

ICS 25.160.20  
J 33  
备案号: 35971-2012

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20009.6—2012

---

压水堆核电厂用焊接材料  
第6部分: 1、2、3级设备用碳钢气体保护  
电弧焊焊丝

**Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants—  
Part 6: Carbon steel electrodes and rods for gas shielded arc welding of class 1, 2  
3 components**

2012-01-06 发布

2012-04-06 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 . . . . .	2
4 技术要求 . . . . .	2
4.1 化学成分 . . . . .	2
4.2 尺寸 . . . . .	2
4.3 表面质量 . . . . .	2
4.4 卷绕要求 . . . . .	3
4.5 熔敷金属力学性能（焊态或/和模拟消除应力热处理状态） . . . . .	3
4.6 焊缝射线检测 . . . . .	4
4.7 熔敷金属扩散氢含量 . . . . .	4
5 试验方法 . . . . .	4
5.1 化学成分分析 . . . . .	4
5.2 尺寸和表面质量 . . . . .	4
5.3 松弛直径和翘距 . . . . .	4
5.4 熔敷金属试件制备 . . . . .	4
5.5 熔敷金属力学性能试验 . . . . .	5
5.6 焊缝射线检测 . . . . .	5
5.7 熔敷金属扩散氢含量测定 . . . . .	5
6 检验规则 . . . . .	5
6.1 批量划分 . . . . .	5
6.2 取样方法 . . . . .	5
6.3 验收 . . . . .	6
6.4 复验 . . . . .	6
7 包装、标志和质量证明文件 . . . . .	6
7.1 包装 . . . . .	6
7.2 标志 . . . . .	6
7.3 质量证明文件 . . . . .	6

## 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》和NB/T 20008《压水堆核电厂用其他材料》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 20009《压水堆核电厂用焊接材料》分为若干部分，本部分为第6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：上海发电设备成套设计研究院、哈电集团（秦皇岛）重型装备有限公司、四川大西洋焊接材料股份有限公司、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、上海核工程研究设计院、中国核电工程有限公司、苏州热工研究院有限公司、上海大西洋焊接材料有限责任公司、中国核动力研究设计院。

本部分主要起草人：李强、吴丹蕾、王莉、吴平、曾志超、唐伟宝、王苗苗、余燕、郭利峰、王淦刚、尚恒、王峥、陈智。

## 压水堆核电厂用焊接材料

### 第6部分：1、2、3级设备用碳钢气体保护电弧焊焊丝

#### 1 范围

本部分规定了压水堆核电厂1、2、3级设备钨极氩弧焊用碳钢焊丝的型号、技术要求、试验方法及检验规则等内容。

本部分适用于压水堆核电厂1、2、3级设备钨极氩弧焊用碳钢焊丝。

#### 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 223.3 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷酸重量法测定磷量
- GB/T 223.5 钢铁 酸溶硅和全硅含量的测定 还原型硅钼酸盐分光光度法（GB/T 223.5—2008，ISO 4829-1:1986，ISO 4829-2:1988，MOD）
- GB/T 223.11 钢铁及合金 铬含量的测定 可视滴定或电位滴定法（GB/T 223.11—2008，ISO 4937:1986，MOD）
- GB/T 223.12 钢铁及合金化学分析方法 碳酸钠分离-二苯碳酰二肼光度法测定铬量
- GB/T 223.14 钢铁及合金化学分析方法 钽试剂萃取光度法测定钒含量
- GB/T 223.18 钢铁及合金化学分析方法 硫代硫酸钠分离-碘量法测定铜量
- GB/T 223.19 钢铁及合金化学分析方法 新亚铜灵-三氯甲烷萃取光度法测定铜量
- GB/T 223.23 钢铁及合金 镍含量的测定 丁二酮肟分光光度法
- GB/T 223.26 钢铁及合金 钼含量的测定 硫氰酸盐分光光度法
- GB/T 223.53 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定铜量（GB/T 223.53—1987，eqv ISO/DIS 4943:1986）
- GB/T 223.54 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收分光光度法测定镍量（GB/T 223.54—1987，eqv ISO/DIS 4940:1986）
- GB/T 223.58 钢铁及合金化学分析方法 亚砷酸钠-亚硝酸钠滴定法测定锰量
- GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 铋磷钼蓝分光光度法和铋磷钼蓝分光光度法
- GB/T 223.60 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水重量法测定硅含量
- GB/T 223.61 钢铁及合金化学分析方法 磷钼酸铵容量法测定磷量
- GB/T 223.62 钢铁及合金化学分析方法 乙酸丁酯萃取光度法测定磷量
- GB/T 223.63 钢铁及合金化学分析方法 高碘酸钠（钾）光度法测定锰量
- GB/T 223.64 钢铁及合金 锰含量的测定 火焰原子吸收光谱法（GB/T 223.64—2008，ISO 10700:1994，IDT）
- GB/T 223.67 钢铁及合金 硫含量的测定 次甲基蓝分光光度法（GB/T 223.67—2008，ISO 10701:1994，IDT）
- GB/T 223.68 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后碘酸钾滴定法 测定硫含量

