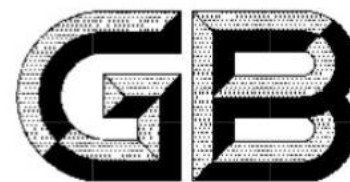


ICS 77.140.75
H 48



中 华 人 民 共 和 国 国 家 标 准

GB/T 30073—2013

核电站热交换器用奥氏体
不锈钢无缝钢管

Seamless austenitic stainless steel tubes for heat exchangers
in nuclear power plant

2013-12-17发布

2014-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发 布
中 国 国 家 标 准 化 管 理 委 员 会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 形状与代号	2
4 订货内容	4
5 尺寸、外形、重量及允许偏差	4
6 技术要求	6
7 试验方法	11
8 检验规则	11
9 清洁、包装、标志和质量证明文件	12
附录A(规范性附录)钢管预制批的规定	14
附录B(规范性附录)弯管工艺评定	17
附录C(规范性附录)晶间腐蚀试验方法	18
附录D(规范性附录)开环试验方法	19

前 言

本标准按照GB/T1.1—2009 给出的规则起草。

本标准参照SA-213/SA-213M 《锅炉、过热器和换热器用无缝铁素体和奥氏体合金钢管子》制定。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：江苏银环精密钢管股份有限公司、江苏武进不锈股份有限公司、冶金工业信息标准研究院、浙江久立特材科技股份有限公司、衡阳华菱钢管有限公司、永兴特种不锈钢股份有限公司。

本标准主要起草人：华杨康、邵新中、宋建新、董莉、邵羽、赵斌、杨辉、刘瑜、王建永、高佩、韩敏、唐鹏、庄建新。

核电站热交换器用奥氏体 不锈钢无缝钢管

1 范围

本标准规定了核电站热交换器用奥氏体不锈钢无缝钢管的形状与代号、订货内容、尺寸、外形、重量及允许偏差、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明文件。

本标准适用于核电站核安全2、3级和非核安全级热交换器用奥氏体不锈钢无缝直管、U 形管及II形管。

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	223. 11	钢铁及合金	铬含量的测定	可视滴定或电位滴定法
GB/T	223. 16	钢铁及合金化学分析方法	变色酸光度法测定钛量	
GB/T	223. 18	钢铁及合金化学分析方法	硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量	
GB/T	223. 19	钢铁及合金化学分析方法	新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量	
GB/T	223. 21	钢铁及合金化学分析方法	5-CI-PADAB	分光光度法测定钴量
GB/T	223. 22	钢铁及合金化学分析方法	亚硝基 R	盐分光光度法测定钴量
GB/T	223. 23	钢铁及合金	镍含量的测定	丁二酮肟分光光度法
GB/T	223. 25	钢铁及合金化学分析方法	丁二酮肟重量法测定镍量	
GB/T	223. 26	钢铁及合金	钼含量的测定	硫氰酸盐分光光度法
GB/T	223. 28	钢铁及合金化学分析方法	α -安息香肟重量法测定钼量	
GB/T	223. 36	钢铁及合金化学分析方法	蒸馏分离-中和滴定法测定氮量	

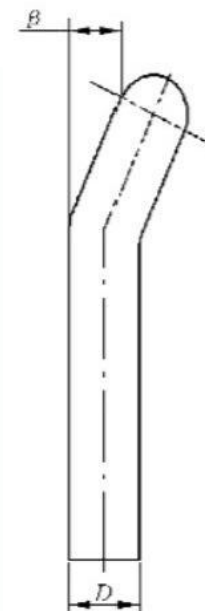
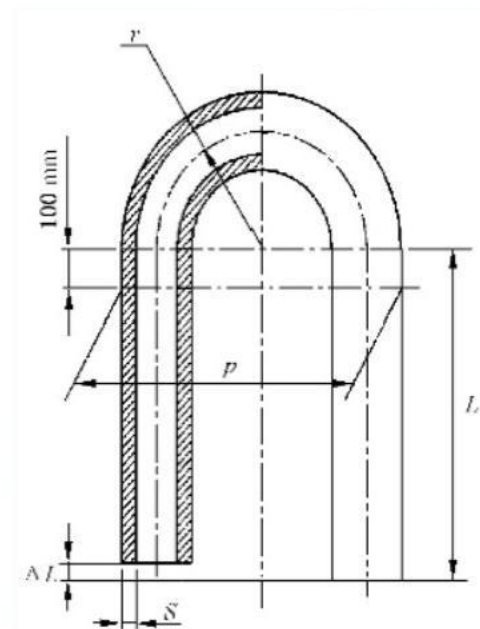
GB/T	223. 37	钢铁及合金化学分析方法	蒸馏分离-靛酚蓝光度法测定氮量
GB/T	223. 40	钢铁及合金	铌含量的测定 氯磺酚 S 分光光度法
GB/T	223. 42	钢铁及合金化学分析方法	离子交换分离-溴邻苯三酚红光度法测定钽量
GB/T	223. 58	钢铁及合金化学分析方法	压砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量
GB/T	223. 59	钢铁及合金	磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法和锑磷钼蓝分光光度法
GB/T	223. 60	钢铁及合金化学分析方法	高氯酸脱水重量法测定硅含量
GB/T	223. 62	钢铁及合金化学分析方法	乙酸丁酯萃取光度法测定磷量
GB/T	223. 63	钢铁及合金化学分析方法	高碘酸钠(钾)光度法测定锰量
GB/T	223. 64	钢铁及合金	锰含量的测定 火焰原子吸收光谱法
GB/T	223. 68	钢铁及合金化学分析方法	管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法测定硫含量
GB/T	223. 69	钢铁及合金	碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法
GB/T	223. 72	钢铁及合金	硫含量的测定 重量法
GB/T	223. 75	钢铁及合金	硼含量的测定 甲醇蒸馏-姜黄素光度法
GB/T	223. 84	钢铁及合金	钛含量的测定 二安替比林甲烷分光光度法

