

中华人民共和国国家标准

GB/T 40791—2021/ISO 10893-6:2019

钢管无损检测 焊接钢管焊缝缺欠的射线检测

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

(ISO 10893-6:2019, Non-destructive testing of steel tubes—
Part 6: Radiographic testing of the weld seam of welded steel
tubes for the detection of imperfections, IDT)

2021-10-11 发布

2022-05-01 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 2

4 一般要求 2

5 检测方法 3

6 图像质量 5

7 胶片处理..... 10

8 射线底片观察条件..... 10

9 显示分类..... 10

10 验收界限 10

11 验收 10

12 检测报告 11

附录 A（资料性） 缺欠分布示例 12

参考文献 14

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 10893-6:2019《钢管无损检测 第6部分：焊接钢管焊缝缺欠的射线检测》。

与本文件中规范性引用的国标文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 3323.1—2019 焊缝无损检测 射线检测 第1部分：X和伽玛射线的胶片技术 (ISO 17636-1:2013, 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 19348.1—2014 无损检测 工业射线照相胶片 第1部分：工业射线照相胶片系统的分类 (ISO 11699-1:2008, MOD)；
- GB/T 19802—2005 无损检测 工业射线照相观片灯 最低要求 (ISO 5580:1985, IDT)；
- GB/T 19943—2005 无损检测 金属材料 X 和伽玛射线 照相检测 基本规则 (ISO 5579:1998, 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 40385—2021 钢管无损检测 焊接钢管焊缝缺欠的数字射线检测 (ISO 10893-7:2019, IDT)。

本文件做了下列最小限度的编辑性修改：

- 为与现有标准协调，将标准名称改为《钢管无损检测 焊接钢管焊缝缺欠的射线检测》。

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)、江苏武进不锈股份有限公司、浙江金洲管道工业有限公司、帕博检测技术服务有限公司、中国石油集团石油管工程技术研究院、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：温宏伟、付宏强、祝晓斌、范海龙、张荣胜、董莉、黄磊、张毅、陈泽民、张晓明、申早锋、薛磊红、赵立华。

钢管无损检测

焊接钢管焊缝缺欠的射线检测

1 范围

本文件规定了自动熔化电弧焊钢管直焊缝和螺旋焊缝缺欠的 X 射线(胶片)照相的检测要求。

本文件也适用于圆形空心型材的检测。

注 1: 数字射线检测作为本检测方法的代替方法,见 ISO 10893-7。

注 2: 对接焊缝的射线检测可参照执行。

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 射线或伽玛射线照相检测 术语 (Non-destructive testing—Industrial X-ray and gamma-ray radiology—Vocabulary)

ISO 5579 无损检测 金属材料采用胶片和 X 射线或伽玛射线照相检测 基本规则 (Non-destructive testing—Radiographic testing of metallic materials using film and X- or gamma rays—Basic rules)

ISO 5580 无损检测 工业射线照相观片灯 最低要求 (Non-destructive testing—Industrial radiographic illuminators—Minimum requirements)

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

ISO 11484 钢产品 雇主对无损检测人员的资质认证体系 [Steel products—Employer's qualification system for non-destructive testing (NDT) personnel]

ISO 11699-1 无损检测 工业射线照相胶片 第 1 部分:工业射线照相胶片系统的分类 (Non-destructive testing—Industrial radiographic film—Part 1: Classification of film systems for industrial radiography)

ISO 17636-1 焊缝无损检测 射线检测 第 1 部分: X 和伽玛射线的胶片技术 (Non-destructive testing of welds—Radiographic testing—Part 1: X and gamma-ray techniques with film)

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)

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

由扁平轧材将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

在询问和订货时,制造商(3.3)和购方达成的契约。

4 一般要求

4.1 除产品标准中另有规定或供需双方协议外,应在钢管主要制造工艺(轧制、热处理、冷/热加工、定径、矫直等)完成后对钢管进行射线检测。

4.2 应由按照 ISO 9712 或 ISO 11484 或其他等效标准(如 ASNT SNT-TC-1A^[4])培训且取得资质的人员进行检测,并由制造商指派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 NDT 人员授权。

