

GONGCHENG HUAXUE SHIYAN

工程化学实验

主 编 王懿萍
副主编 熊维巧 熊雄
易志刚



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

工程化学实验

主 编 王懿萍

副主编 熊维巧 熊 雄 易志刚

西南交通大学出版社

• 成 都 •

图书在版编目 (C I P) 数据

工程化学实验 / 王懿萍主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2009.6

ISBN 978-7-5643-0271-9

I. 工… II. 王… III. 工程化学—化学实验—高等学校—教材 IV. TQ02-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 096905 号

工程化学实验

主编 王懿萍

责任编辑	高 平
特邀编辑	刘 恒
封面设计	本格设计
出版发行	西南交通大学出版社 (成都二环路北一段 111 号)
发行部电话	028-87600564 87600533
邮 编	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	四川锦祝印务有限公司
成品尺寸	185 mm×260 mm
印 张	12.75
字 数	319 千字
印 数	1—3 000 册
版 次	2009 年 6 月第 1 版
印 次	2009 年 6 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-0271-9
定 价	22.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

实验教学在工程化学教学中占有十分重要的地位。它不仅是为了让学生更好地理解理论教学的内容,更重要的是为了培养学生的各种能力(包括各种有关的知识、操作技能、使用现代仪器设备及信息工具与手段的能力、观察能力、科学研究与创新能力、团队协作能力及独立处理突发事件的能力等)和敬业、求实、精心、一丝不苟的态度。它是培养和造就高素质复合型人才的关键环节。

本教材力求理论联系实际,通过实验,在巩固和加深理论知识的同时,既能培养学生的基本实验操作技能和基本的科学实验素养,又能有效地培养学生的动手能力和研究创新能力。同时,通过实验还能提高学生学习化学并进行研究实践的兴趣。教材中的主要实验内容已经在我校不同专业的教学中进行过几年的试用,通过总结相关的教学实践经验,对其中的一些内容进行了进一步的修改和完善。为了改变学生在实验过程中仅仅“照方抓药”的不良学习方法,在文字叙述上加强了启发性和思考性,力求阐述简明精练;在实验后设有思考题,启发学生积极思考,总结实验经验和规律,从而培养学生分析问题和解决问题的能力。

全书共分为六章:第一章介绍化学实验的基本知识和一些基本操作;第二章介绍误差与数据处理;第三章介绍常用实验仪器的使用方法;第四章为基本实验部分;第五章为综合实验部分;第六章为研究设计型实验部分。本教材的特点主要有以下几方面:

(1) 重视基本操作训练,加强了综合型实验,增加了研究设计型实验。基本实验部分主要是基本实验技能训练和基本理论、物质的化学性质验证实验。该部分旨在使学生在掌握化学实验基本操作方法的同时,加深理解化学原理。综合实验是原理和实验技能较为复杂的实验,旨在培养学生综合运用化学原理和实验方法,分析问题和解决问题的能力。研究设计实验要求学生自选题目,独立查阅文献资料,自己设计实验方案,在教师的指导下独立完成实验并进行总结和分析,旨在培养学生的研究创新能力。

(2) 体现了各学科之间相互交叉渗透的客观情况和时代特点,同时又还实验教学以本来面目,使教学更接近于科研和生产实际。本书同时加强了应用性和趣味性的实验内容。

(3) 内容的编排上体现了一体化、多层次的实验教学特点。以基本实验、综合实验和研究设计型实验三个层次实施实验教学。

参加本书编写工作的有:王懿萍(绪论,误差与数据处理,基本实验十三~十四,综合实验三~八、十五,设计实验一、二、七、八,附录 A、H)、熊维巧(常用实验仪器的使用方法,基本实验六~九,设计实验三~五)、熊雄(基本知识与基本操作,基本实验一~四、十,设计实验六、九,附录 E~G)、易志刚(基本实验十一~十二,综合实验九~十,附录 B~D)、杨巧艳(基本实验五、综合实验十一~十四、附录 F~H)、李茂红(综合实验一、二)。本书最后由王懿萍统稿。

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2009 年 5 月

目 录

绪 论	1
第一章 基本知识与基本操作	5
一、常用玻璃（瓷质）仪器	5
二、实验室公用设备	9
三、化学试剂	13
四、常见玻璃仪器的洗涤和干燥	15
五、试纸的使用	16
六、加热与冷却	17
七、固液分离	18
八、分析天平及其使用	20
九、量器及其使用	27
十、滤纸及其使用	31
十一、标准物质和标准溶液	32
十二、分析试样的准备与分解	33
第二章 误差与数据处理	35
一、准确度与误差	35
二、精密度与偏差	36
三、有效数字及其运算规则	37
四、实验结果的数据表达	39
五、实验数据的处理方法及其表达方式	44
第三章 常用实验仪器的使用方法	48
一、酸度计	48
二、自动电位滴定仪	50
三、分光光度计	52
四、电导率仪	55
第四章 基本实验部分	60
实验一 电光分析天平的使用	60
实验二 化学反应焓变的测定	61
实验三 电解质溶液	65
实验四 水的纯化与水质检验	68
实验五 配合物的制备和性质	75

