



中华人民共和国行业标准

NB/T 47012—2010 (JB/T 4750)

代替 JB/T 4750—2003

制冷装置用压力容器

Pressure vessels for refrigerant equipment



2010—08—27 发布

2010—12—15 实施

国家能源局 发布

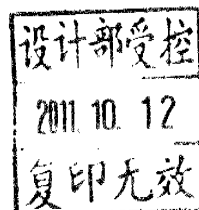
国家能源局 公告

2010 年 第 3 号

按照《能源领域行业标准化管理办法（试行）》的规定，经审查，国家能源局批准《高含硫化氢气田集输场站工程施工技术规范》等 111 项行业标准（见附件），其中包括石油天然气标准（SY）94 项、电力标准（DL）10 项和能源标准（NB）7 项，现予以发布。

附件：行业标准目录

二〇一〇年八月二十七日



附件:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
1~104	(略)					
105	NB/T 47007—2010 (JB/T 4758)	空冷式热交换器			2010-08-27	2010-12-15
106	NB/T 47008—2010 (JB/T 4726)	承压设备用碳素钢和合金钢锻件	JB 4726—2000		2010-08-27	2010-12-15
107	NB/T 47009—2010 (JB/T 4727)	低温承压设备用低合金钢锻件	JB 4727—2000		2010-08-27	2010-12-15
108	NB/T 47010—2010 (JB/T 4728)	承压设备用不锈钢和耐热钢锻件	JB 4728—2000		2010-08-27	2010-12-15
109	NB/T 47011—2010	铸制压力容器			2010-08-27	2010-12-15
110	NB/T 47012—2010 (JB/T 4750)	制冷装置用压力容器	JB/T 4750—2003		2010-08-27	2010-12-15
111	NB/T 47013.10—2010 (JB/T 4730.10)	承压设备无损检测 第 10 部分: 衍射时差法超声检测			2010-08-27	2010-12-15

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 一般规定	3
4 材料	10
5 圆筒	15
6 封头、开孔和法兰	22
7 特殊形状部件的设计	22
8 管壳式换热器主要部件	24
9 制造、检验与验收	36
附录 A (规范性附录) 材料的补充规定	46
附录 B (规范性附录) 安全附件	49
附录 C (资料性附录) 钢制氨制冷装置用压力容器对液氨的要求及其充装程序	53
编制说明	55

前 言

本标准与 JB/T 4750—2003 相比, 主要变化如下:

- 对标准框架做了如下更动: 将原标准第 6 章“封头”、第 7 章“接管用开孔和开孔补强”、第 8 章“法兰”等合并为本标准第 6 章“封头、开孔与法兰”; 将常用制冷剂的热物性参数和安全分组从原标准的附录 C 调整至本标准的第 3 章; 将原标准中附录 D 调整至本标准的 5.3 节; 将原标准附录 E 调整至本标准的第 8 章;
- 将 1.1 中“制冷装置用压力容器”修改为“制冷装置用压力容器 (包括管壳式换热器等, 以下简称容器)”;
- 增加 1.4 “不能用本标准确定结构尺寸的受压元件, 允许用以下方法设计, 但需经全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (SAC/TC 262) 和全国冷冻空调设备标准化技术委员会 (SAC/TC 238) 评定认可”;
- 将 3.4.2 c) “高压侧设计压力应高于下述规定的冷凝温度相对应的饱和蒸气压力”修改为“高压侧设计压力应高于下述规定的冷凝温度 (混合制冷剂为露点温度) 相对应的饱和蒸气压力”; 将“在正常运转条件下, 制冷剂可能达到的最高冷凝温度, 宜按附录 C 查取,”修改为“在正常运转条件下, 制冷剂可能达到的最高冷凝温度, 见表 1 (该表为常用制冷剂性质, 其他制冷剂的性质可参考有关制冷剂使用手册)”;
- 在表 2 中增加制冷剂安全分组的简要说明;
- 将 3.4.2 d) “设计压力一般按 38℃时制冷剂饱和蒸气压力确定, 宜按附录 C 查取”修改为“设计压力一般按 38℃时制冷剂饱和蒸气压力确定, 见表 1”; 将“当规定的环境温度超过 38℃时, 则按制冷剂可能达到的最高压力确定”, 修改为“当环境温度可能超过 38℃时, 则按制冷剂达到的最高压力确定”;
- 将 3.5.1.2 “当按上述办法得到的设计温度不低于 0℃且不高于 38℃时, 其设计温度最终按 38℃选取,”修改为“当按上述办法得到的设计温度不低于 0℃时, 其设计温度均按不低于 38℃选取”;
- 3.8.1 c) 中取消了“且设计压力不超过 1.0MPa 的容器”;
- 将表 3 中铜和铝及其合金在不同腐蚀环境下的腐蚀裕量从 0.2、0.1、0 修改为 0.1、0.05、0;
- 表 4 中将铜和铝的安全系数修订为 3;
- 在 3.12 中增加了真空试验的要求;
- 在 4.1.4 中增加了“采用本章规定以外的其他钢号的钢材和采用铸铁材料, 还应符合附录 A 的相关规定”的要求;
- 在 4.2.2.1 中增加了 Q235B “不得应用于表 1 中 B3 组制冷剂容器”的规定;
- 在表 6 中增加 Q245R 厚板 (>60mm ~ 100mm)、Q345R 厚板 (>60mm ~ 100mm 及 >100mm ~ 120mm) 的许用应力;
- 表 8 中取消了 17mm ~ 40mm 的 16Mn 厚壁管;
- 在表 11 中增加 TP2 牌号铜管, 表 11 中铜材和表 12 中铝材力学性能分别摘自 JB/T 4755 和参考摘自 JB/T 4734 两个标准;

- 5.3.1.4 增加管板做支座的规定;
- 在 6.3 中增加方形、腰形、椭圆形、梅花形等非圆形管法兰的计算规定,并增加采用标准管法兰和压力容器用法兰的要求;
- 增加第 7 章“特殊形状部件的设计”;
- 8.1.2.1 在管板计算中增加“(圆筒直径大于 600mm 时,按 GB 151 或其他经过验证的方法计算)”的规定;
- 将原标准表 E.4~表 E.6 中对(钢、铜、铝)换热管的允差要求取消,只保留对管孔的允差要求,作为本标准的表 22~表 24,并将表的名称从“(钢、铜或铜合金、铝或铝合金)换热管和管孔的允许偏差”更改为“(钢、铜或铜合金、铝或铝合金)换热管管孔的允许偏差”。将表中取消的(钢、铜、铝)换热管的允差要求,在标准条文中以其应遵循的相应标准的方式表达;
- 8.1.7 在表 22 中将允许偏差取值与 GB 151 统一;
- 8.1.8 中将式(27) $B_{\min} \geq B_g - (0.05 \sim 0.15)$ 改为 $B_{\min} \geq B_g - (0.05 \sim 0.10)$;
- 8.3.1 中管子壁厚计算公式的管直径由 $d_o \leq 200\text{mm}$ 改为 $d_o \leq 57\text{mm}$;
- 8.3.2.5 中取消了管子外径 $d_o > 57\text{mm} \sim 150\text{mm}$ 管子与管板连接方法的要求;
- 在 9.5.1.1 中增加了图样注明盛装表 1 中 B3 组制冷剂的容器”;
- 在 9.5.1.2 中增加了图样注明盛装表 1 中 A3 组制冷剂的第 II 类和第 III 类容器;
- 取消了以批代台做试件和试样的规定;
- 在 9.6.4 b) 中增加了“3) 超声检测技术等级规定为 B 级”;
- 在 9.7.7 中增加了对真空试验操作的规定;
- 在附录 A 中增加了对钢材代用的规定,取消了 Q235A.F 的代用内容。

本标准的第 7 章“特殊形状部件的设计”以及第 8 章“管壳式换热器主要部件”等同采用了 JIS B 8240—1986 的相关内容。

本标准的第 6 章“封头、开孔和法兰”中除对检查孔、非圆形管法兰提出要求外,封头、开孔和开孔补强、法兰的设计均按 GB 150 的相关内容。

本标准附录 A、附录 B 为规范性附录;附录 C 为资料性附录。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)固定式压力容器分技术委员会与全国冷冻空调设备标准化技术委员会(SAC/TC 238)共同提出。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)归口。

本标准的起草单位:合肥通用机械研究院、合肥通用特种材料设备有限公司、大连冷冻机股份有限公司、烟台冰轮股份有限公司、武汉新世界制冷工业有限公司、上海一冷开利空调设备有限公司、特灵空调系统(江苏)有限公司、广东省吉荣空调设备公司、上海三菱电机·上菱空调机电电器有限公司、珠海格力电器股份有限公司。

本标准主要起草人:任金禄、朱广模、岳海兵、高维丽、姚佐权、聂莉莹、张勇、潘莉、于宝双、唐晶、赵薰、童杏生、唐道轲。

本标准由全国锅炉压力容器标准化技术委员会(SAC/TC 262)负责解释。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- JB/T 4750—2003。

制冷装置用压力容器

1 范围

1.1 本标准规定了以液化气体为制冷剂、设计压力不高于 4.0MPa、设计温度不高于 200℃的制冷装置用压力容器（包括管壳式换热器，以下简称“容器”）的设计、制造、检验与验收要求。

1.2 制冷装置的工作循环应是蒸气压缩式制冷循环及类似的循环（包括热泵）。

1.3 本标准不适用内直径（矩形截面指对角线）小于 150mm 或容积小于 0.025m³ 的容器、无壳体的套管式换热器、冷却排管和直燃型吸收式制冷装置的发生器。

1.4 不能用本标准确定结构尺寸的受压元件，允许用以下方法设计，但需经全国锅炉压力容器标准化技术委员会和全国冷冻空调设备标准化技术委员会评定认可：

- a) 包括有限元法在内的应力分析；
- b) 用可比的已投入使用的结构进行对比经验设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本部分的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本部分。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本部分。

GB 150	压力容器
GB 151	管壳式换热器
GB/T 246	金属管 压扁试验方法
GB 536	液体无水氨
GB/T 699—1999	优质碳素结构钢
GB/T 700—2006	碳素结构钢
GB/T 711—2008	优质碳素结构钢热轧厚钢板和钢带
GB 712—2000	船体用结构钢
GB 713—2008	锅炉和压力容器用钢板
GB/T 985.1	气焊、焊条电弧焊、气体保护焊和高能束焊的推荐坡口
GB/T 985.2	埋弧焊的推荐坡口
GB/T 1226	一般压力表
GB/T 1348—2009	球墨铸铁件
GB/T 1527	铜及铜合金拉制管
GB/T 1804—2000	一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
GB/T 3077—1999	合金结构钢
GB 3087—2008	低中压锅炉用无缝钢管
GB/T 3098.1—2000	紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱
GB/T 3098.2—2000	紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹
GB/T 3274—2007	碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带

NB/T 47012—2010 (JB/T 4750)

GB/T 4436—1995	铝及铝合金管材外形尺寸及允许偏差
GB/T 5117	碳钢焊条
GB/T 5118	低合金钢焊条
GB/T 5293	埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
GB 6479—2000	高压化肥设备用无缝钢管
GB/T 6893—2000	铝及铝合金拉(轧)制无缝管
GB/T 7778	制冷剂编号方法与安全性分类
GB/T 8163—2008	输送流体用无缝钢管
GB/T 8890—2007	热交换器用铜合金无缝管
GB/T 9119	板式平焊钢制管法兰
GB/T 9439—2010	灰铸铁件
GB 9948—2006	石油裂化用无缝钢管
GB/T 14957	熔化焊用钢丝
GB/T 17791—2007	空调与制冷设备用无缝钢管
GB/T 20928	无缝内螺纹钢管
GB/T 25198	压力容器封头
NB/T 47008—2010	承压设备用碳钢和合金钢锻件
NB/T 47014 (JB/T 4708)	承压设备焊接工艺评定
NB/T 47015 (JB/T 4709)	压力容器焊接规程
NB/T 47016 (JB/T 4744)	承压设备产品焊接试件的力学性能检验
JB/T 4701	甲型平焊法兰
JB/T 4702	乙型平焊法兰
JB/T 4707	等长双头螺栓
JB/T 4712.1—2007	容器支座 第1部分: 鞍式支座
JB/T 4712.2—2007	容器支座 第2部分: 腿式支座
JB/T 4712.3—2007	容器支座 第3部分: 耳式支座
JB/T 4712.4—2007	容器支座 第4部分: 支承式支座
JB/T 4730.2	承压设备无损检测 第2部分: 射线检测
JB/T 4730.3	承压设备无损检测 第3部分: 超声检测
JB/T 4730.4	承压设备无损检测 第4部分: 磁粉检测
JB/T 4730.5	承压设备无损检测 第5部分: 渗透检测
JB/T 4730.6	承压设备无损检测 第6部分: 涡流检测
JB/T 4734—2002	铝制焊接容器
JB/T 4755—2006	铜制压力容器
JB/T 6918	制冷用金属与玻璃烧结液位计和视镜
JB/T 10503	空调与制冷用高效换热管
TSG R0004	固定式压力容器安全技术监察规程

3 一般规定

3.1 基本规定

容器的设计、制造、检验和验收除应符合本标准的规定外，还应遵守国家颁布的有关法律、法规和安全技术规范。

3.2 资格和职责

3.2.1 容器的设计、制造单位应具有健全的质量保证体系。设计单位应持有特种设备（压力容器）设计许可证，制造单位应持有压力容器制造许可证。

3.2.2 在《固定式压力容器安全技术监察规程》管辖范围内的容器的设计和制造应接受特种设备安全监察机构的监察。

3.2.3 设计单位的职责：

- a) 设计单位应对设计文件的准确性和完整性负责；
- b) 容器的设计文件至少应包括强度计算书、设计图样、制造技术条件、风险评估报告（适用于Ⅲ类压力容器），必要时还应当包括安装与使用维修说明；
- c) 容器设计总图应盖有压力容器设计许可印章；
- d) 设计单位应在容器设计使用年限内保存全部容器设计文件。

3.2.4 制造单位的职责：

- a) 制造单位应按照设计图样要求进行制造，如需对原设计进行修改，应取得原设计单位同意修改的书面证明文件，并且对改动部位作出详细记载；
- b) 制造单位的检验部门在容器制造过程中和完工后，应按本标准及图样规定对容器进行各项具体检验和试验，提出检验报告，并对报告的准确性和完整性负责；
- c) 制造单位对其制造的每台（套）容器产品至少应保存下列技术文件备查，技术文件至少应保存7年：
 - 制造工艺图或制造工艺卡；
 - 产品质量证明文件；
 - 容器的焊接工艺和热处理工艺文件；
 - 标准中允许制造厂选择的项目的记录；
 - 制造过程及完工后的检验记录；
 - 容器原设计图和竣工图。
- d) 制造单位在取得检验机构确认容器质量符合本标准和图样要求后，须填写产品质量证明书，并交付用户。

3.3 容器范围

3.3.1 本标准管辖的容器，是指壳体及与其连为整体的受压零部件和受力元件，具体划定范围见3.3.2。

3.3.2 容器与外管道连接：

- a) 焊接连接的第一道环向接头坡口端面；
- b) 螺纹连接的第一个螺纹接头端面；
- c) 法兰连接的第一个法兰密封面；
- d) 专用连接件或管件连接的第一个密封面。

3.3.3 支座、支耳等受力元件。

3.4 压力 (除说明外均指表压)

3.4.1 工作压力

制冷装置在正常运转或停止运转时, 容器顶部可能出现的最高压力。

高压侧应为制冷装置在正常运转时, 容器顶部可能出现的最高压力; 低压侧应为制冷装置停止运转时, 容器顶部可能出现的最高压力。

3.4.2 设计压力

指设定的容器顶部的最高压力, 与相应的设计温度一起作为设计载荷的条件, 其值应不低于工作压力:

- a) 容器由两个以上压力室构成且作用于各室的压力不同时, 应按各室压力分别确定设计压力。
- b) 为使其工作压力不超过容器的设计压力, 制冷剂的充装量限制如下:

- 1) 储液器类容器: 制冷剂液体充装量应不超过容器容积的 80%;
- 2) 复叠式制冷装置: 通过计算确定低温侧的制冷剂充装量。

c) 高压侧设计压力

制冷循环系统中, 由于压缩机的作用而承受冷凝压力的部分属于高压侧。

高压侧设计压力应高于下述规定的冷凝温度 (混合制冷剂为露点温度) 相对应的饱和蒸气压力:

- 1) 在正常运转条件下, 制冷剂可能达到的最高冷凝温度, 见表 1 (该表为常用制冷剂性质, 其他制冷剂的性质可参考有关制冷剂使用手册);
- 2) 当冷凝温度高于 65℃ 时, 按制冷剂可能达到的最高冷凝温度确定。

d) 低压侧设计压力

制冷循环系统中高压侧以外的部分。双级压缩制冷装置的中间冷却器的中压部分和复叠式制冷装置中冷凝温度不高于 -15℃ 的冷凝蒸发器亦属于低压侧。

低压侧的设计压力应按下述规定:

- 1) 设计压力一般按 38℃ 时制冷剂饱和蒸气压力确定, 见表 1;
- 2) 当环境温度可能超过 38℃ 时, 则按制冷剂达到的最高压力确定。

3.4.3 试验压力

指在耐压试验和泄漏试验时, 容器顶部的压力。

表 1 常用制冷剂在相应温度下的饱和蒸气压力和安全分组
单位为 MPa (绝对)

制冷剂名称和 质量组分, %	制冷剂 编号	制冷剂组成 前缀名 ^a	高压侧					低压侧								安全 分组
			冷凝温度, °C					蒸发温度, °C								
			规定的环 境温度, °C													
			45	50	55	60	65	-50	-40	-30	-20	-10	0	38		
三氟甲烷 ^b	R23	HFC			—			0.48	0.71	1.01	1.40	1.89	2.50	—	A1	
二氟甲烷	R32	HFC	2.7	3.2	3.6	4.0	4.4	0.11	0.18	0.28	0.41	0.59	0.82	2.4	A2	
R32/R125 (50/50)	R410A	HFC	2.6	3.1	3.5	3.9	—	0.11	0.18	0.27	0.40	0.58	0.80	2.3	A1/A1	
五氟乙烷	R125	HFC	2.2	2.6	2.9	3.2	3.6	0.093	0.15	0.23	0.34	0.49	0.67	2.0	A1	
R32/R125/R134a (23/25/52)	R407C	HFC	1.9	2.3	2.5	2.8	3.1	0.075	0.12	0.19	0.29	0.40	0.56	1.7	A1/A1	
R125/R143 (50/50)	R507A	HFC	2.0	2.4	2.7	3.0	3.3	0.088	0.14	0.22	0.32	0.46	0.63	1.8	A1	
R125/R143a/R134a (44/52/4)	R404A	HFC	2.0	2.4	2.6	2.9	3.3	0.086	0.14	0.21	0.31	0.45	0.62	1.7	A1/A1	
1,1,1-三氟乙烷	R143a	HFC	2.0	2.4	2.7	2.9	3.3	0.089	0.15	0.22	0.32	0.45	0.62	1.8	A2	
R22/R115 (48.8/51.2)	R502	HCFC/CFC	1.8	2.2	2.4	2.7	3.0	0.081	0.13	0.20	0.29	0.41	0.57	1.6	A1	
氨	R717	—	1.7	2.1	2.4	2.7	3.0	0.04	0.07	0.12	0.19	0.29	0.43	1.5	B2	
二氟一氯甲烷	R22	HCFC	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	0.065	0.11	0.17	0.25	0.36	0.50	1.5	A1	
丙烷	R290	HC	1.5	1.8	1.9	2.2	2.4	0.071	0.11	0.17	0.25	0.35	0.48	1.3	A3	
R22/R152a/R124 (61/11/28) (53/13/34)	R401B R401A	HCFC/HFC	1.4 1.3	1.5 1.6	1.7 1.7	1.9 2.0	2.2 2.2	0.051 0.048	0.084 0.079	0.14 0.13	0.20 0.19	0.29 0.27	0.35 0.39	1.2 1.1	A1/A1	
R12/R152a (73.8/26.2)	R500	CFC/HFC	1.2	1.5	1.7	1.9	2.1	0.047	0.076	0.12	0.18	0.26	0.37	1.1	A1	
四氟乙烷	R134a	HFC	1.1	1.4	1.5	1.7	1.9	0.030	0.052	0.085	0.14	0.20	0.30	0.97	A1	
二氟二氯甲烷	R12	CFC	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	0.040	0.065	0.10	0.16	0.22	0.31	0.92	A1	

单位为 MPa (绝对)

表 1 (续)

制冷剂名称和 质量组分, %	制冷剂 编号	制冷剂组成 前缀名 ^a	高压侧					低压侧								安全 分组
			冷凝温度, °C					蒸发温度, °C								
			45	50	55	60	65	-50	-40	-30	-20	-10	0	规定的环 境 温度, °C		
1,1-二氟乙烷	R152a	HFC	0.98	1.2	1.4	1.5	1.7	0.028	0.048	0.078	0.12	0.19	0.27	0.87	A2	
2-氯-1,1,1,2-四氟乙烷	R124	HCFC	0.64	0.78	0.88	1.0	1.1	0.015	0.027	0.045	0.072	0.11	0.17	0.57	A1	
2-甲基丙烷(异丁烷)	R600a	HC	0.58	0.69	0.78	0.87	0.98	0.017	0.028	0.046	0.072	0.11	0.16	0.51	A3	
八氟环丁烷	RC318	HC	0.55	0.67	0.76	0.87	0.98	0.011	0.020	0.034	0.056	0.087	0.13	0.48	A1	
丁烷	R600	HC	0.42	0.50	0.57	0.64	0.73	0.0095	0.017	0.029	0.046	0.070	0.11	0.36	A3	
四氯二氟乙烷	R114	CFC	0.38	0.45	0.52	0.58	0.67	0.0074	0.014	0.024	0.038	0.060	0.090	0.33	A1	
一氟二氯甲烷	R21	HCFC	0.33	0.41	0.47	0.53	0.61	0.0052	0.0098	0.018	0.029	0.047	0.037	0.28	B1	
一氟三氯甲烷	R11	CFC	0.19	0.24	0.28	0.32	0.37	—	0.0053	0.0095	0.016	0.027	0.041	0.17	A1	
三氟二氯乙烷	R123	HCFC	0.17	0.22	0.25	0.29	0.33	0.0018	0.0036	0.0068	0.012	0.021	0.033	0.15	B1	
三氟三氯乙烷	R113	CFC	0.089	0.11	0.13	0.16	0.18	—	—	0.0029	0.0054	0.0093	0.016	0.075	A1	
1-氟乙烷	R1140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	B3	
其他制冷剂	—	—	相当于各冷凝温度下饱和压力					相当于各蒸发温度下饱和压力								—

