

丁伯民 编著

ASME VIII

压力容器规范分析



化学工业出版社

丁伯民 编著

ASME VIII

压力容器规范分析



化学工业出版社

·北京·

本书是系统地分析美国《锅炉及压力容器规范》第Ⅷ卷 1、2、3 册 2013 年版（偏重于设计部分）的专著。由于美国规范编排方式的特殊性，同一主题前后穿插，有关内容相互关联，以致在查阅某一主题时颇费周折。为方便读者应用规范，本书根据国内使用习惯，把各主题列成专章撰写。本书着重于分析规范中有关规程的制定原理，理清在应用中的主要思路，并联系我国的相关标准，以帮助读者全面理解和使用 ASME Ⅷ规范以及和我国相关压力容器标准的联系和区别。

本书可供从事压力容器设计、制造、检测、检验和安全监察人员、规范取证单位以及和涉外项目有关的人员学习和使用 ASMEⅧ-1、Ⅷ-2 之用，也可作为上述人员和其他有关科技人员进一步理解美国压力容器规范和技术进修的参考材料。

图书在版编目 (CIP) 数据

ASME Ⅷ压力容器规范分析/丁伯民编著. —北京:
化学工业出版社, 2014. 4
ISBN 978-7-122-19845-7

I. ①A… II. ①丁… III. ①压力容器-国际标准-
研究-美国 IV. ①TH49-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 032135 号

责任编辑: 辛 田
责任校对: 吴 静

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 张 辉

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: 北京永鑫印刷有限责任公司
装 订: 三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 22 $\frac{3}{4}$ 字数 595 千字 2014 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

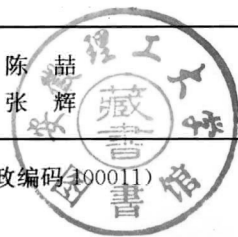
购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

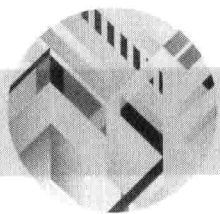
网 址: <http://www.cip.com.cn>

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: 88.00 元

版权所有 违者必究





序

美国机械工程师学会 (The American Society of Mechanical Engineers, 缩写为 ASME) 编制的《ASME 锅炉及压力容器规范》(ASME Boiler & Pressure Vessel Code) 既是一本国际性规范, 又是美国国家标准。其中第Ⅷ卷为《压力容器建造规则》, 包含三个分册 (Ⅷ-1《建造规则》、Ⅷ-2《建造另一规则》、Ⅷ-3《高压容器建造规则》), 同时涉及第Ⅱ卷《材料》(5篇)、第Ⅴ卷《无损检测》、第Ⅸ卷《焊接和钎焊评定》, 篇幅浩瀚, 内容广泛, 和欧盟容器标准 EN 13445 一起, 组成了当今世界上两大体系的压力容器规范。

《ASME 锅炉及压力容器规范》每三年改版一次。(从 2013 年版起, 改为每两年改版一次, 并不再出增补) 在三年中每年出版《增补》(Addenda), 对规范作补充和修改; 每半年出版《条款解释》(Interpretation), 对规范技术内容解释作书面解答。

《ASME 锅炉及压力容器规范》涉及压力容器材料选用、结构要求、组件强(刚)度计算、制造、检验、检测, 又因其编排方法的特殊性, 使国内读者不易阅读、难以完整应用。

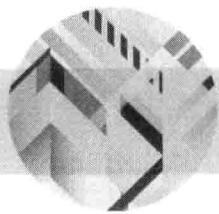
本书是丁伯民教授在 1995 年和 2009 年所写《美国压力容器规范分析——ASME Ⅷ-1 和 Ⅷ-2》、《ASME 压力容器规范分析与应用》的基础上按 ASME 规范 2013 年版的重写本, 前书(1995 年版)已过了近二十年, 现版 ASME 规范, 特别是 Ⅷ-2 有很大变动, 后书(2009 年版)内容似过于简化。有鉴于此, 且业内都深知我国压力容器的相关标准和 ASME 规范的关系, 在重写中不仅补充了一些在理解规范制定原理时相当有用的内容, 而且联系我国的压力容器标准, 以冀让读者了解我国压力容器标准和 ASME 规范的主要区别及其原因。

鉴于《ASME 锅炉及压力容器规范》是当今国际上重要的压力容器规范, 具有广泛性及权威性, 对立足于国际压力容器制造业具有相当关键的作用。充分理解及掌握应用《ASME 锅炉及压力容器规范》是我国压力容器设计、制造、检验及教育界人士的当务之急。

丁伯民教授长期从事压力容器的教学工作, 对我国的压力容器规范编制也极为关心, 多次提出宝贵建议。丁伯民教授对各国压力容器规范较为熟悉, 经常发表各种评论性文章, 又因长期从事压力容器学习班、培训班的教学工作, 了解压力容器业界的需求。丁伯民教授治学严谨, 知识面广, 他的见解颇得业界认可。

