

化工工人中级技术理论培训试用教材

化工机械及设备（上）

李祚杰 主编



吉林科学技术出版社

内 容 提 要

本书系经化工部教育司批准，按化工部（84）化教字第101号文件颁发的化工工人中级技术理论培训用的《化工机械及设备教学计划、教学大纲》编写的。

全书共四篇十六章。着重介绍了识图的基本知识及化工工艺图的识读；化工常用材料及防腐，机械传动及连接件，轴承及润滑的基本知识；液体、气体和固体输送机械、气体压缩和固体粉碎及筛分机械的使用和维护；化工容器及管路、塔、换热器和干燥及分离设备等的基本结构、性能、使用及维护等。

本书可作为化工工人中级技术理论培训的试用教材，也可作为轻工、化工技工学校师生和化工工人自学的参考用书，也可供化工企业管理干部及安全、环保工作人员作为学习参考。

本书编者

李祚杰 主编

张 荣 主审

刘殿生、谭英贞（第一篇）

赵喜林（第二篇）

邵永钧（第三篇）

刘纯厚（第四篇）

前 言

开展工人中级技术培训工作，是在“双补”合格的基础上，有计划地进一步提高工人队伍素质，改善现有工人队伍技术等级状况的重要措施，是开发智力，提高企业经济效益，适应经济振兴，实现化学工业现代化的需要。

化工部要求下属各部门，在“七五”期间，把大力加强工人中级技术培训工作当作一项极其重要的任务，并且规定了相应的政策措施：把完成工人技术培训任务，列入厂长任期目标，作为对厂长考核的内容；未完成工人技术培训任务的厂家，不得评为“六好企业”；今后企业里的班（组）长、工段长等干部，要在经过中级技术培训合格或技工学校毕业的工人中选拔产生，对现有企业的班（组）长、工段长要列为中级技术培训的重点，争取在两年内培训合格；凡未获得中级技术培训合格证书的工人，不能参加高级技术培训；经过中级技术培训合格的工人，应将成绩记入工人技术档案，作为使用、调资、晋级和评选先进的一项重要依据；今后在中级工人范围内升级时可予免试等。

这些政策措施的具体化，完善化，并付诸实施，不仅可以保证培训工作生机勃勃地顺利进行，而且必将对我国化工部门加速科技进步，接近和赶上世界新技术及高技术的发展水平，形成好学上进的社会风气起到巨大的作用，成为在本世纪末实现我国化学工业现代化建设宏伟目标的可靠保证。

为搞好工人技术培训工作，加强教学研究和技术培训教

材的建设，化工部成立了全国化工技术培训教材编审委员会。吉林省石油化工厅受化工部教育司委托，遵照劳动人事部、全国职工教育管理委员会的有关规定和化工部教育司颁发的《化工工人中级技术理论培训的教学计划、大纲》，组织吉林化工学校、吉林化学工业公司职工培训中心等单位的部分副教授、讲师、工程师和教师，在对化工工人中级技术理论培训进行认真研究和多次实践的基础上，编写了《化学基础》、《化工基础》、《化工机械及设备》、《化工电气及仪表》和《化工企业管理、安全及环境保护》五门课程的培训教材。

各书均以部颁教学大纲为依据，是在认真考察各化工企业现有工人实际文化水平以及中级技术工人标准的基础上编写的。在编写过程中，注意理论联系实际，既考虑了成人教育的特点，又结合了化工生产的实际，适当地联系了现代化工技术的发展水平，重视培养工人分析问题、解决问题的和灵活应变的能力；贯彻少而精原则，坚持加强基本概念、基本理论和基本计算内容，争取做到删繁就简，重点突出，深广度适宜；在文字表达形式上，注意通俗易懂，针对性强，力求准确、简洁、流畅，以适应教学对象的认识能力和理解能力；各章节都编有适当的例题、习题或参考题，含有必要的图、表，以加强教学效果；计算单位一般都采用法定计量单位，名词、符号、术语等符合国家统一规定，对尚未明确规定的，全书统一采用了习惯用法。

