

ICS 号

中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/CMES XXXX—20XX

代替 T/CMES XXXX—20XX

无损检测 钢锻件相控阵超声检测方法

Nondestructive testing steel forgings ultrasonic
phased array testing method

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会团体标准管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

目 次

前 言	.....
引 言	.....	V
1 范围	.....	1
2 规范性引用文件	.....	1
3 术语和定义	.....	1
4 检测方法概述	.....	2
5 人员要求	.....	2
6 检测设备	.....	2
6.1 相控阵超声仪器	.....	错误! 未定义书签。
6.2 阵列超声探头	.....	2
6.3 对比试块	.....	3
6.4 扫查装置	.....	5
6.5 耦合剂	.....	5
7 检测设备设置、校准与核查	.....	6
7.1 一般要求	.....	6
7.2 超声相控阵关键参数设置	.....	6
7.3 缺欠定位精度验证	.....	6
7.4 检测灵敏度校准	.....	6
7.5 检测设备核查	.....	7
8 检测时机	.....	8
9 检测要求	.....	8
10 扫查要求	.....	8
10.1 一般要求	.....	8
10.2 钢锻件分类	.....	8
10.3 扫查方式	.....	9
11 检测工艺	.....	11
12 扫查的显示与分类	.....	11
12.1 一般要求	.....	11

12.2 点状不连续	12
12.3 长条形不连续	12
12.4 单个不连续	12
12.5 密集不连续	13
13 记录与测量	11
14 记录和验收	
附录 A (资料性附录) DAC (%) 波幅与 dB 值的对应关系	18

中国机械工程学会标准征求意见稿

前 言

本标准依据 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本标准与 T/CMES XXXX—XXXX 相比：

- XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX;
- XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX;
- XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX。

本标准起草单位：XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX。

本标准起草人：XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX。

考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责对其任何该类专利的鉴别。本标准首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

引 言

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX。
XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXX,
XXXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX, XXXXXXXXXXXXXXX。

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会标准征求意见稿

钢锻件相控阵超声检测方法

1 范围

本标准规定了相控阵超声 0 度纵波线扫描，纵波扇扫描，横波扇扫描检测钢锻件的检测方法与基本要求，给出了不同等级的验收标准。

本标准适用于铁素体-马氏体钢锻件，奥氏体和奥氏体-铁素体不锈钢锻件的超声相控阵检测，适用于手动扫查方式，供需双方协商后也可使用自动化或半自动化的机械扫查方式。

1 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

GB/T 12604.13 无损检测 术语 阵列超声检测

2 术语和定义

GB/T 12604.1 和 GB/T 12604.13 界定的以及下列术语和定义适用于本文件

分区扫查 Multi region scan

当一个声场的检测灵敏度和信噪比不能检测整个区域时，需使用多个声场分别检测不同区域，使各个区域的检测灵敏度和信噪比均达到检测要求，这种扫查方式为分区扫查方式。

多组扫查 Multi group scan

多组扫查指通过相控阵仪器同时使用多组延时聚焦法则进行检测，可以使用一个探头多组延时聚焦法则检测或者多个探头多组延时聚焦法则检测。

手动扫查 Manual scan

由检测员手持移动探头进行检测，由检测员控制扫查检测速度，无法在对应扫查位置记录检测数据。

半自动扫查 Semi-automatic scan

由扫查器固定探头，由检测员控制扫查器移动扫查器进行检测，可根据扫查位置信息记录对应的检测数据。

全自动扫查 Automatic scan

由专用固定装置固定探头，由软件程序自动控制移动扫查速度进行检测，可根据扫查位置信息记录对应的检测数据。

3 检测方法概述

根据钢锻件的不同检测要求，超声相控阵可使用纵波垂直入射线扫描，纵波扇扫描，横波扇扫描模式对钢锻件进行检测。为了达到钢锻件的检测灵敏度与信噪比，可使用相控阵超声的聚焦技术与分区扫查技术，可使用多组扫查技术实现大范围高灵敏度检测。钢锻件相控阵超声检测可通过手动，半自动，全自动扫查方式进行检测，可选择不同扫查方式和合适的相控阵模式对钢锻件检测。

4 人员要求

检测人员应满足 GB/T 9445 或相应标准的培训要求，并取得相应资格证书。检测人员应参加相控阵超声仪器的培训，并能熟练操作仪器和软件。

5 检测设备

5.1 相控阵超声仪器

相控阵超声仪器的硬件性能应满足 GB/T 42399.1—2023 标准要求，用于钢锻件检测的相控阵超声仪器宜满足以下要求：

- 相控阵通道配置宜不低于 32/64；
- 具有 A 扫描，横波扇扫描，纵波扇扫描，线扫描，D 扫描，C 扫描显示模式；
- 具有多组扫查功能；
- 相控阵超声仪器的频带应不小于使用探头的频带范围；
- 具有 TIC 功能；
- 具有 BCG 功能；
- 具有深度聚焦与声程聚焦功能；
- 具有 I 闸门界面波跟踪功能；
- 激发电压脉冲宽度范围应满足使用探头频率的设置要求；
- 脉冲重复频率应可调，最小值应满足最大检测范围不出现幻像波。

