

压力容器

设计理论与应用

——基本知识、标准要求、案例分析

盛水平 • 主编 陈海云 丁无极 • 副主编



化学工业出版社

压力容器 设计理论与应用

——基本知识、标准要求、案例分析

盛水平 · 主编 陈海云 丁无极 · 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书包括压力容器的主要设计方法、主要部件的设计计算、材料选择等基础知识，以及基于结构型式、材料和失效模式，介绍了主要类别压力容器的设计和标准要求，并提供了典型案例分析。本书紧扣最新标准变化，注重理论联系实际，对压力容器设计、制造和检验等各环节要求进行了深入分析。

本书适合于从事压力容器设计、制造以及检验等从业人员，同时也可作为相关专业人员、大专院校师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

压力容器设计理论与应用：基本知识、标准要求、案例分析/盛水平主编. —北京：化学工业出版社，2016.10

ISBN 978-7-122-28096-1

I. ①压… II. ①盛… III. ①压力容器-设计 IV. ①TH490.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 221766 号

责任编辑：程树珍

责任校对：边 涛

装帧设计：关 飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 刷：北京市振南印刷有限责任公司

装 订：北京国马印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15½ 字数 387 千字 2017 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：58.00 元

版权所有 违者必究

前言

压力容器作为特种设备之一，在国民经济各个领域占有十分重要的地位。压力容器一般在高压、高温或低温下运行，而且介质具有易燃、易爆、腐蚀或剧毒的危险性，一旦发生泄漏往往引起爆炸、火灾、中毒或环境污染等灾难性后果。我国对容器的设计、制造、安装、使用、检验、维修、改造及报废的各个环节进行安全监察，颁布了一系列法律、法规、安全技术规范和设计制造标准，以保证容器的安全使用。

随着材料、结构设计方法、焊接和无损检测等技术的不断进步，新的设计、建造方法不断出现，容器的建造技术也取得了相应的进展。GB 150—2011《压力容器》作为我国容器设计、制造和检验的核心技术标准进行了修订，并于2012年3月1日正式实施；GB/T 151—2014《热交换器》、GB 12337—2014《钢制球形储罐》、NB/T 47041—2014《塔式容器》和NB/T 47042—2014《卧式容器》等标准均进行了修订并已经实施。作者根据多年的经验和最新标准修订情况，特编写本书。

本书介绍了容器的主要设计方法、主要部件的设计计算、材料选择等基础知识；并基于结构型式、材料和失效模式介绍了主要类别容器的设计和标准要求，并提供了典型结构设计案例。本书紧扣最新标准变化，注重理论联系实际，对容器设计、制造和检验等各方面要求进行了深入分析。

本书由盛水平主编，陈海云、丁无极副主编。第1章由盛水平编写，第2章由陈涛编写，第3～第5章由盛水平、陈海云编写，第6章由盛水平、张子健编写，第7章由陈涛编写，第8章由盛水平、苗睿伯编写，第9章由许根富、苗睿伯编写，第10章由金建波、张子健编写，第11章由王飞、陈海云编写，第12章由陈海云、李鹏轩编写，第13章由丁无极、盛水平编写，第14章由伍红军编写，第15章由丁无极编写，第16章由盛水平、苗睿伯编写，第17～第19章由陈海云编写。

鉴于水平，书中不妥甚至疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正，不胜感激。

编者
2016.5

目 录

● 第1章 绪 论 / 1

● 第2章 压力容器设计基本要求 / 3

2.1	安全技术规范对压力容器设计的基本要求	3
2.1.1	TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》	3
2.1.2	TSG R0001—2004《非金属压力容器安全技术监察规程》	6
2.1.3	TSG R0003—2007《简单压力容器安全技术监察规程》	7
2.2	GB 150《压力容器》对压力容器设计的基本要求	7
2.2.1	一般规定	7
2.2.2	载荷	7
2.2.3	设计压力和计算压力的确定	8
2.2.4	设计温度的确定	8
2.3	压力容器设计文件	8
2.3.1	通用要求	8
2.3.2	设计总图	8

