

ISO10893-7 钢管的无损检测

第 7 部分：用于缺陷探测的焊接钢管的焊缝数字射线探伤

1. 范围

该部分 ISO10893 指定了基于数字放射性 X 射线的纵向或螺旋线的埋弧焊钢管焊缝缺陷的检测的要求。数字 X 射线检测，包括计算机射线成像 (CR)，或采用数字检测器阵列 (DDA) 的射线照相技术。该部分标准指定了接收水平和校验程序。

该标准也适用于检测圆形空心部件。

2. 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

ISO 5576 非破坏性试验--工业 X 射线和 GAMMA 射线辐射学--词汇。

ISO 9712 无损检测--人员技术资格鉴定与认证

ISO 11484 钢铁产品--无损检测人员的雇主资格制度

ISO 17636 焊接无损试验-熔合焊接接缝 X 射线检查

ISO 19232-1 非-破坏性试验--X 光照片的图像质量--第 1 部分：含铁金属的图像质量分级

ISO 19232-2 非-破坏性试验--X 光照片的图像质量--第 2 部分：含铁金属的图像质量分级

ISO 11699-1 无损检测--工业射线照相胶片--第 1 部分：工业射线照相胶片体系的分类

ISO 19232-5 非-破坏性试验--X 光照片的图像质量--第 5 部分：含铁金属的图像质量分级

3. 条款与定义

本部分，参见 ISO5577 和 ISO11484 标准上的条款和定义，以及以下一些定义。

3.1 管

两端及任何截面都中空的产品。

3.2 焊管

用钢板或带钢经过卷曲成型后焊接制成的钢管，然后经热轧、冷轧或冷拔制成最终的尺寸。

3.3 制造方，供方，卖方

根据相关标准来组织生产，并申明生产出来的产品符合相关标准要求。

3.4 协议

买卖双方在询价和订单期间达成的合同安排。

4 探伤条件

4.1 除非产品标准指定或买卖双方同意，钢管的超声波探伤检验通常在管子的全部生产工序完成之后进行（挤压，热处理，冷热加工，定尺和矫直等）。

4.2 检测人员应该具备 ISO9712, ISO11484 或等效资格的人员来操作，并由供方专业管理人员管理。在第三方检测的情况下，由供需双方协商。

雇主发布的生产授权应遵循既定程序，无损检测操作的授权应由雇主指定的具有 3 级无损检测资格证的人员来执行。

4.3 被检钢管应有足够的直度，以保证检测的有效性。钢管焊缝及其附近母材的表面应没有异物以及可能妨碍射线照相分析处理的表面不规整。

为了达到合格的表面状态，允许对表面进行修磨。

4.4 去除焊缝余高时，应将标记物（通常为铅箭头）放置在焊缝的两侧，以便其位置在射线图像上识别出来。另一种办法是可以采用集成在一起的自动定位系统以确定焊缝的位置。

4.5 应将识别符号，通常为铅字符形式，放置在在进行射线检测的每一段焊缝附近，使得这些识别符号的图像出现在射线照相数字图像上，保证准确识别该段焊缝。另一种办法是可以采用集成在一起的自动定位系统以确定沿钢管焊缝方向，每一张数字图像的位置。

4.6 应在钢管表面做持久性标记，为每次拍照准确定位提供参考点。另一种办法是可以自动测量照相时图像的位置并由软件显示在数字图像观察屏幕上，以便能准确地对位置再定位。

4.7 采用单张射线胶片对连续长度的焊缝进行射线照相时，钢管或钢管壁以一定速度通过X光管和检测器之间以获得足够准确的缺陷检测限，或者钢管以起-停模式运动，数字照相在静止不动时进行。

5 探伤方法

下列数字成像方法可用于代替照相胶片：

- a) 以光杆屏为基础的计算机射线成像(CR) (如 EN 14784-1, En 14784-2)
- b) 以数字检测器阵列为基础的射线照相 (如 ASTM E2597)

c) 以平板检测器为基础的数字射线成像。(如 EN 13068-1, EN 13068-2, EN 13068-3)。

6 检测方法

6.1 焊缝应采用数字射线成像方法进行检测。对应 5a) 到 5c)。

6.2 根据 ISO 17636, 规定了两种图像质量级别:

-级别A: 采用标准灵敏度的X射线检测技术

-级别B: 采用增强灵敏度的X射线检测技术。

注: 绝大多数场合下使用图像质量级别A。在更重要及更困难的场合下, 图像质量级别A灵敏度达不到要求时, 采用图像质量级别B。所要求的图像质量级别将在相应的产品标准中注明。