GB/T 30073—2013

- GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
- GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法
- GB/T 226 钢的低倍组织及缺陷酸蚀检验法
- GB/T 228.1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 241 金属管 液压试验方法
- GB/T 242 金属管 扩口试验方法
- GB/T 246 金属管 压扁试验方法
- GB/T 1979 结构钢低倍组织缺陷评级图
- 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 4334—2008 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验方法
- GB/T 5777 无缝钢管超声波探伤检验方法
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- GB/T 7735 钢管涡流探伤检验方法
- GB/T 10561—2005 钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法
- 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 17505 钢及钢产品交货一般技术要求
- GB/T 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法
- GB/T 20123 钢铁 总碳硫含量的测定 高频感应炉燃烧后红外吸收法(常规方法)
- GB/T 20124 钢铁 氮含量的测定 惰性气体熔融热导法(常规方法)
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- YB/T 5362 不锈钢在沸腾氯化镁溶液中应力腐蚀试验方法

3 形状与代号

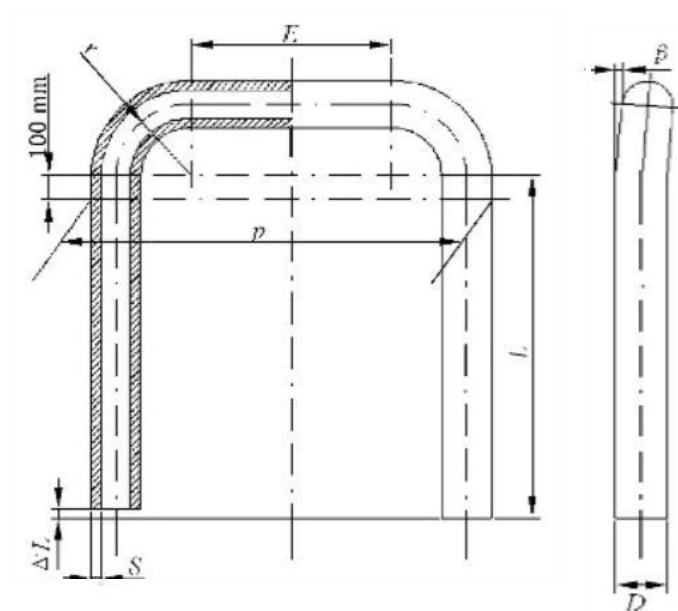
3.1 钢管按产品形状分为直管、U 形管及 II 形管。 U 形管的形状和尺寸代号见图1, II 形管的形状和尺寸代号见图2。



说明:

- D —— 钢管的公称外径, 单位为毫米(mm);
- S —— 钢管的公称壁厚, 单位为毫米(mm);
- L —— 从弯曲切点到管端的直管部分长度, 单位为毫米(mm);
- ΔL —— 两直管部分长度差, 单位为毫米(mm);
- p —— 直管部分间距, 单位为毫米(mm), p 的理论值为 $(2r+D)$;
- r —— 弯曲半径, 单位为毫米(mm);
- β —— 弯头平面度, 单位为毫米(mm)。

图 1 U 形管



说明:

- D ——钢管的公称外径, 单位为毫米(mm);
- S ——钢管的公称壁厚, 单位为毫米(mm);
- L ——从弯曲切点到管端的直管部分长度, 单位为毫米(mm);
- ΔL —— 两直管部分长度差, 单位为毫米(mm);
- p ——直管部分间距, 单位为毫米(mm), p 的理论值为 $(2r+D+E)$;
- r ——弯曲半径, 单位为毫米(mm);
- β ——弯头平面度, 单位为毫米(mm);
- E ——平底长度, 单位为毫米(mm)。

图 2 II 形管

4 订货内容

按本标准订购钢管的合同或订单应包括下列内容：

- a) 标准编号；
- b) 产品名称；
- c) 核安全等级；
- d) 钢的牌号；
- e) 尺寸规格(外径×壁厚×直管部分长度，单位为毫米)；
- f) 弯曲半径、平底长度或图纸；
- g) 订购的重量或数量；
- h) 交货状态；
- i) 晶间腐蚀试验；
- j) 包装要求；
- k) 其他特殊要求(高温拉伸试验、残余应力检验等)。

