

ASME 压力容器 设计 指南

第二版

[美] James R.Farr Maan H.Jawad 著
郑津洋 徐平 方晓斌 等译



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

ASME 压力容器设计指南

第 二 版

[美] James R. Farr Maan H. Jawad 著
郑津洋 徐平 方晓斌 傅强 马夏康 译

化 学 工 业 出 版 社

工业装备与信息工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

ASME 压力容器设计指南 / [美] 法尔 (Farr, J.R.)
贾瓦德 (Jawad, M.H.) 著; 郑津洋等译.
2 版. —北京: 化学工业出版社, 2003.3
ISBN 7-5025-4353-8

I. A… II. ①法…②贾…③郑… III. 压力容器-国
际标准-指南 IV. TK22-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 000943 号

Guidebook for the Design of ASME Section VIII Pressure Vessels, Second Edition by James
R. Farr, Maan H. Jawad

ISBN 0-7918-0172-1

Original Edition Copyright 2001 by The American Society of Mechanical Engineers.

本书中文版由美国机械工程师学会授权化学工业出版社独家出版发行。

未经出版者许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2001-5108

ASME 压力容器设计指南

第二版

[美] James R. Farr Maan H. Jawad 著
郑津洋 徐平 方晓斌 傅强 马夏康 译

责任编辑: 李玉晖

责任校对: 陶燕华

封面设计: 张 昊

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 13½ 字数 323 千字

2003 年 3 月第 1 版 2003 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4353-8/TH·108

定 价: 30.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

译者前言

郑津洋教授 2000 年在美国橡树岭国家实验室工作期间,结识了美国著名压力容器专家 Maan H. Jawad 博士,并获得一本由他和 James R. Farr 于 1998 年合著的《Guidebook for the design of ASME Section VIII Pressure Vessels》。读后觉得这本书很有特色,用详尽的实例说明 ASME 规范第 VIII 篇第 1、2 分篇中有关公式、图表的适用范围和注意点,实用性很强,国内正缺乏这样一本著作。在 Maan H. Jawad 博士的帮助下,经过化学工业出版社的努力,ASME 出版社同意转让该书第二版中文翻译权,使得我国从事压力容器和换热器科研、设计、制造等工作的工程技术人员以及高等院校过程装备与控制工程专业及其他相关专业的师生能够方便地使用和借鉴这本书。

本书在翻译过程中对原版的一些疏漏作了订正,并取得了作者的认可。书中图、表顺序号的编制方法与国内习惯不尽相同,由于例题中经常引用,因此基本保持原貌,读者也能对原书的风格多一些体会。

全书由郑津洋、徐平、方晓斌、傅强和马夏康翻译,郑津洋校阅全部译文。苏文献参与了第 8 章的翻译;开方明、陈希南、刘富君、黄冰、蔡振慧、王云霞等在本书校对时付出了辛勤劳动,在此一并表示感谢。

限于译者英语和专业知识水平,译文中不当甚至错误之处难免,恳切希望读者指正。

译者

2002 年 8 月

中文版序

ASME 锅炉压力容器规范第Ⅷ篇是一个先进的国际性规范。它力求为压力容器和换热器设计提供综合考虑安全性和经济性的最新规定。在很多场合，压力容器的设计都必须强制性地满足 ASME 第Ⅷ篇的要求。随着 50 年来 ASME 第一次将抗拉强度安全系数从 4.0 降到 3.5，第二版的《压力容器设计指南》也做了相应的调整。

随着中国现代化建设的发展，出现了大量的高温高压设备。为保证生产、生活的安全，迫切需要与之相配套的安全设计规范。郑津洋教授、徐平博士、方晓斌博士、傅强硕士以及马夏康高级工程师等人一直致力于承压设备领域的工作，非常熟悉 ASME 规范，并掌握规范发展的最新动态，为本书中文版的出版做了大量有效的工作。中文版的发行为中国压力容器设计人员提供了一本简单实用的参考书。本书将繁杂的 ASME 规范通过大量的例题，深入浅出地介绍给读者。任何稍微熟悉压力容器和换热器设计的人员，在本书例题的指导下，都可以全面了解复杂的规范内容，便捷地完成设计。

