

高职高专“十三五”规划教材

# 无机化学实验

WUJI HUAXUE SHIYAN

主编 ● 刘云霞



西南交通大学出版社

xuexila.com

高职高专“十三五”规划教材  
“重庆市教育科学‘十二五’规划 2015 年度专项课题 (No:2015-ZJ-004)  
成果”

# 无机化学实验

主 编 刘云霞

副主编 文家新 郑军委

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 ( C I P ) 数据

无机化学实验 / 刘云霞主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2017.2  
高职高专“十三五”规划教材  
ISBN 978-7-5643-5237-0

无... 刘... 无机化学 - 化学实验 -  
高等职业教育 - 教材 . O61-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 007365 号

---

高职高专“十三五”规划教材

无机化学实验

主编 刘云霞

责任编辑

牛 君

封面设计

何东琳设计工作室

---

出版发行

西南交通大学出版社  
(四川省成都市二环路北一段 111 号  
西南交通大学创新大厦 21 楼)

发行部电话

028-87600564 028-87600533

邮政编码

610031

网 址

<http://www.xnjdcbs.com>

---

印 刷

四川森林印务有限责任公司

成品尺寸

185 mm × 260 mm

印 张

10

字 数

180 千

版 次

2017 年 2 月第 1 版

印 次

2017 年 2 月第 1 次

书 号

ISBN 978-7-5643-5237-0

定 价

25.00 元

---

课件咨询电话: 028-87600533

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

化学是一门以实验为基础的科学。无机化学是化学的重要组成部分，无机化学实验是培养学生创新能力和优良素质的有力手段，是奠定化学专业技能的基石。本教材紧扣高等职业教育培养目标，旨在培养学生全面掌握无机化学的基础理论知识、熟悉常见无机化学实验操作，并注重将实验操作与理论相结合，使学生具备初步分析问题及解决问题的能力。

本书根据高职高专无机化学实验教学要求，以 CDIO 项目化教学模式为依据，采用项目化的编写体系。全书共分为 4 个项目，项目一主要介绍了化学实验的基本知识。项目二是基础无机化学实验，分为 4 个任务，任务一介绍了化学实验的基本操作技能，包括基本实验方法、无机化学实验常用仪器和技术等；任务二、任务三主要对无机化学基本理论知识进行验证，包括化学反应基本原理、化学量及常数的测定、元素化合物的性质；任务四主要包括无机化合物的制备与提纯等实验内容。项目三为探究设计性实验，通过介绍相关背景知识激发学生兴趣，引导学生自己制订实验方案，探索实验条件，最终获得具有可行性的实验方案，并对实验现象作出解释或说明，旨在培养学生创新实践、独立学习和工作的能力。同时，针对每个任务都设置了专门的考核评价表，采用学生互评与教师评价、过程评价与结果评价相结合的模式评价任务实施效果，通过评价可以有效地促进学生加强实训课程学习，找出自身不足，提升创新实践能力与技能水平。项目四为趣味性实验，其目的是让学生在五彩缤纷、趣味无穷的化学现象中提升学习兴趣，激发学习动力。本书的每个项目又划分为几个具体的实施任务，学生分组在教师的指导下，按照任务构思—设计—实现—考核评价的模式完成各实训任务。

本书取材广泛，与生产实际贴合紧密，是在充分借鉴部分院校无机化学实验教学的成熟经验和编者多年来从事无机化学实验项目化教学改革的基础上完成的。本书可作为高等农林院校和其他综合性院校化学类专业的无机化学实验教材，也可作为各类院校相关专业的基础化学实验教材和其他化学工作者的参考书籍。

本书由重庆工业技术学院刘云霞担任主编，主要负责项目二和项目四的编写，以及全书的统稿工作；由重庆工业职业技术学院文家新和重庆第八中学郑

军委担任副主编，主要负责项目一、项目三及附录的编写。参与编写的其他人员有：段益琴、吴明珠、邓冬莉、陈孟楠等。在本书的编写过程中，得到了重庆工业职业技术学院化学与制药工程学院各位老师的大力支持，他们对教材的编写提出了非常宝贵的意见，编者深表感谢。

由于编写时间仓促、编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请各位专家和读者批评指正，以便修订或再版时进一步完善。

