

一种集成工艺处理重金属废水工程实践

马彦峰¹, 魏春飞², 单连斌³

(1.沈阳市化工学校化工系, 辽宁 沈阳 110122; 2.沈阳建筑大学市政与环境工程学院, 辽宁 沈阳 110168;
3.沈阳环境科学研究院, 辽宁 沈阳 110016)

摘要: 采用化学还原+重金属捕集+气浮过滤组合工艺处理重金属废水。结果表明: 处理后的出水水质中重金属等各项指标均达到《污水综合排放标准》(GB8978—2002)所规定的一级水质排放标准, COD去除率达到40%以上,同时此工艺在工程实践中取得了最佳工艺参数,可为类似工程提供参考。

关键词: 重金属废水; 重金属捕集; 化学还原+重金属捕集+气浮过滤工艺集成

中图分类号: X703

文献标志码: A

Engineering Application of Heavy Metal-contained Wastewater Treatment by an Integration Process

Ma Yanfeng¹, Wei Chunfei², Shan Lianbin³

(1.Department of Chemical Engineering, Shenyang Chemical Industry School, Shenyang 110122, China;
2.School of Municipal and Environmental Engineering, Shenyang JianZhu University, Shenyang 110168, China; 3.Shenyang Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110016, China)

Abstract: An integration process of chemical reduction, heavy metal chelating and air floatation was adopted to treat wastewater containing heavy metals. The results showed that after treatment, the indicators of the effluent concerning heavy metals all complied with the discharge level I regulated in the Integrated Wastewater Discharge Standard (GB8978 — 2002), and the removal rate of COD was over 40%. Furthermore, best process parameters were obtained during such engineering application, providing reference to other similar engineering projects.

Keywords: Wastewater Containing Heavy Metals; Heavy Metal Chelating; Process Integration of Chemical Reduction, Heavy Metal Chelating and Air Floatation

CLC number: X703

沈阳某汽车制造厂,日产重金属废水380 m³,约占厂区总水量的1/3,一方面,重金属有较高的毒性,直接排放综合污水站会影响生化处理,另一方面,根据国家污水处理规定,重金属属于一类污染物的重金属必须在车间处理达标后方可进入厂区综合污水处理站。汽车制造业的重金属污水主要来自磷化水洗废水、表调更新液、磷化更新液^[1],通常磷化是在酸性溶液中进行,废水中含有大量的Mn²⁺、Zn²⁺等重金属离子^[2]。本文探讨了化学还原+重金属捕集+气浮+多介质过滤组

合工艺处理重金属废水机理,并在工程实践中取得了最佳工艺参数,可以为类似工程提供设计经验及借鉴。

1 工程概况

废水进水水量380 m³/d,经重金属废水处理设施处理后的出水中,重金属含量要求到《污水综合排放标准》(GB8978—2002)所规定的一级水质排放标准,该工程的设计进水水质及排放标准见表1。

收稿日期: 2013-12-28

作者简介: 马彦峰(1964-),女,高级讲师。研究方向: 化学化工分析及水质检测。E-mail:964442947@qq.com

表1 该厂重金属废水进水水质及排放标准 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

项目	进水浓度	出水浓度
COD_{Cr}	500	≤ 300
Cr^{6+}	0.3	≤ 0.25
Mn^{2+}	3.65	≤ 2.0
Ni^{2+}	16.07	≤ 1.0
Zn^{2+}	0.0825	≤ 2.0
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	2.0	0.25

2 工艺流程及设计参数

2.1 工艺流程

重金属污水处理工艺流程见图1。

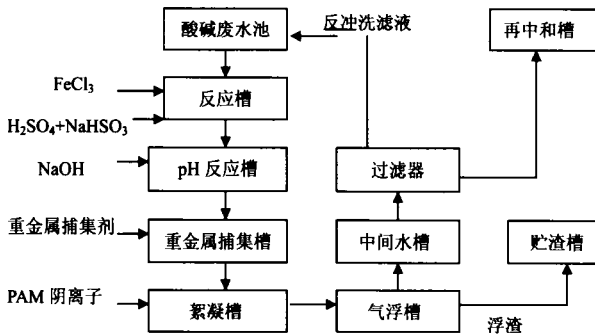


图1 重金属污水处理工艺流程

工艺流程说明：

(1) 酸碱废水地坑调节池（原有）用于对重金属废水的水量进行调节，池底部设有穿孔管对其进行鼓风曝气，凭借气泡搅动，可以达到均量均质的目的。

(2) 在浮球液位控制器的控制下，用泵将地坑中的废水提入还原反应槽中，在还原反应槽调节pH至3~4，再投加 NaHSO_3 用来还原水中的 Cr^{6+} ，使其变成 Cr^{3+} 。化学除磷由于效率高、用料省受到了广泛关注。由于铁盐价格便宜，是常用的混凝剂。 Fe^{3+} 与 PO_4^{3-} 生成磷酸铁沉淀被去除^[3]。还原反应槽的水排入pH调节槽，由于重金属捕集剂pH在7~11时^[4]对废水中的金属离子去除效果较好，将pH调至9.5后加入重金属捕集剂。重金属捕集剂可以与低浓度重金属离子进行螯合反应而生成不溶性、低含水量、容易过滤去除的絮状沉淀，生成絮状沉淀的过程中也可以带走一部分COD、BOD。