实验六	醋酸解离度和解离常数的测定	79
实验七	药物阿司匹林含量的测定	81
实验八	盐酸溶液的配制标定及混合碱含量的测定	84
实验九	维生素 C 含量的测定 (直接碘量法)	88
实验十	重量分析法 (称量法)	91
实验十一	主族元素的化学性质 (一) (氯、溴、碘、氧、硫)	93
实验十二	主族元素的化学性质 (二) (氮、磷、锡、铅、铋、铊)	100
实验十三	副族元素的化学性质 (一) (铬、锰、铁、钴、镍)	105
实验十四	副族元素的化学性质 (二) (铜、银、锌、镉、汞)	111
第五章	综合实验部分	116
实验一	电化学实验	116
实验二	邻二氮菲分光光度法测定铁	120
实验三	醋酸的电位滴定	123
实验四	三氯化六氨合钴 (Ⅲ) 的制备及组成的测定	127
实验五	化学反应速率与活化能	131
实验六	分光光度法同时测定维生素 C 和维生素 E	135
实验七	化学发光法测定水中痕量铬 Cr(Ⅲ)和 Cr(VI)	138
实验八	茶多酚的提取及抗氧化作用研究	147
实验九	溶胶凝胶法制备纳米二氧化钛	151
实验十	B-Z 化学振荡反应	153
实验十一	食品中亚硝酸根含量的测定	156
实验十二	化学需氧量 (COD _{Cr}) 的测定	158
实验十三	机械工业用油的分析	161
实验十四	危险品的化学性质	166
实验十五	平衡常数的测定	168
第六章	设计实验部分	172
实验一	混合酸碱溶液中各组分含量的测定	173
实验二	从含碘废液中提取碘	174
实验三	废干电池的综合利用	175
实验四	橘皮中果胶的提取	177
实验五	橙油的提取和鉴定	179
实验六	铝的阳极氧化着色 (正交设计法)	180
实验七	葡萄糖含量的测定	181
实验八	植物中某些元素的分离与鉴定	182
实验九	用 Excel 软件建立仪器分析校正曲线和计算结果	184
附 录		185
参考文献		198

绪 论

一、工程化学实验的地位和作用

化学是一门以实验为基础的科学，许多化学理论与规律都源自实验，同时，这些理论、规律的应用与评价，也要依据实验的探索和检验。化学实验教学在培养未来创新型人才的大学生教育中，发挥着素质教育和创新能力培养的作用，并且占有相当重要的地位。工程化学实验是一门独立的课程，但又和相应的理论课程有紧密的联系。

通过做实验，学生可以直接获得大量物质变化的感性知识，经思考、归纳、总结和提高，加深对理论课中基本原理和基本知识的理解，并运用其指导实验；经过严格的训练，使学生能规范地掌握实验的基本操作和基本技术；学生通过实验了解物质的一般分离、提纯和制备方法，了解确定物质组成、含量和结构的一般方法；掌握常见工作基准试剂、常用的滴定方法和指示剂的使用；掌握常见离子的基本性质和鉴定；建立严格的“量”的概念，并学会运用误差理论正确处理实验数据、用文字表达实验结果；培养实事求是的科学态度，准确、细致、整洁等良好的科学习惯，培养敬业、一丝不苟和团队协作的工作精神。

在实验的整个过程中，学生自己提出问题、查资料、设计实验方案、动手做实验、观察实验现象、测定数据，并加以正确的处理和概括，在分析实验结果的基础上正确表达，练习解决化学问题。所以，化学实验的全过程是综合培养学生智力因素最有效的方法，也是加强素质教育的最佳途径，从而使学生逐步具备了分析问题、解决问题的独立工作能力。

在培养智力因素的同时，化学实验也是对学生进行非智力因素训练的理想方法，包括艰苦创业、勤奋好学、乐于协作、实事求是、创新、存疑等好学品德和科学精神的训练。而整洁、节约、准确、有条不紊等良好的实验素养的形成，同样是每一个化学工作者获得成功所不可缺少的素质。

二、工程化学实验的学习方法

工程化学实验的学习，不仅需要学生有一个正确的学习态度，更需要有一个正确的学习方法。现将较成功的学习方法归纳总结如下：

1. 重视预习

工程化学实验课既要求学生动手做实验，又要求学生要善于主动思考问题，因此实验前必须做好预习。实验预习主要包括以下几方面：① 认真阅读实验教材、有关教科书和参考资料，明确实验目的和实验原理，熟悉实验内容、主要操作步骤及数据的处理方法；② 总结注意事项，注意合理安排时间；③ 预习或复习与本次实验相关的基本操作及仪器的使用方法；④ 应根据实验内容查阅附录及有关手册，列出实验所需的物理和化学数据；⑤ 对