编 者  
2016年10月

# 目 录

项目一 无机化学实验准备知识.....	1
任务一 掌握无机化学实验目的和学习方法.....	1
任务二 实验室规则和安全守则.....	3
任务三 实验室意外事故及火灾的紧急处理.....	4
任务四 掌握无机实验基本操作.....	7
项目二 基础无机化学实验.....	31
任务一 一般性操作实验.....	31
实验一 蒸发、结晶和过滤.....	31
实验二 台秤、分析天平和电子天平的使用.....	39
实验三 一定浓度的溶液的配制.....	44
实验四 pH计的使用方法.....	50
任务二 测定性实验.....	55
实验五 化学反应速率与活化能的测定.....	55
实验六 醋酸电离度和电离平衡常数的测定.....	59
实验七 缓冲溶液的配制及pH值的测定.....	61
任务三 验证性实验.....	66
实验八 解离平衡和沉淀溶解平衡.....	66
实验九 氧化还原反应与电化学.....	70
实验十 配位化合物的形成和性质.....	74

实验十一 卤素	78
实验十二 氮、磷、碳、硅和硼	81
实验十三 铜、银和汞	87
<b>任务四 制备性实验</b>	<b>92</b>
实验十四 氯化钠的提纯	92
实验十五 硫酸铜晶体的制备	95
实验十六 硝酸钾的制备和提纯	97
实验十七 硫酸亚铁铵的制备	99
<b>项目三 探究设计性实验</b>	<b>104</b>
任务一 松花蛋中营养素及铅的鉴定	104
任务二 废旧电池的综合回收利用	109
任务三 醋酸钙镁盐的制备及条件优化	115
任务四 碱式碳酸铜的制备	118
<b>项目四 趣味性实验</b>	<b>123</b>
任务一 地球生命起源与神秘的烧杯	123
任务二 简易电池制作	127
任务三 铁、钴、镍系列微型实验	129
<b>主要参考书目</b>	<b>134</b>

附 录	135
附录 A 国际相对原子质量表	135
附录 B 常用指示剂	136
附录 C 危险药品的分类、性质和管理	138
附录 D 某些试剂的配制	139
附录 E 常用缓冲溶液的配制	141
附录 F 某些离子和化合物的颜色	142
附录 G 弱酸、弱碱在水中的离解常数 ( 25 °C )	146
附录 H 微溶化合物的溶度积 ( 25 °C )	149
附录 I 常用酸碱浓度表	151
附录 J 酸碱盐的溶解性表 ( 20 °C )	152

# 项目一 无机化学实验准备知识

## 任务一 掌握无机化学实验目的和学习方法

化学是一门以实验为基础的学科，许多化学理论和规律是对大量实验资料进行分析、概括、综合和总结而形成的。化学实验不仅能巩固和加深对无机化学基本理论的理解，训练扎实的动手操作能力，还能培养实事求是的科学态度、勤俭节约的优良作风、相互协作的团队精神和勇于开拓的创新意识。

### 一、无机化学实验的目的和要求

(1) 掌握化学实验的基本操作、基本技能，学会使用常用仪器。

(2) 通过实验巩固和加深对无机化学基本理论、基础知识的理解，进一步掌握常见元素及其化合物的重要性质、反应规律及制备方法。

(3) 培养独立实验、解决问题的能力，如细致观察与记录实验现象的能力，正确测定与处理实验数据的能力，正确阐述实验结果的能力等。

(4) 培养严谨的科学态度、良好的实验习惯和环境保护意识，为后续学习、参与实际工作和科学研究打下良好基础。

### 二、学习无机化学实验的方法

要达到上述目的，不仅要有正确的学习态度，还要有正确的学习方法。若要做好无机化学实验，必须掌握如下几个环节：

#### 1. 认真预习

(1) 认真阅读实验教材和参考资料中的有关内容。

(2) 明确实验目的。

(3) 了解实验内容、有关原理、步骤、操作过程及注意事项。

(4) 写好预习报告(内容包括实验原理、实验步骤、做好实验的关键点、注意事项等)。

总之，通过预习弄清楚三个问题： 本实验做什么？ 本实验如何做？

为什么要做本实验？

## 2. 认真做好实验

根据实验教材所规定的方法、步骤和试剂用量进行操作，并做到下列几点：

(1) 认真操作，细心观察，把观察到的现象或实验数据如实并详细地记录在实验报告中。

(2) 如果发现实验现象与理论不符，应尊重实验事实，认真检查并分析原因，必要时重复实验进行核对，直到得出正确的结论。若实验失败，要找出原因，经指导教师同意后重做实验。

