

本书常用符号、缩略语与名称

符号、缩略语	名 称	符号、缩略语	名 称
$[\alpha]_D^{20}$	比旋光度 (旋光率)	m. p.	熔点
AR	分析纯	M_r	相对分子质量
A_r	相对原子质量	<i>o</i> -	邻位
b. p.	沸点	<i>p</i>	对位
°C	摄氏度	ρ	相对密度
CA	美国化学文摘	n_D^{20}	折射率
CAS	美国化学文摘社	NMR	核磁共振谱
cm^{-1}	波数的单位	Pa	帕
CP	化学纯	kPa	千帕
ϵ	介电常数	MPa	兆帕
f. p.	凝固点 (冰点)	Pa · s	(动力) 黏度单位
GB	国家标准	pH	酸性的度量, 等于 $-\lg[\text{H}^+]$
GR	优级纯	$\text{p}K_a$	酸的强度度量, 等于 $-\lg K_a$
h	(小) 时	R_f	比移值
IR	红外光谱	S	西门子
λ	波长	s	秒
L	升	SCE	饱和甘汞电极
<i>m</i> -	间位	UV	紫外光谱
mg	毫克	$\tilde{\nu}$	波数
min	分	σ	导电率
mL	毫升	σ	屏蔽常数
μm	波长的单位	δ	化学位移
mol	摩尔		

第 1 章 有机化学实验基础知识

1.1 有机化学实验的重要性、目的与学习方法

1.1.1 有机化学实验的重要性

有机化学是研究有机化合物的来源、制备、结构、性能、应用及有关理论与方法学的科学。近两个世纪以来，有机化学不仅已形成了由近 2000 万个有机化合物组成的庞大家族及相应的产业体系，也为材料科学、生命科学、环境科学等学科的发展提供了材料、技术和理论。有机化学是一系列相关工业的基础，在能源、信息、材料、人口与健康、环境、国防计划的实施等方面，在为推动科技发展、社会进步，提高人类生活质量，改善人类的生存环境的努力中，已将并将继续显示其高度开创性和解决重大问题的能力。有机化学发展到今天，其对人类文明社会各方面的影响是十分深刻、十分广泛的，人类文明社会活动的每一天都离不开有机化学，人类文明社会的每一个人同样都离不开有机化学。

1.1.2 绿色化学与有机合成化学

有机化学在人类文明史上，对提高人类生活质量做出了巨大的贡献。然而，“传统”的合成化学方法及相应的产业，对整个人类赖以生存的生态环境造成了严重的污染和破坏。以往解决问题的手段是治理、停产、关闭。为此投入大量的人力、物力与财力。20 世纪 90 年代初，提出了“绿色化学”(Green Chemistry)，即如何从源头上减少、消除污染。它要求：①防止污染的产生优于治理产生的污染；②原子的经济性（考察有多少反应物分子进入到最后的产物分子）；③只要可行，应尽量采用毒性小的化学合成路线；④更安全的化学品设计应能保留其功效，降低毒性；⑤尽可能避免使用辅助物质（如溶剂、分离剂），如用时应无毒；⑥尽量少用能源；⑦原料应是可再生的，而非将耗尽的；⑧应尽量避免不必要的衍生化步骤；⑨催化性试剂应优于当量性试剂；⑩化工产品在完成其使命后，应能降解为无害的物质，不应残留在环境中；⑪应能在线跟踪监测；⑫化学转换过程中，应降低发生化学事故的可能性。绿色化学是一门新的交叉学科，它的发展对保持良好的环境、社会和经济的可持续发展都有重要的意义。我们应当以绿色化学的原理审视和发展有机合成方法学，改造传统的化工产业，并以“环境友好”为基础，提出新的化学问题，创造出新的生产技术。21 世纪的化学工作者面临着新的发展机遇与挑战。

1.1.3 有机化学实验的目的

有机化学实验是有机化学教学中非常重要的组成部分。它集有机化学理论、反应原理、结构测定、理化分析、实验技术、综合技术于一体，有着非常丰富、深刻的内容，是培养学生综合应用基础知识、基本理论与基本技能，进行开拓创新的重要途径。通过有机化学实验的学习，应当达到如下目的。

- (1) 掌握有机化学实验的基本操作技能、若干单元操作以及一些多步合成实验的技能。
- (2) 积累物质变化的感性知识, 掌握重要有机化合物的制备、分离和表征方法, 深入理解有机化学基本理论与概念, 掌握影响有机反应进程的主要因素, 培养用实验方法获集新知识的能力。
- (3) 学习预防与处置化学实验事故的方法, 正确使用与处置所涉及的一些化学危险品。树立环境保护意识与“绿色化学”概念, 加强从源头治理污染的理念。
- (4) 学习有机化学的科学研究方法, 培养严谨的治学精神, 养成良好的实验习惯与作风。

1.1.4 有机化学实验的学习方法

改进有机化学实验的学习方法是提高有机化学实验质量的重要途径。从设计型实验的创造性学习的基点出发, 注重搞懂某个反应是怎样进行的, 影响某个反应的主要因素是什么? 应当熟悉实验的全过程及其构架结构, 以彻底摆脱“照方抓药”式的学习方法。

1.1.4.1 认真预习, 完成作业

结合理论教学和实验教材的相关内容, 完成实验项目中的预习内容, 把实验记录中的反应装置图做好。如能进一步阅读书中所列参考文献, 深入了解有关实验内容, 则实验前的准备工作更为充分。

1.1.4.2 认真操作, 仔细观察, 详细记录, 一丝不苟

实验者要亲手完成每项操作, 逐步提高实验技能。不能请人代劳, 自己成为“实验旁观者”。要仔细观察与比较实验现象, 并作如实的记录。实验时间有时较长, 要始终如一地认真完成全部实验工作。

