

# Analysis of Key Issues and Technology Development Trends of Coal Chemical Wastewater Treatment

Xinxu Zhang

Xinjiang Uygur Autonomous Region Coal Research Institute, Urumqi, Xinjiang, 830011, China

## Abstract

With the continuous growth of global energy demand and the increasing awareness of environmental protection, the coal chemical industry, as one of the important energy industries, has attracted more and more attention to its wastewater treatment. Coal chemical wastewater not only contains high concentrations of organic matter and ammonia nitrogen, but also its water quality is complex and changeable, which brings great difficulty to wastewater treatment. Therefore, how to treat coal chemical wastewater efficiently and economically has become one of the urgent problems to be solved in the current coal chemical industry. The purpose of this paper is to deeply analyze the key issues of coal chemical wastewater treatment and discuss the current development trend of wastewater treatment technology, in order to provide a useful reference for the research and development and application of coal chemical wastewater treatment technology.

## Keywords

coal chemical wastewater; problem resolution and processing; technological development; wastewater treatment

## 煤化工废水处理关键问题解析及技术发展趋势

张鑫旭

新疆维吾尔自治区煤炭科学研究所, 中国·新疆 乌鲁木齐 830011

## 摘要

随着全球能源需求的持续增长和环保意识的日益提高, 煤化工行业作为重要的能源产业之一, 其废水处理问题愈发受到关注。煤化工废水不仅含有高浓度的有机物和氨氮, 而且其水质复杂多变, 给废水处理带来了极大的难度。因此, 如何高效、经济地处理煤化工废水, 已成为当前煤化工行业亟待解决的问题之一。论文旨在深入剖析煤化工废水处理的关键问题, 探讨当前废水处理技术的发展趋势, 以为煤化工废水处理技术的研发和应用提供有益的参考。

## 关键词

煤化工废水; 问题解析处理; 技术发展; 废水处理

## 1 引言

煤化工废水具有水质复杂、难降解有机物浓度高、氨氮含量高等特点, 给废水处理带来了极大的挑战。传统的废水处理方法往往难以达到理想的处理效果, 且存在二次污染的风险。因此, 研究煤化工废水处理的关键问题, 开发新型高效的废水处理技术, 对于煤化工产业的可持续发展具有重要意义。

## 2 煤化工废水处理特点及关键问题

### 2.1 煤化工废水处理特点

煤化工废水具有成分复杂、污染物浓度高的特点, 在煤化工生产过程中几乎每个工艺都会产生各类污染物, 这些污染物最终都会集中在废水中。故而废水中含有大量难以降解

的污染物如多种分类的氯化物等有毒、有害和难降解的有机物质。这些物质的 COD (化学需氧量) 和色度都很高, 属于处理难度较大的工业废水。煤化工废水的可生化性差且降解难度大, 废水中的有机物数量众多且这些有机物多为复杂结构难以通过生物降解方法进行处理。这增加了废水处理的难度需要采用更高级的物理、化学或生物组合技术来进行处理。

### 2.2 煤化工废水处理关键问题

煤化工废水的处理特点在于其成分复杂且污染物浓度高, 这类废水中含有大量难以降解的污染物如多种分类的氯化物等有毒、有害和难降解的有机物质。这些污染物不仅使得废水的化学需氧量和色度都很高, 而且处理难度极大属于典型的工业废水。在处理煤化工废水时关键问题主要集中在以下几个方面: 一是废水中的污染物种类繁多降解难度大, 这要求在选择废水处理工艺时必须充分考虑到各种污染物的特性, 采用针对性的处理措施<sup>[1]</sup>; 二是废水中的氰化物等剧毒物质对环境和人体健康构成严重威胁, 这些物质不仅难

**【作者简介】**张鑫旭(1988-), 男, 中国山东阳谷人, 本科, 工程师, 从事煤化工研究。

以降解而且通常具有极强的毒性，对生态环境和人体健康构成极大的威胁；三是废水处理技术的选择和运行效果多样，煤化工废水处理技术的多样性和复杂性使得在选择和处理过程中必须充分考虑各种因素以确保处理效果稳定、可靠。

