

## 钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级

## 1 引言

1.1 本标准规定 2~200mm 母材厚度钢熔化焊对接接头(以下称为焊缝)的 X 射线和  $\gamma$  射线照相方法以及焊缝的质量分级。

1.2 照相质量等级、照相范围和焊缝的质量等级应按产品技术条件和有关的规定选择,也可以由设计、制造和使用单位根据产品的具体使用情况决定。

## 2 人员的要求

2.1 从事射线照相检验的人员必须持有国家有关部门颁发的,并与其工作相适应的资格证书。

2.2 评片人员的视力应每年检查一次,校正视力不得低于 1.0,并要求距离 400mm 能读出高为 0.5mm,间隔为 0.5mm 的一组印刷体字母。

## 3 射线照相质量分级

按所需要达到的底片影象质量,射线照相方法分为 A 级(普通级)、AB 级(较高级)和 B 级(高级)。选用 B 级时,焊缝余高应磨平。

## 4 表面状态

焊缝及热影响区的表面质量(包括余高高度)应经外观检查合格。表面的不规则状态在底片上的图象应不掩盖焊缝中的缺陷或与之相混淆,否则应做适当的修整。

## 5 射线源和能量的选择

## 5.1 管电压 400kV 以下的 X 射线

应用 400kV 以下的 X 射线透照焊缝时,不同透照厚度  $T_A$  所允许的最高管电压(工作范围)见图 1。

5.2  $\gamma$  射线和高能 X 射线

$\gamma$  射线和 1 MeV 以上的 X 射线透照母材厚度的范围见表 1。

表 1  $\gamma$  射线和 1MeV 以上 X 射线透照厚度范围

mm

| 射线源         | 母材厚度 $T$  |           |           |
|-------------|-----------|-----------|-----------|
|             | A 级       | AB 级      | B 级       |
| X 射线 1~2MeV | 30~200    | 40~175    | 50~150    |
| X 射线 >2MeV  | $\geq 40$ | $\geq 50$ | $\geq 50$ |
| Ir192       | 20~100    | 30~95     | 40~90     |
| Co60        | 40~200    | 50~175    | 60~150    |

注:采用内透法(中心法或偏心法)时,母材厚度可为表 1 下限值的 1/2。

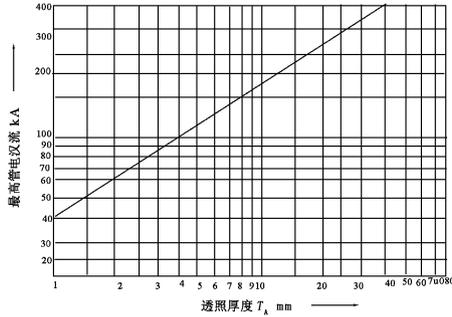


图 1 透照厚度和允许使用的最高管电压

## 6 工业射线胶片和增感屏

### 6.1 胶片

胶片按银盐颗粒度由小到大的顺序,分为  $J_1$ 、 $J_2$ 、 $J_3$  种,见表 2。可按象质级别由高而低的顺序选用。

表 2 胶片的类型

| 胶片类型  | 感光度 | 反差 | 粒 度 |
|-------|-----|----|-----|
| $J_1$ | 低   | 高  | 细   |
| $J_2$ | 中   | 中  | 中   |
| $J_3$ | 高   | 低  | 粗   |

### 6.2 增感屏

射线照相采用金属增感屏或不用增感屏,金属增感屏的选用见表 3,在个别情况下,可使用荧光增感屏或金属荧光增感屏,但只限于 A 级。

### 6.3 胶片和增感屏的接触

胶片和增感屏在透照过程中应始终相互紧贴。

## 7 线型象质计

象质计是用来检查透照技术和胶片处理质量的。衡量该质量的数值是象质指数,它等于底片上能识别出的最细钢丝的线编号。

### 7.1 线型象质计的型号和规格

线型象质计的型号和规格应符合 GB 5618—85《线型象质计》的规定。

### 7.2 象质计的选用

按照透照厚度和象质级别所需要达到的象质指数,选用 GB 5618—85 规定的 R10 系列的象质计,见表 4。

透照厚度的确定见附录 A,双壁单影的透照厚度应为单壁母材厚度加一个余高。

### 7.3 象质计的放置

线型象质计应放在射线源一侧的工件表面上被检焊缝区的一端(被检区长度的 1/4 部位)。钢丝应横跨焊缝并与焊缝方向垂直,细钢丝置于外侧。当射线源一侧无法放置象质计时,也可放在胶片一侧的工件表面上,但应通过对比试验,使实际象质指数值达到规定的要求。

