



LKACFM-X2 型交流电磁场智能检测仪

使用说明书

鲁科检测科技（山东）有限公司

当前版本：1.2

技术支持

鲁科检测科技（山东）有限公司致力于为用户提供最佳的服务和产品技术支持。使用过程中，如您遇到任何困难或仪器性能未达相关文献所述，建议您：

①首先查阅用户手册。

②若仍需帮助，请根据手册卷尾提供的联系方式，联系我们的售后服务中心。

EMC 符合性指南

本仪器在运行过程中会产生和使用射频能量。若未严格遵循制造商用户指南进行安装和使用，可能引发电磁干扰。本仪器已通过严格测试，完全符合工业设备的电磁兼容性（EMC）规定。但请注意：本仪器不得在居民区、商业区及轻工业区内使用。

警告

为确保安全及仪器正常运行，请务必遵守以下事项：

①仪器通电前，必须仔细阅读用户手册中的所有指南。

②妥善保存用户手册，以便随时查阅。

③严格遵循规定的安装和操作程序。

④必须完全遵守仪器及用户手册上的所有安全警告。

⑤使用交流电源时，仅可使用符合规定电流、电压要求的电源，并务必使用指定规格的保险丝（例如：常规熔断型、延时熔断型或快速熔断型）。

⑥本仪器仅限使用配套的充电器电源。

⑦若仪器未在制造商要求的状态下运行，其内置的保护功能可能失效。

⑧严禁安装替换部件或对仪器进行任何未经授权的改动。

⑨本手册中的“服务指南”仅适用于受过专门培训的服务人员。为避免危险，仅允许合格人员执行维修服务。如您对该设备有任何疑问或困难，请联系鲁科检测科技（山东）有限公司。

防静电释放（ESD）措施

无论出于何种原因，如需拆卸电池或接触仪器内部组件，必须采取充分的防静电释放（ESD）保护措施。静电放电可能导致设备损坏，甚至烧毁系统内的电子元器件。此类损坏还可能引发系统不稳定或故障。

此外，忽视采取适当防护措施可能导致产品有限保修失效。以下为基本的 ESD 防护措施：

①操作区域要求：

- 仅在具备防护的工作区内处理 ESD 敏感元器件。
- 操作 ESD 敏感元件或组件时，必须确保自身良好接地。
- 务必使用合适的材料类型，并遵循正确的维护和工作程序。

②储存与运输：

- 储存和运输 ESD 敏感元件及组件（如印刷电路板等）时，必须使用导电或防静电屏蔽包装壳/箱。
- 所用包装材料应能形成法拉第笼效应，以隔离静电感应。

③工作平台操作规范：

仅可在静电安全工作平台上开启 ESD 安全包装箱。此类工作平台应具备接地、绝缘和静电消散功能。

开始工作前，请在工作平台上执行以下操作：

- 佩戴接地腕带。
- 测试接地设备，确保其功能正常。
- 检查所有接地线，确保正确连接且能有效消散静电荷。
- 若配备离子发生器，请开启，以中和非导电材料上的静电。
- 保持工作台面清洁，移除所有无关物品，尤其是普通塑料制品。
- 拿取电子元器件时，应手持其塑料边缘，避免触碰金属引脚。
- 传递组装好的线路板或元器件时，确保操作人员处于共同接地或等电位状态。
- 避免元器件接触衣物、头发或其他非导电材料。

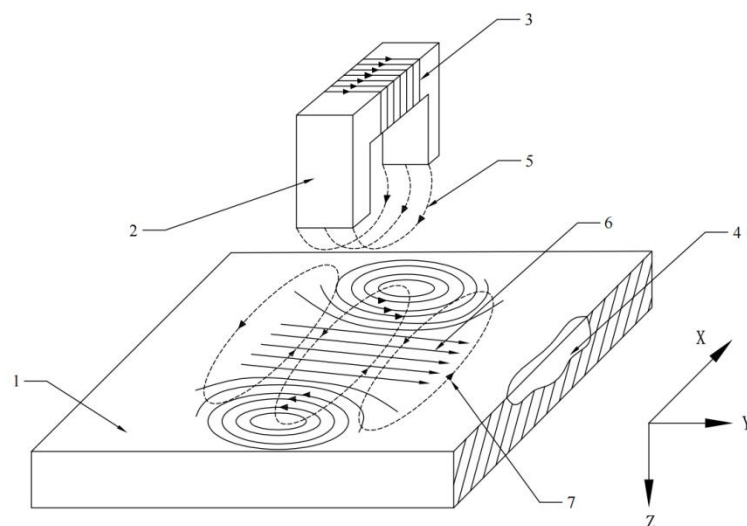
目录

一、 检测技术原理	5
二、 仪器介绍	9
2.1 主机	9
2.2 探头	14
2.3 配件	17
2.4 产品参数	21
2.5 软件功能要求	23
三、 使用说明	24
3.1 启动步骤	23
3.2 软件操作	24
3.3 仪器性能核查	29
四、 检测	31
4.1 检测前的准备	31
4.2 扫查实施	33
五、 设备维护	37
5.1 地点准则	37
5.2 操作准则	37
5.3 清理准则	37
5.4 电池准则	38
5.5 触摸屏准则	39

一、检测技术原理

交流电磁场检测（Alternating Current Field Measurement，简称 ACFM）技术在上世纪 80 年代由英国伦敦大学学院 Dover 等教授在 ACPD 基础上提出新型电磁无损检测技术。该技术可以检测大部分导电金属如钢、不锈钢、铝等,可自动或手动检测简单和复杂的几何结构表面缺陷，如焊缝、螺纹、平板结构、轴类件或管柱件。

ACFM 技术中，将工件表面磁场分为三个分量， B_x 信号（ B_x signal）为平行于探头扫查方向，由探头测量得到的磁感应强度 X 方向分量的信号。 B_z 信号（ B_z signal）为垂直于扫查面，由探头测量得到的磁感应强度 Z 方向分量的信号。 B_y 信号为垂直于探头扫查方向，由探头测量得到的磁感应强度 Y 方向分量的信号。具体见下图 1.1。



标引序号说明：

- 1——导电平板构件；
- 2——激励单元；
- 3——激励电流方向；
- 4——裂纹；
- 5——一次感应磁场方向；
- 6——感应电流方向；
- 7——二次感应磁场方向。

图 1.1 探头扫查方向上电场和磁场的分布图

此时，以时间（或空间）为横坐标， B_x （或 B_z ）为纵坐标，显示磁信号随时间（或空间）变化的图形，称为平面图（time/space base plot），典型平面图见图 4 和图 5。为了便于缺陷识别，以 B_z 信号为横坐标， B_x 信号为纵坐标，形成了显示 B_x 信号与 B_z 信号变化对应关系的二维图形，称为蝶形图（ B_z - B_x plot），见图 1.2。

