

高职高专系列教材

SHIYOU HUAGONG GONGYI  
SHIXUN JIAOCHENG

# 石油化工工艺 实训教程

何小荣 史文权 主编

中国石化出版社

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

高职高专系列教材

# 石油化工工艺实训教程

何小荣 史文权 主编

中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书根据国家对高职高专石油化工类专业教学大纲要求以及石油化工生产职业标准编写。可作为高职高专院校石油化工生产技术、应用化工生产技术、炼油生产技术、精细化工生产技术、高聚物生产技术专业实训教材,也可作为石油化工生产技术专业、应用化工生产技术专业的专业课程理实一体化教材,还可以作为石油化工生产企业技能训练培训教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

石油化工工艺实训教程 / 何小荣, 史文权主编.  
—北京: 中国石化出版社, 2011. 2  
(高职高专系列教材)  
ISBN 978 - 7 - 5114 - 0723 - 8

I. ①石… II. ①何… ②史… III. ①石油化工 - 工  
艺学 - 高等学校: 技术学校 - 教材 IV. ①TE65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 022764 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](mailto: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 10.5 印张 259 千字

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

定价: 24.00 元

# 前 言

随着我国高等职业教育的不断改革与发展,传统的教育模式和教育资源已不能满足高素质技能型专门人才培养的需要。为了适应市场对技能型人才的需求,高职院校都在创新人才培养模式,不断改善教学资源,加大实训基地的建设力度,强化学生实践动手能力的培养,以培养符合经济发展和产业升级需要的高素质技能型专门人才。由于各院校不断扩充实践教学资源,加强内涵建设,提升教师的双师素质,传统的实践教学指导教材已远远不能满足新的教学环境和教学目标的要求。为了解决石油化工类高职院校石油化工工艺专业实践教学的需求,编者组织编写了《石油化工工艺实训教程》。

石油化工工艺实训有别于基础课程的实训,它具有更强的设备仿真性和石油化学工程与工艺背景,装置流程较长,规模较大,通过系统地训练来培养学生化工装置操作能力、分析问题、解决问题的能力 and 创新思维能力。本课程有可能与其他专业课程同时进行,它要求学生有一定的基础课和专业基础课的理论基础,才能很好地完成综合型实训装置的操作训练。本书编入了石油化工典型装置的装置介绍、工艺流程、控制条件、操作规程和操作步骤,便于石化类高职院校学生储备知识,提升操作技能。

本书由兰州石化职业技术学院何小荣、史文权老师编写,第三章与第四章的第二节、第四节~第六节,第五章的第四节、第五节、第七节由史文权编写,其余部分均由何小荣编写。全书由何小荣统稿,王焕梅教授主审。

本书所列举的实训装置有一部分作为专业实验、实习训练及科研使用;另一部分既可以作为生产性实训教学装置,也可以用来生产小批量的试剂级化工产品,因而可以完全满足工学结合的教学需求。

