

中等专业学校试用教材

# 化学工艺专业

## 综合实验

吉林化工学校 吕守信 主编



HUAGONG

化学工业出版社

TQ01-23  
L898:1

中等专业学校试用教材

# 化学工艺专业综合实验

吉林化工学校 吕守信 主编

化学工业出版社

·北 京·

(京)新登字 039 号

DI

**图书在版编目(CIP)数据**

化学工艺专业综合实验 / 吕守信主编. —北京: 化学工业出版社, 1995

中等专业学校试用教材

ISBN 7-5025-1583-6

I. 化… II. 吕… III. 化学工业-化学实验: 综合试验-  
专业学校-教材 IV. TQ016

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 15206 号

---

**出版发行:** 化学工业出版社(北京市朝阳区惠新里 3 号)

社长: 俸培宗 总编辑: 蔡剑秋

**经 销:** 新华书店北京发行所

**印 刷:** 北京市管庄永胜印刷厂

**装 订:** 三河市东柳装订厂

**版 次:** 1995 年 10 月第 1 版

**印 次:** 1995 年 10 月第 1 次印刷

**开 本:** 850×1168  $\frac{1}{32}$

**印 张:** 6  $\frac{1}{2}$

**字 数:** 182 千字

**印 数:** 1—10 500

**定 价:** 6.30 元

## 内 容 提 要

本书共分四章。第一章为化学工艺专业实验导论，介绍实验操作的基本知识及实验仪器设备的使用与校正知识；第二、三、四章分别为无机化工、有机化工、高分子及精细化工专业实验，共选入 30 个实验。在实验项目的选择上，注意配合工艺学教材，加强实验操作和数据处理的综合训练，提高学生的实验能力。

本书可作为中专化工工艺类专业综合实验课程教材，也可供化工技术人员和化工分析工作者参考。

## 前 言

化学工艺专业综合实验是化工工艺类专业学生的必修专业实验课。依据化工部颁发的化工中专指导性教学计划的要求,这门综合性的实验课通过选择有代表性的专业产品进行合成和测试实验,培养学生安装工艺实验装置,改变工艺条件并进行操作、分析检验、收集实验数据以及整理分析实验结果的能力,使学生受到综合实验技能的训练。

为了达到上述要求,我们在多年专业实验的基础上编写了《化学工艺专业综合实验》一书。本书共分四章,即化学工艺专业实验导论、无机化工专业实验、有机化工专业实验、高分子及精细化工专业实验。

在编写中我们注意了以下几点:

1. 注重基本知识教学。书中的“化学工艺专业实验导论”一章专门介绍化工实验操作的基本知识,常用实验仪器设备的使用与校正知识,以及实验流程安装所需的基本知识,为学生进行专业实验奠定必要的基础。

2. 密切配合工艺学教材。书中共选入 30 个实验,重点介绍氧化、脱氢、合成、聚合、催化剂制备、数据测试等实验。这些实验项目基本覆盖了无机化工、有机化工、高分子化工及精细化工专业教材的主要内容。各校可根据专业需要情况进行选做。

3. 加强实验技能培养。每个实验内容由实验目的、实验原理、实验流程、实验步骤、产品分析、数据处理等项组成。通过实验操作和数据处理的综合训练,进一步提高学生分析问题和解决问题的能力。

本书是在全国化工中专教学指导委员会副主任赵杰民组织指导下编写的。参加本书编写的有吉林化工学校吕守信(第一章,第二章三、四、五、七、八、九,附录),尹学贵(第三章一~五、七、八,第四章

十、十一),辽宁省石油化工学校孙伟民(第二章二、第三章六、九,第四章八),沈阳市化工学校郭敬平(第二章一、六),本溪市化工学校郭成林(第二章十,第四章六),哈尔滨市化工学校赵希芝(第四章二、五、七、九),黑龙江省化工学校商德发(第四章一、三、四)。全书由吕守信主编,原全国化工中专基本有机化工专业教材编审委员会主任胡学贵主审。

