

浙江某电泳废水处理改扩建工程设计

葛 珉¹, 蒋胜韬^{2,3}, 王子波¹, 管玉江², 祝建中³

(1. 扬州大学 环境科学与工程学院, 江苏 扬州 225127; 2. 台州学院 浙江省植物进化生态学
与保护重点实验室, 浙江 台州 318000; 3. 河海大学环境学院 浅水湖泊综合治理与资源开发
教育部重点实验室, 江苏 南京 210098)

摘 要: 浙江某电泳厂采用预处理/水解酸化/混凝沉淀/絮凝生化法组合工艺处理电泳废水, 控制适宜的 pH 值, 实现了对磷酸盐、有机污染物的有效去除。该工程改扩建后, 废水处理量达到 100 m³/d, 出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996) 的三级标准。

关键词: 电泳废水; 混凝沉淀; 絮凝生化法

中图分类号: TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)06-0111-05

Design of an Electrophoresis Wastewater Treatment Reconstruction and Expansion Project in Zhejiang Province

GE Min¹, JIANG Sheng-tao^{2,3}, WANG Zi-bo¹, GUAN Yu-jiang², ZHU Jian-zhong³

(1. College of Environmental Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225127, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Plant Evolutionary Ecology and Conservation, Taizhou University, Taizhou 318000, China; 3. Key Laboratory for Integrated Regulation and Resource Development on Shallow Lake of Ministry of Education, College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: Electrophoresis wastewater from an electrophoresis enterprises in Zhejiang Province was treated by a combined process including pretreatment/hydrolysis acidification/coagulation and sedimentation/flocculation and biological treatment. Phosphate and organic pollutants were effectively removed by controlling appropriate pH value. After the reconstruction and expansion of the project, the wastewater treatment capacity was increased to 100 m³/d, and effluent quality met the third level criteria specified in the *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978 - 1996).

Key words: electrophoresis wastewater; coagulation and sedimentation; flocculation and biological treatment

电泳工艺是一种在金属表面进行加工处理的常见工艺, 这种技术在机械加工、车辆、电子五金及建筑材料等方面得到了推广和应用^[1]。在电泳涂装过程中, 被涂件需要经过大量的水冲洗, 以除掉附在

工件上的浮漆、沉渣, 冲洗后的水被称为电泳废水, 含有环氧树脂、漆料、植物油脂、有机溶剂、颜料以及少量重金属离子等有害化学物质^[2~4]。

某电泳有限公司年电泳 10 万套摩托车、电瓶车

车架。该厂原有一套电泳废水处理设施,现在该厂扩大生产,拟新增年电泳 10 万套摩托车、电瓶车车架的电泳生产线,而原有废水处理设施已不能满足处理的要求,因此该厂决定对废水处理设施进行改扩建。

1 废水的水质和设计水量

1.1 废水水质

据现场调研及取样分析,该厂所排放的生产废

水主要为磷化废水、脱脂废水和电泳废水,主要污染指标为总磷、BOD₅、COD、SS、油类等。根据取样分析及类比多个同类型项目废水水质,确定该厂废水水质,并作为设计进水水质。根据当地环境保护局的要求,废水经处理后须达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)三级标准后再排入市政管网。

设计进、出水水质如表 1 所示。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项 目	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	pH 值	总磷/ (mg · L ⁻¹)	氨氮/ (mg · L ⁻¹)	石油类/ (mg · L ⁻¹)
磷化废水	1 000	200	120	3 ~ 5	120		
脱脂废水	500	100	150	6 ~ 9	—		
电泳废水	12 000	2 000	100	5 ~ 6	250		
排放标准	500	300	400	6 ~ 9	8.0	35	20

注: 三级标准中氨氮、总磷参考浙江省《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887—2013)执行。

1.2 废水水量

根据建设单位提供的相关资料,废水主要来源于涂装工艺产生的磷化废水、脱脂废水以及电泳过程中产生的电泳废水。磷化废水设计处理量为 75 m³/d,脱脂废水设计处理量为 15 m³/d,电泳废水设计处理量为 10 m³/d。总计处理水量为 100 m³/d。电泳废水虽然水量小,但是污染物浓度高,同时也是该公司最难处理的废水。

