

ConfocalStudio

光谱共焦传感器测量系统

使用手册

为获得最佳使用性能，请在使用前仔细阅读本手册

2024 年 05 月 Version 3.9.2.0

目录

前言	7
符号说明	7
1. 使用须知	8
1.1 安装环境	8
1.2 一般预防措施	8
1.3 灰尘与污物的影响	9
1.4 环境温度的影响	9
2. 关于	10
2.1 软件许可协议	10
2.2 系统构成	11
2.3 手册结构	11
3. 安装说明	12
3.1 控制器输入/输出接口	12
3.1.1 以太网接口规格	13
3.1.2 USB 接口规格	14
3.1.3 数字 IO 端口	14
3.1.4 模拟输出接口	17
3.1.5 探头指示灯	18
3.1.6 功能按键	19
3.1.7 电源接口	19
3.1.8 以太网接口	19
3.1.9 USB 接口	20
3.2 软件安装	21
3.2.1 软件使用要求	21
3.2.2 常见软件故障	21
4. 快速配置流程	22
4.1 以太网连接	22
4.2 USB 连接	24
4.3 选择所需的探头通道	25
4.4 测量距离	25
4.5 测量透明物体的厚度	26
4.6 测量非透明产品厚度	27
4.7 测量数据采集	28
4.7.1 原始图像设置	28

4.7.2 输出数据选择	30
4.7.3 测量数据采集	31
5. 功能设定	33
5.1 基础配置	33
5.1.1 工具栏	34
5.1.2 通信设置	35
5.1.3 通道使能	37
5.1.4 设备状态	38
5.1.5 参数设置	39
5.1.6 测量模式	44
5.2 实时数据采集	45
5.2.1 输出数据选择	46
5.2.2 折射率设置	48
5.2.3 通道运算与实时数据模式切换	50
5.2.4 数据采集	50
5.2.5 数据记录	53
5.2.6 数据统计	53
5.2.7 数据显示	54
5.3 通道运算	55
5.3.1 运算符号设置	56
5.3.2 MATH 标定	59
5.4 原始图像	60
5.4.1 图像实时刷新	61
5.4.2 光源配置	65
5.4.3 峰参数设置	66
5.4.4 暗校准	69
5.4.5 保存图像	70
5.5 高级参数配置	71
5.5.1 通信配置	72
5.5.2 触发配置	73
5.5.3 输出配置	81
5.5.4 管理员配置	86
5.6 常见故障排查	88
6. 干涉模式厚度测量	91
6.1 基本测量原理	91

6.2 干涉测厚适配	91
6.3 原始图像滤波	92
6.4 原始图像查看	93
6.5 折射率配置及厚度数据查看	94
7. 扩展测量功能	96
7.1 长期采样存储	96
7.2 粗糙度测量	97
7.2.1 测量数据获取	97
7.2.2 测量数据分析	98
7.3 频谱数据分析	99
7.3.1 时域测量数据采集	99
7.3.2 频谱计算	100
7.3.3 频谱计算时间窗	100
7.3.4 频谱数据显示	101
7.3.5 频谱峰信息显示	102
7.3.6 频域滤波功能	103
7.3.7 测量数据保存	106
7.4 倾斜校正功能	107
8. 实用测量操作	109
8.1 编辑并上传自定义折射率表	109
8.2 标定已知厚度透明物体的折射率（光谱共焦模式）	111
8.3 单探头测量透明物体厚度	115
8.4 单探头测量距离	119
8.5 双探头测量不透明物体距离	122
8.5.1 双探头对射参数设置	123
8.5.2 MATH 标定的原理	125
8.6 修改 IP 地址为自定义地址	125
8.7 单探头测量多层透明物体厚度	128

未经书面许可，请勿擅自修改或二次分发本文档的内容。

修订记录

日期	版本	备注
2022 年 2 月	3.8.0.5	版本发布
2022 年 2 月	3.8.1.0	增加探头尺寸图
2022 年 3 月	3.8.1.1	增加 Modbus 通信协议
2022 年 4 月	3.8.1.3	增加探头型号 C3000
2022 年 5 月	3.8.2.3	Math 界面功能修复
2022 年 7 月	3.8.2.4	增加适配分辨率功能
2022 年 7 月	3.8.3.0	增加了标定表信息和薄膜 测量功能
2022 年 7 月	3.8.3.1	修改电压下限表述
2022 年 9 月	3.8.4.0	适配 V2.2.0 后固件单双通 道控制器
2022 年 9 月	3.8.4.1	增加 MATH 标定功能
2022 年 10 月	3.8.4.2	增加设备信息、更改数据 记录方式
2022 年 11 月	3.8.4.3	修改触发方式界面、添加 长期采样功能
2022 年 12 月	3.8.4.5	增加触发采样功能图示说 明
2022 年 12 月	3.8.4.6	优化原始图像显示与配置 界面、添加实用测量说明
2023 年 01 月	3.8.4.7	添加频谱数据显示、粗糙 度测量功能
2023 年 04 月	3.8.5.0	增加双探头对中引导功 能、实现 4/2/1 通道控制 器兼容
2023 年 08 月	3.8.5.6	增加折射率标定功能 部分图片内容替换
2023 年 09 月	3.8.6.1	增加干涉测厚相关配置
2024 年 05 月	3.9.2.0	增加干涉和光谱多层测厚 配置

注意

本文档在发行时采用最新内容，本公司保留无需通知用户而对本文档进行任何修订的权利。如有需求，可向本公司索取最新版使用手册。

前言

符号说明

本手册使用以下符号来突出重点说明的地方，请务必阅读理解这些符号的意义



表示若不遵守该注意事项，将导致人员伤亡。



表示若不遵守该注意事项，可能导致人员伤亡。



表示若不遵守该注意事项，可能导致人员受到轻微或中度伤害。



表示若不遵守该注意事项，将导致本产品损害以及财产损失。

1. 使用须知

**危险**

- 本产品属于非防爆区域使用物品，请勿在防爆区域使用。

**小心**

- 施以正确的电压，否则可能会导致火灾、电击或功能失效。
- 不要拆开或改造 C 系列，这样做可能会导致火灾或电击。
- 在连接或断开电缆之前，务必关闭 C 系列的电源或其它相连的设备，否则可能导致损坏。
- 在设置参数时不要关闭电源，否则，设置的数据会部分或全部丢失。

注意

- 对于超出规格所示范围的使用，以及对于改装过的产品，本公司对其功能及性能不做任何保证。
- 本产品与其他设备组合使用时，受使用条件及环境等的影响，可能无法满足功能及性能。

1.1 安装环境

正确和安全使用 C 系列,请不要将 C 系列安装到下列环境中，否则可能会导致设备损坏。

- 湿度高、灰尘多或通风差的地方。
- 温度太高的地方，如暴露在阳光直射下的地方。
- 腐蚀性或可燃性气体存在的地方。
- C 系列可能直接经受震动或冲击的地方。
- 水、油或化学药品会溅到 C 系列上的地方。
- 容易产生静电的地方。

1.2 一般预防措施

- 启动和操作过程中，请务必监控 C 系列的功能和性能。
- 不要打开或改造 C 系列或违反规格的规定使用 C 系列，否则，将无法实现保修。
- 当 C 系列与其它仪器结合使用时，它的功能和性能可能会降低，这主要取

决于操作条件和周边环境。

- 不要将 C 系列及其外围设备置于温度突变的环境中使用，否则，凝结可能会导致功能失效。
- 不要将 C 系列安装在电源或高压线的附近，否则，噪声可能会导致 C 系列功能失效。使用杂波过滤器、单独布线等正确措施来避免噪声干扰。
- 不要将 C 系列靠近来回快速打开关闭的照明系统。如果非要在此环境使用 C 系列，安装一块照明遮蔽板或类似物体，使杂光无法影响测量结果。

1.3 灰尘与污物的影响

在下列情况中，污物、灰尘、流体如油或水都可能会导致测量波动：

- 粘附在镜头镜片上：使用洁净的空气吹掉防护玻璃罩上的污物。如果污物依旧存在，请使用蘸有酒精的软布轻擦玻璃表面。
- 粘附在光纤端面：粘附在光纤插芯端面上的灰尘或油脂会显著影响背景光和信号水平，请使用蘸有酒精的无尘布清洁端面。
- 粘附在目标物表面：使用清洁空气吹掉目标物表面的污物或将其擦去。

1.4 环境温度的影响

环境温度的变化可能会导致测量波动，请务必保持周围环境温度稳定。

2. 关于

2.1 软件许可协议

软件 ConfocalStudio（以下称为“本软件”）的使用条件是，客户同意接受下述软件使用许可协议（以下称为“本协议”）。客户在设备或计算机上安装、复制本软件或本软件的任何部分时，或者使用安装了本软件的设备或计算机时，即表示客户同意本协议所有条款的规定，本协议成立。

第 1 条 使用权许可

1. 作为本协议的规定之一，本公司向客户许可本软件的非独占性使用权。
2. 客户可在客户方的设备及计算机上安装和使用本软件。
3. 客户可以向第三方转让安装有本软件的设备。该情况下，接受转让的第三方可同样使用本软件。
4. 客户在使用后，向第三方转让需要使用本软件的设备及本软件时，可以在客户方的设备和计算机上安装本软件，不受数量限制。该情况下，接受转让的第三方可同样使用本软件。
5. 客户应保证上述 2 条中提及的第三方同意本协议，并遵守本协议中所有条款的规定。

第 2 条 复制限制

客户仅可在备份与存档的用途下，以及上一条规定的向第三方转让时，复制本软件。

第 3 条 禁止事项

1. 除了安装本公司提供的更新程序或新增功能等，本公司明确许可的行为以外，客户不得修改或新增本软件中的任何功能或其任意部分。
2. 客户不得对本软件执行反向编译或反向汇编等，用于分析本软件的任何逆向工程。
3. 除非预先获得本公司的许可，否则客户不得将本软件转售、转让、分发、许可使用、租借给任何第三方。
4. 客户不得仅把本软件转让或提供给第三方。

第 4 条 版权

本软件及本软件的使用手册等的相关版权均归本公司所有。

第 5 条 免责条款

本公司对本软件的使用结果，以及因使用本软件对客户或第三方造成的任何损失，不承担任何责任。

第 6 条 支持

本公司根据本协议的规定，对于客户提出的与本软件相关的咨询事项等提供技术支持。但是，并不保证本公司的技术支持能满足客户的目的需求。

第 7 条 协议终止

1. 客户废弃本软件及其复制版等情况下，终止使用本软件时，本协议即自动终止。
2. 客户违反本协议中的任何条款时，本公司可单方解除本协议。该情况下，客户应立即返还或废弃本软件及其复制版。
3. 因客户违反本协议的任何条款而给本公司带来损失时，客户必须赔偿本公司的损失。

2.2 系统构成

C 系列产品提供如下部件：

序号	名称	功能
1	控制器	处理光信号及输出测量结果
2	探头	用于测量
3	多模光纤连接线*	连接控制器与探头
4	USB 连接线*	连接控制器与 PC
5	Ethernet 连接线*	连接控制器与 PC

* 多模光纤连接线可选 2m、5m、10m 长度，USB 连接线与 Ethernet 连接线为可选配件。

2.3 手册结构

第 1 章. 安全使用 C 系列传感器需要了解的相关事项

第 2 章. C 系列传感器系统构成和软件许可协议

第 3 章. C 系列传感器安装与连接需要了解的相关事项

第 4 章. 快速上手配置和数据采集流程

第 5 章. 软件界面介绍及相关功能设定

第 6 章. 常见故障排查

3. 安装说明

3.1 控制器输入/输出接口

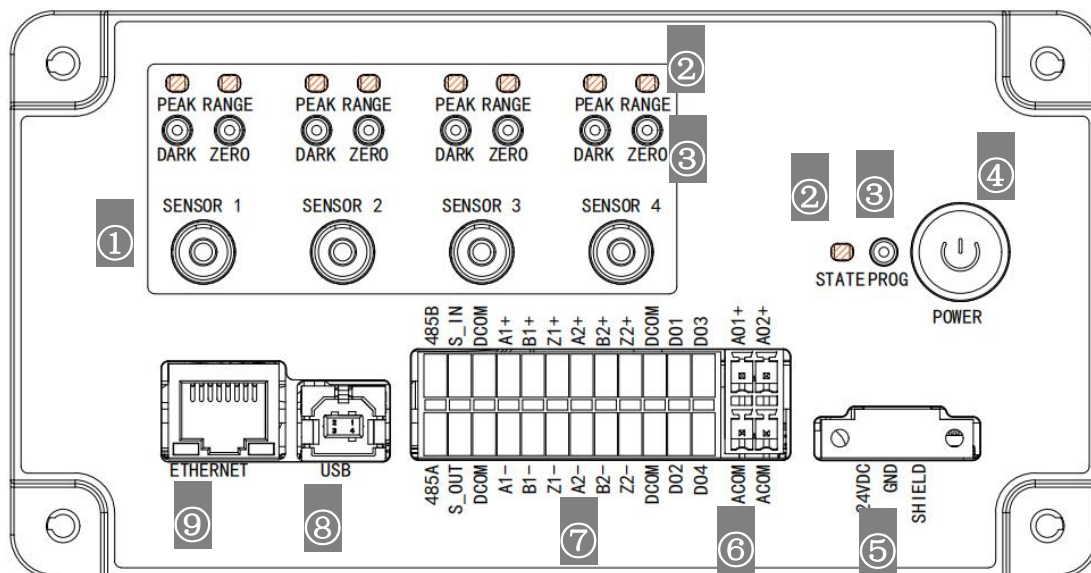


图 3- 1- 1 四通道控制器接口

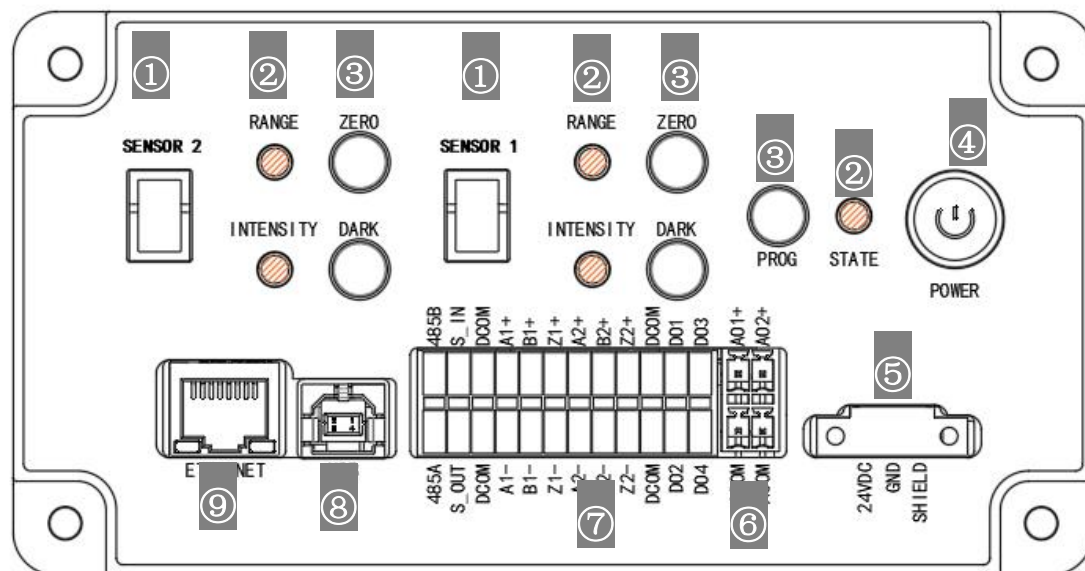


图 3- 2 双通道控制器接口

序号	名称	功能
①	快速光纤接头	通过光纤连接 C 系列传感头
②	指示灯区	RANGE: 量程指示灯

③	功能按键	INTENSITY: 信号强度指示灯 STATE: 状态指示灯 PEAK: 曝光指示灯 ZERO: 系统归零 PROG: 可编程按键, 功能保留 DARK: 暗校准按键
④	电源开关	电源开关
⑤	电源接口	接 DC 24V 电源供电
⑥	模拟输出	模拟电压/电流输出
⑦	数字 IO 端口	RS485、外部触发、编码器输入、比较器输出
⑧	USB 接口	通过 USB 线缆连接计算机
⑨	以太网接口	通过以太网线缆连接计算机

