

# 中华人民共和国能源行业标准

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

**Alternative welding code for mechanical components of PWR nuclear islands  
Part 5: Examination of production welds**

2017-04-01 发布

2017-10-01 实施

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 检验的通用要求 ..... 2

    4.1 人员资格 ..... 2

    4.2 无损检测方法 ..... 2

    4.3 无损检测规程 ..... 2

    4.4 检测时机 ..... 2

    4.5 待焊坡口的表面检测 ..... 3

    4.6 焊缝和相邻母材的检测 ..... 3

    4.7 按 2 级部件另一设计规则设计的容器上开孔的检测 ..... 3

    4.8 检测后的清洗 ..... 4

5 无损检测项目和比例 ..... 4

    5.1 容器的 A 类焊接接头以及管道、泵和阀门上的纵向焊接接头 ..... 4

    5.2 容器的 B 类焊接接头以及管道、泵和阀门上的环向焊接接头 ..... 5

    5.3 容器的 C 类焊接接头和其他部件上类似的焊接接头 ..... 6

    5.4 容器的 D 类焊接接头以及其他部件上类似接头 ..... 8

    5.5 按 2 级部件另一设计规则设计的容器焊缝的检测 ..... 9

    5.6 其他角焊缝、部分焊透接头、插套焊接接头和附件焊接接头 ..... 10

    5.7 特殊的焊接接头 ..... 11

    5.8 贮罐上的焊接接头 ..... 11

    5.9 支承件焊接接头 ..... 14

    5.10 1 级部件的役前检查 ..... 15

6 无损检测验收标准 ..... 16

    6.1 射线检测 ..... 16

    6.2 超声波检测 ..... 18

    6.3 磁粉检测 ..... 19

    6.4 渗透检测 ..... 19

    6.5 目视检测 ..... 20

    6.6 气泡检测 ..... 20

7 1、2 级容器的最终检测 ..... 21

    7.1 1 级容器水压试验后的检测 ..... 21

    7.2 2 级部件压力试验后的检测 ..... 21

|      |                         |    |
|------|-------------------------|----|
| 8    | 3 级部件的抽样射线检测 .....      | 21 |
| 8.1  | 通用要求 .....              | 21 |
| 8.2  | 抽样射线检测的最小范围 .....       | 21 |
| 8.3  | 抽样射线检测方法 .....          | 21 |
| 9    | 膨胀节的检测要求 .....          | 21 |
| 10   | 产品焊接见证件 .....           | 22 |
| 10.1 | 总则 .....                | 22 |
| 10.2 | 见证件的数量 .....            | 22 |
| 10.3 | 产品焊接见证件的焊接 .....        | 23 |
| 10.4 | 检验 .....                | 23 |
| 10.5 | 试验 .....                | 23 |
| 10.6 | 异种金属焊接接头化学分析的特殊情况 ..... | 24 |
| 10.7 | 见证件报告 .....             | 25 |
| 附录 A | (规范性附录) 焊接接头分类 .....    | 26 |

## 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5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5000章，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：中广核工程有限公司、中国核电工程公司、上海核工程研究设计院、中国核动力研究设计院、中国第一重型机械集团公司、上海电气核电设备有限公司、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

本部分主要起草人：邱振生、陈航、郭利峰、王宇欣、梅乐、李长香、刘振忠、张茂龙、孙志强、杨小杰。



# 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

## 1 范围

本部分规定了压水堆核电厂核岛机械设备制造、安装过程中的焊接坡口、完工焊缝的无损检测项目、比例、方法和验收标准，以及产品焊接见证件设置及检验，制造厂产品役前检查等要求。

本部分适用于压水堆核电厂核岛机械设备的焊接检验。

## 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 3375 焊接术语

GB/T 5185 焊接及相关工艺方法代号

GB/T 19866 焊接工艺规程及评定的一般原则

NB/T 20002.3 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第3部分：焊接工艺评定

NB/T 20002.6 压水堆核电厂核岛机械设备焊接规范 第6部分：产品焊接

NB/T 20003.7 核电厂核岛机械设备无损检测 第7部分：目视检测

NB/T 20003.8 核电厂核岛机械设备无损检测 第8部分：泄漏检测

NB/T 20328.2 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第2部分：超声检测

NB/T 20328.3 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第3部分：射线检测

NB/T 20328.4 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第4部分：渗透检测

NB/T 20328.5 核电厂核岛机械设备无损检测另一规范 第5部分：磁粉检测

NB/T 20450.3 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 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

HAF 602 民用核安全设备无损检验人员资格管理规定

## 3 术语和定义

GB/T 3375、GB/T 5185和GB/T 19866界定的及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**线性显示 linear indication**

长度大于3倍宽度的显示。

### 3.2

**圆形显示 rounded indication**

圆形或长度等于或小于3倍宽度的椭圆形显示。

### 3.3

**主要构件 primary members**

在任何假想载荷条件下承受载荷的支承件构件。

### 3.4

#### 次要构件 secondary members

用于保持主要构件系统几何形状的构件，且在任何受载情况下其应力水平不超过许用应力的50%。

## 4 检验的通用要求

### 4.1 人员资格

从事无损检测的人员应按HAF 602要求通过培训、考核，并取得相应资格。

从事破坏性检验的人员应经过相应培训、考核。

### 4.2 无损检测方法

#### 4.2.1 建造期间的无损检测方法

超声检测、射线检测、渗透检测、磁粉检测应分别符合NB/T 20328.2、NB/T 20328.3、NB/T 20328.4、NB/T 20328.5的规定。

目视检测、泄漏检测应分别符合NB/T 20003.7和NB/T 20003.8的规定。

#### 4.2.2 役前检查的无损检测方法

超声波检测应符合役前检查对于相应检查方法的规定，包括有关验证的要求。

渗透检测和磁粉检测应分别符合NB/T 20328.4和NB/T 20328.5的规定。

### 4.3 无损检测规程

凡按本规范要求进行的所有无损检测，都应按认可的详细书面规程实施。所用的规程应符合NB/T 20328或NB/T 20003相应各章对特定检测方法的规定，包括对于规程验证的规定。当监督人员需要时，应能获得书面规程，以及规程验证和检测人员考核的记录文件。所有无损检测相关人员应持有至少一份检测规程，以便工作中使用。

### 4.4 检测时机

在制造和安装过程中，按第4章要求进行的焊缝和堆焊层无损检测的检测时机应符合以下规定：

- a) 如有焊后热处理要求，除下列 1)和 2)规定的情况外，焊缝的射线检测应在中间焊后热处理<sup>1)</sup>或最终焊后热处理后进行：
  - 1) P-No.1 材料的管道、泵和阀门上的焊缝，MC 级容器（即钢制安全壳容器）以及支承件，其射线检测可以在任何要求的焊后热处理之前进行；
  - 2) P-No.1 材料容器上的焊缝和 P-No.3 材料部件（包括容器、管道、泵和阀门）上的焊缝，如果在中间焊后热处理或最终焊后热处理后要进行超声检测，其射线检测可以在中间焊后热处理或最终焊后热处理之前进行。
- b) 对于磁粉检测和渗透检测，除下列情况外，应在任何要求的焊后热处理之后进行：
  - 1) P-No.1 材料的焊缝可在焊后热处理之前或之后进行；
  - 2) 对于按 5.4.1.5 规定进行的分层磁粉检测或渗透检测可在焊后热处理之前进行；
  - 3) 4.4.d)所规定的情况；
  - 4) 对于水压试验后的检测，按第 7 章的规定执行。

---

1) 此处的中间焊后热处理的保温温度应不低于最终焊后热处理规定的保温温度的下限。



- c) 所有异种金属的焊接接头，如连接奥氏体不锈钢或镍基材料和铁素体材料的焊接接头，或者使用奥氏体不锈钢或镍基合金填充金属连接铁素体材料，应在最终焊后热处理之后进行检测；
- d) 对于后续被堆焊层覆盖的焊缝表面，其磁粉检测或渗透检测应在堆焊之前进行。对于焊后热处理以后不可达的焊缝表面，其磁粉检测或渗透检测应在造成不可达的工序之前进行，这些检测可在焊后热处理之前进行；
- e) 对于1级部件，除P-No.1、3和11母材的堆焊层检测可在中间焊后热处理<sup>1)</sup>或最终焊后热处理之前或之后进行外，堆焊层检测应在中间焊后热处理<sup>1)</sup>或最终焊后热处理之后进行；
- f) 对于1级部件，对于奥氏体不锈钢或非铁素体材料的焊接接头，如果有中间或最终焊后热处理，则应在热处理之后进行渗透检测。该要求对于管子-管板焊接接头不适用；
- g) 容器的役前体积性检测应符合7.1的要求。

#### 4.5 待焊坡口的表面检测

对于1级、2级和MC级部件的所有A、B、C和D类（定义见附录A）或者类似的全焊透焊接接头，若母材厚度大于或等于50 mm，其待焊坡口表面应采用磁粉检测或渗透检测，验收标准如下：

- a) 仅主要尺寸大于1.5 mm的显示才作为相关显示；
- b) 长度不超过25 mm的分层可不加返修接受；长度超过25 mm的分层应进行超声检测以确定其范围；长度超过25 mm的分层应进行焊接返修，除非超声检测发现为满足该母材的超声检测要求而需要更深的补焊深度，补焊深度应为10 mm或缺陷深度两者中的较小值；
- c) 下面1)~3)的非分层显示是不合格的：
  - 1) 长度大于5 mm的线性显示；
  - 2) 尺寸大于5 mm的圆形显示；
  - 3) 在一条直线上有4个或4个以上显示，且显示边缘间距小于或等于1.5 mm。

