

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation 工程设计综合甲级证书编号 A113016099 工程勘察综合甲级证书编号 B113016099	技术规格书	项目号： XAOGE2022014
	延 113-延 133 井区 2022 年接入井项目	文件号： YA04S03-PL001-B31#EPL-SP-0202
		版 次： A
		阶 段： 施工图
		第 1 页 共 22 页

线路工程感应加热弯管技术规格书

A	供审查	姚伟伟	慕园	白纪强	2022.09.04
版次	说明	编制	校对	审核	日期

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号：XAOGE2021006
		文件号： YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 2 页 共 22 页

目录

1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 符号和缩略语	5
5 购方提供的信息	6
6 弯管规格	6
7 原材料	7
8 制造工艺要求	7
9 弯管性能要求	8
10 尺寸、几何形状和允许偏差	9
11 工艺质量和缺陷修整	12
12 检验和试验	13
13 标志	15
14 涂层和保护层	16
15 质量证明书	16
16 弯管装运	16
附 录 A （规范性附录） 制造工艺	17
附 录 B （规范性附录） 首批检验	18
附 录 C （规范性附录） 弯管无损检测	21

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号：XAOGE2021006
		文件号： YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 3 页 共 22 页

1 范围

本技术规格书规定了延113-延133井区2022年接入井项目管道用外径D168.3mm、D219.1mm、D273mm无缝钢管IB245-PSL2感应加热弯管的基本参数、原材料、制造工艺、材料性能、几何尺寸、工艺质量与缺陷修补、检验与试验、标志、涂层与保护、质量证明书及装运等要求。

本技术规格书规定的感应加热弯管产品规范等级、标识与GB/T 29168.1相对应。

2 规范性引用文件

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

GB/T 18253 钢及钢产品检验文件的类型

GB/T 29168.1石油天然气工业 管道输送系统用感应加热弯管、管件和法兰 第1部分感应加热弯管

GB/T 19001 质量管理体系要求

YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0301 线路工程感应加热弯管母管技术规格书

ISO 9712 无损检测 人员资格鉴定与认证

ISO 11484 承压用钢管 无损检测（NDT）人员资质和评定

GB/T 9711-2017 石油天然气工业管线输送系统用钢管

SY/T 5257-2012 油气输送用钢制感应加热弯管

ASNT SNT-TC-1A 无损检测人员资格鉴定与认证推荐实施方法

ASTM A370 钢产品机械性能试验的方法和定义

ASTM A751 钢产品化学分析的试验方法、步骤和定义

ASTM E45 钢中夹杂物含量的确定方法

ASTM E92 金属材料维氏及努氏硬度标准试验方法

ASTM E112 金属平均晶粒度的测定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 弯曲段

弯管的弯曲部分。

3.2 弯曲角度

整个弯管的方向变化部分所形成的平面角。

3.3 弯管评定试验

依据制造工艺规范（MPS）要求生产一根弯管，进行质量检验，证明所生产的弯管能够满足本部分的要求，可以按照本部分要求进行弯管生产的试验。

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 4 页 共 22 页

3.4 弯曲半径

从弯管的弯曲中心到其中心轴线的距离。

3.5 缺陷

尺寸和 / 或分布密度超出本部分规定的验收极限的缺欠。

3.6 外弧侧

弯管弯曲段的外侧部分。

3.7 熔炼批

采用一种工艺生产的同一个批次的钢材。

3.8 如果协议

如果由制造商和购方双方协商,并在订购合同中注明的已确定要求或比已确定要求更加严格的要求。

3.9 缺欠

按本部分所述的检查方法检验出来的产品壁厚内部或表面的不连续性和不规则处。

3.10 感应加热弯制

利用感应加热方法在钢管圆周形成一条狭窄的环形加热带,在钢管移动的同时,使其连续弯曲的工艺。

3.11 检验

测量、检查、试验、称重、测定产品的一个或多个特性的活动,并将这些活动的结果与规定要求进行对比,以确定符合性。

3.12 内弧侧

弯管弯曲段的内侧部分。

3.13 分层

内部金属分离形成的片层,通常与钢管表面平行。

3.14 制造商

表示按本技术条件的要求和合同提供设计、制造、检验及运输弯管的制造商并包括它的设备。

3.15 制造工艺规范

规定并描述母管性能、弯制工艺、弯后热处理设备和工艺、无损检验、钢管坡口型式及尺寸等内容的技术文件,包括检测及评定结果。

3.16 母管

用于制作弯管的直管。

3.17 无损检测

采用本部分规定的不对材料组织产生干涉、应力、破坏的射线检验、超声波或其它方法,使缺欠能显现出来的检验。

3.18 购方

表示业主或业主的代理人、检查人员以及其它被授权的代表。

3.19 服役条件

由购方在订货合同中规定的使用条件。

3.20 直管段

感应加热弯管非弯曲段两端的直管部分。

3.21 过渡区

位于弯管感应加热起弯点或终弯点附近的一段区域。

3.22 壁厚减薄

母管原始壁厚和弯管外弧侧壁厚之差。

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 5 页 共 22 页

3.23 模拟热弯试验

按照热煨弯管的一般工艺方法进行模拟加工，证明可满足弯管综合性能要求与否的试验。

4 符号和缩略语

4.1 符号

下列符号适用于本文件。

A : 伸长率, %;

