

联系方式: 15734068833 崔经理 官网: www.yushindt.cn

UM-5 系列超声波测厚仪 使用说明书

目 录

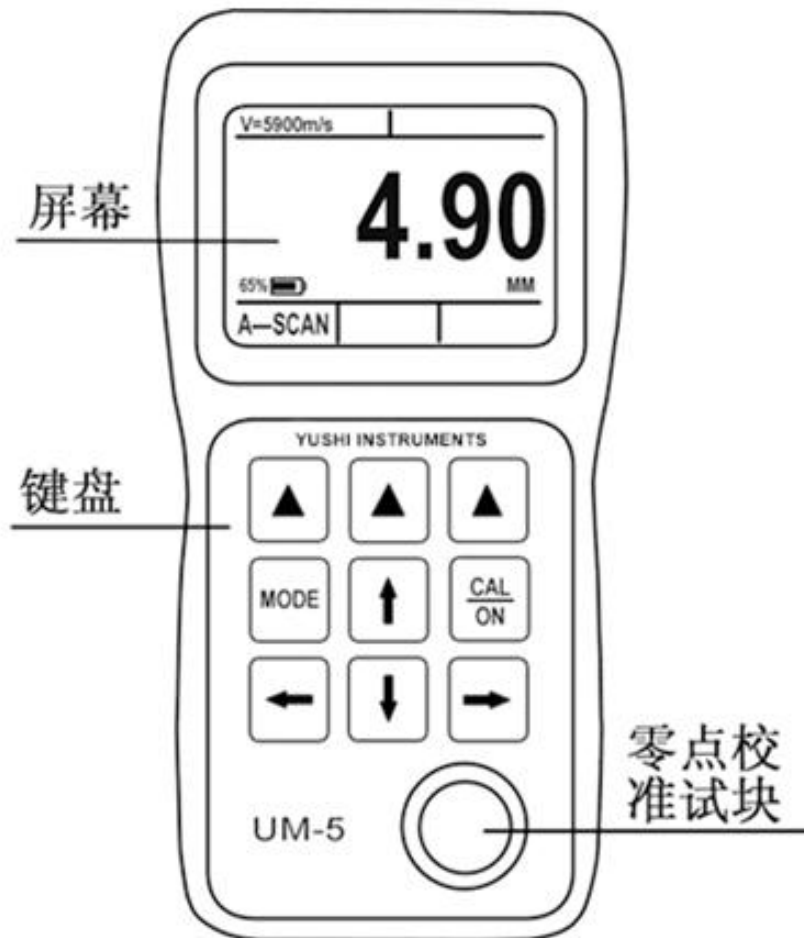
1. 概述	1
1.1 仪器的组成	1
1.2 标准配置	2
1.3 选购件	2
1.4 技术参数	2
1.5 主要功能特点	3
2. 了解键盘功能	4
3. 厚度测量	4
3.1 仪器校准	4
3.1.1 探头校零	5
3.1.2 一点校准	5
3.1.3 两点校准	6
3.1.4 双回波校准	6
3.1.5 声速调节	7
3.2 参数配置界面	7
3.3 数值显示模式	9
3.4 A-扫描界面模式	10
3.5 A-扫描实例讲解	11
3.6 B-扫描界面的操作	12
3.6.1 B-扫描界面	12
3.6.2 B-扫描介绍	13
3.7 双回波（穿透涂层）测量模式	13
3.7.1 双回波模式下的 A-扫描界面	13
4. 数据存储功能	14
4.1 厚度值与波形的存储	14
4.2 浏览已存储的数据	14
5. 测量应用	14
5.1 测量误差	14
5.2 测量方法	15
5.3 管壁测量	15
5.4 铸件测量	15
6. 保养与维修	16
6.1 电源检查	16
6.2 注意事项	16
6.3 维修	16
附录: 材料的声速	17

1. 概述

我厂研制并生产的 UM-5 系列超声波测厚仪, 采用 2.4 英寸彩色 320*240 点阵液晶显示屏。利用超声波测量原理, 从被测工件的一侧向材料内发射声波, 对其厚度进行实时的数字化测量, 而不需要切开被测工件, 是一种小型测量仪器。它能速度快, 无损伤, 正确地进行测量。并且本仪器提供 A、B 扫描功能, 通过回波显示可以帮助使用者很好的控制测量, 使测厚范围宽, 测量数值正确, 也可避免在测量中与材料相关的误差。

本仪器可应用于制造业, 金属加工业, 航空航天、铁路交通、化工业, 商检业等检测领域。除可对多种板材和多种加工件作正确测量外, 还可以对生产设备中多种管道和压力容器进行监测, 监测它们在使用过程中受腐蚀后的减薄程度, 是无损检测行业需要的仪器。

1.1 仪器的组成



1.2 标准配置

名称	数量
主机	1 台
探头	1 个
探头线	1 条
碱性电池	2 节
橡胶护套	1 个
耦合剂	1 瓶
仪器密封箱	1 个
使用说明书	1 本
USB 电缆	1 条 (UM-5DL)
软件光盘	1 张 (UM-5DL)

1.3 选购件

高温探头	铸铁探头
小径管探头	微型探头
探头线	阶梯试块
橡胶护套	存储选项 (UM-5)

