



卫生部“十一五”规划教材


高等医药院校配套教材

供基础、临床、预防、口腔、护理、检验、美容、影像、麻醉等专业用

有机化学实验

第2版

主 编 龙盛京

 人民卫生出版社

卫生部“十一五”规划教材
高等医药院校配套教材

供基础、临床、预防、口腔、护理、检验、美容、影像、麻醉等专业用

有机化学实验

第 2 版

主 编 龙盛京

副主编 李柱来 罗 虹 黄耀峰

编 者 (以姓氏笔画为序)

王 津	韦国锋	孔小龙	白先群	苏燕评	李寿芬
李芳耀	李振中	何 军	宋建红	陈 艳	陈莉敏
陈铁寓	林 晨	周 昕	周孙英	赵 农	姚 刚
秦志强	聂长明	顾生玖	徐佳佳	黄 晓	黄上峰
黄兴振	黄祖良	梁 俊	彭 兴	蒋伟哲	谢集照
魏传晚					

绘 画 吴定君

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

有机化学实验/龙盛京主编. —2版. —北京: 人民卫生出版社, 2011.2

ISBN 978-7-117-13946-5

I. ①有… II. ①龙… III. ①有机化学-化学实验-医学院校-教材 IV. ①062-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 001874 号

门户网: www.pmph.com 出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com 护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

有机化学实验 第 2 版

主 编: 龙盛京

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

010-59787586 010-59787592

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 12

字 数: 277 千字

版 次: 2002 年 12 月第 1 版 2011 年 2 月第 2 版第 10 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-13946-5/R·13947

定 价: 21.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)

前 言

本书是卫生部“十一五”规划教材,是在对第一版《有机化学实验》进行大幅度的调整、修改和增补基础上修订而成。本教材保留了第一版编写体系的特色:常规实验与微型实验结合编写,突出绿色化学效益;实验方法的多样性,启迪学生的发散思维;引入综合性应用实验,注意学生能力的培养;实验都有思考题,给出参考答案以便学生加深对实验内容的理解。此外,教材第二版增补了有机化学实验专业名词的英汉对照,以便于学生掌握有机实验专业名词的英文词汇;增加了设计性的实验内容,培养学生实验的综合素质;合成实验和综合实验增写了实验流程图,便于学生全面理解实验过程;化学绘图软件引入实验教材,以便学生了解计算机信息工具对化学交流所带来的便利。该书可供高等医药院校五年制基础、临床、预防、口腔、护理、检验、美容、影像、麻醉等专业的学生使用,也可供七年制学生使用。

本书共分六章,第一章有机化学实验基本知识;第二章有机化学实验技术;第三章有机化学实验基本操作;第四章有机化合物的性质;第五章有机化合物的制备;第六章综合性和设计性实验,共包括有 44 个实验,书后的思考题参考答案、附录和参考文献可供学生查阅和进一步查阅及参考。

参加本书编写的单位有——广西医科大学、长治医学院、右江民族医学院、南华大学、咸宁学院、桂林医学院、福建医科大学等七所院校,编写过程中得到了参编学校各级领导的大力支持;得到了使用过第一版教材的老师们提出的修改建议,在此一并致谢。

限于编者水平,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 1 月

前 言

有机化学实验是培养学生实验技术和技能的一门课程,通过该课程的学习,学生应获得扎实的有机实验基础知识和实验技能,同时应提高独立进行科学实验的能力和创新思维能力。

为提高高等医学院校有机化学实验的教学水平、适应 21 世纪教育发展的需要,我们在总结多年有机化学实验教学的经验和参考国内外有关书籍的基础上,遵照医学专业“有机化学”教学大纲,组织五所院校编写了这本《有机化学实验》教材。该书可供高等医药院校五年制医学、预防、护理、口腔、检验等专业的学生使用,也可供七年制学生使用。