本书为丁伯民教授对《ASME 锅炉及压力容器规范》执着学习的最新心得, 肯定对读者理解和应用《ASME 锅炉及压力容器规范》并理解我国标准的某些不足之处有指导作用。预祝其能产生积极重要的影响。

洪德晓



前言

本书是《美国压力容器规范分析——ASME VIII-1 和 VIII-2》（华东理工大学出版社，1995 年出版）及《ASME 压力容器规范分析与应用》（化学工业出版社，2009 年出版）的重写本，前书（1995 年版）依据 1992 年版本的 ASME 规范写就，后书（2009 年版）受篇幅制约，内容过于简化，前书至今已过了十余年，规范的第 VIII 卷已由两册增加至三册，且 VIII-1 在这几年中作了较多的补充和修改，2007 年版的 VIII-2 则完全改写，笔者对 ASME 压力容器建造规范的认识也略有提高或改正，所以在前两书的基础上作了补充并重写。

对重写本有以下几点说明。

① 本书省略了对前书中部分内容的详细推导，尽可能采用讲清思路后再列出结论的方式撰写，以方便读者应用规范。

② 2007 年版改写后 ASME VIII-2 的设计部分划分为第 4 篇按规则设计和第 5 篇按分析设计。其中按规则设计所包含的组件与 ASME VIII-1 基本相同，且在第 3 篇材料要求中，某些内容与 ASME VIII-1 的同一内容也仅是小有区别。为便于读者对照，所以本书第 1 篇以 ASME VIII-1 和 VIII-2 的按规则设计部分分析的方式，将 VIII-1 和 VIII-2 的同一内容列在一起讨论，且着重于 VIII-1，并讨论与 VIII-2 的区别之处。

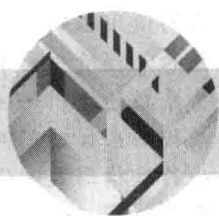
③ 我国的相应标准 GB 150《压力容器》（2011 年）和 JB 4732《钢制压力容器——分析设计标准》（2005 年确认）实际上主要引自 ASME VIII-1 和 ASME VIII-2，之所以存在某些区别主要是有关的技术政策不同或因某些原因导致的漏引或误引。为让读者了解两者的关系和主要区别，本书在两者相关部分处简要地列举了 GB 150 或 JB 4732 的规定，并在换热器部分列举了 GB 151 的规定，以资对照。

④ VIII-3 属于高压容器建造的另一规则，实际上都指压力较高的高压容器及超高压容器的某些特殊要求。而在 VIII-1 和 VIII-2 中已包括了各种类型一般高压容器建造的规定，鉴于比较关心 VIII-3 的仅是少数设计人员，所以本书仅在第 3 篇中以少量篇幅简要地介绍 VIII-3 的特点及其特殊考虑。

⑤ 为帮助读者理解规范的总体情况，所以在本书第 1 章绪论中主要介绍了 ASME 规范的主要特点和阅读规范的注意点。

由于编者知识水平所限，且缺少压力容器生产过程的实践经验，故本书比较偏重于设计及其原理分析。由于编者专业水平所限，对规范理解难免有不足之处，衷心希望读者批评指正。

丁伯民



目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 ASME 压力容器规范是压力容器的建造规则	1
1.2 ASME 规范制定了强制性要求、特殊禁用规定以及非强制性指南	2
1.3 ASME 规范是包括多种制造方法、多种材料容器的建造规则	3
1.4 ASME VII-1、VII-2 是包括立式或卧式容器、换热器、球形容器、膨胀节等在内各种压力容器的建造规则	3
1.5 VII-1、VII-2、VII-3 共三册各适用于不同的对象	5
1.6 关于计算机和有限元的使用、设计用线算图和曲线拟合公式	7
1.7 ASME 规范的卷、版本、增补、条款解释、规范案例、例题	8
1.8 内容不断增加、更新,安全(设计)系数不断降低,不断引入新的设计理念	9
1.9 和国内标准的编写习惯略有不同	11
参考文献	12

第 1 篇 ASME VII-1 和 VII-2 按规则设计部分分析

第 2 章 材料、安全系数和防脆断措施	14
2.1 受压件和非受压件的材料	14
2.2 安全系数和材料许用应力的确定	14
2.3 防止脆性断裂的总体思路、措施及其相关规定的制订依据	16
2.3.1 防止脆性断裂的历史沿革	16
2.3.2 ASME VIII-1 的防脆断措施分析	18
2.4 VII-2 在材料、安全系数和防脆断措施方面的主要区别	27
2.4.1 确定许用应力的安全系数和许用材料	27
2.4.2 防止脆性断裂的措施	28
2.5 我国压力容器标准 GB 150、JB 4732 在材料、安全系数和防脆断措施方面的主要区别	30
参考文献	32
第 3 章 焊接接头和焊接接头系数	33
3.1 焊接接头的分类	33
3.1.1 分类的目的	33
3.1.2 分类的基本出发点	33
3.1.3 焊接接头分类	34
3.1.4 焊接接头形式	36
3.1.5 焊接接头的无损检测程度	38
3.2 焊接接头系数	38