表 3- 1 控制器接口含义

3.1.1 以太网接口规格

● 基本规格

连接器	RJ-45
标准	100BASE-TX
通信协议	UDP

表 3- 2 以太网基本规格

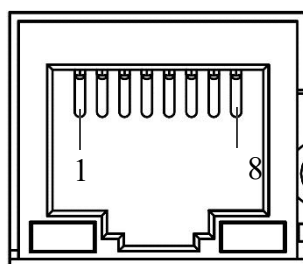


图 3- 3 以太网接口规格

● 连接器规格

编号	信号	方向
1	TX+	输出
2	TX-	输出
3	RX+	输入
4	未使用	-
5	未使用	-
6	RX-	输入

7	未使用	-
8	未使用	-

表 3- 3 以太网接口连接器详细规格

3.1.2 USB 接口规格

● 基本规格

连接器	B 类连接器，母头
标准	符合 USB2.0 标准

表 3- 4 USB 基本规格

● 连接器规格

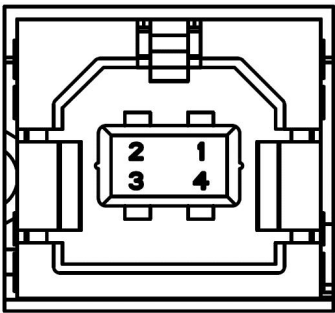


图 3- 4 USB 端口规格（控制器端）

编号	信号	信号说明	信号方向
1	VBUS	VBUS	-
2	D-	差分信号-	输入输出
3	D+	差分信号	输入输出
4	GND	GND	-

表 3- 5 USB 接口详细规格

3.1.3 数字 IO 端口

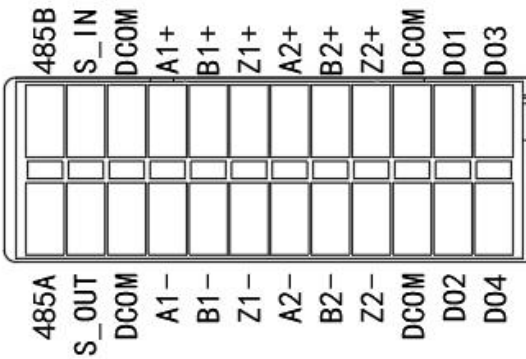


图 3- 5 数字输出接口

名称	定义	信号类型
485A	RS485 接口 A (+) 端	RS485 信号
485B	RS485 接口 B (-) 端	
S-O	Sync Out 端口 (未开放)	——
S-I	Sync In 端口	NPN 输入
A1+	编码器 1 A 相+	RS422 输入
A1-	编码器 1 A 相-	
B1+	编码器 1 B 相+	
B1-	编码器 1 B 相-	
Z1+	编码器 1 Z 相+	
Z1-	编码器 1 Z 相-	
A2+	编码器 2 A 相+	
A2-	编码器 2 A 相-	
B2+	编码器 2 B 相+	
B2-	编码器 2 B 相-	
Z2+	编码器 2 Z 相+	
Z2-	编码器 2 Z 相-	
DO1	数字输出通道 1	NPN 输出
DO2	数字输出通道 2	
DO3	数字输出通道 3	
DO4	数字输出通道 4	
DGND	数字地	——

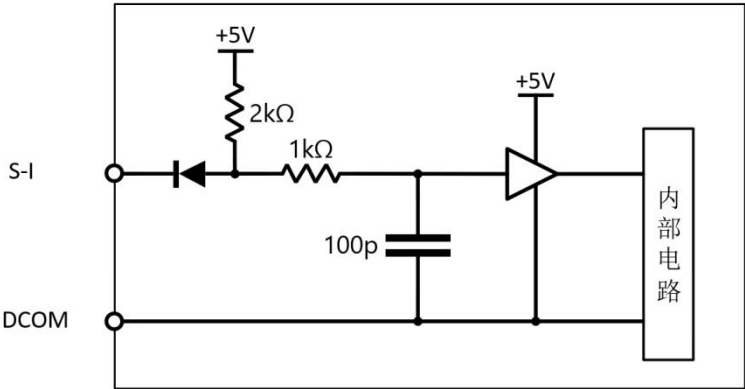


图 3- 6 SI 接口 (NPN 输入) 电气原理图

● S-I 接口规格

短路电流	约 2mA
导通状态电压	<1V

开路状态电流	$<0.6\text{mA}$
最短脉冲时间	$10\mu\text{s}$
软件配置功能	外部触发（边沿、电平）

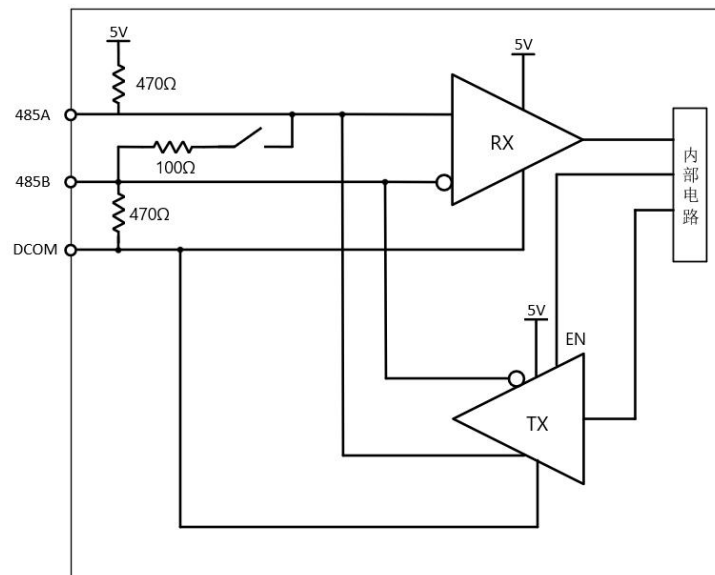


图 3- 7 RS485 接口电气原理图

● RS485 接口规格

规格	半双工 2 线制 RS485 接口
终端匹配电阻	约 100Ω ，可软件配置使能
波特率	19200~115200
协议	MODBUS RTU

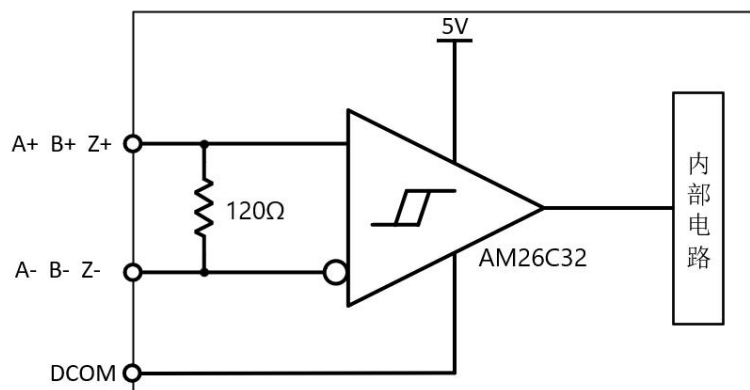


图 3- 8 编码器输入接口电气原理图

● 编码器接口规格

规格	RS422 差分输入
终端匹配电阻	120 Ω
最高频率	>5MHz，与滤波器配置宽度有关

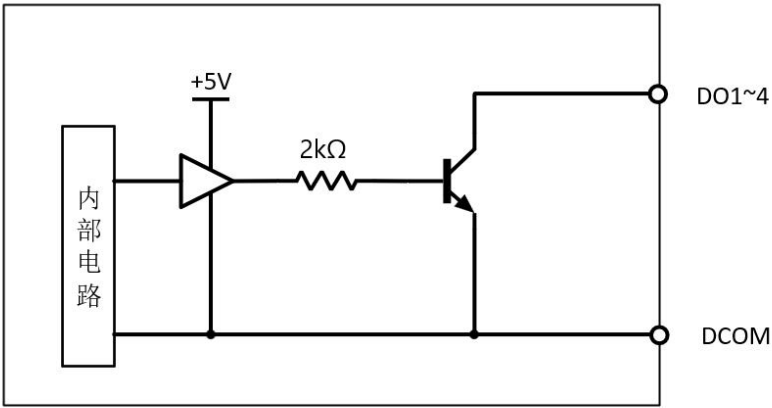


图 3- 9 NPN 输出接口电气原理图

● DO1~4 接口规格

最大灌电流	50mA
导通电压	<0.5V
漏电流	<0.1mA
最大电压	<40V

3.1.4 模拟输出接口

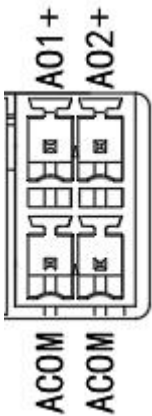


图 3- 10 模拟输出接口

名称	内容
A01	模拟输出通道 1
A02	模拟输出通道 2
ACOM	模拟输出地

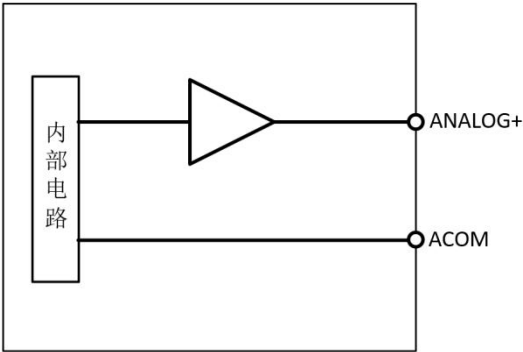


图 3- 11 模拟输出接口电气原理图

● 模拟输出接口规格

模拟电压输出	可选 0~5V/±5V/0~10V/±10V
模拟电流输出	4~20mA
DA 转换分辨率	16bit
输出精度	优于±0.05%F.S.

表 3- 6 模拟输出接口规格

3.1.5 探头指示灯

名称	内容
STATE	状态指示灯。 周期 1s 绿色闪烁：正在初始化； 绿色长亮：初始化完成，未连接 PC； 周期 2s 绿色闪烁：已连接 PC。 双闪：确认按键动作。
RANGE	量程指示灯。 绿色：在量程±50%范围内； 黄色：在量程±50%的范围外； 红色：超出量程或无被测物
INTENSITY	信号强度指示灯。 绿色：信号强度适中； 黄色：信号强度过强，可能造成测量值的不准确； 红色：无法检测到信号峰值。

3.1.6 功能按键

名称	功能
ZERO	按 1s, 读数归零
PROG	可编程按键, 功能保留
DARK	长按 1s, 启动暗校准

3.1.7 电源接口

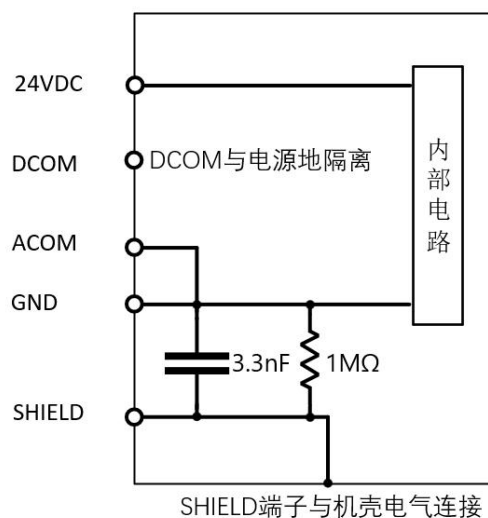


图 3- 12 电源接口电气原理图

● 电源规格

电压	24V, 最大允许±10%波动。
电流	~400mA@24V (LED 光源版本); ~550mA@24V (高亮光源版本);
保护功能	过压、欠压或反接时, 切断电源

注意

请使用符合标称输入电压, 并至少能稳定提供标称工作电流的电源, 其他类型电源可能导致控制器无法工作甚至损坏。

3.1.8 以太网接口

● 通信规格

以太网通信协议为 UDP, 连接方式为点对点。

● 连接方法

1. 将以太网网线插入控制器上的以太网接口中，将网线的另一端插入 PC 的 LAN 接口。
2. 设置本机 IP 地址，设置方式见（5.5.1.1），本机通信端口默认为 8001。
3. 设置控制器 IP 地址，控制器 IP 地址默认为 192.168.0.10，通信端口默认为 8000。
4. 控制器 IP 地址可通过 USB 接口进行修改，修改方式见（5.5.1.1）。
5. 本机 IP 地址与控制器 IP 地址的前三位应一致，可通过（5.5.1.1）将本机 IP 地址发送给控制器。

3.1.9 USB 接口

USB 线的一端连接控制器 USB 接口，另一端连接 PC 端 USB 接口，PC 将自动识别 USB 端口，通过设备管理器可查看 USB 端口号与名称。如果设备管理器未识别 USB 端口，请检查接线是否正确连接、USB 相关驱动是否正常安装。

3.2 软件安装

3.2.1 软件使用要求

软件可直接点击 exe 运行。使用 ConfocalStudio 软件，需要如下电脑系统环境：

操作系统	Windows 7/8/10 64 位操作系统
CPU	Core i5 2.3GHz 及以上
内存空间	2GB 及以上
接口	至少有以下任意接口：USB2.0、Ethernet 100BASE-TX

表 3- 7 软件安装要求

注 意

ConfocalStudio 是在 Windows 上运行的软件，请确认计算机已安装支持的操作
系统，且能正常运行。

3.2.2 常见软件故障

运行“ConfocalStudio.exe”提示缺少 DLL 情况：

在某些运行条件下，可能由于 Windows 未配置必要程序运行环境而缺少 dll 文件，进而产生下图错误：

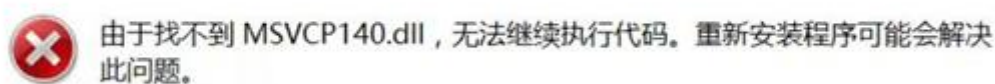


图 3- 13 系统环境缺少相关 dll

软件包内包含系统环境的配置程序“vcredist_x64.exe”，如遇上述问题请先运行此程序进行环境配置。

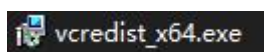


图 3- 14 配置系统环境程序

4. 快速配置流程

4.1 以太网连接

① 以太网连接前的准备

确保与控制器相连的网卡 IP 地址，与控制器存储的计算机 IP 地址一致。

控制器出厂时，默认与其通信的计算机 IP 地址为 **192.168.0.20**。首次与控制器通信时，需将电脑 IP 地址设置为 **192.168.0.20**。

