



GB150—89

全国压力容器标准化技术委员会

钢制压力容器

(一)

国家标准



学 苑 出 版 社

1989

全国压力容器标准化技术委员会

GB 150-89

钢制压力容器

(一)

标准正文

学苑出版社

登录号	11111
分类号	T-652.1
种次号	107:1

91年5月9日 1

91年12月12日

92年1月7日

92年7月2日

国家标准 GB150-89
钢制压力容器汇编

全国压力容器标准
化技术委员会编

学苑出版社出版发行

社址：北京西四顺黄胡同四号

国防科工委印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 75 字数 1754 千字 印数 00001—50000

1989年11月第1版 1989年11月第1次印刷

ISBN7-80060-664-3/TQ·1

定价：31元（套）

出版说明

国家标准《钢制压力容器》及其《相关标准》和《标准释义》，是全国压力容器标准化技术委员会（以下简称“容委会”）在国家技术监督局指导下编辑的。旨在利于本标准的贯彻和方便使用。

全书分（一）、（二）、（三）册出版：

（一）为 GB 150—89《钢制压力容器》的标准正文。内容包括压力容器板、壳元件设计计算；容器的制造、检验与验收；是我国压力容器设计、建造，以及安全监督的综合性国家标准。共有10章正文和12个附录，其中8个附录为补充件，3个附录为参考件，还有一个附录L《计算例题》尚在编制中。

（二）为《钢制压力容器》的相关标准。共有《钢制压力容器》所引用的最新的相关标准82个。

（三）为《钢制压力容器》的标准释义。是从标准应用的基础理论、应用实践，基本准则、指导思想，以及与国内外相同或类同标准相比较，阐明及解释标准的技术内容。

以上三册互有联系，由“容委会”负责配套发行。

参加标准及标准释义的编制人员在各册中已记入、参加本书汇编的工作人员有：顾振铭、叶乾惠、刘中孚、秦晓钟、王炳阳、石保权、张以平、唐一凡、李世玉、桑如苞等同志。国家技术监督局标准化司王炳阳、石保权同志，对全书进行了审核。特邀中国标准出版社张以平同志为本汇编的责任编辑。

本标准由国家技术监督局责成“容委会”负责解释。有意见时请向“容委会”秘书处反映。

本届“容委会”的主要负责人如下：

主任委员 邵祖光

副主任委员 黄锡阁、孟广梁、李学仁

秘书长 王竹生

副秘书长 顾振铭、张忠考、汪子云、宋鸿铭

全国压力容器标准化技术委员会地址：

北京市海淀区西土城路3号北楼 中国石油化工总公司石油化工规划院内。

邮政编码：100088

邮政信箱：8012

电报挂号：4287

全国压力容器标准化技术委员会

1989年3月

目 次

1 总论	(1)
1.1 范围	(1)
1.2 组成	(2)
1.3 资格与职责	(3)
1.4 定义	(3)
1.5 载荷	(4)
1.6 厚度	(4)
1.7 许用应力	(5)
1.8 焊缝系数	(6)
1.9 压力试验	(7)
1.10 致密性试验	(8)
2 材料	(8)
2.1 总则	(8)
2.2 钢板	(10)
2.3 钢管	(11)
2.4 锻件	(12)
2.5 螺栓和螺母	(12)
3 内压圆筒和内压球壳	(23)
3.1 符号说明	(23)
3.2 圆筒计算	(23)
3.3 球壳计算	(24)
3.4 圆筒和球壳的组合应力计算	(24)
4 外压圆筒和外压球壳	(25)
4.1 符号说明	(25)
4.2 外压圆筒和外压球壳的计算	(26)
4.3 外压圆筒加强圈的设计	(37)
5 封头	(46)
5.1 凸形封头	(46)
5.2 锥形封头	(53)
5.3 变径段	(59)
5.4 平盖	(60)
5.5 锻制紧缩口封头	(63)
5.6 带法兰的凸形封头	(66)
6 开孔和开孔补强	(69)
6.1 符号说明	(69)
6.2 不另行补强的最大开孔直径	(70)
6.3 开孔补强结构	(70)
6.4 允许开孔的范围	(71)

