

某电镀企业生产废水处理的工程技术研究

孟艳云

南京艾力辰环保科技有限公司，江苏南京

DOI:10.62836/gse.v3i3.1476

摘要：针对某电镀企业原有生产废水处理系统出水稳定性不足、运行成本偏高的痛点，本文开展该企业生产废水处理的工程技术优化研究。通过梳理企业生产流程与废水排放规律，完成原有处理系统的问题诊断，明确分类分质是破解当前处理瓶颈的核心方向。据此针对性设计分质分类的废水处理工程改造方案，并通过现场中试考察优化方案的处理效果与稳定性。研究结果表明，优化工艺能够使各类污染物稳定满足排放标准要求，同时合理控制运行成本，整体处理效能提升明显。

关键词：电镀废水；分类分质处理；破氰预处理；提标改造；工艺优化

Research on Engineering Technology for Wastewater Treatment in a Electroplating Enterprise

Yanyun Meng

Nanjing Ailichen Environmental Protection Technology Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu

Abstract: In response to the pain points of insufficient effluent stability and high operating costs in the original production wastewater treatment system of a certain electroplating enterprise, this article conducts engineering technology optimization research on the production wastewater treatment of the enterprise. By sorting out the production process and wastewater discharge rules of the enterprise, completing the problem diagnosis of the original treatment system, and clarifying the classification and quality are the core directions to solve the current treatment bottleneck. Based on this, design a targeted and classified wastewater treatment engineering renovation plan, and conduct on-site pilot tests to investigate the treatment effect and stability of the optimized plan. The research results indicate that optimizing the process can stably meet the emission standards for various pollutants, while reasonably controlling operating costs, and significantly improving overall treatment efficiency.

Keywords: electroplating wastewater; classification and quality processing; cyanide pretreatment; upgrading and renovation; process optimization

1 某电镀企业生产概况与废水特性分析

该企业为本土中小型专业电镀加工生产企业，主要承接五金零部件的电镀加工订单，核心生产工序涵盖镀氰化铜、镀硬铬、镀半亮镍等多个环节，生产过程中会产生多类不同性质的电镀废水。根据废水所含主要污染物的差异，可将该企业的生产废水分作几类：一是含氰废水，主要来自氰化物镀铜工序的镀槽清洗环节，废水中含有游离氰化物以及铜络合物；二是含铬废水，来自镀铬工序的清洗环节，主要污染物为六价铬；三是酸碱综合废水，来自其他镀种工序的清洗、生产工位地面冲洗等环节，污染物包括其他重金属离子、酸碱物质与少量悬浮物。该企业生产订单随下游市场需求波动，每日废水排放量与进水污染物浓度存在一定波动，对废水处理系统的适应能力有较高要求。

2 某电镀企业原有废水处理工程运行现状与问题诊断

2.1 原有废水处理工艺路线与工程设施配置梳理

企业原有处理系统遵循分类收集、分质处理的常规电镀废水治理思路，针对不同类型的生产废水分别建设独立收集管线与处理单元。其中含氰废水单独接入破氰预处理单元，通过碱性氯化工艺完成氰化物破络降解后，再排入综合处理单元；含铬废水单独接入还原预处理单元，通过酸性还原工艺将六价铬转化为三价铬后，再进入后续沉淀处理单元；酸碱综合废水则直接汇集到综合调节池均衡水质水量后，依次完成混凝沉淀与固液分离处理，出水最终达标排放。各处理单元均配套建设了对应容积的调节池、反应池、沉淀池等工艺设施，配备必要的加药装置与曝气搅拌设备，整体工程建设符合电镀废水治理的基本要求。

2.2 现有系统出水稳定性与污染物达标情况分析

从长时间运行监测结果来看，原有废水处理系统在常规生产工况下能够基本满足出水水质的达标

要求，但运行稳定性存在明显不足。受生产过程中废水产生量和污染物浓度波动影响，系统的抗冲击负荷能力偏弱，遇到水质水量大幅变化时，容易出现部分指标不稳定的情况。氰化物与六价铬作为废水中的重点管控污染物，在系统受冲击时容易出现接近排放标准限值的情况，发生超标排放的风险相对较高[1]。其他常见重金属污染物的处理效果整体稳定，各项指标均能稳定控制在标准要求范围内。目前出水稳定性不足的问题，无法满足生态环境部门对企业废水稳定达标排放的监管要求，也为企业持续合规生产埋下了隐患。

2.3 原有处理工程存在的技术瓶颈与运行成本问题

当前原有处理系统的工艺设计仍存在不少瓶颈，一是自动化管控水平偏低，核心加药环节多依赖人工手动调节，难以匹配进水水质的实时波动，往往会出现加药过量或投加不足的问题，既影响处理效果，也推高了药剂用量；二是原有构筑物设计参数偏保守，部分单元水力停留时间不合理，沉淀单元固液分离效果不佳，导致污泥容易在池底淤积，需要频繁清淤，增加了现场运维工作量。同时，药剂投加量不合理也直接拉高了整体运行成本，加上污泥处置费用逐年上涨，企业废水处理环节的运行成本压力不断增加，现有运行模式已难以长期维持。

