

T/HEBQIA

团 体 标 准

T/HEBQIA XXXX—XXXX

管道预制组件技术规范

Technical specification for piping prefabricated components

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

河北省质量信息协会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 基本类型 2

5 原材料验收 5

6 制作 9

7 组对 11

8 焊接 13

9 热处理 14

10 成品检验 17

11 涂敷、标记、包装和贮存 22

12 技术与质量文件 22

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由沧州泰昌管道装备有限公司、河北沧海核装备科技股份有限公司、河北尚恒管道制造有限公司提出。

本文件由河北省质量信息协会归口。

本文件起草单位：沧州泰昌管道装备有限公司、河北沧海核装备科技股份有限公司、河北尚恒管道制造有限公司、河北亿海管道集团有限公司、河北兴东管道有限公司、河北圣亚管件有限公司、河北凯瑞装备股份有限公司、盐山县管道装备制造业协会、XXXXX。

本文件主要起草人：杨昌盛、孟庆云、陈建秋、高华、巩新远、胡胜杰、吴轩宇、马占泉、杨延周、XXXXX。

管道预制组件技术规范

1 范围

本文件规定了管道预制组件的基本类型、原材料验收、制作、组对、焊接、热处理、成品检验、涂敷、标记、包装、贮存、技术与质量文件。

本文件适用于主体材质为碳钢、合金钢、不锈钢、镍基合金、有色金属、金属复合管，附带隔热衬里材料的管道预制组件的制作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 229 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 983 不锈钢焊条
- GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法
- GB/T 3429 焊接用钢盘条
- GB/T 3623 钛及钛合金丝
- GB/T 4334 金属和合金的腐蚀 奥氏体及铁素体-奥氏体（双相）不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB/T 4842 氩
- GB/T 4844.2 纯氮
- GB/T 5117 非合金钢及细晶粒钢焊条
- GB/T 5118 热强钢焊条
- GB/T 5293 埋弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管
- GB/T 5777 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测
- GB 6819 溶解乙炔
- GB/T 8110 熔化极气体保护电弧焊用非合金钢及细晶粒钢实心焊丝
- GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级
- GB/T 8979 纯氮、高纯氮和超纯氮
- GB/T 9460 铜及铜合金焊丝
- GB/T 10045 非合金钢及细晶粒钢药芯焊丝
- GB/T 10433 紧固件 电弧螺柱焊用螺柱和瓷环
- GB/T 10858 铝及铝合金焊丝
- GB/T 12470 埋弧焊用热强钢实心焊丝、药芯焊丝和焊丝-焊剂组合分类要求
- GB/T 13814 镍及镍合金焊条
- GB/T 14957 熔化焊用钢丝

GB/T 15620 镍及镍合金实心焊丝和焊带
 GB/T 17493 热强钢药芯焊丝
 GB/T 17853 不锈钢药芯焊丝
 GB/T 17854 埋弧焊用不锈钢焊丝-焊剂组合分类要求
 GB/T 20801（所有部分） 压力管道规范
 NB/T 47013.2 承压设备无损检测 第2部分：射线检测
 NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
 NB/T 47013.4 承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
 NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
 NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定
 NB/T 47015 压力容器焊接规程
 YB/T 5091 惰性气体保护焊用不锈钢丝

3 术语和定义

GB/T 20801（所有部分）界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管道预制组件 piping prefabricated components

按照设计文件规定，在专业预制工厂内或施工现场预先加工制作完成的管道组合件。

3.2

管道组成件 piping components

用于连接或装配成管道系统的机械元件。包括管子、管件、紧固件、法兰、垫片、阀门及安全保护设施等。

3.3

集合管 header pipe

把多程并行流体进行集中和分配的管箱。

注：管箱上分布若干支管接口，支管接口可采用焊接支管连接管件和拔制管口两种方式获得。

3.4

组对 assemble

按照设计文件规定，用螺栓、焊接、粘结、螺纹、硬钎焊或使用密封元件将两个或两个以上管道组成件连接在一起的过程。

4 基本类型

管道预制组件的基本类型见表1。

表 1 管道预制组件的基本类型




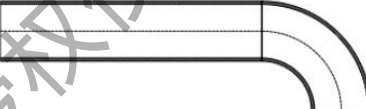

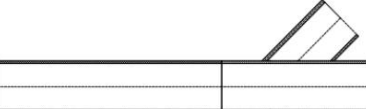
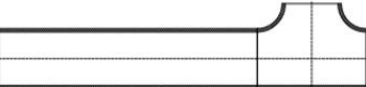
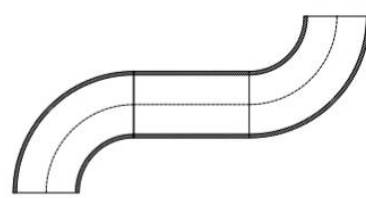
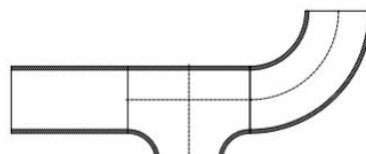

| 序号 | 类型 | | 示意图 |
|----|---------|------------|---|
| 1 | 直管与管件组合 | 直管与偏心异径管 |  |
| | | 直管与同心异径管 |  |
| | | 直管与法兰 |  |
| | | 直管与90° 弯头 |  |
| | | 直管与45° 弯头 |  |
| | | 直管与45° 斜三通 |  |
| | | 直管与三通 |  |
| 2 | 管件与管件组合 | 弯头与弯头 |  |
| | | 弯头与三通 |  |
| | | 三通与偏心异径管 |  |

表 1 管道预制组件的基本类型（续）

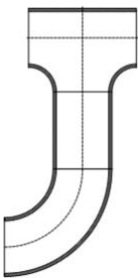
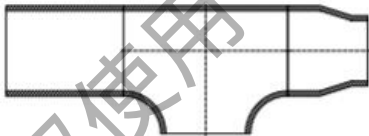
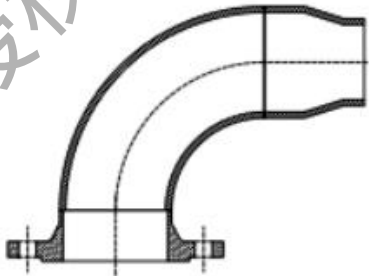
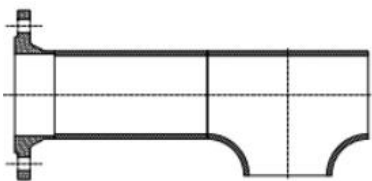
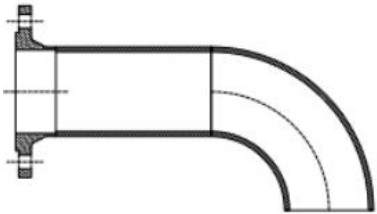
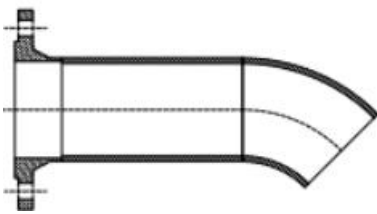
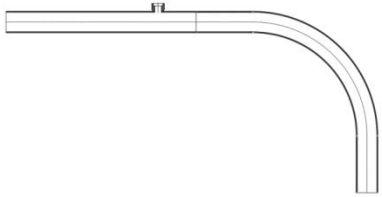
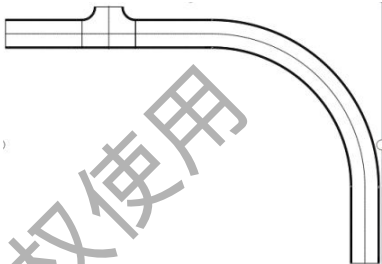
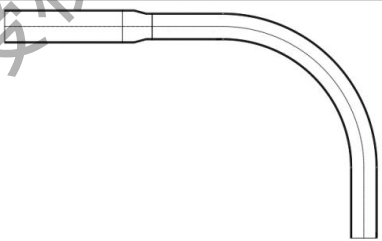