本书在编写过程中得到了兰州石化职业技术学院许多专业课教师及天津大学北洋化工设备有限公司刘光永教授的大力支持,在此表示感谢。

限于编者水平,本书虽经多次修改,仍难免有错误和不足之处,敬请各位专家、同行和使用该书的同学们不吝赐教并提出宝贵意见。

编者

# 目 录

<b>第一章 石油化工工艺实训基础知识</b> .....	( 1 )
<b>第一节 安全知识</b> .....	( 1 )
一、化工生产过程的特点及安全 .....	( 1 )
二、实训基地、实验室安全操作知识 .....	( 3 )
<b>第二节 石油化工工艺实训、实习与石油化工生产的关系</b> .....	( 10 )
<b>第三节 常用实训、实验设备仪器简介</b> .....	( 11 )
一、常用测量仪器的使用及其标定方法 .....	( 11 )
二、加热设备 .....	( 20 )
三、常用反应器 .....	( 21 )
四、气体输送装置 .....	( 29 )
五、泵类设备 .....	( 30 )
<b>第二章 化工过程开发及专业实验设计</b> .....	( 33 )
<b>第一节 化工过程开发与实验技术</b> .....	( 33 )
一、过程开发的意义 .....	( 33 )
二、化工开发的内容 .....	( 33 )
三、化工开发实验技术 .....	( 34 )
<b>第二节 化工过程开发工艺流程的组织原则</b> .....	( 36 )
一、石油化工生产工艺路线选择 .....	( 36 )
二、原材料来源与生产规模确定 .....	( 36 )
三、能量回收与利用 .....	( 36 )
四、三废处理与综合利用 .....	( 37 )
<b>第三节 化工开发实验与安全技术</b> .....	( 37 )
<b>第四节 化工工艺专业实训的设计与开发</b> .....	( 38 )
一、化工工艺专业实训设计与开发的基本要求 .....	( 38 )
二、实验装置安装基本操作 .....	( 38 )
三、工艺实验设计案例 .....	( 40 )
<b>第三章 石油化工催化剂及其合成</b> .....	( 43 )
<b>第一节 概 述</b> .....	( 43 )
一、催化剂的分类及组成 .....	( 43 )
二、催化剂性质 .....	( 44 )
三、催化剂的使用技术 .....	( 47 )
<b>第二节 催化剂制备实验</b> .....	( 48 )
一、催化剂载体——活性氧化铝的制备 .....	( 48 )

二、苯烃化反应催化剂——红油的制备 .....	( 51 )
三、沸石催化剂的制备 .....	( 52 )
四、催化剂成型 .....	( 55 )
五、思考题 .....	( 58 )
<b>第四章 石油化工单元过程典型实训装置 .....</b>	<b>( 59 )</b>
<b>第一节 石油烃常压裂解实训装置 .....</b>	<b>( 59 )</b>
一、常压裂解实训装置简介 .....	( 60 )
二、石油烃裂解反应实训 .....	( 61 )
<b>第二节 多功能反应实训装置 .....</b>	<b>( 63 )</b>
一、多功能实训装置简介 .....	( 64 )
二、实验装置流程图 .....	( 68 )
三、实训项目 .....	( 68 )
四、思考题 .....	( 80 )
<b>第三节 多功能精馏实训装置 .....</b>	<b>( 80 )</b>
一、装置简介 .....	( 80 )
二、实训装置流程图 .....	( 83 )
三、实验指导 .....	( 83 )
<b>第四节 萃取精馏实训装置 .....</b>	<b>( 87 )</b>
一、装置简介 .....	( 87 )
二、装置流程图 .....	( 90 )
三、实验指导 .....	( 90 )
<b>第五节 液液转盘萃取实训装置 .....</b>	<b>( 92 )</b>
一、实验目的 .....	( 92 )
二、基本原理 .....	( 92 )
三、实验装置与流程 .....	( 94 )
四、操作规程 .....	( 94 )
五、实验报告 .....	( 95 )
六、思考题 .....	( 96 )
<b>第六节 恒压过滤(真空过滤)实训装置 .....</b>	<b>( 96 )</b>
一、实验目的 .....	( 96 )
二、基本原理 .....	( 96 )
三、实验装置与流程 .....	( 98 )
四、操作规程 .....	( 99 )
五、数据处理 .....	( 99 )
六、思考题 .....	( 100 )
<b>第七节 高压釜式反应实训装置 .....</b>	<b>( 101 )</b>
一、装置简介 .....	( 101 )
二、实训装置流程图 .....	( 102 )
三、实验指导 .....	( 102 )
四、思考题 .....	( 105 )

