

面向21世纪课程配套教材

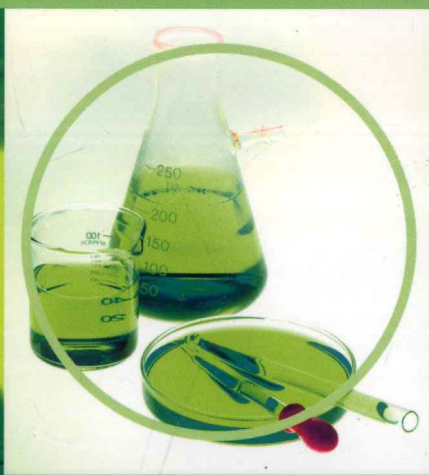
大学化学实验

Daxue Huaxue Shiyan(第三版)

甘孟瑜 曹渊

主

编



重庆大学出版社

面向 21 世纪课程配套教材

大学化学实验

(第三版)

甘孟瑜 曹 渊 主编

重庆大学出版社

内容简介

本书是教育部组织实施的《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》03-15 项“化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践(非化工类专业)”的研究成果之一,是《大学化学》(曾政权、甘孟瑜主编,重庆大学出版社,2001 年 7 月)教材的配套实验教材。全书共分 4 个部分。第 1 部分是基本操作及数据处理。第 2 部分是常用仪器及使用方法。第 3 部分是基本实验,内容紧密配合大学化学课程的教学内容,对重要的基本理论、基本知识都配有相应的实验。第 4 部分是综合应用及设计实验,所编内容紧密联系工程技术及社会热点论题,可拓宽学生知识面,培养学生分析问题、解决问题的能力。

本书适宜于高等学校非化学化工类各专业学生使用,也可供电大、职大、函大师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

大学化学实验/甘孟瑜主编. —3 版. —重庆:重庆大学出版社,2003. 8
ISBN 7-5624-1191-3

I. 大... II. 甘... 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(2003)第 072293 号

面向 21 世纪课程配套教材

大学化学实验

(第三版)

甘孟瑜 曹 渊 主编

责任编辑:何 明 版式设计:何 明

责任校对:何建云 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆铜梁正兴印务有限公司印刷

*

开本:787×960 1/16 印张:11 字数:203 千

1999 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 3 版 2006 年 8 月第 8 次印刷

印数:28 001—33 000

ISBN 7-5624-1191-3/O · 132 定价:13.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书是教育部组织实施的《面向 21 世纪高等工程教育教学内容和课程体系改革计划》03-15 项目“化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践(非化工类专业)”的研究成果之一。是面向 21 世纪课程教材——《大学化学》(曾政权、甘孟瑜主编,重庆大学出版社,2001 年 7 月)的配套实验教材。

《大学化学实验》是非化学、化工类专业学生的一门必修的基础实验课程,也是大学化学系列课程的重要组成部分。通过化学实验可进一步巩固、扩大和加深对化学基本理论和基本知识的理解,培养学生独立思考、动手、观察、综合分析问题的能力,使学生的创新能力和主动获取知识的能力得到锻炼和提高。

本书在《工科大学化学实验》(甘孟瑜、郭铭模主编,重庆大学出版社,1996 年 6 月)的基础上进行了大幅度的修改和充实,并在第 2 版基础上再次进行了修订。保持了原书中严格贯彻法定计量单位,注重基本原理、基本操作及与工程实际紧密联系的特点。同时加大改革力度,以适应 21 世纪人才培养的需要。着重体现在以下几方面:①对传统的实验予以新的角度,新的立意。②新增化学与能源、环境、材料、生命科学等密切联系的新实验 14 个,使学生从中进一步感受到化学与工程技术、人类、社会的密切关系。③注重科学实验方法的训练和研究能力的培养。在基本实验中有意识地增加了学生自行设计实验的内容,同时编有 3 个综合设计实验,让学生从实验方案的设计到独立完成实验,得到系统的训练,以提高学生综合运用化学理论知识分析解决实际问题的能力。

