

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20007.5—2024

代替 NB/T 20007.5—2021, NB/T 20007.51—2018

压水堆核电厂用不锈钢 第5部分：1、2、3级设备用奥氏体不锈钢 钢板

Stainless steel for pressurized water reactor nuclear power plants—
Part 5: austenitic stainless steel plates for Class 1, 2, 3 components

2024 - 09 - 24 发布

2025 - 03 - 24 实施

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 订货要求	1
5 制造	2
6 化学成分	2
7 力学性能	3
8 晶间腐蚀试验	5
9 金相检验	5
10 重新热处理	5
11 表面质量	5
12 无损检测	5
13 缺陷的清除与整修	6
14 尺寸和外形	6
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

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。

本文件是NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》的第5部分。

本文件代替NB/T 20007.5—2021《压水堆核电厂用不锈钢第5部分：1、2、3级奥氏体不锈钢板》与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 20007.5—2021为主，整合了NB/T 20007.51—2018的主要内容，除结构调整和编辑性改动外，与20007.5-2021标准相比，主要技术变化如下：

- 删除了“GB/T 229-2007、NB/T 20003.7、NB/T 20004-2014”等，增加了“GB/T 230.1、GB/T 16702.1—2019”等，其余引用标准按最新标准修改（见第2章）；
- 增加了“订货要求”内容（见第4章）；
- 更改了奥氏体不锈钢的固溶处理的保温温度（实际温度）范围为1040℃~1150℃（见5.4，2021版3.4）；
- 牌号命名和成分要求按GB/T 20878-2007进行了统一（见6.1，2021版4.1）；
- 增加了“022Cr19Ni10N、022Cr17Ni12Mo2N”（见6.1，2021版4.1）；
- 删除了“B含量要求”（见6.1，2021版4.1）；
- 增加了“022Cr19Ni10N、022Cr17Ni12Mo2N”力学性能要求（见7.1，2021版5.1）
- 删除了“06Cr18Ni11Ti”室温冲击试验要求（见7.1，2021版5.1）
- 增加了硬度试验要求（见7.1，2021版5.1）；
- 删除了冲击试验要求，增加了硬度试验要求（见7.1，2021版5.1）。

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。

本文件由核工业标准化研究所归口。

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

本文件主要起草人：邓小云、尤磊、王龙、唐亮、朱明冬、王秉熙、杨义忠、韩雨、黄磊、郭宝超

本文件及其所代替文件的历次发布情况为：

2010年首次发布为NB/T 20007.5—2010；

2021年第一次修订为NB/T 20007.5—2021；

本次为第二次修订，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》的内容。

压水堆核电站用不锈钢

第5部分：1、2、3级设备用奥氏体不锈钢钢板

1 范围

本文件规定了压水堆核电站1、2、3级设备用奥氏体不锈钢钢板的制造、化学成分、力学性能和验收等要求。

本文件适用于压水堆核电站1、2、3级设备用厚度不超过120mm的奥氏体不锈钢钢板。

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 压水堆核电站核岛机械设备设计规范
- GB/T 24511 承压设备用不锈钢和耐热钢钢板和钢带
- 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 核电站核岛机械设备无损检测 第2部分：超声检测
- NB/T 20003.4 核电站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

订货合同中应注明NB/T 20007的本文件号、牌号、尺寸规格和数量、钢板用于制造设备的规范等级等。订货合同应至少明确以下技术要求：

- a) 钢板尺寸、外形和允许偏差；
- b) 化学成分特殊要求：
 - 1) Co 含量
 - 2) B 含量
 - 3) Cr 含量
- c) 是否进行高温拉伸试验及试验温度和验收要求；
- 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，如热处理和无损检测等编制文件。

5.1.2 对于1、2级设备的钢板，制造大纲应至少包含以下内容，并按时间先后顺序列出各种热处理、取样、无损检测的操作过程。

- a) 钢的冶炼方式；
- b) 钢锭的质量和类型或连铸坯的厚度和宽度；
- c) 钢锭头、尾的切除率（采用连铸坯时不适用）；
- d) 钢板处于钢锭或连铸坯中的位置，特别是相应于钢锭或连铸坯轴线的最终轧制方向；
- e) 主要轧制方向；
- 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) 无损检测规程。

5.1.3 对于3级设备的钢板，可由制造厂与订货方商定相关的制造大纲。

5.2 冶炼

钢应采用电炉加炉外精炼的方法或电渣重熔方法进行冶炼，也可采用其他相当的工艺冶炼。

5.3 成形

5.3.1 钢板可由连铸坯或直接从钢锭轧制成形。

5.3.2 钢板按 GB/T 16702-2019 附录 M M.9 计算的变形比最小应为 3.0。

5.3.3 若采用钢锭轧制，每个钢锭的头、尾应有充分的切除率，以保证去除缩孔和严重偏析。

5.4 热处理和交货状态

5.4.1 钢板经热轧或冷轧之后应进行固溶处理，并进行酸洗和钝化处理后交货。

5.4.2 固溶处理的保温温度范围为 1040℃~1150℃，保温足够时间后在水中急冷或用其他方法快冷。

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、加热速率和冷却方法等）应记录并列入质量证明文件。全部热处理保温期间的温度偏差不得超过±10℃。

