



武警学院统编试用教材

化工防火安全技术

中国人民武装警察部队学院

武警学院统编试用教材

化工防火安全技术

韩世雄 编

（武警教材 内部发行）

中国人民武装警察部队学院

一九九一年十二月

说 明

根据邓小平同志“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”的指示，为了落实国家教委关于抓好教材建设，提高教材质量的精神，适应我院各专业教学的需要，我们组织各系（部）教员逐步编写出具有自己特色的系列教材。《化工防火安全技术》是其中的一部。

这套教材是以马列主义、毛泽东思想为指导，以公安保卫工作的路线、方针、政策和武警总部颁布的各项条令、条例为依据，按照教学大纲的要求，理论联系实际，总结武警部队建设的经验，参考解放军与地方院校有关的教材、资料，汲取现代科学技术和学术理论研究的新成果编写而成的。在内容上，力求正确地阐述各门学科的基础理论、基础知识、基本技能和介绍有关资料，并注意到内容的科学性、系统性和相对稳定性。

本教材由消防管理系韩世雄副教授编写，消防管理系主任朱吕通教授审定。

由于时间仓促，编者水平有限，缺点错误在所难免，恳请读者批评指正，以便再版时修改。

在编写过程中，公安部、武警总部有关部门，各省、自治区、直辖市公安厅（局）、武警总队和兄弟院校给予了大力支持和帮助，提供了许多宝贵资料，在此深表谢意。

武警学院教材编审委员会

1991年12月

前 言

在党的改革开放政策的推动下，我国的化学工业发展非常迅速，已经成为国民经济的支柱产业之一。特别是随着石油的开发和利用，我国的化肥、化学纤维等已跃入世界生产大国的行列。生产的发展和技术的进步，也对消防安全工作提出了更高的要求。为了适应这种情况，我们从1984年起在消防管理系有关专业开设化工防火安全技术课程。这部教材，就是在原稿的基础上，通过数届教学实践的印证，几经修改而形成的。但是，由于我们水平不高，可借鉴的资料又少，所以还有不少缺陷需待今后改进和完善。

化工生产门类繁多，工艺复杂，在有限的学时内，不可能面面俱到。但是，在安全防火方面毕竟存在许多共性。因此，我们在《化工安全技术》的基础上，本着“侧重基础、侧重共性、侧重防火防爆、侧重技术措施”的原则编写了本教材。另外，考虑到多数学员没有系统学习过化工课程，对化工生产不甚了解，所以适当增加了化工生产基本知识方面的内容。

在本书编写过程中得到消防管理系主任朱吕通教授的支持和帮助，特此致谢。

编 者

一九九一年十二月

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 化学工业概述.....	(1)
第二节 化工生产的火灾爆炸危险性及一般原因...	(13)
第二章 化工厂防火布置规则	(21)
第一节 厂址选择.....	(21)
第二节 化工厂总平面布置.....	(24)
第三节 工艺生产装置的安全设计.....	(34)
第四节 工艺设备的布置.....	(40)
第五节 管线的敷设.....	(41)
第三章 化工建筑防火	(43)
第一节 生产及贮存物品的火灾危险性分类.....	(43)
第二节 厂房、库房耐火等级及面积.....	(45)
第三节 厂房的防爆措施.....	(48)
第四节 安全疏散.....	(52)
第四章 典型工艺过程的防火	(55)
第一节 氧化还原过程的防火.....	(55)
第二节 电解过程的防火.....	(63)
第三节 聚合过程的防火.....	(67)
第四节 催化过程的防火.....	(75)
第五节 裂化过程的防火.....	(92)
第六节 氯化过程的防火.....	(112)
第五章 化工安全装置	(127)

第一节	检测仪器.....	(127)
第二节	防爆泄压装置.....	(147)
第六章	压力容器安全技术.....	(168)
第一节	基本知识.....	(168)
第二节	压力容器的破裂爆炸.....	(184)
第三节	压力容器的使用管理.....	(197)
第四节	压力容器的检验.....	(206)
第五节	压力容器破裂爆炸的能量和后果.....	(219)
第六节	压力容器事故分析.....	(231)

