



中华人民共和国国家标准

GB/T 47569—2026

钢制弯管技术规范

Technical specification for steel bends

2026-04-30 发布

2026-11-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号 2

5 订货内容 3

6 形状与基本尺寸参数 3

7 设计 4

8 材料 4

9 制造 6

10 热处理..... 6

11 检验与试验..... 8

12 标志 15

13 表面防护与包装 15

14 产品质量合格证明书 15

附录 A（资料性） 弯管常用尺寸 17

附录 B（规范性） 设计验证试验 20

附录 C（资料性） 弯管弯制前选用直管壁厚参考值 22

附录 D（规范性） 弯管工艺评定 23

参考文献 27

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。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国管路附件标准化技术委员会(SAC/TC 237)归口。

本文件起草单位：河北沧海核装备科技股份有限公司、中国天辰工程有限公司、扬州市管件厂有限公司、无锡市新峰管业有限公司、中石油华东设计院有限公司、中国石化工程建设有限公司、中油管道机械制造有限责任公司、中机生产力促进中心有限公司、江阴市南方管件制造有限公司、常州市武进电力管件有限公司、江苏省特种设备安全监督检验研究院、中国寰球工程有限公司北京分公司、江阴金童石化装备有限公司、浙江久立特材科技股份有限公司、河北省特种设备监督检验研究院、江苏兴洋管业股份有限公司、苏州宇力管业有限公司、郑州万达重工股份有限公司、江苏志得管业有限公司、河北恒通管件集团有限公司、河北汇中管道装备有限公司、合肥实华管件有限责任公司、上海飞挺管业制造有限公司、陕西化建工程有限责任公司、苏州热工研究院有限公司、东台市远洋不锈钢制造有限公司、北京国电富通科技发展有限责任公司、江苏龙山管件有限公司、河北新圣核装备科技有限公司、江阴市龙腾管件有限公司、河北亿海管道集团有限公司、中机研标准技术研究院(北京)有限公司、河北尚恒管道制造有限公司、河北兴东管道有限公司、江阴中南重工有限公司、河北亚都管道装备集团有限公司、浙江志达管业有限公司、河北鑫泰管道科技有限公司、沧州隆泰迪管道科技有限公司、河南新开源石化管道有限公司、辽宁中科力勒检测技术服务有限公司。

本文件主要起草人：孟庆云、刘建欣、陆恒平、张秀杰、刘洪福、柯松林、晏利君、冯峰、黄磊、臧志伟、吴胜平、庞东、姚明华、陈庆标、孙占远、陈林育、张新岳、张付峰、张新宝、王亮、张志飞、徐云峰、徐辉、王俊杰、张忠伟、孙平、彭先宽、黄强、孙清轩、杨涛、高华、王小娟、马占泉、刘春峰、张艳丽、程万林、王忠华、胡金明、刘景阳、宋泽宇、孟梦。

钢制弯管技术规范

1 范围

本文件规定了钢制弯管的订货内容、形状与基本尺寸参数、设计、材料、制造、热处理、检验与试验、标志、表面防护与包装和产品质量合格证明书等技术要求。

本文件适用于公称尺寸为 DN 20~DN 2 000(NPS ¾~NPS 80)的管道用钢制弯管的设计、制造和验收。

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 222 钢及合金 成品化学成分允许偏差
- GB/T 223(所有部分) 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第 1 部分:室温试验方法
- GB/T 229 金属材料夏比摆锤冲击试验方法
- GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分:试验方法
- GB/T 1047 管道元件 公称尺寸的定义和选用
- GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 11170 不锈钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱法(常规法)
- GB/T 13298 金属显微组织检验方法
- GB/T 13305 不锈钢中 α -相含量测定法
- GB/T 17394.1 金属材料 里氏硬度试验 第 1 部分:试验方法
- GB/T 20801.1 压力管道规范 第 1 部分:工业管道
- GB/T 28708 管道工程用无缝及焊接钢管尺寸选用规定
- 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

3 术语和定义

GB/T 1047 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

弯管 bend

管道中改变介质流动方向,且按一定弯曲半径弯制带或不带直段的圆弧形管段。

3.2

弯曲半径 **bend radius**

从弯管的弯曲中心到其中心轴线的距离。

3.3

弯曲段 **arc**

弯管的弯曲部分。

3.4

弯曲角度 **bend angle**

整个弯管的方向变化部分所形成的平面角。

3.5

直管段 **tangent**

弯管起弯或终弯的切点处向管端延伸的直管区域。

3.6

过渡区 **transition zone**

在热弯弯管起弯或终弯的切点处,覆盖从未加热到加热至弯制温度的区域。

3.7

中性面 **neutral face**

弯制过程中弯管弧面上壁厚基本不变而形状改变且穿过中心轴线的截面(曲面)。

3.8

波浪度 **wave degree**

弯曲段上两相邻波峰的平均外径与两相邻波峰之间的波谷外径的最大差值。

3.9

波浪间距 **wave spacing**

相邻波峰或波谷之间的直线距离。

3.10

不圆度 **out-of-roundness**

弯管同一截面上最大外径和最小外径差值的 2 倍与最大外径加最小外径之和的比值。

3.11

热弯 **hot bending**

在温度高于金属临界点 A_{C1} 时制作弯管的工艺。

3.12

冷弯 **cold bending**

在温度低于金属临界点 A_{C1} 时制作弯管的工艺。

4 符号

下列符号适用于本文件。

D : 外径,单位为毫米(mm);

d : 内径,单位为毫米(mm);

$D_{\max}$: 弯曲段横截面上的最大外径,单位为毫米(mm);

$D_{\min}$: 弯曲段横截面上的最小外径,单位为毫米(mm);

D_2, D_4 : 弯曲段两个相邻波峰的外径,单位为毫米(mm);

D_3 : 弯曲段两个相邻波峰之间的波谷外径,单位为毫米(mm);

D_n :与公称尺寸 DN 或 NPS 的数值相关的尺寸标识,单位为毫米(mm);

f :波浪间距,单位为毫米(mm);

h :波浪度,单位为毫米(mm);

L_1 :起弯端直管段长度,单位为毫米(mm);

L_2 :终弯端直管段长度,单位为毫米(mm);

μ :不圆度,%;

Q :坡口端垂直度,单位为毫米(mm);

R :弯曲半径,单位为毫米(mm);

ΔR :弯曲半径偏差,单位为毫米(mm);

T_1 :钢管初始平均厚度,单位为毫米(mm);

T_2 :成形后弯管最小厚度,单位为毫米(mm);

t :直管段公称壁厚,单位为毫米(mm);

t_1 :内弧侧壁厚,单位为毫米(mm);

t_2 :外弧侧壁厚,单位为毫米(mm);

U :坡口端平面度,单位为毫米(mm);

Δa :弯管平面度,单位为毫米(mm);

α :弯曲角度,单位为度($^\circ$);

ε :成形应变率,%。

5 订货内容

采购方在订单中提供采购钢制弯管(以下简称“弯管”)所需的信息,订单至少包括下列内容:

- 材料标准和牌号;
- 公称尺寸(或外径);
- 公称壁厚;
- 弯曲半径;
- 弯曲角度;
- 直管段长度;
- 类型(无缝或有缝);
- 本文件编号;
- 数量;
- 附加要求。

