

无机及分析化学实验

主 编：吴绪玫 邓秀君

副主编：高燕 黄素芳 鞠海东 吴琼 王宝玲



云南大学出版社
Yunnan University Press

无机及分析化学实验

主 编：吴绪玫 邓秀君

副主编：高燕 黄素芳 鞠海东 吴琼 王宝玲



云南大学出版社
YUNNAN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学实验 / 吴绪玫, 邓秀君主编. -- 昆明: 云南大学出版社, 2017
ISBN 978-7-5482-2923-0

I. ①无… II. ①吴… ②邓… III. ①无机化学-化学实验 ②分析化学-化学实验 IV. ①O61-33 ②O65-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第075549号

策划编辑: 邓立木
责任编辑: 万 斌
装帧设计: 龙 凌

无机及分析化学实验

主 编: 吴绪玫 邓秀君

副主编: 高燕 黄素芳 鞠海东 吴琼 王宝玲

出版发行: 云南大学出版社
印 装: 昆明市五华区教育委员会印刷厂
开 本: 787mm × 1092mm 1/16
印 张: 10.5
字 数: 205千
版 次: 2017年5月第1版
印 次: 2017年5月第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-5482-2923-0
定 价: 32.00元

社 址: 昆明市一二一大街182号(云南大学东陆校区英华园内)
邮 编: 650091
电 话: (0871) 65033244 65031071
网 址: <http://www.ynup.com>
E-mail: market@ynup.com

本书若有印装质量问题, 请与印厂联系调换。(联系电话: 0871-64167045)

内容提要

本书根据教育部审订的非化学化工类专业化学科学实验基本教学内容，以及应用型本科院校对化学实验的基本要求，结合历年来的教学实践和教学改革编写而成。

全书分为五个部分：无机及分析化学实验基础知识，化学实验基本操作，化学原理、元素性质与物理量测定，分析化学实验，综合和设计性实验。共编写实验 30 个。书后附常用数据表。

本书可作为高等学校生物、医学、农学、食品等相关专业无机及分析化学实验课教材。

前 言

本书根据当前化学教育形势发展需要,以及昆明学院历年针对生物、农学、医学等专业无机及分析化学实验教学实践,并参考了部分国内相关化学实验教材编写而成。

本书所精选的化学实验,既体现基础性,使学生全面学习无机及分析化学实验基础知识和基本技能,又体现综合性,培养学生综合运用所学化学实验基础知识和基本技能的实践能力。同时兼顾各专业知识方向、学生学习基础等情况,分层次编写了有专业针对性的综合和设计性实验,实验内容选择尽量贴近学生所学专业和生活。元素性质实验部分分别合并为金属、非金属综合实验,放弃了一些污染较严重的实验,使之更符合非化学专业学生学习情况。本书在对实验进行反复实践的基础上,在不影响实验的基本原理、结果的精确度和反应现象的前提下,对传统的实验药品用量进行了下调,既可节约实验成本,减少环境污染,又可增强学生的环保意识。书中以配图的方式来说明基本操作技能,方便学生学习和掌握规范的实验操作技能。

学生在学习结合专业知识和生活方向的实验内容时会更有兴趣,更能积极主动,这对培养和增强学生的实践能力、创新思维能力有积极的作用。本教材符合应用型本科院校对化学实验的基本要求,实用性较强。

本书由昆明学院吴绪玫、邓秀君、高燕、黄素芳、鞠海东、吴琼、王宝玲等教师编写;全书由吴绪玫、邓秀君、高燕、黄素芳负责统稿和定稿;由王宝玲教授审阅。在此向参与本书编写、统稿、审定工作的同仁及王宝玲教授表示感谢。

