

# 基于油水分离-蒸氨耦合的荒煤气凝液预处理实践

程彬伟 陈杰

新疆广汇煤炭清洁炼化有限责任公司 新疆 哈密 839000

**摘要:** 本文围绕荒煤气制乙二醇过程中荒煤气凝液预处理需求,开展油水分离-蒸氨耦合工艺实践,通过搭建油水粗分离、精分离与蒸氨系统,解决冷凝液废水含油、氨氮过高对后续污水处理装置的影响。实践遵循研究内容确定的设备布局、工艺参数与处理标准,优化耦合工艺细节,量化处理效果与系统效能,确保废水处理达标。实践验证,耦合预处理系统可稳定处理环保科技有限公司与信汇峡公司的荒煤气凝液,总处理量达到设计要求,油、氨氮去除效果显著,为后续污水处理装置稳定运行提供保障,为同类荒煤气凝液预处理提供实操参考。

**关键词:** 油水分离-蒸氨耦合;荒煤气凝液预处理;实践验证

**引言:** 荒煤气制乙二醇过程中产生的冷凝液废水含有大量油类物质与氨氮,此类污染物若直接进入后续污水处理装置,会造成设备堵塞、处理效能下降等问题,因此必须对其实施针对性预处理。本次预处理实践采用油水分离-蒸氨耦合工艺,分为油水粗分离、油水精分离及脱酸脱氨两大核心部分,明确设备布局与处理流程,承担环保科技有限公司与信汇峡公司荒煤气凝液废水处理任务。通过系统建设与工艺优化,实现油、氨氮高效去除,确保预处理后废水满足后续处理要求,保障全流程稳定运行。

## 1 预处理系统现状梳理与设计依据

### 1.1 现有废水特性及预处理痛点

荒煤气制乙二醇过程中产生的冷凝液废水水质复杂,核心污染物为油类物质与氨氮,同时含有少量COD、悬浮物等杂质,废水排放量随生产负荷波动呈现不稳定性。环保科技有限公司与信汇峡公司排放的荒煤气凝液废水,油含量初始值维持在4500~5500mg/L,氨氮浓度稳定在750~850mg/L,若直接进入后续污水处理装置,油类物质会附着在处理设备内壁形成油膜,堵塞管道与过滤介质,降低生化处理单元微生物活性。氨氮含量过高会导致后续处理单元pH值异常波动,破坏处理体系稳定性,增加药剂投加量与处理成本,现有预处理方式缺乏系统性,无法实现油与氨氮的高效协同去除,难以满足后续处理装置进水要求<sup>[1]</sup>。两家公司废水排放点位不同,环保科技有限公司废水排放点靠近荒煤气压缩机区域,信汇峡公司废水需远距离输送至预处理系统,如何实现两家公司废水的合理汇流与均匀处理,避免水量波动对预处理系统造成冲击,成为本次预处理实践需解决的重点痛点,同时需兼顾系统布局合理性与工艺实操性,降低建设与运行成本。

### 1.2 预处理系统设计核心参数

结合两家公司废水特性与后续污水处理装置进水要求,确定预处理系统核心设计参数,总设计处理量设定为65立方米每小时,可根据实际废水排放量动态调控,最大处理负荷不低于70立方米每小时,确保应对水量波动。油水粗分离系统设计处理效率需达到80%以上,将环保科技有限公司废水油含量从初始值降至1000mg/L以下,满足精分离系统进水要求。油水精分离系统设计处理效率不低于80%,经处理后废水油含量需降至200mg/L以下,分离出的油类物质需实现合规收集与输送。

### 1.3 系统整体布局设计

预处理系统整体布局结合两家公司废水排放点位与现有场地条件,遵循就近处理、流程顺畅、便于运维的原则,分为两大核心区域。油水粗分离系统计划建设在环保科技有限公司荒煤气压缩机东侧,该区域靠近环保科技有限公司废水排放口,可缩短废水输送距离,减少管道铺设成本与水力损失,避免废水输送过程中油类物质沉降堵塞管道,区域内主要布置油水分离罐、废水提升泵、管道阀门及在线监测仪表等设备,占地面积控制在80平方米以内<sup>[2]</sup>。油水精分离及脱酸脱氨装置计划建设在炼公司酚氨回收B系列西侧,该区域靠近信汇峡公司废水输送终点,同时便于蒸氨系统与现有酚氨回收系统协同运维,区域内主要布置1000立方米污水缓冲罐、油水分离器、污水加压泵、精馏塔、热交换器、三棱脱水装置等设备,占地面积控制在150平方米以内。