6 形状与基本尺寸参数

6.1 形状

弯管的形状见图 1。

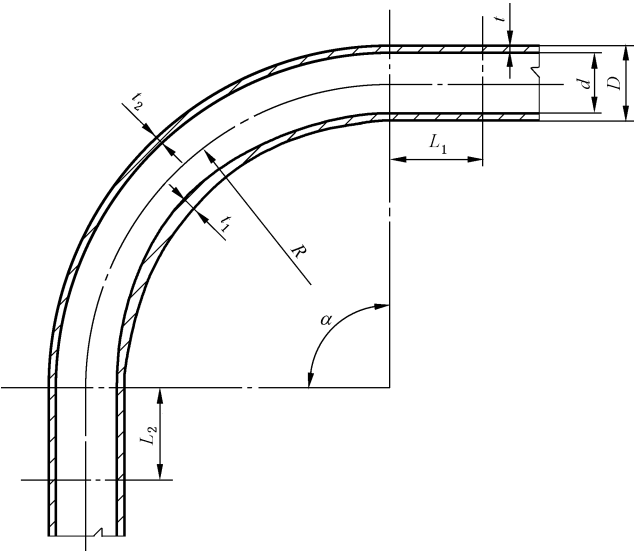


图 1 弯管的形状

6.2 基本尺寸参数

弯管的外径和管端壁厚应符合 GB/T 28708 的规定,其常用尺寸参见附录 A,供需双方可按设计要求采用附录 A 以外的尺寸。

7 设计

7.1 弯管应保证和与其连接的相同规格、相同材质和壁厚的钢管具有同等的承受内压的能力。

7.2 弯管的设计按照以下方法之一进行：

- a) 按 GB/T 20801.1 或其他相关标准进行壁厚计算。
- b) 按附录 B 的规定进行设计验证试验,并由此确定弯管内弧、外弧的壁厚。必要时,应提供相应的试验报告及记录以供核实。

8 材料

8.1 制造弯管的原材料应具有质量合格证明书,其化学成分和力学性能应符合相关材料标准或设计文件的规定。制造商应对所用原材料按熔炼炉号进行化学成分分析,分析方法按 GB/T 223(所有部分)、GB/T 4336、GB/T 11170 等执行,化学成分允许偏差应符合 GB/T 222 的规定。

8.2 弯管常用的原材料见表 1,也可由供需双方协商选用表 1 以外的材料,但所用材料应符合 GB/T 20801.1 或其他相关标准的要求,且不应使用结构用钢管制造弯管。

表 1 弯管常用原材料

材料类别	材料牌号	标准编号
碳素钢	10	GB/T 3087、GB/T 8163、GB/T 9948
	20	GB/T 3087、GB/T 8163、GB/T 9948
	20G	GB/T 5310

表 1 弯管常用原材料（续）

材料类别	材料牌号	标准编号
碳素钢	Q235A Q235B	GB/T 3091
	Q245	GB/T 32970
	L245	GB/T 9711
	20MnG	GB/T 5310
	Q345(B、C、D)	GB/T 8163
	Q355(B、C、D)	GB/T 9948
低温钢	Q345E Q355E	GB/T 8163、GB/T 9948
	16MnDG	GB/T 18984
	10MnDG	GB/T 18984
	06Ni3MoDG	GB/T 18984
	06Ni9DG	GB/T 18984
合金钢	12Cr1Mo	GB/T 9948
	12Cr1MoV	GB/T 9948、GB/T 32970
	12Cr1MoVG	GB/T 5310
	12Cr2Mo	GB/T 9948
	12Cr2MoG	GB/T 5310
	15CrMo	GB/T 9948、GB/T 32970
	15CrMoG	GB/T 5310
	12Cr5Mo	GB/T 9948、GB/T 32970
	12Cr9Mo	GB/T 9948
	15Ni1MnMoNbCu	GB/T 5310
	10Cr9Mo1VNbN	GB/T 5310
奥氏体不锈钢	06Cr19Ni10	GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	022Cr19Ni10	GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	07Cr19Ni10	GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	06Cr17Ni12Mo2	GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	022Cr17Ni12Mo2	GB/T 9948、GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	07Cr17Ni12Mo2	GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976
	06Cr19Ni13Mo3	GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	022Cr19Ni13Mo3	GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	06Cr18Ni11Ti	GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	07Cr19Ni11Ti	GB/T 5310、GB/T 9948、GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976
	06Cr18Ni11Nb	GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	07Cr18Ni11Nb	GB/T 5310、GB/T 9948、GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593
	06Cr25Ni20	GB/T 12771、GB/T 13296、GB/T 14976、GB/T 24593

表 1 弯管常用原材料（续）

材料类别	材料牌号	标准编号
双相不锈钢	022Cr22Ni5Mo3N	GB/T 21832.1、GB/T 21832.2、GB/T 21833.1、GB/T 21833.2
	022Cr23Ni5Mo3N	GB/T 21832.1、GB/T 21832.2、GB/T 21833.1、GB/T 21833.2
	022Cr25Ni7Mo4N	GB/T 21832.1、GB/T 21832.2、GB/T 21833.1、GB/T 21833.2
	022Cr25Ni7Mo4WCuN	GB/T 21832.1、GB/T 21832.2、GB/T 21833.1、GB/T 21833.2

9 制造

- 9.1 弯管应根据材料、规格、弯曲半径等因素确定热弯、冷弯成形方法，弯管成形不应产生有害缺陷。
- 9.2 弯管弯制前的直管壁厚可参照附录 C 给出的参考值进行选用。
- 9.3 当采用直缝焊管制造弯管时，宜将纵焊缝放置在距中性面 10°范围内，如图 2 所示。

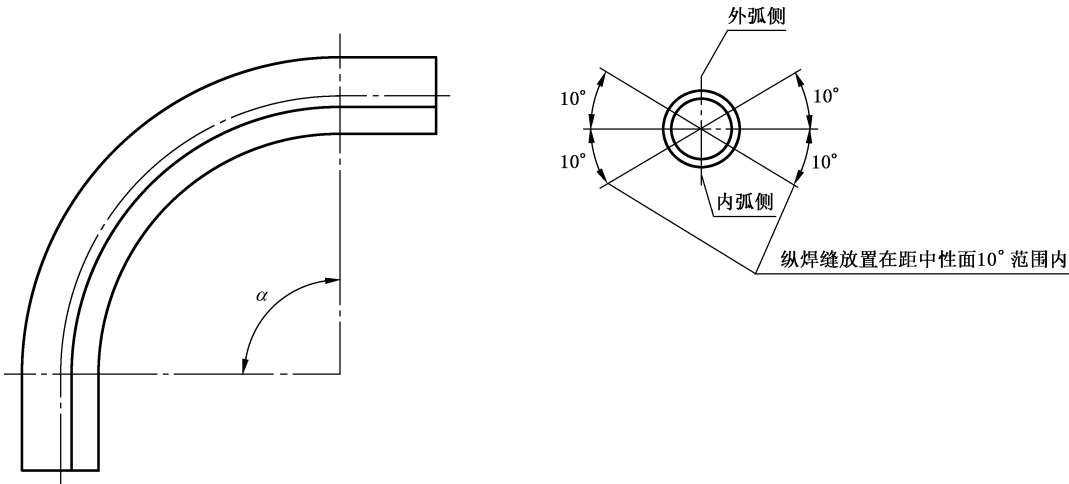


图 2 弯管纵焊缝放置位置

- 9.4 弯管弯制过程中，钢管不应与腐蚀性介质或低熔点金属接触。
- 9.5 采用热弯成形方法制造弯管时，弯制过程应连续，并控制加热温度、加热范围和冷却速度。
- 9.6 采用冷弯成形方法制造弯管时，钢管尺寸应与模具吻合，不应有导致松动的空隙，避免造成弯管几何尺寸超差及缺陷。
- 9.7 若弯管成形后几何尺寸超差，可对弯管进行冷整形，冷整形应在热处理之前进行。
- 9.8 制造商在弯管正式生产前，应按附录 D 的规定进行弯管工艺评定，确认合格后方可批量生产。

10 热处理

- 10.1 除 10.3、10.4、10.5 规定外，热弯、冷弯成形的弯管应根据材料、壁厚、成形工艺、成形应变率等因素选择适用的热处理方式。弯管常用的热处理方式及硬度要求见表 2。

