

NB

中 华 人 民 共 和 国 能 源 行 业 标 准

NB/T 20009.32—2018

压水堆核电厂用焊接材料 第 32 部分：低合金钢气体保护焊焊丝

**Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants
—Part 32: Low-alloy steel wires and rods for gas shielded arc welding**

2018 – 12 – 10 发布

2019 – 04 – 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 型号 1

4 技术要求 1

5 试验方法 5

6 检验规则 7

7 包装、标志和质量证明文件 7

8 首次用于核电厂的焊丝（商业牌号）的附加要求 8

前 言

NB/T 20009《压水堆核电厂用焊接材料》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 20007《压水堆核电厂用不锈钢》、NB/T 20008《压水堆核电厂用其它材料》共同构成了压水堆核电厂核岛机械设备用材料系列标准。

本部分为NB/T 20009的第32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。

本部分负责起草单位：上海核工程研究设计院有限公司。

本部分参加起草单位：上海电气核电设备有限公司、东方电气（广州）重型机器有限公司、中国核电工程有限公司、中广核工程有限公司。

本部分主要起草人：梅乐、张俊宝、黄逸峰、杨巨文、杨小杰、邓峰、匡艳军。

压水堆核电厂用焊接材料

第 32 部分：低合金钢气体保护焊焊丝

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂安全级设备用低合金钢气体保护焊焊丝的型号、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明文件等内容。

本部分适用于压水堆核电厂安全级设备用低合金钢钨极惰性气体保护焊焊丝。

2 规范性引用文件

下列文件对于本部分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部分。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本部分。

GB/T 223 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 3965 熔敷金属中扩散氢测定方法

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法（常规法）

GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝

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 25774.1—2010 焊接材料的检验 第1部分：钢、镍及镍合金熔敷金属力学性能试样的制备及检验

GB/T 25775 焊接材料供货技术条件 产品类型、尺寸、公差和标志

GB/T 25778—2010 焊接材料采购指南

NB/T 20004—2014 核电厂机械设备材料理化检验方法

NB/T 20328.3 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第3部分：射线检测

NB/T 20450.2—2017 压水堆核电厂核岛机械设备焊接另一规范 第2部分：焊接材料

3 型号

本部分中的焊丝型号为ER55-D2、ER55-G、ER62-D2和ER62-G，型号命名原则符合GB/T 8110。其中，ER55-D2、ER55-G用于母材抗拉强度最小值为550MPa的部件，ER62-D2用于母材抗拉强度最小值为620MPa的部件。

4 技术要求

4.1 尺寸

焊丝的尺寸和公差应符合 GB/T 25775 的规定，具体内容见表 1。

表1 焊丝尺寸和公差

单位为毫米

焊丝直径	直径公差	
	盘/卷状焊丝	直条焊丝
0.9, 1.0, 1.2, 1.6, 2.0, 2.4	+0.01 -0.04	±0.1
注：根据供需双方协议，可以生产其他尺寸的焊丝。		

4.2 表面质量

焊丝表面应光滑，没有对焊接操作或焊缝金属性能有不利影响的裂纹、凹坑、划痕、氧化皮、皱纹、折叠和异物。

焊丝表面镀层不得用铜或含铜材料。

4.3 缠绕要求

4.3.1 焊丝卷、焊丝盘中焊丝的缠绕应避免打结、呈波浪形、锐弯、重叠或嵌入，使焊丝在无拘束的状态下能自由松开。焊丝的外端（开始焊接的一端）应有识别标记，以便容易找到，并应固定牢以防止松脱。

4.3.2 焊丝的每一连续长度应以同一炉号或批号的材料制成。每卷焊丝最多只允许一个接头。

4.3.3 焊丝卷、焊丝盘中焊丝的松弛直径和翘距应使得焊丝在自动焊和半自动焊设备中均匀连续地送进，并应符合表2的要求。

表2 焊丝的松弛直径和翘距

单位为毫米

标准包装形式	焊丝直径	松弛直径	翘距
直径100mm焊丝盘	所有	100~230	≤13
其他	≤0.8	≥300	≤25
	≥0.9	≥380	
注：焊丝的松弛直径和翘距，可由供需双方协商决定。			

4.4 焊丝化学成分

焊丝的化学成分应符合表3或表4的要求。

表3 焊丝化学成分（用于母材抗拉强度最小值为 550MPa 的部件）^a

型号	化学成分（质量分数）(%)						
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo
ER55-D2（堆芯区）	0.07~0.12	1.60~2.10	0.50~0.80	≤0.010	≤0.010	≤0.15	0.40~0.60
ER55-G（堆芯区）	≤0.15	1.25~2.25	0.15~0.80	≤0.010	≤0.010	≤0.80	0.25~0.75

