



# 中华人民共和国船舶行业标准

CB/T 3558—94

---

## 船舶钢焊缝射线照相工艺和质量分级



1994-02-01 发布

1994-08-01 实施

---

中国船舶工业总公司 发布



## 船舶钢焊缝射线照相工艺和质量分级

代替 CB\* 3127—82  
CB\* 3176—83

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了船舶碳钢及低合金钢焊缝射线照相的一般要求、射线透照工艺及焊缝质量的分级。

本标准适用于母材厚度为 3~200 mm 钢熔化焊对接接头(以下简称为焊缝)的 X 射线和  $\gamma$  射线的照相,也适用于为船舶制造提供的其它部件和成品的射线照相。

### 2 引用标准

GB 4792 放射卫生防护基本标准

GB 5618 线型象质计

GB 11226 工业射线照相底片观片灯

GJB 593.2 X 射线照相检验

CB/T 3177 船舶钢焊缝射线照相和超声波检查规则

ZBY 201 工业 X 射线探伤机 通用技术条件

### 3 一般要求

#### 3.1 人员

3.1.1 从事射线照相检验的人员,必须持有船检部门认可的技术等级资格证书和由国家卫生防护部门颁发的射线安全操作资格证书。

3.1.2 底片评定、审核及签发结果报告的人员,应具有 II 级或 III 级射线探伤资格证书,且校正视力不低于 1.0。

#### 3.2 检验场所

3.2.1 射线检验场所应满足 GB 4792 标准中有关防护方面的要求,且设置标志与明显的安全警戒线。

3.2.2 尽可能将检验场所内及附近的任何可能的散射源清除干净。

#### 3.3 暗室

暗室应分“干区”和“湿区”两部分,干区用于胶片的贮存、开封和拆装,湿区用于胶片的冲洗处理。干区的温度与湿度及湿区的温度应控制在胶片生产厂所推荐的范围内,并应设置良好的通风设施。

#### 3.4 底片干燥室

采用手工处理胶片时,应设专用底片干燥室、干燥器或干燥箱,并保持室内清洁。

#### 3.5 评片室

评片室内光线应柔和,评片人员所在处的光照度以 25 lx 为宜。

#### 3.6 设备与仪器

##### 3.6.1 射线源

X 射线机应符合 ZBY 201 的要求; $\gamma$  射线设备应符合出厂要求。

##### 3.6.2 黑度计(光学密度计)

黑度计的准确度应高于  $\pm 0.05$ ,最大可测黑度为 4.00,并定期送有关计量部门进行检定。

3.6.3 观片灯

底片观片灯性能应符合 GB 11226 标准要求,透过被观察底片的亮度不低于 30 cd/m<sup>2</sup>。对不同黑度 (D)的底片,观片灯的最低亮度应满足表 1 规定。

表 1 观片灯的亮度要求

底片最大黑度 D	观片灯最低亮度,cd/m <sup>2</sup>
1.00	300
1.50	1 000
2.00	3 000
2.50	10 000
3.00	30 000
3.50	100 000
4.00	300 000

3.6.4 安全红灯

暗室用安全红灯应采用安全电压和胶片厂推荐的安全滤光片。红灯的安全性可按 GJB 593.2 进行检查。

3.6.5 辐射剂量监测仪器

辐射剂量仪、辐射剂量报警器及检验人员佩戴的个人剂量计等,应按国家计量规程规定的周期,按时送验。

3.7 检查用材料

3.7.1 胶片

3.7.1.1 射线照相用胶片应根据射线能量及像质要求进行选择,新购进的胶片应根据 GJB 593.2 进行抽检。

3.7.1.2 胶片的灰雾度不得高于 0.30。

3.7.2 增感屏

3.7.2.1 一般选用金属增感屏,在特殊情况下普通级经合同双方同意也可使用金属荧光增感屏。

3.7.2.2 增感屏应根据不同射线源和类似射线能量进行选用,金属增感屏的选用见表 2。

3.7.2.3 增感屏和胶片在透照过程中应始终相互紧贴。

3.7.2.4 严禁使用破损、翘曲、划伤、皱折的金属增感屏,并避免积聚灰尘、污垢、氧化物或任何外来杂质。

表 2 金属增感屏的选用

mm

射线源	增感屏材料	前屏厚度	后屏厚度
<120 kV	铅	—	>0.10
120~250 kV		0.025~0.125	
250~400 kV		0.05~0.16	
1~3 MeV	铜、铅	1.00~1.60	1.00~1.60
3~8 MeV			
8~35 MeV	钽、钨、铅	—	—
Ir192	铅	0.05~0.16	>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,但比使用铅屏所需曝光时间长。

3.7.3 暗盒

应使用在射线作用下不发光的低吸材料制成的暗盒,使用前必须对它进行防光检查。

3.7.4 线型象质计

3.7.4.1 线型象质计钢丝直径选用 R10 系列,其型号及规格应符合 GB 5618 的规定。

3.7.4.2 外径小于 89 mm 的钢管,其焊缝透照时应选用附录 A(补充件)规定的专用象质计。

3.7.5 专用对比块

对允许存在凹坑和单面未焊透的管子,应采用附录 A(补充件)规定的专用对比块或沟槽对比块,以便确定未焊透相对深度。专用对比块的长度约为管子的二分之一外圆长度。

3.7.6 铅字标记

铅字标记的厚度一般为 2 mm。当采用较高射线能量透照(如 X 射线大于 1 MeV)时,则需使用 3 mm或更大厚度的铅字标记。

4 检验程序及要求

4.1 检验时间

4.1.1 焊缝射线照相检验,应在焊后适当时间进行。其焊后时间按有关技术文件规定或由供需双方商定。

4.1.2 除工艺规程或合同另有规定,焊缝射线照相一般应在焊件热处理后和矫形后进行。

4.2 表面状态

焊缝及热影响区的表面质量(包括余高高度)应经外观检查合格后方可进行透照。在底片上焊缝表面不规则状态的图像应不掩盖焊缝中的缺陷或与之相混淆,否则应做适当的修正。

4.3 射线源和能量的选择

4.3.1 以管电压为 400 kV 以下的 X 射线透照焊缝时,应根据透照厚度  $T_A$ [熔化焊对接接头透照厚度的确定见附录 B(补充件)]所允许的最高管电压,见图 1。

