

化工中级工培训试点班讲义

化工机械与设备

下 册

天津市化学工业局教研室

局属各单位：

为落实国办发（84）33号文件精神，到1990年形成以中级技术工人为主体的，技术等级结构比较合理、具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍。1985年中级工技术教育是我局职工教育工作的重点工作之一，各单位一定要把这项工作积极开展起来。

为此，局教研室组织有关工程技术人员、技校教师和从事职工教育工作的同志，根据化工部教育司制定的化工工人中级技术理论培训的教学计划和教学大纲，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”、“化工企业管理、安全和环保知识”五本教材供各单位试用。

鉴于我局各单位工人的文化水平不同，可根据实际情况，适当补习一些初、高中文化知识。这本试用教材是为我局化工各行业操作工人培训编写的，所以内容较广，某些章节可能较深，希各单位在试用时，结合本行业和本单位的实际生产情况经局批准可作适当增减。

由于编写时间仓促，缺乏经验，难免出现缺点和错误，希各单位在试讲过程中，注意总结经验并及时将意见和修改建议报我局教研室。

天津市化学工业局

第十一章 压力容器

第一节 概述

一、压力	1
二、压力容器的定义	2
三、压力容器的类别	3
四、压力容器的压力来源	5

第二节 压力容器的基本结构

一、筒体	6
二、封头与端盖	7
三、接口管	10
四、人孔和手孔	11
五、开孔补强结构	12
六、支座	13

第三节 内压薄壁容器

一、应力与变形	17
二、薄壁容器的应用分析	18
三、内压薄壁容器的计算	18
四、举例	21
五、薄壁容器的材料选用	23

第四节 高压容器

一、高压容器的结构特点	24
二、高压容器的密封	25

第五节 安全附件

一、安全阀的使用范围.....	30
二、爆破片.....	34
三、压力表.....	35

第六节 压力容器的使用、维护、检验和管理

一、容器的正确使用.....	37
二、容器的合理维护.....	39
三、容器的定期检验.....	39
四、压力容器的管理.....	42

第四篇 化工机械

第十二章 流体输送机械

第一节 离心泵

一、工作原理及结构.....	44
二、主要性能参数.....	46
三、离心泵的吸入高度和汽蚀现象.....	49
四、主要零部件结构.....	50
五、离心泵的操作.....	55
六、离心泵在管路系统中的工作及其调节.....	58
七、化工厂中常见的离心泵.....	61

第二节 其它类形泵

一、往复泵.....	67
二、计量泵.....	69
三、旋转泵.....	70
四、轴流泵.....	72

五、喷射泵.....	73
第三节 通风机	
一、概述.....	74
二、离心式通风机.....	74
三、轴流式通风机.....	76
四、风机的操作及维护.....	77
五、通风机常见的故障及处理方法.....	79
第四节 鼓风机	
一、罗茨鼓风机.....	81
二、离心式鼓风机.....	82
第五节 压缩机	
一、往复式压缩机.....	84
二、透平压缩机.....	88
第六节 真空泵	
一、水环式真空泵.....	93
二、喷射式真空泵.....	93

第十三 固体物料输送和粉碎筛分机械

第一节 固体物料输送机械

一、带式输送机.....	99
二、板式输送机（又称鳞板输送机）.....	110
三、斗式提升机.....	117
四、埋刮板输送机.....	124
五、螺旋输送机.....	131
六、气力输送.....	137

第二节 固体物料粉碎机械

一、颚式破碎机.....	144
二、圆锥破碎机.....	147
三、辊式破碎机.....	149
四、锤式破碎机.....	153
五、球磨机.....	155
第三节 筛分机械	
一、机械筛.....	161
二、风筛.....	164

