HG/T20584-20XX

钢制化工容器制造技术规范

Code of fabrication for steel chemical vessels

（征求意见稿）

前　言

本标准(HG20584-20XX)是在原标准(HG20584-2011)的基础上,根据近年实施取得的经验,并依据《压力容器》GB/T 150-2011 和《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG21-2016 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、增加了部分引用标准，并对引用的新版标准进行了改版；

2、增加了碳当量、热切割等名词。

3、增加了双相钢制压力容器用材料的基本技术要求，螺纹紧固件材料的一般技术要求，表5.3.5 铸件无损检测合格等级等材料要求；

4、增加了排版应遵循的原则；

5、增加了机械切割、火焰切割、等离子切割的要求；

6、增加了坡口准备可采用机械加工、热切割和手工打磨等方法的要求；

7、增加了根据材料力学性能、规格的不同，可采用：冷成形、温成形、热成形，优先采用冷成形的要求；

8、增加了圆筒、锥壳的成形以及筒体卷制后的矫圆可采用卷制成形。用于制造筒体、锥体等受压元件时，其卷制方向应与板材的轧制方向相同的要求；

9、增加了表 8.1.5 常用的压制成形工艺及代表零件；

10、增加了弯曲成形一节；

11、增加了含钛、铌合金化的奥氏体不锈钢宜进行稳定化处理；

12、将组装的一般技术要求分为：均一材料筒体纵向焊接接头的组对要求和非均一材料筒体纵向焊接接头的组对要求；

13、增加了奥氏体不锈钢的冷加工应符合的要求；

14、增加了折流板（支撑板）加工的一般要求；

15、增加了加强管加工的一般要求；

16、增加了筒体端部的加工要求；

17、增加了焊缝铁素体含量检测要求；

18、增加了热电偶的布置要求；

19、增加了固溶热处理要求；

20、增加了稳定化热处理要求；

21、增加了特殊结构换热器制造技术要求；

22、增加了复合板筒体下料尺寸计算公式；

23、增加了筒体精准下料尺寸计算公式；

24、增加了双面堆焊管板胀接技术要求；

25、增加了不锈钢设备制造场地要求；

26、增加了不锈钢晶间腐蚀试验方法；

27、增加了预热温度计算；

28、增加了碳当量计算；

29、增加了螺栓的紧固扭矩计算；

30、更换了设备防腐蚀常用涂料。

本标准由全国化工设备设计技术中心站提出并归口管理。

本标准由锦西化工机械（集团）有限责任公司主编。

本标准主要起草人：郝文生等人

目　次

1 适用范围……（6）
2 规范性引用文件……（7）
3 名词术语……（9）
4 总则……（11）
5 材料检验……（12）
6 排版……（18）
7 切割……（19）
8 加工成形……（21）
9 机械加工……（28）
10 组装 ……（30）
11 焊接 ……（33）
12 热处理 ……（39）
13 无损检测 ……（41）
14 检 验……（42）
15 特殊结构换热器制造技术要求 ……（47）
16 试件和试样 ……（49）
17 尺寸公差 ……（54）
18 表面处理、涂漆要求 ……（70）
19 包装和运输 ……（73）
附录 A 压力容器氨检漏试验方法……（75）
附录 B 压力容器氦检漏试验方法……（79）
附录 C 压力容器卤素检漏试验方法……（86）
附录 D 复合板筒体下料尺寸计算公式……（90）
附录 E 筒体精准下料尺寸计算公式……（91）
附录 F 双面堆焊管板胀接技术要求……（93）
附录 G 主螺栓（螺柱）、主螺母和螺孔的加工要求 ……（94）
附录 H 不锈钢晶间腐蚀试验方法……（95）
附录 J 圆筒体纤维变形率计算方法……（96）

附录 K 封头变形率计算方法……（97）
附录 L 钢管冷弯纤维变形率计算方法……（98）
附录 M 预热温度计算……（99）
附录 N 碳当量计算……（100）
附录 P 螺栓的紧固扭矩计算……（101）
附录 Q 不锈钢设备制造场地要求……（102）
附录 R 设备防腐蚀常用涂料……（103）
附： 编制说明……（111）

1 适用范围

1.0.1 本标准规定了《钢制化工容器设计基础规范》HG/T20580 适用范围内的钢制化工容器的制造、检验和验收要求。

1.0.2 本标准适用于单层焊接压力容器、锻焊压力容器和多层压力容器等钢制化工容器结构形式。

1.0.3 本标准涵盖了双管板、多管板换热器、缠绕管式换热器、螺旋折流板式换热器、折流杆式换热器等产品结构的制造要求。

1.0.4 本标准的使用范围，除另有规定外，均与《压力容器》GB/T150-2011 相同。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注明日期的引用文件，仅限注明日期的版本适用于本标准。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21-2016

《钢制化工容器设计基础规范》HG/T20580

《钢制化工容器材料选用规范》HG/T20581

《钢制化工容器强度计算规范》HG/T20582

《钢制化工容器结构设计规范》HG/T20583

《钢制低温压力容器技术规范》HG/T20585

《压力容器》GB/T150.1~150.4-2011

《热交换器》GB/T151

《塔式容器》NB/T47041

《卧式容器》NB/T47042

《钢制球形储罐》GB/T12337

《整体多层夹紧式高压容器》HG3129

《压力容器法兰、垫片、紧固件》NB/T47020~47027

《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》HG/T2806

《锅炉和压力容器用钢板》GB/T713

《低温压力容器用低合金钢板》GB/T3531

《承压设备用不锈钢钢板及钢带》GB/T24511

《压力容器用爆炸焊接复合板》NB/T47002.1~47002.4

《石油裂化用无缝钢管》GB/T9948

《锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管》GB/T13296

《输送流体用不锈钢无缝钢管》GB/T14976

《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》NB/T47008

《低温承压设备用合金钢锻件》NB/T47009

《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》NB/T47010

《承压设备用焊接材料订货技术条件》NB/T47018

《不锈钢压力容器晶间腐蚀敏感性试验》GB/T21433

《金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验法》GB/T4334

《承压设备无损检测》NB/T47013

《无损检测 氦泄漏检测方法》GB/T15823

《铸钢件射线照相及底片等级分类方法》GB/T5677

《铸钢件超声波检测方法》JB/ZQ6109

《铸钢件渗透探伤及缺陷显示迹痕的评级方法》GB/T9443

《铸钢件磁粉探伤及质量评级方法》GB/T9444

《承压设备焊接工艺评定》NB/T47014

《压力容器焊接规程》NB/T47015

《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》NB/T47016

《不锈钢复合钢板焊接技术要求》GB/T13148

《承压设备焊后热处理规程》GB/T30583

《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T1804

《普通螺纹 基本尺寸》GB/T196

《普通螺纹 公差》GB/T197

《紧固件标记方法》GB/T1237

《紧固件公差 螺栓、螺钉、螺柱和螺母》GB/T3103.1

《紧固件表面缺陷 螺栓、螺钉和螺柱 一般要求》GB/T5779.1

《紧固件表面缺陷 螺母》GB/T5779.2

《紧固件表面缺陷 螺栓、螺钉和螺柱 特殊要求》GB/T5779.3

《普通螺纹 中等精度、优选系列的极限尺寸》GB/T9145

《商品紧固件的普通螺纹选用系列》JB/T7912

《涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级》GB/T8923

《压力容器涂敷与运输包装》JB/T4711

3 名词术语

除《钢制化工容器设计基础规范》HG/T20580 及其它引用标准中已有术语和定义之外，下列术语和定义适用于本标准。

3.0.1 模拟焊后热处理

用试件料模拟材料实际制造过程中所经历的相变点 A_{C1} 以下、且 482℃以上的所有焊后热处理过程。分为模拟最小焊后热处理和模拟最大焊后热处理。

3.0.2 模拟最小焊后热处理

用经正火或正火+回火的试样，模拟材料在设备制造过程中的全部热处理，包括所有超过 482℃以上的中间热处理和最终焊后热处理。

3.0.3 模拟最大焊后热处理

用经正火或正火+回火的试样，模拟材料在设备制造过程中的全部热处理，包括所有超过 482℃以上的中间热处理，最终焊后热处理以及至少有一次为用户将来额外进行的最小焊后热处理。

3.0.4 阶梯冷却热处理

采用试样模拟和加速试样脆化的一种特定热处理，用于评估合金钢在高温下的回火脆化倾向。

3.0.5 容器轴线

垂直于容器基准面中心的直线称为容器的轴线。

3.0.6 碳当量

将钢铁中各种合金元素对共晶点实际碳量的影响折算成碳的增减，这样算得的碳量称为“碳当量”。

3.0.7 热切割

利用集中热能使材料熔化或者燃烧并分离的方法，包括火焰切割、等离子切割和碳弧气刨等。

3.0.8 快冷

采用风、水、油等冷却方式对热处理工件进行快于在空气中自然冷却速度的加速冷却过程。

3.0.9 非商品级紧固件

压力容器生产企业自行加工或委托加工的紧固件。

3.0.10 商品级紧固件

商品级紧固件为由专业紧固件制造部门生产，可通过采购而获得的螺栓、螺柱、螺母的外购件。

3.0.11 坡口准备

坡口准备即在压力容器零部件成形前对坡口的加工。

3.0.12 螺栓预紧力

螺栓预紧力就是在拧螺栓过程中拧紧力矩作用下的螺栓与被联接件之间产生的沿螺栓轴心线方向的预紧力。对于一个特定的螺栓而言，其预紧力的大小与螺栓的拧紧力矩、螺栓与螺母之间的摩擦力、螺母与被联接件之间的摩擦力相关。

4 总则

4.0.1 本标准适用于碳素钢、低合金钢、不锈钢制压力容器的制造、检验、验收、包装和运输。

4.0.2 容器的制造、检验及验收等要求除应符合本标准及引用标准的要求外，还应符合设计图样要求。

4.0.3 各种衬里、复合板容器除应符合本标准的要求外，还应符合相应的专门技术要求。

4.0.4 设计温度不高于-20℃的铁素体钢制低温压力容器还应符合《钢制低温压力容器技术规范》HG/T20585 的要求。

4.0.5 压力容器制造或现场组焊单位对受压元件的材料代用、焊接结构的改变以及无损检测方法的变更，应当事先取得原设计单位出具的书面批准，对改动部位应当在竣工图上做好详细记录。

5 材料检验

5.1 压力容器用原材料的一般要求

5.1.1 压力容器受压元件用原材料应符合下列各项要求：

1 设计文件；

2 《压力容器》GB/T150-2011；

3 《钢制化工容器材料选用规范》HG/T20581；

4 本标准的相应要求。

5.1.2 压力容器非受压元件用材料应符合下列各项要求。

1 当与受压元件焊接时应与受压元件材料的力学性能及化学成分相近。

2 虽不与受压元件焊接，但需采用焊接连接时，应是焊接性能良好（碳当量小于 0.45）的钢材。

5.1.3 双相钢制压力容器用材料的基本技术要求

1 双相不锈钢热处理后需要快冷。

2 高铬钼双相不锈钢的热加工与热成型的下限温度不能低于 950℃，超级双相不锈钢不能低于980℃,低铬钼双相不锈钢不能低于 900℃。

5.2 压力容器用原材料的复验要求

5.2.1 制造厂应按 5.1 节的规定，对入厂材料进行检查和验收，如有必要，应进行复验。

5.2.2 根据 5.1 节对材料要求的性能数据不全时,制造厂应进行复验或补做,合格后才能投料使用。

5.2.3 符合下列情况时，宜进行复验。

1 低温工况下的铬钼钢制压力容器用板材、锻件、无缝钢管，应复验不高于最低设计温度下的夏比（V 型缺口）冲击试验，冲击吸收能量值不低于材料标准要求。

2 09MnNiDR 制压力容器用板材、锻件宜做模拟焊后热处理并复验材料力学性能,要求同原材料。

3 设计温度高于-196℃ 铬镍奥氏体钢制的低温压力容器，如果进行了加热处理，加热温度超过 705℃，则母材、热影响区和焊缝金属，应进行不高于最低设计温度下的夏比（V 型缺口）冲击试验，并满足使用要求。

5.3 压力容器用原材料的无损检测要求

5.3.1 如材料制作单位未按 5.1 节的要求进行无损检测,制造厂应予补做。

5.3.2 除设计文件另有规定外，受压元件用钢的无损检测方法及其等级评定按表 5.3.1 规定进行。其合格等级如设计无特殊要求，应按表 5.3.2-5.3.5 的要求。

表 5.3.1 受压元件用钢无损检测方法及质量分级

材料品种	射线	超声波	磁粉	渗透
压力容器用钢板	—	NB/T47013.3 中 5.3 条	—	—
复合钢板	—	NB/T47013.3 中 5.4 条	—	—
碳钢、低合金钢无缝钢管	—	NB/T47013.3 中 5.8 条	NB/T47013.4 中 4.11 条	—
不锈钢无缝钢管	—	NB/T47013.3 中 5.8 条	—	—
锻轧钢棒（紧固件用）	—	NB/T47013.3 中 5.6 条	NB/T47013.4 中 4.11 条	NB/T47013.5 中 8 条
压力容器用碳钢和低合金锻件	—	NB/T47013.3 中 5.5 条	NB/T47013.4 中 4.11 条	
压力容器用奥氏体钢锻件	—	NB/T47013.3 中 5.7 条	—	
碳钢铸件	GB/T5677 《铸钢件射线照相及底片等级分类方法》	JB/ZQ6109《铸钢件超声波检测方法》	GB/T9444《铸钢件磁粉探伤及质量评级方法》	GB/T9443《铸钢件渗透探伤及缺陷显示痕迹的评级方法》

表 5.3.2 钢材超声波检测合格等级（钢板、钢管）

材料品种	超声波
压力容器用碳钢、低合金钢钢板	标准：NB/T47013.3 中 5.3 条 适用范围：6~250mm（厚度） 合格等级：一般用碳钢、低合金钢板III级 下列压力容器不低于Ⅱ级： P≥10.0MPa 的单层高压容器、多层高压容器内筒钢板、调质钢板； 盛装介质毒性程度为极度、高度危害的压力容器； 介质为液化石油气并且硫化氢含量大于 100mg/L 的压力容器；
复合钢板	标准：NB/T47013.3 中 5.4 条 适用范围：基板厚度大于或等于 6mm 的承压设备用复合钢板 合格等级：管板用复合板Ⅰ级 热压封头及高压容器用复合钢板Ⅱ级 一般用复合板III级
碳钢、低合金钢无缝钢管	标准：NB/T47013.3 中 5.8 条 适用范围：外径 12~660mm，壁厚大于或等于 2mm 的碳钢、低合金钢无缝管 合格等级：Ⅱ级（P＜10.0MPa） Ⅰ级（P≥10.0MPa）(注)
奥氏体不锈钢无缝钢管	标准：NB/T47013.3 中 5.8 条 适用范围：外径 12~400mm，壁厚 2~35mm 的奥氏体无缝管 合格等级：Ⅱ级（P＜10.0MPa） Ⅰ级（P≥10.0MPa）

注：高压无缝钢管的表面磁粉检测应符合 NB/T47013.4 中 4.11Ⅰ级。

表 5.3.3 紧固件用钢棒无损检测质量分级

材料品种	超声波	磁粉
锻轧钢棒（螺柱用）	标准：NB/T47013.3 中 5.6 条 适用范围：直径大于 M36 碳钢和低合金钢锻轧钢棒（坯） 要求：纵波检测，检测面 Ra≤6.3μm 合格等级：P≥10.0MPa Ⅲ级	标准：NB/T47013.4 中 第 9 章 适用范围：P≥10.0MPa 高压用螺柱 质量分级应符合以下要求: 不允许任何裂纹、白点 不允许任何横向裂纹 不允许线性缺陷 圆形缺陷磁痕长度 d 小于或等于 2.0mm,且在评定框内不大于 1 个

表 5.3.4 锻件无损检测质量分级

材料品种	超声波	磁粉	渗透
压力容器用碳钢和低合金钢锻件	标准：NB/T47013.3 中 5.5 条 要求：一般在热处理并粗加工后进行，检测面 Ra6.3。纵波检测，筒形锻件还进行横波检测 质量分级：按 NB/T47008~47009-2017 的规定	标准:NB/T47013.4 中 第 9 章 要求：锻件经加工后 Ra≤6.3μm 质量分级应符合以下要求: 1)不允许任何裂纹、白点 2)不允许任何横向裂纹 3)不允许线性缺陷 4)圆形缺陷磁痕长度 d 小于或等于 2.0mm,且在评定框内不大于 1 个	标准:NB/T47013.5 中第 8 章 要求:锻件经加工后进行，受检面不允许作喷砂、喷丸处理 质量分级应符合以下要求: 1)不允许任何裂纹、白点 2)轴类零件不允许任何横向缺陷显示 3)不允许线性缺陷 4)圆形缺陷 d≤1.5mm,且在评定框内少于或等于 1 个
压力容器用奥氏体钢锻件	标准：NB/T47013.3 中 5.7 条 要求：同上 质量分级：按 NB/T47010-2017 的规定		

表 5.3.5 铸件无损检测合格等级

材料品种	射线	超声波	磁粉	渗透
碳素钢铸件	标准：GB/T5677 要求：铸件表面洁净，根据铸造工艺和使用条件确定临界截面 合格等级：Ⅲ级	标准：JB/ZQ6109 要求：探伤前热处理，表面粗糙度 Ra≤12.5μm 合格等级：Ⅲ级	标准：GB/T 9444 要求：交货状态，表面粗糙度 Ra≤25μm 合格等级： 同渗透检测的要求。点状、点线状、线状缺陷不大于Ⅲ级，不允许存在裂纹	标准：GB/T 9443 要求：交货状态，表面粗糙度 Ra ≤50μm 合格等级：不允许存在下列缺陷： a、任何裂纹和热裂 b、以 105 mm×148 mm的矩形框为评定框 c、点状、点线状、线状缺陷不大于Ⅲ级，不允许存在裂纹

5.4 压力容器用原材料的表面要求

5.4.1 受压元件用钢板的表面质量应符合下列各条要求。容器制成后的钢板表面质量也应符合此要求。

1 钢板表面允许存在深度不超过厚度负偏差一半且不得小于允许的最小厚度的划痕、轧痕、麻点、氧化皮脱落后的粗糙等局部缺陷。

2 深度超过上款规定的缺陷，以及任何拉裂、气泡、裂纹、结疤、折叠、压入氧化皮、夹杂、焊痕、弧坑、飞溅等均应予以打磨清除。清除打磨的面积应不大于钢板面积的 30%，打磨的凹坑应与母材圆滑过渡，斜度不大 1：3。

3 打磨后，如剩余厚度不小于设计厚度，且凹坑深度小于公称厚度的 5%或 2mm（取小者），允许不作补焊。如凹坑深度较深，但剩余厚度仍满足上述要求，应与设计者协商解决。

4 超出上述界限的缺陷应考虑进行补焊。但允许修补的面积和深度应符合下列要求：

1） 碳素钢、C-Mn 钢：单个修补面积小于等于 200cm^2,总计面积小于等于 600cm^2或钢板修磨侧面积的 3%（取小者）。

2） 低合金高强度钢和低合金铬钼钢：单个修补面积小于等于 100cm^2,总计面积小于等于 300cm^2或是或钢板修磨侧面积的 2%（取小者）。

4） 允许焊补的深度应不大于板厚的 1/5。

5） 钢板边缘的分层长度如不大于 25mm，可免予修补或清除；长度大于 25mm，且深度大于 1.5mm 的分层均应打磨消除。打磨深度如不大于 3mm，可免予焊补，否则应焊补后使用。同一平面内，间距不大于板厚 5%的分层，应作为连续的分层长度。

6） 钢板表面及坡口处分层的补焊应符合第 11.2.3 条和第 11.5 节的要求。

5.4.2 受压锻件的尺寸、表面质量等应符合以下各项要求：

1 锻制筒体的内径，在任何重要截面上测定，对于互成 90° 的最大与最小直径之差，不得超过该截面设计内径的 1‰。

2 锻件的厚度在某些局部区域内小于设计厚度，但围绕该区域的邻近具有足够的厚度，且能符合按《压力容器》GB/T150-2011 对补强（开孔）的要求，该锻件允许使用，不必补焊。

3 锻件表面（锻件的机加工表面除外）允许存在深度不大于公称厚度的 5%或 1.5mm（取其小者）且长度不大于 20mm 的重皮、结疤、切削刀痕等表面不规整缺陷（锻件的机加工表面除外），但裂纹之类呈尖锐切口状的缺陷,不论深度、长度尺寸如何均应清除。

4 不符合上款要求的表面缺陷均应打磨清除，并与母材圆滑过渡，斜度不大于 1：3。

5 缺陷清除后剩余厚度应不小于设计厚度。如剩余厚度不足，应采用本条第 2 款方法进行补强计算，且符合要求，否则应予补焊。

6 锻件补焊应按相应的补焊工艺要求进行。当补焊的深度超过公称壁厚的 1/3 或 10mm，或补焊面积大于锻件总面积的 10%时，该锻件不允许进行补焊。

5.4.3 所有直接焊于高合金钢表面上的临时附件，均应采用与本体同类的钢材和焊接材料。附件去除后，应修磨表面，并按有关规定对其进行表面无损检测。

5.5 螺纹紧固件材料的一般技术要求

5.5.1 商品级紧固件（螺栓、螺柱、螺母的外购件）

1 设计图样规定的商品级紧固件应符合相应产品标准的规定。

2 承压的商品级紧固件材料选用应符合《钢制化工容器材料选用规范》HG/T20581的相应规定。

3 商品级紧固件的性能等级配合应符合表5.5.1的规定。

表5.5.1

螺母性能等级（不低于）	配合的螺栓、螺柱	
	性能等级	规格范围
4	4.6 、4.8	＞M16
5	4.6 、4.8	≤M16
	5.6 、5.8	≤M64
6	6.8	≤M64
8	8.8	≤M64
9	8.8	＞M16～≤M39
	9.8	≤M16

注：一般情况下，性能等级较高的螺母可以替换性能等级较低的螺母，但应低于螺栓、螺柱的性能等级。

5.5.2 非商品级紧固件

1 设计图样规定的非商品级紧固件材料应符合下列规定：

1） 材料牌号（化学成份）、热处理状态和力学性能应符合《钢制化工容器材料选用规范》HG/T20581和相应标准的规定。

2） 标记方法应符合《紧固件 标记方法》GB/T1237的规定；

3） 验收与包装应符合《等长双头螺柱》GB/T901的规定。

2 大于M48的螺柱和螺母还应符合《压力容器》GB/T150-2011和《钢制化工容器材料选用规范》HG/T20581的相应要求。

3 容器法兰用螺柱应符合《压力容器法兰紧固件》NB/T47027的规定。

4 高压设备用螺柱应符合《高压螺栓和螺栓液压上紧装置》HG/T21573的规定。

5 设计温度低于-100℃的奥氏体制容器，应采用奥氏体紧固件。

6 排版

6.1 容器下料制造前，根据容器的结构特点的需要，宜进行预排版，排版应遵循以下原则。

6.1.1 焊缝尽量少。

6.1.2 焊缝位置布置合理。

1 卧式容器下部 140°范围内不应设置纵焊缝。

2 壳体上焊接接头的布置应符合《压力容器》GB/T150-2011 中的有关规定。同一筒节的拼接焊缝原则上不得超过 2 条。

3 同一节筒体的拼接，应将壳体的拼接接头设置在没有开孔及内外附件的位置；如果无法规避，应将壳体的拼接接头设置在管口及内外附件较少的位置或开孔较大的位置。任意两节筒体间焊接时，应将壳体的焊接接头设置在没有开孔的位置，同时尽量规避内外附件焊缝对壳体拼接焊缝的重合与覆盖。

4 壳体上的开孔应尽量不安排在焊缝及其邻近区域，但符合下列情况之一者，允许在上述区域内开孔。

1） 符合《压力容器》GB/T150-2011 等面积法开孔补强要求的开孔可在焊缝区域开孔。当开孔通过或邻近容器焊接接头时，则应保证在开孔中心的 2 倍开孔直径范围内的接头不存在任何超探缺陷。

2） 符合《压力容器》GB/T150-2011 规定的允许不另行补强的开孔不允许在 A、B 类焊接接头上开孔。

3） 符合《压力容器》GB/T150-2011 圆筒径向接管开孔补强设计的分析法时，补强范围内的 A、B 类焊接接头不得有任何超探缺陷，必要时应进行 100%RT 或 UT 检测。

4） 符合《压力容器》GB/T150-2011 规定的允许不另行补强的开孔，当壳体厚度小于或等于 40mm 时，开孔边缘距主焊缝的边缘应大于或等于$\sqrt{D_i \delta_n}$。但若按第 2 款对主焊缝进行射线或超声检测并符合要求者，可不受此限制。

6.1.3 经济性。

排版时，在控制焊缝布置尽量少的前提下，尽量减少边角余料，提高材料利用率。

7 切割

7.0.1 用于制造压力容器受压元件的材料在切割前应进行标记移植，并保证转移标记的正确无误。

7.0.2 有防腐蚀要求的不锈钢制压力容器，不得在防腐蚀面采用硬印及有腐蚀性的书写材料进行标记。

7.0.3 低温压力容器的受压元件不得采用硬印标记。

7.0.4 不得采用硬印标记的，应采用绘图方法进行记录。

7.1 下料

7.1.1 钢材坯料下料的切割可采用机械切割、火焰切割和等离子切割等方法。

7.1.2 机械切割

1 当采用冲剪切割时，应注意凸凹模之间的间隙，以保证冲剪件的断面质量。

2 当采用剪切切割时，对于厚而窄的板条，扭曲变形后应需校平处理。

7.1.3 火焰切割

1 碳素钢和低合金钢的切割可采用火焰切割，不锈钢、铸铁及双相钢的切割不宜采用火焰切割。

2 凡符合下列条件之一者，火焰切割时应进行预热：

1） Cr-Mo 钢；

2） 标准规定的抗拉强度下限值大于 490MPa 或板厚大于 16mm 的 Mo 钢；

3） 标准规定的抗拉强度下限值大于或等于 490MPa 且壁厚大于 25mm 的碳素钢和低合金钢。

3 采用火焰切割下料时，应清除熔渣及有害杂质，并采用砂轮或其它工具将坡口加工平整，露出金属光泽。

当切割材料为标准规定的抗拉强度下限值大于或等于 540MPa 的高强度钢或铬钼合金钢时，火焰切割表面应采用打磨或机械加工方法清除热影响区和淬硬区，并进行磁粉或渗透检测，然后对坡口处抽检其表面硬度，检测范围：一个截面测三点，长度方向间隔 300mm。检测的所有结果不得大于母材的硬度，否则判为不合格，需重新打磨直至硬度合格。

7.1.4 等离子切割

1 等离子切割适用于任何金属材料的切割。在压力容器的制造中，等离子切割主要用于高合金钢及铸铁的切割。

2 高合金的切割必须采用等离子切割，其要求同第 7.1.2 条。

7.2 坡口准备

7.2.1 坡口准备可采用机械加工、热切割和手工打磨等方法。

7.2.2 机械加工坡口

筒节坯料的周边及坡口以及封头拼接板料的坡口的宜采用机械加工方法。

7.2.2 热切割

1 坡口准备中的火焰切割和等离子切割应满足第 7.1.2 条和第 7.1.3 条的要求。

2 碳弧气刨主要用于加工和返修坡口、接管开孔坡口及焊根的清除。不锈钢的切割不允许采用碳弧气刨。

7.2.3 手工打磨

受压元件气割开孔边缘（安放式接管的开孔边缘或内伸式接管的端部）及剪切下料的端部，应采用打磨方法修磨成型，并露出金属光泽。

8 加工成形

8.1 成形

8.1.1 标记移植

用于制造压力容器受压元件的材料在加工前应进行标记移植，并保证转移标记的正确无误。

8.1.2 压力容器零部件成形方法可采用卷制成形、压制成形。

8.1.3 根据材料力学性能、规格的不同，可采用：冷成形、温成形、热成形，优先采用冷成形。

8.1.4 卷制成形

圆筒、锥壳的成形以及筒体卷制后的矫圆可采用卷制成形。用于制造筒体、锥体等受压元件时，其卷制方向应与板材的轧制方向相同。

1 冷卷。条件允许的情况下，优先选用冷卷。

一般情况下，对于 Cr-Mo 钢板、高强钢等材料厚度在 50mm 以上的钢板，在下料时板料长度方向两侧倒角 R≥10mm，且对于成形后变形量大的筒体，应进行消除应力热处理以改善塑性，具体要求见第 8.2 节。

