

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX—XXXX

无缝钢管管端超声检测方法

Ultrasonic testing method for seamless steel pipe ends

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

目 次	I
前 言	II
无缝钢管管端相控阵超声检测方法	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 人员资格	1
5 仪器和设备	2
6 试块	2
7 检测方法	4
8 检测准备	5
9 检测程序	6
10 结果评定	6
11 记录和报告	6
附录 A（规范性）钢管管端壁厚与人工缺陷对应表	8
附录 B（规范性）轴向声束宽度测定方法	9
附录 C（规范性）周向声束宽度测定方法	10
附录 D（规范性）斜向缺陷的超声波检测	11

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：

本文件主要起草人：

无缝钢管管端超声检测方法

1 范围

本文件规定了无缝钢管管端超声检测的通用要求、检测设备、试块、检测方法、检测设备设置、检测校验、结果评定、记录和报告。

本文件适用于外径、壁厚均不小于6 mm且壁厚与外径比不大于0.2的无缝钢管管端的纵向、横向、分层缺陷的超声波检测。壁厚与外径比大于0.2的钢管管端的检测，经供需双方协商可按本文件附录A执行。

注：本文件中距离钢管两端300 mm以内区域为管端。

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 5777—2019 无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺欠的全圆周自动超声检测

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义

GB/T 29302 无损检测仪器 相控阵超声检测系统的性能与检验

GB/T 41966 无缝钢管相控阵超声检测方法

GB/T 42399.1 无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第1部分：仪器

GB/T 42399.2 无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第2部分：探头

GB/T 42399.3 无损检测仪器 相控阵超声设备的性能与检验 第3部分：组合系统

YB/T 4082 钢管自动超声探伤系统综合性能测试方法

ISO 11484 钢材产品 雇主的无损检测人员资格鉴定体系(Steel products-Employer's qualification system for non-destructive testing(NDT) personnel)

ISO 22232-1 无损检测 超声检测设备的特性和检验 第1部分：仪器（Non-destructive testing-Characterization and verification of ultrasonic test equipment—Part1:Instruments）

ISO 22232-2 无损检测 超声检测设备的特性和检验 第2部分：探头（Non-destructive testing-Characterization and verification of ultrasonic test equipment—Part2:Probes）

ISO 22232-3 无损检测 超声检测设备的特性和检验 第2部分：探头（Non-destructive testing-Characterization and verification of ultrasonic test equipment—Part3:Combined equipment）

3 术语和定义

GB/T12604.1、GB/T 20737 和 GB/T 41966 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

轴向分辨率力 axial resolution

横向缺陷检测系统在被检管轴向方向上分辨两个缺欠的能力。

3.2

管端检测盲区 blind area of tube detection at end

管体自动检测时钢管两端的部分区域不能有效检测，此区域视为自动检测设备的盲区。

3.3

同类检测 similar testing

指检测方法一致，参考反射体相同，检测参数相近的，为了提高扫查速度设置的多个探头通道或合成声束。

4 通用要求

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

4.2 被检管端应经过切边及预制坡口、倒角且具有足够的平直度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 应选用耦合效果良好且无损于钢管表面的耦合介质。

4.4 检测应由按照 GB/T 9445、ISO 11484 或等效标准经培训合格的操作人员进行，操作员应具有实际检测经验并掌握相应的金属材料基础知识，并由经雇主任命的有资格的人员监督。在由第三方检测的情况下，此项应由供需双方协商。

5 检测设备

5.1 超声检测仪

5.1.1 常规超声仪器

5.1.1.1 应为脉冲反射式多通道或单通道超声波检测仪，其性能应符合 ISO 22232-1 中的相关规定，其衰减器（增益）精度，垂直线性和动态范围等应校准合格。