3 分类分质废水处理工程技术方案优化设计

3.1 含氰废水破氰预处理工艺参数优化设计

针对企业原有含氰废水破氰预处理单元氰化物去除效率不稳定，高浓度含氰废水处理出水氰化物残留量波动较大的问题，结合该企业含氰废水分类收集的特征，对破氰工艺的反应流程与关键参数进行优化设计。原有破氰工艺采用一级碱性氯化法，加药比例与反应pH值完全依靠现场操作人员经验调整，一旦进水氰化物浓度发生变化，很容易出现破氰不彻底或者药剂过量投加的问题，因此将原工艺调整为两级碱性氯化破氰工艺，通过两级分步

反应保证氰化物充分破络分解，同时优化设置不同反应阶段的控制参数，保证破氰效果稳定。

在一级破氰阶段，重点优化控制反应体系的pH值与ORP值范围，保证氰化物完成初步破络反应，转化为氰酸盐，避免高浓度氰化物一次性反应不充分；在二级破氰阶段，调整药剂投加比例与反应条件，保证氰酸盐进一步完全氧化分解，最终转化为无毒的二氧化碳与氮气，降低出水氰化物残留量。针对原有工艺人工加药精度不足的问题，配套增加在线pH与ORP自动监测装置，联动加药泵实现自动调节加药频率与加药量，根据进水氰化物浓度和反应池水质参数自动调整药剂投加量，既保证破氰反应所需药剂充足，又避免药剂过量投加浪费，降低药剂消耗成本。

优化改造后，破氰预处理单元的自动化水平得到明显提升，无需操作人员频繁手动调整加药量，减少了人工操作误差带来的处理效果波动，同时分类分阶段的破氰反应也更适配企业不同浓度含氰废水的处理需求，无论进水氰化物浓度在常规范围内如何波动，都能够保证出水氰化物含量满足后续单元进水要求，为后续综合废水深度处理减轻负荷。

3.2 含铬废水还原沉淀处理单元技术改造设计

针对原有含铬废水还原单元仅依靠人工控制pH值和还原电位的问题，本次改造围绕还原反应核心控制条件与工艺设施开展优化。改造重新划定酸性还原阶段的pH值和氧化还原电位控制区间，配套增设六价铬在线监测装置与自动加药调控系统，可根据进水六价铬浓度、实时电位数据自动调整还原剂投加量，解决人工投加偏差大、还原不彻底的痛点。针对原有还原池搅拌不均匀、部分区域反应不充分的问题，调整池体内部水力流态与搅拌装置的布置，延长废水实际反应停留时间，保障六价铬充分还原为三价铬[2]。改造同时对后续沉淀单元的斜管填料进行更换，重新核算表面负荷参数，优化沉淀池排泥周期，避免三价铬沉淀物淤积上浮，提升固液分离效果。改造完成后，可稳定保障含铬废水预处理出水六价铬浓度满足后续处理要求，同时减

少还原剂过量投加带来的成本浪费，提升单元运行稳定性[3]。

3.3 酸碱综合废水混凝沉淀+深度处理工艺优化

针对原有综合废水处理系统中混凝池搅拌强度不合理、絮凝体成型效果差的问题，本次工艺优化对快混、慢混两个阶段的搅拌转速和反应停留时间重新进行调整，保证聚合氯化铝、聚丙烯酰胺与废水充分混合，促进大颗粒密实絮凝体形成，提升重金属氢氧化物的絮凝沉淀效果。针对原有沉淀池斜管老化的板结、跑泥严重的问题，更换全新斜管填料，重新核算沉淀池水力表面负荷，调整沉淀池出水管路坡度，避免积泥堵塞问题[4]。原有工艺仅靠混凝沉淀过滤无法稳定去除残留小分子络合态重金属，在砂滤单元后新增重金属螯合吸附工艺，通过螯合树脂捕捉残留的络合态重金属，保障出水重金属指标满足排放要求。优化完成后，酸碱综合废水的悬浮物和重金属去除效率提升，出水各项指标长期稳定达标，整体运行成本也有所下降。

3.4 污泥脱水与污泥含水率控制工程技术设计

电镀生产废水处理过程产生的化学污泥含有多种重金属，污泥含水率直接影响后续转运处置成本与环境风险，是废水处理系统稳定运行的重要环节。原有污泥脱水系统依赖人工调整调质药剂配比，难以适应污泥浓度的动态变化，脱水后污泥整体偏高，不仅增加了每吨污泥的处置费用，还容易在转运过程中发生滴漏，带来环境安全隐患。本次设计针对原有调质系统进行自动化改造，新增污泥浓度在线监测装置，根据实时监测的进泥浓度自动调整石灰与高分子絮凝剂的投加量，始终保证调质效果。同时更换原有板框压滤机的老化滤布，优化进料压榨与保压流程，调整滤板压紧压力参数，保障污泥充分压榨脱水。改造完成后，脱水后污泥含水率可稳定达到规范要求，能满足污泥后续转运处置的入场标准，有效降低了污泥处置整体成本，也避免了高含水率污泥转运过程中的环境风险。