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

4.3 待检钢管应具有足够的直度且无异物,以确保检测的有效性。焊缝和邻近母材表面应无异物和不规则,避免影响射线底片评判。

为获得可接受的表面状态,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),使射线底片上识别出焊缝的位置。

4.5 应将铅字识别符号放置在焊缝射线底片的每一个透照区段,以使这些符号在底片上出现,使射线底片上能清楚识别出焊缝位置。

4.6 在射线源一侧的钢管表面应有永久性标记,以便为每张射线底片位置的精确再定位提供参考点。采用射线底片进行局部再定位信息时,不要求做永久性标记,可采用其他适当方法,例如采用油漆喷刷标记或准确绘图。

4.7 当采用两张以上胶片对长焊缝进行射线拍片检测时,每张胶片至少应有 10 mm 搭接区域,以确保焊缝所有部分均得到检测。应利用搭接表面上的搭接标记证明胶片的重叠。

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。使用电离辐射时,应严格执行国家安全防护措施。

5 检测方法

5.1 应采用 X 射线胶片照相法对焊接钢管直焊缝和螺旋焊缝进行射线检测。采用非胶片射线检测法、数字射线成像检测法对钢管焊缝进行检测时应符合 ISO 10893-7 的规定。

5.2 根据 ISO 17636-1 的规定,图像质量等级应分为 A 级和 B 级:

——A 级:基本技术;

——B 级:优化技术。

注:大多数情况下采用 A 级技术。采用 A 级技术可能不显示被检测缺欠时,采用 B 级技术,专用于重要和困难场合。B 级技术要求使用 C4 或更高级的胶片系统(细颗粒胶片和铅屏),因此通常需要较长的曝光时间。通常在相应产品标准中规定需要达到的图像质量等级。

5.3 A 级使用的胶片系统等级应至少为 C5;B 级使用的胶片系统等级应至少为 C4(X 射线管电压小于 150 kV 时为 C3)。胶片分类应符合 ISO 5579,ISO 11699-1 和 ISO 17636-1 的规定。

图像质量等级为 A 级和 B 级时,前屏金属增感屏厚度应在 0.02 mm~0.25 mm 之间。后增感屏可采用其他厚度。当采用双胶片技术时,每一层中屏(如使用)的厚度不应大于规定的前屏厚度。

5.4 不应使用荧光增感屏。

5.5 应注意最小化被胶片吸收的背散射和前散射 X 射线量。

对背散射射线辐射保护程度有怀疑时,应在每个暗袋后背贴上特征符号(典型的如:铅字“B”,高度为 10 mm、厚度为 1.5 mm),然后以常规方式拍片。当该铅质字母以浅于背景黑度的图像黑度显现在底片上时,表明对背散射 X 射线辐射的防护不足,有必要采取其他防护措施。

5.6 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。

5.7 在满足 5.11 和第 8 章规定的情况下,应按下列要求确定评定长度: B 级图像质量透照厚度比不应大于 1.1, A 级图像质量透照厚度比不应大于 1.2。

5.8 应使用单壁透照方法。如果该方法因空间原因而无法使用,经协议可使用双壁透照方法。

5.9 胶片和焊缝之间的间隙应尽可能小。

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

A 级图像质量:

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

B 级图像质量:

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

式中:

b ——沿射线束方向试件的壁厚与胶片至胶片侧工件表面的间隙之和,单位为毫米(mm)。

注:这些对应关系在图 1 中以诺模图的形式呈现。

5.11 B 级图像质量的曝光条件为受检区域无缺陷焊缝金属底片的黑度不应小于 2.3, A 级图像质量不应小于 2.0。灰雾度不应超过 0.3,灰雾度(适用本文件中的)定义为经处理的未曝光胶片的总黑度(感光乳剂和片基)。

5.12 为获得良好的检测灵敏度, X 射线管电压宜不超过图 2 给出的最大电压。

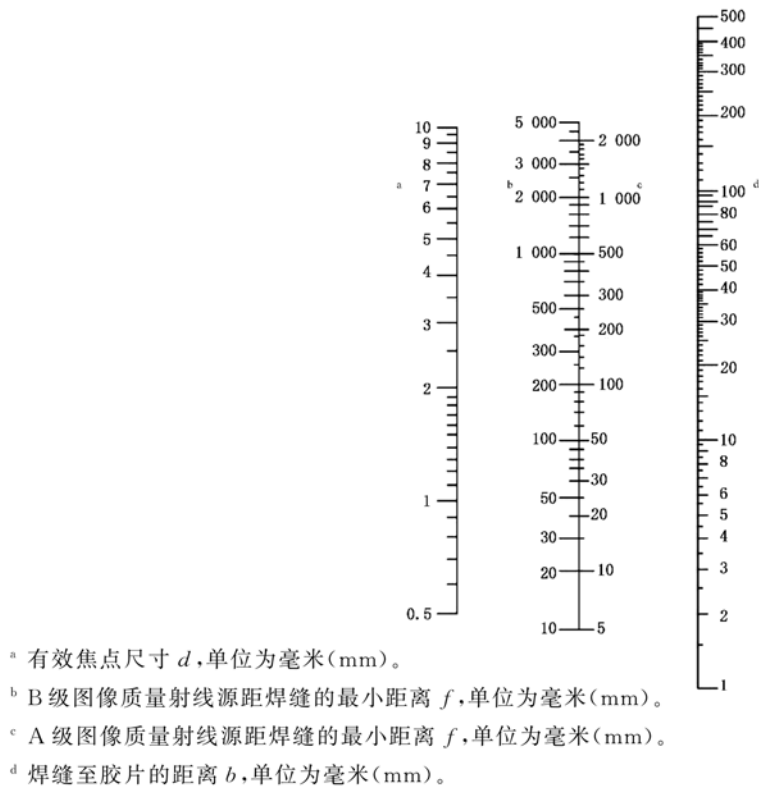


图 1 确定射线源—焊缝的最小距离 f 的诺谟图

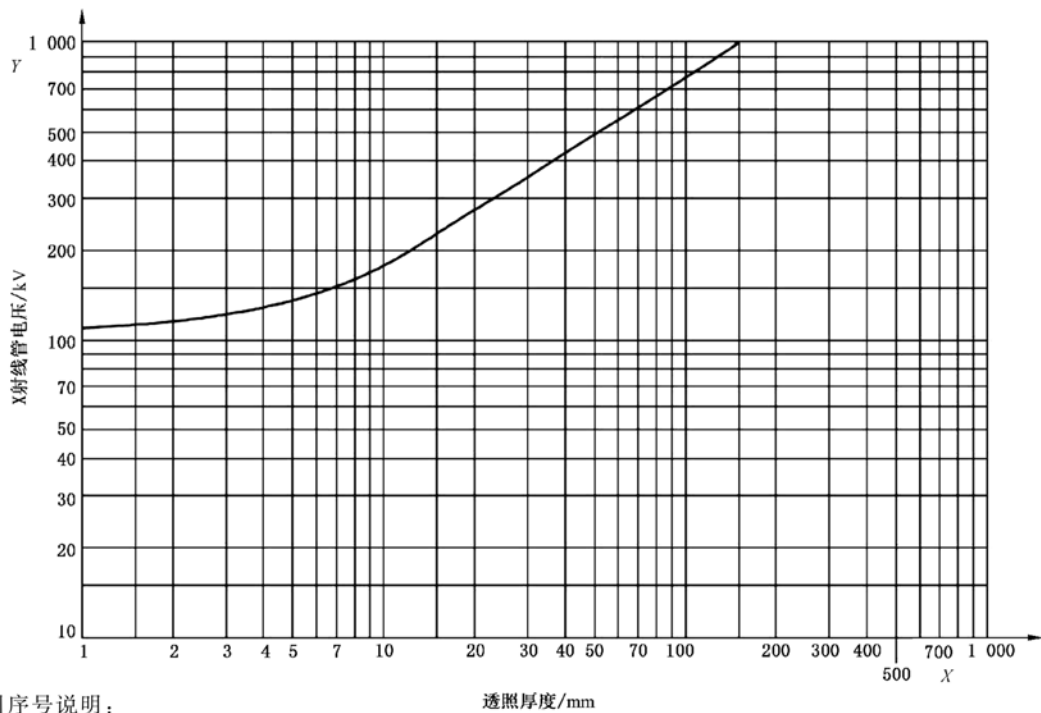