5.1.1.2 重复频率的可调范围应满足检测工艺要求。

5.1.1.3 应具有自动报警或缺陷信号输出功能。

5.1.2 相控阵超声仪

5.1.2.1 相控阵超声仪性能应符合 GB/T 42399.1 中的相关规定，其通道数宜大于 16/64。

5.2 探头

5.2.1 常规探头

5.2.1.1 探头单个探头的晶片长度或直径应不大于 25 mm。

5.2.1.2 轴向长度不大于纵向人工反射体的一半。

5.2.1.2 宜使用线聚焦或点聚焦探头，性能应符合 ISO 22232-2 中的相关规定。

5.2.2 相控阵探头

5.2.2.1 探头性能应符合 GB/T 4239.2 中的相关规定。

5.3 检测系统

5.3.1 使用的常规检测系统组合性能应符合 ISO 22232-3 中的相关规定。

5.3.2 使用的相控阵检测系统组合性能应符合 GB/T 4239.3 中的相关规定。

5.3.3 补偿前同类检测通道（检测声束）灵敏度波动小于 6 dB。

5.3.4 补偿后同类检测通道（检测声束）灵敏度波动小于等于 2 dB。

5.3.5 相控阵探头每个孔径内损坏通道不超过 25%。

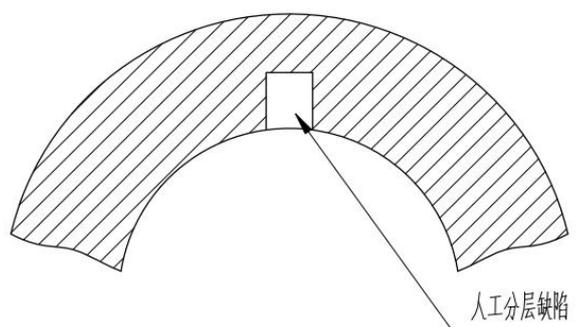
6 试块

6.1 对比试块

6.1.1 对比样管用途、材料、尺寸和工艺状态应符合 GB/T 5777—2019 的规定。

6.1.2 人工纵向缺陷和横向缺陷的设置、尺寸和加工工艺应符合 GB/T 5777—2019 的规定，纵向缺陷长度不应大于 12.5 mm。

6.1.3 人工分层缺陷为平底槽，其宽度为 6 mm；长度应大于 6 mm 但不大于 25 mm；深度为钢管公称壁厚的 1/4 至 1/2，但不大于 25 mm，见图 1。



