

藕节式气体发生器的设计及应用*

叶永谦¹, 张贤金², 吴新建²

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

摘要: 将固体与多种液体连续反应制备气体的演示装置与启普发生器固液分离设计精髓相结合, 设计了藕节式气体发生器及配套装置。可实现粉末状固体反应时与液体脱离、对反应进行加热、对固体反应物进行洗涤等启普发生器所不具有的功能; 可演示一氧化氮、二氧化氮、氯气等气体的制备、收集、检验、尾气处理等实验。该装置设计巧妙, 具有使用方便、适用广泛等特点。

关键词: 启普发生器; 藕节式气体发生器; 实验装置设计; 实验改进

文章编号: 1005-6629(2017)1-0071-04

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

启普发生器是中学化学常用的制气装置, 它通过控制固体与液体的接触及分离实现反应的开始和停止, 设计巧妙, 使用方便。但启普发生器也存在试剂消耗量大、排空时间长、浪费多、配件用途小、不适宜加热、不适宜剧烈反应等不足^[1]。

为了改进以上不足, 根据固液分离时的相对运动状态不同, 出现了液离式(图1)、固离式(图2)、固液均离式(图3)三种简易启普发生器改进类型^[2]。

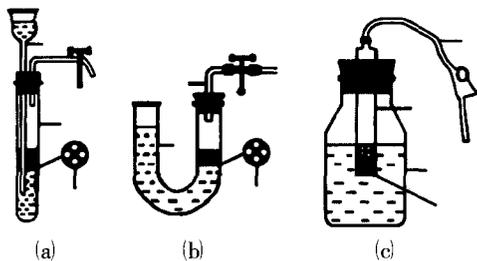


图1 液离式简易启普发生器

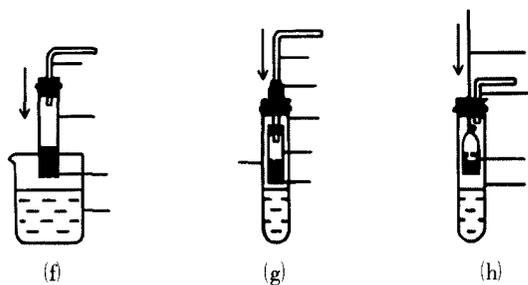
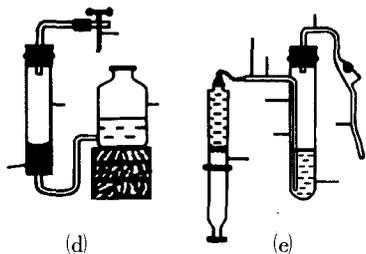


图2 固离式简易启普发生器

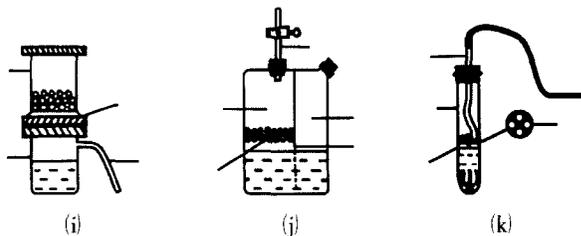


图3 固液均离式简易启普发生器

以上三类改进后的简易启普发生器都可以实现随时控制反应的发生和停止, 凝聚了广大化学教育工作者的智慧和汗水。但是, 作为化学实验仪器的改进项目, 设计时必须关注现象的清晰性和操作的简练性, 方便教师在几分钟内将实验目的、实验原理、仪器药品、操作步骤、实验结果等讲解清楚^[3]。从以上改进的结果看, 大部分仪器并不比以往的启普发生器简单, 有的反而更复杂, 在实际

* 本文系福建省教育厅 2015 年福建省中青年骨干教师教育科研项目(项目编号 JAS151453)(福建教育学院资助)阶段性研究成果。

兴趣实验介绍[J]. 化学教学, 2008, (10): 5~7.

题[J]. 化学教学, 2015, (1): 52~54.