本书共分五章,第一章为有机化学实验基本知识;第二章为有机化学实验的基本操作和实验技术;第三章为有机化合物的性质;第四章为有机化合物的制备;第五章为综合性应用实验。共包括有 40 个实验,实验中的“注解和实验指导”内容有利于指导学生掌握关键性操作方法及强调注意实验安全事项;“思考题”有利于学生加深对实验原理的理解。书后的思考题参考答案、附录和参考文献可供学生查阅和进一步查阅及参考。

本书在实验内容的安排上即包含了有机化学实验基本操作,也体现了与医学及药学密切相关的内容;在实验方法上既有常规实验方法,也全方位地介绍了微型实验方法,在编写上有如下特点:①注意学生能力的培养,引入了一些综合性应用实验,可在教师的指导下进行小型科研实验,以增强学生分析问题和解决问题的能力。②常规实验与微型实验结合编写是本书最大特点。微型有机化学实验是近 20 年来发展很快的一种化学实验的新方法、新技术,其独特的绿色化学效益和教学效果受到了化学教育界的关注。本书此将常规实验与微型实验结合编写,以供各校使用。③谱学技术已成为分析和鉴定有机化合物的主要工具,为了扩大学生的知识面,反映现代化学分析技术的发展,本教材适当介绍了红外光谱和紫外光谱的实验内容。④为了启迪学生的发散思维,书中有些实验的方法有多样性,供学生学习及各校实验选用。⑤每个实验都有思考题,有些思考题有一定难度,故给出参考答案以便学生加深对实验内容的理解,希望起到抛砖引玉作用。

本书在编写过程中得到了参编学校各级领导的大力支持;还汲取了兄弟院校有机化学实验教材的内容,在此一并致谢。

由于水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大师生和读者批评指正。

编者

2002年8月

目 录

第一章 有机化学实验基本知识	1
一、有机化学实验室规则及安全守则	1
(一) 有机化学实验室规则	1
(二) 有机化学实验室安全守则	1
二、有机化学实验事故的处理与急救	2
(一) 火灾的处理	2
(二) 化学试剂的灼伤	2
(三) 割伤	2
(四) 烫伤	3
(五) 急救箱	3
三、有机化学实验常用玻璃仪器的规格和应用	3
(一) 标准磨口玻璃仪器的规格	3
(二) 常用普通玻璃仪器	3
(三) 常用标准磨口玻璃仪器	5
(四) 常用微型化学实验玻璃仪器	6
(五) 有机化学实验常用玻璃仪器的应用范围	6
(六) 玻璃仪器使用注意事项	7
四、有机化学实验常用玻璃仪器的洗涤和干燥	8
(一) 玻璃仪器的洗涤	8
(二) 玻璃仪器的干燥	9
五、有机化学实验常用设备	9
六、有机化学实验常用溶剂及国产试剂规格	10
(一) 溶剂	10
(二) 国产试剂规格	11
七、有机化学实验室常用工具书	11
八、有机化学实验报告书写格式	12
(一) 基本实验操作实验报告格式	12
(二) 有机化合物性质实验的实验报告格式	12
(三) 有机合成实验的实验报告格式	13

第二章 有机化学实验技术	14
一、化学绘图软件 ChemDraw 的使用	14
(一) 有机化学分子结构的绘制	14
(二) 有机反应式的绘制	16
(三) 实验装置的绘制	16
(四) 3D 立体结构的观察	16
二、加热	18
(一) 热源	18
(二) 加热方法	19
三、冷却	20
(一) 冷却方法	21
(二) 制冷剂	21
四、回流、气体吸收	21
(一) 回流	21
(二) 气体吸收	22
五、搅拌与搅拌器	22
(一) 搅拌器	22
(二) 搅拌方法	23
六、干燥及干燥剂的使用	24
(一) 干燥方法	24
(二) 干燥剂的选择	25
(三) 干燥剂的用量	26
(四) 干燥操作	27
七、塞子的配置和钻孔	27
(一) 塞子的选择	28
(二) 钻孔器的选择	28
(三) 钻孔	28
(四) 玻璃管插入塞中的方法	29
(五) 打开玻璃塞的方法	30
八、简单玻璃工操作	30
(一) 玻璃管的洁净	30
(二) 灯具的使用方法	30
(三) 玻璃管(棒)的切割	31
(四) 弯玻璃管	31
(五) 拉制滴管(glass dropper)和毛细管(capillary)	33
(六) 玻璃钉(glass tack)的制备	34
(七) 仪器的修理	34
实验一 简单玻璃工操作实验	35

