

ICS 27.100
CCS F 29

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 850—2023
代替 DL/T 850—2004

电 站 配 管

Pipe fabrication for power stations

2023-10-11 发布

2024-04-11 实施

国家能源局 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 配管设计	3
5 管道组成件及附件的核查复验	4
6 制作	5
7 配管成品质量要求	7
8 检验方法	10
9 检验规则	11
10 表面清理	13
11 表面防护	13
12 标记、包装、贮存	14
13 技术与质量文件	14
附录 A (资料性) 管道布置图技术信息及相关要求	15
附录 B (资料性) 坡口机械加工内径 C 值计算	18

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。

本文件代替 DL/T 850—2004《电站配管》，与 DL/T 850—2004 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了管道系统、管道组成件、弯管及制作术语和定义，对管道、管子、管件、连接件、管道附件等术语和定义进行了修改；
- b) 将原第 5 章材料修改为管道组成件及附件的核查复验，并规定了相关要求；
- c) 将原第 6 章管段标记修改为制作，将原第 6 章内容调整到第 12 章，将原第 7、8、9 章的内容调整到第 6 章，增加了切割、坡口制备、组合等要求，补充完善了焊接及热处理要求，修改了坡口机械加工内径 C 值示意图及相关要求；
- d) 将原第 7 章焊接与坡口 C 值修改为配管成品质量要求，修改了管段组合尺寸允许偏差要求，增加了壁厚、光谱和显微组织等要求，补充完善了硬度、无损检测要求；
- e) 将原第 8 章热处理修改为检验方法，增加了检验时机要求，增加了壁厚、光谱、硬度、显微组织检验方法，补充修改了无损检测方法；
- f) 增加了检验规则要求，将原第 9 章组合偏差修改为检验规则；
- g) 将原第 10 章无损检测修改为表面清理，将原第 10 章内容修改调整到第 8、9 章相关内容中，并对表面清理方法与要求进行了补充完善；
- h) 将原第 11 章清理与防护修改为表面防护，将原第 11 章中与清理相关的内容修改调整到第 10 章，并对表面防护要求进行了补充完善；
- i) 将原第 12 章油漆与涂层修改为标记、包装、贮存，将原第 12 章内容修改调整到第 11 章；
- j) 将原第 13 章包装修改为技术与质量文件，将原第 13 章内容修改调整到第 12 章；
- k) 删除原第 14 章提供的资料，将原第 14 章内容修改调整到第 13 章；
- l) 对附录 A 的内容进行了调整，删除了电站管道系统设计参数，增加了管道布置图技术信息及相关要求；
- m) 删除原附录 B，对原附录 C 的内容进行了修订并将其调整为附录 B。

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。

本文件由中国电力企业联合会提出。

本文件由电力行业电站金属材料标准化技术委员会（DL/TC 23）归口。

本文件起草单位：华电电力科学研究院有限公司、华电重工股份有限公司、江苏电力装备有限公司、中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司、中国华电集团有限公司福建分公司、河南华电金源管道有限公司、浙江浙能技术研究院有限公司、国网浙江省电力有限公司电力科学研究院、上海明华电力科技有限公司、西安热工研究院有限公司、江阴东联高压管件有限公司。

本文件主要起草人：郭延军、张洪元、陈卓婷、邵彭年、毛敏、林磊、何桂宽、池毓菲、李诗玉、楼玉民、周进、段鹏、王彩侠、孙惠民、叶盛春、李俊峰、林星、杨文佳、李国栋、唐小钢、张丰收。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2004 年首次发布为 DL/T 850—2004；

——本次为第一次修订。

本文件在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。



电 站 配 管

1 范围

本文件规定了电站配管的设计、制作加工、质量要求、检验方法、检验规则、表面清理与防护、标记、包装、贮存等要求。

本文件适用于火力发电厂钢制汽水管道配管。火电厂其他钢制管道及核电站常规岛钢制汽水管道配管可参照使用。

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 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管

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 17394.1 金属材料 里氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 32270—2015 压力管道规范 动力管道

DL/T 438 火力发电厂金属技术监督规程

DL/T 515 电站弯管

DL/T 695 电站钢制对焊管件

DL/T 752 火力发电厂异种钢焊接技术规程

DL/T 819 火力发电厂焊接热处理技术规程

DL/T 820.2 管道焊接接头超声波检测技术规程 第2部分：A型脉冲反射法

DL/T 820.3 管道焊接接头超声波检测技术规程 第3部分：衍射时差法

DL/T 821 金属熔化焊对接接头射线检测技术和质量分级

DL/T 868 焊接工艺评定规程

DL/T 869 火力发电厂焊接技术规程

DL/T 884 火电厂金相检验与评定技术导则

DL/T 991 电力设备金属发射光谱分析技术导则

DL/T 1105.2 电站锅炉集箱小口径接管座角焊缝 无损检测技术导则 第2部分：超声检测

DL/T 1718 火力发电厂焊接接头相控阵超声检测技术规程

DL/T 1719 采用便携式布氏硬度计检验金属部件技术导则

DL/T 2054 电力建设焊接接头金相检验与评定技术导则

DL/T 5054 火力发电厂汽水管道设计规范

DL/T 5190.5 电力建设施工技术规范 第5部分：管道及系统

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 47013.10 承压设备无损检测 第 10 部分：衍射时差法超声检测
NB/T 47013.15 承压设备无损检测 第 15 部分：相控阵超声检测
NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

3 术语和定义

GB/T 32270—2015 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

配管 **pipe fabrication**

对管道系统的管线进行排料和分段设计，在工厂（车间）经过制作、组合、检验、清理、标记、防护等工序，形成组成管道系统的一系列管段。

3.2

管道系统 **piping system**

按流体与设计条件划分的单根或多根管道连接成的一组管道，简称管系。

[来源：GB/T 32270—2015，3.2]

3.3

管道 **piping**

由管道组成件和管道支吊装置等组成，用以输送、分配、混合、分离、排放、计量或控制流体流动。

[来源：GB/T 32270—2015，3.1]

3.4

管段 **piping segment**

按照配管设计的要求，由管子、管件、弯管和法兰等组成的单独编号的组合件。

3.5

管道组成件 **piping component**

用于连接或装配成管道系统的机械元件，包括管子、管件、弯管、连接件、阀门、滤网及补偿器等。

[来源：GB/T 32270—2015，3.3，有修改]

