

包钢冷轧稀油废水生物活性污泥系统运行研究

乔 健

(内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢冷轧板材厂, 内蒙古 包头 014010)

摘 要:随着我国经济快速发展,冷轧钢板产品需求持续增长,稀油废水已成为钢铁企业主要废水类型之一。高效稳定处理含稀油废水对企业环保达标与水资源循环利用至关重要。文章以包钢稀土钢冷轧板材厂稀油废水处理系统为研究对象,基于中和—混凝絮凝—气浮—生物活性污泥组合工艺,通过为期 1 年、700 余次水质化验数据,系统分析各工艺段 COD 去除效果与运行特征。结果表明:絮凝气浮预处理单元 COD 平均去除率达 75.24%,可高效去除易降解有机物;生物系统进一步降解难降解物质,最终外排水 COD 稳定低于 70 mg/L。本研究可为冷轧稀油废水系统稳定运行、工艺优化与运维管控提供数据支撑与实践参考。

关键词:冷轧;废水处理;含稀油废水;生物活性污泥

中图分类号:X703

文献标识码:B

文章编号:1009-5438(2026)03-0084-04

Study on Operations of Bioactive Sludge System for Wastewater Containing Thin Oil in Cold Rolling of Baotou Steel

Qiao Jian

(Cold Rolled Rare Earth Steel Plate Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: With the rapid development of economy in our country, the demand of cold rolled steel plate products is increased continuously and wastewater containing thin oil has become one of the main types of wastewater in iron and steel enterprises. It is crucial for reaching the standard of environmental protection and recycle of water resource in enterprises to efficiently and stably treat the wastewater containing thin oil. In the paper, the removal effect and operating characteristics of chemical oxygen demand (COD) in each process section are systematically analyzed through the data of over 700 water quality tests in one year based on the combination process of neutralization-coagulation flocculation-air flotation-bioactive sludge by taking the treatment system of wastewater containing thin oil in Cold Rolled Rare Earth Steel Plate Plant of Baotou Steel as research object. The results showed that the average removal rate of COD in pretreatment unit of flocculation-air flotation could reach 75.24% so that degradable organics could be efficiently removed; recalcitrant wastewater was further degraded with biological system and the COD of final effluent was stably lower than 70 mg/L. The study could provide data supports and practical references for stable operations, process optimization as well as operation and maintenance control of system of wastewater containing thin oil in cold rolling.

Key words: cold rolling; wastewater treatment; wastewater containing thin oil; bioactive sludge

1 概况

1.1 研究背景

包钢稀土钢冷轧板材厂(以下简称:冷轧厂)设有酸洗、酸轧、连续退火、镀锌等生产线,各工序排放废水水质、水量波动较大,主要包括酸性废水、镀锌废水、平整液废水、乳化液废水及含稀油废水。原稀油废水处理系统^[1]运行中存在药剂投加不均匀、絮凝效果差、活性污泥培养困难、出水水质不稳定、化学需氧量(COD)超标等问题,严重影响系统稳定运行与达标排放,需开展系统运行分析与工艺优化研究。

各产线所排放的稀油废水成分复杂,导致废水处理前期存在药剂投加量不均匀、絮凝效果差、生物活性污泥培养困难、排放水质指标不稳定等主要问题,从而需要着重研究冷轧废水处理系统的工艺运行状况,以便指导和优化生产运行。

1.2 研究意义

稀油废水成分复杂、负荷波动大,现场对各工艺段处理效能、污泥活性变化规律及调控措施缺乏量化依据,易出现污泥大量死亡、出水超标等现象。本

文通过长期连续水质监测与统计分析,明确各单元去除贡献与关键控制参数,为系统稳定运行、负荷管控、药剂优化与故障处置提供科学依据,对提升冷轧稀油废水处理效率与稳定性具有重要工程价值。

1.3 研究内容

- (1)梳理稀油废水处理工艺流程与控制要点;
- (2)监测分析原水、气浮出水、外排水 COD 变化特征;
- (3)量化絮凝气浮^[2]单元 COD 去除量与去除率;
- (4)评价预处理与生物处理单元,协同去除效果;
- (5)提出系统稳定运行控制策略与优化方向。

1.4 处理工艺与水质指标

1.4.1 工艺流程

稀油废水、平整液废水^[3]、预处理后乳化液废水及地坑排水汇入调节池,依次经 pH 调节→混凝→絮凝→溶气气浮→水解酸化^[4]→生物催化氧化→澄清→过滤后达标外排;污泥经浓缩脱水后处置,见图 1。