D : 外径, mm;

$D_{\max}$: 弯管横截面上的最大外径, mm;

$D_{\min}$: 弯管横截面上的最小外径, mm;

f : 波浪间距, mm;

h : 起皱高度, mm;

L : 直管段长度, mm;

O_r : 不圆度, %;

R : 曲率半径, mm;

R_m : 抗拉强度, MPa;

$R_{t0.5}$: 总伸长 0.5% 的屈服极限, MPa;

T_r : 减薄率, %;

t : 直管段名义壁厚, mm;

t_p : 与弯管相连的干线管壁厚, mm;

t_1 : 弯管外弧侧壁厚, mm;

α : 弯曲角度, (°);

Δa : 平面度, mm。

4.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

HAZ: 热影响区 (heat affected zone) ;

MPS: 制造工艺规范 (manufacturing process specification) ;

MT: 磁粉检测 (magnetic particle testing);

NDT: 无损检测 (nondestructive testing);

PSL: 产品规范等级 (product specification level);

PT: (liquid penetrant testing) 液体渗透试验;

RT: (ray testing) 射线检测;

UT: (ultrasonic testing) 超声波检测。

5 购方提供的信息

- 购方应提供以下信息：
- a) 弯管适用标准的编号和出版年份；
 - b) 弯管的标志；
 - c) 弯管的数量；
 - d) 外径；
 - e) 最小壁厚；
 - f) 曲率半径；
 - g) 弯曲角度；
 - h) 直管段长度；
 - i) 强度等级；
 - j) 弯管管端坡口尺寸；
 - h) 最大设计温度。

6 弯管规格

弯管的基本参数见图 1，应符合表 1 的规定。

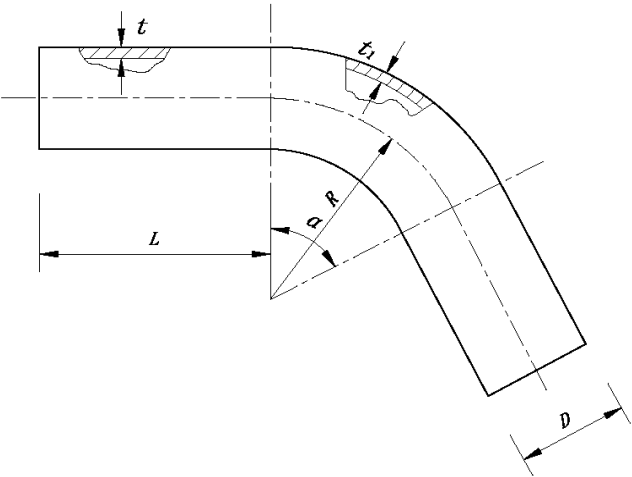


图 1 弯管基本尺寸

表 1 弯管基本参数*

母管管型	钢级	压力等级 MPa	外径 mm	曲率半径 mm	弯管直管段名义壁厚 mm	弯曲角度°	弯管直管段长度 mm	连接干线管壁厚 mm
无缝钢管	IB245-PS L2	5.5	168.3	6D	7.5	(按设计文件规定)	100~500	7
无缝钢管	IB245-PS L2	5.5	219.1	6D	8.8	(按设计文件规定)	100~500	8

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号：XAOGE2021006
		文件号： YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 7 页 共 22 页

母管管型	钢级	压力等级 MPa	外径 mm	曲率半径 mm	弯管直管段名义壁厚 mm	弯曲角度°	弯管直管段长度 mm	连接干线管壁厚 mm
无缝钢管	IB245-PS L2	5.5	273	6D	9.5	（按设计文件规定）	100～500	9

7 原材料

- 7.1 感应加热弯管母管应采用无缝钢管（SMLS），母管应选用经过模拟热弯试验证明可满足弯管综合性能要求，并经购方认可的材料。
- 7.2 对接管不应用于制造感应加热弯管。
- 7.3 弯管用钢管表面应无油污。钢管在制造、搬运、装卸过程中不应与低熔点金属（Cu、Zn、Sn、Pb 等）接触，否则应采用适当的方法（如喷砂）清除。
- 7.4 母管应有钢管制造商提供的质量证明书，其检验项目应符合相关标准的规定或订货要求。
- 7.5 母管进厂后，弯管制造商应按其批号、规格和技术资料等进行验收，并对钢管原材料的外观、几何尺寸和理化性能等进行抽检。弯管与母管为同一制造商时，可不再进行抽检。

8 制造工艺要求

8.1 总则

- 8.1.1 制造商应持有中华人民共和国特种设备制造许可证（压力管道元件）相应级别证书、ISO 质量体系认证证书或其它相应资质的质量体系认证证书。
- 8.1.2 弯管的曲率半径（R）、弯曲角度（α）、壁厚（t）应按设计图规定；弯管两端应保留一定长度（L）的直管段，直管段长度应符合表 1 要求，若设计图有规定时，按设计图规定。
- 8.1.3 应采用电感应加热弯制工艺制造弯管，并根据所采用母管材料热加工特性选用合适的冷却介质进行弯管成型热煨制。弯管制造过程中弯制应连续不间断进行。
- 8.1.4 弯管可采用整体加热或者局部加热工艺方式进行生产。
- 8.1.5 弯管应进行弯后回火热处理。
- 8.1.6 弯管最终检验前应进行表面除污处理。