在后续使用中，可对控制器存储的计算机 IP 地址进行修改，与其通信的电脑 IP 地址需与该地址一致。

本机网卡的 IP 地址通过网络与共享中心进行设定，具体步骤如下：

1) 点击更改适配器设置



图 4- 1 网络和 Internet

2) 右键点击以太网，选择属性

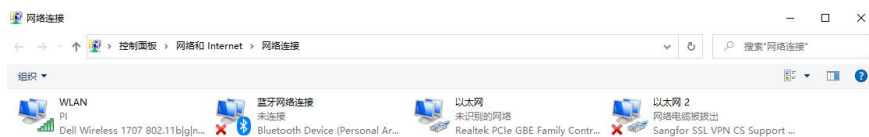


图 4- 2 更改适配器设置

3) 选择 Internet 协议版本 4，点击属性



图 4- 3 以太网属性

4) 选择使用下面的 IP 地址，进行配置

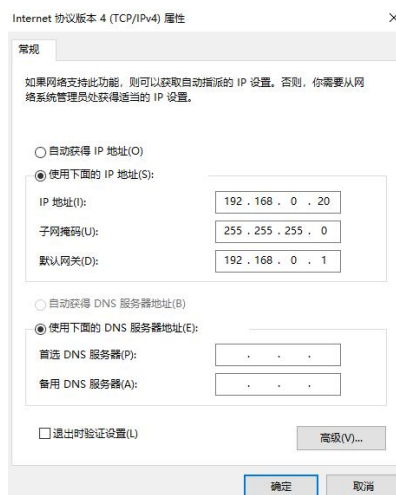


图 4- 4 本地 IP 设置



图 4- 5 以太网连接

②选择通信类型：以太网



图 4- 6 通信类型

③ 输入“设备地址”

设备 IP 地址出厂默认设置：192.168.0.10。

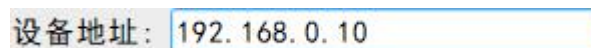


图 4- 7 设备地址

④输入“PC 端口”

出厂默认 PC 端口“8001”



图 4- 8 PC 端口

⑤ 点击“连接”按钮



图 4- 9 点击连接

⑥ 提示“连接成功”



图 4- 10 连接成功按钮

```
2022-02-08 16:44:01 检测设备状态
2022-02-08 16:44:03 准备连接
2022-02-08 16:44:03 读取配置成功
2022-02-08 16:44:03 连接成功
```

图 4- 11 连接成功 Log 信息

4.2 USB 连接

① 通信类型选择：USB



图 4- 12 通信类型

② 输入设备端口

选择与设备连接的串口端口。

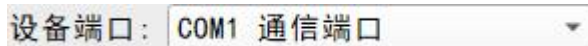


图 4- 13 设备端口

③ 点击连接按钮



图 4- 14 点击连接

④ 连接成功



图 4- 15 连接成功按钮

```
2022-02-08 16:44:01 检测设备状态
2022-02-08 16:44:03 准备连接
2022-02-08 16:44:03 读取配置成功
2022-02-08 16:44:03 连接成功
```

图 4- 16 连接成功 Log 信息

4.3 选择所需的探头通道

在主界面勾选需使用的探头通道，开启对应通道的功能。

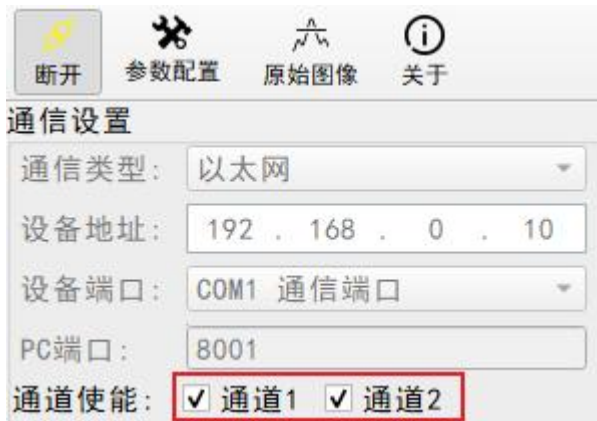


图 4- 17 通道使能

当连接控制器为单通道控制器时，通道使能功能隐藏不开放。

4.4 测量距离

1) 在主界面，点击“测量模式”功能按钮，选择对应的模式；



图 4- 18 测距

- 2) 在主界面工具栏，打开“原始图像”图窗，查看原始图像，将被测物调整到测量量程范围内；

注：需在原始图窗界面中勾选“量程起终点”选择框

- 3) 配置完成后，在主界面点击“刷新数据”按钮，进行数据采集。

4.5 测量透明物体的厚度

- 1) 在主界面，点击“测量模式”功能按钮，进入测量模式选择，根据实际情况进行测厚模式的选择；

进行测厚之前，需对“折射率”表进行配置。

- 2) 点击“折射率”配置按钮，进行折射率设置。



图 4- 19 折射率

- 3) 在“折射率表”图窗，点击“由控制器读取”按钮，从控制器中读取默认折射率表，会提示“下载到本地成功”。

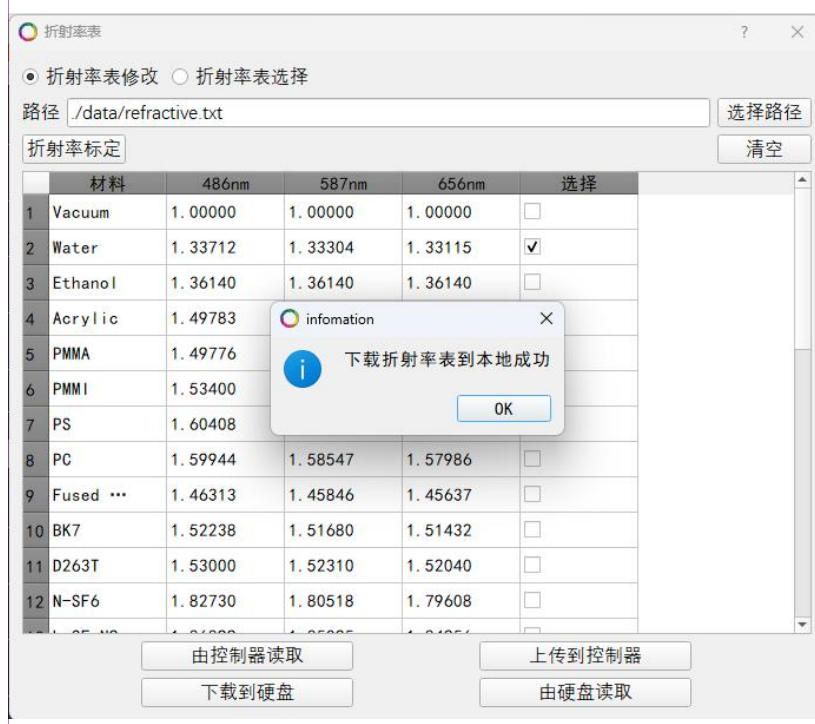


图 4- 20 由控制器读取

4) 根据被测物材质，勾选对应材料的折射率表，同时正确选择要设置的探头通道，点击“设置”。

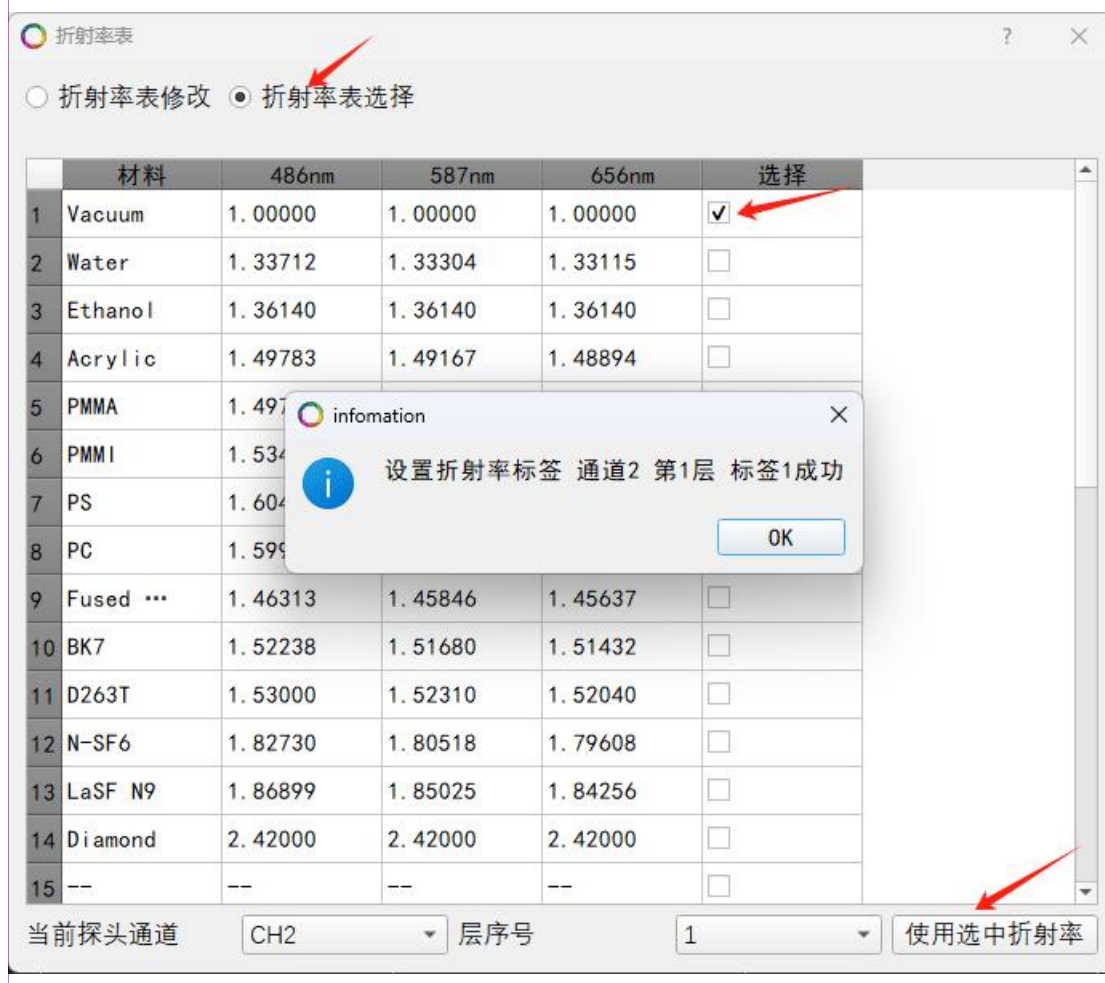


图 4- 21 设置折射率

4.6 测量非透明产品厚度

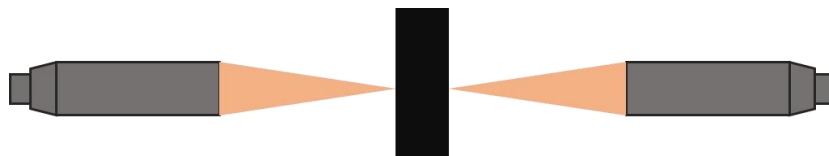


图 4- 22 双探头对测

测量非透明物体，可以采用双探头对测的方式。该测量方式，需使用主界面的“Math”功能。

“Math”功能使用步骤：

- 1) 在主图窗中，点击“Math”功能按钮；



图 4- 23 Math 按钮

- 2) 根据探头实际安装位置，配置“Math”功能运算符；



图 4- 24 双探头对侧非透明产品厚度设置

“Math” 功能运算符说明：

- 运算符 +：表示加上通道数据值。
- 运算符 -：表示减去通道数据值。
- 运算符 0×：表示通道数据值不参与运算。

具体设置参照图 4-24 进行设置。

4.7 测量数据采集

4.7.1 原始图像设置



图 4- 25 原始图像界面按钮

- 1) “暗校准”操作

“暗校准”操作用于消除光学测量背景噪声。

操作步骤：

- ① 使用遮挡物将要校准的通道探头遮挡；
- ② 点击主界面的“暗校准”按钮，弹出“暗校准”界面；
- ③ 在“暗校准”界面，选择要校准的探头通道；
- ④ 点击“开始暗校准”，等待暗校准完成提示。

- 2) 光谱图像参数设置

操作步骤：

- ① 在主界面的操作栏，点击“原始图像”按钮，进入“原始图像”界面；

光谱设置	
Property	Value
当前光谱图像通道	通道1
图像类型	校准图像
▼ 通道1	
▼ 光源控制	
光源开关：	开
光强配置 (%)	100
▼ 曝光	
曝光模式	自动
曝光时间 (us)	5000
目标曝光值	4000
曝光时间上限	5000
曝光时间下限	6
▼ 测量峰选取	
选择方式	编号
▼ 峰1	
序号	1
▼ 峰2	
序号	2
▼ 通道2	
▼ 光源控制	
光源开关：	开

图 4- 26 原始图像设置

出现的峰值个数会随着测量模式的改变而改变，此样图为单层测厚模式。

调整被测物至探头零距离参考点附近，可观察到被测物上会出现一个明显的亮斑，且在原始图像中会出现明显的波峰。

- ② 设置当前光谱图像通道
选择要设置的对应通道号
- ③ 设置图像类型
选择“校准图像”
- ④ 设置光源开关
选择“开”
- ⑤ 设置光强配置
推荐设置值：100%
- ⑥ 设置曝光模式
选择“自动”
- ⑦ 设置目标曝光值
推荐设置值：4000
- ⑧ 设置测量峰选取模式

- 测量距离
选择“最大值”模式
- 测量透明产品厚度
选择“编号”或“区间”模式，推荐使用“编号”模式；
编号模式下：峰 1 序号~峰 6 序号设置值，建议依次设置为 1~6；
- 测量非透明产品厚度
选择“最大值”模式

4.7.2 输出数据选择

图像参数设置完成后，回到主界面，选择要上报的测量数据。



图 4- 29 图像滤波设置界面

操作步骤：

- 1) 切换至主界面的图像窗口，点击“输出数据选择”按钮，弹出“选择输出数据”窗口；
- 2) 在“选择输出数据”窗口，选择要上报数据所在通道，再勾选要上报的数据类型；

各测量模式下的数据类型选择：

- ① 测量距离
根据测量需求，勾选距离 1 或距离 2~距离 6
- ② 测量厚度
勾选厚度~厚度 5 中所需要的厚度
- ③ 双探头对测测厚
选择“Controller”通道，勾选“Math”数据类型