6.5	补强计算	(71)
6.6	开孔补强设计的另一方法	(78)
7	法兰	(80)
7.1	总则	(80)
7.2	法兰分类	(81)
7.3	符号说明	(81)
7.4	法兰型式	(83)
7.5	窄面法兰	(89)
7.6	外压法兰	(93)
7.7	宽面法兰	(96)
7.8	筒体端部	(101)
7.9	反向法兰	(104)
8	卧式容器	(111)
8.1	总则	(111)
8.2	符号说明	(111)
8.3	鞍式支座支承的卧式容器	(113)
8.4	圈座支承的卧式容器	(121)
9	直立容器	(122)
9.1	符号说明	(122)
9.2	壳体厚度	(124)
9.3	裙座厚度	(131)
9.4	基础环及地脚螺栓	(132)
9.5	裙座与壳体的连接焊缝	(133)
9.6	支承在框架基础上的直立容器	(135)
10	制造、检验与验收	(135)
10.1	总则	(135)
10.2	冷热加工成形	(136)
10.3	焊接	(141)
10.4	热处理	(142)
10.5	试板与试样	(143)
10.6	多层包扎压力容器	(144)
10.7	热套压力容器	(145)
10.8	无损探伤	(146)
10.9	压力试验和致密性试验	(147)
10.10	质量证明书、标志、油漆、包装、运输	(149)
附录A	材料的补充规定(补充件)	(150)
A1	总则	(150)
A2	碳素钢和低合金钢板	(150)
A3	碳素钢和低合金钢管	(154)
A4	低合金钢锻件	(155)
A5	高合金钢钢材	(156)
附录B	超压泄放装置(补充件)	(157)

B1	适用范围	(157)
B2	定义	(157)
B3	一般要求	(157)
B4	泄放装置的装设	(158)
B5	安全阀	(158)
B6	爆破片装置	(162)
B7	安全阀与爆破片装置的组合	(165)
附录C	低温压力容器(补充件)	(165)
C1	总则	(165)
C2	材料	(166)
C3	设计	(168)
C4	制造、检验与验收	(168)
附录D	非圆形截面容器(补充件)	(170)
D1	总则	(170)
D2	符号说明	(170)
D3	无加强非圆形截面容器	(172)
D4	外加强的对称矩形截面容器	(178)
D5	外加强的长圆形截面容器	(183)
D6	拉撑加强的矩形截面容器	(185)
D7	单拉撑加强的长圆形截面容器	(188)
D8	开孔削弱系数	(190)
D9	端板	(190)
D10	焊缝	(190)
D11	制造与验收	(191)
附录E	U形膨胀节(补充件)	(191)
E1	符号说明	(192)
E2	应力计算	(193)
E3	应力校核	(194)
E4	疲劳寿命校核	(194)
E5	外压校核	(198)
E6	膨胀节轴向刚度和轴向位移	(199)
E7	U形膨胀节计算表	(199)
附录F	直立容器高振型计算(补充件)	(201)
F1	自振周期的计算	(201)
F2	地震弯矩的计算	(204)
附录G	产品焊接试板焊接接头的力学性能检验(补充件)	(205)
G1	符号说明	(205)
G2	焊接接头试样的制备	(206)
G3	拉力试验	(207)
G4	弯曲试验	(207)
G5	冲击试验	(208)
G6	复验	(209)

