

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20007.8—2017

代替 NB/T 20007.8—2010

压水堆核电厂用不锈钢 第8部分: 1、2、3级奥氏体不锈钢 无缝钢管

Stainless steel for pressurized water reactor power plant—
Part 8: Class 1, 2 and 3 austenitic stainless steel seamless pipes

2017-04-01 发布

2017-10-01 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 订货要求 1

4 制造 2

5 化学成分 3

6 力学性能和工艺性能 4

7 晶间腐蚀 6

8 金相检验 6

9 重新热处理 7

10 表面质量 7

11 无损检测 7

12 缺陷的消除与修整 7

13 水压试验 8

14 尺寸和外形检查 8

15 试料保管 8

16 标志、清洁、包装和运输 8

17 质量证明文件 8

前 言

NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》与NB/T 20005《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢》、NB/T 20006《压水堆核电厂用合金钢》、NB/T 20008《压水堆核电厂用其他材料》和NB/T 20009《压水堆核电厂用焊接材料》共同构成了压水堆核电厂核岛机械设备用材料系列标准。

NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》分为若干部分，本部分为NB/T 20007的第8部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替NB/T 20007.8-2010《压水堆核电厂用不锈钢 第8部分：1、2、3级奥氏体不锈钢无缝钢管》，与NB/T 20007.8-2010相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

- 修改了制造文件的内容（见4.1和2010版的4.1）
- 修改了成型的内容（见4.3和2010版的4.3）；
- 修改了热处理和交货状态的内容（见4.4和2010版4.4）
- 修改了1级钢管的室温冲击吸收能量（见6.1表2注c和2010版7.1表2）
- 修改了取样的内容（见6.2和2010版7.2）
- 修改了试验项目和数量的内容（见6.3.2表3和2010版7.3.2表3）
- 修改了高温拉伸试验的内容，将“从试验开始至达到屈服强度期间”修改为“从试验开始至达到屈服后”见（6.3.3.1和2010版7.3.3.2）
- 修改了复试的内容（见6.4和2010版7.3.3.1、7.3.3.2、7.3.3.3、7.3.3.4和7.3.3.5）
- 修改了晶间腐蚀试验的内容（见7和2010版6）
- 修改了金相检验的内容（见8和2010版7.3.3.6）
- 增加了非金属夹杂物检验的要求（见8.2）；
- 删除了钢管表面粗糙度的要求（见2010版8）
- 删除了辅助管道和其他用途管道缺陷检查的内容（2010版9.1）
- 修改了涡流检测的内容（见11.2和2010版9.2）
- 删除了尺寸、外形、重量和允许偏差的内容（见2010版11）；
- 修改了标志的内容（见16和2010版13）
- 增加了试料保管的内容（见15）；
- 修改了质量证明文件的内容（见17和2010版15）

本部分由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分由中国核电工程有限公司负责起草，核工业标准化研究所参加起草。

本部分主要起草人：韩雨、张宏伟、郑越、崔岚。

本部分历次版本发布情况为：

- NB/T 20007.8—2010。

压水堆核电厂用不锈钢

第8部分：1、2、3级奥氏体不锈钢无缝钢管

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂1、2、3级奥氏体不锈钢无缝钢管的制造、检验和验收等要求。

本部分适用于压水堆核电厂1、2、3级设备及辅助管道用壁厚为1 mm~50 mm的奥氏体不锈钢无缝钢管，其他核工程可参考使用。

本部分不适用于压水堆核电厂热交换器用传热管。

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 223 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 228.1—2010 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法（ISO 6892-1:2009, MOD）

GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分：高温试验方法（GB/T 228.2—2015, ISO 6892-2:2011, MOD）

GB/T 229—2007 金属材料 夏比摆锤冲击试验方法（ISO 148-1:2006, MOD）

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 242—2007, ISO 8493:1998, IDT）

GB/T 246 金属管 压扁试验方法（GB/T 246—2007, ISO 8492:1998, IDT）

GB/T 6394 金属平均晶粒度测定法

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（ISO 4967:1998, IDT）

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 20066 钢和铁 化学成分测定用试样的取样和制样方法（GB/T 20066—2006, ISO 14284:1996, IDT）

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 20123—2006, ISO 15350:2000, IDT）

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 20124—2006, ISO 15351:1999, IDT）

