

# 水合硫酸铜制备实验的改进<sup>\*</sup>

宋鑫明<sup>1</sup>, 刘丹霞<sup>2</sup>, 郑彩娟<sup>1</sup>, 吴禄勇<sup>1</sup>, 付艳辉<sup>1</sup>, 李小宝<sup>1</sup>

(1.海南师范大学化学与化工学院, 海南海口 571158; 2.江西省吉安市白鹭洲中学, 江西吉安 343000)

**摘要:** 概述了  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  制备的几种不同方法。对教材中  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  制备中存在的问题进行了分析, 并对该实验进行了改进。实验以过氧化氢、硫酸、铜粉为原料, 改用 95% 乙醇洗涤硫酸铜晶体。改进后实验操作简单, 产品产率达 95% 以上, 且反应过程无  $\text{NO}_2$  等有毒气体释放, 显著提高教学效果。

**关键词:**  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ; 水合硫酸铜制备; 铜粉; 实验改进

**文章编号:** 1005-6629(2015)6-0068-02

**中图分类号:** G633.8

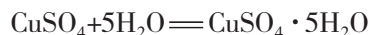
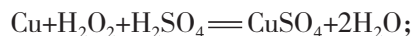
**文献标识码:** B

硫酸铜晶体(俗称胆矾、蓝矾或铜矾)是制备其他铜类化合物的重要前驱体, 也是一种常用的化工原料和化工产品, 具有广泛的用途, 它常用于电解精炼、电镀、电池、颜料、农药、纺织工业及有色金属选矿工业<sup>[1, 2]</sup>。在大学无机化学实验教学中, 五水硫酸铜晶体( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )的制备是一个典型的综合型制备实验, 是无机化学实验教学中的重要内容之一<sup>[3]</sup>。也是中学人教版《实验化学》教材<sup>[4]</sup>中的一个制备实验。通过该实验可以让学生练习并掌握加热、减压过滤、蒸发浓缩和重结晶等基本操作。

目前常用的五水硫酸铜晶体制备的方法主要有浓硝酸氧化法、催化剂氧化溶解法和空气氧化法 3 种<sup>[5]</sup>。浓硝酸氧化法将浓硝酸分次加入到铜与稀硫酸的混合物中, 此方法在制备过程中会产生大量有毒有害气体  $\text{NO}_2$ , 且排放的  $\text{NO}_2$  与空气中的水结合后生成硝酸, 腐蚀实验室设施, 严重污染环境, 并危害实验室人员的身体健康。催化剂氧化溶解法常用铁离子和盐酸作为催化剂, 容易形成铁铜硫酸盐混晶等问题, 从而严重影响产品的质量。空气氧化法制备是利用废铜粉灼烧氧化制备  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , 这种实验方法无三废排放, 避免了生产过程中有毒有害气体的产生, 但是经常有不少学生实验失败, 出现产物结晶差、产率低等现象。

现行人教版化学选修六《实验化学》<sup>[6]</sup>中采

用空气氧化法先将铜粉灼烧氧化成氧化铜, 然后将其溶解于硫酸中, 得到的粗品再用  $\text{H}_2\text{O}_2$  洗涤, 该方法无三废排放, 操作简单, 但是成功率偏低, 耗时长。大学无机化学实验<sup>[7]</sup>中采用浓硝酸氧化法用硝酸和硫酸溶解铜, 该方法反应完全, 操作简单, 但是会产生大量有毒有害气体  $\text{NO}_2$ , 腐蚀实验设备, 严重污染环境。本文改用  $\text{H}_2\text{O}_2$  配合  $\text{H}_2\text{SO}_4$  来制备  $\text{CuSO}_4$  的方法较为理想, 其反应式为:



该反应速度快, 在 15 分钟内即可完成, 整个实验全程大约一个小时, 并且该方法具有不产生  $\text{NO}_2$  毒气、操作简单、产率高等特点。

## 1 实验部分

### 1.1 仪器和试剂

试剂: 铜粉(2.0 克)、3M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ 、95% 乙醇

仪器: 蒸发皿、铁架台、铁环、铁夹、酒精灯、玻璃棒、滤纸、普通漏斗、布氏漏斗、100mL 烧杯 1 个、挡风板、量筒(25mL)、台秤、抽滤泵

### 1.2 实验步骤

在台秤上称取铜粉 2.0 克, 往蒸发皿中加入 3M 的硫酸 20mL, 再量取 10mL 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  (注意勿接触皮肤, 有腐蚀性), 用滴管逐滴加入到蒸发皿中, 边加边搅拌, 直到铜粉完全溶解为止。常压

<sup>\*</sup> 基金项目: 国家自然科学基金(21462015), 海南师范大学青年教师启动项目(QN1434)。通信联系人: sxm8646@163.com。