6.3 显示的数字图像应符合质量等级A或B的要求。

6.4 检测时, X 射线束直接指向焊缝部位的中心, 并与该点钢管表面垂直。

6.5 只要达到6.9和条款7规定的条件, 其射线检测长度按如下规定: 对图像质量级别为B, 在屏幕显示的检测有效区的端部, 其穿透厚度的增加不应超过射线照相数字图像中心穿透厚度的10%, 对图像质量级别为A的, 不应超过20%。

6.6 应采用单壁透照技术。若因尺寸原因, 实际上不能采用此技术时, 买卖双方同意, 允许采用双壁透照技术。

6.7 采用接触技术时(无放大), 检测器和焊缝表面之间距离应尽可能小。

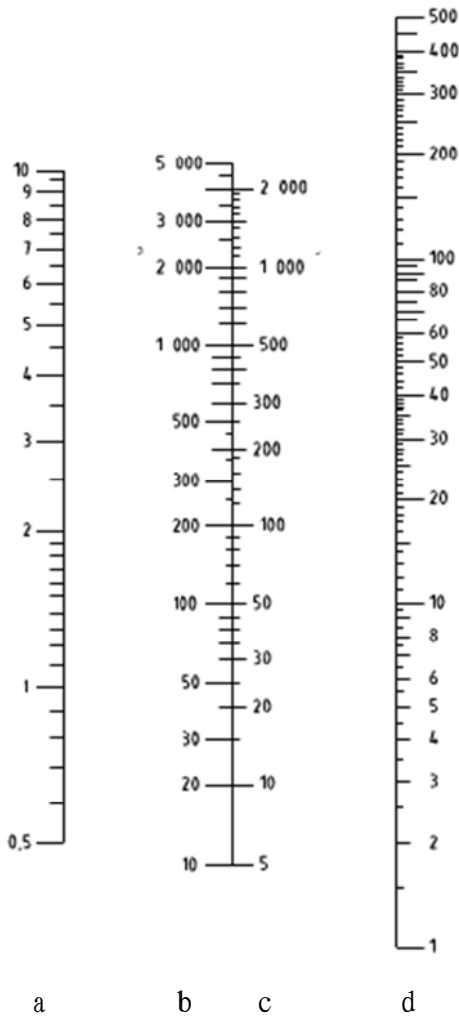
射线源与工件间的最小距离d的选择应使该距离与焦点有效尺寸f之比d/f符合由下列公式所给出的数值:

$$\text{图像质量级别A: } \frac{f}{d} \geq 7.5 \times b^{2/3}$$

$$\text{图像质量级别B: } \frac{f}{d} \geq 15 \times b^{2/3}$$

式中, b为沿射线束方向工件厚度加胶片与远离射线源的工件一侧表面间的距离, mm。

其之间的关系见图1所示。



- a. 有效焦点尺寸, d, mm
- b. 最小源到焊点的距离, f, 等级B, mm
- c. 最小源到焊点的距离, f, 等级A, mm
- d. 焊点到胶片间距离, b, mm

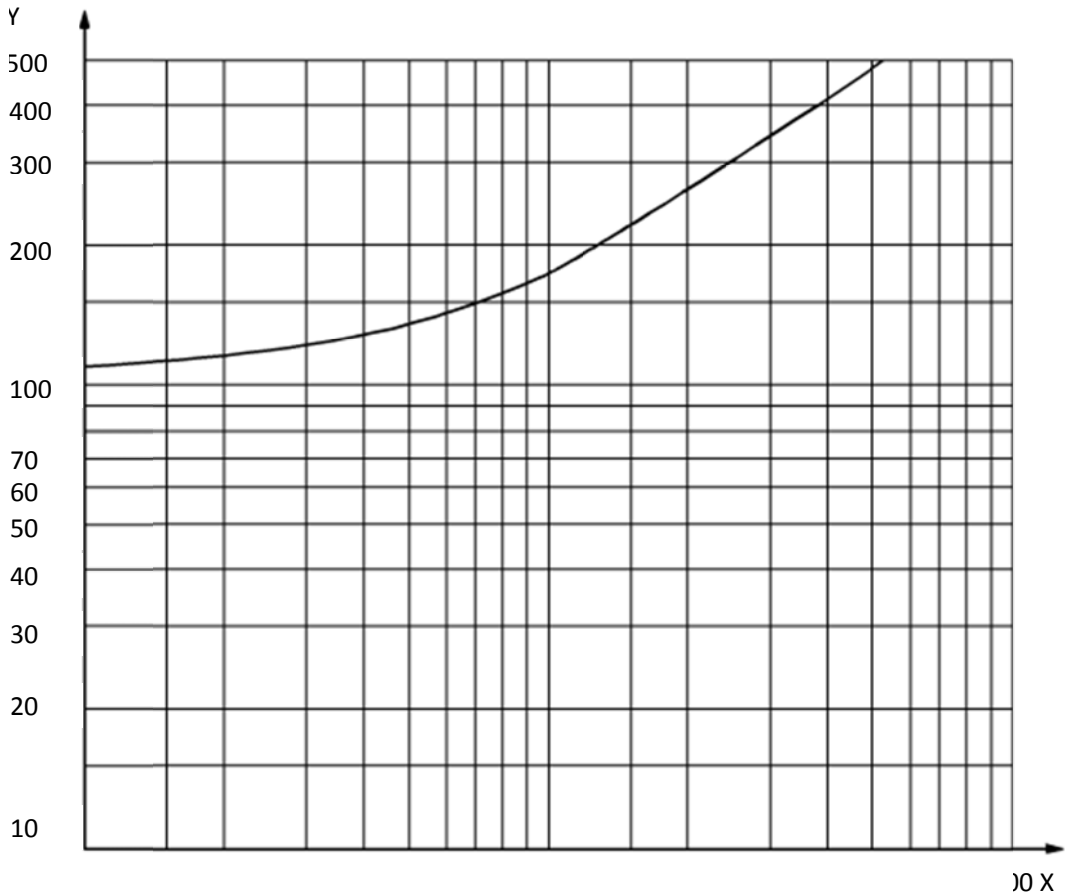
图1 由焊点到胶片距离b, 有效焦点尺寸d, 来决定最小的源到焊点距离f的列线图

