

· 高 · 等 · 学 · 校 · 教 · 材

# 基础化学实验

杨善中 王华林 吴晓静 鲁道荣 编



JICHU HUAXUE SHIYAN



化学工业出版社

高等学校教材

# 基础化学实验

杨善中 王华林 吴晓静 鲁道荣 编



化学工业出版社

·北京·

本书共分上下两篇和附录。上篇为基本常识与基本操作,包括化学实验的基本常识、化学实验的基本操作技术及误差理论与数据处理等内容。下篇为基础化学实验,共选编了49个具有代表性的基础化学实验项目。附录部分包括物理量的符号与单位、常用实验仪器操作规程及必要的常用数据。

本书可用作高等学校应用化学、高分子材料科学与工程、化学工程与工艺、制药工程、生物工程、生物技术、食品科学与工程等专业基础化学实验课的教材,也可作为有关部门科研实验人员的参考用书。

# 基础化学实验

杨善中等编 杨克俭 林学王 中书

## 图书在版编目(CIP)数据

基础化学实验/杨善中等编. —北京:化学工业出版社, 2009. 2

高等学校教材

ISBN 978-7-122-04511-9

I. 基… II. 杨… III. 化学实验-高等学校-教材  
IV. 06-3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 002442 号

责任编辑:刘俊之

文字编辑:颜克俭

责任校对:蒋 宇

装帧设计:王晓宇

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印 刷:北京市彩桥印刷有限责任公司

装 订:北京顺板装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张13¼ 字数329千字 2009年3月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:26.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

基础化学实验是我校基础化学实验中心为高分子材料、化工工艺、制药工程、应用化学、生物工程、生物技术、食品科学与工程等本科专业学生开设的一门重要基础实验课,其目的是培养学生掌握化学实验的基本知识、基本操作与基本技能。它与后续的综合化学实验、专业化学实验构成相关专业完整的化学实验教学体系。

本书共分上下两篇。上篇为基本常识与基本操作,包括化学实验的基本常识、化学实验的基本操作技术及误差理论与数据处理等内容。下篇为基础化学实验,全书共选编了49个具有代表性的基础性化学实验项目。附录部分包括物理量的符号与单位、常用实验仪器操作规程及必要的常用数据。

本书由合肥工业大学基础化学实验中心组织编写。担任主要编写工作的教师有:杨善中、王华林、吴晓静、鲁道荣。具体分工如下:王华林(下篇之实验1~实验9);杨善中(上篇之第1、2章,下篇之实验10~实验17);吴晓静(下篇之实验18~实验31);鲁道荣(上篇之第3章,下篇之实验32~实验49,附录)。李学良、陆亚玲、朱云贵、翟林峰、窦焰、段体兰、庆卫星、何红波、刘文宏等教师也承担了部分章节的编写工作。全书由杨善中负责最后统稿并定稿。

本书的编写出版得到了合肥工业大学精品课程建设基金的资助。在本书编写过程中,何建波教授、杨保俊教授提出了许多建设性指导意见。董珍、路西凤协助打印、校对书稿并绘制了书中绝大部分插图。编者在此表示衷心感谢。

限于编者的学识水平与经验,书中难免存在不完善之处,欢迎专家和读者批评指正,以便今后不断完善。

编者

2008年11月于合肥

# 目 录

## 上篇 基本常识与基本操作

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第1章 化学实验的基本常识      | 1  |
| 1.1 化学实验室的安全常识     | 1  |
| 1.2 危险化学品药品的使用与保存  | 4  |
| 1.3 化学实验的常用仪器和设备   | 8  |
| 1.4 化学实验的常用反应装置    | 15 |
| 1.5 常用仪器的清洗和干燥     | 19 |
| 1.6 实验预习、实验记录和实验报告 | 20 |
| 第2章 化学实验的基本操作技术    | 24 |
| 2.1 加热和冷却          | 24 |
| 2.2 常压蒸馏           | 26 |
| 2.3 减压蒸馏           | 30 |
| 2.4 水蒸气蒸馏          | 34 |
| 2.5 分馏             | 37 |
| 2.6 重结晶及过滤         | 40 |
| 2.7 萃取             | 46 |
| 2.8 升华             | 50 |
| 2.9 干燥及干燥剂的使用      | 53 |
| 2.10 熔点的测定         | 57 |
| 2.11 沸点的测定         | 63 |
| 第3章 误差理论与数据处理      | 65 |
| 3.1 误差的产生          | 65 |
| 3.2 总体和样本          | 67 |
| 3.3 数据的取舍          | 69 |
| 3.4 实验结果的整理与表达     | 72 |
| 3.5 计算机作图          | 73 |

## 下篇 基础化学实验

|            |    |
|------------|----|
| 实验1 氯化钠的提纯 | 75 |
| 实验2 溶液的pH值 | 76 |
| 实验3 沉淀反应   | 78 |

