生物降解作用，以及活性炭吸附的物理化学吸附特性，形成了多层次的深度净化体系。这一体系不仅能够有效去除废水中的硫、氧、氮等杂环化合物，还能从而降低出水中的COD、BOD等有机污染物指标，确保出水水质达到或优于国家及地方规定的排放标准，甚至满足回用水质要求，实现水资源的循环利用和零排放目标。

### 3.2 含盐污水处理

在煤化工行业中，针对不同类型的含盐废水，需采取针对性的处理策略以确保高效、经济且环保的处理效果。对于低盐废水处理，采用“预处理+双膜法”的组合工艺不仅能够有效去除废水中的悬浮物、胶体等杂质，为后续的膜处理创造良好条件，还能通过超滤和反渗透技术的精密过滤作用，实现废水的深度脱盐，使处理后的水质清澈透明，COD和氨氮等污染物含量显著降低，为后续的回用或排放提供了可能。在浓盐水处理环节，

双膜法处理后的浓盐水由于盐分浓度极高,直接排放或回用均存在困难。因此,采用“预处理+膜浓缩”的工艺路线,通过更高效的膜浓缩技术,如电渗析、纳滤等,从而浓缩废水中的盐分,同时减少处理过程中产生的废水量,降低了后续处理的难度和成本。面对高浓盐水这一处理难题,自然蒸发固化和机械蒸发固化技术成为了主要选择。自然蒸发固化利用自然气候条件,通过大面积的蒸发池使废水中的水分逐渐蒸发,盐分则以固体结晶的形式析出。而机械蒸发固化则通过人工加热系统加速蒸发过程,提高处理效率,同时配合结晶系统实现盐分的有效回收与利用。这两种方式不仅有效解决了高浓盐水的处理问题,还实现了盐分的资源化利用,符合可持续发展的理念。

### 3.3 污泥和结晶盐的处理

在煤化工污水处理的零排放实践中,污泥与结晶盐的处理是不可或缺的一环,它们的有效管理直接关系到整个处理系统的环境友好性和经济效益。对于污泥而言,其作为生化处理及深度净化阶段的必然产物,富含未完全降解的有机物、微生物残体以及无机矿物质。针对污泥的处理,首先需进行稳定化处理,通过添加化学药剂或生物方法减少污泥中的有害微生物及病原体,降低其生物毒性。随后,可采用干化技术,如机械脱水、自然风干或热干化等,减少污泥体积,便于后续运输与储存。对于干化后的污泥,焚烧处理是一种高效且能显著减少体积的方法,焚烧过程中产生的高温能彻底分解污泥中的有机物,同时杀灭病原体,焚烧后的灰渣可作为建筑材料或填埋场的覆盖材料。另一方面,结晶盐作为蒸发结晶工艺的直接产物,其成分复杂,可能含有重金属、有机物等有害物质,直接排放将对环境造成潜在威胁。因此,结晶盐的处理需格外谨慎。一种可行的处理方式是回收再利用,通过精细的分离与提纯技术,将结晶盐中的有用成分提取出来,用于化工、建材等领域。对于无法回收或回收成本过高的结晶盐,可采用焚烧处理,将其转化为无害的无机盐废渣,再按照相关环保规定进行安全处置。这样既能减少环境污染,又能实现资源的最大化利用。

### 3.4 蒸发结晶工艺

蒸发结晶工艺在煤化工污水处理领域,尤其是在处理高浓盐水方面,展现出了其独特的优势与高效性。该工艺的核心在于通过外部热源对废水进行加热,使水分逐渐蒸发,从而浓缩并析出废水中的盐分及杂质,最终达到净化水质的目的。低温多效浓缩结晶装置是蒸发结晶工艺中的关键设备之一,它利用多级蒸发原理,通过逐级降低蒸发温度,提高热能利用效率,实现了废水在较低温度下的连续浓缩。这种方式不仅有效降低了能耗,还减少了因高温蒸发可能产生的结垢、腐蚀等问题,延长了设备的使用寿命。而多效蒸发冷凝浓缩结晶则是一种更为高效的蒸发结晶技术。它通过将多个蒸发器串联起来,形成多效蒸发系统,每一效蒸发器都利用上一效蒸发器产生的蒸汽作为热源,实现了热能的梯级利用。同时,通过冷凝器的设置,将蒸发过程中产生的蒸汽冷凝成水,从而提高了水资源的回收率<sup>[1]</sup>。在蒸发结晶工艺的实际应用中,还需注意对废水进行预处理,以去除其中的悬浮物、胶体等杂质,避免它们在蒸发过程中形成结垢,影响蒸发效率。此外,还需对蒸发结晶产生的固体盐分进行妥善处理,以确保其不会对环境造成二次污染。

### 结束语

综上所述,煤化工污水的零排放处理是一个复杂而系统的工程,需要综合运用多种技术手段和管理措施。通过优化预处理、生化处理及深度处理工艺,结合蒸发结晶等高效技术,可以有效降低煤化工废水的污染负荷,实现水资源的循环利用和零排放目标。随着技术的不断进步和环保政策的持续推动,煤化工废水处理将更加高效、环保,为煤化工行业的可持续发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]赵刚.煤化工高盐废水处理技术研究[J].能源与节能,2019(8):73-74.
- [2]田茂远,吕昌彦,唐伟博.关于煤化工废水处理技术应用分析[J].化工管理,2019(27):114-115.
- [3]王雪丽.煤化工废水“近零排放”技术与应用[J].化工管理,2018(21):145-146.