

国家一流本科专业建设教材

制药与精细化工 专业实验

主编◎瞿祎 王乐 张迪



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

建设教材

制药与精细化工专业实验

瞿 祎 王 乐 张 迪 主编

 华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

制药与精细化工专业实验 / 瞿祎, 王乐, 张迪主编

· 一上海: 华东理工大学出版社, 2023.7

ISBN 978-7-5628-7202-3

I. ①制… II. ①瞿… ②王… ③张… III. ①药物—
制造—精细化工—实验 IV. ①TQ460.1-33

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2023)第 095583 号

内容提要

本书以制药与精细化工领域实用性科研工作为出发点,紧跟学科发展及科研需求,选取有了代表性的实验和内容。全书分为三篇,共 6 章。第一篇为基础知识部分,介绍基础实验和常规操作;第二篇为实验部分,分为合成实验、结构表征、性能测试,实验内容通俗易懂,实验步骤详细、可操作性强;第三篇为科技绘图部分,介绍了 Chemdraw、ACD、AI 等科研软件的使用方法及应用案例。

本书可作为制药与精细化工相关专业的高年级本科生及研究生的实验教学用书,也可供从事药物及精细化学品合成研究的科研人员参考。

策划编辑 / 花 巍

责任编辑 / 马夫娇

责任校对 / 张 波

装帧设计 / 徐 蓉

出版发行 / 华东理工大学出版社有限公司

地址: 上海市梅陇路 130 号, 200237

电话: 021-64250306

网址: www.ecustpress.cn

邮箱: zongbianban@ecustpress.cn

印 刷 / 上海新华印刷有限公司

开 本 / 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 / 10.5

字 数 / 250 千字

版 次 / 2023 年 7 月第 1 版

印 次 / 2023 年 7 月第 1 次

定 价 / 45.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

上海工程技术大学于2001年成立化工学院,为化学工程行业培养专业的人才,更为服务于我国从化工大国走向化工强国迈出了坚实的一步。上海工程技术大学积极推动教育教学改革,编者通过多年制药化工专业实验的教学与探讨,参照了目前国家标准和行业标准的实验方法,对制药和精细化工实验内容和方法进行优化和调整,融入了最新的研究成果,同时对实验结果进行了科技绘图处理,最终编写成了《制药与精细化工专业实验》教材。

本书分为三部分,共6章。第一篇为基础知识部分(第1、2章),介绍基础实验和常规操作。第二篇为实验部分(第3~5章),包含合成实验、结构表征和性能测试,每一个实验均包括了预备知识、实验目的、实验原理、仪器装置及试剂、实验步骤、注释、思考题,具有内容通俗易懂、实验步骤详细、实验内容较为完善、可操作性强的特点。第三篇为科技绘图(第6章),提供了数据处理与科技制图的步骤和方法,如常见的Chemdraw软件、ACD软件和AI图像处理软件等,用于实验数据处理与绘图。

本书在编写过程中,尽可能地选取有代表性的实验和内容,基于篇幅和侧重点考虑,省略了一些内容,如实验结果讨论与展望等。

本书的编写过程十分漫长与艰辛。在此,要感谢研究生刘梦侠、蒋娜、孙文文、吕心雨、苏稀琪、刘盼、罗芳芳、周慧敏、黄文灵、张笑等,本科生王一邛、黄子仪、刘彤琳等在此书编写过程中的付出。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏及不足之处,盼同行以及各位读者不吝赐教。

编 者

2023年7月

目 录

第一篇 基础知识	1
第 1 章 实验基础知识	3
1.1 基本规范	3
1.1.1 实验室制度	3
1.1.2 实验室安全知识(常见事故的预防与急救)	3
1.1.3 废物的处置	4
1.1.4 学术规范	5
1.1.5 实验记录	5
1.2 实验基础	6
1.2.1 常用的玻璃仪器	6
1.2.2 常用的实验装置	9
1.2.3 使用注意事项	10
1.2.4 溶剂处理	11
第 2 章 基础实验技术	12
2.1 干燥	12
2.1.1 液体有机物的干燥	12
2.1.2 固体有机物的干燥	13
2.2 加热与冷却	13
2.2.1 加热	13
2.2.2 冷却	14
2.3 重结晶	14
2.4 薄层层析	18
2.5 柱层析	23
2.6 萃取	26
2.7 蒸馏	29
2.7.1 常压蒸馏	29
2.7.2 分馏	32
2.7.3 减压蒸馏	34

