



普通高等教育“十三五”规划教材

石油化工卓越工程师规划教材（试用）

压力容器设计基础

《石油化工卓越工程师规划教材》编委会 组织编写

林玉娟 主编

Fundamentals of pressure vessel design



中国石化出版社

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

普通高等教育“十三五”规划教材

石油化工卓越工程师规划教材(试用)

压力容器设计基础

《石油化工卓越工程师规划教材》编委会 组织编写

林玉娟 主编



中国石化出版社

内 容 提 要

本书系统全面地介绍了过程装备与控制工程专业学生所应具备的压力容器设计基础知识,内容主要包括7部分:压力容器设计概论、压力容器设计基础、内压力容器设计、外压力容器设计、高压容器设计、压力容器零部件和压力容器设计技术进展。各章中以工程实例引出主要内容,突出实用特色,注重深度和广度的关系,适度反映学科前沿知识。各章节的编写均以现行最新标准和规范为准,具有实用性、系统性和完整性,便于掌握压力容器设计基础知识。

本书可作为高等院校过程装备与控制工程类专业及相近专业(石化、生化、制药、冶金、环保、能源等)本、专科学生的教材,也可供从事压力容器及过程设备相关专业的工程技术人员参考。

压力容器设计基础

图书在版编目(CIP)数据

压力容器设计基础 / 林玉娟主编. —北京:中国石化出版社, 2016. 3
普通高等教育“十三五”规划教材 石油化工卓越
工程师教材: 试用
ISBN 978-7-5114-3596-5

I. ①压… II. ①林… III. ①压力容器-设计-高等学校-教材 IV. ①TH490.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 050706 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

北京柏力行彩印有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 27.5 印张 722 千字

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷

定价:56.00 元

《石油化工卓越工程师规划教材》

编委会

委员 (以姓氏笔画为序):

- 王文友 沈阳工业大学辽阳校区教授、化工装备学院院长
- 王宗明 中国石油大学(华东)副教授、化工装备与控制工程系主任
- 王振波 中国石油大学(华东)教授、化工学院副院长
- 刘 伟 广东石油化工学院副教授、工业装备与控制工程系主任
- 刘康林 福州大学教授、过程装备与控制工程设计研究所所长
- 李 伟 东北石油大学教授、机械科学与工程学院副院长
- 李志安 沈阳化工大学教授
- 张 琳 常州大学教授、过程装备与控制工程系主任
- 张 颖 东北石油大学教授、过程装备与控制工程系主任
- 陈 兵 西安石油大学副教授、机械工程学院副院长
- 陈建义 中国石油大学(北京)教授
- 陈海峰 陕西科技大学教授、过程装备与控制工程系主任
- 范怡平 中国石油大学(北京)教授、过程装备与控制工程系主任
- 金有海 中国石油大学(华东)教授、教育部过装专业教学指导委员会委员
- 金志浩 沈阳化工大学教授、能源与动力工程学院院长
- 曹建树 北京石油化工学院副教授、机械工程学院副院长
- 戴 光 东北石油大学教授、教育部过装专业教学指导委员会委员
- 魏耀东 中国石油大学(北京)教授

前 言

本书根据过程装备与控制工程类专业对学习过程装备课程的基本要求,总结长期教学实践经验,在参考国内其他同类教材的基础上,结合过程装备与控制工程专业卓越工程师培养的特点编写而成。其目的是使学生获得必要的压力容器基础知识,对压力容器及过程设备有较深的认识,为以后走上设备类技术人员的工作岗位打下良好基础。

本书共分7章:第1章为压力容器设计概论,重点介绍压力容器的应用与设计的要求;第2章为压力容器设计基础,重点介绍容器的基本知识、容器的分类与构成、容器壳体、容器密封、容器支座、容器技术文件等;第3章为内压容器设计,在阐明基本概念的基础上,根据现行国家标准,介绍内压容器的设计计算方法;第4章为外压容器设计,重点介绍外压容器的设计理论与设计方法;第5章为高压容器设计,重点介绍高压厚壁容器的设计理论与计算方法;第6章为压力容器零部件,重点介绍容器常用的零部件(主要包括法兰连接和常用支座设计计算);第7章为压力容器设计技术进展,重点介绍容器的失效准则、分析设计、疲劳设计、防脆断设计和高温蠕变。

书中注重理论与工程应用的有机结合,实用性强。每章均以工程实例引出主要内容,期望提高学生的学习兴趣;通过例题、思考题和习题,帮助学生理解基本概念和基本理论,培养学生分析问题和解决问题的能力。除作为教材外,本书还可供相关专业的读者和工程技术人员参考。