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| 实验 4 氧化还原反应与电化学 .....                                     | 80  |
| 实验 5 配位化合物 .....                                          | 82  |
| 实验 6 卤素 .....                                             | 84  |
| 实验 7 铬和锰 .....                                            | 87  |
| 实验 8 铁钴镍 .....                                            | 89  |
| 实验 9 硫酸亚铁铵的制备 .....                                       | 91  |
| 实验 10 正丁基溴的制备 .....                                       | 93  |
| 实验 11 乙苯的制备 .....                                         | 94  |
| 实验 12 2-甲基-2-丁醇的合成 .....                                  | 95  |
| 实验 13 茶叶中咖啡因的提取 .....                                     | 97  |
| 实验 14 甲基橙的合成 .....                                        | 99  |
| 实验 15 乙酰苯胺的合成 .....                                       | 100 |
| 实验 16 苯甲醇和苯甲酸的制备 .....                                    | 101 |
| 实验 17 乙酸乙酯的合成 .....                                       | 102 |
| 实验 18 分析天平的称量练习 .....                                     | 103 |
| 实验 19 酸碱标准溶液的配制和比较 .....                                  | 104 |
| 实验 20 酸碱标准溶液浓度标定 .....                                    | 106 |
| 实验 21 碱液中 NaOH 及 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 测定 ..... | 108 |
| 实验 22 EDTA 标准溶液的配制和标定 .....                               | 109 |
| 实验 23 水的硬度测定 .....                                        | 110 |
| 实验 24 KMnO <sub>4</sub> 溶液的配制、标定和过氧化氢含量测定 .....           | 112 |
| 实验 25 邻二氮杂菲分光光度法 .....                                    | 113 |
| 实验 26 水中微量氟的测定 .....                                      | 115 |
| 实验 27 苯系物的分析 .....                                        | 118 |
| 实验 28 火焰原子吸收法测定水中的 Ca、Mg .....                            | 122 |
| 实验 29 铅、铋混合溶液中铅、铋的测定 .....                                | 126 |
| 实验 30 铁矿石中铁含量的测定 .....                                    | 127 |
| 实验 31 可溶性硫酸盐中硫的测定 .....                                   | 128 |
| 实验 32 燃烧热的测定 .....                                        | 129 |
| 实验 33 液体饱和和蒸气压的测定 .....                                   | 133 |
| 实验 34 化学平衡常数与分配系数的测定 .....                                | 136 |
| 实验 35 (1) 二组分系统气液平衡相图的绘制 .....                            | 137 |
| 实验 35 (2) 热分析法绘制 Cd-Bi 二组分系统固液平衡相图 .....                  | 140 |
| 实验 36 电动势法测定化学反应的热力学函数及活度系数 .....                         | 143 |
| 实验 37 溶液吸附法测定固体的比表面 .....                                 | 145 |
| 实验 38 溶液表面张力的测定 .....                                     | 147 |
| 实验 39 蔗糖水解反应速率常数的测定 .....                                 | 149 |
| 实验 40 丙酮碘化反应速率常数的测定 .....                                 | 151 |
| 实验 41 乙酸乙酯皂化反应活化能的测定 .....                                | 154 |
| 实验 42 凝固点降低法测定物质的摩尔质量 .....                               | 156 |

|       |                                               |     |
|-------|-----------------------------------------------|-----|
| 实验 43 | 离子迁移数和阿伏伽德罗常数的测定 .....                        | 159 |
| 实验 44 | 镍在硫酸溶液中钝化行为的研究 .....                          | 162 |
| 实验 45 | BZ 振荡反应 .....                                 | 165 |
| 实验 46 | $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶电泳速率和电动电位的测定 ..... | 168 |
| 实验 47 | 摩尔折射度的测定 .....                                | 170 |
| 实验 48 | 偶极矩的测定 .....                                  | 172 |
| 实验 49 | 磁化率的测定 .....                                  | 175 |

## 附录

|                       |                 |     |
|-----------------------|-----------------|-----|
| 附录 1                  | 物理量的符号与单位 ..... | 179 |
| 附录 2                  | 常用实验仪器 .....    | 183 |
| 一、722 型分光光度计 .....    | 183             |     |
| 二、阿贝折射仪 .....         | 185             |     |
| 三、WXG-4 型旋光仪 .....    | 187             |     |
| 四、DDS-11 型电导仪 .....   | 189             |     |
| 五、DDS-11D 型电导率仪 ..... | 190             |     |
| 六、UJ25 型电位差计 .....    | 191             |     |
| 七、标准电池 .....          | 193             |     |
| 八、检流计 .....           | 193             |     |
| 九、常用气体钢瓶 .....        | 196             |     |
| 十、恒电位仪 .....          | 198             |     |
| 附录 3                  | 常用数据表 .....     | 202 |

## 参考文献

# 上篇 基本常识与基本操作

## 第1章 化学实验的基本常识

### 1.1 化学实验室的安全常识

化学实验室是一个潜在的危险场所，这绝非危言耸听。因为化学实验经常要使用易燃、易爆、有毒及腐蚀性化学药品。这些药品如果处置不当，就有可能导致着火、爆炸、灼伤、中毒等事故。此外，实验中，玻璃仪器、电器设备等操作不当，也可能造成事故。但是，事故并不是不可避免的，只要树立安全第一的思想，严格执行操作规程，就一定能有效地维护人身和实验室的安全，确保实验的顺利完成。

#### 1.1.1 一般注意事项

① 实验前必须做好预习，深入了解所用药品、仪器的特性和注意事项；细致分析、理解实验内容；充分估计可能出现的问题，准备解决的办法及应急措施等。

② 实验应从小量开始。无论是熟悉的还是不熟悉的实验，第一次都必须从小量开始。从小量实验取得经验，在此基础上再进行较大的实验，就会比较有把握，就可以避免可能发生的各种问题。此外，因为量小，即使发生意外，也不至于造成严重的事故。

③ 严格按照操作规程进行实验。实验开始前应仔细检查仪器是否完好无损，装配是否正确、稳妥。常压反应装置一定要和大气连通，切忌形成密闭体系，否则可能导致爆炸。加热要注意不同的热源及其相应的加热方式。蒸馏、回流时不要忘加沸石，冷凝管不要忘通冷凝水。低温操作要防止冻伤，高温操作要防止玻璃仪器炸裂等。