探头与测量范围

探头描述	频率 (MHZ)	接触面积的直径	测量范围 (在钢中)	允许接触温度
铸铁探头 ZT12	2	17.5mm	(4.0~508.0)mm	(-10~60)℃
标准探头 PT08	5	10.6mm	(0.8~100.0)mm	(-10~60)℃
标准探头 TC510	5	13.1mm	(1.2~200.0)mm	(-10~70)℃
复合晶片 TC550	5	13.1mm	(1.2~200.0)mm	(-10~70)℃
小径管探头 PT06	7.5	9.1mm	(0.8~30.0)mm	(-10~60)℃
微型探头 PT04	10	7.3mm	(0.7~12.0)mm	(-10~60)℃
高温探头	3	14.2mm	(4.0~80.0)mm	480℃ 以下

注：接触面积的直径测量误差±0.5mm

1.4 技术参数

显示屏	2.4 英寸彩色 320*240 点阵液晶显示屏
工作原理	使用双晶探头的超声波脉冲/回波和回波/回波法
测量范围	0.5 至 508 毫米(0.025 至 20.00 英寸)
测量分辨率	0.01 或 0.1mm(0.001 或 0.01in)
示值误差	±0.05mm (H<10mm) ±(0.5% H+0.01) (H≥10mm) 注: H 为被测物厚度
管材测量下限 (钢)	Φ 20×3mm(PT-08 探头) Φ 15×2mm (PT-06 探头) 示值误差≤±0.1mm
单位	毫米或英寸
显示模式	A-扫描波形模式, B-扫描图像模式, 厚度值模式, 最小/最大值捕获模式, 差值/缩减率模式
V 路径修正	自动 V 声程修正, 补偿双晶探头的非线性度
测量更新率	每秒 4HZ、8HZ、16HZ 可选
材料声速范围	500-9999m/s, 0.0179-0.3937in/u
工作语言	中文/英文/德文/法文/日文多种语言可选
报警设置	最大/最小值报警, 报警时动态改变厚度读数颜色
工作电源	两节 1.5V AA 电池, 待机时长 24 小时
仪器关机	可选 5、10、20 分钟无操作后自动关机或只能手动关机
工作温度	-10 至+50°C
尺寸	153mm×76mm×37mm (H×W×D)
重量	含电池 280g
保质期	1 年

1.5 主要功能特点

- 1.简单易操作的参数配置界面
- 2.可调整的实时 A 扫描, 可调整增益、闸门、消隐、范围、平移等参数
- 3.时基 B 扫描功能, 显示工件的剖面图, 用于观察被测工件的底面轮廓
- 4.数值视图, 用大数字显示厚度值
- 5.厚度报警: 可设置厚度界限, 对界限外的测量值自动报警
- 6.最值模式: 捕获测量过程中的 MAX/MIN 值

- 7.差值模式：获得当前测厚值与标称厚度之差以及差值与标称厚度的百分比
- 8.支持毫米和英寸两种厚度单位
- 9.用户可选的测量分辨率米制 X.XX 和 X.X，英制为 X.XXX 和 X.XX
- 10.用户可选的波形样式：外形线或填充
- 11.用户可选的整流模式：射频，倒相射频，全波，负半波，正半波
- 12.多种语言界面可选
- 13.待机时间：待机时长 24 小时
- 14.大容量数据存储：可以同时存储十万个厚度值和 1000 幅波形，UM-5DL
- 15.可以穿透工件表面的涂层，直接测量基材工件的厚度，UM-5D 和 UM-5DL

