築龍網
zhulong.com

第 4 部分　制作与安装

1 范围

GB/T20801.4－2006 系“压力管道规范——工业管道”的第 4 部分，规定了工业金属压力管道制作和安装的基本要求。

本部分未规定的其他有关制作和安装要求应符合规范（GB/T20801-2006）其他部分以及国家现行有关标准、规范的规定。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注明年号的引用文件，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规范。然而，鼓励根据本规范达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注年号的引用文件，其最新版本适用于本规范。

锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则

GB/T17116.1-1997　管道支吊架——第 1 部分：技术规范

GB/T20801.1-2006　压力管道规范——工业管道 第 1 部分 总则

GB/T20801.2-2006　压力管道规范——工业管道 第 2 部分 材料

GB/T20801.3-2006　压力管道规范——工业管道 第 3 部分 设计与计算

GB/T20801.5-2006　压力管道规范——工业管道 第 5 部分 检验与试验

GB/T20801.6-2006　压力管道规范——工业管道 第 6 部分 安全防护

JB4708-2005　承压设备焊接工艺评定

3 术语和定义

3.1 制造　Manufacture

管子、管道组成件或管道支承件等产品的生产过程。产品应符合相应产品标准、有关规范及设计文件的要求。

3.2 制作　fabrication

管道安装前的准备工作，包括切割、加工螺纹、开坡口、成形、弯曲、焊接和将组件装配成部件。制作可在车间或现场进行。

3.3 装配　Assembly

按照工程设计的规定将两个以上管道组成件用螺栓、焊接、粘结、螺纹、硬钎焊、软钎焊或使用密封元件的方法连接在一起。

3.4 安装　Erection

根据工程设计的规定，将一个管道系统完整地安装在指定的位置和支架上。包括该系统按规范要求的所有现场（包括管道预制）装配、制作、检查和试验等工作。

3.5 轴测图　Isometric diagram

将每条管道按照轴测投影的绘制方法，画成以单线表示的管道空视图。

3.6 热弯　Hot bending

温度高于金属临界点 AC1 时的弯管操作。

3.7 冷弯　Cold bending

温度低于金属临界点 AC1 时的弯管操作。

3.8 自由管段　Pipe-segments to be prefabricated

在管道制作加工前，按照轴测图选择确定的可以先行加工的管段。

3.9 封闭管段　Pipe-segments for dimension adjustment

筑龙网 www.zhulong.com

在管道制作加工前，按照轴测图选择确定的、经实测安装尺寸后再行加工的管段。

3.10 定位焊缝 Tack weld

在完成最终焊缝以前，用以保持焊接件各部分正确定位的焊缝。

4 一般规定

4.1 管道制作、安装单位应具有符合压力管道安全监察有关法规要求的质量管理体系或质量保证体系。

4.2 管道的制作和安装应建立并妥善保存必要的施工记录及见证文件。压力管道安装工程竣工后，制作、安装单位应向业主至少提交下列技术文件和资料：

a)管道竣工图（含设计修改文件和材料代用单）。设计修改和材料代用等变更内容应在竣工图上直接标注。

在管道轴测图上应标明焊缝位置、焊缝编号、焊工代号、焊接位置、返修焊缝、无损检测方法及其抽查的焊缝、扩大检验的焊缝、热处理及硬度抽查的焊缝等。

b)压力管道组成件和支撑件、焊接材料的产品合格证、质量证明书或复验、试验报告。

c)施工检查记录和检验、试验报告。其格式和内容应符合相应施工及验收规范的规定。

d)工程交接验收证书。

5 管道组成件及管道支承件的检查与验收

5.1 材料标记和质量证明文件的验收

管道组成件的标记和质量证明文件除应按设计文件以及规范第 2 部分（GB/T20801.2-2006） 9.2、9.3 的要求进行验收外，还应符合下列规定：

a)设计文件规定进行低温冲击韧性试验的材料，质量证明文件中应有低温冲击韧性试验的结果。

b) 设计文件规定进行晶间腐蚀试验的不锈钢管子和管件，质量证明文件中应有晶间腐蚀试验的结果。

c)质量证明文件的性能数据不符合产品标准或设计文件的规定，或对性能数据有异议时，应进行必要的补充试验。

5.2 外观检查

管道组成件及管道支承件的材料牌号、规格、外观质量应按相应标准进行目视检查和几何尺寸抽查，不合格者不得使用。

5.3 材质检查

5.3.1 合金钢、含镍低温钢、含钼奥氏体不锈钢及镍基合金、钛及钛合金材料的管道组成件应采用光谱分析或其他方法按每批(同炉批号、同规格，下同)5%的数量进行主要合金元素定性复查，且不得少于一个管道组成件。

5.4 阀门试验

5.4.1 阀门应按下列要求进行壳体压力试验和密封试验：

a）用于 GC1 级管道的阀门应逐个进行壳体压力试验和密封试验。

b） 用于 GC2 级管道的阀门应每批抽查 10%，且不得少于一个。

c） 用于 GC3 级管道的阀门应每批抽查 5%，且不少于一个。

5.4.2 阀门壳体的试验压力应为 1.5 倍公称压力，密封试验宜按公称压力进行。保压时间和密封面泄漏率应符合相应标准的规定。试验合格的阀门应填写阀门试验记录。

不锈钢阀门水压试验时，水中的氯离子含量不得超过 100ppm。

5.4.3 经设计或业主同意，公称压力小于等于 PN100、且公称直径大于等于 600mm 的闸阀，允许随系统进行压力试验。闸板密封试验允许采用色印等方法进行检验。

筑龙网 www.zhulong.com

5.4.4 安全阀应按设计文件规定的设定压力进行调试。每个安全阀的启闭试验应不少于 3 次，并填写安全阀整定记录。

5.4.5 带夹套的阀门，夹套应以大于等于 1.5 倍夹套公称压力进行压力试验。

5.5 无损检测

下列管道的管子和管件，每批应抽样 5%且不少于一根（个）进行外表面磁粉或渗透检测，不得有线性缺陷：

a) GC1 级管道中设计压力大于或等于 10MPa 的管子和管件；

b) GC1 级管道中输送极度危害介质的管子和管件。

5.6 硬度检查

GC1 级管道中设计压力大于或等于 10MPa 的管道用高压螺栓、螺母应每批抽取 2 根进行硬度检验。

5.7 加倍抽样检查、检测或试验

抽样检查、检测或试验的管道组成件，若有一件不合格，允许按原规定数量加倍抽样进行检查、检测或试验。若仍有不合格，则该批管道组成件不得使用；或对该批管道组成件逐个进行检查、检测或试验，合格者方可使用。

应做好材料识别标记并对不合格件进行处理。

5.8 材料的保管

管道组成件及管道支承件在施工过程中应妥善保管，不得混淆或损坏。不锈钢和有色金属的管道组成件在储存期间不得与碳钢接触。暂不安装的管子、阀门和管件应封闭管口。

6 管道制作

6.1 切割与坡口制备

6.1.1 碳钢、碳锰钢可采用机械加工方法或火焰切割方法切割和制备坡口。

低温镍钢和合金钢宜采用机械加工方法切割和制备坡口。若采用火焰切割，火焰切割后应采用机械加工或打磨方法去除热影响区。

6.1.2 不锈钢、有色金属应采用机械加工或等离子切割方法切割和制备坡口。不锈钢、镍基合金及钛管采用砂轮切割或修磨时，应使用专用砂轮片。

6.1.3 只要能表明方法的适用性，允许采用其它切割和坡口加工工艺。

6.2 标记移植

6.2.1 管道组成件应尽量保存材料的原始标记。当切割、加工不可避免地破坏原始标记时，应采用移植方法重新进行材料标识，也可采用管道组成件的工程统一编码。

6.2.2 所采用的标记方法应对材料表面不构成损害或污染，避免降低材料的使用性能。低温钢及钛材不得使用硬印标记。奥氏体不锈钢和有色金属材料采用色码标记时，印色应不含有损材料的物质，如硫、铅、氯等。