于综合设计类实验还应尽量查阅相关资料,提出合理的实验方案;⑥在上述准备工作的基础上认真写好预习报告。

实验开始前教师应检查学生预习情况,若发现有的学生预习不够充分时,应令其停止实验,重新预习,达到预习要求后再做实验。

2. 认真实验

学生在实验教师指导下独立进行实验是实验课的主要教学方法,也是训练学生正确掌握实验技术达到培养能力的重要手段。应做到以下几点:①按教材规定的实验步骤、试剂用量独立操作,仔细观察实验现象,认真测定数据,并做到边实验、边记录、边思考。②观察的现象、测定的数据,要如实记录在记录本上,不能用铅笔记录,不能记在草稿纸、小纸片上,不能凭主观意愿删去自己认为不合理的数据,更不能杜撰原始数据。原始数据不得随意涂改或用橡皮擦拭及修正液涂抹,如有记录错误应在原始错误数据上划一道线,再在旁边写上正确值。③实验中要勤于思考,仔细分析,力争自己解决问题。如对实验现象有怀疑,在分析和查明原因的同时,可以做对照实验或空白实验,或自行设计实验进行核实,必要时应做多次实验,从中得到有益的启发和结论。④实验中如碰到疑难问题应与教师讨论,获得必要的指导。如实验失败,要查明原因,教师准许后重做实验。

3. 独立撰写实验报告

做完实验仅是完成实验过程的一部分,余下更为重要的是分析实验现象(特别是和预习不相同的地方)、整理实验数据和进行实验总结。首先要认真、独立地完成实验报告。对实验现象进行合理的解释,写出相应的反应式,得出结论,对实验数据进行处理(包括计算、作图、误差的表示等)。其次要分析产生误差的原因,对实验现象以及实验中的一些问题进行讨论,敢于提出自己的见解(包括对实验提出改进意见或建议),还要仔细认真回答实验教材中要求回答的问题。在收到教师批改的实验报告后,同样要认真、仔细地找出问题存在的原因,纠正错误的内容。

实验报告要按一定的格式书写,字迹端正,内容清楚确切,叙述简明扼要,实验记录、数据处理要使用表格和作图。图形要规范,实验报告要整齐干净。工程化学实验报告大致可分为制备、定量、定性和性质测定四种类型。

三、工程化学实验成绩的评定

学生实验成绩包括预习成绩、实验操作能力成绩及实验报告成绩。学生实验成绩评定的主要依据有:

- (1) 对实验原理和基本知识的理解(主要看预习报告情况)。
- (2) 对实验的基本操作、基本技能的掌握,对实验方法的掌握(主要看实验操作过程)。
- (3) 实验现象、原始数据的记录(真实、准确),数据处理的正确性,有效数字、作图技术的掌握,实验结果(合理的产量、纯度、准确度、精密度等),问题的分析和讨论的合理性、科学性,实验报告的书写及完整性。

- (4) 实验过程中的综合能力、科学品德和科学精神。

视各类实验的不同特点,成绩评定的着重点不同。但实验结果决不是唯一的决定因素。

四、实验室规则

- (1) 实验前应认真预习,明确实验目的,了解实验的基本原理和方法。
- (2) 实验时要遵守操作规则,遵守一切安全措施,保证实验整个过程的安全。
- (3) 实验中必须保持肃静,不准谈笑,不许到处乱走,不迟到、不早退、不无故缺席。
- (4) 实验过程中,要随时注意保持实验环境的整洁。火柴梗、纸张、废品等只能丢入废物缸内,不能丢入水槽、水池,以免堵塞。实验完后要洗净、收好玻璃仪器,按规定摆放整齐,将实验桌、公用仪器、试剂等整理好。
- (5) 实验过程中,使用水、电、煤气、药品时都要以节约为原则,应取用自己的仪器,不得动用他人的仪器。要爱护仪器,如有损坏要及时登记。
- (6) 实验中要集中注意力,认真操作,仔细观察,将实验中的一切实验现象和数据都如实记在记录本上,不得涂改、臆造和伪造。根据原始记录,认真处理数据,及时写出实验报告,并按时交给实验教师。
- (7) 实验后由学生轮流值日,负责打扫和整理实验室。检查水管、门窗是否关好,电闸是否拉掉,以保证实验室的安全。
- (8) 实验中发生意外事故应保持镇静,不要惊慌失措,以免引起新的伤害。遇有烧伤、烫伤、割伤时应立即报告教师,进行急救和治疗。
- (9) 尊重实验老师和实验技术人员的指导。

五、实验室的安全

进行化学实验时,要严格遵守有关水、电、酒精灯、煤气和各种仪器、药品的使用规定。化学药品中,很多是易燃、易爆、有腐蚀性和有毒的。因此,重视安全操作,熟悉一般的安全知识是非常必要的。

注意安全不仅是个人的事情,发生了事故不仅损害个人的健康,还会危及周围的人们,并使国家的财产受到损失,影响实验的正常进行。因此首先需要从思想上重视安全操作,决不能麻痹大意。其次,在实验前应了解仪器的性能和药品的性质以及实验中的安全事项。在实验过程中,应集中注意力,并严格遵守实验安全规则,以防意外事故的发生。同时也要学会一般的救护措施,一旦发生意外事故,可进行及时处理。

实验室安全守则:

