



中华人民共和国国家标准

GB/T 40385—2021/ISO 10893-7:2019

钢管无损检测 焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测

Non-destructive testing of steel tubes—Digital radiographic testing of the weld
seam of welded steel tubes for the detection of imperfections

(ISO 10893-7:2019, Non-destructive testing of steel tubes—
Part 7: Digital radiographic testing of the weld seam of welded steel tubes
for the detection of imperfections, IDT)

2021-08-20 发布

2022-03-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 一般要求 2

5 检测设备 3

6 检测方法 3

7 图像质量 5

8 图像处理..... 10

9 显示分类..... 10

10 验收界限 10

11 验收 11

12 图像存储与显示 11

13 检测报告 11

附录 A（资料性） 缺欠分布示例 13

参考文献 15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件等同采用 ISO 10893-7:2019《钢管无损检测 第7部分：焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测》。

与本文件中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

GB/T 3323.2—2019 焊缝无损检测 射线检测 第2部分：使用数字化探测器的 X 和伽马射线技术(ISO 17636-2:2013, MOD)；

GB/T 9445—2015 无损检测 人员资格鉴定与认证(ISO 9712:2012, IDT)；

GB/T 12604.2—2005 无损检测 术语 射线照相检测(ISO 5576:1997, IDT)；

GB/T 23901.1—2019 无损检测 射线照相检测图像质量 第1部分：丝型像质计像质值的测定(ISO 19232-1:2013, IDT)；

GB/T 23901.2—2019 无损检测 射线照相检测图像质量 第2部分：阶梯孔型像质计像质值的测定(ISO 19232-2:2013, IDT)；

GB/T 23901.5—2019 无损检测 射线照相检测图像质量 第5部分：双丝型像质计图像不清晰度的测定(ISO 19232-5:2013, IDT)。

本文件做了下列编辑性修改：

根据我国国情将标准名称改为《钢管无损检测 焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测》；

因原文有误，将 7.1 第六段中的“ u_g (几何不清晰度)”修改为“ u_m (图像不清晰度)”；

因原文有误，将 7.2 第一段中的“ u_g (几何不清晰度)”修改为“ u_i (固有不清晰度)”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国钢铁工业协会提出。

本文件由全国钢标准化技术委员会(SAC/TC 183)归口。

本文件起草单位：宝鸡石油钢管有限责任公司(国家石油天然气管材工程技术研究中心)、张家港沙钢金洲管道有限公司、帕博检测技术服务有限公司、冶金工业信息标准研究院、浙江金洲管道工业有限公司。

本文件主要起草人：杨忠文、刘云、张冰、蓝冬梅、董莉、付宏强、郭冠军、张晓明、李功开、祝少华、王一岑、沈荣华。

钢管无损检测

焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测

1 范围

本文件规定了自动熔化电弧焊钢管直焊缝或螺旋焊缝缺欠的 X 射线数字检测技术的要求,包括计算机射线检测(CR)或数字探测器阵列(DDA_s)的射线检测。本文件也规定了数字射线检测的验收级别和校准程序。

本文件也适用于圆形空心型材的检测。

注:该数字射线检测方法作为胶片 X 射线检测的替代方法,见 ISO 10893-6。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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。

ISO 5576 无损检测 工业 X 射线和 γ 射线照相 术语(Non destructive testing Industrial X ray and gamma-ray radiology Vocabulary)

ISO 9712 无损检测 人员资格鉴定与认证(Non destructive testing Qualification and certification of NDT personnel)

ISO 11484 钢产品 无损检测人员(NDT)的雇主认证制度(Steel products Employer's qualification system for non-destructive testing (NDT) personnel)

ISO 17636 2:2013 焊缝无损检测 射线检测 第 2 部分:使用数字化探测器的 X 及伽马射线技术(Non destructive testing of welds Radiographic testing Part 2:X and gamma ray techniques with digital detectors)

ISO 19232-1 无损检测 射线照相检测图像质量 第 1 部分:丝型像质计像质值的测定(Non-destructive testing Image quality of radiographs Part 1:Determination of the image quality value using wire type image quality indicators)

ISO 19232-2 无损检测 射线照相检测图像质量 第 2 部分:阶梯/孔型像质计像质值的测定(Non destructive testing Image quality of radiographs Part 2:Determination of the image quality value using step/hole-type image quality indicators)

ISO 19232-5 无损检测 射线照相检测图像质量 第 5 部分:双丝型像质计图像 不清晰度的测定(Non-destructive testing Image quality of radiographs Part 5:Determination of the image unsharpness and basic spatial resolution value using duplex wire-type image quality indicators)

3 术语和定义

ISO 5576 和 ISO 11484 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

管 tube

任意横截面形状两端开口的中空长条产品。

3.2

焊接钢管 welded tube

将扁平轧材邻近的边缘焊接在一起制成的钢管(3.1)。焊接后,可通过冷加工或热加工处理,以得到最终尺寸。

3.3

制造商 manufacturer

按照相关标准生产制造,并声明交付的产品符合标准中所有适用要求的组织。

3.4

协议 agreement

在询价和订货时,制造商(3.3)和购方达成的契约。

3.5

信噪比 signal-to-noise ratio

SNR

S/N

数字图像指定区域内,线性灰度值的平均值与线性灰度值的标准差(噪声)的比值。

[来源:ISO 17636-2:2013,3.10,修改:增加了符号 S/N。]

3.6

探测器基本空间分辨率 spatial basic resolution of a digital detector

$R_{ls}^{detector}$

数字探测器本身数字图像上所测定的不清晰度值的 1/2,且对应于有效像素尺寸,表示数字探测器在放大倍数为 1 时数字图像中可显示分辨的最小几何细节。

注 1:测定时,双丝型像质计(IQI)直接放置在 DDA 或 IP 上。

注 2:不清晰度值是通过 ISO 19232-5 测出的,也可通过 ASTM E2736^[1] 和 ASTM E1000^[1] 测出。

[来源:ISO 17636-2:2013,3.8,符号 $SR_{ls}^{detector}$ 已被修改为 $R_{ls}^{detector}$ 。]

