


DEU30X 电磁超声测厚仪

使用说明书



加拿大 

 时代山峰
TIME - TOP
北京时代山峰科技有限公司

¼ÓÄÃ´óRIT DEU30XİμÁΘμç´Å³→Éù²â°ñÒÇ

¾βìå·Öîªξ°

DEU300 ³ξîÂθί

DEU301 ,βîÂθί

DEU303 xÛ°ïòôéïè«ìxθί

编写说明

(V1.0 2019 年 12 月版)

尊敬的客户：

欢迎您使用本公司的产品设备。愿我们的产品能为您工作提供更大的便捷，成为您工作中的得力助手。

请您仔细阅读本用户手册，并遵守手册上的操作方法。


如果在使用过程中，您有任何疑问，请随时致电。我们的服务热线将随时为您提供最优质的服务。

在您收到产品时，请对照发货清单仔细验收产品。产品及附件以发货清单为准。

使用说明书手册内容如有改动，请您以最新版本为准，恕不另行通知，由此给您带来的不便，敬请谅解。



注意事项

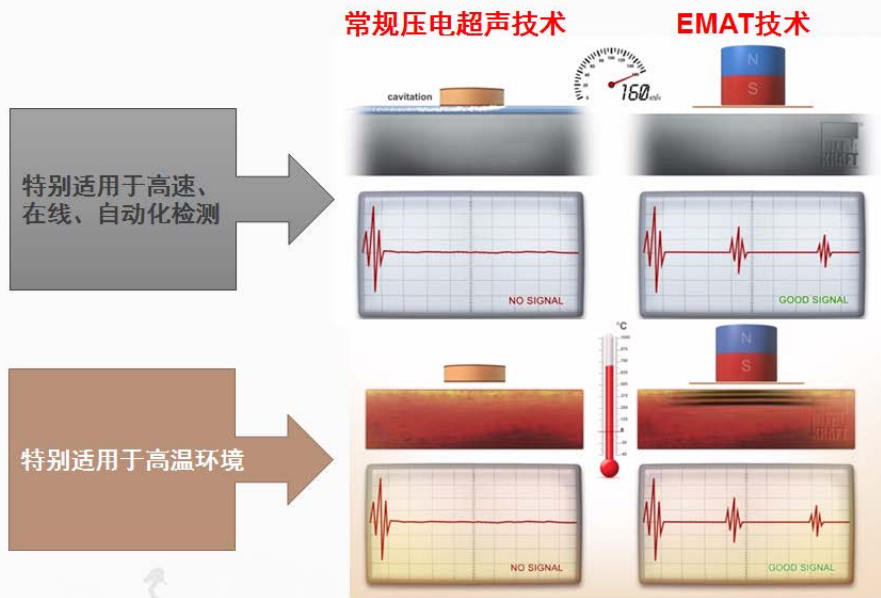
- 室外作业时，大风、大雾、阴雨、霜露等恶劣气象条件下请勿作业，必须严格按照相关安全工作规程执行，以确保作业安全。
- 正确选择合适的探头，并在参数设置中选择对应的探头类型。
- 线缆的插头、插座上均有(红点)对位标记，先对好标记再轻轻插入，切忌用力插拔。野外和粉尘环境时，尤其注意防止尘粒进入插座孔芯中。
- 常温永磁探头、高温永磁探头具有磁吸力。测试铁磁性构件时，请戴好防护手套并需特别谨慎：需紧握探头或其手柄，先以一定的倾斜角度将探头的边缘放到被测构件上，再轻缓地的放至垂直状态。移开探头时，先把探头扳到一定的倾斜角度，再拔起。切忌直接吸撞到被测构件上、直接猛力拔拽探头。
- 参数设置中 Accumulation 累积个数很重要，会明显影响到：数据稳定性、单次测量时间、尤其影响提离度。数值越大提离度越大、单次测量时间越长(单次测量反应时间约等于累积个数值 ms 毫秒)；建议设置为 64~256，尽量在 128 时测量(单次测量时间约 128ms)。对于大提离度、表面质量差(较凸凹或锈蚀较严重)、内部材质疏松(如铸铁等)构件，当厚度数据跳变时，宜设为 128 或 256 甚至 512。
- 使用中请注意电量要足满，电量低( < 1 格 10%, 会闪烁提示欠电)时激发的能量会低，提离度也会稍低一些；电池欠压时，在当前厚度值校准后再测量其它厚度时会误差稍大、电磁脉冲探头将不再激励或激励幅值很弱/振动乏力。
- 本仪器可以连着电源适配器边充电边工作，但会引入少量的电网噪声，一般不影响测量结果。若发现超声波形的噪声较大(尤其使用脉冲探头时)，测量值易变不稳时，可尝试拔掉电源适配器，只使用电池进行检测工作。
- 高温型探头可测量-20~+700°C的构件，-20~+310°C时可连续测量无需特意冷却；**+310~700°C时每次测量时间≤5s，冷却间隔时间≥15s。**
- 使用完毕后，切记将主机电源关闭，以免造成电池过放电而损坏，不要长期亏电存放。若长时间不用，请定期进行充电维护(约每 1.5 月充一次，每次充电 3~4h)。
- 运输时需拆下探头等各部件，放置到专用防震箱槽内，摆放好电缆线。
- 不使用时，请正置平放于室内/车内，存放环境温度-20~+60°C、相对湿度≤85%、通风、无腐蚀性气体。

目 录

1 概述.....	1
2 功能特点.....	2
3 技术参数.....	3
4 工作原理及结构特征.....	4
4.1 探头/传感器.....	4
4.2 键盘功能.....	6
5 操作方法.....	6
5.1 参数设置.....	6
5.2 系统设置.....	10
5.3 校准.....	11
5.4 测 量.....	12
5.5 基本操作流程步骤.....	17
5.6 数据导出和管理.....	18
6 维护与保养.....	19
8 常见故障分析与排除.....	20
9 成套性.....	23
附表：部分材料的超声波声速度.....	23