1.1.4.3 写好实验报告

撰写实验报告是实验教学的最后一个环节。写好实验报告是对实验深化认识的过程, 也是对今后撰写科学论文的初步训练。关于如何写好报告, 详见 1.5 节内容。

1.2 有机化学实验常用玻璃仪器

有机化学实验室进行实验教学所用的仪器, 主要是玻璃仪器, 其中有普通的玻璃仪器和标准磨口玻璃仪器, 可以在不同的场合与时间使用。对于常用玻璃仪器, 实验者应熟知其名称与功能, 并掌握正确使用、清洗、干燥与保管的方法。

1.2.1 普通玻璃仪器

在有机化学实验中, 常用的普通玻璃仪器如图 1-1 所示。图中一些在无机化学实验中已使用过的仪器, 不再赘述。现重点做以下介绍。

(1) 圆底烧瓶 [图 1-1 (3)]: 盛装液体。可进行加热、冷却、蒸馏、水蒸气蒸馏、回流等操作。

(2) 三口烧瓶 [图 1-1 (5)]: 盛装液体。可进行加热、冷却、蒸馏、水蒸气蒸馏。尤其适合于作有机合成的反应器, 中间口安装机械搅拌器, 其余两个口可装温度计、滴液漏斗等。

(3) 蒸馏烧瓶 [图 1-1 (7)]: 盛装液体。用于蒸馏操作。

(4) 克氏蒸馏烧瓶 [图 1-1 (8)]: 盛装液体。用于减压蒸馏操作。

(5) 抽滤瓶 [图 1-1 (9)]: 用于减压过滤操作。

(6) 布氏漏斗 [图 1-1 (11)]: 用于减压过滤操作, 与抽滤瓶配套, 组成减压过滤操作系统。

(7) 分液漏斗 [图 1-1 (13)]: 用于分离密度不同的两相 (或多相) 液体混合物, 应用在洗涤或萃取操作中。

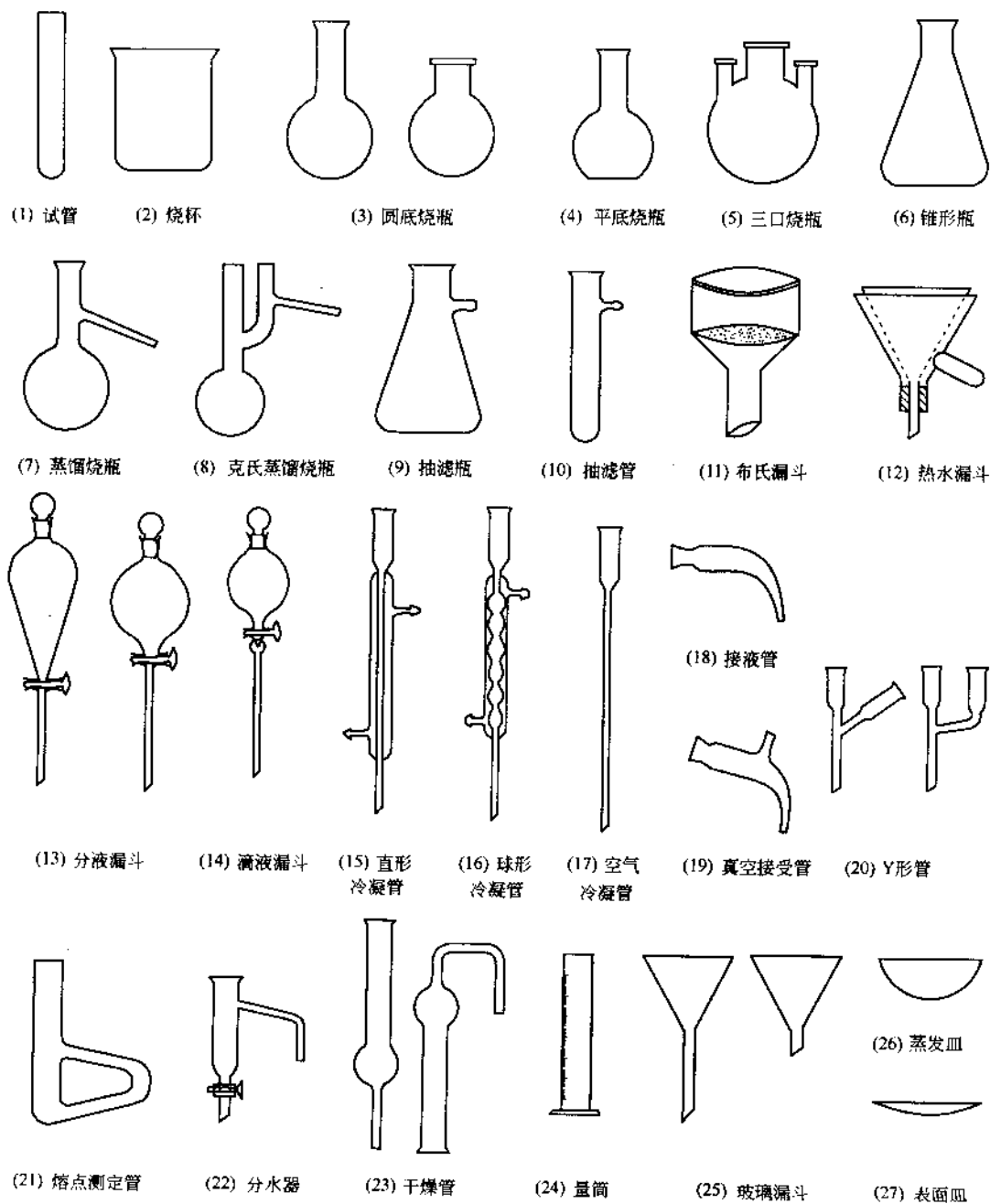


图 1-1 普通玻璃仪器

(8) 滴液漏斗 [图 1-1 (14)]: 用于滴加液体。注意仪器构造上与分液漏斗的差别及功能上的差别。

(9) 直形冷凝管 [图 1-1 (15)]: 蒸馏操作用。

(10) 球形冷凝管 [图 1-1 (16)]: 因其冷却面积比直形冷凝管大, 常用于回流操作。

(11) 空气冷凝管 [图 1-1 (17)]: 蒸馏操作用。在液体沸点 $>140^{\circ}\text{C}$ 进行蒸馏操作时, 应选用空气冷凝管。

(12) 接液管 [图 1-1 (18)]: 用于蒸馏、分馏、水蒸气蒸馏操作。

(13) 真空接受管 [图 1-1 (19)]: 用于减压蒸馏操作, 接液管的支管连接抽真空系统。

(14) Y 形管 [图 1-1 (20)]: 用作有机合成反应装置中的加料管。适宜于同时加入两种不同的物料。有时一个管口还可插入温度计以测量反应温度。

(15) 熔点测定管 [图 1-1 (21)]: 用于测定固体物质的熔点。

(16) 分水器 [图 1-1 (22)]: 用于将有机反应中生成的水不断地分离出去。安装在有机反应装置中。

(17) 干燥管 [图 1-1 (23)]: 内装干燥剂。用于防止外界湿空气进入反应体系。

1.2.2 标准磨口玻璃仪器

目前在有机化学实验中广泛使用的标准磨口玻璃仪器, 因为可以使用同一编号的磨口标准, 所以仪器的互换性、通用性强, 安装与拆卸方便, 仪器的利用率高。利用不多的器件, 可组合成多种功能的实验装置, 提高工作效率, 节省时间。同时还可避免因使用橡皮塞 (或软木塞) 而引起污染反应体系的弊病。

1.2.2.1 常用标准磨口玻璃仪器

在有机化学实验室中, 常用的标准磨口玻璃仪器见图 1-2。

图 1-2 中, 没有蒸馏烧瓶与克氏蒸馏烧瓶。可以用蒸馏头 (7) 与烧瓶 (1) 或 (4) 组成蒸馏烧瓶, 用分馏头 (2) 与烧瓶 (1) 或 (4) 组装成克氏蒸馏烧瓶。

把温度计套管 (13) 与 (2)、(5) 组合, 在套管 (13) 内注入传热介质——液体石蜡, 将温度计放入管 (13) 内, 可间接测量温度 (温度计的读数, 经过换算后才是实际温度)。用装有温度计的螺口接头 (14) 代替 (13), 可直接测量温度。

大小接头 (3) 的功能是可以将不同磨口编号的仪器连接在一起。其磨口部位的外磨面与磨口的内磨面, 具有不同的磨口编号, 适当配置不同磨口规格的接头, 可以组合装配不同磨口编号的玻璃仪器, 以适合反应的需要。