3.6

管子 **pipe or tube**

用于输送流体的横截面为圆形的钢管或制作后的直管。

3.7

管件 **pipe fitting**

具有改变介质流向、管道变径、混合或分配流体等功能的管道组成件，包括弯头、异径管、三通、接管座、封头等。

3.8

弯管 **bend**

采用整体弯曲成形、弯曲半径一般不小于 1.5 倍管子公称外径，且有较长直管段的管道组成件。分为热弯弯管和冷弯弯管。

3.9

连接件 **connector**

用于连接管子、管件、弯管、阀门、补偿器等的法兰、螺栓、螺母、垫片的总称。

3.10

管道附件 **piping accessory**

管道附属零部件的简称，包括直接焊接在管道外壁上的卡块、加强板等。

3.11

制作 fabrication

按照配管要求在工厂或现场进行的切割、坡口制备、弯曲成形、焊接、热处理等管道安装前的准备工序或形成管段的过程。

3.12

内径控制管 inside diameter controlled pipe

控制内径尺寸的管子，简称内径管，用 ID 表示。通常以“最小内径×最小壁厚”标识管子规格。

3.13

外径控制管 outside diameter controlled pipe

控制外径尺寸的管子，简称外径管，用 OD 表示。通常以“公称外径×公称壁厚”标识管子规格。

4 配管设计

4.1 一般要求

4.1.1 应按照管道布置图（技术信息及相关要求见附录 A）、管道组成件几何尺寸及配管技术协议等进行配管设计。

4.1.2 配管设计应使管材得到充分合理的利用。主蒸汽管道、再热蒸汽管道和高压给水管道的材料损耗率不宜超过 3%，其他管道的材料损耗率不宜超过 4%。

4.1.3 配管设计应在满足运输、单件起吊重量限制等条件下实现最大限度的工厂组合，并应符合 DL/T 5190.5 的管道分段相关规定。

4.1.4 管子、管件、管道附件等焊接坡口形式应符合 DL/T 869、管道施工图及配管技术协议的要求。

4.1.5 配管设计中应合理布置焊口位置，并应符合 DL/T 5054 或 DL/T 869 的规定；异种钢焊口、与管件连接焊口中的至少一道焊口宜在工厂完成。

4.1.6 宜采用配管设计总图、管段制作图和管道加工清单的形式进行配管设计。

4.2 配管设计总图

4.2.1 配管设计总图应为单线立体图，且应与管道施工图的管线布置一致。

4.2.2 配管设计总图的信息内容应至少包括以下内容：

- 管道布置位置与走向；
- 管道各节点的标高；
- 支吊点的位置、标高、编号及支吊架类型；
- 焊口位置、编号及焊口数量，并区分注明工厂焊口与现场焊口；
- 介质流向和疏水坡度；
- 管道总长度、分段尺寸（包括调整段）及管段编号；
- 管件（包括弯头角度、斜三通支管与主管夹角）、弯管（包括弯曲角度）、管道附件和支吊架附件有关尺寸；
- 射线检验的射源孔位置及尺寸（需要时）；
- 管段、管子、管件、阀门、焊口和设备之间的定位尺寸（需要时）；
- 管线与厂房立柱和设备之间的定位尺寸（需要时）；
- 材料清单；
- 管段清单；
- 坡口形式及要求；
- 安装说明和技术要求。

4.3 管段制作图

4.3.1 高压管道系统中的管段应采用双线平面和立体图，其他管道系统中的管段可采用单线图。

4.3.2 管段制作图的信息内容应至少包括：

- 管系名称；
- 管子的材质、规格；
- 接管座编号、材质、开孔位置、几何尺寸等要求；
- 管件编号、材质、规格、几何尺寸等要求；
- 直接焊接在管子上的管道附件的材质、位置、尺寸等要求；
- 焊口编号、坡口形式及坡口详图；
- 焊接和热处理要求；
- 管段的介质流向；
- 内外表面清理与防护要求；
- 检验和标记要求。

5 管道组成件及附件的核查复验

5.1 一般要求

5.1.1 用于配管的管道组成件和管道附件材料应符合管道设计要求。需要进行材料代用时，应经管道设计单位或配管委托单位书面同意。

5.1.2 配管所用的管道组成件和管道附件等均应有完整的质量证明书。钢管质量证明书应标明材料牌号、规格、炉批号、化学成分、力学性能、工艺性能及交货状态等；管件、连接件和管道附件等的质量证明书除应标明材料牌号、规格、相关检验数据及必要的热处理工艺外，还应包含生产该产品的原材料质量证明书、入厂复验报告；进口的管道组成件还应有原产地证明及入境货物检验检疫证明。

5.1.3 所有合金钢管道组成件和管道附件均应进行光谱和硬度检验。光谱检验方法应符合 DL/T 991 的规定；采用布氏硬度计的硬度检验方法应符合 GB/T 231.1 或 DL/T 1719 的规定，采用里氏硬度计的硬度检验方法应符合 GB/T 17394.1 的规定；里氏硬度计的硬度检验结果有异常或争议时，应采用布氏硬度计进行复核。

5.2 钢管查验

5.2.1 钢管应有材料牌号、规格及标准代号标记，钢管标记应符合采购合同或相关钢管技术标准要求，并与其质量证明书保持一致。

5.2.2 应对钢管进行外观检查，钢管表面应光滑无污染，并应符合以下要求：

- a) 钢管表面不应有裂纹、折叠、结疤、轧折和重皮等缺陷；
- b) 钢管表面不应有尖锐划痕以及深度大于壁厚 5%或最大深度大于 0.4 mm（取两者较小值）的直道及芯棒擦伤缺陷；
- c) 钢管表面不应有深度超过 1.5 mm，且尺寸大于钢管周长的 5%或 40 mm（取两者较小值）的凹陷；
- d) 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应符合其相应的钢管技术标准要求或设计要求。

5.2.3 对钢管应按采购合同规定的验收标准进行几何尺寸检验并记录。对主蒸汽管道和高温再热蒸汽管道用的内径管，应将钢管内径和壁厚检测结果及时反馈给管道设计单位；对低温再热蒸汽管道和高压给水管道用的外径管，应将钢管外径和壁厚检测结果及时反馈给管道设计单位。

5.2.4 对合金钢管应按照 DL/T 884 进行金相组织抽检，主蒸汽和高温再热蒸汽管道用钢管抽检比例为同规格根数的 10%，其他管道用钢管抽检比例为同规格根数的 1%；按抽检比例计算不足 1 根时以 1 根计，且每炉批钢管至少抽检 1 根。金相组织检验结果应符合 GB/T 5310 或合同约定验收标准的规定。

5.2.5 钢管的其他质量性能指标复验应按配管合同或协议规定执行。

5.3 管件、弯管查验

5.3.1 管件应有材料牌号、规格、制造商名称或商标标记，管件标记应符合 DL/T 695 或采购合同的规定。

5.3.2 弯管应有材料牌号、规格、弯曲半径和弯曲角度标记，弯管标记应符合 DL/T 515 或采购合同的规定。

5.3.3 管件、弯管应分别按照 DL/T 695、DL/T 515 或采购合同规定的验收标准进行外观和几何尺寸检验。

5.3.4 主蒸汽管道和再热蒸汽管道用合金钢管件、弯管应按照 DL/T 884 进行金相组织抽检，抽检比例或数量由协议双方确定。金相组织检验结果应符合相应产品标准的规定。

5.4 管道附件和连接件查验

5.4.1 管道附件和连接件应有材料牌号、规格标记，并应符合采购合同规定。

5.4.2 应对管道附件和连接件按采购合同规定的验收标准或设计图进行外观和几何尺寸检验。

5.4.3 应对法兰、螺栓、螺母等管道连接件进行配合性能检查。

6 制作

6.1 一般要求

6.1.1 钢管在下料前应核对材料牌号、规格等，确保与配管设计要求一致。

6.1.2 钢管在下料时宜保存材料的原始标记。当无法保存原始标记时，应进行钢管材料标记（包括材料牌号和钢管炉批号）移植。材料标记移植应符合以下要求：

- a) 对于主蒸汽管道、再热蒸汽管道和高压给水管道，宜进行钢印标记移植，钢印标记应清晰完整，其字体大小不应小于 3.5 号。钢印标记宜采用低应力钢印（钝头连续点字模或钝头断续点字模），也可用“圆头”或“球形”冲头打印。每一字模不应呈现尖锐状和危及钢管设计厚度的深坑。
- b) 当奥氏体不锈钢材料采用色码标记时，印色不应含有硫、铅和氯等对材料产生损害的物质。
- c) 对于其他管道，材料标记移植方法由供需双方协商确定。
- d) 移植后的标记应清晰可追溯。