④ 实验过程中要经常检查仪器有无漏气、破损，各仪器连接处是否松动，反应进行得是否正常等。

⑤ 有可能发生危险的实验，不要在人多的实验室内进行，实验装置应加装防护屏，实验人员应戴防护眼镜、面罩和手套等防护用品。

⑥ 实验所用药品不得随意散失、遗弃。对产生有害气体的实验，应安装相应的气体吸收装置，以免污染环境。

⑦ 易燃、易挥发物品，不得在敞口容器中存放、加热。

⑧ 实验结束后要及时洗手、洗脸。禁止在实验室内吸烟、喝水或吃零食。

#### 1.1.2 事故的预防和处理

(1) 防着火 着火是实验中常见的事故。为防止着火，实验中要注意以下几点。

① 实验室不得存放大量的易燃、易挥发化学药品，而应放在专设的危险药品橱内。

② 切勿用敞口容器存放、加热或蒸除易燃、易挥发化学药品。

③ 操作和处理易燃、易挥发化学药品时，应尽可能远离火源，最好在通风橱中进行。

④ 尽量不用明火直接加热，而应根据具体情况选用油浴、水浴或电热套等间接加热方式。

⑤ 回流或蒸馏液体时应加入几粒沸石，以防溶液因暴沸而冲出。若在加热后发现未加沸石，则应停止加热，待稍冷后再加。否则在过热溶液中加入沸石会导致液体突然沸腾，冲出瓶外而引起火灾。

⑥ 冷凝水要保持畅通，若冷凝管忘记通水，大量蒸气来不及冷凝而逸出，也易造成火灾。

⑦ 不得将易燃、易挥发废弃物倒入废弃物缸或垃圾桶中，应当专门回收处理。

(2) 防爆炸 化学实验中，有两种情况可能导致爆炸事故。一是某些化学药品本身就易爆炸。例如，过氧化物、芳族多硝基化合物等，在受热或受到碰撞时，均会发生爆炸；乙醇和浓硝酸混在一起时，会产生极强烈的爆炸；许多低沸点易燃有机溶剂的蒸气和易燃气体在空气中的浓度达到某一极限（爆炸极限）时，一旦遇到明火即发生燃烧、爆炸。二是仪器安装不正确或操作不当时，也有可能引起爆炸。例如，蒸馏时，体系被密闭；减压蒸馏时，使用不耐压玻璃仪器（如锥形瓶）等，均可能发生爆炸。为防止爆炸事故的发生，要注意下列问题。

① 使用易燃、易爆气体（如氢气、乙炔等）时，要保持实验室内空气畅通，严禁明火，并应防止由于敲击、静电摩擦或电器开关等所产生的火花。

② 量取低沸点易燃溶剂应远离火源；蒸馏低沸点易燃溶剂的装置要防止漏气，接引管、支管应与橡皮管相连，使余气通往水槽或室外。

③ 对于与空气以一定比例组成爆鸣气的低沸点易燃有机溶剂蒸气和易燃气体，要防止它们泄露到空气中。

④ 常压操作时，应使装置与大气连通，切勿造成密闭体系。减压或加压操作时，要用耐压仪器。

⑤ 有些药品遇到氧化剂时会发生猛烈燃烧或爆炸，操作时要特别小心。存放药品时，应将氯酸钾、过氧化物、浓硝酸等强氧化剂和有机药品分开存放。

⑥ 有些实验可能生成有爆炸性的有机物（如硝化甘油等），操作时需要特别小心。有些有机物（如叠氮化物、干燥的重氮盐、硝酸酯、多硝基化合物等）具有爆炸性，使用时必须严格遵守操作规程，防止蒸干溶剂或震动。有些有机物（如醚、共轭烯烃等）久置后会生成易爆炸的过氧化物，必须经特殊处理后才能使用。

(3) 防中毒 大多数化学药品都有一定的毒性。例如，很多含氯有机物累积于人体内会引起肝硬化，经常接触苯可能会造成白血病等。为预防中毒，要注意做到以下几点。

① 实验中所用的剧毒物品应有专人负责发放，实行登记制度，并向使用者提出必须遵守的操作规程。

② 使用有毒药品时，应谨慎操作，妥善保管，不许乱放。尽量做到用多少领多少，未用完的有毒药品应及时、如数地交回保管人员。

③ 在反应过程中可能生成有毒或有腐蚀性气体的实验，应在通风橱内进行。实验过程中，不要把头伸进通风橱内。

④ 有些有毒物品会渗入皮肤,因此在接触有毒物品时,必须戴橡皮手套,操作后应立即洗手。切勿让有毒物品沾及五官或伤口。

⑤ 实验后的有毒残渣,必须进行妥善而有效的处理,不准乱丢。使用后的器皿应及时清洗干净。

(4) 防触电 使用电器时,应检查线路连接是否正确。电器内外要保持干燥,不能有水或其他溶剂。注意身体不要碰到电器的导电部位。电器设备的金属外壳都应接地。实验结束后应先切断电源,再将连接电源的插头拔下。

### 1.1.3 急救常识

(1) 着火 一旦发生着火,应保持沉着冷静,不要惊慌失措。首先要立即熄灭附近所有火源,切断电源,并移走附近的易燃物品。然后根据火势的大小及易燃物品的性质采取适当的方法进行扑灭。少量溶剂着火,可任其烧完。火势较小时可用湿布或黄沙盖灭。火势较大时,则应使用灭火器扑灭。