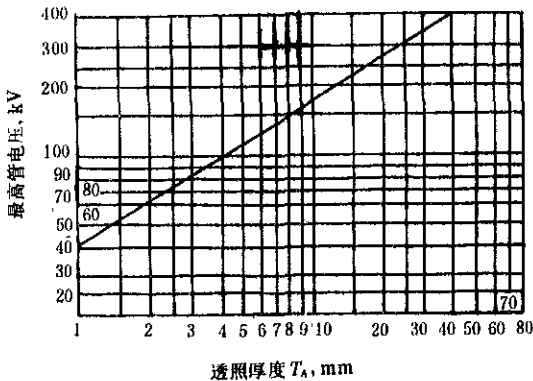


图 1 透照厚度和允许使用的最高管电压

4.3.2  $\gamma$ 射线和 1 MeV 以上的 X 射线透照母材厚度和范围见表 3。

表 3 γ射线和 1 MeV 以上 X 射线透照厚度范围

mm

射线源	母材厚度 $T$	
	普通级	特级
X 射线为 1~2 MeV	40~175	50~150
X 射线大于 2 MeV	>50	>50
Ir192	30~95	40~90
Co60	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 3 限值的 1/2。

4.4 透照方式

4.4.1 按射线源、工件和胶片之间的相互位置关系，透照方式为纵缝透照法、环缝外透法、环缝内透法、双壁单影法(倾斜透照、垂直透照)和双壁双影法五种，见图 2。

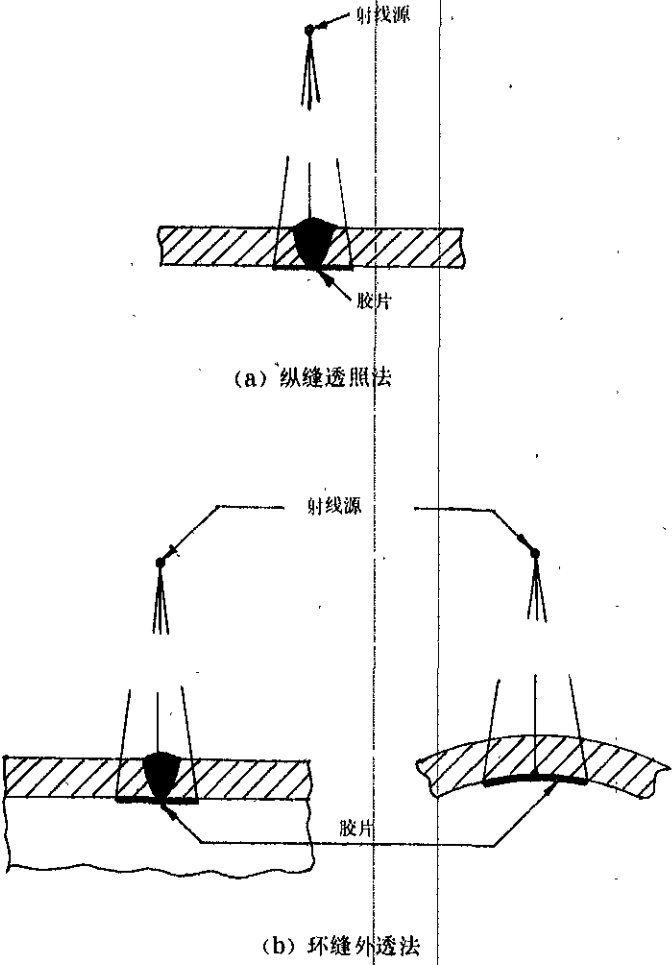
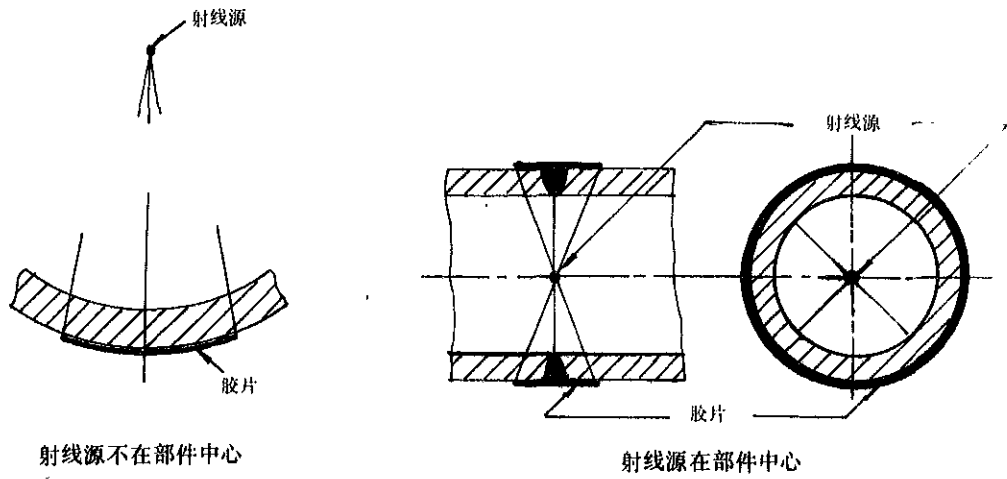
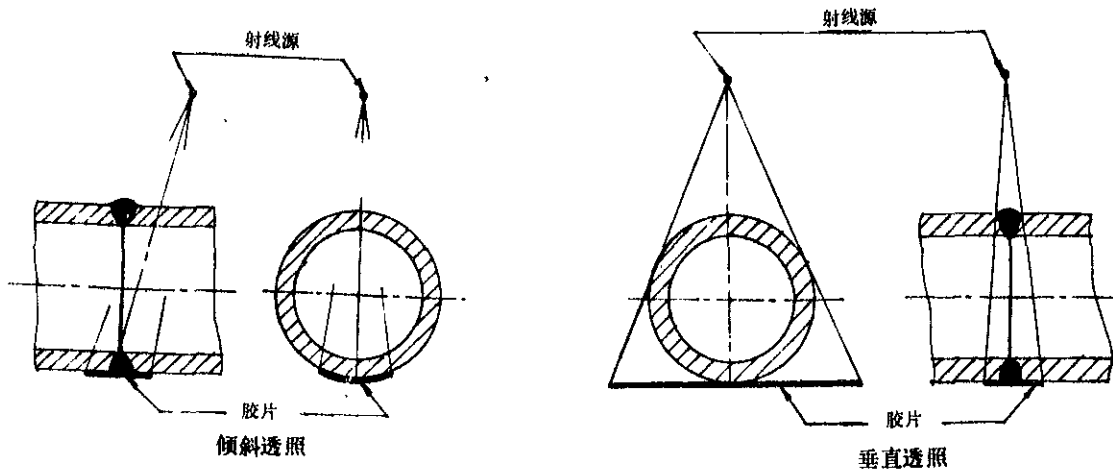