3.2.1	焊接接头的使用限制	38
3.2.2	焊接接头的无损检测要求和相应的标志	39
3.2.3	焊接接头系数的选用	40
3.2.4	确定焊接接头系数的实例分析	41
3.2.5	角接接头的结构形式和强度校核	43
3.3	焊接接头的有关问题	44
3.3.1	焊接接头处及其附近的开孔接管	44
3.3.2	焊接接头在容器上的布置	45
3.4	Ⅶ-2 在焊接接头类别和形式、焊接接头的使用、无损检测以及焊接接头系数上的主要区别	45
3.5	GB 150 在焊接接头类别和形式、焊接接头的使用、无损检测以及焊接接头系数方面的主要区别	50
3.5.1	GB 150 的焊接接头分类	50
3.5.2	GB 150 的焊接接头无损检测和焊接接头系数	51
3.5.3	GB 150 的焊接接头在容器上的布置	52
	参考文献	52
第 4 章	压力容器设计中的有关问题	53
4.1	失效准则	53
4.2	强度理论	54
4.3	载荷	54
4.4	设计 (操作、许用) 温度和设计 (操作、设计、最大许用工作) 压力	54
4.5	独立容器和组合容器	55
4.6	厚度	55
4.7	压力试验	56
4.7.1	液压试验	56
4.7.2	气压试验	59
4.7.3	试验温度	59
4.8	设计中所采用的安全措施	59
4.8.1	腐蚀裕量和指示孔	59
4.8.2	检查孔	60
4.8.3	超压防护装置	60
4.9	Ⅶ-2 在所用强度理论、载荷、设计许用应力和压力试验上的主要区别	62
4.10	GB 150 和 ASME Ⅶ-1 在压力试验上的联系和区别	65
	参考文献	67
第 5 章	内压圆筒和封头设计	68
5.1	内压圆筒和球壳设计	68
5.2	内压封头设计	70
5.2.1	椭圆形 (包括半球形) 封头设计	71
5.2.2	碟形 (包括半球形) 封头设计	73
5.2.3	锥形封头设计	75
5.2.4	平封头设计	82
5.3	ASME Ⅶ-2 在内压圆筒和封头设计中的主要区别	84
5.3.1	圆筒、球壳和锥壳	84

5.3.2	碟形和椭圆形封头设计	87
5.3.3	平封头设计	88
5.4	GB 150 在内压圆筒和封头设计中的主要区别	88
5.4.1	圆筒、球壳和锥壳设计	88
5.4.2	椭圆和碟形封头设计	89
5.4.3	平封头设计	90
	参考文献	90
第6章	真空容器和外压组件设计	91
6.1	外压组件的稳定性设计概述	92
6.1.1	外压圆筒的周向稳定性设计	92
6.1.2	外压圆筒上的加强圈设计	97
6.2	外压封头设计	99
6.2.1	球形封头设计	99
6.2.2	椭圆形封头设计	100
6.2.3	碟形封头设计	100
6.2.4	锥形封头设计	100
6.3	圆筒的许用轴向压缩应力	108
6.4	半管式夹套容器设计	109
6.4.1	半管式夹套容器设计的主要思路	109
6.4.2	设计方法、步骤和应予以注意点	110
6.5	ASME VIII-2 在外压组件和半管式夹套设计中的主要区别	111
6.5.1	ASME VIII-2 (2007 年版起) 对外压组件设计的修改	111
6.5.2	外压组件设计中的有关问题	112
6.5.3	圆筒在外压及其他载荷作用下的设计	113
6.5.4	锥壳在外压及其他载荷下的设计	122
6.5.5	球壳、半球形和成形封头在外压及其他载荷作用下的设计	124
6.5.6	ASME VIII-2 对半管式夹套设计的修改	125
6.6	GB 150 在外压组件设计中的主要区别	125
	参考文献	128
第7章	开孔接管及其补强设计	129
7.1	开孔补强的理论基础	130
7.1.1	孔边的应力增强	130
7.1.2	开孔对容器材料承载截面和承载能力的削弱	130
7.1.3	接管和器壁构成不连续结构所引起附加的边缘应力	131
7.2	ASME VIII-1 的补强设计方法	131
7.2.1	补强设计准则	131
7.2.2	开孔形状、开孔相对于组件尺寸的限制	132
7.2.3	补强的有效范围	132
7.2.4	不需补强的最大开孔直径	132
7.2.5	开孔和焊接接头的相遇或相邻	134
7.2.6	开孔补强计算	134
7.2.7	开有排孔时的设计	138
7.2.8	圆筒和锥壳上的大开孔补强	138