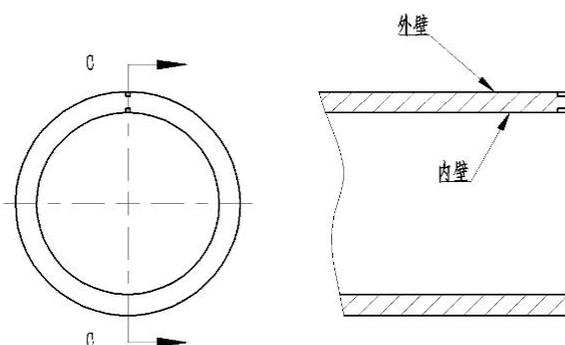
标引序号说明：

1——人工分层缺陷

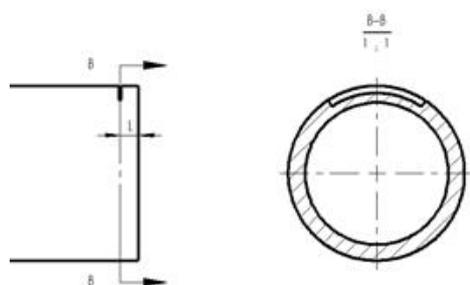
图 1 人工分层缺陷示意图

6.1.4 人工管端边缘缺陷包括纵向边缘刻槽、横向边缘刻槽和分层边缘平底孔，参考图 2 设置。

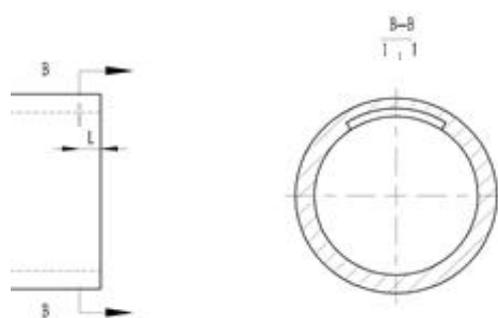
单位为毫米



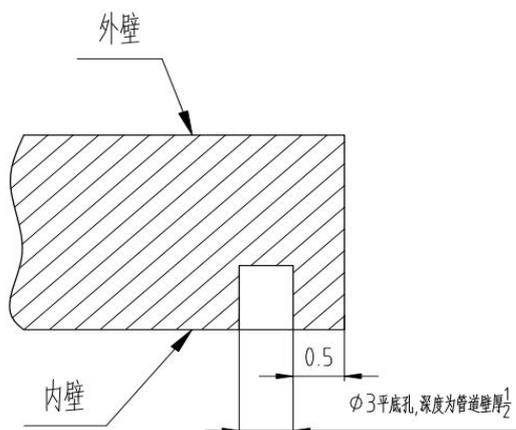
a) 纵向边缘刻槽



b) 横向边缘外刻槽



c) 横向边缘内刻槽



d) 分层边缘平底孔

图2 管端边缘缺陷对比缺陷样管

6.1.5 人工缺陷位置

6.1.5.1 纵向槽应在试块两端自动检测盲区 100 mm 内、外表面处各加工一个，2 个槽口的公称尺寸应相同。

注：航空用和其他重要用途不锈钢管，当内径小于 12 mm 时可不加工内壁纵向槽。其他钢管，当内径小于 25 mm 时可不加工内壁纵向槽。

- 6.1.5.2 横向槽应在试块的两端自动检测盲区的 100 mm 内、外表面处各加工一个，2 个槽口的公称尺寸应相同。当内径小于 50 mm 时可不加工内壁横向槽。
- 6.1.5.3 平底孔应在试块的两端自动检测盲区的 100 mm 内表面处加工一个，见图 1。
- 6.1.5.4 管端边缘缺陷中，纵向边缘刻槽应在两端自动检测盲区的 5mm 内、外表面处各加工一个，两个刻槽的公称尺寸相同(见图 2 a))。横向边缘刻槽应在两端自动检测盲区的 5mm 内、外表面处各加工一个(见图 2 b)– c))，两个槽口的公称尺寸相同；当内径小于 50mm 时可不加工内壁横向边缘刻槽。分层边缘平底孔应在离两管端 0.5mm 内表面处各加工一个(见图 2 d))。
- 6.1.5.5 管端边缘缺陷应均匀分布在管端圆周，互不影响声束传播。
- 6.1.6 人工斜向缺陷的设置、尺寸和加工工艺参见附录 B。

6.2 声束校准试块

- 6.2.1 声束校准试块用于测试声束周向和轴向宽度，其规格和材料应符合 6.1.1 的要求。
- 6.2.2 设置一个直径 1.6 mm 竖通孔或半通孔人工缺陷，用于测试周向横波声束的轴向宽度和轴向横波声束的周向宽度，以及测试斜向横波声束的轴向和周向宽度，按照附录 C 和附录 D。
- 6.2.3 设置内壁和外壁人工纵向缺陷各一个，尺寸参考 6.1.2，用于测试周向横波声束的周向宽度，见附录 D。
- 6.2.4 设置内壁和外壁人工横向缺陷各一个，尺寸参考 6.1.2，用于测试轴向横波声束的轴向宽度，见附录 C。
- 6.2.5 设置人工分层缺陷 3 个，尺寸参考 6.1.3，用于测试径向纵波声束的周向宽度和轴向宽度。

7 检测方法

- 7.1 应对管端外壁进行扫查，当钢管管径大于 250 mm 且存在预制坡口时，宜对内壁进行检测以减小盲区。
- 7.2 检测纵向缺欠时应采用顺时针和逆时针两个方向的周向横波进行检测，宜采用相控阵轴向线阵技术获得更窄声束宽度逼近管端。
- 7.3 经供需双方协商，可对横向缺欠进行超声波检测。应采用前后两个方向的轴向横波进行检测，朝外的轴向横波应保证声束对管端区域全部表面的扫查，宜采用相控阵轴向线阵技术获得更窄声束宽度逼近管端。
- 7.4 检测分层缺欠时，径向纵波声束垂直入射被检管端，宜采用相控阵轴向线阵技术。
- 7.5 检测区域长度应为自动检测盲区的 1.1 倍。当相关文件没有规定检测盲区时，检测区域长度为管端 300 mm。
- 7.6 检测时应保证声束对管端全部表面的覆盖扫查，相邻声束重复覆盖不小于声束宽度的 10%。
- 7.7 根据管材尺寸、材料和等级要求选择检测频率，取值范围应为 1 MHz~15 MHz。
- 7.8 管端检测灵敏度和检测参数应与管体自动超声波检测过程中一致。
- 7.9 相控阵超声波检测扫查速度应小于 V ， V 由公式 (1) 计算得到。