^a 列出制冷剂组成前缀名, 定性表示其对臭氧层的消耗。
CFC——被限制和替代的制冷剂;
HCFC——过渡性制冷剂;
HFC、HC——臭氧消耗潜能值 ODP=0 的制冷剂。
^b R23 属低温用制冷剂, 临界温度为 26.13℃。

注: 表中空格为数据暂缺。

^a 列出制冷剂组成前缀名, 定性表示其对臭氧层的消耗。

CFC——被限制和替代的制冷剂;

HCFC——过渡性制冷剂;

HFC、HC——臭氧消耗潜能值 ODP=0 的制冷剂。

^b R23 属低温制冷剂, 临界温度为 26.13°C。

注: 表中空格为数据暂缺。

3.5 温度

设计温度，指在正常操作条件下，设定的元件金属温度（沿元件金属截面的温度平均值）。设计温度与设计压力一起作为设计载荷条件。

设计温度不得低于元件金属在正常操作状态下可能达到的最高温度。对于 0℃ 以下的金属温度，设计温度不得高于元件金属可能达到的最低温度。

容器各压力室的温度不同时，应分别确定设计温度。高、低压侧设计温度分别按 3.5.1 和 3.5.2 的规定选取。

3.5.1 高压侧设计温度

按高压侧在正常操作条件下各元件金属可能达到的最高温度选取。

对不进行换热的容器，一般取制冷剂的最高温度为设计温度。当受压元件与两种不同温度的介质接触时，一般应按两者中较高温度选取。

当环境温度低于 0℃ 时，高压侧设计温度仍按上述原则考虑。

3.5.2 低压侧设计温度

当使用温度低于 0℃，若使用温度下一次总体薄膜应力小于或等于材料常温屈服点的 1/6，且不大于 50MPa 时，则设计温度取使用温度与 50℃ 的代数和。

当按上述办法得到的设计温度不低于 0℃ 时，其设计温度均按不低于 38℃ 选取。

3.6 制冷剂安全分组

3.6.1 《固定式压力容器安全技术监察规程》中涉及的制冷剂介质，应按其规定确定毒性危害程度和爆炸危险程度。

3.6.2 《固定式压力容器安全技术监察规程》中未涉及的制冷剂介质，其安全分组参照 GB/T 7778 的规定，见表 2。

表 2 制冷剂安全分组

试 验 条 件			毒 性 分 组	
			制冷剂的 TLV-TWA ^a ≥ 0.04% (V/V) 时，没有毒性者	制冷剂的 TLV-TWA ^b < 0.04% (V/V) 时，有毒性者
			A 组	B 组
可燃性分组	制冷剂 LFL ^b ≤ 0.1kg/m ³ ，且燃烧热 ≥ 19 000kJ/kg 的制冷剂	3 组	A3	B3
	制冷剂 LFL ^b > 0.1kg/m ³ ，且燃烧热 < 19 000kJ/kg 的制冷剂	2 组	A2	B2
	制冷剂在大气中试验时，无火焰蔓延	1 组	A1	B1
^a TLV-TWA：表示一个标准工作日 8h，一周 40h 的时间加权平均浓度，在此制冷剂浓度下，所有工作人员日复一日地工作无不良影响。 ^b LFL：表示燃烧低限的单位容积最小浓度，即在规定试验条件下，能够在制冷剂和空气组成的均匀混合物中，火焰蔓延的制冷剂最小浓度。				

3.6.3 混合物制冷剂安全分组参照 GB/T 7778 的规定，在浓度滑移时其组分的浓度发生变化，其燃烧性和毒性也可能变化，因此它有两个安全分组。第一个是混合物在规定组分浓度下进行分组，第二个是混合物在最大浓度滑移的组分浓度下进行分组。表 1 中 R410A、R407C、R404A、R401A、

R401B 为混合物制冷剂。

3.6.4 常用制冷剂安全分组见表 1, 其他制冷剂安全分组可参见 GB/T 7778。

3.6.5 钢制氨制冷装置用压力容器对液氨的要求及充装程序可参照附录 C 的规定。

3.7 厚度

3.7.1 计算厚度

按公式计算得到的厚度。

3.7.2 设计厚度

计算厚度与腐蚀裕量之和。设计厚度应在图样上注明。

3.7.3 名义厚度

将设计厚度加上材料厚度负偏差后向上圆整至材料标准规格的厚度。

3.7.4 有效厚度

名义厚度减去材料厚度负偏差和腐蚀裕量之和的厚度。

3.7.5 钢材厚度负偏差

钢板或钢管的厚度负偏差按钢材标准规定。当钢材厚度负偏差不大于 0.25mm, 且不超过名义厚度的 6% 时, 负偏差可忽略不计。

3.7.6 腐蚀裕量

容器各元件受到腐蚀程度不同时, 可采用不同的腐蚀裕量。

接触制冷剂一侧的容器和管壁, 一般不计腐蚀裕量。

在不同腐蚀环境下的腐蚀裕量按表 3 选取。

表 3 腐蚀裕量

单位为 mm

类 别	材 料 名 称		相应腐蚀环境条件下的腐蚀裕量		
			条件 A ^a	条件 B ^b	条件 C ^c
容器壳体	碳素钢、低合金钢		1.0	0.6	0.4
换热管	钢				0.5
	铜和铝及 其合金	直径 > 13	0.1	0.05	0
		直径 ≤ 13	0.05		

^a 材料的外表面（内侧为制冷剂侧）直接经受风吹雨淋或接触空气、水蒸气和水等。

^b 腐蚀环境与条件 A 相同，但材料的外表面具有有效的耐腐蚀保护膜，并且容易进行维护。

^c 在室内或有防风雨措施，材料外表面具有有效的耐腐蚀保护膜，并且使用于良好的耐腐蚀环境中。

3.7.7 最小厚度

为满足制造工艺要求以及运输和安装过程中的刚度要求, 对容器壳体或圆筒元件规定的不包括腐蚀裕量的最小厚度为 3mm。

3.8 焊接接头分类和焊接接头系数

容器受压元件的焊接接头按 GB 150 进行分类, 焊接接头系数应根据焊接接头型式及无损检测的长度比例确定。

3.8.1 双面焊或相当于双面焊的全熔透对接接头:

- a) 100% 无损检测, $\phi=1.0$;
- b) 局部无损检测, $\phi=0.85$ 。

3.8.2 单面焊的对接接头,且沿其根部全长具有紧贴基本金属的垫板:

- a) 100%无损检测, $\phi=0.90$;
- b) 局部无损检测, $\phi=0.80$ 。

3.9 许用应力

3.9.1 许用应力是按材料标准各项强度数据最低值分别除以表4或表5的安全系数,取其中的较小值。钢材、螺柱和螺栓、铜和铝管材料在不同温度下的许用应力按第4章选取。

表4 钢材和铜、铝管材料的安全系数

材料类别	室温下的抗拉强度 R_m	设计温度下的屈服强度 R_{eL}^t ($R_{p0.2}^t$)
	n_b	n_s
碳素钢和低合金钢	≥ 3.0	≥ 1.6
铜及铜合金	≥ 3.0	≥ 1.5
铝及铝合金	≥ 3.0	≥ 1.5

表5 螺柱和螺栓的安全系数

材料类别	热处理状态	螺栓直径, mm	设计温度下屈服点 R_e^t 的 n_s
碳素钢	热轧、正火	$\leq M22$	2.7
		M24~M36	2.5
低合金钢	调质	$\leq M22$	3.5
		M24~M36	3.0

3.9.2 当设计温度低于20℃时,取20℃时的许用应力。

3.9.3 螺栓、螺钉和螺柱的力学性能等级应符合GB/T 3098.1中的4.6级或8.8级要求。

3.9.4 螺母的力学性能等级应符合GB/T 3098.2中5级或8级要求。

3.10 耐压试验

3.10.1 容器制成后应经耐压试验。耐压试验的种类、要求和试验压力值应在图样上注明。

耐压试验一般采用液压试验。对于不适合液压试验的容器(不允许有微量残留液体或由于结构原因不能充满液体的容器)可采用气压或气液组合试验。

3.10.2 试验压力 p_T 的最低值按如下规定,试验压力的上限值应满足3.10.3应力校核的限制:

液压试验:

$$p_T = 1.25p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \quad \dots\dots\dots (1)$$

气压或气液组合试验:

$$p_T = 1.15p \frac{[\sigma]}{[\sigma]^t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

p —— 设计压力(真空容器为0.1MPa),单位为MPa;

p_T —— 试验压力,单位为MPa;

$[\sigma]$ —— 容器元件材料在耐压试验温度下的许用应力,单位为MPa;

$[\sigma]^t$ —— 容器元件材料在设计温度下的许用应力, 单位为 MPa。

注 1: 容器铭牌上规定有最大允许工作压力 (见附录 B.2.1) 时, 公式中应以最大允许工作压力代替设计压力 p 。

注 2: 容器各元件 (圆筒、封头、接管、法兰、管板等) 所用材料不同时, 应取各元件材料的 $[\sigma]/[\sigma]^t$ 比值中最小者。

注 3: 外压容器和真空容器压力试验时, $[\sigma]/[\sigma]^t=1$ 。

3.10.3 圆筒应力校核

压力试验前, 应按式 (3) 校核圆筒应力:

$$\sigma_T = \frac{P_T(D_i + \delta_e)}{2\delta_e\phi} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

σ_T —— 试验压力下圆筒的应力, 单位为 MPa;

D_i —— 圆筒内直径, 单位为 mm;

P_T —— 试验压力, 单位为 MPa;

δ_e —— 圆筒的有效厚度, 单位为 mm;

ϕ —— 圆筒的焊接接头系数。

液压、气压或气液组合试验时, σ_T 应分别小于或等于试验温度下材料屈服强度 (或 0.2% 非比例延伸强度) 的 90% 或 80%。

3.11 泄漏试验

当容器需做泄漏试验时, 泄漏试验应在耐压试验合格后进行, 并应符合图样和设计文件要求。

3.12 真空试验

当容器需做真空试验时, 真空试验应在泄漏试验合格后进行, 并在图样上注明试验压力 [一般为 8kPa (绝对压力)]。

4 材料

4.1 一般规定

4.1.1 容器受压元件用材料应符合本章的规定。非受压元件材料, 当与受压元件焊接时, 也应是焊接性能良好的材料。

4.1.2 容器用材料的技术要求应符合有关规范、标准的规定。

4.1.3 容器用材料应附有材料生产单位的材质证明书, 容器制造单位应按材质证明书对材料进行验收, 必要时应进行复验。

4.1.4 采用本章规定以外的其他钢号的钢材和采用铸铁材料时, 还应符合附录 A 的相关规定。

4.2 钢板

4.2.1 钢板的标准、使用状态及许用应力见表 6。

表 6 钢板许用应力

材料	牌 号	钢板标准	使用状态	厚度 mm	常温强度指标		在下列温度（℃）下的许用应力 MPa			
					R_m MPa	R_e MPa	≤20	100	150	200
碳素钢	Q235B	GB/T 3274	热轧	3~16	370	235	113	113	113	105
				>16~30		225	113	113	107	99
	Q235C	GB/T 3274		3~16		235	125	125	125	116
				>16~40		225	125	125	119	110
	Q245R	GB 713	热轧， 控轧， 正火	3~16	400	245	133	132	126	118
				>16~36		235	133	126	120	112
				>36~60		225	133	120	114	107
				>60~100	390	205	123	111	105	98
	Q345R	GB 713		3~16	510	345	170	170	170	165
				>16~36	500	325	167	167	165	163
>36~60				490	315	163	163	156	144	
>60~100				490	305	163	163	150	135	
>100~120				480	285	160	156	144	132	

4.2.2 碳素钢钢板的适用范围规定如下。

4.2.2.1 Q235B:

- 钢板化学成分中磷、硫含量应符合 $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.035\%$;
- 厚度大于或等于 6mm 的钢板应进行冲击试验, 试验结果应符合 GB/T 700 的规定。设计温度低于 $20^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ 、厚度大于或等于 6mm 的钢板, 容器制造单位应附加进行横向冲样的 0°C 冲击试验, 3 个标准冲击试样的冲击功平均值 $KV_2 \geq 27\text{J}$, 1 个试样的冲击功最低值以及小尺寸冲击试样的冲击功数值按 GB/T 700 的相应规定;
- 容器设计压力 $p < 1.6\text{MPa}$;
- 设计温度为 $0^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$;
- 用于容器壳体时, 钢板厚度不大于 20mm, 用于其他受压元件时, 钢板厚度不大于 30mm;
- 不得用于毒性程度为极度或高度危害的介质容器和 B3 组制冷剂的容器。

4.2.2.2 Q235C:

- 钢板化学成分中磷、硫含量应符合 $P \leq 0.035\%$ 、 $S \leq 0.035\%$;
- 设计温度低于 $20^\circ\text{C} \sim 0^\circ\text{C}$ 、厚度大于或等于 6mm 的钢板, 容器制造单位应附加进行横向冲样的 0°C 冲击试验, 3 个标准冲击试样的冲击功平均值 $KV_2 \geq 27\text{J}$, 1 个试样的冲击功最低值以及小尺寸冲击试样的冲击功数值按 GB/T 700 的相应规定;
- 钢板设计压力 $p < 2.5\text{MPa}$;
- 钢板设计温度为 $0^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$;

e) 用于容器壳体时, 钢板厚度不大于 30mm, 用于其他受压元件时, 钢板厚度不大于 40mm。

4.3 锻件

容器的法兰、管板、平盖采用碳素钢和低合金钢锻件时, 其标准及许用应力见表 7。锻件的级别按使用要求由设计单位确定, 并在图样上注明。一般锻件按 NB/T 47008 规定的 II 级选用。

4.4 钢管

4.4.1 钢管的标准及许用应力见表 8。

4.4.2 用作换热管的其他管材应符合附录 A 的有关规定。

4.5 螺栓、螺柱和螺母

4.5.1 螺栓和螺柱用钢的标准、使用状态及许用应力见表 9。

4.5.2 压力容器法兰的螺柱按 JB/T 4707 选用。

4.5.3 螺栓、螺柱的硬度宜比螺母稍高。

4.5.4 螺栓、螺柱、螺母的组合可按表 10 选取。

表 7 钢锻件许用应力

牌号	钢锻件标准	使用状态	公称厚度 mm	常温强度指标		在下列温度 (°C) 下的许用应力, MPa			
				R_m MPa	R_e MPa	≤20	100	150	200
20	NB/T 47008	正火、 正火+回火	≤100	410	235	137	126	120	112
			>100~200	400	225	133	120	114	107
35	NB/T 47008	正火、 正火+回火	≤100	510	265	159	141	135	123
			>100~200	490	245	147	135	129	120
16Mn	NB/T 47008	正火、 正火+回 火、 调质	≤100	480	305	160	160	150	135
			>100~200	470	295	157	157	147	132

表 8 钢管许用应力

牌号	钢锻件标准	使用状态	壁厚 mm	常温强度指标		在下列温度 (°C) 下的许用应力, MPa			
				R_m MPa	R_e MPa	≤20	100	150	200
10	GB/T 8163	热轧	≤10	335	205	112	109	104	97
	GB 9948	正火	≤16	335	205	112	109	104	97
20	GB/T 8163	热轧	≤10	410	245	137	132	126	118
	GB 9948	正火	≤16	410	245	137	132	126	118
16Mn	GB 6479	正火	≤16	490	320	163	163	162	150

表 9 螺栓、螺柱许用应力

牌号	钢材标准	使用状态	螺柱规格	常温强度指标		在下列温度（℃）下的 许用应力，MPa			
				R_m MPa	R_e MPa	≤20	100	150	200
Q235A	GB/T 700	热轧	≤M20	370	235	87	78	74	69
35	GB/T 699	正火	≤M22	530	315	117	105	98	91
			M24~M27	510	295	118	106	100	92
40MnB	GB/T 3077	调质	≤M22	805	685	196	176	171	165
			M24~M36	765	635	212	189	183	180
40Cr			≤M22	805	685	196	176	171	165
			M24~M36	765	635	212	189	183	180
30CrMoA			≤M22	700	550	157	141	137	134
			M24~M36	660	500	167	150	145	142
35CrMoA			≤M22	835	735	210	190	185	179
			M24~M36	805	685	228	206	199	196

表 10 螺栓、螺柱、螺母的材料组合

螺栓、螺柱用钢牌号	螺 母 用 钢			
	牌 号	钢材标准	使用状态	使用温度范围, ℃
Q235A	Q215A, Q235A	GB/T 700	热轧	> -20 ~ 200
35	Q235A		热轧	
	20, 25	GB/T 699	正火	
40MnB	35, 40Mn, 45			
40Cr				
30CrMoA	40Mn, 45			
	30CrMoA			
35CrMoA	40Mn, 45	GB/T 699	正火	> -20 ~ 200
	30CrMoA, 35CrMoA	GB/T 3077	调质	-100 ~ 200

4.6 有色金属材料

4.6.1 铜和铜合金管材的标准、使用状态及许用应力见表 11。

4.6.2 纯铜的设计温度应不高于 150°C, 铜合金应不高于 200°C。

4.6.3 铝和铝合金拉(轧)制无缝管应符合 GB/T 6893 的要求, 使用状态及许用应力见表 12。

4.6.4 当设计温度高于 65°C 时, 不宜选用镁含量大于 3% 的铝镁合金。

4.6.5 接触制冷剂 and 载冷剂等介质的材料, 按照介质种类限制如下:

- a) R717 容器中不应使用铜及铜合金;
- b) 表 1 中除使用 R717、R290、R600a、RC318 和 R600 等制冷剂以外的容器, 不应使用镁含量超过 2% 的铝合金;
- c) 长期接触水的零、部件, 不应使用纯度小于 99.7% 的铝, 但经耐腐蚀处理的可以使用。

表 11 铜和铜合金管材许用应力

牌号	标准	状态	管外径 mm	常温力学性能下限 保证值, MPa		下列温度 (℃) 时的许用应力, MPa			
				R_m	$R_{p0.2}$	20	100	150	200
T2, T3	GB/T 1527 GB/T 17791	M	3 ~ 360	205	(45)	30	25	23	22
TP2		M	3 ~ 360	205	(45)	30	25	23	22
H68A	GB/T 8890	M	10 ~ 35	295	(90)	60	60	60	28
		Y ₂		320	(105)	70	70	70	33
M		10 ~ 35	295	(105)	70	70	70	31	
Y ₂			320	(115)	77	77	77	34	
M		10 ~ 35	345	(120)	80	79	77	25	
Y ₂			370	(140)	93	92	90	29	
M		10 ~ 35	300	(100)	67	63	61	58	
Y ₂			345	(250)	115	113	105	99	
M		10 ~ 35	370	(150)	100	93	90	86	
Y ₂			490	(340)	163	163	163	159	

注 1: 本表参考 JB/T 4755 标准部分数据。

注 2: 带括号的 $R_{p0.2}$ 的下限保证值在材料标准中未提, 系 JB/T 4755 标准的推荐值。

注 3: 保证表中 R_m 下限保证值时, 才能采用表中的许用应力值。

注 4: 中间温度的许用应力值用插入法计算。

表 12 铝和铝合金无缝管的许用应力

牌号	状态	壁厚 mm	常温强度下限 保证值, MPa		下列温度 (°C) 时的许用应力, MPa								
			R_m	$R_{p0.2}$	-269 ~ 20	40	65	75	100	125	150	175	200
1060	O	0.5 ~ 5.0	60	(15)	10	10	10	10	9	8	7	6	5
1050A	O	0.5 ~ 5.0	60	(20)	13	13	13	13	12	11	10	8	6
1200	O	0.5 ~ 5.0	75	(25)	16	16	15	14	14	12	10	8	6
3003	O	0.5 ~ 5.0	95	(35)	23	23	23	23	23	20	16	13	10
5052	O	0.5 ~ 5.0	170	70	42	42	42	42	42	42	38	29	19
5A03	O	0.5 ~ 5.0	175	80	43	43	43	—	—	—	—	—	—
5A05	O	0.5 ~ 5.0	215	90	53	53	53	—	—	—	—	—	—
5083	O	0.5 ~ 5.0	270	110	67	67	67	—	—	—	—	—	—
注 1: 本表参考 JB/T 4734 标准部分数据。 注 2: 带括号的 $R_{p0.2}$ 的下限保证值在材料标准中未提, 系 JB/T 4734 标准的推荐值。 注 3: 保证表中 R_m 下限保证值时, 才能采用表中的许用应力值。 注 4: 中间温度的许用应力值用插入法计算。													

5 圆筒

5.1 内压圆筒

5.1.1 符号:

D_i ——圆筒的内直径,单位为 mm;

p ——设计压力,单位为 MPa;

$[p_w]$ ——最高允许工作压力,单位为 MPa;

δ ——圆筒的计算厚度,单位为 mm;

