

ICS 77.040.20  
CCS H 26



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 44152—2024

---

## 无缝钢管管端超声检测方法

Ultrasonic testing method for ends of seamless steel tube



## 目 次

前言 .....	Ⅲ
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 通用要求 .....	2
5 检测设备 .....	2
6 试块 .....	3
7 检测方法 .....	6
8 检测设备调试与核查 .....	7
9 结果评定 .....	7
10 检测报告 .....	7
附录 A (规范性) 规定外径与壁厚之比小于 5 的钢管纵向缺欠检测方法 .....	8
附录 B (资料性) 斜向缺欠的超声检测 .....	9
附录 C (资料性) 声束轴向等效宽度测定方法 .....	10
附录 D (资料性) 声束周向等效宽度测定方法 .....	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。

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：武汉中科创新技术股份有限公司、衡阳华菱钢管有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司、内蒙古包钢钢联股份有限公司、江苏金宇智能检测系统有限公司、青海华汇检测技术有限公司、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：王子成、张黎、刘光磊、韩玉龙、王平、章伟陆、董莉、林光辉、邓世荣、朱国庆、王增海、范祥祥、孙轩、韩志雄、方华军、刘涛、张玉海、王广来、桂琳琳、周慧敏、王永锋、李羽可、张建卫、薛建忠。

# 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、检测设备调试与核查、结果评定、检测报告。

本文件适用于外径不小于 6 mm 且外径与壁厚之比不小于 5 的无缝钢管管端的纵向、横向、分层缺欠超声检测。

注：本文件涉及的分层缺欠检测适用于壁厚不小于 5 mm 的钢管。

## 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 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 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

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义

GB/T 27664.1 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 1 部分：仪器

GB/T 27664.2 无损检测 超声检测设备的性能与检验 第 2 部分：探头

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

YB/T 4082 钢管、钢棒自动超声检测系统综合性能测试方法

ISO 11484 钢产品 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]

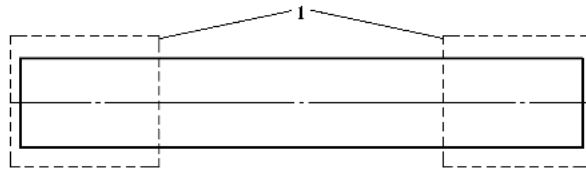
## 3 术语和定义

GB/T 5777、GB/T 12604.1、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

**管端检测区域** **detection area of tube end**

管体自动检测时钢管两端不能有效检测的区域，见图 1。



标引序号说明：  
1——管端检测区域。

图 1 管端检测区域示意图

## 4 通用要求

- 4.1 除非产品标准另有规定或经供需双方协商同意，检测应在钢管主要生产工序（轧制、热处理、冷加工和热加工、定径和矫直等）操作完成后进行。
- 4.2 被检钢管管端应平切且具有足够的平直度以保证检测的有效性。管端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，宜采用的耦合方法有局部水浸、水膜等。
- 4.4 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，并由经雇主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。
- 4.5 经供需双方协商，外径与壁厚之比小于 5 的钢管管端纵向缺欠的检测按照附录 A 执行。

## 5 检测设备

### 5.1 超声检测仪

5.1.1 常规超声仪器应满足以下要求：

- a) 超声仪器为脉冲反射式超声检测仪，其性能符合 GB/T 27664.1 中的相关规定，衰减器（增益）精度、垂直线性和动态范围等校准合格，经供需双方协商，可采用其他相应标准；
- b) 重复频率的可调范围满足检测工艺要求；
- c) 超声仪器具有自动报警或缺陷信号输出功能。

5.1.2 相控阵超声仪性能应符合 GB/T 42399.1 的相关规定，其通道数宜大于 16/64，经供需双方协商，可采用其他相应标准。

### 5.2 探头

5.2.1 常规超声探头应符合以下要求：

- a) 单个探头的晶片长度或直径不大于 25 mm；
- b) 探头的轴向长度不大于纵向人工反射体的一半；
- c) 宜使用线聚焦或点聚焦探头，其性能符合 GB/T 27664.2 中的相关规定。