第一章 概 论

第一节 化学工业概述

一、化学工业简介

化学工业简称化工，泛指通过化学反应或其他单元操作将原料变成化工产品的工业。

当今世界人们的“衣、食、住、行、用”都离不开化工产品。合成纤维的生产缓和了棉粮争地的矛盾，人造皮革也已进入实用阶段。化肥、农药保证了粮食和其他农作物的生产。合成药物使人类战胜疾病。建筑工业所使用的化工产品随着工程塑料的问世而大大增加了。交通运输业的飞机、船舶、火车、汽车等也大量使用橡胶、塑料、涂料等化工产品。全塑汽车、自行车、假肢、脏器等相继问世。具有耐高温、耐低温、耐腐蚀、耐磨损、耐辐射、耐燃烧、耐水、高强度、高绝缘性等特殊合成材料，已成为发展飞机、火箭、导弹、宇航、核动力、电子、激光等尖端科技不可缺少的材料。化工产品已经并将继续在国民经济的各个领域发挥其重大作用。

但是，在看到化学工业的迅速发展和在国民经济中的重要地位的同时，也应看到化学工业本身也面临着火灾爆炸等不安全因素和环境污染问题。

化工生产具有易燃、易爆、易中毒，高温、高压、有腐蚀等不利的特点，比其他行业具有更大的危险性，这是需要我们认真

对待的。

二、化工生产过程

一般而言，生产某一化工产品的生产过程，大体上是由原料准备、反应和产品加工三个阶段构成的。

（一）原料准备阶段

化工生产过程对原料的成分、含量、粒度等都有一定要求。因此，在投料前要对原料进行一些初步的加工，以便使其符合生产要求。另外，在生产原料进入生产车间和反应器或其它化工设备时，总是要有输送、接受、贮存等过程，我们把以上两方面的内容，综合起来，统称为原料准备阶段。

1. 气体原料的准备

用于化工生产的气体原料多数由本厂或邻近工厂经输气管道供给。少量的气体原料用钢瓶运输。气体原料要求达到一定规格，否则就不能保证化学反应的正常进行和生产出合格的产品。

气体原料的准备，包括气体的接受、贮存、压缩、输送及去杂。

（1）气体原料的接受和贮存

①接受 接受瓶装气体原料（如氧气、氢气等压缩气体和液氯、液体丁二烯等液化气体）时，应对原料质量、数量及包装钢瓶的状况进行验收。质量验收，应有发货单位质量检验单或本厂检验部门检验单，核对是否符合质量要求。数量验收包括件数、每件重量及钢瓶及其附件有无损坏。接受外厂来气，事先应作好联系工作。在气体符合规格要求和有相应贮存能力的情况下，才可接受。在接受过程中应随时检查流量和压力的变化，不使其超过允许范围。接受厂内送来的气体原料或中间产物，一般为连续接料，除开车时外，生产过程中只是调节流量。

②贮存 瓶装气体原料应按每班或每生产周期所需要的数量在指定位置存放，其余的应存在库房内。因为气体受热会膨胀，

液化气体受热会气化，为防止因此而引起钢瓶爆炸，钢瓶严禁放在暖气及其它热源附近，室外放置时，应注意防止日晒（特别是夏季）。盛装不同气体的钢瓶，应分别堆放。用完的空瓶和有料钢瓶亦应分别堆放。

③气柜 贮存气体原料或中间气体产物的贮槽又称气柜，分为低压气柜和高压气柜两种。

低压气柜有湿式和干式之分。湿式气柜由水槽和钟罩构成，用水来密封。干式气柜利用弹性钢片、油或其它形式密封。

高压气柜是定容积贮槽。使用最多的是用来贮存液体、气体的球形气柜（球罐）。

低压气柜装料系数应控制在0.8~0.9以下，高压气柜压力应控制在最高允许压力的90%以下。

（2）气体原料的压缩与输送

气体的压缩是通过各种类型的压缩机实现的，压缩的目的是缩小体积增大压强。通常把压缩比（压缩前后的体积比）大于3的称为压缩机，压缩比小于3的称为鼓风机或送风机。与此相反，通过抽气使容器内压强减小的机器称为真空泵。气体原料的输送就是靠这些机械和管道实现的。

2. 液体原料的准备

用于化工生产的液体原料，或用槽车、大桶运到车间，或由管道输送，或在车间内将固体原料熔化、溶解均须进行一些处理，如用于化学反应的液体原料，应相对均匀，不含或少含固体杂质，具有一定的浓度、温度和酸碱度。有的还需要送入计量槽或高位槽定量加入反应器，有的在进入反应器前需要先进行皂化、配制等，这些内容都是液体原料的准备工作。

（1）液体原料的接受和贮存

由槽车运来的液体原料，接受时，应根据运料单或发货单核对名称、数量、杂质含量（纯度）是否符合要求。卸车时应先核

对接受来料的贮槽是否符合要求，卸入新料的贮槽应设法搅拌使其均匀。桶装原料接受人应对每桶原料的包装是否完好、标志是否清楚等进行检查。接受管道输送的液体原料，应事先作好联系和接受准备工作，检查各贮槽液面和有关阀门，核查来料质量，避免在接受过程中发生冒料、串料等事故。接送料均应专人负责，手续清楚，除桶装、坛装和瓶装液体原料外，由槽车或管道运来的液体原料均应贮存在相应的贮槽内。贮存液体原料的贮槽应符合原料性质所要求的条件。

