

ICS 77,140.75
H 48



中 华 人 民 共 和 国 国 家 标 准

GB 30813—2014

核电站用奥氏体不锈钢焊接钢管

Welded austenitic stainless steel tubes and pipes for nuclear power plant

自2017年3月23日起，本标准转为推荐性
标准，编号改为GB/T 30813-2014。

2014-06-24发布

2015-04-01 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 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 分类及代号 2

4 订货内容 2

5 尺寸、外形、重量及允许偏差 3

6 技术要求4

7 试验方法8

8 检验规则9

9 清洁、包装、标志和质量证明文件 10

附录A(规范性附录) 品间腐蚀试验方法 11

附录B(规范性附录)射线检测的补充要求 12



前 言

本标准的5.1.2、5.4、5.5、6.1、6.4.1.2、6.4.2、6.5、6.9、第7章、第8章、第9章为强制性的，其余均为推荐性的。

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准参照EN 10217-7:2005《承压用焊接钢管 交货技术条件 第7部分：不锈钢管》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/TC183) 归口。

本标准起草单位：浙江久立特材科技股份有限公司、江苏武进不锈股份有限公司、冶金工业信息标准研究院、苏州热工研究院有限公司、山西太钢不锈钢钢管有限公司。

本标准主要起草人：吉海、邵羽、宋建新、董莉、赵建仓、康喜唐、沈资、廖军、王淦刚、周志斌、陆凤辉。

核电站用奥氏体不锈钢焊接钢管

1 范围

本标准规定了核电站用奥氏体不锈钢焊接钢管的分类、代号、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级和非核安全级设备承压部件用奥氏体不锈钢焊接钢管。

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 222 钢的成品化学成分允许偏差

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-Cl-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 a-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 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-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 钼磷钼蓝分光光度法和铈磷钼蓝分光光度法

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 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 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 232 金属材料 弯曲试验方法
GB/T 241 金属管 液压试验方法
GB/T 246 金属管 压扁试验方法
GB/T 2102 钢管的验收、包装、标志和质量证明书
GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法
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 3323 金属熔化焊焊接接头射线照相
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 6394 金属平均晶粒度测定法
GB/T 7735 钢管涡流探伤检验方法
GB/T11170 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 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 21835 焊接钢管尺寸及单位长度重量
JB/T 4730.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
JB/T 4730.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
JB/T 7902 无损检测 射线照相检测用线型像质计

3 分类及代号

3.1 钢管按产品制造方式分为两类，类别和代号为：

- a) 焊接状态：H；
- b) 热处理状态：T。

3.2 下列代号适用于本部分：

- D: 外径(如未特别指明公称外径或计算外径，即为公称外径或计算外径)。
S: 壁厚(如未特别指明公称壁厚或计算壁厚，即为公称壁厚或计算壁厚)。

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，单位为毫米)；
- f) 订购的数量(总重量或总长度)；
- g) 交货状态；
- h) 特殊要求。

5 尺寸、外形、重量及允许偏差

5.1 外径和壁厚

5.1.1 钢管的尺寸规格范围为外径(D) 不大于1219 mm，壁厚(S) 不大于50 mm，其尺寸规格应符合GB/T 21835的规定。

根据需方要求，经供需双方协商，可供应GB/T 21835 规定以外尺寸规格的钢管。

5.1.2 钢管外径和壁厚的允许偏差应符合表1的规定。

表 1 外径和壁厚的允许偏差 单位为毫米

序号	公称外径	外径允许偏差		壁厚允许偏差*	
		核安全2、3级	非核安全级	核安全2、3级	非核安全级
1	≤168.3	±0.5%D	±0.75%D	+10%8 -0.35	±10%S
2	>168.3	±0.5%D	±1%D		
除焊接区外的壁厚。					

5.2 不圆度

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，钢管的不圆度应不超过外径允许公差。

5.3 长度

5.3.1 通常长度

钢管的通常长度为4000mm~12000 mm。

5.3.2 定尺长度和倍尺长度

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可供应定尺长度或倍尺长度的钢管。钢管的定尺长度允许偏差为 +6mm。 每个倍尺长度应留出切口余量5mm~10 mm。