5 尺寸、外形、重量及允许偏差

5.1 外径

5.1.1 钢管的外径通常为10 mm～76 mm。

5.1.2 钢管外径的允许偏差应符合表1的规定。

表 1 钢管外径的允许偏差

单位为毫米

钢管外径 (D)	允许偏差
D≤20	±0.10
D>20	±0.5%D

5.2 壁厚

- 5.2.1 钢管的壁厚通常为0.7 mm~4.0 mm。
- 5.2.2 钢管壁厚的允许偏差为±10%S。根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管壁厚的允许偏差可为 $^{+20\%}_0S$ 。
- 5.2.3 钢管弯管部分的壁厚应不小于由式(1)确定的值，且应不小于弯制前最小允许壁厚的90%。

$$S_t = \frac{4rS_{min}}{4r + D}$$

..... (1)

式中：

S；— 钢管弯管部分的壁厚，单位为毫米(mm)；

r — 弯曲半径，单位为毫米(mm)；

Smn—— 弯制前的最小允许壁厚，单位为毫米(mm)；

D — 钢管的公称外径，单位为毫米(mm)。

5.3 长度

- 5.3.1 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，直管应以定尺或倍尺长度交货。定尺长度交

货时，长度允许偏差为 $^{+10}_0$ mm； 倍尺长度交货时，每个倍尺长度应留出切口余量5 mm～10mm。

5.3.2 U 形管及 II 形管直管部分的长度允许偏差应符合表2的规定。两直管部分长度差应符合表3的规定。

表 2 U 形管及 II 形管直管部分长度的允许偏差 单位为毫米

直管部分长度L	允许偏差
$L \leq 6000$	$^{+3.2}_0$
$6000 < L \leq 9000$	$^{+4.0}_0$
$9000 < L \leq 15000$	$^{+4.8}_0$

表 3 U 形管及 II 形管两直管部分长度差 单位为毫米

U形管的弯曲半径r或II形管的平底长度E	两直管部分长度差 ΔL
$r(E) < 250$	≤ 0.8
$250 \leq r(E) \leq 500$	≤ 1.5
$r(E) > 500$	≤ 2.5

5.4 弯管尺寸

5.4.1 钢管弯管部分的不圆度A 应不大于7%, 不圆度按式(2) 计算。

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

式中:

Dmx—— 同一横截面实测外径最大值, 单位为毫米(mm);

Dmin—— 同一横截面实测外径最小值, 单位为毫米(mm);

D —— 钢管的公称外径, 单位为毫米(mm)。

5.4.2 从距弯曲切点约100 mm 处测出的直管部分间距 p 与理论值[U 形管为 (2r+D),II 形管为 (2r+D+E)] 的允许偏差应符合表4的规定。

表 4 直管部分间距允许偏差 单位为毫米

直管部分间距	允许偏差
p≤150	±1.5
150<p≤500	±2.5
500<p≤1000	±3.5
1000<p≤1500	±4.5
p>1500	±5.5

5.4.3 U 形管弯曲部分的曲率应均匀, 且实际弯曲半径与规定弯曲半径之差应不大于1.50 mm。

5.4.4 在两切点测量的弯头平面度(β)应不大于1.50 mm (见图1和图2)。

5.5 外形

- 5.5.1 钢管两端端面应与钢管轴线垂直，切口毛刺应全部清除，管端切斜应不大于0.40 mm。
- 5.5.2 直管及U形管、II形管的直管部分弯曲度应不大于1.50 mm/m。经供需双方协商，并在合同中注明，可对弯曲度做其他要求。
- 5.5.3 钢管的弯管部分不允许存在鼓包或起皱现象。

5.6 重量

钢管应按理论重量交货。按公称壁厚供货钢管每米的理论重量按式(3)计算：

$$W = \frac{\pi}{1\,000} (D - S) S \times \rho \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- W— 钢管每米理论重量，单位为千克每米(kg/m)；
- π — 3.1416；
- D— 钢管的公称外径，单位为毫米(mm)；
- S — 钢管的公称壁厚，单位为毫米(mm)；
- ρ — 钢的密度，单位为千克每立方分米(kg/dm³)，见表6。

以最小壁厚交货的钢管，应采用平均壁厚计算理论重量，其平均壁厚是按壁厚及其允许偏差计算出来的壁厚最大值与最小值的平均值。

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管也可按实际重量交货。

6 技术要求

6.1 钢的牌号和化学成分

钢的牌号和化学成分(熔炼分析和成品分析)应符合表5的规定。

6.2 制造

6.2.1 制造大纲

钢管制造前，制造厂应制定制造大纲，其内容应包括制造过程中的各个制造和检验工序。对于核安全2、3级钢管，在正式批量制造之前，应按附录 A 的要求验证制造大纲。

6.2.2 钢的冶炼方法

钢应采用电弧炉冶炼加炉外精炼或电渣重熔。经供需双方协商，并在合同中注明，可采用其他相当或更高要求的冶炼方法。

6.2.3 管坯的制造方法

管坯应采用热轧(锻)方法制造。

钢锭的头部和尾部应有足够的切除量。

管坯的非金属夹杂物应按GB/T 10561—2005 中的 A 法评级，其中 A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别和粗系级别分别不大于2.0级，DS 类夹杂物应不大于2.5级；A、B、C、D 各类夹杂物的细系级别总数及粗系级别总数应各不大于5.0级。