6.2 切割与坡口制备

6.2.1 切割应符合下列规定：

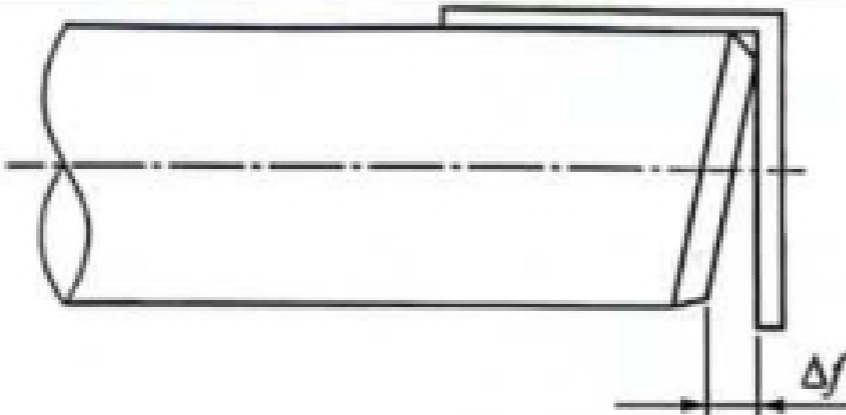
- a) 管子切割宜采用机械加工方法，也可采用等离子或火焰切割等方法。
- b) 采用等离子或火焰切割时，切口部分应留有不小于 5 mm 的加工余量，并应用机械加工方法清除淬硬层及过热金属。
- c) 9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢管应采用机械加工方法切割。
- d) 不锈钢管如采用砂轮切割，应使用不锈钢专用砂轮片。

6.2.2 坡口制备应符合下列规定：

- a) 焊缝坡口宜采用机械方法加工，并应符合 DL/T 869 或设计图纸的要求。

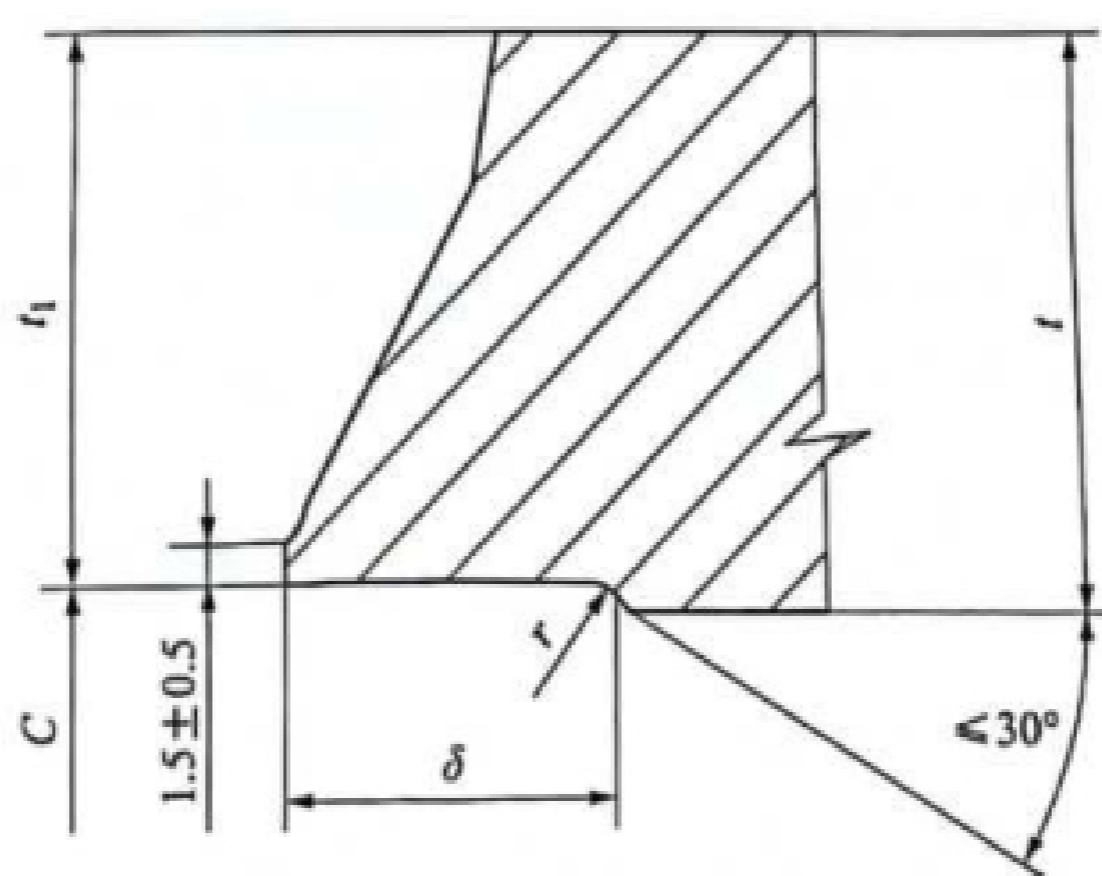
- b) 不锈钢焊缝坡口采用砂轮修磨时，应使用不锈钢专用砂轮片。
- c) 坡口表面质量应符合下列规定：
- 1) 淬硬倾向较大的钢材，通过等离子或火焰切割方法下料，坡口加工后应经表面无损检测合格；
 - 2) 坡口及边缘 20 mm 内母材应无裂纹、夹层、重皮、破损、毛刺等缺陷及锈、漆垢等污染物；
 - 3) 除设计另有规定外，坡口端面偏斜度 Δf 应符合表 1 的规定。

表 1 坡口端面偏斜度要求

图 例	管子公称外径 D_o mm	端面偏斜度 Δf mm
	$D_o \leq 60$	≤ 0.5
	$60 < D_o \leq 159$	≤ 1.0
	$159 < D_o \leq 219$	≤ 1.5
	$D_o > 219$	≤ 2.0

6.2.3 坡口机械加工内径 C 值如图 1 所示，且应符合以下规定：

- a) 同一管道系统的管道组成件及其连接设备对接焊口端应采用统一的机械加工内径 C 值。
- b) 坡口机械加工内径 C 值应通过综合考虑管道系统的钢管内外径偏差、壁厚偏差和机械加工偏差等因素加以确定，内径管和外径管的 C 值计算方法见附录 B。
- c) 坡口机械加工后的管道组成件接口处壁厚 t_1 不应小于其设计最小壁厚；坡口内壁加工长度 δ 不宜小于管道组成件壁厚 t 的 70% 且至少为 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 不应小于 5 mm。

