

UDC

中华人民共和国行业标准

HG

P

HG 20585—1998

钢制低温压力容器技术规定

Technical Specification for Steel Low Temperature Pressure Vessels

1998—11—18 发布

1999—03—01 实施

国家石油和化学工业局 发布

前 言

本标准(HG 20585—1998)是在原标准(HGJ 19—89)的基础上,根据多年实施取得的经验,并依据国标 GB 150—1998 的内容以及近年来国内外工程公司的标准规范进行了修订。

新修订的标准较原标准有如下主要改变:

1. 参照 ASME VIII—1(95)修改低温降、低应力工况的规定;
2. 修改小尺寸钢管免作冲击试验的规定;
3. 明确对控温热加工材料的评定要求;
4. 取消国内外低温用钢材标准有关内容。

本标准的附录 A、B 为本标准的附录。

本标准由全国化工设备设计技术中心站提出并归口管理。

本标准由全国化工设备设计技术中心站主编。

本标准主要起草人:应道宴

HG 20585《钢制低温压力容器技术规定》是结合化工容器设计的具体情况,对 GB 150《钢制压力容器》的补充和具体化,对钢制低温压力容器的设计、选材、结构、制造和检验进行了规定。

本标准的适用范围、引用标准及定义,除另有规定外,均与 GB 150《钢制压力容器》(以下简称 GB 150)相同。

1 总 则

1.0.1 本规定适用于化工用设计压力不大于 35.0MPa、设计温度等于或低于 -20°C 且不低于 -196°C 的钢制低温压力容器。

1.0.2 铁素体钢在低于某一转变温度且具有相当的应力水平和存在足够尖锐的缺口(缺陷)时,可能导致低应力脆性破断。对此,本规定在材料、设计、结构和制造等方面提出了相应要求。

1.0.3 铬镍奥氏体钢制造的低温压力容器,当其设计温度不低于 -196°C 时,只需满足下列各项要求,其余按常温压力容器考虑。

1 母材应为含碳量小于等于 0.10%的标准铬镍奥氏体钢,如 0Cr18Ni9、00Cr19Ni10、0Cr18Ni10Ti 等。

2 如采用铸造材料,设计温度小于 -70°C 时,奥氏体铸钢也应在设计温度下进行低温夏比冲击试验,且符合表 4-2 要求。

3 焊接材料及工艺应符合下列各项要求:

(1)焊缝金属含碳量小于等于 0.10%。

(2)焊缝金属的化学成份应符合 GB 983《不锈钢焊条》中 E308、E308L、E309 和 GB 4233、4242《焊接用不锈钢丝》中 H0Cr21Ni10、H00Cr21Ni10、H0Cr26Ni21 的要求。

(3)设计温度小于 -70°C 焊接工艺评定时,应进行焊缝金属的低温冲击试验且符合表 4-2 要求。

4 冷加工变形度应符合 6.2.2 条 3 款的规定。

1.0.4 本规定只适用于低温压力容器本件、受压元件(包括接管、法兰及紧固件等)及与低温受压元件直接焊接的非受压元件。非低温受压元件和接触低温,但不属受压元件也不与受压元件直接焊接者,不必遵守本规定。

1.0.5 低温压力容器的设计除应符合本规定的有关要求外,其余尚应符合下列标准的相应要求。

GB 150 《钢制压力容器》

HG 20580 《钢制化工容器设计基础规定》

HG 20581 《钢制化工容器材料选用规定》

HG 20582 《钢制化工容器强度计算规定》

HG 20583 《钢制化工容器结构设计规定》

HG 20584 《钢制化工容器制造技术要求》

2 定 义

2.0.1 最低工作温度:系指容器在正常工作过程中可能出现的最低金属温度。

2.0.2 设计温度(最低):系指容器在正常工作过程中,在相应的设计压力下,受压元件金属可能达到的最低温度。

当容器的各个部位在工作过程中可能产生不同的温度时,可取预计的不同温度作为各相应部位的设计温度。

1 当容器器壁与工作介质直接接触并有外部保温时,应取介质最低温度或按介质正常工作温度再减去可能的温度向下波动值作为设计温度。

2 当器壁两侧具有热量传递过程时,可根据传热计算而得出的壁温或实测壁温,并考虑温度波动值后的最低温度确定设计温度。

3 受环境低温影响的压力容器,当其设计温度受环境温度控制时,其最低设计温度按如下原则确定:

(1)盛装压缩气体且无保温设施的储存容器,设计温度取最低环境温度^①降3℃。

(2)盛装液体体积占容器容积1/4以上的无保温的储存容器,设计温度取最低环境温度。

(3)有保温或物料经常处于流动状态的容器,设计温度应根据物料的温度、流量、容器大小、散热情况等综合考虑壁温,通过计算分析或参考实例确定。

(4)除为事故停车特设的容器外,考虑环境温度对容器壁温的影响应以正常运行条件为依据。一般不以事故状态的意外降温或停车后的自然降温来确定设计温度。

2.0.3 低温工作压力:系指低温压力容器及其受压元件在相应工作温度低于或等于-20℃工况下的工作压力。

2.0.4 低温低应力工况:系指容器壳体或其受压元件在低温($\leq -20^{\circ}\text{C}$)操作条件下一次总体薄膜应力 σ 降至GB 150规定的材料许用应力 $[\sigma]$ 与相应焊接接头系数 ϕ 乘积的75%以下的工况。

^① 最低环境温度为该地区历年来各月“月平均最低气温”的最低值。“月平均最低气温”为当月各天最低温度相加后除以当月的天数。

3 低温、低压力工况的压力容器

3.0.1 设计温度的调整

1 设计温度不低于 -46°C 时,低温低应力工况压力容器的设计温度调整(提高)按表 3-1 的要求。调整后的设计温度等于设计温度 t 与温度调整值 Δt 之和。

表 3-1

应力比 ^① $\sigma/([\sigma],)$	设计温度调整值 $\Delta t, (^{\circ}\text{C})$
0.75	0
0.60	10
0.45	20
0.375	30
0.33	40
0.30 ^②	50

注:①应力值处于中间值时, Δt 可取内插值;

②也可取 3.0.1 条 2 款应力条件为准。

2 设计温度低于 -46°C 但不低于 -100°C 时,仅当容器壳体或其受压元件的一次总体薄膜应力降至小于或等于钢材标准常温屈服点的六分之一,且不大于 50MPa 时设计温度调整值 Δt 可取 50°C 。

3 设计温度低于 -100°C 时,设计温度调整值为 0。

3.0.2 调整后的设计温度等于或低于 -20°C 时,压力容器的选材(包括钢材及焊接接头冲击试验温度)、设计、制造、检验要求均按调整后的设计温度来确定。

3.0.3 调整后的设计温度高于 -20°C 但低于 0°C 时,压力容器的钢材及其焊接接头的冲击试验温度应等于或低于调整后的设计温度。而其它设计、制造、检验要求可不遵循本标准的规定。

3.0.4 调整后的设计温度不低于 0°C 时,压力容器的选材、设计、制造、检验要求均不必遵循本标准的规定。

3.0.5 应根据容器可能出现的各种工况,选择最苛刻的工作温度—应力组合,作为确定低温低应力工况的依据。

3.0.6 低温低应力工况不适用于钢材标准抗拉强度下限值大于 540MPa 的低温容器。

4 材 料

4.0.1 低温压力容器受压元件采用的钢材,除应符合 1.0.5 条所列标准的规定外,还应符合本标准的要求。

4.0.2 低温压力容器受压元件所采用的钢材,必须是镇静钢。

4.0.3 低温压力容器及其受压元件所采用的钢材,除因材料截面尺寸太小,无法制取 $2.5\text{mm} \times 10\text{mm} \times 55\text{mm}$ 的小尺寸试样的情况外(此时应按 4.0.6 条),必须按 4.0.5 条要求进行夏比(V 型缺口)低温冲击试验。

4.0.4 低温压力容器受压元件用材料标准、使用状态及冲击试验最低试验温度按有关钢材标准及 GB 150 的规定。

对于未列入本标准的钢材(国家标准或行业标准及牌号),或采用更低的冲击试验温度者,应同时满足下列条件。

1 经评定认为,材料性能和技术要求与本规定所列的钢材相当或更高,且符合 4.0.5 条的要求。

2 采用比钢材标准及 GB 150 规定更低的冲击试验温度或改变热处理状态时,冲击试验的取样率应符合下列要求:

钢板——逐张;

钢管、钢棒——比 4.0.5 条 4 款规定增加一倍;

锻件——检验级别不低于 JB 4726~4728 Ⅱ级,冲击试验取样率增加一倍进行。

3 经设计单位设备技术负责人同意。

4.0.5 夏比(V 型缺口)低温冲击试验

1 试验温度根据容器的最低设计温度确定,并应考虑承载应力的类型和大小、截面厚度及焊接接头韧性下降等因素。确定原则如下:

(1)试验温度应等于或低于设计温度(一般情况下取等于设计温度)。

(2)设计条件符合低温低应力工况时,冲击试验温度可按 3.0.1~3.0.5 条进行调整。当调整后的冲击试验温度高于或等于 0°C 时,可不必进行低温冲击试验。

(3)壳体厚度大于 16mm ,但又无法进行焊后消除应力热处理的容器,应按表 4-1 的要求降低壳体材料及其焊接接头的冲击试验温度。

(4)母材可能因焊接而导致热影响区冲击韧性下降较多时,材料选用时应考虑有较大的韧性裕量,或降低母材的冲击试验温度,以保证焊接接头各个部位(热影响区、熔合线、焊缝金属)的低温韧性均能达到本规定的要求。

(5)除环境低温容器外,安装在容器外的螺栓材料的试验温度,一般可比壳体设计温度提高 15°C ~ 30°C 。在有保温的情况下,对焊或平焊法兰用螺栓的设计温度可比壳体提高 15°C ;活套法兰用螺栓可提高 30°C 。螺母用材料的冲击试验温度允许比螺栓的试验温度提高 30°C 。

(6)对不需焊接,且以承受弯曲应力为主的承压元件,如螺栓连接的平盖、活套法兰等,材料的冲击试验温度允许比容器的设计温度提高 30°C 。

表 4-1 不进行焊后热处理的壳体材料及焊接接头冲击试验温度

厚度 (mm)	设计温度 (℃)	降低温度 (℃)	设计温度 (℃)	降低温度 (℃)	设计温度 (℃)	降低温度 (℃)
17~24	-20~-40	15	-41~-60	20	-61~-80	25
25~30		20		25		30

2 试样的热处理状态应符合材料的最终使用状态,其中包括加工过程中的热加工、消除应力热处理等。

3 试样制取要求

(1)试样为符合 GB 2106《金属夏比(V 型缺口)冲击试验方法》要求的 10mm×10mm×55mm 夏比冲击试样,以三个试样为一组进行试验。

(2)如受材料截面尺寸限制,无法制取标准尺寸试样时,应制取 7.5mm×10mm×55mm、5mm×10mm×55mm、2.5mm×10mm×55mm 的小试样进行试验,当可能制取标准尺寸试样时,不允许采用小试样进行试验;当无法制取标准试样试验时,应采用尽可能大的小试样进行试验。

(3)试样的缺口应沿材料的厚度方向切制(棒材沿直径方向切制)。

4 试验方法及取样数量

试验方法应符合 GB 4159《金属低温夏比冲击试验方法》的要求。取样数量应符合下列要求:

(1)钢板

每批钢板由同一炉罐号、同一厚度、同一热处理炉次组成,6~16mm 钢板每批应不大于 15 吨,大于 16mm 钢板应不大于 25 吨,每批钢板取一组三个试样。

取样位置在钢板端部 1/4 板宽处,横向制取(试样长度方向与轧制方向垂直)。板厚大于等于 30mm 时,试样中心线应位于 1/4 板厚处。试样缺口轴线与板面垂直。

(2)钢管

每批钢管由同一炉罐号、同一规格尺寸、同一热处理炉次组成,每批数量不得超过 200 根,任选两根钢管各在其一端取一组三个试样。

取样方向视钢管的直径和壁厚而定,可能时沿切向制取,否则沿纵向制取。试样缺口轴线尽可能与管壁垂直。用于制造容器筒体的钢管,每批应按钢管数的 10% 各取一组(三个)试样,且不少于两根,进行低温冲击试验。当钢管数不大于两根时,每批取一根。

(3)钢棒(包括螺栓材料)

每批钢棒由同一炉罐号、同一规格尺寸、同一热处理炉次组成,在每批最终热处理完成的钢棒中任选一根取一组三个试样。

取样方向为纵向,试样中心尽量位于钢棒半径的 1/2 处。

(4)锻件

取样按 JB 4726~4728 的规定。

5 冲击功按材料强度等级应达到表 4-2 所列的要求。

表 4-2 低温冲击功要求

钢材类别	材料标准 规定的最低 抗拉强度 (MPa)	最小冲击功 ^(注) A_{KV} (J)							
		10mm×10mm×55mm		7.5mm×10mm×55mm		5mm×10mm×55mm		2.5mm×10mm×55mm	
		标准试样		小试样		小试样		小试样	
		3个试样 平均	单个 试样	3个试样 平均	单个 试样	3个试样 平均	单个 试样	3个试样 平均	单个 试样
铁素体钢 及其 焊接接头	≤412	18	13	13.5	9.5	9	6.5	4.5	3.2
	>412~510	20	14	15	10.5	10	7	5	3.5
	>510~570	27	19	20.5	14.5	14	10	6.8	4.8
	>570	27	27	—	—	—	—	—	—
奥氏体钢	铸钢	20	16	—	—	—	—	—	—
	焊缝金属	31	27	24	20	16	13.5	8	7

注:高强度钢($\sigma_b > 570\text{MPa}$)每个试样的 A_{KV} 均应不低于 27J,其它钢种三个试样中只允许一个试样的冲击功低于表列的平均值,但应不低于平均值的 70%(见表列的单个试样值)。

6 冲击试验结果未达到要求者,按以下情况分别处理:

(1)一组三个试样的数值均低于规定的平均数值,或两个试样的数值低于规定的单个数值者,受检钢材或焊接接头判为不合格。

(2)对于上述以外的情况,应在同一样坯(或受检钢材)上再制取三个试样进行复验。前后六个试样的平均值不得小于规定值,低于规定平均值的试样数量不得多于两个,单个值不合格的情况不得重复出现,否则仍属不合格。

(3)按批进行冲击试验的钢材,当代表该批的任一受检钢材不合格时,应逐件进行试验,或将该批钢材重新处理,按新批次重新检验。

(4)逐件进行冲击试验的钢材,试验不合格者,允许重新热处理后重新试验。

4.0.6 低温用钢管(GB 150 所列),因钢管尺寸限制,无法制备 2.5mm×10mm×10mm 冲击试样时,可免作冲击试验。其它低碳钢和碳锰钢钢管,因钢管尺寸限制,无法制备 2.5mm×10mm×10mm 冲击试样时,可免作冲击试验,但最低设计温度按表 4-3 的规定。

表 4-3 免作冲击试验的钢管最低设计温度

钢管名义厚度(mm)	最低设计温度(℃)	
	焊后状态使用	焊后热处理状态使用
8	-20	-30
6	-25	-40
4	-40	-46
2	-46	-46

注:免作冲击试验的钢管不再适用本标准第 3 章的设计温度调整。

4.0.7 用于制造低温压力容器筒体、凸形封头和球壳的钢板,厚度超过以下数值时,需按 JB 4730

进行超声波探伤,且不低于Ⅲ级。

1 板厚大于 16~20mm 的钢板,每批抽检 20%,最少一张。

2 板厚大于 20mm 的钢板,逐张检查。

3 用作低温压力容器筒体的无缝钢管应逐根按 JB 4730 进行超声波探伤检查。

4.0.8 低温压力容器用锻件按 JB 4726~4727,应不低于Ⅱ级要求,设计压力大于等于 1.60MPa 时,应不低于Ⅲ级。

4.0.9 低温压力容器用焊接材料(手工电焊条、气体保护焊焊丝、埋弧焊焊丝和焊剂等),应符合下列要求。

1 低温压力容器受压元件或受压元件与非受压元件焊接用手工电弧焊焊条,应选用 GB 5117《碳钢焊条》和 GB 5118《低合金焊条》的低氢碱性焊条。埋弧焊焊剂应选用碱性或中性焊剂。具体的可供选用的焊条牌号见附录 B 所示。

2 铁素体钢之间的焊接一般应采用铁素体型焊接材料(9%Ni 钢除外)。焊接接头的低温冲击试验温度以及焊缝金属、熔合线(工艺评定时作)、热影响区低温冲击功要求均与母材相同,符合表 4-2 要求。

3 铁素体钢之间的异种钢焊接用焊接材料一般按韧性要求较高侧的母材选用。异种钢焊接工艺评定和产品焊接试板的热处理状态应与容器最终使用状态相同。性能检验时应符合下列要求:

(1)焊接接头抗拉强度不低于两侧母材中最低抗拉强度的较小值。

(2)焊缝金属、强度较低侧的熔合线和热影响区的冲击功要求按较低强度侧母材,符合表 4-2 要求。强度较高侧的熔合线和热影响区的冲击功要求按较高强度侧母材,符合表 4-2 要求。

(3)接头的弯曲试验要求按两侧母材中的较低要求。

4 奥氏体钢之间的焊接材料选用应符合 1.0.3 条 3 款的要求。

5 铁素体钢与奥氏体钢之间的异种钢焊接一般应选用 Cr23Ni13 或 Cr26Ni21 型高铬镍或镍基焊接材料,焊后原则上不再进行消除应力热处理。该类异种钢焊接工艺评定和产品焊接试板应符合下列要求:

(1)焊接接头抗拉强度不低于两侧母材中最低抗拉强度的较小值。

(2)铁素体钢侧的熔合线和热影响区的冲击功应按铁素体钢的抗拉强度,符合表 4-2 要求,焊缝金属的冲击功应符合表 4-2 要求。

(3)接头应作侧弯试验,弯曲直径 $d=4a$, 180° 。弯曲试验后在拉伸面上的任何方向测量不得有超过 1.5mm 的开裂缺陷,熔合线处也不得有超过 3mm 的开裂缺陷。