在本书编写过程中,吉林化校宋志轩、曹喜民两位同志给予了积极的帮助,在此表示谢意。由于编者水平有限,书中缺点错误在所难免,敬请读者提出批评指正。

编者

1995年3月

# 目 录

<b>第一章 化学工程专业实验导论</b> .....	1
一、化工实验操作的基本知识 .....	1
(一)实验室安全操作知识 .....	1
(二)热电偶测温 .....	14
(三)气体流量的测定 .....	28
二、实验仪器及设备简介 .....	38
(一)管式电炉和电热烘箱 .....	38
(二)恒温槽、接触温度计和电动搅拌器 .....	39
(三)介绍几种类型反应器 .....	40
(四)气体输送装置 .....	43
(五)流程安装基本操作 .....	45
<b>第二章 无机化工专业实验</b> .....	49
一、表面涂层法制备 V-Ti-Sb 氧化物催化剂 .....	49
二、 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 催化剂制备 .....	60
三、 $\text{NaCl-NH}_4\text{Cl-H}_2\text{O}$ 三元相图测定 .....	67
四、 $\text{NaCl-NH}_4\text{Cl-H}_2\text{O}$ 三元系分离 .....	71
五、氨水的氨蒸气分压测定 .....	74
六、圆盘塔中水吸收 $\text{CO}_2$ 吸收系数的测定 .....	78
七、食盐水电解 .....	84
八、变换反应动力学数据的测定 .....	89
九、离子交换法生产碳酸钾 .....	94
十、过硼酸钠的制备 .....	109
<b>第三章 有机化工专业实验</b> .....	112
一、甲醇氧化制甲醛 .....	112
二、苯烷基化制乙苯 .....	119
三、乙苯脱氢制苯乙烯 .....	125
四、 $\text{C}_4$ 馏分氧化制顺丁烯二酸酐 .....	130
五、乙醇脱水制乙烯的动力学实验 .....	134

六、乙炔水合制乙醛 .....	140
七、乙烯与氯气制 1,2-二氯乙烷 .....	144
八、醋酸与乙炔制醋酸乙烯酯 .....	149
九、邻二甲苯制邻苯二甲酸酐 .....	157
<b>第四章 高分子及精细化工专业实验 .....</b>	<b>160</b>
一、甲基丙烯酸甲酯本体聚合 .....	160
二、苯乙烯溶液聚合 .....	163
三、苯乙烯悬浮聚合 .....	166
四、醋酸乙烯酯乳液聚合 .....	169
五、聚苯乙烯-顺丁烯二酸酐树脂的合成 .....	172
六、聚乙烯醇缩甲醛(胶水)的制备 .....	174
七、酚醛树脂的合成 .....	175
八、对十二烷基苯磺酸钠的制备 .....	177
九、邻苯二甲酸二辛酯的制备 .....	182
十、巴比妥的合成 .....	184
十一、安替比林的合成 .....	188
<b>附录 .....</b>	<b>195</b>
一、某些物理常数及换算 .....	195
(一)温度换算 .....	195
(二)流量换算 .....	195
(三)密度换算 .....	196
(四)压力换算 .....	196
(五)功、能、热单位换算 .....	196
二、部分物质物理化学常数的数值 .....	197
(一)水的蒸汽压 .....	197
(二)乙醇的蒸气压 .....	197
(三)汞的蒸气压 .....	197
(四)苯的蒸气压 .....	198
(五)不同温度下液体的密度 .....	198
(六)不同温度下水的折光率 .....	199
(七)几种常用液体的折光率( $n'_D$ ) .....	199
<b>参考文献 .....</b>	<b>200</b>