6.8 和胶片里的小颗粒尺寸感光材料相比, 采用DDA来探伤最大的障碍是其阵列组成像素较大 ($> 50 \mu\text{m}$)。 (胶片具有很高的空间分辨率)

所以, 如果采用典型使用于胶片照相的设置产生, 数字成像可能得不到所要求的几何分辨率。这个难题可以通过采用几何放大的办法来解决, 而获得所要的几何分辨率。或者, 如7.1所描述, 采用补偿的原理 (增加图像的信噪比), 或结合这两者技术来增加分辨率。

6.9 曝光条件, 包括X光管的高压, 应能达到条款7中的像质计的要求。图像观测器上, 图像对比度和亮度可调。

6.10 为保持足够的灵敏度，X射线管电压应尽可能低，且不应超过图2所给的是大电压。



X, 穿透厚度, mm ; y: X射线电压, kV

图2 最大到500kV电压的X射线设备X射线穿透深度对应的最小的电压

7 图象质量

7.1 买卖双方同意，图像质量的评定应使用ISO 19232-1，ISO 19232-2规定的软钢像质计进行。该像质计放置辐射源一侧钢管表面上的焊缝附近的母材上。（见图3和图4）

当辐射源一侧钢管表面不能放置时，应将像质计放置于检测器一侧。在这种情况下，应将字母" F" 放置在像质计附近，此种程序变化需记录在检测报告中。典型地，检测器一侧显示一根或两根金属丝或孔。

同种尺寸和钢级的钢管连续检测中，仅需每隔4hr用IQI检查一次，或一个班检查两次图像灵敏度。进行图像灵敏度检查时，IQI应置于放射源一侧。

检测时用的曝光的参数（X源，检测器及几何位置的参数设置）不应做改变，来获取将IQI置于检测器一侧的图像。对于稳定的系统和生产，诸如

采用DDA的自动检测系统，只要钢管尺寸，材料和检测参数没有改变，仅需一个班次做一次图像质量检测即足矣。这种情况应将IQI置于放射源侧来获取图像质量证据。

遵循ISO 19232-5，采用双线型IQI时，应测量图像不清晰度 U_g 。

采用测量双金属丝轮廓图的数字图像，读出的不清晰度， U_g ，为能分辨20%双线型IQI的两个金属丝的号（最大的金属丝直径）。

双金属丝IQI的放置应相对于像素方向倾斜 5° 以避免混叠效应。

检测器的由构造和硬件所决定的基本的空间分辨率 SR_b ，可以将双线型IQI直接放在检测器之前来测量， SR_b 的值为：

$$SR_b = 0.5 U_g$$

补偿原理

如果所使用的检测系统不能达到表1和表2的IQI灵敏度（线或孔及双线型IQI），增大单丝可见度可以补偿太高的不清晰度值。

例：对于10mm壁厚，等级B：就有必要用丝号w14及双线型IQI D11。如果D11不能达到，可采用补偿：降两档D11到D9，但需将金属丝型IQI从w14增加到w16。