2 工程改扩建设计

2.1 改扩建前存在的问题

原来工厂只有电泳废水,在开发黑磷化工艺后,原有系统实际处理水量不能满足现有废水处理水量的要求,故需改扩建污水处理设施。原系统存在以下问题:

① 预处理设施不健全。进水口处流入调节池主渠道上未设置格栅;缺少水质、水量均衡措施,出水浮渣、悬浮物和油脂含量高。

② 调节池设计不合理。原有调节池有效容积偏小,不能对车间排放的废水有效地实现酸碱调节、水质调节,致使生化系统内微生物生长受到很大冲击,无法实现废水处理站的稳定运行。

③ 废水中磷排放量过高。黑磷化工艺开发以后,还未配备相应的磷化废水除磷设施,导致磷排放超标。

④ SBR 反应池的曝气系统采用射流曝气装

置,存在曝气不均匀和氧利用率低的问题,出水水质达不到设计排放标准。现有生化池内填料腐烂严重,采用的生物接触氧化法每 2 ~ 3 年更换一次填料,维修费用很高,劳动强度很大,同时更换填料需停产 20 ~ 30 天,否则污水外排造成严重污染。改扩建前电泳废水工艺流程:电泳废水→调节池→沉淀池→生化池→清水池。

2.2 工程改扩建

针对现有废水处理站存在的问题,改扩建工程需强化预处理,升级调节池,新建混凝池和絮凝池,调整污泥处理工艺。

① 强化预处理。预处理对水中油脂、浮渣、悬浮物的去除是工程的关键。生产废水进入调节池前安装格栅、栅网,去除大的漂浮物及一些杂物,以保证后续处理设施的正常运行;脱脂废水进入隔油池,通过人工定期清油方式去除绝大部分油类物质,降低油污对后续生化系统的影响^[5]。

② 升级调节池。调节池中安装曝气管,定期开启搅拌使废水均质、均量。新增酸碱加药装置和 pH 值控制,车间排放废水中含一定的重金属及磷酸盐,因此必须先去除重金属,以减少重金属对后续生化系统微生物的影响。磷酸盐属排放监控指标之一,故在 pH 调整池中投加碱液及石灰乳,在碱性条件下使离子态重金属(Mⁿ⁺)生成氢氧化物[M(OH)_n]颗粒物。磷酸盐(PO₄³⁻)通过与 Ca²⁺生成磷酸钙[Ca₃(PO₄)₂]沉淀物。将预处理后的脱脂

废水、电泳废水、磷化废水统一汇集至中间水池,通过加酸调整 pH 值至中性,再用泵统一抽至“酸化水解+活性污泥”生化处理池^[6]。

③ 新建混凝池和絮凝池。通过投加 PAC、PAM,使 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 悬浮颗粒物絮体聚集变大,充分反应后废水自流进入斜管沉淀池进行固液分离。沉淀出水进入中间水池,投加酸液调节 pH 值至中性,保证后续生化系统正常运行。本工程拟采用先投加石灰乳或钙盐,通过物化方法先去除绝大部分的磷,物化出水后再进入生化系统,通过生化法进一步去除剩余的磷,同时可去除有机物^[7~9]。

④ 调整污泥处理工艺。在原有 SBR 池的基

础上增加预反应区,将 SBR 池升级为 CASS 池,强化生物处理效果和除磷效果。另外,将射流曝气装置更换为鼓风曝气供氧,氧利用率高、动力费用较小、安装施工及维修方便,鼓风曝气比射流曝气更能达到对活性污泥池内混合液的搅拌作用,有利于污染物的去除。在活性污泥池出水区设置加药反应池,并在此池内投加生物絮凝剂,池内设有搅拌气管,使废水与药剂充分混合。物化沉淀污泥及生化剩余污泥流入污泥池,经板框压滤机压滤过后泥饼交由有资质的公司进行最终处理处置,滤液返回磷化废水调节池^[10]。