第八节 气-液传质系数测定实训装置 .....	(105)
一、概述 .....	(105)
二、技术指标 .....	(105)
三、流程示意图 .....	(106)
四、实验指导 .....	(106)
五、实验举例 .....	(109)
第九节 液液传质系数测定实训装置 .....	(110)
一、实验目的 .....	(110)
二、实验原理 .....	(110)
三、实验装置及试剂 .....	(111)
第十节 高压内循环无梯度色谱反应实训装置 .....	(112)
一、概述 .....	(112)
二、技术指标 .....	(113)
三、工艺流程 .....	(113)
四、操作规程 .....	(113)
五、故障处理 .....	(115)
六、注意事项 .....	(115)
第五章 典型化工工艺过程综合实训装置 .....	(116)
第一节 乙苯脱氢及分离实训装置 .....	(116)
一、装置简介 .....	(116)
二、装置流程图 .....	(119)
三、实训项目——乙苯脱氢生产苯乙烯 .....	(119)
四、思考题 .....	(123)
第二节 小型脱氢反应与分离实训装置 .....	(123)
一、概述 .....	(123)
二、实验原理及条件 .....	(124)
三、工艺流程 .....	(124)
四、实验步骤 .....	(124)
五、实验数据处理 .....	(126)
六、思考题 .....	(126)
第三节 鼓泡塔反应与分离实训装置 .....	(126)
一、装置简介 .....	(126)
二、实训装置流程图 .....	(128)
三、实训项目 .....	(128)
四、思考题 .....	(132)
第四节 甲乙酮生产与分离实训装置 .....	(132)
一、组成装置主要设备的技术指标 .....	(132)
二、甲乙酮的理化性能 .....	(132)
三、甲乙酮生产与分离实训 .....	(133)
四、实验数据处理 .....	(135)

五、实验结果分析与讨论 .....	(135)
第五节 离子交换实验装置 .....	(135)
一、离子交换法制备高纯碳酸钠 .....	(136)
二、离子交换法生产去离子水 .....	(143)
第六节 煤气化、脱硫、变换实训装置 .....	(144)
一、煤气化生产合成气 .....	(144)
二、半水煤气脱硫 .....	(146)
三、一氧化碳的中、低温变换 .....	(146)
第七节 小型提升管法催化裂化实训装置 .....	(148)
一、概述 .....	(148)
二、工艺文件准备及要求 .....	(149)
三、工艺流程 .....	(150)
四、操作规程 .....	(150)
附录1 常用绘制工艺流程图设备图例 .....	(153)
附录2 常用酸碱的密度和浓度 .....	(157)
附录3 某些二元物系的气液平衡组成 .....	(158)
附录4 某些三元物系的气液平衡组成 .....	(160)

# 第一章 石油化工工艺实训基础知识

## 第一节 安全知识

### 一、化工生产过程的特点及安全

#### (一) 石油化工生产过程的特点

石油化工生产是国家、社会经济发展的支柱产业，但其具有易燃、易爆、有毒、腐蚀性强，高温、高压操作，生产工艺复杂等特点，稍有不慎很容易发生火灾、爆炸事故，造成较大的损失(如经济、财物、生命、名誉等)。因此，搞好化工安全生产，不仅关系到企业的正常生产、学校的正常教学和职工、学生的人身安全，还关系到企业的生存发展和社会秩序的稳定。

#### 1. 易燃易爆

石油化工生产从原料到产品，包括工艺过程中的半成品、中间体、溶剂、添加剂、催化剂、试剂等，绝大多数属于易燃易爆物质，还有爆炸性物质。它们多以气体和液体状态存在，极易泄漏和挥发。尤其在生产过程中，工艺操作条件苛刻，高温、深冷、高压、真空，许多加热温度都达到和超过了物质的自燃点，一旦操作失误或因设备失修，便极易发生火灾爆炸事故。另外，就目前的工艺技术水平看，在许多生产过程中，物料还必须用明火加热；而且日常的设备检修又要经常动火。这样就构成一个突出的矛盾，既怕火，又要用火。加之各企业及装置的易燃易爆物质储量很大，一旦处理不好，就会发生事故，其后果不堪设想。以往所发生的事故，都充分证明了这一点。

#### 2. 毒害性大

石油化工生产中有毒物质普遍大量地存在于生产过程之中，其种类之多、数量之大、范围之广，超过其他任何行业。其中，许多原料和产品本身即为毒物，在生产过程中添加的一些化学物质也多属有毒的；在生产过程中因化学反应又生成一些新的有毒性物质，如氰化物、氟化物、硫化物、氮氧化物及烃类毒物等。这些毒物有的属一般性毒物，有许多属高毒和剧毒物质。它们以气体、液体和固体三种状态存在，并随生产条件的变化而不断改变原来的状态。此外，在生产操作环境和施工作业场所，还有一些有害的因素，如工业噪声、高温、粉尘、射线等。对这些有毒有害因素要有足够的认识，采取相应措施，否则不但会造成急性中毒事故，还会随着时间的增长，即便是在低浓度(剂量)条件下，也会因多种有害因素对人体的联合作用，导致发生各种职业性疾病。

