

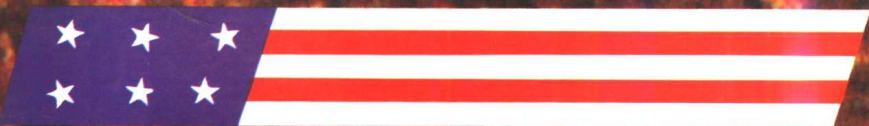
美国压力容器规范分析

— ASME VIII-1和VIII-2

丁伯民 著



THE AMERICAN SOCIETY OF
MECHANICAL ENGINEERS



华东理工大学出版社

美国压力容器规范分析 ——ASME VIII-1 和 VIII-2

丁伯民 著

华东理工大学出版社

内容提要

本书是系统地分析美国《锅炉及压力容器规范》第Ⅶ卷的专著，按第一册《压力容器构造规程》和第二册《压力容器构造另一规程》分别撰写。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。为适应读者需要，本书根据国内使用习惯，把各个主题列成专章处理。本书着重于分析规范中有关规程的制订依据和规程间的相互联系，以帮助读者全面理解和使用美国压力容器规范。

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、特别是和涉外项目有关的上述人员学习和使用 ASME Ⅶ-1 和Ⅶ-2 之用；也可作为上述人员和有关科技人员对压力容器规范进一步理解和技术进修的参考教材。

(沪)新登字 208 号

美国压力容器规范分析 ——ASME Ⅶ-1 和Ⅶ-2

丁伯民 著

华东理工大学出版社出版发行

上海市梅陇路 130 号

邮政编码 200237

新华书店上海发行所发行经销

上海市展望印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 27.75 字数 670 千字

1995 年 11 月第 1 版 1995 年 11 月第 1 次印刷

印数 1-3500 册

ISBN 7-5628-0580-6 / TH · 13 定价 36.00 元

序

美国机械工程师学会(The American Society of Mechanical Engineers 简称 ASME)锅炉及压力容器委员会颁发的《锅炉及压力容器规范》(Boiler & Pressure Vessel Code 简称 B&PV Code)自 1914 年发表第一版以来(1915 年春实施)已经过 80 余年。规范内容也由第一版的《固定式锅炉》发展到包含锅炉、压力容器以及核容器的材料、结构、制造、检验的美国国家标准。规范严格地按照符合美国国家标准的程序编写,不仅审定委员会的组成考虑了主管部门以及与之有利害关系的各个方面,而且无论是规范的增补或上升为正文的公布,都经过足够时间的公开征求意见和公开评论,以广泛听取工业界、学术界、管理机构和公众的意见,保证了规范内容的正确性和严肃性,所以《ASME 锅炉及压力容器规范》已被美国绝大多数州及加拿大各省所认可,也是世界上公认的该行业的权威规范。

随着我国对外交流的日益增多,不论是国内的引进工业装置或在国外承建的工业装置,只要涉及锅炉及压力容器,业主都会提出要采用的规范与 ASME 锅炉及压力容器规范的异同,从而达到了解装置设计、制造的水平和质量。

《ASME 锅炉及压力容器规范》是多年经验和科技发展的总结,包含了极为丰富的资料,其中第Ⅷ卷为《压力容器》,分为两篇,Ⅷ-1《压力容器》,即通常所称“按规则设计”;Ⅷ-2《压力容器——另一规程》,即通常称之为“按分析设计”。《压力容器》涉及到压力容器建造的各个方面,对从事压力容器工作的科技工作者来说应是必须了解的。由于规范的内容丰富,编排方式又有些特殊,前后关联(不但涉及本卷各章节,还涉及其他各卷——如:材料、检测、焊接等),对不经常使用者来说会有些困难,更谈不上了解规范内各项规程的来龙去脉。

作者长期从事压力容器的教学工作,关心国内外压力容器技术的进展,深感《ASME 锅炉及压力容器规范》的重要性。为了使压力容器工作者都能了解、掌握《ASME 锅炉及压力容器规范》第Ⅷ卷《压力容器》,促进我国压力容器技术的发展,作者将长期研究该规范的心得整理成文,系统地分析、介绍《ASME 锅炉及压力容器规范》第Ⅷ卷《压力容器》的内容及其由来。读者通过本书,将会对《ASME 锅炉及压力容器规范》第Ⅷ卷《压力容器》有全面的了解,将有利于对该规范的掌握及应用。更为重要的是,本书将会对我国压力容器技术,尤其是标准、规范的水平提高起到促进作用。

洪德晓

9.29.69

前 言

众所周知, 美国机械工程师学会(ASME)《锅炉及压力容器规范》(Boiler & Pressure Vessel Code)完全是根据生产实践需要, 从无到有, 积累了近一个世纪的宝贵经验, 逐步完善而形成的。该规范一直在不断发展、不断完善, 是当今世界上包含类型最多、规模最大、内容最丰富的锅炉及压力容器规范, 为众多国家所参照、仿效的权威性规范。

