

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20007.6—2024

代替 NB/T 20007.6—2012, NB/T 20007.51—2018

压水堆核电厂用不锈钢 第6部分：堆内构件用奥氏体不锈钢板

**Stainless steel for pressurized water reactor nuclear power plant—Part 6:
Austenitic stainless steel plates for reactor vessel internals**

2024 - 09 - 24 发布

2025 - 03 - 24 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 订货要求	1
5 制造	1
6 化学成分	2
7 力学性能	3
8 晶间腐蚀	4
9 金相检验	4
10 重新热处理	4
11 表面质量	5
12 无损检测	5
13 缺陷的清除和修整	5
14 尺寸和外形	5
15 试料保管	6
16 标志、清洁、包装和运输	6
17 质量证明文件	6
附录 A （资料性附录） 材料牌号对照	7

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。

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。

本文件为NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》的第6部分。

本文件代替NB/T 20007.6—2012《压水堆核电厂用不锈钢 第6部分：堆内构件用控氮奥氏体不锈钢板》和NB/T 20007.51—2018《压水堆核电厂用不锈钢 第51部分：安全级设备用奥氏体不锈钢板》。本文件以NB/T 20007.6—2012为主，整合了NB/T 20007.51—2018中堆内构件用奥氏体不锈钢板相关内容。与NB/T 20007.6—2012相比，除结构调整和编辑性改动以外，主要技术变化如下：

- 增加了材料牌号 06Cr19Ni10、07Cr19Ni10 及相应技术要求（见第 1 章及全文）；
- 增加了订货合同的要求（见第 4 章）；
- 修改了固溶处理保温温度（见 5.4.2，2012 版的 3.3）；
- 修改了化学成分的要求（见表 1）；
- 修改了力学性能的要求，包括取消冲击试验要求（见第 7 章，2012 版的第 5 章）；
- 修改了晶间腐蚀试验的要求（见第 8 章，2012 版的第 6 章）；
- 增加了金相检验的要求（见第 9 章）；
- 修改了无损检测的要求（见第 12 章，2012 版的第 8 章）。

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。

本文件由能源行业核电标准化技术委员会提出。

本文件由中国核电发展中心归口。

本文件起草单位：上海核工程研究设计院有限公司、中国核电工程有限公司、中国核动力研究设计院、中广核工程有限公司、上海第一机床厂有限公司。

本文件主要起草人：石悠、宁冬、王永东、韩雨、路晓晖、王庆田、何培峰、黄建学、冉小兵、吴钰敏、龚宏伟。

本文件及其所代替文件的历次发布情况为：

- 本文件于 2012 年 1 月首次发布；
- 本次为第一次修订，并入了 NB/T 20007.51—2018《压水堆核电厂用不锈钢 第 51 部分：安全级设备用奥氏体不锈钢板》的相关内容。

压水堆核电厂用不锈钢 第6部分：堆内构件用奥氏体不锈钢板

1 范围

本文件规定了压水堆核电厂堆内构件用奥氏体不锈钢板的制造、检验和验收等要求。
本文件适用于压水堆核电厂堆内构件用06Cr19Ni10、07Cr19Ni10和026Cr19Ni10N奥氏体不锈钢板。

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 223 钢铁及合金化学分析方法
- GB/T 228.1—2021 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法
- GB/T 228.2 金属材料 拉伸试验 第2部分：高温拉伸试验方法
- GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法
- GB/T 247 钢板和钢带检验、包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 4334—2020 金属和合金的腐蚀 奥氏体及铁素体-奥氏体（双相）不锈钢晶间腐蚀试验方法
- GB/T 6394 金属平均晶粒度测定方法
- 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 16702—2019 压水堆核电厂核岛机械设备设计规范
- 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）
- NB/T 20003.2—2021 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

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 订货要求

4.1 订货合同中应注明本文件号、牌号、尺寸规格、外形、允许偏差和数量等。

4.2 订货合同应至少明确以下技术要求：

- a) B含量的特殊要求（见表1）；
- b) 晶间腐蚀试样的敏化处理（见8.3）；
- c) 斜射波超声检测（见第12章）；
- d) 其他特殊要求。

5 制造

5.1 制造文件

5.1.1 开始制造前，制造厂应编制一份制造大纲，并对制造过程中的各个关键工序，如冶炼、成形和热处理、取样和检验、无损检测等编制文件。制造大纲应至少包括下列内容：