(3) 实验中遇到疑难问题而自己难以解释时，可请教指导教师。

(4) 实验过程中应保持肃静，严格遵守实验室的管理规则。

## 3. 认真书写实验报告

实验完成后要提交实验报告，在报告中应解释实验现象，并得出结论或根据实验数据进行处理和计算。报告内容包括：实验目的、实验原理、实验记录、结果处理和结论、问题与讨论。其中，问题与讨论部分是重点，一定要根据自己的实际情况提出问题、看法或改进建议。实验报告书写时应字迹端正、简明扼要、整齐清洁。

实验报告应独立完成，并交给指导教师审阅。若有实验现象、解释、结论、数据等不符合要求，应重做实验或重写报告。

# 三、实验报告撰写的要求和格式

## 1. 实验报告的定义与作用

实验报告是科研活动或专业学习中，由实验者把实验的目的、方法、步骤、结果和对实验结果的分析等，用简洁的语言写成的书面报告。实验报告必须在科学实验的基础上进行书写。实验报告中成功或失败的实验结果的记载，均有利于研究资料的不断积累；总结和分析研究资料，有利于提高实验者的观察能力、分析问题和解决问题的能力，并培养理论联系实际的学风和实事求是的科学态度。

## 2. 实验报告的内容与书写要求

一份完整的实验报告应包括以下几方面的内容：

(1) 实验名称：要用最简练的语言反映实验的内容。

(2) 实验目的：实验目的要明确，抓住重点，可以从理论和实践两个方面考虑。在理论上，验证定理定律，并使实验者获得深刻和系统的理解；在实践上，

掌握仪器或器材的使用方法和某物质的合成或制备流程。

(3) 实验原理和方法：依据何种原理、定律或操作方法进行实验，有时还应画出实验装置或实验原理的结构示意图，再配以相应的文字说明。

(4) 实验步骤及实验现象：实验经过哪几个步骤及在相应的步骤中所发生的实验现象。

(5) 主要仪器和试剂：实验中用到的主要化学药品、试剂、仪器及设备。

(6) 实验记录：在实验过程中出现的现象、实验数据及结果的计算等。

(7) 结果与结论：如实地写明通过实验得到的结果与结论。

(8) 问题与讨论：分析实验成功或失败的原因，写明自己在整个实验过程中及实验后所想到的问题以及对这些问题的解释，实验后的心得体会和建议等。

### 3. 注意事项

实验报告写作是一项非常严肃、认真的工作，要讲究科学性、准确性、求实性。在撰写过程中，常见错误有以下几种：

(1) 观察不细致，没有及时、准确、如实记录。由于在实验时观察不细致、不认真，没有及时记录，结果不能准确地反映出所发生的实验现象，不能恰如其分、实事求是地分析实验现象发生的原因。故在记录中，一定要看到什么，就记录什么，不能弄虚作假。为了印证一些实验现象而修改数据，假造实验现象等做法，都是不允许的。

(2) 描述不准确，或层次不清晰。比如，在化学实验中，出现了沉淀物，但没有准确地说明是“晶体沉淀”，还是“无定形絮状沉淀”。步骤说明不认真，比如没有按照操作顺序分条列出，结果出现层次不清晰、凌乱等问题。

