

# 新形势下煤化工污水处理技术研究

孙珍阳

新疆天雨煤化集团有限公司 新疆 吐鲁番 838100

**摘要:** 煤化工产业作为我国能源供应的重要支撑,在保障国家能源安全方面发挥着关键作用。本文聚焦新形势下的煤化工污水处理技术。阐述了煤化工污水主要来源于焦化、气化、液化过程,具有高色度、降解困难等特性。介绍了预处理的除油、脱酚、脱氨工艺,生化处理的好氧、厌氧及联合处理法,深度处理的高级氧化、吸附、混凝沉淀、MBR-RO 反渗透膜法等技术。提出应采用多种处理技术组合、开发高效低成本技术、加强水资源循环利用以及实现智能化控制与管理等发展方向,以提升煤化工污水处理水平,助力该行业绿色可持续发展。

**关键词:** 新形势下;煤化工;污水处理;技术研究

引言:在我国能源结构中,煤化工产业占据重要地位。然而,煤化工生产过程中会产生大量复杂污水,对环境造成潜在威胁。随着环保要求日益严格以及水资源短缺问题凸显,高效处理煤化工污水成为当务之急。了解煤化工污水的来源与特性,探究有效的处理技术,不仅关乎生态环境的保护,还对煤化工产业的可持续发展意义重大。

## 1 煤化工污水的来源与特性

### 1.1 来源

#### 1.1.1 焦化污水

在这一过程中,煤内的水分与粗煤气相互交融,冷却后形成成分复杂的剩余氨水冷凝液。与此同时,在煤气净化阶段,以及焦油加工、粗苯精制等后续工艺中,会产生具有类似性质的污水。这些污水里除了含有酚、氰化物等污染物,还裹挟着焦油渣、酸焦油等杂质,像回收与精制车间,熄焦池等区域,便是这类污水的主要产地。其产量较大,且成分复杂,若处理不当,会对土壤、水体造成极为严重的污染,长期影响生态环境的平衡。

#### 1.1.2 气化污水

气化污水由煤在气化炉内,于高温条件下与空气发生气化反应产生。当煤燃料与作为气化介质的空气发生化学反应转化为气体燃料时,会伴随生成煤气洗涤污水和冷凝水。常见的固定床固态排渣、加压液态排渣,流化床气化排渣以及气流床气化排渣等不同气化工艺,都会产生气化污水。这些污水往往含有较多的悬浮物、酚类和氨氮物质,且因气化工艺的不同,水质和污染物含量存在显著差异,这给污水处理增加了复杂性和难度<sup>[1]</sup>。

#### 1.1.3 液化污水

液化污水可通过直接液化和间接液化两种途径产

生。直接液化是煤在高温、高压的环境下,借助氢气使煤的有机高分子结构转化为低分子液体燃料,在此过程中产生的污水量相对较少,但污水中硫化物、氨等污染物浓度极高。间接液化通常是将煤气化制成合成气,再经催化反应合成液体燃料,期间同样会产生污水,其成分也较为复杂,这些污水若不经有效处理,会对周边生态系统和人类健康构成严重威胁。

## 1.2 特性

### 1.2.1 高色度

煤化工污水所呈现的高色度,源于生产中引入的各类发色物质。污水内大量存在的酚类、萘系物及多环芳烃,本身具备共轭双键或大  $\pi$  键结构,对特定波长的光线产生强烈吸收,致使污水呈现出较深的颜色。而且,这些物质十分稳定,普通的物理沉降与过滤手段难以将其去除。若含高色度污水直接排入自然水体,不仅严重影响水体的视觉观感,还会阻碍光线的穿透,破坏水生生物的生存环境,对水生态系统的食物链产生干扰,影响生态平衡,后续还可能带来土壤污染等一系列次生环境问题。

### 1.2.2 降解困难:顽固化学结构

煤化工污水中富含多环芳烃、杂环化合物等难降解有机物。以萘、蒽、吡啶为例,它们的分子结构高度稳定,且部分有机物带有毒性,会对微生物的正常代谢产生抑制或毒害作用。在污水处理厂常见的活性污泥法中,这些物质难以被微生物酶有效识别和作用,致使微生物难以将其分解。

### 1.2.3 降解困难:复杂成分波动

煤化工生产工艺复杂,原料煤的种类和品质差异较大,致使污水成分呈现显著的不稳定性。在不同的生产阶段,污水中有机物、氨氮、重金属等污染物的含量会

大幅波动,不同污染物之间还可能发生化学反应,生成新的难降解物质。这种水质的剧烈变化,会使微生物难以适应,破坏微生物群落的平衡。

## 2 新形势下煤化工污水处理技术

### 2.1 预处理工艺

#### 2.1.1 除油

煤化工污水常含有大量油类物质,这些油不仅会影响后续处理工艺的效果,还可能对微生物产生毒害作用,因此除油是关键预处理步骤。常用的除油方法包括重力分离法、气浮法和吸附法。重力分离法是利用油与水的密度差,使油类物质上浮至水面,通过刮油装置去除,该方法操作简单、成本低,但对分散油和乳化油的去除效果欠佳。气浮法是向污水中通入空气,使油滴黏附在气泡上,随气泡上浮至水面而分离,能有效去除乳化油和部分分散油,处理效率较高。吸附法采用活性炭、陶粒等吸附剂,依靠其巨大的比表面积吸附油类,可深度除油,然而吸附剂需定期更换,运行成本较高。