● 第3章 压力容器材料选择 / 10

3.1	压力容器钢板选用一般原则	10
3.2	常用压力容器钢板的种类及性能	10
3.2.1	碳素钢和低合金结构钢	11
3.2.2	高合金结构钢	11
3.2.3	低温钢	11
3.2.4	抗氢钢	12
3.3	常用压力容器不锈钢材料的合理选用	12
3.3.1	水介质	12
3.3.2	盐酸和氢氟酸介质	13
3.3.3	硫酸介质	13

- 3.3.4 尿素甲铵液介质 14
- 3.4 湿硫化氢应力腐蚀环境下压力容器用钢 14
 - 3.4.1 湿硫化氢环境 14
 - 3.4.2 钢在湿硫化氢环境下的腐蚀机理 15
 - 3.4.3 选用原则 16
- 3.5 材料代用问题 17
 - 3.5.1 “以优代劣” 问题 17
 - 3.5.2 “以厚代薄” 问题 18
- 3.6 案例分析 18
 - 3.6.1 选材优化 18
 - 3.6.2 材料标准选择 20

●

第 4 章 压力容器强度计算 / 21

- 4.1 强度失效设计准则 21
- 4.2 采用弹性失效设计准则的常规设计方法 22
- 4.3 主要受压元件强度计算 22
 - 4.3.1 内压圆筒 22
 - 4.3.2 封头 23
- 4.4 平盖 25
 - 4.4.1 圆形平盖厚度 25
 - 4.4.2 带加强筋平盖封头 25
- 4.5 开孔补强计算 26
 - 4.5.1 计算方法和一般规定 26
 - 4.5.2 单个开孔补强的等面积法 27
 - 4.5.3 两种开孔补强方法分析 30
- 4.6 案例分析 31

●

第 5 章 压力容器稳定性设计 / 33

- 5.1 失稳现象 33
- 5.2 设计理论 34
 - 5.2.1 图算法原理 35
 - 5.2.2 解析公式法 35
 - 5.2.3 外压容器设计计算 37
 - 5.2.4 外压容器校核计算 37
- 5.3 加强圈计算 37
 - 5.3.1 主要参数确定 37
 - 5.3.2 加强圈的设置 38
- 5.4 案例分析 39
 - 5.4.1 图算法计算示例 39

5.4.2 解析公式法设计示例 40

5.4.3 失稳案例分析 41

● 第 6 章 密封结构及法兰设计 / 44

6.1 概述 44

6.2 密封机理及主要影响因素 44

 6.2.1 密封机理 44

 6.2.2 影响密封性能的主要因素 45

6.3 螺栓法兰连接设计 46

 6.3.1 法兰结构类型 46

 6.3.2 标准法兰选用 47

 6.3.3 非标法兰设计 48

6.4 高压双锥密封设计 51

 6.4.1 双锥密封原理 51

 6.4.2 双锥设计计算 52

 6.4.3 双锥环密封比压 53

● 第 7 章 压力容器分析设计方法 / 55

7.1 常规设计的局限性 55

7.2 分析设计的基本思想 56

 7.2.1 极限分析概念 56

 7.2.2 安定性分析概念 57

 7.2.3 疲劳分析概念 58

 7.2.4 应力强度限制 59

7.3 分析设计标准的应用 60

● 第 8 章 压力容器安全泄放量计算 / 62

8.1 概述 62

8.2 安全阀的分类及选用 62

 8.2.1 安全阀分类 62

 8.2.2 安全阀选用 63

8.3 安全阀排放量计算 63

 8.3.1 压力容器安全泄放量计算 63

 8.3.2 安全阀排放能力计算 64

 8.3.3 安全阀最小排放面积和口径计算 65

 8.3.4 确定安全阀的公称压力 66

● 第 9 章 卧式容器设计 / 67

9.1	结构型式	67
9.2	设计计算	68
9.2.1	计算步骤	68
9.2.2	圆筒轴向弯矩计算	69
9.2.3	圆筒体的轴向应力及其位置	70
9.2.4	应力校核	71
9.3	鞍座设计	73
9.3.1	鞍座设计要点	73
9.3.2	鞍座轴向位置	74
9.3.3	鞍座结构尺寸	75
9.3.4	加强圈的设置	76
9.3.5	鞍式支座结构	77
9.4	卧式容器设计合理性	77
9.5	标准要求	79
9.5.1	一般规定	79
9.5.2	材料	80
9.5.3	结构	81
9.5.4	制造、检验与验收	81
9.6	案例分析	82
9.6.1	结构优化	82
9.6.2	三鞍座卧式容器的设计	85

