

ICS 27.120.20

F 69

备案号: 59636—2017

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 20450.2—2017

压水堆核电厂核岛机械设备焊接另一规范 第2部分：焊接材料

**Alternative welding code for mechanical components of PWR nuclear islands
Part 2: welding filler materials**

2017-04-01 发布

2017-10-01 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 术语和定义 1

4 焊接材料的选用 2

5 试验总则 2

6 焊接材料的试验要求 2

7 焊缝金属试验 3

8 焊接材料的贮存和保管 6

前 言

NB/T 20450《压水堆核电厂核岛机械设备焊接另一规范》分为5个部分：

- 第1部分：通用要求
- 第2部分：焊接材料
- 第3部分：焊接工艺评定
- 第4部分：产品焊接
- 第5部分：焊接检验

本部分为NB/T 20450的第2部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分主要基于ASME《锅炉压力容器规范》第III卷（2010版）各分卷2400节，并结合国内核电建造经验和行业反馈意见制订。

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：上海核工程研究设计院、中国核电工程有限公司、国核工程有限公司、中国核动力研究设计院、上海电气核电设备有限公司、中广核工程有限公司、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、哈尔滨焊接研究所。

本部分主要起草人：梅乐、张俊宝、余燕、王勇、韩世凯、付浩、杨敏、杨巨文、孙广、朱平、杨小杰、陈佩寅。

压水堆核电厂核岛机械设备焊接另一规范

第2部分：焊接材料

1 范围

本部分规定了压水堆核电厂核岛机械设备用焊接材料的“批”的定义、力学性能试验、化学分析试验、 δ -铁素体含量的测定、焊接材料的贮存和保管等要求。

本部分适用于压水堆核电厂核岛机械设备碳钢、低合金钢、奥氏体不锈钢、镍基合金焊接及堆焊（不包含耐磨堆焊）所用的焊条、焊丝、焊带、可熔化嵌条、焊剂等焊接材料。

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 1954—2008 铬镍奥氏体不锈钢焊缝铁素体测量方法（GB/T 1954—2008，ISO 8349：2000，MOD）

GB/T 3375—1994 焊接术语

GB/T 5185—2005 焊接及相关工艺方法代号（GB/T 5185—2005，ISO 4063:1998，IDT）

GB/T 25778—2010 焊接材料采购指南（GB/T 25778—2010，ISO 14344：2010，MOD）

NB/T 20009.21～20009.35 压水堆核电厂用焊接材料

NB/T 20450.3—2017 压水堆核电厂核岛机械设备焊接另一规范 第3部分：焊接工艺评定

NB/T 20450.4—2017 压水堆核电厂核岛机械设备焊接另一规范 第4部分：产品焊接

NB/T 20450.5—2017 压水堆核电厂核岛机械设备焊接另一规范 第5部分：焊接检验

3 术语和定义

GB/T 3375界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

试验机构 **Organization performing the testing**

进行本部分要求的焊材试验的单位或部门。

3.2

低氢型焊材 **Low hydrogen type consumable**

熔敷金属的扩散氢含量不大于8.0 ml/100g的焊材。

3.3

超低氢型焊材 **Extra-low hydrogen type consumable**

熔敷金属的扩散氢含量不大于4.0 ml/100 g的焊材。

4 焊接材料的选用

4.1 焊接材料的选用范围

所有用于部件或材料的焊接或堆焊（除用于耐磨堆焊外）的焊接材料，应符合 NB/T 20009.21～NB/T 20009.35 的相应要求和本部分的规定。制造商若使用 NB/T 20009 外的其他标准和型号，需要设计方进行确认。