2 热卷。在制造过程中，应根据制造工艺的不同适当增加钢板的厚度裕量，以确保钢板成形厚度不小于设计文件中规定的厚度要求。

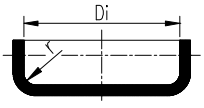
由于热卷需要加热至锻造温度，如果卷制过程中引起材料热处理状态的改变，则需要重新进行恢复力学性能的热处理。

3 温卷。温卷成形后变形量大的筒体，应进行消除应力热处理以改善塑性，具体要求见第 8.2 节。

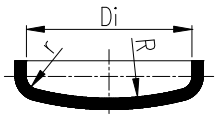
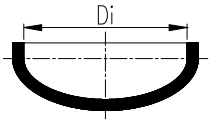
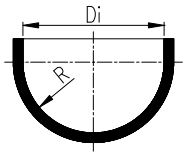
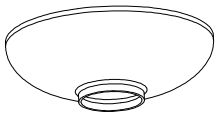
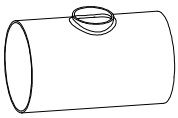
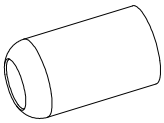
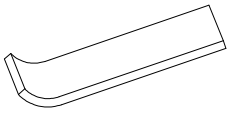
8.1.5 压制成形

压制成形应采用模具，不得使用局部加热或铁锤打击。常用的压制成形工艺及代表零件见表 8.1.5。

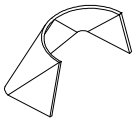
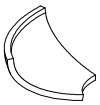
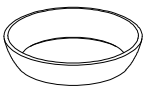
表 8.1.5 常用的压制成形工艺及代表零件

工艺分类	代表零件		特点及常用范围
	名 称	简 图	
拉延	平底封头		把平板形坯料拉延成平底空心件，壁厚基本不变

续表 8.1.5 常用的压制成形工艺及代表零件

工艺分类	代表零件		特点及常用范围
	名 称	简 图	
拉延	碟形封头		把平板形坯料拉延成碟形底空心件，壁厚基本不变
	椭圆形封头		把平板形坯料拉延成椭圆形底空心件，壁厚基本不变
	球形封头		把平板形坯料拉延成球形底空心件，壁厚基本不变
翻边与缩口	翻孔封头		在封头上开孔后翻边
	翻边锥体		将圆锥体的大小口缩口及翻边
	翻孔筒体		在筒体上开孔后翻边
	缩口筒体		将筒体或管子边缘直径缩小
	翻边筒体		将筒体或管子边缘翻成一定锥度
弯曲	瓦片		将平板形坯料压成瓦片，常用于直径小厚度大的圆柱体
	筒体预弯		将平板形坯料边缘分次压成圆弧，常用于筒体卷圆前预弯边

续表 8.1.5 常用的压制成形工艺及代表零件

工艺分类	代表零件		特点及常用范围
	名称	简图	
弯曲	圆锥体		将平板形坯料分次压制成圆锥体瓣
	方圆体		将平板形坯料压制成方圆体
压形	封头瓣		将平板形坯料压制成碟形或椭圆形封头瓣
	球瓣		将平板形坯料压制成球形封头瓣
	翻边锥体瓣		将平板形坯料压制成翻边锥体瓣
	双曲面板		将平板形坯料压制成双曲面板
	弯管瓣		将平板形坯料压制成弯管瓣
	球带		将圆锥体半成品压制成球带形工件

8.1.6 弯曲成形

1 管子的煨制

1） 弯曲半径小于管子外径的 2.5~3 倍或带焊缝的钢管不宜采用冷弯。

2） 带纵缝的钢管煨制时，其纵焊缝应置于离管壁受压、受拉最大处 90° 的位置。

3） 煨制温度超过管材的 A_{C1}，或改变材料热处理状态时，煨制后应恢复材料的热处理状态。

4） 热处理后，当弯管角度、椭圆度超出允许偏差值时，可采用低于该钢种回火温度 30℃的

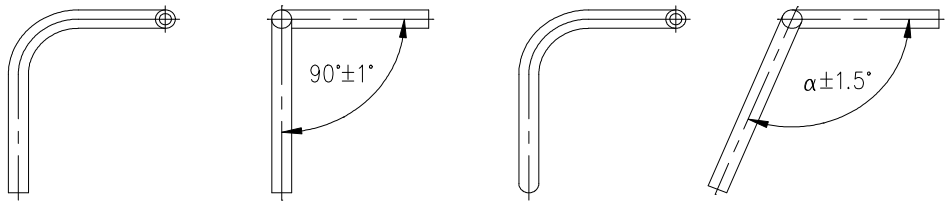
温度进行校正。

5） 热弯弯管及需要进行热处理的弯管，不应有过烧组织，不应出现晶间裂纹。

6） 弯管表面不应有裂纹、折叠、重皮、凹陷、尖锐划痕等缺陷。表面发现裂纹、重皮等缺陷，应逐步修磨直至缺陷完全消除，修磨后的实际壁厚不应小于设计文件规定的最小壁厚。

7） 热弯弯管的椭圆度（弯曲部分同一圆截面上最大外径与最小外径之差与最大外径之比）不应大于 7%；冷弯弯管的椭圆度不应大于 8%；用于设计压力大于 8MPa 的设备的弯管椭圆度不应大于 5%。弯管两端直管段端部的椭圆度应符合相应钢管技术标准要求。

8） 平面弯管弯曲角度的允许偏差为±0.5°；不在同一平面上两个连续弯空间夹角 α 的允许偏差：当夹角成 90° 时，允许偏差为±1°；当夹角不成 90° 时，允许偏差为±1.5°（如图 8.1.5-1 所示）。



夹角等于 90°　　夹角不等于 90°

图 8.1.5-1 不在同一平面上两个连续弯的空间夹角允许偏差

9） 热弯弯管的波浪率（波高 h 与管子外径 D_o 之比）不应大于 2%，冷弯弯管的波浪率不应大于 3%，且波距 A 与波高 h 之比应大于 12（如图 8.1.5-2 所示）。

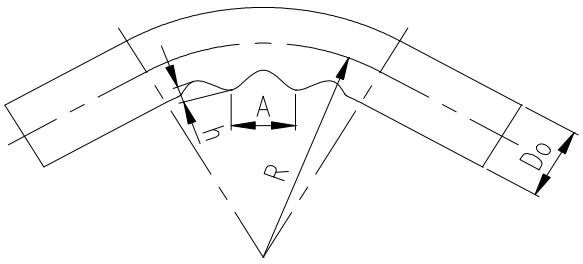


图 8.1.5-2 弯管波浪率示意图

2 法兰的煨制

1） 承压法兰件采用板材热弯成型时，弯制温度超过管材的 A_{C1}，或改变材料热处理状态时，弯制后应恢复材料的热处理状态。

2） 碳素钢及普通低合金钢拼接法兰焊后进行消除应力热处理。

3 人孔吊臂的煨制

当人孔吊臂采用管材制作时，人孔吊臂的煨制应符合下列规定：

1） 弯曲半径小于管子外径的 2.5~3 倍或带焊缝的钢管不宜采用冷弯。

2） 带纵缝的钢管煨制时，其纵焊缝应置于离管壁受压、受拉最大处 90° 的位置。

3） 弯管表面不应有裂纹、折叠、重皮、凹陷、尖锐划痕等缺陷。表面发现裂纹、重皮等缺陷，应逐步修磨直至缺陷完全消除，修磨后的实际壁厚不应小于塔顶吊柱标准规定的最小壁厚。

4） 热弯弯管的椭圆度（弯曲部分同一圆截面上最大外径与最小外径之差与最大外径之比）不应大于 7%；冷弯弯管的椭圆度不应大 10%。

5） 弯管弯曲角度的允许偏差为±1° 。

6） 热弯弯管的波浪率（弯管段出现波浪形的波高与管子外径之比）不应大于 2%，冷弯弯管的波浪率不应大于 3%，且波距与波高之比应大于 12。

当人孔吊臂采用棒材制作时，人孔吊臂的煨制应符合下列规定：

1） 弯曲半径小于棒材外径的 2.5~3 倍时，不宜采用冷弯。

2） 煨制后，人孔吊臂表面不应有裂纹、折叠、重皮、凹陷、尖锐划痕等缺陷。表面发现裂纹、重皮等缺陷，应逐步修磨直至缺陷完全消除。

3） 吊臂弯曲角度的允许偏差为±1° 。

4） 人孔吊臂的弯曲半径允许偏差为±50mm。

4 塔顶吊柱的煨制

塔顶吊柱的煨制应符合 8.1.5 条第 3 款中“当人孔吊臂采用管材制作时”的规定。

8.2 加工成形后的热处理要求

8.2.1 凡符合下列条件之一者应于成形后进行热处理。

1 冷成形或温成形的圆筒变形率:（奥氏体型不锈钢≥15%，碳钢、低合金钢及其他材料≥5%者），且钢板厚度 δ_s 符合以下条件者。

1） 碳素钢、Q345R 钢板的厚度不小于圆筒内径 D_i 的 3%；

2） 其他低合金钢的厚度不小于圆筒内径 D_i 的 2.5%；

3） 奥氏体不锈钢的厚度不小于圆筒内径 D_i 的 15%。

2 凡符合下列条件之一的封头应于成形后进行热处理。

1） 碳素钢、低合金钢冷成形封头应进行热处理。当制造单位确保冷成形后的材料性能符合

设计、使用要求且经设计单位批准时，可不进行热处理。

2） 冷成形的奥氏体不锈钢封头的变形率超过 15%。

3 奥氏体不锈钢如无耐蚀要求，可不进行热处理；当有耐蚀要求时，应按如下要求进行热处理。

1） 成形后表面硬度大于 235HB 时应进行固溶处理；

2） 热成形不锈钢成形后须做固溶热处理。

4 介质为极度危害或高度危害时。

5 介质对材料具有应力腐蚀破裂危害时。

6 设计图样要求材料的冲击韧性高于标准值的 1.5 倍（碳素钢、低合金钢）。

7 设计温度不高于-20 的低合金钢制压力容器。

8.2.2 钢管冷弯后，如变形率超过下列范围时，应进行恢复力学性能热处理。

1 碳素钢、低合金钢的钢管弯管后的外层纤维变形率应不大于钢管标准规定伸长率 δ_5 的 1/2，或外层材料的剩余伸长率应不小于 10%。

2 对于有冲击韧性要求的钢管，其外层纤维最大变形率应不大于 5%。

8.3 恢复材料性能的热处理要求

8.3.1 热轧状态使用的钢材，热加工后一般可在加工状态使用。

8.3.2 正火状态使用的钢材，如能控制热加工终止温度在钢材正火温度以上，或经热加工工艺试件评定合格，可不作随后正火处理。

8.3.3 正火＋回火状态使用的钢材，热加工时如能满足上述对正火钢材的要求，热加工后可仅作回火处理；否则应重新进行正火+回火处理。

8.3.4 调质状态使用的钢材，热加工后一般应作调质处理。

8.3.5 奥氏体不锈钢应控制热加工终温在 850℃以上，加工后应快冷（如鼓风或喷水冷却）。如材料要作晶间腐蚀倾向试验，热加工后应经热加工试件评定合格；否则应进行固溶或稳定化处理。

8.3.6 含钛、铌合金化的奥氏体不锈钢宜进行稳定化处理。

8.4 奥氏体不锈钢的加工要求

8.4.1 奥氏体不锈钢的热加工应符合下列要求。

1 加热前，应彻底清除表面油污和其它附着物。

2 加热过程中，不得与火焰或固体燃料直接接触，加热温度应均匀。

3 应控制炉膛气氛中性或微氧化性，并应注意炉膛气氛中的含硫量，以防止硫对不锈钢的腐蚀。

8.4.2 奥氏体不锈钢的冷加工应符合下列要求。

1 不锈钢设备在加工过程中应防止表面的划伤，并应注意加工器械对不锈钢表面造成的铁污染，具体按《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》HG/T2806 的规定执行。

2 不锈钢的修磨要使用专门的砂轮。曾用于碳钢件的砂轮等工具，不得用于不锈钢设备。

9 机械加工

9.0.1 用于制造受压元件的材料在加工前应进行标记移植，并保证标记移植的正确无误、清晰

9.0.2 八角槽密封面采用堆焊结构时，应保证堆焊并加工后的密封面过渡层、面层的厚度满足设计图样的要求。

9.0.3 加工后的法兰密封面不允许有刻线、刮伤和凹痕等缺陷。

9.0.4 管板加工的一般要求

1 管板加工前控制管板不平度应小于 1‰D，且不大于 3mm。

2 管板密封面应与轴线垂直，其垂直度公差按 GB/T1184《形状和位置公差》第 9 级公差等级要求。

3 管板孔应严格垂直管板密封面，其垂直度公差按 GB/T1184《形状和位置公差》第 9 级公差等级要求，孔表面不允许存在贯通的纵向条痕。

4.管板在机加工时应严格控制加工变形。在加工过程中可采取加冷却液方式，并控制进刀深度小于 5mm、走刀量小于 0.5mm。在钻孔的过程中不要集中在一个部位钻孔，要分散对称钻孔。

5 管板厚度大于 150mm 或管孔数量超过 2000 个时宜采用数控钻，否则应采取必要的工艺措施保证管孔公差要求。

6 管孔表面加工后，表面粗糙度要满足设计图样的要求。必要时要采取工艺措施预与保证。

7 密封面不允许有刻线、刮伤和凹痕等缺陷。

9.0.5 折流板（支撑板）加工的一般要求

1 折流板（支撑板）宜采用整圆下料，一般情况下不允许拼接，当折流板的直径超过板料宽度时可采用拼接结构，拼接要求如下：

1） 拼接接头不得多于两条。

2） 拼接接头采用全焊透结构（切口能去除时除外），且需将两侧焊缝磨平处理。

3） 拼接后不平度超过 3mm 时需校平处理。

4） 拼接接头应位于折流板缺口侧，且与切口平行。

2 折流板（支撑板）应平整，不平度公差为 3mm。

3 所有折流板配钻管孔。

4 对于换热管直径小于等于 38mm 时，相邻两孔中心距离极限偏差为±0.3mm,允许有 4%相邻两孔中心距极限偏差为±0.5mm，任意两孔中心距极限偏差为±1mm。

对于换热管直径大于 38mm 时，相邻两孔中心距离极限偏差为±0.5mm,允许有 4%相邻两孔中心

距极限偏差为±0.7mm，任意两孔中心距极限偏差为±1.2mm。

5 钻孔后应去除管孔周边的毛刺。

6 配钻后的折流板做好组对标记。

7 按图纸要求剪切缺口。

9.0.6 加强管加工的一般要求

1 加强管加工时，保证设计要求的削边处角度，如设计没有要求，削边角度一般为30度。

2 与筒体对接焊接的加强管端部的加工宜采用数控加工。（加工时与筒体对接处留有足够的研合量，组对后切割修磨掉余量）

3 加强管加工后的壁厚公差，下差为0，上差按GB/T1804m级上差的规定。

9.0.7 螺纹紧固件的螺纹要求

1 商品级紧固件螺纹系列尽量优先按《商品紧固件的普通螺纹选用系列》JB/T7912的规定选用；

2 螺纹及其公差应符合《普通螺纹 基本尺寸》GB/T196、《普通螺纹 公差》GB/T197、《普通螺纹 中等精度 优选系列的极限尺寸》GB9145的规定；

3 螺纹表面不得有划痕、刮伤和凹坑等缺陷。

4 高压紧固件螺纹表面须经100%磁粉检测，按NB/T47013.4的I级合格。

5 低温设备用螺柱应采用中部无螺纹部分不大于0.95倍螺纹根径的双头螺柱或全螺纹的弹性螺柱。

6 其余应符合设计及相关标准的要求。

9.0.8 筒体端部的加工要求

1 筒体端部密封面加工后以筒体端部内径为基准线的全跳动公差均不得大于0.05mm。

2 与层板焊接的筒体端部坡口采用前3层采用阶梯形式，且每层加工厚度要根据实际层板钢板厚度偏差及成型偏差来确定，筒体端部坡口处总厚度也应考虑总偏差。

3 筒体端部螺纹的加工见附录G。

10 组装

10.1 组装的一般技术要求

10.1.1 均一材料筒体纵向焊接接头的组对要求

1 筒体卷制及组对时应控制端口及对口错边量，除设计图样要求外，端口错边量根据筒体厚度及直径一般应控制在 1~2mm 范围内，一般容器的对口错边量按照相关标准规定，对于有应力腐蚀场合的容器对口错边量应按表 10.1.1.1 控制,超出规范及表 10.1.1.1 要求时,应进行疲劳寿命计算，确定能否继续使用。

表 10.1.1 纵向焊接接头对口错边量

对口处钢板厚度（mm）	对口错边量 b （mm）
≤50	≤2
＞50	≤2.4

2 筒体纵向焊接接头的棱角度要求

筒体纵向焊接接头的棱角度除设计图样要求外，应符合相关标注的要求，超出标准及设计图样要求时，应进行疲劳寿命计算，确定能否继续使用。

3 需预弯的筒节，应预留足够预弯余量，一般情况下，采用冲压预弯时板料每端预弯余量不少于 2.5 倍板厚，采用卷板机预弯时，板料每端预弯余量不少于 300mm.预弯后应去除预弯余量，并保证筒体纵向焊接接头的对口错边量、棱角度满足上述要求。

10.1.2 均一材料壳体环向焊接接头的组对要求

1 筒体组对的方法

采取立组或卧组，要根据现场的具体条件决定。一般小直径的筒节，应采用卧组，大直径的筒节要采用立组。

2 筒体环向对接接口组对前的准备

用砂轮除锈露出金属光泽，火焰切割或气刨的坡口要修磨平整，并对 Cr-Mo 钢及其它高强钢的坡口表面进行硬度检测，应不高于母材要求。

3 组对间隙的控制

根据筒节中心线和 50 基准线进行组对。严格控制焊接接头间隙。可用与间隙尺寸相同厚度的板条定距，先点焊一点，当点焊第二点时，一定要和第一点间隙相同。以便保证其他各点间隙一致，整个圆周上的允许错口量，要均匀分布

4 封头与筒体组对时，必须注意封头的拼接焊缝位置，应予以调整，使其避开封头上的接管或

支座。

5 筒体组对时应控制对口错边量，除设计图样要求外，一般容器的对口错边量按照相关标准规定,对于有应力腐蚀场合的容器对口错边量应按表 10.1.2.5 控制,超出规范及表 10.1.2.5 要求时，应进行疲劳寿命计算，确定能否继续使用。

表 10.1.2 环向焊接接头对口错边量

对口处钢板厚度（mm）	对口错边量 b（mm）
≤50	1/8δ且＜6mm
＞50	≤6

6 筒体环向焊接接头的棱角度要求

筒体环向焊接接头的棱角度除设计图样要求外，应符合相关标注的要求，超出标准要求时，应进行疲劳寿命计算，确定能否继续使用。

10.1.3 不锈钢复合板纵、环向焊接接头的组对要求

1 不锈钢复合板筒体的纵、环向焊接接头组对时，应控制焊接接头的对口错边量≤复层厚度/2。不锈钢复合板封头的拼接对接接头的组对对口错边量应符合相关标准的规定。

2 对于厚度≥40mm 的不锈钢复合板，拼接对接接头两侧距坡口边缘至少在 600mm 长度范围内进行校平，以保证任一连接处错边量均小于 1mm。

3 不锈钢复合板焊接前应去除坡口附近的复层金属，单侧去除宽度不得少于 5mm。

4 其余组对要求应符合本章第 10.1.1 条和 10.1.2 条的规定。

10.1.4 容器耳式支座、支承式支座与罐体组对要求。

底板应在同一平面上，最大偏差不大于 2mm。任意相邻两支座中心在圆周上的距离偏差±3mm。

10.1.5 容器内部安装间隙较小的内件时的制造要求

1 除设计图样及标准有规定外，保证筒体内圆周长公差为正差。

2 根据安装间隙要求，确定筒体椭圆度，且不得超过设计标准要求。

3 控制内件的外形尺寸，必要时应控制在负差范围。

10.1.6 分段交货的设备要求

塔体分段处附近的塔盘部件、人孔、接管、加强圈等影响现场合拢口焊接的零部件一般只点焊即可，现场总组装后再焊。

10.2 组装过程中的操作规程

10.2.1 组装时的吊装要求

当吊卡薄壁筒体时，两卡兰卡紧点之间，应用管子支撑，以防筒体椭圆。卡兰必须卡紧，以防脱落。

10.2.2 当组对间隙过大时，应进行适当的修整，以达到缝隙合适为止，严禁夹塞铁筋、焊条和板边及强力组装。

10.2.3 当设备法兰与筒体或封头组装困难时，不准用力敲打，以免产生变形，而应修整筒体或封头椭圆度后再组装。

11 焊接

11.1 焊缝位置

11.1.1 开孔要求

壳体上的开孔应满足本标准 6.0.2 条第 2 款的要求。

11.1.2 外部附件与壳体的连接焊缝要求

外部附件与壳体的连接焊缝，如与壳体主焊缝交叉时，应在附件上开一槽口，以使连接焊缝跨越主焊缝。槽口的宽度应足以使连接焊缝与主焊缝边缘的距离在 1.5 倍壳体壁厚以上且槽口边缘应圆滑过渡。

11.2 焊接准备

11.2.1 坡口清理

焊接坡口及其两侧至少 25mm 同的母材表面应消除铁锈、油污、氧化皮及其他杂质。铸钢件应去除铸态表面以显露金属光泽。

11.2.2 气割坡口表面质量要求

气割坡口的表面质量至少应符合表 11.2.2 的要求

表 11.2.2 气割坡口的表面质量

类别	定义	质量要求
平面度	表面凹凸程度	凹凸度小于或等于 2.5%板厚
粗糙度	表面粗糙程度	Ra50（μm）
凹坑	局部的粗糙度增大	凹坑宽度小于或等于 50mm 且每米长度内不超过 1 个

11.2.3 坡口分层缺陷的处理

坡口上的分层缺陷必须完全清除，并予补焊。

11.2.4 外接管端坡口的处理

制造厂应将设备对外焊接的管端坡口按图样要求加工好。试验用的临时性盲板在其拆除时应不致损坏已加工好的管端，或在盲板拆除后将坡口修整完好。

11.2.5 分段、分片交货设备的坡口处理

壳体分段或分片交货时，除合同或协议另行规定外，制造厂应将分段或分片的焊接坡口按图样要求加工好，并提供现场组装说明和注明在制造厂的预组装标记。如设计规定需在制造厂进行压力试验时，制造厂应在分段处预留切割及加工余量。压力试验后，将坡口加工完成后交货。

11.3 焊接的一般要求

11.3.1 焊接方法和焊接材料

焊接方法一般选用电弧焊（焊条电弧焊、埋弧自动焊、钨极氩弧焊等）。焊接材料的选用，除设计文件另有规定外，应按 HG/T20583 各项要求，以及设计文件规定技术要求的前提下，改变焊接方法和选用的焊接材料。

11.3.2 焊缝的结构形式和尺寸

焊缝的结构形式和尺寸应按 HG/T20583 和图样要求，但允许制造厂在保证焊接质量和不改变接头基本型式的前提下，对焊接坡口尺寸进行适当的修正。如需对图样规定的接头基本型式主要项进行修改，应事先取得设计单位的同意。

11.3.3 预热温度要求

碳素钢、低合金钢的焊前预热温度可参考 HG/T20581 的相应规定。对拘束度较高的部位及冬季（5℃以下）施工时，应采用更高的预热温度，适当扩大预热区域和延长预热时间。

11.3.4 预热范围

焊件接头的预热范围为接头中心两侧各 3 倍板厚的宽度且不小于 100mm。

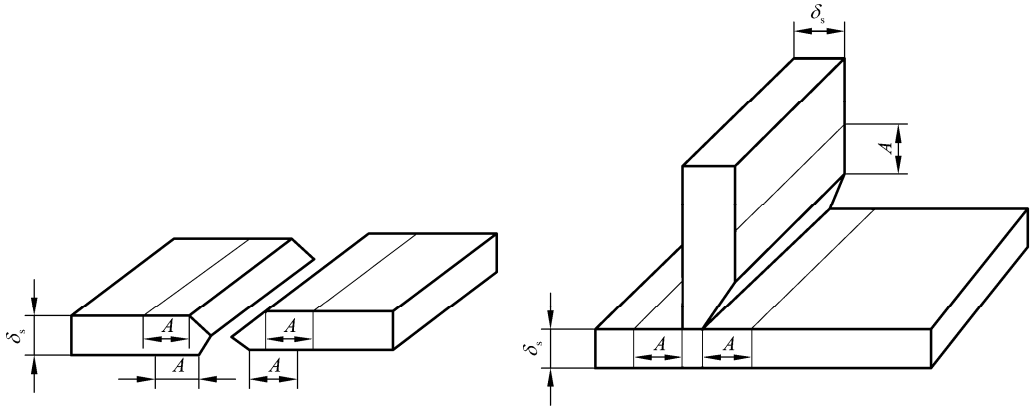
11.3.5 预热温度的测量

1 应在加热面的背面测定温度。如做不到，应先移开加热源，待母材厚度方向上温度均匀后测定温度。温度均匀化的时间按每 25mm 母材厚度需 2min 的比例确定。

2 测温点位置（见图 11.3.5）：

1） 当焊件焊缝处母材厚度小于或等于 50mm 时，A 等于 4 倍母材厚度 δs，且不超过 50mm；

2） 当焊件焊缝处母材厚度大于 50mm 时，A≥75mm。



a） 对接接头　　b） T 形接头

图 11.3.5 测量点 A 的位置

11.3.6 定位焊及附件焊接的要求

受压元件的定位焊及永久性或临时性的附件焊接均采用与本体焊接相同的、经评定合格的焊接工艺进行。同时，施焊焊工应具有相应的焊接资格。

11.3.7 晶间腐蚀倾向试验要求

当母材规定进行晶间腐蚀倾向试验时，其焊接工艺评定和产品焊接试件也应进行晶间腐蚀倾向试验。

11.3.8 焊缝铁素体含量检测要求

当奥氏体不锈钢规定进行晶间腐蚀倾向试验时，应对其焊缝表面进行铁素体含量检测，除有特殊要求外，一般要求含量为 3%～8%。

11.3.9 高强度钢及耐热钢表面要求

标准规定的抗拉强度下限值大于或等于 540Mpa 的高强度钢和铬钼合金钢制容器,其表面的工夹具焊痕、弧坑、飞溅等均应用砂轮打磨光滑，并做磁粉检测。

11.4 耐蚀层堆焊的技术要求

11.4.1 堆焊的评定要求

堆焊前，应按《承压设备焊接工艺评定》NB/T47014 的规定及相关产品技术要求进行耐蚀层堆焊的焊接工艺评定。

11.4.2 堆焊的基本要求

耐蚀层堆焊一般至少由两层组成，第一层为过渡层，其余为耐蚀层。过渡层堆焊时应考虑基层金属地过渡层堆焊的稀释作用，耐蚀层经加工后，其厚度不得小于 2mm。

11.4.3 堆焊工艺评定检验要求

工艺评定检验项目至少包括：表面渗透检测、耐蚀层化学成分分析、侧弯试验。

1 表面渗透检测：应按《承压设备无损检测》JB/T47013.5 进行，检验结果不允许有裂纹。

2 耐蚀层化学成分分析：从图样规定的堆焊厚度起至向下 2mm 内取样进行分析，要求符合设计文件的规定。

3 侧弯试验：

1) 取平行于耐蚀层堆焊方向的侧弯试样 2 个、垂直方向 2 个，可 4 个均垂直于堆焊方向；

2) 试样的宽度至少应包括堆焊层全部、熔合线和基层热影响区；当堆焊试件厚度≥25mm 时，试样的宽度（连同堆焊层）≥25mm；当堆焊试件厚度<25mm 时，试样的宽度（连同堆焊层）等于试件的厚度；

