

# 拉链生产企业含重金属废水处理工程实例

蒋 涛, 许青兰, 李 亚, 李欲如, 梅荣武, 王 震  
(浙江省环境保护科学设计研究院, 浙江 杭州 310007)

**摘 要:** 嘉兴某拉链生产企业在除油、清洗、固色等工序中产生含磷及铜、锌、铬等重金属的废水。采用还原反应+中和沉淀法预处理含铬废水,采用两级混凝沉淀工艺处理含磷、铜及锌重金属的综合废水,处理出水水质稳定达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级标准以及《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887—2013)要求。介绍了主要构筑物及设备的设计参数,可为同类工程提供借鉴。

**关键词:** 重金属废水; 含铬废水; 还原反应; 磷酸盐; 沉淀

**中图分类号:** TU993 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)20-0101-04

## Practice of Heavy Metal Wastewater Treatment Project in a Zipper Manufactory

JIANG Tao, XU Qing-lan, LI Ya, LI Yu-ru, MEI Rong-wu, WANG Zhen  
(Environmental Science Research and Design Institute of Zhejiang Province, Hangzhou 310007, China)

**Abstract:** A treatment system was built in a zipper manufactory in Jiaxing for the wastewater containing high concentrations of phosphorus and heavy metals such as copper, zinc and chromium, produced from oil-removing, cleaning and color fixing processes. Phosphorus, copper and zinc were removed by two-stage coagulation-precipitation treatment process, and chromium was removed through reduction reaction and neutralizing precipitation process. The effluent quality of the wastewater treatment system could reach the requirements of level III in *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978-1996) as well as *Indirect Discharge for Emission Limitation of Nitrogen and Phosphorus for Industrial Wastewater* (DB 33/887-2013). Designing parameters of main structures and equipment were introduced, which could be used as reference for similar projects.

**Key words:** heavy metal wastewater; chromium containing wastewater; reduction reaction; phosphate; precipitation

随着金属制造、电镀、制革、造纸、医药等工业的发展,越来越多的含重金属废水直接或间接排放到水环境中。工业废水中有毒重金属主要包括铜、锌、镍、汞、镉、铅、铬等。与有机污染物不同的是,重金属不会衰减、不能被生物降解,水体一旦被重金属污染,很难被修复<sup>[1]</sup>。因此,需采取有效的方法对重

金属废水进行治理,减轻其对环境的危害。

嘉兴某拉链生产企业建有年产金属拉链2 000万条、尼龙拉链4 800万条、塑钢拉链1 000万条的生产线,具有覆盖沿海东部经济圈、辐射全球的生产营销体系。该公司在除油、清洗、固色等生产工序中产生含有较高浓度铜、锌、铬等重金属以及磷酸盐的

生产废水。根据“三同时”的原则,该公司建设了废水处理设施,处理出水水质达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)及《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887—2013)要求,实现了纳管达标排放。

## 1 设计水质、水量

### 1.1 废水水量

根据现场调研及取样分析,该企业所排放的生产废水主要包括固色工序产生的含铬废水,以及除油、清洗等工序产生的酸洗、磷化废液和清洗废水等。废水总量为  $100 \text{ m}^3/\text{d}$ ,其中包括含铬废水约  $2 \text{ m}^3/\text{d}$ 。废水处理设施设计运行  $20 \text{ h}/\text{d}$ ,设计处理水

量为  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

### 1.2 设计进、出水水质

根据取样分析结果,并类比同类型企业项目的废水水质情况,确定该企业的设计进水水质。废水呈酸性且 pH 值有所波动,主要污染指标包括总磷、总铜、总锌、总铬和六价铬等,不含镍、汞、镉和铅等污染物。根据当地环境保护局要求,废水经处理后需达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级标准,其中氨氮、总磷参照执行《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887—2013)要求。

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	pH 值	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	氨氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总磷/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总铜/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总锌/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	总铬/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	六价铬/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
含铬废水	6~8	200	30	—	—	5	10	5
其他生产废水	1~3	200	30	25	10	45	—	—
出水要求	6~9	500	35	8	2	5	1.5	0.5

## 2 处理工艺设计

### 2.1 设计思路

① 企业生产废水排放不均匀,且存在酸碱性不稳定的问题,因此需要设置一座调节池,对水量和水质进行均质平衡,以利于稳定处理。由于生产工艺中含除油工序,需在调节池前设置隔油池,以利于后续工艺处理。