(3) 经重金属捕集剂处理后的废水进入絮凝槽，投加PAM，把分散的悬浮絮花体进一步絮凝，絮凝成较大的易沉淀的絮体。

(4) 絮凝槽出水自流进溶气气浮槽，溶气水通过释放器释放的大部分悬浮物上浮至气浮槽表

面，气浮槽上部的残渣由刮渣机收集到浮渣槽中，气浮机内部沉淀物及浮渣槽中的浮渣及污泥由泵打入原有的污泥浓缩池中。气浮槽的清水排入过滤水池，过滤水池的水用泵打入多介质过滤器，多介质过滤器其中含有活性砂与活性炭几种材质可以截留细小的悬浮物和吸附水中的有机物。过滤器要定期进行反冲洗，反冲洗的浓水回流至酸碱地坑。

(5) 过滤器出水直接进入原有的再中和槽。在再中和槽对出水的酸碱度进一步调节后，出水直接进入综合污水站生物处理。

(6) 浮渣槽内污泥通过污泥转移泵打入原有污泥浓缩槽，经板框压滤机进行压滤。

2.2 设计参数

还原与除磷反应槽，pH调节槽，重金属捕集槽及絮凝反应槽，构筑物尺寸：1.3 m × 1.16 m × 1.8 m，不锈钢材质，停留时间9 min。

(1) 还原与除磷反应槽，酸碱废水提升泵2台， $Q=16\text{ m}^3/\text{h}$ ， $H=15\text{ m}$ ， $N=2.2\text{ kW}$ ，亚硫酸氢钠加药泵1台， $Q=198\text{ L/h}$ ， $H=30\text{ m}$ ， $N=0.18\text{ kW}$ 。硫酸加药泵1台， $Q=198\text{ L/h}$ ， $H=30\text{ m}$ ， $N=0.18\text{ kW}$ 。 FeCl_3 加药泵1台， $Q=198\text{ L/h}$ ， $H=30\text{ m}$ ， $N=0.18\text{ kW}$ 。搅拌机1台，针齿减速， $N=1.1\text{ kW}$ 。

(2) pH调节槽，氢氧化钠加药泵1台， $Q=198\text{ L/h}$ ， $H=30\text{ m}$ ， $N=0.18\text{ kW}$ 。搅拌机1台，针齿减速， $N=1.1\text{ kW}$ 。

(3) 重金属捕集槽，捕集剂加药泵1台， $Q=198\text{ L/h}$ ， $H=30\text{ m}$ ， $N=0.18\text{ kW}$ 。搅拌机1台，针齿减速， $N=1.1\text{ kW}$ 。

(4) 絮凝反应槽，PAM加药泵，1台， $Q=198\text{ L/h}$ ， $H=30\text{ m}$ ， $N=0.18\text{ kW}$ 。搅拌机，1台，针齿减速， $N=1.1\text{ kW}$ 。

(5) 过滤水槽，构筑物尺寸：1.4 m × 3 m × 1.5 m，不锈钢材质。

(6) 气浮机，型号QF-16， $N=3.15\text{ kW}$ 。污泥转移泵2台， $Q=12\text{ m}^3/\text{h}$ ， $H=15\text{ m}$ ， $N=1.1\text{ kW}$ 。

(7) 多介质过滤器空塔滤速： $14\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ，尺寸： $\Phi 12\text{ m} \times \text{SH}22\text{ m}$ 碳钢，内面处理：环氧煤沥青。过滤水泵1台， $Q=24\text{ m}^3/\text{h}$ ， $H=16\text{ m}$ ， $N=2.2\text{ kW}$ ，反洗水泵1台， $Q=75\text{ m}^3/\text{h}$ ， $H=10\text{ m}$ ， $N=3.7\text{ kW}$ 。

(8) H_2SO_4 槽、 NaHSO_3 槽、 FeCl_3 槽、 NaOH 槽、重金属捕集剂槽、PAM加药槽各一个，尺寸： $\Phi 1000\text{ mm} \times 1450\text{ mm}$ 。

