

医疗器械生产废水处理工程设计

郑杭¹ 董菲菲²

1. 身份证号: 330106199108093319

2. 身份证号: 610622199112241825

摘要: 某医疗器械公司在生产过程中, 产生酸洗磷化废水和阳极氧化后的清洗废水, 废水量 60t/d, 设计采用两级混凝沉淀+A/O(兼氧好氧)的组合工艺对废水进行处理并进行工程实践。经检测, 废水在经过处理后出水水质良好, 稳定达到 GB21900—2008《电镀污染物排放标准》中新建企业水污染物排放限值要求, 对同类型生产企业废水的处理, 提供一定借鉴意义。

关键词: 酸洗磷化废水; 两级混凝沉淀; A/O

Design and Engineering Practice of Wastewater Treatment in Medical Device Production

Hang Zheng¹ Feifei Dong²

1. ID number: 330106199108093319

2. ID number: 610622199112241825

Abstract: In the production process of a medical device company, it produces pickling phosphate wastewater and cleaning wastewater after anodic oxidation. The wastewater volume is 60t/d. The design adopts a two-stage coagulation precipitation + A/O (facultative aerobic) combined process. Waste water treatment and engineering practice. After testing, the treated wastewater has good effluent quality, and it stably meets the water pollutant emission limit requirements of newly-built enterprises in the *Electroplating Pollutant Discharge Standard* (GB21900-2008). It provides a certain reference for the treatment of wastewater from similar production enterprises.

Keywords: acid pickling and phosphating wastewater; two stage coagulation sedimentation; A/O

0 前言

医疗器械在生产过程当中会产生一定量的废水, 废水主要包含阳极氧化清洗废水和酸洗磷化废水。清洗废水来源于金属制件表面阳极氧化后的清洗, 废水呈酸性且含有一定量有机物, 酸洗磷化废水来源于电抛光、研磨清洗等工段, 废水成分复杂, 含磷酸盐、重金属及其他化学物质。目前, 中国主要通过物化+生化的组合工艺处理医疗器械产生的综合废水。论文从该医疗器械生产废水的进水水质水量进行分析, 介绍了适用此类废水的各阶段工艺设计以及构筑物设计, 得出工艺运行成本, 为处理同类型废水提供理论支持和数据参考。

1 工程概况

浙江某医疗科技有限公司主要生产植入材料和人体器官等医疗器械, 生产工艺主要包括脱油除脂、酸洗磷化、阳极氧化、清洗等。现该公司在生产加工过程中产生酸洗磷化废水和阳极氧化后清洗废水^[1-3], 废水需经处理达标方可外排, 废水总产生量为 60m³/d, 设计对酸洗磷化废水和阳极氧化废水进行混合处理。

①酸洗磷化废水主要在电抛光、研磨、钝化、清洗等

工艺段中产生, 除含有大量的磷酸盐、酸碱物质及有机物外, 有时还含有一定量的镍离子、六价铬离子等重金属和表面活性剂等污染物, 成分复杂, 处理难度较大。

②阳极氧化废水则来自氧化薄膜生成部分, 物化该医疗器械公司主要采用钛合金作为加工件, 在含氢氟酸等多种酸的电解液里面进行电解, 在钛制件的表面形成氧化膜, 对钛制件进行了清洗烘干, 产生了清洗废水, 该废水含有一定的有机物及酸性物质。

设计采用两级混凝沉淀+A/O(兼氧好氧)的组合工艺对废水进行处理, 处理后水质达到 GB21900—2008《电镀污染物排放标准》表 2 中新建企业水污染物排放限值要求。

2 工艺流程设计

2.1 设计规模

本次设计废水处理站设计规模按照 60m³/d 计。

2.2 设计进出水水质

废水设计进水水质参照该公司环评报告, 详见表 1, 设计出水水质根据 GB21900—2008《电镀污染物排放标准》表 2 中新建企业水污染物排放限值要求, 其中 COD_{Cr} ≤ 150mg/L 控制, 详见表 2。