2. 了解键盘功能

UM-5 的键盘共九个按键，包括 3 个虚拟屏键 ，四个方向键  两个专属功能键  。具体介绍参见下图（图 2.1）

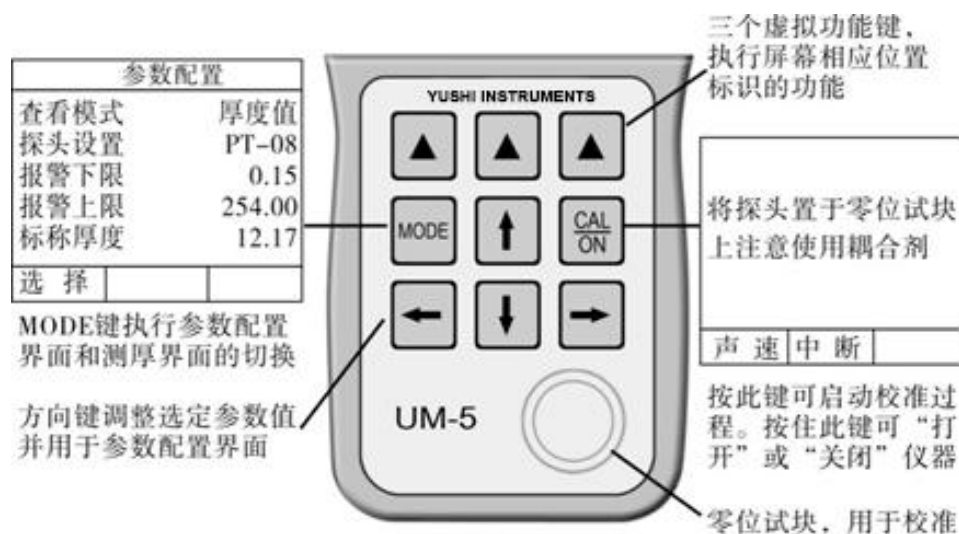


图 2.1 键盘功能介绍

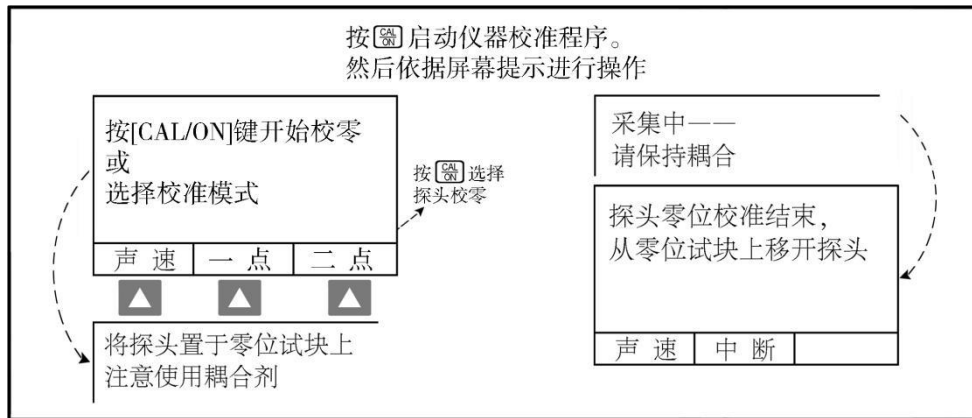
3. 厚度测量

3.1 仪器校准

在使用UM-5之前，需要对仪器和探头进行校准。校准的目的是对探头校零和求出被测材料的声速。在开始校准过程之前，应先设置正确的探头型号，这一点相当重要。UM-5的校准分为以下几种：

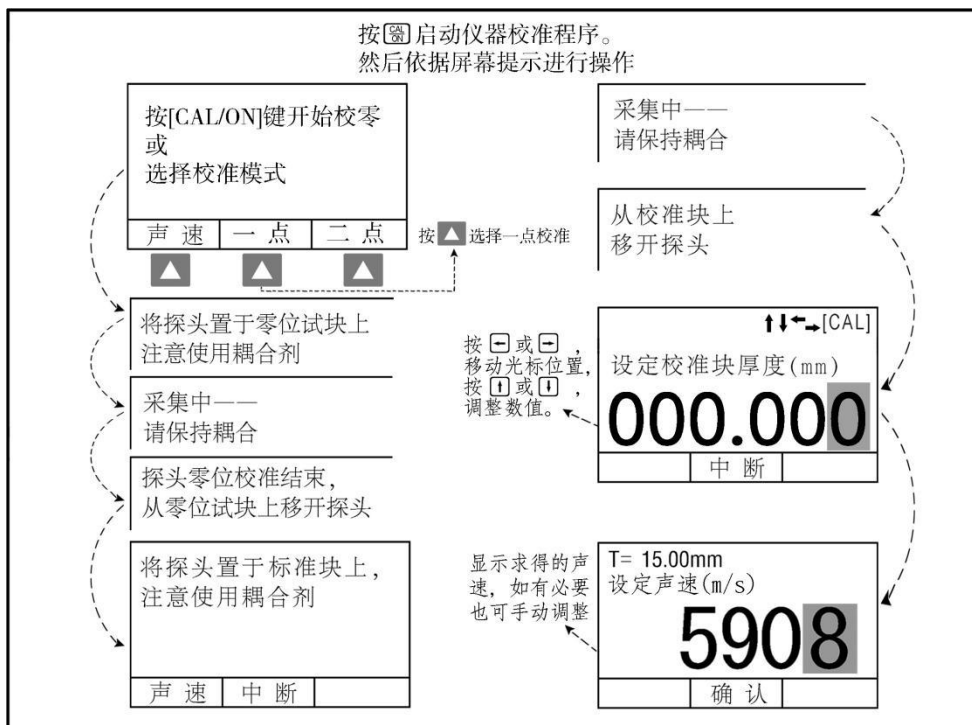
- 1、 探头校零 利用仪器自带的零位试块，对探头校零。
- 2、 一点校准 先利用仪器自带的零位试块对探头校零，然后在用户自备的一个已知厚度的标准试块上求出试块的声速。
- 3、 两点校准 在用户自备的两个同材质、已知厚度的标准试块上，求出探头零点和试块声速。
- 4、 双回波校准 在用户自备的一个已知厚度的标准试块上，求出试块声速。
- 5、 手动设置声速 当已知材料声速时，例如钢的声速是 5900m/s，可手动输入声速。