第二篇 实验部分	37
第 3 章 合成实验	39
3.1 基础合成实验	39
3.1.1 (实验一)硝化反应:对硝基苯胺的合成	39
3.1.2 (实验二)酰基化反应:扑热息痛药物——对乙酰氨基酚的制备	41
3.1.3 (实验三)酯化反应:阿司匹林——2-乙酰氧基苯甲酸的制备	42
3.1.4 (实验四)还原反应:苯佐卡因——对氨基苯甲酸乙酯的制备	43
3.1.5 (实验五)酰氯的制备:扑炎痛——2-乙酰氧基苯甲酸- 乙酰氨基苯酯	45
3.1.6 (实验六)乙酰乙酸乙酯的应用:止咳酮——4-苯基-2- 丁酮的制备	47
3.1.7 (实验七)Michael 加成反应:尼群地平——硝苯乙吡啶的制备	48
3.2 精细化学品合成实验	50
3.2.1 (实验一)树枝状分子的合成:环三磷腈树状分子	50
3.2.2 (实验二)功能染料的合成:五甲川菁染料	53
3.2.3 (实验三)聚集诱导发光材料的合成:4-三苯胺基-1, 8-萘酰亚胺衍生物	56
3.2.4 (实验四)共轭聚合物的合成:线性聚乙炔	59
3.2.5 (实验五)线性聚合物合成:苯乙烯共聚物	63
3.2.6 (实验六)聚合物纳米微球的合成:聚苯乙烯微球	66
3.2.7 (实验七)荧光微米球的合成:环三磷腈荧光微米球	68
第 4 章 结构表征	70
4.1 核磁波谱实验	70
4.1.1 基本原理	70
4.1.2 实验准备	72
4.1.3 实验内容	73
4.1.3.1 (实验一)标准一维 ¹ H NMR 谱的实验	73
4.1.3.2 (实验二)标准 ¹³ C 谱的实验	76
4.1.3.3 (实验三)核磁共振 ³¹ P NMR 谱的实验	78
4.1.3.4 (实验四)核磁共振 ¹⁹ F NMR 谱的实验	82
4.1.3.5 (实验五)核磁共振 DOSY 实验	83
4.1.3.6 (实验六)1D 核磁顺磁实验	87
4.2 质谱实验	89
4.2.1 基本原理	89

4.2.2	实验准备	94
4.2.3	实验内容	95
4.2.3.1	(实验一)LC-MS ESI 源测试小分子	95
4.2.3.2	(实验二)LC-MS ESI 源测试小分子与大分子相互作用	98
4.2.3.3	(实验三)GC-MS-EI 源测试小分子	99
第 5 章	性能测试	101
5.1	吸收光谱性能测试实验	101
5.1.1	基本原理	101
5.1.2	实验准备	105
5.1.3	实验内容	107
5.2	荧光光谱性能测试实验	109
5.2.1	基本原理	109
5.2.2	实验准备	112
5.2.3	实验内容	118
5.2.3.1	(实验一)菁染料荧光发射和激发光谱测定	118
5.2.3.2	(实验二)荧光混合物(荧光素+罗丹明 B)的同步荧光光谱测定	119
5.2.3.3	(实验三)蛋白质含量的荧光分析	120
5.2.3.4	(实验四)荧光量子效率的测定	121
第三篇	科技绘图与数据处理	125
第 6 章	科技绘图与数据处理	127
6.1	化学绘图软件 Chemdraw 的使用	127
6.1.1	装置图的绘制	127
6.1.2	化学结构式的绘制	127
6.1.3	化学反应方程式的绘制	132
6.1.4	薄层色谱的绘制	132
6.2	核磁软件 ACD/Labs 的使用	133
6.3	图像处理软件 AI 对科学图像进行优化	137
6.3.1	实例 1——用 AI 优化 Origin 导出图片的质量	137
6.3.2	实例 2——TOC 饼状图的绘制	139
6.3.3	实例 3——细胞信号通路图的绘制	143
附 录	148
附录 1	制药与精细化工文献资源	148

F1.1	常用工具书	148
F1.2	常用期刊文献	150
F1.3	化学文摘	151
F1.4	网络资源	152
附录 2	溶剂处理	152
F2.1	DCM(二氯甲烷)	152
F2.2	EtOH(乙醇)	153
F2.3	THF(四氢呋喃)	154
F2.4	TEA(三乙胺)	154
F2.5	DMF(<i>N,N</i> -二甲基甲酰胺)	154
F2.6	DMSO(二甲基亚砷)	155
参考文献	156