对于A、B、C、D类或类似接头的待焊坡口的焊接返修区，应在其不可达前进行磁粉检测或渗透检测，检测可在焊后热处理之前或之后进行。

对于待堆焊表面，应进行磁粉检测，对磁粉检测无法实施的部位经设计批准可选用渗透检测，其验收标准与母材相同。

#### 4.6 焊缝和相邻母材的检测

按第5章要求对A、B、C、D类焊接接头和1级管道、泵及阀门中类似的焊接接头作表面检测时，检测范围应包括焊缝的外表面和可接近的内表面，以及焊缝两侧至少13 mm范围内相邻的母材。

焊缝验收标准应符合本章规定，检测范围内的母材区域应符合母材的验收标准。

#### 4.7 按2级部件另一设计规则设计的容器上开孔的检测

对2级部件中，接管与容器壁采用全焊透焊缝连接的，如图1所示，容器壁上径向布置的开孔表面进行磁粉检测或渗透检测，应按4.5的要求验收。

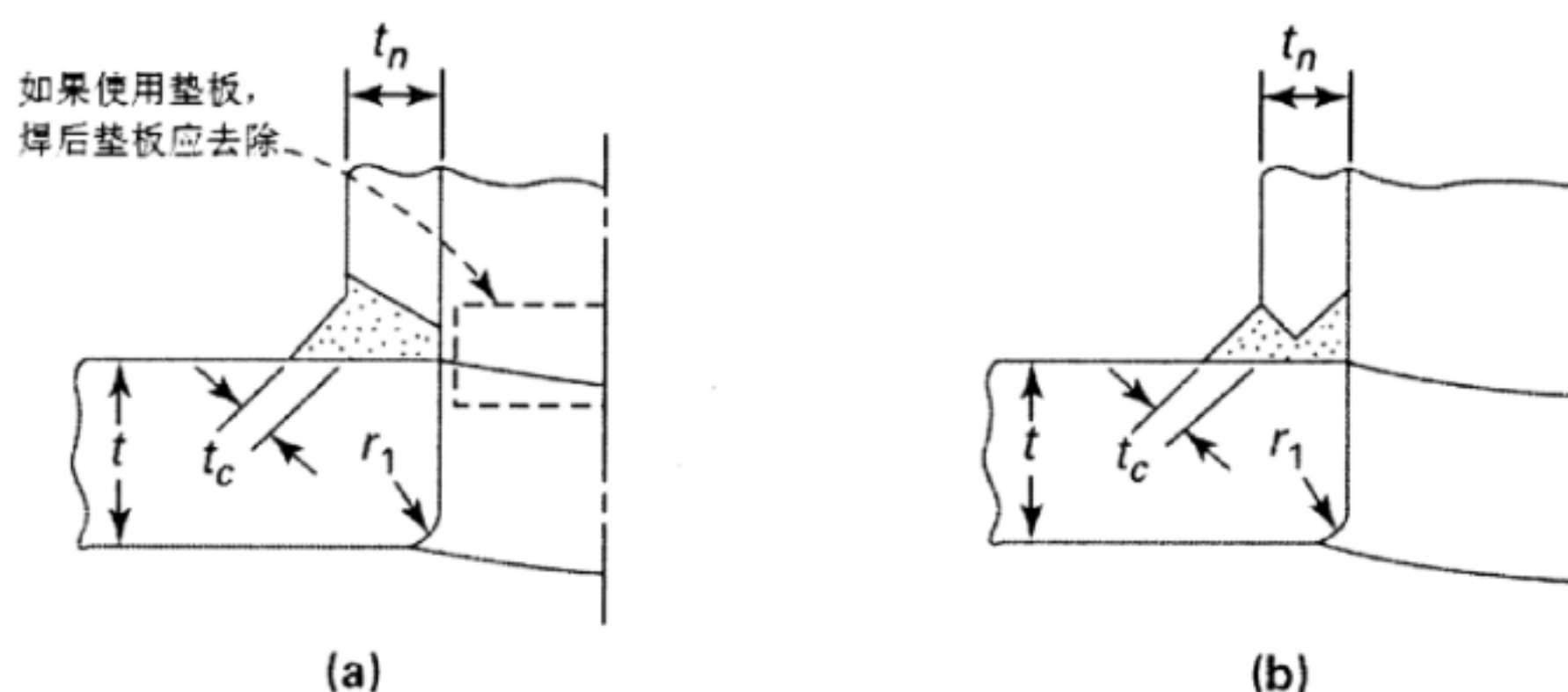


图1 全焊透焊缝连接的接管

#### 4.8 检测后的清洗

如在被检工件上施加了检测材料，在检测之后应依据规程将被检工件清洗干净。

### 5 无损检测项目和比例

#### 5.1 容器的 A 类焊接接头以及管道、泵和阀门上的纵向焊接接头

##### 5.1.1 1 级部件

应进行100%体积检测（该检测通常要求为射线检测），以及渗透检测或磁粉检测。

##### 5.1.2 2 级部件

###### 5.1.2.1 容器

当被焊母材至少有一个厚度大于5 mm时，应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

当被焊母材厚度均小于或等于5 mm时，进行100%射线检测，也可使用磁粉检测或渗透检测代替射线检测。

###### 5.1.2.2 管道、泵和阀门

纵向对接接头应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

##### 5.1.3 3 级部件

###### 5.1.3.1 容器

###### 5.1.3.1.1 通用要求

5.1.3.1.1.1 在下列情况下，应对 A 类焊接接头进行 100%射线检测：

- 厚度超过 5.1.3.1.2 的限值；
- 使用的焊接接头系数要求进行 100%射线检测；
- 与需要进行 100%射线检测的容器壳体或封头连接的管嘴或连通室上的对接接头。

注：连通室是与容器的筒体或封头直接连接的附件，并作为整个承压边界的一部分，如疏水管。

- 5.1.3.1.1.2 对于上述 5.1.3.1.1.1 以外的焊接接头，除下述 5.1.3.1.1.3 的情况外，应按 8.3 的要求进行抽样射线检测。使用的焊接接头系数要求进行抽样射线检测时，需进行抽样射线检测。
- 5.1.3.1.1.3 当容器或零件按照仅承受外压设计，或设计时选用了不要求射线检测的焊接接头系数，不要求进行射线检测。

5.1.3.1.2 铁基材料

当对接接头被焊母材至少有一个厚度超过表1的厚度限值时，应进行100%射线检测。

表1 3 级容器对接焊接接头需进行 100%射线检测的厚度界限

| P-No | 名义厚度, mm |
|------|----------|
| 1    | 32       |
| 3    | 19       |
| 4    | 16       |
| 5    | 0        |
| 7    | 16       |
| 8    | 38       |
| 10   | 16       |
| 11   | 16       |

5.1.3.2 管道、泵和阀门

公称直径大于2" (DN 50) 的管道的纵向焊接接头、公称直径大于2" (DN 50)泵和阀门的承压零件的纵向焊接接头应按照原材料制品的检查要求进行无损检测。

5.1.4 MC 级部件

应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

5.2 容器的 B 类焊接接头以及管道、泵和阀门上的环向焊接接头

5.2.1 1 级部件

5.2.1.1 容器

应进行100%体积检测（该检测通常要求为射线检测），以及渗透检测或磁粉检测。

5.2.1.2 管道、泵和阀门的环向焊接接头

对接焊接头应进行100%体积检测（该检测通常要求为射线检测），以及渗透检测或磁粉检测。  
角焊缝和部分焊透接头，应进行渗透检测或磁粉检测。  
对符合NB/T 20450.4中7.2.12的仪表管对接接头，应进行渗透检测。

5.2.2 2 级部件

5.2.2.1 容器

当被焊母材至少有一个厚度大于5 mm时，应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。  
当被焊母材厚度均小于或等于5 mm时，进行100%射线检测，也可使用磁粉检测或渗透检测代替射线检测。

5.2.2.2 管道、泵和阀门

对接焊接头应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。



角焊缝和部分焊透焊接接头应进行磁粉检测或渗透检测。

对符合NB/T 20450.4中7.2.12的仪表管对接接头，应进行渗透检测。

### 5.2.3 3级部件

#### 5.2.3.1 容器

5.2.3.1.1 在下列情况下，应对B类焊接接头进行100%射线检测：

- a) 厚度超过5.1.3.1.2的限值；
- b) 除下述5.2.3.1.2的情况外，采用100%射线检测情况下的焊接接头系数的焊接接头；
- c) 与需要进行100%射线检测的容器壳体或封头连接的管嘴或连通室上的对接接头，且管嘴或连通室的公称直径超过10" (DN 250) 或壁厚超过29 mm。

5.2.3.1.2 对于采用100%射线检测情况下焊接接头系数的焊接接头，如其厚度和位置按5.2.3.1.1的规定不要求进行100%射线检测，则应进行部分射线检测。部分射线检测应包括在各个焊接接头随机选取至少150 mm的长度，加上其与A类焊接接头或类似焊接接头交叉处的检测。验收标准应符合6.1.1的规定。

5.2.3.1.3 对于上述5.2.3.1.1和5.2.3.1.2以外的焊接接头，除下述5.2.3.1.4的情况外，应进行抽样射线检测。使用的焊接接头系数要求进行抽样射线检测时，需进行抽样射线检测。

