



化学工程与工艺应用型本科建设系列教材

普通高等教育“十三五”规划教材

HUAXUE SHIYAN

化学实验

(无机化学实验和有机化学实验)

周祖新 主 编

高永红 副主编



化学工业出版社



化学工程与工艺应用型本科建设系列教材

普通高等教育“十三五”规划教材

HUAXUE SHIYAN

化学实验

(无机化学实验和有机化学实验)

周祖新 主 编

高永红 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

《化学实验》是根据中本贯通化学化工类专业化学实验课程的教学基本要求,并融合无机化学实验、有机化学实验教学改革成果编写的化学实验教材。全书包括三部分,第一部分介绍化学实验的常用仪器、基本操作方法、合成基本理论,实验中的安全知识,化学工业知识介绍等。第二部分是无机化学实验,包括基本操作,无机化合物的制备与提纯,物质常数的测定,无机物的性质实验等;对每个实验操作都有详细的细节指导,并在问题与探讨、补充说明中予以解释,对基本操作和制备、提纯类实验,有实际生产的工艺路线。第三部分为有机化学实验,包括有机化学实验一般知识,有机化学实验的基本操作,有机化合物的制备及综合实验、设计实验等。

《化学实验》可作为化工专业中本贯通本科阶段、应用型本科化学化工类专业学生的教材,也可作为相关专业教师、教学辅助人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化学实验(无机化学实验和有机化学实验)/周祖新
主编. —北京:化学工业出版社,2017.6
化学工程与工艺应用型本科建设系列教材 普通高
等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-29095-3

I. ①化… II. ①周… III. ①化学实验-高等学校-
教材 IV. ①O6-3

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第029934号

责任编辑:刘俊之
责任校对:王素芹

文字编辑:刘志茹
装帧设计:韩飞

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:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张17 字数445千字 2017年6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:49.00元

版权所有 违者必究

前 言

我国正在由制造大国向“智造大国”迈进，化工产业正在结构优化，这些优化对生产者的技能水平、综合素质提出更高的要求，不仅要有扎实的专业技能，也要兼具相关产业的知识和技能。前几年就已开始的中高职贯通和现今的中本贯通试点，都在向社会发出一个信号，那就是：职业教育也是可以培养精英人才的，而不仅仅是普通劳动者。中本贯通不仅要求培养高端技能人才，更重要的是培养特别要求产教融合、特色办学，推动教育教学改革与产业转型升级衔接配套。

在这种思路下，我们开始编写中本贯通化学实验（无机化学实验和有机化学实验）教材，为探索适应高层次职业教育的教材作一些尝试。《化学实验》是根据我校在无机、有机化学实验教学中长期积累的经验并结合全国多所兄弟院校，尤其是应用技术类院校教学经验，根据编写人员到多个化工及相关企业进行长期调研，与高级技术工人、高级管理人员进行长期交流的基础上编写而成。本书对实验操作有细致的指导，所选实验与化工生产紧密联系；本书把实验操作、实验指导与化工生产流程捆绑在一起，使学生在做实验的过程中对实际化工生产有更多了解，打好学、用相联的基础。

全书包括三章，第一章是实验基本要求、实验基本操作技能和化工生产基本知识。化学实验的教学对象为中本贯通后刚进入大学的学生，大多学生在中专阶段虽受到较多的化学实验训练，但还需进行严格扎实的基础训练，改变某些不良习惯。为增加应用性，编进了化工生产基本知识，使每项实验操作与化工厂生产对应起来，既增加了学生的学习兴趣，又有利于学生认识真正的化工生产。为培养学生通过查阅资料解决问题的能力，编进了常用化学文献和网络资源。另外还介绍了实验报告（包括预习报告）的写法，介绍了一些写预习报告和实验报告时常查阅的资料。第二章是无机化学实验，共有 20 个实验，每个实验还编有实验指导，一般由以下几部分组成：第一，实验操作注意事项。这是本书的重点，我们根据学生在操作过程中经常容易忽视的问题、常犯的错误、试剂容易出现的问题以及由此造成实验失败的原因，结合实验的关键操作、安全技术等问题进行必要的提示和分析。第二，问题与讨论。对实验中容易出现的问题和异常现象，以及学生经常提出的某些疑难问题作一些必要的分析和讨论。第三，补充说明。配合实验内容对实验原理或实验结果作进一步的说明，并对某些问题作为补充资料进行适当的扩展和深化。第四，实验室准备工作注意事项。介绍某些有特殊要求的试剂的配制、仪器装置及其它用品在准备时所必须注意的事项。第五，实验前的思考题。根据实验目的，从实验原理和基本操作等方面提出在实验前应该如何进行预习的具体要求以及应该思考的问题。对无机制备实验，还编有生产工艺，使学生的每步实验操作与所用仪器与实际生产对应起来，最大限度地增加了应用性。第三章是有机化学实验，共 43 个实验，包括有机化学实验一般知识、有机化学实验的基本操作、有机化合物的制备。

参加本书编写工作的有高永红（第三章实验二十二至实验三十六）、肖繁花（第三章实验一至实验九）、杜蕊（第三章实验十至实验二十一、实验三十七、实验三十八）、康丽琴（第三章实验三十九至实验四十三）、周祖新（第一章、第二章），最后由周祖新统稿。教研室全体同仁对本书的编写作出了很大贡献。

