

备案号：J1202—2021

中华人民共和国化工行业标准



HG/T 20584—2020

代替 HG/T 20584—2011

钢制化工容器制造技术规范

Technical standard of fabrication for steel chemical vessels

2020-12-09 发布

2021-04-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

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


Technical standard of fabrication for steel chemical vessels

HG/T 20584—2020

主编单位：辽宁元创石化技术有限公司

批准部门：中华人民共和国工业和信息化部

实施日期：2021年4月1日

 北京科学技术出版社

中华人民共和国工业和信息化部

公告

2020年 第48号

工业和信息化部批准《霍尔元件 通用技术条件》等 669 项行业标准（标准编号、名称、主要内容及实施日期见附件 1），其中机械行业标准 62 项、化工行业标准 143 项、石化行业标准 22 项、冶金行业标准 100 项、有色金属行业标准 104 项、黄金行业标准 3 项、建材行业标准 25 项、稀土行业标准 19 项、汽车行业标准 8 项、船舶行业标准 4 项、航空行业标准 1 项、轻工行业标准 51 项、纺织行业标准 35 项、兵工民品（民爆）行业标准 1 项、电子行业标准 33 项、通信行业标准 58 项；批准《白云石标准样品 1#》等 76 项行业标准样品（标准样品目录及成分含量表见附件 2），其中冶金行业标准样品 75 项、有色金属行业标准样品 1 项；批准《高纯铝锭》等 23 项行业标准外文版（标准编号、名称、主要内容及实施日期见附件 3），其中有色金属行业标准外文版 7 项、稀土行业标准外文版 3 项、轻工行业标准外文版 3 项、通信行业标准外文版 10 项；批准《75℃热稳定性试验仪校准规范》等 94 项行业计量技术规范（技术规范编号、名称、主要内容及实施日期见附件 4），其中石化行业计量技术规范 11 项、有色金属行业计量技术规范 6 项、建材行业计量技术规范 13 项、机械行业计量技术规范 17 项、轻工行业计量技术规范 11 项、纺织行业计量技术规范 12 项、兵工民品行业计量技术规范 3 项、电子行业计量技术规范 11 项、通信行业计量技术规范 10 项，现予公布。行业标准样品自公布之日起实施。

以上机械行业标准由机械工业出版社出版，化工行业标准由化工出版社出版，化工行业标准（工程建设类）及汽车行业标准由北京科学技术出版社出版，石化行业标准由中国石化出版社出版，冶金行业标准、

有色金属行业标准、有色金属行业标准外文版、稀土行业标准及稀土行业标准外文版由冶金工业出版社出版,有色金属行业标准(工程建设类)由中国计划出版社出版,黄金行业标准及纺织行业标准由中国标准出版社出版,建材行业标准由中国建材工业出版社出版,船舶行业标准由中国船舶工业综合技术经济研究院组织出版,航空行业标准由中国航空综合技术研究所组织出版,轻工行业标准及轻工行业标准外文版由中国轻工业出版社出版,兵工民品行业标准由中国兵器工业标准化研究所组织出版,电子行业标准由中国电子技术标准化研究院组织出版,通信行业标准及通信行业标准外文版由人民邮电出版社出版。

以上石化、纺织行业计量技术规范由中国质检出版社出版,有色金属行业计量技术规范由冶金工业出版社出版,建材行业计量技术规范由中国建材工业出版社出版,机械行业计量技术规范由机械工业出版社出版,轻工行业计量技术规范由中国轻工业出版社出版,兵工民品行业计量技术规范由中国兵器工业标准化研究所组织出版,电子行业计量技术规范由中国电子技术标准化研究院组织出版,通信行业计量技术规范由中国信息通信研究院组织出版。

附件：10项化工行业工程建设标准编号、标准名称和实施日期

中华人民共和国工业和信息化部

二〇二〇年十二月九日

前 言

本规范是根据工业和信息化部《2017年第三批行业标准制修订计划》（工信厅科〔2017〕106号）的要求，由中国石油和化工勘察设计协会为主编部门，委托设备设计专业委员会/全国化工设备设计技术中心站负责组织，辽宁元创石化技术有限公司为主编单位，会同参编单位，在原行业标准《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584—2011的基础上修订完成。

本规范自实施之日起代替《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584—2011。

本规范在《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584—2011的基础上，编制组经广泛调查研究，认真总结多年实施取得的经验，参照国外设计标准，并广泛征求意见，最后经审查定稿。

本规范共分为17章和12个附录，其主要内容包括总则，术语，材料检验，排版，切割，铆工加工，机械加工，组装，焊接，热处理，无损检测，特殊结构热交换器制造技术要求，试件和试样，尺寸公差，表面处理、涂漆要求，包装和运输、检验等。

本规范与《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584—2011相比，主要变化如下：

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、固溶热处理和稳定化热处理等术语；
3. 增加了螺纹紧固件材料的一般技术要求和表3.2.2-5铸件无损检测合格等级等材料要求；
4. 增加了下料排版应遵循的原则；
5. 增加了机械切割、热切割、高压介质切割的要求；
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的要求；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6.1.5常用的压制成形工艺及代表零件；
10. 增加了弯曲成形的要求；
11. 增加了含钛、铌合金元素的奥氏体不锈钢宜进行稳定化处理的要求；
12. 增加了奥氏体不锈钢的冷加工应符合的要求；
13. 增加了折流板（支持板）加工的一般要求；
14. 增加了加强管加工的一般要求；
15. 增加了筒体端部的加工要求；
16. 将组装的一般技术要求分为均质材料筒体纵向焊接接头的组对要求和非均质材料筒体纵向焊接接头的组对要求；
17. 增加了不锈钢设备制造场地要求；

18. 增加了焊缝铁素体含量检测要求；
19. 增加了热处理时对热电偶的布置要求；
20. 增加了特殊结构热交换器制造技术要求；
21. 增加了双面堆焊（结构）管板胀接技术要求；
22. 增加了充氮保护技术要求；
23. 增加了筒体精准下料尺寸计算方法；
24. 增加了复合钢板筒体下料尺寸计算方法；
25. 增加了预热温度计算方法；
26. 增加了碳当量计算方法；
27. 增加了螺栓的紧固扭矩计算方法。

本规范由工业和信息化部负责管理，由中国石油和化工勘察设计协会负责日常管理，由辽宁元创石化技术有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议，请与辽宁元创石化技术有限公司联系（联系地址：辽宁省葫芦岛市高新技术产业园区创业大厦 B 座 305 室；邮政编码：125000；电话：0429-2928100；传真：0429-2928100），以供今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人：

主 编 单 位：辽宁元创石化技术有限公司

参 编 单 位：中石化上海工程有限公司

赛鼎工程有限公司

中石油吉林化工工程有限公司

山东齐鲁石化机械制造有限公司

主要起草人：郝文生 赵建军 阮黎祥 肖志会 安丰华 汪 沛 王立祥

王剑涛 王凤磊 束润涛 张 焱 田养锋 尹军军 倪云峰

张 波 周 丹 王丽敏 杨 月 佟名弘 林 楠 赵 丹

主要审查人：黄正林 刘 博 王 亮 赵世平 石怀兵 魏东波 陈仓社

杨俊岭 李建国 王 彬 王 巍 李艳明 顾月章 谢智刚

万网胜 杨同莲 茅陆荣 陈 旺 韩 冰 袁云中

目 次

1	总则	(591)
2	术语	(592)
3	材料检验	(594)
3.1	压力容器用原材料的复验要求	(594)
3.2	压力容器用原材料的无损检测要求	(594)
3.3	压力容器用原材料的表面要求	(596)
3.4	螺纹紧固件材料的一般技术要求	(597)
4	排版	(599)
5	切割	(600)
5.1	一般要求	(600)
5.2	下料	(600)
5.3	坡口准备	(600)
6	铆工加工	(601)
6.1	成形	(601)
6.2	材料成形后的热处理要求	(605)
6.3	材料使用时的热处理状态要求	(605)
6.4	奥氏体不锈钢的加工要求	(606)
7	机械加工	(607)
7.1	一般要求	(607)
7.2	管板、折流板(支持板)、加强管加工要求	(607)
7.3	螺纹加工要求	(608)
7.4	筒体端部加工要求	(608)
8	组装	(609)
8.1	对口错边量和棱角度的控制要求	(609)
8.2	组装操作要求	(610)
8.3	接管法兰的组装要求	(610)
8.4	支座的组装要求	(610)
8.5	不锈钢设备制造场地要求	(611)
9	焊接	(612)
9.1	焊缝位置	(612)
9.2	焊接准备	(612)

9.3	焊接的一般要求	(612)
9.4	耐蚀层堆焊的技术要求	(614)
9.5	补焊	(615)
10	热处理	(617)
10.1	热处理的一般要求	(617)
10.2	炉内整体热处理的要求	(618)
10.3	局部热处理的要求	(618)
10.4	垫片热处理的要求	(618)
11	无损检测	(619)
11.1	射线检测	(619)
11.2	超声检测	(619)
11.3	磁粉和渗透检测	(619)
11.4	涡流检测	(620)
11.5	无损检测时机	(620)
12	特殊结构热交换器制造技术要求	(621)
12.1	折流杆式热交换器	(621)
12.2	螺旋折流板式热交换器	(621)
12.3	螺旋缠绕管式热交换器	(621)
12.4	双面堆焊(结构)管板胀接技术要求	(622)
13	试件和试样	(624)
13.1	产品焊接试件	(624)
13.2	母材试件	(625)
13.3	试样	(626)
14	尺寸公差	(628)
14.1	基础规定	(628)
14.2	立式容器的公差	(628)
14.3	卧式容器的公差	(634)
14.4	热交换器的公差	(635)
14.5	塔式容器的公差	(638)
15	表面处理、涂漆要求	(641)
15.1	表面处理	(641)
15.2	涂漆	(642)
16	包装和运输	(643)
16.1	充氮保护	(643)
16.2	包装	(643)

16.3	运输	(643)
16.4	标志	(644)
17	检验	(645)
17.1	耐压试验	(645)
17.2	泄漏试验	(646)
17.3	尺寸检查	(647)
17.4	检验报告	(647)
17.5	铸钢制压力容器检验	(647)
附录 A (资料性)	筒体精准下料尺寸计算方法	(649)
附录 B (资料性)	复合钢板筒体下料尺寸计算方法	(651)
附录 C (资料性)	预热温度计算方法	(652)
附录 D (资料性)	圆筒体纤维变形率计算方法	(653)
附录 E (资料性)	封头纤维变形率计算方法	(654)
附录 F (资料性)	钢管冷弯纤维变形率计算方法	(655)
附录 G (规范性)	主螺栓(螺柱)、主螺母和螺孔的加工要求	(656)
附录 H (资料性)	碳当量计算方法	(657)
附录 J (资料性)	螺栓的紧固扭矩计算方法	(658)
附录 K (资料性)	压力容器氨检漏试验方法	(660)
K.1	总则	(660)
K.2	A 法试验程序	(660)
K.3	B 法试验程序	(661)
K.4	C 法试验程序	(663)
附录 L (资料性)	压力容器氨检漏试验方法	(664)
L.1	总则	(664)
L.2	试验程序	(664)
L.3	试验报告	(669)
附录 M (资料性)	压力容器卤素检漏试验方法	(670)
	本规范用词说明	(673)
	引用标准名录	(674)
附:	条文说明	(677)

Contents

1	General provisions	(591)
2	Terms	(592)
3	Inspection of materials	(594)
3.1	Re-inspection requirements for raw materials for pressure vessels	(594)
3.2	Nondestructive testing requirements for raw materials for pressure vessels	(594)
3.3	Surface requirements for raw materials for pressure vessels	(596)
3.4	General technical requirements for threaded fastener materials	(597)
4	Typesetting	(599)
5	Cutting	(600)
5.1	General requirements	(600)
5.2	Blanking	(600)
5.3	Groove preparation	(600)
6	Riveter processing	(601)
6.1	Forming	(601)
6.2	Heat treatment requirements for materials after forming	(605)
6.3	Heat treatment requirements for material used	(605)
6.4	Processing requirements for austenitic stainless steel	(606)
7	Machining	(607)
7.1	General requirements	(607)
7.2	Machining requirements for tube sheet , baffle plate (support plate) and forged pipe	(607)
7.3	Machining requirements for threads	(608)
7.4	Machining requirements for cylinder end	(608)
8	Assembly	(609)
8.1	Control requirements for misalignment and angularity	(609)
8.2	Operating requirements for assembly	(610)
8.3	Assembling requirements for nozzle and flange	(610)
8.4	Assembling requirements for supports	(610)
8.5	Requirements for manufacturing site for stainless steel equipment	(611)
9	Welding	(612)
9.1	Weld position	(612)
9.2	Welding Preparation	(612)

9.3	General requirements for welding	(612)
9.4	Technical requirements for overlay welding of corrosion-resistant layer	(614)
9.5	Repair welding	(615)
10	Heat treatment	(617)
10.1	General requirements for heat treatment	(617)
10.2	Requirements for furnace integral heat treatment	(618)
10.3	Requirements for local heat treatment	(618)
10.4	Heat treatment requirements for gasket	(618)
11	Nondestructive testing	(619)
11.1	Radiographic testing	(619)
11.2	Ultrasonic nondestructive testing	(619)
11.3	Magnetic particle and penetrant testing	(619)
11.4	Eddy current testing	(620)
11.5	Time for nondestructive testing	(620)
12	Technical requirements for manufacture of special structure heat exchangers	(621)
12.1	Folding rod heat exchangers	(621)
12.2	Spiral baffle plate heat exchangers	(621)
12.3	Spiral wound tube heat exchangers	(621)
12.4	Technical requirements for double-sided overlay welded (structure) tube plate expansion	(622)
13	Test coupons and specimens	(624)
13.1	Product welding test coupons	(624)
13.2	Base metal test coupons	(625)
13.3	Test specimen	(626)
14	Tolerances	(628)
14.1	Basic provisions	(628)
14.2	Tolerances for vertical vessels	(628)
14.3	Tolerances for horizontal vessels	(634)
14.4	Tolerances for heat exchangers	(635)
14.5	Tolerances for vertical vessels supported by skirt	(638)
15	Surface treatment and painting requirements	(641)
15.1	Surface treatment	(641)
15.2	Painting	(642)
16	Packing and transportation	(643)
16.1	Protection by filling with nitrogen	(643)
16.2	Packing	(643)

16.3	Transportation	(643)
16.4	Mark	(644)
17	Inspection	(645)
17.1	Pressure test	(645)
17.2	Leakage test	(646)
17.3	Dimensional inspection	(647)
17.4	Inspection report	(647)
17.5	Inspection of pressure vessels made of cast steel	(647)
Appendix A (Informative)	Calculation formula for accurate blanking size of cylinder	(649)
Appendix B (Informative)	Calculation formula of blanking size of clad plate cylinder	(651)
Appendix C (Informative)	Calculation of preheating temperature	(652)
Appendix D (Informative)	Calculation method of fibrous deformation rate of cylinder	(653)
Appendix E (Informative)	Calculation method of fibrous deformation rate of head	(654)
Appendix F (Informative)	Calculation method of fibrous deformation rate of cold bending of steel pipe	(655)
Appendix G (Formative)	Machining requirements for main bolts (studs) ,main nuts and screw hole	(656)
Appendix H (Informative)	Calculation of carbon equivalent	(657)
Appendix J (Informative)	Calculation of tightening torque of bolts	(658)
Appendix K (Informative)	Leakage test for pressure vessels by using ammonia	(660)
K.1	General provisions	(660)
K.2	Test procedure for method A	(660)
K.3	Test procedure for method B	(661)
K.4	Test procedure for method C	(663)
Appendix L (Informative)	Leakage test for pressure vessels by using helium	(664)
L.1	General provisions	(664)
L.2	Test procedure	(664)
L.3	Test report	(669)
Appendix M (Informative)	Leakage test for pressure vessels by using halogen	(670)
	Explanations of wording in this code	(673)
	List of quoted standards	(674)
	Addition: Explanation of the provisions	(677)

1 总 则

- 1.0.1 为了在钢制化工容器建造中贯彻执行国家法规，做到安全适用、确保质量、经济合理，科学安排制造工序过程，特制定本规范。
- 1.0.2 本规范适用于钢制化工容器的制造、检验、验收、包装和运输。
- 1.0.3 本规范不适用于其他标准已规定的特殊材质及专用结构的容器。
- 1.0.4 钢制化工容器的制造要求除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1

焊后热处理 **post weld heat treatment**

焊后热处理是指焊接完成后能改变焊接接头的组织和性能，或降低残余应力的热加工。

2.0.2

模拟焊后热处理 **simulate post weld heat treatment**

模拟焊后热处理是指用试件来模拟容器材料实际制造过程中所经历的相变点 A_{C1} 以下、 490°C 以上的所有焊后热处理过程。分为最小模拟焊后热处理和最大模拟焊后热处理。

2.0.3

最小模拟焊后热处理 **minimum simulate post weld heat treatment**

最小模拟焊后热处理是指用试件模拟容器材料在容器制造过程中可能达到的最小程度的焊后热处理。

2.0.4

最大模拟焊后热处理 **maximum simulate post weld heat treatment**

最大模拟焊后热处理是指用试件模拟容器材料在容器制造过程中可能达到的最大程度的焊后热处理。

2.0.5

阶梯冷却热处理 **step cooling heat treatment**

阶梯冷却热处理是指采用试样模拟和加速试样脆化的一种特定热处理，用于评估钢在高温下的回火脆化倾向。

2.0.6

容器轴线 **axis of vessels**

容器轴线是指垂直于容器基准面并通过基准面中心的直线。

2.0.7

碳当量 **carbon equivalent**

碳当量是指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而算得的碳量。

2.0.8

热切割 **thermal cutting**

热切割是指利用集中热能使材料熔化或者燃烧并分离的方法。

2.0.9

快冷 **rapid cooling**

快冷是指采用风、水、油等冷却介质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。

2.0.10

专用级紧固件 **special grade fasteners**

专用级紧固件是指由专用的材料制造的紧固件，其材料应有指定的钢号，必须保证其化学成分和力学性能以及热处理状态符合规定。

2.0.11

商品级紧固件 **commodity grade fasteners**

商品级紧固件是指由专业紧固件生产部门按紧固件标准生产，需用者可通过采购而获得的紧固件。

2.0.12

坡口准备 **groove preparation**

坡口准备是指对压力容器零部件进行坡口加工的过程。

2.0.13

螺栓（柱）预紧力 **pre-tightening force of bolt**

螺栓（柱）预紧力是指在紧固螺栓（柱）过程中，在拧紧力矩的作用下，螺栓（柱）与被联接件之间产生的沿螺栓（柱）轴心线方向的力。

2.0.14

弯管的椭圆度 **the ovality of the bend tube**

弯管的椭圆度是指管材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。

2.0.15

弯管的波浪率 **the wave rate of the bend tube**

弯管的波浪率是指管材弯曲部分波高 h 与管材外径 D_0 之比。

2.0.16

固溶热处理 **solution heat treatment**

固溶热处理是指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，把碳呈固溶状态的奥氏体保持到常温的热处理。

2.0.17

稳定化热处理 **stabilization heat treatment**

稳定化热处理是指对于含钛、铌等稳定化合金元素的奥氏体不锈钢，加热至 $850^{\circ}\text{C} \sim 950^{\circ}\text{C}$ ，将碳化铬转变成特殊碳化物 TiC 或 NbC ，能够消除晶间腐蚀倾向的热处理。

2.0.18

深孔缺陷 **defect of deep hole**

深孔缺陷是指影像黑度大，可能影响焊缝致密性的圆形缺陷。

3 材料检验

3.1 压力容器用原材料的复验要求

3.1.1 制造厂应按有关标准及设计文件的要求对入厂材料进行检验。当有要求时，应按相应要求进行复验。

3.1.2 根据有关标准及设计文件的要求，材料的性能数据不全时，制造厂应进行复验或补做检验，合格后才能投料使用。

3.2 压力容器用原材料的无损检测要求

3.2.1 如果材料制造单位未按有关标准及设计文件的要求对材料进行无损检测，压力容器制造厂应予补做。

3.2.2 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应按表 3.2.2-1 的规定进行。如设计文件无特殊要求，其合格等级应符合表 3.2.2-2~表 3.2.2-5 的规定。高压无缝钢管的表面磁粉检测还应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测》NB/T 47013.4—2015 规定的 I 级合格。

表 3.2.2-1 受压元件用钢的无损检测方法及其质量分级

材料品种	射线检测	超声检测	磁粉检测	渗透检测	涡流检测
碳素钢和低合金钢板	—	NB/T 47013.3—2015 中 5.3	—	—	—
复合钢板	—	NB/T 47013.3—2015 中 5.4	—	—	—
碳素钢和低合金钢无缝钢管	—	GB/T 5777	NB/T 47013.4—2015 中第 5 章和第 9 章	—	NB/T 47013.6—2015 中第 5 章
不锈钢无缝钢管	—	GB/T 5777	—	—	NB/T 47013.6—2015 中第 6 章
锻轧钢棒（紧固件用）	—	NB/T 47013.3—2015 中 5.6	NB/T 47013.4—2015 中第 5 章和第 9 章	NB/T 47013.5—2015 中第 8 章	—
碳素钢和低合金钢锻件	—	NB/T 47013.3—2015 中 5.5	NB/T 47013.4—2015 中第 5 章和第 9 章	—	—
奥氏体钢锻件	—	NB/T 47013.3—2015 中 5.7	—	—	—
碳钢铸件	GB/T 5677	GB/T 7233	GB/T 9444	GB/T 9443	—