图 1 坡口机械加工内径 C 值

6.3 组合与焊接

6.3.1 管道组成件组对时一般应做到内壁（根部）齐平，如出现错口，其错口值应符合下列规定：

- a) 对接单面焊的局部错口值不应超过焊件厚度的 10%，且不应大于 1 mm。
- b) 对接双面焊的局部错口值不应超过焊件厚度的 10%，且不应大于 3 mm。

6.3.2 管道组成件组对的对口间隙应与坡口形式及所采用的焊接方法相适应，并应符合 DL/T 869 的规定。

6.3.3 管道焊接应采用经评定合格的焊接工艺，并应由具备相应资质的焊工或焊机操作工施焊。焊接工艺评定应符合 DL/T 868 或 NB/T 47014 的规定；当焊接工艺评定执行 NB/T 47014 时，应按照 DL/T 868 的要求进行金相和硬度检验。

6.3.4 管道焊接材料应符合相应标准要求。焊条、焊剂在使用前应按照其说明书的要求进行烘焙，重复烘焙不应超过两次。焊条使用时应装入温度为 80℃~150℃的专用保温筒内，随用随取。焊丝在使用前应清除锈、垢、油污。

6.3.5 需要焊前预热时，预热的加热方法、加热宽度、保温、测温等要求应符合 DL/T 819 的规定。

6.3.6 管道焊接环境条件、焊接操作与施焊要求应符合 DL/T 869 的规定，异种钢焊接还应符合 DL/T 752 的规定。

6.3.7 焊接完成的焊缝经焊工自检合格后应采用低应力钢印做出永久性标记，不适合用钢印作永久性标记的焊缝应有可追溯性记录。

6.4 后热与焊后热处理

6.4.1 后热与焊后热处理的加热方法、加热范围、保温、测温等要求应符合 DL/T 819 的规定，同种钢或异种钢焊接接头的焊后热处理还应分别符合 DL/T 869、DL/T 752 的规定。

6.4.2 对易于产生延迟裂纹的焊件，若不能及时进行焊后热处理，应立即进行后热。

6.4.3 9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢应在焊接完成后，焊件温度降至 80℃~100℃，保温 1 h~2 h 后立即进行焊后热处理；无法及时进行焊后热处理的焊件，应在焊件温度降至 80℃~100℃，保温 1 h~2 h 后进行后热。

6.4.4 焊后热处理宜采用整体热处理。热处理管段装炉前应进行必要的清理，不应有在热处理加热时对管段材料造成损伤的任何杂物。

6.4.5 对进行整体热处理的管段，应将管段在热处理炉中均匀分布，并应防止火焰直接冲刷热处理管段。对于薄壁大口径管，应在管端增加必要的支撑。

6.4.6 对需要分段在热处理炉中进行整体焊后热处理的管段，其重叠有效加热长度不应小于 300 mm，且热处理时伸出炉外的过渡部分应采取保温措施防止温度梯度造成不良影响。

7 配管成品质量要求

7.1 一般规定

7.1.1 配管成品质量应符合合同、设计文件及本文件的规定。

7.1.2 对需要进行焊前预热、焊后热处理的配制管段，应具有控制制作过程质量的预热、焊接、热处理等可追溯性工序记录。

7.2 外观

7.2.1 管段组成件的外观质量应符合 5.2~5.4 的规定。

7.2.2 管段焊接接头的焊缝边缘应圆滑过渡到母材，焊缝外形尺寸及其允许偏差应符合设计图纸要求或 DL/T 869 的规定。

7.2.3 管段焊缝表面不应低于母材表面，且不应有深度大于 1 mm 的尖锐凹槽。

7.2.4 管段对接焊接接头外壁错口值不应大于较薄件壁厚的 10%与管道接口处外径的 1%两者中的较小值，且不应大于 4 mm。

7.2.5 对管段焊接角变形、焊缝表露缺陷等的要求应符合 DL/T 869 的规定。

7.3 尺寸与形位偏差

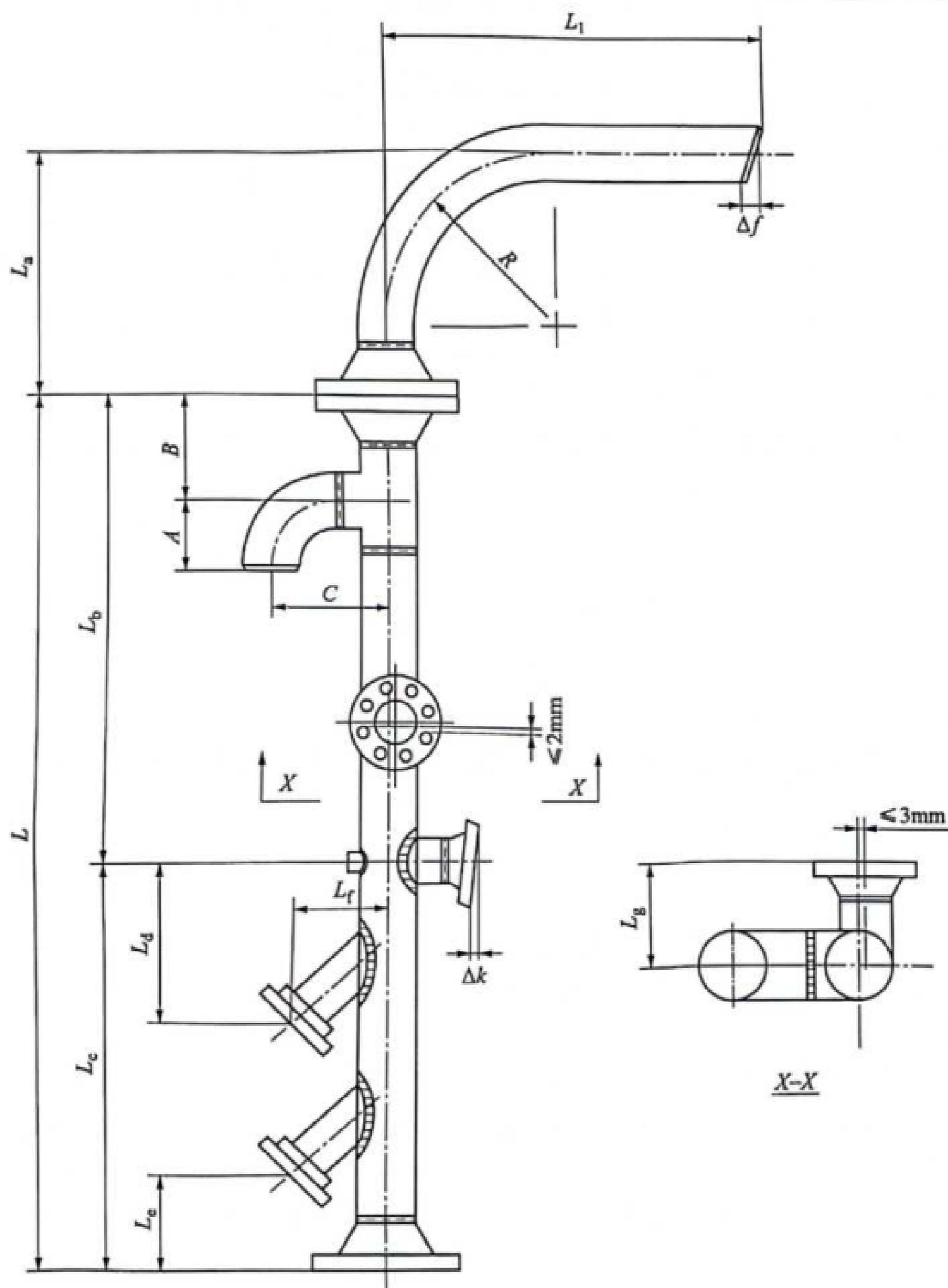
7.3.1 除合同或设计文件另有规定外，管段组合尺寸 L 及 $L_a \sim L_g$ （指管段长度方向两端面间线性尺寸、接管座中心至主管端面线性尺寸等）的允许偏差应符合表 2 要求，且管段长度偏差不应大于其长度的千分之一。管段组合尺寸与形位偏差示意图见图 2。