● 第 10 章 塔式容器设计 / 90

10.1	基础知识	90
10.1.1	塔设备的应用	90
10.1.2	塔设备的分类及结构	91
10.1.3	裙座、吊耳与吊柱	93
10.2	设计计算	95
10.2.1	载荷分析及计算	95
10.2.2	筒体的强度及稳定性校核	96
10.2.3	轴式吊耳的强度校核	96
10.2.4	裙座结构设计	98
10.2.5	塔地脚螺栓孔中心圆直径的计算	99
10.3	标准要求	100
10.3.1	材料	100
10.3.2	设计参数	102

10.3.3	标准不适用的塔式容器	104
10.4	设计问题解析	105

● 第 11 章 钢制球形储罐设计 / 108

11.1	基础知识	108
11.1.1	定义、分类与应用	108
11.1.2	结构特点	109
11.2	设计计算	112
11.2.1	一般规定	112
11.2.2	支柱计算	113
11.2.3	接管补强	114
11.2.4	其他部件计算	115
11.3	标准要求	115
11.3.1	一般规定	115
11.3.2	制造检验要求	118
11.3.3	低温球罐特殊要求	120
11.4	案例分析	121
11.4.1	基本参数	121
11.4.2	球罐设计	121
11.4.3	球壳制造、安装技术要求	123

● 第 12 章 热交换器设计 / 125

12.1	基础知识	125
12.1.1	热交换器分类	125
12.1.2	热交换器的特点	126
12.1.3	“管式”热交换器的结构	128
12.1.4	螺旋板式热交换器的结构	133
12.2	设计计算	134
12.2.1	筒体、封头、开孔补强	134
12.2.2	管板与换热管计算	135
12.2.3	管板设计改进	136
12.2.4	带膨胀节固定管板热交换器的强度计算	138
12.2.5	波纹管热交换器管板强度计算方法	139
12.2.6	螺旋板式热交换器设计	141
12.3	标准要求	141
12.4	案例分析	144
12.4.1	设计常见问题	145
12.4.2	案例分析	145

● 第 13 章 低温压力容器设计 / 148

13.1	基础知识	148
13.1.1	低温压力容器定义	148
13.1.2	低温压力容器特点	149
13.1.3	低温低应力工况	149
13.2	材料与结构要求	150
13.2.1	材料要求	150
13.2.2	结构设计要求	151
13.2.3	设计思想的变迁	152
13.3	标准要求	155
13.3.1	设计温度确定	156
13.3.2	材料选择	156
13.3.3	结构设计	157
13.3.4	制造与检验	158
13.4	案例分析	159

● 第 14 章 固定式真空绝热深冷压力容器设计 / 162

14.1	基础知识	162
14.1.1	基本构造	162
14.1.2	材料选用	163
14.1.3	结构设计要点	164
14.1.4	绝热设计要点	166
14.1.5	影响真空度(绝热效果)的因素	166
14.2	标准要求	167
14.2.1	载荷及许用应力	168
14.2.2	结构设计	169
14.2.3	管路系统设计	170
14.2.4	检验要求	170
14.2.5	其他要求	171
14.2.6	免除疲劳分析条件	171
14.3	案例分析	172

● 第 15 章 制冷装置用压力容器设计 / 175

15.1	基础知识	175
15.1.1	热交换设备	175

15.1.2	储存设备	177
15.1.3	分离以及收集设备	178
15.1.4	制冷剂	180
15.2	标准要求	182
15.2.1	设计要求	182
15.2.2	制造、检验与验收	185
15.2.3	泄漏试验与真空试验	187
15.3	典型制冷装置压力容器设计	188
15.3.1	中间冷却器	188
15.3.2	高压储液器	189
15.3.3	低压循环桶	189
15.3.4	油分离器	190
15.3.5	氨液分离器	190

● 第 16 章 搪玻璃压力容器设计 / 192

16.1	基础知识	192
16.1.1	概述	192
16.1.2	材料选用	194
16.1.3	结构设计	197
16.2	标准要求	200
16.2.1	设计要求	200
16.2.2	制造要求	201
16.2.3	检验、验收要求	202