3.1.1 探头校零

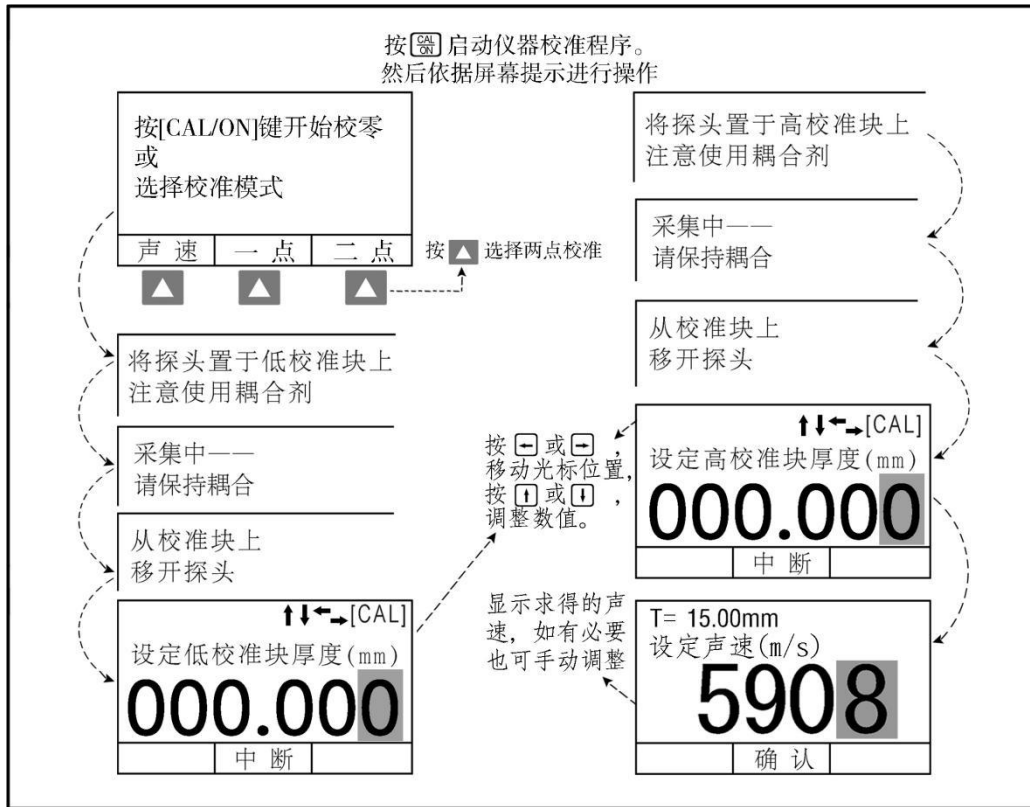


说明：只有在 5900m/S 声速下校零结果是 4.00mm。

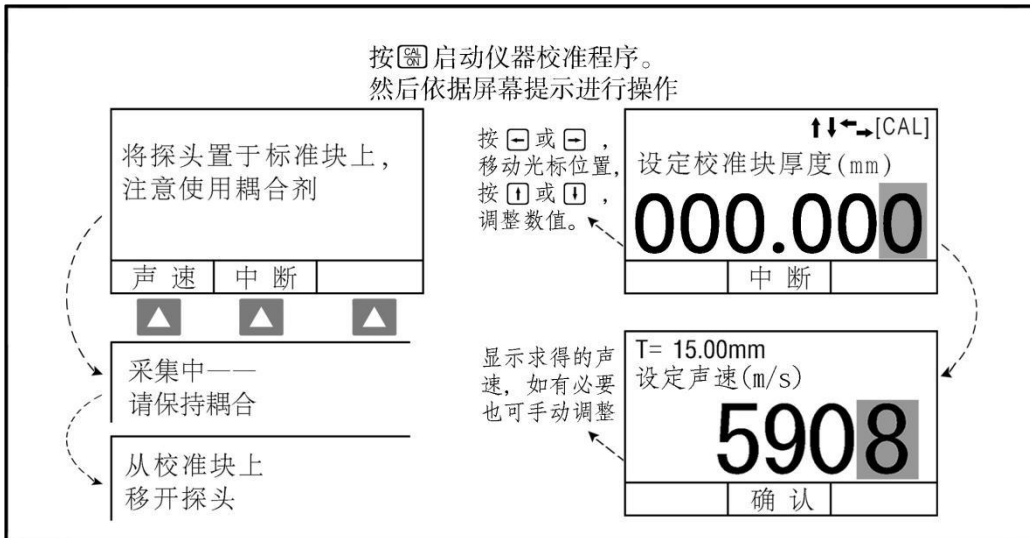
3.1.2 一点校准



3.1.3 两点校准



3.1.4 双回波校准



3.1.5 声速调节



图 3.1 声速调节步骤

注意 1: 校准之前, 先测量标准试块, 保障当前设置的仪器参数能正确测量标准试块。
 注意 2: 探头校零、一点校准、两点校准适用于单回波模式, 双回波校准适用于双回波模式。

3.2 参数配置界面

按 **MODE** 键屏幕显示参数配置界面, 在此界面中有多项参数调节选项, 包括文件编号, 测量模式, 查看模式, 探头设置, 报警下限, 报警上限, 标称厚度, B 扫描最小值, B 扫描最大值, 整流模式, 波形样式, 分辨率, 更新率, 语言, 单位, 自动关机, 清空所有文件和恢复出厂设置。参照下图 (图 3.2)