接受管 (6) 与 (8) 的差异在于, (6) 用于普通蒸馏, (8) 用于减压蒸馏操作, 其尾部具有突出支管, 可连接真空泵抽真空用。

1.2.2.2 标准磨口玻璃仪器的磨口规格

标准磨口玻璃仪器的各连接部分, 均按统一标准制造, 因此具有标准化、通用化和系列化的特点。表 1-1 是教学常用标准磨口玻璃仪器的磨口规格。

表 1-1 磨口规格

编 号	10	12	14	19	24
磨口锥体大端直径/mm	10.0	12.5	14.5	18.8	24.0

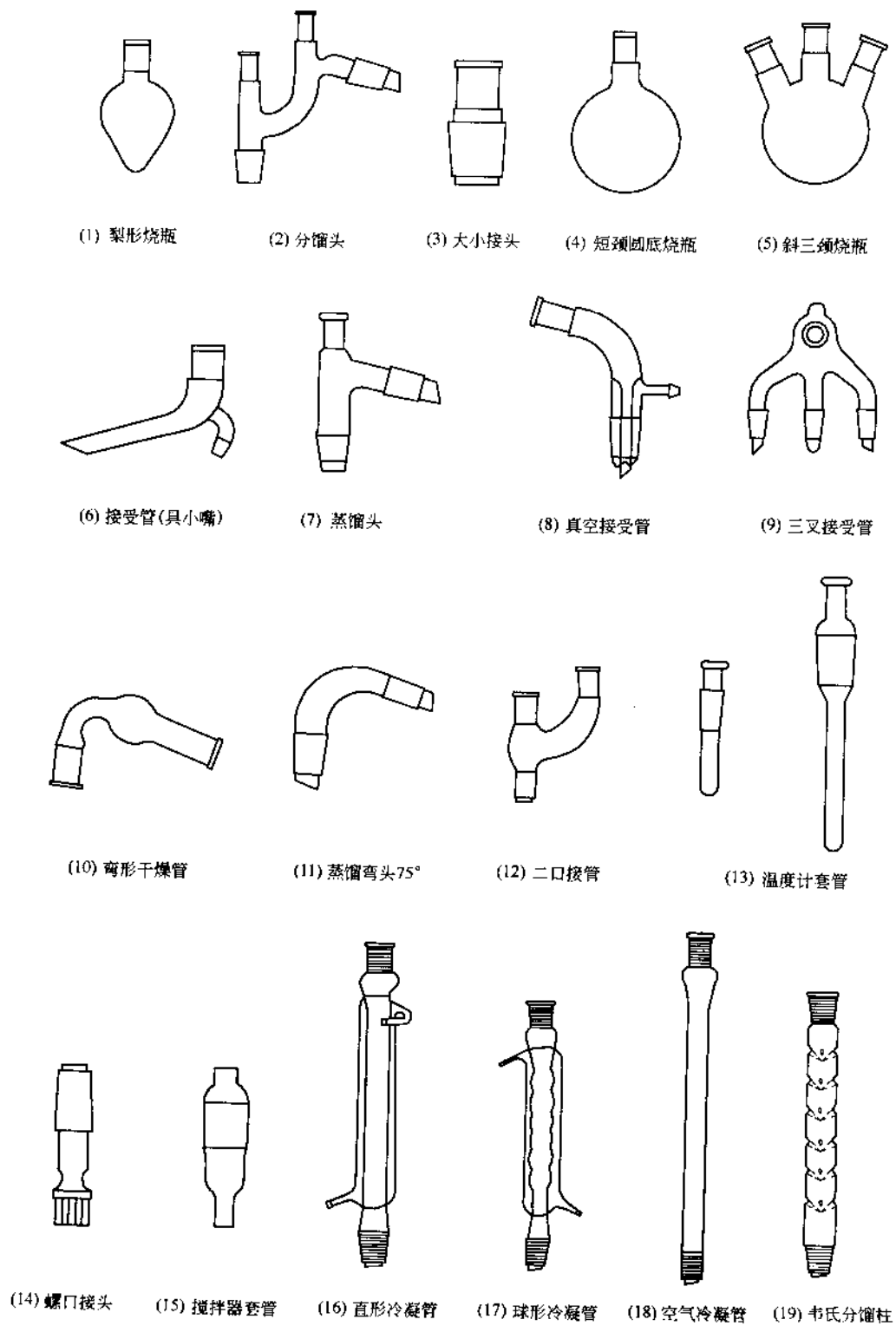


图 1-2 常用标准磨口玻璃仪器

1.2.2.3 玻璃仪器的清洗

化学实验用的玻璃仪器，在实验结束后应立即清洗。久置不洗会使污物牢固地黏附在玻璃表面，造成事后清洗的困难。实验者应养成及时清洗、干燥玻璃仪器的习惯。

玻璃仪器的清洗方法应根据所进行实验的性质、污物量或污染程度而定。最常用的方法是用毛刷沾少许洗衣粉或去污粉轻擦玻璃仪器的内外，再用水淋洗干净即可。要注意毛刷的顶部，若已经秃了，露出铁丝，需及时更换。因为用秃毛刷清洗仪器，戳穿烧瓶、烧杯、试管等仪器之事时有发生。

对于黏性或焦油状残迹等，用一般方法不容易清洗干净，可用少量有机溶剂（可以是单一或者是混合溶剂）浸泡一段时间，浸泡时间的长短，视黏着物溶解情况而定。待黏着物溶解后，再将溶剂倒回有盖的溶剂回收瓶内，然后再用清水冲洗干净。丙酮、乙醚、乙醇、氯仿、二氯乙烷等是常用的有机溶剂。其中前三种易燃，在使用时应远离明火，注意操作的安全性。

对于难洗的酸性黏着物或焦性物质，可用稀碱溶液煮洗，其用量以盖没黏着物为宜。待黏着物溶解后，倒出稀碱溶液，玻璃仪器用水冲洗干净。以同样方法，可用稀硫酸溶液清洗碱性残留物。

用洗涤剂清洗玻璃仪器，可以代替重铬酸钾和浓硫酸配制成的铬酸洗液。使用洗涤剂清洗可消除在配制与使用铬酸洗液时带来的危险性。

1.2.3 玻璃仪器的干燥

在玻璃仪器经过认真清洗后，都要进行干燥处理，使待用的玻璃仪器时时处于干燥、清洁的状态。这是因为许多有机反应都要求在无水溶剂中进行，若从反应容器或其他器具中混入水分，将导致实验的失败。

1.2.3.1 自然干燥

将清洗后的玻璃仪器倒置，或者倒插在玻璃仪器架上，让其自然干燥，可供下次实验时用。但对于一些有机反应（如格利雅试剂的制备）必须是绝对无水的，所以必须进行下面的烘干处理。

1.2.3.2 烘箱干燥