7.2.9 补强件及其焊缝的强度校核	143
7.2.10 接管颈部的厚度	147
7.3 ASME VIII-2的补强设计方法	148
7.3.1 总的思路	148
7.3.2 内压圆筒上径向开孔接管的补强计算	150
7.3.3 外压圆筒上径向开孔接管的补强计算简述	153
7.3.4 其他内压或外压组件上径向或非径向开孔接管的补强	154
7.4 GB 150和ASME VIII-1的联系和区别	154
参考文献	157
第8章 法兰及其相关组件的设计	159
8.1 密封计算	159
8.2 法兰计算	161
8.2.1 法兰应力计算	161
8.2.2 法兰力矩计算	164
8.2.3 法兰设计的应力和刚度校核	166
8.2.4 对华脱尔斯法兰设计方法的讨论	168
8.3 用螺栓连接的凸形封头	169
8.3.1 类型(a)的设计	170
8.3.2 类型(b)的设计	170
8.3.3 类型(c)的设计	171
8.3.4 类型(d)的设计	172
8.4 反向法兰和中心开有单个大圆孔的整体平盖	174
8.4.1 反向法兰	174
8.4.2 中心开有单个大圆孔的整体平盖	177
8.4.3 中心开有单个大圆孔平盖和反向法兰的相互联系	181
8.5 卡箍连接件的设计	182
8.5.1 卡箍连接螺栓的受载分析和设计	182
8.5.2 卡箍和高颈的受载分析	184
8.5.3 高颈和卡箍的应力分析和校核条件	186
8.6 螺栓中心圆外由金属与金属相接触的平面法兰设计	188
8.6.1 受载分析	189
8.6.2 组件的分级和单个法兰的分类	190
8.6.3 1级组件法兰的各部应力计算	191
8.6.4 法兰设计许用应力	194
8.6.5 法兰厚度和螺栓总截面积的估计	194
8.7 ASME VIII-2在法兰及其相关组件设计上的主要区别	195
8.7.1 法兰设计	195
8.7.2 用螺栓连接的凸形封头设计	195
8.7.3 反向法兰设计	196
8.7.4 卡箍连接件设计	196
8.8 GB 150和ASME VIII-1在法兰及其相关组件设计上的联系和区别	196
参考文献	197
第9章 非圆形截面容器	198

9.1 非圆形截面容器的结构和载荷分析	198
9.1.1 焊接结构和设计中的考虑	198
9.1.2 开孔和对开孔后引起削弱的考虑	199
9.1.3 载荷	199
9.2 非圆形截面容器设计原理分析	199
9.2.1 容器两端封头对侧板的加强作用	200
9.2.2 设置加强件的有关问题	200
9.2.3 应力校核条件	203
9.2.4 焊接接头系数 E 和孔带削弱系数 e	203
9.3 内压非圆形截面容器设计公式举例分析	203
9.3.1 无加强件、无拉撑件、无过渡圆弧的对称矩形截面容器	204
9.3.2 无拉撑件、无过渡圆弧、设有加强件的对称矩形截面容器	205
9.4 受外压(真空)的非圆形截面容器	207
9.4.1 侧板和封头的稳定性校核	207
9.4.2 非圆形截面容器的柱状稳定性校核	209
9.5 GB 150和ASME VIII-1的联系和区别	210
参考文献	210
第10章 管壳式换热器和膨胀节	211
10.1 管壳式换热器管板设计的基本原理	211
10.2 各类换热器管板对开孔削弱的共有考虑	212
10.3 U形管式换热器管板的设计	213
10.3.1 结构类型	213
10.3.2 影响各类结构管板的因素分析	213
10.3.3 设计规程分析	215
10.3.4 对筒支U形管式管板的设计程序分析	218
10.4 固定管板式换热器管板的设计	218
10.4.1 结构类型	218
10.4.2 影响各类管板结构的因素分析	219
10.4.3 设计规程分析	220
10.4.4 计及邻近管板处筒体不同材料和厚度的结构和设计	224
10.5 浮动管板式换热器管板的设计	225
10.5.1 结构类型	225
10.5.2 影响各类管板结构的因素分析	225
10.5.3 设计规程分析	228
10.6 管子对管板连接的强度设计	231
10.7 膨胀节	234
10.7.1 强度、刚度要求和许用循环次数计算	234
10.7.2 轴向位移计算	236
10.7.3 轴向刚度计算	237
10.7.4 膨胀节的压力试验	237
10.8 ASME VIII-2的管壳式换热器设计	237
10.9 我国热交换器标准 GB 151和ASME VIII-1的联系和区别	237
参考文献	239