第十四章 分离设备

第一节 气固分离设备

一、概述.....	167
二、干法分离设备.....	169
三、湿法除尘设备.....	178
四、电分离设备（通称电除尘器）.....	183

第二节 固液分离设备

一、重力沉降器.....	186
二、旋液分离器.....	188
三、过滤分离设备.....	189
四、离心机.....	196

第十五章 塔器

第一节 概述

一、塔器在化工生产中的应用.....	202
二、塔器的分类.....	202
三、塔器的基本性能指标.....	203

第二节 填料塔

- 一、概述..... 204
- 二、塔料塔的结构..... 204
- 三、填料塔的强化..... 214

第三节 板式塔

- 一、泡罩塔..... 217
- 二、筛板塔..... 221
- 三、浮阀塔..... 223
- 四、主要塔型比较..... 226

第十六章 换热设备

第一节 概述

- 一、概述..... 228
- 二、换热器的类别..... 228

第二节 间壁式换热器

- 一、列管式换热器..... 229
- 二、板面式换热器..... 240
- 三、非金属材料 and 稀有金属材料换热器..... 243

第三节 混合式换热器和蓄热式换热器

- 一、混合式换热器..... 245
- 二、蓄热式换热器..... 246

第四节 换热器的操作及维修

- 一、换热器的操作..... 247
- 二、换热器的维修..... 247

第十七章 干燥设备

第一节 厢式干燥设备

- 一、厢式干燥设备的工作原理..... 250
- 二、厢式干燥设备的构造..... 251

第二节 回转圆筒式干燥设备

- 一、回转圆筒式干燥设备的工作原理..... 253
- 二、回转圆筒式干燥设备的构造及主要部件..... 254
- 三、回转圆筒式干燥设备的维护及
 常见故障的处理..... 264

第三节 沸腾干燥设备

- 一、沸腾干燥的原理..... 264
- 二、沸腾干燥设备的构造..... 262
- 三、沸腾干燥设备的主要构件..... 263

第四节 喷雾干燥设备

- 一、喷雾干燥设备的构造与工作原理..... 271
- 二、喷雾干燥设备的主要构件..... 272
- 三、喷雾干燥设备的维护和常见故障的处理..... 278

第五节 其他干燥设备

- 一、气流干燥设备..... 279
- 二、红外线和远红外线干燥设备..... 280

第十八章 化工设备的使用与维护

第一节 化工生产对设备的要求

- 一、化工生产过程的特点..... 282
- 二、化工设备的特性..... 282

第二节 化工设备的使用与维护

一、设备的正确使用	283
-----------	-----

二、设备的精心维护	284
-----------	-----

第三节 化工设备的管理

一、化工设备管理的机构	286
-------------	-----

二、设备管理机构 and 人员的基本任务	300
----------------------	-----

三、设备管理制度	302
----------	-----

第四节 化工设备管理工作中的考核指标

一、设备完好率	303
---------	-----

二、静密封点泄漏率	304
-----------	-----

三、装置开工率	305
---------	-----

四、装置负荷率	306
---------	-----

五、设备运转率	306
---------	-----

六、设备出力率	306
---------	-----

七、维修费用率	306
---------	-----

第五节 化工设备的检修

一、检修的种类	307
---------	-----

二、设备检修计划的编别	309
-------------	-----

三、检修费用的管理	309
-----------	-----

四、检修的施工与验收	310
------------	-----

第十一章 压力容器

第一节 概述

压力容器广泛应用于工业生产中，尤以化学工业为最多，如化肥厂的水洗塔、合成塔、液氨贮罐；硫酸厂的废热锅炉；氯碱厂的氯气缓冲罐；纯碱厂的二氧化碳冷却塔等等。这些容器都是在受压状态下运行的，而且其内部工作介质大多数具有易燃，易爆，腐蚀，有毒等特性，如果一旦发生爆炸事故，危害极大。所以，各化工企业中的职工都要具备不同程度的压力容器及其安全技术知识，操作工人更应懂得本岗位容器的安全技术知识和操作规程，并严格遵守执行，以防各种事故的发生。

一、压力

1. 压力是工程上压力强度的简称，代表符号为 P ，它是均匀垂直地作用于物体单位面积上的力。压力的单位根据单位制的不同而异。

2. 目前工程上所使用的压力单位，仍为工程制单位 (kgf/cm^2)，将来要逐步过渡到国际单位制（即SI制）。当容器内部压力较低时，常采用液体的高度来表示压力大小。常用的压力单位换算关系见表11—1。

3. 物理学上所讲的一个大气压是指在纬度为 45° 的海平面上，在一平方厘米面积上所受的大气压力。

4. 测量设备内部流体压力的压力表，读出的压力数

表11—1 常用压力单位的换算

单位名称	代表符号	换 算 关 系			
公斤力/厘米 ²	kgf/cm ²	1	1.0332	0.00136	0.1
大气压	atm	0.9678	1	0.00131	0.0968
毫米汞柱	mmHg	735.56	760	1	73.556
米水柱	mH ₂ O	10.000	10.332	0.0136	1