#### 3. 腐蚀性介质多

石油化工生产过程中的腐蚀性主要来源于：其一，在生产工艺过程中使用一些强腐蚀性物质，如硫酸、硝酸、盐酸和烧碱等物质，它们不但对人体有很强的化学性灼伤作用，而且对金属设备也有很强的腐蚀作用。其二，在生产过程中有些原料和产品本身具有较强的腐蚀作用，如原油中含有硫化物，常将设备管道腐蚀破坏。其三，由于生产过程中的化学反应，

生成许多新的具有不同腐蚀性的物质，如硫化氢、氯化氢、氮氧化物等。根据腐蚀的作用机理不同，腐蚀分为化学性腐蚀、物理性腐蚀和电腐蚀三种。腐蚀不但大大降低设备使用寿命，缩短开工周期，而且更重要的是可使设备减薄、变脆，导致承受不了原设计压力而发生泄漏或爆炸着火事故。

#### **4. 生产过程的高度自动化和连续性**

石油化工生产已从过去落后的手工操作、间断生产转变为高度自动化、连续化生产；生产设备由敞开式变为密闭式；生产装置从室内走向露天；生产操作由分散控制变为集中控制，同时，也由人工手动操作变为仪表自动操作，进而又发展为计算机控制。在石油化工产品生产过程中，生产的工序多，过程复杂，随着社会对产品的品种和数量需求日益增大，迫使石油化工企业向着大型的现代化联合企业方向发展，以提高加工深度，综合利用资源，进一步扩大经济效益。其生产具有高度的连续性，不分昼夜，不分节假日，长周期的连续倒班作业。在一个联合企业内部，厂际之间、车间之间，管道互通，原料产品互相利用，是一个组织严密、相互依存、高度统一、不可分割的有机整体。任何一个厂或一个车间，乃至一道工序发生事故，都会影响到全局。

#### **5. 生产工艺条件苛刻，污染严重**

许多化工生产过程要在高温、高压、低温、高真空度下进行，生产工艺条件苛刻，生产过程控制难度大；生产过程中副产的污染物种类多，自然降解难度大，处理困难，危害性大。它不仅破坏大气组成、污染地表水，而且污染地下水、植物生长，造成酸雨、温室效应、厄尔尼诺现象等自然灾害，从而危害人类的生存环境。

### **(二) 石油化工生产安全**

#### **1. 安全在石油化工生产中的地位**

正因为化工生产具有以上特点，安全生产在化工行业就更为重要。一些发达国家的统计资料表明，在工业企业发生的爆炸事故中，石油化工企业占1/3。此外，化工生产中，不可避免地要接触有毒有害的化学物质，化工行业职业病发生率明显高于其他行业。因而，与其他行业相比，化工生产潜在的不安全因素更多，危险性和危害性更大，对安全生产的要求也更严格。因此，所有的石油化工生产企业都有相对严格的安全生产管理制度。

#### **2. 石油化工生产过程中潜存的不安全因素**

(1) 随着石油化学工业的发展，涉及的化学物质的种类和数量显著增加。很多化工物料的易燃性、反应性和毒性本身决定了石油化学工业生产事故的多发性和严重性。反应器、压力容器的爆炸以及燃烧传播速度超过声速，都会产生破坏力极强的冲击波，将导致周围厂房建筑物的倒塌，生产装置、储运设施的破坏以及人员的伤亡。如果是室内爆炸，极易引发二次或二次以上的爆炸，爆炸压力叠加，可能造成更为严重的后果。多数化工物料对人体有害，设备密封不严，特别是在间歇操作中泄漏的情况很多，容易造成操作人员的急性或慢性中毒。