δ_e ——圆筒的有效厚度,单位为 mm;

σ^t ——设计温度下圆筒的计算应力,单位为 MPa;

$[\sigma]^t$ ——设计温度下圆筒材料的许用应力,单位为 MPa;

ϕ ——焊接接头系数。

5.1.2 圆筒的计算厚度按式(4)计算:

$$\delta = \frac{pD_i}{2[\sigma]^t\phi - p} \quad \dots\dots\dots (4)$$

5.1.3 设计温度下圆筒的计算应力按式(5)计算:

$$\sigma^t = \frac{p(D_i + \delta_e)}{2\delta_e} \quad \dots\dots\dots (5)$$

5.1.4 圆筒的最高允许工作压力按式(6)计算:

$$[p_w] = \frac{2\delta_e[\sigma]^t\phi}{(D_i + \delta_e)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

5.2 真空圆筒

5.2.1 符号:

A ——系数,查图 2;

B ——系数,查图 3 或图 4;

C ——厚度附加量,即材料厚度负偏差与腐蚀裕量之和,单位为 mm;

D_i ——圆筒内直径,单位为 mm;

D_o ——圆筒外直径,单位为 mm;

E ——材料弹性模量,单位为 MPa;

h_i ——封头曲面深度,单位为 mm;

L ——圆筒计算长度,应取圆筒上两相邻支撑线之间的距离,具体取法如图 1 所示,单位为 mm;

注:支撑线系指该处的截面有足够的惯性矩,不致在圆筒失稳时也出现失稳现象。

δ_n ——圆筒的名义厚度,单位为 mm;

δ_e ——圆筒的有效厚度,单位为 mm;

p ——设计外压力(取 0.1MPa),单位为 MPa;

$[p]$ ——许用外压力,单位为 MPa;

R_e^t ——设计温度下材料的屈服强度,单位为 MPa;

$R_{p0.2}^t$ ——设计温度下材料的规定非比例延伸强度,单位为 MPa。

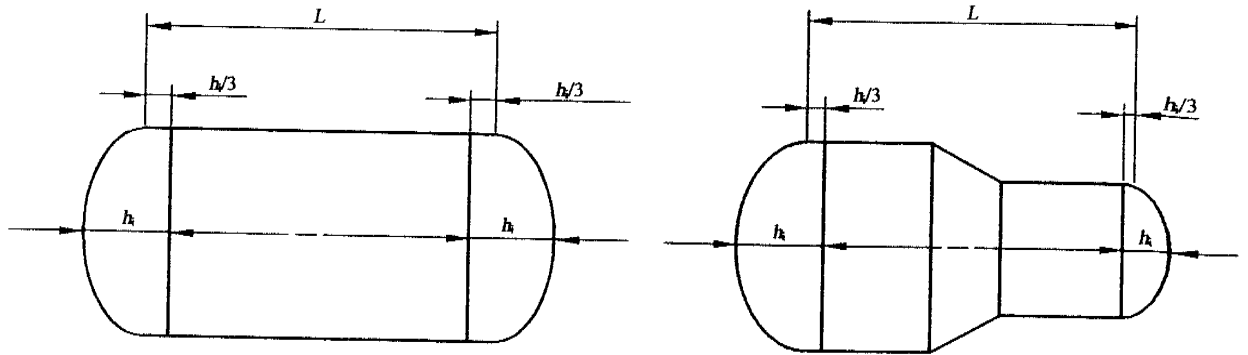


图 1 真空圆筒计算长度

5.2.2 真空圆筒所需的有效厚度用图 2~图 4 进行计算, 步骤如下:

5.2.2.1 $D_o/\delta_e \geq 20$ 的圆筒:

- 假设 δ_n , 令 $\delta_e = \delta_n - C$, 定出 L/D_o 及 D_o/δ_e ;
- 在图 2 的左方找到 L/D_o 值, 过此点水平方向右移与 D_o/δ_e 线相交 (遇中间值用内插法), 若 L/D_o 值大于 50, 则用 $L/D_o=50$ 查图; 若 L/D_o 值小于 0.05, 则用 $L/D_o=0.05$ 查图;
- 过此交点沿垂直方向下移, 在图的下方得到系数 A ;
- 按所用材料选用图 3 或图 4, 在图的下方找到系数 A 。

若 A 值落在设计温度下材料线的右方, 则过此点垂直上移, 与设计温度下的材料线相交 (遇中间值用内插法), 再过此点水平方向右移, 在图的右方得到系数 B , 并按式 (7) 计算许用外压力 $[p]$:

$$[p] = \frac{B}{D_o/\delta_e} \quad \dots\dots\dots (7)$$

若所得 A 值落在设计温度下材料线的左方, 则用式 (8) 计算许用外压力 $[p]$:

$$[p] = \frac{2AE}{3(D_o/\delta_e)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

- $[p]$ 应大于或等于 p , 否则需再假设名义厚度 δ_n , 重复上述步骤, 直至 $[p]$ 大于且接近 p 为止。

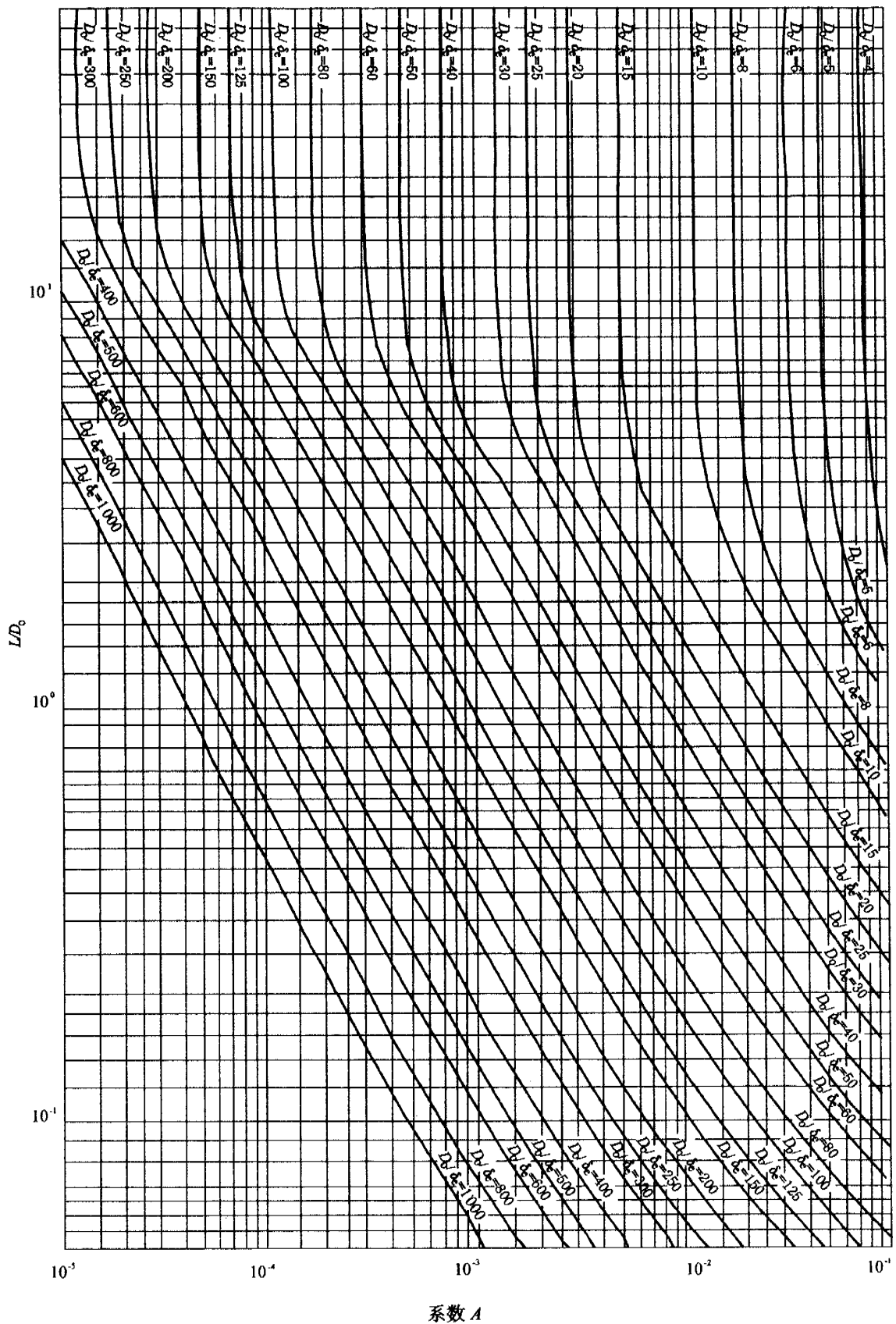


图2 真空圆筒几何参数计算图 (用于所有材料)

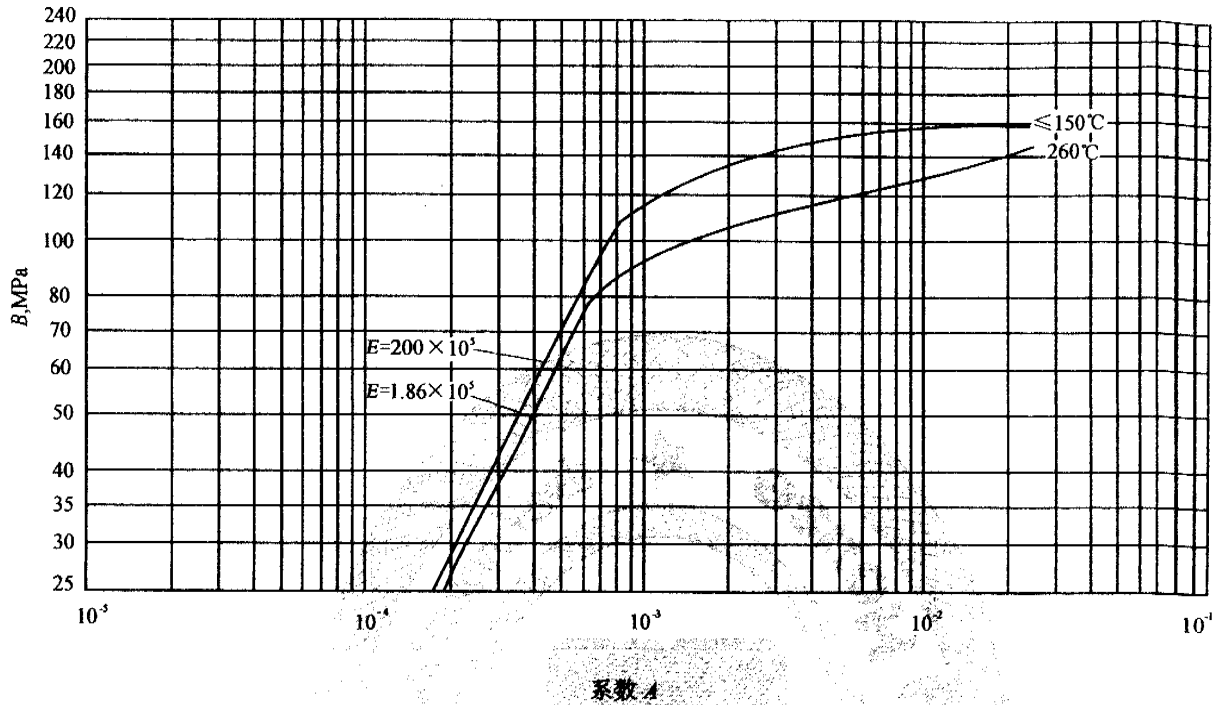


图 3 真空圆筒厚度计算图 (屈服点 $R_c > 207\text{MPa}$ 的碳素钢)

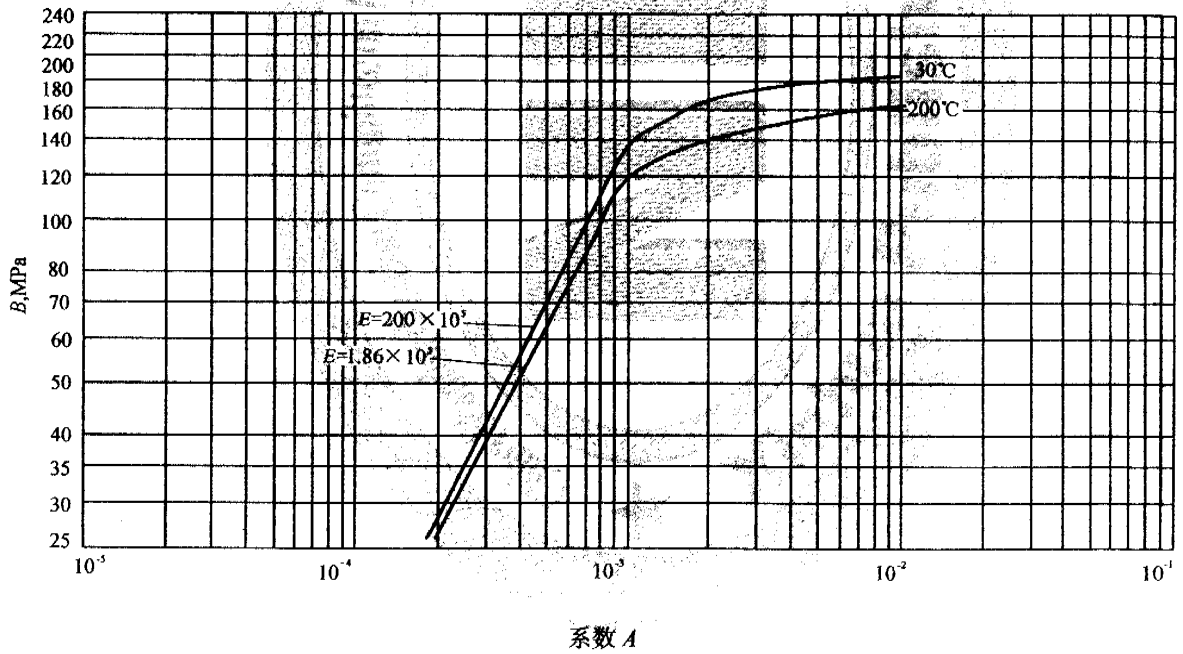


图 4 真空圆筒厚度计算图 (Q345R)

5.2.2.2 $D_o/\delta_e < 20$ 的圆筒:

a) 用与 5.2.2.1 相同的步骤得到系数 B , 但对 $D_o/\delta_e < 4.0$ 的圆筒按式 (9) 计算系数 A 值:

$$A = \frac{1.1}{(D_o/\delta_e)^2} \quad \dots\dots\dots (9)$$

系数 $A > 0.1$ 时, 取 $A = 0.1$ 。

b) 按式 (10) 和 (11) 计算 $[p_1]$ 和 $[p_2]$, 取二者中较小值为许用外压力 $[p]$:

$$[p_1] = \left[\frac{2.25}{D_o / \delta_e} - 0.0625 \right] B \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$[p_2] = \frac{2\sigma_o}{D_o / \delta_e} \left[1 - \frac{1}{D_o / \delta_e} \right] \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

σ_o ——应力, 取以下二者中较小值:

$$\sigma_o = 2[\sigma]^t$$

$$\sigma_o = 0.9R_e^t \text{ 或 } 0.9R_{p0.2}$$

c) $[p]$ 应大于或等于 p , 否则应再假设名义厚度 δ_n , 重复上述计算, 直到 $[p]$ 大于且接近 p 为止。

5.3 支座

5.3.1 卧式容器支座

5.3.1.1 一般要求

当采用标准规定的支座时, 支座受力情况可不另行验算。

卧式容器选用鞍式支座确定支座位置时, 应利用封头对支座部分筒体所起的加强作用, 此时支座形心至封头切线的距离 A 应小于或等于 $R_m/2$ (R_m 为筒体平均半径), 为使容器受力较好, A 应不大于 $0.25L$ (L 为筒体长度), 见图 5。

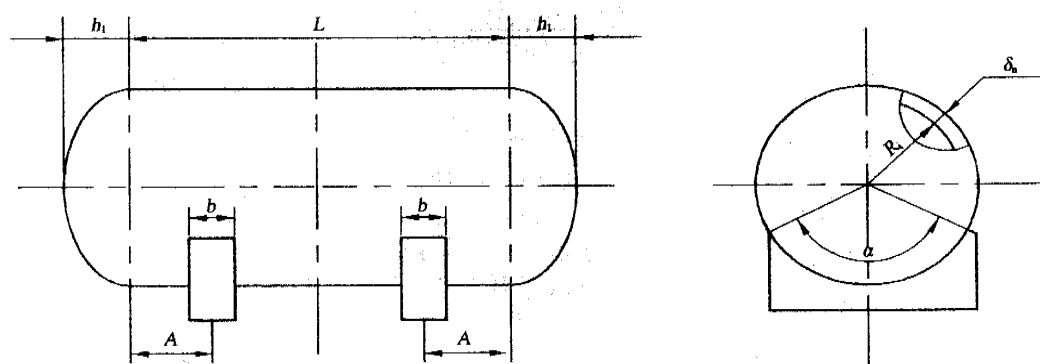


图 5 卧式容器鞍式支座

5.3.1.2 简易鞍式支座

当容器公称直径 $DN \leq 600\text{mm}$ 时, 可以采用简易鞍式支座:

- a) 容器公称直径 $DN=150\text{mm} \sim 350\text{mm}$ 的简易鞍式支座型式和尺寸应符合图 6 及表 13 的规定;
- b) 容器公称直径 $DN=400\text{mm} \sim 600\text{mm}$ 的简易鞍式支座型式和尺寸应符合图 7 及表 14 的规定。

5.3.1.3 标准鞍式支座:

- a) 容器外径 $D_o \geq 159\text{mm} \sim 426\text{mm}$ 鞍式支座的型式和尺寸可按 JB/T 4712.1 表 4 中不带垫板 F 型选定;
- b) 容器公称直径 $DN \geq 300 \sim 450\text{mm}$ 鞍式支座的型式和尺寸可按 JB/T 4712.1 表 5 中不带垫板 F 型选定;
- c) 容器公称直径 $DN \geq 500\text{mm} \sim 900\text{mm}$ 鞍式支座的型式和尺寸应按 JB/T 4712.1 表 6 选定;
- d) 容器公称直径 $DN \geq 1000\text{mm}$ 鞍式支座的型式和尺寸应按 JB/T 4712.1 表 2 选定。

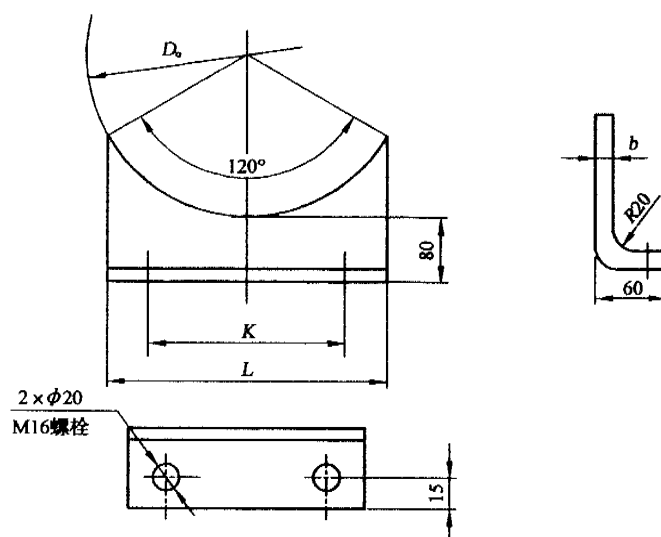


图 6 简易鞍式支座 (1)

表 13 简易鞍式支座 (1)

单位为 mm

容器公称直径 DN	尺 寸		
	L	K	b
150	140	90	6
200	190	120	
245 ^a	210	140	
250	240	160	
300	280	200	
350	330	250	

^a 容器外径。

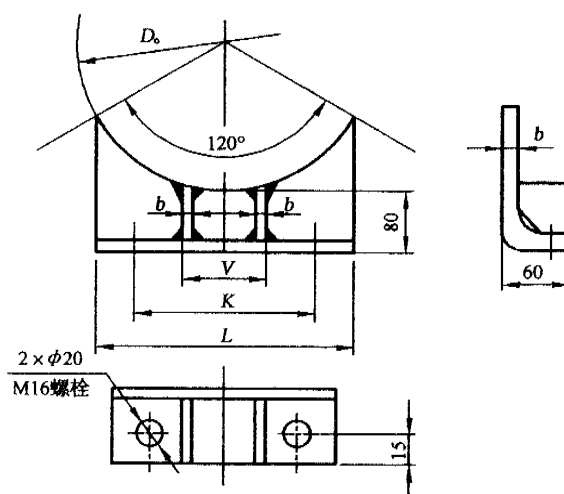


图 7 简易鞍式支座 (2)

表 14 简易鞍式支座 (2)

单位为 mm

容器公称直径 DN	尺 寸			
	<i>L</i>	<i>V</i>	<i>K</i>	<i>b</i>
400	370	160	270	8
450	390	180	290	
500	430	220	330	
600	540	320	420	

5.3.1.4 管板做支座

采用管板延长部分做支座时,其板厚和固定用螺栓及孔径等应按照标准鞍式支座相应尺寸的规定。

5.3.2 立式容器支座

5.3.2.1 简易支座

容器公称直径 $DN \leq 600\text{mm}$ 的立式容器,可以采用简易支座。

简易无筋板耳式支座见图 8,其底板厚度按式 (12) 计算:

$$\delta = \sqrt{\frac{3Qb}{[\sigma]b_1}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

δ ——底板厚度,单位为 mm;

Q ——单个支耳所支承的载荷,单位为 N;

b ——底板伸出长度,单位为 mm;

b_1 ——底板宽度,单位为 mm;

$[\sigma]$ ——底板材料的许用应力,单位为 MPa。

5.3.2.2 标准立式容器支座

a) 腿式支座:

1) 容器公称直径 $DN \geq 400\text{mm} \sim 600\text{mm}$ 腿式支座的型式和尺寸可按 JB/T 4712.2 表 2 中角钢支柱、不带垫板的 AN 型选定;

2) 容器公称直径 $DN > 600\text{mm} \sim 1600\text{mm}$ 腿式支座的型式和尺寸应按 JB/T 4712.2 表 2 中选定。

b) 支承式支座:容器公称直径 $DN \geq 800\text{mm}$ 的支承式支座的型式和尺寸应按 JB/T 4712.4 表 2 选定。

c) 耳式支座:

1) 容器公称直径 $DN = 300\text{mm} \sim 600\text{mm}$ 耳式支座可按 JB/T 4712.3 中不带垫板的表 2 中 AN 型和表 3 中 BN 型选定;

2) 容器公称直径 $DN > 600\text{mm}$ 耳式支座的型式和尺寸应按 JB/T 4712.3 表 2 和表 3 选定。

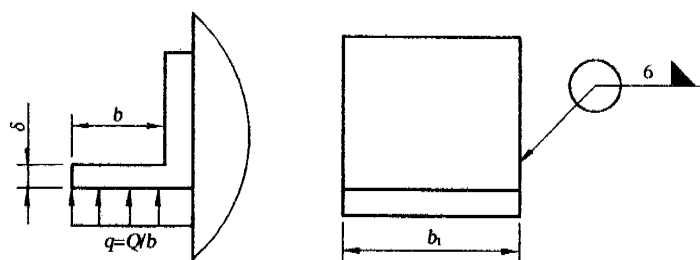


图8 简易无筋板耳式支座

6 封头、开孔和法兰

6.1 封头

椭圆形、碟形封头及平盖的设计按 GB 150 相关章节进行。

6.2 开孔和开孔补强

6.2.1 检查孔

本标准规定的压力容器均不开设检查孔。

6.2.2 接管用开孔和开孔补强

接管用开孔和开孔补强按 GB 150 相关章节进行。

6.3 法兰

6.3.1 带有圆孔的非圆形管法兰（方形、腰形、椭圆形、梅花形）可按圆形法兰计算，但应按以下规定：

- a) 法兰外径 D_0 应取与圆孔同心且内接于法兰外缘的圆直径；
- b) 将通过最外面螺栓孔中心圆的直径作为螺栓中心圆直径。

6.3.2 采用标准钢制管法兰时，应按照 GB/T 9119 的规定。

6.3.3 采用标准压力容器法兰时，应按照 JB/T 4701 和 JB/T 4702 的规定。

6.3.4 螺栓法兰连接的设计按 GB 150 相关章节进行。

7 特殊形状部件的设计

7.1 受压零部件因孔的形状、补强或者形状特殊等原因没有合适计算方法时，该受压零部件的最小厚度及许用压力可按以下验证性实验方法求取。

7.2 试样

7.2.1 按照受压零部件相同的形状、尺寸、材料和厚度，以及相同制造工艺制作试样。

7.2.2 按照受压零部件相同的形状、尺寸、材料和减去腐蚀裕量的厚度，以及相同制造工艺制作试样。

7.2.3 按照设计要求把整个压力容器制成试样。

7.3 试验程序

试样进行验证性实验时，应在试样中充满试验用液体并完全排除空气后，按下列程序做液压试验：

- a) 试验压力应大于表 15 给出的系数乘以设计压力之后的压力。当使用两种以上制冷剂时，取其中最高设计压力；

- b) 试样先缓慢加压至 1/3 试验压力, 卸压至零; 随后再缓慢加压至 2/3 试验压力, 再卸压至零; 最后再缓慢加压至试验压力, 在该压力下保压 10min;
- c) 在试样强度最薄弱部位的变形方向上, 对按照 7.3 b) 规定的每个试验阶段的变形进行测量与记录;
- d) 在实验中被试试样不产生局部变形, 拉伸或漏泄等异常现象为合格。这时若需确认 7.2.3 中试样的变形量, 则可按 7.5 和 7.6 规定的方法进行。但是, 同样的加压过程只能进行一次。

7.4 实际受压零部件的最小厚度

7.4.1 按 7.2.1 和 7.2.3 规定的试样做验证性实验时, 最小厚度应大于试样厚度。

7.4.2 按 7.2.2 规定的试样做验证性实验时, 最小厚度应大于试样厚度与腐蚀裕量之和。

7.5 试样最薄弱部位屈服变形

7.5.1 在试样估计的最薄弱部位选定几点进行变形量测量, 从其变形形态求出相应于屈服变形时的试验液体压力, 再根据式 (13) 求出最薄弱部位的许用压力, 设计压力应小于许用压力。

表 15 验证性实验用系数

用试样做试验时	判定材料的屈服强度实验	$2.5[\delta_n / (\delta_n - C_2)]$
	其他实验	$3.0[\delta_n / (\delta_n - C_2)]$
用受压零部件或压力容器做实验时		$2.0[\delta_n / (\delta_n - C_2)]$
注:		
δ_n —— 强度最薄弱部位的名义厚度, 单位为 mm;		
C_2 —— 试样的腐蚀裕量, 单位为 mm, 但用 7.2.2 规定的试样做实验时, 取 $C_2 = 0$ 。		

7.5.2 在试样估计的最薄弱部位预先涂覆石灰乳并使之干透, 当缓慢加压使石灰乳膜出现点状剥落时, 即可认为试样材料已达屈服点。记录这时的试验液体压力, 即为屈服变形对应的压力。再根据式 (13) 求出最薄弱部位的许用压力, 设计压力应小于许用压力。

$$[p] = \frac{p_s [\sigma]}{R_e} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$[p]$ —— 许用压力, 单位为 MPa;

p_s —— 最薄弱部位达到屈服变形时的试验液体压力, 单位为 MPa;

$[\sigma]$ —— 许用应力, 单位为 MPa;

R_e —— 屈服强度, 单位为 MPa, 缺少屈服强度数据时取抗拉强度的 60%。

7.5.3 注意事项:

- a) 在 1L 水中加入约 0.4kg 的石灰即为石灰乳液, 用刷子一次涂覆并使其充分干燥;
- b) 试样在局部达到屈服变形时, 不再继续加压;
- c) 当液体的压力达到预计的试验压力, 而最薄弱部位没有达到屈服变形时, 不应再继续增高压力, 取这时的压力为式 (13) 中的 p_s 进行计算;
- d) 此方法仅适用于碳素钢和低合金钢制的受压零部件或压力容器。

7.6 试样最薄弱部位应变测量

7.6.1 在试样估计的最薄弱部位选择几点, 并贴上电阻应变片, 加液压至试样试验压力, 将测量

的各点应变换算成应力值, 取其中的最大值 (绝对值), 代入式 (14) 中求出许用压力, 则设计压力应小于许用压力。

$$[p] = \frac{P_T [\sigma]}{\sigma_{\max}} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$[p]$ —— 许用压力, 单位为 MPa;

P_T —— 试验压力, 单位为 MPa;

$[\sigma]$ —— 许用应力, 单位为 MPa; 但若用于钢制压力容器, 且该部位受弯曲作用时, 则取 $1.5[\sigma]$;

σ_{\max} —— 作用于试样最薄弱部位的最大应力值, 单位为 MPa。

7.6.2 注意事项:

- a) 在试样估计的最薄弱部位贴电阻应变片测量应变时, 不需要加压至产生局部屈服变形;
- b) 知道主应力作用方向时, 可以只测量两个主方向的应变。不知道主应力作用方向时, 应测定 3 个方向上的应变, 求出主应力。

8 管壳式换热器主要部件

8.1 管板

8.1.1 一般规定:

- a) 确定管板厚度时应考虑管板的刚度和结构以及制造等要求。
- b) 管板的名义厚度应不小于下列三者之和:
 - 1) 管板的计算厚度或 c) 规定的最小厚度, 取大者;
 - 2) 壳程腐蚀裕量或结构开槽深度, 取大者;
 - 3) 管程腐蚀裕量或分程隔板槽深度, 取大者。
- c) 按管端与管板为胀接或焊接连接的型式, 管板最小厚度分别按表 16 或表 17 选定。
- d) 管板选用材料应符合第 4 章的规定。

表 16 管端胀接时管板最小厚度

单位为 mm

换热管外径 d_0		10	12	14	16	19	25	32	38	45	51	57
管板最小 厚度	A1 组制冷剂	10		12	14	16	20	22	26	30	32	35
	A2、A3、B1、B2、 B3 组制冷剂	20					25	32	38	45	51	57

表 17 管端焊接时管板最小厚度

单位为 mm

管板外径 D	≤ 1200	$> 1200 \sim 1600$	> 1600
管板最小厚度	12	18	24

8.1.2 固定式管板计算

8.1.2.1 管端以胀接或焊接与管板连接时 (管子外径 $d_0 \leq 57\text{mm}$), 管板的计算厚度确定如下:

- a) 圆筒直径 $D \leq 600\text{mm}$:
 - 1) 钢制管板的计算厚度按式 (15) 确定:

$$\delta = 8 + \frac{d}{12} \quad \dots\dots\dots (15)$$

2) 铜或铜合金管板计算厚度按式 (16) 确定:

$$\delta = 15 + \frac{d}{6} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

δ ——管板计算厚度, 单位为 mm;

d ——管孔直径, 单位为 mm。

此时管孔中心距及管子连接处的强度应满足 8.1.2.2 和 8.1.2.3 的规定。

b) 圆筒直径 $D > 600\text{mm}$:

1) 采用 GB 151 中相应管板结构形式的计算方法;

2) 采用其他经过验证的计算方法。

8.1.2.2 管端与管板为胀接连接时, 管孔中心距按材料的种类确定如下:

a) 钢制管板的管孔中心距按式 (17) 计算:

$$S = (1 + \frac{4}{\delta_n})d \quad \dots\dots\dots (17)$$

但当管板材料的 $[\sigma] > 100\text{MPa}$, 且管子为光亮退火铜管或具有同等性质的其他软质材料时, 管孔中心距按式 (18) 计算:

$$S = (1 + \frac{2.8}{\delta_n})d \quad \dots\dots\dots (18)$$

b) 铜及铜合金制管板时管孔中心距按式 (19) 计算:

$$S = (1 + \frac{8}{\delta_n})d \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

S ——管孔最小中心距, 单位为 mm;

δ_n ——管板名义厚度, 单位为 mm;

d ——管孔直径, 单位为 mm。

8.1.2.3 管端以胀接或焊接方法与管板连接时的应力计算如下:

a) 管端以胀接方法连接时, 按式 (20) 求得的管子和管板接触面的应力, 应不大于规定的接触面许用应力值。

$$\sigma_t = W / (3.14d_0 \delta_n) \quad \dots\dots\dots (20)$$

式中:

σ_t ——接触面的应力, 单位为 MPa;

d_0 ——管子外径, 单位为 mm;

δ_n ——管板名义厚度, 单位为 mm;

W ——一根管子所支持的载荷 (按图 9 和下式计算), 单位为 N;

$$W = p \times \text{面积}$$

p ——设计压力, 单位为 MPa。

面积为图 9 中 abcdefghijkla 所包容的面积。

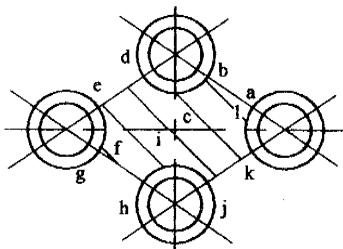


图9 一根管子的支持截面积

接触面的许用应力：钢制管板和钢管时为 2.5MPa；钢制、铜或铜合金制管板与铜或铜合金管时为 1.2MPa。

- b) 管端焊接连接时，按式 (21) 求得的作用于焊接面上的剪切应力，应不大于规定的许用应力值。

$$\sigma_t = W / (3.14 d_0 l) \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中：

σ_t ——接触面的应力，单位为 MPa；

d_0 ——管子外径，单位为 mm；

l ——管子与管板有效焊接高度，单位为 mm；

W ——一根管子所支持的载荷 [按 8.1.2.3 a) 的规定计算]，单位为 N。

作用于焊接面上的许用剪切应力：钢制管板和钢管是管子许用应力的 40%；钢制、铜或铜合金制管板和铜或铜合金管是管子许用应力的 30%。

- c) 按式 (22) 计算的作用于管子上的应力值，应不大于管子的许用应力值。

$$\sigma = 1.1W / A \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中：

σ ——管子应力，单位为 MPa；

A ——管子截面面积，单位为 mm²；

W ——一根管子所支持的载荷 [(按 8.1.2.3 a) 的规定计算]，单位为 N。

8.1.3 受支撑的板和管板无管束部分的计算

8.1.3.1 受支撑的板的计算

8.1.3.1.1 支撑杆和支撑管的支承载荷按如下规定计算：

- a) 规则设置支撑杆的支承载荷：由支撑杆中心连线围成的面积中减去支撑杆所占的面积，再乘以许用压力的值；
- b) 不规则设置支撑杆的支承载荷：方法同 a)；
- c) 支撑管的支承载荷：从一根支撑管所支承的面积中减去该面积中管孔的总面积后的面积差，再乘以许用压力。

8.1.3.1.2 支撑的最小截面面积按如下规定计算：

- a) 支撑最小截面面积按式 (23) 计算：

$$A = 1.1W / [\sigma] \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

A —— 支撑最小截面面积, 单位为 mm^2 ;

W —— 支撑的支承载荷, 对斜支撑应换算成轴向载荷, 单位为 N ;

$[\sigma]$ —— 材料的许用应力, 单位为 MPa 。

b) 支撑用焊接的方法连接时, 焊接接头系数为 0.60。

8.1.3.1.3 支撑杆的连接

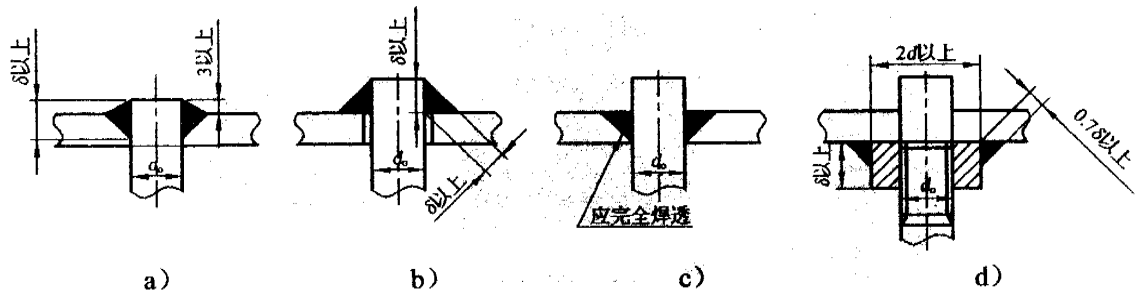
支撑杆采用焊接连接时, 其结构按照图 10 的规定 (支撑管也可采用胀接连接规定)。焊接连接处不做射线检验, 该部分亦不做焊后热处理。

8.1.3.1.4 受支撑的板厚度限制

受支撑的板的实际厚度应大于 8mm , 但支撑杆用焊接方法连接并满足下述规定时, 可不受此限制。

a) 支撑杆采用图 11 的设置形式, 且 $l = (l_1 + l_2) / 2$;

b) 支撑杆的间距应小于 500mm 。



注: δ 为被支撑的板中较薄板的厚度。

图 10 支撑杆的固定结构

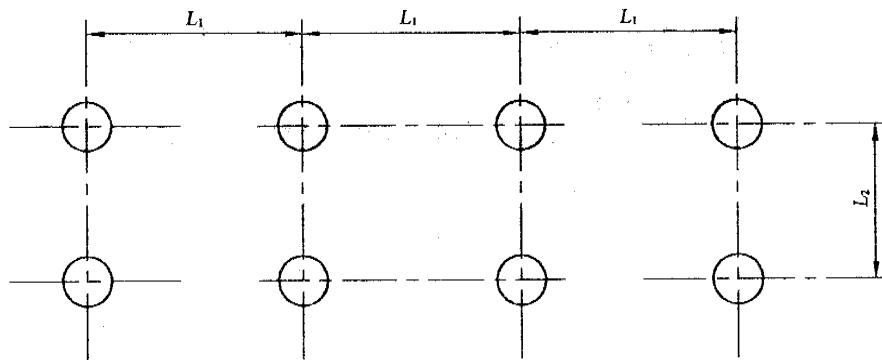


图 11 支撑杆的配置

8.1.3.1.5 有规则设置支撑的平板强度:

a) 平板的计算厚度按式 (24) 计算:

$$\delta = l \times \sqrt{\frac{p}{C[\sigma]}} \quad \dots\dots\dots (24)$$

b) 平板的许用压力校核按式 (25) 计算:

$$[p]=\frac{C[\sigma]^t(\delta_n-C_2)^2}{l^2}$$

..... (25)

- 式中：
- δ —— 平板计算厚度，单位为 mm；
 - δ_n —— 平板名义厚度，单位为 mm；
 - p —— 设计压力，单位为 MPa；
 - $[p]$ —— 许用压力，单位为 MPa；
 - l —— 支撑的间距，取支撑中心水平间距和垂直间距的平均值（见图 11），单位为 mm；
 - $[\sigma]^t$ —— 设计温度下平板材料的许用应力，单位为 MPa；
 - C_2 —— 腐蚀裕量，单位为 mm；
 - C —— 系数，按表 18 选取，由支撑的连接方法确定。

8.1.3.1.6 不规则设置支撑的平板强度

- 平板的计算厚度用式（24）和许用压力用式（25）计算，但式中 l 和系数 C 按下述规定：
- a) 取通过 3 个支撑点的内部没有支撑的最大圆直径为 d ，则支撑的间距 $l=d/\sqrt{2}$ ，见图 12；
 - b) 按最大圆通过的相应支撑点类型，系数 C 取表 19 的平均值。

表 18 C 值

C 值	支撑连接方法
2.1	板厚小于或等于 11mm，支撑插穿板中，其端部用角焊连接
2.2	板厚大于 11mm，支撑插穿板中，其端部用角焊连接
2.5	在板上开坡口，并在支撑端部施以 V 型或 K 型焊接连接
1.9	管子用胀接连接或者支撑端部由螺纹与管座接头等连接
3.2	角板支撑并用 V 型或 K 型焊接连接

表 19 C 值

C 值	支撑点种类
3.2	支撑点在封头圆弧过渡的起点
表 18 的值	其他支撑点类型

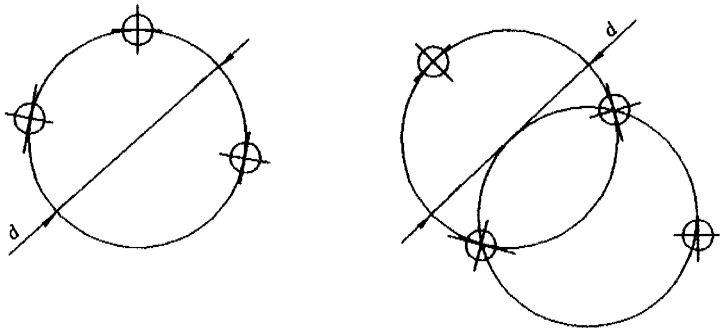


图 12 不规则支撑设置

8.1.3.2 管板的无管束部分的计算

管子或支撑管支撑的管束部分管板以外无管束部分管板的计算按如下规定：

8.1.3.2.1 管板的计算厚度和许用压力按式(24)和式(25)计算。

8.1.3.2.2 式(24)和式(25)中的 l 和 C 值规定如下：

- a) 与筒体内径圆相切，且通过 2 根管子或支撑管子中心的最大圆，或者与筒体内径圆和外侧管列轴线同时相切的最大圆（其内部不包含管子或支撑管）直径为 d 时，取： $l \leq d/\sqrt{2}$ ；
- b) 根据最大圆通过的支撑点类型，按表 20 分别选取 C 值的平均值。

表 20 C 值

支撑点种类	C 值
管列轴线	1.9
管子或支撑管	2.6
筒体内径圆	3.2

8.1.4 无支撑管支撑的 U 型管式换热器的管板计算

无支撑管支撑的换热器及其他类似的平管板的计算厚度，按式(26)取大值：

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta = \frac{1.25}{2} D \times \sqrt{\frac{p}{[\sigma]_w}} \\ [p] = 4[\sigma]_w \left(\frac{\delta_n - C_2}{1.25D} \right)^2 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (26)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta = \frac{p A_D}{[\sigma]_t L_D} \\ [p] = \frac{[\sigma]_t L_D}{A_D} (\delta_n - C_2) \end{array} \right\}$$

式中：

δ ——管板计算厚度，单位为 mm；

δ_n ——管板名义厚度，单位为 mm；

D ——管板外圆周载荷作用处的直径（当管板与筒体为一体时，取筒体计算内径），单位为 mm；

C_2 ——腐蚀裕量，按 8.1.1；

$[p]$ ——许用压力，单位为 MPa；

p ——管板各侧的设计压力，单位为 MPa；

$[\sigma]_w$ ——管板材料的许用弯曲应力，单位为 MPa；碳钢和低合金钢钢板的许用弯曲应力 $[\sigma]_w$ 取设计温度下 $0.5R_e$ 或 $0.5R_{0.2}$ ，或表 4 许用应力中之大值；