表 2 弯管常用的热处理方式及硬度要求

材料类别	材料牌号	热处理方式	布氏硬度 HBW
碳 素 钢	10、20、20G	回火	≤160
	L245		
	Q235A、Q235B、Q245		
	20MnG	回火或 正火＋回火	≤197
	Q345(B、C、D)、Q355(B、C、D)		
低 温 钢	Q345E、Q355E	回火或 正火＋回火	≤197
	10MnDG、16MnDG		
	06Ni3MoDG、06Ni9DG		
合 金 钢	12Cr1Mo、12Cr1MoV、12Cr1MoVG、12Cr2Mo、 12Cr2MoG、15CrMo、15CrMoG	正火＋回火 或淬火＋回火	≤197
	12Cr5Mo、12Cr9Mo		≤217
	15Ni1MnMoNbCu	正火＋回火	≤252
	10Cr9Mo1VNbN		190～250
奥 氏 体 不 锈 钢	06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、07Cr19Ni10	固溶处理	≤201
	06Cr17Ni12Mo2 022Cr17Ni12Mo2 07Cr17Ni12Mo2		
	06Cr19Ni13Mo3、06Cr25Ni20 022Cr19Ni13Mo3		
	06Cr18Ni11Ti、07Cr19Ni11Ti 06Cr18Ni11Nb、07Cr18Ni11Nb		
	固溶处理＋稳定化处理		
双 相 不 锈 钢	022Cr22Ni5Mo3N 022Cr23Ni5Mo3N	固溶处理	≤290
	022Cr25Ni7Mo4N		≤310
	022Cr25Ni7Mo4WCuN		≤270

10.2 弯管成形应变率应按公式(1)和公式(2)进行计算,取较大值。

$$\text{应变率}(\%) = \frac{50D}{R} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{应变率}(\%) = \left(\frac{T_1 - T_2}{T_1} \right) \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

10.3 当满足下列条件时,碳素钢弯管可不进行热处理:

- a) 热弯且最终成形温度在 750℃~950℃,壁厚不大于 20 mm 的弯管;
- b) 采用出厂时已经过热处理的原材料经冷弯成形,其冷弯成形应变率小于 5%的弯管。

10.4 除另有规定外,合金钢弯管冷弯成形应变率小于 5%时,可不进行热处理。

10.5 奥氏体不锈钢弯管应按技术文件要求进行固溶处理;技术文件无要求时,可不进行热处理。

- 10.6 弯管装炉后应绘制装炉布置图,出炉后应检查标识的完整性,如有损坏,应及时补充完整。
- 10.7 弯管热处理过程中,应对热处理炉内的加热温度进行监测,热处理炉应配有自动测温记录装置并可获得完整记录。热处理时有效加热区的炉温温差应控制在 $\pm 14\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内。
- 10.8 弯管热处理完成后,应整理热处理记录并妥善保存。

11 检验与试验

11.1 外观质量

弯管应逐件进行表面质量检验,不应有裂纹、重皮、分层、毛刺、氧化皮及其他表面附着物。表面零星的疤痕、皱折、凹坑、划痕等缺欠的深度不应大于公称壁厚的5%且不大于0.8 mm,超过上述限值的缺欠,应采用打磨等方法修整,修整部位应圆滑过渡,所有修整部位的壁厚不应小于弯管该部位规定的最小壁厚。

11.2 尺寸与公差

11.2.1 管端尺寸

弯管管端外径、内径公差应符合表3的规定。

表3 管端外径、内径公差

公称尺寸		外径 <i>D</i> /mm	内径 ^a <i>d</i> /mm
DN	NPS		
20~65	$\frac{3}{4}\sim 2\frac{1}{2}$	± 1.0	± 0.8
80~200	3~8	$+2.0$ -1.5	± 1.5
250~500	10~20	$+3.0$ -2.0	± 2.0
550~800	22~32	$+4.0$ -2.5	± 2.5
850~1 500	34~60	$+5.0$ -3.0	± 3.0
1 600~2 000	64~80	$+6.0$ -3.5	± 4.0
^a 除采购方另有规定,这些公差适用于内径。当弯管按公称壁厚订货时,内径等于外径减去两倍的公称壁厚。当弯管按最小壁厚订货时,内径等于最小外径减去两倍的最小壁厚。			

11.2.2 壁厚

- 11.2.2.1 弯管外弧、内弧的管体最小壁厚应符合7.2的规定。
- 11.2.2.2 除采购方指定不同的壁厚公差以外,管端坡口处的壁厚不应小于公称壁厚的87.5%。

11.2.3 不圆度

弯管弯曲段同一横截面的不圆度如图3所示。弯管不圆度 μ 按公式(3)计算,不圆度应符合表4的

规定。

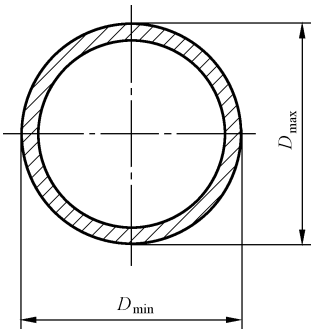


图 3 弯管横截面的不圆度

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

.....(3)

表 4 弯管的不圆度

弯曲半径 R	热弯弯管不圆度 $\mu/\%$	冷弯弯管不圆度 $\mu/\%$
$2D_n \leq R < 3D_n$	≤ 6.0	≤ 8.0
$3D_n \leq R < 4D_n$	≤ 5.0	≤ 7.0
$4D_n \leq R < 6D_n$	≤ 4.0	≤ 6.0
$6D_n \leq R < 10D_n$	≤ 3.0	≤ 5.0
$R \geq 10D_n$	≤ 2.0	≤ 4.0

11.2.4 弯曲半径与弯曲角度

弯管的弯曲半径 R 和弯曲角度 α 如图 4 所示。弯曲半径允许偏差不大于 $1\%R$ 且不大于 $\pm 50\text{ mm}$ ，弯曲角度偏差不大于 $\pm 1^\circ$ 。

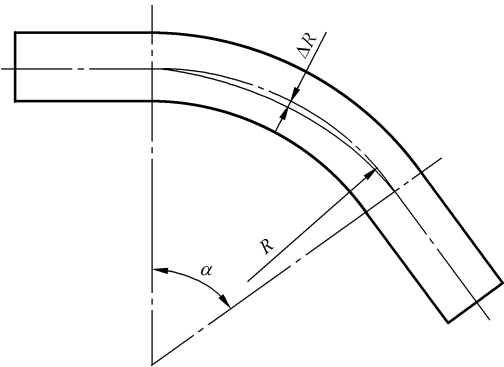


图 4 弯管弯曲半径与弯曲角度

11.2.5 平面度

弯管的平面度如图 5 所示。弯管的平面度 Δa 应符合表 5 的规定。

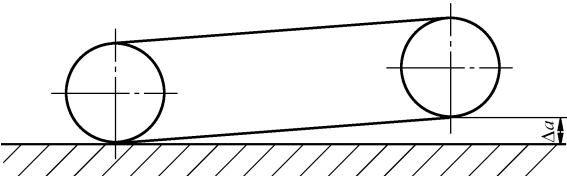


图 5 弯管平面度

表 5 弯管平面度

公称尺寸		平面度 $\Delta a / \text{mm}$
DN	NPS	
20~200	$\frac{3}{4} \sim 8$	≤ 3
250~600	10~24	≤ 6
650~1 200	26~48	≤ 10
1 300~2 000	52~80	≤ 15