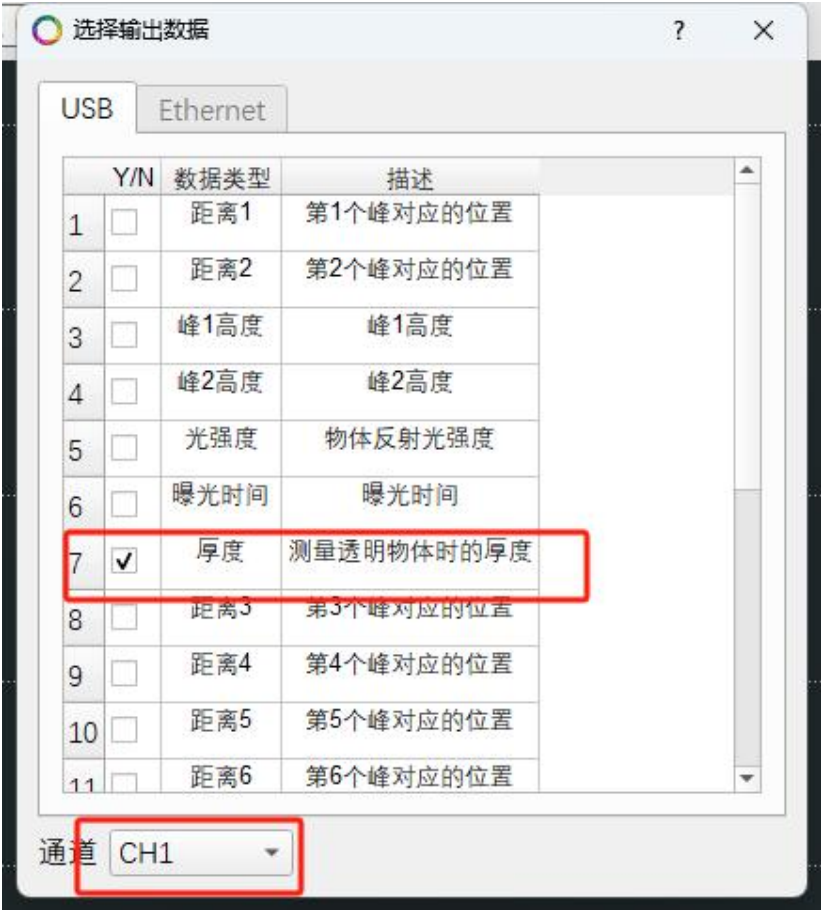


图 4- 30 测厚勾选

输出数据选择中可选的选项也会随着测量模式而改变。

4.7.3 测量数据采集

在完成“原始图像”和“输出数据选择”设置后，进入测量数据采集步骤。

- 1) 在主界面数据采集栏下，点击“刷新数据”按钮；
- 2) 图窗数据显示曲线实时动态刷新，选择上报的数据实时显示。

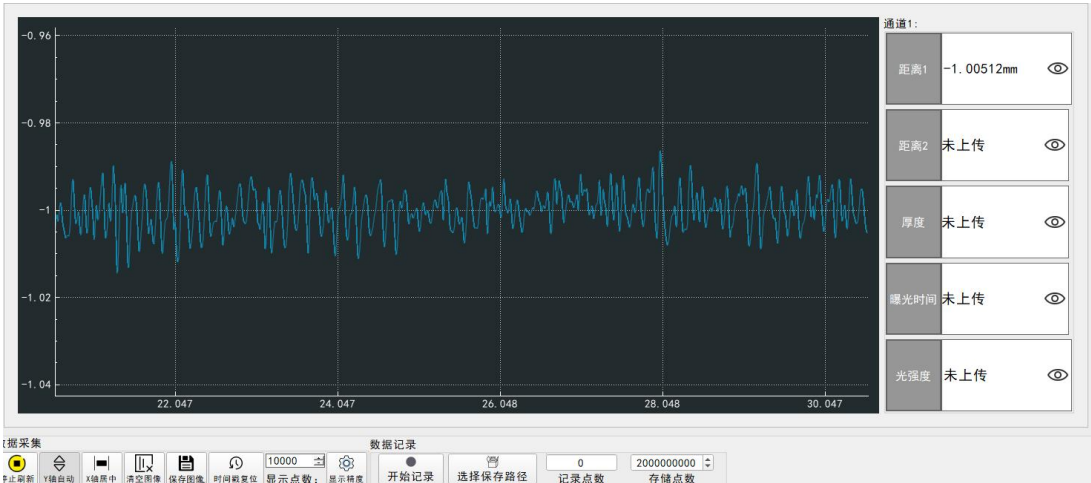


图 4- 31 正常读取单通道数据



图 4- 32 正常读取双通道数据



图 4- 33 正常读取四通道数据

5. 功能设定

5.1 基础配置

四通道：

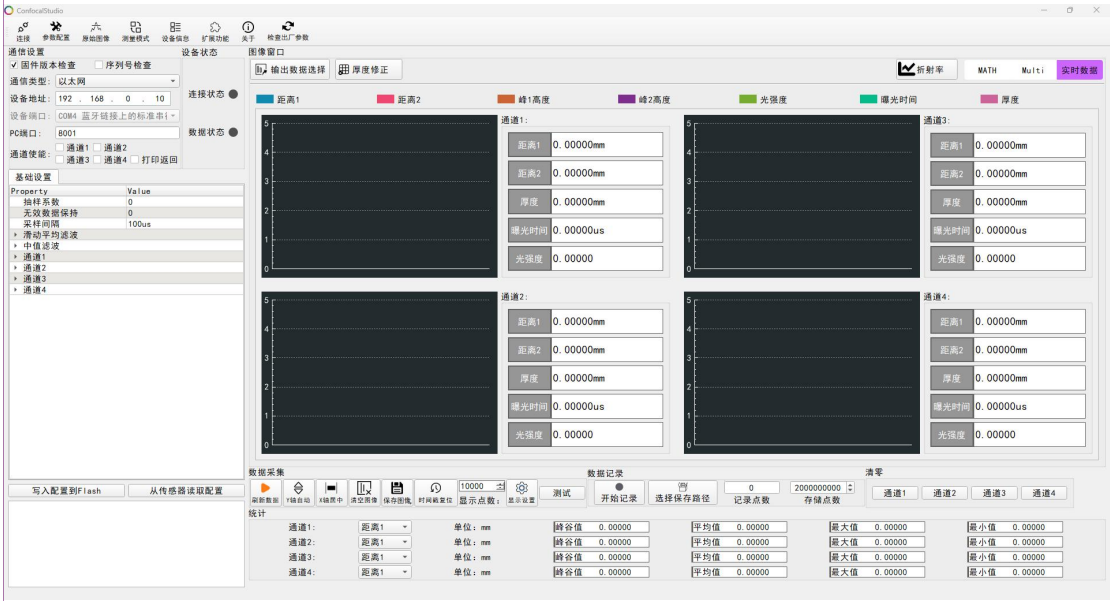


图 5- 1 上位机四通道主窗口

双通道：



图 5- 2 上位机双通道主窗口

单通道：

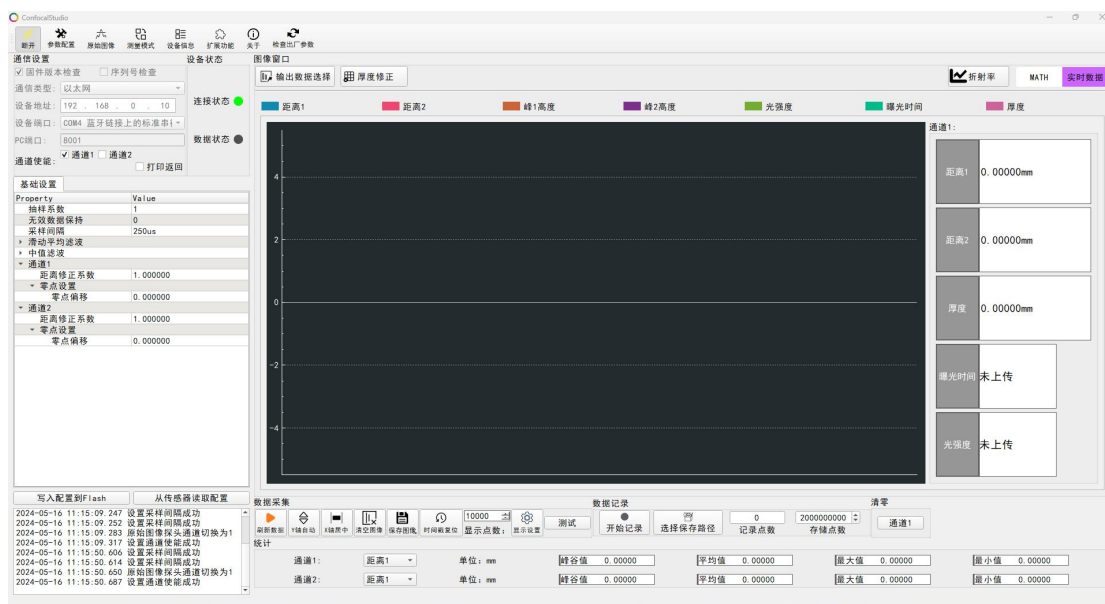


图 5- 3 上位机单通道主窗口

5.1.1 工具栏



图 5- 4 工具栏按钮

工具栏按钮的功能如下：

- 连接按钮

软件与控制器建立通信连接的按钮，通信参数配置无误后，点击“连接”按钮，软件即可与控制器建立连接。

- 参数配置按钮

该按钮用于弹出“参数配置”窗口（详见 5.5 参数配置界面）。

- 原始图像按钮

该按钮用于弹出“原始图像”窗口。

- 测量模式按钮

该按钮用于在测距，单层测厚和多层测厚功能之间切换。

- 设备信息

该按钮用于显示设备相关的版本及序列号信息。



图 5- 5 设备信息显示

探头的型号通常与标定表绑定，当使用的标定表附加信息中的探头型号发生改变且该标定表正被某个通道使用时，探头类型会发生变化。

- 拓展功能
该按钮用于弹出具有四个功能的窗口，功能分别为：长时间采样存储、粗糙度测量、频谱数据分析和倾斜补正功能。
- 关于按钮
该按钮用于弹出软件版本信息显示窗口。

5.1.2 通信设置

5.1.2.1 通信参数

通信设置用于配置与控制器进行通信的参数。



图 5- 6 通信设置区域

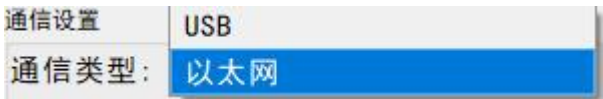


图 5- 6 通信类型

通信类型：USB、以太网

当通信类型为 USB 时，需配置的通信参数为设备端口，即计算机上与控制器 USB 通信对应的 COM 口。控制器与计算机通过 USB 连接后，可在下拉框中

刷新出可选端口。

当通信类型为以太网时，需配置的通信参数为设备地址和 PC 端口。设备地址即控制器 IP 地址，出厂默认设置为：192.168.0.10；PC 端口即计算机用于接收控制器数据报文的端口，出厂默认设置为：8001。

如果需更改为其它 IP 地址和通信端口，可在首次用默认 IP 地址和 PC 端口连接成功后，在参数配置窗口界面进行设置。

具体设置流程如下：

参数配置窗口→通信配置页面→网络设置区域，输入要设置的网络通信参数，点击“设置”，完成网络参数更改。

5.1.2.2 连接与断开

1. 连接

在通信参数设置正确后，点击工具栏中的“连接”按钮，即可连接控制器。

连接成功后：“连接”按钮变为“断开”按钮，连接状态指示为绿色；

连接失败后：log 日志框输出连接失败信息，连接状态指示为暗灰色。



图 5- 7 连接标志

正常连接情况下，log 日志框输出的信息如下：

```
2022-01-26 17:47:02 检测设备状态
2022-01-26 17:47:02 准备连接
2022-01-26 17:47:02 读取配置成功
2022-01-26 17:47:02 连接成功
```

图 5- 8 连接成功输出信息

连接失败情况下，log 日志框输出信息如下：

```
2022-08-22 16:21:47.987 准备连接
2022-08-22 16:21:57.118 连接失败！
请检查：
1. 接口是否连接 2. 设备IP地址是否正确 3. PC端口号是
否正确
```

图 5- 9 连接失败错误信息

USB 或以太网连接失败可能原因及排查方法：

① 未正确接线

此时需检查物理连接是否正常，线路有无开路。

② 相应的通信端口被其他程序占用

关闭占用了相应 USB 或以太网端口的应用程序

③ 设备上电时，点击“连接”过快

控制器上电时，需要一定时间启动程序，该时间内连接会失败。

2. 断开连接，

点击“断开”按钮，将向控制器发送断开连接指令。

如果当前正在采集数据，则先停止采集数据，再断开连接。

（特殊情况：连接成功后，当网线或者 USB 线拔出时，连接也会断开）



图 5- 10 USB 连接断开弹窗

注 意

控制器在上电后，需要 10 秒左右时间启动程序，在启动期间向控制器发送指令不响应。

5.1.3 通道使能



图 5- 11 通道使能

在四通道控制器中，存在四个探头通道，四个探头通道以交替曝光的形式进行工作。因此，当四个探头通道同时工作时，采样间隔会变为原来的四倍。

通过设置通道使能状态，可控制四个探头通道中某个通道工作、其他通道不工作，也可控制四个探头通道同时工作。

举例：采样间隔为 100us 时，如果只设置通道 1 使能或者通道 2 使能，此时实际采样间隔为 100us；如果设置通道 1 和通道 2 都使能，则实际采样间隔变为 200us。

可使能通道包括通道 1 到通道四。通道表示的是对应探头所使用的通道，限定至少有一个通道被使能。连接成功后，软件会自动从控制器读取使能情况。

通道使能后，表明该通道已启用，可正常采集和设置该通道的测量参数；未使能的通道，则无法进行数据采集和对应通道参数设置。

5.1.4 设备状态



图 5- 12 设备状态区域

5.1.4.1 连接状态

- ① 暗灰色：软件与控制器未连接。
- ② 绿色：软件与控制器连接成功。

5.1.4.2 数据状态

- ① 暗灰色：当前无数据采集。
- ② 绿色：正在采集数据，数据正常。
- ③ 红色：正在采集数据，数据异常。

数据异常排查：请参考“5.6 常见故障排查”

双击【数据状态】文字，可查看详细的告警信息。



图 5- 13 警告信息窗口

如图 5- 15-4 所示，当测量数据存在一个警告便会显示为红色，在警告信息窗口中可以查看详细的警告，当数据状态正常或者未上传时，都会标记为绿色。

5.1.5 参数设置

基础设置	
Property	Value
抽样系数	1
无效数据保持	0
采样间隔	250us
▼ 滑动平均滤波	
窗口宽度	1
▶ 中值滤波	
▼ 通道1	
距离修正系数	1.000000
▼ 零点设置	
零点偏移	0.000000
▼ 通道2	
距离修正系数	1.000000
▼ 零点设置	
零点偏移	0.000000

图 5- 14 基础设置

5.1.5.1 无效数据保持

当测量过程出现异常时产生无效数据，传感器对无效数据点出现次数进行计数。

用户可通过上位机软件设置一个无效数据保持点数 N ，无效数据点出现次数如果小于 N ，则以出现无效数据前的最后一个有效数据输出；无效数据点出现次数如果大于 N ，则输出无效数据，从而实现过滤偶发的无效数据。

例如：无效数据保持设置为 100，当因某些原因导致数据异常时，不输出异常数据，继续保持上一有效数据。当连续出现 100 个异常数据时，继而在保持上一有效数据，输出无效数据。

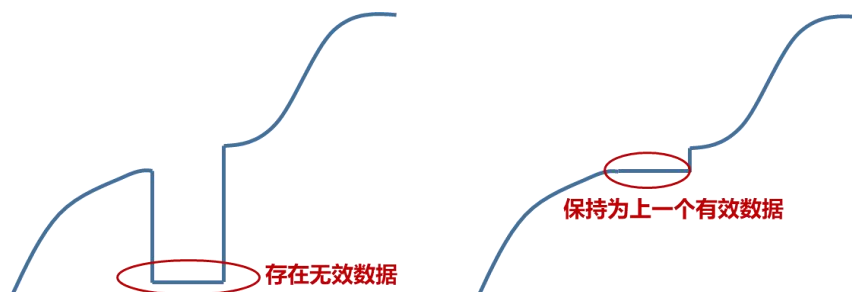


图 5- 15 无效数据保持的作用

无效数据保持的最小值为 0，最大值为 1000。

5.1.5.2 采样间隔

采样间隔，即为连续采样时，相邻两组数据读取时间之差。采样间隔 T 与采样频率 f 的关系为： $f = \frac{1}{T}$ 。例如当采样间隔为 100us（即 0.0001s）时，对应的采样频率为 10kHz。