图 2 X 射线设备最大管电压(最大 1 000 kV)与透照厚度的函数关系

6 图像质量

6.1 经购方和制造商协商,应采用 ISO 19232-1 或 ISO 19232-2 规定的适用钢质像质计(简称“IQI”)测定图像质量。像质计应放置在射线源一侧邻近焊缝的母材上(见图 3 和图 4)。

如果像质计无法放置在射线源侧时,应放置在胶片侧。在这种情况下,应在像质计附近放置字母“F”,并在检测报告中记录该程序的变化。

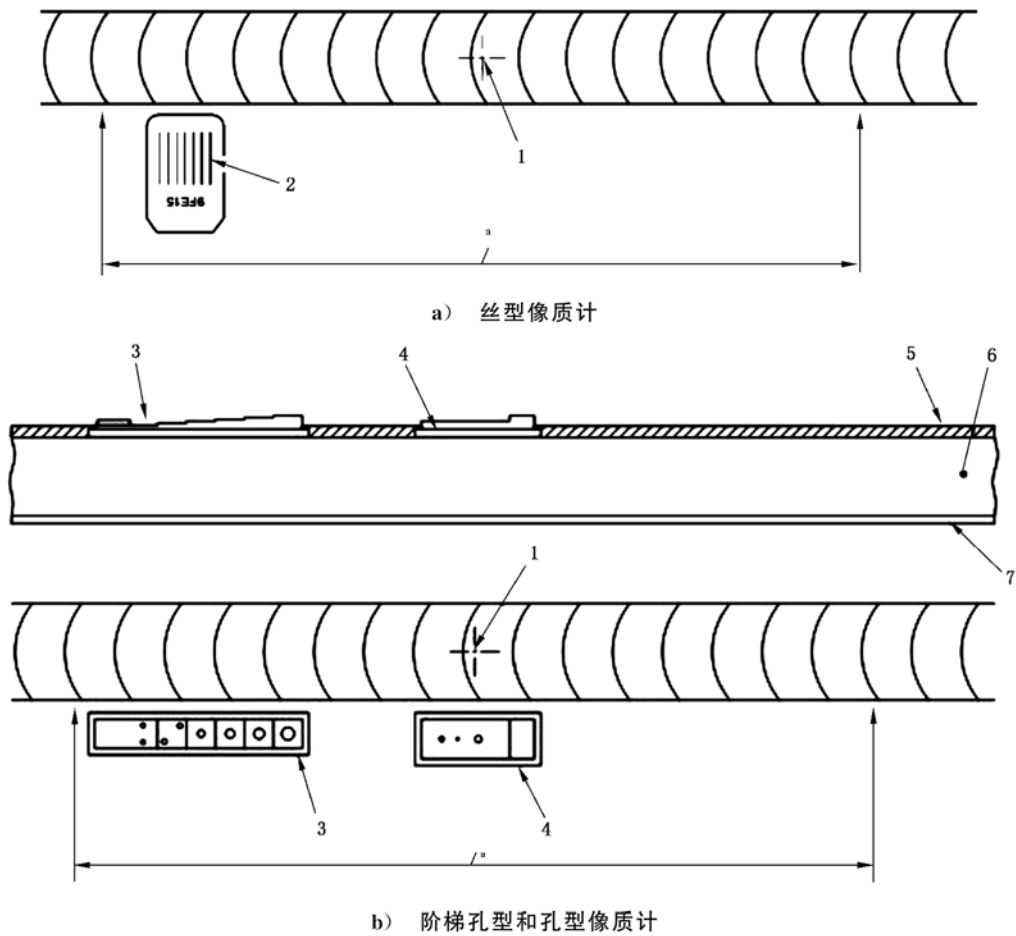
采用相同的像质计贴在源侧进行检测时,胶片侧比源侧通常多显示 1 到 2 或以上根丝或孔。客户可以要求在样品管上进行曝光试验,将像质计分别放置在射线源和胶片侧进行比较。