由于编写时间仓促，水平有限，书中不妥之处，敬希给予批评指正。

编者

2016 年 12 月

目 录

第一章 化学实验基础知识

1

第一节	化学试剂的规格、存放及取用	1
第二节	玻璃仪器的预处理和洗涤	3
第三节	化学实验基本操作	8
第四节	化工生产简介	16
第五节	化学实验室的安全、救护和“三废”处理	22
第六节	常用化学文献和网络资源	25
第七节	化学实验的一般步骤	28

第二章 无机化学实验

32

实验一	煤气灯的使用及玻璃仪器的洗涤	32
实验二	从天然芒硝制取无水硫酸钠	36
实验三	硫酸亚铁铵的制备	39
实验四	碳酸钠的制备	43
实验五	无机颜料(铁黄)的制备	46
实验六	硫代硫酸钠的制备	50
实验七	醋酸铬(II)水合物的制备	54
实验八	化学反应热效应的测定	57
实验九	化学反应速率和化学平衡	61
实验十	解离平衡	67
实验十一	弱酸的解离度和解离常数的测定	72
实验十二	难溶强电解质溶度积常数 K_{sp}^{\ominus} 的测定	77
实验十三	p 区典型非金属元素单质及化合物的性质	85
实验十四	若干 p 区金属元素单质及化合物的性质	92
实验十五	若干过渡元素化合物的性质	98
实验十六	未知阳离子混合液的分析	109
实验十七	综合实验(一) 钛铁矿的综合利用	114
实验十八	从硼镁泥制取七水硫酸镁	122
实验十九	从废电池中回收锌皮制备硫酸锌	127
实验二十	印制电路烂版液中铜的回收、利用及有关分析	131

第一节 有机化学实验一般知识	146
第二节 有机化学实验的基本操作	158
实验一 简单玻璃工操作	158
实验二 简单蒸馏	159
实验三 水蒸气蒸馏	161
实验四 减压蒸馏	163
实验五 精密分馏	166
实验六 重结晶	169
实验七 熔点的测定	172
实验八 升华	174
实验九 柱色谱和薄层色谱	176
第三节 有机化合物的制备	178
实验十 乙酸乙酯的制备	178
实验十一 乙酸正丁酯的制备	180
实验十二 邻苯二甲酸二丁酯的制备	182
实验十三 正丁醚的制备	184
实验十四 1-溴丁烷的制备	186
实验十五 乙酰苯胺的制备	188
实验十六 二亚苄基丙酮的制备	191
实验十七 肉桂酸的制备	193
实验十八 乙酰水杨酸的制备	195
实验十九 环己烯的制备	197
实验二十 7,7-二氯双环[4.1.0]庚烷的制备	198
实验二十一 α -苯乙醇的制备	200
第四节 天然有机化合物的提取	202
实验二十二 从茶叶中提取咖啡因	202
实验二十三 黄连中黄连素的提取	206
实验二十四 橙皮中橙油的提取	208
实验二十五 八角茴香油的提取	211
实验二十六 植物中天然色素的提取和分离	212
实验二十七 桂皮中肉桂醛的提取和分离	216
第五节 有机化合物的性质验证实验	218
实验二十八 溶解度实验	221
实验二十九 烃的性质	223
实验三十 卤代烃的性质	225
实验三十一 醇、酚、醚的性质	227
实验三十二 醛和酮的性质	230
实验三十三 羧酸及其衍生物的性质	233
实验三十四 胺的性质	235

实验三十五	糖类化合物的性质	238
实验三十六	氨基酸和蛋白质的性质	240
第六节	综合实验	242
实验三十七	肥皂的制备	242
实验三十八	有机玻璃的制备	243
第七节	有机化学设计型实验	244
实验三十九	从红辣椒中分离红色素	245
实验四十	2-硝基-1,3-苯二酚的制备	248
实验四十一	植物中芳香油的提取	251
实验四十二	水杨酸甲酯的制备	251
实验四十三	固体酸催化下乙酰水杨酸的制备	252

附录

254

附录一	常见阳、阴离子的鉴定方法	254
附录二	常用酸、碱的浓度	257
附录三	某些离子和化合物的颜色	258
附录四	某些试剂溶液的配制	260
附录五	几种常用的酸、碱指示剂	262
附录六	几种常用试剂的配制方法	262

参考文献

264

第一章 化学实验基础知识

化学是建立在实验基础上的科学。化学实验对学生实验技能与化学素养培养是不可或缺的，是培养高级化工生产技术人才的重要环节。通过化学实验的教学，不仅能使学生巩固和加强课堂所学的基础理论知识，更重要的是能够培养学生的实际操作能力、分析问题和解决问题的能力，养成严肃认真、实事求是的科学态度和严谨的工作作风，培养学生的创新精神和创新能力。而这些能力的养成，首先要学习一些化学实验的基础知识，并在以后的实验中不断强化。

