ICS 75.180；77.140.75
E 98；H 48
备案号：14027—2004

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 5257—2004
代替 SY/T 5257—91

油气输送用钢制弯管

Steel bend for oil and gas transmission

2004－07－03 发布　　2004－11－01 实施

国家发展和改革委员会　　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　符号 …… 3
5　弯管设计计算 …… 4
6　由购方提供的信息 …… 4
7　制造 …… 5
8　试验和检验 …… 8
9　检测文件 …… 21
10　标志 …… 21
11　弯管的运输、储存及防护 …… 22

前　言

本标准非等效采用国际标准 ISO 15590.1：2001《石油天然气工业　用于管道输送系统的感应弯管管件及法兰　第 1 部分：感应弯管》。

本标准代替 SY/T 5257—91《钢制弯管》。

本标准与 SY/T 5257—91 相比，主要变化如下：

——对标准名称、适用范围、规范性引用文件、符号、检验、标志、弯管装运等进行了修订；

——增加了弯管等级、术语和定义、弯管设计计算、由购方提供的信息、制造及制造工艺规范（MPS）、静水压试验、检测文件等内容。

本标准由石油管材专业标准化委员会提出并归口。

本标准主要起草单位：中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司（原四川石油勘察设计研究院）。

本标准参加起草单位：中国石油天然气集团公司管材研究所、四川石油天然气建设工程有限责任公司容器厂、中油气管道局机械厂。

本标准主要起草人：张有渝、李平全、黄敏、刘清文、张文生、常增顺。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——SY/T 5257—91。

油气输送用钢制弯管

1 范围

本标准规定了石油天然气管道输送系统中用碳钢及低合金钢无缝钢管和焊接钢管以感应加热弯制工艺制作的弯管交货技术条件。

本标准根据 GB/T 9711 系列标准，在表 1 中规定了三个等级的钢制感应加热弯管，其母管符合 GB/T 9711 钢管交货技术条件基本的质量要求和增加的其他质量要求。

对母管符合除 GB/T 9711 以外的其他钢管标准时，其质量要求和分级方法经协商一致，但必须保证等承载能力。

表 1 钢制感应加热弯管等级和相关钢管标准

钢制弯管等级	相关钢管标准
A 级	GB/T 9711.1
B 级	GB/T 9711.2
C 级	GB/T 9711.3

2 规范性引用文件

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

GB/T 228 金属材料 室温拉伸试验方法

GB/T 229 金属夏比缺口冲击试验方法

GB/T 232 金属材料 弯曲试验方法

GB/T 246 金属管 压扁试验方法

GB/T 2358 金属材料裂纹尖端张开位移试验方法

GB/T 2975 钢及钢产品 力学性能试验取样位置及试样制备

GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验

GB/T 4340.1 金属维氏硬度试验 第 1 部分：试验方法

GB/T 8363 铁素体钢落锤撕裂试验方法

GB/T 8923 涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级

GB/T 9445 无损检测人员资格鉴定与认证

GB/T 9711.1 石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第 1 部分：A 级钢管

GB/T 9711.2 石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第 2 部分：B 级钢管

GB/T 9711.3 石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第 3 部分：C 级钢管

GB/T 11344 接触式超声波脉冲回波法测厚

GB/T 17600.1 钢的伸长率换算 第 1 部分：碳素钢和低合金钢

GB/T 18253 钢及钢产品 检验文件的类型

GB 50251 输气管道工程设计规范

GB 50253 输油管道工程设计规范
SY/T 0443 常压钢制焊接储罐及管道渗透检测技术标准
SY/T 0444 常压钢制焊接储罐及管道磁粉检测技术标准
SY/T 6423.5 石油天然气工业 承压钢管无损检测方法 焊接钢管制造用钢带/钢板分层缺欠的超声波检测
SY/T 6423.6 石油天然气工业 承压钢管无损检测方法 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管分层缺欠的超声波检测
SY/T 6423.7 石油天然气工业 承压钢管无损检测方法 无缝和焊接钢管管端分层缺欠的超声波检测
YB/T 5148 金属平均晶粒度测定法
ISO 13664 承压用无缝和焊接钢管 管端分层缺欠检测用磁粉检验
API Spec 5L:2000 管线钢管
ASTM E340 金属及合金宏观浸蚀的标准试验方法
NACE TM0177:1996 标准试验方法 H_2S 环境中金属材料抗特定环境致裂的实验室试验
NACE TM0284:1996 标准试验方法 管道及压力容器用钢抗氢致开裂(HIC)的评价

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

弯管 bend

用以在管道中改变介质流动方向，且弯曲半径不小于其母管外径 5 倍的两端带直段的圆弧形管件。

3.2

弧面 arc

弯管的弯曲部分。

3.3

弯曲角 bend angle

整个弯管的方向变化部分所形成的平面角。

3.4

弯曲半径 bend radius

从弯管的弯曲中心到其中心轴线的距离。

3.5

外弧侧 extrados

弯管的外侧弯曲部分。

3.6

内弧侧 intrados

弯管的内侧弯曲部分。

3.7

中性面 neutral face

母管弯制过程中弯管弧面上壁厚不变而形状改变的截面（为曲面）。

3.8

母管 mother pipe

用于制作弯管的直管。

3.9

直段　tangent

弯管两端的直管段。

3.10

感应加热弯制　induction bending

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，使其持续弯曲的工艺。

3.11

制造工艺规范（MPS）　manufacturing procedure specification

规定母管材质性能、弯制工艺、弯后热处理设备和工艺、无损检测、管端坡口型式及尺寸等内容的技术文件，包括检测及评定结果。

3.12

过渡区　transition zone

位于弯管起弯点或终弯点附近的一段区域，该区域包含从未加热母管的末端延伸至已加热至弯制温度始端的那部分管段。

3.13

壁厚减薄率　wall thinning rate

母管实际壁厚最小值和弯管外弧侧壁厚最小值之差与母管实际壁厚最小值比值的百分率。

3.14

购方　purchaser

按合同采购弯管的工程建设方或其代表。

3.15

制造商　manufacturer

按合同生产提供弯管的制造厂或公司或其代表，包括其设备。

3.16

协商一致　by agreement

制造商与购方意见一致。

3.17

试制弯管　test bend

为编制报购方书面认可的 MPS 提供弯制参数而生产的弯管。

3.18

生产弯管　production bend

按照购方书面认可的 MPS 进行生产的弯管。

4　符号

A——延伸率，%；

D——外径，mm；

DN——公称直径，mm；

f——弯管波浪间距，mm；

h——弯管波浪度，mm；

L——弯管直段长度，m；

Q——弯管端面垂直度，mm；

R——弯管的弯曲半径，mm；

R_m——抗拉强度，MPa；

$R_{t0.5}$——总伸长 0.5%的屈服极限，MPa；

r——母管外半径，mm；

S_0——拉伸试件标距长度内的初始横截面积，mm^2；

T_{dmin}——购方规定的最低设计温度，℃；

t——母管公称壁厚，mm；

t_1——母管实际壁厚最小值，mm；

t_H——弯管外弧侧壁厚最小值，mm；

t_i——弯管内弧侧壁厚最小值，mm；

t_{min}——根据 GB 50251 或 GB 50253 计算的弯管直段计算壁厚，mm；

U——弯管端面平面度，mm；

α——弯曲角，(°)；

Δa——弯管平面度，mm。

5 弯管设计计算

5.1 荷载

弯管应依据其内部介质压力和温度进行设计，此外设计者还应依据 GB 50251 或 GB 50253 规定考虑其他的静态和动态荷载，以及其所在管线的压力试验条件。

5.2 判别标准

弯管内由其内部介质压力引起的环向应力应不大于按照 GB 50251 或 GB 50253 允许的弯管直段环向应力，该要求应通过计算或满足 5.3 规定而使之符合。