5.4 弯曲度

钢管的弯曲度应不大于1,5 mm/m， 全长弯曲度应不大于钢管总长度的0.10%。

5.5 端头外形

钢管两端端面应与钢管轴线垂直，切口毛刺应予清除。

5.6 交货重量

钢管应按理论重量交货，经供需双方协商亦可按实际重量交货。钢管每米的理论重量按式(1)计算：

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

式中:

W— 钢管每米理论重量,单位为千克每米(kg/m);

π —3.1416;

ρ — 钢的密度(见表3),单位为千克每立方分米(kg/dm³);

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)。

6 技术要求

6.1 钢的牌号和化学成分

6.1.1 钢的牌号和化学成分(熔炼分析)应符合表2的规定。

6.1.2 钢管应进行成品化学成分分析。核安全2、3级钢管的成品化学成分应符合表2的规定;非核安全级钢管的成品化学成分允许偏差应符合GB/T 222的规定。

6.2 制造方法

6.2.1 制造大纲

钢管制造前,制造厂应制定制造大纲,其内容应包括制造前的焊接工艺评定及制造过程中按先后顺序的各个制造和检验工序。

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法制造。

根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,可采用其他更高要求的冶炼方法。

表 2 钢的牌号和化学成分

序号	统一数字 代号	牌号	化学成分(质量分数)~/%										
			C	Si	Mn	Phe	She	Ni	Cr	Mo	N	Cu	Ti
1	S30408	06Cr19Ni10	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.015	8.00~11.00	18.00~20.00		—		
2	S30403	022Cr19Ni10	≤0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.015	9.00~12.00	17.00~20.00		—	≤1.00	
3	S30453	022Cr19Ni10N	≤0.035	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.015	9.00~10.00	18.50~20.00		≤0.080	≤1.00	
4	S32168	06Cr18Ni11Ti	≤0.10	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.015	9.00~13.00	17.00~20.00		—	≤1.00	5C~0.70
5	S31608	06Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.015	10.00~14.00	16.00~19.00	2.00~2.50			
6	S31603	022Cr17Ni12Mo2	0.030	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.015	10.00~14.00	16.00~19.00	2.00~2.50	—	1.00	
7	S31653	022Cr17Ni12Mo2N	≤0.035	≤0.75	≤2.00	≤0.030	≤0.015	11.50~12.50	17.00~18.20	2.25~2.75	≤0.080	≤1.00	
注：钢的化学成分与GB/T 20878相比有所调整。													
根据需方要求，经供需双方协商，可规定钢中钴(Co)含量不大于0.20%，硼(B)含量不大于0.0018%，Nb+Ta应不大于0.15%。 核安全2、3级钢管P、S成品化学成分允许偏差为0.005% 非核安全级钢管熔炼分析应符合：P0.040%，S0.030% 非核安全级钢管022Cr19Ni10、022Cr19Ni10N的Ni含量为8.00%~11.00%；非核安全级钢管022Cr17Ni12Mo2N的Ni含量为10.00%~13.00%													

6.2.3 钢管的制造方法

- 6.2.3.1 钢管应采用添加填充金属或不添加填充金属的自动电弧焊方法制造。
- 6.2.3.2 当钢管制造过程中添加了填充金属材料时，其填充金属材料的合金成分应不低于母材。
- 6.2.3.3 经供需双方协商，并在合同中注明，钢管可以环焊缝对接或双纵缝拼接。

6.3 交货状态

- 6.3.1 钢管应以固溶热处理状态交货。固溶热处理温度为1050℃~1150℃。
- 6.3.2 钢管应经酸洗、钝化之后交货。凡经整体磨、镲或光亮热处理的钢管可不经酸洗交货。
- 6.3.3 经供需双方协商，并在合同中注明，制造钢管的钢板已经过固溶热处理，钢管可以不经热处理而以焊接状态交货，但应在钢管上作出标志“H”。

