

ICS 27.120.20; 25.160.20

J 33

备案号: 29091-2010

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20009.1—2010

---

压水堆核电厂用焊接材料  
第1部分: 1、2、3级设备用碳钢焊条

Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants—  
Part 1: Carbon steel covered electrodes for class 1, 2, 3 components

2010-05-01 发布

2010-10-01 实施

---

国家能源局 发布

找焊材网 ( [www.zhaohancai.cn](http://www.zhaohancai.cn) )

## 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 尺寸 .....	2
4.2 药皮 .....	3
4.3 T型接头角焊缝 .....	3
4.4 熔敷金属化学成分 .....	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 药皮含水量 .....	4
4.8 熔敷金属扩散氢含量 .....	4
5 试验方法 .....	4
5.1 T型接头角焊缝试验 .....	4
5.2 熔敷金属化学成分和力学性能试验 .....	5
5.3 焊缝射线检测 .....	6
5.4 药皮含水量测定 .....	6
5.5 熔敷金属中扩散氢含量测定 .....	6
6 检验规则 .....	6
6.1 批量划分 .....	6
6.2 焊条取样方法 .....	7
6.3 验收 .....	7
6.4 复验 .....	7
7 包装、标志和质量证明文件 .....	7
7.1 包装 .....	7
7.2 标志 .....	7
7.3 质量证明文件 .....	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1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由国家能源局提出。

本部分由核工业标准化研究所归口。

本部分起草单位：中国核电工程有限公司。

本部分主要起草人：郭利峰、江淑贤、于坚。

# 压水堆核电厂用焊接材料

## 第1部分：1、2、3级设备用碳钢焊条

### 1 范围

本部分规定了压水堆核电厂1、2、3级设备用碳钢焊条的型号、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（包括容器、热交换器、泵、管道、安全壳钢衬里等）用碳钢手工电弧焊焊条。

### 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 223.12 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 钼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 钢铁及合金化学分析方法 丁二酮肟分光光度法测定镍量
- GB/T 223.24 钢铁及合金化学分析方法 萃取分离-丁二酮肟分光光度法测定镍量
- GB/T 223.26 钢铁及合金化学分析方法 硫氰酸盐直接光度法测定钼量
- 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 钢铁及合金化学分析方法 铋磷钼蓝光度法测定磷量
- 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 223.72 钢铁及合金化学分析方法 氧化铝色层分离-硫酸钡重量法测定硫量
- 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 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 火花源原子发射光谱分析方法 (常规法)
- 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 5117 碳钢焊条
- 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)
- EJ/T 1027 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范
- 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

焊条型号包括E4315、E5015和E5018。通常E4315用于420 MPa级别碳钢的焊接，E5015、E5018用于490 MPa级别碳钢的焊接。

焊条制造厂应按EJ/T 1027完成焊条制造厂范围内的焊材牌号评定工作。

### 4 技术要求

#### 4.1 尺寸

4.1.1 焊条尺寸应符合表1规定。

4.1.2 焊条夹持端长度应符合表2规定。

表1 焊条尺寸

单位为毫米

焊条直径		焊条长度	
基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
2.0	±0.05	250~350	±2.0
2.5			
3.2			
4.0		350~450	
5.0			

表2 夹持端长度

单位为毫米

焊条直径	夹持端长度
≤4.0	10~30
5.0	15~35

## 4.2 药皮

### 4.2.1 碱度

药皮碱度 $B$ 应大于或等于2,  $B$ 按公式(1)计算:

$$B = \frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{BaO} + \text{CaF}_2 + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + 0.5(\text{MnO} + \text{FeO})}{\text{SiO}_2 + 0.5(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{ZrO}_2)} \dots\dots\dots (1)$$

式中各化合物以摩尔百分数表示。

### 4.2.2 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, 整根焊条上不允许有裂纹、气泡、杂质、剥落等缺陷及受潮变质现象。

### 4.2.3 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二分之一与 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。

### 4.2.4 偏心度

偏心度的计算方法按GB/T 5117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, 偏心度应不大于 5%。允许受检焊条数量的 5%, 其偏心度大于 5%, 但不大于 7%;
- b) 直径为 3.2mm 和 4.0 mm 的焊条, 偏心度应不大于 4%。允许受检焊条数量的 5%, 其偏心度大于 4%, 但不大于 5%;
- c) 直径为 5 mm 的焊条, 偏心度应不大于 3%。允许受检焊条数量的 5%, 其偏心度大于 3%, 但不大于 4%。