全书共分4个部分。第1部分是基本操作及数据处理,并将其分散到各个实验中,通过反复练习,使学生初步掌握一定的化学实验技能。第2部分是常用仪器及使用方法,对大学化学实验中常用的分析天平、酸度计、电导率仪、分光光度计等进行了系统介绍。第3部分编有15个基本实验,实验内容紧密结合大学化学课程的理论教学,此外增加了部分与实际密切联系的基本实验,如碘盐的制备及检验、维生素C含量的测定、生活中的化学等。第4部分是综合应用及设计实验,共20个实验。实验内容紧密联系工程实际及社会热点论题,可供不同年级、不同专业的学生选做,也可供大学化学开放实验选用,以拓宽学生的知识面。

本书由下列人员合作完成:甘孟瑜(主编,执笔1.6,1.7,1.8,1.9,2.1,2.2,2.3,2.4,2.5,3.1,3.2,3.5,3.6,3.10,3.11,4.6,4.7,4.16及附录),曹渊(主编,执笔1.10,2.6,2.7,3.9,3.12,3.15,4.4,4.8,4.9,4.10,4.12,4.13,4.17,4.18),张云怀(执笔1.10,1.11,3.14,4.1,4.2,4.3,4.5,4.14,4.15,4.19),刘利萍(执笔1.1,1.2,1.3,1.4,1.5,3.3,3.4,3.7,3.8,3.13,4.11,4.20)。

本书作为面向21世纪大学化学系列课程教学内容体系改革的研究成果,是重庆大学大学化学教研室全体教师和实验室工作人员多年教学实践与辛勤研究的结果,同时也吸取了许多兄弟院校的宝贵经验。在本书的编写过程中,得到了全国工科化学课程指导委员会委员曾政权教授的关注、支持和指导。全书由重庆大学陈昌国教授主审,并提出了中肯的意见与建议。在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中错误和不当之处在所难免,恳请使用本书的师生、读者批评指正。

编 者

2003年6月

目 录

	实验目的	1
	实验要求	2
	实验室规则	3
	实验室安全守则及意外事故的处理	4
1	基本操作及数据处理	6
1.1	灯的使用和加热	6
1.2	玻璃仪器的洗涤	9
1.3	试剂的取用	10
1.4	容量瓶、滴定管、移液管的洗涤和使用	12
1.5	液体和固体的分离	16
1.6	干燥器的使用	19
1.7	密度计的使用	20
1.8	气压计的使用	20
1.9	蒸馏	21
1.10	启普发生器的使用	22
1.11	有效数字	23
1.12	作图技术	25
2	常用仪器及使用方法	28
2.1	分析天平	28
2.2	酸度计	30
2.3	电导率仪	35
2.4	分光光度计	38
2.5	直流稳压稳流电源	41
2.6	电渗析仪	42

2.7	马弗炉·····	44
3	基本实验 ·····	46
3.1	分析天平称量练习·····	46
3.2	气体常数的测定·····	49
3.3	化学反应焓变的测定·····	52
3.4	化学反应速率与活化能·····	56
3.5	醋酸电离常数的测定·····	59
3.6	电离平衡与沉淀反应·····	62
3.7	氧化还原与电化学·····	67
3.8	碘盐的制备及检验·····	71
3.9	蛋白质的沉淀反应及等电点测定·····	75
3.10	水质检验·····	78
3.11	配合物组成及稳定常数的测定·····	84
3.12	铝合金中铁含量的测定(邻二氮菲分光光度法) ·····	88
3.13	维生素 C 含量的测定 ·····	90
3.14	空气中氮氧化合物的测定(盐酸萘乙二胺分光光度法) ·····	92
3.15	生活中的化学·····	95
4	综合应用及设计实验 ·····	102
4.1	工业用油酸值、水溶性酸性、碘值的测定 ·····	102
4.2	工业用油粘度、燃点、闪点的测定 ·····	107
4.3	煤中主要成分的测定 ·····	111
4.4	人发中锌含量的测定 ·····	115
4.5	电抛光 ·····	117
4.6	金属电镀 ·····	119
4.7	塑料电镀 ·····	121
4.8	氢氧燃料电池 ·····	124
4.9	表面处理技术——发蓝、磷化、铝阳极氧化 ·····	126
4.10	纯净水的制备 ·····	130
4.11	明矾的制备及其单晶的培养 ·····	133
4.12	用蛋壳制备柠檬酸钙 ·····	136
4.13	荧光防伪材料的制备 ·····	138

