

工程化学实验

李世华 主编



西南交通大学出版社

工 程 化 学 实 验

李世华 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

全书概述了工程化学实验的基本知识,并详细讲述了34个重点实验,内容符合课程指导小组制定的基本要求。其中有适合工科院校各专业的基本实验内容,也有结合不同专业需要的选修实验和提高实验内容。本书可作为工科院校本、专科各专业基础化学实验和选修实验课教材,也可作为中等专业学校的教师做实验教学的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工程化学实验 / 李世华主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2002.9
ISBN 7-81057-660-7

I. 工... II. 李... 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(2002)第050439号

工 程 化 学 实 验

李世华 主编

*

出版人 宋绍南

责任编辑 王 旻

封面设计 肖 勤

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段111号 邮政编码: 610031 发行科电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 11.75

字数: 268千字 印数: 1—6000册

2002年9月第1版 2002年9月第1次印刷

ISBN 7-81057-660-7/O·042

定价: 16.00元

前 言

本教材是根据新世纪教学内容以及在教学方法改革的基础上, 结合我们多年实验教学的经验, 吸收其他院校的精华, 纵观现代科学的进步和发展编写而成的。它符合课程指导小组制定的基本要求, 主要分为: 基本操作的训练和仪器的使用; 性质和理论的验证; 数据的测定和密切结合实际的应用化学实验。如水的纯化; 钢铁中锰含量的测定; 纳米材料的制备; COD 的测定; 蔬菜、水果 VC 含量的测定; 含碘盐中碘的测定等。其中包括供学生选修以达到加强实践性教学环节、扩大视野、增加知识面的目的。

本教材在实验的实验原理及内容提要中尽量阐明了与该实验有关的一些知识, 以提高学生对问题的认识。教材统一使用法定计量单位。书后还附录了实验必需的数据以供学生查阅。教材中的实验可根据不同要求和学时灵活选用。

本教材由李世华主编, 参加编写的有李敏(实验 24、25、31~34), 杨巧燕(实验 3、5、9、15、16), 李茂红(实验 1、2、4、8、10、附录) 其他由李世华编写, 并最后统稿。全书由任平第审定。

潘向梅、黄绍清同志对实验进行了试做, 并提出了许多宝贵意见。在编写过程中得到了教研室和实验室全体同志的帮助和指导。教材的出版也得到了西南交通大学峨眉校区教务处的的大力支持, 在此一并表示感谢。由于水平有限, 书中缺点、错误在所难免, 敬请读者批评指正, 以表谢意。

编 者

2002.7 于西南交通大学峨眉校区

目 录

工程化学实验课的地位和作用	1
工程化学实验常用的仪器和基本操作	4
化学计算的有效数字与计算规则	26
实验 1 电光分析天平的使用	29
实验 2 化学反应焓变的测定	30
实验 3 电解质溶液	35
实验 4 水中钙、镁离子总量的测定	41
实验 5 纯水的制备与水质检验	44
实验 6 配合物的制备和性质	51
实验 7 电化学	55
实验 8 邻二氮菲分光光度法测定铁	59
实验 9 自拟方案实验	65
实验 10 钢中锰含量的测定	68
实验 11 醋酸解离度和解离常数的测定	70
实验 12 硫酸钡溶度积常数的测定	72
实验 13 机械工业用油的分析	75
实验 14 危险品的化学性质	80
实验 15 溶胶的制备和性质	82
实验 16 化学耗氧量 (COD _{Cr}) 的测定	85
实验 17 主族元素的化学性质 (一) (氯、溴、碘、硫)	89
实验 18 主族元素的化学性质 (二) (氮、磷、锡、铅、锑、铋)	96
实验 19 副族元素的化学性质 (一) (铬、锰、铁、钴、镍)	101
实验 20 副族元素的化学性质 (二) (铜、银、锌、镉、汞)	108
实验 21 某些食品的质量检测	113
实验 22 葡萄糖含量的测定	117
实验 23 阿斯匹林的制备	120
实验 24 维生素 C 含量的测定	123
实验 25 低分子量环氧树脂的制备及环氧值的测定	125
实验 26 土耳其红油的制备	130
实验 27 苯甲酸钠的制备	132
实验 28 微波辐射制备磷酸钴纳米粒子	133
实验 29 水热法制备纳米氧化铁材料	135
实验 30 化学发光	137

