

铁与水蒸气反应的实验改进和探究

陈辉国

西南大学附属中学, 中国·重庆 400715

【摘要】本文对高中化学新课标教材中铁和水蒸气反应的实验进行了改进和探究。自制了高温酒精灯, 探究了水的承载体、载体吸水量、铁粉用量、铁粉与载体的距离、氢气收集时间等实验条件对实验效果的影响。研究成果有助于中学化学教师和学生顺利地开展该实验。

【关键词】还原铁粉; 水蒸气; 实验条件; 探究

1 问题的提出

“铁粉和水蒸气的反应”实验是人教版化学必修1中一个非常重要的实验。它一方面是金属化学性质之一——活泼金属能与水进行反应的有力证据; 另一方面, 作为一个探究实验其对提高学生动手能力、观察分析实验能力以及解决实际问题的能力有着积极地意义。但教材中的实验存在部分问题:

实验的成功率低, 重现性差; 吸水量控制不好, 容易造成试管炸裂; 在加热时低温就开始供水, 到反应所需的高温时没有水蒸气供应; 导出的气体点不着, 无法验证产生的气体是否为氢气; 普通酒精灯加灯罩无法达到反应温度(1173K以上); 整个实验缺少反应物的用量和放置位置的控制。

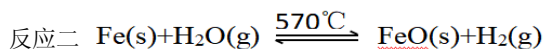
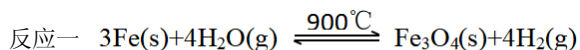
对“铁和水蒸气反应”这个实验, 广大一线的化学教师进行了大量的研究。分别从改变吸水载体; 改变供水剂(蔬菜水果、分解放水材料); 增加酒精灯个数提高反应温度; 探究反应条件[5]; 改进反应装置等方面进行了研究。其研究成果为中学教师进行该实验解决了一些实际问题, 但是仍然存在操作麻烦、实验成本增加、让学生对原理难于理解、缺乏反应物用量和放置位置、不能很好的证明产生的气体是氢气等问题。

综上所述, 本文针对上述问题对“还原铁粉和水蒸气”实验进行了进一步的研究。从水的承载体、载体吸水量、铁粉用量、铁粉与载体的距离、氢气收集时间等方面进行了优化和探究, 并对教材中的实验装置进行了一定的改进, 完善了操作过程以及实验注意要点。通过对实验的改进和探究, 该实验具有操作简便, 药品用量节约, 现象明显, 成功率高且安全可靠等优点, 便于教师在实际教学中的进行演示, 也有利于学生分组探究。

2 实验设计

2.1 实验原理

还原性铁粉在高温下与水蒸气发生反应, 在不同的温度条件下, 得到不同的产物, 反应方程式如下:



由上可知, 两个反应方程式都有氢气产生, 只是生成的铁的氧化产物不同, 900℃为四氧化三铁, 而570℃生成的为氧化亚铁, 并没有氧化铁的这种产物。

在实验过程中, 水在100℃开始沸腾, 对试管中还原铁粉进行加热, 利用试管的导热性, 间接使吸水棉花中的水受热蒸发提供水蒸气, 从而使反应进行。

2.2 实验仪器、试剂和材料

实验仪器: 水槽、导气管、带单孔塞的试管(18×180mm)、小试管(15×150mm)、自制高温酒精灯、铁架台(含铁夹等)。

实验试剂和材料: 还原性铁粉、水、棉花、乳胶管、火柴、药匙。

2.3 高温防风酒精灯的设计思路

由于反应需要的温度较高, 而普通的酒精灯的温度是400~600℃左右, 即使加上灯罩加上散热都达不到反应的温度。所以, 需要自制高温酒精灯。其设计思路如下:

(1) 增大酒精灯的火焰: 增加酒精灯芯的股数, 加大酒精的吸取量, 使火焰增大。

(2) 制作金属防风罩: 利用烟囱效应的负压, 增大气体的流速, 增大氧气的进入量, 促进酒精燃烧充分; 利用热反应原理, 使热量集中, 温度升高; 稳定火焰防止飘动。

2.4 实验步骤

1. 按图2所示组装实验装置, 并检查装置的气密性。

2. 取约大拇指头大小的棉花, 浸入水槽中, 充分吸收水后取出, 将多余的水分挤出, 至恰好没有水滴滴下为止。将棉花放入试管底部。然后用电子天平称取一定量的铁粉, 用药匙将铁粉送至试管中部, 与棉花相距约一定距离。

3. 连接好仪器, 将右端导管通入水槽后, 点燃酒精灯对试管进行预热后, 将酒精灯火焰置于还原铁粉下, 进行加热一段时间后(约50s), 导管中有稳定持续的气泡产生, 在气泡出现一定时间后用小试管排水法收集产生的气体。

4. 实验完毕, 先撤出导管, 再移去酒精灯。将收集满气体的试管靠近酒精灯, 检验所收集的气体, 出现明显的爆鸣声, 证明所收集的气体为氢气。

3 实验结果及讨论

3.1 水的承载体对实验的影响

在该实验中, 水的承载体即吸水物质对实验是否能够成功有着重要的影响。通过对文献资料的查阅和比较, 棉花、粉笔和含有结晶水的物质(CuSO₄·5H₂O)是比较好的提供水的材料和物质。因此, 该实验就对这三种物质进行了探究。

取一根粉笔（大约3g）和1克的棉花，充分吸收水分后，计算每克物质中所含水的质量百分比，得到计算结果如下表格所示：

表1 吸水量的比较

载体	粉笔	棉花	五水合硫酸铜
吸水前/后质量（g）	3.22/5.73	1/19.51	—
含水量（%）	178%	1951%	36%

注：该数据来自实验测定和计算，是载体的最大吸水量

通过表1的吸水量数据比较，我们可以看出。单位质量下，棉花的吸水量最大，达到了本身质量的近20倍，而粉笔和无水硫酸铜只达到了自身的1.78倍和0.36倍，在相同的质量下，棉花无疑可以吸收更多水，有利于在反应中产生足量的水蒸气，促进反应的正向进行，生成足量的氢气。因此，实验选择棉花作为水的载体提供水蒸气。

由此来看，选择吸水后的棉花作为水蒸气的发生源无疑是最合适的，它满足了吸水量大，水蒸气易逸出的实验要求，但多数老师认为其存在不易控制吸水量的问题。如果吸水过多则试管容易因受热不均炸裂，这也是其对教材中采用吸水的棉花进行实验的诟病之处。因此，做了如下的探究

表2 载体吸水量对实验的影响

载体	粉笔	棉花	棉花	五水硫酸铜
吸水量（g）	2.5	4	8	3.6
效果	氢气量少	效果最好	铁粉被打湿， 试管会炸裂	氢气量很少

通过多次实验发现：在棉花吸取足量的水后将其中多余的水挤出并使棉花中的水分处在稍微用力挤压，恰好没有水渗出（量化后为1g棉花吸水4g），则意味着吸水量控制得当，不会出现试管炸裂的危险。

因此，实验选择了吸水约4g（约4mL）的棉花作为水蒸气的产生源。

3.2 铁粉用量对实验的影响

除了水蒸气之外，作为反应物之一的铁粉对实验同样有着重要的作用。相比较改变水蒸气的流速、用量等而言，我们对还原性铁粉的质量、与棉花之间的距离这些变量更容易控制。但

表3 实验时间的测定

质量（g）	0.75g	1.00g	1.25g	1.50g
序号				
1	305s	275s	214s	214s
2	315s	264s	222s	209s
3	286s	287s	210s	225s
4	316s	266s	230s	217s
5	296s	265s	209s	238s
实验平均时间	303.6s	271.4s	217s	222.6s

