

《无缝钢管管端超声检测方法》

(征求意见稿)

编制说明

二〇二一年八月

《无缝钢管管端超声检测方法》

(征求意见稿)

编制说明

一、工作简况

1、任务来源

本项目是依据国家标准化管理委员会文件国标委 [2021] 28 号文“国家标准化管理委员会关于下达 2021 年第三批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知”下达的项目计划，项目编号为 20214324-T-605，项目名称为“无缝钢管管端超声检测方法”。本项目是制定项目，主管部门为中国钢铁工业协会，归口单位为全国钢标准化技术委员会，主要起草单位：武汉中科创新技术股份有限公司、冶金工业信息标准研究院等，计划完成时间为 2023 年。

2、主要工作过程

起草(草案、调研)阶段：计划下达后，2021 年 10 月全国钢标委钢产品无损检测分委员会组织各起草单位成立了起草工作组，由武汉中科创新技术股份有限公司牵头成立了标准编制工作组)，负责主要起草工作。工作组对国内外无缝钢管管端超声检测方法的技术现状与发展情况进行全面调研，同时广泛搜集相关标准和国内外技术资料，进行了大量的研究分析、资料查证工作，结合实际应用经验，进行全面总结和归纳，在此基础上提出《无缝钢管管端超声检测方法》标准修订草案初稿。经工作组及有关专家研讨后，对标准草案初稿进行了认真的修改，于 2023 年 8 月形成了标准征求意见稿及其编制说明等相关附件，报全国钢标委钢产品无损检测分委员会秘书处。

3、主要参加单位和工作组成员及其所做的工作

本标准由武汉中科创新技术股份有限公司、冶金工业信息标准研究院、XXX、XXX、XXX 等单位共同起草。

主要成员：XXX、XXX、XXX 等。

所做的工作: XXX 任工作组组长, 主持全面协调工作, 负责对各阶段标准的审核; XXX 为本标准主要执笔人, 负责本标准的具体起草与编制; XXX 负责国内外相关技术文献和资料的收集、分析及资料查证, 对产品生产工艺、性能和使用经验进行总结和归纳; XXX 负责对国内外产品和技术的现状与发展情况进行全面调研, XXX 负责对各方面的意见及建议进行归纳、整理。

二、标准编制原则

本标准在制定/修订过程中, 遵循“面向市场、服务产业、自主制定、适时推出、及时修订、不断完善”的原则, 注重标准修订与技术创新、试验验证、产业推进、应用推广相结合, 本着先进性、科学性、合理性和可操作性以及标准的目标、统一性、协调性、适用性、一致性和规范性的原则来进行本标准的制定/修订工作。

未采用国际标准的制修订的标准:

本标准在起草过程中主要按照 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》的要求编写。在确定本标准主要技术指标时, 综合考虑生产企业的能力和用户的利益, 寻求最大的经济、社会效益, 充分体现了标准在技术上的先进性和合理性。

三、主要内容说明

本标准介绍超声相控阵管端自动检测方法。该方法采用带角度的相控阵线扫实现波束倾斜入射, 适合大面积的同角度检测, 可以用来进行纵向及横向探伤, 不带角度的相控阵线扫则适合分层检测; 此外, 相控阵探头内部声线密集, 整个宽度内声束灵敏度均衡, 覆盖区无需移动探头, 即可实现盲区为零的目标区全检测, 且具有设备简单、操作方便、机动灵活性强、检测方法简单和缺陷易判的特点。

本标准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。

本标准适用于管体自动超声检测设备未能完成的外径不小于6mm且壁厚与外径之比不大于0.2的无缝钢管管端区域纵向、横向、分层缺欠的超声波检测。

本标准的主要章节为：1-范围、2-规范性引用文件、3-术语和定义、4-通用要求、5-仪器和设备、6-试块、7-检测方法、8-检测设备设置、9-设备校验、10-结果评定、11-记录和报告。

