



普通高等教育“十二五”规划教材

Fine Organic Synthesis Experiment

精细有机合成实验

杨黎明 陈捷 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十二五”规划教材

精细有机合成实验

杨黎明 陈捷 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

《精细有机合成实验》主要包括精细化工产品制备过程中所涉及的有机合成反应,可作为《精细有机合成原理及工艺》课程配套的实验课程。本书根据精细有机合成原理及工艺理论课程的卤化、磺化、氧化、还原、重排、缩合、烷化、酰化、合成设计的内容,共编入三十个实验;将其分成为基本知识、技术及单元反应,综合性多步合成实验,设计性合成实验和开放性研究实验四个层次。

本书可作为高等院校、师范院校的应用化学、化学工程与工艺及相关专业的有机合成实验的教学用书和参考教材,也可供化学、化工及相关领域的科技生产技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

精细有机合成实验 / 杨黎明, 陈捷主编. —北京:
中国石化出版社, 2011. 3
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5114-0815-0

I. ①精… II. ①杨… ②陈… III. ①精细化工-有机
合成-实验-高等学校-教材 IV. ①TQ2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 027746 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式
或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 179 千字

2011 年 4 月第 1 版 2011 年 4 月第 1 次印刷

定价:20.00 元

致 谢

本教材得到了上海市教委和上海大学重点课程建设项目“精细有机合成原理与工艺”及上海大学重点教材建设项目“精细有机合成实验”的资助，同时也得到了上海市教育高地建设“化学工程与工艺专业”项目的资助，作者在此一并感谢！

本教材在编写和实验的实施过程中，得到了上海大学化工系樊爱娟、周忠华老师的关心和帮助，在此也表示深切的谢意！

前 言

化学工程与工艺专业是实验性非常强的学科，在教学过程中，学生必须经过严格的专业实验训练。化工系开设的精细有机合成实验是与专业必修课“精细有机合成原理及工艺”配套的一门非常重要的专业实验课程，它不仅使化学工程与工艺专业学生的动手、观察、记忆、想象、思维等多种能力得到训练和全面发展，而且也能培养学生崇实、求是的科学态度，严谨的科学作风，富于探索和勇于创新的精神。因此，精细有机合成实验在培养学生的综合科学实验能力，提高化工类学生的社会竞争能力及综合素质方面是必不可少的。

本课程根据教学内容，构建了实验水平梯度，拉开了实验的难度档次，开设菜单式的实验以供学生自主选择。学生可以根据自身情况及目标定位，选择不同的实验，取得相应的实验成绩。

本书将精细有机合成实验分成四个层次。

第一层次是根据教学大纲规定，精细有机合成实验要求每个学生必须掌握的基本知识、技能及基础性的单元反应合成的工艺，精细有机合成的基本知识强调了规章制度和安全常识；只有遵守规则、安全操作才能确保合成实验的顺利实施。通过安全教育，使学生清楚地知道如何预防常见有机合成反应的实验事故和对突发事故的应急处理，最大限度地避免伤害事故的发生，确保人身安全。要求学生实验前充分预习、拓展思路，以避免实验过程中出现不必要的差错，减少事故发生的可能性。实验过程中认真观察、记录，使学生亲身体会科学实验的过程和实质，培养学生严谨的科学作风。实验结束后，认真撰写实验报告，消化、吸收所学的理论、技术和方法，提高实验技巧和实验技能，培养学生良好的科学实验精神。基础性单元反应实验结合精细有机合成原理与工艺、日用化工、精细化学品等课程的内容，以卤化、磺化、氧化、还原、重排、烷化、酰化、缩合等反应的基础理论知识为主要背景合成精细化学产品，再结合多个常规有机化学操作，例如分离、提纯、测定熔点，利用现代化仪器(红外光谱仪等)定性验证该产品的结构。每个单元都有2个以上可供选择的有机合成反应，共开设22个实验。要求所有的学生根据自己和实验室的实际情况，每个单元至少选择1个实验。

第二层次是综合性多步合成实验。合成的化学品必须是多个单元反应结合起来，以最基本的石油化工产品为原料，经过多步合成，多个单元操作过程得

到具有高附加值的精细化学品。本层次共开设4个经多步反应才能得到精细化学产品的实验，有的是二个单元反应串在一起，有的是三个单元反应串在一起；有的是四个单元反应串在一起，要求学生任选其中一个精细化学品的合成。

