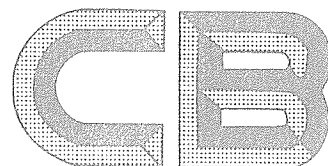


ICS 47.020.01
U 06
备案号: 32849-2011



中华人民共和国船舶行业标准

CB/T 3558—2011

代替 CB/T 3558—1994

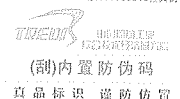
船舶钢焊缝射线检测工艺和质量分级

Ship steel weld radiographic testing technology and quality classification

2011-06-15 发布

2011-10-01 实施

按010 52900315或6607060315查真伪



中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替CB/T 3558—1994《船舶钢焊缝射线照相工艺和质量分级》和CB/T 3177—1994《船舶钢焊缝射线照相和超声波检查规则》中射线照相检测部分。

本标准与CB/T 3558—1994相比，主要技术变化如下：

- a) 修改了检测范围；
- b) 增加了检测技术等级；
- c) 修改了射线源、密度计、黑度的要求；
- d) 增加了胶片系统分类的内容；
- e) 修改了小径管的定义；
- f) 修改了射线源至工件表面最小距离的计算方法；
- g) 修改了圆形缺陷的评级限值；
- h) 修改了管子的验收要求；
- i) 修改了射线源有效焦点的计算方法。

本标准由中国船舶工业集团公司提出。

本标准由中国船舶工业综合技术经济研究院归口。

本标准起草单位：中国船舶工业集团公司第十一研究所、中国船级社无损检测实验室、浙江省缙云像质计厂、山东济宁模具厂。

本标准主要起草人：丁兵、易一平、喜鸾英、周飞旭、李根强。

本标准的历次版本发布情况为：

- CB* 3127—1982；
- CB* 3176—1983；
- CB* 3177—1983；
- CB/T 3558—1994、CB/T 3177—1994。

船舶钢焊缝射线检测工艺和质量分级

1 范围

本标准规定了船舶钢焊缝射线照相检测的一般要求、技术等级、工艺文件、检测实施和焊缝质量分级等。

本标准适用于母材厚度为2 mm~200 mm钢熔化焊对接接头的射线照相检测。为船舶制造提供的其它部件和成品钢焊缝的射线照相检测可参照本标准执行。

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 12604.2 无损检测术语 射线照相检测
GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
GB/Z 117 工业X射线探伤放射卫生防护标准
GB/Z 132 工业γ射线探伤放射卫生防护标准
GB/T 19348.1—2003 无损检测 工业射线照相胶片
GB/T 23910—2009 无损检测 射线照相检测用金属增感屏
GB/T19802—2005 工业射线照相观片灯最低要求
JB/T 7902 无损检测 射线照相检测用线型像质计
中国船级社《无损检测人员资格鉴定与认证规范》 2008

3 术语与定义

GB/T 12604.2界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

公称厚度 nominal thickness

T

受检工件名义厚度,不考虑材料制造偏差和加工减薄。

3.2

透照厚度 penetrated thickness

W

射线照射方向上材料的公称厚度。多层透照时,透照厚度为通过的各层材料公称厚度之和。

3.3

管子直径 external diameter of the pipe

D_0

管子的外径。

3.4

圆形缺陷 round flaw

长宽比不大于3的气孔、夹渣和夹钨等缺陷。

3.5

条形缺陷 stripy flaw

长宽比大于3的气孔、夹渣和夹钨等缺陷。

3.6

小径管 small diameter tube

外径 D 不大于100 mm的管子。

4 一般要求

4.1 人员

4.1.1 从事射线检测的人员应经过射线检测技术的基础理论知识和相关技能培训，并了解有关焊接、结构、材料热处理等知识。

4.1.2 从事射线检测的人员应接受辐射安全防护知识的培训，并取得放射工作人员岗位证书。

4.1.3 从事射线检测人员的职责范围和能力要求应符合中国船级社《无损检测人员资格鉴定与认证规范》2008 的规定。

4.1.4 从事射线检测的人员应持有中国船级社认可的射线检测资格证书。

4.1.5 射线检测人员的未经矫正或经矫正的近（距）视力和远（距）视力应不低于 5.0，每年检查一次视力，检查结果应存档。

4.2 辐射防护

4.2.1 射线检测环境（曝光室、检测现场）应符合 GB 18871、GB/Z 117、GB/Z 132 的有关规定。

4.2.2 检测工作人员进入检测现场，应佩戴个人剂量监测仪，并携带射线辐射报警仪。

4.2.3 应尽可能的清除影响射线检测的散射源。

4.3 暗室

暗室分为干区和湿区。干区用于胶片的封装和储存，湿区用于胶片的冲洗处理。暗室应具备良好的温控和通风条件。

4.4 评片室

评片室应整洁、安静，温度适宜，光线应暗且柔和。

4.5 检测设备和器材

4.5.1 射线源

射线源可以采用X射线源或 γ 射线源，射线源应符合GB 18871的规定。

4.5.2 密度计

密度计可测得最大密度应不小于4.5，测量值的误差不超过 ± 0.05 ，密度计至少每6个月校验一次。用于校正密度计的密度片应符合国家有关计量法规的要求。

4.5.3 增感屏

射线检测采用金属增感屏或不采用增感屏，增感屏材质和厚度的选用应符合表1的规定。

表1 增感屏的材料与厚度

射线源		前 屏		后 屏			
		材料	厚度 mm	材料	厚度 mm		
X 射线	≤100 kV	铅	不用或≤0.03	铅	≤0.03		
	>100 kV~150 kV		≤0.10		≤0.15		
	>150 kV~250 kV		0.02~0.15		0.02~0.15		
	>250 kV~500 kV		0.02~0.20		0.02~0.20		
γ 射线	Se-75		A 级 0.02~0.20		铅	A 级 0.02~0.20	
			B 级、C 级 0.10~0.20 ^a			B 级、C 级 0.10~0.20	
	Ir-192		A 级 0.02~0.20			A 级 0.02~0.20	
			B 级、C 级 0.10~0.20 ^a			B 级、C 级 0.10~0.20	
	Co-60		钢或铜			钢或铜	0.25~0.70
			铅（A、B 级）			铅（A、B 级）	0.50~2.00
	X 射线	1 MeV~4 MeV	钢或铜	钢或铜		0.25~0.70	
			铅（A、B 级）	铅（A、B 级）		0.50~2.00	
>4 MeV~12 MeV		铜、钢或钽	≤1.00	铜、钢	≤1.00		
				钽	≤0.50		
		铅（A、B 级）	0.50~1.00	铅（A、B 级）	0.50~1.00		
>12 MeV		钽	≤1.00	不用后屏			
^a 如果 B 级、C 级使用前屏不大于 0.03 mm 厚的真空包装胶片，应在工件和胶片之间加 0.07 mm~0.15 mm 附加铅屏。							

^a如果 B 级、C 级使用前屏不大于 0.03 mm 厚的真空包装胶片，应在工件和胶片之间加 $0.07\text{ mm}\sim 0.15\text{ mm}$ 附加铅屏。

4.5.4 像质计

线型像质计的型号和规格应符合 JB/T 7902 的规定。

4.5.5 胶片

胶片系统按照 GB/T 19348.1—2003 的要求分为四类，即 T1、T2、T3 和 T4 类。T1 为最高类别，T4 为最低类别，胶片的本底灰雾度不大于 0.3。胶片系统的特性指标参见附录 A。

