

ICS 77.140.60

H 44

备案号: 59672—2017

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20006.39—2017

压水堆核电厂用合金钢 第 39 部分：一体化堆顶组件用棒材

**Alloy steel for pressurized water reactor nuclear power plants—
Part 39: Steel bars for integrated head package**

2017-04-01 发布

2017-10-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 制造	1
4 化学成分	2
5 力学性能	2
6 重新热处理	6
7 宏观浸蚀试验	6
8 金相检验	7
9 表面质量	7
10 无损检测	7
11 缺陷的清除与修整	7
12 尺寸和外形检查	8
13 标志、清洁、包装和运输	8
14 质量证明文件	8

前 言

NB/T 20006《压水堆核电厂用合金钢》与NB/T 20005《压水堆核电厂用碳钢和低合金钢》、NB/T 20007《压水堆核电厂用不锈钢》、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》共同构成压水堆核电厂核岛机械设备用材料系列标准。

NB/T 20006《压水堆核电厂用合金钢》分为若干部分，本部分为NB/T 20006的第39部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

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。

本部分主要起草人：张明乾、皮建红、郭明杰、何培峰、王秉熙、李辉。

压水堆核电厂用合金钢 第39部分：一体化堆顶组件用棒材

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂一体化堆顶组件用合金钢棒的制造、检验和验收等要求。

本部分适用于压水堆核电厂一体化堆顶组件用 40CrNi2Mo 合金钢棒。

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 钢铁及合金化学分析方法

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 228.1—2010, 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 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法（GB/T 231.1—2009, ISO 6506-1:2005, MOD）

GB/T 4336 碳素钢和中低合金钢 多元素含量的测定 火花放电原子发射光谱分析方法（常规法）

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 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（GB/T 20123—2006, ISO 15350:2000, IDT）

GB/T 20125 低合金钢 多元素含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法

NB/T 20004—2014 核电厂核岛机械设备材料理化检验方法

NB/T 20328.2 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第2部分：超声检测

NB/T 20328.5 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第5部分：磁粉检测

3 制造

3.1 制造文件

钢棒制造前，制造厂应编制一份说明冶炼、成形和热处理等操作的文件。

3.2 冶炼

钢应采用电炉冶炼，亦可采用其它相当或更好的工艺冶炼。

3.3 成形

3.3.1 钢锭的头、尾应予以充分切除，以保证去除缩孔和严重偏析。

3.3.2 合金钢棒应锻造或轧制成形，热加工后缓慢冷却，合金钢棒的总锻造（轧制）比应不小于3。

3.4 热处理和交货状态

3.4.1 钢棒应以淬火加回火状态交货。钢棒淬火后应在亚临界温度下进行回火，回火温度应不低于427℃，对于直径大于178mm的钢棒回火温度不低于371℃。钢棒所有热处理在保温期间的温度偏差不应超过±10℃。

3.4.2 钢棒在校直变形后需进行消除应力处理，消除应力热处理的温度应比实际回火温度低，但最多低55℃。

3.4.3 所有热处理的热处理保温温度及其偏差、保温时间、升温速率和冷却方式等应记录并列入材料质量证明文件。

4 化学成分

4.1 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。

表1 40CrNi2Mo 化学成分

类别	化学成分（质量分数）（%）								
	C	Mn	P	S	Si	Cu	Cr	Ni	Mo
熔炼分析	0.38～	0.60～	≤0.025	≤0.025	0.15～	≤0.35	0.70～	1.65～	0.20～0.30
	0.43	0.80			0.35		0.90	2.00	
成品分析	0.38～	0.60～	≤0.025	≤0.025	0.15～	≤0.35	0.70～	1.65～	0.20～0.30
	0.43	0.80			0.35		0.90	2.00	

4.2 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适用部分或GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20125的有关规定执行，仲裁分析应按GB/T 223适用部分执行。

钢棒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。熔炼分析试样应在钢锭浇注过程中取样。钢棒应按批进行成品分析，试样可取自室温拉伸试样的邻近部位，也可取自试验后的拉伸试样端部。