8.2 制造工艺确认

- 8.2.1 制造商取得按本标准提供弯管的订货合同前应编制弯管制造工艺规范（MPS）的详细说明。制造工艺应包括附录 A 规定的内容。制造商应将制造工艺规范的详细说明提供给购方确认。
- 8.2.2 合同签订后，制造商如果对提交的文件有变动，应立即报告购方认可。如果不能按时报告并得到认可，则被视为拒绝执行合同的依据。
- 8.2.3 制造商提供的所有制造工艺文件应得到购方或购方委托人的签字方可认为有效，否则购方有权拒收制造商提供的所有产品。

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 8 页 共 22 页

8.3 首批检验

首批生产的弯管应按附录 B 的要求进行首批检验, 首批检验合格后方可进行正式生产。

9 弯管性能要求

9.1 取样

试验取样方法由制造厂选择, 可从成品钢管或拉伸试样上截取。

9.2 拉伸性能

弯管弯曲段管体和焊接接头、直管段的管体和焊接接头、以及直管段与弯曲段过渡区管体试样的拉伸试验结果应符合表 3 的规定。

表 3 拉伸性能要求

屈服强度 $R_{t0.5}$ MPa	抗拉强度 R_m MPa	屈强比 $R_{t0.5}/R_m$	伸长率 A %	抗拉强度 R_m MPa	断裂位置
min	min	Max	min	min	
245	415	0.9	按 GB/T 9711-2017	415	报告

9.3 夏比冲击韧性

夏比冲击试验温度选取原则如下:

- 弯管应在 -10°C 下进行夏比冲击韧性试验;
- 冲击吸收能量应满足表 4 的要求。

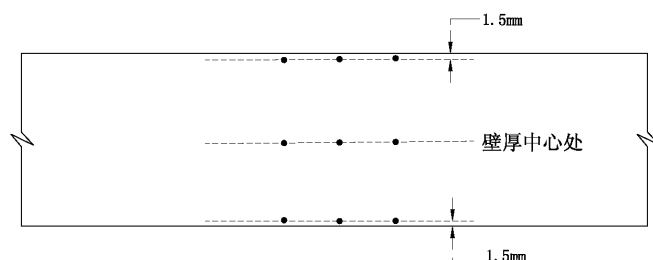
表 4 夏比冲击韧性要求

试样位置	夏比冲击试样断口剪切面积 SA%		夏比冲击功 (10mm×10mm×55mm 试样) J	
	单个试样最小值	三个试样平均值	单个试样最小值	三个试样最小平均值
弯管管体	提供数据供参考	提供数据供参考	40	50

9.4 硬度

9.4.1 管体硬度

弯管直管段及弯曲段 (包括内弧侧、外弧侧、壁厚基本不变中性区) 管体, 以及弯曲段与两侧直管段过渡区外弧侧管体横截面上靠近内外表面 (1.5 mm) 及壁厚中心处各 3 点 (见图 3)) 的维氏硬度值应不大于 240HV10。



 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 9 页 共 22 页

图 3 管体维氏硬度横截面位置

9.4.2 表面硬度

9.4.2.1 弯管弯曲段（包括内弧侧、外弧侧）在制备力学性能试样前利用便携式里氏硬度计或等效的其它硬度计（应提供文件经购方确认）进行宏观硬度试验，三个区的宏观硬度试验平均值作为 9.4.3.2 生产硬度试验的参照值。

9.4.2.2 生产中每热处理炉不低于 20%比例的弯管，至少沿内弧侧、外弧侧利用便携式里氏硬度计进行宏观硬度试验。三个区的宏观硬度平均值与 9.4.3.1 对应区测定的硬度平均值的波动不大于 15%，并且弯管管体任何部分最大硬度值均不超过 9.4.1 的硬度规定要求。

9.5 金相组织及晶粒度检查

9.5.1 弯管的直管段显微组织检验按 GB/T 13298 进行，晶粒度评定按 ASTM E112（或 GB/T 6394）或购方与制造商商定的其它方法进行，夹杂物级别按 ASTM E45 方法 A（或 GB/T 10561 方法 A）进行检验，或按购方与制造商协商的其它方法进行。

9.5.2 显微组织检验应在首批检验及首批出证试验、生产过程控制试验以及必要时进行，晶粒度、夹杂物检验应每 1 检验批进行 1 次。特殊情况下，由购方与制造商双方协商确定。

10 尺寸、几何形状和允许偏差

10.1 直径

弯管直管段用周长法测量的外径允许偏差+2mm~-1 mm。

10.2 外弧侧壁厚减薄率

10.2.1 外弧侧壁厚减薄率计算公式见式（1）。

$$T_r = \frac{t - t_{1\min}}{t} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