5.3 弯管壁厚

5.3.1 外弧侧壁厚最小值 t_H：

$$t_H \geqslant t_{min}$$

5.3.2 内弧侧壁厚最小值 t_i：

$$t_i \geqslant t_{min}\frac{2R-r}{2(R-r)}$$

5.4 例外

对于不按 GB 50251 和 GB 50253 设计的管线，其弯管外弧侧壁厚最小值 t_H 允许小于 t_{min}，但应保证弯管的承载能力不低于与之相连接的管道的承载能力。

6 由购方提供的信息

6.1 基本信息

基本信息是购方要求制造商执行本标准的条件下，应由购方在订单中提供的信息，包括但不限于：

a) 弯管名称。

b) 弯管数量。

c) 由购方或制造商提供母管。

d) 弯管材质。

e) 所购弯管的尺寸，至少应包括：

1) 公称直径 DN。

2) 外径 D。

3) 最小壁厚 t_{min}。

4) 弯曲半径 R。

5) 弯曲角 α。

6）直段长度 L。

f）弯管端部坡口尺寸（含内削边尺寸）。

6.2 补充信息

可能条件下，应由购方提供以下补充信息，包括但不限于：

a）最低设计温度。

b）最高设计温度。

c）设计压力。

d）最大壁厚。

e）最低设计温度下的力学性能指标。

f）特殊尺寸要求。

g）补充检验要求。

h）弯制后是否需热处理。

i）管道设计标准或设计系数（若不符合 GB 50251 或 GB 50253 时）。

j）管道操作条件（包括输送介质、压力、温度等）。

k）弯管表面要求。

l）验证、爆破或水压试验要求。

m）由购方目视和批准的停检点。

n）涂层或涂漆要求。

o）不同于本标准要求的标记要求。

p）包装及装运要求。

q）第三方检验机构。

r）检测文件格式及附加要求。

s）检测方文件类型符合 GB/T 18253 的标准化名称。

6.3 母管信息

如果母管由购方提供，应由购方向制造商提供母管的以下信息，包括但不限于：

a）采购技术说明或要求。

b）公称直径及外径。

c）公称壁厚或最小壁厚。

d）母管长度。

e）制造商名称。

f）含有完整的化学成分、力学性能、硬度、无损检测结果、几何尺寸偏差、热处理状态、金相分析、晶粒度和水压试验的质量证书/检验报告。

7 制造

7.1 MPS 及评定

制造商在合同正式签订以后，正式批量生产之前，应按 7.2.1 制定弯管 MPS 并按 7.2.3 评定。对已生产过的钢号和规格的弯管，制造商可以向业主提供已有的 MPS 及评定结果，供业主认可。

7.2 MPS 制定、内容、评定、执行及修改

7.2.1 MPS 制定程序包括：

a）制定弯管初步 MPS。

b）按初步 MPS 试制弯管。

c）进行设计验证试验（即压力爆破试验）。

d）根据试制报告，修改初步 MPS，形成正式 MPS。

e）制造商应按 7.2.3 评审通过正式 MPS。

f）将 MPS 报购方书面认可。

7.2.2 MPS 至少应包含的内容：

a）母管：

1）制造商名称。

2）钢管名称及钢级。

3）钢管成型工艺。

4）钢管尺寸。

5）化学成分。

6）力学性能。

7）焊接钢管的焊接工艺及焊缝金属的化学成分。

8）焊缝的检测方法及报告。

9）焊缝修补程序及报告。

10）热处理/供货状态。

b）以下两项的试验与检验要求：

1）评定试制弯管。

2）生产弯管。

c）生产弯管的弯制工艺：

1）弯制前母管清理方法及要求。

2）弯管机检查评定。

3）弯制参数允许偏差（见表 2）。

4）弯制过程中温度控制及测定方法。

5）起弯、终弯处直段的加热及冷却。

表 2 弯制参数的允许偏差

参 数 名 称		弯制参数允许偏差
加热方式		不允许改变
母管焊缝焊接工艺规范及焊材		不允许改变
母管公称外径		不允许改变
弯制速度		±2.5mm/min
弯制温度		±25℃
冷却介质流量或压力		±10%
冷却介质种类		不允许改变
冷却介质温度		±15℃
感应圈设计		不允许改变
感应加热频率		±20%
弯制后热处理	方法	不允许改变
	保温时间	+15min
	保温温度	±15℃
	加热及冷却速度	经协商一致

注：允许偏差以 MPS 中所规定的值为基准。

d）弯制后如采用热处理，则应包含：

1）类型。

2）热处理参数值（升温速度、保温温度及时间、冷却速度）。

3）温度控制仪器类型及热电偶布置位置。

e）几何尺寸及圆度校正工艺。

f）购方补充要求（如管端加工、加热最高温度、表面涂层、标志等）。

7.2.3 MPS 评定。

7.2.3.1 试制弯管的母管应是与正式生产弯管同类型、同钢级、同厂家、同炉批（尽可能）、相同订货技术条件的钢管。

7.2.3.2 对试制弯管的检验应包括直段、过渡区和弧面，试制弯管应有足够弧长以提供试件。

7.2.3.3 弯管试制工艺参数应符合表 2 规定。试制弯管数量一般不少于 3 根（含设计验证试验用弯管），弯曲角一般应不小于 30°。

7.2.3.4 试制弯管应按 8.2.1 进行检测并记录。

7.2.3.5 制造商应组织由有资质的工程师及以上人员和高级技师组成评审组，根据试制弯管检测结果对 MPS 进行评定，并向购方提供评定报告。

7.2.4 MPS 的执行及修改：经购方书面认可的 MPS，是制造商在正式生产弯管过程中必须遵守的技术文件，以确保弯管的质量；制造商对 MPS 的任何修改，都应再次取得购方的书面认可。

7.3 母管

7.3.1 母管一般应和与其相焊接的管道直管具有同一钢级、具有相同/相近的化学成分、力学性能和尺寸偏差，且具备再次热加工而基本不改变其物理性能和不出现裂纹等缺陷的能力。

7.3.2 母管可由购方提供，也可由制造商提供。

如果购方提供母管，必要时应向制造商咨询有关母管应具有的化学成分、力学性能和尺寸（包括焊缝焊接和修补要求），以及是否适用于感应加热弯管的制造。

7.3.3 母管应具有钢管制造商质量证明书，无标记、无批号、无质量证明书或质量证明书不全的母管不允许使用。

7.3.4 制造商应对进厂的母管按同一熔炼号、同钢级、同类型、同热处理状态、同规格为一批进行抽检复验，$DN<500$mm 时每批不多于 100 根抽检 1 根；$DN\geq500$mm 时，每批不多于 50 根抽检 1 根，复验项目包括母管焊缝的化学成分，横向拉伸、冲击试验。复验结果应符合母管订货标准的要求。

7.3.5 制作弯管的母管不允许有对接的环焊缝。

7.3.6 母管壁厚必须具有足够的裕量以满足由于感应加热弯制带来的外弧侧壁厚的减薄。

7.3.7 不允许对母管管体进行补焊。

7.3.8 母管内外表面不允许有黄铜、紫铜、铝、锡、铅、锌等低熔点金属污染，对表面的油污杂质在感应加热前应清除干净。

7.3.9 对钢材标准规定屈服强度高于 360MPa 或管径大于 *DN*500mm 的母管，其制造商应提供落锤撕裂试验（DWTT）结果的报告，但不作为母管验收判据。