表 3.2.2-2 钢板及钢管超声检测合格等级

材料品种	超声检测
碳素钢和低合金钢板	<p>标准：NB/T 47013.3—2015 中 5.3。 适用范围：6mm~250mm（厚度）。 合格等级： 一般用碳素钢、低合金钢板Ⅲ级。 下列压力容器不低于Ⅱ级： (1) $p \geq 10.0\text{MPa}$ 的单层高压容器； (2) 盛装介质毒性程度为极度、高度危害的压力容器； (3) 介质为液化石油气并且硫化氢含量大于 100mg/L 的压力容器。 下列情况为Ⅰ级： (1) 临氢设备； (2) 多层高压容器内筒钢板； (3) 调质钢板</p>
复合钢板	<p>标准：NB/T 47013.3—2015 中 5.4。 适用范围：基板厚度大于等于 8mm 的承压设备用复合钢板。 合格等级： 一般用复合钢板Ⅱ级； 热压封头、高压容器及管板用复合钢板Ⅰ级</p>
外径不小于 6mm 且壁厚与外径之比不大于 0.2 的无缝钢管	<p>标准：GB/T 5777。 合格等级： Ⅱ级 ($p < 10.0\text{MPa}$)； Ⅰ级 ($p \geq 10.0\text{MPa}$)</p>
外径不小于 12mm 且壁厚与外径之比不大于 0.2 的无缝钢管	<p>标准：NB/T 47013.3—2015 中 5.8。 合格等级： Ⅱ级 ($p < 10.0\text{MPa}$)； Ⅰ级 ($p \geq 10.0\text{MPa}$)</p>

表 3.2.2-3 锻件无损检测质量分级

材料品种	超声检测	磁粉检测	渗透检测
碳素钢和低合金钢锻件	<p>标准：NB/T 47013.3—2015 中 5.5。 要求：一般在热处理并粗加工后进行，要求检测面的表面粗糙度 $Ra \leq 6.3\mu\text{m}$。纵波检测，筒形锻件还进行横波检测。 质量分级：按 NB/T 47008、NB/T 47009 的规定</p>	<p>标准：NB/T 47013.4—2015 中第 9 章。 要求：锻件经加工后的表面粗糙度 $Ra \leq 6.3\mu\text{m}$。 质量分级应符合下列要求： (1) 不得存在任何裂纹、白点； (2) 不得存在任何横向裂纹； (3) 不得存在线性缺陷； (4) 圆形缺陷磁痕长径不大于 2.0mm，且在评定框内不大于 1 个</p>	<p>标准：NB/T 47013.5—2015 中第 8 章。 要求：锻件经加工后进行，受检面不得进行喷砂、喷丸处理。 质量分级应符合下列要求： (1) 不得存在任何裂纹、白点； (2) 不得存在线性缺陷； (3) 圆形缺陷显示在任何方向上的最大尺寸不大于 1.5mm，且在评定框内少于或等于 1 个</p>
奥氏体和奥氏体-铁素体双相不锈钢锻件	<p>标准：NB/T 47013.3—2015 中 5.7。 要求：一般在热处理并粗加工后进行，要求检测面的表面粗糙度 $Ra \leq 6.3\mu\text{m}$。纵波检测，筒形锻件还进行横波检测。 质量分级：按 NB/T 47010 的规定</p>	—	

表 3.2.2-4 紧固件用钢棒无损检测质量分级

材料品种	超声检测	磁粉检测
锻轧钢棒 (紧固件用)	标准: NB/T 47013.3—2015 中 5.6。 适用范围: 公称直径大于 M36 的碳钢和低合金钢锻轧钢棒(坯)。 要求: 纵波检测, 检测面粗糙度 $Ra \leq 6.3\mu\text{m}$ 。 合格等级: $p \geq 10.0\text{MPa}$ 为Ⅲ级	标准: NB/T 47013.4—2015 中第 9 章。 适用范围: 公称直径大于 M36 的螺柱和螺母。 质量分级应符合下列要求: (1) 不得存在任何裂纹、白点; (2) 不得存在任何横向裂纹; (3) 不得存在线性缺陷; (4) 圆形缺陷磁痕长度不大于 2.0mm, 且在评定框内不大于 1 个

表 3.2.2-5 铸件无损检测合格等级

材料品种	射线检测	超声检测	磁粉检测	渗透检测
碳钢铸件	标准: GB/T 5677。 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: GB/T 7233。 要求: 探伤前热处理, 粗糙度 $Ra \leq 12.5\mu\text{m}$ 。 合格等级: Ⅲ级	标准: GB/T 9444。 要求: 交货状态, 表面粗糙度 $Ra \leq 25\mu\text{m}$ 。 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, 不得存在裂纹	标准: GB/T 9443。 要求: 交货状态, 表面粗糙度 $Ra \leq 50\mu\text{m}$ 。 质量分级符合下列要求: (1) 不得存在任何裂纹; (2) 以 105mm×148mm 的矩形框为评定框; (3) 点状、点线状、线状缺陷不大于Ⅲ级, 不得存在裂纹

3.3 压力容器用原材料的表面要求

3.3.1 受压元件用钢板及容器制成后的钢板的表面质量均应符合下列各项规定:

1 钢板表面允许存在深度不超过厚度负偏差一半的划痕、轧痕、麻点、氧化皮脱落后的粗糙等局部缺陷, 且缺陷处钢板厚度不得小于其允许的最小厚度。

2 深度超过第 1 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。清除打磨的面积不应大于钢板面积的 30%, 打磨的凹坑应与母材圆滑过渡, 斜度不大于 1:3。

3 修磨后, 如果剩余厚度不小于其允许的最小厚度, 且修磨的深度不大于公称厚度的 5%或 2mm (取小者), 可不进行焊补。如果修磨的深度较深, 但剩余厚度仍满足上述要求, 应与设计者协商解决。

4 超出第 1 款~第 3 款的缺陷应进行焊补, 但可修补的面积和深度应符合下列规定:

1) 碳素钢、C-Mn 钢: 单个修补面积不大于 200cm^2 , 总计面积不大于 600cm^2 或钢板修磨侧面积的 3% (取小者);

2) 低合金高强度钢和 Cr-Mo 钢: 单个修补面积不大于 100cm^2 , 总计面积小于等于 300cm^2 或钢板修磨侧面积的 2% (取小者);

3) 允许焊补的深度不应大于板厚的 1/5;

4) 当钢板边缘的分层长度不大于 25mm 时,可免于修补或清除;长度大于 25mm 且深度大于 1.5mm 的分层应打磨消除。当打磨深度不大于 3mm 时,可免于焊补,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;

5) 钢板表面及坡口处分层的焊补应符合 9.2.3 和 9.5 的要求。

3.3.2 受压锻件的尺寸、表面质量应符合下列各项规定:

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 锻件表面(锻件的机加工表面除外)可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),但裂纹类呈尖锐切口状的缺陷,不论深度、长度尺寸如何,均应清除;

3 不符合第 2 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;

4 缺陷清除后剩余厚度不应小于其允许的最小厚度。当剩余厚度不足时,应进行补强计算,且应符合要求,否则应予焊补;

5 锻件焊补应按相应的焊补工艺要求进行。当焊补的深度超过公称壁厚的 1/3 或 10mm,或焊补面积大于锻件总面积的 10%时,该锻件不得通过焊补继续使用。

3.3.3 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。

3.4 螺纹紧固件材料的一般技术要求

3.4.1 商品级紧固件应符合下列各项规定:

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现行行业标准《钢制化工容器材料选用规范》HG/T 20581 的相应规定;

3 商品级紧固件的性能等级配合应符合表 3.4.1 的规定。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。

表 3.4.1 螺栓副性能等级配合

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

3.4.2 专用级紧固件应符合下列各项规定：

1 设计图样规定的专用级紧固件材料应符合下列规定：

- 1) 材料牌号（化学成分）、热处理状态和力学性能应符合现行行业标准《钢制化工容器材料选用规范》HG/T 20581 和相应标准的规定；
- 2) 标记方法应符合现行国家标准《紧固件标记方法》GB/T 1237 的规定；
- 3) 紧固件的检验与验收应符合现行紧固件产品标准和现行国家标准《紧固件 螺栓、螺钉、螺柱和螺母 通用技术条件》GB/T 16938 的规定。

2 大于 M36 的螺柱和螺母还应符合现行国家标准《压力容器 第 2 部分：材料》GB/T 150.2 和现行行业标准《钢制化工容器材料选用规范》HG/T 20581 的相应要求。

3 容器法兰用螺柱应符合现行行业标准《压力容器法兰用紧固件》NB/T 47027 的规定。

4 高压设备用螺柱应符合现行行业标准《高压螺栓和螺栓液压上紧装置》HG/T 21573 的规定。

5 设计温度低于-100℃的奥氏体不锈钢制容器，应采用奥氏体不锈钢紧固件。

4 排 版

- 4.0.1 筒体下料尺寸可按附录 A 和附录 B 的方法进行计算。
- 4.0.2 容器投料制造前,应根据容器的结构特点进行预排版,排版时应控制焊接接头数量尽量少。
- 4.0.3 排版时应控制焊接接头位置布置合理,满足相关的标准要求,并符合下列规定:
- 1 壳体上焊接接头的布置应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分:制造、检验和验收》GB/T 150.4 中的有关规定。
 - 2 同一节筒体的拼接焊接接头原则上不宜超过 2 条。
 - 3 卧式容器下部鞍座垫板范围内不宜设置焊接接头。
 - 4 同一节筒体的拼接,应将筒体的拼接接头设置在无开孔及内外附件的位置;如果无法规避,应将筒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。
 - 5 符合现行国家标准《压力容器 第 3 部分:设计》GB/T 150.3 规定的允许不另行补强的开孔不得位于 A、B 类焊接接头上。
 - 6 壳体上的开孔不应布置在焊接接头区域,但符合下列情况之一者,可在上述区域内开孔:
 - 1) 符合现行国家标准《压力容器 第 3 部分:设计》GB/T 150.3 等面积法开孔补强要求的开孔可在焊接接头区域内开孔。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焊接接头不存在任何超标缺陷;
 - 2) 符合现行国家标准《压力容器 第 3 部分:设计》GB/T 150.3 圆筒径向接管开孔补强设计采用分析法时,补强范围内的 A、B 类焊接接头应进行 100%射线或超声检测,不得有任何超标缺陷;
 - 3) 符合现行国家标准《压力容器 第 3 部分:设计》GB/T 150.3 规定的允许不另行补强的开孔,当壳体厚度小于等于 40mm 时,开孔边缘距对接焊缝的边缘应大于等于 $\sqrt{D_i \delta_n}$ 。但如果按第 2) 项的要求对对接焊接接头进行射线或超声检测并符合要求者,可不受此限制。
- 4.0.4 排版时,应在控制焊接接头数量尽量少的前提下,尽量减少边角余料,提高材料利用率。

5 切割

5.1 一般要求

- 5.1.1 用于制造压力容器受压元件的材料应在切割前进行标志移植。
- 5.1.2 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或有腐蚀性的书写材料进行标记。
- 5.1.3 低温压力容器的受压元件不得采用硬印标记。
- 5.1.4 当满足 5.1.2 或 5.1.3 的规定时，应通过文字进行记录。

5.2 下料

- 5.2.1 钢材坯料下料的切割可采用机械切割、热切割和高压介质切割等方法。
- 5.2.2 当采用机械切割下料时，应保证切割件的尺寸精度。
- 5.2.3 当采用热切割下料时，应符合下列规定：
 - 1 应依据材料的不同选用相应的热切割方法。
 - 2 凡符合下列条件之一者，热切割前应对被切割件进行预热，预热温度可按附录 C 的方法进行计算：
 - 1) Cr-Mo 钢；
 - 2) 标准规定的抗拉强度下限值大于等于 490MPa 或板厚大于 16mm 的 Mn-Mo 钢；
 - 3) 标准规定的抗拉强度下限值大于等于 490MPa 且壁厚大于 25mm 的碳素钢和低合金钢。
 - 3 采用热切割下料时，应清除熔渣及有害杂质，并采用砂轮或其他工具将坡口加工平整，使其露出金属光泽。当被切割材料为 Cr-Mo 钢或标准规定的抗拉强度下限值大于等于 540MPa 的高强度钢时，热切割表面应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，检测范围是一个截面测 3 个点，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。
- 5.2.4 对于高合金钢的切割可采用高压介质切割，切割接口处应修磨圆滑过渡。

5.3 坡口准备

- 5.3.1 筒体坯料的周边及坡口以及封头拼接板料的坡口宜采用机械加工方法进行加工。
- 5.3.2 当采用热切割的方法进行坡口准备时，应符合下列规定：
 - 1 坡口准备中的火焰切割和等离子切割应满足 5.2.3 的要求；
 - 2 不锈钢的切割不得采用碳弧气刨的方法。
- 5.3.3 受压元件开孔采用热切割方法时，其开孔边缘应满足 5.2.3 的要求，并配合打磨方法修磨坡口成形。
- 5.3.4 在满足标准要求的前提下，坡口设计应遵循经济、合理的原则。

6 铆工加工

6.1 成 形

6.1.1 用于制造压力容器受压元件的材料应在加工前检查标志移植是否正确。

6.1.2 压力容器零部件铆工成形可采用卷制成形、压制成形、拉制成形。

6.1.3 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。

6.1.4 圆筒、锥体可采用卷制成形。用于制造筒体、锥体等受压元件时,其卷制方向宜与板材的轧制方向相同。采用卷制成形工艺应符合下列规定:

1 在条件允许的情况下,优先选用冷成形。一般情况下,对于 Cr-Mo 钢、高强度钢等材料厚度大于 50mm 的钢板,在下料时板料长度方向两侧倒角应不小于 6mm,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;

2 采用热卷成形时,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材料热处理状态的热处理;

3 对于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。

6.1.5 对于压制成形应,使用模具进行加工,不得采用局部加热或锤击的方法。常用的压制成形工艺及代表零件见表 6.1.5。

表 6.1.5 常用的压制成形工艺及代表零件

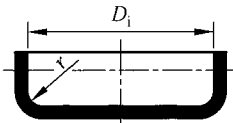
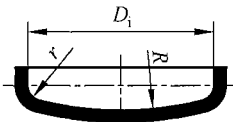
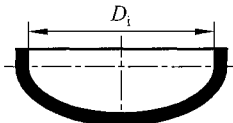
工艺分类	代表零件		特点
	名称	简图	
拉延	平底封头		把平板形坯料拉延成平底空心件
	碟形封头		把平板形坯料拉延成碟形底空心件
	椭圆形封头		把平板形坯料拉延成椭圆形底空心件

表 6.1.5 (续)

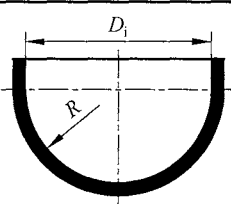
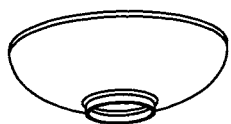

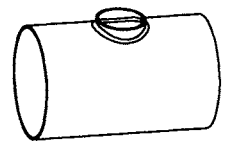
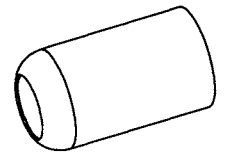

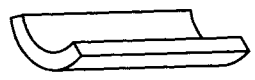
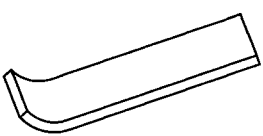
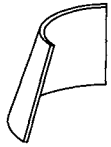
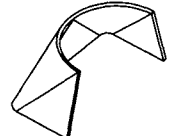
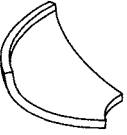

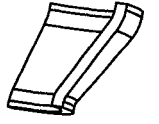

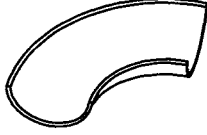

工艺分类	代表零件		特点
	名称	简图	
拉延	球形封头		把平板形坯料拉延成球形底空心件
翻边与缩口	翻孔封头		在封头上开孔后翻边
	翻边锥体		将圆锥体的大小端缩口及翻边
	翻孔筒体		在筒体上开孔后翻边
	缩口筒体		将筒体或管子边缘直径缩小
	翻边筒体		将筒体或管子边缘翻成一定锥度
弯曲	瓦片		将平板形坯料压成瓦片, 常用于直径小、厚度大的圆柱体
	筒体预弯		将平板形坯料边缘分次压成圆弧状, 常用于筒体卷圆前预弯边
	圆锥体		将平板形坯料分次压制成圆锥体瓣
	方圆体		将平板形坯料压制成方圆体

表 6.1.5 (续)

工艺分类	代表零件		特点
	名称	简图	
压形	封头瓣		将平板形坯料压制成型或椭圆形封头瓣
	球瓣		将平板形坯料压制成型球形封头瓣
	翻边锥体瓣		将平板形坯料压制成型翻边锥体瓣
	双曲面板		将平板形坯料压制成型双曲面板
	弯管瓣		将平板形坯料压制成型弯管瓣
	球带		将圆锥体半成品压制成型球带形工件

6.1.6 根据材料的规格、类型的不同，弯曲成形应分别符合下列各项规定：

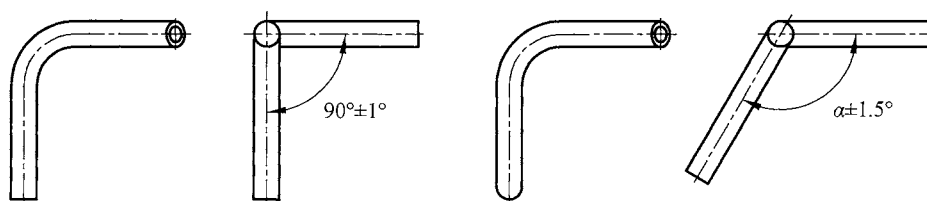
1 管子的煨制应符合下列规定：

- 1) 弯曲半径小于管子外径的 2.5 倍~3 倍或带焊缝的钢管不宜采用冷弯；
- 2) 煨制带纵向焊接接头的钢管时，其纵向焊接接头应置于与管壁受压、受拉最大处成 90° 角的位置；
- 3) 煨制温度超过管材的相变点 A_{C1} ，或改变材料热处理状态时，煨制后应对其进行恢复材料热处理状态的热处理；
- 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) 弯管采用热弯时，加热温度不得高于破坏原材料晶间结构的温度；
- 6) 弯管表面不应有裂纹、折叠、重皮、凹陷、尖锐划痕等缺陷。对于缺陷应进行修磨，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) 弯管的椭圆度应符合表 6.1.6 的规定。弯管两端直管段端部的椭圆度应符合相应钢管标准的要求；

表 6.1.6 弯管的椭圆度

弯管类型	椭圆度
热弯弯管	$\leq 7\%$
冷弯弯管	$\leq 8\%$
用于设计压力大于 8MPa 设备的弯管	$\leq 5\%$

8) 平面弯管弯曲角度的允许偏差为 $\pm 0.5^\circ$ ；不在同一平面上的两个连续弯的空间夹角 α 的允许偏差应满足：当夹角成 90° 时，允许偏差为 $\pm 1^\circ$ [见图 6.1.6-1 (a)]；当夹角不成 90° 时，允许偏差为 $\pm 1.5^\circ$ [见图 6.1.6-1 (b)]；



(a) 夹角等于 90°

(b) 夹角不等于 90°

图 6.1.6-1 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 (见图 6.1.6-2)。

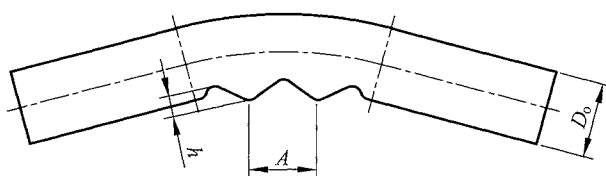


图 6.1.6-2 弯管波浪率示意图

2 法兰的煨制应符合下列规定：

- 1) 承压法兰件采用板材热弯成形时，弯制温度超过管材的相变点 A_{C1} ，或改变材料热处理状态时，弯制后应进行恢复材料热处理状态的热处理；
- 2) 碳素钢及低合金钢拼接法兰焊后应进行消除应力热处理。

3 当人孔吊臂采用管材制作时，人孔吊臂的煨制应符合第 1 款的规定；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 倍~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。若表面发现裂纹、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 $\pm 1^\circ$;
 - 4) 人孔吊臂的弯曲半径允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ 。
- 4 塔顶吊柱的煨制应符合第 1 款的规定。

6.2 材料成形后的热处理要求

6.2.1 凡符合下列条件之一者应在成形后进行热处理:

1 冷成形或温成形的奥氏体型不锈钢圆筒变形率大于等于 15%，碳素钢、低合金钢及其他材料圆筒变形率大于等于 5%者（变形率可按附录 D 的方法进行计算），或钢板厚度符合下列条件者:

- 1) 碳素钢、Q345R 钢板的厚度不小于圆筒内径 D_i 的 3%;
- 2) 其他低合金钢钢板的厚度不小于圆筒内径 D_i 的 2.5%;
- 3) 奥氏体不锈钢钢板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大于等于 15%（变形率可按附录 E 的方法进行计算）。

3 钢管冷弯后，如变形率（变形率可按附录 F 的方法进行计算）超过下列范围时，应于成形后进行热处理:

- 1) 碳素钢、低合金钢管弯管后的外层纤维变形率不应大于钢管标准规定伸长率的 1/2，或外层材料的剩余伸长率应小于 10%;
- 2) 不锈钢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的 1/2，或外层材料的剩余伸长率应小于 15%;
- 3) 对于有冲击韧性要求的钢管，其外层纤维最大变形率应小于 5%。

4 当奥氏体不锈钢材料无耐蚀要求时，可不进行热处理；当有耐蚀要求时，应按下列要求进行热处理:

- 1) 成形后表面硬度大于 235HB 时应进行固溶热处理;
- 2) 不锈钢采用热成形方法成形后，应进行随炉试板的晶间腐蚀试验，晶间腐蚀试验结果合格后可不再进行固溶热处理或稳定化热处理，否则应进行固溶热处理或稳定化热处理。

6.3 材料使用时的热处理状态要求

6.3.1 对于热轧状态使用的钢材，热加工后一般可在加工状态使用。

6.3.2 对于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，可不进行正火处理。

6.3.3 对于正火+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，在热加工后可仅进行回火处理，否则应重新进行正火+回火处理。

6.3.4 对于调质状态使用的钢材，热加工后应进行调质处理。

6.3.5 奥氏体不锈钢应将热加工终止温度控制在 850℃以上，加工后应快冷。如材料需进行晶间腐蚀倾向试验，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。

6.3.6 对于含钛、铌合金元素的奥氏体不锈钢宜进行稳定化处理。

6.4 奥氏体不锈钢的加工要求

6.4.1 奥氏体不锈钢的热加工应满足下列要求：

- 1 加热前，应彻底清除表面油污和其他附着物；
- 2 加热过程中，不得与火焰或固体热源直接接触，加热温度应均匀；
- 3 应控制炉膛气氛为中性或微氧化性，并应控制炉膛气氛中的含硫量。