(2) 随着石油化学工业的发展，石油化工生产呈现设备多样化、复杂化以及过程连接管道化的特点。如果管线破裂或设备损坏，会有大量易燃气体或液体瞬间泄放，迅速蒸发形成蒸气云团，与空气混合达到爆炸极限。云团随风漂移，飞溅至居民区遇明火爆炸，会造成难以想象的灾难。

(3) 随着石油化工装置的大型化、综合化发展，使大量化学物质都处于工艺过程或储存状态，一些密度比空气大的液化气体如氨、氯等，在设备或管道破裂处会以 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 角呈

锥形扩散，在扩散宽度 100 m 左右时，人还容易察觉迅速逃离，但在距离较远而毒气尚未稀释到安全值时，人则很难逃离并导致中毒，毒气影响宽度可达 1000 m 或更大。

### 3. 石油化工生产企业所发生的安全事故案例

**案例 1:** 某厂发生了一起液态甲基异氰酸酯大量泄漏气化事故，使附近空气中的这种毒气浓度超过了安全标准的 1000 倍以上。在事故后的 7 天内，死亡人数 2500 人，该市 70 万人口中，约 20 万人受到影响，其中约 5 万人可能双目失明，其他幸存者的健康也将受到严重危害。该地区的大批食物和水源被污染，大批牲畜和其他动物死亡，生态环境受到严重破坏。事故后果之惨、损失之大，世人震惊。

**案例 2:** 某石油化工厂，因环己烷氧化装置旁的一根直径为 50cm 的配管发生严重破裂，环己烷大量泄漏，可燃性气体几乎遍及全厂，引起大面积火灾爆炸事故。导致该厂的大部分设施受到破坏，厂外约 13km 范围内的 2488 座住宅、商店、工厂也受到损坏。事故损失额约 3.6 亿美元。

**案例 3:** 某化肥厂硝铵装置因油和氯进入中和系统发生爆炸，死亡 22 人、伤 50 多人，整个车间被毁，经济损失 7000 万元。

**案例 4:** 某化工总厂发生液氯储罐爆炸事故，造成 9 人死亡，3 人受伤。

**案例 5:** 某油轮在码头附近水域调头时，与另一艘装有 450t 三级有毒易燃化学品环己酮的油轮相撞，造成约 80t 有毒化学品倾泻到长江中。

**案例 6:** 某化工车间连续发生爆炸。事故原因：发生爆炸的是该厂苯胺装置硝化单元，P-102 塔发生堵塞，循环不畅，因处理不当发生爆炸。此次爆炸事故造成 5 人死亡、1 人失踪、60 多人受伤。爆炸导致苯类污染物流入松花江，造成水质污染。

**案例 7:** 某储运厂的碳四馏分储罐发生爆炸，造成 6 人死亡、多人受伤。爆炸波及 10km 以外的许多建筑物。

## 二、实训基地、实验室安全操作知识

在实训基地、实验室工作，必须十分重视安全操作问题，这是保证实训、实验工作顺利开展，防止发生事故的必要条件。石油化工工艺实训基地中经常要使用大量的危险药品，且往往要在高温、易燃、高压、剧毒的条件下进行实验，因此，除严格遵守化学实验安全操作规程和安全用电操作规程外，还应特别注意防火、防爆、防毒和高压实验的安全操作问题。在进行实验之前，应充分了解实训环境、实训装置的操作规程、所用设备、仪器和实验流程的原理、特点，熟悉所用化学试剂的性质。应根据实训、实验的具体情况，认真制订实训、实验的操作规程和安全保证措施，并在实训、实验过程中严格执行，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。

### (一) 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，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(硝铵是炸药的主要成分)、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)都很敏感,爆炸威力一般很强,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,并且会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、铬酸盐及重铅酸盐、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,当空气含氢量在4%~7.25%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,这类有自燃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