6.2.3 如采用硬印或雕刻之外的其他标记方法，制作者应保证不同材料之间不会产生混淆，例如可采取分别处理（时间、地点）、区分色带等方法。

6.3 弯管

6.3.1 管子弯曲应根据材料及其使用性能、输送流体工况和弯曲程度，采用适当的弯曲工艺和装备。

6.3.2 管子可进行热弯和冷弯。弯曲温度应符合下列规定：

a) 铁基材料的冷弯温度应不高于材料的相变温度（A1）；

b) 热弯应在高于其相变温度（A3）范围以上进行。

6.3.3 采用焊管制作弯管时，焊缝应避开受拉（压）区。

6.3.4 弯管的不圆度、褶皱和减薄

a）不圆度

1）弯管的不圆度应按下列公式计算：

$$不圆度（\%）=\frac{2(D_{max}-D_{min})}{D_{max}+D_{min}}\times 100\%$$

式中：D_{max}、D_{min}为同一截面的最大、最小实测外径。

2）承受内压的弯管其不圆度应不大于 8%；承受外压的弯管其不圆度应不大于 3%。

b）褶皱高度和波浪间距

1）弯管内侧褶皱高度h_m应按图 6-1 和下列公式计算：

$$h_m=\frac{D_2+D_4}{2}-D_3$$

h_m为相邻两个褶皱的平均高度，取最大值。

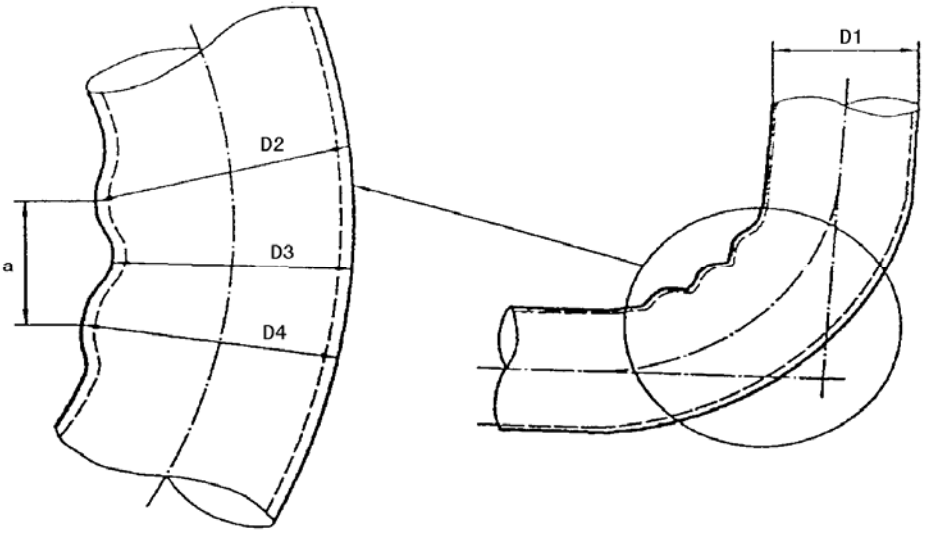


图 6-1　弯管的褶皱和波浪间距

2）弯管内侧褶皱高度h_m应不大于管子外径的 3%；波浪间距 a 应大于等于 12h_m。

c）减薄

弯管宜采用正公差壁厚的管子制作，弯管制作前管子壁厚宜符合表 6-1 的规定。管子弯曲后的最小厚度应符合规范第 3 部分（GB/T20801.3-2006）6.2 b)的规定。

表 6-1　弯管制作前管子壁厚

弯曲半径 R	弯管制作前壁厚
R≥6D	1.06t_d
6D>R≥5D	1.08t_d
5D>R≥4D	1.14t_d
4D>R≥3D	1.25t_d

注：D——管子外径；

t_d——直管的设计厚度。

6.4 板焊管

6.4.1 管材制造厂生产的板焊管应符合相应板焊管制造标准的规定。

6.4.2 安装、制作单位生产的公称直径大于等于 400mm 板焊管应符合下列各项规定：

a) 除设计另有规定外，板焊管的单根长度应不小于 5.3～6.8 米 m。在此长度范围内，环向拼接焊缝应不多于 2 条（奥氏体不锈钢不多于 3 条），相邻筒节纵缝应错开 100mm 以上。

同一筒节上的纵向焊缝应不大于两条，两纵缝间距应不小于 200mm。

有加固环的板焊管，加固环的对接焊缝应与管子纵向焊缝错开，其间距应不小于 100mm。加固环距管子的环焊缝应不小于 50mm。

b) 板焊管的周长及管端直径允差应符合表 6-2 的规定。纵缝处的棱角度（用弧长为管子周长 1/6～1/4 的样板，在管内壁测量）应不大于壁厚的 10%加 2mm，且不大于 3mm。

对接焊缝的错边量应不大于壁厚的 25%，且纵缝的错边量应不大于 3mm。

表 6-2 板焊管的周长允差及直径允差 mm

公称直径	400～700	800～1200	1300～1600	1700～2400	2600～3000	>3000
周长允差	±5	±7	±9	±11	±13	±15
直径允差	4	4	6	8	9	10

注：直径允差为管端（100mm 以内）最大外径与最小外径之差。

c) 壁厚允差：

锅炉、压力容器级钢板：应符合相应钢板标准的规定，负偏差应不超过 0.25mm；

非锅炉、压力容器级钢板：应符合相应板焊管制造标准的规定。

d) 直度允差应不大于板焊管单根长度的 0.2%，其余尺寸允差应符合相应板焊管制造标准的规定。

e) 板焊管制作过程中应防止板材表面损伤。对有严重伤痕的部位应进行修磨，使其圆滑过渡，且修磨处的壁厚不应小于设计壁厚。

f) 板焊管的焊接、焊后热处理和检验、检查应符合本规范相应章节及规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）的相关规定。

g) 板焊管应逐根进行压力试验，试验压力应符合规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）的相应规定。经业主或设计同意，可采用规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）规定的纵、环焊缝 100%射线照相或 100%超声波检测代替板焊管的压力试验。

6.5 斜接弯头

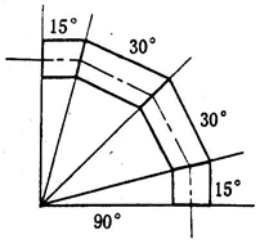
除设计另有规定外，斜接弯头的制作应符合下列规定。焊接应符合本规范第 7 章的规定。检验和检查应符合规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）的相关规定。

6.5.1 斜接弯头可按图 6-2 所示的组成形式进行配制。公称直径大于 400mm 的斜接弯头可增加中节数量，但其内侧的最小宽度不得小于 50mm。

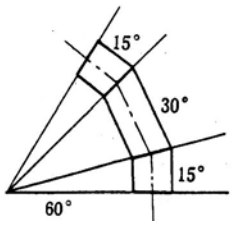
6.5.2 斜接弯头的焊接接头应采用全焊透焊缝。

6.5.3 斜接弯头的周长允许偏差：公称直径大于 1000mm 时为±6mm；公称直径小于或等于 1000mm 时为±4mm。

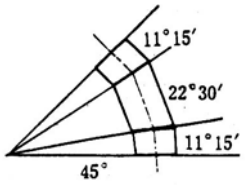
www.zhulong.com



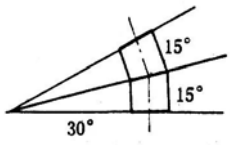
（a）90º 斜接弯头



（b）60º 斜接弯头



（c）45º 斜接弯头



（b）30º 斜接弯头

图 6-2　斜接弯头的组成形式

6.6 翻边接头

翻边接头的加工应符合规范第 3 部分（GB/T20801.3-2006）5.1.6 和下列规定。

6.6.1 焊制翻边接头的基本型式应符合图 6-3 的规定。焊后应对翻边部位机械加工或整形。密封面的表面粗糙度应符合法兰标准的规定。外侧焊缝应进行修磨，以不影响松套法兰内缘与翻边的装配。

6.6.2 扩口翻边后的外径及转角半径应能保证螺栓及法兰的装配，翻边端面与管子中心线应垂直，垂直度允差不大于 1 度。

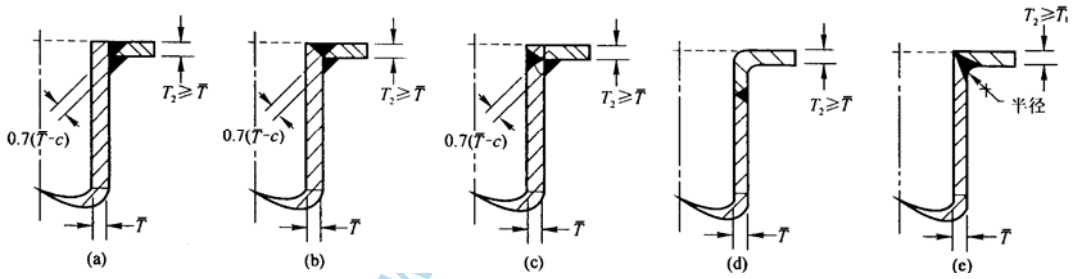


图 6-3　典型的焊制翻边

6.7 夹套管

6.7.1 夹套管的加工应符合设计文件的规定。内管管件应使用无缝或无缝对焊管件，不得使用斜接弯头。内管焊缝应经无损检测及试压合格后，方可装配外管。

6.7.2 外管与内管间的间隙应均匀，并应按设计文件规定焊接支承块。支承块不得妨碍夹套内介质流动和内管与外管的胀缩。支承块的材质应与内管材质相同。

一般情况，支承块与弯管起弯点距离宜为 0.5～1.2m，直管段上支承块间距宜为 3～5m。

6.8 支吊架

6.8.1 管道支吊架的型式、材质、加工尺寸及精度应符合设计文件的规定。支吊架现场制作应符合 GB/T17116.1 第 6 章和设计文件的规定。

6.8.2 管道支吊架的组装尺寸与焊接方式应符合设计文件的规定。制作后应对焊缝进行目视检查，焊接变形应予矫正。所有螺纹连接均应按设计要求予以锁紧。

7 焊接

7.1 焊接工艺评定和焊工技能评定

所有管道承压元件的焊接，包括承压件与非承压件的焊接，必须采用经评定合格的焊接工艺,并由合格焊工进行施焊。焊接工艺评定和焊工技能评定应分别符合 JB4708 及《锅炉压力容器压力管道焊工考试与管理规则》的规定。