本标准的主要内容：

- (1) 范围：规定了本标准方法针对无缝钢管检测时适用的缺陷类型及适用的钢管类型特征要求；特别说明本方法主要用于管体自动超声检测设备未能完成管端区域进行检测，分层缺欠检测仅适用于壁厚不小于6mm的钢管；本标准参照 GB/T 5777 的范围规范，适用于通用型号的无缝钢管；
- (2) 规范性引用文件：本标准主要引用了 GB/T 5777 《无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺陷的自动全周向超声波检验》及其它相关标准；经过仔细核对，本标准中引用的标准名称和引用内容都是正确的。标准正文里涉及到了的所有这些标准的标号或引用了部分内容；
- (3) 术语和定义：增加了轴向分辨力、管端盲区及同类检测相关术语的定义；
- (4) 通用要求：对通用条件下被检工件状态、检测条件、检测人员进行了一般要求，参照 GB/T 41966 《无缝钢管相控阵超声检测方法》的通用要求；
- (5) 仪器设备：规定了常规超声和相控阵超声检测设备、探头、系统组合性能的要求。相控阵超声采用独立控制相位的阵列探头技术，合成控制检测声束的位置、方向和聚焦，并实现电子扫描。仪器设备的性能决定了检测分辨力，连续覆盖的扫描速度和成像检测的效果。引用了 NB/T 47013.15《承压设备无损检测 第15部分：相控阵超声检测》“5.7 承压设备用无缝钢管管端超声检测方法和质量分级”中对检测仪器的要求；
- (6) 试块：参考 GB/T 5777 和 GB/T 41966 规定管端检测对比样管的横向、

纵向、分层、斜向人工缺陷及声束校准试块的制作要求。另外，新增人工管端边缘缺陷的位置、尺寸和加工工艺的要求。

- (7) 检测方法：规定了无缝钢管管端检测方法的通用要求及相控阵轴向线性技术检测的条件，确保在检测过程中，相控阵声束对无缝钢管管端扫查的全覆盖。
- (8) 检测设备设置：规定了相控阵检测前需要根据规定的对比试块对检测设备进行调试和测试，设置检测参数，以保证管端各部位缺陷信号都可以被有效识别。
- (9) 设备校验：规定了设备设置调试完成后，对设备进行测试的要求和方法，确保检测过程中扫描声束与机械速度的匹配，以保证检测的全覆盖；
- (10) 结果评定：参照 GB/T 5777 对检测结果进行评定；并增加分层缺陷结果评定方法；
- (11) 记录和报告：本标准参照 GB/T 41966《无缝钢管相控阵超声检测方法》，规定了无缝钢管相控阵检测所需的记录和报告中所需的参数和图形；

本标准兼容国标 GB/T 5777《无缝和焊接（埋弧焊除外）钢管纵向和/或横向缺陷的自动全周向超声波检验》，与 GB/T 41966《无缝钢管相控阵超声检测方法》可配套使用，优势在于采用相控阵超声技术对声束灵活的控制能力和更高的检测灵敏度、分辨率，提高检测覆盖率和效率，能实现无缝钢管管端原自动化无法覆盖区域的全面检测。

本标准的全部内容，经过标准起草工作组协商一致。

四、主要试验(或验证)情况

征求意见同时，组织国内相关企业对标准中重要技术指标或性能指标进行验证。验证情况如下：

1、基本原理

本系统采用相控阵线阵技术，由不同活性的阵列晶片，以恒定的发射角产生

的波束形成的线扫视图。分度点以线性移动，其视图将以某一个波束角度的平行四边形方式显示。线扫示意图见图 1 所示。

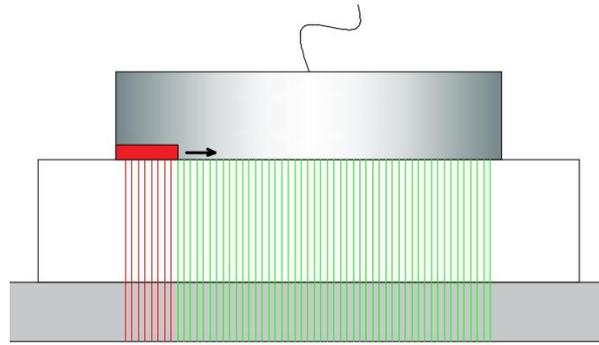


图 1 线扫示意图

线扫具有如下特点：

- 带一定角度的相控阵线扫可以实现波束倾斜入射，适合大面积的同角度检测，可以用来进行纵向及横向探伤。
- 不带角度的相控阵线扫则适合分层检测。
- 覆盖区无需移动探头，即可实现目标区的全检测。