## 4.3 T型接头角焊缝

T型接头角焊缝试验结果应符合GB/T 5117的规定, 且焊缝根部不允许有未熔合。

## 4.4 熔敷金属化学成分

熔敷金属化学成分应符合表3规定。

表3 熔敷金属化学成分

焊条型号	化学成分(质量分数)/%									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu
E4315 <sup>a</sup>	≤0.10	≤0.55	≤1.25	≤0.025	≤0.018	≤0.30	≤0.20	≤0.30	≤0.04	≤0.25
E5015, E5018 <sup>b</sup>	≤0.10	≤0.90	≤1.40	≤0.025	≤0.025	≤0.30	≤0.20	≤0.30	≤0.04	≤0.25
<sup>a</sup> (Mn+Cr+Ni+Mo+V) ≤1.50。										
<sup>b</sup> (Mn+Cr+Ni+Mo+V) ≤1.75。										

## 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

熔敷金属室温拉伸试验结果应符合表4规定。

#### 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，需进行熔敷金属高温拉伸试验。试验温度为300℃，试验结果应满足表5规定。

表4 熔敷金属室温拉伸试验

焊条型号	状态	抗拉强度 $R_m$ /MPa	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	断后伸长率 $A$ %
E4315	焊态	420~600	$\geq 330$	$\geq 22$
	热处理态			
E5015, E5018	焊态	490~640	$\geq 400$	$\geq 22$
	热处理态	470~630		
<sup>a</sup> $R_m \times A$ 应大于 10500。				

表5 熔敷金属 300℃ 高温拉伸试验

焊条型号	$R_m$ /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	$A$ %
E4315	<sup>a</sup>	$\geq 160$	<sup>a</sup>
E5015, E5018	<sup>a</sup>	$\geq 215$	<sup>a</sup>
<sup>a</sup> 报告测试数据。			