值，并不是流体的实际压力数值，而是设备内部流体的压力比外部大气压高出的数值，此数值称为表压力。流体的实际压力称为绝对压力，绝对压力与表压力的关系式为：

$$\text{表压力} = \text{绝对压力} - \text{大气压力} \quad (11-1)$$

大气压力可近似按 1 公斤/厘米² 计算，如一容器的压力表的读数为 2 公斤力/厘米²，则绝对压力 = 2 + 1 = 3 公斤力/厘米²。

若设备内部流体的压力小于大气压力时，则采用真空表测量，测量出的数值是设备内部流体压力比大气压力低出的数值，此数值称为真空度，一般用液体柱的高度来表示，真空度与绝对压力的关系式为：

$$\text{真空度} = \text{大气压力} - \text{绝对压力} \quad (11-2)$$

例如测出的真空度为 500mmHg，大气压力 = 760mmHg 则：

$$\text{绝对压力} = 760 - 500 = 260 \text{毫米汞柱 (mmHg)}。$$

5. 压力等级 压力等级划分为4级，见表11—2。

表11—2 压力等级划分

压力等级	低 压	中 压	高 压	超高压
工作压力范围 公斤力/厘米 ²	$1 \leq P_w \leq 16$	$16 \leq P_w \leq 100$	$100 \leq P_w \leq 1000$	$P_w \geq 1000$

二、压力容器的定义

压力容器从广义上来说，应包括所有承受压力载荷的密闭容器。但从安全角度上来讲，压力容器的界限范围应根据发生事故的可能性和危害性来考虑，这两者与压力容器中的工作介质，工作压力及容积大小有关。国家劳动总局81年颁发的《压力容器安全监察规程》（以下简称规程）中规定，同时具备下列三个条件的容器称为压力容器。

1. 工作压力 $P_w \geq 1$ 公斤力/厘米²；
2. 容积 $V \geq 25$ 升，且 $P_w \times V \geq 200$ 升·公斤力/厘米²；
3. 介质为气体、液化气体和工作温度高于标准沸点（指在一个大气压下的沸点）的液体。

一个密闭的容器，可以是内部承受流体的压力，也可以是外部承受压力（大于内部压力），前者是内压力容器，后者是外压力容器。

三、压力容器的类别

压力容器的分类方法较多，常见有下列几种：

1. 从安全监察角度分类 为便于安全技术管理和监督检查，根据压力的大小，工作介质的危害程度，以及在生产过程中的重要作用，《规程》中将压力容器分为三类。

(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、易爆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、易爆、有毒介质的低压反应容器和贮运容器;
- ④内径小于1米的低压废热锅炉。

(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 $P_w \times V \geq 2000$ 升·公斤力/厘米² 的低压容器或剧毒介质的中压容器;
- ③易燃或有毒介质、且 $P_w \times V \geq 5000$ 升·公斤力/厘米² 的中压反应容器, 或 $P_w \times V \geq 50000$ 升·公斤力/厘米² 的中压贮运容器。
- ④中压废热锅炉或内径大于1米的低压废热锅炉。

2. 按工艺作用原理分类

(1) 反应容器(代号R)它主要是用来完成介质的物理和化学反应, 如反应釜, 分解塔, 合成塔, 变化炉等;

(2) 换热容器(代号H)它主要是用来完成介质的热量交换, 如废热锅炉, 热交换器, 冷凝器等;