附录H 钢制压力容器渗透探伤(补充件).....	(209)
H1 方法	(210)
H2 技术操作	(210)
H3 质量评定和检查记录	(212)
附录I 钢材高温性能(参考件).....	(213)
附录J 密封结构(参考件).....	(220)
J1 符号说明	(220)
J2 金属平垫密封	(221)
J3 双锥密封	(222)
J4 伍德密封	(225)
J5 卡扎里密封	(232)
J6 八角垫和椭圆垫密封	(244)
J7 卡箍紧固结构	(247)
附录K 焊接接头设计(参考件).....	(253)
K1 A、B类焊缝的对接接头	(253)
K2 接管、凸缘与壳体的连接	(253)
K3 平封头与圆筒的连接	(260)
K4 凸形封头与圆筒的搭接连接	(262)
K5 裙座与封头的连接	(262)
K6 多层容器	(263)
K7 夹套容器	(270)
附录L 例题(正在编制中)	(274)

钢制压力容器

GB 150—89

STEEL PRESSURE VESSELS

1 总论

本标准管辖范围内的压力容器的设计、制造、检验与验收除符合本标准规定外，还应遵循国家颁布的有关压力容器的法令、法规及规定。

1.1 范围

1.1.1 本标准适用于设计压力不大于35MPa的钢制压力容器的设计、制造、检验与验收。

1.1.2 本标准适用的设计温度范围根据钢材允许的使用温度确定。

1.1.3 本标准的管辖范围是容器及与其连为整体的连通受压零部件，且划定在下列规定范围内。

1.1.3.1 容器与外管道连接

- a. 容器接管与外管道焊接连接的第一道环向焊缝；
- b. 螺纹连接的第一个螺纹接头；
- c. 法兰连接的第一个法兰密封面；
- d. 专用连接件或管件连接的第一个密封面。

1.1.3.2 容器开孔的承压封头、平盖及其紧固件。

1.1.3.3 非受压元件与容器的连接焊缝。焊缝以外的元件，如支座、支耳、裙座和加强圈等，亦应符合本标准的有关规定。

1.1.3.4 直接连在容器上的超压泄放装置应符合附录B的规定。连接在容器上的仪表等附件，应按有关标准选用。

1.1.4 本标准不适用于下列各类容器：

- a. 直接火焰加热的容器；
- b. 受辐射作用的容器；
- c. 经常搬运的容器；
- d. 与旋转或往复机械设备连在一起自成体系的或作为组成部件的压力容器；
- e. 设计压力低于0.1MPa的容器；
- f. 真空度低于0.02MPa的容器；
- g. 公称容积小于450L的容器；
- h. 要求作疲劳分析的容器；

1. 已有其它行业标准管辖的压力容器。

对于诸如制冷、制糖、造纸、饮料等行业中的某些专用压力容器可根据使用经验允许相对本标准另订技术要求。

1.1.5 本标准不可能包括任意结构的容器或元件，尤其是无法用常规方法确定结构尺寸的受压元件，对此，本标准允许用以下方法设计，但需经全国压力容器标准化技术委员会评定认可。

- a. 以应力分析为基础的设计（包括有限单元法分析）；
- b. 验证性试验分析（如应力测定、验证性水压试验）；
- c. 用可比的已投入使用的结构进行对比的经验设计。