6.4.2 奥氏体不锈钢的冷加工应符合下列要求：

1 在加工过程中应防止不锈钢设备表面划伤，并应避免加工器械对不锈钢表面造成的铁离子污染，且应符合现行行业标准《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》HG/T 2806 的规定；

2 对不锈钢材料的修磨要使用专用的砂轮。曾用于加工碳钢件的砂轮等工具，不得用于不锈钢设备的加工。

6.4.3 奥氏体不锈钢设备的制造场地应清洁。其他要求应符合现行行业标准《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》HG/T 2806 的规定。

7 机械加工

7.1 一般要求

- 7.1.1 用于制造受压元件的材料在机械加工后应立即进行标志移植。
- 7.1.2 八角槽密封面采用堆焊结构时，应保证堆焊、机械加工后的密封面过渡层及面层的厚度满足设计图样的要求。
- 7.1.3 加工后的法兰密封面不得有刻线、刮伤和凹痕等缺陷，且不允许作为焊接引弧点。

7.2 管板、折流板（支持板）、加强管加工要求

7.2.1 管板的加工应符合下列规定：

- 1 管板加工前应控制管板不平度小于管板外径的 1‰，且不大于 1.5mm；
- 2 管板密封面或端面应与轴线垂直，其垂直度公差应符合现行国家标准《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184—1996 中第 9 级公差等级要求；
- 3 管板孔应严格垂直于管板密封面或端面，其垂直度公差应符合现行国家标准《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184—1996 中第 9 级公差等级要求；
- 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注冷却液的方式，并控制进刀深度、走刀量。在钻孔的过程中不宜集中在一个部位钻孔，应分散对称钻孔；
- 5 应保证管孔、管桥公差要求，管板厚度大于 150mm 或管孔数量超过 2 000 个时宜采用数控钻孔；
- 6 管孔经加工后，表面粗糙度应满足设计图样的要求。必要时应采取工艺措施予以保证；
- 7 密封面不得有刻线、刮伤和凹痕等缺陷。

7.2.2 折流板（支持板）的加工应符合下列规定：

- 1 折流板（支持板）宜采用整圆下料，但当折流板（支持板）的直径超过板料宽度时可采用拼接结构，拼接时应满足下列要求：
 - 1) 拼接接头不得多于 2 条；
 - 2) 拼接接头采用全焊透结构（切口能去除时除外），且需将两侧焊缝表面磨平处理；
 - 3) 拼接后不平度超过 3mm 时应进行校平处理；
 - 4) 拼接接头应位于折流板（支持板）缺口侧，且与缺口平行。
- 2 折流板（支持板）应平整，不平度公差应符合 14.4.4 的规定。
- 3 所有折流板（支持板）宜配钻管孔。
- 4 当换热管直径小于等于 38mm 时，相邻两孔中心距离极限偏差为 $\pm 0.3\text{mm}$ ，允许有 4% 的相邻两孔中心距极限偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，任意两孔中心距极限偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ ；当换热管直径大于 38mm

时,相邻两孔中心距离极限偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$,允许有4%的相邻两孔中心距极限偏差为 $\pm 0.7\text{mm}$,任意两孔中心距极限偏差为 $\pm 1.2\text{mm}$ 。

- 5 钻孔后应去除管孔周边的毛刺。
- 6 应对配钻后的折流板(支持板)做好组对标记。
- 7 按图纸要求剪切缺口。

7.2.3 加强管的加工应符合下列规定:

- 1 加强管加工时,应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° ;
- 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应留有足够的研合量,组对后切割修磨去除余量;
- 3 加强管加工后的壁厚公差,下偏差为0,上偏差应符合现行国家标准《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804—2000中m级的规定。

7.3 螺纹加工要求

螺纹紧固件的螺纹加工应符合下列规定:

- 1 螺纹及其公差应符合现行国家标准《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196、《普通螺纹 公差》GB/T 197、《普通螺纹 中等精度 优选系列的极限尺寸》GB/T 9145的规定;
- 2 螺纹表面不得有划痕、刮伤和凹坑等缺陷;
- 3 大于M36的紧固件螺纹表面应进行100%磁粉检测,检测结果应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第4部分:磁粉检测》NB/T 47013.4—2015中的I级合格;
- 4 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螺柱;
- 5 其他要求应符合设计及相关标准的规定。

7.4 筒体端部加工要求

筒体端部加工应符合下列规定:

- 1 筒体端部密封面经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前3层采用阶梯形式,且每层加工厚度应根据实际层板的钢板厚度偏差及成形偏差确定,同时还应考虑筒体端部坡口处总厚度的偏差;
- 3 筒体端部螺纹的加工应按照附录G的规定执行。

8 组 装

8.1 对口错边量和棱角度的控制要求

8.1.1 均质材料筒体纵向焊接接头的对口错边量及棱角度应满足下列要求：

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，根据筒体厚度及直径大小的不同，端口错边量应控制在 1mm~2mm，一般容器的对口错边量应按照相关标准的规定执行，对于有应力腐蚀场合或承受疲劳载荷的容器对口错边量应符合表 8.1.1 的规定；

表 8.1.1 纵向焊接接头对口错边量

单位：mm

对口处钢板厚度	对口错边量 b
≤ 50	≤ 2
> 50	≤ 2.4

2 筒体纵向焊接接头的棱角度除设计图样要求外，还应符合相关标准的规定；

3 对于厚板筒体（根据制造单位生产能力具体确定），其板料端部应进行预弯处理，两端应留有足够的预弯裕量。一般情况下，采用冲压预弯时板料每端预弯裕量不宜少于 2.5 倍板厚；采用卷板机预弯时，板料每端的预弯裕量由企业自行决定。筒体成形后应去除预弯裕量，并保证筒体纵向焊接接头的对口错边量、棱角度符合第 1 款和第 2 款的规定。

8.1.2 均质材料筒体环向焊接接头的对口错边量及棱角度应满足下列要求：

1 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还应符合相关标准的规定，对于有应力腐蚀场合或承受疲劳载荷的容器对口错边量应符合表 8.1.2 的规定；

表 8.1.2 环向焊接接头对口错边量

单位：mm

对口处钢板厚度	对口错边量 b
≤ 50	$\leq 1/8 \delta$ 且 < 6
> 50	≤ 6

2 筒体环向焊接接头的棱角度除设计图样要求外，还应符合相关标准的要求。

8.1.3 不锈钢复合钢板筒体纵、环向焊接接头的对口错边量应满足下列要求：

1 不锈钢复合钢板筒体的纵、环向焊接接头组对时，应控制焊接接头的对口错边量不大于覆层厚度的 1/2，且不大于 2mm。不锈钢复合钢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 对于厚度大于等于 40mm 的不锈钢复合钢板拼接时，应在对接接头两侧距坡口边缘不小于 600mm 长度范围内进行校平，以保证任一连接处覆层的对口错边量均不大于 1mm。

8.2 组装操作要求

8.2.1 筒体环向焊接接头的组对应满足下列要求：

1 筒体的组对方法采取立式组对或卧式组对，应根据现场的具体条件决定。一般小直径的筒体宜采用卧式组对，大直径的筒体宜采用立式组对；

2 筒体环向对接接口组对前的准备。对于碳素钢、低合金钢设备的对接接口，应除锈并使其露出金属光泽，热切割或气刨的坡口应修磨平整，并对 Cr-Mo 钢及其他高强度钢的坡口表面进行硬度检测，其硬度不应高于母材硬度；

3 根据筒体中心线和基准线进行组对，应严格控制焊接接头的组对间隙，应保证各点间隙一致；

4 筒体与封头组对时，应调整封头的拼接焊缝位置，使其避开筒体纵向焊接接头；

5 不锈钢复合钢板在焊接前宜去除坡口附近的覆层金属，单侧去除宽度应不小于 10mm。

8.2.2 容器内部安装间隙较小的内件时的制造应满足下列要求：

1 除设计图样及标准有规定外，应保证筒体内圆周长公差为正偏差；

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 内件的外形尺寸宜控制在负偏差范围内。

8.2.3 对于塔器等有较多内件的容器，下数第一节筒体成形之后需二次划线，并在内表面划出基准线，用于内件划线组对基准，所有内件在组对前均应划出位置线。

8.2.4 在地平台上划线、组对焊接时，应先检查地平台的平面度，宜不大于 3mm。

8.2.5 对于分段交货的容器，其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点焊即可，现场总组装后再焊接。

8.2.6 吊装过程中，当吊卡薄壁筒体时，两卡兰卡紧点之间，应用管子支撑，以防筒体变形。卡兰应卡紧，以防脱落。

8.2.7 当组对间隙过大时，应进行修整，以满足公差要求。

8.2.8 不得强力组装。

8.3 接管法兰的组装要求

8.3.1 筒体总组装后，应重新检查、纠正筒体四心线，做好四心标记。

8.3.2 应以新的四心线为基准划出所有接管开孔位置线、切割线、检查线。

8.3.3 以划好的开孔切割线进行开孔切割并修磨。

8.3.4 开孔大小及坡口尺寸需经检查合格，否则应进行适当修正。

8.3.5 接管与法兰组对焊接时，应控制法兰密封面与接管轴线垂直度偏差。

8.3.6 在与壳体组焊前应划出接管外伸高度位置线，用定位工装组对焊接。

8.4 支座的组装要求

8.4.1 鞍式支座的组装应满足下列要求：

1 在组对前应按照筒体四心线划出鞍座垫板位置线；

2 制造过程中应控制鞍座垫板的形状，保证其与筒体外壁贴合紧密，二者的间隙不得大于

2mm;

- 3 在垫板上划出支座位置线，试装鞍座，当组对间隙过大或不均匀时应进行修正；
- 4 用水平仪检查底板水平度应符合支座标准要求；
- 5 各鞍座螺栓孔之间的距离应控制在标准要求范围之内，否则应适当调整鞍座位置。

8.4.2 腿式支座、支承式支座的组装应满足下列要求：

- 1 按照筒体四心线划出支腿等分位置线；
- 2 在平台上划出地脚螺栓孔中心圆直径及地脚螺栓孔位置线，确定底板位置；
- 3 支腿与底板保持垂直，有偏差时需适当修正，利用固定工装固定支腿位置；
- 4 对于腿式支座，检测支腿内径应为筒体外径+2mm；
- 5 用水平仪检查底板水平度应符合支座标准要求；
- 6 底板地脚螺栓孔直径、地脚螺栓孔中心圆直径、任意两底板地脚螺栓孔弦长应控制在标准要求范围之内，否则应适当调整支座位置。

8.4.3 耳式支座的组装应满足下列要求：

- 1 按筒体四心线划出耳座垫板位置，测量垫板所在位置的筒体直径，应保证耳式支座的安装尺寸；
- 2 当耳座垫板为单块时，制造过程中应控制耳式支座垫板的形状，保证其与筒体外壁贴合紧密，二者的间隙不得大于 2mm；当耳座垫板为筒形时，筒形垫板的纵向焊接接头在组装后焊接，应保证与筒体的贴合。

8.5 不锈钢设备制造场地要求

8.5.1 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。

8.5.2 为防止铁离子和其他杂质的污染，不锈钢压力容器生产场地应保持清洁、干燥，严格控制灰尘，地面可铺设橡胶或木质垫板等。

8.5.3 不锈钢板应放置在采取措施的垫板上。

8.5.4 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）铠装或不锈钢材料制作。

8.5.5 进入生产现场的人员应穿着鞋底不带铁钉等尖锐异物的工作鞋。

8.5.6 应避免加工器具造成的铁污染。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、钢丝刷等用奥氏体不锈钢材料制成。打磨焊缝时用不锈钢专用砂轮片，不得与碳钢混用砂轮片。

8.5.7 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。

8.5.8 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。

8.5.9 余料存放要设置专门的仓库，不得与碳钢存放在一处。

8.5.10 不锈钢设备生产厂家应有固定的酸洗钝化场地，不得随意排放酸洗钝化后的废液，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，钝化液不宜用重铬酸盐，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，对于经过处理并检测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。

9 焊 接

9.1 焊 缝 位 置

9.1.1 壳体上的开孔应满足 4.0.3 中第 4 款~第 6 款的要求。

9.1.2 外部附件与壳体的连接焊缝,如与壳体 A、B 类焊接接头交叉时,应在附件上开一槽口,以使连接焊缝跨越 A、B 类焊接接头。槽口的宽度应足以使连接焊缝与 A、B 类焊接接头边缘的距离在 1.5 倍壳体壁厚以上且槽口边缘应圆滑过渡。

9.2 焊 接 准 备

9.2.1 坡口清理。对焊接坡口及其两侧至少 25mm 范围内的母材表面应清除铁锈、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。

9.2.2 气割坡口的表面质量应符合表 9.2.2 的规定。

表 9.2.2 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	凹凸度不大于板厚的 2.5%
粗糙度	表面粗糙程度	$Ra \leq 50\mu\text{m}$
凹坑	局部的粗糙度增大	凹坑宽度不大于 50mm 且每米长度内不超过 1 个

9.2.3 坡口上的分层缺陷应完全清除,并予补焊。

9.2.4 对于外接管端坡口,制造厂应按设计图样要求加工。拆除试验用的临时性盲板时不应损坏已加工好的管端,或在盲板拆除后应将坡口修整完好。

9.2.5 壳体需分段或分片交货时,除合同或协议另行规定外,制造厂应按设计图样要求加工分段或分片的焊接坡口,提供现场组装说明并注明在制造厂的预组装标记。如设计文件规定需在制造厂进行耐压试验时,制造厂应在分段处预留切割及加工裕量。耐压试验完成并将坡口加工完成后交货。

9.3 焊接的一般要求

9.3.1 焊接方法和焊接材料选用应满足下列要求:

- 1 焊接方法宜选用电弧焊(焊条电弧焊、埋弧自动焊、气体保护焊等);
- 2 焊接材料的选用,除设计文件另有规定外,应符合现行行业标准《钢制化工容器材料选用规范》HG/T 20581 的相应规定;
- 3 允许制造厂在符合现行行业标准《钢制化工容器材料选用规范》HG/T 20581 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。

9.3.2 焊接接头的结构形式和尺寸应符合下列规定：

1 焊接接头的结构形式和尺寸应符合现行行业标准《钢制化工容器结构设计规范》HG/T 20583 和设计图样的规定，但制造厂可在保证焊接质量和不改变焊接接头基本型式的前提下，对焊接坡口尺寸进行适当的修正；

2 容器制造企业根据企业的焊接工艺评定及实际情况，可对设计图样规定的焊接接头形式进行修改，但应由总工程师批准；

3 板厚大于 50mm 的焊接接头形式宜采用窄间隙焊接接头。

9.3.3 碳素钢、低合金钢的焊前预热温度可按现行行业标准《钢制化工容器材料选用规范》HG/T 20581 的相应规定执行或按附录 C 的计算方法确定。对拘束度较高的部位及在 5℃ 以下的环境下施工时，应采用更高的预热温度，适当扩大预热区域，延长预热时间。

9.3.4 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。

9.3.5 预热温度的测量应符合下列规定：

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（图 9.3.5）应符合下列规定：

1) 当焊件焊接接头处母材厚度小于等于 50mm 时， A 为 4 倍母材厚度 δ_s ，且不超过 50mm；

2) 当焊件焊接接头处母材厚度大于 50mm 时， $A \geq 75\text{mm}$ 。

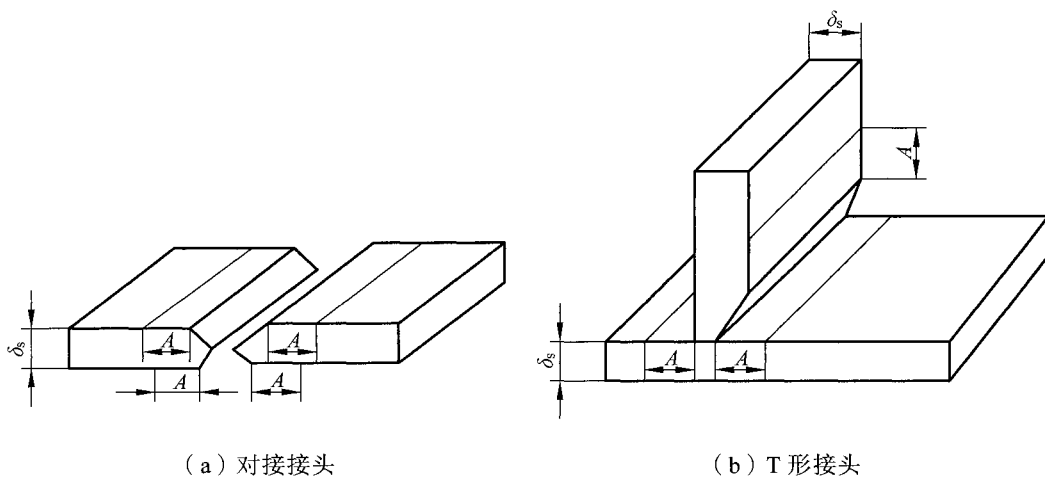


图 9.3.5 测温点厚度 A 的位置

9.3.6 受压元件的定位焊及永久性或临时性的附件焊接均应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。

9.3.7 对于不与受压元件焊接，但需要采用焊接连接的钢材，应保证其具有良好的焊接性能。制造厂可根据碳当量来评断焊接性能，碳当量可按附录 H 的方法进行计算。

9.3.8 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。

9.3.9 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，宜要求含量为 3%~10%。

9.3.10 对于标准规定的抗拉强度下限值大于等于 540MPa 的高强度钢和 Cr-Mo 钢制容器，其表面的工装夹具焊痕、弧坑、飞溅等均应打磨光滑，并进行磁粉检测。

9.3.11 焊工施焊后，应标记焊工钢印。有不允许敲打钢印要求时，可采用图样标记。

9.4 耐蚀层堆焊的技术要求

9.4.1 堆焊前，应按现行行业标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014 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。

9.4.2 堆焊工艺评定的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，并应符合下列规定：

1 表面渗透检测：应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测》NB/T 47013.5 的规定，检验结果不得有裂纹。

2 耐蚀层化学成分分析：从耐蚀层表面起向下 2mm 内取样进行分析，应符合设计文件的规定。

3 侧弯试验：

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

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；当堆焊试件厚度不小于 25mm 时，试样的宽度（包括堆焊层）不小于 25mm；当堆焊试件厚度小于 25mm 时，试样的宽度（包括堆焊层）等于试件的厚度；

3) 试样进行弯曲试验时，弯心直径取 4 倍的试样厚度，弯曲角度为 180°，弯曲后试样拉伸面上的堆焊层内不得存在超过 1.5mm 的任一开口缺陷，熔合线内也不得存在大于 3mm 的任一开口缺陷。

9.4.3 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对过渡层堆焊的稀释作用，耐蚀层经加工后，其厚度不得小于 3mm。

9.4.4 如在基层焊缝上进行堆焊，则应在堆焊后进行射线检测、超声检测或衍射时差法超声检测，当同时符合下列条件时，可仅在堆焊前对基层焊缝进行射线检测、超声检测或衍射时差法超声检测：

1 堆焊层未计入强度计算的厚度内；

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；

4 基层材料非 Cr-Mo 钢或标准规定的抗拉强度下限值大于等于 540MPa 的高强度钢。

9.4.5 堆焊层表面应平整，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。

9.4.6 堆焊层如需进行晶间腐蚀倾向试验，应符合现行行业标准《钢制化工容器材料选用规范》HG/T 20581 的有关规定，试样状态为使用状态（焊态或焊后热处理状态），检验面为与介质接触面。

9.4.7 过渡层堆焊后以及耐蚀层堆焊后，应分别进行渗透检测，必要时进行超声检测。

9.5 补 焊

9.5.1 补焊应符合下列规定：

- 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 补焊的时机应选择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 范围内进行预热。

9.5.2 锻件的补焊应符合下列规定：

- 1 锻件未经需方同意不得进行补焊；
- 2 经需方同意，锻件的补焊应符合相关法规标准的规定。补焊的部位、深度、面积，焊材、焊接工艺，焊工资格要求，补焊前后无损检测方法和合格等级等，由供需双方协商；
- 3 供方向需方提供锻件补焊的部位、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。

9.5.3 铸件的补焊应符合下列规定：

- 1 铸件缺陷清除后的待补焊表面应进行磁粉或渗透检测，以证实缺陷完全清除；
- 2 铸件补焊后应进行磁粉或渗透检测，如果补焊深度超过 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 9.5.4 中第 2 款内容者除外）。

9.5.4 钢板的补焊应符合下列规定：

- 1 补焊深度大于 4mm 时，补焊后应进行射线或超声检测；标准规定的抗拉强度下限值大于等于 540MPa 的高强度钢和铬钼合金钢的补焊表面还应进行磁粉检测。

2 根据补焊深度及材料决定是否需做焊后消除应力热处理。碳素钢、Q345R 及其焊缝的补焊可在最终热处理之后、最后耐压试验之前进行，不再进行焊后热处理，但应符合下列各项要求，并予以记录：

- 1) 使用介质不属于极度或高度、中度危害者，且容器的设计温度不低于 -20°C ；
- 2) 补焊深度不超过现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 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执行烘干、保温措施；
- 5) 采用经评定合格的焊接工艺，且补焊区域按 9.5.1 中第 4 款要求进行预热，预热温度及层间温度不低于 100°C ；
- 6) 补焊表面冷却后应进行磁粉或渗透检测。对于补焊深度大于 4mm 者还应进行射线或超声检测。

9.5.5 焊缝的修磨及补焊应符合下列规定：

- 1 焊缝及其毗邻区域的表面缺陷，包括咬边、裂纹等，应打磨清除。清除后的剩余截面厚度（不计入焊缝凸起高度）如不小于设计厚度，可不进行补焊，但应打磨平整，与周围焊缝或母材圆滑过渡；
- 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，然后从背后清根后再进行补焊；
- 3 补焊后的无损检测和焊后消除应力热处理应符合 9.5.4 的规定。