● 第 17 章 铸铁压力容器设计 / 203

17.1	基础知识	203
17.1.1	铸铁材料特性	203
17.1.2	常见烘缸结构	203
17.1.3	设计计算	204
17.1.4	端盖结构优化设计	206
17.2	标准要求	207
17.2.1	设计限制	207
17.2.2	设计要求	208
17.2.3	制造要求	209
17.2.4	液压破坏试验规定	209
17.3	案例分析	211

● 第 18 章 快开门式压力容器设计 / 212

- 18.1 概述 212
 - 18.1.1 结构分类 212
 - 18.1.2 安全联锁装置分类 215
- 18.2 设计计算 216
- 18.3 标准要求 218
 - 18.3.1 材料 218
 - 18.3.2 安全联锁功能 218
 - 18.3.3 制造与检验要求 218
- 18.4 爆炸能量计算 218
 - 18.4.1 压缩气体爆炸能量 219
 - 18.4.2 水蒸气爆炸能量 219
- 18.5 常见的缺陷及检验要求 220
 - 18.5.1 安全联锁装置 220
 - 18.5.2 啮合齿部位 220
- 18.6 案例分析 221

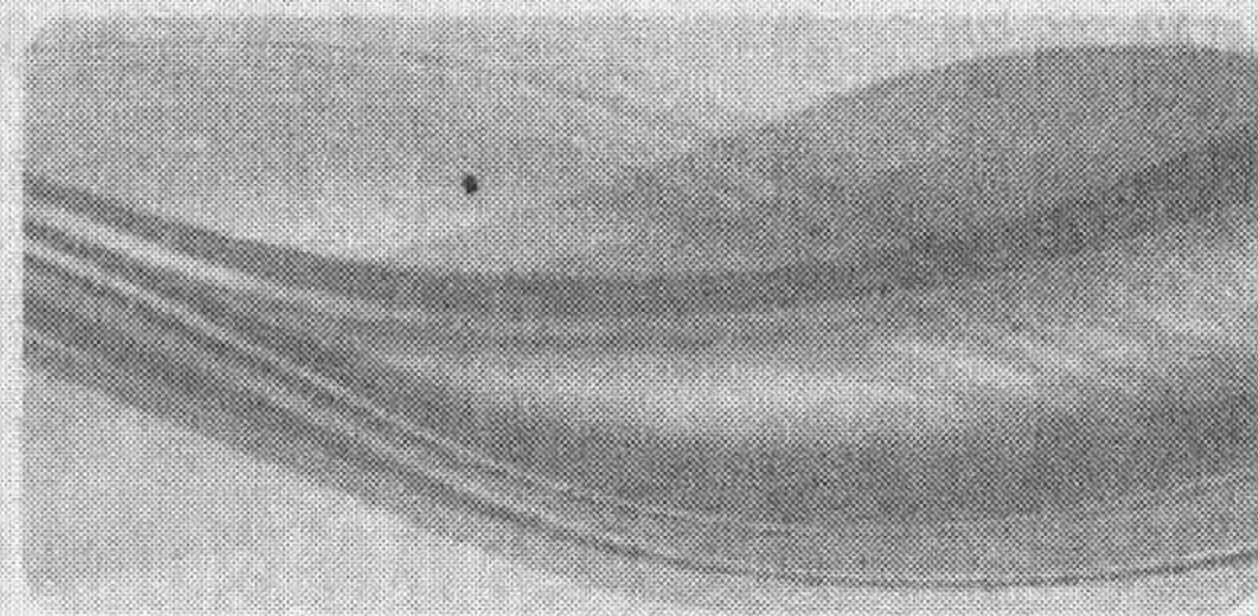
● 第 19 章 有色金属压力容器设计 / 222

- 19.1 基础知识 222
 - 19.1.1 有色金属压力容器性能特点 222
 - 19.1.2 有色金属压力容器结构特点 223
 - 19.1.3 设计计算 224
- 19.2 标准要求 226
 - 19.2.1 材料要求 226
 - 19.2.2 设计相关参数 229
 - 19.2.3 检验要求 231