NB/T 20003.2—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第2部分：超声检测

NB/T 20003.4 核电厂核岛机械设备无损检测 第4部分：渗透检测

NB/T 20003.6—2010 核电厂核岛机械设备无损检测 第6部分：管材制品涡流检测

NB/T 20004—2014 核电厂核岛机械设备材料理化检验方法

3 订货要求

3.1 在订货合同中应注明本部分标准编号、牌号、钢管的等级、制造方式、交货状态、规格和数量等。

3.2 订货合同中应明确下述要求：

- a) 钢管是否要求进行高温拉伸试验；
- b) 钢管是否有化学成分的特殊要求：
 - 1) Cr 含量（见 5.3）；
 - 2) Co 含量（见 5.4）；
 - 3) B 含量（见 5.5）。
- c) 05Cr17Ni12Mo2 钢管是否需进行加工硬化；
- d) 钢管的尺寸、外形、重量及允许偏差的要求；
- e) 钢管的清洁、包装和运输要求；
- f) 其它特殊要求。

4 制造

4.1 制造文件

钢管制造前，制造厂应编制一份制造大纲，并对制造过程的各个关键工序，如热处理、取样和无损检测等编制文件进行控制。

钢管制造大纲应至少包括：

- a) 钢的冶炼；
- b) 钢锭或连铸坯的说明；
- c) 锭头、锭尾切除百分比；
- d) 钢管主要成形工艺；
- e) 中间及最终热处理；
- f) 取样和试验的规定；
- g) 无损检测；
- h) 水压试验。

应按时间先后顺序列出热处理、试料截取、无损检测等主要操作过程的流程图。

4.2 冶炼

钢应采用电炉加炉外精炼或电渣重熔法冶炼，也可采用其他相当或更好的工艺冶炼。

4.3 成形

制造钢管的管坯应取自充分切除头、尾的钢锭或连铸坯，以去除缩孔和严重偏析。

对于采用热加工和（或）冷加工成形的钢管，管坯在穿孔前应充分变形，锻、轧比应不小于3。

4.4 热处理和交货状态

4.4.1 钢管应以固溶处理状态并经酸洗、钝化后交货。经供需双方协商，经保护气氛固溶处理的钢管，可不进行酸洗、钝化。

4.4.2 固溶处理的保温温度应在 1050℃～1150℃之间，钢管在所有热处理保温期间的温度偏差不得超过±15℃。

4.4.3 所有热处理的过程（包括热处理保温温度及其偏差、保温时间和冷却方法等）应记录并列入质量证明文件。

4.4.4 如有要求时，05Cr17Ni12Mo2 钢管在固溶处理后，可经加工硬化交货。冷加工变形量和加工方法应在制造大纲中规定。冷加工变形量应不超过 30%。

5 化学成分

5.1 规定值

钢的化学成分(熔炼分析和成品分析)应符合表1的规定。

5.2 化学成分分析

化学成分分析试样的取样和制样方法按本部分和GB/T 20066的规定执行，分析方法按GB/T 223适用部分、GB/T 11170、GB/T 20123和GB/T 20124的有关规定执行，仲裁分析应按GB/T 223适用部分执行。

钢管制造厂应提供一份熔炼分析和成品分析的化学分析报告。熔炼分析试样应在每炉钢水浇注钢锭时取样，对于重熔材料应在每个重熔锭端部取样。每批进行一次成品分析，试样应取自6.2所述钢管拉伸试样的邻近部位，也可取自试验后的拉伸试样端部。

表1 化学成分

材料牌号	化学成分（质量分数）									
	%									
	C	Si	Mn	P ^a	S ^a	Cr	Ni	Mo	Cu	N
	不大于								不大于	
022Cr19Ni10	0.030	0.75	2.00	0.030	0.015	17.00~20.00	9.00~12.00	—	1.00	—
026Cr19Ni10N	0.035	1.00	2.00	0.030	0.015	18.50~20.00	9.00~10.00	—	1.00	0.080
05Cr19Ni10	0.060	0.75	2.00	0.030	0.015	17.00~20.00	9.00~12.00	—	1.00	—
06Cr19Ni10	0.080	0.75	2.00	0.030	0.015	17.00~20.00	8.00~11.00	—	—	—
022Cr17Ni12Mo2	0.030	0.75	2.00	0.030	0.015	16.00~19.00	10.00~14.00	2.00~2.50	1.00	—
026Cr18Ni12Mo2N	0.035	1.00	2.00	0.030	0.015	17.00~18.00	11.50~12.50	2.25~2.75	1.00	0.080
05Cr17Ni12Mo2	0.070	0.75	2.00	0.030	0.015	16.00~19.00	10.00~14.00	2.00~2.50	1.00	—
06Cr17Ni12Mo2	0.080	0.75	2.00	0.030	0.015	16.00~19.00	11.00~14.00	2.00~2.50	—	—
^a 成品分析时 P≤0.035%，S≤0.020%。										