第三层次为设计性实验。学生在总结所学知识及实验基础上，通过查阅最新资料后，对某一高附加值的精细化学品设计出多条合成工艺路线。比较出它们各自的优缺点，根据绿色化学的原则，选出其中一个最优化方案。要求学生弄清基本原料的来源、价格、物理化学性质等，并写出实验实施报告，包括：实验原理、实验装置、实验步骤、产品分离检测方法、注意事项等。本层次提供多个参考性实验供选择，学生也可自拟方案经指导教师批准后实施。学生至少选做一个设计性实验。

第四层次为研究开放性实验。结合学校组织大学生创新性实验，自拟课题，利用开放性实验室，为一些优秀学生提供科研工作条件，鼓励他们对感兴趣的课题进行探索性实验，或承担来自工厂等单位的科研课题，培养学生提出问题、分析问题、解决问题的综合能力和创新性的科学思维方式。并利用学校导师制的优势，为这些优秀学生配备导师提供及时的帮助和指导。

本书在实验内容上强调理论联系实际，使学生既知其然又知其所以然，让学生认识到精细有机合成的实验是一门真实的实验科学。注重基本理论知识与实际应用的精细化学品相结合，选择应用性背景强的实验，对精细化学产品的用途重点进行了介绍，让学生对所做的实验产生浓厚的兴趣，拓展了学生思路，激发了学生的求知欲望，强化了理论联系实际的意识。

本实验书以半微量的规模进行有机合成反应，节约了药品，减少了精细有机合成实验的污染，倡导学生根据绿色化学与清洁生产原则，通过原料、溶剂、催化剂等研究对传统有机合成工艺路线进行改革，注重学生创新思维和创新能力的培育。附录中列出了易爆、易燃、有毒有害危险化学品，增强学生的环保、绿色意识。

鉴于学科的不断发展，本课程的部分内容可能只是初步和暂时的，我们力争在实践中不断充实和修改。另外，由于编者水平有限，难免存在遗漏、错误以及不妥之处，恳请读者予以指正。

编者

目 录

第一层次 精细有机合成基本知识、技术及 基础性单元反应实验

第一章 精细有机合成实验基本知识	(3)
一、实验室规章制度与安全常识	(3)
(一)实验室规章制度	(3)
(二)实验室安全常识	(3)
二、常见事故预防和处理	(4)
(一)火灾事故的预防和处理	(4)
(二)中毒事故的预防和处理	(5)
(三)灼烫伤和割伤的预防和处理	(6)
(四)爆炸事故的预防	(6)
(五)触电事故的预防和处理	(7)
三、常用的有机合成反应装置	(7)
(一)回流装置	(7)
(二)蒸馏装置	(8)
(三)气体吸收装置	(8)
(四)搅拌装置	(9)
(五)实验装置的装配方法	(10)
(六)减压蒸馏装置	(11)
(七)旋转蒸发仪的使用	(12)
四、实验预习、记录和实验报告	(13)
(一)实验预习	(13)
(二)实验记录	(13)
(三)实验报告	(13)
第二章 精细有机合成实验的基本技术	(14)
一、加热与冷却	(14)
(一)加热	(14)
(二)冷却	(14)
二、分离与提纯	(15)
(一)液体有机物的分离与提纯	(15)
(二)固体有机物的分离与提纯	(15)