4.0.10 在材料标准规定的必保技术条件之外,限定化学成份、规定热处理状态、改变性能指标、增加检验项目或增加检验率等,必须在设计图样或技术文件中注明。

4.0.11 采用国外低温压力容器用钢材进行设计或施工者,也必须符合本规定对材料的相应要求,材料的许用应力按 GB 150 规定的安全系数计取。

4.0.12 与低温压力容器受压元件直接焊接的非受压附件材料,其低温韧性及焊接接头性能需与受压元件匹配。

5 强度计算及结构设计

5.0.1 低温压力容器受压元件材料的许用应力取常温 20℃ 的数值。强度计算方法按 GB 150 及 HG 20582 的规定。

5.0.2 低温压力容器及其部件的结构设计应充分考虑以下各项要求：

- 1 结构尽可能简单,减少焊接件的拘束程度。
- 2 结构应避免产生过大的温度梯度。
- 3 结构应减少局部的应力集中以及截面的急剧变化。
- 4 附件的连接焊缝不应采用不连续焊或点焊。
- 5 容器的鞍座、耳座、支腿(球罐除外)或裙座宜设置垫板或连接板,尽量避免直接与容器壳体相焊。垫板或连接板按低温用材考虑。
- 6 容器焊有接管及载荷复杂的附件,需焊后消除应力而不能整体进行热处理时,应考虑部件单独热处理的可能性。
- 7 接管补强应尽可能采用整体补强或厚壁管补强,若采用补强板,应为全焊透结构,且焊缝圆滑过渡。

5.0.3 焊缝的结构设计应符合下列规定：

1 压力容器受压部分的焊缝根据所在位置分为 A、B、C、D 四类,分类原则同 GB 150 的有关规定。

此外,把底座、支耳、托架、垫板及其它非受压附件与压力容器内、外壳壁的连接焊缝,称为 E 类焊缝。

2 A 类焊缝应采用双面对接焊,或采用保证焊透及双面成型、与双面焊具有同等质量的单面对接焊。带垫板的单面焊,焊后必须拆除垫板。

3 B 类焊缝也应采用与 A 类焊缝相同的双面对接焊或相当于双面焊的全焊透对接焊透,必要时允许采用不拆除垫板的带垫板单面焊。

4 C 类焊缝应符合下列有关条款的要求：

(1)平封头、管板、法兰及类似构件与壳体的对接焊缝应符合 5.0.3 条 3 款的要求。

(2)平封头与壳体的 T 型或 L 型连接焊缝应符合相当于 HG 20583 中的下列规定型式：

a. 单面焊接——J1、J2、J5、J7；

b. 双面焊接——J3、J4、J6。

单面焊接的 J1、J2、J7 应为焊透结构。采用带卸载槽的 J7 型焊接结构时,封头材料应采用锻件。如采用钢板,必须符合 GB 5313《厚度方向性能钢板》的 Z25 级要求,或对焊接区 3 倍焊缝宽度的范围按 JB 4730 进行钢板超声波检查,无任何缺陷。

(3)管板(可带法兰)与壳体的 T 型或 L 型连接焊缝应符合相当于 HG 20583 中的下列结构型式：

a. 单面焊接——R5、R7；

b. 单面带垫板焊接——R3、R6、R8；

c. 双面焊接——R11、R9(带短节)。

所有连接焊缝,不论采用哪种接头型式,均为焊透结构。

(4) 法兰与筒体、接管的平焊结构仅适用于下列工况：

- a. 设计温度不低于 -46°C ，且设计压力不大于 4.0MPa (或 300 磅级)；
- b. 采用标准的带颈平焊法兰或 JB 4700 乙型设备法兰。

(5) 内封头与筒体的连接焊缝可采用图 5-1 所示的结构型式，但设计压力应不大于 1.0MPa 或设计温度不低于 -30°C ，且材料标准规定的常温最小抗拉强度 σ_b 应不大于 540MPa 。

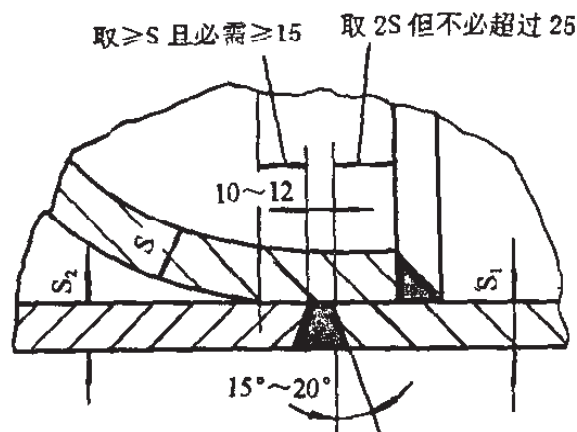


图 5-1 内封头与筒体的连接结构

5 D 类焊缝应符合下列有关条款的要求：

(1) 接管与容器器壁的对接焊缝应符合 A 类焊缝的要求。

(2) 除 5.0.3 条 5 款(4)~5.0.3 条 5 款(6)规定外，接管与容器器壁的角接焊缝应采用完全焊透的结构。

双面焊接的角接焊缝应符合相当于 HG 20583 中的 G4~G18、G24、G25 的要求。

单面焊接的角接焊缝应符合相当于 HG 20583 中的 G2、G3、G34、G37、G41 的结构型式，确保焊透要求。

(3) 带补强板的接管与容器器壁的连接焊缝应符合相当于 HG 20583 中的 G28、G29、G30、G33 要求。对接管、容器器壁和补强板的材料要求同 5.0.3 条 4 款(5)。补强板与器壁材料的平均线胀系数差应在 15% 之内，应尽量采用与器壁相同的材料。带补强板的结构不得用于容器器壁厚度大于 30mm 的场合，也不适用于设计温度低于 -46°C 的场合。

(4) 凸缘与容器器壁的焊接连接应采用图 5-2 所示的结构型式，且应符合下列各项要求：

- a. 凸缘与器壁的最大间隙应不大于 3mm；
- b. 凸缘与器壁的材料要求同 5.0.3 条 4 款(5)。
- c. 当外加载荷或热应力较大时，应采用图 5-2(b)、(c)所示的结构型式。
- d. 图 5-2(d)、(e)、(f)结构仅用于设计温度不低于 -46°C 场合。

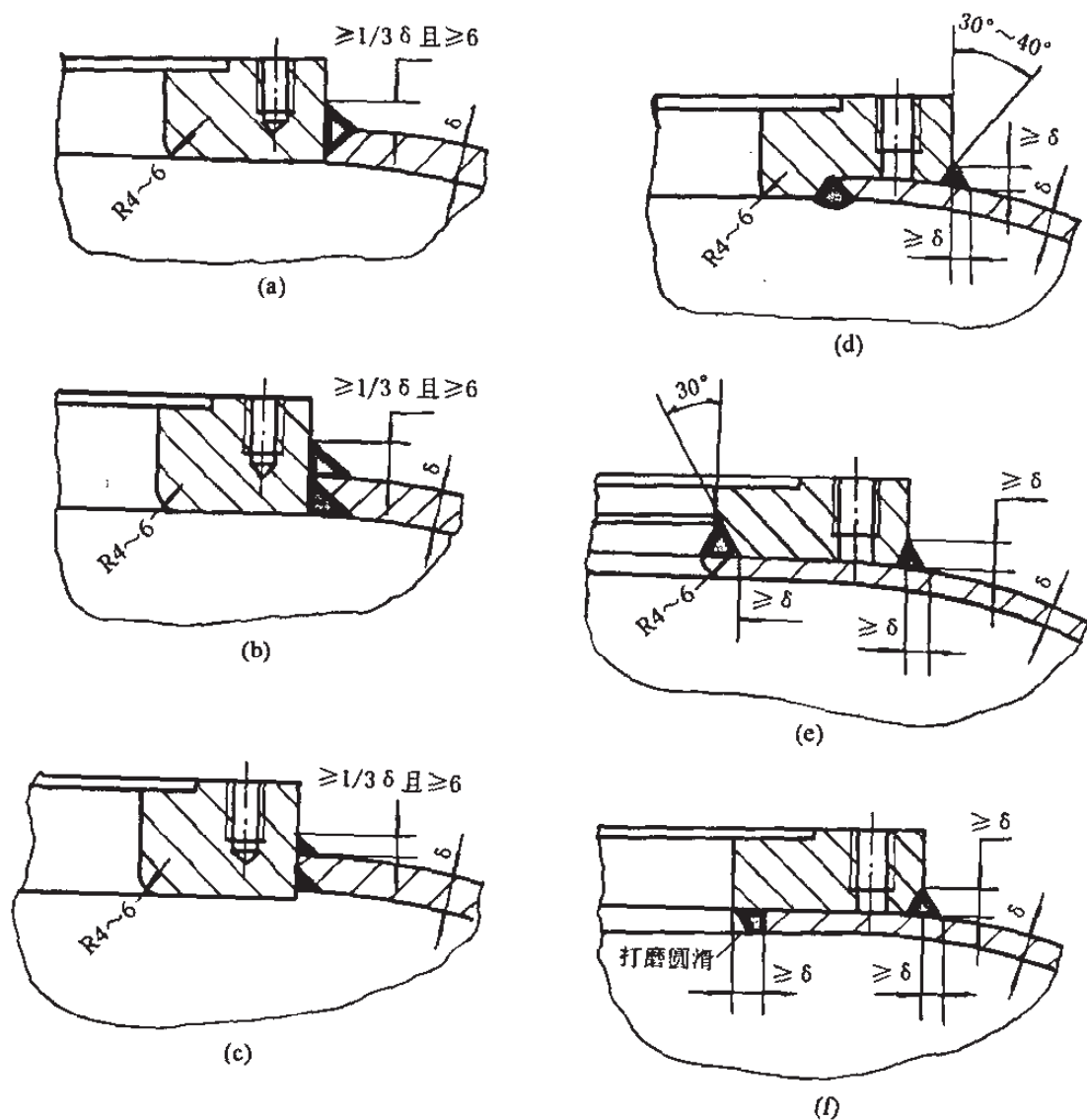


图 5-2 凸缘焊接结构

(5) $DN \leq 50\text{mm}$ 的小直径接管与较厚的封头或盖板的焊接,应符合相当于 HG 20583 中 G41 的结构型式,且应将开孔的尖角打磨或车削成 $R4 \sim 6$ 的圆角。