# 第一章 化学工艺专业实验导论

## 一、化工实验操作的基本知识

### (一) 实验室安全操作知识

在实验室工作，必须十分重视安全操作问题，这是保证实验工作顺利开展，防止发生事故的必要条件。化学工艺实验室中经常要使用大量的危险药品，且往往要在加压条件下进行实验，因此，除严格遵守化学实验安全操作规程和用电安全操作规程外，还应特别注意防火、防爆、防毒和加压实验的安全操作问题。

在进行实验之前，应充分了解使用的仪器设备和实验流程的原理和特点，熟悉所用化学试剂的性质。应根据实验的具体情况，认真订出实验的操作规程和安全保证措施，并在实验中严格执行，以防由于操作上的疏忽和错误而造成仪器设备的损坏甚至引发意外的事故。

#### 1. 危险药品的分类

实验室安全工作中最重要的内容之一就是危险药品的使用和保管问题。危险药品使用、保管不当，将会引起重大的事故。

实验室中使用的危险药品，必须合理地分类存放。例如，易燃物品不应和氧化剂放在一起，以免着火燃烧的机会增大。如果这两种药品放在一起，一旦发生火灾，危害很大。从这个角度考虑，危险品分类合理存放是保证安全的必要措施。所以，了解危险药品的分类是十分必要的。危险药品大致可以分为下列九类：

##### (1) 爆炸性物品

常见的爆炸性物品有硝酸铵（硝酸炸药的主要成分）、重氮盐、三硝基甲苯（TNT）和其他含有三个以上硝基的有机化合物等。

这类物质对热和机械作用（如研磨、撞击等等）都很敏感，爆

炸威力一般都很强，特别是多量干燥的爆炸物爆炸时威力更强。爆炸物爆炸时一般不需要空气中的氧助燃，并且时常产生有毒的和刺激性的气体。

### (2) 氧化剂

某些氧化剂，如高氯酸盐、氯酸盐、次氯酸盐、过氧化物、硝酸盐、高锰酸盐、铬酸盐及重铬酸盐、过硫酸盐、溴酸盐和碘酸盐、亚硝酸盐等，本身一般不能燃烧，但在受热、受日光直射或与其他化学药品（如酸类或水）作用时，能产生助燃的氧，使可燃物猛烈燃烧。例如，过氧化钠与水作用时，反应非常剧烈，并引起猛烈的燃烧。强氧化剂与还原剂或有机物混合后，可能因受热、摩擦打击而发生爆炸。例如，氯酸钾与硫磺的混合物会因受撞击而爆炸；过氯酸镁是一种很好的干燥剂，但如果被干燥的气流中带有烃类蒸气时，过氯酸镁吸附烃类，就有爆炸的危险。

通常人们对氧化剂的危险性注意不够，这往往是发生事故的根源之一，必须对这一点给予足够的重视。

### (3) 压缩气体和液化气体

压缩气体和液化气体按其危险性大致可以分为三类：

- ①可燃性气体，如氢、乙炔、甲烷、煤气等。
- ②助燃性气体，如氧、氯等。
- ③不燃性气体，如氮和二氧化碳等。

压缩气体通常都是装在钢瓶中，压力高，受日光直射或靠近热源时，由于瓶内气体受热压力增大，而钢瓶受热后耐压强度降低，这样就很容易引起爆炸。此外，如果氢气钢瓶漏气，或使用氢气的尾气直接在室内放空时，当空气中含氢量在4~75.2%范围时，一遇火源即可爆炸。又如当氯气遇到乙炔，氧气与油脂作用，均可能引发爆炸。

### (4) 自燃性物品

带油污的废纸、废布，废胶片，硝化纤维，黄磷等，都属于自燃性物品。它们在空气中会因逐渐氧化而生热，若所产生的热不能散失，温度逐渐升高到该物品的燃点时，就发火燃烧。因此，这类