5.2 阵列超声探头

5.2.1 一般要求

阵列超声探头应满足 GB/T 42399.2—2023 标准要求，相控阵超声线扫描，纵波扇扫描，横波扇扫描模式应根据检测要求使用相应类型的相控阵探头，相控阵探头的频率，阵元数，阵元间距，阵元长度应根据检测灵敏度，信噪比和检测分辨力合理选择。阵列探头失效阵元宜小于激发阵元数的

20%，且无相邻失效阵元。

5.2.2 线扫描相控阵探头

5.2.2.1 线扫描宜使用线性阵列探头。

5.2.2.2 线扫描阵列探头阵元数宜不低于 64。

5.2.2.3 线扫描阵列探头可使用延迟块，保护膜或水膜方式保护阵列探头。

5.2.2.4 线扫描应考虑探头延迟块或水层界面波对检测的影响。

5.2.2.5 在凸表面检测工件时，延迟块或保护膜曲面方向宽度应大于曲面直径的 $1/10$ ，如不能满足要求，应使用延迟块并加工曲率满足要求圆形线性阵列探头。

5.2.2.6 在凹表面检测工件时，延迟块或保护膜与工件表面间隙应小于 0.5mm ，间隙大于 0.5mm 时，延迟块应加工曲率。

5.2.2.7 一维线性阵列探头不能满足近表面盲区检测要求时可使用双线性阵列探头。

5.2.2.8 工件曲面对线扫描信噪比低于 6dB 时，可使用曲面阵列探头。

5.2.3 纵波扇扫描阵列探头

5.2.3.1 纵波扇扫可使用方形一维线性阵列探头或圆形线性阵列探头。

5.2.3.2 纵波扇扫描阵列探头接触法可使用保护膜或延迟块保护阵列探头。

5.2.3.3 纵波扇扫描阵列探头阵元数宜不低于 16。

5.2.3.4 在凸表面检测曲面工件时，延迟块或保护膜曲面方向宽度应大于曲面直径的 $1/10$ ，如不能满足要求，应使用延迟块并加工曲率满足要求。

5.2.3.5 在凹表面检测曲面工件时，延迟块或保护膜与工件表面间隙应小于 0.5mm ，间隙大于 0.5mm 时，延迟块应加工曲率。

5.2.4 横波扇扫描阵列探头

5.2.4.1 横波扇扫描阵列探头阵元数宜不低于 16。

5.2.4.2 横波扇扫描阵列探头接触法应使用楔块进行波型转换得到横波。

5.2.4.3 在凸表面检测曲面工件时，楔块方向宽度应大于曲面直径的 $1/10$ ，如不能满足要求，楔块应加工曲率满足要求。

5.2.4.4 在凹表面检测曲面工件时，延迟块或保护膜与工件表面间隙应小于 0.5mm ，间隙大于 0.5mm 时，延迟块应加工曲率。

5.2.4.5 横波扇扫描阵列探头水浸法应使用水进行波型转换得到横波。

5.3 对比试块

5.3.1 一般要求

相控阵超声检测钢锻件应使用对比试块调节检测灵敏度，对比试块的表面状况宜能代表被检材料的表面状况。对比试块的材料宜与被检工件材料一致，也可使用与被检工件具有相同或相似声学特性的材料。对比试块材质应均匀一致，无影响校准的不连续，对比试块不应具有影响校准的干扰信号，对比试块应有足够的尺寸，不影响灵敏度校准。

5.3.2 0度纵波线扫描对比试块

5.3.2.1 相控阵超声线扫描模式检测钢锻件对比试块应使用平底孔作为参考反射体。

5.3.2.2 对比试块平底孔深度范围应覆盖整个需检测区域，最浅平底孔应小于工件最小检测深度，最深平底孔应大于最大检测深度。

5.3.2.3 近场区域内平底孔数量宜大于等于3个，相邻平底孔间距宜满足下列要求：

- a) 近场区域范围小于等于25mm，平底孔相邻间距宜小于等于6mm；
- b) 近场区域范围大于25mm小于等于75mm，平底孔相邻间距宜小于等于12mm；
- c) 近场区域范围大于75mm，平底孔相邻间距宜小于等于25mm；

5.3.2.4 远场区域内平底孔数量宜大于等于3个，

5.3.2.5 使用分区聚焦方式检测时，每个聚焦分区内平底孔数量宜大于等于3个。

5.3.2.6 平底孔直径宜根据双方合同要求的检测灵敏度设定。如双方无约定，宜根据表4对应检测等级的记录水平和验收标准平底孔直径设定。

5.3.3 纵波扇扫描对比试块

5.3.3.1 相控阵超声纵波扇扫描模式检测钢锻件应使用圆弧面作为不同角度声束灵敏度校准（ACG）参考反射体，通过圆弧面反射信号使各角度声束灵敏度一致，声束至圆弧面的声程距离宜大于相控阵聚焦法则产生声束的近场距离。