7.3.1 采用射线源置于圆心位置的周向曝光技术时,象质计应放在内壁,每隔 $90^\circ$ 一个。

7.3.2 对比试验的作法:截取一个与被检工件完全相同的短试块,在被检部位的内外表面端部各放一个象质计,采用与工件相同的透照条件进行透照,观察所得到的底片以确定相应的象质指数。

7.3.3 象质计放在胶片一侧工件表面上时,象质计应附加“F”标记,以示区别。

表3 增感屏的选用

mm

| 射线种类            | 增感屏材料 | 前屏厚度        | 后屏厚度        |
|-----------------|-------|-------------|-------------|
| $<120\text{kV}$ | 铅     | —           | $\geq 0.10$ |
| 120~250kV       |       | 0.025~0.125 |             |
| 250~400kV       |       | 0.05~0.16   |             |
| 1~3MeV          | 铜、铅   | 1.00~1.60   | 1.00~1.60   |
| 3~8MeV          |       |             |             |
| 8~35MeV         | 钽、钨、铅 | —           | —           |
| Ir192           | 铅     | 0.05~0.16   | $\geq 0.16$ |
| Co60            | 铜、钢、铅 | 0.50~2.00   | 0.25~1.00   |

注:(1)钽屏或钨屏所获得的探伤灵敏度比铅屏高

(2)使用铜屏或钢屏能获得最佳探伤灵敏度,但比使用铝屏所需曝光时间长。

表4 象质计的选用

mm

| 要求达到的<br>象质指数 | 线直径   | 透照厚度 $T_A$     |                |                |
|---------------|-------|----------------|----------------|----------------|
|               |       | A级             | AB级            | B级             |
| 16            | 0.100 | —              | —              | $\leq 6$       |
| 15            | 0.125 | —              | $\leq 6$       | $>6\sim 8$     |
| 14            | 0.160 | $\leq 6$       | $>6\sim 8$     | $>8\sim 10$    |
| 13            | 0.200 | $>6\sim 8$     | $>8\sim 12$    | $>10\sim 16$   |
| 12            | 0.250 | $>8\sim 10$    | $>12\sim 16$   | $>16\sim 25$   |
| 11            | 0.320 | $>10\sim 16$   | $>16\sim 20$   | $>25\sim 32$   |
| 10            | 0.400 | $>6\sim 25$    | $>20\sim 25$   | $>32\sim 40$   |
| 9             | 0.500 | $>25\sim 32$   | $>25\sim 32$   | $>40\sim 50$   |
| 8             | 0.630 | $>32\sim 40$   | $>32\sim 50$   | $>50\sim 80$   |
| 7             | 0.800 | $>40\sim 60$   | $>50\sim 80$   | $>80\sim 150$  |
| 6             | 1.000 | $>60\sim 80$   | $>80\sim 120$  | $>150\sim 200$ |
| 5             | 1.250 | $>80\sim 150$  | $>120\sim 150$ | —              |
| 4             | 1.600 | $>150\sim 170$ | $>150\sim 200$ |                |
| 3             | 2.000 | $>170\sim 180$ | —              |                |
| 2             | 2.500 | $>180\sim 190$ |                |                |
| 1             | 3.200 | $>190\sim 200$ |                |                |