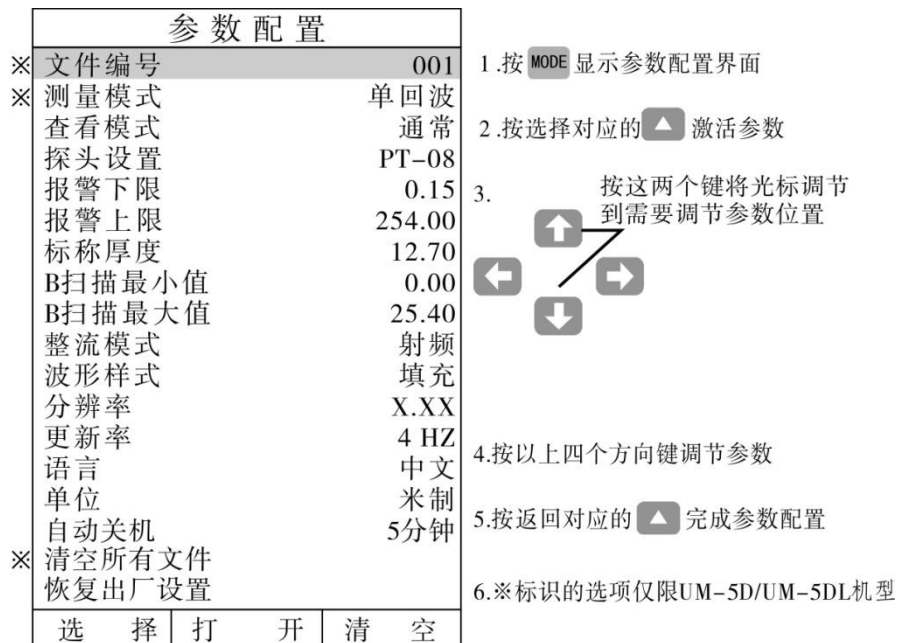


图 3.2 参数调节步骤

文件编号—选择当前文件。总共有 400 个文件, 每个文件中可存 252 个厚度值或波形。

测量模式—有单回波，双回波 2 种模式。普通测量选择单回波模式，使用穿透涂层功能时，设置为双回波模式。

查看模式—此参数分为：通常模式，差值模式，最大值捕获模式。

探头设置—在探头设置中，有多种探头型号可供选择。

TC510 (标配探头);

TC550 (复合晶片探头);

PT-08 (标准探头);

PT-06 (小径管探头);

PT-04 (微型探头);

GT-12 (高温探头);

ZT-12 (铸铁探头);

NULL(其它探头);

报警下限—设置最小厚度警报值。设置范围为 0.15~635mm。如果实测厚度小于报警下限，则测量数据用红色字体显示。

报警上限—设置最大厚度报警值。设置范围为 0.15~635mm。如果实测厚度大于报警上限，则测量数据用红色字体显示。注意：测量上限需要大于测量下限。

标称厚度—设置标称厚度值。设置范围为 0.15~635mm。具体应用参考差值模式的介绍。

B 扫描最小值—设置 B 扫描图像的最小厚度值。

B 扫描最大值—设置 B 扫描图像的最大厚度值。

整流模式—整流模式分为射频，全波，负半波，正半波和倒相射频。射频描绘了完整的回波波形；全波指回波的正半波和翻转为正的负半波均显示；负半波指去掉回波的正半波而将负半波翻转显示为正；正半波指去掉回波的负半波只显示正半波；倒相射频指的是射频波形的反相位波形。

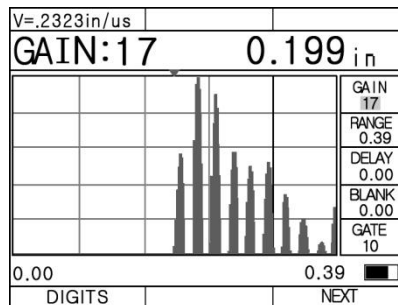


图 3.3 半波整流

波形样式—波形样式有两种选择：外形线和填充。

分辨率—设置测量结果的小数位数。米制分为 X.X 和 X.XX。英制分为 X.XX 和 X.XXX。

更新率—更新测量结果的速率，用户可自行设置 4Hz、8Hz 或 16Hz。

语言—中文/英文/德文/法文/日文多种语言可选

单位—设置测量单位为米制/英制。

自动关机—仪器在无操作设定时间后自动关机, 可选 5 分钟、10 分钟、20 分钟或只能手动关机。

清空所有文件—将所有文件内的厚度和波形数据都清空。

恢复出厂设置—恢复机器出厂时的默认设置。

3.3 数值显示模式

UM-5 系列产品有三种测量界面: 数值界面, A-扫描界面, B-扫描界面。其中数值测量界面又有 3 种显示模式: 厚度值模式, 差值/缩减率模式, 最大/最小值模式。可在参数配置界面的“查看模式”中选择。

在探头与被测物体没有耦合的情况下, 各界面厚度值均用绿颜色字体显示。在耦合良好时, 用白色字体显示。在越过报警范围时, 用红色字体显示。

厚度值模式—即默认界面, 此界面大字体显示当前的实测厚度值。



图 3.5 厚度值模式界面图

1—当前测厚值 2—依次为探头类型、增益程度、单回波、测量单位 3—测厚材料声速 4—电池电量显示 5—A—扫描界面标识

差值/缩减率模式—此界面显示差值（实测厚度值与标称厚度之差）与缩减率（差值与标称厚度的百分比），还同时显示当前实测厚度值与标称厚度的数值。在采用差值模式测量厚度之前, 需要先设定标称厚度, 方法参照 3.2 节。

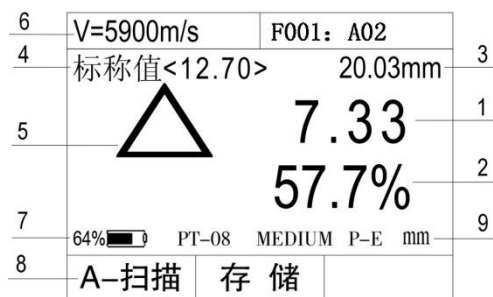


图 3.6 差值模式界面图

1—测厚值与标称值之差 2—差值与标称值的百分比 3—当前测厚值 4—标称数值 5—偏差标识 6—测厚材料声速 7—电池电量显示 8—A-扫描界面标识 9—依次为探头类型、增益程度、单回波、测量单位

最大/最小值模式—此模式在用户连续检测材料厚度时,实时捕获最小厚度值和最大厚度值。此界面显示了在检测过程中检测到的最小厚度和最大厚度,同时也显示当前的实测厚度。在测厚过程中,可按“重置”对应的键重新捕获最值。