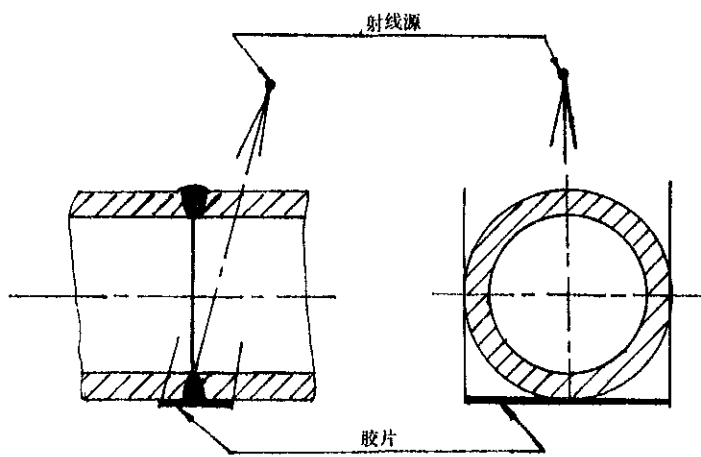
图 2 透照方式示意图



(c) 环缝内透法



(d) 双壁单影法



(e) 双壁双影法

续图 2

4.4.2 外径小于等于 89 mm 的管子对接焊缝采用双壁双投影法时,射线束的方向应满足上下焊缝的影像在底片上呈椭圆形显示,其间距以 3~10 mm 为宜,最大间距不得超过 15 mm。只有当上下两焊缝呈椭圆显示有困难时才可做垂直透照(见图 2(d))。

4.5 几何条件

4.5.1 射线源至胶片的距离

4.5.1.1 射线源至胶片的最小距离应按公式(1)进行计算:

$$F_{min} = t \left( 1 + \frac{d}{U_{gmax}} \right) \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $F_{min}$ ——射线源至胶片的最小距离,mm;  
 $t$ ——射线源侧工件表面至胶片的距离,mm;  
 $d$ ——射线源的有效焦点尺寸,mm;  
 $U_{gmax}$ ——允许的最大几何不清晰度,mm。

4.5.1.2 对于不同  $t$  值范围内所允许的最大几何不清晰度  $U_{gmax}$  见表 4。

表 4 不同  $t$  值范围内允许的  $U_{gmax}$  mm

$t$ 值范围		$\leq 50$	$> 50 \sim 100$	$> 100 \sim 150$	$> 150$
$U_{gmax}$	普通级	0.30	0.50	0.75	1.00
	特 级	0.20	0.30	0.40	0.50

4.5.1.3 射线源的焦点有效尺寸  $d$ ,按附录 C(补充件)进行计算;对于  $\gamma$  射线源的有效焦点长度大于 3 mm 时,按公式(1)计算的  $F_{min}$  应乘以从图 3 中查出的修正因子  $R$ 。

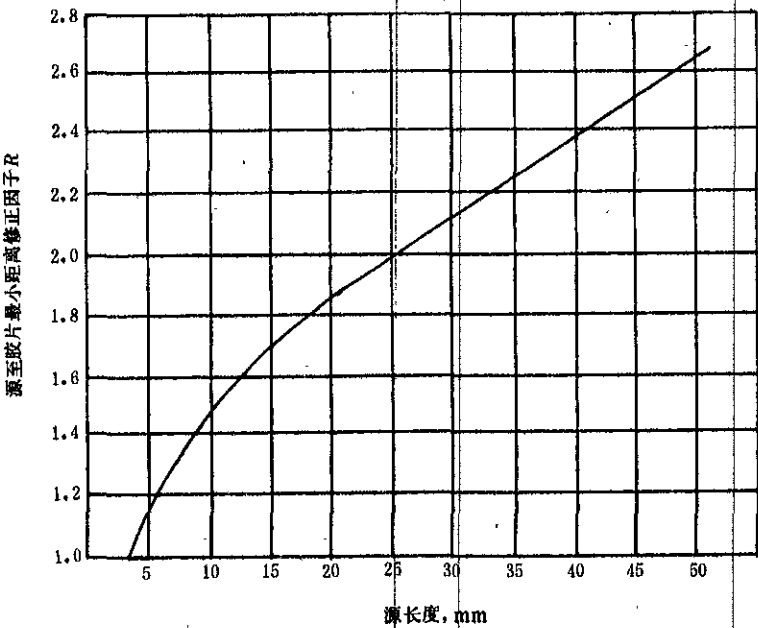


图 3 不同源长度下  $F_{min}$  的修正因子

4.5.1.4 外径小于等于 89 mm 的管子对接环焊缝采用双壁双投影法透照时,射线源至胶片的距离不得低于 600 mm。

4.5.2 一次检出范围

4.5.2.1 一次检出范围是指采用分段透照时,每次透照所检验的焊缝长度,其底片质量应符合 4.11 条的规定。

4.5.2.2 焊缝的透照厚度比  $K$  值按公式(2)计算。环缝(不包括小口径钢管焊缝)的普通级  $K$  值一般



不大于 1.1, 特级  $K$  值一般不大于 1.06; 纵缝的普通级  $K$  值一般不大于 1.03, 特级  $K$  值一般不大于 1.01。

$$K = \frac{T'}{T} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $K$ ——透照厚度比;