第一篇 实验基础知识

第一篇

基础知识

第 1 章 实验基础知识

本章提要

本章内容包含基本规范与实验基础两部分内容。其中基本规范包括实验室规章制度、实验室安全规范、科学研究的学术规范与实验记录标准。实验基础部分围绕制药与精细化工领域常规实验,介绍相关的常用仪器装置与搭建方案,以及常见溶剂的处理方法。

1.1 基本规范

1.1.1 实验室制度

为使相关专业实验有条不紊、安全地进行,必须遵循以下制度:

(1) 熟悉实验室的安全制度,学会正确使用水、电、煤、通风橱、灭火器等,了解实验事故的一般处理方法。做好实验的预习工作,了解所用药品的危害性及安全操作方法,按操作规程小心使用有关实验仪器和设备,若有问题应立即停止使用。

(2) 实验前,认真清点、检查玻璃仪器;实验中,安全合理地使用玻璃仪器;实验后,洗净并妥善保管玻璃仪器,尤其应学会玻璃仪器的洗涤方法。

(3) 实验时,要保持实验室和桌面的清洁,认真操作,遵守实验纪律,严格按照实验中所规定的实验步骤、试剂规格及用量来进行。若要改变,需经教师同意后方可进行。

(4) 实验药品使用前,应仔细阅读药品标签,按需取用,避免浪费;取完药品后要迅速盖上瓶塞,避免搞错瓶塞、污染药品。不要任意更换实验室常用仪器(如天平、干燥器、折光仪等)和常用药品的摆放位置。

(5) 整个实验操作过程中要集中思想,避免大声喧哗,不要在实验室吃东西。

(6) 实验中和实验后,各类固体废物和液体废物应分别放入指定的废物收集器中。

(7) 离开实验室前,应检查水、电、煤是否安全关闭。

1.1.2 实验室安全知识(常见事故的预防与急救)

精细化工实验基本由玻璃仪器、实验试剂和电气设备等组成,如果操作不当,会对人体、环境造成伤害。实验试剂往往具有易燃、易爆、易挥发、易腐蚀、毒性高等特点;玻璃仪器与电气设备使用不当亦可发生意外事故。因此,精细化工实验室是一个潜在的、高危险性的场所。

1. 防火

实验操作要规范,实验装置要正确,对易燃、易爆、易挥发的实验药品要远离明火,不可随意丢弃,实验后应专门回收。一旦发生火灾,应先切断电源、煤气,移去易燃、易爆试剂,再采取其他适当方法灭火。例如:使用灭火器,用石棉网或黄沙覆盖,或用水冲等。

2. 防爆

仪器装置安排要正确,常压蒸馏及回流时,整个系统不能密闭;减压蒸馏时,应事先检查玻璃仪器是否能承受系统的压力;若在加热后发现未放沸石,应停止加热,冷却后再补加;冷凝水要保持畅通。

有些有机物遇氧化剂会发生猛烈的爆炸或燃烧,操作或存放时应格外小心。

3. 防中毒

绝大多数实验试剂都有不同程度的毒性,对有刺激性或者产生有毒气体的实验,应尽量安排在通风橱中,或在有排风系统的环境中进行,或采用气体吸收装置。

有毒或有较强腐蚀性的药品应严格按照有关操作规程进行,不能用手直接拿或接触这类化学药品,不得入口或接触伤口,亦不可随便倒入下水道。

人体中毒的程度取决于许多相互影响的因素。毒害分为急性中毒和慢性中毒。急性中毒是药品一次性进入人体后短时间引起的中毒现象。实验中若发现有头晕、头痛等中毒症状,应立即转移到空气新鲜的地方休息,严重者应送医院。

4. 防化学灼伤

强酸、强碱和溴等化学药品接触皮肤均可引起灼伤,使用时应格外小心。一旦发生这类情况应立即用大量水冲洗,再用如下方法处理:

(1) 酸灼伤:眼睛灼伤用 1% NaHCO_3 溶液清洗;皮肤灼伤用 5% NaHCO_3 溶液清洗。

(2) 碱灼伤:眼睛灼伤用 1% 硼酸溶液清洗;皮肤灼伤用 1%~2% 醋酸溶液清洗。

(3) 溴灼伤:立即用酒精洗涤,再涂上甘油,或敷上烫伤油膏。

灼伤较严重者经急救后速去医院治疗。

5. 防割伤和烫伤

在玻璃仪器的使用和玻璃工具的操作中,常因操作或使用不当而发生割伤和烫伤现象。若发生此类现象,可用如下方法处理:

(1) 割伤:先要取出玻璃片,用蒸馏水或双氧水清洗伤口,涂上红药水,再用纱布包扎;若伤口严重,应在伤口上方用纱布扎紧,急送医院。

(2) 烫伤:轻者涂烫伤膏,重者涂烫伤膏后立即送医院。

1.1.3 废物的处置

在精细化工实验中和实验结束后往往会产生各种固体、液体等废物,为提倡环境保护,遵守国家的环保法规,减少对环境危害,可采用如下处理方法:

(1) 所有实验废物应按固体、液体,有害、无害等分类收集于不同的容器中,对一些难处理的有害废物可送环保部门专门处理。

(2) 少量的酸(如盐酸、硫酸、硝酸等)或碱(如氢氧化钠、氢氧化钾等)在倒入下水道之前必须被中和,并用水稀释。

(3) 有机溶剂必须倒入带有标签的废物回收容器中,并存放在通风处。

(4) 对无害的固体废物,如滤纸、碎玻璃、软木塞、氧化铝、硅胶、硫酸镁、氯化钙等可直接倒入普通的废物箱中,不应与其他有害固体废物相混;对有害固体废物应放入带有标签的广口瓶中。

(5) 对能与水发生剧烈反应的化学品,处置之前要用适当的方法在通风橱内进行分解。

(6) 对可能致癌的物质,处理起来应格外小心,避免与手直接接触。

1.1.4 学术规范

“做好实验记录是对学术不端行为的源头预防。”作为一门实验科学,化学学科一直对实验的学术规范有着高标准的要求。进行科学实验要本着端正的研究态度,客观诚实地记录数据与现象,遵守实验室仪器设备操作规程,尊重实验过程中他人的贡献,养成客观求实、精益求精的科学素养。对科学实验中的数据与现象做到真实、完整、及时的记录,对现象背后的原因进行有依据、有逻辑的探索。

具体的要求包括而不仅限于以下几类:

(1) 保证获得数据的客观性和真实性,不做主观的润色与修饰。

(2) 确保数据的完整性,不做选择性的取舍。

(3) 保证原始数据的可靠性,不做任何人为加工,对所进行的数据处理过程有详细的记录。对于测试结果,务必保留一份测试仪器上的原始文件格式的数据文件。

(4) 数据记录与数据的获取同步进行,不写回忆录,对数据文件进行详细的命名,包括时间、地点、仪器型号、参数设置。

(5) 不得删除或替换实验记录,有条件的应实行专人监督负责制,对必须修改的记录错误,应保证原始记录可见,修改处签名,并由专人监督。

(6) 对于失败的实验,应进行原因分析,并进行补做。

(7) 对实验记录本,应定期交由导师检查。对于本科生实验,应在实验结束后立即交由带教老师进行实验记录的检查。

1.1.5 实验记录

实验记录是第一手原始资料,要求在实验过程中及时记录、及时整理,不能事后补充。所有记录要求清晰可辨,实验记录本编号使用日期准确,并在所有教学、研究阶段完成后统一上交留档。

实验报告是对整个实验过程和结果的观察、整理、分析、总结,实验报告的内容一般包括:

1. 实验目的

明确实验目的,便于分析总结时对照。

2. 实验原理

可能的反应过程与机理研判,必要时加以文字说明。

3. 主要仪器与试剂

列出主要仪器和试剂的型号、规格、厂家,单位术语要规范。实验室条件允许的情况下,准确标注使用的试剂编号和购买(开封)日期。

4. 实验步骤与装置图

写明主要实验步骤,画出装置图。列出观察到的实验现象并记录数据,注意记录相应的时间节点。

5. 结果分析与数据处理

对实验操作、现象进行分析讨论,整理数据并分析归纳实验结果。有的表征测试需要在数日后得到,需要在记录本和样品上清楚标记样品编号,并在获得数据后第一时间进行分析总结归纳。

6. 总结与思考

对实验进行整体总结,并对相关知识点进行统筹研究归纳。

1.2 实验基础

1.2.1 常用的玻璃仪器

玻璃仪器一般是由软质或硬质玻璃制作而成的。软质玻璃耐温、耐腐蚀性较差,但是价格便宜,因此,一般用它制作的仪器均不耐温,如普通漏斗、量筒、吸滤瓶、干燥器等。硬质玻璃具有较好的耐温和耐腐蚀性,制成的仪器可在温度变化较大的情况下使用,如烧瓶、烧杯、冷凝管等。

