

中华人民共和国石油化工行业标准

SH/T 3074—2007

代替 SH 3074—1995

石油化工钢制压力容器

Steel pressure vessels in petrochemical industry



2007-11-14 发布

2008-05-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

| | |
|----------------------|-----|
| 前言 | III |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 2 |
| 4 总则 | 2 |
| 5 材料 | 2 |
| 6 设计 | 3 |
| 6.1 压力 | 3 |
| 6.2 温度 | 3 |
| 6.3 载荷 | 4 |
| 6.4 腐蚀裕量 | 4 |
| 6.5 设计寿命 | 6 |
| 6.6 许用应力 | 6 |
| 7 结构 | 7 |
| 7.1 封头 | 7 |
| 7.2 法兰 | 8 |
| 7.3 接管 | 9 |
| 7.4 垫片 | 10 |
| 7.5 紧固件 | 10 |
| 7.6 人孔、手孔和检查孔 | 11 |
| 7.7 开孔和开孔补强 | 11 |
| 7.8 支座 | 12 |
| 7.9 内件 | 14 |
| 7.10 设备外部附属件 | 16 |
| 7.11 分段、分片和焊后热处理设备 | 17 |
| 7.12 焊接结构 | 17 |
| 8 制造、检验和验收 | 18 |
| 8.1 原材料的检验 | 18 |
| 8.2 加工和成型 | 20 |
| 8.3 切割和焊接 | 21 |
| 8.4 焊后热处理 | 21 |
| 8.5 试板和试样 | 21 |
| 8.6 无损检测和压力试验 | 21 |
| 9 表面处理、运输包装 | 22 |
| 9.1 表面处理 | 22 |
| 9.2 运输包装 | 23 |
| 附录A (资料性附录) 容器开口伸出高度 | 24 |
| 附录B (资料性附录) 紧固件 | 25 |

| | |
|---|----|
| 附录C (资料性附录) 压力容器法兰和接管法兰密封面及常用垫片的选用····· | 27 |
| 附录D (资料性附录) 开口接管外载荷校核····· | 33 |
| 附录E (资料性附录) 立式容器支腿计算····· | 34 |
| 附录F (资料性附录) 焊接接头节点····· | 36 |
| 附录G (规范性附录) 低温压力容器····· | 37 |
| 用词说明····· | 41 |
| 附: 条文说明····· | 43 |

前 言

本标准是根据原国家经贸委“关于下达 2003 年行业标准项目计划的通知”(国经贸厅行业[2003]22 号),由中国石化工程建设公司对原《石油化工钢制压力容器》SH 3074—1995 进行修订而成。

本标准共分 9 章和 7 个附录,其中附录 A~附录 F 为资料性附录,附录 G 为规范性附录。

本标准与《石油化工钢制压力容器》SH 3074—1995 相比,主要变化如下:

- 根据 GB 150—1998 和压力容器安全技术监察规程(1999 版)补充、更新有关内容;
- 取消了与 GB 150—1998 相重复的内容;
- 将原第 5、6、7、8、10 章的相关内容合并为本标准的第 8 章;
- 将原第 9 章的内容放在附录中;
- 增加了一些石油化工特有设备的详细规定;
- 增加了设备外部附属件的内容;
- 增加了容器开口伸出高度的规定;
- 增加了容器法兰密封面和垫片选用表;
- 增加了立式容器支腿的计算;
- 增加了开口接管外载荷校核的内容;
- 增加了焊接接头推荐节点;
- 增加了低温压力容器的相关内容。

本标准由中国石化集团设备中心站管理,由中国石化工程建设公司负责解释。

本标准在实施过程中,如发现需要修改补充之处,请将意见和有关资料提供给管理单位和主编单位,以便今后修订时参考。

管理单位:中国石油化工集团公司设备设计技术中心站

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

电 话:010—84877587

传 真:010—84878856

主编单位:中国石化工程建设公司

通讯地址:北京市朝阳区安慧北里安园21号

邮政编码:100101

主要起草人:张迎恺 房家贵 彭科灵

本标准 1995 年首次发布,本次为第 1 次修订。

石油化工钢制压力容器

1 范围

本标准规定了石油化工钢制压力容器的设计、制造、检验、验收以及表面处理、运输包装等方面的要求。

本标准的适用范围和不适用范围同 GB 150《钢制压力容器》。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版适用于本标准。

- GB 150 钢制压力容器
- GB/T 700 碳素结构钢
- GB/T 901 等长双头螺柱 B 级
- GB/T 1220 不锈钢棒
- GB/T 1591 低合金高强度钢
- GB/T 3077 合金结构钢
- GB/T 3098.2 紧固件机械性能 螺母 粗牙螺纹
- GB 3531 低温压力容器用低合金钢板
- GB/T 4237 不锈钢热轧钢板
- GB/T 5777 无缝钢管超声波探伤检测方法
- GB/T 5782 六角头螺栓
- GB/T 5783 六角头螺栓 全螺纹
- GB/T 6170 1 型六角螺母
- GB/T 6175 2 型六角螺母
- GB 6479 高压化肥用无缝钢管
- GB 6654 压力容器用钢板
- GB/T 7734 复合钢板超声波检测方法
- GB/T 8165 不锈钢复合钢板
- GB/T 8923 涂装前钢制表面锈蚀等级和除锈等级
- GB 9948 石油裂化用无缝钢管
- GB 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
- GB/T 14976 流体输送用不锈钢无缝钢管
- GB/T 19066 柔性石墨金属波齿复合垫片
- GB 19189—2003 压力容器用调质高强度钢板
- GB 50009—2001 建筑结构荷载规范
- HG 20592~20635 钢制管法兰、垫片、紧固件
- JB/T 4700 压力容器法兰分类与技术条件
- JB/T 4701 甲型平焊法兰
- JB/T 4702 乙型平焊法兰
- JB/T 4703 长颈对焊法兰

- JB/T 4707 等长双头螺柱
JB 4708 钢制压力容器焊接工艺评定
JB/T 4709 钢制压力容器焊接规程
JB/T 4710 钢制塔式容器
JB/T 4711 压力容器涂敷与运输包装
JB/T 4712 鞍式支座
JB/T 4713 腿式支座
JB/T 4724 支承式支座
JB/T 4725 耳式支座
JB 4727 低温压力容器用低合金钢锻件
JB 4728 压力容器用不锈钢锻件
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 4733 压力容器用爆炸不锈钢复合钢板
JB 4744 钢制压力容器产品焊接试板的力学性能检验
SH 3022 石油化工设备和管道涂料防腐技术规范
SH 3043 石油化工设备管道钢结构表面色和标志规定
SH/T 3075 石油化工钢制压力容器材料选用标准
SH 3088 石油化工塔盘设计规范
SH 3404 管法兰用紧固件
SH 3515 大型设备吊装工程施工工艺标准
SH 3524 石油化工钢制塔、容器现场施工工艺标准
SH/T 3527—1999 石油化工不锈钢复合钢焊接规程
TSG R7001—2004 压力容器定期检验规则
压力容器安全技术监察规程(1999版)

3 术语和定义

GB 150确立的术语和定义适用于本标准。

4 总则

- 4.1 GB 150的全部内容适用于本标准，本标准是结合石油化工容器设计的具体情况，对GB 150的补充和具体化。
4.2 本标准未能包括的特殊要求，均应在设计图样上注明。
4.3 低温压力容器的材料、设计、制造与验收可按附录G的规定。

5 材料

- 5.1 石油化工钢制压力容器受压元件用钢的选用原则、钢材标准、热处理状态及许用应力等均应符合GB150的规定。压力容器的受压元件及受力的钢结构件所用的材料，应符合SH/T 3075的要求。
5.2 壳体为不锈钢板，厚度大于12mm时，宜采用衬里或复合钢板等结构形式。
5.3 受压元件用钢材质量证明书数据不全或未全部包括本标准的技术要求时，应由容器制造部门，按钢材标准及本标准的要求进行复验或补做，合格后方可投料。

5.4 除钢号和标准编号以外,设计单位尚应在图样或技术文件上注明钢材的级别及其他标志。必要时,图样及技术文件上应注明下列对钢材的附加要求:

- a) 钢材标准中根据需方要求而需保证的项目;
- b) 钢材标准中由供需双方协议商定的项目;
- c) 其他附加要求。

5.5 裙座壳用钢应按受压元件用钢的要求选取。裙座壳和地脚螺栓的设计温度应取使用地区月平均最低气温的最低值加 20℃。宜采用 Q235—B、Q235—C 或 16MnR 作为直立设备的裙座壳体(不包括过渡段)。裙座壳体的设计温度小于或等于 -20℃ 时,应对材料进行低温冲击试验。

6 设计

6.1 压力

6.1.1 设计压力

6.1.1.1 《压力容器安全监察规程》或工艺系统对容器的设计压力有专门规定时,其设计压力应按规定确定。

6.1.1.2 盛装液化气和液化石油气的容器的设计压力按《压力容器安全技术监察规程》确定,盛装液化石油气的容器内为混合油气时,应由设计单位的工艺专业确定设计压力。

6.1.1.3 在炼油厂催化裂化装置中,沉降器和再生器的设计压力应取主风机出口的最大压力。对于工作压力小于 0.1MPa,且在装置中较为重要的塔器(如减压塔等)设计压力可取 0.1MPa。

6.1.1.4 对于多腔的容器,应根据各腔的工况,分别确定各腔的设计压力。

6.1.1.5 除 6.1.1.1 条至 6.1.1.4 条的规定外,压力容器的设计压力应按表 1 的规定选取。

表 1 设计压力的选取

单位:MPa

| 类 型 | 设计压力 P | |
|---------------------------|--|--|
| | 炼 油 | 石 油 化 工 |
| 工作 压力 p_0 | $0.1 \leq p_0 \leq 1.8$ $P = p_0 + 0.18$ $1.8 < p_0 \leq 4.0$ $P = 1.1 p_0$ $4.0 < p_0 \leq 8.0$ $P = p_0 + 0.4$ $8.0 < p_0$ $P = 1.05 p_0$ | 按照工艺提出的设计条件 |
| 无安全泄放装置 | | $P = (1.0 \sim 1.1) p_0$ |
| 内 压 容 器 装有安全阀 | $P = (1.05 \sim 1.10) p_0$ (当 p_0 偏高时可取下限,反之可取上限),且不低于安全阀开启压力 | |
| 装有爆破片 | 取不低于爆破片的爆破压力 | |
| 出口管线上装有安全阀 | | 不低于安全阀之开启压力加上流体从容器流至安全阀处的压力降 |
| 容器位于泵进口侧, 且无安全控制装置 | | 取有安全泄放装置时的设计压力,且以 0.1MPa 外压进行校核 |
| 容器位于泵出口侧, 且无安全控制装置 | | 取下面三者中的大值: 1) 泵正常入口压力加 1.2 倍泵的正常扬程; 2) 泵最大入口压力加泵的正常扬程; 3) 泵正常入口压力加关闭扬程(即泵出口全关闭时的扬程) |

6.1.2 计算压力

容器元件两侧承受不同压力时,应以两侧的设计压力分别作为该元件的计算压力。有可靠措施确保两侧同时受压时,可取两侧最大压力差作为计算压力。

6.2 温度

- 6.2.1 工艺系统对容器的设计温度有专门规定时，设计温度应按其规定确定。
6.2.2 有外保温(或保冷)的过程容器的设计温度，应按表 2 选取。

表 2 设计温度的选取

单位：℃

| 最高或最低工作温度 t_0 | 设计温度 t | |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 炼 油 | 石 油 化 工 |
| $t_0 \leq -20$ | | 介质正常操作温度减 0~10 或取最低介质温度 |
| $-20 < t_0 \leq 15$ | $t = t_0 - 5$ (但仍高于 -20) | 介质正常操作温度加 5~10 或取最低介质温度 |
| $t_0 > 15$ | | 介质正常操作温度加 15~30 或取最高介质温度 |
| $15 < t_0 \leq 350$ | $t = t_0 + 20$ | |
| $t_0 > 350$ | $t = t_0 + (15 \sim 5)$ | |

注：当 t_0 增加裕量后导致选材跳档时，如碳素钢由于增加裕量后需用铬钼钢，此时设计温度的裕量可考虑少加。

- 6.2.3 工作温度低于 0℃ 时，设计温度不得高于元件金属可能达到的最低温度。
6.2.4 容器内介质用蒸汽直接加热或被内置加热元件(如加热盘管、电热元件等)间接加热时，设计温度取正常工作过程中介质被加热后的最高温度。
6.2.5 有内隔热衬里的容器，其设计温度可通过传热计算得到金属温度后确定，并应留一定余量。
6.2.6 容器受压元件两侧与不同温度的介质直接接触时，应按较高侧工作温度确定元件的设计温度。
6.2.7 安装在室外的无保温储罐，当最低设计温度受地区环境温度控制时，可按以下规定选取：
a) 盛装压缩气体的储罐，最低设计温度取月平均最低气温的最低值减 3℃；
b) 盛装液体的体积占容器容积 1/4 以上的储罐，最低设计温度取月平均最低气温的最低值。
6.3 载荷

- 6.3.1 进行容器的强度和稳定计算时，钢平台、梯子及塔盘、填料的质量可按表 3 和表 4 估算。

表 3 平台、梯子及塔盘质量估算值

| | | | | | |
|----|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 名称 | 笼式梯子 | 开式梯子 | 钢平台 | 圆泡帽塔盘 | 条型泡帽塔盘 |
| 质量 | 40kg/m | 15kg/m~24kg/m | 150kg/m ² | 150kg/m ² | 150kg/m ² |
| 名称 | 舌形塔盘 | 筛板塔盘 | 浮阀塔盘 | 塔盘充液重 | |
| 质量 | 75kg/m ² | 65kg/m ² | 75kg/m ² | 70kg/m ² | |

表 4 常用乱堆填料堆积重估算值

| 填料公称规格 | 扁环 | | 鲍尔环 | | 阶梯环 | | 矩鞍环 | |
|--------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| | 结构尺寸 mm | 堆积重 kg/m ³ | 结构尺寸 mm | 堆积重 kg/m ³ | 结构尺寸 mm | 堆积重 kg/m ³ | 结构尺寸 mm | 堆积重 kg/m ³ |
| Dg25 | 25×9.0 | 506 | 25×0.6 | 471 | 13×0.5 | 425 | 21×0.5 | 431 |
| Dg38 | 38×12.7 | 390 | 38×0.8 | 424 | 19×0.8 | 412 | 24×0.6 | 249 |
| Dg50 | 50×17.0 | 275 | 50×0.8 | 315 | 25×0.8 | 314 | 28×0.8 | 239 |

- 6.3.2 除工程项目另有规定外，风载荷应按 GB 50009—2001 中第 7 章的规定或按当地气象部门的资料确定，但均不应小于 300N/m²。

- 6.3.3 除工程项目另有规定外，雪载荷应按 GB 50009—2001 中第 6 章的规定确定。

- 6.3.4 除工程项目另有规定外，地震载荷应按照 JB/T 4710 进行计算。

6.4 腐蚀裕量

- 6.4.1 工艺系统对容器的腐蚀裕量有专门规定时，其腐蚀裕量应按规定确定。

6.4.2 对与工作介质接触的壳体、封头、人(手)孔及内部构件等,应考虑腐蚀裕量。

6.4.3 设备的腐蚀裕量的确定,应符合下列规定:

- a) 介质为压缩空气、水蒸气或水的碳素钢或低合金钢制的容器,其腐蚀裕量不宜小于1.0mm;
- b) 除a)以外的其他情况,一般炼油设备可按表5确定,石油化工设备的壳体、封头可按表6确定。但最大腐蚀裕量不宜超过6mm,否则应采取工艺防腐措施或其他防腐材料。

表5 炼油设备的腐蚀裕量 C_2

| 腐蚀速率 K mm/a | 腐蚀裕量 mm | | | | | |
|--------------------|------------|---------|------|-----------|--------|----|
| | 塔、反应器 | 高压换热器壳体 | 一般容器 | 换热器壳体(管箱) | 隔热衬里容器 | 裙座 |
| $K \leq 0.1$ | 2 | 2 | 1.5 | 1.5 | 2 | 2 |
| $0.1 < K \leq 0.2$ | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | |
| $0.2 < K \leq 0.3$ | 6 | 6 | 4.5 | 4.5 | 2 | |