5.2.3.1.4 当容器或零件按照仅承受外压设计，或设计时选用了不要求射线检测的焊接接头系数，不要求进行射线检测。

5.2.3.1.5 应满足5.1.3.1.2的要求。

#### 5.2.3.2 3级管道、泵和阀门

公称直径大于2" (DN 50) 的管道、泵和阀门的环向焊接接头应进行磁粉检测、渗透检测或射线检测，验收标准应符合第6章的规定。

### 5.2.4 MC级部件

对接接头应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。同时允许使用符合5.7.6规定的替代方式。

插套焊缝应进行磁粉检测或渗透检测。

### 5.3 容器的C类焊接接头和其他部件上类似的焊接接头

#### 5.3.1 1级部件

全焊透对接接头应进行100%体积检测（该检测通常要求为射线检测），以及渗透或磁粉检测。

全焊透角接头应进行超声检测或射线检测，以及渗透或磁粉检测。

对于接头形式为图2的全焊透角接头，还应对熔合区以及下方的母材进行超声检测，以验证没有未熔合和层状撕裂。

部分焊透接头和角焊缝应对所有可达表面进行磁粉检测或渗透检测。



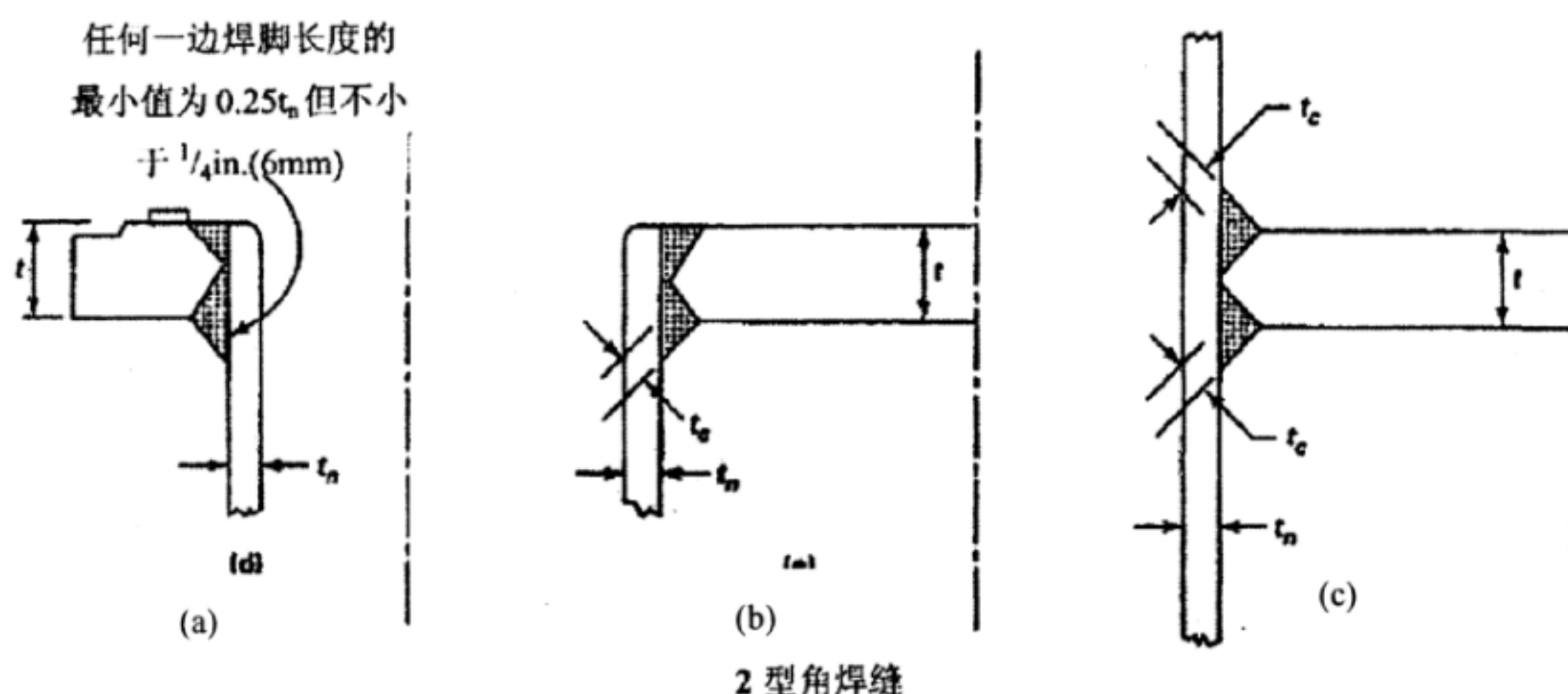


图2 C类焊接接头允许的全焊透角接头

### 5.3.2 2级部件

对于全焊透对接接头，当被焊母材至少有一个厚度大于5 mm时，应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

对于全焊透角接头，当被焊母材至少有一个厚度大于5 mm时，应进行100%超声检测或射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

当被焊母材厚度均小于或等于5 mm时，可使用磁粉检测或渗透检测代替射线检测或超声检测。

部分焊透接头和角焊缝应对所有可达表面进行磁粉检测或渗透检测。

### 5.3.3 3级部件

#### 5.3.3.1 3级容器

5.3.3.1.1 下列情况下，应对C类全焊透焊接接头进行100%射线检测：

- 厚度超过5.1.3.1.2的限值；
- 与需要进行100%射线检测的容器壳体或封头连接的管嘴或连通室上的对接接头，且管嘴或连通室的公称直径超过10" (DN 250) 或壁厚超过29 mm。

5.3.3.1.2 采用100%射线检测情况下的焊接接头系数，但其厚度和位置不要求进行100%射线检测的对接接头，应按5.2.3.1.2的规定执行。

5.3.3.1.3 对于上述5.3.3.1.1以外的焊接接头，除下述5.3.3.1.4的情况外，应进行抽样射线检测。当对接接头使用的焊接接头系数要求进行抽样射线检测时，需进行抽样射线检测。

5.3.3.1.4 当容器或零件按照仅承受外压设计，或设计时选用了不要求射线检测的焊接接头系数，或当接头不是对接焊接头时，不要求进行射线检测。

#### 5.3.3.2 3级管道、泵和阀门

接头检测要求同5.2.3.2。

### 5.3.4 MC级部件

对接接头应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

非对接接头应该满足如下规定：

- a) 应进行超声检测、磁粉检测或渗透检测;
- b) 当承压零件与厚度大于 13 mm 的板组成全焊透角接接头时, 该板与焊缝相邻的所有制备表面, 包括坡口面, 都应在焊接前进行磁粉检测或渗透检测。焊接完成后, 对于未被焊缝覆盖的上述表面应再次检测。

#### 5.4 容器的 D 类焊接接头以及其他部件上类似接头

##### 5.4.1 1 级部件

###### 5.4.1.1 通用要求

应按下列规定进行检测。

###### 5.4.1.2 全焊透对接接头的管嘴、支管和管道连接件

应进行100%射线检测, 以及渗透检测或磁粉检测。

###### 5.4.1.3 全焊透角接接头的管嘴、支管和管道连接件

对于容器上的全焊透角接接头的管嘴, 应进行超声检测或射线检测, 以及渗透或磁粉检测。若采用射线检测, 还应在焊后对其熔合区和下方的母材进行超声检测, 以验证没有未熔合和层状撕裂。

对于管道、泵和阀门上公称直径超过4" (DN 100) 的支管和管道连接件的全焊透角接接头, 应进行超声检测或射线检测, 以及渗透或磁粉检测。

对于管道、泵和阀门上公称直径小于或等于4" (DN 100) 的支管和管道连接件的全焊透角接接头, 应进行磁粉检测或渗透检测。

###### 5.4.1.4 管嘴、支管和管道连接件的同质堆焊层

同质堆焊后, 应对同质堆焊层、熔合区以及下方的母材进行超声检测, 以验证没有未熔合和层状撕裂。随后, 管嘴、支管和管道连接件可与同质堆焊层使用全焊透接头连接, 对该全焊透接头应进行超声检测或射线检测, 以及渗透或磁粉检测。

对于管道、泵和阀门上公称直径小于或等于4" (DN 100)的支管和管道连接件的全焊透接头, 其检测应按5.4.1.3的规定。

###### 5.4.1.5 角焊缝和部分焊透焊接接头

应进行分层的磁粉检测或渗透检测。检测的层间厚度为沿中心线测量的焊缝最大尺寸的一半或 13 mm两者中的较小值。完成焊接后, 还应采用上述两种方法之一进行检测。

###### 5.4.1.6 斜接的全焊透管嘴、支管和管道连接件

检测应按5.4.1.3的规定。

##### 5.4.2 2 级部件

###### 5.4.2.1 容器

对于全焊透对接接头, 当被焊母材至少有一个厚度大于5 mm时, 应进行100%射线检测, 以及渗透检测或磁粉检测。

对于全焊透角接头, 当被焊母材至少有一个厚度大于5 mm时, 应进行100%超声检测或射线检测, 以及渗透检测或磁粉检测。

当被焊母材厚度均小于或等于5 mm时,可使用磁粉检测或渗透检测代替射线检测或超声检测。  
部分焊透接头和角焊缝应对所有可达表面进行磁粉检测或渗透检测。

#### 5.4.2.2 管道、泵和阀门上的焊接支管和接管

公称直径大于4" (DN 100) 的焊接支管和接管焊接接头应进行100%射线检测,以及渗透检测或磁粉检测。

公称直径小于或等于4" (DN 100)的焊接支管和接管的焊接接头,应对其外表面和可达的内表面进行磁粉检测或渗透检测。

#### 5.4.3 3级部件

##### 5.4.3.1 容器

5.4.3.1.1 应对位于下列部位的D类全焊透对接接头进行100%射线检测:

- a) 位于焊接接头系数按100%射线检测选择的容器或零件上;
- b) 位于与需要进行100%射线检测的容器壳体或封头连接的管嘴或连通室上。

5.4.3.1.2 对于上述5.4.3.1.1以外的焊接接头,除下述5.4.3.1.3的情况外,应进行抽样射线检测。

5.4.3.1.3 当容器或零件按照仅承受外压设计,或设计时选用了不要求射线检测的焊接接头系数,或当接头不是对接焊接头时,不要求进行射线检测。

##### 5.4.3.2 管道、泵和阀门

检测按5.2.3.2的规定。

#### 5.4.4 MC级部件

##### 5.4.4.1 对接接头

对接接头应进行100%射线检测,以及渗透检测或磁粉检测。

##### 5.4.4.2 非对接焊接头

非对接焊接头应进行超声检测,以及磁粉检测或渗透检测。与容器外壁连接的加强板上的焊缝,应进行气泡泄漏试验,试验压力至少为100 kPa(表压)。

##### 5.4.4.3 开孔和接管的同质堆焊层

同质堆焊后,应对同质堆焊层、熔合区以及下方的母材进行超声检测,以验证没有未熔合和层状撕裂。随后,开孔结构或接管可与同质堆焊层使用全焊透接头连接,对该全焊透接头的检测要求按5.4.4.1的规定。

#### 5.5 按2级部件另一设计规则设计的容器焊缝的检测

##### 5.5.1 A类焊接接头

应进行100%射线检测,以及渗透检测或磁粉检测。

##### 5.5.2 B类焊接接头

应进行100%射线检测,以及渗透检测或磁粉检测。

##### 5.5.3 C类焊接接头



全焊透对接接头应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

全焊透角接接头应进行100%超声检测或射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

对于图3所示的角接头结构，除了尺寸 $b$ 等于或大于 $t_s$ 以外，无支撑的平封头在焊接前应进行100%的超声检测，封头中应无分层。

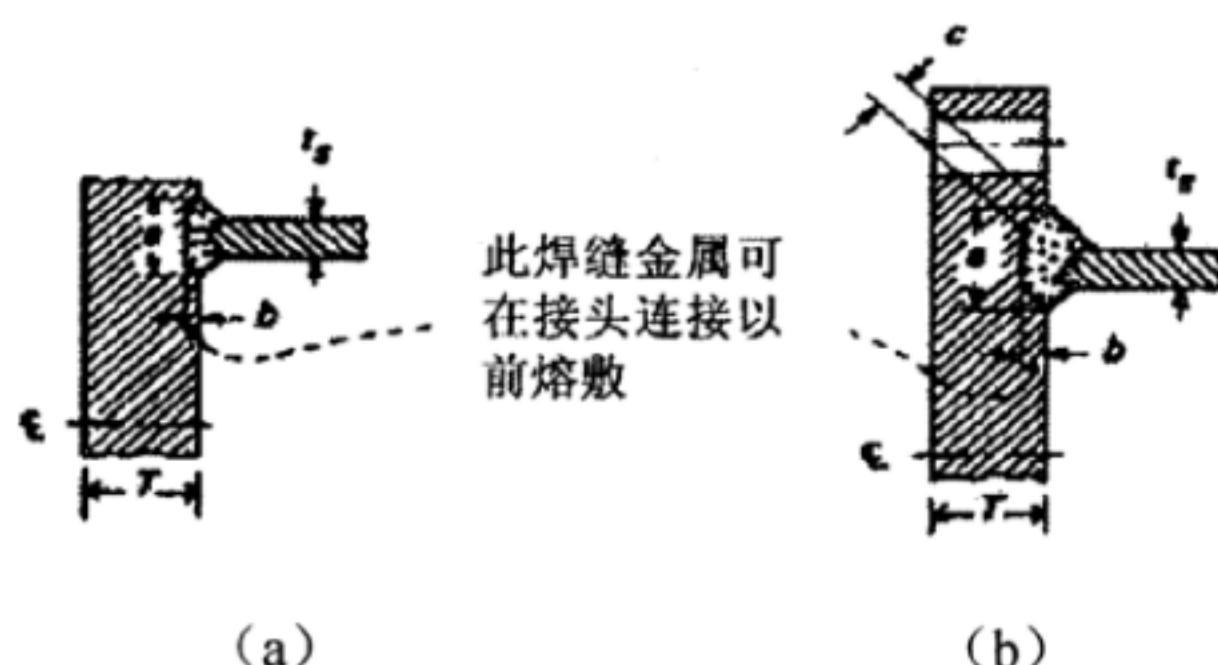


图3 全焊透角接接头

#### 5.5.4 D 类焊接接头

全焊透对接焊接接头应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

全焊透角接接头应进行100%超声检测或射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。

部分焊透接头或角焊缝应对所有可达表面进行渗透或磁粉检测。

#### 5.5.5 按2级部件另一设计规则设计的容器的其他焊接接头

5.6、5.7和7.1中关于2级部件的要求也适用于按2级部件另一设计规则设计的容器。

#### 5.6 其他角焊缝、部分焊透接头、插套焊接接头和附件焊接接头

##### 5.6.1 1级和2级部件的角焊缝、部分焊透接头和插套焊接接头

除了非结构附件外的角焊缝、部分焊透接头，以及插套焊接接头应进行磁粉或渗透检测。

##### 5.6.2 1级和2级部件的结构附件焊接接头

承压材料上结构附件的焊接接头应进行磁粉或渗透检测。

##### 5.6.3 3级部件焊接的支承螺栓结构

焊接的支承螺栓不需要射线检测。当焊接支撑用于支承夹套式容器时，应在焊接外封板之前对内部其焊缝进行目视检测。

#### 5.6.4 MC 级部件的附件

##### 5.6.4.1 对接接头

所有承压部件上未包括在A、B、C和D类中的的对接接头，例如门、开孔框架、永久性附件和类似结构上的对接接头，应进行100%射线检测，以及渗透检测或磁粉检测。与承压部件连接的非承压构件上距离最小为 $16t$ 范围内的对接焊接接头应进行100%射线检测，此处 $t$ 是构件的厚度。

##### 5.6.4.2 非对接接头

如果在承压部件上采用非对接焊接头,则这些非对接焊接头应进行超声检测,以及磁粉或渗透检测。该要求对于与承压部件连接的非承压构件上距离最小为 $16t$ 范围内的非对接接头同样适用。

## 5.7 特殊的焊接接头

### 5.7.1 1级和2级部件的特殊设计的密封焊接接头

应进行磁粉检测或渗透检测。

### 5.7.2 耐蚀堆焊层

应进行渗透检测。

所有堆焊层应按照NB/T 20328.2的规定进行100%的超声检测,以检查堆焊层结合情况和其他缺陷,堆焊层超声检测区域应包括堆焊层、结合面以及堆焊层下热影响区,直射法用于检验未熔合缺陷,斜射法用于检测堆焊层层下裂纹。

### 5.7.3 耐磨堆焊层

除入口接管公称直径小于或等于4" (DN 100) 的阀门上的耐磨堆焊层外,应进行渗透检测。

### 5.7.4 换热管与管板的焊接接头

应进行渗透检测。

### 5.7.5 1级部件的电子束焊缝

除按照接头类型要求的检测外,用电子束焊方法完成的所有全焊透焊接接头还应进行超声检测。

### 5.7.6 特殊例外

当接头结构无法实施本章规定的射线检测时,可使用超声检测加渗透或磁粉检测代替完工焊接接头的射线检测。缺少适用的射线检测设备不能作为替代的正当理由。替代使用的超声检测应按详细的书面规程进行,且通过规程验证证明对要求发现的缺陷具有相应的检测和定位能力,并获得监督人员认可。无损检测方法应符合4.2的规定,验收标准应按第6章的要求。

对MC级部件,在满足设计规定的应力和材料条件时(焊缝接头的许用应力乘以0.8的系数,母材为P-NO.1的材料),对于电气贯穿件的B类对接接头,可使用根部焊道和完工焊缝的表面检测(磁粉或渗透检测)代替5.2.4规定的射线检测,并对名义厚度大于10 mm的焊缝,在焊到大约一半厚度时,进行表面检测。

