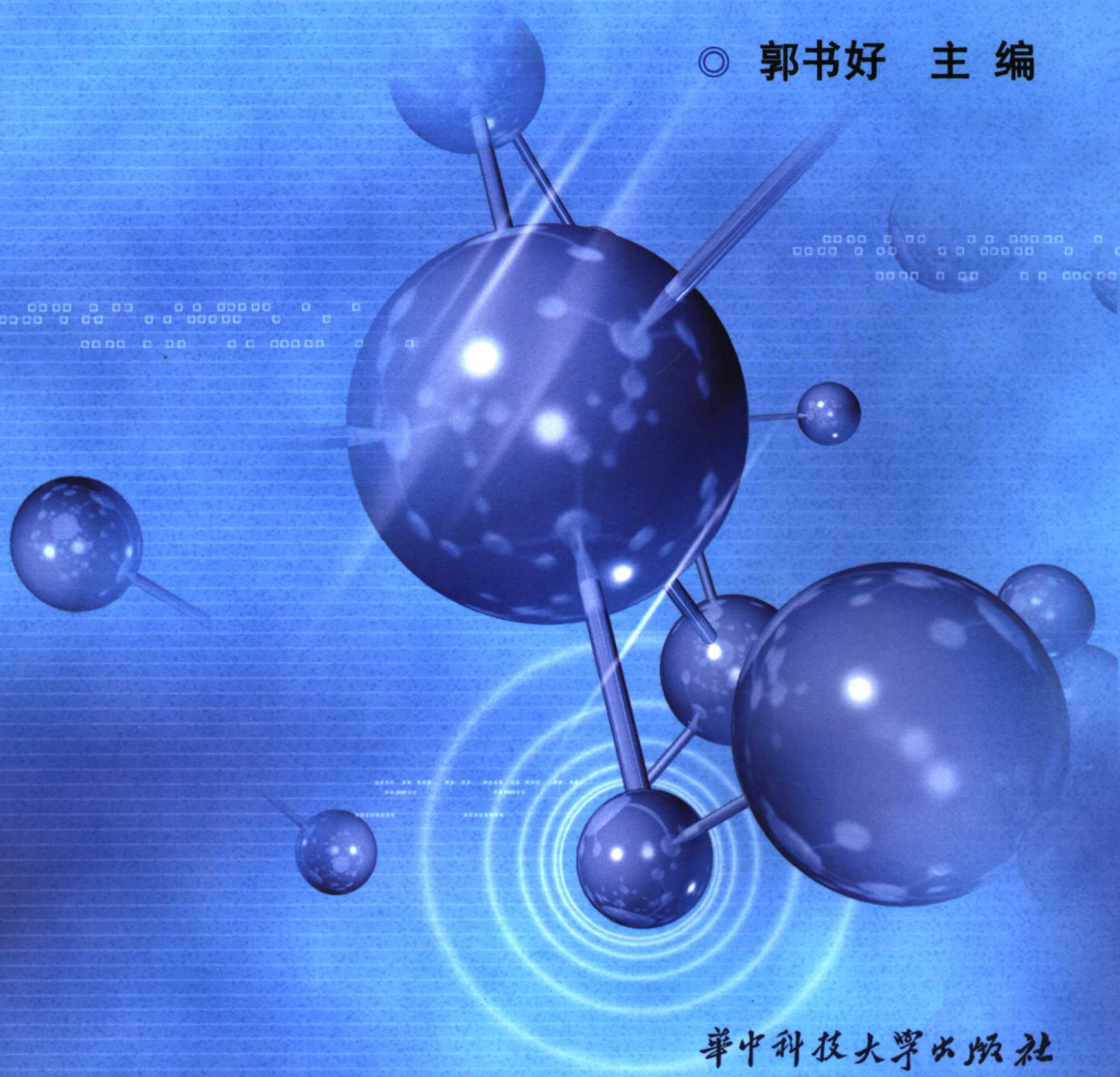


广东省精品课程教材

有机化学实验

(第二版)

◎ 郭书好 主编



华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

广东省精品课程教材

有机化学实验

(第二版)

主 编 郭书好
副主编 唐 渝 张金梅
李毅群 曾向潮

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

有机化学实验(第二版)/郭书好 主编
武汉:华中科技大学出版社,2006年7月
ISBN 7-5609-3708-X

I. 有…

II. 郭…

III. 有机化学-化学实验-高等教育-教材

IV. O62-33

有机化学实验(第二版)

郭书好 主编

策划编辑:陈培斌 刘 锦

封面设计:刘 卉

责任编辑:叶 兰

责任校对:陈 骏

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华大图文设计室

印 刷:湖北开元印刷有限公司

开本:787×1092 1/16

印张:10.75

字数:234 000

版次:2006年7月第2版

印次:2006年7月第2次印刷

定价:20.00元(含CD 1片)