11.2.6 管端坡口

除另有规定外,弯管管端应加工坡口,坡口形状和尺寸见图 6,不同公称壁厚的管端坡口尺寸应符合表 6 的规定。

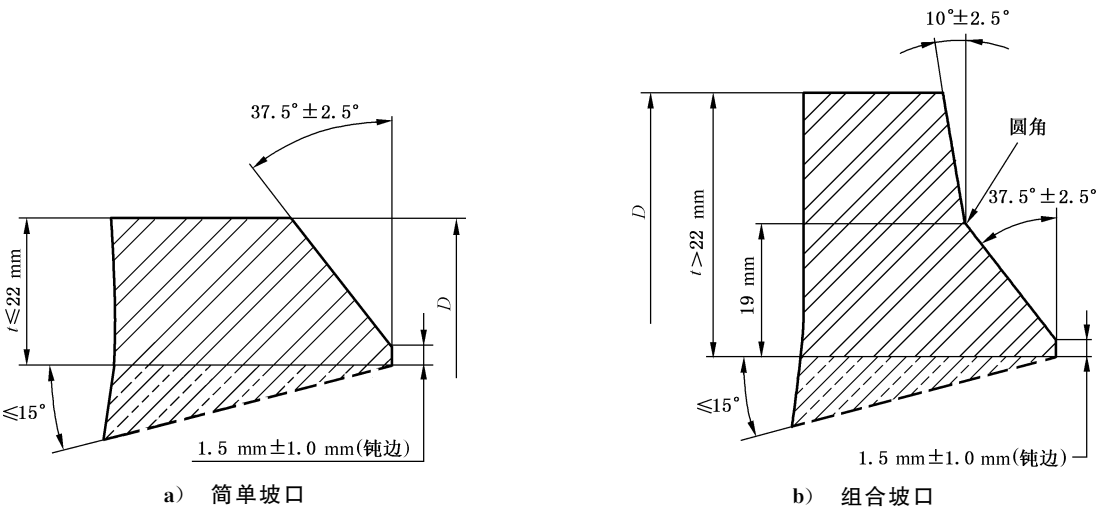


图 6 管端坡口形状

表 6 管端坡口尺寸

公称壁厚 t / mm	坡口要求
$t < 3$	直角或轻微倒角,或协商确定
$3 \leq t \leq 22$	简单坡口,见图 6a)
$t > 22$	组合坡口,见图 6b)

11.2.7 坡口端垂直度

坡口端垂直度如图 7 所示。坡口端垂直度 Q 应符合表 7 的规定。

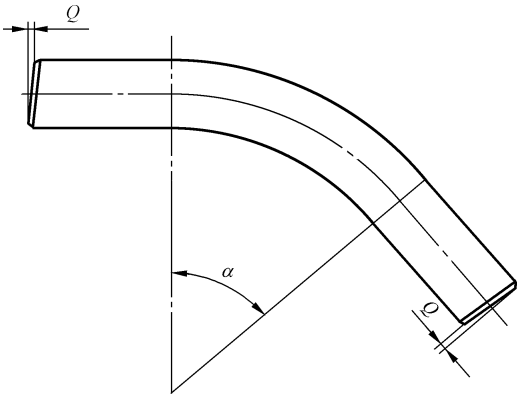


图 7 坡口端垂直度

表 7 坡口端垂直度

公称尺寸		坡口端垂直度 Q/mm
DN	NPS	
20~200	$\frac{3}{4}\sim 8$	≤ 1.5
250~600	10~24	≤ 2.5
650~1 200	26~48	≤ 3.5
1 300~2 000	52~80	≤ 4.5

11.2.8 坡口端平面度

坡口端平面度如图 8 所示。坡口端平面度 U 应符合表 8 的规定。

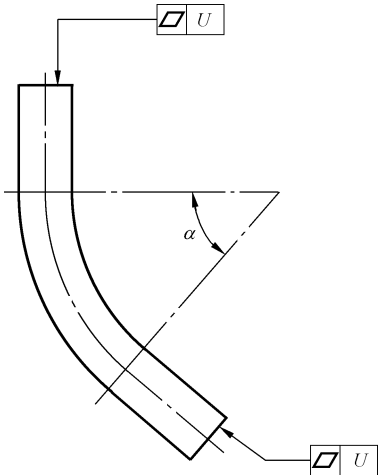


图 8 坡口端平面度

表 8 坡口端平面度

公称尺寸		坡口端平面度 <i>U</i> /mm
DN	NPS	
20~200	¾~8	≤0.5
250~600	10~24	≤1.0
650~1 200	26~48	≤1.5
1 300~2 000	52~80	≤2.0

11.2.9 弯管波浪度与波浪间距

弯管表面不应有明显褶皱。热弯弯管的波浪度不应大于外径的 2%，冷弯弯管的波浪度不应大于外径的 3%，且波浪间距 *f* 不应小于 12*h*，如图 9 所示。

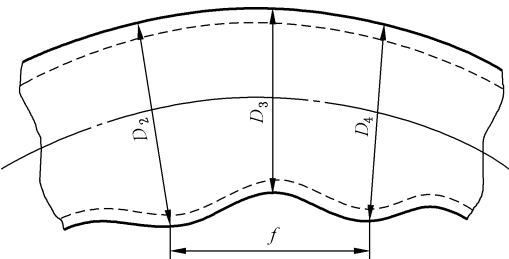


图 9 弯管波浪度与波浪间距

波浪度 *h* 按公式(4)计算：

$$h = \frac{D_2 + D_4}{2} - D_3 \dots\dots\dots (4)$$

11.3 化学成分

按熔炼炉号对弯管进行化学成分分析，分析方法按 GB/T 223(所有部分)、GB/T 4336、GB/T 11170 等执行，化学成分应符合 8.2 弯管用原材料标准规定牌号的化学成分要求。

11.4 力学性能

11.4.1 力学性能试样

11.4.1.1 弯管出厂检验的力学性能试样宜从热处理后(或不需要热处理的成形后)弯管上制取，也可在与制造同批弯管同炉热处理的样坯上制取。冲击试样应取自同批弯管或样坯中厚度最大者。

注：批的定义为采用相同原材料牌号、相同熔炼炉号、相近原材料规格(厚度差小于或等于 6 mm)、相同成形工艺和相同热处理工艺制造的弯管。以下同。

11.4.1.2 弯管工艺评定的力学性能试样应从弯管成品上按照附录 D 的规定进行制取。

11.4.1.3 焊缝拉伸试样的焊缝轴线应位于试样长度方向的中间。拉伸试样取圆形试样或条形试样均可，当受厚度限制时可以取圆形小尺寸试样。当弯管受形状和壁厚限制无法制备前述试样时，不必进行拉伸试验。

11.4.1.4 焊缝冲击试样的长度方向应垂直于焊缝的长度方向，缺口的轴线应垂直于焊缝表面，缺口应位于焊缝的中间。冲击试验宜采用 10 mm×10 mm 的标准试样；当弯管或样坯的尺寸和形状不足以制

备标准试样时,应制备可能得到的厚度最大的小尺寸试样;当不足以制备厚度最小的尺寸试样时,不必进行冲击试验。

11.4.2 拉伸试验

11.4.2.1 弯管的拉伸试验应按 GB/T 228.1 的规定,弯管相关部位取样的拉伸试验结果应符合相关原材料标准或设计文件的要求。

11.4.2.2 出厂检验时,应对每批弯管进行一次拉伸试验;对于有缝弯管,每批弯管还应对焊缝进行一次拉伸试验;对于不需要热处理的弯管,原材料的拉伸性能可代表弯管的拉伸性能。

11.4.2.3 工艺评定时,应按表 D.2 的取样位置进行拉伸试验。

11.4.2.4 如果拉伸试验结果不符合规定,允许再取两个拉伸试样复验,复验结果均符合规定时为合格。

11.4.2.5 除上述规定外,可按供需双方协商的内容进行拉伸试验。

11.4.3 冲击试验

11.4.3.1 弯管的冲击试验应按 GB/T 229 的规定,弯管相关部位取样的冲击试验结果应符合相关原材料标准或设计文件的要求。

11.4.3.2 出厂检验时,应对低温用钢类别的弯管,每批进行一次冲击试验;对于有缝弯管,每批弯管还应对焊缝进行一次冲击试验。其他材料类别的弯管,是否需要进行冲击试验,可由供需双方协商确定。