- (1) 不能用湿的手、物接触电源。水、电、酒精灯一经使用完毕,应立即关闭。点燃的火柴用后应立即熄灭,不得乱扔。
- (2) 严禁在实验室内饮食、吸烟,或把食具带进实验室。实验完毕,必须洗净双手。实验时,应该穿上实验工作服,不得穿拖鞋。
- (3) 绝对不允许随意混合各种化学药品,以免发生意外事故。浓酸、浓碱具有强腐蚀性,用时一定要小心,不要洒在皮肤和衣服上。稀释硫酸时,必须将酸缓缓倒入水中,并不断搅拌,切勿将水注入硫酸中,以免迸溅,造成灼伤。
- (4) 制备和使用具有刺激性的、恶臭的、有毒的气体(如 H_2S 、 Cl_2 、 CO 、 SO_2 、 Br_2 等),或实验产生这些气体,以及加热或蒸发盐酸、硝酸、硫酸或使用这些酸溶解或硝化试样时,均应该在通风橱内进行。

(5) 有毒试剂如 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞及汞的化合物，特别是氰化物，不得进入口内或接触伤口，剩余的废液也不能随意倒入下水道。实验室所有试剂和药品均不得携带出实验室，用剩的有毒药品应还给实验教师。

(6) 洗涤的试管等容器应放在规定的地方（如试管架上）干燥，严禁用手甩干，以防未洗净容器中含的酸碱液等伤害别人身体或衣物。

(7) 实验完毕后，值日生和最后离开实验室的人员都应负责检查水管、电闸是否关好。

六、实验室事故的应急处理

(1) 创伤：伤处不能用手摸，也不能用水洗，应先挑出伤口中的异物。轻伤可在伤口上涂红药水或紫药水后用消毒纱布包扎，也可用“创可贴”。必要时应及时送医院治疗。

(2) 烫伤：在伤口处抹烫伤油膏或万花油，不要将烫出的水泡挑破。

(3) 受酸腐蚀：应用大量水冲洗，再用饱和 NaHCO_3 或稀 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 冲洗，最后再用水冲洗。

(4) 受碱腐蚀：先用大量水冲洗，再用醋酸溶液 ($20 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$) 或硼酸溶液冲洗，最后再用水冲洗。

(5) 酸碱不小心溅入眼中：立即用大量水冲洗 15 分钟后，送医院诊治。

(6) 吸入刺激性或有毒气体：吸入氯气、氯化氢气体时，可吸入少量酒精和乙醚的混合蒸汽使之解毒。吸入硫化氢或一氧化碳气体而感到不适时，应立即到室外呼吸新鲜空气。但应注意，氯、溴中毒不可进行人工呼吸，一氧化碳中毒不可使用兴奋剂。

(7) 毒物进入口内：把 $10 \sim 15 \text{ cm}^3$ 稀硫酸铜溶液加入一杯温水后，内服，然后用手指伸入咽喉部，促使呕吐，吐出毒物，然后送医院诊治。

(8) 触电：首先应切断电源，必要时进行人工呼吸并送医院治疗。

(9) 起火：如不慎起火，要立即一面灭火，一面防止火势蔓延（如采取切断电源，移走易燃药品等措施）。灭火的方法要针对起因，选用合适的方法。一般的小火可用湿布、石棉或沙子覆盖燃烧物，即可灭火。火势大时可使用泡沫灭火器。电器设备所引起的火灾，只能使用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火，不能使用泡沫灭火器，以免触电。有机溶剂（如苯、汽油）着火不能用水灭火，因为它们与水不互溶，又比水轻，浮在水面上反而使火势扩大，应使用干粉灭火器灭火。如火势较大难以控制时，应及时拨打 119 报警。

为了对实验室意外事故进行紧急处理，实验室应配备急救药箱。

- ① 红药水 ② 碘酒 (3%) ③ 烫伤膏 ④ NaHCO_3 饱和溶液
⑤ 硼酸饱和溶液 ⑥ FeCl_3 溶液 (止血剂) ⑦ 氨水 (5%) ⑧ 创可贴及消毒纱布等
(10) 实验室常用的灭火器具及适用范围见表 0.1。

表 0.1 实验室常用的灭火器具及适用范围

灭火器种类	主要成分	适用范围
泡沫灭火器	NaHCO_3 和 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	适用于非油类起火
二氧化碳灭火器	液态 CO_2	适用于电器起火，油类及忌水化学品失火
干粉灭火器	NaHCO_3 等盐类与适量的润滑剂与防腐剂	油类，可燃性气体、电器、精密仪器、图书及遇水易燃物品引起的火灾

第一章 基本知识与基本操作

一、常用玻璃（瓷质）仪器

玻璃具有良好的化学稳定性，因而在化学实验室中大量使用玻璃仪器。按玻璃的性质不同，可分为软质和硬质两类。软质玻璃的透明度好，但硬度、耐热性和耐腐蚀性较差，常用来制造量筒、吸管、试剂瓶等不需要加热的仪器。硬质玻璃的耐热性、耐腐蚀性和抗冲击性较好，常用来制造烧杯、锥形瓶、试管等。