ISBN 7-5609-3708-X/O · 389

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

《有机化学实验》(第二版)是广东省精品课程教材。全书包括有机化学实验的一般知识,基础实验,综合性、设计性实验,有机化学实验课件和附录等五部分。本次修改为适应多种专业的需求,实验内容有较大变动,除保存原书特色——实验与指导书合并出版外,引进新方法、新反应,强化绿色化学理念、减少能源消耗,增加立体化学教学内容,增设综合性、设计性实验,有利于学生自主学习,提高实践能力和创新意识。本书可供化学化工、生命科学、医学、药学、食品、材料、环境、师范等相关专业不同层次的学生使用,也可供有关实验工作人员参考。

第一版前言

《有机化学实验与指导》是参照有关教学大纲的要求,结合暨南大学的特点和教学经验,在原《有机化学实验》讲义的基础上,进行修改补充并增加“实验指导”内容编写而成。

全书分为有机化学实验的一般知识、基本实验、参考实验和附录等四部分。本书的编写根据非化学专业学生的特点、兴趣和需要,以训练学生的基本实验技能为重点。在内容的安排上,除选用了少量专门的基本操作实验外,还选择了部分时间短,原料易得、毒性小,又有实际意义的制备实验。特别强调了重要的基本操作。为了增加学生对有机物的感性认识,减少与中学化学实验重复的内容,我们仅选编了少量有特色的性质实验。

实验指导是做好实验必不可少的教学辅导环节,因此,我们在基本实验部分特地增加了这部分内容,以便于学生预习和了解实验的关键问题,启发学生进一步深入思考。对有些基本操作或实验技术,则在有关制备实验中作了介绍,并在实验指导中进行了简要说明,这样既可以减少篇幅,又能通过有限的实验,使学生掌握从事有机化学实验的能力和技巧。

此外,在第三部分我们还选编了一些较复杂的多步反应,外消旋体的拆分,有机化学的新技术、新反应(如相转移催化反应、光化学反应、微型实验等),以及有关研究成果等作为参考实验,供师生参考,同时,也可用于不同专业实验的调整。

为了便于查阅,书后附录中选编了有机化学常用的辞典、手册、实验参考书书目,化学物质的毒性和常用试剂的配制方法等资料。

本书是暨南大学化学系有机化学教研室长期以来教学经验的集体总结。在编写过程中得到了该教研室全体教师的关心和支持,具体参加编写工作的有郭书好副教授、罗新祥副教授、阮秀兰高级实验师、蒋笃孝副教授四位同志,实验部分由郭书好、阮秀兰通读整理,全书由郭书好定稿。

本书可供食品、生物、医学各有关专业(本科和专科)选用。

本书在筹备出版过程中得到暨南大学出版社、暨南大学教务处、化学系的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中错误在所难免,热诚欢迎读者批评指正。

编 者

1995年10月

第二版前言

《有机化学实验》(第二版)(立体化教材)是在暨南大学郭书好等编写《有机化学实验与指导》(第一版)的基础上,根据21世纪我国高等教育培养目标的要求,结合近年来我们开展的广东省、教育部教学研究项目的成果修订而成,在内容和方法上都有较大更新,减少了验证性实验,增加了综合性、设计性实验。我们的修订原则是:厚基础,宽专业,适应性广,突出综合性、绿色化学理念。在修改过程中,我们力图使实验内容有代表性,覆盖面广,且较精练,既减少篇幅,又能满足更多专业的需要。因此,我们把某些基本操作(如萃取、分馏、升华等)结合在实验中介绍。各基础实验后面均附有实验指导。在综合性实验中,有的实验仍按基础实验模式编写;有的合成如(±)-1,1'-联-2-萘酚实验,提供了常规有机溶剂法、无溶剂法、微波法、水溶剂法、催化法等多种方案,有利于探索性比较,以供不同院校、专业选择。全书包括有机实验的一般知识,基础实验(含实验指导书),综合性、设计性实验,附录和实验光盘等。本书包括暨南大学、广州中医药大学多年来的成功实验和科研成果,可供应用化学、化工、生命、医学、药学、食品、材料、师范等相关专业不同层次的学生使用。

本书的特色如下。

(1) 采用立体化教学,以学为主。本书充分利用编者多年来的教学研究成果,制成了《有机化学实验课件》与实验教材配套,有利于学生自主学习,提高实践能力。

(2) 全书突出绿色化学理念,适应面广。本书以小量、半微量实验为主,减少实验毒性,注意引入环境友好试剂、溶剂和微波反应等。注意联系实际,增强综合利用,减少消耗,提高学生的学习兴趣,适应多种相关专业使用。

(3) 强化基础,重视综合性、设计性。本书在加强基本操作、技术、基础实验,提高学生实践能力的同时,增设综合性、设计性实验,有利于培养学生的创新意识。

(4) 实验指导齐全。本教材按省级精品课程建设的规划要求,编写了有机实验指导书合并出版,有利于学生自主学习,适应于开放实验。

本书由暨南大学、广州中医药大学的有机化学教师共同修订。参加修订的教师有暨南大学的郭书好、李毅群、唐渝、张金梅、曾向潮、徐石海、李药兰和广州中医药大学的王涛、何建峰、李熙灿、陈传兵等,全书由郭书好、李毅群、张金梅通读,由郭书好定稿。

本书出版得到广东省精品课程建设专项基金及暨南大学资助。在筹划及出版过程中,暨南大学教务处、生命科技学院、化学系领导,华中科技大学出版社都给予关心和支持,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正!