参与编写人员分工如下:第1~4章由林玉娟编写;第5~6章由刘长海编写;第7章由龙飞飞编写。全书由林玉娟统稿并最终定稿。

由于编者水平有限,书中如有错误或欠妥之处,衷心希望读者和同行专家予以批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 压力容器设计概论	(1)
1.1 压力容器的应用和意义	(1)
1.2 对压力容器设计的基本要求	(1)
第 2 章 压力容器设计基础	(3)
2.1 压力容器的分类	(3)
2.2 压力容器的工艺参数	(6)
2.3 压力容器的基本构成	(9)
2.4 不同外形压力容器的比较	(13)
2.5 压力容器筒体	(14)
2.6 压力容器密封	(22)
2.7 压力容器支座	(25)
2.8 压力容器标准规范简介	(27)
2.9 压力容器设计文件	(35)
2.10 压力容器图面技术要求	(37)
2.11 压力容器设计基本知识	(39)
第 3 章 内压力容器设计	(45)
3.1 薄壁容器壳体的应力分析	(45)
3.2 圆平板理论	(67)
3.3 内压薄壁圆筒与封头的强度设计	(82)
本章小结	(117)
思考题	(117)
习题	(120)
第 4 章 外压力容器设计	(124)
4.1 概述	(124)
4.2 外压薄壁圆筒的稳定性计算	(125)
4.3 外压圆筒的设计计算	(135)
4.4 外压圆筒加强圈的设计	(148)
4.5 外压封头设计	(154)
本章小结	(157)
思考题	(157)
习题	(158)

第 5 章 高压容器设计	(159)
5.1 概述	(159)
5.2 单层厚壁圆筒设计与强度计算	(161)
5.3 单层厚壁筒体的自增强	(183)
5.4 组合式厚壁圆筒设计	(194)
5.5 高压密封结构设计与设计计算	(201)
本章小结	(222)
思考题	(222)
习题	(223)
第 6 章 压力容器零部件	(225)
6.1 法兰连接设计	(225)
6.2 容器开孔与补强	(255)
6.3 支座	(267)
6.4 安全泄放装置	(311)
6.5 容器的焊接结构	(314)
6.6 压力容器监察管理	(337)
本章小结	(346)
思考题	(348)
习题	(349)
第 7 章 压力容器设计技术进展	(352)
7.1 概述	(352)
7.2 压力容器的失效准则	(354)
7.3 压力容器的应力分类及分析设计	(358)
7.4 压力容器的疲劳设计	(374)
7.5 压力容器的防脆断设计	(387)
7.6 应力容器的高温蠕变	(402)
附录 1 与压力容器有关的相关标准	(411)
附录 2 压力容器材料	(414)
参考文献	(432)

第 1 章 压力容器设计概论

1.1 压力容器的应用和意义

从原料到产品，要经过一系列物理的或化学的加工处理步骤，这一系列加工处理步骤称为过程，完成上述过程中物料的粉碎、混合、储存、分离、传热、反应等操作所需要的设备称为过程设备。压力容器是用于过程工业各领域中受压设备的泛称。压力容器在生产技术领域中的应用十分广泛，如化工、炼油、轻工、食品、制药、冶金、纺织、城建、海洋工程等传统部门，以及航空航天技术、能源技术、先进防御技术等高新技术领域。

以常减压蒸馏为例，常减压蒸馏装置通常由电脱盐、初馏、常压和减压蒸馏等工序组成，如图 1-1-1 所示。首先将原油换热至 90~130℃，加入精制水和破乳剂，经混合后进入电脱盐脱水器，在高压交流电场作用下使混悬在原油中的微小液滴逐步扩大成较大液滴，借助重力合并成水层，将水及溶解在水中的盐、杂质等脱除。经脱盐脱水后的原油换热至 220~250℃，进入初馏塔，塔顶拔出轻汽油，塔底拔出原油经换热和常压炉加热到 360~370℃ 进入常压分馏塔，分离出汽油、煤油、轻柴油、重柴油馏分，经电化学精制后作成品出厂。常压塔底重油经减压炉加热至 380~400℃ 进入减压分馏塔，在常压为 2~8kPa 下，分馏出各种减压馏分，作催化或润滑油原料。减压渣油经换热冷却后做燃料油或经换热后做焦化、催化裂化、氧化沥青原料。在这个过程中，用到了各种各样的过程设备，而这些设备大多是压力容器。