玻璃仪器一般分为普通和标准磨口两种。在实验室,常用的普通玻璃仪器有非磨口锥形瓶、烧杯、布氏漏斗、吸滤瓶、量筒、普通漏斗等,见图 1.1。常用标准磨口玻璃仪器有磨口锥形瓶、圆底烧瓶、三颈瓶、蒸馏头、冷凝管、接收管等,见图 1.2。

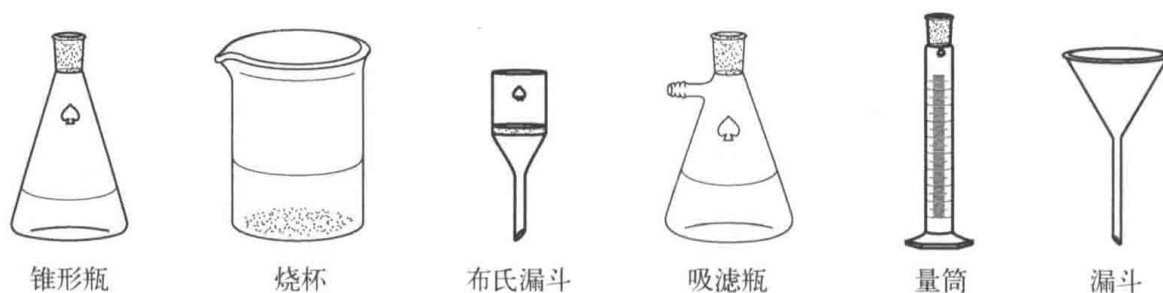


图 1.1 常用普通玻璃仪器

标准磨口玻璃仪器是具有标准磨口或磨塞的玻璃仪器。由于口塞尺寸的标准化、系统化,磨砂口密合,凡属于同类规格的接口,均可任意互换,各部件能组装成各种配套仪器。由于口塞磨砂性能良好,使密合性可达较高真空度,常用于蒸馏尤其是减压蒸馏,对于毒性或挥发性液体的实验较为安全。每一种仪器都有特定的性能和使用场景,以下进行详细介绍。