5.3.3.2 纵波扇扫描不同深度灵敏度校准（TCG）宜使用不同深度0度平底孔试块，使用0度声束记录不同深度平底孔的反射信号幅值，其它角度声束使用0度声束记录的平底孔幅值进行深度灵敏度校准。

5.3.3.3 平底孔深度范围应覆盖整个需检测区域，最浅平底孔应小于工件最小检测深度，最深平底孔应大于最大检测深度

5.3.3.4 近场区域内平底孔数量宜大于等于3个，相邻平底孔间距宜满足下列要求：

- a) 近场区域范围小于等于25mm，平底孔相邻间距宜小于等于6mm；
- b) 近场区域范围大于25mm小于等于75mm，平底孔相邻间距宜小于等于12mm；
- c) 近场区域范围大于75mm，平底孔相邻间距宜小于等于25mm；

5.3.3.5 远场区域内平底孔数量宜大于等于3个。

5.3.3.6 平底孔直径宜根据双方合同要求的检测灵敏度设定，如双方无约定，宜根据表5对应检测等级的记录水平和验收标准平底孔直径设定。

5.3.4 横波扇扫描对比试块

- 5.3.4.1 相控阵超声横波扇扫描模式检测钢锻件应使用横孔作为灵敏度校准参考反射体。
- 5.3.4.2 相控阵超声横波扇扫描模式检测钢锻件应使用横孔作为角度灵敏度校准（ACG）与深度灵敏度校准（TCG）。
- 5.3.4.3 横孔深度范围应覆盖整个需检测区域，最浅横孔应小于工件最小检测深度，最深横孔应大于最大检测深度。
- 5.3.4.4 近场区域内横孔数量宜大于等于 3 个，相邻横孔间距宜满足下列要求：
- 近场区域范围小于等于 25mm，平底孔相邻间距宜小于等于 6mm；
 - 近场区域范围大于 25mm 小于等于 75mm，平底孔相邻间距宜小于等于 12mm；
 - 近场区域范围大于 75mm，平底孔相邻间距宜小于等于 25mm；
- 5.3.4.5 远场区域内横孔数量宜大于等于 3 个。
- 5.3.4.6 使用分区聚焦方式检测时，每个聚焦分区内平底孔数量宜大于等于 3 个。横孔直径应根据双方合同要求的检测灵敏度设定，如双方无约定，横孔直径为 3mm。

5.4 扫查装置

5.4.1 一般要求

半自动扫查与全自动扫查方式宜使用扫查装置进行扫查检测，通过扫查装置固定探头，保证探头与检测工件的稳定耦合，提供探头移动位置信息，通过人工或者自动方式控制扫查装置移动，可分为半自动扫查装置与全自动扫查装置。扫查装置移动控制精度与位置信息精度应满足双方要求。

5.4.2 半自动扫查装置

- 5.4.2.1 半自动扫查装置应具有固定探头装置，保证探头在扫查检测过程中稳定一致。
- 5.4.2.2 半自动扫查装置应按设定的扫查轨迹移动，可实时提供探头移动位置信息，
- 5.4.2.3 半自动扫查装置通过人工控制扫查装置移动，可使用水浸法，喷水法或接触法耦合。（

5.4.3 全自动扫查装置

- 5.4.3.1 全自动扫查装置应具有固定探头装置，保证探头在扫查检测过程中稳定一致。
- 5.4.3.2 全自动扫查装置应能调节探头角度和方向，使超声波以特定的角度入射至钢锻件。
- 5.4.3.3 全自动扫查装置应按设定的扫查轨迹自动移动，可通过软件程序控制移动速度，可实时提供探头移动位置信息。
- 5.4.3.4 全自动扫查装置可使用水浸法，或喷水法或接触法耦合。

5.5 耦合剂

应根据所选用的扫查方式选择合适的耦合方式与耦合剂。在校验，设定灵敏度，扫查检测时应使用相同的耦合方式与耦合剂。检测结束后，如果耦合剂会影响后续生产，检测工序或成品的完整性时，应将耦合剂清除干净。

6 检测设备设置，校准与核查

6.1 一般要求

在对钢锻件进行检测前，应对相控阵超声检测设备进行设置，确保检测仪器相关参数设置正确。应对相控阵超声检测设备进行校准，确保检测设备对缺欠定位精度达到检测要求，确保整个检测范围内检测灵敏度和信噪比达到检测要求。检测前与检测后应对使用的设备进行核查，确保检测过程中所使用的设备可靠稳定，保证检测可靠性。

6.2 超声相控阵关键参数设置

6.2.1 相控阵超声检测钢锻件激发电压宜使用方波激发，激发电压脉冲宽度宜设为探头标称频率的半周期，脉冲重复频率设置应保证不会出现幻像波图像，滤波器频带应大于所用探头频带。