(三) 色谱分离技术	(18)
(四) 萃取与洗涤	(22)
三、干燥及干燥剂	(24)
(一) 气体的干燥	(24)
(二) 固体有机化合物的干燥	(25)
(三) 液体有机物的干燥	(25)
四、波谱分析简介	(26)
(一) 红外光谱	(27)
(二) 拉曼光谱	(29)
(三) 紫外光谱	(31)
(四) 核磁共振谱(Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy, NMR)	(34)
第三章 卤化反应	(39)
实验一 植物生长素: 2, 4-二氯苯氧乙酸的合成	(39)
实验二 Sandmeyer 反应: 对氯甲苯的合成	(41)
实验三 增塑稳定剂: 7, 7-二氯双环[4. 1. 0]庚烷的合成	(43)
第四章 磺化反应	(44)
实验四 阴离子表面活性剂: 十二烷基硫酸钠的制备	(44)
实验五 磺胺药物: 对氨基苯磺酰胺的制备	(46)
第五章 氧化反应	(48)
实验六 药物中间体: 对硝基苯甲酸的合成	(48)
实验七 高聚物单体: 己二酸的合成	(50)
第六章 还原反应	(51)
实验八 防晒剂: 对氨基苯甲酸的合成	(51)
实验九 香料: 氢化肉桂酸的制备	(53)
第七章 重排反应	(55)
实验十 香料中间体: 邻氨基苯甲酸合成	(55)
实验十一 尼龙-6 单体: ϵ -己内酰胺合成	(57)
实验十二 农药中间体: 片呐酮的合成	(59)
第八章 烷化反应	(60)
实验十三 Williamson 反应: 香料 β -萘乙醚的合成	(60)
实验十四 Leuckart 反应: (\pm)- α -苯乙胺的合成	(62)
第九章 酰化反应	(64)
实验十五 药物阿司匹林: 乙酰水杨酸的合成	(64)
实验十六 官能团的保护: 乙酰苯胺的合成	(66)
第十章 缩合反应	(68)
实验十七 Cannizzaro 反应: 苯甲醇、苯甲酸的合成	(68)
实验十八 Pechmann 反应: 荧光增白剂(4-甲基-7-羟基香豆素)的制备	(71)
实验十九 Skraup 反应: 8-羟基喹啉的制备	(73)
实验二十 Perkin 反应: 肉桂酸的制备	(75)
实验二十一 Knoevenalgel 反应: 香豆素-3-羧酸的制备	(77)
实验二十二 Diels-Alder 反应: 内型-降冰片烯-顺-5, 6-二羧酸酐的合成	(79)

第二层次 综合性多步合成实验

第十一章 多步合成实验	(83)
实验二十三 二苯甲醇的合成	(83)
实验二十四 催化剂表面指示剂——查耳酮(苯亚甲基苯乙酮)的合成	(86)
实验二十五 蜜蜂信息素：2-庚酮的合成	(89)
实验二十六 安息香辅酶合成及转化：二苯基乙醇酸交酯的合成	(92)

第三层次 多层次设计性合成实验

第十二章 合成设计	(99)
一、合成设计实验目的意义	(99)
二、设计性实验的步骤	(99)
实验二十七 食品防腐剂：尼泊金乙酯的合成	(101)
实验二十八 香料之王：香兰素的合成	(102)
实验二十九 药物中间体：2-羟基查尔酮的合成	(103)
实验三十 镇静药物：苯巴比妥的合成	(104)

第四层次 研究开放性实验

一、原子经济性反应	(107)
二、高效催化剂	(107)
三、避免使用剧毒的化工原料	(107)
四、避免应用有毒有害溶剂	(107)
附录一 实验物品常见警告标识符号	(108)
附录二 试剂规格和适用范围	(109)
附录三 常用有机溶剂的纯化	(110)
附录四 常用易燃、易爆、有毒有害化学危险品	(112)
参考文献	(114)

**第一层次 精细有机合成基本知识、
技术及基础性单元反应实验**

第一章 精细有机合成实验基本知识

一、实验室规章制度与安全常识

(一) 实验室规章制度

- (1) 严格遵守实验课堂纪律，上课不迟到；
- (2) 换好实验服、戴好防护眼镜进入实验室；
- (3) 不高声喧哗、不乱扔纸屑，保持实验室安静、整洁；
- (4) 实验室禁止吸烟、进食，以防火灾和中毒；
- (5) 规范使用电源、火源，以防触电和烧伤；
- (6) 严格药品领用制度，药品由专人管理，并进行分类保管和领用登记；
- (7) 严格遵守操作规程，不得擅自离开，以防事故发生；
- (8) 发生事故及时向指导教师报告；
- (9) 实验完毕，清洗、干燥仪器，保持实验台面整洁；
- (10) 离开实验室，检查水、电、煤气等，排除事故发生的可能性。

(二) 实验室安全常识

(1) 进入实验室开始工作前，应了解煤气总阀门、水总阀门及电闸所在处。最后离开实验室时，一定要关闭水、电、煤气的总阀门，锁好门窗。

(2) 使用煤气灯时，应先将火柴点燃，再打开煤气阀门。千万不能先开煤气，这样易引发事故。火力的大小和强弱，应根据实验的需求进行调节。使用时，应做到火着人在，人走火灭。