第三章 有机化学实验基本操作	37
一、有机化合物物理常数测定	37
实验二 熔点测定	37
实验三 微量法测定沸点	41
实验四 折光率的测定	43
实验五 旋光度的测定	46
二、有机化合物的波谱技术	50
实验六 紫外光谱推测芳香族化合物结构	50
实验七 乙酰水杨酸的红外光谱测定	52
三、有机化合物的分离与提纯	56
(一) 液体有机化合物的分离与提纯	56
实验八 常压蒸馏与沸点测定	56
实验九 减压蒸馏	58
实验十 水蒸气蒸馏	61
实验十一 分馏	65
实验十二 萃取	67
(二) 固体有机化合物的分离与提纯	71
实验十三 重结晶	71
实验十四 升华	76
(三) 色谱分离技术	78
实验十五 柱层析	79
实验十六 薄层层析	83
实验十七 纸层析	86
实验十八 高效液相色谱法	87
第四章 有机化合物的性质	91
一、有机元素定性分析	91
实验十九 钠熔法鉴定氮、硫和卤素	91
二、有机化合物官能团的鉴定	93
实验二十 卤代烃、醇、酚、醛、酮、羧酸、取代羧酸、胺和生物碱的鉴定	93
三、生物体内基本有机化合物的化学性质	98
实验二十一 糖类化合物性质	98
实验二十二 氨基酸和蛋白质的性质	101
实验二十三 脂类化合物的性质	104
四、分子模型	107
实验二十四 分子模型作业	107
第五章 有机化合物的制备	110
实验二十五 乙酰苯胺的制备	110

实验二十六	乙酸乙酯的制备	112
实验二十七	乙酰水杨酸的制备	114
实验二十八	1-溴丁烷的制备	117
实验二十九	正丁醚的制备	120
实验三十	己二酸的制备	122
实验三十一	苯甲酸乙酯的制备	125
实验三十二	环己烯的制备	127
实验三十三	无水乙醇和绝对乙醇的制备	129
第六章 综合性和设计性实验		133
一、综合性实验		133
实验三十四	黄连素的提取	133
实验三十五	从茶叶中提取咖啡因	135
实验三十六	层析法分离番茄红素及 β -胡萝卜素	137
实验三十七	从牛乳中分离提取酪蛋白和乳糖	140
实验三十八	从蛋黄中提取卵磷脂	141
实验三十九	乙酰乙酸乙酯的制备	143
实验四十	α -苯乙胺外消旋体的拆分	146
实验四十一	局部麻醉剂苯佐卡因的合成	149
二、设计实验		153
实验四十二	典型有机化合物鉴别设计	153
实验四十三	扑炎痛合成	153
实验四十四	美沙拉嗪的合成	154
思考题参考答案		156
附录		167
附录1	一些特殊试剂的配制	167
附录2	常用有机溶剂的沸点、密度表	168
附录3	冷浴用的冰-盐混合物	169
附录4	热浴用的液体介质	169
附录5	常见恒沸混合物的组成和恒沸点	169
附录6	水的饱和蒸汽压	172
附录7	常用酸碱浓度与密度表	172
主要参考文献		178

第一章

有机化学实验基本知识

本章介绍的有机化学实验(experiment of organic chemistry)一般知识是进行有机化学实验必需掌握的,学生在进行有机化学实验之前,应当学习和熟悉以下内容。