7.2 焊接材料

7.2.1 焊接材料（包括焊条、焊丝、焊剂及焊接用气体）使用前应按设计文件和相关标准的规定进行检查和验收。焊接材料应具有质量证明文件和包装标记。

7.2.2 焊接材料的储存应保持适宜的温度及湿度。室内应保持干燥、清洁，相对湿度应不超过 60%。

7.2.3 库存期超过规定期限的焊条、焊剂及药芯焊丝，应经复验合格后方可使用。复验应以考核焊接材料是否产生可能影响焊接质量的缺陷为主，一般仅限于外观及工艺性能试验。但对焊接材料的使用性能有怀疑时，可增加必要的检验项目。

规定期限自生产日期始，可按下述方法确定：

a) 焊接材料质量证明书或说明书推荐的期限；

b) 酸性焊接材料及防潮包装密封良好的低氢型焊接材料为两年；

c) 石墨型焊接材料及其他焊接材料为一年。

7.2.4 焊条的烘干规范可参照焊接材料说明书。焊丝使用前应按规定进行除油、除锈及清洗处理。

7.2.5 使用过程中应注意保持焊接材料的识别标记，以免错用。

7.3 焊接环境

7.3.1 焊接的环境温度应能保证焊件的焊接温度和焊工技能不受影响。环境温度低于 0℃时，应符合本规范第 8 章 8.2.1 的规定。

7.3.2 焊接时的风速应不超过下列规定，当超过规定时，应有防风设施：

a) 手工电弧焊、埋弧焊、氧乙炔焊：8m/s；

b) 钨极气体保护焊、熔化极气体保护焊：2m/s。

7.3.3 焊接电弧 1 米范围内的相对湿度应符合下列规定：

a)铝及铝合金焊接：应不大于 80%；

b)其他材料焊接：应不大于 90%。

7.3.4 当焊件表面潮湿、覆盖有冰雪、雨水以及刮风期间，焊工及工件无保护措施时，应停止焊接。

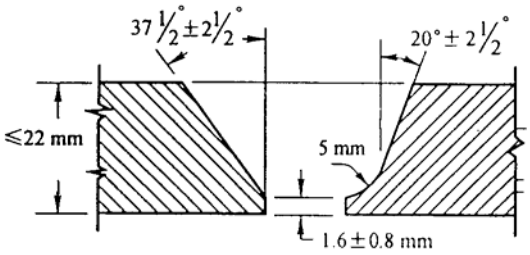
7.4 焊前准备

7.4.1 坡口制备

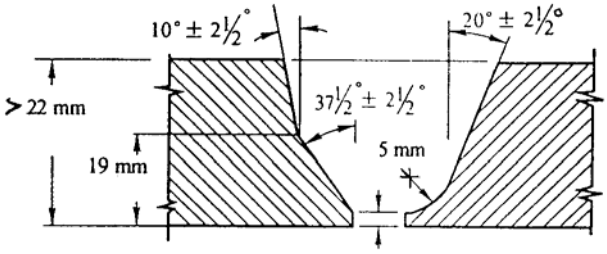
a）坡口加工应符合本规范 6.1 的规定。坡口表面应光滑并呈金属光泽，热切割产生的熔渣应清除干净。

b）坡口形式和尺寸应符合设计文件和焊接工艺指导书（WPS）的规定。典型的对接接头坡口型式和尺寸见图 7-1。

www.zhulong.com



(a) 壁厚6~22 mm



(b) 壁厚>22 mm

图 7-1　典型的对接接头坡口型式和尺寸

c）当设计文件、相关标准对坡口表面要求进行无损检测时，检测及对缺陷的处理必须在施焊前完成。

7.4.2 清理

焊件坡口及内外表面,应在焊接前按表 7-1 要求进行清理，去除油漆、油污、锈斑、熔渣、氧化皮以及加热时对焊缝或母材有害的其它物质。

表 7-1　坡口及其内外表面的清理

材料	清理范围 mm	清理对象	清理方法
碳钢、低温钢、铬钼合金钢、不锈钢	≥10	油、漆、锈、毛刺等污物	手工或机械等方法
铝及铝合金	≥50	油污、氧化膜等	有机溶剂除油污 化学或机械方法除氧化膜
铜及铜合金	≥20		
钛及钛合金、镍及镍合金	≥50		

7.4.3 组对

a）坡口对接焊缝

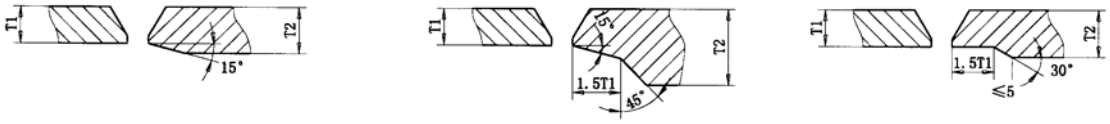
1）坡口对接焊缝的组对应做到内壁齐平，内壁错边量应符合设计文件、焊接工艺指导书（WPS）或表 7-2 的规定。

表 7-2　管道组对内壁错边量

材料		内壁错边量
钢		不大于壁厚的 10%，且≤2mm
铝及铝合金	壁厚≤5mm	≤0.5mm
	壁厚＞5mm	不大于壁厚的 10%，且≤2mm
铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金		不大于壁厚的 10%，且≤1mm

www.zhulong.com

2）不等壁厚的工件对接时，薄件端面的内侧或外侧应位于厚件端面范围之内。当内壁错边量大于表 7-2 规定，或外壁错边量大于 3mm 时，焊件端部应按图 7-2 进行削薄修整。端部削薄修整不得导致加工后的壁厚小于设计厚度 t_d。



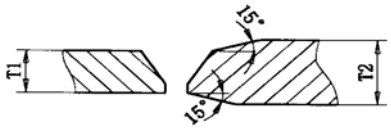
(a) $T_2-T_1\leqslant 10$mm　　(b) $T_2-T_1>10$mm　　(c) $T_2-T_1\leqslant 5$mm

外侧齐平



(d) $T_2-T_1\leqslant 10$mm　　(e) $T_2-T_1>10$mm

内侧齐平



(f) 内外侧均不齐平

注：用于管件时，如受长度限制，图(a)、(d)、(f)中的 15° 角允许改为 30° 。

图 7-2　不等壁厚对接焊件的端部加工

b）支管连接焊缝

1）安放式支管的端部制备及组对应符合图 7-3（a)、(b）的要求。

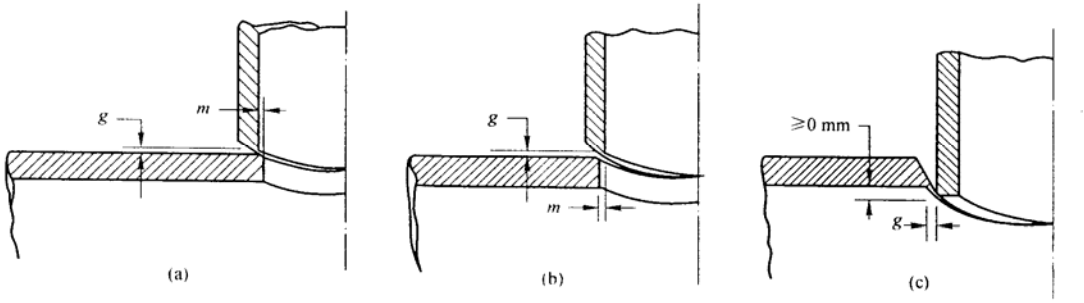
2）插入式支管的主管端部制备及组对应符合图 7-3（c）的要求。

3）主管开孔与支管组对时的错边量应不大于 m 值（见图 7-3 （a)、(b)），必要时可堆焊修正。

c）组对间隙　接头的根部间隙应控制在焊接工艺指导书允许范围内。

d) 除设计文件规定的管道预拉伸或预压缩焊口外，不得强行组对。需预拉伸或预压缩的管道焊缝，组对时所使用的工卡具应在整个焊缝焊接及热处理完毕并经检验合格后方可拆除。

e)焊件组对时应垫置牢固，并应采取措施防止焊接和热处理过程中产生附加应力和变形。



www.zhulong.com

g—— 根部间隙，按焊接工艺指导书的规定。　m—— 错边量，应不大于 3.2mm 或 0.5$\overline{T}_b$（取较小值）。

$\overline{T}_b$——支管的名义厚度。

图 7-3　支管连接的组对

7.4.4 定位焊缝

a) 定位焊缝焊接时，应采用与根部焊道相同的焊接材料和焊接工艺，并应由合格焊工施焊。

b) 定位焊缝的长度、厚度和间距应能保证焊缝在正式焊接过程中不致开裂。

c) 根部焊接前，应对定位焊缝进行检查。如发现缺陷，处理后方可施焊。

d) 焊接的工卡具材质宜与母材相同或为 JB4708 中的同一类别号。拆除工卡具时不应损伤母材，拆除后应将残留焊疤打磨修整至与母材表面齐平。

7.4.5 焊接设备

焊接设备及辅助装备等应处于正常工作状态，安全可靠，仪表应定期校验。

7.5 焊接的基本要求

7.5.1 焊缝（包括为组对而堆焊的焊缝金属）应由经评定合格的焊工，按评定合格的焊接工艺指导书（WPS）进行焊接。

7.5.2 除工艺或检验要求需分次焊接外，每条焊缝宜一次连续焊完，当因故中断焊接时，应根据工艺要求采取保温缓冷或后热等防止产生裂纹的措施。再次焊接前应检查焊层表面，确认无裂纹后，方可按原工艺要求继续施焊。