用电烘箱（或鼓风电烘箱）进行干燥是经常采用的一种干燥方法。将自然干燥的玻璃仪器，或将经过清洗后的玻璃仪器倒置流去表面水珠后，再送入烘箱干燥。注意，不能将有刻度的容量仪器（如量筒、量杯、容量瓶、移液管、滴定管）放入烘箱内烘干，也不能将吸滤瓶等厚壁器皿进行烘干。有磨口的玻璃仪器如滴液漏斗、分液漏斗等，应将磨口塞、活塞取下，将其油脂擦去并经洗净后再烘干，因漏斗的活塞不能互换，烘干时不要配错。

在从电烘箱中取出玻璃仪器时，应待烘箱温度自然下降后再取。如因急用，需在烘箱温度较高时取出玻璃仪器，则应将玻璃仪器在石棉网上放置，慢慢冷却至室温。不要将温度较高的玻璃仪器与铁质器皿等冷物体直接接触，以免损坏玻璃器皿。

1.2.3.3 热气流干燥

将1.2.3.1节处理过的玻璃仪器，插入热气流干燥器的各支干燥用的金属管上，经过热空气加热后，可快速干燥，见图1-3。

用电吹风机的热空气可对小件急用玻璃仪器进行快速吹干。

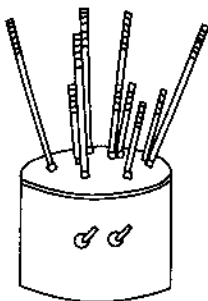


图 1-3 热气流干燥器

1.2.4 磨口玻璃仪器的保养

磨口玻璃仪器要善于保养，使之随时处于待用的状态，并能延长其使用寿命。经过清洗干燥后的各磨口连接部位，应垫衬一纸片，以防长时间放置后，磨口粘连不能开启。在清洗、干燥或保存时，不要使磨口碰撞而受损伤，影响磨口部分的密闭性。

磨口玻璃仪器使用不当，会使磨口连接部位或磨口塞粘连在一起，影响实验进程，甚至会使仪器报废。例如，用磨口锥形瓶久贮氢氧化钠溶液而不经常启用，会使磨口部位粘连，瓶塞不能开启。在使用标准磨口玻璃仪器组装的反应装置进行实验时，实验完成后，不及时拆卸仪器进行清洗，则容易发生磨口部件之间的粘连。

对于磨口塞不能开启或磨口部件发生粘连而不能拆卸时，可尝试用下述方法处理修复。

- (1) 用小木块轻轻敲打磨口连接部位使之松动而开启。
- (2) 用小火焰均匀地烘烤磨口部位，使磨口连接处的外部受热膨胀而松动。
- (3) 将磨口玻璃仪器放入沸水中煮沸，而使磨口连接部位松动。但此法不适宜用于密闭的带有磨口连接的容器，以免发生容器内气体受热膨胀，使玻璃炸裂而伤人。
- (4) 用下列浸渗液体进行浸渗。
 - ① 有机溶剂：苯、乙酸乙酯、石油醚、煤油等。
 - ② 稀薄的表面活性剂水溶液，例如渗透剂 OT（琥珀酸二辛酯磺酸钠）。
 - ③ Bredemann 溶液：取水合三氯乙醛 10 份，甘油 5 份，25% 盐酸溶液 3 份，水 5 份配制成溶液。