可见，压力容器既影响到国民经济和人们的衣食住行，又涉及国防建设和高科技的发展。因此，对压力容器的研究具有重要的意义。

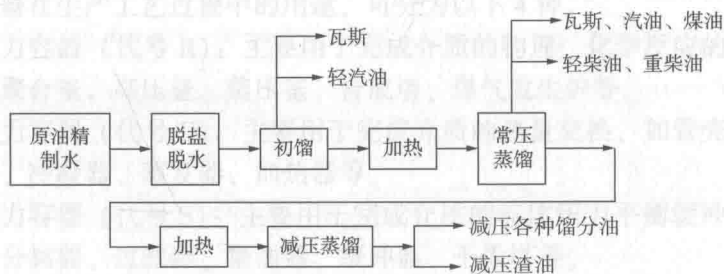


图 1-1-1 常减压蒸馏工艺流程示意

1.2 对压力容器设计的基本要求

广义地讲，凡盛装压力介质的密闭容器统称为压力容器 (pressure vessel)，压力容器广泛应用于国民经济、工农业生产和人民生活的各个领域。

压力容器设计首先应满足化工工艺要求，即其结构型式和构造能在指定的生产条件

(压力、温度、物态条件)下完成指定的任务,并确保其安全、稳定、长周期运行。此外,对于容器零部件机械设计,应满足如下要求。

- (1) 强度: 容器抵抗外力破坏的能力。容器应有足够的强度,以保证安全生产。
- (2) 刚度: 指构件抵抗外力使其发生变形的能力。容器及其构件必须有足够的刚度,以防止在使用、运输或安装过程中发生不允许的变形。有时设备构件的设计主要决定于刚度而不是决定于强度。例如,塔设备的塔板,其厚度通常由刚度而不是由强度来决定。因为塔板的允许挠度很小,一般在 3mm 左右。如果挠度过大,则塔板上液层的高度就有较大差别,使通过液层的气流不能均匀分布,因而大大影响塔板效率。
- (3) 稳定性: 指容器或构件在外力作用下维持原有形状的能力。承受压力的容器或构件,必须保证足够的稳定性,以防止被压瘪或出现褶皱。
- (4) 耐久性: 化工设备的耐久性是根据所要求的使用年限来决定的。化工设备的设计使用年限一般为 10~15 年,但实际使用年限往往超过这个数字。其耐久性大多取决于腐蚀情况,在某些特殊情况下还取决于设备的疲劳、蠕变或振动等。为了保证设备的耐久性,必须选择适当的材料,使其能耐所处理介质的腐蚀,或采用必要的防腐措施以及正确的施工方法。
- (5) 密封性: 化工设备的密封性是一个十分重要的问题。设备密封的可靠性是安全生产的重要保证之一,因为化工厂所处理的物料中很多是易燃、易爆或有毒的,设备内的物料如果泄漏出来,不但会造成生产上的损失,更重要的是会使操作人员中毒,甚至引起爆炸;反过来,如果空气漏入负压设备,亦会影响工艺过程的进行或引起爆炸。因此,化工设备必须具有可靠的密封性,以保证安全、创造良好的劳动环境以及维持正常的操作条件。

除上述基本要求外,还要考虑制造、安装、维护及运输的方便问题。此外经济性也应在考虑之列,在保证化工压力容器安全可靠的前提下,应尽可能降低压力容器的投资,减少材料,尤其是贵重材料(如不锈钢等)消耗量及降低维护操作费用。