11.4.3.3 工艺评定时,应按表 D.2 的取样位置进行冲击试验。

11.4.4 硬度试验

11.4.4.1 弯管的硬度试验应按 GB/T 17394.1 或 GB/T 231.1 的规定。硬度值应取至少三次测定结果的算术平均值,且符合表 2 或有关原材料标准的要求。

11.4.4.2 合金钢和低温钢类别的弯管应逐件进行硬度试验。其他材料类别的弯管应按每一热处理炉次(不需要热处理的按批)抽样,每一品种、每一规格抽取样品数量不应少于 10%且不应少于 1 件进行硬度试验;其中如有 1 件不合格,应加倍抽样试验;若仍有 1 件不合格,则应逐件试验。

11.4.4.3 当供需双方对硬度试验结果有异议时,应采用 GB/T 231.1 规定的试验方法进行仲裁。

11.5 无损检测

11.5.1 所有材料类别的弯管,根据材料的适用性,应按 NB/T 47013.4 或相关标准进行磁粉检测,或按 NB/T 47013.5 或相关标准进行渗透检测,Ⅰ级为合格。

11.5.2 所有材料类别弯管,可根据供需双方协商确定是否进行超声检测,检测应按 NB/T 47013.3 或相关标准进行,检测比例和验收标准等由供需双方协商。

11.5.3 采用有缝焊接钢管制造的弯管,如果钢管焊缝已由钢管制造商进行 100%射线检测且合格,弯管的焊缝可不再射线检测,但另有要求除外。如果钢管焊缝没有由钢管制造商进行 100%射线检测,则弯管制造商应对弯管焊缝全长按 NB/T 47013.2 或相关标准进行射线检测,Ⅱ级为合格。

11.5.4 除上述规定外,可按供需双方协商的内容进行无损检测。

11.5.5 从事无损检测的作业人员应取得相应资格。

11.6 金相检验

合金钢弯管应按 GB/T 13298 的规定进行金相检验,不应出现过烧组织,且在大于或等于 100 倍金相组织照片中,不应存在显微裂纹。

11.7 晶粒度检测

高碳型奥氏体不锈钢弯管每批应进行一次晶粒度检测,检测方法按 GB/T 6394 的规定,交货状态下弯管的晶粒度应为 7 级或更粗。

11.8 铁素体检测

奥氏体-铁素体双相不锈钢类别的弯管每批应进行一次铁素体检测,检测方法应符合 GB/T 13305 或相关标准的规定。采用铁素体仪测定法时,铁素体检测至少应在弯曲区的外弧侧测 3 次。交货状态下弯管管体的铁素体含量应为 40%~60%。对于焊缝区域的铁素体含量由供需双方协商。

11.9 水压试验

本文件不要求对弯管单独进行水压试验。所有弯管应能承受与同材料、同直径和同壁厚的钢管按适用的管道规范所要求的水压试验压力,且不出现泄漏或有损于使用性能的缺陷。

11.10 其他

弯管的其他检验与试验项目及要求应由供需双方协商确定。

11.11 出厂检验与试验

弯管出厂检验与试验汇总见表 9。

表 9 弯管出厂检验与试验汇总

序号	检验与试验项目	对应的条款	检验与试验数量	检验与试验方法
1	外观质量	11.1	逐件	目测
2	尺寸与公差	11.2	逐件	量具
3	化学成分	11.3	每一熔炼炉号 1 个	GB/T 223(所有部分)、 GB/T 4336、GB/T 11170
4	拉伸试验	11.4.1、11.4.2	每批 1 个	GB/T 228.1
5	冲击试验	11.4.1、11.4.3	低温钢类别弯管,每批一组 3 个试样(如有焊缝,焊缝、热影响区各 3 个试样)	GB/T 229
			其他材料类别弯管,双方协商	
6	硬度试验	11.4.4	低温钢类别和合金钢类别弯管,逐件	GB/T 17394.1、 GB/T 231.1
			其他材料类别弯管抽检 10%且至少为 1 件	
7	磁粉检测/ 渗透检测	11.5.1	低温钢类别和合金钢类别弯管,逐件	NB/T 47013.4、 NB/T 47013.5
			其他材料类别弯管抽检 10%且至少为 1 件	
8	超声检测	11.5.2	供需双方协商	NB/T 47013.3

表 9 弯管出厂检验与试验汇总（续）

序号	检验与试验项目	对应的条款	检验与试验数量	检验与试验方法
9	射线检测	11.5.3	焊缝全长	NB/T 47013.2
10	金相检验	11.6	合金钢每批 1 个	GB/T 13298
11	晶粒度检测	11.7	高碳型奥氏体不锈钢每批 1 个	GB/T 6394
12	铁素体检测	11.8	双相不锈钢每批 1 个	GB/T 13305
注：硬度试验、金相检验、晶粒度检测、铁素体检测检验位置宜在弯曲区的外弧侧、过渡区。				

12 标志

12.1 弯管外表面应做标志,标志距管端的距离不宜小于 150 mm。

12.2 标志的字迹应清楚、耐久,且不应采用字模锤印标志。

12.3 标志应至少包括下列内容：

- a) 制造商名称或商标；
- b) 材料牌号；
- c) 公称尺寸或外径；
- d) 壁厚；
- e) 弯曲半径；
- f) 弯曲角度；
- g) 产品编号或原材料炉号；
- h) 本文件编号(可不包括年代号)；
- i) 合同要求的其他标志内容。

示例：材料牌号为 06Cr19Ni10,外径 323.9 mm,壁厚 8.0 mm,弯曲半径 $5D_n$,弯曲角度 60° 弯管的标志为:制造商名称或商标 06Cr19Ni10-323.9-8.0- $5D_n$ - 60° 产品编号或原材料炉号 GB/T 47569

12.4 当弯管因尺寸原因无法标出全部标志内容时,可按 12.3 所述的相反顺序省略,但永久性标志至少应标出制造商名称或商标和材料牌号两项内容,同时应以附加标牌的方式标出全部标志内容。

13 表面防护与包装

13.1 碳钢和合金钢弯管的外表面宜采用喷砂、抛丸处理或表面喷涂防锈油漆;不锈钢弯管表面应酸洗、钝化处理;或按采购方要求执行。

13.2 产品应按不同材料类型进行分类存放和包装,并注意防潮。

14 产品质量合格证明书

弯管应提供产品质量合格证明书,产品质量合格证明书应至少包括以下内容：

- a) 制造商的名称和地址；
- b) 产品名称、类型(无缝或有缝)；
- c) 原材料的牌号、炉批号和标准号；
- d) 公称尺寸或外径、壁厚；

- e) 弯曲半径、弯曲角度；数量和产品编号；
- f) 本文件编号；
- g) 化学成分；
- h) 无损检测；
- i) 力学性能；
- j) 交货状态；
- k) 检验试验结果和订单中补充规定的其他检验试验结果；
- l) 独立于生产部门的制造商授权代表的签字。

附 录 A
(资料性)
弯管常用尺寸

A.1 4D_n及以上的弯管,其弯曲半径 R 可按照公称尺寸 DN 值乘以相应弯曲倍数计算得出,见表 A.1,或按公称尺寸 NPS 值乘以 25.4 mm 乘以相应弯曲倍数计算得出,见表 A.2。
A.2 3D_n及以下的弯管,其弯曲半径 R 按照 NPS 值乘以 25.4 mm 乘以相应弯曲倍数计算得出,见表 A.1~表 A.2。