7.4 弯制

7.4.1 制造商应严格按经购方书面认可的 MPS 组织弯管制造。

7.4.2 用直缝钢管弯制时，其焊缝宜位于弯管中性面附近的外弧侧或内弧侧距中性面 5°～10°范围内。

7.4.3 弯管两端的直段长度宜相等；直段长度应符合下列要求：$DN\leqslant500$mm 的弯管，L 不小于

250mm；DN>500mm 的弯管，L 不小于 500mm。若有特殊要求，经协商一致。

7.4.4 弯制过程中不应有任何中断停留，中断停留将会导致弯管被购方拒收。

7.4.5 在弯制过程中，每根弯管应用连续的编号系统予以标识，每根弯管的内外表面均应能看到弯管编号。

7.4.6 制造商应按表 2 中的参数名称对每根弯管制造的参数值作好记录，以便跟踪检查。

7.5 弯制后的热处理

7.5.1 对 L415 或 X60 及以上钢级和处于酸性环境的弯管应进行热处理，其他钢级或钢号的弯管由制造商与购方商定弯管在弯制后是否需要进行热处理。热处理规范可由制造商确定。

7.5.2 应采用合适的测温仪对热处理温度进行监控并记录，测温仪的类型和放置位置应符合 MPS 的规定。测温仪应按规定进行检定，每次使用前应经有资格的检定人员确认。

7.6 弯制后的整形和定径

7.6.1 弯制后对弯管不应进行再次加热或热定径，但对弯管进行超过管材相变温度的整体热处理除外。

7.6.2 允许对弯管进行冷整形，之后可以不进行热处理。若要求进行热处理，冷整形应在热处理之前进行。永久变形量不应大于冷整形前外径的 1.5%。计算方法如下：

$$\frac{D_a - D_b}{D_b} \times 100\% \leqslant 1.5\%$$

式中：

D_a——冷整形后外径，mm；

D_b——冷整形前外径，mm。

7.7 管端

7.7.1 当设计图对管端坡口有规定时，应符合设计图要求。

7.7.2 弯管坡口应采用机械加工。

7.7.3 当弯管壁厚大于与之相焊接的直管壁厚 2mm 时，应采用内削边形式，内坡角度不大于 15°。

7.7.4 距管端面不小于 100mm 范围内的内、外焊缝余高均应磨削清除，清除后的焊缝余高应为 0mm～0.5mm，且与相邻管体表面光滑过渡。相邻管体表面磨削后的剩余壁厚不得小于规定壁厚的 95%。

8 试验和检验

8.1 总体要求

8.1.1 除第 8 章另有说明外，采用 GB/T 9711 的母管制造的弯管，其检验方法及验收标准应按 GB/T 9711 相应部分的同类型、同钢级的钢管要求进行。

8.1.2 采用 GB/T 9711 以外其他钢管标准的母管制造的弯管，其检验方法及验收标准应符合该钢管标准和本标准的要求，符合本标准的级别应协商一致。

8.1.3 热处理的弯管应在热处理后进行检验。

8.1.4 如果购方要求弯管在管线施工现场组焊后进行热处理，购方应向制造商详细说明现场所采用的焊后热处理工艺，并可要求附加检验，以证实弯管经现场热处理后其力学性能达到要求；试验要求及合格标准应协商一致。

8.1.5 弯管检验可由购方指定有资格的第三方进行。

8.1.6 对检验不合格的项目应进行复验，复验数量、方法应经协商一致。

8.2 试验和检测范围

8.2.1 按 MPS 试制和检测弯管：每个等级的试制弯管均应按表 3 进行试验和检测，并符合其规定的标准。

检验项目和试件取样位置应按表 4 和图 1 规定。

对螺旋缝埋弧焊（SAWH）钢管制弯管的试验和验收标准经协商一致。

8.2.2 生产弯管：每个等级的生产弯管均应按表 3 进行检验，并符合其规定的标准。

8.3 化学成分

8.3.1 每根弯管的化学成分应符合其母管采用的标准要求。

8.3.2 如果弯管的化学成分由购方规定，则应符合购方有关化学成分的技术文件的规定。

注：在某些情况下，GB/T 9711 允许范围内的铝和/或铜含量可能使母管弯曲时脆性增加和出现裂纹。

8.4 弯管物理试验

8.4.1 试件总要求。

8.4.1.1 试件应按 GB/T 2975 制备。

8.4.1.2 如采用热切割法切取试件，则在试件加工中应用机械加工方法将试件的全部热影响区除去。

8.4.1.3 由同一熔炼批母管材料，同一弯制工艺和热处理工艺生产的同一弯曲半径、同一直管段公称壁厚的弯管，DN<500mm 时，每批不多于 100 根抽取一根，DN≥500mm 时每批不多于 50 根抽取一根弯管进行物理试验。

8.4.2 拉伸试验。

8.4.2.1 试件：应采用板状试件，弯管壁厚不小于 20mm 时经协商一致可采用未校平的试件加工制成的棒状试件；焊缝应磨平，局部缺欠和轧屑应除去。

8.4.2.2 试验方法。

8.4.2.2.1 常温下拉伸试验应按 GB/T 228 及 GB/T 17600.1 规定进行。如果设计温度大于 50℃，应按 GB/T 4338 进行附加的高温拉伸试验，合格标准应由双方协商确定。

8.4.2.2.2 应采用取自弯管内、外弧面及直段部分的试件确定 R_m，$R_{t0.5}$和 A。

8.4.2.2.3 应按照标距长度 5.65 $\sqrt{S_0}$确定试件断裂后延伸率，但允许采用其他的标距长度，应根据 GB/T 17600.1 以标距长度 5.65 $\sqrt{S_0}$为参照确定延伸率。

8.4.2.2.4 弯管焊缝横向拉伸试验只要求确定 R_m。

8.4.3 夏比（V 型缺口）冲击试验。

8.4.3.1 试件：夏比（V 型缺口）冲击试件应按 GB/T 229 制备；缺口轴线与弯曲面垂直，经协商一致（见GB/T 9711.3 中 8.2.24）可以采用其他试件。如果管壁厚度允许，应优先采用标准横向试件，其次采用较小尺寸的横向试件；如果横向取样试件的最小厚度不能达到 5mm，依次采用标准纵向试件和厚度不小于 5mm 的纵向试件。