1. 烧瓶

(1) 圆底烧瓶[图 1.3(a)]: 能耐热和承受反应物(或溶液)沸腾以后所发生的冲击震动。在有机化合物的合成和蒸馏实验中最常使用,也常用作减压蒸馏的接收器。

(2) 梨形烧瓶[图 1.3(b)]: 性能和用途与圆底烧瓶相似。它的特点是在合成少量有机化合物时在烧瓶内保持较高的液面,蒸馏时残留在烧瓶中的液体少。

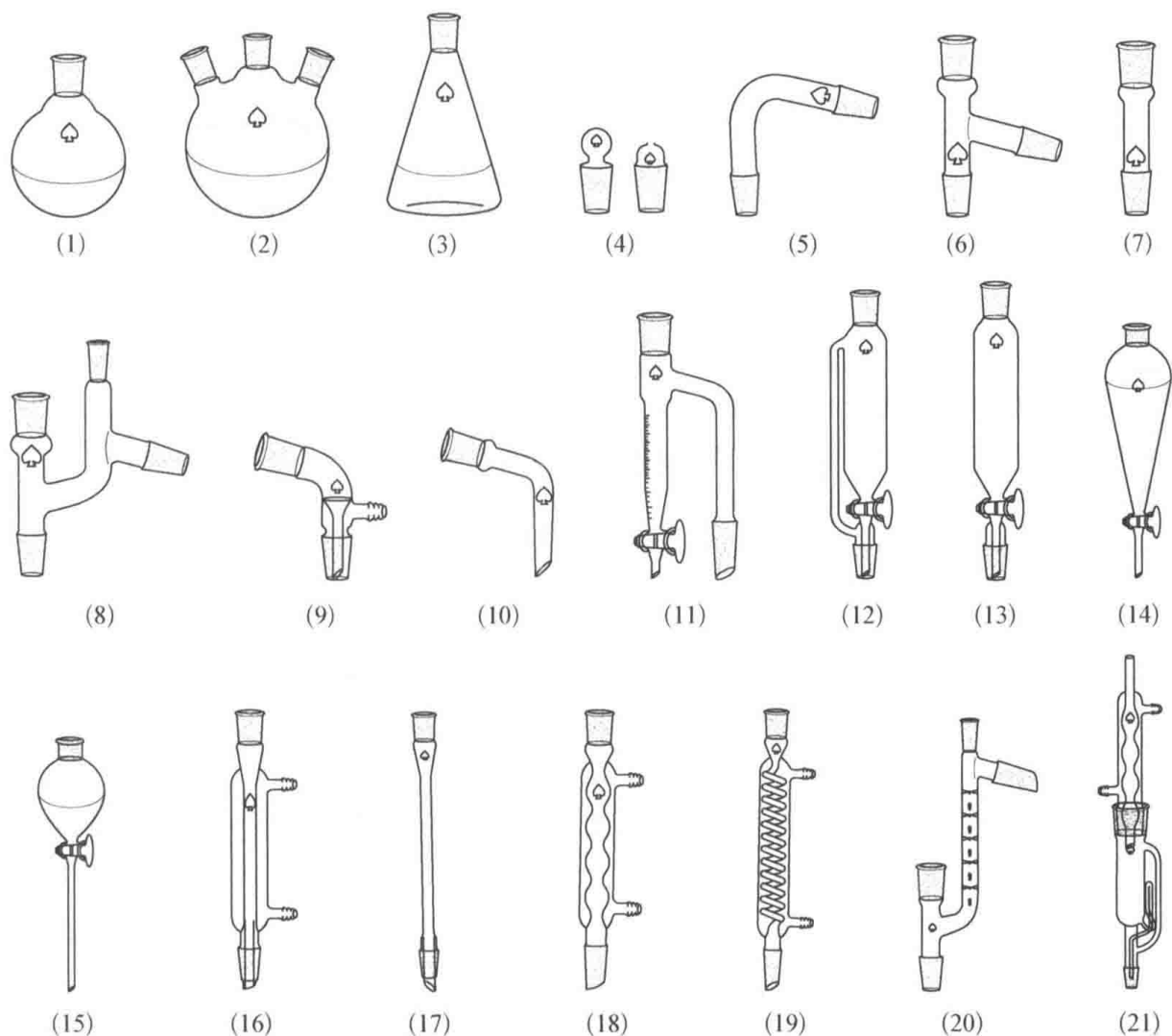


图 1.2 常用标准磨口玻璃仪器

(1) 圆底烧瓶; (2) 三口烧瓶; (3) 磨口锥形瓶; (4) 磨口玻璃塞; (5) 弯头; (6) 蒸馏头; (7) 标准接头; (8) 克氏蒸馏头; (9) 真空接收管; (10) 弯形接收管; (11) 分水器; (12) 恒压漏斗; (13) 滴液漏斗; (14) 梨形分液漏斗; (15) 球形分液漏斗; (16) 直形冷凝管; (17) 空气冷凝管; (18) 球形冷凝管; (19) 蛇形冷凝管; (20) 刺形分馏头; (21) Soxhlet 提取器

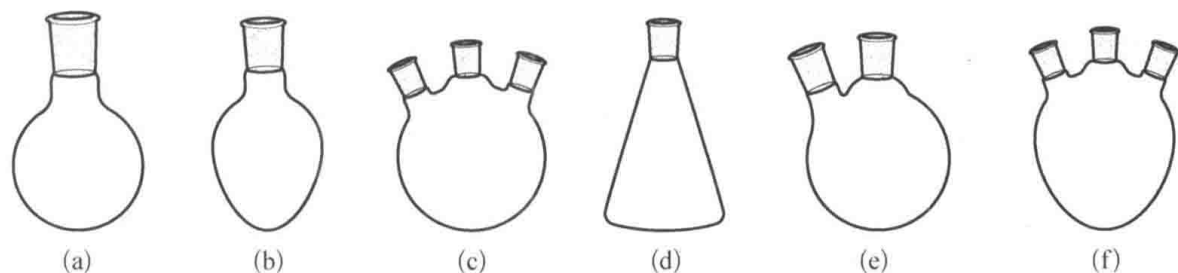


图 1.3 烧瓶

(a) 圆底烧瓶; (b) 梨形烧瓶; (c) 三口烧瓶; (d) 锥形烧瓶; (e) 二口烧瓶; (f) 梨形三口烧瓶

(3) 三口烧瓶[图 1.3(c)]: 最常用于需要进行搅拌的实验中。中间瓶口装搅拌器, 两个侧口装回流冷凝管和滴液漏斗或温度计等。

(4) 锥形烧瓶(简称锥形瓶)[图 1.3(d)]: 常用于有机溶剂进行重结晶的操作, 或有固体产物生成的合成实验中, 因为生成的固体产物容易从锥形烧瓶中取出来。通常也用作常压

蒸馏实验的接收器,但不能用作减压蒸馏实验的接收器。

(5) 二口烧瓶[图 1.3(e)]: 常用于半微量、微量制备实验中,作为反应瓶。中间的开口一般接回流冷凝管、微型蒸馏头、微型分馏头等,侧边的开口常接温度计、加料管等。