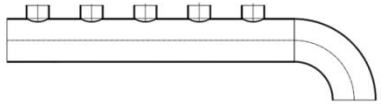
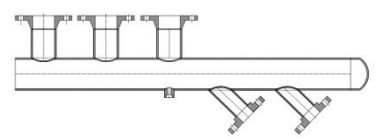
| 序号 | 类型 | | 示意图 |
|----|---------|-----------|---|
| 2 | 管件与管件组合 | 三通与弯头 |  |
| | | 三通与同心异径管 |  |
| 3 | 法兰与管件组合 | 法兰与异径管 |  |
| | | 法兰与三通 |  |
| | | 法兰与90° 弯头 |  |
| | | 法兰与45° 弯头 |  |

表 1 管道预制组件的基本类型（续）

| 序号 | 类型 | | 示意图 |
|----|-------------|-----------|---|
| 4 | 弯管与管件、支管座组合 | 直管与管件、支管座 |  |
| | | 三通与弯管 |  |
| | | 弯管与异径管 |  |
| 5 | 汇气管与管件组合 | 汇气管与异径管 |  |
| | | 汇气管与弯头 |  |
| 6 | 其他管件组合 | |  |

5 原材料验收

5.1 一般要求

- 5.1.1 用于管道预制组件的管道组成件和管道附件材料应符合设计文件和采购合同规定。需要进行材料代用时，应经设计单位或管道预制组件委托单位书面同意。
- 5.1.2 管道预制组件所用的管道组成件和管道附件均应有完整的质量证明书。
- 5.1.3 有抗硫化氢要求的管道组成件，质量证明书应包含硬度试验结果，试验结果应符合相应标准或设计文件的规定。设计文件要求进行氢致开裂（HIC）和硫化物应力开裂/应力腐蚀开裂（SSC/SCC）试验时，应提供对应的检验结果。

- 5.1.4 有硬度要求的管子、管件及法兰，应进行硬度检测，每批（同炉批号、同材质、同规格）应抽检 1%，且不应少于 1 件。
- 5.1.5 有低温冲击试验要求的管道组成件和管道附件材料，质量证明书应包含低温冲击试验结果，否则按 GB/T 229 的规定进行补项试验，试验结果符合相应标准或设计文件的规定。
- 5.1.6 有晶间腐蚀倾向试验要求的不锈钢材料，质量证明书应包含晶间腐蚀试验的结果，否则按 GB/T 4334 的规定进行补项试验，试验结果应符合相应标准或设计文件的规定。
- 5.1.7 有铁素体检查要求的双相不锈钢材料，质量证明书应包含铁素体含量测定结果，否则按 GB/T 1954 的规定进行补项试验，试验结果应符合相应标准或设计文件的规定。
- 5.1.8 其他管道组成件和管道附件的验收标准应符合设计文件及相应标准的要求。

5.2 钢管

- 5.2.1 钢管应有材料牌号、规格及标准代号标记，并与其质量证明书保持一致。
- 5.2.2 钢管的质量证明书应包括下列内容：
- 制造厂名称、合同号；
 - 产品标准号；
 - 钢的牌号；
 - 炉号、批号和订货合同规定的其他标识；
 - 品种名称、规格及质量等级；
 - 交货状态、重量、根数或件数；
 - 产品标准和订货合同规定的各项检验结果；
 - 技术质量监督部门标记；
 - 质量证明书签发日期或发货日期。
- 5.2.3 应逐根对钢管进行外观检查，并符合以下规定：
- 钢管表面光滑无污染；
 - 钢管表面无尖锐划痕、深度大于壁厚 5%或最大深度大于 0.4 mm（取两者较小值）的直道、芯棒擦伤缺陷；
 - 钢管表面无深度超过 1.5 mm、尺寸大于钢管周长的 5%或 40 mm（取两者较小值）的凹陷。
- 5.2.4 经检查发现有重皮、裂纹、划痕、凹坑等局部缺陷的钢管，应逐步修磨直至缺陷完全消除，修磨后的实际壁厚仍符合其相应的钢管技术标准或设计文件的规定。
- 5.2.5 应按采购合同规定的验收标准对钢管进行几何尺寸检验并记录。内径管、外径管应逐根检验。
- 5.2.6 钢管金相组织检验结果应符合 GB/T 5310 或采购合同的规定。
- 5.2.7 极度危害介质、设计压力不小于 10 MPa 管道用的钢管质量证明书中还应有超声检测结果，否则按 GB/T 5777 的规定逐根进行补项试验，试验结果应符合相应钢管技术标准或设计文件的规定。

5.3 管件和弯管

- 5.3.1 管件和弯管的质量证明书应包括下列内容：
- 制造商名称及出厂日期；
 - 制造厂技术（质量）检验部门的公章；
 - 质量检查员的签字及检验日期；
 - 产品名称、规格、材料和材料标准；
 - 化学成分及机械性能；
 - 合同要求做的检验试验报告；
 - 交货状态。

5.3.2 管件、弯管应按照相应标准或采购合同规定的验收标准进行外观和几何尺寸的检验。

5.4 法兰、法兰盖及翻边短节

5.4.1 法兰、法兰盖及翻边短节的质量证明书应包括下列内容：

- a) 制造商名称及出厂日期；
- b) 制造厂技术（质量）检验部门的公章；
- c) 质量检查员的签字及检验日期；
- d) 产品名称、规格、材料和材料标准；
- e) 化学成分及机械性能；
- f) 合同要求做的检验试验报告。

5.4.2 应逐根对法兰、法兰盖及翻边短节进行外观检查，并符合以下规定：

- a) 密封面平整，无锈蚀和径向划痕等缺陷；
- b) 锻造表面光滑，无锻造伤痕、裂纹等缺陷；
- c) 法兰、法兰盖外缘有标准编号、公称直径、公称压力、法兰连接型式及密封面型式、管子标号或壁厚、材料代号等标志。

5.4.3 铬钼合金钢、含镍低温钢、不锈钢的法兰、法兰盖和翻边短节，应采用光谱分析或其他方法对主要合金元素含量进行验证性检验，每批应抽检 10%，且不应少于 1 件。

5.5 紧固件

5.5.1 紧固件的质量证明书应包括下列内容：

- a) 制造商名称及出厂日期；
- b) 制造厂技术（质量）检验部门的公章；
- c) 质量检查员的签字及检验日期；
- d) 产品名称、规格、材料和材料标准；
- e) 化学成分及机械性能；
- f) 合同要求做的检验试验报告。

5.5.2 紧固件的螺纹应完整，无划痕、无毛刺等缺陷，加工精度符合对应产品标准的要求。

5.5.3 紧固件标志应包括标准编号、材料牌号、螺纹规格和公称长度、螺母型式代号等内容。

5.5.4 设计压力不小于 10 MPa、设计温度低于-29℃、设计温度不小于 400℃管道用的不锈钢、铬钼合金钢螺柱和螺母应采用光谱分析对其主要合金元素含量进行验证性检验，每批应抽检 5%，且不应少于 10 件。

5.5.5 设计压力不小于 10 MPa 管道用的不锈钢、铬钼合金钢螺柱和螺母应进行硬度检测，每批抽检不少于 2 件。试验结果应符合设计文件或产品标准的要求，若有不合格，按本文件 5.8 的规定处理。