对给定的距离和光管高压来获取图像，数字检测器的相对灵敏度取决于，积分时间和光管电流，所以单丝IQI的可见度的增强可以采用增加曝光时间和mA电流值。

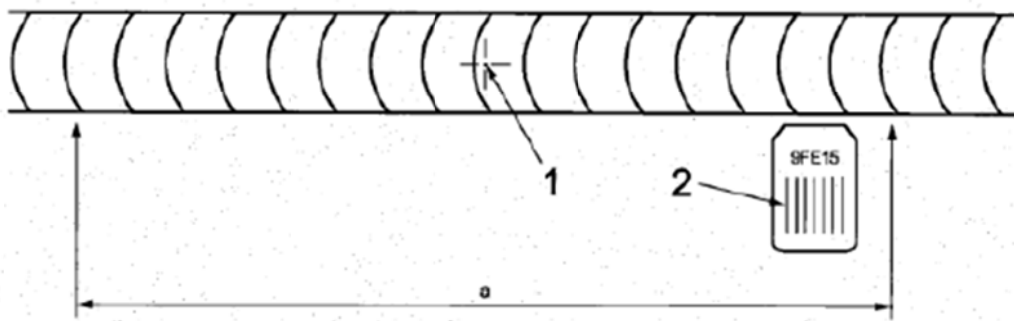
- 7.2 两个图像质量等级定义在表1和表2中。基材最小归一化信噪比 SNR_{norm} 对等级A应大于70，对于等级B应大于100。 SNR_{norm} 计算方法：对于临近焊缝的母材，测量其图像的SNR，除以检测系统的空间分辨率：

$$SNR_{norm} = SNR \times 88.6 \mu m / SR_b$$

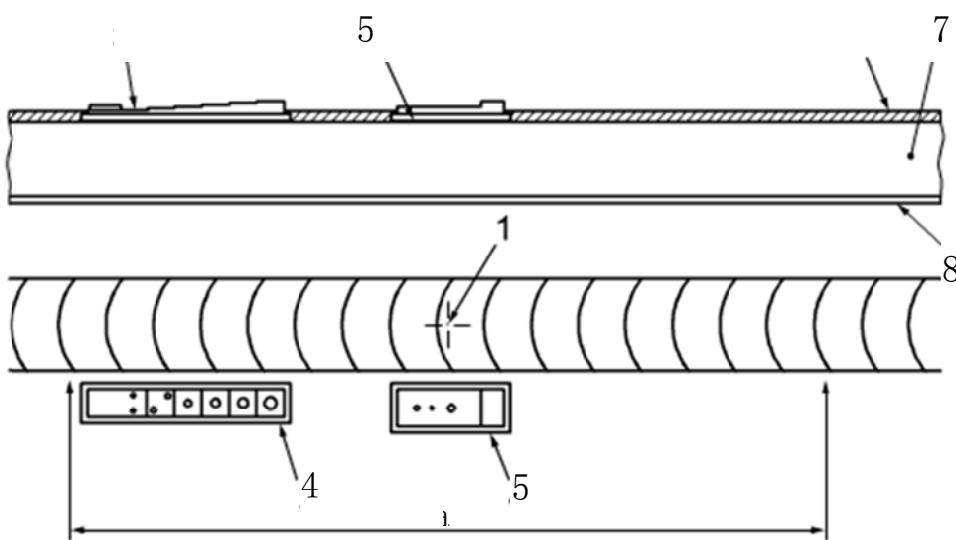
注 对于SNR测量，参见，诸如 EN14784-1， ASTM E2446 或 ASTM E2597，对于更大壁厚的IQI号可见ISO 17636.

- 7.3 对于双壁透射技术，所用的图像质量值应为用壁厚的两倍来执行。

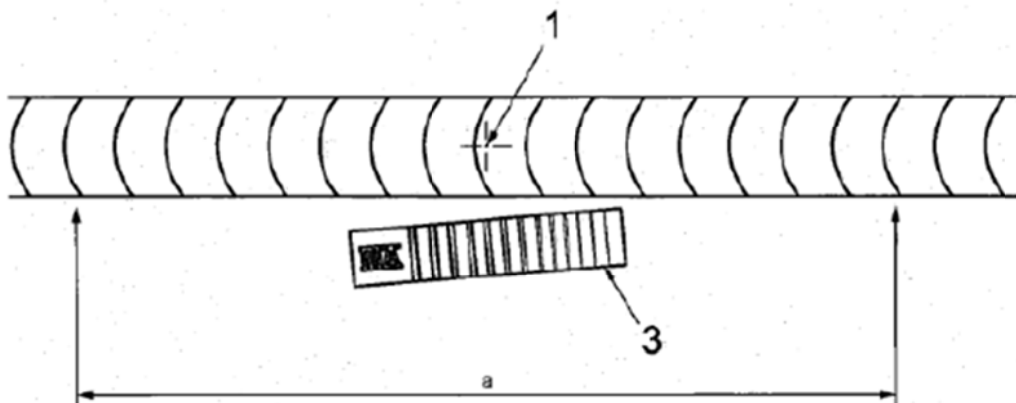
- 7.4 如可行，也应采用代表质量指示器（RQI）来测量数字系统的性能，RQI应采用和待检钢管相同尺寸和钢级，RQI包含自然的或模拟的线性缺陷，诸如未熔透，未熔合裂纹，以保证数字系统设置能符合检测指标



