

ICS 25.160.20

J 33

备案号: 35972-2012

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20009.7—2012

---

压水堆核电厂用焊接材料  
第7部分: 1、2、3级设备用不锈钢焊丝和  
填充丝

**Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants—  
Part 7: Stainless steel wires and filler rods for 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 . . . . .	3
4.4 卷绕要求 . . . . .	3
4.5 熔敷金属力学性能（焊态） . . . . .	3
4.6 熔敷金属 $\delta$ 铁素体含量测定（焊态） . . . . .	3
4.7 熔敷金属晶间腐蚀试验（热处理状态） . . . . .	3
4.8 焊缝射线检测 . . . . .	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 熔敷金属试件制备 . . . . .	4
5.4 熔敷金属力学性能试验 . . . . .	4
5.5 熔敷金属 $\delta$ 铁素体含量 . . . . .	5
5.6 熔敷金属晶间腐蚀试验 . . . . .	5
5.7 焊缝射线检测 . . . . .	5
6 检验规则 . . . . .	6
6.1 批量划分 . . . . .	6
6.2 取样方法 . . . . .	6
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 . . . . .	7
附录 A（规范性附录） DeLong 图 . . . . .	8

## 前 言

NB/T 20009《压水堆核电站用焊接材料》与NB/T 20005《压水堆核电站用碳钢和低合金钢》、NB/T 20006《压水堆核电站用合金钢》、NB/T 20007《压水堆核电站用不锈钢》和NB/T 20008《压水堆核电站用其他材料》共同构成了压水堆核电站核岛机械设备用材料系列标准。

NB/T 20009《压水堆核电站用焊接材料》分为若干部分，本部分为第7部分。

本部分按照GB/T/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。

本部分由核工业化研究所归口。

本部分起草单位：东方电气（广州）重型机器有限公司、上海发电设备成套设计研究院、四川大西洋焊接材料股份有限公司、中国核电工程有限公司、上海电气核电设备有限公司、上海核工程研究设计院、哈电集团（秦皇岛）重型装备有限公司、苏州热工研究院有限公司、昆山京群焊材科技有限公司、中国核动力研究设计院。

本部分主要起草人：邹杰、王峥、毛兴贵、郭利峰、张茂龙、姚俊俊、吴平、王莉、朱平、郑伊洛、尚恒、李强、吴丹蕾、陈智。

## 压水堆核电厂焊接材料

### 第7部分：1、2、3级设备用不锈钢焊丝和填充丝

#### 1 范围

本部分规定了压水堆核电厂1、2、3级设备用不锈钢焊丝和填充丝（以下统称焊丝）的型号、技术要求、试验方法及检验规则等要求。

本部分适用于核岛1、2、3级设备钨极气体保护电弧焊用ER308L、ER309L和ER316L不锈钢焊丝。

#### 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/T 223.03 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷磷钼酸重量法测定磷量  
 GB/T 223.04 钢铁及合金 锰含量的测定 电位滴定或可视滴定法  
 GB/T 223.05 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 223.05—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 223.18 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 223.21 钢铁及合金化学分析方法 5-CI-PADAB分光光度法测定钴量  
 GB/T 223.22 钢铁及合金化学分析方法 亚硝基R盐分光光度法测量钴量  
 GB/T 223.25 钢铁及合金化学分析方法 丁二酮肟重量法测定镍量  
 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 223.36 钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离-中和滴定法测定氮量  
 GB/T 223.37 钢铁及合金化学分析方法 蒸馏分离-靛酚蓝光度法测定氮量  
 GB/T 223.38 钢铁及合金化学分析方法 离子交换分离-重量法测定铈量  
 GB/T 223.40 钢铁及合金 铈含量的测定 氯磺酚S分光光度法  
 GB/T 223.59 钢铁及合金 磷含量的测定 钼磷钼蓝分光光度法和铈磷钼蓝分光光度法  
 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 223.65 钢铁及合金化学分析方法 火焰原子吸收光谱法测定钴量  
 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 223.72 钢铁及合金 硫含量的测定 重量法

NB/T 20009.7—2012

- GB/T 223.79 钢铁 多元素含量的测定 X-射线荧光光谱法
- 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 2103 钢丝验收、包装、标志及质量证明书的一般规定
- GB/T 2650 焊接接头冲击试验方法 (GB/T/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/T 2652—2008, ISO 5178:2001, IDT)
- GB/T 4334—2008 金属和合金的腐蚀 不锈钢晶间腐蚀试验方法 (ISO 3651—1:1998, ISO 3651—2:1998, MOD)
- GB/T/ 4338 金属材料 高温拉伸试验方法 (GB/T/T 4338—2006, ISO 783:1999, MOD)
- 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