7.5.3 在根部焊道和盖面焊道上不得锤击。

7.5.4 焊接连接的阀门施焊时，所采用的焊接顺序、工艺以及焊后热处理，均应保证不影响阀座的密封性能。

7.5.5 不得在焊件表面引弧或试验电流。设计温度≤-20℃的管道、淬硬倾向较大的合金钢管道、不锈钢及有色金属管道的表面均不得有电弧擦伤等缺陷。

7.5.6 内部清洁要求较高且焊接后不易清理的管道、机器入口管道及设计规定的其他管道的单面焊焊缝，应采用氩弧焊进行根部焊道焊接。

7.5.7 规定焊接线能量的焊缝，施焊时应测量电弧电压、焊接电流及焊接速度并作记录。焊接线能量应符合焊接工艺指导书的规定。

7.5.8 规定焊缝层次时，应检查焊接层数，其层次数及每层厚度应符合焊接工艺指导书的规定。

7.5.9 规定层间温度的焊缝，应测量层间温度，层间温度应符合焊接工艺指导书的规定。

7.5.10 多层焊每层焊完后，应立即进行清理和目视检查。如发现缺陷，应消除后方可进行下一层焊接。

7.5.11　规定进行层间无损检测的焊缝，无损检测应在目视检查合格后进行，表面无损检测应在射线照相检测及超声波检测前进行，经检测的焊缝在评定合格后方可继续进行焊接。

7.5.12 每个焊工均应有指定的识别代号。除工程另有规定外，管道承压焊缝应标有焊工识别标记。所采用的标记方法应符合本规范 6.2.2 的规定。

对无法直接在管道承压件上作焊工标记的，应用简图记录焊工识别代号，并将简图列入交工技术文件。

7.6 焊缝设置

管道焊缝的设置应避开应力集中区，便于焊接和热处理，且应符合下列规定，但夹套管

除外。

a)直管段上两对接环焊缝中心面间的距离，当公称直径大于或等于 150mm 时，应不小于150mm；当公称直径小于 150mm 时，应不小于管子外径。

b）管道环焊缝距离弯管（不包括弯头）起弯点不得小于 100mm，且不得小于管子外径。

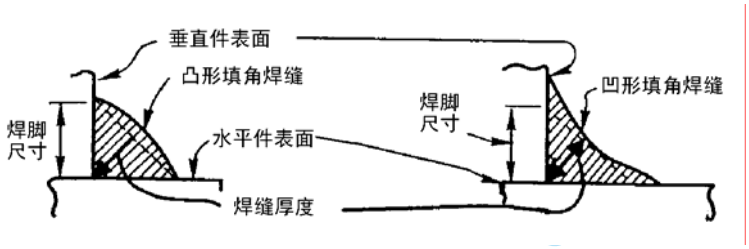
c）管道环焊缝距支、吊架净距应不小于 50mm。需热处理的焊缝距支、吊架不得小于焊缝宽度的 5 倍，且不得小于 100mm。

d)不宜在焊缝及其边缘上开孔。当不可避免而必须在焊缝上开孔或开孔补强时，应对以开孔中心为中心的开孔直径 1.5 倍或补强板直径范围内的焊缝进行无损检测，确认焊缝合格后，方可进行开孔。补强板覆盖的焊缝应磨平。