改扩建工程工艺流程见图 1。

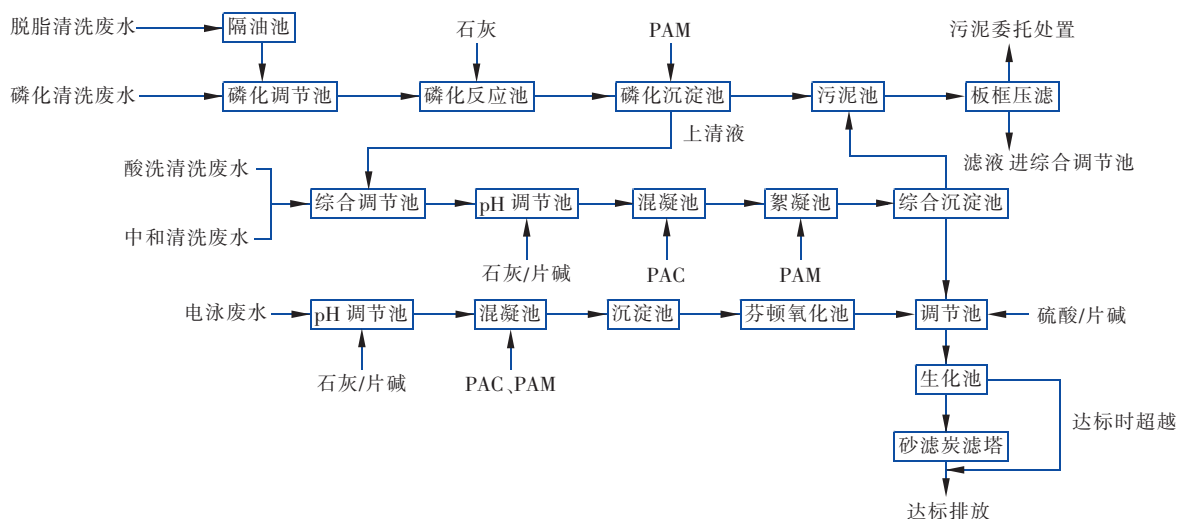


图 1 改造后的废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of upgrading wastewater treatment process

3 主要构筑物及设备

① 隔油池(新建)

隔油池 1 座,地下钢混结构,尺寸为 $5.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,有效容积为 15 m^3 ;其设计处理能力为 $15 \text{ m}^3/\text{d}$,水力停留时间为 24 h。

② 磷化调节池(原有改造)

利用原有调节池,尺寸为 $3.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,地下式钢混结构,设计处理能力为 $75 \text{ m}^3/\text{d}$ 。调节池内安装 2 台污水提升泵,功率为 0.55 kW,一用一备,将池内污水提升进入水解酸化池。

③ pH 调节池(新建)

共设 3 座。单池尺寸为 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,地上式钢混结构,有效容积为 2.8 m^3 ,反应时间为 27 min。配套设备有 pH 计、石灰乳加药管、穿孔曝气系统。

④ 磷化反应池(新建)

尺寸为 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,地上式钢混结构,有效容积为 2.8 m^3 ,停留时间为 27 min。配套设备有石灰乳加药管、穿孔曝气系统。

⑤ 混凝反应池(新建)

共设 2 座,单池尺寸为 $1.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,地上式钢混结构,有效容积为 2.8 m^3 ,停留时间为 27 min。配套设备有 PAC、PAM 加药管和穿孔曝气系统。

⑥ 斜管沉淀池(新建)

共设 2 座,单池尺寸为 $2.5 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,地上式钢混结构,表面负荷为 $1.25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,内置 5 m^3 的 $\text{Ø}80 \text{ mm}$ 蜂窝斜管填料。

⑦ 电泳废水调节池(原有改造)

尺寸为 $3.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$,地下钢混结构,

$Q=25\text{ m}^3/\text{d}$ 。配套设备有1套液位控制器,2台污水提升泵,泵流量为 $4\text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 150 kPa 、功率为 0.55 kW ,一用一备。

