

ICS 27.100

F 20

备案号: 55645-2016

**NB**

# 中华人民共和国能源行业标准

NB / T 25056 — 2016

---

## 核电厂常规压力容器焊接修复技术规程

The code of welding repair of the conventional pressure vessel  
in nuclear power plant

2016-08-16 发布

2016-12-01 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 一般规定..... 1

4 修复前准备 ..... 3

5 焊接修复工艺 ..... 5

6 焊接修复质量检测 ..... 8

7 缺陷重新补焊修复 ..... 9

8 焊接修复技术资料 ..... 10

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：苏州热工研究院有限公司、中国能源建设集团安徽电力建设第一工程有限公司、中广核核电运营有限公司、中国核工业第五建设有限公司、中国能源建设集团安徽电力建设第二工程有限公司、中国能源建设集团天津电力建设有限公司。

本标准主要起草人：赵建仓、苏学虎、孙志强、毛旭东、陈英杰、王淦刚、左智成、严得忠、刘亚芬、张永生。

本标准在执行过程中的意见和建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

# 核电厂常规压力容器焊接修复技术规程

## 1 范围

本标准规定了核电厂在役常规岛的压力容器（以下简称容器）缺陷采用焊接方法修复的技术条件、质量检验等基本要求。

本标准适用于汽、水、汽水介质按照压力分级的固定式钢制压力容器的焊接修复，非热力系统压力容器的焊接修复，可参照本标准执行。

## 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 4191 惰性气体保护电弧焊和等离子焊接、切割用钨钼电极

GB/T 4842 氩

GB/T 19624 在用含缺陷压力容器安全评定

GB/T 30583 承压设备焊后热处理规程

GB 50236 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范

DL/T 679 焊工技术考核规程

DL/T 734 火力发电厂锅炉汽包补焊修复技术导则

DL/T 884 火电厂金相检验与评定技术导则

DL/T 1117 核电厂常规岛焊接工艺评定规程

DL/T 1118 核电厂常规岛焊接技术规程

NB/T 25023 核电厂常规岛焊接材料评定与验收规程

NB/T 25058 核电厂常规岛阀门焊接修复技术规程

NB/T 25059 核电厂常规岛焊接热处理技术规程

NB/T 47013 承压设备无损检测

NB/T 47014 承压设备焊接工艺评定

JB/T 3223 焊接材料质量管理规程

TSG Z6002 特种设备焊接操作人员考核细则

## 3 一般规定

### 3.1 总则

3.1.1 容器焊接修复技术和质量验收条件应符合本标准的规定，合同另有约定者除外。

3.1.2 容器焊接修复前应按 DL/T 1117、NB/T 47014 或其他相应标准的规定进行焊接工艺评定。

3.1.3 焊接接头质量检验应根据压力容器质量要求和工况条件按相应标准分级、分类进行。

### 3.2 承包商及其资格

3.2.1 承担容器焊接修复工作的国内承包商，应具备国家主管部门颁发的相应资格证书或具有业主审查认可的相应业绩并具有认证的质量、环境和职业健康安全管理体系。



3.2.2 承担容器焊接修复工作的国外承包商，应具备所在国家颁发的资格证书并符合我国相关规定或具有业主审查认可的相应业绩，且具有完善的质量、环境和职业健康管理体系。

3.2.3 承包商应明确焊接技术负责人，全面负责落实容器焊接修复的技术质量管理工作。

3.2.4 承担容器焊接修复的承包商应编制修复方案，并经批准后实施。

### 3.3 设备及仪器仪表

3.3.1 承包商应具备与所承担的容器焊接修复工作相适应的设备及设施。

3.3.2 焊接、热处理、无损检验设备、仪器、仪表，应按计量规定定期校验标定，并在有效期内使用。

### 3.4 焊工资格

焊工及焊机操作工应符合 DL/T 679、TSG Z6002 或其他相应标准的要求。

### 3.5 焊接方法及工艺评定试验

#### 3.5.1 焊接方法选择原则

3.5.1.1 容器焊接修复应根据其材质、结构形状、缺陷性质、尺寸等因素综合确定焊接方法，并可参考 DL/T 1118 中相应规定选用。

3.5.1.2 复杂坡口、困难位置、中厚壁件及母材金属等焊接修复宜采用焊条电弧焊。

3.5.1.3 裂纹敏感性大、穿透性缺陷底层打底及薄壁件等焊接修复宜采用钨极惰性气体保护电弧焊。

#### 3.5.2 焊接工艺评定及模拟焊接修复工艺试验

3.5.2.1 容器修复焊接工艺评定应符合 DL/T 1117、DL/T 1118 的相应规定要求。当采用原工艺进行焊接修复时，可采用原容器制造、安装的焊接工艺评定报告。