(3) 没有采用专用术语来说明事物。例如：“用玻璃棒在混合物里转动”一语，应用专用术语“搅拌”。

## 任务二 实验室规则和安全守则

### 一、实验室规则

(1) 未穿实验服、未写实验预习报告者不得进入实验室进行实验。

(2) 指导教师同意后，方可进入实验室，不准吃东西，不准喧哗。

(3) 进入实验室后，须熟悉防火及急救设备、器材的使用方法和存放位置，遵守安全守则。

(4) 实验前，清点、检查仪器，明确仪器的规范操作方法及注意事项。

(5) 规范使用药品，禁止使用不明确的药品或随意混合药品。

(6) 实验中，保持安静，认真操作，如实记录，不得擅自离开岗位。

(7) 公用物品用完，须洗净后再放回指定位置，实验中的废液、废物应按要求放入指定收集器皿内。

(8) 实验完毕后，检查水、电、气、门、窗是否关闭。

(9) 实验记录经指导教师签名认可后，方可离开实验室。

## 二、实验室安全守则

(1) 一切易燃、易爆物质的操作都须在离火较远的地方进行。

(2) 有毒、有刺激性气味的气体的操作须在通风橱内进行，可用手轻轻扇动少量气体进行嗅闻。

(3) 不能俯视正在加热、浓缩的液体，加热中，试管口不能对着人。

(4) 绝对禁止在实验室内饮食、抽烟。有毒的药品（铬盐、钡盐、砷的化合物、汞及汞的化合物、氰化物等）不得入口或接触伤口。

(5) 剩余的药品或废液不得倒入下水道，应回收后集中处理。

(6) 使用具有强腐蚀性的浓酸、浓碱、洗液时，应避免接触皮肤或溅在衣服上，更要注意保护眼睛，必要时戴上防护眼镜。

(7) 熟悉水、电、气开关的位置，使用完毕后应立即关闭。

(8) 每次实验结束后，应将手清洗干净才能离开实验室。

## 任务三 实验室意外事故及火灾的紧急处理

### 一、意外事故的紧急处理

(1) 割伤：须先挑出异物，然后涂碘酒或贴“止血贴”包扎。实验室应必备止血贴。

(2) 烫伤：在烫伤处涂上烫伤膏或万花油，切勿用水冲洗。实验室应必备烫伤膏。

(3) 酸（或碱）腐蚀皮肤：先擦干，用大量水冲洗，再用弱碱（或弱酸）溶液冲洗。

(4) 酸（或碱）溅入眼内：先用大量水冲洗，再用弱碱（或弱酸）溶液冲洗。

受酸腐蚀致伤的，可用饱和碳酸氢钠或稀氨水冲洗；受碱腐蚀致伤的，可用质量分数为 3% ~ 5% 的乙酸或质量分数为 3% 的硼酸冲洗，最后再用水冲洗。必要时送医院治疗。

(5) 吸入刺激性或有毒气体（氯气、氯化物）时，可吸入少量乙醚和酒精的

混合蒸气解毒。

(6) 吸入硫化氢气体感到不适(头晕、胸闷、欲吐)时,应立即到室外呼吸新鲜空气。

(7) 遇有毒物进入口内时,可内服一杯含有 5~10 mL 稀硫酸铜溶液的温水,再用手指伸入咽喉部,促使呕吐。

(8) 不慎触电,应立即切断电源,必要时进行人工呼吸,送往医院抢救。

## 二、火灾的紧急处理

若起火,应立即灭火,防止火势扩展(如切断电源、移走易燃药品等)。灭火方法可根据起火原因进行选择:

(1) 一般起火:小火用湿布、沙子覆盖燃烧物,大火用水、泡沫灭火器灭火。

(2) 活泼金属(Na、K、Mg、Al)起火:用沙土、干粉灭火。

(3) 有机溶剂起火:用 CO<sub>2</sub> 灭火器、专用防火布、沙土、干粉等灭火。

(4) 电器起火:关闭电源,再用防火布、干粉、沙土等灭火。

(5) 衣服着火:切勿惊慌乱跑,应赶紧脱下衣服或用专用防火布覆盖着火处,或就地卧倒打滚。

## 三、灭火器的使用方法

### 1. 手提式泡沫灭火器适用火灾及使用方法

适用于扑救一般 B 类火灾,如油制品、油脂等火灾,也可用于 A 类火灾。但不能扑救 B 类火灾中的水溶性可燃、易燃液体的火灾,如醇、酯、醚、酮等物质火灾,也不能扑救带电设备及 C 类和 D 类火灾。