3) 以 d=4a 做 180º 弯曲试验，弯曲后不得存在超过 1.5mm 的开裂，熔合线处也不得存在大于 3mm 的开裂缺陷。

11.4.4 基层焊缝的检测要求

如在基层焊缝上进行堆焊，则应在堆焊后进行射线检测，但符合下列情况时，可仅在堆焊前对基层焊缝进行射线检测。

1 堆焊层未计入强度计算的厚度之中；

2 堆焊材料为奥氏体不锈钢或镍基合金；

3 堆焊后，堆焊层采用渗透检测进行检查。

11.4.5 堆焊焊缝表面要求

堆焊表面应平整，不进行加工的堆焊表面应平滑。堆焊焊道的不平度不大于 1.5mm，两相邻焊道之间的凹陷不得大于 2mm。堆焊层最小厚度应不小于图样规定的厚度。

11.4.6 堆焊晶间腐蚀倾向试验要求

堆焊层如需进行晶间腐蚀倾向试验，应符合 HG/T20581 的有关要求，试样状态为使用状态（焊态或焊后热处理状态），与介质接触面为检验面。

11.4.7 堆焊焊缝无损检测要求

过渡层堆焊后以及耐蚀层堆焊后，应分别进行渗透检测，必要时可进行超声检测。

11.5 补焊

11.5.1 补焊的一般要求

1 补焊处的缺陷应彻底清除，清除后的凹坑表面可用渗透或磁粉检测方法进行检查，凹坑的形状应适宜焊接。

2 补焊的时间应选择在容器的焊后消除应力热处理和耐压试验、泄漏试验之前进行。

3 补焊的焊接工艺应经过工艺评定合格，施焊焊工应具有相应的操作资格。

4 当需要进行焊前预热时，应在包括修补部位外侧 5 倍板厚，且不小于 100mm 范围内进行了预热。

11.5.2 锻件的补焊

1 锻件未经需方同意不允许进行焊补。

2 经需方同意，锻件的焊补应符合相关法规标准的规定。焊补的部位、深度、面积，焊材、焊接工艺，焊工资格要求，焊补前后无损检测方法和合格等级等，由供需双方协商。

3 供方应向需方提供锻件焊补的部位、深度和面积的简图，焊接材料、焊接工艺参数及无损检

测报告等资料。

11.5.3 铸件的补焊

1 铸件缺陷清除后的待补焊表面必须进行磁粉或渗透检测，以证实缺陷补完全清除。

2 铸件补焊后应进行磁粉或渗透检测，补焊深度超过 10mm 或横截面厚度的 20%（取小者），应进行射线检测。

3 当铸件是在热处理后进行补焊时，补焊后应进行焊后消除应力热处理（满足第 11.5.4 条第 2 款“注”所示内容者除外）。

11.5.4 钢板的补焊

1 补焊深度大于 4mm 时，补焊后应做射线检测；标准规定的抗拉强度下限值大于或等于 540Mpa 的高强度钢和铬钼合金钢的补焊表面应做磁粉检测。

2 根据补焊深度决定是否需做焊后消除应力热处理。

注：低碳钢、Q345R 及其焊缝的焊补可在最终热处理之后、最后水压试验之前进行，不再另作焊后热处理，但应符合下列各项要求，并予记录：

1） 使用介质不属于极度或高度危害者，且容器的设计温度大于一 20℃。

2） 补焊深度不超过 GB/T150 中的规定。

3） 补焊前应彻底清除缺陷，且对凹坑进行磁粉或渗透检测。

4） 采用低氢型焊条并严格烘干、保温措施。

5） 采用经评定合格的焊接工艺，且补焊区域按 11.5.1 条 4 款要求进行预热，预热温度及层间温度不低于 100℃。

6） 补焊表面冷却后应进行磁粉或渗透检测。补焊深度大于 4mm 者还应进行射线或超声检测。

11.5.5 焊缝的修磨及补焊

1 焊缝及其毗邻区域的表面缺陷，包括咬边、裂纹等，应采用砂轮打磨清除。清除后的剩余截面厚度（不计入焊缝凸起高度）如不小于计算厚度和包括腐蚀裕量在内的必要裕量之和，允许不做补焊，但应打磨平整，与周围焊肉或母材圆滑过渡。

2 清除缺陷后的凹坑深度，自母材表面起测量，不应超过板厚的 2/3，如仍有缺陷未清除干净，应在此状态补焊，然后从背后铲根后再做补焊。

3 补焊后的无损检测和焊后消除应力热处理同本标准第 11.5.4 条的规定。

11.6 焊接接头形式

11.6.1 焊接接头形式可根据焊接工艺评定及制造企业的实际情况选定。

11.6.2 板厚大于 50mm 的焊接接头形式宜采用窄间隙焊。

12 热处理

12.0.1 需要焊后热处理的条件

容器及其受压元件是否需要焊后热处理应符合设计图样和本技术要求引用标准的有关要求。

12.0.2 不同厚度受压元件相焊焊后热处理厚度的取值

1 不同厚度受压元件相焊焊后热处理厚度的取值按照 GB/T30583《承压容器焊后热处理规程》的有关要求；

2 焊后热处理后的焊接返修，在同一截面返修时，返修深度为两面返修的深度之和；

3 不锈钢复合钢板应按复合钢总厚度；

4 调质钢、正火后回火的焊件焊后热处理应低于回火温度；

5 不同钢号钢材相焊时，焊后热处理温度应按焊后热处理温度较高的钢号执行，但温度不应超过两者中任一钢号的下相变点 A_{c1}。

12.0.3 推荐的焊后热处理温度

1 推荐的焊后热处理最低保温温度温度应符合 GB/T30583《承压容器焊后热处理规程》的有关要求；

2 推荐的常用钢中间焊后热处理最低保温温度如下表 12.0.3。

表 12.0.3

钢号	中间消除应力热处理（℃）
Q345R,Q370R	550
15CrMoR,14Cr1MoR	590
12Cr2Mo1R	600

3 在保温时除另有规定外，各测温点的温度允许在热处理工艺规定温度的±20℃内，但不能超出规定的限值。

12.0.4 局部焊后热处理的要求

1 纵焊缝不允许采用局部焊后热处理；

2 由于结构原因环焊缝需局部焊后热处理，其纵焊缝应在组焊前优先采用炉内整体消除应力热处理。

3 局部焊后热处理的其它要求按照 GB/T30583《承压容器焊后热处理规程》的有关要求。

12.0.5 焊后热处理报告

制造厂应有热处理记录表，表上应记录容器或元件的热处理部位、测温点位置、温度升降及保温曲线、使用热源、日期、操作者和检验者姓名。该表应包括在制造厂的产品质量证明书内。

12.0.6 模拟焊后热处理时间的确定

对有模拟焊后热处理要求的材料，试板或试件料模拟焊后热处理的时间应至少包括材料在实际制造过程中材料所经历过的焊后热处理总时间，焊后热处理总时间应包括材料在制造过程中经过低于 A_{C1} 相变温度以下、480℃以上的所有焊后热处理时间总和，不包括加热切割、预热、消氢等加热过程的时间。对设计有要求模拟长周期焊后热处理的材料可考虑再增加一次在制造厂返修及一次或多次现场返修的焊后热处理时间。

12.0.7 金属垫片的热处理

1 10 钢垫片应在正火状态下使用，推荐正火温度为 930℃。

2 铝垫片应在退火状态下使用，推荐退火温度 350~400℃。

3 紫铜垫片应在退火状态下使用，推荐退火温度 500~700℃。

12.0.8 热电偶的布置

1 测温点应布置在焊件的温度容易变化部位、产品焊接试件和特定部位（如均温带边界、炉内每个加热区、炉门口、进风口、加热介质出口、烟道口、焊件壁厚突变处、分段加热的接合部以及加热介质流经途中的“死角”等）。

2 当热处理炉中有多于 1 台（件）焊件时，应在炉内顶部、中部和底部的焊件上设置测温点。

3 测温点应均布在焊件表面，相邻测温点的间距不超过 4600mm，测温点布置成三角形排列，三角形顶点设置热电偶。

4 重要部位的测温点可增加备用热电偶。

5 测温点数量及布置应在焊件设计图样或示意图中表示。

6 焊后热处理过程中，热电偶应采用工装与焊件一直处于紧密接触状态。

12.0.9 固溶热处理

将奥氏体不锈钢加热到高温，在奥氏体再结晶的同时，使碳化物、σ 相分解固溶，依靠快冷，能把碳呈固溶状态的的奥氏体保持到常温，进行淬火的操作。因为奥氏体是软的，所以不会硬化。用快冷方法也软化，所以不叫淬火，而称之为固溶热处理。

12.0.10 稳定化热处理

对于用含钛、铌合金化的奥氏体不锈钢进行加热至 850～950℃，能够将碳化铬转变成特殊碳化物 TiC 或 NbC，消除晶间腐蚀倾向的过程。

13 无损检测

13.1 磁粉和渗透检查

13.1.1 铁素体材料制造的容器优先选用磁粉检测。

13.1.2 受压元件及其焊缝应按GB/T150和本标准第7.1.3条第3款、第9.0.7条第4款、第11.3.9条、第11.4.7条、第11.5.3条第1款、第11.5.4条第1款和本条的规定进行磁粉或渗透检测。

1 凡钢材需作超声检测者，其焊接坡口和背面清根后的焊根背面均应作磁粉或渗透检测，如制造厂能保证焊接质量，可不按此条。

2 厚度大于20mm的奥氏体不锈钢,在焊缝背面清根后以及与介质接触面的焊缝表面应作渗透检测。

13.1.3 原材料（包括板、管、棒、锻件、铸件）的检查方法及验收要求按表5.3.1~5的有关规定。焊接坡口、修磨表面、焊缝区域及填补表面的检查方法按下列标准进行：

1 磁粉：NB/T47013.4-2015 9.1和9.2条；

2 渗透：NB/T47013.5-2015 8.2条。

13.1.4 焊接坡口、焊缝区域以及焊补表面的磁粉或渗透检查应包括焊缝（坡口）及四周各1/2板厚（但不小于10mm）的范围。

13.1.5 焊接坡口、修磨表面、焊缝区域及焊补表面的磁粉或渗透检查合格级别按 NB/T47013.4-2015 和 NB/T47013.5-2015 要求（包括线性显示和圆性显示）。

13.1.6 对于铬-钼钢材料的检测宜采用湿法。

13.2 射线检测

13.2.1 对于壁厚小于 30mm 采用 TOFT 检测的，宜增加 20%的射线检测。

13.3 无损检测时机

13.3.1 无损检测一般在焊接完成后进行。

13.3.2 对于结构特殊或材料规格较厚的焊接，可在中间增加无损检测。

13.3.3 对于有延迟裂纹的材料，应在焊后 24 小时后进行无损检测。

13.3.4 对于铬-钼钢材料的厚壁容器，宜在热处理后增加射线检测。

14 检验

14.1 耐压试验

14.1.1 耐压试验的一般要求

1 耐压试验前，所有容器内表面应清扫干净，使其内没有焊渣、熔渣、焊条头、松散的锈垢、脏物和杂质。外表面不得有影响检查耐压试验的杂物。

2 耐压试验过程中，不得进行与试验无关的工作，无关人员不得在现场停留。

3 耐压试验时，现场应有鲜明的标识或警示，表明正在进行耐压试验。

14.1.2 耐压试验场地的要求

1 耐压试验场地应设有安全防护措施，并经质量保证工程师和制造企业的安全主管部门认可。

2 试验场地应标示出场地边框线，并注明“试验专业场地”字样。

3 场地周围设有醒目的安全防护栏或绳或桩等。

4 高、超高压气压试验试验场地应设有不低于2m高、厚度不小于1m的土质围墙且必须设置在远离车间的空地上。

5 耐压试验场地应有明显的操作规程。

14.1.3 耐压试验对管口的要求

1 耐压试验时的垫片应与工程垫片相同。

2 必须装备全部数量的螺栓。

3 螺栓的紧固扭矩必须满足设计图样要求。设计图样没有规定时，应按附录计算。

14.1.4 补强圈的检验

容器补强圈应在容器耐压试验前通入0.4~0.5MPa的压缩空气，检查焊缝质量。严禁用水压试验。补强圈信号孔不得小于M10，且位于容器壳体最低点。

14.1.5 耐压试验应在无损检测之后进行。

14.1.6 耐压试验时，补强板或垫板上的讯号孔应打开。

14.1.7 耐压试验温度

1 耐压试验温度按GB/T150及《固容规》执行。

2 必要时，允许铁素体钢制耐压试验时的介质温度低于《压力容器》GB/T150-2011有关规定。但此时必须对受压元件及焊接接头进行夏比冲击试验。冲击试验的温度比耐压试验时的介质温度降低20℃。冲击功要求应符合《钢制低温压力容器技术规范》HG/T20585中对铁素体钢的相应要求。容器的焊接接头设计也应符合《钢制低温压力容器技术规范》HG/T20585中有关规定。

3 压力容器主要受压元件使用厚度大于等于50mm的铁素体钢板时，应保证在水压试验水温减17℃的温度下的V形缺口夏比冲击吸收能量不低于设计图样或《压力容器》GB/T150-2011的规定。

4 需要进行气体耐压试验的碳素钢、低合金钢制压力容器，应对其主要受压元件材料进行试验温度减去25℃的温度下的V形缺口夏比冲击试验，冲击吸收能量不低于设计图样或《压力容器》GB/T150-2011的规定。

14.1.8 容器耐压试验后如再进行补焊，则应再进行耐压试验。

对于补焊深度不大于2mm，且补焊表面不与介质直接接触的小面积补焊（如夹具清除后的表面修补），可不必进行耐压试验。

14.1.9 耐压试验工装用螺栓、螺母循环使用次数不得多于 10 次，否则应逐个进行磁粉或超声检测，分别按 NB/T47013.4 中Ⅰ级或 NB/T47013.3 中Ⅰ级合格。

14.1.10 耐压试验过程中设计压力下的目视检查，当同时满足下列条件时可免除。

1 已做适当的气密性试验。

2 所有可能因装配而被遮蔽的焊缝，在容器总装之前已对质量进行目视检查。

3 凡容器不储存极度、高度危害介质的容器。

14.1.11 因极特殊情况，设备无法进行耐压试验，当同时满足下列条件并经原设计部门批准时，耐压试验可免除：

1 容器盛装非易燃易爆或强渗透介质，非极度、高度危害介质。

2 容器材料仅限于碳钢、低合金钢和奥奥氏体不锈钢。

3 容器用材料已复验。

4 钢板逐张超声检测，按 NB/T47013.4 中Ⅱ级合格。锻件不低于Ⅲ级。

5 结构为全焊透且避免出现形状突变、几何不连续。

6 设备按台制作产品焊接试件。

7 试验前后所有对接焊缝 100%RT 检测，按 NB/T47013.2 中Ⅱ级合格，并附加 100%UT 检测，按 NB/T47013.3 中Ⅰ级合格。

8 试验前后所有受压角焊缝 100%MT 或 PT 检测，按 NB/T47013.2 中Ⅱ级合格，并附加 100%UT 检测，按 NB/T47013.3 中Ⅰ级合格。

9 设备必须具备超压泄放装置。

14.2 泄漏试验

14.2.1 符合下列情况之一时，容器应考虑进行泄漏试验：

1 介质为易爆；

2 介质为极度危害或高度危害；

3 对真空有较严格要求；

4 如有泄漏将危及容器的安全性（如衬里等）和正常操作。

5 设计图样有要求。

14.2.2 泄漏试验时，补强板和垫板上的讯号孔应打开，密封用垫片应采用正常操作时采用的密封用垫片同种材料。

14.2.3 泄漏试验方法应根据容器设计图样要求选用气密性检验或本标准附录A的氨检漏试验方法、附录B的氦检漏试验方法及附录C的卤素检漏试验方法。

14.3 尺寸检查

14.3.1 筒体下料对角线长度公差小于2mm,展开长度公差符合本标准第17.2条的规定。

14.3.2 最终尺寸检查包括容器总体长度、直线度、垂直度、最大最小直径差等。

14.4 检验报告

14.4.1 容器检验报告包括以下内容（设计文件有特殊要求的除外）：

1 钢板锻件超声检测报告

2 产品焊接试板力学和弯曲性能检验报告（如果有）

3 焊缝射线检测报告

4 焊缝衍射时差法超声检测报告

5 焊缝超声检测报告

6 磁粉检测报告

7 渗透检测报告

8 热处理检验报告

9 外观及几何尺寸检验报告

10 压力试验检验报告

11 泄漏试验检验报告

12 风险评估报告

13 化学分析报告

14.4.2 容器检验质量计划包括以下内容（设计文件有特殊要求的除外）：

1 设计与工艺文件审检

2 主要受压元件检查

3 部件及整体组焊检查

4 耐压试验检查

5 最终外观检验

6 包装、发运

7 出厂资料

8 铭牌检查、监检钢印

14.5 铸钢制压力容器检验

14.5.1 铸钢件的检验

1 铸钢件应同一熔炼炉次、同一热处理炉号为一批，每一批次取一个拉力试样和三个冲击试样以检验机械性能，每一熔炉次应进行一次成份分析。

2 设计压力≥1.6MPa的铁素体铸钢件应做常温V型缺口夏比冲击试验，三个试样的平均冲击吸收能量不低于20J，允许一个试样冲击吸收能量低于20J，但不得低于14J。

3 调质铸钢件应按炉号进行硬度对比试验，硬度试验的结果必须能说明具有均匀的调质效果，即检验单元中最硬件和最软件的硬度差不允许大于HB30。

4 用目测和常规量具检查铸钢件的外观质量、铸件尺寸、壁厚偏差和重量偏差以及表面粗糙度，并应符合相应标准的要求。

5 受压铸钢件首批5件至少取3件，以后每5件中取1件作射线检测（或超声检测）和磁粉（或渗透）检测，检测要求按设计文件要求，如图样上无特殊要求时，应按表14.5.1要求。

表 14.5.1

材料品种	射　线	超声波	磁粉	渗透
碳素钢和低合金钢铸件	标准：GB5677	标准：GB7233	标准：GB9444	标准：GB 9443
	要求：铸件表面洁净，根据铸造工艺和使用条件确定临界截面	要求：探伤前热处理，表面粗糙度为Ra12.5以上。	要求：交货状态，表面粗糙度为Ra25以上。	要求：交货状态，表面粗糙度为Ra50以上。
	合格等级：3级	合格等级：3级	合格等级：同渗透检测要求。点状、点线状、线状缺陷不大于3级，不允许存在裂纹。	合格等级：不允许存在下列缺陷 任何裂纹和热裂。 以108mmx148mm矩形框为评定框 点状、点线状、线状缺陷显示痕迹以3级为合格。
奥氏体不锈钢铸件	同上	-	-	同上

6 受压铸钢件的表面缺陷，除用目视方法外，对可疑部位及形状复杂部位进行磁粉（或渗透）检测，检测标准及合格等级按表14.5.1要求。

14.5.2 耐压试验和致密性试验

1 铸钢制压力容器进行水压试验时，水温不得低于5℃。

2 试验前容器内部应清扫干净，充水时必须将容器内的空气排净，试验过程应保持观察面干燥。

3 耐压试验应在无损检测合格后进行。试验程序和步骤同GB/T150-2011的要求。

4 试验时铸件如出现漏水或冒汗，则该铸件为不合格。返修后重新做水压试验。

5 铸钢制容器要求气密性试验时，其安全附件一定安装齐全。

6 铸钢制容器的气密性试验应在液压试验合格后进行，试验所用气体应为干燥、洁净的空气、氮气或其它惰性气体，试验程序和步骤同GB/T150-2011的要求。

15 特殊换热器制造技术要求

15.1 折流杆式换热器

15.1.1 折流杆与换热管的总间隙不得大于 0.5mm。

15.1.2 折流杆圈要控制焊接变形，管孔形状偏差不得小于 0.25mm。

15.1.3 折流杆圈的组装可采用先插后焊方法，也可采用先焊后插的方法。

15.1.4 折流杆直径应比相邻两管间的间隙小于 0.5-0.8mm。

15.1.5 折流杆的光洁度不小于 12.5mm。

15.2 螺旋折流板式换热器

15.2.1 折流板的冲压成形可采用冷压或热压。采用冷压时要考虑冲压反弹量。

15.2.2 折流板冲压时，要制备专用胎具。

15.2.3 钻孔必须在数控钻床上进行。

15.2.4 对不同规格的折流板外圆的加工要制备相应的工装夹具

15.2.5 每片折流板应有明晰的编号。

15.2.6 中心管与折流板的焊接按相应的焊接工艺。

15.2.7 折流板定位偏差应满足设计图样要求。

15.3 螺旋缠绕管式换热器

15.3.1 绕管式换热器的制造、检验与验收，除遵守本标准规定外，还应符合GB/T150、GB/T151及《固定式压力容器安全技术监察规程》的有关规定。

15.3.2 在绕管式换热器工作架上应置有软质工位器具保护，且在装配过程中必须对换热管加以防护，以避免在绕制过程中磕碰、划伤换热管。

15.3.3 绕管式换热器在制造过程中所使用的工装，凡是有与设备零件焊接或长时间接触的部分须采用不锈钢材质，以免造成铁离子污染。

15.3.4 若套装工具与管板或设备其他零件有焊接时，去除工装后须磨平焊接部位，且对修磨处进行渗透检测，确保表面无裂纹等缺陷。

15.3.5 筒体总长度尺寸应与绕管体长度尺寸单配，所以筒体中应有一单节筒节留有配刨余量，以便调整筒体长度。

15.3.6 绕管换热器使用的换热管一般采用焊接管，材料应满足标准的规定，并要求钢管厂逐根在线涡流探伤检验、在线固熔处理、管头两端封堵后供货，换热管采用无环焊缝的整根焊接钢管。换热

管在绕制前应按技术特性表中规定逐根进行气压试验。

15.3.7 异型垫条要保证折后角度，并确保槽间距，以保持螺旋角跟换热管相同，接触用处应圆滑过渡。

15.3.8 邻传热管之间横向间距和纵向间距要保持固定不变。

15.3.9 端部传热管折弯要自然平滑过渡。

15.3.10 绕制管束要保证管子弯曲角度及椭圆度。

15.3.11 胀管工艺要有胀接工艺评定。

15.3.12 管束制造完毕后对整个管束进行试压。管束试压先进行气压试验，再按本标准附录A《压力容器氨渗漏试验方法》使用氨渗漏检查焊口的强度及密封；如果管程设计压力高于壳程设计压力，则壳程进行“B”法氨渗漏检查，试验压力为10%管程设计压力，且不低于0.4Mpa。

16 试件和试样

16.1 产品焊接试件

16.1.1 产品焊接试件的类型

本标准主要介绍 A 类纵向焊接接头试件、B 类焊接接头试件、接管与壳体的焊接接头试件。

16.1.2 产品焊接试件的制备条件

1 常规容器制作 A 类纵向焊接试件的条件见 GB/T150.4-2011 及 TSG 21-2016《固定式压力容器安全技术监察规程》的规定，特殊容器按照其相应标准执行。

2 制作 B 类焊接试件（鉴证环）的条件：

1） 锻焊容器。

2） 设备 B 类焊接接头要求较高的容器。

3） 设计要求。

3 当设计要求接管与壳体的焊接接头需做焊接试件时，应按设计要求制备焊接试件。

4 有回火脆化倾向的设备，需制备阶梯冷却试验试件。

5 有硫化氢应力腐蚀的设备，按制备抗氢致开裂试验试件。

6 有晶腐试验要求的设备，需制备焊接接头的晶腐试件。

7 当材料设计温度满足使用温度下限，但是低于材料标准要求的常规冲击温度时，设备应制备设计温度下的产品焊接冲击试件。

8 对于冷作不锈钢受压元件的变形率超过本标准第 8.2 节要求时，应制备代表该受压元件焊接接头的产品焊接试件。

16.1.3 产品焊接试件的数量

1 一般情况，筒体 A 类焊接接头的产品焊接试件，根据材料类型、板料厚度、焊接方法、热处理状态确定产品焊接试件的数量。对于外协或外购热作封头或锥体，设计没有特殊要求时一般带两组产品试件，一件外协或外购厂家检验，一件用于回厂检验，如设备有焊后热处理的，回厂试件随设备热处理后再检验。

2 对于冷作不锈钢受压元件的变形率超过本标准第 8.2 节要求时，如设计没有特殊要求，应制备一组产品焊接试件。

3 多台（多个位号）重叠设备（如换热器、塔器），需按每个位号的材料、厚度、结构、焊接工艺等不同分别制备产品焊接试件。

4 多层包扎压力容器产品焊接试件应包括内筒焊接试件和层板焊接试件各一组。

5 按照 HG3129《整体多层夹紧式高压容器》制造的高压容器内筒应制备一组产品焊接试件.

6 设计图样有规定的按照设计图样规定的数量制作产品焊接试件.