6.2.2 在检测灵敏度与信噪比能够达到检测要求时，纵波 0 度线扫描宜不聚焦，不分区检测。当检测灵敏度与信噪比不能达到检测要求时，宜聚焦检测。聚焦后如不能保证整个检测区域灵敏度，宜分区聚焦检测。

6.2.3 相控阵超声检测钢锻件时宜考虑界面波信号或始波对检测的影响，如果界面波信号或始波信号会影响缺欠信号显示，宜考虑补充扫查受影响区域。

6.2.4 相控阵超声检测钢锻件时一次激发晶片数应在对比试块上调节优化，使对比试块参考反射体灵敏度与信噪比达到检测要求。

6.2.5 纵波 0 度线扫描使用分区聚焦检测模式时，可使用一个探头多组聚焦法则扫查模式，也可使用多个探头多组扫查模式，在深度方向相邻分区之间应有 10% 重叠。

6.2.6 纵波 0 度线扫描模式应根据探头阵元数，激发阵元数计算相控阵探头的有效声束宽度范围，激发移动步距应保证相邻声束之间有 10% 的覆盖重叠。

6.2.7 纵波扇扫描模式扇扫描角度范围宜不超过 -35 度至 +35 度。

6.2.8 横波扇扫描模式扇扫描最大偏转范围宜不大于 20 度。

6.3 缺欠定位精度校准

6.3.1 纵波 0 度线扫描模式宜使用已知深度的大平底或平底孔作为深度测量参考反射体。

6.3.2 纵波扇扫描模式宜使用已知声程圆弧面反射信号作为深度测量参考反射体，也可使用 0 度声束测量平底孔反射信号。

6.3.3 横波扇扫描模式宜使用已知声程的圆弧面或已知深度横孔作为深度测量参考反射体。

6.3.4 宜使用两个已知深度参考反射体深度值来评价定位精度，深度定位误差宜小于 1mm。

6.3.5 相控阵超声检测钢锻件，当定位误差大于 1mm，应校准材料声速和探头延迟，使缺欠定位误差小于 1mm。

6.4 检测灵敏度校准

6.4.1 一般要求

相控阵超声检测钢锻件，应校准检测灵敏度，使每个声束在整个检测范围内，不同声程位置的检测灵敏度一致，使用不同检测模式宜使用相应的灵敏度校准试块校准检测灵敏度。灵敏度校准完成后，不同声束在不同声程位置的检测灵敏度偏差不大于 3dB。

6.4.2 纵波 0 度线扫描灵敏度校准

纵波 0 度线扫描应使用平底孔对比试块校准检测灵敏度，灵敏度校准时，每个声束应记录不同深度的每个平底孔最大幅值信号，并以此信号作基准，对每个声束在不同声程位置的检测灵敏度进行修正。平底孔深度应覆盖整个检测区域范围，使用多组分区聚焦模式检测时，相邻区域应记录相邻区域的同一个平底孔，每个分区记录的平底孔数量应大于等于 3 个。

6.4.3 纵波扇扫描灵敏度校准

纵波扇扫描应使用圆弧面校准不同角度声束灵敏度 (ACG)，圆弧面距离入射点声程距离宜大于声束的近场距离，记录每个角度声束圆弧面反射信号时，应使声束入射点位于圆弧面圆心位置处，记录每个角度声束来自圆弧面最大回波幅值信号，并对每个角度声束灵敏度进行修正。宜使用 0 度声束记录不同深度平底孔最大回波幅值信号，0 度声束记录的平底孔深度范围应覆盖整个检测范围，记录的平底孔信号不少于 3 个，其它角度使用 0 度声束记录的平底孔回波幅值对不同声程位置灵敏度进行修正。

6.4.4 横波扇扫描灵敏度校准

横波扇扫描宜使用横通孔校准不同角度声束灵敏度 ACG，也可使用圆弧面校准不同角度声束灵敏度 ACG，横通孔与圆弧面距离入射点声程应在近场距离之外。每个角度声束宜记录不同深度横孔最大回波幅值信号，横孔深度范围宜覆盖整个检测区域，宜对每个声束不同声程位置灵敏度根据记录的横孔幅值进行修正。

6.4.5 仿真或计算法校准灵敏度

如经过实验测试验证，通过仿真或计算法得到的不同声束不同声程的灵敏度数据准确性能够达到定量误差要求，经甲方同意，可使用仿真或计算法得到数据用于灵敏度校准。

6.5 检测设备核查

6.5.1 一般要求

仪器设备组合性能测试应满足 GB/T42399.3-2023 要求，为保证每次检测的可靠性与一致性，应根据要求对检测设备进行核查。

6.5.2 核查内容与要求

6.5.2.1 应使用对比试块核查检测设备的检测灵敏度，如检测灵敏度偏差大于 3dB，应重新对检测设备的灵敏度进行校准。

6.5.2.2 宜使用对比试块核查检测设备对缺欠深度定位精度，定位偏差大于 2mm，应重新对检测设备进行缺欠定位校准。

6.5.2.3 宜核查扫查装置移动位置精度，移动位置偏差大于 5%，应对扫查装置重新校准。

6.5.3 核查时机

以下情况应对检测设备进行核查：

- 1) 更换检测仪器，探头，扫查装置，耦合剂
- 2) 每次检测前
- 3) 连续工作 4 小时以上
- 4) 检测结束时

7 检测时机

相控阵超声检测钢锻件应在最终热处理之后进行，除非有协议规定，在最终热处理之后不能进行检测的锻件，应在之前的某个合适阶段进行。对于即将钻孔的圆柱形和矩形锻件，宜在钻孔前进行检测。