图 3.7 最值模式界面图

1—当前测厚值 2—检测到的最大值 3—检测到的最小值 4—测量单位 5—测厚材料声速 6—电池电量显示 7—A—扫描界面标识 8—重置标识

3.4 A-扫描界面模式

A-扫描模式可用于同时查看厚度测量值和 A-扫描波形。在界面的右侧是参数调节区,通过调节参数可大限度地解决多种困难的测厚应用。

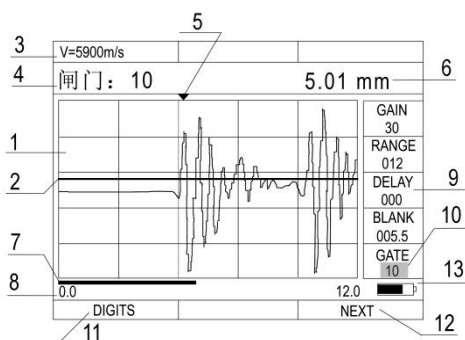



图 3.8 A—扫描界面介绍

1—波形显示区 2—闸门 3—测厚材料声速 4—放大显示选定的参数 5—测量点(即波形与闸门的第一个交点) 6—当前测厚值 7—消隐范围标识 8—屏幕起始坐标 9—参数调节区 10—当前选定的参数 11—大数字模式标识 12—参数选择标识 13—电池电量显示

注意: 在探头与被测物体没有耦合的情况下,厚度读数用绿颜色字体显示;在耦合良好时,厚度读数用白色字体显示;在越过报警范围时,厚度读数和 A 扫描波形用红色字体显示。

在 A-扫描界面,通过按屏幕右下角 NEXT 对应的  键将光标移动到需要调节的参数位置,通过按方向键调整参数值。上下键为小步距调节,左右键为大步距调节。

GAIN (增益)—调整仪器对回波信号的放大倍数,允许以 1dB 为单位手动增加或减少。这个功能对声衰减材料(比如金属铸件)的测量是有用的。

RANGE (范围)—调整显示在屏幕上的波形范围,视觉上波形被压缩或展开。如果没有正确的设置显示范围,回波波形可能出了显示区域而看不到,但仍能正确地显示测量值。

DELAY (平移) —调整显示在屏幕上的波形的起始位置, 视觉上波形被水平移动。如果没有正确的设置平移, 回波波形可能出了显示区域而看不到, 但仍能正确地显示测量值。

BLANK (消隐) —使红色消隐条范围内的波形无效, 可以略去影响测量的有害杂波。实际测量中有时会遇到与材料有关的误测量出现, 例如近表面严重腐蚀、铝材料、内含缺陷、材料结构不均匀或叠片结构等等。如果我们用调整增益或闸门的方法也可以解决部分问题。但是, 如果这些回波比底面的回波还大, 那么只有消隐功能才能避免这种错误。

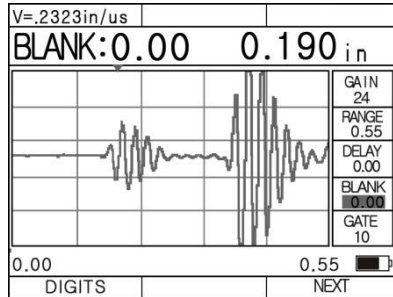


图3.9 消隐前波形

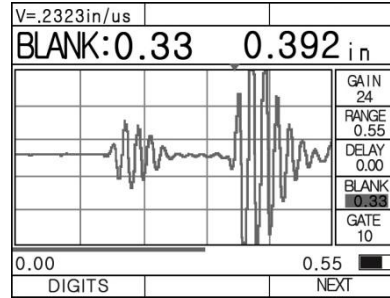


图3.10 利用消隐略去前面噪声

GATE (闸门) —调整闸门的位置。注意只有波形高于闸门时, 仪器才认为接收到了回波, 才会有测量值。另外只在光标反显闸门参数时, 闸门才会显示。波形与闸门的第一个交点处有一个红色箭头指示, 它可帮助判断厚度读数是否正确, 正确测量时, 红箭头应该指向第一底面回波前端。



图 3.11 用 PT04 探头测薄板的波形图

3.5 A-扫描实例讲解

1.在测厚过程中, 经常会出现由于增益过小, 得到的测厚值不正确的情况。如下图, 测试块实际厚度约为 5mm, 但由于增益过小, 一次回波没有冲破闸门, 闸门自动锁定二次回波, 得到测厚值为 10.77mm, 这很明显是错的, 用户可以通过调高增益, 拉高波高, 使一次回波冲破闸门来实现正确测量。



图 3.12 实例图解 1

2. 试块中有缺陷, 闸门锁定了缺陷波。如下图, 测试块厚度约 10mm, 但由于测试块中有明显缺陷, 屏幕上可以看到缺陷波, 并且该缺陷波已冲破闸门, 此时仪器检测到的是缺陷处的厚度值。用户可以调整闸门位置, 使闸门高于缺陷波, 实现正确测量。

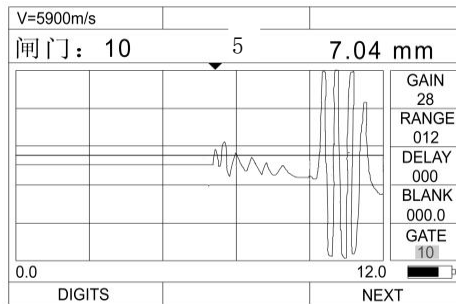
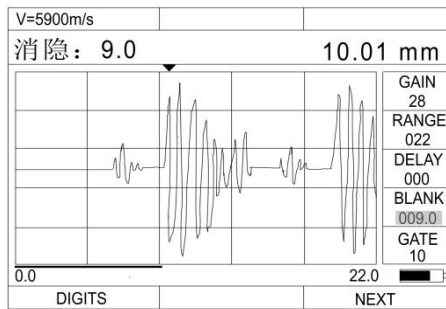