1. 烧杯、锥形瓶

烧杯（见图 1.1）的规格以容积（ cm^3 ）大小表示，主要用于反应、配制、蒸发和浓缩溶液。加热时放在石棉网上，石棉网则放在铁三脚角架上，一般不直接加热。硬质的可以加热至高温，软质的在使用时应注意勿使温度变化过于剧烈或加热温度太高。使用时，反应液体不得超过烧杯容量的 $\frac{2}{3}$ 。若同时用到两只以上时（如在滴定分析中），为了便于区别，则应在烧杯上编号（用铅笔或记号笔写在烧杯外壁的一块磨砂或涂白漆的地方）。

锥形瓶（见图 1.2）有具塞和无塞两类，规格以容积大小表示。用作反应容器，加热时可避免液体大量蒸发。锥形瓶旋摇方便，也适用于滴定操作。使用的注意事项同烧杯。

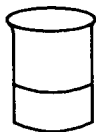


图 1.1 烧杯



图 1.2 锥形瓶

2. 试管、离心试管

普通试管规格是以管外径（mm） $\times$ 长度（mm）表示，一般有 12×50 、 15×100 、 30×200 等规格；离心试管以容积（ cm^3 ）表示，一般有 5、10、15 等规格。

注意：防止振荡或受热时液体溅出。加热后不能骤冷，以防炸裂。反应液体一般不能超过试管容积的 $\frac{1}{2}$ ，加热时不超过 $\frac{1}{3}$ 。离心试管不能用火直接加热，普通试管可以直接加热，加热时应用试管夹夹持。

3. 量筒

量筒用来量取液体的体积（准确度不高），规格以所能量取的最大容积（ cm^3 ）表示。

使用量筒读数时应使眼睛的视线和量筒内液体凹面的最低点保持水平，否则会造成读数偏高或偏低，见图 1.3。

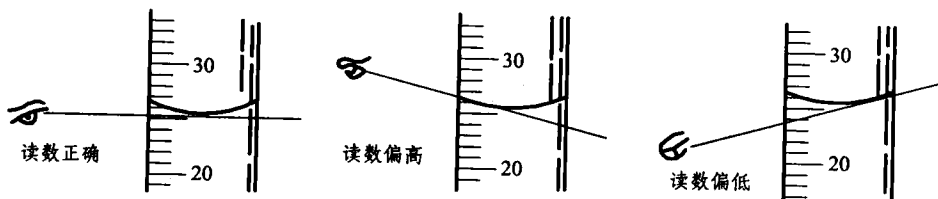


图 1.3 观看量筒内液体的容积

在进行某些实验时，如果不需要很准确地量取试剂，可以不必每次都用量筒，但需要掌握估量液体体积的方法。如普通小试管是 5 cm^3 ，则 1 cm^3 液体占试管总容量的 $1/5$ ；滴瓶里的滴管，每滴出 14 滴左右的体积为 1 cm^3 （定性分析中要求滴管每滴出 20 滴为 1 cm^3 ）。

应注意，量筒不能作反应容器用，也不能加热或量取热的液体！

4. 玻棒与淀帚

玻棒用来搅拌溶液和协助倾出溶液，将其插在烧杯中，应比烧杯长出 $4\sim 6\text{ cm}$ ，太长容易将烧杯压翻，太短则操作不方便。玻棒应烧熔光滑，以防划伤手或烧杯。淀帚（见图 1.4）是将玻棒的一端套上一段清洁的橡皮管，并将橡皮管的一端封死，在转移沉淀时可用其将黏着在烧杯壁上的沉淀擦下。

5. 蒸发皿

蒸发皿（见图 1.5）为瓷质，规格以皿口大小（cm）表示。可作反应容器、蒸发和浓缩溶液用。它对酸、碱的稳定性好；可耐高温，但不宜骤冷；可以直接加热，将蒸发皿放在泥三角上，先用小火预热，后加大火焰，要用预热过的坩埚钳取拿热的蒸发皿，并把它放在石棉网上，不能直接放在桌面上，以免烧坏桌面；高温时不能用冷水去洗涤或冷却，以免破裂，还应注意不要碰碎。

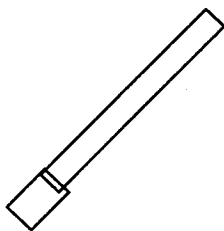


图 1.4 淀帚

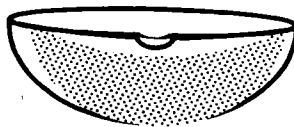


图 1.5 蒸发皿

6. 坩 埚

瓷质，规格以容积大小（ cm^3 ）表示，用以灼烧固体。使用时的注意事项与蒸发皿相同。重量分析中常用 30 cm^3 的瓷坩埚灼烧沉淀。为了便于识别，可用钴盐（如 CoCl_2 ）或铁盐（如 FeCl_3 ）在干燥的瓷坩埚上编号，烘干灼烧后即可留下不褪色的字迹。

