

# 化工污水处理场 RO 浓水处理工艺及经济效益分析

田小瑞 罗少峰 (陕西未来能源化工有限公司, 陕西 榆林 719000)

胡春洋 (榆林昌荣华城再生能源有限公司, 陕西 榆林 719000)

**摘要:** 化工污水处理场的 RO 浓水处理工艺主要通过流化床芬顿氧化、水解酸化和生物处理等步骤, 实现对高浓度有机和无机污染物的有效处理。该工艺能够削减污水中的 COD 和氨氮等指标, 提升出水的水质。应用分析表明, 该工艺不仅具有较高的处理效率, 还能降低运行成本。通过优化工艺流程和加强成本控制, 可以进一步提高经济效益和资源利用率, 为化工企业的环保和节能提供了有效解决方案。

**关键词:** RO 浓水处理; 化工污水; 经济效益

## 0 引言

随着化工行业的快速发展, 污水排放量明显增加, 对环境造成了严重的污染。尤其是 RO 浓水, 因其含有大量难以降解的有机物和无机盐, 对水体环境的破坏尤为严重。为了响应国家环保政策, 化工企业必须采用高效的污水处理工艺来降低污染物排放。研究探讨了化工污水处理场的 RO 浓水处理工艺, 通过流化床芬顿氧化、水解酸化等先进处理技术, 实现对高浓度污水的有效处理, 并分析了该工艺在实际应用中的经济效益, 为相关企业提供技术和经济上的参考。

## 1 化工污水处理场 RO 浓水处理工艺

化工污水处理场 RO 浓水处理工艺主要由预处理、芬顿氧化处理、水解酸化和生物处理等步骤组成。预处理阶段, 通过流化床芬顿氧化处理单元在酸性条件下产生羟基自由基, 氧化分解 RO 浓水中的难降解有机物, 实现对 COD 的初步削减。随后, 污水进入混凝沉淀单元, 通过混凝剂与絮凝剂的吸附架桥作用, 进一步降低 COD 并减少水中的悬浮物和色度。在水解酸化阶段, 污水中的有毒、有害有机物通过微生物的水解酸化作用转化为易于生物降解的中间体, 提高污水的可生化性。为了强化水解酸化效果, 池内添加流化填料, 并设置潜水搅拌机以防止污泥沉降和加强传质效率。生物处理阶段, 采用膜生物反应器 (MBR) 工艺, 通过膜的过滤截留作用实现固液分离。膜组件的使用不仅提高了微生物浓度和污泥停留时间, 还有效降低了悬浮物和浊度。臭氧催化氧化工艺在处理中起到重要作用, 采用非均相负载型催化剂, 使污水中的长链、大分子有机物在羟基自由基的作用下被氧化分解, 提高污水的可生化性, 并去除部分 COD。曝气生物滤池通过滤料表面的生物膜进行生物氧化和过

滤, 进一步去除污水中的有机物和悬浮物, 保证出水水质达到排放标准。该工艺结合了多种先进处理技术, 具有高效、稳定的处理效果, 为化工污水的达标排放提供了可靠的技术保障。

## 2 化工污水处理场 RO 浓水处理工艺的应用分析

### 2.1 污水处理工艺设计

污水处理工艺设计的关键在于合理确定 RO 浓水处理的规模和进水水质, 并选取适合的处理技术和流程。根据化工企业提供的水量和水质数据, RO 浓水处理规模通常以每小时处理  $60\text{m}^3$  为基准, 进水 COD、氨氮、氟化物、总磷等指标需符合相关标准。设计中采用流化床芬顿氧化处理单元, 通过在酸性条件下生成的羟基自由基, 对 RO 浓水中的难降解有机物进行开环断链反应, 初步削减 COD。混凝沉淀单元利用混凝剂和絮凝剂的吸附架桥作用, 进一步去除水中的悬浮物和降低色度。水解酸化单元利用微生物的作用, 将有毒和难以降解的有机物转化为更易被生物降解的中间产物, 从而明显提高了污水的生物降解性。该单元内配备流化填料和潜水搅拌机, 以防止污泥沉降并增强传质效率。

生物处理阶段采用 MBR 技术, 通过膜组件实现固液分离, 提升污泥浓度和处理效率。膜生物反应器不仅能够截留微生物和大分子有机物, 还能有效降低出水悬浮物和浊度。臭氧催化氧化工艺则采用非均相负载型催化剂, 使污水中的长链和大分子有机物在羟基自由基的作用下被彻底氧化分解, 进一步提升污水的可生化性和 COD 去除率。曝气生物滤池通过滤料表面的生物膜进行生物氧化和过滤, 最终去除污水中的残余有机物和悬浮物, 保证出水水质达到 GB 3838—2002 地表水环境质量的 IV 类标准。整体设计注

