

ICS 25.160.20
J 33
备案号: 41415-2013

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20009.9—2013

压水堆核电厂用焊接材料
第9部分: 1、2、3级设备埋弧焊用
碳钢焊丝及焊剂

**Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants -
Part 9: Carbon steel wires and fluxes for submerged arc welding of 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	5
6 检验规则	8
7 包装、标志和质量证明文件	9

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9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：哈电集团（秦皇岛）重型装备有限公司、上海发电设备成套设计研究院、上海核工程研究设计院、苏州热工研究院有限公司、中国核电工程有限公司、四川大西洋焊接材料股份有限公司、东方电气（广州）重型机器有限公司、上海电气核电设备有限公司、中国核动力研究设计院、中核核能有限公司

本部分主要起草人：孙国辉、李强、曾志超、余燕、赵建仓、郭利峰、毛兴贵、王苗苗、张茂龙、尚恒、王峥、吴丹蕾、陈智、朱建峰、姜义光

压水堆核电厂用焊接材料

第9部分：1、2、3级设备埋弧焊用碳钢焊丝及焊剂

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂1、2、3级设备埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂的型号、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级设备埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂。

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 223.5 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 223.18 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 223.53 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 223.58 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 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 223.67 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 223.79 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 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 5293 埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂
- 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 20123—2006, ISO 15350:2000, IDT)
- 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)
- GB/T 25778 焊接材料采购指南 (GB/T 25778—2010, ISO 14344:2010, MOD)
- NB/T 20002.4 压水堆核电站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 核电站核岛机械设备无损检测 第3部分: 射线检测

3 型号

本部分中型号按焊剂-焊丝组合的熔敷金属力学性能和热处理状态进行划分。

焊剂-焊丝的组合是以其代号来表示的。其完整的型号为“Fxxx-Exxx”，其中首字母“F”表示焊剂；“F”后面的第一位数字表示熔敷金属抗拉强度的最小值；其后的字母表示试件的状态，“A”表示焊态，“P”表示焊后热处理状态；第三位数字表示熔敷金属冲击功不小于 27J 时的最低试验温度；“-”后面表示所使用的焊丝类别或牌号。

本部分中焊丝型号包括EM12K和EH12K，相当于AWS 5.17中的EM12K和EH12K。

焊接材料制造厂应按照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 焊丝

4.1.1 化学成分

焊丝的化学成分应符合表1的规定。

表1 焊丝化学成分

焊丝类别	化学成分 (质量分数) /%					
	C	Mn	Si	S	P	Cu
EM12K	0.07~0.15	0.85~1.25	0.10~0.35	≤0.015	≤0.025	≤0.25
EH12K	0.06~0.15	1.50~2.00	0.25~0.65	≤0.015	≤0.025	≤0.25

注：如存在其它元素，则这些元素的总量（除铁外）不得超过0.5%。

4.1.2 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。

4.1.3 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。

4.1.4 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。

4.2 焊剂

4.2.1 碱度系数

焊剂的碱度系数 $B \geq 2$ 。

4.2.2 形状和颗粒度

焊剂应为颗粒状，颗粒均匀，并能顺利通过标准焊接设备的焊剂输送管、阀门和焊咀。焊剂的颗粒度应符合表2的规定，但根据供需双方协议的要求，可制造其他尺寸的焊剂。

表2 焊剂颗粒度

普通颗粒度		细颗粒度	
<0.450 mm (40目)	≤5%	<0.280 mm (60目)	≤5%
>2.50 mm (8目)	≤2%	>2.00 mm (10目)	≤2%

4.2.3 含水量

焊剂的含水量不应大于0.10%。

4.2.4 机械夹杂物

焊剂中机械夹杂物（碳粒、铁屑、原材料颗粒、铁合金凝珠及其他杂物）的质量百分含量不大于0.30%。

4.2.5 工艺性

焊剂应具有良好的焊接工艺性能。焊接时应焊道整齐，成形美观，脱渣容易；焊道与焊道之间、焊道与母材之间过渡平滑。

4.3 熔敷金属化学成分

熔敷金属的化学成分要求见表3。

4.4 熔敷金属力学性能（焊态和(或)模拟消除应力热处理状态）

4.4.1 室温拉伸

室温拉伸结果应符合表4的规定。

表3 熔敷金属化学成分

焊丝型号	化学成分(质量分数)/%							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
EM12K	提供数据	提供数据	提供数据	≤0.025	≤0.015	提供数据	提供数据	≤0.25
EH12K	提供数据	提供数据	提供数据	≤0.025	≤0.015	提供数据	提供数据	≤0.25