表 2 管段组合尺寸的允许偏差

mm

管子公称外径 D_o	管段组合尺寸的允许偏差的最大允许值 ^a
$D_o \leq 273$	±3
$273 < D_o \leq 610$	±5
$610 < D_o \leq 914$	±6
$914 < D_o \leq 1219$	±7
$D_o > 1219$	±8

^a 管段组合尺寸的允许偏差的最大允许值不应累加计算。



注：尺寸 A 、 B 、 C 允许偏差见相应管件和法兰要求，尺寸 L_1 、 R 允许偏差见相应弯管要求。

图 2 管段组合尺寸与形位偏差示意图

7.3.2 管段的接口端面应平整，管段焊接接口端面与管道中心线的垂直度偏差（见图 2 中的 Δf ）应符合

表 1 的规定，且不应影响管道安装质量。

7.3.3 管道上接管座位置及相邻接管座的中心距尺寸允许偏差见表 3。

表 3 接管座位置及相邻接管座的中心距尺寸允许偏差

mm		
偏差类别	接管座外径 d 或相邻接管座中心距尺寸 l	最大允许偏差值
接管座中心线相对管道中心线的偏差	$d \leq 50$	±1.0
	$d > 50$	±1.5
相邻接管座的中心距偏差	$l \leq 260$	±1.5
	$260 < l \leq 500$	±2.0
	$500 < l \leq 1000$	±2.5
	$l > 1000$	±3.0

7.3.4 除合同或设计文件另有规定外，管道法兰端面与管道中心线的垂直度偏差（见图 2 中的 Δk ），在法兰任意直径方向上测量均不应大于 1 mm 或法兰直径的 4‰（取两者较大值）。法兰中心线与管道中心线的位置偏差不应大于 3 mm，法兰周向（环绕管道中心线）位置偏差不应大于 2 mm，如图 2 所示。

7.4 壁厚

7.4.1 管段中的管子、管件等管道组成件的壁厚应符合相应产品标准要求，且不应小于最小设计计算壁厚。

7.4.2 管段制作中对管道组成件端部进行机械加工或修磨时，加工或修磨后的壁厚不应小于最小设计计算壁厚。

7.5 光谱分析

7.5.1 管段制作中形成的合金钢焊缝的光谱分析结果应符合焊缝金属合金成分要求。

7.5.2 高合金钢管道及其焊缝金属进行光谱分析后应磨去弧光烧灼点。

7.6 硬度

7.6.1 管段中的管子、管件等管道组成件及管道附件的硬度应符合相应的产品标准要求及 DL/T 438 的规定。

7.6.2 管段制作前带焊缝的管道组成件的焊缝硬度应符合相应的产品标准要求或 DL/T 869 的规定。

7.6.3 管段制作中形成的同种钢焊接接头，焊缝的布氏硬度不应超过母材布氏硬度值加 100 HBW，且应符合下列规定：

- a) 合金总含量小于 3%，布氏硬度值不应大于 270 HBW；
- b) 合金总含量大于或等于 3%且小于 10%，布氏硬度值不应大于 300 HBW；
- c) 焊缝硬度不应低于母材标准硬度下限值的 90%；
- d) 9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢的焊缝硬度应为 185 HBW~270 HBW，热影响区的硬度应控制在 175 HBW~270 HBW。

7.6.4 管段制作中形成的异种钢焊接接头，需要进行焊缝硬度检验时应按照 DL/T 752 的规定执行。

7.7 显微组织

7.7.1 管段中的管子、管件等管道组成件的显微组织以及管段制作前带焊缝的管道组成件的焊缝显微组织应符合相应的产品标准要求。

7.7.2 管段制作中形成的焊接接头，不应有裂纹，在非马氏体钢中不应有淬硬的马氏体组织，并应符合 DL/T 2054 的规定。

7.7.3 9%Cr~12%Cr 马氏体型耐热钢的焊缝显微组织应为回火马氏体，显微组织中的 δ 铁素体含量不应超过 DL/T 438 的规定。

7.8 无损检测

7.8.1 管段中的管子、管件等管道组成件的无损检测要求及合格质量等级应符合相应产品标准的要求。

7.8.2 管段制作中形成的对接焊接接头的无损检测要求应符合合同或 DL/T 869 的要求，对接焊接接头的无损检测合格质量等级应符合表 4 的规定。

表 4 对接焊接接头的无损检测合格质量等级

检测方法	检测标准	技术等级 ^a	焊接接头合格质量等级		
			I 类焊接接头	II 类焊接接头	III 类焊接接头
射线检测	DL/T 821	不低于 AB 级	II	II	III
	NB/T 47013.2	不低于 AB 级	II	II	III
脉冲反射法超声检测	DL/T 820.2	不低于 B 级	I	I	II
	NB/T 47013.3	不低于 B 级	I	I	II
衍射时差法超声检测	DL/T 820.3	—	II	II	—
	NB/T 47013.10	不低于 B 级	II	II	—
相控阵超声检测	DL/T 1718	不低于 B 级	I	I	—
	NB/T 47013.15	不低于 B 级	I	I	—
磁粉检测	NB/T 47013.4	—	I	I	见脚注 ^a
渗透检测	NB/T 47013.5	—	I	I	见脚注 ^a

注：焊接接头类别及相应分类范围见表 5。
^a III 类对接焊接接头的磁粉或渗透检测合格质量等级或合格标准由协议双方确定。

7.8.3 管段制作中形成的角焊缝应进行磁粉或渗透检测，检测结果应符合以下要求：

- I 类和 II 类焊接接头应符合 NB/T 47013.4 或 NB/T 47013.5 规定的 I 级要求；
- III 类焊接接头不应有裂纹及单个尺寸大于或等于 4 mm 的圆形缺陷显示。