一、有机化学实验室规则及安全守则

(一) 有机化学实验室规则

1. 实验课前应认真预习实验内容,了解本次实验的目的要求,领会实验原理和反应方程式,了解有关实验步骤、实验装置和注意事项,写出实验提纲,做到心中有数。
2. 实验开始时,对所提供的仪器加以清点,拿出本次实验要用的仪器,如发现缺少或损坏应立即补领或更换。
3. 实验时应精神集中,认真操作,细致观察,积极思考,如实记录。实验室内不得高声叫喊或谈笑喧哗,应保持环境安静。不得擅自离开实验场所。
4. 遵从教师的指导,按照实验讲义规定的实验步骤、仪器规格和试剂用量进行操作,如有改进意见,需经指导教师同意后方可变动。
5. 要经常保持实验室整洁。实验台上尽量不放与实验无关的物品。为防止杂物堵塞下水道或水槽,火柴梗、废纸和沸石等固体物应投入到废物缸中。废酸和废碱应倒入废液缸中,废溶剂应倒入指定的回收瓶中统一处理。
6. 实验完毕,将仪器洗净,点齐放好,仪器如有损坏,应办补领手续。清扫桌面整洁后,请指导教师检查后方能离开实验室。实验仪器和药品不准私自带出实验室。
7. 值日生负责打扫实验室,把废物容器倒净。离开实验室前要关水、关电和关窗。

(二) 有机化学实验室安全守则

1. 熟悉安全用具如灭火器材、砂箱以及急救箱的放置地点和使用方法,并妥善保管,不准挪为他用。
2. 实验开始前应检查仪器是否完整无损,装置是否正确,在征得指导教师同意后方可进行实验。
3. 不要用湿的手和物体接触电源。水、电和煤气用毕应立即关闭。点燃的火柴用后

立即熄灭,不得乱扔。

4. 有机化合物不少有毒,因此实验时应注意通风,尽量避免吸入烟雾和蒸气。实验试剂不得入口。严禁在实验室内饮食、吸烟、或把食具带入实验室。实验结束洗净双手。

5. 进入实验室应穿实验工作服,不得穿拖鞋。估计可能发生危险的实验,应使用防护镜、面罩、手套等防护设备。

6. 使用易燃、易爆药品时,应远离火源。不得将易燃液体放在敞口容器中直火加热。易燃和易挥发的废弃物不得倒入废液缸或垃圾桶中,量大时应专门回收处理。

7. 常压或加热系统一定不能造成密闭体系,应与大气相通。

8. 在减压系统中应使用耐压仪器,不能使用锥形瓶、平底烧瓶等不耐压的容器。

9. 无论常压或减压蒸馏都不能将液体蒸干,以防局部过热或产生过氧化物而发生爆炸。

二、有机化学实验事故的处理与急救

(一) 火灾的处理

不慎失火,一方面应立即关闭煤气、熄灭其他火源,切断电源,然后迅速移开周围易燃物,另一方面立即灭火,有机实验室灭火通常采取隔绝空气灭火法灭火,而通常不能用水,灭火视火情而采取以下办法:

1. 火势小时,可用湿布把着火的仪器包裹起来,或用沙子灭火。火势大时,要用灭火器灭火。

2. 油类着火,要用沙子或灭火器灭火。

3. 电器着火,应切断电源,然后使用不导电的二氧化碳灭火器或四氯化碳灭火器来灭火,决不能使用水或泡沫灭火器灭火。四氯化碳有毒,使用后应立即打开门窗,以防中毒。

4. 衣服着火时,应保持冷静,不要乱跑,应立刻用石棉布覆盖着火处或赶快脱下衣服,必要时可卧地打滚。

(二) 化学试剂的灼伤

1. 酸灼伤皮肤时,立即用大量水冲洗,然后用 $50\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 碳酸氢钠溶液洗,最后用水洗。严重的应送医院治疗。酸溅入眼内,用大量水洗,再用 $10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 碳酸氢钠溶液洗,最后用蒸馏水洗。

2. 碱灼伤皮肤时,立即用大量水冲洗,然后用 $10\sim 20\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼酸或乙酸溶液洗,最后用水洗。碱溅入眼内,用大量水洗,再用 $10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼酸溶液洗,最后用蒸馏水洗。