④ 水或稀盐酸溶液。

用浸渗的方法有时在几分钟内即可将粘连的磨口开启，但有时需要几天才能见效。

⑤ 将磨口竖立，向磨口缝隙间滴几滴甘油，若甘油能慢慢地渗入磨口，最终能使磨口松开。

⑥ 有的粘连的磨口塞子，单靠用力旋转就可打开，但因手滑，使不上劲而不能成功。这时可将玻璃塞的上端用软布包裹或衬垫上橡皮，小心地用台钳夹住，再用不太大的力量扭转瓶体，就能打开。

处理粘连的磨口塞，应在有经验的老师指导下进行，在上述各项瓶塞开启的操作中，应当用布包裹着玻璃仪器，注意安全，防止事故的发生。

1.2.5 仪器的装配

在有机合成实验中，应首先确定反应装置中反应烧瓶的容积。根据实验操作步骤规定的反应投料量，计算出反应物总量的体积数，一般使反应物的总体积数是烧瓶容积数的 $1/3 \sim 2/3$ 为宜。

选择合适的玻璃仪器标准磨口号数，一般教学用的是 14 号或 19 号磨口仪器。所选用的玻璃仪器与配件都要求干燥、洁净。为了防止磨口的粘连，可在磨口靠大端的部位涂敷一层薄薄的润滑脂（凡士林、真空活塞脂或硅脂）。

反应装置仪器的装配顺序是：“由下而上，由左向右”。在铁架台的台面上放置石棉板，然后再依次放置加热设备（煤气灯、电炉、电热套或酒精灯等），铁环，石棉网、烧瓶（若用电热套，则不用装铁环、石棉网）及其他。然后再由左向右，逐件进行安装。

反应装置仪器安装的要求是“上下一条线，左右在同面”。在垂直方向装配各件的重心在同一轴线上，与桌面保持垂直状态，不能出现重心偏移的倾斜状态。从侧面看，各装配件的轴线应在与桌面相垂直的同一平面内，不能出现偏离平面的扭曲状态。符合这样安装要求的反应装置，有牢固、稳定、美观的特点。

整个反应装置是铁夹固定在铁架台上的。所以要正确使用铁夹。铁夹的两个夹面应贴有衬布或套有橡皮圈，如有脱落或丢失，应及时更换或暂时缠上布条方能使用，以免铁器直接夹紧玻璃而损失仪器。用铁夹固定玻璃仪器时，应当使仪器处于无扭转力的适宜位置，然后进行固定。在进行铁夹固定操作时，左手的大拇指与其余四指将铁夹与玻璃器件捏紧，用右手徐徐旋转螺丝，当感觉螺丝已受力时，玻璃仪器已被夹紧。切忌将玻璃仪器夹紧过度而损坏仪器，也不要夹得过松，使玻璃仪器晃动或脱落，影响实验的进程。

在常压下进行反应或蒸馏等操作的仪器，安装后，要仔细检查是否有与大气相连接的通道。整个装置不能处于密闭状态，否则一旦加热升温时，密闭容器因压力过高，会使玻璃仪器炸裂。在仪器安装完毕后，指导者应及时提醒并逐个认真检查才能进行下一步加热操作，以杜绝事故的发生。

反应结束，首先关闭煤气开关或加热电源开关（或熄灭酒精灯），然后按相反的顺序拆卸仪器装置，并进行仪器的清洗与干燥。

1.3 化学试剂与化学危险品

1.3.1 化学试剂纯度的分类和规格

1.3.1.1 化学试剂纯度的分类

一般根据纯度可分为：超高纯试剂（简称 SPR）、高纯试剂（简称 UP）、优级纯试剂（一级试剂，简称 GR）、分析纯试剂（二级试剂，简称 AR）、化学纯试剂（三级试剂，简称 CP）、实验试剂。

超高纯试剂纯度极高，含量达 99.9999999% 以上，主要用于电子工业，如电子计算机、卫星通信等高科技领域。高纯试剂含量达 99.999% 以上，主要用于电子工业。优级纯试剂是一般化学实验室内常用化学药品中纯度最高的一种试剂，用于精密分析和结构测试。分析纯试剂纯度略低于优级纯，主要用于化学分析等。化学纯试剂纯度与分析纯试剂相差较多，可用于有机合成实验。实验试剂则供一般化学实验用。

根据实验的任务与性质，选用不同纯度等级的试剂，显然，不同纯度的试剂，其价格差异很大。本书实验用的化学试剂除有特殊说明外，均为化学纯试剂。

1.3.1.2 化学试剂的规格

我国化学试剂标准等级有：国家标准(GB)、行业标准、专业标准、推荐性标准。

1.3.2 化学试剂的使用

固体化学试剂用广口棕色玻璃瓶或塑料瓶盛装，液体化学试剂一般用细口玻璃瓶或塑料瓶盛装。氢氧化钠和氢氧化钾装在有橡皮塞的玻璃瓶内或塑料瓶内。盛装化学试剂的试剂瓶要贴有耐久的自黏性标签纸，以标明物质名称、试剂等级、质量、含量及主要杂质等。而标签纸的脱落，会造成实验者的使用困难，药品的浪费，影响实验的进程。为使试剂瓶上的标签更加耐久，可加涂一层透明的清漆，或涂覆一层石蜡，或贴一层透明的胶黏纸，可以使标