- GB/T 223.69 钢铁及合金 碳含量的测定 管式炉内燃烧后气体容量法
- GB/T 223.71 钢铁及合金化学分析方法 管式炉内燃烧后重量法测定碳含量
- GB/T 223.72 钢铁及合金 硫含量的测定 重量法
- GB/T 223.76 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钒量
- GB/T 223.79 钢铁 多元素含量的测定 X-射线荧光光谱法(常规法)
- GB/T 223.85 钢铁及合金 硫含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法 (GB/T 223.85—2009, ISO 4935:1989, IDT)
- GB/T 223.86 钢铁及合金 总碳含量的测定 感应炉燃烧后红外吸收法 (GB/T 223.86—2009, ISO 9556:1989, IDT)
- GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法 (GB/T 2650—2008, ISO 9016:2001, IDT)
- GB/T 2652 焊缝及熔敷金属拉伸试验方法 (GB/T 2652—2008, ISO 5178:2001, IDT)
- GB/T 3965 熔敷金属中扩散氢测定方法
- GB/T 4338 金属材料 高温拉伸试验方法 (GB/T 4338—2006, ISO 783:1999, MOD)
- GB/T 8110 气体保护电弧焊用碳钢、低合金钢焊丝
- 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 (ISO 15792-1:2000, MOD)
- 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 25775—2010, ISO 544:2003, MOD)
- GB/T 25778 焊接材料采购指南 (GB/T 25778—2010, ISO 14344:2010, MOD)
- NB/T 20003.3 核电厂核岛机械设备无损检测 第3部分:射线检测

### 3 型号

本部分的焊丝型号包括ER50-3和ER50-6。焊丝型号的命名符合GB/T 8110的规定。

### 4 技术要求

#### 4.1 化学成分

焊丝的化学成分应符合表1的规定。

表1 焊丝的化学成分

焊丝 型号	化学成分(质量分数)/%									
	C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Mo	V	Cu
ER50-3	0.06~0.15	0.90~1.40	0.45~0.75	≤0.015	≤0.025	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.03	≤0.25
ER50-6	0.06~0.15	1.40~1.85	0.80~1.15	≤0.015	≤0.025	≤0.15	≤0.15	≤0.15	≤0.03	≤0.25

#### 4.2 尺寸

焊丝的尺寸和公差应符合GB/T 25775的规定。根据供需双方协议,也可生产其他尺寸的焊丝。

#### 4.3 表面质量

焊丝应具有光洁的表面，应无对焊丝特性、焊接设备的操作或熔敷金属的性能有不利影响的裂纹、凹坑、划痕、氧化层、皱纹、折叠和外来物。

#### 4.4 卷绕要求

每盘焊丝不应有接头。

焊丝的卷绕应无扭曲、波折、锐弯或嵌住，使焊丝在无拘束的状态下能自由松开。

缠绕在焊丝盘上的焊丝应具有一定的松弛直径和翘距，并应符合表2的规定。

焊丝卷和焊丝桶中焊丝的松弛直径和翘距应使焊丝在自动焊和半自动焊设备中能无间断的送进。焊丝的外端应扎紧并做出标志，容易辨认。

表2 焊丝的松弛直径及翘距

单位为毫米

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
其他包装形式	≤0.8	≥300	≤25
	≥0.9	≥380	

#### 4.5 熔敷金属力学性能（焊态或/和模拟消除应力热处理状态）

##### 4.5.1 室温拉伸

室温拉伸结果应符合表3的规定。

表3 熔敷金属室温拉伸试验

焊丝型号	状态	$R_L$ /MPa	$R_{eL2}$ 或 $R_{eL}$ /MPa	$A$ /%
ER50-3	焊态	490~640	≥400	≥22
ER50-6	热处理态	根据母材确定		

##### 4.5.2 高温拉伸

当设计文件或图纸对被焊设备材料有高温拉伸性能要求时，需进高温拉伸试验。试验温度为300℃，试验结果应满足表4规定。

表4 熔敷金属高温拉伸试验

焊丝型号	$R_L$ /MPa	$R_{eL2}$ /MPa	$A$ /%
ER50-3	提供数据	≥215	提供数据
ER50-6			

##### 4.5.3 夏比 V 型缺口冲击试验

夏比V型缺口冲击试验结果应符合表5的规定。

表5 熔敷金属夏比V型缺口冲击试验

焊丝型号	试验温度	KV <sub>2</sub> /J	
		平均值	单个最小值 <sup>a</sup>
ER50-3	0℃	≥60	≥42
ER50-6	<sup>b</sup>	≥27	≥20

<sup>a</sup> 一组三个试样，仅允许有一个试样的试验结果低于平均值。  
<sup>b</sup> 当设计有要求时，应进行该冲击试验，ER50-6 焊丝试验温度为-30℃，ER50-3 焊丝试验温度为-20℃。