常用的灭火器有四氯化碳灭火器、二氧化碳灭火器、泡沫灭火器及干粉灭火器。

① 四氯化碳灭火器 四氯化碳遇热挥发成密度较大的蒸气,隔绝空气以灭火。可用于扑灭电器内或电器附近的着火,但不能在狭小和通风不良的实验室中使用,因为四氯化碳在高温下能生成剧毒的光气。此外,四氯化碳和金属钠接触也会发生爆炸。故一般不用四氯化碳灭火器。

② 二氧化碳灭火器 二氧化碳灭火器是化学实验室常用的一种灭火器。它的筒体内装有压缩的液态二氧化碳,使用时打开开关,即会喷出二氧化碳气体,可用于扑灭有机物品、电器设备及贵重仪器的着火。由于喷出的二氧化碳压力骤降会导致筒体温度骤降,如果手掌直接握在筒体上易被冻伤,因此使用时要小心。

③ 泡沫灭火器 筒体内分别装有含发泡剂的碳酸氢钠溶液和硫酸铝溶液,使用时将筒体倒置,两种溶液即发生反应生成硫酸氢钠、氢氧化铝及大量二氧化碳。筒体内压力突然增大,即会喷出大量二氧化碳泡沫。因为喷出的大量泡沫会造成严重的污染,给善后工作带来较大麻烦,所以,除非大火(如储油罐起火),通常不用泡沫灭火器。

④ 干粉灭火器 干粉灭火器是化学实验室最常用的一种灭火器。筒体内装有碳酸氢钠、硬脂酸、云母粉、滑石粉混合配成的干粉,并装有液态二氧化碳作为喷射的动力。使用时,拔掉销钉,将出口对准着火点,喷出的干粉即覆盖在燃烧物上形成隔离层,同时受热发生部分分解,释放出不燃性气体,冲稀燃烧区氧含量,以达到灭火的目的。干粉灭火器尤其适用于不宜用水浇灭的着火(如油浴和有机物着火)。

无论使用何种灭火器,都应从火的四周开始向中心扑灭。

如果是衣服着火,可打开附近的自来水开关用水冲淋熄灭或就近在地上打滚将火闷灭。切勿在实验室内乱跑,以免造成更大的火灾。烧伤严重者应立即送医院救治。

(2) 割伤 化学实验主要使用玻璃仪器,由于玻璃属于易碎品,在洗涤、装配及拆卸玻璃仪器时都有可能发生割伤事故。

发生割伤后,首先要取出伤口中的玻璃碎片,再用蒸馏水或生理盐水洗净伤口,最后涂上红药水,用绷带包扎或敷上创可贴药膏。若割破静(动)脉血管,大量出血时,应先掐紧主血管止血,再送往医院治疗。

(3) 烫伤 被热水烫伤时,轻者在患处涂抹红花油、重者在患处涂抹烫伤膏后送医院

治疗。

(4) 灼伤 皮肤接触强酸、强碱等腐蚀性化学药品后均有可能被灼伤,因此在实验时要多加小心。万一被灼伤,应立即用大量的水冲洗,然后依据不同情况分别作进一步处理。

① 如果被酸灼伤,用3%~5%的碳酸氢钠溶液冲洗,再用水冲洗,拭干后涂抹烫伤膏。

② 如果被碱灼伤,用1%~2%的硼酸或醋酸溶液冲洗,再用水冲洗,拭干后涂抹烫伤膏。

③ 如果被溴灼伤,用酒精或2%的硫代硫酸钠溶液擦洗至无溴液存在为止,然后涂抹甘油或烫伤膏加以按摩。

(5) 中毒 万一发生中毒事故,应针对具体情况采取相应的措施。

如果毒物溅入口中但还未咽下,应立即吐出,再用大量的水漱口。如果已经咽下,则应根据毒物的性质不同采取不同的解毒方法,并立即送医院作进一步处理。

① 如果咽下强酸,先大量饮水,再服用氢氧化铝膏、鸡蛋白、牛奶。

② 如果咽下强碱,先大量饮水,再服用醋、酸果汁、鸡蛋白、牛奶。

无论是酸还是碱中毒都不要服用呕吐剂。

如果皮肤接触到毒物,先用酒精擦洗,再用肥皂和大量的水冲洗。

如果吸入气体中毒,应将中毒者移至室外通风良好的地方,解开衣领及纽扣。如果吸入少量氯、溴或氯化氢等气体,可用碳酸氢钠溶液漱口。

## 1.2 危险化学药品的使用与保存

化学实验经常使用各种各样的化学药品。而许多化学药品具有易燃、易爆和有毒等危险性质。如果在使用和保存过程中稍不注意,就会发生燃烧、爆炸和中毒事故。

危险化学药品种类很多,现将化学实验室常见的易燃、易爆和有毒三类危险化学药品,分述如下。

### 1.2.1 易燃化学药品

易燃化学药品包括可燃气体的、易燃液体、易燃固体和自燃固体等四种。

(1) 可燃气体的 氨气、氢气、氧气、乙胺、氯乙烷、乙烯、硫化氢、甲烷、氯甲烷、二硫化硫等。

(2) 易燃液体的 石油醚、苯、甲苯、氯苯、二甲苯、二硫化碳、苯胺、乙醚、乙醛、丙酮、乙酸乙酯、甲醇、乙醇等。

(3) 易燃固体的 红磷、三硫化二磷、萘、镁、铝粉等。

(4) 自燃固体的 黄磷等。

由上可见,大多数化学药品均为易燃物质,稍有不慎,即可酿成着火事故,故使用或保存时要特别注意下列各项。

① 实验室内不应存放大量易燃化学药品。少量存放时必须密封,绝对不可放在敞口容器内。必须存放阴凉处,远离热源、火源。

② 易燃化学药品不得用酒精灯等明火直接加热,而应用水浴、油浴或电热套等间接加热。

③ 加热易燃液体时,要防止出现暴沸及局部过热现象,容器内液体的体积不要超过容器容积的 2/3,但也不要少于 1/3。加热过程中不得加入沸石或活性炭,以免液体暴沸冲出,引起烫伤或着火。