由于对外交流的扩展, 引进及涉外项目越来越多, 锅炉、压力容器行业与《ASME 锅炉及压力容器规范》的关系也越来越密切。国内从事压力容器设计、制造、检验的广大工程技术人员迫切要求了解《ASME 锅炉及压力容器规范》中的压力容器部分内容, 即该规范的第Ⅷ卷《压力容器》。本书就是在这一背景下撰写的。

从 70 年代开始, 随着引进化工、石油化工装置建设的日益增多, 国内就陆续引入了《ASME 锅炉及压力容器规范》, 并多次对该规范的各个版本作了介绍, 这对锅炉、压力容器和核容器行业的技术进步, 对建立我国的锅炉、压力容器规范都起到了一定的促进作用。虽然不断有各方面的专家对《ASME 锅炉及压力容器规范》消化、吸收以及应用发表论著, 介绍心得和经验, 但至今尚未见到对《ASME 锅炉及压力容器规范》第Ⅷ卷《压力容器》进行系统分析的专著, 本书想在这方面作一尝试。

本书按 ASME VIII-1 和 VIII-2 分两篇撰写, 对于二者的共用部分, 列在“ASME 规范的发展历史和现状简介”中, 其中的技术部分如焊缝分类、外压力容器设计、法兰设计等都置于第一篇中, 并列入四项附录以作为应用 ASME 规范时的补充及参考。为便于读者了解和查阅规范原文, 本书所引用的章节编号, 都指《ASME 锅炉及压力容器规范》第Ⅷ卷《压力容器》第一册和第二册的章节; 所用的符号除另有说明者外均采用与上述规范相应的符号。本书所用的单位除了法定计量单位外, 为了方便介绍和分析, 根据原文沿用部分英制单位如 ksi(千磅/英寸²)、°F(华氏度)等, 有的在非法定计量单位后面括号中注有经换算成法定计量单位的量, 没有注明的, 读者可按换算关系自行换算。

本书承化工部化工设备设计技术中心站站长洪德晓在百忙中逐章审阅。在成书过程中, 《化工设备设计》杂志为我提供了对规范进行理解的园地; 承我校机械工程学科主任李培宁对本书的关心和鼓励, 设计开发室曹桂馨、魏大妹、赵小宁在工作、资料上的支持, 化学工程研究所涂晋林、功能高分子学报编辑室杨玉亭、科技外语系吴本库等在文字和文笔方面的具体帮助, 并承金陵石化公司教育培训中心桂康宁协助对全书公式、图表和参考资料逐一校对、整理, 提出宝贵意见, 以及化工机械研究所邵敬杰为本书描绘插图等, 在此一并表示衷心的感谢。

由于本人主要从事压力容器设计的教学工作, 缺乏实践经验, 特别是缺乏有关制造和检验的实践经验, 所以在对《ASME 锅炉及压力容器规范》进行分析时就难免有所偏颇, 恳切希望同行专家和广大读者批评指正。

丁伯民

目 录

| | |
|-------------------------|---|
| ASME 规范的发展历史和现状简介 | 1 |
|-------------------------|---|

第一篇 ASME VIII-1 分析

| | |
|---------------------------------------|----|
| 1 应用 ASME VIII-1 的引导 | 6 |
| 1.1 ASME VIII-1 各章节的编排 | 6 |
| 1.2 通用内容的索引 | 8 |
| 1.3 典型容器有关元件的索引 | 10 |
| 2 材料、安全系数和防脆断措施 | 16 |
| 2.1 材料 | 16 |
| 2.2 安全系数和拉伸许用应力值的确定 | 17 |
| 2.3 防脆断措施 | 18 |
| 2.3.1 ASME VIII-1 防止脆性断裂的总体思路 | 21 |
| 2.3.2 ASME VIII-1 防止脆性断裂的措施及其依据 | 23 |
| 3 焊缝分类和焊缝系数的选用 | 32 |
| 3.1 焊缝分类 | 33 |
| 3.1.1 A 类焊缝 | 34 |
| 3.1.2 B 类焊缝 | 35 |
| 3.1.3 C 类焊缝 | 36 |
| 3.1.4 D 类焊缝 | 37 |
| 3.2 焊缝系数的选用 | 37 |
| 3.2.1 焊缝的使用限制 | 38 |
| 3.2.2 各类焊缝探伤程度的规定 | 39 |
| 3.2.3 焊缝系数的选用 | 39 |
| 3.2.4 选用焊缝系数的实例分析 | 42 |
| 3.3 焊缝处或其附近的开孔 | 46 |
| 4 容器设计中的其他有关问题 | 48 |
| 4.1 失效准则 | 48 |
| 4.2 载荷 | 49 |
| 4.3 设计温度与设计压力 | 49 |
| 4.4 厚度和最小厚度 | 50 |
| 4.5 试验压力 | 50 |
| 4.6 设计中的安全措施 | 51 |

