

典型煤化工干馏水污染物控制及高效资源化技术研究

刘成 程彬伟

新疆广汇煤炭清洁炼化有限责任公司 新疆 哈密 839000

摘要: 干馏水作为煤化工干馏工艺核心副产物, 污染物种类繁多且浓度偏高, 常规处理技术易出现处理不彻底、运行成本偏高、资源回收率不足等问题。通过优化预处理工艺参数、改进深度处理技术效能、完善资源化利用路径, 可有效降低污染物排放浓度, 提升资源回收利用率。本文结合工业实际运行经验, 梳理技术应用中的核心痛点, 优化技术组合模式, 实现污染物控制与资源化利用的协同推进, 助力煤化工行业绿色低碳转型。

关键词: 典型煤化工; 干馏水; 污染物控制; 高效资源化技术

引言: 煤化工干馏工艺中产生的干馏水, 因含高浓度酚类、氨氮、盐类及难降解有机物, 成为行业污染治理的重点与难点。当前工业生产中采用的干馏水处理技术, 普遍存在预处理效果不稳定、深度处理负荷偏高、资源化产品附加值低等问题, 既增加企业环保治理成本, 也造成水资源与有价组分的浪费。随着环保标准不断收紧, 煤化工企业对干馏水污染物控制的精细化程度与资源化利用的高效性要求持续提升。基于此, 本文立足工业实际运行场景, 聚焦干馏水污染物控制与资源化利用的核心技术环节, 梳理现有技术应用短板, 优化技术路径与运行参数, 提出切实可行的技术优化方案, 解决工业生产中存在的实际难题, 推动干馏水处理技术向高效化、低成本、资源化方向升级。

1 典型煤化工干馏水污染物控制核心环节及现存短板

1.1 预处理环节污染物去除不彻底及运行隐患

预处理是干馏水污染物控制的首要环节, 核心是去除悬浮颗粒物、焦油、部分酚类及氨氮, 为深度处理奠定基础。工业中常用隔油、混凝、蒸氨组合工艺, 但运行中存在诸多问题导致去除效果不稳定。隔油工艺难以彻底分离乳化油, 影响后续处理并造成设备结垢; 混凝剂投加量缺乏精准控制, 出水浊度与COD浓度难以达标; 蒸氨工艺蒸汽消耗大、氨氮去除率有限, 含氨尾气易造成二次污染。此外, 预处理污泥处置不规范, 酚类、重金属等污染物易渗透, 形成二次污染隐患, 增加企业环保压力。

1.2 深度处理技术效能不足及成本管控难题

深度处理是干馏水达标排放的关键, 主要去除预处理后残留的难降解有机物、微量重金属及剩余氨氮。工

业常用催化氧化、膜分离、吸附等技术, 但存在效能不足与成本偏高的难题。催化氧化催化剂活性易受水质波动影响, 更换频繁且成本高; 膜分离易出现膜污染, 需定期清洗, 缩短膜寿命并增加成本; 活性炭吸附剂容量有限、难以再生, 产生大量危废且浪费资源^[1]。各处理单元缺乏协同配合、工艺参数不合理, 导致整体效能低下, 部分企业需增加处理单元, 进一步提升设备投资与运行成本。

1.3 污染物控制过程中的协同性不足及管理漏洞

干馏水污染物控制需预处理与深度处理协同配合, 结合科学运行管理才能实现高效稳定运行。当前多数企业各单元协同性不足, 预处理出水波动时后续单元未及时调整参数, 导致处理效果不稳定甚至超标。部分企业缺乏完善的水质监测体系, 监测不及时精准, 易延误异常调整时机。操作人员专业技能不足, 依赖经验操作导致设备运行不佳, 增加能耗药耗。此外, 环保管理制度不完善, 设备维护不到位、危废处置不规范、废水回用不合理, 进一步降低污染物控制整体效能。

2 典型煤化工干馏水污染物高效控制技术优化路径

2.1 预处理工艺优化及运行参数精准调控

针对预处理环节污染物去除不彻底的问题, 结合工业实际运行经验, 对现有隔油、混凝、蒸氨工艺进行优化, 实现污染物高效去除与运行成本降低。隔油工艺中, 引入破乳剂强化乳化油分离, 选择适配干馏水水质的复合型破乳剂, 控制破乳剂投加量在50-80mg/L, 同时优化隔油池运行参数, 延长停留时间至1.5-2h, 提升乳化油去除率, 确保出水含油率低于10mg/L。混凝工艺中, 采用PAC与PAM复合混凝体系, 优化PAC投加量为80-120mg/L, PAM投加量为0.3-0.5mg/L, 控制混凝反应pH值在7.5-8.5, 反应时间为30-45min, 沉淀区表面负荷控制在 $\leq 3.0\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 有效去除胶体态污染物与悬浮颗

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点研发计划项目-典型煤化工干馏废水资源化回用全流程工艺研究与示范应用(2023B01012-3)