④ 蒸馏、回流易燃液体时,要注意检查冷凝管中的冷凝水是否充满夹套,干燥管是否阻塞不通,仪器连接处是否紧密,以防蒸气逸出着火。

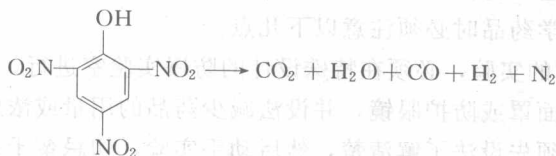
⑤ 易燃物蒸气大多比空气重,能在实验台面或地面流动,故虽然火源较远,也有可能引起着火。因此,处理大量易燃易挥发液体时,应在远离火源并通风良好的实验室内(最好在通风橱中)进行。

⑥ 使用过的易燃溶剂应当尽可能回收,不得倒入下水道或废液缸。

⑦ 某些自燃固体如黄磷等必须保存在盛水的玻璃瓶中,再放入金属筒内。但不能直接放在金属筒内,以免腐蚀。自水中取出后,应立即使用,不要过久暴露于空气中。

### 1.2.2 易爆化学药品

许多放热反应一旦发生,就以极快速度进行,同时产生大量热量和气体,从而引起猛烈爆炸,有时伴随着发生燃烧,造成事故。例如苦味酸爆炸时的化学反应式如下:



1kg 的苦味酸可产生 675L 的气体 and 释放出 1000kcal (4184kJ) 的热量,爆炸时的分解温度可达 3230℃,在此温度下的气体体积能在极短的时间内膨胀近 10000 倍,爆速可达 7100m/s。

某些气体混合物的混合比例达到一定范围时,遇到明火也会发生爆炸。如乙醚的蒸气与空气混合达到一定比例时,可因一小火花导致爆炸。乙炔与空气也可形成爆炸性混合物。

常用的易燃有机溶剂蒸气爆炸极限及常见的易燃气体爆炸极限分别见表 1.1 和表 1.2 所列。常见的易爆化学药品大多具有表 1.3 所列的结构特征。

表 1.1 常用的易燃有机溶剂蒸气爆炸极限

| 名 称 | 沸点/℃  | 闪燃点/℃ | 爆炸范围/(%) (体积) |
|-----|-------|-------|---------------|
| 甲醇  | 64.96 | 11    | 6.72~36.50    |
| 乙醇  | 78.5  | 12    | 3.28~18.95    |
| 乙醚  | 34.51 | -45   | 1.85~36.5     |
| 丙酮  | 56.2  | -17.5 | 2.55~12.80    |
| 苯   | 80.1  | -11   | 1.41~7.10     |

表 1.2 常见的易燃气体爆炸极限

| 气 体  |                 | 空气中的含量/(%) (体积) | 气 体 |                 | 空气中的含量/(%) (体积) |
|------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| 氢气   | H <sub>2</sub>  | 4~74            | 甲烷  | CH <sub>4</sub> | 4.5~13.1        |
| 一氧化碳 | CO              | 12.50~74.20     | 乙炔  | CH≡CH           | 2.5~80          |
| 氨    | NH <sub>3</sub> | 15~27           |     |                 |                 |

表 1.3 常见易爆化学药品的结构特征

| 结构特征                  | 化学药品     | 结构特征                       | 化学药品              |
|-----------------------|----------|----------------------------|-------------------|
| $-\text{O}-\text{O}-$ | 臭氧、过氧化物  | $-\text{N}=\text{N}-$      | 重氮及叠氮化合物          |
| $-\text{O}-\text{Cl}$ | 氯酸盐、高氯酸盐 | $-\text{N}=\text{C}$       | 雷酸盐               |
| $-\text{N}-\text{Cl}$ | 氮的氯化物    | $-\text{NO}_2$             | 硝基化合物(三硝基甲苯、苦味酸盐) |
| $-\text{N}=\text{O}$  | 亚硝基化合物   | $-\text{C}\equiv\text{C}-$ | 乙炔化合物(乙炔金属盐)      |

单独自行爆炸的化学药品有：高氯酸铵、硝酸铵、浓高氯酸、雷酸汞、三硝基甲苯等。

混合发生爆炸的化学药品有：高氯酸+酒精或其他有机物；高锰酸钾+甘油或其他有机物；高锰酸钾+硫酸或硫；硝酸+镁或碘化氢；硝酸铵+酯类或其他有机物；硝酸铵+锌粉+水滴；硝酸盐+氯化亚锡；过氧化物+铝+水；硫+氧化汞；金属钠或钾+水。

在不能确定一种化学药品的危险性，一时又查不到有关资料时，应做尽可能小量的燃烧、爆炸试验，以掌握它的特性，便于安全使用。

使用或保存易爆化学药品时必须注意以下几点。

① 有可能发生爆炸的实验，必须在特殊设计的防爆实验室进行。使用易爆化学药品时，必须做好个人防护，戴面罩或防护眼镜，并设法减少药品的用量或浓度，进行小量实验。对不了解性能的实验，必须先设法了解清楚，然后动手实验，切忌蛮干。