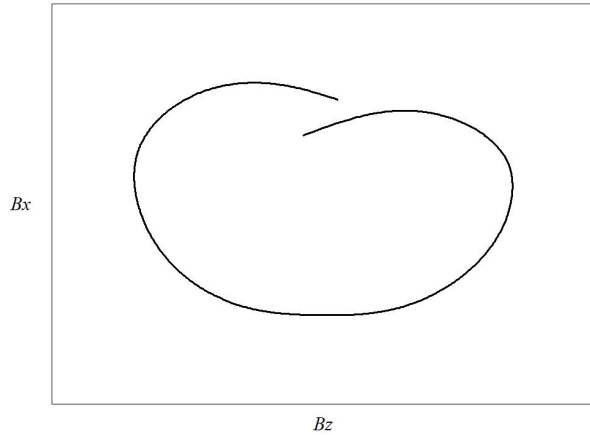
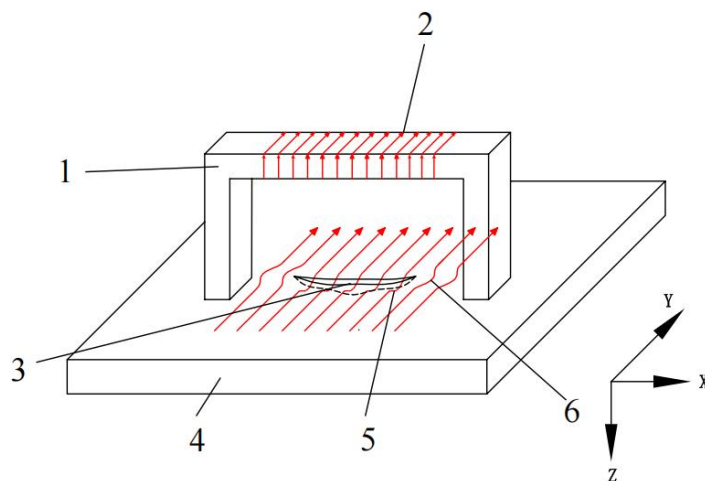


图 1.2 蝶形图

针对某些较小缺陷，可以对其求梯度，即 B_x 信号或 B_z 信号随探头移动距离间隔或时间间隔的变化率。以时间（或空间）为横坐标，梯度值为纵坐标，显示磁信号随时间（或空间）变化率的图形，称为梯度图。

ACFM技术采用激励单元在金属结构局部感应出均匀感应电流，当感应电流经过缺陷时，从缺陷两端和底部绕过缺陷，引发空间磁场畸变，通过测磁单元获取不同方向的磁感应强度分量信号，判定并评估缺陷。以导电平板构件上的表面裂纹检测为例，交流电磁场检测方法原理示意图，见图1.3。



标引序号说明：

- 1——激励单元；
- 2——激励电流方向；
- 3——裂纹；
- 4——导电平板构件；
- 5——电场线从裂纹底部绕过；
- 6——电场线在裂纹尖端聚集。

注：测磁单元一般采用线圈或磁阻等，位于磁轭下方，本图中未画出。

图 1.3 ACFM 原理图

对于铁磁性金属，假设裂纹沿着X方向，探头沿着X方向扫查。此时感应电流垂直于裂纹，电流在裂纹两端绕过聚集，引发 B_z 信号呈现正反峰值， B_z 峰值之间距离反映裂纹长度。同时，部分电流从裂纹底部绕过，导致裂纹中心区域电流密度减弱，引发 B_x 波谷特征， B_x 波谷高度反映裂纹深度。裂纹的 B_x 和 B_z 信号平面见图1.4。当裂纹沿着X方向，探头沿着Y方向扫查时，感应电流与裂纹平行，此时电流扰动微弱，但一次感应磁场垂直穿过裂纹并形成漏磁场， B_z 呈现狭窄正反幅值， B_x 呈现峰值漏磁特征，铁磁性材料中裂纹沿着Y方向时的 B_x 和 B_z 信号平面见图1.5，此时裂纹仍可被识别，原有 B_x 和 B_z 对于裂纹定量模型不再适用。

对于非铁磁性金属，当感应电流与裂纹垂直时， B_z 信号呈现正反峰值， B_z 峰值之间距离反映裂纹长度， B_x 呈现波谷特征， B_x 波谷深度反映裂纹深度。当感应电流与裂纹平行时，电流扰动微弱，特征信号不明显，易导致裂纹漏检。

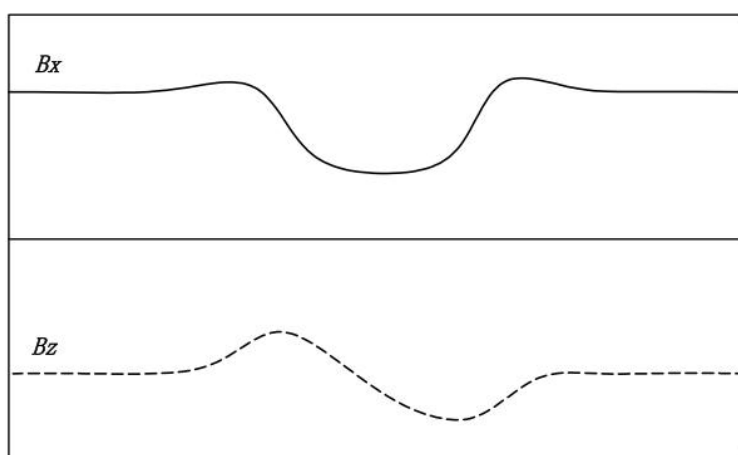


图1.4 铁磁性材料中裂纹沿着X方向时 B_x 和 B_z 信号在裂纹处的变化

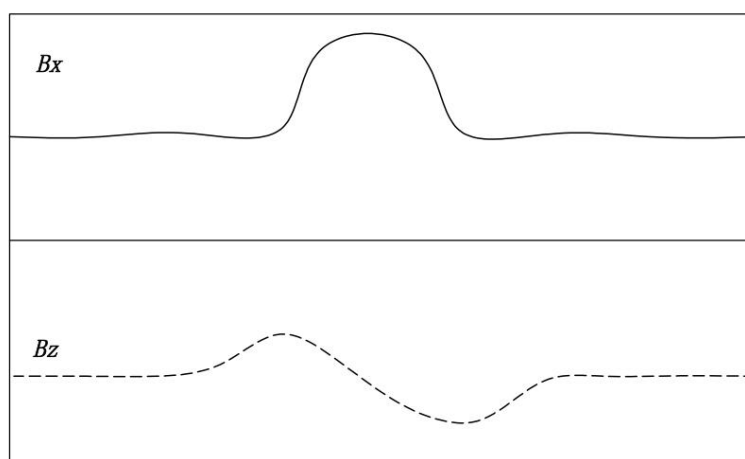


图1.5 铁磁性材料中裂纹沿着Y方向时 B_x 和 B_z 信号在裂纹处的变化

二、 仪器介绍

2.1 主机



图 2.1 仪器主图

2.1.1 组件介绍

2.1.1.1 前部组件



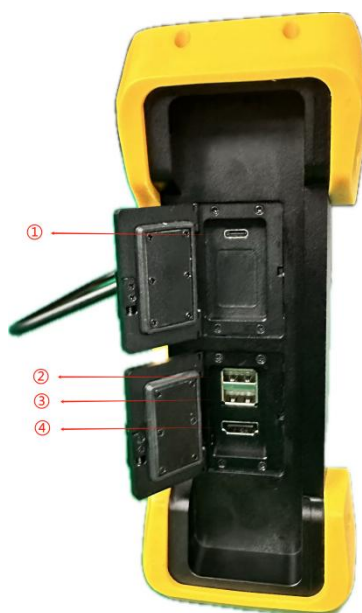
图 2.2 仪器前部图

2.1.1.2 背部组件



图 2.3 仪器背部图

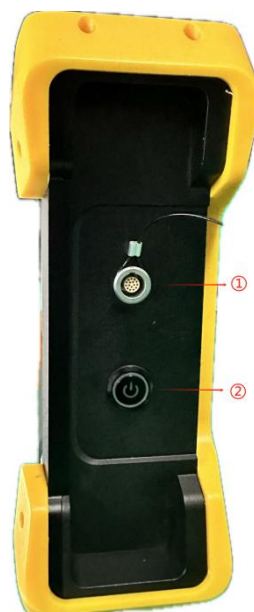
2.1.1.3 左侧组件



编号	组件	说明
①	电源插口	连接 AC 电源适配器。
②	USB3.0 接口	两个端口中的每个端口均可连接 USB 设备，如 USB 闪存盘、打印机、数码相机、操纵杆等。
③	USB3.0 接口	两个端口中的每个端口均可连接 USB 设备，如 USB 闪存盘、打印机、数码相机、操纵杆等。
④	HDMI 接口	连接 HDMI 显示器或电视机。