(3) 分离容器(代号S)它主要是用来完成介质的流体压力平衡、气体净化和分离, 如集油器、缓冲器、吸收塔及分离器等。

(4) 贮运容器(代号T)它主要用来盛装生产和生活原料气体、液化气体和液体等。

当一个容器同时具备两个以上的工艺作用原理时，应按主要作用划分。

3. 按压力容器的壁厚分类

(1) 薄壁容器 当容器的外径与内径的比值 $K \leq 1.15$ 者称为薄壁容器。

(2) 厚壁容器 当容器的外径与内径的比值 $K > 1.15$ 者称为厚壁容器；

4. 按容器的工作壁温分类

(1) 高温容器 当容器的壁温 $t \geq 200^\circ\text{C}$ 者称高温容器。

(2) 常温容器 当容器的壁温 $-20^\circ\text{C} < t < 200^\circ\text{C}$ 者称为常温容器。

(3) 低温容器 当容器的壁温 $t \leq -20^\circ\text{C}$ 者称为低温容器。

5. 按承压方式分类 有内压容器，外压容器。

6. 按容器材质分类 有钢材、铸铁或有色金属容器等。

四、压力容器的压力来源

1. 压缩机 气体的压力是由压缩机对其进行压缩而提高工作压力；

2. 蒸汽锅炉（或废热锅炉） 水在锅炉内受热蒸发成水蒸汽，容积增加受到限制而产生的压力。

3. 液化气体受热后，并蒸发为气体，容器限制其自由膨胀时，就产生压力。

4. 化学反应产生的压力 在容器中，几种介质经过化学反应后，容积显著增加，温度升高，这就使容器内部压力大大增加。

第二节 压力容器的基本结构

压力容器一般是由筒体（又称壳体）、封头、法兰、支座、接口管、人孔、液位计及视镜等组成，图11—1是常见的卧式贮运容器；图11—2是立式压力容器（塔器）。

一、筒体

筒体是受压容器的主要受压元件之一，以圆柱形筒体应用最为广泛，其原因是：

（1）从受力情况来看，圆筒体是一个平滑的曲面，应力分布较为均匀，没有形状突变而产生的附加应力；

（2）圆筒较球体制造容易，成本低；

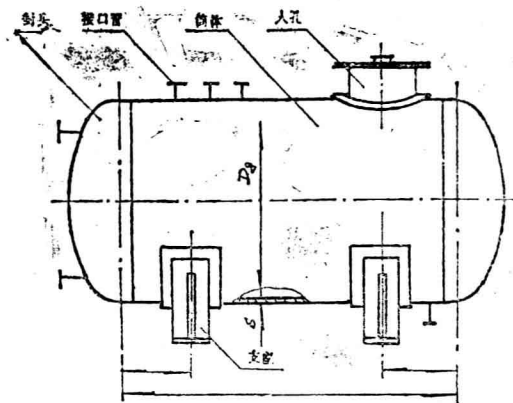


图11—1 卧式贮运容器

(3) 圆筒体便于内部装配工艺附件；

(4) 圆筒体一般长度与直径的比较大小，介质间的接触时间长。

高压容器的筒体，其壁厚较大，可用优质低碳钢和合金钢锻造，或采用层板包扎，然后再经过焊接、热处理、机加工、检验等工序而成。

中低压容器的筒体，一般由钢板卷焊而成，当筒体的直径小于500毫米时，可用无缝钢管做为筒体，筒体的直径国家已标准化，见表11—3。

应该注意的是，焊接圆筒体的公称直径指的是内径，而用无缝钢管制作筒体时，容器的公称直径是指它外径。

二、封头与端盖

封头与端盖是用来与筒体组成容器的壳体。但两者有所区别，封头与筒体焊接在一起，不可拆卸；而端盖带法兰，用螺栓等紧固件与筒体法兰相连接，可拆卸；封头与端盖的外形有凸形封头、锥形封头和平板封头等。

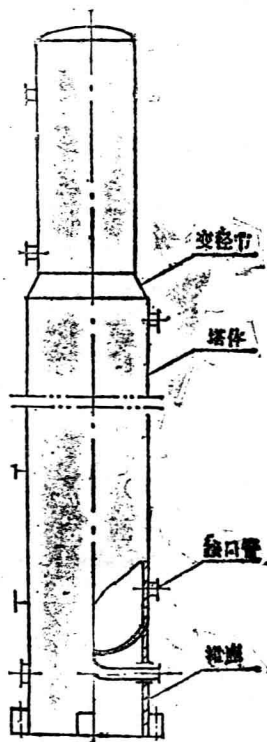


图11—2 立式压力容器塔器

表11—3 压力容器的公称直径(毫米)

300	(350)	400	(450)	500	(550)	600	(650)
700	800	900	1000	(1100)	1200	(1300)	1400
(1500)	1600	(1700)	1800	(1900)	2000	(2100)	2200
(2300)	2400	2500	2800	3000	3200	3400	3600
3800	4000						

注：表中带括号的公称直径应尽可能不用

1. 凸形封头 凸形封头有半球形封头，蝶形封头，椭圆形封头和无折边球形封头等四种，见图11—3。

半球形封头受力情况较好，但它的深度太大，制造成形困难，所以限制其使用范围。碟形封头的几何形状是由圆筒体（直边），中央球面和过渡圆弧（折边）所构成，一般情况下其深度较小，制造容易，但在过渡圆弧处由于形状突变，产生局部应力严重，常用的碟形封头中央球面半径(R_c)与筒体直径(P_g)相等，过渡圆弧半径 r 与球面半径(R_c)的比值为0.15。无折边球形封头，虽然制造容易，但在与筒体联接处产生很大的局部应力，一般可用在直径小，压力低的容器上。椭圆形封头是使用很广泛的一种封头，它由半个椭圆球体与短圆筒体所构成。半椭球体的纵剖面是椭圆形曲线，其曲率半径是连续变化的，没有形状突变，所产生的应力是圆滑过渡的，集中应力较小，而且比制造半球形封头容易的多。此种封头已标准化，在JB1154—73中规定了椭圆形封头的各项参数，如公称直径(D_g)，曲面高度(h_1)、