● 参考文献 / 235

第1章

绪 论



压力容器，是指盛装气体或者液体，承载一定压力的密闭设备，其范围规定为最高工作压力大于或者等于 0.1MPa（表压）的气体、液化气体和最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体、容积大于或等于 30L 且内直径（非圆形截面指截面内边界最大几何尺寸）大于或者等于 150mm 的固定式容器和移动式容器；盛装公称工作压力大于或者等于 0.2MPa（表压），且压力与容积的乘积大于或者等于 1.0MPa·L 的气体、液化气体和标准沸点等于或者低于 60℃ 液体的气瓶；氧舱。压力容器一般在高压、高温或低温下运行，而且介质具有易燃、易爆、腐蚀或剧毒的危险性，一旦发生泄漏往往引起爆炸、火灾、中毒或环境污染等灾难性后果。我国历来对压力容器等特种设备安全高度重视，颁布了一系列法律、法规和安全技术规范，如《特种设备安全法》、TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》、TSG R0005—2011《移动式压力容器安全技术监察规程》、TSG R0003—2007《简单压力容器安全技术监察规程》、TSG R7004—2013《压力容器监督检验规则》等技术规范，对容器的设计、制造、安装、使用、检验、维修、改造与报废的各个环节进行安全监察，以保证容器的安全使用。

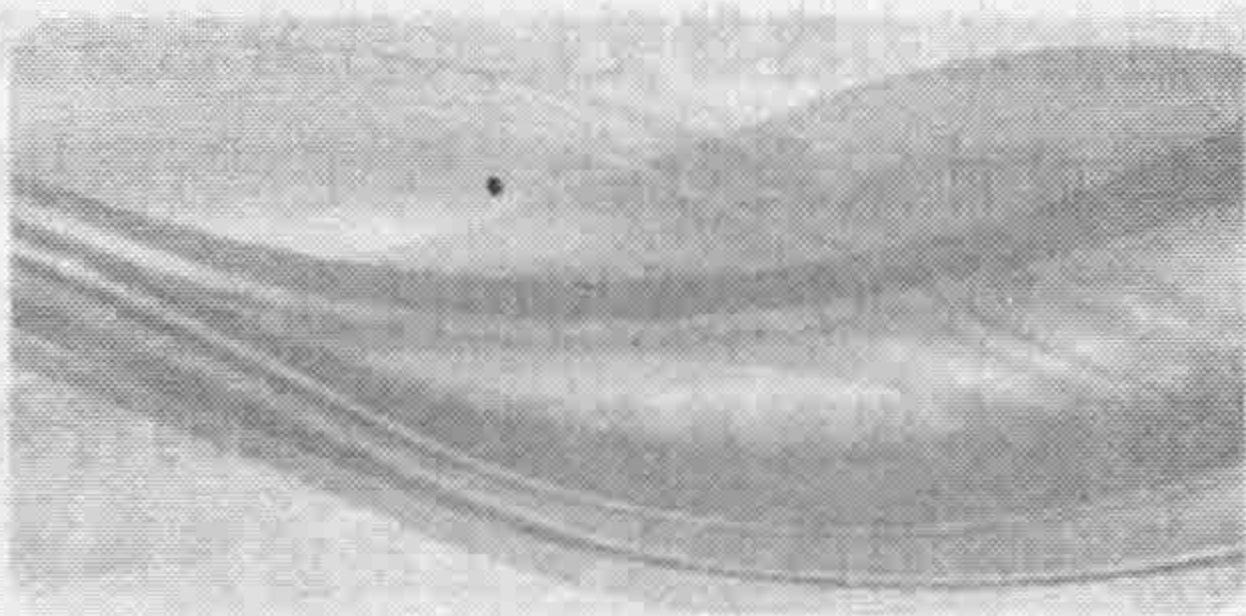
压力容器的建造技术涉及材料、力学、机械加工、焊接、无损检测和安全防护等众多学科。随着材料、结构设计方法、焊接和无损检测等技术的不断进步，新的设计、建造方法不断出现，容器的建造技术也取得了相应的进展。为了生产和使用更安全的、更经济的压力容器产品，传统的设计、制造、焊接和检验方法正在不同程度地为新技术、新方法所替代，我国的技术规范和标准的研究也在不断深入和更新。GB 150《压力容器》是我国压力容器设计、制造和检验的核心技术标准，是中国压力容器行业应用最广泛的标准。基于技术的进步，GB 150 历经多次修订，最新修订的 GB 150—2011《压力容器》于 2012 年 3 月 1 日正式实施，该标准体现了我国当前容器的建造技术水平。GB 150—2011 提出了许多新概念、新观点和新方法，例如引入了基于风险的设计理念和提出了以失效模式为基础的容器设计理念、修订了确定材料许用应力的安全系数等。