(3) 使用电器设备(如烘箱、恒温水浴、离心机、电炉等)时严防触电，绝不可用湿手或在眼睛旁视时开关电闸和电器开关。实验室需使用三芯插座，严禁随意拖拉电线。

(4) 使用浓酸、浓碱，必须小心操作，避免液体溅出。使用移液管量取这些试剂时，必须使用橡皮球，绝对不能用口吸取。若不慎溅在实验台上，必须及时用湿抹布擦洗干净，避免触及皮肤。

(5) 使用可燃物，特别是易燃物(如乙醚、丙酮、乙醇、苯、金属钠等)时，不要大量暴露在桌上，更不能靠近火焰处。量取液体时，须远离火源或将火焰熄灭。使用低沸点有机溶剂时，不准用明火直接加热，只能采用水浴加热，并须带有回流冷凝管。

(6) 如果不慎倾出了相当量的易燃液体，则应按以下方法处理：

① 立即关闭室内所有的火源和电加热器。

② 关门，开启小窗及窗户。

③ 用毛巾或抹布擦拭洒出的液体，并将液体拧到大的容器中，然后再倒入带塞的玻璃瓶中。

(7) 用油浴操作时，应小心加热，不断用温度计测量，不要使温度超过油的燃烧温度；

(8) 易燃、易爆物的残渣(如金属钠、白磷、火柴头)不得倒入污物桶或水槽中，应收

集在指定的容器内。废液应根据物质性质不同分别集中在废液桶内，并贴上标签，以合理处置；有些废液则不可混合，如过氧化物。

(9) 强酸、强碱不能直接倒在水槽中，应先稀释，然后倒入水槽，再用大量自来水冲洗水槽及下水道，以免腐蚀。

(10) 剧毒物品应按实验室的规定办理审批手续后领取。使用时严格按照规定操作，用后再妥善处理。

二、常见事故预防和处理

(一) 火灾事故的预防和处理

一) 预防

(1) 实验室不得存放大量易燃、易挥发性物质。经常检查煤气管道和阀门是否漏气。

(2) 操作和处理易燃有机溶剂(特别是低沸点易燃溶剂)尽可能远离火源，空气中的有机溶剂的蒸气达到某一极限时，遇有明火易发生燃烧爆炸，故不能用敞口容器放置和加热易燃、易挥发的化学药品。倾倒易燃溶剂应远离火源，最好在通风橱中进行。

(3) 应根据实验要求和物质的特性，选择正确的加热方法。如对沸点低于 80℃ 的液体，在蒸馏时应采用水浴，不能直接加热。

(4) 实验前应仔细检查仪器装置是否正确、稳妥与严密；操作要求正确、严格；常压操作时，切勿造成系统密闭，否则可能会发生燃烧爆炸事故；蒸馏易燃溶剂(特别是低沸点易燃溶剂)，整套装置切勿漏气，接受气支管应与橡皮管相连，使余气通往水槽或室外。

(5) 回流或蒸馏液体时应放沸石，以防溶液因过热暴沸而冲出，若在加热后发现未放沸石，则应停止加热，待稍冷后再放，否则在过热溶液中加入沸石会导致液体迅速沸腾，冲出瓶外而引起火灾。

(6) 对易爆炸固体的残渣必须小心销毁(如用盐酸或硝酸分解金属炔化物)；不要把未熄灭的火柴梗乱丢；对于易发生自燃的物质(如加氢反应用的催化剂雷尼镍)及沾有它们的滤纸，不能随意丢弃，以免造成新的火源，引起火灾。

二) 处理

实验中一旦发生火灾切不可惊慌失措，应保持镇静。首先立即切断室内一切火源和电源。然后根据具体情况正确地进行抢救和灭火。常用的方法有：

(1) 在可燃液体燃着时应防止扩大燃烧，立即熄灭附近所有火源，关闭通风器，切断电源并移开附近的易燃物质。少量溶剂(几毫升)着火，可任其烧完，若着火面积较小，可用抹布、湿布、铁片或沙土覆盖，隔绝空气使之熄灭。覆盖时要轻，避免碰坏或打翻盛有易燃溶剂的玻璃器皿，导致更多的溶剂流出而再着火。火势大时可用泡沫或干粉灭火器灭火。