注: K 为均匀腐蚀的腐蚀速率。

表6 石油化工设备的腐蚀裕量

| 腐蚀程度 | 极轻微腐蚀 | 轻微腐蚀 | 腐蚀 | 严重腐蚀 |
|-----------------|---------------|----------------------|----------------------|--------------|
| 腐蚀速率 K , mm/a | $K < 0.05$ | $0.05 < K \leq 0.13$ | $0.13 < K \leq 0.25$ | $K > 0.25$ |
| 腐蚀裕量 C_2 , mm | $0 < C_2 < 1$ | $C_2 \geq 1$ | $C_2 \geq 2$ | $C_2 \geq 3$ |

6.4.4 下列情况,腐蚀裕量可小于1.0mm:

- a) 奥氏体不锈钢元件;
- b) 有可靠的耐腐蚀衬里(如衬铅、衬橡胶、衬塑料等)的基体金属;
- c) 管壳式换热器的换热管、拉杆、定距管、折流板;
- d) 法兰的密封面;
- e) 容器外部构件,如支座(不包括裙座筒体)、基础环、塔顶吊架等,以及用涂漆能有效地防止环境腐蚀的外部构件。

6.4.5 容器接管(包括人,手孔)的腐蚀裕量,可取筒体的腐蚀裕量。

6.4.6 容器内件与筒体材料相同时,容器内件的单面腐蚀裕量,可按表7选取。

表7 容器内件单面的腐蚀裕量

| 结构形式 | 受力状态 | 腐蚀裕量 |
|---------------|------|-------------|
| 不可拆卸或无法从人孔取出者 | 受力 | 取筒体腐蚀裕量 |
| | 不受力 | 取筒体腐蚀裕量的1/2 |
| 可拆卸并可从人孔取出者 | 受力 | 取筒体腐蚀裕量的1/4 |
| | 不受力 | 0 |

6.4.7 容器地脚螺栓根径的腐蚀裕量可取3mm。

6.4.8 对两侧同时与介质接触的元件,应根据两侧不同的操作介质选取不同的腐蚀裕量,两者叠加。

6.5 设计寿命

6.5.1 容器的设计寿命系指在预定的腐蚀裕量下,容器预期达到的使用寿命,一般应在图样中注明。但容器的使用者应按 TSG R 7001—2004 对容器进行定期检验、定级,特别是当操作条件发生变化时,应根据定期测厚数据,重新估算腐蚀裕量,确定新的使用寿命。

6.5.2 对有腐蚀或磨损的元件,应根据预期的容器设计寿命与介质对金属材料的腐蚀速率的乘积确定腐蚀裕量。

6.5.3 除有特殊要求外,当腐蚀速率小于或等于 0.2mm/a 时,容器的设计使用寿命可按以下规定确定。

- a) 炼油设备:
 - 1) 一般容器、换热器壳体及管箱,不少于 10 年;
 - 2) 分馏塔类、一般反应器、高压换热器壳体以及其他难于更换的元件或容器,不少于 20 年;
 - 3) 厚壁加氢反应器外壳,不少于 30 年。
- b) 石油化工设备:
 - 1) 一般容器、换热器壳体及管箱,不少于 10 年;
 - 2) 塔、反应器等主要设备,不少于 15 年。

6.6 许用应力

6.6.1 耐腐蚀或耐磨衬里层厚度,不应计入容器元件的强度。

6.6.2 复合钢板或堆焊层容器的许用应力,应按以下原则确定:

- a) 复合钢板或堆焊层容器的强度计算时,一般只计算基层厚度,基层材料的许用应力按 GB 150 的规定取值;
- b) 同时满足下列条件时,可计入复层厚度:
 - 1) 复合钢板的贴合质量达到设计要求的钢板技术条件规定的 B1 或 BR1 级各项指标者,剪切强度不小于 210MPa,且每块复合钢板均应进行剪切试验;
 - 2) 对接焊接接头处的复合材料是耐腐蚀的熔敷金属,且应完全熔融;
 - 3) 较弱材料的许用应力值,不得小于较强材料许用应力值的 70%;
- c) 复合钢板或堆焊层的强度计算时,可按式(1)或式(2)计入复层厚度,其许用应力取基层材料的规定值。

$$[\sigma]_c \leq [\sigma]_j \text{ 时: } \delta_c = \delta_b + \delta_c \frac{[\sigma]_c}{[\sigma]_j} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$[\sigma]_c \geq [\sigma]_j \text{ 时: } \delta_c = \delta_b + \delta_c \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- δ_c —— 复合钢板的当量计算厚度(不包括腐蚀裕量), mm;
- δ_b —— 基层厚度, mm;
- δ_c —— 复层厚度(不包括任何可能有的腐蚀裕量), mm;
- $[\sigma]_j$ —— 设计温度下基层材料的许用应力, MPa;
- $[\sigma]_c$ —— 设计温度下复层材料的许用应力,对于堆焊层,则取其材料化学成分相近的轧制板材的许用应力, MPa。

6.6.3 对于内压力容器,当需要计算接管、补强圈与壳体连接的焊接接头强度时,其焊接接头的许用应力,可按表 8 选取。

表8 接管、补强圈焊接接头的许用应力

单位: MPa

| 消除应力热处理 | 接管壁受剪切 | D类焊接接头 | | 填角焊接接头受剪切 |
|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | 受拉伸 | 受剪切 | |
| 进行 | 0.70[σ] | 0.74[σ] | 0.60[σ] | 0.49[σ] |
| 不进行 | | 0.70[σ] | 0.56[σ] | 0.46[σ] |

注: [σ]为焊接接头计算截面处母材的许用应力。

6.6.4 地脚螺栓材料宜选用符合 GB/T 700 规定的 Q235, 最低设计温度低于或等于 -20°C 时, 应选用符合 GB/T 1591 规定的 Q345—E。Q235 的许用应力 [σ]_{bt} 取 147MPa, Q345 的许用应力取 170MPa。如采用其他碳素钢时, 则 n_s 大于或等于 1.6; 其他低合金钢, 则 n_s 大于或等于 2.0。

6.6.5 基础环、盖板及筋板材料的许用应力, 碳钢取 147MPa, 低合金结构钢取 170MPa。

6.6.6 对于地震载荷或风载荷与其他载荷相组合时, 容器壁的组合应力不允许超过许用应力的 1.2 倍; 地震载荷和风载荷同时最大作用的组合, 可不考虑。

7 结构

7.1 封头

7.1.1 球冠形封头可用作两独立受压空间的中间封头或压力较低的容器的端封头。

7.1.2 各种直径下的球冠形封头, 其应用范围可按图 1 确定。

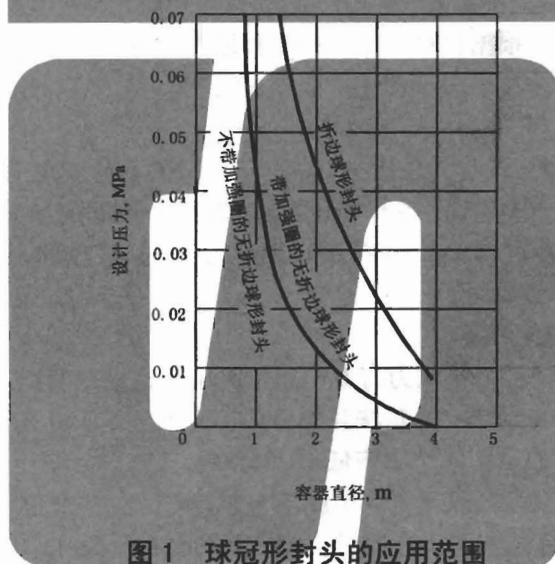


图1 球冠形封头的应用范围

7.1.3 封头的连接应符合以下规定:

- 受压的球冠形封头, 无折边锥壳与筒体或法兰连接的 T 形对接焊接接头, 应采用全焊透结构, 并进行强度计算。
- 碟形封头或椭圆形封头与法兰连接时, 其直边高度应满足图 2 的要求。标准封头不能满足此要求时, 宜采取下列措施:
 - 增加直边高度, 但最大不得大于标准封头直边高度的 1.5 倍 (非标准封头的直边高度值应在设计图样的明细表中注明);
 - 封头与法兰之间增加短节。

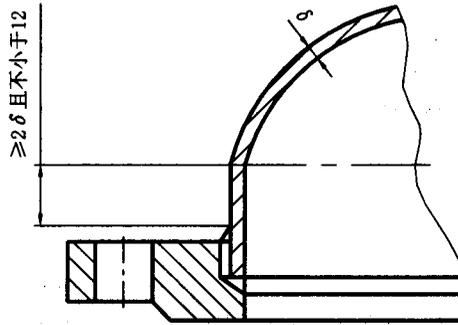


图2 封头直边高度

7.2 法兰

7.2.1 容器法兰

7.2.1.1 压力容器法兰应按 JB/T 4700~JB/T 4703 选用。

7.2.1.2 密封面形式应按下列规定确定：

- a) 除工程设计另有规定外，容器法兰的密封面形式，宜按本标准附录 C 中表 C.1 选用；
- b) 采用凹凸面或榫槽面容器法兰时，一般情况下容器顶部法兰的槽面或凹面宜向上，容器侧面的槽面或凹面法兰应位于筒体上(或按图样规定)。

7.2.1.3 公称压力应按下列规定确定：

- a) 容器法兰压力等级，应根据材料、工作温度和最大允许工作压力按照 JB/T 4700 确定；
- b) 真空系统容器法兰的公称压力不应小于 0.6MPa。

7.2.2 管法兰

7.2.2.1 除设备改造外，容器上的管法兰应按 HG 20592~HG 20635 选用。

7.2.2.2 管法兰采用凹凸面或榫槽面连接形式时，容器顶部和侧面的管口，应配置凹面或槽面法兰；容器底部的管口，可配置凸面或榫面法兰(或按图样规定)。如与阀门等标准件连接时，应视该标准件的密封面形式而定。

7.2.2.3 公称压力应按下列规定确定：

- a) 工艺系统对容器的管法兰公称压力有专门规定时，应按规定确定；
- b) 容器的真空度小于 0.08MPa 时，管法兰的公称压力不应低于 0.6MPa；当真空度为 0.08MPa~0.10MPa 时，管法兰的公称压力不应低于 1.0MPa；
- c) 介质为易爆或毒性程度为高度危害或中度危害时，管法兰的公称压力不应低于 1.0MPa；介质毒性程度为极度危害或强渗透性介质时，管法兰的公称压力应不低于 1.6MPa；
- d) 容器上的管嘴除应能够承受设计温度下的设计压力外，还应考虑能够承受外部管道的推力和弯矩。一般情况下，开口接管及管法兰所应承受的外载荷见附录 D；
- e) 管法兰的当量计算压力可按式 (3) 计算，管法兰公称压力对应工作温度下的最高无冲击工作压力应大于当量计算压力：

$$p_e = \frac{16M}{\pi D_G^3} + \frac{4F}{\pi D_G^2} + p_s \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- p_e —— 当量计算压力，MPa；
- M —— 外力矩，N·mm；

D_G —— 垫片载荷作用位置处的直径, mm;
 F —— 轴向外载荷(拉力时计入), N;
 p_s —— 设计内压力(必要时, 应计入液体静压力), MPa。

7.2.2.4 对于下列情况, 管法兰应采用带颈对焊法兰:

- a) 管道外载荷较大;
- b) 三类容器;
- c) 介质为易燃、易爆或毒性程度为极度危害、高度危害。

7.2.2.5 容器上的备用管法兰开口, 应配置法兰盖、螺栓、螺母及密封垫片。

7.3 接管

7.3.1 接管公称直径不同时, 应按下列规定选用不同的接管:

- a) 容器的开口接管公称直径小于或等于 300mm 时, 应采用无缝钢管;
- b) 开口接管公称直径为 15mm~50mm 时, 接管宜选用厚壁管。

7.3.2 接管的伸出长度 L 应符合下列规定:

- a) 对于轴线垂直于容器壳壁的接管, 接管的法兰密封面距容器或封头内壁的推荐长度参见附录 A;
- b) 采用对焊法兰的接管, 在确定接管长度时, 应保证接管和法兰的焊接接头与接管和壳体的焊接接头之间的距离不小于 50mm, 见图 3;

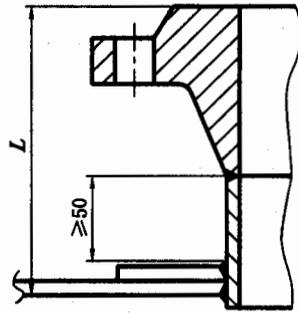


图 3 对焊法兰和接管的焊接接头

- c) 对于轴线不垂直于壳壁的接管, 其伸出长度应使法兰外缘与保温层之间的垂直距离不小于 25mm, 见图 4;

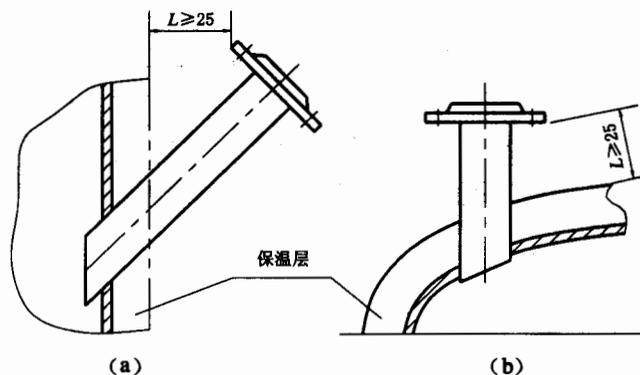


图 4 接管法兰与保温层外表面的最小距离

- d) 为了在平台上操作方便, 容器顶部接管的法兰密封面宜在同一水平面上。

7.3.3 接管与容器壳壁的连接应符合下列规定:

- a) 在不影响生产使用及装卸内部构件的情况下, 宜采用接管插入容器内壁的结构, 插入深度, 应

符合图 5 的要求；

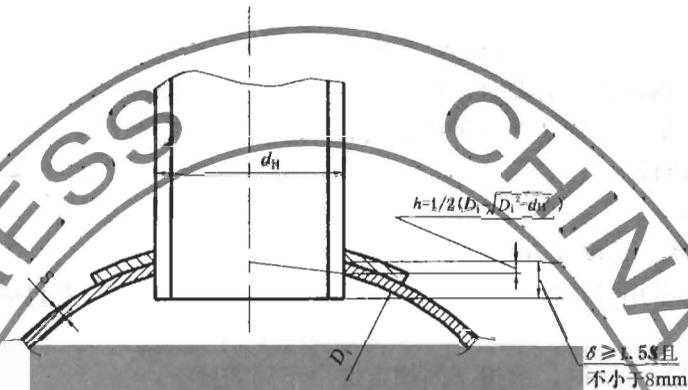


图 5 接管插入容器内壁的深度

- b) 物料放净口、放空口接管等接管内伸部分会影响内部构件布置或物料装卸时，接管端部应与容器内壁齐平；
- c) 立式容器的顶部开口或卧式容器的上部开口的接管伸入容器内壁时，在无其他放空口和放净口的情况下，若不影响工艺操作，则应在伸入容器内壁接管的高点开设直径为 6mm~10mm 的放气孔；
- d) 裙座支撑的立式容器，底封头上的开口应引出裙座外部，一般情况下，开口接管在裙座内部不应留有法兰接口。