当使用丝型像质计时,金属丝应垂直于焊缝,放置的位置应能获得合格的金属丝图像。应确保至少 10 mm 的丝线长度显示在黑度均匀的区域,通常在靠近焊缝的母材上显示。如必要,应横跨焊缝放置额外的或更长的像质计。

注:更多详细内容见 ISO 19232-1、ISO 19232-2、ISO 17636-1 和 ISO 3183^[1]。

6.2 表 1~表 4 规定了 A 级和 B 级两种图像质量级别。

6.3 采用双壁透照方法检测时,使用的像质值应按公称壁厚的两倍确定。

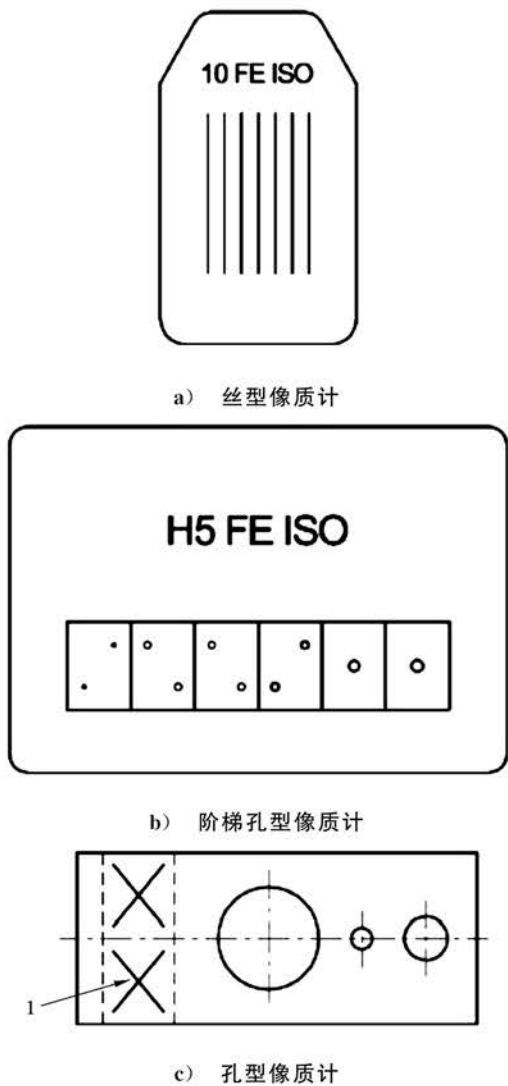


标引序号说明：

- 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——阶梯孔型像质计,最薄阶梯孔远离射线束中心；
- 4——如必要,带衬垫的孔型像质计；
- 5——外焊缝余高；
- 6——管壁；
- 7——内焊缝余高。

^a 评定长度。

图 3 像质计定位(基本要求)



标引序号说明：
1——相质计标记区域。
注：图 4 c)见 ASTM E1025^[3]规定的孔型像质计。

图 4 像质计的类型

表 1 丝型像质计

A 级图像质量	
公称壁厚 T mm	像质值
$T \leq 1.2$	W18
$1.2 < T \leq 2$	W17
$2 < T \leq 3.5$	W16
$3.5 < T \leq 5$	W15
$5 < T \leq 7$	W14

表 1 丝型像质计 (续)

A 级图像质量	
公称壁厚 T mm	像质值
$7 < T \leq 10$	W13
$10 < T \leq 15$	W12
$15 < T \leq 25$	W11
$25 < T \leq 32$	W10
$32 < T \leq 40$	W9
$40 < T \leq 55$	W8
$55 < T \leq 85$	W7
$85 < T \leq 150$	W6
$150 < T \leq 250$	W5
$T > 250$	W4