- a) 钢的冶炼方式；

- b) 钢锭或连铸坯的质量和类型；
- c) 钢锭头、尾的切除百分比，连铸坯的头、尾切除量；
- d) 钢板成形工艺；
- e) 钢板处于钢锭中的位置，特别是主加工方向相对于钢锭轴线的方位；
- f) 中间热处理和最终固溶处理的条件；
- g) 性能检验用试料的位置图及试样在试料中的位置图；
- h) 无损检测要求；
- i) 按时间先后依次列出冶炼、成形、热处理、取样、试验和无损检测等主要操作过程的流程图。

5.2 冶炼

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。

5.3 成形

5.3.1 钢锭和连铸板坯应有足够的切除量，以保证去除缩孔和严重偏析。

5.3.2 钢板应采用热轧成形，压缩比应不小于3。

5.4 热处理和交货状态

5.4.1 钢板应以固溶处理状态交货。

5.4.2 固溶处理保温温度为1040℃~1150℃，保温足够时间后在水中急冷或用其它方法快速冷却，冷却速率应足以防止碳化物的析出。

5.4.3 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。钢板在所有热处理保温期间的温度偏差不得超过±10℃。

5.4.4 应用酸洗或其它适当的方法去除氧化皮。

6 化学成分

6.1 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。

6.2 化学成分分析

6.2.1 化学成分分析试样的取样和制样方法按本文件和 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 或 GB/T 20124 的有关规定，但仲裁分析应按 GB/T 223 适用部分执行。

6.2.2 制造厂应提供一份熔炼分析的化学分析报告，同时还应提供一份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（电渣重熔时应在每个重熔钢锭的两端取样）；每张钢板应进行成品分析，成品分析试样应取自 7.2 所述的每块试料，也可取自试验后的每个室温拉伸试样端部。

表 1 化学成分

化学成分（质量分数）/%											
元素		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Co	其他元素
06Cr19Ni10	熔炼	≤	≤	≤	≤	≤	18.00~	8.00~	≤0.10	≤	见 ^a
	分析	0.065	0.75	2.00	0.030	0.005	20.00	11.00		0.05	
	成品	≤	≤	≤	≤	≤	18.00~	8.00~	≤0.10	≤	见 ^a

	分析	0.065	0.75	2.00	0.030	0.005	20.00	11.00		0.05	
07Cr19Ni10	熔炼	0.04~	≤	≤	≤	≤	18.00~	8.00~	—	≤	见 ^a
	分析	0.08	0.75	2.00	0.030	0.005	20.00	11.00		0.05	
	成品	0.04~	≤	≤	≤	≤	18.00~	8.00~	—	≤	见 ^a
	分析	0.08	0.75	2.00	0.030	0.005	20.00	11.00		0.05	
026Cr19Ni10N	熔炼	≤	≤	≤	≤	≤	18.50~	9.00~	≤	≤	见 ^a
	分析	0.035	1.00	2.00	0.030	0.005	20.00	10.00	0.080	0.05	
	成品	≤	≤	≤	≤	≤	18.50~	9.00~	≤	≤	见 ^a
	分析	0.035	1.00	2.00	0.030	0.005	20.00	10.00	0.080	0.05	
^a 应增加 GB/T 16702-2019 附录 M.2.1 所规定铅、汞、锌、镉、锡、锑、铋、砷、铜、稀土元素（铈、镧）等残余元素的成品分析测试，并提供数据；对于焊接的钢板，当订货合同要求时，其熔炼分析和成品分析 B 含量 ≤ 0.0018%。B 含量分析结果应列入试验报告中。											