本书编写过程中参考了大量的教材和资料,在此向这些文献的作者表示衷心感谢。

限于编者水平,书中疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2016年9月

目 录

第一部分 无机及分析化学实验基础知识	(1)
一、化学实验规则	(1)
二、实验室安全知识	(2)
(一) 实验室安全守则	(2)
(二) 实验室一般伤害的救护	(3)
(三) 灭火常识	(4)
三、化学实验常用仪器介绍	(5)
四、天平和光、电仪器的使用	(16)
(一) 电子天平	(16)
(二) 酸度计	(17)
(三) 分光光度计	(20)
五、实验数据处理	(24)
(一) 有效数字	(24)
(二) 准确度和精密度	(25)
六、实验报告格式示例	(26)
第二部分 化学实验基本操作	(30)
实验1 玻璃仪器的认领、洗涤和干燥	(30)
实验2 试剂的取用和试管操作	(35)
实验3 电子天平称量练习	(41)
实验4 一般溶液的配制	(43)
实验5 氯化钠的提纯	(47)
实验6 缓冲溶液的配制及性质	(54)
实验7 滴定操作练习	(59)
第三部分 化学原理、元素性质与物理量测定	(66)
实验8 化学反应速度、反应级数和活化能的测定	(66)
实验9 醋酸标准解离常数和解离度的测定	(70)
实验10 酸碱平衡和沉淀平衡	(72)

实验 11	氧化还原反应	(77)
实验 12	配合物的生成和性质	(81)
实验 13	金属元素性质综合实验	(85)
实验 14	非金属元素性质综合实验	(89)
第四部分	分析化学实验	(96)
实验 15	铵盐中氮含量的测定(甲醛法)	(96)
实验 16	混合碱的分析	(99)
实验 17	EDTA 标准溶液的配制和标定	(103)
实验 18	水中钙、镁含量的测定	(106)
实验 19	过氧化氢含量的测定(高锰酸钾法)	(110)
实验 20	维生素 C 含量的测定(直接碘量法)	(112)
实验 21	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 试样中氯含量的测定	(114)
实验 22	邻二氮菲分光光度法测定微量铁	(117)
第五部分	综合和设计性实验	(120)
实验 23	茶叶中微量元素的分离与鉴定	(120)
实验 24	蛋壳中碳酸钙含量的测定	(122)
实验 25	农药波尔多液中铜含量的测定	(124)
实验 26	土壤腐殖质含量测定	(127)
实验 27	“胃舒平”药片中铝和镁含量的测定	(130)
实验 28	蔬菜中叶绿素的提取和测定	(133)
实验 29	牛奶酸度和钙含量的测定	(135)
实验 30	异戊巴比妥类药物的测定	(137)
附 录	(139)	
一、常用酸碱的密度和浓度	(139)	
二、基准试剂的干燥条件	(140)	
三、定性分析试液配制方法	(140)	
四、标准溶液的配制和标定	(142)	
五、常用缓冲溶液的配制	(147)	
六、标准 pH 溶液的配制	(148)	
七、常用指示剂的配制	(149)	
八、某些试剂溶液的配制	(152)	
九、元素的相对原子质量(1995)	(155)	
十、危险药品的分类、性质和管理	(156)	

第一部分 无机及分析化学实验基础知识

一、化学实验规则

进行化学实验要遵守以下规则：

(1) 实验前认真预习，明确实验目的和要求，了解实验的基本原理、方法和步骤，写出实验预习报告。

(2) 实验时应遵守操作规则，保证实验安全。

(3) 实验中应保持室内安静，不准大声喧哗，不得到处乱走，不得无故缺席，因故缺席未做的实验应该补做。

(4) 爱护实验仪器和实验室设备，注意节约水、电和煤气。实验中仪器如有损坏，应及时进行登记和补领。

(5) 使用精密仪器时，必须严格按照操作规程进行操作，用后应填写使用记录，如发现仪器有故障，应立即停止使用并报告教师，及时排除故障。

(6) 按规定的量取用药品，注意节约。称取药品后，及时盖好原瓶盖。放在指定地方的药品不得擅自拿走。

(7) 实验过程中，随时注意保持工作台面的整洁。纸屑、火柴梗、碎玻璃等应丢入废物缸内，不得丢入水槽，以免下水管道堵塞。有毒性或腐蚀性的化学废液和废渣要分类收集在指定容器内，以便集中处理。