单通道控制器可选采样间隔包括：

100us、125us、160us、200us、250us、500us、1ms、2ms、5ms、10ms。

双通道控制器可选采样间隔包括：

200us、250us、320us、400us、500us、1ms、2ms、4ms、10ms、20ms。

双通道控制器采集流程为通道 1 采集 1 个数据点后，再对通道 2 采集数据点，如此反复，所以采样间隔是单通道的 2 倍。

注 意

- 采样间隔应大于曝光时间，曝光时间最长为采样间隔减去 5.4us。
- 外部触发时，触发间隔应大于实际采样间隔。

例如：采样间隔设置 100us，外部触发时，需要间隔 100us 才可再次触发采集数据点。

5.1.5.3 滑动平均滤波

滑动平均窗口可选宽度包括：1、2、4、16、64、256、1024、4096。

- ① 如果设置窗口宽度为 16，那么表示对该窗口中 16 个数据做平均，当窗口末位有数据进入时，窗口首位数据移除，如此往复。
- ② 窗口宽度为 1 时表示关闭滑动平均。

5.1.5.4 中值滤波

中值滤波可选宽度包括：1、3、5、9、15、31、63。

中值滤波作用：建立一个数据缓冲区，依顺序存放 N 个采样数据，每采进一个新数据，就将最早采集的那个数据丢掉，然后对包括新数据在内的 N 个数据进行排序，取顺序在中间的值作为输出值，例如窗口为 5 的时候，就代表用 5 个数据，选第 3 个输出，窗口为 9 的时候，代表用 9 个数据，选第 5 个输出。

注 意

单层测厚模式下，采样间隔小于 125us 时，中值滤波将不生效
多层测厚模式下，采样间隔小于 200us 时，中值滤波将不生效

5.1.5.5 距离修正系数

距离修正系数用于用户修正位移值，在默认情况下，距离修正系数为 1。

距离修正系数修改为其它值的情况：假设某段距离实际值为 1.001mm，传感头输出位移为 1mm，可以将修正系数改为 1.001。

距离修正系数仅对距离 1 和距离 2 产生影响，不会对厚度值产生影响。若想要修正厚度值，请修改厚度修正系数。

5.1.5.6 厚度修正系数与计算来源配置

光谱共焦模式下，折射率与厚度修正系数共同影响最终厚度计算结果，折射率影响被测透明物体在不同量程位置下的厚度值，厚度修正系数用于修正由于探头倾斜或其它原因造成的厚度成比例偏差，通常默认为 1。

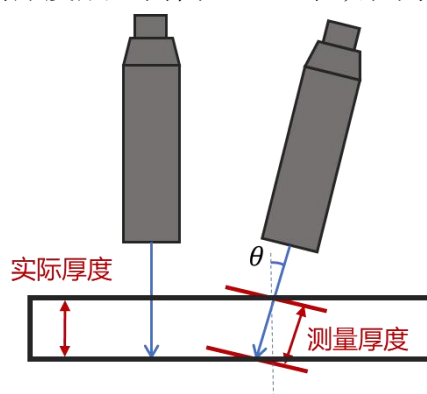


图 5- 16 倾斜导致的厚度比例偏差



图 5- 17 单层测厚模式下折射率与修正系数



图 5- 18 多层测厚下折射率选择、厚度修正、计算来源配置

当被测物存在多层反射界面时，厚度计算来源可以选择计算某两层界面的厚度，通常情况，默认输出相邻两层反射界面的位置之差。即为下表中配置：

厚度层数	探头远处位置 2	探头近处位置
1	距离 2	距离 1
2	距离 3	距离 2
3	距离 4	距离 3

4	距离 5	距离 4
5	距离 6	距离 5

表 5- 1 默认厚度计算来源配置

当需要计算多层透明物体的总厚时，例如，需要设置前三层厚度时，可以将探头远处位置 2 和探头近处位置 1 设置为距离 4 和距离 1，需要计算 6 层物体厚度时，可以将探头远处位置 2 和探头近处位置 1 设置为距离 6 和距离 1。

注意

当单层测厚模式时，默认探头远处位置 2 为距离 2，和探头近处位置 1 设置为距离 1。

测距模式时，厚度修正和折射率相关参数无需配置，默认隐藏。

5.1.5.7 零点设置

- 零点偏移：当零点偏移值不为 0 时，输出位移值为当前位移值 x 加上零点偏移值。
例如：希望将原来的-2mm 位置设置为探头零点，可设置零点偏移为+2mm。
- 位置清零：点击位置清零按钮时，以当前位置为零点 x_0 ，输出数据为实际位移值 x 减去零点位置 x_0 。



图 5- 19 多层测厚模式下零点设置及清零按钮位置

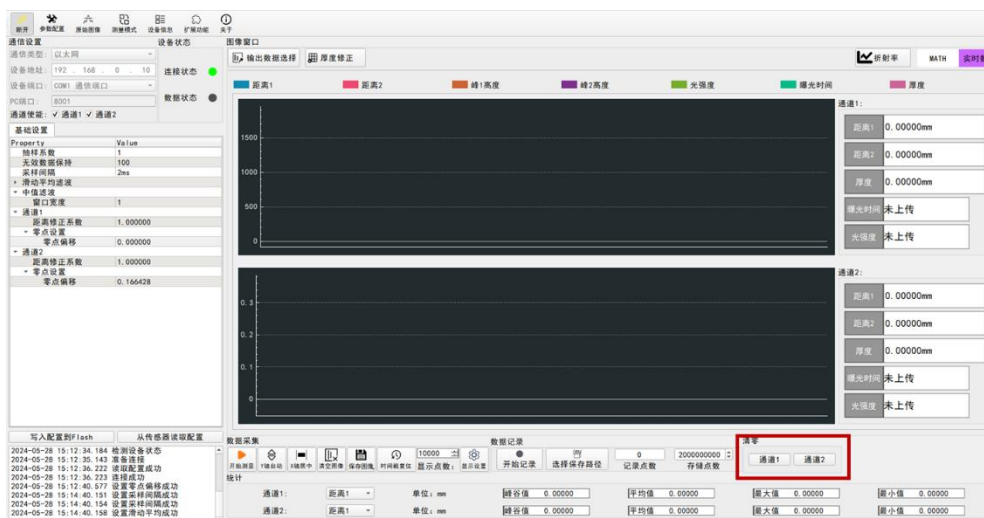


图 5- 20 单层测厚或测距模式下清零按钮位置

修改探头的偏移不改变探头的实际物理测量范围。

例如：量程为 $37\text{mm} \pm 2\text{mm}$ 的探头，设置了 -3mm 的偏置后，量程为 $40\text{mm} - 5\text{mm}$ 至 -1mm ，实际可测量范围仍是 $35\text{mm} \sim 39\text{mm}$ 。
清零还可通入配置 SYNC 输入进行清零。

5.1.5.8 参数固化



图 5- 21 写入、读取配置

1. 写入配置到传感器：

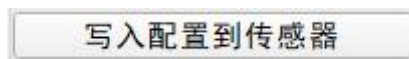


图 5- 22 写入配置到传感器

与控制器确认连接后进行的参数配置，仅在本次上电过程中有效；控制器掉电重新上电后，设置的参数将失效。

如果希望连接后进行的参数配置，在下次上电后依然有效，可以点击“写入配置到传感器”按钮，将控制器参数保存到 Flash；下次上电后，将从 Flash 读取写入参数，从而使本次连接配置的参数在掉电重启后依然有效。

2. 从传感器读取配置：

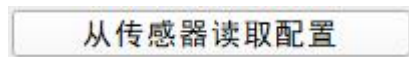


图 5- 23 从传感器读取配置

软件在与控制器确认连接时，将读取控制器所有参数，并更新到界面；如果后续配置参数有变化，可以点击“从传感器读取配置”按钮，同样会读取设备所有参数，并更新到界面。

5.1.6 测量模式

共有三种测量模式可供选择，用户可根据实际使用需求进行选择。

- 1) 测距模式：测量物体表面距离；
- 2) 单层测厚模式：测量单层透明物体厚度；
- 3) 多层测厚模式：测量多层透明物体厚度。

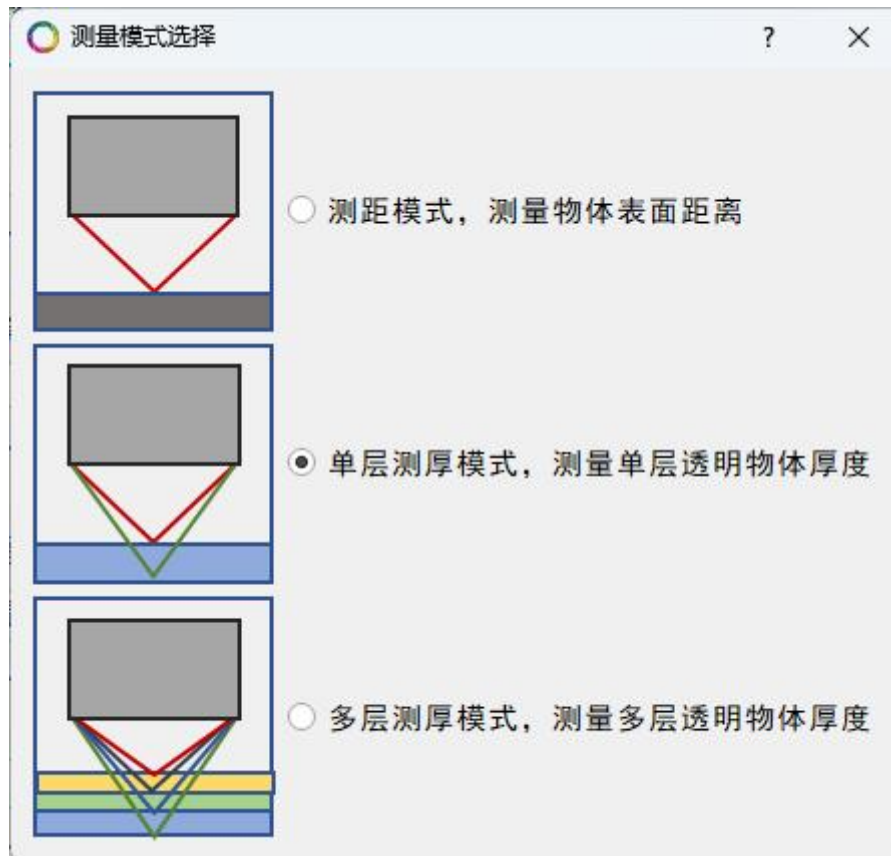


图 5- 24 测量模式选择

5.2 实时数据采集

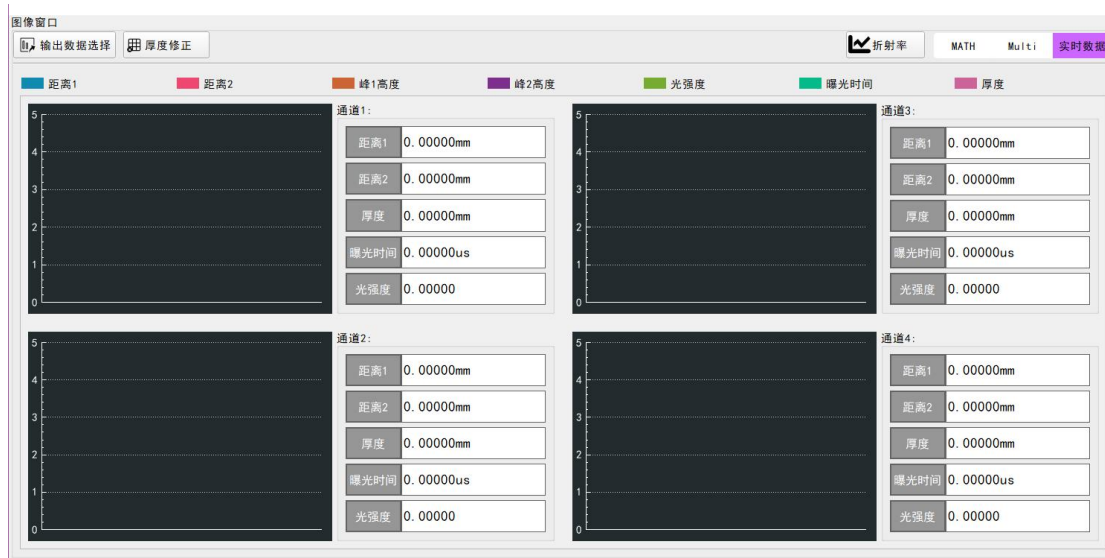


图 5- 25 四通道控制器数据显示

当软件连接控制器类型为四通道控制器时，可显示探头通道 1 到 4 的测量数据，同时，任意两个探头之间的测量数据可通过数据 MATH 界面进行数学运算，实现测高或测厚。



图 5- 26 双通道控制器数据显示

当软件连接控制器类型为双通道控制器时，可显示探头通道 1 和探头通道 2 的测量数据，同时，两个探头的测量数据可通过数据 MATH 界面进行数学运算，实现测高或测厚。

如图 5-0 所示，上方图窗曲线窗口为通道 1，下方图窗曲线窗口为通道 2。

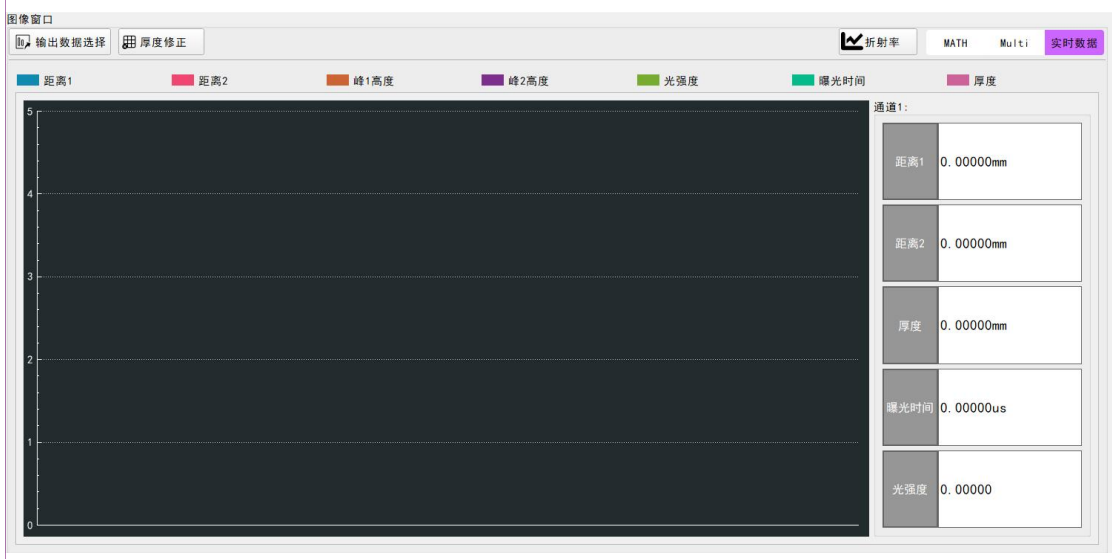


图 5- 27 单通道控制器数据显示

当软件连接类型为单通道控制器时，仅可显示一个探头通道的测量数据。

5.2.1 输出数据选择



图 5- 28 输出数据选择按钮



图 5- 29 探头相关输出数据

传感器可选择多种数据输出：

- ①在测距模式下与探头通道相关的可输出数据包括：距离 1、峰 1 高度、光强度、曝光时间。

②在单层测厚模式下与探头通道相关的可输出数据包括：距离 1、距离 2、峰 1 高度、峰 2 高度、光强度、曝光时间、厚度。

③在多层测厚模式下与探头通道相关的可输出数据包括：距离 1~距离 6、峰 1 高度~峰 6 高度、光强度、曝光时间、厚度 1~厚度 5。时间戳、编码器 1、编码器 2、MATH 运算数据与探头无关，上述 4 种数据放在控制器通道中。