图 2.4 仪器左侧图

2.1.1.4 右侧组件



编号	组件	说明
①	探头接口	连接探头连接线。
②	电源开关	打开仪器电源和关闭仪器电源。

图 2.5 仪器右侧图

2.1.2 开机准备

2.1.2.1 使用屏幕触控

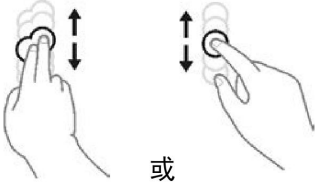
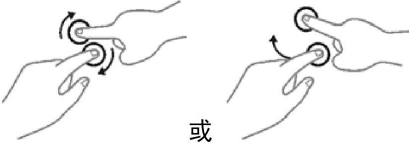
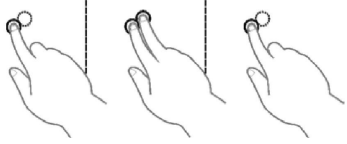
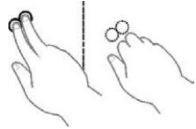
本屏幕支持触摸操作，只需用手指或触控笔轻触屏幕即可控制电脑。触摸屏采用电容式技术。电容屏对人体（如手指）或专用电容触控笔等导电物体产生响应。可以根据使用场景调整触摸屏的灵敏度。

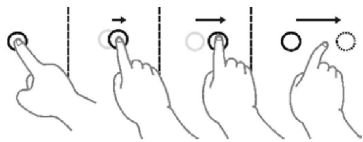
下表列出了触摸屏手势与鼠标操作的对应关系：

动作	鼠标效果
点击：点一下屏幕	Click 单击/点击
点两下：快速地在屏幕上点两次	Double-click 双击
点击并按住：点击并按住屏幕，直至显示一个弹出菜单	Right-click 右击

拖动：点着屏幕并拖拉到想要的位置。	Drag 拖动
-------------------	---------

多点触控手势：可以利用两根手指在屏幕上的动作来和电脑交流。此类动作称之为「手势」(gestures)，手势将传达命令给电脑。以下为常用的多点触控手势：

手势	动作	说明
卷动 (Pan)	 或 使用一根或两根手指往上或往下拖拉。	有卷动轴的画面皆可使用此手势来查看画面的其他部位。
缩放(Pinch)	 让两根手指互相远离/靠近。	使用此手势可放大或缩小屏幕上的对象（例如相片）。支持鼠标轮缩放的应用软件皆可使用此手势。
旋转(Rotate)	 或 让两个手指以相反方向画圈。 一根手指头绕着另一根旋转。	使用此手势可让屏幕上的相片或对象以顺时针或逆时针方向旋转。限用于支持此手势的应用软件上。
按住并点击 (Hold down and click)	 按住目标后再以第二根手指点击。	按住并点击可以打开快捷菜单。
双指点击 (Double finger click)	 同时以两根手指点击（目标应位于两根手指的中间）。	实际功能由支持此手势的应用软件决定。

抽动 (Flicks)	 快速往想要的方向拖拉。	往左或又抽动可以在浏览器或其他应用软件往前转或往后转.此手势在支持前转/后转 (back/forward) 的应用软件中多半可以使用。
------------------------	--	--

2.1.2.2 连接网络

使用 WLAN 网络功能：

仪器内置的 WLAN (Wireless Local Area Network-无线局域网) 功能支持 IEEE 802.11ac 标准，和 IEEE 802.11 a/b/g/n 兼容。

连接到无线网络：

1. 请确定无线网络功能已启用（如前所述）；
2. 单击右下方任务栏的网络图标；
3. 在无线网络列表中选择您要连接的网络，然后点击连接；
4. 根据设置，您可能须要输入密码。请咨询您的网络管理员或运营商取得信息。如须更多关于设置无线网络的信息，请参见联机帮助。

2.1.3 电源和电池

2.1.3.1 电源适配器

1. 电源适配器仅供您的电脑使用。若挪作其它用途将可能损坏接上的电器或者适配器。
2. 电源适配器所附的电源线为符合购买地的规格。若要在国外使用此设备，请咨询经销商取得合适的电源线。
3. 若欲拨开电源适配器时，必须先拔掉墙壁上的电源插头，再拔掉插在电脑上的电源接头，否则会使电脑及适配器受到外部电压冲击而受损。
4. 拔掉插头时，切勿拉扯电线，应用手握着插头拔出。

由于主机是以直流电运作，但是电源插座通常提供交流电，因此电源适配器的作用就是将供电来源的交流电转换为电脑所需的直流电。在连接电源适配器的同时，自动为电池充电。适配器可在 100V 至 240V AC 的电压范围内运行。

2.1.3.2 电池

电池组是电脑的内部供电来源，可通过电源适配器进行充电。

电池充电：

- 1. 电池的可充电温度在 0℃与 50℃之间。当电池温度在此范围之外，充电不会开始。电池温度符合条件时，充电即自动进行。
- 2. 在充电过程中，尚未充满电时不要拔掉电源适配器，否则电池会充电不足。
- 3. 电池的高温保护机制会在高温状态下将电池最大电量限制在总容量的 80%。在高温状态下，80%电量即等同电池完全充电。
- 4. 即使电池已经充满，由于自我放电特性的关系，电池电量可能会自动减少。不论电池是否安装在电脑上，都会发生这种现象。

将主机接上电源适配器，并且适配器的电源线插入电源插座，即对电池进行充电。此时电脑上的电池指示灯会亮褐色，表示充电正在进行中。建议在电脑关机状态下充电。电池充满电时，指示灯改亮绿色。完全充电的时间为电脑关机下约 5 小时或电脑开机下约 6 小时（低温下可能费时更久）。

注意：电池充满后，切勿立即拔下又接上电源适配器，电池可能因此而受损。

将电池初始化：

如果发现电池的实际操作时间比预期的时间少许多，可以进行初始化来解决问题。初始化是指将电池充满电后，把电放完，再次充满电的过程。前后可能费时数小时。

检视电池电量：

注：电池电量显示都是估算值。实际上可使用的时间跟估算的时间可能会有差距，尤其是个人使用仪器的状况亦会影响耗电程度。

使用操作系统：

Android 状态栏上的电池图标（在右上角）显示电池电量。

2.2 探头

2.2.1 探头规格

名称	笔式探头	标准探头	阵列探头 (三阵列)	阵列探头 (七阵列)	陆上高温 探头	陆上高温 探头
----	------	------	---------------	---------------	------------	------------

规格	X2-LP-10	X2-LS-20	X2-LA-30	X2-LA-70	X2-LH3-20	X2-LH5-20
用途	非常规位置检测	焊缝及常规位置检测	焊缝及常规位置快速扫查	快速扫查及阵列成像	300℃高温检测	500℃高温检测
阵列数	1	1	3	7	1	1
扫查范围	10 mm	15 mm	30mm	70 mm	20 mm	20 mm
探头线	标准 1.5m	标准 1.5m	标准 1.5m	标准 1.5m	标准 1.5m	标准 1.5m