有自然性的废弃物品不要堆放在实验室内，应当及时清除掉，以防发生意外。

#### (5) 遇水燃烧物

钾、钠、钙等轻金属遇水时能产生氢气和大量的热，以致发生爆炸；电石遇水能产生乙炔和大量的热，有时也能着火甚至爆炸。

#### (6) 易燃液体

在化工实验室中，使用这类危险品的数量最多，它们大多容易挥发，易燃烧，遇明火后即能着火燃烧，在密封容器内着火时，甚至可能爆炸。这样的液体如乙醚、酒精、汽油、煤油等。易燃液体的蒸气密度一般比空气大，当它们在空气中挥发时，常常能在地面上飘浮，因此，可能在距离存在这种液体的地面相当远的地方着火，着火后容易蔓延开来，并回火引燃容器中的液体。所以使用这类物品时，必须严禁明火，远离电热设备和其他热源，更不能同其他危险品放在一起，以免引起更大的危害。

#### (7) 易燃固体

松香、石蜡、硫、萘、镁粉和铝粉等，都属于易燃固体，它们不自燃，但易燃，燃烧速度一般较快。这类固体如以粉尘状悬浮分散在空气中，达到一定浓度时，遇有明火可能发生爆炸。

#### (8) 毒害性物品

毒害性物品的中毒途径有口服、吸入呼吸道、皮肤沾染等。有的物品的蒸气有毒，如汞。根据毒品对人身的毒害情况，分为剧毒药品（如氰化钾、砒霜等）和有毒药品（如可溶性的钡盐、农药等）。使用这类物品要注意防止中毒。实验室所用毒品应专人管理，建立保存、使用档案。

#### (9) 腐蚀性物品

属于这类物品的有强酸、强碱。如硫酸、硝酸、盐酸、氢氟酸、苯酚、氢氧化钾、氢氧化钠等。这些物品对皮肤和衣物都有腐蚀作用，在浓度和温度都很高的情况下作用更加强烈。在使用中应防止与人体（特别是眼睛）和衣物直接接触，灭火时也要考虑是否这类物品同时存放，以便采取适当措施。

## 2. 使用易燃易爆品及有毒药品的安全知识

### (1) 使用易燃易爆品的安全知识

存放及使用易燃易爆品的地方，应严禁明火。存放易燃易爆品处应远离热源，不应受日光直射。

实验室内领用易燃易爆品的数量，应根据实验的需要量严格按照有关的规定数量领用。

使用危险品进行实验前，应当结合实验的具体情况，经过认真讨论，制定出安全操作规程，明确操作中容易发生事故的地方及必须十分注意的事项。例如，在蒸馏易燃的液体有机化合物时，就必须注意：蒸馏瓶中的液体有机化合物的数量不能超过蒸馏瓶容积的 $\frac{2}{3}$ ，一般约为 $\frac{1}{2}$ ，往蒸馏瓶中加入少量的沸石或玻璃毛细管；开始加热之前应往冷凝器中通入冷却水；在整个加热过程中，必须始终有操作人员照管，绝对不能在无操作人员照管的情况下加热易燃液体；绝对不能把加热着的蒸馏瓶塞打开；瓶中盛有蒸馏沸点很低的易燃有机物时，不应直接加热；并且不能加热太快，以免因急剧气化冲开瓶塞，引起火灾，甚至造成爆炸事故。

在实验室进行实验的人员必须熟悉实验室中灭火器材存放的地方及其使用方法。

### (2) 防毒

因为在化工实验中常常要使用一些毒品，因此必须十分注意防毒的问题。

实验室中使用的毒品，必须严格按照学校的规定领用、保管，使用毒品后的废液必须妥善处理，不得倒入下水道或酸缸中。

凡产生有害气体的实验操作，都必须在通风橱中进行。注意不使毒品洒落在实验台或地上，万一有洒落时，必须彻底清理干净。绝对不能用实验室任何容器作餐具，不在实验室内吃东西。实验完毕后，必须洗手。