3.7

典型质量指示器 representative quality indicator

RQI

代表购方检查所具备的公认特性的检测元件,或与检测元件材质类似的相近的几何制造部件。

[来源:ASTM E1817:2008^[12]]

3.8

数字探测器阵列系统 digital detector array system

DDA 系统

将接收的散射或透射射线形成离散的模拟信号,然后对模拟信号进行模/数转换,并传递到计算机处理显示为对应入射射线能量分布变化的数字图像转化装置。

[来源:ISO 17636-2:2013,3.3]

4 一般要求

4.1 除产品标准中另有规定或购方与制造商协议外,应在主要制造工艺(轧制、热处理、冷/热加工、定径和基本矫直等)完成后对焊接钢管进行射线检测。

4.2 应由按照 ISO 9712 或 ISO 11484 或其他等效标准(如 ASNT SNT-TC-1A^[10])培训且取得资格的操作人员进行检测,并由制造商任命具有相应能力的人员对检测进行监督。第三方检测时,购方与制造商应对此进行协商。

雇主应按照书面程序发出检测(操作)授权。无损检测(NDT)应由雇主批准的 3 级无损检测人员授权。

注: ISO 9712 和 ISO 11484 等相关标准中对 1、2 和 3 级人员进行了定义。

4.3 被检钢管应足够平直且无异物,以确保检测的有效性。焊缝和相邻母材的表面应无异物和表面不规则,避免影响射线检测评判。

为获得可接受的成品表面质量,允许对表面进行修磨。

4.4 被检焊缝余高去除时,应在焊缝两侧放置标记物(一般为铅制箭头),使射线图像上能识别出焊缝位置,或者也可采用集成自动定位系统识别焊缝位置。

4.5 通常将铅字识别符号放置在焊缝射线成像的各部位,使铅字投影在射线图像上,从而在射线图像中能明确识别出各部位的焊缝,或者也可采用集成自动定位系统识别每个射线图像对应的钢管焊缝的位置。

4.6 射线图像上应显示出标记,为每幅射线图像提供准确的位置参考点,或者可通过软件在数字图像观察屏上自动测量,实现对图像的准确定位。

4.7 当探测器尺寸比透照焊缝长度小时,钢管或探测器应以步进模式移动,并在钢管不动的时候进行数字射线检测。

警示——人体任何部位暴露在 X 射线中均可能对健康造成严重伤害。凡使用 X 射线设备的地方,应采取适当的安全措施。应严格执行国家安全防护措施。

5 检测设备

下列数字成像方法可用于替代射线胶片检测:

- a) 采用存储荧光物质成像板的计算机射线检测方法(CR)(如 EN 14784-1^[20]或 GB/T 21355^[21]、EN 14784-2^[22]或 GB/T 26642^[23]);
- b) 采用具有数字探测器阵列的射线检测方法(如 ASTM E2597-07^[24]或 GB/T 38240^[4]、ASTM E2698^[25]或 GB/T 35388^[26]);
- c) 采用图像整合的数字射线检测方法(如 EN 13068-1^[18]或 GB/T 23909.1^[3]、EN 13068-2^[19]或 GB/T 23909.2^[5]、EN 13068-3^[20]或 GB/T 23909.3^[6])。

6 检测方法

6.1 应采用第 5 章 a)~c)规定的数字射线检测技术对焊缝进行检测。

6.2 根据 ISO 17636-2 的规定,图像质量等级应分为 A 级和 B 级:

- a) A 级:基本技术;
- b) B 级:优化技术。

注:大多数情况下采用 A 级成像技术。为显示所有被检缺陷而需要增强灵敏度时,采用 B 级成像技术。

宜在相关产品标准中规定需要的图像质量等级。

6.3 数字图像显示应符合 A 级或 B 级技术要求。

6.4 检测时,射线束应对准被检焊缝部位的中心,并垂直于该点钢管表面。

6.5 在满足 6.9 和第 7 章要求的情况下,应按下列要求确定评定长度:采用 B 级图像质量时,射线图像有效评定长度末端的透照厚度比不应超过 1.1;采用 A 级图像质量时,射线图像有效评定长度末端的透照厚度比不应超过 1.2。

6.6 应采用单壁透照技术。当单壁技术由于空间尺寸的原因不适用时,在满足所需灵敏度的情况下,可通过协商采用双壁透照技术。

6.7 如不采用几何放大技术(见 6.8)时,探测器与焊缝表面的间隙应尽可能小。

射线源到焊缝的最小距离 f 应按下列要求确定: f 与有效焦点尺寸 d 的比值(f/d)符合公式(1)和公式(2)的给定值:

A 级图像质量:

$$f/d \geq 7.5 \times b^{2/3} \dots\dots\dots(1)$$

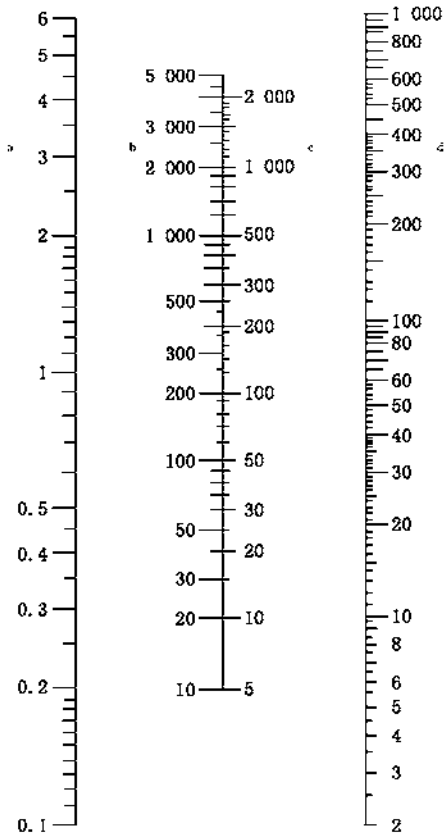
B 级图像质量:

$$f/d \geq 15 \times b^{2/3} \dots\dots\dots(2)$$

式中:

b 射线源侧焊缝与探测器感光表面之间的距离,单位为毫米(mm)。

注:这些关系在图 1 中以诺模图的形式呈现。



- ^a 有效焦点尺寸 d ,单位为毫米(mm)。
- ^b B 级图像质量,射线源到焊缝的最小距离 f ,单位为毫米(mm)。
- ^c A 级图像质量,射线源到焊缝的最小距离 f ,单位为毫米(mm)。
- ^d 焊缝到探测器的距离 b ,单位为毫米(mm)。