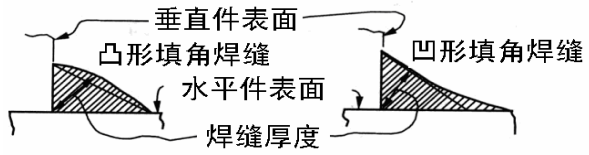
7.7 填角焊缝

7.7.1 填角焊缝（包括承插焊缝）可呈凹或凸形，焊缝尺寸应符合图 7-4 的规定。

7.7.2 平焊法兰或承插焊法兰的填角焊缝应符合图 7-5 的规定。其它承插焊接头的最小焊接尺寸应符合图 7-6 的规定。



(a)凸形等边填角焊缝　　（b）凹形等边填角焊缝

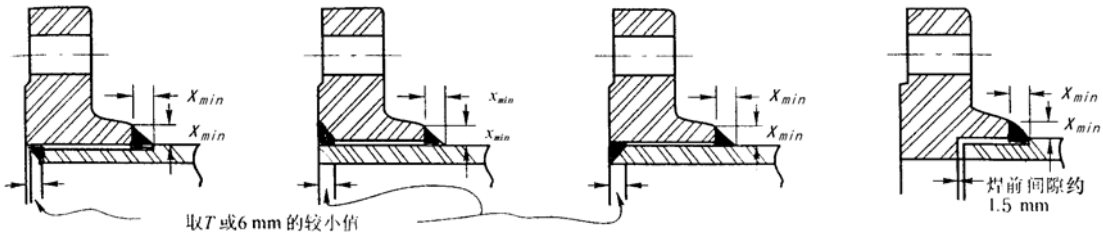


（c）凸形不等边填角焊缝　　（d）凹形不等边填角焊缝

注 1：等边填角焊缝的焊脚尺寸为焊缝最大内切等腰直角三角形的股长，焊缝厚度为 0.7 倍焊脚尺寸。

注 2：不等边填角焊缝的焊脚尺寸为内切于焊缝截面的最大直角三角形的股长。

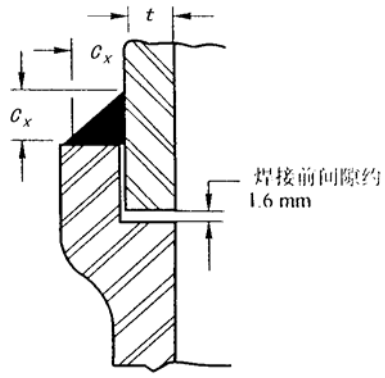
图 7-4 填角焊缝型式与尺寸



（a）双面填角焊　　（b）法兰面角接及背面填角焊　　（c）承插焊法兰

注：Xmin 取直管名义厚度的 1.4 倍或法兰颈部厚度两者中的较小值。

图 7-5　平焊法兰和承插焊法兰的填角焊缝



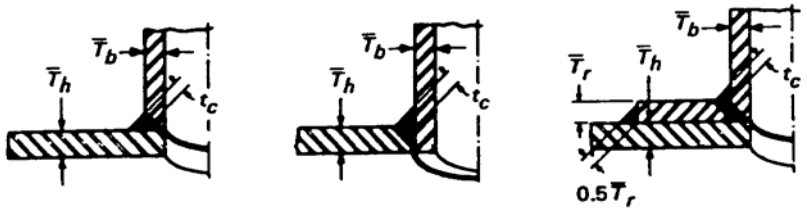
t－计算厚度；

C_x=1.25t 或 3mm（取较大值）

图 7-6　除法兰外的其他承插焊接头的最小焊接尺寸

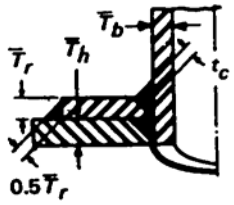
7.8 支管的焊接连接

支管与主管的焊接连接应符合图 7-7 所示的支管连接焊缝形式和下述焊缝尺寸的规定：

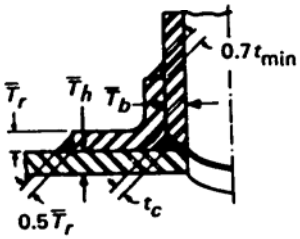


(a)安放式　　(b)插入式

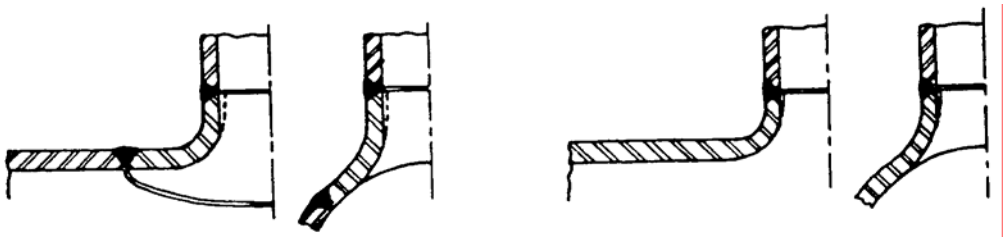
(c) 安放式（带补强圈）



(d) 插入式（带补强圈）



(e) 鞍形补强件



（f）对接式

注：t_c——填角焊缝有效厚度，取 0.7$\overline{T}_b$或 6.4mm 中的小者；

$\overline{T}_b$——支管名义厚度

$\overline{T}_h$——主管名义厚度

$\overline{T}_r$——补强圈或鞍形补强件的名义厚度

t_{min}——$\overline{T}_b$或$\overline{T}_r$，取小者。

图 7-7 支管连接的焊缝形式

7.8.1 安放式焊接支管或插入式焊接支管的连接，包括整体补强的支管台，应采用全焊透的坡口焊缝，盖面的角焊缝厚度应大于等于 t_c，见图 7-7（a）和（b）。

7.8.2 补强圈或鞍形补强件的焊接应符合下列规定：

a）补强圈应采用全焊透的坡口焊缝连接到支管上，盖面的角焊缝厚度应大于等于 t_c，见图 7-7（c）和（d）。

b）鞍形补强件与支管连接的填角焊缝厚度应大于等于 0.7 t_{min}，见图 7-7（e）。

7.8.3 补强圈或鞍形补强件外缘与主管连接的填角焊缝厚度应大于等于 0.5$\overline{T}_r$，见图 7-7（c）、（d）和（e）。

7.8.4 补强圈和鞍形补强件应与主管、支管很好地贴合。应在补强圈或鞍形补强件的高位（不在主管轴线处）开一通气孔用于焊缝焊接和检漏时的通气。补强圈或鞍形补强件可采用多块拼接组成，但拼接焊缝应与母材等强度，且每块拼板均应开通气孔。

7.8.5 应在支管与主管的连接焊缝检查和修补合格后，再进行补强圈或鞍形补强件的焊接。

7.9 焊缝返修

7.9.1 返修前应对缺陷产生的原因进行分析，提出相应的返修措施。

7.9.2 补焊应采用经评定合格的焊接工艺，并由合格焊工施焊。预热和焊后热处理应与原焊接要求相同。

7.9.3 同一部位（指焊补的填充金属重叠的部位）的返修次数超过两次时，应重新制定返修措施，经施焊单位技术总负责人批准后方可进行返修。

7.9.4 返修后应按原规定的检验方法重新检验，并连同返修及检验记录（明确返修次数、部位、返修后的无损检测结果）一并记入交工技术文件。

7.9.5 要求焊后热处理的管道，应在热处理前进行返修。如在热处理后进行焊接返修，返修后应重新热处理。

8 预热

8.1 一般规定

预热的必要性以及预热温度应在焊接工艺指导书（WPS）中规定，并经焊接工艺评定验证。本章适用于管道所有类型的焊接，包括定位焊、补焊和螺纹接头的密封焊。

当用热加工法切割、开坡口、清根、开槽或施焊临时焊缝时，亦应考虑预热要求。

8.2 预热温度

8.2.1 各种材料所要求和推荐的最低预热温度见表 8-1。若环境温度低于 0℃，表 8-1 中的

推荐温度即为本规范规定的预热温度。

8.2.2 不同预热要求的材料焊接时，应符合表 8-1 中的较高预热温度要求。

8.2.3 需要预热的焊件，其层间温度应不低于预热温度。

8.3 预热温度的测量

8.3.1 预热温度应采用测温笔、热电偶或其它合适方法进行测量并记录，以保证在焊前及焊接过程中达到和保持焊接工艺指导书中规定的温度。测量仪表应经计量检定合格。

8.3.2 热电偶可用电容储能放电焊直接焊在工件上，可不必进行焊接工艺评定和技能评定。热电偶去除后，应检查焊点区域是否存在缺陷。

表 8-1 预热温度

母材类别	较厚件的名义壁厚	规定的母材最小抗拉强度	最低预热温度	
			规定	推荐
	mm	MPa	℃	℃
碳钢(C) 碳锰钢（C-Mn）	＜25	≤490	…	10
	≥25	全部	…	80
	全部	＞490	…	80
合金钢（C-Mo、Mn-Mo、Cr-Mo） Cr≤0.5%	＜13	≤490	…	10
	≥13	全部	…	80
	全部	＞490	…	80
合金钢（Cr-Mo） 0.5%＜Cr≤2%	全部	全部	150	…
合金钢（Cr-Mo） 2.25% ≤Cr≤10%	全部	全部	175	…
马氏体不锈钢	全部	全部	…	150[2]
铁素体不锈钢	全部	全部	…	10
奥氏体不锈钢	全部	全部	…	10[1]
低温镍钢（Ni≤4%）	全部	全部	…	95
8Ni、9Ni 钢	全部	全部	…	10
5Ni 钢	全部	全部	10	…
铝、铜、镍、钛及其合金	全部	全部	…	10

注 1：奥氏体不锈钢焊接时，层间温度宜低于 150℃。

注 2：马氏体不锈钢焊接时，层间最高温度 315℃。

8.3.3 预热区域应以焊缝中心为基准，每侧应不小于焊件厚度的 3 倍，且不小于 25mm。

8.4 中断焊接

焊接中断时，应控制合理的冷却速度或采取其它措施防止对管道产生有害影响。再次焊接前，应按焊接工艺指导书的规定重新进行预热。

9 热处理

本章规定了压力管道焊接、弯曲和成形后的热处理基本要求，但并非适用于所有的使用条件。

9.1 弯曲和成形后的热处理

9.1.1 除弯曲或成形温度始终保持在 900℃以上的情况外，壁厚大于 19mm 的碳钢管弯曲或成形加工后，应按表 9-1 的规定进行热处理。

管发网 www.zhulong.com

9.1.2　公称直径大于 100mm、或壁厚大于 13mm 的碳钢、碳锰钢、铬钼合金钢、低温镍钢管弯曲或成形加工后，应按下列要求进行热处理。

a）热弯或热成形加工后应按设计文件的要求进行完全退火、正火、正火加回火或回火热处理；

b）冷弯或冷成形加工后的热处理应符合表 9-1 的规定。

9.1.3 本规范要求进行冲击试验的材料在冷成形或冷弯后，其成形应变率大于 5%者应按表 9-1 的要求进行热处理。

9.1.4 高温使用的奥氏体不锈钢以及镍基合金，冷、热弯曲或成形后应按表 9-2 进行热处理。

表 9-1 热处理基本要求

母材类别	名义厚度	母材最小规定抗拉强度	金属热处理温度	保温时间	最短保温时间	布氏硬度[2] ≤
	mm	MPa	℃	min/mm	h	
碳钢(C)、碳锰钢（C-Mn）	≤19	全部	无	…	…	…
	>19		600～650	2.4	1	200
合金钢（C-Mo、Mn-Mo、Cr-Mo）Cr≤½ %	≤19	≤490	无	…	…	…
	>19	全部	600～720	2.4	1	225
	全部	>490	600～720	2.4	1	225
合金钢（Cr-Mo）½%<Cr≤2%	≤13	≤490	无	…	…	…
	>13	全部	700～750	2.4	2	225
	全部	>490	700～750	2.4	2	225
合金钢（Cr-Mo）2.25%≤Cr≤3%和 C≤0.15%	≤13	全部	不要求	…	…	…
	>13	全部	700～760	2.4	2	241
合金钢（Cr-Mo）3%<Cr≤10%或 C >0.15%	全部	全部	700～760	2.4	2	241
马氏体不锈钢	全部	全部	730～790	2.4	2	241
铁素体不锈钢	全部	全部	无	…	…	…
奥氏体不锈钢	全部	全部	无	…	…	187
低温镍钢（Ni≤4%）	≤19	全部	无	…	…	…
	>19		600～640	1.2	1	…
双相不锈钢	全部	全部	[1]	1.2	½	…

注 1：双相不锈钢焊后热处理既不要求也不禁止，但热处理应按材料标准要求。

注 2：硬度值要求见本规范 9.5 条。设计有规定时，碳钢和奥氏体不锈钢的硬度可按表列数值控制。

筑龙网 www.zhulong.com

表 9-2 高温使用的材料弯曲、成形后的热处理要求

材料类别及使用条件	成形应变率 %	热处理与否
设计温度小于 675℃的奥氏体不锈钢及镍-铁-铬合金（800H、800HT）热弯或热成形	＞15	固溶处理
设计温度大于等于 675℃的奥氏体不锈钢（H 级）及镍-铁-铬合金（800H、800HT）热弯或热成形	＞10[1]	固溶处理
奥氏体不锈钢及镍基合金（800H、800HT）冷弯或冷成形		按设计规定