| | | |
|-------|-----------------------------|-----|
| 4.6.1 | 腐蚀裕量及指示孔 | 51 |
| 4.6.2 | 检查孔 | 51 |
| 4.6.3 | 超压防护装置 | 51 |
| 5 | 内压容器设计 | 57 |
| 5.1 | 内压圆筒和球壳设计 | 57 |
| 5.1.1 | 内压圆筒设计 | 57 |
| 5.1.2 | 内压球壳设计 | 60 |
| 5.2 | 内压封头设计 | 61 |
| 5.2.1 | 椭圆形封头设计 | 63 |
| 5.2.2 | 碟形封头设计 | 65 |
| 5.2.3 | 锥形封头设计 | 66 |
| 5.2.4 | 平封头设计 | 73 |
| 6 | 外压容器设计 | 76 |
| 6.1 | 外压圆筒的周向稳定性设计 | 76 |
| 6.1.1 | 外压圆筒周向稳定性设计方法的分析 | 78 |
| 6.1.2 | 外压圆筒上的加强圈设计 | 85 |
| 6.2 | 外压封头设计 | 89 |
| 6.2.1 | 球形封头设计 | 89 |
| 6.2.2 | 椭圆形封头设计 | 90 |
| 6.2.3 | 碟形封头设计 | 91 |
| 6.2.4 | 锥形封头设计 | 91 |
| 6.3 | 圆筒许用轴向压缩应力 | 103 |
| 6.4 | 半圆管夹套容器设计 | 104 |
| 6.4.1 | 半圆管夹套容器设计的主要思路和应力分析 | 104 |
| 6.4.2 | 设计方法、步骤和使用时应予注意之点 | 108 |
| 7 | 开孔及其补强设计 | 110 |
| 7.1 | 开孔补强的理论基础 | 111 |
| 7.1.1 | 孔边的应力集中 | 111 |
| 7.1.2 | 开孔对容器承载材料的削弱 | 113 |
| 7.1.3 | ASME VIII-1 的开孔补强设计准则 | 115 |
| 7.1.4 | 不需补强的最大开孔直径 | 115 |
| 7.2 | 开孔补强计算 | 117 |
| 7.2.1 | 开孔补强截面积计算 | 118 |
| 7.2.2 | 补强件及其焊缝的强度校核 | 124 |
| 7.3 | 开孔补强的其他有关问题 | 129 |
| 7.3.1 | 接管颈部的厚度 | 129 |
| 7.3.2 | 焊缝处或其附近的开孔 | 130 |
| 8 | 法兰及其相关元件的设计 | 131 |
| 8.1 | 密封计算 | 132 |