3.5.2.2 根据容器修复工艺的特殊要求等可进行针对性的焊接工艺评定或模拟补焊修复工艺试验。

3.5.2.3 重要部件修复必要时焊制与修复工艺相同的模拟试件并进行相关的破坏性试验。

3.5.2.4 焊接工艺评定试验应在焊接修复前完成，并经承包商审批、发布。

### 3.6 焊接材料

#### 3.6.1 质量要求

3.6.1.1 焊接材料采购技术条件书应规定质量要求，其各项指标应不低于国家或相关国际标准要求。

3.6.1.2 焊接材料应按照 NB/T 25023 的规定必要时进行评定和验收，合格后方可使用。

#### 3.6.2 选用原则

3.6.2.1 焊接材料选用应根据母材金属的化学成分、力学性能、焊接性能、使用条件、结构特点和焊接工艺规程的要求综合考虑，宜选用与母材匹配的焊接材料。

3.6.2.2 熔敷金属力学性能应不低于相应母材金属规定的下限值或满足设计图纸的技术条件要求。

3.6.2.3 低合金高强度钢及厚度、刚度大的构件缺陷焊接修复，宜首选原焊接工艺规定的焊接材料，也可选用同种类型的低强度、高韧性匹配的焊接材料。

3.6.2.4 特殊情况下必要时也可选用奥氏体及镍基焊接材料补焊，但焊接材料的更换应经补焊工艺评定确认合格。

3.6.2.5 中、高合金钢及异种钢焊接接头缺陷修复宜选用原焊接工艺规定的焊接材料，更换焊接材料经焊接修复工艺评定合格也可选用。

3.6.2.6 焊接修复宜选用直径规格较小的低氢型或超低氢型、高韧性及工艺性能优良的焊接材料。

### 3.6.3 存放及使用

3.6.3.1 焊接材料存放及使用过程管理等应符合 JB/T 3223 的规定。存放超过有效限期或对其质量产生怀疑时，应重新进行复验，符合相应标准技术条件和质量要求后方可使用。

3.6.3.2 焊条在使用前应按其说明书要求进行烘焙，重复烘焙不得超过两次。烘焙过的焊条应存放在保温箱内，焊条使用时应装入专用保温筒内并通电保温，随用随取。保温温度应采用供应商推荐的温度，若供应商未推荐保温温度，则按 100℃～150℃进行保温，不同牌号焊条不得放置在同一保温筒中。

3.6.3.3 焊丝使用前应清除表面油、锈、污、垢等杂物，露出金属光泽。

3.6.3.4 钨极氩气保护电弧焊的电极应符合 GB/T 4191 的规定。

### 3.6.4 焊接用气体

3.6.4.1 钨极氩气保护电弧焊的保护气体氩气应符合 GB/T 4842 的规定，氩气纯度不应低于 99.99%。

3.6.4.2 焊接中使用的其他气体应符合相应标准的规定。

## 3.7 修复现场环境条件

3.7.1 修复场所的最低环境温度要求如下：

- a) 碳素钢为 -20℃。
- b) 低合金高强度钢、低合金耐热钢为 -10℃。
- c) 中、高合金耐热钢为 0℃以上。

3.7.2 露天焊接的风速应符合 GB 50236 的规定，当采用钨极惰性气体保护电弧焊和熔化极气体保护电弧焊的现场风速超过 2m/s，焊条电弧焊风速超过 8m/s 时，应有防风措施，否则禁止施焊。

3.7.3 焊接区域 1m 范围内的相对湿度不应大于 85%。

3.7.4 母材金属表面潮湿、覆盖有冰雪，或施焊场所有雨、雪、冰雹等直接侵袭时不得施焊。

## 3.8 质量与安全控制

3.8.1 承包商应编制容器焊接修复质量计划。质量计划中应根据修复工艺规程明确规定修复全过程关键环节的 H、W、R 控制点，至少应包括文件资料审批、开工条件准备、修复过程中的关键环节、检验及验收。