4.5.6 观片灯

- 观片灯的主要性能应符合 GB/T 19802—2005 的要求。
- 观片灯的最大亮度应达到 7.14.3 的要求。

5 检测技术等级

5.1 检测技术等级分为 A、B、C 三级。检测的完善程度和检测工作的难度按 A、B、C 顺序递增。检测技术等级应按工件的材质、结构、焊接方法和承受载荷的不同进行选用。无特殊规定时，检测技术等级按 B 级执行。

5.2 由于结构、环境、设备等条件限制，不能满足 B 级（或 C 级）技术要求时，经检测方技术负责人批准，在采取有效措施（如使用更高类别的胶片）后，若底片的像质计灵敏度达到了 B 级（或 C 级）检测技术的要求，则可认为按 B 级（或 C 级）检测技术进行了检测。

6 检测工艺文件

6.1 工艺文件应包括通用工艺规程和工艺卡。

6.2 通用工艺规程应根据相关法规、技术标准和有关文件，并针对检测机构特点和检测能力进行编制。通用工艺的主要内容应包括：适用范围、引用标准和法规、人员资格、设备器材、工艺和方法、检测结果和质量分级、技术资料、编审人员、编审日期等。

6.3 检测人员应按照工艺卡执行操作。工艺卡的主要内容应包括：人员资格、工艺卡编号、产品特征标识、设备和器材、工艺参数、技术要求、检测程序、检测部位示意图、编审人员、编审日期等。

7 检测实施

7.1 表面要求

射线检测之前，焊缝及热影响区的表面应经外观检查。表面的不规则状态在底片上的影像不应掩盖或干扰焊缝缺陷影像。

7.2 检测时机

射线检测应在焊缝冷却至环境温度后进行。对有延迟裂纹倾向的材料，射线检测应至少在焊接完成 24 h 后进行。

7.3 胶片选用

7.3.1 A 级和 B 级射线检测技术应使用 T3 类或更高类别的胶片。C 级射线检测技术应使用 T2 类或更高类别的胶片。

7.3.2 采用 γ 射线对裂纹敏感性大的材料进行射线检测，应使用 T2 类或更高类别的胶片。

7.3.3 对于抗拉强度 $R_m \geq 540$ MPa 的高强度材料对接焊缝的射线检测，应使用 T2 类或更高类别的胶片。

7.4 射线源及能量的选择

7.4.1 X 射线检测应尽量选用较低的管电压。在采用较高管电压时，应保证适当的曝光量。不同透照厚度允许采用的最高 X 射线透照管电压见图 1。对截面厚度变化大的工件，在满足灵敏度条件下，允许采用超过图 1 规定的管电压，但不应超过 50 kV。

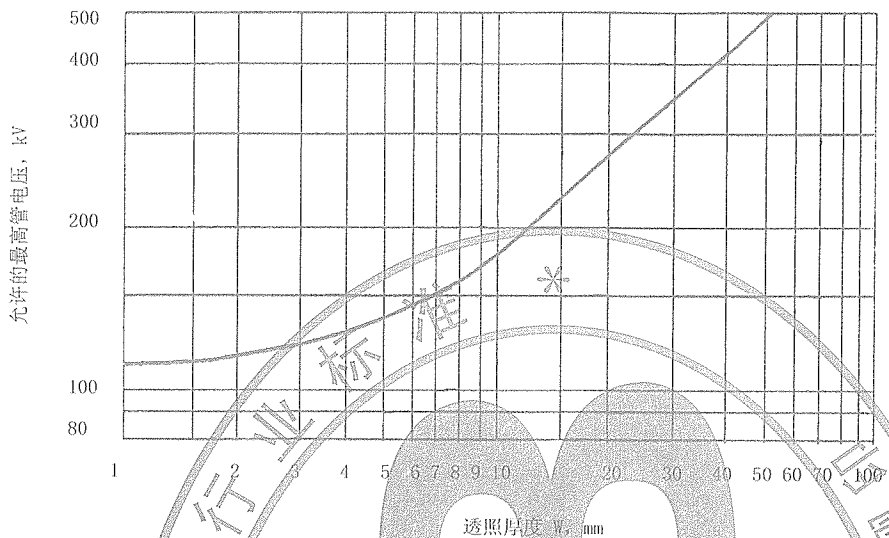


图1 不同透照厚度允许的最高透照管电压

7.4.2 γ 射线源和高能X射线适用的透照厚度范围应符合表2的规定。

表2 γ 射线源和高能X射线设备的透照厚度范围

单位为毫米

射线源		透照厚度 W	
		A级, B级	C级
γ 射线	Se-75	$\geq 10 \sim 40$	$\geq 14 \sim 40$
	Ir-192	$\geq 20 \sim 100$	$\geq 20 \sim 90$
	Co-60	$\geq 40 \sim 200$	$\geq 60 \sim 150$
X射线	1 MeV ~ 4 MeV	$\geq 30 \sim 200$	$\geq 50 \sim 180$
	$> 4 \text{ MeV} \sim 12 \text{ MeV}$	≥ 50	≥ 80
	$> 12 \text{ MeV}$	≥ 80	≥ 100

注：采用源在内中心透照方式，在满足像质计灵敏度的前提下，允许 γ 射线最小透照厚度取下限值的1/2；采用其它透照方式，在采取有效补偿措施并满足像质计灵敏度要求的前提下，经合同各方同意，Ir-192源的最小透照厚度可降至10 mm，Se-75源的最小透照厚度可降至5 mm。

7.5 透照方式

7.5.1 按射线源、工件和胶片之间的相互位置关系，基本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。典型的透照方式示意图参见附录B。

7.5.2 选择透照方式时，应综合考虑透照灵敏度、缺陷类型、透照厚度差、横向裂纹检出角、一次透照长度等各方面的因素。在可采用单壁透照时，应采用单壁透照。

7.5.3 小径管采用双壁双影透照布置，在同时满足下列两个条件时可采用倾斜透照方式椭圆成像：

- a) $T \leq 8 \text{ mm}$;
- b) 焊缝宽度 $g \leq D_0/4$ 。

椭圆成像时，应控制影像的开口宽度（上下焊缝投影的最大间距）在1倍焊缝宽度左右。不满足上述条件或椭圆成像困难时可采用垂直透照方式重叠成像。

7.5.4 小径管环向焊缝 100%检测的透照次数应符合下列要求:

- a) 采用倾斜透照椭圆成像,当 $T/D_0 \leq 0.12$ 时,相隔 90° 透照 2 次;当 $T/D_0 > 0.12$ 时,相隔 120° 或 60° 透照 3 次;
- b) 垂直透照重叠成像时,应相隔 120° 或 60° 透照 3 次。

7.6 一次透照长度

一次透照长度以透照厚度比 K 控制。不同技术等级和对应的焊缝透照厚度比应符合表3的规定。

表3 透照厚度比的确定

射线检测技术等级	A 级, B 级	C 级
纵向焊接接头	$K \leq 1.03$	$K \leq 1.01$
环向焊接接头	$K \leq 1.1^*$	$K \leq 1.06$
* 对 $100 \text{ mm} < D_0 \leq 400 \text{ mm}$ 的环向焊接接头 (包括曲率相同的曲面焊接接头), A 级、B 级允许采用 $K \leq 1.2$ 。		