如果弯管尺寸不足以制作最小 5mm 宽度的纵向取样试件，则不要求进行冲击试验。

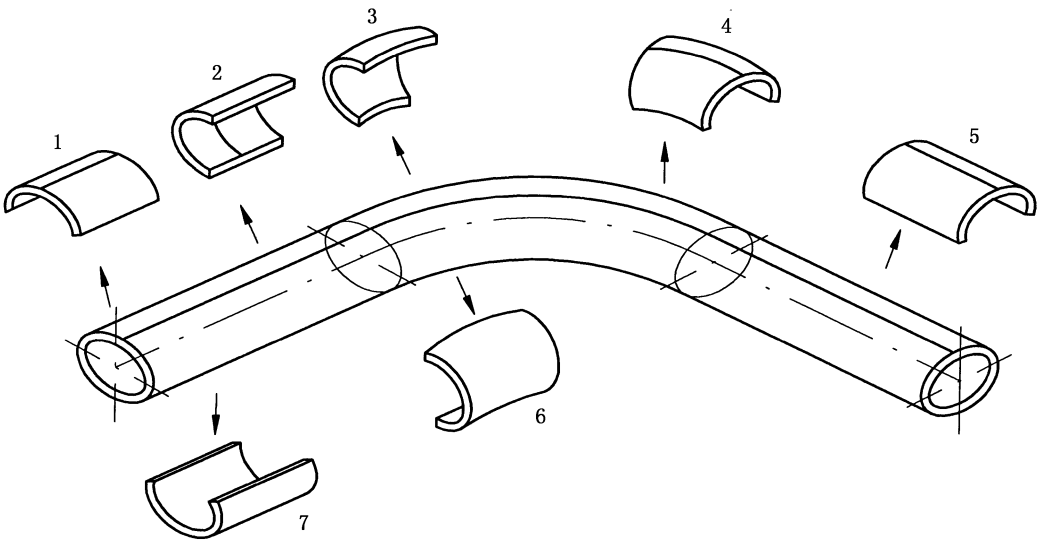
夏比（V 型缺口）试件按图 2 取样。

从壁厚大于 20mm 的埋弧焊接钢管焊缝中切取试件，应与焊缝垂直切取，缺口应按图 2 所示的 4 个位置确定，缺口离熔合线的距离应参照试件中心线确定。

壁厚不大于 20mm 的埋弧焊接和高频焊接钢管焊缝试件中心线应与弯管壁厚中心线一致。

从高频焊接钢管焊缝切取试件，应与焊缝垂直切取；一个试件使缺口位于焊缝中心线，另一个试件使缺口位于离焊缝中心线 2mm 处。采用金相浸蚀法确定的位于焊缝中心线的试件缺口底部与焊缝中心线的偏差应不大于 0.4mm。

每组冲击试验应包括取自同一未经校平材料试件的三个相邻试件。



1—直段焊缝；2—过渡区；3—外弧侧；4—弯曲区焊缝；5—过渡区焊缝；6—内弧侧；7—直段

图 1　试件取样位置

表 3　试验和检测要求汇总表

试　　验		A 级	B 级	C 级	验收
化学分析	化学成分	M	M	M	GB/T 9711
物理试验	拉伸	T	T	T	GB/T 9711
	冲击	M	T	T	8.4.3.3
	全截面厚度的硬度	N	T	T	8.4.4.2
	表面硬度	T 和 P	T 和 P	T 和 P	8.4.5.2
	金相	T	T	T	8.4.6.2
	HIC（氢致开裂）	N	N	O[a]	8.4.7
	SSC（硫化物应力开裂）	N	N	O[a]	8.4.8
	DWTT（落锤撕裂试验）	N	N	O	协商一致
	CTOD（裂纹尖端张开位移）	N	N	O	协商一致
	导向弯曲（焊缝）	M	M	M	GB/T 9711
	压扁	M	M	M	GB/T 9711，GB/T 246
无损检测 NDT	外观检查	T 和 P	T 和 P	T 和 P	GB/T 9711 和 8.5
	焊缝（UT 或 RT）	T	T 和 P	T 和 P	GB/T 9711
	弯管端（分层）	P	P	P	8.6.2
	弯管管体外弧侧（MT 或 PT）	T 和 P	T 和 P	T 和 P	8.6.3
	弯管管体（UT）横向缺陷	N	T 和 O	T 和 P	8.6.4
	弯管管体（UT）分层	N	M	M	8.6.4
	剩磁强度	P	P	P	8.6.5
	修补	P	P	P	GB/T 9711 和 8.6.6

表 3（续）

试　　验		A 级	B 级	C 级	验收
尺寸	壁厚	T 和 P	T 和 P	T 和 P	8.7
	弯管管体外径	P	P	P	8.7
	弯管管端外径	P	P	P	8.7
	弯管管端圆度	P	P	P	8.7
	弯管管体圆度	P	P	P	8.7
	波浪度和波浪间距	P	P	P	8.5.5
	弯曲角度	P	P	P	8.7
	弯曲半径	O	O	O	8.7
	弯管平面度	P	P	P	8.7
	端面垂直度	P	P	P	8.7
	端面平面度	P	P	P	8.7
	端部坡口	协商一致	协商一致	协商一致	协商一致
静水压力试验		协商一致	协商一致	协商一致	协商一致

注：M—如果母管达到合格试验结果，则不应要求感应弯管试验。如果母管未达到合格试验结果，则母管/弯管应进行试验。

N—不要求。

O—经同意可以要求对一根生产弯管进行试验或检测。

P—对每个生产弯管要求。

T—对每个 MPS 考核试验弯管要求。

UT—超声波检测，RT—X 射线检测，MT—磁粉检测，PT—渗透检测。

[a] 只是在酸性环境条件下要求。

表 4　弯管的检验项目和试件位置

取 样 位 置	试　　验
直段管体[a]	横向拉伸 R_m，$R_{t0.5}$，A，$R_{t0.5}/R_m$
	冲击
	全截面的硬度
直段焊缝[a]	横向拉伸 R_m
	冲击
	压扁
	全截面的硬度
	金相检查
	导向弯曲
过渡区管体	外弧侧纵向拉伸[c] R_m，$R_{t0.5}$，A，$R_{t0.5}/R_m$
	冲击[c]
	全截面厚度的硬度
	金相

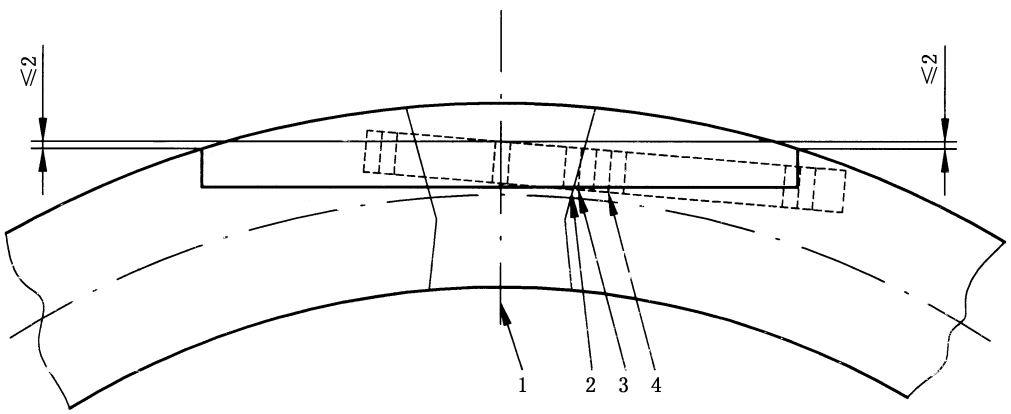
表 4（续）

取 样 位 置	试　　验
过渡区焊缝	横向拉伸 R_m
	冲击
外弧侧管体 内弧侧管体 中性线区	纵、横向拉伸（中性面区仅作横向拉伸）R_m，$R_{t0.5}$，A，$R_{t0.5}/R_m$
	冲击
	全截面的硬度
	金相检查
弧的焊缝[b]	横向拉伸 R_m
	冲击
	全截面的硬度
	金相检查
	导向弯曲

[a] 如果母管试验结果适用，且直段在感应弯制过程中未被加热，则弯制后不需进行试验。

[b] 对于 SAWH 管经协商一致应附加试验。

[c] 这些试验可以在两个过渡区上选定。



1—焊缝中心；2—熔合线；3—熔合线 + 2mm；4—熔合线 + 5mm

图 2　埋弧焊（SAW）钢管焊缝夏比（V 型）缺口试件取样位置

8.4.3.2　试验方法：夏比（V 型缺口）冲击试验应符合 GB/T 229 的补充要求，以确定除焊缝中心试件剪切面积百分比。

冲击试验的温度应按表 5 规定。

表 5　夏比（V 型缺口）试验最高温度

母管公称壁厚 t mm	试验温度，℃		
	A 级	B 级	C 级
$t \leqslant 20$	协商一致	T_{dmin}	$T_{dmin} - 10$
$20 < t \leqslant 25$	协商一致	T_{dmin}	$T_{dmin} - 20$
$t > 25$	协商一致	协商一致	协商一致