5.3 若考虑钢的耐腐蚀性能时，应在订货合同中规定熔炼分析和成品分析的 Cr 含量的下限按下列要求执行：

- 对不含 Mo 的钢：Cr≥18.00%；
- 对含 Mo 的钢：Cr≥17.00%。

5.4 对与反应堆冷却剂接触或与注入到反应堆冷却剂的流体接触的部件，其所用钢管熔炼分析和成品分析的 Co 含量应不大于 0.20%，目标值不大于 0.10%。

5.5 对要焊接的钢管，成品分析的 B 含量不应超过 0.0018%。

6 力学性能和工艺性能

6.1 规定值

交货状态钢管的力学性能应满足表2的规定。

表2 力学性能

材料牌号	室温拉伸试验				室温冲击试验 ^b	350℃拉伸试验 ^a		
	抗拉强度 R_m (MPa)	规定非比例 延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	断后伸长率 A (%)		吸收能量 (平均值) KV_2 (J)	抗拉强度 R_m (MPa)	规定非比例 延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	断后伸长率 A (%)
			纵向	横向	横向			
022Cr19Ni10	≥490	≥175	≥45	≥40	≥60 ^c	≥350	≥105	提供数据
026Cr19Ni10N	≥520	≥210	≥45	≥40	≥60 ^c	≥394	≥125	提供数据
05Cr19Ni10	≥520	≥210	≥45	≥40	≥60 ^c	≥394	≥125	提供数据
06Cr19Ni10	≥520	≥210	≥45	≥40	≥60 ^c	≥394	≥125	提供数据
022Cr17Ni12Mo2	≥490	≥175	≥45	≥40	≥60 ^c	≥355	≥105	提供数据
026Cr18Ni12Mo2N	≥520	≥220	≥45	≥40	≥60 ^c	≥445	≥135	提供数据
05Cr17Ni12Mo2	≥520	≥210	≥45	≥40	≥60 ^c	≥445	≥130	提供数据
06Cr17Ni12Mo2	≥520	≥210	≥45	≥40	≥60 ^c	≥445	≥130	提供数据
加工硬化后的 05Cr17Ni12Mo2	≥690	≥490	≥20	—	—	—	≥279	提供数据
^a 订货合同要求时进行。 ^b 一组三个试样中只允许有一个试样的吸收能量低于规定的平均值, 但不应低于该平均值的 70%。钢管公称壁厚 $S < 12\text{ mm}$ 或钢管的室温断后伸长率 A 大于等于 45% 时, 不进行冲击试验。 ^c 对 1 级钢管, 冲击吸收能量规定的平均值为 100 J。								

6.2 取样

6.2.1 试料应取自每批交货状态下的任一钢管的端部, 试料应具有足够的尺寸, 以便截取全部试验及可能复试所需的试样。

6.2.2 当钢管尺寸允许时, 拉伸试样和冲击试样应横向截取。拉伸和冲击试样的有用部分应尽可能靠近钢管内表面。

6.2.3 试样应采用机加工方法截取。

6.2.4 冲击试样三个为一组并排截取, 试样的缺口底线应垂直于钢管表面。

6.3 试验

6.3.1 组批规则

钢管按批进行检查和验收, 每批应由同一熔炼炉号、同一规格、同一制造过程和同一热处理炉次(对连续式热处理炉, 为同一热处理制度连续处理)的钢管组成。一批钢管的数量应不超过如下规定:

- 公称外径 $D > 150\text{ mm}$, 且公称壁厚 $S > 9\text{ mm}$ 的钢管, 限 50 根, 其总长度不超过 1000 m;
- 公称外径 $D \leq 150\text{ mm}$, 或公称壁厚 $S \leq 9\text{ mm}$ 的钢管, 限 100 根, 其总长度不超过 2000 m。

6.3.2 试验项目和数量

钢管的试验项目和取样数量应符合表3的规定。

表3 钢管的试验项目和取样数量

序号	试验项目	取样数量
1	室温拉伸试验	在 6.2.1 规定的试料上取一个试样
2	高温拉伸试验	在 6.2.1 规定的试料上取一个试样
3	冲击试验	在 6.2.1 规定的试料上并排截取三个试样
4	压扁试验	每批钢管数量的 5%，至少在两根钢管上各取一个试样
5	扩口试验	每批钢管数量的 5%，至少在两根钢管上各取一个试样