10 热 处 理

10.1 热处理的一般要求

10.1.1 满足下列条件之一者，应进行焊后消除应力热处理：

- 1 介质为极度危害或高度危害的碳素钢和低合金钢容器；
- 2 介质对材料具有应力腐蚀危害；
- 3 设计图样要求碳素钢和低合金钢材料的冲击韧性高于标准值的 1.5 倍；
- 4 设计温度低于 -20°C 的低合金钢制压力容器。

10.1.2 容器及其受压元件的焊后热处理应符合设计图样和本规范引用标准的有关规定。

10.1.3 不同厚度受压元件相焊，焊后热处理厚度的取值应符合下列规定：

1 不同厚度受压元件相焊，焊后热处理厚度的取值应符合现行国家标准《承压设备焊后热处理规程》GB/T 30583 的有关规定；

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板的总厚度。

10.1.4 推荐的焊后热处理温度应符合下列规定：

1 推荐的焊后热处理最低保温温度应符合现行国家标准《承压设备焊后热处理规程》GB/T 30583 的有关规定；

2 推荐的常用钢中间焊后热处理最低保温温度应符合表 10.1.4 的规定；

表 10.1.4 推荐的常用钢中间焊后热处理最低保温温度

钢号	中间消除应力热处理/ $^{\circ}\text{C}$
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 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 内，但不得超出规定的限值；

4 对于调质钢、正火后回火的焊件，焊后热处理应低于回火温度；

5 不同钢号的钢材相焊时，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} 。

10.1.5 热处理时施行单位应出具热处理报告，报告上应记录容器或元件的热处理部位、测温点位置、测温元件、温度升降及保温曲线、使用热源、日期、操作者和检验者姓名。

10.1.6 对有模拟焊后热处理要求的材料，试件模拟焊后热处理的时间应至少包括材料在实际制造

过程中所经历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、 490°C 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。对设计有要求最大模拟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。

10.1.7 热电偶的布置应符合下列规定：

- 1 热电偶应与被热处理件紧密接触，其布置应根据热处理件的尺寸规格、形状、结构及热处理炉型号由制造厂确定。热电偶应采用工装固定；
- 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 $4\ 600\text{mm}$ ，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 测温点的数量及布置应编制热电偶布置示意图。

10.2 炉内整体热处理的要求

整体焊后热处理应优先采用炉内整体加热的方法，当由于条件限制无法进行整体加热时，允许分段加热。分段热处理时，其重复加热长度不应小于 $1\ 500\text{mm}$ ，且相邻部分应采取保温措施，使温度梯度不致影响材料的组织和性能，并应在炉外设置合适的工装支撑。

10.3 局部热处理的要求

局部焊后热处理应符合下列规定：

- 1 A 类焊接接头不得采用局部焊后热处理；
- 2 由于结构原因，焊接接头需进行局部焊后热处理时，宜优先采用卡式炉进行局部消除应力热处理；
- 3 局部焊后处理的其他要求应符合现行国家标准《承压设备焊后热处理规程》GB/T 30583 的有关规定。

10.4 垫片热处理的要求

金属垫片的热处理应符合下列规定：

- 1 碳素钢垫片应在正火状态下使用，推荐正火温度为 $920^{\circ}\text{C}\sim 950^{\circ}\text{C}$ ；
- 2 铝垫片应在退火状态下使用，推荐退火温度为 $350^{\circ}\text{C}\sim 400^{\circ}\text{C}$ ；
- 3 铜垫片应在退火状态下使用，推荐退火温度为 $500^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 。

11 无损检测

11.1 射线检测

- 11.1.1 应根据工件特点和技术条件的要求选择适宜的透照方式。
- 11.1.2 应优先选用单壁透照方式。在单壁透照无法实施时，方可采用双壁透照方式。
- 11.1.3 对于安放式和插入式管座角焊缝应优先选择源在外透照方式。
- 11.1.4 对于有致密性要求的容器，焊接接头不得有深孔缺陷。
- 11.1.5 对于换热管直径超出现行行业标准《承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2 规定范围的管子与管板角焊缝需进行射线检测，可与用户协商，采用相应的标准。

11.2 超声检测

- 11.2.1 对于容器壁厚小于 30mm 且采用衍射时差法超声检测时，宜增加 20%超声检测。
- 11.2.2 对于厚壁容器采用 100%射线检测时，宜增加 20%超声检测。
- 11.2.3 奥氏体不锈钢使用的渗透检测剂卤素总含量（质量比）应少于 180×10^{-6} 。

11.3 磁粉和渗透检测

- 11.3.1 铁磁性材料制造的容器应优先选用磁粉检测。
- 11.3.2 对于受压元件及其焊缝应按现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 以及下列规定进行磁粉或渗透检测。

- 1 凡钢材需进行超声检测者，其焊接坡口和背面清根后的焊根背面均应进行磁粉或渗透检测；
- 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进行渗透检测。

11.3.3 原材料的检测方法及验收要求应符合表 3.2.2-1~表 3.2.2-5 的规定。焊接坡口、修磨表面、焊缝区域及补焊表面的检查方法按下列标准进行：

1 磁粉检测：应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测》NB/T 47013.4—2015 中 9.1 和 9.2 的要求；

2 渗透检测：应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测》NB/T 47013.5—2015 中 8.2 的要求。

11.3.4 焊接坡口、焊缝区域以及补焊表面的磁粉或渗透检测应包括焊缝（坡口）及四周各 1/2 板厚但不小于 10mm 的范围。

11.3.5 对于 Cr-Mo 钢及标准规定的抗拉强度下限值大于等于 540MPa 材料的磁粉检测用磁粉宜优先选用荧光磁粉。

11.3.6 对于有晶间腐蚀要求的奥氏体不锈钢，渗透检测剂卤素总含量（质量比）应少于 180×10^{-6} 。

11.4 涡流检测

11.4.1 如无特殊要求，换热管宜优先选用涡流检测。有要求时，应按要求执行。

11.4.2 对于奥氏体不锈钢无缝钢管可按现行行业标准《承压设备无损检测 第6部分：涡流检测》NB/T 47013.6—2015 中第5章执行。

11.4.3 对于奥氏体不锈钢焊接钢管可按现行行业标准《承压设备无损检测 第6部分：涡流检测》NB/T 47013.6—2015 中第6章执行。

11.5 无损检测时机

11.5.1 无损检测宜在焊接完成后进行。

11.5.2 对于结构特殊或材料规格较厚容器的焊接，可在制造过程中增加无损检测。

11.5.3 对于有延迟裂纹的材料，应在焊后至少 24h 后进行无损检测。

11.5.4 对于 Cr-Mo 钢制厚壁容器，宜在热处理后增加超声检测。

11.5.5 对于 Cr-Mo 钢制厚壁容器，宜在耐压试验后增加超声检测。

12 特殊结构热交换器制造技术要求

12.1 折流杆式热交换器

12.1.1 折流杆式热交换器的制造、检验与验收，除应符合现行国家标准《热交换器》GB/T 151 及设计图样的规定外，还应满足下列要求：

- 1 折流杆与换热管的总间隙不得大于 0.5mm；
- 2 折流杆圈要控制焊接变形，管孔形状偏差不得大于 0.25mm；
- 3 折流杆圈的组装可采用先插后焊的方法，也可采用先焊后插的方法；
- 4 折流杆直径应比相邻两管间的间隙小 0.5mm~0.8mm；
- 5 折流杆的粗糙度不应低于 12.5 μ m。

12.1.2 如无相应标准，制造单位应编制折流杆式热交换器的建造标准。

12.2 螺旋折流板式热交换器

12.2.1 螺旋折流板式热交换器的制造、检验与验收，除应符合现行国家标准《热交换器》GB/T 151 及设计图样的规定外，还应满足下列要求：

- 1 折流板的冲压成形可采用冷压或热压，采用冷压时应考虑冲压反弹量；
- 2 折流板冲压时，应制备专用胎具；
- 3 钻孔应在数控钻床上进行；
- 4 对不同规格的折流板外圆的加工应制备相应的工装夹具；
- 5 每片折流板应有明晰的编号；
- 6 中心管与折流板的焊接宜采用全焊透结构；
- 7 折流板定位偏差应符合设计图样的规定。

12.2.2 如无相应标准，制造单位应编制折流板式热交换器的建造标准。

12.3 螺旋缠绕管式热交换器

12.3.1 螺旋缠绕管式热交换器的制造、检验与验收，除应符合现行国家标准《压力容器 第4部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4、《热交换器》GB/T 151 及设计图样的规定外，还应满足下列要求：

1 在螺旋缠绕管式热交换器工作架上应置有软质工位器具保护，且在装配过程中应对换热管加以防护，应避免在绕制过程中磕碰、划伤换热管；

2 不锈钢制螺旋缠绕管式热交换器在制造过程中所使用的工装，凡是与设备零件焊接或长时间间接接触的部分应采用不锈钢材质，以免造成铁离子污染；

3 若套装工具与管板或设备其他零部件有焊接，去除工装后应磨平焊接部位，并对修磨处进行渗透检测，确保表面无裂纹等缺陷；

4 螺旋缠绕管式热交换器使用的换热管一般采用焊接管，材料应满足相应规范的规定，并要求钢管厂逐根在线涡流探伤检验、在线固溶处理、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。换热管在绕制前应逐根进行气压试验；

5 平垫条经拉直后按图样要求尺寸进行切割；

6 异型垫条需保证折后角度，并确保槽间距，以保持螺旋角跟换热管相同，接触处应圆滑过渡；

7 同层换热管之间应保证螺距不变；

8 端部换热管折弯要自然平滑过渡；

9 绕制管束要保证管子弯曲角度及椭圆度；

10 胀管工艺要有胀接工艺评定；

11 上支撑管与套管之间的销孔宜采用配钻；

12 筒体总长度尺寸应与绕管体长度尺寸单配，并应留有装配裕量；

13 管束制造完毕应对整个管束进行试压。

12.3.2 如无相应标准，制造单位应编制螺旋缠绕管式热交换器的建造标准。

12.4 双面堆焊（结构）管板胀接技术要求

12.4.1 双面堆焊（结构）管板壳程侧的堆焊层处需开槽胀接，开槽宽度不小于 6mm，堆焊层厚度不小于 10mm。

12.4.2 当换热管与双面堆焊（结构）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，胀接结构应满足图 12.4.2 的要求。

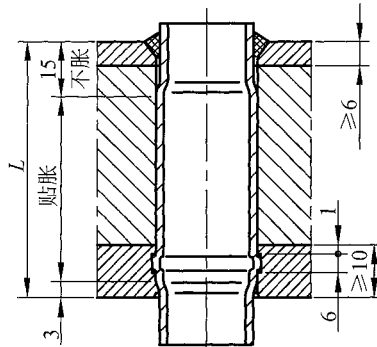


图 12.4.2 强度焊加贴胀结构示意图

12.4.3 当换热管与双面堆焊（结构）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，胀接结构应满足图 12.4.3 的要求。

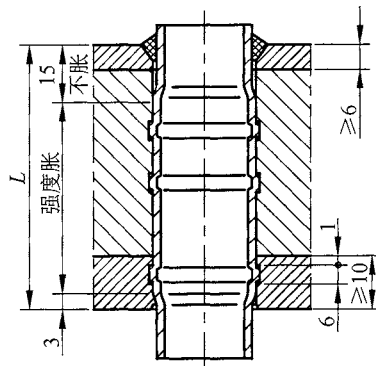


图 12.4.3 强度胀加强度焊结构示意图

12.4.4 当换热管与双面堆焊(结构)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,胀接结构应满足图 12.4.4 的要求。

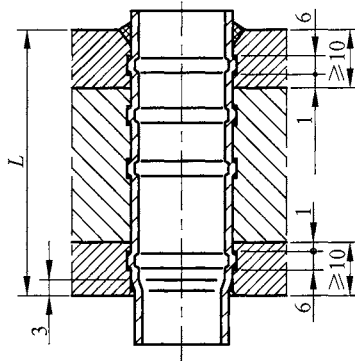


图 12.4.4 强度胀加密封焊结构示意图

12.4.5 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。

12.4.6 双面堆焊(结构)管板的基层加工厚度及堆焊层加工后的厚度公差应符合现行国家标准《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804—2000 中 m 级的规定。

12.4.7 堆焊层开槽时,应保证开槽位置的准确性。

13 试件和试样

13.1 产品焊接试件

13.1.1 本规范主要规定了 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。

13.1.2 当容器符合下列任一条件时，需制备产品焊接试件：

1 常规容器制作 A 类纵向焊接试件的条件应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 及现行法规《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21—2016 的规定，有特殊要求的容器按照其相应要求执行。

2 符合下列条件的应制作 B 类焊接试件（鉴证环）：

- 1) 锻焊容器；
- 2) 设备 B 类焊接接头要求较高的容器；
- 3) 设计文件要求。

3 当设计文件要求接管与壳体的焊接接头需制备焊接试件时，应按设计文件的要求制备焊接试件。

4 有回火脆化倾向的设备，应制备阶梯冷却试验试件。

5 有硫化氢应力腐蚀的设备，应制备抗氢致开裂试验试件。

6 有晶间腐蚀试验要求的设备，应制备焊接接头的晶间腐蚀试件。

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 对于冷成形的不锈钢受压元件的变形率超过 6.2.1 的规定时，应制备代表该受压元件焊接接头的产品焊接试件。

13.1.3 产品焊接试件数量的确定应符合下列规定：

1 一般情况下，筒体 A 类纵向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。对于外协或外购热成形的封头，设计文件没有特殊要求时宜带两组产品试件，一组由外协或外购厂家检验，一组用于回厂检验，如设备需进行焊后热处理，回厂试件应随设备热处理后再检验；

2 对于冷成形的不锈钢受压元件的变形率超过 6.2.1 的规定的，如设计文件没有特殊要求，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 按照现行行业标准《整体多层夹紧式高压容器》HG 3129 制造的高压容器内筒应制备一组

产品焊接试件；

- 6 设计图样有规定的应按照设计图样规定的数量制作产品焊接试件；
- 7 其他按产品标准要求制备相应数量的产品焊接试件。

13.1.4 产品焊接试件的制备应满足下列要求：

- 1 A类纵向焊接试件（含晶间腐蚀试件）应在筒体或锥体的延长部位与之同时施焊；
- 2 先拼板后成形的封头，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）可按几何模拟的方法成比例缩小，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 焊接试件的材料应与其所代表的材料相同。

13.1.5 产品焊接试件的特殊检验要求包括下列内容：

- 1 阶梯冷却试件的检验要求应符合现行行业标准《钢制压力容器材料选用规范》HG/T 20581中的有关规定；
- 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现行国家标准《管线钢和压力容器钢抗氢致开裂评定方法》GB/T 8650，一般采用标准溶液A，合格等级不低于母材要求，试验结果等级应符合表13.1.5的规定；

表 13.1.5 抗氢致开裂（HIC）试验结果等级

等级	裂纹长度率 CLR	裂纹厚度率 CTR	裂纹敏感率 CSR
I	≤5%	≤1.5%	≤0.5%
II	≤10%	≤3%	≤1%
III	≤15%	≤5%	≤2%

3 有模拟焊后热处理要求的设备，当设计文件要求产品焊接试件进行模拟焊后热处理时，最小模拟焊后热处理试件应与设备同炉热处理，最大模拟焊后热处理试件应单独进行热处理。

13.2 母材试件

13.2.1 母材试件的制备条件应符合现行国家标准《压力容器 第4部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4的规定。

13.2.2 如设计文件没有特殊要求，母材试件的检验项目应与母材的检验项目相同。

13.2.3 母材试件数量的确定应符合下列规定：

- 1 对于外协成形或外购件，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。

13.2.4 母材试件与其所代表的产品零部件的受热史相同，热成形的封头、锥体的母材试件应与该封头、锥体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 6.2.1 的规定时，母材试件应与该受压元件同炉恢复材料性能热处理。

13.3 试 样

13.3.1 产品焊接试件的试样制备

1 试样检验前的热处理状态应符合下列规定：

- 1) 筒体产品焊接试件的试样：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。对于要求进行阶梯冷却试验的试样，一组试样为焊后热处理状态，另一组试样为焊后热处理+阶梯冷却试验状态；
- 2) 热成形封头产品焊接试件的试样：一般情况下应为热成形+恢复性能热处理+焊后热处理。对于要求进行阶梯冷却试验的试样，一组试样热处理状态同上，另一组试样热处理状态为热作+恢复性能热处理+焊后热处理+阶梯冷却试验状态；
- 3) 不锈钢冷成形受压元件产品焊接试件的试样：根据图样要求做固溶或稳定化处理。

2 试样的数量应符合下列规定：

- 1) 常规检验项目的试样数量应符合现行行业标准《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》NB/T 47016 和设计文件的规定；
- 2) 阶梯冷却试验试样数量：阶梯冷却前后冲击试样各为 8 组，每组 3 件，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) 设计文件有要求时按设计文件要求的数量取样。

3 试样的检验与评定方法应符合下列规定：

- 1) 常规检验项目与评定方法应符合现行行业标准《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》NB/T 47016 和设计文件的规定；
- 2) 阶梯冷却试验及抗氢致开裂试验应符合 13.1.5 的规定；
- 3) 其他要求应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 及现行法规《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21—2016 的规定。

13.3.2 母材试件的试样制备

1 试样检验前的热处理状态应符合下列规定：

- 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最大模拟和最小模拟焊后热处理；
- 2) 对于不锈钢冷成形受压元件的母材试样，应与所代表件有相同的成形、热处理过程。

2 试样的数量应符合下列规定：

- 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) 需进行高温拉伸试验时应制备拉伸试样 1 个；
- 3) 阶梯冷却试样数量及抗氢致开裂试样数量同产品焊接试件取样数量；

- 4) 其余按设计文件要求。
- 3 试样的检验与评定方法应符合下列规定：
 - 1) 常规检验项目与评定方法应符合现行行业标准《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》NB/T 47016 和设计文件的规定；
 - 2) 阶梯冷却试验及抗氢致开裂试验应符合 13.1.5 的规定。

14 尺寸公差

14.1 基础规定

14.1.1 除符合现行国家标准《压力容器 第4部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4等标准规范及设计图样另有规定外，压力容器和其连接的非受压元件的尺寸公差应符合本规范的规定。

14.1.2 基准面应符合下列规定：

1 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一定尺寸的基准线所形成的面；卧式容器可选择位于容器一端的封头与筒体的环焊缝往筒体方向一定尺寸的基准线所形成的面；

2 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，应按图样上的标注执行；

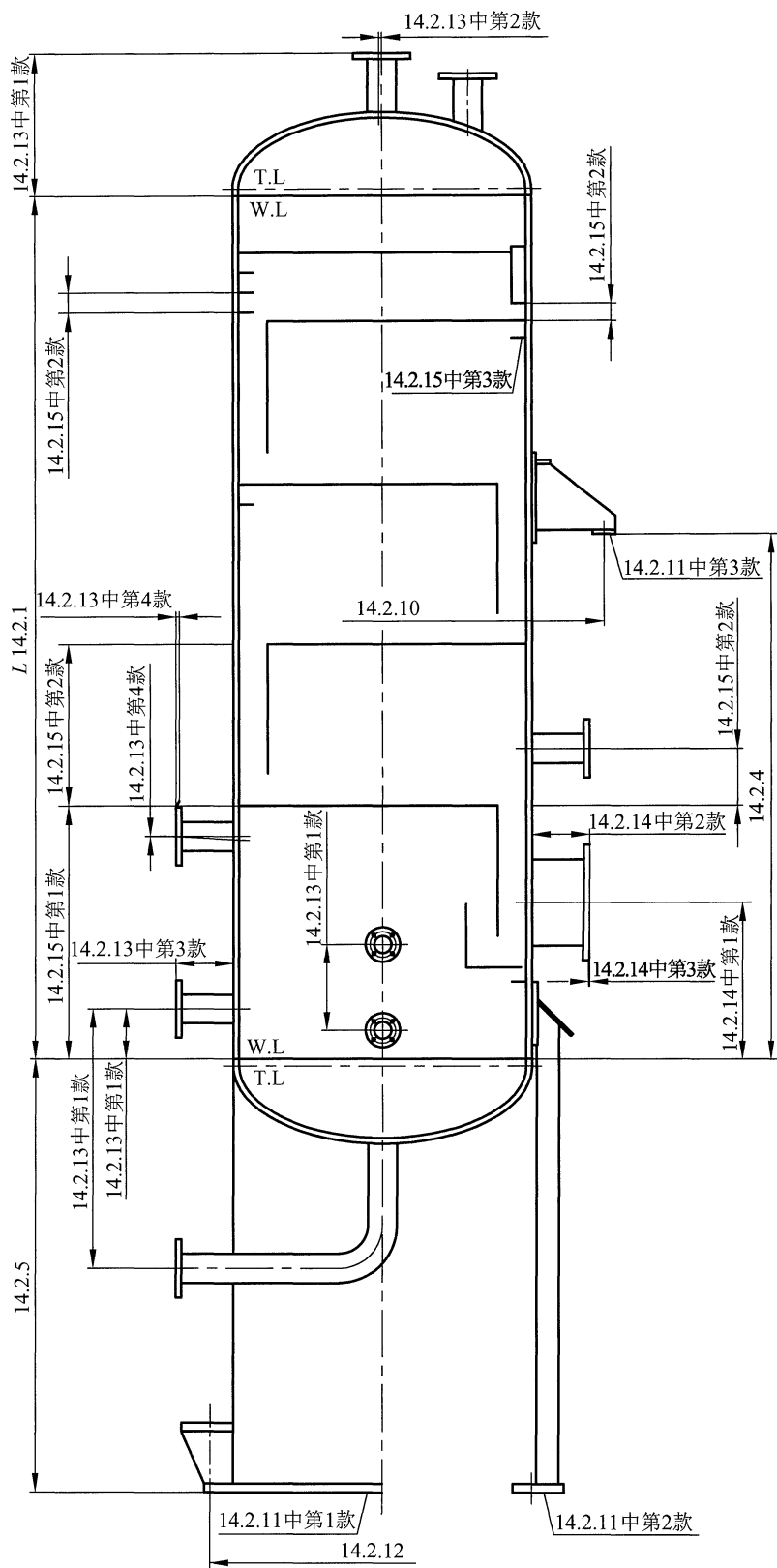
3 基准面的 0° 、 90° 、 180° 、 270° 各点在容器壳体外侧应打印标记；如果检测内部尺寸，内侧也应有相应的标记。