8.4.3.3 要求：对于母管公称壁厚不超过 25mm 的弯管，夏比（V 型缺口）冲击试验结果应符合以下要求：

a）对横向试件，每组试验的最小平均吸收功（J）应不小于：$\frac{R_y}{10}$或横向试件 50J 中的较大值。

b）任何一组的单个试件最小吸收功应不低于最小平均吸收功的 80％。

c）对纵向试件，最小平均吸收功和单个试件吸收功最低值应为横向试件规定的相应值的 1.5 倍。

d）三个试件断口剪切面积平均值应大于或等于 50％，每个试件至少呈现 40％剪切面积。

对小尺寸试件，最低吸收功应为试件缺口处截面尺寸按比例缩小。

8.4.4 全截面的硬度试验。

8.4.4.1 试验方法：B 级和 C 级弯管的全截面的硬度试验应按 GB/T 4340.1 的规定进行。硬度压痕位置对 B 级弯管符合 GB/T 9711.2 规定，C 级弯管应符合 GB/T 9711.3 规定。

8.4.4.2 要求：B 级和 C 级弯管硬度值 HV（10）≤300，且必须在母管规定值范围内。

但用于酸性环境下的 C 级弯管（有 CS 标志）硬度值 HV（10）≤250。

8.4.5 表面硬度试验。

8.4.5.1 试验方法：应在内弧侧、外弧侧、中性面及过渡区外弧侧管体的横截面距内、外表面各 1.5mm 和壁厚中心处各取 3 个表面硬度值；在弧和直段焊缝横截面上距内、外表面 1.5mm 的焊缝、热影响区各取 2 个表面硬度值，应符合 GB/T 4340.1 的规定。

对于试制和生产弯管，硬度试验需采用同一型号硬度仪。硬度仪的选定应协商一致。

8.4.5.2 要求：用于确定 MPS 的试制弯管，在各个位置上 3 个硬度读数的平均值，应被用作为生产弯管在同一位置进行硬度试验合格的参考。

生产弯管在每个位置测出 3 个硬度的平均值，其变化不应超过试制弯管于同一位置上所测得等同点 10 个硬度平均值的 ±30HV10。单个硬度值应符合 8.4.4.2 规定。

8.4.6 金相检验。

8.4.6.1 试验方法：对于要进行全截面厚度的硬度试验（见 8.4.4）的试件，在硬度试验前，应在不低于放大 100 倍条件下进行金相检验；试件应按 ASTM E340 制备。

试制弯管，在热处理完成后，应在放大 100 倍或更高的放大倍数（照片上应标明）条件下，对弯管弧、过渡区和直段材料显微组织进行显微照相。显微照相应显示出整个壁厚并包括弯管弧的外弧侧外表面和过渡区。如果显微组织是合适的，应按 YB/T 5148 进行晶粒度测定。

8.4.6.2 要求：显微照相应证明感应弯曲和其后所进行的热处理，已产生出了均一的显微组织；对于用焊制钢管制弯管，母材与焊缝及热影响区显微组织应基本一致。

在试制弯管的弯制工艺评定报告中，应对显微组织的类型及实际晶粒度作出记录。

弯管实际平均晶粒尺寸应为 6 级或更细。

8.4.7 氢致开裂（HIC）试验：除购方合同/技术协议另有规定外，试验方法应符合 NACE TM 0284：1996，合格标准按同一管线用钢管要求，每一熔炼炉批作一个试验，要求更严格时双方协商一致。

8.4.8 硫化物应力开裂（SSC）试验：除购方合同/技术协议另有规定外，试验方法应符合 NACE TM0177：1996，合格标准按同一管线用钢管要求。

8.4.9 落锤撕裂试验（DWTT）：落锤撕裂试验（DWTT）可协商一致。

试验方法按 GB/T 8363，试件位置和合格标准应协商一致。

8.4.10 裂纹尖端张开位移试验（CTOD）：裂纹尖端张开位移试验不是必须进行的。

试验方法按 GB/T 2358，要求应协商一致。

8.4.11 焊缝导向弯曲试验。

8.4.11.1 试件：试件应按 GB/T 232 制备。

弯管公称壁厚不大于 20mm 时，经压平作成全厚度平板试件。弯管公称壁厚大于 20mm，试件可加工成厚度 19mm 的矩形横截面。焊缝两面均应磨平。

8.4.11.2 试验方法：弯模几何尺寸应符合 GB/T 9711 对与生产弯管相同级别管材的规定，并采用与母管相同生产工艺的材料进行制备。

2 个试件应弯曲到大约 180°，试件直接放在弯模之下，一个带根焊，另一个带表面焊。

8.4.12 压扁试验：如果需要，压扁试验应符合 GB/T 9711 和 GB/T 246 对相同级别和相同类型管材的规定。

8.5 外观检查

8.5.1 在外观检查前，弯管外表面应达到 GB/T 8923 所规定的 Sa2 级。

8.5.2 弯管不应有裂纹、过热、过烧存在。

8.5.3 弯管表面应无硬点。

8.5.4 弯管内外表面应光滑，无尖锐缺口、分层、刻痕、结疤、发裂、折叠、撕裂、裂纹、裂缝等缺陷或缺欠。修磨处应圆滑，直至用渗透或磁粉检测方法确认缺陷或缺欠完全消除为止。

8.5.5 弯管表面不允许有明显折皱。内弧侧波浪度 h 应不大于 1.32mm，且波浪间距 f 与波浪度 h 之比（f/h）应大于 150，如图 3 所示。

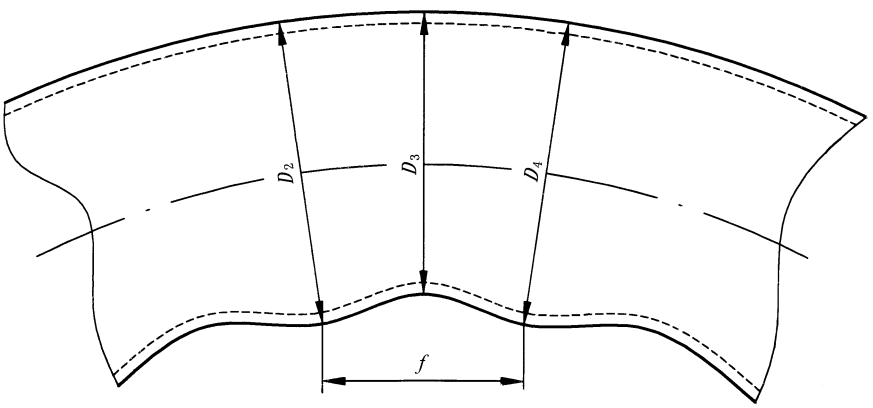


图 3 波浪度与波浪间距测量

波浪度 h 由下式确定：

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

式中：

D_2，D_4——两个相邻波峰的外径，mm；

D_3——两个相邻波峰之间的波谷外径，mm。

8.6 无损检测

8.6.1 焊缝检测：应对以 B 级或 C 级焊接钢管制作的每根弯管焊缝进行 100%超声或射线检测，符合 GB/T 9711 相应等级的要求。

8.6.2 端部检测：弯管坡口制备后，应对整个管口和由管口开始的 100mm 长度的焊缝进行磁粉或渗透检测，磁粉检测应按 SY/T 0444 或 ISO 13664 进行；渗透检测应按 SY/T 0443 进行。