$$V = \frac{W_c \times prf}{k \times n} \quad (1)$$

式中：

V ——扫查速度，单位为毫米每秒 (mm/s)；

W_c ——声束宽度，单位为毫米 (mm)；

prf ——脉冲重复频率，单位为赫兹 (Hz)；

n ——声线扫描数；

k ——相关系数，3~5。

7.10 相控阵轴向线阵技术，应满足以下条件：

- a) 孔径应不大于 30mm；当 U1 (L1) 等级且外径不大于 50mm 时，主动孔径宜不大于 15mm；
- b) 检测横向缺陷时，主动孔径方向应相位控制具有合适的轴向入射角；
- c) 主动方向延时法则宜不聚焦；
- d) 电子扫查步进量不大于声束在轴向最窄处的一半。声束轴向等效宽度的测定见附录 C；
- e) 相控阵非主动孔径宜针对被检管材直径具有合适的尺寸和自然聚焦特性；
- f) 检测纵向缺陷时，非主动孔径方向应具有合适的自然入射角或偏心距（水浸法）；
- g) 自动检测时，周向扫查速度应使单个电子扫描声束在重复周期内扫过的距离不大于最窄的周向工件表面等效声束周向等效宽度三分之一。周向声束宽度的测定见附录 C。

8 检测设备设置

8.1 设备调试

- 8.1.1 每次重新使用检测设备时或变换检验规格时，应用本文件规定的对比试块对检测设备进行调试。
- 8.1.2 设备调试后应使对比试块上同一个人工缺陷在圆周方向不同位置的信号幅度接近一致。
- 8.1.3 当内、外壁人工缺陷信号使用同一个报警闸门时，检测仪的报警灵敏度应按照内、外壁的信号中以及周向不同位置的信号中较低幅度的信号进行设定。
- 8.1.4 当内、外壁人工缺陷信号使用两个不同的报警闸门时，检测仪的报警灵敏度应按照内、外壁人工缺陷在周向不同位置中较低幅度的信号分别进行设定。
- 8.1.5 两个报警闸门的宽度应满足管壁内各部位缺陷信号的报警要求。

8.2 设备测试

- 8.2.1 设备调试完成后，应参照 YB/T 4082 测试检测设备的周向灵敏度差和内外壁灵敏度差，测试结果应符合该标准规定。
- 8.2.2 设备测试时的运转速度应与正常检验的运转速度相同，多通道检测设备如每个通道单独测试，测试速度可等于正常检测速度与设备的通道数之比。
- 8.2.3 应测试和记录各扫描声束轴向和周向宽度。参见附录 B 和附录 C。
- 8.2.4 应记录各电子扫描声束步进量，并符合第 7 章相关要求。
- 8.2.5 应记录检测机械扫描速度，并符合第 7 章相关要求。
- 8.2.6 检测开始前应以设置的系统和工作速度检查对比试块，对比试块参考人工反射体信号信噪比应大于 8 dB。
- 8.2.7 设备测试结果合格后方可进行检测，检测应逐批逐根进行。

9 检测校验

- 9.1 在同规格管端连续检验期间应利用对比试块对检测设备进行定时校验，校验时间间隔应不大于 4 h，校验内容与设备测试项目相同，但多通道设备可对个别通道抽测，其余通道则要求检出人工缺陷的重复性良好。
- 9.2 在同规格管端连续检验的开始和结束时以及连续检验中设备操作人员更换时也应应对设备进行校验。
- 9.3 如校验结果不能满足 YB/T 4082 中关于稳定性的要求，则应对设备重新调试和测试，达到要求后

应对上一次校验后所检验的钢管管端重新进行检验。

9.4 管端边缘缺陷应正确报警和显示。

注：对横向边缘刻槽进行检测时，应同时显示外壁刻槽与外壁端角反射信号，两信号之间的波谷幅值应低于两峰值信号-6 dB；同样地，对于内壁刻槽与内壁端角反射信号，两信号之间的波谷幅值应低于两峰值信号-6 dB。

10 结果评定

10.1 结果评定应符合 GB/T 5777 中的相关规定。

10.2 沿圆周方向尺寸大于 6.4 mm 且面积大于 100 mm² 的分层缺欠应判定为缺陷。

10.3 对壁厚不小于的钢管，距管端 50 mm 宽度范围内不允许出现缺陷？。

10.4 对壁厚不小于的钢管，按照合同要求或双方协商确定，在距管端 25 mm 宽度范围内不允许沿圆周方向尺寸大于 6.4 mm 的分层缺欠，距管端 100 mm 宽度范围内不允许出现缺陷？。

