

吐哈地区兰炭废水“破乳-除油-除尘”集成技术及工程应用研究

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：吐哈地区兰炭废水“破乳-除油-除尘”集成技术的核心是通过精准调控各单元工艺参数、优化设备适配性、完善协同运行体系，实现废水乳化破除、油尘杂质高效去除与达标排放。该集成技术聚焦工程实操环节，解决当地兰炭废水乳化程度高、油尘含量高、处理效果不稳定、能耗偏高的实际问题。经实操验证，优化后的集成技术可有效降低废水油含量与粉尘浓度，控制处理成本在合理区间，为吐哈地区兰炭企业废水处理工程落地提供可操作、可复制的技术支撑。

关键词：吐哈地区；兰炭废水；“破乳-除油-除尘”集成技术；工程应用

引言：吐哈地区兰炭产业规模化发展过程中，废水排放呈现乳化严重、油尘杂质混杂、腐蚀性强的鲜明特点，适配当地干燥多风沙、昼夜温差大的气候条件成为废水处理技术落地的关键^[1]。当前该地区兰炭废水处理多采用单一工艺，存在破乳不彻底、除油效率偏低、粉尘残留超标、设备易腐蚀失效等问题，难以满足环保排放要求与工程长期稳定运行需求。基于此，结合吐哈地区兰炭废水实际水质特性与工程运行工况，重点阐述“破乳-除油-除尘”集成技术的实操工艺、工程落地要点，为该地区兰炭废水处理工程提供实操指导。

1 吐哈地区兰炭废水“破乳-除油-除尘”集成技术基础配置

1.1 废水水质采集与核心参数筛选

集成技术的精准实施需以吐哈地区兰炭废水实际水质参数为基础，采集范围覆盖兰炭生产全流程废水排放节点，筛选核心参数避免冗余数据干扰工艺调控精度。现场实操中，采集的核心参数包括废水pH值、乳化油含量、悬浮粉尘浓度、COD值、温度，采集设备选用耐腐蚀高精度检测仪器，安装位置优先选择兰炭冷却洗涤废水排放口、化产分离水出口等关键节点，确保参数采集的实时性与准确性。参数采集频率设定为每15秒1次，采集数据经沉淀过滤处理后传输至控制终端，剔除因设备波动产生的异常数据，保留有效运行参数。筛选过程中重点关注与破乳、除油、除尘效果直接相关的核心参数，减少控制终端的数据处理压力，为后续工艺参数优化提供可靠的数据支撑，确保集成技术适配吐哈地区兰炭废水水质特点。

1.2 集成技术各单元设备选型与安装要点

设备选型需贴合吐哈地区兰炭废水特性与工程运行需求，优先选用抗腐蚀、抗堵塞、易维护的设备，避免设备选型不当导致处理效果下降或运行成本增加。破乳单元选用高效搅拌式破乳反应器，容积根据废水处理量设定，搅拌转速可灵活调节，适配不同乳化程度的废水处理需求；除油单元选用重力式除油装置，搭配高效萃取组件，增强乳化油分离效果，装置内壁采用防腐涂层，应对兰炭废水的强腐蚀性；除尘单元选用96m²过滤面积的脉冲喷吹式除尘器，采用双室结构设计，配备高品质滤袋，适配兰炭废水处理过程中粉尘粒径不均的特点^[2]。安装过程中，需保证各单元设备连接紧密，破乳反应器与除油装置的管道坡度控制在3°-5°，确保废水顺畅流通，除尘器安装高度高于废水处理池2米以上，避免粉尘回落至处理后的废水中，同时做好设备固定与防腐处理，适应吐哈地区干燥多风沙的气候条件。

1.3 各单元设备联动调试与参数校准

各单元设备的联动稳定性是集成技术顺利运行的关键，调试过程需严格遵循工程实操规范，避免联动故障导致处理中断或处理效果不达标。调试时，先完成各单元设备的单独调试，验证破乳反应器搅拌转速、除油装置分离效率、除尘器喷吹压力等核心参数是否符合设计要求，单独调试合格后再进行联动调试。联动调试过程中，模拟吐哈地区兰炭废水不同排放工况，验证废水从破乳单元到除油单元、再到除尘单元的流通顺畅性，确保各单元设备运行节奏协同一致，废水停留时间控制在合理范围。调试过程中重点校准各单元核心参数，当破乳效果、除油效率、除尘效率未达到预设标准时，及时调整设备运行参数与管道流通速度，同时调试设备自动