编 者

2006年6月

目 录

第一部分 有机化学实验的一般知识	(1)
1.1 实验室规则	(1)
1.2 实验室的安全	(1)
1.2.1 着火事故的预防及处理	(1)
1.2.2 爆炸事故的预防	(2)
1.2.3 割伤、烫伤、灼伤的预防及处理	(2)
1.2.4 中毒的预防及处理	(3)
1.2.5 安全用电	(3)
1.3 有机化学实验室的常用仪器、装置和设备	(3)
1.3.1 普通玻璃仪器	(3)
1.3.2 磨口玻璃仪器	(3)
1.3.3 常用金属用具	(4)
1.3.4 有机实验的常用装置	(5)
1.3.5 其他仪器设备	(5)
1.4 玻璃仪器的洗涤和干燥	(13)
1.4.1 玻璃仪器的洗涤	(13)
1.4.2 玻璃仪器的干燥	(14)
1.5 磨口玻璃仪器的保养	(14)
1.6 实验预习、实验报告的基本要求及示例	(15)
1.6.1 实验预习及实验记录	(15)
1.6.2 实验报告	(16)
第二部分 基础实验	(20)
2.1 基本操作实验	(20)
实验1 简单玻璃工操作	(20)
实验2 回收乙醇的蒸馏及乙醇折光率的测定	(23)
实验3 熔点及沸点(微量法)测定	(27)
实验4 重结晶	(30)
实验5 萃取——绿色植物叶色素的提取	(34)
实验6 薄层色谱	(37)
实验7 用柱色谱法分离绿色植物叶色素	(40)
实验8 石油醚的纯化与干燥	(42)
实验9 水蒸气蒸馏	(45)
实验10 减压蒸馏	(47)

实验 11	旋光度的测定	(49)
2.2	提取与合成实验	(51)
实验 12	环己烯的制备与分馏	(51)
实验 13	2-氯-2-甲基丙烷的制备	(53)
实验 14	正溴丁烷的制备	(55)
实验 15	正丁醚的制备	(57)
实验 16	苯乙醚的制备	(59)
实验 17	2-硝基-1,3-苯二酚的合成	(61)
实验 18	食品抗氧化剂 TBHQ 的合成	(63)
实验 19	三苯甲醇的制备	(65)
实验 20	苯乙酮的制备	(67)
实验 21	邻-硝基苯酚、对-硝基苯酚的制备	(69)
实验 22	辛烯醛的制备	(72)
实验 23	环戊酮的制备	(73)
实验 24	呋喃甲酸和呋喃甲醇的制备	(74)
实验 25	双酚 A 的制备	(76)
实验 26	肉桂酸的制备	(78)
实验 27	己二酸的制备	(80)
实验 28	生长素 2,4-D 的制备	(81)
实验 29	羧酸酯的制备	(83)
实验 30	乙酸乙酯的制备	(85)
实验 31	丁二酸二丁酯的制备	(87)
实验 32	蒽与马来酸酐的双烯合成	(89)
实验 33	邻氨基苯甲酸的制备	(90)
实验 34	乙酰苯胺的制备	(93)
实验 35	丙烯酰胺的制备	(94)
实验 36	偶氮苯的光化异构化和鉴定	(96)
实验 37	反式肉桂酸的光化二聚	(97)
实验 38	酸性橙 II (2 号橙) 染料的合成和织物的染色	(98)
实验 39	7,7-二氯二环[4,1,0]庚烷的制备	(101)
实验 40	乙酰水杨酸(阿司匹林)的制备	(103)
实验 41	巴比妥酸的制备	(104)
实验 42	2-氨基-1,3,4-噻二唑的制备	(106)
实验 43	从茶叶中提取咖啡因与升华	(107)
实验 44	用酸醇法从黄檗中提取黄连素	(110)
2.3	性质实验	(111)
实验 45	脂肪烃和芳香烃的性质	(111)
实验 46	卤代烃及醇、酚、醚的性质	(114)