## 3. 使用压缩气体钢瓶的安全知识

装压缩气体的钢瓶，应当按表 1-1 规定漆色标注气体名称和涂刷横条。

表 1-1 气瓶的标志

气瓶名称	外表面颜色	字 样	字样颜色	横条颜色	阀门出口螺纹
氧 气 瓶	天 兰	氧	黑		正 扣
氢 气 瓶	深 绿	氢	红	红	反 扣
氮 气 瓶	黑	氮	黄	棕	正 扣
氩 气 瓶	棕	氩	白		正 扣
压缩空气瓶	黑	压缩空气	白		正 扣
石油气体瓶	灰	石油气体	红		反 扣
氯 气 瓶	草 绿	氯	白	白	正 扣
氨 气 瓶	黄	氨	黑		正 扣
丁烯气瓶	红	丁 烯	黄	黑	反 扣
二氧化碳气瓶	黑	二氧化碳	黄		正 扣
乙炔气瓶	紫	乙 炔	红		反 扣
其他可燃 性气体气瓶	红	气体名称	白		反 扣
其他非可燃 性气体气瓶	黑	气体名称	黄		正 扣

装压缩气体的钢瓶，尤其是装液化气体的钢瓶，绝不能放在热源附近，应离开暖气散热片，避免阳光直射，以免因温度升高而使瓶内气体压力骤增，发生意外事故。按照规定，氧气瓶及可燃性气体气瓶与明火的距离不小于 10m。

钢瓶必须可靠地固定在架子上、墙上、或实验台上；运送钢瓶时，应将钢瓶的安全帽和橡皮环套好，无论是使用时或运送时，都应严防钢瓶摔倒或受到撞击，以免发生意外的爆炸事故。

使用氧气时，无论在任何情况下，都严禁在钢瓶的附件上、氧气表上和连接管上粘附油脂，钢瓶的阀门和氧气表都不能用可燃性（如橡皮）的垫圈。因为它在急速的氧气流冲击下，可能着火，甚至引起钢瓶爆炸。

使用压缩气体钢瓶，必须有氧气表（或氢气表、氨表等）和减压阀。不经过氧（氢或其他）气表和减压阀就直接使用钢瓶中的氧（或其他压缩气体）气是十分危险的，这样常常因为不能控制气体排放速度而发生大量气体冲出，可能造成一系列的事故。例如，造成与钢瓶联接的仪器损坏，大量氧气冲出时可能引起着火事故；大量

的氮或二氧化碳冲出后，可能造成实验室内空气缺氧，使工作人员呼吸困难；氢及其他可燃气体冲出时，可能引起爆炸事故和火灾。

压缩气体钢瓶使用到最后，瓶内剩余压力应在  $0.5\text{kgf/cm}^2$ <sup>①</sup> 以上。使用压缩气体钢瓶至剩余压力过低，将会给钢瓶充气时带来不安全因素，容易在充气时发生事故，乙炔钢瓶的规定剩余压力是根据室温来选定的（表 1-2）。

表 1-2 乙炔钢瓶的剩余压力与室温的关系

室温, °C	-5	-5~5	5~15	15~25	25~35
余压, kgf/cm <sup>2</sup>	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0

#### 4. 防爆知识

各种易燃的液体有机化合物的蒸气和可燃气体在空气中的含量达到一定的比例时，就与空气构成爆炸性的混合气体，这种气体遇到火源，就能闪火发生爆炸。

任何气体在空气中构成爆炸性混合气体时，该气体所占的最低体积百分比叫做爆炸下限，所占的最高体积百分比叫做爆炸上限。气体体积浓度在爆炸下限和爆炸上限之间就能引起爆炸，这个浓度范围就叫做爆炸极限或爆炸范围。例如，甲苯在空气中的爆炸下限为 1.2%，爆炸上限为 7.1%。这就是说，空气中含有 1.2~7.1% 的甲苯时，空气与甲苯就构成爆炸性的混合气体；又如，空气中如含有 4.0~75.2% 的氢气时，空气与氢气就构成爆炸性的混合气体。这时，一遇火源（包括明火、红热的表面、火星或火花等）即发生爆炸。空气中含有低于 1.2% 或高于 7.1% 的甲苯（或空气中含有低于 4.0% 或高于 75.2% 的氢气）时，即使有火源，也不会发生爆炸。但在上限以上的混合气体遇火源时可以燃烧起火。