表 A.1 弯管常用尺寸

公称尺寸 DN	弯管弯曲半径 R mm										直管段推荐 最小值 L ₁ 、L ₂ mm
	2D _n	3D _n	4D _n	5D _n	6D _n	8D _n	10D _n	20D _n	30D _n	40D _n	
20	38	57	80	100	120	160	200	400	600	800	50
25	51	76	100	125	150	200	250	500	750	1 000	50
32	64	95	128	160	192	256	320	640	960	1 280	50
40	76	114	160	200	240	320	400	800	1 200	1 600	50
50	102	152	200	250	300	400	500	1 000	1 500	2 000	50
65	127	190	260	325	390	520	650	1 300	1 950	2 600	50
80	152	229	320	400	480	640	800	1 600	2 400	3 200	100
90	178	267	360	450	540	720	900	1 800	2 700	3 600	100
100	203	305	400	500	600	800	1 000	2 000	3 000	4 000	100
125	254	381	500	625	750	1 000	1 250	2 500	3 750	5 000	100
150	305	457	600	750	900	1 200	1 500	3 000	4 500	6 000	150
200	406	610	800	1 000	1 200	1 600	2 000	4 000	6 000	8 000	150
250	508	762	1 000	1 250	1 500	2 000	2 500	5 000	7 500	10 000	150
300	610	914	1 200	1 500	1 800	2 400	3 000	6 000	9 000	12 000	150
350	711	1 067	1 400	1 750	2 100	2 800	3 500	7 000	10 500	14 000	200
400	813	1 219	1 600	2 000	2 400	3 200	4 000	8 000	12 000	16 000	200
450	914	1 372	1 800	2 250	2 700	3 600	4 500	9 000	13 500	18 000	200
500	1 016	1 524	2 000	2 500	3 000	4 000	5 000	10 000	15 000	20 000	200
550	—	1 676	2 200	2 750	3 300	4 400	5 500	11 000	16 500	22 000	300
600	—	1 829	2 400	3 000	3 600	4 800	6 000	12 000	18 000	24 000	300
650	—	1 981	2 600	3 250	3 900	5 200	6 500	13 000	19 500	26 000	300
700	—	2 134	2 800	3 500	4 200	5 600	7 000	14 000	21 000	28 000	300
750	—	2 286	3 000	3 750	4 500	6 000	7 500	15 000	22 500	30 000	300
800	—	2 438	3 200	4 000	4 800	6 400	8 000	16 000	24 000	32 000	300

表 A.1 弯管常用尺寸 (续)

公称尺寸 DN	弯管弯曲半径 R mm										直管段推荐 最小值 $L_1、L_2$ mm
	$2D_n$	$3D_n$	$4D_n$	$5D_n$	$6D_n$	$8D_n$	$10D_n$	$20D_n$	$30D_n$	$40D_n$	
850	—	2 591	3 400	4 250	5 100	6 800	8 500	17 000	25 500	34 000	300
900	—	2 743	3 600	4 500	5 400	7 200	9 000	18 000	27 000	36 000	300
950	—	2 896	3 800	4 750	5 700	7 600	9 500	19 000	28 500	38 000	300
1 000	—	3 048	4 000	5 000	6 000	8 000	10 000	20 000	30 000	40 000	300
1 050	—	—	4 200	5 250	6 300	8 400	10 500	21 000	31 500	42 000	300
1 100	—	—	4 400	5 500	6 600	8 800	11 000	22 000	33 000	44 000	300
1 150	—	—	4 600	5 750	6 900	9 200	11 500	23 000	34 500	46 000	300
1 200	—	—	4 800	6 000	7 200	9 600	12 000	24 000	36 000	48 000	300
1 300	—	—	5 200	6 500	7 800	10 400	13 000	26 000	39 000	52 000	500
1 400	—	—	5 600	7 000	8 400	11 200	14 000	28 000	42 000	56 000	500
1 500	—	—	6 000	7 500	9 000	12 000	15 000	30 000	45 000	60 000	500
1 600	—	—	6 400	8 000	9 600	12 800	16 000	32 000	48 000	64 000	500
1 700	—	—	6 800	8 500	10 200	13 600	17 000	34 000	51 000	68 000	500
1 800	—	—	7 200	9 000	10 800	14 400	18 000	36 000	54 000	72 000	500
1 900	—	—	7 600	9 500	11 400	15 200	19 000	38 000	57 000	76 000	500
2 000	—	—	8 000	10 000	12 000	16 000	20 000	40 000	60 000	80 000	500

表 A.2 弯管常用尺寸

公称尺寸 NPS	弯管弯曲半径 R mm										直管段推荐 最小值 $L_1、L_2$ mm
	$2D_n$	$3D_n$	$4D_n$	$5D_n$	$6D_n$	$8D_n$	$10D_n$	$20D_n$	$30D_n$	$40D_n$	
3/4	38	57	76	95	114	152	191	381	572	762	50
1	51	76	102	127	152	203	254	508	762	1 016	50
1¼	64	95	127	159	191	254	318	635	953	1 270	50
1½	76	114	152	191	229	305	381	762	1 143	1 524	50
2	102	152	203	254	305	406	508	1 016	1 524	2 032	50
2½	127	190	254	318	381	508	635	1 270	1 905	2 540	50
3	152	229	305	381	457	610	762	1 524	2 286	3 048	100
3½	178	267	356	445	533	711	889	1 778	2 667	3 556	100
4	203	305	406	508	610	813	1 016	2 032	3 048	4 064	100
5	254	381	508	635	762	1 016	1 270	2 540	3 810	5 080	100

表 A.2 弯管常用尺寸 (续)

公称尺寸 NPS	弯管弯曲半径										直管段推荐 最小值 $L_1、L_2$ mm
	R										
	mm										
	$2D_n$	$3D_n$	$4D_n$	$5D_n$	$6D_n$	$8D_n$	$10D_n$	$20D_n$	$30D_n$	$40D_n$	
6	305	457	610	762	914	1 219	1 524	3 048	4 572	6 096	150
8	406	610	813	1 016	1 219	1 626	2 032	4 064	6 096	8 128	150
10	508	762	1 016	1 270	1 524	2 032	2 540	5 080	7 620	10 160	150
12	610	914	1 219	1 524	1 829	2 438	3 048	6 096	9 144	12 192	150
14	711	1 067	1 422	1 778	2 134	2 845	3 556	7 112	10 668	14 224	200
16	813	1 219	1 626	2 032	2 438	3 251	4 064	8 128	12 192	16 256	200
18	914	1 372	1 829	2 286	2 743	3 658	4 572	9 144	13 716	18 288	200
20	1 016	1 524	2 032	2 540	3 048	4 064	5 080	10 160	15 240	20 320	200
22	—	1 676	2 235	2 794	3 353	4 470	5 588	11 176	16 764	22 352	300
24	—	1 829	2 438	3 048	3 658	4 877	6 096	12 192	18 288	24 384	300
26	—	1 981	2 642	3 302	3 962	5 283	6 604	13 208	19 812	26 416	300
28	—	2 134	2 845	3 556	4 267	5 690	7 112	14 224	21 336	28 448	300
30	—	2 286	3 048	3 810	4 572	6 096	7 620	15 240	22 860	30 480	300
32	—	2 438	3 251	4 064	4 877	6 502	8 128	16 256	24 384	32 512	300
34	—	2 591	3 454	4 318	5 182	6 909	8 636	17 272	25 908	34 544	300
36	—	2 743	3 658	4 572	5 486	7 315	9 144	18 288	27 432	36 576	300
38	—	2 896	3 861	4 826	5 791	7 722	9 652	19 304	28 956	38 608	300
40	—	3 048	4 064	5 080	6 096	8 128	10 160	20 320	30 480	40 640	300
42	—	—	4 267	5 334	6 401	8 534	10 668	21 336	32 004	42 672	300
44	—	—	4 470	5 588	6 706	8 941	11 176	22 352	33 528	44 704	300
46	—	—	4 674	5 842	7 010	9 347	11 684	23 368	35 052	46 736	300
48	—	—	4 877	6 096	7 315	9 754	12 192	24 384	36 576	48 768	300
52	—	—	5 283	6 604	7 925	10 566	13 208	26 416	39 624	52 832	500
56	—	—	5 690	7 112	8 534	11 379	14 224	28 448	42 672	56 896	500
60	—	—	6 096	7 620	9 144	12 192	15 240	30 480	45 720	60 960	500
64	—	—	6 502	8 128	9 754	13 005	16 256	32 512	48 768	65 024	500
68	—	—	6 909	8 636	10 363	13 818	17 272	34 544	51 816	69 088	500
72	—	—	7 315	9 144	10 973	14 630	18 288	36 576	54 864	73 152	500
76	—	—	7 722	9 652	11 582	15 443	19 304	38 608	57 912	77 216	500
80	—	—	8 128	10 160	12 192	16 256	20 320	40 640	60 960	81 280	500