3.8.2 容器（尤其在容器内部）焊接修复，现场操作应遵守相应的施工安全、监护、防护、防火、通风等标准、规范和规章制度。

## 4 修复前准备

### 4.1 设备构件及缺陷确认

4.1.1 修复前应确认设备构件的材质，掌握其焊接性、化学成分、力学性能、使用条件及运行情况等。

4.1.2 采用无损检测方法确定缺陷的位置、尺寸和性质类型，明显标注并做好详细记录。

### 4.2 缺陷清除及确认

4.2.1 缺陷清除宜采用机械加工方法，也可采用热加工方法进行，但应对热切割的热影响区进行机械加工去除渗碳层或淬硬层。

4.2.2 不锈钢容器缺陷应采用机械方法清除，打磨应使用不锈钢专用砂轮片。

- 4.2.3 缺陷清除后应再次进行无损检测，确认缺陷清除干净。
- 4.2.4 受到修复条件限制无法完全清除缺陷时，应在缺陷打磨前及打磨后记录无损检测结果。焊接修复后，对返修部位进行相同探伤方法的无损检测。若确定经过返修后的缺陷发生了扩展，则应重新进行返修或做报废处理；若确定经过返修后的缺陷未发生扩展，则应依据 GB/T 19624 等相关标准进行修复安全性评价。
- 4.2.5 其他要求可参见 DL/T 1118、NB/T 25058 的相关规定。

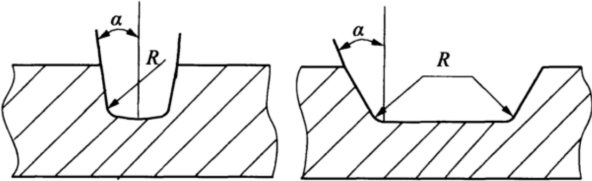
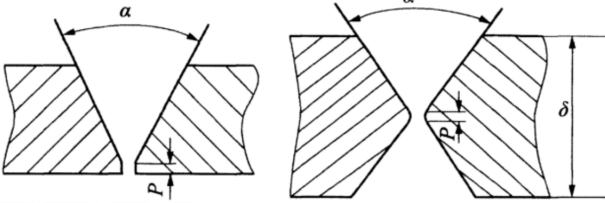
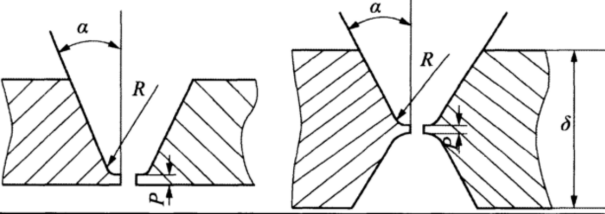
4.3 防止裂纹扩展措施

- 4.3.1 对易扩展裂纹尖端，可采用  $\phi 5\text{mm} \sim \phi 15\text{mm}$  钻头钻止裂孔。
- 4.3.2 止裂孔应钻在裂纹尖端部位前不小于 5mm 处。
- 4.3.3 对深度超过 50mm 的裂纹可分段钻孔，总深度宜为裂纹检测深度加 3mm~5mm。

4.4 坡口制备

- 4.4.1 缺陷处待修复的坡口两侧宜加宽 2mm~3mm，具体可根据原焊接接头的焊接工艺确定，以便去除原焊接接头的热影响区。坡口形式及尺寸可参照表 1 选用。
- 4.4.2 焊前宜对坡口表面进行磁粉或渗透检测，坡口表面内外及其边缘 20mm 范围内的母材金属应无裂纹、分层、重皮、夹杂、坡口破损及毛刺等缺陷。对缺陷未完全清除的情况，应详细记录缺陷形貌、大小、性质等。
- 4.4.3 待修复坡口附近条件允许、必要时可进行硬度测试，并符合该容器母材的硬度合格范围。

表 1 基本的坡口形式及尺寸

缺陷	坡口名称	坡 口 形 式	坡口尺寸
未穿透性裂纹 或孔穴	U 形或梯形		$\alpha > 10^\circ$ $R \geq 5\text{mm}$
穿透性裂纹	V 形或 X 形		$\alpha = 20^\circ \sim 120^\circ$ $P = 1\text{mm} \sim 3\text{mm}$ $\delta < 70\text{mm}$
	U 形或双 U 形		$\alpha > 10^\circ$ $P = 1\text{mm} \sim 3\text{mm}$ $R \geq 5\text{mm}$ $\delta \geq 70\text{mm}$