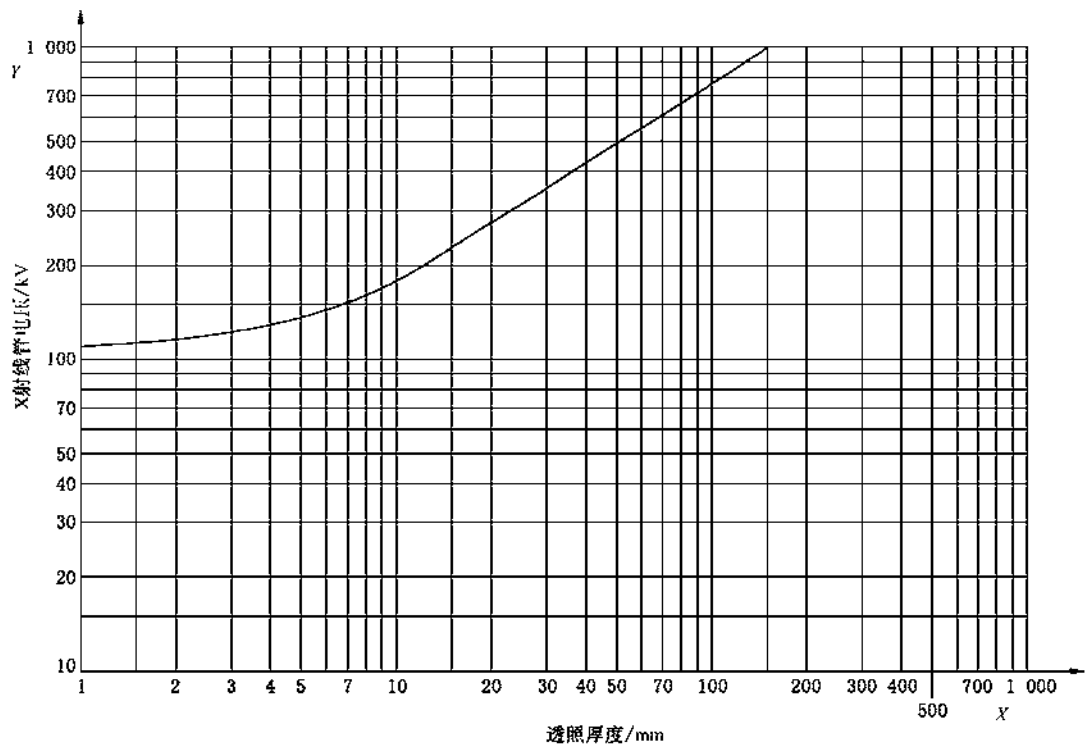
图 1 确定射线源——焊缝的最小距离 f 的诺模图

6.8 与小颗粒尺寸(使胶片具有很高的空间分辨率)的胶片技术相比,限制 DDA 系统实施的因素是具有较大($>50\ \mu\text{m}$)阵列像素尺寸。

通常,数字探测器阵列(DDA)系统无法达到射线胶片成像的典型设置几何分辨率,可通过使用几何放大或者按照第 7.1 所述的补偿(增加图像的信噪比 SNR)措施达到所需的几何分辨率。允许对上述措施进行组合运用。

关于空间分辨率的其他信息,见 ISO 17636 2:2013 的 7.7。

- 6.9 曝光条件(包括 X 射线管电压)应达到第 7 章规定的像质计要求。查看数字图像时,根据需要可调节图像的对比度和亮度。
- 6.10 为获得良好的检测灵敏度,X 射线管电压宜尽可能低,且数字图像的信噪比(S/N_x)宜尽可能高。推荐的 X 射线管电压最大值与透照厚度比对见图 2。这些最大值是胶片照相的最佳经验值。经过精确校准后,DDA_s 能在明显高于图 2 管电压条件下提供最大限度的图像质量。



标引序号说明:

X 透照厚度,单位为毫米(mm);

Y X 射线管电压,单位为千伏(kV)。

图 2 X 射线设备最大管电压(最大 1 000 kV)与透照厚度的函数关系

7 图像质量

- 7.1 经购方和制造商协商,应采用 ISO 19232 1、ISO 19232 2 和 ISO 19232 5 规定的像质计(IQI)确定图像质量。像质计应放置在射线源一侧且邻近焊缝的母材上(见图 3 和图 4)。