2.2.2 探头介绍

笔式探头：单阵列探头的一种，造型为笔式，通常用于非常规位置的检测，如角焊缝、管座角焊缝等，使用小型磁芯，灵敏度偏低。可搭配管座角焊缝检测用工装。



图 2.6 笔式探头图

标准探头：单阵列探头的一种，造型为方形，通常用于焊缝检测，其造型便于在焊缝两侧热影响区行走，使用标准磁芯，灵敏度最好。可搭配小型扫查架或扫查导轨。



图 2.7 标准探头图

阵列探头：多阵列探头目前一般有三阵列和七阵列两种型号。三阵列探头通常用于焊缝检测，其造型便于在焊缝中心进行扫查，一次覆盖全焊缝，可搭配小型扫查架或扫查导轨进行扫查。七阵列探头通常用于超宽焊缝或母材扫查，一次扫查面积较大，也可根据检测图像绘制彩色等值线图。



图 2.8 阵列探头图

其他探头：针对特殊检测工况，还可定制特殊探头。现有小径管对接焊缝检测用探头及工装，管壁内检测用探头等。



图 2.9 小径管探头图



图 2.10 内检测探头图

2.3 配件

2.3.1 探头连接线

探头连接线用于连接探头和主机。使用时连接线接头的红点应对准探头或主机上的接口红点，拔出时手指按住接头下侧，方可顺利插拔。

检测前应对连接线进行目视检查，确认接头是否完好，无压扁，破损等。同时检查接头内部探针无弯折、脱落等情况。



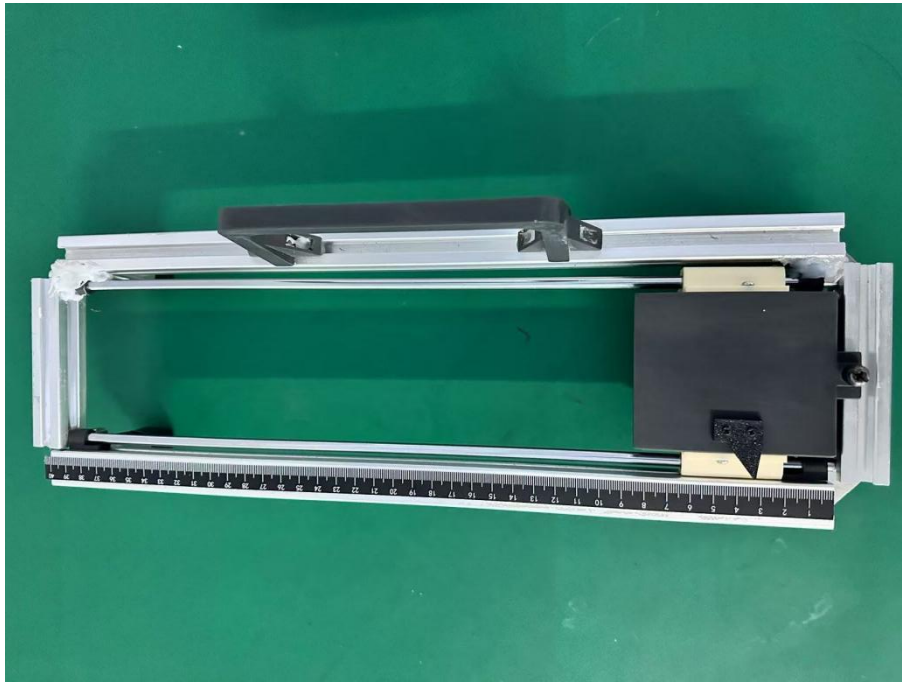
图 2.11 探头连接线图

2.3.2 扫查装置

扫查装置分为以下类型：手持式；导轨式；框架式等。



手持式扫查架



导轨式扫查架

图 2.12 扫查装置图

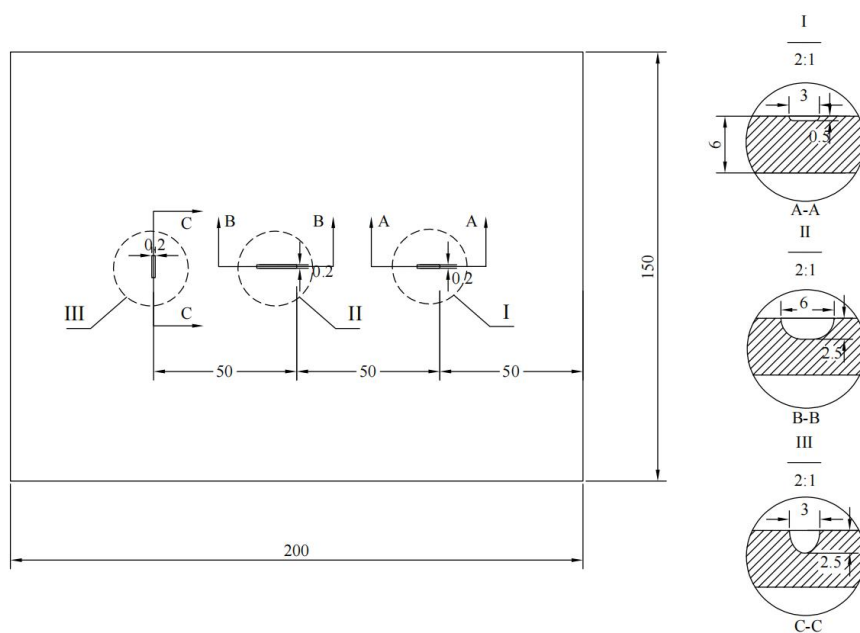
2.3.3 推荐试块

试块分为标准试块和对比试块。

2.3.3.1 标准试块

标准试块是指具有规定的化学成分、表面粗糙度、热处理及几何形状的材料块，用评定和校准交流电磁场检测设备，即用于仪器探头系统性能校准的试块。

推荐使用I号标准试块对ACFM系统检测功能及灵敏度进行测试。I号标准试块选用材料为20#的钢板，尺寸为200mm×150mm，厚度为6mm，试块外形尺寸公差为±1mm。表面光滑平整，粗糙度 $Ra \leq 25\mu\text{m}$ 。试块应具有三处人工刻槽，人工刻槽缺陷的深度尺寸加工误差应小于±10%；刻槽长度加工误差应小于±1mm。刻槽形状为椭圆形，刻槽的尺寸和位置，见图2.13。



标引符号说明：

I、II、III——局部放大图的部位序号。

图 2.13 I号标准试块图

2.3.3.2 对比试块

对比试块用于定量评估缺陷尺寸，或为检测过程设定缺陷判定的临界阈值。

对比试块应采用与被检测构件材料性能相同或相近的材料制作，形状和结构应与被检测构件相似。人工刻槽尺寸及分布根据被检对象的检测灵敏度要求确定。

可按以下要求加工对比试块：

- a) 采用刻槽模拟相同长度和深度、最大埋深的裂纹和未熔合等面积型缺陷；
- b) 人工刻槽距离试件边缘距离大于 50mm；
- c) 人工刻槽尺寸公差为 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

2.3.4 编码器

2.3.4.1 编码器的安装

首先将编码器通讯串口与标准探头后端串口相连接，采用六角扳手将固定螺栓拧紧即可。

2.3.4.2 编码器的使用

打开“交流电磁场检测软件”，点击左下角的“设置”按钮，在弹出的对话框“是否使用编码器”中点击右侧的“使用”，最后点击“确认”按钮，即可使用编码器进行对检测位置进行标定。