James R. Farr
Maan H. Jawad

2002 年 5 月

英文版第二版序

ASME 锅炉压力容器规范第Ⅷ篇是一个不断修正和完善的规范。它力求为压力容器和换热器的设计提供综合考虑安全性和经济性的最新规定。在过去一年中，该规范的一个重要变动是抗拉强度安全系数从 4.0 降到 3.5。安全系数的降低，提高了许多材料的许用应力，从而降低了零件的最小厚度。这是过去 50 年中，抗拉强度安全系数的第一次降低，其主要依据是材料质量的提高、设计方法的改善和检测方法的改进。

自本书第一版出版以来，第Ⅷ篇除调整材料许用应力外，还完善了部分设计方法。为此，本书对部分章节作了及时修改，有的变动较大，有的则变动较小。其中有的例题完全更换，有的仍维持原样。本书的目的仍然是为第Ⅷ篇的应用提供一本简单实用的参考书。

James R. Farr

Maan H. Jawad

2001 年 7 月

致 谢

在这里，我们要感谢在本书出版过程中给予无私帮助的所有个人和机构，特别是 Nooter 公司、ASME 标准委员会委员以及以前的同事。同时还要感谢 Messrs. Greg L. Hollinger 和 George B. Komora 对书稿完成提供的帮助，以及本书编辑 ASME 的 Ray Ramonas 对本书提出的中肯而宝贵的意见。

英文版第一版序

ASME 锅炉压力容器规范第Ⅷ篇给出了压力容器设计、选材、制造、检验和压力试验等方面的规定。由于规范涉及的内容很广，在大多数情况下，正确应用压力容器零部件的设计方法往往比较困难。本书旨在介绍如何应用压力容器零部件的设计方法，不涉及制造、检验和材料等方面的内容。

考虑到已有书籍介绍有关设计计算公式的理论推导过程，作为压力容器和换热器设计的参考书，本书不再予以介绍。此外，鉴于 ASME 标准中筒体、封头等的设计要求分散在标准的各个部分，为便于读者查找，本书将一些特殊零部件的设计集中在一章中介绍。本书的重点是通过大量工程实例介绍 ASME 第Ⅷ篇中有关公式的应用。

第一章为总则，介绍了许用应力、焊接接头系数等适用于所有压力容器零部件的基本概念。第二章为内压、外压圆筒的设计。第三章介绍了内压、外压封头和变径段的设计方法。第四章为平盖、法兰的设计。开孔补强在第五章中讨论。第六章介绍了Ⅷ-1 中拉撑结构、夹套容器、半管式夹套和非圆形截面容器等特殊零部件的设计方法。第七章为换热器的设计。第八章介绍应力分类、疲劳和压力容器零部件的其它特殊分析方法。

James R. Farr
Maan H. Jawad
1998 年 1 月

目 录

1 总则	1
1.1 引言	1
1.2 许用应力	1
1.3 焊接接头系数	4
1.4 脆性断裂	7
1.5 疲劳分析	14
1.6 压力试验	17
1.6.1 ASME 规范要求	17
1.6.2 液压试验或气压试验的目的	17
1.6.3 VIII-1 对压力试验的要求	17
1.6.4 VIII-2 对压力试验的要求	19
2 圆筒	20
2.1 引言	20
2.2 VIII-1 中的拉力	20
2.2.1 薄壁圆筒	20
2.2.2 厚壁圆筒	23
2.3 轴向压缩	25
2.4 外压圆筒	30
2.4.1 $\frac{D_o}{t} \geq 10$ 的外压圆筒	30
2.4.2 $\frac{D_o}{t} < 10$ 的外压圆筒	32
2.4.3 经验公式	33
2.4.4 加强圈	34
2.4.5 加强圈与圆筒间的连接结构	37
2.5 VIII-2 中圆筒计算公式	37
2.6 其它壳体	38
2.6.1 斜接弯管	38
2.6.2 椭圆形壳体	39
3 球壳、封头和变径段	41
3.1 引言	41
3.2 VIII-1 中球壳和半球形封头的设计方法	41
3.2.1 内压球壳和凹面受压的半球形封头	41
3.2.2 外压球壳和凸面受压的半球形封头	43
3.3 VIII-2 中球壳和半球形封头的设计方法	44