7.4 垫片

7.4.1 垫片的选用应满足工艺系统特殊的要求。

7.4.2 压力容器法兰常用垫片的选用，参见附录 C 表 C.1。

7.4.3 管法兰常用垫片的选用，参见附录 C 表 C.2。

7.4.4 柔性石墨金属波齿复合垫片，可按 GB/T 19066 的规定选用。

7.4.5 垫片材质的选用应符合下列原则：

- a) 压力为低压且温度为中温时，宜选用非金属垫片；温度大于或等于 350℃、压力大于或等于 6.4MPa 时，宜选用金属垫片；在温度、压力有波动的工况下，宜选用回弹性良好或具有一定自紧作用的垫片；
- b) 不得采用含石棉的垫片；
- c) 高真空条件下操作时，宜使用橡胶垫片；
- d) 在介质(如航空汽油、航空煤油等)不允许微量纤维混入的工况下，宜选用以膨胀石墨或聚四氟乙烯作填料的缠绕式垫片，不得选用含纤维性材料的垫片；
- e) 毒性程度为极度危害(I级)、高度危害(II级)、中度危害(III级)的介质，易燃、易爆、强腐蚀、污染性强的介质和有害气体，宜使用柔性石墨复合垫片或缠绕垫片；
- f) 与氢氟酸接触的垫片，应采用蒙乃尔—聚四氟乙烯缠绕垫片或布氏硬度不大于 HB90 的工业纯铁齿形垫片；
- g) 金属垫片应在完全退火状态下使用，其布氏硬度值应比法兰密封面的布氏硬度值低 HB20~HB30；
- h) 金属环垫或齿形垫片可用于带颈对焊法兰的密封；
- i) 密封要求极为严格时，可采用密封焊结构。

7.5 紧固件

7.5.1 管法兰和容器法兰用紧固件的选用，参见附录 B；

7.5.2 奥氏体不锈钢法兰所选用的螺栓(柱)和螺母的材质,应根据设计温度确定。

7.6 人孔、手孔和检查孔

7.6.1 设置原则

7.6.1.1 容器的每个分隔的受压段,在检修期间不能利用工艺管口或设备法兰对容器内部进行检查或清洗时,应根据工艺要求,按表9规定的数量设置人孔、手孔。

表9 人孔、手孔设置的最少数量

| 容器公称直径 mm | 有内部构件时 | 无内部构件时 |
|---------------|-----------|-------------|
| >300~<1 000 | 设备法兰可兼做人孔 | 1个人孔或设置2个手孔 |
| ≥1 000~<2 600 | 1个人孔 | 1个人孔 |
| ≥2 600 | 2个人孔 | 1个人孔 |

7.6.1.2 容器直径大于或等于 $DN 1 000$ 且筒体与封头为不可拆卸时,容器应设置人孔。

7.6.1.3 容器直径小于 $DN 1 000$ 且筒体与封头为不可拆卸时,容器应设置人孔或手孔。

7.6.1.4 容器上设置的手孔或其他工艺管口可起检查孔的作用时,可不另设置检查孔。

7.6.1.5 卧式容器筒体长度 L 大于或等于 $6 000\text{mm}$ 时,可设置2个人孔。

7.6.2 结构形式

7.6.2.1 为防止产生死区,或容器内壁有非金属隔热衬里时,应选用带芯人孔。

7.6.2.2 人孔盖的重量超过 35kg 时,应采用回转盖或吊盖等结构的人孔。

7.6.2.3 设置在容器底部或较高部位(离地面或操作平台 2m 以上)的人孔,或设计温度低于 -10°C 的人孔,人孔盖应有吊杆或铰链支持。

7.6.3 人孔、手孔、检查孔尺寸

7.6.3.1 人孔直径应根据容器直径大小、压力等级、容器内部可拆构件尺寸、检修人员进出方便等因素确定。人孔尺寸宜按下列规定选用:

a) 容器直径为 $DN 1 000\sim DN 1 600$ 时,宜选用 $DN 450$ 人孔;

b) 容器直径大于 $DN 1 600$ 小于或等于 $DN 3 000$ 时,宜选用 $DN 500$ 人孔;

c) 容器直径大于 $DN 3 000$ 时,宜选用 $DN 500\sim DN 600$ 人孔。

7.6.3.2 真空或毒性为高度、极度危害介质或设计压力 p 大于 2.5MPa 的容器,宜选小直径人孔。

7.6.3.3 装设人孔的部位受到限制时,可采用不小于 $400\text{mm}\times 300\text{mm}$ 的长圆形人孔。

7.6.3.4 手孔不宜小于 $DN 150$ 。

7.6.3.5 检查孔不宜小于 $DN 80$ 。

7.7 开孔和开孔补强

7.7.1 一般规定

7.7.1.1 壳体上的开孔,应为圆形、椭圆形或长圆形。

7.7.1.2 补强计算时,圆形孔的开孔直径取接管内直径加两倍厚度的附加量。

7.7.1.3 在壳体上开椭圆形或长圆形孔时,孔的长径与短径之比不应大于 2.0 ,开孔直径取壳体纵向截面上的接管内径加两倍厚度的附加量。

7.7.2 补强结构及其选用

7.7.2.1 局部补强结构可采用补强圈或整体补强元件,必要时可采用补强圈和厚壁管双重补强结构,见图6。其补强面积,应按 $GB 150$ 的有关规定计算。设计温度大于 350°C 时,还应考虑温差应力的影响。

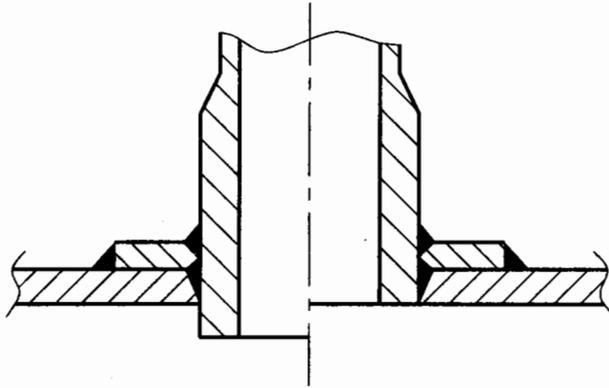


图6 双重补强结构

7.7.2.2 下列情况均应采用整体补强:

- a) 疲劳容器及高强度钢(R_m 大于540MPa)和Cr-Mo钢制造的容器;
- b) 补强圈的厚度超过被补强件壁厚的1.5倍或超过最大厚度 δ_{max} (碳钢: δ_{max} 为32mm;16MnR: δ_{max} 为30mm);
- c) 设计压力 p 大于或等于5.0MPa;
- d) 容器壳体名义厚度大于38mm;
- e) 介质毒性程度为极度、高度危害介质的压力容器。

7.7.2.3 整体补强可采用以下形式:

- a) 增加筒体或封头的壁厚;
- b) 整体补强锻件;
- c) 厚壁管。

7.7.2.4 长圆形开孔的补强板,其周边宽度应处处相等。

7.7.2.5 超出GB 150规定范围的大开孔补强,可采用应力分析法进行计算。

7.8 支座

7.8.1 防火层

容器的支座应按规定设置防火层。

7.8.2 耳式支座

7.8.2.1 支承在钢架、墙架或穿越楼板的立式容器,可采用耳式支座。耳式支座宜按JB/T 4725的规定选用。

7.8.2.2 耳式支座应均匀布置,数量可采用4个。容器直径小于或等于700mm时,支座数量可采用2个。

7.8.2.3 容器外部无保温层并安装于钢架上时,应采用A型或AN型耳式支座;容器外部有保温层或支座需安装于楼板上时,应采用B型或BN型耳式支座。

7.8.2.4 耳式支座附近壳体的局部应力应进行校核。

7.8.3 支承式支座

7.8.3.1 位置距地坪或基础面较近的具有椭圆形或碟形封头的立式容器,可采用支承式支座。支承式支座宜按JB/T 4724的规定选用。

7.8.3.2 支承式支座的数量可采用3个或4个,且均匀布置。

7.8.3.3 支承式支座用于带夹套容器,如夹套不能承受容器重量,应将支座焊于容器的下封头上。见图7。

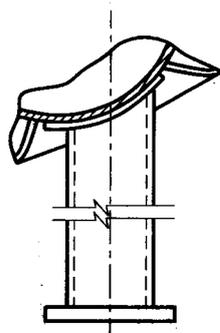


图7 用于夹套容器的支承式支座

7.8.4 腿式支座

7.8.4.1 腿式支座宜按 JB/T 4713 的规定选用。超过 JB/T 4713 的适用范围时，可按附录 E 进行支腿的强度和稳定校核。

7.8.4.2 与容器外壁直接焊接的支腿，当与容器贴合处遇到容器的环焊缝时，应在支腿上切割一个缺口，以便避开壳体环焊缝，见图 8。

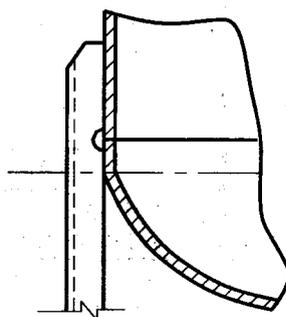


图8 支腿遇容器环焊缝开缺口的结构示意图

7.8.4.3 在多雨地区且露天放置的容器的支腿顶部应加焊顶板，见图 9。

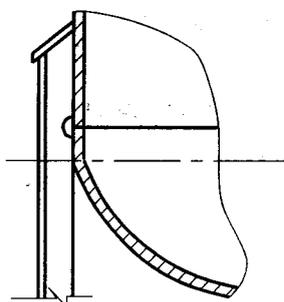


图9 支腿顶板结构

7.8.4.4 如支腿直接焊在容器上对搬运有妨碍时，可采用螺栓连接的可拆结构，或在安装现场进行焊接。

7.8.5 裙式支座（简称裙座）

7.8.5.1 裙座与容器的连接形式应符合 JB/T 4710 的规定，且应优先选用对接形式。容器壁厚超过 60mm 时，宜采用裙座与容器壳体中径对齐的连接结构。

7.8.5.2 不计入地震载荷和风载荷的容器，基础环和筋板的结构尺寸应符合图 10 和表 10 的要求。

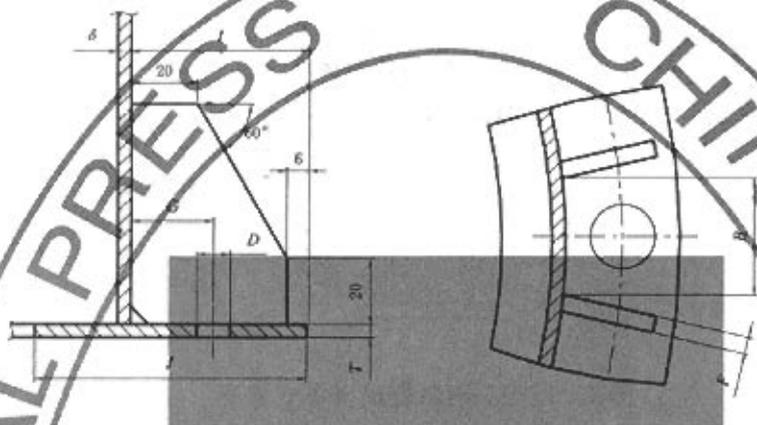


图 10 裙式支座基础环结构

表 10 基础环和筋板的结构尺寸

单位: mm

| 螺栓规格 | D | L | G | I | B | F |
|------|----|-----|----|-----|-----|---|
| M16 | 18 | 60 | 35 | 120 | 80 | 6 |
| M20 | 22 | 70 | 40 | 140 | 100 | 6 |
| M22 | 24 | 77 | 40 | 150 | 119 | 6 |
| M24 | 26 | 90 | 50 | 180 | 120 | 9 |
| M27 | 30 | 95 | 55 | 180 | 140 | 9 |
| M30 | 33 | 100 | 55 | 200 | 140 | 9 |

注 1: 基础螺栓的数目为 4, 8, 12, 16, 20, 24 等 4 的倍数。
注 2: 基础环的厚度 T 由计算决定, 且不得小于 14mm (包括附加量)。

7.8.5.3 裙座上应加排气孔或排气管 (有保温时), 排气管尺寸和数量应符合 JB/T 4710 的要求。

7.8.6 鞍式支座

7.8.6.1 卧式容器的支承, 可按 JB/T 4712 的规定选用钢制鞍式支座。

7.8.6.2 卧式容器宜采用双支座, 特殊情况下也可选用三支座或多支座。

7.8.6.3 容器的鞍座形式固定侧应采用 F 型标准鞍座; 滑动侧应采用 S 型标准鞍座。固定鞍座宜设在接管较多的一侧。

7.8.6.4 滑动支座 (S 型) 的基础表面上, 应预埋一块钢板; 需要减小滑动摩擦系数时, 也可预埋一块聚四氟乙烯滑板或设置滑动摩擦副等。

7.9 内件

7.9.1 塔盘

塔盘结构设计应符合 SH 3088 的规定, 塔盘定位尺寸以支持圈上表面为准。

7.9.2 缓冲板

7.9.2.1 在下列情况下, 应在容器介质进口接管处设置缓冲板:

- 介质有腐蚀性或磨蚀性时, 当 ρv^2 大于 740;
- 介质无腐蚀性或磨蚀性时, 当 ρv^2 大于 2355 并直接对容器壁或内件有冲刷时;
- 需要保证进料对内部的稳定操作时。

* ρ —— 介质密度, kg/m^3 ; v —— 介质流速, m/s 。

7.9.2.2 物料进口处的缓冲板结构见图 11。

7.9.2.3 要求液面指示平稳的液面计上部连接管,可设置挡液板。挡液板的结构同缓冲板,见图 11(a)。

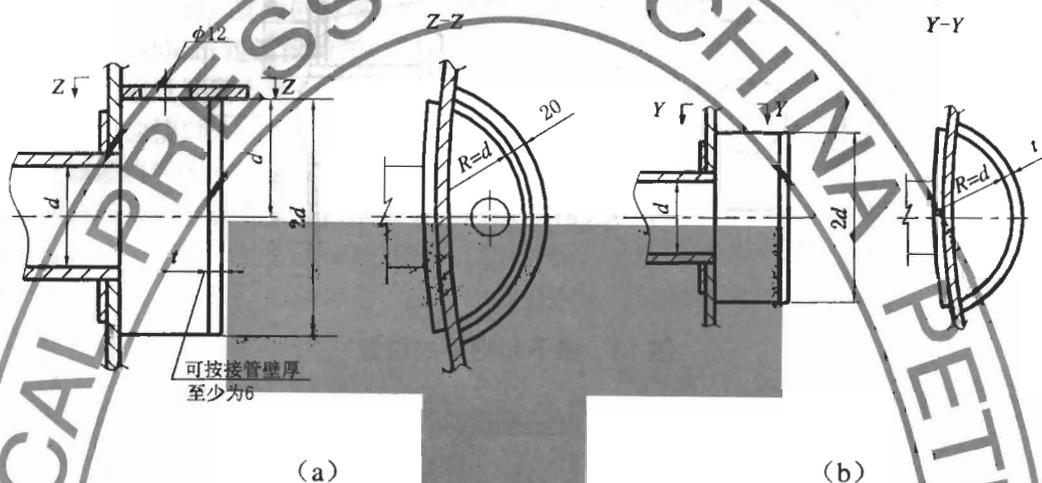


图 11 物料进口缓冲板结构

7.9.3 防涡流板

在下列情况下,容器应设防涡流板:

- 容器底部与泵直接相连的出口;
- 需防止旋涡将容器底部杂质带出,影响产品质量或沉积堵塞后面生产系统的液体出口,可设带过滤网的防涡流器;
- 需减少液体夹带的气体出口。