(6) 带内螺纹的管接头与容器器壁的连接型式应符合下列各项要求:

a. 仅限于螺纹直径不大于 50mm 或 2 英寸的带内螺纹管接头。

b. 采用图 5-3(a)~(c)所示的与容器器壁完全焊透结构。图 5-3(d)所示的双面填角焊缝结构型式,仅用于设计温度不低于 -46°C 场合。

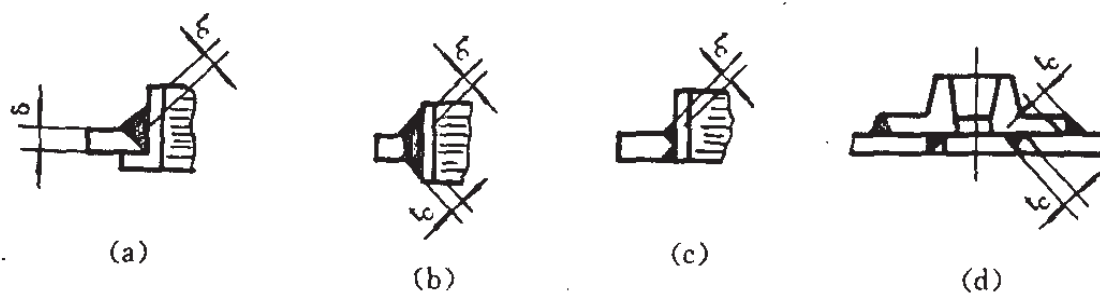


图 5-3 带内螺纹的管接头与器壁的连接型式

填角焊缝高度 $t_c \geq 0.7\delta$ (δ 为器壁厚度, 对 d 型也可接头厚度, 取小者)

6 非受压附件与受压元件连接的 E 类焊缝应符合下列有关条款的要求:

(1) 非受压附件与受压元件的连接焊缝应采用连续焊, 如图 5-4 所示。

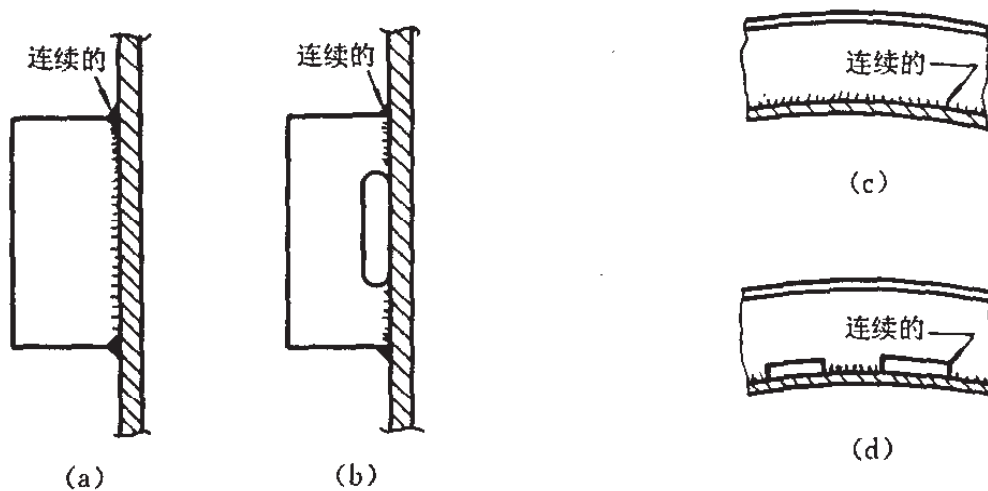


图 5-4 附件的连续焊焊缝

(2) 非受压附件与受压元件的连接焊缝可根据具体情况采用填角焊、部分焊透、全焊透或堆焊对接等结构型式, 如图 5-5 所示。

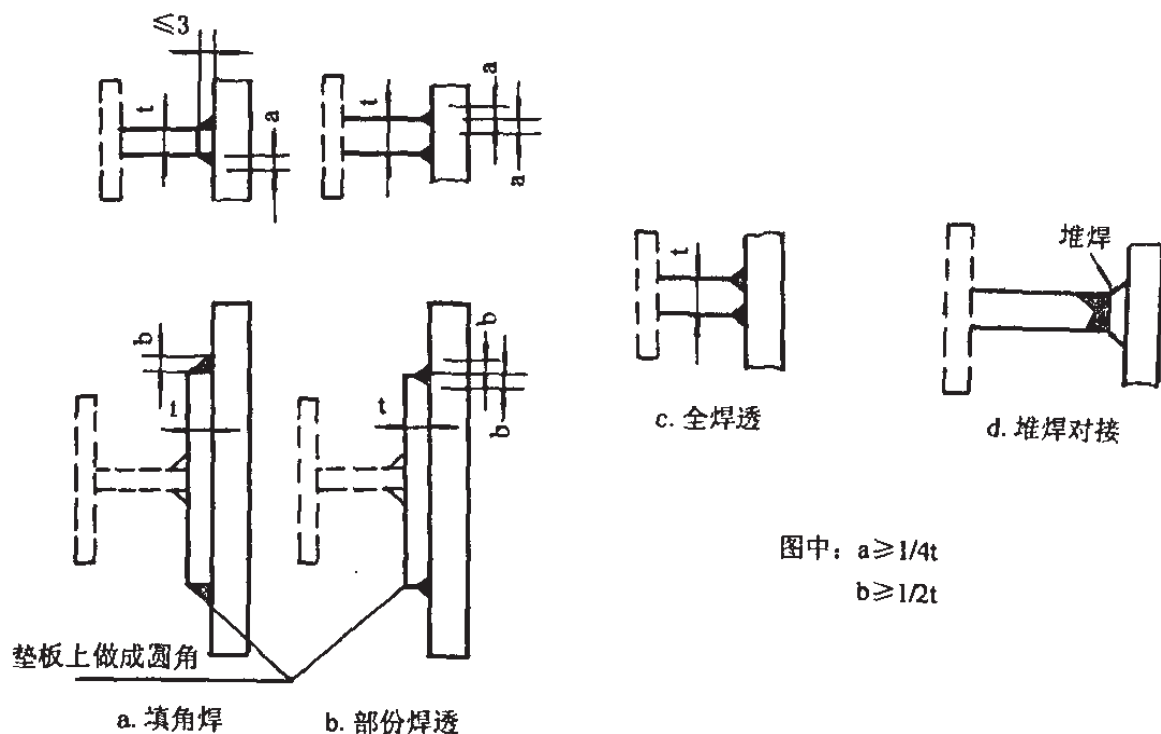


图 5-5 附件焊缝的几种型式

a. T 型连接的填角焊缝高度及部分焊透的深度 a 应不小于附件连接件厚度的 $1/4$, 如图 5-5 (a)、(b) 所示。

b. 垫板与器壁的搭接填角焊缝高度及部分焊透的深度 b 应不小于垫板厚度的 $1/2$, 如图 5-5 (a)、(b) 所示。

c. 裙座与壳体的角接焊缝高度(从焊缝根部至焊缝表面的最小厚度) c 应不小于裙座厚度 t , 如图 5-6 所示。

在有条件的场合, 应尽量采用保证焊透的双面角接或对接的连续焊型式, 如图 5-6(b)、(e) 所示。

(3) 5.0.3 条 6 款(2)中所列的填角焊以及部分焊透加填角焊的使用应符合下列有关要求:

a. 图 5-5(a) 所示的填角焊结构只能用于 $a \leq 13\text{mm}$ 的场合, 且附件焊缝距容器不连续应力部位的距离不小于 $(\delta R)^{0.5}$ (R 为不连续部分的壳体法线半径, mm ; δ 为器壁厚度, mm)。

对适用的材料限制应符合 5.0.3 条 4 款(5)要求。

该类焊缝计算时的焊缝系数 $\phi = 0.5$ 。

b. 图 5-5 所示的部分焊透加填角焊的结构, 以及图 5-6(a)~(d) 所示的裙座连接结构, 只能用于附件或裙座厚度小于等于 38mm 的场合, 适用的材料同 5.0.3 条 4 款(5)。如欲用于强度更高或合金含量更高的材料时, 只能用于厚度小于等于 20mm 的场合。