图 5- 30 控制器通道可选输出数据

复选框勾选后，控制器会在下一次连续测量过程中输出选中的数据。对于要输出的数据类型，对应类型第一列复选框会被勾选。

- 选择输出数据窗口中，可以分别读取 USB、以太网通信方式中输出的数据。
- 可选择三个通道的输出数据，分别为 controller、CH1、CH2。
- 勾选和取消勾选，都会直接设置到控制器。且切换通道时，也会从控制器读取相应的输出数据选择，并进行自动勾选。

注 意

当连接的控制器的类型为单通道控制器时，控制器中无 MATH 数据输出。

5.2.2 折射率设置

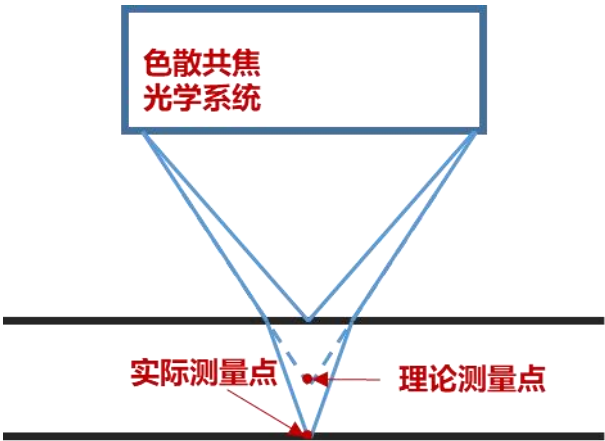


图 5- 31 探头测量透明物体时的光路

由于被测物存在一定的折射率，从色散透镜组发出的光线经过被测物时会产生折射现象，进而导致光线发生偏折。在厚度测量过程中，若不考虑这一影响，直接将聚焦于被测物上下表面的两个不同波长的光线所对应的距离相减得到被测物厚度，必然会产生较大的测量偏差。在测量过程中考虑折射率这一因素，可将测量误差消除。

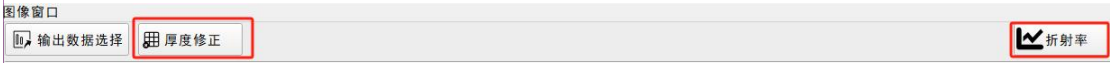


图 5- 32 折射率表上传与设置按钮

折射率表配置窗口的打开方式为：点击折射率按钮，弹出折射率表配置窗口。或者点击厚度修正，在对应的厚度中选择想设置的折射率标签。



图 5- 33 厚度修正设置按钮

此样例为多层测厚点击出现的样例，如果是单层测厚则会只显示厚度 1 的选择选项。

表格控件中：

- 第一列为：折射率表对应名称；
- 第二列为：物体对 486nm 波长光的折射率；
- 第三列为：物体对 587nm 波长光的折射率；

第四列为：物体对 656nm 波长光的折射率；

第五列为：单选框。

勾选后点击【使用选中折射率】按钮，将使用特定行对应的折射率表。

控制器中最多可存储 16 条折射率表。



图 5- 34 折射率表配置窗口

- 由硬盘读取

从文件中读取折射率表，并显示在表格控件中，文件的格式为逗号分隔的 4 列数据，4 列数据的含义与表格前四列相同。文件路径可通过上方【选择路径】按钮进行选择。

- 由控制器读取

从控制器读取已有的折射率表，并显示在表格控件中。如控制器中无折射率表，会进行无折射率表提示。

测厚时，控制器中必须要有折射率表。折射率表可由硬盘读取并上传至控制器。

- 下载到硬盘

可将表格控件中的数据保存到本地磁盘。

- 上传到控制器

上图表格中有折射率表后，点击此按钮，会依序上传到控制器，此时相关

按钮会屏蔽，在上传完成后会重新可用。

如需要对表中数据进行更改，更改完成后，需要点击“上传到控制器”按钮，重新上传以更新控制器中折射率表。

- 使用选中折射率表

点击【使用选中折射率表】按钮，控制器便会使用当前被选中行的折射率表数据，但折射率表中数据需要先上传到控制器才能使用。

【使用选中折射率表】下方下拉框中有 CH1 和 CH2 探头通道选项，依据此项设定对应探头通道的折射率。

注 意

当连接控制器类型为单通道控制器时，仅可设置探头通道 1 所使用的折射率编号。

5.2.3 通道运算与实时数据模式切换



图 5- 35 math 值、实时数据切换

1. Math: 切换至通道 Math 界面。
2. 实时数据: 数据采集界面主界面。

注 意

当连接控制器类型为单通道控制器时，无 MATH 数据界面。

5.2.4 数据采集



图 5- 36 刷新数据



图 5- 37 停止刷新

点击“刷新数据”后：

- 控制器向 PC 连续发送测量数据，软件动态显示采集到的数据。
- “刷新数据”按钮变为“停止刷新”按钮。
- 在统计栏中会显示当前窗口中数据的最大值、最小值、峰谷值、平均值。

控制器未连接时，点击“刷新数据”按钮无响应，只在文本框中输出控制器未连接的提示信息。

注 意

图像的刷新会影响数据的读取速率。如正在刷新图像时，点击“刷新数据”按钮读取数据，将弹出如下提示信息。

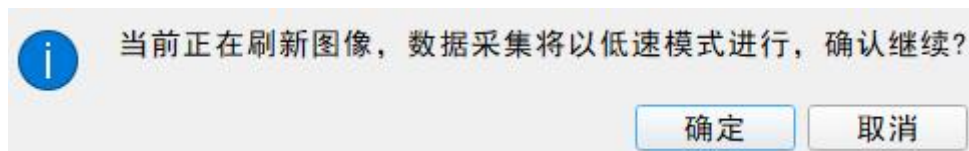


图 5- 38 刷新图像时开始采集数据的提示

点击“确定”后，数据采集将以低速模式进行，此时可结合实时数据的数值，对原始图像中的参数进行调整，使峰位置和高度达到最佳状态。

实时数据与图像同时显示，一般用于参数调试的阶段。需对连续采集的数据进行分析时，必须在无图像刷新的状态下采集数据。



图 5- 39 Y 轴自动

Y 轴自动调整开关打开时，曲线范围会自动调整为 Y 轴显示范围的 1/3；

Y 轴自动调整开关关闭时，Y 轴将不进行自动调整，此时可对曲线进行手动缩放，但会存在曲线数据超过 Y 轴范围的情况。



图 5- 40 X 轴居中

点击 X 轴居中按钮，X 轴显示范围将自动变化为当前图窗数据中 X 坐标的最大值和最小值。

Y 轴自动、X 轴居中功能会将统计栏中选择的数据类型调整到合适的显示范围，但可能出现其它数据类型曲线超过图窗显示范围的情况。



图 5- 41 清空图像

点击“清空图像”按钮，将图窗中的曲线清除。如当前正在采集数据，则新曲线 X 坐标将重新从 0 开始计数。



图 5- 42 保存图像

保存图像，可选择将当前图窗中的数据保存为 csv 文件，或者直接保存为图片。



图 5- 43 时间戳复位

时间戳以秒单位显示实时更新，分辨率为 10us，当计时满 60 分钟后，回滚至 0 重新开始。点击时间戳复位后，可将时间戳复位为 0。

5.3 显示设置

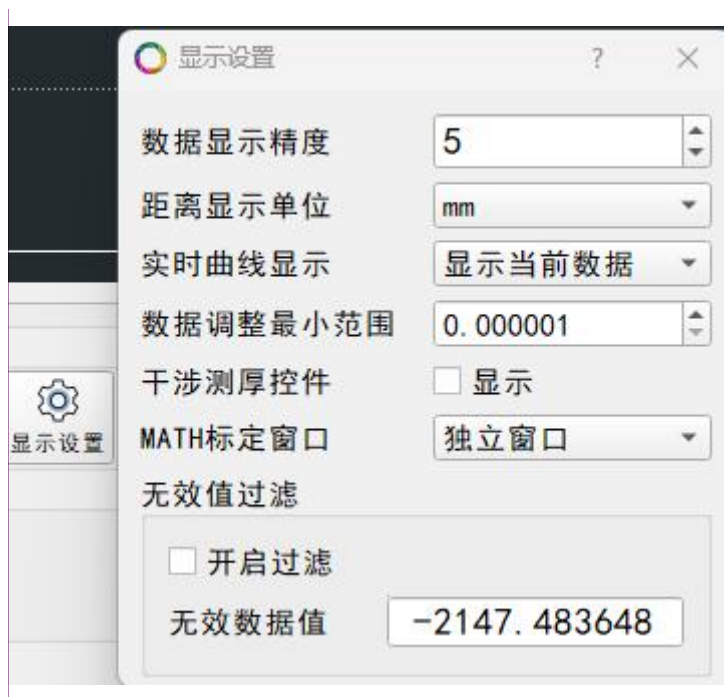


图 5- 44 显示设置

显示设置用于控制界面各控件的显示状态，显示设置各控件的含义如下：

- 数据显示精度，即探头实时数据、MATH 数据、四光点运算以及统计值的显示精度，默认为小数点后 6 位（在 mm 单位下，精度为 nm），如果在实际测量过程中，更关注整体变化，可以减小数据显示精度。
- 距离显示单位，包含 mm、um 两种，该控件只对距离和厚度有效。
- 当前曲线显示，包含显示当前数据和显示所有数据两种模式，当某个探头选择多种数据类型输出，如果选择显示当前数据，则只显示当前选中的数据（多层测厚模式下为曲线图窗上方的当前数据类型确定，单层测厚或测距模式下，由统计中数据类型确定），显示所有数据时，将把所有数据类型都显示在图窗中，此时用户可以查看所有类型的数据，但相互之间可能存

在干扰)。

- 数据调整最小范围，约束了最小显示范围的下限，当显示数据类型为测量数据时，默认为 1um。当图窗中曲线峰峰值小于 1um 时，Y 轴范围限制在 [ymin-1um, ymax+1um]不会再向下调整。图窗中曲线峰峰值大于 1um 时，仍自动调整到当时曲线最大值 ymax 与最小值 ymin 之差的 3 倍范围，即 [ymin-t,ymax+t]
- 干涉测厚控件显示，ConfocalStudio 支持连接干涉测厚控制器或光谱共焦控制器，连接光谱共焦时，可以默认将干涉测厚相关控件隐藏
- MATH 标定窗口，当窗口类型为内嵌窗口时，标定界面嵌入到 MATH 数据显示界面中，仅可标定偏移值，当窗口为独立窗口时，标定界面可独立显示，在独立窗口中可实现两点标定。
- 无效值过滤，当对应复选框勾选时，对应的无效值将不在图窗中显示，但保存到文件时，依然有相应的无效值，默认无效值为-2147.483648。

5.3.1 数据记录

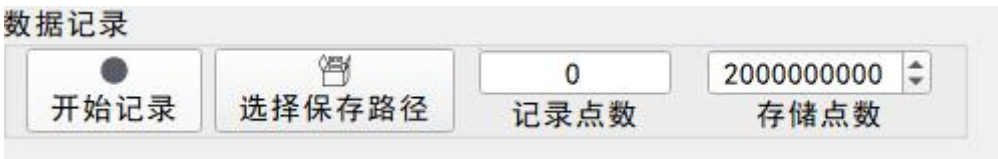


图 5- 45 数据记录控件

数据记录功能用于将图窗中刷新的数据保存到文件，数据记录各控件的含义如下：

- 开始记录：未点击开始记录数据时，采集在数据只在图窗中动态显示，未保存到硬盘中，点击开始记录，数据在图窗中显示的同时也保存到硬盘中。点击【开始记录】按钮，软件开始向文件写入数据，此时开始记录【开始记录】变为【停止记录】。同时，开始记录之后，用户将不能打开选择选择输出数据窗口进行数据类型的选择。
- 选择保存路径：选择记录数据所保存的文件夹，默认为软件所在文件夹，用户可自行选择新的保存文件夹，开始记录后，软件将在保存路径下新建一个以当前时间为文件名的 csv 文件，并向该文件写入数据。
- 记录点数：点击开始记录后磁盘中所记录的数据点数，动态刷新。
- 存储点数：设定开始记录后存储在磁盘中的点数上限，最大为 20 亿点，达到该存储点数后，软件将停止向文件写入数据。

5.3.2 数据统计

统计							
通道1:	距离1	单位: mm	峰谷值 0.000000	平均值 0.000000	最大值 0.000000	最小值 0.000000	
通道2:	距离1	单位: mm	峰谷值 0.000000	平均值 0.000000	最大值 0.000000	最小值 0.000000	
通道3:	距离1	单位: mm	峰谷值 0.000000	平均值 0.000000	最大值 0.000000	最小值 0.000000	
通道4:	距离1	单位: mm	峰谷值 0.000000	平均值 0.000000	最大值 0.000000	最小值 0.000000	

图 5- 46 统计窗口

统计栏中显示当前窗口中数据的最大值、最小值、峰谷值、平均值。



图 5- 47 统计数据类型

统计的数据类型由【统计数据类型下拉列表框】中数据类型进行确定。

如果“选择输出数据”对话框中，未选择某数据类型，则【统计数据类型下拉列表框】中不会显示该类型数据。

当连接的控制器类型为单通道控制器时，仅显示探头通道 1 的数据统计结果。

5.3.3 数据显示



图 5- 48 双通道控制器实时数据

数据显示值是否刷新，取决于输出数据选择中相应的数据类型是否已勾选。

未勾选的输出数据类型，对应数值会显示“未上传”文字；

已勾选的输出数据类型，在刷新数据后，数值会动态刷新。



图 5- 49 单通道控制器实时数据

5.4 通道运算

四通道控制器，有两个 MATH 运算窗口，且可选择进行 MATH 运算的探头通道，双通道控制器，只能选择探头 1、2 进行 MATH 运算，且只一个 MATH 运算窗口，单通道无 MATH 运算窗口。