7.8.4 除合同或设计文件另有规定外，对全焊透接管座角焊缝，应根据其几何结构选择适当检测方法进行内部质量无损检测，不应有裂纹、未焊透、未熔合缺陷。

8 检验方法

8.1 一般规定

8.1.1 进行热加工制作的管段，应在管段冷却到室温后方可检验；需进行热处理的，应以最终热处理后的检验结果进行评定。

8.1.2 焊接接头外观检查合格后方可进行其他项目检验。

8.1.3 具有延迟裂纹倾向的管道材料的焊接接头应在焊接完成 24 h 后进行无损检测。

8.2 外观检查

采用目视或放大镜、照明工具等对管段内外表面进行检查，检查结果应符合 7.2 的要求。

8.3 尺寸与形位偏差检测

采用钢卷尺、游标卡尺、高度尺、角度尺等测量工具对管段组合尺寸与形位偏差进行检测，检测结果应符合设计图纸及 7.3 的要求。

8.4 壁厚检测

采用超声波测厚仪对制作时经过机械加工或修磨的管段中的壁厚减薄部位进行检测，检测结果应符合 7.4 的要求。

8.5 光谱分析

应按照 DL/T 991 对合金钢管道焊缝进行光谱分析，光谱分析结果应符合 7.5 的要求。

8.6 硬度检验

采用布氏硬度计按照 GB/T 231.1、DL/T 1719 或采用里氏硬度计按照 GB/T 17394.1 对管段焊缝及热影响区进行硬度检验，检验结果应符合 7.6 的要求。里氏硬度计的硬度检测结果有异常或争议时，应采用布氏硬度计进行复核。

8.7 显微组织检验

应根据管段检验部位按照 DL/T 884 或 DL/T 2054 进行显微组织检验，检验结果应符合 7.7 的规定。

8.8 无损检测

管段中管道组成件的无损检测方法应符合相应产品标准的要求。管段中焊接接头的无损检测应符合以下规定：

- a) 射线检测应按照 DL/T 821 或 NB/T 47013.2 进行；
- b) 脉冲反射法超声检测应按照 DL/T 820.2 或 NB/T 47013.3 进行；
- c) 磁粉检测、渗透检测应分别按照 NB/T 47013.4 和 NB/T 47013.5 进行；
- d) 相控阵超声检测应按照 DL/T 1718 或 NB/T 47013.15 进行；
- e) 衍射时差法超声检测应按照 DL/T 820.3 或 NB/T 47013.10 进行；
- f) 管段中小口径接管座全焊透角焊缝的内部缺陷无损检测可参照 DL/T 1105.2 执行；
- g) 无损检测结果应符合 7.8 的规定。

9 检验规则

9.1 外观

应逐件进行外观检查。

9.2 尺寸与形位偏差

应对主蒸汽管道、再热蒸汽管道、高压给水管道以及设计压力大于 8 MPa 或设计温度大于 400 ℃ 的管道逐件进行检测。除合同或设计文件另有规定外，其他管道可按照管段数量的 25% 进行抽检，但不应少于 1 件；抽检发现不合格时应加倍抽检，若加倍抽检再次发现不合格，应进行 100% 检验。

9.3 光谱分析

应对合金钢管道焊缝进行 100% 光谱分析。

9.4 硬度

除合同或设计文件另有规定外，主蒸汽管道、高温再热蒸汽管道、公称尺寸大于 DN150 或壁厚大于 20 mm 的 9%Cr~12Cr% 马氏体型耐热钢管道焊接接头以及焊后采用局部热处理的焊接接头应进行 100% 硬度检验；焊后采用炉内整体热处理的其他管道按照同种类型焊接接头数量的 20% 进行抽检，但每种类型焊接接头不应少于 1 个。抽检发现硬度不合格时应加倍抽检，若加倍抽检的焊接接头再次发现硬度不合格，应进行 100% 检验。

9.5 显微组织

除合同或设计文件另有规定外，管道焊接接头显微组织检验比例和数量应符合 DL/T 438 的规定。

9.6 无损检测

除合同或设计文件另有规定外，管道焊接接头无损检测应符合以下要求：

- a) 厚度不大于 20 mm 的管道，其对接焊接接头采用脉冲反射法超声（PE）检测时，还应采用射线检测（RT）、相控阵超声检测（PA）、衍射时差法超声检测（TOFD）三种方法之一进行附加检测，检测数量为 PE 检测数量的 20%。
- b) 厚度大于 20 mm 的管道，其对接焊接接头可采用射线检测（RT）或超声检测。采用脉冲反射法超声（PE）检测时，还应采用相控阵超声检测（PA）、衍射时差法超声检测（TOFD）或射线检测（RT）进行附加检测，其检测数量总和为脉冲反射法超声（PE）检测数量的 20%，检测范围应涵盖脉冲反射法超声（PE）检测有记录缺陷的焊缝。
- c) 主蒸汽管道、再热蒸汽管道、高压给水管道的对接焊接接头应进行 100% 脉冲反射法超声检测（PE）或射线检测（RT），并应对采用脉冲反射法超声检测（PE）的焊接接头按其数量的 20% 进行射线检测（RT）、相控阵超声检测（PA）、衍射时差法超声检测（TOFD）三种方法之一的附加检测，检测范围应涵盖脉冲反射法超声（PE）检测有记录缺陷的焊缝。
- d) 主蒸汽管道和高温再热蒸汽管道对接焊接接头应进行 100% 磁粉检测，低温再热蒸汽管道和高压给水管道的对接焊接接头应按其接头数量的 20% 进行磁粉检测。
- e) 主蒸汽管道、再热蒸汽管道、高压给水管道的角焊缝应进行 100% 磁粉或渗透检测，并对具备超声检测条件的全焊透角焊缝还应进行超声检测。
- f) 其他管道焊接接头可按照表 5 规定的管道焊接接头分类、无损检测方法 with 比例进行检测。
- g) 同一焊接接头同时采用不同检测方法检测时，均应合格。采用按比例抽检时，计算抽检数量时不足 1 件的按 1 件计；若检验发现不合格，应加倍抽检；若加倍抽检中再次发现不合格，应进行 100% 检验。

表 5 管道焊接接头分类、无损检测方法 with 比例

焊接接头类别	范 围	检测方法	检测比例
I	公称外径 $D_o > 159$ mm 或壁厚 $\delta > 20$ mm, 工作压力 $p > 9.81$ MPa 的锅炉本体范围内的管道	RT 或 PE	100%
	公称外径 $D_o > 159$ mm 且工作温度 $t > 450$ °C 的蒸汽管道	RT 或 PE	100%
	工作压力 $p > 8$ MPa 的汽、水、油、气管道	RT 或 PE	50%
	工作温度 t 满足 300 °C $< t \leq 450$ °C 的汽水管	RT 或 PE	50%
II	工作温度 t 满足 150 °C $< t \leq 300$ °C 的蒸汽管道	RT 或 PE	25%
	工作压力 p 满足 4 MPa $\leq p \leq 8$ MPa 的汽、水、油、气管道	RT 或 PE	25%
	工作压力 p 满足 1.6 MPa $< p < 4$ MPa 的汽、水、油、气管道	RT 或 PE	25%

(续)

焊接接头类别	范 围	检测方法	检测比例
III	工作压力 p 满足 $0.1 \text{ MPa} \leq p \leq 1.6 \text{ MPa}$ 的汽、水、油、气管道	RT 或 PE	10%
	烟、风、煤、粉、灰等管道及附件	渗油检查	100%
	公称外径 $D_o < 76 \text{ mm}$ 的锅炉水压范围外的疏水、放水、排污、取样管子	不规定	
注 1: RT——射线检测; PE——脉冲反射法超声检测。 注 2: 检测比例按被检焊接接头数量占比计算。 注 3: 在符合国家相关安全技术规范要求的前提下, 可采用相控阵超声检测 (PA) 代替射线检测 (RT)。 注 4: 对接焊接接头采用 PE 检测时, 应按照 9.6 的要求进行附加检测。 注 5: I 类、II 类焊接接头的角焊缝、支管角接头应进行 100%磁粉或渗透检测; I 类、II 类焊接接头中支管外径大于或等于 108 mm 的全焊透结构的支管角接头还应分别进行 100%PE、20%PE 检测; III 类焊接接头的角焊缝、支管角接头应进行 20%磁粉或渗透检测。			