1.2 组成

本标准包括10章正文和11个附录，其中8个附录为补充件，3个附录为参考件。正文和补充件是必须遵循的规定，参考件则为推荐性的。

第1章《总论》阐述本标准的适用范围和组成，设计、制造与检验部门的资格与职责，名词定义，安全系数和焊缝系数的选取，压力试验要求等有关基本规定。

第2章《材料》规定了钢材品种、牌号，各项力学性能，适用范围，许用应力以及对钢材的附加特殊要求。

第3章《内压圆筒和内压球壳》给出了圆筒和球壳的强度计算公式，壳壁热应力以及组合应力的校核公式。

第4章《外压圆筒和外压球壳》用外压计算图计算校核外压圆筒和球壳以及圆筒加强圈的强度和稳定，并给出了结构设计要求。

第5章《封头》规定了凸形封头、锥壳、平盖及紧缩口等的设计要求。

第6章《开孔和开孔补强》给出容器开孔和开孔补强的设计。

第7章《法兰》给出带垫片螺栓法兰连接的设计。

第8章《卧式容器》适用于对称布置的双支座支承卧式容器的设计。

第9章《直立容器》给出自支承式圆筒形直立容器的设计要求，包括在风载荷、地震载荷以及其它载荷作用下的强度及稳定计算。

第10章《制造、检验与验收》对容器的制造、产品的检验与验收以及质量评定等提出了具体要求，并规定了制造单位的焊接和探伤人员的资格。

附录A《材料的补充规定》（补充件）作为第2章的补充，对第2章中未列入标准的钢材提出了补充技术要求，规定了钢材代用以及采用本标准规定范围以外钢材的原则。

附录B《超压泄放装置》（补充件）对容器安全泄放装置的选用及设置提出了具体要求。

附录C《低温压力容器》（补充件）适用于设计温度低于或等于 -20°C 的碳素钢和低合金钢制容器的设计、制造、检验与验收。

附录D《非圆形截面容器》（补充件）规定了矩形、长圆形和椭圆形截面容器的设计方法。

附录E《U形膨胀节》（补充件）规定了单层或多层U形膨胀节的设计方法。

附录F《直立容器高振型计算》（补充件）适用于自支承圆筒形直立容器的高振型计算。

附录G《产品焊接试板焊接接头的力学性能检验》（补充件）对试样的制备、力学性能的

检验及其合格指标作了具体规定。

附录H《钢制压力容器渗透探伤》(补充件)规定了探伤方法和质量评定标准。

附录I《钢材高温性能》(参考件)给出了钢材的高温力学性能以及不同温度下的弹性模量和平均线膨胀系数参考值。

附录J《密封结构》(参考件)推荐了几种常用密封结构的设计方法。

附录K《焊接接头设计》(参考件)推荐了各种类型的焊接接头和有关夹套结构的设计。

1.3 资格与职责

1.3.1 容器的设计、制造单位必须具备健全的全面质量管理体系。设计单位应持有压力容器设计单位批准书,制造单位应持有压力容器制造许可证。

1.3.2 压力容器的制造和使用必须置于安全监察机构或授权的检验机构监督之下。

注:授权的检验机构是指由国家锅炉及压力容器安全监察机构授权进行监督检验的机构。

1.3.3 设计单位的职责

1.3.3.1 设计单位应对设计文件的准确性和完整性负责。

1.3.3.2 容器的设计文件至少应包括设计计算书和设计图样。

1.3.3.3 容器设计总图应盖有压力容器设计单位批准书标志。

1.3.4 制造单位的职责

1.3.4.1 制造单位必须按照设计图样要求进行制造,如需要对原设计进行修改,应取得原设计单位认可。

1.3.4.2 制造单位的检查部门在容器制造过程中和完工后应按本标准和图样规定对容器进行各项具体检验和试验,提出检验报告,并对报告的准确性和完整性负责。

1.3.4.3 制造单位对其制造的每台容器产品至少应具有下列技术文件备查,技术文件至少应保存7年。

- a. 制造工艺图或制造工艺卡;
- b. 材料证明文件及材料表;
- c. 容器的焊接工艺和热处理工艺记录;
- d. 标准中允许制造厂选择的项目的记录;
- e. 容器制造过程中及完工后的检查记录;
- f. 容器的竣工图。