在石油化工实训基地,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,且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误服、吸入呼吸道、皮肤沾染等。有的物品的蒸气有毒，如汞等；有的气体物品有毒，如一氧化碳、硫化氢等；有的液体物品有毒，如丙烯腈等；有的固体物品有毒，如三氧化二砷等。根据毒品对人体的毒害情况，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、苯及苯类化合物等）。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、强氧化剂，如硫酸、硝酸、盐酸、氢氟酸、苯酚、氢氧化钾、氢氧化钠、双氧水等。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，并且要按照这类药品使用规则进行使用（例如，配制硫酸溶液时，必须将浓硫酸在不断搅拌情况下加入水中，切忌将水加入浓硫酸中）；灭火时也要考虑这类物品是否可同时存放，以便采取适当措施。

## （二）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并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和毛细管，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，必须始终由操作人员照管，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，不能直接加热，并且不能加热太快，以免因急剧汽化冲开瓶塞，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的种类、存放的地方及其使用方法。

对于实训装置在反应和分离过程产生的易燃气体应注意回收，如果是废气应及时排出室外，并随时监测室内该种气体的浓度，以防发生意外。

### 2. 防毒知识

石油化工实训、实验中常常要使用一些毒品或反应产生有毒物品，因此必须十分注意防毒问题。

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。反应产生的有毒物品要注意妥善保存，并注明有毒标识。

凡产生有毒、有害气体的实训、实验操作，都必须在通风橱中进行。将产生的有毒气体

回收，或排出室外，并随时监测室内有毒气体的浓度。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，不饮用实验室的自来水。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。

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 10cm。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。

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	天蓝	氧	黑	红 棕	正扣
氢气瓶	深绿	氢	红		反扣
氮气瓶	黑	氮	黄		正扣
氩气瓶	棕	氩	白	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	黑	正扣
氨气瓶	黄	氨	黑		正扣
丁烯气体瓶	红	丁烯	黄		反扣
二氧化碳气瓶	黑	二氧化碳	黄	黑	正扣
乙烯气瓶	紫	乙烯	红		反扣
其他可燃性气体瓶	红	气体名称	白		反扣
其他非可燃性气体瓶	黑	气体名称	黄	正扣	

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)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气(或其他压缩气体)是十分危险的，这样会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；氢气及其他可燃性气体冲出时，可能引起爆炸和火灾事故。

压缩气体钢瓶使用到最后时，瓶内剩余压力应在 49kPa(0.5kgf/cm<sup>2</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定的，见表 1-2。

表 1-2 乙炔钢瓶的剩余压力与室温的关系

室温/℃	-5	-5 ~ 5	5 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35
钢瓶内压/Pa	$4.9 \times 10^4$	$9.8 \times 10^4$	$1.47 \times 10^5$	$1.96 \times 10^5$	$2.94 \times 10^5$

#### 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比例时就与空气构成爆炸性混合气体，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分数叫做爆炸下限；所占的最高体积分数叫做爆炸上限。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来。

当某些气体和空气的混合气体在燃烧时也可能发生爆炸，这是因为这些气体在空气中所占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	7.5	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	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	17.1
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：一是该种物质与空气混合，浓度在爆炸极限之内；二是遇到火源。因此，防止爆炸事故的方法是：

(1) 不使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，实验装置必须保证密闭不漏气。实验室应通风良好。

(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，并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，就可以防止爆炸的发生。

### (三) 安全用电知识

#### 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，但设备内部某些绝缘材料若损坏，金属外壳就会带电。当人体接触到带电的金属外壳或带电的导线时，就会有电流流过人体。带电体电压越高，流过人体的电流就越大，对人体的伤害也越大。当大于 10mA 的交流电或大于 50mA 的直流电流过人体时，就可能危及生命安全。我国规定 36V(50Hz)的交流电是安全电压。超过安全电压的用电就必须注意用电安全，防止触电事故。

为防止发生触电事故，要经常检查实验室用的电器设备，寻找是否有漏电现象。同时要检查用电导线有无裸露和电器设备是否有保护接地或保护接零措施。

(1) 设备漏电测试。检查带电设备是否漏电，使用试电笔最为方便。它是一种测试导线和电器设备是否带电的常用电工工具，由笔端金属体、电阻、氖管、弹簧和笔尾金属体组成。大多数将笔尖做成改锥形式。如果把试电笔尖端金属体与带电体(如相线)接触，笔尾金属端与人的手部接触，那么氖管就会发光，而人体并无不适感觉。氖管发光说明被测物带电，如果不发光就说明被测体不带电，这样，可及时发现电器设备有无漏电。一般使用前要在带电的导线上预测，以检查是否正常。