表3 (续)

型号	化学成分(质量分数)(%)						
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo
ER55-D2(非堆芯区)	0.07~0.12	1.60~2.10	0.50~0.80	≤0.012	≤0.010	≤0.15	0.40~0.60
ER55-G(非堆芯区)	≤0.15	1.25~2.25	0.15~0.80	≤0.012	≤0.010	≤0.85	0.25~0.75
型号	化学成分(质量分数)(%)						
	Cu	V	Co	Nb	B	其他元素 ^b	
ER55-D2(堆芯区)	≤0.06	≤0.03	≤0.02	≤0.01	≤0.001	≤0.50	
ER55-G(堆芯区)	≤0.06	≤0.03	≤0.02	≤0.01	≤0.001	≤0.50	
ER55-D2(非堆芯区)	≤0.15	提供数据	≤0.10	≤0.02	-	≤0.50	
ER55-G(非堆芯区)	≤0.15	提供数据	≤0.10	≤0.02	-	≤0.50	
^a 对于堆芯区用焊丝 ER55-D2、ER55-G: 应提供元素 Al、As、Bi、Cr、N、Pb、Sb、Sn、Ti、W、Zr 的实测数据; 对于非堆芯区用焊丝 ER55-D2、ER55-G: 应提供元素 Cr、Al 的实测数据。 ^b 应按本表所列元素进行分析。如果在分析过程中发现有其他元素存在, 应确定那些元素的含量, 以保证它们的总含量(还应包括 V、Co、Nb、B 含量)不超过表中的规定值。							

表4 焊丝化学成分(用于母材抗拉强度最小值为 620MPa 的部件)

型号	化学成分 ^a (质量分数)(%)										
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Mo	Cu	Co	Nb	其他元素 ^b
ER62-D2	0.07~0.12	1.60~2.10	0.50~0.80	≤0.025	≤0.010	≤0.15	0.40~0.60	≤0.50	≤0.10	≤0.02	≤0.50
ER62-G	0.07~0.14	1.15~2.25	≤1.00	≤0.025	≤0.010	≤1.65	0.25~0.75	≤0.50	≤0.10	≤0.02	≤0.50
^a 应提供元素 V、Al、Ti、Zr、Cr 的实测数据。 ^b 应按本表所列元素进行分析。如果在分析过程中发现有其他元素存在, 应确定那些元素的含量, 以保证它们的总含量(还应包括 Co、Nb 含量)不超过表中的规定值。											

4.5 熔敷金属力学性能

4.5.1 室温拉伸性能

熔敷金属室温拉伸性能应符合表5的要求。

表5 熔敷金属室温拉伸性能

型号	抗拉强度 R_m (MPa)	规定塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ (MPa)	断后伸长率 $A(\%)$
ER55-D2、ER55-G	550~725	≥ 470	≥ 22
ER62-D2	620~795	≥ 540	≥ 20

4.5.2 高温拉伸性能

当设计文件或图样对被焊接母材有高温拉伸性能要求时，亦应进行熔敷金属高温拉伸试验，试验温度和抗拉强度应满足母材的相关要求。

4.5.3 冲击性能

4.5.3.1 夏比 V 型缺口冲击性能

夏比V型缺口冲击性能应符合表6的要求。

表6 夏比 V 型缺口冲击性能

型号	试验温度 ℃	三个试样的平均值 J	单个试样的最低值 ^a J	侧向膨胀量 mm
ER55-D2、ER55-G (堆芯区)	-30	≥ 41	≥ 34	提供数据
	3	≥ 68	≥ 68	≥ 0.90
ER55-D2、ER55-G (非堆芯区)	-15	≥ 41	≥ 34	提供数据
	18	≥ 68	≥ 68	≥ 0.90
ER62-D2	-25	≥ 48	≥ 41	提供数据
	8	≥ 68	≥ 68	≥ 0.90

^a 只允许有一个冲击值低于三个试样的平均值但不小于单个试样的最低值。

4.5.3.2 夏比冲击转变曲线（适用于堆芯区）

要求提供完整的夏比冲击转变曲线。确定夏比冲击转变曲线应至少包括6个温度的冲击试验，每一个试验温度包括3个试样，所选试验温度应能提供一条完整光滑的曲线。至少应包含下列三个温度：

- 显示下平台能量的温度（剪切面积不大于 10%）；
- $T_{NDT}+33^{\circ}\text{C}$ ；
- 显示上平台能量的温度（ $\geq 95\%$ 剪切面积）。