表 1 废水水质

废水名称	pH 值	COD _{Cr} (mg/L)	总铬 (mg/L)	六价铬 (mg/L)	总镍 (mg/L)	悬浮物 (mg/L)	石油类 (mg/L)	总磷 (mg/L)	氨氮 (mg/L)
综合废水	4~6	800	2	0.2	1.0	100	10	10	20

表 2 设计出水水质

指标	pH 值	COD _{Cr} (mg/L)	总铬 (mg/L)	六价铬 (mg/L)	总镍 (mg/L)	悬浮物 (mg/L)	石油类 (mg/L)	总磷 (mg/L)	氨氮 (mg/L)
浓度	6~9	≤ 150	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 50	≤ 3.0	≤ 1.0	≤ 15

3 处理工艺

3.1 废水处理工艺选择

综合废水中主要污染物质为 COD、总磷及少量重金属物质，针对此类金属表面处理废水，多采用物化和生化处理技术等组合工艺^[4]。

物化法主要考虑选择采用混凝气浮或混凝沉淀，根据我司对同类型废水的处理经验，设计选择混凝沉淀法，生化工艺选择 A/O 兼氧好氧处理，在降解 COD 的同时，兼具脱氮效果，因设计采用“两级混凝沉淀+A/O”的组合工艺连续处理。

一级混凝沉淀中，将废水调节 pH 调至 9~10，随后投加混凝剂，在凝聚阶段，水中的胶体双电层被压缩失去稳定而形成较小微粒，加入助凝剂后，这些微粒在高分子物质的吸附桥架作用下，形成大颗粒絮体，水中悬浮物、杂质及细菌在此过程中被聚合、吸附，通过沉淀将污染物质去除^[5,6]。

二级混凝沉淀中，将废水 pH 调节至 10~11，加入钙盐，利用钙离子与磷酸根等阴离子反应产生沉淀，随后加入助凝剂，使水中小颗粒沉淀絮凝成为大块絮凝体，随后通过沉淀作用，将絮凝体去除的同时降低了水中有机物含量。

A/O 法是改进的活性污泥法，将前段缺氧段和后段好氧段串联在一起，废水依次进入 A 池和 O 池，进行有机物降解，同时在 O 池硝化液回流至 A 池，二沉池污泥回流至 A 池，进行脱氮除磷。

3.2 废水处理工艺流程

废水处理站废水处理工艺流程如图 1 所示。

工艺流程说明：生产车间各股废水经管道收集进入格栅调节池进行水质均匀，在调节池内停留 14h，后用泵打入一级混凝沉淀池，将废水 pH 调至 9~10 后，投加 PAC、PAM 进行混凝反应，一级混凝沉淀池表面负荷为 $1\text{m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ ，在池内充分沉淀去除重金属等污染物。一级混凝沉淀出水进入二级混凝沉淀池，通过加 NaOH 调节 pH 值至 10~11，并依次投加 CaCl_2 、PAM，促使钙离子与磷酸根反应生成絮凝物再通过沉淀作用去除磷酸盐，二级混凝沉淀池表面负荷为 $1\text{m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ 。最后加硫酸回调 pH 值至 7 左右进入中间水池，废水在中间水池停留 16h 后，用泵提升进入生化处理系统，生化处理系统采用 A/O 兼氧好氧处理工艺，在该系统内停留 32h 对污染物进行生物降解，出水流

入二沉池进行泥水分离，二沉池表面负荷为 $0.5\text{m}^3 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ ，上清液进入标准计量井，在计量后达标外排。