1.3.4.4 制造单位在取得授权的检验机构确认容器质量符合本标准和图样的要求后,须填写产品质量证明书并交付用户。

1.3.5 法定或授权的检验机构,按国家有关法规或条例,以及本标准中列入监察条款的有关规定对压力容器进行监督检验。

1.4 定义

1.4.1 压力 除注明者外,压力系指表压力。

1.4.2 最大工作压力 最大工作压力系指在正常操作情况下,容器顶部可能出现的最高压力。

1.4.3 设计压力 设计压力系指在相应设计温度下用以确定容器壳体厚度的压力,亦即标注

在铭牌上的容器设计压力，其值不得小于最大工作压力。

当容器各部位或受压元件所承受的液柱静压力达到5%设计压力时，则应取设计压力和液柱静压力之和进行该部位或元件的设计计算。

容器上装有安全泄放装置时，应按附录B的相应规定确定容器的设计压力。

对于盛装液化气体的容器，在规定的充装系数范围内，设计压力应根据操作条件下允许达到的最高金属温度确定。

外压容器的设计压力，应取不小于在正常操作情况下可能出现的最大内外压力差。

真空容器按承受外压设计，当装有安全控制装置（如真空泄放阀）时，设计压力取1.25倍的最大内外压力差，或0.1MPa两者中的较小值；当没有安全控制装置时，取0.1MPa。

对于带有夹套的真空容器，设计压力为上述真空容器的设计压力再加上夹套内的设计压力。

1.4.4 金属温度 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。

1.4.5 设计温度 设计温度系指容器在正常操作情况，在相应设计压力下，设定的受压元件的金属温度，其值不得低于元件金属可能达到的最高金属温度。对于0℃以下的金属温度，则设计温度不得高于元件金属可能达到的最低金属温度。

容器设计温度（即标注在容器铭牌上的设计温度）是指壳体的设计温度。

注：对具有不同操作工况的容器，应在图样或相应技术文件中写明各苛刻工况时的相应设计压力和设计温度。

1.4.6 试验温度 试验温度系指压力试验时容器壳体的金属温度。

1.5 载荷

设计时应考虑以下载荷

- a. 设计压力；
 - b. 液体静压力；
 - c. 容器的自重（包括内件和填料等）以及正常操作条件下或试验状态下内装物料的重力载荷；
 - d. 附属设备及隔热材料、衬里、管道、扶梯、平台等的重力载荷；
 - e. 风载荷和地震载荷。
- 必要时，还应考虑以下载荷的影响：
- f. 支座的作用反力；
 - g. 连接管道和其他部件引起的作用力；
 - h. 由于热膨胀量不同而引起的作用力；
 - i. 压力和温度变化的影响；
 - j. 容器在运输或吊装时承受的作用力。

1.6 厚度

1.6.1 厚度附加量

厚度附加量C按式(1-1)确定：

$$C = C_1 + C_2, \text{ mm} \quad (1-1)$$

式中： C_1 ——钢板或钢管的厚度负偏差，按相应钢板或钢管标准选取，mm；

当钢材的厚度负偏差不大于0.25mm，且不超过名义厚度的6%时，可取 $C_1=0$ ；

C_2 ——腐蚀裕量，mm；

对于碳素钢和低合金钢，取 C_2 不小于1mm；

对于不锈钢，当介质的腐蚀性极微时，取 $C_2=0$ 。

1.6.2 最小厚度 为满足制造工艺要求以及运输和安装过程中的刚度要求，根据工程实践经验，对壳体元件规定了不包括腐蚀裕量的最小厚度。

圆筒的最小厚度 $\delta_{\min}$ 按下列方法确定：

a. 对于碳素钢和低合金钢容器：

当内径 $D_i \leq 3800\text{mm}$ 时， $\delta_{\min} = \frac{2D_i}{1000}\text{mm}$ ，且不小于3mm；