8 检测要求

扫查表面应无油漆，无氧化皮及干结的耦合剂，表面无凹坑不平，或任何其它引起耦合失效，阻碍探头自由移动及引起误判的物质。对于质量等级 1, 2 其表面相应的粗糙度宜小于等于 $12.5\ \mu\text{m}$ ；质量等级 3, 4 其表面相应的粗糙度宜小于等于 $6.3\ \mu\text{m}$ ，质量等级 4 级以上，其表面对应的粗糙度宜小于等于 $3.2\ \mu\text{m}$ 。若锻造表面状况能满足指定的质量等级，可在锻造面进行检测。

9 扫查要求

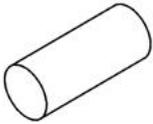
9.1 一般要求

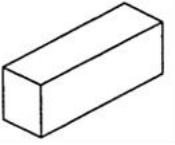
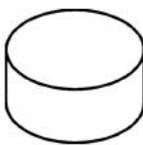
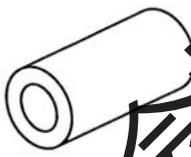
扫查覆盖要求应根据合同约定要求进行扫查，扫查方式可使用手动扫查方式，半自动扫查方式或全自动扫查方式。要求 100%全覆盖的扫查方式应保证相邻扫查声束有 10%重叠，应保证两个垂直方向声束入射扫查。不要求 100%全覆盖的扫查方式根据合同协商要求进行扫查。机械扫查移动采样间距应结合声束宽度，根据检测分辨率与检测效率合理设置，宜在对比试块验证不丢失数据的最大扫查速度。

9.2 钢锻件分类

检测前应了解钢锻件的外形和生产方式信息，表 1 根据锻件的外形和生产方式进行分类。

表 1 按锻件外形和生产方法进行分类

类型	外形	生产方法
1a ^a	圆形或近似圆形截面的长形件。如：型材、棒料、圆柱、轴、轴径、从棒上切割下来的圆盘 	直接锻造

1b ^a	矩形或近似矩形截面的长形件，如：型材、棒材、坯料、从型材上切下来的截面 	
2 ^b	扁平，如圆盘、板、轮 	锻锻
3a	空心的圆柱形，如花键轴、行星轮 	芯棒锻造
3b	空心的圆柱形，如齿圈、齿轮、行星轮、法兰 	扩孔
3c		环段
4	具有复杂外形的锻件或锻件的复杂部位	根据生产厂说明
<p>a 1类锻件：大直径的锻件可能含有小直径的穿孔。</p> <p>b 2类锻件：可以最终钻孔（如：紧固圈）。</p>		

9.3 扫查方式

钢锻件相控阵超声检测扫查方式宜考虑探头阵列排布方向，电子扫描方向和声束覆盖宽度。声束覆盖宽度以最窄声束宽度为准，如合同双方未对扫查方式进行约定，扫查方式再应按照表 2 和表 3 执行。

表 2 钢锻件相控阵超声检测线扫描与纵波扇扫描覆盖

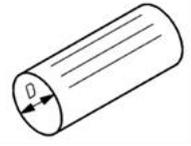
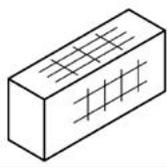
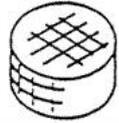
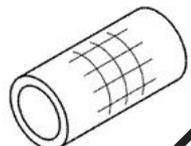
类型	栅格扫查 ^a		100%覆盖 ^{a, b}	
1	1a 	直径 D (mm)	扫查线	至少环绕圆柱表面 180° 进行100%覆盖扫查
		D ≤ 200	2条, 间隔90°	
		200 < D ≤ 500	3条, 间隔60°	
		500 < D ≤ 1000	4条, 间隔45°	
		1000 < D	6条, 间隔30°	
1b 	在两个垂直表面沿着栅格线扫查 ^c		在两个垂直表面进行 100%覆盖扫查	
2 	沿着圆柱形表面360°的栅格线和一个水平面的栅格线进行扫查 ^d		至少环绕圆柱表面 180° 或一个水平面进行100%覆盖扫查	
3	3a 	环绕圆柱体外表面360°进行栅格线扫查 ^d		环绕圆柱体外表面进行 100%覆盖扫查
	3b 和 3c 	环绕圆柱体外表面和一个水平面进行360°栅格线扫查 ^d		环绕圆柱体外表面和一个水平面进行360°的 100%覆盖扫查
4. 扫查覆盖在询价和订单中明确说明。				
a 如果询价和订单中有规定, 可以进行附加扫查 (如3a类增加2个轴向扫查)。				
b 100%覆盖意味着至少覆盖10%有效声束覆盖宽度。				
c 对于1a类或1b类锻件, 如果孔的存在阻碍了声束到达相对的表面, 则扫查线的数量应均匀地加倍。				
d 栅格线应均分, 间隙最大为200mm。				