$T$ ——母材厚度(见图 4), mm;

$T'$ ——射线束斜向透照最大厚度(见图 4), mm。

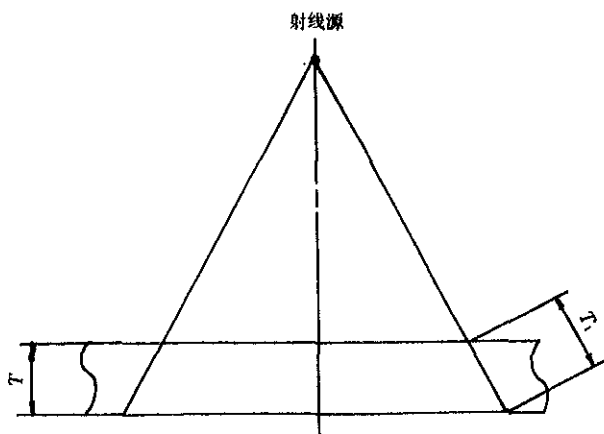


图 4 焊缝透照厚度比示意图

4.5.2.3 若要求管道环缝整条透照, 对于外径大于 76 mm 且小于等于 89 mm 的钢管, 其焊缝以双壁双影法透照时, 至少分 2 次检验, 每次间隔 90°; 对于外径小于和等于 76 mm 的钢管, 其焊缝以双壁双影法透照时, 一次检出范围不少于周长的 90%。其测量方法应符合附录 D(补充件)的规定。底片质量应满足 4.11 条的规定。

#### 4.5.3 射线束的投射方向

射线束应指向被透照部位的中心, 并在该点与被透照区平面或曲面的切平面相垂直, 也可以从有利于发现缺陷的其它方向进行透照。

#### 4.6 无用射线和散射线的屏蔽

4.6.1 为减少散射射线的影响, 应采用铅板等屏蔽物对非透照区加以遮挡或用铅制光栏及锥形罩将射线限制在透照区的范围内。

4.6.2 为防止背散射的有害影响, 暗盒背面应衬以适当厚度的铅板。为检查背散射, 在暗盒背面贴附一个高为 13 mm, 厚为 1.6 mm 的铅制字母“B”。若在底片较黑的背景上出现较淡的“B”字影像, 应加厚暗盒背面的铅板厚度。

#### 4.7 定位标记和识别标记

##### 4.7.1 定位标记

表明焊缝透照部位的定位铅字符号应包括中心标记(↗)和搭接标记(↑), 十字接缝及 T 字接缝可不放置中心标记。

##### 4.7.2 识别标记

焊缝透照时应放置铅制识别标志, 应包括工件编号、焊缝编号及部位编号等。对于返修的焊缝透照时, 还应放置 R1、R2 等表明焊缝返修次数的识别标记。

##### 4.7.3 定位标记和识别标记的放置

4.7.3.1 透照焊缝时, 定位标记和识别标记应放置在焊缝两侧, 且距焊缝边缘至少 5 mm。搭接标记的安放位置见附录 E(补充件)。

4.7.3.3 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。若工件不宜打印标记时,应采用详细的透照部位草图或其它的有效方法进行标注。

4.8 线型象质计(象质计)的放置及数量

4.8.1 象质计的放置

4.8.1.1 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(有效区段的 1/4 部位)。钢丝应横跨焊缝并与焊缝长度方向垂直,细丝置于外侧。当射线源一侧无法放置时,也可放在胶片一侧的工件表面上,但应通过对比试验,使实际像质指数值达到规定的要求。象质计放在胶片一侧的工件表面时,象质计应附加“F”铅字标记,以示区别。

4.8.1.2 外径小于等于 89 mm 的钢管焊缝透照时,I 型专用象质计一般放置于有效区段的胶片和管表面之间。

4.8.1.3 外径小于等于 76 mm 的钢管,采用双壁双影法透照一次成像时,II 型专用象质计一般放置在环缝上余高中心处,并环绕整个圆周。

4.8.2 象质计数量

4.8.2.1 每个象质计只能代表一个有效检验范围,因此每张底片至少有一个象质计。当受检区底片黑度变化超过象质计附近底片黑度值的 +30% 和 -15% 时,则应使用两只象质计,其中一只放在相应于底片黑度最高值处的部位上,另一只放在相应于底片黑度最低值的部位上。

4.8.2.2 当采用射线源置于环形焊缝中心进行周向曝光时,可每隔 90° 放置一个象质计。

4.8.2.3 如将 γ 射线源置于球形容器中心位置,对几何条件相同的焊缝作全景曝光时,可按 4.8.2.2 条的原则,适当减少象质计的数量。

4.9 对比块的放置

采用附录 A(补充件)规定的未焊透深度对比块时,其应平行放置在距焊缝边缘 5 mm 处。

4.10 胶片处理

胶片处理按胶片生产厂推荐的方法进行。

4.11 底片影像质量(像质)

按所需要达到的底片影像质量,射线照相方法分为普通级和特级,选用特级时,焊缝余高应磨平。

4.11.1 像质指数

像质指数是衡量射线照相透照技术和胶片处理质量的数值,它等于底片上能识别出的最细钢丝的线径编号。表 5 列出了不同透照厚度范围的像质指数和相应的细丝的直径。

表 5 透照厚度范围及其像质要求 mm

要求达到的 像质指数	线径	透照厚度 $T_A$	
		普通级	特 级
16	0.100	—	$\leq 6$
15	0.125	$\leq 6$	$> 6 \sim 8$
14	0.16	$> 6 \sim 8$	$> 8 \sim 10$
13	0.20	$> 8 \sim 12$	$> 10 \sim 16$
12	0.25	$> 12 \sim 16$	$> 16 \sim 25$
11	0.32	$> 16 \sim 20$	$> 25 \sim 32$
10	0.40	$> 20 \sim 25$	$> 32 \sim 40$
9	0.50	$> 25 \sim 32$	$> 40 \sim 50$
8	0.63	$> 32 \sim 50$	$> 50 \sim 80$
7	0.80	$> 50 \sim 80$	$> 80 \sim 150$
6	1.00	$> 80 \sim 120$	$> 150 \sim 200$
5	1.25	$> 120 \sim 150$	—
4	1.60	$> 150 \sim 200$	—