用试电笔检查漏电只是定性的检查，欲知电器设备外壳漏电的程度还必须用其他仪表检测。

(2) 保护接地。保护接地是用一根足够粗的导线，一端接在电器设备的金属外壳上，另一端接在大地(专门埋在地下的金属体)，使其与大地连成一体。一旦发生漏电，电流通过接地导线流入大地，降低外壳对地电压。当人体触及外壳时，流过人体电流很小而不致触电。电器设备接地的电阻越小则越安全。如果电路有保护熔断丝，会因漏电产生电流而使保护熔断丝熔化并自动切断电源。一般的实验室用电采用这种保护接地方法已较少，大部分用保护接零的方法。

(3) 保护接零。保护接零是把电器设备的金属外壳接到供电线路系统中的中性线上，而不需专设接地线和大地相连。这样，当电器设备因绝缘损坏而碰壳时，相线(即火线)、电器设备的金属外壳和中性线就形成一个“单相短路”的电路。由于中性线电阻很小，短路电流很大，会使保护开关动作或使电路保护熔断丝断开，切断电源，消除触电危险。

在保护接零系统内，不应再设置外壳接地的保护方法。因为漏电时，可能由于接地电阻比接零电阻大，致使保护开关或熔断丝不能及时熔断，造成电源中性点电位升高，使所有接零的电器设备外壳都带电，反而增加了危险。

保护接零是由供电系统中性点接地所决定的。对中性点接地的供电系统采用保护接零是既方便又安全的方法。但保证用电安全的根本方法是电器设备绝缘性良好，不发生漏电现象。因此，注意检测设备的绝缘性能是防止漏电造成触电事故的最好方法。

设备绝缘情况应经常进行检查。

## 2. 实验室用电的导线选择

实验室用电或实验流程中的电路配线，设计者要提出导线规格，有些流程要亲自安装，如果导线选择不当就会在使用中造成危险。导线种类很多，不同导线和不同配线条件下都有允许的安全载流量规定，在有关手册中可以查到。

在实验时，应考虑电源导线的安全载流量。不能任意增加负载而导致电源导线发热造成火灾或短路事故。合理配线的同时还应注意保护熔断丝选配恰当，不能过大也不应过小，过大失去保护作用，过小则在正常负荷下会熔断而影响工作。熔断丝的选择要根据负载情况而定，可参看有关电工手册。

## 3. 实验室安全用电注意事项

① 进行实验之前必须了解室内总电闸与分电闸的位置，以便出现用电事故时及时切断各电源。

② 电器设备维修时必须停电作业。

③ 带金属外壳的电器设备都应作保护接零，定期检查是否连接良好。

④ 导线的接头应紧密牢固，接触电阻要小。裸露的接头部分必须用绝缘胶布包好，或者用塑料绝缘管套好。

⑤ 所有的电器设备在带电时不能用湿布擦拭，更不能有水落于其上。

⑥ 电源或电器设备上的保护熔断丝或保险管，都应按规定电流标准使用，不能任意加大，更不允许用铜或铝丝代替。

⑦ 电热设备不能直接放在木制实验台上使用，必须用隔热材料垫架，以防引起火灾。

⑧ 发生停电现象必须切断所有的电闸。防止操作人员离开现场后，因突然供电而导致电器设备在无人监视下运行。

⑨ 合电闸时如发生保险丝熔断，应立刻拉开电闸并检查带电设备上是否有问题，切忌不经检查便换上熔断丝或保险管就再次合闸，这样会造成设备损坏。

## (四) 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，决不允许把消防器材移作它用。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，可用沙子来扑灭，它的灭火原理主要是隔断空气，同时还能起降温作用，灭火用的沙子中不能混有可燃性杂物，并且一定要干燥。潮湿的沙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(干草精)。灭火液由50份碳酸氢钠和5份干草精组成。使用时，将灭火器倒置，泡沫即由喷嘴喷出，其化学反应如下：