4.2 首次用于核电厂的焊接材料（商业牌号）的附加要求

对于首次用于核电厂的焊接材料商业牌号，须增加以下要求：

- a) 焊接材料制造商的资质证明：焊接材料制造商或使用此焊接材料的制造商需提供证据表明，该焊接材料制造商具有制造在核电领域或相似质量要求的其他工业中使用的该焊接材料的重要经验；
- b) 焊接材料的使用经验证明：焊接材料制造商或使用此焊接材料的制造商需提供证据表明，焊接材料已经过多种炉/批号的试验，证明该焊接材料在采用生产中使用的焊接变素范围的情况下，其焊缝化学成分和力学性能可以满足规定的要求。提供的证明应属于由相同的制造商生产，具有相同的商业牌号，相同的型号且在配方中没有重大变化的焊接材料；
- c) 焊接材料使用经验证明的另一种方法：如果焊接材料制造商或使用此焊接材料的制造商无法提供 4.2 b) 中的证据，需进行试验证明该焊接材料在不同的条件下，其化学成分和力学性能满足规定的要求。至少应对三种不同的炉/批号和至少两种直径（如果在生产中使用的直径超过一种）的焊接材料进行试验。试验需证明在生产中使用高和低的冷却速度和相似的焊接工艺（即薄板使用高热输入、高层间温度、低冷却速度和厚板使用低热输入、低层间温度、高冷却速度）的条件下，都能满足化学成分和力学性能的要求。

5 试验总则

证书持有者应向试验机构提供下列信息：

- a) 焊接方法，包括其代号；
- b) NB/T 20009 的适用标准号和型号；
- c) 如果 NB/T 20009 不适用时的其他标准和型号（此时，需要设计方进行确认）；
- d) 焊态或热处理态，或两种状态下（见 7.1.1 c)）焊缝金属的最低抗拉强度要求（见 7.1.1 e)）；
- e) 适用时，焊态或热处理态，或两种状态下焊缝金属的落锤试验要求；
- f) 适用时，焊态或热处理态，或两种状态下焊缝金属的夏比 V 型缺口冲击试验。应提供试验温度、侧向膨胀量或冲击功的要求；
- g) 试件焊接采用的预热温度和道间温度（见 7.1.1 c)）；
- h) 当产品焊缝要进行焊后热处理时，应提供试件焊后热处理规范，包括保温温度范围、保温时间、最大冷却速率要求（见 7.1.1 c)）；
- i) 根据 NB/T 20009 或焊接工艺规程，以及 7.2 要求进行化学分析的元素；
- j) δ 铁素体的含量要求（见 7.3）。

6 焊接材料的试验要求

6.1 按“批”试验

对下列焊接材料应进行要求的试验:

- 每批药皮焊条;
- 每批药芯焊丝;
- 每批光焊丝或可熔化嵌条;
- 每个焊丝-焊剂或焊带-焊剂的批号组合。

如果焊接工艺评定的试验项目满足本标准第4部分和本部分的要求,结果符合本部分的要求,可认为焊接工艺评定试验也满足本部分对所用的该批或批号组合的焊接材料的试验要求。

6.2 “批”的定义

药皮焊条应符合 GB/T 25778 的 C3、C4 或 C5 级。

药芯焊丝应符合 GB/T 25778 的 T2、T3 或 T4 级。

光焊丝、焊带和可熔化嵌条应符合 GB/T 25778 的 S3 级。

焊剂应符合 GB/T 25778 的 F2 级。

7 焊缝金属试验

7.1 力学性能试验

用于焊接 P-No.1、3、4、5、6、7、9 和 11 母材 (P-No.见 NB/T 20450.3—2017 中 4.2.3) 及上述母材之间任意组合的焊接材料,除下列 a)~d) 中的情况外,应按本条规定进行拉伸和冲击试验:

- a) 奥氏体不锈钢焊接材料和非铁基的焊接材料;
- b) 打底焊用的熔化性嵌条;
- c) 钨极惰性气体保护电弧焊(141)打底焊用,且最多焊两层的焊接材料;
- d) 当被焊母材按规定可免除冲击试验时,则焊接材料也可免除冲击试验。