颗粒物,使出水浊度 ≤ 1 NTU, COD去除率提升至40%以上。蒸氨工艺中,优化蒸汽用量与进料速度,采用余热回收技术利用干馏工艺余热加热蒸氨废水,降低蒸汽消耗,同时改进蒸氨塔内部结构,提升氨氮脱除效率,确保出水氨氮浓度低于50mg/L,蒸氨产生的含氨尾气经酸吸收处理后回收铵盐,避免二次污染^[2]。此外,规范预处理污泥处置流程,采用板框压滤机将污泥脱水至含水率低于60%,再进行无害化处理,消除二次污染隐患。

2.2 深度处理技术改进及效能提升措施

针对深度处理技术效能不足、成本偏高的问题,结合干馏水污染物组分特点,对催化氧化、膜分离、吸附技术进行改进,提升处理效能并降低运行成本。催化氧化技术中,研发新型非均相催化臭氧氧化催化剂,基于官能团定向转化原理,提升催化剂对难降解有机物的氧化活性,延长催化剂使用寿命,将催化剂更换周期从3个月延长至6个月以上,同时优化臭氧投加量与反应时间,控制臭氧投加量为100-150mg/L,反应时间为60-90min,使难降解有机物去除率提升至70%以上,出水COD浓度稳定控制在50mg/L以下。膜分离技术中,采用超滤与反渗透组合工艺,优化超滤运行参数,压力式超滤运行压力控制在0.01-0.3MPa,净流量 $\leq 25-45$ L/(m²·h),浸没式超滤运行压力控制在-50-0kPa,净流量 $\leq 15-25$ L/(m²·h),有效去除水中悬浮物、胶体及有机大分子,确保反渗透进水SDI ≤ 3 ;优化反渗透运行参数,运行pH控制在6-9,温度控制在20-40℃,通量 $\leq 8-18$ L/(m²·h),提升脱盐率与产水率,同时采用在线清洗技术,定期对膜组件进行清洗,延长膜组件使用寿命,降低膜更换成本。吸附技术中,采用改性活性炭吸附剂,通过物理改性提升吸附容量,吸附饱和后采用热再生技术进行再生,再生率达到80%以上,降低吸附剂更换频率,减少危废产生量,同时优化吸附塔运行参数,控制进水流速为1-2m/h,提升吸附效果,确保出水微量有机物浓度达标。

2.3 污染物控制系统协同优化及管理体系完善

针对污染物控制过程中协同性不足及管理漏洞问题,构建预处理与深度处理协同运行体系,完善运行管理机制,提升污染物控制的整体效能。建立预处理与深度处理协同调控机制,实时监测预处理出水水质,根据COD、氨氮、含油率等指标变化,及时调整深度处理单元运行参数,确保各单元高效协同运行,避免因进水水质波动导致出水超标。搭建完善的水质在线监测体系,在干馏水进水口、各处理单元进出口设置监测点位,实时监测污染物浓度、pH值、温度等指标,监测数据实时上传至控制中心,便于操作人员及时发现异常并调整运

行参数,降低排放超标风险。加强操作人员专业培训,定期开展工艺技术与操作规范培训,提升操作人员对工艺参数的调控能力,确保设备运行处于最佳状态,降低能耗与药耗^[3]。完善环保管理制度,建立设备日常维护保养台账,定期对处理设备进行检修与维护,减少设备故障发生率,确保污染物控制的连续性;规范危废处置流程,与具备资质的危废处置企业合作,确保污泥、废催化剂等危废得到无害化处置;优化废水回用流程,将深度处理达标后的废水用于煤化工工艺补水,提升水资源利用率,降低新鲜水消耗。

3 典型煤化工干馏水高效资源化技术实践与优化

3.1 酚类物质资源化回收技术优化及提质措施

酚类物质作为干馏水中的主要有价组分,具有较高的回收价值,针对当前酚类回收效率低、产品纯度不足的问题,优化酚类回收技术,提升回收效率与产品附加值。采用酚油协同萃取技术,研发新型多元复合萃取剂,利用萃取剂分子设计平台优化萃取剂组分,提升对酚类物质的萃取选择性,控制萃取剂与废水体积比为1.5-1:8,萃取温度控制在30-40℃,萃取时间为20-30min,使酚类萃取率提升至95%以上。优化反萃取工艺参数,采用碱液反萃取,控制碱液浓度为10%-15%,反萃取温度为50-60℃,反萃取时间为30-45min,实现酚类物质与萃取剂的高效分离,反萃取后的萃取剂经再生处理后循环使用,降低萃取剂消耗成本。改进酚类精制工艺,采用蒸馏精制技术,优化蒸馏温度与压力,去除酚类产品中的杂质,使酚类产品纯度达到99%以上,提升产品附加值,可直接用于化工原料生产,实现酚类物质的高值化利用。同时,优化萃取设备结构,采用反应-沉淀耦合一体化装备,提升萃取效率,减少设备占地面积,降低设备投资成本。