本部分中焊丝的型号包括ER308L、ER309L和ER316L。

“ER”表示既适用于焊丝,也适用于填充丝,“ER”后面的数字表示填充金属的化学成分分类,字母L表示填充金属碳含量为相应级别成分范围的下限。

### 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	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Co	Cu	N	Nb
ER308L	≤0.030	≤0.60	1.00~ 2.50	≤0.025	≤0.020	9.00~ 11.00	18.50~ 21.50	≤0.50	≤0.20	提供 数据		
ER309L	≤0.030	0.30~ 0.65	1.00~ 2.50	≤0.025	≤0.020	12.00~ 14.00	23.00~ 25.00	≤0.75	提供 数据	≤0.75		提供 数据
ER316L	≤0.030	≤0.60	1.00~ 2.50	≤0.025	≤0.020	12.00~ 14.00	18.00~ 20.00	2.00~ 3.00	≤0.20	提供 数据		

#### 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、填充丝特性、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。

焊丝卷和焊丝筒中的焊丝的松弛直径和翘距应使焊丝在自动焊或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记，容易辨认。

### 4.5 熔敷金属力学性能（焊态）

#### 4.5.1 室温拉伸

室温拉伸试验结果应符合表2的规定。

表2 熔敷金属室温拉伸试验

熔敷金属型号	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A$ /%
308L	520~670	$\geq 210$	$\geq 30$
309L	$\geq 520$	提供数据	$\geq 30$
316L	520~670	$\geq 210$	$\geq 30$

#### 4.5.2 高温拉伸

当需方对被焊设备材料有高温拉伸性能要求时，需进行高温拉伸试验。试验温度为350℃或360℃，试验结果应符合表3的规定。

表3 熔敷金属高温拉伸试验

熔敷金属型号	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A$ /%
308L	提供数据	$\geq 125$	提供数据
309L	提供数据	提供数据	提供数据
316L	提供数据	$\geq 140$	提供数据

#### 4.5.3 夏比V形缺口冲击试验

取一组熔敷金属冲击试样（3个），进行室温夏比V型缺口冲击试验。308L和316L熔敷金属的试验结果应满足单个试样的冲击吸收功 $KV_2$ 的值不低于60J；309L熔敷金属的试验结果应提供试验数据。

### 4.6 熔敷金属 $\delta$ 铁素体含量测定（焊态）

308L、316L熔敷金属的 $\delta$ 铁素体含量应为5%~15%，目标值为5%~12%。

309L熔敷金属的 $\delta$ 铁素体含量应为8%~18%。

### 4.7 熔敷金属晶间腐蚀试验（热处理状态）

按GB/T 4334—2008标准中E方法对308L、316L的熔敷金属试样进行晶间腐蚀试验，试样应无晶间腐蚀倾向。

#### 4.8 焊缝射线检测

焊缝射线检测结果应满足NB/T 20003.3中1级焊接接头的要求。

### 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方向测量，测量部位不少于两处。

焊丝的表面质量应按照4.3的要求，对焊丝任意部位进行目测检验。

#### 5.3 熔敷金属试件制备

##### 5.3.1 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。如采用其他型号的母材，应先用化学成分相当的焊材在坡口面及垫板面堆焊隔离层，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，隔离层厚度应不小于6mm。

##### 5.3.2 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。

##### 5.3.3 制备条件

试件不需要预热。使用平焊位置。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热处理时，则试板应进行模拟焊后热处理。模拟焊后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%。350℃以上的升温、降温速度应不高于55℃/h。焊后热处理温度和保温时间按技术规格书要求执行，或由供需双方协商确定。模拟焊后热处理态的熔敷金属力学性能指标应由设计人员确定。

#### 5.4 熔敷金属力学性能试验

##### 5.4.1 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。

#### 5.4.2 夏比V形缺口冲击试验

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

#### 5.5 熔敷金属 $\delta$ 铁素体含量

熔敷金属中 $\delta$ 铁素体含量的测定应采用铬镍当量法,并用DeLong图(见附录A)确定 $\delta$ 铁素体含量。当 $\delta$ 铁素体含量超出DeLong图范围时,可采用磁性法测定。

#### 5.6 熔敷金属晶间腐蚀试验

晶间腐蚀试验应按GB/T 4334—2008中E方法的规定进行,焊态试样作为空白试样。

晶间腐蚀试样状态如下:

- a) 一个模拟焊后热处理态试样,如果产品焊缝不进行热处理,则不需取此试样;
- b) 一个焊后经受敏化处理的试样:
  - ER308L焊丝熔敷金属敏化处理规定:在5分钟内,加热至 $700^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ,保温30分钟,然后以 $60^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速度缓慢冷却至 $500^{\circ}\text{C}$ ,之后空冷;
  - ER316L焊丝熔敷金属敏化处理规定:在5分钟内,加热至 $725^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ,保温30分钟,然后以 $60^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 的速度缓慢冷却至 $500^{\circ}\text{C}$ ,之后空冷。

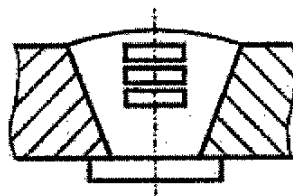


图2 熔敷金属晶间腐蚀的取样部位

本试验用试样切取时,应使其长度方向平行于焊接方向,取样部位见图2。试样应取自稀释区以外的熔敷金属;试样应沿熔敷金属的轴线切取,少量去掉熔敷金属表面层后,宜靠近表面层切取。试样尺寸为:70mm(长)×10mm(宽)×4mm(厚)。