② 某些易爆化学药品可加水保存，以降低其爆炸敏感度。如含水苦味酸要比无水苦味酸稳定得多。

③ 金属钠或钾等遇水易燃烧、爆炸，应存放在液体石蜡或煤油中，以隔绝空气。

④ 易爆炸残渣必须妥善处理，不得随意丢弃。

### 1.2.3 有毒化学药品

化学实验接触的化学药品，或多或少都有一定的毒性。有的化学药品长期接触或接触过多，会引起急性中毒或慢性中毒，影响健康，使用时必须十分小心；个别化学药品甚至有剧毒，使用时必须特别谨慎。

(1) 有毒化学药品侵入人体的途径 有毒化学药品可通过三种途径侵入人体，实验时可针对性地采取不同的防护措施。

① 由呼吸道侵入 有毒化学药品经呼吸道侵入人体是最可能的途径。有毒气体或有毒药品蒸气通过人体的呼吸进入肺部，经血液循环而至全身，产生急性或慢性全身性中毒。故使用有毒化学药品的实验必须在通风橱内进行，并经常注意室内空气流畅。

② 由皮肤侵入 有毒化学药品如果污染了皮肤，会通过皮肤渗透侵入人体，再经血液循环而使人中毒。能渗透皮肤的有毒化学药品大多是脂溶性的，因为脂溶性有毒化学药品能溶解于皮肤表面的脂肪层而侵入体内。如硝基化合物、氨基化合物和有机磷等，均可透过皮肤而造成中毒。某些非脂溶性的有毒化学药品（如氰化物）也能从皮肤破裂处侵入人体。氰化钾进入血液，往往能在瞬间导致死亡。所以进行化学实验时，注意不要使化学药品直接接触皮肤，皮肤有伤口时更须特别小心，必要时可戴手套。

③ 由消化道侵入 这种情况不多见。为防止中毒，任何化学药品不得用口尝味，不要

用实验工具煮食，不要在实验室内用食，实验结束后必须洗手。

## (2) 有毒化学药品种类

① 有毒气体 溴、氯、氟、氰氢酸、氟化氢、溴化氢、氯化氢、二氧化硫、硫化氢、光气、氨、一氧化碳等均为窒息性或刺激性气体。使用上述气体或进行有上述气体产生的实验，必须在通风橱中进行，并设法吸收有毒气体以减少环境污染。如遇大量有毒气体逸至室内，应立即关闭气体发生装置，迅速停止实验，尽快离开现场。

② 强酸和强碱 硝酸、硫酸、盐酸、氢氧化钠、氢氧化钾、氨水等均刺激皮肤，有腐蚀作用，造成化学灼伤。吸入强酸烟雾，会刺激呼吸道，使用时要倍加小心。

## ③ 无机化学药品

a. 氰化物及氰氢酸 毒性极强，致毒作用极快，空气中氰化氢含量达万分之三时，即可在数分钟内致人死亡。使用时必须特别注意以下几点。

① 氰化物必须密封保存，否则会发生下列反应产生剧毒的氰化氢。

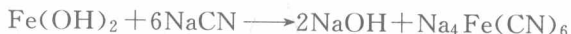


② 要有严格的领用保管制度，取用时必须戴口罩、防护眼镜及手套。手上有伤口时不得进行使用氰化物的实验。

③ 研碎氰化物时，必须用有盖研钵，在通风橱内进行（不抽风）。

④ 使用过的仪器、桌面均应及时收拾，用水冲净；手及脸也要仔细洗净；实验服可能受污染，必须及时换洗。

⑤ 氰化物可通过与亚铁盐在碱性介质中作用生成亚铁氰酸盐予以销毁：



b. 汞 室温下即能蒸发，毒性极强，能导致急性中毒或慢性中毒。取用时必须在通风橱内进行；如果不慎泼洒，可用水泵减压收集，尽可能收集完全。无法收集的细粒，可用硫黄粉、锌粉或三氯化铁溶液清除。

c. 溴 液溴可致皮肤灼伤，蒸气刺激黏膜，甚至可使眼睛失明。取用时必须在通风橱中进行；盛溴的玻璃瓶应密塞后放在金属罐中，放置在妥当的地方，以免撞倒或打破。如不慎泼洒或打破，应立即用细砂掩盖。

d. 金属钠、钾 遇水即发生燃烧爆炸，使用时必须小心。钠、钾应保存在液体石蜡或煤油中，装入铁罐中盖好，放在干燥处。不能放在纸上称取，必须放在液体石蜡或煤油中称取。

e. 黄磷 极毒。千万不要用手直接取用，否则会引起严重持久烫伤。

## ④ 有机化学药品

a. 有机溶剂 有机溶剂均为脂溶性液体，对皮肤黏膜有刺激作用，对神经系统有损害作用。实验时应尽可能选用毒性较低的有机溶剂（如石油醚、醚、丙酮、甲苯、二甲苯）以代替二硫化碳、苯和卤代烷类。大多数有机溶剂蒸气易燃，使用时应注意防火。

b. 苯胺及其衍生物 吸入或皮肤吸收均可导致中毒，进而引起贫血，且其影响

持久。

c. 芳硝基化合物 所含硝基越多毒性越大。在芳硝基化合物中氯原子增加, 毒性也会增大。芳硝基化合物能迅速被皮肤吸收, 中毒后引起顽固性贫血及黄疸病, 刺激皮肤引起湿疹。

d. 苯酚 能够灼伤皮肤, 引起坏死或皮炎, 皮肤被沾染后应立即用温水及稀酒精冲洗。

e. 生物碱 大多数具有强烈毒性, 皮肤也可吸收, 少量即可导致中毒甚至死亡。

f. 致癌物 许多烷基化试剂, 如硫酸二甲酯、对甲苯磺酸甲酯、*N*-甲基-*N*-亚硝基脲素、亚硝基二甲胺、偶氮乙烷以及一些丙烯酸酯类等; 某些芳胺类, 如 2-乙酰氨基苄、4-乙酰氨基联苯、2-乙酰氨基苯酚、 $\beta$ -萘胺、4-二甲氨基偶氮苯等; 部分稠环芳烃, 如 3,4-苯并蒽、1,2,5,6-二苯并蒽和 9,10-二甲基-1,2-苯并蒽等, 都有致癌作用, 而 9,10-二甲基-1,2-苯并蒽则属于强致癌物。