6.4 力学性能

6.4.1 拉伸试验

6.4.1.1 母材的室温拉伸试验

母材的室温纵向拉伸性能应符合表3的规定。对于非核安全级的钢管，可以母材的室温横向拉伸试验代替纵向拉伸试验，横向拉伸性能应符合表3的规定。

6.4.1.2 焊缝的室温横向拉伸试验

外径不小于168 mm 的钢管应进行焊缝的室温横向拉伸试验，焊缝的抗拉强度应不小于表3中规定的母材的抗拉强度。

6.4.2 冲击试验

壁厚不小于12 mm，且母材室温拉伸断后伸长率小于45%的核安全2、3级钢管应进行冲击试验。

冲击试验应分别在母材、焊缝和热影响区各取1组3个试样进行试验。3个试样的冲击吸收能量平均值应符合表3的规定，单个试样的冲击吸收能量可以小于表3的规定值但应不小于规定值的70%。

表 3 钢管的力学性能和钢的密度

序号	统一数字代号	牌号	规定塑性延伸强度 Ru/ MPa	抗拉强度 Rm/ MPa	新后伸长率 A/ %		冲击吸收能量 KV ₂ / J	钢的密度 p/ (kg/dm ³)
					纵向	横向		
1	S30408	06Cr19Ni10	≥210	≥520	≥45	≥35	≥60	7.93
2	S30403	022Cr19Ni10	≥175	≥490	≥45	≥35		7.90
3	S30453	022Cr19Ni10N	≥210	≥520	≥45	≥30		7.93
4	S32168	06Cr18Ni11Ti	≥220	≥540	≥40	≥30		8.03
5	S31608	06Cr17Ni12Mo2	≥210	≥520	≥45	≥30		8.00
6	S31603	022Cr17Ni12Mo2	≥175	≥490	≥45	≥30		8.00
7	S31653	022Cr17Ni12Mo2N	≥220	≥520	≥45	≥30		8.04

6.5 工艺性能

6.5.1 压扁试验

外径不大于219.1 mm 的钢管应进行压扁试验。外径不大于50 mm 的钢管取环状压扁试样；外径大于50 mm 但不大于219.1 mm 的钢管取C 形压扁试样。试验时，焊缝应位于受力方向90° 的位置。经热处理的钢管，试样应压至两平板间距离为钢管外径的1/3处；未经热处理的钢管，试样应压至两平板间距离为钢管外径的2/3处。

压扁后，试样不允许出现裂缝或裂口。

6.5.2 焊缝横向弯曲试验

6.5.2.1 外径大于219.1 mm 的钢管应做焊缝横向弯曲试验。弯曲试样应从钢管或焊接试板上截取，焊接试板应与钢管同一牌号、同一炉号、同一厚度、同一热处理制度以及同一焊接工艺。对于壁厚不大于20 mm 的钢管，应取一组弯曲试验，弯曲试验应包括一个面弯试验、一个背弯试验(钢管外焊缝和内焊缝分别处于最大弯曲表面)；对于壁厚大于20 mm 的钢管，应取两个全厚度侧弯试验。

6.5.2.2 弯曲试验时，弯芯直径为试样厚度的3倍，弯曲角度为180°。弯曲后试样焊缝区域不允许出现裂缝或裂口。

6.6 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，试验方法见附录A。

6.7 液压试验

钢管应逐根进行液压试验。试验压力按式(2)计算，最大试验压力为20 MPa，稳压时间应不少于15 s。在试验压力下，钢管不允许出现渗漏现象。

$$p=2SR/D \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

p— 试验压力，单位为兆帕(MPa)；

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)；

R— 允许应力，单位为兆帕(MPa)，核安全2、3级钢管按表3所规定的R 最小值的70%，非核安全级钢管按表3所规定的R 最小值的50%。

对非核安全级钢管，经需方同意，供方可用涡流探伤代替液压试验。涡流探伤时，对比样管人工缺陷应符合GB/T 7735 中验收等级A 的规定。

液压试验的水质要求由供需双方协商并在合同中注明。

6.8 无损检验

6.8.1 射线检测

6.8.1.1 核安全2、3级钢管应对焊缝全长进行100%的射线检测。射线检测的方法应符合附录B 的规定，射线检测方法的其余要求应符合GB/T 3323的规定。

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，可采用其他射线检测方法和/或验收要求。

6.8.1.2 根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，非核安全级钢管可按照GB/T 3323 进行焊缝射线检测，检测比例由供需双方协商并在合同中注明。

