

ICS 25.160.20

J 33

备案号: 41413-2013

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20009.4—2013

---

**压水堆核电厂用焊接材料**  
**第4部分: 1、2、3级设备用镍基合金焊条**

**Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants -  
Part 4: Nickel-based alloy covered electrodes for class 1, 2, 3 components**

2013-06-08 发布

2013-10-01 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 型号 .....	2
4 技术要求 .....	2
5 试验方法 .....	4
6 检验规则 .....	6
7 包装、标志和质量证明文件 .....	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能源行业标准。

NB/T 20009《压水堆核电厂用焊接材料》分为如下几个部分：

- 第1部分：1、2、3级设备用碳钢焊条；
- 第2部分：1、2、3级设备用低合金钢焊条；
- 第3部分：1、2、3级设备用不锈钢焊条；
- 第4部分：1、2、3级设备用镍基合金焊条；
- 第5部分：1、2、3级设备用碳钢气体保护电弧焊药芯焊丝；
- 第6部分：1、2、3级设备用碳钢气体保护电弧焊焊丝；
- 第7部分：1、2、3级设备用不锈钢焊丝和填充丝；
- 第8部分：1、2、3级设备用镍基合金焊丝和填充丝；
- 第9部分：1、2、3级设备埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂；
- 第10部分：1级设备埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂；
- 第11部分：1、2、3级设备埋弧焊用不锈钢焊丝和焊剂；
- 第12部分：1级设备镍基合金堆焊用焊带和焊剂；
- 第13部分：1、2、3级设备用不锈钢堆焊用焊带和焊剂；
- 第14部分：1、2、3级设备用硬质合金堆焊焊接材料。

本部分为NB/T 20009的第4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、上海电气核电设备有限公司、中国核电工程有限公司、苏州热工研究院有限公司、东方电气（广州）重型机器有限公司、四川大西洋焊接材料股份有限公司、哈电集团（秦皇岛）重型装备有限公司、上海核工程研究设计院、中国核动力研究设计院。

本部分主要起草人：尚恒、张茂龙、吴丹蕾、郭利峰、王峥、李强、陈智、朱藤辉、王苗苗、毛兴贵、杨云丽、左波、邹小东、匡艳军。

# 压水堆核电厂用焊接材料

## 第4部分：1、2、3级设备用镍基合金焊条

### 1 范围

本部分规定了压水堆核电厂1、2、3级设备用镍基合金焊条的型号、技术要求、试验方法及检验规则等要求。

本部分适用于压水堆核电厂1、2、3级设备用镍基合金焊条。

### 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 二安替比林甲烷磷钼酸重量法测定磷量
- 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 223.16 钢铁及合金化学分析方法 变色酸光度法测定钛量
- GB/T 223.17 钢铁及合金化学分析方法 二安替比林甲烷光度法测定钛量
- 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-Cl-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盐分光光度法测定钴量
- 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 223.28 钢铁及合金化学分析方法  $\alpha$ -安息香肟重量法测定钼量
- 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 223.40 钢铁及合金 铌含量的测定 氯磺酚S分光光度法
- 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 223.60 钢铁及合金化学分析方法 高氯酸脱水法测定硅含量
- 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 223.63 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 223.68 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
- GB/T 223.78 钢铁及合金化学分析方法 姜黄素直接光度法测定硼含量
- 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 2653 焊接接头弯曲试验方法（GB/T 2653—2008，ISO 5173:2000，IDT）
- 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 8647.1 镍化学分析方法 铁量的测定 磺基水杨酸分光光度法

- GB/T 8647.2 镍化学分析方法 铝量的测定 电热原子吸收光谱法
- GB/T 8647.3 镍化学分析方法 硅量的测定 钼蓝分光光度法
- GB/T 8647.4 镍化学分析方法 磷量的测定 钼蓝分光光度法
- GB/T 8647.5 镍化学分析方法 镁量的测定 火焰原子吸收光谱法
- GB/T 8647.6 镍化学分析方法 镉、钴、铜、锰、铅、锌量的测定 火焰原子吸收光谱法
- GB/T 8647.7 镍化学分析方法 砷、铋、铊、锡、铅量的测定 电热原子吸收光谱法
- GB/T 8647.8 镍化学分析方法 硫量的测定 高频感应炉燃烧红外吸收法
- GB/T 8647.9 镍化学分析方法 碳量的测定 高频感应炉燃烧红外吸收法
- GB/T 13814 镍及镍合金焊条 (GB/T 13814—2008, ISO 14172:2003, MOD)
- GB/T 25774.1 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 25774.1-2010, 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)
- NB/T 20002.4 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第4部分: 焊接填充材料的评定
- 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
- NB/T 20003.4 核电厂核岛机械设备无损检测 第4部分: 渗透检测