当某些气体和空气的混合气体在燃烧时也可能突然爆炸，这是因为这些气体在空气中所占体积比例逐渐升高或降低，以致由爆炸极限以外逐渐进入爆炸极限以内；反之，爆炸性的混合气体由于成分的变化，也可以在爆炸中逐步变为非爆炸性的气体。实验室中常

① 非法定计量单位， $1\text{kgf/cm}^2 = 1.02 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

见的一些易燃物的爆炸极限列于表 1-3。

表 1-3 一些常见易燃物的爆炸极限

液体或气体 名称	与空气混合时的爆炸 极限含量, % (体积)		液体或气体 名称	与空气混合时的爆炸 极限含量, % (体积)	
	下 限	上 限		下 限	上 限
煤 油	1.0	7.5	乙 烯	2.7	36.0
汽 油	1.0	7.0	丙 烯	2.4	11.0
丙 酮	2.0	13.0	丁 烯 - 1	1.6	10.0
甲 乙 酮	1.6	8.2	丁 烯 - 2	1.7	9.7
苯	1.3	7.9	1,3-丁二烯	2.0	12.0
甲 苯	1.2	7.1	一 氧 化 碳	12.5	74.0
邻二甲苯	1.0	6.0	甲 烷	5.0	15.0
间二甲苯	1.1	7.0	乙 烷	3.0	12.4
对二甲苯	1.1	7.0	丙 烷	2.1	9.5
环氧乙烷	3.6	100.0	正丁烷, 异丁烷	1.8	8.4
甲 醛	7.0	73.0	戊 烷	1.4	7.8
乙 醛	4.0	57.0	庚 烷	1.0	6.7
丙 醛	2.9	17.0	乙 炔	2.5	100.0
乙 醚	1.0	40.0	环 乙 烷	1.2	7.7
醋酸乙酯	2.2	11.0	乙 酸	5.4	17.0
甲 醇	6.7	36.5	顺丁烯二酸酐	1.4	7.1
乙 醇	3.3	19.0	氯 乙 烯	3.6	33.0
正 丙 醇	2.1	13.7	丙 烯 腈	3.0	17.0

显然, 在使用易燃易爆品时, 可能发生爆炸的条件是: ①该种物质与空气混合, 浓度在爆炸极限之内, ②遇到火源。因此, 防止爆炸事故的方法是:

①不使有爆炸极限范围内的混合物存在。这就要求在进行反应实验时, 配制反应混合物要注意控制其浓度, 使其保持在安全操作的浓度范围之内。当往反应器或容器中通入可燃气体或可燃物的蒸气前, 必须将其中的空气吹扫干净; 在往装有可燃气体或液体的实验装置或容器中通空气前, 也必须将可燃气体或蒸气吹扫干净。在使用可燃气体或易燃液体进行实验时, 实验装置必须保证严密不漏气, 室验室内应当通风良好。

②消除一切可能引起爆炸的外因, 杜绝可能引起爆炸的一切火源。例如, 禁止室内使用明火和开放式的电热器, 不使室内有产生

火花的条件存在等等，并应注意某些剧烈放热的化学反应有时也可能引起自燃或爆炸。

总之，只要我们充分掌握可能引起爆炸的原因，思想上充分重视，工作中认真谨慎，遵守操作规程，就可以防止爆炸事故。

### 5. 消防知识

除严格遵守安全操作规程外，为防止意外事故，实验室内应准备一定数量的消防器材。在实验室中进行工作，必须了解消防器材存放的位置及其使用方法，绝对不允许将消防器材移作它用。实验室内常用的消防器材有以下几种。