2、试验系统

实验系统采用一种基于机器人进行管端自动化检测的技术，使用相控阵超声，对管端进行分层及非分层缺陷的检测。非分层缺陷主要包含纵向及横向缺陷等。超声使用相控阵技术，软件通过 C 扫描方式呈现检测结果。

无缝钢管管端配置 4 组相控阵探头，分为纵向检测探头共 2 只（顺时针、逆时针），横向检测探头共 1 只（前向、后向），分层检测探头 1 组（ 0° ）。

纵向检测使用物理角度偏转，电子声束仅沿着钢管轴向移动。横向检测使用电子角度偏转，并沿着钢管轴向移动。横向检测探头分 2 个周期偏转出前向及后向的两个角度声束。分层检测无物理及电子角度偏转，仅沿着钢管轴向移动。同时，通过相控阵技术，即时调整到较小孔径，可以大大缩小探头的边缘效应，确保端部坡口区的分层检测实现最小的盲区。纵向检测、横向检测及分层检测见图 2 所示。

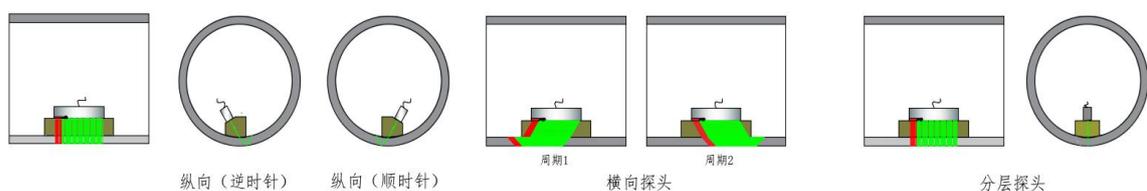


图 2 相控阵各探头检测示意图

探头均安装在带有万向适应机构的探头架中，探头架可进行上下弹性浮动，保证适应管端弯曲度大的状况。探头架如图 3 所示。

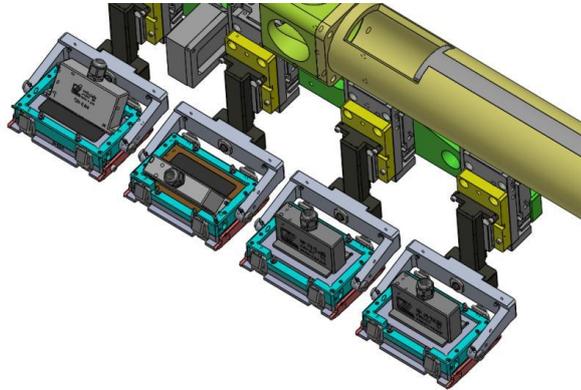


图 3 相控阵各探头检测示意图

管端数据显示采用 C 扫描模式，更好的适应焊接钢管大直径、端部轴向短距离的探伤需求。通过 C 扫描可以清晰观察到端部各区域内的质量问题。C 扫描数据可进行分层及非分层缺陷的切片显示切换，也可整合显示。