T_r ——减薄率；

$t_{1\min}$ ——弯管外弧实测最小壁厚，单位为毫米（mm）；

t ——弯管直管段名义壁厚，单位为毫米（mm）。

10.2.2 弯管壁厚最大减薄率应不大于 9%，且弯管最小壁厚不低于所连接的干线管的名义壁厚。

10.3 不圆度

10.3.1 不圆度如图 5 所示，在同一截面应至少测量 3 处，并按式（2）计算。

$$O_r = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 10 页 共 22 页

式中:

O_r ——不圆度;

$D_{\max}$ ——弯管横截面上的最大外径, 单位为毫米 (mm);

$D_{\min}$ ——弯管横截面上的最小外径, 单位为毫米 (mm);

D ——弯管的名义外径, 单位为毫米 (mm)。

10.3.2 弯管直管段距管端 100 mm 范围内, 不圆度应不大于 0.8%D。

10.3.3 弯管弯曲段的不圆度应不大于 2.5%D。

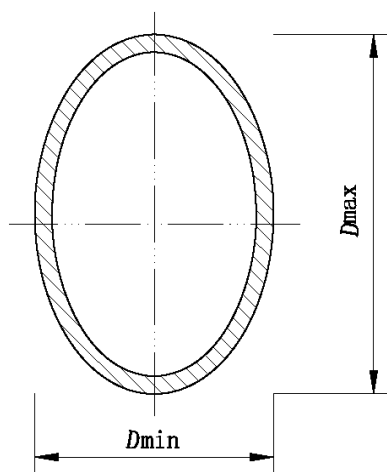


图 5 弯管横截面不圆度

10.4 弯曲角度与曲率半径

弯管弯曲角度偏差应不超过 $\pm 1^\circ$; 弯管曲率半径的极限偏差为 ± 30 mm。

10.5 弯管平面度

弯管平面度 Δa 如图 6 所示, Δa 应小于 10 mm。

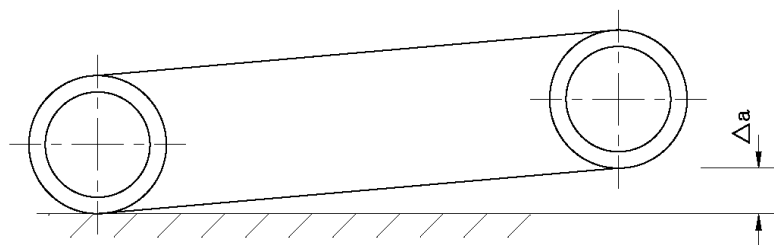


图 6 弯管平面度

10.6 弯管管端垂直度

弯管管端垂直度的检测如图 7 所示, 弯管管端的垂直度应不大于 2.5 mm。

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 11 页 共 22 页

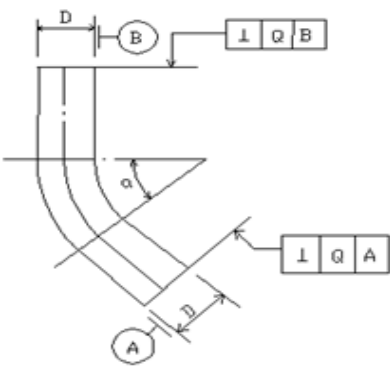


图 7 弯管管端面垂直度

10.7 弯管管端平面度

弯管管端平面度如图 8，弯管管端的平面度应不大于 1.5 mm。

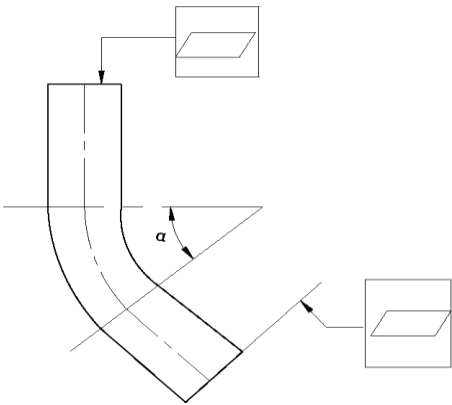
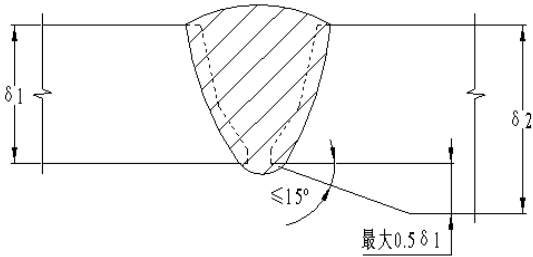