压力容器设计基础

第2章 压力容器设计基础

2.1 压力容器的分类

压力容器的型式多种多样,根据不同的需要,压力容器有若干种分类方法。通常从设计压力、工艺用途、使用管理、容器壁厚和工作壁温等方面来划分。

2.1.1 按壳体承受压力的方式分类

(1) 内压容器:指容器内部承受流体的压力者。

(2) 外压容器:指容器外部承受流体的压力(大于器内压力)者。

2.1.2 按设计压力的高低分类

内压容器可按设计压力(p)大小分为以下4个压力等级。

低压容器(代号L): $0.1\text{MPa} \leq p < 1.6\text{MPa}$

中压容器(代号M): $1.6\text{MPa} \leq p < 10\text{MPa}$

高压容器(代号H): $10\text{MPa} \leq p < 100\text{MPa}$

超高压容器(代号U): $p \geq 100\text{MPa}$

外压容器中,当容器的内压力小于一个绝对大气压(约 0.1MPa)时又称为真空容器。

2.1.3 按工艺用途分类

根据压力容器在生产工艺过程中的用途,可分为以下4种。

(1) 反应压力容器(代号R):主要用于完成介质的物理、化学反应的压力容器,如反应器、反应釜、聚合釜、高压釜、蒸压釜、合成塔、煤气发生炉等。

(2) 换热压力容器(代号E):主要用于完成介质的热量交换,如管壳式余热锅炉、热交换器、冷却器、冷凝器、蒸发器、加热器等。

(3) 分离压力容器(代号S):主要用于完成介质的流体压力平衡缓冲和气体净化分离的压力容器,如分离器、过滤器、集油器、缓冲器、干燥塔等。

(4) 储存压力容器(代号C,其中球罐代号B):主要用于储存和盛装气体、液体、液化气体等介质的压力容器,如液氨储罐、液化石油气储罐等。

在一种压力容器中,如同时具备两个以上的工艺作用原理时,应按工艺过程中的主要作用来划分种类。

2.1.4 按使用管理分类

从使用管理的角度来考虑,常把压力容器分为固定式容器和移动式容器(包括气瓶、槽或罐车)两大类。由于两类容器使用情况不同,对它们的技术管理要求也不完全一样,

对两类容器分别制定有不同的管理章程、技术标准、规范等。

上面所述的几种分类方法仅仅考虑了压力容器的某个设计参数或使用状况，还不能综合反映压力容器面临的整体危害水平。因此，在《固定式压力容器安全技术监察规程》中，根据介质、设计压力和容积等三个因素进行压力容器分类，将所有适用范围内的压力容器分为第Ⅰ类压力容器、第Ⅱ类压力容器和第Ⅲ类压力容器，现介绍其分类方法。

2.1.4.1 介质分组

压力容器的介质分为以下两组，包括气体、液化气体以及最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体。

第一组介质：毒性程度为极度危害、高度危害的化学介质，易爆介质，液化气体。

第二组介质：除第一组以外的介质。

易燃介质是指与空气混合的爆炸下限小于 10%，或爆炸上限和下限之差值大于等于 20% 的气体，如：一甲胺、乙烷、乙烯、氯甲烷、环氧乙烷、环丙烷、氢、丁烷、三甲胺、丁二烯、丁烯、丙烷、丙烯、甲烷等。

介质的毒性程度和爆炸危险程度的划分参照 HG 20660《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸程度分类》的规定。无规定时，按下述原则确定毒性程度（最高容许浓度）：

- (1) 极度危害（Ⅰ级） $<0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- (2) 高度危害（Ⅱ级） $0.1\sim 1.0\text{mg}/\text{m}^3$ （不含）；
- (3) 中度危害（Ⅲ级） $1.0\sim 10\text{mg}/\text{m}^3$ （不含）；
- (4) 轻度危害（Ⅳ级） $\geq 10\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2.1.4.2 压力容器分类