第 11 章 ASME VII-2 的卧式容器及鞍座设计	240
11.1 结构分析	240
11.2 载荷分析	242
11.3 各处应力计算及强度校核	243
11.3.1 圆筒上的轴向总应力及其校核条件	244
11.3.2 鞍座处圆筒或封头上的切向剪切应力和封头上的附加拉伸应力及其校核条件	246
11.3.3 鞍座处圆筒及其加强圈上(如设置)的周向压缩总应力及其校核条件	249
11.3.4 鞍座载荷校核	256
11.4 双鞍座卧式容器上各处应力的汇总	257
参考文献	259
第 12 章 制造、检验和试验中有关问题的分析	260
12.1 冷、热加工成形	260
12.1.1 多层容器层板贴合度的要求	260
12.1.2 壳体在成形后允许的局部减薄区	263
12.1.3 焊后热处理要求	263
12.1.4 冷成形后的热处理要求	264
12.1.5 对接焊缝的布置、错边及余高	264
12.1.6 圆筒、锥壳和球壳在成形后的允许偏差	266
12.1.7 成形封头的形状允差	267
12.2 无损检测要求	268
12.3 压力试验	268
12.4 ASME VII-2 在制造、检验和试验规定中的主要区别	268
12.4.1 圆筒和壳体上的局部减薄区	268
12.4.2 焊后热处理要求	268
12.4.3 冷成形后的热处理要求	268
12.4.4 对接焊缝的布置、错边及余高	269
12.4.5 圆筒、锥壳和球壳以及成形封头在成形后的允许偏差	269
12.4.6 无损检测要求	270
12.4.7 压力试验	270
12.5 我国标准 GB 150 和 ASME VIII-1 在制造、检验和试验中有关问题的联系和主要区别	270
参考文献	270

第 2 篇 ASME VII-2 按分析设计部分分析

第 13 章 ASME VII-2 按应力分析设计部分的改写背景	272
13.1 压力容器设计方法进展沿革	272
13.2 应力分析设计方法的由来及其总体思想	273
13.3 ASME VIII-2 的改写背景	274
13.4 按规则设计和按分析设计的关系	275
参考文献	276
第 14 章 应力分类及其评定	277

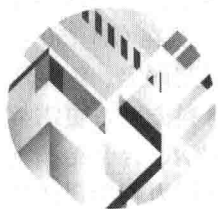
14.1 应力分类的力学基础	277
14.1.1 计算应力的方法	277
14.1.2 不连续应力分析	278
14.2 和应力分类相关的术语	281
14.3 应力分类的基本出发点	282
14.4 应力分类	283
14.4.1 容器组件的应力分类	283
14.4.2 接管颈部中应力分类的补充要求	285
14.5 当量应力的限制条件及其分析	291
14.5.1 当量应力的推导	291
14.5.2 当量应力的限制条件	292
14.5.3 对一次应力强度限制条件的分析	293
14.5.4 安定性分析原理 (对二次应力 Q 的限制)	295
14.5.5 疲劳分析原理 [对 $P_m (P_L) + P_b + Q + F$ 当量应力范围的限制]	296
14.5.6 对热应力棘轮作用的限制原理简述	296
14.6 欧盟标准 EN 13445 和 VIII-2 在应力分类及其评定上的联系和区别	298
14.7 我国 JB 4732 钢制压力容器——分析设计标准和 ASME VIII-2 在应力 分类及其评定上的联系和区别	299
参考文献	300
第 15 章 按应力分析设计	301
15.1 防止塑性垮塌	302
15.1.1 弹性应力分析方法	303
15.1.2 极限载荷分析方法	305
15.1.3 弹-塑性应力分析方法	306
15.2 防止局部失效	307
15.2.1 弹性分析	307
15.2.2 弹-塑性分析	308
15.3 防止由失稳引起的垮塌	308
15.4 我国 JB 4732 钢制压力容器——分析设计标准和 ASME VIII-2 在应力 分析设计上的联系和区别	310
参考文献	311
第 16 章 低循环疲劳设计	312
16.1 疲劳分析的筛分	313
16.1.1 以可比较设备的经验为基础的筛分准则	314
16.1.2 筛分方法 A	314
16.1.3 筛分方法 B	315
16.2 基于以光滑试杆试验为基础的疲劳设计曲线	317
16.2.1 疲劳设计曲线的安全系数	317
16.2.2 平均应力对疲劳设计曲线影响的调整	318
16.2.3 对温度影响的考虑	318
16.2.4 当量应力幅及其求取	318
16.3 焊接连接件的疲劳分析和用弹性应力分析方法确定当量结构应力范围	320
16.4 应力集中系数、疲劳强度减弱系数和开孔接管的应力指数	321

16.5 螺栓的疲劳分析	323
16.6 疲劳评定的积累损伤	326
16.7 热应力棘轮现象的评定	327
参考文献	329

第3篇 ASME VII-3 简要分析

第17章 高压容器的特点及其引起的特殊考虑	332
17.1 由于厚壁所引起的考虑	332
17.1.1 采用塑性失效准则	332
17.1.2 塑性自增强设计	333
17.2 由于采用高强度钢的考虑	334
17.2.1 关于材料的冲击试验	334
17.2.2 引入“未爆先漏”的失效准则	334
17.3 其他有关问题	336
参考文献	336
附录 壳体上的局部应力计算	337
参考文献	352