## 8 透照方式

按射线源、工件和胶片之间的相互位置关系,透照方式分为纵缝透照法、环缝外透法、环缝内透法、双壁单影法和双壁双影法五种,见图2。

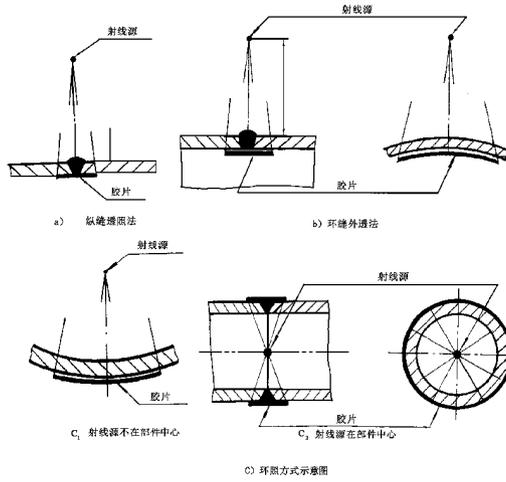
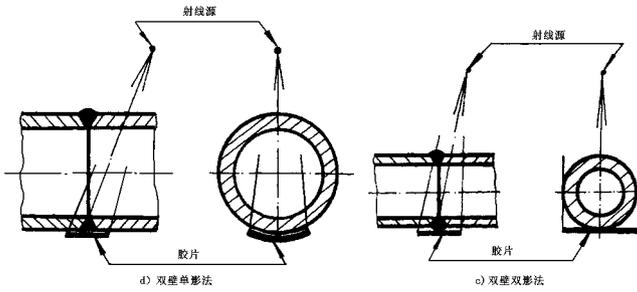


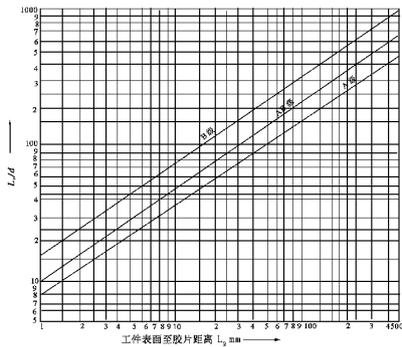
图 2 透照方式示意图



续图 2

## 9 几何条件

9.1 射线源至工件表面距离  $L_1$ ,  $L_1/d$  与工件表面至胶片距离  $L_2$  的关系如图 3 所示,  $L_1$  的诺模图见图 4 和图 5,  $d$  为射线源有效焦点尺寸, 可按附录 B 求出。

图 3 工件表面至胶片距离  $L_2$  与最小  $L_1/d$  值的关系图

9.2 一次透照长度是指采用分段曝光时,每次曝光所检验的焊缝长度,并应符合 14.1 条和 14.2 条的规定。

9.3 焊缝的透照厚度比为  $K$  值,见图 6。环缝的 A 级和 AB 级  $K$  值一般不大于 1.1, B 级  $K$  值一般不大于 1.06。纵缝的 A 级和 AB 级  $K$  值不大于 1.03, B 级  $K$  值不大于 1.01。

$$K = \frac{T'}{T}$$

式中:  $T$ ——母材厚度, mm;

$T'$ ——射线束斜向透照最大厚度, mm。

9.4 射线束应指向被检部位的中心,并在该点与被检区平面或曲面的切面垂直,但需要时,也可从有利于发现缺陷的其它方向进行透照。如采用双壁透照法时,一般应使射线偏离焊缝轴线所在的平面进行倾斜透照,以免两侧焊缝影象重叠。