应对 A 级、B 级和 C 级弯管管口开始的 50mm 长度范围内按 SY/T 6423.7 用手动超声波方法进行分层检查。

8.6.3 管体表面检测：应对每根弯管管体外弧两侧各 90°的弧面按 SY/T 0444 进行磁粉检测或按

SY/T 0443 进行液体渗透检测，凡检出的缺欠深度大于规定壁厚的 5%时，应认为是缺陷，应按 8.6.6 修磨。

8.6.4 管体超声检测：每根弯管外弧侧距壁厚基本不变的中性面 ±45°范围内的管体，应在回火热处理后采用手动超声波检查横向裂纹缺陷。

手动超声波检查设备，应能连续不间断地检查弯管整个外表面，设备显示缺陷应有足够的灵敏度。应使用对比标样对检查设备的灵敏度进行校准，至少每班（8h）的开始和中途应校准一次。对比标样应取自与被检弯管具有相同弯制工艺、相同外径、曲率半径、直管段壁厚的弯管试件。对比标样上沿垂直壁厚方向应钻有 1.6mm 直径的竖通孔（或在对比标块内外表面沿周向加工 N5 刻槽，钻孔或刻槽由制造商选择）。1.6mm 直径的钻孔是供校准设备用的，不能理解为设备能检测的最小尺寸缺欠。

若缺欠产生的信号大于或等于对比标样 1.6mm 通孔产生回波高度的 100%，则认为是缺陷，有缺陷的弯管应予以拒收。

应按 SY/T 6423.5 或 SY/T 6423.6 对弯管进行分层缺陷检测，合格标准应符合 GB/T 9711 的相关规定。

8.6.5 剩磁强度：按 API Spec 5L：2000 中 9.7.7 的规定进行剩磁检查和消磁。若不合格，按 API Spec 5L：2000 的规定进行处理。

8.6.6 修补。

8.6.6.1 焊接修补：一般不允许对弯管或直段的任何部分采用焊接修补。如购方同意，对焊缝允许在同一位置采用一次焊接修补，修补后的焊缝应采用超声波和/或射线检测合格。对用于酸性环境的弯管，不得进行修补。

8.6.6.2 打磨修理：如打磨后能保持表面光滑和满足最小厚度要求，则可用打磨方法除去表面缺陷，打磨后应按 GB/T 11344 用超声波检测厚度；焊缝打磨后，焊缝表面不应低于母材表面。

所有的打磨修理区域应按 SY/T 0444 作磁粉检测或按 SY/T 0443 作渗透检测，以证实缺陷得到完全清除。

修磨处与未修磨处之间应圆滑过渡，不应有棱角。

8.6.7 无损检测人员：所有无损检测人员应按 GB/T 9445 或相关规定进行考核合格取得相应的检测资格。

8.7 尺寸和几何形状偏差

8.7.1 壁厚减薄率：壁厚最大减薄率应不大于 9%。壁厚减薄率 C 按下式确定：

$$C = \frac{t_1 - t_H}{t_1} \times 100\%$$

式中：

C——壁厚减薄率；

t_1——母管实际壁厚的最小值，mm；

t_H——弯管外弧侧最薄处壁厚，mm。

8.7.2 外径：管端外径允许偏差 +2mm，−1mm。

8.7.3 圆度。

8.7.3.1 要求：弯管直段距管端 100mm 范围内圆度应不大于母管标准规定值；弯管弧任意处圆度应不大于 2.5%。

8.7.3.2 圆度 B 按下式计算（见图 4）：

$$B = \frac{D_{max} - D_{min}}{D} \times 100\%$$

式中：

B——圆度；

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；

D——弯管外径，mm。

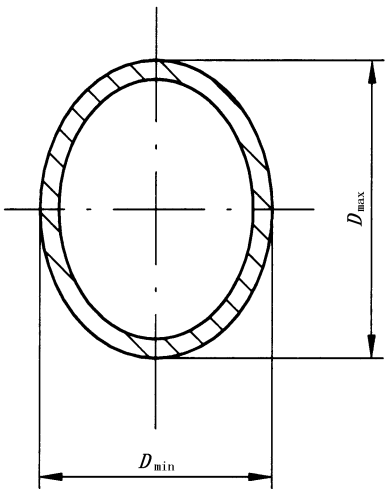


图 4　圆度

8.7.4　弯曲角：弯管弧的弯曲角最大偏差为 ±0.5°（见图 5）。

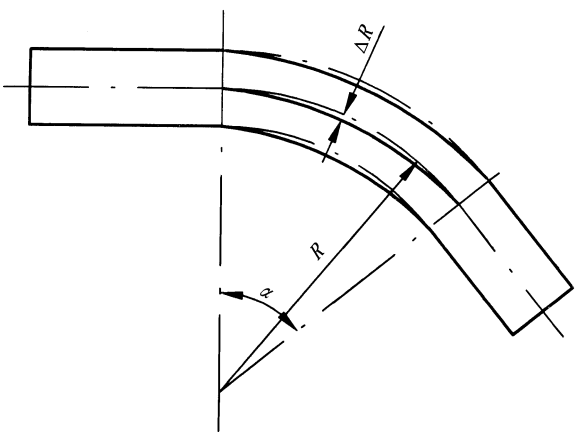


图 5　弯曲角、弯曲半径

8.7.5　弯曲半径：当弯曲半径 R 不大于 1000mm 时，弯管弧的弯曲半径 R 最大偏差为 ±5mm；当弯曲半径 R 大于 1000mm 时，最大偏差为 ±0.5%R（见图 5）。

8.7.6　弯管平面度：当弯管公称直径 $DN \leqslant 250$mm 时，平面度 $\Delta a \leqslant 5$mm；当弯管公称直径 $DN > 250$mm 时，平面度 $\Delta a \leqslant 7$mm（见图 6）。