控制系统, 确保能够实时监测各单元运行状态, 出现异常时自动触发报警, 保障集成技术稳定运行。

2 吐哈地区兰炭废水“破乳-除油-除尘”集成技术实操实施

2.1 破乳单元工艺调控与参数优化

破乳单元作为集成技术的预先环节, 其处理的成效直接对后续除油、除尘单元运行效率造成影响, 工艺调控着重把控破乳剂投加量、搅拌转速、反应时间三个核心参数, 按照吐哈地区兰炭废水高乳化、高腐蚀性的特性做优化设定, 采用氯化铝与SP169复配破乳剂当作破乳剂, 投加量要根据废水乳化油含量动态改变, 防止投加过多造成药剂的浪费、投加不足引发破乳不彻底, 可先投放5-10ppm PAC来起到辅助破乳作用, 加大破乳效果。搅拌转速要以循序渐进方式来调节, 从100r/min一点一点提升至200-250r/min, 避免转速过高造成乳化程度上升, 反应时间要按照吐哈地区昼夜温差来做调整, 冬季气温低的时候, 要延长至20-25分钟, 夏季气温高的时候, 把时间控制到15-20分钟, 保证破乳效果平稳^[3], 在破乳进程中要实时监测废水破乳成效, 根据监测数据马上修正工艺参数, 保证破乳后废水乳化油的含量降至50mg/L以下, 给后续除油环节供应合格的处理物资, 破乳剂投加量的计算能用下面公式达成:

$$m = k \cdot C \cdot V$$

式中, m 为破乳剂投加量(kg), k 为修正系数(取值范围0.05-0.08, 根据吐哈地区兰炭废水乳化程度调整), C 为废水中乳化油含量(g/L), V 为废水处理体积(m^3)。该公式通过废水乳化油含量与处理体积的乘积结合修正系数, 快速得出合理的破乳剂投加量, 误差控制在合理范围, 可直接应用于现场破乳工艺调控, 为破乳效果提供量化保障。

2.2 除油单元工艺调控与效果把控

除油单元需承接破乳后的废水, 通过物理分离与萃取结合的方式, 去除废水中的游离油与破乳后析出的乳化油, 工艺调控重点聚焦分离时间、萃取剂投加比例、分离温度三个核心参数, 结合吐哈地区水质特性优化设定。实操中, 分离时间需根据废水中油含量调整, 油含量较高时延长至8-10min, 确保游离油充分上浮至水面, 通过刮油装置彻底去除; 萃取剂选用适配兰炭废水的高效萃取剂, 投加比例需结合破乳后废水油含量精准设定, 控制在废水体积的3%-5%, 避免比例过高增加运行成本、比例过低导致除油不彻底^[4]。分离温度控制在40-50℃, 适配吐哈地区气候特点, 冬季可通过设备保温装置维持温度稳定, 避免低温导致油类凝固影响除油效

率, 夏季可通过自然降温控制温度, 降低能耗。除油过程中需实时监测出水油含量, 当出水油含量超过10mg/L的预设标准时, 及时调整工艺参数, 确保除油后废水油含量满足后续除尘单元运行要求。除油效率的计算采用以下公式:

$$\eta_1 = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

η_1 指的是除油效率, C_0 为破乳后废水里油的含量, C_1 就是除油后废水中油含量, 该公式借助破乳后和除油后废水油含量的差值跟破乳后油含量的比值, 评定除油效果, 可运用到现场除油效果评估和工艺参数的修正中。

2.3 除尘单元工艺调控与粉尘去除

除尘单元必须去除兰炭废水处理过程中所产生的悬浮粉尘与除油过程中析出的轻质粉尘, 工艺调控着重围绕过滤风速、喷吹压力、清灰周期这三个核心参数, 基于吐哈地区多风沙的气候特点做优化设定, 把过滤风速设定在1.2-1.8m/min, 防止风速过快造成滤袋损坏、粉尘穿透, 风速过低造成粉尘堆积, 让处理效率降低; 设定的喷吹压力是0.25-0.35MPa, 保证喷吹气流能有效消除滤袋表面所附着的粉尘, 在除尘的时候需实时监测出口粉尘浓度, 一旦粉尘浓度高于30mg/ m^3 的环保排放尺度时, 马上调整工艺方面的参数, 同时定时对滤袋的完好情况进行检查, 防止滤袋破损让除尘效果下降, 除尘器过滤风量的计算用如下公式:

$$Q = v \cdot S \times 60$$

式中, Q 为除尘器过滤风量(m^3/h), v 为过滤风速(m/min), S 为除尘器过滤面积(m^2)。该公式通过过滤风速与过滤面积的乘积, 结合时间换算, 快速得出除尘器所需过滤风量, 参数适配吐哈地区兰炭废水处理粉尘排放特点, 可应用于现场除尘工艺参数设定, 确保粉尘去除效果。