a). 金属丝式



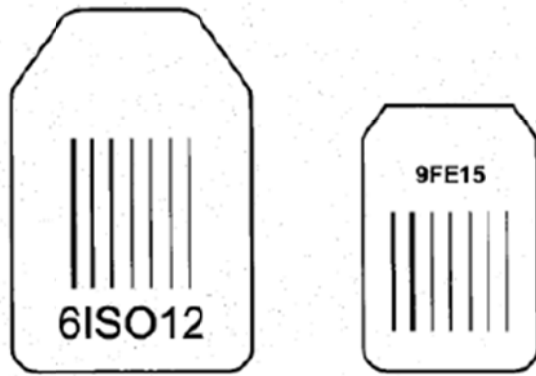
b). 薄板及阶梯/通孔形式



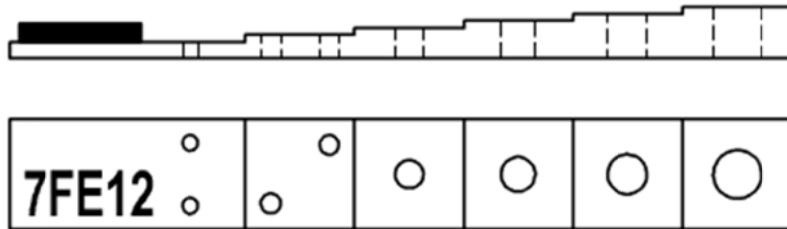
c). 双线型—和金属丝使或阶梯/通孔式IQI一起使用

1. 射线束中心 2. 金属丝像质计, 最细的金属丝在边上 3. 双线型IQI, 约5°的倾斜 4. 阶梯孔式像质计, 最小孔径在边上, 5. 带塞尺的板孔式像质计, 6 外表面焊缝余高, 7 管体, 8 内表面焊缝余高, a 照相长度

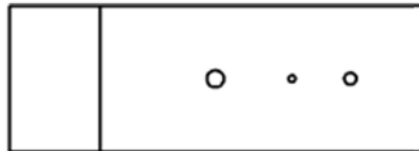
图3 像质计放置位置(基本要求)



a). 金属丝型



b). 阶梯通孔型



c). 板孔型



d). 双线型

图4 像质计类型

表 1 单壁技术—等级 A

指定壁厚, T, mm	金属丝号, 直径	指定壁厚, T, mm	孔号, 直径	双线型 IQI	
				不清晰度	线直径和 间隔
T ≤ 1.2	W18, 0.063	T ≤ 2.0	H3, 0.20	D11, 0.16	0.080
1.2 ≤ T ≤ 2	W17, 0.08	2.0 ≤ T ≤ 3.5	H4, 0.25	D10, 0.20	0.100
2 ≤ T ≤ 3.5	W16, 0.10	3.5 ≤ T ≤ 6	H5, 0.32	D9, 0.26	0.130
3.5 ≤ T ≤ 5	W15, 0.13	6 ≤ T ≤ 10	H6, 0.40	D8, 0.32	0.160
5 ≤ T ≤ 7	W14, 0.16	10 ≤ T ≤ 15	H7, 0.50	D7, 0.40	0.200
7 ≤ T ≤ 10	W13, 0.20	15 ≤ T ≤ 24	H8, 0.64	D5, 0.50	0.250
10 ≤ T ≤ 15	W12, 0.25	24 ≤ T ≤ 30	H9, 0.80		
15 ≤ T ≤ 25	W11, 0.32	30 ≤ T ≤ 40	H10, 1.00		
25 ≤ T ≤ 32	W10, 0.40	40 ≤ T ≤ 60	H11, 1.25		
32 ≤ T ≤ 40	W9, 0.50	60 ≤ T	H12, 1.60		
40 ≤ T ≤ 55	W8, 0.63				
55 ≤ T	W7, 0.80				

*双线型 IQI 应和金属丝型 IQI 或阶梯/通孔型 IQI 一起使用
*双线型 IQI 应采用轮廓显示来检查, 最细的金属丝对, 两丝的黑度之间沉降率大于 20%, 该对则为不清晰度。