7 其它按产品标准要求制备相应数量的产品焊接试件。

16.1.4 产品焊接试件的制备要求

1 A 类纵向焊接试件(含晶腐试件)应在筒体或锥体的延长部位与之同时施焊。

2 先拼板后成型的封头，产品焊接试件应与封头的拼接接头同时施焊。

3 B 类鉴证环、D 类焊接试件应单独施焊。

4 试件应由施焊该容器的同类焊接接头的焊工施焊。

5 对于 B 类鉴证环的材料，应采用与容器材料相同标准、相同牌号、相同热处理状态、相同厚度、相同直径制成两个环，如果壳体直径较大，环的尺寸（厚度、直径）可按几何模拟的办法成比例缩小，以保持二者的刚性一致。

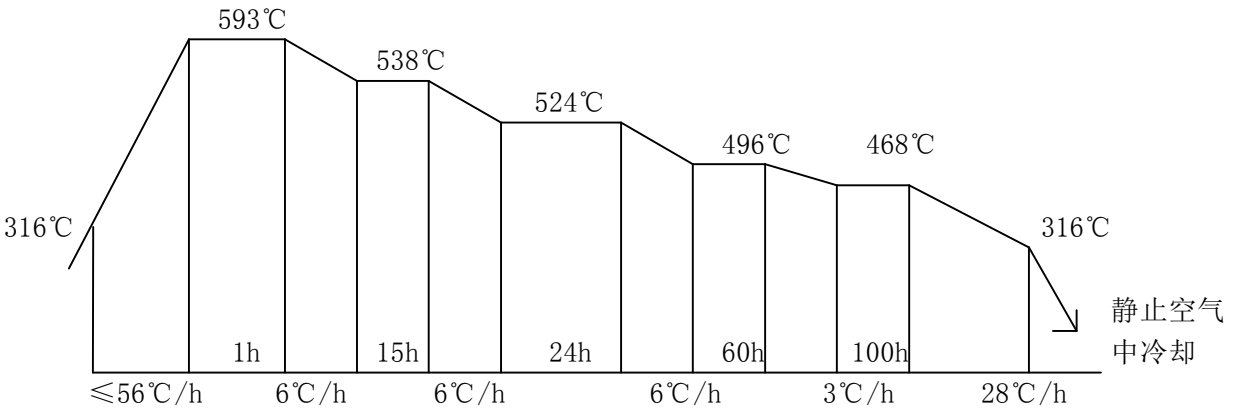
6 产品试件的受热史应与设备所经历的受热史相同

7 其它焊接试件的材料应用所代表的材料相同。

16.1.5 产品焊接试件的特殊检验要求

1 阶梯冷却试件的检验要求

1） 阶梯冷却试验工艺



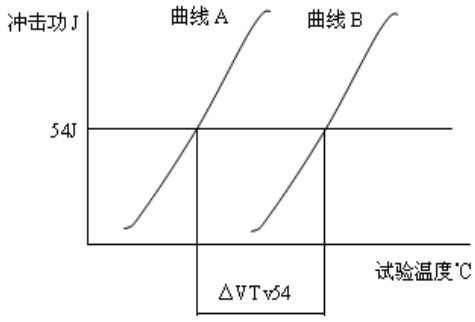
阶梯冷却试验工艺

2） 阶梯冷却试验指标

VTv54+2.5△VTv54≤10℃

式中，VTv54—径 Min.PWHT 后的夏比冲击功为 54J 时的对应转变温度（℃）。

△VTv54—径 Min.PWHT+阶梯冷却试验后和 Min.PWHT 后记录在冲击功为 54J 时的对应转变温度的增量（℃）。



冲击功与试验温度的关系曲线

注：曲线 A：阶梯冷却前冲击功与试验温度的关系曲线
曲线 B：阶梯冷却后冲击功与试验温度的关系曲线

3） 夏比冲击试验要在 8 个不同的温度条件下进行，为了保证转变曲线应在上下平台至少各需要 2 个试验温度点，中间至少 4 个试验温度点。

4） 曲线 A，B 各由 8 个适当的试验温度点组成，一般情况取-100℃，-80℃，-60℃，-40℃，-30℃，-10℃，0℃，20℃，在每个温度下，曲线应平滑完整，应有上下平台值。

5） 根据曲线及阶梯冷却试验指标来判定阶梯冷却试验是否合格。

2 抗氢致开裂（HIC）试验

产品焊接试件的抗氢致开裂试验及评定方法参照GB/T8650,采用标准溶液A,合格等级不低于母材要求,试验结果等级见表 16.1.5。

表 16.1.5

等级	CLR/%	CTR/%	CSR/%
I	≤5	≤1.5	≤0.5
II	≤10	≤3	≤1
III	≤15	≤5	≤2

注：CLR——裂纹长度率
CTR——裂纹厚度率
CSR——裂纹敏感率

3 有模拟焊后热处理要求的设备，当设计要求产品焊接试件进行模拟焊后热处理的，最小模拟焊后热处理试件与设备同炉热处理，最大模拟焊后热处理试件需单独进行热处理。

16.2 母材试件

16.2.1 母材试件的制备条件

1 符合 GB/T150.4-2011 第 9.2.1.1 条的规定。

2 试件检验项目如设计没有特殊要求，应与母材相同。

16.2.2 母材试件的数量

1 外协成型或外购件，母材试件应至少两组，生产厂家和制造厂各一组。

2 需模拟焊后热处理时，模拟试件可由一组试件切成两件分别进行模拟。

16.2.3 母材试件的检验前的热处理状态

母材试件与所代表的产品零部件的受热史相同，热作封头、锥体的母材试件应与之同炉加热及恢复材料性能热处理。不锈钢受压元件冷变形率超过本标准第 8.2 节规定时，母材试件应与之同炉恢复材料性能热处理。

16.3 试样

16.3.1 产品焊接试件的试样制备要求

1 试样检验前的热处理状态

1） 筒体产品试件的试样：有热处理要求的设备，试样热处理状态应为最终焊后热处理；没有热处理要求的设备，试样应为焊后状态。对于要求做阶梯冷却试验的试样，一组试样焊后热处理状态，一组试样焊后热处理+阶梯冷却试验。

2） 热作封头、锥体产品试件的试样：一般情况下应为热作+恢复性能热处理+焊后热处理。对于要求做阶梯冷却试验的试样，一组试样热处理状态同上，一组试样热处理状态为热作+恢复性能热处理+焊后热处理+阶梯冷却试验。

3） 不锈钢冷成型受压元件产品试件的试样：根据图样要求做固溶或稳定化处理。

2 试样的数量

1） 常规检验项目的试样数量按 NB/T47016 执行。

2） 阶梯冷却试验试样数量：阶梯冷却前后冲击功试样各为 8 组共 48 件；

3） 抗氢致开裂（HIC）试验试样数量：每个代表件取 3 件试样。

4） 设计有要求时按设计要求的数量取样。

3 试样的检验与评定方法

1） 常规检验项目的试样数量按 NB/T47016 和设计文件执行。

2） 阶梯冷却试验及抗氢致开裂试验的按照本章第 16.1.5 条检验。

3） 其余要求按 GB/T150.4-2011 及 TSG21-2016 标准执行

16.3.2 母材试件的试样制备要求

1 试样检验前的热处理状态

1） 对于碳素钢、低合金钢，试样一般与所代表的受压元件受热史相同，对于有模拟焊后热处理的设备，母材试件在检验前需分别进行模拟最大最小焊后热处理。

2）对于不锈钢冷成型受压元件的母材试样，应与所代表件有相同的成型、热处理过程相同。

2 试样的数量

1） 常规检验时，拉伸试样 1 个、冷弯试样 1 个、冲击试样 3 个。

2） 需做高温拉伸试验时应做拉伸试样 1 个

3） 阶梯冷却试样数量及抗氢致开裂试样数量同产品试件取样数量。

4） 其余按设计要求取样。

3 试样的检验与评定方法

1） 常规检验项目按 GB/T150.4-2011、TSG21-2016 和设计文件执行。

2） 阶梯冷却试验及抗氢致开裂试验的按照本章第 16.1.5 条检验。

17 尺寸公差

17.1 基础规定

17.1.1 除《压力容器》GB/T150-2011 等设计常用规范及图样另有规定外，压力容器和其连接的非受压原件的尺寸公差应符合本标准的规定。

17.1.2 基准面

立式容器的测量基准面可选择位于容器底封头与筒体的环焊缝以上 50mm 处;卧式容器可选择位于容器一端的封头与筒体环焊缝往筒体方向 50mm 处。

具有设备法兰的容器，可选择法兰密封面为基准面。设计选择其他平面作为基准面（如以切线或环焊缝为基准面）时，应按图样上标注执行。

基准面的 0°、90°、180°、270°各点在容器壳体外侧应打印标记。如果检测内部尺寸时，内侧也应有相应的标识。标记可用油漆划线显示。

17.2 公差

Ⅰ 立式容器

17.2.1 上下两封头与筒体焊缝线间长度（L）允差（见图 17.2.1（a)），列于表 17.2.1。

表 17.2.1 长度（L）允差

长度（m）	≤2.5	＞2.5~5	＞5~10	＞10~15	＞15~30	＞30~60	＞60~90
允差（mm）	±6	±10	±13	±16	±20	±40	±60

17.2.2 直径、周长公差、圆度、直线度、垂直度：

1 直径公差：一般容器不测定直径及其偏差。当有装配间隙要求的内件时，容器内径允差列于表 17.2.2。

表 17.2.2 内径允差

内径（mm）	≤500	＞500~1000	＞1000~2000	＞2000~4000	＞4000
允差（mm）	±2	±2.5	±5	±7.5	±10

2 外径周长公差：

外径（工程内径加 2 倍实际板厚）小于等于 650mm 者，周长（外径）允差为±5mm；外径大于 650mm 者，允差为±0.25%圆周长。

3 圆度：

内压容器组焊完成后，应检查壳体的直径，要求如下：

1） 壳体同一断面上最大内径与最小内径之差，应不大于该断面内径 Di 的 1%(对锻焊容器为 1‰) 且不大于 25mm(见图 17.2.2)，

2） 当被检断面与开孔中心的距离小于开孔直径时，则该断面最大内径与最小内径之差，应不大于该断面内径 Di 的 1%(对锻焊容器为 1‰)与开孔直径的 2%之和，且不大于 25mm。

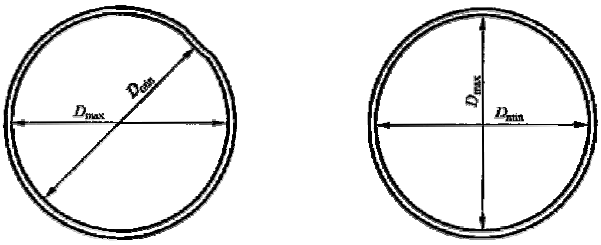


图 17.2.2-1 壳体同一断面上最大内径与最小内径之差

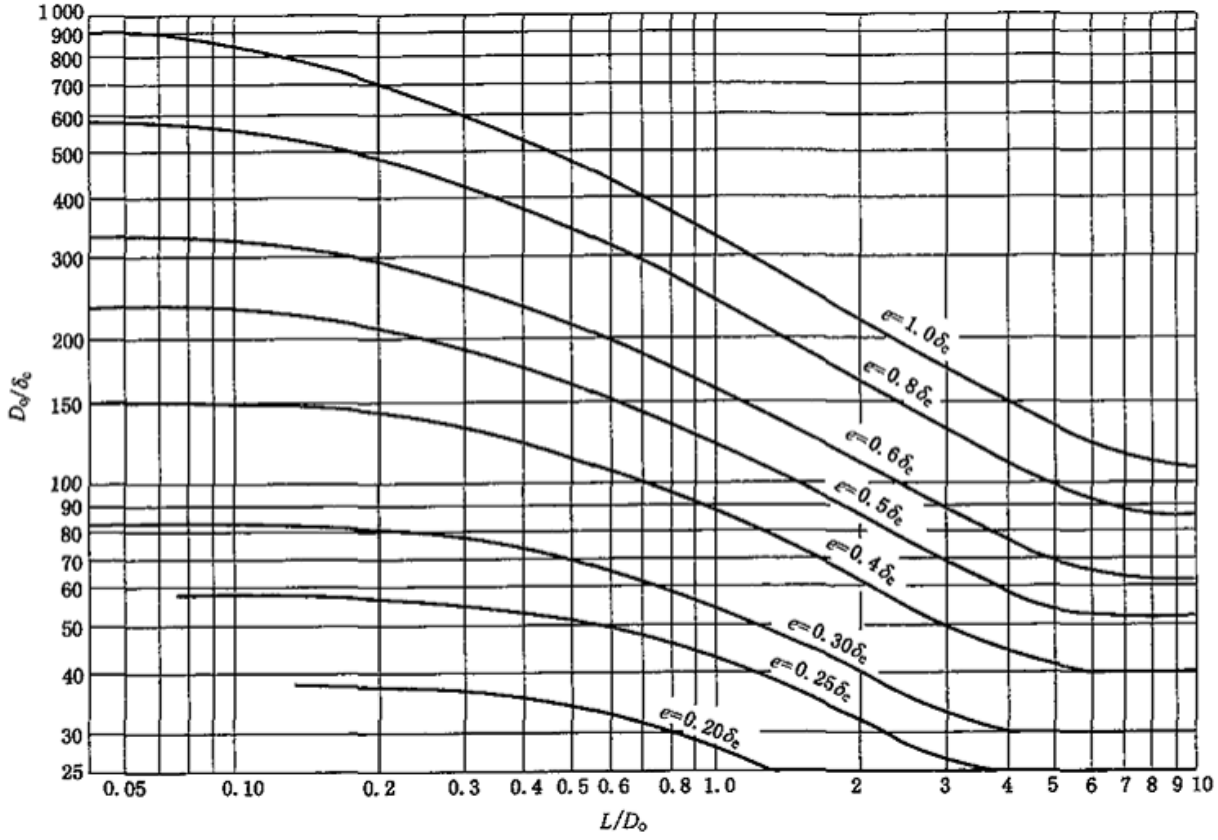


图 17.2.2-2 外压壳体圆度最大允许偏差

外压容器除满足上述对内压容器的要求外，还应控制实际形状对理论圆形间的正负偏差值。

外压容器组焊完成后，应按如下要求检查壳体的圆度：

1） 采用内弓形或外弓形样板（依测量部位而定）测量。样板圆弧半径等于壳体内半径或外半径,其弦长等于GB/T150.3图4-14中查得的弧长的两倍。测量点应避开焊接接头或其他凸起部位。

2） 用样板沿壳体径向测量的最大正负偏差 e 不得大于由图 17.2.2-2 中查得的最大允许偏差值。

当 Do/δe 与 L/Do 的交点位于图 17.2.2-3 中任意两条曲线之间时，其最大正负偏差 e 由内插法确定；

当 Do/δe 与 L/Do 的交点位于图中 e=1.0δe 曲线的上方或 e=0.2δe 曲线的下方时，其最大正负偏差 e 分别不得大于 δe 及 0.2δe 值。

3） 圆筒、锥壳 L 与 Do 分别按 GB/T150.3 的规定选取，对于球壳 L 取为 0. 5Do；对于锥壳 Do 取测量点所在锥壳外直径 Dox，L 取 Le(Do_L/Dox)，其中当量长度 Le 按 GB/T 150. 3-2011 式(5-20)计算。

4 直线度：

筒体直线度允差应不大于筒体长度（L）的 1‰。当直立容器的壳体长度超过 30m 时，其筒体直线度允差应不大于（0.5L/1000）+15。

5 垂直度：

与容器筒体相焊的设备法兰，其密封面与所在筒体轴线垂直度公差为 1mm。

17.2.3 挡板、下降板的方位允许偏差（见图 17.2.1（c））：

在容器内表面上测量的挡板、下降板的方位偏差为±6mm。

17.2.4 支座下端到下封头与筒体焊缝线的距离允差为 $^{+12}_{0}$ mm（见图 17.2.1（a））。

17.2.5 基础环下端到下封头与筒体焊缝线的距离允差为 $^{0}_{-12}$ mm（见图 17.2.1（a））。

17.2.6 基础环不平度允差为±1.5mm（见图 17.2.1（f））。

17.2.7 基础环倾斜度允差为±3mm（见图 17.2.1（g））。

17.2.8 支耳、托架到基准面的距离允差为±6mm（见图 17.2.1（h））。

17.2.9 结构连接线上的环向测量允差为±6mm（见图 17.2.1（i））。

17.2.10 两个相邻支耳之间的距离允差为±1.5mm（见图 17.2.1（a））。

17.2.11 底板要求：

1 基础环板水平度公差（见图 17.2.1（a））：

1） 容器直径小于或等于 2m 为 3mm；

2） 容器直径大于 2m 为 5mm。

2 各支腿底板底面应位于同一水平面上，其最高与最低相差应按 JB/T4712.2 的规定（见图 17.2.1（a））；

3 各耳式支座底板底面应位于同一水平面上,其最高与最低相差不得超过 3mm(见图 17.2.1(a))。

17.2.12 地脚螺栓中心圆直径允差、相邻两孔弦长允差和任一两孔弦长允差按 GB/T150-2011 有关规定（见图 17.2.1（a））。

17.2.13 接管：

图 17.2.1 所示立式容器的接管允差如下：

1 接管（非人孔）到封头与筒体焊缝线的安装尺寸允差（见图 17.2.1（a））为±6mm，但下列情况除外：

1） 接管到相邻内件支撑环或受液盘的尺寸允差为±3mm；

2） 接管之间的尺寸有特殊装配要求者，如液面计，按本款第 6 项的规定。

2 沿壳体外壁测量，接管及其他附件（如人孔、支耳等）的方位允差为±6mm〔（见图 17.2.1（b）、（c））；

3 接管法兰面（包括斜接接管的法兰）与筒体外表面的尺寸允差为±5mm（见图 17.2.1（a））；

4 法兰面的水平度或垂直度公差应符合 GB/T150 的要求（见图 17.2.1（a））；

5 接管在任意方向上的水平位置、垂直位置或预定位置的允差为±0.5°（见图 17.2.1（j））；

6 接管之间有特殊装配要求者，如液面计，应达到以下公差（见图 17.2.1（a））：

1） 两接管距离允差为±1.5mm；

2） 通过两接管中心垂线的间距不大于 1.5mm；

3） 通过两接管法兰中心的垂直线间距不大于 1.5mm；

4） 法兰面的垂直度公差不得大于 0.5/100 的法兰外径。

17.2.14 人孔、手孔等：

1 人孔等安装位置的尺寸允差为±13mm（见图 17.2.1（a）、（b））；

2 人孔等的法兰面与筒体外表面之间的尺寸允差为±10mm（见图 17.2.1（a））；

3 人孔法兰面的最大垂直度或水平度允差为 6mm（见图 17.2.1（a））；

4 人孔在任意方向上的水平位置、垂直位置或预定位置的允差为±1°（见图 17.2.1（j））。

17.2.15 内件及支撑圈：

1 第一个内件支撑圈与基准面之间的尺寸允差为±5mm（见图 17.2.1（a））；

2 相邻内件支撑圈之间和支撑圈与其他有关部件之间的距离允差为±3mm（见图 17.2.1（a）），任意两支撑圈之间（不大于 20 层）的距离允差为±10mm；

3 内件支撑圈与安装基准面的平行度允差列于表 17.2.15（见图 17.2.1（a））；

表 17.2.15 内件支撑圈的平行度允差

容器直径（m）	≤1.6	＞1.6~4	＞4
最高点与最低点之差（mm）	3	5	6

4 堰板倾斜度允差为±1.5mm（见图 17.2.1（l））；

5 堰板高度允差为±3mm（见图 17.2.1（l））；

6 堰板到容器内壁的距离允差为±6mm〔（见图 17.2.1（l））；

7 焊接的支撑圈与筒体应成直角（90°），其允差为 1/50 支撑圈宽度（见图 17.2.1（d））。

17.2.16 立式容器安装垂直度允差（另有规定者除外）：

安装垂直度允差为 1‰设备高度，且不超过 30mm（见图 17.2.1（k））。

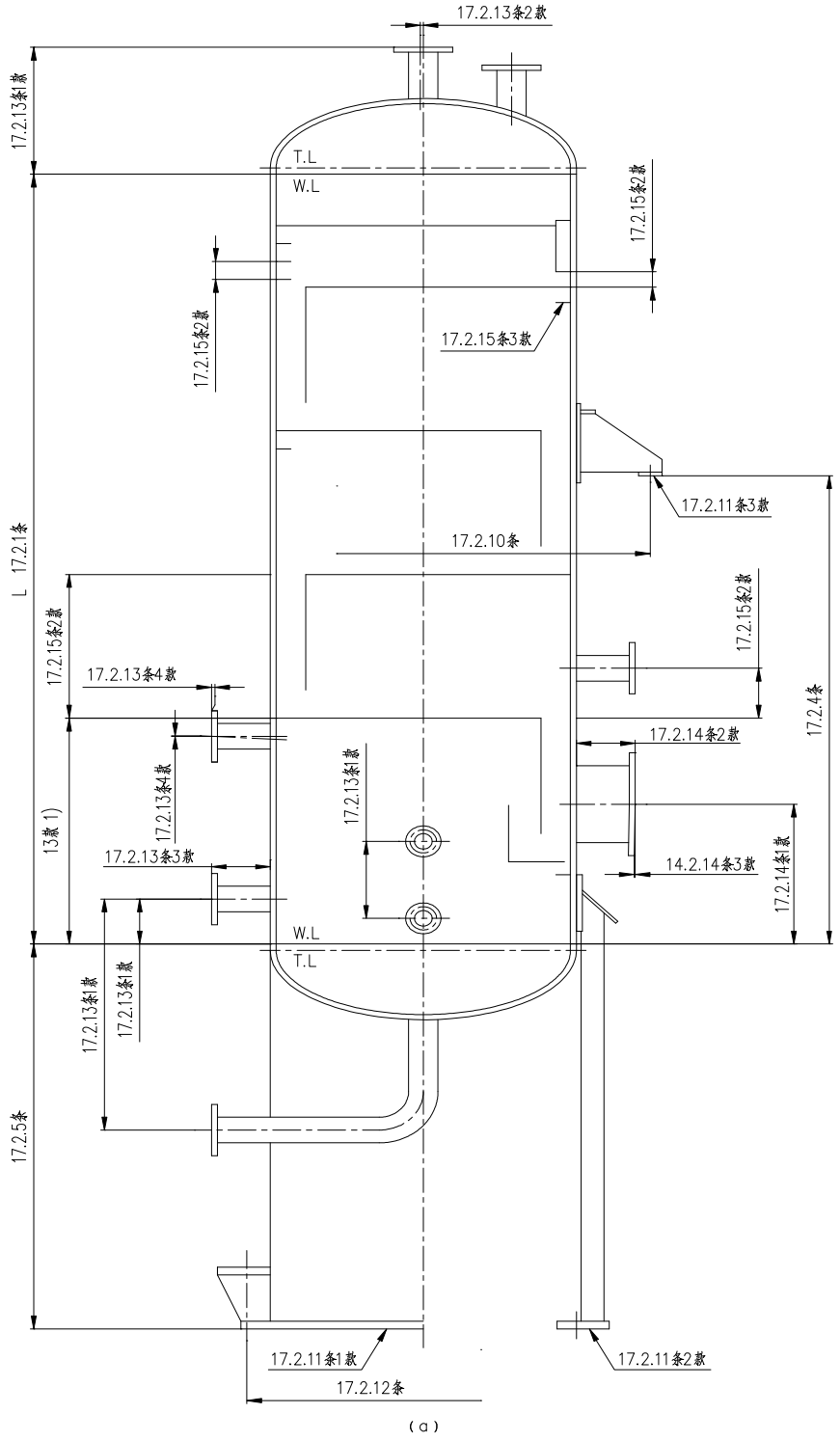
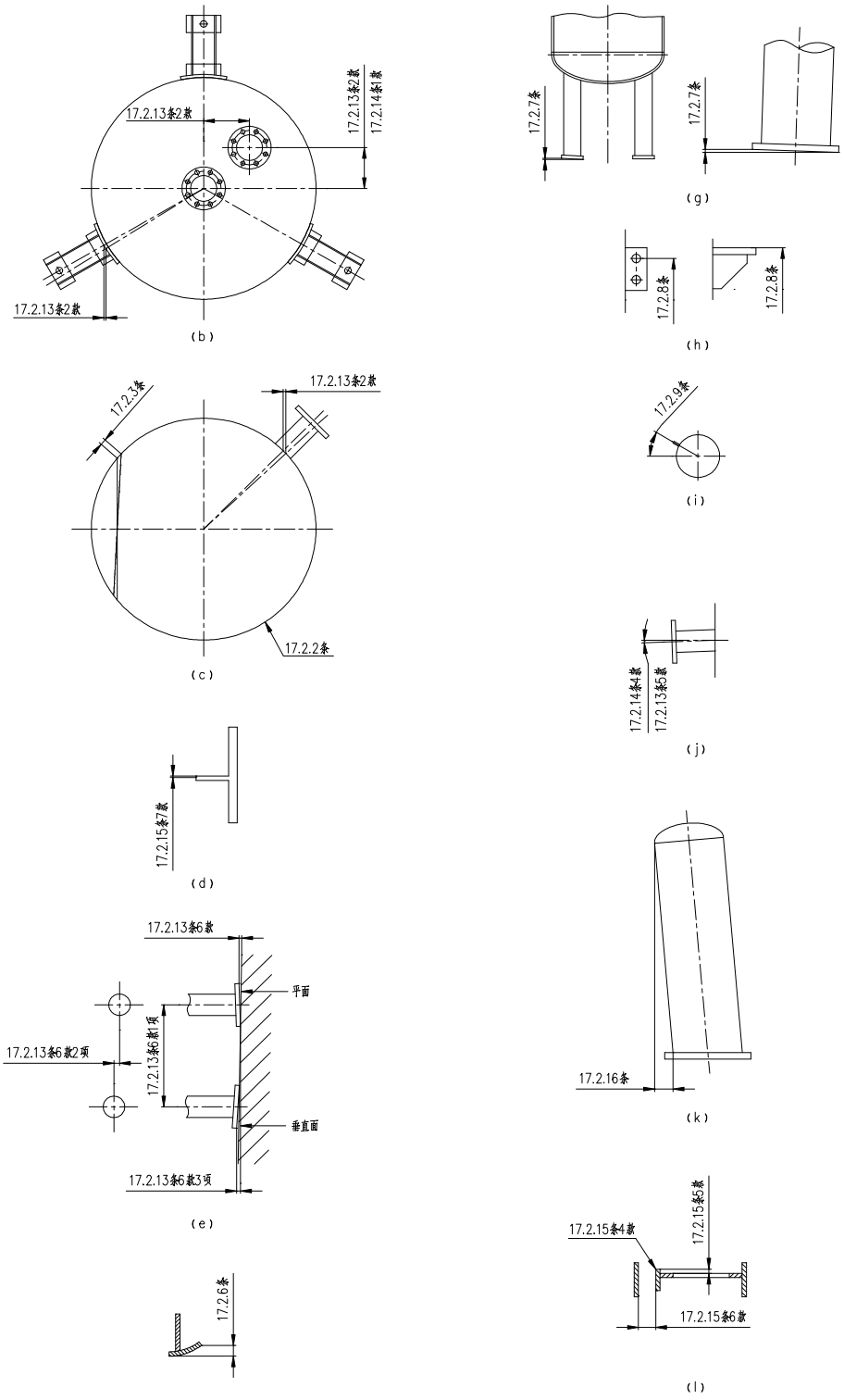


图 17.2.1 立式容器（图中编号见相应条款）



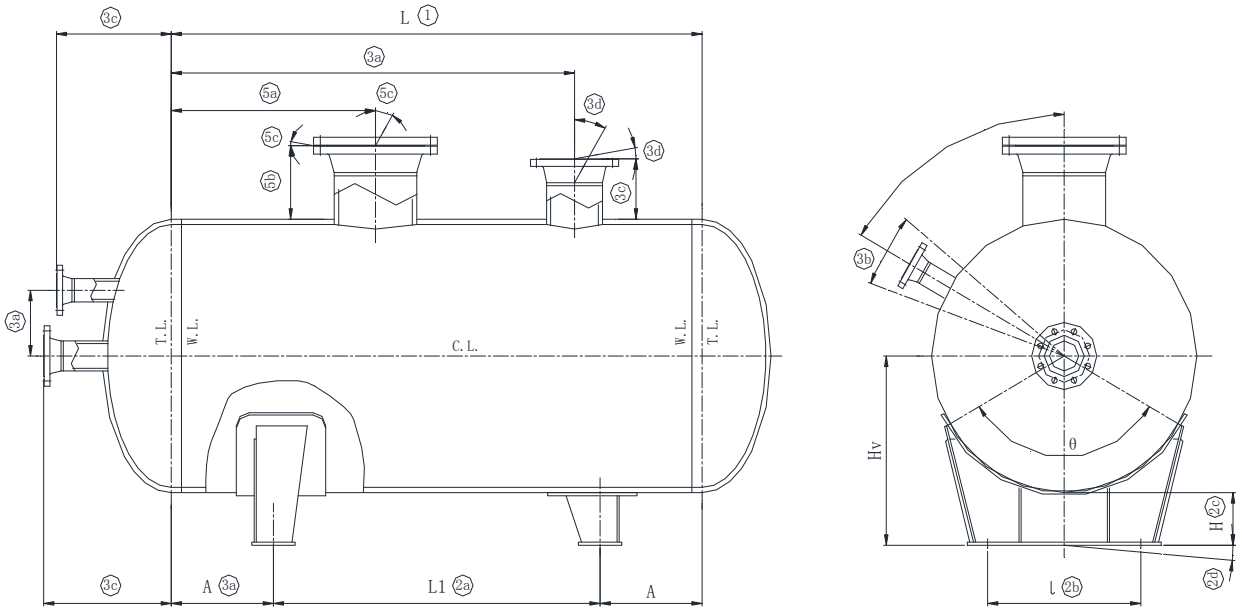
续图 17.2.1 立式容器（图中编号见相应条款）

Ⅱ 卧式容器

17.2.17 卧式容器及其连接的非受压元件尺寸极限偏差及形状位置公差检验项目按表 17.2.17 及图 17.2.17 的要求。

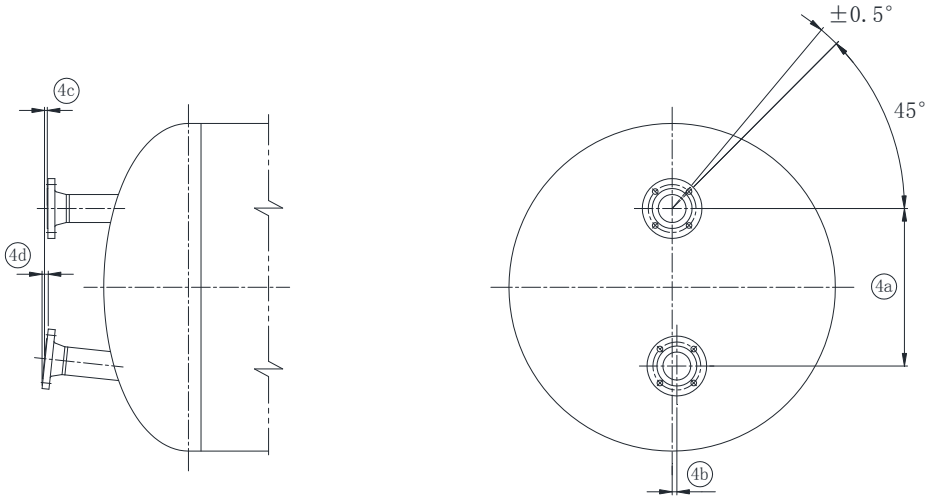
表 17.2.17 卧式容器尺寸极限偏差及形状位置公差　　单位mm

序号	检验项目	极限偏差或公差					
1	封头切线之间的距离 L	长度 L m	≤5	>5-10	>10-20	>20-40	>40
		极限偏差	±8	±10	±20	±30	±40
2	a)两鞍式支座中心线距离　L1	≤4000　GB/T 1804 中 m 级 ＞4000－8000　±8 ＞8000-12000　±10 ＞12000-20000　±12 ＞30000　±14 ＞40000　±16					
	b)同一鞍座上两螺孔中心距 l	±2					
	c)鞍座底板与圆筒最低表面距离 H	0 -6					
	d)鞍座底板沿长度方向水平度	≤0.8/100 底板长					
	e)鞍座底板沿宽度方向水平度	≤0.8/100 底板宽					
3	a)接管中心线到切线、圆筒中心线的距离，接管间距[液面计见 4a)、人孔见 5]	同 2a)					
	b)接管及其他附件的方位	±0.50					
	c)接管法兰面与筒体外表面或与切线之间距离	同 2a)					
	d) 法兰面水平度或垂直度公差	按 GB 150.4 规定					
4	a)液面计接管间距	±1.5					
	b)对应两液面计接管中心垂线水平间距	±1.0					
	c)通过液面计两接管法兰中心面垂直线间的距离	±1.0					
	d)液面计法兰面的垂直度	≤0.5/100 法兰外径					
5	a)人孔、手孔中心线到切线距离	±13					
	b)人孔、手孔的法兰面与筒体外表面距离	±10					
	c)人孔、手孔的法兰面水平度或垂直度	≤11100 法兰外径					



a) b)