5.5.6 设计温度低于-29℃的低温管道用的铬钼合金钢和不锈钢螺柱应进行低温冲击性能检验，每批抽检不少于 2 根。试验结果应符合设计文件或产品标准的要求，若有不合格，按本文件 5.8 的规定处理。

5.6 垫片

5.6.1 垫片的标志应包括标准编号、型式代号、公称压力、公称直径、材料代号、制造厂名称或商标等内容。

5.6.2 垫片的质量证明书应包括下列内容：

- a) 制造商名称及制造日期；
- b) 制造厂技术（质量）检验部门的公章；
- c) 质量检查员的签字及检验日期；

- d) 产品名称、规格、材料和材料标准;
 - e) 垫片性能;
 - f) 合同要求做的检验试验报告。
- 5.6.3 垫片应按照以下规定进行检查和验收, 每批抽检不少于 1 件:
- a) 缠绕垫片无松散、翘曲现象, 表面无伤痕、空隙、凹凸不平、锈斑等缺陷; 表面非金属带均匀突出金属带; 焊点无虚焊和过烧等缺陷;
 - b) 金属环垫和透镜垫加工尺寸、精度、粗糙度符合设计文件和产品标准的要求, 密封面无划痕、磕痕、裂纹、疵点等缺陷;
 - c) 非金属平垫片边缘切割整齐, 表面无翘曲变形, 无夹渣、裂缝、气泡、外来杂质及其他影响使用的缺陷。不锈钢管道法兰用的非金属垫片, 氯离子含量不超过 50 mg/kg。
- 5.6.4 金属环垫和透镜垫还应逐件进行硬度检测。检验位置应避开密封面, 检验结果应符合设计文件或产品标准的规定。
- 5.7 焊接材料
- 5.7.1 焊接材料应符合下列规定:
- a) 碳钢相关焊接材料: 焊条符合 GB/T 5117 的规定, 实心焊丝符合 GB/T 14957、GB/T 8110 的规定, 药芯焊丝符合 GB/T 10045 的规定, 焊剂及配套焊丝符合 GB/T 5293 的规定, 焊接用钢盘条符合 GB/T 3429 的规定;
 - b) 低合金钢相关焊接材料: 焊条符合 GB/T 5118 的规定, 实心焊丝符合 GB/T 8110 的规定, 药芯焊丝符合 GB/T 17493 的规定, 焊剂及配套焊丝符合 GB/T 12470 的规定;
 - c) 不锈钢相关焊接材料: 焊条符合 GB/T 983 的规定, 实心焊丝符合 YB/T 5091 的规定, 药芯焊丝符合 GB/T 17853 的规定, 焊剂及配套焊丝符合 GB/T 17854 的规定, 焊接用不锈钢盘条符合 GB/T 4241 的规定;
 - d) 铝及铝合金焊丝符合 GB/T 10858 的规定;
 - e) 铜及铜合金焊丝符合 GB/T 9460 的规定;
 - f) 钛及钛合金焊丝符合 GB/T 3623 的规定;
 - g) 镍及镍合金焊条符合 GB/T 13814 的规定;
 - h) 镍及镍合金焊丝符合 GB/T 15620 的规定;
 - i) 栓钉和瓷环符合 GB/T 10433 的规定。
- 5.7.2 焊接材料应按照以下规定进行检查和验收:
- a) 包装及包装标记: 包装完好, 无破损、受潮; 包装标记完整、清晰;
 - b) 质量证明文件: 核对相关数据齐全且符合要求;
 - c) 外观质量: 表面无受潮、污染、药皮破损及储存过程中产生的影响焊接质量的缺陷; 焊丝表面光滑整洁; 识别标志清晰牢固, 且与产品实物一致;
 - d) 试验或复验: 按相关标准或供货协议要求, 开展相应的试验或复验工作。
- 5.7.3 焊接用气体应符合下列规定:
- a) 焊接用氩气符合 GB/T 4842 的规定, 钎及钎合金焊接时的氩气纯度不低于 99.998%, 其他材料焊接时的氩气纯度不低于 99.99%。被用于焊接铝、铜、钛、镍、钎及其合金时, 氩的露点不高于 -50 °C;
 - b) 焊接用二氧化碳气体纯度不低于 99.9%, 含水量不大于 0.005%;
 - c) 焊接用氧气纯度不低于 99.5%;
 - d) 乙炔气符合 GB 6819 的规定, 乙炔气的纯度为 98%;

e) 焊接用氮气符合 GB/T 8979 的规定, 氮气纯度大于 99.99%, 含氧量(摩尔分数)不大于 50×10^{-6} ;

f) 焊接用氦气符合 GB/T 4844.2 的规定, 氦气纯度不低于 99.99%。。

注1: 当瓶装氮气的压力低于0.5 MPa时停止使用。

注2: 焊接用二氧化碳气体使用前进行预热和干燥; 当瓶装二氧化碳气体中的压力低于0.98 MPa时停止使用。

注3: 当瓶装乙炔气中的压力低于0.05 MPa时停止使用。

注4: 当瓶装氦气的压力低于0.5 MPa时停止使用。

5.7.4 钨极惰性气体保护电弧焊宜采用铈钨极。

5.8 不合格品的处置

抽样检验中, 当有1件不合格时, 应加倍抽样复检; 复检仍有不合格的, 该批产品不得验收或逐件检验。合金元素验证性检验首次抽检不合格的, 该批管道组成件直接判定为不合格, 不得验收。

5.9 材料保管

管道元件及材料在制作、安装过程中应妥善保管, 不应混淆或损坏。不锈钢和有色金属的管道元件及材料在储存期间不应与碳钢、低合金钢接触。暂不安装的管子、阀门和管件应封闭管口。

6 制作

6.1 工艺文件

6.1.1 管道预制组件工艺文件应包括工厂预制轴测图和管道预制组件加工工艺卡。

6.1.2 管道预制组件工艺文件编制应以设计文件为依据, 满足技术协议的要求。

6.2 标记移植

6.2.1 管道组成件在制作过程中, 应核对并尽量保存材料的原始标记。当无法保存原始标记时, 应采用移植方法重新进行材料标识, 材料标识也可采用管道组成件的工程统一编码或色标。移植后的标识应清晰可追溯。

6.2.2 标记方法的采用应以对材料不构成损害或污染为原则, 低温用钢、不锈钢及有色金属不得使用硬印标记。当奥氏体不锈钢和有色金属材料采用色码标记时, 印色不应含有对材料构成损害的物质, 如硫、铅和氯等。

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

6.3 切割与坡口加工

6.3.1 管道元件及材料的切割加工可采用冷切割或热切割方法。采用热切割方法时, 切口部分应留有不少于 5 mm 的加工余量, 切割后采用机械加工或打磨方法清除表面熔渣和影响管道焊接质量的淬硬层及过热金属。

6.3.2 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。

6.3.3 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、镍及镍合金、钛及钛合金、锆及锆合金采用砂轮切割或修磨时, 应使用专用砂轮片。

6.3.4 管道元件及材料在加工制作、组装过程中应避免材料表面的机械损伤。对有严重伤痕的部位应进行补焊或修磨，修磨处的壁厚不小于设计壁厚。

6.3.5 坡口表面质量应符合下列规定：

- 淬硬倾向较大的钢材采用等离子或火焰切割方法下料时，坡口加工后应进行表面无损检测，且检测结果合格；
- 坡口及边缘 20 mm 内母材无裂纹、夹层、重皮、破损、毛刺等缺陷，且无锈蚀、漆垢等污染物；
- 除设计另有规定外，坡口端面倾斜度 Δf （见图 1）不大于 1%管子外径，且不大于 3mm。