表 3 横波扇扫描的扫查覆盖

类型	栅格扫查 ^a		100%覆盖 ^{a, b}
3	3a	从两个方向以360°圆周栅格扫查, 栅格线的	在圆柱外表面两个方向

3b		间距与径向的厚度相等，最大为200mm	进行100%覆盖扫查b
4	扫查覆盖在询价和订单中明确说明。		
<p>a 如果询价和订单中有规定，可以进行附加扫查。</p> <p>b 100%覆盖意味着至少覆盖10%有效声束覆盖宽度。</p> <p>c 本扫查覆盖通常不适用于3c类锻件，但可以在询价时商定是否使用横波检测。</p>			

10 检测工艺文件

针对具体检测对象应根据本标准要求制定检测工艺文件，检测工艺文件宜包含以下内容：

- 供货方名称
- 检测对象材质，外形尺寸
- 检测范围，检测区域和质量等级
- 检测人员要求
- 检测时机
- 表面状况
- 使用的相控阵超声仪器
- 使用的相控阵超声探头技术规格
- 使用的标准对比试块类型和规格
- 使用的扫查装置信息
- 使用的耦合剂
- 相控阵超声扫描方式
- 相控阵超声仪器延时聚焦法则与其它关键参数
- 灵敏度校准与设定
- 延迟校准方式
- 图像显示类型
- 扫查移动校准方式
- 扫查覆盖方式
- 使用的检测方法标准
- 扫查结果（不连续的位置，类型，定量，尺寸信息）
- 评判方式
- 验收标准等级（建议合理，同意修改）

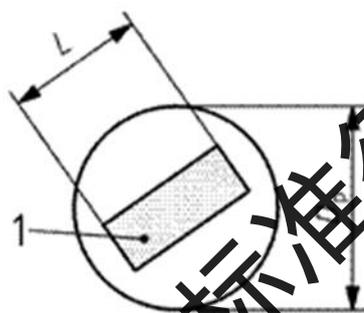
11 扫查的显示与分类

11.1 一般要求

相控阵超声检测钢锻件应显示 A 扫描, 线扫描或扇扫描图像, 使用半自动或全自动扫查方式宜同时显示 C 扫描, D 扫描图像。根据不连续显示特征, 将不连续分为点状不连续, 长条不连续, 单个不连续, 密集形不连续。

11.2 点状不连续

点状不连续指在电子扫描方向与扫查移动方向尺寸均小于单个 -6dB 声束宽度的不连续, 如图 1 所示。点状不连续在电子扫描方向与扫查移动方向显示的图像为单个图像, 不连续信号幅值在电子扫描方向与扫查移动方向均为先平滑上升到最大, 然后平滑下降。



标引序号说明:

1— -6dB 不连续的轮廓;

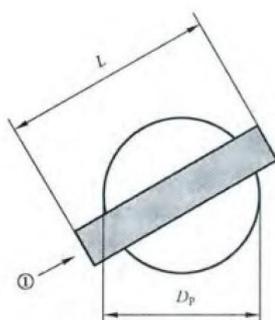
D_p —在不连续深度上的声束宽度;

L — -6dB 不连续的长度;

图 1 点状不连续

11.3 长条形不连续

长条形不连续指在电子扫描方向或扫查移动方向尺寸大于该方向声束宽度的不连续, 如图 2 所示。长条形不连续在电子扫描方向与扫查移动方向显示的图像为单个图像, 不连续信号幅值在电子扫描方向与扫查移动方向均为先平滑上升到最大, 在不连续尺寸大于声束宽度的方向, 最大幅值将持续一定长度, 然后平滑下降。



标引序号说明:

1— -6dB 不连续的轮廓;

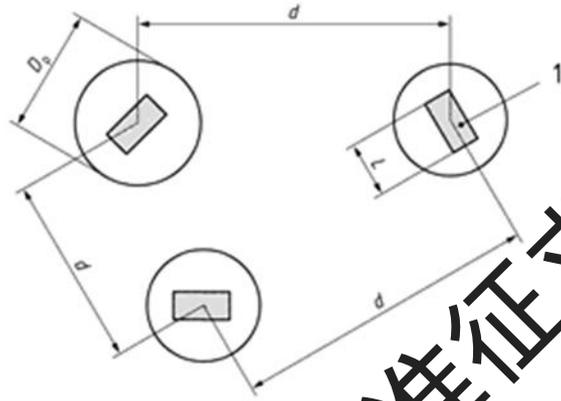
D_p —在不连续深度上的声束宽度;