注 1：采用管子扩口、缩口、引伸、墩粗时，成形应变率为本表规定值的一半。

注 2：固溶热处理的保温时间为 20min/25mm 或 10min，取较大值。随后进行快速冷却。

9.1.5 成形应变率的计算

a)管子弯曲，取下列较大值：

$$\text{应变率（\%）}=\frac{50D}{R}$$

$$\text{应变率（\%）}=\left(\frac{T_1-T_2}{T_1}\right)\times 100$$

b）以板成形的圆筒、锥体或管子

$$\text{应变率（\%）}=\frac{T}{R_f}\times 50$$

c）以板成形的凸型封头、折边等双向变形的元件

$$\text{应变率（\%）}=\frac{75T}{R_f}$$

d）管子扩口、缩口或引伸、镦粗，取下列绝对值的最大值

1）环向应变

$$\text{应变率（\%）}=\left(\frac{D-D_e}{D}\right)\times 100$$

2）轴向应变

$$\text{应变率（\%）}=\left(\frac{L-L_e}{L}\right)\times 100$$

3）径向应变

$$\text{应变率（\%）}=\left(\frac{T_1-T_2}{T_1}\right)\times 100$$

D—管子外径，mm；

筑龙网 www.zhulong.com

R—管子中心线弯曲半径，mm；
T—板材名义厚度，mm；
T_1—管子初始平均厚度，mm；
T_2—成形后管子最小厚度，mm；
D_e—成形后圆筒或管子的外径，mm；
R_f—成形后最小曲率半径（厚度中心处），mm；
L—管子变形区初始长度，mm；
L_e—成型后管子变形区的长度，mm。

9.1.6 有应力腐蚀倾向的管道以及对消除应力有较高要求的管道，弯曲或成形加工后的热处理应符合设计文件的规定。

9.2 焊后热处理

9.2.1 焊后热处理的基本要求

a）焊后热处理工艺应在焊接工艺指导书中规定，并经焊接工艺评定验证。

b）焊后热处理温度应符合表 9-1 的规定。

c）调质钢焊缝的焊后热处理温度应低于其回火温度。

d）铁素体钢之间的异种钢焊后热处理，应按表 9-1 两者之中的较高热处理温度进行，但不应超过另一侧钢材的临界点 Ac1。

e）有应力腐蚀倾向的焊缝应进行焊后热处理。

f）对容易产生焊接延迟裂纹的钢材，焊后应及时进行热处理。当不能及时进行焊后热处理时，应在焊后立即均匀加热至 200℃～300℃，并保温缓冷。加热保温范围应与焊后热处理要求相同。

9.2.2 热处理厚度

按表 9-1 进行焊后热处理时，热处理厚度应为焊接接头处较厚的工件厚度。但下列情况除外：

a）支管连接时，热处理厚度应是主管或支管的厚度，而不计入支管连接件（包括整体补强或非整体补强件）的厚度。但如果任一截面上支管连接的焊缝厚度大于表 9-1 所列厚度的 2 倍时，应进行焊后热处理。支管连接的焊缝厚度计算应符合表 9-3 的规定。

表 9-3　支管连接结构的焊缝厚度

支管连接结构形式	焊缝厚度
焊接支管（安放式），见图 7-7（a）	$\overline{T}_b+t_c$
焊接支管（插入式），见图 7-7（b）	$\overline{T}_h+t_c$
补强圈补强的焊接支管（安放式），见图 7-7（c）	$\overline{T}_b+t_c$ 或 $\overline{T}_r+t_c$，取较大者
补强圈补强的焊接支管（插入式），见图 7-7（d）	$\overline{T}_h+\overline{T}_r+t_c$
鞍形补强件补强的焊接支管见图 7-7（e）	$\overline{T}_b+t_c$

b） 对用于平焊法兰、承插焊法兰、公称直径小于等于 50mm 的管子连接角焊缝和螺纹接头的密封焊缝、以及管道支吊架与管道的连接焊缝，如果任一截面的焊缝厚度大于表 9-1 所列厚度的 2 倍时，应进行焊后热处理。但下述情况可不要求热处理：

1）碳钢材料，当焊缝厚度≤16mm 时，任意厚度的母材都不需要进行热处理。

www.xxlong.com

2）铬钼合金钢材料（Cr≤10%），当焊缝厚度≤13mm 时，如果预热温度不低于表 8-1 推荐的最低值，且母材规定的最小抗拉强度小于 490MPa，则任意厚度的母材都不需要进行热处理。

3）对于铁素体钢材料，当焊缝采用奥氏体或镍基填充金属时，不需进行热处理。但应考虑操作条件（如高温下不同线膨胀系数或腐蚀等）对焊缝不产生有害影响。

9.3 加热和冷却

9.3.1 热处理应保证温度的均匀性和温度控制，可采用炉内加热、局部火焰加热、电阻或电感应等加热方法。可采用炉冷、空冷、局部加热、绝热或其它合适的方法来控制冷却速率。

9.3.2 一般情况下，热处理的加热和冷却速率应符合下列规定：

a) 当温度升至 400℃以上时，加热速率应不大于 205（25/T）℃/h，且不得大于 205℃/h；（T 为热处理部位的最大厚度，下同）

b) 保温后的冷却速率不应大于 260（25/T）℃/h，且不得大于 260℃/h，400℃以下可自然冷却。

9.4 热处理温度的测量

9.4.1 热处理温度应采用热电偶或其它合适的方法进行测量，热电偶采用电容储能放电焊的规定同 8.3.2。

9.4.2 宜采用自动测温记录仪在整个热处理过程中连续测量记录热处理温度。测温记录仪在使用前应经校验合格。

9.5 硬度检查

9.5.1 要求焊后热处理的焊缝、热弯和热成形加工的管道元件，热处理后应测量硬度值。焊缝的硬度测定区域应包括焊缝和热影响区，热影响区的测定区域应紧邻熔合线。

9.5.2 硬度检查数量：

a）表 9-1 中有硬度值要求的材料，炉内热处理的每一热处理炉次应至少抽查 10％进行硬度值测定；局部热处理者应 100％进行硬度值测定。

b）表 9-1 中未注明硬度值要求的材料，每炉（批）次应至少抽查 10%进行硬度值测定。

9.5.3 除设计另有规定外，焊缝热处理后的硬度值应符合下列规定：

a） 表 9-1 中有硬度值要求的材料，焊缝和热影响区的硬度值应符合表 9-1 的规定。

b）表 9-1 中未注明硬度值要求的材料，焊缝和热影响区的硬度值：碳钢不应大于母材硬度值的 120%；其他材料不应大于母材硬度值的 125%。

9.5.4 异种金属材料焊接时，两侧母材和焊缝均应符合表 9-1 规定的各自硬度值范围。

9.6 替代热处理

正火、正火加回火或退火可代替焊接、弯曲或成形后的消除应力热处理，但焊缝和母材的力学性能应符合相应标准和规范要求。

9.7 热处理基本要求的变更

9.7.1 设计可根据具体工况条件，变更或调整消除应力热处理的基本要求，包括规定更为严格的要求（如对厚度较薄材料的热处理和硬度限制）；也可放宽或取消热处理和硬度试验要求。

9.7.2 当设计放宽消除应力热处理和硬度试验要求时，设计应具备可供类比的成功使用经验，并考虑工作温度及其影响、热循环频率及其强度、柔性分析的应力水平、脆性破坏及其它有关因素。此外还应进行包括焊接工艺评定在内的有关试验。

9.8 分段热处理

当装配焊接后的管道不能整体进炉热处理时，允许分段热处理。分段处应有宽度≥300mm 的搭接带。分段热处理时，炉外的部分应适当保温，防止较大的温度梯度。

9.9 局部热处理

www.zhijiang.com

局部热处理时，加热范围应包括主管或支管的整个环形带均达到规定的温度范围。加热环形带应有足够的宽度。焊缝局部热处理的加热范围每侧应不小于焊缝宽度的 3 倍；弯管局部热处理的加热范围应包括弯曲或成形部分及其两侧至少 25mm 的宽度。加热带以外部分应在 100～150mm 范围保温。

9.10 重新热处理

热处理后进行焊接返修、弯曲、成形加工，或硬度检查超过规定要求的焊缝，应重新进行热处理。

10 装配和安装

10.1 一般规定

10.1.1 管道装配应按管道轴测图规定的数量、规格、材质选配管道组成件，并应按轴测图标明管道系统号和按装配顺序标明各组成件的顺序号。管道安装应按照上述标注的管道系统号和装配顺序号进行。

10.1.2 自由管段和封闭管段的选择应合理，封闭管段应按现场实测的安装长度加工。自由管段和封闭管段的加工尺寸允许偏差应符合表 10-1 的规定。

表 10-1 自由管段和封闭管段的加工尺寸允许偏差 mm

项　目		允许偏差	
		自由管段	封闭管段
长　度		±10	±1.5
法兰密封面与管子中心线垂直度	DN<100	0.5	0.5
	100≤DN≤300	1.0	1.0
	DN>300	2.0	2.0
法兰螺栓孔对称水平度		±1.6	±1.6