图 17.2.17 卧式容器尺寸极限偏差及形状位置公差检验项目



c)

续图 17.2.17 卧式容器尺寸极限偏差及形状位置公差检验项目

17.2.18 直径、周长公差、圆度、直线度、垂直度：同本章 17.2.2 条的规定。

17.2.19 卧式容器鞍座底板底面之间的高度差最大为 6mm，倾斜设置这可不受此限制。

Ⅲ 热交换器

17.2.20 热交换器的尺寸偏差（直径、周长公差、圆度、直线度、垂直度）：

1 直径公差：一般换热器不测定直径及其偏差。管箱直径偏差在无特殊要求时，可以按 17.2.2

规定；壳体如有必要，可按照外径周长公差反算直径公差。

2 外径周长公差：

管箱：外径（工程内径加 2 倍实际板厚）小于等于 650mm 者，周长（外径）允差为±5mm；外径大于 650mm 者，允差为±0.25%圆周长。

壳体：用钢板卷制的圆筒，外圆周长的允许上偏差为 10mm；下偏差为 0mm。用管材做圆筒时，其尺寸允许偏差应符合相应材料标准的规定。

3 圆度：

管箱圆度同 17.2.2 3。

壳程圆筒同一断面上的最大内径与最小内径之差，不应大于该断面公称直径 DN 的 0.5%，且应符合下列规定：

1） DN≤1200mm 时，不大于 5mm；

2） DN＞1200mm～2000mm 时，不大于 7mm；

3） DN＞2000mm～2600mm 时，不大于 12mm；

4） DN＞2600mm～3200mm 时，不大于 14mm；

5） DN＞3200mm～4000mm 时，不大于 16mm。

4 直线度：

圆筒直线度允许偏差不应大于筒体长度 L 的 1‰，且当 L≤6000mm 时，不大于 4.5mm；L＞6000mm 时，不大于 8mm。

5 垂直度：

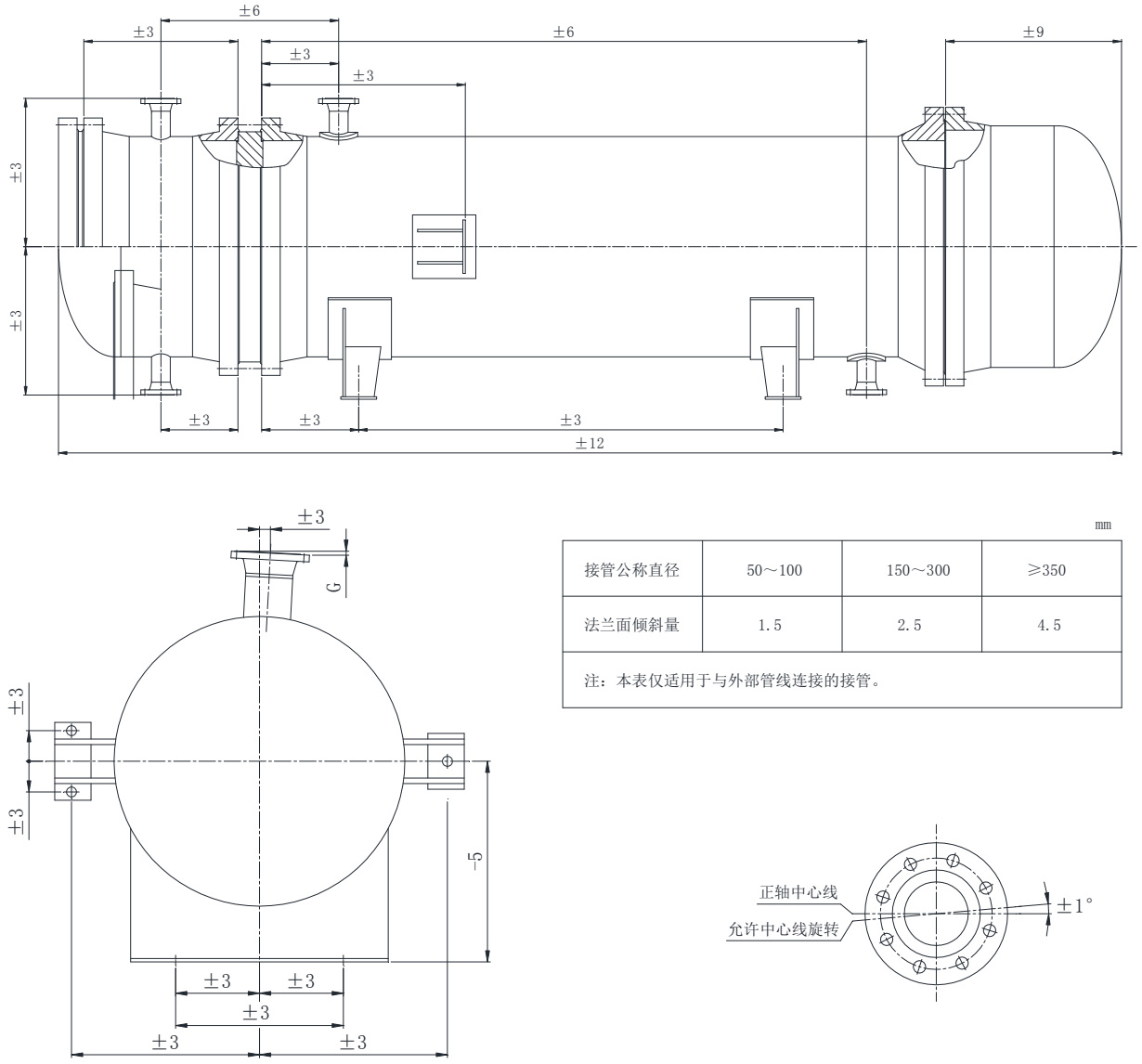
与容器筒体相焊的设备法兰，其密封面与所在筒体轴线垂直度公差为 1mm。

6 直线度：

1） 管板密封面应与轴线垂直，其垂直度公差按 GB/T1184 的第 9 级公差等级选取。

2） 管孔应严格垂直于管板密封面，其垂直度公差应按 GB/T1184 的第 9 级公差等级选取。

17.2.21 热交换器安装尺寸的允许偏差见图 17.2.21



mm

接管公称直径	50～100	150～300	≥350
法兰面倾斜量	1.5	2.5	4.5
注：本表仅适用于与外部管线连接的接管。			

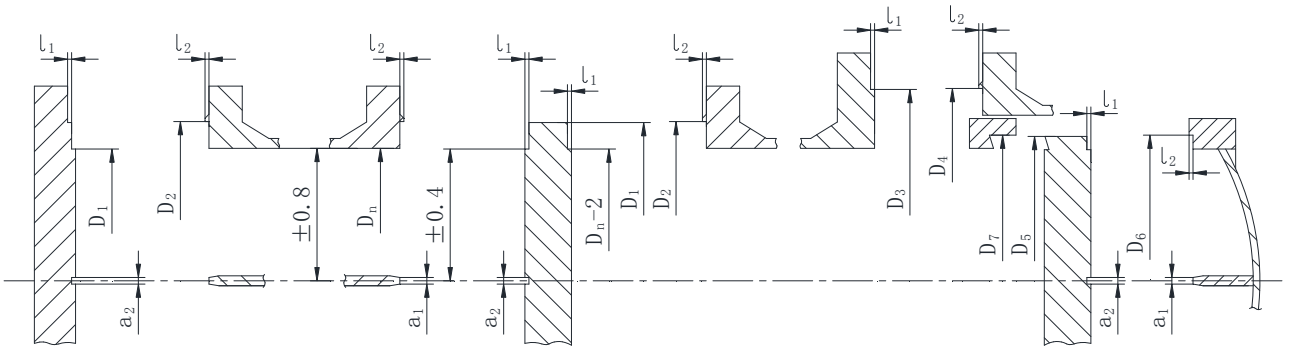
图 17.2.21-1 安装尺寸允许偏差

1 管箱平盖、法兰、分程隔板、管板等装配尺寸的允许偏差见图 17.2.21-2。图中 DI～D7 的允许偏差按 GB/T1804 规定的 m 级，但极限偏差不得超过±1.2mm;；图中 D_5、D_7 的允许偏差只适用于 A 型钩圈，B 型钩圈 D_5，D_7 的允许偏差见图 17.2.21-3。

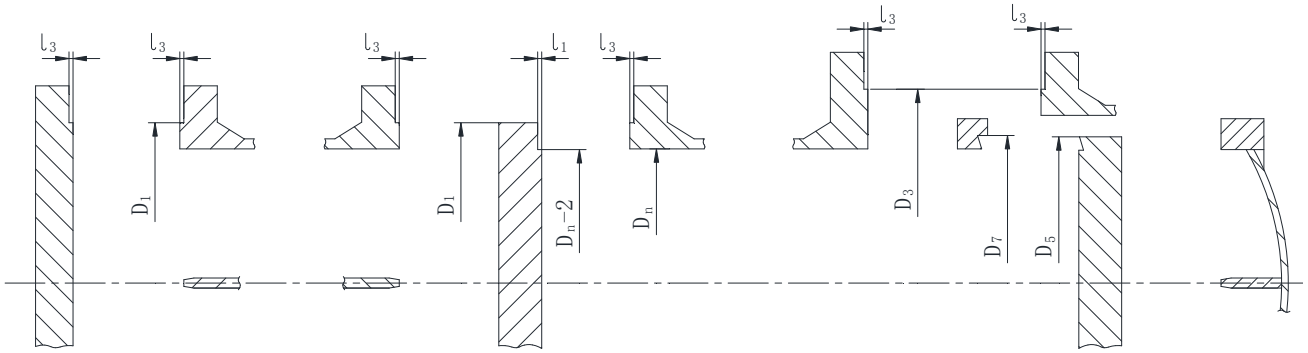
2 填料函装配尺寸的公差等级见图 17.2.21-4。

3 双壳程热交换器纵向隔板的宽度及允许偏差与折流板外径及允许偏差相同，纵向隔板两对角线之差不应大于 2.5mm。

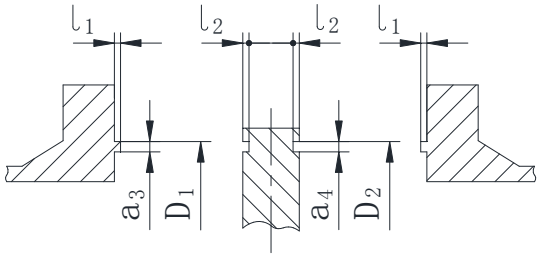
4 除另有规定外，零件机械加工表面和非机械加工表面的线性尺寸的极限偏差，分别按 GB/T1804 中的 m 级和 c 级的规定 。



a） 凹凸面连接



b） 平面连接



mm

符号	基本尺寸	偏差
l_1	≥5	$^{+0.5}_{0}$
l_2	≥5	$^{0}_{-0.5}$
l_3	≥3	$^{+0.5}_{0}$
a_1，a_3	——	$^{0}_{-0.8}$
a_2，a_4	——	$^{+1.5}_{0}$

c） 榫槽面连接

图 17.2.21-2　　装配尺寸的允许偏差

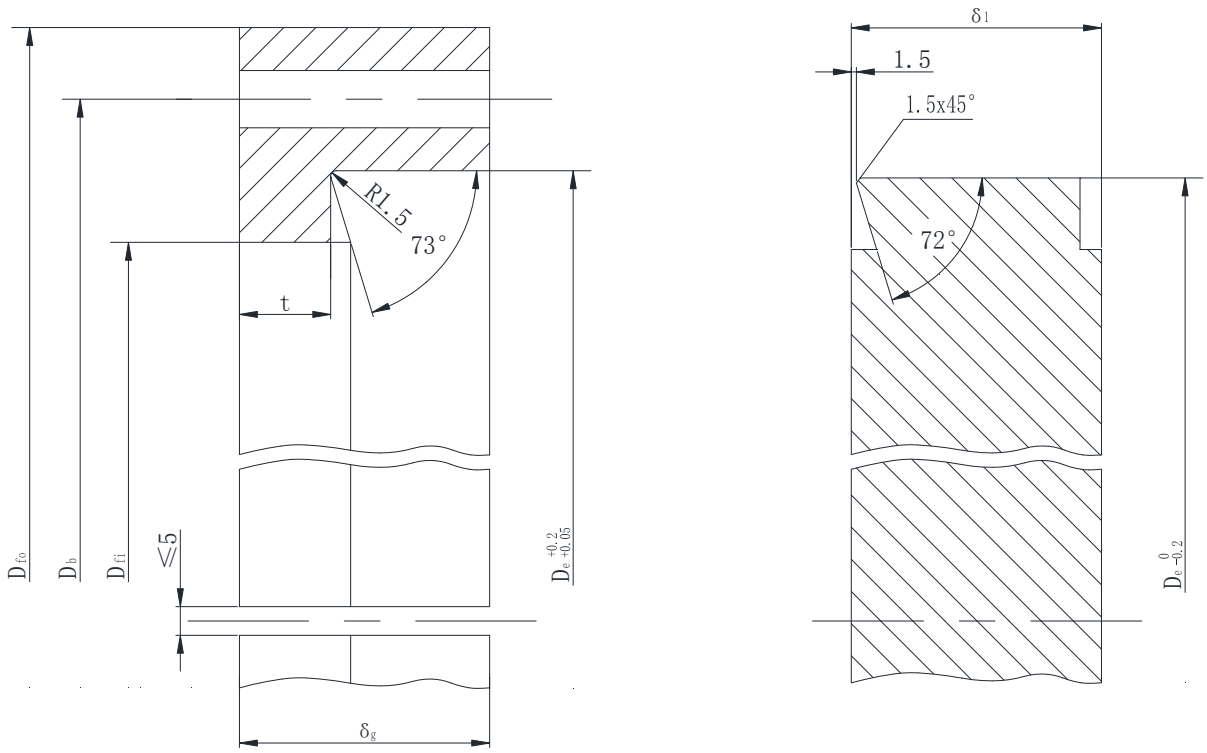


图 17.2.21-3　　B 型勾圈

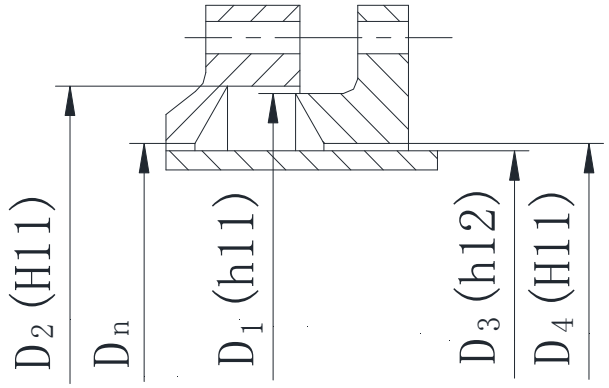


图 17.2.21-4　　填料函装配尺寸的允许偏差

17.2.22 除 GB/T151 要求安装尺寸公差，还应满足图 17.2.22 的要求。

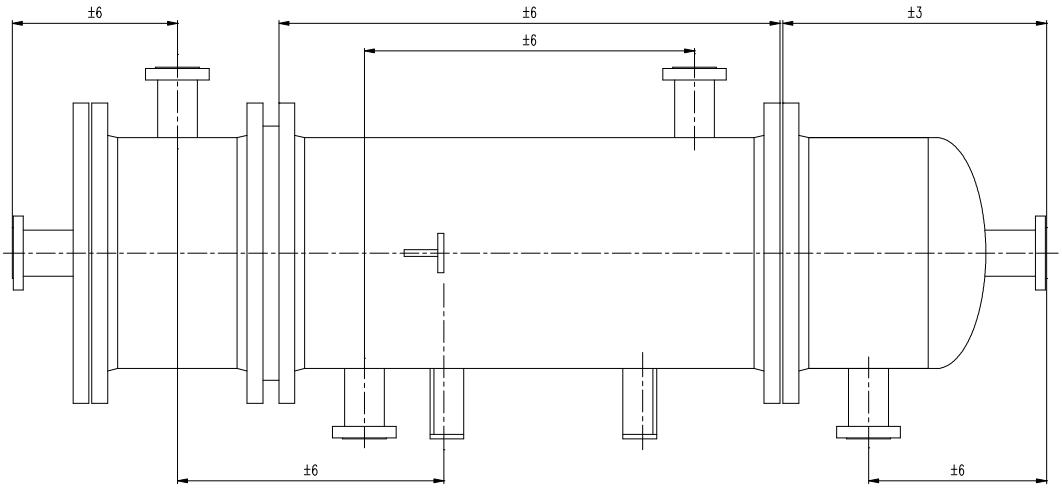


图 17.2.22 热交换器安装尺寸允许偏差

17.2.23 折流板（支持板）平面度公差为 3mm。

17.2.24 换热管外径≤38mm 时，折流板（支持板）相邻两孔中心距离极限偏差为±0.3mm，允许有 4%相邻两孔中心距极限偏差为±0.5mm，任意两管孔中心距极限偏差为±1mm；当换热管外径为 57mm 时，折流板（支持板）相邻两孔中心距离极限偏差为±0.5mm，允许有 4%相邻两孔中心距极限偏差为±0.7mm，任意两管孔中心距极限偏差为±1.2mm。

Ⅳ 塔式容器

17.2.25 塔式容器外形尺寸偏差按表 17.2.25 和图 17.2.25 的规定。

表17.2.25 外形尺寸公差表 **单位mm**

符号	检验项目		允许偏差
①	筒体圆度		按照 17.2.2
②	筒体直线度		1.任意 3000 长度筒体直线度偏差≤3； 2.筒体总长度 L≤30000 时，总偏差≤L/1000； L＞30000 时，总偏差≤0.5L/1000+15
③	上下两封头焊缝之间的距离		每长度为 1000 时为±1.3，当 L≤30000 时， 不超过±20；L＞30000 时，不超过±40
④	基础环底面至塔釜封头与塔壳连接焊缝的距离		每长度 1000 为±2.5，且不超过±6
⑤	接管法兰面至塔壳外壁距离		±2.5
⑥	设备开口中心标高及轴向位置	接管	±5
		人孔	±10
		液面计接口	±3
⑦	与外部管线连接的法兰面垂直度或平行度		DN≤200 时为±1.5；DN＞200 时为±2.5
⑧	接管中心线到塔盘面的距离		±3（人孔为±6）

⑨	液面计对应接口间的距离	±1.5
⑩	液面计对应接口周向位置	±1.5
⑪	液面计对应接管外伸长度差	≤1.5
⑫	液面计法兰面垂直度	≤法兰外径的 0.5%
⑬	塔壳分段处端面平行度	DN/1000，且不大于 2
⑭	地脚螺栓相邻或任意两孔弦长	±3
⑮	地脚螺栓孔中心圆直径	±3

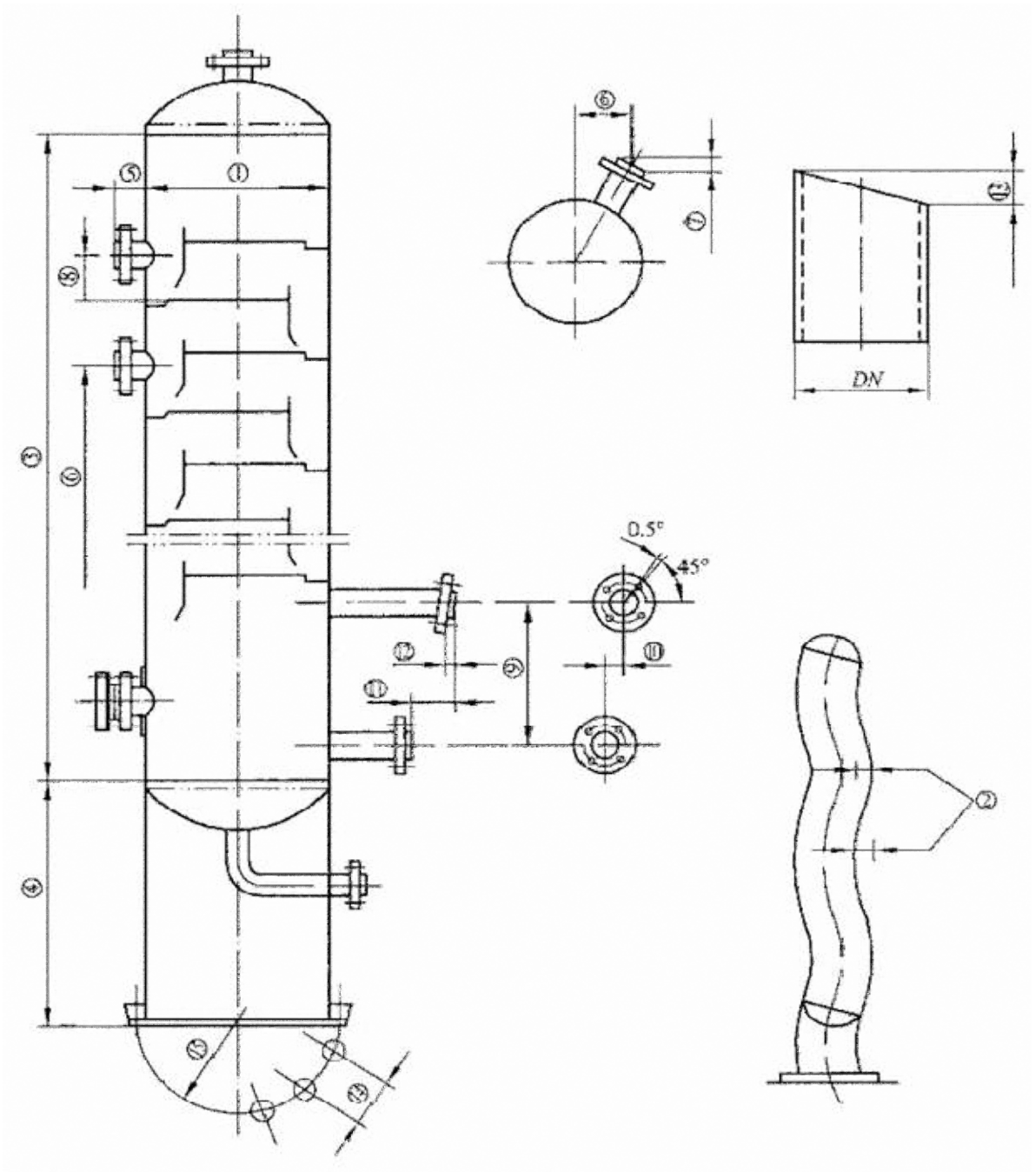


图 17.2.25 塔式容器外形尺寸偏差图

17.2.26 直径、周长公差、垂直度：

1 直径公差：当有装配间隙要求的内件时，塔器内径允差见表 17.2.2。

2 外径周长公差：同本章 17.2.2 条第 2 款的规定。

3 垂直度：

与塔器筒体相焊的设备法兰，其密封面与所在筒体轴线垂直度公差为 1mm。

17.2.27 挡板、下降板的方位允许偏差：按 17.2.3 条。

17.2.28 基础环不平度允差同 17.2.6 条。

17.2.29 基础环倾斜度允差同 17.2.7 条。

17.2.30 结构连接线上的环向测量允差同 17.2.9 条。

17.2.31 底板要求：同 17.2.11 条第 1 款。

17.2.32 内件及支撑圈：同 17.2.15 条。

17.2.33 塔式容器安装垂直度允差（另有规定者除外）：同 17.2.16 条。

18 表面处理、涂漆要求

18.1 表面处理

18.1.1 焊接接头的表面处理

1 焊接接头内外表面的焊缝余高按标准及图样要求进行打磨合格。

2 焊接接头的内外表面，应予以清除除锈，彻底去除焊接接头表面的焊渣、焊接飞溅物、氧化皮、铁锈以及油污等。除锈后，应清除浮灰和碎屑。焊接接头表面除锈时应防止对焊接接头周围的母材表面造成损伤。

18.1.2 碳素钢、低合金钢制容器的表面处理

1 碳素钢和低合金钢制容器的外表面和可以进行除锈操作的内表面以及其他需要涂敷防腐涂料的表面，应予清理除锈；焊接飞溅物、氧化皮、铁锈以及可见的油污都应清理干净。

2 除锈时，应防止对容器表面造成损伤；除锈后，应清除浮灰和碎屑。

3 一般表面粗糙度控制在 25~50μm 之间，粗糙度以不超过涂层的 1/3 为宜。

18.1.3 不锈钢制容器的表面处理

1 不锈钢制容器表面的焊接飞溅物、氧化皮及可见的油污等应清理干净，但不得对容器表面造成损伤。

2 不锈钢制容器表面的酸洗处理要求如下：

1） 热加工的不锈钢工件表面应进行酸洗处理。

2） 不锈钢工件表面的焊斑、污渍等应进行酸洗处理。

3） 换热器的换热管管头进行酸洗时应将换热管内表面进行保护，防止过酸洗。

3 不锈钢制容器表面的钝化处理要求如下：

1） 接触腐蚀性介质的不锈钢表面应除垢并进行酸洗钝化处理。

2） 不锈钢的钝化可采用钝化液浸泡或酸洗钝化膏。在采用液体不便的场合，允许涂刷酸洗钝化膏进行处理，表面处理后应用清水冲净，并用酚酞试纸检查冲净程度。

3） 表面钝化的质量，根据需要可采用蓝点法检测。

4） 对于有防腐要求的不锈钢容器，进行钝化时，应控制酸洗钝化液的氯离子含量。

4 当奥氏体不锈钢需标记制造或发运数据时，标记应当采用不溶于水、不含金属颜料和无硫、无氯的墨水。

5 表面抛光处理

不锈钢制容器及其零部件表面常用的抛光有机械抛光、化学抛光和电化学抛光 3 种。

1） 机械抛光是用抛光轮、抛光带进行抛光。机械抛光对表面的磨削量很小，对于难以抛光的粗糙表面，需要预先利用磨光轮、磨光带进行磨削。不锈钢制容器表面的氧化皮、毛刺、焊渣的去除等也可以采用喷砂、喷丸或用钢丝轮抛光等方法。