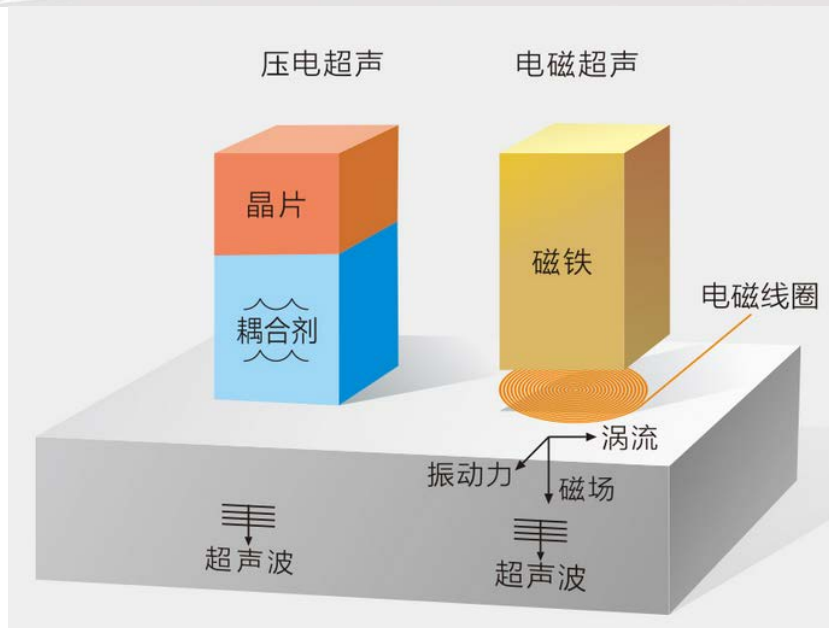
1 概述

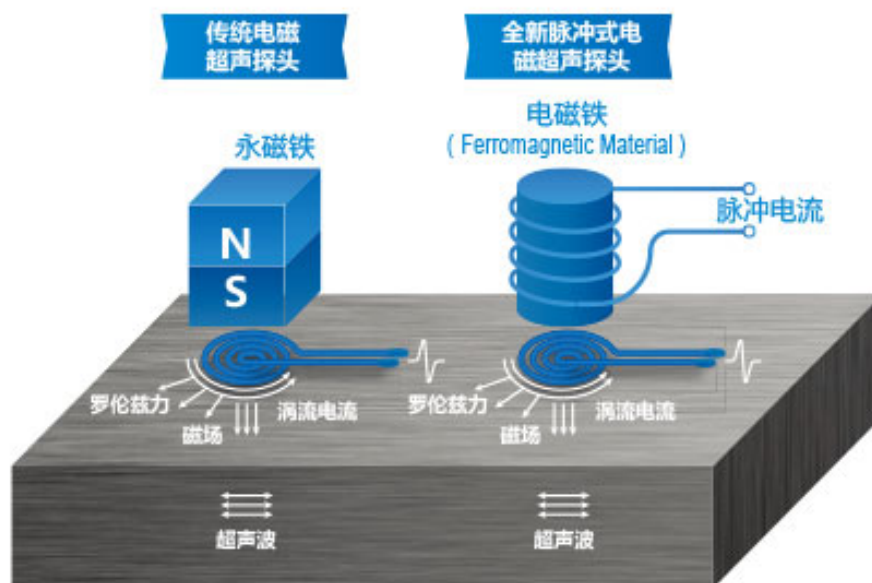
本非接触式测厚仪用于测量钢及钢合金的管/板/棒等、铝及铝合金的管/板/棒等厚度。测量时**无需表面打磨、无需使用耦合剂、传感器和测试对象之间的间隔可达4mm、可穿透涂层直接隔着油漆、清漆、防腐层、搪瓷、塑料等进行测厚。**



常规压电超声技术与EMAT检测技术在高速和高温环境下的技术对比示意图

EMAT检测技术已经应用于室温及高温环境下各种锻件、钢棒、钢板、钢管（包括无缝钢管、石油套管、焊管等）的手动、半自动和全自动在线无损检测。





2 功能特点

- 2.1 无需表面打磨，可穿透防腐涂层和浮锈，并且无需使用耦合剂。
- 2.2 厚度测量可穿透达 4mm 厚的表面腐蚀、油漆、防腐等涂层，仪器显示的金属物体的厚度值不需考虑计算涂层厚度。
- 2.3 常温脉冲探头采用脉冲式电磁铁，基本上无磁力；常温和高温永磁探头采用弱性永磁铁，来取代现在普遍采用的强永磁铁。彻底解决了 EMAT 传感器吸力过大而难以挪移的问题，从而使手动点检更为简便和安全。
- 2.4 可选配高温探头，检测 700°C 的高温构件。
- 2.5 具有温度补偿功能，能输入高温构件的实际温度范围从而对声速变化进行自动补偿，使得测厚值更为精准。
- 2.6 测量不垂直度(传感器/探头相对被测试物体的法线)高达 $\pm 25^\circ$ ，对探头放置后的垂直度要求低。
- 2.7 具有 A 扫描形式、(基于时间的)B 扫描图像形式显示测厚结果和存储查询功能，并允许用户设置闸门、厚度测量模式、信号处理等测量参数。
- 2.8 采用专家智能算法，具有三种测厚模式：自动模式、单闸门手动模式(单峰值法测量)、双闸门手动模式(峰--峰值法测量)，大大降低了人为因素的影响，并简化了操作步骤。
- 2.9 内建基本材料横波声速的数据库，并可自定义横波声速值。

- 2.10 可储存 50000 条厚度值及 4000 条 A-Scan 或 B-Scan 数据。
- 2.11 背部集成高亮 LED 灯，方便现场照明。
- 2.12 背部集成有腕带，方便单手操作。
- 2.13 交直流混和供电、内置可充电锂电池可连续工作 ≥ 9 小时。
- 2.14 测量数据可通过 USB 传递至上位 PC 机，进行分析和处理。
- 2.15 全密封 IP66 防尘防水设计、硅胶护套抗跌落防振设计，更适合恶劣工况使用。

3 技术参数

- 3.1 厚度测量：范围 1.5~100 mm(钢、不锈钢)时精度 0.04mm、范围 100~200 mm(钢、不锈钢)时精度 0.1mm、高温补偿测厚精度 2%
- 3.2 工作间隙/提离度：常温永磁探头 ≤ 4 mm、常温脉冲探头 ≤ 1 mm、高温永磁探头 ≤ 2 mm
- 3.3 测量不垂直度(传感器/探头相对被测试物体的法线)： $\pm 25^\circ$
- 3.4 激发频率：3.0~3.9MHz 测量速度：16~1 次/s
- 3.5 测试物体表面最小曲率直径： ≥ 10 mm
- 3.6 声速范围：1000~9999m/s、调节增量 1m/s
- 3.7 闸门功能：自动闸门、手动单闸门、手动双闸门
- 3.8 显示器：彩色 LCD、3.5 寸/320×480 pixel
- 3.9 通信接口：USB2.0
- 3.10 尺寸重量：高 195×宽 90×厚 40mm、 ≤ 820 g
- 3.11 常温脉冲探头：脉冲式电磁铁、磁性吸力 ≈ 0 N、圆形 $\Phi 30$ ×高 44mm、重量 ≤ 60 g、线长 0.8m
- 3.12 常温永磁探头：弱性永磁铁、磁性吸附力 ≤ 15 N、圆形 $\Phi 30$ ×高 44mm、重量 ≤ 80 g、线长 0.8m
- 3.13 高温永磁探头：磁性吸附力 ≤ 20 N、圆形 $\Phi 45$ ×可变长度 70/255/355mm、重量 ≤ 370 g、线长 0.8m
- 3.14 工作温度：常温探头-10~+60°C、高温探头-20~+700°C (-20~+310°C时可连续测量无需特意冷却；+310~700°C时每次测量时间 ≤ 5 s，冷却间隔时间 ≥ 15 s)

3.15 电源适配器/充电器：单相 AC100~240V/0.5~1A、50/60Hz，输出
DC12V/3.34A

4 工作原理及结构特征



图 4-1 整机结构

系统主要由主机、电缆、探头/传感器[常温永磁探头、(选配)常温脉冲探头、(选配)高温永磁探头]、电源适配器(充电器)等组成。

电磁超声测厚的基本原理是：传感器通过电磁耦合现象在工件中产生超声波信号，部分超声波信号被构件底面反射回来(简称回波)。传感器通过逆电磁耦合现象接收被测构件底面的反射回波，(通常采用回波的最高峰值点)精确计算出超声波的往返时间，按照以下公式计算被测构件的厚度值，再将计算结果显示出来。




$$H = v \cdot t/2$$

式中：H 测量厚度， v 材料声速(可以通过标准试块校准标定出)， t 超声波在构件中往返一次的传播时间。

4.1 探头/传感器


- 1) 常温脉冲探头采用脉冲式电磁铁，基本上无磁力；常温和高温永磁探头采用弱性永磁铁，来取代现在普遍采用的强永磁铁；彻底解决了 EMAT 传感器吸力过大而难以挪移的问题，从而使手动点检更为简便和安全。脉冲激励频次受 < 5.1 参数设置·累积个数 Accumulation > 控制，累积个数越大，激励频次越低。电磁脉冲探头会正常发热，激发能量稍小，对于超声波衰减稍大的金属材料，可能会无回波/不测厚--：例如双相不锈钢(一个方向对超

声波的衰减比另一个方向大)可能会出现一个方向能测厚,另一个方向无回波/不测厚---;测奥氏体不锈钢、铸铁等可能会无回波/不测厚---。此时宜换用(能量最大)永磁高温或(能量较大)永磁常温探头,就应能正常测厚。

- 2) 常温脉冲探头和常温永磁探头的使用温度是范围-20~ +50℃。对于表面质量稍好、内部材质致密的构件,一般使用常温脉冲探头进行测量,也可以使用常温永磁探头或高温永磁探头进行测量;对于表面质量差(较凸凹或锈蚀较严重)、内部材质稍疏松(如双相不锈钢、奥氏体不锈钢、铸铁等)一般使用常温永磁探头进行测量,也可以使用高温永磁探头进行测量。
- 3) 对于 50~700℃的构件需使用高温永磁探头。高温永磁探头的使用温度是范围-20~ +700℃。-20~ +310℃时可连续测量无需特意冷却; +310~700℃时每次测量时间≤5s,冷却间隔时间≥15s。测量高温构件时:(1)先在参数设置中选择“高温永磁EMA-HT 探头”;(2)再在“校准→材料”中选择被测材料(仪器才能调入此材料的温补曲线);(3)再在参数设置中选择标准试块的温度最接近值;(4)再通过声速度法或厚度法校准;(5)最后再在参数设置中选择被测构件的当前表面温度最接近值(例如:320℃时设为300℃,330℃时设为350℃)。以上操作后,仪器会自动对声速进行温度补偿,使得测厚值更为精准。否则测量值可能会被错误地进行温度补偿而不准确。温度补偿曲线只是一种近似的拟合曲线,有不可避免的拟合误差,因此高温工件的测量精度要放宽到2%。因校准试块的温度越接近被测工件的温度,测厚误差会越小,所以尽量在相近温度下校准。

