

含铬废水处理实验的改进探索

尹伟 法焕宝 曹渊 鲜晓红 熊燕

(重庆大学 化学化工学院, 重庆 400030)

摘要: 将实验《含铬废水处理》中还原剂改进为亚硫酸氢钠, 并用分光光度法检测处理后废水中六价铬的含量。结果表明: 用无色的亚硫酸氢钠作还原剂, 排除了三价铁的颜色对实验的干扰, 对实验终点的判断更准确, 废水的处理效果更理想。得到的滤渣是氢氧化铬的纯净物, 可以回收利用, 减少了环境污染。

关键词: 含铬废水; 硫酸亚铁; 亚硫酸氢钠; 分光光度

随着电镀、冶金等工业的迅速发展, 含铬废水的排放量逐年增多, 对人类赖以生存的生态环境造成严重的污染, 危害着人体健康^[1-2]。含铬废水处理是《大学化学实验》中非常重要的一个内容。教材中大多采用化学还原沉淀法^[3-5], 利用硫酸亚铁把 Cr(VI) 还原成 Cr(III), 然后加碱产生氢氧化铬沉淀, 过滤使其达到工业废水的排放标准。生成的 Fe³⁺ 为黄色, 会影响学生对氧化还原终点的判断, 导致加入还原剂量不足或者过量太多, 造成浪费。加入碱后, 得到氢氧化铬的同时, 还有氢氧化铁沉淀生成, 混在其中, 给滤渣的后续处理带来困难, 容易造成环境的二次污染^[6-8]。同时, 硫酸亚铁极易被氧化而变质^[9,10], 剩余的药品不可能留作明年继续使用, 增加了实验药品的成本。

本文从绿色化学、节约成本、提高实验效率的角度出发, 对实验进行改进, 用亚硫酸氢钠代替硫酸亚铁作还原剂。结果表明, 改进后污水的处理效果更好, 达到了工业废水的排放标准; 过滤后的滤渣为纯净物, 可以回收利用, 体现出绿色化学实验理念^[11-14]。

1 仪器与药品

仪器: 7230G 可见分光光度计 (上海精密科学仪器有限公司)。

试剂: 硫酸亚铁、亚硫酸氢钠、硫酸、氢氧化钠、Cr(VI) 标准溶液 (3 mol · L⁻¹), 二苯碳酰二肼、丙酮溶液均为分析纯, 所用水为自制蒸馏水。

●基金项目: 重庆市高等教育教学改革研究项目 (项目号: 113153)。

●第一作者: 尹伟 (1979-), 女, 山东章丘人, 实验师, 主要从事实验教学、应用化学研究。

●收稿日期: 2014-09-11

2 实验过程

2.1 标准曲线的绘制

用移液管分别吸取 0, 0.50, 1.00, 2.00, 3.00, 4.00 和 5.00 cm³ 铬标准储备溶液于 7 支 20 cm³ 的比色管中, 均用水稀释至接近刻度, 加入 50% 磷酸和 50% 硫酸各 0.5 cm³, 加入二苯碳酰二肼-丙酮溶液 (0.2%) 1.0 cm³, 分别用水稀释至刻度, 摇匀, 5-10min 后, 以试剂作参比, 在 540nm 处, 用分光光度计分别测定其吸光度, 将测定结果在坐标纸上绘制出六价铬含量标准曲线。

2.2 含铬废水的处理

首先用硫酸将含铬废液 pH 值调节至 1~2。这是因为 Cr(VI) 与还原剂在酸性条件下才能反应。取 25 cm³ 上述溶液, 慢慢加入一定量亚硫酸氢钠, 并快速搅拌, 直至溶液变为无色, 再过量 50%, 继续搅拌 10min。将氢氧化钠加入上述溶液中, 至溶液 pH 为 9 左右, 这时会有大量棕黄色沉淀产生, (当 Cr(VI) 含量高时为棕黑色)。过滤, 得无色水样。

2.3 处理后水样中 Cr(VI) 含量的测定

准确吸取过滤后无色水样 1 cm³ 于 100 cm³ 容量瓶中, 加入 50% 磷酸和 50% 硫酸各 0.5 cm³, 加入二苯碳酰二肼-丙酮溶液 (0.2%) 2.0 cm³, 然后用水稀释至刻度。用试剂溶液作参比, 于 540 nm 处用分光光度计测定吸光度, 再根据所绘制的标准曲线推算出处理后水样中 Cr(VI) 的含量。

3 结果与讨论

3.1 改进前后处理效果的比较

表 1 是分别用硫酸亚铁和亚硫酸氢钠作还原剂测得处理后水样中 Cr(VI) 含量。用硫酸亚铁处理

后水样中 Cr (VI) 的含量分别为: 0.41, 0.17, 0.30, 0.25, 0.20, 0.33, 0.39, 0.22, 0.59, 0.21, 0.15, 0.44, 0.22, 0.39 mol/L, 平均值 0.30 mol/L。改进后用亚硫酸氢钠作还原剂, Cr (VI) 的含量分别为: 0.23, 0.28, 0.20, 0.05, 0.30, 0.14, 0.18, 0.20, 0.38, 0.31, 0.04, 0.18, 0.26, 0.25 mol/L, 平均值 0.21 mol/L。由此得出: 用亚硫酸氢钠作还原剂处理含铬废液效果更好, 处理后的水样中 Cr (VI) 含量平均值低于用硫酸亚铁处理后的水样结果, 达到了工业废水的排放标准 0.3 mol/L。这是由于用硫酸亚铁作还原剂时, 黄色的 Fe³⁺ 混在其中, 对反应终点的判断产生干扰, 使得加入还原剂的量过多或者不足, 影响了废水的处理效果。