实验 31	闪点与燃点的测定 (开口杯法)	143
实验 32	闭口杯法闪点的测定	147
实验 33	爆炸品撞击感度的测定	154
实验 34	爆炸品摩擦感度的测定	162
附录 1	法定计量单位	169
附录 2	化学试剂的规格	172
附录 3	常用酸、碱浓度	173
附录 4	常用酸、碱指示剂	173
附录 5	常见离子的颜色	174
附录 6	一些常见弱电解质在水溶液中的解离常数	174
附录 7	一些常见难溶物质的溶度积 $K_{sp}^{\ominus}$	175
附录 8	配离子的稳定常数	176
附录 9	常见阳离子的鉴定方法	177
附录 10	常见阴离子的鉴定方法	180
附录 11	特殊试剂的配制	181
参考文献		182

工程化学实验课的地位和作用

化学是一门以实验为基础的科学。学习化学，离不开实验教学这一教学环节。我国著名的化学教育家戴安邦教授曾对化学实验课做过精辟的概括。他说：为贯彻全面的化学教育，化学教学既要传授化学知识和技术，更要训练科学方法和思维，还要培养科学精神和品德，化学实验课是实施全面化学教育的最有效的教学形式。

工程化学实验课是工科院校各专业必修的一门基础课，是大学生基本素质知识结构中的一部分，是用化学知识的观点来解决工程实际中的有关化学方面的一门课程，是工程与化学之间的一道桥梁。工程化学实验是本课程的重要组成部分；是巩固、扩大和加深所学的基本理论和基本知识；是培养学生独立操作、观察记录、分析归纳、撰写实验报告和严谨科学态度等多方面的关键环节。

学好工程化学实验，应当注意以下几个重要问题。

一、认真做好预习

每次实验课前，必须对实验的目的、内容、基本原理及提要认真预习，做好预习报告，完成有关计算，阅读每个实验要求了解的基本知识、基本操作，以及有关仪器的使用和实验中应特别注意的问题。预习后能回答每个实验后面所附的思考题。没有预习不准进行试验，因为达不到实验的目的，而且极易损坏仪器，甚至有可能造成意外伤亡事故。

二、严格遵守实验室规则

经教师检查预习情况后进入实验室进行实验，必须做到以下几点：

(1) 认真清点自己的仪器和本次实验公用仪器和试剂的设置情况。如发现自己使用的仪器破损和缺少，当即报告教师或实验室工作人员给以补领，不准乱拿其他同学的仪器。若自己损坏仪器，要自觉到实验室登记，并按规章补领。

(2) 实验室的各种试剂瓶是按照一定的顺序排放的，且属于公用。每个同学在取用药品时，只能用滴管，不能挪动或取下瓶子，并看清瓶上的标签名称和浓度，以防错放滴管而引起药品的污染。若取用试剂未说明用量，应力求少取，药品一经取出多余部分不准倒回原处，以免污染。

(3) 在使用仪器时，首先要认真听取教师的讲解，并阅读教材中的仪器操作部分，切

不可盲目，以防仪器损坏或不安全事故的发生。

(4) 在实验室中要养成良好的工作习惯和科学的工作态度。不乱放仪器和药品，废纸、废物要弃入废物桶中，决不能抛入水池或随地丢弃。公用仪器及设施不能随意移动，以免互相影响。

(5) 实验中要认真观察现象，勤于思考，善于分析和总结。测量数据要仔细认真，实事求是地进行详细记录，决不能抄袭别人的实验结果。要正确使用有效数字。

(6) 实验完毕，将所有的公用药品摆放整齐（不管别人是否做完），并将自己的试验台擦净、仪器洗净、拔掉电源、关好水龙头。收拾完毕，经教师检查批准，签字后才能离开实验室，否则以未完成实验处理。

三、关于实验报告

实验报告是实验记录的处理，它包括实验中观察到的现象、测定的数据、所用药品和仪器。但实验报告仅包括这些是不够的，它还应包括数据的处理、对现象的科学解释和对实验结果的分析和评价。不同内容的报告，其书写方式有所不同，但以下的内容都是不可缺少的：