大于100℃的高温构件,可能会出现A扫描回波质量差/噪声大/信噪比差,会导致自动测厚值不稳定跳变,此时可关闭自动测厚模式,而使用单闸门或双闸门模式。

- 4) 探头线缆:常温脉冲探头使用两根线缆(1根2芯的黑色护套线缆、1根3芯的灰或蓝色护套线缆);常温永磁探头和高温永磁探头共用一根2芯黑色护套线缆;线缆的插头、插座上均有(红点)对位标记,先对好标记再轻轻插入,切忌用力插拔。野外和粉尘环境时,尤其注意防止尘粒进入插座孔芯中。

注意事项:1)参数设置→传感器:选择探头类型(常温永磁EMA、常温脉冲EMA-IMP、高温永磁EMA-HT)。若常温脉冲EMA-IMP探头,被错选为EMA、

EMA-HT, 会导致无法激励脉冲/无振动、不测量---、或测厚值明显错误; 若常温永磁 EMA、高温永磁 EMA-HT 探头, 被错选为 EMA-IMP, 会导致单次测量时间加长、高温测厚误差稍大。

2) 常温永磁探头、高温永磁探头具有磁吸力。测试铁磁性构件时, 请戴好防护手套并需特别谨慎: 需紧握探头或其手柄, 先以一定的倾斜角度将探头的边缘放到被测构件上, 再缓缓地放至垂直状态。移开探头时, 先把探头扳到一定的倾斜角度, 再拔起。切忌直接吸撞到被测构件上、直接猛力拔拽探头。

4.2 键盘功能

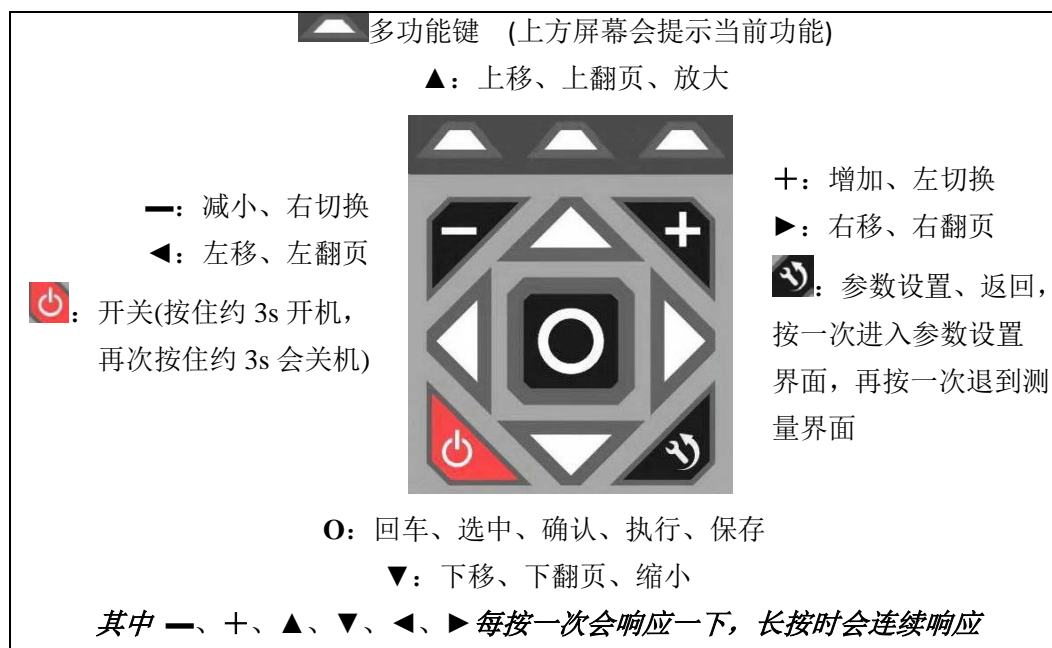


图 4-2

5 操作方法

须严格执行首页的《注意事项》。正式使用前, 须确保电池的电量要足满、各单元组件安装固定可靠、接线完毕且正确(如图 4-1)。注:【XX】表示按钮, <XX>表示引用, …→表示下一步操作。

注意事项: 使用中请注意电量要足满, 电量低 (电量 < 1 格 10%, 会闪烁提示欠电) 时激发的能量会低, 提高度也会稍低一些, 甚至有 A 扫描波形但厚度值处仅显示--却无数字; 电池欠压时, 在当前厚度值校准后再测量其它厚度时会误差稍大、电磁脉冲探头将不再激励或激励幅值很弱/振动乏力。


5.1 参数设置

按一次 ⌂ 进入参数设置界面, 再按一次可退到测量界面。当前窗栏显示为紫色时, 可按 ▲、▼ 移动到需修改的窗栏…→按一次 ○ 显示为绿色时, 可再按—、

+进行修改…→按一次 **O** 确认修改值并记忆，当前窗栏会再次显示为紫色。默认如下图：



图 5-1 参数设置(默认推荐值)

- 灯光：关、开，控制背部的照明 LED 灯，亮启时在屏幕的右上侧会出现，重新开机后会默认为“关”。
- 累积个数：厚度值计算时相干积分算法的滑差个数，简称**累积个数** *Accumulation*，利用相干积分算法可显著提高信噪比，从而提高测厚精度。**此参数很重要，会明显影响到：**数据稳定性、单次测量时间、尤其影响提高度。数值越大提高度越大、单次测量时间越长(单次测量反应时间约等于累积个数值 ms 毫秒)；建议设置为 64~256，尽量在 128 时测量(单次测量时间约 128ms)。**对于大提高度、表面质量差(较凸凹或锈蚀较严重)、内部材质疏松(如铸铁等)构件，当厚度数据跳变时，宜设为 128 或 256 甚至 512。**
电磁脉冲探头的激励频次受累积个数 *Accumulation* 控制，累积个数越大，激励频次越低。
- A 扫描(A-scan): A 扫描时的波形显示方式:原始 Original (原始射频波)、检波 Detected (全检波为正向单极性)、**滤波** Filtered(全检波为正向单极性并进行了**数字包络滤波，能自动滤除基线噪声杂波而稍增加提高间隙度**)。
- 算法：依据波形计算厚度值的方法：①自动:无需闸门即可自动智能计算厚度值，能大大简化操作步骤。②单闸门(单峰值法):手工移动单闸门，始波与闸门 1 所跨越的回波峰值点间的距离值为当前厚度值，闸门 2 无效/不参于

计算。③双闸门(峰--峰值法):手工移动闸门 1 跨越到第一个回波上,手工移动闸门 2 跨越到第二个回波上,两个回波的峰值点间的距离值为当前厚度值。重新开机后会默认为“自动”。

注意事项: 仪器的波形扫描盲区为约 5mm, 厚度 $\leq 5\text{mm}$ 工件的第一回波会遮掩在盲区内, 单闸门实际是卡在第 2 回波上因此会误测为 2 倍厚度值, 此情况时需要使用自动或双闸门算法, 不能用单闸门算法。

- 闸门: 仅当算法选中为单闸门(单峰值法)、和双闸门(峰--峰值法)时才会参与厚度计算。当自动算法时, 虽然闸门也可以被编辑和移动位置, 但并不参与计算。闸门 1 为红色, 闸门 2 为绿色, 选中可编辑状态为天蓝色。—、+ 改变闸门的宽度(每按一次会减增一下, 长按时会连续减增), ▲、▼、◀、▶ 移动闸门的位置(每按一次会移动一下, 长按时会连续移动)。当闸门移动到屏幕的垂直最上或最下侧时, 会自动限位不再移动。当闸门移动到屏幕的水平最左或最右侧时, 会自动变为一个点不再移动, 表示已在屏幕显示域外, 需反方向多次或连续按键才能重新移回到屏幕显示域内。