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 8.2 法兰计算 | 133 |
| 8.2.1 法兰各部应力计算 | 133 |
| 8.2.2 内压法兰力矩计算 | 138 |
| 8.2.3 外压法兰力矩计算 | 139 |
| 8.2.4 剖分式活套法兰力矩计算 | 140 |
| 8.2.5 带有圆孔的非圆形法兰 | 141 |
| 8.2.6 法兰设计的应力校核条件 | 141 |
| 8.3 用螺栓、法兰连接的凸形封头设计 | 143 |
| 8.3.1 类型(a)的设计 | 144 |
| 8.3.2 类型(b)的设计 | 144 |
| 8.3.3 类型(c)的设计 | 146 |
| 8.3.4 类型(d)的设计 | 149 |
| 8.4 反向法兰和中央开单个大圆孔的整体平盖 | 153 |
| 8.4.1 反向法兰 | 153 |
| 8.4.2 中央开单个大圆孔的整体平盖 | 157 |
| 8.4.3 中央开单个大圆孔平盖和反向法兰的相互联系 | 162 |
| 8.5 卡箍连接件的设计规程 | 163 |
| 8.5.1 卡箍连接螺栓的受载分析和设计 | 164 |
| 8.5.2 卡箍和高颈的受载分析 | 167 |
| 8.5.3 高颈和卡箍的应力分析和强度校核 | 169 |
| 8.6 螺栓中心圆外由金属与金属相接触的平面法兰设计 | 174 |
| 8.6.1 受载分析 | 175 |
| 8.6.2 组件的分级和单个法兰的分类 | 176 |
| 8.6.3 1级组件法兰各部的应力计算 | 177 |
| 8.6.4 法兰设计许用应力 | 181 |
| 8.6.5 法兰厚度和螺栓总截面积的估计 | 181 |
| 9 非圆形截面容器设计 | 183 |
| 9.1 非圆形截面容器的结构和载荷分析 | 183 |
| 9.1.1 焊缝结构和设计时的考虑 | 183 |
| 9.1.2 开孔和对开孔后所引起削弱的考虑 | 184 |
| 9.1.3 载荷 | 185 |
| 9.2 非圆形截面容器的设计原理分析 | 185 |
| 9.2.1 两端封头对侧板的加强作用 | 187 |
| 9.2.2 设置加强件的有关问题 | 188 |
| 9.2.3 应力校核条件 | 191 |
| 9.2.4 焊缝系数 E 和孔带削弱系数 e | 192 |
| 9.3 内压非圆形截面容器设计公式举例分析 | 192 |
| 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 | 193 |
| 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 | 197 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| 9.4 非圆形截面容器的稳定性设计 | 200 |
| 9.4.1 侧板和封头的稳定性校核 | 200 |
| 9.4.2 非圆形截面容器的柱状稳定性校核 | 203 |
| 10 换热器管板和膨胀节设计 | 206 |
| 10.1 管板设计 | 206 |
| 10.1.1 导出管板设计公式的主要思路 | 208 |
| 10.1.2 固定管板式换热器管板设计步骤简介 | 211 |
| 10.1.3 U 形管式换热器管板计算简介 | 212 |
| 10.2 膨胀节设计 | 213 |
| 10.2.1 应力计算与校核 | 213 |
| 10.2.2 关于膨胀节的弹性刚度和轴向位移量 | 218 |
| 11 制造、检验和试验中有关问题的分析 | 219 |
| 11.1 冷、热加工成型 | 219 |
| 11.1.1 对接焊缝的错边和余高 | 219 |
| 11.1.2 圆筒、锥壳和球壳的不圆度和圆形的正、负偏差 | 221 |
| 11.1.3 成型封头的允差 | 224 |
| 11.2 焊后热处理 | 225 |
| 11.2.1 焊后热处理的目的是 | 225 |
| 11.2.2 焊后热处理要求的确定 | 225 |
| 11.3 焊缝的无损探伤 | 226 |
| 11.4 夏比冲击试验 | 227 |
| 11.5 压力试验 | 227 |
| 11.5.1 压力试验目的分析 | 227 |
| 11.5.2 试验压力值的确定 | 229 |
| 11.5.3 有关压力试验的其他问题 | 232 |

第二篇 ASME VIII-2 分析

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 12 应力分析设计规范的总体思想和主要特点 | 233 |
| 12.1 应力分析设计规范的由来及其总体思想 | 233 |
| 12.2 应力分析设计规范的主要特点 | 240 |
| 13 ASME VIII-1 和 VIII-2 的主要区别 | 243 |
| 13.1 规范的适用范围和总则 | 243 |
| 13.2 材料 | 244 |
| 13.3 结构特点 | 246 |
| 13.4 受压元件的设计公式 | 251 |
| 13.5 制造、检验和试验 | 251 |
| 14 材料、安全系数和应用 ASME VIII-2 的引导 | 253 |
| 14.1 材料和安全系数 | 253 |
| 14.2 应用 ASME VIII-2 的引导 | 254 |

| | | |
|--------|--------------------------|-----|
| 14.2.1 | ASME VIII-2 的各章节编排 | 254 |
| 14.2.2 | 通用内容的索引 | 255 |
| 14.2.3 | 典型容器有关元件的索引 | 257 |
| 15 | 应力分类及其评定 | 260 |
| 15.1 | 应力分类 | 260 |
| 15.1.1 | 一次应力 | 262 |
| 15.1.2 | 二次应力(符号 Q) | 264 |
| 15.1.3 | 峰值应力(符号 F) | 265 |
| 15.1.4 | 接管管道过渡段上的应力分类 | 266 |
| 15.2 | 一些典型情况应力分类的分析 | 267 |
| 15.3 | 应力强度限制条件的分析 | 272 |
| 15.3.1 | 应力强度的推导 | 272 |
| 15.3.2 | 应力强度的限制条件 | 273 |
| 15.3.3 | 一些特殊的应力强度限制条件 | 276 |
| 15.4 | 应力强度限制条件的理论依据 | 279 |
| 15.4.1 | 极限载荷设计原理 | 279 |
| 15.4.2 | 安定性分析原理 | 281 |
| 16 | 规范的设计公式分析 | 283 |
| 16.1 | 内压圆筒和内压球壳的设计公式分析 | 284 |
| 16.1.1 | 内压圆筒设计公式分析 | 284 |
| 16.1.2 | 内压球壳设计公式分析 | 287 |
| 16.2 | 内压锥壳的设计公式分析 | 289 |
| 16.3 | 内压椭圆形和碟形封头的设计公式分析 | 289 |
| 16.4 | 内压锥壳和圆筒连接处的设计 | 292 |
| 16.5 | 外压容器设计 | 297 |
| 16.6 | 开孔及其补强设计 | 298 |
| 16.6.1 | 等面积补强设计 | 298 |
| 16.6.2 | 弹塑性失效补强 | 300 |
| 16.7 | 平封头设计 | 303 |
| 16.8 | 法兰设计 | 304 |
| 17 | 压力容器低循环疲劳设计基础 | 305 |
| 17.1 | 低循环疲劳问题的提出 | 305 |
| 17.1.1 | 高循环疲劳和低循环疲劳 | 306 |
| 17.1.2 | 安全寿命设计和破损安全设计 | 307 |
| 17.2 | 疲劳破坏的起因 | 308 |
| 17.3 | 疲劳曲线 | 311 |
| 17.3.1 | 交变载荷下的应力-时间曲线 | 312 |
| 17.3.2 | 高循环疲劳曲线 | 312 |
| 17.3.3 | 低循环疲劳曲线 | 313 |