$[\sigma]_t$ ——管板材料的许用剪切应力，单位为 MPa；许用剪切应力为 $0.8[\sigma]$ ；

A_D ——将管板最外周管孔中心依次连接所得的多边形面积（见图 13），单位为 mm^2 ；

L_D ——上述多边形周边长与最外周所有管孔直径总和之差，单位为 mm。

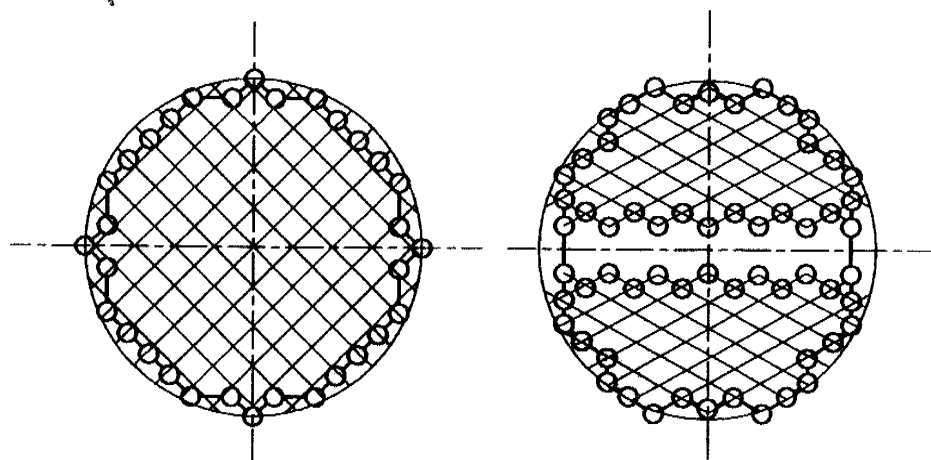


图 13 计算管板的多边形

8.1.5 管板兼作平盖板 [图 14 a) 和图 14 b)] 时, 管板计算厚度按式 (26) 的规定计算。但法兰部分的厚度 δ_f , 按 GB 150 规定的圆形平盖厚度计算公式确定。

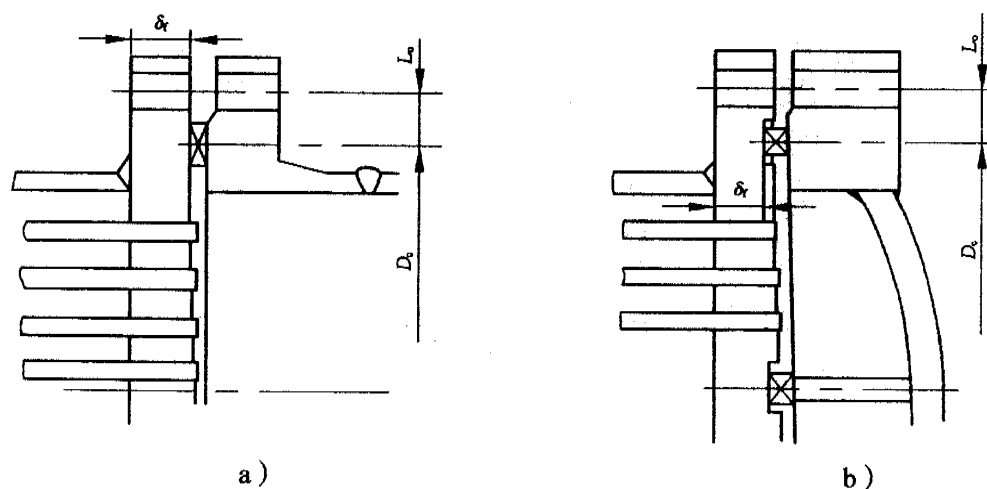


图 14 管板兼作平盖板

8.1.6 管板管孔中心距

8.1.6.1 管子管端与管板为胀接或焊接时, 管孔中心距一般不小于管子外径的 1.25 倍, 常用的中心距见表 21。

表 21 管孔中心距

单位为 mm

换热管外径 d_o	10	12	14	16	19	25	32	38	45	51	57
换热管中心距 S	13~14	16.5	19	21	25	32	40	48	57	64	72

8.1.6.2 采用比表 21 小的管孔中心距时, 应符合如下规定:

- 应按式 (17) 或式 (18) 或式 (19) 进行验算, 管孔中心距应大于上述值;
- 应进行工艺评定, 并证明能可靠、长期运转。

8.1.7 管板管孔:

- a) 钢换热管外形尺寸的允许偏差按 GB/T 8163 的规定, 与管板焊接连接时为普通级, 胀连接时为高级, 管板管孔允许偏差按表 22 选定;
- b) 铜或铜合金换热管外形尺寸的允许偏差按 GB/T 17791 的规定, 管板管孔允许偏差按表 23 选定;
- c) 铝或铝合金换热管外形尺寸的允许偏差按 GB/T 4436 中普通级的规定, 管板管孔允许偏差按表 24 选定。

表 22 钢换热管管板管孔的允许偏差

单位为 mm

换热管	外径 d_0		10	12	14	16	19	25	32	38	45	51	57
管板	管孔直径 d	焊接	10.30	12.30	14.40	16.40	19.40	25.40	32.50	38.50	45.50	51.50	57.70
		胀接	10.20	12.20	14.25	16.25	19.25	25.25	32.35	38.40	45.40	51.40	57.55
	允许偏差	焊接	+0.15 0			+0.20 0			+0.30 0		+0.40 0		
		胀接	+0.15 0						+0.20 0			+0.25 0	

表 23 铜或铜合金换热管管板管孔的允许偏差

单位为 mm

换热管	外径 d_0	6	10	12	14	16	19	25	32
管板	管孔直径 d	6.18	10.18	12.20	14.20	16.20	19.25	25.25	32.27
	允许偏差	+0.05 -0.10							+0.08 -0.15

表 24 铝或铝合金换热管管板管孔的允许偏差

单位为 mm

换热管	外径 d_0	10	12	14	16	18	22	25	30	32
管板	管孔直径 d	10.25	12.25	14.25	16.25	18.25	22.25	25.25	30.25	32.28
	允许偏差	+0.10 0								

8.1.8 管板孔桥:

- a) 换热管为钢管时, 管板孔桥宽度按表 25 选定;
- b) 换热管为铜或铜合金管时, 管板孔桥宽度按表 26 选定。换热管为铝或铝合金管时, 管板允许孔桥宽度 B 可参考表 26 确定;
- c) 采用 8.1.6.2 中规定的管孔小中心距时, 孔桥宽度应符合式 (27) 的规定:

$$B_{\min} \geq B_g - (0.05 \sim 0.10) \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中:

 B_{\min} —— 最小孔桥宽度, 单位为 mm; B_g —— 采用管孔小中心距时的名义孔桥宽度, 单位为 mm。

表 25 管板孔桥宽度 (钢管)

单位为 mm

换热管外径 d_0	孔心距 S	管孔最大直径 d_m	名义孔桥宽度 B_g	允许孔桥宽度 B 应不小于下列值		
				管板厚度 δ_n		
				20	40	60
10	14	10.45	3.55	2.88	2.55	2.12
12	16.5	12.45	4.05	3.56	3.34	2.99
14	18.5	14.55	3.95	3.64	3.53	3.47
16	21	16.60	4.40	4.12	4.01	3.91
19	25	19.60	5.40	4.55	4.47	4.38
25	32	25.60	6.40	5.57	5.51	5.44
32	40	32.80	7.20	6.39	6.34	6.29
38	48	38.80	9.20	8.40	8.35	8.31
45	57	45.90	11.10	10.30	10.27	10.23
51	64	51.90	12.10	11.70	11.68	11.64
57	72	58.10	13.90	13.11	13.08	13.05

表 26 管板孔桥宽度 (铜或铜合金管)

单位为 mm

换热管外径 d_0	孔心距 S	管孔最大直径 d_m	名义孔桥宽度 B_g	允许孔桥宽度 B 应不小于下列值			
				管板厚度 δ_n			
				20	30	40	60
6	8.5	6.23	2.27	2.0	1.9	—	—
	9.0		2.77	2.4	2.3	2.1	2.0
10	13	10.23	2.77	2.4	2.3	2.1	2.0
	14		3.77	3.4	3.2	3.0	2.8
12	15.5	12.25	3.25	3.0	2.8	2.6	2.4
	16		3.75	3.4	3.2	3.0	2.8
14	18	14.25	3.75	3.2	3.0	2.8	2.6
	19		4.75	4.1	3.8	3.5	3.2
16	20	16.25	3.75	3.2	3.0	2.8	2.6
	21		4.75	4.1	3.8	3.5	3.2
19	24	19.30	4.70	4.1	3.8	3.5	3.2
	25		5.70	5.1	4.8	4.5	4.2
	26		6.70	6.0	5.6	5.2	4.8
25	32	25.30	6.70	6.0	5.6	5.2	4.8
	33		7.70	7.0	6.6	6.2	5.8
32	40	32.35	7.65	6.8	6.3	5.8	5.4

8.2 折流板、支承板和挡板

8.2.1 折流板

8.2.1.1 折流板应按等距离布置。管束两端的折流板应尽可能靠近壳程进、出口接管。

8.2.1.2 折流板的最小间距应不小于 1/5 筒体内径或 50mm。折流板一般选用弓形，弓形缺口弦值取 20%~40%筒体内径。

8.2.1.3 折流板最小厚度如下：

- a) 钢板折流板的最小厚度按表 27 选定；
- b) 折流板采用有机材料（例如尼龙等）时，最小厚度可参考表 27 选定。

表 27 折流板最小厚度

单位为 mm

公称直径 DN	换热管无支撑跨距 L					
	≤ 300	$>300\sim 600$	$>600\sim 900$	$>900\sim 1\,200$	$>1\,200\sim 1\,500$	$>1\,500$
≤ 400	3	4	5	8	10	10
$>400\sim 700$	4	5	6	10		
$>700\sim 900$	5	6	8			12
$>900\sim 1\,500$	6	8	10	12	16	
$>1\,500\sim 2\,000$	—	10	12	16	20	

8.2.1.4 折流板管孔和外径尺寸及其允许偏差按下述要求。

8.2.1.4.1 折流板为钢板时，管孔尺寸和允许偏差规定如下：

- a) 钢管时按表 28 选定；
- b) 铜和铜合金管时按表 29 选定；
- c) 铝和铝合金管时按表 30 选定。

表 28 管孔尺寸及允许偏差（钢管）

单位为 mm

换热管外径 d_0	10	12	14	16	19	25	32	38	45	51	57
折流板管孔直径 d	10.50	12.50	14.60	16.60	19.60	25.80	32.80	38.80	45.80	52.00	58.00
允许偏差	+0.30 0		+0.40 0				+0.45 0		+0.50 0		

表 29 管孔尺寸及允许偏差（铜和铜合金管）

单位为 mm

换热管外径 d_0	6	10	12	14	16	19	25	32
折流板管孔直径 d	6.10	10.15	12.15	14.15	16.15	19.15	25.15	32.18
允许偏差	+0.16 0		+0.20 0					+0.24 0

表 30 管孔尺寸及允许偏差（铝和铝合金管）

单位为 mm

换热管外径 d_0	10	12	14	16	18	22	25	30	32
折流板管孔直径 d	10.35	12.35	14.35	16.35	18.35	22.35	25.35	30.35	32.40
允许偏差	+0.20 0								

8.2.1.4.2 折流板为有机材料时,管孔尺寸和允许偏差可选用表 29 和表 30 中的较小值。

8.2.1.5 折流板的外径及允许偏差规定如下。

8.2.1.5.1 折流板为钢板、铜或铜合金板时,外径及允许偏差按表 31 选定:

- a) 用无缝钢管作圆筒时,折流板名义外径为无缝钢管的实际内径减 2mm~4mm;
- b) 对传热影响较小时(例如管程通水的冷凝器和满液式蒸发器),折流板外径的允许偏差可比表 31 中的值大 1 倍。

表 31 折流板外径及允许偏差

单位为 mm

公称直径 DN	≤400	>400~500	>500~900	>900~1300	>1300~1700	>1700~2000
折流板外径 D_0	DN-2.5	DN-3.5	DN-4.5	DN-6.0	DN-8.0	DN-10
折流板外径允许偏差	0 -0.5	0 -0.8	0 -0.8	0 -0.8	0 -1.2	0 -1.2

8.2.1.5.2 折流板为有机材料时,折流板外径可与圆筒公称直径 DN 相等或过盈。

8.2.1.6 折流板的最大间距

按照管子材料,折流板间距应使无支撑管长不超过表 32 的规定。

表 32 最大无支撑直管长度

单位为 mm

管子外径 d_0	6	10	12	16	19	25	32	38	51
碳钢、低合金钢和铜镍合金管	650	900	1100	1300	1500	1850	2200	2500	3100
铝和铝合金及铜和铜合金管	550	750	950	1100	1300	1600	1900	2200	2750

8.2.2 支承板

换热器不设置折流板或支承板的最大无支撑间距按表 32 规定,支承板可选用半圆形或弓形,支承板的最小厚度应不小于 4mm,支承板管孔和外径尺寸及允许偏差按 8.2.1 的规定。

8.2.3 挡板

在换热器进口单相流体流速超过 ρv^2 值 (ρ ——流体密度, kg/m^3 ; v ——流体流速, m/s) 大于 $2230\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$ 时,应设置挡板。

挡板表面到筒体内壁的距离一般为接管外径的 $1/4 \sim 1/3$,挡板直径(圆形)或长、宽(方形)应大于接管外径 50mm,挡板的最小厚度应不小于 4mm。

8.3 换热管和管束

8.3.1 换热管

8.3.1.1 承受内压管子 ($d_0 \leq 57\text{mm}$) 的壁厚按式 (28)、式 (29) 计算:

a) 壁温小于或等于 120°C 时:

$$\delta_t = d_0 p / (2[\sigma]^t) \quad \dots\dots\dots (28)$$

b) 壁温大于 120°C 时:

$$\delta_t = d_0 p / (2[\sigma]^t + p) \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:

δ_t ——管子计算壁厚,单位为 mm;

d_0 ——管子外径,单位为 mm;

p ——设计压力,单位为 MPa;

$[\sigma]^t$ ——设计温度下管子材料许用应力, 单位为 MPa。

8.3.1.2 承受外压管子 ($d_0 \leq 57\text{mm}$) 的壁厚按 5.2 的规定, 这时计算用 L 按图 15 的规定。

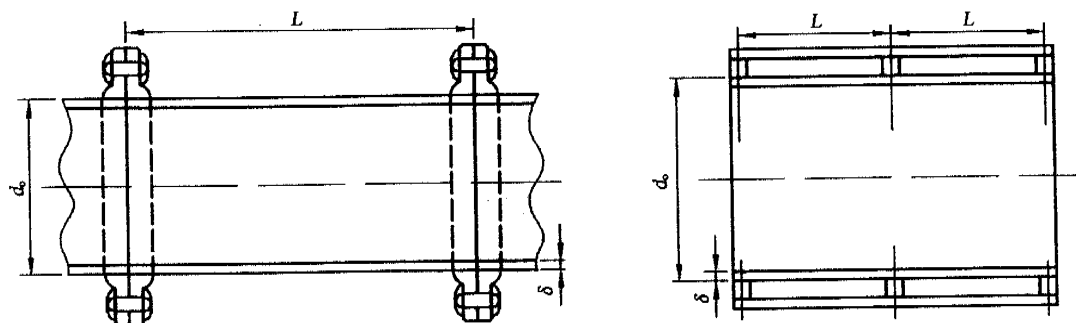


图 15 计算用 L 的规定

当管子同时受内压和外压作用时, 其管子壁厚应按内压、真空分别计算, 取其中较大者。

8.3.1.3 U 型管弯管段弯曲半径 R 应不小于 2 倍的管子外径, 常用换热管的最小弯曲半径 R_{\min} 可按表 33 选定。

表 33 换热管最小弯曲半径

单位为 mm

管子外径 d_0	10	12	14	16	19	25	32	38	45	51	57
最小弯曲半径 R_{\min}	20	24	28	32	40	50	65	75	90	105	115

8.3.1.4 U 型管弯管段弯曲前的最小壁厚按式 (30) 计算:

$$\delta = \delta_i \left(1 + \frac{d_0}{4R} \right) \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中:

δ ——弯曲前管子的最小壁厚, 单位为 mm;

δ_i ——直管段的计算壁厚, 单位为 mm;

d_0 ——管子外径, 单位为 mm;

R ——弯管段的弯曲半径, 单位为 mm。

8.3.1.5 高效换热管应按照 JB/T 10503 和 GB/T 20928 的参数与技术要求的規定。

8.3.1.6 换热管的规格和尺寸以及允许偏差应按照 8.1.7 的规定。

8.3.2 管束

8.3.2.1 管束外层换热管外表面与壳体内表面间的距离, 不应小于换热管外径的 1/4 且不小于 8mm。

8.3.2.2 换热管外表面与邻近挡板表面之间的距离, 最小为 6mm。

8.3.2.3 换热管与管板焊接时, 管端伸出长度 1mm~3mm, 且同一平面上允许偏差应不超过 2mm。管孔端部开 45°焊接坡口, 以保证焊脚高度不小于 1.4 倍管壁厚度。

8.3.2.4 换热管与管板胀接时, 管端伸出长度 1mm~5mm, 管板管孔可开胀接槽。胀接长度为管板名义厚度减去 3mm 与 2 倍换热管外径二者中的较小值。

8.3.2.5 管子与管板连接方法的规定:

a) 管子外径 $d_0 \leq 57\text{mm}$ 的管子与管板一般采用胀接连接;

b) 用于表 1 中 B2、A3 和 B3 组的制冷剂用换热器,管子与管板应采用焊接连接。

8.4 拉杆和定距管

8.4.1 应设置拉杆和定距管或其他能把一系列折流板固定在一起的合适方法,它们的材料与折流板类似。

8.4.2 拉杆的数量和直径见表 34。具有相当金属面积的拉杆数量和直径的其他组合也是允许的,但拉杆应不少于 4 根,拉杆直径应不小于 10mm。

8.5 防短路构件

当需要防止流体沿管束周围或通过管束发生过度短路现象时,除装设折流板外,还应安装适当的构件,它们可以是旁路挡板、挡管、中间挡板等。

表 34 拉杆直径和最少数量

容器公称直径 DN, mm	拉杆直径, mm	拉杆最少数量, 根
≤400	6	4
>400~700	10	6
>700~900	12	6
>900~1 300	12	8
>1 300~1 500	12	10
>1 500~1 800	16	10
>1 800~2 000	16	12

9 制造、检验与验收

9.1 一般规定

9.1.1 容器的制造、检验与验收除应符合本章规定外,还应符合图样要求。

9.1.2 容器的焊接应由持有相应项目的《特种设备作业人员证》的人员担任。

9.1.3 容器的无损检测人员应当按照相关技术规范进行考核取得相应资格证书后,方能承担与资格证书的种类和技术等级相对应的无损检测工作。

9.1.4 容器受压部分的焊接接头分为 A、B、C、D 四类,如图 16 所示。

- 壳体部分的纵向接头、椭圆形和碟形封头的所有拼焊接头,均属 A 类焊接接头;
- 壳体部分的环向接头、长颈法兰与接管连接的接头,均属 B 类焊接接头,但已规定为 C、D 类的焊接接头除外;
- 法兰、平盖、管板与壳体、接管连接的接头,均属 C 类焊接接头;
- 接管、补强圈与壳体连接的接头,均属 D 类焊接接头。

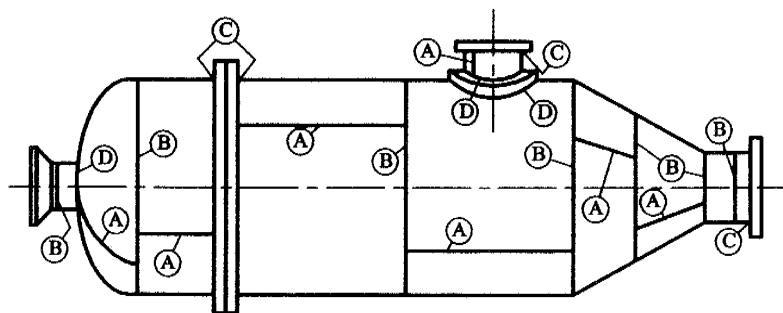


图 16 压力容器焊接接头分类图

9.2 冷热加工成形

9.2.1 根据制造工艺确定加工裕量, 以确保封头、圆筒的成品最小厚度不小于该部件的设计厚度。

制造中应避免材料表面的机械损伤, 对于尖锐的伤痕应予修磨, 修磨范围的斜度至少为 1:3, 修磨后的实际厚度应不小于该部位的设计厚度, 否则应予补焊。

9.2.2 坡口表面要求:

- a) 坡口表面不得有裂纹、夹渣、分层等缺陷;
- b) 施焊前, 应清除坡口及其母材两侧表面 20mm 范围内 (以离坡口边缘的距离计) 的氧化物、油污、熔渣及其他有害杂质。

9.2.3 封头:

- a) 封头各种不相交的拼焊焊缝中心线间距离应不小于 100mm;
- b) 先拼板后成形的封头, 其内表面的拼接焊缝和影响成形质量的外表面的拼接焊缝, 在成形前应打磨至与母材齐平;
- c) 用弦长相当于封头内直径 D_i 的间隙样板, 检查椭圆形、碟形封头内表面的形状公差, 样板与封头内表面间的最大间隙, 外凸不得大于 $1.25\%D_i$, 内凹不得大于 $0.625\%D_i$ 。
样板轮廓曲线线性尺寸的极限偏差, 按 GB/T 1804 中 m 级的规定。检查时应使样板垂直于待测表面, 允许避开焊缝进行测量;
- d) 碟形封头过渡区转角半径不得小于图样的规定值;
- e) 封头直边部分不允许存在纵向皱折;
- f) 封头的其他形状、尺寸公差应符合 GB/T 25198 的有关规定。

9.2.4 圆筒与壳体

9.2.4.1 A、B 类焊接接头的对口错边量 b (见图 17) 应符合表 35 的规定。



图 17 圆筒与筒体的对口错边量

表 35 对口错边量

单位为 mm

对口处的名义厚度 δ_n	A 类接头对口错边量 b	B 类接头对口错边量 b
≤ 12	$\leq \delta_n / 4$	$\leq \delta_n / 4$
$> 12 \sim 40$	≤ 3	$\leq \delta_n / 4$ 且不大于 5mm