6 化学成分

6.1 规定值

钢的熔炼分析和成品分析的化学成分应符合表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。

6.2.2 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。

6.2.3 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）；成品分析试样应取自 7.2 所述试料，也可取自试验后的室温拉伸试样端部。

表 1 化学成分

牌号	化学成分（质量分数）/%					
	C	Si	Mn	P ^a	S ^a	Ni
06Cr19Ni10	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	8.00~11.00
022Cr19Ni10	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	8.00~12.00
026Cr19Ni10N	≤0.035	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	9.00~10.00
022Cr19Ni10N	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	8.00~11.00
06Cr17Ni12Mo2	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	10.00~14.00
022Cr17Ni12Mo2	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	10.00~14.00
022Cr17Ni12Mo2N	≤0.030	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	10.00~13.00
026Cr18Ni12Mo2N	≤0.035	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	11.50~12.50
06Cr18Ni11Ti	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.030	≤0.015	9.00~12.00
06Cr19Ni10	18.00~20.00	—	—	—	—	—
022Cr19Ni10	18.00~20.00	—	—	—	—	—
026Cr19Ni10N	18.50~20.00	—	—	≤0.08	—	≤1.00
022Cr19Ni10N	18.00~20.00	—	—	0.10~ 0.16	—	—
06Cr17Ni12Mo2	16.00~18.00	2.00~3.00	—	—	—	—
022Cr17Ni12Mo2	16.00~18.00	2.00~3.00	—	—	—	—
022Cr17Ni12Mo2N	16.00~18.00	2.00~3.00	—	0.10~ 0.16	—	—
026Cr18Ni12Mo2N	17.00~18.20	2.25~2.75	—	≤0.08	—	≤1.00
06Cr18Ni11Ti	17.00~19.00	—	5×%C~ 0.70	—	—	—

^a 对成品分析，P、S 含量上限可增加 0.005%。
^b 当首先考虑耐蚀性要求时，含 Mo 钢 Cr≥17.00%。
^c 除订货合同另有规定外，与反应堆冷却剂接触的材料，熔炼分析的 Co 含量应不大于 0.20%，力争不大于 0.10%。

7 力学性能

7.1 力学性能要求

交货状态的钢板力学性能应满足表2的要求。

表2 力学性能

牌号	室温拉伸试验				350℃拉伸试验 ^a		硬度试验
	抗拉强度 R_m /MPa	规定塑性 延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	断后伸长率 A /%		抗拉强度 R_m /MPa	规定塑性延 伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	洛氏硬度 HRB
			$t > 3\text{mm}$	$t \leq 3\text{mm}$			
06Cr19Ni10	≥ 520	≥ 210	≥ 45	≥ 40	≥ 394	≥ 125	≤ 92
022Cr19Ni10	≥ 490	≥ 175	≥ 45	≥ 40	≥ 350	≥ 105	≤ 92
026Cr19Ni10N	≥ 520	≥ 210	≥ 45	≥ 40	≥ 394	≥ 125	≤ 92
022Cr19Ni10N	≥ 520	≥ 210	≥ 45	≥ 40	≥ 394	≥ 125	≤ 92
06Cr17Ni12Mo2	≥ 520	≥ 210	≥ 45	≥ 40	≥ 445	≥ 130	≤ 92
022Cr17Ni12Mo2	≥ 490	≥ 175	≥ 45	≥ 40	≥ 382	≥ 105	≤ 92
022Cr17Ni12Mo2N	≥ 520	≥ 220	≥ 45	≥ 40	≥ 445	≥ 130	≤ 92
026Cr18Ni12Mo2N	≥ 520	≥ 220	≥ 45	≥ 40	≥ 445	≥ 130	≤ 92
06Cr18Ni11Ti	≥ 540	≥ 220	≥ 45	≥ 40	≥ 425	≥ 135	≤ 92

注： t 表示钢板公称厚度。
^a 订货合同要求时，作该项试验。

7.2 取样

7.2.1 在交货状态的钢板上截取试料，随即作适当标记并标明最终轧制方向。

7.2.2 试料应有足够的尺寸，以便截取全部试样（包括晶间腐蚀试样）和可能进行复试所需的试样。

7.2.3 试样应在钢板中心线和钢板边缘之间的二分之一部位截取，试样离钢板热处理端部的距离不应小于钢板的厚度。

7.2.4 对于热处理时每张重量不大于3000kg的钢板，应在每张钢板的一端取一块试料。对于热处理时每张重量大于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 拉伸试样的纵轴应垂直于钢板的最终轧制方向。试样的纵轴位置如下所述：