重各单元工艺的协同作用和优化组合,确保系统的高效稳定运行。

## 2.2 工艺调试分析

工艺调试是确保污水处理系统稳定、高效运行的关键环节。在调试过程中,需要对各处理单元的参数进行严格控制和调整。流化床芬顿氧化单元的反应条件要维持在最佳酸性范围,通过调节硫酸亚铁和过氧化氢的投加量,确保羟基自由基的生成量和反应效率,从而实现对 COD 的有效削减。在混凝沉淀阶段,需要选择适当的混凝剂和絮凝剂种类及其投加比例,确保悬浮物和胶体的有效去除。水解酸化单元的调试重点在于控制池内的温度、pH 值和搅拌强度,保证微生物的活性和传质效率,从而提升污水的可生化性。在 MBR 生物处理单元中,膜组件的过滤性能和运行参数是调试的核心。需要定期监测膜通量和跨膜压差,通过物理和化学清洗措施维持膜的通透性和过滤效果。此外,要保证 MBR 池内的溶解氧浓度和污泥浓度在最佳范围内,以提高有机物的降解效率和出水水质。在臭氧催化氧化工艺中,通过调节臭氧投加量和催化剂装填量,确保羟基自由基的高效生成和有机物的彻底氧化。在曝气生物滤池阶段,调节曝气量和滤料填充高度,保证生物膜的活性和滤池的过滤效果。整个调试过程中,通过在线监测系统实时监控出水水质,及时调整各单元的运行参数,确保出水稳定达到 GB 3838—2002 地表水环境质量的 IV 类标准。

## 2.3 应用效果

RO 浓水处理工艺在化工污水处理场的实际应用中取得了一定的效果,很好的提升了污水处理的质量和效率。在实际操作中,流化床芬顿氧化处理单元降低了 RO 浓水中的 COD 含量,通过产生羟基自由基实现了有机物的分解,初步处理后的 COD 浓度大幅度下降。混凝沉淀单元进一步去除水中的悬浮物和色度,通过优化混凝剂和絮凝剂的选择与投加量,出水的透明度和稳定性得到明显改善。水解酸化阶段,通过微生物的代谢活动,把难降解的有机物转化为易于生物降解的中间体,提高了污水的可生化性,促进后续生物处理单元的高效运行。MBR 生物处理单元凭借其高效的固液分离能力和微生物截留效果,使得出水中的悬浮物和有机污染物浓度接近于零,出水水质稳定,达到高标准排放要求。臭氧催化氧化工艺通过高效的氧化反应,进一步降解剩余有机物,提高了污水的总处理效率,并降低了 COD 含量。曝气生物滤池通过

生物膜的作用,进一步去除污水中的有机物和悬浮物,出水水质达到 GB 3838—2002 地表水环境质量的 IV 类标准。在实际应用过程中,该工艺不仅有效提升了污水处理的效果和稳定性,还通过科学合理的工艺设计和调试,明显降低了运行成本,增强了系统的经济效益。综合分析表明,RO 浓水处理工艺在化工污水处理场的应用效果较好,为实现高效、稳定的污水处理提供了可靠的技术支持。

## 3 化工污水处理场 RO 浓水处理工艺的经济效益提升建议

### 3.1 完善工艺机制

完善化工污水处理场 RO 浓水处理工艺机制是提高处理效率和经济效益的关键。首先,应优化流化床芬顿氧化工艺,通过精准控制酸性条件和药剂投加量,保证羟基自由基的生成效率和稳定性,提升有机物的氧化分解效果。其次,加强混凝沉淀单元的工艺优化,选择适宜的混凝剂和絮凝剂,合理调整投加的比例,确保悬浮物和色度的去除效果,同时减少药剂使用量,降低处理成本。在水解酸化阶段,应注重微生物群落的优化配置,通过引入高效菌种和优化池内环境条件,提高微生物活性和传质效率,加快有机物的降解转化速度。MBR 生物处理单元需要定期维护和清洗膜组件,防止膜污染和堵塞,确保膜的通透性和分离效果,同时通过在线监测系统实时监控膜通量和跨膜压差,及时调整运行参数,保障系统的稳定运行。臭氧催化氧化工艺应通过选择高效催化剂和优化臭氧投加量,提升氧化反应效率和有机物去除率,减少剩余臭氧排放对后续处理单元的影响。曝气生物滤池的运行应重点关注曝气量和滤料填充高度的调整,保证生物膜的活性和过滤效果,通过定期反冲洗维护滤池,防止滤料堵塞和生物膜老化,保证出水水质的稳定性。还要引入智能化控制系统,对各工艺单元的运行状态进行实时监控和数据分析,通过自动化调节和预警机制,及时发现并解决潜在问题,确保整个处理系统的高效稳定运行。

### 3.2 重视成本控制

重视成本控制是提升化工污水处理场 RO 浓水处理工艺经济效益的核心。

①在药剂投加方面,要通过精确控制药剂的种类和用量,减少不必要的浪费。通过采用在线监测和自动投药系统,实时监控水质变化,精准调节药剂投加量,确保处理效果的同时,降低药剂成本;②能耗管