| | | |
|--------|----------------------------------|-----|
| 17.4 | 影响低循环疲劳性能的因素及其在 ASME VIII-2 中的处理 | 317 |
| 17.4.1 | 影响低循环疲劳性能的因素 | 317 |
| 17.4.2 | 对影响低循环疲劳因素的分析及在 ASME VIII-2 中的处理 | 318 |
| 17.5 | 壳体中热应力棘齿作用的机理和限制条件 | 336 |
| 17.5.1 | 热应力棘齿作用的机理 | 336 |
| 17.5.2 | 圆筒在稳定内压和内外壁交变温差作用下的热应力棘齿作用及其限制条件 | 340 |
| 17.5.3 | ASME VIII-2 对圆筒中热应力棘齿作用的限制 | 341 |
| 18 | 压力容器的低循环疲劳设计 | 343 |
| 18.1 | 要不要进行疲劳分析的判断 | 343 |
| 18.1.1 | 按操作经验判断 | 343 |
| 18.1.2 | 容器整体部分(包括整体补强式接管)的判断 | 344 |
| 18.1.3 | 具有补强板的接管以及非整体连接件的判断 | 347 |
| 18.2 | 疲劳设计规范的分析 | 348 |
| 18.2.1 | 容器设计的 S_a-N_f 曲线 | 348 |
| 18.2.2 | 螺栓设计的 S_a-N_f 曲线 | 350 |
| 18.2.3 | 应力集中系数和疲劳强度减弱系数 | 351 |
| 18.3 | 疲劳分析的主要步骤 | 358 |
| 18.4 | 在疲劳分析中法兰和螺栓的交变载荷计算 | 361 |
| 19 | 应力分析设计实例介绍 | 366 |
| 19.1 | 氨合成塔应力分析设计实例介绍 | 366 |
| 19.1.1 | 总体介绍 | 366 |
| 19.1.2 | 设计主要思路 | 367 |
| 19.1.3 | 设计实例剖析 | 367 |
| 19.2 | 聚乙烯产品出料罐疲劳分析实例介绍 | 376 |
| 19.2.1 | 总体介绍 | 376 |
| 19.2.2 | 疲劳分析主要思路 | 377 |
| 19.2.3 | 设计实例剖析 | 378 |
| 19.2.4 | 产品出料罐在结构和制造中的一些特殊考虑 | 382 |

附录

| | | |
|--------|---------------------|-----|
| 附录1 | 壳体局部应力的计算 | 383 |
| A1.1 | WRC第107公报分析 | 384 |
| A1.1.1 | 球壳上局部应力的计算 | 384 |
| A1.1.2 | 圆柱壳上局部应力的计算 | 391 |
| A1.2 | WRC第297公报分析 | 396 |
| A1.2.1 | 应力分析、计算、汇总及组合 | 397 |
| A1.2.2 | 圆筒、附件的结构参数和应用时的限制条件 | 400 |

| | | |
|--------|-----------------------|-----|
| A1.3 | BS 5500对壳体局部应力计算的简要分析 | 401 |
| A1.3.1 | BS 5500关于圆柱壳上的局部应力分析 | 402 |
| A1.3.2 | BS 5500关于球壳上的局部应力分析 | 404 |
| 附录 2 | 快开封头设计 | 408 |
| A2.1 | 适用范围和某些注意事项 | 409 |
| A2.2 | 整体齿啮式卡箍的载荷和各部受力分析 | 410 |
| A2.2.1 | 载荷分析 | 410 |
| A2.2.2 | 各部件的内力分析 | 412 |
| A2.3 | 各部件的应力分析和校核 | 413 |
| A2.3.1 | 高颈法兰颈部、齿部的应力分析和校核 | 413 |
| A2.3.2 | 卡箍本体、卡箍齿部的应力分析和校核 | 416 |
| A2.3.3 | 封头齿部的应力分析和校核 | 418 |
| 附录 3 | ASME 规范的修改动向 | 421 |
| A3.1 | 关于碟形封头和椭圆形封头设计 | 421 |
| A3.2 | 法兰、垫片、螺栓连接的设计 | 423 |
| 附录 4 | 有限元素法在应力分析设计中的应用 | 424 |
| A4.1 | 制订应力分析设计规范的力学基础 | 424 |
| A4.2 | 失效准则、应力分类和应力计算方法之间的匹配 | 424 |
| A4.3 | 国外的动态 | 425 |
| | 参考文献 | 427 |