2.4 产品参数

2.4.1 检测能力要求

1. 适用材料：铁磁性和非铁磁性导电金属材料，包括碳钢、不锈钢、铝等；
2. 适用范围：金属结构表面及近表面缺陷检测；
3. 适用缺陷：能够有效检出表面裂纹，也可对未熔合、未焊透进行检测。对表面及内表面腐蚀不敏感。
4. 检测深度：碳钢检测最大深度为 3mm；不锈钢检测最大深度 5mm；铝检测最大深度 8mm。
5. 检测灵敏度：至少能够检出 3*0.5*0.2mm 表面开口缺陷；可检出磁粉 A1 15/100 的试片缺陷。
6. 检测稳定性：最小检出缺陷检出率大于 90%。
7. 可允许涂覆层种类：油漆层、环氧树脂胶层、沥青层等非导电体材料涂层。
8. 可允许涂覆层厚度：涂覆层最大厚度不超过 5mm，搭配大线圈探头可检测不超过 10mm 厚度涂覆层。
9. 扫查速度：最大扫查速度不超过 60mm/s，最小扫查速度应大于 5mm/s。
10. 检测盲区：受边缘效应影响，检测对象边缘存在检测盲区，一般为 20mm。具体盲区大小由探头及仪器参数决定。
11. 搭配高温探头可在 500℃工况下完成检测，搭配水下探头可在 200m 水深完成检测。

2.4.2 仪器要求

1. 显示屏：10.1inch 多点触控显示屏，显示屏支持背光功能。
2. 分辨率：高清显示屏，分辨率 1920*1080。
3. CPU 型号：RK3566。

4. CPU 规格: Quad-core ARM Cortex-A55, Neon and FPU。
5. GPU: G52 2EE, OpenGL ES1.1/2.0/3.0/3.1/3.2, Vulkan 1.1, OpenCL 2.0。
6. ISP: 8M ISP, HDR。
7. NPU 性能: 算力 0.8Tops, 512 INT8 MAC 128 INT16/FP16/BFP16 MAC Up to 800MHz。
8. 运行内存: LP4/LP4x/LP3/DDR4/DDR3L, 4G。
9. 存储: 32G 存储, 最大可扩展至 128G。
10. 系统: 安卓系统 (Android), 基于 Linux 内核的移动操作系统。
11. 接口: 1xUSB3.0/USB2.0 HOST + 1xUSB2.0 HOST, HDMI*1。
12. 网络接口: 支持 wifi 连接, 可扩展 4G 网卡。
13. 充电接口: type-C 充电接口, 集成 FCP 输入输出快充协议、AFC 输入输出快充协议、DRP Try.SRC 协议、PD3.1 输入输出快充协议、QC2.0/QC3.0/QC3.0+ 输出快充协议。
14. 最大充放电功率: 45W。
15. 最大工作时长: 16H。
16. 尺寸: 303mm*224mm*85mm。
17. 重量: $\leq 3.7\text{kg}$ 。
18. 工作温度: 温度 -20°C — 60°C 。
19. 工作湿度: 空气湿度 $\leq 90\%$ 。
20. 防护: IP65 防护等级。

2.4.3 硬件功能

1. 支持多种探头, 包括笔式探头、标准探头及常规多阵列探头。
2. 支持旋转磁场探头, 能够进行多方向缺陷检测。
3. 支持牙齿阵列探头, 可拓展其他非常规阵列探头。
4. 支持高温探头, 可同步温度补偿功能。
5. 支持编码器, 检测过程可实时记录空间位移。
6. 可显示 B_x 信号平面图, B_z 信号平面图、蝶形图以及梯度图。
7. 阵列检测可显示彩色等值线图。
8. 支持检测频率调节功能, 调节范围 1kHz-10kHz。

9. 支持检测信号强度调节功能，可自动或手动调节。
10. 支持探头热插拔功能，便于检测过程中探头切换。
11. 支持编码器热插拔及拆卸功能。
12. 探头按键功能：探头上装有按键，可在探头上控制软件的扫查功能，包括开始、停止、刷新等。
13. 支持非标探头的定制和拓展。

2.5 软件功能要求

1. 系统软件为 Android 中文平台，可以进行设备控制、信号采集、分析等功能；
2. 软件能够显示探头连接状态、检测参数、电池电量等状态信息。
3. 可支持新建项目文件，项目文件包括检测基本设置、检测数据及检测报告。
4. 可导入导出项目文件，查看或设置检测参数。
5. 支持工件类别、工件材质、涂层厚度、焊缝宽度、工件温度等参数设置。
6. 具备参数推荐功能，根据设置的检测对象信息，推荐检测用探头及参数。
7. 具备仪器灵敏度校准功能，可使用标准试块进行灵敏度验证。
8. 具备缺陷深度系数校准功能，可适用对比试块进行深度系数设置。
9. 具备增益自动调节功能，可根据探头及检测对象，自动或手动调节仪器功能。
10. 检测界面纵轴支持随动和固定模式切换，可随时调节。
11. 具备检测图像缩放功能，可手动缩放，也可手动左右拖动，便于查看检测结果。
12. 具备检测图像复位功能，缩放或拖动过的图像可一键复原。
13. 支持检测图像回放功能，可实现图像的多次复核。
14. 具备检测路径设置功能，开始扫查前可一键设置扫查路径，便于检测报告的生成。
15. 具备标记功能。检测过程中点击标记按钮，即可为检测图添加分割线，用于生成报告时分段显示。
16. 支持缺陷尺寸计算功能。确定缺陷后框选缺陷，可根据编码器数据计算缺陷长度。可根据 Bx 信号变化量，计算表面缺陷深度。
17. 支持自定义检测报告格式和报告导出功能。
18. 支持历史项目文件中检测报告、检测图像、检测数据查看功能。

三、使用说明

3.1 启动步骤

1. 将探头与主机通过雷莫连接线连通（注意：连接线公头与母头的红点需对齐）；
2. 按下主机的电源开关（电源开关位于主机背部）；
3. 启动主机，打开检测软件；
4. 完成检测后，关闭软件，关闭主机，取下探头与雷莫连接线（注意：雷莫连接线切勿强行拔出）。

3.2 软件操作

3.2.1 配置页

用户首次打开程序需要配置常用属性（例如焊缝宽度、工作温度等），点击右上角“添加”按钮，在弹窗页面输入或选择属性（属性配置完成点击确定即可将文件保存本地，文件名称为当前时间，也可手动设置）。如果已经配置完成，可从右侧列表选择相应配置文件，点击确认即可。

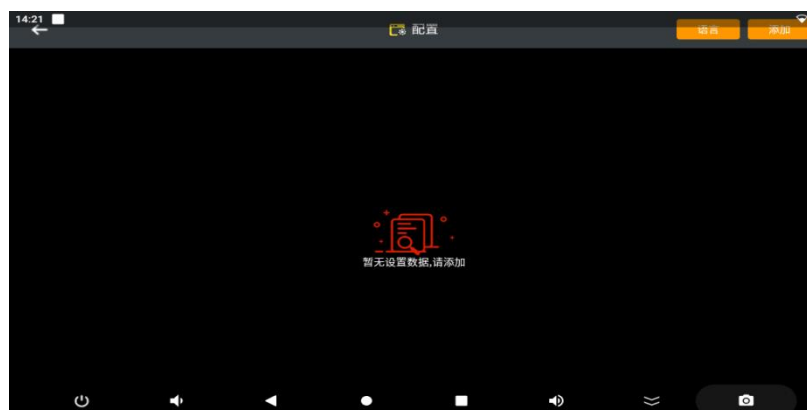




图 3.1 配置界面图

3.2.2 校准页

校准分为三个功能区域，分别是顶部操作区、右侧配置区和中间数据显示区域。

右侧配置区：由上至下分别为探头类型（具体可对照探头参照表或探头标签）、探头连接状态和设置按钮。

数据显示区：显示检测数据。

右侧配置区：显示检测深度、深度系数等。



图 3.2 校准页图

3.2.3 主页

主页界面如图所示，最上层为状态栏，显示仪器电量、缺陷深度、界面显示按钮等。

第二层为操作按钮，代表不同功能和操作。

第三层为操作按钮，代表不同功能和操作。

最左侧为探头状态栏，显示探头型号、连接信息、激励状态和激励参数设置。

信号界面分为四部分，左上为 B_x 信号图像，左下为 B_z 信号图像，代表探头获得的不同方向磁感应强度分量。右上为蝶形图，即 B_z-B_x 图，可辅助缺陷判定。右下为检测对象基本信息。