(2) 酒精及其他可溶于水的液体着火时，也可用水灭火。

(3) 汽油、乙醚、甲苯等有机溶剂着火时，应用石棉布或砂土扑灭，绝对不能用水，否则反而会扩大燃烧面积。

(4) 金属钠着火时，可把砂子倒在它的上面。

(5) 注意电器设备、导线等着火时，不能用水灭火，以免触电。应先切断电源，再用二氧化碳或四氯化碳灭火器灭火。

(6) 衣服着火时，千万不要奔跑，以免造成更大的火灾。应立即用石棉布或厚外衣盖熄，或者迅速脱下衣服，火势较大时，应卧地打滚以扑灭火焰，或打开附近的自来水开关，

用水冲淋熄灭。

(7) 发现烘箱有异味或冒烟时，应迅速切断电源，使其慢慢降温，并准备好灭火器备用。千万不要急于打开烘箱门，以免突然供入空气助燃(爆)，引起火灾。

(8) 发生火灾时应注意保护现场，较大的着火事故应立即报警。若有伤势较重者，应立即送医院。

(9) 熟悉实验室内灭火器材的位置和灭火器的使用方法。



图 1-1 灭火器的使用方法

(二) 中毒事故的预防和处理

一) 预防

(1) 称量药品时应使用工具，不得直接用手接触，尤其是有毒物会渗入皮肤，在接触固体或液体有毒物质时，必须戴橡皮手套，操作后立即洗手，切勿让毒品沾及五官或伤口，例如氰化钠沾及伤口后就随血液循环全身，严重者会造成中毒死亡事故。

(2) 在有机合成实验中，不准使用嘴吸量管，抽气过滤时也绝对不允许用嘴吸气，以免误服有毒药品。

(3) 使用或反应过程中有氯、溴、氮氧化物、卤化物等有毒或有腐蚀性气体、液体产生的实验，都应该在通风橱内进行，当实验开始后不要把头伸入橱内。

(4) 用气体吸收装置吸收产生的有毒气体。

(5) 实验中所用剧毒物质应有专人负责收发，实验后的有毒残渣必须作妥善而有效的处理，不准乱丢。

二) 处理

(1) 沾在皮肤上的有机物应立即用大量清水和肥皂洗去，切莫用有机溶剂洗，否则只会增加化学药品渗入皮肤的速度。

(2) 溅落在桌面或地面的有机物应及时清扫除去。如不慎损坏水银温度计，撒落在地上的水银应尽量收集起来，用水封住，以免有汞蒸气释放，收集不起来的用硫磺粉盖在撒落的地方，形成硫化汞后除去。

(3) 发生中毒现象，应让中毒者及时离开现场，到通风好的地方，严重者应及时送往

医院。

(4) 试剂溅入口中尚未咽下者应立即吐出，用大量水冲洗口腔，如已吞下，应根据毒物性质给以解毒剂，并立即送医疗单位。

(5) 对于腐蚀性毒物中毒，强酸先饮大量水，然后服用氢氧化铝膏、鸡蛋白；对于强碱，应先饮大量水，然后服用醋、酸果汁。不论酸或碱中毒皆再给以牛奶灌注，不要吃呕吐剂。

(6) 对于刺激剂及神经性毒物，先给牛奶或鸡蛋白使之立即冲淡和缓和，再用一大匙硫酸镁(约 30g)溶于一杯水中灌吐，有时也可用手指伸入喉部促使呕吐，然后立即送医疗单位。

(7) 吸入气体中毒者，将中毒者移至室外，解开衣领或纽扣，吸入少量氯气或溴蒸气者，可用碳酸氢钠溶液漱口。

(8) 试剂溅入眼内，任何情况下都要先洗涤，急救后送医疗单位。酸用大量水洗，再用 1% 碳酸氢钠溶液洗；碱用大量水洗，再用 1% 硼酸溶液洗；溴用大量水洗，再用 1% 碳酸氢钠溶液洗。

(三) 灼烫伤和割伤的预防和处理

一) 预防

(1) 皮肤接触了高温、低温和腐蚀性物质后均可能被灼伤。为避免灼伤，在接触这些物质时，最好戴橡胶手套和防护眼镜。

(2) 不能对玻璃仪器的任何部位施加过度的压力。新割断的玻璃管断口处特别锋利，使用时，要将断口处用火烧至熔化，使其成圆滑状。

二) 处理

(1) 灼伤。首先立即用大量水洗，酸灼伤以 4% 左右碳酸氢钠溶液洗，碱灼伤以 2% 醋酸溶液洗，严重时，拭干后涂烫伤油膏。溴用酒精擦至无溴液存在，再涂上甘油或烫伤油膏。