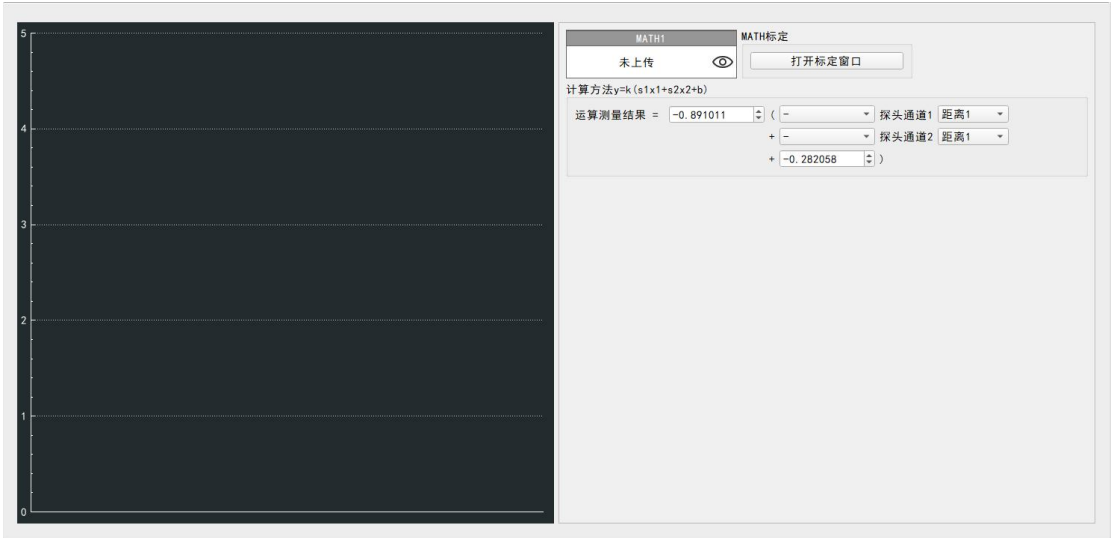


图 5- 50 通道运算界面

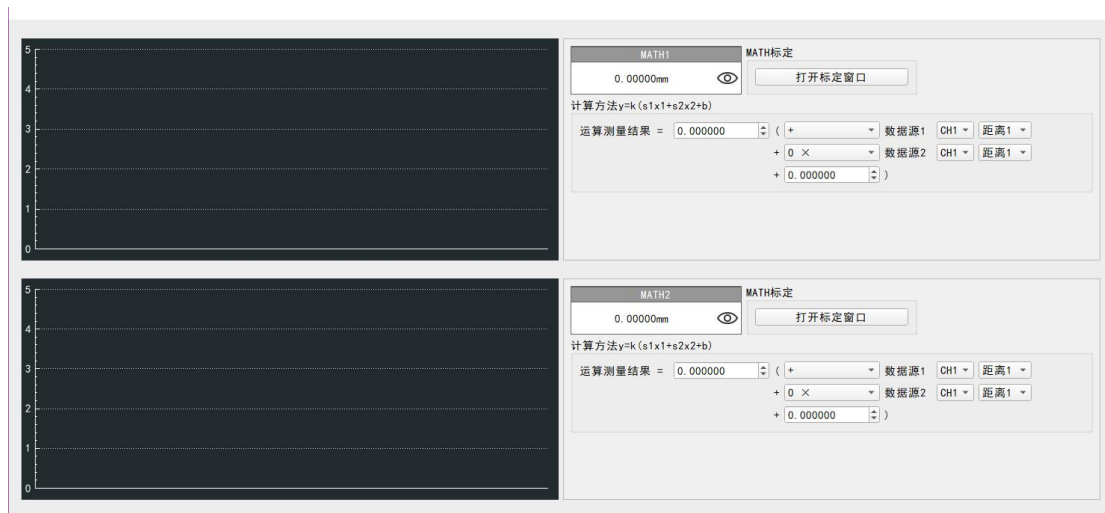


图 5- 51 通道运算界面

当默认双探头光路对齐且与被测物垂直时，对射测厚的计算公式为 $y = s_1x_1 + s_2x_2 + b$ ，即双探头运算后再加上一个偏移值进行补偿，当双探头光路与被测物不垂直时，加上一个修正系数进行修正，即 $y = k(s_1x_1 + s_2x_2 + b)$ 。关于修正系数 k 如何得到，参见 5.4.2MATH 标定章节。

5.4.1 运算符号设置

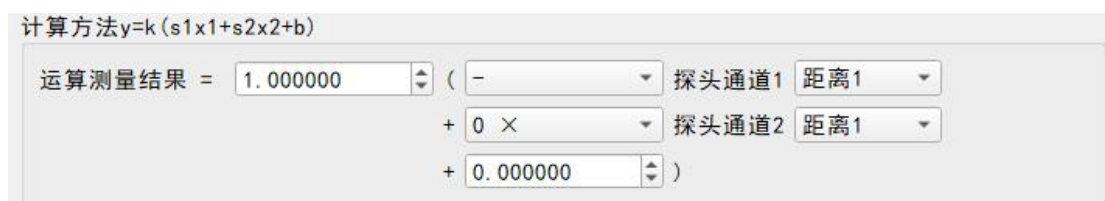


图 5- 52 通道运算符号

各运算符号的含义如下：

- ① 运算符号 +
表示结果加上该通道数据值。
- ② 运算符号 -
表示结果减去该通道数据值。
- ③ 运算符号 $0 \times$
表示通道数据值不参与运算。

通道运算可应用于如下场景：

1. 测量不透明产品厚度。

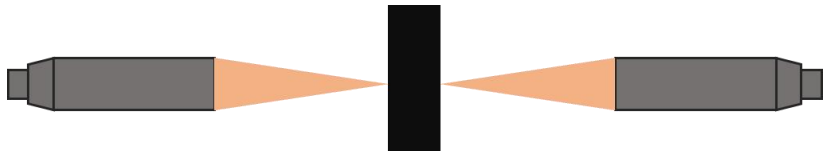


图 5- 53 双探头对测不透明产品

设置如下：

计算方法 $y=k(s1x1+s2x2+b)$

运算测量结果 = (探头通道1
+ 探头通道2
+)

图 5- 54 对测非透明产品设置

2. 台阶差测量。

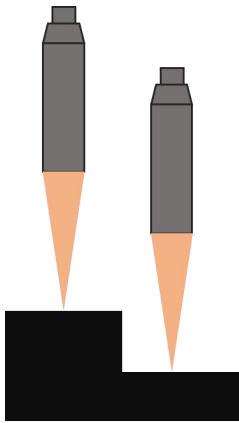


图 5- 55 双探头台阶差测量

设置如下：

计算方法 $y=k(s1x1+s2x2+b)$

运算测量结果 = (探头通道1
+ 探头通道2
+)

图 5- 56 台阶差测量设置

其中通道 1 是测量下方台阶的距离数据。

3. 两个透明产品之间间隔。

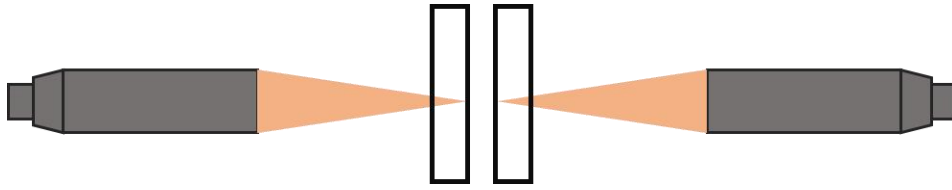


图 5- 57 双探头测量透明物体间隔

设置如下：

计算方法 $y=k(s1x1+s2x2+b)$

运算测量结果 = (探头通道1
+ 探头通道2
+)

图 5- 58 测量透明物体间隔设置

Math



图 5- 59 运算测量结果

左侧数据显示为运算后的测量结果，运算过程由右侧按钮进行配置。两个通道分别有距离 1 和距离 2 参与运算。

5.4.2 MATH 标定

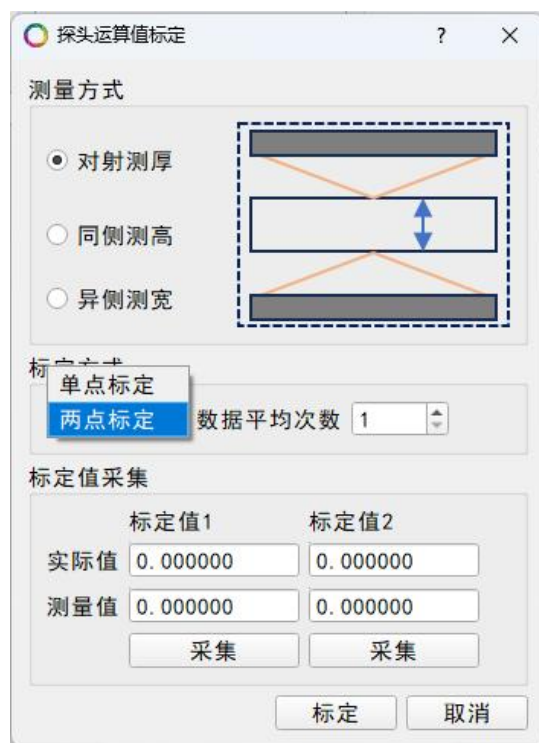


图 5- 60 MATH 标定窗口

➤ 标定方式有两种：

- (1) 单点标定：单点标定时，默认探头与被测物表面垂直，MATH 运算值由两个探头的运算值加上偏移 b 值，只采集一组数据。

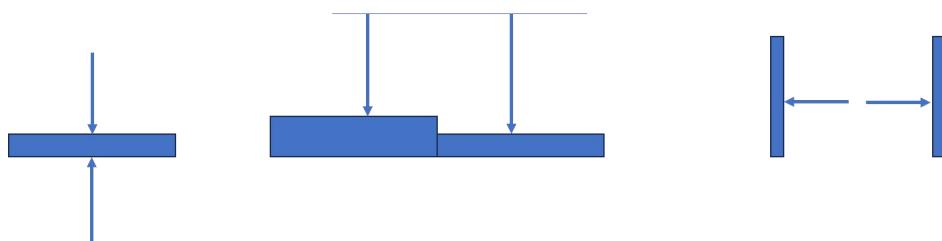


图 5- 61 单点标定

- (2) 两点标定：两点标定时，默认探头与被测物表面不垂直，从而存在成比例误差系数 k ，因此需要采集两个不同厚度标准片厚度，标定 k 和 b 。

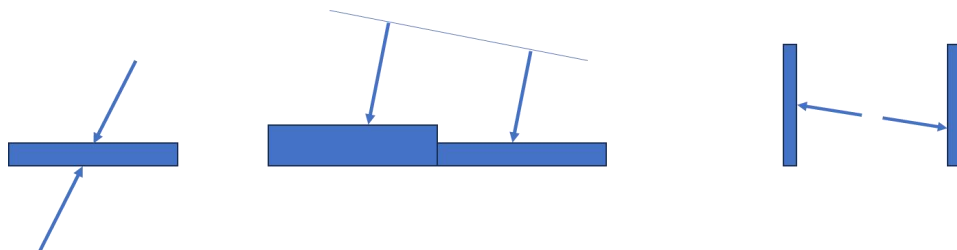


图 5- 62 两点标定，探头与被测物存在倾斜

其标定步骤如下：

1. 将标定量块放置于探头量程内，使探头 1、2 均有读数。
2. 选择测量方式，测量方式有同侧测高、对射测厚、异侧测宽三种方式。
3. 选择平均次数，通过采样多组数据平均，可以降低随机误差带来的干扰
4. 单点标定时，放置 1 个标准厚度的量块，输入其实际值，并采集探头运算的实时值
5. 两点标定时，在上一步骤的基础上，放置另 1 个不同标准厚度的量块，输入其实际值，并采集探头运算的实时值
6. 点击标定，软件便将当前标定结果更新到计算方法控件中。