压力容器类别的划分应当根据介质特性，按照以下要求选择类别划分图，再根据设计压力 p （单位 MPa）和容积 V （单位 L），标出坐标点，确定压力容器类别。

- (1) 第一组介质，压力容器类别的划分如图 2-1-1 所示；
- (2) 第二组介质，压力容器类别的划分如图 2-1-2 所示。

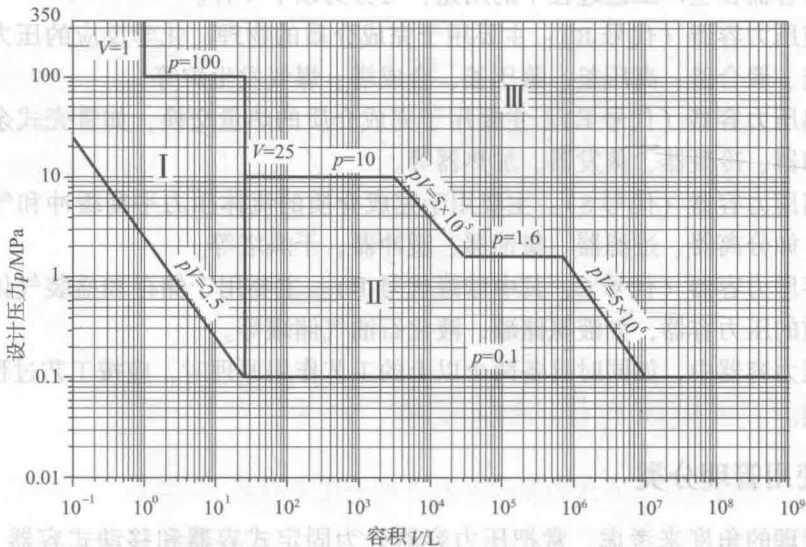


图 2-1-1 压力容器类别划分图（第一组介质）

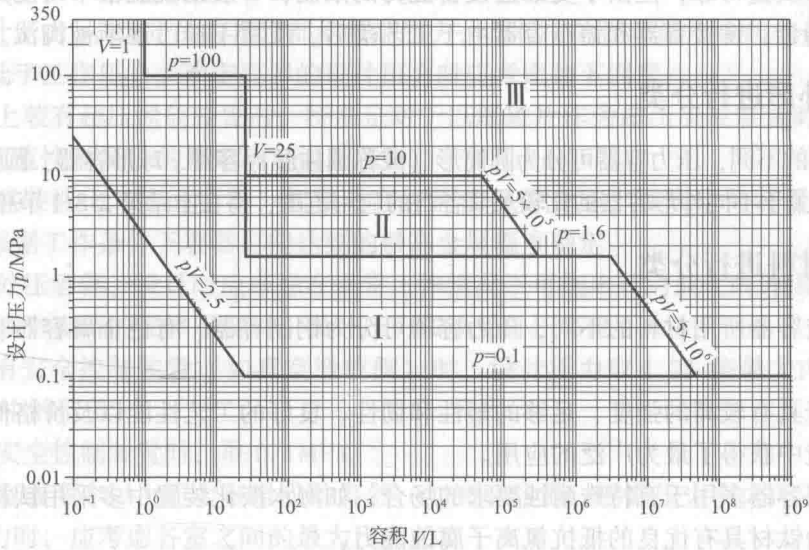


图 2-1-2 压力容器类别划分图 (第二组介质)

对于多腔压力容器（如换热器的管程和壳程、夹套容器等）按照类别高的压力腔作为该容器的类别并且按照该类别进行使用管理。但是应当按照每个压力腔各自的类别分别提出设计、制造技术要求。对各压力腔进行类别划定时，设计压力取本压力腔的设计压力，容积取本压力腔的几何容积。

同腔多种介质压力容器类别划分一个压力腔内有多种介质时，按照组别高的介质划分类别。介质含量极小的压力容器类别划分当某一危害性物质在介质中含量极小时，根据其危害程度及其含量综合考虑，按照压力容器设计单位决定的介质组别划分类别。

坐标点位于图 2-1-1 或者图 2-1-2 的分类线上时，按照较高的类别划分其类别；对于容积小于 25L 或内直径小于 150mm 的小容积压力容器（详见《固定式压力容器安全技术监察规程》，简称《固容规》）统一划分为第 I 类压力容器。

2.1.5 按壳体的壁厚分类

中、低压容器通常为薄壁容器，对于高压与超高压容器则一般称之为厚壁容器。区分厚壁与薄壁的指标是径比，即 $K=D_o/D_i$ ， D_o 和 D_i 分别表示容器的外直径和内直径。当 $K>1.2$ 时，为厚壁容器， $K \leq 1.2$ 时为薄壁容器。对于承受内压的薄壁容器，可只考虑其经向应力和周向应力，故为二向应力状态。至于径向应力一般相对较小，可以忽略不计，而厚壁容器的径向应力则不能忽略，故按三向应力进行分析，当然，厚壁容器为高压设备，在设计和制造上也都有更高的要求。

2.1.6 按制造方式进行分类

按照制造方式的不同，压力容器一般可分为焊接容器、铆接容器、铸造容器及锻造容器四大类。焊接容器由于制造方便，无需大型专用设备工装且质量较好，获得了最为广泛的应用。

锻造容器质量可靠，但由于受锻造设备能力的限制，一般来说规格不可能太大，多用在某些重要的场合；铆接容器和铸造容器由于工艺落后，质量不佳已逐渐被淘汰。

2.1.7 按外形进行分类

按照外形的不同，压力容器可分为圆筒形（或称圆柱形）容器、球形容器、圆锥形容器及组合容器等。关于不同外形容器的比较及其各自的应用范围，将在本章第 2.3.1 节中介绍。