(2) 割伤。先取出伤口的玻璃或固体物，再用蒸馏水洗后涂上红药水，用绷带扎住，大伤口则应先按紧主血管以防大量出血，急送医疗单位。

(四) 爆炸事故的预防

(1) 使用易燃、易爆物品时，应严格按照操作规程操作，要特别小心。反应过于猛烈时，应适当控制加料速度和反应温度，必要时采取冷却措施。

(2) 在玻璃仪器组装实验装置之前，要先检查玻璃仪器是否有破损。

(3) 仪器装置不正确或操作错误，有时会引起爆炸。如果在常压下进行蒸馏或加热回流，仪器必须与大气相通，不能在密闭体系内进行加热或反应。要经常检查反应装置是否被堵塞，如发现堵塞应停止加热或反应，排除后再进行反应。

(4) 在减压操作时，不能使用不耐外压的玻璃仪器(例如平底烧瓶和锥形烧瓶等)，应采用耐压仪器。

(5) 在蒸馏时要注意，不要将物料蒸干，以免局部过热或产生过氧化物而发生爆炸。

(6) 有些类型的化合物具有爆炸性，如过氧化物、叠氮化合物、干燥的重氮盐、硝酸酯、多硝基化合物等，在受热或受到碰撞时易发生爆炸。乙醇和浓硝酸混合在一起，以及过氧化物的乙醚在蒸馏时，都有爆炸的危险，使用时必须严格遵守操作规程。有些有机化合物

如醚或共轭烯烃，久置后会生成易爆炸的氧化物，须特殊处理后才能应用。芳香族多硝基化合物不宜在烘箱内干燥。

(7) 氢气、乙炔、环氧乙烷等气体与空气混合达到一定比例时，会生成爆炸性混合物，遇明火即会爆炸。因此，使用上述物质时必须严禁明火。

(8) 对于放热量很大的合成反应，要小心地慢慢滴加物料，并注意冷却，同时要防止因滴液漏斗的活塞漏液而造成事故。

(9) 有些有机化合物遇氧化剂时会发生猛烈爆炸或燃烧，操作时应特别小心，存放药品时应将氯酸钾、过氧化物、浓硝酸等强氧化剂和有机药品分开存放。

(五) 触电事故的预防和处理

一) 预防

(1) 熟悉水、电、气的开关位置在何处，掌握它们的使用方法。

(2) 电气设备要可靠接地，一般使用三芯插座。不要带电操作，特殊情况，必须穿绝缘胶鞋、戴橡皮手套等防护用具。

(3) 在实验中，应先将电器设备上的插头与插座连接好后，再打开电源开关。不能用湿手或手握湿物去插、拔插头。

(4) 使用电器前，应检查线路连接是否正确，电器内外要保持干燥，不能有水或其他溶剂。使用电器时，应防止人体与电器导电部分直接接触及石棉网金属丝与电炉电阻丝接触。电热套内严禁滴入水等溶剂，以防止电器短路。

(5) 实验完毕后，应先关掉电源，再取拔插头。

(6) 实验室严禁随意拖拉电线。

二) 处理

(1) 发生触电事故时应立即关闭电源。

(2) 用干木棍使导线与触电者分开。

(3) 使触电者和土地分离，急救时施救者必须做好防止触电的安全措施，手或脚必须有绝缘措施。

(4) 必要时进行人工呼吸并送医院救治。

三、常用的有机合成反应装置

一个复杂的有机化学实验通常是由几个单元反应组合而成的，所用的仪器装置也相对比较固定，常用的单元反应装置有回流、蒸馏、精馏、气体吸收、滴加、搅拌、气体发生等，使用时可根据具体的反应要求做适当调整。

(一) 回流装置

有机合成实验常用的回流装置主要由烧瓶与回流冷凝管构成，回流冷凝管一般用球形或蛇形，如果回流的液体沸点较高，也可以用直形冷凝管。回流加热前应先加入沸石，如果有搅拌的情况下，可不用沸石。根据瓶内液体沸腾的程度，可选用电热套、水浴、油浴、石棉网等加热方式；回流的速度应控制在液体蒸气浸润不超过球形冷凝管的两个球为宜；如果回流过程要求无水操作，则应在球形冷凝管上端安装一干燥管防潮；如果实验要求边回流边滴加反应物，可以改用三口烧瓶或在冷凝管和烧瓶间安装 Y 形加料管，并配以滴液漏斗；如果回流过程中会产生有毒或刺激性气味的气体，则应添加气体吸收装置。