7 力学性能

7.1 规定值

交货状态钢板的力学性能应满足表2的规定。

表 2 力学性能

钢板牌号	室温拉伸试验			350℃拉伸试验		硬度
	规定塑性 延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	抗拉强度 R_t/MPa	断后伸长率 $A/\%$	规定塑性 延伸强度 $R_{p0.2}/\text{MPa}$	抗拉强度 R_t/MPa	HRB
06Cr19Ni10	≥205	≥515	≥40	≥125	≥395	≤92
07Cr19Ni10	≥205	≥515	≥40	≥125	≥395	≤92
026Cr19Ni10N	≥210	≥520	≥40	≥125	≥395	≤92

7.2 取样

7.2.1 应在交货钢板上截取试料，随即作适当标记和最终轧制方向标志。

7.2.2 试料应具有足够的尺寸，以便截取全部试验和可能的复试所需的试样。试样应采用机加工方法切取。

7.2.3 试样应在钢板轴线和钢板边缘之间的二分之一处截取，且试样距试料任何边缘的距离不得小于钢板的厚度。

7.2.4 对于热处理时每张质量不大于 3000kg 的钢板，应在每张钢板一端取一块试料。对于热处理时每张质量大于 3000kg 的钢板，应在每张钢板的两端各取一块试料，两块试料分别位于钢板轴线两侧。

7.2.5 所有拉伸试样的纵轴应垂直于钢板的最终轧制方向。试样的纵轴位置应如下所述：

- a) 当公称厚度 ≤ 10mm 时，试样厚度等于钢板厚度；
- b) 当公称厚度大于 10mm 而不大于 30mm 时，试样的纵轴位于厚度中心处；

c) 当公称厚度大于 30mm 时，试样的纵轴位于四分之一厚度处。

7.3 试验

7.3.1 试验项目和数量

从 7.2 所述的每块试料上加工一组试样，包括 1 个室温拉伸试样、1 个高温拉伸试样和 1 个硬度试样。

7.3.2 试验方法

7.3.2.1 拉伸试样采用 GB/T 228.1—2021 中的 R4 圆形横截面比例试样。当板厚 $\leq 20\text{mm}$ 时，可采用全厚度矩形横截面比例试样。

7.3.2.2 室温拉伸试验按 GB/T 228.1 的规定进行。

7.3.2.3 高温拉伸试验按 GB/T 228.2 的规定进行。试验时从开始至试样达到屈服，应力加载速率应不大于 $80\text{MPa}/\text{min}$ 。

7.3.2.4 硬度试验按 GB/T 230.1 的规定进行。

7.4 复试

如果拉伸性能的试验结果不满足表 2 的要求，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。每个复试结果均应满足表 2 的规定。

8 晶间腐蚀

8.1 应在 7.2 所述的每块试料上取 1 组（2 个）晶间腐蚀试样。试样应按 GB/T 4334—2020 方法 E 进行晶间腐蚀试验。

8.2 对 026Cr19Ni10N，试样在试验前应经敏化处理，敏化处理制度按 GB/T 4334—2020 的规定执行。

8.3 对 06Cr19Ni10 和 07Cr19Ni10，敏化处理按订货合同的要求执行。

9 金相检验

9.1 试样

应在 7.2 所述的每块试料上取样进行金相检验。

9.2 晶粒度

钢板的晶粒度应按 GB/T 6394 进行评定，07Cr19Ni10 钢板应为 7 级或更粗；06Cr19Ni10 和 026Cr19Ni10N 钢板应为 3 级或更细；并提供金相照片（包括放大倍数或标尺）。

9.3 非金属夹杂物

钢板的非金属夹杂物评定按 GB/T 10561—2005 方法 A 进行，采用 GB/T 10561—2005 附录 A 中 ISO 评级图进行评定，评定结果应符合如下要求：