第1章



绪 论

ASME 规范是由美国机械工程师学会颁布的行业标准，只有在地方政府的安全监督部门以法律形式认可情况下，才能成为法定的控制产品质量的技术法规。

由于体系、内容安排的差别，所以 ASME 锅炉及压力容器规范和国内相关内容的标准相比，存在明显的差异。如按照国内的使用和阅读习惯，根据某一类容器或组件，选用相应内容的标准，并视所涉及的内容查找各有关标准所列的材料、设计或制造部分，就可基本上获得标准对该容器或组件的相关规定；而 ASME 规范对此则有所不同，对于不太熟悉 ASME 规范体系的人员，如按照和查找国内标准同样的思路来对待 ASME 规范，则可能会对某一具体问题遗漏列在其他章节处的相关规定，从而得不到全面符合规范的正确解答。本章所介绍的内容，旨在指出 ASME 规范的主要特点并提醒用户在使用规范时应予注意之处，并联系国内相关标准的不同点。

1.1 ASME 压力容器规范是压力容器的建造规则

ASME 锅炉及压力容器规范在各卷、册的前言中都明确提及：由 ASME 锅炉及压力容器标准委员会（ASME/BPVSC）所制定的是压力容器建造过程中控制压力整体安全的规则；建造一词是包括材料、设计、制造、检验、试验、认证和泄压在内的一个含义广泛的名词。

和我国同类的容器标准相比，显然，它所包括的内容，已涵盖了涉及压力容器建造的几乎所有方面，是偏向于所谓封闭式的规范。例如，ASME II 卷包括了锅炉压力容器所用的板、管、锻、铸的钢材和非铁金属、焊接材料，ASME V 卷包括了锅炉压力容器的无损检测，ASME VIII 包括了各种各类压力容器、管壳式换热器的建造，ASME IX 卷包括了锅炉压力容器的焊接和钎焊评定等。关系到各种各类压力容器、管壳式换热器建造、整体安全性的几乎所有问题，基本上都可以由 ASME 各有关卷解决。

虽然我国现行容器标准 GB 150 的引言也参照了 ASME 规范在前言中所表述的主要内容，但对建造一词的表述则并无“材料”的内容。

就以压力容器而言，GB 150 仅是《固定式压力容器安全技术监察规程》的协调标准，虽然在其通用要求的附录 A 标准的符合性声明中提及：本标准的设计准则、材料要求、制造检验技术要求和验收标准均符合《固定式压力容器安全技术监察规程》的相应规定。但实际上，已发现有些关键性的规定并非如此，两者存在明显的不一致。原 GB 150《钢制压力

容器》仅包括钢制容器，2011年版虽改名为 GB 150《压力容器》，意指不仅包括钢制、也包括了非铁金属容器，但实际上并未涉及非铁金属制容器的具体技术内容，在执行时还要参照与之配套的铝制焊接容器、钛制焊接容器、铜制压力容器、镍及镍合金制压力容器、锆制压力容器等标准；GB 150《压力容器》实际上也仅涉及压力容器的各有关组件，未涉及换热器、膨胀节和各具体的压力容器，所以相应地还有与之配套的管壳式换热器、压力容器波形膨胀节、钢制焊接压力容器、钢制球形储罐、塔式容器、卧式容器等。虽然在 GB 150 中也列有制造、检验与验收的有关规定，但实际上还需要钢制压力容器焊接工艺评定、钢制压力容器焊接规程、承压设备无损检测等配套标准才具有可操作性。至于在材料方面，更需要和有关的板材、管材、棒材、锻件、铸件等以及优质碳素结构钢、碳素结构钢、合金结构钢等标准配合。在设计方法（理念）方面，ASME VIII 仅按 VIII-1、VIII-2、VIII-3 即压力容器建造规则、压力容器建造另一规则、高压容器建造另一规则划分，并未像我国容器标准 JB 4732 那样，明确为钢制压力容器——分析设计标准。

1.2 ASME 规范规定了强制性要求、特殊禁用规定以及非强制性指南

ASME 规范的表达十分严谨，总体上前后相互呼应。凡强制性要求意指必须不折不扣地执行，凡特殊禁用规定意指必须不折不扣地禁止，而凡既未强制要求、又无禁用规定者，则可由用户根据规范的总体思想、基本原理和个人的认识（即由知识渊博、娴熟于规范应用的设计师所作的技术评价或判断）自己选定，当然，规范还提供了非强制性指南以供参考。规范没有特别提及的方面，不宜认为它是被禁用的。委员会所制定的规则，不能理解为对任何一种专利或特定设计的批准、推荐或认可，也不能理解为以任何形式限制制造厂自行选择符合规范规则的任何设计方法或任何结构形式。