3.4	VIII-1 中椭圆形封头的设计方法	45
3.4.1	凹面受压	45
3.4.2	凸面受压	46
3.5	VIII-1 中碟形封头的设计方法	48
3.5.1	凹面受压	48
3.5.2	凸面受压	49
3.6	VIII-2 中椭圆形和碟形封头的设计方法	50
3.7	VIII-1 中锥壳的设计方法	52
3.7.1	内压锥壳	52
3.7.2	外压锥壳	58
3.8	VIII-2 中锥壳的设计方法	65
4	平盖、法兰	69
4.1	引言	69
4.2	整体式焊接平盖	69
4.2.1	圆形平盖	69
4.2.2	非圆形平盖	71
4.3	螺栓法兰连接结构	72
4.4	螺栓连接的平盖	73
4.4.1	圆形平盖	73
4.4.2	非圆形平盖	73
4.5	平盖上的开孔	73
4.5.1	直径不超过平盖直径 $1/2$ 的开孔	73
4.5.2	直径超过平盖直径 $1/2$ 的开孔	74
4.6	带环形垫片的法兰	75
4.6.1	标准法兰	75
4.6.2	特殊结构法兰	80
4.7	带法兰凸形封头	84
4.7.1	符号说明	84
4.7.2	带法兰凸形封头分类	84
5	开孔	90
5.1	引言	90
5.2	开孔补强的设计准则	90
5.3	符号说明	90
5.4	开孔补强的一般要求	91
5.4.1	补强面积	91
5.4.2	补强范围	91
5.5	VIII-1 中的开孔补强方法	92
5.5.1	无需补强的开孔	92
5.5.2	开孔形状和尺寸	92
5.5.3	需要的补强面积	93

5.5.4	有效补强范围	93
5.5.5	有效补强面积	94
5.5.6	尺寸超过有关限制的开孔	102
5.6	VIII-2 中的开孔补强方法	103
5.6.1	符号说明	104
5.6.2	无需补强计算的开孔	104
5.6.3	开孔形状和尺寸	104
5.6.4	需要补强的面积	104
5.6.5	有效补强范围	105
5.6.6	有效补强面积	106
5.6.7	补强金属的强度	106
5.6.8	开孔补强设计的另一方法	106
5.7	VIII-1 中的排孔削弱系数法	111
6	VI-1 中的特殊零部件	114
6.1	引言	114
6.2	拉撑结构	114
6.2.1	拉撑支承的平盖	114
6.2.2	拉撑	116
6.3	夹套容器	117
6.3.1	夹套容器的类型	117
6.3.2	夹套与容器间封口环设计	118
6.3.3	夹套容器的开孔设计	122
6.4	半圆管夹套	124
6.4.1	半圆管夹套的最大允许压力	124
6.4.2	半圆管夹套的最小壁厚	126
6.5	非圆形截面容器	128
6.5.1	容器的类型	128
6.5.2	应力限制	132
6.5.3	非圆形截面容器的开孔	132
6.5.4	矩形截面容器	135
7	换热器	138
7.1	引言	138
7.2	U 形管式换热器管板的设计	138
7.2.1	符号说明	138
7.2.2	简支管板的设计公式	144
7.2.3	整体式管板的设计公式	144
7.2.4	延长部分兼作法兰的管板设计公式	146
7.3	固定管板式换热器管板的设计	147
7.3.1	符号说明	149
7.3.2	设计公式	150