实验 47	醛、酮、羧酸及其衍生物的性质	(116)
实验 48	胺及氨基酸的性质	(119)
实验 49	糖的性质鉴定	(121)
第三部分	综合性、设计性实验	(124)
实验 50	三组分混合物的分离	(124)
实验 51	有机化合物的鉴别实验	(125)
实验 52	用甘蔗渣制备 CMC-Na	(126)
实验 53	乙酰乙酸乙酯的合成	(127)
实验 54	从红辣椒中提取、分离红色素	(128)
实验 55	植物生长调节剂——ACC 的合成	(131)
实验 56	(±)-1,1'-联-2-萘酚的合成和拆分	(132)
实验 57	苦杏仁酸的合成和拆分	(136)
实验 58	紫罗兰酮的合成	(138)
实验 59	用苯甲醛合成 1,4-二苯基-1,3-丁二烯	(139)
I	肉桂醛的制备	(141)
II	1,4-二苯基-1,3-丁二烯(简称 DPB)的制备	(142)
实验 60	合成苯亚甲基苯乙酮	(141)
I	苯乙酮的制备	(141)
II	苯亚甲基苯乙酮的制备	(141)
实验 61	合成二苯基羟乙酸	(142)
I	安息香的辅酶合成	(142)
II	二苯基乙二酮的合成	(145)
III	二苯基羟乙酸的合成	(146)
实验 62	合成己内酰胺	(147)
I	环己酮的制备	(147)
II	环己酮肟的制备	(148)
III	己内酰胺的制备	(148)
第四部分	有机化学实验课件(光盘)	()
1.	有机化学实验常用仪器设备	
2.	玻璃仪器的清洗和干燥	
3.	加热器具及选用	
4.	常用有机合成装置	
5.	蒸馏	
6.	溶解和热过滤	
7.	结晶	
8.	固体产品的干燥	
9.	萃取	
10.	旋光度的测定	

11. 卤代烃与硝酸银乙醇溶液作用
12. 醇与卢卡氏试剂作用
13. 碘仿反应
14. α -萘酚试验
15. 吐伦试验
16. 本尼迪特试验
17. 成脎试验
18. 斐林试验
19. 氨基酸与茚三酮作用
20. 微型有机化学实验——双烯合成
21. 薄层板的涂布
22. 薄层色谱法的操作及应用
23. 样品液的制备
24. 双波长薄层扫描法概述
25. 薄层扫描定量分析示例
26. 甘蔗制糖及综合利用

附录	(151)
附录一 常用元素相对原子质量简表	(151)
附录二 与水形成的二元共沸物	(152)
附录三 常用酸碱溶液密度及百分组成表	(152)
附录四 常用有机溶剂的沸点和密度表	(154)
附录五 有机化合物手册中常见的英文缩写(部分)	(155)
附录六 部分常见化学物质的毒性	(155)
附录七 各种气体和蒸气在空气中的爆炸极限(可燃性极限)	(157)
附录八 常用法定计算单位	(157)
附录九 常用试剂的配制和纯化	(160)
附录十 有机化学常用辞典、手册和实验参考书	(162)

第一部分

有机化学实验的一般知识

1.1 实验室规则

有机化学实验是有机化学学科的基础,是学习有机化学的一个重要方面。为了保证实验的顺利进行,培养良好的实验习惯和工作作风,必须遵守下列实验室规则:

- (1) 实验前要做好一切准备工作,预习有关内容,做到心中有数;
- (2) 在实验室内不得穿拖鞋或凉鞋,应穿实验工作服以保护身体,必要时戴护目镜;
- (3) 在实验室内应遵守秩序,保持安静,实验时要集中精神,认真操作,仔细观察,要善于独立思考并如实做好实验记录,不得擅自离开;
- (4) 听从教师指导,注意安全,严格按照操作规程进行实验,如发生意外事故应立即报请教师处理;
- (5) 要爱护公物,公用器材用完后放回原处,注意节约水、电和实验试剂,损坏仪器要及时报损补齐;
- (6) 不得将有毒药品、试剂带出实验室;
- (7) 完成实验后,应保持仪器、桌面、地面、水槽的整洁,然后检查水、电、煤气、气瓶是否关好,经教师检查同意后方能离去。

1.2 实验室的安全

在进行有机化学实验操作时,要接触各种化学试剂、使用多种电器设备和玻璃仪器、会用到明火并处理废弃物等,而有机试剂大多易燃、易爆、有毒,如使用不当,易引起着火、中毒事故。为了保障学生顺利地完成任务并在将来工作时具有一定的预防与处理事故的知识与能力,在实验课内,教师介绍事故的预防与处理的常识是十分必要的。实验事故的预防及处理首先是指对于可能发生的事故采取防范措施,同时还应清楚在事故发生后,如何正确、迅速、果断地处置,以控制、消灭事故,使损失减少至最小限度。