第一节 化学试剂的规格、存放及取用

一、化学试剂的规格

做化学实验或科研，就要用到化学试剂，用不同纯度或不同规格的试剂做实验，对实验结果的准确度或结论大有影响，故不同的实验对试剂纯度的要求也不同，因此必须了解化学试剂的规格。

国际上对化学试剂的分类规格无统一标准，各国都有自己的国家标准或其它标准。我国化学试剂的纯度有国家标准（GB）、化工行业标准（HGB）及企业标准（EB）。按照试剂中杂质含量的多少，我国生产的化学试剂分为五个等级，见表 1-1。

表 1-1 我国化学试剂的五个等级

级别	中文名称	英文名称	符号	标签颜色	主要用途
一级	优级纯	guaranteed reagent	GR	深绿色	精密分析和科研
二级	分析纯	analytical reagent	AR	红色	一般分析和科研
三级	化学纯	chemical reagent	CP	蓝色	性质实验及化学制备
四级	实验试剂	laborational reagent	LR	棕色	实验辅助试剂
生化试剂	生化试剂	biological reagent	BR	玫瑰红	生物化学实验

除了以上五种级别外，还有比优级纯纯度更高的基准试剂、高纯试剂、光谱纯等在不同领域使用。

不同级别的试剂，纯度不同，同一级别的不同试剂，纯度也不同，具体纯度国家有标准。由于不同级别的试剂价格差别较大，因此使用化学试剂时要注意三点：①所用试剂所含的杂质要在实验允许的误差范围内；②所用试剂并非越纯越好，达到实验要求即可，不要造

成不必要的浪费。③同一实验所用试剂纯度也不一定相同，关系到产品质量、纯度的试剂要达到实验要求，辅助试剂的等级可略低。

二、化学试剂的存放

由于化学试剂种类繁多，性质各异，有效期不同，存放保管十分重要，要注意以下几点。

① 固体试剂应装在广口瓶中，液体试剂应盛放在细口瓶或滴瓶内，以方便使用。

② 剧毒药品，如氰化物、汞等要有严格的领用登记制度，每天实验结束后，把剩余剧毒药品送回危险品仓库，下次使用时再领取，不能放在实验室过夜。

③ 见光易分解或易被空气中氧气氧化的试剂，如 H_2O_2 、 AgNO_3 、 FeSO_4 要以棕色瓶存放，并置于冷暗处。为防止玻璃中重金属对 H_2O_2 的催化分解，30% 的 H_2O_2 应放在塑料瓶中。

④ 吸水性强的试剂，如无水碳酸钠、无水硫酸镁、过氧化钠应放在干燥器中，有些很容易水解的试剂，如无水氯化铝的瓶盖还要用蜡封。

⑤ 易腐蚀玻璃的试剂，如 NaOH 、 Na_2CO_3 等强碱等要用橡皮塞， HF 要放在塑料瓶中。

⑥ 相互易反应的试剂，如氧化剂和还原剂要分开存放，如浓硝酸和硫粉不能存放于同一柜中。

⑦ 易挥发的试剂，如大量有机溶剂要放在有通风设备的专用试剂柜中，在热天，瓶盖要稍拧松些，以防试剂挥发后在瓶内蒸气压过大而引起爆炸。

⑧ 某些试剂的特殊存放。白磷要存放在水中，始终要被水覆盖；钠、钾要浸在煤油中，密度小于煤油的锂要存放在石蜡油中；在液溴、汞上放少许水盖住，以防挥发有毒蒸气。试剂瓶上要标明试剂名称、纯度、浓度及配制日期，并用蜡或透明胶封住。

三、试剂的取用

取用试剂时，瓶盖打开后应将顶部朝下放在干净的桌面上，所有试剂瓶的瓶与其盖要对号入座，以免交叉污染；试剂取用完后，瓶盖最好立即盖好，以免桌面上瓶盖太多造成混淆。任何取出的试剂均不能放回原试剂瓶，故取用试剂时，量不能太多，以免浪费。

1. 液体试剂的取用

① 从滴瓶中取出时，保持滴管垂直（切忌倒立），应在容器上方将试剂滴入，滴管尖端不可接触容器内壁，以免污染滴管。

② 用倾析法取较多量液体时，右手握住瓶子，使试剂标签朝上或两侧，以瓶口靠住器壁，缓缓倾出所需液体，若所用容器为烧杯，则可用玻璃棒引入。

③ 定量取用液体可用量筒、量杯或移液管，但不能以烧杯上的刻度为定量标准，因烧杯上的刻度误差很大。

④ 加入液体总量不超过容器总容量的 $\frac{2}{3}$ ，若为试管则不超过 $\frac{1}{2}$ 。

2. 固体试剂的取用

① 用干净、干燥的药匙取用。药匙材质有塑料、牛角、不锈钢等，两端有大小两个勺，分别用来取大量固体和少量固体。药匙要做到专勺专用，用过的药匙必须洗净、干燥后方可再使用，取用强碱试剂后的药匙应立即洗净、干燥。

② 取用一定量的试剂时，可将试剂放在称量纸、表面皿、烧杯等干燥洁净的玻璃容器或称量瓶内根据要求称量，不能用滤纸代替称量纸。具有腐蚀性或易潮解的试剂应放在玻璃器皿内。