图 1-2 是常用的回流装置图。

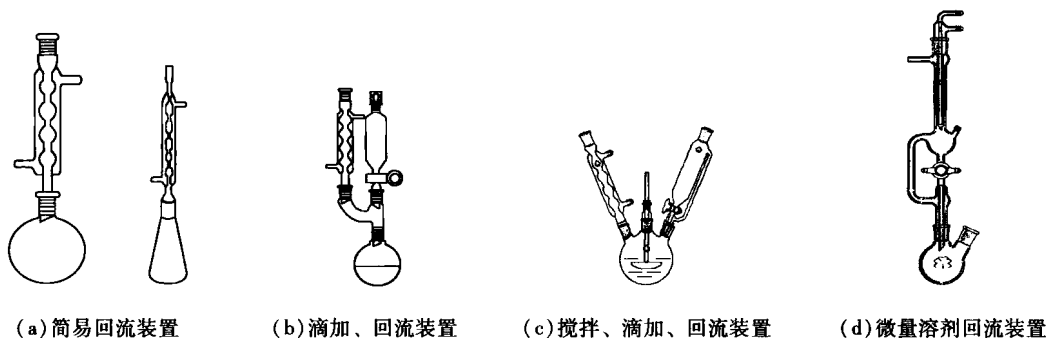


图 1-2 常用回流装置

(二) 蒸馏装置

蒸馏是分离两种以上沸点相差较大的液体的常用方法。蒸馏能分离沸点相差 30°C 以上的两种液体，如果要分离沸点相差更小的液体要采用精馏的方法，另外蒸馏还经常用于除去反应体系中的有机溶剂。如果蒸馏过程需要防潮，可在接液管处安装干燥管。如果蒸馏沸点在 140°C 以上，则应改用空气冷凝管进行蒸馏，若使用水冷却可能会由于温差过高而使冷凝管炸裂；为了蒸除大量溶剂，可将温度计换成滴液漏斗。由于液体可由滴液漏斗中不断地加入，同时也可调节滴入和滴出的速度，因此可避免使用较大的蒸馏瓶。常用的蒸馏装置如图 1-3 所示。

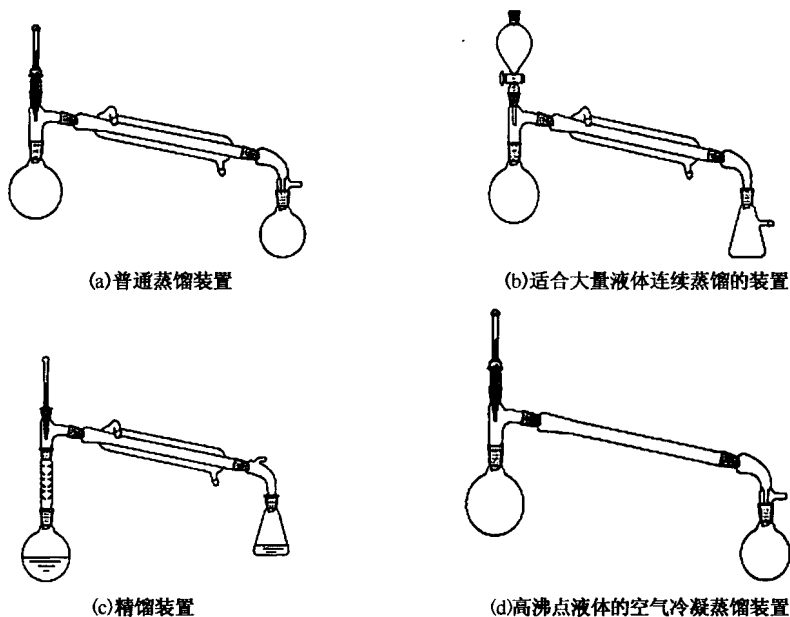


图 1-3 常用的蒸馏装置

(三) 气体吸收装置

气体吸收装置用于吸收反应过程中生成的有刺激性和有毒的气体(例如氯化氢、二氧化硫等)。图 1-4(a)和(b)可作少量气体的吸收装置。(a)中的玻璃漏斗应略微倾斜，使漏斗口一半在水中，一半在水面上，保持与大气相通，但要保证漏斗不会全浸入水中，做到既能防止气体逸出，又能防止水被倒吸至反应瓶中。若反应过程中有大量气体生成或气体逸出很