2.1.8 按材料进行分类

根据制造容器所用材料的不同，压力容器可分为钢制容器、有色金属容器、非金属容器三大类。

钢材由于具有较高的强度、足够的塑性和韧性、良好的工艺性能以及价格低廉，因此在压力容器制造中获得了最为广泛的应用。

有色金属容器多用于有特殊耐蚀要求的场合，如海水淡化装置中多采用钛材制造压力容器，就是因为钛材具有优良的抵抗氯离子腐蚀能力。

非金属容器数量不多，只有在某些特殊场合才能见到，如核电装置一回路系统的安全壳往往是预应力钢筋混凝土制成的超大型压力容器。

2.2 压力容器的工艺参数

工艺参数是进行压力容器强度计算和结构设计的主要依据。工艺参数是由生产的工艺要求确定的。影响压力容器设计的主要工艺参数有压力、温度、直径等。

2.2.1 压力

介质的压力，更确切地说是介质和周围环境的压力差，是压力容器在工作时所承受的主要外力。

关于压力的概念，在物理学和在工程上是不相同的。物理学中所谓压力是指垂直作用于物体表面上的力，而把垂直作用于物体单位面积上的力称为压力强度，简称压强。

工程上压力的概念实质上就是物理学中的压强，即工程上把垂直作用于物体单位面积上的力称为压力，这是一种习惯性叫法。

以往我国工程上的压力单位一般用大气压或 kgf/cm^2 来表示，目前我国均采用国际单位制。

压力容器中的压力是用压力表来测量的。压力表上所标示的压力叫做表压力，它是表示容器内部流体压力超过周围大气压力的压力差值。容器内的绝对压力应为压力表显示的压力加上周围的大气压力。

在各种压力容器设计规范中，经常出现最高工作压力、设计压力和公称压力等概念，现将它们的定义分述如下。

(1) 最高工作压力 p_w ：在正常工作情况下，容器顶部可能达到的最高压力（即《固定式压力容器安全监察规程》中的最高工作压力 p_w ）。一般情况下，最高工作压力由工艺专业提出，作为容器设计的基础数据。对于可能产生循环失效的容器，应该按工作压力评价容器的强度。由于容器的最高工作压力不包括液体静压力，因此它是容器各部位最高许用工

作压力中的最小值,超过此值,容器的安全装置将要启跳。

(2) 设计压力 p : 设定的容器顶部的最高压力,与相应的设计温度一起作为设计载荷条件,其值不低于工作压力。确定容器的设计压力时应考虑如下因素:

① 容器上装有超压泄放装置时,特别是对于以爆破片作为超压泄放装置时应按 GB 150 中附录 B (规范性附录) 的规定确定设计压力。

② 对于盛装液化气体的容器,如果具有可靠的保冷设施,在规定的装量系数范围内,设计压力应根据工作条件下容器可能达到的最高金属温度确定。

③ 对于外压容器,设计时应考虑在正常工作情况下可能出现的最大内外压力差。

④ 确定真空容器的壳体厚度时,设计压力按承受外压考虑:

a. 当装有安全控制装置(如真空泄放阀)时,设计压力取 1.25 倍最大内外压力差或 0.1MPa 两者中的低值;

b. 当无安全控制装置时,取 0.1MPa。

⑤ 由两室或两个以上压力室组成的容器,如夹套容器,根据压力室之间不同设计压力确定计算压力时,应考虑各室之间的最大压力差。

关于设计压力的取值是十分重要的基本工作,除了应该符合上述原则要求之外,还必须遵照我国制定的标准和规范的有关规定,如 GB 150《压力容器》和 TSG 21—2016《固定式压力容器安全技术监察规程》等。

设计压力的取值方法见表 2-2-1。

表 2-2-1 设计压力的取值方法

类型		设计压力	
内压容器	无安全泄放装置	1.0~1.10 倍工作压力	
	装有安全阀	不低于(等于或稍大于)安全阀开启压力(安全阀开启压力取 1.05~1.10 倍工作压力)	
	装有爆破片	取爆破片设计爆破压力加制造范围上限	
真空容器	无夹套真空容器	有安全泄放装置	设计外压力取 1.25 倍最大内外压力差或 0.1MPa 两者中的小值
		无安全泄放装置	设计外压力取 0.1MPa
	夹套内为内压的带夹套真空容器	容器(真空)	设计外压力按无夹套真空容器规定选取
		夹套(内压)	设计内压力按内压容器规定选取
	夹套内为真空的带夹套内压容器	容器(内压)	设计内压力按压力容器规定选取
		夹套(真空)	设计外压力按夹套真空容器规定选取
外压容器		设计外压力取不小于在正常工作情况下可能产生的最大内外压力差	

(3) 计算压力 p_c : 指在相应设计温度下,用以确定元件厚度的压力,其中包括液柱静压力等附加载荷。当壳体各部位或元件所承受的液柱静压力小于 5% 设计压力时,可忽略不计。