使用方法:可手提筒体上部的提环,迅速奔赴火场。这时应注意不得使灭火器过分倾斜,更不可横拿或颠倒,以免两种药剂混合而提前喷出。当距离着火点 10 m 左右时,即可将筒体颠倒过来,一只手紧握提环,另一只手扶住筒体的底圈,将射流对准燃烧物。在扑救可燃液体火灾时,如已呈流淌状燃烧,则将泡沫由远而近喷射,使泡沫完全覆盖在燃烧液面上;如在容器内燃烧,应将泡沫射向容器的内壁,使泡沫沿着内壁流淌,逐步覆盖着火液面。切忌直接对准液面喷射,以免由于射流的冲击,反而将燃烧的液体冲散或冲出容器,扩大燃烧范围。在扑救固体物质火灾时,应将射流对准燃烧最猛烈处。灭火时随着有效喷射距离的缩短,使用者应逐渐向燃烧区靠近,并始终将泡沫喷在燃烧物上,直到扑灭。使用时,灭火器应始终保持倒置状态,否则会中断喷射。

泡沫灭火器存放应选择干燥、阴凉、通风并取用方便之处,不可靠近高温或

可能受到曝晒的地方，以防止碳酸分解而失效；冬季要采取防冻措施，以防止冻结；并应经常擦除灰尘、疏通喷嘴，使之保持通畅。

## 2. 手提式干粉灭火器适用火灾及使用方法

碳酸氢钠干粉灭火器适用于易燃、可燃液体、气体及带电设备的初起火灾；磷酸铵盐干粉灭火器除可用于上述几类火灾外，还可扑救固体类物质的初起火灾。但都不能扑救金属燃烧火灾。

灭火时，可手提或肩扛灭火器快速奔赴火场，在距燃烧处 5 m 左右时，放下灭火器。如在室外，应选择在上风方向喷射。使用的干粉灭火器若是外挂式储压式的，操作者应一手紧握喷枪，另一手提起储气瓶上的开启提环。如果储气瓶的开启是手轮式的，则向逆时针方向旋开，并旋到最高位置，随即提起灭火器。当干粉喷出后，迅速对准火焰的根部扫射。使用的干粉灭火器若是内置式储气瓶的或者是储压式的，操作者应先将开启把上的保险销拔下，然后握住喷射软管前端喷嘴部，另一只手将开启压把压下，打开灭火器进行灭火。在使用有喷射软管的灭火器或储压式灭火器时，一手应始终压下压把，不能放开，否则会中断喷射。

干粉灭火器扑救可燃、易燃液体火灾时，应对准火焰根部扫射，如果被扑救的液体火灾呈流淌燃烧状，应对准火焰根部由近而远，并左右扫射，直至把火焰全部扑灭。如果可燃液体在容器内燃烧，应对准火焰根部左右晃动扫射，使喷射出的干粉流覆盖整个容器开口表面；当火焰被赶出容器时，仍应继续喷射，直至将火焰全部扑灭。在扑救容器内可燃液体火灾时，应注意不能将喷嘴直接对准液面喷射，防止喷流的冲击力使可燃液体溅出而扩大火势，造成灭火困难。当可燃液体在金属容器中燃烧时间过长，容器的壁温已高于扑救可燃液体的自燃点，此时极易造成火灭后再复燃的现象，若与泡沫类灭火器联用，则灭火效果更佳。

使用磷酸铵盐干粉灭火器扑救固体可燃物火灾时，应对准燃烧最猛烈处喷射，并上下左右扫射。如条件许可，可提着灭火器沿着燃烧物的四周边走边喷，使干粉灭火剂均匀地喷在燃烧物的表面，直至将火焰全部扑灭。

## 3. 现场模拟

火灾（一般起火、有机物着火）演习：模仿实验室发生火灾的情况，组织学生逃生，普及灭火器常见问题及使用。

材料：3 个不漏的废铁锅，食用油，泡沫灭火器，沙子，水，湿抹布。

场景设计：吹哨子，按照火灾逃生通道下楼到达指定演习场地；向指定的两个燃烧着的废锅（一个是一般物质燃烧，一个是有机物燃烧）内分别加入水、沙子和使用泡沫灭火器，观察灭火效果如何。