该类焊缝计算时的焊缝系数 $\phi = 0.6$ 。

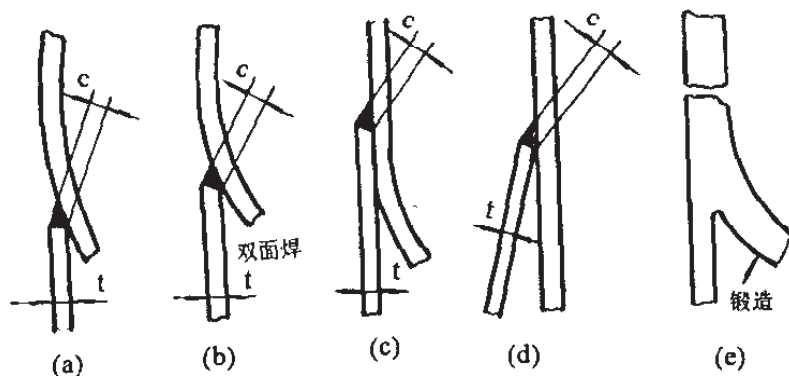


图 5-6 裙座与壳体的连接型式

5.0.4 锥形封头或变径段的半锥角不得超过 45° ，且应带有折边。折边的弯曲半径大于等于 $0.1D$ 和 3 倍壁厚(取大值)，并需有大于等于 25mm 的直边。

5.0.5 带法兰无折边球形封头的采用，须满足下列要求：

- 1 球形半径 $R \leq$ 法兰内径 D 。
- 2 直径与使用压力的组合 $PD^2 \leq 8 \times 10^5$ ，式中 P 为封头设计(使用)内压，MPa； D 为封头内径(法兰公称直径)，mm。
- 3 封头与法兰的焊接结构应符合图 5-7 所示要求。

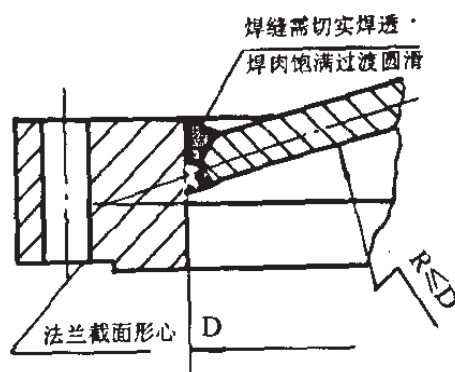


图 5-7 带法兰无折边球形封头

5.0.6 接管应符合下列要求：

- 1 与壳体相焊的管段，壁厚应不小于 5mm，其中 $DN \leq 50\text{mm}$ 的短接管宜采用锻造后车制的厚壁管台(延长部分可采用普通壁厚的无缝钢管)或异径管。
- 2 弯头应采用煨弯或压制弯头，不得采用直管拼接(虾米腰)。
- 3 介质有危险(易燃或毒性为极度、高度危害)或压力大于等于 1.6MPa 时，T 型接管应采用无缝挤压三通或加厚管开孔焊接。
- 4 与壳体相焊采用插入式结构时，管端的尖角须车削或打磨成 $R \geq 3\text{mm}$ 的圆角。
- 5 钢板卷管的纵焊缝及管段相接的环焊缝，应采用全焊透结构。

5.0.7 开孔应尽量避免开主焊缝及其附近区域，如必须在焊缝区域开孔时，应符合 HG 20584 相应条款的要求。

5.0.8 为便于接管根部施焊、打磨和检查,补强圈允许对分两半,但对分面必须置于应力最低处(如筒体的横截面)。分割面须制备对焊坡口,每个半补强圈靠近分割面各设 M10 试压检验孔一个。两个半补强圈在接管与壳体焊接及检验完成后,装配并对焊成一体。

5.0.9 设计压力大于等于 1.60MPa 且盛装易燃或毒性为极度、高度危害介质的容器法兰,或具有较大外加载荷的接管法兰,应采用对焊法兰。对焊法兰的制造应符合 6.3 的要求。

5.0.10 紧固件

1 低温压力容器法兰用螺栓、螺柱等紧固件不得采用一般的铁素体商品紧固件。符合低温低应力工况的压力容器,当其调整后的设计温度等于或高于 -20°C 时,可不受此限制。

紧固件用配套螺母允许使用一般的商品螺母,但使用温度应不低于 -40°C 。

2 推荐采用中部无螺纹部分的芯杆直径不大于 0.9 倍螺纹根径的弹性螺柱。

3 设计温度不低于 -100°C 的铁素体钢容器,应采用铁素体钢紧固件(螺栓、螺柱、螺母、垫圈)。

设计温度低于 -100°C 的奥氏体钢容器,应采用奥氏体钢紧固件。

4 符合 GB 3098.6《紧固件机械性能——不锈钢螺栓、螺钉、螺柱和螺母》A2 级的奥氏体钢商品紧固件可使用至不低于 -196°C 的低温压力容器。

螺栓或螺柱的许用应力按 GB 3098.6 中相应等级的屈服强度保证值除以表 5-1 所列的安全系数而得。

表 5-1 不锈钢紧固件的安全系数(屈服)

性能等级	屈服强度(MPa)	$<M24$	$\geq M24$
A2-50	210	1.6	1.5
A2-70	450	3.5	—
A2-80	600	3.5	—

注: $<M24$ 的 A2-70 许用应力不低于 A2-50 的数值。

5 采用冷加工强化奥氏体钢棒加工的螺纹紧固件应符合下列要求:

(1) 钢棒(冷加工)应符合附录 A《紧固件用冷加工奥氏体钢棒技术要求》。

(2) 许用应力按表 5-2 选用。

表 5-2 冷加工奥氏体钢棒螺纹紧固件的抗拉许用应力

牌 号	紧固件规格	$\leq 20^{\circ}\text{C}$ 的许用应力 (MPa)
0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti	$\leq \text{M16}$	197
	M18~M22	157
	M24	183
	M26~M32	150
0Cr17Ni12Mo2	$\leq \text{M16}$	187
	M18~M22	157
	M24	183
	M26~M32	150

5.0.11 密封垫片

1 使用温度低于 -40°C 的密封垫片用金属材料(如金属包覆垫的金属外壳、缠绕式垫片的金属带以及实心的金属垫),应采用奥氏体不锈钢、铜、铝等在低温下无明显转变特性的金属材料。

2 密封垫片用非金属材料应采用石棉、膨胀(柔性)石墨、聚四氟乙烯等在低温下呈良好弹塑性状态的材料。

一般石棉橡胶板,允许用于使用温度不低于 -46°C 、压力容器不高于 1.6MPa (150 磅级)的法兰。

引进的非石棉橡胶板可参考产品样本的规定,但使用温度应不低于 -70°C ,且公称压力不高于 1.6MPa (150 磅级)。

6 制造和检验

低温压力容器的制造和检验,除应符合 GB 150《钢制压力容器》和 HG 20584《钢制化工容器制造技术要求》外,还应符合本规定的有关要求。

6.1 制造用原材料

6.1.1 制造低温压力容器用的材料应符合第 4 章的要求。

6.1.2 制造低温压力容器受压元件用钢板应由容器制造单位按 4.0.5 条 4 款要求复验低温冲击韧性。如钢材质量证书中缺少低温夏比(V 型缺口)冲击试验数据,低温冲击韧性试验需按规定加倍复验。

5.1.3 制造低温压力容器受压元件用的钢材,钢材未作无损探伤交货时,容器制造单位应按 4.0.7 的要求进行无损探伤检验。

6.2 受压元件的成形

6.2.1 不采用热加工也不进行消除应力热处理的低温受压元件,不准打钢印。允许打少量基准线镫眼(冲样的尖端应磨圆),但深度不得超过 0.5mm。材料和件号标记用油漆涂写。焊工记录绘图标明,并随质量证书一起出厂。

6.2.2 钢板及钢管不得在冷态下用钢锤敲打成形或校形。若需在冷态下成形或校形,必须采用胎具缓慢变形或用木锤、橡皮锤轻打,并需对其变形度(纤维伸长率)加以控制,各种材料允许的冷加工变形度如下:

1 含镍量小于 1.5%的铁素体低合金钢和碳素钢,冷加工变形度应小于等于 2%(钢板)、5%(钢管)。

2 含镍量大于等于 1.5%的铁素体镍合金钢,冷加工变形度应小于等于 5%;变形度大于 2%时,必须进行时效冲击试验(变形度 5%),冲击韧性低于 4.0.5 的规定者按 6.2.4 规定处理。

3 对于铬镍奥氏体不锈钢,冷加工变形度应小于等于 15%。如能证实材料在冷加工后的纤维伸长率尚能大于或等于 15%者,则可提高允许的冷加工变形度。

6.2.3 材料的加工变形度按 HG 20584 有关条款进行计算。

6.2.4 材料的加工变形度超过 6.2.2 允许值时,必须采用热成形或冷成形后消除应力热处理。热成形的终压温度不得低于材料的再结晶温度。

6.2.5 坯料热成形前的加热,必须在均热炉内进行,不得采用焦炭火焰直接加热。材料在加热过程中,若出现合金元素烧损、金相组织破坏(无法通过热处理恢复)或表面龟裂,应予报废。