表4 熔敷金属室温拉伸试验

焊丝—焊剂组合型号	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ 或 R_{eL} /MPa	A /%
F4A×—EM12K	420~600	≥330	≥22
F4P×—EM12K			
F5A×—EH12K	490~640	≥400	≥22
F5P×—EH12K	470~630		

注： $R_m \times A$ 应大于10500。

4.4.2 高温拉伸

当设计文件和图纸对被焊材料有高温拉伸性能要求时,需要进行高温拉伸试验。试验温度为300℃,试验结果满足表5规定。

表5 熔敷金属高温拉伸试验

焊丝—焊剂组合型号	R_m /MPa	$R_{p0.2}$ /MPa	A /%
F4A×—EM12K	提供数据	≥160	提供数据
F4P×—EM12K			
F5A×—EH12K	提供数据	≥215	提供数据
F5P×—EH12K			

4.4.3 夏比V型缺口冲击试验

冲击试验温度代号见表6。

夏比V型缺口冲击试验结果应符合表7的规定。

4.5 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。

表6 冲击试验温度代号

焊丝—焊剂组合型号	试验温度/℃	冲击吸收功/J
F××0—E×××	0	≥27
F××2—E×××	-20	
F××3—E×××	-30	
F××4—E×××	-40	
F××5—E×××	-50	
F××6—E×××	-60	

表7 熔敷金属夏比V型缺口冲击试验

焊丝—焊剂组合型号	试验温度/℃	冲击吸收功/J	
		平均值	单个最小值 ^a
F4A×—EM12K F4P×—EM12K	0	≥60	≥42
F5A×—EH12K F5P×—EH12K	^b	≥27	≥20

^a 一组三个试样, 仅允许有一个试样的试验结果低于平均值。
^b 根据表6确定试验温度。

4.6 熔敷金属扩散氢含量

熔敷金属扩散氢含量采用水银法或色谱法测定, 含量不应大于0.005 ml/g。

5 试验方法

5.1 焊丝的质量检验

5.1.1 焊丝化学成分分析

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。仲裁试验应按GB/T 223进行。

5.1.2 焊丝尺寸和表面质量

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, 测量部位不应少于两处。

焊丝表面质量应按照4.1.3的要求, 对焊丝任意部位进行目测检验。

5.2 焊剂的质量检验

5.2.1 碱度系数

焊剂碱度系数 B 根据公式(1)计算:

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

式中各化合物物质的量 A_{XX} 以摩尔百分数表示。

5.2.2 颗粒度检验

检验普通颗粒度焊剂时, 把0.450 mm (40目) 筛下颗粒和2.50 mm (8目) 筛上颗粒的焊剂分别称量。检验细颗粒度焊剂时, 把0.280 mm (60目) 筛下颗粒和2.00 mm (10目) 筛上颗粒的焊剂分别称量。分别计算出0.450 mm (40目)、0.280 mm (60目) 筛下和2.00 mm (10目)、2.50 mm (8目) 筛上的焊剂占总质量的百分比。

按式(2)计算颗粒度超标焊剂的百分含量 C 。

$$C = \frac{m}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

m ——超标的焊剂质量的数值,单位为克(g);

m_0 ——焊剂总质量的数值,单位为克(g)。

5.2.3 含水量检验

把焊剂放在温度为 $150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的炉中烘干2h或按照焊材制造厂推荐温度和时间烘干,从炉中取出后立即放入干燥器中冷却至室温,称其质量。