7.4 膨胀节	161
8 VIII-2 中的零部件分析	163
8.1 引言	163
8.2 应力分类	163
8.3 应力集中	167
8.4 应力组合	167
8.5 疲劳寿命估算	171
参考文献.....	174
附录 A ASME VIII-1 速查指南	175
附录 B 材料牌号	179
附录 C ASME VIII-1 焊接接头系数	181
附录 D 法兰计算表	192
附录 E 常用英制单位与国际单位的换算	198
插图索引	199
表格索引	202

1 总 则

1.1 引言

本章讨论了在 ASME 锅炉压力容器规范第Ⅷ篇中涉及的一些基本概念，如许用应力、安全系数、焊接接头系数、脆性断裂、疲劳以及压力试验等。在以后的章节中将详细讨论零部件的设计方法。

本书需经常引用 ASME 锅炉和压力容器规范第Ⅷ篇第 1 分篇和第 2 分篇中的内容。为了使表达更加简洁，ASME 锅炉和压力容器规范第Ⅷ篇第 1 分篇和第 2 分篇分别用Ⅷ-1 和Ⅷ-2 表示。同样，ASME 制定的其它规范，如第Ⅱ篇的 D 分篇也表示为Ⅱ-D。从规范中引用的公式和文字，本书将在相应位置注明其出处。

Ⅷ-1 和Ⅷ-2 中关于法兰和外压容器的设计方法相同。这种情况下，在讨论Ⅷ-1 中的方法时，将注明在Ⅷ-2 中同样适用。本书附录 A 中列出了压力容器零部件在Ⅷ-1 中所对应的章节编号。

第Ⅷ篇要求容器制造商严格按设计要求进行制造。Ⅷ-1 UG-22 以及Ⅷ-2 AD-110 给出了压力容器设计常见的载荷。这些载荷包括压力、风载、设备（容器本身、附属设备等）的重力载荷、温度梯度或热膨胀量不同引起的作用力等。如果设计中因为部件不受这些载荷作用或未知而不予考虑时，需要在设计计算书中作出说明。同样，凡是在设计中用到规范没有涉及的载荷，也需要在设计计算书中专门注明。Ⅷ-1 U-2 (a) 和 U-2 (b) 对设计要求提供了指导性意见。Ⅷ-2 AD-110 和 AG-301 中的用户设计说明给出了制造商所需考虑的载荷。

Ⅷ-1 和Ⅷ-2 的附录给出了许多压力容器的设计方法。通过工厂的长期使用，已经在实践中得到证实的方法，被列入强制性附录。新方法或使用范围受到限制的方法被列入非强制性附录。非强制性附录经过一段时间的使用，其安全性和实用性得到证实以后，最终可以转为强制性附录。但是指导性内容将一直保留在规范的非强制性附录中。

Ⅷ-1 不可能包括所有应用领域内压力容器的设计方法。当Ⅷ-1 的方法不适用时，需按照 U-2 (d)，U-2 (g) 以及 UG-101 的方法进行设计。U-2 (g) 允许设计人员在不参照Ⅷ-1 设计方法的情况下进行部件的设计。UG-101 则允许通过试验来确定部件的最大允许工作压力。在Ⅷ-2 中，不存在 UG-101 这样的方法，这是因为Ⅷ-2 可以采用分析设计解决这个问题。相关内容详见Ⅷ-2 AD-100 (b)，AD-140，AD-150 以及 AD-160。

1.2 许用应力

Ⅷ-1 附录 P 以及Ⅱ-D 附录 1 详细叙述了许用应力的确定方法，现归纳总结为表 1.1。对于大多数材料，当设计温度低于蠕变温度时，许用应力为材料有效抗拉强度的 $1/3.5$ 和最小屈服强度的 $2/3$ 中的较小值。大多数螺栓的许用应力为抗拉强度的 $1/5$ 。有效抗拉强度的确定方法为：计算 ASTM（美国材料试验协会）规定的材料在室温下的抗拉强度下限值和室温下的实测抗拉强度之比，将此比值和 1.0 中的较小值乘以设计温度下的实测抗拉强度，将所得的值再乘