#### 2.1.2 脱酚

酚类物质是煤化工污水的主要污染物之一,具有毒性大、难降解的特点。萃取脱酚是较为常用的方法,通过选择合适的萃取剂,利用酚类在萃取剂与水相中溶解度的差异,将酚类从污水中转移至萃取剂中,从而实现脱酚目的。常用的萃取剂有重苯、N-503等。萃取过程中,萃取剂的种类、用量、萃取时间和pH值等因素都会影响脱酚效果。为提高脱酚效率,通常会优化萃取条件。

#### 2.1.3 脱氨

氨氮是煤化工污水的重要污染物,若直接排放会导致水体富营养化,破坏水生态平衡。蒸汽汽提蒸氨法是常用的脱氨技术,该方法利用蒸汽与污水直接接触,使污水中的游离氨逸出,进入气相。蒸汽汽提过程中,通过调节蒸汽量、温度和pH值等操作参数,可提高氨的去除效率。此外,为进一步回收氨资源,可采用磷酸吸收法对逸出的氨进行回收,将吸收后的富氨溶液进行汽提,实现磷酸溶液的再生和氨的资源化利用。除蒸汽汽提蒸氨法外,离子交换法、折点加氯法等也可用于煤化工污水的脱氨处理,但这些方法在成本、处理效果和二次污染等方面存在一定局限性,蒸汽汽提蒸氨法在煤化工污水脱氨领域应用更为广泛<sup>[2]</sup>。

### 2.2 生化处理

#### 2.2.1 好氧处理法

好氧处理法借助好氧微生物在有氧环境下的代谢活动,将煤化工污水中的有机污染物分解为二氧化碳与

水。活性污泥法作为经典的好氧处理技术,通过向曝气池中注入空气或纯氧,让活性污泥中的微生物与污水充分接触,实现对污染物的吸附、分解。为提升处理效果,衍生出了诸如氧化沟、SBR(序批式活性污泥法)等改进工艺。氧化沟通过独特的沟渠设计,延长污水的停留时间,强化处理效果。SBR则按时间顺序依次进行进水、反应、沉淀、排水等操作,灵活应对水质水量的变化。

#### 2.2.2 厌氧处理法

厌氧处理法依靠厌氧微生物在无氧环境下,将污水中的有机物转化为甲烷、二氧化碳等物质。其不仅能有效处理高浓度有机污水,还可回收沼气作为清洁能源。UASB(上流式厌氧污泥床)是应用广泛的厌氧处理技术,污水从底部进入反应器,与颗粒污泥充分接触,在厌氧微生物的作用下,有机物被分解转化。该工艺污泥浓度高、处理负荷大,能适应冲击负荷。IC(内循环厌氧反应器)在UASB的基础上,通过内循环结构,提升了污水与污泥的混合效果,进一步提高处理效率,缩短水力停留时间。

#### 2.2.3 厌氧-好氧联合处理法

厌氧-好氧联合处理法充分发挥厌氧处理与好氧处理的优势,先通过厌氧处理将污水中的大分子、难降解有机物分解为小分子有机物,提高污水的可生化性,同时降低有机物浓度,回收沼气能源;后续好氧处理进一步去除剩余的有机物,使水质达标。在A/O(厌氧-好氧)工艺中,厌氧段进行反硝化脱氮,好氧段实现有机物降解与硝化反应,达到同步去除有机物与氮的目的。

### 2.3 深度处理

#### 2.3.1 高级氧化技术

高级氧化技术依靠羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ )的强氧化性,将煤化工污水中难降解有机物分解为二氧化碳与水。Fenton氧化借助亚铁离子和过氧化氢反应生成 $\cdot\text{OH}$ ,反应条件温和、操作便捷,对酚类、多环芳烃去除效果好,然而会产生大量含铁污泥,增加后续处理成本。臭氧氧化凭借臭氧的强氧化性快速氧化有机物,且不会引入新污染物,不过臭氧制备成本高,且利用率较低。光催化氧化以半导体为催化剂,光照下产生电子-空穴对形成 $\cdot\text{OH}$ ,该方法能耗低、反应条件易调控,但催化剂易失活,阻碍其大规模应用。

#### 2.3.2 吸附法

吸附法借助吸附剂的多孔结构和大比表面积,吸附污水中的污染物,实现水质净化。活性炭应用最为广泛,对酚类、色度及重金属等吸附效果良好,能快速去除多种微量污染物,提升出水水质。但活性炭吸附饱和

后需再生，热再生不仅能耗高，还可能破坏活性炭结构，影响其吸附性能。除活性炭外，树脂、沸石也可作吸附剂。树脂对特定有机物选择性强，吸附容量大且易再生；沸石来源广泛、成本低，离子交换性能突出，去除氨氮效果佳。