#### 4.5.3 夏比V型缺口冲击试验

在0℃对一组试样（3个）的试验结果，应满足冲击功平均值大于56 J，单个最小值大于40 J（只允许有一个在规定的平均值以下）。

当设计有要求时，在-30℃对一组试样（3个）的试验结果，应满足冲击功平均值大于27 J，单个最小值大于20 J（只允许有一个在规定的平均值以下）。

#### 4.6 焊缝射线检测

焊缝射线检测结果应符合NB/T 20003.3的1级要求。

#### 4.7 药皮含水量

焊条药皮含水量应不大于0.30%。

#### 4.8 熔敷金属扩散氢含量

熔敷金属扩散氢含量应不大于5 mL/100g（色谱法或水银法）。

### 5 试验方法

#### 5.1 T型接头角焊缝试验

T型接头角焊缝试验按GB/T 5117的规定执行。

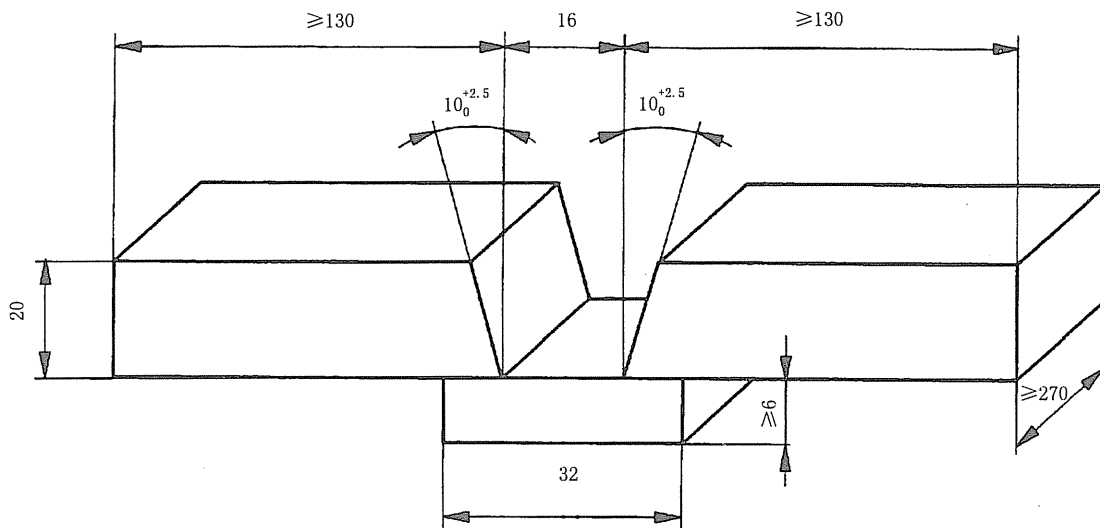
## 5.2 熔敷金属化学成分和力学性能试验

### 5.2.1 试验用母材

试验用母材(包括试板和垫板)应采用与焊条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条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

应满足图1的要求。试板的长度应足以取得试验和复验要求的试样。



注:图中角度的单位为度,其他量的单位为毫米。

图1 试板尺寸

### 5.2.3 制备条件

使用前,焊条应按焊材供货方推荐的条件烘干。

试件不需要预热。使用平焊位置。采用直流反接,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°。

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%。一般可取保温温度 $610^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$ ,保温时间10h。 $350^{\circ}\text{C}$ 以上的升温、降温速度应不高于 $220^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

### 5.2.4 取样和试验方法

拉伸试验取样位置见图2 a)。

冲击试验取样位置见图2 b)。



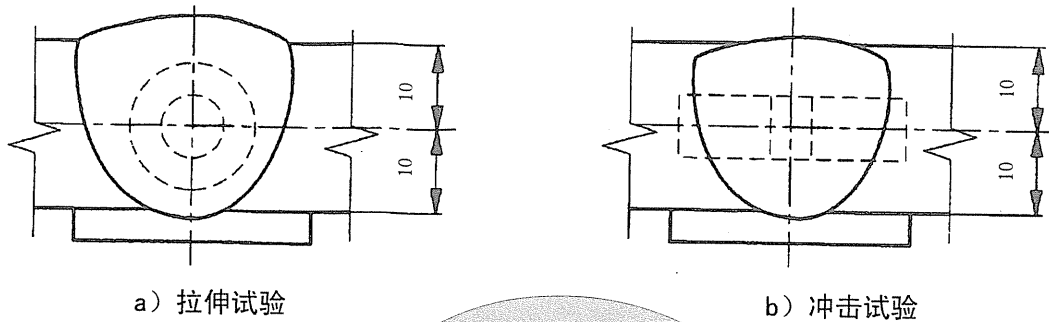


图2 力学性能试验取样位置

化学分析取样可取自符合GB/T 5117的堆焊金属块，也可取自拉伸试样的延长部分，或者从拉断后的拉伸试样上制取，取样时应避开起弧点和收弧点。仲裁试验的试样仅允许从堆焊金属块上制取。

熔敷金属化学分析试验可采用GB/T 223的相关部分、GB/T 4336、GB/T 20123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。

熔敷金属室温拉伸试验按GB/T 2652进行，高温拉伸试验按GB/T 4338进行，试样标距段直径为10 mm，标距为50 mm。

熔敷金属V型缺口冲击试验按GB/T 2650进行，试样截面尺寸为10 mm×10 mm。

### 5.3 焊缝射线检测

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。

焊缝射线检测按NB/T 20003.3进行。

评定焊缝射线底片时，试板两端25 mm应不予考虑。

### 5.4 药皮含水量测定

焊条药皮含水量测定方法应符合GB/T 5117的规定。

### 5.5 熔敷金属中扩散氢含量测定

熔敷金属中扩散氢含量测定方法应符合GB/T 3965的规定。

## 6 检验规则

### 6.1 批量划分

成品焊条由焊条制造厂质量检验部门按批检验。

对于1级设备：一批焊条是指由同一直径、同一炉号的焊芯，使用同一湿混料连续生产的焊条的数量，每批焊条不应超过表6中的数量。

对于2、3级设备：一批焊条是指在不超过24h内连续生产的同一尺寸、同一牌号焊条的数量，且不超过45000 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，根据设计规定批量划分应按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。