3. 气体试剂的取用

(1) **实验室制备气体** 对于使用少量气体做定性实验，实验室可用一定装置反应产生气体，如用 FeS 和稀盐酸制备 H_2S 、用 Na_2SO_3 和稀盐酸制备 SO_2 、用 $CaCO_3$ 和稀盐酸制备 CO_2 、用 Cu 和浓硝酸制备 NO_2 、用浓硫酸和固体 NaCl 制备 HCl 气体、用 MnO_2 和浓盐酸制备 Cl_2 等，对于有毒有害气体，要在通风橱中制备，并做好尾气吸收。

(2) **气体的纯化** 由于制备各种气体的方法不同，所含杂质不同，气体本身性质也不同，因此纯化的方法各不相同。一般的纯化过程是先除杂质和酸雾，最后将气体干燥。通常使用洗气瓶、干燥塔，根据具体情况分别用不同的洗涤液或固体吸收。实验中可根据杂质的性质选用适当的固体和洗涤液，酸雾可用水或玻璃棉除去，水气可用浓硫酸、无水氯化钙、硅胶、五氧化二磷等吸收。洗涤液装在洗气瓶内，接法要正确（长进短出）。

(3) **钢瓶储存气体** 气体钢瓶是化学实验室用以储存压缩气体或液化气的特制耐压钢瓶。一般用无缝合金钢管或碳素钢管制成，为圆柱形，器壁较厚，最高工作压力为 15MPa。使用时为了降低压力并保持压力稳定，必须装置减压阀，通过减压阀有所控制地放出气体，各种气体的减压阀不能混用。

由于钢瓶内压力很大，而且有些气体易燃或有毒有害，使用钢瓶时要注意安全，必须注意下列事项。

① 为了容易区分各种不同的钢瓶，保证运输和储存的安全，不同气体的钢瓶上漆有不同的颜色，以免混淆不同气体。实验室常用气体钢瓶颜色见表 1-2。

表 1-2 实验室常用的几种气体钢瓶的颜色

钢瓶名称	氧气瓶	氮气瓶	氢气瓶	乙炔瓶	氨气瓶	氯气瓶	氩气瓶	空气瓶
瓶身颜色	天蓝色	黑色	深绿色	白色	黄色	黄绿色	灰色	黑色

② 高压钢瓶须分类保管。氧气瓶和可燃性气体钢瓶须分开存放，高压钢瓶存放于阴凉干燥且远离明火或热源处。

③ 减压阀要专用，不同气体间不能混用，氢气的减压阀不能是铜制的，应使用不锈钢制造。

④ 开气体钢瓶总阀门时，减压阀应处于关闭状态（拧松），然后逐渐拧紧减压阀调到所需压力（与一般阀门的开关操作正好相反）。操作者必须站在侧面，以免失控的气流射伤人体。

⑤ 搬运气体钢瓶时，最好使用专用小车，钢瓶上的安全帽应旋紧，以保护阀门。

⑥ 不可将钢瓶内的气体全部用完，一定要保留 0.05MPa 以上的残留压力，可燃性气体应剩余 0.2~0.3MPa，以免低压下其它气体进入瓶内污染钢瓶甚至引起爆炸。

第二节 玻璃仪器的预处理和洗涤

玻璃仪器由于相对惰性、透明和有一定的耐冷热性，常用作化学反应容器和试剂量具，但使用时要注意以下几点。

① 玻璃仪器易碎，使用时要轻拿轻放。

- ② 玻璃仪器中除烧杯、烧瓶和试管外都不能加热。
- ③ 锥形瓶、平底烧瓶不耐压，不能用于减压系统。
- ④ 带活塞的玻璃器皿如分液漏斗、酸式滴定管等用过洗净后，要在活塞和磨口间垫上小纸片，以防止黏结。
- ⑤ 温度计测量的范围不得超出其刻度范围，也不能把温度计当搅拌棒使用。温度计用后应缓慢冷却，不能立即用冷水冲洗，以免炸裂或汞柱断线。

一、常用玻璃仪器

化学实验室的玻璃仪器分两类，一类为普通玻璃仪器，另一类为标准磨口仪器。

1. 普通玻璃仪器

(1) 容器类 常温或加热条件下物质的反应容器、储存容器。包括试管、烧杯、锥形瓶、滴瓶、细口瓶、广口瓶、称量瓶、分液漏斗和洗气瓶等。每种类型又有许多不同的规格。使用时要根据用途和用量选择不同类型和不同规格的容器。

(2) 量器类 用于度量溶液体积。不能作为实验容器，如不能用于溶解、稀释、反应等操作。不能量取热溶液，不能加热，不可长期存放溶液。量器类容器主要有量筒、量杯、移液管、吸量管、容量瓶和滴定管等。每种类型又有不同规格，应根据要求正确选择和使用度量容器。