4.5 焊接变形监测与控制

- 4.5.1 结构尺寸精度要求较高的构件，应进行变形监测，并在修复方案中明确防止变形的措施。
- 4.5.2 变形监测可分为修复过程监测和修复后检验两种。承包商在分析焊接修复过程中变形的基础上，明确焊接变形的控制部位、变形量指标和监测、检验方法。
- 4.5.3 修复过程监测可使用指针、固定块等方式进行。

4.5.4 修复后检验使用游标卡尺、塞尺、千分尺等测量工具，分别在修复前、后检验获得变形量。

## 5 焊接修复工艺

### 5.1 预热

5.1.1 焊前预热应根据母材金属的焊接性、材料厚度、接头形式、结构特点、焊接材料类型、焊接工艺、焊接顺序、评定结果等因素综合确定。

5.1.2 根据容器的结构特点和接头形式可采用整体预热或局部预热方式，并参照 NB/T 25059 的相关要求执行。

5.1.3 容器常用钢材施焊的推荐预热温度可参见 NB/T 25059 附录 A，具体修复预热温度应不低于工艺评定制定的最低温度。

5.1.4 特殊条件下的预热温度选择应遵守以下原则：

- a) 异种钢焊接时，预热温度应按焊接性较差或合金成分含量较高一侧选择。
- b) 厚度相差较大的两构件相焊时，预热温度应按构件焊缝处公称厚度较大者选择。
- c) 非承压件与承压件焊接时，预热温度应按承压件的预热要求选择。
- d) 在 0℃ 以下低温焊接，所有规格、所有材料（奥氏体不锈钢材料除外）的焊接修复均需要预热，且宜比规定的预热温度提高 30℃～50℃。
- e) 要求焊前预热的构件，重新焊接时应再次预热。

5.1.5 预热宽度从焊接坡口边缘开始，宽度不小于母材金属厚度的 3 倍，且不小于 100mm。

5.1.6 温度检测方法：

- a) 预热过程应采用远红外、热电偶或其他合适的方法对温度进行检测。
- b) 热电偶应布置在距离坡口或焊缝边缘 15mm～20mm 处的母材金属上。

### 5.2 焊接修复工艺规范

5.2.1 容器修复焊接工艺规范应满足 DL/T 1118 的有关要求。

5.2.2 母材金属具有冷裂纹倾向的容器焊接修复宜选用偏大的焊接热输入量；具有热裂纹及再热裂纹倾向的容器焊接修复宜选用较小的焊接热输入量。焊接热输入量应与预热及道间温度匹配并综合考虑。

5.2.3 底层焊接宜选用直径为 2.5mm 或 3.2mm 的焊接材料且采用窄焊道，并保证焊透。

5.2.4 焊接操作宜采用多层多道、对称、短段、分段退焊等方法，必要时可采用锤击焊缝金属降低焊接残余应力。

5.2.5 盖面层宜在焊缝金属中部且未与母材金属熔合处焊接回火焊道。

5.2.6 需要在承压筒体上焊接临时性附件（包括支撑、工装等），其焊接技术要求与修复正常工艺相同，并在拆除附件后对焊接区域进行表面检测。

5.2.7 中、高合金钢（含奥氏体钢及双相不锈钢）剩余厚度不大于 10mm 范围内焊接修复时，内壁（背面）应充氩气或混合气体保护。焊接前应测试内部保护气含量达到技术规范要求。当容器内部容积较大时，可进行局部充气保护，其范围应保证保护范围内金属不被氧化。