6.8.2 渗透检测

核安全2、3级钢管的焊缝外表面应按JB/T 4730.5 进行液体渗透检验。渗透检验时，尺寸超过2mm 的缺陷应予记录；凡呈现下述显示的缺陷都应标明位置，并进行清除：

- 线性缺陷显示；
- 尺寸超过4 mm 的非线性缺陷显示；
- 3个或3个以上排列成行，且边缘间距小于3mm 的缺陷显示；
- 在100 cm² 的矩形面积上，累计有8个或8个以上的密集缺陷显示，该矩形长边不大于20 cm，且取自缺陷显示评定最不利的部位。

6.8.3 超声检测

对于壁厚不小于6 mm 的核安全2、3级钢管，其所用钢板或钢管管体(除焊缝外)应按照JB/T 4730.3进行超声检测，验收要求不低于质量等级2级。

根据需方要求，经供需双方协商，并在合同中注明，也可采用其他超声检测的方法和/或验收要求。

6.9 表面质量

6.9.1 钢管的内外表面应光滑，不允许存在分层、裂纹、折叠、重皮、扭曲、过酸洗、残留氧化皮以及其他妨碍使用的缺陷。这些缺陷应完全清除，清除深度应不超过壁厚的负偏差，其清理处实际壁厚应不小于壁厚所允许的最小值。

6.9.2 核安全2、3级钢管表面质量还应符合以下要求：

- a) 采用对比样块或样管测量钢管表面粗糙度Ra，被检表面应干燥、清洁，无油污、油脂和涂层，表面粗糙度 Ra 应不大于12.5 μm；
- b) 钢管内焊缝对口错边应不超过壁厚的10%，且最大为2.0 mm；
- c) 不允许存在划伤、麻点、凹坑、塌陷、收缩沟、咬边、蜂窝状缺陷、局部隆起和夹渣；
- d) 表面缺陷修磨处或对表面质量有疑问时，制造厂应进行液体渗透检验，液体渗透检验应符合6.8.2的规定。

6.9.3 焊缝缺陷允许修补，但修补后应重新进行液压试验，热处理状态交货的钢管还应重新进行热处理。对于核安全2、3级钢管，修补后还应按照6.8.2进行液体渗透检验，但同一部位的补焊次数应不超过2次。

6.9.4 钢管内外焊缝的余高应符合以下规定：

- a) 壁厚不大于8mm 的钢管，焊缝余高应不超过10% S+0.5 mm；壁厚大于8 mm 的钢管，焊缝余高应不超过S/6；
- b) 超过规定的焊缝余高应打磨到上述规定的范围之内。

6.10 特殊要求

根据需方要求，经供需双方协议，并在合同中注明，可增加下列检验项目：

- a) 高温拉伸试验；
- b) 奥氏体晶粒度检验；
- c) 钢管表面清洁度检查。

7 试验方法

7.1 钢管的尺寸和外形应采用符合精度要求的量具逐根测量。

- 7.2 钢管的内外表面应在充分照明条件下逐根目视检查。
- 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4的规定。

表4 钢管的检验项目、取样数量和试验方法

序号	检验项目	取样数量	取样方法	试验方法
1	化学成分	每炉取1个试样	GB/T 20066	GB/T 223、GB/T 11170、 GB/T 20123、GB/T 20124
2	母材室温拉伸试验	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 2975	GB/T 228.1
3	焊缝室温横向拉伸试验	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 2975	GB/T 228.1
4	室温冲击试验	每批在一根钢管上各取3组3个试样	GB/T 2975、 GB/T 2650	GB/T 229、GB/T 2650
5	压扁试验	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 246	GB/T 246、6, 5, 1
6	焊缝横向弯曲试验	每批在一根钢管上取2个试样	GB/T 232	GB/T 232
7	晶间腐蚀试验	每批在两根钢管上各取1个试样	GB/T 4334—2008、 附录A	GB/T 4334—2008、附录A
8	液压试验	逐根		GB/T 241
9	涡流探伤	逐根		GB/T 7735
10	射线检测	6.8.1		GB/T 3323、附录B
11	液体渗透检验	6.8.2		JB/T 4730.5、6.8.2
12	超声波检测	6.8.3		JB/T 4730.3
13	高温拉伸	协议	GB/T 2975	GB/T 4338
14	奥氏体晶粒度	协议	GB/T 6394	GB/T 6394