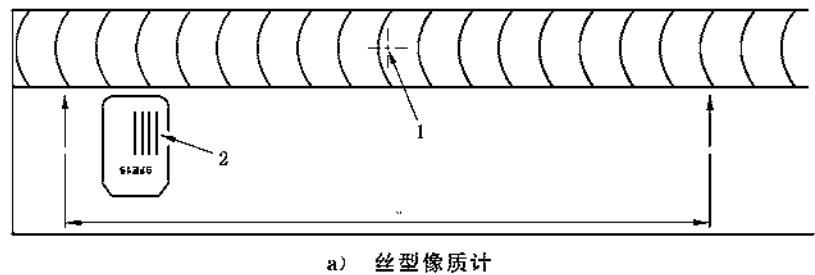
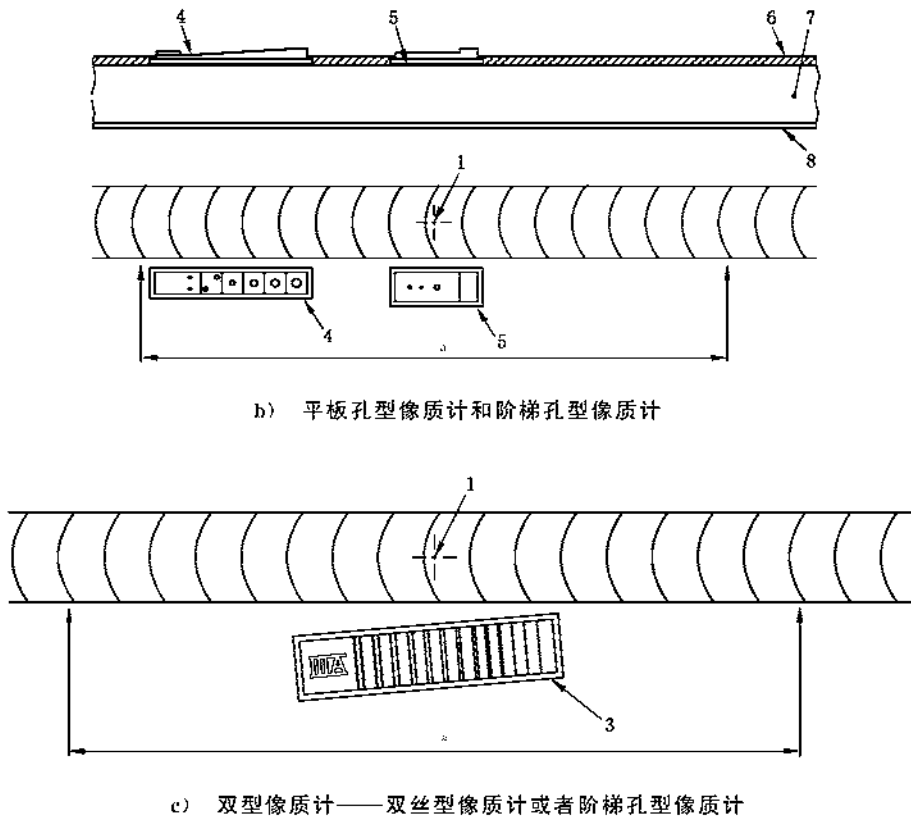


图 3 像质计的位置——基本要求

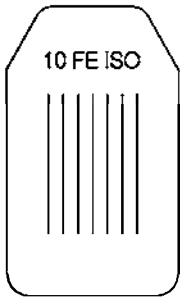


标引序号说明:

- 1 射线束中心;
- 2 丝型像质计,最细金属丝远离射线束中心;
- 3 双丝型像质计,倾斜约 5°;
- 4 阶梯孔型像质计,最薄台阶远离射线束中心;
- 5 必要时,带有衬垫的平板孔型像质计;
- 6 外焊缝余高;
- 7 管壁;
- 8 内焊缝余高。

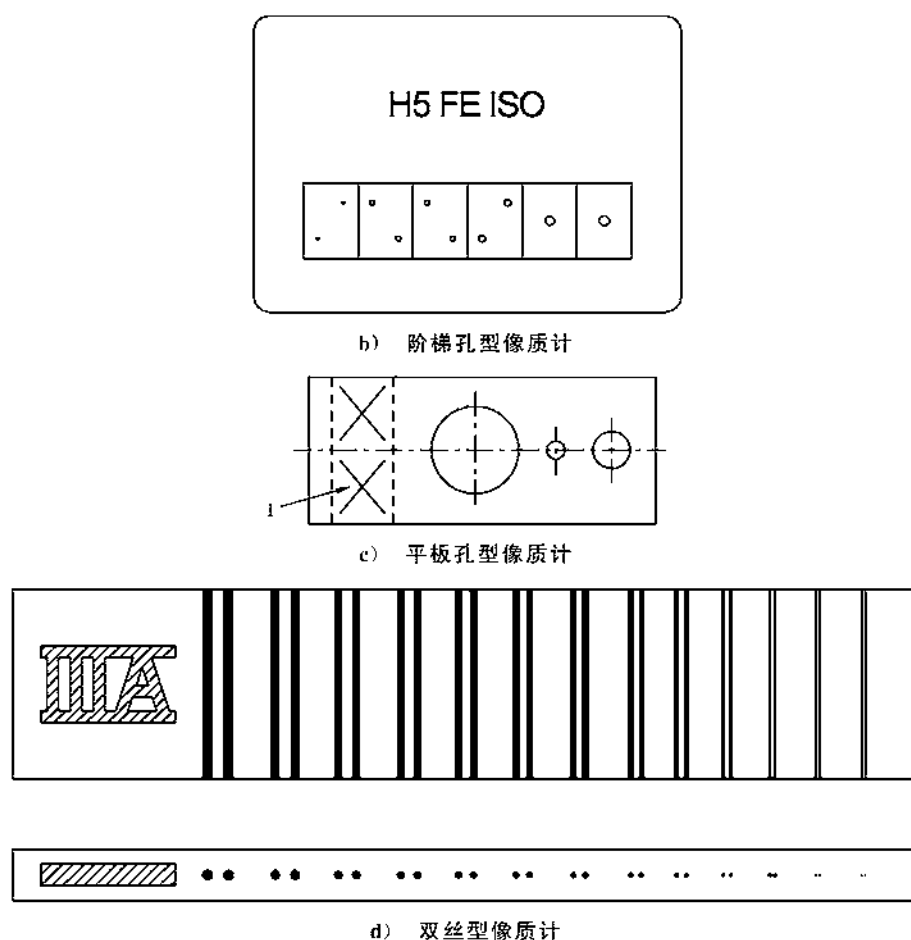
^a 图像的焊缝长度(DDA)或成像板长度(CR)。

图 3 像质计的位置——基本要求 (续)



a) 丝型像质计

图 4 像质计的类型



标引序号说明:

1 相质计标记区域。

注: 图 4 c) 见 ASTM E1025 中规定的孔型像质计。

图 4 像质计的类型 (续)