(1) 写明实验的目的。

(2) 主要的操作步骤。不是照抄书上的内容，而是将书上的内容熟悉后整理成扼要的几句话，使自己和教师一目了然。

(3) 主要的化学方程式。化学实验中的说明和计算，要力求简单明确。

(4) 计算中要正确使用有效数字和有效数字的运算。

(5) 作图要使用仪器，力求准确，不能徒手绘制。有不少实验是用实验数据作图，再在图上外推或通过斜率才能求得结果。草率作图则使精确的实验数据失去其精确性。

(6) 讨论是对实验中的条件和结果进行较全面地分析和推论。每次实验都要认真地进行讨论。

实验条件不精确，当然得不到可信的结论。如果实验条件可靠，若计算和作图的草率同样不能得到正确的结论。所以作图、计算等数据的处理和实验具有同等的重要性。决不能认为做完实验，草率地交上一张报告了事，必须认真处理数据并详尽地进行讨论。

四、实验室安全守则

化学药品中很多是易燃、易爆、有毒或有腐蚀性的危险品，稍有疏忽，就可能导致起火、爆炸、中毒或被酸、碱烧伤，甚至造成人身伤亡的重大事故。为防止事故的发生，不仅要从思想上高度重视，而且要在操作上给以安全的保证，这就必须遵守实验室的基本操作规程。

(1) 不准将试管口对着别人或自己进行加热，也不要俯视正在加热的液体，以免液体溅出伤人或烧破衣服。

- (2) 嗅闻气体时,用手轻拂气体,小心地边扇边嗅,以免正面呼吸时中毒。
- (3) 酒精灯只能用火柴点燃和盖灭,不能两灯对燃和吹灭,以免引起灯中的酒精外流着火,引起爆炸和火灾。
- (4) 稀释浓硫酸时,只能将酸慢慢倒入水中,而不能反向倒入。否则,由于稀释时的热效应使水汽化,将使浓硫酸四处迸溅,损伤人和物。
- (5) 操作有毒和有恶臭的气体时应在通风橱中进行。
- (6) 接触有毒药品,如 BaCl_2 、 As_2O_3 、 KCN 、 HgCl_2 等时,千万不能使之进入口中,也不能将药品倒入水池,只能倒入指定的回收瓶中。禁止在实验室中进食、饮水和吸烟,以免引起中毒和火灾而造成重大伤亡事故。
- (7) 对于易燃、易爆品,务必使之远离火焰。也不准将易燃品倒入酸缸中。
- (8) 实验完毕,检查电源是否关上,洗手后才能离开实验室。

五、实验室意外事故的处理

尽量防患于未然,但是一旦意外事故发生则必须沉着冷静地进行处理:

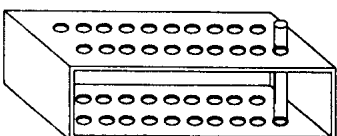
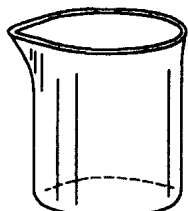
- (1) 若因酒精、苯或乙醚着火,应立即用湿布或沙土等扑灭。每个实验室都有灭火砂箱备用。若因电气设备着火,必须首先切断电源,再用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。
- (2) 遇到烫伤,可用高锰酸钾或苦味酸溶液揩洗灼伤处,再涂上凡士林或烫伤药膏。
- (3) 若在眼睛或皮肤上溅上强酸或强碱,应立即用大量水冲洗,然后相应的用碳酸氢钠或硼酸溶液冲洗(若溅在皮肤上可涂些凡士林)。
- (4) 若吸入氯或氯化氢气体,可随即吸入少量酒精和乙醚的混和蒸气以解毒;若吸入硫化氢气体而感到不适时,可立即到室外呼吸新鲜空气。
- (5) 被玻璃割伤时,可先取出玻璃碎片,然后涂上红药水并进行包扎。
- (6) 遇有触电事故,先切断电源,必要时可进行人工呼吸。
- (7) 遇到严重伤情,应立即送往医院就诊。