### 3 煤化工废水处理常见技术

#### 3.1 多元酚物质降解的技术

多元酚物质的降解技术主要依赖于生化处理法尤其是厌氧共代谢技术。这种技术通过利用微生物的代谢作用将多元酚物质转化为无害物质。具体而言，厌氧共代谢技术可以通过添加简单有机物作为共基质强化多元酚的厌氧处理过程。这种方法既可以控制厌氧泡沫的生成又能防止多元酚对微生物增殖的抑制作用，同时还能提高酚类底物的回收率。在厌氧共代谢技术中微生物通过一系列的生化反应将多元酚物质逐步分解。这些反应包括氧化还原、水解、酸化等步骤，最终将多元酚物质转化为水、二氧化碳等无机物质。这种技术具有处理效果好、出水水质稳定、成本较低且易于操作等优点，因此在煤化工废水处理中得到了广泛应用。然而，厌氧共代谢技术在实际应用中还面临一些挑战：废水中多元酚物质的浓度和种类可能因生产工艺和原料的不同而有所差异，这要求在处理过程中需要针对具体情况调整处理工艺；厌氧共代谢技术的处理效率受到温度、pH值、营养物质等多种因素的影响，因此在实际操作中需要严格控制这些条件。除了厌氧共代谢技术外，还有一些其他的多元酚物质降解技术也被广泛应用于煤化工废水处理中例如好氧生物法、生物活性炭法（PACT）等好氧生物处理技术也可以有效降解废水中的多元酚物质<sup>[2]</sup>。还有一些物理和化学方法如萃取法、氧化法等也可以作为辅助手段用于煤化工废水中的多元酚物质降解。

#### 3.2 酚类物质降解的技术以及微生物培养的技术

##### 3.2.1 酚类物质降解的技术

酚类物质是煤化工废水中常见的有机污染物，其降解技术主要包括生化法、乳状液膜法以及化学氧化法：

①生化法：生化法是一种利用微生物降解酚类物质的技术。在废水中培养特定的微生物群体，这些微生物通过新陈代谢活动将酚类物质转化为无害的物质。生化法包括好氧法、厌氧法或者二者的联合处理。好氧法通常用于处理低浓度的酚类物质，而厌氧法则适用于高浓度的情况。通过生化法合理的微生物培养和操作条件控制可以将废水中的酚含量降低至较低水平。

②乳状液膜法：乳状液膜法是一种新型酚类物质分离技术，利用油包水体系中的表面活性剂形成乳状液膜，通过膜两侧的浓度差和电位差将酚类物质从废水中提取出来。这种方法具有分离效率高、操作简单等优点适用于处理各种浓度的酚类物质。

③化学氧化法：化学氧化法是通过添加氧化剂如过氧

化氢、臭氧等，将酚类物质氧化分解为无害的物质。这种方法具有处理速度快、效果好的优点，但需要考虑氧化剂的选择、成本以及安全性等因素。

##### 3.2.2 微生物培养技术

微生物培养技术是煤化工废水处理中的重要环节，目的是培养出能够高效降解酚类物质的微生物群体，常见有活性污泥法和生物膜法：

①活性污泥法：活性污泥法是一种常用的微生物培养技术。在人工充氧的环境下，通过连续混合培养微生物群体和废水，形成活性污泥。活性污泥中的微生物通过生物吸附、生物凝聚和生物氧化等作用，将废水中的有机污染物分解为无害的物质。

②生物膜法：生物膜法是利用微生物在载体表面形成生物膜来降解废水中的有机污染物，常用的载体有填料、滤料等。生物膜法具有生物量大、处理效果好等优点，适用于处理低浓度的酚类物质。