(8) 实验过程中，要认真操作，仔细观察，将观察到的现象和数据如实记录在报告本上。根据原始记录，认真分析问题，处理数据，写出实验报告。

(9) 对实验内容和操作规程不合理的地方可提出改进意见，但实施前一定要与指导教师商讨，经同意后方可进行。

(10) 实验结束后，应将所用仪器洗净并整齐地放回实验柜内。实验台和试剂架必须擦净，最后关好水、电和煤气开关。实验柜内仪器应存放有序、清洁整齐。

(11) 实验室实行轮流值日生制度，实验结束后值日生负责打扫和整理实验室，包括拖地，整理和擦干净试剂架、通风橱、公用台面，清理废物和废液，关

闭水、电、煤气开关和实验室门窗，以保持实验室的整洁和安全。

(12)如果发生意外事故，应保持镇静，不要惊慌失措；遇有烧伤、烫伤、割伤时应立即报告教师，及时急救和治疗。

二、实验室安全知识

在进行化学实验时，会经常使用水、电、煤气和各种药品、仪器，如果马马虎虎，不遵守操作规程，不但会造成实验失败，还可能发生事故(如失火、中毒、烫伤或烧伤等)。事故与安全是一对矛盾，它们在一定的条件下可以相互转化。只要我们在思想上重视安全工作，又遵守操作规程，则事故完全可以避免。

(一) 实验室安全守则

(1)不要用湿的手、物接触电源。水、电、煤气一经使用完毕，就立即关闭水龙头、煤气开关，拉掉电闸。点燃的火柴用后立即熄灭，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。

(3)绝对不允许随意混合各种化学药品，以免发生意外事故。

(4)金属钾、钠和白磷等暴露在空气中易燃烧，所以金属钾、钠应保存在煤油中，白磷则可保存在水中。取用它们时要用镊子。一些有机溶剂(如乙醚、乙醇、丙酮、苯等)极易引燃，使用时必须远离明火、热源，用毕立即盖紧瓶塞，放在阴凉的地方。

(5)浓酸、浓碱具有强腐蚀性，使用时要小心，不能让其溅在皮肤和衣服上。稀释浓硫酸时，要把酸注入水中，切不可把水注入酸中。

(6)不要俯向容器去嗅放出的气味。面部应远离容器，用手把溢出容器的气流慢慢地扇向自己的鼻孔。能产生有刺激性或有毒气体(如 H_2S 、 HF 、 Cl_2 、 NO_2 、 SO_2 、 Br_2 等)的实验必须在通风橱内进行。

(7)有毒药品(如重铬酸钾、钡盐、铅盐、砷的化合物、汞的化合物，特别是氰化物)不得进入口内或接触伤口。相关实验剩余的废液也不能随便倒入下水道，应倒入废液缸或教师指定的容器里。

(8)金属汞易挥发，并通过呼吸道而进入人体内，逐渐积累会引起慢性中毒。所以做金属汞的实验应特别小心，不得把金属汞洒落在桌上或地上。一旦洒落，必须尽可能收集起来，并用硫黄粉盖在洒落的地方，使金属汞转变成不挥发的硫化汞。

(9)实验室所有药品不得带出室外。用剩的有毒药品应交还给教师。

(二) 实验室一般伤害的救护

(1) 割伤：先取出伤口内的异物，用蒸馏水洗净伤口，然后贴上创可贴，也可涂红药水或紫药水，必要时撒些消炎粉或敷些消炎膏，用绷带包扎。

(2) 烫伤：不要用水冲洗伤处，也不要弄破水泡。伤处皮肤未破时，可涂擦饱和碳酸氢钠溶液或用碳酸氢钠粉调成糊状敷于伤处，也可抹獾油或烫伤膏；如果伤处皮肤已破，可涂些紫药水或1%高锰酸钾溶液。

(3) 受酸腐蚀致伤：先用大量水冲洗，然后用饱和碳酸氢钠溶液(或稀氨水、肥皂水)洗，再用水冲洗。如果酸液溅入眼内，立即用大量水长时间冲洗，然后用质量分数为0.02的硼砂溶液洗眼，再用水冲洗。

(4) 受碱腐蚀致伤：先用大量水冲洗，然后用质量分数为0.02的醋酸溶液或饱和硼酸溶液冲洗，再用水冲洗。如果碱液溅入眼中，用硼酸溶液洗。

(5) 受溴腐蚀致伤：用苯或甘油洗濯伤口，再用水洗。

(6) 受磷灼伤：用1%硝酸银、5%硫酸铜或浓高锰酸钾溶液洗濯伤口，然后包扎。

(7) 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气使之解毒。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。但应注意氯气、溴中毒不可进行人工呼吸，一氧化碳中毒不可施用兴奋剂。