5.2.8 焊接操作过程应及时清理焊道熔渣，发现焊道表面存在气孔、夹渣及裂纹等缺陷立即采用机械方法清除。焊接完成后应清理焊接区域金属表面的熔渣、飞溅等。

### 5.3 道间温度、后热及跟踪回火

#### 5.3.1 道间温度

5.3.1.1 焊前预热时，其道间温度不应低于规定的预热温度下限，且不高于 400℃，并应符合焊接工艺

评定规定的要求。

5.3.1.2 奥氏体不锈钢容器焊接修复时，道间温度不高于 150℃。

### 5.3.2 后热

5.3.2.1 对具有冷裂纹倾向及拘束度较大的容器焊接修复，当天焊接工作停止且不能及时进行焊后热处理时，应立即进行后热处理。

5.3.2.2 后热的温度宜为 300℃~350℃，保温时间宜为 1h~2h。承包单位的修复工艺中对后热处理的工艺规范有规定时，应按其工艺参数进行。

5.3.2.3 其他后热处理的要求可参照 NB/T 25059 的相关要求执行。

### 5.3.3 跟踪回火

5.3.3.1 跟踪回火工艺仅限于碳钢容器的焊接修复。

5.3.3.2 跟踪回火温度宜控制在 400℃~500℃，其道间温度宜控制在 350℃以下，次层回火焊道应完全覆盖上层焊缝金属。

5.3.3.3 采用跟踪回火工艺修复的焊缝可免做焊后热处理。

5.3.3.4 跟踪回火工艺规程应在独立的焊接工艺评定基础上编制。

## 5.4 焊后热处理

### 5.4.1 容器修复焊后热处理范围

5.4.1.1 壁厚大于 32mm 的碳素钢容器及附件。

5.4.1.2 壁厚大于 28mm 的 C-Mn 钢等容器。

5.4.1.3 壁厚大于 20mm 的 Mn-Mo-V 钢等容器。

5.4.1.4 其他经焊接工艺评定需进行焊后热处理的构件。

### 5.4.2 焊后热处理及其加热方式

5.4.2.1 根据容器的结构特点和焊接接头形式，容器焊接修复后可采用整体或局部的热处理方式，并可参照 NB/T 25059 的相关要求执行。

5.4.2.2 加热与保温方式符合以下要求：

- a) 容器的环纵缝、本体，以及大范围接管座角焊缝修复的焊后热处理宜优先采用内外壁同时加热方式，并参照 NB/T 25059 的相应规定执行。
- b) 温度控制热电偶设置应固定在修复焊缝金属表面中心。
- c) 焊后热处理保温宽度从修复焊缝边缘算起，每侧不应小于构件最大厚度侧壁厚的 5 倍，且每侧宽度比加热器宽度应增加不少于 100mm。焊后热处理保温层厚度应大于 80mm。
- d) 局部热处理时加热宽度应从焊缝边缘算起，每侧不应少于构件最大厚度侧壁厚的 3 倍，且不应少于 100mm，并应采取措施降低周向和径向温差。

### 5.4.3 构件焊后热处理有效厚度

5.4.3.1 保温时间宜按构件焊后热处理有效厚度 ( $\delta_{PWHT}$ ) 计算，具体规定如下：

- a) 对接接头按焊缝横截面上的厚度（余高不计）计算。
- b) 角接接头的有效厚度  $\delta_{PWHT}$  可按焊脚尺寸  $K$  计算：
  - 1)  $K < 5\text{mm}$  时， $\delta_{PWHT} = 3K + 5$  (mm)。
  - 2)  $K = 5\text{mm} \sim 10\text{mm}$  时， $\delta_{PWHT} = 2K + 10$  (mm)。

- 3)  $K > 10\text{mm}$  时,  $\delta_{\text{PWHT}} = K + 20$  (mm)。
- c) 组合焊缝为对接焊缝厚度与角焊缝厚度中的较大者。
- 5.4.3.2 不等厚焊接接头的焊后热处理有效厚度的选取如下:
- a) 在壳体上焊接修复管板、平封头、盖板、凸缘或法兰时, 取壳体厚度。
- b) 接管、人孔与壳体组焊焊缝修复时, 在接管颈部、壳体、封头、补强板和连接角焊缝厚度中取其较大者。
- c) 接管与高颈法兰焊缝修复时取管颈厚度。
- d) 管子与管板焊缝修复时取其焊缝厚度。

5.4.4 保温温度和时间选取原则

5.4.4.1 容器常用钢材焊后热处理规范的保温温度及保温时间见表 2。

表 2 焊后热处理的保温温度及保温时间

钢 种 (举例钢号)	保温温度 ℃	构件焊后热处理有效厚度 $\delta_{\text{PWHT}}$ mm						
		≤12.5	12.5~25	25~37.5	37.5~50	50~75	75~100	100~125
		保 温 时 间 $t$ h						
C≤0.35% C-Mn	600~650	—	—	1.5	2	2.25	2.5	2.75
0.5Cr-0.5Mo	650~700	0.5	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75
1Cr-0.5Mo	670~700	0.5	1	1.5	2	2.25	2.5	2.75
1Cr-0.5Mo-V 1.25Cr-1Mo-V 1.75Cr-0.5Mo-V	720~750	0.5	1	1.5	2	3	4	5
2.25Cr-1Mo	720~750	0.5	1	1.5	2	3	4	5
2Cr-0.5Mo-V-W 3Cr-1Mo-V-Ti	750~780	0.75	1.25	1.75	2.25	3.25	4.25	5.25
5Cr-1Mo、Cr13		1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	—