7. 坩埚钳

用铁或铜合金制造，表面镀镍或铬。用来夹取热的蒸发皿、坩埚及坩埚盖。坩埚钳不用时应向上放置，不能倒放，以免弄脏。

8. 称量瓶

称量瓶为带有磨口塞的小玻璃瓶，是用来精确称量试样或基准物的容器。称量瓶的优点是质量轻，可以直接在天平上称量，并有磨口塞，可以防止瓶中的试样吸收空气中的水分；因此称量时应盖紧玻璃塞。规格以外径（mm）×高（mm）表示，分为高形和扁形两类（见图 1.6）。

使用称量瓶时，不能直接用手拿取，因为手的温度高而且有汗，会使称量结果不准确。因此，拿取称量瓶时，应该用洁净的纸条将其套住，再用手捏住纸条。

9. 干燥器

干燥器用来干燥或保存干燥物品，规格以口径（cm）大小表示。干燥器为玻璃制，器内放置一块有圆孔的瓷板将其分成上、下两室（见图 1.7）。下室放干燥剂，上室放待干燥物品。为防止物品落进下室，常在瓷板下衬垫一块铁丝网。

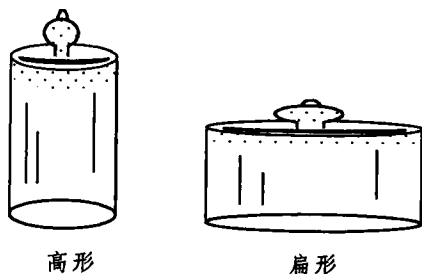


图 1.6 称量瓶

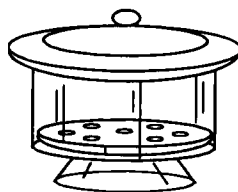


图 1.7 干燥器

装干燥剂前，先用干抹布将瓷板和内壁抹干净，一般不用水洗，因为不能很快地干燥。装干燥剂时，可用一张稍大的纸折成喇叭形，插入干燥器底，大口向上，从中倒入干燥剂，这样可使干燥器壁免受玷污。干燥剂装到下室的一半即可，太多容易玷污干燥物品。干燥剂一般可用变色硅胶，当蓝色的硅胶变成红色（钴盐的水合物）时，即应将硅胶重新烘干。常用干燥剂见表 1.1。

表 1.1 常用干燥剂

干燥剂	298 K 时，1 dm ³ 干燥后的空气中残留的水分 mg (H ₂ O) /mg	再生方法
CaCl ₂ (无水)	0.14 ~ 0.25	烘干
CaO	3×10^{-3}	烘干
NaOH (熔融)	0.16	熔融
MgO	8×10^{-3}	再生困难
CaSO ₄ (无水)	5×10^{-3}	于 503 ~ 523 K 加热
H ₂ SO ₄ (95% ~ 100%)	$3 \times 10^{-3} \sim 0.30$	蒸发浓缩
Mg(ClO ₄) ₂ (无水)	5×10^{-4}	减压下，于 493 K 加热
P ₂ O ₅	$< 2.5 \times 10^{-5}$	不能再生
硅胶	1×10^{-3}	于 383 K 烘干

干燥器的沿口和盖沿均为磨砂平面，用时涂敷一薄层凡士林以增加其密闭性。开启或关闭干燥器时，用左手向右抵住干燥器身，右手握盖的圆把手向左平推盖，取下的盖子应盖里朝上、盖沿在外放在实验台上，以防止其滚落在地。

灼热的物体放入干燥器前，应先在空气中冷却 30~60 s。放入干燥器后，为防止干燥器内空气膨胀将盖子顶落，应反复将盖子推开一道细缝，让热空气逸出，直至不再有热空气排出时再盖严盖子。

搬移干燥器时，务必用双手拿着干燥器和盖子的沿口。绝对禁止单手捧其下部，以防盖子滑落打碎。应当注意，干燥器内并非绝对干燥，这是因为各种干燥剂均具有一定的蒸汽压。灼烧后的坩埚或沉淀若在干燥器内放置过久，则由于吸收了干燥器内空气中的水分而使质量略有增加，应严格控制坩埚在干燥器内的冷却时间。此外，干燥器不能用来保存潮湿的器皿或沉淀。

10. 容量瓶

容量瓶（见图 1.8）主要用于准确配制一定浓度的溶液，规格以容积（ cm^3 ）表示，有 50、100、250、1 000 等规格。精密度，如 100 cm^3 一般约为 0.2%。

注意：不能加热，不能量热的液体。瓶的磨口瓶塞配套使用，不能互换。

11. 吸量管、移液管

吸量管、移液管（见图 1.9）用于准确量取一定体积的溶液，规格以容积（ cm^3 ）表示，有 1、2、5、10、25、50 等规格。精密度，如 50 cm^3 一般约为 0.2%。吸量管一般有刻度，规格表示最大量取体积。一定规格的移液管一般只能量取规定体积。