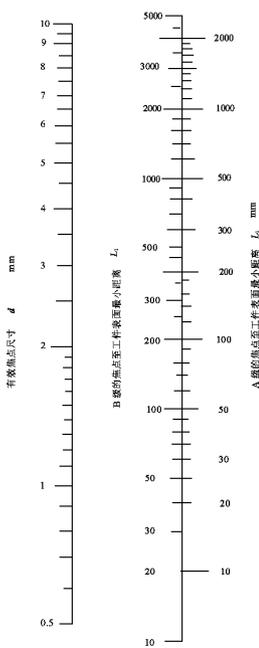


图 4 确定焦点至工作距离的诺模图

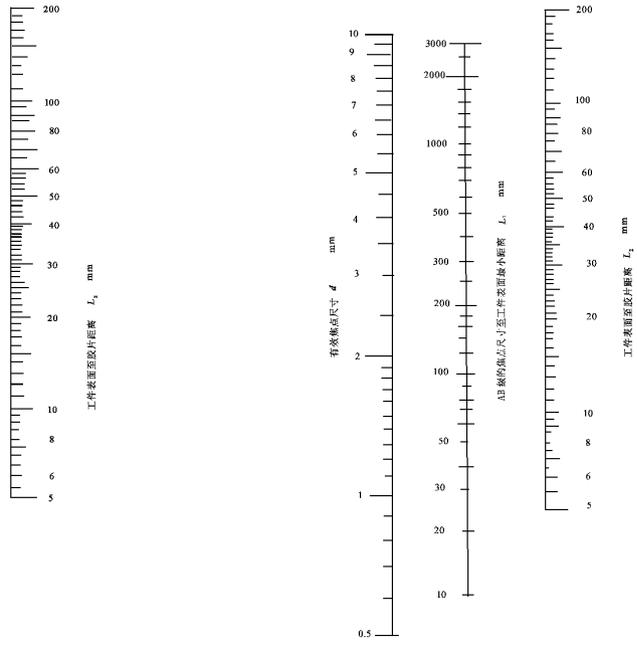


图 5 确定焦点至工件距离的诺模图

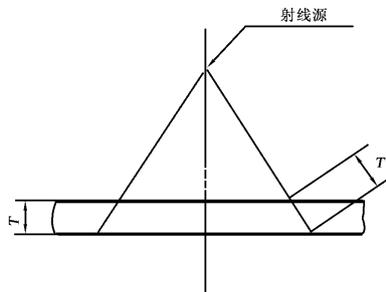


图 6 焊缝透照厚度比示意图

## 10 无用射线和散射线的屏蔽

10.1 为减少散射线的影晌,应采用适当的屏蔽方法限制受检部位的照射面积。

10.2 为检查背散射,应在暗盒背面贴附一个“B”的铅字标记(B的高度为 13mm,厚度为 1.6mm)。若在较黑背景上出现“B”的较淡影象,就说明背散射线防护不够,应予重照。如在较淡背景上出现“B”的较黑影象则不作为底片判废的依据。

## 11 定位标记和识别标记

### 11.1 定位标记

表明焊缝透照部位的铅质定位标记包括中心标记(⊕)和搭接标记(↑)(当抽查时称为有效区段标记)。

### 11.2 识别标记

被检的每段焊缝附近均应贴有下列铅质识别标记:工件编号、焊缝编号和部位编号,返修透照部位还应有返修标记  $R_1$ 、 $R_2$ ……(其脚注 1、2……指返修次数)。

### 11.3 标记位置

上述定位标记和识别标记均需的底片适当位置显示,并离焊缝边缘至少 5 mm。搭接标记的安放位置见附录 C。

工件表面应作出永久性标记以作为对每张底片重新定位的依据,工件不适合打印标记时,应采用详细的透照部位草图和其它的有效方法标注。

## 12 曝光曲线

应根据设备、胶片和增感屏按具体条件制做或选用合适的曝光曲线,并以此选择曝光规范。

为达到规定的底片黑度,曝光量推荐选用不低于  $15\text{mA} \cdot \text{min}$  以防止用短焦距和高管电压所引起的不良影响。

## 13 胶片处理

胶片的处理应按胶片说明书或公认的有效方法处理。处理溶液应保持在良好的状况中,应注意温度、时间和抖动对冲洗效果的影响。自动冲洗时,还应精确控制传送速度及药液的补充。

## 14 底片质量

### 14.1 黑度

选择的曝光条件应使底片有效评定区域内的黑度均满足表 5 的要求。

表 5 底片的黑度范围

| 射线种类        | 底片黑度 $D$ |         | 灰雾度 $D_0$  |
|-------------|----------|---------|------------|
| X 射线        | A 级      | 1.2~3.5 | $\leq 0.3$ |
|             | AB 级     |         |            |
| $\gamma$ 射线 | B 级      | 1.5~3.5 |            |
|             |          | 1.8~3.5 |            |