管坯应按GB/T226 的规定进行低倍检验。横截面酸浸低倍试样上不允许有目视可见的白点、缩孔、气泡、裂纹、夹杂、翻皮。一般疏松、中心疏松及偏析应分别不大于按GB/T1979 评出的1.5级。

管坯加工变形的总延伸系数应不小于3。

表 5 钢的牌号和化学成分

序号	牌号	统一数字 代号	化学成分(质量分数) ’ /%											
			C	Si	Mn	Ph	S*	Cr	Ni	Mo	Cu	B	N	Ti
1	06Cr19Ni10	S30408	0. 06	0. 75	2. 00	0. 030	0. 015	17. 00～20. 00	9. 00～12. 00	—	1. 00	0. 0018	—	—
2	022Cr19Ni10	S30403	0. 030	0. 75	2. 00	0. 030	0. 015	18, 00～20. 00	9, 00～12. 00		1. 00	0. 0018	—	
3	022Cr19Ni10N	S30453	0. 035	1. 00	2. 00	0. 030	0. 015	18. 50～20. 00	9. 00～10. 00		1. 00	0. 0018	0. 08	
4	05Cr17Ni12Mo2	S31608	0. 07	0. 75	2. 00	0. 030	0. 015	17. 00～19. 00	10. 00～14. 00	2. 00～2. 50	1. 00	0. 0018	—	
5	022Cr17Ni12Mo2	S31603	0. 030	0. 75	2. 00	0. 030	0. 015	17. 00～19. 00	10. 00～14. 00	2. 00`2. 50	1. 00	0. 0018	—	
6	022Cr17Ni12Mo2N	S31653	0. 035	1. 00	2. 00	0. 030	0. 015	17. 00～18. 00	11. 50～12. 50	2. 25～2. 75	1. 00	0. 0018	0. 08	
7	06Cr18Ni11Ti	S32168	0. 08	1. 00	2. 00	0. 030	0. 015	17. 00～19. 00	9. 00～12. 00	—	1. 00	0. 0018	—	5C～0. 70
注1: 表中所列成分除标明范围或最小值外， 其余均为最大值。 注2: 本标准钢的化学成分与GB/T 20878相比有所调整。														
对于核安全2、3级钢管， 应满足： Co≤0. 20%, Nb+Ta≤0. 15%, 对于磷、硫， 其成品化学成分允许偏差为0. 005%。														

6.2.4 钢管的制造方法

钢管应采用冷拔(轧)无缝方法制造，U形管和Ⅱ形管应采用冷弯方式进行弯制。弯管工艺应经验证后，方可批量弯制，弯管工艺评定方法见附录B。

6.3 交货状态

6.3.1 钢管应以固溶热处理状态交货，固溶热处理温度应为 $1050^{\circ}\text{C}\sim 1150^{\circ}\text{C}$ 。

6.3.2 钢管交货前应经酸洗、钝化、清洁和干燥处理。如采用光亮固溶处理，可不进行酸洗和钝化。

6.3.3 除非按附录B进行的弯管工艺评定证明不需要进行消除应力热处理，U形管及Ⅱ形管的弯管部分及至少包括300 mm 的直管段应进行消除应力热处理。消除应力热处理时，应在管子内部通保护气体。

6.4 力学性能

6.4.1 室温拉伸

钢管的室温拉伸性能应符合表6的规定。

表6 钢管的力学性能及密度

序号	牌号	统一数字 代号	室温拉伸			350 ℃高温拉伸		密度 p kg/dm³
			规定塑性 延伸强度 R, 0.2 MPa	抗拉强度 Rm MPa	断后伸长率 A %	规定塑性 延伸强度 R, 0.2 MPa	抗拉强度 Rm MPa	
			不小于					
1	06Cr19Ni10	S30408	210	520	45	125	394	7.93
2	022Cr19Ni10	S30403	175	490	45	105	350	7.90
3	022Cr19Ni10N	S30453	220	520	45	125	394	7.93
4	06Cr17Ni12Mo2	S31608	210	520	45	130	445	8.00
5	022Cr17Ni12Mo2	S31603	175	490	45	105	355	8.00
6	022Cr17Ni12Mo2N	S31653	220	520	45	130	400	8.04
7	06Cr18Ni11Ti	S32168	210	520	35	125	394	8.03

6.4.2 高温拉伸

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可进行350℃高温拉伸试验，其结果应符合表6的规定。

6.5 液压试验

钢管应逐根进行液压试验，U形管和Ⅱ形管的液压试验应在弯曲成形后进行。液压试验的压力按式(4)计算，且应不低于设计压力的1.5倍。在试验压力下，稳压时间应不少于10 s, 钢管不允许出现渗漏或管体变形现象。

$$p=\frac{2SR}{D}$$

.....

.....