3. 溴灼伤皮肤,应用水冲洗,再用酒精擦洗或用 $20\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫代硫酸钠溶液洗至灼伤处呈白色,然后涂上甘油或烫伤油膏。

(三) 割伤

玻璃割伤应先把伤口处的玻璃碎片取出,挤出污血,再用 $30\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 双氧水或红汞(或碘酒)涂抹,再用纱布包扎。伤口严重者,应先止血,并送医院处理。

(四) 烫伤

轻伤者在伤处涂万花油或苦味酸溶液,重伤者立即送医院处理。

(五) 急救箱

实验室应备有急救箱,备有以下物品:

纱布、脱脂棉、胶布、绷带、剪刀、镊子、碘酒、双氧水、 $10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硼酸溶液、 $50\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 碳酸氢钠溶液、 $10\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 醋酸溶液、医用酒精、万花油、烫伤油膏、红汞等。

三、有机化学实验常用玻璃仪器的规格和应用

(一) 标准磨口玻璃仪器的规格

标准磨口玻璃仪器是一类按国际通用技术标准制造的具有标准磨口或磨塞的玻璃仪器。由于标准磨口玻璃仪器具有口塞尺寸的标准化、系列化和磨砂口塞的密合性特点,所以,凡属于同类规格的磨口和磨塞都可以紧密相连,不同规格的玻璃仪器也可借助不同编号的磨口接头使之连接。

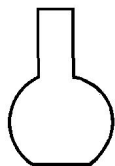
标准磨口仪器的规格常用数字编号表示,常用标准磨口有 10 口、14 口、19 口、24 口和 29 口等,数字表示磨口最大端直径的毫米数整数。有的标准磨口玻璃仪器有两个数字,例如 10/30,这表示磨口最大直径处为 10mm,磨口长度为 30mm。

学生使用的常量玻璃仪器一般是 19 口的磨口玻璃仪器,微型化学实验中采用 10 口磨口玻璃仪器。

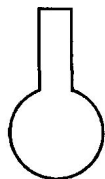
国产微型化学实验中使用的玻璃仪器大多数是常规玻璃仪器的微型化产品,如圆底烧瓶、直形冷凝管、空气冷凝管、锥形瓶等,其形状与常规玻璃仪器完全一样,是小容量的 10 口磨口玻璃仪器。但是有些与常规玻璃仪器有一定的差别。

(二) 常用普通玻璃仪器

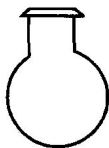
1. 烧瓶类



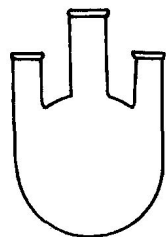
平底烧瓶
(flat bottom flask)



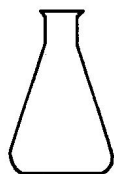
长颈圆底烧瓶
(long neck round
bottom flask)



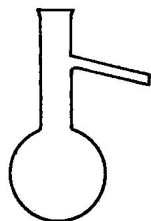
短颈圆底烧瓶
(short neck round
bottom flask)



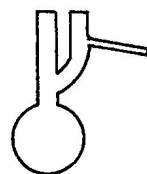
三颈圆底烧瓶
(three-neck round
bottom flask)



锥形瓶
(conical flask/
erlenmeyer flask)

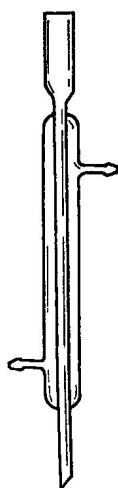


蒸馏烧瓶
(distillation flask)



克氏蒸馏烧瓶
(claisen distillation flask)

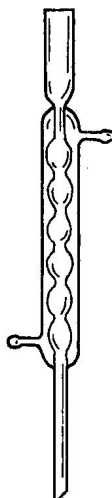
2. 冷凝管类



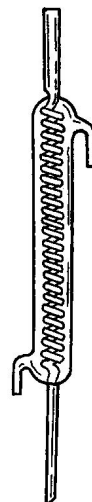
直形冷凝管
(west condenser)