注：在焊缝影像上，如能清晰地看到长度不小于 10 mm 的象质计钢丝影像，就认为是可识别的。当选用专用象质计  
时，焊缝影像上应至少能观察到 1 根钢丝影像。

4.11.2 底片黑度

底片有效检出范围内焊缝成像区的黑度范围控制应按表 6 规定。

表 6 底片黑度范围

射线种类	底片黑度 $D$		灰雾度 $D$
X 射线	普通级	1.20~4.00	<0.30
	特 级	1.50~4.00	
射线	1.8~4.00		

注：表中  $D$  值包括了  $D_0$  值。

4.11.3 不允许的假像

底片有效评定区域内，不应有因胶片处理不当而引起的假缺陷或其它妨碍评定的假缺陷。

5 焊缝质量的分级

根据焊缝(包括热影响区)中缺陷性质，大小和数量及分布状态分为 I~V 级，V 级不能作为可验收的质量水平。

5.1 焊缝验收等级

焊缝验收等级及适用对象按 CB/T 3177 规定。

5.2 焊缝缺陷的评定

5.2.1 各级焊缝均不允许有裂纹、未熔合、未焊透。

5.2.2 各级焊缝圆形缺陷评定见第 5.3 条。

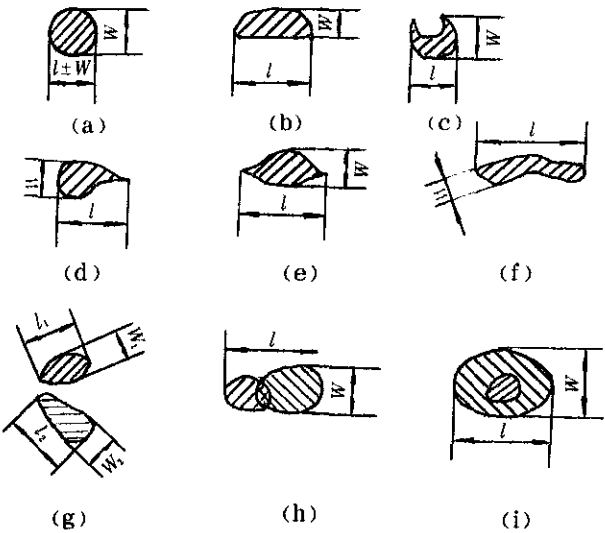
5.2.3 各级焊缝长形缺陷评定见第 5.4 条。

5.2.4 各级不加垫板单面焊的管道焊缝评定见第 5.8 条。

5.3 圆形缺陷评定和分级

5.3.1 长宽比小于等于 3 的缺陷，定义为圆形缺陷，包括气孔、点状夹渣和夹钨。

5.3.2 圆形缺陷尺寸测量如图 5



$l$ —长径, mm;  $W$ —宽度, mm

图 5 缺陷尺寸测量示意图

5.3.3 缺陷的换算

以缺陷的长径尺寸由表 7 换算成点数。

表 7 缺陷的换算

缺陷长径尺寸,mm	≤1	>1~2	>2~3	>3~4	>4~6	>6~8	>8
点数	1	2	3	6	10	15	25

5.3.4 不计点数的缺陷尺寸按母材厚度区分见表 8。

表 8 不计点数的缺陷尺寸

母材厚度 $T$	≤25	>25~50	>50
长径尺寸	≤0.5	≤0.7	≤1.4% $T$

注：若焊缝两侧母材厚度不同，则按较薄母材厚度为准(以下各表相同)。

5.3.5 评定区域

5.3.5.1 评定区域的确定见表 9。

表 9 评定区域的确定

母材厚度 $T$	≤25	>25~100	>100
评定区尺寸	10×10	10×20	10×30

5.3.5.2 评定区必须从底片上缺陷显示最严重部分且长边必须平行于焊缝方向框取。

5.3.5.3 当缺陷与评定区边界相接(不包括相切)时,应将其划入评定区计点。

5.3.6 分级方法

5.3.6.1 按 5.3.3~5.3.5 条将评定区域内应计点的点数相加。

5.3.6.2 各级焊缝在评定区内点数相加之和限值见表 10。

5.3.6.3 不计点数的缺陷在评定区内个数的限值见表 11。

表 10 圆形缺陷的限值

验收等级	评定区,mm×mm					
	10×10		10×20		10×30	
	母材厚度 $T$ ,mm					
	≤10	>10~15	>15~25	>25~50	>50~100	>100
	圆形缺陷个数					
I	3	6	9	12	15	18
II	5	10	15	20	25	30
III	7	14	21	28	35	42
IV	9	18	27	36	45	54
V	点数多于 IV 级者					

表 11 不计点数缺陷限值

验收等级	个数
I	15
II	20
III	25
IV	30

- 5.3.6.4 圆形缺陷长径尺寸大于 $\frac{1}{2}T$ 时评为Ⅴ级。
- 5.3.6.5 当评定区内点数略有超值时,经供需双方协商后,按附录 F(补充件)处理。
- 5.4 长形缺陷评定和分级。
- 5.4.1 长宽比大于 3 的夹渣或长形气孔定义为长形缺陷,测量方法如图 5。
- 5.4.2 各级焊缝单个长形缺陷的尺寸限值见表 12。

表 12 长形缺陷限值 mm

验收等级	母材厚度 $T$		
	$\leq 12$	$>12\sim 48$	$>48$
	单个长形缺陷尺寸		
I	$\leq 4$	$\leq \frac{1}{3}T$	$\leq 16$
II	$\leq 6$	$\leq \frac{1}{2}T$	$\leq 24$
III	$\leq 8$	$\leq \frac{2}{3}T$	$\leq 32$
IV	$\leq 10$	$\leq \frac{6}{5}T$	$\leq 40$
V	缺陷大于Ⅳ级者		

- 5.4.3 相邻的长形缺陷之间间距(最短的直线距离)凡是小于等于其中较长尺寸的,均应将各缺陷的长度相加,作单个长形缺陷评定。
- 5.4.4 各级焊缝中长形缺陷在任意  $12T$  焊缝长度内相加总长限值见表 13。