..... (4)

式中:

p— 试验压力,单位为兆帕(MPa),当 $p < 7$ MPa 时,修约到最接近的0.5 MPa,当 $p \geq 7$ MPa 时,修约到最接近的1 MPa;

S— 钢管的公称壁厚,单位为毫米(mm);

R— 允许应力,单位为兆帕(MPa),按表6中室温规定塑性延伸强度最小值的50%计算;

D— 钢管的公称外径,单位为毫米(mm)。

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可按其他规定试验压力和稳压时间进行试验。液压试验的盲区应切除。

液压试验的水质要求由供需双方协商并在合同中注明。

6.6 工艺性能

6.6.1 压扁试验

钢管应进行压扁试验。压扁试验按以下步骤进行:

a) 第一步是延性试验,将试样压至两平板间距为 H , H 值按式(5)计算:

$$H = \frac{(1 + \alpha)S}{\alpha + \frac{S}{D}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

H—— 两平板间的距离,单位为毫米(mm);

α — 单位长度变形系数,取0.15;

S — 钢管的公称壁厚,单位为毫米(mm);

D— 钢管的公称外径,单位为毫米(mm)。

试样压至两平板间距离为 H 时,试样上不允许出现裂缝和裂口。

b) 第二步是完整性试验(闭合压扁)。压扁继续进行,直到试样破裂或试样相对两壁相碰。在整个压扁试验期间,试样不允许出现目视可见的分层、白点和夹杂。

6.6.2 扩口试验

钢管应进行扩口试验。扩口试验在室温下进行，顶芯锥度为 60° ，扩口后试样的内径扩口率应为35%，扩口后试样不允许出现裂缝或裂口。

6.7 金相检验

6.7.1 晶粒度

交货状态钢管的实际晶粒度应为3级或更细。两个试片晶粒度最大级别与最小级别差应不大于3级。

6.7.2 弯管金相检验

经过消除应力热处理的弯管应进行金相组织检验。试样取自最小和最大弯曲半径各一支样管的中间部位和弯管与直管过渡区域。试样不应存在晶粒长大或晶界析出现象。

6.8 晶间腐蚀试验

钢管应做晶间腐蚀试验。试验后试样不允许出现晶间腐蚀倾向。如果晶间腐蚀不合格，则整批钢管报废，不允许进行复验，试验方法见附录C。

6.9 残余应力检验

6.9.1 开环试验

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可进行开环试验。按照附录 D 的规定的开环试验方法测出的残余拉应力应小于70 MPa。

6.9.2 氯化镁试验

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，对未经消除应力热处理的弯管可进行沸腾氯化镁试验，试验后试样不允许出现腐蚀裂纹或开裂。

6.10 超声波检验

6.10.1 钢管应按GB/T 5777 的规定逐根进行超声波检验，所有钢管应检验纵向缺陷和横向缺陷。

6.10.2 超声波检验对比试样应符合以下要求：

- a) 对比试样应与被检钢管具有相同材质相同规格和相同热处理制度。
- b) 人工缺陷应为矩形或V 形槽，其数量、尺寸及位置规定如下：
 - 横向扫描时，对比试样应有两个纵向槽，一个位于外表面，一个位于内表面，这两个槽应有足够的距离，以使其回波能清楚地分开。
 - 纵向扫描时，对比试样应有两个周向槽，一个在管的外表面上，另一个在管的内表面上，这两个槽应有足够的距离，以使其回波能清楚地分开。
- c) 对于核安全2、3级钢管，刻槽深度为壁厚的3%，最小为0.1 mm；对于非核安全级钢管，刻槽深度为壁厚的5%，最小为0.1 mm。

6.10.3 超声波检验的缺陷验收准则应符合附录 A 中 A.6 的规定。深度小于表7规定的缺陷允许存在。

表 7 缺陷允许深度

类型	缺陷允许深度
壁厚不大于1.5 mm的钢管	10%S或0.08 mm, 两者取较大值
壁厚大于1.5 mm的钢管	0.15 mm

6.10.4 用于超声波检验的水质要求由供需双方协商并在合同中注明。

6.11 涡流检验

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可按GB/T7735 中验收等级 B 的规定对钢管进行涡流检验。

6.12 表面质量

6.12.1 钢管的内外表面应清洁光滑，不允许有裂纹、直道、折叠、分层、轧折、机械划痕、氧化皮和结疤。上述缺陷应完全清除，清除处应平滑过渡，且剩余壁厚应不小于壁厚所允许的最小值。

不超过壁厚负偏差的其他局部缺欠允许存在。

6.12.2 采用对比样块或样管测得的钢管表面粗糙度Ra 应不大于3.2 μm。

6.12.3 经消除应力热处理的弯管，其表面允许有淡黄色或淡蓝色的薄而致密氧化物，氧化物的颜色应与取自预制批或弯管工艺评定的样管相一致。如果超出了样品管允许的程度，应按照预先制定的程序