需要强调指出的是,应当以预防为主,把事故消灭在萌芽状态。所以,在本书各个实验中,均有安全提示的内容。学生在进入实验室之前,应仔细阅读,做好预防准备工作。

1.2.1 着火事故的预防及处理

实验室使用的有机溶剂大多是易燃的,着火是有机实验室里较易发生的事故,必须充分注意,预防事故的发生。

(1) 正确使用酒精灯、酒精喷灯和电热设备,严格检查各种不安全因素,发现问题及时处理。

(2) 不能使用烧杯或敞口容器盛装易燃物,加热时,应根据实验要求和易燃物的特点选择热源;蒸馏乙醚、丙酮等低沸点易燃液体时,必须远离明火。

(3) 使用金属钠时应谨慎,不能将其与水接触;含有钠残渣的废物不得倾倒入水槽或废物缸内,应用乙醇处理销毁。

(4) 实验室不要存放大量易燃物,实验台面不准摆放易燃物。

(5) 如发生着火,必须保持镇静,不要慌张,及时采取措施,控制事故的扩大;首先关闭、电源、切断火源,移开未着火的易燃物,然后根据易燃物的性质和火势采用不同的方法扑灭:① 容器内着火,可用石棉网、湿布盖灭,绝不要用力去吹;② 打翻容器着火,可用大块湿布、麻袋或沙扑灭,再用灭火器扑灭,千万不要用水冲;③ 衣服着火可用麻袋裹灭,或赶快卧倒在地上滚灭,切勿乱跑;④ 轻微烧伤可涂万花油或烧伤油膏,若受伤较重,迅速送往医院治疗。

1.2.2 爆炸事故的预防

爆炸的破坏力极大,应严加防止。以下几点应特别注意:

(1) 乙醚应放置在阴凉远离明火处,放置稍久的乙醚,使用前必须检查是否有过氧化物形成,若有,应除去过氧化物再进行蒸馏,否则蒸馏时会发生剧烈爆炸;

(2) 在空气未除尽前,切勿点燃氢气、乙烯或乙炔等气体;

(3) 金属钠、钾遇水易燃烧、爆炸,使用时应特别小心;

(4) 在进行蒸馏、分馏或回流等操作时,要检查整个装置是否有连通大气的通道,不能是密闭系统;在进行减压蒸馏时,要检查所用容器的质量,器壁过薄、器皿有伤痕、平底烧瓶等在减压时易发生爆炸;所以,在进行减压蒸馏时,要有安全保护装置。

此外,有机药品中还有其他易燃易爆物质,如苦味酸、三硝基甲苯、叠氮化物、雷酸银等,使用时应多加注意。总之,必须先了解清楚实验物质的性能,然后进行操作,切不可大意。

1.2.3 割伤、烫伤、灼伤的预防及处理

1. 割伤

玻璃仪器使用不当造成破损时,碎片易割伤皮肉。如使用带锋利边口的玻璃管,用橡皮管连接玻璃管,将玻璃管或温度计插入软木塞或橡皮塞时,由于操作不当易引起割伤。若已被割伤,应先把伤口处的玻璃屑取出,涂上碘酒,再用消毒纱布包扎。严重割伤时,应送医院处理。

2. 烫伤

在基本操作实验中,常有烫伤事故发生,操作时应多加注意。轻伤者,可涂万花油或烧伤油膏。

3. 灼伤

实验时,使用强酸、强碱、溴等,若不注意,可能会造成灼伤事故。因此,取用有腐蚀性的化学药品时,应小心操作,如有可能,应戴橡胶手套和防护眼镜。

发生灼伤时,要根据不同的灼伤情况采取不同的处理方法。

(1) 被酸、碱灼伤时,应立即用大量清水冲洗,然后,酸灼伤用3%~5%的碳酸氢钠溶液

洗,碱灼伤用2%的醋酸溶液洗,最后再用水冲洗;严重灼伤者要消毒灼伤面,并涂上抗生素软膏,送医院治疗。

(2) 被溴灼伤时,应立即用大量清水冲洗,再用酒精擦至无溴液存在,然后涂上甘油或烧伤油膏。

此外,除金属钠以外的任何药品溅入眼内,都要立即用大量清水冲洗,酸溅入时,再用1%的碳酸氢钠溶液冲洗;如还未恢复正常,应立即送医院治疗。

1.2.4 中毒的预防及处理

实验室里的中毒事故主要是由于吸入有毒气体或吞服有毒物质所引起的,有些毒物也可能从割伤或灼伤的皮肤渗入体内,一般应注意以下几点:

(1) 任何药品都不得入口,严禁在实验室内进食;

(2) 使用有毒药品时,不要沾到皮肤上,特别是有伤口的地方,如手上沾染过药品,应用肥皂和冷水洗涤,不可用热水,以免皮肤上的毛孔扩张,反而使药品更容易渗入,也不可用有机溶剂洗手;待用的有毒或有刺激性气味的药品,应放在通风橱内;

(3) 如打破水银温度计、压力计,应及时报告,尽可能设法回收,余留的残迹,可用三氯化铁溶液或硫黄粉处理;

(4) 在进行有毒或有刺激性气体散发的实验时,应当在实验室的通风橱内进行。

一旦发现中毒或过敏现象,应立即送医院治疗。

1.2.5 安全用电

实验室安全用电是为了防止电器起火和防止实验者发生触电事故,保障人身、财产安全和实验的顺利进行。

实验指导者应了解实验室电源的最大负荷,计算实验时所用的电器全部同时打开时,是否有超载现象;实验时要观察电源是否发热、发烫,是否有糊味气体散发和实验室内是否有电气材料老化现象。若发现异常现象,应立即切断电源,请人抢修,不能拖延,以免发生意外。