注:表中  $D$  值包括了  $D_0$  值。

### 14.2 象质指数

底片上必须显示的最小钢丝直径与相应的象质指数见表 4。

### 14.3 影象识别要求

底片上的象质计影象位置正确,定位标记和识别标记齐全,且不掩盖被检焊缝影象。

在焊缝影象上,如能清晰地看到长度不小于 10mm 的象质计钢丝影象,就认为是可识别的。

#### 14.4 不允许的假象

底片有效评定区域内不应有因胶片处理不当引起的缺陷或其它妨碍底片评定的缺陷。

### 15 底片的观察

#### 15.1 评片环境

评片应在专用评片室内进行。评片室内的光线应暗淡,但不要全暗,室内照明用光不得在底片表面产生反射。

#### 15.2 观片灯

观片灯应有观察底片最大黑度为 3.5 的最大亮度,且观察的漫射光亮度可调。对不需要观察或透光量过强的部分应采用适当的遮光板以屏蔽强光。经照明后的底片亮度应不小于  $30\text{cd}/\text{m}^2$ ,为能观察最大黑度为 3.5 的底片,观片灯的最大亮度应不小于  $100\ 000\text{cd}/\text{m}^2$ 。

### 16 焊缝质量分级

16.1 根据缺陷的性质和数量,焊缝质量分为四级。

16.1.1 I 级焊缝内应无裂纹、未熔合、未焊透和条状夹液。

16.1.2 II 级焊缝内应无裂纹、未熔合和未焊透。

16.1.3 III 级焊缝内应无裂纹、未熔合以及双面焊和加垫板的单面焊中的未焊透。不加垫板的单面焊中的未焊透允许长度按表 10 条状夹渣长度的 III 级评定。

16.1.4 焊缝缺陷超过 III 级者为 IV 级。

#### 16.2 圆形缺陷的分级

16.2.1 长宽比小于或等于 3 的缺陷定义为圆形缺陷。它们可以是圆形、椭圆形、锥形或带有尾巴(在测定尺寸时应包括尾部)等不规则的形状。包括气孔、夹渣和夹钨。

16.2.2 圆形缺陷用评定区进行评定,评定区域的大小见表 6。评定区应选在缺陷最严重的部位。

表 6 缺陷评定区

mm

| 母材厚度 $T$ | $\leq 25$      | $> 25 \sim 100$ | $> 100$        |
|----------|----------------|-----------------|----------------|
| 评定区尺寸    | $10 \times 10$ | $10 \times 20$  | $10 \times 30$ |

16.2.3 评定圆形缺陷时应将缺陷尺寸按表 7 换算成缺陷点数,见表 7。

表 7 缺陷点数换算表

| 缺陷长径, 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    |

16.2.4 不计点数的缺陷尺寸见表 8。

表 8 不计点数的缺陷尺寸

mm

| 母 材 厚 度 $T$    | 缺 陷 长 径        |
|----------------|----------------|
| $\leq 25$      | $\leq 0.5$     |
| $> 25 \sim 50$ | $\leq 0.7$     |
| $> 50$         | $\leq 1.4\% T$ |

16.2.5 当缺陷与评定区边界线相接时,应把它划为该评定区内计算点数。

16.2.6 当评定区附近缺陷较少,且认为只用该评定区大小划分级别不适当时,经供需双方协商,可将评定区沿焊缝方向扩大到 3 倍,求出缺陷总点数,用此值的  $1/3$  进行评定。可扩大评定区的处理办法见附录 D。