## 5.8 贮罐上的焊接接头

### 5.8.1 常压贮罐

#### 5.8.1.1 2级常压贮罐

##### 5.8.1.1.1 侧壁焊接接头

应进行100%射线检测。

##### 5.8.1.1.2 顶部焊接接头和顶部与侧壁的焊接接头

应进行目视检测。

#### 5.8.1.1.3 底部焊接接头

应从贮罐内侧进行真空盒检测，真空度至少为20 kPa。

#### 5.8.1.1.4 底部与侧壁的焊接接头

应采用5.8.1.1.3所述的真空盒检测，并进行磁粉或渗透检测。

#### 5.8.1.1.5 接管与贮罐的焊接接头

接管与侧壁或底部的焊接接头应进行磁粉或渗透检测。

接管与顶部的焊接接头应进行目视检测。

#### 5.8.1.1.6 接管上的焊接接头

位于顶部的接管上的所有焊接接头应进行目视检测。

位于其他部位的接管上的对接焊接接头应进行100%射线检测；接管上其他类型的焊接接头应进行渗透检测或磁粉检测。

#### 5.8.1.1.7 其他焊接接头

在5.8.1.1中未明确规定的焊缝接头，应按2级容器的类似焊接接头的要求进行检测。

### 5.8.1.2 3级常压贮罐

#### 5.8.1.2.1 侧壁焊接接头

侧壁焊接接头应按5.1.3.1和5.2.3.1进行检测。

#### 5.8.1.2.2 顶部焊接接头和顶部与侧壁的焊接接头

应进行目视检测。

#### 5.8.1.2.3 底部焊接接头

应从贮罐内侧进行真空盒检测，真空度至少为20 kPa。

#### 5.8.1.2.4 底部与侧壁的焊接接头

应采用5.8.1.2.3所述的真空盒检测。如果焊接接头外侧在进行压力试验期间对于目视检测可达，可使用磁粉或渗透检测代替真空盒检测。

#### 5.8.1.2.5 接管与贮罐的焊接接头

接管与侧壁或底部的焊接接头应进行磁粉或渗透检测。

接管与顶部的焊接接头应进行目视检测。

#### 5.8.1.2.6 接管上的焊接接头

位于顶部接管上的所有焊接接头应进行目视检测。

其他接管上的焊接接头应进行磁粉或渗透检测。

#### 5.8.1.2.7 其他焊接接头

在5.8.1.2中未明确规定的焊缝接头，应按3级容器的类似焊接接头的要求进行检测。



## 5.8.2 压力为 0 kPa ~100 kPa 贮罐上的焊接接头

### 5.8.2.1 2 级低压贮罐

#### 5.8.2.1.1 侧壁焊接接头

应进行100%射线检测。

#### 5.8.2.1.2 顶部焊接接头

应进行100%射线检测。

#### 5.8.2.1.3 顶部与侧壁的焊接接头

如果可行，顶部与侧壁的焊接接头应进行100%射线检测。如不进行射线检测，应进行磁粉检测或渗透检测。

#### 5.8.2.1.4 底部焊接接头

直接与地基接触的底部焊接接头应采用5.8.1.1.3所述的真空盒法进行检测。不直接与地基接触的焊接接头应进行100%射线检测。

#### 5.8.2.1.5 底部与侧壁的焊接接头

底部与侧壁的焊接接头应采用5.8.1.1.3所述的真空盒法，并进行磁粉或渗透检测。

#### 5.8.2.1.6 接管与贮罐的焊接接头

应进行磁粉检测或渗透检测。

#### 5.8.2.1.7 接管上的焊接接头

接管上的对接焊接接头应进行100%射线检测；接管上其他类型的焊接接头应进行磁粉或渗透检测。

#### 5.8.2.1.8 其他焊接接头

在5.8.2.1中未明确规定的焊缝接头，应按2级容器的类似焊接接头的要求进行检测。

### 5.8.2.2 3 级低压贮罐

#### 5.8.2.2.1 侧壁焊接接头

侧壁焊接接头应按5.1.3.1和5.2.3.1进行检测。

#### 5.8.2.2.2 顶部焊接接头

顶部焊接接头应按5.1.3.1进行检测。

#### 5.8.2.2.3 顶部与侧壁的焊接接头

如果可行，顶部与侧壁的焊接接头应按5.1.3.1进行射线检测。如不进行射线照相，应进行磁粉检测或渗透检测。

#### 5.8.2.2.4 底部焊接接头

直接与地基接触的底部焊接接头应采用5.8.1.2.3所述的真空盒法进行检测。不直接与地基接触的焊接接头应进行100%射线检测。

#### 5.8.2.2.5 底部与侧壁的焊接接头

应采用5.8.1.2.3所述的真空盒检测。如果焊接接头外侧在进行压力试验期间对于目视检测可达，可使用磁粉或渗透检测代替真空盒检测。

#### 5.8.2.2.6 接管与贮罐的焊接接头

应进行磁粉检测或渗透检测。

#### 5.8.2.2.7 接管上的焊接接头

应进行磁粉或渗透检测。

#### 5.8.2.2.8 其他焊接接头

在5.8.2.2中未明确规定的焊缝接头，应按3级容器的类似焊接接头的要求进行检测。

### 5.9 支承件焊接接头

#### 5.9.1 1 级支承件

##### 5.9.1.1 范围

除了公称直径小于或等于2"(DN50)的1级管道的支承件可按5.9.2进行检测外，本节的要求适用于所有1级支承件。

##### 5.9.1.2 主要构件的焊接接头

全焊透对接接头应进行射线检测。

除了裸露的焊缝端部只需作目视检测外，主要构件上所有其他焊接接头应进行渗透或磁粉检测。

##### 5.9.1.3 次要构件的焊接接头

应进行目视检测。

##### 5.9.1.4 特殊要求

对于沿厚度方向传递载荷，厚度不小于25 mm的主要构件的焊接件，当焊缝下方的母材按NB/T 20450.4中7.3.7.2的要求应作超声检测时，应进行100%超声检测，验收标准应符合6.2.3，其中超声试块应对主要构件具有代表性。直射波检测用的超声试块应使用直径6 mm的平底孔，位于焊接件的1/4、1/2和3/4厚度处，距离-波幅曲线应根据这些反射体制作。

#### 5.9.2 2级和MC级支承件

##### 5.9.2.1 主要构件的焊接接头

###### 5.9.2.1.1 对接接头应进行渗透或磁粉检测。

5.9.2.1.2 对于坡口深度大于25 mm的部分焊透接头，焊喉尺寸大于25 mm的角焊缝，以及焊喉尺寸不小于13 mm的T形焊接接头，应进行渗透检测或磁粉检测。裸露的焊缝端部只作目视检测。

5.9.2.1.3 除5.9.2.1.1和5.9.2.1.2的规定外，其他焊接接头应进行目视检测。

### 5.9.2.2 次要构件的焊接接头

应进行目视检测。

### 5.9.2.3 特殊要求

对于沿厚度方向传递载荷，厚度不小于25mm的主要构件的焊接件，当焊缝下面的母材按NB/T 20450.4中7.3.7.2的要求应作超声检测时，应对涉及区域进行100%超声检测，验收标准应符合6.2.3。直射波检测用的超声试块应使用直径6 mm的平底孔，位于焊接件的1/4、1/2和3/4厚度处，距离-波幅曲线应根据这些反射体制作。

## 5.9.3 3 级支承件

### 5.9.3.1 主要构件的焊接接头

对于坡口深度或焊喉尺寸大于25 mm的焊接接头，应进行渗透检测或磁粉检测。裸露的焊缝端部只作目视检测。

除上面规定外，其他焊接接头应进行目视检测。

### 5.9.3.2 次要构件的焊接接头

应进行目视检测。

### 5.9.3.3 特殊要求

对于沿厚度方向传递载荷，厚度不小于25 mm的主要构件的焊接件，当焊缝下面的母材按NB/T 20450.4要求作超声检测时，应对涉及区域进行100%超声检测，验收标准应符合6.2.3，其中超声试块应对主要构件具有代表性。直射波检测用的超声试块应使用直径6 mm的平底孔，位于焊接件的1/4、1/2 和3/4 厚度处，距离-波幅曲线应根据这些反射体制作。

## 5.10 1 级部件的役前检查

### 5.10.1 通用要求

在设备完工报告完成前，应按设计规格书要求完成役前检查。

所有的体积和表面检测应出具符合质量保证记录要求的报告，并提交给业主。

### 5.10.2 检测要求

部件应按在役检查大纲的规定进行检测。承压边界的部件和零件的检测方法应满足在役检查的要求。只要求进行体积和表面检测。

对于控制棒驱动机构密封壳，应对安装好的位于周边的控制棒驱动机构的焊缝进行100%检测。

### 5.10.3 免除役前检测的部件

以下部件或零件可免除要求的役前体积和表面检测：

- a) 除蒸汽发生器换热管外的公称直径小于或等于 1" (DN 25) 的管道；
- b) 对于反应堆压力容器封头连接件以及相关管道，由于控制棒驱动机构贯穿件造成不可达，且公称直径小于或等于 2" (DN 50) 的情况；
- c) 由于被埋入混凝土、埋在地下或被保护导管包围而不可达的支承和限制件。



6 无损检测验收标准

6.1 射线检测

6.1.1 全部和部分射线检测

具有下列情况的缺陷特征均为不可接受的缺陷：

- a) 任何裂纹、未熔合或未焊透；
- b) 长度大于表 2 中所列值的任何单个条形缺陷；

表2 单个条形缺陷的长度限值

| 壁厚 $t$<br>mm         | 单个条形缺陷的长度<br>mm |
|----------------------|-----------------|
| $t \leq 19$          | 6               |
| $19 < t \leq 57$     | $t/3$           |
| $t > 57$             | 19              |
| 注： $t$ 为焊接接头较薄部分的厚度。 |                 |

- c) 内部焊根的状态在射线照相所示的黑度不是突变时是可以接受的，但在这种焊根状态的任一端上，射线照相的条形显示达到表 2 的规定时，是不可接受的。
- d) 在  $12t$  长度内，任一组显示其累计长度大于  $t$ 。但最小距离超过  $6L$  的相邻显示可除外， $L$  为最大的显示长度。
- e) 单个圆形缺陷的长径大于  $t/2$ 。
- f) 缺陷点数大于表 3 中所列值的圆形缺陷。对于支承件，圆形缺陷不作为焊缝验收的限制因素。

表3 圆形缺陷的点数限值

| 评定区<br>mm          | 10×10     |                |                | 10×20          |                 | 10×30   |
|--------------------|-----------|----------------|----------------|----------------|-----------------|---------|
| 壁厚 $t$<br>mm       | $\leq 10$ | $> 10 \sim 15$ | $> 15 \sim 25$ | $> 25 \sim 50$ | $> 50 \sim 100$ | $> 100$ |
| 缺陷点数               | 3         | 6              | 9              | 12             | 15              | 18      |
| 注：表中的数字是允许缺陷点数的上限。 |           |                |                |                |                 |         |

圆形缺陷评定区为一个与焊缝平行的矩形，其尺寸见表4。圆形缺陷的评定区应选在缺陷最严重的区域。当缺陷与评定区边界相接时，应将此缺陷划入评定区。

表4 圆形缺陷评定区

单位为毫米

| 壁厚 $t$ | $\leq 25$ | $> 25 \sim 100$ | $> 100$ |
|--------|-----------|-----------------|---------|
| 评定区尺寸  | 10×10     | 10×20           | 10×30   |

评定圆形缺陷时，应将缺陷尺寸按表5换算成缺陷点数。不计点数的缺陷尺寸见表6。

表5 缺陷点数换算

| 缺陷长径<br>mm | $\leq 1$ | $>1\sim 2$ | $>2\sim 3$ | $>3\sim 4$ | $>4\sim 6$ | $>6\sim 8$ | $>8$ |
|------------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------|
| 点数         | 1        | 2          | 3          | 6          | 10         | 15         | 25   |