14.2 立式容器的公差

14.2.1 基准面之间的长度（ L ）的允差应符合表14.2.1的规定[见图14.2.1（a）]。

表14.2.1 长度允差

长度/m	≤ 2.5	$> 2.5 \sim 5$	$> 5 \sim 10$	$> 10 \sim 15$	$> 15 \sim 40$	> 40
允差/mm	± 5	± 8	± 10	± 15	± 30	± 40



(a)

图 14.2.1 立式容器 (图中编号见相应条款)

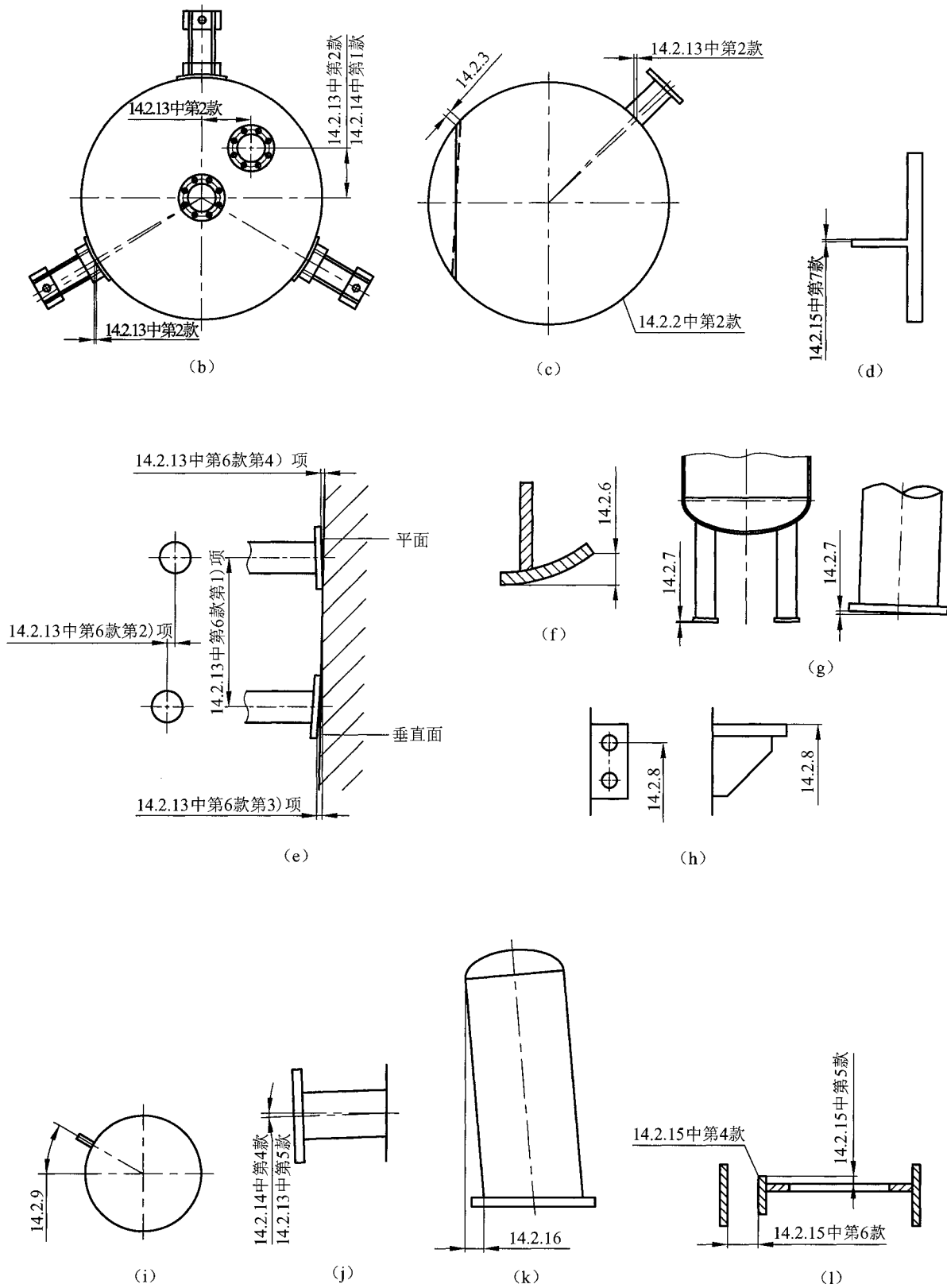


图 14.2.1 (续)

14.2.2 直径公差、周长公差、圆度、直线度、垂直度应分别符合下列规定：

1 直径公差：当装配有间隙要求的内件时，容器内径允差应符合表 14.2.2 的规定。

表 14.2.2 内径允差

单位：mm

内径	≤500	>500~1 000	>1 000~2 000	>2 000~4 000	>4 000
允差	±2	±2.5	±5	±7.5	±10

2 外径周长公差：外径（公称内径加 2 倍实际板厚）小于等于 650mm 者，外径周长的允差为 ±5mm；外径大于 650mm 者，外径周长允差为 ±0.25% 圆周长 [见图 14.2.1 (c)]。

3 内压力容器组焊完成后，应检查壳体的直径，按下列要求检查壳体的圆度：

1) 壳体同一断面上最大内径与最小内径之差，不应大于该断面内径 D_i 的 1%（锻焊容器为 1‰）且不大于 25mm [见图 14.2.2-1]；

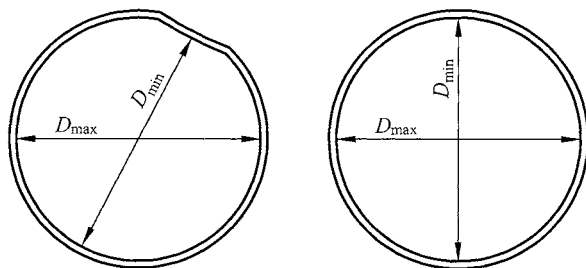


图 14.2.2-1 壳体同一断面上最大内径与最小内径之差

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，不应大于该断面内径 D_i 的 1%（锻焊容器为 1‰）与开孔直径的 2% 之和，且不大于 25mm。

4 外压力容器除满足上述对内容器的要求外，还应控制实际形状对理论圆形间的正负偏差值；外压力容器组焊完成后，应按下列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，其弦长等于现行国家标准《压力容器 第 3 部分：设计》GB/T 150.3—2011 中图 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 14.2.2-2 查得的最大允许偏差值。当 D_o/δ_e 与 L/D_o 的交点位于图 14.2.2-2 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 D_o/δ_e 与 L/D_o 的交点位于图中 $e=1.0\delta_e$ 曲线的上方或 $e=0.2\delta_e$ 曲线的下方时，其最大正负偏差 e 分别不得大于 δ_e 及 $0.2\delta_e$ 值；

3) 圆筒、锥壳 L 与 D_o 应符合现行国家标准《压力容器 第 3 部分：设计》GB/T 150.3 的规定，对于球壳 L 取为 $0.5D_o$ ；对于锥壳 D_o 取测量点所在锥壳外直径 D_{ox} ， L 取 $L_e(D_{oL}/D_{ox})$ ，其中当量长度 L_e 按现行国家标准《压力容器 第 3 部分：设计》GB/T 150.3—2011 式 (5-20) 计算。

5 直线度：筒体直线度允差为筒体长度 (L) 的 1‰；当直立容器的壳体长度超过 30m 时，其筒体直线度允差为 $(0.5L/1 000) + 15\text{mm}$ 。

6 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。

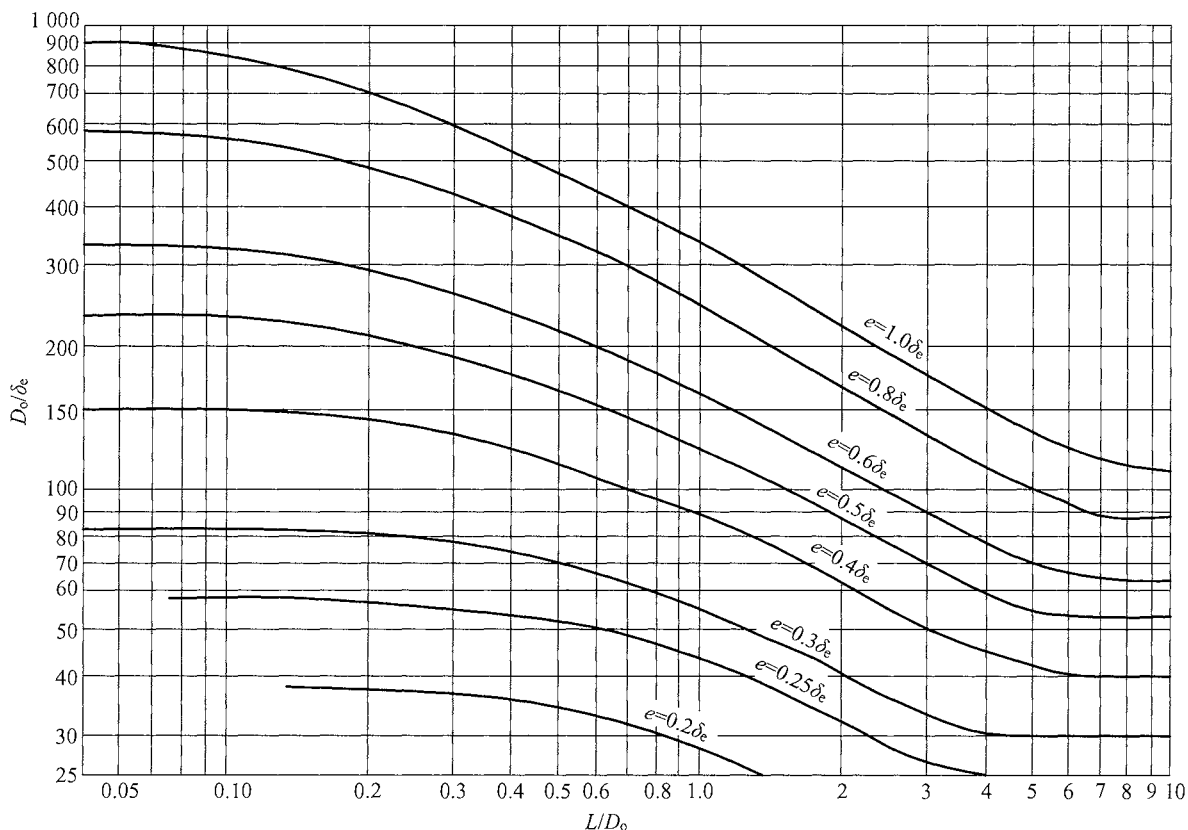


图 14.2.2-2 外压壳体圆度最大允许偏差

14.2.3 挡板、下降板的方位允许偏差[见图 14.2.1 (c)]：在容器内表面上测量的挡板、下降板的方位偏差为 $\pm 6\text{mm}$ 。

14.2.4 支座下端到下封头与筒体焊缝线的距离允差为 ${}^{+12}_0\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)]。

14.2.5 基础环下端到下封头与筒体焊缝线的距离允差为 ${}^0_{-12}\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)]。

14.2.6 基础环不平度允差为 $\pm 1.5\text{mm}$ [见图 14.2.1 (f)]。

14.2.7 基础环倾斜度允差为 $\pm 3\text{mm}$ [见图 14.2.1 (g)]。

14.2.8 支耳、托架到基准面的距离允差为 $\pm 6\text{mm}$ [见图 14.2.1 (h)]。

14.2.9 结构连接线上的环向测量允差为 $\pm 6\text{mm}$ [见图 14.2.1 (i)]。

14.2.10 两个相邻支耳之间的距离允差为 $\pm 1.5\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)]。

14.2.11 底板的公差应符合下列要求：

1 基础环板水平度公差[见图 14.2.1 (a)]：

1) 容器直径小于等于 2m 时为 3mm；

2) 容器直径大于 2m 时为 5mm。

2 各支腿底板底面应位于同一水平面上，其最高与最低的高度相差[见图 14.2.1 (a)]应符合现行行业标准《容器支座》NB/T 47065 的规定。

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[见图 14.2.1 (a)]不得超过

3mm。

14.2.12 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应符合现行国家标准《压力容器 第4部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4的有关规定[见图 14.2.1 (a)]。

14.2.13 立式容器的接管允差应符合下列要求(见图 14.2.1):

1 接管(非人孔)到封头与筒体焊缝线的安装尺寸允差为 $\pm 6\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)],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 $\pm 3\text{mm}$;
- 2) 接管之间的尺寸有特殊装配要求者,如液面计,按第6款的规定。

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 $\pm 6\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)、(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 $\pm 5\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)]。

4 法兰面的水平度或垂直度公差应符合现行《压力容器 第4部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4的要求[见图 14.2.1 (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 $\pm 0.5^\circ$ [见图 14.2.1 (j)]。

6 接管之间有特殊装配要求者,如液面计,应达到下列公差[见图 14.2.1 (e)]:

- 1) 两接管距离允差为 $\pm 1.5\text{mm}$;
- 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法兰外径的 $0.5/100$ 。

14.2.14 人孔、手孔等的安装组对偏差应满足下列要求:

- 1 人孔等安装位置的尺寸允差为 $\pm 13\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)、(b)];
- 2 人孔等的法兰面与筒体外表面之间的尺寸允差为 $\pm 10\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)];
- 3 人孔法兰面的最大垂直度或水平度允差为 6mm [见图 14.2.1 (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 $\pm 1^\circ$ [见图 14.2.1 (j)]。

14.2.15 内件及支撑圈的安装组对偏差应满足下列要求:

- 1 第一个内件支撑圈与基准面之间的尺寸允差为 $\pm 5\text{mm}$ [见图 14.2.1 (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 $\pm 3\text{mm}$ [见图 14.2.1 (a)],任意两支撑圈之间(不大于20层)的距离允差为 $\pm 10\text{mm}$;
- 3 内件支撑圈与安装基准面的平行度允差应符合表 14.2.15 的规定[见图 14.2.1 (a)];

表 14.2.15 内件支撑圈的平行度允差

容器直径/m	≤ 1.6	$> 1.6 \sim 4$	> 4
最高点与最低点之差/mm	3	5	6

4 堰板倾斜度允差为 $\pm 1.5\text{mm}$ [见图 14.2.1 (1)];

5 堰板高度允差为 $\pm 3\text{mm}$ [见图 14.2.1 (1)];

6 堰板到容器内壁的距离允差为 $\pm 6\text{mm}$ [见图 14.2.1 (1)]；

7 焊接的支撑圈与筒体应成 90° 角，其允差为支撑圈宽度的 $1/50$ [见图 14.2.1 (d)]。

14.2.16 除另有规定外，立式容器安装垂直度允差[见图 14.2.1 (k)]为设备高度的 1% ，且不超过 30mm 。

14.3 卧式容器的公差

14.3.1 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应符合图 14.3.1 及表 14.3.1 的规定。

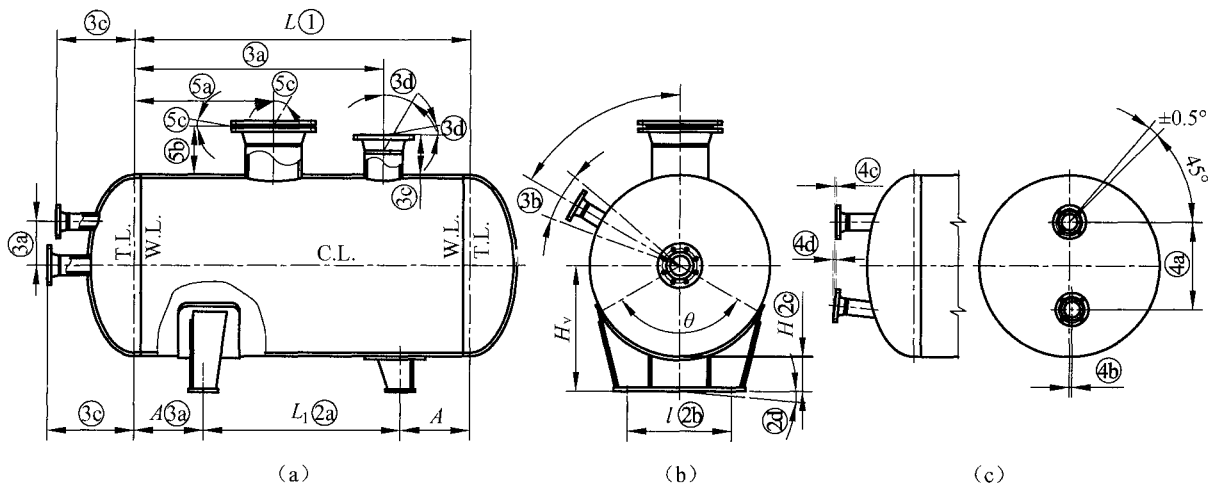


图 14.3.1 卧式容器尺寸极限偏差及形状位置公差检验项目

表 14.3.1 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	(1) $L \leq 5\,000$: ± 8
		(2) $5\,000 < L \leq 10\,000$: ± 10
		(3) $10\,000 < L \leq 20\,000$: ± 20
		(4) $20\,000 < L \leq 40\,000$: ± 30
		(5) $L > 40\,000$: ± 40
2	a) 两鞍式支座中心线距离 L_1	(1) $L_1 \leq 4\,000$: 应符合现行国家标准《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804—2000 中 m 级的规定
		(2) $4\,000 < L_1 \leq 8\,000$: ± 8
		(3) $8\,000 < L_1 \leq 12\,000$: ± 10
		(4) $12\,000 < L_1 \leq 20\,000$: ± 12
		(5) $20\,000 < L_1 \leq 30\,000$: ± 14
		(6) $L_1 > 40\,000$: ± 16

表 14.3.1 (续)

序号	检验项目	极限偏差或公差
2	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	$\begin{matrix} 0 \\ -6 \end{matrix}$
	d) 鞍座底板沿长度方向水平度	$\leq 0.8/100$ 底板长
	e) 鞍座底板沿宽度方向水平度	$\leq 0.8/100$ 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	应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分: 制造、检验和验收》GB/T 150.4 的规定
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	$\leq 0.5/100$ 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	$\leq 1/100$ 法兰外径

14.3.2 直径公差、周长公差、圆度、直线度、垂直度: 应符合 14.2.2 的规定。

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

14.4 热交换器的公差

14.4.1 热交换器的尺寸偏差(直径、周长、圆度、直线度、垂直度)应符合下列规定:

1 直径公差: 一般不测定热交换器直径及其偏差。在无特殊要求时, 管箱直径偏差应符合 14.2.2 的规定; 如有必要, 壳体可按照外径周长公差反算直径公差。

2 外径周长公差应符合下列规定:

1) 管箱: 外径(公称内径加 2 倍实际板厚)小于等于 650mm 者, 周长(外径)允差为 ± 5 mm; 外径大于 650mm 者, 允差为 $\pm 0.25\%$ 圆周长;

2) 壳体: 用钢板卷制的圆筒, 外圆周长允许的上偏差为 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 圆度公差:

管箱圆度应符合 14.2.2 中第 3 款的规定; 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的 0.5%, 且应符合下列规定:

1) DN \leq 1 200mm 时, 不大于 5mm;

- 2) DN > 1 200mm~2 000mm 时, 不大于 7mm;
- 3) DN > 2 000mm~2 600mm 时, 不大于 12mm;
- 4) DN > 2 600mm~3 200mm 时, 不大于 14mm;
- 5) DN > 3 200mm~4 000mm 时, 不大于 16mm。

4 直线度公差:

圆筒直线度允许偏差为筒体长度 L 的 1%, 且当 $L \leq 6 000\text{mm}$ 时, 不大于 4.5mm; 当 $L > 6 000\text{mm}$ 时, 不大于 8mm。

5 垂直度公差:

- 1) 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;
- 2) 管板密封面应与轴线垂直, 其垂直度公差应符合现行国家标准《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184—1996 中第 9 级公差等级要求;
- 3) 管孔应严格垂直于管板密封面, 其垂直度公差应符合现行国家标准《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184—1996 中第 9 级公差等级要求。