附 录 B
(规范性)
设计验证试验

B.1 一般规定

当采用水压试验作为弯管的设计验证依据时,应按本附录的规定进行验证试验。除非供需双方另有协议,验证试验应为水压爆破试验。

B.2 试验组装件

B.2.1 试件

试验弯管应从同类产品中选择,并符合本文件中的材料、成形工艺及热处理的规定。试验弯管的尺寸和理化性能指标应符合本文件的规定。

B.2.2 附件

附件包括短节和管帽,短节的计算爆破强度,不应小于弯管的计算爆破强度,且短节壁厚不应超过弯管标志壁厚的 1.5 倍。内壁错边量大于 2.0 mm 时,应采用削边过渡。

B.3 试验程序

试验介质应为水,应对试验组装件施加水压。

对试验弯管进行静水压爆破试验时,选择试验压力计算公式(B.1)。

试验压力应施加至弯管爆破为止,爆破时的压力不应低于计算爆破压力;或者当试验压力达到按公式(B.1)计算的爆破压力,且保压时间不小于 3 min,则认为试验合格。

$$P = \frac{2St}{D} f_1 \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

D ——弯管外径,单位为毫米(mm);

f_1 ——试验系数,见表 B.1;

P ——弯管的最小计算验证试验压力,单位为兆帕(MPa);

S ——在代表试验弯管的试样上测得的试验弯管的实际抗拉强度,它应满足相应标准中规定的弯管材料所要求的抗拉强度,单位为兆帕(MPa);

t ——弯管上标志的管子的公称壁厚,单位为毫米(mm)。

表 B.1 试验系数 f_1

样品数量	试验系数, f_1
1	1.1
2	1.05
3 或更多	1.0

B.4 试验结果的可用性

B.4.1 对规格、壁厚及材料的组合一般规定,应选取具有代表性的弯管进行验证试验。验证试验结果

合格时,该结果适用于规定范围内的其他弯管。

B.4.2 一个试验弯管规格范围可以用来对 DN(或 NPS)规格大小为试验管件的 0.5 倍~2 倍的类似比例的弯管进行质量评定。

B.4.3 一个试验弯管厚度范围可以用来对 t/D 比值为试验管件的 0.5 倍~3 倍的类似比例的弯管进行质量评定。

B.4.4 不需要对所有材料等级的弯管进行试验。在表 B.2 材料组号对应的不同材料类别中选择一种材料等级的弯管所进行的试验,可验证同一材料组号对应的所有材料类别的弯管。

表 B.2 材料组别号对应的材料类别

材料组号	材料类别
1	碳素钢、低温用钢和合金钢
2	奥氏体和奥氏体-铁素体双相不锈钢

B.5 试验结果的保留

制造商应制定质量控制程序,并在整个制造过程中实施,以确保所制造弯管的几何形状和尺寸与试验弯管相符,并符合规定要求。当弯管的几何形状或制造方法发生重大变化时,制造商应重新进行验证试验,或通过分析证明该变化不会影响原验证试验结果。

B.6 验证试验报告

弯管的组装件试验均应出具试验报告。试验报告应至少包括以下内容:

- a) 试验描述,包括试验数量和用以确定验证试验目标值;
- b) 所使用的仪表量具和方法;
- c) 弯管的拉伸试验报告;
- d) 每个试验的实际最终压力;
- e) 从试验开始到爆破的时间长度,或在所估算的目标压力值或之上的保持时间;
- f) 所进行的计算;
- g) 破裂位置,如果有,包括简图;
- h) 试验人员的签字。在委托特种设备专门机构进行验证试验时,应由其出具相应的试验报告,供采购方或监造方见证。

附 录 C
(资料性)

弯管弯制前选用直管壁厚参考值

- C.1 为补偿弯制过程中弯管外弧侧受拉引起的减薄量,弯制弯管用的直管壁厚可参照本附录选用。
C.2 对于热弯弯管,弯制前的直管最小壁厚可按表 C.1 规定确定。

表 C.1 热弯弯管弯制前直管最小壁厚参考值

弯曲半径 R	弯制前推荐直管最小壁厚参考值
$2D_n \leq R \leq 3D_n$	$1.20t$
$3D_n < R \leq 4D_n$	$1.15t$
$4D_n < R < 6D_n$	$1.10t$
$R \geq 6D_n$	$1.06t$
注:弯曲半径为中间值的弯管,弯制前的直管最小壁厚能采用内插法计算。	

- C.3 对于冷弯弯管,弯制前的直管最小壁厚推荐值见表 C.2。

表 C.2 冷弯弯管弯制前的直管最小壁厚参考值

弯曲半径 R	弯制前直管最小壁厚参考值
$2D_n \leq R \leq 3D_n$	$1.25t$
$3D_n < R \leq 4D_n$	$1.20t$
$4D_n < R < 6D_n$	$1.15t$
$R \geq 6D_n$	$1.10t$
注:弯曲半径为中间值的弯管,弯制前的直管最小壁厚能采用内插法计算。	

附录 D
(规范性)
弯管工艺评定

D.1 通则

- D.1.1 评定的目的:用以评定验证弯管工艺是否满足质量要求。
- D.1.2 评定的一般过程:根据金属材料的弯曲特性,按照设计文件规定和制造工艺拟定弯管工艺规范制备弯管,弯管热处理后在相应部位取样,检测弯管工艺是否满足设计和应用要求,并形成完整的弯管工艺评定报告。
- D.1.3 弯管工艺评定应在同一工厂用于弯制该弯管的同类型设备上进行。工艺评定所用设备和仪表应处于正常工作状态,所用材料应符合相应标准的要求,由本单位操作技能熟练的人员按照规定的工艺规范制造。
- D.1.4 弯管制造应根据材料、规格、弯曲半径制定成形温度、冷却类型、推进速度等弯管工艺参数,根据制定的工艺参数进行弯管工艺评定试验。

D.2 评定的有效范围

D.2.1 弯管工艺评定中,常用材料分类分组见表 D.1,同组别材料的工艺评定可相互覆盖,同类别材料中,高组别材料的工艺评定可覆盖低组别材料。同组别材料有缝钢管的工艺评定可覆盖无缝钢管,但无缝钢管的工艺评定不能覆盖有缝钢管。

表 D.1 常用材料分类分组

材料类别	组别	材料牌号
碳素钢	1	10、20、20G、Q235A、Q235B、Q245、L245
	2	20MnG、Q345(B、C、D)、Q355(B、C、D)
低温钢	1	Q345E、Q355E、16MnDG、10MnDG
	2	06Ni3MoDG、06Ni9DG
合金钢	1	12Cr1Mo、12Cr1MoV、12Cr1MoVG、12Cr2Mo、12Cr2MoG、15CrMo、15CrMoG
	2	12Cr5Mo、12Cr9Mo、15Ni1MnMoNbCu
	3	10Cr9Mo1VNbN
奥氏体不锈钢	1	06Cr19Ni10、022Cr19Ni10、07Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2、07Cr17Ni12Mo2、06Cr19Ni13Mo3、022Cr19Ni13Mo3
	2	06Cr18Ni11Ti、07Cr19Ni11Ti、06Cr18Ni11Nb、07Cr18Ni11Nb、06Cr25Ni20
双相不锈钢	1	022Cr22Ni5Mo3N、022Cr23Ni5Mo3N
	2	022Cr25Ni7Mo4N、022Cr25Ni7Mo4WCuN