16.2.7 圆形缺陷的分级见表 9。

表 9 圆形缺陷的分级

| 质量等级 | 母材厚度 $m$ | 10×10     |        |        | 10×20  |         | 10×30 |
|------|----------|-----------|--------|--------|--------|---------|-------|
|      |          | ≤10       | >10~15 | >15~25 | >25~50 | >50~100 | >100  |
| I    |          | 1         | 2      | 3      | 4      | 5       | 6     |
| II   |          | 3         | 6      | 9      | 12     | 15      | 18    |
| III  |          | 6         | 12     | 18     | 24     | 30      | 36    |
| IV   |          | 缺陷点数大于Ⅲ级者 |        |        |        |         |       |

注:表中的数字是允许缺陷点数的上限。

16.2.8 圆形缺陷长径 大于  $1/2T$  时,评为Ⅳ级。

16.2.9 I 级焊缝和母材厚度等于或小于 5mm 的 II 级焊缝内不计点数的圆形缺陷,在评定区内不得多于 10 个。

16.3 条状夹渣的分级

16.3.1 长宽比大于 3 的夹渣定义为条状夹渣。

16.3.2 条状夹渣的分级见表 10。

表 10 条状夹渣的分级

mm

| 质量等级 | 单个条状夹渣长度   | 条状夹渣总长  |
|------|--|---|
| II   | $T \leq 12 : 4$<br>$12 < T < 60 < : \frac{1}{3} T$<br>$T \geq 60 : 20$ | 在任意直线上,相邻两夹渣间距均不超过 $6L$ 的任何一组夹渣,其累计长度在 $12T$ 焊缝长度内不超过 $T$ |
| III  | $T \leq 9 : 6$<br>$9 < T < 45 : \frac{2}{3} T$<br>$T \geq 45 : 30$     | 在任意直线上,相邻两夹渣间距均不超过 $3L$ 的任何一组夹渣,其累计长度在 $6T$ 焊缝长度内,不超过 $T$ |
| IV   |  | 大于Ⅲ级者   |

注:(1) 表中“L”为该组夹渣中最长者的长度。

(2) 长宽比大于 3 的长气孔的评级与条状夹渣相同。

(3) 当被检焊缝长度小于  $12T$  (II 级)或  $6T$  (III 级)时,可按比例折算。当折算的条状夹渣总长小于单个条状夹渣长度时,以单个条状夹渣长度为允许值。

16.4 综合评级

在圆形缺陷评定区内,同时存在圆形缺陷和条状夹渣(或未焊透)时,应各自评级,将级别之和减 1 作为最终级别。

17 钢管熔化焊对接接头射线照相方法和焊缝质量分级的补充规定(见附录 E)

18 射线照相检验报告及底片的存档

18.1 射线照相检验后,应对检验结果及有关事项进行详细记录并写出检验报告。其主要内容应包括:

产品名称、检验部位、检验方法、透照规范、缺陷名称、评定等级、返修情况和透照日期等。

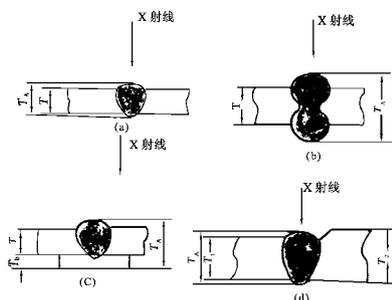
18.2 底片及经有关人员签字的原始记录和检验报告必须妥善保存 5 年以上,以备随时查核。

## 19 射线照相的防护

射线照相防护应符合 GB 4792—84《放射卫生防护基本标准》的有关规定。

### 附录 A 熔化焊对接接头透照厚度 (补充件)

透照厚度应按图所示部位实测值确定,如实测有困难时,可按表确定。



透照厚度示意图

对接接头的透照厚度

mm

| 母材厚度 | 焊缝余高    | 透照厚度 $T_A$ |
|------|---------|------------|
| $T$  | —       | $T$        |
| $T$  | 单面      | $T+2$      |
| $T$  | 双面      | $T+4$      |
| $T$  | 单面(附垫板) | $T+2+T_b$  |

图和表中: $T$ 、 $T_1$ 、 $T_2$ ——母材厚度;