6.3.3 试验方法

6.3.3.1 拉伸试验

拉伸试样应优先采用GB/T 228.1—2010中的R4试样。当不能截取R4试样时，应采用纵向弧形试样或管段试样。

室温拉伸试验按GB/T 228.1—2010的规定进行。

高温拉伸试验按GB/T 228.2的规定进行。

高温拉伸试验时，从试验开始至达到屈服后，试样的应力速率应不超过80 MPa/min。

6.3.3.2 冲击试验

冲击试样采用GB/T 229—2007中的标准夏比V型缺口试样。

冲击试验按GB/T 229—2007的规定执行。

6.3.3.3 压扁试验

对于公称外径 $D \leq 400$ mm或公称壁厚 $S \leq 15\% D$ 的钢管应进行压扁试验。压扁试样的长度为钢管壁厚的1.5倍，但不应短于10 mm，也不应超过100 mm。

压扁试验按GB/T 246的规定进行。

压扁试验分两个阶段：

- a) 第一阶段是延性试验。试验时将试样放在两个平行板之间压扁至公式(1)计算所得的值 H 。压扁试验后试样的所有表面均不得出现任何裂纹或开裂。

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

式中：

H ——两平板之间的距离的数值，单位为毫米（mm）；

S ——钢管公称壁厚的数值，单位为毫米（mm）；

D ——钢管公称外径的数值，单位为毫米（mm）；

α ——单位长度变形系数。当钢管的公称外径 $D \leq 114.3$ mm时，取0.13；当 $D > 114.3$ mm时，取0.11。

- b) 第二阶段是完整性试验。继续压扁直到试样破裂或试样内壁相互接触为止，试样表面不应出现分层或任何明显的不均匀性。

6.3.3.4 扩口试验

对于公称外径 $D \leq 150 \text{ mm}$ 且公称壁厚 $S \leq 9 \text{ mm}$ 的钢管应进行扩口试验。

扩口试验按 GB/T 242 的规定进行。

试验时采用顶芯角为 60° 的圆锥形顶芯进行扩口试验。钢管的内径扩口率为钢管内径的 30%。试验后，试样表面不应出现裂纹和开裂。

6.4 复试

6.4.1 拉伸试验

如果拉伸试验结果不合格，可在不合格试样的邻近部位截取双倍数量的试样进行复试。如果复试结果全部合格，则该批钢管的拉伸试验合格，否则为不合格。

6.4.2 冲击试验

冲击试验结果不合格时，应在截取不合格试样的邻近部位，再截取三个试样进行试验。

如果试验结果同时满足下列条件，则该批钢管的冲击试验合格，否则为不合格：

- 六个试样试验结果的平均值应大于等于规定值；
- 六个试样试验结果小于规定值的个数应不超过两个；
- 六个试样试验结果中只允许一个结果小于规定值的 70%。

6.4.3 压扁试验

如果某根钢管的压扁试验不合格，除这根钢管应重新试验外，应在该批钢管中至少再另取两根钢管进行复试。如果复试结果中有一个不合格，则应对整批钢管逐根进行压扁试验，剔除所有不合格的钢管。如果不合格的钢管数量超过该批钢管总数的 10%，则整批钢管不合格。

6.4.4 扩口试验

如果某根钢管的扩口试验不合格，除这根钢管应重新试验外，应在该批钢管中至少再另取两根钢管进行复试。如果复试结果中有一个不合格，则应对整批钢管逐根进行扩口试验，剔除所有不合格的钢管。如果不合格的钢管数量超过该批钢管总数的 10%，则整批钢管不合格。

7 晶间腐蚀

在 6.2.1 规定的试料上截取一组晶间腐蚀试样。

晶间腐蚀试验按 NB/T 20004—2014 中第 18 章方法一的规定进行。试验前，06Cr19Ni10 和 06Cr17Ni12Mo2 的试样应不进行敏化处理；05Cr19Ni10 和 05Cr17Ni12Mo2 试样的敏化处理应采用 A 处理，其余牌号钢试样的敏化处理应采用 B 处理。