沉淀池产生的物化污泥和生化池的剩余污泥进入污泥池后通过板框压滤脱水，干泥外运安全处置。

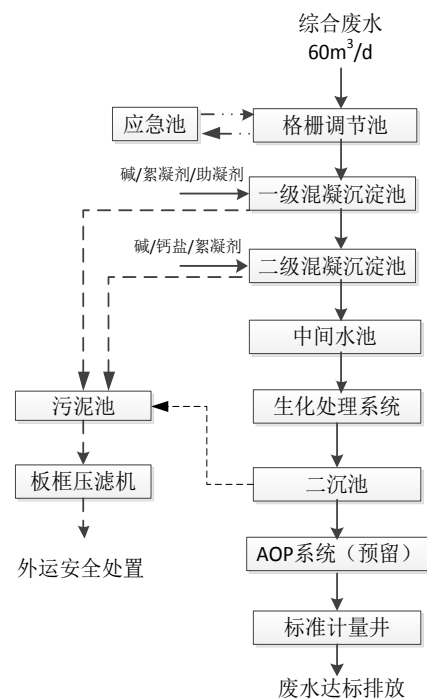


图 1 废水处理站废水处理工艺流程

4 主要构筑物及设计参数

①调节池设置。1 座，为地上钢结构，有效容积为 30m^3 ，HRT 为 15h，池内设细格栅一套，格栅间隙为 3mm，浮球液位计一套，通过调节池液位控制泵的启停，在池内设置 EC 计，同时在出口设置 DN40 电磁流量计，废水提升泵流量为 $8\text{m}^3/\text{h}$ 。
 ②一级混凝沉淀池，二级混凝沉淀池。各 1 座，沉淀池形式为竖流式钢结构沉淀池，一级混凝沉淀池中投加碱、PAC 和 PAM，加药后各自搅拌反应时间 10min 进行沉淀，沉淀后加入 H_2SO_4 回调 pH 值，一级混凝沉淀池表面负荷为 $1\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ；二级混凝沉淀池中投加碱、钙盐和 PAM，加药后各自搅拌反应 10min 后进行沉淀，二级混凝沉淀池表面负荷为 $1\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。在一、二级沉淀池中分别设置三套功率 0.55kW 的搅拌机，用于加药后的搅拌；分别设置两套在线

pH 计, 便于实时观测废水的 pH 值; 分别设置一台 DN80 电动排泥阀, 用于实现自动化排泥; 为一、二级混凝沉淀池配置 5 套加药系统, 分别为 NaOH、PAC、PAM、钙盐和 H₂SO₄, 5 个容积为 1m³ 的 PP 桶, 5 套 0.37kW 的搅拌机, 5 套流量为 100L/h 的计量泵。③中间水池。1 座, 地上钢结构, 有效容积为 45m³, HRT 为 18h, 池内设置浮球液位计一套, 通过调节池液位控制泵的启停, 出口设置 DN32 电磁流量计, 废水提升泵流量为 5m³/h。④ A/O 生物反应池。1 座, 地上钢结构, 有效容积为 80m³, HRT 为 32h, 池内设置 Φ150 填料 60m³, 用于附着生物污泥, 在 A 池设置 1 套 Φ32 穿孔曝气管, 用于兼氧池曝气, 在 O 池设置 Φ215 微孔曝气器 40 套, 用于好氧池曝气, 配置流量 Q=1.5m³/min, 压力 P=34.3kPa, 功率 N=2.2kW 的鼓风机两台, 一用一备, 用于向 A/O 生物反应池进行曝气。⑤二沉池。1 座地上钢结构, 表面负荷为 0.5m³/m²·h, 二沉池功能为进行泥水分离, 在底部配置两台 5m³/h 的污泥回流泵, 用于污泥回流及排放剩余污泥。⑥应急池。1 座, 地上钢结构, 有效容积为 45m³, 池内设细格栅一套, 格栅间隙为 3mm, 浮球液位计一套, 通过液位控制泵的启停, 提升泵流量为 8m³/h。⑦污泥池。1 座, 地上钢结构, 有效容积为 12m³, 污泥池配套气动隔膜泵 3m³/h