9.2.4.2 在焊接接头环向形成的棱角 E , 用弦长等于 $1/6D_i$, 且不小于 150mm 的内样板或外样板检查 [(见图 18 a)], 其 E 值应不大于 $(2 + \delta_n / 10)$ mm, 且不大于 5mm;

在焊接接头轴向形成的棱度 E [(见图 18 b)], 用长度不小于 300mm 的直尺检查, 其 E 值应不大于 $(2 + \delta_n / 10)$ mm, 且不大于 5mm。

9.2.4.3 对两侧母材厚度不等的 B 类焊接接头, 若薄板厚度不大于 10mm, 两板厚度差超过 3mm;

或薄板厚度大于 10mm, 两板厚度差大于薄板厚度的 30% 或超过 5mm 时, 均应按图 19 的要求单面削薄厚板边缘。

当两板厚度差小于上述数值时, 则对口错边量 b 按 9.2.4.1 的要求, 且对口错边量 b 以较薄板厚度为基准确定。在测量对口错边量 b 时, 不应计入两板厚度的差值。

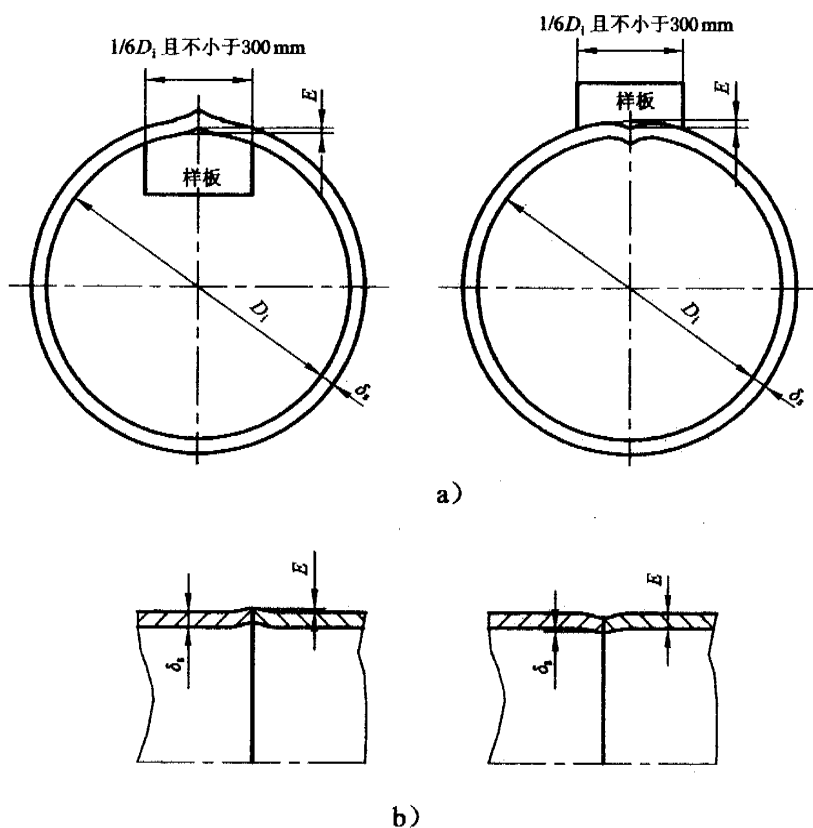


图 18 环向与轴向的棱角 E

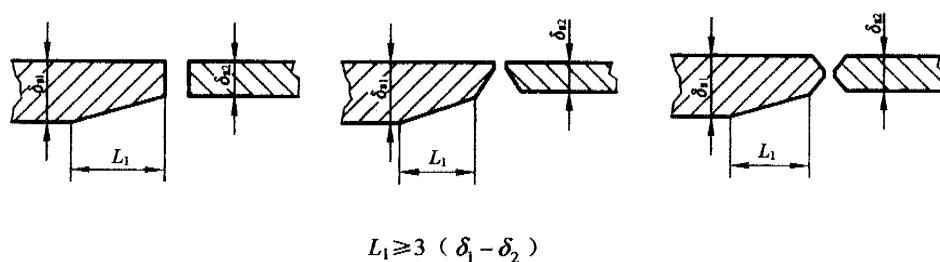
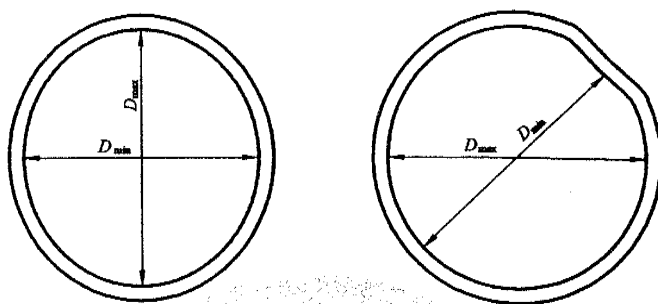


图 19 不等厚对接

9.2.4.4 容器的圆度

容器组装完成后, 按如下要求检查壳体的圆度:

- 对承受内压的容器, 壳体同一断面最大内径与最小内径之差 e 应不大于该断面内径 D_i 的 1%, 且不大于 8mm (见图 20);
- 对真空容器, 壳体同一断面最大内径与最小内径之差 e 应不大于该断面内径 D_i 的 0.5%, 且不大于 8mm (见图 20)。

图 20 圆度偏差 e

9.2.4.5 换热器圆筒形状与尺寸公差:

- a) 用板材卷制圆筒时, 内直径公差可通过外圆周长公差加以控制, 其外圆周长正公差为 10mm, 负公差为 0;
- b) 用无缝钢管制作圆筒时, 其尺寸公差应符合 GB/T 8163 的有关规定;
- c) 圆筒同一断面上, 最大与最小直径之差 $e \leq 0.5\%DN$ (DN 为圆筒的公称直径), 且当 $DN \leq 1200\text{mm}$ 时, 其值不大于 5mm; $DN > 1200\text{mm}$ 时, 其值不大于 7mm;
- d) 圆筒直线度公差不大于 $L/1000\text{mm}$ (L 为圆筒总长, mm), 且不大于 4.5mm。
圆筒直线度检查, 应通过中心线的水平和垂直面, 即沿圆周 0° 、 90° 、 180° 、 270° 4 个部位测量。

9.2.5 换热管:

- a) 换热管 (盘管、U 型管除外) 不允许拼接。换热管内、外表面应保持洁净、无油污、锈斑与杂质;
- b) 换热管管端外表面应除锈。用于焊接时, 管端除锈长度应不小于管外径, 且不小于 25mm; 用于胀接时, 管端应呈现金属光泽, 其长度应不小于 2 倍的管板厚度;
- c) U 型管管段的圆度偏差应不大于管子名义外径的 10%; 但弯曲半径小于 2.5 倍管子名义外径的 U 型管弯管段可按 15% 验收。

9.2.6 管板

9.2.6.1 管板不允许拼接。管孔直径及允许偏差按 8.1.7 选用。钻孔后应抽查不小于 60° 管板中心角区域内的管孔, 在这一区域内上偏差比下列规定数值大的管孔数不得超过管孔总数的 4%:

- a) 表 22 焊接时为 0.15mm, 胀接时为 0.10mm;
- b) 表 23 和表 24 为 0.05mm。

9.2.6.2 终钻 (出钻) 一侧管板表面, 相邻两管孔之间的孔桥宽度 B , 应按 8.1.8 的规定选取。

9.2.6.3 管孔表面粗糙度按如下规定:

- a) 当换热管与管板焊接连接时, 管孔表面粗糙度 R_a 值应不大于 $25\mu\text{m}$;
- b) 当换热管与管板胀接连接时, 管孔表面粗糙度 R_a 值应不大于 $6.3\mu\text{m}$ 。

9.2.6.4 胀接连接时, 管孔表面不应有影响胀接紧密性的缺陷, 如贯通的纵向或螺旋状刻痕等。

9.2.7 折流板、支持板:

- a) 折流板、支持板的管孔直径及其允许偏差按 8.2 选用, 超过 0.10mm 的管孔数应不超过管孔总数的 4%;

- b) 折流板、支持板外圆和管孔表面粗糙度 R_a 应不大于 $25\mu\text{m}$, 外圆面两侧的尖角应倒钝;
- c) 用于铜和铜合金以及铝和铝合金管子的折流板、支持板管孔两侧面的尖角应倒圆;
- d) 应除去折流板、支持板上的毛刺。

9.2.8 管束的组装:

- a) 拉杆上的螺母应拧紧, 以免在装入或抽出管束时因折流板窜动而损伤换热管;
- b) 穿管时不应敲打, 换热管表面应无凹痕或划伤。

9.2.9 法兰和平盖:

- a) 管路法兰和设备法兰按相应标准要求加工;
- b) 螺栓、螺柱孔或通孔的中心圆直径以及相邻两孔弦长公差为 $\pm 0.6\text{mm}$; 任意两孔弦长允差按表 36 的规定。

表 36 任意两孔弦长允差

单位为 mm

公称直径 DN	≤ 600	$>600 \sim 1200$	>1200
允许偏差	± 1.0	± 1.5	± 2.0

9.2.10 直径不大于 M36 的螺柱、螺栓和螺母, 应分别符合 GB/T 3098.1 和 GB/T 3098.2 的规定。

9.2.11 换热器零、部件机械加工表面未注公差的线性尺寸的极限偏差按 GB/T 1804 中 f 级的规定; 其他容器机械加工表面与非机械加工表面未注公差的线性尺寸的极限偏差, 分别按 GB/T 1804 中 m 级与 c 级的规定。

9.2.12 组装

9.2.12.1 组装时, 相邻筒节 A 类接头焊缝中心线间外圆弧长以及封头 A 类接头焊缝中心线与相邻筒节 A 类接头焊缝中心线间外圆弧长, 应不小于 100mm。

9.2.12.2 法兰面应垂直于接管或圆筒的主轴线, 安装接管法兰时应保证法兰面的水平或垂直, 其偏差应不大于法兰外径的 1% (法兰外径小于 100mm 时, 按 100mm 计), 且不大于 3mm。

法兰的螺栓通孔宜与壳体的主轴线或铅垂线跨中均布 (见图 21)。

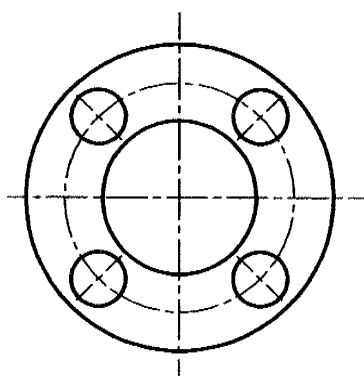


图 21 法兰安装要求

9.2.12.3 内件和壳体焊接的焊缝宜尽量避开筒节间相焊及圆筒与封头相焊的焊缝。

9.2.12.4 凡被支座、垫板、补强圈等覆盖的焊缝, 均打磨至与母材齐平。

9.2.12.5 管壳式换热器组装时, 还应满足下列要求:

- a) 壳体内表面凡妨碍管束顺利装入或抽出的焊缝均应打磨至与母材齐平;
- b) 在壳体上设置接管或其他附件导致壳体变形影响管束顺利安装时, 应采取防止变形或预变形措施。

9.3 焊接

9.3.1 焊前准备及施焊环境

9.3.1.1 焊条、焊剂及其他焊接材料应分别符合 GB/T 5117、GB/T 5118、GB/T 14957 和 GB/T 5293 的规定, 并选用与母材相匹配的焊接材料, 以及不同钢号间相焊的焊接材料。

焊接材料应有质量证明书, 无质量证明书时, 应对焊接材料进行复验。

9.3.1.2 焊接材料的管理、焊前准备工作宜按 NB/T 47015 的规定。

9.3.1.3 坡口型式应按照 GB/T 985.1 和 GB/T 985.2 的规定。

9.3.1.4 容器的施焊应在室内进行。

9.3.1.5 当环境温度低于 0℃ 时, 应在始焊处 100mm 范围内预热到 15℃ 左右。

9.3.2 焊接工艺

9.3.2.1 容器施焊前, 受压元件焊缝、与受压元件相焊的焊缝、熔入永久焊缝内的定位焊缝、受压元件母材表面堆焊与补焊, 以及上述焊缝的返修焊缝都应按 NB/T 47014 进行焊接工艺评定或者具有经过评定合格的焊接工艺规程支持。

容器的焊接工艺评定应按 NB/T 47014 的规定进行。

9.3.2.2 容器的焊接工艺规程应按图样要求和评定合格的焊接工艺制定。

9.3.2.3 焊接工艺评定技术档案应当保存至该工艺评定失效为止, 焊接工艺评定试样保存期不少于 5 年。

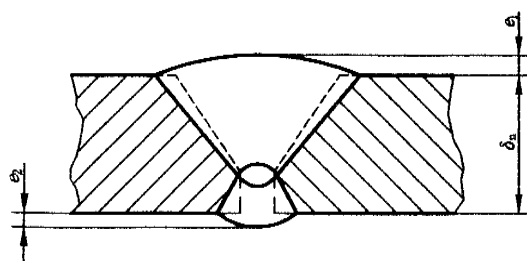
9.3.3 焊缝表面的形状尺寸和外观要求

9.3.3.1 A、B 类接头焊缝的余高 e_1 、 e_2 按表 37 和图 22 的规定。当表中百分数计算值小于 1.5 时按 1.5 计。

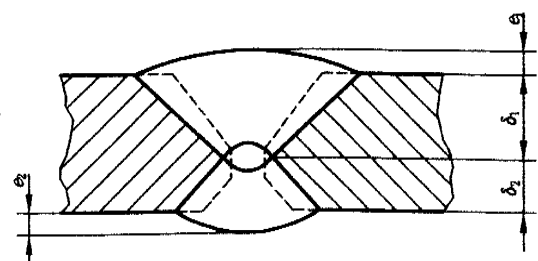
表 37 焊缝的余高

单位为 mm

单面坡口		双面坡口	
e_1	e_2	e_1	e_2
0~15% δ_n , 且 ≤ 4	0~1.5	0~15% δ_1 , 且 ≤ 4	0~15% δ_2 , 且 ≤ 4



a) 单面坡口



b) 双面坡口

图 22 焊缝余高

9.3.3.2 C、D类接头的焊脚，取接头中母材较薄者的厚度。当补强圈的厚度不小于8mm时，其焊脚等于补强圈厚度的70%，且不小于8mm。

C、D类接头焊缝与母材呈圆滑过渡。

9.3.3.3 焊缝表面不应有裂纹、未熔合、气孔、弧坑和夹渣等缺陷。

9.3.3.4 焊接接头系数取为1的容器（无缝钢管制容器除外），其焊缝表面不得有咬边；其他容器焊缝表面的咬边深度应不大于0.5mm，咬边连续长度应不大于100mm，焊缝两侧咬边的总长应不超过该焊缝长度的10%。

9.3.4 焊缝返修

9.3.4.1 当焊缝需要返修时，其返修工艺应符合9.3.2的规定。

9.3.4.2 焊缝同一部位的返修次数不宜超过2次，如超过2次，返修前应经制造单位技术总负责人批准。返修次数、部位和返修情况应记入容器的质量证明书。

9.3.5 应在规定部位标明焊工的识别标志。焊工识别标志的表达方法由制造单位确定。

9.4 热处理

9.4.1 符合下列条件之一的容器，应进行焊后热处理：

- a) Q345R制氮贮存容器；
- b) 采用表1中A3和B3组制冷剂的钢制压力容器。

9.4.2 焊后热处理应采用在炉内加热的方法。

9.4.3 焊后热处理操作宜按NB/T 47015的有关规定执行。

9.4.4 冷成形的椭圆形、碟形封头应进行热处理。

9.5 试件与试样

9.5.1 制备产品焊接试件的条件

凡符合下列条件之一者的圆筒A类焊接接头，应按每台容器制备产品焊接试件。

9.5.1.1 图样注明盛装表1中B3组制冷剂的容器。

9.5.1.2 图样注明盛装表1中A3组制冷剂的第Ⅱ类和第Ⅲ类容器。

9.5.1.3 设计图样要求制备产品焊接试件的容器。

9.5.2 制备产品焊接试件与试样要求

9.5.2.1 产品焊接试件应当在筒节纵向焊缝的延长部位与筒节同时施焊。

9.5.2.2 试件的原材料应是合格的，且与容器用材具有相同标准、相同牌号、相同规格和相同热处理状态。

9.5.2.3 试件应由施焊容器的焊工，采用与施焊容器相同的条件与焊接工艺施焊。有热处理要求的容器，试件应随容器进行热处理。

9.5.2.4 试件的尺寸和试样的截取按NB/T 47016的规定。

9.5.3 试样检验与评定

9.5.3.1 试样的检验与评定按NB/T 47016和设计图样要求进行。

9.5.3.2 当试样评定结果不能满足要求时，允许按NB/T 47016的要求进行复验，如复验结果仍达不到要求时，则该试件所代表的产品被判为不合格。

9.6 无损检测

9.6.1 容器的焊接接头，经形状尺寸和外观检查合格后，再进行本规定的无损检测。

9.6.2 射线和超声的检测范围。

9.6.2.1 凡符合下列条件之一的容器,需采用图样规定的方法,对其A类和B类焊接接头进行100%射线或超声检测:

- a) 第Ⅲ类容器;
- b) 第Ⅱ类容器中储存A3和B3组制冷剂的容器;
- c) 焊接接头系数选为1.0的容器(无缝钢管制容器壳体除外);
- d) 进行气压试验或者气液组合压力试验的容器。

9.6.2.2 对公称直径 $DN \leq 600\text{mm}$ 的圆筒与封头的最后一道环向封闭焊缝,当采用不带垫板的单面焊对接接头,且无法进行射线或超声检测时,允许不进行检测,但需采用气体保护焊打底。

9.6.2.3 除9.6.2.1及9.6.2.2规定以外的容器,允许对其A类和B类焊接接头,采用图样规定的方法进行局部射线或超声检测。检测长度不得少于各条焊接接头长度的20%,且不小于250mm。焊缝交叉部位及以下部位应全部检测,其检测长度可计入局部检测长度之内:

- a) 先拼板后成形椭圆形与碟形封头上的所有拼接头;
- b) 凡被补强圈、支座、垫板、内件等所覆盖的焊接接头;
- c) 至开孔中心、沿容器表面的最短长度等于开孔直径的范围内的焊接接头;
- d) 公称直径不小于250mm的接管与长颈法兰、接管与接管对接连接的焊接接头。

注:9.6.2.1和9.6.2.3中,公称直径小于250mm的接管与长颈法兰、接管与接管对接连接的焊接接头,可不进行射线或超声检测。

9.6.3 凡符合下列条件之一的焊接接头,需按图样规定的方法,对其表面进行磁粉或渗透检测:

- a) 凡属9.6.2.1容器上公称直径小于250mm的接管与长颈法兰、接管与接管对接连接的焊接接头;
- b) 图样要求检测的部位。

9.6.4 按JB/T 4730.2~4730.5对焊接接头进行射线、超声、磁粉和渗透检测,其合格指标如下:

- a) 射线检测:
 - 1) 若容器符合9.6.2.1的规定,不低于Ⅱ级为合格;
 - 2) 若容器符合9.6.2.3的规定,不低于Ⅲ级为合格;
 - 3) 射线检测技术等级不低于AB级。
- b) 超声检测:
 - 1) 若容器符合9.6.2.1的规定,不低于Ⅰ级为合格;
 - 2) 若容器符合9.6.2.3的规定,不低于Ⅱ级为合格;
 - 3) 超声检测技术等级规定为B级。
- c) 磁粉和渗透检测,Ⅰ级为合格。

9.6.5 重复检测应符合以下规定:

- a) 经射线或超声检测的焊接接头,如有不允许的缺陷,应在缺陷清除干净后进行补焊,并对该部分采用原检测方法重新检查,直至合格。
进行局部射线或超声检测的焊接接头,发现有不允许的缺陷时,应在该缺陷两端的延伸部位增加检查长度,增加的长度为该焊接接头长度的10%,且不小于250mm。若仍有不允许的缺陷时,则对该焊接接头做100%检测;
- b) 磁粉与渗透发现的不允许缺陷,应进行修磨及必要的焊补,并对该部位采用原检测方法重新检测,直至合格。

9.7 耐压试验和泄漏试验

9.7.1 制造完工的容器应按图样规定进行耐压试验(液压试验、气压试验或气液组合压力试验)和泄漏试验。

9.7.2 压力试验应用2个量程相同并经校正且在有效期内的压力表。压力表的量程在试验压力的2倍左右为宜,且不应低于1.5倍或高于3倍的试验压力。

9.7.3 容器的开孔补强圈应在压力试验前通入0.4MPa~0.5MPa的压缩空气,检查焊接接头质量。

9.7.4 液压试验规定如下:

- a) 试验液体一般为洁净的水;
- b) 试验压力按3.10的规定;
- c) 容器液压试验时的介质温度应不低于5℃;
- d) 试验方法:
 - 试验时容器顶部应设排气口,充水时应将容器内的空气排尽。试验过程中容器观察表面应保持干燥;
 - 试验时压力应缓慢上升,达到规定试验压力后,保压时间一般不少于10min。然后降至设计压力,并保持足够长的时间对所有焊接接头和连接部位进行检查,以无渗漏和异常变形为合格;
 - 液压试验完毕后,应将水排净,并用压缩空气将内部吹干。
- e) 液压试验的合格标准:试验过程中,容器无渗漏、无可见的变形和异常声响。

9.7.5 气压试验和气液组合压力试验规定如下:

- a) 试验用气体应为干燥、洁净的空气、氮气或惰性气体,严禁使用氧气和其他可燃性气体;试验用液体与液压试验的规定相同;
- b) 气压试验和气液组合压力试验应有安全措施,安全措施应经单位技术总负责人批准,并由本单位安全部门监督检查;
- c) 试验压力和强度校核按3.10的规定;
- d) 容器试验时介质温度应不低于15℃;
- e) 试验方法:试验时压力应缓慢上升,至规定的试验压力的10%,且不超过0.05MPa时,保压5min,然后对所有焊接接头和连接部位进行初次泄漏检查,如有泄漏,修补后重新试验。初次泄漏检查合格后,再继续缓慢升压至规定试验压力的50%,然后再按每级为规定试验压力的10%的级差逐级增至规定的试验压力。保压10min后将压力降至设计压力,并保持足够长的时间后再次进行检查;
- f) 气压试验和气液组合压力试验的合格标准:对于气压试验,容器无异常声响,经肥皂液或其他检漏液检查无漏气,无可见的变形;对于气液组合压力试验,应保持容器外壁干燥,经检查无液体泄漏后,再以肥皂液或其他检漏液检查无漏气,无异常声响,无可见的变形。

9.7.6 泄漏试验规定如下:

- a) 容器经液压试验合格后方可进行泄漏试验;
- b) 容器试验时的介质温度应不低于5℃,若用制冷剂气体检测时,环境温度应在25℃±10℃范围内;
- c) 泄漏试验用气体应符合9.7.5 a)的规定,或用含有R22等制冷剂(分压不小于10%)的混合气体和灵敏度为 $1 \times 10^{-5} \text{MPa} \cdot \text{cm}^3/\text{s}$ 的制冷剂检漏仪进行;或者也可采用氮气检漏仪进行;

- d) 试验压力按图样规定;
- e) 试验方法: 试验时压力应缓慢上升, 达到规定的试验压力后保压 10min, 对所有焊接接头和连接部位进行检查, 以无泄漏和异常现象为合格, 小型容器可浸入水中检查;
- f) 制造单位在进行产品泄漏试验时, 可不带安全附件, 但应保证安全附件符合要求。在制冷系统安装调试前的泄漏试验时, 还应按设计要求检查安全附件连接部位的密封性能。

9.7.7 真空试验:

- a) 容器经泄漏试验合格后才可进行真空试验;
- b) 试验压力按图样规定或按 3.12 的规定;
- c) 试验方法如下:
 - 1) 试验应使用有足够容量的真空泵及其配套件, 当达到规定的试验压力后, 将容器各部分处于密封状态, 并放置 4h 以上;
 - 2) 试验时容器各部分应无异常变形, 且压力上升值在 0.68kPa 以下为合格。此时, 若放置前、后的温度发生变化, 应按式 (31) 修正放置后的测定值。

$$p_0 = \frac{273}{273+t} \times p \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中:

- p_0 ——修正后的压力 (绝对压力), 单位为 kPa;
- t ——测定时容器内的温度, 单位为 ℃;
- p ——测定时容器内的压力 (绝对压力), 单位为 kPa。

9.8 安全附件

安全附件应按附录 B 的有关规定选用。

9.9 出厂文件与铭牌

按《固定式压力容器安全技术监察规程》的规定。

附 录 A
(规范性附录)
材料的补充规定

A.1 焊接钢管的技术要求和使用规定

A.1.1 焊接钢管的技术要求

A.1.1.1 钢管的牌号和化学成分

钢管由 10A 和 20A 牌号的钢制造,其化学成分(熔炼分析)应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 化学成分

钢 号	化学成分, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
10A	0.07 ~ 0.13	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	≤0.030	≤0.025	≤0.15	≤0.30	≤0.25
20A	0.17 ~ 0.22	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	≤0.030	≤0.025	≤0.25	≤0.30	≤0.25

注:供方如能保证,残余元素 Cr、Ni、Cu 可不做分析。

A.1.1.2 制造方法

钢管以高级优质碳素结构钢热轧钢带为原料,经高频焊接去除焊缝处内外余高,加热——张力减径工艺,或高频焊接去除焊缝处内外余高,冷拔——退火工艺制造。

A.1.1.3 交货状态

焊接钢管以热轧或退火状态交货。

A.1.1.4 外径和壁厚允许偏差

钢管外径和壁厚允许偏差应符合 GB/T 8163 对冷拔管的有关规定。订货合同中未注明时,钢管外径和壁厚允许偏差按普通级供货。

A.1.1.5 钢管的力学性能

每批在两根钢管上各取 1 个试样进行拉伸试验,钢管的纵向力学性能应符合表 A.2 的规定。

表 A.2 力学性能

钢 号	R_m , MPa	R_e , MPa	A , %
10A	335 ~ 475	≥205	≥28
20A	410 ~ 550	≥245	≥24

A.1.1.6 钢管的工艺性能

A.1.1.6.1 压扁试验:

每批在两根钢管上各取 1 个试样进行压扁试验,试验时焊缝应位于受力方向 90° 的位置。试验应符合 GB/T 246 的规定。

其平板间距 H (mm) 值按式 (A.1) 计算:

$$H = \frac{(1+\alpha)S}{\alpha + S/D} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

S —— 钢管公称壁厚, 单位为 mm;

D —— 钢管公称外径, 单位为 mm;

α —— 单位长度变形系数, 10A 为 0.09, 20A 为 0.08。

压扁试验后, 试样应无裂缝或裂口。

A.1.1.6.2 展平试验

每批在 2 根钢管上各取 1 个试样进行展平试验, 从管端截取 100mm 钢管试样, 试验时在试样焊缝相对的一面沿钢管管轴方向切开, 展成平板, 焊缝处不得出现裂纹。

A.1.1.6.3 扩口试验

每批在 2 根钢管上各取 1 个试样进行扩口试验, 试验应符合 GB/T 8163 的有关规定, 顶心锥度为 60°。

A.1.1.7 无损检测

钢管应逐根进行涡流检测, 试验方法及合格标准按 JB/T 4730.6 的规定。

A.1.1.8 表面质量

A.1.1.8.1 钢管的内外表面不得有裂纹、折叠、轧折、离层和结疤。这些缺陷必须清除, 其清除处的实际壁厚不得小于壁厚所允许的最小值。深度不超过壁厚负偏差的其他缺陷允许存在。

A.1.1.8.2 钢管焊缝处的外表面余高应清除, 去除焊缝内表面余高引起的直道允许深度不大于 0.15 mm。钢管焊缝内表面余高高度应不大于 0.15 mm。

A.1.1.8.3 钢管不允许有环向焊缝。

注: 本技术条件未注明事项, 均按 GB/T 8163 的规定。

A.1.2 焊接钢管的使用规定

A.1.2.1 使用温度 $-19^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 。

A.1.2.2 设计压力不大于 4.0MPa。

A.1.2.3 不适用于表 1 中 A3 和 B3 组制冷剂。

A.1.2.4 钢管外径 $\phi 19\text{mm} \sim \phi 57\text{mm}$ 。

A.1.2.5 10A 和 20A 焊接钢管的许用应力分别按表 8 中 10 和 20 钢的许用应力乘以 0.85 的系数。

A.2 灰铸铁和球墨铸铁材料的使用规定

A.2.1 GB/T 9439 中规定的 HT200、HT250、HT300 和 HT350 规定的材料仅可用于设计压力不大于 0.8MPa、设计温度为 $10^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$ 且储存表 1 中 A1 和 B1、A2 和 B2 组制冷剂的水室, 其受压元件的许用应力为设计温度下抗拉强度除以安全系数 10.0。

A.2.2 GB/T 1348 中规定的 QT400-18R、QT400-18L 材料仅可用于设计压力不大于 1.6MPa, 且储存表 1 中 A1 组制冷剂的低压部分设备, QT400-18R 的设计温度为 $0^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$, QT400-18L 的设计温度为 $-10^{\circ}\text{C} \sim 200^{\circ}\text{C}$, 其受压元件的许用应力为设计温度下抗拉强度除以安全系数 8.0。

A.3 钢材代用规定

A.3.1 钢材代用按照 GB 150 的有关规定。

A.3.2 碳素钢

NB/T 47012—2010 (JB/T 4750)

A. 3. 2. 1 Q215B 钢板允许使用, 其适用范围、要求按 Q235B 钢板的相应规定。

A. 3. 2. 2 GB/T 711 中的 10、15 和 20 钢板允许使用, 其适用范围、要求按 Q235B 钢板的相应规定。

A. 3. 2. 3 GB 712 中的 B 级钢板可代用 Q235B 和 Q235C 钢板, 但适用范围、要求应分别符合本文件对 Q235B、Q235C 钢板的规定。

A. 3. 3 碳素钢钢管

GB 3087 中的 10 和 20 钢管可代用 GB/T 8163 中相应钢号的钢管。

附录 B

(规范性附录)

安全附件

B.1 一般规定

B.1.1 本标准范围内的容器，应按本附录的要求选用安全附件。

B.1.2 安全附件指安装于容器上的超压泄放装置、高压切断装置、液位计及压力表等。

B.1.3 超压泄放装置(简称泄放装置):包括安全阀、爆破片、易熔塞和安全阀与爆破片组合装置。

B.2 定义

下列定义适用于本附录。

B.2.1 最高允许工作压力

系指在设计温度下，容器顶部所允许承受的最大表压力。该压力是根据容器壳体的有效厚度计算所得，且取最小值。

B.2.2 动作压力

系指安全阀的开启压力或爆破片的爆破压力。

B.2.3 标定爆破压力

系指在爆破片的铭牌上标志的爆破压力。

B.3 安全附件的选用

B.3.1 制冷装置用压力容器所配备的泄放装置规定如下：

- a) 用于表 1 中 B1、A2、B2、A3 和 B3 组制冷剂容器的泄放装置不应采用爆破片或易熔塞；
- b) 管壳式冷凝器应配置安全阀，但容积在 500L 以下的可用易熔塞代替；
- c) 低压侧容器，当该容器带有截止阀而有可能被封闭住时，应安装安全阀或爆破片；
- d) 离心式制冷机组中的管壳式蒸发器应安装安全阀或爆破片，但容积小于 500L 的可用易熔塞代替；
- e) 离心式制冷机组的冷凝器内不存留液体制冷剂，且蒸发器上装有安全阀或爆破片时，该冷凝器可以不装设泄放装置。

B.3.2 满足下列条件的容器可视为一个容器系统，只在最危险位置安装安全阀或爆破片：

- a) 容器间有连接管而无截止阀；
- b) 容器间连接管的内径大于由式 (B.1) 及 B.4.1 和 B.4.2 规定计算的安全阀或爆破片的口径。

B.4 安全阀及爆破片的口径

B.4.1 配备在容器上的安全阀及爆破片的口径应大于或等于式 (B.1) 的计算值。

$$d = C_1 \times \sqrt{D_o L} \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

d ——全启式安全阀或爆破片的最小口径，单位为 mm；若选微启式安全阀，其最小口径应按

全启式安全阀相等泄放面积作相应增加；

D_o ——容器外径，单位为 m；

L ——容器长度，单位为 m；

C_1 ——常数，按表 B.1 规定取值。

B.4.2 两个以上容器连通时，共用安全阀口径是将各自容器的 $D_o L$ 值的和代入式 (B.1) 进行计算。

B.4.3 除表 B.1 以外，使用其他制冷剂时， C_1 按式 (B.2) 计算：

$$C_1 = 35\sqrt{1/p} \quad \text{..... (B.2)}$$

式中：

p ——设计压力，单位为 MPa。

表 B.1 常数 C_1 值

制冷剂编号	B718 (水) R11 R113	R114	R21	RC318	R600	R600a	R124	R12 R500	R717 R22 R502 R290	R13	R32	R125
高压侧	26	19	16	15	11	11	10.6	9	8	5	5.1	(9.0)
低压侧			20	18	17	15	13.2	11	11		5.6	8.3
制冷剂编号	R134a	R143a	R401A	R401B	R404A	R407A	R407B	R407C	R410A	R410B	R507A	R509A
高压侧	7.9	7.2	7.4	7.2	(8.2)	6.5	(7.6)	6.4	(6.7)	(7.1)	(8.5)	8.1
低压侧	9.4	7.7	8.7	8.5	7.9	7.3	7.6	7.2	6.3	6.6	7.9	8.6

注：括号内数值为暂定值。

B.5 易熔塞的口径

易熔塞的口径应大于容器上安全阀或爆破片最小口径的 1/2。

B.6 安全阀或高压切断装置的动作压力

B.6.1 安全阀的型式通常采用直接载荷弹簧式安全阀。若采用非直接载荷式安全阀，则应做到即使副阀失灵时，主阀仍能在规定的开启压力下自行开启并排出其额定泄放量。

B.6.2 安全阀的动作压力应低于容器的设计压力，但应略高于容器的工作压力（1.05 倍~1.1 倍）。当容器的设计压力等于工作压力时，安全阀的动作压力应不超过设计压力的 1.04 倍。

B.6.3 高压切断装置的动作压力应不小于安装在容器高压部分的安全阀的动作压力。

B.7 安全阀的安装与选用

B.7.1 容器与安全阀之间连接管的管件通孔，其截面面积应不小于安全阀的进口面积。

B.7.2 安全阀的动作压力调定后应加铅封。

B.7.3 安全阀的设计、制造和检验应符合有关标准的规定，使用单位应选用有制造许可证单位生产的产品。

B.8 易熔塞

B.8.1 易熔塞的熔融温度一般应低于 75℃（用于低压侧的除外）。

B.8.2 低压侧用的易熔塞熔融温度应低于安装易熔塞容器的液压试验压力相对应的饱和温度。

B.8.3 易熔塞的安装位置应能正确地感受到容器内制冷剂的温度。

B.9 爆破片

B.9.1 每一爆破片应有在指定温度下的标定爆破压力。当容器只装设爆破片时，其标定爆破压力不应超过容器的设计压力。

B.9.2 在容器上同时安装有爆破片和安全阀时，爆破片的标定爆破压力应略高于安全阀的动作压力，但不得超过容器设计压力的 1.04 倍。

B.9.3 爆破片标定爆破压力的允许偏差范围按表 B.2 的规定，或按设计要求。

表 B.2 标定爆破压力的允许偏差

爆破片型式	标定爆破压力, MPa	允许偏差
正拱型	<0.2	$\pm 0.01\text{MPa}$
	≥ 0.2	$\pm 5\%$
反拱型	<0.3	$\pm 0.015\text{MPa}$
	≥ 0.3	$\pm 5\%$

B.9.4 爆破片的结构型式可分为平板型、普通正拱型、开缝正拱型和反拱型，可根据情况选用。

B.9.5 爆破片材料应根据制冷剂种类，容器结构及性能的不同选择使用。

B.9.6 爆破片与容器的连接应为直管，管子通道截面面积应不小于膜片的排放面积。

B.9.7 爆破片夹持器用材料应符合第 4 章的规定。

B.9.8 爆破片的制造和检验应符合有关标准的规定，容器制造单位应选用有制造许可证单位生产的产品。每片产品应有产品合格证，每批产品有监检部门的检验认可标志。

B.10 液位计

B.10.1 液位计的安装：

- 贮液器（含冷凝贮液器和满液式蒸发器）应安装液位计，但液体在满液的状态下，即使有截止阀也不能封闭的结构除外；
- 油分离器和其他液体分离器上需要监视时，应安装液位计；
- 其他容器在满液的状态下，有可能封闭住或者需要监视液位时，应安装液位计。

注：满液状态是指液体制冷剂在容器内超过 80% 容积时的状态。

B.10.2 液位计的结构：

- 液位计可分为观察视镜、平行反射式玻璃液位计、平行透视式玻璃液位计、浮标式液位计等。根据制冷剂种类、容器结构及性能的不同选择使用；
- 容器与液位计连接的接管上应设置自动或手动截止阀，也可使用具备自动和手动关闭两种机能的截止阀；
- 液位计应能方便、正确地观察液面；
- 液位计和视镜应选用 JB/T 6918 中规定的金属与玻璃烧结型式。

B.11 压力表的选用与安装

- B.11.1 选用的压力表应符合 GB/T 1226 的规定并与容器内的介质相适应。
- B.11.2 容器使用的压力表精度，当 $p \leq 1.6\text{MPa}$ 时应不低于 2.5 级； $p > 1.6\text{MPa}$ 时应不低于 1.6 级。
- B.11.3 压力表盘刻度极限值应为最高工作压力的 1.5 倍~3.0 倍（最好选用 2.0 倍），表盘直径应不小于 100mm。
- B.11.4 压力表的装设位置应便于操作者观察和清洁，且应避免受到热辐射、冻结或振动等不利影响。
- B.11.5 压力表与容器之间应装设三通旋塞阀或针型阀。三通旋塞阀或针型阀上应有开启标记和锁紧装置，压力表与容器之间不应连接其他用途的配件或接管。

附 录 C

(资料性附录)

钢制氨制冷装置用压力容器对液氨的要求及其充装程序

C.1 一般规定

本标准所适用的钢制氨压缩制冷装置用压力容器(以下简称氨制冷容器),应使用符合本附录所要求的液体氨。

C.2 钢制氨制冷容器用液氨的一般要求

C.2.1 本附录所要求的液体氨除应符合 GB 536 的规定外,还应满足下列要求之一:

- a) 含氮量应大于 99.995%;
- b) 含氮量应不小于 99.6%,且其中含水量应大于 0.2%。

C.2.2 钢制氨制冷容器内液氨要定期检查其含氮量、含水量和含氧量。检查周期至少每半年一次。

C.3 充装钢制氨制冷容器用液氨的程序

C.3.1 运送钢制氨制冷容器用液氨的设备(如槽车、钢瓶等)需至少半年清洗一次。

C.3.2 充装液氨的设备、管道等金属材料应符合本标准 4.6.8 的规定,且充装液氨的管道接口在钢制氨制冷容器正常运行过程中应密封。

C.3.3 充装液氨前,应排除充装管道中空气与杂污物,充装时应防止空气、氯气等有害气体的进入。

C.3.4 充装液氨时应按如下程序进行:

- a) 将钢制氨制冷容器系统中低压区的充装液氨的管道接口上的密封件打开(如阀门),迅速安装在储液氨设备的出氨口上,暂不拧紧,出氨口阀门也暂不打开;
- b) 稍许打开钢制氨制冷容器系统中低压力区和充装液氨管道间的阀门,在钢制氨制冷容器系统压力下,使钢制氨制冷容器系统中的液氨外流,以排出管道中的空气,污染物和杂质等;
- c) 待管道和储氨设备的接口排出全部气体并流出少许氨气后,立即拧紧接口,并开启运送设备的出氨口阀门。在一定压力下(如用泵)将待充装的液氨输送到钢制氨制冷容器中去;
- d) 一次充装完毕后,先关闭钢制氨制冷容器系统低压区和充装管道间的阀门,再关闭运送设备出氨口的阀门,最后拆开运送设备出氨口和充装管道的连结并密封管道接口。

NB/T 47012—2010 (JB/T 4750) 《制冷装置用压力容器》 编制说明

1. 对标准整体框架进行了必要的调整

JB/T 4750—2003 (以下简称“原标准”),其正文部分除范围;规范性引用文件;一般规定;材料;制造、检验与验收外,仅包括了内、外压圆筒的设计,而将在制冷装置用压力容器占多数的管壳式换热器的设计、支座设计、常用制冷剂的热物性参数与安全性分组等重要内容均纳入附录之中,这显然是不够合理的,不仅给使用带来某些不便,也使整部标准有“头重脚轻”之嫌。为此,本标准对原标准的整体框架进行了如下必要的调整:

- 将原标准的附录 C “常用制冷剂的热物性参数与安全性分类”调整至本标准的 3.6 节;
- 将原标准的附录 D “支座”调整至本标准的 5.3 节;
- 将原标准的附录 E “管板、折流板、支承板、挡板、管子和管束”调整至本标准的第 8 章。

此外,由于封头、开孔补强、法兰的设计均是按 GB 150 的相关章节进行,为节省篇幅,将原标准的第 6 章“封头”、第 7 章“接管用开孔和开孔补强”、第 8 章“法兰”合并成本标准的第 6 章。

2. 对标准范围的修订与说明

考虑到管壳式换热器是制冷装置用压力容器中的主要类型,为明确计,将原标准 1.1 中“制冷装置用压力容器(以下简称容器)”修订为“制冷装置用压力容器(包括管壳式换热器,以下简称容器)”。

考虑到制冷装置用压力容器中有某些形状、结构奇异难以用本标准提供的规则设计方法进行设计计算的受压元件,本标准参照 GB 150 提供的解决途径增加了 1.4 节,即经过必要的评定认可程序,允许采用计算应力分析及可对比的经验设计方法,来确定上述受压元件的结构尺寸。

虽然目前已出现少量高压(如 CO₂ 制冷装置的工作压力高达 12.0MPa)制冷装置用压力容器,但本标准基于下述两点理由仍维持原标准的压力适用范围(设计压力不高于 4.0MPa)不变:

- 1) 这些高压制冷装置用压力容器完全应该且可以按照 GB 150 进行设计、制造、检验与验收;
- 2) 若提高压力适用上限,势必将大幅提高多数制冷装置用压力容器的建造成本。

3. 高压侧的设计压力

为明确混合制冷剂的选取原则,将 3.4.2 c) 中“高压侧设计压力应高于下述规定的冷凝温度相对应的饱和蒸气压力”修改为“高压侧设计压力应高于下述规定的冷凝温度(混合制冷剂为露点温度)相对应的饱和蒸气压力。”