例如，以 VIII-1 为例，对于容器上焊接接头的结构形式和无损检测要求、焊后热处理要求，在 UW-2 中明确规定：当容器用作储存毒害致死物质时，所有对接接头应经全部射线照相；用碳钢或低合金钢制造的这类容器应进行焊后热处理；所有 A 类接头应为表 UW-12 的（1）型（即采用双面焊或能达到从内外面熔敷焊缝金属同等质量的其他方法焊接的对接接头），所有 B 类和 C 类接头应为表 UW-12 的（1）型或（2）型（即单面对接焊接接头，采用垫板且焊后不除去的接头）。这些都是必须不折不扣地执行的，否则难以确保容器整体的安全。而对不属于按规范规定需要对材料或焊缝金属进行冲击试验的容器、不属于设计压力超过 345kPa 的非直接受火蒸汽锅炉、不属于直接受火的压力容器等情况的容器，规范并未规定其焊接接头形式和无损检测要求，完全可以由设计人员根据所用场合、由设计原理的判断和经济因素等确定接头形式和无损检测要求。

又如，规范具体地规定了不属于各册的各类容器，但同时又说明，符合某册相应要求的任何压力容器，都可以打某册相应标志的钢印（即对 VIII-1、VIII-2、VIII-3 而言，可以分别打 ASME 并带有 U、U2、U3 标志的钢印）。

以 VIII-1 册为例，它在适用范围中规定：本册的规则是基于所设计容器的压力不超过 3000psi（20MPa）所适用的设计原理和建造实践而制定的。对于压力超过 3000psi（20MPa）的情况，一般需要变更和增补上述规则，只有在应用了这些增加的设计原理和建造实践之后，容器仍能符合本册所有要求时，容器才允许打上适合的规范标志钢印。VIII-2 则规定：本册的适用范围是根据制定本册以公式形式表示的规则时所考虑的部件及其参数确定的。本册的规则并未规定压力范围，但并不包括所有的结构形式。又规定，作为本册的另

一方法,对拟用于操作压力超过 10000psi (68.95MPa) 的容器建造,宜考虑第Ⅷ卷第 3 册。而Ⅷ-3 则规定:本册规则制定了设计压力通常超过 10ksi (70MPa) 金属压力容器的设计、建造、检验和超压保护的要求。本册既不在规定第Ⅷ卷第 1 册或第 2 册的压力上限,也不旨在规定本册的压力下限。

虽然Ⅷ-1 在必须考虑的载荷中也包括了周期性载荷,但并未提供具体的疲劳设计方法,对此,在其“条款解释”07-47(文件号:08-637,2008年5月8日公布)以及 PTB-ASME Section Ⅷ-Division 1《Example Problem Manual》中明确表示:如组件要作疲劳分析,仍可按Ⅷ-1 建造。当然,应按Ⅷ-2 实施疲劳分析。而且可以理解为,当按Ⅷ-2 或其他标准进行疲劳分析且容器仍能符合Ⅷ-1 所有要求时,也可以打规范的 ASME U 标志。在Ⅷ-2 第 4 篇的按规则设计篇,其包括的内容和Ⅷ-1 的内容基本相当,虽然也未提及疲劳设计的具体内容,但它说明:容器部件如果要求疲劳分析,可按照第 5 篇即分析设计篇中规定的疲劳设计方法设计。

我国压力容器标准 GB 150 基本上也引述了 ASME 规范中的这些表述,但在具体内容的规定上,尚有待进一步明确或改进之处。例如,原 GB 150—1998 等在范围部分明确规定:要求作疲劳分析的容器不属于本标准的范围。GB 150—2011 则改为:对于有成功使用经验的承受循环载荷的容器,经设计单位技术负责人批准,可按本标准进行设计,并按 JB 4732 附录 C 补充疲劳分析和评定,同时满足其相关制造要求。这些规定说明,对于承受循环载荷的容器是否能按本标准设计,GB 150 还是并未明确,而是规定应由设计单位技术负责人决定并批准;此外,由于 GB 150 和 JB 4732 在制造要求方面因 GB 150 新版的修改而两者存在较大区别,使用户无所适从。

1.3 ASME 规范是包括多种制造方法、多种材料容器的建造规则

以 ASME Ⅷ-1 压力容器建造规则为例,它总体上分为三个分卷,A 分卷为通用要求,它包括适用于多种建造方法和多种材料的通用要求;B 分卷为与压力容器制造方法有关的要求,它包括焊制压力容器、锻制压力容器、钎焊制造压力容器的要求;C 分卷为与各类材料有关的要求,它包括碳钢和低合金钢建造压力容器、非铁金属材料建造压力容器、高合金钢建造压力容器、铸铁建造压力容器、整体复合耐腐蚀层、堆焊覆层或衬里材料建造的焊制压力容器、可锻铸铁建造压力容器、经热处理提高拉伸性能的铁素体钢建造压力容器、多层结构制造压力容器、在低温下具有较高许用应力的材料建造压力容器、浸渍石墨制压力容器的要求。

由于它对各种有关的建造方法、材料,包括设计方法、检验和试验、安全防护措施和某些制造方面在内的通用要求是完全相同的,小有区别的要求在有关建造方法和有关材料的章节中另行补充。所以就其整体的协调、衔接、配套性而言,就不会造成对某一组件的同一设计方法,当用不同材料或不同建造方法时可能引起的不协调甚至矛盾。仅就这一点来说,就比我国容器标准略显优越。