在容器的建造和使用过程中，设计是保证容器安全的第一个重要环节，在设计阶段全面考虑容器的风险控制，根据其可能出现的失效模式采取相应的防护措施，保障在使用过程中的安全是一个全新的设计理念。容器的失效模式归纳为三大类 14 种。第

一大类为短期失效模式，包括脆性断裂、韧性断裂、超量变形引起的接头泄漏、超量局部应变引起的裂纹形成或韧性撕裂、弹性或塑性或弹塑性失稳（垮塌）；第二大类为长期失效模式，包括蠕变断裂、蠕变失稳、冲蚀或腐蚀、环境助长开裂（如应力腐蚀开裂、氢致开裂）、蠕变（在机械连接处的超量变形或导致不允许的载荷传递）；第三大类为循环失效模式，包括扩展性塑性变形、交替塑性变形、弹性应变疲劳（中周和高周疲劳）或弹-塑性应变疲劳（低周疲劳）、环境助长疲劳。在确定压力容器设计准则和设计方法中，至少应考虑脆性断裂、韧性断裂、接头泄漏、弹性或塑性失稳和蠕变断裂。通过材料选用要求、材料韧性要求、制造和检验要求。以及结构形式要求，防止脆性断裂的发生；通过材料选用要求、结构强度设计方法、许用应力规定，防止韧性断裂的发生；通过法兰设计方法和特殊密封结构的设计方法，结构要求以及对密封垫片和螺柱、螺母的要求，防止接头泄漏的发生；通过外压结构设计方法防止整体失稳；通过局部的应力分析和评定，控制局部塑性失稳；通过限制材料的使用温度范围控制蠕变断裂的发生。腐蚀是压力容器的最常见的失效形式，按腐蚀失效的破坏形式特征，腐蚀可分为均匀腐蚀和局部腐蚀，根据表现形式不同，局部腐蚀包括点腐蚀、应力腐蚀、晶间腐蚀、电偶腐蚀、选择性腐蚀、氢脆、缝隙腐蚀、磨蚀、微生物腐蚀、垢下腐蚀、威震腐蚀等。压力容器在不同的工程应用中，腐蚀情况差别极大，因此压力容器设计时要全面考虑腐蚀失效模式，在材料选择、结构设计、腐蚀防护等方面采取措施，保证容器的设计寿命。

本书根据压力容器安全技术规范、GB 150《压力容器》以及引用标准、行业标准的要求，以及结合国内外压力容器先进技术研究成果，从设计、制造和检验三方面阐述了压力容器建造的设计、规范和标准要求。第一部分介绍了容器的主要设计方法、主要部件的设计计算、材料选择等基础知识；第二部分基于结构型式、材料、应用环境和失效模式，介绍了主要类别压力容器（卧式容器、塔式容器、球罐、换热容器、低温容器、铸铁容器、制冷装置用压力容器、搪玻璃压力容器、快开门式压力容器和有色金属压力容器）的设计、标准要求以及典型结构设计案例。

第2章



压力容器设计基本要求

压力容器设计的基本要求，集中体现在安全性和经济性上。安全是前提，经济是目标，在确保安全的前提下应尽可能做到经济。安全性主要是指结构完整性和密封性。结构完整性主要是指容器在满足功能要求的基础上，满足强度、刚度、稳定性、耐久性等要求；密封性是指容器的泄漏率应控制在允许的范围内。经济性包括高的效率、原材料的节省、经济的制造方法、低的操作和维修成本等。

