

“铜铝 - 浓硝酸原电池装置”的新设计

王雪瑞, 刘松伟

(北京师范大学附属中学, 北京 100052)

摘要: 铜铝 - 浓硝酸原电池是揭示原电池实质的重要案例, 但由于实验存在污染问题, 因此课堂上大多采用只分析原理, 不做实验的“纸上谈兵”方式。为解决实验中 NO_2 的污染问题, 对原电池的实验装置进行了设计与改进, 改进后的实验现象明显, 操作简单可控, 安全环保。

关键词: 原电池; 浓硝酸; 气体污染; 实验装置改进

文章编号: 1005-6629(2015)4-0055-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

1 问题的提出

铜铝 - 浓硝酸原电池中反应复杂, 正、负极随反应进行可以发生转变, 作为典型的实验案例, 既关联了重要物质的化学性质, 又揭示了原电池的反应实质, 有利于学生深刻理解原电池与氧化还原反应的内在关系。但利用普通敞口实验装置 (见图 1) 进行该实验^[1]时, 会产生大量的 NO_2 气体, 造成严重的环境污染, 不适合课堂演示。

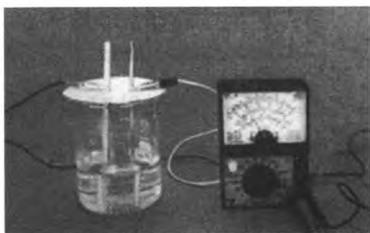


图 1 教材上原电池实验装置图

2 实验装置改进

鉴于铜铝 - 浓硝酸原电池实验有利于学生通过直观感受认识原电池的构成和电极反应, 具有

促进形成深刻理解的教学价值, 笔者对上述实验装置进行了改进研究, 提出了两种改进方案, 使实验现象明显、简单易行, 并消除了环境污染。

2.1 实验装置改进方案一

2.1.1 实验用品

球形干燥管一个, 橡皮管一段, 铝、铜电极各一个 (长 9cm, 宽 0.8cm), 导线两根, $50\mu\text{A}$ 灵敏电流计一个, 塑料盒一个 (长 8cm, 宽 5cm, 高 7.5cm), 带孔塑料盖一个 (长 8cm, 宽 5cm), 100mL 烧杯一个, 65% 浓硝酸, 30% 氢氧化钠溶液。

2.1.2 实验装置

电极槽的制作: 取一长方体塑料盒作为反应槽, 按照塑料盒开口的大小制作一个塑料盖, 在塑料盖的正中心位置和一角处各打一圆形小孔, 孔的大小使橡皮管刚好插入又不漏气为宜。中心圆孔的两侧打出两个长方形小洞, 洞的大小使片状铜铝电极刚好插入且可上下移动为宜, 长约 1cm (见图 2)。

$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	20.5 元 /500g
NH_4Cl	10.5 元 /500g
$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	13.0 元 /500g
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	12.0 元 /500g
NaHCO_3	10.0 元 /500g

3 结论

柠檬酸 ($\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 固体与 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 固体的混合、柠檬酸饱和溶液与 NaHCO_3 固体的混合都有明显的吸热效应, 且反应原料廉价易

得, 绿色环保, 适合学生亲身感受常温下自发进行的吸热反应。

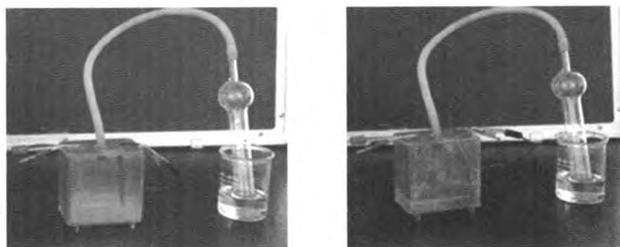
参考文献:

- [1] 张晓星, 丁伟. 开发吸热反应和放热反应的新实验 [J]. 教学仪器与实验, 2011, (5): 17~18.
- [2] J. A. 迪安. 兰氏化学手册 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 91~98.