使用丝型像质计时,金属丝应垂直于焊缝,其位置应确保至少有 10 mm 长度的丝线在邻近焊缝的金属部位。如有要求,应横跨焊缝放置额外的或更长的像质计。

当像质计无法在射线源一侧的钢管表面放置时,可位于探测器一侧。在这种情况下,应靠近像质计粘贴字母“F”,应在检测报告中记录该程序的变化。

放置在探测器一侧的像质计通常比放置在源侧的相同像质计多显示 1 或 2 根(个)金属丝或孔。客户可要求在钢管的试样上将像质计放置在探测器一侧和源侧进行曝光试验对比,具体细节见 ISO 17636-2:2013 中的 6.7。

被检钢管具有相同规格和牌号(钢级)时,只需每 4 h 一次或者每班两次使用像质计检查成像灵敏度。检查灵敏度时,应将像质计放置在源侧。

使用探测器一侧像质计进行后续图像采集时,不应改变之前的曝光参数设置(包括 X 射线源、探测器和几何布置)。当系统和工艺设置(例如 DDA_s 自动检测系统)稳定时,只要钢管尺寸、材质和检测参数保持不变,每班验证一次图像质量即可。在这种情况下,宜只使用源侧像质计测试图像质量。

应使用符合 ISO 19232-5 规定的双丝型像质计测量图像不清晰度 u_{in} 。

通过双丝型像质计在数字射线中的影像测量不清晰度,不清晰度值为调制度小于 20% 时的最小线对号(最大线径)。

双丝型像质计宜放置在与焊缝图像像素方向约成 5° 的母材金属上,避免图像混叠。

7.2 数字探测器基本空间分辨率 $R_{\text{bs}}^{\text{detector}}$ 由制造参数和硬件参数确定,应通过放置在探测器前的双丝型像质计来测定,并按照公式(3)计算 $R_{\text{bs}}^{\text{detector}}$ 。

$$R_{\text{bs}}^{\text{detector}} = 0.5u, \quad \dots\dots\dots (3)$$

补偿原则:

如果使用表 1 或表 2 中的像质计(丝型、孔型和双丝型),探测器系统仍不满足所需的像质计灵敏度时,可增加单丝像质计灵敏度以弥补过高的不清晰度。该补偿最高限值应为 3 级。

示例:对于 B 级图像质量,10 mm 的壁厚,需要使用 W14 号丝和 D11 号双丝。如果 D11 号不能达到要求,可能需要进行补偿:从 D11 降两级至 D9,但 W14 需增加两级至 W16。

透照距离和管电压给定时,数字探测器的图像对比灵敏度取决于透照时间和管电流(mA),因此增加曝光时间和管电流(mA)可增加单丝像质计灵敏度。

7.3 表 1 和表 2 定义了两个图像质量等级。对于 A 级,母材的最低归一化信噪比(S/N_{norm})宜大于 70。对于 B 级,母材的最低归一化信噪比(S/N_{norm})宜大于 100。应通过邻近焊缝的母材图像的 S/N 和正常的探测器系统基本空间分辨率计算归一化信噪比(S/N_{norm}):

$$S/N_{\text{norm}} = S/N \times 88.6 \mu\text{m}/R_{\text{bs}}^{\text{detector}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

注: SNR 测量的详细信息见 EN 14784 1^[21]、ASTM E2446 05^[13]或 ASTM E2579 07^[14]。更大壁厚的像质 SNR 测量见 ISO 17636-2。

7.4 对于双壁透照技术,使用的像质值,应为两倍公称壁厚的相应值。

7.5 如有可能,宜采用典型质量指示器(RQIs)测量数字系统的性能。RQIs 宜与被检钢管具有相同的尺寸和射线吸收特性。推荐使用 RQIs,以确保数字射线装置能够满足检验技术规范的要求。

7.6 表 1 和表 2 定义了两个图像质量等级。

表 1 单壁透照技术——A 级

单位为毫米

公称壁厚 T	丝号 直径	公称壁厚 T	孔号 直径	公称壁厚 T	双丝型像质计 ^{a,b}	
					不清晰度	丝径 ^c 和间距
$T \leq 1.2$	W18 0.063	$T \leq 2$	H3 0.20	$T \leq 2$	D11 0.16	0.080
$1.2 < T \leq 2$	W17 0.08	$2 < T \leq 3.5$	H4 0.25	$2 < T \leq 5$	D10 0.20	0.100
$2 < T \leq 3.5$	W16 0.10	$3.5 < T \leq 6$	H5 0.32	$5 < T \leq 10$	D9 0.26	0.130
$3.5 < T \leq 5$	W15 0.13	$6 < T \leq 10$	H6 0.40	$10 < T \leq 25$	D8 0.32	0.160
$5 < T \leq 7$	W14 0.16	$10 < T \leq 15$	H7 0.50	$25 < T \leq 55$	D7 0.40	0.200
$7 < T \leq 10$	W13 0.20	$15 < T \leq 24$	H8 0.64	$T > 55$	D6 0.50	0.250
$10 < T \leq 15$	W12 0.25	$24 < T \leq 30$	H9 0.80			

表 1 单壁透照技术——A 级 (续)

单位为毫米

公称壁厚 T	丝号 直径	公称壁厚 T	孔号 直径	公称壁厚 T	双丝型像质计 ^{a,b}	
					不清晰度	丝径 ^c 和间距
$15 < T \leq 25$	W11 0.32	$30 < T \leq 40$	H10 1.00			
$25 < T \leq 32$	W10 0.40	$40 < T \leq 60$	H11 1.25			
$32 < T \leq 40$	W9 0.50	$T > 60$	H12 1.60			
$40 < T \leq 55$	W8 0.63					
$T > 55$	W7 0.80					
^a 双丝型像质计宜与丝型或阶梯孔型像质计结合应用。 ^b 双丝型像质计宜使用轮廓显示装置进行检测,根据线对之间的调制度小于 20%时的最小线对确定不清晰度。 ^c 基本空间分辨率由邻近钢管源侧的双丝型像质计确定,并符合 ISO 17636-2:2013 附录 C 的要求。						