表 2 阶梯孔型像质计

A 级图像质量	
公称壁厚 T mm	像质值
$T \leq 2$	H3
$2.0 < T \leq 3.5$	H4
$3.5 < T \leq 6$	H5
$6 < T \leq 10$	H6
$10 < T \leq 15$	H7
$15 < T \leq 24$	H8
$24 < T \leq 30$	H9
$30 < T \leq 40$	H10
$40 < T \leq 60$	H11
$60 < T \leq 100$	H12
$100 < T \leq 150$	H13
$150 < T \leq 200$	H14
$200 < T \leq 250$	H15
$250 < T \leq 320$	H16
$320 < T \leq 400$	H17
$T > 400$	H18

表 3 丝型像质计

B 级图像质量	
公称壁厚 T mm	像质值
$T \leq 1.5$	W19
$1.5 < T \leq 2.5$	W18
$2.5 < T \leq 4$	W17
$4 < T \leq 6$	W16
$6 < T \leq 8$	W15
$8 < T \leq 12$	W14
$12 < T \leq 20$	W13
$20 < T \leq 30$	W12
$30 < T \leq 35$	W11
$35 < T \leq 45$	W10
$45 < T \leq 65$	W9
$65 < T \leq 120$	W8
$120 < T \leq 200$	W7
$200 < T \leq 350$	W6
$T > 350$	W5

表 4 阶梯孔型像质计

B 级图像质量	
公称壁厚 T mm	像质值
$T \leq 2.5$	H2
$2.5 < T \leq 4$	H3
$4 < T \leq 8$	H4
$8 < T \leq 12$	H5
$12 < T \leq 20$	H6
$20 < T \leq 30$	H7
$30 < T \leq 40$	H8
$40 < T \leq 60$	H9
$60 < T \leq 80$	H10
$80 < T \leq 100$	H11
$100 < T \leq 150$	H12
$150 < T \leq 200$	H13
$200 < T \leq 250$	H14

7 胶片处理

可依照 ISO 11699-2^[2]或其他等效规则的规定,对图像暗室处理工艺的质量或可靠性进行控制。射线底片上不应有由于胶片处理产生的缺欠或影响底片解释评定的其他缺陷。

8 射线底片观察条件

应使用符合 ISO 5580 规定的工业射线照相观片灯进行射线照相底片的观察。当底片黑度小于或等于 2.5,透过底片的最小光亮度应为 30 cd/m^2 ;当底片黑度大于 2.5,透过底片的最小光亮度应为 10 cd/m^2 。

9 显示分类

9.1 在射线底片上发现的所有显示,应按 9.2 和 9.3 的定义分类为焊缝缺欠或缺陷。

9.2 缺欠是按本文件叙述的射线检测方法所能检验出的焊缝不连续,尺寸和/或分布密度未超过规定验收界限。缺欠对钢管的预期使用没有实际的影响。

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。缺陷对钢管的预期使用会产生不良影响或限制。

10 验收界限

10.1 应使用材料产品标准或组件制造标准中规定的验收界限。如未规定验收界限时,焊缝射线照相检测的验收界限应符合 10.2~10.6 的规定。

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)长度焊缝范围内,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最大累积直径应不超过 6.0 mm 或 $0.5T$ (取两者之间较小者)。

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应不超过 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,则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:

- a) 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照相检验,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;
- b) 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照相检验;
- c) 切除可疑区域;应测量钢管剩余长度,以验证是否符合规定偏差要求;
- d) 拒收可疑钢管。