ASME 规范的发展历史和现状简介

对美国机械工程师学会——ASME(American Society of Mechanical Engineers)制订的《锅炉及压力容器规范》(ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 以下均简称 ASME 规范)的发展历史作出简单的回顾, 其目的在于了解 ASME 规范无论在内容还是范围方面的发展, 都是和科学技术的进步, 对压力容器失效本质和原因的认识, 对压力容器选材、结构、设计、制造、检验技术的不断完善紧密相连; ASME 规范之所以成为目前世界上一致公认的权威性规范, 是和该规范委员会在从成立前后起至今八十余年中的不懈努力, 广泛听取各界意见, 严谨的治学和工作作风, 严格的增补、修订程序等分不开的。

至 1992 年版为止, ASME《锅炉及压力容器规范》不仅是世界上一致公认的权威性规范, 也是当前世界上容器规范中规模最为庞大, 内容最为丰富的规范。它共包括 11 卷、23 册, 内容如下:

第 I 卷 动力锅炉

第 II 卷 材料

A 篇 钢铁材料技术条件

B 篇 有色金属材料技术条件

C 篇 焊条、焊丝及填充金属技术条件

D 篇 性能

第 III 卷(核动力装置设备)NCA 分卷——第一册和第二册的总要求

第一册

NB 分卷——1 级设备

NC 分卷——2 级设备

ND 分卷——3 级设备

NE 分卷——MC 级设备

NF 分卷——设备支承

NG 分卷——堆芯支承结构件

附录

第二册——混凝土反应堆容器及安全壳规范

第 IV 卷 采暖锅炉

第 V 卷 无损检验

第 VI 卷 采暖锅炉维护和运行的推荐规程

第 VII 卷 动力锅炉维护的推荐指南

第 VIII 卷 压力容器

第一册

第Ⅸ卷 焊接和钎焊评定

第Ⅹ卷 玻璃纤维增强塑料压力容器

第Ⅺ卷 核动力装置设备在役检查规程

在介绍 ASME 规范的专著或专文中^{(1)~(5)}，都提及 19 世纪起美国在工厂和船运中广泛采用蒸汽锅炉而发生了一系列锅炉爆炸的伤害事故。如在 1898 年—1903 年的五年间共发生了 1600 多起锅炉爆炸事故，死亡约 1200 人；1905 年 3 月在马萨诸塞州 (Massachusetts) 一制鞋厂的火管锅炉发生爆炸，死亡 58 人，伤 117 人；1906 年 12 月马萨诸塞州的另一家制鞋厂的火管锅炉爆炸而使该厂完全破坏。马萨诸塞州专门成立了一个委员会，于 1907 年首先对锅炉的设计、制造、安装和使用作了仅有 3 页内容的规定，作为该州的法律；1911 年俄亥俄州 (Ohio) 在此规定的基础上作了少许修改和补充。也通过了与马萨诸塞州规定非常相似的文件。

1911 年，ASME 当时的主席，也是美国锅炉制造商协会的成员和锅炉公司的总裁 E.O.Meier 认为有必要制订一个能被各州都接受的蒸汽锅炉构造规程，于是成了包括有顾问工程师、工程学教授、锅炉用户及制造商代表、钢材制造厂代表以及保险公司成员在内的七人委员会，先仔细研究了马萨诸塞州的规定并加以补充和修改，作为该委员会推荐的第一个文件，并复制了 2000 份向全美、包括世界各地的工程师、机械工程教授、工程学会、锅炉制造厂、材料制造厂、锅炉用户及操作人员等广泛征求意见，经再次修改后定名为《锅炉构造规范》(1914 年版)于 1915 年 3 月由该委员会批准公布，该规范共 114 页，带有 28 页的索引，并附有涉及铆接连接系数计算方法、拉杆及支撑表面的公式、安全阀容量、标准法兰连接件的尺寸以及易熔塞要求等在内的 20 页附录。实际上，该规范仅是将锅炉的爆破压力并引入 5.0 的安全系数后作为锅炉的许用工作压力，并规定了必须在锅炉上安装有压力表、水位计以及安全阀等至今已属于常识性内容的有关条文。