全套五门课程教材由全国化工技术培训教材编审委员会委员赵杰民总审。《化学基础》由罗光和（讲师）主编，张增智（副教授）主审；《化工基础》由魏安邦（讲师）主编，赵杰民（讲师）主审；《化工机械及设备》由李祚杰（副教授）主编，张荣（副教授）主审；《化工电气及仪表》由崔浩范

(讲师)主编,邱大荣(工程师)主审;《化工企业管理、安全及环保》由满春生(讲师)主编,赵杰民(讲师)主审。敬请广大读者在使用过程中提出批评指正,以便修改,使之日臻完善。

编 者

1986年9月

目 录

(上册)

第一篇 识 图	1
第一章 识图的基本知识	1
第一节 国家标准《机械制图》的基本规定	1
第二节 三面视图	5
第三节 基本视图和辅助视图	24
第四节 剖视图	29
第五节 剖面图	35
第二章 零件图和装配图的识读	39
第一节 零件图的作用和内容	39
第二节 常用件的规定画法	41
第三节 零件图的识读	50
第四节 装配图	53
第三章 化工设备图	56
第一节 化工设备图概述	56
第二节 视图的表达方法	58
第三节 化工设备图的阅读	61
第四章 化工工艺图	64
第一节 带控制点工艺流程图	65
第二节 设备布置图和管路布置图	75
第二篇 机械基础	85
第一章 化工常用材料	85
第一节 材料的性能	65
第二节 化工常用材料	91
第三节 化工设备的腐蚀及防腐措施	102

第二章 机械传动及连接件	105
第一节 传动基本知识	105
第二节 带传动	106
第三节 链传动	111
第四节 齿轮传动	113
第五节 常用连接件	123
第三章 轴承与润滑	131
第一节 滚动轴承	131
第二节 滑动轴承	137
第三节 轴承的润滑与密封	140
第三篇 常用化工机械	148
第一章 流体输送机械	148
第一节 离心泵	148
第二节 其他类型泵	176
第三节 离心式通风机	182
第四节 往复式压缩机	191
第五节 真空泵	212
第二章 固体物料输送、粉碎和筛分机械	219
第一节 固体物料输送机械	219
第二节 固体物料粉碎机械	228
第三节 筛分机械	234

目 录

(下册)

第四篇 化工容器及设备	239
第一章 化工容器	239
第一节 概述.....	239
第二节 内压薄壁容器.....	244
第三节 外压容器.....	248
第四节 压力容器的基本结构和附件.....	251
第五节 高压容器.....	267
第六节 安全附件.....	274
第七节 压力容器的操作、维护和检验.....	280
第二章 化工管路	284
第一节 概述.....	284
第二节 金属管和非金属管.....	288
第三节 管件和阀门.....	294
第四节 管路的安装.....	302
第五节 管路的保温(保冷)、伴热和涂漆.....	307
第三章 塔设备	310
第一节 概述.....	310
第二节 板式塔的种类和结构.....	311
第三节 填料塔.....	335
第四章 换热设备	349
第一节 概述.....	349
第二节 间壁式换热器.....	350
第三节 混合式换热器.....	364

第四节	换热器的选用、操作和维修	366
第五章	物料分离设备	372
第一节	旋风分离器	372
第二节	离心机	381
第六章	干燥设备	396
第一节	回转圆筒式干燥器	397
第二节	沸腾床干燥器	405
第三节	喷雾干燥器	410
第七章	化工设备的使用与维护	418
第一节	化工生产对设备的要求	418
第二节	化工设备的使用与维护	420
第三节	化工设备的管理	424
第四节	化工设备管理工作中的考核指标	431
第五节	化工设备的检修	435

第四篇 化工容器及设备

第一章 化工容器

第一节 概 述

一、压力容器的应用

化工生产过程是采用物理或化学方法将物料转变成所需产品的过程。例如把原油加热分离成汽油、煤油、柴油，把天然气或煤用化学方法转变成化肥。这些生产过程均需在各种化工设备中进行，如上述原油的分离是在精馏塔中进行的，化肥生产是利用合成气体在高压合成塔内合成的。这些设备虽然尺寸大小不一，形状结构不同，内部构件的型式多种多样，但是它们都有一个外壳，这个外壳称为容器。承受介质压力且与外界隔离的密闭容器称为压力容器。国家劳动总局 1981 年颁发的《压力容器安全监察规程》（以下简称规程）中规定压力容器必须同时具备下列三个条件：