当内径 $D_i > 3800\text{mm}$ 时， $\delta_{\min}$ 按运输和现场制造、安装条件确定。

b. 对于不锈钢容器， $\delta_{\min} = 2\text{mm}$ 。

其他形式壳体元件的最小厚度按有关章节的相应规定。

1.6.3 计算厚度 计算厚度系指按各章公式计算得到的厚度，不包括厚度附加量。

1.6.4 设计厚度 设计厚度系指计算厚度与厚度附加量之和。

1.6.5 名义厚度 名义厚度是将设计厚度向上圆整至钢材标准规格的厚度，即是图样上标注的厚度。

对于容器壳体，在任何情况下，其名义厚度不得小于最小厚度与腐蚀裕量之和。

1.6.6 有效厚度 有效厚度系指名义厚度减去厚度附加量。

1.6.7 容器制造单位应根据制造工艺条件，并考虑板材的实际厚度自行确定加工裕量，以确保容器产品各部位的实际厚度不小于该部位的名义厚度减去钢材厚度负偏差。

1.7 许用应力

1.7.1 钢材和螺栓材料在不同温度下的许用应力按第2章选取。许用应力系按材料各项强度数据分别除以表1-1或表1-2中的安全系数，取其中的最小值。

1.7.2 当温度低于20℃时，取20℃时的许用应力。

表1-1 钢材安全系数

材 料	强 度 性 能 安 全 系 数	常温下最低 抗拉强度 σ_b	常温或设计温度 下的屈服点 σ_s 或 $\sigma_{0.2}$	设计温度下经10万小时 断裂的持久强度 σ_D		设计温度下经10万 小时蠕变率为1% 的蠕变极限 σ'_c
				平 均 值	最 小 值	
		n_b	n_s	n_D		n_c
碳素钢、低合金钢、铁 素体高合金钢		≥ 3.0	≥ 1.6	≥ 1.5	≥ 1.25	≥ 1.0
奥氏体高合金钢		—	$\geq 1.5^1$	≥ 1.5	≥ 1.25	≥ 1.0

注：1) 当部件的设计温度不到蠕变温度范围，且允许有微量的永久变形时，可适当提高许用应力，但不超过 $0.9\sigma'_c$ 。此规定不适用于法兰或其它有微量永久变形就产生泄漏或故障的场合。

表1-2 螺栓安全系数

材 料	螺 栓 直 径 mm	热处理状态	设计温度下屈服点 σ_s' 的 n_s'	设计温度下经 10万小时断裂的 持久强度 σ_D' 平均值的 n_D
碳素钢	$\leq M22$ M24~M48	热轧,正火	2.7 2.5	1.5
低合金钢、 马氏体高合金钢	$\leq M22$ M24~M48 $\geq M52$	调 质	3.5 3.0 2.7	
奥氏体高合金钢	$\leq M22$ M24~M48	固 溶	1.6 1.5	

1.7.3 不锈复合钢板的许用应力

对于复层与基层完全贴合、且对接焊缝完全熔透的不锈复合钢板,在设计计算中如需计入复层材料的强度时,设计温度下的许用应力 $[\sigma]$ 按式(1-2)确定:

$$[\sigma] = \frac{[\sigma]_1 \delta_1 + [\sigma]_2 \delta_2}{\delta_1 + \delta_2} \text{ MPa} \quad (1-2)$$

式中: δ_1 ——基层钢板的名义厚度, mm;

δ_2 ——复层材料的厚度, 不计入腐蚀裕量, mm;

$[\sigma]_1$ ——设计温度下基层钢板的许用应力, MPa;

$[\sigma]_2$ ——设计温度下复层材料的许用应力, MPa。

1.7.4 选用第2章规定范围以外的钢材时,应符合附录A的要求。

1.7.5 许用轴向压缩应力

圆筒或管子的许用轴向压缩应力取下列两值中的较小值:

设计温度下的材料许用应力(见第2章);

按下列步骤求取的B值:

a. 按式(1-3)计算系数A:

$$A = \frac{0.094 \delta_e}{R_i} \quad (1-3)$$

式中: R_i ——圆筒或管子的内半径, mm;