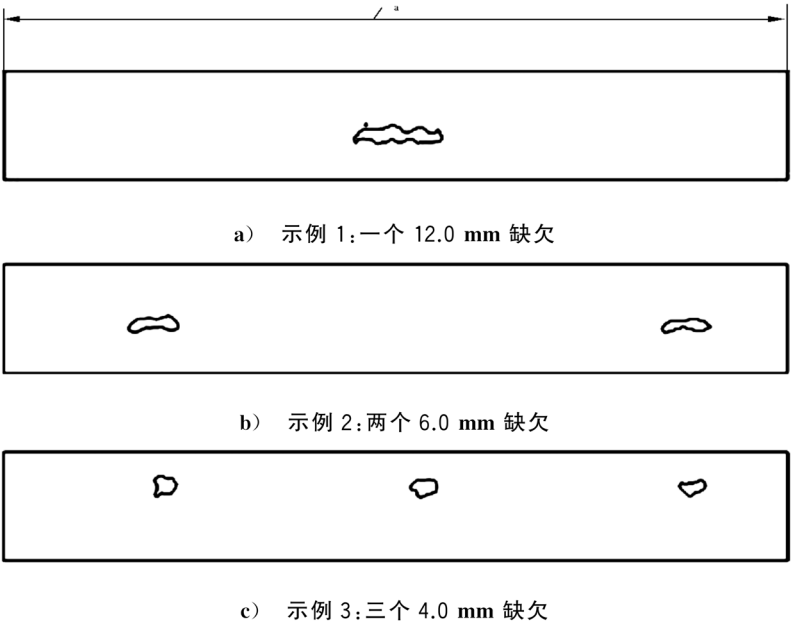
12 检测报告

制造商应至少记录以下信息。如另有规定,制造商应提交包括以下信息的检测报告,除非缔约双方另有约定:

- a) 本文件编号,即 GB/T 40791—2021;
- b) 符合性说明;
- c) 经协议或另行约定的方法与本检测方法的差异;
- d) 产品牌号(钢级)和规格;
- e) 射线源类型和有效焦点尺寸,以及使用的设备;
- f) 选择的胶片系统等级,增感屏和滤光板;
- g) 管电压和管电流;
- h) 曝光时间和射线源距胶片距离;
- i) 像质计的类型和位置;
- j) 像质值和底片最小黑度;
- k) 图像质量等级;
- l) 透照和报告日期;
- m) 操作者的身份信息(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

缺欠分布示例如图 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 公称壁厚大于 12 mm 时,条型夹渣缺欠的最大允许分布模式示例