清除弯管表面的氧化层。

钢管内表面的清洁度应采用通塞方法进行检查。

6.12.4 每支钢管都应采用干燥无油的白色棉布擦拭钢管内、外表面，白色棉布应保持清洁而不变色。

6.12.5 不允许采用焊接的方法修补缺陷。

7 试验方法

7.1 钢管的尺寸应采用符合精度要求的量具进行测量。

7.1.1 除7.1.2规定外，第5章要求的其余钢管尺寸应逐根进行测量。

7.1.2 对 U 形管，每批至少抽取5根钢管，且应保证每种弯曲半径的弯管至少1根。尺寸检查应包括以下项目：

- a) 在3个点(45°、90°和135°)检查不圆度和弯曲半径；
- b) 检查弯管外缘的壁厚。

7.2 钢管的内外表面质量应在充分照明条件下逐根目视检查。根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可采用内窥镜检查内表面质量。

7.3 钢管其他检验项目的取样数量、取样方法和试验方法应符合表8的规定。

表 8 钢管检验项目的取样数量、取样方法和试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
1	熔炼分析	每炉取1个试样	GB/T 20066	GB/T 223、GB/T 11170、 GB/T 20123、GB/T 20124
2	成品分析	每批取1个试样		
3	室温拉伸试验	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 2975	GB/T 228.1
4	高温拉伸试验	每批在一根钢管上取1个试样	GB/T 2975	GB/T 4338
5	压扁试验	每批在5%的钢管上各取1个试样	GB/T 246	GB/T 246
6	扩口试验	每批在5%的钢管上各取1个试样	GB/T 242	GB/T 242
7	晶间腐蚀试验	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 4334、附录C	GB/T 4334、附录C
8	开环试验	每批在一根钢管上取1个试样	附录D	附录D
9	氯化镁试验	附 录 B	YB/T 5362	附录B
10	晶粒度	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 6394	GB/T 6394
11	弯管金相检验	6.7.2	GB/T 13298	6.7.2
12	液压试验	逐根		GB/T 241
13	超声波检验	逐根		GB/T 5777
14	涡流检验	逐根		GB/T 7735

8 检验规则

8.1 检查和验收

钢管的检查和验收由供方质量技术监督部门进行。

8.2 组批规则

钢管按批检查和验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一直管规格和同一热处理规范的钢管组成。每批钢管的数量应不超过200根，且不超过4000 m。

8.3 取样数量

每批钢管各项检验的取样数量应符合表8的规定。

8.4 复验与判定规则

钢管的复验与判定规则应符合 GB/T17505 的规定。力学性能不合格时，应对每个不合格的试验结果取双倍数量的试样进行复验。不足双倍数量试样时，可逐根检验。如果复验试样在原抽样钢管上截取，其试样应在试料上原取样邻近部位截取。

若复验结果合格，则该批钢管为合格；若复检不合格，制造厂可将该批剩余钢管逐根检验。

8.5 重新热处理

力学性能或工艺性能不合格的钢管，可进行重新热处理。重新热处理条件应列入试验报告。重新热处理后的钢管应按6.4和6.6的规定重新取样和试验合格。重新热处理只允许一次。

9 清洁、包装、标志和质量证明文件

9.1 清洁

钢管包装前应使用无油、干燥、清洁的压缩空气或其他适宜的方法对钢管内外表面进行清洁处理。

9.2 包装

钢管应采用木箱包装。钢管与钢管之间以及钢管与木箱之间应保持距离，不允许相互摩擦。木箱应牢固且能承受长途运输的颠簸，箱盖应便于开启而不同时损坏箱体。钢管装箱应按同件号内最小弯曲半径到最大弯曲半径顺序排列，一个件号的钢管应装在一起。

钢管两端应加塑料管塞或管帽以保护管端，并使内表面保持干燥。包装薄膜应采用不透水、不含氯的材料。

9.3 标志

9.3.1 外径不小于16 mm 的钢管应采用喷标方式在钢管上进行标识，外径小于16 mm 的钢管应采用标签或挂牌方式对钢管进行标识。

标识内容应包括：制造厂名称或商标、标准号、牌号、炉号、批号、尺寸规格。

标识位置、方法及标识用材料应无损于钢管的最终使用。

供方应制定喷标规程，并提交需方认可。

9.3.2 包装木箱上的标识或标记内容应包括：制造厂名称或商标、标准号、牌号、炉号、批号、尺寸规格。U 形管及 II 形管包装木箱上还应标明弯曲半径和直管部分长度。

9.4 质量证明文件

供方应在钢管交货时提交以下报告给需方：

- a) 熔炼和成品分析报告；
- b) 热处理报告(包括重新热处理)；

- c) 力学和工艺性能试验报告;
- d) 晶粒度及金相检验报告;
- e) 晶间腐蚀试验报告;
- f) 表面质量检查报告;
- g) 无损检验报告;
- h) 液压试验报告;
- i) 尺寸检查报告;
- j) 管坯质量证明文件;
- k) 其他规定检验项目的检验报告。

这些报告中还应包括以下内容:

- 熔炼炉号和钢管批号;
- 钢管的核安全等级;
- 供方识别标志;
- 订货单号(合同号);
- 如有必要, 检查机构的名称;
- 各种试验和复验的结果及与其相对照的规定值。