签纸不易脱落，并保持字迹清晰，不模糊。

在取用试剂时，应当需用多少取多少。严禁将多余的试剂倒回试剂瓶，以防混入杂物或倒错药品而污染试剂。在取用固体试剂时，有的会有结块成团的现象，用塑料药匙或牛角药匙不好取用，则可用不锈钢药匙挖取，不可用玻璃棒挖取，以免玻璃棒折断，而伤害手掌。在药品使用后，应立即盖上瓶盖，用石蜡、封口胶等加以密封保存，防止药品因潮解、氧化或蒸发而变质。

对于低熔点固体，例如，冰醋酸（熔点 16.6°C ）、苯酚（凝固点 40.85°C ）等，在室温低于熔点（或凝固点）时，瓶内试剂已呈固体状，不便量取。可在实验前，提前做好准备。旋开瓶盖，取出瓶塞，将试剂瓶敞口放在温水中，缓缓升温，使瓶内固体受热慢慢地熔化为液体状。在加热时，不要直接将瓶放入沸水中或忘记旋开瓶盖，取下瓶塞，以免发生瓶裂、毁药或伤人事故。

对于易氧化的试剂（如苯胺），久贮后会变成棕色甚至棕黑色。所以要在使用苯胺前，先经过提纯，进行蒸馏操作，以获得无色的苯胺。同样，苯甲醛久贮也会氧化，也要经过蒸馏提纯后使用。

1.3.3 化学危险品的分类

化学试剂有化学危险品与非危险品之分。而不少有机化合物都属于化学危险品。化学实验者应具有化学危险品的贮藏、使用、运输等方面的知识。

根据中华人民共和国国家标准 GB 12268—90 规定，化学危险品可分为以下 9 大类。

- (1) 爆炸物；
- (2) 可压缩的、液化的，在压力下溶解的气体；
- (3) 可燃性气体；
- (4) 可燃性固体，能自燃物质，能与水反应的物质；
- (5) 氧化剂，有机过氧化物；
- (6) 毒物；
- (7) 放射性物质；
- (8) 腐蚀性物质；
- (9) 其他危险性物质。

在本书各实验中，对于所涉及的属于化学危险品的化学试剂均作说明，以引起实验者的重视。

1.3.4 化学药品与化学危险品的贮藏

对于大量的化学药品，必须在专门库房内存放。在化学实验室内一般只能存放少量的易燃液体。化学药品的存放，要按其类别与危险性等级，分门别类，合理放置，切忌混杂堆放。下面就化学危险品存放作些说明。

(1) 易燃液体：要求阴凉通风，理想存放温度在 $-4\sim 14^{\circ}\text{C}$ ，一般其闪点在 25°C 以下的，最高温度应小于 30°C 。要将易燃液体同其他可燃物与易发生火花的电器或机械装置隔离放置。

(2) 剧毒性危险品：存放处要阴凉、干燥，要与酸类隔离。并应存放在保险柜内、专人负责管理。

(3) 强腐蚀性危险品：存放处要求阴凉通风，并与其他药品隔离放置。应选用抗腐蚀性的材料（用耐酸水泥和耐酸陶瓷）制成的架子，放置此类药品。

(4) 爆炸性物质：要求存放室内温度小于 30℃（理想温度小于 20℃），与易燃物、氧化剂隔离。存放屋周围应有防爆土围。若为少量物质，应放入保险柜内，专人管理。

(5) 氧化剂：存放处要求阴凉通风，最高温度小于 30℃（理想温度小于 20℃），要与酸类、木屑、炭粉、硫化物、糖类等易燃物、可燃物或易被氧化物质进行隔离，堆放不宜过高，注意散热。

(6) 气体：高压气瓶必须分类保管，不与易爆物混放。直立要固定，远离热源，避免曝晒及强烈震动，室内存放量不超过 2 瓶。

1.3.5 化学危险品的申购与运输

化学危险品是一种特殊的商品。化学危险品的采购、调拨、销售活动必须持有化学危险品经营许可证。实验室所需的少量化学危险品应向持有合法经营许可证的企业采购。

运输化学危险品，必须按照国家有关危险货物运输管理规定办理。装运化学危险物品时，不得客货混装。载客的火车、船舶、飞机机舱不得装运化学危险物品。禁止乘客随身携带、夹带化学危险物品乘坐前述交通工具。在异地采购化学危险物品时，可在经营企业办理委托快件托运，以便及时满足实验工作的需要。

1.4 实验室事故的预防与处理

进行有机化学实验操作时，要接触各种化学试剂，要使用多种电器设备、操作玻璃仪器，动用明火，处理废弃物等，所以在实验课内，设置事故的预防与处理的学习内容是十分必要的。这不仅是为了保障实验者顺利地完成任务，也为将来进入社会工作时，具有一定的预防与处理事故的知识与能力。

实验事故的预防与处理，首先是指对于可能发生的事事故有防范措施，以避免与杜绝事故的发生，同时当事故发生后，如何正确、迅速、果断处置，以控制、遏制、消灭事故，使损失减少至最小程度。这两方面的工作都很重要。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，在本书各实验项目中，均有安全提示的内容，实验者在进入实验室之前，应仔细阅读，作好预防准备工作。实验者进入实验室不得穿拖鞋或凉鞋，应穿实验工作服以保护身体，并戴护目镜。实验者在完成实验后，应使桌面、仪器、地面、水槽保持整洁，然后检查水、电、煤气、气瓶等是否关好，经教师检查同意后方能离去，以免留下隐患，引起事故。

1.4.1 防止玻璃的伤害

实验室内玻璃器皿是大量的，防止玻璃破裂碎片的伤害是十分重要的。在安装玻璃仪器或切割玻璃管时，要防止其碎片或断裂面的伤害，玻璃断裂面与碎片锐利，很容易伤及皮肤，造成出血。在将温度计或玻璃管装入（或拔下）橡皮塞孔或橡皮管口时，要涂些凡士林或水，以增加润滑性，利于装卸。在将 90℃或更小角度的玻璃弯管插入橡皮塞时，要防止在插入时，把另一边管子作为“把柄”着力旋入，这样的违规操作，会折断玻璃管，划破手掌。在将玻璃管（或温度计）装入橡皮塞时，分析发生事故的原因，主要是孔径太小。可以