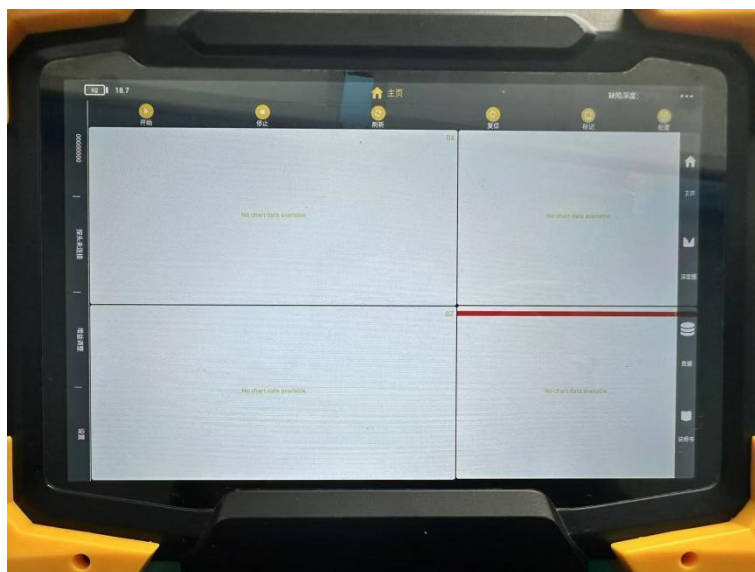


图 3.3 主页图

3.2.4 数据分析页

数据分析页状态栏与主页一致，按钮有所变化。

左上为 B_x 信号图像，左下为 B_z 信号图像，代表探头获得的不同方向磁感应强度分量。右上为蝶形图。右下为缺陷信息显示。

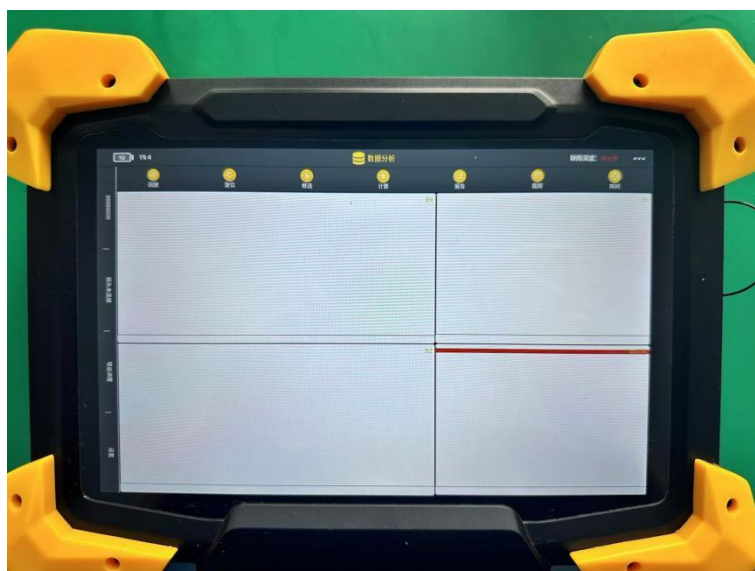


图 3.4 数据分析页

3.2.5 特征信号页

特征信号页状态栏与主页一致，按钮有所变化。

分为两部分，上方为梯度信号，下方为缺陷显示。梯度信号是对缺陷 Bx 及 Bz 信号梯度处理后获得的信息，能够部分反应缺陷特征。

红线为闸门，通过调节闸门高低，可以对不同大小的缺陷实现差异化检测。

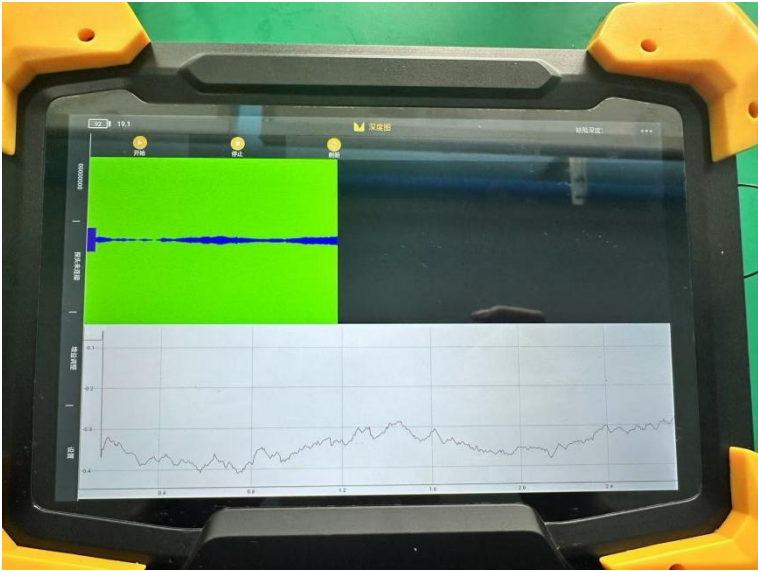


图 3.5 特征信号页

3.2.6 基础操作

基础按键包括开始、暂停、停止、刷新、复位等，具体按钮和功能见下表。

按钮名称	功能
开始	运行程序，采集数据
停止	暂停数据采集
刷新	清空当前数据
复位	数据缩放/框选后回复原位
框选	界面上框选数据，进行放大、选择等
计算	计算缺陷深度系数
测量	测量缺陷长度及深度
配置	程序会回到初始页面，重新选择或添加配置。
标记	检测过程中标记和分割检测数据
回放	回放上一段检测数据
截图	可截取当前屏幕，并将图片保存到设备本地文件夹。

3.2.7 报告页

点击报告按钮，弹窗输入检测人员和部件编号，点击确定即可根据配置信息和检测数据生成报告，并将报告保存到设备本地文件夹。



图 3.7 报告生成图

3.3 仪器性能核查

检测系统组合性能核查周期不超过 12 个月，交流电磁场检测系统组合性能测试要求应符合下表的规定。

序号	项目	测试要求	指标条件
1	检测灵敏度	选取I号标准试块上的I号刻槽进行扫查，扫查过程中探头与工件表面距离波动不得超过±1mm。	扫查刻槽获得的 B_x 、 B_z 和蝶形图符合第一章的要求。
2	缺陷指示长度定量精度	选取I号标准试块上的II号刻槽进行扫查并测量刻槽长度，重复10次取平均值。	测量长度平均值与标称长度误差小于±1mm。
3	缺陷指示深度定量精度	选取I号标准试块上的II号刻槽进行扫查并测量刻槽深度，重复10次取平均值。	测量深度平均值与标称深度误差小于20%。
4	横向缺陷	选取I号标准试块上的III号刻槽进行扫查，扫	扫查刻槽， B_x 呈现峰