7.9.4 气体出口挡板

气体出口挡板,宜按图 12 的规定设置。

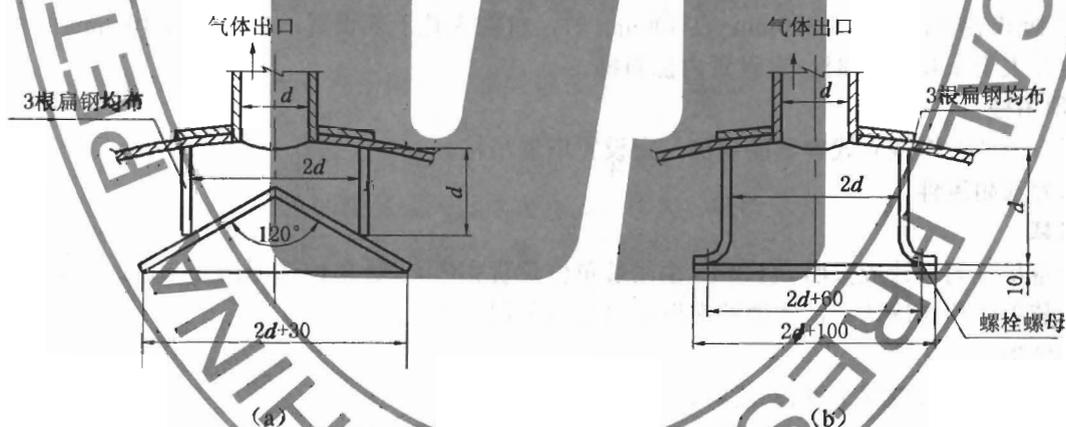


图 12 气体出口挡板结构

7.9.5 内部梯子

7.9.5.1 人孔设在立式容器筒体侧面,且人孔以下无内件可利用时,容器内壁宜设置梯子和把手。梯

子和把手的位置和结构尺寸可按图 13 和图 14 设置。梯子宜采用图 14 的形式。

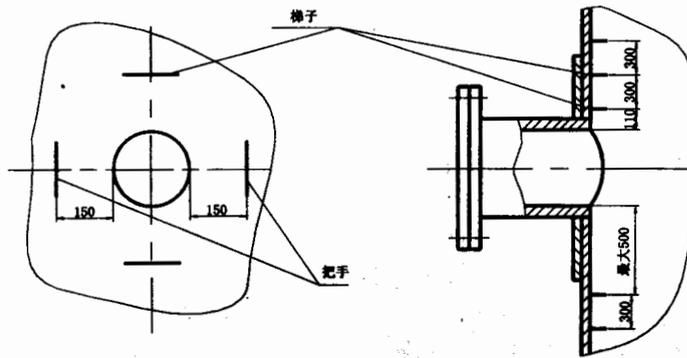


图 13 梯子和把手的位置

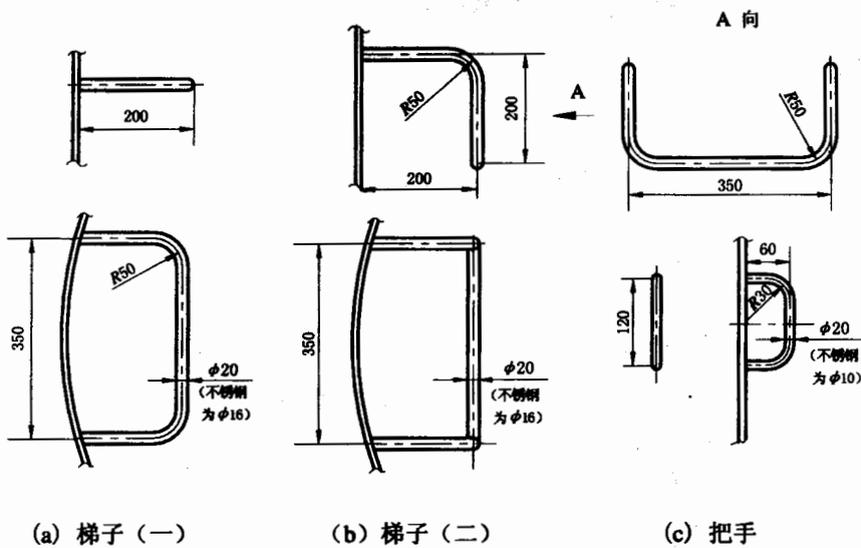


图 14 梯子和把手的详细结构

7.9.5.2 当卧式容器内径为 1200mm~1400mm 时,宜在人孔下部设置一个高度为 400mm 的“π”型踏步;当内径大于 1400mm 时,宜设置内部斜梯。

7.9.6 塔顶吊柱

有可拆卸内件的塔或立式容器的顶部,宜设置塔顶吊柱。

7.10 设备外部附属件

7.10.1 吊耳

大型设备吊耳的设计应按照 SH 3515 由吊装单位负责完成。设计单位选用的或制造厂自带的吊装设施,应在吊装单位核算确认后,才能够在现场吊装时采用。

7.10.2 接地板

7.10.2.1 接地板应直接焊于设备壳体或支座上。

7.10.2.2 接地板材料应选用耐大气腐蚀的材料或采取其他防腐措施。

7.10.3 铭牌座

7.10.3.1 立式设备铭牌座宜设置在离地 1.5m 的高度处。

7.10.3.2 铭牌座方位应选择在设备面临走道的一侧。

7.10.3.3 铭牌座的高度应使铭牌露出保温层 20mm 以上。

7.10.3.4 铭牌应采用铝、铜或不锈钢制作。

7.11 分段、分片和焊后热处理设备

7.11.1 分段设备

7.11.1.1 分段处的位置，宜为同材质、同一厚度且无开口的两层内件之间的部位，或带一节与底封头相焊的长度不小于 500mm 过渡段的接口处。

7.11.1.2 在封头或过渡段上至少应带一节筒节，分段处不应设在筒节与封头或过渡段的接缝处。

7.11.1.3 两分段的接口处，均应打上方位母线标志（奥氏体不锈钢表面需作标记时，标记应采用不溶于水、不含金属颜料和无硫、无氟的墨水）。

7.11.1.4 两分段接口处的焊接接头坡口表面应涂以不影响焊接质量的防锈涂料。

7.11.1.5 发运时，两接口处应密闭处理和作临时加固，且应妥善保护。

7.11.1.6 分段设备在工地组装施焊后，应按图样要求进行验收和试压。

7.11.2 分片设备

7.11.2.1 施工单位应与制造厂共同协商坡口形式。坡口表面应涂以不影响焊接质量的防锈涂料。

7.11.2.2 发运前应在制造厂进行预组装，并经施工单位或甲方验收。

7.11.2.3 每片成型板片上均应打上标志，标志号应与排版图一致，奥氏体不锈钢表面的标记应符合本标准 7.11.1.3 条的规定。排版图应随着设备一起发运至工地。

分片运输的设备在工地按排版图组装施焊后，应按图样要求进行验收和试压。

7.11.3 焊工资格及焊接工艺

容器现场组焊，应符合 SH 3524 的规定。现场焊接应由具有相应资格的焊工担任，且应按照经评定后的焊接工艺进行焊接。

7.11.4 需作焊后热处理的设备

需作焊后热处理的设备必须将设备上所有焊接附件（如操作平台连接件、保温支承预焊件、吊耳垫板、铭牌支架、接地板等）施焊完毕，所有垫板均应留有透气孔或与筒体断续焊。热处理后，不得再在设备上施焊。

7.12 焊接结构

7.12.1 焊接接头设计

7.12.1.1 容器承压焊缝的坡口形式和尺寸，无特殊要求时，可按下列原则设计：

- a) 焊接接头填充金属量尽量少，有利于减少焊接残余变形和应力；
- b) 便于操作，有利于焊工防护；
- c) 复合钢板的坡口应有利于降低过渡层焊接接头金属的稀释率和减少复层的焊接量，宜采用 SH/T 3527—1999 图 4.1.1 中 b, c, f, g 等节点。

7.12.1.2 下列情况下，应采用全焊透接头，参见附录 F 中的节点形式：

- a) 储存或处理毒性程度为极度或高度危害介质的压力容器的 A、B、D 类焊接接头；
- b) 开孔要求采用整体补强的容器的 A、B、D 类焊接接头；
- c) 处理特殊介质（液化气、液氨等）的容器的 A、B、D 类焊接接头；
- d) 二类、三类压力容器的 A、B、D 类焊接接头。

7.12.2 A、B 类对接接头设计

7.12.2.1 筒体内径小于 600mm 时，宜采用单面对接焊。筒体内径大于或等于 600mm 时，应采用双面对接焊。

7.12.2.2 单面焊可以根据无损检测的方式，应采用氩弧焊打底或背衬垫板的工艺，并应确保全焊透。

7.12.2.3 A 类、B 类对接焊缝的余高及宽度，应符合 GB 150 的规定。

7.12.3 接管与壳体焊接接头的设计

7.12.3.1 压力容器接管与壳体的焊接，宜采用双面焊。

7.12.3.2 必要时应考虑有利于无损检测的结构，如翻边对接及安放式结构。

7.12.3.3 接管与壳体焊接只能从设备外侧单面焊时，可采用氩弧焊打底或带垫板结构，但标准抗拉强度下限 R_m 大于 540MPa 的高强钢和 Cr—Mo 钢严禁使用永久性垫板。

7.12.4 其他

7.12.4.1 对于翻边对接或安放式接管以及厚壁容器的对接焊缝，接头除要求全焊透外，尚应尽量减少熔敷金属量，宜采用窄间隙焊缝坡口。

7.12.4.2 对于高强度钢 (R_m 大于 540MPa)，应采用翻边对接及安放式结构的接管。

7.12.4.3 有抗间隙腐蚀要求时，接触腐蚀介质的一侧应予满焊，不得留有间隙。

7.12.4.4 内件支撑大梁或其支座宜焊接到复合钢板壳体的基层上。

7.12.4.5 在湿 H_2S 应力腐蚀或液氨应力腐蚀环境下，碳钢和 C—Mn 钢的焊接接头硬度应小于或等于 HB200 (包括母材、热影响区和熔敷金属)。

7.12.4.6 鞍式支座的垫板和外加强圈与容器壳体应为连续焊。

7.12.4.7 高强度钢 (R_m 大于 540MPa) 容器附件的连接板宜与壳体焊透，且不宜采用角焊缝。

8 制造、检验和验收

8.1 原材料的检验

8.1.1 原材料的复验和无损检测

8.1.1.1 压力容器受压元件用的原材料，应符合下列标准和规定的要求：

- a) 压力容器安全技术监察规程；
- b) GB 150；
- c) SH/T 3075；
- d) 本标准或图样要求。

8.1.1.2 制造厂应按本标准 8.1.1.1 条的规定，对入厂材料进行检查和验收，如有疑问或对材料要求的性能数据不全时，制造厂应进行复验或补充，合格后方可投料制造。

8.1.1.3 如钢材生产厂未按本标准 8.1.1.1 条所列标准规定的要求进行无损检测，制造厂应予补做。除图样另有规定外，受压元件用钢的无损检测应按表 11 规定的方法进行。如设计无特殊要求，受压元件用钢无损检测的合格等级应符合表 12~表 14 的要求。

表 11 受压元件用钢的无损检测方法

| 材料品种 | 射线检测 | 超声检测 | 磁粉检测 | 渗透检测 |
|-------------------|------|-------------|-------------|-------------|
| 压力容器用钢板 | — | JB/T 4730.3 | — | — |
| 复合钢板 ^a | — | — | — | — |
| 无缝钢管 | — | JB/T 4730.3 | JB/T 4730.4 | — |
| 不锈钢无缝管 | — | JB/T 4730.3 | — | — |
| 锻轧钢棒(紧固件用) | — | JB/T 4730.3 | JB/T 4730.4 | — |
| 压力容器用锻件 | — | JB/T 4730.3 | JB/T 4730.4 | JB/T 4730.5 |
| 奥氏体钢锻件 | — | JB/T 4730.3 | — | |

^a 轧制复合钢板无损检测，应符合 GB/T 8165 的规定，超声波检测应符合 GB/T 7734；爆炸法制复合钢板，应符合 JB 4733 的规定，超声波检测应符合该标准的附录 A 中底波反射法的要求。

表 12 钢材超声检测合格等级 (钢板、钢管)

| 材料品种 | 超声检测合格等级 |
|---|---|
| 压力容器用碳钢、低合金钢板 | 标 准: JB/T 4730.3 适用范围: 厚度 6mm~250mm 合格等级: 按 GB150 第 4.2.9 条规定。对于一般用途碳钢、低合金钢钢板, 合格等级不低于 III 级; 对于 $PN \geq 10.0 \text{MPa}$ 的单层高压容器及多层高压容器内筒钢板, 合格等级不低于 II 级 |
| 复合钢板 | 轧制复合板 标 准: GB/T 7734 适用范围: 总厚大于 8mm 的轧制复合钢板 合格等级: 管板及临氢设备用复合板 I 级 热压封头及高压容器用复合板 II 级 一般用复合板 III 级 |
| 复合钢板 | 爆炸法制复合板 标 准: JB 4733 适用范围: 总厚度等于或大于 10mm 合格等级: 管板及临氢设备用复合板 I 级 热压封头及高压容器用复合板 II 级 一般用复合板 III 级 |
| 无缝钢管 ^{a,b} | 标 准: JB/T 4730.3 适用范围: 外径 12mm~660mm, 壁厚大于或等于 2mm 的压力容器用高压无缝钢管 合格等级: $PN \geq 10.0 \text{MPa}$ I 级 $PN < 10.0 \text{MPa}$ II 级 |
| 奥氏体不锈钢无缝钢管 ^c | 标 准: JB/T 4730.3 适用范围: 外径 12mm~400mm, 壁厚 2mm~35mm 的奥氏体钢无缝钢管 合格等级: $PN \geq 10.0 \text{MPa}$ I 级 $PN < 10.0 \text{MPa}$ II 级 |
| ^a 壁厚/外径大于 0.2 的高压无缝管按 I 级, 但内表面人工缺陷深度应小于或等于公称壁厚的 5%。 ^b 高压无缝管的表面磁粉检测, 应符合 JB/T 4730.4 的规定。 ^c 外径、壁厚大于表列范围的奥氏体无缝钢管宜按 GB/T 5777 的规定。 | |

表 13 钢材无损检测合格等级 (紧固件钢棒)

| 材料品种 | 超声检测合格等级 | 磁粉检测合格等级 |
|------------|---|--|
| 锻轧钢棒 (螺柱用) | 标 准: JB/T 4730.3 适用范围: 直径大于 36mm 的锻轧钢棒 (坯) 要 求: 纵波检测, 检测面的粗糙度为 $R_a 6.3$ 合格等级: $PN \geq 10.0 \text{MPa}$ 用 I 级 | 标 准: JB/T 4730 适用范围: $PN \geq 10.0 \text{MPa}$ 高压用螺栓 合格等级: I 级, 并符合对紧固件的附加验收要求 |

表 14 锻件无损检测合格等级

| 材料品种 | 超声检测合格等级 | 磁粉检测合格等级 | 渗透检测合格等级 |
|----------------|---|---|--|
| 压力容器用碳钢和低合金钢锻件 | 标准: JB/T 4730.3 要求: 一般在热处理并机加工后进行, 检测面的粗糙度为 $R_a6.3$ 。纵波检测, 筒型锻件还需按 JB/T 4730.3 附录 C 进行横波检测 合格等级: 按 SH 3075 的规定 | 标准: JB/T 4730.4 要求: 锻件经加工后的粗糙度为 $R_a6.3$ 以上 合格等级: I 级 | 标准: JB/T 4730.5 合格等级: I 级 要求: 锻件经加工后进行, 受检面不允许作喷砂、喷丸处理 |
| 压力容器用奥氏体钢锻件 | 标准: JB/T 4730.3 要求: 一般在热处理并机加工后进行, 检测面的粗糙度为 $R_a6.3$ 。一般锻件纵波检测, 筒型锻件还需进行横波检测 合格等级: 按 SH 3075 的规定 | | |

8.1.2 表面质量

8.1.2.1 容器用钢板表面的划痕、轧痕、麻点、氧化皮脱落后的粗糙等局部缺陷的深度, 不得超过厚度负偏差的 1/2。

8.1.2.2 锻件的尺寸允差和表面质量应符合下列规定:

- a) 锻制筒体的内径, 在任何主要截面上测定, 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 0.1%, 且不大于 25mm;
- b) 锻件的厚度在某些局部区域内小于设计厚度, 但围绕该区域的邻近区域具有足够的厚度, 且减薄区域符合按 GB 150 对补强(开孔)的限制条件时允许使用, 必要时, 应经应力分析后确定;
- c) 除关键的机加工表面外, 锻件表面允许存在深度不大于公称厚度的 5%或 1.5mm(取其小者)且长度不大于 20mm 的重皮、结疤、切削刀痕。但如存在裂纹呈尖锐切口状的缺陷, 则不论深度、长度的大小均应打磨清除, 并与母材呈圆滑过渡, 斜度不大于 1:3;
- d) 缺陷清除后其剩余厚度, 应不小于设计厚度, 否则应予以补焊(必要时, 应经应力分析后确定)。