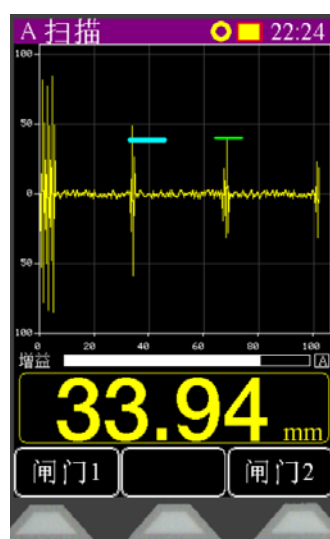


图 5-2

注意事项: 1) 当构件材质较差、大于 100°C 高温、形状比较窄可能会出现侧壁反射干扰波、A 扫描回波质量差/噪声大/信噪比差时会导致自动测厚值不稳定跳变, 此时可关闭自动测厚模式, 而使用单闸门或双闸门模式。

2) 单闸门(单峰值法, 使用闸门 1 参与厚度计算, 闸门 2 无效/不参与计算)和双闸门(峰--峰值法, 闸门 1、2 均参与厚度计算)时, 闸门水平左右位置影响测厚值, 闸门垂直上下位置不影响测量结果。

3) 当看不到闸门时, 请仔细查看屏幕四周边侧, 应有闸门红色点(闸门 1)、绿色点(闸门 2)、天蓝色点(选中可编辑)。表示闸门已在屏幕显示域外, 需反方向多次或连续按◀、▶、▲、▼才能重新移回到屏幕显示域内。

- 脉冲数：激发电磁超声的单个电信号脉冲个数。**此参数很重要,会影响回波峰顶的稳定性和确定性**,若脉冲数不恰当可能会导致:回波噪声大/信噪比差、最高峰水平左右晃动或波顶有交替忽高忽低的多个缝刺,会导致测厚值错误和不稳定。通常:薄材(厚度 $<$ 约 2mm)构件时脉冲数=1, 中厚(约 2mm \leq 厚度 \leq 约 80mm)构件时脉冲数=2, 厚材(约 80mm $<$ 厚度)构件时脉冲数=3。**重新开机后会默认为2, 测量过程中若改变了脉冲数, 需重新校准后<参见 5.3>再测量, 否则误差会稍大甚至超差。**
- 自动增益：开:自动智能调整增益(回波信号的放大倍数)**但单次测量时间会稍慢**,A 扫描测量界面的中部右侧会显示 ，单次测量时间会稍长一些；关:需要手动按 **—**、**+**调整增益，**单次测量时间会明显变快**，A 扫描测量界面的中部右侧会显示 (增益指示条减到最左侧时还需再按几次 **—**，才能减到最小值)。**重新开机后会默认为“开”，某些工况的构件(表面质量差等)可能会导致增益无法自动稳定住、或 阻塞在最满格处而无波形无厚度，此时可关闭自动增益而采用人工手动调整增益 。增益不宜过大，否则会导致(任一回波)峰值过高削顶而不测量---**。



图 5-3

注意事项：1) 仪器通常采用回波的最高峰值点处的声程来计算厚度值，最高峰的垂直上下晃动一般不影响测厚值；最高峰水平左右晃动、波顶有交替忽高忽低的多个缝刺，均会导致测厚值错误或不稳定。

2) 构件表面质量差(上下表面凸凹不平、坑斑、有裂缝或坡面等)、内部有大的不连续(夹渣、气孔、分层、埋藏裂缝、埋藏凸凹坡面)、探头底面距被检构件面较远(空隙、涂层等过厚)也会导致回波质量差、噪声大/信噪比差、甚至无回波，进而导致测厚值错误甚至无测厚值，可尝试关闭算法中的自动模式而使用单闸门或双闸门模式。

3) 若测厚值异常(不稳定或错误)，宜先观察 A 扫描的波形质量：①确保至少有 1 个(最好有 2 个以上)底波；②信噪比要好(杂波噪声小、回波与杂波能较明显地区分开，若回波与噪声混杂得难以区分，尤其是 0.X-1.Xmm 的薄构件，将难以或无法测厚稳定)；③20% \leq 回波幅值相对于满屏 \leq 90%；④最高峰水平左右稳定且波顶无交替忽高忽低的多个缝刺。如果达不到较好的波形质量，要么参数设置[算法(自动或单双闸门)、探头/传感器类型、脉冲数、频率、电压、增益、累积个数、检波方式等]不合适、要么不能测试此材质的构件。

- 频率：频率高时，测量精度稍微高一些，但超声波穿透能力稍低；频率低时，测量精度稍微低一些，但超声波穿透能力稍强。**对于薄材或内部致密的构件，**

一般使用稍高频率以取得稍高的测量精度；对于厚材或内部疏松(如铸铁等)的构件，一般使用稍低频率以取得稍高的穿透能力。测量过程中若改变了频率，需重新校准后<参见 5.3>再测量，否则误差会稍大甚至超差。

- 传感器：常温永磁 EMA、常温脉冲 EMA-IMP、高温永磁 EMA-HT，参见 <4.1 探头/传感器>。
- 被测温度：选择被测构件的当前表面温度最接近值(例如:320°C时设为 300°C，330°C时设为 350°C)，仪器会自动对声速进行温度补偿计算出新的声速值，使得测厚值更为精准。参见<4.1 探头/传感器•3>。

5.2 系统设置






按一次  进入参数设置界面...→按一次“系统”可进入设置界面。当前窗栏显示为紫色时，可按▲、▼移动到需修改的窗栏...→按一次  显示为绿色时，可再按—、+进行修改...→按一次  确认修改值并记忆，当前窗栏会再次显示为紫色。默认如下图：



图 5-4 系统设置 (默认推荐值)

- 亮度：屏幕亮度 5 级调节，20 40 60 80 100%。
- 语言：3 种系统语言，俄文 Русский、英语 English、中文。
- 自动关机：无按键操作的一定时间后，仪器可自动关机以节省电量。否(不关机)、5、15、30、60 分钟。
- 时间：仪器内部时钟修改，时、分、秒(屏幕上部右侧 )。
- 日期：仪器内部日历修改，年、月、日。

- 固件 A 版本、固件 A 日期、固件 B 版本、固件 B 日期：仪器内部的程序固件标识，用户无需修改。
- 重置默认：把大部分(不是全部)参数恢复为出厂默认值。**当参数修改混乱，导致仪器工作异常(有波形但不测量、显示不全等)可重置一次默认值如下，再把语言 Language 设置为中文。**

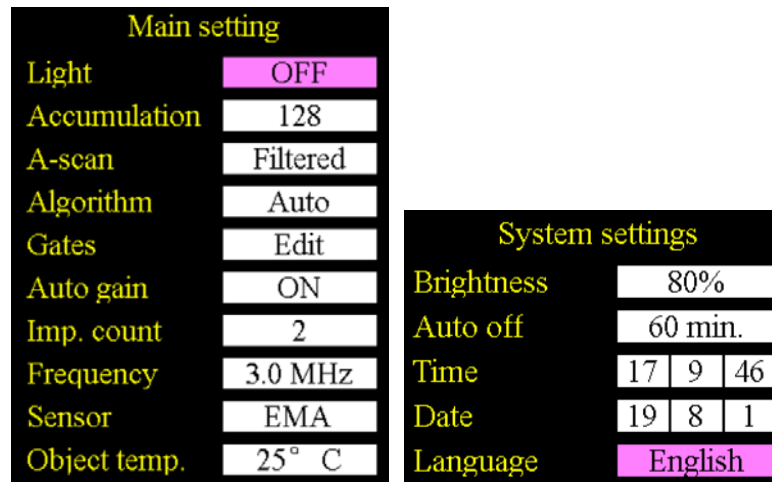


图 5-5 重置默认(推荐值)

5.3 校准




正式测厚前，需在常温下(通常 $25\pm 10^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 85\% \text{R.H}$)，使用“声速、厚度、材料”3种方法之一进行校准。**测量过程中若改变频率或脉冲数，需重新校准后再测量，否则误差会稍大甚至超差。**在测量界面下按一次“校准”进入校准界面。






图 5-6



- 声速法校准：直接修改为被检件的已知声速。按一次“速度”...→按 、

►移动到需修改的位置…→按▲、▼或—、+修改数字…→按一次○确认修改值并记忆。**推荐:先采用厚度法校准自动反向计算出声速值,再采用声速法校准,手工微调声速值使校准结果更精准。**