空气冷凝管
(air condense)

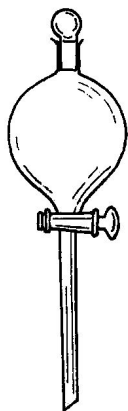


球形冷凝管
(reflux condenser)



蛇形冷凝管
(coiled condenser)

3. 漏斗类



圆形分液漏斗
(bulb shape
separatory funnel)



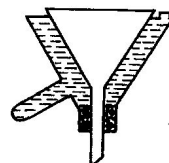
梨形分液漏斗
(pear shape
separatory funnel)



滴液漏斗
(dropping funnel)



布氏漏斗
(Buchner funnel)



保温漏斗
(hot funnel)

4. 其他

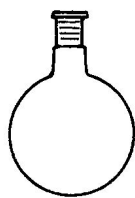


抽滤瓶
(filter flask/suction flask)

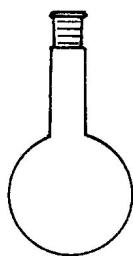


研钵
mortar

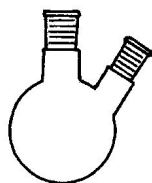
(三) 常用标准磨口玻璃仪器



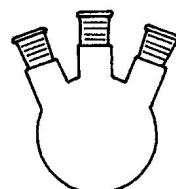
短颈圆底烧瓶
(short neck round
bottom flask)



长颈圆底烧瓶
(long neck round
bottom flask)



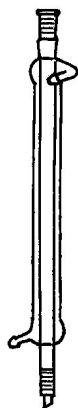
二口烧瓶
(two-neck round
bottom flask)



三口烧瓶
(three-neck round
bottom flask)



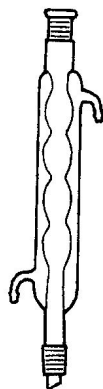
梨形烧瓶
(pear-shaped
flask)



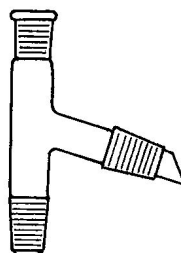
直形冷凝管
(water condenser)
(straight condenser)



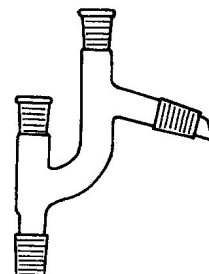
空气冷凝管
(air condense)



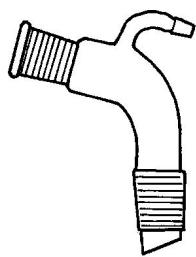
球形冷凝管
(reflux condenser)
(ball-like condenser)



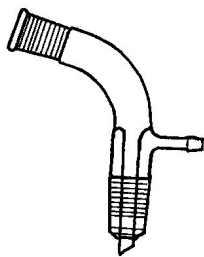
蒸馏头
(distilling head)



克氏蒸馏头
(Claisen distilling
head)



接受管
(adapter)



真空接受管
(vacuum adapter)



温度计套管
(thermowell)

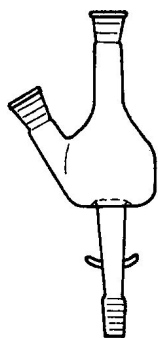


接头
(adapter)

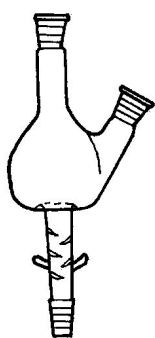


搅拌器套管
(stirrer cannula)

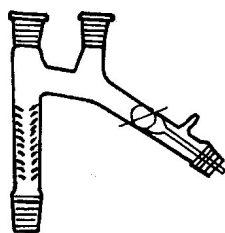
(四) 常用微型化学实验玻璃仪器



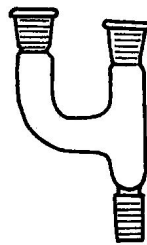
微型蒸馏头
(microdistilling head)