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

钢管按批进行检查和验收。每批应由同一牌号、同一炉号、同一规格、同一焊接工艺和同一热处理制度(炉次)的钢管组成。每批钢管的数量应不超过如下规定：

- a) 外径不大于57 mm, 400 根；
- b) 外径大于57 mm 但不大于219.1 mm, 200 根；
- c) 外径大于219.1 mm, 100 根。

8.3 取样数量

每批钢管各项检验的取样数量应符合表4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/T 2102的规定。

8.5 重新热处理

力学性能和工艺性能不合格的钢管，可进行重新热处理。重新热处理后的钢管应以新的批提交验收。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 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。钢管两端管口应采用塑料管帽、塑料布、麻袋布或其他合适的方法和材料进行封堵。

钢管包装的其他规定应符合GB/T 2102的规定。

9.2 钢管的标志应符合GB/T 2102的规定。

9.3 制造厂应在每一项检验后建立以下相应的质量报告，并将报告提供给需方：

- a) 钢的冶炼方法，钢的化学成分熔炼分析和成品分析报告；
- b) 钢板或钢带的制造方法报告；
- c) 热处理记录及分析报告；
- d) 力学和工艺性能试样报告；
- e) 晶间腐蚀试验报告；
- f) 表面质量目视检查报告；
- g) 无损检验报告；
- h) 液压试验报告；
- i) 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；
- 制造厂识别标志；
- 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)

晶间腐蚀试验方法

A.1 钢管的晶间腐蚀试验应符合GB/T 4334—2008 中方法E 的规定。

A.2 根据需方要求,经供需双方协商,并在合同中注明,核安全2,3级钢管的晶间腐蚀试验可采用A.3 或A.4 中规定的方法之一。

A.3 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) 钢管直径不小于38mm 时,试样应为一段长度25 mm 的整管段;钢管直径大于38mm 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离应符合6.5.1的规定。

A.4 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) 钢管直径不大于30 mm 时,试样应为一段长度30 mm 的整管段。钢管直径大于30 mm 时,试样应为纵向试样,其宽度为10 mm;当壁厚不大于4 mm,试样的厚度为原壁厚,当壁厚大于4 mm时,保留受检表面,从另一面加工到4 mm 厚度。
- b) 不含钼的超低碳($C \leq 0.035\%$) 钢种和以钛铌稳定化的钢种,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℃。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,试样的敏化处理温度为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250mL 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 B
(规范性附录)
射线检测的补充要求

B.1 检验方法的鉴定——参考底片

当首次应用一个检测程序时，参考底片应按照制造商制定的检测文件进行拍摄，以检查所采用的方法使底片的质量得到保证。

当下列参数中的一项或多项发生改变时，检测文件应进行修改：

- a) 射线源类型；
- b) 曝光方式；
- c) 胶片类型；
- d) 增感屏或滤光板型号；
- e) 胶片处理方法。

若检测文件进行了重大修改，则应拍摄一套新的参考底片。

这些底片应单独拍摄或从一系列合格底片中选取；若为后者，应从生产批量中选取具有代表性的工件或第一个工件的底片。

第1种情况，即参考底片为单独拍摄，则此底片应由制造商保存，以便生产该批量工件时可索取使用。

第2种情况，即参考底片为从一系列合格底片中选取，则此底片应由制造商保存，并可索取使用，直至转交给客户（若有转让计划）。然后，用生产批量中一个工件的合格底片建立一组新的参考底片。依此类推。