7.7 射线源至工件表面的最小距离

7.7.1 射线源至工件表面的距离 f 应满足下述要求:

- a) A 级射线检测技术: $f \geq 7.5d \cdot b^{2/3}$
- b) B 级射线检测技术: $f \geq 10d \cdot b^{2/3}$
- c) C 级射线检测技术: $f \geq 15d \cdot b^{2/3}$

式中:

b ——射线源的有效焦点尺寸的数值,单位为毫米 (mm);

d ——射线源侧工件表面至胶片的距离的数值,单位为毫米 (mm)。

图2是A级和C级射线检测技术确定 f 的诺模图,图3是B级射线检测技术确定 f 的诺模图。

7.7.2 射线源有效焦点尺寸的计算见附录 C。

7.8 曝光量

7.8.1 X 射线照相,当焦距为 700 mm 时,曝光量的推荐值为: A 级和 B 级不小于 15 mA·min; C 级不小于 20 mA·min。当焦距改变时应按平方反比定律对曝光量进行修正。

7.8.2 采用 γ 射线源透照时,总的曝光时间应不少于输送源往返所需时间的 10 倍。

7.9 曝光曲线

7.9.1 对每台在用的射线设备应做出经常检测材料的曝光曲线,依据曝光曲线确定曝光参数。

7.9.2 制作曝光曲线所采用的胶片、增感屏、焦距、射线能量等条件和底片应达到的灵敏度、黑度等均应符合本标准相应条款的规定。

7.9.3 对使用中的曝光曲线,至少每六个月应校验一次。射线设备更换重要部件或经较大修理后应及时对曝光曲线进行修正或重新制作。

7.10 散射线

7.10.1 应采取措施 (如利用金属增感屏、铅板、滤波板、准直器等) 屏蔽散射线和无用射线,限制照射场范围。

7.10.2 对初次制定的检测工艺,或检测工艺的条件、环境发生改变时,应进行背散射防护检查。检查背散射防护的方法是:在暗盒背面贴附“B”铅字标记,“B”铅字的高度为13 mm、厚度为1.6 mm,按检测工艺的规定进行透照和暗室处理。若在底片上出现黑度低于周围背景黑度的“B”字影像,则说明背散射防护不够,应增大背散射防护铅板的厚度。若底片上不出现“B”字影像或出现黑度高于周围背景黑度的“B”字影像,则说明背散射防护符合要求。

7.11 像质计

7.11.1 像质计应放置在射线源侧焊缝表面的一端(被检区长度1/4左右的位置),金属丝应横跨焊缝,细丝置于外侧。当一张胶片上同时透照多条焊缝时,像质计应放置在透照区最边缘的焊缝处。