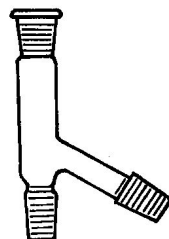
微型分馏头
(microfractionating still head)



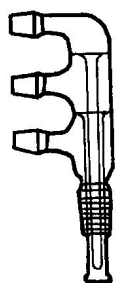
H型分馏头
(H-shaped fractionating still head)



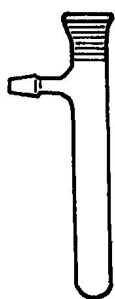
克莱森接头
(Claisen adapter)



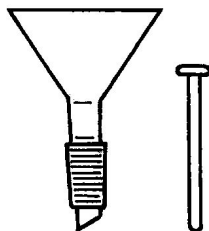
微型蒸馏头
(microdistilling head)



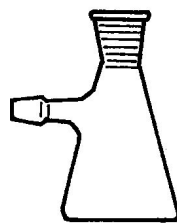
指形冷凝器
(finger-shape condenser)



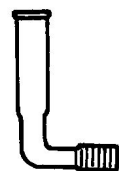
具支试管
(sidearm test tube with a branch pipe)



玻璃漏斗及
玻璃钉
(glass funnel\ glazing brad)



抽滤瓶
(suction flask\ filter flask)



干燥管
(drying tubes)

(五) 有机化学实验常用玻璃仪器的应用范围

见表 1-1。

表 1-1 有机化学实验常用玻璃仪器的应用范围

仪器名称	主要用途和注意事项
圆底烧瓶	用于反应、回流、加热和蒸馏
三口圆底烧瓶	用于同时需搅拌、控温和回流的反应
直形冷凝管	用于蒸馏或回流
球形冷凝管	用于回流
刺形分馏柱	用于分馏多组分混合物
蒸馏头	用于常压蒸馏
克氏蒸馏头	用于减压蒸馏
微型蒸馏头	用于微型化学实验中的常压蒸馏、减压蒸馏、固液萃取、水蒸气蒸馏
微型分馏头	用于微型化学实验中分馏
H 型分馏头	用于微型化学实验中的常压蒸馏、减压蒸馏和水蒸气蒸馏
克莱森接头	用于微型化学实验中的减压蒸馏、水蒸气蒸馏
指形冷凝器	用于微型化学实验中的减压蒸馏、减压升华
布氏漏斗	用于减压过滤,瓷质,不能直接加热,滤纸要略小于漏斗的内径
玻璃漏斗\玻璃钉	用于少量化合物的过滤,由普通漏斗和玻璃钉组成
抽滤瓶	用于减压过滤。使用中应注意:不能直接加热;和布氏漏斗配套使用,其间应用橡胶塞连接,确保密封性良好
接受管	用于常压蒸馏
真空接受管	用于减压蒸馏
温度计套管	用于蒸馏时套接温度计
接头	用于连接不同口径的磨口玻璃仪器
研钵	用于研碎固体
干燥管	用于干燥气体。用时两端用棉花或玻璃纤维填塞,中间装干燥剂
分液漏斗	用于液体的分离、萃取或洗涤。不得加热,活塞不能互换
滴液漏斗	用于反应时滴加溶液

(六) 玻璃仪器使用注意事项

1. 加热玻璃仪器时要垫石棉网。
2. 抽滤瓶、量筒等厚玻璃仪器不耐热,不能加热使用;锥形瓶不耐压,不能用于减压操作中;计量容器不能高温烘烤。
3. 具活塞的玻璃仪器清洗之后,在活塞与磨口之间应放纸片,以防粘连。
4. 温度计不能当作搅拌棒使用,不能用冷水冲洗热的温度计,以免炸裂。
5. 使用完玻璃仪器后应及时清洗,晾干。
6. 标准磨口玻璃仪器使用注意事项
 - (1) 磨口处必须洁净,若黏附有固体物,则磨口对接不紧密,将导致漏气,甚至损坏磨口。