11 记录和报告

11.1 检测记录

检测记录应符合 GB/T 5777 中的相关规定，至少应包括以下信息：

- a) 同步作业的通道和声束数量；
- b) 各通道或声束分时作业的角度和/或位置扫描的序列数量；
- c) 仪器重复频率和各分时扫描声束的重复频率；
- d) 应设置和记录扫描声束重复频率；
- e) 相控阵探头数量和类型；
- f) 主动孔径和孔径内阵元数；
- g) 延时法则是否聚焦及其焦距；
- h) 缺陷检测参考灵敏度（记录，评定，报警）；
- i) 扫查灵敏度提高量；
- j) 是否扫描角度/位置补偿；
- k) 是否距离波幅补偿；
- l) 是否内外壁双闸门；
- m) 闸门范围；
- n) 是否耦合监视；
- o) 缺陷评定规则。

11.2 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) 产品牌号和尺寸；
- 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。

附录 A
(规范性)
钢管管端壁厚与人工缺陷对应表

A.1 壁厚与外径之比大于 0.2 的钢管管端的检验

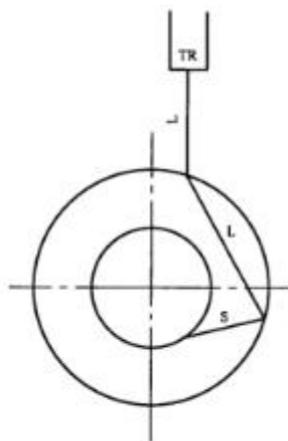
A.2 当钢管的壁厚与外径之比大于 0.2 时，应由供需双方按 A.3 或 A.4 协商确定其中一种特殊的检验方法。

A.3 当钢管的壁厚与外径之比大于 0.2 而小于或等于 0.25 时，外壁人工缺陷深度应符合表 A.1 的规定，内壁人工缺陷深度与外壁人工缺陷深度的比值应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 壁厚外径之比与人工缺陷深度的对应关系

壁厚/外径	内壁人工缺陷深度/外壁人工缺陷深度
0.200	1.0
0.201~0.210	1.6
0.211~0.222	1.9
0.223~0.235	2.2
0.236~0.250	2.5

A.4 当钢管的壁厚与外径之比大于 0.2 而小于 0.3 时，可利用管内的折射纵波检验外壁缺陷，而利用波型转换后的反射横波检验内壁缺陷（见图 4），采用此种检验方法时，应由供需双方商定内壁人工缺陷深度与外壁人工缺陷深度的比例，但不应超出表 A.1 所列数值范围，



标引序号说明：

TR—探头；

L—纵波；

s——横波。

图 A.1 纵波转换为横波的检验方法

附录 B
(规范性)
轴向声束宽度测定方法

B.1 本测定方法应采用声束校准试块

B.2 将探头放置于管道表面，首先沿管道轴向方向移动探头，找到外壁端角的最高反射点将 A 扫信号调节至满屏 80%高度，然后向前移动探头，当 A 扫信号降低至 40%时，探头对应点即为声束宽度的左端点，同样向后移动探头当 A 扫信号降低至 40%时，探头对应点即为声束宽度的右端点。两 endpoint 之间的距离即为该端角的声束宽度。

B.3 按照同样的方法测量出内壁端角的声束宽度。

B.4 比较两个声束宽度的值，较小者为轴向声束宽度。

B.5 当管道厚径比较大，不能检测出内壁端角信号时，可采用竖孔中部反射信号替代。

附录 C
(规范性)
周向声束宽度测定方法

C.1 本测定方法应采用声束校准试块

C.2 将探头放置于管道表面，首先沿管道圆周方向移动探头或管道，利用二次波找到外壁端角的最髙反射点将 A 扫信号调节至满屏 80%高度，然后向左移动探头或管道，当 A 扫信号降低至 40%时，探头对应点即为声束宽度的左端点，同样向右移动探头或管道当 A 扫信号降低至 40%时，探头对应点即为声束宽度的右端点。两端点之间的管道圆周距离即为该端角的声束宽度。

C.3 按照同样的方法测量出内壁端角的声束宽度。

C.4 比较两个声束宽度的值，较小者为轴向声束宽度。

C.5 当管道厚径比较大，不能检测出内壁端角信号时，可采用竖孔中部反射信号替代。

附录 D
(规范性)
斜向缺陷的超声波检测

经供需双方协商，可对无缝钢管中斜向缺陷进行超声波检测。

D.1 检测斜向缺陷时声束在管壁内呈螺旋传播。

D.2 斜向槽应在试块的外表面加工，或内外表面各加工一个，内外槽口的名义尺寸相同。斜向槽只适合于公称外径大于 133 mm 的钢管，斜向槽与钢管轴线角度应不大于 45°。

D.3 斜向槽的人工缺陷尺寸参照表 A.1 人工缺陷尺寸执行。