3.2 氨氮资源化回收及盐类物质综合利用技术完善

针对干馏水中氨氮与盐类物质回收利用率低的问题,完善资源化回收技术,实现氨氮与盐类物质的综合利用,降低资源浪费。氨氮资源化回收方面,优化蒸氨-酸吸收工艺,将蒸氨产生的含氨尾气通入硫酸溶液中进行吸收,生成硫酸铵晶体,控制吸收温度为25-35℃,硫酸溶液浓度为20%-25%,确保氨氮吸收率达到98%以上,生成的硫酸铵晶体经干燥、提纯后,作为农业肥料或工业原料使用,实现氨氮的资源化回收。盐类物质综合利用方面,针对深度处理后产生的浓盐水,采用多介质过滤、树脂软化、纳滤分盐等组合工艺,去除浓盐水中的钙离子、镁离子及二氧化硅等杂质,多介质过滤速度控制在6-10m/h,水洗强度为8-10L/(m²·s),气洗强度为10-

15L/(m²·s), 确保出水SS ≤ 5mg/L; 树脂软化工艺采用强酸阳树脂与弱酸阳树脂组合, 阳床运行滤速控制在20-30m/h, 确保出水硬度 ≤ 5mg/L; 纳滤分盐工艺控制膜通量为10-18L/(m²·h), 硫酸钠截留率 ≥ 98%, 实现硫酸钠与氯化钠的高效分离^[4]。分离后的硫酸钠经结晶、干燥后, 作为工业原料使用, 氯化钠经进一步精制后, 达到工业盐标准, 实现盐类物质的资源化利用, 同时减少浓盐水排放, 降低环保压力。

3.3 水资源循环利用技术优化及回用率提升策略

水资源短缺是煤化工行业发展的重要制约因素, 针对干馏水处理后水资源回用率低的问题, 优化水资源循环利用技术, 提升回用率, 实现水资源的高效利用。优化深度处理出水回用工艺, 将反渗透产水进一步处理, 采用脱碳技术去除水中游离二氧化碳, 控制进水pH ≤ 4.3, 工作温度为5-40℃, 淋水密度为40-60m³/(m²·h), 汽水比为15-30, 确保出水碱度 ≤ 10mg/L (以碳酸钙计), 使回用水水质达到工业循环冷却水处理设计规范要求, 用于煤化工工艺循环冷却水补充水。针对干馏工艺中的低浓度废水, 采用预处理-超滤组合工艺, 优化超滤运行参数, 通量控制在20-25L/(m²·h), 去除水中悬浮物与胶体, 实现低浓度废水的直接回用, 用于设备冲洗、地面清扫等环节。搭建水资源循环利用监测体系, 实时监测回用水水质与用量, 根据工艺需求调整回用水分配方案, 确保回用水合理利用, 同时优化废水回用管网设计, 减少水资源损耗^[5]。采用碟片式反渗透(DTRO)技术处理高盐浓水, 控制运行压力 ≤ 90bar, 运行通量 ≤ 12L/(m²·h), 浓水TDS ≤ 120000mg/L, 进一步提升水资源回收率, 使干馏水整体回用率提升至85%

以上, 降低新鲜水消耗, 实现水资源的循环利用。

结语

典型煤化工干馏水污染物控制与高效资源化利用是推动行业绿色低碳发展的关键举措, 结合工业实际运行现状, 预处理、深度处理及资源化利用环节仍存在诸多亟待解决的实际问题。通过优化预处理工艺参数、改进深度处理技术效能、完善资源化利用路径, 可有效提升污染物去除效果, 提高有价值组分与水资源的回收利用率, 降低企业环保治理成本与资源浪费。本文提出的技术优化方案, 贴合工业实际应用场景, 具有较强的可操作性, 可有效解决干馏水处理过程中存在的效能不足、成本偏高、协同性差等问题。后续需结合煤化工行业技术升级需求, 持续优化技术工艺, 提升技术的稳定性与经济性, 推动干馏水污染物控制与资源化利用技术向更高水平发展, 为煤化工行业实现清洁生产、绿色发展提供有力支撑。

参考文献

- [1] 汤月亮, 肖丽光. 油页岩干馏废水中氨氮利用的工程化研究[J]. 化工技术与开发, 2024, 53(8): 70-73.
- [2] 鹿钦礼, 刘金亮, 胡筱敏, 等. 油页岩干馏废水处理技术研究进展[J]. 环境工程, 2020, 38(3): 110-115.
- [3] 李娜, 邓一兴, 李国德, 等. MBBR处理油页岩干馏废水不同挂膜方式的性能比较[J]. 环境工程, 2021, 39(6): 59-64, 178.
- [4] 龚阳. 干馏法处理生活污水厂剩余污泥工程设计探究[J]. 清洗世界, 2022, 38(8): 6-9.
- [5] 金明, 张群安, 陈少尉, 等. 钢厂油泥干馏后污水的脱臭研究[J]. 山东化工, 2020, 49(12): 218-220.