用小圆锉将孔修理加工扩大，使之适宜于装配。在安装玻璃仪器时，手用布垫衬，可以避免伤手事故发生。

在安装仪器时，一些薄弱部位，例如，吸滤瓶的支管尖嘴突出部分，蒸馏烧瓶与分馏柱的支管等，在安装时用力要适当，同时防止碰撞。在用铁夹固定仪器时，若用力过猛，则易使玻璃破裂，割破皮肤。所以，在安装时，施力要适当为宜。

1.4.2 预防化学药品的灼伤与急救

在使用硝酸、硫酸、盐酸、磷酸、甲酸、乙酸、草酸、苦味酸等时，要按本书实验注解与安全提示的要求进行操作，必要时要戴护目镜、橡皮手套，若处理的数量大时，还应穿戴橡皮防护衣裤与长统靴子等劳动保护用品。不要与皮肤直接接触，当心发生灼伤。若皮肤发生上述化学药品灼伤时，先用大量自来水冲洗，然后用碳酸氢钠的饱和溶液冲洗，急送医院作进一步治疗。

在使用苯酚时，也要注意安全。若发生苯酚灼伤皮肤时，先用大量水冲洗，并急送医院就医治疗。

在使用氢氧化钠、氢氧化钾时，若发生灼伤，应立即用大量水洗涤，然后用弱酸稀溶液，例如，2%醋酸溶液（或1%硼酸溶液）冲洗，急送医院治疗。

眼睛受到任何伤害时，必须急请眼科医师诊治。但在医生就诊之前，立即用大量细水流冲洗，一定要保持眼皮张开，应持续冲洗15min，冲洗时，要避免水流直射眼球，也不要揉搓眼睛。在做实验时，戴上防护眼镜是保护眼睛的重要措施。

割伤时，用水充分洗伤口，必要时压紧伤口止血，并用3.5%碘酒涂在伤口四周消毒，然后急去医院就诊治疗。

1.4.3 防火与灭火

防火意即防止发生意外燃烧。燃烧是物质相互化合而发生光和热的过程。燃烧的必要条件是可燃物、助燃物（空气中的氧气）和火源（如火花、明火或灼热的物体）的同时存在。防火或灭火的措施就是要控制或消除上述条件，不发生或消灭火情。

1.4.3.1 防火

实验者不得在实验室内吸烟。在需要动用明火或开启电炉时，实验者应环顾四周，是否有人在使用易燃溶剂，如果有，可推迟用火或搬到安全场所（如通风橱内）去使用明火。

点燃酒精灯火焰者，不得擅离岗位，在确需要离开时，应熄灭灯火。在使用酒精喷灯时要慎防酒精挂筒的开关阀门泄漏酒精、酒精蒸气出口处的堵塞等，否则点火后会发生火灾。

加热乙醚、酒精、石油醚、苯等沸点小于80℃的易挥发液体时，应当在蒸汽浴或水浴上进行，不能用明火加热。不能在敞口容器中加热，只能在回流装置中进行升温。投放沸石应当在蒸馏或回流操作前进行，以防止液体暴沸冲出容器而发生事故。

实验室内不要存放大量乙醚、石油醚、酒精等易燃性液体，装有易燃性液体的容器周围，不得有明火。如不慎着火，首先应迅速移去周围一切易燃性物质，同时扑灭火焰。

加热源不得靠近木质或木质器壁，其底部不能直接与木质桌面接触，应当用石棉板或瓷板作衬垫，与木质桌面隔离。

使用油浴时，应严防冷水溅入油浴中而引起爆溅，灼伤实验者，或引起火灾。

有时，实验者违反操作规程，见试剂瓶内有不溶物，直接在灯火上加热，从而引起瓶底炸裂而着火。

要防止浓硝酸与棉织物甚至干枯树叶等接触而引燃。

1.4.3.2 灭火

实验室内应在醒目地点，长期固定贮备细砂、泡沫灭火器、二氧化碳灭火器、灭火石棉布等。实验者应熟知其存放位置，能熟练而有针对性地使用灭火器材。实验指导者应定期检查，适时更换过期药剂，发现缺损，应及时补充配齐，严禁随便动用灭火器材。

实验室有火情，应立即断开电源（或关闭煤气开关），有针对性地进行扑救。如不慎在烧杯、蒸发皿或其他容器中着火，立即用砂袋、玻璃板、石棉板、磁板、金属板等覆盖，可使其立即熄灭。

如易燃液体洒落地面而着火，宜用干燥细砂扑灭火焰。此时绝不能用水灭火，否则会有使火焰区域扩大的危险。

扑灭燃着的钠、钾，绝不能用水灭火，否则会加剧火情。用干燥的细干砂覆盖，可有效灭火。

电器着火，可用二氧化碳灭火器灭火，不会损坏任何仪器。但不能用泡沫灭火器来扑灭，因为泡沫可导电，有漏电危险。

实验者衣服着火时，不能惊慌奔跑，否则着火面会扩大，火情加剧。着火者可就地滚动，压灭火焰，同时用水冲淋，使火彻底熄灭。

1.4.4 防止爆炸

爆炸是物质发生的变化不断急剧增速，并在短时间内释放大量能量的现象。爆炸是一种破坏力很大的严重事故，应当分析易发生爆炸事故的起因，认真加以防范，杜绝实验室爆炸事故的发生。

对于实验室使用的氢气、氧气、乙烯、乙炔钢瓶，要与明火保持10m以上的距离，远离热源，避免曝晒与强烈震动。

在使用钢瓶气体做实验时，应除尽容器中的空气，再放入所要做实验的气体。切勿在未除尽空气前，点燃氢气、乙炔或乙烯气体。

蒸馏乙醚时，要检查是否有过氧化物的存在。可取少许乙醚，加入碘化钾的酸性溶液，若有碘析出，表示有过氧化物存在，则应在蒸馏前，先除去过氧化物（用酸化过的硫酸亚铁溶液洗涤乙醚）。