7.1.1 试验要求

对于被检验焊接材料在产品焊接中使用的每一种焊接方法,均应按下列 a)~f) 的要求进行试验:

- a) 试件应有足够的尺寸,以便切取所需的试样;
- b) 焊缝金属的熔敷方式应基本消除母材稀释对试验结果的影响;
- c) 试件焊接应在产品焊接采用的预热温度和道间温度范围内进行。根据产品焊缝是否要做焊后热处理,试件应在焊态或相应的焊后热处理态下进行试验。焊后热处理的保温时间至少应为产品中焊缝金属的最长累积焊后热处理保温时间的 80%。试件焊后热处理的保温时间可采用一次加热循环完成。试件焊缝金属从焊后热处理温度开始的冷却速率,应与产品中焊缝金属使用的热处理制度要求相同;
- d) 拉伸试验的试样纵轴应平行于焊缝,纵轴距离焊缝表面距离为 $t/2$ (t 为试件厚度,下同)。当需要进行夏比(V 型缺口)冲击试验时,其试样纵轴应垂直于焊缝,试样的缺口垂直于焊缝表面且位于焊缝轴线平面,试样纵轴距离焊缝表面距离为 $t/2$ 。当要求进行落锤冲击试验时,其试样纵轴应垂直于焊缝,试样的缺口应在焊缝表面上,或在平行于焊缝表面的平面上,试样的纵轴至少距离表面 $t/4$;
- e) 应进行全焊缝金属试样的室温拉伸试验,结果应满足母材技术规格书中规定的屈服强度、抗拉强度的最低要求。当两种不同母材焊接时,结果应满足两种母材规定的拉伸性能的最低要求;

- f) 当产品焊缝的母材要求进行高温拉伸试验时，则焊缝金属也应进行高温拉伸试验，结果应满足母材规定的高温拉伸性能的最低要求；
- g) 当产品焊缝的两种母材中任一母材要求进行冲击试验时，则焊缝金属也应进行冲击试验。当两种母材存在不同要求时，焊缝金属可符合其中任一种母材的要求（冲击试验要求见 NB/T 20450.3—2017）。

7.1.2 碳钢和低合金钢药皮焊条的另一试验要求

对于碳钢和低合金钢药皮焊条，当根据 7.1 要求进行拉伸和冲击试验时，可使用以下要求代替 7.1.1 的要求进行试验：

- a) 试验应限于 NB/T 20009.21（碳钢焊条）和 NB/T 20009.22（低合金钢焊条）的焊条型号；
- b) 试件制备应符合 NB/T 20009.21（碳钢焊条）和 NB/T 20009.22（低合金钢焊条）的要求，此外，应增加试件尺寸以取得要求的夏比(V 型缺口) 冲击试样和落锤冲击试样；
- c) 试件的焊接应符合 NB/T 20009.21～NB/T 20009.35 中对有关型号焊条的要求。试件应在焊态和焊后热处理态下进行试验。焊后热处理温度应符合 NB/T 20450.4—2017 对适用的母材 P-No. 的要求。如产品焊缝焊后热处理时间不超过 10h，试件在焊后热处理温度下的保温时间应为 8 h。如产品焊缝的焊后热处理时间超过 10h，或焊后热处理温度不同于上述要求时，应按 7.1.1 的试验要求执行；
- d) 拉伸试样和夏比(V 型缺口)冲击试样的取样部位和制备应符合 NB/T 20009.21 或 NB/T 20009.22 的相应要求。在要求进行落锤冲击试验时，试样的取样部位和方向应按 7.1.1 d)的规定；
- e) 应进行全焊缝金属试样的室温拉伸试验，结果应满足 NB/T 20009.21～NB/T 20009.35 对适用的焊条型号抗拉强度的要求。
- f) 对高温拉伸试验结果的要求同 7.1.1 f)。
- g) 对冲击试验结果的要求同 7.1.1 g)。