8.2 加工和成型

8.2.1 受压元件用钢材在加工过程中, 标志应予以保留。必要时, 应将标志移植到工件上, 并保证移植标志的正确、清晰、耐久。

8.2.2 受压元件用的钢板冷加工、冷成型后, 如变形率超过下列范围时, 应进行消除应力热处理:

- a) 碳素钢、16MnR: 3% (单向拉伸变形率); 其他低合金钢: 2.5% (单向拉伸变形率);

材料的加工变形率按下式计算:

单向拉伸

$$\epsilon = \frac{\delta}{2R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_0} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

双向拉伸

$$\epsilon = \frac{1.5\delta}{2R_f} \left(1 - \frac{R_f}{R_0} \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- ϵ —— 钢板变形率, %;
- δ —— 钢板名义厚度, mm;
- R_f —— 钢板弯曲后的中心半径, mm;

R_0 ——钢板弯曲前的中心半径，对于平板 R_0 为无限大，mm。

b) 碳素钢、低合金钢冷加工造成板厚减薄大于板厚的 10% 者。

8.2.3 钢管冷弯后，如变形率超过下列范围时，应进行热处理：

a) 碳素钢、低合金钢的钢管弯管后的外层纤维变形率大于钢管标准规定伸长率 δ_5 的一半时；

b) 对于有冲击韧性要求的钢管，其最大变形率大于 5% 者。

8.2.4 奥氏体不锈钢的热加工，应符合下列要求：

a) 加热前应彻底清除表面油污和其他附着物；

b) 加热过程中，不得与火焰或固体燃料直接接触，加热温度应均匀；

c) 应控制炉膛气氛呈中性或微氧化性，并注意炉膛气氛中的含硫量，对不锈钢应无腐蚀性作用；

d) 不锈钢热成形后，应重新进行固溶或稳定化处理。

8.2.5 不锈钢设备在加工过程中应防止表面的划伤，并应注意加工器械造成的铁污染。

8.2.6 壳体上垫板、加强板等应至少开设 1 个 $\phi 10\text{mm}$ 或 M10 的排气、信号孔。加强板与壳体应紧密贴合，最大间隙为 3mm。

8.3 切割和焊接

8.3.1 切割

8.3.1.1 火焰切割时的环境温度不得低于 0°C ，否则应进行预热。标准抗拉强度 R_m 大于 540MPa 的钢材及 Cr-Mo 低合金钢材，经火焰切割的坡口表面，应打磨去除淬硬层，然后进行磁粉检测或渗透检测。不锈钢的坡口应采用机械加工或等离子切割的方法，不得使用碳弧气刨切割坡口和清根。

8.3.1.2 焊接坡口应保持平整，不得有裂纹、分层、夹渣等缺陷，坡口尺寸应符合图样规定。火焰切割坡口的表面粗糙度应达到 $R_a 50$ ，否则应进行打磨。

8.3.1.3 火焰切割时的预热要求，应与钢材焊接的预热温度相同。

8.3.1.4 焊接的一般要求、预热和定位焊及焊前准备，应符合 JB/T 4709 的规定。

8.3.2 焊接

8.3.2.1 钢制压力容器的焊接应按照 JB 4708 和 JB/T 4709 进行。

8.3.2.2 钢制压力容器的承压焊缝应尽量避免异种钢焊接（异种钢焊接是指铁素体钢与奥氏体不锈钢、双相不锈钢或镍基合金之间的焊接，不包括堆焊层），且应符合以下规定：

a) 在酸性环境中承压焊缝不得进行异种钢焊接；

b) 在非酸性环境中，可以采用镍基合金进行异种钢焊接；

c) 对设计温度在 300°C 以下的一般容器，允许采用奥氏体不锈钢焊材进行异种钢焊接。

8.4 焊后热处理

8.4.1 焊后热处理的设备范围应符合 GB 150 中有关规定。焊后热处理优先在炉内进行。

8.4.2 常用钢号的焊后热处理，可按 JB/T 4709 的规定进行。

8.4.3 如果容器太长无法一次进炉热处理，可以调头分两次进炉，两次热处理重叠部分长度应不小于 1500mm，且炉外部分应进行保温，减少温度梯度。

8.4.4 壳体纵焊缝以及接管与壳体间的焊缝宜与所在筒节一起进行整体热处理；容器环焊缝的局部热处理加热带宽度应至少包括焊缝边缘两侧各 3 倍壁厚的宽度。

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

8.5 试板和试样

试板和试样的制备和检验应按照 JB 4744 进行。产品焊接试板应与产品具有同样的受热过程。

8.6 无损检测和压力试验

8.6.1 无损检测

8.6.1.1 磁粉检测和渗透检测应符合下列规定：

- a) 凡符合 GB 150 有关规定的受压元件及其焊缝，均应作磁粉或渗透检测。铁磁性材料优先作磁粉检测；
 - b) 厚度大于 20mm 的奥氏体不锈钢，在焊缝背面清根后的焊缝表面及与介质接触的焊缝表面，应作渗透检测；
 - c) 表 12~表 14 中规定的需进行磁粉或渗透检测的材料，其焊缝坡口、清根后的焊根表面、修磨表面、焊缝区及焊补表面，均应作磁粉或渗透检测；
 - d) 磁粉或渗透检测的范围，应包括焊缝、坡口、补焊区四周各 1/2 板厚(且不小于 10mm)的区域；
 - e) 检测应符合 JB/T 4730 的要求，检测结果 I 级合格。
- 8.6.1.2 射线和超声检测应符合下列规定：
- a) 凡符合 GB 150 中的有关章节规定的受压元件的焊接接头，均应作射线和/或超声检测；
 - b) 射线和/或超声检测的探伤率和合格级别，应符合图样规定；
 - c) 检测应符合 JB/T 4730 的规定。
- 8.6.2 压力试验
- 8.6.2.1 液压试验应符合下列规定：
- a) 液压试验应按 GB 150 中有关章节的规定进行；
 - b) 重叠管壳式热交换器除单台热交换器进行液压试验合格后，尚应进行重叠后的管、壳程液压试验；
 - c) 容器在液压试验后如进行修补，则焊补焊缝应按该焊缝的原检测内容进行检测并达到合格；若主要受压元件焊补深度超过 1/2 壁厚时，需再次进行液压试验；
 - d) 炼油厂催化裂化装置中再生器和沉降器等非金属衬里设备可不进行液压试验，但应进行 100% 射线或超声检测。
- 8.6.2.2 气压试验应符合 GB 150 有关章节的有关规定。
- 8.6.3 气密性试验
- 8.6.3.1 下列情况下，应对容器进行气密性试验：
- a) 介质为极度危害(I 级)或高度危害(II 级)；
 - b) 对真空度有较严格的要求；
 - c) 设计图样上要求不允许有微量的泄漏；
 - d) 设计图样上注明应进行气密性试验。
- 8.6.3.2 气密性试验应符合 GB 150 的有关规定。
- 9 表面处理、运输包装
- 9.1 表面处理
- 9.1.1 压力容器的表面处理应按照 JB/T 4711 及本标准 9.1.2 条的规定。
- 9.1.2 表面处理和标记应符合下列规定：
- a) 所有碳素钢和低合金钢容器的外表面应予以清理、除锈，且不低于 GB/T 8923 中 St3 级的要求；
 - b) 机加工面和焊缝坡口不应涂漆，但现场焊接的坡口应涂一层对焊接质量无害且易去除的保护涂层；
 - c) 当奥氏体不锈钢需标记制造或发运数据时，标记应采用不溶于水、不含金属颜料和无硫、无氯的墨水。炉号和批号允许用钢印或电蚀刻，但不应位于介质接触的一侧；
 - d) 应力腐蚀环境下工作的容器，与介质接触侧不得使用硬质钢印；
 - e) 分段或分片供货的设备，除应在制造厂预组装外，尚应在对口处作好对口及母线标志，并应提供排版图；
 - f) 接触腐蚀性介质的不锈钢表面应除垢并进行酸洗和钝化处理。不锈钢的酸洗和钝化宜采用涂刷

酸洗钝化膏进行 100% 的钝化处理, 表面处理后, 应用清水冲净, 并用酚酞试纸检查冲净的程度;

- g) 各类容器的表面涂漆应符合 SH 3022 及图样的规定;
- h) 各类容器的表面色和标志色应符合 SH 3043 的规定。

9.2 运输包装

9.2.1 运输包装应按照 JB/T 4711 和 9.2.2 条的规定。

9.2.2 运输包装应符合下列规定:

- a) 制造厂应负责对每一种零部件进行妥善的包装, 包装箱上应有吊耳或标明起吊点。每一件均应标有买方的地址、完整的订货合同号、容器位号、数量和制造厂发货单位。专用工具应另装箱发货, 并应标记“专用工具”字样;
- b) 有禁焊要求的容器应在显著位置标示“严禁焊接”;
- c) 每批装运货物内, 需有一份装箱清单。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;
- d) 必要时, 装运货物应附安装说明书、安装图纸或排版图, 该资料应放在最大的板条箱内;
- e) 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的符号;
- f) 螺纹接口应采用与其相同材料制的六角头螺塞堵上;
- g) 小零件应袋装、箱装或采取其他保护措施, 备用管件、紧固件和密封垫片应单独装箱发运, 不得用螺栓将其固定在法兰和盖板之间;
- h) 有坡口的或平口的接管应采用金属盖板或厚型塑料布保护, 盖在接管的外侧或内侧进行密封; 也可用一金属环形罩盖在接管端部, 并与接管外侧密封焊, 焊缝不应焊在坡口上;
- i) 所有法兰接口应采用最小厚度为 4mm、直径与法兰外径相同的钢制盲板加最小厚度为 3mm 的软橡胶垫的方式进行保护和密封, 并用螺栓固紧。螺栓直径不得小于 M12, 数量不少于 4 个。螺栓数量和规格可按表 15 选取;

表 15 法兰用钢制盲板螺栓尺寸

| 法兰盘的螺栓孔数 | 最小螺栓尺寸 |
|----------|--------|
| 4~28 | M12 |
| 32~48 | M20 |

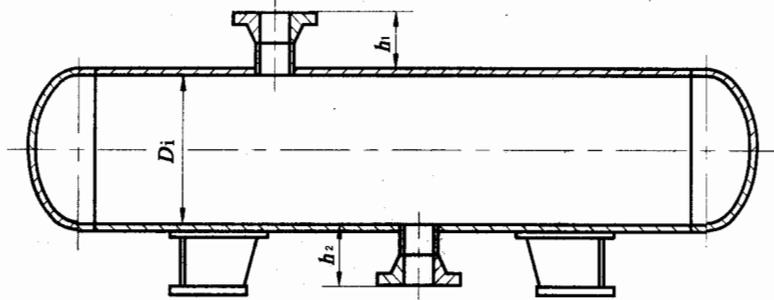
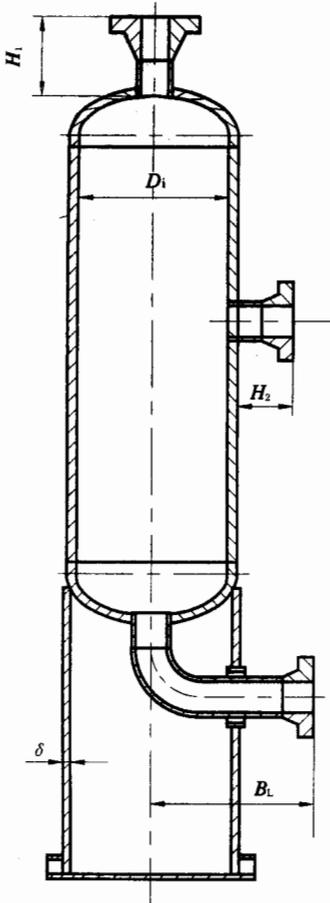
- j) 所有容器、箱、包等, 均应和运输工具妥善固定;
- k) 分片出厂的壳体或球壳片应采用托架, 凸面朝上, 各片之间, 应垫柔性材料;
- l) 直立设备, 可根据需要设置临时鞍座;
- m) 若因装运空间要求而改变或去除接管口、支承构件、吊耳或其他类似附件时, 应得到买方书面认可。制造厂应提供装载图, 标示出所需重新定位或去除的附件位置, 并提供重新装配、组焊的程序和检验方法;
- n) 海上运输的不锈钢压力容器 (包括内衬为不锈钢的容器), 内部应充 0.05MPa 的氮气保护, 同时封闭所有开口。

附录 A
(资料性附录)
容器开口伸出高度

- A.1 除设计另有规定外，容器开口伸出高度列于表 A.1。
- A.2 本附录不适用于厚壁容器 (δ 大于 50mm) 和特殊容器的设计。
- A.3 本附录可用于保温厚度小于 150mm 的设计。

表 A.1 容器开口伸出高度 单位: mm

| 开口公称直径 DN mm | 卧式容器 | | 立式容器 | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| | h_1 | h_2 | H_1 | H_2 | B_L |
| 10~100 | 250 | 200 | 250 | 200 | $D_i/2+200$ |
| 125~250 | 250 | 250 | 300 | 250 | $D_i/2+250$ |
| ≥ 300 | 300 | 300 | 350 | 300 | $D_i/2+300$ |



附 录 B
(资料性附录)
紧 固 件

B.1 紧固件

B.1.1 紧固件分商品级紧固件和专用级紧固件。按 GB/T 901、GB/T 6170、GB/T 5782 等标准制造的螺栓（柱）和螺母均为商品级紧固件，仅可使用在一般的容器、设备内件和结构件的连接上。

B.1.2 符合下列所有条件的承压件的连接也可使用商品级紧固件：

- a) $PN \leq 1.6 \text{ MPa}$;
- b) 最高使用温度 $\leq 200^\circ\text{C}$;
- c) 非剧烈循环载荷场合；
- d) 配用非金属软垫片；
- e) 操作物料性质不属于易燃、易爆及毒性程度大于中度危害的。

B.2 商品级紧固件

B.2.1 商品级紧固件在图样上应注明产品标准号。

B.2.2 商品级紧固件在图样上应采用“性能等级”代替对螺栓、螺母的材料牌号、化学成分、热处理状态和力学性能的要求。

B.2.3 商品级紧固件螺母与螺栓相匹配的“性能等级”，应符合 GB/T 3098.2 的规定。

B.3 专用级紧固件

B.3.1 专用级紧固件的标准宜按表 B.1 选用。专用级紧固件材料的化学成分、力学性能和制造检验均应符合相应标准的规定。

B.3.2 应优先选用与法兰标准配套的专用级紧固件。

B.3.3 当法兰标准没有配套紧固件时，宜按表 B.1 选用。

表 B.1 紧固件常用标准

| 名称 | 材质 | 标准号 | 限制条件 | 规格 |
|-------------------|--------------------|----------------------------------|---|---------|
| 六角头螺栓 | 8.8级或6.8级 (商品级) | GB/T 5782 (半丝) GB/T 5783 (全丝) | $PN \leq 1.6 \text{ MPa}$; 最高使用温度 $\leq 250^\circ\text{C}$; 非剧烈循环场合; 配用非金属软垫片; 介质非易燃、易爆及毒性程度 不大于中度危害 | M6~M64 |
| 双头螺栓 ^a | 8.8级或6.8级 (商品级) | GB/T 901 | $PN \leq 1.6 \text{ MPa}$; 最高使用温度 $\leq 250^\circ\text{C}$; 非剧烈循环场合; 配用非金属软垫片; 介质非易燃、易爆及毒性程度 不大于中度危害 | M6~M56 |
| | 35号 | SH 3404 | $\leq 350^\circ\text{C}$ | M10~M48 |
| | | JB/T 4707 | | M16~M36 |
| | 40Cr | SH 3404 | $< 400^\circ\text{C}$ | M10~M39 |
| | | JB/T 4707 | | M16~M36 |
| | 40MnB | JB/T 4707 | $< 400^\circ\text{C}$ | M16~M36 |
| | 40MnVB | JB/T 4707 | $< 400^\circ\text{C}$ | M16~M36 |
| | 35CrMoA | SH 3404 | $< 500^\circ\text{C}$ | M10~M90 |
| JB/T 4707 | | $< 450^\circ\text{C}$ | M16~M36 | |
| HG 20634 | | $< 500^\circ\text{C}$ | M14~M90 | |