### 2.3.3 混凝沉淀法

混凝沉淀法向污水中添加混凝剂，使胶体和细微悬浮物脱稳聚集，形成大颗粒絮体后通过沉淀去除。常用混凝剂有铝盐、铁盐和高分子絮凝剂。铝盐如硫酸铝，水解形成氢氧化铝胶体吸附污染物，但会降低处理后水的 pH 值，还可能残留铝离子。铁盐如三氯化铁，絮凝效果好、沉降速度快，不过易使出水带色。高分子絮凝剂通过吸附架桥，增强絮体形成与沉降性能，用量少、效果优。在煤化工污水处理中，混凝沉淀法能有效去除悬浮物、胶体和部分有机物，降低浊度与 COD，且操作简单、成本低，常与其他技术联用。

### 2.3.4 MBR-RO 反渗透膜法

MBR 与 RO 结合的工艺，可实现煤化工污水的高效深度处理。MBR 利用膜组件截留微生物和大分子污染物，维持高污泥浓度，提升生物处理效率，确保出水水质稳定。后续 RO 反渗透膜在压力作用下，让水透过半透膜，截留污染物，对溶解性盐类和小分子有机物去除率极高，产水可满足工业回用要求。但 RO 膜对进水水质要求严苛，需对 MBR 出水严格预处理，防止膜污染。而且 RO 系统运行会产生浓水，需妥善处理，避免二次污染。尽管该工艺投资和运行成本高，但在缺水地区，污水回用可创造显著效益<sup>[3]</sup>。

## 3 新形势下煤化工污水处理技术研究

### 3.1 多种处理技术的组合应用

煤化工污水成分复杂，单一处理技术难以实现达标排放与回用。将预处理的除油、脱酚技术，生化处理的厌氧、好氧工艺，以及深度处理的高级氧化、膜分离技术有机结合，可发挥协同效应。例如，先通过除油、脱酚减轻后续处理负荷，厌氧工艺提高污水可生化性，好氧工艺降解大部分有机物，最后借助高级氧化和膜分离实现深度净化。这种组合既能提高处理效果，又能应对水质波动，满足不同的排放和回用标准，降低总体处理成本，是当前煤化工污水处理的主流趋势。

### 3.2 开发高效、低成本的处理技术

随着环保要求提升与成本压力增大，研发高效、低成本处理技术成为必然。一方面，对现有技术进行优化改良，如改进 Fenton 氧化工艺，降低污泥产量，提升处

理效率；另一方面，探索新型处理技术，如微生物燃料电池，在降解有机物的同时产生电能。此外，开发低成本吸附剂，像利用农业废弃物制备生物炭吸附剂，既能降低成本，又能实现废弃物资源化利用，为煤化工污水处理提供经济、高效的解决方案，增强企业环保投入的积极性。

### 3.3 加强水资源的循环利用

水资源短缺促使煤化工企业重视污水的循环利用。通过优化污水处理工艺，提升中水回用率，将处理后的水用于生产冷却、冲渣等环节。比如采用 MBR-RO 工艺深度处理污水，产水满足工业回用标准。同时，建立水资源梯级利用系统，根据不同生产环节对水质的要求，合理分配水资源，减少新鲜水取用量，降低生产成本，减轻对环境的压力，助力煤化工产业实现绿色可持续发展，契合节能减排的战略目标。

### 3.4 智能化控制与管理

借助物联网、大数据、人工智能等技术，搭建智能化污水处理监控系统，实现对处理过程的实时监测与精准调控。通过传感器收集水质、水量、设备运行参数等数据，运用大数据分析预测水质变化，自动调整处理工艺参数，如曝气量、药剂投加量。一旦设备出现故障，系统能及时预警并给出解决方案，缩短维修时间，提高处理系统的稳定性和运行效率，降低人力成本，推动煤化工污水处理向智能化、精细化方向发展。

## 结束语

随着环保标准的日益严格和水资源危机的加剧，煤化工污水处理技术的革新与优化刻不容缓。当前，多种技术的组合应用、高效低成本技术的研发、水资源循环利用的推进以及智能化管理的实施，为该领域的发展指明了方向。尽管各处理技术仍需在处理效率、成本控制和资源回收等方面持续改进，但随着科技的进步与产业的升级，必能形成更加完善的煤化工污水处理体系，助力煤化工行业打破发展瓶颈，实现绿色转型，为经济社会的可持续发展筑牢生态根基。

## 参考文献

- [1] 李明智, 刘维岳. 煤化工污水处理技术的研究现状和发展趋势[J]. 污染防治技术, 2022, 18(6): 17-23.
- [2] 徐冰洁, 宋永军. 煤化工污水处理技术的研究进展[J]. 山东化工, 2021, 48(7): 40-43.
- [3] 刘鸿志, 赵慧平. 煤化工污水处理技术的研究进展[J]. 现代化工, 2021, 38(3): 51-55.