- D.2.2 未列入表 D.1 的材料牌号,其评定规则如下。
- a) 已列入国家标准、行业标准的牌号,可根据其化学成分、力学性能和弯曲性能确定列入相应的类、组中,或另外进行单独分类、分组;未列入国家标准、行业标准的牌号,应单独进行工艺评定。

- b) 国外钢管材料首次使用时应按其牌号或统一数字代号进行工艺评定。当已掌握该牌号弯曲性能,且其化学成分、力学性能与表 D.1 某牌号相当,在某牌号已进行过合格工艺评定时,该进口钢管材料可免做工艺评定。

D.2.3 不同成形方法的工艺评定不可以相互覆盖。

D.2.4 工艺评定的几何准则应符合以下规定。

- a) 较小 R/D_n 的弯管合格评定适用于较大 R/D_n 的弯管。
 b) 评定的弯管壁厚 t 的有效范围为 $0.7t \sim 1.5t$ 。
 c) 评定的弯管外径 D 的有效范围为:
 —— $D \leq 400\text{mm}$ 时,外径的有效范围为: $0.5D \sim 1.5D$ 。
 —— $D > 400\text{mm}$ 时,外径的有效范围为: $0.5D \sim 1.8D$ 。

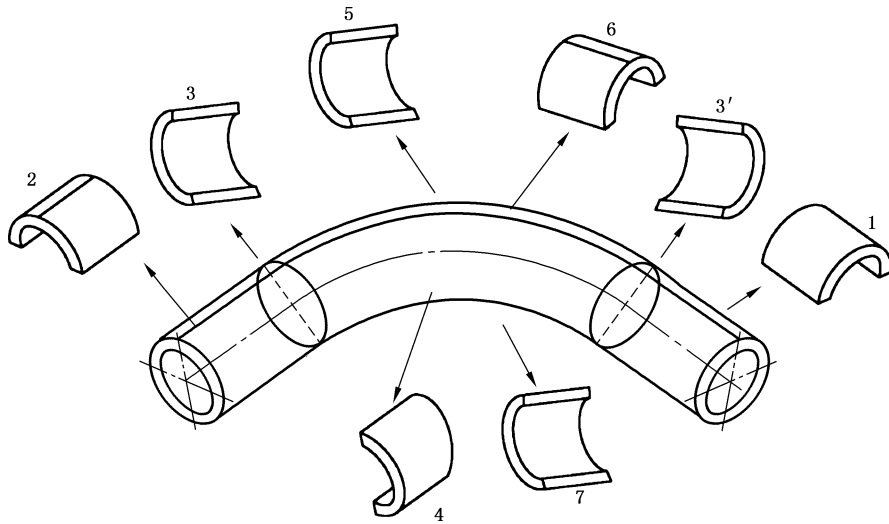
D.2.5 改变弯管制造工艺参数(如成形温度、冷却类型、推进速度)时,需重新评定。

D.2.6 改变热处理方式(如正火、回火或正火加回火等)时,需重新评定。

D.3 制造工艺评定试验

D.3.1 弯曲角度应大于 30° ,并满足试验取样所需要的长度。

D.3.2 弯管性能试验取样位置见图 D.1。无缝弯管不对 2 点和 6 点位置进行取样和试验。



标引序号说明:

- 1 —— 直管段管体,横向;
 2 —— 直管段焊缝,横向;
 3 —— 起弯区外弧侧管体,纵向;
 3' —— 终弯区外弧侧管体,纵向;
 4 —— 弯曲区内弧侧管体,横向;
 5 —— 弯曲区外弧侧管体,横向;
 6 —— 焊缝,横向;
 7 —— 距焊缝 180° 管体,横向。

图 D.1 弯管取样位置

D.3.3 弯管工艺评定检验与试验汇总见表 D.2。

表 D.2 弯管工艺评定检验与试验汇总

序号	检验与试验项目	对应的条款	检验与试验数量	取样位置	检验与试验方法
1	外观质量	11.1	整件	—	目测
2	尺寸与公差	11.2	整件	—	量具
3	化学成分	11.3	1 个	1	GB/T 223(所有部分)、 GB/T 4336、GB/T 11170
4	拉伸试验	11.4.1、 11.4.2	每个位置 1 个	1,2,3,3', 4,5,6,7	GB/T 228.1
5	冲击试验	11.4.1、 11.4.3	每个位置一组 3 个试样 (如有焊缝,焊缝、热影响区 各 3 个试样)	2,3,3', 4,5,6,7	GB/T 229
6	硬度试验	11.4.4	每个位置 1 个	2,3,3',4, 5,6,7	GB/T 17394.1、 GB/T 231.1
7	磁粉检测/ 渗透检测	11.5.1	整件	—	NB/T 47013.4、 NB/T 47013.5
8	超声检测	11.5.2	整件	—	NB/T 47013.3
9	射线检测	11.5.3	焊缝全长	—	NB/T 47013.2
10	金相检验	11.6	每个位置 1 个	2,3,3',4,5,6,7	GB/T 13298
11	晶粒度检测	11.7	每个位置 1 个	2,3,3',4,5,6,7	GB/T 6394
12	铁素体检测	11.8	每个位置 1 个	5	GB/T 13305
13	水压试验	11.9	整件	—	11.9
注：当弯管尺寸不能全部满足取样位置要求时,优先取弯曲区的外弧侧、过渡区。					

D.4 结果评价

D.4.1 若检验试验结果符合要求,则弯管工艺评定合格。

D.4.2 若检验试验结果不符合要求,可重新加倍取样进行复验,若复验仍有不合格,应按下列规定之一进行处理：

- a) 调整弯管制造工艺(如成形温度、冷却类型、推进速度),重新进行工艺评定；
- b) 调整热处理方式,重新进行工艺评定。

D.5 文件

弯管工艺评定资料至少应包括以下内容,且应长期妥善保存：

- a) 单位名称；
- b) 所用设备；
- c) 成形方法及主要工艺参数；

- d) 原材料质量证明书；
- e) 化学成分分析报告；
- f) 弯管的结构尺寸图；
- g) 外观质量检验记录；
- h) 尺寸与公差检验记录；
- i) 拉伸试验报告；
- j) 冲击试验报告；
- k) 硬度试验报告；
- l) 金相检验报告(包括显微组织照片)；
- m) 弯管工艺卡、热处理工艺卡及热处理工艺记录；
- n) 理化取样位置示意图和各试样标记说明；
- o) 无损检测(超声及磁粉或渗透)报告；
- p) 采购方要求的其他文件。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3087 低中压锅炉用无缝钢管
- [2] GB/T 3091 低压流体输送用焊接钢管
- [3] GB/T 5310 高压锅炉用无缝钢管
- [4] GB/T 8163 输送流体用无缝钢管
- [5] GB/T 9711 石油天然气工业管线输送系统用钢管
- [6] GB/T 9948 石化和化工装置用无缝钢管
- [7] GB/T 12771 流体输送用不锈钢焊接钢管
- [8] GB/T 13296 锅炉、热交换器用不锈钢无缝钢管
- [9] GB/T 14976 输送流体用不锈钢无缝钢管
- [10] GB/T 18984 低温管道用无缝钢管
- [11] GB/T 21832.1 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管 第 1 部分:热交换器用管
- [12] GB/T 21832.2 奥氏体-铁素体型双相不锈钢焊接钢管 第 2 部分:流体输送用管
- [13] GB/T 21833.1 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 第 1 部分:热交换器用管
- [14] GB/T 21833.2 奥氏体-铁素体型双相不锈钢无缝钢管 第 2 部分:流体输送用管
- [15] GB/T 24593 锅炉和热交换器用奥氏体不锈钢焊接钢管
- [16] GB/T 32970 高温高压管道用直缝埋弧焊接钢管