14.4.2 热交换器安装尺寸的允许偏差应符合图 14.4.2-1 的规定, 其中与外部管线连接法兰的法兰面倾斜量 G 应符合表 14.4.2-1 的规定。

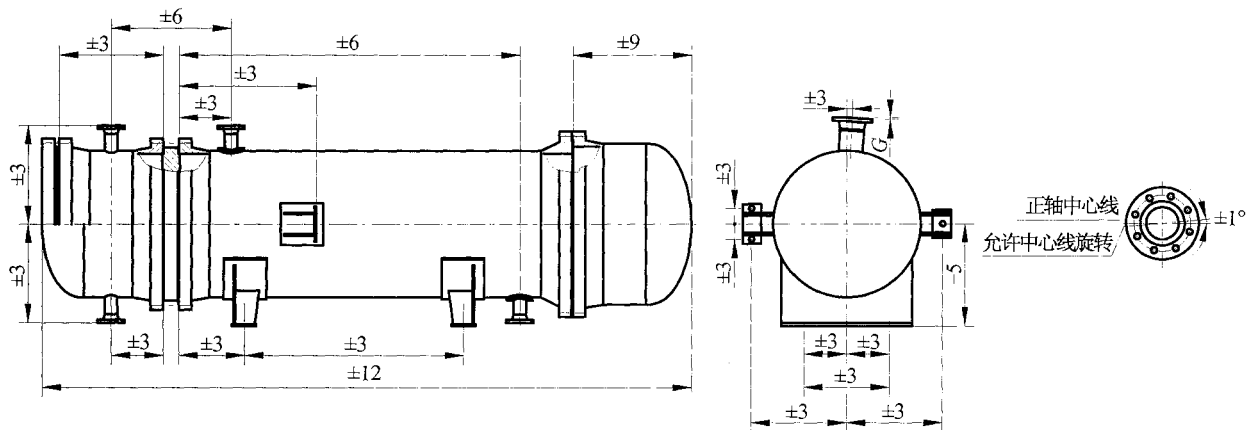


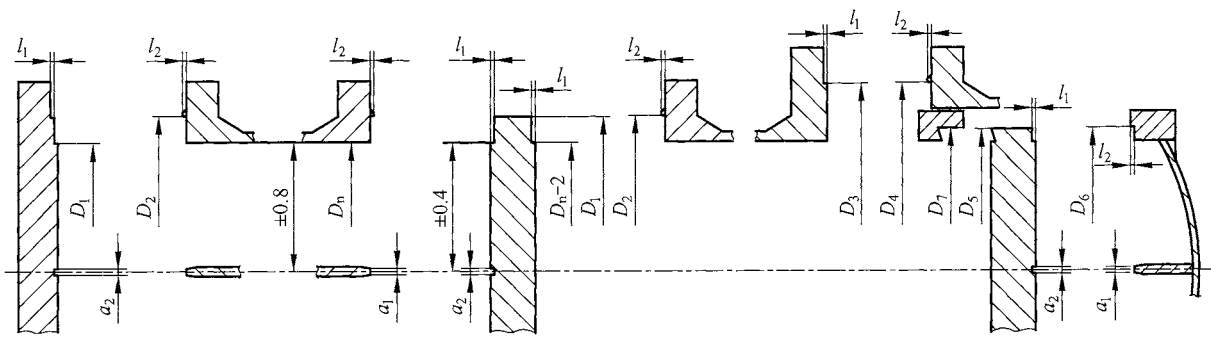
图 14.4.2-1 热交换器安装尺寸允许偏差

表 14.4.2-1 换热器与外部管线连接法兰的法兰面倾斜量

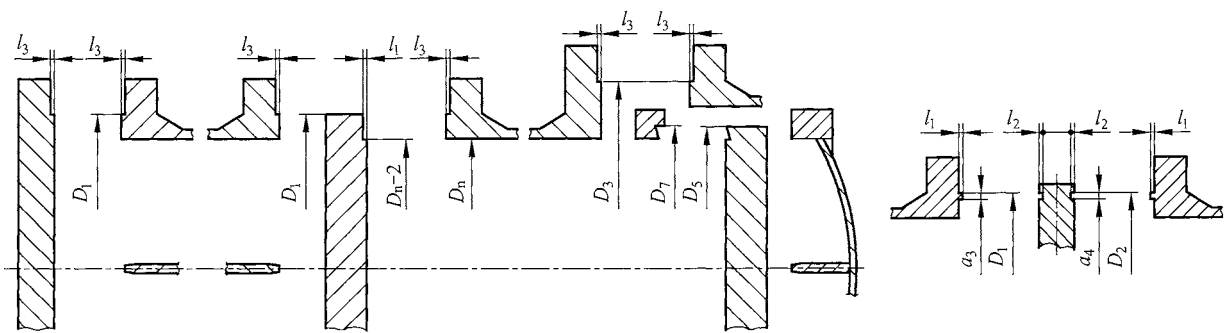
单位: mm

接管公称直径	50~100	150~300	≥350
法兰面倾斜量 G	1.5	2.5	4.5

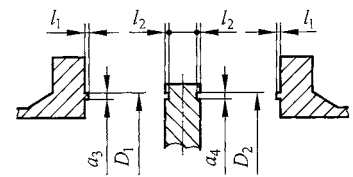
1 管箱平盖、法兰、分程隔板、管板等装配尺寸的允许偏差应符合图 14.4.2-2 的规定。图中基本尺寸及偏差按表 14.4.2-2 取值; $D_1 \sim D_7$ 的允许偏差应符合现行国家标准《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804—2000 中 m 级的规定, 但极限偏差为 $\pm 1.2\text{mm}$; D_5 、 D_7 的允许偏差只适用于 A 型钩圈, B 型钩圈中相对应的尺寸的允许偏差应符合图 14.4.2-3 的规定;



(a) 凹凸面连接



(b) 平面连接



(c) 榫槽面连接

图 14.4.2-2 装配尺寸的允许偏差

表 14.4.2-2 基本尺寸及偏差

单位: mm

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

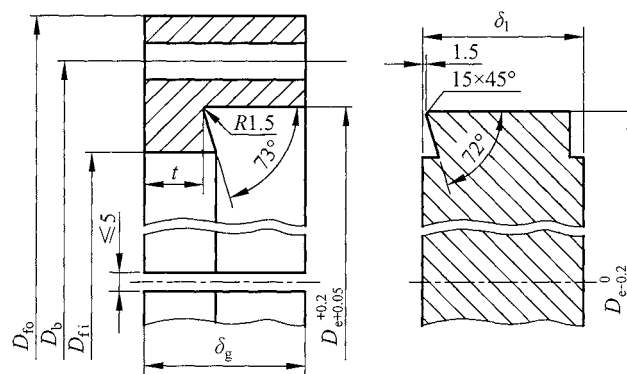


图 14.4.2-3 B 型钢圈的允许偏差

2 填料函装配尺寸的公差等级应符合图 14.4.2-4 的规定；

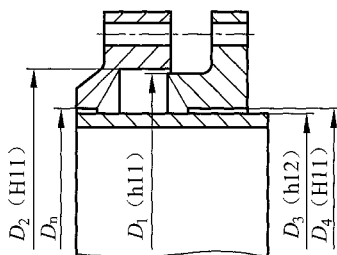


图 14.4.2-4 填料函装配尺寸的允许偏差

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，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，分别应符合现行国家标准《一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差》GB/T 1804—2000 中 m 级和 c 级的规定。

14.4.3 热交换器的安装尺寸公差除应符合现行国家标准《热交换器》GB/T 151 的规定外，还应符合图 14.4.3 的要求。

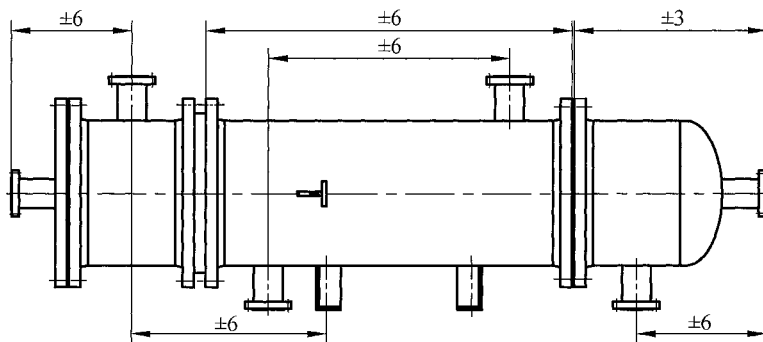


图 14.4.3 热交换器安装尺寸的允许偏差

14.4.4 折流板（支持板）平面度公差为 3mm。

14.4.5 换热管外径 $\leq 38\text{mm}$ 时，折流板（支持板）相邻两孔中心距极限偏差为 $\pm 0.3\text{mm}$ ，允许有 4% 的相邻两孔中心距极限偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，任意两管孔中心距极限偏差为 $\pm 1\text{mm}$ ；当换热管外径为 57mm 时，折流板（支持板）相邻两孔中心距极限偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ ，允许有 4% 的相邻两孔中心距极限偏差为 $\pm 0.7\text{mm}$ ，任意两管孔中心距极限偏差为 $\pm 1.2\text{mm}$ 。

14.5 塔式容器的公差

14.5.1 塔式容器外形尺寸偏差应符合表 14.5.1 和图 14.5.1 的规定。

表 14.5.1 外形尺寸公差表

单位: mm

符号 (图 14.5.1 中)	检验项目		允许偏差
①	筒体圆度		按 14.2.2 的规定
②	筒体直线度		(1) 任意 3 000 长度筒体直线度偏差 ≤ 3 ; (2) 筒体总长度 $L \leq 30\,000$ 时, 总偏差 $\leq L/1\,000$; $L > 30\,000$ 时, 总偏差 $\leq 0.5L/1\,000 + 15$
③	上下两封头焊缝之间的距离		(1) 每长度为 1 000 时为 ± 1.3 ; (2) 当 $L \leq 30\,000$ 时, 不超过 ± 20 ; 当 $L > 30\,000$ 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 1 000 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		$DN \leq 200$ 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		\leq 法兰外径的 0.5%
⑬	塔壳分段处端面平行度		$DN/1\,000$, 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

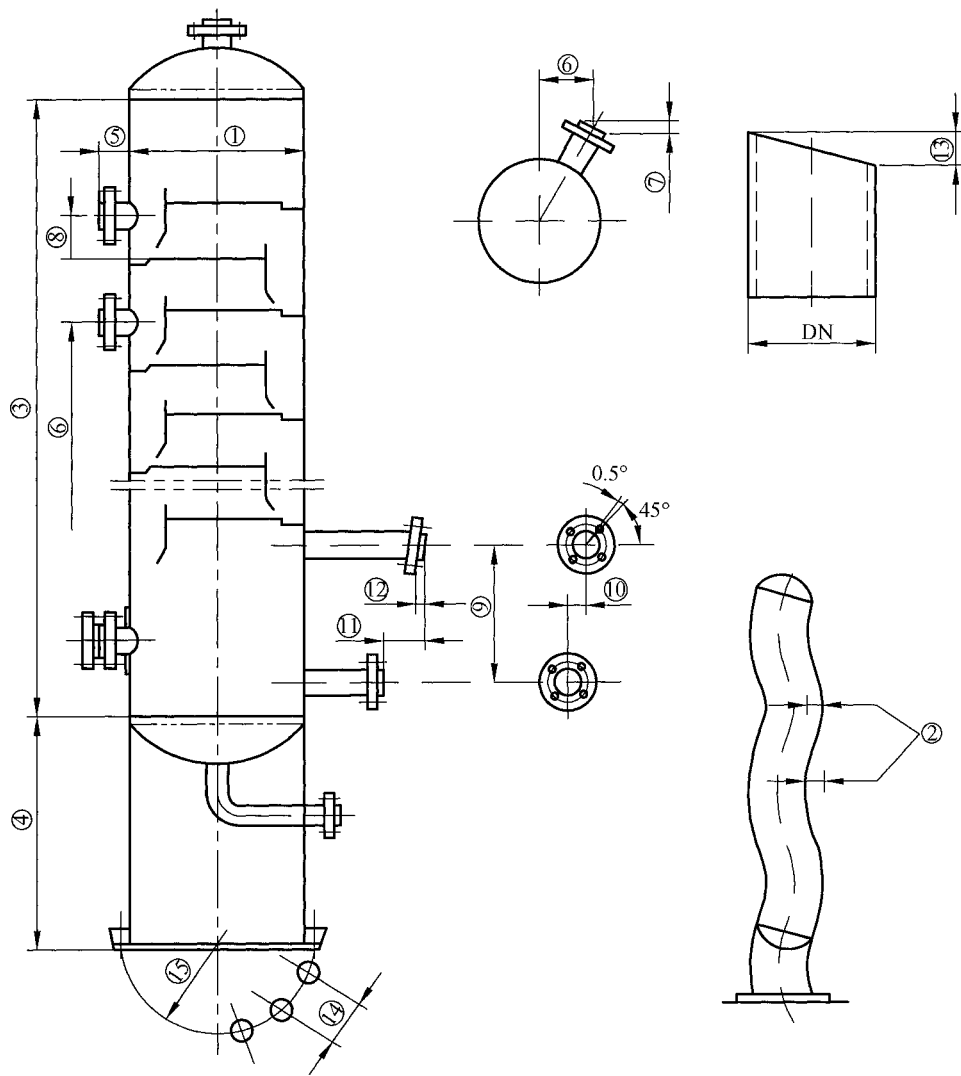


图 14.5.1 塔式容器外形尺寸偏差图

14.5.2 直径公差、外径周长公差及垂直度应符合下列规定：

- 1 直径公差：当有装配间隙要求的内件时，塔器内径允差应符合表 14.2.2 的规定；
- 2 外径周长公差：应符合 14.2.2 中第 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。

14.5.3 挡板、下降板的方位允许偏差应符合 14.2.3 的规定。

14.5.4 基础环不平度允差应符合 14.2.6 的规定。

14.5.5 基础环倾斜度允差应符合 14.2.7 的规定。

14.5.6 结构连接线上的环向测量允差应符合 14.2.9 的规定。

14.5.7 底板要求：应符合 14.2.11 中第 1 款的规定。

14.5.8 内件及支撑圈的公差应符合 14.2.15 的规定。

14.5.9 除另有规定外，塔式容器安装垂直度允差应符合 14.2.16 的规定。

15 表面处理、涂漆要求

15.1 表面处理

15.1.1 焊接接头的表面处理应符合下列规定：

- 1 焊接接头内外表面的焊缝余高应按标准及设计图样要求进行打磨合格；
- 2 焊接接头的内外表面，应予以除锈，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。

15.1.2 碳素钢、低合金钢制容器的表面处理应符合下列规定：

- 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层的表面，应予清理除锈；焊接飞溅物、氧化皮、铁锈以及油污都应清理干净；
- 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 $25\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$ ，粗糙度以不超过涂层的 $1/3$ 为宜。

15.1.3 不锈钢制容器的表面处理应符合下列规定：

- 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应符合下列要求：
 - 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对换热管内表面进行保护，防止过酸洗。
- 3 有抗腐蚀要求的不锈钢制容器表面的钝化处理应符合下列要求：
 - 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，可涂刷酸洗钝化膏进行处理，表面经处理后用清水冲净，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) 有抗腐蚀要求的不锈钢制容器进行钝化时，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 不锈钢制容器及其零部件表面的抛光可采用机械抛光、化学抛光和电化学抛光等方法，抛光后的验收应符合现行行业标准《金属抛光表面质量检测及评判规则》HG/T 4079 的规定。
- 6 不锈钢制容器表面经抛光处理后，不必再进行钝化处理。

15.2 涂 漆

15.2.1 涂料的选择应遵循下列原则：

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，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 30 μm ；

4 奥氏体不锈钢制容器的防腐涂料不应含铅、硫及氯化物。

15.2.2 涂漆应满足下列要求：

1 涂漆前，应对容器的表面质量进行检验，合格后方可涂漆。涂漆前应保持金属表面清洁干燥。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 12h。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 一般情况下，不锈钢设备外表面不涂漆，有保温层的设备外表面只涂底漆，不涂面漆。如有特殊要求，设计者应在设计图样上注明。

16 包装和运输

16.1 充氮保护

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

16.1.2 对于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0.01MPa~0.05MPa，充氮完成后进行稳压。

16.1.3 对设备内部进行充氮保护之前，应对设备内部的空气进行置换，当满足下列任一要求时可升压：

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小于2%；工作介质特性为非易燃的设备出口处气体含氧量小于3%；

2 露点温度测定：测量设备内表面温度低于-25℃。

16.1.4 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。

16.2 包 装

16.2.1 除设计文件有特殊规定外，包装应满足下列各项要求：

1 小零件应用袋装或其他保护措施，以免损坏和丢失。备用垫片应单独包装发运，不得用螺栓将其固定在法兰和盖板之间；

2 有坡口或平口的接管可用金属或塑料保护盖盖在接管的外侧或内侧进行密封，也可用金属圆罩罩在接管端部，可与接管外侧密封焊，但不应焊在坡口上；

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。

16.2.2 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。

16.3 运 输

16.3.1 运输方式包括铁路、公路、水路和航空运输等。

16.3.2 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。

16.3.3 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是否齐全、清晰。

16.3.4 容器应按图纸要求装运。若因装运空间要求而需要改变或去除接管口、支承构件、吊耳或

其他类似附件，制造厂应提供装载图，以示出所需重新定位或去除的附件位置，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。

16.3.5 装运时，规定每批装运货物内有一份装箱清单。必要时，装运货物还应附安装说明书和安装图纸，该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。

16.3.6 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措施。

16.3.7 大型设备运输还应符合现行行业标准《石油化工大型设备运输施工规范》SH/T 3557 的规定。

16.4 标 志

16.4.1 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。

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

16.4.3 部件、零件应有标记，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。

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

16.4.5 制造厂应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装设标志时，可采用薄铁皮或塑料标签并将其固定在容器或包装箱的适当部位。

17 检 验

17.1 耐 压 试 验

17.1.1 耐压试验应符合下列规定：

- 1 耐压试验前，所有容器内部应清理干净，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。

17.1.2 耐压试验场地应满足下列要求：

- 1 耐压试验场地应设有安全防护措施，并经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“试验专用场地”字样；
- 3 场地周围应设有醒目的安全防护栏或绳或桩等；
- 4 高压容器气压试验的试验场地应设有防护措施，且试验场地应设置在远离车间的空地上；
- 5 耐压试验场地应配有操作规程。

17.1.3 耐压试验时，管口应符合下列规定：

- 1 耐压试验用垫片应与设备产品垫片相当；
- 2 必须装备全部数量的螺栓（柱）；
- 3 螺栓（柱）的紧固扭矩应满足设计图样要求。设计图样没有规定时，应按附录 J 计算。

17.1.4 补强圈应在容器进行耐压试验前通入 0.4MPa~0.5MPa 的压缩空气，检查焊缝质量，严禁进行水压试验。补强圈信号孔不得小于 M10，且位于补强圈最低处。

17.1.5 耐压试验应在无损检测之后进行。

17.1.6 耐压试验时，补强圈或垫板上的信号孔应打开。

17.1.7 耐压试验温度的选择应符合下列规定：

1 耐压试验温度应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 及现行法规《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21—2016 的规定；

2 必要时，允许铁素体钢制容器耐压试验时的介质温度低于现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 的有关规定，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低 20℃。冲击吸收能量应符合现行行业标准《钢制低温压力容器技术规范》HG/T 20585 中对铁素体钢的相应要求。容器的焊接接头设计也应符合现行行业标准《钢制低温压力容器技术规范》HG/T 20585 中的有关规定；

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，应保证在液压试验介质温度减 17℃ 温度下的 V 型缺口夏比冲击吸收能量不低于设计图样及现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 的规定；

4 需要进行气压试验的碳素钢、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 25℃ 温度下的 V 型缺口夏比冲击试验，冲击吸收能量不低于设计图样及现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 的规定。

17.1.8 容器耐压试验后如再进行补焊，则应重新进行耐压试验。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。

17.1.9 耐压试验工装用螺栓（柱）、螺母循环使用次数不宜多于 10 次，否则应逐个进行磁粉或超声检测，检测结果应分别符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测》NB/T 47013.4—2010 中的 I 级或《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》NB/T 47013.3—2010 中的 I 级合格。

17.1.10 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 容器材料仅限于碳素钢、低合金钢和奥氏体不锈钢；
- 3 设计压力不大于 2MPa；
- 4 容器用材料已复验；
- 5 钢板已逐张进行超声检测，应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》NB/T 47013.3—2015 中的 II 级合格；锻件级别不低于 III 级；
- 6 结构为全焊透且无明显形状突变、几何不连续；
- 7 设备按台制作产品焊接试件；
- 8 所有对接焊缝进行 100% 射线检测，应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2—2015 中的 II 级合格，并附加 100% 超声检测，应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》NB/T 47013.3—2015 中的 I 级合格；
- 9 所有受压角焊缝进行 100% 磁粉或渗透检测，应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 4 部分：磁粉检测》NB/T 47013.4—2015 或《承压设备无损检测 第 5 部分：渗透检测》NB/T 47013.5—2015 中的 I 级合格，并附加 100% 超声检测，应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第 3 部分：超声检测》NB/T 47013.3—2015 中的 I 级合格；
- 10 设备需具备超压泄放装置。

17.1.11 耐压试验后，补强圈和垫板上的信号孔宜采用螺塞封堵。

17.2 泄漏试验

17.2.1 符合下列情况之一时，容器应进行泄漏试验：

- 1 介质为极度危害或高度危害；
- 2 介质为强渗透性；
- 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。

17.2.2 泄漏试验方法应根据容器设计图样要求或按附录 K~附录 M 选用。

17.2.3 泄漏试验时, 补强圈和垫板上的信号孔应打开, 密封用垫片应采用与正常操作时采用的密封用垫片同种材料。

17.2.4 对于有晶间腐蚀要求的奥氏体钢容器, 采用卤素泄漏试验时, 应控制渗透检测剂卤素总含量的质量比少于 180×10^{-6} 。

17.2.5 泄漏试验后, 补强圈和垫板上的信号孔宜采用螺塞封堵。

17.3 尺寸检查

17.3.1 筒体下料对角线长度公差小于 2mm, 展开长度公差符合 14.2.2 的规定。

17.3.2 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、支座尺寸、接管位置尺寸、内件支撑尺寸等。

17.4 检验报告

17.4.1 除设计文件有特殊要求外, 容器检验报告应包括下列内容:

- 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 焊接接头射线检测报告;
- 4 焊接接头衍射时差法超声检测报告;
- 5 焊接接头超声检测报告;
- 6 磁粉检测报告;
- 7 渗透检测报告;
- 8 热处理报告;
- 9 外观及几何尺寸检验报告;
- 10 耐压试验检验报告;
- 11 泄漏试验检验报告;
- 12 化学成分分析报告 (如果有)。

17.4.2 除设计文件有特殊要求外, 容器检验质量计划应符合下列规定:

1 制造单位在容器制造前, 应根据现行法规《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21—2016、产品标准及设计文件的要求制订完善的质量计划, 其内容至少应包括容器或者元件的制造工艺控制点、检验项目;

2 制造单位在容器制造过程中和完成后, 应按照质量计划规定的时机, 对容器进行相应的检验和试验, 并由相关人员做好记录或者出具相应的报告。

17.5 铸钢制压力容器检验

17.5.1 铸钢件的检验应符合下列规定:

- 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 1 个拉力试样和 3 个冲击试

样以检验机械性能，每一熔炉次应进行一次成分分析；

2 设计压力不小于 1.6MPa 的铁素体铸钢件应进行常温 V 型缺口夏比冲击试验，3 个试样的平均冲击吸收能量不低于 32J，允许 1 个试样冲击吸收能量低于 32J，但不得低于 22J；

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 HBW30；

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 件进行射线检测（或超声检测）和磁粉检测（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，应符合表 3.2.2-5 的规定；

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检测（或渗透检测），检测标准及合格等级应符合表 3.2.2-5 的规定。

17.5.2 耐压试验和气密性试验应符合下列规定：

1 铸钢制压力容器宜采用水介质进行耐压试验，进行耐压试验时，水温不得低于 5℃；

2 试验前容器内部应清理干净，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。试验程序和步骤应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 的规定；