若该批钢管的晶间腐蚀试验不合格，则整批钢管拒收，不准许进行复试和重新热处理。

8 金相检验

8.1 试样

金相检验按批进行，试样应从 6.2 所述的试料上截取，检验方向和检验面应按照 GB/T 13298 的规定执行。

8.2 晶粒度

1、2级钢管应进行晶粒度测定。

晶粒度测定按GB/T 6394进行，当钢管公称壁厚 $S \geq 10\text{mm}$ 时应不低于3级，当钢管公称壁厚 $S < 10\text{mm}$ 时应不低于4级，并提供附标尺的金相照片。

8.3 非金属夹杂物

非金属夹杂物测定按GB/T 10561—2005进行，按方法A进行评定，试验结果应符合下列要求：

- A类：粗系、细系分别小于或等于1.5级；
- B类：粗系、细系分别小于或等于1.5级；
- C类：粗系、细系分别小于或等于1.5级；
- D类：粗系、细系分别小于或等于1.5级；
- DS类：小于或等于1.5级。

9 重新热处理

如果一批钢管的一项或几项力学性能、工艺性能不合格，则该批钢管可进行重新热处理。

重新热处理的条件应在质量证明书中注明。

重新热处理后，应进行除化学成分分析、非金属夹杂物以外所有规定的试验和检验。

重新热处理只允许进行一次。

10 表面质量

交货状态钢管内外表面不应有裂纹、折叠、轧折、离层、结疤等有损钢管使用的缺陷。

11 无损检测

11.1 超声检测

1、2级钢管应按NB/T 20003.2—2010中第17章的规定逐根进行超声检测与记录、验收。超声检测在交货状态的钢管上进行。

11.2 涡流检测

对于公称外径 $D < 50\text{mm}$ 且公称壁厚 $S < 2\text{mm}$ 的3级钢管应按NB/T 20003.6—2010的规定逐根进行涡流检测。涡流检测在交货状态的钢管上进行，允许采用11.1规定的超声检测代替涡流检测。

涡流检测信号的记录、评定和验收按NB/T 20003.6—2010中附录A的规定执行，不能充分检测的钢管端部应予以切除。

12 缺陷的清除与修整

如果钢管的表面发现不能验收的缺陷，在保证钢管壁厚的尺寸公差前提下，可用磨削的方法清除。清除过程中，应避免打磨表面局部过热。磨具应为仅含碳化硅、氧化铝或金刚石磨料的磨具，且磨具未使用过或此前仅在奥氏体不锈钢材料上使用过。打磨缺陷时，要圆滑过渡。

缺陷清除后的区域应按NB/T 20003.4的规定进行渗透检测和验收。

如果发现较大的缺陷，且不能用打磨方法清除时，应将缺陷的管段切除。

钢管不准许焊补。

13 水压试验

钢管应逐根进行水压试验。水压试验按GB/T 241的规定进行，试验压力按公式(2)计算：

$$P = \frac{2SR}{D} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- P——试验压力的数值，单位为兆帕（MPa）；
 - S——钢管公称壁厚的数值，单位为毫米（mm）；
 - D——钢管公称外径的数值，单位为毫米（mm）；
 - R——许用应力的数值，单位为兆帕（MPa），该值为表2中规定的钢管室温 $R_{p0.2}$ 最小值的70%。
- 在试验压力下应保持不小于15 s，钢管不应出现渗漏。
试验压力应不超过50 MPa。

14 尺寸和外形检查

所有交货钢管的尺寸和外形应满足订货合同的规定。

15 试料保管

力学性能试验、工艺性能试验、晶间腐蚀试验以及金相检验的剩余试料和试验后的试样应由供货商保管，从钢管验收之日起至少保留12个月。

16 标志、清洁、包装和运输

钢管的标志、清洁、包装和运输应符合订货合同的相关规定。

17 质量证明文件

钢管交货时，钢管制造厂应提交质量证明文件，其中至少包括：

- a) 化学成分（熔炼和成品）分析报告；
- b) 热处理报告（包括重新热处理，如果有）；
- c) 力学性能和工艺性能试验报告（包括复试，如果有）；
- d) 晶间腐蚀报告；
- e) 金相检验报告（包括晶粒度和非金属夹杂物）；
- f) 表面质量检验报告；
- g) 无损检测报告；
- h) 水压试验报告；
- i) 尺寸、外形和重量检查报告。

以上报告应至少应包括：

- 钢管制造厂名称或代号；
- 订货合同号；

- 钢管标准号、牌号和等级；
 - 熔炼炉号、热处理炉号和批号；
 - 材料识别标记（如果有）；
 - 检验机构名称（如适用）；
 - 各种试验结果（包括复试，如果有），以及相应的规定值。
-