② 含铬废水需单独收集,采用还原方法将  $\text{Cr}^{6+}$  还原成  $\text{Cr}^{3+}$  再中和沉淀去除<sup>[2]</sup>,将总铬、六价铬处理到车间排放口标准后再与其他废水混合处理。

③ 废水中含铜、锌和磷较高,需采用物化处理<sup>[3~5]</sup>才能达到排放标准。废水 pH 值较低,需配套酸碱中和处理。中和药剂选择石灰乳,可在调节 pH 的同时使  $\text{Ca}^{2+}$  与磷酸盐反应形成磷酸钙沉淀<sup>[6]</sup>而去除总磷。

④ 企业生产原料包括次亚磷酸钠,生产废水中含有次磷酸根,与石灰乳形成的次亚磷酸钙属于溶于水的物质,不会形成沉淀,因此需要另外投加氧化剂( $\text{NaClO}$ ),将次磷酸根氧化,以形成磷酸钙沉淀。

⑤ 废水处理过程中产生的污泥属于危险固废,可采用隔膜式压滤机进行脱水处理,使污泥含水

率降至 60% 以下,以减少危废的产生量。

⑥ 需设置一定容积的事故池,以应对生产过程或废水处理过程中的突发事件。

⑦ 设计中考虑采用容积较大的保障池,在水质检测合格后方可达标排放,若检测不合格可返回调节池或者事故池重新处理。

### 2.2 工艺流程

① 含铬废水单独收集,并通过泵将废水从集水池内提升进入还原反应槽,调节 pH 值,在酸性条件下向废水中加入还原剂(焦亚硫酸钠),将  $\text{Cr}^{6+}$  还原成  $\text{Cr}^{3+}$ ;加入中和药剂及 PAM,废水中的  $\text{Cr}^{3+}$  形成  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  沉淀。经固液分离后,上清液排入综合调节池与其他废水一并处理;沉淀污泥排入污泥浓缩池。考虑到含铬废水水量较小,设置一个序批式反应桶,其反应、沉淀过程均在此桶内进行,每天处理一次。

② 其他生产废水流经格栅拦污后自流进入调节池,与预处理后的含铬废水一并处理。调节池内设水泵,利用回流均化水质、水量。

③ 均化好的综合废水经泵提升至反应池 1,反应池内设机械搅拌,并分别投加石灰乳,调节 pH 值至 8~9,再投加 PAC、PAM 进行絮凝反应,然后通过沉淀池 1 进行泥水分离。石灰乳投加泵与 pH 计

设置在线连锁控制,自动投加。

④ 为确保混凝沉淀效果,废水再通过二级混凝反应沉淀池,先投加  $\text{NaClO}$  将次磷酸钙氧化成磷酸钙沉淀,进一步通过投加混凝药剂去除废水中的重金属、TP 等污染物。为确保重金属去除效果,设置重金属捕捉剂备用投加系统。

⑤ 混凝沉淀出水设 pH 值调整池,当 pH 值 > 9 时,投加少量酸调整 pH 值至 6~9。

⑥ 在排放口前设置保障池(观测池),在检测合格后方可达标排放,若检测不合格可返回调节池或者事故池重新处理。

⑦ 沉淀池的污泥排放至污泥浓缩池,再经高压隔膜板框压滤机将污泥压滤至含水率 < 60%。由于污泥中含有铜、锌、铬等重金属,需按照危废处置规范进行处置,并按要求设置相应的暂存间。

废水及污泥处理工艺流程如图 1 所示。

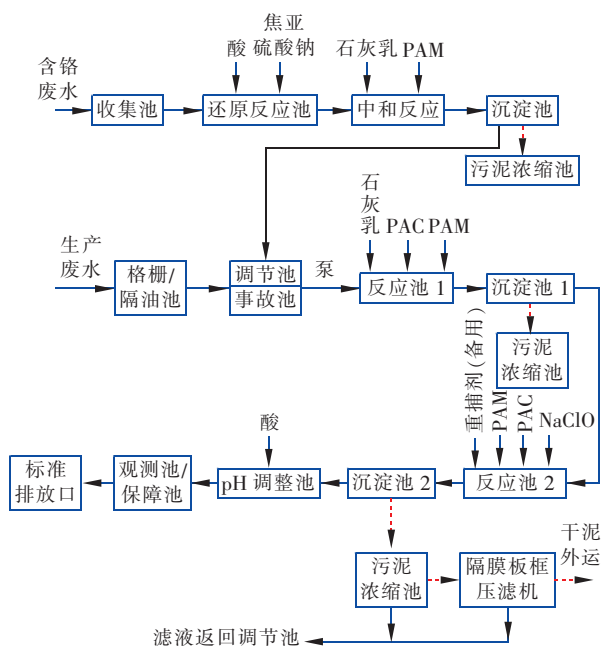


图1 废水及污泥处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of wastewater and sludge treatment process