表 13 长形缺陷在任意  $12T$  焊缝长度内限值

验收等级	长形缺陷相加总长, mm
I	不大于 $T$
II	不大于 $1\frac{1}{2}T$
III	不大于 $2T$
IV	不大于 $3T$
V	大于Ⅳ级者

- 5.4.5 当被检焊缝长度小于  $12T$  时,则长形缺陷相加总长按比例折算,若折算后的允许总长度小于单个长形缺陷限值,则以单个长形缺陷限值作为允许总长。
- 5.5 综合评定
- 在圆形缺陷评定区域内,同时存在圆形和长形缺陷,则先各自评定等级,然后将两种缺陷级别之和减 1 作为最后等级。
- 5.6 扩大检查
- 按比例抽检的焊缝,若底片一端或两端显示出危害性缺陷(裂纹、未熔合、未焊透)有延伸时,应在延伸端作扩大检查。其透照长度按 CB/T 3177 中第 9 条规定。
- 5.7 低于验收等级焊缝的处理
- 焊缝质量低于相应验收等级要求时,按 CB/T 3177 中第 9 条处理。
- 5.8 不加垫板船用压力管道周向对接单面焊焊缝验收等级
- 5.8.1 本验收等级仅适用于焊缝系数小于等于 0.75、外径小于等于 89 mm 的管子对接焊缝根部内凹和未焊透的评定。
- 5.8.2 各级焊缝根部未焊透限值见表 14。

表 14 根部未焊透限值

验收等级	未焊透深度		未焊透总长占 焊缝周长百分比 %
	占壁厚百分比,% ≤	极限深度,mm ≤	
I	0	0	0
II	10	1.5	10
III	15	2.0	15
IV	20	2.5	20
V	大于 IV 级者		

注：未焊透深度须同时满足壁厚百分比和极限深度。

5.8.3 各级焊缝内凹限值见表 15。

表 15 焊缝内凹限值

验收等级	内凹深度		内凹总长占 焊缝周长百分比,% ≤
	占壁厚百分比,% ≤	极限深度,mm ≤	
I	10	1	25
II	15	2	25
III	20	3	30
IV	25	4	30
V	大于 IV 级者		

注：内凹深度须同时满足壁厚百分比和极限深度。

6 射线照相检验报告及底片存档

6.1 射线照相检验,应对检验结果及有关事项进行详细记录并写出检验报告,记录和报告格式可自行设计或供需双方商定,其内容应至少包括:产品(工程)名称、检验部位、检验方法、透照规范、缺陷名称、评定级别、返修次数及日期等。

6.2 底片及有关人员签字的原始记录和检验报告必须妥善保存。底片保存的年限应由供需双方商定。

附录 A  
专用象质计和未焊透深度对比块的型式和规格  
(补充件)