- 厚度法校准:使用与被检构件的材质相同(**注意:不是随机配备的标准试块**)且已知精准厚度值的试块进行校准,试块的厚度值尽量接近被检构件的理论厚度。**需先把探头放到试块上(若未放到试块上,厚度值将显示为0而无法输入厚度值,若强制输入厚度值进行校准,会导致仪器声速值超限,不再测量而只显示---甚至屏幕闪。此时需人工修改声速值为1000~9999或重新关开机一次(默认成1000)方可正常工作)**,按一次“厚度”…→按◀、►移动到需修改的位置…→按▲、▼或—、+修改数字…→按一次○确认修改值并记忆。仪器根据输入的标准厚度值,反向计算出声速值,再用声速值正向计算出实际厚度值,所以**厚度法校准偏差会比声速法稍大一些,若2次校准的结果不非常精准,可重复进行3~4次校准,或再采用声速法校准。**
- 材料法校准:从材料的横波声速列表中选取对应的材料声速(列表中是25℃时的声速)。按一次“材料”…→按◀、►移动到需选取的材料声…→按一次○确认。**材料列表中是25℃时的标准声速,仪器会结合“参数设置→被测温度”进行补偿计算出新的声速值。**

注意事项:测量高温构件时:(1)先在参数设置中选择“高温永磁 EMA-HT 探头”;(2)再在“校准→材料”中选择被测材料(仪器才能调入此材料的温补曲线);(3)再在参数设置中选择标准试块的温度最接近值;(4)再通过声速度法或厚度法校准;(5)最后再在参数设置中选择被测构件的当前表面温度最接近值(例如:320℃时设为300℃,330℃时设为350℃)。以上操作后,仪器会自动对声速进行温度补偿,使得测厚值更为精准。否则测量值可能会被错误地进行温度补偿而不准确。

5.4 测量

具有简单 Simple、A 扫描 A-scan、(基于时间的)B 扫描 B-scan 三种形式显示测量结果,并能存储、查询、删除测量数据/波形。屏幕最上部是状态栏:左侧为当前界面指示、右侧 17:42 依次为照明 LED 灯、电池电量、仪器时钟。

<4.2 键盘功能>中的—、+、▲、▼、◀、►每按一次会响应一下,长按时

会连续响应。<5.1 参数设置>中的所有参数（包括算法、闸门、增益），对三种形式的测量界面均有效。

5.4.1 简单 Simple 模式


按“简单”进入测量界面，屏幕上部左侧为传感器/探头类型(常温永磁 EMA、常温脉冲 EMA-IMP、高温永磁 EMA-HT)、上部右侧为当前声速 m/s、中部为当前厚度值 mm、下部为数据保存或查询的分组列表。



图 5-7

● 数据分组新建、保存



按一次“项目”…→按“新建”…→编辑项目名称：按▲、▼、◀、▶、○在虚拟键盘上编辑项目名称，按▲、▼、◀、▶移动到虚拟键盘的 Enter，按○确认并退出虚拟键盘…→编辑组数：当前项目将要分成几组空间，按◀、▶移动编辑位置，按▲、▼或—、+修改数字，按○确认并退出…→编辑格数：当前每一组将要分成几个单元格，按◀、▶移动编辑位置，按▲、▼或—、+修改数字，按○确认并退出。



图 5-8

虚拟键盘的功能键有：字母、数字、符号、切换数字或字母 123/ABC、切换字母大小写 Caps、空格 Space、移动编辑位置← →、向前删除 Bck、确认并退出 Enter。

如上图所示：共有 4 个项目，当前为第 1 个项目，项目名称为 A1；当前项目下共 5 组数据，现为第 2 组；当前组下共有 6 个单元格数据，现为第 3 组单元格，存储的厚度值是 32.00mm。测量中每按一次 **O**(从最后一个项目开始)即保存一个厚度值，格数和组数会自动增加，直至组数和格数均满溢。

- 数据分组查询、删除/清除



图 5-9

按▲、▼移动到(项数、或组数、或格数)编辑位置…→按—、+修改数字，在厚度栏显示出已保存的厚度值…→按“**删除/清除**”会弹出确认对话框…→按◀、▶移动到“否”或“是”，按 **O** 即可取消或确认，只单独删除当前项目、或当前组、或当前单元格的厚度值…→按“**全删除/清除**”会弹出确认对话框…→按◀、▶移动到“否”或“是”，按 **O** 即可取消或确认，全部删除所有项目、或当前项目下的所有组、或当前组下的所有单元格的厚度值。

5.4.2 A 扫描 A-scan

- A 扫描时的波形显示方式设置：参见< 5.1 参数设置•A 扫描(A-scan)>进行相应设置。

按“**A 扫描**”进入测量界面，A 扫描波形具有原始 Original (原始射频波)、检波 Detected (全检波为正向单极性)、滤波 Filtered(全检波为正向单极性并进行了数字包络滤波，能自动滤除基线噪声杂波而稍增加提离间隙度)三种显示方式。

按▲、▼可放大、缩小波形图，按◀、▶可左移、右移波形图，方便观察波形细节。A 扫描量程会自动锁定为钢 200mm，(如不锈钢、铝、铜等横波声速稍

慢的厚 200mm 构件, A 扫描回波会显示在屏幕 200mm 处的边缘而看不到)当想看 >200mm 处的波形时, 需先按▲ ≥5 次→再按▶ ≥5 次→再按▼ ≥5 次。