由两个或两个以上压力室组成的容器,如夹套容器,确定计算压力时,应考虑各室之间的最大压力差。

2.2.2 温度

压力容器的设计温度和其内部介质可能达到的温度不是一回事，其是指容器在正常工作情况下，设定的元件的金属温度（沿元件金属截面的温度平均值）。

设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。标在铭牌上的设计温度应是壳体设计温度的最高值或最低值。

设计温度虽不直接反映在计算公式中，但它是设计中选择材料和确定许用应力时不可缺少的一个基本参数。容器的壁温可由实测类似设备获得，或由传热过程计算确定，当无法计算或实测壁温时，应按下列原则确定：

(1) 设计温度不得低于元件金属在工作状态可能达到的最高温度。对于 0℃ 以下的金属温度，设计温度不得高于元件金属可能达到的最低温度。

(2) 容器各部分在工作状态下的金属温度不同时，可分别设定每部分的设计温度。

(3) 元件的金属温度通过以下方法确定：

- ① 传热计算求得；
- ② 在已使用的同类容器上测定；
- ③ 根据容器内部介质温度并结合外部条件确定。

(4) 对有不同工况的容器，应按最苛刻的工况设计，并在图样或相应技术文件中注明各工况的设计压力和设计温度值。

设计温度的选取见表 2-2-2。

表 2-2-2 设计温度选取

介质工作温度 $t/^\circ\text{C}$	设计温度/ $^\circ\text{C}$	
	I	II
$t < -20$	介质最低工作温度	介质工作温度减去 (0~10)
$-20 < t < 15$	介质最低工作温度	介质工作温度减去 (5~10)
$t > 15$	介质最高工作温度	介质工作温度减去 (15~30)

—— 必须注意，上述提及的金属温度系指容器受压元件沿截面厚度的平均温度。在任何情况下，元件金属的表面温度不得超过钢材的允许使用温度，即不得超过各种钢材规定的使用温度上限和使用温度下限。容器内部的物料温度、环境温度、保温条件、物料的物理状态和运动状态都将影响着金属元件的温度，因此，严格地讲，容器的金属温度应通过传热计算或实测来确定。

—— 当有保温绝热层时，对于无加热（包括反应热）或无冷却的容器，可以认为介质的极限温度即是容器壳体的温度；当无保温绝热层时，应根据操作条件和环境温度的影响来确定。

—— 总之，在进行容器设计时，要明确区分设计温度与金属温度之间的不同定义和用途。设计温度是用以确定元件金属的许用应力，而金属温度则是用来计算元件的热膨胀数值。很显然，上述两种温度也与操作温度不同，设计计算时尤其要注意不要将设计温度与金属温度和操作温度相混淆。

—— 压力容器设计中，设计温度与设计压力存在对应关系。当压力容器具有不同的操作工况时，应按最苛刻的相互对应的压力与温度的组合来设定容器的设计条件，不可以按其不同工况下各自最苛刻条件确定设计温度和设计压力。否则，容器的设计压力和设计温度将不符合实际可能达到的工况，也必定过于保守。

2.2.3 直径

一般所说的容器直径系指其内径，单位多用 mm 表示。

出于标准化的需要，把容器的直径按尺寸大小排列成一定数目的系列，该系列中的各尺寸称为公称直径。公称直径是一种经标准化后的尺寸，在确定容器直径时应选取与之相近的公称直径，以有利于封头、法兰等零部件的标准化。压力容器公称直径系列尺寸如表 2-2-3 所示。其中带括号的公称直径尽量避免采用。

表 2-2-3 压力容器公称直径系列

						mm
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	2600	2800
3000	3200	3400	3600	3800	4000	