1.3 有机化学实验室的常用仪器、装置和设备

1.3.1 普通玻璃仪器

常用的玻璃仪器如图1-1所示。使用玻璃仪器皆应轻拿轻放,除少数仪器(如试管等)外,都不能直接用火加热。锥形瓶不耐压,不能作减压用。厚壁玻璃器皿(如抽滤瓶等)不耐热,不能加热。广口容器(如烧杯等)不能用来贮放有机溶剂。带活塞的玻璃器皿用过洗涤后,在活塞与磨口间应垫上纸片,以防粘住。此外,不能将温度计用做搅拌棒,也不能用来测量超过刻度范围的温度。温度计使用后要缓慢冷却,不可立即用冷水冲洗,以免温度计因温度骤然变化而炸裂。玻璃仪器用完后都要及时清洗、晾干。

1.3.2 磨口玻璃仪器

在有机实验室中,还常用到带有标准磨口的玻璃仪器(图1-2)。这种仪器具有标准化、通用

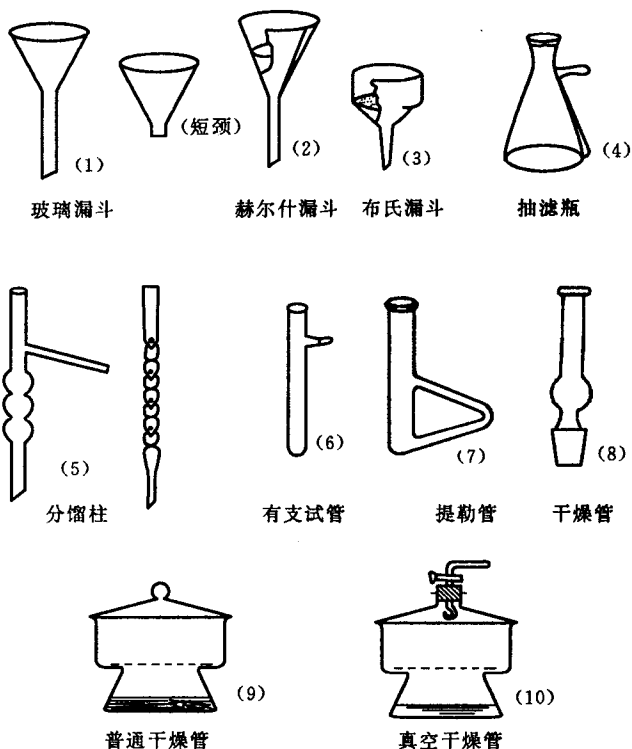


图 1-1 普通玻璃仪器

化、系列化的特点。仪器和仪器之间进行组合时,相同编号的标准磨口可以相互连接,编号不同的仪器可借助不同编号的磨口接头使其相互连接。

由于玻璃仪器容量大小及用途不一,故有不同编号的标准磨口。通常应用的标准磨口有 10、14、19、24、29、34、40、50 等多种。这里的编号数字是指磨口最大端的直径(以毫米为单位)。有的磨口玻璃仪器也常用两个数字表示磨口大小,例如 14/30 则表示此磨口处直径为 14 mm,磨口长度为 30 mm。

使用标准磨口玻璃仪器须注意:

- (1) 磨口必须干净,不得粘有固体物质,否则会使磨口对接不紧密,甚至损坏磨口;
- (2) 用完后要立即拆卸洗净,否则,磨口的连接处会粘牢,很难拆开,洗涤时宜用洗衣粉,不要用去污粉,以免损坏磨口;
- (3) 一般使用时,磨口无须涂润滑剂,以免污染反应物或产物,若反应中有强碱,则应涂润滑剂,以免磨口连接处因受碱腐蚀而粘牢,无法拆开;
- (4) 安装磨口仪器时,应注意整齐、正确,使磨口连接处不受歪斜的应力,否则仪器易破裂。