表 2 单壁技术—等级 B

指定壁厚, T, mm	金属丝号, 直径	指定壁厚, T, mm	孔号, 直径	双线型 IQI	
				不清晰度	线直径和 间隔
T ≤ 1.5	W19, 0.05	T ≤ 2.5	H2, 0.16	D13+, <0.10	<0.05
1.5 ≤ T ≤ 2.5	W18, 0.063	2.5 ≤ T ≤ 4	H3, 0.20	D13, 0.10	0.05
2.5 ≤ T ≤ 4	W17, 0.08	4 ≤ T ≤ 8	H4, 0.25	D12, 0.13	0.065
4 ≤ T ≤ 6	W16, 0.10	8 ≤ T ≤ 12	H5, 0.32	D11, 0.16	0.080
6 ≤ T ≤ 8	W15, 0.13	12 ≤ T ≤ 20	H6, 0.40	D10, 0.20	0.100
8 ≤ T ≤ 12	W14, 0.16	20 ≤ T ≤ 30	H7, 0.50	D9, 0.26	0.130
12 ≤ T ≤ 20	W13, 0.20	30 ≤ T ≤ 40	H8, 0.64		
20 ≤ T ≤ 30	W12, 0.25	40 ≤ T ≤ 60	H9, 0.80		
30 ≤ T ≤ 35	W11, 0.32	60 ≤ T	H10, 1.00		
35 ≤ T ≤ 45	W10, 0.40				
45 ≤ T ≤ 65	W9, 0.50				
65 ≤ T	W8, 0.63				

注: D13+, 如果 D13 金属丝对的黑度沉降率大于 20%, 则为+
*双线型 IQI 应和金属丝型 IQI 或阶梯/通孔型 IQI 一起使用
*双线型 IQI 应采用轮廓显示来检查, 最细的金属丝对, 两丝的黑度之间沉降率大于 20%, 该对则为不清晰度。

8 图像处理

- 8.1 辐射检测器的检测数据，和对辐射剂量成比例额的。这就首先需要 SNR 的正确测量以对图像质量的评价。为最佳图像的显示，对比度和亮度应能交互调节，并可选滤波功能，轮廓图和信噪比工具也应集成到图像显示和评估软件中。
- 8.2 买卖双方同意，可对存储的原始数据，进行进一步的图像处理（如对图像显示进行高通滤波）。这些需要文件记录。

9 指示分级

- 9.1 射线图像上发现的所有指示应按9.1或9.2的规定判定是焊缝缺欠还是缺陷。
- 9.2 缺欠是采用本标准描述的射线检测方法能检测的焊缝不连续处。这些尺寸和/或分布密度没有超过相应的产品标准规定的验收标准的缺欠对承压用埋弧焊钢管的预期使用没有不良影响。
- 9.3 缺陷是尺寸和/或分布密度等于或大于相应的产品标准规定的验收等级的缺欠。缺陷对承压用埋弧焊钢管的使用有不利影响，或限制着它的预期使用。

10 验收极限

- 10.1 焊缝射线检测的验收标准如下：射线检测时，应采用这些验收标准，10.2到10.6，产品标准另有规定的除外。
- 10.2 裂缝，未焊透和未熔合为不合格。
- 10.3 直径不超过3.0mm或 $T/3$ (T 为钢管规定壁厚)的单个圆形夹杂和气孔为合格。取两者之间较小者。

在任意150mm或12T长度焊缝范围内（以数值较小者为准），单个夹杂和气孔之间的间隔小于 $4T$ 时，上述所有允许单独存在的缺欠的直径之和不应超过6mm或 $0.5T$ （以数值较小者为准）。

- 10.4 在长度不超过12.0mm或 T 的单个条形夹杂（以数值较小者为准），且宽度不超过1.5mm的单个条形夹杂为合格。

在任意150mm或12T长度焊缝范围内（以数值较小者为准），单个夹杂之间的间隔小于 $4T$ 时，上述所有允许单独存在的缺欠的最大累积长度不应超过

12. 0mm。

注：10.3和10.4描述的准则，详见附件A的示意图。

10.5 最大深度0.4mm 的任意长度的单个咬边为合格。

最大长度为 $T/2$ ，最大深度为0.5mm且不超过规定壁厚的10%的单个咬边，只要在任意300mm焊缝长度内不超过两处即为合格。所在这种咬边应进行修磨清除。

10.6 沿纵向在内焊缝和外焊缝同一侧互相重叠的任意长度和深度的咬边为不合格。

11 结果评定

11.1 整根钢管经检验没有超过对应接收极限所允许的指示，则认为此项检验合格。

11.2 整根钢管经检验，有超过对应接收极限所允许的指示，则认为钢管是可疑的。

11.3 对可疑的钢管可采用下列任意一种方法进行处理，取决于产品标准要求：

a). 可疑区应采用磨削方法将其清除。对清除部位应采用磁粉或液体渗透方法检测缺陷是否完全消除，并且磨削区域应采用射线重新检测。剩余的壁厚应采用适当的技术测量一下，以确认其厚度还在允许范围内。

b). 对可疑区域可采用批准的焊接程序进行焊接修补，修补过的区域应按本标准的要求及产品标准要求要求进行射线检测。

c). 切除所有的可疑部位。测量钢管的剩余长度，确认其还在允许长度范围内。

d). 可疑钢管被评定为此项检验不合格。

12 图像保存和显示

从检测系统得到的全分辨率的原始图像，应以此保存。仅和检测器校正相关的图像处理可以在存储前作用于原始数据，(包括诸如为检测器均一化而采用的偏移校正，增益校正，以及，坏像素修正(见ASTM E2597)以提供真实的检测器图像)。