(8) 触电：首先切断电源，然后在必要时进行人工呼吸。

(9) 伤势较重者，应立即送医院。

附：实验室急救药箱

为了对实验室内意外事故进行紧急处理，应该在每个实验室内都准备一个急救药箱。药箱内可准备下列药品：

红药水	碘酒(3%)
獾油或烫伤膏	碳酸氢钠溶液(饱和)
饱和硼酸溶液	醋酸溶液(2%)
氨水(5%)	硫酸铜溶液(5%)
高锰酸钾晶体(需要时再制成溶液)	氯化铁溶液(止血剂)
甘油	消炎粉

另外，消毒纱布、消毒棉(均放在玻璃瓶内，磨口塞紧)、剪刀、氧化锌橡皮膏、棉花棍等也是不可缺少的。

(三) 灭火常识

实验过程中万一不慎起火，切不要惊慌，应立即采取如下灭火措施：

1. 防止火势蔓延

关闭煤气阀门，切断电源，移走一切可燃性物质（特别是有机溶剂和易燃易爆物质）。

2. 灭 火

物质燃烧需要空气和一定的温度，所以灭火的方法一是降温，二是使燃烧物质与空气隔绝。

灭火最常用的物质是水，它使燃烧区的温度降低而灭火。但在化学实验室里常常不能用水灭火。例如，水能和某些化学药品（如金属钠）发生剧烈反应，会引起更大的火灾。又如，当有的有机溶剂（如苯、汽油）着火时，因水与它们互不相溶，有机溶剂比水轻而浮在水面上，不仅不能灭火，反而使火场扩大。

下面介绍化学实验室常用的灭火方法：

(1) 一般的小火用湿布、石棉布或沙子覆盖在燃烧物上即可灭火。

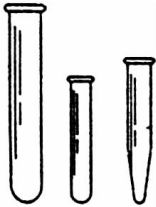
(2) 火势较大时可使用灭火器灭火。实验室常备的灭火器主要有：

泡沫灭火器：药液成分为 NaHCO_3 和 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ，它们相互作用产生 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 CO_2 泡沫，泡沫把燃烧物包住与空气隔绝而灭火。泡沫灭火器可用于一般的起火，但不适用于电器和有机溶剂起火。

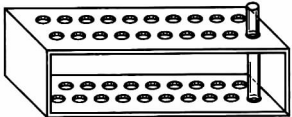
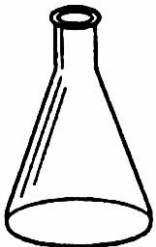
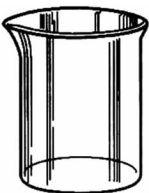
二氧化碳灭火器：内装有液态 CO_2 ，是实验室最常用的灭火器。适用于油类、电器及忌水化学物质的起火，但不适用于一些轻金属（如 Na 、 K 、 Al 等）起火。

(3) 当身上衣服着火时，切勿惊慌乱跑，应赶快脱下衣服或用石棉布覆盖着火处（或就地卧倒打滚）。

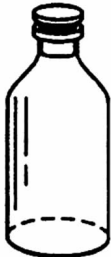
三、化学实验常用仪器介绍

仪 器	仪器简介
 试管 离心试管	材质：玻璃制品，分硬质和软质。 分类：普通试管和离心试管（又叫离心机管）。普通试管又分翻口、平口，有刻度、无刻度，有支管、无支管，有塞、无塞等。离心试管分有刻度和无刻度的。 规格：有刻度的试管和离心试管按容量（mL）分，常用的有 5、10、15、20、25、50 等规格。无刻度的试管按管口外径（mm）×管长（mm）分，有 8×70、10×75、10×100、12×100、12×120、15×150、18×150、30×200 等规格。 主要用途： 1. 在常温或加热条件下用作少量试剂反应容器，便于操作和观察。 2. 收集少量气体。 3. 支管试管可作为简易气体发生装置或用于检验气体产物等。 4. 离心试管用于沉淀分离。 使用方法和注意事项： 1. 反应液体不超过试管容积的 1/2，加热时不超过 1/3，防止振荡时液体溅出或受热溢出。 2. 加热前，试管外面要擦干，加热时要用试管夹，防止有水滴附着受热不均匀，使试管破裂，以免烫手。 3. 加热液体时，管口不能对着人。试管口向上倾斜，与桌面成 45°，并不断振荡，火焰上端不能超过试管里的液面，防止液体溅出伤人。 4. 加热固体时，管口应略向下倾斜，避免管口冷凝水回流到灼热的试管底部引起破裂。并且加热后不能骤冷。 5. 离心试管不可直接加热，防止破裂。