和空压机, 以及板框压滤机, 压滤机过滤面积 20m², 功率为 1.5kW。

5 工程设计特点

①废水设计两级物化处理, 一级物化中投加碱、PAC、PAM, 二级物化投加碱、钙盐、PAM, 通过调节废水至最佳反应 pH, 去除废水中 COD、总磷, 高效率去除污染物, 二级沉淀后回调 pH 至 7~9, 利于后续生化处理。②废水处理站设置应急池, 当发生生产事故导致生产原料或高浓度废水泄漏时, 可调节阀门使事故废水进入应急池, 后续分批对应急池废水进行处理, 避免因进入废水处理站废水污染物浓度过高导致出水超标, 降低环保风险。③废水处理站构筑物全部采用钢制池体, 解决了现场无开挖条件的难题, 同时, 使用钢制池体极大增加废水处理站美观度。④设置把关工艺, 当废水水质出现波动导致出水超标时, 可利用 AOP 系统降低废水中污染物含量, 保证废水稳定达标。

6 工程运行效果

该项目完成设备安装及调试, 运行稳定后进行验收, 污水排放口检测结果见表 3。

表 3 排放口水质检测结果

名称	pH 值	CODcr (mg/L)	总铬 (mg/L)	六价铬 (mg/L)	总镍 (mg/L)	悬浮物 (mg/L)	石油类 (mg/L)	总磷 (mg/L)	氨氮 (mg/L)
检测结果 1	7.14	96	< 0.01	< 0.004	0.03	20	0.4	0.523	8.61
检测结果 2	7.56	85	< 0.01	< 0.004	0.02	18	0.3	0.421	7.59
检测结果 3	7.50	78	< 0.01	< 0.004	0.03	17	0.3	0.650	8.85
检测结果 4	7.60	95	< 0.01	< 0.004	0.04	22	0.5	0.325	7.20
检测结果 5	7.62	88	< 0.01	< 0.004	0.01	15	0.2	0.742	6.28
排放限值	6~9	≤ 150	≤ 1.0	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 50	≤ 3.0	≤ 1.0	≤ 15

上表为设备连续运行调试一个月后, 连续 5 天出水数据。从表中可知, 出水已稳定达到 GB21900—2008《电镀污染物排放标准》中新建企业水污染物排放限值要求。

7 投资及运行成本

本工程概算总投资为 100 万, 废水处理站运行成本为 8.32 元 / 吨。

8 结语

①两级物化系统可有效降低废水中 COD 和总磷含量, 在生化前去除大部分污染物, 后续利用 A/O 好氧兼氧工艺, 可保证废水出水稳定达标, 主要污染物 COD 出水指标控制在 150mg/L 以内。②废水处理站设计应急池, 避免了生产事故高浓度废水对废水站产生的冲击, 增加了对生化池中活性污泥的保护, 规避了废水超标排放的风险, 降低了企业环保风险。③废水处理构筑物使用钢制池体, 极大提升了废水站美观度, 减短了施工周期, 帮助企业解决了现场用地紧张和投入使用紧迫的难题。④设置 AOP 把关工艺, 保证了废

水处理站进水水质在波动较大时, 出水仍可稳定达标。

参考文献:

- [1] 郝岑, 闫凯丽, 张雍, 等. 有机膨润土的制备和应用研究[J]. 塑料科技, 2015, 43(12): 54-61.
- [2] 虞峰. 厌氧-兼氧-好氧处理有机膨润土生产废水[J]. 中国科技信息, 2008(8): 17-18.
- [3] 祝海平, 邹伟伟. 有机膨润土生产废水回收利用技术浅析[J]. 现代盐化工, 2021, 48(3): 13-14.
- [4] 李瑞峰, 于守政, 李治刚. 双膜法在污水再生处理中的应用及运行维护[J]. 工业用水与废水, 2020, 51(5): 65-68.
- [5] 徐小峰, 陈德超, 唐国平, 等. 印染废水处理回用工程实例[J]. 水处理技术, 2019, 45(3): 65-68.
- [6] 汪开明, 冯海波, 徐凯杰. 双膜法在印染废水深度处理中的应用[J]. 水处理技术, 2013, 39(8): 124-126.

作者简介: 郑杭(1991-), 男, 中国浙江杭州人, 本科, 从事污水处理设计研究。