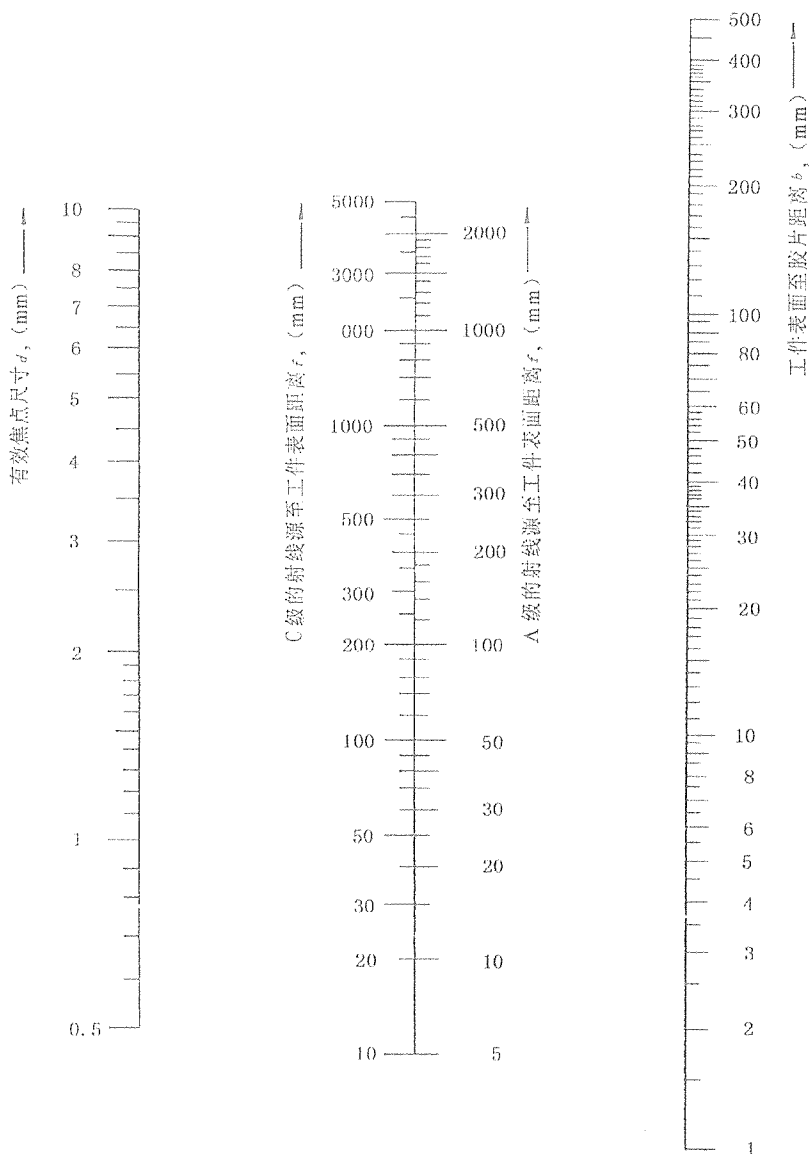


图2 A级和C级射线检测技术确定 f 的诺模图

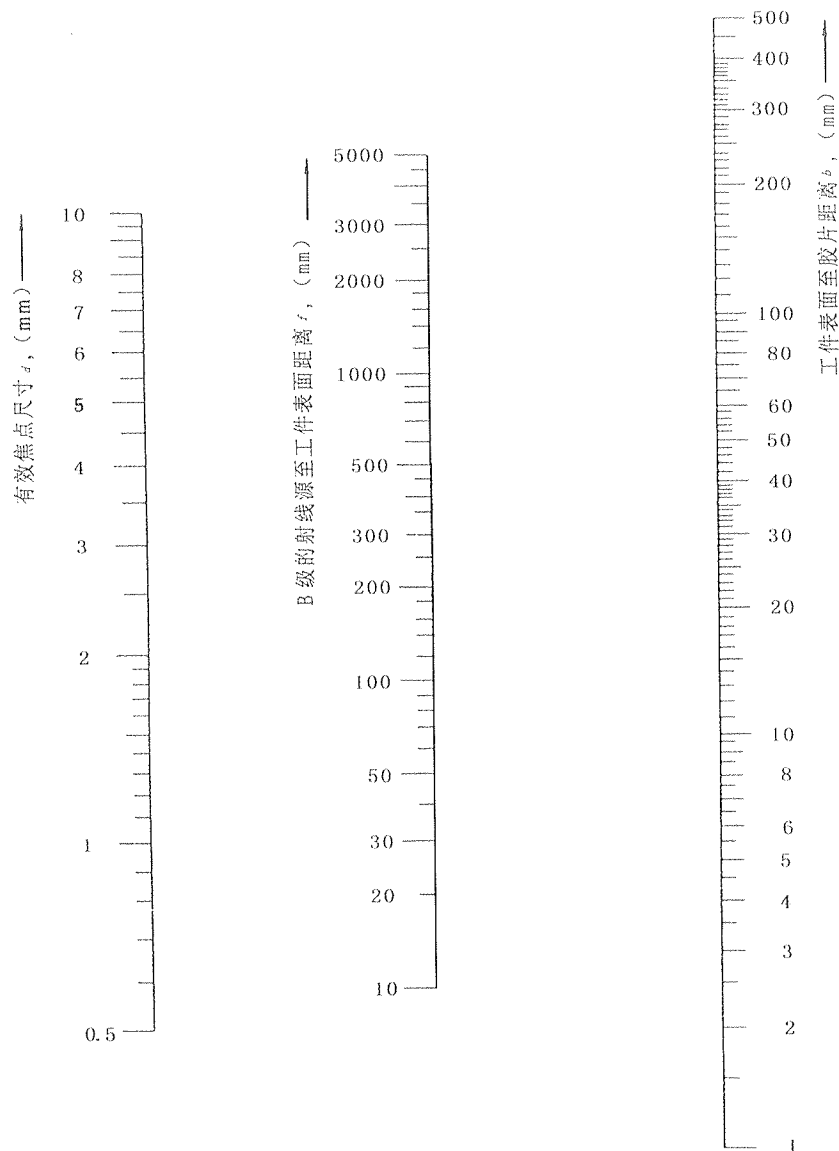


图3 B 级射线检测技术确定 f 的诺模图

7.11.2 像质计放置原则如下：

- a) 单壁透照规定像质计放置在源侧。双壁单影透照规定像质计放置在胶片侧。双壁双影透照像质计可放置在源侧，也可放置在胶片侧。
- b) 单壁透照时，如果像质计无法放置在源侧，允许放置在胶片侧。像质计放置在胶片侧时，应在像质计上适当位置附加铅字“F”标记，“F”标记的影像应与像质计的标记同时出现在底片上，且应在检测报告中注明。同时还应进行对比试验，对比试验方法是在射线源侧和胶片侧各放一个像质计，用与工件相同的条件透照，测定出像质计放置在源侧和胶片侧的灵敏度差异，确定应识别的像质计丝号，以保证实际透照的底片灵敏度符合要求。
- c) 原则上每张底片上都应有像质计的影像。当一次曝光完成多张胶片照相时，可按下列规定减少使用的像质计数量：
 - 1) 环形焊缝采用射线源置于中心周向曝光时，至少在圆周上等间隔地放置 3 个像质计；

- 2) 球罐类焊缝采用射线源置于球心全景曝光时,至少在北极区、赤道区、南极区附近的焊缝上沿纬度等间隔地各放置 3 个像质计,在南、北极的极板拼缝上各放置 1 个像质计;
- 3) 一次曝光连续排列多张胶片时,至少在第一张、中间一张和最后一张胶片处各放置一个像质计。

d) 透照小径管焊缝时,可选用通用线型像质计或附录 D 规定的专用像质计。

7.11.3 像质计的识别应符合下列要求:

- a) 能在底片黑度均匀部位(一般取邻近焊缝的母材金属区)清晰地看到长度不小于 10 mm 的连续金属丝影像时,则认为该金属丝是可识别的;
- b) 专用像质计应至少能识别两根金属丝。

7.12 标记

7.12.1 透照标记由识别标记和定位标记组成。标记一般由适当尺寸的铅(或其它适宜的重金属)制数字、拼音字母和符号等构成。

7.12.2 识别标记包括:产品编号、焊接接头编号、部位编号和透照日期等。返修后的透照还应有返修标记,扩大检测比例的透照部位还应有扩大检测标记。

7.12.3 定位标记包括中心标记和搭接标记。中心标记指示透照部位区段的中心位置和分段编号的方向,用十字箭头“ $\uparrow$ ”表示。搭接标记是连续检测时的透照分段标记,可用符号“ $\uparrow$ ”或其它能显示搭接情况的方法表示。

7.12.4 标记一般应放置在距焊缝边缘至少 5 mm 以外的部位,搭接标记放置的部位还应符合附录 E 的规定。所有标记的影像不应重叠,且不应干扰有效评定范围内的影像。

7.13 胶片处理

7.13.1 可采用自动冲洗或手工冲洗方式处理,推荐采用自动冲洗方式处理。

7.13.2 胶片处理应按胶片使用说明书的规定进行。

7.14 评片要求

7.14.1 评片应在专用的评片室内进行。

7.14.2 评片人员在评片前应经历一定的暗适应时间。从阳光下进入评片室的暗适应时间为 5 min~10 min;从一般的室内进入评片室的暗适应时间应不少于 30 s。

7.14.3 评片时,底片评定范围内的亮度应符合下列规定:

- a) 当底片评定范围内的黑度 $D \leq 2.5$ 时,透过底片评定范围内的亮度不应低于 30 cd/m²;
- b) 当底片评定范围内的黑度 $D > 2.5$ 时,透过底片评定范围内的亮度不应低于 10 cd/m²。

7.14.4 底片评定范围的宽度为焊缝本身及焊缝两侧各 5 mm 宽的区域。

7.15 底片质量

7.15.1 底片上标记影像应显示完整、位置正确。

7.15.2 底片评定范围内不应存在干扰缺陷影像识别的水迹、划痕、斑纹等伪缺陷影像。

7.15.3 底片评定范围内的黑度 D 应符合下列规定:

- a) A 级: $1.5 \leq D \leq 4.0$;
- b) B 级: $1.8 \leq D \leq 4.0$;
- c) C 级: $2.0 \leq D \leq 4.0$ 。

用 X 射线透照小径管或其它截面厚度变化大的工件时, B 级最低黑度允许降至 1.5; C 级最低黑度可降至 1.8。

采用多胶片方法时，单片观察的黑度应符合以上要求。双片叠加观察仅限于A级，叠加观察时，单片的黑度应不低于1.3。

7.15.4 底片像质计灵敏度

不同透照方式、不同透照厚度范围应识别丝号的选择见表4、表5、表6。

表4 透照厚度范围及其像质要求——单壁透照，像质计置于源侧

应识别像质计丝号 (线径, mm)	透照厚度 δ mm		
	A级	B级	C级
18 (0.063)	—	—	≤ 2.5
17 (0.080)	—	2.0	$> 2.5 \sim 4.0$
16 (0.100)	2.0	$> 2.0 \sim 3.5$	$> 4 \sim 6$
15 (0.125)	$> 2.0 \sim 3.5$	$> 3.5 \sim 5.0$	$> 6 \sim 8$
14 (0.160)	$> 3.5 \sim 5.0$	$> 5 \sim 7$	$> 8 \sim 12$
13 (0.200)	$> 5 \sim 7$	$> 7 \sim 10$	$> 12 \sim 20$
12 (0.250)	$> 7 \sim 10$	$> 10 \sim 15$	$> 20 \sim 30$
11 (0.320)	$> 10 \sim 15$	$> 15 \sim 25$	$> 30 \sim 35$
10 (0.400)	$> 15 \sim 25$	$> 25 \sim 32$	$> 35 \sim 45$
9 (0.500)	$> 25 \sim 32$	$> 32 \sim 40$	$> 45 \sim 65$
8 (0.630)	$> 32 \sim 40$	$> 40 \sim 55$	$> 65 \sim 120$
7 (0.800)	$> 40 \sim 55$	$> 55 \sim 85$	$> 120 \sim 200$
6 (1.000)	$> 55 \sim 85$	$> 85 \sim 150$	—
5 (1.250)	$> 85 \sim 150$	$> 150 \sim 200$	—
4 (1.600)	$> 150 \sim 200$	—	—