GB 150 在其通用要求中虽然说明是金属制压力容器的建造要求,意指并非仅是钢制压力容器的建造要求,但实际上涉及所包括的非铁金属压力容器时,标准仅列出了相关的引用标准,即仍然要由这些所引用的标准中去查找。

1.4 ASME Ⅶ-1、Ⅶ-2 是包括立式或卧式容器、换热器、球形容器、膨胀节等在内各种压力容器的建造规则

ASME 压力容器规范和我国容器标准不同,并未把各有关类型的容器或换热器制定成

独立的标准,而是把目前我们已知的各种容器、管壳式换热器和膨胀节全部包括在 ASME VIII-1 和 VIII-2 中。

例如,以 VIII-1 为例,对于立式高容器,在 A 分卷通用要求中已列出一般容器都需要设计的圆筒、封头、开孔接管及其补强、法兰连接件等公用组件外,所区别者仅是由于立式高容器一般都置于室外,除压力载荷外还要计及风载荷、地震载荷的作用,在 UG-22 载荷一节中已明确提及,除压力载荷外必要时还要考虑风载、雪载和地震载荷,且有时往往由圆筒的轴向应力起控制作用,这就涉及对风载荷、地震载荷的计算。但规范不再像我国容器标准那样详细列出风载荷及地震载荷的具体计算方法,甚至一点也未提及。它认为,作为设计人员应该知道如何按照有关的标准或规范进行计算。文献 [1] 则提及,在美国,对风载、雪载和地震载荷的计算可按美国国家标准 ANSI A58.1 的建筑规范或统一建筑规范的规定进行,当然,我们还应进一步理解为:当容器建造在美国以外的其他国家或地区时,应按照国家或地区的建筑规范计算。此外,规范还列出了圆筒以轴向应力(和环向焊接接头系数相匹配)为基准的壁厚计算公式,并在开孔补强设计中规定应对通过开孔的任何给定平面上进行所需补强面积的计算,即对由轴向应力对壁厚计算起决定作用的立式高容器,应以通过开孔中心的横向截面作为设计基准。

再例如,对于卧式容器,由于目前各有关国家的容器规范都基本上按照 Zick L. P. 在 20 世纪中期基于实测结果再归纳得的半理论、半经验的计算方法^[2],所以 VIII-1 只在非强制性附录 G,关于管道反作用力和支座及连接件设计的建议中,在提及卧式容器鞍座时引入了该文献,原因同上。但 2007 年版起的 VIII-2 根据该文献补充了卧式容器的具体设计内容。

又例如,规范只对球壳和球形封头的设计方法作出规定,并未专门提及球形容器(笔者不清楚对大型球形储罐是否另有标准),可以这样理解:对于球罐,除应计及所储存物料引起的静压头,计及风载、地震载荷对球罐支座所引起的横向力和倾覆力矩、支座反力在支承处对球壳所引起的局部应力外,其主体部分适用于规范对球壳设计的规定。所以规范除在 UG-22 载荷一节中提及要考虑这些附加载荷,并在非强制性附录 G,关于管道反作用力和支座及连接件设计的建议中,对由外载荷在球壳和圆筒上引起局部应力的计算方法列出了参考文献 [3]、[4]。2007 年版的 VIII-2 在圆筒和球壳(包括成形封头的球形部分)的局部应力计算时也规定了这些文献。

至于对管壳式换热器,ASME VIII-1 从 1983 年版起开始逐步列入、完善,至 2003 年增补开始,列入了专门增加的 UHX 篇:管壳式换热器的规则。在此之前,设计管壳式换热器时都按 TEMA 标准(Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association)。2003 年公布的 2429 号规范案例^[5]表示:在 ASME VIII-1 的 UHX 篇出版起的 18 个月内,只要准则不超过所用 TEMA 标准版本范围所列参数,TEMA 标准的管板设计规则可以代替 UHX 篇的规则使用,意指此后设计管壳式换热器时都应按 ASME VIII-1 的 UHX 篇。2007 年版起的 VIII-2 列入了和 VIII-1 相同的内容。

VIII-1 的强制性附录 26 列出了压力容器和换热器膨胀节,虽然和 EJMA 标准(Standards of the Expansion Joint Manufacturers Association)原则相同,但它表明了膨胀节已是 ASME VIII-1 的一个组成部分。2007 年版起的 VIII-2 列入了和 VIII-1 相同的内容。

GB 150 实际上仅包括各相关容器通用组件的建造工作,如内压圆筒和封头,外压圆筒和封头,开孔与开孔补强,法兰等内容,并未涉及各类立式和卧式容器,更未涉及换热器以及非铁金属的各类容器和换热器,对这些,都并列地由其他标准规定,这样布局,就难免在各相关标准之间存在某些脱节、矛盾或不相协调。