4 试验时铸件如出现漏水或冒汗，则该铸件为不合格，返修后应重新进行水压试验；

5 铸钢制容器要求气密性试验时，其安全附件应安装齐全；

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、氮气或其他惰性气体，试验程序和步骤应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 的规定。

附录 A (资料性) 筒体精准下料尺寸计算方法

A.0.1 正常情况下,筒体下料展开长度应按式(A.0.1)计算:

$$L = \pi D_m = \pi(D_i + S) \quad \dots\dots\dots (A.0.1)$$

式中:

D_i ——筒体内直径, mm;

S ——筒体壁厚, mm;

D_m ——筒体中性面直径, mm。

A.0.2 当需要制作直径精确的筒体时,单纵缝筒体精确下料尺寸应按式(A.0.2-1)计算:

$$L = \pi(D_i + S + a/2) + b - c + 2d \quad \dots\dots\dots (A.0.2-1)$$

$$a = \Delta D - \Delta L / \pi \quad \dots\dots\dots (A.0.2-2)$$

式中:

D_i ——筒体内直径, mm;

S ——筒体实际壁厚, mm;

ΔD ——标准规范或设计文件规定的内径公差;

ΔL ——展开长度的公差,刨边或铣边一般控制为正偏差, $L \leq 2\,400$ 时, $\Delta L = 1.0$; $2\,400 < L \leq 12\,000$ 时, $\Delta L = 1.5$;

a ——内径实际公差(用于只允许上偏差的筒体), mm;

b ——焊缝收缩量, mm;

c ——焊接间隙,按设计图样要求, mm;

d ——边缘裕量,熔化切割的边缘裕量为表 A.0.2-1 所列的切割裕量、切削加工裕量和收缩裕量三部分之和,剪切边缘的裕量见表 A.0.2-2,其中“切削加工裕量”指板料用气割或等离子切割后铣边或刨边的切削加工裕量。

表 A.0.2-1 熔化切割的边缘裕量

单位: mm

材料	板料厚度 S	切割裕量	切削加工裕量	收缩裕量
碳素钢、低合金钢、高强度钢	$S \leq 8$	3	1	0.8
	$8 < S \leq 28$	3	1~2	1~1.3
	$S > 28$	4	2	1.5
Cr-Mo 钢、不锈钢	$S \leq 6$	5	1	1
	$6 < S \leq 30$	5~6	1~2	1~2
	$S > 30$	8	2	2

表 A.0.2-2 板材剪切边缘裕量

单位: mm

板料厚度	剪切边缘裕量
$8 \leq S \leq 10$	3
$10 < S \leq 18$	4
$18 < S \leq 40$	6

A. 0. 3 为了保证实际筒体展开长度与计算长度相符, 划线应精确, 尺寸公差应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 板料下料的尺寸公差

单位: mm

板料长度	对角线公差	每边公差
$l \leq 2\ 000$	1.5	± 1.0
$2\ 000 < l \leq 4\ 000$	2.0	± 2.0
$4\ 000 < l \leq 8\ 000$	3.0	± 2.5
$l > 8\ 000$	3.5	± 3.0

A. 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裕量。

附录 B (资料性) 复合钢板筒体下料尺寸计算方法

复合钢板筒体的弯卷与均质板不同,其中性层并不处于板厚的 1/2 处,而是移向强度高的一侧。因此,复合钢板卷制筒体时,中性层是要向靠近覆层方向移动的。复合钢板筒体的展开长度应按式(B.1)计算:

$$L = \pi(D_1 + 2Y_H) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

L ——复合钢板筒体的展开长度, mm;

D_1 ——复合钢板筒体的内径, mm;

Y_H ——中性层至复合钢板筒体内半径的距离, mm, 按表 B.1 取值。

表 B.1 复合钢板卷制筒体时的 Y_H 值 单位:mm

厚度		筒体在各公称直径时, 中性层至内弯曲半径的距离																		
		DN400	DN500	DN600	DN700	DN800	DN900	DN1000	DN1100	DN1200	DN1400	DN1600	DN1800	DN2000	DN2200	DN2400	DN2600	DN2800	DN3000	
总厚	覆层																			
8		3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	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	4.2	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
12	2~3	5.0	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
14		5.8	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
16		6.7	6.8	6.9	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
18	2.5~3.5	7.6	7.7	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1
20		8.3	8.5	8.6	8.6	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8	8.8	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9
22		9.2	9.4	9.5	9.6	9.6	9.7	9.7	9.7	9.8	9.8	9.8	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
24	3~4	9.9	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.5	10.5	10.6	10.6	10.7	10.7	10.7	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8

附录 C (资料性) 预热温度计算方法

C.0.1 根据 Thumb 准则, 预热温度 t_p 可按式 (C.0.1) 计算:

$$t_p = 1\,000(C - 0.1) + 18T \quad \dots\dots\dots (C.0.1)$$

式中:

t_p ——预热温度, °F;

C ——基体金属中碳的百分含量;

T ——基体金属的厚度, in。

C.0.2 根据碳当量预测预热温度 t_p 可按式 (C.0.2) 计算:

$$t_p = 350\sqrt{(CE - 0.25)} \quad \dots\dots\dots (C.0.2)$$

式中:

CE——碳当量, 可按附录 H 的公式计算得出。

附录 D (资料性) 圆筒体纤维变形率计算方法

圆筒体纤维变形率应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 的规定或按式 (D.1) 计算：

$$\varepsilon = 50\delta[1 - (R_f / R_o)] / R_f \% \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

ε ——变形率（百分比）；

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 E (资料性) 封头纤维变形率计算方法

封头纤维变形率应符合现行国家标准《压力容器 第 4 部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4 的规定或按式 (E.1) 计算：

$$\varepsilon = 75\delta[1 - (R_f / R_0)] / R_f \% \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

ε ——变形率（百分比）；

δ ——钢板名义厚度，mm；

R_f ——成形后的中面半径，mm；

R_0 ——成形前的中面半径（对于平板 R_0 为无限大），mm。

附录 F (资料性) 钢管冷弯纤维变形率计算方法

钢管冷弯纤维变形率可按式 (F.1)、式 (F.2)、式 (F.3) 计算:

$$\varepsilon = \max(\varepsilon_1, \varepsilon_2) \quad \dots\dots\dots (F.1)$$

$$\varepsilon_1 = (S - S') / S\% \quad \dots\dots\dots (F.2)$$

$$\varepsilon_2 = r / R\% \quad \dots\dots\dots (F.3)$$

式中:

ε ——变形率 (百分比);

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 G（规范性） 主螺栓（螺柱）、主螺母和螺孔的加工要求

G.0.1 主螺柱粗加工后应逐件进行超声检测，结果应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第3部分：超声检测》NB/T 47013.3—2015 中的 I 级合格。

G.0.2 主螺柱精加工后应逐件进行磁粉检测，结果应符合现行行业标准《承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测》NB/T 47013.4—2015 中的 I 级合格。

G.0.3 螺纹基本尺寸应符合现行国家标准《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 的规定，主螺柱螺纹公差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197—2018 中 6g 的规定，主螺母螺纹公差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197—2018 中 6H 的规定，螺纹牙底倒圆。

G.0.4 加工后的螺纹表面不得有裂纹、碰伤和毛刺等缺陷。

G.0.5 加工后主螺柱、螺母应进行磷化处理。

G.0.6 主螺母的球面不得有槽痕、划伤等缺陷。

G.0.7 筒体端部螺孔螺纹基本尺寸应符合现行国家标准《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 的规定，螺纹公差应符合现行国家标准《普通螺纹 公差》GB/T 197—2018 中 6H 的规定，螺纹牙底倒圆。螺孔中心线与端面的垂直度公差应按现行国家标准《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184—1996 中第 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 $\pm 0.6\text{mm}$ ，任意两孔弦长的极限偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。

附录 H (资料性) 碳当量计算方法

H.0.1 II W 公式。碳钢的焊接性常用国际焊接协会 (II W) 公式来评定, 碳当量可按式 (H.0.1) 计算:

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

H.0.2 对于低碳钢的碳当量可按式 (H.0.2) 计算:

$$P_{cm} = CE = C + \frac{Si}{30} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \dots\dots\dots (H.0.2)$$

H.0.3 碳含量范围相差较大钢材的碳当量可按式 (H.0.3-1) 计算:

$$CE = C + A(C) \left\{ \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cu}{15} + \frac{Ni}{20} + \frac{Cr + Mo + Nb + V}{5} + 5B \right\} \dots\dots\dots (H.0.3-1)$$

$$A(C) = 0.75 + 0.25 \tan h \{20(C - 0.12)\} \dots\dots\dots (H.0.3-2)$$

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 0.5。而当含碳量升高到 0.18% 以上时, 则 A(C) 接近 1.0。

H.0.4 Stout 和 Doty 的 CE 公式的碳当量可按式 (H.0.4) 计算:

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

H.0.5 可淬硬的碳素钢和低合金钢的碳当量可按式 (H.0.5) 计算, 这个公式计及硅含量:

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

附录 J (资料性) 螺栓的紧固扭矩计算方法

J.0.1 螺栓的紧固扭矩应按式 (J.0.1-1) 或者式 (J.0.1-2) 计算:

$$T = KFd \quad (\text{N} \cdot \text{mm}) \quad \dots\dots\dots (\text{J.0.1-1})$$

式中:

K ——拧紧力矩系数;

F ——轴向力, 或称为预紧力, N;

d ——螺栓公称直径, mm。

$$T = K \times P_0 \times d \quad (\text{N} \cdot \text{mm}) \quad \dots\dots\dots (\text{J.0.1-2})$$

$$P_0 = (0.5 \sim 0.7) \sigma_s \times A_s \quad \dots\dots\dots (\text{J.0.1-3})$$

$$A_s = \pi \times d_s^2 / 4 \quad \dots\dots\dots (\text{J.0.1-4})$$

$$d_s = (d_2 + d_3) / 2 \quad \dots\dots\dots (\text{J.0.1-5})$$

$$d_3 = d_1 - H / 6 \quad \dots\dots\dots (\text{J.0.1-6})$$

式中:

K ——拧紧力矩系数;

d ——螺纹公称直径, mm;

P_0 ——预紧力, N;

A_s ——螺纹公称应力截面积, mm^2 ;

d_s ——螺纹部分危险剖面的计算直径, mm;

d_1 ——外螺纹小径, mm;

d_2 ——外螺纹中径, mm;

d_3 ——螺纹的计算直径, mm;

H ——螺纹牙的公称工作高度, mm;

σ_s ——螺栓材料的屈服极限, N/mm^2 。

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

表 J.0.2 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·mm	1	2	4.5	8	20	35	60	140	200

J. 0.3 一般联接用钢制螺栓联接推荐按式 (J.0.3-1) 和式 (J.0.3-2) 确定:

碳素钢:

$$F \leq (0.6 \sim 0.7) \sigma_s A_1 \quad \dots\dots\dots (J.0.3-1)$$

合金钢:

$$F \leq (0.5 \sim 0.6) \sigma_s A_1 \quad \dots\dots\dots (J.0.3-2)$$

式中:

σ_s ——螺栓材料的屈服极限, N/mm²;

A_1 ——螺栓危险剖面面积, mm²。

附录 K (资料性) 压力容器氨检漏试验方法

K.1 总 则

K.1.1 进行氨检漏试验时应采取措施,避免氨气与水的生成物对金属材料产生腐蚀。

K.1.2 进行氨检漏试验时应注意下列事项:

- 1 氨是易燃、易爆气体,试验现场应做好防火和防爆的安全工作;
- 2 氨气有毒,试验人员和现场应做好防毒和隔离操作的工作;
- 3 采用 K.1.3 中第 1 款或第 2 款的氨检漏试验方法时,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。

K.1.3 氨检漏试验可采用下列三种方法进行:

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,并能将其空间抽真空,真空度约为 93.7kPa[50mmHg (绝压)]的情况,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,也可按现行行业标准《尿素高压设备制造检验方法 尿素合成塔氨渗漏试验方法》ZBG 93005 进行较高压力的 100%氨检漏试验。

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[50mmHg (绝压)]的真空或不经济的情况,例如,换热器的管子与管板连接、焊缝的检漏试验。

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。

K.2 A 法试验程序

K.2.1 采用充入 100%氨气法 (A 法) 试验程序进行氨检漏试验时,应按图 K.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 活动扳手等装卸工具;
- 6 酚酞试纸或酚酞试剂 (也可以用石蕊试剂)。酚酞液的配方为 1%酚酞、99%酒精和水。

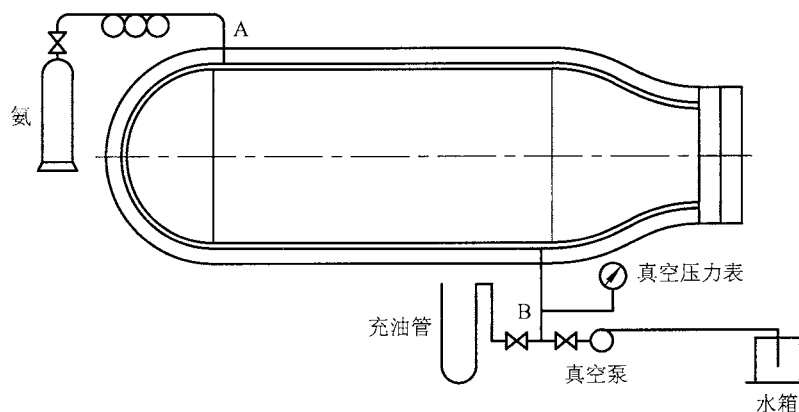


图 K.2.1 A 法氨检漏试验安装图

K. 2.2 充入 100%氨气法（A 法）的氨检漏试验应按下列程序执行：

- 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 K.2.1 安装和连接密封试验管路。
- 3 开动真空泵，使充氨空间的真空度至 93.7kPa [50mmHg （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 充入氨气，使压力达到 $2\text{kPa}\sim 3\text{kPa}$ [$200\text{mm}\sim 300\text{mmH}_2\text{O}$ （表压）]为止，为了提高检测效果，充氨压力可以提高到 3kPa ($300\text{mmH}_2\text{O}$) 以上，但此时对容器松衬里，应验算其是否失稳，并应注意下列几点：

- 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 $2\text{kPa}\sim 3\text{kPa}$ ($200\text{mm}\sim 300\text{mmH}_2\text{O}$)，充氨气时当真空表指针达到“0”时，应将图 K.2.1 中充油管的管前阀门打开；
- 3) 充油管中不要充水。充油后，应以油的比重修正充油管的标尺刻度，使读数为 kPa ；
- 4) 氨瓶必须立置，充氨气时应小心，不要使液氨渗入充氨空间；
- 5) 在充入氨气压力条件下，保压时间应为 12h ；
- 6) 检漏试验结束后，关闭氨瓶，开动真空泵（关闭通向充油管的管路阀门，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入水箱中；
- 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。

K. 3 B 法试验程序

K. 3.1 采用充入 $10\%\sim 30\%$ （体积）氨气法（B 法）试验程序进行氨检漏试验时，应按图 K.3.1 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 活动扳手等装卸工具；
- 9 酚酞试纸或酚酞液试剂（也可以用石蕊试剂），配方应符合 K.2.1 中第 6 款的规定。

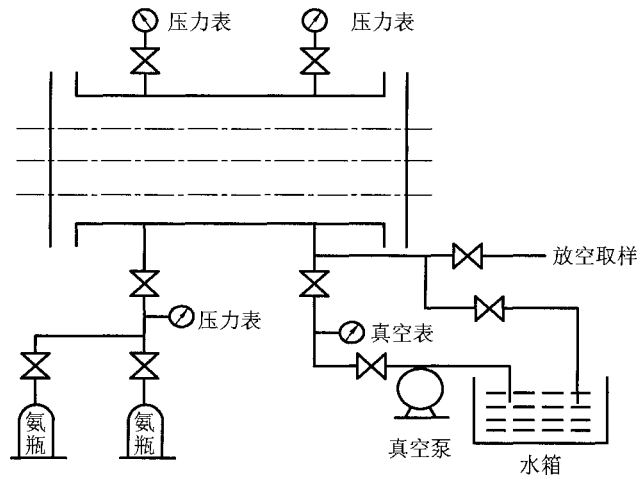


图 K.3.1 B 法氨检漏试验安装图

K.3.2 充入 10%~30%（体积）氨气法（B 法）的氨检漏试验应按下列程序执行：

- 1 按图 K.3.1 安装和连接密封试验管路；
- 2 用 3 倍~5 倍充气空间容积的惰性气体（如氮气）置换充气空间中的空气，直至出口氧含量小于等于 0.5%，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%~18% 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 [608mmHg（绝压）]；
- 4 根据表 K.3.2 所列试验压力与氨气浓度及保压时间的关系，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 K.3.2 试验压力与氨气浓度及保压时间的关系

试验压力/MPa	0.15	0.3	0.6	1.0
氨气浓度(体积百分比)	30	20	15	10
保压时间/h	15	12	6	4

注：
 1. 提高检漏压力或氨气浓度，保压时间可以缩短，降低检漏压力或氨气浓度，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 K.3.2 的规定。保压开始后 0.5h、1h

各检查一次，以后每 2h 检查一次，观察试纸上有无红色斑点出现；

7 检漏试验完毕，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（事先应在水箱中加入自来水）；

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 倍~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。

K.4 C 法试验程序

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 10min，将检漏显示剂（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。

附录 L (资料性) 压力容器氦检漏试验方法

L.1 总 则

L.1.1 进行氦检漏试验应注意下列事项:

- 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 压力计的刻度范围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,且不大于最高试验压力的 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。

L.1.2 氦检漏试验方法按充氦部位的不同分为嗅吸探头检测、示踪探头检测、护罩检测三种方法,应分别满足下列要求:

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,不能做定量用。

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,不能做定量用。

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。

L.2 试 验 程 序

L.2.1 嗅吸探头检测的试验程序应符合下列规定:

1 待检设备的准备。

待检的压力容器应稳固。在试验前,应将容器内外部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 L.2.1 的要求连接好试验管线。

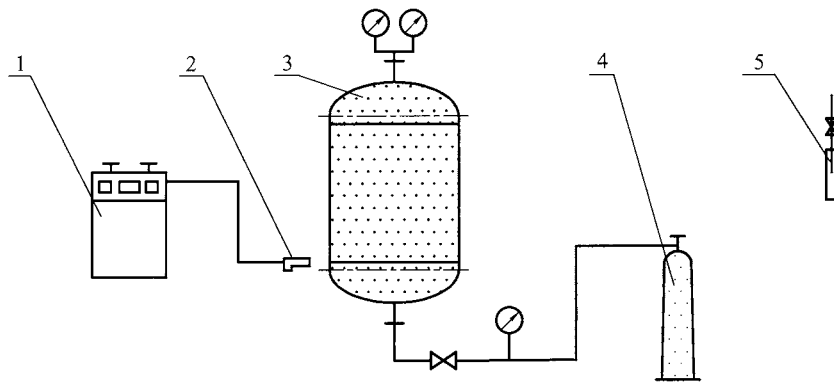


图 L.2.1 嗅吸探头检测试验管线连接图

1—氮质谱检漏仪；2—嗅吸探头；3—待检容器；4—氮气源；5—标准漏孔

2 仪器校准。

- 1) 预热。检测用氮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。使用氮质谱检漏仪所配带的渗透型标准漏孔进行校准；
- 3) 灵敏度认可。仪器灵敏度至少应为 $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，当仪器在任何一次校准的灵敏度低于 $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 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。嗅吸探头与氮质谱检漏仪连接后，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，嗅吸探头嘴与标准漏孔的距离保持在 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做检验。

4 检查。

- 1) 内部氮气。氮气浓度在检验压力下最少为 10% 体积浓度；内部充氮时应确保氮气在容器内部不分层，为此可采用适量的氮打破排空容器的真空，然后加空气或氮气至要求的压力；
- 2) 充入已充分混合的含氮气体。采用集气管，同时用氮空气或氮气增压；采用多管口以递增方式加入要求量的氮气；
- 3) 试验压力。设备试验压力为不大于设备设计压力的 25% 且不大于 0.103MPa；
- 4) 保压时间。检查之前，检验压力最少保持 30min。用氮气首次增压之前，如果部件已部分抽空，氮气会立刻扩散，则最小的允许保压时间也可短于前面的规定；
- 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 $1 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的允许漏率，则该被检验区域可验收。当探测到不能验收的泄漏时，应对泄漏的位置做出标记，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。泄漏率按式 (L.2.1) 计算：

$$Q = Q_s \times \text{He}\% / 100 \quad \dots\dots\dots (\text{L.2.1})$$

式中：

- Q ——泄漏率， $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ；
- Q_s ——标准漏孔泄漏率， $1 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ；
- He%——检验用氦气的体积百分比。

L.2.2 示踪探头检测的试验程序应符合下列规定：

1 待检设备的准备。

待检的压力容器应稳固。在试验前，应将容器内外部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 L.2.2 的要求连接好试验管线。

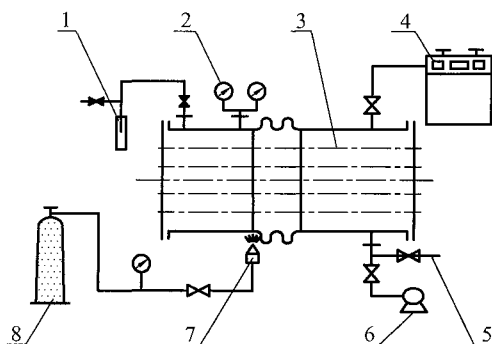


图 L.2.2 示踪探头检测试验管线连接图

- 1—标准漏孔；2—真空压力表；3—待检容器；4—氦质谱检漏仪；
- 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 $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ，当仪器在任何一次校准的灵敏度低于每刻度 $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 时，则仪器应重新操作或净化或修理和重新校准，直到达到要求的灵敏度。

3 系统校准。

标准漏孔与待检容器的连接部位应尽可能远离氦质谱检漏仪。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 $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 时的扫查速率。探头嘴与标准漏孔间的距离保持在 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以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做检验。