#### 5.7 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。

## 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）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、尺寸和表面质量等检验。

### 6.3 验收

每批焊丝的验收应满足以下要求：

- a) 焊丝化学成分应符合表1的规定；
- b) 熔敷金属的力学性能应符合4.5的规定；
- c) 熔敷金属的 $\delta$ 铁素体含量应符合4.6的规定；
- d) 熔敷金属的耐晶间腐蚀性能应符合4.7的规定；
- e) 熔敷金属的无损检测应符合4.8的规定。

每批焊丝也可按供需双方协商的验收项目进行验收。

### 6.4 复验

如果一项或几项试验结果不符合检验要求，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 2103的要求或供需双方协议进行。

### 7.2 标志

在每件焊丝包装外部应至少标出下列内容：

- 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。

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

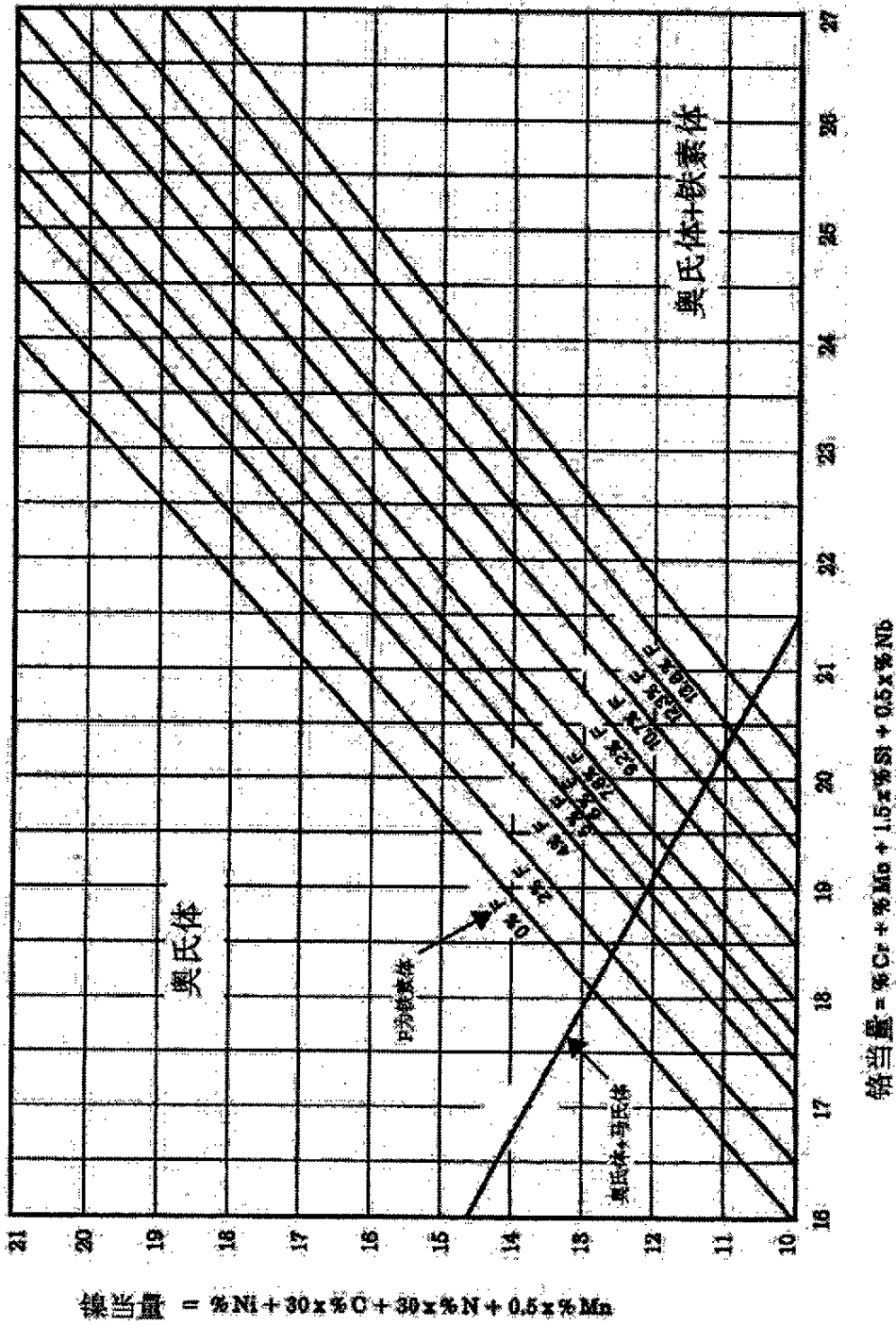
焊材制造厂对每一批焊材，根据实际检验结果出具质量证明文件，以供需方查询。其内容至少应包括：

- 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。

---

附录 A  
(规范性附录)  
DeLong 图



图A.1 DeLong图