7.2 化学分析试验

对于每批焊材，应按以下要求进行焊材本身或熔敷金属的化学分析试验。

7.2.1 试验方法

化学分析试验应按本条和表 1 的要求进行，试验结果应符合 7.2.2 的规定。铁基焊缝金属化学成分分类 A-No.见 NB/T 20450.3—2017。

表1 焊接材料的化学分析取样要求

| — | 钨极惰性气体保护电弧焊（141） 或等离子弧焊（15） | 熔化极惰性或非惰性气体电弧焊 （131,135） | 其他焊接方法 |
|----------|--------------------------------|-----------------------------|--------|
| A-No.8焊材 | 焊材本身或 焊缝熔敷金属 | 焊缝熔敷金属 | 焊缝熔敷金属 |
| 其他焊材 | 焊材本身或 焊缝熔敷金属 | 焊材本身或 焊缝熔敷金属 | 焊缝熔敷金属 |

- a) 对 141 和 15 方法所使用的 A-No.8 焊接材料，以及 141、15 或 131、135 方法所使用的其他焊接材料，化学分析可在焊接材料本身，或其焊缝熔敷金属上进行。焊缝熔敷金属制备应符合下列 c)或 d)的规定；
- b) 对 141 和 15 以外的其他焊接方法所使用的 A-No.8 焊接材料，以及 141、15 和 131、135 以外的焊接方法所使用的其他焊接材料，应按 c)或 d)的要求对其焊缝熔敷金属进行化学分析。化学分析试样应从按下列 c)的要求制备的未稀释的焊缝熔敷金属上切取。另一种方法是，耐蚀堆焊用焊材也可按下列 d) 项来制备化学分析用焊缝熔敷金属。当焊接工艺规程或焊接材料技术规格书规定化学成分要求时，该化学成分要求适用于上述对焊材本身、未稀释焊缝熔敷金属，或堆焊熔敷金属的化学分析；
- c) 未稀释焊缝熔敷金属的化学分析试样的制备，应遵照适用的 NB/T 20009.21~2 NB/T 0009.35 的要求。对于用于 131、135 方法的 A-No.8 材料，试件焊接时的保护气体成分应符合产品焊接用焊接工艺规程的规定；
- d) 对耐蚀堆焊层所用焊接材料，在制备熔敷金属试件时，应采用产品焊缝焊接工艺规程中的重要变素。试件焊接应符合 NB/T 20450.3—2017 中 7.1 的要求。化学分析试样的切取，应符合 NB/T 20450.3—2017 中 7.2.3 的规定，最小堆焊层厚度为评定确定的焊接工艺规程适用的最小厚度。

7.2.2 验收标准

要求测定的化学元素、成分要求和结果记录，应符合下列 a)~d)项的规定：

- a) 用于反应堆压力容器的所有焊接材料，应对表 2 所列的元素进行分析。用于其他部件的所有 A-No.8 和 A-No.9 焊接材料，应对表 3 所列的元素，以及焊接材料技术规格书或焊接工艺规程中所规定的其他元素进行分析。其他焊接材料，应对焊接材料技术规格书或焊接工艺规程中所规定的元素进行分析；

表2 反应堆容器所用焊接材料的化学分析要求

| | |
|------------|------------------------------------|
| 碳钢和低合金钢 | C,Cr,Mo,Ni,Mn,Si,P,S,V,Cu |
| 铬不锈钢和铬镍不锈钢 | C,Cr,Mo,Ni,Mn,Si,P,S,V,Nb+Ta,Ti,Cu |

表3 非反应堆容器所用焊接材料的化学分析要求

| | |
|-------|------------------------|
| 铬镍不锈钢 | C,Cr,Mo,Ni,Mn,Si,Nb+Ta |
|-------|------------------------|