2） 化学抛光通常是零件进入适当的溶液中，因溶液对不锈钢表面凸出部位比凹下部位溶解快，从而使不锈钢表面平整，达到抛光目的。当采用化学抛光对不锈钢的大面积表面进行抛光处理时，应使被抛光表面保持湿润且在抛光后进行充分水洗，以防抛光表面亮度不均匀。

3） 电化学抛光可以提高不锈钢表面的耐腐蚀性，降低机加工表面的硬度。当不锈钢的金相组织不均匀时，电化学抛光会产生不均匀的抛光表面，且不锈钢表面有较深的划伤时，不能抛光平整。不同的不锈钢的原材料应采用不同的电化学抛光工艺，否则容易造成腐蚀。

不锈钢制容器表面抛光处理后，不必再进行钝化处理。

18.2 涂漆

18.2.1 涂料的选择

1 防腐涂料应根据容器内介质的特性、温度、环境条件、容器在工艺系统中的作用和造价、涂料的性能、固化条件、涂料与容器涂漆表面材质的相容性以及底漆、中间漆、面漆等不同漆种之间的相容性等因素进行确定。

2 防腐涂料的质量应符合国家或行业有关标准的要求，应有质量合格证明书，且防腐涂料应在规定的有效期内使用。

3 如容器的介质温度允许且设计文件对防腐涂料无特殊要求时，需要涂敷的容器壳体外表面应至少涂两道醇酸类底漆，底漆干膜厚度不小于 30μm。

4 奥氏体不锈钢容器的防腐涂料不应含铅、硫及氯化物。

5 钢制化工容器常用的防腐蚀涂料见本标准附录 R。

18.2.2 涂漆要求

1 涂漆前，应对容器的表面质量进行检验，合格后方可涂漆。涂漆前金属表面应保持清洁干燥。对容器表面不平处应磨削圆滑，不允许打腻子。

2 容器表面的除锈与涂漆的间隔时间一般不宜超过 12 小时。如涂漆前发现锈渍或污染，应重新进行表面处理。

3 涂敷的防腐涂料应均匀、牢固且不应有气泡、龟裂、流挂、剥落等缺陷，否则应进行修补。修补用的涂料应与原涂料种类相同或匹配。

4 涂漆环境要求清洁、干燥、通风良好，环境温度应满足涂料规定的涂敷温度。

5 一般情况，不锈钢设备外表面不涂漆，有保温层设备外表面只涂底漆，不涂面漆。如有特殊要求，设计者应在图面上注明。

19 包装和运输

容器制造厂应负责对容器及其零部件进行妥善的包装，使其在搬运和运输过程中不受损坏。本标准未述及或未详述的要求应符合 JB/T4711 标准、施工图纸以及供、需双方协议的要求。

19.1 充氮保护

19.1.1 一般情况下，设备需海上运输时，或设备长时间没有安装使用时，设备运输前应根据设计图样要求，对设备内部进行充氮保护。

19.1.2 需要对内部进行充氮保护的设备，如果设计图样没有特殊要求，充氮压力宜控制在0.01~0.05MPa，充氮完成后进行稳压，并应对设备内氮气压力进行定期巡检，当压力值低于规定值时应及时补充氮气。

19.1.3 对设备内部进行充氮保护之前，应对设备内部空气进行置换，当满足下列任一要求时方可升压：

1 含氧量测定：工作介质特性为易燃的设备出口处气体含氧量＜2%；工作介质特性为非易燃的设备出口处气体含氧量＜3%。

2 露点温度测定：测量设备内表面温度低于-25℃时。

19.1.4 运输前，应对充氮保护用压力表、截止阀等附件进行适当保护，防止在吊装、运输过程中损坏附件。

19.2 包装

19.2.1 包装的一般要求

1 小零件应用袋装或用其它保护措施，以免损坏和丢失。备用垫片应单独包装发运，不允许用螺栓将其固定在法兰和盖板之间。

2 有坡口的或平口的接管要用金属或塑料保护盖，盖在接管的外侧或内侧进行密封，或用一金属圆罩罩在接管端部，可与接管外侧密封焊，焊缝不应焊在坡口上。

3 所有法兰接口应采用盲板保护。

4 螺纹接口应采用与其同类材料制的六角螺塞或螺纹罩保护。

19.2.2 包装的形式

容器及其零部件、备品备件、专用工具等，根据结构尺寸、重量大小、易损伤程度以及运输方式等的不同通常采用裸装、框架、包扎、暗箱、空格箱等不同的包装形式。

19.3 运输

19.3.1 运输方式包括：铁路、公路、水路和航空运输等。

19.3.2 超限运输是针对尺寸及重量超限的容器，一般采用分段、分片等运输方式，具体实施方案应由设计、制造、建安、承运单位以及买方共同制订。

19.3.3 运输前，容器制造单位应清除容器内的各种残留物并检查包装及运输标志应齐全、清晰。

19.3.4 容器应按图纸要求装运。若因装运空间要求而要改变或除去接管口、支承构件、吊耳或其它类似附件时，制造厂应提供装载图，以示出所需重新定位或除去的附件位置，并得到买方书面认可，并且制造厂应提供重新装配、组焊的程序和现场焊缝接管所需要的检验方法。

19.3.5 装运时，每批装运货物内，规定有一份装箱清单。必要时，装运货物还应附安装说明书和安装图纸，此资料最好放在最大的板条箱内。对不装箱的设备，上述资料可以邮寄。

19.3.6 需要惰性气体保护的容器应按设计条件要求在发运前做好惰性气体保护。

19.4 标志

19.4.1 包装箱上应有吊耳或标明起吊点。专用工具应另装箱发货，并要求标记“专用工具”字样。

19.4.2 每台容器应按铭牌规定的内容作好标记，铭牌应用铝、铜或不锈钢制作。

19.4.3 部件、零件要有标记，或用每箱、每袋和每一台架的货物位号标明所装的货物，并说明是完整的或是一部分。

19.4.4 内件、支承构件、吊耳和可拆件或其它组装在一起的附件，应按要求标出供组装时识别的件号和配合符号。

19.4.5 发货标志

制造厂在压力容器明显的部位装设发货标志，其内容一般包括：设备的毛重/净重，规格，合同号，项目号，批号，箱/包号，设备位号，收货人，目的地，发货人，制造单位名称等。

当容器或包装箱上无法标志时，可采用薄铁皮或塑料标签固定在适当部位。

附录A 压力容器氨检漏试验方法

A.1 总则

A.1.1 概述

1 氨检漏试验的特点

氨易溶于水，在微湿空间进行渗透检漏，氨要比用氦容易的多。虽然氨的渗透性不及氦气，但比氟里昂要高得多。氨渗透的灵敏度随着氨气浓度、压力、保压时间的增加而提高，但不是直线关系。通常，氨渗透灵敏度可达$1\times10^{-7}cm^3/s$。

2 进行氨渗透试验的注意事项

1） 氨是易燃、易爆气体，试验现场应切实做好防火和防爆的安全工作；

2） 氨气有毒，试验人员和现场应切实做好防毒和隔离操作的工作；

3） 采用本附录A.1.2条1款或2款的氨渗透试验方法时，应在容器液压试验后进行。焊缝表面及两侧的油污等杂物应清理干净。

A.1.2 氨检漏试验方法

1 充入100%氨气法（A法）

此法常用于检漏容器的充氨空间不大，所充氨气的压力较低、并能将其间抽真空，真空度约为93.7KPa[50毫米汞柱（绝压）]的情况下进行检查的场合，例如对压力容器衬里的泄漏试验。

对高压容器衬里，当衬里厚度足够时，也可按ZBG93005进行较高压力的100%氨渗透试验。

2 充入10%～30%（体积）氨气法（B法）

此法常用于检漏容器的充氨空间较大、且不易达到93.7KPa[50mm汞柱（绝压）]的真空或显得不经济的情况下，例如换热器的管子与管板连接、焊缝的渗透试验。

3 充入1%（体积）氨气法（C法）

此法常用于检漏容器的充氨空间大的情况，如容器密封面和焊缝的泄漏试验。

A.2 试验程序

Ⅰ 充入100%氨气法（A法）程序

A.2.1 准备工作

按图A.2.1所示，准备好下列设备、配件、仪表和装卸工具：

1 液氨钢瓶和带阀门管路；

2 真空压力表；

3 水箱；

4 真空泵和带阀门的吸入管路及排出管路；

5 活动搬手等装卸工具；

6 酚酞试纸或酚酞试剂（也可用石蕊试剂）。酚酞液的配方为1%酚酞、50%酒精。50%水。

A.2.2 试验程序说明

1 将一个充氨空间的两个检漏孔（A、B）分别设置在相距最远的两端处。

2 按图A.2.1安装和连接密封试验管路。

3 开动真空泵，使充氨空间抽真空至真空度93.7kPa［50mm汞柱（绝压））。

4 用检测显示剂、试剂或试纸，涂敷在所有检测焊缝的外侧。

5 充人氨气，使压力达到2～3kPa［200～300mm水柱（表压））为止［为了提高检测效果，充氨压力可以提高到3kPa（300mm水柱）以上，但此时对容器松村里，必须验算其是否失稳）。并且应注意以下几点：

1） 充氨气时，真空泵应继续运转，直到真空泵出口有氨气排出时停止运转。

2） 充氨气压力一般不要超过2～3kPa（200～300mm水柱），充氨气时当真空表指针达到“0”时，应将附图A—1中充油U形管的管前阀门打开。

3） 充油U形管中，不要充水。充油后，应以油的比重修正U形管的标尺刻度，使读数为kPa。

4） 氨瓶必须立置，充氨气必须小心，不要使液氨渗人到充氨空间里。

5） 在充入氨气压力条件下，保压时间应为12小时。

6） 检漏试验结束后，关闭氨瓶，开动真空泵（关闭通向充油U形管的管路阀门，打开通向真空泵吸入口的管路阀门）抽出氨气，真空泵排出管路必须插人水箱中。

7） 拆去氨瓶，吸入空气，直到真空泵排出不含氨的空气时才停止真空泵的运转，然后拆除检漏用的设备和仪表，并进行清理。

Ⅱ 充入10%～30%（体积）氨气法（B法）程序

A.2.3 准备工作

按图A.2.2所示，准备好下列设备、配件、仪表和装卸工具：

1 液氨压力钢瓶和带阀门的管路；

2 惰性气体（如氮气）压力钢瓶和带阀门的管路；

3 三通管路，其中一端为带阀门的进气管路；

4 氨用压力（真空）表；

5 带溢流入地沟管路的水箱；

6 带阀门的排出管路；

7 补充自来水的临时管路（或软管）；

8 活动搬手等装卸工具；

9 酚酞试纸或酚酞液试剂（也可以用石蕊试剂），配方同A.2.1条第6款。

A.2.4 试验程序说明

1 按图A.2.2安装和连接。

2 用3～5倍充气空间容积的惰性气体（如氮气）置换充气空间里的空气，直至出口氧含量小于等于3.5%~5.2%，以避免形成氨气和空气的爆炸混合物（常温常压下爆炸极限为15%～28%体积）。然后，关闭排出管路阀门。

3 启动真空泵抽真空至真空度20kPa［608mm汞柱（绝压）］。

4 根据表A.2.4所列压力、氨浓度、保压时间的关系，先充氨气，再充氮气，根据充氨气时的压力表读数判断填充量。如不具备抽空条件，应抽样分析氨浓度，达到指标后开始保压。

表A.2.4 试验压力、氨气浓度、保压时间的关系

试验压力（MPa）	0.15	0.3	0.6	1.0
氨气浓度（%）	30	20	15	10
保压时间（小时）	15	12	6	4

如不具备抽空条件，应抽样分析氨浓度，达到指标后开始保压。

注：1） 提高检漏压力或氨气浓度，保压时间可以缩短，降低检漏压力或氨浓度，保压时间就要延长。

2） 按混合气中含15%（体积）氨气的比例，将充入氨气的量换算成充氮混合气体总压力的数值。

5 将检漏显示剂（或试纸）紧密涂敷在管板上，并始终保持湿润状态。

6 关闭三通进气管路阀门。在检漏压力下，保压时间按表所示。保压开始后半小时、1小时各检查一次，以后每2小时检查一次，观察试纸上有无红色斑点出现。

7 检漏试验完毕，小心慢慢地开启排出管路阀门进行排泄，避免因排出压力过大吹跑水箱中的水。事先，应在水箱中放人自来水。

8 当压力降至“0”时，打开惰性气体管路阀门和三通进气管路阀门。用3～5倍充气空间容积的惰性气体（如氮气）进行置换。清除氨气后，关闭阀门。

9 拆除检漏用的设备和仪表，并进行清理。

Ⅲ 充人1%（体积）氨气法（C法）

在容器内通入含氨体积浓度约为1%的预混气，试验压力为设计压力的1.05倍，试验时压力应缓慢上升，达到试验压力后保压10分钟，将检漏显示纸（或试纸）预先涂敷在待检表面（如密封面外侧、焊缝等），然后降至设计压力，观察试纸是否变色。

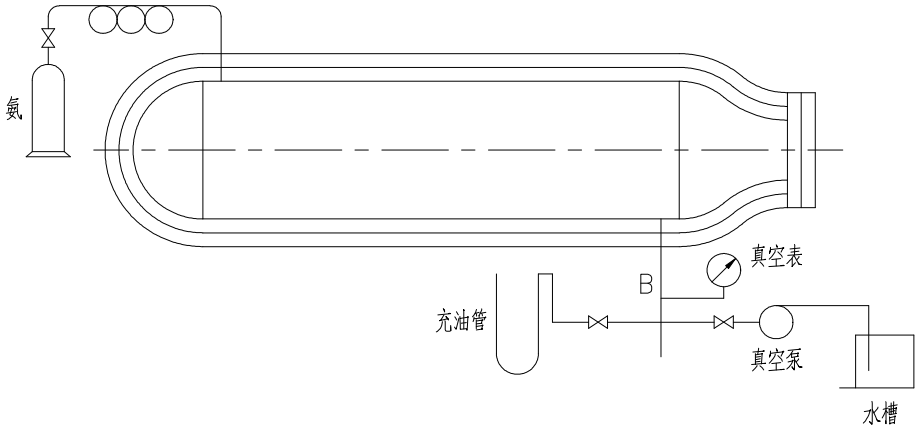


图 A.2.1 A 法氨检漏试验安装图

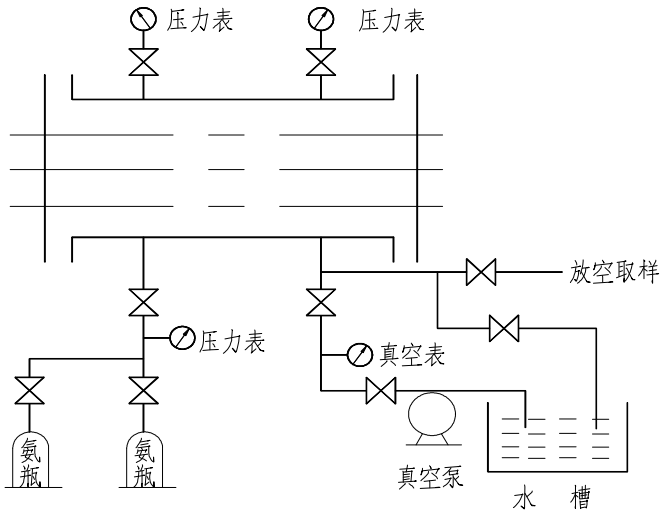


图 A.2.2 B 法氨检漏试验安装图

附录B 压力容器氦检漏试验方法

B.1 总则

B.1.1 进行氦检漏试验的注意事项。

1 氦气比空气轻且能令人窒息，操作人员应注意自我防护。

2 试验场地应干燥，光线明亮，无明显的气流和电磁场等外界干扰。

3 试验场地的环境湿度应低于75%。

4 待检设备需抽真空时，试验场地环境温度应不低于15.6℃。

5 压力计的刻度刻度范围一般应为最高试验压力的2倍，在任何情况下其量程不得小于最高试验压力的1.5倍，也不应大于4倍。

6 应确认待检设备的所有组件可承受试验过程的增压、保压、真空或加热干燥。

7 检验时，待检设备与压力源连通的阀门应关闭。

8 待检设备应干燥、清洁，焊缝表面无可能遮蔽泄漏的污物。

B.1.2 氦检漏试验方法。

氦检漏试验方法按充氦部位的不同有嗅吸探头检测、示踪探头检测、护罩检测三种方法。

1 嗅吸探头检测

本方法用于检测容器内部充氦增压，用高灵敏度的氦质谱检漏仪在容器外部检测漏出氦气。

嗅吸探头检验主要用于泄漏探测或泄漏定位，属于一种半定量技术，不能作定量用。

2 示踪探头检测

本方法用于容器内部抽空或抽真空，外部施氦，高灵敏度的氦质谱检漏仪检出流入容器内部的氦气流。

示踪探头检测主要用于泄漏探测或泄漏定位，属于一种半定量技术，不能作定量用。

3 护罩检测

本方法用于容器内部抽空或抽真空，待检部位用护罩封闭，护罩内施氦，高灵敏度的氦质谱检漏仪检出流入容器内部的氦气流。

护罩检测主要用于泄漏探测，并能测出总的氦气流量，属于一种定量技术

B.2 试验程序

B.2.1 嗅吸探头检测。

1 待检设备的准备。

待检的压力容器应稳固。容器在试验前，内外部应清理干净并将设备内部干燥，无污物、积水、

焊渣等杂物。所有的敞口应密闭并按图B.2.1要求连接好试验管线。

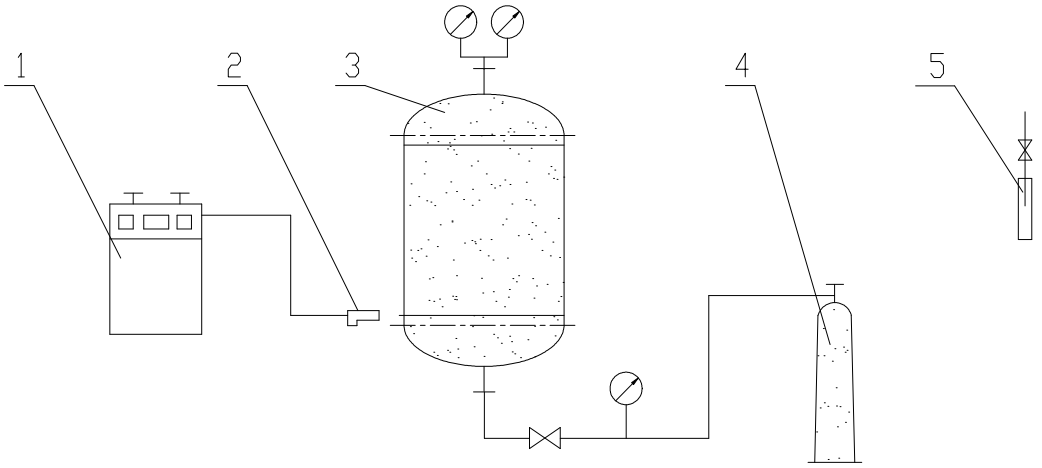


图 B.2.1

1—氦质谱仪；2—嗅吸探头；3—待检容器；4—氮气源；5—校准漏孔

2 仪器校准。

1） 预热。检测用氦质谱检漏仪应先通电预热，预热的最少时间按照仪器制造厂的规定；

2） 校准。使用检漏仪所配带的渗透型标准漏孔进行校准；

3） 灵敏度认可。仪器灵敏度至少为1×10^{-10}Pa·m^3/s，当仪器在任何一次校准的灵敏度低于1×10^{-10}Pa·m^3/s时，则仪器应重新操作或净化或修理和重新校准，直到满足要求。

3 系统校准。

1） 校准。嗅吸探头与质谱检漏仪连接后，应进行检验前系统校准。连接所用的弹性管或软管应尽量短于4.5m以缩短响应时间和净化时间。校准时，探头嘴与标准漏孔保持在3.2mm以内，对检验系统的扫查速率不应超过能检出标准漏孔泄漏率Q_s；

2） 响应时间。确定系统仪器上观察到指示信号从出现到稳定所经过的时间；

3） 净化时间。仪器所测出的输出信号降低到示踪气体停止向检验系统施加时所指示信号值的37%所经过的时间，通常希望这个净化时间尽可能短；

4） 校准频度和认可。除另有规定外，系统灵敏度应在检验前和检验完工后及检验过程中测定，每次不超过4h。在任何一次校准核查中，如果仪表偏转、音响报警或指示灯表明系统不能检出标准漏孔的泄漏，则仪器应重新校准，并且从上一次合格的校准核查起，以后所有检验的部位均应重新作检验。

4 检查。

1） 内部氦气。氦气浓度在检验压力下最少为10%体积浓度；

内部充氦时应确保氦气在容器内部不分层，为此，可采用适量的氦打破排空容器的真空，然后加空气或氮气至要求压力。

2） 充入已充分混合的含氦气体；

采用集气管，同时用氦空气或氮气增压。

采用多管口以递增方式加入要求量的氦气。

3） 试验压力。设备试验压力可为不大于设备设计压力的25%或0.103MPa；

4） 保压时间。检查之前，检验压力最少保持30min。如果用氦气首次增压之前，部件已部分抽空，氦气会立刻扩散，则最小的允许保压时间也可短于上面的规定；

5） 扫查距离。用嗅吸探头嘴扫过检查表面，扫查期间探头嘴与检查表面之间的距离保持在3.2mm以内。如果系统校准中采用更短的距离，则检验扫查期间的扫查距离不能超过该距离；

6） 扫查速率。最大扫查速率应按系统校准时规定；

7） 扫查方向。检查扫查从被查系统的最低点上开始，而后渐进向上扫查。

5 评定。

除另有规定外，若检测的泄漏率不超过1×10^{-5}Pa·m^3/s的允许的漏率，则该被检验区域可验收。

泄漏率Q（Pa·m^3/s）的计算：

$$Q=Q_s\times\%He/100 \qquad (B.2.1)$$

式中 Q_s——标准漏孔泄漏率（1×10^{-5}Pa·m^3/s）；

%He——检验用氦气的体积百分比。

当探测到不能验收的泄漏时，应对泄漏的位置作出标记，然后将部件泄压，并对泄漏处按有关规定的要求返修。完成返修以后，应对返修区域或有效范围按本附录的要求重新检验。

B.2.2 示踪探头检测。

1 待检设备的准备。

待检的压力容器应稳固。容器在试验前，内外部应清理干净并将设备内部彻底干燥，确保无污物、积水、焊渣等杂物。所有的敞口应密闭并按图B.2.2要求连接好试验管线。

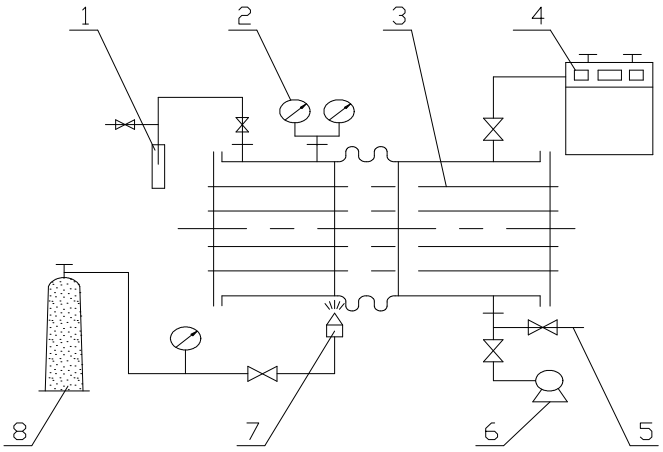


图 B.2.2

1—校准漏孔；2—真空压力表；3—待检容器；4—氦质谱仪；

5—排放管；6—真空泵；7—示踪探头；8—纯氦源

2 仪器校准。

1） 预热。检测用氦质谱检漏仪应先通电预热，预热的最少时间按照仪器制造厂的规定；

2） 校准。使用检测仪所配带的渗透型标准漏孔进行校准；

3） 灵敏度认可。仪器灵敏度每刻度至少为1×10^{-10}Pa·m^3/s，当仪器在任何一次校准的灵敏度低于每刻度1×10^{-10}Pa·m^3/s时，则仪器应重新操作或净化或修理和重新校准，直到达到这个灵敏度。

3 系统校准。

标准漏孔与待检容器的连接部位应尽可能性的远离质谱检漏仪。在系统校准期间标准检漏孔应保持打开。

1） 校准。示踪探头扫过标准漏孔，扫查速率不应超过能探测到通过标准漏孔进入系统的氦气泄漏Q为1×10^{-6}Pa·m^3/s时的扫查速率。探头嘴与标准漏孔间距离保持在6.4mm以内。如果从示踪探头来的流率减小，则必须重新进行系统校准来确定一个新的扫查速率；

2） 响应时间。确定系统仪器上观察到指示信号从出现到稳定所经过的时间；

3） 净化时间。仪器所测出的输出信号降低到示踪气体停止向检验系统施加时所指示信号值的37%所经过的时间；

4） 校准频度和认可。除另有规定外，系统灵敏度应在检验前和检验完工后及检验过程中测定，每次不超过2h。在任何一次校准核查中，如果仪表偏转、音响报警或指示灯表明系统不能检出标准漏孔的泄漏，则仪器应重新校准，并且从上一次合格的校准核查起，以后所有检验的部位均应

重新作检验。

4 检查。

用示踪探头扫过需要检测的表面，扫查过程中的速率和距离不应超过校准时的要求。

扫查方向。检查扫查从被查系统的最低点上开始，而后渐进向上扫查。

5 评定。

除另有规定外，若检测的泄漏率不超过1×10^{-6}Pa·m^3/s的允许的漏率，则该被检验区域可验收。

当探测到不能验收的泄漏时，应对泄漏的位置作出标记，然后将部件泄压，并对泄漏处按有关规定的要求返修。完成返修以后，应对返修区域或有效范围按本附录的要求重新检验。

B.2.3 护罩法检测。

1 待检设备的准备。

1） 待检的压力容器应稳固。容器在试验前，内外部应清理干净并将设备内部彻底干燥，确保无污物、积水、焊渣等杂物。所有的敞口应密闭，待检区域的护罩及护罩进气管用压敏胶带固定在容器上，并按图B.2.3要求连接好试验管线。

2） 护罩使用塑料薄膜时，罩的体积应尽量小且膜的厚度不应薄于0.15mm。在最低点用胶带粘住挠性氦进气管。

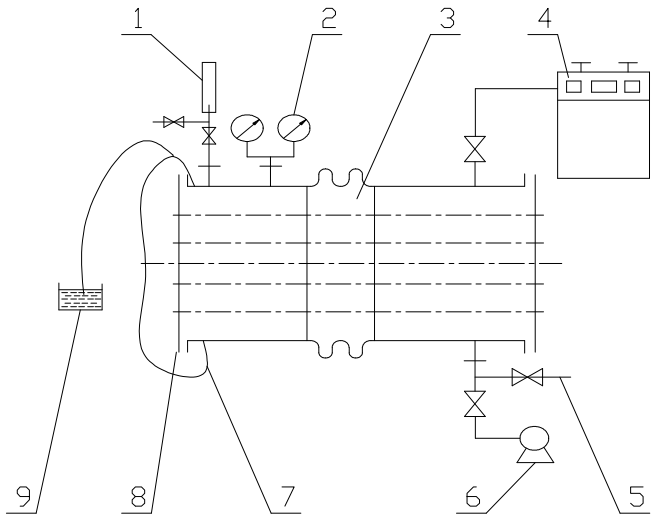


图 B.2.3

1—校准漏孔；2—真空压力表；3—待检容器；4—氦质谱仪；

5—排放管；6—真空泵；7—护罩；8—进氦管；9—排气管及水槽

2 仪器校准。

1） 预热。检测用氦质谱检漏仪应先通电预热，预热的最少时间按照仪器制造厂的规定；

2） 校准。使用检测仪所配带的渗透型标准漏孔进行校准；

3） 灵敏度认可。仪器灵敏度每刻度至少为1×10^{-10}Pa·m^3/s，当仪器在任何一次校准的灵敏度低于每刻度1×10^{-10}Pa·m^3/s时，则仪器应重新操作或净化或修理和重新校准，直到达到这个灵敏度。