2. 标准磨口玻璃仪器

标准磨口玻璃仪器均按国际通用技术标准制造，常用的标准磨口规格有 10、12、14、16、19、24、29、34、40 等，这里的数字编号是指磨口最大端的直径 (mm)。有的标准磨口玻璃仪器用两个数字表示，如 10/30，10 表示磨口大端的直径为 10mm，30 表示磨口的高度为 30mm。相同规格的内外磨口仪器可以相互紧密连接，而不同的规格可以通过大小口接头使它们彼此连接。磨口间连接时，需涂一层凡士林，并相向旋转使凡士林层均匀透明，磨口玻璃仪器使用方便，气密性好。

二、玻璃仪器的清洗

为保证实验结果的准确性，所有实验均应使用清洁的仪器，玻璃仪器的清洗是每次实验前后必须做的，对于久置变硬或不易洗掉的实验残渣和对玻璃仪器有腐蚀作用的废液，一定要在实验后立即清洗干净。污垢有多种，针对不同的污垢可用不同的洗涤方法。要求清洗后的玻璃仪器干净透明、不挂水滴。

1. 用水刷洗

以自来水和长柄毛刷除去仪器上可溶于水的物质。污垢除去后，再用清水冲洗几次，最后用去离子水洗 2~3 次。不能用秃顶的毛刷洗，也不能用力过猛。试管底部要旋转刷洗，而不是来回刷洗，以免捅破玻璃仪器。

2. 用去污粉或合成洗涤剂刷洗

去污粉中含有碳酸钠，合成洗涤剂中含有表面活性剂，都能除去仪器上的油污和某些有机物。去污粉中还含有白土和细沙，刷洗时起摩擦作用，增强洗涤效果。刷洗后，用自来水冲洗干净，最后用去离子水洗 2~3 次。

3. 用铬酸洗液洗涤

铬酸洗液具有强氧化性，主要用于除去油污或其它还原性物质，对于一些管细、口小、毛刷不能刷洗的仪器，采用这种洗法很好。洗涤时，直接往仪器内加入少量铬酸洗液，倾斜并慢慢转动仪器，使其内壁全部被洗液湿润，继续转动仪器，让洗液在仪器内壁转动几圈后，再把洗液倒回瓶内，然后用自来水把残留在仪器内壁的洗液洗去。污染严重的仪器可用洗液浸泡一段时间，或用热的洗液洗，效果会更好。使用洗液前，仪器不要先用水洗，仪器内如有水，要尽量沥干后再加洗液。使用后的洗液若没有变成绿色，则应倒回原瓶内，可以反复使用至失效（变为绿色）为止。不允许将毛刷放入洗液中刷洗。铬酸洗液具有很强的腐蚀性，会灼伤皮肤和破坏衣物。若不慎把洗液洒在皮肤、衣物或实验桌上，应立即用水清洗。

4. 用有机溶剂清洗

有些有机反应残留物呈胶状或焦油状，用上述方法较难洗净，这时可根据具体情况采用有机溶剂（如乙醇、氯仿、丙酮、甲苯、乙醚等）浸泡，或用稀氢氧化钠溶液、浓硝酸煮沸除去。

5. 用超声波清洗器清洗

超声波清洗器是利用超声波振动以除去污物，从而达到清洗仪器的目的。超声波清洗可清洗不适合洗液清洗的仪器，它不仅可以清洗较大的容器和器皿，也可清洗微型容器和器皿。

6. 特殊污物的去除

有些污物可用特殊的方法方便地去除。例如氧化性污物如铁锈、二氧化锰等可用草酸、浓盐酸、盐酸羟胺等除去；将少量食盐在研钵内研磨后倒掉，再用水洗，有利于除去瓷研钵内的污迹；用体积比1:2的盐酸-酒精溶液可清洁被有机物染色的比色皿；玻璃仪器沉积的金属如银、铜等可用硝酸处理；沉积的难溶性银盐可用硫代硫酸钠除去，硫化银则用热、浓硝酸处理；沉积的硫黄可用煮沸的石灰水处理；高锰酸钾污垢可用草酸溶液除去。

用以上方法洗涤后的仪器，经自来水冲洗后，往往还残留有 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^{-} 等离子，如果实验中不允许有这些杂质，则应该用蒸馏水或去离子水把它们洗去，一般以洗三次为宜。每次用水量不必太多，采用“少量多次”的洗涤方法效果更佳，既洗得干净又不致浪费。

已洗净的仪器，表面被水润湿，将水倒出后把仪器倒置，可观察到仪器透明，器壁不挂水珠。已经洗净的仪器不能用手指、布或纸擦拭内壁，以免重新污染仪器。

三、玻璃仪器的干燥

玻璃仪器内如残留有水，则会对很多实验造成影响，如使溶液浓度降低、与加入的反应物反应、使无水有机溶剂带水等，故很多实验需仪器干燥。

1. 自然晾干

将洗涤的仪器倒置在干净的仪器柜内或滴水架上，让残留在仪器内的水分自然挥发而干燥。用这种方法干燥的主要是容量仪器、加热烘干时容易炸裂的仪器及不需要将其所带水完全排除的仪器。倒置可以防止灰尘落入，但要注意放稳仪器。

2. 吹干

对于急于干燥的仪器或不适于放入烘箱中的较大仪器可用吹干的办法。通常用少量的乙醇、丙酮倒入已倒去水分的仪器中摇洗，然后用电吹风机吹，开始用冷风吹1~2min，当大部分溶剂挥发后吹入热风至完全干燥，再用冷风吹去残余蒸气，不使其又冷凝在仪器内。也可以将干净的仪器倒插在气流烘干器上，这样同时具有晾干和吹干的效果。