序号	项目	测试要求	指标条件
	陷检测能力	查过程中探头与工件表面距离波动不得超过 $\pm 1\text{ mm}$ 。	值、 B_z 呈现正负峰值。
5	检测横向覆盖宽度	选取I号标准试块上的II号刻槽进行扫查，探头与缺陷的Y方向距离大于等于探头技术说明书规定的检测横向覆盖宽度的一半。	扫查刻槽获得的 B_x 、 B_z 和蝶形图符合第一章的要求。
6	涂覆层补偿能力	使用厚度为5mm的非导电材料垫片置于I号标准试块上，选取试块的II号刻槽进行扫查。	扫查刻槽获得的 B_x 、 B_z 和蝶形图符合第一章的要求。

四、检测

4.1 检测前的准备

4.1.1 资料准备

1. 检测前应了解被检构件类型、结构特征和材质特性，以及维护、保养修理和改造等信息。
2. 根据使用的仪器和现场实际情况，按照通用检测工艺规程编制交流电磁场检测作业指导书或工艺卡，确定检测的部位和表面条件，画出被检件的结构示意图，对检测部位进行编号。检测过程中探头不可达区域，应加以标注。

4.1.2 环境和条件准备

1. 被检区域及邻近 25mm 范围内，应清理影响探头扫查的异物。
2. 表面有非导电涂覆层时，检测时可保留涂覆层，宜进行涂覆层厚度补偿。可通过仪器算法进行补偿，如果仪器未设置补偿算法，可采用试块法进行补偿。
3. 外界电磁干扰会影响 ACFM 信号显示，检测区域周围 5m 区域内应无焊接操作。
4. ACFM 检测宜在磁粉检测之前进行。
5. 剩磁场影响 ACFM 检测的感应电场并产生异常显示，被检工件表面剩磁场应小于 0.3mT。
6. 受边缘效应影响，被检件端部存在检测盲区，与所选探头规格有关，应在检测前测定盲区大小。
7. 若温度超过 80℃或低于-10℃，宜采用特殊探头和楔块。

4.1.3 仪器准备

4.1.3.1 仪器调试

检测仪器的调试包括以下步骤:

- a) 连接探头与检测仪；
- b) 开机并等待仪器达到稳定工作状态；
- c) 根据被检构件的具体情况设定仪器工作参数。参数包括激励电流、探头类型、阵列数量等。
- d) 推荐检测参数设置如下：

频率	800Hz	1000Hz	2000Hz	3000Hz	5000Hz	8000Hz	10000Hz
激励	70-85	55-85	55-100	55-85	55-85	55-100	75-100

4.1.3.2 自动增益

进入校准界面。将探头置于被检对象无缺陷位置，点击开始按键，同时点击界面左侧自动增益按键，此时， B_x 和 B_z 信号会出现上升或下降。保持探头不动，直至 B_x 和 B_z 不在变化，此时，说明探头增益已调整到最合适位置。

4.1.3.3 深度系数设置

可根据检测对象和缺陷深度情况，选取对比试块上的刻槽。

在校准界面使用探头对刻槽进行扫查，点击开始，仪器开始获取数据，点击刷新，去除之前检测数据，此时移动探头，直至探头走完整个刻槽，并获得完整的刻槽信号。扫查过程中探头与工件表面距离波动不得超过 ± 1 mm。

点击右下角缺陷深度，输入选取的缺陷标称深度。点击框选按键并选择，框中应包括缺陷 B_x 信号最低位置和基值位置，点击计算，获得此时缺陷深度系数。

注意：针对碳钢以外的材料，检测前需在该种材料的试块上进行校准。

4.1.3.4 检测仪器调试

可根据检测对象及灵敏度要求，选取对比试块上的刻槽。

在主页使用探头对刻槽进行扫查点击开始，仪器开始获取数据，点击刷新，去除之前检测数据，此时移动探头，直至探头走完整个刻槽，并获得完整的刻槽信号。

扫查刻槽获得的 Bx 信号应出现波谷, Bz 信号出现波峰波谷。点击框选并选择, 框中应包含刻槽完整信号。再次调整增益, 可手动调整增益倍数或点击自动调整增益, 使信号范围达到满屏的 40%-80%, 且形成蝶形图。此时的扫查灵敏度为选取的对比试块刻槽尺寸。

此时, 也可切换到梯度信号页面, 查看此时刻槽的梯度值, 并以梯度值的 80% 设置为灵敏度阈值, 同时调整闸门线。

4.2 扫查实施

4.2.1 扫查方法

扫查方法(或路径)通常分为以下几类:

- ① T 方向扫查: 目的是检查焊缝端部裂纹;
- ② 左侧热影响区扫查: 选定一个方向(A/C)进行平行于焊缝的扫查;
- ③ 右侧热影响区扫查: 同左侧左侧热影响区扫查
- ④ 焊缝扫查: 在焊缝上进行的扫查, 根据焊缝宽度和探头检测范围决定;
- ⑤ 母材扫查: 在母材上进行的扫查;

如检测过程中发现了疑似缺陷信号, 则需对缺陷信号进行附加检测, 扫查方法(或路径)如下:

- ① P 平行扫描(多次反复扫查, 确定是否是真正缺陷);
- ② Z 之字扫描(多次之字扫查, 寻找缺陷最大信号位置);
- ③ S 尺寸扫描(寻找裂纹两端并标记);
- ④ D 深度扫描(在缺陷最大信号位置扫查, 用于深度计算)。

4.2.2 扫查步骤

以焊缝检测为例, 说明扫查步骤:

1. 根据检测工艺对检测对象进行区域划分, 确定扫查路径, 如检测区域较大, 还应进行分段检测。

2. 分段检测时应进行重叠扫查。在长度方向进行分段扫查, 扫查重叠区域应至少为 25 mm, 环向扫查方式见图 4.1, 纵向扫查方式见图 4.2。

3. 在宽度方向进行分段扫查，相邻扫查覆盖应大于探头检测横向覆盖宽度的 20%。

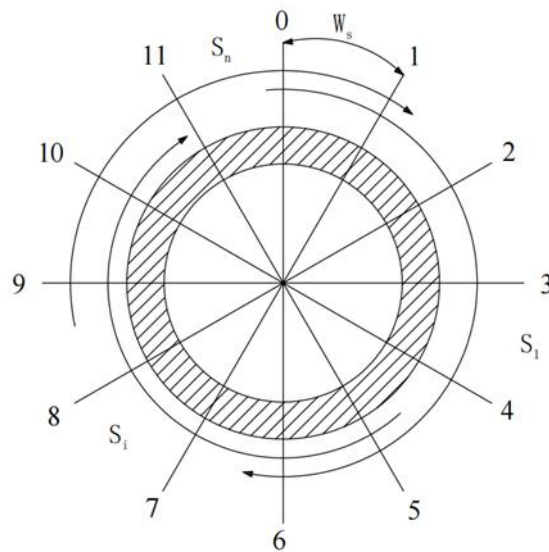


图 4.1 环向扫查路径

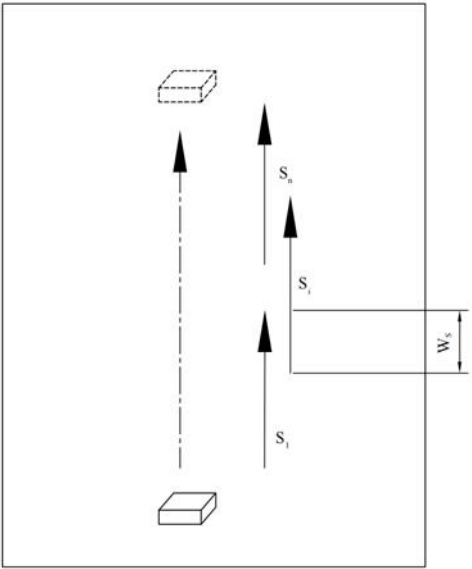


图 4.2 纵向扫查路径

4. 检测焊缝时，探头靠近焊缝一侧与焊趾平齐，沿焊缝趾部平行地移动探头，然后在焊缝的另一侧作同样的扫查。检测时，探头需一次或多次覆盖工件的检测区域以实现缺陷的检出，当焊缝宽度大于检测横向覆盖宽度时，在焊缝余高处增加 n 组扫查，见公式（1）