（2）液体原料的输送

在化工厂中液体原料在车间、工段、设备之间的流动输送是经常的。除利用位差输送之外，主要用不同类型的泵进行输送。其次也有用压力差“压料”和虹吸原理输送的。

在液体输送泵中以离心泵最为广泛。“压料”操作则只在有压缩气体（空气、氮气）气源或被压送物料允许的情况下使用。虹吸常被用来吸出设备底部积料或积水。

3. 固体原料的准备

用于化工生产的固体原料应达到一定的规格，这就需要进行粉碎、筛分、粉料回收等预处理。化工生产用的固体原料多为批量较大的散装物料，需要露天堆场或简易库房。固体原料的输送除人工搬运外，主要靠机械输送。常用的，如皮带运输机、斗式提升机、螺旋输送机等。

（二）反应阶段

进行任何生产，都需要一定的空间，化学反应也是如此。用来进行化学反应的设备或装置常称为反应器。在单位时间内，反应器的生产能力，常用公斤/小时或吨/年表示。

1. 转化率和收率

（1）转化率 以丙烷裂解制乙烯为例，假定该反应可用下式表示：



从理论上讲，每 3 克分子的丙烷可裂解生成 1 克分子乙烯、1 克分子甲烷、2 克分子丙烯和 2 克分子氢。在实际上投入反应器的原料并非能百分之百地发生化学反应，转化为产品。通常将转化成产品的原料量与投入原料量的百分比称为转化率。在化工生产中，当转化率太低时，往往需要把未转化的原料再返回反应器，这就是物料的循环。转化率的高低是反应器重要性能指标之一。

(2) 收率

实际产品量与理论产品量之比，称为收率。收率是衡量反应器性能的又一重要指标。

2. 影响化学反应的因素

(1) 温度 一般而言，提高反应温度可加快反应速度，提高转化率。但对于一个特定的化学反应，总是有一个最适宜温度。另外，也有对温度不太敏感的化学反应。

(2) 浓度 一般而言，反应物的浓度越大，反应速度也越大。但反应物的浓度也有一个最适宜的范围。

(3) 压力 对于某些反应，提高压力可以强化生产。例如氨的合成、乙烯的聚合等都是在较高的压力下进行的。对气—液反应，提高压力可增加气体在液体中的溶解度，从而强化生产。

(4) 催化剂 能够影响化学反应的进行，而自己在反应中不发生变化的物质叫催化剂，有催化剂参与的反应叫催化反应。

3. 反应器的基本类型

根据反应器内物料的集聚状态、操作方式、结构型式、换热方式进行分类。

(1) 均相与非均相反应器

单一的气相反应或液相反应其反应物都在同一相中，即反应体系内只有单一的相态，故称为单相反应或均相反应。进行均相反应的反应器就叫均相反应器。有些化学反应，反应物不在同一相，也就是其反应体系以两种甚至三种相态存在，称为非均相反应，进行非均相反应的反应器称之为非均相反应器。

非均相反应中，气体和液体两相间的接触问题十分复杂，是反应进行得好坏的关键。

（2）管式、槽式和塔式反应器

管式反应器由许多根管子串联或并联构成，反应在管子里边进行。其结构特征是长径比大于50~100。例如烃类裂解反应就是在多管串联管式反应器中进行，反应管长达百余米。

槽式反应器的外形与管式反应器相反，它不是细长的，而是短粗的，长径比一般为1~3左右。槽式反应器有时也叫反应锅或反应釜。

塔式反应器的外形介于管式和槽式之间，有些像古代的塔，故称为塔式反应器。其长径比一般为8~30。塔式反应器是由塔体和装在内的许多层塔板构成的。

（3）间歇式反应器和连续式反应器

在小批量、多品种的化工厂中，釜式反应器少则几个，多则上百，其共同特点是：装一批原料后，按工艺要求进行反应，然后出料。清洗后再加料，进行下一批生产，把这种操作方式称为间歇操作，而进行间歇操作的反应器就是间歇式反应器了。