表 B.1 (续) 紧固件常用标准

| 名称 | 材质 | 标准号 | 限制条件 | 规格 |
|--|------------|---------------|---|----------|
| 双头螺柱 ^a | 25Cr2MoVA | SH 3404 | ≤538℃ | M10~M90 |
| | | JB/T 4707 | | M16~M36 |
| | | HG 20634 | | M14~M90 |
| 六角螺母 | 8级或6级(商品级) | GB/T 6170 | PN≤1.6MPa; 最高使用温度≤250℃; 非剧烈循环场合; 配用非金属软垫片; 介质非易燃、易爆及毒性程度 不大于中度危害 | M1.6~M64 |
| | 8级或6级(商品级) | GB/T 6175 | | M5~M36 |
| 六角厚螺母 (m=1.0d) | 25号, 36号 | SH 3404 (II型) | ≤350℃ | M10~M48 |
| | 40Cr | SH 3404 (II型) | <400℃ | M10~M90 |
| | 30CrMo | HG 20634 | <400℃ | M14~M90 |
| | 25CrMoA | SH 3404 (II型) | ≤500℃ | M10~M90 |
| 注: SH 3404、HG 20634 标准中 M36 以上的为细牙螺纹。 | | | | |
| ^a 当使用温度大于 350℃时, 双头螺柱应使用 B 级。 | | | | |

附录 C

(资料性附录)
压力容器和接管法兰密封面和常用垫片的选用

C.1 压力容器法兰密封面及常用垫片的选用

表 C.1 压力容器法兰密封面及常用垫片的选用

| 介质 | 法兰公称压力 MPa | 工作温度 ℃ | 法兰形式 | 密封面 | 形式 | 垫片 | 材料 | 备注 |
|--------------------|---------------|-----------|--------|--------|---------|-------------------------------|----|-----------------------------|
| | 1.6 | ≤200 | 甲、乙型平焊 | 凸面(凹凸) | 耐油垫、四氟垫 | 耐油橡胶非石棉板、聚四氟乙烯板 | | 当介质为易燃、易爆、有毒或强渗透性时,应采用凹凸面法兰 |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | | |
| | | | | | 金属包垫 | 铁皮(铝皮)+非石棉材料 | | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| 油品、油气、溶剂、石油化工原料及产品 | 2.5 | ≤200 | 乙型平焊 | 凸面(凹凸) | 耐油垫 | 耐油橡胶非石棉板 | | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | | |
| | | | | | 金属包垫 | 铁皮(铝皮)+非石棉材料 | | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| 氢气、氦气与油气混合物 | 4.0 | ≤450 | 长颈对焊 | 凸面(凹凸) | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | | |
| | | | | | 金属包垫 | 铁皮(铝皮)+非石棉材料 | | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | | |
| 氨 | 6.4 | ≤450 | 长颈对焊 | 凹面 | 金属包垫 | 铁皮(铝皮)+非石棉材料 | | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | | |
| | | | | | 金属包垫 | 铁皮(铝皮)+非石棉材料 | | |
| 压缩空气 | 1.6 | ≤150 | 甲、乙型平焊 | 凸面 | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | | |
| | | | | | 金属包垫 | 铁皮(铝皮)+非石棉材料 | | |
| | | | | | 金属环垫 | 10、0Cr13、0Cr18Ni9 | | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | | |
| | 2.5 | ≤150 | 乙型平焊 | 凹面 | 金属包垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| | | | | | 金属环垫 | 10、0Cr13、0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo | | |
| | | | | | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板 | | |
| | 1.6 | ≤150 | 甲、乙型平焊 | 凸面 | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板 | | |
| | | | | | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板 | | |

表 C.1 (续) 压力容器法兰密封面和常用垫片选用

| 介质 | 法兰公称压力 MPa | 工作温度 ℃ | 法兰形式 | 密封面 | 垫片 | | 备注 |
|-----------------|---------------|-----------|--------|-----|---------|-----------------------------|----|
| | | | | | 形式 | 材料 | |
| 惰性气体 | 1.6 | ≤150 | 甲、乙型平焊 | 凸面 | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板 | |
| | 4.0 | ≤60 | 长颈对焊 | 凹凸 | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |
| 0.3MPa | 1.0 | ≤200 | 甲、乙型平焊 | 凸面 | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板 | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| 1.0MPa | 1.6 | ≤280 | 甲、乙型平焊 | 凸面 | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| 3.5MPa | 6.4 | ≤450 | 长颈对焊 | 凹凸 | 金属包垫 | 10(0Cr13、0Cr18Ni9)+非石棉材料 | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 金属环垫 | 10、0Cr13、0Cr18Ni9 | |
| 弱酸、弱碱、 酸渣、碱渣 | ≤1.6 | ≤300 | 甲、乙型平焊 | 凸面 | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板 | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |
| 水 | ≤1.6 | ≤300 | 甲、乙型平焊 | 凸面 | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板 | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | |
| | | | | | 耐油垫 | 耐油橡胶非石棉板 | |
| 剧毒介质 | ≥1.6 | ≤50 | 长颈对焊 | 凸面 | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |
| 液化石油气 | 1.6 | ≤50 | 长颈对焊 | 凸面 | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |

C.2 接管法兰密封面及常用垫片的选用见表 C.2。

表 C.2 接管法兰密封面及常用垫片的选用

| 介质 | 法兰公称压力 MPa | 工作温度 ℃ | 法兰形式 | 垫片 | | 备注 | |
|-----------------------------------|---------------|-----------|---------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| | | | | 形式 | 材料 | | |
| 油品、油气、溶剂、 石油化工原料及产 品、一般化工介质 | 1.6 | ≤200 | 平焊(凸面) | 耐油垫 | 耐油橡胶非石棉垫 | | |
| | | 201~250 | 对焊(凸面) | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | | |
| | | ≤200 | 平焊(凸面) | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| | | 201~350 | 对焊(凸面) | 耐油垫 | 耐油橡胶非石棉垫 | | |
| | | | 对焊(凸面) | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | | |
| | | | 对焊(凸面) | 金属包垫 | 铁皮(铝皮)+非石棉材料 | | |
| | 2.5 | 351~450 | 对焊(凸面) | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | | |
| | | | | 金属包垫 | 铁皮(铝皮)+非石棉材料 | | |
| | 4.0 | 4.0 | ≤40 | 对焊(凹凸) | 耐油垫 | 耐油橡胶非石棉垫 | |
| | | | 41~350 | 对焊(凹凸) | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | | | 对焊(凹凸) | 金属包垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |
| 351~450 | | | 对焊(凹凸) | 柔性石墨复合垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9、10)+非石棉 | | |
| | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | | |
| 451~530 | | | 对焊(凹凸) | 金属齿形垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| | | 柔性石墨复合垫 | | 10、0Cr13、0Cr18Ni9 | 视情况可用 0Cr17Ni12Mo2 | | |
| 6.4 10.0 | | 4.0 | 451~530 | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | | |
| | | | | 金属齿形垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | | |
| | | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+石墨带 | | |
| | | | | 金属齿形垫 | 0Cr13、0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2 | | |
| | | | | 金属齿形垫 | 10、0Cr13、0Cr18Ni9 | | |
| | 金属齿形垫 | | | 10、0Cr13、0Cr18Ni9 | 视情况可用 0Cr17Ni12Mo2 | | |
| 低温油气 压缩空气 | 1.0 | -20~0 | 金属齿形垫 | 0Cr13、0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2 | | | |
| | | | 金属齿形垫 | 0Cr13、0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2 | | | |
| | | | 金属齿形垫 | 0Cr13、0Cr18Ni9、0Cr17Ni12Mo2 | | | |
| | | | 耐油垫 | 耐油橡胶非石棉板 | | | |
| | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(10、0Cr13、0Cr18Ni9等) | | | |
| | | | 橡胶垫 | 中压橡胶棉板 | | | |
| 惰性气体 | 10.0 | ≤60 | 橡胶垫 | 中压橡胶棉板 | | | |
| | | | 橡胶垫 | 中压橡胶棉板 | | | |
| | | | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料 | | | |
| | | | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(10、0Cr13等) | | | |
| | | | 金属齿形垫 | 10、0Cr13 | | | |
| | | | 金属齿形垫 | 10、0Cr13 | | | |

表 C.2 (续) 接管法兰密封面及常用垫片的选用

| 介质 | 法兰公称压力 MPa | 工作温度 ℃ | 法兰形式 | 形式 | 垫片 | 材料 | 备注 |
|-------------|---------------|-----------|-------------|------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| 液化石油气 | 1.6 | ≤50 | 对焊(凸面) | 耐油垫 | 耐油橡胶非石棉材料 | 耐油橡胶非石棉材料 | |
| | 2.5 | ≤50 | 对焊(凸面) | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(10, 0Cr13 等) | 0Cr13(0Cr18Ni9) 钢带+非石棉材料(石墨) | |
| 蒸汽 | 0.3MPa | ≤200 | 平焊(凸面) | 耐油垫 | 石墨+金属骨架 | 0Cr13, 0Cr18Ni9 | |
| | 1.0 MPa | ≤280 | 对焊(凸面) | 橡胶垫 | 橡胶垫 | 中压橡胶棉板 | |
| | 2.5 MPa | 300 | 对焊(凸面)(凹凸) | 缠绕垫 | 柔性石墨复合垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9) 钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | 3.5 MPa | 400 | 对焊(凹凸) | 缠绕垫 | 柔性石墨复合垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9) 钢带+非石棉材料(石墨) | |
| 氢气、氢气与油气混合物 | 10.0 | 450 | 对焊(梯形槽) | 紫铜垫 | 紫铜板 | | |
| | 4.0 | ≤250 | 对焊(凹凸) | 金属环垫 | 金属环垫 | 0Cr13, 0Cr18Ni9 | |
| | | 251~450 | 对焊(凹凸) | 缠绕垫 | 柔性石墨复合垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9) 钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | 6.4 | 451~530 | 对焊(凹凸) | 缠绕垫 | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13, 0Cr18Ni9 等) | |
| | | 10.0 | ≤250 | 对焊(凹凸) | 缠绕垫 | 柔性石墨复合垫 | 0Cr18Ni9(0Cr17Ni12Mo2) 钢带+石墨 |
| | 6.4 | ≤250 | 对焊(梯形槽) | 金属齿形垫 | 金属齿形垫 | 0Cr18Ni9, 0Cr17Ni12Mo2 | |
| | | 10.0 | 251~400 | 对焊(凹凸) | 金属齿形垫 | 金属齿形垫 | 0Cr18Ni9, 0Cr13 |
| | 0.6 | 401~530 | 对焊(凹凸) | 金属齿形垫 | 金属齿形垫 | 0Cr18Ni9, 0Cr17Ni12Mo2 | |
| | | ≤120 | ≤120 | 平焊(凸面) | 橡胶垫 | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板、耐酸橡胶板 |
| | ≤55%稀硝酸 | ≤50 | 扩口活套 | 聚四氟乙烯包覆垫 | 聚四氟乙烯+非石棉橡胶板 | 聚四氟乙烯+非石棉橡胶板 | |
| ≥93%浓硝酸 | ≤86 | 铝管口翻边 | 聚四氟乙烯包覆垫 | 聚四氟乙烯+氟橡胶液 | 聚四氟乙烯+氟橡胶液 | | |
| 60%~93%硝酸 | <60 | 耐酸钢平焊 | 聚四氟乙烯垫、非石棉垫 | 聚四氟乙烯、非石棉板 | 聚四氟乙烯、非石棉板 | | |
| 酸渣 | 0.6 | ≤120 | 平焊(凸面) | 橡胶垫 | 橡胶垫 | 中压橡胶棉板 | |
| | 1.0 | ≤50 | 平焊(凸面) | 橡胶垫 | 橡胶垫 | 中压橡胶棉板 | |
| 氨 | 2.5 | ≤150 | 平焊(凹凸) | 橡胶垫 | 橡胶垫 | 中压橡胶棉板 | |
| | | <150 | 对焊(凹凸) | 柔性石墨复合垫 | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(10, 0Cr13) | |
| 0.6MPa 水 | 0.6 | ≤100 | 平焊(凸面) | 橡胶垫 | 橡胶垫 | 中压橡胶棉板 | |

表 C.2 (续) 接管法兰密封面及常用垫片的选用

| 介质 | 法兰公称压力 MPa | 工作温度 °C | 法兰形式 | 垫片形式 | 材料 | 备注 |
|--|---------------|------------|-----------|----------|-----------------------------|-------------------|
| 聚苯乙烯、ABS 树脂、一般化工介质(指对碳钢管无腐蚀性)、碳酸钙、硫化钠、氟化钠、氯化钠溶液等。半水煤气、天然气、二段转化气、焦炉气、中温变换气、净化系统、一氧化碳、甲醇、裂解气、尾气、饱和氯水、干氯水、液氯、尿素、一、二段分馏塔出口尿液、熔融尿素、二段甲胺液、浓氨水、聚乙烯醇原料 | 0.6 | ≤200 | 平焊(凸面) | 橡胶垫、塑料垫 | 中压橡胶非石棉板、块聚氟乙烯板 | |
| | 1.0 | 201~300 | 对焊(凸面) | 橡胶垫、塑料垫 | 中压橡胶非石棉板、块聚氟乙烯板 | |
| | | 301~350 | 对焊(凸面) | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | ≤200 | 对焊(凸面) | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |
| | | 201~300 | 对焊(凸面) | 橡胶垫 | 中压橡胶非石棉板 | |
| | | 201~300 | 对焊(凸面) | 缠绕垫 | 0Cr13(0Cr18Ni9)钢带+非石棉材料(石墨) | |
| | | ≤200 | 对焊(凸面) | 橡胶垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |
| | | 201~300 | 对焊(凸面) | 缠绕垫 | 中压橡胶非石棉板 | |
| | | 201~300 | 对焊(凸面) | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9等) | |
| | | 201~300 | 对焊(凸面) | 缠绕垫 | 中压橡胶非石棉板 | |
| 含碳醋酸 | 1.0 | -70~41 | 对焊(凹凸) | 金属包垫 | 铝皮+非石棉材料 | |
| 聚甲基丙烯酸甲酯 | 1.6 | ≤150 | 平焊(凸面) | 柔性石墨复合垫 | 石墨+金属骨架(0Cr13、0Cr18Ni9) | |
| 联苯、联苯醚 | 1.6 | -15~90 | 平焊(凹凸) | 塑料平垫 | 聚四氟乙烯、高压聚乙烯 | |
| 45%~95%熔融碱 | 1.0 | ≤200 | 平焊(凹凸) | 塑料平垫 | 聚四氟乙烯、高压聚乙烯 | |
| 混合二甲苯氧化液 | ≤4.0 | 400~500 | 活套翻边 | 金属垫片 | 铝、紫铜 | 温度大于200°C 耐用对焊 |
| 环氧乙烷 | 1.0 | 60~230 | 对焊、松套焊环活动 | 金属垫片 | 银 δ=3 | |
| 氢氟酸 | 4.0 | 260 | 平焊 | 塑料平垫 | 聚四氟乙烯 | |
| 甲醇原料气 | 4.0 | 170 | 对焊(凹凸) | 缠绕垫、金属平垫 | 蒙乃尔合金带+石墨带、蒙乃尔合金板 | |
| 含甲醇气体 | | 常温 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 0Cr13、20 | |
| 循环气 | | 110 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 0Cr18Ni9 | |
| 纯氮气 | | 常温 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 0Cr13、20 | |
| 粗甲醇 | 32.0 | 常温 | 高压螺纹 | 透视镜垫(镀铬) | 0Cr13、20 | |
| 脂肪酸钴、丁醇溶液、丁醛、丁醇溶液、正异丁醛、正异丁醇溶液等 | | 50 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 0Cr13、20 | |