续 表

仪 器	仪器简介
 试管架	材质：木质、铝质或塑料等。 规格：大小不同、形状不一的各种规格。 主要用途：放试管。 使用方法和注意事项：加热后的试管应用试管夹夹住悬放于架上，避免试管骤冷或沾水炸裂。
 锥形瓶	材质：玻璃制品，分为硬质和软质。 分类：有塞和无塞，广口、细口和微型几种。 规格：按容量(mL)分，有 50、100、150、200、250 等规格。 主要用途： 1. 反应容器。 2. 振荡方便，适用于滴定操作。 使用方法和注意事项： 1. 盛放液体不能太多，避免振荡时液体溅出。 2. 加热时应垫石棉网或置于水浴中，防止受热不均匀而破裂。
 烧杯	材质：玻璃制品，分为硬质和软质。 分类：普通型和高型或低型，有刻度和无刻度的几种。 规格：按容量(mL)分，有 1、5、10、50、100、150、250、500、1000 等规格。 主要用途： 1. 常温或加热条件下做大量物质反应容器，反应物易混合均匀。 2. 配制溶液。 3. 代替水槽。 使用方法和注意事项： 1. 反应液体不得超过烧杯容量的 2/3，防止搅动时液体溅出或沸腾时液体溢出。 2. 加热前要将烧杯外壁擦干，烧杯底要垫石棉网，防止玻璃受热不均匀而使烧杯破裂。

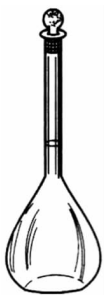
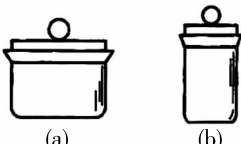
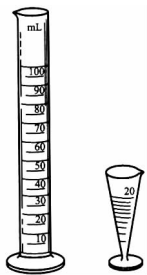
续 表

仪 器	仪器简介
 烧瓶	材质：玻璃制品，分为硬质和软质。 分类：平底、圆底，长颈、短颈，细口、粗口和蒸馏烧瓶几种。 规格：按容量（mL）分，有 50、100、250、500、1000 等规格。此外还有微量烧瓶。 主要用途： 1. 圆底烧瓶用于常温或加热条件下化学反应，因所盛液面是圆球形，受热面大，耐压大。 2. 平底烧瓶用于配制溶液或代替圆底烧瓶，因平底放置平稳。 3. 蒸馏烧瓶用于液体蒸馏，可用作少量气体的发生装置。 使用方法和注意事项： 1. 盛放液体量不能超过烧瓶容量的 $\frac{2}{3}$，也不能太少，避免加热时喷溅或破裂。 2. 固定在铁架台上，下垫石棉网加热，加热前外壁要擦干且勿使温度变化过于剧烈，避免受热不均匀而破裂。 3. 放在桌面上，下面要有木环或石棉环，防止滚动而打破。
 细口瓶	材质：玻璃制品。 分类：磨口和不磨口，无色、棕色和蓝色几种。 规格：按容量（mL）分，有 100、125、250、500、1000 等规格。 主要用途：储存溶液和液体药品。 使用方法和注意事项： 1. 不能直接加热，以免玻璃瓶破裂。 2. 瓶塞不能弄脏、弄乱，防止沾污试剂。 3. 盛放碱液应改用胶塞，防止碱液腐蚀粘牢。 4. 有磨口塞的细口瓶不用时应洗净并在磨口处垫上纸条，防止粘牢瓶塞打不开。 5. 见光易分解的或不太稳定的液体应盛放于有色瓶中，防止物质见光分解或变质。