6.2.6 规定正火状态使用的材料,必须采用正火工艺控温热成形或热成形后重新正火处理。采用控温热成形者,除控制加热成形温度外,还应设置热加工模拟试板,进行评定(包括母材及焊接接头)。规定调质状态使用的材料,热成形后必须重新调质处理。铬镍奥氏体不锈钢,热成形后必须淬火(固溶)处理。

6.3 对焊法兰制造

对焊法兰应采用无缝的锻制或轧制工艺生产,不允许采用厚钢板切制而成,但允许采用型钢或钢板弯曲、焊接制成。如采用钢板弯制,应将钢板沿轧制方向切成条形。弯曲时应使钢板表面平行于法兰的中心线,同时,还必须对钢板进行超声波探伤,不得存在分层缺陷。

6.4 焊 接

6.4.1 低温压力容器焊接材料的选用及焊接工艺评定应符合 4.0.9 有关规定,其余按 1.0.5 所列有关标准的相应规定。

6.4.2 低温压力容器受压元件材料为铁素体钢,属于下列 1 或 2 款情况之一者,焊接坡口焊前必须经磁粉或渗透探伤。

1 合金元素总含量大于 3%。

2 钢材标准规定的最低抗拉强度 σ_b 大于 540MPa 的低合金钢,其焊接坡口采用火焰切制或碳弧气刨者。

3 在钢板表面(而不是端面)进行施焊的安放式接管、平封头、管板与壳体连接结构处(如 HG 20583 中的 J7、R4~R9、R11、G34~G41),坡口处 3 倍焊缝宽度范围内的钢板表面应作超声波探伤,且无分层缺陷存在。

6.4.3 低温压力容器受压元件的焊接须符合以下要求:

1 引弧须采用引弧板或在坡口内引弧,不得在非焊接部位引弧。

2 焊接附件或工装卡具、拉筋等必须使用与壳体相同的焊接材料和焊接工艺,由合格的正式焊工施焊,焊道长度不得小于 50mm。

3 接管及人孔根部与容器壳体相联的焊缝,以及接管及法兰的对接焊缝,必须焊透〔除 5.0.3 条 5 款(4)~5.0.3 条 5 款(6)规定者外〕。

4 对接焊缝必须焊透,余高应尽量减少;角焊缝应圆滑,不允许向外凸起,焊缝圆滑度差或成形不良者必须打磨;焊缝表面不得存在咬边。

6.4.4 低温压力容器受压元件的焊接工艺评定按 JB 4708《钢制压力容器焊接工艺评定》规定。冲击韧性试验的取样数量(不包括复验)不得少于二组(每组三个试样)。V 型缺口的中心线分别位于焊缝中央和热影响区(熔合线外 2mm 左右的相变阴影区)。必要时,可采用 K 型坡口,以对熔合线的冲击韧性进行评定。低温冲击试样尺寸、试验方法、试验温度及合格指标等应符合 4.0.5 的相应要求。

6.4.5 施焊过程中,应严格控制焊接线能量在工艺评定的线能量范围内,尤其应注意不要超过工艺评定的线能量上限。

6.5 焊后消除应力热处理

6.5.1 受压元件焊接接头厚度超过 16mm 时,低温压力容器或部件全部施焊工作完成后,应进行消除应力热处理。热处理工艺应与焊接工艺评定的热处理制度(温度曲线)一致。

6.5.2 焊接接头厚度的计算原则如下:

1 对接接头按较薄者厚度计。

- 2 筒体与管板、平封头之类的焊接接头按筒体厚度计。
- 3 接管与壳体的焊接接头按壳体厚度计。
- 4 接管或壳体与法兰的焊接接头按接管或接头厚度计。
- 5 附件与受压元件的焊接接头按角焊缝的厚度计(填角焊按腰高计)。

6.6 产品焊接试板及其检验

- 6.6.1 每台低温压力容器至少应作一块产品焊接试板。当一台容器的主要受压元件(筒体、凸形封头)采用数种经评定的焊接工艺施焊时,应相应增加产品焊接试板的数量。
- 6.6.2 产品焊接试板须在产品制作过程中,以产品制作时同样的材料(包括母材和焊接材料)、同样的焊接工艺和焊接条件与产品焊缝同时焊接,不得在产品完成后补作。
- 6.6.3 产品焊接试板的常规机械性能检验按 GB 150《钢制压力容器》附录 E 中产品焊接试板焊接接头的力学性能检验的有关规定。

其中低温冲击试验按 4.0.5 进行,每块试板最少取两组试样(每组三个),缺口中心线位于焊缝中央和热影响区各一组,试样取自最终焊道一侧,缺口中心线与板面垂直。

- 6.6.4 产品试板冲击试验不合格时,按 4.0.5 条 6 款(1)和 4.0.5 条 6 款(2)处理,或将试板连同容器或其所代表的部件一同热处理后重新检查。

6.7 焊缝及表面无损探伤

- 6.7.1 低温压力容器的对接焊缝符合下列情况之一者,应经 100%射线或超声波探伤检查。
 - 1 盛装易燃介质的容器,且设计压力大于 0.6MPa 者。
 - 2 设计压力大于等于 1.60MPa 者。
 - 3 壳体板厚大于 25mm 者。
 - 4 钢材标准规定的最低抗拉强度 $\sigma_b > 540\text{MPa}$ 或合金元素含量大于 3%者。
 - 5 设计温度小于 -40°C 者。
 - 6 符合 GB 150 附录 C 有关规定者。
- 6.7.2 除 6.7.1 规定以外的对接焊缝允许局部探伤,其检验长度不小于相应焊缝总长的 50%。
- 6.7.3 低温压力容器下列部位应按 JB 4730 进行表面磁粉或渗透探伤。
 - 1 符合 6.7.1 的对接焊缝,但无法进行射线或超声波检查者。
 - 2 符合 6.7.1 的容器壳体上的 C 类、D 类焊缝以及附件焊接的角接焊缝、填角焊缝的可及表面。
 - 3 钢材标准规定的最低抗拉强度 $\sigma_b > 540\text{MPa}$ 的高强度钢容器壳体上的全部焊缝及热影响区表面。
 - 4 受压壳体上工装卡具、拉筋板等临时附件拆除的焊痕表面、焊补前的坡口及焊补的表面以及电弧擦伤处。
- 6.7.4 设计压力大于等于 1.60MPa,且设计温度低于 -40°C 的设备法兰用紧固件材料为铁素体钢时,应逐件进行磁粉探伤。
- 6.7.5 无损检验方法和评定标准应符合下列要求:
 - 1 对接焊缝的射线探伤按 JB 4730 进行。射线照相的质量应不低于 AB 级,焊缝质量不低于 II 级为合格(100%探伤及局部探伤)。

- 2 焊缝的超声波探伤按 JB 4730 进行,无论 100%探伤及局部探伤均应不低于 I 级要求。
- 3 磁粉探伤按 JB 4730 进行。
- 4 渗透探伤按 JB 4730 进行。
- 5 紧固件用磁粉探伤按 JB 4730 的规定进行。

低温压力容器及其受压元件表面由材料生产或加工制造过程中引起的表面缺陷,应经肉眼检查。如发现有裂纹、折叠、压入氧化皮、结疤、撕裂、飞溅、电弧擦伤、咬边、弧坑、尖锐的机械划伤和撞击凹痕、清除工夹具等引起的焊疤等有害缺陷,应予打磨清除。修磨的凹坑应与母材圆滑过渡。

修磨后的材料厚度应保证不低于该处的计算厚度(包括腐蚀裕量),且深度不超过下列数值。

钢板:公称厚度的 7%,且小于 2mm。

钢管:公称壁厚的 12.5%。

如修磨深度或修磨后的材料厚度不符合上述情况,应考虑采取焊补、更换、应力核算或其它安全措施。

6.8 压力试验与致密性试验

6.8.1 试压方法及压力数值按 GB 150 或设计文件的规定。

6.8.2 压力试验时,容器壁温必须比壳体材料和焊接接头的冲击试验温度(取高者)高 20℃以上。

6.8.3 液压试验后不应再在受压元件上进行焊接之类可能引起焊接应力和缺口应力集中的加工,否则须重新试压。

6.8.4 致密性试验

当试验压力等于设计压力时,试验温度应不低于设计温度。

当试验压力高于设计压力 10%以下时,试验温度须比设计温度高 20℃以上。

6.9 质量证明书、标志、包装、运输

6.9.1 容器的铭牌不得直接钉装在受压壳体上,若需在容器壳体上装铭牌时,必须预先焊装铭牌座,将铭牌装于座板上。

6.9.2 容器出厂合格证、质量证明书、铭牌、包装、运输等按 GB 150 和 HG 20584 的有关规定。

附录 A 紧固件用冷加工奥氏体钢棒技术条件

本附录适用于低温压力容器采用冷加工强化的奥氏体不锈钢钢棒(螺纹紧固件用棒材)的情况。本附录的内容系参照采用美国 ASTM/ASME A320 的有关要求,作为应用 GB 4226《不锈钢冷加工棒》的补充技术条件。