5.2.2 相控阵探头性能应符合 GB/T 42399.2 中的相关规定。

5.2.3 根据钢管尺寸、材料和等级要求选择检测频率，取值范围应为 1 MHz~15 MHz。

### 5.3 检测系统

5.3.1 自动检测设备应按照 YB/T 4082 进行综合性能测试，测试周期不宜超过 12 个月。

5.3.2 相控阵检测系统应具有记录以下信息的功能：

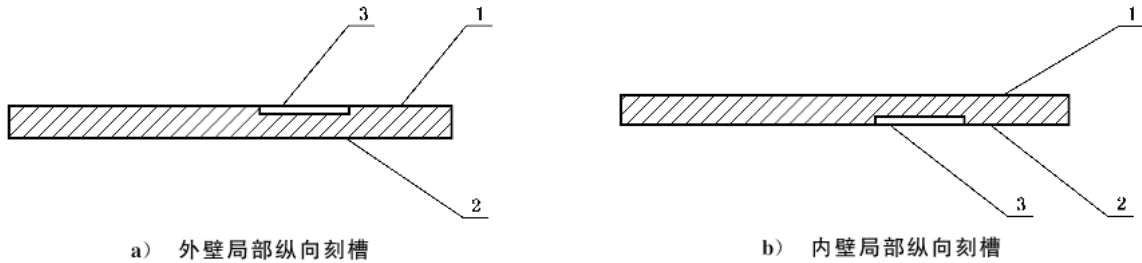
- a) 仪器重复频率和扫描声束重复频率；
- b) 相控阵探头数量和类型,包括频率(中心频率和带宽)、阵元数量、阵元尺寸(长和宽)、排列方向和阵元间距、楔块角度或轴向偏转角度(水浸法)、楔块高度或水距(水浸法)、楔块声速；
- c) 主动孔径和孔径内阵元数；
- d) 聚焦选择和焦距；
- e) 参考灵敏度和扫查灵敏度；
- f) 扫描声束补偿灵敏度；
- g) 距离波幅补偿曲线；
- h) 闸门参数(应包括数量、位置、范围及高度)；
- i) 扫描时间范围；
- j) 耦合监视；
- k) 评定规则；
- l) 检测波形或相控阵图像数据。

6 试块

6.1 对比样管

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

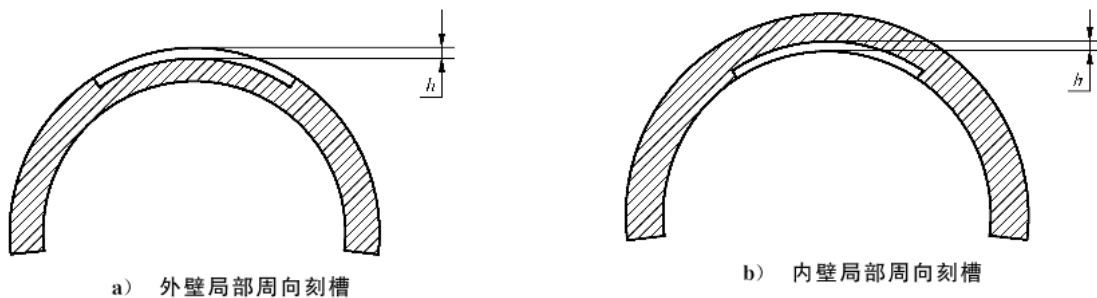
6.1.2 人工纵向缺陷和横向缺陷的设置、尺寸和加工工艺应符合 GB/T 5777 的规定,冷拔、冷轧或机加工钢管刻槽长度应不大于 25 mm,其他钢管刻槽长度应不大于 50 mm。刻槽深度的允许偏差为刻槽深度的±10%。人工纵向缺陷示意图见图 2,人工横向缺陷示意图见图 3。



标引序号说明:

- 1——外壁；
- 2——内壁；
- 3——刻槽。

图 2 人工纵向缺陷

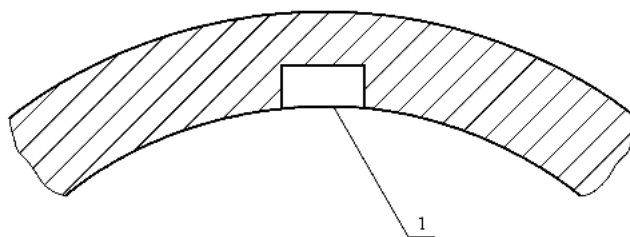


标引符号说明:

- $h$ ——深度。

图 3 人工横向缺陷

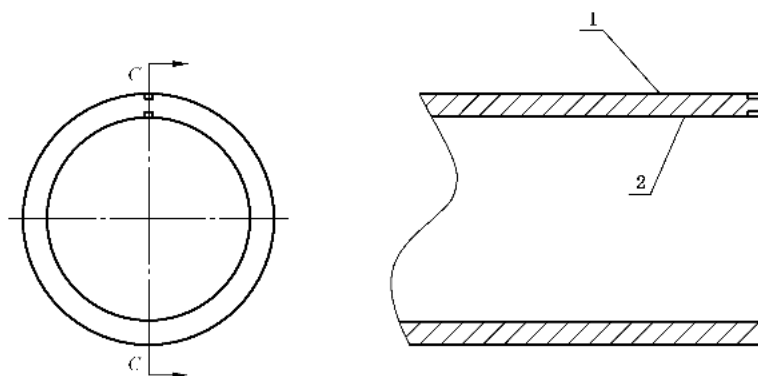
6.1.3 人工分层缺陷为直径 6 mm 的平底孔或矩形凹槽。矩形凹槽宽度为 6 mm，长度应大于 6 mm 但不大于 25 mm；人工分层缺陷深度为钢管公称壁厚的 1/4 至 1/2，但不应大于 25 mm，见图 4。



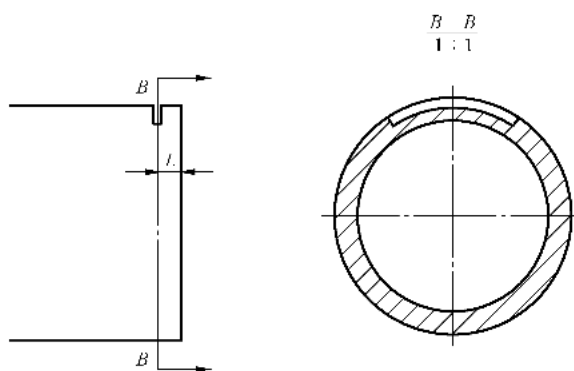
标引序号说明：  
1——人工分层缺陷。

图 4 人工分层缺陷

6.1.4 管端边缘人工缺陷包括纵向刻槽、横向刻槽和平底孔，见图 5。

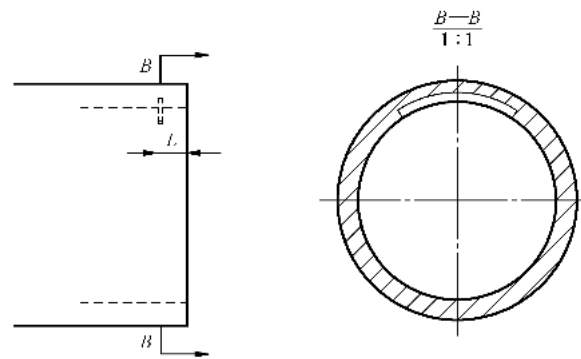


a) 管端边缘纵向刻槽

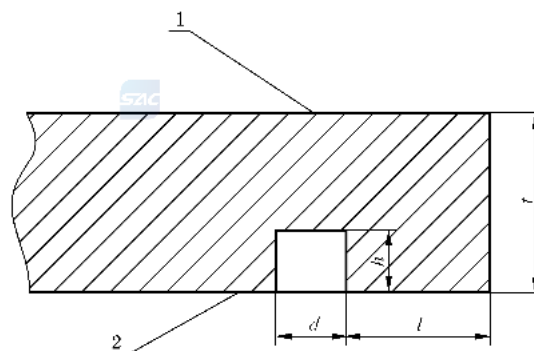


b) 管端边缘外壁横向刻槽

图 5 管端边缘缺陷对比缺陷样管



c) 管端边缘内壁横向刻槽



d) 管端边缘平底孔

标引序号和符号说明：

- 1 —— 外壁；
- 2 —— 内壁；
- $h$  —— 深度；
- $L$  —— 横向内、外刻槽距管端距离；
- $l$  —— 平底孔距管端距离；
- $d$  —— 平底孔直径；
- $t$  —— 对比样管管壁厚度。

图5 管端边缘缺陷对比缺陷样管（续）

#### 6.1.5 人工缺陷位置要求如下。

- a) 当检测纵向缺陷时，应在对比样管管端检测区域内、外表面处各加工一个尺寸相同的纵向刻槽，2个槽口的位置应错开（见图2）。航空用和其他重要用途用不锈钢管，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。
- b) 当检测横向缺陷时，应在对比样管管端检测区域的内、外表面处各加工一个尺寸相同的横向刻槽，2个槽口的位置应错开（见图3）。当内径小于50 mm时可不加工内壁横向槽。
- c) 应在对比样管管端检测区域的内表面加工一个平底孔（见图4）。
- d) 管端边缘缺陷中，当检测纵向缺陷时，应在管端检测区域的内、外表面处各加工一个纵向刻槽，两个刻槽的尺寸相同[见图5 a)]。
- e) 管端边缘缺陷中，当检测横向缺陷时，应在管端检测区域的内、外表面距管端10 mm处各加工一个尺寸相同的横向刻槽[见图5 b)~图5 c)]，两个刻槽位置应错开。双向检测时，应在两端自动检测盲区的内、外表面距管端一倍跨距加10 mm处各加工一个横向边缘刻槽。当内径小于50 mm时可不加工内壁横向刻槽。