4. 低压侧设计温度

原标准 3.5.1.2 中规定“当按上述办法得到的设计温度不低于 0℃ 且不高于 38℃ 时,其设计温度最终按 38℃ 选取”。

上述规定虽有一定依据但也存在某种漏洞,即按低温低应力工况得到的设计温度不低于 38℃ 时,低压侧设计温度最终应如何选取则无明确规定。

此处 38℃取值参考了日本 JIS B8240—1986《制冷用压力容器结构》规定,其低压侧设计压力取 38℃时制冷剂的饱和蒸气压力。另外还参考了美国 ANSI/ASHRAE15—1989《机械制冷安全规则》,其低压侧设计压力不得小于 26.5℃时的制冷剂饱和蒸气压力。

根据我国空调系统设计规范规定,在 GB 50178—1993《建筑气候区划标准》所列 203 个城镇中空调计算室外干球温度均在 36℃以下(每年 50h 不保证平均温度),其极端最高平均温度高于 38℃的有 52 个城市,占 25.4%。高于 40℃的仅有克拉玛依、吐鲁番和哈密 3 个城市。因此低压侧设计温度取不低于 38℃是适宜的。

综上所述,根据低温低应力得到的设计温度,再加上环境温度的影响(虽然制冷装置一般置于室内且有隔热保温层,但由于低压侧是在停止运转时工作压力最高,不可能不受环境温度的影响),需要明确等于或高于 38℃时,其设计温度的最终选取原则。

因此,本标准 3.5.2 规定“当按上述办法得到的设计温度不低于 0℃时,其设计温度均按不低于 38℃选取。”同时,本标准的 3.4.2 d) 规定,低压侧的“设计压力一般按 38℃时制冷剂饱和蒸气压力确定”,“当环境温度可能超过 38℃时,则按制冷剂达到的最高压力确定”。

5. 常用制冷剂热物性参数(表 1)

本标准的表 1“常用制冷剂在相应温度下的饱和蒸气压力和安全分组”是在原标准表 C.1“常用制冷剂在相应温度下的饱和蒸气压力和安全分类”和图 C.1“常用制冷剂饱和蒸气压力曲线”基础上经合并而成。

表 1 给出了常用制冷剂的热物性参数,即饱和蒸气压力与温度的对应关系。

其他制冷剂的性质可参看有关技术资料,例如:

——CRAA100—2006《氟代烃类制冷剂》.北京,中国制冷空调协会发布,2006.06.30

——曹德胜、史琳编著,《制冷剂使用手册》.北京,冶金工业出版社,2003.5

——蒋熊照等编著《制冷工质热物理性质表和图(SI)制》.北京,机械工业出版社,1985

表中还根据 GB/T 7778 的安全分组原则,即综合其燃烧性(1、2、3 组)和毒性(A、B 组)列出常用制冷剂的安全分组,即 A1 和 B1、A2 和 B2、A3 和 B3 等共 6 组。混合物制冷剂(表中 R410A、R407C、R404A、R401A、R401B 等)安全分组有两个组别,“/”左侧为制冷剂在规定组分浓度下的分组,右侧为混合物在最高温度滑移的组分浓度下的安全分组。

6. 关于常用制冷剂的安全分组

制冷剂亦属于化学介质,其毒性危害和爆炸危险程度应遵守“容规”的规定,“容规”(1999 年版)基本是按 GB 5044—1985《职业性接触毒性危害程度分级》和 HG 20660—2000(2009)《压力容器中化学介质毒性危害和爆炸危险程度分类》两个标准分类。但以上标准中除氨制冷剂外(“容规”和 HG 20660 仅将氨的毒性程度列为中度危害介质,而本标准不仅把氨划归 B 组——较高毒性,而且氨还具有燃烧性——2 组,故安全分组为 B2 组),一些常用的“氟代烃”和即将淘汰的“卤代烃”制冷剂的毒性和爆炸危险程度则较少涉及。为了解决这一问题,本标准新增了 3.6 节“制冷剂安全分组”。在 3.6 节中规定凡“容规”中包容的制冷剂介质,其安全分组按“容规”的规定;对“容规”未涉及的制冷剂介质,则按 GB/T 7778《制冷剂编号方法与安全性分类》进行安全分组,并将分类的具体指标列于表 2“制冷剂安全分组”。

GB/T 7778 系等效采用美国国家标准/美国供暖制冷空调工程师学会标准,即 ANSI/ASHRAE34—2001《制冷剂数字名称和安全分类》。

为了方便大家对本标准中制冷剂安全分组的理解,现将 GB/T 7778、GB 5044—1985、HG 20660—2000 (2009) 等标准对安全分组的相同与差异之处介绍于后:

—— 毒性危害: GB/T 7778 规定最高允许浓度时间加权平均值 TLV-TWA $\geq 0.04\%$ (V/V), 即 $\geq 400\text{ppm}$ 没有毒性危害时分在 A 组; TLV-TWA $< 0.04\%$ (V/V), 即 $< 400\text{ppm}$ 有毒性危害时分在 B 组。以 101.3kPa (1 个标准大气压), 20℃ 的空气为例, 0.04% (V/V) 即 $400\mu\text{g/g}$ 空气重量约为每立方米 481.7mg。在正文表 1 常用制冷剂中除氨较空气轻之外, 其他制冷剂气体均重于空气, 也就是说 400ppm 的其他制冷剂气体均重于 400ppm 空气的重量, 即 481.7mg/m^3 。而 GB 5044—1985 中轻度危害 (IV 级) 其最高允许浓度为大于或等于 10mg/m^3 。故 GB/T 7778 的毒性危害分组范围包括的比 GB 5044—1985 更加广泛, 但没有如 GB 5044—1985 那样细分为极、高、中、轻度等四级, 而将有毒介质均划分 B 组。

—— 燃烧性危害: GB/T 7778 规定, 燃烧最小浓度 LFL $> 0.1\text{kg/m}^3$, 且燃烧产生热量小于 $19\,000\text{kJ/kg}$ 时为有燃烧性。但当 LFL $\leq 0.1\text{kg/m}^3$, 且热量大于或等于 $19\,000\text{kJ/kg}$ 时为有强烈燃烧性, 即有爆炸性。HG 20660—2000 (2009) 中规定爆炸危险介质系指其气体或流体的蒸汽、薄雾与空气混合形成爆炸混合物, 且其爆炸下限小于 10%, 或爆炸上限与下限的差值大于或等于 20% 的介质。该标准 [HG 20660—2000 (2009)] 仅对爆炸危险介质进行了区分, 对那些有燃烧性的介质没有进行区分, 尤其是未涉及一些制冷剂的燃烧介质。

因此, 区分的指标有差异, 亦在爆炸介质的划分上出现少许不一致。表中是部分有燃烧性和有爆炸危险介质的特性。

表 部分有燃烧性和有爆炸危险介质的燃烧特性

制冷剂			HG 20660—2000 (2009)			GB/T 7778						
			爆炸特性			燃烧特性					毒性 分组	安全 分组
编号	名称	分子式	下限	上限	差值	下限	上限	LFLw	燃烧热量	燃烧 分组		
					V/V	LFL, % (V/V)	kg/m ³	kJ/kg				
—	氢	H ₂	4.1	74.2	70.1	4	75	0.003	119 900	3	A	A3
R50	甲烷	CH ₄	5.3	15	9.7	4.9	15	0.031	50 000	3	A	A3
R1150	乙烯	C ₂ H ₄	2.7	36	23.3	2.7	34	0.033	47 100	3	A	A3
R290	丙烷	C ₃ H ₈	2.3	9.5	7.2	2.1	9.5	0.039	46 300	3	A	A3
R600a	异丁烷	CH (CH ₃) ₃	1.9	8.5	6.6	1.8	8.5	0.039	45 700	3	A	A3
R600	丁烷	C ₄ H ₁₀	1.9	8.5	6.6	1.5	8.5	0.044	44 700	3	A	A3
R1140	氯乙烯	CH ₂ CHCl	3.6	33	29.4	—	—	—	—	3	B	B3
R717	氨	NH ₃	—	—	—	15	28	0.106	18 600	2	B	B2
R152a	1,1-二氟乙烷	CH ₃ CHF ₂	3.7	18	14.3	5.1	17.1	0.129	15 600	2	A	A2
R143a	1,1,1-三氟乙烷	CH ₃ CF ₃	—	—	—	7	16.1	0.217	10 100	2	A	A2
R142b	1-氟-1,1-二氟乙烷	CH ₃ CClF ₂	6.2	17.9	11.7	6	18	0.285	9 000	2	A	A2
R32	二氟甲烷	CH ₂ F ₂	—	—	—	12.7	33.4	0.275	8 500	2	A	A2
R141b	1,1-二氟-1-二氟乙烷	CH ₃ CCl ₂ F	—	—	—	5.6	17.7	0.439	8 100	2	A	A2

注：GB/T 7778 引用数据来自欧盟标准 EN 378—1996《制冷系统和热泵——安全和环境要求》以及日本冷冻空调学会论文集 2001.No.3 中《制冷剂的燃烧性指标——评价老指标和新指标草案》。

注: GB/T 7778 引用数据来自欧盟标准 EN 378—1996《制冷系统和热泵——安全和环境要求》以及日本冷冻空调学会论文集 2001.No.3 中《制冷剂的燃烧性指标——评价老指标和新指标草案》。

NB/T 47012—2010 (JB/T 4750)《制冷装置用压力容器》编制说明

从表中数据分析 HG 20660—2000 (2009) 爆炸介质包括 R152a 和 R142b, 但 GB/T 7778 将其归于有燃烧性的第 2 燃烧组内。该种分类方法已被美国 ANSI/ASHRAE34 标准和欧盟 EN 378—1996 标准所采纳。在国际标准 ISO 5149—1993 中用燃烧体积下限为 3.5% 来区别强燃烧性, 故而 R152a 和 R142b 均划归弱燃性, 由于 GB/T 7778 还包括许多类似的介质, 而 HG 20660—2000 (2009) 未涉及, 故本标准在划分燃烧性方法时符合国际惯例。

7. 3.8.1 中取消了压力 1.0MPa 的限制

主要原因是用于高层建筑的制冷换热器的水侧有时设计压力达 2.0MPa 以上, 水室形状复杂, 无法探伤。另外, 水侧还要经液压强度试验, 完全可以保证安全。否则该类部件就无标准可循了。

8. 关于铜、铝及其合金的腐蚀裕量

本标准表 3 “腐蚀裕量”是在原标准表 1 的基础上经修订而成, 主要修订内容是依据制冷装置用压力容器多台、多年的实际腐蚀状况, 从合理节约贵重材料降低成本出发, 减少了铜、铝及其合金制换热管在不同腐蚀环境下的腐蚀裕量。

9. 表 4 中根据 JB/T 4755—2006《铜制压力容器》和新“容规”的规定, 将铜和铝及其合金的安全系数规定为 3。

10. 增加真空试验内容

由于盛装“氟利昂类制冷剂”的压力容器, 在压力试验与气密试验后最好再进行真空试验以确保其严密性, 因此, 在本标准 3.12 中增加了真空试验的要求并在 9.7.7 中增加了真空试验的操作要求。

11. 增加 Q235B 使用范围的限制

鉴于表 1 中 B3 组制冷剂介质为有毒性介质且可燃性高, 为安全计, 本标准 4.2.2.1 中增加了 Q235B “不应用于表 1 中 B3 组制冷剂容器”的规定。

12. 增加了 Q245R、Q345R 厚板的许用应力

考虑到厚法兰设计计算的需要, 本标准在表 6 “钢板许用应力” (即原标准表 4) 中, 增加了 Q245R (>60mm~100mm) 及 Q345R (>60mm~100mm 及 >100mm~120mm) 厚板的许用应力。上述许用应力值均引自 GB 150 表 4-1。

13. 取消表 8 中 17mm~40mm 的 16Mn 厚壁管, 因本标准所涉及产品一般不用如此厚的管子。

14. 增加了 TP₂ 牌号铜管

本标准表 11 在原标准表 9 的基础上增加了 TP₂ 牌号铜管, 以满足常用和大量风冷冷凝器小直径内螺纹管的需要。

15. 表 11 中铜管材的力学性能数据摘自 JB/T 4755—2006《铜制压力容器》和 JB/T 4734—2002《铝制焊接容器》。

16. 表 12 中铝管材的力学性能数据参考摘自 JB/T 4734—2002《铝制焊接容器》。

17. 增加管板做支座。由于制冷换热器较短且小, 采用换热器管板延长部分做支座简化了制造流程,

目前已有多家公司采用此结构,实践证明是安全可行的。

18. 增加非圆形管法兰的计算规定

在制冷装置用压力容器中经常使用方形、腰形、椭圆形、梅花形等非圆形管法兰。因此,在本标准 6.3 中增加了非圆形法兰设计计算的有关规定。为了简化设计,增加了采用标准管法兰和标准容器法兰应遵守的相关标准。

19. 增加特殊形状部件的设计规定

在制冷装置用压力容器中,某些受压零部件因孔的形状、补强方式或形状特殊等原因难以寻求合适的计算方法,本标准等同采用日本标准 JIS B8240—1986 中规定的验证性试验方法,增加了第 7 章“特殊形状部件的设计”。

20. 增加了受支撑的板和管板无管束部分的计算

原标准 E.1.3 仅规定了管板无管束部分的计算,根据产品设计的实际需要,本标准 8.1.3 增加了受支撑的计算并对管板无管束部分的计算进行了一定修正。增加与修正部分均等同采用了日本标准 JIS B8240—1986 中的相关内容。

21. 管壳式换热器主要部件的设计

制冷装置除工业用外,基本都是以整套机组的形式出现,希望体积小、重量轻,有利于搬运、安装。

另外制冷装置用压力容器中换热器直径小(90%以上在 $\phi 1000\text{mm}$ 以下),压力在中低压范围(小于 4.0MPa ,多数为 $1.6\text{MPa}\sim 2.0\text{MPa}$),制冷剂除氨外基本属于无毒介质,因而本标准第 8 章换热器设计时主要参考了日本专门用于制冷装置的 JIS B8240—1986《制冷用压力容器的结构》标准。

标准正文中固定管板计算(圆筒直径 $D \leq 600\text{mm}$)、受支撑的板和管板无管束部分的计算、无支撑管支撑的 U 型管式换热器的管板计算均等效采用 JIS B8240—1986 中经验公式和计算公式。其管板管孔中心距、管板管孔、管板孔桥,以及折流板、支承板和挡桥、换热管和管束、拉杆和定距管和防短路构件等主要参考 GB 151—1999《管壳式换热器》的内容。

关于圆筒直径 $D > 600\text{mm}$ 的固定管板计算,则采用 GB 151 或其他经过验证的计算方法。因为在 JIS B8240—1986 的编制说明中强调了“制冷容器一般超大型的压力容器很少,大部分压力容器的直径在 600mm 以下”,故规定其固定管板经验计算公式的范围为 $D \leq 600\text{mm}$,而大于 600mm 的固定管板计算公式则采用本标准的规定,以使管板厚度计算具有理论根据且保证安全。

22. 式(27)修改主要考虑管孔小中心距的实际最小值公差应控制的更严格一些。

23. 由于在制冷换热器中管子直径没有大于 57mm 的产品,故 8.1.3 中将管子直径 $d \leq 200\text{mm}$ 改为 $d \leq 57\text{mm}$ 。

24. 试件与试样中规定了应做试件的原则,按新“容规”取消了以批代台做试件与试样的规定。

25. 附录 A 中 A.3“钢材代用规定”是应行业厂要求增加的,以满足制造厂某种规定材料缺货时可以用相应材料代用,以扩大适用材料的范围。

关于归口标准有关事宜的补充声明

各标准用户:

感谢您采用全国锅炉压力容器标准化技术委员会归口的标准,有关标准内容、制定和修订、解释和信息反馈事宜,补充说明如下:

1. 内容

标准内容一般包含强制性要求、特殊禁用规定和推荐性指南,其中推荐性指南不是必须执行的部分。应当指出,标准不必要也不可能对其范围内的所有方面作出规定,因此不应该禁止使用那些没有作出规定的方面。标准不同于手册,不能替代培训、经验和技术鉴定的作用,但经验和技术鉴定也不能用来否定强制性要求和特殊禁用规定。

2. 制定和修订

关于锅炉压力容器国家标准和行业标准的制定、修订项目建议,应直接提交全国锅炉压力容器标准化技术委员会秘书处,由委员会决定是否上报政府有关主管部门。除遵循政府有关主管部门规定的程序外,本委员会归口标准的制定和修订采用提案审查制度,标准案例是本委员会对技术进步做出快速反应的一种形式。

3. 解释

只有全国锅炉压力容器标准化技术委员会有权对归口的标准做出正式解释,标准解释的申请应以书面形式提交秘书处,询问者有义务提供尽可能详细和全面的资料。与标准条款没有直接关系或不能被理解的询问均被视为属于技术咨询的范畴,委员会有权拒绝回答或协议提供有偿服务。

4. 信息反馈

除提供必要的纸制文件外,本委员会的专业网站(<http://www.cscbpv.org.cn>)将为标准用户提供全面的信息服务,各标准用户也可按以下地址与委员会秘书处联系。

通信地址:北京朝阳区和平街西苑2号楼D座三层

邮政编码:100013

电 话:010-59068953

传 真:010-59068929

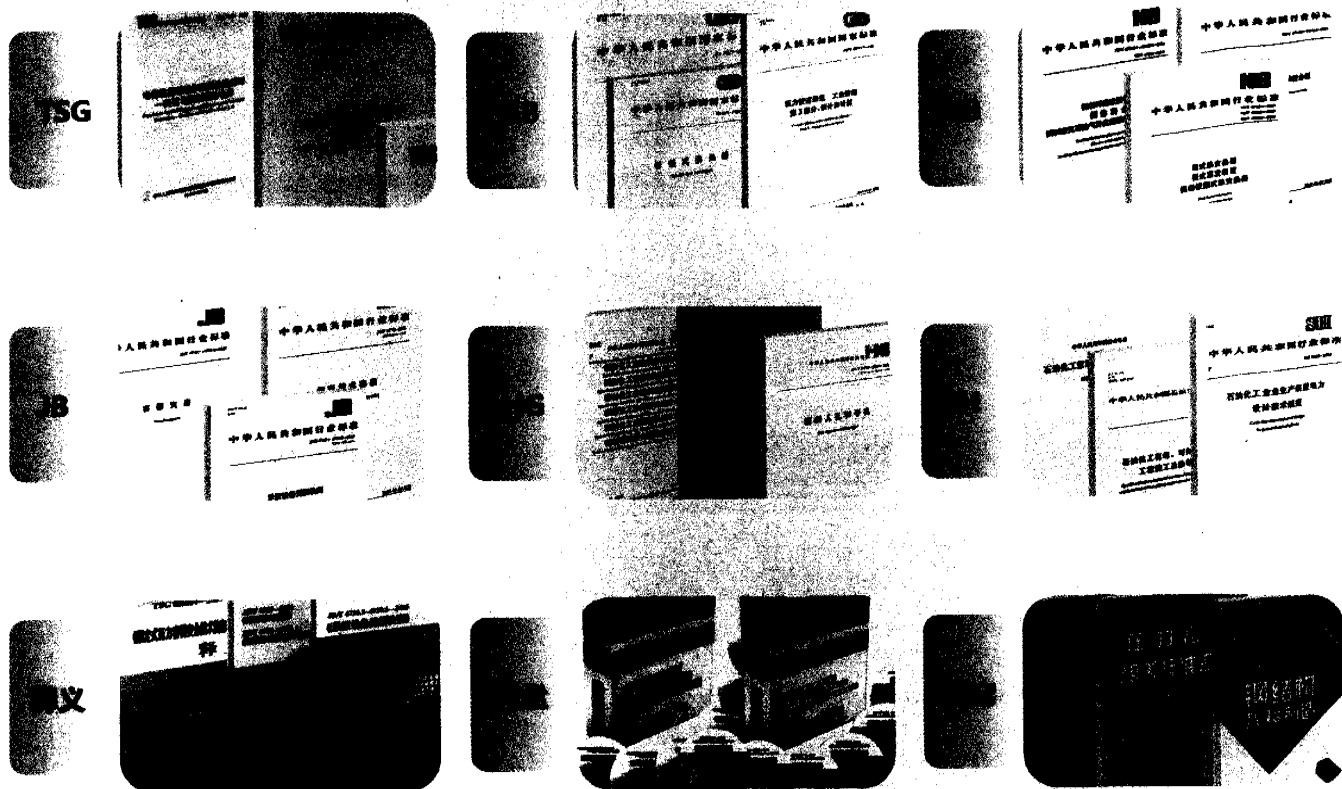
全国锅炉压力容器标准化技术委员会



www.cscbpv.com

特种设备法规标准服务网

特种设备安全技术规范(TSG) / 特种设备相关国家标准、行业标准 / 特种设备专业技术图书



全国锅炉压力容器标准化技术委员会 特种设备法规标准服务部

全国锅炉压力容器标准化技术委员会特种设备法规标准服务部,是全国锅炉压力容器标准化技术委员会的唯一对外发行部门,以发行特种设备法规、标准及相关图书为主,为各有关单位提供优质的标准化服务。服务部网上书店www.cscbpv.com,及时发布最新出版信息及法规标准资讯,免费邮寄最新法规、标准及图书目录,为企业标准化体系提供查新、更新配套服务。跟踪服务从本部购书的用户,及时提供相关法规、标准修订和勘误信息,共享使用过程中的问题解答。

地址:北京市朝阳区胜古中路2号院8号楼819室 邮编:100029

电话:010-64429027, 64430169, 88616920

传真:010-88616985 E-mail:cscbpv@126.com

中华人民共和国行业标准
NB/T 47012—2010 (JB/T 4750)
制冷装置用压力容器

*

新华出版社出版发行
(北京石景山区京原路8号 邮编: 100043)
新华书店经销
北京玥实印刷有限公司印刷
版权专有 不得翻印



NB/T 47012—2010

开本 880×1230 1/16 印张 4.5 字数 50 千字
2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 次印刷

*

书号: 155011 · 045 定价: 60.00 元