乙炔银、乙炔铜、偶氮二异丁腈、过氧化苯甲酰、二硝基甲苯、三硝基甲苯、苦味酸及其金属盐、重氮盐、叠氮化物等都是易爆的危险品，不要用磨口容器盛装，不要研磨，不要用金属筛网过筛，不要使其撞击或受热，以免发生事故。

在进行蒸馏或回流、分馏操作时，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，要检查所用器皿的质量，器壁过薄，器皿有伤痕，平底烧瓶等都容易在减压时发生压炸。所以在进行减压蒸馏操作时，要有安全保护装置。

化学实验室内的废液缸是专门用于盛装当天实验过程中废弃液体的容器。废液缸由于使用不当或管理不严，也会发生问题，甚至引发意想不到的燃烧或爆炸事故。实验者不能把废液缸当作垃圾箱，不要将废纸、破损玻璃仪器或其他固体物品投入废液缸，应分别将它们投

入废纸箱或专门容器内。不要将碳酸钠（或碳酸钾）、碳酸氢钠（或碳酸氢钾）与酸一起倒在废液缸内，以免产生大量泡沫而使缸内废液溢出废液缸，污染实验室地面。不要将燃着的火柴梗丢在废液缸内。易燃有机液体不能倾倒在废液缸内，应回收在专设的有盖容器内。钠、钾碎片以及易燃、易爆其他物质，不能投入废液缸内，应当在有经验的教师指导下进行专门处置。每次实验完毕后，应当立即清洗废液缸。不要将其倾入下水道内，以免污染环境。应将其投入专门的废水处理池内，经集中处理，达到国家规定的排放标准后，才能向外排放。若久置不洗，以致积累许多不同实验的废液，将成为事故的隐患，酿成事故。

1.4.5 安全用电

实验室安全用电，是为了防止电器起火，防止实验者发生触电事故，保障实验的顺利进行。

实验指导者应了解实验室电源的最大负荷，计算实验所用的电器全部同时开动时，是否有超载现象，实验时要观察电源有否发热、发烫，有否焦糊味气体散发，观察实验室内线路有否老化现象。若发现有异常现象时，要立即停止使用，请专人检修，不能拖延，以免发生意外。

在电路临时连接电线时，接头处应当用绝缘胶布缠扎，不能用医用胶布替代，以防漏电。更不能裸露电线接头处。电器设备应有接地线，实验者应配备有验电笔，检查所用电器是否漏电。若电器设备不运转或有异味、或有漏电、甚至电击现象，均应停止操作，报告老师，请人检修，不可使电器设备“带病操作”导致发生事故。

使用电器时，应保持手、衣服及四周是干燥的，如手湿时，应擦干后再启动电源进行操作。

电器设备的周围工作环境应当无腐蚀性气体，无有机溶剂蒸气等可燃气体存在，是一个干燥的操作环境，否则仪器易受损或易发生事故。

直接固定在木质材料上的日光灯应当改用悬挂式的灯具，以确保安全用电。

1.4.6 防止中毒

实验室人体中毒的途径，主要是通过呼吸，皮肤渗透，误食等几种形式。防止中毒，就是切断上述中毒途径。

为了防止误服化学药品而中毒，严禁将食品带入实验室，严禁在实验室内进食，不得将烧杯作为茶具或饮水用具，不能将碗、碟等食具盛装化学药品。

不能用手直接接触化学试剂，如手上沾染过药物，应立即用肥皂和冷水冲洗。洒在桌面或地面的药物应及时清理干净。

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。

1.5 有机化学实验记录与实验报告

1.5.1 有机化学实验记录

实验者填写实验记录，是学习有机化学科研方法的一种重要的实践活动。实验记录是原始性记录，是从事实验活动的第一手材料，是撰写实验报告的主要事实依据，是实验报告主

样品质量：

物理常数测定：

1.5.2 有机化学实验报告

有机化学实验报告是实验者完成实验后所获得实验成果的一种书面反映。撰写实验报告是实验者学习有机化学科学研究方法的一种实践活动。撰写实验报告是实验者回顾实验，总结操作经验，进行再学习的过程。还可能是一次认识上的深化过程，对理论有更深刻地认识。指导者从实验报告中，可以评论实验者对实验理论与实验现象的理解程度，文字表达能力以及对实验的认真负责程度。所以撰写规范、准确与完整的实验报告是有机化学实验课的基本要求之一。

实验报告应当以实验原理为指导，实验记录为根据，统一采用 GB 3101—93《有关量、单位和符号的一般原则》规定的单位与符号，按规范化的格式撰写。要用钢笔书写，不能用铅笔。书写的文字要工整，不得潦草。作图要规范，不能随手勾画。实验报告内各项内容均要书写，不能有空白。

下面就实验报告的几部分内容作如下说明。

(1) 实验原理：对于有机合成反应要写反应方程式。用自己的语言，描述实验原理，文字要简洁。

(2) 实验装置图：要用直尺等作图工具，按比例规范化作图，不能随使用铅笔勾描。要将实际使用的实验装置画出，可以参考实验书内的装置图绘制。

(3) 实验步骤：可以用文字简述实际操作过程，不需将实验书内的实验步骤全部抄下。也可用流程图表达，附加简要说明。简述实验过程中所记录的现象及结果。

(4) 实验结果：①样品色泽，晶形（固体）；②样品质量（或体积数），产率计算（实际产量/理论产量） $\times 100\%$ ；③物理常数值，如熔点（固体），沸程，折射率（液体），红外光谱图。

(5) 讨论：①回答实验讲义中的问题。②讨论实验中的有关问题，实验中的正常或异常现象及原因分析；物理常数值值的讨论；反应产量高低，产物色泽等原因的讨论；本人实验操作的回顾及操作经验总结；实验装置与步骤的改进意见，其他等。实验讨论部分是实验者发挥创造性思维的园地，实验者不仅应当善于操作，还应当善于发现，善于总结与提高。

有机化学实验报告格式如下所示。

实验名称 _____

年 月 日 室温 ℃ 实验者 _____

1. 实验原理

2. 实验装置图

3. 实验步骤

4. 实验结果

5. 讨论