1. 工作压力 $P_w \geq 9.81 \times 10^4 \text{ N/m}^2$
2. 容积 $V \geq 0.025 \text{ m}^3$ ，且 $P_w \times V \geq 1.96 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}$
3. 介质为气体，液化气体和工作温度高于标准沸点

(指一个大气压下的沸点)的液体。

二、压力容器的分类

压力容器的品种很多,分类方法也较多,从分类方法中可以看出压力容器的发展方向和管理重点。

(一)按制造方法分铆接容器、焊接容器、单层容器、多层热套容器、多层包扎式容器及多层绕带式容器等。

(二)按制造材料分钢制容器、有色金属容器及非金属材料容器等。

(三)按容器壁厚分薄壁容器 $K = \frac{D_o}{D_i} \leq 1.1 \sim 1.2$, 厚壁容器 $K > 1.1 \sim 1.2$ 。式中 K 为直径比, D_o 是圆筒外径, D_i 是圆筒内径。

(四)按压力分 内部压力大于外界压力的容器称为内压容器,这种容器生产中用得最多。外界压力大于内部压力的容器称为外压容器,如减压塔和真空容器等。带夹套的反应设备,夹套内压力高于容器内压力时,也属外压容器。

对于内压容器主要是保证壳体具有足够的强度;对于外压容器,由于壳体承受压应力作用,主要是保证具有足够的稳定性(即不被压瘪)。

内压容器按其压力大小又可分为:

1. 低压容器 $9.8 \times 10^4 \leq P < 1.57 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
2. 中压容器 $1.57 \times 10^6 \leq P < 9.8 \times 10^7 \text{ N/m}^2$
3. 高压容器 $9.8 \times 10^7 \leq P < 9.8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$
4. 超高压容器 $P \geq 9.8 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

(五)按使用温度分:

1. 常温容器 $T = 253 \sim 623 \text{ K}$

2. 高温容器 $T > 623\text{K}$

3. 低温容器 $t = 223 \sim 253\text{K}$ (如冷冻设备)

4. 超低温容器 $t < 223\text{K}$ (如深冷设备)

(六) 按生产工艺中的用途分:

1. 反应容器 主要为反应介质提供一个进行化学反应的密闭空间, 如反应釜、合成塔等。

2. 传热容器 主要用来完成介质热交换的设备, 如热交换器、冷却器、蒸发器等。

3. 分离容器 主要用于对不同介质的分离、净化等, 如蒸馏塔、水洗塔、油水分离器等。

4. 贮运容器 主要用于贮存或运送物料 (气体或液体) 的容器, 如各种贮槽、球罐和槽车等。

(七) 按安全管理和技术监督分:

1. 固定式容器 具有固定位置, 通常与管道相连接。生产车间大部分设备属于固定式容器, 为了防止振动或位移, 一般用地脚螺栓固定。

2. 移动式容器 没有固定位置, 如槽车、气瓶等。此类容器为了安全, 设计时取材料的安全系数较大。

(八) 按《安全监察规程》分:

我国《压力容器安全监察规程》是根据容器中的压力高低、容器大小、介质的危害程度以及容器在生产过程中的作用, 把压力容器分为三类。类别越高, 安全管理越严格。

1. 属于下列情况之一者为一类容器

(1) 非易燃或无毒介质的低压容器;

(2) 易燃或有毒介质的低压分离容器和换热容器。

2. 属于下列情况之一者为二类容器

(1) 中压容器;