图 8 弯管管端面平面度

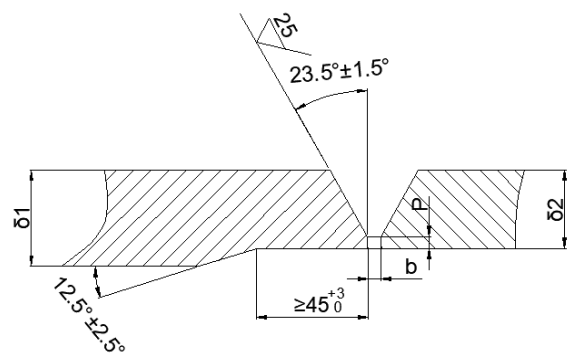
10.8 管端加工

10.8.1 管端坡口应与其所连接的干线管坡口一致；当设计图和订货合同未明确要求管端坡口时，管端坡口应符合图 9 规定，推荐使用孔锥形坡口。



a) 传统内坡口

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 12 页 共 22 页



b) 孔锥形坡口

图 9 弯管管端坡口

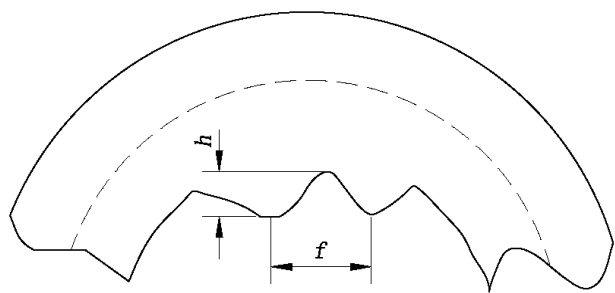
11 工艺质量和缺陷修整

11.1 表面质量

11.1.1 弯管表面不应有裂纹、过热、过烧、硬点等现象存在。

11.1.2 弯管内外表面应光滑，无有损强度及外观的缺欠，如结疤、划痕、重皮等缺欠。检查发现的缺欠应修磨，修磨处应圆滑过渡。修磨后应对修磨部位采用渗透或磁粉方法进行探伤，确认缺欠已完全消除。并采用超声方法对修磨部位进行测厚，最小剩余壁厚应不小于弯管直管段名义厚度的90%。

11.1.3 弯管表面不应有明显折皱。内弧侧起皱高度 h 应不大于 1.3 mm，并且起皱波浪间距与起皱高度之比应大于 150，如图 10。



说明：
 f ——起皱波浪间距
 h ——起皱高度

图 10 弯管波浪

11.2 凹痕

弯管管体上深度超过 3.15 mm 的摔坑是不可接受的缺陷，不应采用锤击方法修理凹痕。

11.3 支撑物

如果需要使用支撑物，则不应将支撑物直接与管体焊接。

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 13 页 共 22 页

11.4 缺陷的修补

11.4.1 管体表面上的尖锐缺口、凿痕和其它能引起较大应力集中的划痕应修磨光滑，其剩余壁厚不应小于 11.1.2 的规定。平滑、孤立的圆底痕不必修磨。

11.4.2 弯管上的任何裂纹、过烧、过热或硬点不应修补。

11.4.3 弯管管体缺陷不应焊接修补。

12 检验和试验

12.1 总则

弯管力学性能试验和金相检验样件可采用弯曲段长度不小于 1000mm、直管段长度 500mm 的弯管，其原材料、曲率半径、壁厚、感应加热弯制工艺和弯后回火热处理工艺应与所代表的一批弯管相同。

12.2 弯管检验频率

同一批母管材料，同一制造工艺生产的同曲率半径、同壁厚弯管方可组成一个检验批次，样本数量不多于 100 根。煨制后回火热处理时，允许弯曲角度不同的同一批次、同热处理工艺参数的弯管分批装炉或分炉热处理，试验和检验用样件应编入检验批内，并按照 9.1~9.6 规定进行检验。

12.3 力学性能检验

12.3.1 如果使用热切割的方法取样，在试样加工的时候，应完全去除因热切割对材料所产生的热影响区域。

12.3.2 拉伸试验、夏比冲击试验、硬度试验和金相检验的取样位置见表 2。

12.3.3 管体和焊接接头的拉伸试样可加工成矩形试样或圆柱形试样，推荐采用矩形试样。拉伸试验按 ASTM A370 的规定进行。

12.3.4 拉伸试验若采用圆柱形试样时，其中心线应位于壁厚中心，试样加工时不应展平。板状拉伸试样不应热压平。

12.3.5 夏比冲击用试块从弯管样管规定位置切割后不应展平。每个规定位置的夏比冲击试验应取一组 3 个全尺寸试样，整体加热弯管直管段、弯曲段试样中心线应位于样件壁厚中心，缺口取向应垂直材料表面。

12.3.6 弯管过渡区管体纵向夏比冲击试样中心线应位于样件壁厚中心，且缺口中心线通过弯曲起始线或终了线（可采用浸蚀确定）垂直于材料表面。

12.3.7 夏比冲击试验应符合 ASTM A370 的规定。

12.3.8 从弯管样件规定位置取横截面试样，经抛光和/或浸蚀后（浸蚀仅对焊缝试样）按图 3a）、图 3b）规定位置，按照 ASTM A370 规定进行维氏 10 kg 载荷硬度检验。

12.3.9 生产中抽检的弯管采用便携式硬度计在规定部位进行宏观硬度检查，每个位置取 3~5 个等

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号：XAOGE2021006
		文件号： YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 14 页 共 22 页