4. 14	纳米 TiO_2 材料的制备	140
4. 15	107 建筑涂料和胶粘剂的制备和应用	141
4. 16	废干电池的综合利用	146
4. 17	从废定影液中制取单质银或硝酸银	147
4. 18	综合设计实验(I)	149
4. 19	综合设计实验(II)	151
4. 20	综合设计实验(III)	153

5	附录	155
	(1) 化学试剂的规格及选用	155
	(2) 不同温度下水的饱和蒸气压	156
	(3) 常见难溶物质的溶度积	157
	(4) 常见弱电解质在水溶液中的电离常数	158
	(5) 常用酸碱指示剂	159
	(6) 常用酸碱溶液的浓度(288 K)	160
	(7) 配离子的稳定常数	161
	(8) 298. 15 K 时在水溶液中一些电对的标准电极 电势	162
	(9) 常见元素的相对原子量	164

	主要参考文献	165
--	---------------------	-----

实验目的

化学是一门以实验为基础的自然科学。实验是大学化学课程的重要环节。实验课要达到的目的是：

- (1) 巩固、扩大和加深课堂所学的理论知识,训练理论联系实际和分析、解决问题的能力。
- (2) 加强化学实验基本操作技能的训练,初步学会常用仪器的使用,培养独立操作动手能力。
- (3) 通过实验现象的观察、分析,测试数据的处理和撰写报告,培养科学思维的方法。通过自拟实验方案的综合设计实验的训练,进一步培养独立思考、独立工作的科学实验能力。
- (4) 培养严格认真、实事求是的科学态度和准确细致、整齐清洁的良好习惯。

实验要求

为保证实验课的质量,达到实验课的预期目的,提出以下要求:

• 课前预习

课前要认真阅读实验教材、有关教科书和参考资料,查阅有关数据,明确实验目的和基本原理,了解实验内容和实验时应注意的问题,写出实验预习报告。预习报告内容包括实验题目、实验目的、基本原理、主要步骤及实验记录等。设计实验,则应自行拟定实验方案、步骤,列出所需仪器药品,预测实验现象。上课前,经教师提问,检查预习报告,合格者方可进行实验。

• 认真实验

在教师指导下,独立进行实验,实验原则上应按教材上提供的方法、步骤及试剂用量进行,若提出新的实验方案,应经教师批准后方可进行实验。

实验过程中,要认真操作、仔细观察、勤于思考,如实记录实验现象和数据,得出正确的结论。若发现实验现象与理论不符合,应尊重实验事实,并认真分析和检查原因,或与教师讨论后再重做实验。

严格遵守实验室规则,注意安全。

• 写好报告

根据实验观察的现象和测试的数据,写出简明扼要、条理清晰的实验报告。撰写实验报告要有严谨的科学态度,报告内容要实事求是,决不允许编造、修改数据,抄袭报告。实验报告书写要整齐、清洁,按时交指导教师评阅。

实验室规则

- (1) 实验过程中要集中精力,认真操作,仔细观察,如实记录。
- (2) 保持严肃、安静的实验室气氛,不得高声谈话、嘻笑打闹。
- (3) 注意安全,爱护仪器、设备。使用精密仪器应格外小心,严格按操作规程进行。若发生故障,要及时报告指导教师。损坏仪器,酌情赔偿。
- (4) 节约试剂,按实验教材规定用量取用试剂。从试剂瓶中取出的试剂不可再倒回瓶中,以免带进杂质。取用试剂后应立即盖上瓶塞,切忌张冠李戴污染试剂。试剂瓶应及时放回原处。
- (5) 随时保持实验室和桌面的整洁。火柴梗、废纸屑、金属屑等固体废物应投入废纸篓内。废液倒入废液缸内。严禁投入或倒入水槽,以防堵塞、腐蚀管道。
- (6) 实验完毕,须将玻璃仪器洗涤干净,放回原位。清洁并整理好桌面,打扫干净水槽、地面。检查电插头或闸刀是否拉开,水龙头是否关闭。
- (7) 实验室的一切物品(仪器、药品等)均不得带离实验室。