以 1.1, 所得结果与 ASTM 规定的材料在室温下的抗拉强度中的较小值就是设计温度下材料的有效抗拉强度。Jawad 与 Farr 在文献 [14] 例 4.1 中给出了有效抗拉强度确定的实例。

表 1.1 Ⅷ-1 (ASME II-D) 中许用应力的确定准则

产品/材料	低于室温		高于、等于室温						
	抗拉强度	屈服强度	抗拉强度		屈服强度		应力颇断		蠕变率
锻造或铸造铁和非铁金属	$\frac{S_T}{3.5}$	$\frac{2}{3} S_Y$	$\frac{S_T}{3.5}$	$\frac{1.1}{3.5} S_T R_T$	$\frac{2}{3} S_Y$	$\frac{2}{3} S_Y R_Y$ 或 $0.9 S_Y R_Y$ ①	$F_{avg} S_{Ravg}$	$0.8 S_{Rmin}$	$1.0 S_C$
焊接接管或管道, 铁和非铁金属	$\frac{0.85}{3.5} S_T$	$\frac{2 \times 0.85}{3} S_Y$	$\frac{0.85}{3.5} S_T$	$\frac{1.1 \times 0.85}{3.5} S_T R_T$	$\frac{2 \times 0.85}{3} S_Y$	$\frac{2 \times 0.85}{3} S_Y R_Y$ 或 $0.9 \times 0.85 S_Y R_Y$ ①	$(F_{avg} \times 0.85) S_{Ravg}$	$(0.8 \times 0.85) S_{Rmin}$	$0.85 S_C$

① 对 II-D 表 1A 中的奥氏体钢和表 1B 中的特定有色金属合金提供了两种许用应力。其中较低的许用应力不得超过设计温度下屈服强度下限值的 2/3; 较高的许用应力由 ASME Ⅷ-1 原表注指出, 它可以超过 2/3, 但不得超过 90% 设计温度下屈服强度的下限值。较高的许用应力仅适用于允许有微量永久形变的场合, 不适用于法兰以及其它对应变敏感的场合。

注: 表中名词术语解释如下。

R_T ——从抗拉和温度关系实测曲线中, 查得的设计温度下抗拉强度和室温下抗拉强度的比值;

R_Y ——从抗拉和温度关系实测曲线中, 查得的设计温度下屈服强度和室温下屈服强度的比值;

S_{Ravg} ——工作 100000 h 后, 引起断裂的平均应力, ksi;

S_{Rmin} ——工作 100000 h 后, 引起断裂的最小应力, ksi;

S_C ——产生每 1000 h 0.01% 蠕变率的平均应力, ksi;

S_T ——室温下规定的最小抗拉强度, ksi;

S_Y ——室温下规定的最小屈服强度, ksi。

系数 1.1 是由 ASME 标准委员会确定的。它是通过对实际工程的判断, 充分考虑了许多因素以后得到的结果。例如, 在一定范围内, 随着温度的升高, 大多数碳素钢和低合金钢抗拉强度会升高。从室温到 500 °F (260 °C) 甚至更高温度之间, 为保持碳素钢许用应力为常数, 将最小抗拉强度调节到平均水平。在温度高于 500 °F 时, 碳素钢的许用应力主要受蠕变极限控制, 而不再受拉伸屈服准则的影响。虽然有的材料的抗拉强度并不随着温度升高而增大, 但 Ⅷ-1 中对所有材料均取系数 1.1。

表 1.1 还反映了关于高温下蠕变断裂的设计准则。它是以材料蠕变极限和持续 100000 h 以后发生断裂的持久强度为基础的。按 100000 h 评判标准, 设备大约需要连续使用 11 年才会发生蠕变断裂。但 Ⅷ-1 并没有将设备的使用寿命限制在任何特定的时间以内。

II-D 给出了 Ⅷ-2 中确定许用应力的准则。对于大多数材料, 在设计温度下的许用应力为抗拉强度的 1/3 和屈服强度的 2/3 中的较小值。Ⅷ-2 中, 设计温度应低于以钢材蠕变控制其许用应力强度的相应温度。Ⅷ-2 中许用应力的确定准则见表 1.2。