3. 烘干

如需干燥较多的仪器，则可用电热鼓风干燥箱烘干。将洗净的仪器倒置稍沥去水滴后，放入干燥箱的隔板上，关好门，在一定温度下烘干。称量瓶等在烘干后要放在干燥器中冷却和保存。带实心玻璃塞的仪器及厚壁仪器烘干时要注意慢慢升温并且温度不可过高，以免破裂。量器不可放于烘箱中烘干。

4. 烤干

对于可加热或耐高温的仪器，如试管、烧杯、烧瓶等还可以利用小火加热，要注意在加热前先将仪器外壁擦干，还要不时转动以使仪器受热均匀。

5. 有机溶剂干燥

对于急需干燥使用的仪器，将洗净的仪器沥去水后，加入少量丙酮或乙醇，转动仪器，使器壁上的水与有机溶剂相互溶解，然后将混合液倒入专用的回收瓶中。少量残留在仪器内的混合液，很快挥发而干燥。若再用电吹风机向仪器内吹风，则可加速干燥。

四、玻璃仪器的用途及注意事项

化学实验需要经常使用玻璃仪器。玻璃仪器按玻璃的性质不同可以简单地分为软质玻璃仪器和硬质玻璃仪器两类。软质玻璃承受温差的性能、硬度和耐腐蚀性都比较差，但透明度比较好，一般用来制造不需要加热的仪器，如试剂瓶、漏斗、量筒、移液管等。硬质玻璃具有良好的耐受温差变化的性能，其制造的仪器可以直接用灯火加热，这类仪器耐腐蚀性强，耐热性能以及耐冲击性能都比较好，常见的烧杯、烧瓶、试管、蒸馏器和冷凝管等都由硬质玻璃制作。

下面简单介绍实验室常用的玻璃仪器。

1. 试管

试管分为普通试管和离心试管，通常可以用作常温或加热条件下少量试剂反应的容器，离心试管还可用于沉淀分离。使用试管时应注意：①加热前应擦干试管外壁，加热时要用试管夹，硬质试管可直接用火焰高温加热，离心试管不能直接加热，只能在水浴中加热；②反应液体不应超过试管容积的1/2，需加热时则不应超过1/3，以免振荡时液体溅出或受热溢出；③加热液体时，管口不能对着任何人，以防液体溅出伤人；④加热固体时，管口应略向下倾斜，以免管口冷凝水流回灼热管底而使试管破裂。普通试管以管口直径(mm)×管长(mm)表示规格，如15×150、18×180、10×75等。离心试管的规格以容积(mL)表示，如10、15、50等，有的有刻度，有的无刻度。

2. 烧杯

一般以容积(mL)来表示其规格，主要用于配制溶液，煮沸、蒸发、浓缩溶液，进行



化学反应等。烧杯可承受 500℃ 以下的温度，在火焰上可直接或隔石棉网加热，也可选用水浴、油浴或沙浴等加热方式。使用时反应液体体积不得超过烧杯容积的 2/3，以免搅动时或沸腾时液体溢出。明火加热时烧杯底部要垫上石棉网，防止玻璃受热不均匀而破裂。

3. 锥形瓶

锥形瓶以容积 (mL) 来表示其规格，有具塞和无塞等多种，可用作反应容器、接收容器和滴定容器等。加热时应在瓶底垫石棉网或用热浴，内盛液体不能太多，以防振荡时溅出。

4. 烧瓶

烧瓶可分为圆底烧瓶、平底烧瓶、长颈烧瓶、短颈烧瓶、单口 (颈) 烧瓶、二口 (颈) 烧瓶、三口 (颈) 烧瓶等。圆底烧瓶通常用于化学反应，平底烧瓶通常用于配制溶液或用作洗瓶，也能代替圆底烧瓶用于化学反应。烧瓶盛放液体的量不能超过其容积的 2/3。

5. 滴管

滴管由尖嘴玻璃管和橡皮乳头两部分组成。用以吸取、滴加液体试剂及容量瓶定容等。除吸取溶液外，管尖不可触及其它器物，以免污染。滴管为专用，不得弄乱。滴管吸液后不能倒置，以免试剂被乳胶头污染。

6. 滴瓶

滴瓶有无色和棕色两种，用于盛放少量液体试剂。

7. 广口瓶和细口瓶

广口瓶用于储存固体药品，细口瓶用于盛放液体试剂。两者均不能直接加热。磨口瓶要与塞子配套，不能存放强碱性物质，不用时应用纸条垫在瓶口处再盖上盖子。附有磨砂玻璃片的广口瓶常用作集气瓶。广口瓶有无色和棕色之分，棕色瓶用于盛装应避光的试剂。一般非磨口试剂瓶用于盛装碱性溶液或浓盐溶液，使用橡皮塞或软木塞；磨口的试剂瓶盛装酸、非强碱性试剂或有机试剂。若长期不用，应在瓶口和瓶塞间加放纸条，以便于开启。试剂瓶不能用火直接加热，不能在瓶内久储浓碱、浓盐溶液。

