

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20009.23—2017

压水堆核电厂用焊接材料 第 23 部分: 安全级设备用不锈钢手工电弧焊焊条

Welding material for pressurized water reactor nuclear power plants-Part 23:
Stainless steel covered electrodes for safety-related components

2017-02-10 发布

2017-07-01 实施

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 型号..... 1

4 技术要求..... 1

5 试验方法..... 4

6 检验规则..... 6

7 包装、标志和质量证明文件..... 7

附录 A（规范性附录）焊缝金属δ铁素体含量图..... 8

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》、NB/T 20008《压水堆核电厂用其它材料》共同构成了压水堆核电厂核岛机械设备用材料系列标准。

本部分为NB/T 20009的第23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。

本部分负责起草单位：苏州热工研究院有限公司，上海核工程研究设计院，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，东方电气（广州）重型机械有限公司，西安核设备有限公司。

本部分起草人：朱平、王淦刚、张俊宝、黄逸峰、陈维富、杨小杰、董安、刘全印。

压水堆核电厂用焊接材料

第23部分：安全级设备用不锈钢手工电弧焊焊条

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂安全级设备用不锈钢手工电弧焊焊条的型号、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明文件。

本部分适用于压水堆核电厂安全级设备用不锈钢手工电弧焊焊条。

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 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 983 不锈钢焊条

GB/T 1954 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体含量测量方法

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（GB/T 25774.1—2010，ISO 15792-1:2000，MOD）

GB/T 25774.3 焊接材料的检验 第3部分：T型接头角焊缝试样的制备及检验（GB/T 25774.3—2010，ISO 15792-3:2000，IDT）

GB/T 25777 焊接材料熔敷金属化学分析试样制备方法（GB/T 25777—2010，ISO 6847:2000，IDT）

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

NB/T 20004—2014 核电厂核岛机械设备材料理化检验方法

ASME BPVC 第II卷 C篇 SFA-5.4M 手工电弧焊用不锈钢焊条

3 型号

本部分中的焊条型号为GB/T 983中的E308L、E309L、E316L，或ASME 第II卷 C篇SFA-5.4M中的E308L、E309L、E316L。

4 技术要求

4.1 尺寸

4.1.1 焊条的尺寸和公差应符合表1的要求。

表 1 焊条的尺寸和公差

单位为毫米

焊条直径		焊条长度	
焊芯直径	直径公差	长度	长度公差
2.5	±0.06	200~350	±5
3.2	±0.10	275~450	
4.0			
4.8/5.0			
注：根据供需双方协商，允许制造其他尺寸的焊接材料			

4.1.2 焊条夹持端长度要求见表 2。

表 2 焊条夹持端长度

单位为毫米

焊芯直径	夹持端长度
≤4.0	15~30
4.8/5.0	19~40

4.2 药皮

4.2.1 焊条不应有任何影响焊接质量的缺陷。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 焊条引弧端药皮应倒角，焊芯端面应露出。焊条沿圆周方向的露芯应不大于圆周的 1/2。焊条沿长度方向的露芯长度应不大于焊芯直径的 2/3 与 2.4mm 两者的较小值。

4.2.3 焊条偏心度的计算见公式（1）及图 1，并应符合以下规定：

- a) 直径为 2.5mm 的焊条，偏心度应不大于 5%；
- b) 直径为 3.2mm 和 4.0mm 的焊条，偏心度应不大于 4%；
- c) 直径为 5.0mm 的焊条，偏心度应不大于 3%。

$$P = \frac{T_1 - T_2}{(T_1 + T_2)/2} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：
P——焊条偏心度；
T₁——焊条断面药皮最大厚度+焊芯直径；
T₂——焊条同一断面药皮最小厚度+焊芯直径。