[9] 叶燕珠, 吴新建等. 初中化学趣味实验及相关探究课

教学中运用效果不够理想。而且,启普发生器通过节管分离固体和液体的设计精髓未能得到借鉴和传承,是改进的一大遗憾。更重要的是,以上改进都无法对反应物固体进行洗涤,也无法支持反应物固体与多种液体连续反应。为了解决以上不足,本文将固体与多种液体连续反应制备气体的演示装置^[4]与启普发生器固液分离设计精髓相结合,设计了藕节式气体发生装置。

1 实验仪器的设计

1.1 仪器组成及功能

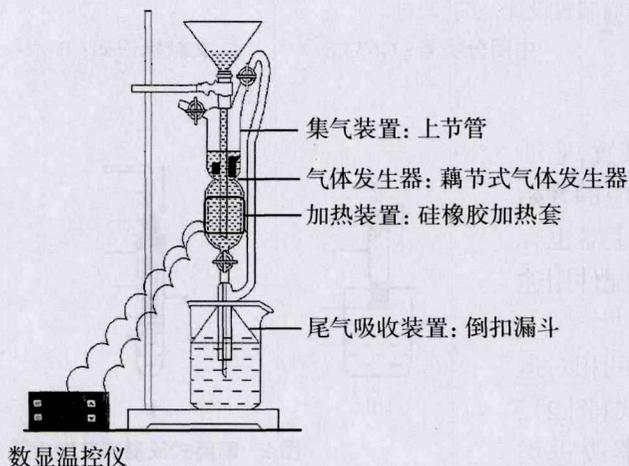
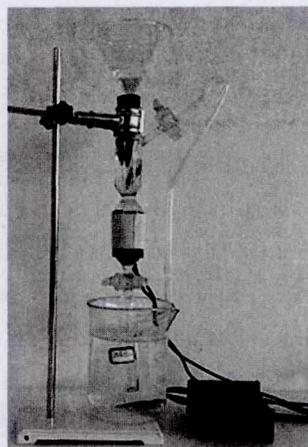


图4 藕节式气体发生装置示意图、实物图



藕节式气体发生装置由藕节式气体发生器、加热套装、三角漏斗、倒扣的塑料漏斗、烧杯、铁架台等几部分组成,实验装置示意图、实物图如图4所示。其中,藕节式气体发生器上节管为发生装置和集气装置,下节管外包裹有硅橡胶加热套。硅橡胶加热套连接数显温控仪,用于控制加热温度。倒扣的塑料漏斗及烧杯部分属于尾气吸收装置,也可用于部分性质实验。硅橡胶加热装置及倒扣的塑料漏斗属于选配部分,视具体反应选择对应套装。

1.2 藕节式气体发生器的设计

以上装置中,藕节式气体发生器是整套仪器的核心部分,示意图、实物图见图5。该发生器中部是葫芦式双节管,秉承启普发生器固液分离设计精髓。上节管用于承放块状固体反应物,反应开始后气体收集在上节管,因此上节管既做发生装置又做集气装置。下节管作为贮液装置,气体产生后,上节管液体被压入下节管,下节管液体则被压

入三角漏斗。通过控制玻璃活塞1,产生的气体可以顺着耳形弯管进入导气外管,最后在烧杯中进行性质实验或者尾气处理。也可以关闭玻璃活塞1,打开玻璃活塞2,直接将气体排出做性质实验。玻璃活塞2所在的支管与耳形弯管所在的平面呈90度夹角,通过旋转角度可以只正面呈现支管或者耳形弯管二者之一,防止干扰观察效果。实验过程中,可以通过控制玻璃活塞3实现对固体反应

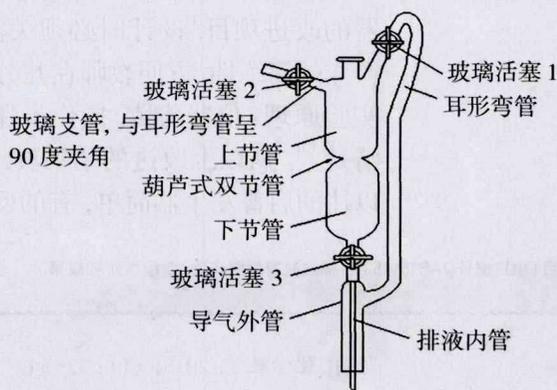


图5 藕节式气体发生器结构示意图、实物图



物的洗涤, 或者让固体反应物与一种液体反应后将该液体排空继续与另一种液体反应。反应结束后, 打开玻璃活塞 3, 液体通过排液内管进入烧杯进行废液处理。

2 使用示例

藕节式气体发生装置可以实现普通启普发生器及其简易装置所有功能, 并能实现粉末状固体反应时与液体脱离、对反应进行加热, 对固体反应物进行洗涤等启普发生器所不具有的功能。具体应用示例如下。

