

# 固体与多种液体连续反应制备气体的演示装置设计\*

叶永谦<sup>1\*\*</sup>, 张贤金<sup>2</sup>, 吴新建<sup>2</sup>, 叶燕珠<sup>2</sup>

(1.福建省南安市侨光中学, 福建南安 362314; 2.福建教育学院化学教育研究所, 福建福州 350025)

**摘要:** 针对启普发生器类装置无法实现一种固体与多种液体反应或者无法在反应前后对固体进行洗涤的问题, 利用带 n 形弯管的改进型恒压漏斗、三角漏斗等仪器设计出可实现固体与多种液体连续反应制备气体的演示装置。对如何使用该演示装置进行了说明, 同时以铝与冷水反应为例作进一步分析。该演示装置可以实现对固体的洗涤, 还可以对气体进行收集、检验和实现尾气处理, 操作简便、现象明显、绿色环保。

**关键词:** 固体; 多种液体; 连续反应; 制备气体; 演示装置设计

**文章编号:** 1005-6629(2016)1-0074-03

**中图分类号:** G633.8

**文献标识码:** B

实验室采用固液相反应不加热制气体的实验装置很多, 一般是启普发生器或相关简易装置。但是启普发生器这类装置的局限就是固体只能和一种液体反应, 无法实现一种固体与多种液体连续反应或者反应前后对固体的洗涤。如铝与冷水反应<sup>[1]</sup>需要对铝条进行多次洗涤, 就无法在该类装置中进行。在该实验设计中, 使用筒形分液漏斗配合三角漏斗、橡

皮导气管、止水夹、烧杯等作为演示装置(见图1)。其中筒形分液漏斗(见图2)因装置下端设计有玻璃活塞, 可以通过控制该活塞达到多次换液的目的。但是在实际操作中, 由于橡皮导管老化问题, 导致一段时间后均需更换, 且止水夹对气流的控制效果不理想。为了解决以上问题, 通过对恒压漏斗进行改装, 配合其他仪器, 可以设计出操作简便、现象明显、绿

\* 本文系福建省教育厅 2015 年福建省中青年教育科研项目(项目编号 JAS151453)(福建教育学院资助); 福建省教育厅 2014 年福建省中青年教育科研项目(编号 JAS14360)。

\*\* 通信联系人, Email: 15880968680@139.com。

(5) 装置二中, 水倒吸的现象能够很好地引导学生认识反应中气体总体积的变化趋势。根据注入氧气的体积及倒吸入烧瓶中水的体积等数据, 可引导学生从定量的角度进行氮氧化物转化的思考和探究( $4\text{NO}+3\text{O}_2+2\text{H}_2\text{O}=\text{4HNO}_3$ )。

## 5 说明和注意点

(1) 装置一说明和注意点。为保证该装置的气密性, 可以在橡皮塞的周边抹上凡士林。该装置亦可采用空气进行实验, 可以观察到红棕色气体的产生和消失, 以及水雾的现象, 但是瓶身变瘪的效果不理想(因空气中  $\text{O}_2$  含量只占约 21%, 反应中压强降低不明显)。

(2) 装置二说明和注意点。在打开止水夹 2 以后, 应该轻轻摇动烧瓶, 使得气体被充分吸收。最后在观察倒吸的水的体积时, 应使量杯中液体与三口烧瓶内液体的液面处于同一水平面。

(3) 笔者设计装置二旨在探究  $\text{NO}$  与  $\text{O}_2$  完全转化为  $\text{HNO}_3$  时,  $\text{NO}$  与  $\text{O}_2$  的体积比为 4:3 的理论值, 但由于注射器以及三口烧瓶内和橡胶管中都有可能

残留有少量的空气以及反应不充分等原因, 造成实验值与理论值(4:3)之间存在一定的偏差。实验中摇动烧瓶是促使反应充分的一种方法, 进行平行实验也是减小实验误差的重要手段。其他提高该实验精度的方法和手段还需进一步思考和探究, 这也正是探究性实验的魅力所在。

## 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 1(必修)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2013: 92.
- [2] 吴鹏. “铜与浓硝酸反应”演示实验的改进[J]. 化学教与学, 2013, (10): 97.
- [3] 康雪. 过硫酸钠溶液氧化吸收  $\text{NO}$  工艺[J]. 化学工程, 2013, (8): 22.
- [4] 李景耀. 关于  $\text{NO}$  被氧化和  $\text{NO}_2$  溶于水的实验[J]. 化学教学, 1985, (4): 38.
- [5] 陈定国.  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  和  $\text{HNO}_3$  性质的综合实验[J]. 化学教学, 1994, (1): 45.