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

10 重新热处理

10.1 若力学性能试验结果不合格，可对该钢板进行重新热处理。

10.2 重新热处理后应进行除化学成分、非金属夹杂物以外所有规定的试验和检验。

10.3 重新热处理只允许进行一次。

11 表面质量

11.1 应对交货的每张钢板进行表面质量检查。

11.2 钢板表面不允许存在毛刺、结疤、气泡、刮痕、氧化皮、裂纹、气孔、折迭、夹杂及其它影响使用性能的缺陷。

11.3 钢板切割到交货尺寸后，周边不得有开裂或分层。

11.4 钢板的表面粗糙度应满足无损检测要求。

12 无损检测

所有热处理结束后，每张钢板应按NB/T 20003.2—2021中5.2的规定进行超声检测。钢板应进行直射波检测，并采用100%扫查方式。验收准则如下：

- a) 检测人员若确认钢板中有白点、裂纹等危害性缺陷时，不予验收；
- b) 直探头检测按质量 I 级验收。

当订货合同有要求时，也可对钢板进行斜射波超声检测。

13 缺陷的清除和修整

13.1 钢板表面缺陷应采用打磨或机加工方法进行清除，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上使用过。缺陷清除后，凹痕和周围表面应平滑过渡，钢板的尺寸仍应符合订货要求。

13.2 缺陷清除后的区域应按 NB/T 20003.4 的规定进行渗透检测。

13.3 除订货合同另有规定外，不允许存在下列相关显示：

- a) 裂纹；
- b) 当公称厚度小于 16mm 时，长度大于 1.5mm 的线性显示；当公称厚度为 16mm 到 50mm 时，长度大于 3mm 的线性显示；当公称厚度大于或等于 50mm 时，长度大于 5mm 的线性显示；
- c) 当公称厚度小于 16mm 时，尺寸大于 3mm 的圆形显示；当公称厚度大于或等于 16mm 时，尺寸大于 5mm 的圆形显示；
- d) 在同一直线上有 4 个或 4 个以上相关显示，其边缘间距小于 1.5mm；
- e) 在缺陷显示最严重的区域内，任意 4000mm² 矩形区域（最大边长不超过 150mm）内，有 10 个或 10 个以上相关显示。

13.4 禁止使用焊接的方法进行修整。

14 尺寸和外形

14.1 交货前，应对所有成品钢板进行尺寸和外形检查。

14.2 钢板的所有尺寸、外形及表面粗糙度应满足订货合同和图纸的规定。

15 试料保管

剩余试料及试验后的试样应由钢板制造厂予以保管，并从钢板验收之日起至少保管12个月。

16 标志、清洁、包装和运输

16.1 钢板的标志、清洁、包装和运输应按订货合同的相关规定执行。

16.2 在钢板的制造、加工和运输过程中，应避免接触到那些可能对材料性能和完整性产生不利影响的物质，如：硫、铅、锌、铜、汞、铝、镉、锡、锑、砷、铋、卤素和其它低熔点金属和它们的合金及化合物。此外，由于含氯材料老化产生的酸性氯化物是潜在的危险，因此需合理选用胶带、墨水、标记物、耦合剂、渗透剂及涂料。钢板的包装应能保证钢板在贮存、运输过程中不被碰伤、弄脏、弄湿，防止与碳钢相接触。

16.3 钢板包装、标志的其他要求均按 GB/T 247 的有关规定执行。

16.4 钢板表面应无锈斑、油污及其它污染物。

17 质量证明文件

17.1 钢板交货时，钢板制造厂应提交质量证明文件，其内容应至少包括：

- a) 化学成分（熔炼分析和成品分析）分析报告；
- b) 热处理报告（包括重新热处理，如果有）；
- c) 力学性能试验报告（包括复试，如果有）；
- d) 晶间腐蚀试验报告；
- e) 金相检验报告（晶粒度、非金属夹杂物和金相照片等）；
- f) 表面质量检查报告；
- g) 尺寸和外形检查报告；
- h) 无损检测报告；
- i) 未曾焊补的声明。

17.2 以上报告应至少包括：

- a) 钢板制造厂名称或代号；
- b) 订货合同号；
- c) 钢板标准号、牌号和规格；
- d) 熔炼炉号和热处理炉号；
- e) 钢板编号；
- f) 材料识别标记（如果有）；
- g) 检验机构名称（如适用）；
- h) 各种试验结果（包括复试，如果有），以及相应的规定值。

附录 A
(资料性附录)
材料牌号对照

表A.1列出了不同材料标准所含材料牌号的对应关系。

表 A.1 材料牌号对照

本文件	RCC-M M3310	ASME SA-240/SA-240M
06Cr19Ni10	—	304/UNS S30400
07Cr19Ni10	—	304H/UNS S30409
026Cr19Ni10N	Z2 CN 19-10	—