在以上两种情况下，在底片上用“JZ”来表示基准底片的标志。当以产品底片（第二种情况）作为基准底片时应在报告中注明。

B.2 胶片

胶片应与金属增感屏配合使用。胶片按梯度(G)、颗粒度(an)和梯度/噪声比(G/an) 分为6类，见表 B.1。

表 B.1 射线照相胶片分类

类型	G最小值		G/a, 最小值 (黑度D=D ₀ +2)	q最大值 (黑度D=D ₀ +2)
	黑度D=D ₀ +2	黑度D=D ₀ +2		
1	4.5	7.5	300	0.018
2	4.3	7.4	270	0.018
3	4.1	6.8	180	0.023
4	4.1	6.8	150	0.028
5	3.8	6.4	120	0.032
6	3.5	5.0	100	0.039
注：D ₀ 为灰雾度。				

胶片制造商应保证交付的胶片与规定的要求相符合，并提供胶片保存和使用所需的所有技术资料。不允许使用超过制造商说明的使用期限的胶片。胶片使用前，应按照制造商要求的温度和湿度予以保存。

灰雾度是指未经曝光直接显影、定影处理过的胶片总黑度。胶片的灰雾度应不超过0.3。

用加速器和 Ir192 γ 射线透照：使用1~3型胶片。

用X 射线透照：1~4型胶片均可使用。

B.3 增感屏

采用金属铅箔增感屏，增感屏表面应极为光洁，不带皱纹，无任何划痕。前屏厚度在0.05 mm~0.15 mm之间；中屏厚度在2×0.05 mm~2×0.10mm 之间；后屏厚度在0.05 mm~0.20 mm之间。

B.4 像质计(IQD)

按JB/T 7902 选用金属丝像质计。

像质计应具备下列标记：标准编号JB/T 7902,材料编号 FE, 线径编号 W10/W16,W6/W12。

不同厚度在射线底片上须显示的最小线径与相应的线径编号见表B. 2。

表 B.2 不同厚度在射线底片上须显示的最小线径

透照厚度e/mm	可见金属丝直径/mm	线径编号	IQ1
$e \leq 3$	0.100	W16	W10
$3 < e \leq 6$	0.125	W15	W10
$6 < e \leq 10$	0.16	W14	W10
$10 < e \leq 16$	0.20	W13	W10
$16 < e \leq 25$	0.25	W12	W10
$25 < e \leq 32$	0.32	W11	W6
$32 < e \leq 40$	0.40	W10	W6
$40 < e \leq 50$	0.50	W9	W6

B.5 滤光片

使用铅制滤光片，放置被检件和暗合之间，滤光片的厚度为0.5 mm、1mm、1.5mm 或 2 mm。

0.5 mm~1.5 mm厚度的滤光片在其一个角上钻一个直径为3 mm 的孔作为识别标识。2 mm 厚的滤光片在一个角上钻两个直径为3 mm 的孔作为识别标识。

X 射线不大于400 kV，不要求使用滤光片。

B.6 遮挡板

遮挡板由一层或多层铅板组成，它紧帖于暗盒背后，其厚度至少为2 mm， 在其一个角上钻两个直

径为5 mm 的孔。

为检查背散射遮挡效果，应在遮挡板背面贴附一个“B”铅字标记(高13 mm, 厚度1.6 mm) 若在底片的黑色背影上出现B 的较淡影像，就说明背散射防护不良，应予重照。但若较淡背影上出现B 的较黑的影像，则不作为底片质量判废的依据。

B.7 底片标识

射线照相胶片应用显现在被检区域以外的数字和字母来标识，如果采用发光标记通常应在胶片曝光前施加上去。

胶片标识应使底片标识和被检区域相对应，位置标记应采用铅制标记，置于坡口距离至少5 mm 处。底片标识不应妨碍被检区域的评定。

B.8 黑度计

黑度计用来测定底片上的黑度，其读数精度为±0.1。

应对黑度计进行周期校核，至少六个月校核一次(在达到热稳定后，采用黑度参考底片进行校核)。

B.9 黑度参考底片

黑度参考底片(第二标准底片)应每年校对一次。

B.10 观片灯

观片灯用来观察底片(单片或双片观察), 它应有能观察底片最大黑度为4.5的最大亮度且观察的漫射光亮度可调。对不需要观察或透光量过强的部分，应采用适当的遮光板以屏蔽强光。