图像评估的显示器应满足下列要求:

- 最小亮度 250 cd/m²
- 最小灰度 256 级;
- 可显示的亮度之比 1:250
- 屏幕分辨率 1000x1000, 像素小于 0.3mm

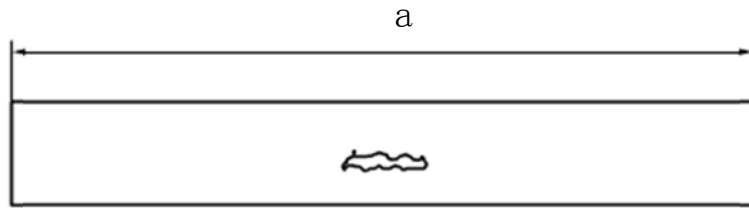
图像评估应在暗室中进行, 显示器的设置应用合适的测试图像验证。

13 探伤报告

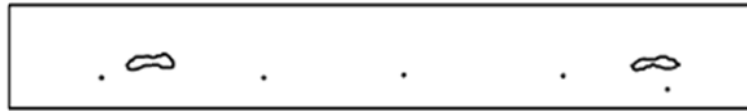
如果要求了, 卖方应向买方提交检测报告, 报告至少应当包含下列内容:

- a). 引用该标准, 如 ISO 10893-7;
- b). 探伤结果;
- c). 相对于指定程序的任何偏差, 包括协商一致的或其他的;
- d). 钢管等级和尺寸;
- e). 放射源, 类型, 有效焦点尺寸和所用设备, 光管高压和电流;
- f). 检测器及图像获取和显示的软件;
- g). 曝光时间, 检测器上次校正的时间;
- h). 几何布局, 放大倍数及源到钢管间的距离;
- i). IQI 类型和位置
- j). IQI 读数和和母材上的最小 SNR;
- k). 得到的图像质量级别;
- l). 获取的原始数据的存储位置和文件名;
- m). 检测及报告日期;
- n). 操作员及负责人签字。