- f) 管端边缘缺陷中,当检测分层缺陷时,应在距两管端不大于 5 mm 的内表面处各加工一个直径为 6 mm 的平底孔[见图 5 d)]。
- g) 管端边缘缺陷应均匀分布在管端圆周,互不影响声束传播。

6.2 相控阵检测用声束校准试块

- 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 设置一个直径为 1.6 mm 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,具体方法可参照附录 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(见图 2),用于测试周向横波声束的周向宽度,具体方法可参照附录 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(见图 3),用于测试轴向横波声束的轴向宽度,具体方法可参照附录 C。
- 6.2.5 设置人工分层缺陷 3 个,尺寸参考 6.1.3(见图 4),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 当对纵向缺陷进行检测时,应采用顺时针和逆时针两个方向的周向横波进行检测。
- 7.2 当对横向缺欠进行检测时,应采用前后两个方向的轴向横波进行检测,保证声束对管端检测区域表面的覆盖扫查。
- 7.3 经供需双方协商,可对无缝钢管中斜向缺欠进行超声检测。人工斜向缺陷的设置、尺寸参见附录 B。
- 7.4 检测分层缺欠时,采用径向纵波声束垂直入射被检管端。  
注:采用相控阵轴向线阵技术可获得更窄声束宽度逼近管端,获得更小检测盲区。
- 7.5 管端检测区域应为管体自动检测未检测区域的 1.1 倍。
- 7.6 检测时应保证声束对管端检测区域表面的覆盖扫查,相邻声束重复覆盖应不小于声束宽度的 10%。
- 7.7 管端检测灵敏度应与管体自动超声检测过程中的一致。
- 7.8 相控阵超声自动检测扫查速度应小于 V,V 由公式(1)计算得到。

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

式中:

- V ——扫查速度,单位为毫米每秒(mm/s);
- W<sub>c</sub> ——声束宽度,单位为毫米(mm);
- prf ——脉冲重复频率,单位为赫兹(Hz);
- k ——相关系数,3~5;
- n ——声线扫描数。

- 7.9 相控阵轴向线阵技术,应满足以下条件:
  - a) 孔径不大于 30 mm;当 U1(L1)等级且外径不大于 50 mm 时,主动孔径宜不大于 15 mm;
  - b) 检测横向缺欠时,应采用相位控制使主动孔径方向具有合适的轴向入射角;
  - c) 主动方向延时法则宜不聚焦;
  - d) 电子扫查步进量应不大于声束在轴向最小宽度的一半;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与被检钢管直径具有合适的尺寸和自然聚焦特性;

- f) 检测纵向缺欠时,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声束在周向最小宽度的  $1/3$ ,声束周向等效宽度的测定见附录 D。

## 8 检测设备调试与核查

### 8.1 设备调试

- 8.1.1 每次重新使用检测设备或变换检验规格时,应用本文件规定的对比样管对检测设备进行调试。
- 8.1.2 设备调试后应使对比样管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以及周向不同位置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 设备核查

- 8.2.1 在同规格管端连续检验期间,应利用对比样管对检测设备进行定时核查,核查时间间隔应不大于 4 h。
- 8.2.2 同规格管端连续检验的开始和结束,连续检验中更换设备操作人员均应对设备进行核查。
- 8.2.3 如核查结果不能满足 YB/T 4082 中关于稳定性的要求,则应对设备重新核查和测试,达到要求后应对上一次核查后所检验的钢管管端重新进行检验。
- 8.2.4 管端边缘人工缺陷应正确报警和显示。对管端边缘缺陷的横向刻槽进行检测时,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。

## 9 结果评定

- 9.1 纵向缺欠和横向缺欠的结果评定应按照 GB/T 5777 中的相关规定执行。
- 9.2 除非产品标准中另有规定,沿圆周方向尺寸大于 6 mm 且面积大于  $100 \text{ mm}^2$  的分层缺欠应判定为缺陷。

## 10 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) 设备核查采用的方法;
- g) 对比标准缺欠验收等级的描述;
- h) 检测日期;
- i) 操作者资格及签名。

## 附录 A

(规范性)