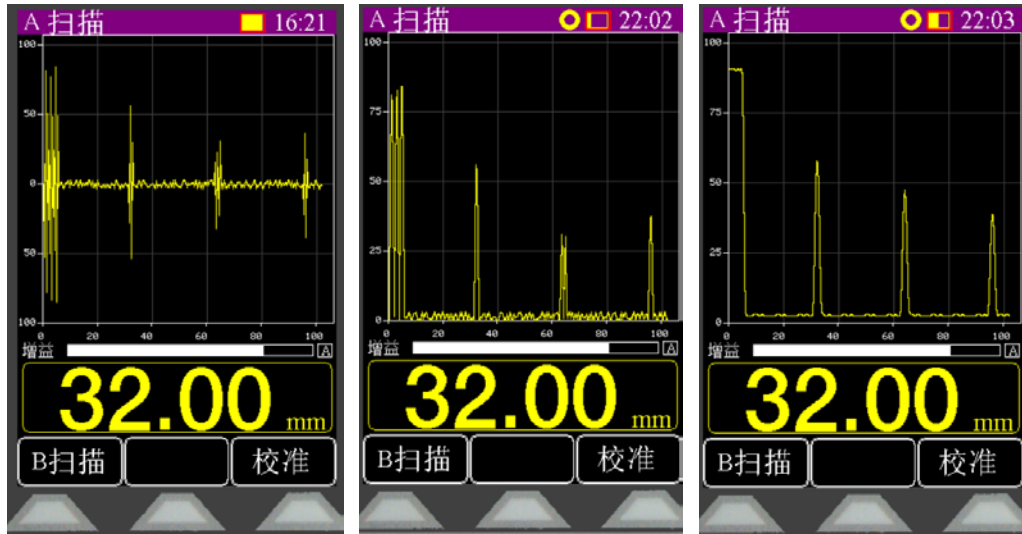


图 5-10

- 算法设置：参见< 5.1 参数设置•算法>进行相应设置。

在 A 扫描测量界面中, 可直观地看到“自动、单闸门(单峰值法)、双闸门(峰--峰值法)”三种测厚算法的异同, 可方便地对闸门进行编辑移动、对手动增益进行调节。

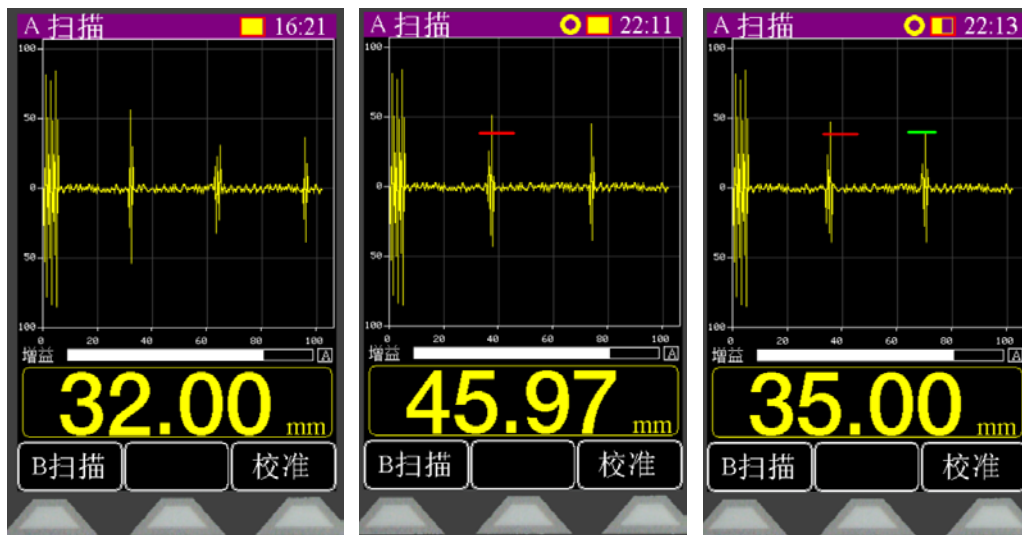


图 5-11

- 闸门编辑移动：参见< 5.1 参数设置•闸门>进行相应设置。
- 手动增益调节：参见< 5.1 参数设置•自动增益>进行相应设置。
- 数据保存

在 A 扫描测量界面中, 每按一次 O 即保存一条数据记录(文件名为 ASCAN_

年 YY.月 MM.日 DD-时 hh:分 mm:秒 ss)，最新保存的文件将在在列表的最上端。

- 数据查询、删除









按一次  进入参数设置界面…→按一次“ 文件”进入文件记录管理界面…→按▲、▼移动到编辑位置…→按一次  进行查看，再一次  退回到文件记录管理界面…→按“ 删除”会弹出确认对话框…→按◀、▶移动到“否”或“是”，按  即可取消或确认，只单独删除当前记录文件…→按“ 全删除”会弹出确认对话框…→按◀、▶移动到“否”或“是”，按  即可取消或确认，全部删除所有记录文件(全删除时需等候几秒，记录清除后提示才能自动消失)。






图 5-12

5.4.3 (基于时间的)B 扫描 B-scan

仪器使用内部时钟进行“基于时间轴的 B 扫描”测量，Y 轴表示厚度值(毫米 mm)、X 轴表示时间(秒 s)。

- 测量、保存

按“ B 扫描”进入测量界面…→按“ 30~300s”开始连续记录数据，手持探头紧贴在被检构件的检测面，匀速缓慢地移动探头。30~300s 表示 X 轴时长(s)。每按一次  即保存一条数据记录(文件名为 BSCAN_年 YY.月 MM.日 DD-时 hh:分 mm:秒 ss) ，最新保存的文件将在在列表的最上端。

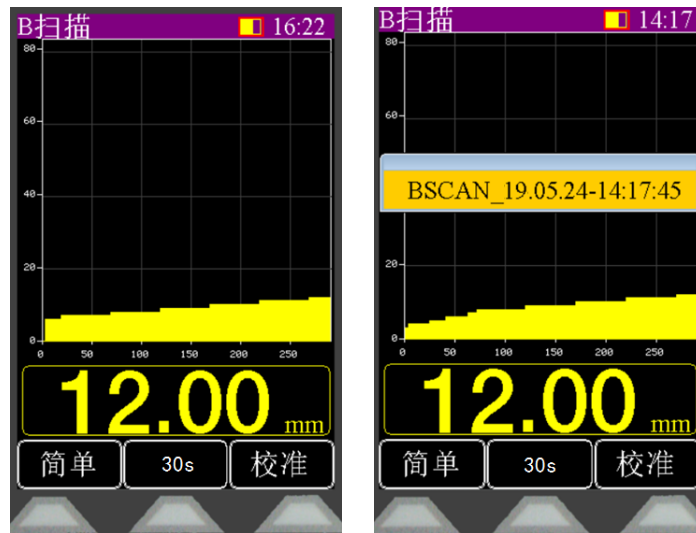























图 5-13 B 扫描 Y 轴:厚度值 mm 毫米、X 轴:时间 s 秒

- 数据查询、删除：参见< 5.4.2 A 扫描 A-scan •数据查询、删除>。




5.5 基本操作流程步骤

- 1) 准备工作：现场环境检查…→根据被检对象选择合适的探头/传感器…→连接好探头线缆。
- 2) 按住  约 3s 等候约 5s 仪器启动到测量界面，观察电量(屏幕上部右侧的电量指示 ) 是否充足。若电量低于 1 格(10%)会闪烁提示欠电，则需连接电源适配器待充电至 4 格(40%)以上或直接带着充电器边充电边工作。
- 3) 按一次  进入参数设置界面，设置适宜的检测参数、屏幕亮度、开启或关闭照明灯，再按一次  退到测量界面。
- 4) 按相应的  (多功能键)进行声速或厚度校准，可在相同材质的已知厚度的标准试块上进行校准。
- 5) 把探头按压或吸附在在构件的检测点处，观察厚度数据稳定后，可按一次  次进行保存…→移动探头至下个检测点，观察厚度数据稳定后，可按一次  次进行保存…→……直至全部检测点测量完毕。

6) 可在“简单显示”模式下通过 、、、、、 按键，进行厚度值查询或删除；在  参数设置...→文件，再通过 、、、、、 按键，进行 A 扫描 A-scan、(基于时间的)B 扫描 B-scan 的数据查询或删除。

7) 工作结束后，按住  约 3s，待仪器关机至黑屏状态。

8) 收尾工作：清洁好探头、电缆及其连接器...→拆下电缆，把各部件摆放至专用防震箱的对应槽内...→清点各部件无遗丢...→盒上箱盖并扣紧。

注意事项：若工作过程中(某些偶然因素可能会导至)仪器死机(按键不响应，无法关机)，可同时按下  和 ，强制关机后再按住  约 3s 重新开机。

5.6 数据导出和管理

<5.4.1 简单 Simple 模式>时保存的厚度值分组数据(Excel 格式.csv)、<5.4.2 A 扫描>和<5.4.3 B 扫描>保存的图片数据.jpg 均可自动导入到 PC 机中。


	A	B	C	D	E	F
1	DEU300 data : mm					
2	Item number:0					
3	;Item name:A1					
4	;Date:;2019-10-19;;Time:21-42-00					
5	;CELL 1;CELL 2;CELL 3;CELL 4;CELL 5;CELL 6;					
6	;GROUP 1;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;
7	;GROUP 2;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;
8	;GROUP 3;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;
9	;GROUP 4;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;
10	;GROUP 5;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;	9.99;

Microsoft Excel 中的显示

```
DEU300 data 2019-19-10_22-3.csv - 记事本
文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)
DEU300 data : mm
Item number:0
;Item name:A1
;Date:;2019-10-19;;Time:21-42-00
;CELL 1;CELL 2;CELL 3;CELL 4;CELL 5;CELL 6;
;GROUP 1; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99;
;GROUP 2; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99;
;GROUP 3; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99;
;GROUP 4; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99;
;GROUP 5; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99; 9.99;
```

记事本 Notepad 中的显示

图 5-14 厚度值分组数据(格式.csv)

在 PC 机上安装好<数据管理软件 DEU300.exe>...→DEU300 设备先处于关机状态...→连接好 PC 机与 DEU300 电磁超声测厚仪间的 USB2.0 数据线...→运行 DEU300.exe...→按住仪器的  约 3s 开机，PC 软件会读取仪器的数据并保存在同一目录下的 data 文件夹中。