1.3.3 常用金属用具

有机实验中常用的金属用具具有铁架、铁夹、铁圈、三脚架、水浴锅、镊子、剪刀、圆锉刀、压塞

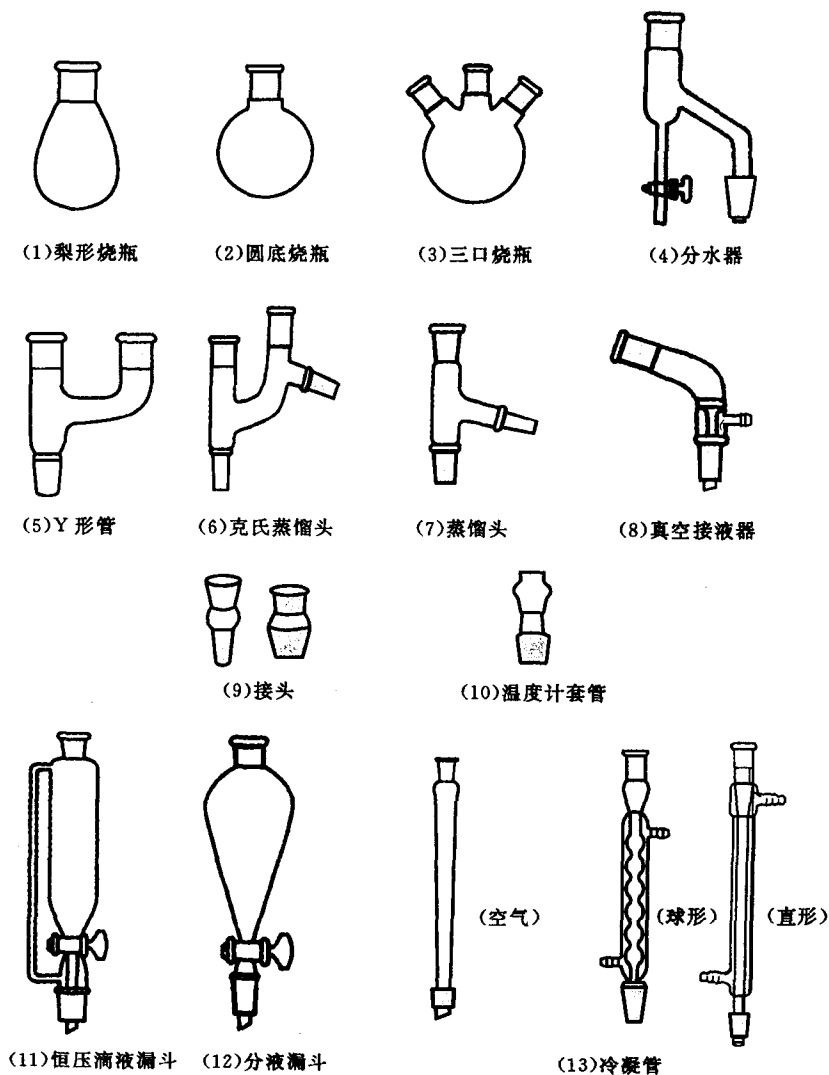


图 1-2 标准磨口玻璃仪器

机(图 1-25)、水蒸气发生器(图 1-14(A))、打孔器、三角锉刀、煤气灯、不锈钢刮刀和升降台等。

1.3.4 有机实验的常用装置

常用的仪器装置如图 1-3 至图 1-16 所示。

1.3.5 其他仪器设备

(1) 烘箱：实验室内一般使用的是恒温鼓风干燥箱，主要用来烘干玻璃仪器或烘干无腐蚀性、热稳定性比较好的药品；使用时应注意温度的调节和控制，干燥玻璃仪器应先沥干水分再放入烘箱，温度一般控制在 $100\sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