## 2 油水分离-蒸氨耦合预处理系统建设与工艺实施

### 2.1 油水粗分离系统建设与工艺调控

油水粗分离系统建设以高效去除废水中大部分油类物质为核心,核心设备选用卧式碳钢油水分离罐,罐容积设计为50立方米,罐体内壁采用防腐涂层处理,防止

废水腐蚀设备,延长使用寿命。分离罐内部设置多层导流板与聚结填料,导流板间距设定为0.8米,聚结填料选用亲油型纤维填料,填充高度为1.2米,提升油滴聚结效率,加速油水分层<sup>[3]</sup>。系统工艺调控过程中,环保科技公司荒煤气凝液废水经提升泵输送至油水分离罐,进料流量控制在35~40立方米每小时,与后续信汇峡公司废水处理量形成匹配。为量化油水粗分离系统处理效果,引入油去除率计算公式,公式如下:

$$\eta_1 = \frac{C_{o1} - C_{o2}}{C_{o1}} \times 100\%$$

式中, $\eta_1$ 为油水粗分离系统油去除率(%); $C_{o1}$ 为环保科技公司废水进水油含量(mg/L),取值为进水连续监测24小时的平均值; $C_{o2}$ 为油水粗分离系统出水油含量(mg/L),取值为出水连续监测24小时的平均值。该公式通过进水与出水油含量对比,量化粗分离系统油去除效果,去除率越高,说明系统处理效能越好,参数均来自系统实际运行监测,实操性强。

## 2.2 油水精分离系统建设与运行优化

油水精分离系统建设以进一步降低废水油含量为核心,配套建设1000立方米污水缓冲罐、高效油水分离器、污水加压泵及油类收集输送设备,形成完整处理流程。1000立方米污水缓冲罐选用立式碳钢储罐,罐体内设置搅拌装置与液位监测仪表,搅拌转速控制在60r/min,确保环保科技公司经粗分离后的废水与信汇峡公司废水充分混合,避免局部油含量过高影响处理效果。混合废水在缓冲罐内静止分离约24小时,通过重力沉降实现二次油水分层,上层油层经罐顶撇油口排出,输送至油水分离器进行深度分离,进一步回收油类物质,确保废水油含量降至200mg/L以下。运行过程中优化缓冲罐静止时间与分离器转速,根据油含量监测数据动态调整,提升精分离效果<sup>[4]</sup>。为量化油水精分离系统处理效果,引入综合油去除率计算公式,公式如下:

$$\eta_2 = \frac{C_{o2} - C_{o3}}{C_{o2}} \times 100\%$$

式中, $\eta_2$ 为油水精分离系统油去除率(%); $C_{o2}$ 为精分离系统进水油含量(mg/L),即粗分离系统出水油含量,取值为连续监测24小时的平均值; $C_{o3}$ 为精分离系统出水油含量(mg/L),取值为出水连续监测24小时的平均值。该公式量化精分离系统的油去除效能,为工艺参数优化提供量化依据,确保经精分离后废水油含量满足蒸氨系统进水要求。

## 2.3 蒸氨系统建设与耦合工艺实施

蒸氨系统建设以脱除废水中氨氮为核心,采用精馏

塔蒸氨工艺,配套建设热交换器、三棱三分脱水装置、氨气收集装置等设备,实现与油水分离系统的耦合运行。精馏塔选用板式塔,塔径设计为1.8米,操作压力控制在0.6MPaG,塔底采用蒸汽加热,加热温度控制在120℃,确保废水中氨氮充分挥发分离,塔顶采用冷进料代替传统回流方式,冷进料温度控制在30℃,减少蒸汽消耗,提升系统经济性。耦合工艺实施过程中,经精分离后的废水输送至精馏塔进料口,与侧线氨气、塔底净化水进行热耦合交换,回收系统余热,降低能耗<sup>[5]</sup>。精馏塔顶部排出CO<sub>2</sub>气体,经净化处理后合规排放;侧线排出氨气,经三棱三分脱水工艺处理,脱水温度控制在5℃,确保氨气纯度达到99%以上,满足后续回收利用要求;塔底排出净化水,氨氮浓度降至50mg/L以下,输送至后续污水处理装置。运行过程中调控精馏塔操作压力、加热温度与冷进料流量,确保氨氮脱除效果与系统稳定运行。为量化蒸氨系统热回收效能,引入热回收效率计算公式,公式如下:

$$\eta_3 = \frac{Q_r}{Q_t} \times 100\%$$

式中, $\eta_3$ 为蒸氨系统热回收效率(%); $Q_r$ 为系统回收的余热热量(kJ/h),取值为热交换器实际回收热量监测值; $Q_t$ 为蒸氨系统总耗热量(kJ/h),取值为精馏塔加热蒸汽消耗热量计算值。该公式量化系统热回收效果,反映耦合工艺的节能性,为系统能耗优化提供量化支撑。为直观反映预处理系统各单元处理效果,制定油水分离-蒸氨耦合预处理系统各单元废水指标对比表,具体如下表1所示:

表1 油水分离-蒸氨耦合预处理系统各单元废水指标对比表

监测指标	原水 (平均值)	粗分 离后	精分 离后	蒸氨后	总去除率 (%)
油含量 (mg/L)	5000	1000	200	180	96.4
氨氮浓度 (mg/L)	800	790	785	48	94.0
处理流量 (m <sup>3</sup> /h)	65	38	65	65	-
系统能耗 (kWh/m <sup>3</sup> )	-	0.85	1.20	2.30	-

注:原水指标为环保科技公司与信汇峡公司废水混合后平均值;粗分离后流量为环保科技公司废水单独处理流量,精分离后与蒸氨后流量为总处理量65m<sup>3</sup>/h;总去除率计算公式为(原水指标-蒸氨后指标)/原水指标×100%;系统能耗为各单元单位体积废水处理消耗电能,不含热回收节能部分。

## 3 预处理系统运行效果验证与效能评估

### 3.1 各单元处理效果验证

油水分离-蒸氨耦合预处理系统建设与工艺优化完成后,开展连续30天的运行效果验证,实时监测各单元进水、出水水质指标与处理流量,确保各单元处理效果达到设计要求。验证结果显示,油水粗分离系统运行稳定,环保科技有限公司废水经处理后,油含量平均降至980mg/L,油去除率达到80.4%,高于设计要求的80%,满足精分离系统进水标准。油水精分离系统运行效果良好,混合废水经缓冲罐静止分离与油水分离器深度处理后,油含量平均降至192mg/L,油去除率达到80.8%,符合设计要求的200mg/L以下,分离出的油类物质输送稳定,无泄漏与浪费现象。蒸氨系统运行参数稳定,操作压力维持在0.6MPaG左右,塔底净化水氨氮浓度平均为48mg/L,氨氮去除率达到94.0%,塔顶CO<sub>2</sub>排放达标,侧线氨气经三棱三分脱水后纯度达到99.2%,满足后续回收利用要求,各单元处理效果均达到设计目标。

### 3.2 耦合系统效能量化评估

结合系统运行监测数据与前文提出的三个计算公式,对油水分离-蒸氨耦合预处理系统效能进行量化评估,全面反映系统处理效能、节能效果与运行经济性。油去除效能评估显示,粗分离系统平均油去除率 $\eta_1 = 80.4\%$ ,精分离系统平均油去除率 $\eta_2 = 80.8\%$ ,系统综合油去除率达到96.4%,能够高效去除废水中油类物质,避免对后续污水处理装置造成影响。蒸氨系统效能评估显示,氨氮去除率达到94.0%,热回收效率 $\eta_3 = 78.2\%$ ,高于设计值75%,通过热耦合回收余热,每小时可节约蒸汽

消耗1.2吨,按年运行8000小时计算,每年可节约蒸汽成本约96万元,节能效果显著。

### 结语

本文聚焦荒煤气凝液废水预处理需求,开展油水分离-蒸氨耦合工艺实践,在明确废水特性与预处理痛点的基础上,确定系统设计参数与布局,完成粗分离、精分离与蒸氨系统建设及耦合工艺实施。实践验证,耦合系统总处理量达到65立方米每小时,油与氨氮去除率分别达到96.4%与94.0%,热回收效率达标,运行稳定经济,有效解决废水对后续处理装置的影响,为同类荒煤气凝液废水预处理提供可借鉴的实操经验。

### 参考文献

- [1]杨建军,于智晓,王晓楠,等.降低蒸氨废水含油工艺优化[J].燃料与化工,2021,52(1):51-52.
- [2]杜晓吉,刘玉平.油水分离罐罐顶塌陷原因分析及处理方案[J].设备管理与维修,2020(9):85-86.
- [3]黄建凯,胡振华,刘虎,等.MoS<sub>2</sub>疏水聚氨酯海绵的制备及其油水分离性能研究[J].工业水处理,2025,45(11):158-164.
- [4]丁明山,付海波,张明飞.改性聚醚类破乳剂在兰炭行业循环氨水系统油水分离中的应用分析[J].煤化工,2025,53(1):114-117.
- [5]张祺,胡漠堃,薛鸿燕,等.智能双响应油水分离材料的合成[J].复合材料学报,2025,42(3):1342-1348.