在 1914 年版即第一版 ASME 锅炉规范出版以后，在随后的十年间不断作了补充，公布了 ASME II 《材料技术条件》，在 1925 年公布了第一部压力容器规范，即 ASME VIII 《非直接火压力容器》，并在 1952 年将美国石油学会 (API) 的《非直接火压力容器规范》进行合并，即 API-ASME 规范，1977 年版起又经美国国家标准学会 (ANSI) 批准而成为美国国家标准，至 1992 年版又标上“国际上认可的规范”字样。^{(6), (7)}

ASME 规范版本、规范增补、条款解释和规范案例

对 ASME 规范的规范版本、规范增补、条款解释和规范案例进行简单介绍，目的在于使读者了解 ASME 规范的版本安排、修改内容和修改、增补依据。因为 ASME 整套规范内容如此浩瀚，根据国内的实际情况，仅有少数实力雄厚的大型企业才能订购全套规范，使用规范的压力容器工作者很少有机会及条件去熟悉规范的全部内容。通过这些简单介绍，可以给读者作出必要的引导以查阅有关资料而能熟悉与所从事工作有关的部分内容。

近三十年来，ASME 规范都是每三年出版一个新的版本 (Edition)，出版日期都是当年的 7 月 1 日，最近的一版是 1992 年版。美国压力容器规范第 VIII 卷第一册和第 VIII 卷第二册 (以下简称 ASME VIII-1 和 VIII-2) 都是由正文、规定性附录和非规定性附录组成。规定性

附录和正文具有同等效力，而非规定性附录则仅供参考。在进行版本修改时，视内容的成熟和重要程度而逐年将非规定性附录上升为规定性附录，将规定性附录上升为正文，或者相反而取消某些内容。不论哪一年的版本，内容上即使有所增减，都不涉及正文部分的章节编排，所以查阅时颇为方便。

ASME《锅炉及压力容器规范》的第八卷——压力容器，由该委员会的压力容器分委员会(SCVIII)分管，该分委员会下设换热设备专门工作组，高压容器专门工作组，应力系数专门工作组，设计小组，材料小组，总则小组，制造和检查小组等组织，并视课题任务需要而临时成立专门的工作小组。这些小组将课题任务委托有关的大学、研究机关等进行研究，并将研究报告分别在《机械工程》(Mechanical Engineering)、《焊接研究学会公报》(Welding Research Council Bulletin)、《焊接设计和制造》(Welding Design and Fabrication)、《压力容器工艺学报》(Transactions of the ASME, Journal of Pressure Vessel Technology)等专业杂志上公布，将有关课题的研究报告内容形成文件并经 ASME 总务委员会会议批准后以《规范增补》(Addenda)的形式公布，在 1986 年版以前，每年在 7 月 31 日、即夏季增补 S，和 12 月 31 日、即冬季增补 W 公布两次增补。从 1986 年版开始，每年仅在 12 月 31 日公布一次增补，每次的增补分别用年份表示，例如，标以 A92、A93、A94 等字样，每次增补均用同一种彩色活页纸印刷，并采用和正文相同的页码，由 ASME 委员会寄送给规范有关卷的订户。规范使用者可以很方便地以每次的增补取代规范的原文。所增补的内容在公布之日起 6 个月之内是非规定性的，6 个月之后则自动成为规定性的，并吸收到下一版本的正式条文中。规范一有修改，就刊登在《机械工程》杂志的规范专栏上，所以该刊系 ASME 规范的权威性解释杂志。

例如，ASME VIII-1 对低温容器设计有关条文的修改，先列于 1987 年 12 月 31 日的规范增补(A87)，并在《机械工程》1988 年 4 月份刊登了理论基础及解释性文章⁽⁸⁾，至 1989 年版时，这些规定已作为正式条文，一直至今。

又如，ASME VIII-1 对确定元件壁厚计算式中焊缝系数的准则，先列于 1986 年 12 月 31 日的规范增补(A86，系蓝色活页)，至 6 个月后的 1987 年 7 月 1 日即自动成为规定性的内容，和正文具有同等效力；与此同时，在 1988 年 4 月份的《焊接结构与制造》杂志上刊登了理论基础及解释性的文章⁽⁹⁾，至 1989 年版时，关于焊缝系数新的选用准则已作为正式条文并沿用至今。

再如，关于压力容器及换热器膨胀节的内容，先列于 1989 年版的非规定性附录 BB，于 1992 年版又沿用，但在 1992 年的增补即 A92 中则认为这一内容已比较成熟而移至规定性附录 26。1986 年版以前在附录 15 列有供人工作的压力容器，从 1989 年版开始则将此内容取消，所以从该版起在规范性附录中缺编号 15。