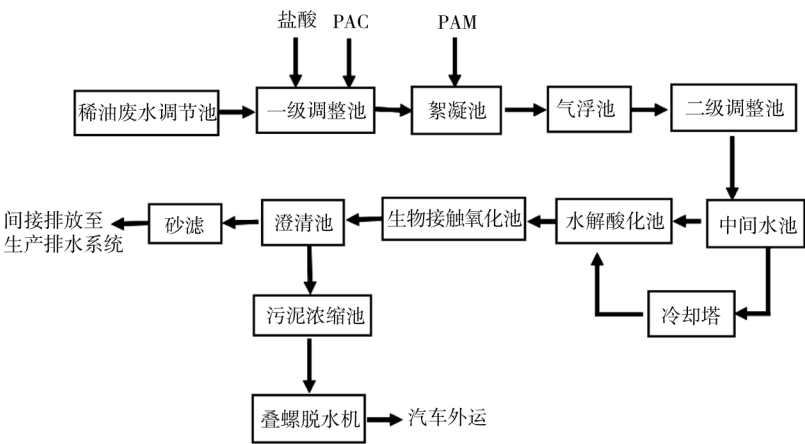


图 1 稀油废水处理工艺流程图

1.4.2 设计规模与原水水质

- 设计处理水量: $Q = 100 \text{ m}^3/\text{h}$
- 稀油废水:含油量 $100 \sim 1\,000 \text{ mg/L}$, COD $1\,000 \sim 3\,000 \text{ mg/L}$
- 乳化液废水:含油量 $1 \sim 15 \text{ g/L}$, COD $1\,800 \sim 20\,000 \text{ mg/L}$

2 稀油废水系统运行研究

2.1 预处理系统运行控制

2.1.1 PH 调节

原水 pH 值为 $8 \sim 13$,投加盐酸调节至 $6.5 \sim 8.5$,满足后续混凝絮凝最佳 pH 区间。

2.1.2 混凝

投加聚合氯化铝(PAC),快速搅拌使胶体脱稳,形成微小絮体。

2.1.3 絮凝

投加阳离子型聚丙烯酰胺(PAM),使微絮体聚集形成大颗粒矾花,改善沉降与上浮性能。

2.1.4 溶气气浮

溶气水经释放器产生微细气泡,黏附矾花上浮实现固液分离,大幅降低 COD 与油类负荷,保护后续生物系统。

2.2 生物处理系统原理

活性污泥法是好氧生物处理核心工艺,污泥呈黄褐色絮绒状,由细菌、真菌、原生动物、后生动物等构成微生物群落。原生动物为系统指示生物,水质稳定优良时出现轮虫等后生动物。系统通过微生物吸附、降解作用去除有机物,使出水满足排放标准。

2.3 实验方案与方法

2.3.1 实验目的

量化各工艺段 COD 去除效率,明确预处理与生物系统贡献,建立运行控制体系。

2.3.2 实验周期与频次

周期:2024 年 6 月 1 日至 2025 年 5 月 22 日,共计 169 天

总化验频次:700 余次,有效统计样本 39 组

2.3.3 监测点位

原水(总进水);厌氧入口(气浮出水);外排水(最终出水)。

2.3.4 检测方法

COD 测定:重铬酸钾消解-光度快速法,依据 GB 11914—1989《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》。

2.4 絮凝气浮单元数据分析

2.4.1 数据统计

对 39 组有效样本进行统计,原水 COD、厌氧入口 COD、絮凝气浮去除量及去除率见表 1。

2.4.2 结果分析

根据表 1 中数据,绘制原水 COD 含量曲线并进行分析,见图 2。

根据表 1,绘制稀油废水絮凝气浮 COD 去除量曲线和絮凝气浮 COD 去除率曲线进行分析,分别见图 3 和图 4。

(1) 原水 COD: 640 ~ 3 320 mg/L, 平均 1 889 mg/L,波动显著,体现废水复杂性;

(2) 去除量:335 ~ 3 028 mg/L,平均 1 481 mg/L;

(3) 去除率:50.1% ~ 91.2%,平均 75.24% ;