强度是指容器在限定的压力条件下抵抗破裂或过量塑性变形的能力。如容器设计时强度不足，筒体在压力作用下会产生塑性变形，直径增大，壁厚变薄，最后导致容器破裂失效。刚度是指容器或容器的受压部件在限定的载荷条件下抵抗弹性变形的能力。与强度不同，容器或容器的受压部件刚度不足不会发生破裂和过量的塑性变形，但却会由于弹性变形过大丧失正常的工作能力，如容器法兰和接管法兰由于刚度不足而变形可能导致密封垫片发生泄漏，使密封结构失效。稳定性是容器在外载荷的作用下保持其几何形状不发生突然改变的性能，常见的例子是薄壁圆筒在外压作用下，可能会突然被压瘪，使容器丧失工作能力。耐久性是指容器的使用寿命。压力容器的使用年限由设计确定，一般为8~15年，对重要的容器可以按20年设计。容器的设计使用年限与容器的实际使用年限是不同的，如果检验、维护和保养得好，实际使用年限可以比设计使用年限长得多。压力容器的实际使用年限取决于容器的疲劳、腐蚀或磨蚀速率等。压力容器的密封不但指可拆连接处，如反应釜搅拌轴密封处的密封，而且也包括各种母材和焊缝的致密程度。对易燃、毒性程度为高度危害和极度危害介质的容器，其密封性能要求更加严格，对盛装这类介质的容器不但要求采用可靠的密封结构，还要求进行整体泄漏性试验，而且对制造和检验有更多、更高的要求。

2.1 安全技术规范对压力容器设计的基本要求

2.1.1 TSG R0004—2009《固定式压力容器安全技术监察规程》

(1) 设计单位及印章

设计单位应当对设计质量负责，压力容器设计单位的许可资格、设计类别、品种和级别

范围的划分应当符合《压力容器压力管道设计许可规则》的规定。总体采用规则设计标准,局部参照分析设计标准进行压力容器受压元件分析计算的单位,可以不取得应力分析设计许可项目资格。压力容器的设计应当符合《固定式压力容器安全技术监察规程》(以下简称《固容规》)的基本安全要求,对于采用国际标准或者境外标准设计的压力容器,进行设计的单位应当提供设计文件与本规程基本安全要求的符合性申明。压力容器的设计单位应当向设计委托方提供完整的设计文件。

压力容器的设计总图上,必须加盖压力容器设计许可印章(复印章无效),设计许可印章失效的图样和已加盖竣工图章的图样不得用于制造压力容器。压力容器设计许可印章中的设计单位名称必须与所加盖的设计图样中的设计单位名称一致。

(2) 设计参数

压力容器的设计委托方应当以正式书面形式向设计单位提出压力容器设计条件。设计条件至少包含操作参数(包括工作压力、工作温度范围、液位高度、接管载荷等)、压力容器使用地及其自然条件(包括环境温度、抗震设防烈度、风和雪载荷等)、介质组分与特性、预期使用年限、几何参数和管口方位、设计需要的其他必要条件。

设计压力是指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;计算压力是指在相应设计温度下,用以确定元件厚度的压力,并且应当考虑液柱静压力等附加载荷。装有超压泄放装置的压力容器,超压泄放装置的动作压力不得高于压力容器的设计压力;对于设计图样中注明最高允许工作压力的压力容器,允许超压泄放装置的动作压力不得高于该压力容器的最高允许工作压力。

常温储存液化气体压力容器的设计压力,应当以规定温度下的工作压力为基础确定:常温储存液化气体压力容器规定温度下的工作压力按液化气体临界温度以及有无保冷设施等条件确定,具体可根据《固容规》相关规定查取;常温储存液化石油气压力容器规定温度下的工作压力,按照不低于 50°C 时混合液化石油气组分的实际饱和蒸气压来确定,设计单位应当在图样上注明限定的组分和对应的压力;若无实际组分数据或者不做组分分析,其规定温度下的工作压力应根据混合液化石油气 50°C 饱和蒸气压和有无保冷设施等设计条件选择,详见《固容规》的相关规定。

设计温度是指压力容器在正常工作情况下,设定的元件金属温度(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;设计常温储存压力容器时,应当充分考虑在正常工作状态下大气环境温度条件对容器壳体金属温度的影响,其最低设计金属温度不得高于历年来月平均最低气温(是指当月各天的最低气温值相加后除以当月的天数)的最低值。