附 录 A
(规范性附录)
钢管预制批的规定

A. 1 定义和目的

预制批由按预期的有限数量的一批传热管组成，其制造条件与工业生产的传热管相同。制作这一批有限数量的钢管应使以下条件成为可能：

- a) 规定实际制造条件和参数，建立预制批制造大纲(A. 5) 中要求的无损检验方法，并观察达到要求的质量水平所遇到的各种困难；
- b) 评估由制造工艺、材料性能或制品尺寸特性引起的各种特有的缺陷类型，以便建立缺陷一览表(A. 6)；
- c) 在上述各种结果的基础上建立工业生产系列钢管的最终制造大纲(A. 5)。

A. 2 预制批特性报告

采购前，应建立按 A. 1 定义的钢管预制批特性报告。特性报告应包括以下内容：

- a) 制造大纲(A. 5)；
- b) 缺陷一览表(A. 6)。

预制批特性报告和相关文件应由供方制定。

对制造大纲中的任一主要参数的修改，必须获得承包商对预制批报告的批准。

通常情况下，在预制批特性报告获得需方书面批准之前，不应开始整个钢管系列的制造(一个订单范围内)。

A.3 范围

预制批的制作在以下情况下是强制的：

- a) 供方第一次根据本标准生产该类型产品；
- b) 供方试图修改以前工业生产中使用的制造大纲中的任一主要参数。

供方若能提供以前的预制批特性报告，或以往制造相同产品的试验结果，只要足够的试验项目和满意的试验结果能够满足制造大纲的要求，并且该报告附有相应的制造大纲，则可以不进行预制批的制作。

A.4 预制批的实施条件

供方在预制批制作实施前应制定以下文件：

- a) 符合 A.5 要求的制造大纲；
- b) 半成品的采购技术条件；
- c) 无损检测程序。

预制批钢管的数量应不少于50根。

钢管预制批制作后，应根据相应技术规范的要求，对预制批的所有钢管逐根执行首批验收试验。

A.5 制造大纲

在制作前，供方应制订一份包括以下主要参数的制造大纲：

- a) 冶炼工艺；
- b) 所用钢锭的重量和类型；
- c) 钢锭头尾切除率；
- d) 按时间顺序的变形阶段(注明外径和壁厚)；
- e) 热处理(包括预先清洗)；
- f) 精加工(精整、弯管、打磨、抛光、脱脂、清洁)；
- g) 验收试验试样的取样位置；
- h) 取样；
- i) 选定的无损检测和相关试验程序、标定和采用的阈值。

热处理、取样和无损检测工序按时间顺序排列。

A. 6 缺陷一览表

表面检测或无损检测(目视检测、超声波检测、涡流检测)中发现的各种缺陷,应送实验室进一步检测,以确定它们的性质及尺寸。

上述要求适用于以下内容:

- a) 目视检测发现的表面缺陷,应对每种类型的缺陷至少进行一次详细检测;
- b) 超声波或涡流检验所检测的缺陷应包括以下2个方面:
 - 1) 其响应接近验收准则,但在验收准则内的缺陷;
 - 2) 其响应稍微高于验收准则的缺陷。

检测结果应记录在“缺陷一览表”中,每个缺陷应包含以下内容:

- a) 可见缺陷照片;
- b) 在超声波或涡流检测的情况下,检出缺陷的检测方法、标定方法和相应的信号记录;
- c) 相应显示的宏观和微观截面照片及放大倍数;
- d) 缺陷的长度;
- e) 缺陷的性质。

缺陷一览表的检验应可以实现以下内容:

- a) 证实所用的检测方法及设置可以测定依据选定的质量准则确定为不可接受的缺陷和缺陷的方向、形状和尺寸,尤其是深度超过壁厚的10%,但不超过0.20 mm 的缺陷;
- b) 确定适用于批量生产的超声波或涡流检验选择准则。

对目视检测发现并按上述要求进行分析的缺陷,供应商应准备一套实物样品,该套实物样品上既包含可原样接受的缺陷也包含需要修整的缺陷(如果得到授权),以建立钢管生产检验中判断缺陷的实物依据。

生产过程中检测到的缺陷,如其信号或形貌接近于拒收准则,但又不同于预制批检测到的那些缺陷,应随时增补到缺陷一览表和实物样品中。

A. 7 预制批的有效范围

决定预制批有效范围的最少因素应包括以下内容：

- a) 材料牌号;
- b) 钢管的外径和壁厚;
- c) 最终热处理实施参数;
- d) 用以定义制造大纲和对力学性能和致密性有重大影响的各种参数;
- e) 无损检测参数。

对于预制批的钢管，任何关系到整个采购订单的偏差(表面或体积检测发现的不可接受缺陷),都应进行详细分析，这可能会影响预制批特性报告的有效性。

如果发生这种情况，供方应仔细检查预制批特性报告和预制批钢管的检测条件，这也许会导致制造大纲的修订。

附 录 B
(规范性附录)
弯管工艺评定

B.1 在任何制造前，供方应在附录 A 中规定的预制批钢管或采购合同的成形钢管上进行试验，证明采用的方法能满足所要求的尺寸公差，并对材料没有影响，还应证明弯管生产的应力水平是否需要进行消除应力处理。