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 $1 \times 10^{-6} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的允许漏率, 则该被检验区域可验收。当探测到不能验收的泄漏时, 应对泄漏的位置做出标记, 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。

L. 2.3 护罩法检测的试验程序应符合下列规定:

1 待检设备的准备。

- 1) 待检的压力容器应稳固。在试验前, 应将容器内外部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 L.2.3 的要求连接好试验管线;

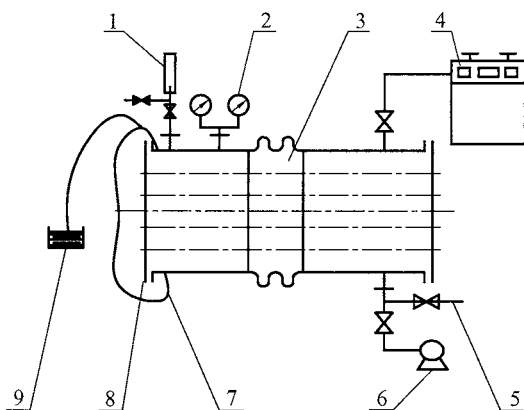


图 L.2.3 护罩法检测试验管线连接图

- 1—标准漏孔; 2—真空压力表; 3—待检容器; 4—氦质谱检测仪;
5—排放管; 6—真空泵; 7—护罩; 8—进氮管; 9—排气管及水槽

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小于 0.15mm。在最低点用胶带粘住挠性氮进气管。

2 仪器校准。

1) 预热。检测用氮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 $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$, 当仪器在任何一次校准的灵敏度低于每刻度 $1 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 时, 仪器应重新操作或净化或修理和重新校准, 直到达到要求的灵敏度。

3 系统校准。

1) 标准漏孔与待检容器的连接部位应尽可能远离氮质谱检漏仪。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。然后抽空, 将部件抽空至一定压力, 并应保证氮质谱检漏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, 输出信号增大达到稳定的时间, 两个读数之间经过的时间即响应时间, 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 应按式 (L.2.3-1) 计算。当泄漏检测装置内有任何变化时 (即经过辅助泵氮气流分配变化时), 或标准漏孔有变化时, 应重新校准。

$$S_1 = CL / (M_1 - M_2) \quad \dots\dots\dots (L.2.3-1)$$

式中:

S_1 ——初始灵敏度, $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$;

CL——已经校准的泄漏率, $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

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, 氮气进入系统, 仪器输出增大至 M_4 , 每刻度最终系统灵敏度 S_2 按式 (L.2.3-2) 计算; 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, 然后重新进行检验。实际泄漏率 Q_2 按式 (L.2.3-3) 计算。

$$S_2 = CL / (M_4 - M_3) \quad \dots\dots\dots (L.2.3-2)$$

式中:

S_2 ——最终系统灵敏度, $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

$$Q_2 = S_2 (M_3 - M_2) \times 100 / \text{He}\% \quad \dots\dots\dots (L.2.3-3)$$

式中:

Q_2 ——实际泄漏率, $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 。

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 $1 \times 10^{-7} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 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，并对泄漏的位置做出标记，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。

L.3 试验报告

压力容器氦检漏试验报告应至少包括试验日期、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）、试验仪器及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、压力计参数（包括制造厂商、型号、量程和编号）。

附录 M (资料性) 压力容器卤素检漏试验方法

M.0.1 本附录适用于采用卤族元素(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。

M.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,应先利用空气或氮气进行一次简便的预检验,以预先检出和消除大的缺陷。

M.0.3 用于卤素检漏试验的卤素气体按表 M.0.3 选取。

表 M.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	CCl_2F_2
冷冻剂-21	二氯一氟甲烷	CHCl_2F
冷冻剂-22	一氯二氟甲烷	CHClF_2
冷冻剂-114	二氯四氟乙烷	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$
冷冻剂-134a	二氯二氟乙烷	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2\text{F}_2$
亚甲基氟化物	二氯甲烷	CHCl_2
六氟化硫	六氟化硫	SF_6

M.0.4 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、电子俘获卤素检漏探测器和显示仪表。三种试验仪器的使用应符合下列规定:

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表 M.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。

电子俘获卤素检漏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。无电子俘获能力的氩或氙用作背景气体。

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) 上述仪器的 2 个或 3 个的组合。

检漏探测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。

M. 0.5 检漏试验的人员及场地应符合下列要求：

1 人员。

检漏试验人员应经培训考核后方可上岗工作。其培训至少包括下列内容：

- 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。

M. 0.6 每次检漏试验前，均应对检漏试验用仪器按下列步骤进行校准：

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，使用按照表 M.0.3 选出的 100%检漏试验用气体。
- 2) 表 M.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 应按式 (M.0.6) 计算。

$$Q = Q_a \frac{TG\%}{100} \dots\dots\dots (M.0.6)$$

式中：

- Q ——最大泄漏率， $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ ；
- Q_a —— $1 \times 10^{-4} \text{std cm}^3/\text{s}$ ($1 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$) (另有规定的除外)；
- TG%——用于试验的检漏试验用气体浓度 (百分比)。

3) 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 1/8in (3.2mm)。

M. 0.7 卤素检漏的试验程序应符合下列规定：

1 扫描速率。扫描速率不应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。探测来自标准漏孔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。除另有规定外，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 1/8in (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。泄漏的显示和检出应按照 M.0.4 中第 3 款所述显示。

M.0.8 检验以前，试验压力应至少先保持 30min，在下列情况下，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（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。

M.0.9 除另有规定外，试验压力应取 0.25 倍的设计压力。

M.0.10 除另有规定外，若检出的泄漏不超过 $1 \times 10^{-4} \text{std cm}^3/\text{s}$ ($1 \times 10^{-5} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$) 的允许率，则该被试验的区域评定为合格。

M.0.11 卤素检漏试验报告应符合下列规定：

1 试验报告至少应包括试验日期、操作者的资格等级和姓名、试验规程（编号）和修订号、试验方法或技术、试验结果、部件标记、试验仪器及标准泄漏和材料标号、试验工况、试验压力、示踪气体和气体浓度、压力计参数（包括制造厂商、型号、量程和编号）、温度测量装置和编号、表示方法或技术布置的草图；

2 试验记录应按本规范的相关要求保存。

本规范用词说明

- 1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：
 - 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。
 - 2) 表示严格，在正常情况下均这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 规范中指定应按其他有关标准、规定执行时的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- [1] 《压力容器 第1部分：通用要求》GB/T 150.1
- [2] 《压力容器 第2部分：材料》GB/T 150.2
- [3] 《压力容器 第3部分：设计》GB/T 150.3
- [4] 《压力容器 第4部分：制造、检验和验收》GB/T 150.4
- [5] 《热交换器》GB/T 151
- [6] 《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196
- [7] 《普通螺纹 公差》GB/T 197
- [8] 《形状和位置公差 未注公差值》GB/T 1184
- [9] 《紧固件标记方法》GB/T 1237
- [10] 《一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差》GB/T 1804
- [11] 《铸件射线照相检测》GB/T 5677
- [12] 《无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测》GB/T 5777
- [13] 《铸钢件 超声检测》GB/T 7233
- [14] 《管线钢和压力容器钢抗氢致开裂评定方法》GB/T 8650
- [15] 《普通螺纹 中等精度、优选系列的极限尺寸》GB/T 9145
- [16] 《铸钢铸铁件 渗透检测》GB/T 9443
- [17] 《铸钢铸铁件 磁粉检测》GB/T 9444
- [18] 《紧固件 螺栓、螺钉、螺柱和螺母 通用技术条件》GB/T 16938
- [19] 《承压设备焊后热处理规程》GB/T 30583
- [20] 《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》HG/T 2806
- [21] 《整体多层夹紧式高压容器》HG 3129
- [22] 《钢制化工容器设计基础规范》HG/T 20580
- [23] 《钢制化工容器材料选用规范》HG/T 20581
- [24] 《钢制化工容器结构设计规范》HG/T 20583
- [25] 《钢制低温压力容器技术规范》HG/T 20585
- [26] 《金属抛光表面质量检测及评判规则》HG/T 4079
- [27] 《高压螺栓和螺栓液压上紧装置》HG/T 21573
- [28] 《承压设备用碳素钢和合金钢锻件》NB/T 47008
- [29] 《低温承压设备用合金钢锻件》NB/T 47009
- [30] 《承压设备用不锈钢和耐热钢锻件》NB/T 47010

- [31] 《承压设备无损检测 第2部分：射线检测》NB/T 47013.2
- [32] 《承压设备无损检测 第3部分：超声检测》NB/T 47013.3
- [33] 《承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测》NB/T 47013.4
- [34] 《承压设备无损检测 第5部分：渗透检测》NB/T 47013.5
- [35] 《承压设备无损检测 第6部分：涡流检测》NB/T 47013.6
- [36] 《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014
- [37] 《承压设备产品焊接试件的力学性能检验》NB/T 47016
- [38] 《压力容器法兰用紧固件》NB/T 47027
- [39] 《容器支座》NB/T 47065
- [40] 《石油化工大型设备运输施工规范》SH/T 3557
- [41] 《尿素高压设备制造检验方法 尿素合成塔氨渗漏试验方法》ZBG 93005
- [42] 《固定式压力容器安全技术监察规程》TSG 21—2016

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/T 20584—2020

条文说明

目 次

修订说明	(681)
1 总则	(682)
2 术语	(683)
3 材料检验	(684)
3.4 螺纹紧固件材料的一般技术要求	(684)
4 排版	(685)
5 切割	(686)
5.2 下料	(686)
5.3 坡口准备	(686)
6 铆工加工	(687)
6.1 成形	(687)
6.2 材料成形后的热处理要求	(687)
6.4 奥氏体不锈钢的加工要求	(687)
7 机械加工	(688)
7.2 管板、折流板（支持板）、加强管加工要求	(688)
7.3 螺纹加工要求	(688)
7.4 筒体端部加工要求	(688)
8 组装	(689)
8.1 对口错边量和棱角度的控制要求	(689)
8.2 组装操作要求	(689)
8.3 接管法兰的组装要求	(689)
8.4 支座的组装要求	(689)
8.5 不锈钢设备制造场地要求	(689)
9 焊接	(690)
9.3 焊接的一般要求	(690)
10 热处理	(691)
10.1 热处理的一般要求	(691)
10.4 垫片热处理的要求	(691)
11 无损检测	(692)
11.1 射线检测	(692)
11.2 超声检测	(692)

11.3	磁粉和渗透检测	(692)
11.5	无损检测时机	(692)
12	特殊结构热交换器制造技术要求	(693)
12.1	折流杆式热交换器	(693)
12.2	螺旋折流板式热交换器	(693)
12.3	螺旋缠绕管式热交换器	(693)
13	试件和试样	(694)
13.1	产品焊接试件	(694)
13.2	母材试件	(694)
13.3	试样	(694)
15	表面处理、涂漆要求	(695)
15.1	表面处理	(695)
16	包装和运输	(696)
16.1	充氮保护	(696)
17	检验	(697)
17.1	耐压试验	(697)
附录 A (资料性)	筒体精准下料尺寸计算方法	(698)
附录 K (资料性)	压力容器氨检漏试验方法	(699)
K.1	总则	(699)
附录 M (资料性)	压力容器卤素检漏试验方法	(700)

修 订 说 明

《钢制化工容器制造技术规范》（HG/T 20584—2020），经工业和信息化部 2020 年 12 月 9 日以第 48 号公告批准发布。

本规范是在《钢制化工容器制造技术要求》（HG/T 20584—2011）的基础上修订而成，HG/T 20584—2011 的主编单位是中航黎明锦西化工机械（集团）有限责任公司，主要起草人员是郝文生、聂杰、张洪伟、庞成学、安丰华、阮黎祥、丁伯民、秦叔经、乔海星、陆宏玮、赵世平、倪云峰、王巍、梁瑾。

本规范修订过程中，编制组进行了调查研究，总结了我国工程建设钢制化工容器制造过程中的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《钢制化工容器制造技术规范》（HG/T 20584—2020）编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

本规范的历次版本发布情况为：

- HG/T 20584—2011；
- HG 20584—1998（2004 年）；
- HG 20584—1998；
- HGJ 18—1989。

1 总 则

1.0.1~1.0.4 总则部分为本次修订的新增内容，主要明确了制定本规范的目的、适用范围、不适用范围以及执行相关标准规范的要求。

2 术 语

2.0.4 最大模拟焊后热处理是模拟设备制造过程中设备最终焊后热处理、制造厂内返修后焊后热处理和设备交货后现场返修后的焊后热处理。

2.0.8 热切割包括火焰切割、等离子切割和碳弧气刨等。

2.0.13 对于一个特定的螺栓（柱）而言，其预紧力的大小与螺栓（柱）的拧紧力矩、螺栓（柱）与螺母之间的摩擦力、螺母与被联接件之间的摩擦力相关。

2.0.16 因为奥氏体不锈钢是软的，所以不会硬化。用快冷方法也是软化，所以不叫淬火，而称之为固溶热处理。

3 材料检验

3.4 螺纹紧固件材料的一般技术要求

3.4.1、3.4.2 螺纹紧固件材料的一般技术要求是将《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584—2011 中 10.1 的内容纳入了本章。商品级紧固件的最大特点在于采用性能等级代替对材料牌号、化学成分、热处理状态和机械性能的要求。

4 排 版

4.0.2 要求“焊接接头数量尽量少”。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，由于筒体数量较多，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。

4.0.3 要求“焊接接头位置布置合理”。焊接接头位置是压力容器强度及耐腐蚀性的薄弱区，排版时应控制焊接接头长度不宜过长且应将焊接接头布置在受力情况较好的位置。

5 切 割

5.2 下 料

5.2.3 焊接缺陷是造成容器失效的主要因素，本条对热切割的操作注意事项以及热切割后的表面处理、无损检测以及硬度检测等提出了规范化要求，目的是提高焊接质量。

5.3 坡 口 准 备

5.3.2 对不锈钢的切割方法进行了限定，与现行行业标准《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》HG/T 2806 保持一致。

6 铆工加工

6.1 成 形

6.1.4 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变化，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“优先选用冷成形”的要求，并对特定规格及成形的 Cr-Mo 钢板、高强度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，但会造成钢板厚度减薄、长度伸长和表面质量受损。

3 温卷是将钢板加热至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。

6.2 材料成形后的热处理要求

6.2.1 将《钢制化工容器制造技术要求》HG/T 20584—2011 中分散内容进行整合，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。

6.4 奥氏体不锈钢的加工要求

6.4.1、6.4.2 对奥氏体不锈钢的热加工和冷加工分别提出要求，并与现行行业标准《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》HG/T 2806 的规定保持一致。

7 机械加工

7.2 管板、折流板（支持板）、加强管加工要求

7.2.1~7.2.3 本次修订的新增内容，由于常用的法规、标准对管板、折流板（支持板）及加强管等工件没有具体加工要求，为了对这些工件加工的规范统一，本节提出了一些基本加工要求。

7.3 螺纹加工要求

本次修订的新增内容，由于常用的法规、标准对螺纹没有具体加工要求，为了对螺纹加工的规范统一，本节对螺纹提出了一些基本加工要求。

7.4 筒体端部加工要求

本次修订的新增内容，由于常用的法规、标准对筒体端部没有具体加工要求，为了对筒体端部的加工规范统一，本节对筒体端部提出了一些基本加工要求。

8 组 装

8.1 对口错边量和棱角度的控制要求

8.1.1~8.1.3 分别对均质材料的纵向、环向焊接接头以及不锈钢复合钢板壳体纵向、环向焊接接头组对时对于对口错边量和棱角度的控制提出了规范要求。

8.2 组装操作要求

8.2.1~8.2.8 组装是压力容器制造中很关键的控制环节，组对方法、组对要求对压力容器的成形质量非常重要。本节分别对壳体环向焊接接头的组对、容器内部安装间隙较小的内件时的组对、内件较多的塔器组对、分段交货的容器组对进行了规范操作要求，并对组装过程中的操作进行了规范化要求。

8.3 接管法兰的组装要求

8.3.1~8.3.6 对接管与法兰的组对、接管法兰与壳体组对进行了规范要求。

8.4 支座的组装要求

8.4.1~8.4.3 分别对鞍式支座、腿式支座、支承式支座以及耳式支座的组装进行了规范要求。

8.5 不锈钢设备制造场地要求

8.5.1~8.5.10 目前对于不锈钢设备只有现行行业标准《奥氏体不锈钢压力容器制造管理细则》HG/T 2806 进行了规定，但该标准没有对不锈钢设备制造场地提出具体要求，所以本节对不锈钢设备的制造场地及酸洗钝化废液的处理等提出了相应的要求。

9 焊 接

9.3 焊接的一般要求

9.3.5 增加了测温点位置图。

9.3.9 对奥氏体不锈钢焊缝表面的铁素体含量做出了量化限定，目的是保证焊缝质量。

10 热 处 理

10.1 热处理的一般要求

10.1.4 增加了中间焊后热处理推荐温度。

10.1.7 新增内容，对热处理时热电偶的布置提出了规定。

10.4 垫片热处理的要求

新增内容，提出了金属垫片的热处理状态和温度范围的要求。

11 无损检测

11.1 射线检测

11.1.4 提出有致密性要求的容器，焊接接头不允许有深孔缺陷。

11.2 超声检测

11.2.1~11.2.3 引入了衍射时差法超声检测手段，由于衍射时差法超声检测对于容器壁厚较小时的检测灵敏度不好，对采用衍射时差法超声检测的不同情况提出了增加超声检测的组合检测要求。

11.3 磁粉和渗透检测

11.3.5 本次修订的新增内容，提出了 Cr-Mo 钢材料磁粉检测优先选用荧光磁粉的检测要求。

11.3.6 对于有晶间腐蚀要求的奥氏体不锈钢的渗透检测的渗透检测剂卤素总含量的质量比提出了更加严格的要求。

11.5 无损检测时机

11.5.4、11.5.5 对于 Cr-Mo 钢制厚壁容器，提出了宜在热处理和耐压试验后增加超声检测的要求。

12 特殊结构热交换器制造技术要求

12.1 折流杆式热交换器

12.1.1、12.1.2 本次修订的新增内容，根据折流杆式热交换器的结构特殊的特点，对折流杆式热交换器关键零部件的制造公差及相互之间的配合公差等制造关键点提出了规范化要求。

12.2 螺旋折流板式热交换器

12.2.1、12.2.2 本次修订的新增内容，根据螺旋折流板式热交换器的结构特殊的特点，对螺旋折流板式热交换器关键零部件的加工成形工艺及制造关键点提出了规范化要求。

12.3 螺旋缠绕管式热交换器

12.3.1、12.3.2 本次修订的新增内容，根据螺旋缠绕管式热交换器的结构特殊的特点，对螺旋缠绕管式热交换器关键零部件的加工成形、组对焊接以及耐压试验等制造关键点提出了规范化要求。

13 试件和试样

13.1 产品焊接试件

13.1.1~13.1.5 本次修订的新增内容，对产品焊接试件的类型、试件制备条件、试件数量、试件制备要求以及特殊检验要求做出了统一规定，对压力容器产品焊接试件的制作提供了详细的依据。

13.2 母材试件

13.2.1~13.2.4 本次修订的新增内容，对母材试件的制备条件、检验项目、试件数量、试件检验前的热处理状态做出了统一规定，对压力容器母材试件的制作进行了规范化要求。

13.3 试样

13.3.1、13.3.2 本次修订的新增内容，对产品焊接试件试样和母材试件试样的制备，包括试样数量、检验前的热处理状态及检验与评定方法提出了规范化要求，内容比其他标准更加具体。

15 表面处理、涂漆要求

15.1 表面处理

15.1.3 对检测试剂的配方不应做硬性规定，故放在说明中。不锈钢表面酸洗液钝化蓝点法检测，采用 1g 赤血盐加 3mL 的 65%~85%的 HNO_3 加 100mL 水配置溶液，用滤纸浸渍溶液后，贴附于待测表面或直接将溶液涂刷于待测表面，如表面钝化膜不完善或有铁离子污染，即呈蓝色。

16 包装和运输

16.1 充氮保护

16.1.3 随着容器制造类型及运输方式选择的多样化，对很多制造完成后的容器提出了充氮保护的要求，目前很多标准没有对充氮保护的细化操作要求有一个统一的规定。本条对充氮保护前，容器内部空气置换提出了规范要求，包括对含氧量测定和露点温度测定均提出了量化要求。

17 检 验

17.1 耐 压 试 验

17.1.7 对厚壁耐压试验的容器和需进行气体耐压试验的容器用材料提出了进行冲击试验的要求。

当厚壁耐压试验的容器用材料在实际冲击试验中温度偏离，标准没有规定试验温度的其他可靠依据时，借鉴国内外工程公司经验可采用冲击试验温度与冲击吸收能量之间的比例系数折算。

用气体作为介质进行耐压试验同用液体作为介质进行耐压试验进行比较，其能量远远大于后者，一旦发生事故，其破坏程度也远远大于后者。故提高了对用气体进行耐压试验的容器用材料冲击韧性要求。

附录 A（资料性） 筒体精准下料尺寸计算方法

A.0.2 本次修订的新增内容,目的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。当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 K (资料性) 压力容器氨检漏试验方法

K.1 总 则

K.1.1 氨检漏试验的特点就是氨易溶于水，在微湿空间进行渗透检漏，用氨比用氮容易得多。虽然氨的渗透性不及氮气，但比氟利昂高得多。氨渗透的灵敏度随着氮气的浓度、压力、保压时间的增加而提高，但不是线性关系。通常氨渗透的灵敏度可达 $1 \times 10^{-7} \text{cm}^3/\text{s}$ 。

附录 M（资料性） 压力容器卤素检漏试验方法

更高级的电子俘获卤素检漏探测器有很高的灵敏度，能探测出从一个密封体或从分隔成两个不同压力区域的隔板上的很小开口处的从较低压力一侧漏出的卤素气流。

M.0.1 用于探测和定位泄漏的是一种半定量方法，不应考虑用作定量分析。

M.0.4 碱金属离子二极管（加热阳极）卤素检漏探测器的探头装置的原理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，且被收集到阳极上，在一个电表上显示出与离子产生速率成正比的电流。而电子俘获卤素检漏探测器的探头装置的原理类似于某些分子复合。