图 3.13 实例图解 2

3. 测试块中有缺陷, 闸门锁定的是缺陷波, 得到的厚度值为缺陷处厚度。此时允许用户使用消隐功能实现正确测量。如下图, 坐标下方自左向右的横线标识消隐范围, 我们用其屏蔽缺陷波, 使闸门不对消隐范围内的回波进行捕获, 从而得到正确的测厚值。



3.14 实例图解 3

3.6 B--扫描界面的操作

3.6.1 B-扫描界面

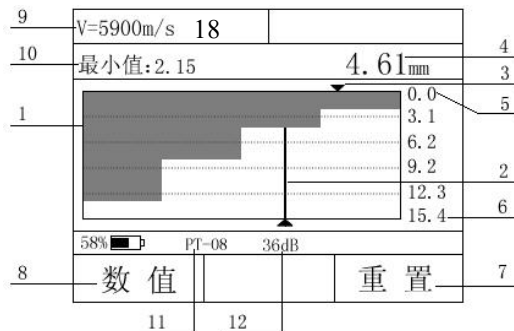


图 3.15 B-扫描界面图

1—B 扫描图像显示区 2—白色指针 3—红色三角 (指示厚度最小值所在位置) 4—指针所指位置的厚度值 5—B 扫描图像的最小值 6—B 扫描图像的最大值 7—删除当前 B 扫描图像及测量值 8—进入数值测量界面 9—声速 10—B 扫描图像上的最小值 11—参数显示区 12—增益值

3.6.2 B-扫描介绍

UM-5 系列测厚仪带时基 B 扫描功能。沿着工件表面移动探头，显示工件的剖面图，用于观察被测工件的底面轮廓。

探头离开工件时自动捕获一幅 B 扫描图像上的最小值，并由红色三角指示出最小值的位置。通过移动白色指针可查看 B 扫描图像上任一点的厚度值。

3.7 双回波（穿透涂层）测量模式

当工件表面有涂层或漆层时，会给测量结果带来相当大的误差，UM-5D和UM-5DL带有回波一回波的测量方法，不需要打磨涂层等破坏工件表面的工序，既可以正确测量工件涂层下基材的实际厚度。该功能是通过测量基材的两个连续底面回波实现的。

在参数配置界面的测量模式中选择，将测量模式设置为双回波，既可以进行穿透涂层的测量。

3.7.1 双回波模式下的 A-扫描界面

双回波模式下的 A-扫描界面，右侧菜单的选项有变化，增加了 E-消隐（回波消隐）选项，取消了闸门选项。测量时的蓝色条表示回波消隐的长度，蓝色条上方的波形无效，如下图 3.16。

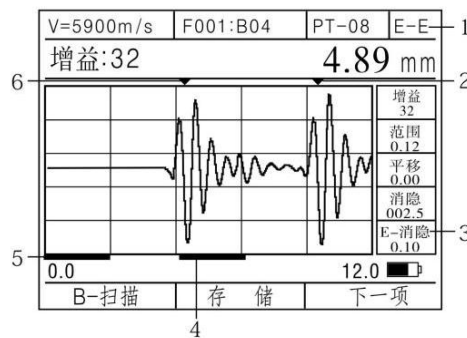


图 3.16 双回波模式下的 A—扫描界面

- 1—双回波测量模式标识 2—蓝色箭头指示二次回波 3—回波消隐
4—蓝色线条：回波消隐的长度 5—红色线条：起始消隐的长度 6—红色箭头指示一次回波

双回波模式下的消隐：

- 1、起始消隐：在屏幕上用红色消隐条表示，起始于零点，故称起始消隐。红条范围内的波形无效，用于略去起始点到一次回波之间的杂波。
- 2、E—消隐（回波消隐）：在屏幕上用蓝色消隐条表示，只有当测量成功进行时才会显现，起始于第一次回波的测量点，故称回波消隐。蓝条范围内的波形无效，用于略去一次回波和二次回波之间的杂波。

注意：本仪器在双回波测量模式下免零点校准，如需零点校准请进入单回波测量模式。

4. 数据存储功能

采用栅格式存储文件, 可存储100,000个厚度值和1000幅A、B扫描波形, 波形和厚度值可混存于同一文件中。

存储在仪器内的数据可以通过USB通讯导入到电脑内, 以EXCEL表格或者TXT文件的格式存储。随机带有Data View上位机软件, 可对数据进行统计、分析、存档、打印报告等操作。

4.1 厚度值与波形的存储

		3	4	
1	001	A	B	C
2	01	1.50	---	---
	02	2.00	---	---
	03	8.00	---	---
	04	12.00	---	---
	05	18.50	---	---
5	返	回	存	消
			6	7

图 3.17 栅格式存储文件


1—存储文件名 2—行的序列号 3—列的序列号 4—存储的数据

5—返回到上一层菜单 6—存储当前厚度值 7—删除当前位置的数据

8—选中的当前单元格

无论是在厚度值界面、A-扫描界面或B-扫描界面, 短按“存储”屏键, 当前测量的厚度值被存储。长按“存储”屏键达3秒钟, 当前波形被存储。在A-扫描界面下, A-扫描波形被存储; 在B-扫描界面下, B-扫描图像被存储。