表 1.3 为 II-D 中列出的许用应力的样表。它列举了材料的化学成分、产品形式、钢号、等级、统一编号 (UNS)、尺寸以及热处理方法等。在一般情况下, 材料的这些信息和 ASTM 提供的数据一致。表中同时也列出了 P 值①以及材料的组号。 P 值用于确定第 IX 篇中所列的相应的焊接工艺。第 IX 篇为“焊接与钎焊质量评定”。表中同时还列出了材料在室

① 为了减少焊接工艺评定的数量, 根据母材的化学成分、焊接性能和力学性能, ASME 规范在 IX 《焊接和钎焊质量评定》的 QW-420 中, 把各种材料进行分类及分组, 性质相同或相近的材料分在同一类别中, 并用 P 值表示, 钢材的 P 值为 1~11 共 11 类; 除 P 值外, 对黑色金属还进行分组, 即同一 P 值的钢材可以有不同的组别, 用组号表示。通常 P 值越低, 其含碳量及强度均较低, 焊接性能较好。——译者注

温下的最小屈服强度和抗拉强度、最高适用温度、外压容器厚度计算图、相关注解以及不同温度下的许用应力。设计者可以在两个给定的应力之间采用插值法求得任意所需温度下的应力，但不能超出给定范围外推。

表 1.2 Ⅷ-2 (ASME Ⅱ-D) 中设计应力强度的确定准则

产品/材料	抗拉强度		屈服强度	
黑色、有色金属锻或铸	$\frac{1}{3} S_T$	$\frac{1.1}{3} S_T R_T$	$\frac{2}{3} S_Y$	$\frac{2}{3} S_Y R_Y$ 或 $0.9 S_Y R_Y^{\text{①}}$
黑色、有色金属焊接接管	$\frac{0.85}{3} S_T$	$1.1 \times \frac{0.85}{3} S_T R_T$	$\frac{0.85}{1.5} S_Y$	$\frac{0.85}{1.5} S_Y R_Y$ 或 $(0.9 \times 0.85) S_Y R_Y^{\text{①}}$

① 对Ⅱ-D表1A中的奥氏体钢和表2A的特定有色金属合金提供了两种许用应力。其中较低的许用应力不得超过设计温度下屈服强度下限值的2/3；较高的许用应力由ASMEⅧ-1原表注指出，可以超过2/3，但不得超过90%设计温度下屈服强度的下限值。较高的许用应力仅适用于允许有微量永久变形的场合，不适用于法兰以及其它对应变敏感的场所。

表 1.3 SA-515 和 SA-516 材料的应力

行号	化学成分	产品形式	钢号	类型/等级	合金钢统一 编号	等级/条件 /热处理	尺寸(厚度) /in	P 值	组号				
28	CS	板材	SA-515	70	K03101	...	...	1	2				
29	CS	板材	SA-516	70	K02700	...	...	1	2				
行号	最小抗拉强度 /ksi	最小屈服强度 /ksi	最高适用温度 (NP = 不允许) (SPT = 只适用于支座)					外压容器 厚度计算 图编号	注释				
			I		III		VII-1						
28	70	38	1000	700		1000		CS-2	G10, SI, T ^②				
29	70	38	850	700		1000		CS-2	G10, SI, T2				
行号	不同金属温度(°F)下材料的许用应力 /ksi												
	- 20~100	150	200	300	400	500	600	650	700	750	800	850	900
	28	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	18.8	18.1	14.8	12.0	9.3	6.7
	29	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.4	18.8	18.1	14.8	12.0	9.3	6.7

① 注释 G10、S1、T2 在Ⅱ-D中给出，与金相组织有关。

Ⅷ-1、Ⅷ-2 以及Ⅱ-D 给出了在剪力和支撑载荷作用下部件的应力。Ⅷ-1 UW-15 以及Ⅷ-2 AD-132 都列出了主要的应力。对连接处的许用应力总结于表 1.4。