3 工程运行及技术分析

3.1 出水水质指标

重金属废水处理设施自2013年2月启动以来出水效果较好,重金属各项出水指标均到达设计要求及排放标准COD去除率达40%以上,见表2。

表2 污水处理出水指标 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	出水指标	设计标准
COD _{Cr}	260	≤300
Cr ⁶⁺	0.20	≤0.25
Mn ²⁺	0.90	≤2
Ni ²⁺	0.26	≤1.0
Zn ²⁺	0.53	≤2.0
PO ₄ ³⁻	0.22	≤0.25

表2看出,采用化学法+重金属捕集+絮凝沉淀处理重金属废水的效果较好。COD可以达到厂方的设计要求,进出水浓度分别为500、260 mg/L,去除率48%,高于厂方要求。Cr⁶⁺、Mn²⁺、Ni²⁺、Zn²⁺、PO₄³⁻的出水浓度分别为0.2、0.9、0.26、0.53、0.22 mg/L。重金属指标可以达到《污水综合排放标准》(GB8978—2002)的一级排放标准,可见该工艺较适用于重金属类废水的处理。

3.2 工艺技术分析

(1) 还原槽与除磷反应槽中, Cr⁶⁺在酸性条件下被NaHSO₃还原成无毒的Cr³⁺,酸性条件下PO₄³⁻与FeCl₃反应生成磷酸铁沉淀物使磷得到去除。

(2) 重金属捕集剂是一种与重金属离子强力螯合的化工药剂^[5-6],在碱性条件下,与废水中的Mn²⁺、Ni²⁺、Zn²⁺等各种重金属进行化学反应^[7],可在短时间迅速生成不溶性、低含水量、容易过滤去除的絮状沉淀。

(3) 气浮处理过程会将磷酸铁悬浮物、金属捕集剂等絮状悬浮物去除^[8],从而将所需处理的物质从水中分离,气浮过程中COD也将被去除一部分。

(4) 多介质砂滤器的滤料为石英砂和活性炭,石英砂可以过滤掉从气浮来水中的细小悬浮物质,使出水更加清澈,活性炭吸附可以吸附水中部分COD,也会起到脱色的作用。

4 工程经济分析

4.1 工程总投资

工程总投资97万元,其中设备材料81万

元,安装及调试费共16万元。水处理成本0.35万元/t。属于合理的投资。

4.2 运行费用

动力费用:新建重金属废水处理设备总装机容量29.5 kW·h,实际总运行容量23.6 kW·h,按当地电价0.8元/kW·h,吨水动力费用1.18元/m³。药剂费用:絮凝剂、碱、酸、亚硫酸氢钠、重金属捕集剂、三氯化铁共计4.38元/m³。人工费:用原有工人,折合吨水0.05元/m³。水费:主要为污水处理站员工用水及配药用水等,日用水量约为2.0 t。吨水费用按5.2元/t计。则处理每m³污水的水费为0.02元/m³。直接运行费用为动力费用、药剂费用、人工费和水费的总和,为5.58元/m³。

5 结论

(1) 普通的化学沉淀法处理重金属污染物具有一定的局限性,主要是由于在碱性条件下形成的金属氢氧化物,沉降性较差,使得处理出水不达标,本文采用化学还原+重金属捕集+气浮+多介质过滤工艺处理重金属类废水,该集成工艺对该重金属废水处理具有对多种离子广泛处理的特性,具有一定抗冲击能力和稳定的出水效果,出水重金属可以达到《污水综合排放标准》(GB8978—2002)的一级排放标准,对COD_{Cr}的去除率达到40%,过滤出水可进入生物处理池,进行进一步处理。

(2) 该工艺占地小,构筑物构造较简单,操作较简单,较适合无充足的建设用地。

参考文献

- [1] 邹照华,何素芳,韩彩芸,等.重金属废水处理技术研究进展[J].工业水处理,2010,30(5):9-12.
- [2] 叶恒朋,陆少鸣,毛卫兵,等.线路板厂废水处理工程实例[J].工业水处理,2004,24(6):52-54.
- [3] 王琳娜,朱亮,周明,等.SBR系统中投加三氯化铁辅助除磷试验研究[J].环境科学与技术,2009,08:80-83+87.
- [4] 李清峰.重金属捕集剂处理电镀重金属废水的试验研究及其工程应用[D].杭州:浙江大学,2012.
- [5] 马前,张小龙.国内外重金属废水处理新技术的研究进展[J].环境工程学报,2007,1(7):10-14.
- [6] 王贞,叶国祥,杨岳平.重金属捕集剂法处理低浓度电镀废水[J].浙江大学学报:理学版,2010,37(6):665-669.
- [7] 楚素珍,李德喜.煤灰渣吸附法处理磷化生产线废水中COD_{Cr}、Zn²⁺[J].污染防治技术,1995,8(4):276-276.
- [8] 魏在山,徐晓军,宁平.气浮法处理废水的研究及其进展[J].安全与环境学报,2001,1(4):14-18.