注意：管口上无“吹出”字样者，使用时末端溶液不允许吹出。不能加热，不能量取热的液体。

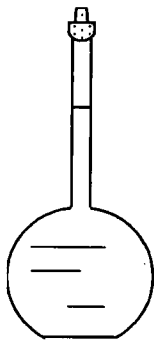


图 1.8 容量瓶

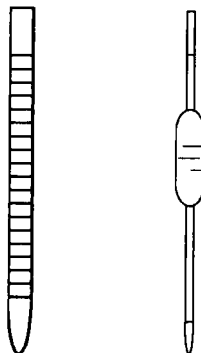


图 1.9 吸量管、移液管

12. 滴定管（酸式、碱式）

滴定管用于滴定分析操作或准确量取一定体积的溶液，规格以容积（ cm^3 ）表示。常用酸式、碱式滴定管（见图 1.10），容积为 50 cm^3 和 25 cm^3 ；精密度，如 50 cm^3 一般约为 0.2%。滴定管使用时一般要夹在滴定管架上。滴定管读数方法与量筒类似，应将滴定管手持悬垂并使视线与液面的凹面底部平行。

注意：量取溶液时应先排除滴定管尖端部分的气泡；不能加热以及量取热的液体；玻璃制酸、碱滴定管不能互换使用。

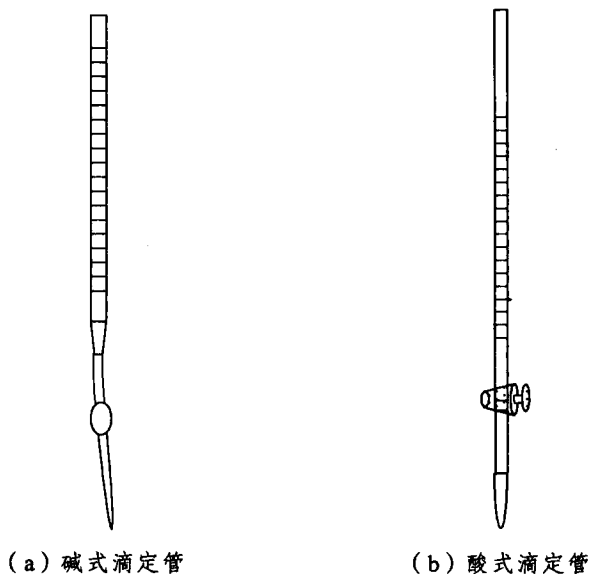


图 1.10

二、实验室公用设备

(一) 台天平及其应用

台天平一般用于精确度要求不高的称量，使用方法如下：

1. 零点调整

托盘中未放物体时，如指针不在刻度零点附近可用平衡调节螺丝调节，然后使天平摆动，指针在刻度盘的零点左右摆幅相同即可。

2. 称量

称量物不直接放在天平盘上称量（避免天平盘受腐蚀），而应放在已称过质量的表面皿上，或放在称量纸上（左、右各放一张质量相等的称量纸）。潮湿的或具有腐蚀性的药品应放在玻璃容器内。

称量物放在左盘，砝码放在右盘。如添加 10 g 或 5 g 以下的砝码时可以移动游码，直至指针与刻度盘的零点相符（可以偏差 1 格），记下砝码质量，此质量即为物体质量。

3. 称量后

称量完毕应把砝码放回砝码盒内，把标尺上的游码移到刻度“0”处，将台天平打扫干净。

(二) 常用加热仪器及其用法

在实验室中，常用煤气灯、煤气喷灯、电炉等来加热。

1. 煤气灯、煤气喷灯

(1) 煤气灯：旋转后取下灯管，可以看到煤气的出口，空气通过铁环的通气孔进入管中，转动铁环，利用孔隙的大小调节空气的输入。

(2) 煤气喷灯：它不仅能调节空气的输入量，还能调节煤气的流入量。煤气从侧管输入，转动底部螺丝，可调节煤气流量大小（螺丝针向下旋转，煤气流量增加）。空气的输入经由灯管的孔口，管外有一套可转动的铁环，用以调节气孔的大小。其结构如图 1.11 所示。

(3) 煤气及煤气灯的使用：由于煤气中含有的 CO 是一种窒息性的有毒气体，燃烧产物无害，当煤气和空气混合到一定比例时，遇火源即可发生爆炸，所以绝对不许把煤气放到室内。不用时，一定要注意把煤气龙头关紧，离开实验室时再检查一下是否关好。

(4) 煤气灯火焰调节：当煤气完全燃烧时，可以得到最大的热量，这时生成无光的火焰，这种火焰称为正常火焰，由三个锥形区组成，如图 1.12 所示。

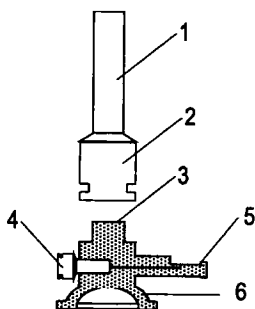


图 1.11 煤气灯的构造

1—灯管；2—空气入口；3—煤气出口；4—螺旋针；
5—煤气入口；6—灯座

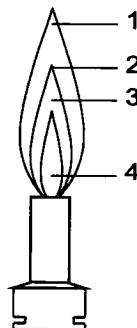


图 1.12 灯的火焰层及温度分布

1—氧化焰；2—最高温区；3—还原焰 4—焰心

实验中一般都用氧化焰加热，温度的高低可由调节火焰的大小来控制，最高处的温度约为 $1\,073\sim 1\,173\text{ K}$ 。点燃煤气前，先旋转金属灯管使圆孔关小，空气入口不大，擦燃火柴，打开煤气龙头 $2\sim 3\text{ s}$ 以后，把煤气点着。旋转金属灯管或灯管外的铁环，调节空气进入量使火焰不发黄色。