表6 不计点数的缺陷尺寸

单位为毫米

| 壁厚 $t$           | 缺陷长径           |
|------------------|----------------|
| $t \leq 25$      | $\leq 0.5$     |
| $25 < t \leq 50$ | $\leq 0.7$     |
| $t > 50$         | $\leq 1.4\% t$ |

对于3级部件部分射线检测的补充要求：

- 1) 如果某一条 B 类或 C 类对接接头，根据 5.2.3.1.2 或 5.3.3.1.2 的要求进行部分射线检测后，按上述 a)~f)的要求是合格的，那么这个部分射线检测所代表的整条焊接接头也合格。
- 2) 如果某一条 B 类或 C 类对接接头，根据 5.2.3.1.2 或 5.3.3.1.2 的要求进行射线检测后，发现有不符上述 a)~f)的要求时，应在不合格的缺陷附近，选取至少 2 处，每处至少 150 mm 的长度进行附加射线检测。这些附加射线检测的部位应获得监督人员的同意。
  - 如果附加射线检测结果满足上述 a) ~f)的要求，则上述全部射线检测所代表的整条焊接接头是可以接受的。发现的缺陷应清除并进行焊接返修，返修部位应进行射线检测。
  - 如果附加射线检测底片，有任何一个不符合上述 a) ~f)的要求，则上述全部射线检测所代表的整条焊接接头为不合格。不合格的整条焊接接头应重焊，或者对整条焊接接头进行 100%射线检测，并对任何不满足上述 a) ~f)要求的部分进行焊接返修后重新进行射线照相检测。重焊的焊接接头应按 5.2.3.1.2 或 5.3.3.1.2 的要求进行部分射线检测，对于焊接返修的部位应重新进行射线检测。

### 6.1.2 抽样射线检测

具有下列a)~d)情况的缺陷特征均为不可接受的缺陷：

- a) 任何裂纹、未熔合或未焊透；
- b) 长度大于  $2/3 t$  的夹渣或气孔， $t$  为焊接接头中较薄部分的厚度。最大不得超过 19 mm，但小于 6mm 对任何板厚均为合格；
- c) 在  $6t$  长度内，任一组显示累计长度大于  $t$ 。但最小距离超过  $3L$  的相邻显示可除外， $L$  为最大的显示长度；
- d) 圆形显示不作为验收的因素。

评定和复检时：

- 1) 当抽样射线检测的部位按上述 a)~d)可接受时，则该抽样检测所代表的整个焊接接头长度也可接受；
- 2) 当某个抽样射线检测发现有不符上述 a)~d)要求时，应在抽样代表的焊接接头内再选取另外两点进行射线检测，这些附加的选点部位应由监督人员或制造商按 8.2 中的规定加以确定：
  - 如果对两个附加选点的检测结果满足上述 a)~d)的要求，则由这三个选点射线检测所代表的整个焊接接头可接受。对于第一次发现的缺陷，可去除后再进行焊接返修，根据监督人员的意见，也可能允许原样接收；

- 如果对两个附加选点中的任一检测结果不符合上述 a)~d)的要求，则所代表的整个焊接接头应拒收。拒收的焊缝应去除，接头应重焊，或者根据制造商的意见，对所代表的整个焊接接头进行全部射线检测，并对发现的缺陷部位进行焊接返修；
- 焊接修补应按评定合格的工艺规程和监督人员能接受的方式执行。重焊的接头或经焊接修补的部位应按 8.2 的要求进行抽样射线检测。

6.2 超声波检测

6.2.1 建造

对于反射波幅度大于参考波幅度20%的所有显示都应进行研究，直至检测人员能确定所有这些显示的形状、性质和位置。

不允许存在以下显示：

- a) 裂纹、未熔合和未焊透；
- b) 幅度达到或超过 100 %DAC，且长度超过下列表 7 规定值的显示。

表7 允许显示指示长度

| 被检焊缝厚度 $t$<br>mm                           | 显示指示的长度<br>mm |
|--|---------------|
| $t \leq 19$                                | 6             |
| $19 < t \leq 57$                           | $t/3$         |
| $t > 57$                                   | 19            |
| 注： $t$ 是被检焊缝的厚度，如焊缝的两侧母材厚度不同，则 $t$ 取较薄一侧的值 |               |

6.2.2 1 级部件的役前检测

在体积检测中显示的缺陷，若能满足役前检查的验收标准要求，则该部件可接受。该缺陷应按 NB/T 20328.2和本部分的要求测量尺寸并记录。

若在体积检测中显示的缺陷超过役前检查的验收标准，则部件不可接受，应进行返修。

6.2.3 支承件层状撕裂显示的验收标准

在焊缝下面的母材中，所探得的任何层状撕裂的显示，如果超过被焊零件中较薄零件厚度的一半为直径所画出的圆时，则该层状撕裂不予验收。

6.2.4 耐蚀堆焊层的超声检测

记录与验收按照NB/T 20328.2的规定执行。

所有回波幅度达到或超过50%基准灵敏度的显示信号都应记录。

不允许存在以下显示：

- a) 裂纹、未熔合等危险性显示；
- b) 任何幅度达到或超过基准灵敏度的显示。

6.3 磁粉检测

6.3.1 显示的评定



表面上的机械不连续性应通过检验介质的滞留来显露。但并非所有的显示都是缺陷，因为某些冶金不连续和导磁率变化都可能产生类似的显示，而这类显示是伪显示。

对于伪显示，应采用相同的或其他的无损检测方法作复测，以验证实际上是否有缺陷存在。复测前可先进行表面修整。在一个显示被证实为伪显示后，不需要再对同类型的伪显示进行复测。如果伪显示掩盖了缺陷，则这样的伪显示不可接受。

### 6.3.2 验收标准

只有主要尺寸大于1.5 mm的显示才被认为是相关显示。

出现下列显示的缺陷均为不可接受：

- a) 任何裂纹或线性显示；
- b) 尺寸大于 5 mm 的圆形显示；
- c) 在一条直线上有 4 个或 4 个以上且边缘相距小于或等于 1.5 mm 的圆形显示；
- d) 在缺陷显示最严重的区域内，任意 4000 mm<sup>2</sup> 矩形区域（最大边长不超过 150 mm）内，有 10 个或 10 个以上圆形显示。

对于5.7.1的焊缝应无任何显示。

### 6.3.3 1 级部件的役前检测

在表面检测中显示的缺陷，根据其部位，若能满足相应母材和焊接接头的验收标准，则该部件可接受，并按5.10.1 的要求作记录。

## 6.4 渗透检测

### 6.4.1 显示的评定

表面上的机械不连续通过外溢的渗透剂来显示。但诸如机加工痕迹、表面处理或堆焊层与母材结合不完全等局部的表面不连续性，会产生类似的无关显示。

任何被认为是无关显示应进行复测，以验证是否存在实际缺陷。复测前可先进行表面修整。会掩盖缺陷的无关显示或大面积的红色背景显示是不可接受的。

### 6.4.2 验收标准

只有主要尺寸大于1.5 mm的显示才被认为是相关显示。

出现下列显示的缺陷均为不可接受：

任何裂纹或线性显示；

尺寸大于 5 mm 的圆形显示，对于耐磨堆焊层尺寸大于 3 mm 的圆形显示；

在一条直线上有 4 个或 4 个以上且边缘相距小于或等于 1.5 mm 的圆形显示；

在缺陷显示最严重的区域内，任意 4000 mm<sup>2</sup> 矩形区域（最大边长不超过 150 mm）内，有 10 个或 10 个以上圆形显示。

对于5.7.1及5.7.4的焊缝应无任何显示。

### 6.4.3 1 级部件的役前检测

在表面检测中显示的缺陷，根据其部位，若能满足相应母材和焊接接头的验收标准，则该部件可接受，并按5.10.1的要求作记录。

## 6.5 目视检测

### 6.5.1 储罐

应满足设备规格书的要求。

### 6.5.2 支承件

按5.9要求进行目视检测时，验收标准如下：

- a) 不允许存在裂纹；
- b) 角焊缝焊脚尺寸允许在 1/4 焊缝长度范围内比规定值小 1.5 mm。如果不影响零件的配合，允许角焊缝焊脚尺寸大于规定值；
- c) 对于角焊缝，在任何 100 mm 长度中允许存在 10 mm 长的未熔合，在小于 100 mm 长度中允许存在 6 mm 长的未熔合。对坡口焊缝，不允许有未熔合；
- d) 如果焊缝尺寸和熔合情况满足要求，则焊瘤是可接受的。当焊瘤长度范围中的熔合情况不能确定时，在任何 100 mm 焊缝长度内的允许的焊瘤长度为 10 mm，在小于 100 mm 焊缝长度内允许的焊瘤长度为 6 mm；
- e) 当焊缝尺寸符合要求时，允许存在弧坑；如果不存在裂纹，则在规定的焊缝长度以外的弧坑是非相关的；
- f) 咬边应满足如下规定：
  - 1) 当材料厚度小于等于 10 mm 时，整个焊缝长度上单面咬边深度不超过 0.8 mm，或者 1/2 焊缝长度上单面超过 0.8 mm，另外任意 1/4 焊缝长度上单面不超过 1.5 mm。对于双面焊接的焊件，当咬边存在于焊件两边的同一位置上，则其累计深度不得超过单面的允许值。母材上熔穿是不允许的；
  - 2) 当材料厚度大于 10 mm 时，整个焊缝长度上咬边深度不得超过 0.8 mm；对于 1/4 焊缝长度上焊缝内外表面，咬边深度最大允许 1.5 mm。当焊缝或咬边仅存在于焊件的一个面上或者不在同一平面上，对于整个焊缝长度，咬边深度的允许值可从 0.8 mm 增加到 1.5 mm。
- g) 仅当表面气孔的主要尺寸超过 1.5 mm 时，才应认为是相关显示。角焊缝和坡口焊缝的表面气孔在下列情况下不予验收：
  - 1) 气孔的直径总和，在每 25 mm 焊缝长度范围内超过 10 mm，或在任何 300 mm 焊缝长度范围内超过 19 mm；
  - 2) 4 个或 4 个以上的气孔成直线排列，其边缘间的距离小于或等于 1.5 mm；
- h) 除焊缝长度可超过规定外，焊缝的长度和位置应符合图纸的规定。对于长度小于 75 mm 的焊缝，允许的长度负偏差为 3 mm；焊缝长度大于或等于 75 mm 时，允许的长度负偏差为 6 mm。间断焊缝偏离规定位置不得超过 25 mm；
- i) 如果目视检测没有发现裂纹，则焊缝或母材上的弧伤是可接受的；
- j) 表面尺寸小于或等于 3 mm 的夹渣是非相关显示。焊缝清理以后，残留在焊缝上的尺寸不超过 6 mm 的孤立夹渣是可接受的（当夹渣在一条焊缝上不超过 1 个或 75 mm 长度上不超过 1 个，则认为该夹渣是孤立的）。清理以后残留在焊缝表面上的飞溅是允许的。