再如，关于碟形和椭圆形封头的设计问题，从 80 年代开始就注意到所存在的问题，并从 1988 年起由压力容器研究委员会(PVRC)委托 Lehigh 大学进行研究，经过几年的努力，有关研究人员已将研究结果及建议的新的设计方法于 1991 年公布于 WRC 第 364 号公报⁽¹⁰⁾，这一新的设计方法拟将 VIII-1 和 VIII-2 加以统一，并有望对 VIII-1 中现行的设计方法进行修改。

用户在使用规范过程中可能对规范的有关条文难以理解，因而向规范委员会提出技术咨询，要求对规范的某些规定给予解释，这些符合规定的咨询内容(ASME VIII-1 在附录

16、ASME VIII-2 在附录 21 中都对技术咨询的范围和格式作出了规定)经 ASME 的有关委员会研究并审定后以书面形式答复询问者,同时作为问题与解答纳入委员会按卷出版的《条款解释》(Interpretation)中,和《增补》相同,《条款解释》也由 ASME 委员会寄送给有关卷的订户。《条款解释》每年出版 2 卷,其编号逐年累积,例如,1989 年版的《条款解释》编号为第 24 卷到 29 卷,1992 年版的编号为第 30 卷到 35 卷,分别标以 7/92、1/93、7/93、1/94、7/94、1/95 等字样。虽然《条款解释》不属于《增补》,但用户对了解本卷其他用户存在哪些难以理解的问题以及委员会对这些条文是如何解释的等方面定会有所启迪和帮助。

《规范案例》(Code Case)专门用以阐明某些特殊要求的意图,也对现行规范中的材料或建造方面需要补充的内容作出新的规定。《规范案例》按顺序编号,例如《规范案例》1489 的内容是 ASME VIII-2 高温设计,1473 的内容是 ASME VIII-2 的短期高温服役,1828 的内容是 ASME VIII-1 B 类法兰——在螺栓圆外金属对金属相接触的平面法兰的简化分析方法等等。《规范案例》的内容不是规定性的,从发布之日起,除非总务委员会提出延长使用期或提前废除,则在三年后自动废除。《规范案例》也由 ASME 委员会定期寄给规范订户。

ASME VIII-1 和 VIII-2 的关系

前已述及,第一版非直接火压力容器规范 ASME VIII 在 1925 年公布至 1968 年该卷分为两部分,即 ASME VIII-1——压力容器,和 ASME VIII-2——压力容器另一规程。对这两卷内容的分析以及这两卷在设计准则、安全系数、材料和具体内容上的区别,将在后面各章陆续介绍。

VIII-1 和 VIII-2 的总体思想都是将材料选用、结构考虑、强(刚)度计算、制造、检验、试验、使用等各个环节紧密联系,但由于采用了不同的设计准则(即考虑了不同的失效方式),因而在材料选用、结构考虑、强(刚)度计算公式、制造、检验、试验、使用和适用范围,授权证书,钢印标志等方面都相应各自成系统,两册内容不能混淆,不能套用,尽管某些内容或因采用相同的失效准则(例如外压力容器设计)、或因历史沿用原因(例如法兰设计)而采用基本相同的设计公式,但从总体上说,二者是完全不同的。所以在 VIII-2 中就涉及到法兰连接螺栓的另一套应力限制条件及许用应力值;尽管某些元件的壁厚计算公式(例如内压圆筒及球壳)在形式上基本相同,但它所采用的失效准则、导出过程是完全不同的。

由于 VIII-1 和 VIII-2 采用了不同的设计准则,所以在某些结构规定上也有所不同,例如 VIII-1 允许采用对接、角接和搭接焊缝,并允许部分焊透的结构,在各元件的壁厚计算式中根据焊缝结构型式、探伤程度而引入不同的焊缝系数;VIII-2 则不允许采用搭接焊缝,除直径不超过 100mm 的仪表接管、检查孔等外,不允许采用各种型式的未焊透结构,对各焊缝都要求 100%探伤并取焊缝系数为 1.0。

又如 VIII-1 中列有并未由严格的应力分析、而是由成熟的使用经验或近似方法导出的带法兰的凸形封头、非圆型截面容器、卡箍、倒置法兰、平板开大孔以及其他多种类型法兰的设计公式,而基于详细的应力分析和分类的 VIII-2 对这一类元件就不能像其他常用元件那样提供具体的设计规程。用户如有需要,只能按照 VIII-2 的附录 4—附录 6 采用实验

应力分析(包括有限元素法)求解应力后按分析设计的原则自行判定。再如,众所周知的是因Ⅷ-1 主要采用弹性失效准则而不适用于要求进行疲劳分析的容器,Ⅷ-2 则由于采用了包括疲劳失效准则在内的多种失效准则,因而在必要时可以进行疲劳分析,等等。

在对 ASME Ⅷ-1 和 ASME Ⅷ-2 进行详细分析之前,读者简要地了解一下二者之间的关系,从而视工作需要而正确选用合适的规范是十分必要的。