10.1.3 装配管段应具有足够的刚性，必要时可进行加固，以保证在存放、运输过程中不变形。装配完毕的管段，应将内部清理干净，及时封闭管口。

10.1.4 除设计有预拉伸或预压缩的要求外，管道装配和安装时，不得强力对接、加偏垫或加多层垫等方法来消除接头端面间的空隙、偏斜、错口或不同心等缺陷。也禁止采用任何扭曲方法进行组对。

10.1.5 管道穿越墙、道路或铁路时应设套管加以保护，在套管内的管段不应有焊缝存在。管子与套管的间隙应以不燃烧的软质材料填满。

10.1.6 管道装配和安装过程中的焊接、热处理、检验、检查和试验应符合本规范相应章节及规范第 5 部分（GB/T20801.5-2006）的规定。

10.2　法兰连接

10.2.1 应检查法兰密封面及密封垫片，不得有影响密封性能的划痕、斑点等缺陷，否则应予修理或更换。

10.2.2 一对法兰密封面间只允许使用一个垫片。当大直径垫片需要拼接时，应采用斜口搭接或迷宫式拼接，不得平口对接。

10.2.3 法兰接头装配应与管道同心，并应保证螺栓自由穿入。法兰螺栓孔应跨中安装。法兰间应保持平行，其偏差不得大于法兰外径的 0.15%，且不得大于 2mm。

法兰接头装配时，垫片应均匀地压缩到预定的设计载荷。不得用强紧螺栓的方法消除法兰接头的歪斜。

10.2.4 法兰接头装配应使用同一规格螺栓，安装方向应一致。螺栓紧固后应与法兰紧贴，不得有楔缝。需加垫圈时，每个螺栓不应超过一个。所有螺母应全部拧入螺栓。任何情况下，螺母上未完全啮合的螺纹应不大于 1 个螺距。

筑龙网 www.zhulong.com

10.2.5 法兰接头装配时，如两个法兰的压力等级或力学性能有较大差别时，应予特别注意。宜将螺栓拧紧至预定的扭矩。

10.2.6 高温或低温管道法兰的螺栓，在试运行时应按下列规定进行热态紧固或冷态紧固：

a）管道热态紧固、冷态紧固温度应符合表 10-2 的规定。

b）热态紧固或冷态紧固应在达到工作温度 2 小时后进行。

c）紧固螺栓时，管道最大内压应根据设计压力确定。当设计压力小于或等于 6MPa 时，热态紧固最大内压应为 0.3MPa；当设计压力大于 6MPa 时，热态紧固最大内压应为 0.5MPa。冷态紧固应卸压后进行。

d）紧固应适度，并应有安全技术措施，保证操作人员安全。

表 10-2　管道热态紧固、冷态紧固温度　　℃

管道工作温度	一次热、冷态紧固温度	二次热、冷态紧固温度
250～350	工作温度	—
＞350	350	工作温度
-20～-70	工作温度	—
＜-70	-70	工作温度

10.3 螺纹连接

10.3.1 用于螺纹的保护剂或润滑剂应适用于工况条件，并对输送的流体或管道材料均应不产生不良影响。

10.3.2 进行密封焊的螺纹接头不得使用螺纹保护剂和密封材料。

10.3.3 采用垫片密封而非螺纹密封的直螺纹接头应符合规范第 3 部分（GB/T20801.3-2006）3.4.6 的规定。直螺纹接头与主管焊接时，应防止密封面变形。

10.3.4 螺纹接头采用密封焊时，外露螺纹应在整个周长密封焊接，并由合格焊工施焊。

10.3.5 应采取措施防止螺纹接头因热膨胀导致的螺纹松动。

10.4 其他型式的连接

10.4.1 管接头

a）扩口管接头装配前，对扩口的密封面应进行检查，有缺陷的扩口应予修理或报废。

b）对于非扩口压合型管接头，如管接头制造厂的说明书中规定螺母拧紧圈数时，应从用手将螺母拧紧后开始计算。

10.4.2 铸铁管承插接头

a）承插接口的最小轴向间隙应根据管子长度、介质温度和施工时的气温等因素确定。沿直线铺设的铸铁管道承插接口环形间隙应均匀。

b）承插接口时应保证承插口与填料的良好结合。打实的油麻填塞深度应为承插深度的 1/3，且不应超过承口三角凹槽的内边。

c）用水泥填充的铸铁管承插接头应有防止接头松开的合理支承措施。

10.4.3 填料函接头

用于吸收热膨胀的填料函接头，在承口底部应留有适当的膨胀间隙。

10.4.4 其他型式的接头连接，诸如钎焊接头、粘接接头、胀接接头等的装配和安装应按相关标准、设计文件和制造厂的说明书要求进行。

10.5 管道预拉伸（或压缩）

管道预拉伸（或压缩，下同）应符合设计文件规定。进行预拉伸前应满足下列要求：

a)预拉伸区域内固定支架间所有焊缝（预拉口除外）应焊接完毕并经检验合格。需热处理的焊缝应完成热处理工作；

b)预拉伸区域支、吊架应安装完毕，固定支架应安装牢固。预拉口附近的支、吊架应预留

筑龙网 www.zhulong.com

足够的调整裕量，支、吊架弹簧应按设计值进行调整，并临时固定，不使弹簧承受管道载荷；

c)预拉伸区域内的所有连接螺栓应拧紧。

10.6 连接设备的管道

10.6.1 管道与设备的连接应在设备安装定位并紧固地脚螺栓后进行。连接机器的管道，其最后焊接的固定焊缝应远离机器。

10.6.2 对不允许承受附加外荷载的机器，管道与机器连接应符合下列规定：

a) 管道与机器连接前，应在自由状态下检验法兰的平行度和同心度，允许偏差应符合表10-3 的规定。

表 10-3 法兰平行度、同心度允许偏差

机器转速 r/min	平行度 mm	同心度 mm
3000-6000	≤0.15	≤0.50
＞6000	≤0.10	≤0.20

b) 管道系统与机器最终连接时，应在联轴器上架设百分表监视机器位移。当转速大于6000r/min 时，其位移值应小于 0.02mm；当转速小于或等于 6000r/min 时，其位移值应小于0.05mm。

10.6.3 管道安装后，不得承受设计以外的附加荷载。

10.6.4 大型贮罐的管道与泵或其他有独立基础的设备连接，或贮罐底部管道沿地面敷设在支架上时，应注意贮罐基础沉降的影响。此类管道应在贮罐液压试验后安装；或将贮罐接口处法兰在液压试验且基础初阶段沉降后再连接。

10.7 埋地管道

10.7.1 埋地管道的防腐层应按设计要求在安装前完成。运输和安装时应采取保护措施防止防腐层损坏。埋地前应进行检查，被损坏的防腐层应及时进行修补。焊缝部位未经检验合格不得作防腐层处理。

10.7.2 必要时，可增加阴极保护措施。

10.7.3 埋地管道应经防腐层检测和严密性试验，并按隐蔽工程验收，合格后方可回填土。

10.8 夹套管

夹套管安装除应符合本规范其它章节和本章的有关规定外，还应符合下列规定：

10.8.1 夹套管焊缝布置应符合下列规定：

a) 直管段对接焊缝的间距，内管不应小于200mm ，外管不应小于100mm 。

b) 环向焊缝距管架的净距不应小于100mm ，且不得留在过墙或楼板处。

c) 水平管段外管剖切的纵向焊缝，应置于易检修的部位。

d) 内管焊缝上不得开孔或连接支管段。外管焊缝上应尽量避免开孔或连接支管，否则应符合7.6 d）的规定。

10.8.2 夹套管的连通管安装应符合设计文件的规定。连通管应排放流畅，防止存液，避免堵塞通路。

10.9 阀门

10.9.1 当阀门与管道以法兰或螺纹方式连接时，阀门应在关闭状态下安装；当阀门与管道以焊接方式连接时，阀门不得关闭，且宜采用氩弧焊打底。

10.9.2 阀门不得强行组对连接或承受外加重力负荷，以防止由于附加应力而损坏阀门。

10.9.3 安全阀的安装应符合下列规定：

a) 安全阀应垂直安装；

b) 管道试运行前，应及时调校安全阀；

c) 安全阀的最终调校宜在系统上进行，开启和回座压力应符合设计文件的规定；

www.zhulong.com

d）安全阀经最终调校合格后应铅封，并应填写“安全阀最终调试记录”。

10.10 管道补偿装置

10.10.1 Π形膨胀弯管的安装应符合下列规定：

a）应按设计文件规定进行预拉伸或预压缩，允许偏差为预伸缩量的 10%，且不大于 10mm。

b）水平安装时，平行臂应与管道坡度相同，两垂直臂应平行。

c）铅垂安装时，应设置排气及疏水装置。

10.10.2 波形膨胀节的安装应符合下列规定：

a）应按设计文件规定进行预拉伸或预压缩，受力应均匀。

b）波形膨胀节内套有焊缝的一端，在水平管道上应迎介质流向安装，在铅垂管道上应置于上部。

c）波形膨胀节应与管道保持同轴，不得偏斜。

d）安装波形膨胀节时，应设临时约束装置，待管道安装固定后再拆除临时约束装置。

10.11 支吊架

管道支吊架的安装除应符合下列规定外，还应符合 GB/T17116.1 第 7 章和设计文件的规定。

10.11.1 管道安装时，应及时进行支、吊架的固定和调整工作。支、吊架位置应正确，管子和支承面接触应良好。

10.11.2 无热位移的管道吊架其吊杆应垂直安装；有热位移的管道吊架其吊点应设在位移的相反方向，按位移值的 1/2 偏位安装。两根热位移方向相反或位移值不等的管道不得同时使用同一吊杆。