设备通信联机状态： DEVICE DISCONNECTED 未联机、CONNECTED 已联机成功。

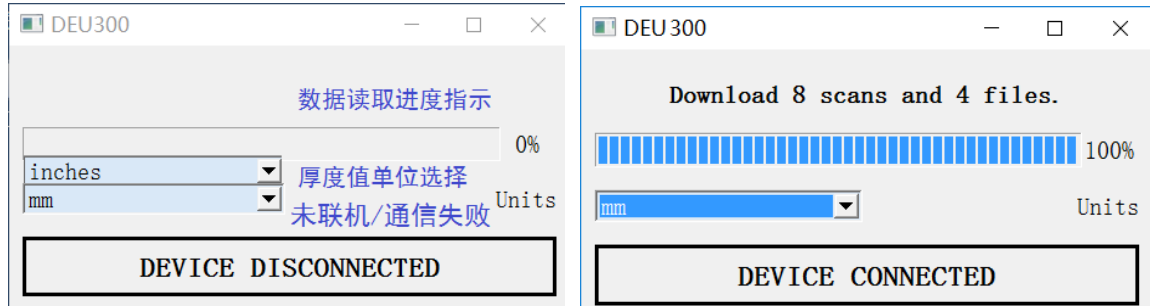


图 5-15

注意事项：应先打开 DEU300.exe 软件，后开机仪器。若先开机仪器，后打开 DEU300.exe 软件，可能会出现下图的异常提示

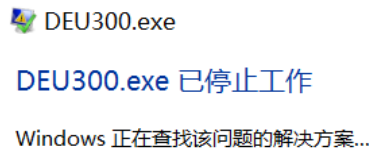




图 5-16

6 维护与保养



- 6.1 线缆的插头、插座上均有(红点)对位标记，先对好标记再轻轻插入，切忌用力插拔。野外和粉尘环境时，尤其注意防止尘粒进入插座孔芯中。
- 6.2 清洁所有部位时，宜用微湿的软布擦拭，禁止直接浸泡或冲水。
- 6.3 仪器的内部嵌入有 DC7.4V/4500mAh 的锂电池，建议每 3 年更换一次电池。
电量充足时，仪器屏幕上部右侧的电量指示  接近满格(95%)显示。用过一段时间后，电池电量会减少，电量显示会降低；电量低于 1 格(10%)会闪烁提示欠电，则需连接电源适配器待充电至 4 格(40%)以上或直接带着充电器边充电边工作，电量指示有红色外框  表示正在充电。
- 6.4 尽量在关机的情况下进行充电，仪器会自动闪烁显示电量状态。正常情况下完成一次充电需 3~4h。
- 6.5 本仪器可以连着电源适配器边充电边工作，但会引入少量的电网噪声，一般不影响测量结果。若发现超声波形的噪声较大(尤其使用脉冲探头时)，测量值易变不稳时，可尝试拔掉电源适配器，只使用电池进行检测工作。
- 6.6 使用完毕后，切记将主机电源关闭，以免造成电池过放电而损坏，不要长期亏电存放。若长时间不用，请定期进行充电维护(约每 1.5 月充一次，每次充电 3~4h)




6.7 运输时需拆下探头等各部件，放置到专用防震箱槽内，摆放好电缆线。








6.8 不使用时，请正置平放于室内/车内，存放环境温度-20~+60°C、相对湿度≤85%、通风、无腐蚀性气体。

7 常见故障分析与排除

故障现象	可能原因分析	解决方法
开机时设备不启动、或启动后随即自动关机	主机内置的锂电池缺电/电压过低	外接单相 AC100~240V 电源，可边充电边工作
	环境温度过低≤-20°C或过高≥60°C	控制工作环境的温度在设备参数的要求之内。
电池充不上电、或很快就能充满但很快也能用完	锂电池损坏、或循环寿命结束	更换新电池、建议每 3 年更换一次电池
开机后，过一段时间会自动关机	检查一下系统设置中的自动关机时间，无按键操作的一定时间后，仪器会自动关机以节省电量:否(不关机)、5、15、30、60 分钟。	
屏幕过暗或过亮	检查一下系统设置中屏幕亮度：5 级调节，20 40 60 80 100%	
无测厚值---、超声波有杂波信号但无强幅值的回波信号	探头/传感器与主机间的各接插连接器件是否处于松动状态	检查并紧固各插接件
	探头/传感器未在被检金属构件上	探头/传感器放置到被检金属构件上
	参数设置中的传感器/探头类型与实际不符: 若常温脉冲 EMA-IMP 探头，被错选为 EMA、EMA-HT，会导致无法激励脉冲/无振动、不测量---、或测厚值明显错误。	
	厚度法校准时需先把探头放到试块上，若未放到试块上，厚度值将显示为 0 而无法输入厚度值，若强制输入厚度值进行校准，会导致仪器声速值超限，不再测量而只显示---甚至屏幕闪动。此时需人工修改声速值为 1000~9999 或重新关开机一次(默认成 1000)方可正常工作。厚度法校准偏差会比声速法稍大一些，若 2 次校准的结果不非常精准，可重复进行 3~4 次校准。推荐:先采用厚度法校准自动反向计算出声速值，再采用声速法校准，手工微调声速值使校准结果更精准。	
	电磁脉冲探头会正常发热，激发能量稍小，对于超声波衰减稍大的金属材料，可能会无回波/不测厚---: 例如双相不锈钢(一个方向对超声波的衰减比另一个方向大)可能会出现一个方向能测厚，另一个方向无回波/不测厚---; 测奥氏体不锈钢、铸铁等可能会无回波/不测厚---。此时宜换用(能量最大)永磁高温或(能量较大)永磁常温探头，就应能正常测厚。	
	某些工况的构件(表面质量差等)可能会导致增益无法自动稳定住、或 因阻塞在最满格处而无波形无厚度，此时可关闭自动增益而采用人工手动调	

	<p>整增益, 增益不宜过大, 否则会导致(任一回波)峰值过高削顶而不测量---</p> <p>最糟糕情况:电磁超声技术(包括其它多数品牌的产品)不一定能测所有的金属材料, 既是不锈钢也有很多种成份构成。</p>
<p>闸门模式下, 看不到闸门位置</p>	<p>请仔细查看屏幕四周边侧, 应有闸门红色点(闸门 1)、绿色点(闸门 2)、天蓝色点(选中可编辑)。表示闸门已在屏幕显示域外, 需反方向多次或连续按 ◀、▶、▲、▼ 才能重新移回到屏幕显示域内。</p>
<p>单次测量时间稍慢</p>	<p>参数设置中的传感器/探头类型与实际不符: 若常温永磁 EMA、高温永磁 EMA-HT 探头, 被错选为 EMA-IMP, 会导致单次测量时间加长、高温测厚误差稍大。</p> <p>自动增益: 开启时会自动智能调整 增益(回波信号的放大倍数)但单次测量时间会稍慢; 关闭后单次测量时间会明显变快, 但需要在 A 扫描界面下, 手动按 -、+ 调整 增益值。</p>
<p>测厚值异常(不稳定或错误)、超声波信号质量差或不稳定</p>	<p>使用中请注意电量要足满, 电量低 ( < 1 格 10%, 会闪烁提示欠电) 时激发的能量会低, 提离度也会稍低一些, 甚至有 A 扫描波形但厚度值处仅显示--却无数字; 电池欠压时, 在当前厚度值校准后再测量其它厚度时会误差稍大、电磁脉冲探头将不再激励或激励幅值很弱/振动乏力。</p> <p>本仪器可以连着电源适配器边充电边工作, 但会引入少量的电网噪声, 一般不影响测量结果。若发现超声波形的噪声较大(尤其使用脉冲探头时), 测量值易变不稳时, 可尝试拔掉电源适配器, 只使用电池进行检测工作。</p> <p>探头类型选择错误:  参数设置→传感器: 选择探头类型(常温永磁 EMA、常温脉冲 EMA-IMP、高温永磁 EMA-HT)。若常温脉冲 EMA-IMP 探头, 被错选为 EMA、EMA-HT, 会导致无法激励脉冲/无振动、不测量---、或测厚值明显错误; 若常温永磁 EMA、高温永磁 EMA-HT 探头, 被错选为 EMA-IMP, 会导致单次测量时间加长、高温测厚误差稍大。</p> <p>参数设置中 Accumulation 累积个数很重要, 会明显影响到: 数据稳定性、单次测量时间、尤其影响提离度。数值越大提离度越大、单次测量时间越长(单次测量反应时间约等于累积个数 ms 毫秒); 建议设置为 64~256, 尽量在 128 时测量(单次测量时间约 128ms)。对于大提离度、表面质量差(较凸凹或锈蚀较严重)、内部材质疏松(如铸铁等)构件, 当厚度数据跳变时, 宜设为 128 或 256 甚至 512。</p> <p>探头/传感器上吸附有较多的铁屑, 可用胶带粘除。</p> <p>①构件表面质量差(上下表面凸凹不平、坑斑、有裂缝或坡面 等)、②内部有大的不连续(夹渣、气孔、分层、埋藏裂缝、埋藏凸凹坡面)、③探头底部距被检构件面较远(空隙、涂层等过厚)也会导致回波质量差、噪声大/信噪比差、甚至无回波, 进而导致测厚值错误甚至无测厚值, 可尝试关闭算法中的自动模式而使用单闸门或双闸门模式。</p> <p>若测厚值异常(不稳定或错误), 宜先观察 A 扫描的波形质量: ①确保</p>