表 2 单壁透照技术——B 级

单位为毫米

公称壁厚 T	丝号 直径	公称壁厚 T	孔号 直径	公称壁厚 T	双丝型像质计 ^{a,b}	
					不清晰度	丝径 ^c 和间距
$T \leq 1.5$	W19 0.05	$T \leq 2.5$	H2 0.16	$T \leq 1.5$	D13— <0.10	<0.05
$1.5 < T \leq 2.5$	W18 0.063	$2.5 < T \leq 4$	H3 0.20	$1.5 < T \leq 4$	D13 0.10	0.05
$2.5 < T \leq 4$	W17 0.08	$4 < T \leq 8$	H4 0.25	$4 < T \leq 8$	D12 0.13	0.065
$4 < T \leq 6$	W16 0.10	$8 < T \leq 12$	H5 0.32	$8 < T \leq 12$	D11 0.16	0.080
$6 < T \leq 8$	W15 0.13	$12 < T \leq 20$	H6 0.40	$12 < T \leq 40$	D10 0.20	0.100
$8 < T \leq 12$	W14 0.16	$20 < T \leq 30$	H7 0.50	$T > 40$	D9 0.26	0.130
$12 < T \leq 20$	W13 0.20	$30 < T \leq 40$	H8 0.64			

表 2 单壁透照技术——B 级（续）

单位为毫米

公称壁厚 T	丝号 直径	公称壁厚 T	孔号 直径	公称壁厚 T	双丝型像质计 ^{a,b}	
					不清晰度	丝径 ^c 和间距
$20 < T \leq 30$	W12 0.25	$40 < T \leq 60$	H9 0.80			
$30 < T \leq 35$	W11 0.32	$T > 60$	H10 1.00			
$35 < T \leq 45$	W10 0.40					
$45 < T \leq 65$	W9 0.50					
$T > 65$	W8 0.63					
注：如果 D13 号丝对间隔距离小于 20% 时，也可使用 D13，确定不清晰度。						
^a 双丝型像质计应与线性或阶梯孔型像质计结合应用。 ^b 双丝型像质计应使用轮廓显示装置进行检测，根据丝对之间的调制度小于 20% 时的最小丝对确定不清晰度。 ^c 基本空间分辨率应由邻近钢管射线源侧的双丝型像质计确定，并符合 ISO 17636-2:2013 附录 C 的要求。						

8 图像处理

8.1 应对数字射线探测器的数据进行评估，该数据与辐射剂量成正比。这是图像质量评价中正确测量信噪比(SNR)的前提条件。为显示最佳的图像质量，宜交互调整图像对比度和亮度。用于图像显示和评估的软件宜兼具可选的过滤功能、轮廓图和信噪比测定工具。

为达到信噪比要求，宜按照 ISO 17636-2 对 DDA_s 进行校准。

注：信噪比工具是对感兴趣区域，通过线性图像行数据测量信号和噪声的一个特殊软件程序（见 ISO 17636-2）。

8.2 应记录原始数据存储的新图像处理方法（如高通滤波图像显示），且该方法为可重复的，并由制造商和购方达成一致。

9 显示分类

9.1 射线图像上发现的所有显示，均应按照 9.2 和 9.3 的定义分类为焊缝缺欠或缺陷。

9.2 缺欠是指按照本文件规定的射线检测方法所检测出的焊缝不连续，其尺寸和/或分布密度在规定验收界限内，对钢管的预期使用没有实际影响。

9.3 缺陷是指尺寸和/或分布密度超过规定验收界限的缺欠。缺陷会对钢管的预期使用产生不良影响或限制。

10 验收界限

10.1 除产品标准另有替代要求外，10.2~10.6 规定的验收界限适用于焊缝射线检测。

10.2 检测中发现裂纹、未焊透和未熔合,则该检验结果为不合格。

10.3 检测中发现单个直径不超过 3.0 mm 或 $T/3$ (取数值较小者, T 为钢管公称壁厚)的圆形夹渣和气孔,则该检验结果为合格。

任意 150 mm 或 $12T$ (取数值较小者)焊缝长度范围内,且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直径不应超过 6.0 mm 或 $0.5T$ (取数值较小者)。

10.4 检测中发现长度不超过 12.0 mm 或 T (取数值较小者),或者宽度不超过 1.5 mm 的单个条形夹渣,则该检验结果为合格。

任意 150 mm 或 $12T$ (取数值较小者)焊缝长度范围内,且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 12.0 mm。

注: 10.3 和 10.4 规定的界限参考附录 A 的图例。

10.5 任意长度的单个咬边,如果最大深度不超过 0.4 mm,且最小壁厚满足要求,应视为该检验结果合格。

如果任意 300 mm 焊缝长度范围内的单个咬边,最大长度为 $T/2$,最大深度为 0.5 mm,且不超过公称壁厚的 10%,数量不超过两处,且对其进行修磨,则该检验结果为合格。

10.6 沿焊缝纵向,内焊缝和外焊缝互相重叠的任意长度和深度的咬边,则该检验结果应为不合格。

11 验收

11.1 未出现超过相应验收界限显示的任何钢管应视为通过该射线检测。

11.2 出现超过相应验收界限显示的任何钢管应视为可疑钢管。

11.3 对于可疑钢管,应采用下列一项或多项措施使之满足产品标准的要求:

- 修磨可疑区域。应采用磁粉或液体渗透方法验证缺陷是否完全清除,应对修磨区域再次进行射线检验。应采用适当的方法对剩余壁厚进行测量,以验证是否符合规定偏差的要求。
- 按经过批准的焊接工艺对可疑区域进行补焊。随后应按本文件和相应产品标准的要求对补焊区域进行射线检验。
- 切除可疑区域。应测量钢管剩余长度,以验证是否符合规定长度要求。
- 拒收可疑钢管。

