

中华人民共和国黑色冶金行业标准

YB/T XXXX-20XX

方形无缝钢管自动超声检测方法

Automated ultrasonic testing method for seamless square steel tubes

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 录

| | |
|-----------------|----|
| 前言 | II |
| 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 | 1 |
| 5 检测方法 | 2 |
| 6 对比样管 | 2 |
| 7 设备校验和复核 | 5 |
| 8 验收 | 5 |
| 9 检测报告 | 6 |

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。

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：衡阳华菱钢管有限公司、武汉中科新技术股份有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：邓世荣、王子成、董莉、朱林、林光辉、薛建忠、王浩东、韩志雄、方华军、桂琳琳。

方形无缝钢管自动超声检测方法

1 范围

本文件规定了方形无缝钢管纵向和横向缺欠的自动超声横波检测的一般要求、检测方法、对比样管、设备的检验与复核、验收、检测报告。

本文件适用于边长 40 mm×40 mm~500 mm×500 mm，壁厚 3.0 mm~60 mm 的方形无缝钢管（以下简称“方管”）。

注：自动超声横波检测可采用常规超声检测或相控阵超声检测。

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。

GB/T 9445 无损检测人员资格鉴定与认证

GB/T 12604.1 无损检测术语 超声检测

ISO 11484 钢产品 无损检测（NDT）人员的雇主资格体系

3 术语和定义

GB/T12604.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

对比标准缺陷 reference standard imperfection

用于校验无损检测设备的人工缺陷（如钻孔、槽、凹坑）。

3.2

对比样管 reference tube

包含对比标准缺陷的钢管或管段。

3.3

钢管 steel tube

两端开口并具有中空封闭断面，且长度与断面周长通常具有较大比例的一种钢材。

3.4

无缝钢管 seamless steel tube

通过将实心产品穿孔成空心管，再经热加工或冷加工到最终尺寸的钢管。

3.5

方形无缝钢管 square seamless steel tube

由热轧或冷拔、冷轧制造的截面为正方形（角部为圆弧形）的无缝钢管。

3.6

制造商 manufacturer

根据相关标准制造产品并声明交付的产品符合相关标准所有适用条款的组织。

3.7

协议 agreement

在询价和订货时，制造商与采购方之间的合同约定。

4 一般要求

4.1 除非产品标准另有规定或供需双方协商同意，超声检测应在方管所有主要生产工序操作（轧制、热处理、冷和热加工、定径和矫直等）全部完成后进行。

4.2 被检测的方管应有足够的平直度和扭转值以保证检测的有效性。表面应没有影响检测可靠性的外来异物。

4.3 检测应由按照 GB/T 9445、ISO 11484 或等效标准培训合格的操作人员进行，并由经制造商任命的有资格的人员监督。在有第三方检测的情况下，此项应由供需双方协商。

雇主应按程序文件颁发操作授权证书。无损检测操作人员应由经雇主批准的一个无损检测 3 级人员授权。

注：在相应的标准中可以找到 1、2、3 级的定义，如 GB/T 9445 和 ISO 11484。

5 检测方法

5.1 方管检测应采用超声横波技术检测纵向和横向缺欠。

5.2 方管两端会有一段较短的长度不能被检测到。任何未检测到的管端应按照适当的产品标准的要求进行处理。

5.3 针对所要求的检测种类，除非供需双方另有协议，检测均应从声束传播的两个相对方向进行，纵向检测为顺时针和逆时针，横向检测为向前和向后。

5.4 在检测方管平面部分的纵向缺欠时，可采用常规超声检测或相控阵超声检测；在检测方圆弧角部分的纵向缺欠时，应采用相控阵技术进行可变角扫查。在采用常规超声检测时，每个单独换能器沿管轴方向的最大宽度应为 25 mm。对验收等级 U1 且边长小于或等于 50 mm 的钢管，任一换能器的宽度应限制为最大 12.5 mm。在采用相控阵技术检测时，换能器沿晶元组合方向的激发孔径应限制为最大 25 mm。

5.5 在检测方管平面部分和圆弧角部分的横向缺欠时，可采用多个单独换能器。每个单独换能器在垂直于管轴方向的最大宽度应为 25 mm。

5.6 超声检测换能器的频率应在 1 MHz~15 MHz 之间。超声检测换能器的频率依产品状况及被检测钢管的声学特性、壁厚和表面光洁度而定。

5.7 设备应采用自动触发/报警电平结合标记和/或分选系统将钢管分为合格或可疑钢管。

5.8 检测过程中钢管沿直线前进，钢管与探头的相对移动速度变化应不超过±10%。

5.9 换能器的数量及其布置应能使换能器扫查整个方管表面，探头的布置可按每次检测 1 个平面加 1 个圆弧面分 4 次探伤的方式，也可按一次检测所有平面及所有圆弧面的方式。