表5 透照厚度范围及其像质要求——双壁双影透照，像质计置于源侧

应识别像质计丝号 (线径, mm)	透照厚度 δ mm		
	A级	B级	C级
18 (0.063)	—	—	≤ 2.5
17 (0.080)	—	2.0	$> 2.5 \sim 4.0$
16 (0.100)	2.0	$> 2.0 \sim 3.0$	$> 4 \sim 6$
15 (0.125)	$> 2.0 \sim 3.0$	$> 3.5 \sim 4.5$	$> 6 \sim 9$
14 (0.160)	$> 3.5 \sim 4.5$	$> 4.5 \sim 7.0$	$> 9 \sim 15$
13 (0.200)	$> 4.5 \sim 7.0$	$> 7 \sim 11$	$> 15 \sim 22$
12 (0.250)	$> 7 \sim 11$	$> 11 \sim 15$	$> 22 \sim 31$
11 (0.320)	$> 11 \sim 15$	$> 15 \sim 22$	$> 31 \sim 40$
10 (0.400)	$> 15 \sim 22$	$> 22 \sim 32$	$> 40 \sim 48$
9 (0.500)	$> 22 \sim 32$	$> 32 \sim 44$	$> 48 \sim 56$
8 (0.630)	$> 32 \sim 44$	$> 44 \sim 54$	—
7 (0.800)	$> 44 \sim 54$	—	—

表6 透照厚度范围及其像质要求——双壁单影或双壁双影透照，像质计置于胶片侧

应识别像质计丝号 (线径, mm)	透照厚度 W mm		
	A级	B级	C级
18 (0.063)	—	—	≤ 2.5
17 (0.080)	—	2.0	$> 2.5 \sim 4.0$
16 (0.100)	2.0	$> 2.0 \sim 3.5$	$> 4 \sim 6$
15 (0.125)	$> 2.0 \sim 3.5$	$> 3.5 \sim 5.5$	$> 6 \sim 12$
14 (0.160)	$> 3.5 \sim 5.5$	$> 5.5 \sim 11$	$> 12 \sim 18$
13 (0.200)	$> 5.5 \sim 11$	$> 11 \sim 17$	$> 18 \sim 30$
12 (0.250)	$> 11 \sim 17$	$> 17 \sim 26$	$> 30 \sim 42$
11 (0.320)	$> 17 \sim 26$	$> 26 \sim 39$	$> 42 \sim 55$
10 (0.400)	$> 26 \sim 39$	$> 39 \sim 51$	$> 55 \sim 70$
9 (0.500)	$> 39 \sim 51$	$> 51 \sim 64$	$> 70 \sim 100$
8 (0.630)	$> 51 \sim 64$	$> 64 \sim 85$	$> 100 \sim 180$
7 (0.800)	$> 64 \sim 85$	$> 85 \sim 125$	$> 180 \sim 200$
6 (1.000)	$> 85 \sim 125$	$> 125 \sim 200$	—
5 (1.250)	$> 125 \sim 200$	—	—

8 焊缝质量的分级

8.1 缺陷的类型

底片评定范围内的缺陷按性质分为裂纹、未熔合、未焊透、条形缺陷和圆形缺陷。

8.2 焊缝质量的分级

根据底片评定范围内存在缺陷的性质、数量和密集程度，焊缝质量等级划分为 I、II、III、IV、V 级。

8.3 质量分级的一般规定

- 8.3.1 只要出现裂纹、未熔合或未焊透，即评定为 V 级。
- 8.3.2 当各类缺陷评定的质量级别不同时，以质量最差的级别作为焊缝质量等级。

8.4 圆形缺陷的分级评定

- 8.4.1 圆形缺陷评定区取为一个长边与焊缝方向平行的矩形，其尺寸见表 7。圆形缺陷评定区应选在缺陷最严重的区域。
- 8.4.2 在圆形缺陷评定区内或与圆形缺陷评定区边界线相割的缺陷均应划入评定区内。将评定区内的缺陷按表 8 的规定换算为点数，按表 9 的规定评定焊缝的质量级别。

表7 缺陷评定区尺寸

单位为毫米

母材公称厚度	≤25	>25~100	>100
评定区尺寸	10×10	10×20	10×30

表8 缺陷点数换算表

缺陷长径 mm	≤1	1~2	>2~3*	>3~4	>4~6	>6~8	>8
缺陷点数	1	2	3	6	10	15	25

表9 各级允许的圆形缺陷点数

评定区 mm×mm		10×10			10×20		10×30
母材公称厚度 mm		≤10	>10~15	>15~25	>25~50	>50~100	>100
评定等级	I级	1	2	3	4	5	6
	II级	3	6	9	12	15	18
	III级	6	12	18	24	30	36
	IV级	9	18	27	36	45	54
	V级	缺陷点数大于IV级或缺陷长径尺寸大于 $T/2$					
注：当母材公称厚度不同时，取较薄板的厚度。							

8.4.3 当缺陷的尺寸小于表 10 的规定时，分级评定时不计该缺陷的点数。质量等级为 I 级的焊接接头和母材公称厚度 $T \leq 5\text{ mm}$ 的 II 级焊接接头，不计点数的缺陷在圆形缺陷评定区内不应多于 10 个，否则其焊缝质量等级应降低一级。

表10 不计点数的缺陷尺寸

单位毫米

母材公称厚度	缺陷长径
$T \leq 25$	≤0.5
$T > 25 \sim 50$	≤0.7
$T > 50$	≤1.4% · T

8.4.4 由于材质或结构等原因，返修可能会产生不利影响的焊缝，各级别的圆形缺陷点数可放宽 1 点～2 点。

8.4.5 对致密性要求高的焊缝，制造方底片评定人员应考虑将圆形缺陷的黑度作为评级的依据，将黑度大的圆形缺陷定义为深孔缺陷，当评定区域内存在深孔缺陷时，焊缝质量评为 V 级。

8.5 条形缺陷的分级评定

8.5.1 单个条形缺陷按表 11 的规定进行分级评定。

表11 各级焊缝允许的单个条形缺陷长度

单位为毫米

评定等级	单个缺陷的允许长度
I	$T/3$ ，最小 ^a 4；最大 ^c 16
II	$T/2$ ，最小 6；最大 24
III	$2T/3$ ，最小 8；最大 32
IV	$5T/6$ ，最小 10；最大 40
V	大于IV级
^a T——被检焊缝母材厚度，两侧母材厚度不同时取较薄侧母材厚度； ^b 最小——指 T 小于某一厚度时的允许值；如 I 级焊缝，当 $T \leq 12$ mm 时，允许单个缺陷长度为 4 mm； ^c 最大——指 T 大于某一厚度时的上限制；如 I 级焊缝，当 $T \geq 48$ mm 时，单个缺陷长度不应大于 16 mm。	