- 5.4.4.2 调质（或正火+高温回火）状态下的钢材，其焊后热处理保温温度应低于调质处理时的回火温度。
- 5.4.4.3 铁素体类不同等级合金钢焊接接头，焊后热处理保温温度应根据母材、焊接材料及焊接工艺评定选择，并按合金含量及强度较高钢种下限、合金含量及强度较低钢种上限的保温温度选取。
- 5.4.4.4 非承压构件与承压构件的焊接接头，应按承压构件选取焊后热处理的保温温度和时间。
- 5.4.4.5 碳素钢、低合金高强钢焊后热处理选择保温温度低于表 2 规定的温度下限值时，最短保温时间见表 3。

表 3 焊后热处理温度低于规定值的保温时间

比规定温度范围下限值降低的温度 ℃	降低温度后的最短保温时间 <sup>a</sup> h
25	2
55	4
80	10 <sup>b</sup>
110	20 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> 最短保温时间适用于焊后热处理壁厚不大于 25mm 的构件，当焊后热处理厚度大于 25mm 时，厚度每增加 25mm，最短保温时间则应增加 15min。

<sup>b</sup> 仅适用于碳素钢和 Q345 钢。

5.4.4.6 异种钢焊接接头的焊后热处理保温温度可参照 DL/T 1118、DL/T 752、NB/T 25059 及 GB/T 30583 的相关规定执行。

5.4.4.7 其他容器焊后热处理规范要求可参考 NB/T 25059 及 GB/T 30583 的相关规定执行。

5.4.5 加热和冷却速度

5.4.5.1 在 300℃以上的加热或冷却速度不宜超过  $(5550/\delta_{\text{PWH}})$  °C/h，最大不超过 220°C/h，当升降温速度计算结果小于 55°C/h 时，应按 55°C/h 控制。其他可参照 NB/T 25059 及 GB/T 30583 的相关规定执行。

5.4.5.2 降温至 300℃以下时可不控制降温速度，但应保持焊接构件保温完整，直至 100℃以下；不应在容器内部使用流动空气冷却。

6 焊接修复质量检测

6.1 目视检测

6.1.1 修复焊接接头检测前，修复区域表面宜修磨处理，使其外观形状与原焊缝金属基本一致并与母材金属圆滑过渡。目视检查不合格的焊接接头，不得进行其他方法的无损检验。

6.1.2 焊接接头目视检查合格标准见表 4。

表 4 焊接接头目视检查合格标准

单位：mm

检验项目	检验标准				
	$\delta \leq 2.9$	$2.9 < \delta \leq 4.5$	$4.5 < \delta \leq 6.3$	$6.3 < \delta \leq 20$	$\delta > 20$
余高	1~2		1~3		
错边	$D \leq 100$		$100 < D \leq 300$	$D > 300$	
	$\leq 0.8$		$\leq 1.0$		
咬边 (不要求打磨)	咬边深度小于或等于 0.5mm，咬边连续长度小于或等于 100mm，焊缝两侧咬边总长小于或等于焊缝长度的 10% <sup>a</sup>				
咬边（要求打磨）	不允许				
根部凸出	$D < 12$	$12 \leq D < 25$	$25 \leq D < 50$	$50 \leq D < 100$	$D \geq 100$
	$\leq 1.0$	$\leq 1.5$	$\leq 2.0$		
根部凹陷	$\leq 0.8$	$\leq 1.2$	$\leq 1.2$	$\leq 1.5$	$\leq 1.5$
气孔、夹渣	不允许				
裂纹、未熔合、 根部未焊透	不允许				