活泼金属、电器、衣服着火，火灾演习比较危险，采用观摩录像的方式替代

现场模拟。

#### 4. 结果与讨论

(1) 为什么不同的起火原因要采用不同的灭火方案？

(2) 电器着火、有机溶剂着火、活泼金属着火能否用泡沫灭火器灭火？为什么？

### 任务四 掌握无机实验基本操作

#### 一、常用实验仪器的洗涤与干燥

##### (一) 常用实验仪器的名称及使用方法

确认每个人的实验柜号及实验分组，对经常用实验仪器清单，认领并清点仪器，认识常用的仪器并了解其使用方法，常用仪器见图 1-1。

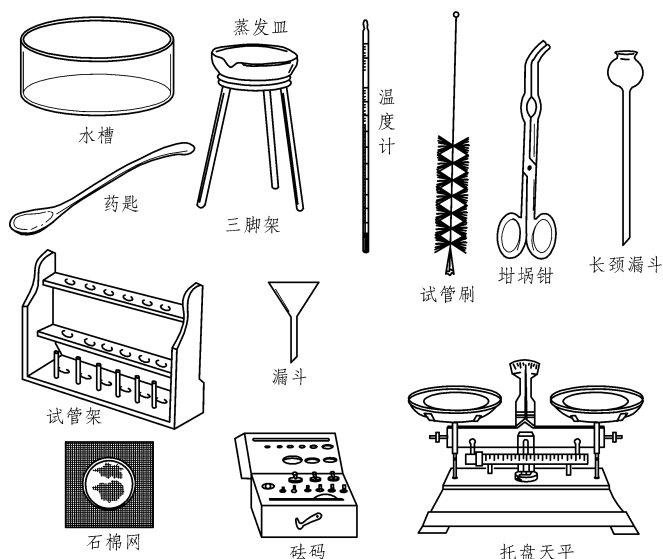


图 1-1 化学实验中常用仪器示意图

玻璃仪器按玻璃的性质不同可以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、硬度和耐腐蚀性都较差，但透明度较好，一般用来制造不需要加热的仪器，如试剂瓶、漏斗、量筒、吸管等。硬质玻璃具有良好的耐受温差变化的性能，用它制造的仪器可直接用火加热，这类仪器耐腐蚀性强、耐热性能及耐冲击性能都较好，常见的烧杯、烧瓶、试管、蒸馏器和冷凝管等都是用硬质玻璃制作的。

玻璃仪器按用途划分，可分为容器类、量器类和其他常用器皿三大类。

下面介绍无机化学实验中常用的一些仪器。

## 1. 烧杯

常用烧杯有低型烧杯、高型烧杯、三角烧杯三种(图 1-2),主要用于配制溶液,煮沸、蒸发、浓缩溶液,进行化学反应以及少量物质的制备等。烧杯可承受 500 °C 以下的温度,可直接在火焰上加热或隔石棉网加热,也可选用水浴、油浴或沙浴等加热方式。烧杯的规格从 25 mL 至 5 000 mL 不等。



图 1-2 常用烧杯示意图

## 2. 烧瓶

烧瓶用于加热煮沸,以及物质间的化学反应,主要有平底烧瓶、圆底烧瓶、三角烧瓶和定碘烧瓶(图 1-3)。平底烧瓶不能直接用火加热,圆底烧瓶可以直接用火加热,但两者都不能骤冷,通常在热源与烧瓶之间加隔石棉网。三角烧瓶也称锥形瓶,加热时可避免液体大量蒸发,反应时便于摇动,在滴定操作中经常用它做容器。定碘烧瓶主要用于碘量法的测定,也用于须严防液体蒸发和固体升华的实验,但加热或冷却瓶内溶液时应将瓶塞打开,以免因气体膨胀或冷却,使塞子被冲出或难取下。