- 当钢板厚度 $t \leq 10\text{mm}$ 时，试样厚度等于钢板厚度；
- 当钢板厚度 $10\text{mm} < t \leq 30\text{mm}$ 时，试样的纵轴位于厚度的中心处；
- 当钢板厚度 $t > 30\text{mm}$ 时，试样的纵轴位于厚度的四分之一处。

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个化学分析试样、1个室温拉伸试样、1个高温拉伸试样（如有）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表D.1中的R4圆形横截面比例试样。当钢板厚度 $t \leq 20\text{mm}$ 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—2021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，从试验开始到屈服，试样的应力速率应不超过80MPa/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。如果复试结果均合格，则钢板拉伸试验合格。

8 晶间腐蚀试验

8.1 在交货状态的钢板上，按 GB/T 4334—2020 方法 E 的规定进行晶间腐蚀试验和评定。

8.2 除 06Cr19Ni10 和 06Cr17Ni12Mo2 外，其他牌号的试样在试验前应进行敏化处理，敏化处理制度和晶间腐蚀试验按 GB/T 4334—2020 的规定进行。当订货合同另有规定时，敏化处理制度和晶间腐蚀试验按合同规定执行。

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，评定的结果应为 3 级或更高，并提供金相照片（包括放大倍数或标尺）。

9.3 非金属夹杂物

非金属夹杂物按 GB/T 10561—2005 方法 A 进行评定，试验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。

10 重新热处理

对力学性能不合格的钢板，可进行重新热处理，再按本文件的要求取样进行除化学成分和非金属夹杂物外的试验和检验。重新热处理只允许进行一次。

11 表面质量

钢板表面不允许存在肉眼可见的氧化皮、裂纹、气孔、折叠、结疤、夹杂及其它影响使用性能的缺陷。钢板不得有分层。

12 无损检测

12.1 渗透检测

12.1.1 钢板切割到交货尺寸后，周边不应有开裂或分层。如有疑问，应进行渗透检测，检测按 NB/T 20003.4 的规定进行。

12.1.2 不允许存在以下显示：

- a) 裂纹；
- b) 当钢板厚度 t 小于 16mm 时，长度大于 1.5mm 的线性显示或尺寸大于 3mm 的圆形显示；
- c) 当钢板厚度 t 为 16mm 到 50mm 时，长度大于 3mm 的线性显示或尺寸大于 5mm 的圆形显示；
- d) 当钢板厚度 t 大于或等于 50mm 时，长度大于 5mm 的线性显示或尺寸大于 5mm 的圆形显示；
- e) 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；
- f) 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。

12.2 超声检测

12.2.1 对厚度不小于 12 mm 的 1 级钢板和厚度不小于 30 mm 的 2 级钢板，应在固溶处理后逐张进行超声检测，检查方法按 NB/T 20003.2 的规定执行。

12.2.2 钢板不允许有白点、裂纹等危害性缺陷。

12.2.3 直探头检测按照 NB/T 20003.2—2021 进行评定，验收准则如下：

- a) 1 级设备用钢板，按质量 I 级验收；
- b) 2 级设备用钢板，按质量 II 级验收；
- c) 3 级设备用钢板是否进行超声检测及质量等级应由设计人员或采购方确定。

12.2.4 当进行横波探头检测时，应不存在回波幅度大于 DAC 曲线的缺陷显示。但以纵波直探头检测时，若能判定该显示是分层类缺陷，则应按纵波检测结果进行评定。

13 缺陷的清除与整修

13.1 钢板表面缺陷可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，钢板的尺寸仍应合格。

13.2 缺陷清除后的区域应按 12.1 规定的检测方法和验收标准进行渗透检测。

13.3 不允许钢板制造厂对钢板进行焊补。

14 尺寸和外形

交货前，应对所有成品钢板进行尺寸和外形检查。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。允许偏差除合同中另有规定外，应符合 GB/T 24511 的规定。

15 试料保管

性能测试剩余试料及试验后的残样应由钢板制造厂保管，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

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、铋、砷、铍、卤素和其它低熔点金属和它们的合金及化合物。钢板表面应无锈斑、油污及其它污染物。钢板包装、标志的其它要求应按 GB/T 247 的有关规定执行。

17 质量证明文件

在钢板交货时应提交质量证明文件，至少包括：

- a) 熔炼分析和成品分析的化学成分分析报告；
- b) 热处理报告（包括重新热处理，如有）；
- c) 力学性能试验报告（包括复试，如有）；
- d) 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) 无损检测报告（如有）；
- h) 尺寸和外形检查报告；
- i) 未曾焊补的声明。

以上报告应至少包括：

- 制造厂名称或代号；
- 订货合同号；
- 本文件号和材料牌号；

- 炉号、批号、尺寸和数量；
 - 材料识别标记（如有）；
 - 检验机构名称（如适用）；
 - 各种试验和复试（如有）结果，以及相应的规定值。
-