间距硬度点的读数为平均值。

12.3.10 如果代表一批弯管的弯管样件所有试验均符合 9.1~9.6 的规定，则该批弯管合格。否则，应进行复检。弯管可选取下列 3 种方式进行复检：

- a) 若被检弯管残样尺寸能够满足本标准规定取样要求，可仅对不合格项加倍取样进行复检；
- b) 从同组批弯管中任抽取 1 件，对标准规定的全部检测项目加倍取样进行复检；
- c) 若采取上述任何一种方法复检仍不合格，允许对该批弯管重新进行一次回火热处理，并加倍取样（若被检弯管残样尺寸能够满足本标准规定取样要求，可从其上取样。否则应从同组批重新热处理后的弯管中任抽取 1 件弯管，进行取样），进行标准所规定的全部项目的检验。

12.3.11 重新回火热处理仅允许进行一次。回火工艺可采用弯管或该批弯管用的母管进行模拟热处理试验评定。

12.3.12 对采用重新热处理方式复检合格的，需对同一批剩余的弯管按照相同的热处理工艺也进行一次相同的热处理。

12.3.13 若全部复检样的试验结果均满足标准要求，则该批弯管合格。

12.4 几何尺寸检测

应使用适当的方法验证弯管对 10.1~11.1.3 规定的弯管的尺寸和几何形状的符合性。除订货合同规定专用方法外，由制造商决定选择所采用的方法，可使用卷尺、环规、卡规、卡尺、超声测量仪等测量仪器，对弯管直径、壁厚、弯曲半径、不圆度、壁厚减薄率、起皱高度及管端尺寸等进行测量。

12.5 购方检验

12.5.1 制造商应提供检查工艺和检查人员的资格，以及提交按 GB/T 19001 要求制定的有关文件供审查使用。

12.5.2 购方将指定检查人员进入工厂，作为生产期间有关检查和验收等事务的代表。

12.5.3 购方的代表认为有必要时将进行审核检查，检查质量管理体系、MPS 文件以及生产过程等环节是否满足本技术规格书要求。

12.5.4 制造商应允许购方的人员或其代表审查在生产弯管期间作为生产控制所作的所有试验的报告和试样。

12.5.5 如果弯管内外表面沾有油污，产生明显的锈蚀和腐蚀物，则购方有权拒收。

12.5.6 购方授权的检查代表有权拒收不符合本技术条件的任何弯管。

12.6 无损检测

弯管无损检测按附录 C 要求进行。

12.7 试验与检验要求

试验与检验要求见表 5。

表 5 试验与检验要求

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号：XAOGE2021006
		文件号： YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 15 页 共 22 页

试验与检验项目		试验频率	试样数	要求章节
拉伸	管体	每批进行一次	1（每个规定位置）	9.2
			1（每个规定位置）	9.2
夏比冲击	管体	每批进行一次	3（每个规定位置）	9.3
			3（每个规定位置）	9.3
			3（每个规定位置）	9.3
维氏硬度	管体	每批进行一次	1（每个规定位置）	9.4
			1（每个规定位置）	9.4
导向弯曲	面弯	每批进行一次	1（每个规定位置）	9.5
	背弯		1（每个规定位置）	9.5
金相检验	管体显微组织	每批进行一次	1（每个规定位置）	9.6.1
			1（每个规定位置）	9.6.1
	管体晶粒度、夹杂物		1（每个规定位置）	9.6.2
			1（每个规定位置）	9.6.2
几何尺寸、形状		每根		10
工艺质量和缺陷修整		每根		11
超声波检测	分层检查	每根		附录 C
	裂纹类检查	每根		
磁粉或液体渗透检查		每根		附录 C
首批检验				附录 B

13 标志

13.1 弯管每个管端应标志以下信息：

- 制造商的特种设备许可证编号；
- 制造商名称或商标；
- 本部分标准号；
- 名义直径；
- 名义壁厚；
- 感应加热弯管的标识应采用“IB ×××-PSL2”，其中：
 - “IB”表示感应加热弯管；
 - “×××”表示规定的最小屈服强度，单位为兆帕（MPa）；
 - “PSL2”表示适用于在非酸性条件下服役，该产品的规范等级为 2 级。
- 弯曲角度；
- 弯曲半径；
- 订单号；
- 熔炼批号和制造商熔炼批认证书；
- 弯管编号；
- 订单中指定的任何附加标志。

13.2 标志应用不退色油漆写（或喷涂）在弯管内表面或购方指定的位置。

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号：XAOGE2021006
		文件号： YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 16 页 共 22 页

13.3 标志应使用大写黑体字，最小高度为 19 mm（0.748 in）。

14 涂层和保护层

弯管应以无涂层（光管）方式交货，若购方有要求时，弯管可以涂有规定的保护层。

15 质量证明书

证明书应由制造商授权的代理人签名，并在装货发运之前提交给购方。质量证明书副本数量由购方和制造商在签订订货合同时协商决定。质量证明书应至少包括如下内容：

- a) 制造商的特种设备许可证编号；
- b) 合同号；
- c) 制造标准编号；
- d) 弯管编号、原材料的管号、炉号和热处理批号；
- e) 原材料的化学成分；
- f) 几何尺寸检测结果；
- g) 力学性能试验结果及试验报告编号；
- h) 无损检测（UT、PT 或 MT）报告。

