

# 水合硫酸铜制备实验的改进\*

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CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O制备的几种不同方法。对教材中CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>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NO<sub>2</sub>等有毒气体释放,显著提高教学效果。

**关键词:**CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>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

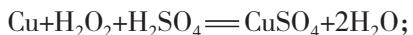
文献标识码: B

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(CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>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的气体NO<sub>2</sub>,且排放的NO<sub>2</sub>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CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>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H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>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的气体NO<sub>2</sub>,腐蚀实验设备,严重污染环境。本文改用H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>配合H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>来制备CuSO<sub>4</sub>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NO<sub>2</sub>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 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>、30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>、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% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(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

\* 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,当观察有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CuSO<sub>4</sub>溶液中常含有部分Fe<sup>2+</sup>、Fe<sup>3+</sup>及Pb<sup>2+</sup>等。Pb<sup>2+</sup>可以通过与反应中剩余的H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>反应生成硫酸铅沉淀除去。Fe<sup>2+</sup>离子则需用氧化剂(30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)氧化为Fe<sup>3+</sup>离子,通过控制pH,使Fe<sup>3+</sup>离子充分水解为Fe(OH)<sub>3</sub>沉淀滤去,因此,调节溶液的pH对于CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O晶体的纯度非常关键。实验结果表明,当pH<4时,Fe<sup>3+</sup>水解不完全,无法完全去除,而且得到的CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O晶体疏松,且颜色较浅;而当pH>5时,得到的CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>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Fe<sup>3+</sup>水解生成沉淀的同时,Cu<sup>2+</sup>水解生成了碱式碳酸铜。所以为了抑制Cu<sup>2+</sup>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H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,缓慢滴加30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,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H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>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% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>作氧化剂,用铜粉与硫酸反应来制备五水硫酸铜,30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>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.