- b) 当焊接材料技术规格书对于元素有规定化学成分要求时，化学成分分析结果应符合该要求。当焊接工艺规程对焊接材料技术规格书的成分限值有修改，或增加其他元素的要求时，焊接工艺规程中的这些要求应用于化学分析结果验收；
- c) 化学分析的结果应记录在材料试验报告(CMTR)中。对于列入表 2 或表 3，而在焊接材料技术规格书或焊接工艺规程中未规定限值的元素，则仅测量记录而不考核；
- d) 除堆焊层用焊材以外，其他与反应堆冷却剂接触的焊材应控制 Co 含量不超过 0.20%。与反应堆冷却剂接触的堆焊层用焊材 Co 含量不得超过 0.05%。对于任一部件上与反应堆冷却剂接触面积超过 624 cm²的隔离层焊缝或返修焊缝，其焊材 Co 含量应不超过 0.10%。

7.3 δ-铁素体含量的测定

7.3.1 对于 A-No.8 的焊接材料诸如可熔化嵌条、实心焊丝、焊带，或焊条、药芯焊丝等的焊缝金属，均应测定其 δ 铁素体含量。

7.3.2 方法

焊接材料的 δ -铁素体含量应在按下列 b) 项制备的焊缝熔敷金属上使用磁性法测定。也可使用 7.2 的化学分析结果，再结合图 1 确定焊接材料的 δ -铁素体含量。

- a) 磁性法应按 GB/T 1954 进行；
- b) 焊缝熔敷金属的制备应符合 7.2.1 c)；
- c) 在焊缝熔敷金属的表面上，至少应测量六个点的铁素体数，其平均值为焊材的铁素体含量。

7.3.3 验收标准

δ -铁素体含量不得小于 5FN。对于低钼含量 ($Mo \leq 0.75\%$ 的 308、309 型) 熔敷金属中铁素体含量应为 5FN~20FN；对于高钼含量熔敷金属，如 316/316L 型，铁素体含量应为 5FN~16FN。 δ -铁素体含量测定结果应记录在材料试验报告(CMTR)中。