8.5.2 相邻的条形缺陷的间距（最短的直线距离）不大于其中较长缺陷尺寸时，将各缺陷的长度及间距相加，作为单个缺陷的长度，按表 11 评定。

8.5.3 在任意 $12T$ 焊缝长度内，各级焊缝中条形缺陷的累计长度按表 12 评定。

表12 $12T$ 焊缝长度内各级焊缝允许的条形缺陷累计长度

单位为毫米

评定等级	条形缺陷累计长度
I	$\leq T$
II	$\leq 3T/2$
III	$\leq 2T$
IV	$\leq 3T$
V	大于IV级

8.5.4 被检焊缝长度小于 $12T$ 时，表 12 中的限值可按比例折算。当折算后的允许累计长度小于单个缺陷的允许长度时，以单个缺陷的允许长度作为限值。

8.6 综合评级

在圆形缺陷评定区内同时存在圆形缺陷和条形缺陷时，先对圆形缺陷和条形缺陷分别评定级别，再将两者级别之和减一作为综合评级的质量等级，最差为 V 级。

8.7 不加垫板船用压力管道单面焊接接头质量分级

8.7.1 小径管根部未焊透的评定见表 13。

表13 小径管根部未焊透的评定

单位为毫米

评定等级	未焊透最大深度		未焊透总长度与焊缝总长度的比
	与壁厚的比	最大值	
I	不允许		
II	≤10%	1.5	≤10%
III	≤15%	2.0	≤15%
IV	≤20%	2.5	≤20%
V	大于IV级		
注：对断续未焊透，以未焊透本身的长度累加计算总长度。			

8.7.2 小径管根部内凹和根部咬边的评定见表 14。

表14 小径管根部内凹和根部咬边的评定

单位为毫米

评定等级	根部内凹和根部咬边最大深度		根部内凹和根部咬边最大总长度与焊缝总长度的比
	与壁厚的比	最大值	
I	≤10%	1.0	≤25%
II	≤15%	2.0	≤25%
III	≤20%	3.0	≤30%
IV	≤25%	4.0	≤30%
V	大于IV级		
注：对断续根部内凹和根部咬边，以根部内凹和根部咬边本身的长度累加计算总长度。			

9 不合格焊缝的修补和复检

- 9.1 低于验收标准的焊缝，应予以修补，并按原检测工艺进行检测。
- 9.2 经二次修补的焊缝，若检测后仍不合格，制造单位应按有关规定处理。
- 9.3 抽检部位的一端或两端出现超标缺陷时，应在其延伸方向追加不小于抽检量长度的焊缝进行检测。若追加的检测部位仍发现超标缺陷时，则应对整条焊缝进行检测。

10 报告和记录

- 10.1 检测报告和记录的保存按有关规定或合同文件执行。
- 10.2 检测报告和记录应包括下列内容：
- a) 委托单位；
 - b) 被检工件：材质、板厚、焊接方法、坡口型式、表面状态热、处理状况、焊后时间等；
 - c) 检测设备和器材：名称、型号、源尺寸等；
 - d) 透照规范：技术等级、透照布置、胶片、增感屏、射线能量、曝光量、焦距、暗室处理等；
 - e) 工件透照部位示意图；

- f) 检测标准和验收条件;
- g) 检测结果: 底片黑度、像质计灵敏度值、质量评定等级、返修情况;
- h) 检测机构名称、检测人员、审核人员及其资格等级;
- i) 检测地点和日期;
- j) 合同约定的其它内容。

附录 A
(资料性附录)
工业射线胶片特性指标

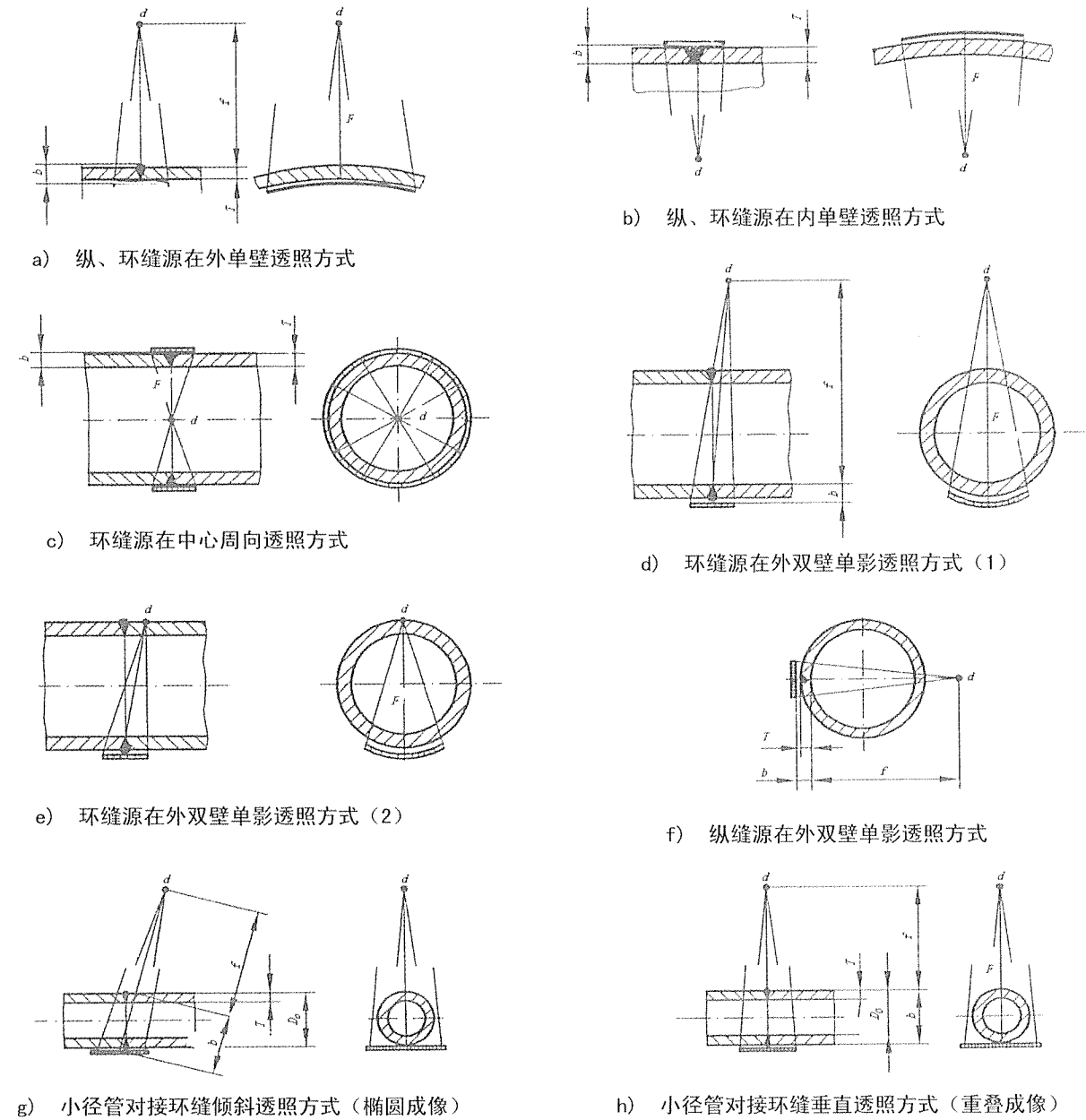
工业射线胶片系统的主要特性指标见表A.1。

表A.1 胶片系统的主要特性指标

胶片系统 类别	感光速度	特性曲线 平均梯度	感光乳剂 粒度	梯度最小值		颗粒度最大值	(梯度/颗粒度) 最小值
				$G_{\min}$		$\sigma_{D=2.0}$	$(G/\sigma_v)_{\min}$
				$D=2.0$	$D=4.0$	$D=2.0$	$D=2.0$
T1	低	高	微粒	4.3	7.4	0.018	270
T2	较低	较高	细粒	4.1	6.8	0.028	150
T3	中	中	中粒	3.8	6.4	0.032	120
T4	高	低	粗粒	3.5	5.0	0.039	100
注1: 表中的黑度均指不包括灰雾度的净黑度。							