### 3 主要构筑物及设备

① 含铬废水收集池。有效容积  $2 \text{ m}^3$  的塑料桶 2 个,用于储存含铬废水。

② 含铬废水反应沉淀池。有效容积为  $3 \text{ m}^3$  的塑料桶 1 个,配备搅拌机 1 台。

③ 事故池。地下式钢混结构,1 座,尺寸为  $4.0 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times 2.2 \text{ m}$ ,用于储存事故废水。配备提升泵 1 台,流量为  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $150 \text{ kPa}$ ,功率为

$1.1 \text{ kW}$ 。

④ 调节池。采用  $V=20 \text{ m}^3$  的塑料桶 3 个,有效容积共  $60 \text{ m}^3$ ,停留时间为  $14 \text{ h}$ 。配备提升泵 2 台,流量为  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $150 \text{ kPa}$ ,功率为  $1.1 \text{ kW}$ ;浮球液位计 1 套;电磁流量计 1 台。

⑤ 反应池 1。钢防腐结构,1 座,尺寸为  $3.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ ,反应时间为  $1 \text{ h}$ 。配备搅拌机 3 台,不锈钢材质,功率为  $0.75 \text{ kW}$ ;在线 pH 计 1 台。

⑥ 沉淀池 1。钢防腐结构,1 座,尺寸为  $3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ ,表面负荷为  $0.55 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。池内设 PP 斜板  $9 \text{ m}^2$ ;配备排泥泵 2 台,流量为  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $100 \text{ kPa}$ ,功率为  $1.1 \text{ kW}$ 。

⑦ 反应池 2。钢防腐结构,1 座,尺寸为  $3.0 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$ ,反应时间  $1 \text{ h}$ 。配备搅拌机 3 台,不锈钢材质,功率为  $0.75 \text{ kW}$ ;在线 pH 计 1 台。

⑧ 沉淀池 2。钢防腐结构,1 座,尺寸为  $3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ ,表面负荷为  $0.55 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。池内设 PP 斜板  $9 \text{ m}^2$ ;配备排泥泵 2 台,流量为  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $100 \text{ kPa}$ ,功率为  $1.1 \text{ kW}$ 。

⑨ pH 调整池及观测池。钢防腐结构。1 座,尺寸为  $3.0 \text{ m} \times 4.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ ,有效容积为  $30 \text{ m}^3$ 。配备在线 pH 计 1 台。

⑩ 标准排放口。钢防腐结构,1 座,尺寸为  $1.0 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ 。配备电磁流量计 1 台。

⑪ 污泥浓缩池。钢防腐结构,1 座,尺寸为  $3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}$ 。配备污泥提升泵 2 台,流量为  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $600 \text{ kPa}$ ,功率为  $3 \text{ kW}$ ;隔膜板框压滤机 1 台,过滤面积为  $30 \text{ m}^2$ ,压力为  $0.6 \text{ MPa}$ ,功率为  $2.2 \text{ kW}$ 。

⑫ 其他设备。 $V=1.5 \text{ m}^3$  的溶加药装置 5 套,带加药泵、搅拌机,分别用于投加石灰乳、PAC、PAM、稀硫酸及次氯酸钠; $V=50 \text{ L}$  的溶加药装置 1 套,带搅拌机,用于投加焦亚硫酸钠。

### 4 工程调试与运行

该工程于 2015 年 5 月建成,经过 3 个月的调试运行,处理效果稳定,对总磷、总铜、总锌、总铬、六价铬等主要污染物的去除效果明显,各项出水指标均达到了《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级标准及《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887—2013)要求,通过了当地环保部门验收。