16 弯管装运

16.1 搬运

在车间和发货场的搬运应采用尼龙吊带或带有软金属（不允许用铜及其合金）的吊钩。制造商应向购方提交书面的搬运方法供购方认可。

16.2 存放

成品弯管的存放应能防止变形、破坏和腐蚀。制造商应向购方提交书面的存放方法供购方认可。

16.3 装运

制造商应在装运之前提交完整的装运方法说明供认可之用。装运至少应符合铁路运输、公路运输或海运的要求。所提出的方法应包括必要的计算方法并表示出堆放布置图、承重带位置、垫块和系紧带等。

16.4 堆放

制造商应提交准备采用的堆放和固定弯管的方法及其图纸供购方认可。

16.5 坡口保护

弯管在存放、装卸和运输时应注意操作，以避免损坏。弯管坡口应用管帽保护，运输途中不得脱落。

16.6 隔离

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号：XAOGE2021006
		文件号： YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 17 页 共 22 页

在相邻弯管之间不应有金属与金属的接触。对于所有弯管，在弯管与系紧链之间或弯管与隔板之间不应有直接的硬接触。

16.7 清理

卡车或拖车在装运弯管之前应予以清理。

附 录 A
(规范性附录)
制造工艺

A.1 总则

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 18 页 共 22 页

制造商应根据订货合同的弯管基本参数、弯管用钢管原材料及本标准制订详细的制造工艺，进行制造工艺评定，制造工艺一经确定，制造厂商必须制订相应的工艺保证措施，以保证在整个制造期间工艺不变，制造工艺及保证措施应报告购方。弯管基本参数（除弯曲角度和直管段长度外）、钢管原材料、制造工艺改变时，均应进行工艺评定。

A.2 弯制工艺

A.2.1 制造商应向购方报告下列基本弯制工艺参数以及弯制工艺制度：

- a) 弯制加热温度，单位为摄氏度（℃）；
- b) 推进速度，单位为毫米每分钟（mm/min）；
- c) 加热带宽度，单位为毫米（mm）；
- d) 冷却水压，单位为兆帕（MPa）；
- e) 冷却水的上限温度，单位为摄氏度（℃）。

A.2.2 制造商不仅应严格控制弯制时热输入功率，而且要制订出用有效的温度计检测温度的周期、方法，以控制加热温度在规定范围内，检测温度计应具有适当的精度，可采用红外测温计、光学高温计。

A.2.3 弯制时推进速度、冷却介质用量与冷却后介质温度的匹配控制措施。

A.3 弯后回火热处理工艺制度

A.3.1 制造商应报告下列基本回火热处理参数：

- a) 加热温度及温度控制范围，单位为摄氏度（℃）；
- b) 保温时间，单位为小时（h）。

A.3.2 可采用均热区温度控制在 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ 范围内的连续炉或分批装料热处理炉进行热处理。炉子的记录仪器系统应能记录各区温度的加热曲线。弯曲曲率半径（R）和/或壁厚（t）不同的每一种规格的弯管，应对感应加热弯制工艺和弯后回火热处理工艺进行工艺评定，工艺评定试验应按照附录B的规定进行。购方应能得到制造商工艺评定结果。

A.3.3 分批装料布置图及每次装料情况。

A.3.4 合理布置测温点，记录热电偶数量、布置位置及每炉弯管的温度测量结果。

附 录 B (规范性附录) 首批检验

B.1 总则

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 19 页 共 22 页

B.1.1 首批检验应在购方代表或购方委托的监督人员在场的情况下进行。首批检验弯管应由购方代表或购方委托的监督人员在首次生产的成品弯管或12.1的弯管样件中抽取。

B.1.2 若首次检验的结果不符合要求,则另取弯管或样件进行复验,若复验仍不合格,制造商可以选择改进工艺,重新生产一批或者调整弯后回火热处理工艺参数重新热处理一次,再按9.1~9.6及12.3~12.4规定进行检验,直到达到本标准要求,方可正式生产。

B.1.3 若在签订合同前3年内,制造商有可核实的同强度级别、同管径、壁厚向下覆盖不大于6 mm、相同或更小弯曲曲率半径的管道建设工程用感应加热弯管产品的供货业绩和完善的首批检验文件资料证明,经购方确认后,可不再重复进行首批检验。其中静水压爆破试验在签订合同前3年内,制造商有可核实的同强度级别、同管径、壁厚向下覆盖不大于6 mm、相同或更小弯曲曲率半径的管道建设工程用感应加热弯管产品的供货业绩和完善的首批检验文件资料证明,经购方确认后,可不再重复进行爆破试验。

B.2 首批检验要求

B.2.1 抽样

从同一制造工艺首次生产的弯管或样管中抽取 5 根弯管或样管进行 B.2.2 g) ~B.2.2 i) 项目检验,其中随机抽一根按 B.2.2 a) ~B.2.2 f) 项目检验,再在剩余 4 根中抽 1 根进行 B.2.2 j) 项目试验。

B.2.2 检验项目

检验项目包括:

- a) 化学分析;
- b) 拉伸试验;
- c) 焊缝导向弯曲;
- d) 夏比冲击;
- e) 弯曲段管体外弧侧夏比冲击韧脆转变曲线,转变曲线至少应包含下列温度的试验点:20℃、0℃、-10℃、-20℃、-40℃、-60℃。
- f) 维氏硬度;
- g) 弯管表面硬度检验;
- h) 外观质量及尺寸;
- i) 无损检测;
- j) 静水压爆破试验。