8.7.7　端面垂直度：端面垂直度 Q 应符合表 6 规定（见图 7）。

表 6　端面垂直度 Q　　单位：mm

弯管公称直径 DN	端面垂直度 Q
≤200	≤1.5
>200	≤2.5

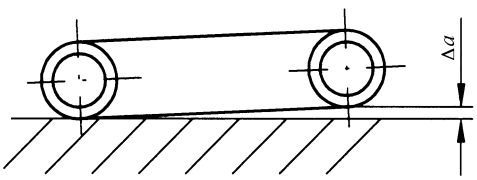


图 6　斜体弯管平面度

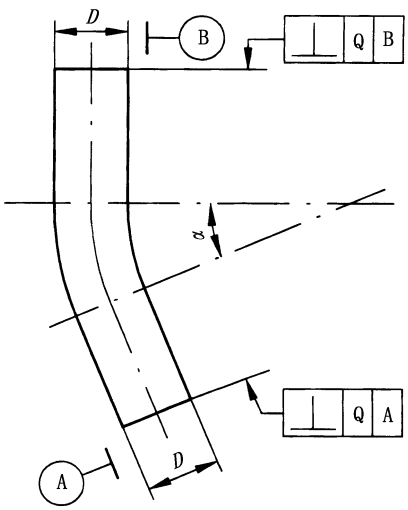


图 7　弯管端面垂直度

8.7.8　端面平面度：端面平面度 U 应不大于 0.8mm（见图 8）。

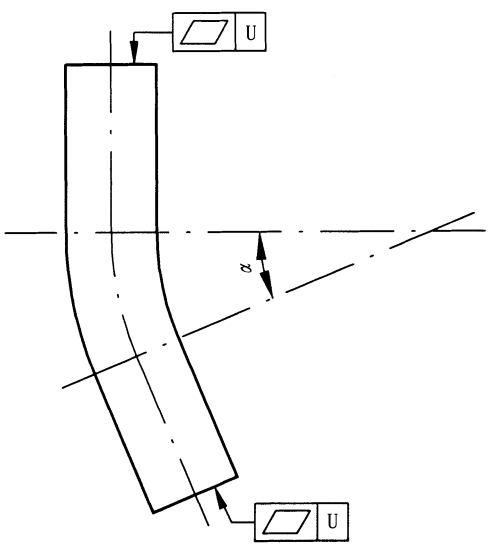


图 8　端面平面度

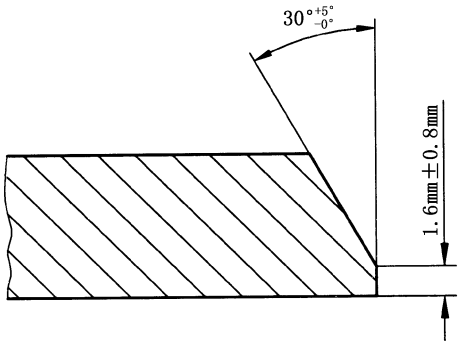
8.7.9　端部坡口：当设计图或购方对管端坡口未规定，且弯管与管线等壁厚时，其坡口型式与尺寸偏差按下列要求之一加工：

1）对任意厚度，坡口角度为 $30^{\circ}{}^{+5^{\circ}}_{0^{\circ}}$，钝边为 1.6mm ± 0.8mm，见图 9（a）；

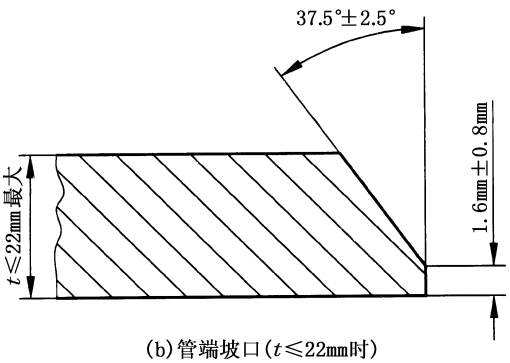
2）当弯管壁厚 t 不大于 22mm 时，坡口角度为 37.5° ± 2.5°，钝边为 1.6mm ± 0.8mm，见图 9（b）；

3）当弯管壁厚 t 大于 22mm 时，采用复合坡口，见图 9（c）。

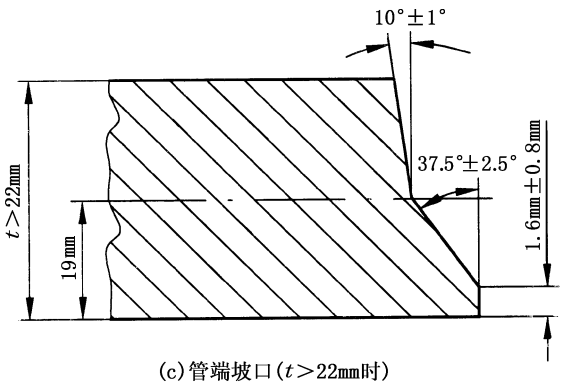
当弯管与管线不等壁厚时，弯管端部应按规定予以削边，再按图 9 加工坡口。



(a)管端坡口



(b)管端坡口(t≤22mm时)



(c)管端坡口(t>22mm时)

图 9

8.8　尺寸和几何形状偏差检测方法

8.8.1　壁厚减薄率的检测。

8.8.1.1　检测用量具：测厚仪，精度应符合被检弯管精度要求。

8.8.1.2　检测方法：将弯管外弧中心的表面清除干净，再用测厚仪进行测量。当 $\alpha \leqslant 90°$ 时，至少要均匀测量三点；当 $90° < \alpha \leqslant 180°$ 时，至少要均匀测量五点。

8.8.2　外径的检测。

8.8.2.1　检测用量具：测径卷尺。

8.8.2.2 检测方法：用周长法测量。

8.8.3 椭圆度的检测。

8.8.3.1 检测用量具：500mm 卡尺或 1100mm 卡尺。

8.8.3.2 检测方法：在始端、中间、终端测量三处，测量时沿弯管水平方向和垂直方向测，将同一截面上的垂直和水平方向所测得的数值按 8.7.3.2 计算。

8.8.4 弯曲角的检测。

8.8.4.1 检测用量具：角度尺、平台、2000mm 钢板尺、直角尺。

8.8.4.2 检测方法：将弯管放在平台上，然后用直角尺在弯管两端的直管段上分别找出 N 点（$N \geqslant 6$）投影到平台上（见图 10）。将弯管从平台上拿走，按照这些点找出两端直管段的中心线，交于 A 点，再用角度尺测量出弯曲角。

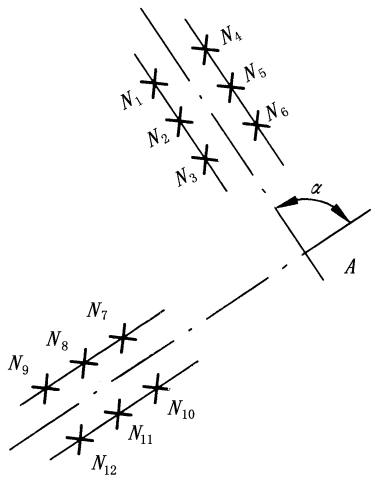


图 10 弯曲角检测方法

8.8.5 弯曲半径偏差的检测。

8.8.5.1 检测用量具：15000mm 钢卷尺、直角尺、2000mm 钢板尺、平台。

8.8.5.2 检测方法：用划规在平台上按所要求的弯曲半径减去管子外径的二分之一尺寸划弧，所划弧的角度要大于弯管本身的弯曲角度，然后将弯管放在平台上，使弯曲开始点、终止点的投影与所划弧线相重合。再用直角尺和钢板尺测量出 ΔR。测量 ΔR 时（见图 11）要去掉弯管圆度的影响。