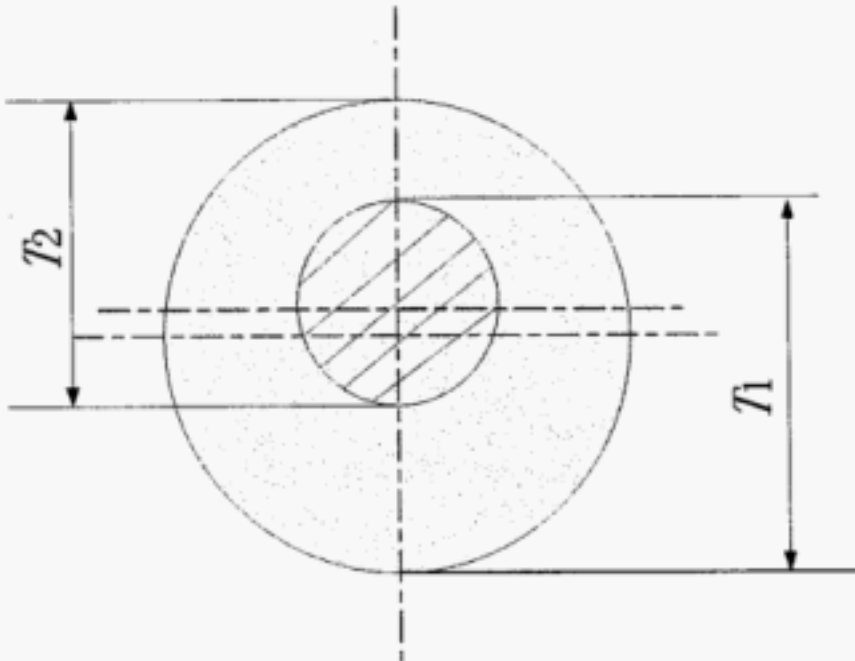


图 1 焊条偏心度测量示意图

4.3 熔敷金属化学成分

熔敷金属化学成分应符合表3的要求。

表 3 熔敷金属化学成分^a

单位为质量分数（%）

焊丝型号	化学成分						
	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr
E308L	≤0.030	0.5~2.5	≤1.0	≤0.025	≤0.010	9.0~11.0	18.0~21.0
E309L	≤0.030	0.5~2.5	≤1.0	≤0.025	≤0.010	12.0~14.0	22.0~25.0
E316L	≤0.030	0.5~2.5	≤1.0	≤0.025	≤0.010	11.0~14.0	17.0~20.0
焊丝型号	化学成分						
	Mo	Cu	Co ^b	N	V	Ti	Nb+Ta
E308L	≤0.75	≤0.50	≤0.10	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
E309L	≤0.75	≤0.50	≤0.10	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
E316L	2.00~3.00	≤0.50	≤0.10	提供数据	提供数据	提供数据	提供数据
^a 化学分析应按表中规定的元素进行分析。如果在分析过程中发现其他化学成分，则应进一步分析这些元素的含量，除铁外，但包括 Co、V、Ti、Ta、Nb 和 N，总含量不应超过 0.5%。							
^b 与反应堆冷却剂接触，且用于反应堆压力容器或者用于堆焊时，Co 含量不得超过 0.05%。							

4.4 熔敷金属力学性能

4.4.1 室温拉伸性能

熔敷金属室温拉伸性能应符合表4的要求。

表 4 熔敷金属室温拉伸性能

焊条型号	抗拉强度 R _m (MPa)	规定塑性延伸强度 R _{p0.2} (MPa)	断后伸长率 A (%)
E308L	≥520	≥210	≥35
E309L ^a	≥520	≥210	≥30
E316L	≥520	≥210	≥30
^a 必要时，E309L 焊条熔敷金属焊后热处理态下的拉伸性能可由供需双方协商确定。			