附录 B
(资料性附录)
典型的透照方式示意图

典型的透照方式示意图见图B.1。



d ——射线源

F ——焦距

b ——工件至胶片的距离

f ——射线源至工件距离

图B.1 典型的透照方式

附 录 C
(规范性附录)

射线源有效焦点尺寸的计算

射线源焦点形状按图C. 1所示划分为正方形、长方形、圆形和椭圆形四类。正方形有效焦点尺寸按公式C. 1计算，长方形有效焦点尺寸按公式C. 2计算，圆形有效焦点尺寸按公式C. 3计算，椭圆形有效焦点尺寸按公式C. 1计算。

$$d = \sqrt{2}a \dots\dots\dots (C. 1)$$

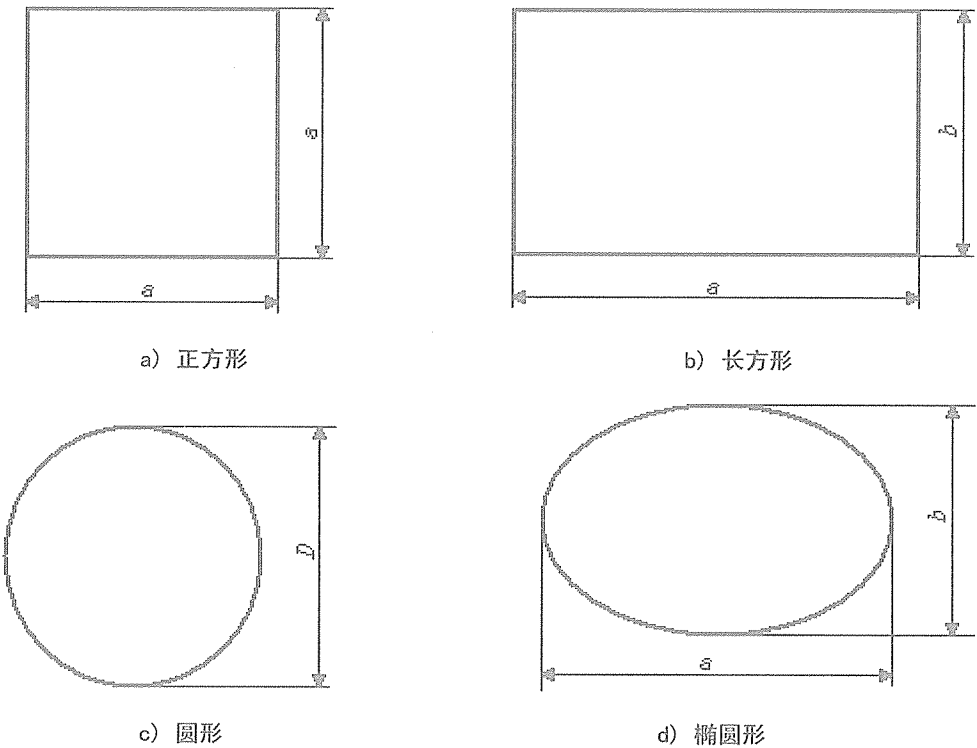
$$d = \sqrt{a^2 + b^2} \dots\dots\dots (C. 2)$$

$$d = D \dots\dots\dots (C. 3)$$

$$d = a \dots\dots\dots (C. 4)$$

式中：

- a ——射线源有效焦点长度方向尺寸的数值，单位为毫米（mm）；
- b ——射线源有效焦点宽度方向尺寸的数值，单位为毫米（mm）；
- D ——圆形射线源有效焦点直径的数值，单位为毫米（mm）。