(6) 梨形三口烧瓶[图 1.3(f)]: 用途与三口烧瓶类似,主要用于半微量、小量制备实验中,作为反应瓶。该型仪器的特点是旋蒸后的固体会聚集于梨形瓶的瓶底。

2. 冷凝管

(1) 直形冷凝管[图 1.4(a)]: 蒸馏物质的沸点在 140°C 以下时,可以在夹套内通水冷却;但沸点超过 140°C 时,冷凝管往往会在内管和外管的接合处炸裂。微量合成实验中,常用于加热回流装置上。

(2) 空气冷凝管[图 1.4(b)]: 当蒸馏物质的沸点高于 140°C 时,常用它代替通冷却水的直形冷凝管。

(3) 球形冷凝管[图 1.4(c)]: 其内管的冷却面积较大,对蒸馏物蒸气的冷凝有较好的效果,适用于加热回流的实验。

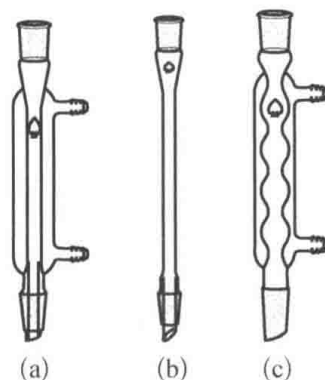


图 1.4 冷凝管

(a) 直形冷凝管;(b) 空气冷凝管;(c) 球形冷凝管

3. 漏斗

(1) 漏斗[图 1.5(a)(b)]: 在普通过滤时使用。

(2) 分液漏斗[图 1.5(c)(d)(e)]: 用于液体的萃取、洗涤和分离;有时也可用于滴加试剂。

(3) 滴液漏斗[图 1.5(f)]: 能把液体一滴一滴地加入反应器中,即使漏斗的下端浸没在液面下,也能够明显地看到液体滴加的快慢。

(4) 恒压滴液漏斗[图 1.5(g)]: 用于合成反应实验的液体加料操作,也可用于简单的连续萃取操作。

(5) 布氏漏斗[图 1.5(h)]: 瓷质的多孔板漏斗,在减压过滤时使用。

(6) 还有一种类似图 1.5(b)的小口径漏斗,附带玻璃钉,过滤时把玻璃钉插入漏斗中,在玻璃钉上放滤纸或直接过滤。

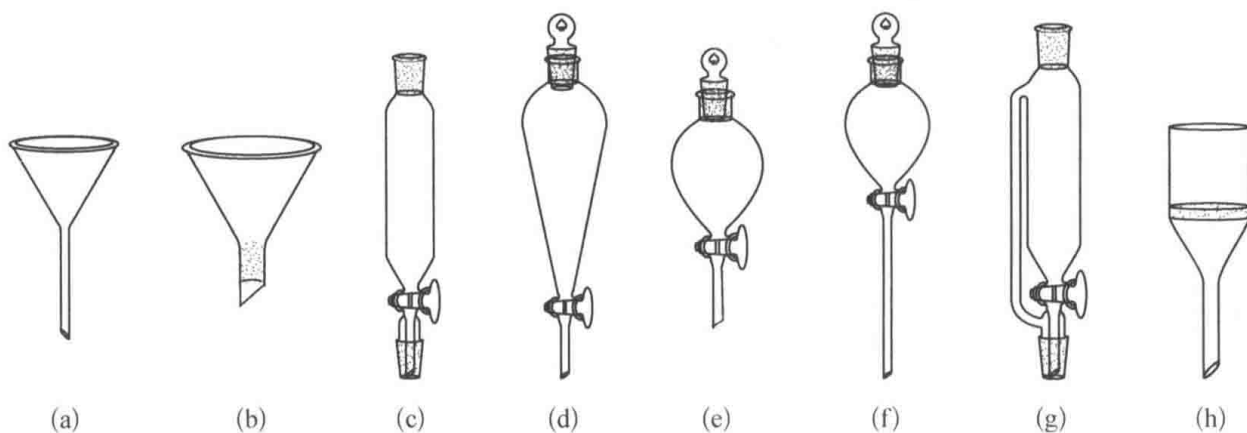


图 1.5 漏斗

(a) 长颈漏斗;(b) 带磨口漏斗;(c) 筒形分液漏斗;(d) 梨形分液漏斗;(e) 圆形分液漏斗;(f) 滴液漏斗;(g) 恒压滴液漏斗;(h) 布氏漏斗