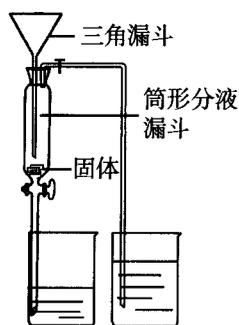


图1 筒形分液漏斗演示装置

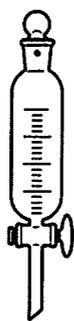


图2 筒形分液漏斗

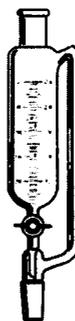


图3 恒压漏斗

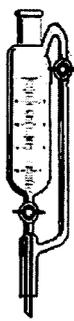
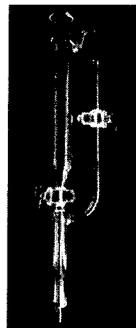


图4 改进型的恒压漏斗



色环保的装置,用于演示固体与多种液体连续反应不加热制备气体并对气体进行收集、检验和实现尾气处理。

### 1 实验仪器

实验仪器:带n形弯管的改进型恒压漏斗,三角漏斗,烧杯,铁架台,铁夹,单孔橡皮塞。

其中带n形弯管的恒压漏斗是整套装置的关键仪器,在普通恒压漏斗(见图3)的基础上进行四处改装:一是将原来水平伸出的支管改为n形弯管,目的是为了保证液体可以充满瓶体,使排液法收集到的气体更纯净;二是在支管处多安装了一个玻璃活塞,用于控制气体的流速;三是下端外管不使用磨砂玻璃,直接用普通玻璃管,内管长度大于外管,防止可能的沉积物堵住外管(见图4);四是将漏斗容量定为100毫升,既保证演示效果又节约药品。

### 2 实验装置图

在图5所示实验装置中,改进后的恒压漏斗用于盛放块状固体,三角漏斗用于加入液体反应物,反应产生的难溶性气体收集在恒压漏斗中。玻璃活塞1用于控制液体从内玻璃管多次流出,达到固体与多种液体连续反应或洗涤的作用。玻璃活塞2作为尾

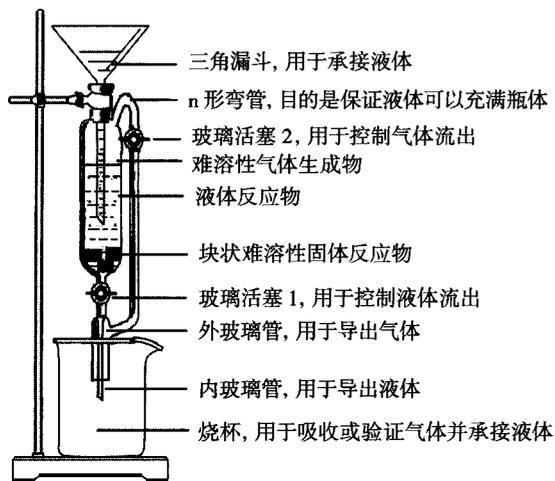


图5 固体与多种液体连续反应制备气体的实验装置图

气吸收装置的控制开关,用于将产生的气体反复收集后通过外玻璃管通入烧杯中。通过以上装置,可以实现固体与多种液体反应并收集、检验、吸收难溶性气体,演示效果好。

### 3 使用说明

#### 3.1 气体的收集

将块状难溶性固体反应物放在带n形弯管的恒压漏斗中,往三角漏斗中加入液体反应物并充满瓶体。反应生成的气体将液体压入三角漏斗中,气体收集在n形弯管的恒压漏斗上部。通过三角漏斗中液面的上升可以直接观察到有气体的生成。

#### 3.2 可燃性气体的验证

若收集到的气体具有可燃性,可以在烧杯中加入溶有洗涤剂的水至没过外玻璃管下管口,打开玻璃活塞2后,三角漏斗中液面下降,将气体压出,并在烧杯中溶有洗涤剂的水面上形成气泡。用燃烧的木条火焰靠近气泡,可以观察到气泡燃烧起来并伴有爆鸣声。因首次排出的气体中混有导管中的空气,爆鸣声显得清脆。再次关闭玻璃活塞2,待三角漏斗中液面上升到一定高度后,重复以上操作,由于此时排出的气体较为纯净,爆鸣声显得沉闷。使用以上方法比直接燃烧氢气现象明显且能确保安全,直接燃烧氢气前要先验纯,否则可能爆炸,燃烧时也只有视觉的体验。而使用以上方法后,不验纯也不会出现安全事故,只是爆鸣声音更响亮而已,同时有视觉上的燃烧和听觉上的爆鸣声的体验,学生印象更为深刻。

#### 3.3 可燃性气体的尾气处理

打开玻璃活塞1,让漏斗中液体全部流入烧杯中,关闭该活塞。再打开玻璃活塞2,往三角漏斗中缓慢加入蒸馏水,将瓶体中的气体全部赶入烧杯中在液面上形成气泡,再用燃烧的木条火焰将气泡全部燃烧掉。