### 3 型号

本部分中焊条型号包括ENiCrFe-3和ENiCrFe-7。  
按照NB/T 20002.4的规定对本部分焊接材料进行评定。

### 4 技术要求

#### 4.1 尺寸

焊条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条。  
焊条夹持端长度应符合表1规定。

表1 夹持端长度

单位为毫米(mm)

焊条直径	夹持端长度
≤4.0	10~20
5.0	15~25

#### 4.2 药皮

##### 4.2.1 缺陷控制

焊芯和药皮不应有任何影响焊条质量的缺陷。药皮应均匀、紧密地包覆在焊芯周围, 整根焊条上不应有裂纹、气泡、杂质和剥落等缺陷及受潮变质现象。

##### 4.2.2 引弧端

焊条引弧端药皮应倒角, 焊芯端面应露出, 以保证易于引弧。焊条露芯应符合以下规定:

- a) 沿长度方向的露芯长度不应大于焊芯直径的 1/2 与 1.6 mm 两者的较小值;

b) 沿圆周方向的露芯不应大于圆周的一半。

#### 4.2.3 偏心度

偏心度的计算方法按 GB/T 13814 执行。焊条偏心度应符合以下规定：

- a) 直径不大于 2.5 mm 的焊条，偏心度不应大于 7%。
- b) 直径为 3.2 mm 和 4.0 mm 的焊条，偏心度不应大于 5%。
- c) 直径为 5.0 mm 的焊条，偏心度不应大于 4%。

#### 4.3 熔敷金属化学成分

熔敷金属化学成分应符合表2的规定。

表2 熔敷金属化学成分

元素	化学成分（质量分数）/%	
	ENiCrFe-3	ENiCrFe-7
C	≤0.100	≤0.045
Mn	5.00~9.50	≤5.00
Fe	6.00~10.00	8.00~12.00
P	≤0.020	≤0.020
S	≤0.010	≤0.010
Si	≤0.60	≤0.65
Cu	≤0.50	≤0.50
Ni	≥59.00	余量
Co	≤0.10	≤0.10
Al	-	≤0.50
Ti	≤1.00	≤0.50
Cr	13.00~17.00	28.00~31.50
Nb+Ta	1.00~2.50	1.20~2.20
Mo	-	≤0.50
N	-	提供数据
其他	≤0.5	提供数据

#### 4.4 熔敷金属力学性能（焊态或/和模拟消除应力热处理状态）

##### 4.4.1 室温试验

室温拉伸试验结果应符合表3规定。

##### 4.4.2 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，需进行高温拉伸试验。试验温度为350℃或360℃，试验结果应符合表4的规定。

##### 4.4.3 夏比V型缺口冲击试验

取1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,试验结果应满足冲击吸收功 $KV_2$ 的单个值不小于60 J。

#### 4.5 弯曲试验

在焊态和(或)模拟消除应力热处理状态取一组焊接接头的弯曲试样进行试验。弯曲后试样的受拉面焊缝金属不应出现明显开裂,并且沿任何方向不应有超过3 mm的开口缺陷。

表3 熔敷金属室温拉伸试验

焊条型号	状态	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A$ %
ENiCrFe-3	焊态	550~800	≥250	≥30
	热处理态			
ENiCrFe-7	焊态	550~750	≥240	≥30
	热处理态			

表4 熔敷金属高温拉伸试验

焊条型号	状态	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A$ %
ENiCrFe-3	焊态	提供数据	≥190	提供数据
	热处理态			
ENiCrFe-7	焊态	提供数据	≥190	提供数据
	热处理态			

#### 4.6 晶间腐蚀试验

熔敷金属晶间腐蚀性能要求由供需双方协议。

#### 4.7 焊缝无损检测

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。

焊缝渗透检测结果应满足NB/T 20003.4中1级焊接接头的要求。

### 5 试验方法

#### 5.1 熔敷金属试件制备

##### 5.1.1 试验用母材

试验用母材(包括试板和垫板)应采用与焊条熔敷金属的化学成分和力学性能相当的材料。如采用其它型号的母材,应先用试验焊条在坡口面及垫板面堆焊隔离层,至少堆焊3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,隔离层厚度不应小于6 mm。

##### 5.1.2 试板尺寸

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



### 5.1.3 制备条件

使用前，焊条应按焊材供货方推荐的条件烘干。

使用平焊位置。道间温度、焊接电流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 $5^{\circ}$ 。

每一焊道都要进行目视检查，并刷扫清理。焊渣应完全清理干净，必要时进行打磨清理。

每一焊道完成后，要变换焊接方向。每层至少焊接两道。

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，则试板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%。350℃以上的升温、降温速度不应高于 $55^{\circ}\text{C/h}$ 。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。