8. 称量瓶

称量瓶有高形和扁形两种，用于准确称取一定量的固体药品。不能直接加热，瓶盖要与瓶子配套使用。

9. 洗瓶

洗瓶有玻璃和塑料两种，用于盛放去离子水或其它洗涤液。

10. 漏斗

① 漏斗一般指三角漏斗，以口径 (mm) 表示大小，分长颈与短颈两种，用于常压过滤或倾注液体。过滤时漏斗颈尖端应紧靠盛接滤液的容器内壁。

② 布氏漏斗，瓷制，用于减压过滤 (抽滤)。抽滤瓶和布氏漏斗一起用于减压过滤，不能直接加热。

③ 分液漏斗分为球形、梨形、筒形，用于加液或互不相容溶液的分离。上口瓶盖和下端旋塞均为磨口，一般不可调换，活塞处不能漏液。不用时磨口处应垫纸片。

④ 滴液漏斗也有各种不同的形状，用于将反应物逐滴滴加到反应体系中，以免反应过于剧烈。使用要求同分液漏斗。

11. 表面皿

表面皿通常用于盖在烧杯上，防止杯内液体溅出。不能用火直接加热。

12. 蒸发皿

蒸发皿可由陶瓷、石英、铂等不同材质制成，用于蒸发、浓缩液体。一般放在石棉网上加热，也可以直接加热。注意防止骤冷骤热，以免破裂。

13. 研钵

研钵有陶瓷、玻璃、玛瑙、石头或铁制品等多种，用于研碎固体物质，根据固体物质的性质和硬度选用不同材质的研钵。使用时应注意：①放入的固体物质的量不宜超过其容积的 $1/3$ ；②只能研磨，不能敲击固体物质。易爆物不能研磨，只能轻轻压碎，以防爆炸。

14. 坩埚

坩埚可由陶瓷、石英、石墨、氧化铝、铁、镍、银或铂等不同材质制成，用于灼烧固体，耐高温。使用时放在泥三角上或马弗炉中加热，加热后用坩埚钳取出。坩埚钳使用后应放在石棉网上。

15. 量筒

量筒通常用玻璃制成，以容积（mL）表示规格，用于量取一定体积的液体。不能加热，不能量取热液体，不可长期存放试剂，以免影响容器的准确性。

16. 容量瓶

容量瓶用于配制准确浓度的溶液。配制溶液时，溶质一般先在烧杯内溶解，再定量移入容量瓶中并定容。不能加热，不能用来储存溶液，以保证容量瓶容积的准确。

17. 移液管

移液管通常用玻璃制成，分单标移液管（胖肚移液管）和刻度移液管（吸量管）两类，还有自动移液管。用于精确移取一定体积的液体，不能加热，与洗耳球并用。

第三节 化学实验基本操作

一、称量仪器的使用

1. 台秤

台秤又称为托盘天平，一般能称准到 0.1g ，用于精度不高的称量。

在使用台秤前，将刻度尺上的游码拨至零处，如果指针不在标尺的中间位置，则应调节托盘下面的平衡螺丝使之处于中间位置，即零点调节。

称量时，物品放在左盘，砝码放在右盘。称量药品时，药品不能直接放在托盘上，应将其放在称量纸、表面皿或烧杯等容器中称。

应用镊子夹取砝码，加砝码时应先加大砝码再加小砝码，最后以游码调节至指针在标尺

左右两边摆动的格数相等为止。台秤的砝码和游码读数之和即为被称物品的质量。

记录时保留小数点后1位。称量完毕，用镊子将砝码夹回砝码盒中，游码回零，并将托盘放在一侧。

2. 电子天平

电子天平是利用电子装置完成电磁力补偿的调节，使物体在重力场中实现力的平衡，或通过电磁力矩的调节，使物体在重力场中实现力矩的平衡。它一般都具有自动调零、自动校准、自动去皮和自动显示称量结果等功能。电子天平达到平衡时间短，称量快速，一般可以称准至0.0001g。

电子天平的使用步骤如下。

① 开机。首先调节天平的水平，然后接通电源，再按 ON 键开机，稳定后天平显示0.0000g。

② 校准。天平开机稳定后，按校准(CAL)键，再将校准砝码放入托盘中央，天平显示0.0000g后移去校准砝码，天平再次显示0.0000g，完成校准即可正常称量。

③ 去皮。当需把天平托盘上的被称物体(称量纸或容器)的质量显示清零时，只要按清零(TARE)键即可，天平显示0.0000g。

④ 天平读数。将被称物体轻放入托盘中央，显示屏上的数字不断变化，待数字稳定后，显示值即为被称物体的质量。

二、容量仪器的使用

量器通常分为两类：一类是量出式量器，如量筒、滴定管、移液管等，在外壁上标有Ex字样；另一类是量入式仪器，如容量瓶，用于测量注入量器中液体的体积，在外壁上标有In字样。

1. 量筒

量筒是化学实验室中最常用的度量液体体积的器皿，与移液管、滴定管相比，准确度较低。它具有各种不同的容量，可根据量取液体的量选用合适大小的量筒。但是量筒不能加热，不能量取热液体，也不能用作反应器皿。