表 C.2 (续) 接管法兰密封面和常用垫片选用表

| 介质 | 法兰公称压力 MPa | 工作温度 ℃ | 法兰形式 | 垫片 | | 备注 |
|--|---------------|-----------|------|------|------------------|----|
| | | | | 形式 | 材料 | |
| 氢氮气合成气 | 22.0 | <200 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 20、0Cr13 | |
| | 32.0 | <200 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 20、0Cr13 | |
| | 32.0 | 201~400 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 0Cr17Ni12Mo2 | |
| 尿素合成塔出口液 一段甲胺液 | 22.0 | 120~200 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 0Cr17Ni12Mo2Ti | |
| | 22.0 | 120~200 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | Cr18Mn10Ni5Mo2Ni | |
| 90%丙烯、10%丙烷、丙烯、 CO、H ₂ 气 | 32.0 | 常温~140 | 高压螺纹 | 透视镜垫 | 20、0Cr13 | |

附录 D
(资料性附录)
开口接管外载荷校核

D.1 除人孔、手孔和仪表开口外，外接管道的管口应能够承受一定的管线外载荷。各种压力等级下管口应该能承受的管线外载荷见表 D.1；管线外载荷示意图 D.1。

D.2 当配管提出的管线外载荷大于表 D.1 中的数值时，应按所提数值进行校核计算。

表 D.1 管口作用在器壁上的载荷

| | |
|---------|--|
| 经向弯矩 | $M_L = b(130 \times D^2) \text{ N} \cdot \text{m}$ |
| 环向弯矩 | $M_G = b \times (100 \times D^2) \text{ N} \cdot \text{m}$ |
| 合成弯矩 | $M_B = b \times (164 \times D^2) \text{ N} \cdot \text{m}$ |
| 扭矩 | $M_T = b \times (150 \times D^2) \text{ N} \cdot \text{m}$ |
| 经向力 | $F_L = b \times (2\,000 \times D) \text{ N}$ |
| 环向力 | $F_G = b \times (1\,500 \times D) \text{ N}$ |
| 合成剪力 | $F_R = b \times (2\,500 \times D) \text{ N}$ |
| 轴向拉力或压力 | $F_A = b \times (2\,000 \times D) \text{ N}$ |

注：公式中“D”为接管的公称直径，单位为“英寸”，最大值为60；“b”值按表 D.2 选取。

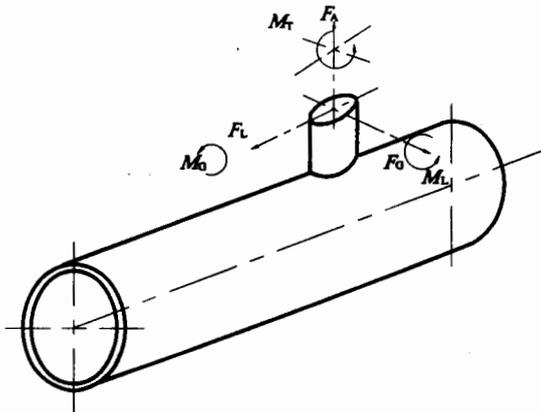


图 D.1 管线外载荷示意

D.3 表 D.1 中的 b 值见表 D.2。

表 D.2 b 值

| 法兰公称压力等级 PN , MPa(lb) | b 值 |
|-------------------------|-------|
| 2.0 (150) | 0.3 |
| 5.0 (300) | 0.6 |
| 11.0 (600) | 0.8 |
| 15.0 (900) | 1.8 |
| 26.0 (1 500) | 3.0 |
| 42.0 (2 500) | 3.3 |

附录 E
(资料性附录)
立式容器支腿计算

E.1 立式容器支腿

立式容器安装位置距地坪或基础面较高,或已超过 JB/T 4713 的适用范围时,可采用角钢、槽钢或工字钢等型钢作支腿。此时,需进行立式容器支腿的强度和稳定校核。

E.2 支腿应力的计算

a) 薄膜应力 σ_m

$$\sigma_m = \frac{R_1 + R_3}{A} = \frac{\frac{G}{n} + \frac{4M_1}{nD_R}}{A} \quad (\text{E.1})$$

式中:

- R_1 —— 容器重力引起的支腿底部轴向支反力 $R_1 = G/n$, N;
- R_3 —— 倾覆力矩引起的支腿底部轴向支反力 $R_3 = 4M_1/(nD_R)$, N;
- A —— 单根支腿的横截面积, mm^2 ;
- G —— 容器质量, N;
- n —— 支腿数量, 个;
- M_1 —— 水平载荷对地面的倾覆力矩 $M_1 = P(H+h)$, N·m;
- D_R —— 地脚螺栓中心圆直径, mm;

其中:

- P —— 水平载荷, N;
- H —— 支腿计算高度 (见图 E.1), mm;
- h —— 容器质量中心至支腿上端距离 (见图 E.1), mm。

b) 弯曲应力 σ_b

支腿上端有最大弯曲应力 σ_b^{\perp} 为:

$$\sigma_b^{\perp} = \frac{M_3 + M_5}{W} = \frac{(R_1 + R_3)e + \frac{1}{4}R_2H}{W} \quad (\text{E.2})$$

式中:

- M_3 —— 偏心力矩 $M_3 = (R_1 + R_3)e$, N·m;
- M_4 —— 水平力矩 $M_4 = R_2H$, N·m;
- M_5 —— 支腿上端水平力矩 $M_5 = 1/4M_4$, N·m;
- W —— 单根支腿的相应抗弯截面模量, mm^3 ;
- e —— 支腿外壁至支腿中心的距离 (偏心距), mm;
- R_2 —— 水平反力 $R_2 = P/n$ 或 $R_2 = P/\sum I_i$, N。

其中:

- I_i —— 单根支腿横截面对垂直于风载或地震力方向的轴线的惯性矩, mm^4 ;
- $\sum I$ —— 所有支腿横截面对垂直于风载或地震力方向的轴线的惯性矩之和, mm^4 。

支腿下端截面的弯曲应力 σ_b^{\downarrow} 为:

$$\sigma_b^{\text{下}} = \frac{M_3 - M_6}{W} = \frac{(R_1 + R_3)e - \frac{3}{4}R_2H}{W} \dots\dots\dots (E.3)$$

式中:

M_6 ——支腿下端水平力矩 $M_6 = 3/4M_4$, N·m。

c) 应力校核

$$\sigma_m \leq [\sigma]_{\text{cr}}$$

$$\sigma_m + \sigma_b^{\text{下}} \leq [\sigma]$$

式中:

$[\sigma]_{\text{cr}}$ ——支腿轴向压缩稳定许用应力(按压杆计算), MPa;

$[\sigma]$ ——支腿材料的许用应力, MPa。

E.3 底板与基础间压应力的计算

a) 薄膜压缩应力 σ_m 为:

$$\sigma_m = \frac{R_1 + R_3}{B} = \frac{\left(\frac{G}{n} + \frac{4M_1}{nD_R}\right)}{ab} \dots\dots\dots (E.4)$$

式中:

B ——底板与基础接触面积 $B = ab$, mm²。

b) 弯曲应力 σ_b 为:

$$\sigma_b = \frac{M_3 - M_6}{W_B} = \frac{\left(\frac{G}{n} + \frac{4M_1}{nD_R}\right)e - \frac{3}{4}R_2H}{ab^2/6} \dots\dots\dots (E.5)$$

式中:

W_B ——底板与基础接触面的抗弯截面模量 $W_B = ab^2/6$, mm³。

基础上最大压应力 σ_j 为:

$$\sigma_j = \sigma_m + \sigma_b \leq [\sigma]_j \dots\dots\dots (E.6)$$

式中:

$[\sigma]_j$ ——基础许用压应力, MPa。

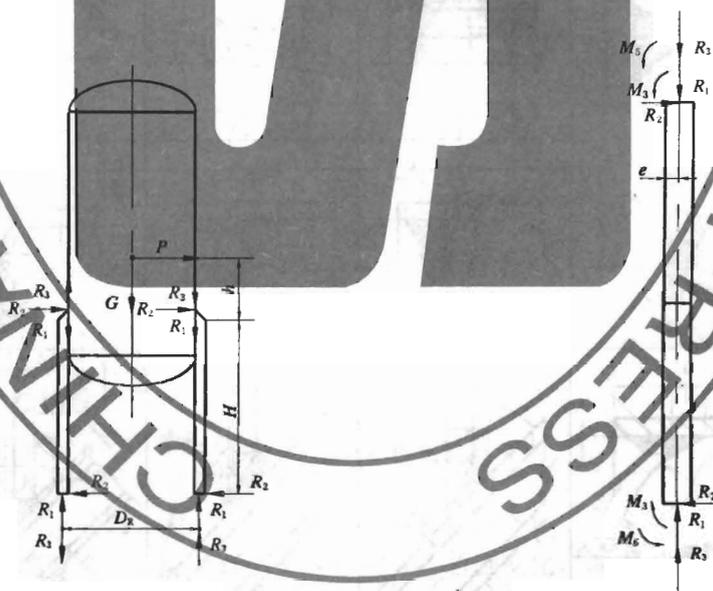
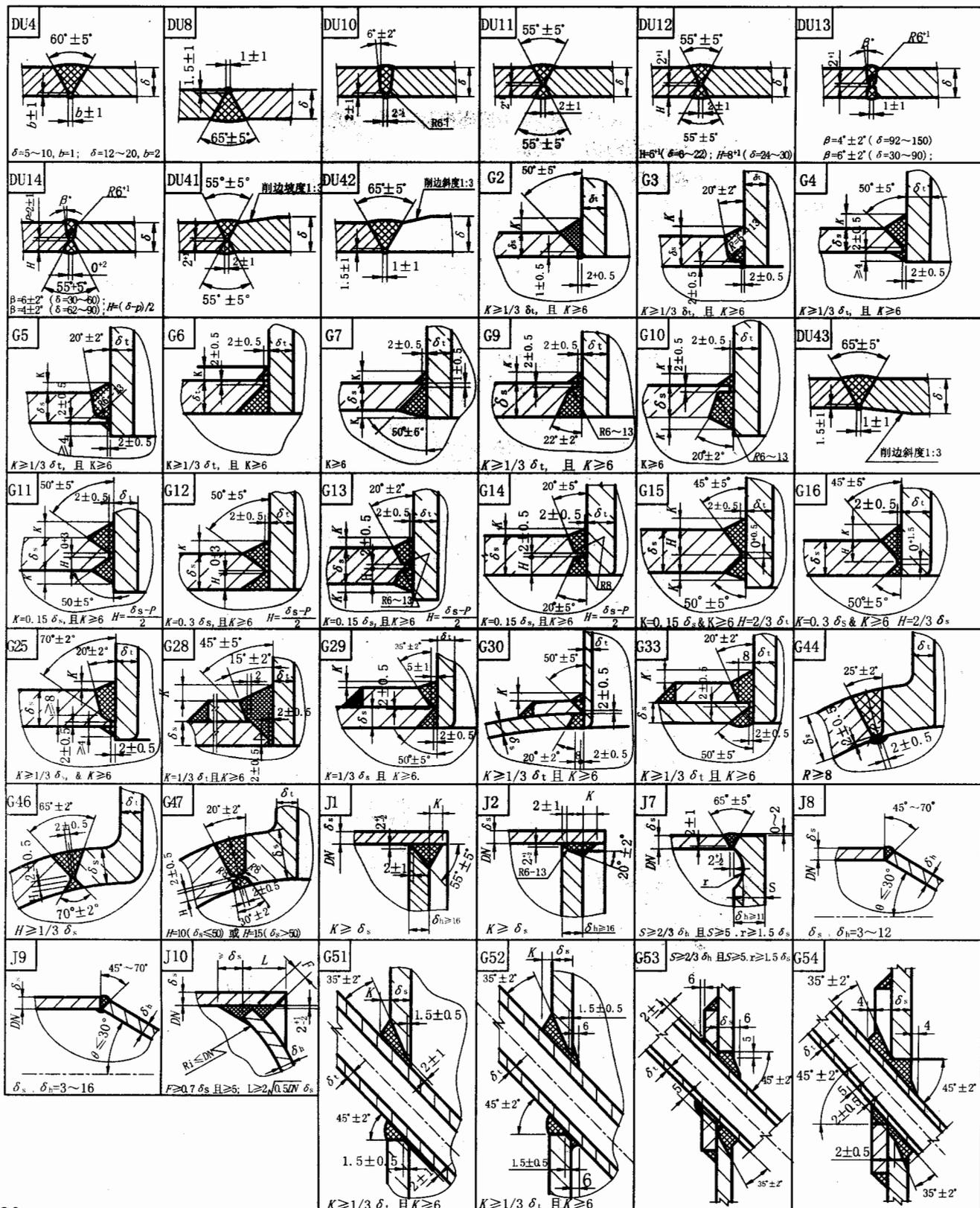


图 E.1 支腿受力分析

附录 F
(资料性附录)
焊接接头节点



附录 G
(规范性附录)
低温压力容器

G.1 低温压力容器的设计温度

设计温度不应高于正常工作情况下可能达到的最低金属温度。在工作状态下，容器的不同部位的金属温度不同时，可分别设定各部分的设计温度。

G.2 盛装液化气体的压力容器的设计压力

G.2.1 对于盛装液化气体（包括液化石油气）的压力容器，《压力容器安全技术监察规程（1999版）》规定了在允许的最大盛装量范围内应根据盛装介质可能达到的最高工作温度时的饱和蒸汽压来确定设计压力。

G.2.2 对于无可靠保冷设施的低温压力容器，可取 50℃时的饱和蒸汽压。几种常见石化工业介质的 50℃饱和蒸汽压和常压下沸点见表 G.1。

表 G.1 几种常见介质的饱和蒸汽压和常压下沸点

| 介质名称 | 温度 ℃ | 饱和蒸汽压（绝） MPa | 常压下沸点 ℃ |
|------------------------------------|---------|-----------------|------------|
| 氨（NH ₃ ） | 50 | 2.03 | -33.5 |
| 氯（Cl ₂ ） | 50 | 1.43 | -34.0 |
| 丙烷（C ₃ H ₈ ） | 50 | 1.71 | -42.1 |
| 丙烯（C ₃ H ₆ ） | 50 | 2.05 | -47.7 |
| 乙烯（C ₂ H ₄ ） | -30 | 1.94 | -103.7 |
| | -40 | 1.45 | |
| | -50 | 1.06 | |
| | -60 | 0.75 | |

G.2.3 对于临界温度小于 50℃的介质，设计压力取 50℃时的气态压力，具体规定见《压力容器安全技术监察规程（1999版）》第 34 条。

G.2.4 对于混合气体，应根据组分和含量计算其饱和蒸汽压。

G.3 低温压力容器常用材料

低温压力容器常用材料见表 G.2。

G.4 低温压力容器的结构设计

G.4.1 低温压力容器及其部件的结构设计，应遵循以下原则：

- a) 结构尽可能简单，减少焊接件的拘束程度；
- b) 结构各部分截面应均匀，避免产生过大的温度梯度；
- c) 结构拐角和过渡应圆滑，避免截面尺寸和刚度的急剧变化，减少局部的应力集中；
- d) 容器元件的各个部分（包括接管与壳体的连接）所形成的 T 形接头、角接接头焊缝和各类角焊

缝，以及接管、凸缘端部都应修磨成圆角，使其内、外拐角均成圆滑过渡；

- e) 容器的鞍座、耳座、支腿应设置垫板或连接板，以避免直接与容器壳体相焊，垫板或连接板按低温用材考虑；
 - f) 容器与非受压元件或附件的连接应采用连续焊；
 - g) 接管补强宜采用整体补强或厚壁管补强；若采用补强板，应为截面全焊透结构，且焊接接头应圆滑过渡；
 - h) 在结构上应避免焊接接头的集中和交叉；
 - i) 当容器焊有接管及载荷复杂的附件，需焊后消除应力而又不能进行整体热处理时，应考虑部件单独热处理的可能性。
- G. 4. 2 焊接接头的结构设计，应遵循以下原则：
- a) A 类焊接接头应采用双面对接焊，或采用保证焊透且与双面焊具有同等质量的单面对接焊；
 - b) B 类焊接接头也应采用与 A 类焊接接头相同的全焊透对接焊接接头。当受结构限制无法采用全焊透对接焊接接头时，允许采用不拆除垫板的带垫板单面焊；
 - c) C 类、D 类焊接接头，原则要求采用截面全焊透结构。一般平焊法兰（指管端与法兰环内孔表面成搭接接头）的截面非全焊透结构，仅可用于压力较低（设计压力不大于 1.0MPa）、较高温度（设计温度不高于 -30℃）的场合，且仅限于标准抗拉强度下限值低于 540MPa 的材料。