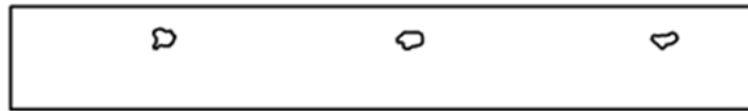
附录 A
(标准的附录)
缺陷分布实例



a). 例 1: 一个 12.00mm 的缺陷



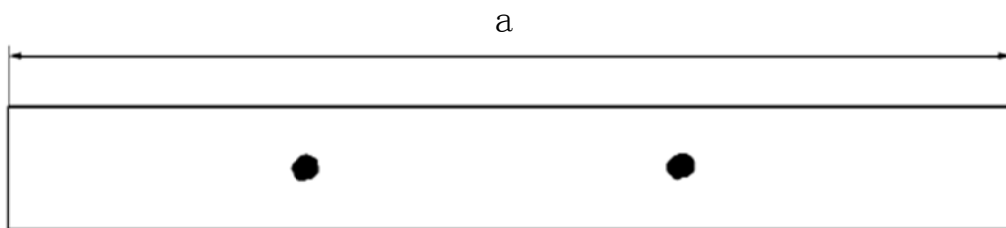
b). 例 2: 两个 6.0mm 的缺陷



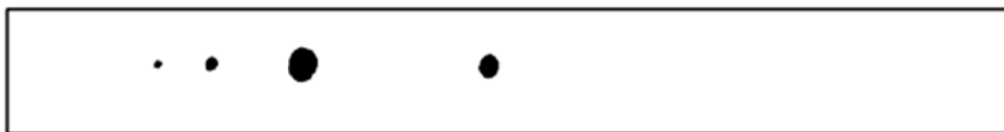
c). 例 3: 三个 4.0mm 的缺陷

a: 焊缝长度 150mm 或 12T (T 为指定厚度) 的小者。

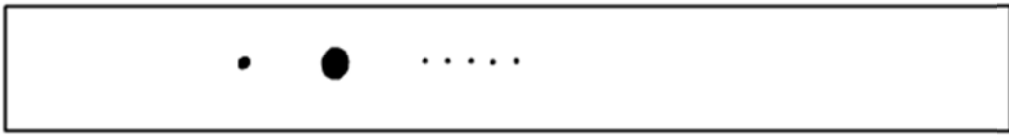
图 A.1 对于指定壁厚大于 12mm, 可接受的夹杂最大分布模式的例子



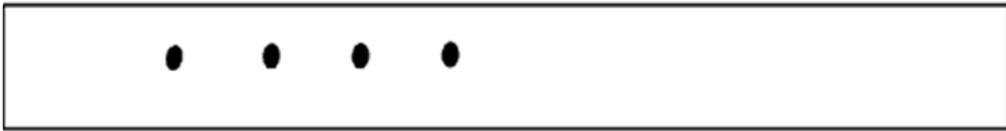
a). 例 1: 两个 3.0mm 的缺陷



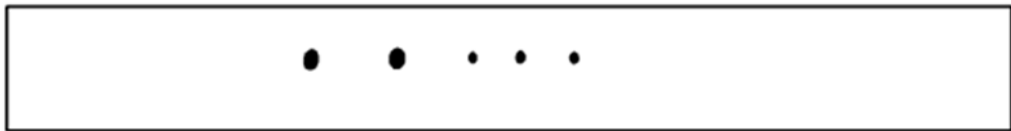
b). 例 2: 一个 3.0mm, 一个 1.5mm, 一个 1mm, 一个 0.5mm 的缺陷



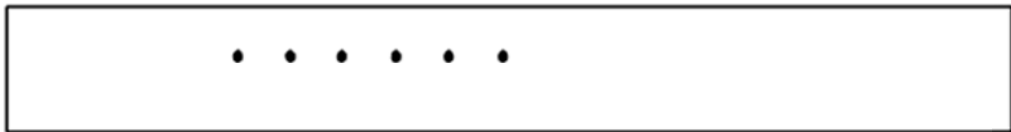
例 3: 一个 3.0mm, 一个 1.0mm, 五个 0.5mm 的缺陷



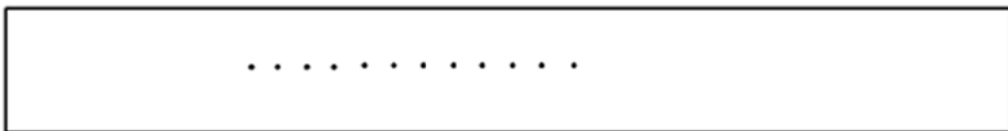
例 4: 四个 1.5mm 的缺陷



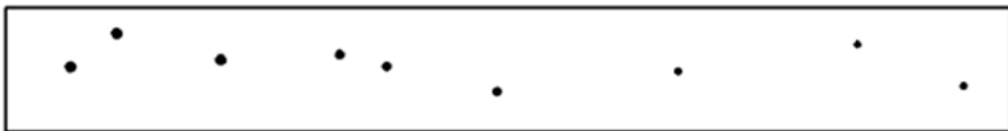
例 5: 两个 1.5mm, 三个 1.0mm 的缺陷



例 6: 六个 1.0mm 的缺陷



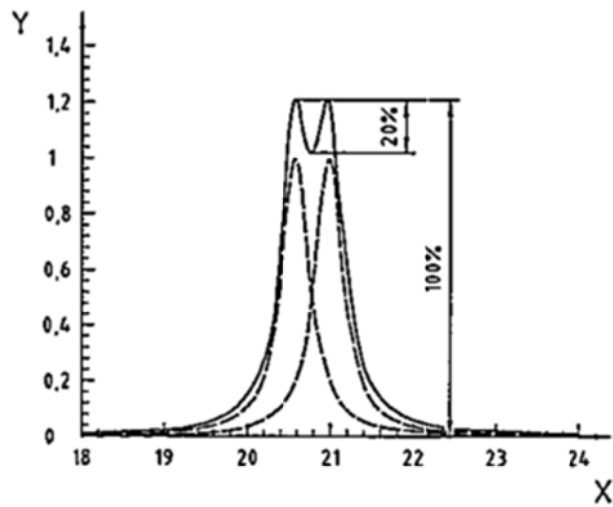
例 7: 十二个 0.5mm 的缺陷



例 8: 三个 1.0mm, 六个 0.5mm 的缺陷 (散发状态)

a: 焊缝长度 150mm 或 12T (T 为指定厚度) 之小者

图 A.2 对于指定壁厚大于 9mm, 可接受的气孔型欠缺最大分布模式的例子



Key

X length, in millimetres
Y signal intensity, in arbitrary units

Figure 3 — Resolution criterion for the evaluation of duplex wire profiles. The two wires of a wire pair are resolved, if the dip between the line maxima is greater than 20% of the maximum intensity

The duplex wire IQI read-out shall be documented and used for long-term stability test of the system.

//-----以英文原件为准，本译文仅供学习-----//

//做个推广:

Welcome to visit: zuomfu@126.com

<http://www.unicorn-automation.co.uk/>

<http://www.unic-technology.com/>