5 力学性能

5.1 规定值

交货状态的40CrNi2Mo钢棒的力学性能应满足表2的规定。

表 2 40CrNi2Mo 力学性能

试验项目	直径 mm	试验温度 ℃	力学性能	规定值	
				40CrNi2Mo-1级	40CrNi2Mo-2级
拉伸试验	$D \leq 38$	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 760	≥ 900
			抗拉强度 R_m (MPa)	900~1170	1070~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	≥ 16	≥ 14
			断面收缩率 Z (%)	≥ 50	≥ 35
		50	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 760	≥ 900
			抗拉强度 R_m (MPa)	810~1170	965~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
		100	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 710	≥ 840
			抗拉强度 R_m (MPa)	≥ 810	≥ 965
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
		350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 600	≥ 705
			抗拉强度 R_m (MPa)	≥ 810	≥ 965
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
	$38 < D \leq 64$	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 720	≥ 830
			抗拉强度 R_m (MPa)	860~1170	1030~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	≥ 16	≥ 14
			断面收缩率 Z (%)	≥ 50	≥ 35
		50	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 720	≥ 830
			抗拉强度 R_m (MPa)	775~1170	930~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
		100	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 675	≥ 775
			抗拉强度 R_m (MPa)	≥ 775	≥ 930
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
		350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 570	≥ 650
			抗拉强度 R_m (MPa)	≥ 775	≥ 930
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
	$64 < D \leq 102$	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 660	≥ 760
			抗拉强度 R_m (MPa)	790~1170	960~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	≥ 16	≥ 14
			断面收缩率 Z (%)	≥ 45	≥ 35

表 2 (续)

试验项目	直径 D mm	试验温度 ℃	力学性能	规定值	
				40CrNi2Mo-BC	40CrNi2Mo-BD
拉伸试验	$64 < D \leq 102$	50	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 660	≥ 760
			抗拉强度 R_m (MPa)	710~1170	865~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
		100	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 610	≥ 710
			抗拉强度 R_m (MPa)	≥ 710	≥ 865
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
		350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 515	≥ 600
			抗拉强度 R_m (MPa)	≥ 710	≥ 865
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
	$102 < D \leq 178$	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 590	≥ 720
			抗拉强度 R_m (MPa)	760~1170	930~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	≥ 16	≥ 14
			断面收缩率 Z (%)	≥ 45	≥ 35
		50	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 590	≥ 720
			抗拉强度 R_m (MPa)	685~1170	840~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
		100	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 550	≥ 675
			抗拉强度 R_m (MPa)	≥ 685	≥ 840
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
		350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 460	≥ 570
			抗拉强度 R_m (MPa)	≥ 685	≥ 840
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据
	$D > 178$	室温	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 550	≥ 690
			抗拉强度 R_m (MPa)	720~1170	900~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	≥ 15	≥ 14
			断面收缩率 Z (%)	≥ 40	≥ 35
		50	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	≥ 550	≥ 690
			抗拉强度 R_m (MPa)	650~1170	810~1170
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)	提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)	提供数据	提供数据

表 2 (续)

试验项目	直径 D/mm	试验温度 $^{\circ}\text{C}$	力学性能		规定值	
					40CrNi2Mo-BC	40CrNi2Mo-BD
拉伸试验	$D > 178$	100	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)		≥ 515	≥ 645
			抗拉强度 R_m (MPa)		≥ 650	≥ 810
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)		提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)		提供数据	提供数据
		350	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)		≥ 435	≥ 545
			抗拉强度 R_m (MPa)		≥ 650	≥ 810
			断后伸长率 $A_{4.51}$ (%)		提供数据	提供数据
			断面收缩率 Z (%)		提供数据	提供数据
冲击试验 ^a	$16 < D \leq 25$	-15	吸收能量 KV_s	单个值	≥ 27	
			J	平均值	≥ 34	
			侧膨胀值 (mm)		≥ 0.38	
	$D > 25$	-15	吸收能量 KV_s	单个值	≥ 41	
			J	平均值	≥ 47	
			侧膨胀值 (mm)		≥ 0.64	
硬度试验	所有	室温	HBW		提供数据	

^a 1组(3个)试样中只允许有1个试样的试验结果低于平均值,但不低于单个值;
^b 对于直径小于或等于16mm的钢棒不要求冲击试验。

5.2 取样

5.2.1 每批交货状态的钢棒应逐根进行硬度测试,选取硬度最高和最低的钢棒各截取一段试料,试料应在钢棒端部截取,试样的有用部分距钢棒端部的距离至少为钢棒直径。

5.2.2 力学性能试料应具有足够的尺寸,以便截取所有试验及可能复试所需的试样。

5.2.3 力学性能试样应纵向切取。当钢棒直径小于或等于25mm时,试样纵轴线应与钢棒的中心一致,当钢棒直径大于25mm且小于或等于50mm时,试样的纵轴线离钢棒表面12.5mm,当钢棒直径大于50mm时,试样的纵轴线位于钢棒1/2半径处。

5.2.4 冲击试样应并排截取,缺口底线应垂直钢棒最近热处理表面。

5.3 试验

5.3.1 组批规则

一批应由具有相同熔炼炉号、相同的制造过程、相同直径、同炉热处理钢棒组成。每批钢棒的重量不超过2700kg。

5.3.2 试验项目和数量

在5.2.1所述每段试料上截取如下试样:

- 1个室温拉伸试样;
- 1个高温拉伸试样;
- 3个夏比(V型缺口)冲击试样;
- 1个硬度试样。

5.3.3 试验方法

5.3.3.1 拉伸试验

拉伸试样采用NB/T 20004—2014 中A.1的圆形横截面标准试样。

室温拉伸试验按GB/T 228.1的规定进行。

高温拉伸试验按GB/T 228.2的规定进行,考核温度按订货合同的规定进行。

5.3.3.2 冲击试验

冲击试样采用GB/T 229—2007规定的标准夏比(V型缺口)冲击试样。

冲击试验方法按GB/T 229—2007的规定进行。

5.3.3.3 硬度试验

硬度试验应按GB/T 231.1执行。

5.4 复试

5.4.1 拉伸试验

当拉伸试验结果不满足表2中的规定时:

- a) 如果拉伸试样的断后伸长率低于规定值,且断口距拉伸试样的标距中心大于20 mm。可重新进行试验;
- b) 拉伸试验结果不满足规定时,允许在拉伸试验结果不合格试样的邻近部位截取2个附加的拉伸试样进行复试;若试验结果均合格,则该批钢棒拉伸试验合格。

5.4.2 冲击试验

冲击试验不合格时,仅在同时满足下列要求时,方可进行一次复试:

- a) 试验结果的平均值满足表2的规定;
- b) 仅有一个试样的试验结果低于表2的规定,但其吸收能量不比规定值低7J,或侧膨胀值不比规定值低0.13mm。

允许在冲击试验结果的不合格试样的邻近部位截取2个附加的夏比V型缺口冲击试样进行复试。

试验结果均大于表2中平均值要求时,则该批钢棒予以验收。

6 重新热处理

若力学性能试验结果不符合要求,允许重新热处理,钢棒重新热处理后应进行除化学分析、非金属夹杂物外本部分规定的所有检验。

重新热处理只允许进行一次。

7 宏观浸蚀试验

应从每批交货状态的钢棒上任取两根钢棒,按GB/T 226的规定进行宏观浸蚀试验,在取自钢棒两端全横截面的酸浸试片上,不得有肉眼可见的缩孔、气泡、裂纹、夹杂、白点及翻皮等缺陷。

8 金相检验

8.1 试样

应在5.2.1所述的任一试料截取试样进行金相试验。

8.2 晶粒度

每批钢棒应进行一次晶粒度检验。

钢棒的奥氏体晶粒度应按GB/T 6394进行评定。钢棒晶粒度应为5级或更细，且所占面积不少于视场面积的70%，并提供金相照片（包括放大倍数和浸蚀剂）。

8.3 非金属夹杂物

每批钢棒取一个试样进行非金属夹杂物检验。

钢棒的非金属夹杂物按GB/T 10561—2005中的A法进行评定。

非金属夹杂物检验结果应符合如下要求：

- 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。

9 表面质量

每根交货成品钢棒应进行表面质量检查，钢棒表面不允许有裂纹、切痕和影响使用的其他缺陷。

10 无损检测

10.1 磁粉检测

对交货的钢棒应在全部热处理并表面加工后对所有表面进行磁粉检测，磁粉检测方法和验收标准应符合NB/T 20328.5的规定。

10.2 超声检测

对交货的钢棒应在全部热处理并表面加工后进行100%体积的超声检测，超声检测方法和验收标准应符合NB/T 20328.2的规定。

11 缺陷的清除与修整

如果钢棒表面发现不可验收的缺陷，允许采用打磨或机加工方法进行清除，打磨后的区域应按照10.1的检验方法和验收标准重新进行检验。

缺陷清除后，钢棒的尺寸外形仍应满足订货文件的规定。

不准许对钢棒进行任何焊补。

12 尺寸和外形检查

交货前，应对所有交货钢棒进行尺寸和外形检验。钢棒尺寸和外形应满足订货合同的规定。

除非合同有规定，钢棒的每米直线度应不大于2 mm，钢棒的全长直线度不大于2 mm×钢棒总长度

(总长度值以米为单位)。

13 标志、清洁、包装和运输

钢棒的标志、清洁、包装和运输应按订货合同的相关规定执行。
钢棒表面应没有锈斑、油污及其它污染物。

14 质量证明文件

钢棒交货时，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) 宏观浸蚀试验报告
- e) 金相检验报告（晶粒度、非金属夹杂物和金相照片等）；
- f) 表面质量检验报告；
- 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。

以上报告应至少包括：

- 制造厂名称或代号；
 - 订货合同号；
 - 钢棒标准号和牌号；
 - 熔炼炉号和批号；
 - 钢棒名称；
 - 材料识别标记（如果有）；
 - 检验机构名称（如适用）；
 - 各种试验及复试结果，以及相应的规定值。
-

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆核电厂用合金钢
第 39 部分：一体化堆顶组件用棒材
NB/T 20006.39—2017

*

核工业标准化研究所出版发行
北京海淀区骚子营 1 号院
邮政编码：100091
电 话：010-62863505
原子能出版社印刷
版权专有 不得翻印

*

2017 年 10 月第 1 版 2017 年 10 月第 1 次印刷
印数 1—50 定价 25.00 元