ASTM 和 ASME 设计规范一样，由于同种材料等级的增加或材料性能的变化，材料的钢号在过去的 20 年中是不断变化的。一些常见材料新老钢号的对照见附录 B。

表 1.4 特殊零部件的许用应力

Ⅷ-1			
部件名称	应力类型	应 力	对应标准条款
角接焊接接头	拉应力	0.55S	UW-18(d)
角接焊接接头	切应力	0.49S	UW-15(c)
开坡口焊接接头	拉应力	0.74S	UW-15(c)
开坡口焊接接头	切应力	0.60S	UW-15(c)
接管颈	切应力	0.70S	UW-45(c)
纯剪截面	切应力	0.80S	Ⅱ-D
任意位置	挤压应力	1.60S	Ⅱ-D

Ⅷ-2			
部件名称	应力类型	应 力	对应标准条款
角接焊接接头	拉应力	$0.5 S_m$	AD-920
角接焊接接头	切应力	$0.5 S_m$	AD-920
开坡口焊接接头	拉应力	$0.75 S_m$	AD-920
开坡口焊接接头	切应力	$0.75 S_m$	AD-920
纯剪截面	切应力	$0.6 S_m$	AD-132.2
任意位置	挤压应力	S_y	AD-132.1

注：S 为Ⅷ-1 中结构的许用应力； S_m 为Ⅷ-2 中结构的应力强度。

第Ⅷ篇允许材料的最大设计温度不能超过Ⅱ-D 中对温度的限制。Ⅷ-1 中定义的设计温度是指沿部件横截面温度分布的平均值。Ⅷ-2 中定义的设计温度为部件横截面内温度分布的平均值，但其表面温度不得超过Ⅱ-D 中规定的材料最高温度。Ⅷ-1 和Ⅷ-2 中对最大设计温度的定义的不同，对较高温度下的厚截面部件将产生较大的差异。

1.3 焊接接头系数

在 ASME 锅炉规范第Ⅰ篇以及Ⅷ-2 中，除个别情况外，所有的轴向和环向对接焊接接头必须进行 100% 射线检测。而Ⅷ-1 允许这些焊接接头质量用不同的方法检测。根据用户的要求和第Ⅷ篇中的规定，可以采用包括 100% 射线检测和目测在内的多种检测方法。通过引入焊接接头系数 E （有的也称为质量系数或焊缝系数），计及检测等级对所需厚度的影响。若焊接接头未经 100% 射线检测，许用应力需乘以焊接接头系数，使得部件的安全系数以及壁厚都增加。实际上，根据焊接接头射线检测等级的不同，Ⅷ-1 中的容器可以有不同的安全系数。例如，经 100% 射线检测的圆筒轴向对接焊接接头，其焊接接头系数 E 取 1.0。该系数相当于母材的安全系数为 3.5。未经射线检测的轴向对接焊接接头的 E 取 0.70。随着焊接接头系数的减小，相应母材钢板的安全系数也变为 5.0。若部件焊缝未经射线检测，则其所需厚度比焊缝进行 100% 射线检测时的厚度增加 43%，相应的安全系数^①也随之增大。

Ⅷ-1 将焊接接头分为 A、B、C 和 D 四类，如图 1.1 所示。A 类焊接接头主要包括圆筒部分轴向接头和半球形封头与筒体连接的环向接头。B 类焊接接头为图 1.1 中所示的各种部件间连接的环向接头。法兰与筒体、封头连接焊接接头属于 C 类焊接接头。接管与封头、

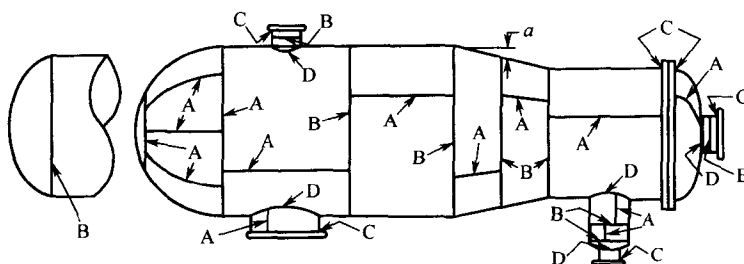


图 1.1 焊接接头分类 (ASME Ⅷ-1)