L— -6dB不连续的长度；

图2 长条形不连续

11.4 单个不连续

当存在多个点状不连续，相邻不连续之间距离大于 40mm 时，这些不连续为单个不连续，如图 3 所示。单个不连续显示的图像为多个独立点状不连续图像。



标引序号说明：

1—6dB不连续的轮廓；

D_p —在不连续深度上的声束宽度；

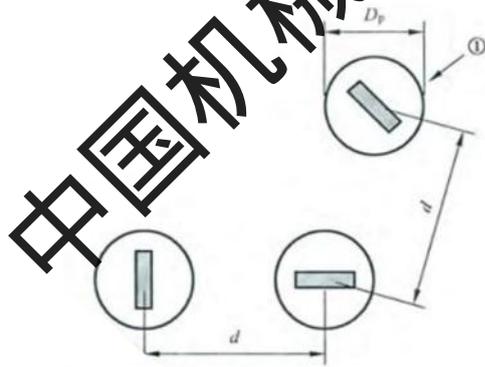
L— -6dB不连续的长度；

d—相邻不连续之间距离；

图3 单个不连续

11.5 密集形不连续

当存在多个点状不连续，相邻不连续之间距离小于 40mm 时，这些不连续为密集形不连续，如图 4 所示。密集形不连续显示的图像为多个独立或连续点状不连续图像。



标引序号说明：

1—6dB不连续的轮廓；

D_p —在不连续深度上的声束宽度；

L— -6dB不连续的长度；

d—相邻不连续之间距离；

图 4 密集形不连续

12 记录与测量

手动扫查模式在扫查检测过程中，半自动和全自动扫查模式扫查完后，对超过记录水平的不连续信号和底波降低系数低于记录水平的不连续信号应进行测量，应测量每个不连续信号的最大幅值，位置，长度，宽度，自身高度，相邻不连续之间的间距，并全部记录。对一个长条形的不连续测量时，应根据供需双方之间协商使用 6dB 法，20dB 法或端点峰值法进行测量。

13 记录和验收

所要求的质量等级由供需双方商定，几个质量等级可用于一个锻件或零件的局部，表 4 列出了铁素体-马氏体钢锻件纵波线扫描检测的 8 个质量等级的记录水平和验收标准，表 5 列出了铁素体-马氏体钢锻件纵波扇扫描检测的 4 个质量等级的记录水平和验收标准，表 6 列出了铁素体-马氏体钢锻件横波扇扫描检测的 4 个质量等级的记录水平和验收标准，表 7 列出了奥氏体和奥氏体-铁素体不锈钢锻件 0 度纵波线扫描和纵波扇扫描检测的 4 个质量等级的记录水平和验收标准，表 8 列出了奥氏体-铁素体不锈钢锻件横波扇扫描检测的 4 个质量等级的记录水平和验收标准。如经供需双方之间协商，可使用不同于表 5、表 6、表 7 和表 8 的记录水平和验收标准。对于任何质量等级，白点、缩孔残余、裂纹不予验收。如不予验收的缺陷在后续加工中能去除，则予以验收。

表 4 0 度纵波线扫描的质量等级、记录水平和验收标准

(用于铁素体-马氏体钢锻件)

参数		质量等级							
		1	2	3	4	5	6	7	8
记录	当量平底孔直径/mm	>8	>5	>3	>2	>1.4	>0.6	>0.5	>0.3
水平	底波降低系数 R	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤0.6	≤0.7	≤0.8	≤0.8	≤0.8
验收	单个点状不连续的当量	≤12	≤8	≤5	≤3	≤2	≤1.0	≤0.8	≤0.6
标准	平底孔直径/mm								
	长条或密集形不连续的当量平底孔直径/mm	≤8	≤5	≤3	≤2	≤1.4	≤0.6	≤0.5	≤0.3

注：底波降低系数 $R=F_n/F_{0,n}$

式中：

当 $t \geq 60\text{mm}$ 时 $n=1$

当 $t < 60\text{mm}$ 时 $n=2$

F_n : 不连续处的第 n 次底波幅度。

$F_{0,n}$: 与 F_n 相同的范围内, 距不连续处最近的正常区域的第 n 次底波幅度。

如果底波衰减超过记录水平, 应进行进一步检测, R 仅用于由于不连续的存在引起的底波快速衰减

表 5 0 度纵波扇扫描的质量等级、记录水平和验收标准

(用于铁素体-马氏体钢锻件)

参数		质量等级			
		1	2	3	4
记录水平	当量平底孔直径/mm	>8	>5	>3	>2
	底波降低系数R	≤0.1	≤0.3	≤0.5	≤0.6
验收标准	单个点状不连续的当量平底孔直径/mm	≤12	≤8	≤5	≤3
	长条或密集形不连续的当量平底孔直径/mm	≤8	≤5	≤3	≤2

注: 底波降低系数 $R=F_n/F_{0,n}$

式中:

当 $t \geq 60\text{mm}$ 时 $n=1$

当 $t < 60\text{mm}$ 时 $n=2$

F_n : 不连续处的第 n 次底波幅度。

$F_{0,n}$: 与 F_n 相同的范围内, 距不连续处最近的正常区域的第 n 次底波幅度。

如果底波衰减超过记录水平, 应进行进一步检测, R 仅用于由于不连续的存在引起的底波快速衰减

表 6 横波扇扫描的质量等级、记录水平和验收标准

(用于铁素体-马氏体钢锻件)

斜探头 (TCG 方法)								
参数		质量等级						
		1	2		3		4	
标称频率/MHz ^c		b	1	2	2	4	2	4
记录水平 (TCG) /%			>50	>100	>50	>100	>30	>50
验收标准 ^{a,d}	单个不连续 (TCG) /%		≤100	≤200	≤100	≤200	≤60	≤100
	长条或密集形的不连续 (TCG) /%		≤50	≤100	≤50	≤100	≤30	≤50

a 以直径 3mm 的横孔为基础
b 横波扫查不能应用于质量等级 1

- c 每个探头应建立直径 3mm 横孔的 TCG
- d 与 TCG 相关的指示幅度 dB 值在附录 A 中给出

表 7 0 度纵波线扫描和纵波扇扫描质量等级、记录水平和验收标准
(用于奥氏体和奥氏体-铁素体不锈钢锻件)

锻件厚度直径t/mm	记录水平(当量平底孔直径)/mm	验收标准	
		单个的不连续(当量平底孔直径)/mm	长条或密集形的不连续(当量平底孔直径)/mm
质量等级 1			
1≤75	>5	≤8	≤5
75<t≤250	>8	≤11	≤8
250<t≤400	>14	≤19	≤14
t>400	使底波损失 80%的指示	使底波完全损失的指示,底波完全损失指的是底波小于正常底波幅度的 5%或底波小于等于草状回波	
质量等级 2			
t≤75	>3	≤5	≤3
75<t≤250	>5	≤8	≤5
250<t≤400	>8	≤11	≤8
400<t≤600	>11	≤15	≤11
t>600	使底波损失 80%的指示	使底波完全损失的指示,底波完全损失指的是底波小于正常底波幅度的 5%或底波小于等于草状回波	
质量等级3			
t≤75	>2	≤3	≤2
75<t≤250	>3	≤5	≤3
250<t≤400	>5	≤8	≤5
400<t≤600	>8	≤11	≤8
t>600	使底波损失 80%的指示	使底波完全损失的指示,底波完全损失指的是底波小于正常底波幅度的 5%或底波小于等于草状回波	

表 8 横波扇扫描时应用 TCG 方法时的记录水平和验收标准^{a,b,c}

(用于奥氏体和奥氏体-铁素体不锈钢锻件)

锻件厚度直径t/mm	标称频率/MHz	记录水平/%	验收标准	
			单个的不连续/%	长条或密集形的不连续/%
t≤75	1	>30	≤60	≤30
	2	>50	≤100	≤50

75<t≤250	1	>50	≤100	≤50
	2	>100	≤200	≤100
250<t≤400	1	>100	≤200	≤100
	2	>200	≤400	≤200
注：大于400mm 厚度应供需双方协商。				
a 以直径3mm的横孔为基础。				
b 每个频率的探头应建立直径3mm横孔的TCG。				
c 与DAC相关的指示幅度的dB值在附录A中给出。				

14 检测报告

检测报告应包括以下信息：

- 供货方名称
- 检测对象材质，外形尺寸
- 检测范围，检测区域和质量等级
- 检测人员要求
- 检测时机
- 表面状况
- 使用的相控阵超声仪器
- 使用的相控阵超声探头技术规格
- 使用的校准对比试块类型和规格
- 使用的扫查装置信息
- 使用的耦合剂
- 相控阵超声扫描方式
- 相控阵超声仪器延时聚焦法则与其它关键参数
- 灵敏度校准与设定
- 延迟校准方式
- 显示图像类型
- 扫查移动校准方式
- 扫查覆盖方式
- 使用的标准
- 扫查结果（不连续的位置，类型，定量，尺寸信息）
- 评判方式
- 验收标准
- 超过记录等级不连续显示图像与尺寸信息
- 评判结论
- 检测日期
- 操作人员的姓名，资格及签名

中国机械工程学会标准征求意见稿

附录 A

(资料性附录)

TCG (%) 波幅与 dB 值的对应关系

可用 3 mm 直径的横孔绘制一条 TCG 曲线(100% TCG),所要求的记录/验收标准可由所绘制
mm 的 TCG 曲线(100% TCG),并按表 D1 的幅度调整来获得。

表 A.1 TCG (%) 波幅与 dB 值的对应关系

TCG /%	相对于TCG的指示幅值/dB
30	-8
50	-6
60	-4
100	0
120	+6

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会标准征求意见稿

ICS 号

中国标准文献分类号

关键词：中国机械工程学会、模板

中国机械工程学会标准征求意见稿