## 规定外径与壁厚之比小于 5 的钢管纵向缺欠检测方法

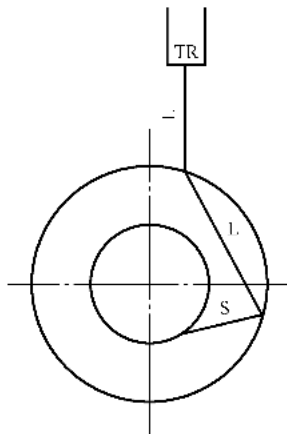
A.1 当钢管的外径与壁厚之比小于 5 时,应由供需双方按 A.2 或 A.3 协商确定其中一种的检验方法。

A.2 当钢管的外径与壁厚之比小于 5 但不小于 4 时,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 外径壁厚之比与人工缺陷深度的对应关系

壁厚与外径之比	内壁人工缺陷与外壁人工缺陷深度之比
5.00	1.0
4.75~<5.00	1.6
4.50~<4.75	1.9
4.25~<4.50	2.2
4.00~<4.25	2.5

A.3 当钢管的外径与壁厚之比小于 5 但不小于 3 时,可利用管内的折射纵波检测外壁缺欠,而利用波型转换后的反射横波检测内壁缺欠(见图 A.1),采用此种检测方法时,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。



标引符号说明:

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

(资料性)

### 斜向缺欠的超声检测

- B.1** 检测斜向缺欠时,声束在管壁内呈螺旋模式传播。
- B.2** 斜向缺欠检测只适用于公称外径大于 73 mm 的钢管。
- B.3** 斜向人工刻槽的角度与钢管上斜向自然缺欠的角度基本一致。
- B.4** 斜向人工刻槽在样管的内、外表面加工或外表面加工,各槽口的尺寸相同。
- B.5** 斜向人工刻槽尺寸见 GB/T 5777—2019 中表 1 和表 2 的相关要求。当钢管外径与壁厚之比小于 5 时,内壁人工缺陷与外壁人工缺陷深度之比见表 A.1。

## 附 录 C

(资料性)

### 声束轴向等效宽度测定方法

C.1 采用声束校准试块测定声束轴向等效宽度。

C.2 将探头放置于声束校准试块表面,首先沿声束校准试块轴向方向移动探头,寻找二次波外壁人工缺陷的最高反射信号,将信号幅度调节至满屏 80% 高度,然后向前移动探头,当信号幅度降至 40% 时,探头对应轴向位置即为声束宽度的前 endpoint;同样向后移动探头当信号幅度降至 40% 时,探头对应轴向位置即为声束宽度的后 endpoint。两 endpoint 之间的距离即为该外壁深度的声束宽度。

C.3 将探头放置于声束校准试块表面,首先沿声束校准试块轴向方向移动探头,寻找一次波内壁人工缺陷的最高反射信号,将信号幅度调节至满屏 80% 高度,然后向前移动探头,当信号幅度降至 40% 时,探头对应轴向位置即为声束宽度的前 endpoint;同样向后移动探头当信号幅度降至 40% 时,探头对应轴向位置即为声束宽度的后 endpoint。两 endpoint 之间的距离即为该内壁深度的声束宽度。

C.4 比较内外壁两个声束宽度的值,较小者为声束轴向等效宽度。

C.5 不能检测出内壁人工缺陷信号时,可采用竖通孔中部反射信号替代。

## 附录 D

(资料性)

### 声束周向等效宽度测定方法

**D.1** 采用声束校准试块测定声束周向等效宽度。

**D.2** 将探头放置于声束校准试块表面,首先沿声束校准试块圆周方向移动探头或声束校准试块,寻找二次波外壁人工缺陷的最高反射信号,将信号幅度调节至满屏 80% 高度,然后顺时针移动探头或试块,当信号幅度降至 40% 时,探头对应周向位置即为声束宽度的前端点,同样向逆时针移动探头或试块,当信号幅度降至 40% 时,探头对应周向位置即为声束宽度的后端点。两端点之间的外壁弧长距离即为该外壁深度的声束宽度。

**D.3** 将探头放置于声束校准试块表面,首先沿声束校准试块圆周方向移动探头或声束校准试块,寻找一次波内壁人工缺陷的最高反射信号,将信号幅度调节至满屏 80% 高度,然后顺时针移动探头或试块,当信号幅度降至 40% 时,探头对应周向位置即为声束宽度的前端点,同样向逆时针移动探头或试块,当信号幅度降至 40% 时,探头对应周向位置即为声束宽度的后端点。两端点之间的外壁弧长距离即为该内壁深度的声束宽度。

**D.4** 比较内、外壁两个声束宽度的值,较小者为声束周向等效宽度。

**D.5** 不能检测出内壁人工缺陷信号时,可采用竖通孔中部反射信号替代。