#### (1) 灭火砂箱

易燃液体和其他不能用水来灭火的危险品（如钾、钠）着火时，可用砂子来扑灭。它的灭火原理主要是隔断空气，同时还能起降温作用，灭火用的砂子中不能混有可燃性杂物。并且一定要干燥。潮湿的砂子遇火后水分蒸发，会使燃着的液体飞溅。

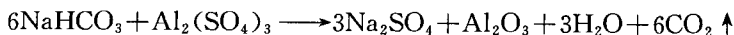
此外，还可用滑石粉末等不燃性固体粉末来灭火。

#### (2) 石棉布、毛毡或湿布

这些器材适于迅速扑灭区域不大的火灾，也是扑灭衣服着火的常用方法。它们的作用在于隔绝空气，达到灭火的目的。

#### (3) 手提泡沫灭火器

这种灭火器外壳用薄钢板做成，里面有一个玻璃瓶胆，瓶胆中盛有硫酸铝，瓶胆外装有碳酸氢钠溶液，加有发泡剂（甘草精），其构造示意图 1-1。灭火液由 50 份硫酸铝，50 份碳酸氢钠和 5 份甘草精组成，使用时，将灭火器倒置，泡沫即由喷嘴喷出，其化学反应如下：



这种泡沫粘附在燃烧物表面上，使之与空气隔绝而灭火。它用于扑灭实验室的一般火灾；油类着火时应在燃烧开始发生时使用。泡沫灭火器不能用于扑灭电线和电器的着火，因为药液本身是导电的，会引起触电事故。

#### (4) 四氯化碳灭火器

这种灭火器如图 1-2 所示，适于电器设备着火时使用。灭火器中



装有四氯化碳液体,并加入压缩空气(7kgf/cm<sup>2</sup>),使用时将其倒置,喷嘴向下,旋开手阀,由于瓶内压缩空气的作用,使四氯化碳喷出。四氯化碳是一种不燃液体,其蒸气比空气重,能使燃烧物表面与空气隔绝而灭火。因为四氯化

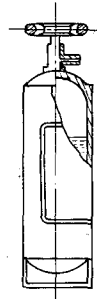
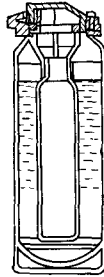


图 1-1 泡沫灭火器 图 1-2 四氯化碳灭火器

碳有毒,使用这种灭火器时要站在上风侧,注意防止中毒。用四氯化碳在室内灭火后,应打开门窗通风一段时间后,才能进入室内。

#### (5) 二氧化碳灭火器

此种灭火器是装有压缩的二氧化碳的耐压钢瓶。使用时旋开手阀,二氧化碳就急剧喷出,使燃烧物与空气隔离,并降低空气中的氧含量。当空气中的二氧化碳含量达 12~15% 时,燃烧即行停止。使用二氧化碳灭火时要注意防止窒息。

### 6. 实验室安全用电知识

进行实验需要使用许多电器设备,注意电器设备的安装和线路联接正确,掌握正确的操作方法,保证安全用电,是实验室安全操作的重要问题之一。因此,实验室安全用电必须注意以下问题。

#### (1) 保护接地和保护接零

在正常情况下,电器设备的金属外壳是不带电的,但如果设备内部的绝缘损坏,金属外壳就会带电。当人体接触到带电的金属外壳或是带电的导线时,就有电流流过人体。带电体的电压越高,流经人体的电流越大,对人体的损伤也越大。根据一般经验,大于 10mA 的交流电,或大于 50mA 的直流电流过人体时,就有可能危及生命。我国规定,36V (50Hz) 的交流电是安全电压,12V (50Hz) 的交流电是绝对安全电压。在超过安全电压的用电过程中,必须注意用电安全,防止触电事故。