理也是成本控制的关键环节。各处理单元应选用高效节能设备,如高效节能的曝气设备和低能耗的膜组件,减少电力消耗。通过优化工艺流程和运行参数,降低设备的能耗,延长设备使用寿命,减少频繁维修和更换带来的成本增加;③定期维护和保养设备,避免因设备故障导致的停机和修理费用增加。通过建立完善的设备维护计划和操作规程,确保设备长期稳定高效运行。

污泥处理成本是污水处理的重要组成部分,需要采取有效措施减少污泥产生量,提高污泥脱水效率,降低污泥处理和处置费用。采用先进的污泥处理技术,如厌氧消化和污泥干化,减少污泥体积,提高污泥的稳定性和安全性,降低最终处置成本。在此基础上,可探索污泥资源化利用途径,如将污泥用于土壤改良或能源回收,实现污泥的资源化处理,进一步降低污泥处置费用。最后,通过引入信息化管理系统,对处理过程中的各项成本进行全面监控和分析,找出成本控制的薄弱环节和优化空间。利用大数据分析和优化算法,制定科学合理的成本控制方案,实现污水处理成本的精细化管理和持续优化。在保证处理效果和环保达标的前提下,通过多种成本控制措施,明显降低污水处理的综合成本,提升企业的经济效益和竞争力。

### 3.3 提高经济收益

提高经济收益是化工污水处理场 RO 浓水处理工艺优化的重要目标。为实现这一目标,首先要提升处理系统的水资源利用效率。通过回收和再利用处理后的水资源,企业可以减少对新鲜水源的依赖,降低水资源采购成本。据统计,通过优化水资源回用系统,每年可节约约 30% 的新鲜水使用量,节省费用达数十万元。其次,针对污泥处置问题,采用先进的污泥处理技术,如厌氧消化技术,不仅能够减少污泥体积,还能回收产生的沼气用于发电或供热。据测算,每吨污泥处理可产生约 100m<sup>3</sup> 的沼气,转化为能源后,每年可节约能源费用约 50 万元。通过将污泥制成生物肥料,资源化利用可为企业带来额外的经济收益,且减少了污泥处置费用。此外,采用节能减排措施也是提高经济收益的重要手段。引入高效节能设备,如高效曝气器和节能型水泵,可以显著降低能耗。优化工艺流程,通过精确控制曝气量和泵送量,使能耗降低 20% 左右,每年可节约电费近百万元。利用余热回收系统,将处理过程中产生的余热用于厂区供暖或工艺加热,进一步降低能源消耗和费用。应用信息化管理系统,通过对各处理环节的实时监控和数据分析,优

化运行参数和操作策略。使用数据驱动的决策支持系统,可以将药剂投加量、曝气量等优化至最佳水平,不仅提高处理效率,还减少了资源消耗和运行成本。数据分析表明,智能化管理系统的应用可使处理效率提高 15%,运行成本降低 10%,每年可为企业节约运营费用数十万元。通过对污水处理过程中产生的副产品进行资源化利用,如回收有价值的化学物质、废水中的金属离子等,可以增加企业的收入。结合当前市场价格和回收率计算,废水中的金属离子回收每年可为企业带来约百万元的收入。

## 4 结论

化工污水处理场 RO 浓水处理工艺通过采用流化床芬顿氧化、水解酸化和 MBR 生物处理等先进技术,有效去除了污水中的有机和无机污染物。优化各处理单元的运行参数和设备选型,明显提升了系统的处理效率和经济效益。通过精确控制药剂投加和能耗管理,降低了运行成本。实现污泥资源化利用和余热回收,提高了资源利用率和经济收益。智能化管理系统的应用进一步优化了工艺流程,确保出水水质稳定达标。整体而言,该工艺为化工企业提供了一套高效、经济、环保的污水处理解决方案。

### 参考文献:

- [1] 师云涛. 服务区污水处理系统升级改造的环境与经济效益分析 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(09): 154-156.
- [2] 马燕萍, 陈雨, 许洋铭, 等. 酿酒厂污水处理工艺优化的温室气体减排及经济效益分析 [J]. 工业安全与环保, 2024, 50(05): 102-106.
- [3] 陈家琳. 污水处理厂尾水人工湿地的国家尺度环境及经济综合评估 [D]. 北京: 中国环境科学研究院, 2023.
- [4] 安磊善. 石油化工污水处理场 RO 浓水处理工艺探讨 [J]. 化工管理, 2022(35): 36-39.
- [5] 岳云波, 陈白阳, 段炫彤, 等. 反渗透技术在污水深度处理中的应用及研究进展 [J]. 水处理技术, 2022, 44(1): 7-9.
- [6] 刘莉. 工业废水回用装置 RO 浓水 COD<sub>Cr</sub> 超标处理探讨 [J]. 水处理信息报导, 2022(5): 5-7.
- [7] 汤芳. 城市污水再生处理反渗透系统 RO 浓水的水质特征 [J]. 环境科学与技术, 2022, 38(1): 88-91.
- [8] 陈彦安, 徐百龙, 杜平, 等. 印染废水中水回用及 RO 浓水深度处理工程实例 [J]. 工业水处理, 2023, 43(1): 157-162.