δ_e ——圆筒或管子的有效厚度, mm。

b. 根据材料, 查图4-3~图4-10。若A值落在设计温度下材料线的右方, 则过此点垂直上移, 与设计温度下材料线相交(中间温度用内插法), 再过此交点水平方向右移, 得到系数B; 若系数A落在设计温度下材料线的左方, 则按式(1-4)计算B值:

$$B = \frac{2}{3} AE \text{ MPa} \quad (1-4)$$

式中: E ——设计温度下材料的弹性模量, MPa。

1.8 焊缝系数

焊缝系数 ϕ 应根据容器受压部分的焊缝位置和无损探伤检验要求选取。依其位置不同,

焊缝分为A、B、C、D四类，具体规定详见第10章图10-1。

1.8.1 双面焊或相当于双面焊的全焊透对接焊缝：

100%无损探伤 $\phi=1.00$

局部无损探伤 $\phi=0.85$

1.8.2 单面焊的对接焊缝，沿焊缝根部全长具有紧贴基本金属的垫板：

100%无损探伤 $\phi=0.90$

局部无损探伤 $\phi=0.80$

1.8.3 无法进行探伤的单面焊环向对接焊缝，无垫板：

$$\phi=0.60$$

此系数仅适用于厚度不超过16mm、直径不超过600mm的壳体环向焊缝。

1.9 压力试验

容器制成后必须进行压力试验，压力试验的项目和要求应在图样中注明。

压力试验一般采用液压试验。对于不适宜作液压试验的容器，例如容器内不允许有微量残留液体，或由于结构原因不能充满液体的容器，可以采用气压试验。

1.9.1 液压试验

试验液体按10.9.4.1条的要求。

1.9.1.1 内压容器

试验压力 p_T 按式(1-5)确定：

$$p_T = \begin{cases} 1.25p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} & \text{MPa} \\ p+0.1 & \text{MPa} \end{cases} \quad (1-5)$$

取两者中的较大值。

式中： p ——设计压力，MPa；

$[\sigma]$ ——试验温度下的材料许用应力，MPa；

$[\sigma]^t$ ——设计温度下的材料许用应力，MPa。

当 $\frac{[\sigma]}{[\sigma]^t}$ 的比值大于1.8时，按1.8计算。

1.9.1.2 外压容器和真空容器

外压容器和真空容器按内压容器进行液压试验，试验压力 p_T 按式(1-6)确定：

$$p_T = 1.25p \quad \text{MPa} \quad (1-6)$$

式中： p ——设计外压力，MPa。

1.9.1.3 夹套容器

对于带夹套的容器，应在图样上分别注明内筒和夹套的试验压力。

a. 内筒

当内筒设计压力为正值时，按1.9.1.1条确定试验压力。

当内筒设计压力为负值时，按1.9.1.2条规定进行液压试验。

b. 夹套

夹套内的试验压力按式(1-5)确定。在确定了试验压力后，必须校核内筒在该试验外压力作用下的稳定性。

注：如果不能满足稳定要求，则应规定在作夹套的液压试验时，必须同时在内筒内保持一定压力，以使整个试验过程（包括升压、保压和卸压）中的任一时间内，夹套和内筒的压力差不超过设计压差。图样上应注明这一要求，以及试验压力和允许压差。

1.9.1.4 直立容器卧置进行液压试验时，试验压力应为立置时的试验压力加液柱静压力。

1.9.2 气压试验

内压容器的试验压力 p_T 按式(1-7)确定：

$$p_T = \begin{cases} 1.15p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} & \text{MPa} \\ p + 0.1 & \text{MPa} \end{cases} \quad (1-7)$$

取两者中的较大值

式中： p ——设计压力，MPa；

$[\sigma]$ ——试验温度下的材料许用应力，MPa；

$[\sigma]^t$ ——设计温度下的材料许用应力，MPa。

当 $\frac{[\sigma]}{[\sigma]^t}$ 的比值大于1.8时，按1.8计算。

外压容器和真空容器按内压容器进行气压试验，试验压力 p_T 按式(1-8)确定：

$$p_T = 1.15p \text{ MPa} \quad (1-8)$$

式中： p ——设计外压力，MPa。

1.9.3 压力试验时的应力校核

压力试验时，圆筒的薄膜应力按式(1-9)计算：

$$\sigma_T = \frac{p_T (D_i + \delta_e)}{2\delta_e \phi} \text{ MPa} \quad (1-9)$$