10 表面清理

10.1 一般规定

10.1.1 除合同或设计文件另有规定外, 管段应采用喷射清理、化学清洗、手工或动力工具清理等方法进行表面清理; 清理后的管段内外表面应清洁, 不应有氧化物、铁锈、焊接飞溅、砂粒、油渍等。

10.1.2 待处理管段表面有浓稠油脂时, 应用溶剂对表面进行预处理后方可进行化学清洗或喷丸、喷砂清理。

10.1.3 管段清理方法应考虑对环境造成的污染以及溶剂、清洗液和腐蚀产物对管道使用的影响, 清洗液排放应符合国家相关标准的规定。

10.2 化学清洗

10.2.1 管段化学清洗应在化学专业人员监督下, 依照批准的化学清洗方案及措施进行。化学清洗不应损伤或明显侵蚀管段表面。

10.2.2 管段化学清洗后应用清洁水进行冲洗, 在完全清除残留液和杂物后, 应用干燥压缩空气吹干。

10.2.3 用清洁水冲洗奥氏体不锈钢管段时, 水中氯离子含量不应超过 25 mg/L。

10.3 喷射清理

10.3.1 喷丸、喷砂清理不应露天进行, 压缩空气应避免混有水分和油污, 应控制喷射时间和位置, 避免损伤管段表面或使管道壁厚减薄。

10.3.2 奥氏体不锈钢管段采用喷砂清理时应采用无铁石英砂或氧化铝砂, 不宜重复使用石英砂或氧化铝砂。

10.3.3 喷砂处理后应用干燥压缩空气或其他方法对管段内外表面进行清洁处理。

10.3.4 喷丸、喷砂清理后的管段表面应达到 GB/T 8923.1 规定的 Sa2 级。

11 表面防护

11.1 一般规定

11.1.1 经清理合格的管段应及时进行表面防护。表面防护要求应符合合同、设计文件及本文件的规定。

11.1.2 除合同或设计文件另有规定外, 管段表面清理后进行涂装防护的时间间隔应符合如下要求:

- a) 管段化学清洗完成后与表面涂装的时间间隔不应超过 12 h;

- b) 管段喷丸或喷砂清理后, 置于室内时与表面涂装时间间隔不应超过 12 h, 置于室外时与表面涂装时间间隔不应超过 5 h。

11.1.3 管段涂漆前若出现返锈现象, 应重新除锈。

11.1.4 管段涂漆环境应通风良好, 环境温度不应低于 5 ℃, 相对湿度不应高于 85%; 被涂装的管段金属表面温度不应超过 40 ℃, 且应高于露点 3 ℃以上。遇雨、雪、雾、强风天气不应进行室外涂装, 不宜在强烈日光照射下涂装。

11.2 防护涂层

11.2.1 除合同或设计文件另有规定外, 管段外表面可采用防腐底漆进行防护处理, 管段内壁采用适当方法进行防锈处理。坡口及坡口边缘 20 mm 以内应涂刷有防锈作用但不影响焊接的防护涂层。

11.2.2 对管段实施多层涂层防护时, 应在前道涂层干燥后方可涂装后续涂层。

11.2.3 管段防护涂层应均匀, 不应有气泡、夹渣、起皮、龟裂、剥落、皱皮、漏涂、残留溶剂渣、返锈等异常现象。

11.2.4 管段防护涂层检查合格后, 应及时对管段两端及支管、管座敞口处进行防护封堵。

12 标记、包装、贮存

12.1 应在管段直管上用油漆醒目地表示出工程名称(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, 钢印永久标记处应采用透明漆涂装。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。

12.2 管段、支管、接管座等端部应采用木质、金属、塑料或橡胶封盖予以保护。法兰密封表面应采取严格防护措施加以保护。不锈钢管段应采用对其无危害的材料进行端部接口保护。

12.3 管段包装应满足运输、防损伤和配管技术协议要求; 管段宜采用由纤维编制的软吊索吊装。

12.4 管段贮存期间不应与腐蚀性介质或有害物质相接触; 管段分层放置时应在各层之间放置垫木或对管段表面无损伤的衬垫。

13 技术与质量文件

配管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) 配管设计总图和供货清单, 并应标明管段重量;
- b) 原材料质量证明文件及复验报告;
- c) 用于配管的弯管、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) 配管产品合格证书等。

附录 A

(资料性)

管道布置图技术信息及相关要求

A.1 管道布置图技术信息及相关要求

管道布置图一般应包括如下技术信息及相关要求：

- 管道的材质、直径和壁厚（包括最小设计计算壁厚）；
- 弯头与弯管的弯曲角度、斜三通支管与主管夹角；
- 安装标高和尺寸；
- 节点（弯角点）坐标；
- 管件和阀门的尺寸及定位；
- 介质流向和安装坡度；
- 冷紧口坐标和冷紧值（有冷紧要求时）；
- 支吊点的位置、载荷、位移及支吊架类型、规格；
- 疏放水点、放气点、充氮（如需要）及加药接口的位置和型式；
- 温度、压力等仪表接管座位置及型式；
- 主蒸汽管道的蠕变监督段和主蒸汽、高温再热蒸汽管道的蠕胀测点（适用时）及型式；
- 焊接接头坡口型式及焊接要求；
- 管道附件尺寸及焊接要求；
- 应力计算成果表；
- 最大一次应力和热胀应力点位置；
- 材料清单。