	<p>至少有 1 个(最好有 2 个以上)底波；②信噪比要好(杂波噪声小、回波与杂波能较明显地区分开，若回波与噪声混杂得难以区分，尤其是 0.X-1.Xmm 的薄构件，将难以或无法测厚稳定)；③$20\% \leq$回波幅值相对于满屏$\leq 90\%$；④最高峰水平左右稳定且波顶无交替忽高忽低的多个缝刺。如果达不到较好的波形质量，要么参数设置（算法(自动或单双闸门)、探头/传感器类型、脉冲数、频率、电压、增益、累积个数、检波方式 等)不合适、要么不能测试此材质的构件。</p> <p>当参数修改混乱，导致仪器工作异常(有波形但不测量、显示不全等)可重置一次默认值，把大部分(不是全部)参数恢复为出厂默认值，参见< 5.2 系统设置•重置默认>。</p> <p>两台以上的电磁超声仪近距离(主机之间尤其探头之间相距$< 3m$)同时工作时，可能会出现相互干扰现象(波形不稳、出现随机波)导致测厚值不稳定和偶有大的跳变。需只开机一台电磁超声仪，也可尝试各测厚仪主机间、探头间的间距$\geq 5-10m$</p> <p>参见各“注意事项”逐一排除可能原因</p>
厚度值稳定，但误差稍大甚至超差	<p>测量过程中若改变频率或脉冲数，需重新校准后<参见 5.3>再测量，否则误差会稍大甚至超差。</p> <p>仪器的波形扫描盲区为约 5mm，厚度$\leq 5mm$工件的第一回波会遮掩在盲区内，单闸门实际是卡在第 2 回波上因此会测为 2 倍厚度值，此情况时需要使用自动或双闸门算法，不能用单闸门算法。</p>
测量高温构件时误差大	<p>测量高温构件时：(1)先在参数设置中选择“高温永磁 EMA-HT 探头”；(2)再在“校准→材料”中选择被测材料(仪器才能调入此材料的温补曲线)；(3)再在参数设置中选择标准试块的温度最接近值；(4)再通过声速度法或厚度法校准；(5)最后再在参数设置中选择被测构件的当前表面温度最接近值(例如:320°C时设为 300°C, 330°C时设为 350°C)。以上操作后，仪器会自动对声速进行温度补偿，使得测厚值更为精准。否则测量值可能会被错误地进行温度补偿而不准确。</p> <p>温度补偿曲线只是一种近似的拟合曲线，有不可避免的拟合误差，因此高温工件的测量精度要放宽到2%。因校准试块的温度越接近被测工件的温度，测厚误差会越小，所以尽量在相近温度下校准。</p> <p>大于 100°C 的高温构件，可能会出现 A 扫描回波质量差/噪声大/信噪比差，会导致自动测厚值不稳定跳变，此时可关闭自动测厚模式，而使用单闸门或双闸门模式。</p>
不锈钢、铝、铜等厚 200mm 构件，看不到 A 扫描 200mm 处的回波	<p>A 扫描量程会自动锁定为钢 200mm，(如不锈钢、铝、铜等横波声速稍慢的厚 200mm 构件，A 扫描回波会显示在屏幕 200mm 处的边缘而看不到)当想看$> 200mm$ 处的波形时，需先按▲≥ 5次→再按▶≥ 5次→再按▼≥ 5次。</p>

<p>仪器死机(按键不响应、数据紊乱、无法关机 等)</p>	<p>若工作过程中(某些偶然因素可能会导致)仪器死机、按键不响应、数据紊乱、无法关机等</p>	<p>可同时按下  和 ，强制关机后再按住  约 3s 重新开机。</p> <p>慎用! 可同时按下  和 ，几秒后会：重置所有参数设置、删除所有数据记录(厚度值、A 扫描、B 扫描)、强制关机。</p>
<p>与上位计算机联机时，数据导出经常失败、设备通信联机状态一直显示为“DEVICE DISCONNECTED 未联机”、计算机上的 DEU300.exe 界面闪退</p>	<p>USB 数据线的质量差(线长、径线细、内部断股)； 电脑机箱内的 USB 插座到主板的引线质量较差(未屏蔽、线长、线径细)； 电脑的 USB 口插座松动/接触不良、电脑 USB 端口的电流驱动能力弱。</p>	<p>按 <5.6> 的步骤顺序重新操作，并尝试：更换计算机 USB 端口、更换计算机、更换质量好的 USB 数据线(线长尽量短、尽量粗)。</p> <p>慎用! 可同时按下  和 ，几秒后会：重置所有参数设置、删除所有数据记录(厚度值、A 扫描、B 扫描)、强制关机。</p>

8 成套性

- | | |
|---|---------|
| 8.1 仪器主机(含充电器) | 1 台 |
| 8.2 常温永磁探头 DEU300-EMA (含探头线) | 1 个 |
| 8.3 常温脉冲探头 DEU300-IMP (含探头线) | 1 个(选配) |
| 8.4 高温永磁探头 DEU300-HT | 1 个(选配) |
| 8.5 标准试块(碳钢圆形 $\Phi 20 \times$ 壁厚 10mm) | 1 个 |
| 8.6 使用说明书 | 1 册 |
| 8.7 出厂检测报告 | 1 份 |
| 8.8 仪器箱/包 | 1 个 |

附表：部分材料的超声波声速度

材料 Material (金属 Metal、陶瓷 Ceramic、 玻璃 Glass)	纵波 m/s Longitudinal wave	横波 m/s Shear wave	表面波 m/s Surface wave
铁 Iron	5865	3235	2790
钢 Steel 1020	5890	3240	n/a
钢 Steel 1095	5900	3190	n/a
钢 Steel 302(奥氏体不锈钢) (Austenitic stainless steel)	5560	3120	2780

钢 Steel 304(奥氏体不锈钢) (Austenitic stainless steel)	5670	3125	2780
钢 Steel 347(奥氏体不锈钢) (Austenitic stainless steel)	5740	3090	n/a 不适用 not applicable
钢 Steel 410(马氏体不锈钢) (Martensitic stainless steel)	5390	2990	2160
钢 Steel 4150(Rc=14)	5860	2790	n/a
钢 Steel 4150(Rc=18)	5880	3180	n/a
钢 Steel 4150(Rc=43)	5870	3200	n/a
钢 Steel 4150(Rc=64)	5830	2770	n/a
钢 Steel 4340	5850	3240	2890
铝 Aluminum	6320	3130	2905
铝 Aluminum 1100(2S)	6310	3080	n/a
铝 Aluminum 1100-0(2S0)	6350	3110	n/a
氧化铝 Alumina	10750	6360	n/a
氮化铝 Aluminum nitride	10500	6280	n/a
铜 Copper	4660	2260	1930
黄铜 Brass	4394	2120	
青铜 Bronze		2500	
康铜(铜镍合金) Constantan (Cu-Ni alloy)	5240	2640	n/a
钛 Titan	6070	3100	2790
金 Gold	3240	1200	n/a
铋 Bismuth	2184		
铅 Lead	2160	700	630
镁 MagnesiumAM-35	5790	3100	2870
镁 Magnesium	4660	2350	n/a
钼 Molybdenum	6250	3350	3110
镍 Nickel	5630	2960	2640
蒙乃尔(镍铜合金) Mone (Ni -Cu alloy)	5350	2720	1960
康镍合金 Kang nickel alloy	5820	3020	2790
铂 Platinum	3960	1670	n/a
银 Silver	3600	1590	n/a
钽 Tantalum	4100	2900	n/a
钍 Thorium	2940	1560	n/a
锡 Tin	3320	1670	n/a
钨 Tungsten	5180	2870	2650
铀 Uranium	3370	1980	1780
钒 Vanadium	6000	2780	n/a
锌 Zinc	4170	2410	n/a
锆 Zirconium	4650	2250	n/a
碳化硅 Silicon carbide	12200	7900	n/a
燧石 Flint	4260	2560	n/a
水晶 Crystal	5260	2960	n/a
玻璃板 Glass plate	5770	3430	n/a
冰 Ice	3980	1990	n/a