对于有均匀腐蚀的压力容器,腐蚀裕量根据预期的压力容器使用年限和介质对材料的腐蚀速率确定,同时,还应当考虑介质流动对受压元件的冲蚀、磨损等影响。

储存液化气体的压力容器应当规定设计储存量,在储存量较高的情况下,容器内部温度的升高或降低对内部压力影响极为显著,因此储存液化气体的压力容器一般取装量系数为0.9,最大不得大于0.95。

以水为介质、直接受火焰加热连续操作的压力容器(包括管壳式余热锅炉),其水质应当符合GB 1576—2008《工业锅炉水质》的规定。

(3) 设计方法

压力容器的设计可以采用规则设计方法或者分析设计方法。必要时也可以采用试验方法

或者可对比的经验设计方法，但是应按照《固容规》的规定通过技术评审。

压力容器设计单位应当基于《固容规》所述的设计条件，综合考虑所有相关因素、失效模式和足够的安全裕量，以保证压力容器具有足够的强度、刚度、稳定性和抗腐蚀性，同时还应当考虑裙座、支腿、吊耳等与压力容器主体的焊接接头的强度要求，确保压力容器在设计使用年限内的安全。

对于第Ⅲ类压力容器，设计时应当出具包括主要失效模式和风险控制等内容的风评估报告。

压力容器的设计应当充分考虑节能降耗原则，并且应充分考虑压力容器的经济性，合理选材，合理确定结构尺寸；对换热容器进行优化设计，提高换热效率，满足能效要求；对有保温或者保冷要求的压力容器，要在设计文件中提出有效的保温或者保冷措施。

确定压力容器材料许用应力（或者设计应力强度）的最小安全系数应参考室温下的抗拉强度、设计温度下的屈服强度、设计温度下持久强度极限平均值和设计温度下蠕变极限平均值等系数，需要注意的是螺柱（螺栓）与承压部件母材的安全系数存在差异，考虑到螺柱（螺栓）的密封功能，其变形量应低于容器本体母材的变形量，因此安全系数较高。详见《固容规》中的相关内容和取值表。

压力容器最小厚度的确定应当考虑制造、运输、安装等因素的影响。

用焊接方法制造的压力容器，应当考虑焊接接头对强度的削弱，焊接接头系数的取值按照相应引用标准选取。不允许降低焊接接头系数而免除压力容器产品的无损检测。

对有特殊耐腐蚀要求的压力容器或者受压元件，例如存在晶间腐蚀、应力腐蚀、点腐蚀、缝隙腐蚀等介质环境时，应当在设计图样上提出相应的耐腐蚀试验方法以及必要的热处理要求。

（4）结构要求

焊制压力容器筒体的纵向接头、筒节与筒节（封头）连接的环向接头、封头的拼接接头，以及球壳板间的焊接接头，应当采用全截面焊透的对接接头形式。球形储罐球壳板不得拼接。钢制压力容器的接管（凸缘）与壳体之间的接头设计以及夹套压力容器的接头设计，可参照《固容规》引用标准进行。有下列情况之一的，应当采用全焊透结构：介质为易爆或者介质毒性为极度危害和高度危害的压力容器；要求气压试验或者气液组合压力试验的压力容器；第Ⅲ类压力容器；低温压力容器；进行疲劳分析的压力容器；直接受火焰加热的压力容器；设计图样规定的压力容器。

钢制压力容器管法兰、垫片、紧固件的设计应当参照行业标准 HG 20592～20635《钢制管法兰、垫片、紧固件》系列标准的规定。盛装液化石油气、毒性程度为极度和高度危害介质以及强渗透性中度危害介质的压力容器，其管法兰应当按照行业标准 HG 20592～20635 系列标准的规定，至少应用高颈对焊法兰、带加强环的金属缠绕垫片和专用级高强度螺栓组合。

压力容器应当根据需要设置人孔、手孔等检查孔，检查孔的开设位置、数量和尺寸等应当满足进行内部检查的需要。对不能或者确无必要开设检查孔的压力容器，设计单位应当提出具体技术措施，例如增加制造时的检测项目或者比例，并且对设备使用中定期检验的重点检验项目、方法提出要求。

压力容器上的开孔补强圈以及周边连续焊的起加强作用的垫板应当至少设置一个泄漏信号指示孔。

快开门式压力容器，是指进出容器通道的端盖或者封头和主体间带有相互嵌套的快速密