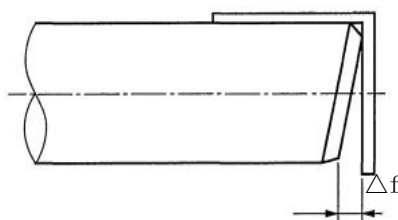


图 1 坡口端面倾斜度

6.3.6 坡口机械加工尺寸（见图 2）符合以下规定：

- 同一管件组合件系统中，所有管道组成件及其连接设备的对接焊口端，应采用统一的机械加工内径 C 值；
- 坡口机械加工后，管道组成件接口处壁厚 t_1 应不小于其设计最小壁厚；坡口内壁加工长度 δ 宜不小于管道组成件壁厚 t 的 70%，且应不大于 10 mm；当管道组成件壁厚 $t \geq 57$ mm 时， δ 可取 40 mm；坡口内壁过渡转角 r 应不大于 5 mm。

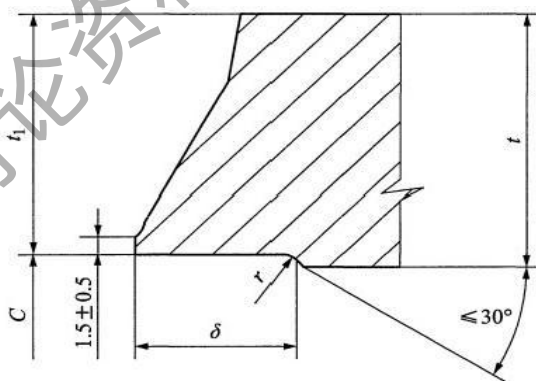


图 2 坡口机械加工尺寸示意图

6.4 集合管

6.4.1 集合管所有尺寸应符合设计文件的规定。

6.4.2 集合管拼接环缝数量应符合设计文件的规定。当设计未规定时，集合管上拼接环缝总数应符合以下规定：

- 当集合管长度 $L \leq 14$ m 时，不超过 1 条；

- b) 当集合管长度 $14\text{ m} < L \leq 20\text{ m}$ 时, 不超过 2 条;
 - c) 当集合管长度 $L > 20\text{ m}$ 时, 不超过 3 条。
- 6.4.3 除非设计另有规定, 钢板卷制的集合管应只有一条纵焊缝, 相邻两节筒体的纵缝错 200 mm 以上。
- 6.4.4 集合管筒体拼接的纵向焊缝和环向焊缝的对口错边量应不大于壁厚的 10%, 且不大于 1.5 mm。
- 6.4.5 集合管的整体尺寸偏差应符合以下要求:
- a) 长度为 $\pm 6\text{ mm}$;
 - b) 直线度 $\leq 2.0\text{ mm}$, 全长直线度偏差 $\leq 10\text{ mm}$;
 - c) 任同一截面上最大和最小平均直径差 $\leq 3\text{ mm}$ 。
- 6.4.6 拔口 (见图 3) 尺寸偏差要求:
- a) 相邻拔口中心距 C 偏差 $\leq 2\text{ mm}$, 任意连续五个拔口中心距 C_1 偏差 $\leq 5\text{ mm}$;
 - b) 拔口中心线与集合管主轴面偏差 $U \leq 1\text{ mm}$;
 - c) 拔口的高度偏差 $H \leq 3\text{ mm}$ 。

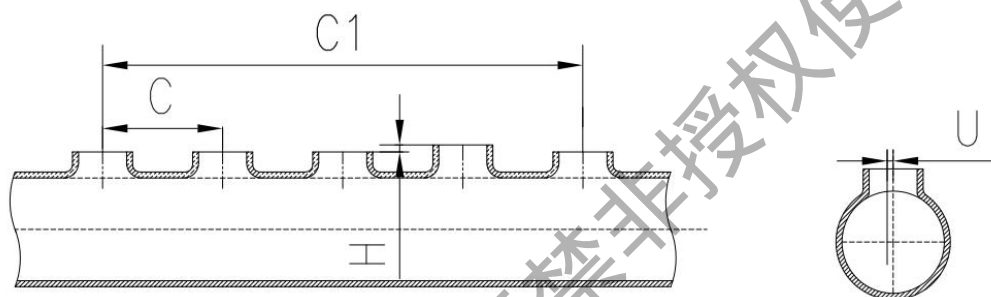


图 3 拔口示意图

6.5 夹套管

- 6.5.1 夹套管及其部件的结构形式与制作应符合设计文件和相关标准的规定。
- 6.5.2 夹套管制作过程中应确保内管的焊缝裸露可见, 在内管检验合格前不得进行外管封闭焊接。
- 6.5.3 夹套弯管的外管组焊, 应在内管制作完毕并经检验合格后进行。夹套弯管的外管和内管的同轴度偏差不应大于 3 mm。
- 6.5.4 外管与内管间的间隙应均匀, 并按设计文件的规定安装定位板。定位板的安装应不妨碍夹套内介质流动和内管与外管的胀缩, 其材质与内管相同。定位板的几何尺寸、安装位置、间距等应符合设计文件的规定。

7 组对


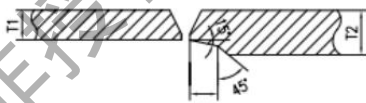


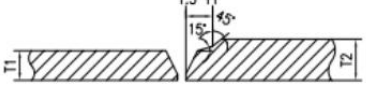
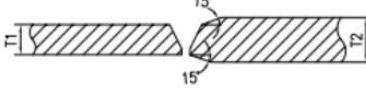
7.1 对接接头的组对应符合以下规定:

- a) 对接接头的组对内壁齐平, 内壁错边量符合表 2 的规定;
- b) 不等厚度的工件组对时, 薄件端面的内侧和外侧位于厚件端面范围之内。当内壁错边量不符合表 1 的规定或外壁错边量大于 3 mm 时, 焊件端部应按表 3 的规定进行削薄修整。端部削薄修整后的壁厚不小于设计厚度。

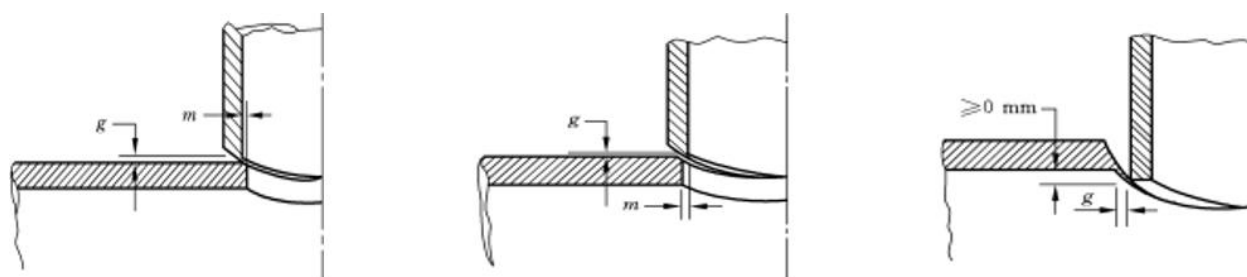
表 2 管道组对内壁错边量

| 材料 | | 内壁错边量 |
|-------------------------|---------|------------------|
| 碳素钢、低温钢、合金钢、不锈钢 | | 不大于壁厚的10%，且≤2 mm |
| 铝及铝合金 | 壁厚≤5 mm | ≤0.5 mm |
| | 壁厚>5 mm | 不大于壁厚的10%，且≤2mm |
| 铜及铜合金、钛及钛合金、镍及镍合金、锆及锆合金 | | 不大于壁厚的10%，且≤1 mm |