检测开始后，系统通过 3D 视觉传感器对感应区内进行扫描，发现钢管端部后，通过扫描获取管端位置及管径大小，并将位置及管径信息传输给智能机器人。机器人收到传感器发送的信息后，通过实时位置更新及路线规划，夹持探头组进入管内壁一段距离，该距离可通过用户自行指定，范围为 500mm。到达指定位置，钢管匀速原地旋转，第一个探头下落，机器人根据钢管转速及管径大小自动计算探头下落时间，确保探头可以沿着钢管表面转动 1 周后，以一定探伤速度沿着钢管轴线移动。探头轴向移动速度可以保证钢管旋转一周，探头轴向移动距离小于等于探头有效声束的 50%，从而实现扫查的 150%重复覆盖。机器人带动探头移动到第二个探头到达下落区，然后重复第一个探头的各项动作。该动作同样适用于后面的第三以及第四个探头。当第一个探头移动到管端处后，停止轴向移动，保证该探头可以扫查一周的长度后，自行抬起，结束第一个探头的扫查任务。机器人继续带动后部探头轴向移动，各探头重复探头 1 的动作及轨迹，直到全部探头扫查任务均结束，全部探头抬起后，机器人自行复位到钢管侧面，旋转辊道下落，将钢管放置到传输辊上，挡料轮下降，钢管继续沿着传输辊道前进，到达下一个工位。机器人则准备迎接下一根钢管的检测任务。

对于横向检测，由于超声波对管端斜射，存在端部反射波，为了更好的实现

端部缺陷分选，软件内置端部反射波处理专用算法自动分选出端部反射及缺陷反射波，见图 4 所示。

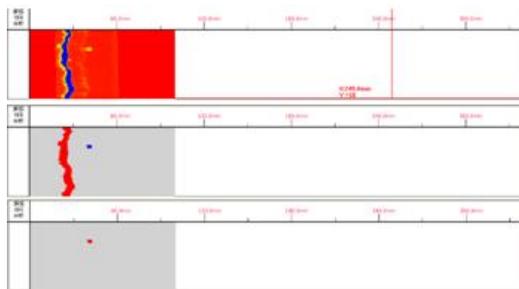


图 4 端部筛选缺陷示意图

3、试验样管

为了验证检测能力，特在规格为 $\phi 1016 \times 18\text{mm}$ 的钢管端部制作表 1 所示的各种人工缺陷，模拟钢管管端存在的分层及非分层缺陷，进行测试。

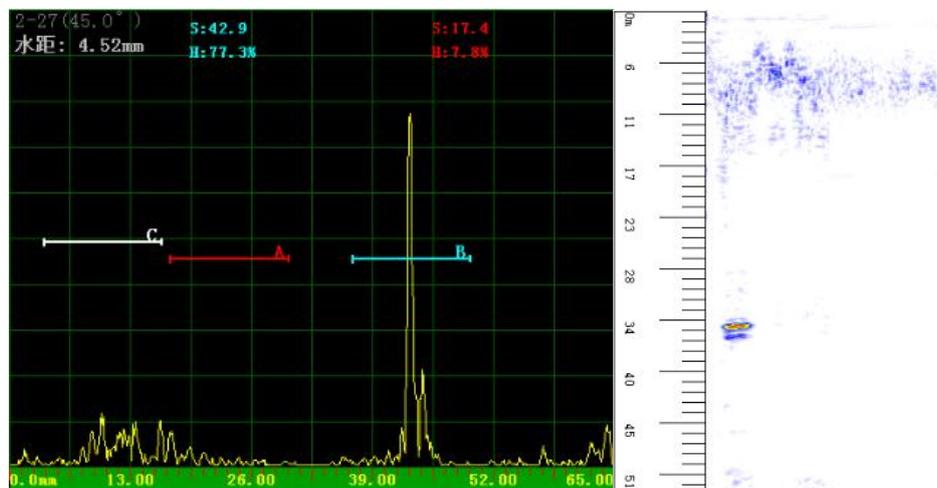
表 1 缺陷类型及分布

编号	缺陷类型	当量	距端部位置/距端部位置/角度
1	平底孔	FBH3mm \times 1/2T	0mm/300mm/0°
2	纵向刻槽	25mm (长) \times 0.9mm (深) \times 0.5mm (宽)	0mm/300mm/120°
3	横向刻槽	25mm (长) \times 0.9mm (深) \times 0.5mm (宽)	0mm/300mm/240°