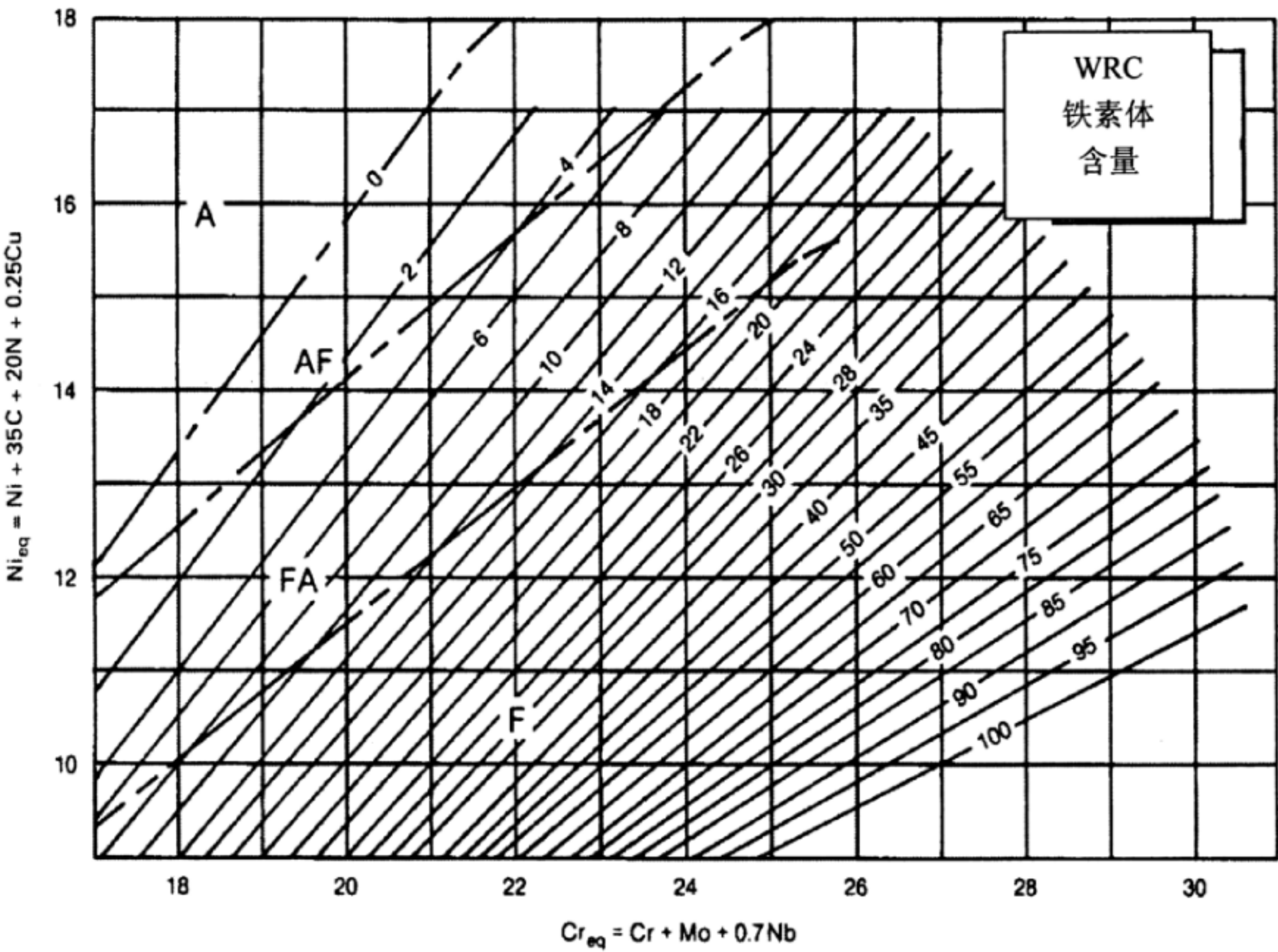


图1 WRC-1992 图-计算 δ 铁素体含量的百分比

8 焊接材料的贮存和保管

8.1 防潮

焊剂和药皮焊条、药芯焊丝应妥善贮存和保管。应采取措施，尽量减少焊材受潮。

焊剂和药皮焊条、药芯焊丝的包装应防止焊材受潮。不允许使用包装破损的焊材。低氢和超低氢的焊材应密封包装。

焊材存贮时应遵守焊材制造商和规范的要求以防吸潮。不允许使用受到灰尘、机油、油脂、涂料、润滑油等污染的焊接材料。

焊材的放置时间和暴露时间不允许超过焊材制造商的推荐值。当改变上述暴露时限或厂家推荐的最长暴露限时，焊材制造商应证明焊接材料暴露在最苛刻的时间、温度和湿度限值的条件下满足规定的扩散氢要求值。

当使用超低氢焊条时，应使用移动式保温桶或者在上述暴露时限内使用。焊工应领取数量合适的焊材以保证在上述暴露时限内使用完毕。

8.2 扩散氢要求

对于碳钢、低合金钢、马氏体不锈钢或其他易产生氢致脆化或裂纹的钢种的焊接，应采用低氢型或超低氢型焊接材料。

对于采用非密封包装的焊剂，应进行测试以保证包装完好的焊剂在相对湿度 80%、温度 27℃ 的条件下可良好保存，同时扩散氢含量不超过 8.0 ml/100 g 熔敷金属。扩散氢试验应符合相应焊材标准的要求。应对每个焊材制造商的每种类型的非密封包装焊剂进行扩散氢试验，也可以采用其他被证明具有等效结果的标准。

8.3 二次烘干

暴露在空气中超过上述时限的焊材可以再次烘干，但应满足焊材制造商的推荐要求，同时焊材制造商应证明重新烘干工艺可以将焊材恢复至原扩散氢含量水平。对于药芯焊丝，仅允许重新烘干一次。

8.4 其他

焊接材料的存放和使用还应满足 NB/T 20450.4—2017 第 5 章的要求。