A1 I型专用象质计

外径大于 76 mm 且小于等于 89 mm 的钢管焊缝透照,应选用 I 型专用象质计。

A1.1 I 型专用象质计由 5 根直径相同的钢丝和铅字符号组成,制作要求应符合 GB 5618 的规定。其型式、线编号见图 A1。

A1.2 图 A1 中编号由 3 位数字表示,第 1、2 位表示材料;第 3 位表示线编号。

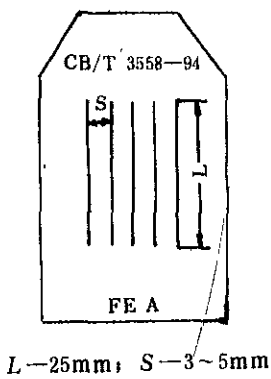


图 A1 I 型专用象质计

A2 II型专用象质计

外径小于等于 76 mm 的钢管焊缝,采用双壁双投影法透照,应选用 II 型专用象质计。

A2.1 II 型专用象质计由一根或两根钢丝(其长度大于所透照的管子外周长)和铅字符号组成。制作要求应符合 GB 5618 的规定,其型式、线编号见图 A2。

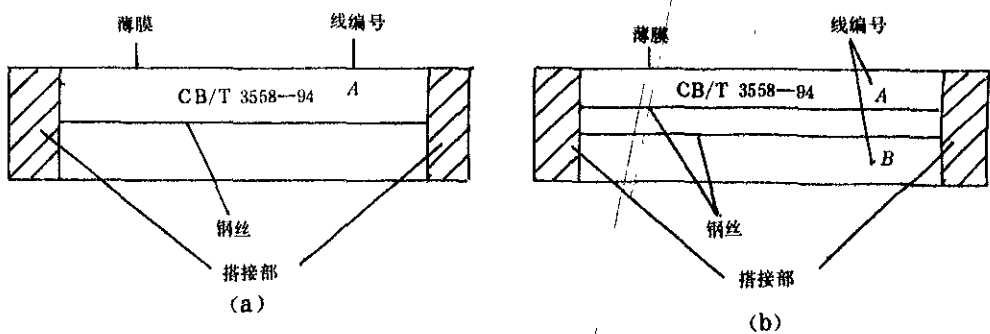


图 A2 II 型专用象质计

A3 专用对比块

专用对比块应用与被检体同类材料制成,其型式和规格应符合图 A3 和表 A1 的规定。

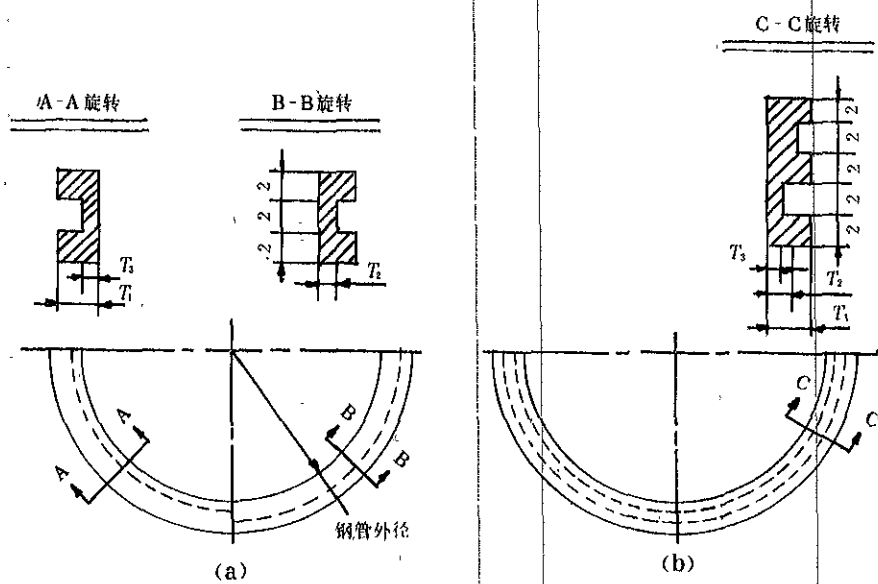


图 A3 专用对比块  
表 A1

mm

管壁厚 $T$	第一阶厚度 $T_1$		第二阶厚度 $T_2$		第三阶厚度 $T_3$	
	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差	基本尺寸	极限偏差
3.5	1	0 -0.06	0.65	+0.025 0	0.5	+0.025 0
4	1		0.6		0.4	
5	1		0.5		0.25	
6	1		0.4		0.1	

A4 沟槽对比块

沟槽对比块应用与被检体同类材料制成,其型式和规格应符合图 A4 和表 A2 的规定。

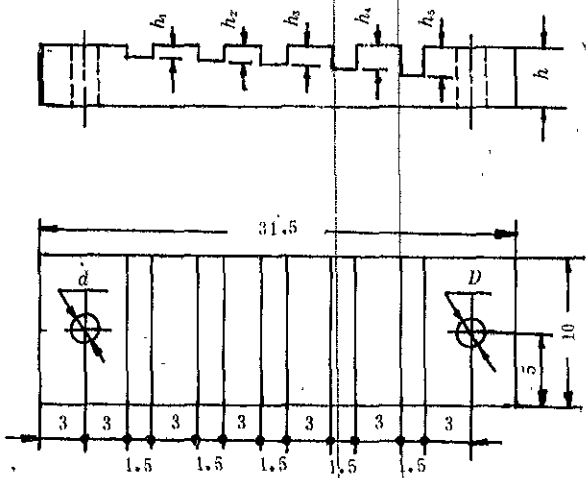


图 A4 沟槽对比块(试块的长度为 31.5 mm)



表 A2

mm

基本尺寸		$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	极限偏差	$h$	极限偏差	$d$	极限偏差	$D$	极限偏差
对比试块 编号	I	0.3	0.6	1.2	1.5	1.8	0 -0.08	2.5	0 -0.10	1.0	+0.06		
	II	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	0 -0.10	3.5	0 -0.12	1.0	+0.06 0	2.0	+0.06 0

附 录 B

熔化焊对接接头透照厚度  
(补充件)

透照厚度应按图 B1 所示部位实测值确定,如实测有困难,可按表 B1、表 B2 确定。

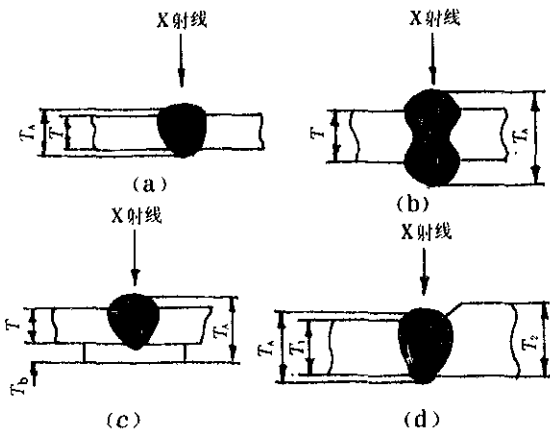


图 B1 透照厚度示意图

表 B1 对接接头的透照厚度

mm

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

注: 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。

表 B2 钢管对接接头的透照厚度

mm

透 照 方 法		透照厚度 $T_A$
外透法	单壁透照法	$T+h$
	双壁单影法	$2T+h$
	双壁双影法	$2T+h$
内透法	中心全周透照法	$T+h$
	偏心透照法	$T+h$

注: ①  $h$  为焊缝的余高。

②  $T$  为钢管实际壁厚。

附录 C  
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,按表 C1 和图 C1 确定有效焦点尺寸。

表 C1

mm

焦点形状	有效焦点尺寸
方形焦点	$a$
长方形焦点和椭圆形焦点	$\frac{1}{2}(a+b)$
圆形焦点	$d$

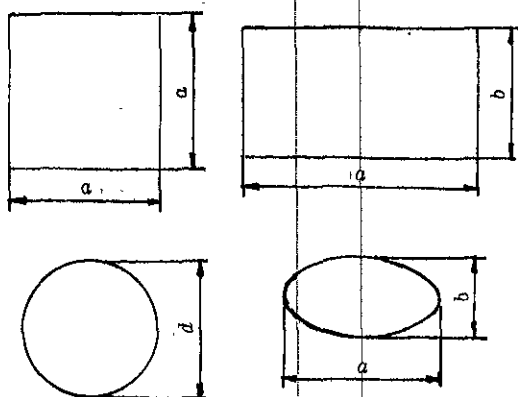


图 C1 计算焦点尺寸示意图

附录 D  
透照厚度及底片有效检出范围的计算方法  
(补充件)

D1 外径小于等于 76 mm 的钢管焊缝,采用双壁双投影法一次椭圆成像透照时,透照厚度  $T_A$  按公式 (D1) 计算,等效透照厚度按公式 (D2) 计算。

$$T_A = 0.8 \sqrt{(D - T) \times T + T} \quad \dots\dots\dots (D1)$$

式中:  $T_A$ ——透照厚度,mm;  
 $D$ ——钢管外径,mm;  
 $T$ ——钢管壁厚,mm。

$$T_B = 2T(1 + \frac{d}{D}) \quad \dots\dots\dots (D2)$$

式中:  $T_B$ ——等效透照厚度,mm;  
 $d$ ——钢管内径,mm;