### 6.6 气泡检测

气泡检测应按NB/T 20003.8的要求进行。当使用真空盒法时，保持时间至少为10 s。因泄漏而形成气泡或使连续的起泡剂薄膜破裂均不合格。

## 7 1、2 级容器的最终检测



### 7.1 1 级容器水压试验后的检测

容器在压力试验后:

- a) 用以连接铁素体材料的所有 A、B、C 和 D 类焊接接头和热影响区, 以及深度超过 10 mm 或 10% 截面厚度两者中较小值的铁素体材料的焊接返修部位, 当其表面可达时都应进行磁粉检测或渗透检测;
- b) 应进行所有要求的役前体积检测。

### 7.2 2 级部件压力试验后的检测

对于调质态的铁素体材料制作的部件, 在要求的压力试验后, 应对所有承压接头的可达表面进行磁粉检测或渗透检测。

## 8 3 级部件的抽样射线检测

### 8.1 通用要求

按本部分要求作抽样射线检测的容器和贮罐上的对接焊接头, 应按下述方法进行抽样检测。

### 8.2 抽样射线检测的最小范围

在每个容器或储罐最初焊接的 15.2 m 长度上, 应选一个点进行检测。随后对焊缝长度每增加 15.2 m 及最后的余量部分, 应选一个点进行检测。对于完全一样的一批容器或贮罐, 如单个的焊缝长度不足 15.2 m 时, 应每个设备选一个点进行检测。

选点应覆盖每个焊工或焊机操作工完成的焊缝。对于两个或更多的焊工或焊机操作工完成同一接头中不同焊道, 或是分别完成双面对接焊接头的一面的情况, 一个选点检测可以覆盖完成焊接的多个焊工或焊机操作工。

每当完工焊缝达到选点的量时, 应尽快进行选点检测。选点的位置应当由监督人员确定。如果事先已及时通知监督人员, 而监督人员未能到场选取, 制造商可以自己选点。

### 8.3 抽样射线检测方法

抽样射线检测方法应符合 NB/T 20328.3 的规定, 每个选点的最小检测长度为 150 mm。

## 9 膨胀节的检测要求

为了验证在管道系统中安装的波纹管膨胀节的完整性, 应按下列的规定进行检测:

- a) 成形的波纹管应进行目视检测。对可疑的表面部位应采用渗透方法作进一步检测。
- b) 按照 4.2 的规定采用渗透检测波纹管上的纵向焊缝, 当单层厚度超过 3 mm 时, 还应对焊缝进行射线检测。这些检测可在波纹管成形以前或以后进行。
- c) 当波纹管的总厚度小于或等于 6 mm 时, 应采用渗透检测波纹管与管道或法兰间的环向连接焊缝。当总厚度超过这个限值时, 应对焊缝进行射线检测, 但当射线检测难以得到有意义的结果时, 例如, 焊缝厚度小于射线检测总厚度的 20% 时, 可使用渗透检测代替。
- d) 在用渗透检测波纹管焊缝时, 下列显示为不合格:
  - 1) 裂纹或线性显示;
  - 2) 在同一直线上有 4 个或 4 个以上边缘相距小于或等于 1.5 mm 的圆形显示;
  - 3) 在 150 mm 的焊缝长度内有 5 个或 5 个以上随机分布的圆形显示;

- 4) 任何直径超过波纹管厚度一半或 1.5 mm 两者中较小值的圆形显示。
- e) 膨胀节上所有其他焊缝的检测应符合本部分要求。

## 10 产品焊接见证件

### 10.1 总则

产品焊接破坏性检验,即产品焊接见证件(以下简称见证件)的制备应与实际产品焊缝所确定的操作要求一致。

见证件应代表其所参照的实际产品焊缝。若使用的焊接工艺为其它焊接工艺评定的延伸或组合评定,应优先选择能代表作为延伸范围依据的那种产品焊接接头作为见证件。

母材和焊接填充材料应符合特定的采购、验收规范的要求。

母材或类似的材料(如隔离层、堆焊层等)应按下列优先顺序选取:

- a) 取自于制造该设备所用的材料;
- b) 取自于制造该设备所用材料相同炉号的材料;
- c) 若 a)和 b)在技术上不能实现,制造商应制定具体取材措施,以确保材料具有良好的代表性。

若可能,应标出见证件母材的主加工方向,并应符合焊接工艺评定的要求。但对于2、3级设备,见证件母材的主加工方向可与评定试件不同。

产品焊缝见证件应由焊接过相应产品焊缝的焊工和/或操作工施焊。

焊接见证件用焊接设备及工具应与焊接产品所使用的相同或类似。

当焊接工艺是通过其它已有评定工艺的扩展或组合来进行评定的,产品焊接见证件优先选择代表产品接头扩大范围的那种焊接工艺评定支持的焊接工艺进行焊接。

### 10.2 见证件的数量

#### 10.2.1 通则

除支管、接管、检修孔和法兰的焊缝以及插套焊缝外,1、2、3级设备(容器、管道、阀门等)的主要接头均应设置产品焊接见证件:

- a) 每个焊接工艺评定;
- b) 每台承压设备。

对于2、3级设备,除管道外,所有的环焊缝可不设置见证件。

#### 10.2.2 热交换器管与热交换器管板(包括蒸汽发生器)焊缝

应满足10.2.1的要求和下列规定:

- a) 每个焊接操作工在开始焊接前应在焊接见证件上焊接一个见证焊缝;
- b) 对于自动焊焊缝,每焊接 100 条焊缝应至少焊接一个见证焊缝。该见证件应由焊过这 100 条焊缝中的某一操作工焊接。

每次变更焊接设备设置的参数,应由车间控制部门确定并在相应的技术文件中明确。对于该种情况,在使用该设备焊接之前,应焊接一个见证焊缝。然后,每100条焊缝须焊一个见证焊缝。

见证件应包括管板上用不同工艺堆焊的区域。对于每一个区域,应至少焊接10个管子焊缝。但对于管子数目少于1000根的热交换器,在上述每一个区最少应焊3条管子焊缝。

焊接见证件时,应采用在管子与管板焊接过程中采用的所有焊接工艺,包括补焊工艺。

#### 10.2.3 1、2、3级管焊缝



除满足10.2.1的要求，还应保证每个车间以及每个现场从制造开始，对于每一焊接工艺评定每年至少焊接1个见证件，最多焊接两个（除按相关的规定将评定转移外）。焊接见证件时应遵守下列条件：

- a) 在生产的头两个月期满时，应焊接1个见证件；
- b) 在生产过程中一旦达到下述两限值中的一项，应立即焊接第2个见证件：
  - 1) 若按某给定焊接工艺评定施焊的焊缝总长度超过30m；
  - 2) 若按某给定焊接工艺评定施焊的焊缝总数超过100条。

对于3级管焊缝，可每2年焊接3个见证件。

#### 10.2.4 1、2级堆焊层

可不设置产品焊接见证件，但应按照10.6的规定在堆焊层上取样进行化学分析和铁素体含量测定（对于不锈钢堆焊层）。

#### 10.2.5 2、3级批量设备

对于成批制造的相同设备，见证件的数量应由同一焊接工艺焊缝的累积长度来确定。上述累积焊缝应在最多30天内完成的。见证件应按每批制作一个，或为最后一批中的一部分，并从最初长度完成60m开始，其后依次以5为公比的几何级数取样。

#### 10.3 产品焊接见证件的焊接

见证件的焊接应在车间检查部门的监督下，由焊过相应产品焊缝的焊工或焊接操作工，使用与焊接产品同样的焊接参数和相同类型的设备来完成，并采取和焊接工艺评定试验相同的方式进行记录。

产品焊接见证件应按照相应的产品焊缝焊接，只要可能，就应取自产品纵焊缝的延长部分。

见证件的尺寸应满足焊接工艺评定试件的要求，并具有足够的长度，以便满足所需的全部试验、复验以及模拟补焊的要求。

除管子与管板焊缝外，在最终无损检测时发现的缺陷不应修补。缺陷的尺寸与产生缺陷的原因均应记录在报告中。

当见证件的焊接产生不合格的结果时，除非制造商能够证明焊接工艺没有错误，否则应质疑焊接工艺评定的有效性。

见证件的热处理应按照按NB/T 20450.4的规定进行。

#### 10.4 检验

产品焊接见证件应尽快检验，在任何情况下都应在焊接和消应热处理后两个月之内完成。

对于热交换器管与管板焊缝，应由制造商确定见证件焊缝的检验方法（每个见证件接头均应能代表实际产品焊缝），以便能够保证焊缝要求的质量，以及探测和纠正任何质量偏差。

#### 10.5 试验

##### 10.5.1 若焊接见证件进行焊后热处理，见证件应分为两部分：

- a) 第一部分（称为实际见证件），应和实际产品同时进行相同的热处理。除非技术上不可行，可随后进行。见证件应具有足够的长度，以便能实施规定的试验和重复试验；
- b) 第二部分未热处理（或经受模拟消除应力热处理）的见证件，用于探测和纠正质量的偏差或保存起来以备可能的重复试验或模拟补焊。对于管道，其长度可以包括非试验用的切除部分，该部分应保留到见证件验收。

