

# 重金属废水处理的方案比较研究

李定龙 姜晟

(江苏工业学院环境与安全工程系 江苏常州 213016)

**摘要** 针对重金属废水,着重讨论了中和沉淀法、硫化物沉淀法、铁氧体法 3 种化学沉淀处理方法,从处理工艺、处理效果等多方面比较了它们的优缺点,得出目前采用石灰中和沉淀是一种最可行及有效的工艺方法。

**关键词** 重金属废水 沉淀 废水处理

## Research on the Comparison Among Disposal Methods for Heavy Metal Effluent

Li Dinglong Jiang Sheng

(Dept. of Environment and Safety Engineering, Jiangsu Polytechnic University Changzhou, Jiangsu 213016)

**Abstract** Three kinds of chemical precipitation methods (neutralization precipitation, sulphide precipitation and ferrite law) are discussed and their advantage and disadvantages are compared in several aspects, finding out that neutralization precipitation is an effective and feasible way.

**Key words** heavy metal effluent precipitation wastewater treatment

冶炼行业产生的废水多为强酸性 (pH = 2.5 左右) 和  $Pb^{2+}$ 、 $Cd^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$  和  $Zn^{2+}$  等含量高的重金属废水。传统的处理方法主要是化学沉淀法和吸附法。研究表明<sup>[1-3]</sup>,采用生物处理和其他物理化学方法(如电化学、膜分离、离子交换等)由于成本高、反应条件要求苛刻等原因,实际上难以得到推广应用。本文针对某冶炼厂重金属废水,着重对硫化物沉淀法、石灰中和沉淀法和铁氧体法等 3 种化学处理方法进行比较讨论。

### 1 工艺概况

#### 1.1 中和沉淀法

中和沉淀法是在含有重金属的废水中加入碱进行中和反应使重金属生成不溶于水的氢氧化物沉淀形式加以分离。实际废水处理中应注意以下 3 方面问题: 重金属废水经中和沉淀处理后废水 pH 值较高,需经过处理才能排放; 实际废水中重金属离子几乎不能单独存在,常常是多种重金属离子共存,当废水中含有锌、铅、铬、锡、铝等两性金属时,在高 pH 值时有再溶解倾向,处理操作时必须严格控制 pH 值,实行分段沉淀法; 溶液中共存的卤素、氰根、腐植酸、腐植质等可以和重金属离子形成络合物,对中和法有较大影响,有时甚至不形成沉淀,中和之前要进行预处理; 有些沉淀颗粒细小,不易沉降,时常需加入絮凝剂协助沉淀生成,在实际操作中也应用晶种循环法使沉淀晶体结实粒大,便于沉降。

#### 1.2 硫化物沉淀法

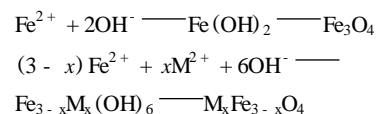
硫化物沉淀法(亦称硫化法)的沉淀机理是:废水中的重金属离子与  $S^{2-}$  结合生成溶解度很小的盐,在水中以沉淀形式出现。

硫化物沉淀的溶度积常数一般比氢氧化物沉淀的溶度积大几个数量级,因此硫化物沉淀操作中只需加入少量的沉

淀剂即可使废水中重金属离子达到排放标准。硫化物沉淀法操作中应该注意以下几个方面: 硫化物沉淀一般比较小,易形成胶体,为便于分离应加入高分子絮凝剂协助沉淀沉降; 硫化物沉淀中沉淀剂会在水中部分残留,残留沉淀剂也是一种污染物,会产生恶臭等,而且  $S^{2-}$  遇到酸性环境时产生有害气体  $H_2S$ ,将会形成二次污染。

#### 1.3 铁氧体法

铁氧体是由铁离子、氧离子及其他金属离子组成的复合氧化物,是一种磁性半导体。在化学沉淀法处理废水中,铁氧体沉淀法使废水中的各种金属离子形成铁氧体晶粒一起沉淀析出,从而使废水得到净化,表 1 列出了铁氧体法对重金属离子的去除效果。利用铁氧体法处理重金属废水,其反应可由下式表示:



铁氧体法工艺流程技术关键在于:  $Fe^{3+}$ 、 $Fe^{2+} = 2:1$ , 因此,  $Fe^{2+}$  的加入量,应是废水中除铁以外各种重金属离子当量数的 2 倍或 2 倍以上; NaOH 或其碱的投入量应等于废水中所含酸根的 0.9 ~ 1.2 倍浓度; 碱化后应立即通蒸汽加热,加热至 60 ~ 70 或更高温度; 在一定温度下,通入空气氧化并进行搅拌,待氧化完成后再分离出铁氧体。

表 1 铁氧体法处理含重金属废水效果

金属离子	处理前质量浓度/ (mg L <sup>-1</sup> )	处理后质量浓度/ (mg L <sup>-1</sup> )
Cu <sup>2+</sup>	9 500	< 0.5
Pb <sup>2+</sup>	6 800	< 0.1
Cr <sup>2+</sup>	2 000	< 0.1
Cd <sup>2+</sup>	1 800	< 0.1