上述尺寸系列适用于容器壳体用钢板卷焊的情况，其中所列公称直径皆指容器内径。

当容器壳体采用无缝钢管制造时，其公称直径应按如表 2-2-4 选取。此时容器的公称直径均指钢管的外径。

表 2-2-4 压力容器用无缝钢管公称直径系列

								mm
159	219	273	325	377	426	529	630	720

公称直径的标记符号为 DN ，如 $DN800$ 即表示容器的公称直径为 800mm。

2.3 压力容器的基本构成

在本节中以最常见的组合形容器为例，简要介绍压力容器的基本构成。这类容器的示意结构如图 2-3-1 所示。

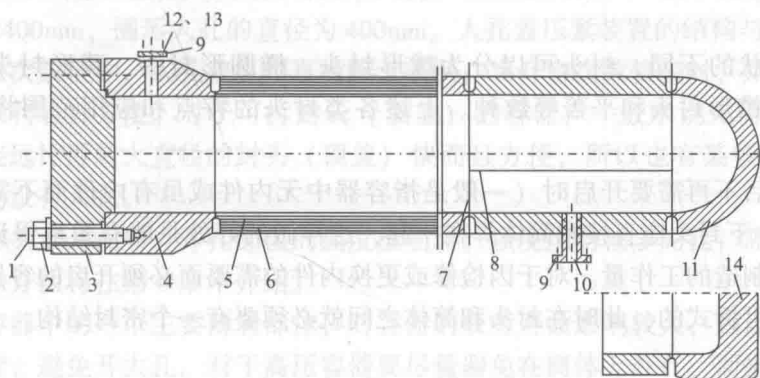


图 2-3-1 压力容器的构成

1—主螺栓；2—主螺母；3—平盖（顶盖或底盖）；4—筒体端部（筒体顶部或筒体底部）；5—内筒；6—层板层（或带层）；7—环焊缝；8—纵焊缝；9—管法兰；10—接管；11—球形封头；12—管道螺栓；13—管道螺母；14—平封头

2.3.1 筒体

筒体是压力容器最主要的组成部分。储存物料或完成化学反应所需要的压力空间，大部分是由它构成的。所以，筒体的容积（直径和长度）大小往往是根据工艺要求确定的。

当筒体直径较小（一般约小于500mm）时，筒体可用无缝钢管制作，此时筒体上没有纵焊缝。当直径较大时，筒体可用钢板在卷板机上卷成圆筒或用钢板在水压机上压制成两个半圆，再用焊缝将钢板端部联接处封死，形成一个完整的圆柱形。由于该焊缝的方向和圆柱形筒体纵向（即轴向）平行，因此，称为纵向焊缝，简称纵焊缝。若容器的直径不很大时，一般只有一条纵焊缝，随着容器直径的加大，由于钢板幅面尺寸的限制，可能有两条或两条以上纵焊缝。当容器的长度较短时，即可在一个圆柱形筒体两端连接上、下封头，构成了一个封闭的压力空间，也就是制成了一台压力容器外壳。当容器较长时，由于钢板幅面尺寸的限制，就需要先用钢板卷焊成若干段筒体（每一段筒体称为一个筒节），再由两个或两个以上筒节组焊成所需长度的筒体。筒节与筒节之间，筒体与上、下封头（或筒体端部）之间的连接焊缝，由于其方向与筒体轴向垂直，因此，称为环向焊缝，简称环焊缝。

圆柱形筒体按其结构又可分为整体式和组合式两大类。

整体式筒体：即筒体的器壁在厚度方向是由一连续完整的材料所构成，也就是器壁只有一层（为防止内部介质腐蚀衬上的防腐层不包括在内）。整体式筒体按制造方式又可分为单层卷焊、整体锻造、锻焊、拉拔、电渣重熔、铸造、铸锻焊等数种。中、低压容器由于壁厚较薄，因此，多为整体式筒体，其中除直径较小时采用无缝钢管制作外，大多采用单层卷焊的制造方式。

组合式筒体：即筒体的器壁在厚度方向是由两层或两层以上互不连续的材料构成。组合式筒体按结构和制造方式又可分为多层包扎、多层热套、扁平钢带倾角错绕、槽形绕带、多层绕板、绕丝、松套胀合等数种。

上述不同种类筒体结构的特点，应用范围以及组合式筒体和整体式筒体的比较，将在本章第2.4节中详细介绍。

2.3.2 封头

根据几何形状的不同，封头可以分为球形封头、椭圆形封头、碟形封头、有折边锥形封头、无折边锥形封头和平盖等数种。上述各类封头的特点和应用范围将在第3章中介绍。

当容器组装后不再需要开启时（一般是指容器中无内件或虽有内件而不需要更换、检修的情况），上、下封头应直接和筒体焊在一起，这样做的好处是能有效地保证密封，节省材料和减少加工制造的工作量。对于因检修或更换内件的需要而必须开启的容器，封头和筒体的连接应采用可拆式的，此时在封头和筒体之间就必须要有有一个密封结构。

2.3.3 法兰

法兰是容器及管道连接中的重要部件，它的作用是通过螺栓连接，并通过拧紧螺栓使垫片压紧而保证密封。法兰按其所连接的部件分为管法兰和容器法兰。用于管道连接和密封的法兰叫管法兰。用于容器顶盖和筒体连接与密封的法兰叫容器法兰。在容器接管与外管道连