3 吐哈地区兰炭废水集成技术工程应用实操保障

3.1 工程运行参数的动态优化

工程应用过程中, 需结合吐哈地区兰炭废水水质波动特点与气候变化, 动态优化集成技术各单元运行参数, 确保处理效果稳定达标。水质波动方面, 兰炭生产负荷调整时, 废水乳化油含量、粉尘浓度会随之变化, 需及时调整破乳剂投加量、除油分离时间、除尘清灰周期, 避免水质波动导致处理效果下降。气候变化方面, 吐哈地区冬季气温较低, 需优化破乳反应温度、除油分离温度的保温措施, 调整除尘器滤袋保温防护, 避免低温导致设备故障或处理效率降低; 夏季气温较高时, 适当加快废水流通速度, 缩短反应时间, 避免废水变质影

响处理效果。参数优化需建立完善的监测机制，实时采集各单元运行数据与处理效果数据，根据数据变化规律优化参数设定，确保集成技术适配不同运行工况。

3.2 工程运行能耗控制与效果量化评估

工程应用的核心目的是在保证处理效果达标的基础上，最大量降低运行能耗，效果量化评估要运用科学公式来进行计算，客观呈现集成技术的实用性和经济性，贴合吐哈地区兰炭企业降低能耗需求，能耗控制着重在药剂消耗、电力消耗和设备维护消耗三个方面发力，优化药剂投加量，以此减少药剂消耗浪费，破乳剂和萃取剂可经由精馏回收实现循环利用的情况，压低药剂的花销；电力消耗通过把设备运行参数优化，缩减设备空载运行所花的时间，加热方面的消耗借助余热回收装置，回收破乳与除油过程所产生的余热，用于冬季工艺开展加热，提高能源的利用率，量化利用效率要结合废水处理前后核心指标的变化，依靠公式计算综合处理效率，客观测度集成技术的处理效果，为参数优化以及能耗控制提供证据，同时让吨水处理成本处在20元左右，增加工程应用的经济利益。

集成技术综合处理效率的计算采用以下公式

$$\eta_2 = \frac{\eta_1 + \eta_3}{2} \times 100\%$$

式中， η_2 表示的是集成技术综合处理效率， η_1 就是除油效率， η_3 就是除尘效率，这个公式凭借除油效率跟除尘效率的平均值，全方位量化集成技术的处理成效，给参数优化、能耗控制提供量化相关依据

3.3 工程落地的设备维护与实操管理

工程应用顺利落地需要依靠完善的设备维护和实操管理体系，依据吐哈地区气候特点以及废水腐蚀性强的特性，防止设备故障、操作方面不当引发处理中断，保障集成技术持续稳定地正常运行，在设备维护的事情上，按期对破乳反应器、除油装置、除尘器等核心设备做检查与维护，每周清理设备内部所残留的油泥与粉尘，每月对管道连接密封性进行检查，杜绝废水、粉尘发生泄漏；每季度开展破乳剂、萃取剂储存罐密封件的

更换工作，检查除尘器滤袋有无损坏，马上对破损滤袋进行更换，每半年对设备防腐涂层的完好情况进行检查，及时修复有破损的地方，使设备使用时间增长^[5]。实操管理方面，建立完善的操作流程规范，对现场工作人员进行实操培训，讲解各单元设备操作方法等，提升工作人员的操作水平；建立运行台账，详细记录各单元运行参数、处理效果数据、设备维护情况，便于后续参数优化与问题排查，确保集成技术在吐哈地区兰炭废水处理工程中持续发挥作用。

结语

适配吐哈地区兰炭废水特性的“破乳-除油-除尘”集成技术，聚焦工程实操落地，通过优化设备选型、精准调控工艺参数、建立协同运行体系，有效解决该地区兰炭废水乳化严重、油尘含量高、处理难度大的实际问题。该技术可操作性强，通过动态参数优化、能耗控制与设备维护，可确保废水处理达标排放，降低运行成本，为吐哈地区兰炭企业废水处理工程提供可落地、可复制的技术方案。后续可结合吐哈地区兰炭产业发展需求，进一步优化集成技术各单元协同效率，提升处理能力，助力该地区兰炭产业绿色高质量发展。

基金项目：自治区第二批“天山英才”培养计划2023TSYCJC0012资助

参考文献

- [1]施鹏,娄梦云,喻安平,等.基于水凝胶-聚醚砜(PES)聚结滤芯的原油废水物理破乳技术[J].化工进展,2026,45(2):1232-1242.
- [2]宋忠忠.破乳+混凝沉淀处理含油废水的应用研究[J].中国资源综合利用,2026,44(1):5-8.
- [3]王津伟.破乳剂加注工艺优化及乳化原油处理实践[J].石油和化工设备,2026,29(1):91-94.
- [4]李阳,邓洁,刘亚平,等.铜电积富液超声破乳—微泡气浮—纤维吸附深度除油技术及机制[J].中南大学学报(自然科学版),2025,56(7):2647-2656.
- [5]顾镛,卢浩,杨强.组合纤维聚结破乳除油技术研究进展[J].化工环保,2025,45(5):616-623.