⑧ Fenton 反应槽(新建)

平面尺寸为 $1.92\text{ m}\times 2.05\text{ m}$,停留时间为 2.5 h ,一次成型PE桶结构。配套设备有pH计、ORP计、亚铁及双氧水加药管、穿孔曝气系统。

⑨ 中间水池(新建)

尺寸为 $5.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}\times 3.0\text{ m}$,地下式钢混结构,有效容积为 50 m^3 。配套设备有1套液位控制器、2台污水提升泵(泵流量为 $6\text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为 130 kPa 、功率为 0.55 kW ,1用1备)以及pH计、硫酸加药管、穿孔曝气系统。

⑩ 酸化水解池(新建)

尺寸为 $3.0\text{ m}\times 2.5\text{ m}\times 3.0\text{ m}$,地下式钢混结构,内设弹性立体填料,有效容积为 20 m^3 ,水力停留时间为 5.0 h 。配套设备有钢制 $\varnothing 800\text{ mm}\times 1\,000\text{ mm}$ 脉冲罐1个, $\varnothing 65\text{ mm}\sim\varnothing 90\text{ mm}$ 脉冲管。

⑪ 活性污泥池(新建)

尺寸为 $3.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}$,有效容积为 24.5 m^3 ,气水比为 $12:1$,停留时间为 5.8 h 。配套设备有微孔曝气头30个、曝气管、低噪音转鼓式风机2台(1用1备)。

⑫ 生化沉淀池(新建)

采用斜管沉淀池,尺寸为 $3.0\text{ m}\times 2.5\text{ m}\times 3.0\text{ m}$,地下式钢混结构,表面负荷为 $0.56\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,配套设备有 $\varnothing 80\text{ mm}$ 蜂窝斜管填料及支架,污水回流泵2台($Q=6\text{ m}^3/\text{h}$, $H=130\text{ kPa}$,功率为 0.55 kW ,1用1备)。

⑬ 清水池(新建)

尺寸为 $2.0\text{ m}\times 2.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}$,地下式钢混结构,有效容积为 7.7 m^3 ,停留时间为 1.8 h 。配套设备为PVC穿孔曝气管。

⑭ 石灰乳配药系统(新建)

平面尺寸为 $1.17\text{ m}\times 1.35\text{ m}$,一次成型PE桶结构,有效容积为 1 m^3 。配套设备有PVC曝气管、抽药用离心泵2台(流量为 $0.9\text{ m}^3/\text{h}$, $H=90\text{ kPa}$, $N=0.18\text{ kW}$)。

⑮ 压泥系统(新建)

尺寸为 $3.0\text{ m}\times 2.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}$,地下式钢混结构,有效容积为 12 m^3 。配套设备有1台板框压滤机(压滤面积为 40 m^2),1台铝合金材质的污泥隔膜

泵,1台螺杆式空压机($Q=0.16\text{ m}^3/\text{min}$, $H=0.8\text{ MPa}$, $N=2\text{ kW}$)。

4 工程调试与运行

该工程于2016年9月完工调试,调试后检测结果显示,对总磷、 BOD_5 、 COD 、 SS 等主要污染物的去除效果明显,各项出水指标均达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)三级标准,通过了当地环保部门验收。验收期间监测结果见表2。

表2 工程验收监测结果

Tab.2 Monitoring results of project

项 目	$\text{COD}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\text{BOD}_5/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\text{SS}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	pH 值	总磷/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
出水水质	245~318	165~212	55~68	6.5~7.5	6~7
排放标准	500	300	400	6~9	8

5 技术经济分析

该改扩建工程新增用地约 128 m^2 ,中央控制室对工艺参数进行连续性监控和液位高低的声光警报,控制对象主要是对泵电机和阀门等设备的自动控制。对各运转设备,中心控制柜设有自动/手动、启动/停止遥控按钮,以备非常之需要。该项目总投资为32万元,其中磷化废水处理设备建造、设计、安装为13万元,其他废水工程为19万元。