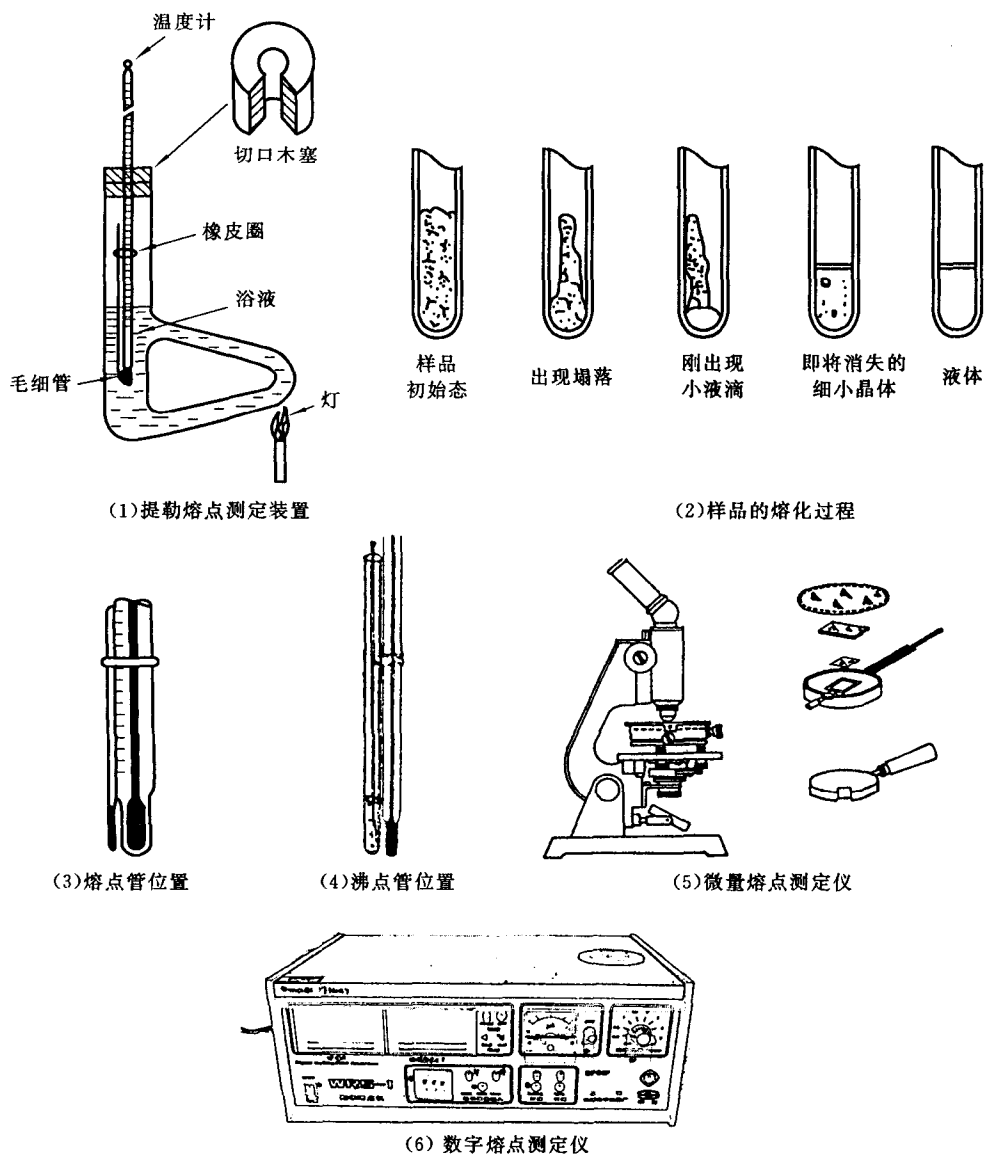


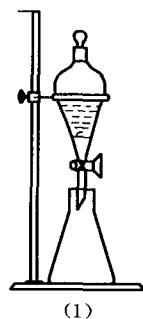
图 1-3 熔点(沸点)测定装置

(2) 调压变压器:主要是通过调节电压来调节电炉的加热温度或电动搅拌器的转动速度。

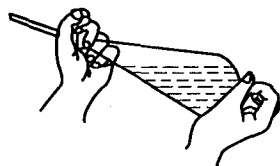
(3) 磁力搅拌器(图 1-18):是通过磁场的不断旋转变化的来带动容器内磁子随之旋转,从而达到搅拌的目的,一般有控制转速和加热装置。

(4) 旋转蒸发器(图 1-19):旋转蒸发器的主要部件包括由马达带动可旋转的蒸发器(圆底烧瓶)、冷凝器和接收器,可在常压或减压下操作,可一次进料,也可持续进料。

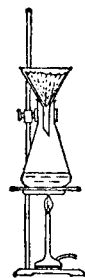
(5) 电吹风:实验室内使用的电吹风应可吹冷风和热风,宜放置在干燥处,注意防潮、防腐蚀。



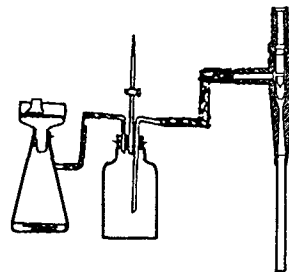
(1)



(2)



(1)热过滤



(2)抽滤

图 1-4 萃取装置(分液漏斗的使用)

图 1-5 重结晶装置

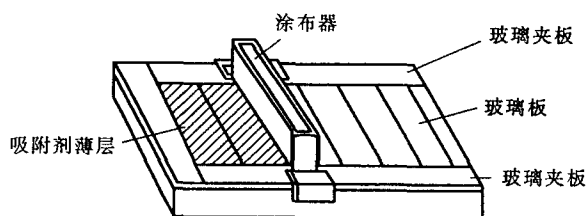


图 1-6 薄层涂布器

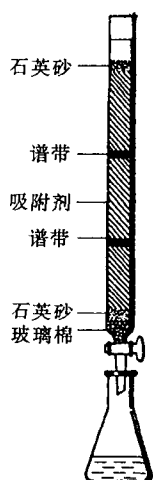
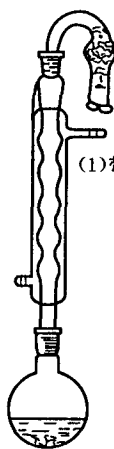
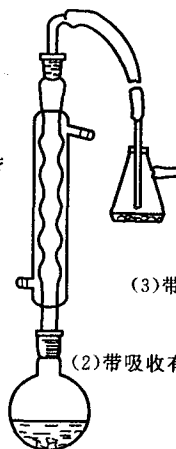


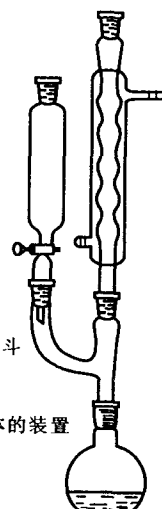
图 1-7 柱色谱装置



(1)



(2)



(3)

图 1-8 回流装置