读取量筒上的刻度数值时，眼睛应当平视，与液面的弯月面最低点处于同一水平线上，否则会引起体积误差。

2. 移液管

移液管简称吸管，是准确移取一定体积液体的量器。玻璃移液管分为单标移液管和刻度移液管两种。前者的中间有一膨大部分，上下两段细长，上端刻有环形刻度标线，只能准确移取刻度规定体积的液体。后者具有分刻度，可以吸取标示范围内所需任意体积的溶液，但准确度不如前者。

移液管使用前首先要洗涤干净，使管内壁和其下部的内壁不挂水珠。用滤纸片将移液管尖嘴内外的水轻轻拭去，将被移取的溶液倒出少量至一小烧杯中，然后用该溶液润洗移液管三次，每次润洗时平放移液管并转动，然后从下口将所吸液体放出到废液缸或水池中。

润洗后，用右手大拇指和中指拿住移液管，食指应能方便地堵住上口，左手将洗耳球捏瘪并将其下端尖嘴插入移液管上口，将移液管的下端伸入试剂瓶(或其它容器)内，至移取溶液液面下1~2cm深处(切勿过浅!否则会产生空吸，溶液进入洗耳球)。慢慢放松洗耳

球，使溶液吸入管中。当溶液上升到高于标线时，移去并放下洗耳球，右手食指迅速紧按管口。取出移液管，用滤纸片除去管外壁沾附着的溶液，左手提起试剂瓶并略倾斜，而移液管则保持竖直，管尖嘴靠在试剂瓶液面以上的内壁上，小心放松食指，用拇指和中指转动移液管，使液面逐渐下降，直到溶液弯月面与标线相切时（眼睛须与标线平视），食指立即压紧管口，不让溶液再流出。取出移液管插入接收容器中，移液管竖直，管的尖嘴靠在倾斜的接收容器（容量瓶、锥形瓶、烧杯等）内壁上，松开食指，让溶液自由流出，全部流出后停顿约 15s，再用移液管尖轻敲接收容器内壁，取出移液管。勿将残留在尖嘴末端的溶液吹入接收容器中，因为校准移液管时，没有把这部分体积计算在内。个别移液管上标有“吹”字的，可把残留管尖的溶液吹入容器中。

3. 容量瓶

容量瓶主要用来配制准确浓度的溶液。容量瓶的瓶颈上刻有环形标线，表示在所指刻度下液体充满至该标线时的容积。

容量瓶使用前要检查是否漏水，其方法是将容量瓶注入 1/2 自来水，盖好瓶塞，左手顶住瓶塞，右手托住瓶底，将容量瓶倒立 1~2min，观察瓶塞周围是否有水渗出，如果不漏水，则可使用。

用固体试剂配制溶液时，先将准确称量的试剂放在小烧杯中，加适量溶剂（去离子水或有机溶剂）搅拌溶解。如果难溶，可盖上表面皿微热，放冷后沿玻璃棒把溶液转移至容量瓶中，然后再用少量溶剂淋洗杯壁 3~4 次，每次的淋洗液按同样的操作方法转移至容量瓶中。当溶液达到容量瓶的 2/3 容量时，应将容量瓶沿水平方向摇晃，使溶液初步混匀，再加水至接近标线后，用滴管滴加溶剂至溶液弯月面最低点恰好与标线相切，盖紧瓶塞，将容量瓶边倒转边摇动，如此反复多次，使瓶内溶液充分混合均匀。

容量瓶不宜长期存放溶液，需要存放溶液时，应将溶液转移至试剂瓶中储存。

三、加热与冷却

1. 常用加热器具

(1) 煤气灯 煤气灯的式样较多，构造基本相同。常用的煤气灯由灯管和灯座两部分组成，灯管与灯座通过螺纹相连。灯管下端有几个圆孔，为空气入口，旋转灯管，可根据圆孔的开启程度调节空气的进入量。灯座的侧面有煤气入口，煤气进入量可通过螺旋针阀进行调节。

煤气灯使用时，先旋转灯管，关闭空气入口，再点燃火柴，打开煤气开关，在接近灯管口处将煤气灯点燃。然后旋转灯管，逐渐加大空气进入量至火焰成为正常火焰。加热完毕，旋转灯管关闭空气入口，再关闭煤气开关。煤气和空气比例合适时，煤气燃烧完全，这时的火焰称为正常火焰。正常火焰分为三层，内层为焰心，呈黑色，煤气与空气发生混合，但并未燃烧，因而温度最低；中层为还原焰，煤气燃烧不完全，火焰为淡蓝色，温度不高；外层为氧化焰，煤气燃烧完全，火焰为淡紫色，温度最高，通常可达到 800~900℃。实验时一般使用氧化焰加热。

当空气或煤气的进入量调节不当时，会产生不正常的火焰，或火焰脱离灯管管口而临空燃烧，或煤气在灯管内燃烧产生细长火焰，如果出现这些现象，则应立即关闭煤气，重新调节和点燃。

(2) 水浴 要求温度不超过 100℃时，可用水浴加热，一般在水浴锅中进行，水浴锅的