5.10 设备宜采用可靠技术以保证水耦合状况良好。

6 对比样管

6.1 一般要求

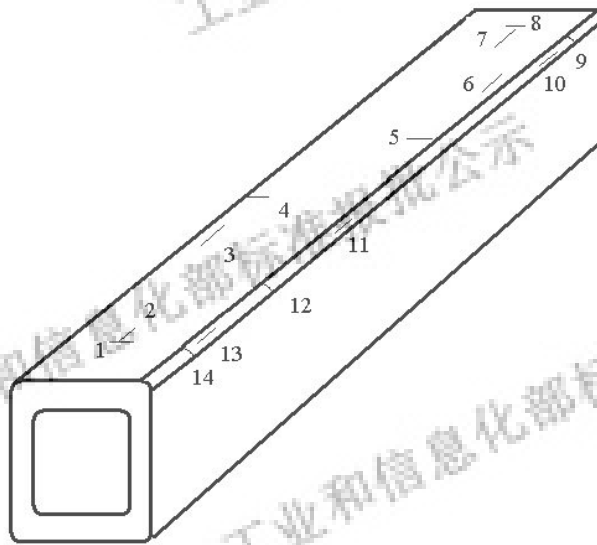
6.1.1 本文件定义的对比标准缺陷用于校验超声检测设备系统。不应将这些对比标准缺陷的尺寸视为此类设备所能检测到的最小缺欠尺寸。

6.1.2 若检测纵向缺欠，应使用加工在样管平面部分和圆弧角部分的内、外表面上的纵向刻槽校验超声检测设备。若检测横向缺欠，应使用加工在样管平面部分和圆弧角部分的内、外表面上的横向刻槽校验超声检测设备。

6.1.3 制作对比样管用钢管与被检测钢管应具有相同的公称尺寸，并具有相近的化学成分、表面状态、热处理状态和声学性能。

6.1.4 刻槽距对比样管端部以及刻槽彼此之间都应有足够距离，以便获得清晰可分辨的显示信号。

6.1.5 样管上的刻槽应包含以下种类：平面上纵向外伤、平面上纵向内伤、平面上横向外伤、平面上横向内伤、圆弧上纵向外伤、圆弧上纵向内伤、圆弧上横向外伤、圆弧上横向内伤。典型的样管示意图如图1。



标引序号说明：

| 序号 | 缺陷性质 | 缺陷位置 | 序号 | 缺陷性质 | 缺陷位置 |
|----|---------|--------|----|---------|------|
| 1 | 平面上横向外伤 | 平面中部 | 8 | 平面上横向内伤 | 平面中部 |
| 2 | 平面上纵向外伤 | 平面中部 | 9 | 圆弧上横向内伤 | 圆弧中部 |
| 3 | 平面上纵向外伤 | 平面近圆弧处 | 10 | 圆弧上纵向内伤 | 圆弧中部 |
| 4 | 平面上横向外伤 | 平面近圆弧处 | 11 | 圆弧上纵向外伤 | 圆弧中部 |
| 5 | 平面上横向外伤 | 平面近圆弧处 | 12 | 圆弧上横向外伤 | 圆弧中部 |
| 6 | 平面上纵向外伤 | 平面近圆弧处 | 13 | 圆弧上纵向外伤 | 圆弧中部 |
| 7 | 平面上纵向内伤 | 平面中部 | 14 | 圆弧上横向外伤 | 圆弧中部 |

图 1 对比样管示意图

6.2 对比刻槽类型

6.2.1 对比刻槽应与对比样管的长轴平行（纵向刻槽）或垂直（横向刻槽）。对比刻槽应为“U”型，（见图2）。“U”型刻槽的两边名义上应平行，且槽的底部名义上应与两边成直角。

注：槽的底部或底角可能是圆弧的。

6.2.2 对比刻槽应采用机械或电火花蚀刻方法加工。



“U”型刻槽

标引序号说明:

w —— 宽度;

d —— 深度。

图 2 “U”型刻槽

6.3 对比刻槽的尺寸

6.3.1 宽度

对比刻槽的宽度 w (见图 2) 应不大于 1.0 mm, 且应不超过深度的 2 倍。

6.3.2 深度

6.3.2.1 对比刻槽的深度 d (见图 2) 应符合表 1 的规定。

注: 在所有涉及钢管无损检测且划分了多种验收等级的标准中, 对应于相同的验收等级, 表 1 规定的刻槽深度值是相同的。尽管对比标准缺陷相同, 但采用不同的检测方法可以得到不同的检测结果。

表 1 验收等级及对应的对比刻槽深度

| 验收等级 | 刻槽深度与公称壁厚之比 |
|------|-------------|
| | % |
| U1 | 3 |
| U2 | 5 |
| U3 | 10 |
| U4 | 12.5 |