$T_b$ ——垫板厚度。

母材厚度均为公称厚度。对接接头中母材厚度不同时,取薄的厚度作为母材厚度。

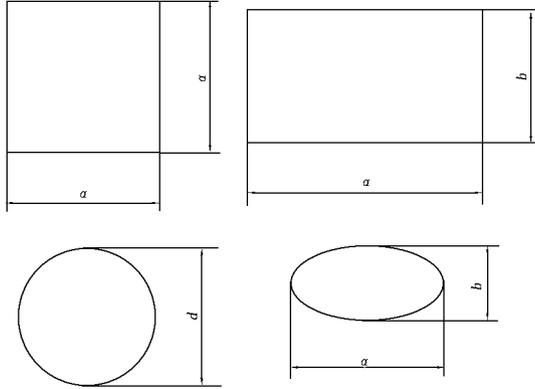
### 附录 B 有效焦点尺寸的计算 (补充件)

焦点的光学尺寸与下列任一理想焦点尺寸相似,在计算焦点至工件距离时,按下列公式计算有效焦点尺寸  $d$ (单位为 mm)

方形焦点: $d=a$

长方形焦点和椭圆形焦点: $d=\frac{a+b}{2}$

圆形焦点:  $d$



计算焦点尺寸示意图

附录 C

搭接标记的安放位置  
(补充件)

钢熔化焊对接接头射线照相搭接标记的安放位置如下。

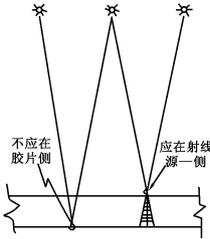


图 C1 平面部件或纵焊缝

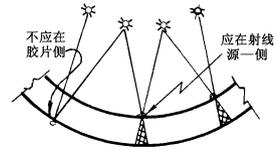


图 C2 射线源到胶片距离小于曲率半径的曲面部件

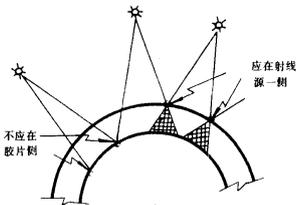


图 C3 凸面朝向射线源的曲面部件

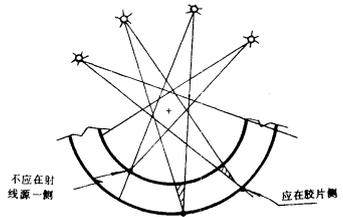


图 C4 射线源到胶片距离大于曲率半径的曲面部件

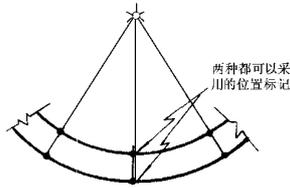


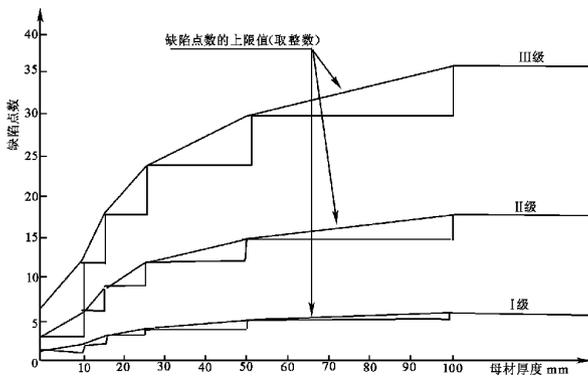
图 C5 射线源在曲率中心的曲面部件

## 附录 D

可扩大评定区的处理办法  
(补充件)

D.1 当评定区内缺陷点数超过规定的级别,且不超过图中规定的上限值,附件的缺陷点数又较少时,可将评定区沿焊缝方向扩大到 3 倍,求出缺陷的总点数,取其 1/3 进行评定。

D.2 当缺陷点数超过图中的上限值时,则不能用此方法进行评定。



可扩大评定区的缺陷点数上限值

## 附录 E

钢管熔化焊对接接头射线照相  
(补充件)