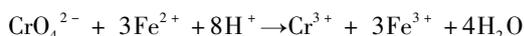
表 1 改进前、后处理污水中 Cr (VI) 含量对比

还原剂	Cr (VI) 含量 (mol/L)	平均值 (mol/L)
亚硫酸氢钠	0.23; 0.28; 0.20; 0.05; 0.30; 0.14; 0.18; 0.20; 0.38; 0.31; 0.04; 0.18; 0.26; 0.25	0.21
硫酸亚铁	0.41; 0.17; 0.30; 0.25; 0.20; 0.33; 0.39; 0.22; 0.59; 0.21; 0.15; 0.44; 0.22; 0.39	0.30

3.2 废水处理产物分析

(1) 硫酸亚铁作还原剂。

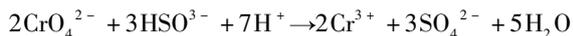
Fe²⁺ 与 Cr (VI) 反应方程式如下:



Cr³⁺、Fe²⁺、Fe³⁺ 均与碱反应生成沉淀, 其中氢氧化亚铁立即被空气中的氧气氧化成氢氧化铁。因此, 过滤后得到的滤渣是混有氢氧化铁的氢氧化铬, 难以分离, 给后续的回收工作造成困难。直接舍弃, 会造成二次污染。

(2) 亚硫酸氢钠作还原剂。

亚硫酸氢钠与 Cr (VI) 反应方程式如下:



亚硫酸氢钠作还原剂时, 产物中只有 Cr³⁺ 与碱生成沉淀, 过滤后得到的滤渣为氢氧化铬的纯净物, 可以将其进行回收^[15] 或者用于其他氢氧化铬作为反应物的实验^[16], 不会对环境造成二次污染。

4 结语

对比试验结果表明, 用亚硫酸氢钠代替硫酸亚铁作还原剂, 对反应终点的判断更加准确, 废水的处理效果更好。滤渣为氢氧化铬纯品, 利于回收或者用于其他氢氧化铬作为反应物的实验, 不会对环境造成二次污染。体现了绿色化学实验的教学理念, 达到较好的教学效果。

●参考文献:

- [1] 黄东来, 张平, 左社强, 等. 含铬废水的回收利用技术 [J]. 化工与环保, 2004, 24: 102-104.
- [2] 郑荣光, 徐永华. 氢氧化镁处理含铬废水的研究 [J]. 华东地质学院学报, 1999, 22 (3): 265-269.
- [3] 许闻旋. 电镀含铬废水处理技术探讨 [J]. 鞍钢技术, 2001, 6: 59-62.
- [4] 周青龄, 桂双林, 吴菲. 含铬废水处理技术现状及展望 [J]. 能源研究与管理, 2010, 2: 29-33.
- [5] 白晶. 高校实验室含铬废水处理方法研究 [J]. 中国科技信息, 2011, 16: 20-20.
- [6] 夏清. 化学还原法处理含铬废水工艺条件研究 [J]. 无机盐工业, 2013, 30 (2): 179-181.
- [7] 夏侯娟, 付忠诚. 含铬废水处理技术探讨 [J]. 化工安全与环境, 2012, 47: 18-19.
- [8] 杨广平, 张胜林, 张林生. 含铬废水还原处理的条件及效果研究 [J]. 电镀与环保, 2005, 25 (2): 38-40.
- [9] 翟丽萍, 孟杰, 裴力民, 等. 酸度对硫酸亚铁/硫酸亚铁铵溶液稳定性影响 [J]. 精细与专用化学品, 2010, 18 (12): 29-31.
- [10] 申云飞, 李兵红. 硫酸亚铁与硫酸亚铁铵溶液不稳定性初探 [J]. 化学与粘合, 1995, 3: 170-171.
- [11] 赵丽娜, 陆国志. 高校化学实验中绿色化学的研究 [J]. 实验技术与管理, 2003, 35 (3): 37-39.
- [12] 刘葵, 汪建民. 循环实验模式的构建与教学实践 [J]. 实验室研究与探索, 2012, 31 (3): 140-142.
- [13] 洪丽雅. 高校绿色化学实验室的建设 [J]. 实验室研究与探索, 2008, 27 (7): 161-164.
- [14] 孙尔康, 高卫, 张剑荣, 等. 提高环境保护意识, 建立绿色化学实验室 [J]. 实验技术与管理, 2007, 24 (11): 33-34.
- [15] 翟晓燕. 从废铬液中回收 Cr (OH)₃ 技术的研究 [J]. 陕西能源职业技术学院学报, 2006, 1 (1): 29-31.
- [16] 曹渊, 陈昌国. 现代基础化学实验 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2010.