- (2) 剧毒介质的低压容器；
- (3) 易燃或有毒介质的低压反应容器和贮运容器；
- (4) 内径小于 1 m 的低压废热锅炉。

3. 属于下列情况之一者为三类容器

- (1) 高压、超高压容器；
- (2) 剧毒介质且 $P \cdot V \geq 1.96 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的低压容器或剧毒介质的中压容器；
- (3) 易燃或有毒介质且 $P \cdot V \geq 4.9 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的中压反应器，或 $P \cdot V \geq 4.9 \times 10^5 \text{ N} \cdot \text{m}$ 的中压贮运容器；
- (4) 中压废热锅炉或内径大于 1 m 的低压废热锅炉。

上述监察规程中，对不同类别的压力容器，在选材、设计、制造和检验、使用和管理、安全附件等方面都有着不同要求和明确规定，必须严格遵照执行。否则在生产过程中由于容器的破坏不仅会导致整个装置的停工，而且会给国家财产造成严重的损失，甚至给操作人员带来直接的危害。因此，保证压力容器的长期安全运转对化工生产有着非常重要的意义。

三、压力容器用钢

压力容器制造所用材料可分为金属材料和非金属材料两大类，但多数压力容器是用金属材料制造的。在金属材料中又以钢材用得最多，这是因为钢材具有压力容器所需要的良好机械性能并且价格较低、容易获得。常用的钢材如下：

(一) 碳钢 压力容器所用碳钢为普通低碳钢。其中沸腾钢，如 A3F 主要用来制造压力不大于 $5.88 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ，温度不低于 273K，无毒和非易燃介质的压力容器。镇静钢（如 A2、A4）比沸腾钢含杂质低，多用在压力不大于

$9.8 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ ，温度不低于 273K，且壁厚不大于 16mm，不允许用它制造盛装液化石油气的容器。

由于碳钢耐腐蚀性能差，故主要用于弱腐蚀性介质中。若介质有较强的腐蚀性，可用碳钢作设备的基体，在内表面衬一层耐腐蚀材料，如不锈钢、铝、铅、塑料、橡胶、树脂漆、耐酸搪瓷等。

(二) 低合金高强度钢 低合金高强度钢是一种低碳结构用钢，其合金元素含量虽然较少，但强度（尤其是屈服强度 σ_s ）却比同等含碳量的碳钢要高得多，并且一般都具有良好的焊接性能和耐腐蚀性能。采用低合金高强度钢的主要目的是减轻结构重量，降低设备成本。但是低合金高强度钢在加工制造时，工艺要求要比普通碳素钢严格得多，特别是在焊接过程中要严格控制工艺条件，否则会造成缺陷或留下隐患，导致压力容器失效，甚至造成严重事故。

(三) 抗氢氮钢 抗氢氮钢也是一种低合金钢，合金钢中加入一定量的铬和钼，具有抗氢和氮的腐蚀能力。主要用于合成氨生产的合成塔内件和石油裂化的加氢设备。

(四) 不锈钢和不锈钢耐酸钢 在空气和水中耐腐蚀的钢称为不锈钢；在酸类等强腐蚀性介质中具有高度耐腐蚀性能的钢称为不锈钢耐酸钢。按其化学成分又可分为铬不锈钢和铬镍不锈钢两大类，并在这两大类的基础上发展了许多耐腐蚀、耐热和机械性能优良的钢种。

采用不锈钢制造化工容器不仅能耐腐蚀，而且具有较高强度，但其价格较高一般不宜采用。对于较高压力的化工容器常采用不锈钢做衬里和内件，既保证了耐腐蚀性能又节省了不锈钢用量。目前钢厂专门轧制的复合钢板，就是由一层不锈钢和一层碳钢压合而成，专门供容器制造选用。

(五) 低温钢 低温用钢主要用于制造低温容器，如制冷设备、空分和加氢设备等。低温钢除了具有足够的强度指标外，更要求具有足够韧性和其他低温机械性能，以防低温脆断造成严重事故。

化工容器材料的选择一定要根据容器设备的使用条件，如温度、压力、腐蚀性等，全面进行综合分析，然后根据材料的各方面性能作出正确的选择，既要满足化工工艺要求又要作到经济合理。