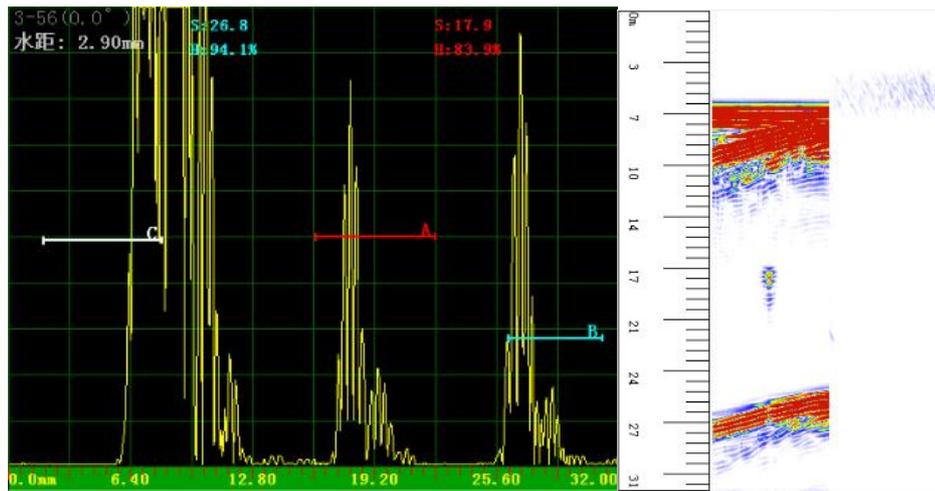
注：所有刻槽，距离端部 0mm 处为内部刻槽，距离端部 300mm 处为外部刻槽。

4、试验结论

探测的缺陷如图 5 所示。



(a) 非分层缺陷



(b) 分层缺陷

图 5 相控阵各功能检测缺陷图

结果为 C 扫模式，效果如图 6 所示。缺陷 1、2 为分层缺陷，缺陷 3、4、5、6 为非分层缺陷。

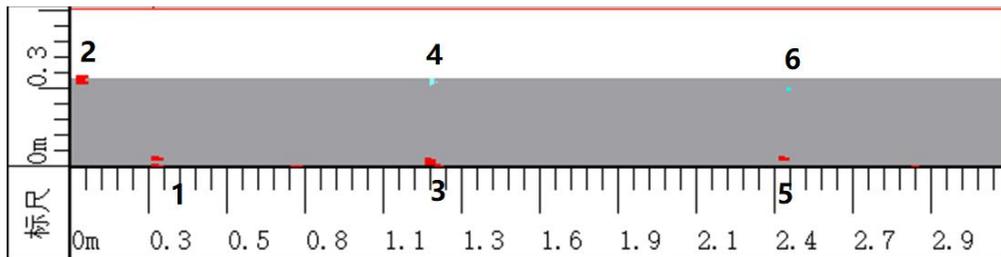


图 6 相控阵 C 扫检测示意图

本试验将自动化产品结合超声相控阵技术，检测结果通过 C 扫描呈现，缺陷显示形象直观。检测精度高，重复性良好，实现了无缝钢管管端的全自动检测。

五、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

六、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

本标准首次制定；本标准充分纳入和反映了当今新产品、新技术、新工艺的先进技术成果，为无缝钢管管端超声检测技术的推广应用提供了有力的技术支撑，为指导和规范无缝钢管管端超声检测提供了依据，有利于提高检测效率。

通过标准的制定和实施，将促进检测效率提升，增强产品的国内外市场竞争

力，同时为推进产业结构调整与优化升级创造条件，对规范市场竞争，引导市场良性发展，加快我国钢管管端检测技术快速发展具有积极的促进作用。

六、与国际、国外对比情况

本标准没有采用国际标准。

本标准制定/修订过程中未查到同类国际、国外标准。

本标准制定/修订过程中未测试国外的样品。

本标准水平为国内先进水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与现行相关法律、法规、规章及相关标准协调一致。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为推荐性国家标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

一般情况下，建议本标准批准发布 6 个月后实施。

十一、废止或代替现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。

《无缝钢管管端超声检测方法》国家标准编制工作组

2023年8月21日