12 图像存储与显示

由检测器系统传递的原始图像应全分辨率保存。存储原始图像前,应只对与图像处理相关的探测器进行校准[例如:对提供无人干预的探测器图像所进行的偏移量校准、探测器均衡的增益校准和坏像素点校准(见 ASTM E2597-07^[14])]

评价图像时应符合以下最低要求:

- 最小亮度为 250 cd/m^2 ;
- 最小灰度显示为 256 级;
- 最小可显示的光强比为 1:250;
- 尺寸小于 0.30 mm 的最少显示像素点为 $1\,000 \times 1\,000$ 个。

应在光线昏暗的室内评价图像。应使用合适的测试图像验证显示器的设置。

对于数字射线检测无损评价方法,推荐采用 ASTM E2699^[15]进行数字成像及通信。

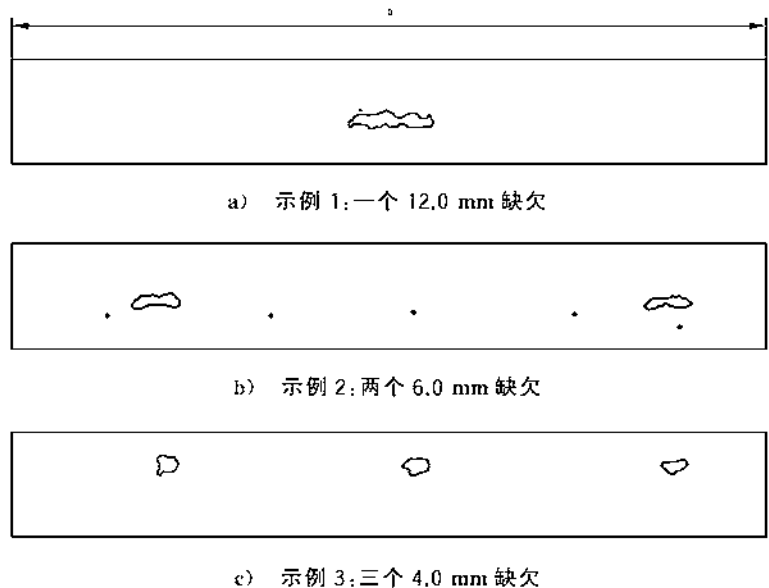
13 检测报告

制造商应至少记录以下信息。除非相关方另有协议规定,制造商应提交包括以下信息的检测报告:

- a) 本文件编号,即 GB/T 40385—2021;
- b) 符合性声明;
- c) 经协议或另行规定的方法与本检测方法的差异;
- d) 产品牌号(钢级)和规格;
- e) 放射源类型、有效焦点尺寸和使用的设备,管电压和电流;
- f) 图像采集和显示用的探测器和软件;
- g) 每幅图像的曝光时间,最近一次校准探测器的日期;
- h) 几何设置、放大率以及放射源到钢管的距离;
- i) 像质计的类型和位置;
- j) 母材的像质计读数和最小 SNR;
- k) 达到的图像质量等级;
- l) 原始数据文件名称和存储位置;
- m) 透照和报告日期;
- n) 操作者的身份(例如:代码,身份证件,姓名),鉴定/认证(依据 ISO 11484,ISO 9712 或等效标准),等级和签名。