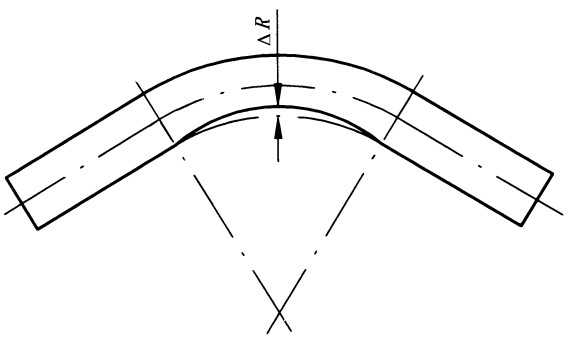


图 11 弯曲半径检测方法

8.8.6 弯管平面度的检测。

8.8.6.1 检测用量具：平台、塞尺或标准塞块。

8.8.6.2 检测方法：将弯管放在平台上，呈自然状态；用塞尺或塞块测 Δa 值。再将弯管翻转 180° 测出另一端的 Δa。

8.8.7 波浪度和波浪间距的检测。

8.8.7.1 检测用量具：150mm 钢板尺、1100mm 卡尺或 500mm 卡尺。

8.8.7.2 检测方法。

8.8.7.2.1 波浪度：用 1100mm 卡尺测出波峰和波谷的尺寸（见图 12）；然后将相邻的波峰和波谷尺寸进行比较，找出相邻的差值最大的一对即为波浪度。

8.8.7.2.2 波浪间距：将钢板尺水平放在两个相邻的波峰上，钢板尺和两个波峰相接触，接触点之间的距离即为波浪间距（见图 12）。

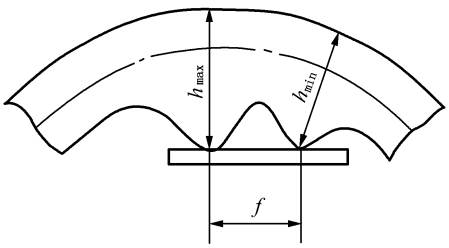


图 12 波浪度和波浪间距检测方法

8.8.8 端面垂直度的检测。

8.8.8.1 检测用量具：直角尺、焊口检测器。

8.8.8.2 检测方法：应在弯管管端两个位置上，将直角尺放在直管端面，使其一端和直管段部分紧贴，再用焊口检测器测出不接触部分“*Q*”值（见图 13）。

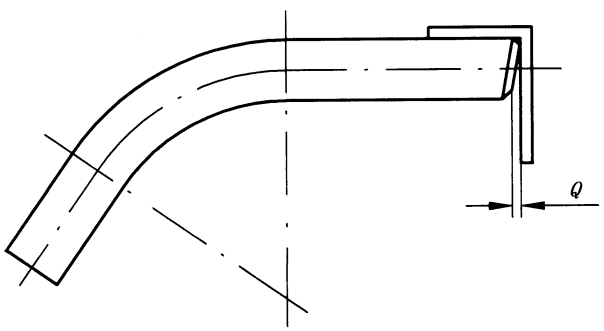


图 13 端面垂直度检测方法

8.8.9 弯管端面平面度的检测。

8.8.9.1 检测用量具：平台、塞尺。

8.8.9.2 检测方法：将弯管管端紧靠在平台上，用塞尺检测平面度“*U*”值。

8.8.10 其他尺寸的检测：其他的尺寸检测按常规检测方法进行。

8.9 设计验证或静水压力试验

8.9.1 对正式生产的弯管，不要求制造商对弯管作设计验证或静水压力试验；但制造商应承担弯管在现场安装后符合静水压力试验要求的责任。

8.9.2 购方可要求制造商作设计验证或静水压力试验，设计验证试验的要求是作爆破强度试验；作

设计验证试验的弯管破裂前的试验压力应不小于计算验证试验压力或弯管承受住了计算验证试验压力的 105%，稳压时间不少于 10s 而未出现破裂，则试验合格。

静水压力试验的压力应为弯管设计压力的 150%，稳压时间不少于 10s。

设计验证和静水压力试验的方法和要求经协商一致。

9 检测文件

制造商在合同签订后正式生产前应向购方提供检测文件的名称、格式、内容和要求，经购方书面认可，在弯管交货时应向购方提供完整的检测文件。

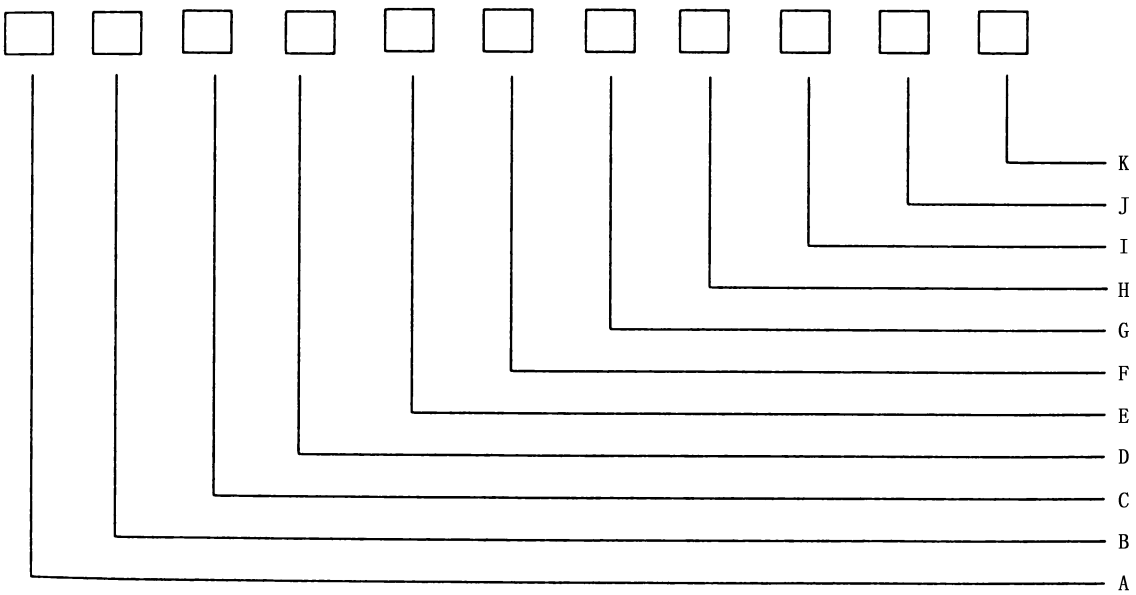
10 标志

10.1 标志位置

弯管检验合格后，应从距管端 100mm 处开始，在每个弯管的两端内外表面做标志。

10.2 标志内容

如订货合同有规定，则按合同规定执行；如订货合同无特殊规定，则按图 14 执行。



A—弯管等级（当母管采用 GB/T 9711 时）；
B—执行标准号/标准名称；
C—弯管钢级；
D—外径（D）；
E—直段壁厚（t）；
F—弯曲半径；
G—弯曲角度；
H—弯管编号；
I—工程名称/购方代号；
J—制造商名称/商标；
K—制造日期

图 14 标志内容

10.3 标志模印

应采用模版喷刷法清楚、耐久地喷刷标志，其字体与颜色应易于辨认；不允许采用冷、热字冲模锤印标志。

11 弯管的运输、储存及防护

11.1 搬运

在车间和收、发货场的搬运应采用尼龙吊带或垫有橡胶垫的吊钩。不允许使用带有 7.3.8 所列出的低熔点金属的吊钩。制造商应向购方提交书面的搬运方法，供购方认可。

11.2 运输

11.2.1 制造商应在装运之前向购方提交完整的装运方法说明，供购方认可之用。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和堆放布置图、承重带位置、垫块及系紧带等。

11.2.2 卡车或拖车在装运弯管之前应予以清理。

11.2.3 弯管的焊缝不应与隔离块的任何部分相接触。焊缝不能与铁路车厢和卡车或拖车的任何部分相接触，管体不应与车箱内的尖锐固体物直接接触。

11.3 储存

11.3.1 成品弯管的存放应防止其变形、损坏和腐蚀。制造商应向购方提交书面的存放方法，供购方认可。

11.3.2 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。

11.3.3 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。

11.4 防护

弯管在存放、装卸和运输时应注意操作，以避免损坏。弯管端部坡口应用管端保护罩保护，并在运输和储存时不得脱落。

中华人民共和国
石油天然气行业标准
油气输送用钢制弯管
SY/T 5257—2004
*
石油工业出版社出版
（北京安定门外安华里二区一号楼）
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行
*
880×1230 毫米 16 开本 1¾印张 49 千字 印 1—2000
2004 年 8 月北京第 1 版　2004 年 8 月北京第 1 次印刷
书号：155021·5793　定价：16.00 元
版权专有　不得翻印

SY/T 5257—2004