6 结语

工程实践表明,采用“预处理+水解酸化+混凝沉淀+絮凝生化法”组合式工艺处理电泳废水是稳定可靠的。在原电泳废水 COD 浓度为 $12\,000\text{ mg/L}$ 、总磷浓度为 250 mg/L 的情况下,处理出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)三级标准后排入市政管网,对今后高浓度有机含磷电泳生产废水处理系统的改造有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1] 朱强,杨玉姣. 汽车涂装废水综合处理工程实例[J]. 工业用水与废水,2015,46(6):61-65.
Zhu Qiang, Yang Yujiao. Engineering project of comprehensive treatment of wastewater from automobile coating [J]. Industrial Water & Wastewater, 2015, 46(6): 61-65 (in Chinese).
- [2] 李永亮,李健,牟学军,等. 稻壳灰处理电泳废水中的锌和镍[J]. 电镀与精饰,2017,39(1):43-46.
Li Yongliang, Li Jian, Mou Xuejun, et al. Treatment of zinc and nickel in the electrophoresis wastewater by rice

- husk ash[J]. *Plating & Finishing*, 2017, 39(1): 43-46 (in Chinese).
- [3] Liu Q. Determination of pharmaceuticals and personal care product components in wastewater using capillary electrophoresis coupled with solid phase extraction[J]. *Anal Lett*, 2015, 48(6): 944-954.
- [4] Tian Y P, Kong S S. Treatment project for wastewater from automobile painting[J]. *Appl Mech Mater*, 2012, 209/211: 1986-1989.
- [5] 闫百瑞, 李健, 王颖, 等. 电泳废水处理技术研究进展综述[J]. *电镀与精饰*, 2016, 38(10): 25-28.
Yan Bairui, Li Jian, Wang Ying, *et al.* Electrophoresis wastewater treatment technology research progress[J]. *Plating & Finishing*, 2016, 38(10): 25-28 (in Chinese).
- [6] 陆祎韵, 戴清, 金艳青, 等. 某食品加工废水处理工程改扩建设计[J]. *水处理技术*, 2016, 42(7): 136-139.
Lu Yiyun, Dai Qing, Jin Yanqing, *et al.* Reconstruction and expansion design of food processing wastewater treatment engineering[J]. *Technology of Water Treatment*, 2016, 42(7): 136-139 (in Chinese).
- [7] 张进, 董强, 孙宇新, 等. 混凝-陶瓷膜微滤处理阴极电泳漆废水研究[J]. *膜科学与技术*, 2006, 26(6): 57-60.
Zhang Jin, Dong Qiang, Sun Yuxin, *et al.* Treatment of cathodic electrocoating wastewater by coagulation and ceramic membrane filtration[J]. *Membrane Science & Technology*, 2006, 26(6): 57-60 (in Chinese).
- [8] 李永亮, 李健. 某电泳生产线废水处理优化设计[J]. *电镀与精饰*, 2015, 37(12): 43-46.
- Li Yongliang, Li Jian. The optimized design of wastewater treatment of an electrophoresis production line[J]. *Plating & Finishing*, 2015, 37(12): 43-46 (in Chinese).
- [9] 吴吉远, 刘千钧, 司汉广, 等. 厌氧前置氧化沟化学除磷工程实例分析[J]. *工业水处理*, 2015, 35(2): 103-105.
Wu Jiyuan, Liu Qianjun, Si Hanguang, *et al.* Analysis of the chemical dephosphorization project by pre-anaerobic oxidation ditch[J]. *Industrial Water Treatment*, 2015, 35(2): 103-105 (in Chinese).
- [10] 熊红权, 李文彬. CASS工艺在国内的应用现状[J]. *中国给水排水*, 2003, 19(2): 34-35.
Xiong Hongquan, Li Wenbin. Current status of the application of CASS technology in China[J]. *China Water & Wasterwater*, 2003, 19(2): 34-35 (in Chinese).



作者简介: 葛珉(1993-), 男, 江苏扬州人, 硕士研究生, 研究方向为废水处理及资源化技术。

E-mail: jst80@126.com

收稿日期: 2017-03-21

加强水土保持, 打造绿水青山