弯管工艺评定结论仅对评定试验用的设备，或者同一供方的同一车间、同一型号设备有效。

B.2 评定规程如下：

a) 验证其满足尺寸公差的要求：使用生产用的弯管机按要求的最小弯曲半径弯制5个弯管，检查这5个弯管的尺寸，其结果应满足公差要求；测量点与产品要求相同。

b) 按以下要求进行奥氏体不锈钢的耐应力腐蚀性能和金相检验：

——按照 YB/T 5362 的试验方法，将弯管放置在沸腾氯化镁中进行应力腐蚀试验，不产生裂纹为可接受的应力水平。

如果完成上述 B.1 所要求的预备试验表明要求热处理，供方应规定热处理条件。

——按以下所列5个弯管检查消除应力热处理的有效性：其中2个未热处理的弯管作为试样件，3个经过消除应力热处理的弯管。

热处理后的3个弯管应重新检查尺寸公差。

分别在2个未热处理的弯管上按照 YB/T 5362进行沸腾氯化镁试验：1个在直管和弯曲段间的过渡区，另1个在弯管段中间。

对热处理后的弯管按照GB/T6394 进行显微镜检查：经过消除应力热处理后的钢管不存在晶粒长大现象，并且在晶界不存在析出物。

如果5个试验弯管弯曲半径小于或等于10D，则另外制备2个弯管半径最接近于10D 的附加弯管，然后对这2个弯管按照 YB/T 5362 进行沸腾氯化镁试验。如果应力水平妨碍试验进行，则应另用弯曲半径略大于10D 的弯管再次进行试验，以确定无需进行消除应力处理的最小弯曲半径。如果应力水平能使试验进行，则仅将弯曲半径接近于10D 的弯管进行消除应力热处理。

如果5个试验弯管的弯曲半径大于10D，而氯化镁应力腐蚀试验不合格，则按上述方法确定需进行消除应力处理的最小弯曲半径。

附 录 C
(规范性附录)
晶间腐蚀试验方法

钢管晶间腐蚀试验可采用C.1、C.2或C.3中规定的方法之一，具体方法由供需双方协商确定。当合同中未注明试验方法时，应按C.1规定的方法进行试验。

C.1 钢管晶间腐蚀试验应符合GB/T 4334—2008中方法E的规定。

C.2 钢管晶间腐蚀试验应符合以下规定，其余要求应符合GB/T 4334—2008方法E的规定：

- a) 钢管外径不小于38 mm 时，试样应为一长度段为25 mm 的整管段；钢管外径大于38 mm 时，应在25 mm 长的整管段上截取75 mm 的圆弧。
- b) 超低碳($C \leq 0.035\%$) 和稳定化的钢种，试样的敏化处理在675℃保温1 h。
- c) 腐蚀试验时，同一容器里可以试验3个试样，并使试样表面积与溶液的比例至少保持8 mL/cm²。
- d) 整管段压扁试验的两平板间距应按6.6.1式(5)计算。

C.3 对于不含钛的钢种，晶间腐蚀试验应符合以下规定，其余要求应符合GB/T 4334—2008方法E的规定：

- a) 钢管外径不大于30 mm，试样应为一长度段30 mm 的整管段；钢管外径大于30 mm 时，试样应为纵向试样，其宽度为10 mm，厚度为钢管壁厚。
- b) 不含钼的超低碳($C \leq 0.035\%$) 钢种，试样的敏化温度为700℃；含钼的超低碳($C \leq 0.035\%$) 钢种，试样的敏化温度为725℃。敏化处理加热时间不超过5 min，保温30 min，在炉内以每小时60℃±5℃的速率缓慢冷却到500℃，然后在空气中冷却。

其他钢种，试样的敏化温度为650℃，保温10 min，然后浸入水中冷却。

- c) 腐蚀试验用溶液配方：10%硫酸(H₂SO₄) + 10%结晶硫酸铜(CuSO₄ · 5H₂O) + 80% 蒸馏水。
- d) 每块试样完全浸泡在一个单独的装有铜屑和不少于250 mL 溶剂的烧瓶中，沸腾腐蚀24 h。
- e) 腐蚀试验后，试样围绕芯棒缓慢弯曲90°，芯棒直径不大于腐蚀试验前试样厚度的2倍。整管段试样进行压扁试验，压扁间距等于管壁厚度的4倍。

附 录 D
(规范性附录)
开环试验方法

取最小长度为100 mm (或3倍外径)的管段, 在其一侧沿长度方向从顶至底切开。在试样中心, 沿垂直于切开面轴线方向测量管段外径的增大量。管子的残余拉应力按式(D. 1) 计算。

$$\sigma = \frac{E \cdot e}{1 - \nu^2} \times \frac{\Delta \Phi}{D_f \cdot D_0} \dots\dots\dots (D. 1)$$

式 中:

- σ — 残余拉应力, 单位为兆帕(MPa);
 - E — 弹性模量, 单位为兆帕(MPa), 取 2×10^5 MPa;
 - e — 管壁厚度, 单位为毫米(mm);
 - ν — 泊松比, 取0.3;
 - $\Delta \Phi$ — 管段外径增量, 单位为毫米(mm);
 - D_f — 纵向切开后的管段外径, 单位为毫米(mm);
 - D_0 — 管段初始外径, 单位为毫米(mm)。
-