4.4.2 高温拉伸性能

当设计文件或图纸对被焊接母材有高温拉伸性能要求时，亦应进行熔敷金属高温拉伸试验，试验温度和拉伸性能应满足设计的相关要求。

4.5 熔敷金属 δ 铁素体含量

4.5.1 E308L、E316L 焊条的熔敷金属δ铁素体数应为 5FN~15FN。

4.5.2 E309L 焊条的熔敷金属δ铁素体数应为 5FN~18FN。

4.6 熔敷金属耐晶间腐蚀性能

E308L、E316L 焊条熔敷金属试样应无晶间腐蚀倾向。

4.7 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。

4.8 角焊缝

4.8.1 角焊缝的试样检查应按照 GB/T 25774.3 规定。角焊缝的整个表面应进行目视检查，应无裂纹、咬边、焊瘤、夹渣和气孔。

4.8.2 两焊脚长度差和凸度要求应符合表 5 的规定。

表 5 角焊缝工艺性试样的尺寸要求
单位为毫米

实测焊脚尺寸	两焊脚长度差	凸度
≤4.5	≤1.5	≤1.0
5.0~7.5		≤1.5
8.0、10.0、13.0		≤2.0

5 试验方法

5.1 熔敷金属化学成分分析

化学分析试样应在堆焊金属上制取，从堆焊金属上制取试样应按GB/T 25777进行。
化学分析试样也可在拉伸试样的延长部分，或者从拉断后的拉伸试样上制取。
仲裁试验的试样仅允许从堆焊金属上制取。
熔敷金属化学分析可采用供需双方同意的任何适宜的方法。仲裁试验应按GB/T 223相关部分进行。

5.2 熔覆金属力学性能试验

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或同型号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

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。

5.2.3 制备条件

焊条使用前应按焊材供货方推荐的条件烘干。
使用平焊位置。焊材检验试板的焊接规范参数应在焊材供货商推荐的范围之内，道间温度、焊接电流、焊接电压及焊接热输入尽可能采用上限值。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。

当产品焊缝需要进行焊后热处理时,试件应在适当的焊后热处理条件下进行试验。焊后热处理温度按产品要求,焊后热处理的总保温时间至少应为产品熔敷金属所经受的累计焊后热处理保温时间的80%。

5.2.4 熔敷金属力学性能试验

熔敷金属拉伸试验在焊态和焊后热处理态(若产品焊缝需要焊后热处理)下进行。拉伸试样取样位置见图2,试样标距段直径取12.5mm,标距为50mm。熔敷金属室温拉伸试验按NB/T 20004规定进行,如需进行高温拉伸试验,则按NB/T 20004进行。每个试验条件下,各取1个拉伸试样。

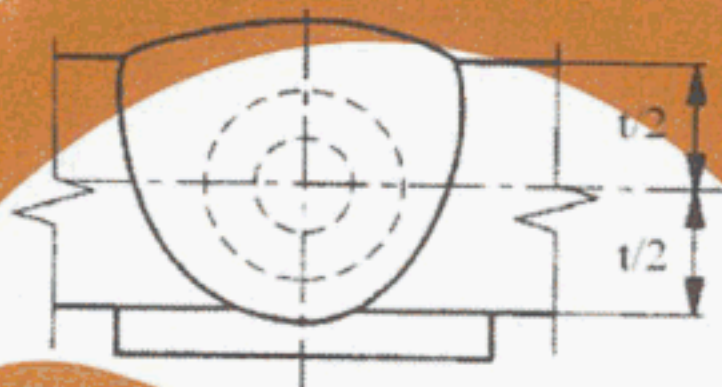


图2 拉伸试验取样位置

5.3 熔敷金属 δ 铁素体含量测试

熔敷金属中 δ 铁素体数测定应采用铬镍当量法,并用附录A确定 δ 铁素体数。另外,还应采用GB/T 1954规定的磁性法测定焊态熔敷金属铁素体数。仲裁试验采用磁性法测定。

5.4 熔敷金属晶间腐蚀试验

熔敷金属晶间腐蚀试验按NB/T 20004的18.3节方法二的规定进行。

晶间腐蚀试样其状态如下:

- 一组晶间腐蚀试样数量为2个;
- 如果产品焊缝进行热处理,则晶间腐蚀试样应经受同样的热处理,该热处理应能代表全部的产品焊缝热处理;
- 晶间腐蚀试样应经受敏化处理,敏化温度为 $675^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$,保温1h,空冷。