工程化学实验常用的仪器和基本操作

一、常用仪器介绍

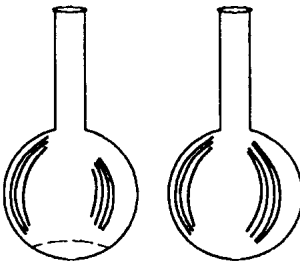
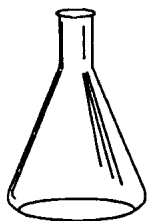
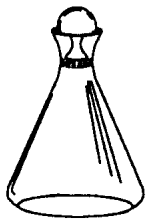
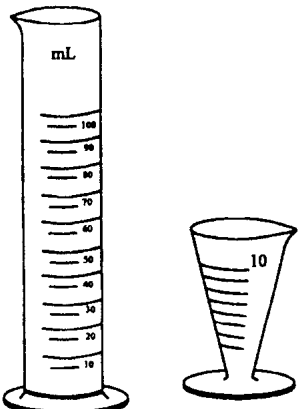
工程化学实验中常用的仪器如表 0-1 所示。

表 0-1 工程化学实验中常用的仪器*

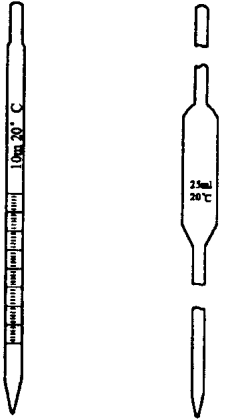
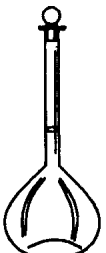
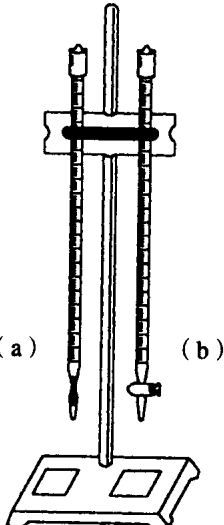
仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 图 0-1 试管及试管架	试管： 以管口直径×管长表示 如：25 mm×150 mm 15 mm×150 mm 10 mm×75 mm 试管架： 材料——木料、塑料或金属	反应容器， 便于操作、 观察，用药 量少	1) 试管可直接用火加热，但不能骤冷 2) 加热时用试管夹夹持，管口不要对人，且要不断移动试管，使其受热均匀，盛放的液体不能超过试管容积的 1/3 3) 小试管一般用水浴加热
 图 0-2 离心管	分有刻度和无刻度，以容积表示。如 25 cm³、15 cm³、10 cm³	少量沉淀的 辨认和分离	不能直接用火加热
 图 0-3 烧杯	以容积表示。如 1 000 cm³、600 cm³、400 cm³、250 cm³、100 cm³、50 cm³、25 cm³	反应容器。 反应物较多 时用	1) 可以加热至高温。使用时应注意勿使温度变化过于剧烈 2) 加热时底部垫石棉网，使其受热均匀

注：*仪器所用材料除注明者外皆为玻璃。所列规格为常用的规格。

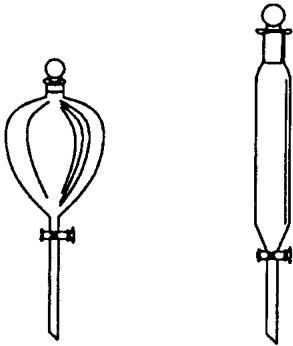
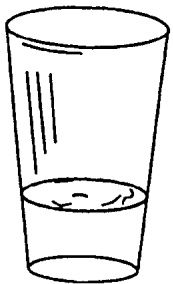
续表 0-1

仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 图 0-4 烧瓶	有平底和圆底之分。以容积表示。如 500 cm ³ 、250 cm ³ 、100 cm ³ 、50 cm ³	反应容器。反应物较多，且需要长时间加热时用	1) 可以加热至高温。使用时应注意勿使温度变化过于剧烈 2) 加热时底部垫石棉网，使其受热均匀
 图 0-5 锥形瓶 (三角烧瓶)	以容积表示。如 500 cm ³ 、250 cm ³ 、100 cm ³	反应容器。振荡比较方便，适用于滴定操作	1) 可以加热至高温。使用时应注意勿使温度变化过于剧烈 2) 加热时底部垫石棉网，使其受热均匀
 图 0-6 碘量瓶	以容积表示。如 250 cm ³ 、100 cm ³	用于碘量法	1) 塞子及瓶口边缘的磨砂部分注意勿擦伤，以免产生漏隙 2) 滴定时打开塞子，用蒸馏水将瓶口及塞子上的碘液洗入瓶中
 (a) 量筒 (b) 量杯 图 0-7	以所能量度的最大容积表示。 量筒：如 250 cm ³ 、100 cm ³ 、50 cm ³ 、25 cm ³ 、10 cm ³ 量杯：如 100 cm ³ 、50 cm ³ 、20 cm ³ 、10 cm ³	用于液体体积计量	不能加热

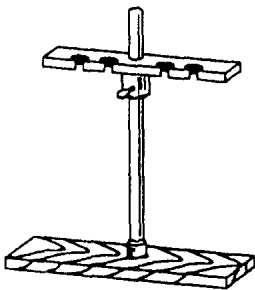
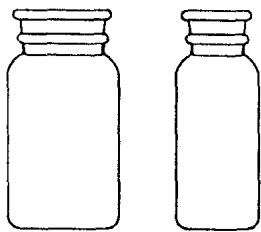
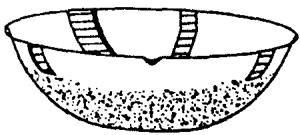
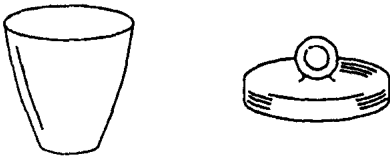
续表 0-1

仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 (a) 吸量管 (b) 移液管 图 0-8	以所量的最大容积表示。 吸量管：如 10 cm^3、5 cm^3、2 cm^3、1 cm^3 移液管：如 50 cm^3、25 cm^3、10 cm^3、5 cm^3、2 cm^3、1 cm^3	用于精确量取一定体积的液体	不能加热
 图 0-9 容量瓶	以容积表示。如 1000 cm^3、500 cm^3、250 cm^3、100 cm^3、50 cm^3、25 cm^3	配制准确浓度的溶液时用	1) 不能受热 2) 不能在其中溶解固体
 (a) (b) 图 0-10 滴定管和滴定管架	滴定管分碱式 (a) 和酸式 (b)，无色和棕色。 以容积表示。如 50 cm^3、25 cm^3	1) 滴定管用于滴定操作或精确量取一定体积的溶液 2) 滴定管架用于夹持滴定管	1) 碱式滴定管盛碱性溶液，酸式滴定管盛酸性溶液，二者不能混用 2) 碱式滴定管不能盛氧化剂 3) 见光易分解的滴定液宜用棕色滴定管 4) 酸式滴定管活塞应用橡皮筋固定，防止滑出跌碎

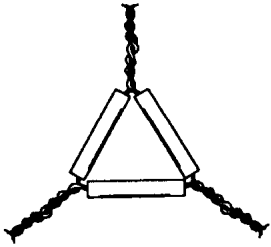
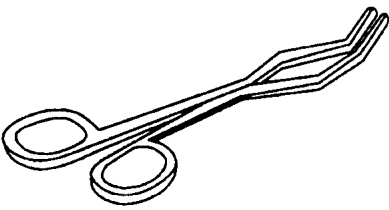
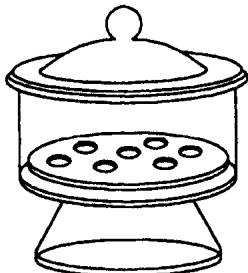
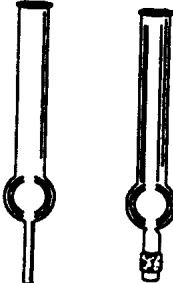
续表 0-1

仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 图 0-11 漏斗	以口径和漏斗颈长短表示。如 6 cm 长颈漏斗、4 cm 短颈漏斗	用于过滤或倾注液体	不能用火直接加热
 (a) 分液漏斗 (b) 滴液漏斗 图 0-12	以容积和漏斗的形状(筒形、球形、梨形)表示。如 100 cm ³ 球形分液漏斗、60 cm ³ 筒形滴液漏斗	1) 往反应体系中滴加较多的液体 2) 分液漏斗用于互不相溶的液—液分离	活塞应用细绳系于漏斗颈上, 或套以小橡皮圈, 防止滑出跌碎
 (a) 布氏漏斗 (b) 吸滤瓶 图 0-13	材料: 布氏漏斗(a)瓷质; 吸滤瓶(b)玻璃 规格: 布氏漏斗以直径表示。如 10 cm、8 cm、6 cm、4 cm 吸滤瓶以容积表示。如 500 cm ³ 、250 cm ³ 、125 cm ³	用于减压过滤	不能用火直接加热
 图 0-14 玻璃砂(滤)坩埚	以坩埚的孔径的大小分为 6 种型号: G1(20~30 μm) G2(10~15 μm) G3(4.9~9 μm) G4(3~4 μm) G5(1.5~2.5 μm) G6(1.5 μm 以下)	用于过滤定量分析中只需低温干燥的沉淀	1) 应选择合适孔径的坩埚 2) 干燥或烘烤沉淀时, 最高不得超过 500°C, 最适用于只需在 150°C 以下烘干的沉淀 3) 不宜用于过滤胶状沉淀或碱性较强的溶液

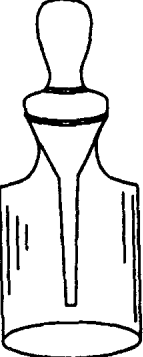
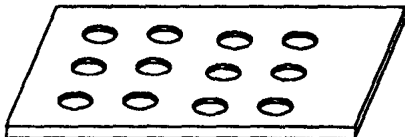
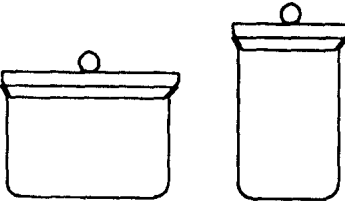
续表 0-1

仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 图 0-15 漏斗板	材料：木制。有螺丝可固定于铁架或木架上	过滤时承放漏斗用	固定漏斗板时，不要把它倒放
 图 0-16 表面皿	以直径表示。如 15 cm、12 cm、9 cm、7 cm	盖在蒸发皿或烧杯上，以免液体溅出或灰尘落入	不能用火直接加热
 图 0-17 试剂瓶	材料：玻璃或塑料规格：分广口和细口；颜色分无色和棕色。 以容积表示。如 1000 cm ³ 、500 cm ³ 、250 cm ³ 、125 cm ³	广口瓶盛放固体试剂，细口瓶盛放液体试剂	1) 不能加热 2) 取用试剂时，瓶盖应倒放在桌上 3) 盛碱性物质要用橡皮塞或塑料瓶 4) 见光易分解的物质用棕色瓶
 图 0-18 蒸发皿	材料：瓷质 规格：分有柄、无柄 以容积表示。如 150 cm ³ 、100 cm ³ 、50 cm ³	用于蒸发浓缩	可耐高温，能直接用火加热，高温时不能骤冷
 图 0-19 坩埚	材料：分瓷、石英、铁、银、镍、铂等 规格：以容积表示。如 50 cm ³ 、40 cm ³ 、30 cm ³	用于灼烧固体	1) 灼烧时放在泥三角上，直接用火加热，不需石棉网 2) 取下的灼热坩埚不能直接放在桌上，而要放在石棉网上 3) 灼热的坩埚不能骤冷

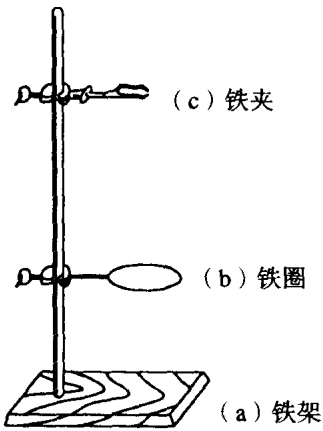
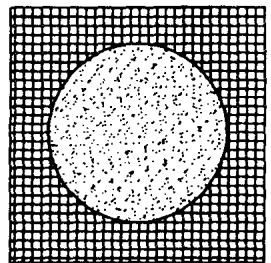
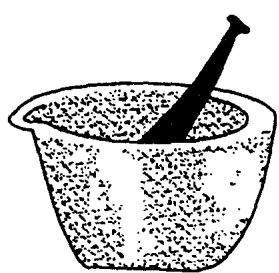
续表 0-1

仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 图 0-20 泥三角	材料：瓷管和铁丝。有大小之分	用于承放加热的坩埚和小蒸发皿	1) 灼烧的泥三角不要滴上冷水，以免瓷管破裂 2) 选择泥三角时，要使搁在上面的坩埚所露出的上部不超过本身高度的 $\frac{1}{3}$
 图 0-21 坩埚钳	材料：铁或铜合金，表面常镀镍、铬	用于夹持坩埚和坩埚盖	1) 不要和化学药品接触，以免腐蚀 2) 放置时，应令其头部朝上，以免沾污 3) 夹持高温坩埚时，钳尖需预热
 图 0-22 干燥器	以直径表示。如 18 cm、15 cm、10 cm	1) 定量分析时，将灼烧过的坩埚置其中冷却 2) 用于存放样品，以免样品吸收水气	1) 灼烧过的物体放入干燥器前温度不能过高 2) 使用前要检查干燥器内的干燥剂是否失效
 图 0-23 干燥管	有直形、弯形和普通、磨口之分。磨口的还按塞子大小分为几种规格。如 14°磨口直形、19°磨口弯形	管内盛装干燥剂。当它与体系相连，既能使体系与大气相通，又可阻止大气中的水气进入体系	干燥剂置球形部分不宜过多。小管与球形交界处填充少许玻璃棉

续表 0-1

仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 图 0-24 滴管	材料：尖嘴玻璃管与橡皮乳头构成	1) 吸取或滴加少量（数滴或 $1\sim 2\text{ cm}^3$ ）液体 2) 吸取沉淀的上层清液以分离沉淀	1) 滴加时，保持垂直，避免倾斜，尤忌倒立 2) 管尖不可接触其他物体，以免沾污
 图 0-25 滴 瓶	有无色、棕色之分。以容积表示。如 125 cm^3 、 60 cm^3 、	盛放每次使用只需数滴的液体试剂	1) 见光易分解的试剂要用棕色瓶盛放 2) 碱性试剂要用带橡皮塞的滴瓶盛放 3) 其他使用注意事项同滴管 4) 使用时切忌张冠李戴
 图 0-26 点滴板	材料：白色瓷板 规格：按凹穴数目分 12 穴、9 穴、6 穴等	用于点滴反应，一般不需分离的沉淀反应，尤其是显色反应	1) 不能加热 2) 不能用于含氢氟酸和浓碱溶液的反应
 图 0-27 称量瓶	形状分扁形和高形，以外径 $\times$ 高表示。如高形 $25\text{ mm} \times 40\text{ mm}$ ，扁形 $50\text{ mm} \times 30\text{ mm}$	要求准确称取一定量的固体样品时用	1) 不能直接用火加热 2) 盖与瓶配套，不能互换

续表 0-1

仪 器	规 格	一般用途	使用注意事项
 (c) 铁夹 (b) 铁圈 (a) 铁架 图 0-28		用于固定反应容器	应先将铁夹等升至合适高度并旋转螺丝,使之牢固后再进行实验
 图 0-29 石棉网	以铁丝网边长表示。如 15 cm × 15 cm、20 cm × 20 cm	加热玻璃反应容器时垫在容器的底部,能使加热均匀	不要与水接触,以免铁丝锈蚀,石棉脱落
 图 0-30 试管刷	以大小和用途表示。如试管刷、烧杯刷	洗涤试管及其他仪器用	洗涤试管时,要把前部的毛捏住放入试管,以免铁丝顶端将试管底戳破
 图 0-31 药匙	材料:牛角或塑料	取固体试剂时用	1) 取少量固体时用小的—端 2) 药匙大小的选择,应以盛取试剂后能放进容器口内为宜
 图 0-32 研钵	材料:铁、瓷、玻璃、玛瑙等。 规格:以钵口径表示。如 12 cm、9 cm	研磨固体物质时用	1) 不能做反应容器 2) 只能研磨,不能敲击(铁研钵除外)