附录 A
(资料性)
缺欠分布示例

缺欠分布示例参见图 A.1 和图 A.2。



^a 150 mm 或 12*T* 长(两者中的较小者)的焊缝。

图 A.1 公称壁厚(*T*)大于 12 mm,条型夹杂缺欠最大允许分布模式示例

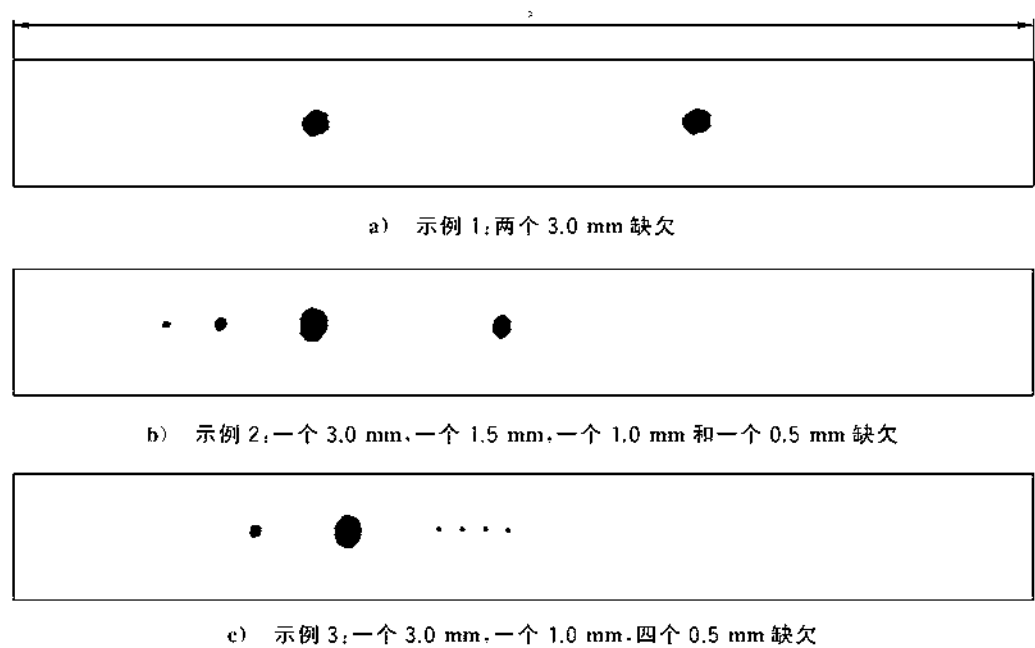
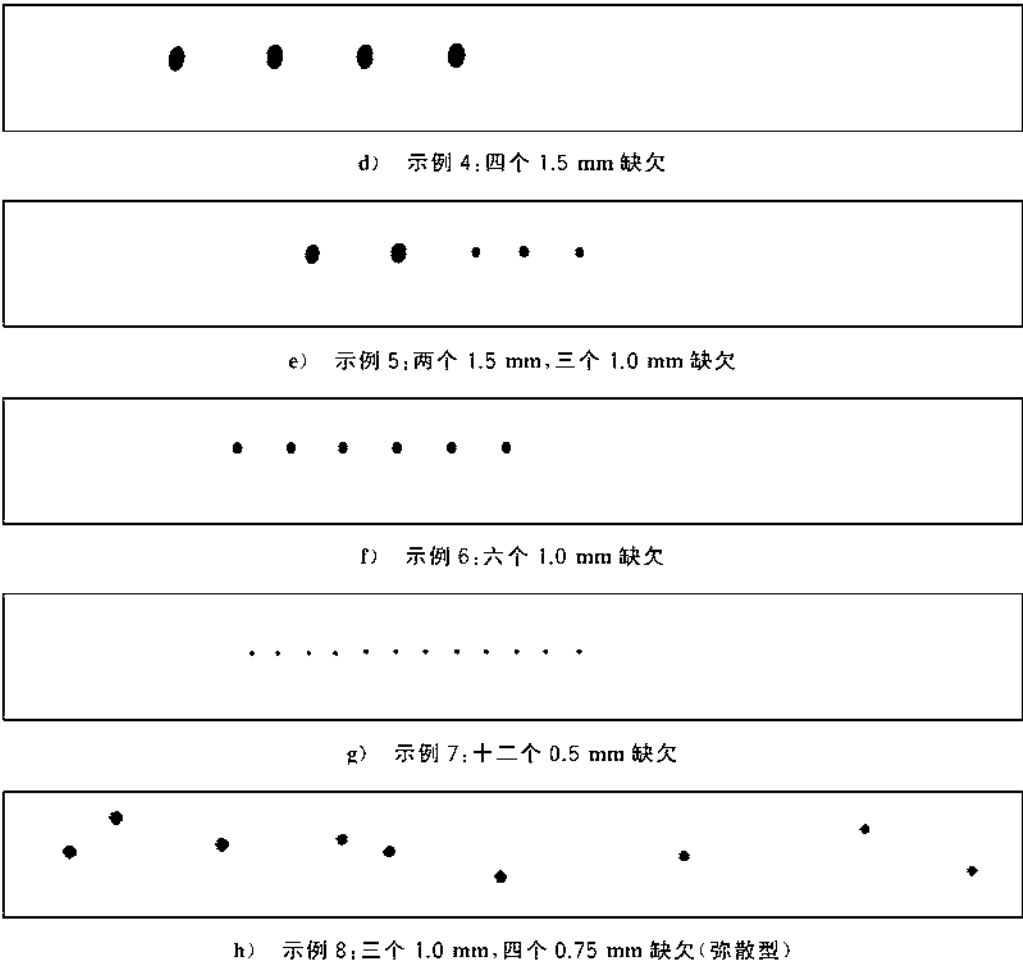


图 A.2 公称壁厚(*T*)大于 12 mm 的气孔型缺欠最大分布模式示例



~ 150 mm 或 12*T* 长 (两者中的较小者) 的焊缝。

图 A.2 公称壁厚 (*T*) 大于 12 mm 的气孔型缺欠最大分布模式示例 (续)

参 考 文 献

- [1] GB/T 21355 无损检测 计算机射线照相系统的分类
- [2] GB/T 26642 无损检测 金属材料计算机射线照相检测方法
- [3] GB/T 35388 无损检测 X射线数字成像检测 检测方法
- [4] GB/T 38240 无损检测仪器 射线数字探测器阵列制造特征
- [5] GB/T 23909.1 无损检测 射线透视检测 第1部分:成像性能的定量测量
- [6] GB/T 23909.2 无损检测 射线透视检测 第2部分:成像装置长期稳定性的校验
- [7] GB/T 23909.3 无损检测 射线透视检测 第3部分:金属材料X和伽玛射线透视检测总则
- [8] ISO 10893-6 Non-destructive testing of steel tubes Part 6: Radiographic testing of the weld seam of welded steel tubes
- [9] ASNT SNT-TC-1A Recommended Practice No.SNT-TC-1A Non-Destructive Testing
- [10] ASTM E1000 Standard Guide for Radioscopy
- [11] ASTM E1025 Standard Practice for Design, Manufacture, and Material Grouping Classification of Hole Type Image Quality Indicators(IQI) Used for Radiology
- [12] ASTM E1817:2008 Standard Practice for Controlling Quality of Radiological Examination by Using Representative Quality Indicators(RQIs)
- [13] ASTM E2446-05 Standard Practice for Classification of Computed Radiology Systems
- [14] ASTM E2597 07 Standard Practice for Manufacturing Characterization of Digital Detector Array rays
- [15] ASTM E2698 Standard Practice for Radiological Examination Using Digital Detector Arrays
- [16] ASTM E2699 Standard Practice for Digital Imaging and Communication in Nondestructive Evaluation (DICONDE) for Digital Radiographic (DR) Test Methods
- [17] ASTM E2736 Standard Guide for Digital Detector Array Radiography
- [18] EN 13068 1 Non destructive testing—Radioscopic testing—Part 1: Quantitative measurement of imaging properties
- [19] EN 13068 2 Non destructive testing—Radioscopic testing—Part 2: Check of long term stability of imaging devices
- [20] EN 13068 3 Non destructive testing—Radioscopic testing—Part 3: General principles of radioscopic testing of metallic materials by X-and gamma rays
- [21] EN 14784 1 Non destructive testing—Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates Part 1: Classification of systems
- [22] EN 14784 2 Non destructive testing—Industrial computed radiography with storage phosphor imaging plates Part 2: General principles for testing of metallic materials using X-rays and gamma rays

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

钢管无损检测

焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测

GB/T 40385—2021/ISO 10893-7:2019

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2021年8月第一版

*

书号: 155066 • 1-68007

版权专有 侵权必究



GB/T 40385-2021