A.1 牌号和化学成份

钢棒的化学成份应符合 GB 4226《不锈钢冷加工棒》中的 0Cr18Ni9、0Cr18Ni10Ti、0Cr17Ni12Mo2 的要求。

A.2 热处理和冷加工

钢棒应按 GB 1220 的要求进行固溶处理后,再经冷拉或其它形式的冷加工。冷加工后不应再次经热处理或热加工。

A.3 机械性能

冷加工后的钢棒机械性能应符合表 A-1 的要求。

A.4 试验方法

拉伸试样应取自最终冷加工后的棒材。试样的轴心应尽量位于棒材 1/4 直径处,且与棒材轴线平行。硬度试验应位于上述棒材直径的 1/4 处。试样、试验方法等均同 GB 4226 的有关规定。

表 A-1 冷拉钢棒机械性能

钢 号	钢材直径 (mm)	σ_b (MPa)	σ_s (MPa)	δ_5 (%)	ψ (%)	HB(HRC)
0Cr18Ni9 0Cr18Ni10Ti	≤ 19	≥ 860	≥ 690	≥ 12	≥ 35	$\leq 321(35)$
	$> 19 \sim \leq 25$	≥ 795	≥ 550	≥ 15	≥ 35	$\leq 321(35)$
	$> 25 \sim \leq 32$	≥ 725	≥ 450	≥ 20	≥ 35	$\leq 321(35)$
0Cr17Ni12Mo2	≤ 19	≥ 760	≥ 655	≥ 15	≥ 45	$\leq 321(35)$
	$> 19 \sim \leq 25$	≥ 690	≥ 550	≥ 20	≥ 45	$\leq 321(35)$
	$> 25 \sim \leq 32$	≥ 655	≥ 450	≥ 25	≥ 45	$\leq 321(35)$

附录 B 低温压力容器用焊接材料

B.0.1 常用手工电弧焊焊条见表 B-1。

表 B-1 手工电弧焊焊条

焊条牌号	符合国标型号	相近标准型号	最低 使用温度	适用钢种
J427(结 427)	GB5117-E4315		-20℃	低碳钢
J426(结 426)	GB5117-E4316			
J507(结 507)	GB5117-E5015			16MnR
J506(结 506)	GB5117-E5016			
J427Ni(结 427 镍)		GB5117-4315	-40℃	铁素体低强度钢
J507RH(结 507 韧氢)		GB5118-E5015G		16MnDR 等低温用低合金钢
J506RH(结 506 韧氢)		GB5118-E5016G		
J507NiTiB (结 507NiTiB)		GB5118-E5015G		15MnNi、16MnDR 等低温钢
J556RH(结 556 韧氢)		GB5118-E5516G		抗拉强度高于 16MnDR 的低温用钢
J607RH(结 607 韧氢)		GB5118-E6015G		抗拉强度 590MPa 级的低温用钢
W707Ni(温 707 镍)	JB2835-TW70-7Ni	(GB5118-E5515C1)	-70℃	09Mn2VR 等
W807Ni(温 807 镍)		GB5118-E5515G	-80℃	09MnNi 等
A102(奥 102)	GB983-E308-16		-120℃	18-8 型奥氏体不锈钢
A107(奥 107)	GB983-E308-15		-196℃	
A302(奥 302)	GB983-E309-16		-120℃	奥氏体与铁素体异种钢焊接
A307(奥 307)	GB983-E309-15		-196℃	

B.0.2 部分焊条性能特点见表 B-2。

表 B-2 部分焊条性能特点

焊条牌号	主要化学成份 (%)	焊缝金属机械性能(不低于)				熔敷金属 扩散氢 含量 (mL/100g)	药皮 含水量 (%)	生 产 厂
		σ_b (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	δ_5 (%)	A_{KV} (J)			
J427	C $\leq$ 0.12, Mn $\leq$ 1.25 Si $\leq$ 0.9, S $\leq$ 0.035 P $\leq$ 0.040	420	330	22	-30℃ 27	$\leq$ 8	$\leq$ 0.60	一般焊条厂均生产
J427Ni	Mn0.5~0.85 Si $\leq$ 0.5, Ni $\leq$ 0.7 其余同 J427	420	330	22	-40℃ 27	$\leq$ 6	$\leq$ 0.40	上海、成都、株洲、 石家庄、北京电焊 条厂
J507	C $\leq$ 0.12, Mn $\leq$ 1.6 Si $\leq$ 0.6, S $\leq$ 0.035 P $\leq$ 0.040	490	410	22	-30℃ 27	$\leq$ 8	$\leq$ 0.60	一般焊条厂均生 产
J507NiTiB	S $\leq$ 0.025 P $\leq$ 0.025 Ni0.35~0.65 Ti0.2~0.4 B0.002~0.005 其余同 J507	490	410	24	-40℃ 47	$\leq$ 2	$\leq$ 0.15	常州、宜昌电焊条 厂
J507RH	Ni0.35~0.8 S, P $\leq$ 0.025 其余同 J507	490	410	22	-40℃ 34	$\leq$ 1.5	$\leq$ 0.10	上海、成都、南京、 北京电焊条厂, 上 海电力修造厂
J556RH	C $\leq$ 0.12, Mn $\geq$ 1.0 Si0.3~0.7 S, P $\leq$ 0.035 Ni $\leq$ 0.85	540	440	17	-40℃ 34	$\leq$ 1.5	$\leq$ 0.10	成都、泰州电焊条 厂
J607RH	C $\leq$ 0.10, Mn $\geq$ 1.0 Si $\leq$ 0.8 Ni0.6~1.2 Mo0.1~0.4 S, P $\leq$ 0.035	608	490	17	-50℃ 48	$\leq$ 1.5	$\leq$ 0.10	成都、桂林、北京 电焊条厂, 上海电 力修造厂
W707Ni	C $\leq$ 0.12 Mn $\leq$ 1.25 Si $\leq$ 0.6 S, P $\leq$ 0.035 Ni2.0~2.75	540	440	17	-70℃ 27	$\leq$ 6	$\leq$ 0.20	天津、自贡、哈尔 滨电焊条厂
W807Ni	C $\leq$ 0.07 Mn1.1~1.4 Ni1.2~1.6 S, P $\leq$ 0.035 Si $\leq$ 0.50	490	390	22	-80℃ 27	$\leq$ 6	—	宜昌电焊条厂

钢制低温压力容器技术规定

HG 20585—1998

编 制 说 明

本标准是在下列标准的基础上进行编制的:

- (1)GB 150《钢制压力容器》附录 C;
- (2)HGJ 19—89《钢制低温压力容器技术规定》。

在修订本标准时遵循了以下原则:

- (1)不违背 GB 150 的相应规定;
- (2)根据化工容器设计的具体情况,对 GB 150 进行补充和具体化;
- (3)参考国外相应的低温压力容器有关标准、规范,如 ASME VIII—1 和 VIII—2、BS 5500、JIS B8270、AD 规范等的内容,以及国内外在低温容器方面新的进展及规定。

由于本规定的编制单位也是 GB 150 附录 C 的编制单位,因此,在本规定编制说明中仅就与 GB 150 有区别的部分进行说明,而与 GB 150 一致的部分就不再赘述,可参阅 GB 150 相应部分的编制说明。

1. 对奥氏体不锈钢制低温容器的技术要求

参照 ASME VIII—1、UHA51,对奥氏体不锈钢制低温容器增加了四项要求:

(1)考虑到目前国内使用 1Cr18Ni9Ti 仍较多,为此限制用于低温容器的 18—8 钢的含碳量小于等于 0.10%,实际上是限制了 1Cr18Ni9Ti 用于低温容器。

(2)铸造材料的化学成份和金相组织,与钢厂生产的轧材相比,有较大差异,为此规定了 A_{KV} 的要求,具体指标系按 ASME SA352 有关说明确定。

(3)对于奥氏体钢焊缝,为了避免纯奥氏体组织在熔焊过程中产生高温热裂纹倾向,规定熔敷金属的成份设计中一般要含有一定数量的铁素体组织。但为了防止过多的铁素体对低温韧性的影响,因此,按 ASME VIII—1、UHA51 的规定,对工艺评定的 A_{KV} 提出了要求。具体指标系参照 AD 规范 HP2/1 中对低温不锈钢焊接接头(焊肉)的 A_{KV} 要求确定。

由于国内目前尚无测定冲击试样侧向膨胀量的有关标准,为此本标准对奥氏体不锈钢的冲击试验仍采用冲击功的判据。

(4)奥氏体钢过大的冷变形也将导致低温韧性下降,因此参照 AD 规范 W10 的规定,规定了最大允许冷变形率。

2. 环境温度与设计温度的关系

我国北方与西北地区的严寒季节,环境温度较低。部分无保温而且安放在室外的容器,尤其是储存类容器,其设计温度往往要根据环境温度来确定。由于情况各异,在 GB 150 中只笼统指出了环境温度的定义和要考虑环境温度的影响,但未规定设计温度如何确定。

本规定把上述低温容器分为内部装载液体或气体介质两大类。由于液体的热容量较大,取设计温度等于环境温度;而气体的热容量较小,壳体壁温接近于日平均温度。根据气象数据统计,寒冷地