注：实验时间为从开始反应到收集完一试管氢气所需要的时间

是，在已有的文献资料中，许多作者并未对这些方面进行有效的探究，只是简单的写到称量一定质量的还原铁粉进行反应。事实上在实际的实验操作中，铁粉用量的多少除了影响着氢气的生产量，还影响着氢气的生成速度。通过实验探究了铁粉的用量，以从反应开始到收集满一试管氢气所需要的时间作为判断实验结果好坏的指标，实验结果见表3：

通过表3可知，随着铁粉用量的增加，实验所需要的时间逐渐变短，在还原铁粉质量为1.25g的时候，所需要的时间为217s，之后再增加铁粉的质量，实验所需时间缩短并不明显。

因此，在实验可选择1.2g~1.5g铁粉进行实验。

3.3 铁粉与棉花的距离对实验的影响

该实验的原理之一是通过试管的导热，在对还原铁粉加热的时间间接使棉花中的水蒸发成水蒸气。因此，对铁粉和棉花距离的探究也是十分必要的。如果铁粉距离棉花过近，容易出现玻璃管因受热不均而炸裂的危险；相反，如果还原铁粉距离棉花过远的话，棉花可能会受热较慢，水蒸气产生速率下降，延长了反应时间。实验数据如下表所示：

表4 铁粉和棉花的距离对实验时间的影响

距离（cm）	0.5	1
时间（s）		
开始反应时间	52	117
收集气体时间	80	273

因此，我们选择了0.5cm作为两者之间的距离，在这个距离下，满足了安全快速的实验要求。

3.4 收集氢气时间点对实验的影响

由于反应生成的氢气气流不能够持续而稳定，很难产生体积足够大的肥皂泡气泡，因而许多改进都是用试管收集气体再点燃。在不同的时间开始收集氢气，会影响到收集氢气的纯度，进而影响到检验氢气时氢气的爆鸣声。实验结果见表5。

表5. 开始收集氢气时间与爆鸣声的关系

开始收集时间	0s	30s	90s
爆鸣声	不明显	较明显	非常明显

在导管中刚有气泡冒出的时候，即0s时开始收集氢气，试管靠近火焰时并未听到明显的爆鸣声，经过思考，可能的原因是由于反应试管内充满了空气，过早的收集氢气会使收集试管中含有大量的空气，氢气的纯度下降，听不到明显的爆鸣声。

然后在有气泡产生后三十秒开始收集产生的气体，同样是由于氢气的纯度不够，爆鸣声不是很明显。

在气泡产生后90s开始收集，约70s收集完成，将试管靠近酒精灯火焰，听到明显的爆鸣声，证明反应生成的是氢气。

因此，在气泡产生后90s开始进行收集，得到的实验现象最明显。

4 实验结果和说明

4.1 实验优点

①成功率极高，达到了100%，没有出现试管的炸裂等情

况。②产生的氢气量较大,收集所得到的氢气纯净,靠近火焰可以听到十分明显的爆鸣声,有利于学生的观察判断。③所采用的仪器和物品量少且易得,装置组装方便,实验较为安全可靠,可以将该实验以学生分组实验的形式开展,有助于让学生亲自动手体验实验过程,加深学生的理解记忆。④实验改进后反应速率很快,实验时间明显缩短(在50s左右开始产生氢气,整个实验在4分钟内结束,极其有利于教师在课堂上的演示)。

4.2 几点说明

①反应的试管不能过大,否则试管中气体过多不仅会加长反应时间,同时也会影响收集的氢气的纯度。②预热之后对铁粉进行加热,导管中会产生倒吸现象,这是由于预热过程中气体受热膨胀,试管中压强增大,但是对铁粉局部加热时,试管中的气体的温度下降,导致压强降低,导管倒吸。③将反应后试管中的黑色固体物质加入到烧杯中,向其中加入浓盐酸,得到绿色溶液,判断溶液中含有大量的二价铁离子,取一部分溶液到另外一个烧杯中,加入硫氰酸钾溶液数滴,发现颜色微微变红,证明溶液中同时存在三价铁离子。