① 应指母材部分的安全系数。——译者注

筒体和变径段连接属于 D 类焊接接头。

Ⅷ-1 中不包括夹套封口环和筒体之间、管板和换热管之间、加强圈等和壳体之间的焊接接头和无损检测要求。设计中遇到需要计算存在这种连接的筒体和封头厚度时，通常取 E 为 1.0。实践证明这是合理的，因为管板或封口环的约束作用使得大多数情况下环向应变（即环向应力）在连接处接近于零。

表 1.5 列出了焊缝结构类型以及 A、B、C 和 D 四类接头的焊接接头系数。这四种类型的接头是根据接头在容器中位置来划分的，不涉及具体的焊缝结构。因此如图 1.2 所示，法兰与筒体连接处的 C 类焊接接头既可以是角接接头、搭接头，也可以是对接接头。但是只有图 1.2 (c) 中的对接接头才有焊接接头系数，因为图 1.2 (a) 和 (b) 不是对接接头。

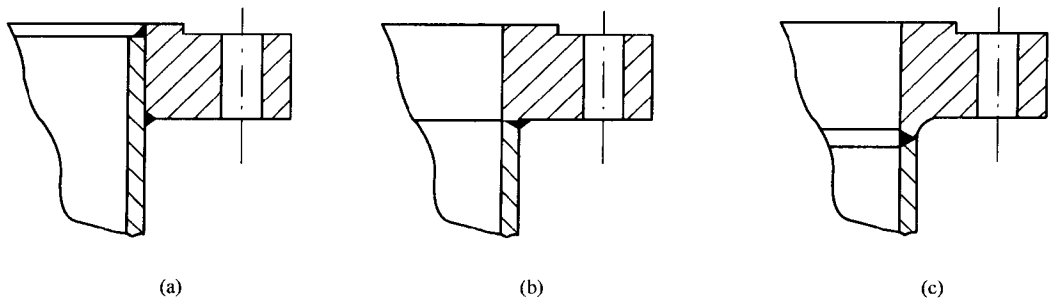


图 1.2 C 类焊缝

在某个部件的实际设计中，焊接接头系数是根据部件上焊接接头的检测等级来确定的。例如，筒体上经 100% 射线检测的轴向对接接头，其焊接接头系数取 $E = 1.0$ 。但是该接头任意一端环向接头的检测等级不同，焊接接头系数也就不同。附录 B 提供了一些典型结构接头的焊接接头系数。

表 1.5 电弧焊和气体保护焊焊接接头的最大允许焊接接头系数^{①,⑤}

类型号	焊缝形式说明	使用限制	焊缝类别	射线检测等级		
				a	b	c
				100% 检测 ^②	局部检测 ^③	不检测
(1)	双面焊对接接头，相当于双面焊的全熔透对接接头，焊缝表面的形状尺寸应满足 UW-35 的要求，但不包括带永久垫板的焊接接头	无	A、B、C 和 D	1.0	0.85	0.70
(2)	除(1)以外的带垫板的单面焊对接接头	(a)除(b)项外无限制	A、B、C 和 D	0.90	0.80	0.65
		(b)带垫板的环向单面焊对接接头，见 UW-13(c)和图 UW-13.1(k)	A、B 和 C	0.90	0.80	0.65
(3)	不带垫板的单面焊对接接头	仅适用于环向对接接头，厚度不超过 $\frac{5}{8}$ in，外直径不超过 24 in	A、B 和 C	—	—	0.60
(4)	双面焊搭接头	轴向接头厚度不超过 $\frac{3}{8}$ in	A	—	—	0.55
		环向接头厚度不超过 $\frac{5}{8}$ in	B 和 C ^④	—	—	0.55