#### 3.4 有毒气体的尾气处理

如收集到的气体有毒,必须进行吸收处理,可

在烧杯中装吸收液至没过外玻璃管下管口, 打开玻璃活塞 2 控制气体流速, 使气体缓慢进入烧杯中的吸收液, 确保完全吸收。

### 3.5 固体的洗涤或液体的稀释

如固体反应物需用溶液进行前期处理(如必须洗涤后再与其他液体反应), 可通过两个玻璃活塞进行控制。如液体反应物反应一段时间后必须加水稀释再演示, 可以先打开玻璃活塞 1 让浓溶液流出一部分, 关闭该活塞后再往三角漏斗中加蒸馏水进行稀释。

## 4 使用实例

演示铝与冷水反应生成氢气, 并实现氢气的收集、检验和尾气处理(见图 6)。

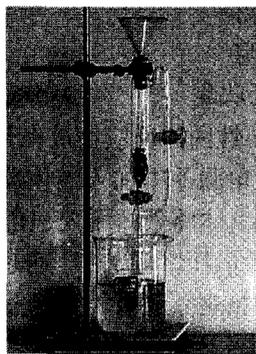


图 6 铝与冷水反应实验装置

### 4.1 检验气密性

按图 6 将仪器安装好后, 关闭玻璃活塞 1、2, 往三角漏斗中加入一定量水, 若三角漏斗内外存在液面高度差且不变, 说明气密性良好。

### 4.2 铝条的处理

往烧杯中加入溶有洗涤剂的饱和硫化钠(因部分氧化为单质硫呈黄色)至没过外玻璃管下管口, 关闭玻璃活塞 1, 打开玻璃活塞 2, 往带 n 形弯管的恒压漏斗中加入铝片, 装上三角漏斗, 往三角漏斗中加入 5% 氯化汞溶液充满瓶体, 关闭玻璃活塞 2。

### 4.3 氯化汞溶液的处理

当观察到铝条与氯化汞溶液剧烈反应时, 立即打开玻璃活塞 1, 使溶液全部流入硫化钠溶液中形成硫化汞沉淀。由于饱和硫化钠中有单质硫存在, 可以与流出的单质汞反应生成硫化汞。

### 4.4 铝条的洗涤

待漏斗中溶液全部流出后, 往漏斗中加入蒸馏水洗涤铝条, 反复三次。

### 4.5 铝与水反应及氢气的收集

铝条洗涤后, 关闭玻璃活塞 1, 往三角漏斗中加入蒸馏水至充满瓶体, 关闭玻璃活塞 2。铝与蒸馏水

反应, 表面有气泡冒出, 溶液变白色浑浊, 产生的无色气体将溶液压入三角漏斗中。

### 4.6 检验氢气

打开玻璃活塞 2, 三角漏斗中液面下降, 将氢气压出, 并在烧杯液面上形成气泡。用燃烧着木条火焰靠近气泡, 气泡燃烧起来并伴有清脆爆鸣声。再次关闭玻璃活塞 2, 待三角漏斗中液面上升到一定高度后, 重复以上操作, 由于所得氢气较为纯净, 爆鸣声显得沉闷。

### 4.7 尾气处理

方法与使用说明相同。

## 5 装置优点

使用本装置对固体与多种液体连续反应不加热制备气体进行演示, 具有以下优点。

### 5.1 填补空白

目前实验室尚无此类装置, 填补了演示装置的一项空白, 解决了启普发生器类装置及筒形分液漏斗连接橡皮导管存在的不足。

### 5.2 现象明显

通过三角漏斗中液面的上升直观感受难溶性气体的生成, 通过可燃性气体形成的气泡的燃烧和爆鸣声, 对学生形成视觉和听觉上的冲击。

### 5.3 操作简便

只需简单控制玻璃活塞, 即可实现气体的产生、收集、检验、尾气处理和固体的洗涤、液体的稀释等操作。整个实验一气呵成, 演示时间一般不超过五分钟, 适合在课堂上演示。

### 5.4 绿色环保

带 n 形弯管的恒压漏斗容积设计为 100 毫升, 既保证演示效果又节约药品, 下端外玻璃管浸入烧杯中的溶液可用于有毒气体的有效吸收。

## 参考文献:

- [1] 叶永谦, 张贤金, 吴新建, 叶燕珠. 铝与水反应演示实验装置的设计 [J]. 化学教学, 2015, (2): 62~63.
- [2] 房寿高. 铝与熔融氢氧化钠反应的实验探究 [J]. 化学教学, 2013, (7): 50~53.
- [3] 范艳花, 赵俊伟. 铝与氯化铜反应异常现象的探究 [J]. 化学教学, 2010, (2): 9~10.
- [4] 王程杰, 李桂林. 铝片长毛实验中几个问题的解惑 [J]. 化学教学, 2009, (4): 5~7.
- [5] 荆入德. 铝与水反应实验的设计 [J]. 化学教学, 2005, (11): 7~8.