G. 5 低温压力容器的制造和检验

G. 5. 1 低温压力容器制造和检验应按照 GB 150 进行。

G. 5. 2 应根据材料标准和订货技术条件对容器用材进行检验验收。有要求时应按规定的项目进行化学成分和力学性能的复验；对于有冲击吸收功要求的低温钢材，应按标准或图样规定逐批或逐张（件）进行冲击试验的复验。

G. 5. 3 加工成型应遵循以下原则：

- a) 除非采用热加工成型或采取消除应力热处理的工艺措施，否则应避免一切刻划、打钢印、过量冷变形以及锤击、强力变形组装等能够产生残余应力的操作方法；
- b) 对于温成型或热成型的容器元件，应采取措施控制成型工艺（如避开回火脆性区）或进行成型后热处理，以保证要求的母材使用状态。

G. 5. 4 焊接应遵循以下原则：

- a) 低温压力容器在施焊前应该按 JB 4708 进行焊接工艺评定。低温用钢焊接接头的低温夏比 V 型缺口冲击试验的低温冲击功，应达到标准规定的或是设计文件规定的合格指标；
- b) 焊接技术要求应符合下列规定：
 - 1) 低温用钢焊接应严格控制焊接线能量，以较小的焊接电流和多层多道施焊减轻焊道过热，并通过多层焊的重热作用细化晶粒，且多道焊时要控制层间温度；
 - 2) 焊接时不得在母材的非焊接接头区内引弧，焊接接头（包括对接接头和角接接头）应严格避免焊接缺陷（如弧坑或焊接接头成型不良），不得有未焊透、未熔合、裂纹、气孔、咬边等缺陷；
 - 3) 应减小焊缝余高，不得有凸形角焊接接头。焊缝表面应呈圆滑过渡，不应有形状急剧的变化；
- c) 焊后热处理应符合下列规定：
 - 1) GB 150 规定钢板厚度大于 16mm 的碳素钢和低合金钢制低温压力容器或受压元件均应进行焊后热处理，热处理的工艺应与焊接工艺评定时的热处理工艺一致；
 - 2) 热处理应包括受压元件与非受压元件的连接焊接接头；
 - 3) 对于不等厚对接接头，热处理的控制厚度是指两者较薄者的厚度；对于圆筒体与管板、平封头之间焊接接头热处理控制厚度应为筒体厚度。

表 G.2 低温压力容器常用材料

| 钢种 | 使用温度下 限 ℃ | 钢板 | | 钢管 | | 管件 | | 螺栓 ^c | |
|-----|--|---------------|------------|-------------|---|--------------|--|-----------------|------|
| | | 钢号 | 钢材标准 | 钢号 | 钢材标准 | 钢号 | 钢材标准 | 钢号 | 钢材标准 |
| 碳素钢 | 20 ^a (正火) | | | | | | | | |
| | 16MnR (正火) ^a | GB 6654 | 20G (正火) | GB 6479 | | | | | |
| | 16MnDR (正火) | | | | | | | | |
| | 07MnCrMoVR (调质) ^b | GB 19189 | | | | | | | |
| 合金钢 | 16MnDR (正火) ($\delta > 36\text{mm}$) | GB 3531 | 10 (正火) | GB-9948 | 20MnMoD ($\delta > 300\text{mm}$) | JB 4727 (调质) | | | |
| | 16MnDR (正火) ($\delta \leq 36\text{mm}$) | GB 3531 | 16Mn (正火) | GB 6479 | 20MnMoD ($\delta \leq 300\text{mm}$) | JB 4727 (调质) | | | |
| | 07MnNiCrMoVDR (调质) ^b | GB 19189—2003 | | | 16MnD ($\delta \leq 300\text{mm}$) 08MnNiCrMoVD ($\delta \leq 300\text{mm}$) | JB 4727 (调质) | | | |
| 合金钢 | 15MnNiDR (正火, 正火+回火) | GB 3531 | 09MnD (正火) | GB 150 附录 A | 10Ni3MoVD ($\delta \leq 300\text{mm}$) | JB 4727 (调质) | 40CrNiMoA ($\geq M86$) | GB/T 3077 (调质) | |
| | | | | | | | | | |
| | 09MnNiDR (正火, 正火+回火) | GB 3531 | | | 09MnNiD ($\delta \leq 300\text{mm}$) | JB 4727 (调质) | 35CrMoA ($\geq M60$) 40CrNiMoA ($\leq M80$) | GB/T 3077 (调质) | |
| | | | | | | | | | |
| | -100 | | | | | | 30CrMoA ($\leq M56$) 35CrMoA ($\leq M56$) | GB/T 3077 (调质) | |

表 G.2 (续) 低温压力容器常用材料

| 钢种 | 使用温度下限 ℃ | | 钢板 | | 钢管 | | 锻件 | | 螺栓 | |
|-----------------|---------------|----------------|---------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|----------------|
| | 钢号 | 钢材标准 | 钢号 | 钢材标准 | 钢号 | 钢材标准 | 钢号 | 钢材标准 | 钢号 | 钢材标准 |
| 奥氏体 高合金 钢 | 0Cr18Ni9 | GB/T 4237 (固溶) | 0Cr18Ni9 | GB 13296 (固溶) GB/T 14976 (固溶) | 0Cr18Ni9 | JB 4728 (固溶) | 0Cr18Ni9 | JB 4728 (固溶) | 0Cr18Ni9 | GB/T 1220 (固溶) |
| | 00Cr19Ni10 | | 00Cr19Ni10 | | 00Cr19Ni10 | | 0Cr18Ni9 | | | |
| | 0Cr17Ni12Mo2 | | 0Cr17Ni17Mo2 | | 0Cr17Ni12Mo2 | | 0Cr18Ni9 | | | |
| | 00Cr17Ni14Mo2 | | 00Cr17Ni14Mo2 | | 0Cr17Ni12Mo2 | | 0Cr17Ni12Mo2 | | | |
| | -196 | | | | | | | | | |
| | -253 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

^a 当使用温度低于 0℃ 时, 超过一定厚度的 20R、16MnR 壳体钢板应进行设计温度下夏比冲击试验。δ ≤ 25mm 的 16MnR 钢也可以热轧状态使用。

^b 07MnCrMoVR、07MnNiCrMoVDR 主要用于冷成型球壳体。

^c 与螺栓组合使用的螺母用钢, 钢号和使用状态相同, 但其回火温度应高于螺栓。35CrMoA 螺栓也可配用 30CrMoA 螺母。

用词说明

对本标准条文中要求执行严格程度用的助动词，说明如下：

- (一) 表示很严格，非这样做不可并具有法定责任时，用词为“必须”(must)；
- (二) 表示要准确地符合标准而应严格遵守时，用的助动词为：
正面词采用“应”(shall)；
反面词采用“不应”或“不得”(shall not)。
- (三) 表示在几种可能性中推荐特别合适的一种，不提及也不排除其他可能性，或表示是首选的但未必是所要求的，或表示不赞成但也不禁止某种可能性时，用的助动词为：
正面词采用“宜”(should)；
反面词采用“不宜”(should not)。
- (四) 表示在标准的界限内所允许的行动步骤时，用的助动词为：
正面词采用“可”(may)；
反面词采用“不必”(need not)。

中华人民共和国石油化工行业标准

石油化工钢制压力容器

SH/T 3074—2007

条文说明

2008 北京

目 次

| | |
|------------------------------------|----|
| 1~4 | 47 |
| 5 材料 | 47 |
| 6 设计 | 47 |
| 6.1 压力 | 47 |
| 6.2 温度 | 47 |
| 6.3 载荷 | 47 |
| 6.5 设计寿命 | 47 |
| 6.6 许用应力 | 47 |
| 7 结构 | 47 |
| 7.2 法兰 | 48 |
| 7.3 接管 | 48 |
| 7.4 垫片 | 48 |
| 7.7 开孔和开孔补强 | 48 |
| 7.8 支座 | 48 |
| 7.10 设备外部附属件 | 48 |
| 7.12 焊接结构 | 48 |
| 8 制造、检验和验收 | 48 |
| 8.4 焊后热处理 | 48 |
| 8.6 无损检测和压力试验 | 48 |
| 9 表面处理、运输包装 | 48 |
| 9.1 表面处理 | 49 |
| 9.2 运输包装 | 49 |
| 附录A (资料性附录) 容器开口伸出高度 | 50 |
| 附录B (资料性附录) 紧固件 | 50 |
| 附录C (资料性附录) 压力容器法兰和接管法兰密封面及常用垫片的选用 | 50 |
| 附录D (资料性附录) 开口接管外载荷校核 | 50 |
| 附录E (资料性附录) 立式容器支腿计算 | 50 |
| 附录F (资料性附录) 焊接接头节点 | 50 |
| 附录G (规范性附录) 低温压力容器 | 50 |

石油化工钢制压力容器

1~4 本标准的编制是结合石油化工容器设计的具体情况,对 GB 150 和《压力容器安全技术监察规程》进行了补充和具体化,取消了与 GB 150 内容相重复的部分。

5 材料

5.2 根据目前复合板厂的生产情况和容器制造厂的现状以及费用问题,把 10mm 改为了 12mm。

5.5 本条部分内容引自 JB/T 4710—2005。

6 设计

6.1 压力

6.1.1 设计压力

6.1.1.3 盛装液化气和液化石油气的固定式容器的设计压力按《压力容器安全技术监察规程》第 34 条确定。

6.1.1.4 本条是根据炼油厂催化裂化装置的具体情况确定的,由于在操作过程中,沉降器和再生器的最大压力不可能大于主风机出口的最大压力,所以不能教条地取两器的设计压力为操作压力加上 0.18MPa,而是应取主风机出口的最大压力。

6.1.2 计算压力

GB 150 在容器元件两侧承受不同压力时,本条明确了此时计算压力的取值。

6.2 温度

由于目前炼油厂焦化装置焦炭塔的设计温度已经提高许多,材质也选用了更耐蠕变的 Cr-Mo 钢,甚至开始选用 1.25Cr-1Mo,所以取消了原标准的 475℃ 设计温度的规定。

6.2.5 对于催化裂化装置中有隔热衬里的设备,容器的设计温度一般由类似容器的壁温实测或由衬里的导热系数经传热计算后确定,但考虑到衬里的现场施工质量等因素,还需根据设计者的经验附加一定的裕量。

6.2.7 本条取自 HG 20580—1998。

6.3 载荷

6.3.1 由于现在填料塔被广泛应用,所以本标准给出了各种填料的估算质量,供塔器计算用。

6.5 设计寿命

6.5.1 来自《压力容器安全技术监察规程》第 32 条“设计单位一般应在设计图样上注明压力容器设计使用寿命”。由于在实际生产过程中,操作条件(物料,温度,压力等)经常发生变化,使得腐蚀情况也会随之变化,所以使用者就要根据实际情况重新确定新的使用寿命。

6.5.3 由于厚壁加氢反应器造价比较高,所以本条增加了炼油设备厚壁加氢反应器外壳的设计寿命为 30 年。

6.6 许用应力

6.6.2 复合钢板或堆焊层容器的强度计算时,一般只计算基层材料的许用应力,所以本标准取消了计入复层或堆焊层材料的许用应力的计算公式。

6.6.4~6.6.5 引自 JB/T 4710—2005。

7 结构

由于液面计和视镜很少被采用,一般不由容器专业人员定,所以本章节取消了液面计和视镜的内容。

7.2 法兰

7.2.2 管法兰

7.2.2.1 来自《压力容器安全技术监察规程》第 54 条的规定“钢制压力容器管法兰的设计应参照 HG 20592~20635 的规定”。

7.2.2.3

e) 管法兰的当量计算压力取自 HG 20582—1998。

7.3 接管

由于开口公称直径为 15mm~50mm 的接管比较薄, 如果容器壳体比较厚, 不易焊接, 且小接管自身强度不高, 在运输过程中或连接管线的推力作用下容易变形或损坏, 原来是采用两根筋板辅助支撑, 效果不好, 很多用户对此有不同看法, 所以本标准要求接管宜选用厚壁管。

7.4 垫片

由于柔性石墨金属波齿复合垫片应用的越来越广泛, 并被列入了国家标准, 所以本标准推荐采用该垫片。

7.7 开孔和开孔补强

超出 GB 150 标准规定范围的大开孔补强, 如采用压力面积法进行计算, 计算结果不会被国家质检总局认可, 所以本标准要求超出 GB 150 标准规定范围的大开孔补强应采用标准认可的方法计算, 如: 有限元应力分析。

7.8 支座

7.8.6 鞍式支座

由于装置的大型化, 设备也越来越大, 所以特殊情况下卧式容器也可选用三支座或多支座, 三支座的计算可采用应力分析法。

7.10 设备外部附属件

7.10.1 吊耳

按照 SH/T 3515 的规定, 起重施工技术文件(包括吊耳的计算)应由吊装单位编制, 并由吊装单位的总工程师批准。容器的设计单位不具备吊装资质和技术。对于特殊设备, 吊装单位可以根据吊装方案, 向容器的设计或制造单位提出安装吊耳的要求(包括吊耳、尾吊、加强结构等)的材料、结构、方位和技术要求, 由设计单位确认不会影响容器使用后, 再完成吊耳(或吊柱)的安装。

7.12 焊接结构

7.12.1 焊接接头设计

7.12.1.1

c) 复合钢板焊缝的坡口形式和尺寸, 根据石化行业特点, 本标准仅推荐 SH/T 3527—1999 标准中全焊透焊接节点。

8 制造、检验和验收

8.4 焊后热处理

8.4.4 本条取自 HG 20584—1998。

8.6 无损检测和压力试验

8.6.2 压力试验

8.6.2.1 液压试验应符合下列规定:

d) 由于炼油厂催化裂化装置中再生器和沉降器等设备为非金属衬里设备, 无法进行液压试验。根据多年的经验, 为了保证设备的可靠性, 所以增加了无损检测抽查率。

9 表面处理、运输包装

9.1 表面处理

由于 JB/T 4711 对压力容器的表面处理、运输包装进行了比较全面的规定，所以直接引用该标准。

9.2 运输包装

9.2.2 增加了海上运输的不锈钢压力容器氮气保护的要求。

附录 A (资料性附录) 容器开口伸出高度

为配合配管专业进行三维设计,也为了规范设备专业的设计,推荐了一般容器的开口伸出高度。容器器壁较厚和保温厚度较大时,还应适当增大伸出高度。特殊容器可根据自身特点制定开口伸出高度。

附录 B (资料性附录) 紧固件

本附录给出了商品级紧固件的使用限制,以及紧固件常用标准。

附录 C (资料性附录) 压力容器法兰和接管法兰密封面及常用垫片的选用

引自 HG 20583—1998 附录 A 和附录 B。

附录 D (资料性附录) 开口接管外载荷校核

本附录给出了在不同压力等级下,设备开口应该能够承受的管线推力和力矩。当配管专业所提推力和力矩数值大于表中数值时,容器专业应进行法兰计算应力和壳体局部应力的核算。如果为满足要求所做的局部加强会造成结构不合理,应建议配管专业优化管线设计方案。

附录 E (资料性附录) 立式容器支腿计算

引自《石油化工设备技术》杂志 1999 年第 4 期桑如苞教授发表的文章《立式容器支腿计算方法分析》一文。

附录 F (资料性附录) 焊接接头节点

引自 HG 20583—1998 焊接结构中全焊透部分。

附录 G (规范性附录) 低温压力容器

引自新华出版社 2005 年出版的由李世玉主编的《压力容器设计工程师培训教程》。