5 结论

综上所述,该实验成功的操作步骤是:①取棉花如大拇指状,吸水4mL后放入试管底部。②称取1.2~1.5g还原铁粉,送入试管中,距离棉花0.5cm左右。③组装完仪器后用自制高温酒精灯对铁粉进行加热。④导管出现气泡后90s开始用排水法进行气体的收集。⑤将收集的气体靠近酒精灯火焰,听到爆鸣声,证明产生的是氢气。

对铁粉和水蒸气的反应进行改进和探究后,该实验有着简单方便,安全可靠,实验现象明显,成功率极高的优点,可以作为教师在课堂上的演示实验,也可以作为学生自我探究实验进行,适合在中学化学教学中推广进行。

参考文献:

- [1]孙卫中,王程杰.铁与水反应的实验设计研究[J].化学教育,2007,(11):16-17.
- [2]赖陆锋,李春燕.铁与水蒸气反应的实验改进[J].化学教育,2008,(3):63.

(上接94页)

试验时(冬季),在树木前后(单排树木)分别布置声级计,选取每组数据的等效连续A声级 Leq 进行分析,得出一排树木降噪效果为4dB左右,可以有效地降低噪声。

此外,在枝繁叶茂季节可降噪6-12dB左右^[5]。

4.2 研究障碍物对噪声传播的衰减效果

经过查阅资料^[6],街道两侧都有建筑物时,使街道噪声加强,加强数值取决于建筑物的高度与街宽的比值 R :

$$R = \frac{H}{W} \quad (4)$$

式中: H -建筑物高度; W -街道宽度。

R 越大,噪声级越大,曾经有学者^[7]通过实验得出 $R=4$ 时噪声级增加10dB, $R=1.6$ 的时候,噪声级也可增加6到8dB。

4.3 从声源出发

从噪声源出发,针对不同的路面材料会使得接触面的摩擦系数不同,而这样使同一辆车在同样条件下在不同路面产生的噪声不同,因而采用摩擦系数适中的道路材料。也可以向沥青混合料中加入橡胶粒,既可以提高废旧轮胎的回收率^[8],有可以降低噪声^[9]。

5 结语

本文通过对交通噪声的传播规律和分布特征的研究,提出以下降噪措施:

一是在路侧采用双排树木绿化,冬季无叶子可衰减9dB左右。夏季有叶子可衰减12-24dB左右。在交通线和建筑物之间,种植高而枝密的树对建筑物内人员有影响。

二是在道路建筑设施设计和规划时,可以将敏感建筑物建于产生交通噪声相对较小的位置,比如无信号灯道路转弯处。

三是在道路建设时可以采用摩擦系数适中的道路材料,来降低汽车行驶过程中的噪声。

参考文献:

- [1]杨阳.我国城市交通噪声污染防治研究[D].青岛.山东科技大学.2008.
- [2]郑常聚.环境工程手册——环境噪声控制卷.北京.高等教育出版社.2000.
- [3]GB3096—2008,声环境质量标准[S].
- [4]刘涛.城市道路交通噪声影响因素与传播规律分析[D].大学长安.2009:39-46.
- [5]郭小平,彭海燕,王亮.绿化带对交通噪声的衰减效果[J].环境科学学报.2009,(12).
- [6]张敬凯,陈光叔.北京长安街交通噪声的测定.建筑学报.1964,(7):25-26.
- [7]T.S.Korn Measurements of street Noise on Models," Noise Control" 1960,6(6).
- [8]钱伯章.废旧轮胎回收利用的现状与进展[J].现代橡胶技术,2008,34(4):8-14.
- [9]高明星.连续级配橡胶颗粒沥青路面降噪性能研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.