2.1 演示固体与多种液体连续反应制备气体

普通启普发生器只能演示块状固体与一种液体反应制备气体, 无法实现对该固体进行洗涤或者让该固体与多种液体连续反应。由于藕节式气体发生器下端设计有玻璃活塞 3, 且配套烧杯、倒扣漏斗等仪器, 可以让固体与一种液体反应后, 将该液体流出, 再加入另一种液体继续与固体反应。以铜与硝酸反应为例, 可以先演示铜与浓硝酸反应, 制备二氧化氮后进行尾气处理; 然后将浓硝酸进行稀释再与铜反应, 制备并检验一氧化氮后对其进行尾气处理。

(1) 检验气密性: 按图 4 将仪器装配好, 关闭所有玻璃活塞, 往三角漏斗中加入一定量的蒸馏水, 若三角漏斗内外存在液面高度差且不变, 说明气密性良好。

(2) 加入药品: 往烧杯中加氢氧化钠溶液至没过导气外管下管口及倒扣漏斗口, 往发生器上节管中加入三片铜片, 装上三角漏斗, 打开玻璃活塞 1, 再往三角漏斗中加入浓硝酸至充满瓶体, 关闭玻璃活塞 1。

(3) 收集、检验二氧化氮: 固液接触、铜片参与反应, 溶液变为绿色, 反应产生的气体将液体压入三角漏斗中, 直至液体与铜片脱离, 反应停止, 发生器上节管中收集有红棕色气体, 根据气体颜色判断其为二氧化氮。

(4) 稀硝酸的配制: 打开玻璃活塞 3, 当液面下降至发生器管节处时, 关闭玻璃活塞 3, 此时发生器中液体只剩下原来的一半。打开玻璃活塞 1, 再往三角漏斗中加入蒸馏水至充满发生器, 浓硝酸被稀释为稀硝酸。

(5) 吸收处理二氧化氮: 上述稀硝酸配制过程中, 液体流入烧杯中有沉淀生成, 此外溶液流出

过程中伴有氮氧化物气体逸出, 由于在导气外管外部套有浸在氢氧化钠溶液中的倒扣三角漏斗, 可以有效吸收该气体。打开玻璃活塞 1 时, 三角漏斗中液面缓慢下降, 将发生器中红棕色气体全部赶入氢氧化钠溶液中完全吸收。

(6) 收集一氧化氮: 铜与稀硝酸接触后继续反应, 溶液变为蓝色, 反应产生的气体将液体压入三角漏斗中, 直至液体与铜片脱离, 反应停止, 上节管收集到无色气体。

(7) 检验一氧化氮: 打开玻璃活塞 3, 使液体流入烧杯。同时打开玻璃活塞 2, 随着空气进入, 发生器中无色气体立即变为红棕色, 可以判断该气体为一氧化氮。

(8) 尾气处理: 待发生器中液体全部流出后, 关闭玻璃活塞 2 和玻璃活塞 3, 打开玻璃活塞 1, 往三角漏斗中缓慢加入蒸馏水至充满发生器, 使瓶体中的气体全部赶入氢氧化钠溶液中完全吸收, 尾气处理完成。

2.2 演示粉末状固体与液体加热制备气体的反应

启普发生器只能演示块状固体与液体制气反应, 且反应不能加热。藕节式气体发生装置可以演示粉末状固体与液体制气的反应, 只需将粉末固体包在脱脂棉内, 放在上节管中, 就可以实现固体与液体的接触与脱离。由于藕节式气体发生器下节管可以包裹硅橡胶加热套装, 还能实现对液体的加热并控制加热的温度。下面通过二氧化锰与浓盐酸反应, 演示氯气的制备、收集、检验及尾气处理, 更全面展示藕节式气体发生装置的优势, 装置如图 6 所示。

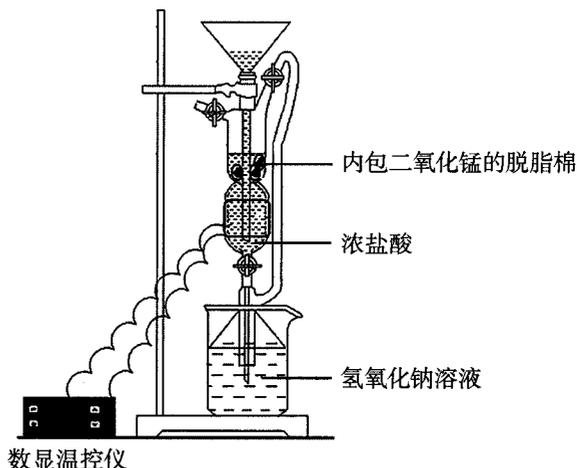


图 6 氯气制备装置示意图

(1) 检验气密性: 方法与 2.1(1) 相同。

(2) 加入药品: 烧杯中装 300 毫升氢氧化钠溶液, 用脱脂棉将二氧化锰包住放在上节管, 装上三角漏斗, 再安装加热套装。打开玻璃活塞 1, 往三角漏斗中加入浓盐酸至充满发生器。