转变曲线应包括断裂能量和侧向膨胀量两条曲线。

上平台温度区间的最低冲击能量应为102 J，最小侧向膨胀量应为0.90 mm。

4.5.4 RT_{NDT} 温度的测定

4.5.4.1 落锤试验要求

落锤试验应在表7要求的试验温度下进行，要求两个试样均不断裂。

表7 落锤试验温度要求

型号	试验温度 ℃
ER55-D2、ER55-G（堆芯区）	-25
ER55-D2、ER55-G（非堆芯区）	-10
ER62-D2	-20

4.5.4.2 RT_{NDT} 温度要求

熔敷金属的 RT_{NDT} 温度应符合表8的要求。

表8 RT_{NDT} 温度要求

型号	RT_{NDT} ℃
ER55-D2、ER55-G（堆芯区）	≤-30 (提供实测数据)
ER55-D2、ER55-G（非堆芯区）	≤-15
ER62-D2	≤-25

4.6 熔敷金属扩散氢含量

熔敷金属扩散氢含量应不大于4.0 mL/100g。

4.7 焊缝射线检测

试板焊缝应进行100%射线检测，按NB/T 20328.3验收合格。

5 试验方法

5.1 焊丝的质量检验

5.1.1 焊丝的尺寸和表面质量

焊丝尺寸检验用精度为0.01 mm的量具，在同一横截面的两个互相垂直的方向进行测量，测量部位应不少于两处。

焊丝表面质量应按照4.2的要求，对焊丝任意部位进行目测检验。

5.1.2 松弛直径和翘距

测量缠绕在焊丝盘（卷）上焊丝的松弛直径和翘距时，应从焊丝盘上截取足够长度的焊丝，不受拘束的放在平面上。测量所形成圆或圆弧的直径即为松弛直径；焊丝翘起的最高点到平面的距离即为翘距。

5.1.3 焊丝的化学成分

焊丝的化学成分分析应在成品焊丝上取样。对于没有接头的成卷焊丝，只需从一端取样进行化学分析；对于有一个接头的成卷焊丝，应从两端取样进行化学分析。

焊丝化学成分分析试验可采用GB/T 223、GB/T 4336、GB/T 20123、GB/T 20124等供需双方同意的任何适宜的方法。仲裁试验应按GB/T 223进行。

5.2 力学性能试验

5.2.1 试验用母材

试验用母材(包括试板和垫板)应采用与焊材熔敷金属的化学成分和力学性能相当的材料，也可以在普通碳钢材料上用被检焊丝或与被检焊丝化学成分相当的焊接材料堆焊隔离层后作为试验用母材。隔离层应覆盖试验中熔敷金属可能接触的所有母材表面。在对坡口和垫板表面加工后，隔离层至少应包含3层。

5.2.2 试板尺寸

试板可选择GB/T 25774.1—2010中第5章的1.3、1.4或1.5型。试板应足够长，以满足取样及可能的复验取样要求。

5.2.3 制备条件

焊前试件温度不低于15℃，道间温度不超过250℃。

使用平焊位置。焊接规范参数应在焊材供货商推荐的范围之内，道间温度、焊接电流、热输入尽可能采用上限值。保护气体应与产品焊接要求一致。试件应预先反变形或在拘束状态下焊接，以防止角变形超过5°。

每一焊道都要进行目视检查，并清理干净，必要时进行打磨清理。

当产品焊缝需要进行焊后热处理时，试件应在焊后热处理条件下进行试验。焊后热处理温度按产品要求，焊后热处理的总保温时间至少应为产品熔敷金属所经受的累计焊后热处理保温时间的80%。

5.2.4 熔敷金属的力学性能试验

熔敷金属拉伸试验在焊态和焊后热处理态(若产品焊缝需要焊后热处理)下进行。熔敷金属室温拉伸试验按NB/T 20004—2014规定进行，拉伸试样取样位置见图1 a)，按照NB/T 20004—2014中附录A规定，试样标距段直径取12.5 mm。如需进行高温拉伸试验，则按NB/T 20004—2014进行。每个状态下，取1个拉伸试样。

熔敷金属冲击试验在焊态和焊后热处理态(若产品焊缝需要焊后热处理)下进行。熔敷金属夏比V型缺口冲击试验按NB/T 20004的规定进行，锤刃半径为8 mm，冲击试样取样位置见图1 b)，每个状态下取3个试样。试样尺寸为10 mm×10 mm×55 mm。