#### 3.3 泡沫消除的技术

为了有效消除因含有脂肪烃类、带有羟基的杂环类以及多种表面活性剂等化学成分在废水处理过程中形成的泡沫，煤化工在废水处理过程中采用了多种技术：

①投加絮凝剂：通过向废水中投加入聚合氯化铝、聚丙烯酰胺等絮凝剂使泡沫失去稳定性进而破碎。这种方法简单易行但需要根据废水水质和处理工艺选择合适的絮凝剂类型和投加量。

②消泡剂或杀菌剂：对于难以控制的生物泡沫可以加入消泡剂或杀菌剂。消泡剂能够迅速降低泡沫的表面张力使其迅速破裂；而杀菌剂则通过杀死泡沫中的微生物从根本上消除泡沫的产生。

③生物选择器：在曝气池前设置生物选择器，使回流污泥和进水充分接触、混合从而抑制泡沫微生物生成<sup>[3]</sup>。这种方法能够从源头上减少泡沫的产生提高废水处理的稳定性。

④混凝—气浮法：该方法通过加入混凝剂使废水中的细小悬浮物、胶体等颗粒物质凝结成较大的颗粒，然后通过气浮装置将气泡注入水中，气泡在上升过程中带走悬浮的颗粒物形成泡沫浮渣，实现颗粒物的快速剔除。这种方法对于去除废水中的油脂、悬浮物等污染物具有较好的效果，同时也能在一定程度上减少泡沫的产生。

⑤惰性气体处理：通过向废水中通入惰性气体（如氮气），降低废水中溶解氧的含量从而减少泡沫产生。这种方法能够有效防止废水处理过程中的预氧化问题为后期泡沫的处理减少麻烦。

## 4 案例分析

### 4.1 案例概况

中国石化某分公司为推动其煤化工业务的可持续发展，实施了一项综合性的煤化工废水处理及资源回收项目。该项

目以煤基多联产为基础,旨在通过高效转化煤炭、石灰石等资源,生产甲醇、一氧化碳、氢气、醋酸、乙炔等中间产品,并进一步合成醋酸乙烯、聚乙烯醇、1,4-丁二醇、聚四氢呋喃等高端化工产品。在此过程中,煤化工废水的处理与回收成为了关键环节。

为了解决废水处理与回收的难题,该项目引入了先进的污水处理系统和回流水处理系统。污水处理系统结合高效厌氧反应器(HAF)、载体生物流化床(CBR)技术,并辅以传统的A/O工艺,对高浓度COD与 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的工业废水、生活污水进行深度处理,确保处理后的水质达到国家一级排放标准。回流水处理系统通过气浮滤池与双膜处理工艺实现了对废水的有效回收和再利用,设计处理能力达到 $2300\text{m}^3/\text{h}$ ,预计可回收废水约 $1900\sim 2100\text{m}^3/\text{h}$ 。

## 4.2 高盐水零排放水处理介绍

### 4.2.1 减量化单元

减量化单元的设计处理量通常为 $450\text{m}^3/\text{h}$ 。在处理过程中,采用了多种预处理工艺,如高级氧化、生物滤池、高密度澄清池和高强度膜过滤等。这些工艺的组合使用,能够有效控制废水的硬度 $< 120\text{mg/L}$ 、COD $< 90\text{mg/L}$ 、杂质含量 $< 5\text{NTU}$ 。

本案例中减量化单元设计总回收率为90%,其中中压膜和高压膜的设计回收率分别达到了72.5%和70%,运行压力分别为1.9MPa与3.3MPa,这意味着大部分的水资源可以得到有效回收。同时膜技术的应用也使得废水中的总溶解固体(TDS)得到了有效浓缩,中压膜TDS达到 $17000\text{mg/L}$ 以上,高压膜TDS浓缩达到 $37000\sim 44000\text{mg/L}$ ,产水达到循环水补水水质要求从而进入循环水系统。当冬季循环水补水量小时可将产水经二级反压渗透膜进一步脱盐处理后(电导率 $\leq 10\mu\text{S/cm}$ )用于脱盐站补水。降低了后续处理的难度和成本。