像大型石油化工厂的裂解炉，进料和出料同时连续进行，其持续的时间可达几个月、半年甚至一年，只在设备检修时才停下来，这种连续操作的反应器就叫连续式反应器。

（4）直接加热式、间接加热式和绝热式反应器

换热问题是关系到反应器能否正常操作的关键问题之一，为此，人们创造出各种不同换热方式的反应器。

间接换热式反应器换热特点是，载热体与反应物不直接接触。常见型式有：夹套式、蛇管式、列管式。

直接换热式反应器的换热特点是，载热体与反应物直接接触，或使部分反应物燃烧放出热量供另一部分反应物进行化学反应，或直接使反应物蒸发而带走多余的热量。

绝热式反应器的换热特点是，在反应过程中既不加入热量也不移出热量。如乙苯脱氢制苯乙烯和乙烯直接水合制乙醇的反应器。

（三）反应产物的加工阶段

1. 产物加工的一般方法

在化工生产中，由反应器出来的物料叫做反应产物，它包含未反应的原料和反应的生成物，不能直接作为化工产品出厂。从反应产物中提取一种或几种并将其加工为化工产品的生产环节称为产物加工或产物后处理。

产物加工的方法很多，大体上可分为以下几种类型：

（1）用沉降、惯性碰撞、离心分离、过滤洗涤、电净制方法除去气体产物中少量固体颗粒和液滴。

（2）用冷凝、吸收、吸附等方法将气体产物中的有用组分分离出来或除去混合气体中某些气态杂质。

（3）用沉降、过滤、离心分离和吸附等方法除去液体产物中少量的固体杂质及主要组分不互溶的少量液体杂质。

（4）用蒸发的方法使需要组分增浓，使其达到要求标准。

（5）用蒸馏、萃取、吸附等方法将互溶液体分为单独组分或几组物质。

（6）用冷却、冷冻、结晶和凝聚的方法将液体混合物分离，使其全部或一部分变为固体。

（7）用过滤、洗涤、离心分离和干燥的方法将固液混合物分离，以得到含少量液体的固体。

(8) 用粉碎、筛分、辊压、挤压、造粒、溶解、乳化等方法将固体产物加工成块状、粉状、粒状、溶液状、乳液状的产品。

2. 产物加工中的单元操作

(1) 冷凝

物质由气态变为液态的过程称为冷凝。当某液体在气相中的蒸气压达到或超过该温度下的饱和蒸气压时，气相中就有一部分变为液相。气相温度的降低也会产生冷凝，所以用降温（或加压）的方法，可加快冷凝过程。

化工厂中用于气体冷凝分离的设备有两类。一类是通过间壁换热而进行冷凝的表面冷凝器；一类是用冷水和热气体直接接触的接触式冷凝器。

(2) 吸收

吸收操作是用液体与气体混合物相接触，使气体混合物中的一个或几个组分溶解到液体中去，从而使其和其余不溶组分分离的操作。吸收的理论基础是气液平衡原理，作为溶剂的液体称为吸收剂。

吸收过程在化工生产中应用相当广泛，例如用稀硫酸吸收气体产物中的三氧化硫以制造硫酸；用硫酸吸收氨以制造硫酸铵；用中压油吸收石油裂解气中的乙烷、乙烯、丙烷、丙烯、丁烷、丁烯等，使其与甲烷、氧气等分离；用乙醇胺、氨水吸收原料气中的硫化氢和二氧化碳，以使原料气净化；用洗油吸收焦炉气中的芳香族气体，以回收苯、甲苯等。

化工厂中所使用的吸收设备很多，按其操作原理的不同，可分为：表面吸收器、填料式吸收器、鼓泡式吸收器、喷液式吸收器、溅散式吸收器。

(3) 吸附

气体或液体能被多孔性固体所吸引并在其表面上浓集的现象

叫吸附。气体或液体混合物的一个或几个组分被吸附，从而使其与其他组分分离的操作称为吸附操作。吸附的逆过程称为脱附。

由于吸附操作具有分离效果好、选择性强的特点，并且一定量的吸附剂一次吸附量甚小，在化工厂多用于取得或除去在气体或液体中含量很小的组分。例如除去氧中微量乙炔，乙烯中少量二氧化碳、水蒸气等，以提高产品纯度。此外，吸附操作在溶剂回收、环境保护、食品工业、空气调节、惰性气体精制等方面也应用日广。

常用的工业吸附剂有活性氧化铝、硅胶、活性碳、漂白土（活性白土）、分子筛等，其中以活性炭和分子筛的综合性能最好，应用最广。

工业上进行吸附操作的方法有：接触吸附法、固定床吸附法、移动床吸附法。

（4）蒸发

用加热的方法使溶剂气化而使溶液增浓的操作叫蒸发。蒸发过程可在低于溶液沸点的情况下进行，但是在工业上大都加热到沸点使溶剂在沸腾状态下气化，因为这样蒸发速度快。

化工生产中多采用水蒸气作为蒸发操作的热源。在蒸发过程中，若被蒸发的是水溶液，则蒸发过程中产生的水蒸气称为二次蒸汽。二次蒸汽不再作为热源利用的蒸发过程称为单效蒸发过程。二次蒸汽被反复使用多次的蒸发过程称为多效蒸发。