B.11 几何不清晰度

几何不清晰度按式(B.1) 计算。

$$U = \frac{d \cdot a}{F} \dots\dots\dots(B.1)$$

式中：

U— 几何不清晰度，单位为毫米(mm)；

d—— 射线源有效焦点尺寸，单位为毫米(mm)；

a ____被检区射线入射表面至胶片距离，单位为毫米(mm)；

F—— 射线源至胶片距离，即焦距，单位为毫米(mm)。

射线源的尺寸(高度和直径)和X射线机、加速器的焦点尺寸，应由射线源或 X射线机、加速器的供货商提供。

采用400 kV 以下X 射线或Ir192 γ 射线照射时几何不清晰度数值不超过0.3 mm; 采用加速器照射时几何不清晰度数值不超过1mm。

B.12 底片黑度

应用黑度计测量底片黑度，选择的曝光条件应使底片有效评定区域内的黑度满足下列规定：

- a) 对于双片评定，黑度应大于2.7,且应与观片灯的亮度相匹配，并不超过4.5。当双片被检区某些部分的底片黑度大于4.5时，可采用单片观察，对于单片被检区两张底片都应进行评定；
- b) 对于单片评定，当允许采用单片评定时，黑度应大于或等于2,而且应与观片灯亮度相匹配，应不超过4.5；
- c) 当采用双片评定时，在限定的黑度区域，对每张底片相同点测量的黑度差应不大于0.5。

B.13 射线照相胶片处理质量的检测

此检测的目的是确保对胶片所进行的处理可使底片在今后得到最佳保存。底片的保存寿命直接与硫代硫酸根离子的含量有关。当硫代硫酸根离子的浓度低于0.050 g/m² 时，通常能保证底片具有较长的保存寿命。

将经过处理的未使用过的胶片用胶片推荐商推荐的溶液进行化学蚀刻，然后将所得到的图像与代表各种浓度的典型图像在日光下进行肉眼对比，据此评定硫代硫酸根离子的含量。上述试验应在胶片处理后1周内完成。

产品底片的冲洗条件发生改变，应重新进行底片硫代硫酸根离子的含量的测定。若检测发现硫代硫酸根离子的浓度大于0.050 g/m² 时，应采取以下行动。

- 停止显影并采取纠正措施；
- 重新处理参考底片(定影+冲洗)；
- 重新检测参考底片；
- 重新处理所有缺陷底片。

B.14 验收标准

B.14.1 核安全2级焊接接头

出现下列情况，应拒收：

- a) 任何裂纹、未熔合、蜂窝状缺陷、未焊透或咬边；
- b) 任何长度大于6 mm 和 e/3 的较小值的单个气孔；
- c) 在12e 或150 mm 两值中较小者的长度上，任何长度大于e 的密集气孔或线性气孔；如果两个气孔间距小于其中较大气孔直径的6倍，则视为属于同一密集气孔或线性气孔；
- d) 任何最大尺寸L 大于或等于表 B.3 给定值的任何单个夹渣；
- e) 在12e 长度上，任何长度大于 e 的一组夹渣；如果两个夹渣间距小于其中较大夹渣长度的6倍，则认为它们属于同一组夹渣。

表 B.3 核安全2级焊接接头单个夹渣允许长度

壁厚e/mm	L/mm
e≤18	6
18<e≤60	e/3
c>60	20

B.14.2 核安全3级焊接接头

出现下列情况，应拒收：

- a) 任何裂纹、未熔合、蜂窝状缺陷、未焊透或咬边；
- b) 任何长度大于6 mm 和 $e/3$ 的较小值的气孔；
- c) 在 $1.2e$ 或150 mm 两值中较小者的长度上，任何长度大于 e 的密集气孔或线性气孔。如果两个气孔间距小于其中较大气孔直径的6倍，则视为属于同一密集气孔或线性气孔；
- d) 任何最大尺寸 L 大于或等于表B.4 给定值的任何单个夹渣；
- e) 在 $1.2e$ 长度上，任何长度大于 $2e$ 的一组夹渣；如果两个夹渣间距小于其中较大夹渣长度的6倍，则认为它们属于同一组夹渣。

表 B.4 核安全3级焊接接头单个夹渣允许长度

壁厚 e/mm	L/mm
$e \leq 9$	6
$9 < e \leq 30$	$2e/3$
$e > 30$	20