4. 常用的配件

常用的配件如图 1.6 所示。

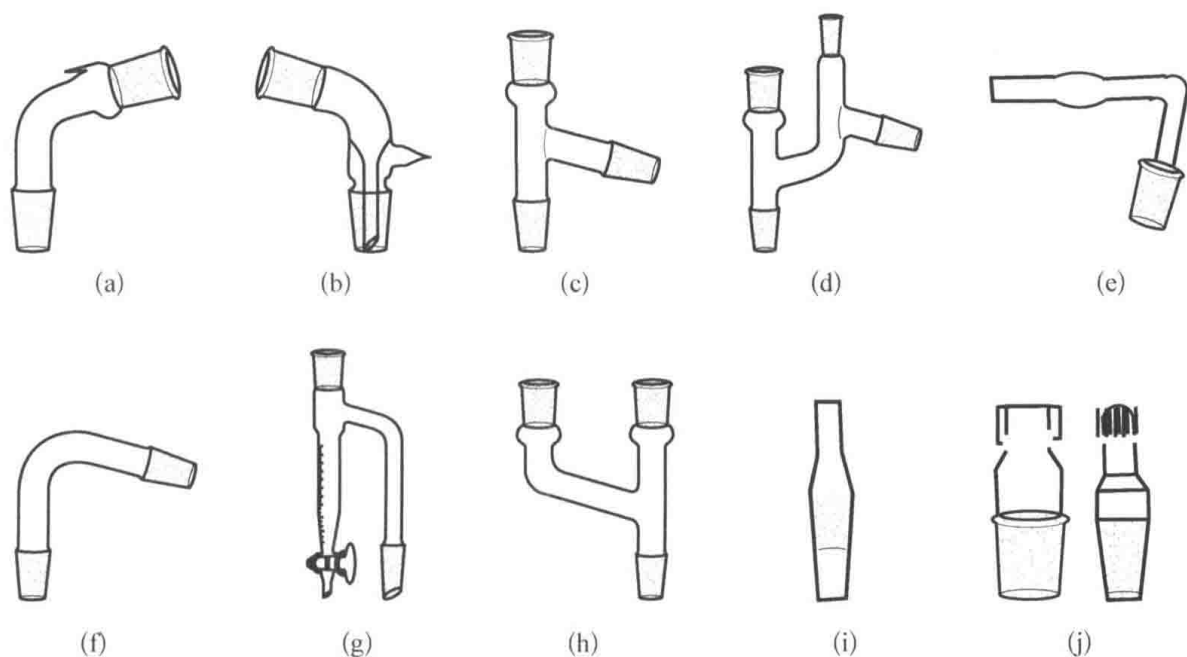


图 1.6 常用的配件

(a) 接引管; (b) 真空接引管; (c) 蒸馏头; (d) 克氏蒸馏头; (e) 弯形干燥管; (f) 75°弯管; (g) 分水器; (h) 二口连接管; (i) 搅拌套管; (j) 螺口接头

标准磨口仪器的每个部件在其口、塞的上或下显著部位均具有烤印的白色标志,表明规格。常用的有10、12、14、16、19、24、29、34、40等。表1.1中是标准磨口玻璃仪器的编号与大端直径。

表 1.1 标准磨口玻璃仪器的编号与大端直径

编 号	10	12	14	16	19	24	29	34	40
大端直径/mm	10	12.5	14.5	16	18.8	24	29.2	34.5	40

有的标准磨口玻璃仪器有两个数字,如10/30,10表示磨口大端的直径为10 mm,30表示磨口的高度为30 mm。学生使用的常量仪器一般是19号的磨口仪器,半微量实验中采用的是14号的磨口仪器。

使用磨口仪器时应注意以下几点:

(1) 磨口仪器使用后应及时清洗,否则磨口仪器容易黏结在一起,不易拆开。如果发生此情况,可用热水煮黏结处或用电吹风吹磨口处,使其膨胀而脱落,还可用木槌轻轻敲打黏结处。

(2) 带旋塞或具塞的仪器清洗后,应在塞子和磨口的接触处夹放纸片或抹凡士林,以防黏结。

(3) 一般使用时,磨口处无须涂润滑剂,以免粘有反应物或产物。但是反应中使用强碱时,则要涂润滑剂,以免磨口连接处因碱腐蚀而黏结在一起,无法拆开。当减压蒸馏时,应在磨口连接处涂润滑剂,保证装置密封性好。

1.2.2 常用的实验装置

精细化工实验中常见的实验装置如图1.7所示。