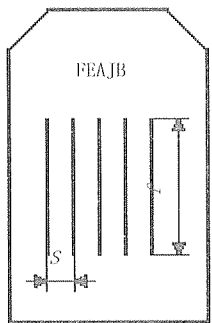


图C. 1 焦点形状分类

附 录 D
(规范性附录)
专用像质计和未焊透对比试块

D.1 专用像质计

D.1.1 专用像质计式样见图D.1，钢丝的数目一般为5根，有特殊要求时也可为3根。



图D.1 专用像质计的式样

图中：

f ——金属丝长度的数值，单位为毫米（mm）；

s ——金属丝间距的数值，单位为毫米（mm）。

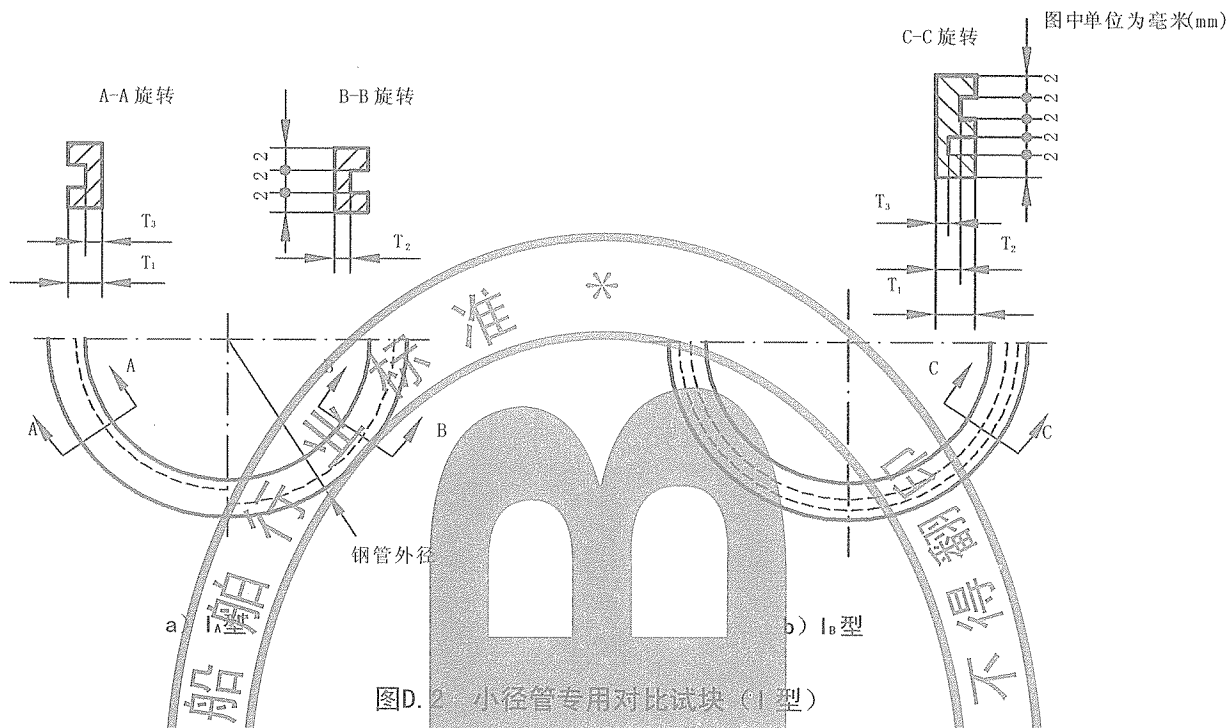
D.1.2 专用像质计的型式、规格和材料应符合JB/T 7902的规定。

D.2 未焊透对比试块

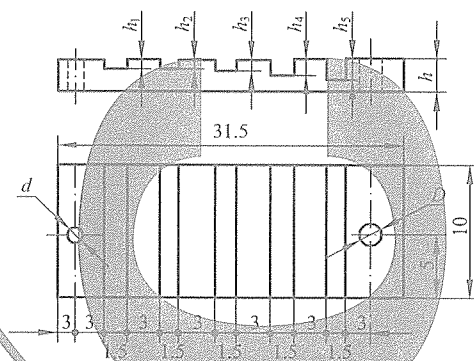
D.2.1 未焊透对比试块分为小径管专用对比试块（I型）和一般对比试块（II型）两类。制作对比试块材料的射线吸收系数应与被检工件材料相同或相近。

D.2.2 小径管专用对比试块分 I_A和 I_B两种型式，其规格和尺寸应符合图D.2和表D.1的规定。

D.2.3 一般对比试块的型式、规格和尺寸应符合图D.3和表D.2的规定。



图D.2 小径管专用对比试块 (I型)



图D.3 一般对比试块 (II型)

表D.1 小径管专用对比试块(I型)的尺寸

单位为毫米

管壁厚 T	第一阶厚度 t_1	偏差	第二阶厚度 t_2	偏差	第三阶厚度 t_3	偏差
3.5	1	0 -0.06	0.65	+0.025 0	0.5	+0.025 0
4			0.6		0.4	
5			0.5		0.25	
6			0.4		0.1	

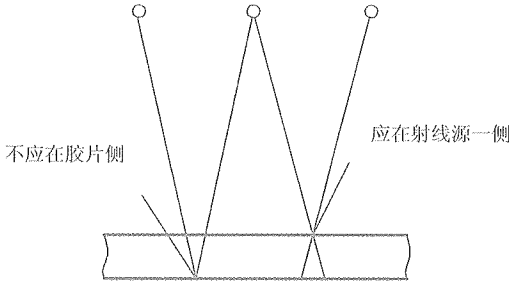
表D.2 一般对比试块（Ⅱ型）的尺寸

单位为毫米

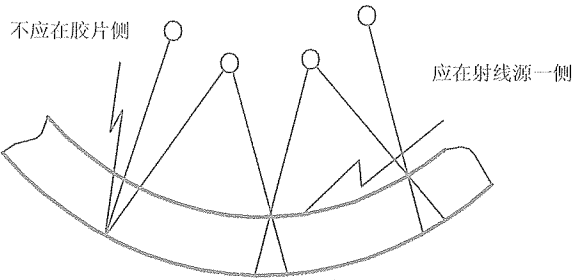
尺寸		h_1	h_2	h_3	h_4	h_5	h_1-h_5 的偏差	h	h 的 偏差	d	d 的 偏差	D	D 的偏差
对比 块编 号	I	0.3	0.6	1.2	1.5	1.8	0 -0.06	2.5	0 -0.10	1.0	+0.06 0	—	—
	II	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	0 -0.10	3.5	0 -0.12	1.0	+0.06 0	2.0	+0.06 0

附录 E
(规范性附录)
搭接标记的摆放位置

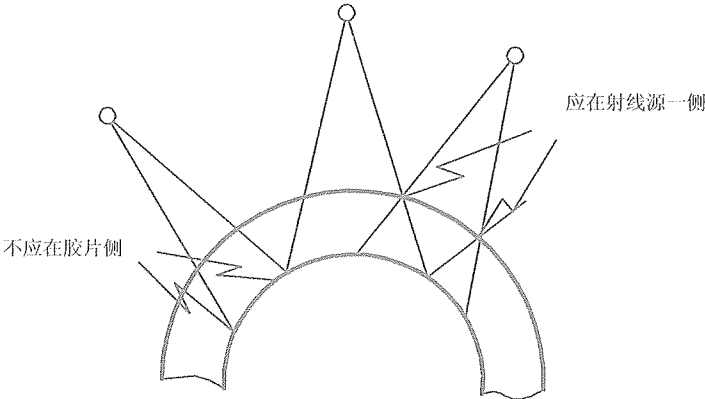
搭接标记的摆放位置应符合图E.1～图E.5所示的规定。



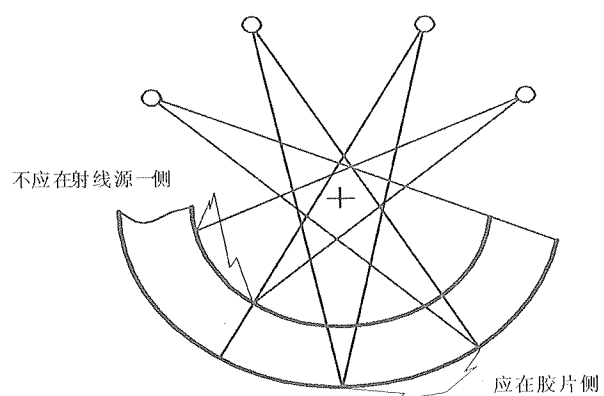
图E.1 平面工件或纵焊接接头



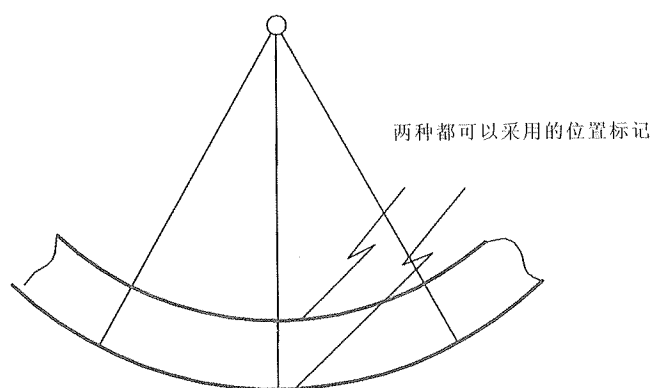
图E.2 射线源到胶片距离 F 小于曲面工件的曲率半径



图E.3 凸面朝向射线源的曲面部件



图E.4 射线源到胶片距离 F 大于曲面工件的曲率半径



图E.5 射线源在曲面工件的曲率中心

中 华 人 民 共 和 国
船 舶 行 业 标 准

船舶钢焊缝射线检测工艺和质量分级
CB/T 3558—2011

*

中国船舶工业综合技术经济研究院
北京市海淀区学院南路 70 号
邮政编码: 100081

网址: www.shipstd.com.cn

电话: 010-62185021

船舶标准信息咨询中心出版发行

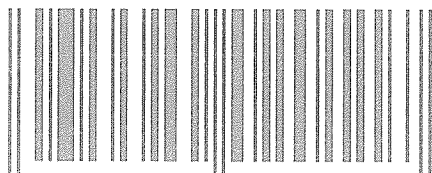
版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.56 字数 13 千字
2011 年 8 月第 1 版 2011 年 8 月第一次印刷
印数 1—500

*

船标出字第 2011025 号 定价 36 元



CB/T 3558—2011