### 5.2 熔敷金属化学成分分析

化学成分分析试样可取自符合GB/T 13814的堆焊金属，也可从力学性能试验用试件的熔敷金属上制取，取样时应避开起弧点和收弧点。仲裁试验时应在堆焊金属上取样。

化学成分分析可采用任何适宜方法。仲裁试验方法应选取GB/T 8647和GB/T 223中适宜的方法进行。

### 5.3 熔敷金属力学性能试验

#### 5.3.1 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10 mm，标距为50 mm。

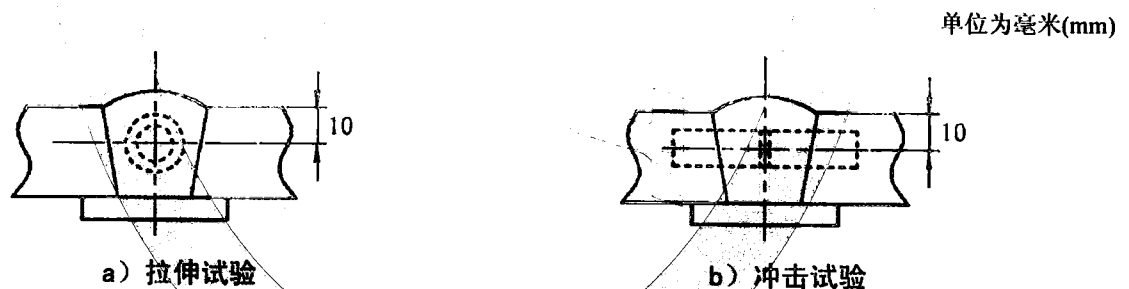


图1 力学性能试验取样位置

#### 5.3.2 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 $10\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ 。

### 5.4 熔敷金属弯曲试验

1组弯曲试验包括横向面弯和背弯各2个试样或4个横向侧弯试样，弯曲试验应按GB/T 2653规定进行，其中试验参数应符合 $D=4T$ （ $D$ ：弯轴直径； $T$ ：试样厚度），弯曲角度 $\alpha=180^{\circ}$ 。

### 5.5 晶间腐蚀试验

按照GB/T 15260中的B法进行晶间腐蚀试验。

### 5.6 无损检测

焊缝的无损检测应在熔敷金属试验取样之前进行。

射线检测前应去除垫板。焊缝射线检测按NB/T 20003.3的规定进行。评定焊缝射线底片时，试板两端25 mm不应予考虑。

焊缝渗透检测按NB/T 20003.4的规定进行。

## 6 检验规则

### 6.1 批量划分

对于1级设备：一批焊条的数量是指由同一直径和同一炉号的焊芯，使用同一湿混料连续生产的焊条的数量，每批焊条不得超过表5中的数量。

表5 药皮焊条每批最大数量

直径/mm	焊条数量/根
2.0	100 000
2.5	
3.2	83 000
4.0	55 000
5.0	40 000

对于2、3级设备：一批焊条的数量是指在不超过24 h内连续生产的同一尺寸和同一牌号焊条的数量，且总重量不超过45 000 kg。焊条应由同一湿混料或由控制化学成分来识别的涂料和由同一炉号或控制化学成分来识别的焊芯生产而成。但对于某些重要的2级设备，其批量划分根据设计规定应按1级设备进行。

注：湿混料是指液体混合剂与单干配料或组合干配料或它们的一部分一次在一个搅拌容器内搅拌而成的混合物。

### 6.2 取样方法

每批焊条试验时，按照需要数量至少在3个部位平均取有代表性的样品。

### 6.3 验收

每批焊条按下列要求验收：

- a) 熔敷金属化学成分检验结果应满足 4.3 的规定；
- b) 熔敷金属力学性能应符合 4.4 的规定；
- c) 弯曲试验结果应符合 4.5 的规定；
- d) 焊缝无损检测结果应符合 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。

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：

- 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。

## 7 包装、标志和质量证明文件

### 7.1 包装

焊条按批号每2.5 kg、5 kg、10 kg净重或按相应的根数包装。这种包装应封口, 并应保证焊条存放在干燥仓库中至少两年不致变质损坏。若干包焊条应装箱, 以保证在正常运输过程中不致损坏。

### 7.2 标志

在靠近焊条夹持端的药皮上至少印有一个焊条牌号或型号。字型应采用醒目的印刷体。字体颜色与焊条药皮间应有较强的反差, 以便在正常的焊接操作前后都清晰可辨。每包及每箱外面都应标出下列内容:

- 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;
- 净质量或根数;
- 推荐的烘干规范。

### 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。

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4部分：1、2、3级设备用镍基合金焊条  
NB/T 20009.4—2013

\*

核工业标准化研究所发行  
北京海淀区骚子营1号院  
邮政编码：100091

电话：010-62863505

机械工业信息研究院印制部印刷

版权专有 侵权必究

\*

2013年10月第1版      2013年10月第1次印刷  
印数 1—200              定价 21.00 元