(4) 气浮出水 COD 平均约 468 mg/L,仍高于排放标准(<70 mg/L),必须经生物系统深度处理。

数据表明:絮凝气浮可去除约 75.2% 易降解有机物,剩余约 24.8% 为难降解有机物,需依靠生物系统进一步降解。

表 1 稀油废水来水水质和厌氧入口水质 COD 化验结果

序号	原水 /(mg · L ⁻¹)	厌氧入口 /(mg · L ⁻¹)	絮凝气浮 去除量 /(mg · L ⁻¹)	絮凝气浮 去除率/%
1	1 622	430	1 192	73.5
2	2 082	496	1 586	76.2
3	2 770	315	2 455	88.6
4	1 090	370	720	66.1
5	1 358	445	913	67.2
6	1 201	247	954	79.4
7	1 790	454	1 336	74.6
8	1 356	491	865	63.8
9	1 862	567	1 295	69.5
10	2 073	320	1 753	84.6
11	1 594	416	1 178	73.9
12	1 140	322	818	71.8
13	2 202	406	1 796	81.6
14	1 605	435	1 170	72.9
15	731	365	366	50.1
16	2 106	352	1 754	83.3
17	1 268	369	899	70.9
18	2 489	675	1 814	72.9
19	2 408	301	2 107	87.5
20	1 454	339	1 115	76.7
21	640	305	335	52.3
22	2 154	433	1 721	79.9
23	3 320	292	3 028	91.2
24	2 092	442	1 650	78.9
25	3 030	432	2 598	85.7
26	1 276	416	860	67.4
27	3 228	382	2 846	88.2
28	2 780	520	2 260	81.3
29	1 568	400	1 168	74.5
30	1 050	291	759	72.3
31	1 032	486	546	52.9
32	1 340	302	1 038	77.5
33	1 464	486	978	66.8
34	2 222	395	1 827	82.2
35	2 886	346	2 540	88.0
36	2 062	522	1 540	74.7
37	3 288	482	2 806	85.3
38	1 200	385	815	67.9
39	2 856	498	2 358	82.6
平均值	1 889			75.24

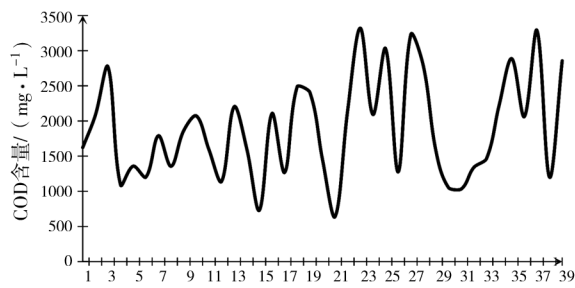


图 2 原水 COD 含量曲线

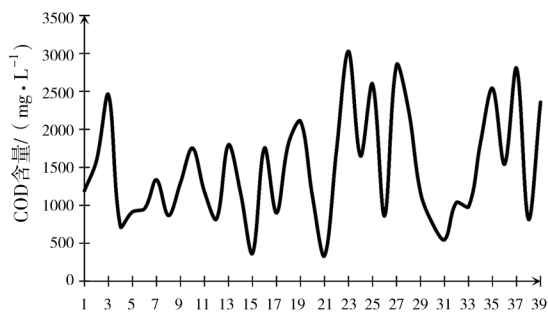


图 3 絮凝气浮 COD 去除量曲线

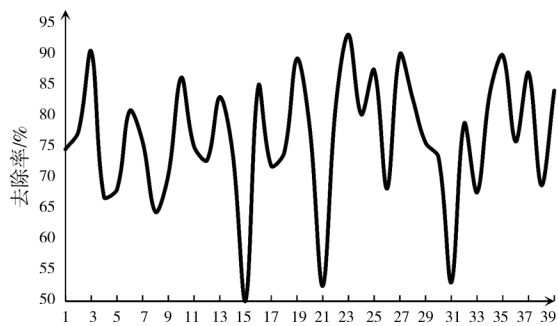


图 4 絮凝气浮 COD 去除率曲线

2.4.3 实验小结

絮凝、混凝、气浮系统构成高效预处理屏障, COD 平均去除率达 75.24%, 大幅削减有机负荷, 避免高浓度有机物与油类冲击生物系统, 是保障活性污泥稳定运行的关键单元。

3 结论

(1) 包钢冷轧稀油废水原水 COD 波动大 (640 ~ 3 320 mg/L, 平均值为 1 889 mg/L), 成分复杂、负荷冲击性强, 稳定预处理与生物处理过程是达标关键环节。

(2) 絮凝气浮预处理单元 COD 平均去除率 75.24%, 高效去除易降解有机物, 显著降低系统负荷, 保护后续活性污泥系统。

(3) 采用中和 + 混凝絮凝 + 气浮 + 生物活性污泥的组合工艺, 可实现 COD 深度降解, 外排水 COD 稳定在小于 70 mg/L, 满足排放标准。

(4) 各工艺段协同高效运行是系统稳定的核心: 预处理控负荷、生物系统深降解、沉淀过滤保水质, 缺一不可。

(5) 后续应进一步研究负荷冲击、污泥浓度、溶解氧、药剂投加等对处理效果的影响, 持续优化运行参数。

参 考 文 献

[1] 李蓉. 冷轧废水处理站工艺介绍[J]. 冶金标准化与质量, 2005, 11(3): 65 - 67.
[2] 连立伟. 稀土钢冷轧含油废水处理工艺运行研究[D]. 内蒙古科技大学, 2017.
[3] 桂学林. 宝钢五冷轧废水处理运行现状分析及其改进方案研究[D]. 武汉理工大学, 2011.
[4] 尹军喜. 排至自然水体的冷轧废水处理工艺应用[J]. 冶金动力, 2014(12): 3 - 4.