4.2 浏览已存储的数据

在参数配置界面下, 选择“文件编号”参数行, 按“打开”屏键, 可打开当前栅格存储文件, 厚度值很直观的显示在栅格内, A-扫描波形和B-扫描波形分别用ASCAN和BSCAN表示。用高亮矩形框选中波形单元格后, 按  就可以查看到存储的波形。

5. 测量应用

5.1 测量误差

1. 材料的影响

在许多检测材料, 如非金属或塑料中, 超声传播速度的变化是相当显著的, 因而会影响测量的精度。如果待测对象的材料不是各向同性的, 那么在不同的方向上声速就会不同。在这种情况下就需要用检测范围内的声速的平均值进行计算。平均值是通过测量声速与待测试块的平均声速相当的参考试块而获得的。

2. 薄材料

在使用超声波测厚仪时,当被测材料的厚度降到探头使用下限以下时,将导致测量误差,此时的厚度可用试块比较法测得。

当测量薄材料时,有时会发生一种称为“双重折射”的错误结果,它的结果为显示读数是实际厚度的二倍。另一种错误结果被称为“脉冲包络,循环跳跃”,它的结果是测得值大于实际厚度,为避免这类误差,测临界薄材时应注意观察波形显示,能够判断的情况下,可以通过调节增益或使用消隐功能来避免错误读数。

3. 表面清洁的影响

测量前应清理被测物体表面的灰尘、污垢及锈蚀物,铲除油漆等覆盖物。

4. 粗糙度的影响

过分粗糙的表面会引起测量误差,甚而仪器无读数。测量前应尽量使被测材料表面光滑,可使用磨、抛、锉等方法使其光滑。还可使用高粘度耦合剂。

5. 粗机加工表面

粗机加工表面(如车床或刨床)所造成的有规则的细槽也会引起测量误差,弥补方法同4,另外调整探头隔声层(穿过探头底面中间的金属薄层)与被测材料细槽之间的夹角,使隔层板与细槽相互垂直或平行,取读数中的MIN值作为测量厚度,可取得较好效果。

5.2 测量方法

1. 单点测量法

在被测体上任一点,利用探头进行测量,显示值即为厚度值。

2. 两点测量法

在被测体的同一点用探头进行两次测量,在二次测量中,探头的分割面成 90° ,取两次测量中的较小值为厚度值。

3. 多点测量法

当测量值不稳定时,以一个测定点为圆心,在直径约为30mm的圆内进行多次测量,取MIN值为厚度值。

4. 连续测量法

用单点测量法,沿设定线路连续测量,其间隔不小于5mm,取其中MIN值为厚度值。

5.3 管壁测量

测量时,探头分割面可分别沿管材的轴线或垂直管材的轴线测量,此时屏幕上的读数将有规则的变化,选择读数中的MIN值作为材料的正确厚度。

若管径大时,应在垂直轴线的方向测量,管径小时,则选择沿着轴线方向和垂直轴线方向两种测量方法,取读数中的MIN值作为工件的厚度值。

5.4 铸件测量

铸件材料的测量有其特定性。铸件材料的晶粒比较粗大,组织不够致密,再加上往往处于毛面状态就进行测量,因此使测量遇到较大的困难。故对铸件测量时应注意以下几点:

- 1.使用低频探头, 如本公司的 ZT-12 探头。
- 2.在测量表面不加工的铸件时, 须采用粘度较大的机油, 黄油和水玻璃作耦合剂。
- 3.用与待测物相同的材料, 测量方向与被测物也相同的标准试块校准材料的声速。

6.保养与维修

6.1 电源检查

仪器不能开机时, 应先换新电池。

电池换方法如下:

1. 关机
2. 松开螺钉, 打开电池仓盖
3. 取出电池, 放入新电池, 注意极性

注意: 仪器长时间不使用时应将电池取出, 因为即使关机状态也有微弱能量消耗, 时间久了, 电池没电后将不能开机。

6.2 注意事项

1. 使用随机试块对仪器进行检测时, 需涂耦合剂, 所以请注意避免生锈。使用后将随机试块擦干净。气温较高时不要沾上汗液。长期不使用应在随机试块表面上涂少许油脂避免生锈, 当再次使用时, 将油脂擦净后可进行正常工作。
2. 酒精, 稀释液等对机壳、视窗有腐蚀作用, 故清洗时, 用少量清水擦拭就可以。
3. 探头表面应避免重划, 轻按测量。若探头磨损, 测量会出现示值不稳, 应换新探头。

6.3 维修

如出现以下问题请与我厂维修部联络:

- 1.仪器器件损坏, 不能测量。
- 2.显示屏显示不正常。
- 3.正常使用时, 误差过大。
- 4.键盘操作失灵或混乱。

UM-5 超声波测厚仪为高科技产品, 维修工作应由受过培训的维修人员完成, 请用户不要自行拆卸修理。

附录：材料的声速

介质材料名称	声速 (m/s)
铝	6320
铬	6200
铜	4700
金	3240
铁	5930
铅	2400
镁	5750
银	3600
钢	5900
钛	5990
锌	4170
钨	5174
锡	3320
黄铜	4280—4700
铸铁	4400—5820
玻璃	5260—6120
尼龙	2680
不锈钢	5740
水(20℃)	1480
甘油	1920
水玻璃	2350

注：上表声速供参考，实际声速校准参照 3.1 节