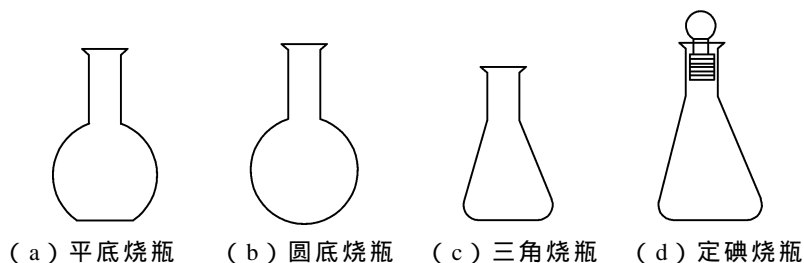


图 1-3 常用烧瓶示意图

蒸馏烧瓶是供蒸馏使用的,蒸馏常用的还有三口烧瓶和四口烧瓶(图 1-4)。

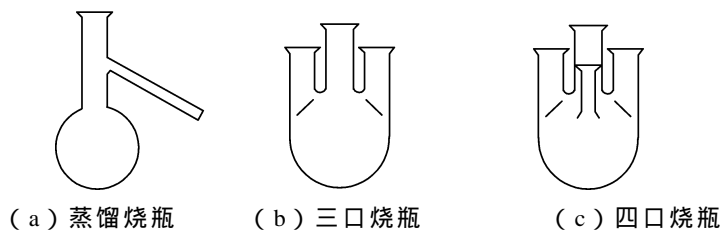


图 1-4 常用蒸馏烧瓶示意图

### 3. 分馏管、冷凝管和接管

分馏管也称分馏柱或分凝器，主要用于分馏操作。常见的分馏管有无球分馏管、一球分馏管、二球分馏管（图 1-5）、三球分馏管、四球分馏管和刺形分馏管。

冷凝管也称冷凝器，供蒸馏操作中冷凝用。常见的冷凝管有空气冷凝管、直形冷凝管、球形冷凝管、蛇形冷凝管（图 1-6）、直形回流冷凝管和蛇形回流冷凝管。

尾接管是蒸馏时连接冷凝管用的，常见的有直形接管和弯形接管（图 1-7）。

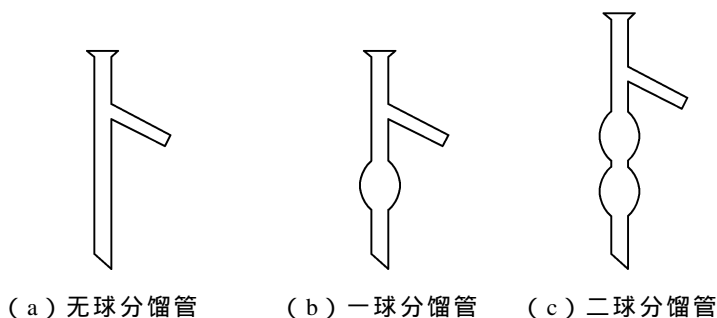


图 1-5 常用分馏管示意图

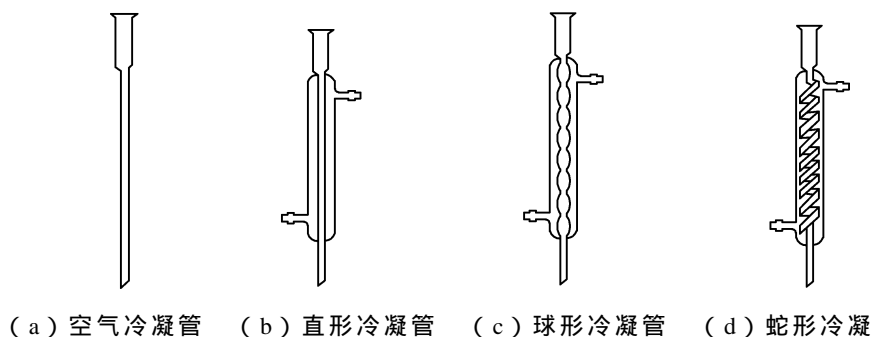


图 1-6 常用冷凝管示意图

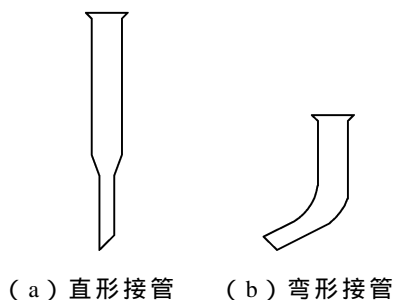


图 1-7 常见接管示意图

### 4. 试管、离心管和比色管

试管主要用作少量试剂的反应容器，常用于定性试验。试管可直接用火加热，