落锤试验和 RT_{NDT} 的测定应分别在焊态和焊后热处理态(若产品焊缝需要焊后热处理)下进行，试验按NB/T 20004—2014进行，试样尺寸按P-3。

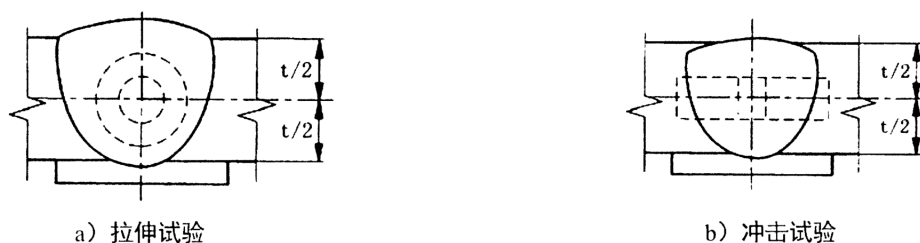


图1 力学性能试验取样位置

5.3 熔敷金属扩散氢含量测定

熔敷金属扩散氢含量测定按GB/T 3965进行。当在准备试件时的绝对湿度高于基准条件时，若实测的结果符合要求，则视为合格；若实测结果不符合要求，不作为试验不合格的依据，应按要求重新进行试验。

5.4 焊缝射线检测

5.4.1 焊缝射线检测应在从试板上截取拉伸和冲击试样之前进行。射线检测前应去除垫板。若试板需做焊后热处理时，射线检测在热处理前后均可进行。

5.4.2 焊缝射线检测按 NB/T 20328.3 进行。

5.4.3 评定焊缝射线检测底片时，试板两端 25 mm 应不予考虑。

6 检验规则

6.1 批量划分

批量划分按GB/T 25778—2010中6.1.3的S3规定执行。

6.2 取样方法

每批焊丝按盘（卷）数任取一盘（卷），直条焊丝任取一最小包装单位，分别进行焊丝化学成分、尺寸、表面质量等检验。

6.3 验收

每批焊丝应按下列要求进行验收：

- a) 焊丝尺寸检验结果应满足 4.1 的要求；
- b) 焊丝的表面质量和缠绕要求检验结果应分别满足 4.2 及 4.3 的要求。
- c) 焊丝的化学成分满足 4.4 的要求；
- d) 熔敷金属的力学性能应满足 4.5 的要求；
- e) 熔敷金属的扩散氢含量测试结果应满足 4.6 的要求；
- f) 焊缝射线检测结果应满足 4.7 的要求。

6.4 复验

6.4.1 任何一项力学性能检验不合格时，则该项应取双倍试样进行复验，且双倍复验的结果均应符合要求。如果某一不合格的结果是由于试验的实施过程中的问题或由于试样存在缺陷引起的，则有关结果不予认可，并应重新进行试验。

6.4.2 复验试样可以从原始试件或新的试件上切取。复验只允许一次。

6.4.3 对于化学成分分析，只需要对不符合要求的元素进行复验。

6.4.4 复验拉伸试验时，抗拉强度、规定塑性延伸强度及断后伸长率同时作为复验项目。

6.4.5 对于冲击试验，如果一组试样试验结果的平均值符合要求，但其中仅有一个试样的试验结果小于单个试样规定的最小值，并且两者差值不超过 14 J 或 0.13 mm，则允许复验。复验应在靠近或位于不合格试样的任一侧取两组试样，两组试样的复验结果均应合格。

7 包装、标志和质量证明文件

7.1 包装

焊丝应密封包装供货，并保证在正常条件下的运输和贮存过程中免受损伤和受潮。

7.2 标志

7.2.1 焊丝的外包装及焊丝卷的内侧或焊丝盘的侧缘上至少应标有下列内容：

- a) 本部分编号、焊丝型号及牌号；
- b) 焊丝制造商名称和商标；
- c) 规格和净重；
- d) 批号；
- e) 生产日期。

7.2.2 对于单根直条焊丝，至少应在一端标志出焊丝的牌号或者型号。

7.3 质量证明文件

对于每一批焊丝，在焊材交货的同时应提交焊材质量证明文件，至少应包括下列内容：

- a) 合同号或订单号；
- b) 焊丝的型号、牌号和标准编号；
- c) 制造商的名称和商标；
- d) 批号；
- e) 规格、供货数量和生产日期；
- f) 试件焊接实际使用的焊接电流、焊接电压、焊接速度、预热温度（如有）、道间温度、热输入、保护气体；
- g) 焊后热处理条件和参数，包括加热和冷却速度、热处理温度和保温时间；
- h) 所有要求的性能试验报告，包括取样位置、试验方法、试验温度、试样类型及试验结果等。

如果焊材制造商和焊材供货商不是同一个公司，焊材供货商需向采购方提供焊材制造商的全部质量证明文件。

8 首次用于核电厂的焊丝（商业牌号）的附加要求

对于首次用于核电厂的焊丝，须满足NB/T 20450.2—2017中4.2的相应要求。

中 华 人 民 共 和 国
能 源 行 业 标 准
压水堆核电厂用焊接材料
第 32 部分：低合金钢气体保护焊焊丝
NB/T 20009.32—2018

*

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

*

2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷
印数 1—50 定价 25.00 元