3 系统校准。

1） 标准漏孔与待检容器的连接部位应尽可能的远离质谱检漏仪。在系统校准期间标准漏孔应保持打开，直到测定的响应时间为止。在完成初始系统灵敏度校准后，标准漏孔从系统上隔离。

抽空。将部件抽空至一定压力，并应保证氦质谱仪与系统连接后能正常工作。已经校准的泄漏标准漏孔对系统打开，并保持打开直到仪器信号达到稳定和响应时间得到确定；

2） 响应时间。标准漏孔向部件打开，输出讯号增大达到稳定的时间，两个读数之间经过的时间即是响应时间，记下稳定的仪器读数M_1；

3） 本底读数。标准漏孔对系统关闭，仪器读数稳定时记下的仪器读数M_2。本底读数M_2是在测定响应时间后确定的；

4） 初始校准。初始灵敏度S_1（Pa·m^3/s）按下式计算：

$$S_1=CL/(M_1-M_2) \qquad (B.2.3\text{-}1)$$

式中 CL——已经校准的泄漏率（Pa·m^3/s）

当泄漏检测装置内有任何变化时（即经过辅助泵氦气流分配变化时），或标准漏孔有变化时，应重新校准。

5） 最终校准。系统检验完成后，部件仍然处于护罩内，标准漏孔关闭时，确定仪器输出读数M_3后，再次打开标准漏孔，氦气进入系统，仪器输出增大至M_4，每刻度最终系统灵敏度S_2（Pa·m^3/s）按下式计算：

$$S_2=CL/(M_4-M_3) \qquad (B.2.3\text{-}2)$$

当最终灵敏度S_2减小到初始灵敏度S_1的35%以下时，仪器进行清洁或修理，重新校准和容器重新检验。

实际泄漏率Q_2（Pa·m^3/s）的计算：

$$Q_2=S_2（M_3-M_2）X100/\%He \qquad (B.2.3\text{-}3)$$

4 检查。

打开进氦管，使护罩内充入氦气，测量排气管侧氦气含量%He。

5 评定。

除另有规定外，当实际上漏率不超过1×10-7Pa·m3/s的允许的漏率，则该被检验区域可验收。

当探测到不能验收的泄漏时，所有可疑的区域应使用示踪探头技术重新检验，应对泄漏的位置作出标记，然后将部件泄压，并对泄漏处按有关规定的要求返修。完成返修以后，应对返修区域或有效范围按本附录的要求重新检验。

B.3 试验报告

试验报告应至少包括下述内容：

——试验日期；

——操作者的资格等级和姓名；

——试验规程文件号；

——试验方法或技术；

——试验结果；

——容器名称及图号（或工程号）；

——试验仪器、标准泄漏和材料识别号；

——试验工况、试验压力、示踪气体和气体浓度；

——压力计（包括制造厂、型号、量程和编号）。

附录 C 压力容器卤素检漏试验方法

C.0.1 适用范围。

本标准适用于采用路卤族元素（包括氟、氯、溴、碘）对压力容器、两腔或多腔压力容器在压力较低侧定性检测容器的泄漏。

C.0.2 卤素检漏试验应在耐压试验之前进行。在卤素检漏试验前，建议先利用空气等进行一次简便的预检验，以检出和消除一些大的泄漏。

C.0.3 卤素气体种类。

用于卤素检漏试验的卤素气体列于表 C.0.3。

表 C.0.3 卤素检漏试验用气体

商业名称	化学名称	化学符号
冷冻剂-11	三氯一氟甲烷	CCl_3F
冷冻剂-12	二氯二氟甲烷	CC12F2
冷冻剂-21	二氯一氟甲烷	CHC12F
冷冻剂-22	一氯二氟甲烷	CHC1F2
冷冻剂-114	二氯四氟乙烷	C2H2C12F4
冷冻剂-134a	二氯二氟乙烷	C2H2C12F2
亚甲基氟化物	二氯甲烷	CHC12
六氟化硫	六氟化硫	SF6

C.0.4 检漏试验用仪器。

用于卤素检漏试验的仪器有碱金属离子二极管（加热阳极）卤素检漏探测器、电子俘获卤素检漏器和显示仪表。

1 碱金属离子二极管（加热阳极）卤素检漏探测器。

碱金属离子二极管探测器探头是采用加热的铂元件（阳极）和一个离子收集器板（阴极），卤素的蒸气被阳极电离，且被收集到阴极上，在一个电表上显示出与离子产生速率成正比的电流。

对于碱金属离子二极管卤素检漏探测器在本附录表 C.0.3 中选择一种气体，以产生需要的检测灵敏度。

2 电子俘获卤素检漏探测器。

电子俘获卤素探测器探头装置通常用气体离子化流过一个具有弱放射性氚源的元件，当气体流含有卤素时，就发生电子俘获现象，导致在电表上作为指示量的、卤素离子在其聚集的数量减少。无电子俘获能力的氦或氩用作背景气体。

对于电子俘获卤素检漏探测器采用的六氟化硫（SF_6）是推荐的示踪气体。

3 显示仪表。

用于卤素检漏试验的显示器有仪表、音响装置、指示灯及其组合。

1） 仪表。仪器上的仪表或探头，或二者组合；

2） 音响装置。能发出音频信号的扬声器；

3） 指示灯。能发出可见光的指示灯具；

4） 或是上述的 2 个或 3 个组合。

检漏器用显示仪表的确定可以由制造厂确定或由制造厂与业主协商确定。

C.0.5 检漏试验人员及场地要求。

1 人员。

检漏试验人员应经培训考核后方可上岗工作。其培训至少有如下内容：

1） 对卤素气体性质的了解；

2） 对事故预案的掌握；

3） 试验用设备及仪器的使用。

对人员的考核可由企业或行业组织进行。

2 试验场地。

1） 试验场地应无可能干扰试验或得出错误结果的污染物

2） 需试验的部件，如有可能，应防止有通风，或者应处于不会因通风而使所要求的灵敏度降低的场所。

C.0.6 检漏试验用仪器的校准。

每次检漏试验前，均应对仪器按如下步骤进行校准：

1 预热。检漏仪需通电预热，预热的时间按相关仪器使用说明书要求进行；

2 校准：

1） 校准标准为毛细管型泄漏标准，使用按照本附录表 C.0.3 选出的 100%检漏试验用气体；

2） 泄漏标准的计算：

本附录表C.0.3检漏试验用气体中含有100%浓度的检漏试验用气体毛细管泄漏标准的最大泄漏率Q应按下式计算：

$$Q=Q_a\frac{\%TG}{100} \qquad (C.0.6)$$

式中 Q_a——1×10^{-4}stdcm^3/s（1×10^{-5}Pa·m^3/s），除非另有规定；

%TG——用于试验的检漏试验用气体（百分）浓度。

3） 校准频率和灵敏度

除非另有规定，检漏仪的灵敏度在试验前和试验后以及中间每间隔不超过 2h，均应做一次测定，在任何一次校准核查中，如果仪表偏转、音响报警或指示灯表明检测仪不能满足校准标准的泄漏，则仪器应重新校准，并且从上一次合格的校准核查以后所有试验的部位均应重做试验。

4） 校准仪器时应将探头嘴在泄漏标准的针孔上扫查，扫描时，探头嘴与泄漏标准的距离应保持在 1/8 英寸（3.2mm）

C.0.7 试验操作程序。

1 扫描速率。

扫描速率应不超过能检出从毛细管泄漏标准的泄漏（Q）时的速率，在这个扫查速率下，记录显示仪表的偏转或音响报警或指示灯的调节。

2 探测时间。

探测来自泄漏标准泄漏要求的时间称探测时间，且应在系统校准期间进行观察。尽可能缩短该时间以减少指出泄漏位置所需要的时间。

3 检漏试验用气体浓度。

除另有规定，检漏试验用气体的浓度在试验压力下，应约为 10%体积浓度。

4 扫描距离。

在要求的保压时间以后，探测器探头嘴应在整个试验表面通过，扫描时探头嘴与试验表面的距离应保持在 1/8 英寸（3.2mm）以内。如果校准时采用更小的距离，则检验扫描时的距离不应超过该距离。

5 扫描方向。

检验扫描应从泄漏试验部件的最上部开始，然后渐次向下。

6 泄漏检出。

泄漏的显示和检出按照本附录 C.0.4 条第 3 款所述显示。

C.0.8 保压时间。

检验以前，试验压力应至少先保持 30min，在下述情况下，如果能证明卤素气体会立即弥散，则最小的允许保压时间也可以短于上述规定。

1 对于开口的部件采用特殊的临时装置（例如抽气罩）试验短的部分。

2 在用卤素气体进行首次加压以前，已经部分抽空的部件。

C.0.9 试验压力。

除另有规定外，试验压力取 0.25 倍设计压力。

C.0.10 检漏试验评定。

除非另有规定，若检出的泄漏不超过 1×10^{-4}std cm^3/s（$1\times10^{-5}Pa\cdot m^3/s$）的允许率，则该被试验的区域应为合格。

C.0.11 试验报告。

1 试验报告应至少包括所用方法或技术的下述内容：

1） 试验日期；

2） 操作者的资格等级和姓名；

3） 试验规程（编号）和修订号；

4） 试验方法或技术；

5） 试验结果；

6） 部件标记；

7） 试验仪器、标准泄漏和材料标号；

8） 试验工况、试验压力、示踪气体和气体浓度；

9） 压力计（包括制造商、型号、量程和编号）；

10） 温度测量装置和编号；

11） 表示方法或技术布置的草图。

2 记录保存。

试验记录应按本标准有关卷的要求保存。

附录 D 复合板筒体下料尺寸计算公式

D.0.1 复合板筒体的弯卷与均质板不同，其中性层并不处于板厚的一半处，而是移向强度高的金属一侧。因此，复合板卷制筒体时，中性层是要向靠近复层方向移动的。所以，复合板筒体的展开长度按下式计算：

$$L=\pi(D_i+2Y_H) \quad \text{(D.0.1)}$$

式中：L——筒体下料长度，mm；

D_i——筒体内径，mm；

Y_H——中性层至筒体内半径的距离，mm，见表 D.0.1。

表 D.0.1 复合板卷制筒体时的 Y_H 值

厚度（mm）		筒体在各种内径时，中性层至内弯曲半径的距离（mm）								
复合板	复层	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
8	2~3	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
10		4.1	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
12		5.0	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2
14		5.8	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1
16	2.5~3.5	6.7	6.8	6.9	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0
18		7.6	7.7	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0
20		8.3	8.5	8.6	8.6	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8
22	3~4	9.2	9.4	9.5	9.6	9.6	9.7	9.7	9.7	9.8
24		9.9	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.5	10.5	10.6
厚度（mm）		筒体在各种内径时，中性层至内弯曲半径的距离（mm）								
复合板	复层	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
8	2~3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
10		4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
12		5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
14		6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
16	2.5~3.5	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
18		8.0	8.0	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
20		8.8	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	9.0	9.0
22	3~4	9.8	9.8	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	10.0
24		10.6	10.7	10.7	10.7	10.7	10.8	10.8	10.8	10.8

附录 E 筒体精准下料尺寸计算公式

E.0.1 正常情况下，筒体下料展开长度应按中性层直径计算：

$$L=\Pi D_m=\Pi (D_i+S) \quad \text{(E.0.1)}$$

其中：D_i——筒体内直径，mm

S——筒体壁厚，mm

D_m——筒体中性面直径，mm。

E.0.2 当需要制作直径精确的筒体时，单纵缝筒节精确下料尺寸计算公式：

$$L=\Pi (D_i+S+a/2)+b-c+2d \quad \text{(E.0.2)}$$

其中：D_i——筒体内直径，mm

S——筒体实际壁厚，mm

a——对于只允许上偏差的筒体 $a=\triangle D-\triangle L/\Pi$

△D——标准规范或设计规定的内径公差

△L——展开长度的公差，刨边或铣边一般控制为正偏差，L≤2400 时△L=1.0，2400≤L≤12000 时△L=1.5

b——焊缝收缩量

c——焊接间隙，按设计图样要求

d——边缘余量，剪切边缘的余量见表 E.0.2-1，熔化切割的边缘余量为表 E.0.2-2 所列的切割余量、切削加工余量和收缩余量三部分之和。

表 E.0.2-1 板材剪切余量 mm

板料厚度	剪切余量
8≤s≤10	3
10<s≤18	4
18<s≤40	6

表 E.0.2-2 熔化切割的边缘余量 mm

材料	厚度	切割余量	切削加工余量①	收缩余量
碳钢 低合金钢 高强钢	≤8	3	1	0.8
	9~28	3	1~2	1~1.3
	≥32	4	2	1.5
Cr-Mo 钢 不锈钢	≤6	5	1	1
	7~30	5~6	1~2	1~2
	≥32	8	2	2
注：①板料用气割或等离子切割后铣边或刨边的切削加工余量。				

E.0.3 为了保证实际筒体展开长度与计算长度相符，划线必须精确，误差按表 E.0.3 执行。

表 E.0.3 板料下料的尺寸公差 mm

板料长度	对角线公差	每边公差
≤2000	1.5	±1.0
>2000~≤4000	2.0	±2.0
>4000~≤8000	3.0	±2.5
>8000	3.5	±3.0

E.0.4 对于卷制时需要预弯的筒体，下料时应在展开料的基础上加上两端的预弯余量。

附录 F 双面堆焊管板胀接技术要求

F.0.1 双面堆焊管板壳程侧的堆焊层处均需开槽胀接,开槽宽度不小于 6mm,堆焊层厚度不小于 10mm。

F.0.2 当换热管与双面堆焊管板采用强度焊加贴胀结构时，与换热管焊接端的管板堆焊层厚度不小于 6mm，胀接结构见图 F.0.2。

F.0.3 当换热管与双面堆焊管板采用强度胀加强度焊结构时，一般情况下与换热管焊接端的管板堆焊层厚度不小于 6mm, 胀接结构见图 F.0.3。

F.0.4 当换热管与双面堆焊管板采用强度胀加密封焊结构时，一般情况下两端管板堆焊层厚度均不小于 10mm. 胀接结构见图 F.0.4。

F.0.5 如设计没有要求，当换热管与管板采用贴胀或强度胀加强度焊结构时，与换热管焊接端的堆焊层可不胀接。

F.0.6 双面管板的基层加工厚度及堆焊层加工后的厚度公差满足 GB1804 中 m 级规定。

F.0.7 堆焊层开槽时，应保证开槽位置的准确性。

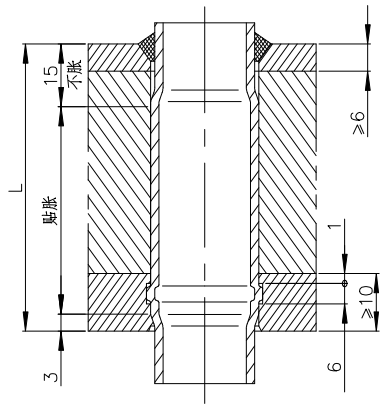


图 F.0.2

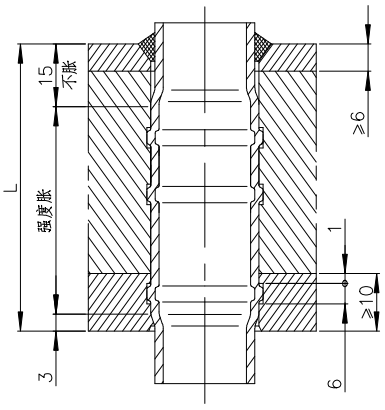


图 F.0.3

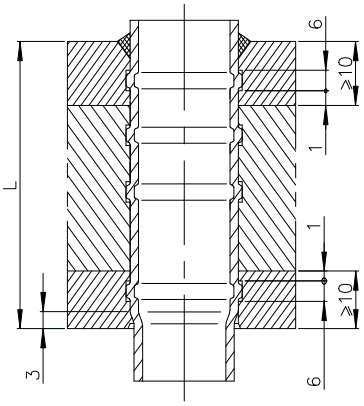


图 F.0.4

附录 G 主螺栓（螺柱）、主螺母和螺孔的加工要求

G.0.1 主螺柱粗加工后须逐件进行超声检测，按 NB/T47013.3 的Ⅰ级合格。

G.0.2 主螺柱精加工后须逐件进行磁粉检测，按 NB/T47013.4 的Ⅰ级合格。

G.0.3 螺纹基本尺寸按 GB/T196 规定，主螺柱螺纹公差按 GB/T197 中 6h-L 的规定，主螺母螺纹公差按 GB/T197 中 6H-L 的规定，螺纹牙底倒圆。

G.0.4 加工后的螺纹表面不允许有裂纹、碰伤和毛刺等缺陷。

G.0.5 加工后主螺柱、螺母须经磷化处理。

G.0.6 主螺母的球面不的有槽痕、划伤等缺陷。

G.0.7 筒体端部螺孔螺纹基本尺寸按 GB/T196 规定，螺纹公差按 GB/T197 中 6H-L 的规定，螺纹牙底倒圆。螺纹孔中心线与端面的垂直度公差按 GB/T1184 第 9 级公差等级选取。按圆周分布的主螺栓孔中心圆直径及相邻两孔弦长极限偏差为±0.6mm, 任意两孔弦长极限偏差为±1mm。

附录 H 不锈钢晶间腐蚀试验方法

H.0.1 方法选用

对不同类型的不锈钢应采用不同的方法

1 硫酸-硫酸铜-铜屑法。适用于检验几乎所有类型的不锈钢和某些镍基合金因碳、氮化物析出引起的晶间腐蚀。

2 硝酸法。适用于检验不锈钢、镍基合金等因碳化物、σ相析出或溶质偏析引起的晶间腐蚀。

3 硝酸-氢氟酸法。适用于检验含钼奥氏体不锈钢因碳化物析出引起的晶问腐蚀。

4 硫酸-硫酸铁法。适用于检验镍基合金、不锈钢因碳化物析出引起的晶间腐蚀。

5 草酸浸蚀法。主要用作检验奥氏体不锈钢晶间腐蚀的筛选试验。电解浸蚀时腐蚀电位处于过钝化区。浸蚀后用金相显微镜观察浸蚀组织分类评定。

6 盐酸法。适用于检验某些高钼镍基合金的晶间腐蚀。试验结果以腐蚀率评定。

7 氯化钠-过氧化氢法。适用于检验含铜铝合金的晶间腐蚀。试验结果采用金相显微镜测量晶间腐蚀深度评定。

8 氯化钠-盐酸法。适用于检验铝镁合金的晶间腐蚀。试验结果采用金相显微镜测量晶间腐蚀深度评定。

9 电化学动电位再活化法(EPR 法)。试验结果采用金相显微镜测量晶间腐蚀深度评定。

H.0.2 试件表面光洁度大于 0.8μm。

H.0.3 当焊接接头弯曲试验不合格时,可采用金相法进行分析。

H.0.4 当采用金相法进行腐蚀深度的评定时,要根据不同的材质采用相应的腐蚀方法。

H.0.5 对于有后热过程的，放入酸液前还要进行敏化处理，以验证不锈钢的抗晶间腐蚀能力。

附录 J 圆筒体纤维变形率计算方法

J.0.1 对于圆筒体纤维变形率可按 GB/T150 或按下式计算

$$\varepsilon = 50\delta\left[1-\left(1-R_f/R_o\right)\right]/R_f \times 100\% \quad \text{(J.0.1)}$$

式中：ε ——变形率（%）；

δ ——钢板名义厚度（mm）；

R_f——成形后的中面半径（mm）；

R_o——成形前的中面半径（对于平板 R_o为无限大）（mm）。

附录 K 封头变形率计算方法

K.0.1 对于封头纤维变形率可按 GB150 或下式方法计算

$$\varepsilon = 75\delta\left[1-\left(1-R_f/R_o\right)\right]/R_f \times 100\% \quad \text{(K.0.1)}$$

式中：ε ——变形率（%）；

δ ——钢板名义厚度（mm）；

R_f——成形后的中面半径（mm）；

R_o——成形前的中面半径（对于平板 R_o为无限大）（mm）。

附录 L 钢管冷弯纤维变形率计算方法

L.0.1 对于钢管冷弯纤维变形率可按下式计算

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \quad \text{(L.0.1)}$$

式中：ε ——变形率（%）；

$\varepsilon_1 = (S-S')/S \times 100\%$

$\varepsilon_2 = r/R \times 100\%$

S——钢管名义厚度（mm）；

S′——钢管冷弯后外壁最小厚度（mm）；

r——钢管半径（mm）；

R——弯管半径（mm）。

附录 M 预热温度计算

M.0.1 Thumb 准则。预热温度 t_p(° F)可以由以下公式给出：

$$t_p=1000(C-0.1)+18t \quad \text{(M.0.1)}$$

式中：C——基体金属中碳的百分含量；

T——基体金属的厚度（in)。

M.0.2 碳当量预测预热温度公式 t_p(° F)：

$$tp = 350\sqrt{(CE - 0.25)} \quad \text{(M.0.2)}$$

式中：CE——碳当量，可用附录 N 的公式计算得出。

附录 N 碳当量计算

N.0.1 IIW 公式。一般来说，常用国际焊接协会(IIW)公式来评定碳钢的焊接性：

$$CE(IIW) = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu + Ni}{15} + \frac{Cr + Mo + V}{5} \quad \cdots\cdots (N.0.1)$$

N.0.2 对于低碳钢一般采用

$$Pcm = CE = C + \frac{Si}{30} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad \cdots\cdots (N.0.2)$$

N.0.3 碳含量范围相差较大钢材的公式。

$$CE = C + A(C)\{\frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{15} + \frac{Ni}{20} + \frac{Cr + Mo + Nb + V}{5} + 5B\} \quad \cdots\cdots (N.0.3)$$

A(C)=0.75 + 0.25tanh{20(C-0.12)}。

A(C)随着含碳量的增加而增大。当含碳量降低到 0.08%以下时，A(C)接近于 0.5。而当含碳量升高到大于 0.18%时，则 A(C)接近于 1.0。

N.0.4 Stout 和 Doty 的 CE 公式:

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Ni}{20} + \frac{\%Cr + \%Mn}{10} + \frac{\%Cu}{40} \quad \cdots\cdots (N.0.4)$$

N.0.5 可淬硬的碳钢和合金钢。这个公式计及硅含量。

$$CE = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr + \%Mo + \%V}{5} + \frac{\%Si + \%Ni + \%Cu}{15} \quad \cdots\cdots (N.0.5)$$

附录 P 螺栓的紧固扭矩计算

P.0.1 螺栓的紧固扭力按如下公式计算

T=kFd……（P.0.1-1）

式中：T——扭矩

k——扭矩系数

F——轴向力，或者角预紧力，

d——螺栓公称直径。

或者，Mt=K×P0×d×0.001 N.m……（P.0.1-2）

式中：K——拧紧力系数

D——螺纹公称直径

P0——预紧力

P0=σ0×As

As=π×ds×ds/4

ds——螺纹部分危险剖面的计算直径

ds=（d2+d3）/2

d3=d1-H/6

H—螺纹牙的公称工作高度

σ0=（0.5～0.7）σs

σs——螺栓材料的屈服极限 N/mm2

P.0.2 不锈钢螺栓紧固力矩可按下表执行（强度等级：A2-70；无润滑；预紧力按 80%σs 计算）。。

表 P.0.1 不锈钢螺栓紧固力矩

标准螺纹	M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M18
扭矩（N.m）	1	2	4.5	8	20	35	60	140	200

P.0.3 一般联接用钢制螺栓联接推荐按下列简洁关系式确定

碳素钢：F<=(0.6~0.7) σs A1……(P.0.2-1)

合金钢：F<=(0.5~0.6) σs A1……(P.0.2-2)

式　中：σs——螺栓材料的屈服极限

A1——螺栓危险剖面面积

附录 Q 不锈钢设备制造场地要求

H.0.1 不锈钢压力容器制造应有独立、封闭的生产车间或专用固定生产场地，应与碳钢制品严格隔

离开来。

H.0.2 为防止铁离子和其它杂质的污染，不锈钢压力容器生产场地应保持清洁、干燥、严格控制灰尘，地面应采用铺设橡胶或木质垫板等措施。

H.0.3 不锈钢板材必须放置在木质垫板上，禁止钢板与平台直接接触。

H.0.4 准备专用的吊夹具,或所有的吊夹具用柔性材料(橡胶、塑料等)或不锈钢薄板铠装。

H.0.5 进入生产现场的人员应穿着鞋底不得带有铁钉等尖锐异物的工作鞋。

H.0.6 应注意加工器具造成的铁污染。曾用于碳钢件的砂轮等工具，不得用于本设备。组装时不得采用碳钢制工具直接敲打。焊工手工工具如刨锤，钢丝刷等用不锈钢制成。打磨焊缝时用不锈钢专用砂轮片，不得与碳钢混用一个砂轮片。

H.0.7 不锈钢零部件周转或运输时，应配备防止磕碰、划伤及铁离子污染的专用运输工具。

H.0.8 不锈钢压力容器的表面处理应有独立的场地，并配备必要的安全保护措施。

H.0.9 余料存放要设置专门的仓库，不得与碳钢存放在一处。

H.0.10 酸洗钝化废液的处理要求。

不锈钢设备生产厂家应有固定的酸洗钝化场地，酸洗钝化后的废液不得随意排放，对酸性钝化废液的处理一般采用中和反应法，如对含氟废水可加石灰乳或氯化钙处理，钝化液尽可能不用重铬酸盐，如有含铬废水，可加硫酸亚铁还原处理。化学反应应在指定的反应池中进行，经过处理并合格的溶液可选择再利用，或符合国家环保排放规定时再排放。

附录 R 设备防腐蚀常用涂料

表R-1 防腐蚀常用涂料的性能及用途

类别	名　称	型 号	特　性	使用温度(℃)	建议涂装道数(道)	每道干膜厚度(μm)	主 要 用 途
酚醛树脂涂料	酚醛清漆	F01-15	漆膜干燥快,坚硬光亮,具有较好的耐水性	-20~120	1~2	20~25	用于室内外金属表面罩光
	各色纯酚醛磁漆	F04-11	漆膜坚硬,光泽较好,耐水性、耐候性一般		2	20~30	用于涂装耐潮湿、干湿交替的部位
	各色酚醛耐酸漆	F50-31	耐酸、耐水、耐油、耐溶剂，不耐碱		2~4	30~40	用于酸性气体环境作面漆
	灰酚醛防锈漆	F53-32	具有良好的防锈性		2	30~40	用于室内钢材表面防锈打底
	铁红酚醛防锈漆	F53-33	耐碱性差，防锈性能良好		2	30~40	
	硼钡酚醛防锈漆	F53-39	具有良好的防锈性能		2	30~40	用于室外钢材防锈打底
	云铁酚醛防锈漆	F53-40	防锈性能好，干燥快，附着力强，无铅毒				
	各色硼钡酚醛防锈漆	F53-41	具有良好的防锈性能				
沥青涂料	沥青清漆	L01-13	耐水、防潮、耐腐蚀性好,漆膜光泽好,干燥快.但机械性能差,耐候性不好	-20~70	2	30	用于不受光线直接照射的金属表面防潮、耐水、防腐蚀
	沥青磁漆	L04-1	漆膜黑亮平滑,耐水性较好				
	铝粉沥青底漆	L44-83	附着力好,防潮,耐水,耐热,耐润滑油		2	60	用于金属设备、管道的表面打底
	沥青耐酸漆	L50-1	耐硫酸腐蚀,附着力良好,常温下耐氧化氮、二氧化硫、氨气、氯气、盐酸气以及中等浓度以下的无机酸		2	60	用于防止硫酸腐蚀的金属表面