区按 GB 150 定义的环境温度比最低日平均温度要高 3~4℃。为此,对于介质为气相的容器,取环境温度(按 GB 150 的定义)降低 3℃作为设计温度。

当然,容器的容积有大小之分,装载物料也有多少之分,这些情况均由设计者按照上述原则灵活掌握。

3. 低温低应力工况压力容器

GB 150 中规定了低应力工况的定义为壳体或其受压元件环向应力小于或等于常温屈服点的六分之一,且不大于 50MPa 时的工况。但化工容器设计中还确实存在着应力水平虽较低但未低至六分之一屈服强度的现象。下面列出国外压力容器规范中对低应力工况的处理条款。

英国 BS 5500	$\sigma \leq \frac{2}{3}[\sigma]$ $\sigma \leq 50\text{MPa}$	设计温度调整值 $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ 设计温度调整值 $\Delta t = 50^\circ\text{C}$
法国 CODAP	$\sigma \leq \frac{1}{2}\sigma_s$ $\sigma \leq 50\text{MPa}$	设计温度调整值 $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ 设计温度调整值 $\Delta t = 50^\circ\text{C}$
德国 AD 规范	$\sigma \leq \frac{3}{4}[\sigma]$ $\sigma \leq \frac{1}{2}[\sigma]$ $\sigma \leq \frac{1}{4}[\sigma]$	$\Delta t = 50^\circ\text{C}$, 但大于 10mm 应作 PWHT $\Delta t = 50^\circ\text{C}$, 但大于 20mm 应作 PWHT $\Delta t = 70 \sim 80^\circ\text{C}$
ASME VIII-1(95)	$\sigma/([\sigma] \cdot \phi) = 0.80$ 0.60 0.50 0.44	$\Delta t = 11.1^\circ\text{C}$ $\Delta t = 22.2^\circ\text{C}$ $\Delta t = 33.3^\circ\text{C}$ $\Delta t = 44.4^\circ\text{C}$
	0.40	$\Delta t = 58.3^\circ\text{C}$, 适用于设计温度不低于 -100°C 时

考虑到 GB 150 标准的安全系数 $n_b = 3$, 与 ASME VIII-1 $n_b = 4$ 的差异, 为了达到同等的应力水平, 本标准对低温低应力工况下, 温度调整值按 ASME VIII-1 的规定, 但将应力水平再分别下调四分之三, 如下表所示。

ASME VIII-1		本 标 准	
应力比	设计温度调整值 $\Delta t(^{\circ}\text{C})$	应力比	设计温度调整值 $\Delta t(^{\circ}\text{C})$
1.00	0	0.75	0
0.80	11.1	0.60	10
0.60	22.2	0.45	20
0.50	33.3	0.375	30
0.44	44.4	0.33	40
0.40	58.3 适用于设计温度不低于 -100°C	0.30	50 适用于设计温度不低于 -100°C

可见, 本标准与 GB 150 附录 C 在低温低应力压力容器上的区别在于:

(1) 当设计温度不低于 -46°C 时, 提高了低应力的阈值, 使设计选材更具调节余地, 而且对“低应力”阈值的提高是符合 ASME VIII-1 应力水平的。与欧洲各国规范相比, 也有可比性。

(2)当设计温度为 $-46^{\circ}\text{C}\sim-100^{\circ}\text{C}$ 时,GB 150 与本标准规定是一致的。

(3)当设计温度低于 -100°C 时,本标准不再适用低应力概念,与 ASME VIII-1 的规定相同,而 GB 150 的低应力工况可适用至 -196°C 。

4. 低应力工况下的 $0\sim-20^{\circ}\text{C}$ 用低温容器

符合低应力工况的低温容器,当调整后的冲击试验温度处于 $0^{\circ}\text{C}\sim>-20^{\circ}\text{C}$ 之间时,按 GB 150 附录 C 不作低温冲击试验,其设计、制造均按常温容器考虑。考虑到化工容器的安全性要求较高;而且目前对 -20°C 一刀切的处理方法缺乏一个过渡层次,低于 -20°C 与高于 -20°C 的容器在技术要求上差距太大。为此,本规定设立了一条过渡的条款,即符合低应力工况的低温容器,当调整后的冲击试验温度高于 -20°C ,但低于或等于 0°C 时,母材及其焊接接头需按调整后的温度进行低温冲击试验,而其它设计、结构、制造、检验要求仍按常温容器对待。所以,本规定的这些要求与 GB 150 相比,要求是提高了。

5. 小试样问题

在 GB 150 中,只规定了一种小试样(冲击)尺寸,即 $5\text{mm}\times 10\text{mm}\times 55\text{mm}$ 。这是由于相应的冲击试样国家标准中只列入了这样一种小试样尺寸。目前,无论低温容器或低温钢材标准,都把单位截面积的冲击功维持不变作为确定小试样冲击功要求的准则。这是接受了英国等国家有关学者的科研结论。但这个结论是有前提的,即试样尺寸与钢材厚度的差别应当是尽可能小。所以,按照目前试样标准中只有一种 5mm 小试样的情况,厚度小于 11mm 的钢材或 $12\sim 14\text{mm}$ 的钢管也只能采用 5mm 小试样,而且厚度在 6mm 以下时就不能进行冲击试验。显然,只采用 5mm 小试样是不够安全的,有必要按照 ASME 等规范的规定,对冲击试验温度按试样尺寸进行调整。

目前,国内如成都无缝管厂等,已将 $7.5\text{mm}\times 10\text{mm}\times 55\text{mm}$ 以及 $2.5\text{mm}\times 10\text{mm}\times 55\text{mm}$ 小试样列入厂标,而且 7.5 、 2.5 小试样的加工要求,除宽度外均与 5mm 小试样完全一致。因此,本规定中引入了这两种补充的小试样尺寸,弥补了 GB 150 在小试样问题上的不足,也提高了薄壁低温受压元件的安全性。

6. 冲击试验温度与设计温度的关系

我国现行容器标准中是不论厚度、焊接与否、载荷类别,一律取冲击温度等于设计温度,同时对焊后热处理等作了相应规定,以作为补充。这显然是一种比较简单,但又符合按规则设计的压力容器规范的特点。然而,化工容器设计和制造中遇到的情况又是十分复杂的。为此,本规定中对一些常见的问题作了规定的处理方法。

其中,对螺栓、螺母的规定是考虑到紧固件的设计温度与壳体有差别,而螺母的载荷又较低,因此作了相应调整。

对非焊接件且以弯曲应力为主的元件,根据其应力及不焊接的特点,也相应作了放宽处理的规定。

对超过 16mm 又不作焊后热处理的特殊场合,规定要降低冲击温度。这是吸收了国外相应规范(如 JIS B8250、BS 5500、ISO、CODAP)对厚度与焊后热处理的考虑因素,而作出的调整。

由于低温铁素体钢在焊后经常会发生热影响区冲击功下降的现象,因此,为了保证焊接接头的各区冲击功要求,有必要对母材提出较高的要求,或要求母材的低温韧性比标准规定的值留有较多的余量,为此,也提出相应的原则要求。

7. 按 σ_b 分档的改变

GB 150 附录 C 中,根据材料的抗拉强度,规定了不同的冲击功要求。GB 150 中的 σ_b 分档时完全按 ASME VIII-1 确定的。本规定按照国内压力容器用钢的抗拉强度等级,作了适当调整,调整基本上都是按提高要求的方向靠拢的。

8. 异种钢焊接接头的性能要求

石油化工装置中由于低温设备涉及的温度范围较广,同一台设备中经常会遇到不同的温度系列,或不同合金体系的低温钢共用。所以,异种钢焊接接头的性能要求是经常遇到的问题。本规定本着保证接头韧性、强度、冷弯就低等原则,对各种情况的异种钢焊接组合作了规定。

9. 结构设计

按照尽可能焊透的原则,对 A、B、C、D、E 类各种焊缝的使用作了规定。但也不能什么结构都要求焊透。为此,参照 ASME VIII-2 对低温用镍钢的相应规定,对各类焊缝结构型式,结合 HG 20583 的节点图进行了规定。

同时,对平焊法兰、带补强板接管以及部分口径较小又不承受外载荷的开孔接管型式,作了限制性规定。

10. 商品紧固件的使用

商品紧固件在压力容器行业中的使用,历来未作规定。本规定参考了国际紧固件标准以及 AD 规范等标准,对商品紧固件专门作了规定。

11. 对冷加工变形率的限制

主要参照 ADW10 的相应条款并结合国内低温压力容器制造经验,对冷加工变形率作了规定。

12. 增加了焊接工艺评定中对熔合线的冲击功要求

目的旨在提高对接头各个区域冲击韧性的水平,做到心中有数,但仅限于必要时在工艺评定时作,而产品试板并不要求作。

13. 增加了对 100% 射线探伤的要求

在 GB 150 附录 C 的基础上,对压力较高、盛装易燃介质的容器增加了 100% 无损探伤的要求,这对提高化工用低温压力容器的安全性是有益的。

14. 表面磁粉探伤要求

在 GB 150 附录 C 的基础上,对高强钢拆除工装卡具的焊痕表面、焊补前后以及设备法兰用螺纹紧固件增加了磁粉探伤要求,并提出了具体的合格级别要求。

15. 关于附录 A、B

参考 ASME SA 320 和 ASME VIII-1 的有关规定,规定了冷加工强化不锈钢螺栓的性能要求及许用应力;列入了国内目前较成熟的焊条牌号、性能和生产厂,以供设计选用。