表 3 不等壁厚对接焊件的端部加工

| 对接形式 | | 示意图 |
|--|---------------------------------|--|
| 内壁尺寸不同 | a) $T_2-T_1 \leq 10 \text{ mm}$ |  |
| | b) $T_2-T_1 > 10 \text{ mm}$ |  |
| | c) $T_2-T_1 \leq 5 \text{ mm}$ |  |
| 外壁尺寸不同 | a) $T_2-T_1 \leq 10 \text{ mm}$ |  |
| | b) $T_2-T_1 > 10 \text{ mm}$ |  |
| 内外壁尺寸不同 | a) $T_2 > T_1$ |  |
| 注1：用于管件时，如受长度限制，内壁尺寸不同a)、外壁尺寸不同a)、内外壁尺寸不同a)中的15°可改为30°。 | | |
| 注2：内壁尺寸不同a)、b)、c)为外侧齐平，外壁尺寸不同a)、b)为内侧齐平，内外壁尺寸不同a)为内外侧均不齐平。 | | |

- 7.2 支管连接接头的组对应符合以下规定：
- a) 安放式支管的端部制备及组对符合图 4a)、图 4b)的规定；
 - b) 插入式支管的主管端部制备及组对符合图 4c)的规定；
 - c) 主管开孔与支管组对时的错边量不大于 m 值 [见图 4a)、图 4b)]，必要时可进行堆焊修正。



a)安放式支管（支管内
径大于主管开孔直径）

b)安放式支管（支管内
径小于主管开孔直径）

c)插入式支管

注1: g 为根部间隙。

注2: m 为错边量, 其值不大于3.2 mm或0.5倍支管名义厚度 (取较小者)。

图4 支管连接接头的组对

7.3 组对间隙应符合焊接工艺规程的规定。

7.4 除设计文件规定的管道预拉伸或预压缩焊口外, 不应强行组对。需预拉伸或预压缩的焊接接头, 组对时所使用的工卡具应在整个焊接及热处理完毕并经检验合格后拆除。

7.5 组对时应垫置牢固, 并采取措施防止在焊接和热处理过程中产生附加应力和变形。

7.6 定位焊缝符合下列要求:

- 定位焊缝的焊接应采用与根部焊道相同的焊接材料和焊接工艺;
- 定位焊缝在焊接过程中长度、厚度和间距不应致使焊缝开裂;
- 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;
- 焊接的工卡具材质宜与母材相同或 NB/T 47014 规定的同一类别号。拆除工卡具时不应损伤母材, 拆除后确认无裂纹并将残留焊疤打磨修整至与母材表面齐平。对于下列管道, 对工卡具拆除部位应进行表面无损检测:
 - 铬钼合金钢管道预制组件;
 - 标准抗拉强度下限值不小于 540 MPa 的合金钢管道预制组件。

8 焊接

8.1 焊接设备及辅助装备应能保证焊接工作的正常进行和安全可靠, 仪表定期校验。

8.2 管道预制组件施焊前应按照 NB/T 47014 进行焊接工艺评定 (评定项目包括焊接接头返修、承压件上永久性或临时性焊接接头以及定位焊焊接接头), 按照 NB/T 47015 和评定合格的焊接工艺制定焊接工艺规程。并应根据焊接工艺评定确认预热温度、预热范围。由合格焊工按照焊接工艺规程对焊缝进行焊接。

8.3 焊接时采取合理的焊接方法和施焊顺序:

- 碳素钢和合金钢焊接时, 可采用焊条电弧焊、钨极惰性气体保护电弧焊、熔化极气体保护电弧焊、自保护药芯焊丝电弧焊、埋弧焊或气焊方法;
- 铝及铝合金焊接时, 可采用钨极惰性气体保护电弧焊或熔化极惰性气体保护电弧焊方法;
- 铜及铜合金、钛及钛合金、锆及锆合金可采用钨极惰性气体保护电弧焊方法, 黄铜也可采用氧乙炔焊 (气焊) 方法;
- 镍及镍合金可采用焊条电弧焊、钨极惰性气体保护电弧焊、熔化极惰性气体保护电弧焊或埋弧焊方法。

- 8.4 对含铬量不小于 3%或合金元素总含量大于 5%的管道预制组件焊缝,采用钨极惰性气体保护电弧焊或熔化极气体保护电弧焊进行根部焊道单面焊接时,焊缝背面应充氩气或其他保护气体,或采取其他防止背面焊缝金属被氧化的措施。
- 8.5 在根部焊道和盖面焊道上不宜采用锤击消除残余应力。
- 8.6 不应在焊件表面引弧或试验电流。对于设计温度不高于-20℃的管道预制组件、淬硬倾向较大的合金钢管道预制组件、不锈钢及有色金属管道预制组件,其表面应无电弧擦伤等缺陷。
- 8.7 多道焊每道焊完后,应立即进行清理和目视检查。如发现缺陷,消除后,方可进行下一层施焊。
- 8.8 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。
- 8.9 焊接完毕后,应及时将焊缝表面的熔渣及附近的飞溅物清理干净。
- 8.10 每道焊缝应标识清晰牢固的焊缝编号、焊工代号、无损检测标记。
- 8.11 异种钢焊接符合以下规定:
- 异种钢接头两侧材料的合金成分差异较大时,可在低成分侧堆焊一种中间成分的材料,形成过渡层,过渡层厚度应不小于 5 mm;
 - 当一侧为奥氏体材料另一侧为非奥氏体材料焊接时,焊前可只对非奥氏体材料预热,焊接时层间温度宜不超过 150℃。
- 8.12 焊缝焊接及中断符合下列规定。
- 除工艺或检验要求需分次焊接外,每条焊缝应一次连续完成。
 - 焊接过程中被迫中断时,应采取保温、缓冷或后热等防止裂纹产生的措施。
 - 对要求预热、控制层间温度或需焊后热处理的材料,中断焊接还满足。
 - 已焊焊缝厚度应大于 9.5 mm 或已填充 25%坡口高度(取两者较小值);
 - 焊件需移动或受载时,应采取保护或支撑措施;
 - 铬含量不大于 3%的材料,中断后可缓冷至室温;
 - 9%Cr~12%Cr 的马氏体耐热钢,仅当焊缝已完成焊后热或焊后热处理时,方可中断。
 - 恢复焊接前,应检查并确认无裂纹后,方可按照工艺要求继续施焊。
- 8.13 管道预制组件中同种钢焊接接头硬度值不应大于母材硬度值的 120%。
- 8.14 管道预制组件中异种钢焊接接头硬度值不应大于所选焊接材料相匹配的母材焊缝的硬度值规定,下限应不低于母材较低侧标准硬度值的 90%。
- 8.15 焊缝返修符合以下规定:
- 对需进行返修的焊缝,宜采用机械方法清除缺陷。必要时,清除后可用磁粉或液体渗透检测方法检查,确认缺陷完全清除;
 - 需要补焊时,应采用经评定合格的焊接工艺施焊;
 - 焊缝同一部位的返修次数不宜超过 2 次,当超过 2 次时,应另行制定返修措施,经技术负责人批准后方可进行再次返修;9%Cr~12%Cr 马氏体耐热钢焊缝的返修次数不应超过 2 次;
 - 需焊后热处理的焊接接头,返修补焊后应重新进行热处理;
 - 返修后的焊缝,应经复检合格,复检方法至少包括原来发现缺陷的检测方法。