图2 塑料盒盖1

改进后的实验装置及效果(见图3)。



I 反应前

II 反应后

图3 铝铜-浓硝酸原电池改进装置1

2.1.3 实验操作方法及现象

分别剪长9cm, 宽0.8cm的铝片和铜片做电极, 将电极弯成L形, 使一边长度与盒的高度一致, 依图3(I)连接实验装置。将塑料盖一角的圆孔先用胶带封上, 连有干燥管的橡胶管插入中间圆孔中。25℃下^[2], 向塑料盒中加入5mL的浓HNO₃, 烧杯中加入50mL 30%的NaOH溶液, 将铜铝两电极悬挂在浓硝酸上部, 把塑料盖与塑料盒连接处的缝隙用胶带封上, 做成密闭反应器。

将两电极连上灵敏电流表, 并将两电极插入浓HNO₃中。电流表指针先向右偏转, 约7s后向左偏转(如果实验长时间进行, 约31min还能看到电流表指针又向右偏转), 塑料盒中产生大量红棕色气体, 溶液变成绿色。

将两电极拉起脱离浓HNO₃, 实验停止。将一角处圆孔上的胶带除去, 用洗耳球向塑料盒内鼓气, 将盒内产生的NO₂气体赶到烧杯中与NaOH溶液反应, 以处理掉尾气。

2.1.4 实验改进后的优点

(1) 改进后装置密闭性较好, 并具有尾气吸收功能, 避免了反应生成的有毒气体NO₂对环境造成污染。

(2) 两电极可上下抽动, 使反应随时开始或停止。

(3) 用倒立的干燥管做尾气吸收装置, 简单安全。

2.2 实验装置改进方案二

改进后的图3装置有效解决了环境污染问题, 但实验装置还相对比较复杂, 且由于NO₂密度较大, 不易自行向尾气处理装置中转移, 需要用洗耳球向盒内多次鼓气才能将其全部转入碱液中除去。因此笔者又对装置做了进一步的改进。

2.2.1 实验用品

橡皮管一段, 铝、铜电极各一个(长9cm, 宽0.8cm), 导线两根, 50μA灵敏电流计一个, 塑料盒一个(长8cm, 宽5cm, 高7.5cm), 带孔塑料盖一个(长8cm, 宽5cm), 20mL烧杯一个, 棉花, 塑料滴管, 65%浓HNO₃, 30%NaOH溶液。

2.2.2 实验装置

电极槽的制作: 塑料盒盖的制作与图2装置大体相同。不同的是右上角不需打孔, 只需要在塑料盖的正中心位置打一个小孔, 孔的大小使塑料滴管(塑料滴管的下半部分已剪掉)刚好插入又不漏气为宜(见图4)。

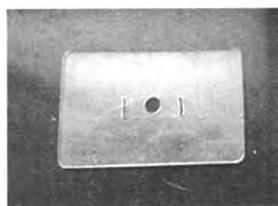
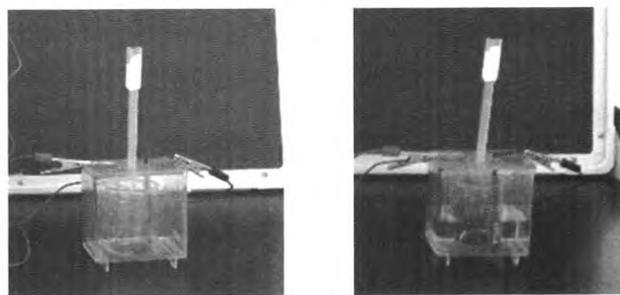


图4 塑料盒盖2

改进后的实验装置及效果(见图5)。



I 反应前

II 反应后

图5 铝铜-浓硝酸原电池改进装置2

2.2.3 实验操作方法及现象

铜、铝电极的制作同上述改进方案一, 将20mL小烧杯放入塑料盒中部, 滴管(塑料滴管的头部已剪去, 并塞入一团棉花)插入塑料盖的圆孔上, 依图5(I)连接实验装置。25℃下^[3], 向小烧杯中加入5mL 65%浓HNO₃, 塑料盒中加入50mL 30%的NaOH溶液, 滴管上部的棉花上滴入30%的NaOH溶液。将两电极悬挂在浓硝酸上部, 连上电流表, 塑料盖与塑料盒的连接处的缝隙用胶带

(下转第59页)

着有银的试管中,振荡试管,发现美丽光亮的银镜快速变暗成灰色并逐渐溶解,溶液中出现许多脱落下来的灰黑色悬浊物,氯化铁溶液的黄色逐渐变浅,只需将试管振荡3~5次,银镜迅速被清洗干净。