本试验用试样,应使其长度方向平行于焊接方向切取。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。

5.5 焊缝射线检测

5.5.1 焊缝射线检测应在试验取样之前进行。射线检测前应去除垫板。若试板需做焊后热处理时,射线检测在热处理前后均可进行。

5.5.2 焊缝射线检测按NB/T 20003.3进行。无损检测人员应具备资质,具体要求可由供需双方商定。

5.5.3 评定焊缝射线检测底片时,试板两端25mm应不予考虑。

5.6 角焊缝试验

角焊缝试验的试板制备按GB/T 25774.3规定进行。角焊缝试验应符合表6的规定。

表 6 角焊缝试验要求 单位为毫米

焊条直径	试板尺寸			焊接位置	焊脚尺寸
	厚度 t	长度 l	宽度 w		
3.2	6.0	≥ 300	≥ 75	立焊	≤ 6.5
				平角焊和仰焊	≤ 5.0
3.2 ^a	10.0	≥ 300	≥ 75	立焊	≤ 10
				平角焊和仰焊	≤ 6.5
4.0	10.0	≥ 300	≥ 75	立焊	≤ 8.0
				平角焊和仰焊	≤ 6.5
4.0 ^a	12.0	≥ 300	≥ 75	立焊	≤ 13.0
				平角焊和仰焊	≤ 8.0
4.8/5.0	10.0	≥ 300	≥ 75	平角焊	≤ 8.0
^a 仅针对 EXXX-17 类别的焊条。					

6 检验规则

6.1 批量划分

批量划分按 GB/T 25778 中 C5 规定执行。

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) 熔敷金属 δ 铁素体含量应符合 4.5 的规定；
- d) 熔敷金属耐晶间腐蚀性能应符合 4.6 的规定；
- e) 焊缝射线检测结果应符合 4.7 的规定；
- f) 角焊缝试验结果应符合 4.8 的规定。在保证符合 4.8 规定时，角焊缝试验可不按批检验，而由供需双方协商验收的频度。

6.4 复试

- 6.4.1 如果某一不合格的结果是由于试验的实施过程不符合要求，则试验结果无效，应重新试验。
- 6.4.2 任何一项力学性能不合格时，则该项应取双倍试样进行复验。
- 6.4.3 复验试样可以从原始试件或新的试件上切取。复验只允许一次。
- 6.4.4 对于化学成分分析，只需要对不符合要求的元素进行复验。
- 6.4.5 复验拉伸性能时，抗拉强度、规定塑性延伸强度及断后伸长率同时作为复验项目。

7 包装、标志和质量证明文件

7.1 包装

焊条应适当包装，并保证在正常的运输和储存条件下不致被损坏。

7.2 标识

7.2.1 在靠近焊条夹持端的药皮上至少印有一个焊条型号或牌号。字体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。

7.2.2 每包及每箱焊条外部应标明下列内容：

- a) 本标准号、焊条型号及焊条牌号；
- b) 焊条制造商的名称和商标；
- c) 规格和净重；
- d) 批号；
- e) 生产日期。

7.3 质量证明文件

对于每一批焊条，在焊条交货的同时应提交焊条质量证明文件，至少应包括下列内容：

- a) 合同号或订单号；
- b) 焊条的型号和牌号；
- c) 制造商的名称和商标；
- d) 批号；
- e) 规格、供货数量和生产日期；
- f) 试件焊接实际使用的焊接电流、预热温度、道间温度、热输入；
- g) 焊后热处理条件和参数，包括加热和冷却速度、热处理温度和保温时间；
- h) 所有要求的性能试验报告，包括取样位置、试验方法、试验温度、试样类型以及试验结果等。