9 热处理

9.1 弯曲和成型后的热处理

- 9.1.1 所有厚度的铬钼合金钢、马氏体不锈钢材料在热弯和热成型后,应按表 4 的规定进行热处理。
- 9.1.2 管道制作采用冷弯和冷成型时,符合下列情况之一者,应按表 4 的规定进行热处理:

- a) 对碳钢、碳锰钢、铬钼合金钢、马氏体不锈钢材料，冷弯和冷成型后，成型应变率（在最大变形方向）超过该材料标准所规定的最小延伸率的 50%时，进行热处理。但如能证明所选用的管子和弯曲或成型的方法能保证在冷弯和冷成型，应变最大的材料仍保持有至少为 10%的延伸率，则可不进行热处理；
- b) 任何要求进行低于 0℃低温冲击试验的材料，弯曲或成型后其成型应变率超过 5%；
- c) 设计文件规定时。

表 4 焊后热处理和弯曲、成型后的热处理基本要求

| 母材类别 | 名义厚度/mm | 母材最小规定抗拉强度/MPa | 金属热处理温度/℃ | 保温时间 | | 布氏硬度 ^b ≤ |
|------------------------------|---------|----------------|----------------------|------------------------|--|---------------------|
| | | | | ≤50 mm | >50 mm | |
| 碳钢、碳锰钢 | ≤20 | 全部 | 不要求 | 1 h/ 25 mm, 最少60 min | 2 h+ (15 min/增加 25 mm) | 200 ^b |
| | >20 | | 595~650 | | | |
| 合金钢 Cr≤0.5% | ≤20 | ≤490 | 不要求 | | | 225 |
| | >20 | 全部 | 595~650 | | | |
| | 全部 | >490 | | | | |
| 合金钢 0.5%<Cr≤2% | ≤13 | ≤490 | 不要求 | 1 h/ 25 mm, 最少 2 h | | 225 |
| | >13 | 全部 | 650~705 | | | |
| | 全部 | >490 | | | | |
| 合金钢 2%≤Cr≤3% 和C≤0.15% | ≤13 | 全部 | 不要求 | | | 241 |
| | >13 | 全部 | 675~760 | | | |
| 合金钢 3%<Cr≤10% 或C>0.15% | 全部 | 全部 | 675~760 | | | |
| 9Cr-1Mo-V钢 | 全部 | 全部 | 705~775 ^d | | ≤125 mm, 1h/25mm; >125mm, 5h+ (15 min/增加 25 mm) | 250 |
| 马氏体不锈钢 | 全部 | 全部 | 760~800 | — | 2h+(15min/增加25 mm) | 241 |
| 铁素体不锈钢 | 全部 | 全部 | 不要求 | | | — |
| 奥氏体不锈钢 和镍基合金 ^e | 全部 | 全部 | 不要求 | | | 187 ^b |
| 低温镍钢 (Ni≤4%) ^f | ≤20 | 全部 | 不要求 | — | | — |
| | >20 | | 595~650 | 0.5 h/25 mm, 最少 60 min | | |
| 5Ni钢 ^e | >51 | 全部 | 550~585 | 1 h/ 25 mm, 最少60 min | | — |
| 8Ni、9Ni钢 ^e | ≤51 | 全部 | 不要求 | | | — |
| | >51 | | 550~585 | | | |

表 4 焊后热处理和弯曲、成型后的热处理基本要求（续）

| 母材类别 | 名义厚度/mm | 母材最小规定抗拉强度/MPa | 金属热处理温度/℃ | 保温时间 | | 布氏硬度 ^b ≤ |
|---|---------|----------------|-----------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
| | | | | ≤50 mm | >50 mm | |
| 双相不锈钢 ^a | 全部 | 全部 | 不要求 | 0.5 h/25mm, 最少 30 min | 2 h+(15 min/每增加25 mm) | — |
| <p>^a 双相不锈钢是否应进行焊后热处理不做具体规定，如需热处理，应为固溶快冷。</p> <p>^b 硬度要求应符合本文件 10.7 的规定。碳钢、碳锰钢、奥氏体不锈钢和镍基合金的硬度检查仅适用于特定工况，设计有规定时，可按本表取值。</p> <p>^c 对于 5Ni、8Ni、9Ni 钢材料，热处理保温后应以大于 170℃/h 的冷却速度冷至 300℃。</p> <p>^d 除设计有规定外，填充金属 Ni+Mn 应不大于 1.20%，最高热处理温度应≤800℃。如果热处理温度高于 800℃，或者热处理温度虽不高于 800℃，但高于填充金属的 A₁（转变温度下限或临界温度下限），则应去除焊缝金属及热影响区重焊及重新进行焊后热处理。壁厚≤13 mm 的 9Cr-1Mo-V 钢低热处理温度可为 675℃。采用 Cr≤3.0%或镍基、奥氏体不锈钢焊接材料进行异种钢焊接时，最低热处理温度可为 720℃。</p> <p>^e 奥氏体不锈钢和镍基合金是否应进行焊后热处理不做具体规定。为防止应力松弛裂纹，壁厚大于 13 mm 且使用温度高于 540℃的含 Nb、Ti、Al 奥氏体不锈钢和镍基合金，可根据具体情况，选择固溶、稳定化或不完全退火等焊后热处理工艺。</p> <p>^f 按本文件 9.3，焊后热处理的温度下限可不低于 550℃。</p> | | | | | | |

9.2 高温及超低温用奥氏体不锈钢、镍基合金成型后热处理

高温及超低温使用的奥氏体不锈钢或镍基合金材料，在冷、热弯曲或成型后，应按表5的规定进行热处理。

表 5 高温及超低温使用的材料弯曲、成型后的热处理要求

| 材料类别及使用条件 | 热处理与否 |
|---|-------|
| 设计温度高于540℃，但低于675℃的奥氏体不锈钢及镍合金（600、617、800、800H、800HT） | 固溶处理 |
| 设计温度高于或等于675℃的奥氏体不锈钢（H 级）及镍合金（600、617、800、800H、800HT） | 固溶处理 |
| 设计温度不大于-100℃的奥氏体不锈钢 | 固溶处理 |
| 注：固溶处理的保温时间为20 min/2 mm或10 min，取其中的较大者。 | |

9.3 焊后热处理

焊后热处理符合下列规定：

- a) 应按设计文件的规定进行焊后热处理，当设计文件无规定时，焊后热处理应符合表 4 的规定；
- b) 表 3 所列焊后热处理的温度范围较宽，业主或设计者可根据具体工况，规定指定的焊后热处理的温度，但不应超出表 4、表 6 规定的限值；

- c) 除下列 d)的规定外，碳钢、碳锰钢、低温镍钢 ($Ni \leq 4\%$) 可按表 6 所示降低焊后热处理温度，但应相应延长保温时间；
- d) 为改善焊接接头强度和低温韧性，并经业主或设计者同意以及相应焊接工艺评定证实，最小抗拉强度不小于 535 MPa 的碳锰钢，低温碳钢以及低温镍钢 ($Ni \leq 4\%$) 的焊后热处理的温度下限可不低于 550 °C，而无需延长保温时间；
- e) 正火加回火或调质钢的焊后热处理温度应比材料的回火温度降低至少 10 °C；
- f) 表 4 所列铬钼合金钢可采用比材料回火温度或表列温度更高的焊后热处理温度，但应考虑由此而引起的高温强度下降；
- g) 铁素体钢之间的异种钢焊接接头的焊后热处理，应按表 4 两者之中的较高热处理温度进行，但不超过另一侧钢材的临界点 A_{c1} ；
- h) 焊后热处理工艺应在焊接工艺规程中规，并经焊接工艺评定验证，任何焊后热处理的温度控制都应满足焊接工艺评定的要求；
- i) 当管道焊缝焊后不立即进行热处理时，应控制焊接冷却速度，或采用其他措施防止对管道的有害影响。对 $2\% < Cr \leq 10\%$ 的铬钼合金钢、9Cr-1Mo-V 钢以及马氏体不锈钢管道，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 °C~350 °C 的后热处理，并保温缓冷。保温时间应根据后热温度和焊缝金属的度确定，一般不少于 30min。后热保温范围应与焊后热处理要求相同。