注  $\delta$  为检验焊件厚度， $D$  为管道外径。

<sup>a</sup> 以下容器的焊缝表面不得有咬边：

1) 标准抗拉强度下限值  $R_m \geq 540\text{MPa}$  低合金钢材制造的容器；

2) Cr-Mo 低合金钢制造的容器；

3) 不锈钢材料制造的容器；

4) 承受循环载荷的容器；

5) 有应力腐蚀的容器；

6) 低温容器；

7) 焊接接头系数  $\phi$  为 1.0 的容器（用无缝钢管制造的容器除外）。

## 6.2 无损检测

### 6.2.1 检测方法和要求

6.2.1.1 焊接接头表面或近表面缺陷应优先采用磁粉检测方法，但奥氏体钢和非、弱铁磁性材料的焊接接头应采用渗透检测方法。

6.2.1.2 焊接接头内部缺陷宜选用射线或超声波检测方法。

6.2.1.3 母材具有延迟裂纹或再热裂纹倾向的容器，无损检测应在焊后热处理完成 24h 后进行。

6.2.1.4 现场焊接接头的理化试验可选用硬度测试、金相检测等方法。

### 6.2.2 硬度检测

容器修复焊后热处理的焊接接头硬度检测，应按工艺要求并宜冷却至室温条件下进行。具体要求可参照 DL/T 118、NB/T 25059 的相关规定执行。

### 6.2.3 无损检测

#### 6.2.3.1 检测方法选用原则：

- a) 铁素体钢焊接接头表面检测宜采用磁粉/渗透探伤（优先选用磁粉探伤），内部质量采用射线探伤或超声波探伤。
- b) 奥氏体钢和非、弱铁磁性材料焊接接头宜采用渗透检验和射线探伤。
- c) 采用两种或以上方法检测同一焊接接头时，应按各自的合格标准判定。

#### 6.2.3.2 执行标准及质量要求如下：

- a) 焊接接头无损检测可按照 NB/T 47013 的相关检测规定执行。
- b) 质量要求应符合容器的设计、制造和安装标准。
- c) 按本标准 4.2.4 的要求进行安全评定合格后，修复未合格的焊接接头可不重新处理。

### 6.2.4 微观金相检测

#### 6.2.4.1 检测方法

当合同或设计文件规定或验证需要时，应进行焊接修复金相检测。现场焊接修复金相检测试样制备、复膜要求等符合 DL/T 884 的规定。金相照片放大倍数宜不低于 200 倍。

#### 6.2.4.2 合格标准

微观金相检测的合格标准符合下述要求：

- a) 无裂纹、无过烧组织等非正常组织，高合金钢无网状析出物和网状组织。
- b) 金相组织符合相应技术条件规定的要求。

### 6.2.5 焊接残余应力测试

工艺文件要求容器修复后进行焊接残余应力测试时应按其要求执行，并可参见 DL/T 734 的相应规定。

## 7 缺陷重新补焊修复

### 7.1 重新补焊修复程序

7.1.1 焊接修复完成的容器经外观或无损检测确认存在超标缺陷时，应分析原因、评估确定需要重新



补焊修复的必要性和可行性。

7.1.2 确认为必须重新修复处理的超标缺陷，当表面或近表面缺陷深度未超过设备构件的最小设计壁厚时，可采用机械修磨方法消除缺陷并圆滑过渡；当缺陷清除后剩余壁厚小于容器的最小设计壁厚时，应按原工艺或优化的焊接工艺重新补焊修复。

## 7.2 重新补焊修复频次

碳素钢及低合金钢同一缺陷位置补焊修复次数不宜超过 3 次，中、高合金钢补焊修复不宜超过 2 次；超出规定补焊频次，应由技术部门进行技术和安全评估。

## 8 焊接修复技术资料

### 8.1 焊接技术资料编制

焊接技术资料由承包商焊接技术人员负责编制，其他各类焊接人员应积极配合。

### 8.2 资料移交及内容

承包商应向业主移交的技术资料，由业主和承包商协商一致后执行或按以下内容移交：

- a) 焊接材料质量证件。
  - b) 焊工、热处理工及检验人员资格证书复印件。
  - c) 焊接工艺评定项目目录及应用范围一览表。
  - d) 焊接修复施工技术方案。
  - e) 容器焊接记录、热处理记录、焊后检验报告及射线检验底片、焊接修复构件记录单。
  - f) 已关闭的质量计划及相应记录文件。
-

中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
核电厂常规压力容器焊接修复技术规程  
NB/T 25056 — 2016

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京传奇佳彩印刷有限公司印刷

\*

2016年7月第一版 2016年7月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 0.75印张 22千字  
印数 001—200册

\*

统一书号 155123·3438 定价 9.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究  
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3438