如果空气和煤气的进入量调节得不合适，会发生不正常的火焰。当空气不足时，煤气燃烧不完全，并且部分分解产生碳粒，火焰呈黄色，这种火焰称还原焰。此时，火焰温度不高，常使被加热的器皿底部结有黑炭。当火焰脱离金属灯管的管口临空燃烧而产生临空火焰时，说明空气的进入量太大或煤气和空气的进入量都很大，需重新调节。

有时煤气在金属管内燃烧，在管口常常有细长的绿色火焰（如灯管是铜的），这种火焰称为侵入火焰。这是在空气的进入量很大，而煤气的进入量很小或者中途煤气供应突然减小时发生的。侵入火焰常使灯管烧得很热，并有未燃烧完全的煤气臭味。如果出现这种现象，应立即将煤气灯关闭，重新点火调节。

(5) 煤气灯的简单维修：由于煤气中常夹带有未除尽的煤焦油，久而久之，它会把煤气龙头和煤气灯内的孔堵塞。一般可把金属灯管和螺丝针取出，用细铁丝畅通孔道。堵塞严重时，可用苯洗去煤焦油。

2. 电炉、电加热套、管式炉和马弗炉

电炉、电加热套、管式炉和马弗炉都能代替煤气灯进行加热。电炉和电加热套可通过外接变压器来调节加热温度。用电炉时，需在加热容器和电炉间垫一块石棉网，使加热均匀。

管式电炉有一管状炉膛，最高温度可达 $1\,223\text{ K}$ ，加热温度可调节，炉膛中插入一根瓷管或石英管，管内放入盛有反应物的反应舟，反应物可在空气或其他气体中受热反应(见图 1.13)。

马弗炉有一个长方形的炉膛，打开炉门就能放入要加热的器皿。最高温度可达 $1\,223\sim 1\,573\text{ K}$ 。管式炉和马弗炉需用高温计测温，它由一副热电偶和一只毫伏表组成，再连接一只温度控制器，便可自动控制炉温(见图 1.14)。

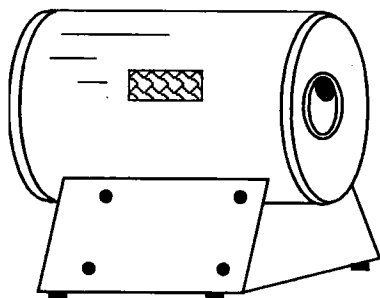


图 1.13 管式炉

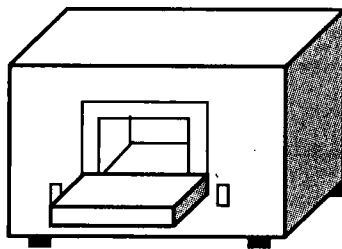


图 1.14 马弗炉

(三) 实验室常用电器及其使用

1. 干燥箱的使用

干燥箱的全称是电热鼓风干燥箱，俗称烘箱，是化学实验室常备的设备，规格、型号较多，这里仅介绍常用的 101 型电热鼓风干燥箱。

(1) 使用方法。

① 通电前，先检查干燥箱的电气性能，并注意有没有短路和漏电现象。

② 在箱顶排气阀孔中插入温度计，同时旋开排气阀(空隙约 10 mm 左右)，此时，可接上电源，开始工作。

③ 开始升温时，可开启两组加热开关，并将控温器旋钮由“0”位顺时针旋至适当指数处，此时箱内开始升温。根据需要决定是否要开启鼓风机。

④ 当温度升至所需温度时(从插入排气阀中的温度计观察得知)，即将控温器旋钮逆时针方向旋回，旋至指示灯熄灭，再微调至指示灯复亮。指示灯明灭交替处即为恒温定点。此时，再把旋钮微调至指示灯熄灭处，令其恒温。但由于余热影响，温度仍可继续上升，约半小时后即处于稳定。箱内温度稳定(恒温状态)，如温度计上读数超出或低于所需温度，则可将控温器再稍作调整，以达到所需温度。用此法可选取任何工作温度，每当恒温时，可记下当时控温器铭牌上的指数，以备以后选温时用。

⑤ 恒温时，可关闭一组加热器，只留一组加热器工作，以免功率过大影响恒温灵敏度。

⑥ 恒温后，可根据需要，令其作一定时间的恒温，在此过程中箱内可自动控温，不需加以人工管理。

⑦ 开启箱门，通过玻璃门即可观察工作室内的情况。但箱门不能常开启，以免影响恒温。当温度升至 573 K 时，开启箱门可能会使玻璃门受骤冷而破裂。

(2) 注意事项。

① 此箱为非防爆型干燥箱，故带有易燃、易挥发的物品不能放入箱内，以免发生爆炸。