式中： D_i ——圆筒的内直径，mm；

p_T ——试验压力，MPa；

δ_e ——圆筒的有效厚度，mm；

ϕ ——圆筒的焊缝系数。

在液压试验时，圆筒的薄膜应力 σ_T 不得超过试验温度下材料屈服点的90%，（校核时还应计入液柱静压力）；在气压试验时，此应力不得超过试验温度下材料屈服点的80%。

1.10 致密性试验

如果图样有要求，容器还应进行致密性试验。致密性试验包括气密性试验和煤油渗漏试验，具体要求和试验方法详见第10章10.9.6条。

2 材料

2.1 总则

2.1.1 压力容器受压元件用钢应符合本章规定。非受压元件用钢，当与受压元件焊接时，也必须是焊接性良好的钢材。

2.1.2 采用本章规定以外的其它钢号的钢材，还应符合附录A的有关规定。

2.1.3 压力容器受压元件用钢应由平炉、电炉或氧气转炉冶炼。钢材的技术要求应符合相应的国家标准、行业标准（部标准）或有关技术条件。

2.1.4 容器用钢应附有钢厂的钢材质量证明书（或其复印件），容器制造单位应按该证明书

对钢材进行验收,必要时尚应进行复验。

2.1.5 选择压力容器用钢必须考虑容器的使用条件(如设计温度、设计压力、介质特性和操作特点等)、材料的焊接性能、容器的制造工艺以及经济合理性。

2.1.6 钢材的使用温度上限为本章各许用应力表(表2-1、表2-3、表2-5及表2-7)中各钢号所对应的上限温度。碳素钢和碳锰钢在高于425℃温度下长期使用时,应考虑钢中碳化物相的石墨化倾向。奥氏体钢的使用温度高于525℃时,钢中含碳量应不小于0.04%。

2.1.7 钢材的使用温度下限,除奥氏体高合金钢及本章各条规定者外,均高于-20℃。钢材的使用温度低于或等于-20℃时,应按附录C“低温压力容器”的规定进行夏比(V型缺口)低温冲击试验。奥氏体高合金钢使用温度高于或等于-196℃时,可免作冲击试验。

2.1.8 当对钢材有特殊要求时(如要求特殊冶炼方法、较高的冲击功指标、附加保证高温屈服强度、提高无损检验要求、增加力学性能检验率等),设计单位应在图样或相应技术文件中注明。

2.1.9 钢材的高温性能参考值见附录I。

2.1.10 本章所列钢材及相应焊接材料的标准如下:

GB 912—82《普通碳素结构钢和低合金结构钢薄钢板技术条件》;

GB 3274—88《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》;

GB 6653—86《焊接气瓶用钢板》;

GB 6654—86《压力容器用碳素钢和低合金钢厚钢板》;

GB 6655—86《多层压力容器用低合金钢钢板》;

GB 5681—85《压力容器用热轧钢带》;

GB 3531—83《低温压力容器用低合金钢厚钢板技术条件》;

GB 3280—84《不锈钢冷轧钢板》;

GB 4237—84《不锈钢热轧钢板》;

GB 4238—84《耐热钢板》;

GB 8165—87《不锈钢复合钢板》;

GB 8163—87《输送流体用无缝钢管》;

GB 9948—88《石油裂化用无缝钢管》;

GB 6479—86《化肥设备用高压无缝钢管》;

GB 5310—85《高压锅炉用无缝钢管》;

GB 2270—80《不锈钢无缝钢管》;

JB 755—85《压力容器锻件技术条件》;

GB 700—79《普通碳素结构钢技术条件》;

GB 699—88《优质碳素结构钢技术条件》;

GB 3077—88《合金结构钢技术条件》;

GB 1220—84《不锈钢棒》;

GB 1221—84《耐热钢棒》;

GB 5117—85《碳钢焊条》;

GB 5118—85《低合金钢焊条》;