过滤后,取滤液进行浓缩操作。将上述滤液转入到蒸发皿中,直接用酒精灯加热浓缩,当观察到晶体开始析出时停止加热。冷却结出晶体。达到室温时,加入 5mL 95% 乙醇,使硫酸铜的溶解度进一步降低。将晶体移入洗涤干净的布氏漏斗中,抽滤,将晶体进一步分离。并用少量 95% 乙醇洗涤。称量,计算产率。

## 2 结果与讨论

### 2.1 浓硫酸用量的影响

由于铜粉的纯度不能保证百分百纯,所得  $\text{CuSO}_4$  溶液中常含有部分  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$  及  $\text{Pb}^{2+}$  等。 $\text{Pb}^{2+}$  可以通过与反应中剩余的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  反应生成硫酸铅沉淀除去。 $\text{Fe}^{2+}$  离子则需用氧化剂(30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ )氧化为  $\text{Fe}^{3+}$  离子,通过控制 pH,使  $\text{Fe}^{3+}$  离子充分水解为  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  沉淀滤去,因此,调节溶液的 pH 对于  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶体的纯度非常关键。实验结果表明,当  $\text{pH} < 4$  时,  $\text{Fe}^{3+}$  水解不完全,无法完全去除,而且得到的  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶体疏松,且颜色较浅;而当  $\text{pH} > 5$  时,得到的  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  晶体产率低,完全脱水后颜色为蓝绿色,我们推断这是由于  $\text{Fe}^{3+}$  水解生成沉淀的同时,  $\text{Cu}^{2+}$  水解生成了碱式碳酸铜。所以为了抑制  $\text{Cu}^{2+}$  水解并制得高纯度的水合硫酸铜晶体,我们用稀硫酸调节溶液的 pH 为 4.5。

### 2.2 温度的影响

往盛有铜屑的烧杯中加入 10mL 1:3 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,缓慢滴加 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,反应温度最好用水浴使温度恒定保持在 40℃。由于该反应为放热反应。温度过高  $\text{H}_2\text{O}_2$  剧烈分解,会使溶液溢出烧杯,温度过低则反应速度缓慢。因此,反应过程中温度过高时要用冷水冷却,待铜屑反应完全后,再加热煮沸 2min。

### 2.3 洗涤溶剂的影响

用纯水作洗涤溶剂,洗涤 2 次,由于五水硫酸铜溶解于水,故滤液里面会有五水硫酸铜损失,产率都在 80% 以下。而我们采用 95% 乙醇作洗涤溶剂,同样洗涤 2 次,因五水硫酸铜在 95% 乙醇中溶解度大大降低,所以产率都在 95% 以上(结果见表 1)。说明 95% 乙醇大大降低了五水硫酸铜在

水中的损失,提高了产率。

表 1 洗涤溶剂对产率的影响

铜粉质量	洗涤溶剂	实验产量	理论产量	所得产率
2.1	纯水	6.4	8.2	78.0%
2.0	纯水	6.1	7.8	78.2%
2.1	纯水	6.5	8.2	79.3%
2.0	95% 乙醇	7.5	7.8	96.2%
2.0	95% 乙醇	7.6	7.8	97.4%
2.1	95% 乙醇	7.8	8.2	95.1%

## 3 结论

用 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  作氧化剂,用铜粉与硫酸反应来制备五水硫酸铜,30%  $\text{H}_2\text{O}_2$  采用慢慢逐滴滴加的方式,反应用水浴控制温度为 40 度左右。硫酸用量控制在比铜粉物质的量稍过量,以保证溶液  $\text{pH}=4.5$  左右,并可以除去硫酸铅等杂质。洗涤溶剂用 95% 乙醇。产率达到 95% 以上。

通过对五水硫酸铜制备方法的改进,针对性地解决了该制备实验中的环境污染、产品纯度和产率低等问题。改进后的实验不仅可以在实验室里进行,而且不产生任何有害气体,大大优化实验室的环境,提高了五水硫酸铜的纯度和产率,显著提升了该实验课的教学效果。

## 参考文献:

- [1] M.E. 波任著. 无机盐工艺学(上册)[M]. 北京: 化学工业出版社, 1980: 399.
- [2] 肖远泉. 饲料级五水硫酸铜的生产[J]. 无机盐工业, 1994, (2): 25.
- [3][7] 徐家宁, 门瑞芝, 张寒琦. 基础化学实验——无机化学和化学分析实验(上册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2013: 67.
- [4][6] 宋心琦主编. 普通高中课程标准实验教科书·实验化学[M]. 北京: 人民教育出版社, 2007: 29.
- [5] 吴萍, 陈维, 唐亚文. 五水硫酸铜晶体制备实验优化条件的探究[J]. 江苏教育学院学报(自然科学), 2013, 29(5): 51~52.