B.2.3 试验要求

B.2.3.1 B.2.2 a) ~B.2.2 i) 试验结果应符合 7.1、9.1~9.6、10.1~10.8、11.1~11.4 及 12.1~12.4 的规定。

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号：XAOGE2021006
		文件号： YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 20 页 共 22 页

B. 2. 3. 2 B.2.2 j) 试验应记录爆破压力及爆破位置，爆破压力应不低于与其连接的干管线管理论计算压力。

B. 2. 4 首批检验报告

首批试验结果合格后应编制首批检验报告，内容应至少包括上述所有试验与检验的结果。

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 21 页 共 22 页

附 录 C (规范性附录) 弯管无损检测

C.1 无损检测人员资质要求

C.1.1 无损检测人员应经购方认可的专业无损检测人员资格鉴定考核机构按照ISO 9712、ISO 11484、ASNT SNT-TC-1A推荐作法或类似标准要求培训考核且资格鉴定合格，取得相应等级资格证书后，方可上岗检测操作。鉴定合格的检测人员如未从事该项无损检测工作超过12个月，则应按上述方法对其重新鉴定。购方有权审查和验明有关操作人员的资质证书。

C.1.2 所有无损检测工作都要在Ⅲ级人员负责的情况下进行，无损检测结果评定要由具有Ⅱ级及以上资格人员完成，具有Ⅰ级资格的人员可以在Ⅱ级及以上人员的监督下进行无损检测作业

C.2 检测的标准做法

按照 GB/T 9711-2017 标准相关方法进行。

C.3 检测方法

C.3.1 总则

C.3.1.1 焊缝检测

热处理后应对每根弯管的焊缝全长进行超声波探伤检测，检测方法及验收判据按 C.4 规定执行。

C.3.1.2 管体检测

每根弯管的整个管体应在回火热处理后采用手动超声波检测方法和磁粉检测方法检测弯管裂纹型缺陷。超声检测方法 & 验收判据按 C.4 规定执行，磁粉检测方法 & 验收判据按 C.5 规定执行，

C.3.1.3 管端检测

每件弯管的直管端距管端 100 mm 长度范围内，应进行分层超声波检测，分层验收极限按母管技术条件验收极限规定执行。

弯管坡口面应采用磁粉或液体渗透检测方法进行分层检测，渗透检测见 C.6 规定，不应有任何尺寸的分层缺陷存在。

当采用孔锥型坡口时，应对内镗孔进行超声波测厚，其壁厚不得小于所连接直管段最小允许壁厚。

C.3.1.4 修磨处检测

弯管修磨处应进行磁粉检测或液体渗透检测，不应有任何尺寸的缺陷存在。

C.3.1.5 检测准备

 中国石油天然气管道工程有限公司 China Petroleum Pipeline Engineering Corporation	技术规格书	项目号: XAOGE2021006
		文件号: YA01S04-PL001-B31#EPL-SP-0201
		第 22 页 共 22 页

每根弯管无损检测前,应采用喷砂或打磨的方法去除弯管表面的氧化皮及其污物,并保证表面粗糙度可满足超声、磁粉和渗透检测的要求。

C.3.1.6 检测工艺及方法

在生产之前应将所有无损检测方法 & 检测工艺用书面提交给购方。

C.3.1.7 检测报告

所有无损检测结果应有正规报告并作为正式检验文件报告购方。

C.4 超声波检测

C.4.1 设备

C.4.1.1 应选用手动超声波探伤设备,设备应能连续不断的在弯管表面检测整个弯管,设备显示缺陷应有足够的灵敏度。应使用对比标样对设备的灵敏度进行校准,至少每班(8h)的开始、中间和下班前进行校验。

C.4.1.2 超声检测设备应完好,制造商应提交仪器校准规范,提交确定缺陷位置、大小的方法。

C.4.1.3 超声波标定方法应提交包括对比标样和标定方法的详细说明,供购方认可。

C.4.2 超声波检测对比标样

C.4.2.1 对比标样应取自与被检弯管具有相同弯管工艺、相同外径、曲率半径、相同壁厚的弯管试件。

C.4.2.2 对比标样的长度由制造厂视方便而定。

C.4.2.3 对比标样应具有垂直壁厚方向的1.6mm直径竖通孔和内外表面的N5刻槽。钻孔或刻槽是供校准设备用的,不能理解为设备能检测的最小缺陷尺寸。

C.4.3 验收极限

弯管超声检测中,若缺欠产生的信号大于或等于对比标样1.6mm直径的竖通孔产生回波高度的100%,则认为是缺陷,该缺陷允许修磨。

C.5 磁粉探伤检测

磁粉检测按GB/T 9711-2017规定的方法进行,选用2号灵敏度标样,检测结果I级合格,超标缺陷允许修磨。

C.6 渗透检测

渗透检测按GB/T 9711-2017规定的方法进行,管体裂纹型缺陷和管端面分层缺陷不应存在。