续表R-1

类别	名　称	型 号	特　性	使用温度(℃)	建议涂装道数(道)	每道干膜厚度(μm)	主 要 用 途
醇酸树脂涂料	醇酸清漆	C01-12	干燥快，光泽好，附着力良好，耐候性、耐水性、耐汽油性良好	＜100	2	30	用于金属表面罩光
	各色醇酸磁漆	C04-2	耐候性比酚醛漆好，耐水性稍差		2	30~40	用于室内、外金属表面涂装
	灰云铁醇酸磁漆	C04-9	漆膜坚韧，具有良好的附着力.耐潮、耐候，能抵抗污气的侵蚀。				室外石油化工设备、管道及附属钢结构外表面防腐蚀
	银色醇酸磁漆	C04-48	漆膜坚韧光亮，附着力好，耐机油和汽油，耐热和耐候性佳，具有一定的耐水性	＜150	2	30~40	用于表面温度不太高的钢材表面防护
	铁红醇酸底漆	C06-1	附着力良好，与醇酸、硝基等多种而漆层间结合力好。耐油、漆膜坚韧	-40~100	2	35	金属表面打底用，不宜用在湿热地区
	百醇酸二道底漆	C06-15	干燥快，易打磨，作为底层与面层的中间层具有良好的结合力。		施工单位自定		适用于涂面漆之前，填平腻子层的砂孔及纹道
	白醇酸耐酸漆	C50-31	具有一定的耐稀酸性能	＜100	3	40~60	适用于有酸性气体侵蚀的钢材表面
	云铁醇酸防锈漆	C53-34	漆膜坚韧,附着力强,防锈性能好		2	35	用于室外钢材表面作防锈底漆
	铁红醇酸防锈漆	C53-36	漆膜坚韧,附着力强,防锈性能良好,易施工	＜100	2	35	用于钢材表面防锈打底
	铝粉醇酸耐热漆	C61-32	漆膜附着力较好,有一定的防锈能力	＜150	2	20	用于钢材表面作防腐层
过氯乙烯树脂涂料	过氯乙烯清漆	G01-5	具有良好的机械强度和优良的防腐蚀性能	-20~60	2	20~30	用于过氯乙烯磁漆的罩光
	锌黄过氯乙烯底漆	G06-3	附着力较好,耐盐水、盐雾，耐湿热				在沿海、湿热地区作防腐底漆
	铁红过氯乙烯底漆	G06-4	具有一定的防锈性和耐化学性能				用于钢材表面打底
	各色过氯乙烯二道底漆	G06-5	干燥快，具有较好的打磨性		施工单位自定		用于填平针孔，增加面漆的附着力
	各色过氯乙烯耐氨漆	G51-32	耐酸碱、耐盐、耐化工大气，尤其耐氨性能佳		2	20~30	用于化工管道、设备的化工大气防腐

续表R-1

类别	名　称	型 号	特　性	使用温度(℃)	建议涂装道数(道)	每道干膜厚度(μm)	主 要 用 途
过氯乙烯树脂涂料	过氯乙烯防腐漆	G52-2	干燥快，具有优良的耐煤油、耐酸碱和耐化学				用于化工管道、设备外壁的防腐蚀
	各色过氯乙烯防腐漆	G52-31	腐蚀性能，但附着力差				
	绿色过氯乙烯防腐漆	G52-37	具有优良的防腐蚀性能，与G01-5配套能够耐98%的硝酸气体				适用于金属表面作防化学腐蚀涂料
环氧树脂涂料	环氧脂清漆	H01-6	漆膜柔韧、附着力好，耐潮性、耐酸碱性比一般油性漆好	＜110	2	20~30	用于不能烘烤的设备罩光
	各色环氧磁漆	H04-1	良好的附着力，耐碱、耐油、耐水性能良好		2	30~40	用于石油化工设备、管道外壁涂装
	云铁环氧底漆	H06-1	具有优良的耐盐雾和耐湿热性能，附着力良好		1~2	40~60	作优良的防锈底漆用
	铁红环氧酯底漆	H06-2	漆膜坚硬耐久，附着力良好，与磷化底漆配套使用，可提高漆膜的耐潮、耐盐雾和防锈性能	＜120	2	30~40	适用于沿海地区和湿热带气候的金属表面打底
	环氧富锌底漆	H06-4	有限极保护作用，优异的防锈性能和耐久性，优异的附着力和耐冲击性能，耐磨、耐油、耐溶剂、耐潮湿，干燥快	＜120	车间底漆1	20~30	用于环境恶劣，且防腐要求比较高的金属表面作底漆。用作车间底漆时，漆膜厚度为20μm
	铁红环氧底漆	H06-14	具有良好的抗水性能和防腐蚀性能，漆膜干燥快，附着力好	＜110	2	30~40	用于钢铁表面打底漆及地下管道、设备的防腐
	各色环氧防腐漆	H52-33	附着力、耐盐水性良好，有一定的耐强溶剂性能，耐碱液腐蚀，漆膜坚硬耐久		2	40~60	适用于大型钢铁设备和管道的防化学腐蚀
	铝粉环氧防腐底漆	H52-81	自干，漆膜坚韧，附着力好，耐水、耐碱和耐一般化学品的腐蚀		2	30~40	用于水下及地下设备、机械防腐打底
	云铁环氧脂防锈漆	H53-33	干燥快、毒性小，防锈性能好		1~2	40~60	适用于石油化工设备、管道及钢结构防锈打底或作中间涂层

续表R-1

类别	名　称	型 号	特　性	使用温度(℃)	建议涂装道数(道)	每道干膜厚度(μm)	主要用途
环氧树脂涂料	铝色环氧有机硅耐热漆	H61-1	干燥快、毒性小，防锈性能好	-40~400	1~2	20~25	适用于表现温度较高的设备和管道防腐蚀
	各色环氧有机硅耐热漆	H61-32	耐温变、耐热，自干型，有较好的物理机械性能	-40~200	1~2	20~25	
	铁红环氧有机硅耐热底漆	H61-83		-40~200	1~2	20~25	
聚氨酯涂料	聚氨脂清漆	S01-3	具有良好的耐水、耐磨、耐腐蚀等特性对恶劣气候的抵抗力极佳,耐磨性极佳,抗化学性和溶剂性极佳,漆膜坚韧、附着力好，优良的附着力和良好的防锈性、防腐性、耐油漆膜坚韧、耐油、耐酸碱，耐各种化学药品，漆膜光亮耐磨，附着力强，防腐性能突出，漆膜具有优良的耐油性和物理机械性能，附着力好	＜120	2	30	可在自然条件比较恶劣的地区使用
	聚氨清清漆	S01-11			2	30	
	各色聚氨脂磁漆	S04-1			2~4	40	
	铁红聚氨脂底漆	S06-4			2	30	用于钢铁表面防锈打底
	各色聚氨脂底漆	S06-5			2	30	
	各色聚氨酯防腐漆	S52-31			3~4	40	作为金属材料的外部防腐保护层
	聚氨酯耐油清漆	S54-1			2	30~40	适用于油槽、油罐等设备的防腐蚀涂装
	聚氨酯耐油磁漆	S54-31			2~3	40~50	
	白聚氨酯耐油漆	S54-33			2~3	40~50	
	聚氨酯耐油底漆	S54-80			2	40~50	
橡胶涂料	氯化橡胶清漆	J01-1	具有较好的耐碱性、耐水性及良好的附着力	-30~80	1~2	20~25	用于氯化橡胶面漆罩光及设备防腐
	各色氯化橡胶磁漆	J04-2	漆膜干燥快，耐碱、耐水等性能良好		2	40	用于室内化工设备等的防腐蚀涂装
	各色氯化橡胶醇酸磁漆	J04-4	干燥快，光泽好，耐水性、耐候性和附着力较好，具有一定的耐化学气体腐蚀性能				用于室内外化工设备等的装饰防护

续表R-1

类别	名　称	型 号	特　性	使用温度(℃)	建议涂装道数(道)	每道干膜厚度(μm)	主要用途
橡胶涂料	铝粉氯化橡胶底漆	J06-1	漆膜坚韧、干燥快、附着力好，耐磨、耐海水腐蚀，防锈性能优良	-30~80	2	30	用于侵水部位或干湿交替部位的钢材表面防锈打底
	各色氯磺化聚乙烯防腐漆	J52-1	毒性小，干燥快、适于低温下施工，具有优异的耐酸、耐碱、耐盐水、盐雾性和耐水性，优良的耐臭氧、防老化的性能，物理机械性能良好 ，可比造价低	＜100	6~8	20~30	受化工大气腐蚀的设备、管道防腐
		J52-2					受酸、碱、盐腐蚀的设备防腐
		J52-3					接触水及污水的设备、管道防水
		J52-4					石油开采和炼油的设备、管道防油
	各色氯磺化聚乙烯防腐漆	J52-90	具有优良的耐强酸、耐强碱、耐大气老化、耐臭氧、耐水性能，同时具有良好的机械性能				适用于室外化工设备、管道及钢结构受化工大气腐蚀的表面防腐蚀
其它涂料	无机富锌底漆	E06-1	漆膜坚固、耐磨，具有优良的耐油、耐水、耐热和耐候性，但与其他各类的面漆不易配套	＜450	车间底漆1	20~30	用于环境恶劣(如沿海地区)或较重要的设备、管道防腐打底
					防腐底漆1	50~80	
	乙烯磷化底漆	X06-1	干燥快，与大部分涂料的配套性佳，且不影响焊接和切割，可增加有机涂层与金属表面的附着力，延长其使用寿命	-20~60	1	8~15	用于钢铁表面防锈打底，能代替磷化处理但不能代替底漆。该漆不适用于碱性介质环境

表R-2 几种新型防腐蚀涂料的性能及用途

类别	名　称	型 号	特　性	使用温度(℃)	建议涂装道数(道)	每道干膜厚度(μm)	主要用途
烯树脂涂料	高氯化聚乙烯通用型防腐底漆		漆膜干燥快、附着力好，耐强酸、强碱腐蚀，耐水、盐水及无机盐，耐油、耐老化、耐臭氧、毒性小、易施工、易配套	-30~100	2	45~50	用于化工设备、管道及钢结构的防腐蚀
	高氯化聚乙烯云铁防锈底漆						
	高氯化聚乙烯各色防腐面漆						
	高氯化聚乙烯铝粉面漆						
	高氯化聚乙烯特种防腐清漆						
	高氯化聚乙烯改性云铁面漆						
高温涂料	GT-1有机硅锌粉耐高温底漆		常温干燥，漆膜附着力好，具有良好的耐水、耐油、耐候性和耐久性，具有一定的耐化工大气腐蚀性能	450	2	20~25	涂敷于不易烘烤的钢铁设备表面，起耐热保护和防腐作用
	GT-5铝粉耐高温面漆			500	2~4	20~25	
	GT-98各色面漆			450~500	3	20~25	
	铁红有机硅耐热底漆	T403-1		400		30~40（总厚度）	用于400℃以下使用的锅炉、排气管、烟囱、热管道等高温设施热保护装饰。
	400℃铝粉有机硅耐热底漆	T404	漆膜常温快干，开始使用时达到完全交联固化。固化后，漆膜具有优良的耐湿热、防锈性。耐高温，最高使用温度达400℃。该漆仅与400℃有机硅耐热面漆配套使用。	400		50~70（总厚度）	作400℃有机硅耐热面漆的配套底漆。用于400℃以下使用的锅炉、窑、容器、管道等设施外表面热保护、装饰。

续表R-2

类别	名　称	型 号	特　性	使用温度(℃)	建议涂装道数(道)	每道干膜厚度(μm)	主要用途
高温涂料	400℃有机硅耐热面漆	T404-1	漆膜常温快干，开始使用时达到完全交联固化。固化后，漆膜具有优良的耐湿热、防锈性。耐高温，最高使用温度达 400℃。该漆仅与 400℃有机硅耐热底漆配套使用。	400		50~70（总厚度）	长期在400℃以下使用的锅炉、排气管、烟囱、热管道等高温设施表面热保护、装饰。
	500℃铝粉有机硅耐热底漆	T414	漆膜常温快干，开始使用时达到完全交联固化。固化后，漆膜具有优良的耐湿热、防锈性。耐高温，最高使用温度达 500℃。该漆仅与 500℃有机硅耐热面漆配套使用。	500		40（总厚度）	作500℃有机硅耐热面漆的配套底漆。用于500℃以下使用的锅炉、窑、容器、管道等设施外表面热保护、装饰。
	500℃铝粉有机硅耐热面漆	T414-2	漆膜常温快干，开始使用时达到完全交联固化。固化后，漆膜具有优良的耐湿热、防锈性。耐高温，最高使用温度达 500℃。该漆仅与 500℃有机硅耐热底漆配套使用。	500		40	作500℃有机硅耐热底漆的配套面漆。用于500℃以下使用的锅炉、窑、容器、管道等设施外表面热保护、装饰。
	600℃铝粉有机硅耐热底漆	T410	漆膜常温快干，开始使用时达到完全交联固化。固化后，漆膜具有优良的耐湿热、防锈性。耐高温，最高使用温度达 600℃。该漆仅与 600℃有机硅耐热面漆配套使用。	600		40（总厚度）	作600℃有机硅耐热面漆的配套底漆。用于600℃以下使用的锅炉、窑、容器、管道等设施外表面热保护、装饰。

续表R-2

类别	名　称	型 号	特　性	使用温度(℃)	建议涂装道数(道)	每道干膜厚度(μm)	主要用途
高温涂料	600℃铝粉有机硅耐热面漆	T413	漆膜常温快干，开始使用时达到完全交联固化。固化后，漆膜具有优良的耐湿热、防锈性。耐高温，最高使用温度达 600℃。该漆仅与600℃有机硅耐热底漆配套使用。	600		40	作600℃有机硅耐热底漆的配套面漆。用于600℃以下使用的锅炉、窑、容器、管道等设施外表面热保护、装饰。
其它防腐涂料	704无机硅酸锌底漆		漆膜干燥快、具有优异的防锈性能和耐热性能，优良的耐磨性、耐溶剂性和低温固化性能，耐冲击性能优异，配套性好	＜400	1	车间底漆 20 防锈底漆 50~80	用于重要设备、管道及钢结构，作高性能防锈漆
	842环氧云铁防锈漆		漆膜附着力好，耐久性、耐候性优异，耐水、耐磨、耐化工大气腐蚀，该漆具有良好的层间附着力、易配套	＜100	无气喷漆 1 刷涂或滚涂2~3	100 30~50	用于防腐性能要求较高的钢材表面作防腐底漆
	624氯化橡胶云铁防锈漆		漆膜干燥快、附着力好，具有优异的耐水性和层间附着力，耐候性和耐久性好，可低温施工漆膜坚韧、耐久、光泽好，具有良好的耐冲击	-30~80	1~2	60~80	适用于码头、海水飞溅区的钢结构，及化工设备、管道的防腐蚀
	各色氯化橡胶面漆				2	35	
	各色脂肪族聚氨脂面漆		耐磨性、耐水性和耐化学药品性能，耐各种油类，耐候性优异	＜120	2	30	用于防腐性能要求较高的钢材表面作防腐面漆

注：涂装道数按设计文件要求，设计文件无说明的按本标准要求。

中华人民共和国化工行业标准

钢制化工容器制造技术规范

HG/T20584-20XX

编 制 说 明

目　次

1 适用范围……（114）
2 规范性引用文件……（114）
3 名词术语……（114）
4 总则……（114）
5 材料检验……（114）
6 排版……（114）
7 切割……（115）
8 加工成形……（115）
9 机械加工……（116）
10 组装 ……（116）
11 焊接 ……（116）
12 热处理 ……（116）
13 无损检测 ……（116）
14 检 验……（117）
15 特殊结构换热器制造技术要求 ……（117）
16 试件和试样 ……（117）
17 尺寸公差 ……（117）
18 表面处理、涂漆要求 ……（118）
19 包装和运输 ……（118）
附录 A 压力容器氨检漏试验方法……（118）
附录 B 压力容器氦检漏试验方法……（118）
附录 C 压力容器卤素检漏试验方法……（118）
附录 D 复合板筒体下料尺寸计算公式……（118）
附录 E 筒体精准下料尺寸计算公式……（119）
附录 F 双面堆焊管板胀接技术要求……（119）
附录 G 主螺栓（螺柱）、主螺母和螺孔的加工要求 ……（119）
附录 H 不锈钢晶间腐蚀试验方法……（119）
附录 J 圆筒体纤维变形率计算方法……（119）

附录 K 封头变形率计算方法……（119）
附录 L 钢管冷弯纤维变形率计算方法……（119）
附录 M 预热温度计算……（119）
附录 N 碳当量计算……（120）
附录 P 螺栓的紧固扭矩计算……（120）
附录 Q 不锈钢设备制造场地要求……（120）
附录 R 设备防腐蚀常用涂料……（120）

1 适用范围

本标准是对《钢制化工容器设计基础规范》HG/T20580 适用范围的钢制化工容器制造部分的具体化，本标准适用的材料对象是碳素钢、低合金钢、不锈钢和双相钢制压力容器。

化工容器是指应用在化工工艺流程中的容器。虽然本标准名称是钢制化工容器，但HG/T20580 及 GB/T150-2011 标准应用的行业已不局限于化工行业，因此本标准的具体应用不受此限制。

2 规范性引用文件

本章对原 HG/T20584-2011 版标准引用的标准进行了版本更新，并增加了板材、管材、各种设备类型、不锈钢晶间腐蚀等标准的引用。

3 名词术语

在钢制化工容器的制造过程中，由于工况不同、材料不同，对于制造过程中的材料检验、、热处理等环节均有特定的要求，故在本标准中增加了“阶梯冷却热处理”、“碳当量”、“热切割”、“快冷”及“非商品级紧固件”等名词术语的定义。

4 总则

4.0.5 本标准根据压力容器的制造过程，对标准的内容进行了扩充并对施工工序进一步细化。

5 材料检验

5.1.3 增加双相钢制压力容器用材料的基本技术要求。

5.2.2 增加铬钼钢低温冲击试验要求，09MnNiDR 复验，设计温度高于-196℃ 铬镍奥氏体冲击试验要求。

5.5.2 增加高压、低温工况专用螺柱要求。

6 排版

由于本标准此次编制对施工工序进一步细化，本章将焊缝数量及位置的要求进行单独编制，为新增章节（后续的新增章节均属于施工工序的细化编排，将不再赘述）。本章明确了压力容器制造前，对设备整体进行排版要求。

6.0.1 要求“焊缝尽量少”。为避免增加焊接、清根时间以及无损检测、评片周期，对容器的整个制造周期及成本造成不利影响；对于较高或较长的容器，由于筒节数量较多，为保证壳体直线度不超差，控制壳体变形，在满足材料生产能力及筒体卷制能力的前提下，应尽量控制焊缝布置数量。

6.0.2 要求“焊缝位置布置合理”。焊缝位置是压力容器强度及耐腐蚀性的薄弱区，排版时应控制焊缝长度不宜过长且应将焊缝布置在受力情况较好的位置。本条分别对卧式容器支座部位的焊缝位置、壳体焊缝布置、壳体开孔与焊缝布置的合理性提出要求。

7 切割

本章与焊接分离，单独编制，分别对压力容器受压元件用材料的下料及坡口准备进行规定。

7.1 下料

介绍了钢材坯料下料采用的机械切割、火焰切割和等离子切割这三种常用的切割下料方法，并分别对三种不同下料方法的适用范围、切割要求进行了规定。

7.2 坡口准备

介绍了坡口准备采用的机械加工、热切割及手工打磨的方法。针对压力容器不同零部件的结构特点、坡口类型以及坡口的修磨处理分别提出了要求。

8 加工成形

本章对原 HG/T20584-2011 版标准重新编排，增加了“成形”一节，将加工成形后的热处理和恢复材料性能的热处理进行区分，并将奥氏体不锈钢的加工单独编制。

8.1 成形

8.1.4 卷制成形

卷制成形主要用于圆筒、一些锥壳的成形以及筒体卷制后的矫圆。卷制过程是钢板的弯曲塑性变形过程，塑性变形沿钢板厚度方向是变化的，其外圆周伸长、内圆周缩短，中间层保持不变。

1 冷卷不会引起钢板厚度的减薄，钢板表面质量不易受损，而且制造成本较低。但冷卷的筒体由于冷作硬化，会造成钢板强度升高，塑性和韧性降低等不利影响。因此提出了“优先选用冷卷”的要求，并对特定规格及成形的 Cr-Mo 钢板、高强钢的卷制筒体提出了热处理要求。

2 热卷能够使钢板具有良好的塑性，但会造成钢板厚度的减薄、长度伸长和表面质量受损。

3 温卷是将钢板加热介于冷卷和热卷温度之间的卷制，卷制后钢板的性能和质量介于冷卷和热卷之间。

8.1.5 本条对常用的压制成形工艺及代表零件进行了详细介绍。

8.1.6 本条对弯曲成形中的管子、棒材及板材煨制分别提出了制造过程的控制以及检验的要求。

8.2 加工成形后的热处理要求

本节主要是对压力容器受压元件加工成形后，由于变形率、腐蚀工况、所接触的介质特性等情况提出的热处理要求。

8.3 恢复材料性能的热处理要求

本节主要是对压力容器受压元件成形过程中，由于材料的供货状态以及成形温度的不同提出的热处理要求。

9 机械加工

本章为新增加的章节，由于常用的法规、标准对一些常用加工件没有具体加工要求，为了对加工件的规范统一,本标准对压力容器常用加工件提出了一些基本加工要求,内容主要包括：密封面、管板、加强管、折流板、紧固件螺纹、螺孔螺纹等的加工要求

10 组装

本章为新增加的章节，组装对于压力容器制造是很关键的控制环节，组对方法、组对要求对压力容器的成型质量非常重要，所以本节主要从这两个方面进行阐述。

11 焊接

本章在原标准基础上，增加了测温点位置图、奥氏体不锈钢焊缝及堆焊焊缝铁素体测量要求，对锻件的补焊要求进行了修改。

12 热处理

增加了中间焊后热处理推荐温度、金属垫片的热处理、热电偶的布置、固溶热处理和稳定化热处理等内容。

13 无损检测

13.1 磁粉和渗透检查

本节给出了铬-钼钢材料宜选用的检测方法。

13.2 射线检测

本节引入了 TOFD 检测手段，并对采取 TOFD 检测手段时提出了组合检测的要求。

13.3 无损检测时机

本节是新增的一节，除对一般检测的时机提出规定外，还分别对厚壁及结构特殊、有延迟裂纹的材料以及铬-钼钢材料的厚壁容器的检测时机也提出了明确的要求。

14 检验

14.1.1 增加耐压试验场地和防护要求。

14.1.2 增加补强圈的检验要求。

14.1.8 增加工装用螺栓、螺母要求。

14.1.9 增加耐压试验目视检查的免除条件。

14.1.10 增加耐压试验免除条件。

14.2.3 增加泄漏试验密封用垫片要求。

14.3 增加尺寸检查。

14.4 增加检验报告。

14.5 增加铸钢制压力容器检验。

15 特殊结构换热器制造技术要求

本章节为新增章节，分别增加了折流杆式换热器、螺旋折流板式换热器、螺旋折流管式换热器这三种特殊结构的换热器。由于这三种换热器的结构特殊，根据各自不同的结构特点，对折流杆式换热器的各零部件的公差、螺旋折流板式换热器的加工成形、螺旋折流管换热器的组对焊接以及耐压试验等制造关键点分别进行要求。

16 试件和试样

本章为新增加的章节，本章主要介绍了产品焊接试件、母材试件及试样，并对产品焊接试件类型、试件制备条件、试件数量、试件制备要求及特殊检验要求做了统一规定。本章内容相比其他标准更加详细、具体的介绍了产品焊接试件和母材试件的制作要求，对于压力容器试件的制作提供详细依据。

17 尺寸公差

本章将原 HG/T20584-2011 版标准中对应错误的图表及条目重新整理归类，并逐条对应；将相应设计规范关于公差的内容直接引用到本标准，方便读者查阅；增加相应设计规范未规定的部分公差。

18 表面处理、涂漆要求

本章将原 HG/T20584-2011 版标准的表面处理、涂漆、包装和运输中的表面处理、涂漆划分为单独的章节，并分别介绍表面处理和涂漆。

18.1 表面处理

表面处理包括表面形状处理、表面除锈、涂敷防腐涂料、不锈钢抛光处理、不锈钢钝化处理及表面防护等。一般情况下，钢制化工器及其零部件、焊接接头的表面处理通常采用喷射或抛射除锈、手工和动力工具除锈、火焰除锈以及酸洗钝化等。其中除锈等级的划分满足 GB/T8923 标准的规定，除锈等级的选择应满足设计图纸及施工统一规定的要求。为保证涂层与钢材基体表面的结合为机械性黏合和附着，防止涂层的剥落和脱层，需将钢材表面原有的氧化皮、铁锈及各种杂志污染物等全部清除干净，使之制造表面洁净并满足适当的粗糙度要求。

本节分别介绍了焊接接头、碳素钢和低合金钢、不锈钢的表面处理和抛光处理，针对不同部位、不同材质的表面处理所选用的不同的处理方法进行了阐述，并详细介绍了抛光处理的三种方法。

18.2 涂漆

本节详细介绍了涂料的选择原则以及涂漆过程中的注意事项。

19 表包装和运输

本章将原 HG/T20584-2011 版标准的表面处理、涂漆、包装和运输中的包装和运输划分为单独的章节，并在原 HG/T20584-2011 版标准基础上增加了包装和运输过程中的充氮保护要求。

附录 A 压力容器氨检漏试验方法

A.2.4 部分修改氨气法（B 法）程序试验程序说明。

附录 B 压力容器氦检漏试验方法

本附录无内容修订。

附录 C 压力容器卤素检漏试验方法

本附录无内容修订。

附录 D 复合板筒体下料尺寸计算公式

本附录为新增加部分，根据复合板的材料特性，单独给出复合板筒体的下料尺寸计算公式。

附录 E 筒体精准下料尺寸计算公式

本附录为新增加部分，增加本附录的目的就是为有特殊精度要求的容器筒体下料提供更加精确的计算方式。如换热器壳体及带有塔盘的塔体下料时应控制壳体内径在公差范围内，以免

影响设备传热及流体短路等。

附录 F 双面堆焊管板胀接技术要求

本附录为新增加部分，对于管、壳程均有腐蚀介质的压力容器，且管板较厚时，考虑经济合理性，管板可采用双面堆焊结构，但是双面堆焊的管板壳程侧的密封决定了管板基层的腐蚀情况。本附录主要解决了双面堆焊管板胀接技术的一些问题。

附录 G 主螺栓（螺柱）、主螺母和螺孔的加工要求

本附录为新增加部分，随着化工装置的不断改进，高温、高压容器越来越多的应用，作为高压容器主要受压元件的主螺栓（螺柱）、主螺母的质量控制也尤为关键，本附录对此提出一些基本加工要求。

附录 H 不锈钢晶间腐蚀试验方法

本附录为新增加部分，分别规定了不同类型不锈钢的晶间腐蚀试验的方法选用、试件的制作要求、焊接接头弯曲试验不合格的处理措施以及有后热过程的不锈钢提高抗晶间腐蚀能力的措施。

附录 J 圆筒体纤维变形率计算方法

本附录为新增加部分，增加了圆筒体纤维变形率的计算方法。

附录 K 封头变形率计算方法

本附录为新增加部分，增加了封头变形率的计算方法。

附录 L 钢管冷弯纤维变形率计算方法

本附录为新增加部分，增加了钢管冷弯纤维变形率的计算方法。

附录 M 预热温度计算

本附录为新增加部分，增加了 Thumb 准则计算预热温度的方法以及碳当量预测预热温度的计算公式。

附录 N 碳当量计算

本附录为新增加部分，根据不同钢种的材料特性给出了不同的碳当量计算公式。

附录 P 螺栓的紧固扭矩计算

本附录为新增加部分，提出了螺栓的紧固扭矩计算公式。

附录 Q 不锈钢设备制造场地工要求

本附录为新增加部分，目前对于不锈钢设备只有一本 HG/T2806《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》,而该标准没有对不锈钢设备制造场地工提出具体要求，故，在本标准附录中增加此要求。

附录 R 设备防腐蚀常用涂料

本附录对原 HG/T20584-2011 版标准的防腐涂料进行了更新，并增加了工程中使用得越来越多的烯树脂涂料、高温涂料等一些新型防腐涂料的数据。