表6 药皮焊条每批最大数量

直径/ mm	焊条数量/ 根
2.0, 2.5	100000
3.2	83000
4	55000
5	40000

## 6.2 焊条取样方法

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：

- T型接头角焊缝试验结果应符合4.3的规定。在保证符合4.3规定时，T型接头角焊缝试验可不按批检验，而由供需双方协商验收的频度；
- 熔敷金属化学成分检验结果应满足4.4的规定；
- 熔敷金属力学性能应符合4.5的规定；
- 焊缝射线检测结果应符合4.6的规定；
- 药皮含水量检验结果应符合4.7的规定；
- 熔敷金属扩散氢含量检验结果应符合4.8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，则应在该部分再取双倍试样进行复验：

- 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；
- 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；
- 复验试样应在原试验接头上切取，若不能满足此要求，应重新制备验收试板，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；
- 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或10 kg净重或按相应的根数包装。这种包装应封口，并能保证焊条存放在干燥仓库中至少2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：

——NB/T 20009 的本部分号、焊条型号及焊条牌号；

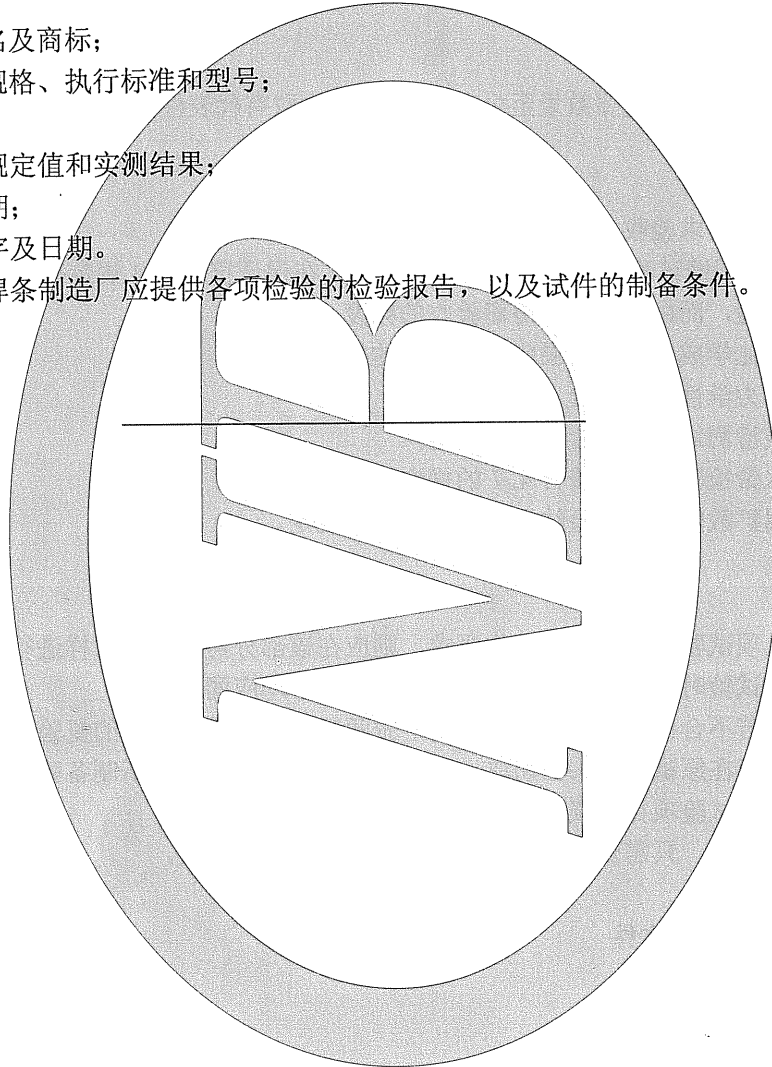
- 焊条制造厂名及商标；
- 规格及净重或根数；
- 批号及生产日期；
- 推荐的烘干规范。

### 7.3 质量证明文件

焊条制造厂对每一批焊条，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：

- 焊条制造厂名及商标；
- 焊条牌号、规格、执行标准和型号；
- 批号和重量；
- 所有试验的规定值和实测结果；
- 焊条生产日期；
- 检验合格签字及日期。

需方有要求时，焊条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 1 部分：1、2、3 级设备用碳钢焊条

NB/T 20009.1-2010

\*

原子能出版社出版  
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

总装备部军标出版发行部印刷车间印刷

版权专有 不得翻印

\*

2010 年 10 月第 1 版 2010 年 10 月第 1 次印刷

印数 1-200