10.11.3 固定支架应在补偿装置预拉伸或预压缩前固定。导向支架或滑动支架的滑动面应洁净平整，不得有歪斜和卡涩现象。

10.11.4 弹簧支、吊架的弹簧安装高度应按设计文件规定进行调整。弹簧支架的临时固定件应待系统安装、试压、隔热完毕后方可拆除。

10.11.5 支吊架的焊接应由合格焊工施焊，并不得有漏焊、欠焊或焊接裂纹等缺陷。管道与支架焊接时，管道不得有咬边、烧穿等现象。

10.11.6 从有热位移的主管引出小直径的支管时，支管的支架类型和结构应符合设计要求，并不应限制主管的位移。

10.11.7 不得在滑动支架底板处临时点焊定位。仪表及电气的支撑件不得焊在活动支架上。

10.12 静电接地

10.12.1 有静电接地要求的管道，各段间应导电良好。每对法兰或螺纹接头间电阻值大于 0.03Ω时，应设导线跨接。

10.12.2 管道系统的对地电阻值超过 100Ω时，应采取措施或设两处接地引线。接地引线宜采用焊接形式。

10.12.3 有静电接地要求的不锈钢管和钛管道，导线跨接或接地引线不得与钛管道及不锈钢管道直接焊接，应采用与管材相同材料的接地板过渡。

10.12.4 静电接地安装完毕后，必须进行测试，电阻值超过规定时应进行调整。

11 不锈钢和有色金属管道

不锈钢和有色金属管道的制作、装配和安装除应符合本规范以上各章节的有关规定外，还应符合下列要求。

11.1 防护基本要求

11.1.1 不锈钢和有色金属管道组成件的制作和装配应有专门的场地和专用工装，不得与黑色金属制品或其他产品混杂。工作场所应保持清洁、干燥，严格控制灰尘。

筑龙网 www.zhulong.com

11.1.2 管道吊装用的钢丝绳、卡扣不得与管道直接接触，应用木板或石棉制品等进行隔离。制作、安装过程中应避免不锈钢和有色金属管材表面划伤和机械损伤。

11.1.3 现场交叉安装不锈钢和有色金属管道时，应采取可靠的遮挡防护措施控制不锈钢和有色金属管道表面的机械损伤以及其他管道切割、焊接时的飞溅物对其造成的污染。

11.2 不锈钢管道

11.2.1 安装不锈钢管道时，不得使用可能造成铁离子污染的铁质工具。

11.2.2 不锈钢管道法兰用非金属垫片的氯离子含量不得超过 50ppm。不锈钢管道与碳钢支吊架之间应垫入不锈钢或氯离子含量不超过 50ppm 的非金属垫片。

11.2.3 不锈钢焊件坡口两侧各 100mm 范围内，在施焊前应采取防止焊接飞溅物沾污焊件表面的措施。

11.2.4 有耐蚀、洁净、美观要求的奥氏体不锈钢焊缝应进行酸洗、钝化处理。酸洗后的不锈钢表面不得有残留酸洗液，不得有颜色不均匀的斑痕。钝化后应用水冲洗，呈中性后擦干水迹。

11.3 铝及铝合金管道

11.3.1 铝管扩口翻边使用胎具时可不加热，当需要加热时，温度应为 150℃～200℃。管口翻边后不应有裂纹及表面拉痕等缺陷。

11.3.2 可根据接头形式、焊接位置及工况条件，在焊缝背面加临时垫环或永久性垫环。加垫环的焊接接头应内壁齐平。

永久性垫环的材质应符合设计规定，垫环表面必须清洁且无划伤、碰伤，装配时应避免表面机械损伤。临时垫环应采用对焊缝质量无不良影响的材质。

11.4 铜及铜合金管道

11.4.1 焊接连接时，紫铜管道应采用钨极氩弧焊或等离子焊接方法，不应采用氢—氧焰焊接。黄铜管道应采用氧—乙炔焰或氢—氧焰焊接。

11.4.2 扩口翻边连接的铜管应保持同轴，当公称直径小于等于 50mm 时，其允许偏差应不大于 1mm；当公称直径大于 50mm 时，其允许偏差应不大于 2mm。

扩口翻边的加热温度应为 300～350℃。

11.5 镍及镍合金管道

11.5.1 管道制作、安装时，不得使用可能造成铁离子污染的铁质工具，应使用不锈钢制工具和专用砂轮片。焊接时坡口两侧的防护应符合 11.2.3 的规定。

11.5.2 管道连接使用的卡具不宜直接焊在管道上，否则卡具材质应与管道成分相近。卡具的拆除应用砂轮磨削，不得采用敲打、掰扭等方法。

11.5.3 焊接时应严格控制焊接热输入和层间温度，防止接头过热。对于小直径的管子，焊接中宜采取在焊缝两侧加装冷却铜块或用湿布擦拭焊缝两侧等措施，减少焊缝在高温的停留时间，增加焊缝的冷却速度。

11.6 钛及钛合金管道

11.6.1 扩口翻边应尽量加热到 300～400℃时进行，翻边不应出现裂口、拉痕、划伤、缩颈等缺陷。

11.6.2 管道与支吊架、支座或钢结构之间应垫入石棉制品或其他对钛无害的材料。

11.6.3 施焊前和焊接过程中应防止坡口污染。每焊完一道焊缝都必须进行焊层表面颜色检查。表面颜色不合格者，应立即除去，然后重焊。表面颜色检查参照相关标准执行。

12 管道清理、吹扫和清洗

12.1 一般规定

12.1.1 管道清理、吹扫和清洗（简称“吹洗”，下同）应考虑管道制作、装配、存放、安装

和检验、检查、试验期间造成的污染和腐蚀产物对管道使用的影响。

12.1.2 对于强氧化性流体（如氧或氟）管道，应在管道装配后、安装前分段或单件进行脱脂，包括所有组成件与流体接触的表面均应脱脂。应避免残存的脱脂介质与氧气形成危险的混合物。

12.1.3 带控制点的工艺流程图和设计施工图上应标明吹扫、清洗方法管道的预留位置。管道吹扫、清洗方案应在管道安装之前提出。

12.1.4 吹洗方法应根据管道的使用要求、工作介质及管道内表面的脏污程度确定。

a） 公称直径大于或等于 600mm 的液体或气体管道宜采用人工清理。

b） 公称直径小于 600mm 的液体管道宜采用水冲洗。

c） 公称直径小于 600mm 的气体管道宜采用空气吹扫。

d） 蒸汽管道应采用蒸汽吹扫。非热力管道不得采用蒸汽吹扫。

e） 有特殊要求的管道应按设计文件规定采用相应的吹洗方法。

12.1.5 管道吹洗前，不应安装孔板以及法兰或螺纹连接的调节阀、重要阀门、节流阀、安全阀、仪表等。焊接连接阀门和仪表应采取流经旁路或卸掉阀芯，并对阀座加保护套等保护措施。

12.1.6 不允许吹洗的设备及管道应与吹洗系统隔离。

12.1.7 已清理、吹扫或清洗干净的管道组成件、装配管段或整个管道系统应及时采取封闭管口或充氮保护等措施防止再污染。

12.2 水冲洗

管道水冲洗时应使用洁净水。冲洗奥氏体不锈钢管道时，水中氯离子含量不得超过50ppm。

12.3 空气吹扫

空气吹扫时的吹扫压力不得超过容器和管道的设计压力。

12.4 蒸汽吹扫

12.4.1 蒸汽吹扫前，应先行暖管、及时排水，并应检查管道热位移。蒸汽吹扫应按加热——冷却——再加热的顺序循环进行。吹扫时管道附近不得放置易燃物。

12.4.2 蒸汽吹扫用的临时管道应按蒸汽管道的技术要求安装，吹扫时应设置禁区。

12.5 化学清洗

12.5.1 操作人员应穿专用防护服装，并应根据不同清洗液对人体的危害，佩带护目镜、防毒面具等防护用具。

12.5.2 清洗液的配方必须经过鉴定，并曾在生产装置中使用过，经实践证明是有效可靠的。

12.5.3 化学清洗后的废液处理和排放应符合环境保护的规定。

筑龙网 www.zhulong.com