$$n = \frac{W}{0.8W_p} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

W ——焊缝宽度，单位为毫米（mm）；

W_p ——检测横向覆盖宽度，单位为毫米（mm）；

n ——扫查次数，向上取整。

5. 依次完成每个分段的检测，保存每个分段的检测数据和结果。当遇到疑似缺陷信号时不应停止，继续扫查，直至完成分段的检测，扫查速度不大于60mm/s，避免造成漏检。

6. 保持探头及仪器参数不变，依照同样速度、同样的扫查方向对出现疑似信号的分段精准扫查。当再次出现疑似缺陷信号时，停止探头的扫查，标记疑似缺陷位置。

7. 以疑似缺陷为中线前后各增加20mm扫查区域，复核扫查缺陷位置。若复核过程缺陷响应信号一致，信号出现完整的 Bx 、 Bz 和蝶形图信号，则可判定该位置缺陷存在，保存该位置最后一次信号结果，生成检测报告。

8. 若复核检测信号出现 Bz 信号或蝶形图缺失的情况，应首先观察 Bx 信号是否超过梯度设置阈值，若超过，则查验是否为非相关信号，若不为非相关信号则判定为不合格。

9. 若复核检测信号出现 Bx 信号、 Bz 信号和蝶形图都缺失的情况，应查看是否为非相关显示，通过表面状态照片和阈值线判定是否为相关显示。

4.2.3 软件操作

检测时探头置于被检对象待检测位置，点击开始按键，仪器开始获取数据。

探头按扫查路径移动，获得检测信号，检测过程中可点击标记按键，对检测区域进一步分段，便于出具检测报告。探头移动过程中应注意观察检测信号变化，如出现 Bx 信号、 Bz 信号的明显变化，或蝶形图出现明显的闭合趋势，此时应注意记录信号位置，但不应终止扫查。

扫查结束后点击停止按键，结束扫查，如检测尚未完成，可点击暂停按键，下次扫查会从上上次结束位置继续，也可点击刷新，去除之前检测数据。

获得检测数据后，应进行复核，确认缺陷图像。可切换至数据分析页，对数据进行回放，确认缺陷图像，也可切换到特征信号页，观察缺陷阈值是否超过灵敏度阈值。

确认缺陷后，对缺陷进行框选，并点击计算按键，获得缺陷尺寸信息。

五、设备维护

5.1 地点准则

1. 为确保最佳的效能,请在建议的 0°C到 55°C的环境温度范围内使用仪器。
(实际运行温度取决于产品规格。)
2. 使用仪器时应避免潮湿、极端的温度、震动、阳光直射及落尘量多的场所。长期在极端环境下使用仪器可能导致产品退化以及产品寿命缩短。
3. 禁止在含有金属粉尘的环境下操作。
4. 仪器应放置于平稳坚固的表面。勿让仪器侧立或者将仪器翻转过来存放。掉落或打击所产生的强力撞击可能会损坏电脑。
5. 不要盖住或堵塞仪器上的任何通风口。例如,不要将仪器放在床、沙发、地毯或其它类似物品表面上。否则,会因为过热而导致电脑损坏。
6. 仪器运作时会产生高温,请让仪器远离受热易坏的物品。
7. 仪器和会产生强烈磁场的电器应保持至少 13 公分的距离,例如电视、冰箱、马达、或大型扬声器。
8. 请勿骤将仪器由寒冷处移至温暖处。两处温差若高于 10°C,会导致机体内部出现水汽凝结,进而损坏存储介质。

5.2 操作准则

1. 在极高或极低温的环境下操作仪器时,请勿让肌肤直接碰触仪器。
2. 请勿放置重物于电脑上,以免损及屏幕。
3. 请勿以单独抓取屏幕的方式移动仪器。
4. 为保护液晶屏幕免受伤害,请不要以尖锐物品碰触屏幕。

5.3 清理准则

1. 清洁机身外部时,请以软质布料沾湿清水或无酒精成份的清洁剂擦拭。
2. 清洁屏幕时,请以不掉绵屑的软质布料擦拭。

3. 触摸屏表面若沾有灰尘或油渍会影响其灵敏度。请以黏性胶带清理触摸板表面。

4. 如果仪器让水或其他液体溅湿，请在可以清理的时候加以擦干。虽然您的电脑为防水型，但仍不适合让仪器在可以擦干的情况下持续潮湿着。仪器在 0 °C 环境下遇湿可能会导致冻伤。请务必将打湿的仪器抹干。

5.4 电池准则

1. 使用电池时，尽量将电量全部用完后再充电，并且一次就将电量充满。这样做可延长电池寿命。

2. 电池属于消耗品，下列情形会缩短其使用寿命：

a. 频繁对电池充电

b. 在高温环境中使用、充电或存放电池

3. 为避免加速电池老化，延长其使用寿命，应尽量减少充电次数，避免其内部温度经常升高。

4. 在 10°C-30°C 的温度范围内对电池充电。更高的环境温度会导致电池温度升高。避免在封闭的车内和炎热天气条件下对电池充电。此外，当电池不在允许的温度范围内时，不会开始充电。

5. 建议您不要在一天内对电池多次充电。

6. 建议您在仪器关机的状态下对电池充电。

7. 仪器的输入电压和周围环境温度直接影响电池的充电和放电时间：

8. 当电脑处于工作状态时充电时间会延长。

9. 为缩短充电时间，建议将电脑置于睡眠或休眠模式。

10. 低温会延长充电时间和缩短放电时间。

11. 在极低温环境下使用电池时，可能会有操作时间缩短以及电量显示值不正确的情形产生。此现象起因于电池的化学特性。建议适当的电池操作温度应维持在 -10°C-50°C。

12. 请勿存放电池超过六个月而不充电。

5.5 触摸屏准则

1. 使用手指或附带的触摸屏专用笔在触摸屏上操作。若使用尖利或金属物品（而不使用手指或专用笔），可能导致显示屏刮伤和损坏，进而导致错误。
2. 使用软布擦去显示屏上的灰尘。触摸屏表面有特殊保护层，可防止灰尘吸附在上面。若不使用软布，可能导致触摸屏表面的特殊保护层损坏。
3. 清洁显示屏时应先关闭仪器电源。开机时清洁显示屏可能导致工作不正常。
4. 避免在屏幕上过分用力。勿放置物品在屏幕上，以免屏幕破裂而损坏。
5. 在低温和高温（低于 20°C；高于 60°C）条件下，触摸屏响应速度可能变慢或者触摸位置偏移。达到室温条件后即可恢复正常。
6. 如果实际碰触屏幕的位置和仪器认知有明显差距时，请重新校正触摸屏。