### 4.2.2 蒸发结晶单元

本案例中蒸发结晶单元采用带盐种机械循环压缩降膜蒸发+强制循环闪蒸结晶处理工艺,处理水量为 $40\text{m}^3/\text{h}$ ,回收率92%。通过蒸发过程废水中的TDS被进一步浓缩至更高浓度,从 $39000\text{mg/L}$ 浓缩至 $152000\text{mg/L}$ 。在结晶单元中,处理水量进一步减少至 $10.5\text{m}^3/\text{h}$ 。通过结晶过程,废水中的TDS被浓缩至 $400000\text{mg/L}$ 的极高浓度,从而实现了盐分的有效分离和回收。产品水达到循环水使用标准,可供循环使用。通过离心机将结晶杂盐含水率降至22%以下暂存。达到“零排放”水的效果。

## 4.3 零排放装置运行中常见的堵塞问题及处理措施

### 4.3.1 高密池中心管堵塞

①物料原因:在零排放处理过程中废水中的物质成分复杂可能包含大量悬浮物、有机物和无机盐等。在浓缩中容易形成沉淀进而堆积在高密池中心管附近造成堵塞。可在废

水进入高密池前加强废水预处理,去除悬浮物、有机物等易沉淀物质,降低堵塞风险。

②操作原因:操作人员在加药、搅拌、沉淀等环节中可能存在操作不当等原因如加药量不足、搅拌不充分、沉淀时间不足等,可能导致在高密池中心管附近堵塞。针对这种情况可以要求操作人员严格按照操作规程进行操作,确保加药量、搅拌时间、沉淀时间等重要参数准确无误,同时加强设备的巡检维护及时发现并解决潜在问题。

③设备原因:高密池的设计可能存在不合理之处,如中心管直径过小、形状变形等,这些问题可能导致物料沉积在中心管附近形成堵塞。应针对高密池设计缺陷采取应对措施如加大中心管直径使其具有良好通流能力;优化中心管形状减少物料在中心管处堆积。

### 4.3.2 膜表面被污染物堵塞

膜污染是指膜过滤过程中,水中的微粒、胶体粒子或溶质大分子由于与膜存在物理化学相互作用或机械作用而引起的在膜表面或膜孔内吸附、沉积,造成膜孔径变小或堵塞,从而使膜产生透过流量与分离特性的不可逆变化现象。

当膜表面被污染物堵塞时设备的过滤性能会显著降低且伴有产水量减少现象,甚至可能引发设备故障。为解决膜表面污染问题可采用物理清洗、化学清洗等方法,必要时也可直接更换膜组件。物理清洗方法是指在线反冲洗、空气擦洗方法通过气、液两相摩擦力去除污染物;化学方法即为通过加入特定药剂,使其与膜表面污染物发生化学反应,促使其分解、溶解或转化为不易附着在膜表面的物质随水排出。

## 5 结语

煤化工废水处理作为煤化工产业链中至关重要的一环,其技术发展和应用不仅关系到企业的经济效益,更关乎环境的可持续发展和社会的责任担当。经过对煤化工废水处理关键问题的深入解析可知虽然目前已有多种技术被应用于废水处理,但仍面临着诸多挑战和难题。对于这些挑战需要继续加强技术研发和创新,不断寻求更高效、更环保、更经济的废水处理技术。同时,也应关注废水处理技术的集成化和智能化发展,通过多技术的融合和优化实现废水处理过程的自动化和智能化控制,提高处理效率和稳定性降低处理成本。

## 参考文献

- [1] 张雪琴,陈树华,付艳鹏,等.煤化工企业废水处理及资源化利用技术研究及应用[J].山西化工,2024,44(3):213-216.
- [2] 郭剑浩,许华杰,卜昆,等.煤化工废水处理系统反渗透膜污染原因分析及解决措施[J].工业用水与废水,2024,55(1):60-64.
- [3] 李彦君.基于电渗析的煤化工废水深度处理研究[J].山西化工,2023,43(12):195-198.