$D$ ——钢管外径,mm。

**D2** 对于双壁双投影一次椭圆成像的透照工艺,其检出范围必须保证在 90% 以上,并按公式(D3)计算。

$$L = \frac{L_1 - (L_2 \times 4)}{L_1} \times 100\%$$

式中:  $L$ ——检出范围,%;

$L_1$ ——管外壁周长,mm;

$L_2$ ——底片上不见钢丝区域的一段长度,mm。

### 附录 E 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。

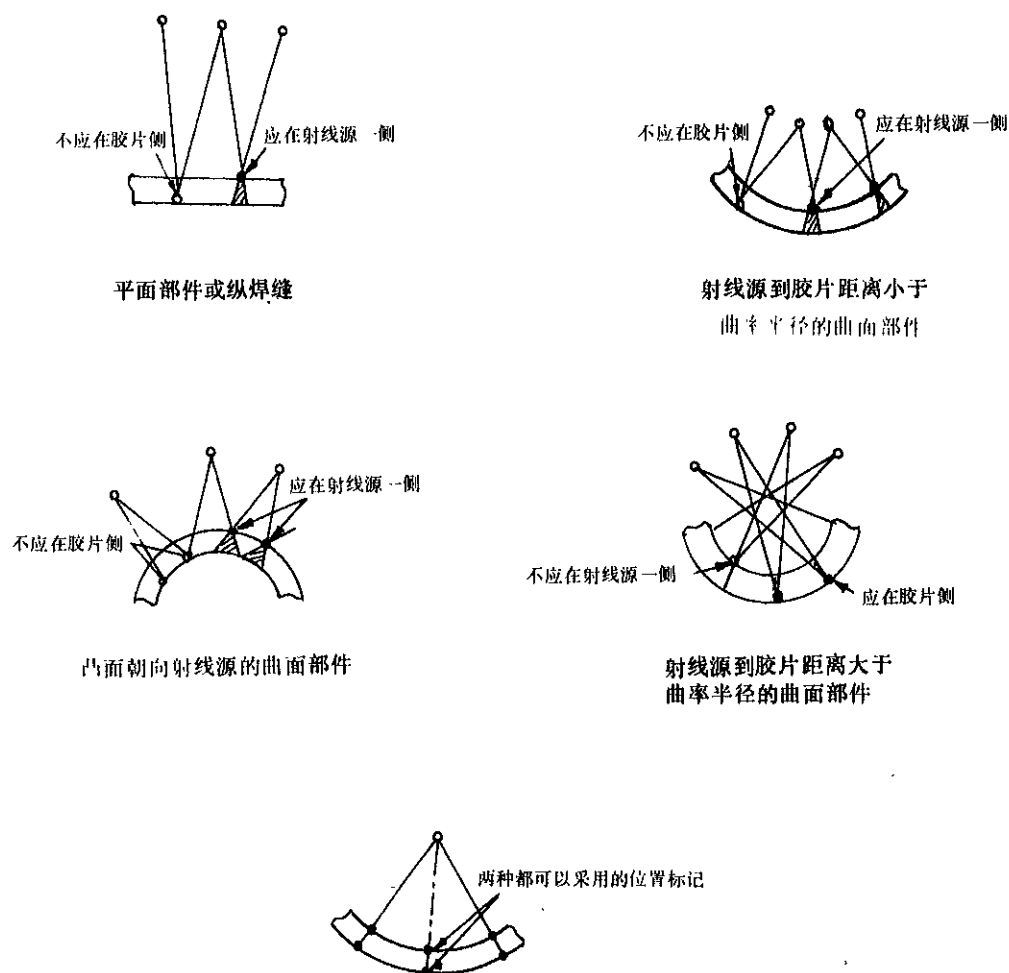


图 E1 射线源在曲率中心的曲面部件

**附录 F**  
**评定区扩大条件和处理方法**  
(补充件)

**F1 可扩大评定区条件**

**F1.1** 在原评定区内缺陷点数超过要求的验收等级,但不超过图 F1 中规定的上限值。

**F1.2** 在原评定区附近缺陷点数较少,且无长形缺陷。

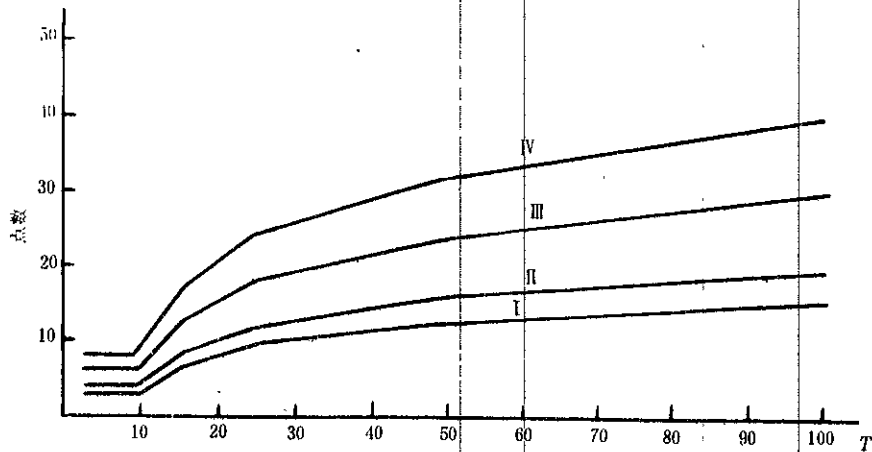


图 F1 可扩大评定区的缺陷点数上限值

**F2 扩大后评定方法**

**F2.1** 在原评定区基础上沿焊缝方向,且从相邻缺陷点数相对较多处扩大 3 倍。

**F2.2** 求出扩大 3 倍后的总点数,再除以 3 得出评价点数,按表 10 评定。

**F2.3** 若评定后比原质量验收等级高(如验收等级为 III 级,扩大 3 倍后评定为 II 级),则仍按原等级为准。

**附加说明：**

本标准由全国海洋船标准化技术委员会造船工艺分技术委员会提出。

本标准由中国船舶工业总公司十一所归口。

本标准由中国船舶工业总公司十一所负责起草。

本标准主要起草人沈昌义、顾世瑤。