E.1 外径大于 89 mm 的管子对接焊缝可采用双壁单投影分段透照,管子焊缝质量的评级与本标准正文相同。

E.2 外径小于等于 89mm 的管子对接焊缝按照下列规定进行。

E.2.1 采用双壁双投影法,射线束的方向应满足上下焊缝的影象在底片上呈椭圆形显示。其间距以 3~10mm 为宜,最大间距不得超过 15mm。

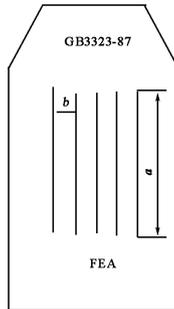
E.2.2 只有当上下两焊缝椭圆显示有困难时才可做垂直透照。垂直透照可以适当提高管电压。

### E.2.3 线型象质计

#### E.2.3.1 象质计选用

除了正文第 7 章规定的象质计之外,也可采用下面规定的专用象质计。

专用象质计由 5 根直径相同的钢丝和铅字符号组成。制作要求按 GB 5618—85 的规定,其型式、代号(即线编号)见图,对于不同管子透照厚度应该选用的象质计线编号见表 E1。



小口径钢管专用象质计

表 E1 小口径钢管象质计的选用

| 要求达到的<br>象质指数 | 线直径  | 尺寸 |     | 管子透照厚度    |           |
|---------------|------|----|-----|-----------|-----------|
|               |      | a  | b   | 倾斜透照      | 垂直透照      |
| 9             | 0.50 | 50 | 3~5 | 11.6~15.0 | 10.6~14.0 |
| 10            | 0.40 |    |     | 7.1~11.5  | 6.1~10.5  |
| 11            | 0.32 |    |     | 4.1~7.0   | 3.1~6.0   |
| 12            | 0.25 |    |     | 3.1~4.0   | 2.1~3.0   |
| 13            | 0.20 |    |     | 2.1~3.0   | 2.0       |
| 14            | 0.16 |    |     | <2.0      | —         |

#### E.2.3.2 象质计的放置

当选用专用象质计时,金属线垂直横跨焊缝表面正中。如选用 GB 5618—85 象质计,则将表 E1 规定应显示的线编号对准定位中心标记处。

如数个管子接头在一张底片上同时显示时,应至少放置一个象质计,如果只用一个,则必须放在最边缘的那根管子上。

#### E.2.3.3 象质计影象的观察

当选用专用象质计时,底片上应至少观察到 1 根以上的钢丝影象。

E.2.4 对允许存在内凹坑和单面未焊透的管子,应在焊缝边上放置槽形测深计或采用其它有效方法,判断缺陷的深度。

E.2.5 为保证上下焊缝影象清晰,焦距不得低于 600mm。

E.2.6 底片上每个管接头应有代号和定位中心。

#### E.2.7 焊缝质量分级

E.2.7.1 裂纹、未熔合、条状夹渣和圆形缺陷的分级按正文规定。

E. 2. 7. 2 内凹坑分级见表 E2。设计焊缝系数小于等于 0.75 的根部未焊透的分级见表 E3。

E. 2. 8 当只能采用双壁双投影一次透照方法时,可参照 S D 相馆 143—85《电力建设施工及验收技术规范钢制承压管道对接焊缝射线检验篇》处理。

表 E2 内凹坑的分级

| 质量等级 | 内凹坑的深度     |          | 长度, mm |
|------|------------|----------|--------|
|      | 占壁厚的百分数, % | 深度, mm   |        |
| I    | $\leq 10$  | $\leq 1$ | 不限     |
| II   | $\leq 20$  | $\leq 2$ |        |
| III  | $\leq 25$  | $\leq 3$ |        |
| IV   | 大于 III 级者  |          |        |

表 E3 未焊透的分级

| 质量等级 | 未焊透的深度     |            | 长度, mm         |
|------|------------|------------|----------------|
|      | 占壁厚的百分数, % | 深度, mm     |                |
| I    | 0          | 0          | 0              |
| II   | $\leq 15$  | $\leq 1.5$ | $\leq 10\%$ 周长 |
| III  | $\leq 20$  | $\leq 2.0$ | $\leq 15\%$ 周长 |
| IV   | 大于 III 级者  |            |                |