10.5.2 见证件应进行和产品焊缝同样的无损检验，并采用与其所代表焊缝的质量要求相当的验收准则。但是对于热交换器或蒸发器管板焊缝的见证件，不要求泄漏试验。

10.5.3 试样应取自见证件上无损检验合格的区域。

10.5.4 除以下要求外，见证件的试验结果应与焊接工艺评定的要求相同。

a) 可不进行用于快速断裂行为分析的补充冲击试验（如果设备规格书有要求）。

b) 对于2级和3级设备：

母材热影响区的冲击试验试样应取自母材验收试验时的深度部位；但是，对未经消除应力热处理的碳钢和低合金钢，应在表面进行热影响区冲击试验。

c) 热交换器传热管与管板焊缝：

应满足设计文件的相关要求。

如果焊接见证件一系列的试验和复试结果都不能满足要求，制造商应进行调查研究并提交报告，报告至少包括以下内容：

1) 原因分析报告；

2) 后果分析报告；

3) 通过对设备本身的研究或直接检验所获得的其他结论可以证明不影响设备的使用。

若由于对某一待鉴定见证件的分析或制备不当而使其全部或部分地失去代表性，制造商应调查研究遗漏的数据及它们潜在的后果，并制定可能的补救措施。

## 10.6 异种金属焊接接头化学分析的特殊情况

### 10.6.1 在碳钢或低合金钢上的不锈钢堆焊层

#### 10.6.1.1 应检验的合金元素

按照NB/T 20002.3的要求进行。

#### 10.6.1.2 取样

取样要求如下：

a) 铁素体含量：

对多层堆焊第一层，采用磁性法测定铁素体含量，也可采用化学分析后测定铁素体含量。

b) 化学分析：

最终表面为未经机加工的焊态表面时，应在多层堆焊的最后一层通过切削或钻孔获得样品。取样后区域应适当打磨至圆滑过渡或补焊。

产品最终表面为机加工面时，应在最后一道机加工时取样。应保证试样取自于反应堆冷却剂接触的最后一层焊缝。

金属切屑应从距离最后一层堆焊层表面2 mm以内切取。

#### 10.6.1.3 取样频率

##### 10.6.1.3.1 带极埋弧堆焊层

除以下情况外，应在第一道焊道上取样一次，然后对每n条焊道每隔600 mm取样一次：

对小工件，应在第一道焊道上取样一次，然后对每n条焊缝，每隔300 mm取样一次；

对两个堆焊部件之间的焊缝区的熔敷堆焊层，只取样一次。

当采用新批号的焊接填充材料时，应在改用新批号后开始的第一道焊道上取样。

##### 10.6.1.3.2 手弧焊堆焊层



对于I级设备，每台设备，每个部件以及每两堆焊件之间的焊缝区的堆焊层应各取一个化学分析试样。

对于2、3级设备，每台设备的堆焊层应取两个化学分析试样。其中一个取自焊接接头区域的堆焊层，另一个取自母材区域的堆焊层。如有必要，可取在规定含碳量最高的母材上。监督人员或检查人员可在规定的范围内确定取样部位。

10.6.1.4 取样时机

消除应力热处理之前。

10.6.1.5 验收准则

最终焊道的化学分析和铁素体含量应满足表8要求：

表8 允许值

单位为百分比

| 测量               | Cr    | Ni   | C       | 铁素体含量   |
|------------------|-------|------|---------|---------|
| 最终焊道允许值          | 18~25 | 8~14 | 最大 0.08 | 5~20 FN |
| 第一层焊道允许值         | —     | —    | —       | 3~20 FN |
| 注：最终焊道允许值适用单层堆焊。 |       |      |         |         |

10.6.2 碳钢或低合金钢上的镍基合金堆焊层

检验的合金元素应满足工艺评定的相关要求。

金属切屑试样应从距离最后一层堆焊层表面以下2 mm以内切取。

取样频率应满足下述要求：

- a) 对埋弧焊或熔化极气体保护焊堆焊层，在第一道焊道上取样一次，然后对每 n 道焊道每隔 300 mm 取样一次；
- b) 对手工电弧焊堆焊层，每个手工堆焊区（包括相邻两个部件之间焊缝的手工堆焊区域）上各取样一次。

取样时机为消除应力热处理之前。

化学成分分析的验收准则与工艺评定一致。

10.7 见证件报告

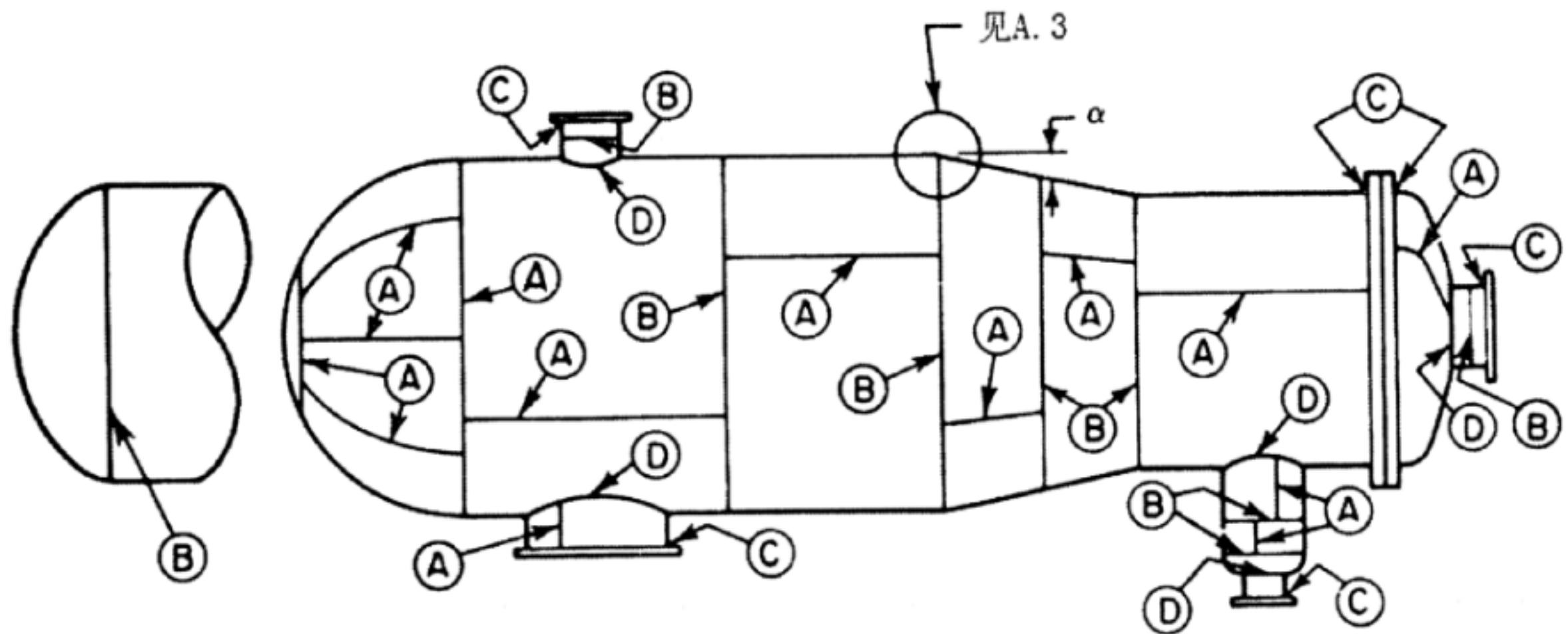
制造商应编写见证件报告，报告至少包括以下内容：

- a) 见证件的实施条件（要求的和实际记录的），特别是焊接顺序、焊工姓名，以及所采用的焊接填充材料的批号等；
- b) 所进行的无损检验和检验结果；
- c) 所进行的破坏性检验以及所要求的值和实际所测得的结果。

附录 A  
(规范性附录)  
焊接接头分类

A.1 焊接接头分类

分类是指接头在容器上的位置，并非指接头的形式。把各类接头分为A类、B类、C类和D类接头。图A.1示出了各类典型接头的位置。



图A.1 A类、B类、C类和D类焊接接头典型位置示意图

A.2 A类接头

A类接头包括主壳体、连通室、直径过渡段或接管上的纵向焊接接头；球形封头、成型封头、平封头及箱形容器的侧板上的任何焊接接头；连接球形封头与主壳体、直径过渡段、接管或连通室连接的环向焊接接头。

A.3 B类接头

B类接头包括主壳体、连通室、接管或直径过渡段（包括过渡段和大端或小端的筒体之间的接头）的环向焊接接头；连接成型封头（不包括球形封头）与主壳体、直径过渡段、接管或连通室连接的环形焊接接头。

A.4 C类接头

C类接头包括法兰、翻边塔环、管板或平封头与主壳体、成型封头、直径过渡段、接管或连通室连接的焊接接头，以及箱形容器的侧板与侧板相连接的任何焊接接头。

A.5 D类接头

D类接头包括连通室或接管连接到主壳体、球体、直径过渡段、封头或箱形容器上的焊接接头；以及接管连接到连通室上去的焊接接头。直径过渡段小端上的接管接头见B类。

---