表 6 碳钢、碳锰钢、低温镍钢 ($Ni \leq 4\%$) 焊后热处理降温延时要求

| 降低焊后热处理温度/℃ | 保温时间 | |
|------------------|--------|------------------|
| | ≤25 mm | >25 mm |
| 30 | 2 h | 增加15 min/增加25 mm |
| 55 | 4 h | |
| 注：本文件9.3d)的规定除外。 | | |

10 成品检验

10.1 一般规定

- 10.1.1 管道预制组件成品质量应符合合同、设计文件及本文件的规定。
- 10.1.2 对需要进行焊前预热、焊后热处理的管道预制组件，应具有控制制作过程质量的预热、焊接、热处理等可追溯性记录。

10.2 外观

- 10.2.1 管道预制组件的外观应符合合同、设计文件及本文件的规定。
- 10.2.2 焊缝应在焊接完毕后进行清理，焊渣、飞溅物等应打磨干净，焊缝与母材圆滑过渡，无咬边现象。焊缝外形尺寸及其允许偏差应符合设计文件要求，当设计文件没有规定时，符合表 7 的规定。

表 7 焊缝余高或内凸起高度

单位为毫米

| 母材厚度T | 余高或内凸起H |
|------------------|------------|
| $T \leq 6$ | ≤ 1.5 |
| $6 < T \leq 13$ | ≤ 3.0 |
| $13 < T \leq 25$ | ≤ 3.5 |
| $T > 25$ | ≤ 4.5 |

10.3 尺寸与形位偏差

10.3.1 管道预制组件的整体尺寸偏差应符合设计文件要求，当设计文件没有规定时，管段组合长度 L 允许偏差（见图 5）应不大于组合长度的 0.1%，且满足表 8 的要求，对自由管段最大允许偏差为±10mm（带余量的管段除外）。

表 8 组合长度允许偏差

单位为毫米

| 管道公称通径DN _i | 允许偏差 ^a |
|------------------------|-------------------|
| $DN_i \leq 250$ | ±3 |
| $250 < DN_i \leq 600$ | ±5 |
| $600 < DN_i \leq 900$ | ±6 |
| $900 < DN_i \leq 1200$ | ±7 |
| $DN_i > 1200$ | ±8 |

^a 管段组合长度允许偏差的最大允许值不应累加计算。

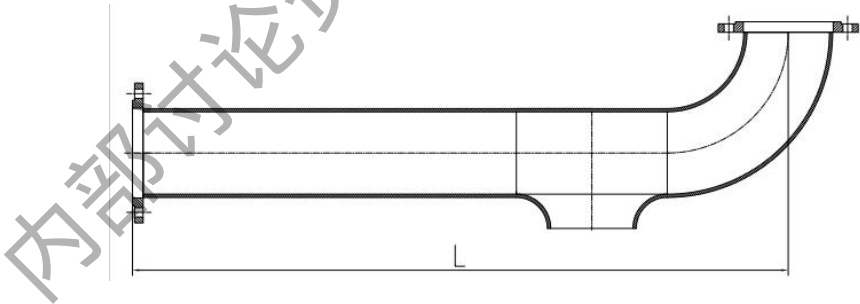


图 5 管段组合长度偏差示意图

10.3.2 管段焊接接口端面应平整，焊接接口端面与管道中心线的垂直度偏差 Δf（见图 6）应符合表 9 的规定。

表 9 管段焊接接口端面与管道中心线的垂直度偏差

单位为毫米

| 管道公称通径 DN_1 | 允许偏差 |
|-----------------------|------------|
| $DN_1 \leq 50$ | ≤ 0.5 |
| $50 < DN_1 \leq 150$ | ≤ 0.8 |
| $150 < DN_1 \leq 200$ | ≤ 1.0 |
| $200 < DN_1 \leq 900$ | ≤ 1.5 |
| $DN_1 > 900$ | ≤ 2 |

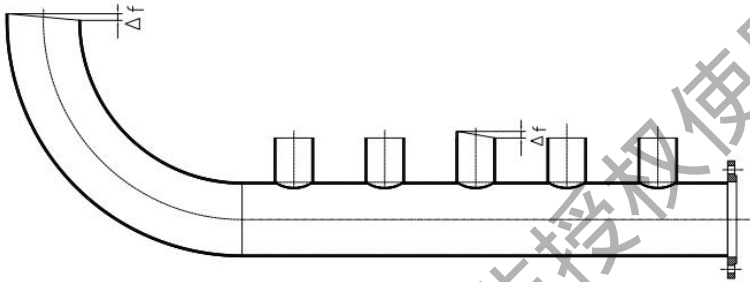


图 6 管段焊接接口端面与管道中心线的垂直度偏差示意图

10.3.3 支管台、接管座相对于管道中心线的垂直度允许偏差 ΔA （见图 7）应符合表 10 的要求。

表 10 支管台、接管座与管道中心线的垂直度偏差

单位为毫米

| 支管台、接管座公称通径 DN_2 | 允许偏差 |
|--------------------|-----------|
| $DN_2 \leq 50$ | ± 1.0 |
| $DN_2 > 50$ | ± 1.5 |

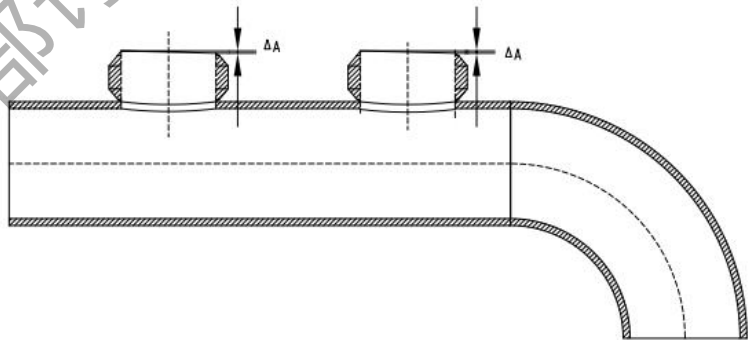


图 7 支管台、接管座与管道中心线的垂直度偏差示意图

10.3.4 当管段上有两个以上接管座或支管台时，其相邻支管中心距允许偏差（见图 8）应符合表 11 的要求。

表 11 相邻支管中心距允许偏差

单位为毫米

| 相邻支管中心距 L_A | 允许偏差 |
|-----------------------|-----------|
| $L_A \leq 250$ | ± 1.5 |
| $250 < L_A \leq 500$ | ± 2.0 |
| $500 < L_A \leq 1000$ | ± 2.5 |
| $L_A > 1000$ | ± 3.0 |

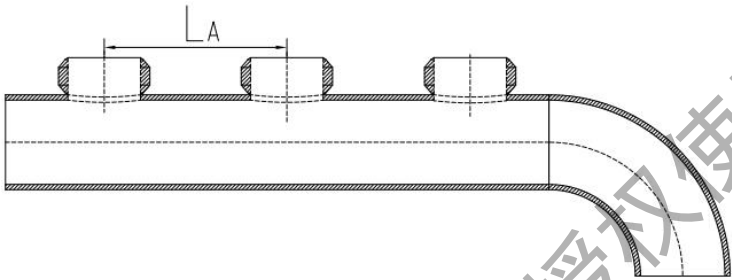


图 8 相邻支管中心距允许偏差示意图

10.3.5 管道法兰平面与管道中心线垂直度偏差 Δk （见图 9）应符合表 12 的要求。法兰螺栓孔对称水平度（周向位置偏差）允许偏差为 $\pm 2 \text{ mm}$ 。