### 1.3 化学实验的常用仪器和设备

化学实验室常用的仪器、设备有: 玻璃仪器、金属工具、电器设备及其他设备。熟悉这些仪器、设备及使用方法对实验的顺利完成是十分必要的, 现分别介绍如下。

#### 1.3.1 玻璃仪器

化学实验常用的玻璃仪器, 可分为普通仪器及标准磨口仪器两大类。

普通玻璃仪器有烧杯、锥形瓶、吸滤瓶、玻璃漏斗、布氏漏斗、量筒等, 如图 1.1 所示。

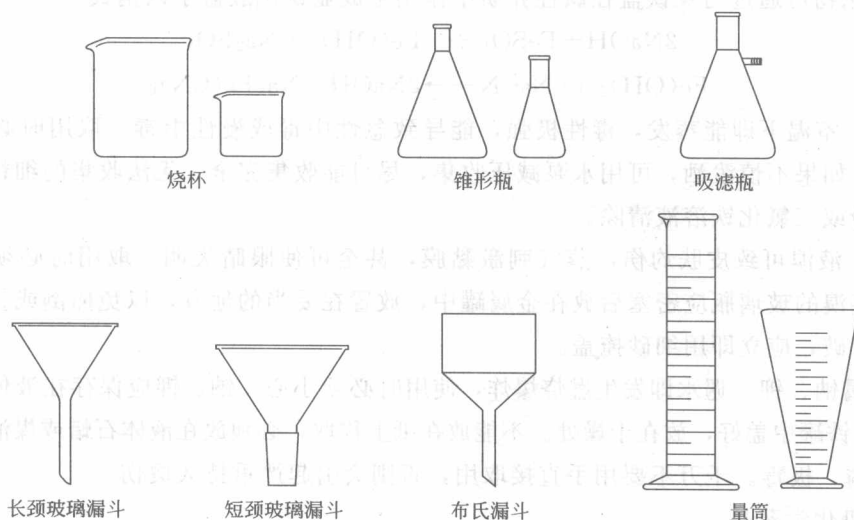


图 1.1 普通玻璃仪器

标准磨口仪器有圆底烧瓶、三口烧瓶、分液漏斗、滴液漏斗、冷凝管、蒸馏头、接引管等, 如图 1.2 所示。

常用玻璃仪器的适用范围见表 1.4 所列。

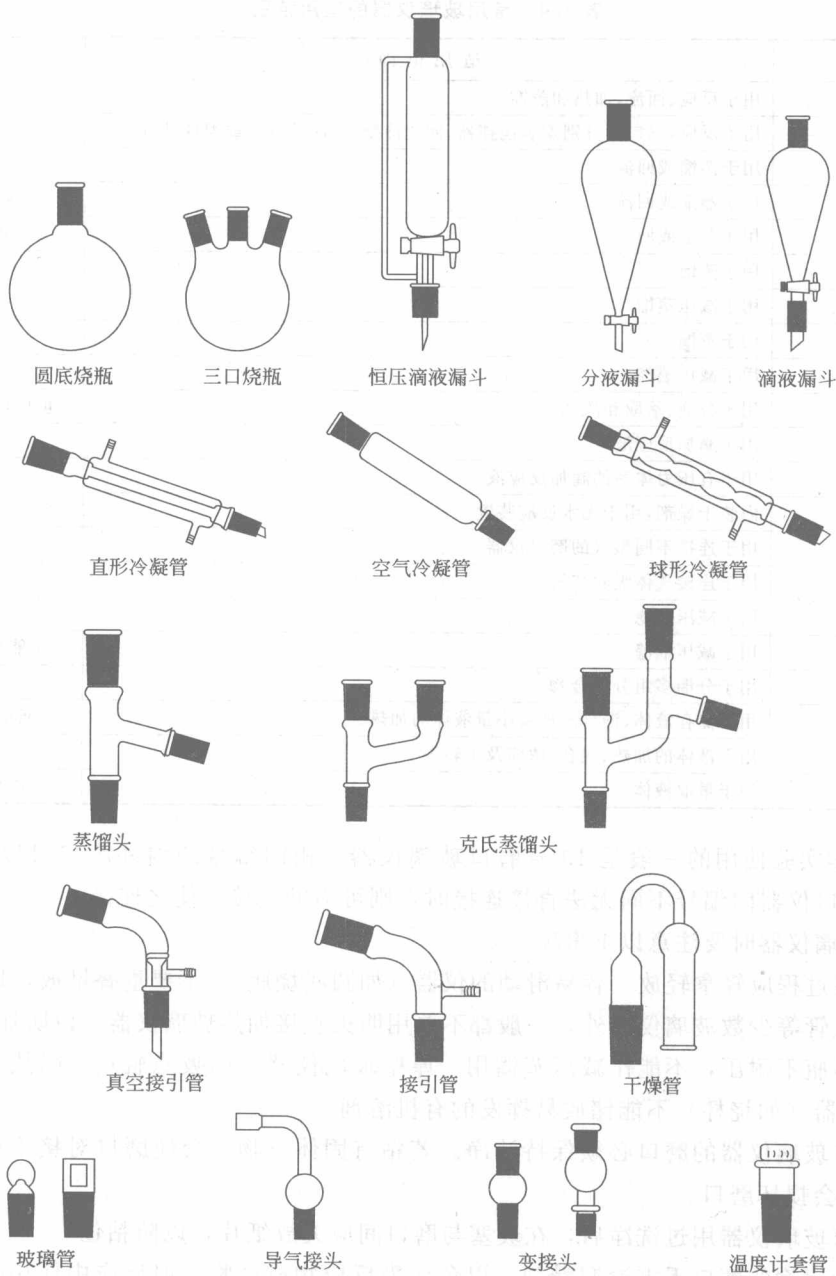


图 1.2 标准磨口玻璃仪器

标准磨口仪器是具有标准磨口或磨塞的玻璃仪器。由于按国际通用技术标准制造，具有标准化、系列化和通用化的特点。相同编号的标准磨口仪器之间可以互相连接，既可免去选配塞子及钻孔等麻烦，又能避免反应物或产物被软木塞（或橡皮塞）污染，所以使用起来既省时方便又严密安全。

标准磨口玻璃仪器口径的大小通常用数字编号来表示，常用的有 10、14、19、24、29、34、40、50 等多种。该数字是指磨口最大端直径的毫米整数。有时也用两个数字来表示，则另一个数字表示磨口的长度。例如 14/30，表示此磨口直径最大处为 14mm，磨口长度为

表 1.4 常用玻璃仪器的适用范围

| 仪器名称   | 适用范围                            | 备注       |
|--------|---------------------------------|----------|
| 圆底烧瓶   | 用于反应、回流、加热和蒸馏                   |          |
| 三口烧瓶   | 用于反应,三口可分别安装搅拌器、回流冷凝管、滴液漏斗或温度计等 |          |
| 球形冷凝管  | 用于蒸馏或回流                         |          |
| 直形冷凝管  | 用于蒸馏或回流                         | 140℃ 以下  |
| 空气冷凝管  | 用于蒸馏或回流                         | 150℃ 以上  |
| 蒸馏头    | 用于蒸馏                            |          |
| 克氏蒸馏头  | 用于减压蒸馏                          |          |
| 接引管    | 用于蒸馏                            |          |
| 真空接引管  | 用于减压蒸馏                          |          |