A.2 管道布置图焊口位置布置要求

A.2.1 焊口的位置应避开应力集中区，且应便于焊接施工及焊后热处理。

A.2.2 管接头或仪表插座等支管或附件焊口不应设置在焊缝或焊接热影响区，且支管与附件焊缝不宜与相邻焊缝的热影响区重合。

A.2.3 管道对接焊口距离支吊架管部边缘不应小于 50 mm，管道对接焊口距离疏水管孔不应小于孔径且不应小于 60 mm。

A.2.4 除设计另有规定外，非加强型支管连接相邻支管间距示意图、非加强型支管连接相邻支管间距及相关尺寸参考值分别见图 A.1 和表 A.1。

A.2.5 除设计另有规定外，整体加强型支管连接相邻支管间距示意图、整体加强型支管连接相邻支管间距及相关尺寸参考值分别见图 A.2 和表 A.2。

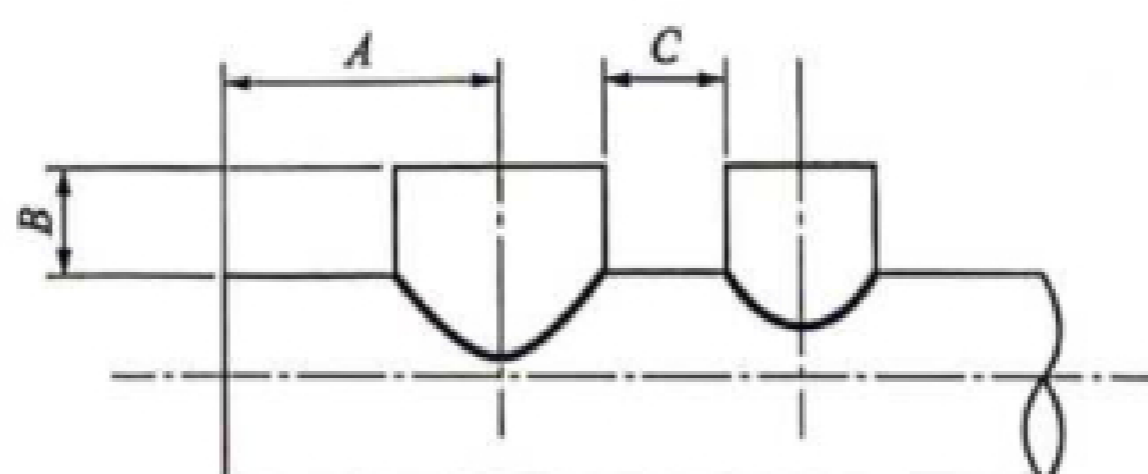


图 A.1 非加强型支管连接相邻支管间距示意图

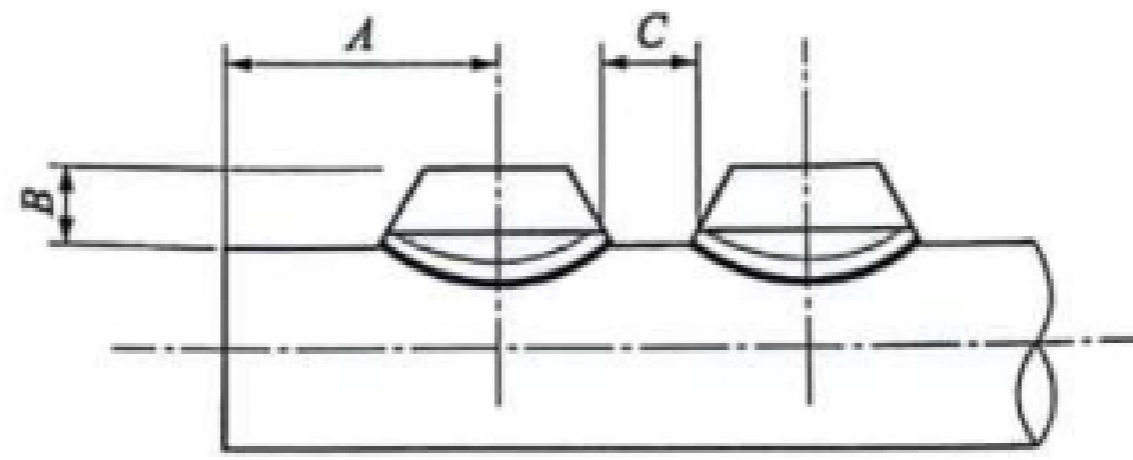


图 A.2 整体加强型支管连接相邻支管间距示意图

表 A.1 非加强型支管连接相邻支管间距及相关尺寸参考值

支管公称尺寸	推荐最小尺寸 mm		
	支管中心线至主管端部 A	支管端部至主管外缘 B	相邻两支管外缘间距 C
DN50	102	65	65
DN65	115	76	76
DN80	130	90	90
DN100	155	102	102
DN125	180	115	115
DN150	205	127	127
DN200	255	152	152
DN250	305	178	178
DN300	360	205	205
DN350	385	216	216
DN400	435	230	230
DN450	485	255	255
DN500	535	280	280
DN600	610	305	305

注：相邻支管公称直径不同时，尺寸 C 按较大的支管公称直径选取。

表 A.2 整体加强型支管连接相邻支管间距及相关尺寸参考值

支管公称尺寸	推荐最小尺寸 mm	
	支管中心线至主管端部 A	相邻两支管外缘间距 C
DN50	128	65
DN65	140	76
DN80	152	76
DN100	178	90
DN125	203	102
DN150	254	127
DN200	305	152
DN250	356	178
DN300	406	216
DN350	432	230

表 A.2 (续)

支管公称尺寸	推荐最小尺寸 mm	
	支管中心线至主管端部 A	相邻两支管外缘间距 C
DN400	483	255
DN450	533	280
DN500	584	305
DN600	660	356

注 1: 相邻支管公称直径不同时, 尺寸 C 按较大的支管公称直径选取。
注 2: 支管端部至主管外缘尺寸 B (见图 A.2) 可由设计或协议双方确定。

附录 B

(资料性)

坡口机械加工内径 C 值计算

B.1 坡口机械加工内径 C 值的公差

考虑机械加工尺寸偏差与对接接口配合要求，管道端部坡口机械加工内径 C 值的上极限偏差 M_o 宜为 +0.3 mm、下极限偏差 M_u 宜为 -1.0 mm。

B.2 内径管的 C 值确定

内径管的内径下极限偏差通常为 0，其端部坡口机械加工内径 C 值可按照钢管实际内径分析确定，也可按如下公式计算确定：

$$C = D_i + S_o - M_o \quad \text{..... (B.1)}$$

式中：

D_i ——内径管的设计最小内径，mm；

S_o ——内径管的内径上极限偏差值，mm；

M_o ——C 值的上极限偏差值，mm。

按公式 (B.1) 的计算示例：某电站 660 MW 超超临界机组主蒸汽管道材料为 ASTM A335 P92，钢管规格（钢管最小内径×最小壁厚）为 ID279 mm×77 mm，确定 C 值。

假定钢管内径上极限偏差 S_o 为 +2.4 mm，下极限偏差为 0；钢管壁厚上极限偏差为 +4.8 mm，下极限偏差为 0，则由公式 (B.1) 可计算出 $C = 279 + 2.4 - 0.3 = 281.1$ (mm)。

由此可确定 C 值为 $281.1_{-1.0}^{+0.3}$ mm。

B.3 外径管的 C 值确定

外径管的端部坡口机械加工内径 C 值可按照钢管实际内径分析确定，也可按如下公式计算确定：

$$C = D_o - R_u - M_o - 2t_m \quad \text{..... (B.2)}$$

式中：

D_o ——外径管的公称外径（名义外径），mm；

R_u ——外径管的外径下极限偏差值（取绝对值），mm；

M_o ——C 值的上极限偏差值，mm；

t_m ——外径管名义最小壁厚，即公称壁厚减去壁厚下极限偏差绝对值，mm。

按公式 (B.2) 的计算示例：某电站 660 MW 超超临界机组高压给水管道材料为 15NiCuMoNb5-6-4，钢管规格（钢管公称外径×公称壁厚）为 OD508 mm×50 mm，确定 C 值。

假定钢管外径极限偏差为公称外径的 ±1%，壁厚极限偏差为公称壁厚的 ±12.5%，则由公式 (B.2) 可计算出 $C = 508 - (508 \times 1\%) - 0.3 - 2 \times (50 - 50 \times 12.5\%) \approx 415.1$ (mm)。

由此可确定 C 值为 $415.1_{-1.0}^{+0.3}$ mm。