用氯化铁溶液清洗附着有银单质的试管可知,金属活动性顺序得到的氧化性强弱是根据金属与其在水溶液中形成低价态离子构成电极反应的标准电极电势由小到大排列,即 Ag^+/Ag 的标准电极电势0.80V, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 是0.77V,仅从热力学的角度指出了标准状态下氧化还原反应进行的可能性及趋势大小,而实际的金属活泼性会因浓度、介质、气体的分压、产物的溶解度、氧化膜等因素而改变。

2.3 结论

用 H_2O_2 或者氯化铁都可以快速处理银镜实验后附着有银单质的试管,并且反应过程中只产生

氧气无其他有毒气体产生,不会损害实验者的身体健康,也不会造成环境污染。过氧化氢溶液处理银镜的过程中银扮演了催化剂的角色,生成了细碎的银单质而从试管壁上脱落,易集中回收利用,节约资源。氯化铁溶液处理银镜还有利于学生发散性思维能力的培养和激发学生探究知识的好奇心。

3 实验成功的关键

银镜实验成败的关键操作有三:试管要洁净,否则,只得到黑色疏松的银沉淀,没有银镜产生或产生的银镜不光亮;溶液混合后,振荡要充分,特别是加入最后一种溶液后,振荡要快,否则会出现黑斑或产生银镜不均匀;加入的氨水要适量,氨水的浓度不能太大,滴加氨水的速度一定要缓慢,否则氨水容易过量降低试剂的灵敏度。另外,如果滴加氢氧化钠过量,反应速率太快,产生

(上接第56页)

封上,做成相对密闭的反应器。

将两电极插入浓硝酸中,将看到电流表指针先向右偏转,约15s后再向左偏转,烧杯中产生大量红棕色气体,烧杯内溶液变成绿色。将两电极拉起脱离浓硝酸,实验停止,红色气体慢慢消失。

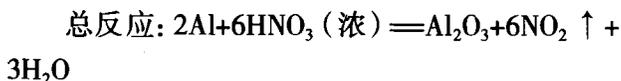
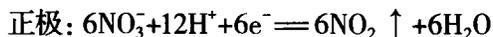
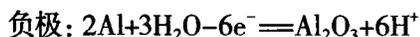
2.2.4 实验改进后的优点

(1)利用一次性塑料滴管和浸有氢氧化钠溶液的棉花吸收尾气,使实验装置更加简易。

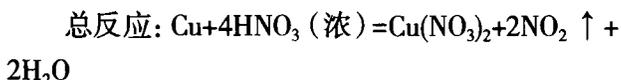
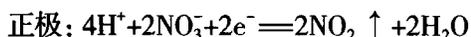
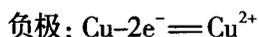
(2)尾气处理不需要用洗耳球鼓入空气而很快自行吸收,减少了有毒气体的逸出。

3 实验原理及结果分析

实验过程中电流表指针先向右偏转,说明起初由于铝比铜活泼,铝片做负极,电极反应式如下:



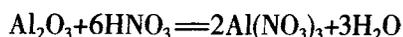
反应片刻后,由于铝被浓硝酸钝化,此时铜片做负极,电流表指针向左偏转,电极反应式如下:



如果使反应进行更长一段时间,浓硝酸变成稀硝酸,溶液温度升高,开始生成的氧化膜 Al_2O_3

与稀硝酸发生反应,铝又做负极,电流表指针又会向右偏转。

氧化膜溶解的反应:



尾气处理发生的反应:



4 实验注意事项

(1)由于实验中产生气体 NO_2 ,为防止气体从塑料盖与塑料盒连接的缝隙处逸出,应在放入药品后,将塑料盖与塑料盒的连接处用胶带封上,做成相对密闭的反应器。

(2)实验装置改进二中的小烧杯不要太高,要低于塑料盒的高度以便产生的 NO_2 气体向塑料盒中扩散,利于尾气吸收处理。

(3)反应器所用的方形塑料盒也可以根据实验室条件换成其他材质和形状(保证材质不能与浓、稀硝酸或浓氢氧化钠反应)的反应容器,只要做出一个相应形状的盒盖即可。

参考文献:

[1] 宋心琦主编. 普通高中课程标准实验教科书·化学2(必修)[M]. 北京:人民教育出版社,2007:39~44.

[2][3] 王继璋,李高辉,霍玉坚. 探究铁和铝在浓硫酸和浓硝酸中的电化学行为[J]. 化学教育,2011,(7):52~53.