蒸发可在常压下进行，也可在减压下进行。在常压下进行的称常压蒸发，在减压下进行的称真空蒸发，生产实际中多用后者。

常见的多效蒸发的流程有并流法、逆流法、错流法和平流法四种。

用于蒸发的设备称为蒸发锅或蒸发器。大多数蒸发器为密闭

设备，其产生的二次蒸汽需由冷凝器冷凝。对多效蒸发过程而言，其下一效的蒸发器就是前一效的冷凝器。

蒸发过程是一个传热过程，所有的蒸发器都是换热器，但蒸发器又不同于一般的换热器，因为它要蒸发出大量的溶剂，因此除加热部分外，还需要一定的气液分离空间，大多数的蒸发器都由加热室、分离室和气液分离装置三部分组成。常见的如中央循环管式蒸发器、外加热式蒸发器、列文蒸发器、强制循环蒸发器、液膜式蒸发器等。

（5）蒸馏

利用液体混合物中各组分挥发能力不同，将液体混合物加热至沸点使其剧烈气化，分别收集挥发出来的气相组分和残存的液相组分，以达到分离液体混合物的目的的操作过程叫蒸馏。蒸馏和蒸发虽然都是将液体混合物加热至沸腾而进行分离，但却有本质的不同。蒸发操作所处理的液体，是由挥发性的溶剂和不挥发的溶质组成，蒸发的结果是部分溶剂挥发除去，剩下增浓了的溶液；而蒸馏操作所处理的液体其溶剂和溶质都是可挥发的，所以其气相中既有溶剂也有溶质，不过数量不同而已。通常把蒸馏时挥发出来的经过冷凝而得到的液体称为馏出液，而剩下的物料称残液。

蒸馏是化工生产中应用最广的操作过程之一，用来分离互相溶解的液体混合物。

将液体混合物经过多次部分气化和部分冷凝，使液体分离成相当纯的组分的操作过程称为精馏。精馏是石油及石油化工生产过程中最重要的操作方法。

蒸馏设备包括蒸馏器、冷凝器、冷却器、预热器和贮槽等。最典型的蒸馏设备是各种类型的蒸馏塔、精馏塔，如泡罩塔、筛板塔、浮阀塔、喷射塔、填料塔等。

（6）萃取

利用物质在溶剂中溶解度的差别，分离混合物组分的过程称萃取。液——液萃取也称抽提。在液——液萃取中，作为萃取剂的溶剂应该能够溶解原来液体中的某一种或几种物质而不溶或难溶其他物质。萃取剂还应与不溶物质互不混合，容易分开。

萃取和蒸馏都是分离溶液中不同组分的方法。萃取的过程要比蒸馏复杂，一般而言，能用蒸馏的方法解决的，不用萃取。适于采用萃取分离的情况有：

①混合液中各组分沸点相近，甚至互相重叠或各组分的挥发能力相近，难于用蒸馏的方法分离。例如在石油化工厂中用硫酸作溶剂分离C₄混合物中的异丁烯（沸点-6.9℃）和1-丁烯（沸点-6.3℃）。

②混合液为恒沸物，用普通蒸馏法不能进行分离时，可采用萃取蒸馏或液体萃取。例如丁酮与水形成共沸物时，可用氯化钙溶液为萃取剂进行萃取分离。

③热敏性混合液的分离。例如用醋酸戊酯或醋酸丁酯从培养液中分离青霉素、四环素等不耐热物质。

④混合物中成分复杂，仅用蒸馏方法不能分离出所需物质。

⑤从稀溶液中分离沸点比水高的有机物。

另外，萃取分离在石油工业、稀有金属冶炼、废水处理等方面也有应用。

萃取设备有混合-沉降器、萃取塔、萃取离心机等。

（7）结晶

使溶液中的溶质结成晶状并分离出来的操作过程称结晶，是化学工业中用以提纯固体物质的重要方法。晶体是化学均一的固体。晶体中的原子、离子和分子整齐、规则地排列形成晶状。

通常先将溶液制成过饱和溶液，然后进行结晶过程。结晶过程分为两个阶段，先是形成极细微的晶核，然后这些晶核再成长为一定大小和形状的晶体。在实际生产中为得到大而均匀的晶