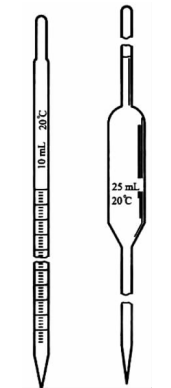
续 表

仪 器	仪器简介
 广口瓶	材质：玻璃制品。 分类：分无色和棕色，有磨口、不磨口的，磨口有塞，若无塞的口上是磨砂的则为集气瓶。 规格：按容量（mL）分，30、60、125、250、500 等规格。 主要用途： 1. 储存固体药品。 2. 集气瓶还用于收集气体或气体性质实验。 使用方法和注意事项： 1. 不能直接加热，防止玻璃瓶破裂。不能放碱，瓶塞不能互换弄脏。 2. 做气体燃烧实验时瓶底应放少许沙子或水，防止玻璃瓶破裂。 3. 收集气体后，要用毛玻璃片盖住瓶口，防止气体逸出。
 滴瓶	材质：玻璃制品。 分类：棕色和无色两种，滴管上带有橡皮胶头。 规格：按容量（mL）分，有 15、30、60、125 等规格。 主要用途：盛放少量液体试剂或溶液，便于取用。 使用方法和注意事项： 1. 见光易分解的或不太稳定的物质应放于棕色瓶中，防止物质分解或变质。 2. 滴管不能吸得太满，也不能倒置或平放，防止试剂侵蚀橡皮胶头且沾污试剂。 3. 滴管专用，不得弄乱、弄脏，防止沾污试剂。 4. 浓碱液要用带橡皮塞的滴瓶盛放，防止瓶塞被碱腐蚀粘牢。
 洗瓶	材质：塑料。 规格：500 mL。 主要用途：装蒸馏水或去离子水，用于洗涤沉淀或容器。

续 表

仪 器	仪器简介
 容量瓶	材质：玻璃制品。 规格：按刻度以下的容量（mL）分，有 5、10、25、50、100、150、200、250 等规格。有的配以塑料瓶塞。 主要用途：用于配制准确浓度的溶液。 使用方法和注意事项： 1. 不能受热，以免影响容积的精确度。不能代替试剂瓶用来存放溶液。 2. 不能在其中溶解固体，以免影响准确配制。 3. 瓶塞不能互换、丢失，避免漏液。
 (a) 矮型称量瓶 (b) 高型称量瓶	材质：玻璃制品。 分类：分高、矮型两种。 规格：按容量（mL）分，高型有 10、20、25、40 等规格；矮型有 5、10、15、30 等规格。 主要用途：准确称取一定量固体药品。 使用方法和注意事项： 1. 不能加热，防止玻璃破裂。 2. 盖子是磨口配套的，不得互换、丢失，防止试剂沾污。 3. 不用时应洗净后，在磨口处垫上纸条，防止瓶塞与瓶口粘连打不开。
 量筒 量杯	材质：玻璃制品。 分类：量筒和量杯。 规格：按容量（mL）分 5、10、20、25、50、100、200 等规格。 主要用途：用于量取一定体积的液体。 使用方法和注意事项： 1. 应竖直放在台面上，读数时，视线应和液面水平，读取与弯月面底相切的刻度。 2. 不可加热，防止破裂或容积不准确。不可做反应或实验（如溶解，稀释等）容器。 3. 不可量热的液体，防止容积不准确。

续 表

仪 器	仪器简介
 药匙	材质：由牛角、瓷、塑料或不锈钢制成。 主要用途：取用固体药品用。根据用药量大小分别选择两端的大、小勺。 使用方法和注意事项：取用一种固体后必须洗净擦干后才能取另一种固体，以免沾污试剂，发生事故。
 吸量管 移液管	材质：玻璃制品。 分类：移液管和吸量管(又叫刻度吸管)，统称为吸管。移液管为单刻度，吸量管有分刻度。此外还有完全流出式(管壁上有“吹”字)和不完全流出式以及自动移液管。 规格：按刻度最大标度(mL)分，有1、2、5、10、25、50等规格。微量的有0.1、0.2、0.25、0.5等规格。 主要用途：精确移取一定体积的液体。 使用方法和注意事项： 1. 不能加热，防止玻璃破裂。 2. 用前先用少量待移取液体淋洗三次，确保所取液浓度或纯度不变。 3. 一般吸管残留的最后一滴待移取的液体，不要吹出(完全流出式应吹出)，制管时已考虑。 4. 用后洗净，置于吸管架(板)上，以免沾污。
 干燥管	材质：玻璃制品。 分类：形状多样。 规格：以大小表示。 主要用途：内装干燥剂，用于干燥气体。 使用方法和注意事项： 1. 干燥剂颗粒大小要适中，填充时松紧也要适中，且不与被干燥的气体反应，可加强干燥效果。 2. 两端要填有棉花团，避免气流带出干燥剂粉末。 3. 大头进气，小头出气，防止漏气。