按式(3)计算焊剂的含水量 C_w 。

$$C_w = \frac{m_0 - m}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

m ——烘干后焊剂质量的数值,单位为克(g);

m_0 ——烘干前焊剂质量的数值,单位为克(g)。

5.2.4 机械夹杂物检验

用目测法选出机械夹杂物,称其重量。按式(4)计算机械夹杂物的百分含量 C_m 。

$$C_m = \frac{m}{m_0} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:

m ——机械夹杂物质量的数值,单位为克(g);

m_0 ——焊剂总质量的数值,单位为克(g)。

5.2.5 焊接工艺性能检验

焊接力学性能试件时,同时检验焊剂的焊接工艺性能,逐道观察脱渣性能、焊道熔合、焊道成形及咬边情况,其中有一项不合格时,认为该批焊剂未通过焊接工艺性能检验。

5.3 熔敷金属化学成分分析

5.3.1 试件制备

熔敷金属化学成分分析试件应在平焊位置多层堆焊制成,堆焊的熔敷金属每层3道,共4层高,堆焊熔敷金属长度不小于125 mm。用于堆焊化学分析试件的母材金属表面应干净,试件的焊前温度不应低于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。试件堆焊的焊道道间温度不应超过 $165\text{ }^{\circ}\text{C}$,每道焊完后可将试块浸入水中冷却,但每一焊道开始前都应干燥。

5.3.2 取样方法

试件应去除焊缝开始和最后的50 mm长,顶部表面应去除并废弃,化学成分分析试样可采用任何机械方法从焊缝试块第四层以下的金属中取得,试样中应无焊渣。

化学分析试样除可从5.3.1规定的堆焊金属试件上制取外,也可从无母材稀释影响的力学性能试验用试件的熔敷金属上制取,仲裁试验用化学分析试样应按5.3.1规定制取。

5.3.3 试验方法

熔敷金属化学分析方法可采用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。

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-焊剂组合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与被检焊丝-焊剂组合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,隔离层厚度不小于6 mm。

5.4.2 试板尺寸

试板可选择GB/T 25774.1中的1.3、1.4或1.5型,试板长度至少为500 mm,以满足取样要求。

5.4.3 制备条件

焊前焊剂应按照制造厂推荐的烘干规范进行烘干。

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°,焊后角变形大于5°的试件应予以报废,焊后不允许矫正。

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。

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 $610\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温时间10 h,350℃以上的升温、降温速度不应高于 $55\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

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10 mm,标距为50 mm。

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 $10\text{ mm}\times 10\text{ mm}$ 。



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 20003.3进行。评定焊缝射线底片时，试件两端各25 mm不应予考虑。

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

焊丝和焊剂批量划分应分别符合GB/T 25778中S3级和F2级的规定。

一批焊剂应与一批焊丝组合，以组成在制造和验收中不可分开的一组焊接材料。

6.2 取样方法

焊丝取样，应从每批焊丝中抽取3%，但不少于2盘（卷）进行化学成分、尺寸和表面质量等检验。

焊剂取样，若焊剂散放时，每批焊剂抽样不少于6处。若从包装的焊剂中取样，每批焊剂至少抽取6袋，每袋中抽取一定量的焊剂，总量不少于10 kg。把抽取的焊剂混合均匀，用四分法取出5 kg焊剂，供焊接试件用，余下的5 kg用于其他项目检验。

6.3 验收

6.3.1 焊丝验收

每批焊丝应按下列要求验收：

- a) 焊丝化学成分检验结果应符合 4.1.1 规定。
- b) 焊丝尺寸检验结果应符合 4.1.2 规定。
- c) 焊丝表面质量和卷绕要求检验结果应符合 4.1.3 和 4.1.4 规定。

6.3.2 焊剂验收

每批焊剂质量检验结果应符合4.2规定。

6.3.3 焊丝-焊剂组合验收

每批焊丝-焊剂组合应按下列要求验收：

- a) 熔敷金属化学成分应符合 4.3 的规定;
- b) 熔敷金属力学性能试验结果应符合 4.4 的规定;
- c) 焊缝射线检测结果应符合 4.5 的规定;
- d) 熔敷金属扩散氢含量结果应符合 4.6 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

焊丝和焊剂的包装要求按 GB/T 5293 要求或供需双方协议进行。

7.2 标志

在每个焊丝、焊剂包装外部应至少标志出下列内容:

- 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;
- 规格及净质量。

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。

Vertical line on the left side of the page.



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 9 部分：1、2、3 级设备埋弧焊用
碳钢焊丝和焊剂
NB/T 20009.9—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 24.00 元