实验室安全守则及 意外事故的处理

• 安全守则

- (1) 加热试管时, 不要将试管口指向自己或别人。不要俯视正在加热的液体, 以免液体溅出, 受到伤害。
- (2) 嗅闻气体时, 应用手轻拂气体, 扇向自己后再嗅。
- (3) 使用酒精灯时, 应随用随点燃, 不用时盖上灯罩。不要用已点燃的酒精灯去点燃别的酒精灯, 以免酒精溢出而失火。
- (4) 浓酸、浓碱具有强腐蚀性, 切勿溅在衣服、皮肤上, 尤其勿溅到眼睛内。稀释浓硫酸时, 应将浓硫酸慢慢倒入水中, 而不能将水倒向浓硫酸中, 以免迸溅。
- (5) 乙醚、乙醇、丙酮、苯等有机易燃物质, 安放和使用时必须远离明火, 取用完毕后应立即盖紧瓶塞和瓶盖。
- (6) 会产生有刺激性或有毒气体的实验, 应在通风橱内(或通风处)进行。
- (7) 有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物等, 特别是氰化物)不得进入口内或接触伤口, 也不能将有毒药品随便倒入下水管道。
- (8) 实验室内严禁饮食和吸烟。实验完毕, 应洗净双手后, 才可离开实验室。

• 意外事故的处理

- (1) 若因酒精、苯或乙醚等引起着火, 应立即用湿布或砂土等扑灭。若遇电气设备着火, 必须先切断电源, 再用泡沫式灭火器或四氯化碳之类灭火器灭火(实验室应备有灭火设备)。

- (2) 遇有烫伤事故,可用高锰酸钾溶液或苦味酸溶液揩洗灼伤处,再搽上凡士林或烫伤油膏。
- (3) 若在眼睛或皮肤上溅着强酸或强碱,应立即用大量水冲洗,然后相应地用碳酸氢钠溶液或硼酸溶液冲洗(若溅在皮肤上,最后还可搽些凡士林)。
- (4) 若吸入氯、氯化氢等气体,可立即吸入少量酒精和乙醚的混合蒸气以解毒;若吸入硫化氢气体,会感到不适或头晕,应立即到室外呼吸新鲜空气。
- (5) 被玻璃割伤时,伤口内若有玻璃碎片,须先挑出,再行消毒、包扎。
- (6) 遇有触电事故,首先应切断电源,在必要时,应进行人工呼吸。
- (7) 对伤势较重者,应立即送医院医治,任何延误都可能使治疗复杂和困难。

基本操作及数据处理

1.1 灯的使用和加热

1.1.1 灯的使用

在实验室的加热操作中,常使用酒精灯、酒精喷灯、电炉、电加热套和水浴锅等。酒精灯的加热温度为 $400 \sim 500\text{ }^{\circ}\text{C}$,适用于温度不需要太高的实验;而酒精喷灯的温度最高处通常可达 $1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。

(1) 酒精灯

点燃酒精灯需用火柴,切勿用已点燃的酒精灯直接去点燃别的酒精灯。熄灭灯焰时,切勿用口去吹,可将灯罩盖上,火焰即灭;然后再提起灯罩,待灯口稍冷,再盖上灯罩,这样可防止灯口破裂。长时间加热时最好预先用湿布将灯身包围,以免灯内酒精受热大量挥发而发生危险。不用时,必须将灯罩盖好,以免酒精挥发。正常使用时酒精灯的火焰可分为焰心、内焰和外焰 3 个部分,外焰的温度最高,往内依次序降低。故加热时应调节好受热器与灯焰的距离,用外焰来加热。

(2) 酒精喷灯

1) 类型和构造如图 1.1.1 所示。

2) 灯焰性质如图 1.1.2 所示。

3) 使用方法:使用挂式喷灯时,打开挂式喷灯酒精贮罐下口开关,先在预热盘中注入酒精,然后点燃盘中的酒精以加热铜质灯管。待盘中酒精将近燃完时,开启开关(逆时针转)。这时,由于酒精在灯管内气化,并与来气孔的空气混合,如果用火点燃管口气体,即可形成高温的火焰,调节开关阀门可以控制火焰的大小。用毕后,旋紧开关,即可使火焰熄灭。此时酒精贮罐的下口开关也必须关闭。座式喷灯使用

方法与挂式基本相同,仅少了开关贮罐一道工序。如座式喷灯灯焰不易熄灭时,可用盖板将灯焰盖灭。座式喷灯连续使用不能超过 0.5 h,如果要超过 0.5 h,必须先暂时熄灭灯火,待冷却后,添加酒精再继续使用。