4 优化工程技术方案的中试与运行效果分析

4.1 中试装置搭建与水质监测方案设计

本次优化方案的中试装置依托原有废水处理系统改造预留空间搭建,主体装置按照优化后的工艺路线分段设置,各单元配置独立的流量调节与取样监测口,可灵活调整进水水量、加药量等运行参数,模拟实际生产不同工况下的处理效果。其中进水单元直接连接原调节池出水管路,通过电磁流量计精准控制进水流量,保证进入中试装置的水质水量与实际生产工况一致;各工艺处理单元均按照优化设计的水力参数确定有效容积,配套加装新设计的搅拌装置、加药计量装置与压力控制元件,完全复刻优化方案的工程运行条件。中试监测方案按照全过程连续监测设计,监测指标包含生产废水要求排放的所有污染物项目,同时针对工艺过程设置过程监测节点:在每一级处理单元出水端设置取样口,每日定时取样检测pH值、悬浮物浓度、各重金属浓度,记录加药量、进水流量、水力停留时间等运行参数,监测周期覆盖从设备启动调试到稳定运行的全阶段,通过连续监测获取不同水质进水条件下,优化工艺各阶段的污染物去除数据,为后续工程化应用提供详实可靠的参数支撑。

4.2 不同工况下主要污染物去除效果监测分析

调试阶段完成装置运行稳定性验证后,逐步调整进水水质与运行条件,开展不同工况下的污染物去除效果试验。针对企业日常生产中进水污染物浓度波动的实际特征,分别设置低浓度、中等浓度、高浓度三种不同污染物负荷的进水工况,每种工况连续运行多个运行周期,待装置运行状态稳定后开始正式取样检测,对各工艺单元出口的污染物含量进行逐次测定,明确各单元对不同污染物的去除效率[5]。

监测结果显示,优化后的工艺对各类目标污染物都具备更强的抗冲击负荷能力,进水污染物浓度出现波动时,各单元仍能保持稳定的去除效率,不会因为负荷短期升高而出现去除效果大幅下降的问

题。各单元之间的工艺衔接更为顺畅,前序单元出水水质的稳定性提升,也为后序深度处理单元减轻了处理压力,使得整体工艺的污染物去除效果更有保障。针对企业关注度较高的特征重金属污染物,各工艺阶段的协同去除效果明显优于原有工艺,即便在高负荷进水工况下,最终出水的特征重金属浓度仍能稳定控制在排放标准要求以内。对常规污染物与特征污染物的去除率都达到了设计预期,验证了优化工艺参数的合理性,也反映出改造后的工艺单元可以适配企业生产带来的水质波动。

4.3 优化方案出水稳定性与达标可靠性验证

完成不同工况下污染物去除效果测试后,持续开展长时间连续运行监测,对优化方案的出水稳定性与达标可靠性进行全面验证。整个监测过程严格遵循既定监测方案,覆盖企业完整生产周期,同步跟踪各工艺单元运行状态与出水水质变化情况。监测过程中,原有处理系统在进水水质出现波动时,部分指标容易出现波动甚至不达标的情况,而优化后的处理工艺全程保持稳定运行,未出现异常工况。针对企业原有系统最难稳定达标、环保监管关注度最高的特征污染物,出水浓度始终符合排放标准要求,没有出现一次超标情况。

对监测得到的数据进行整理分析后可以发现,优化后工艺出水中各项污染物浓度的波动幅度更小,系统运行的稳定性明显高于原有工艺,即便遇到企业常规生产带来的水质水量波动,也能够维持稳定的处理效果,保证出水达标。此外,优化方案在保证出水稳定达标的同时,运行过程的药剂消耗与电能消耗也得到合理控制,整体运行成本有所降低,既解决了原有系统出水不达标的痛点,也兼顾了企业的运行经济性,充分验证了优化方案的实际可行性,可为后续工程改造提供可靠依据。

5 结语

本文以某实际运行电镀企业生产废水处理工程为研究对象,针对原有系统水质适应性弱、出水稳定性不足、特征污染物难以稳定达标、运行成本偏高的痛点,开展了分类分质处理工艺的优

化设计与中试验证。研究结果表明,优化后的工艺对水质水量波动的适应能力更强,各项污染物均能稳定满足排放标准,同时运行成本得到合理控制,兼具环境效益与经济效益,可以为同类型电镀企业生产废水处理的提标改造工程提供成熟可靠的技术参考。

参考文献

[1]马若男,余广彬.电镀废水污染物的危害及处理方法[J].皮革

制作与环保科技,2023(02):136-138.

[2]李玥,张泥沙,朱家欢,等.含重金属电镀废水的有效治理方法研究[J].皮革制作与环保科技,2025(17):8-10.

[3]郭虎成,唐小苏.电镀废水处理技术研究进展[J].中国资源综合利用,2024(10):120-122.

[4]陈永彬.电镀废水治理和回用技术探析[J].清洗世界,2025(09):175-177.

[5]石海峰,周佳盼,刘菲菲,等.电镀废水处理技术研究进展[J].中国资源综合利用,2024(07):184-186.