第二节 内压薄壁容器

薄壁容器是石油化工生产中应用最多的容器设备，其中大多数为内压容器，外压容器较少，下面分别介绍它们的结构和受力情况。

一、内压圆筒形容器的结构和受力分析

内压薄壁容器分为球形、圆筒形和锥形几种。球形容器由于它受力情况较好，所以主要用于贮存具有一定压力的液体，如石油液化气贮罐。圆筒形容器应用最多，它由圆筒和封头两部分组成。如图 1-1 所示。

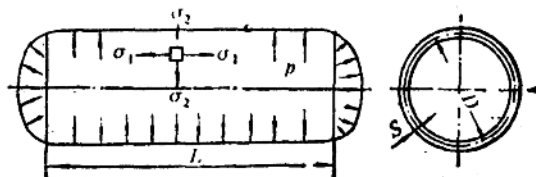
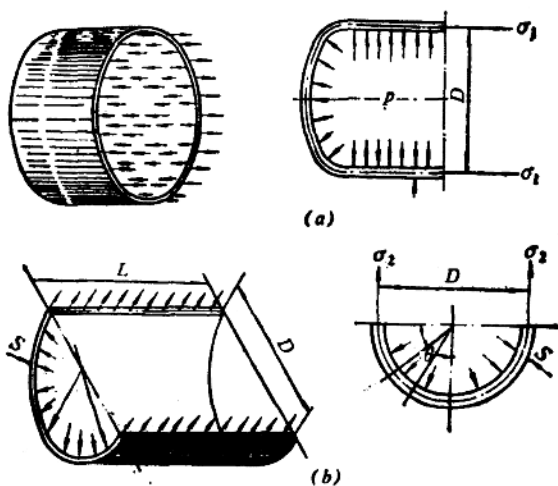


图 1-1 圆筒形容器

如果把圆筒形容器垂直于轴线截成两段，我们分析其左段的受力情况，如图 1-2 (a) 所示，筒体内压 P 的轴向合力为： $P \frac{\pi}{4} D^2$ 。

这个轴向合力有使左段向左移动的趋势，因此在圆筒形容器壁的横截面上产生轴向拉应力 σ_1 ，该截面上的轴向拉力则为： $\sigma_1 \pi D S$ 。

上述两个力成平衡状态，故由内压所产生的轴向合力与壳壁横截面上的轴向拉力相等。即 $P \frac{\pi}{4} D^2 = \sigma_1 \pi D S$ 。



(a) 圆筒横向截面 (b) 圆筒纵向截面

图 1-2 圆筒形容器的受力分析

由此可得壳壁横截面上的轴向拉应力为

$$\sigma_1 = \frac{PD}{4S} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1-1)$$

式中 σ_1 ——轴向应力 (N/m^2) ;
 P ——圆筒体的内压力 (N/m^2) ;
 D ——圆筒的平均直径 (m) ;
 S ——壁厚 (m) 。

如果用通过圆筒形容器轴线的平面把筒体截成两半, 我们分析其下半的受力情况, 如图 1-2 (b) 所示。在内压力 P 的作用下, 每半个壳体所受垂直于截面的压力 P 的合力为 PLD 。

这个合力有使筒体下半部向下移动的趋势, 因此在容器壳壁的纵截面上产生周向拉应力 σ_2 , 而壳壁纵截面上的周向拉力则为 $\sigma_2 2LS$ 。

上述两个力也成平衡状态, 因此由内压所产生的垂直于轴向截面的合力与壳壁纵截面上产生的周向拉力应相等, 即

$$PLD = \sigma_2 2LS$$

由此可得纵截面上的周向拉应力为

$$\sigma_2 = \frac{PD}{2S} \quad (\text{N/m}^2) \quad (1-2)$$

比较 (1-1) 式和 (1-2) 式可以看出, $\sigma_1 = 2\sigma_2$ 。这说明圆筒形壳壁中, 周向拉应力是轴向拉应力的二倍, 因此, 在制造圆筒形容器时, 轴向焊缝的质量要求比周向焊缝的高, 以保证安全。在开设椭圆形人孔或手孔时, 必须使椭圆的短轴在轴向, 长轴在周向, 以尽量减少开孔对壳壁强度的削弱程度。