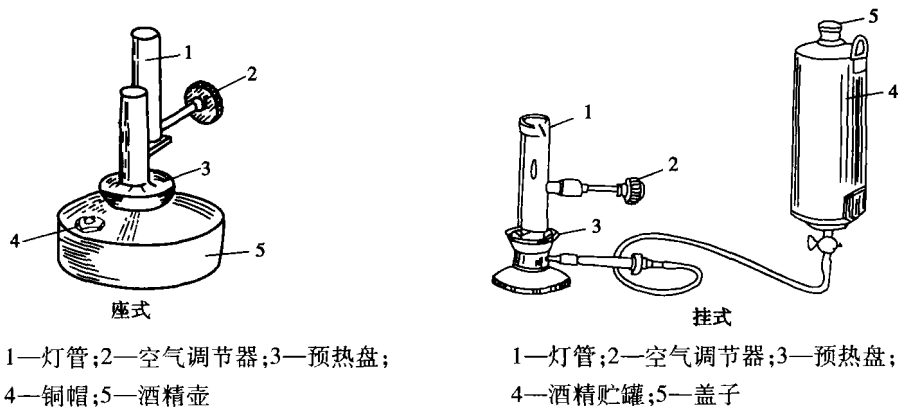


图 1.1.1 酒精喷灯类型和构造

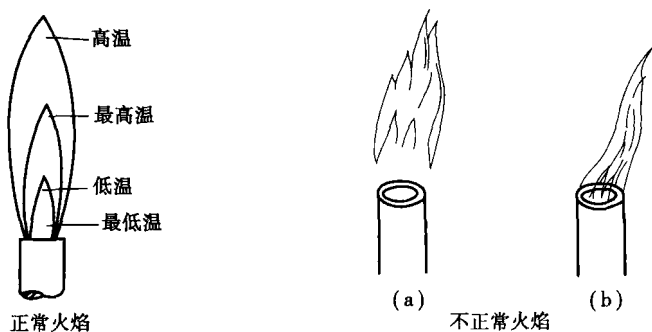


图 1.1.2 3 种灯焰

注意:在开启开关,点燃管口气体以前,必须充分灼热灯管,否则酒精不能全部气化,会有液态酒精由管口喷出,可能形成“火雨”(尤其是挂式喷灯),甚至引起火灾。

1.1.2 加热

常用的受热仪器有烧杯、烧瓶、锥形瓶、蒸发皿、坩埚、硬质试管等,而有刻度的仪器、试剂瓶、广口瓶、抽滤瓶、各种容量器和表面玻璃等则不准加热。受热仪器一般不能骤热,受热后也不能立即与潮湿的或过冷的物体接触,以免由于骤热骤冷而破裂。加热液体时,液体的体积一般不应超过容器容积的 $1/2$ 。在加热前必须将容器

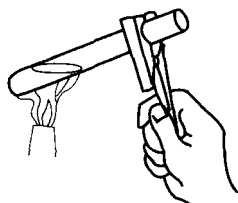


图 1.1.3 加热试管中液体

外壁擦干。

(1) 液体的加热

1) 直接加热: 被加热液体在较高温度下稳定又无燃烧危险时, 可以将盛有液体的器皿放在石棉网上用酒精灯直接加热。盛有液体的试管也可以直接放在火焰上加热(图 1.1.3)。

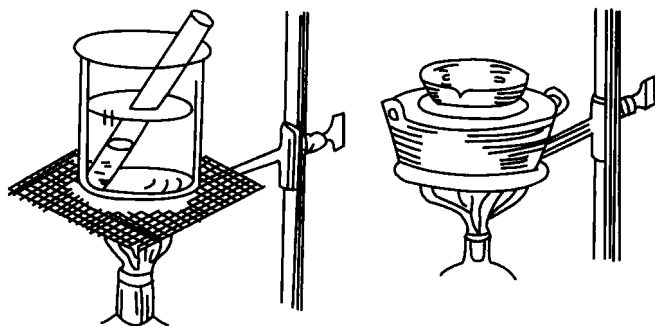


图 1.1.4 水浴加热

2) 水浴、砂浴和油浴间接加热: 被加热的物质需均匀受热时, 可根据受热温度不同选用水浴(不超过 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$)、砂浴或油浴(温度高于 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$)间接加热(图 1.1.4、图 1.1.5)。