6.3.2.2 除非制造商和采购方另有协议, 刻槽的最小深度与钢管的应用类型有关, 并由表 2 给出的类别表示。在没有指明最小槽深类别时, 冷拔、冷轧钢管的最小刻槽深度为 0.2 mm, 热轧钢管的最小刻槽深度为 0.5 mm。

表 2 最小槽深类别及最小刻槽深度

| 最小槽深类别 | 最小刻槽深度 ^a mm | 钢管的典型状态 |
|--------|---------------------------|---------|
| A | 0.1 | 冷拔、冷轧钢管 |
| B | 0.2 | |
| C | 0.3 | 热轧钢管 |
| D | 0.5 | |

^a 采用的最小刻槽深度与钢管的制造方式有关，此时钢管的最终表面状态是决定最小刻槽深度的主要因素，最小刻槽深度主要用于超声设备的校验以得到可接受的信噪比。

6.3.2.3 除非另有协议，所有验收等级和钢管类别的最大刻槽深度应为 1.5 mm，但钢管壁厚大于 50 mm 时，最大刻槽深度可增加到 3.0 mm。

6.3.2.4 刻槽深度的允许偏差为 $\pm 15\%d$ 或 ± 0.05 mm（两者取较大者）。在刻槽深度小于 0.3 mm 时，允许偏差为 ± 0.03 mm。

6.3.3 刻槽长度

除非产品标准中另有规定或制造商和采购方协商同意，对比刻槽的长度应大于单个换能器或单个虚拟换能器的宽度，并作如下限制：

——对冷拔、冷轧钢管，最大 25 mm；

——对热轧钢管，最大 50 mm。

6.3.4 对比标准缺陷验证

对比标准缺陷的尺寸和形状应采用适当的技术进行验证。

7 设备校验和复核

7.1 一般要求

在每一个检测周期的开始，检测设备均应进行校验，以产生稳定、清晰可辨的对比刻槽信号，这些信号用于触发它们各自的报警电平。超声检测采用的仪器应进行周期性校准。

7.2 触发/报警电平调整

7.2.1 当采用单个报警闸门时，应调整探头使内、外壁对比刻槽的信号尽可能相同，两者中信号较低的信号幅度作为设备的报警电平。

7.2.2 当内外壁对比刻槽分别采用不同报警闸门时，每个对比刻槽的信号幅度作为相应的报警电平。两个闸门的位置和宽度应进行调整使钢管的整个壁厚都能被检测。

7.2.3 当只使用外壁刻槽时，外壁刻槽在内伤闸门和外伤闸门交界处的信号幅度作为内伤报警电平。

7.3 校验检查和重新校验

7.3.1 在对相同公称外径、壁厚和钢级的钢管检测过程中，应使用对比样管通过检测设备对设备进行定期动态校验。校验频次应至少每 4 h 进行一次，当更换操作班组、开始生产及结束生产时均应进行校验。

7.3.2 校验的动态检查过程中，对比样管和探头装置之间的相对移动速度应与正常生产时的速度一致。如果制造商能够证明已得到与校验动态检查一致的结果，则可采用其他校验方式。

7.3.3 如果初始校验设定的任何参数发生改变，设备应进行重新校验。

7.3.4 在生产检测过程中，如果校验不合格，则自上一次校验合格后的所有钢管应在设备重新校验后重新检测。

8 验收

8.1 任何钢管产生的信号低于触发/报警电平应认为此次检验合格。

8.2 任何钢管产生的信号等于或大于触发/报警电平应视为可疑品，或由制造商选择，可进行重新检验。如果在重新检测后，所有的信号均低于触发/报警电平，钢管应被视为通过了此次检测；否则，钢管应被视为可疑品。

8.3 对于可疑钢管，应根据产品标准的要求采用下列一种或多种方法进行处理：

a) 可疑区域应进行修磨或采用适当的方法检测。确认剩余壁厚在允许的公差范围内后，此钢管应按先前规定的方法重新检测；如果没有产生等于或大于触发/报警电平的信号，则此钢管应视为通过了此次检测。经供需双方协商并确定可接受的验收等级，可疑区域也可以采用其他无损检测技术和检测方法重新检测；

- b) 切除可疑区域；
- c) 视为此次检验不合格。

9 检测报告

检测报告应至少包含以下信息：

- a) 本文件编号；
 - b) 符合性说明；
 - c) 经协商或其他方式认可的与规定程序之间的任何偏离；
 - d) 钢管牌号和尺寸；
 - e) 检测技术的类型和详细信息；
 - f) 设备校验采用的方法；
 - g) 对比标准缺陷验收等级的描述；
 - h) 检测日期；
 - i) 操作者资格及签名。
-