#### 4.6 焊缝射线检测

焊缝射线检测结果应符合NB/T 20003.3中1级焊接接头的要求。

#### 4.7 熔敷金属扩散氢含量

熔敷金属的扩散氢含量采用水银法或色谱法测定，含量应不大于5.0ml/100g。

### 5 试验方法

#### 5.1 化学成分分析

焊丝化学成分分析应在成品焊丝上取样。

焊丝化学成分分析试验可采用供需双方同意的任何适宜方法。仲裁试验方法应选取 GB/T 223 中的方法执行。

#### 5.2 尺寸和表面质量

焊丝尺寸检验用精度为 0.01mm 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 4.3 的要求，对焊丝任意部位进行目测检验。

#### 5.3 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。

#### 5.4 熔敷金属试件制备

##### 5.4.1 试验用母材

试验用母材（包括试板和垫板）应采用与焊丝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，隔离层厚度不小于6mm。

##### 5.4.2 试板尺寸

试板可选择GB/T 25774.1—2010中的1.3、1.4或1.5型。试板应足够长，以满足取样要求。

##### 5.4.3 制备条件

试件应在不低于 15℃ 条件下进行焊接。在平焊位置制备，道间温度、焊接电流及焊接热输入量应接近允许使用的最大值。

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°。

每一焊道都应进行目视检查，并刷扫清理。必要时进行打磨清理。

如果用被检焊材完成的产品焊缝在制造过程中需要进行消除应力热处理，则试件应进行模拟消除应力热处理。模拟消除应力热处理保温时间应至少等于制造中实际热处理保温时间的 80%。一般可取保温温度  $610^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ ，保温时间 10 小时。350℃ 以上的升温、降温速度应不高于 55℃/h。

## 5.5 熔敷金属力学性能试验

### 5.5.1 拉伸试验

拉伸试验按图 1 a) 所示位置取样，每个试验温度应各取 1 个拉伸试样。

室温拉伸试验按 GB/T 2652 的规定进行，高温拉伸试验按 GB/T 4338 的规定进行。试样标距段直径为 10mm，标距为 50mm。

### 5.5.2 夏比 V 型缺口冲击试验

冲击试验按图 1 b) 所示位置取样，每个试验温度应取 1 组（3 个）冲击试样。冲击试验按 GB/T 2650 的规定进行。试样截面尺寸为 10mm×10mm。

单位为毫米



图1 力学性能试验取样位置

## 5.6 焊缝射线检测

焊缝射线检测应在从试件上截取拉伸和冲击试样之前进行。

射线检测前应去除垫板。焊缝射线检测按 NB/T 23003.3 进行。评定焊缝射线底片时，试板两端各 25mm 应不予考虑。

## 5.7 熔敷金属扩散氢含量测定

熔敷金属扩散氢含量测定方法应符合 GB/T 3965 规定。

## 6 检验规则

### 6.1 批量划分

成品焊丝由焊材制造厂质量检验部门按批检验。

焊丝的批量划分应符合 GB/T 25778 中 S3 级的规定。

### 6.2 取样方法

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

### 6.3 验收

每批焊丝按下列要求验收：

- a) 焊丝化学成分应符合 4.1 的规定；
- b) 熔敷金属力学性能试验结果应符合 4.5 的规定；
- c) 焊缝射线检测结果应符合 4.6 的规定；
- d) 熔敷金属扩散氢含量应符合 4.7 的规定。

### 6.4 复验

如果一项或几项试验结果不符合验收要求，则可对不合格试验再取双倍试样进行复验：

- a) 复验拉伸试验时，抗拉强度与屈服强度及伸长率均应同时复验；
- b) 冲击试验若不合格，则应在规定温度下做两组复验，两组试样的复验结果均应合格；
- c) 对于化学成分，只需要对不符合要求的那些元素进行复验。

复验试样应在原试件上切取，若不能满足此要求，应重新制备验收试件，制取全套试样，对不合格的试验项目取双倍试样。所有复验结果应合格。

## 7 包装、标志和质量证明文件

### 7.1 包装

焊丝的包装要求按 GB/T 8110 要求或供需双方协议进行。

### 7.2 标志

每件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：

- 制造厂名称及商标；
- 焊材的牌号、执行标准和型号；
- 批号及生产日期；
- 规格及净质量。

单根直条焊丝至少应在一端标志出焊丝的牌号或型号。

### 7.3 质量证明文件

焊材制造厂对每一批焊材，根据实际检验结果出具质量证明文件，以供需方查询。其内容至少应包括：

- 焊材制造厂名及商标；
- 焊材牌号、执行标准和型号；
- 批号及生产日期；
- 规格及净质量；
- 所有试验的规定值和实测结果；
- 检验合格签字及日期。

需方有要求时，焊材制造厂应提供各项检验的检验报告，以及试件的制备条件。