如果焊条制造商和焊条供货商不是同一个公司，焊条供货商需向采购方提供焊条制造商的全部质量证明文件。

附录 A
(规范性附录)
焊缝金属 δ 铁素体含量

A.1 焊缝金属 δ 铁素体含量如图 A.1 所示

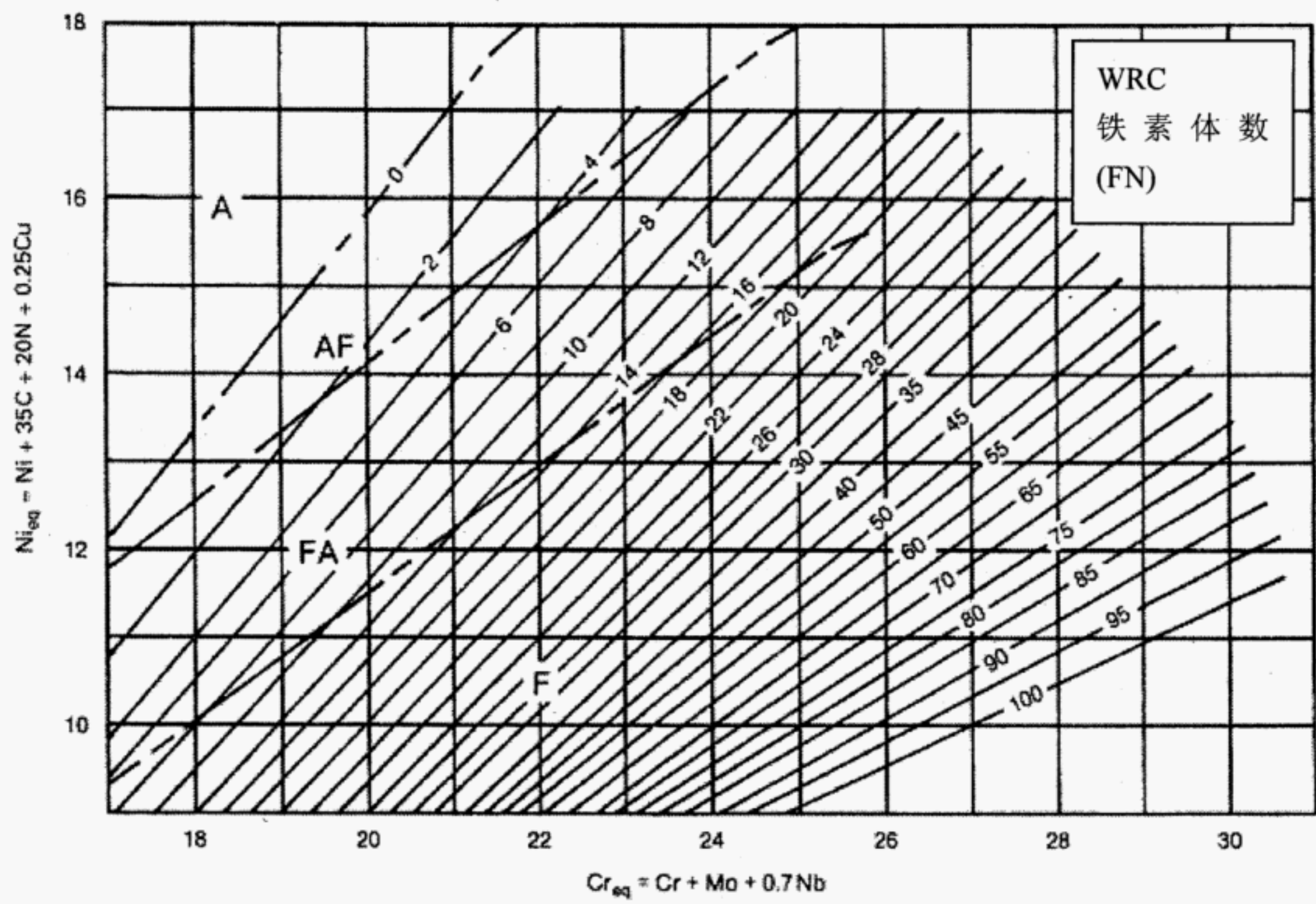


图 A.1 焊缝金属 δ 铁素体含量图

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 23 部分：
安全级设备用不锈钢手工电弧焊焊条
NB/T 20009.23—2017

*

核工业标准化研究所出版发行
北京海淀区骚子营 1 号院
邮政编码：100091
电 话：010-62863505
原子能出版社印刷
版权专有 不得翻印

*

2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷
印数 1—50 定价 18.00 元