表 12 管道法兰平面与管道中心线垂直度偏差

单位为毫米

| 法兰平面与管道中心线垂直度 | 允许偏差 |
|---------------------|------------|
| $DN \leq 100$ | ≤ 0.5 |
| $100 < DN \leq 300$ | ≤ 1.0 |
| $DN > 300$ | ≤ 2.0 |

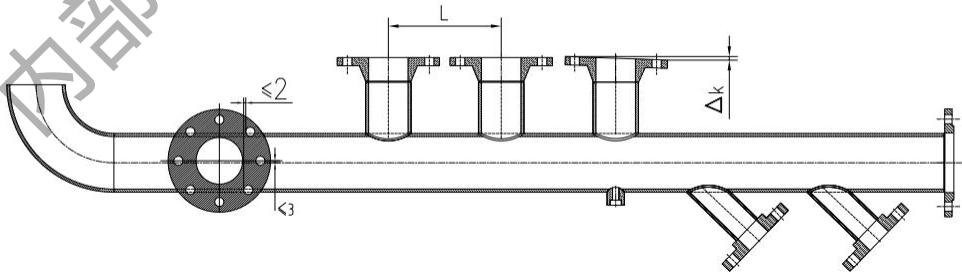


图 9 管道法兰平面与管道中心线垂直度偏差示意图

10.4 光谱分析

10.4.1 管道预制组件中应对铬钼合金钢管道焊缝进行合金元素含量验证性抽样检查，每条管道（按管线号）的焊缝抽查数量不少于 2 条。

- 10.4.2 管道预制组件制作中形成的焊缝的光谱分析结果应符合设计中焊缝金属成分要求。
- 10.4.3 管道预制组件及其焊缝金属进行光谱分析后应磨去弧光烧灼点。

10.5 显微组织

设计文件规定进行铁素体检查的焊接接头，应根据设计文件规定按照GB/T 1954的测定方法测定焊缝和热影响区铁素体含量；设计文件无规定时，焊缝和热影响区的铁素体含量应符合表13的要求。

表 13 铁素体含量

| 材质 | 铁素体含量 |
|------------|---------------|
| 含钼奥氏体不锈钢 | ≤5FN（铁素体数） |
| 奥氏体-铁素体双相钢 | 30%~60%（体积分数） |

10.6 无损检测

- 10.6.1 管道预制组件制作中形成的对接焊接接头应按设计文件的规定进行 100%的射线检测或超声检测，射线检测按 NB/T 47013.2 执行，射线质量等级不低于 AB 级，合格级别不低于 II 级。超声检测按 NB/T 47013.3 执行，不低于 I 级合格。
- 10.6.2 碳钢、合金钢管段焊缝表面及角焊缝表面应按照 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 规定的 I 级要求进行 100%磁粉或渗透检测。
- 10.6.3 奥氏体不锈钢、镍基合金管道焊缝表面应按照 NB/T 47013.5 规定的 I 级要求进行 100%渗透检测。
- 10.6.4 不合格焊缝应进行返修，并按照原规定的检测方法检查合格。焊缝同一部位的返修次数不应超过 2 次。
- 10.6.5 有延迟裂纹倾向的焊缝无损检测在热处理后进行，若在热处理前进行无损检测，则热处理后应增加焊缝及热影响区的表面检测，无裂纹存在。

10.7 硬度

管道预制组件焊接接头热处理后，环焊缝在每条焊缝及热影响区各取圆周3点测定硬度值。每炉抽检数不得少于20%，且不少于一件。如遇硬度不合格应加倍抽检，如再次出现不合格，应进行100%检验。

10.8 压力试验

- 10.8.1 当对管道预制组件应进行压力试验时。除设计文件规定进行气压试验的管道外，管段系统的压力试验介质应以液体进行，压力试验值按设计文件规定执行。
- 10.8.2 液压试验管段采用管帽封堵时，管段两端应各留有不少于管道壁厚且不少于 30mm 的余量。液压试验时试验场地应采取安全防护措施。
- 10.8.3 液体压力试验介质应使用洁净水。当生产工艺有要求时，可用其他液体。不锈钢、镍基合金管道用水试验时，水中的氯离子含量不应超过 50mg/L。
- 10.8.4 液体压力试验时，向管段内注水过程中宜利用各管段高点的法兰、阀门、排气口、排液口等排净管道系统内的空气。必要时可增设临时排气口，但试验合格后应及时将临时排气口封闭。
- 10.8.5 液压试验应分级缓慢升压，达到试验压力后停压 10min 且无异常现象。然后降至设计压力，停压 30min，不降压、无泄漏和无变形为合格。

- 10.8.6 试压过程中若有泄漏，不得带压修理。缺陷消除后应重新试验。
- 10.8.7 气压试验时，应符合下列规定：
- a) 压力试验时，进行预试验；
 - b) 预试验压力宜为 0.2 Mpa，稳压 10 min，检查无泄露；
 - c) 气体压力试验时，逐步缓慢增加压力。当压力升至 0.35Mpa 时，稳压 3min，未发现异常或泄漏，继续按试验压力的 10%逐级升压，每级稳压 3min，至试验压力后，稳压 10min，再将压力降至设计压力，涂刷中性发泡剂对试压系统进行检查，无泄漏为合格。
- 10.8.8 管道系统试压完毕，应及时拆除所用的临时盲板和管帽，并填写记录。

11 涂敷、标记、包装和贮存

- 11.1 管道预制组件的涂敷、标记、包装、贮存应符合设计文件的要求。
- 11.2 碳钢、合金钢管段的外表面应按 GB/T 8923.1 的要求进行喷射或抛射处理。
- 11.3 不锈钢、镍基合金管段应进行酸洗钝化处理。
- 11.4 应在管段直管上用油漆醒目地标记工程名称（或工程代号）、管系名称、管段号、管段重量、材料牌号、管道规格、介质流向等信息，并用钢印对管段号、材料牌号、管道规格做出永久标记，钢印永久标记处采用透明漆涂装。对不适合用钢印进行永久标记的管段，应采用其他合适方式进行可追溯性标记。
- 11.5 预制后的管段在检验后应保持干净和干燥，管段两端宜采用塑料管帽封闭保护防止坡口或密封面损伤和灰尘进入。
- 11.6 管道预制组件包装应满足运输、防损伤和管道预制组件技术协议要求，宜采用软吊索吊装。
- 11.7 管道预制组件贮存期间不应与腐蚀性介质或有害物质相接触。管道预制组件分层放置时应在各层之间放置垫木或对管道预制组件表面无损伤的衬垫。

12 技术与质量文件

管道预制组件交付时应向用户或委托单位至少提供如下技术与质量文件：

- a) 管道预制组件设计总图和供货清单，并标明管段重量；
 - b) 原材料质量证明文件及复检报告；
 - c) 用于管道预制组件的弯管、管件、法兰及其他管道附件的相关制造单位提供的质量证明文件；
 - d) 焊接及热处理报告；
 - e) 外观检查及几何尺寸检测报告；
 - f) 光谱检验报告（适用时）；
 - g) 焊接接头无损检测报告；
 - h) 焊接接头硬度检验报告（适用时）；
 - i) 焊接接头显微组织检验报告（适用时）；
 - j) 管道预制组件产品合格证书等。
-