## 2 处理方案的要求

废水处理工艺流程是指对废水处理所采用的一系列处理单元的组合形式。其最主要的依据是原废水的水质、处理应达到的程度与其他自然条件等。一般来说,废水处理工艺流程的选择应当主要考虑以下条件:

(1)原废水水质:废水的酸碱性、重金属含量的大小以及重金属的种类都会对废水处理时发生的反应造成影响。

(2)废水的处理程度:确定处理程度是比较复杂的,要考虑的因素很多。主要是受纳水体的功能、水环境质量要求、污染状况与自净能力,以及处理后的废水是否回用等。

(3)对特定的废水,有可能采用多种工艺流程使其满足应达到的处理程度。这时处理系统的工程造价与运行费用的高低就成为工艺流程选择的重要因素。一般来说,应以原废水水质、水量与其他自然条件作为原始条件,以要求的处理水质作为约束条件,以处理系统最低的费用为目标函数,力求基建费用最低、能耗最省、运行成本最低为目标。

(4)二次污染与杂质引入,也是影响废水处理工艺流程选择的重要因素之一。

(5)废水水量及其变化动态除了废水水质外,废水水量变化幅度的大小也是工艺流程选择应考虑的问题,尤其是在

选择外处理构筑物类型应予以充分注意。

此外,资金筹措情况、可利用的地区面积、当地的自然条件,特别是污泥处理与利用问题等,也是工艺流程选择不可忽视的因素。

## 3 方案比较

冶炼废水多为强酸性废水,且重金属含量高,因此在废水处理过程中,pH控制条件都较为严格。若采用硫化物沉淀法, $S^{2-}$ 能有效除去金属离子,但水解产生 $H_2S$ ,在一定pH条件下会挥发逸出,恶臭难闻且二次污染严重。近10年发展起来的铁氧体法是一种新型处理污水的方法。它的处理流程简单,可以回收铁氧体;但它需要很大的能量消耗,硫酸亚铁的价格又贵,且它的设备大都是国外进口,对于设备的安装、调试、运行管理都需要大量的人力物力,从经济效益方面考虑是较难接受的。另一种方案石灰中和沉淀法,生石灰投入水中形成 $Ca(OH)_2$ ,能够使水中的Cu、Pb、Zn沉淀,但引入的 $Ca^{2+}$ 可能引起水质硬化,且在多种金属共存的情况下沉淀作用可能会因彼此相互作用而削弱。对3种方法综合比较(表2)可以看出:只要严格控制pH,防止水质硬化,同时注意共沉剂的使用,阻止沉淀削弱,实现共沉淀,则石灰中和沉淀法不失为一种操作性较强的处理方法。

表2 3种工艺方案的比较

方案	石灰中和法	硫化物沉淀法	铁氧体法
药剂	石灰	硫化钠、石灰	硫酸亚铁、氢氧化钠
沉淀物	氢氧化物	硫化物	铁氧体晶体
处理效果	废水能达标排放	对可溶性铅的去除不理想	通气氧化时间长的情况下处理效果好
pH要求	高	较高	较高
造价与运行管理费用	较低	造价高,运行维护费用高	造价、运行费用过高
技术控制	流程简单,技术要求较低,操作便利,管理方便	产生有害硫化氢气体,在安全技术方面要求相当严格	工艺紧凑,设备简单
杂质引入	生成氢氧化物固体沉淀,无影响	产生硫化氢气体,环境污染较大	产生铁氧体沉淀,可回收,基本无二次环境污染

## 4 结论

通过对3种方法的比较,可以看出,目前采用石灰中和沉淀法是一种经济可行的方法。该工艺流程具有工艺成熟,处理效果好,中和沉淀剂(石灰)的来源广泛,价格低廉等优点,出水水质能达到国家三级排放标准。经过进一步的水质水量调节后,可以使处理后的净化水达到工业用水的标准,从而实现净化水回用,降低对用水量的需求。该方法能有效地去除 $Pb^{2+}$ 、 $Cd^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$ 等重金属离子,可以较大幅度地减少附近河流的重金属污染,环境效益显著。

### 参考文献

- 王绍文,姜凤有. 重金属废水治理技术. 北京:冶金工业出版社, 1993
- 张学洪,王敦求,程利,等. 铁氧体法处理电解锌厂生产废水. 环境科学与技术, 2003, 26(1)
- 郑容光,张丽梅. 白云石灰乳处理含铅废水的研究. 环境与开发, 2000, 15(4)
- 王学锋,朱桂芬. 重金属污染研究新进展. 环境科学与技术, 2003,

26(1)

(收稿日期:2005-02-22)

## 环保问答

问:需要多少树才提供充足的氧气供一个人存活:

答:首先你需要计算出一个人到底要消耗多少氧气。美国生物学家约翰·罗丹测算出一个普通人每年需要的氧气数量是13万L。树木不仅提供氧气,同时自身也要消耗氧气,但在多产氧气的热带雨林里,扣除树消耗的氧气外,热带雨林每棵树每年释放氧气的平均值达到了27.3万L。从另一个极端来说,沙漠里的刺柏属树木的氧气产量每年只有6000L。照此推算,需要21棵沙漠里的刺柏属树木为一个人供氧,而如果换成是热带雨林的话,一棵树就可以供给两个人充足的氧气。因此,下次当你看到一棵树时,记住深深地呼吸并且说声“谢谢”。