| 分液漏斗   | 用于分液、萃取和洗涤                      | 也可用于滴加液体 |
| 滴液漏斗   | 用于滴加反应液                         |          |
| 恒压滴液漏斗 | 用于有压力体系的滴加反应液                   |          |
| 干燥管    | 内装干燥剂,用于无水反应装置                  |          |
| 变接头    | 用于连接不同型号的磨口仪器                   |          |
| 导气接头   | 用于连接气体吸收装置                      |          |
| 布氏漏斗   | 用于减压抽滤                          | 瓷质       |
| 吸滤瓶    | 用于减压抽滤                          | 不能用明火加热  |
| 刺形分馏柱  | 用于分馏多组分混合物                      |          |
| 锥形瓶    | 用于储存液体、混合溶液及少量液体的加热             | 不能用于减压蒸馏 |
| 烧杯     | 用于液体的加热、混合、浓缩及中转等               |          |
| 量筒     | 用于量取液体                          | 不能用明火加热  |

30mm。化学实验使用的一般是 19 号磨口玻璃仪器。相同编号的内外磨口可以紧密连接。有时两个磨口仪器因编号不同无法直接连接时,则可借助变接头使之连接。

使用玻璃仪器时要注意以下事项。

- ① 使用过程应轻拿轻放。容易滑动的仪器(如圆底烧瓶),不要重叠堆放,以免打破。
- ② 除试管等少数玻璃仪器外,一般都不要用明火直接加热玻璃仪器,以防炸裂。
- ③ 锥形瓶不耐压,不能作减压蒸馏用。厚壁玻璃仪器(如吸滤瓶)不耐热,故不能加热。广口容器(如烧杯)不能储放易挥发的有机溶剂。
- ④ 磨口玻璃仪器的磨口必须保持洁净。若粘有固体杂物,会使磨口对接不严;若有硬质杂物,更会损坏磨口。
- ⑤ 具塞玻璃仪器用过洗净后,在玻塞与磨口间应夹放纸片,以防粘住。
- ⑥ 一般用途的磨口无需涂润滑剂,以免污染反应物或产物。但反应中使用强碱时,则要涂润滑剂,以免磨口连接处因碱腐蚀粘牢而无法拆开。减压蒸馏时,磨口连接处应涂真空脂,以保证装置密封良好。
- ⑦ 玻璃仪器用完后应及时拆卸洗净。特别是磨口仪器若放置时间太久,磨口连接处就会粘牢,很难拆开。如果发生这种情况,可用热水煮或用电风吹热磨口四周,再用木槌轻敲塞子,使之松开。
- ⑧ 安装玻璃仪器时,应注意安得正确、整齐、稳妥。
- ⑨ 不能将温度计作搅拌棒用,以免水银球破裂流出毒性极大的汞。也不能用来测量超过刻度范围的温度。温度计使用后,要先缓慢冷却至室温,再冲洗,不能用冷水冲洗热的温