验收监测结果如表 2 所示。

表2 工程验收监测结果

Tab.2 Monitoring results of the project

项目	pH 值	总磷/(mg · L <sup>-1</sup> )	总铜/(mg · L <sup>-1</sup> )	总锌/(mg · L <sup>-1</sup> )	总铬/(mg · L <sup>-1</sup> )	六价铬/(mg · L <sup>-1</sup> )
出水水质	7.5~8.5	5.5~6.5	0.1~0.5	0.1~0.4	0.5~0.9	0.2~0.4
排放标准	6~9	8	2	5	1.5	0.5

## 5 经济技术指标

该工程废水处理规模为 100 m<sup>3</sup>/d。总投资约 92.2 万元,包括土建费用 5 万元,设备及安装费用 87.2 万元。废水处理运行成本约为 4.14 元/m<sup>3</sup>,包括人工费、药剂费、电费等,具体见表 3。

表3 工程运行费用

Tab.3 Operating cost of the project

项 目	数量	单价	运行成本/ (元 · m <sup>-3</sup> )
石灰乳	0.3 kg/m <sup>3</sup>	500 元/kg	0.15
PAC	0.3 kg/m <sup>3</sup>	2 元/kg	0.60
PAM	0.002 kg/m <sup>3</sup>	20 元/kg	0.04
双氧水	0.2 kg/m <sup>3</sup>	1.5 元/kg	0.30
电耗	1.2 kW · h/m <sup>3</sup>	0.72 元/(kW · h)	0.86
人工	2 人	4 万元/a	2.19
合计			4.14

## 6 结语

采用还原反应 + 中和沉淀法预处理拉链生产企业含铬废水,采用两级混凝沉淀工艺处理含磷及铜、锌重金属的综合废水,取得了较好的处理效果。实际运行结果显示,处理出水水质稳定达到《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的三级标准以及《工业企业废水氮、磷污染物间接排放限值》(DB 33/887—2013)要求。废水处理规模为 100 m<sup>3</sup>/d,总投资为 92.2 万元,运行费用约 4.14 元/m<sup>3</sup>。

## 参考文献:

- [1] 刘敏敏,于水利,侯立安. 重金属废水处理技术概述[J]. 中国工程科学,2014,16(7):100-105.  
Liu Minmin, Yu Shuili, Hou Lian. Review on treatment technologies for heavy metal wastewater[J]. Engineering Sciences, 2014, 16(7): 100-105 (in Chinese).
- [2] 张晓辉,曹奇光,谢国莉,等. 不同还原剂处理实验室 Cr(VI)废水研究[J]. 环境工程,2014,32(6):61-64.  
Zhang Xiaohui, Cao Qiguang, Xie Guoli, et al. Treatment on Cr(VI)-containing wastewater of laboratory with different reducing agents [J]. Environmental Engineering, 2014, 32(6): 61-64 (in Chinese).

- [3] 王胜凡,梅立永,王磊,等. 重金属废水处理方法与比较[J]. 广东化工,2017,44(22):99-100.  
Wang Shengfan, Mei Liyong, Wang Lei, et al. Methods and comparison of heavy metal wastewater treatment[J]. Guangdong Chemical Industry, 2017, 44(22): 99-100 (in Chinese).
- [4] 陈瑶,李小明,曾光明,等. 污水磷回收中磷酸盐沉淀法的影响因素及应用[J]. 工业水处理,2006,26(7):10-14.  
Chen Yao, Li Xiaoming, Zeng Guangming, et al. Influencing factor of phosphate precipitation to the phosphorus recovery from wastewater and its application[J]. Industrial Water Treatment, 2006, 26(7): 10-14 (in Chinese).
- [5] Charemtanyarak L. Heavy metals removal by chemical coagulation and precipitation [J]. Water Sci Technol, 1999, 39(10/11): 135-138.
- [6] 李晋雅,张顺,戴荣海,等. 鸟粪石结晶法回收磷中 Ca<sup>2+</sup>对产物沉淀特性的影响[J]. 环境工程,2014,32(2):54-58.  
Li Jinya, Zhang Shun, Dai Ronghai, et al. Impact of Ca<sup>2+</sup> on the product precipitation in phosphorous recovery by struvite crystallization [J]. Environmental Engineering, 2014, 32(2): 54-58 (in Chinese).



作者简介:蒋涛(1986—),男,浙江台州人,硕士,工程师,研究方向为水环境污染防治。

E-mail: 275829642@qq.com

收稿日期:2018-07-31