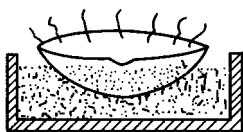


图 1.1.5 砂浴加热

对于低沸点易燃物质如乙醇、乙醚、丙酮等, 必须用水浴加热。用水浴加热时, 水浴锅内盛水量不要超过其容量的 $2/3$, 加热过程中要注意补充水, 切勿烧干。

(2) 固体的加热

1) 在试管中加热: 加热少量固体时, 可用试管直接加热。为避免凝结在试管口的水珠回流至灼热的管底, 使试管炸裂, 应将试管口稍向下倾斜, 如图 1.1.6 所示。

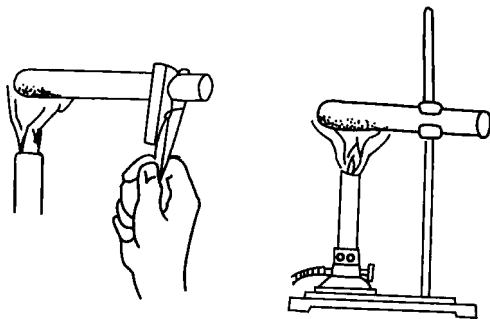


图 1.1.6 加热试管中的固体

2) 在坩埚中灼烧: 当需要高温加热固体时, 可将固体放在坩埚中灼烧(图 1.1.7)。用酒精喷灯的氧化焰加热坩埚, 不要让还原焰接触坩埚底部, 以免结成炭黑。开始加热时, 火不要太大, 应先使坩埚均匀受热, 然后逐渐加大火焰, 灼烧完毕, 用坩埚钳夹取坩埚。当坩埚处于高温时, 需将坩埚钳尖端在火焰中预热后方能夹取坩埚, 热的坩埚应放在石棉网或干燥器中, 坩埚钳用后应将其尖端嘴向上平放在石棉网上。

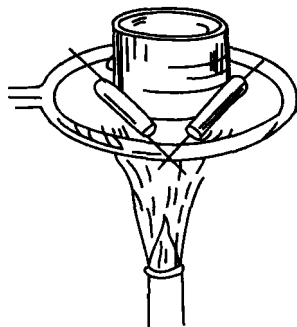


图 1.1.7 坩埚的灼烧

1.2 玻璃仪器的洗涤

化学实验经常使用各种玻璃仪器, 而这些仪器干净与否, 往往会影响到实验结果的准确性。因此, 实验前首先应将仪器洗涤干净, 实验后也应立即洗净。洗涤仪器的方法很多, 应根据实验要求、污物的性质和污染的程度选择适宜的洗涤方法。

1.2.1 一般污物的洗涤方法

1) 用水刷洗: 可以洗去可溶性物质和附着在仪器上的尘土及不溶性物质。对于试管、烧杯、锥形瓶、量筒等口径较大的仪器, 可先向其中注入少量水, 选大小合适的毛刷刷洗, 然后用水冲洗。如将水倾出后, 内壁能被水均匀润湿而不沾附水珠, 即算洗净。最后用蒸馏水冲洗 2~3 次即可。

2) 用合成洗涤剂刷洗: 如仪器沾有油污或其他污迹, 可用刷子沾少量洗涤剂刷洗, 再用自来水冲洗干净, 最后用蒸馏水冲洗 2~3 次。

用毛刷洗涤试管时, 须注意毛刷顶端的毛必须顺着伸入试管, 并用食指抵住试管底部, 以避免穿破试管。另外应一支一支地洗, 不可同时抓一把试管洗涤。

3) 用洗液洗: 精确定量实验对仪器的洁净程度要求更高, 或所用容量仪器形状特殊时, 不宜用洗涤剂刷洗, 常用洗液洗涤。常用的铬酸洗液配制, 是将 $10\text{gK}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶于 30 cm^3 热水中, 冷却后加浓 H_2SO_4 至 200 cm^3 。这种洗液具有很强的氧化性和去污能力。洗涤仪器时, 先往仪器中注入少量洗液, 然后将仪器倾斜并缓慢转动, 使仪器内壁全部为洗液浸润, 稍后将洗液倒回原瓶(不可倒入水池或废液桶, 铬酸洗液变暗绿色失效后可另外回收再生使用), 再用自