(3) 氯气的收集: 浓盐酸接触到包有二氧化锰的脱脂棉后, 立即有少量气体产生。接通电源, 加热一段时间后, 随着数显温控仪显示的温度逐渐升高, 反应加快。当数显温控仪显示的温度上升到 105℃ 左右, 溶液颜色变黑, 产生的大量氯气将液体压入三角漏斗中, 浅黄绿色的氯气收集在发生器中。

(4) 氯气的检验: 将发生器旋转 90°, 使玻璃活塞 2 所在的支管呈现在正面, 方便观察实验现象。此时耳形弯管背向演示方向, 不会干扰观察。控制玻璃活塞 2, 使极少量气体从支管逸出, 用玻璃棒蘸湿润的淀粉碘化钾试纸靠近支管口, 试纸变蓝, 说明该气体是氯气。

(5) 废液及尾气处理: 打开玻璃活塞 3, 发生器中液体全部流出。关闭玻璃活塞 2 和玻璃活塞 3, 打开玻璃活塞 1, 往三角漏斗中缓慢加入蒸馏水至充满发生器, 使瓶体中的气体全部赶入氢氧化钠溶液中完全吸收, 尾气处理完成。

3 创新点

3.1 固液脱离方式的创新

按照固液分离时的相对运动状态不同进行分类, 藕节式气体发生器属于液离式改进类型。但与常见的液离式改进不同, 该发生器传承了启普发生器分离固体和液体的设计精髓, 方便制作和使用。对于粉末状固体, 只需用脱脂棉包住放在上节管, 即可实现固液脱离, 使该仪器的使用范围明显拓宽。

3.2 绿色环保上的创新

藕节式气体发生装置除了具有固体与多种液体连续反应制备气体及其某些演示装置相同的废液废气处理功能外, 还具有避免气体从三角漏斗逸出污染空气的新功能^[6]。由于设计了藕节式节管, 反应发生后, 气体溶解在上节管中液体达到饱和才能将下节管液体压入三角漏斗。因下节管液体基本不含或者很少含有气体, 进入三角漏斗后压强减小, 不会有气体逸出, 可以避免空气污染。

同时, 从容积角度看, 藕节式气体发生器容积为 100 毫升, 而普通启普发生器有 250、500、1000、2000 毫升等规格, 最小规格的启普发生器也要消耗大量反应液, 藕节式气体发生器则可以节约至少一半药品。

3.3 加热方式上的创新

作为化学演示实验加热的通常方法, 酒精灯加热存在着加热不均匀、温度难控制、明火易造成火灾等不足。使用硅橡胶加热套装可以有效避免以上不足, 且能对竖直放立的玻璃仪器进行加热。在对藕节式气体发生器加热中, 硅橡胶加热套包裹在下节管, 不影响上节管实验现象的观察。且加热时温度先升高的是下节管液体, 根据对流原理, 上节管液体温度也能迅速上升, 加热速度较快, 节约时间, 适合在课堂演示实验中使用。对于不同形状和规格的玻璃仪器, 只需请厂家按对应尺寸定制硅橡胶加热套即可, 价格仅需几十元, 且可以反复使用万次以上。数显温控仪及电源适配器是通用的, 整套价格在 200 元左右。因此, 硅橡胶加热套装具有适用范围广、价格合理等优点, 适合推广。

总之, 藕节式气体发生装置具有设计巧妙、使用方便、绿色环保、成本合理等优点, 既传承了启普发生器固液分离设计的精髓, 又集成了发生装置、集气装置、加热装置、尾气处理装置等功能, 可以被广泛应用于中学化学常见气体的制备。

参考文献:

- [1][2] 任有良, 张国春. 简易启普发生器的分类及装配 [J]. 商洛师范专科学校学报, 2004, (9): 111~113.
- [3] 叶永谦, 张贤金, 吴新建. 铜与浓、稀硝酸反应演示实验的再改进 [J]. 化学教学, 2016, (7): 60~64.
- [4][5] 叶永谦, 张贤金, 吴新建, 叶燕珠. 固体与多种液体连续反应制备气体的演示装置 [J]. 化学教学, 2016, (1): 74~76.