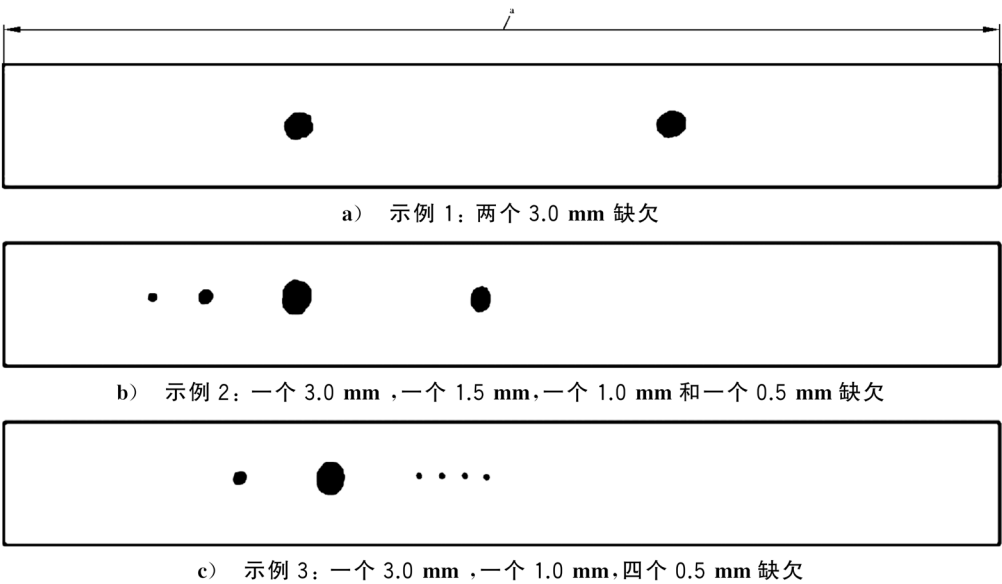
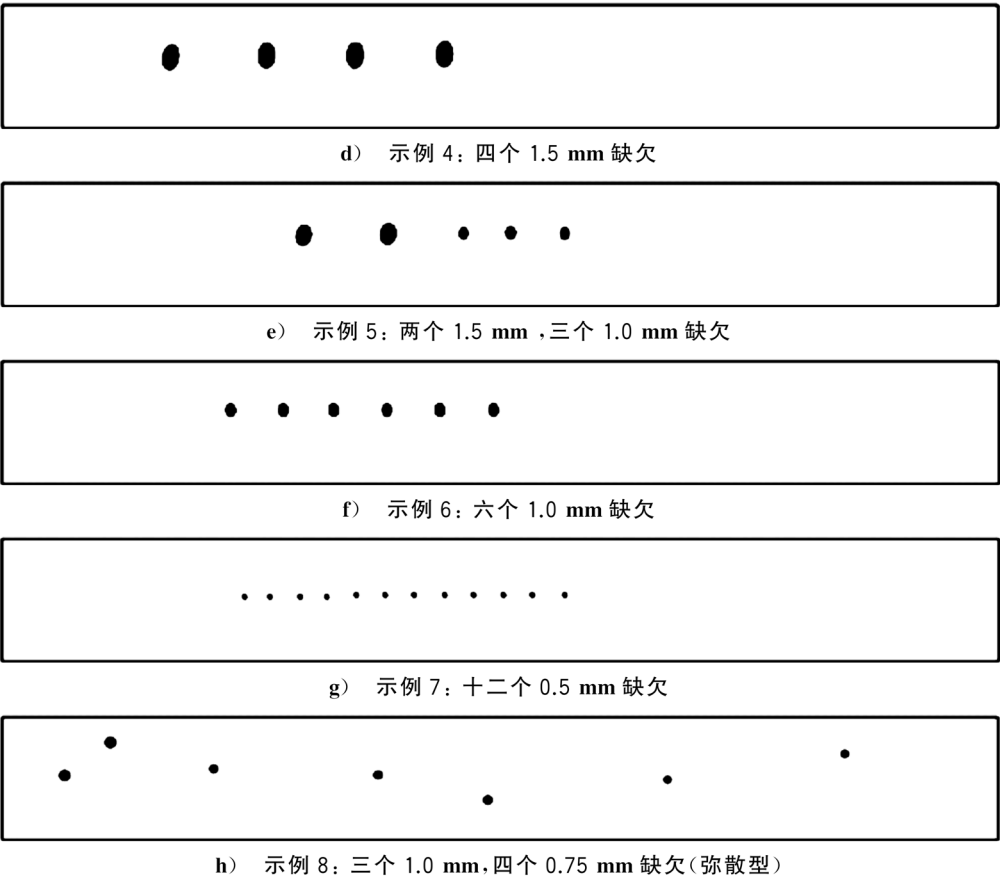


图 A.2 公称壁厚大于 12 mm 时,气孔型缺欠最大允许分布模式示例



^a 150 mm 或 12*T* 长(两者中的较小者)的焊缝。

图 A.2 公称壁厚大于 12 mm 时,气孔型缺欠最大允许分布模式示例(续)

参 考 文 献

- [1] ISO 3183, Petroleum and natural gas industries—Steel pipe for pipeline transportation systems
 - [2] ISO 11699-2, Non-destructive testing—Industrial radiographic film—Part 2: Control of film processing by means of reference values
 - [3] ASTM E1025, Standard practice for design, manufacture, and material grouping classification of hole-type image quality indicators(IQI)used for radiology
 - [4] ASNT SNT-TC-1A, Recommended practice No. SNT-TC-1A, and ASNT standard topical outlines for qualification of nondestructive testing personnel(ANSI/ASNT CP-105)
-

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射线检测

GB/T 40791—2021/ISO 10893-6:2019

*

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10月第一版

*

书号: 155066 • 1-68671

版权专有 侵权必究



GB/T 40791-2021