注 意

本功能仅在连接双或四通道控制器时有效。

5.5 原始图像

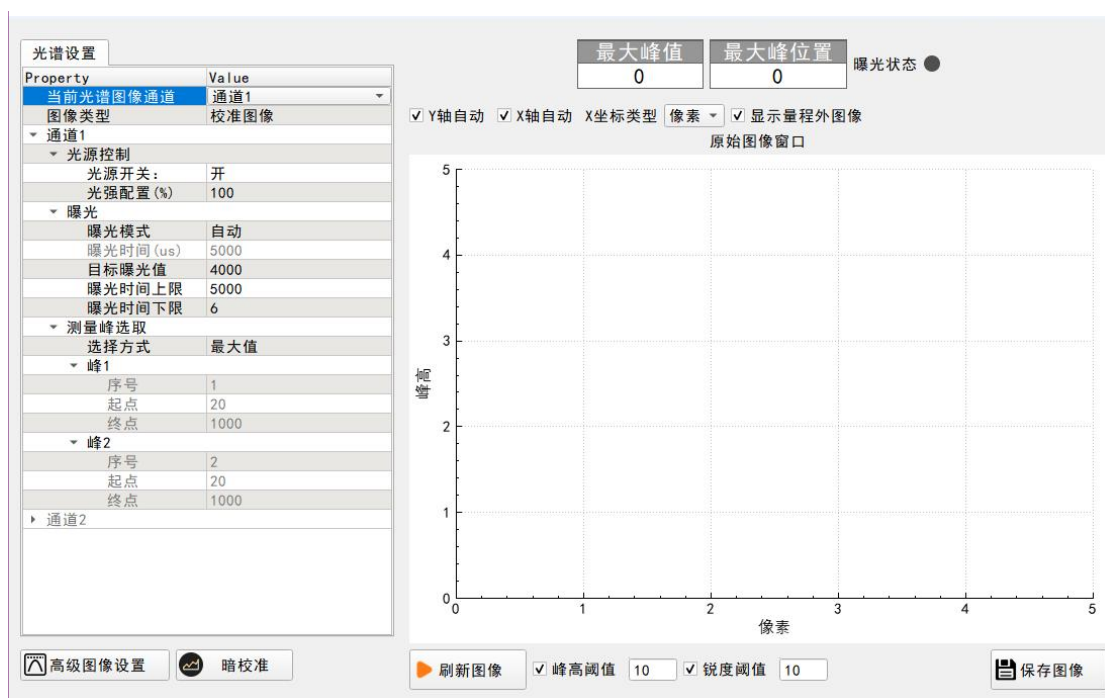


图 5- 63 原始图像查看界面

5.5.1 图像实时刷新

5.5.1.1 开始或停止读取图像

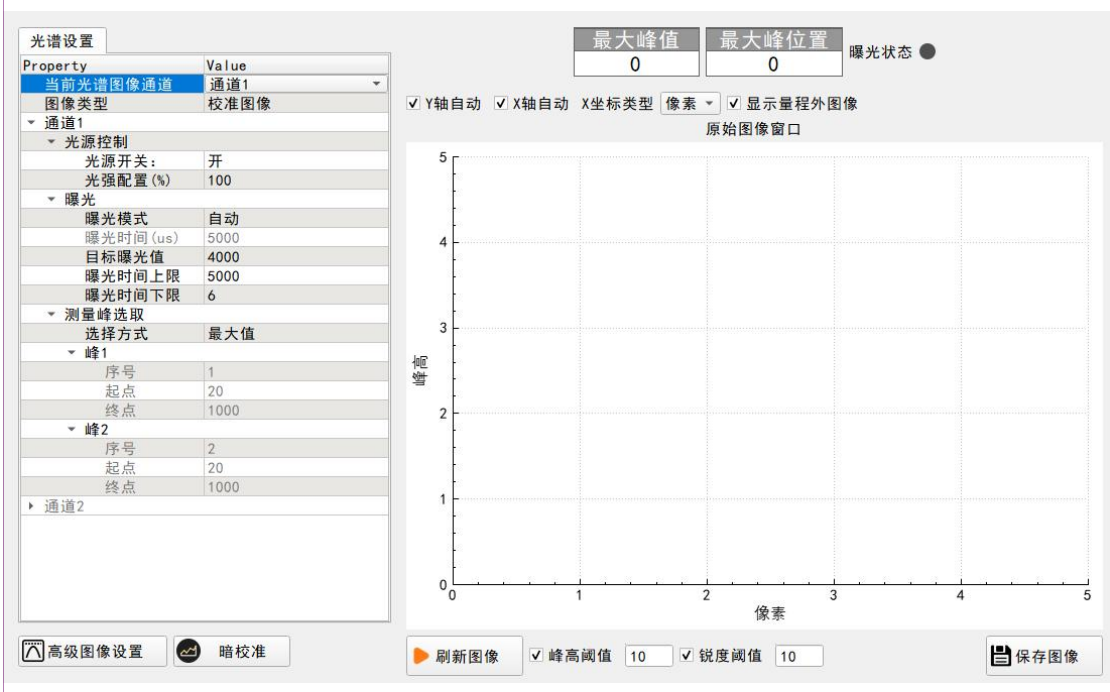


图 5- 64 图像未刷新，点击刷新图像进行刷新

点击“刷新图像”按钮，从控制器读取光谱图像，并在图窗中显示。“刷新图像”按钮变为“停止刷新”按钮；

点击“停止刷新”按钮，停止从控制器读取光斑图像。

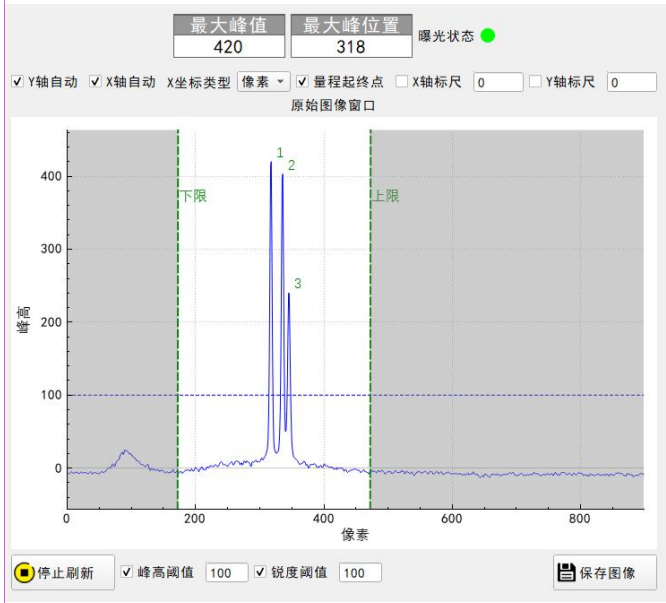


图 5- 65 图像实时刷新中，点击停止不再刷新

在双通道光谱共焦控制器中，只能显示一个通道的图像，具体显示的通道由【光谱设置】中的【当前光谱图像通道】确定。

在单通道光谱共焦控制器中，只有一个通道可供选择，因此当前光谱图像通道

不可配置。



图 5- 66 当前光谱图像通道

注意

图像的刷新会影响数据的读取速率。如当前正在进行读取数据，此时点击“开始”按钮刷新图像，将弹出如下提示信息：

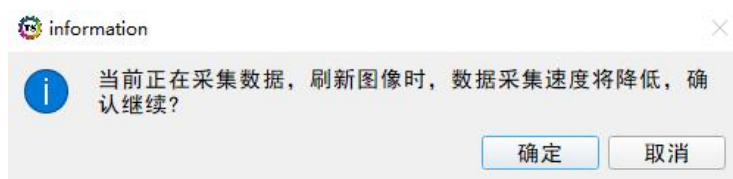


图 5- 67 采集数据时开始刷新图像前提示信息

点击“确定”，数据采集将切换到低速模式运行，此时原始图像与实时测量数据将同时显示；

点击“取消”，将不进行图像的实时刷新。

在参数调试阶段，可采用图像与实时数据同时刷新的方式，通过观察能否得到有效测量数据，来快速调整光谱图像相关参数。在相应参数调试完成后，再进行数据采集时，不建议同时开启实时刷新图像。

5.5.1.2 图像类型选择

用户可选择上传的图像类型有三种：

- 原始图像
上传图像传感器采集的原始图像数据。
- 校准图像
上传经过暗校准去除背景噪声的图像数据。
- 锐度图像
上传经过差分运算后的图像数据，该数据可反映图像变化剧烈程度。



图 5- 68 图像类型选择

5.5.1.3 图像 X 轴与 Y 轴自动调节

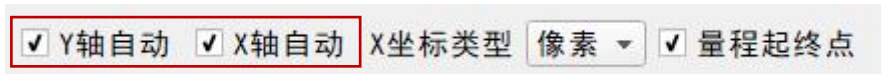


图 5- 69 图像调节控件

图像 X 轴与 Y 轴自动调节功能由图像窗口右上角的 Y 轴自动和 X 轴自动复选框进行控制，其功能如下：

- Y 轴自动复选框

当复选框被选中时，软件会自动调整原始图像，使其位于图窗显示范围内，此时无法通过鼠标在 Y 方向上对图像进行缩放；

复选框未选中时，可通过鼠标在 Y 方向上对图像进行缩放，但可能存在图像位于图窗范围外的情况。

- X 轴自动复选框

功能与 Y 轴自动复选框相同，其自动调整轴为 X 坐标轴。

5.5.1.4 X 轴坐标类型选择

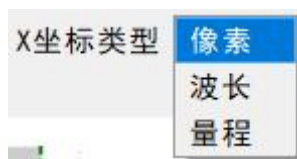


图 5- 70 X 轴坐标类型选择控件

X 轴坐标可选择的类型包括：像素和波长。

类型为像素时：X 轴坐标显示为图像传感器中实际的像素点位置；

类型为波长时，X 轴坐标显示为图像传感器中像素点位置对应的波长；

类型为量程时，X 轴坐标显示为图像传感器上的像素位置对应的实际位置。

5.5.1.5 显示量程外图像

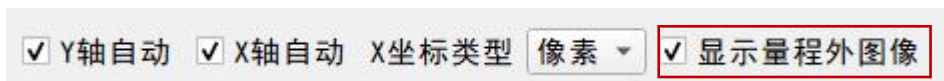


图 5- 71 量程像素起终点显示复选框

由于探头光学特性的限制，探头仅在量程范围内能保证测量精度，超出量程范围部分无法保证测量精度。因此，超出探头有效量程上下限的峰，即使能被检测到，输入数据也为无效值。

当勾选显示量程外图像时，光斑图像同时显示量程内（白色区域）图像和量程外（灰色区域），当不勾选显示仅显示量程内的有效图像。

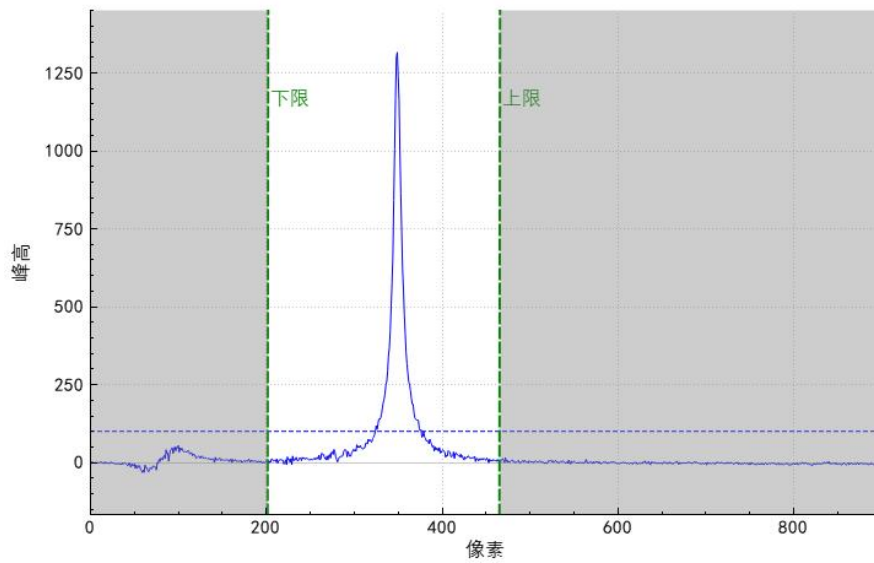


图 5- 72 峰位置位于量程起终点范围内，能够测量有效值

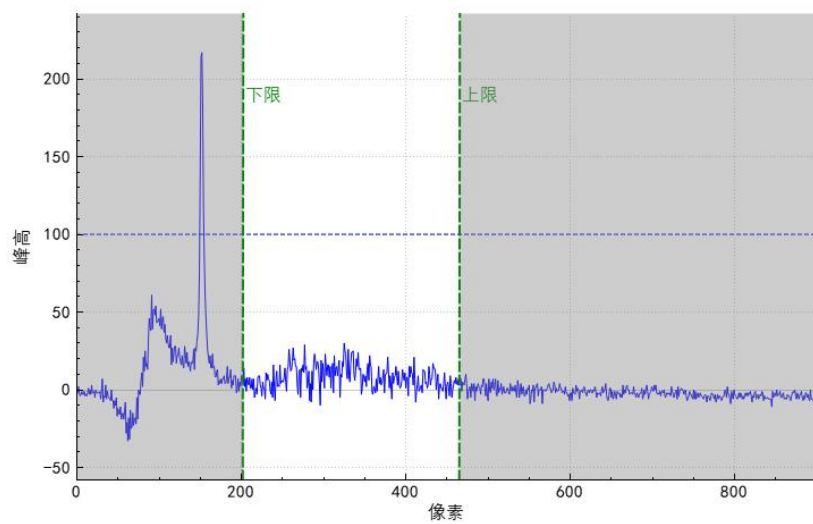


图 5- 73 峰位置小于量程起终点下限，无法检测

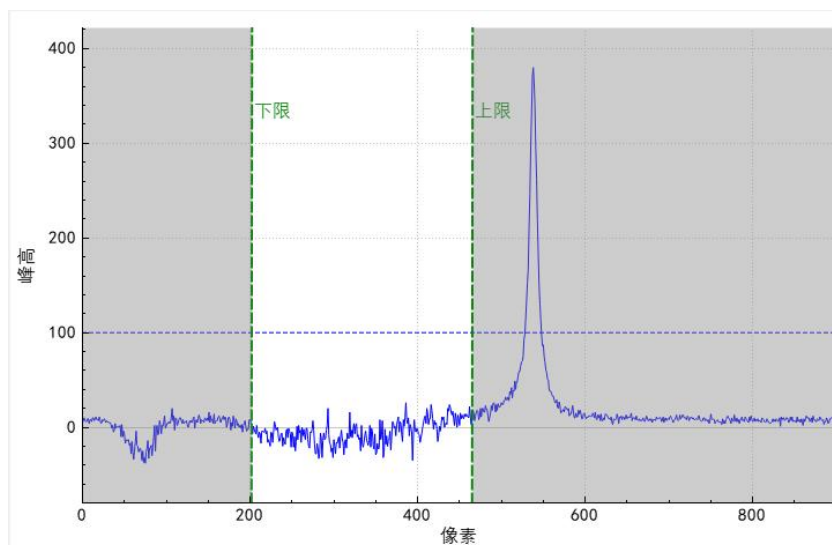


图 5- 74 峰位置大于量程起终点上限，无法检测

当 X 轴坐标类型为像素时，量程起终点对应探头有效量程上下限对应应在原始图像中像素点位置；

当 X 轴坐标类型为波长时，量程起终点对应探头有效量程上下限对应应在原始图像中波长的大小。

5.5.1.6 最大峰位置

最大峰值	最大峰位置
0	0

图 5- 75 最大峰值及其位置

最大峰值：

即当前图像强度最大的像素点的值。

该值通常可反映物体的反光特性，自动曝光时，在采样间隔没有限制的情况下，最大峰值的大小应与目标曝光值接近。

最大峰位置：

即当前图像强度最大的像素点在图像传感器中的位置。

如果 X 轴坐标类型为波长，则为像素点在图像传感器中位置经过换算后得到的波长值。

如果 X 轴坐标类型为量程，则为像素点在图像传感器中位置经过换算后得到的距离值。

5.5.2 光源配置

5.5.2.1 光源控制

光源控制	
光源开关：	开
光强配置 (%)	100

图 5- 76 光源开关

光源开关：用于控制 LED 光源的开启与关闭。

开关打开时，将被测物放置于传感器出光孔前，将观察到一个明亮的光；开关关闭时，无光斑出现。

光强配置：用于控制 LED 光源的亮度，可配置范围为 20~100%。

5.5.2.2 曝光设置

▼ 曝光	
曝光模式：	自动
曝光时间：	6553
目标曝光值：	3000

图 5- 77 曝光配置

曝光模式分为手动曝光和自动曝光。

手动曝光：

曝光模式为手动曝光时，曝光时间固定值，自动曝光控制难以稳定控制曝光的场景下，此时可自行设置固定的曝光时间。

自动曝光：

曝光模式为自动曝光时，曝光时间可根据被测物回光强度自动调整，此时可配置目标曝光值参数。目标曝光值为自动曝光时，希望校准后的原始图像最大峰高度所能达到的值，设备通过自动调整曝光时间，使校准后的原始图像最大峰高度位于目标曝光值附近。

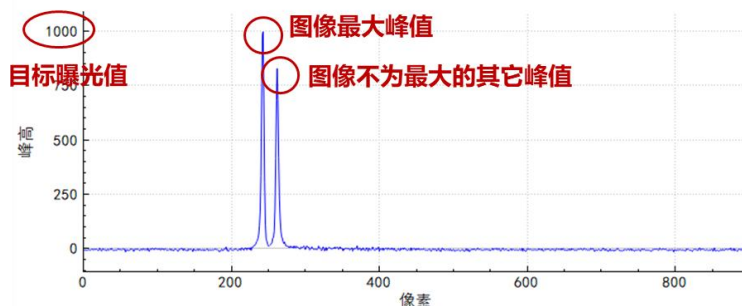


图 5- 78 目标曝光值含义

该配置适用于被测物材质反射率变化大的场景。

5.5.3 峰参数设置

5.5.3.1 峰检测参数

☒ 峰高阈值	100	☒ 锐度阈值	100
--	-----	--	-----

图 5- 79 峰检测参数

曝光时间和光功率配置的不同，最终得到的原始图像峰值的高度及峰值变化剧烈程度也不尽相同，因此需要设置合理的峰检测参数，使有效的峰值能被检测到，而图像噪声能够被滤除。

峰检测参数包含下列三项：

- 峰高度阈值

像素点光强大于高度阈值时，才认为当前像素为可能一个峰值。

峰值高度在该阈值以上的峰会被选择，低于该阈值的峰会被忽略。

实际测量时峰值的高度可能不是完全稳定的，因此应该留有足够的余量。

一般建议将该值设在 100 以上。

【峰高阈值】前的复选框勾选后会在图窗中显示峰高阈值虚线，如图 5- 所示，取消勾选则隐藏峰高阈值虚线。

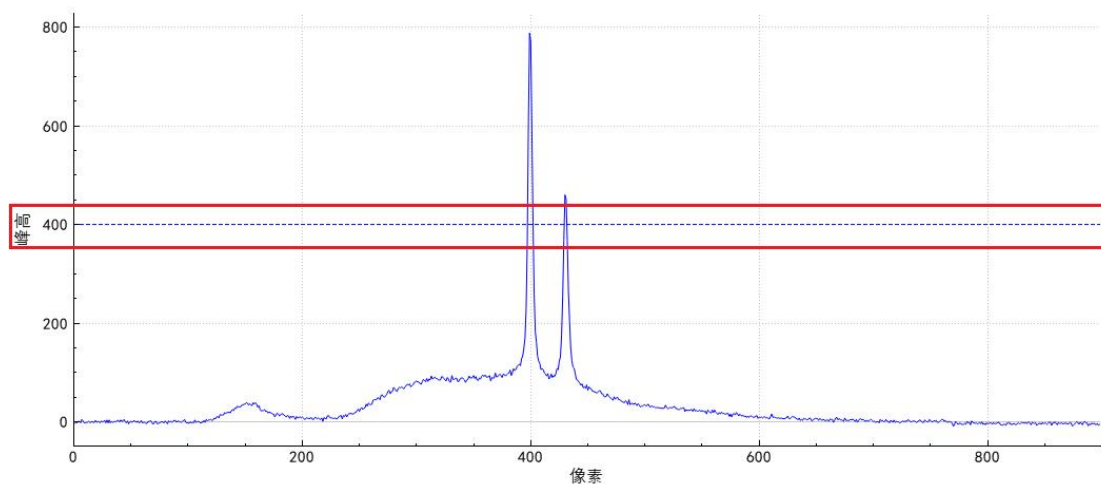


图 5- 80 峰高阈值

- 峰锐度阈值

即像素点光强变化曲线在特定像素点的二阶导数，锐度越大，说明特定像素点光强与相邻像素点光强差值越大。

一般背景光或杂散光呈现出弥散形态，可以用锐度阈值加以滤除。

一般应用时，建议设定在 500 以上。

【阈值】前的复选框勾选后会在图窗中显示锐度阈值虚线，取消勾选则隐藏。

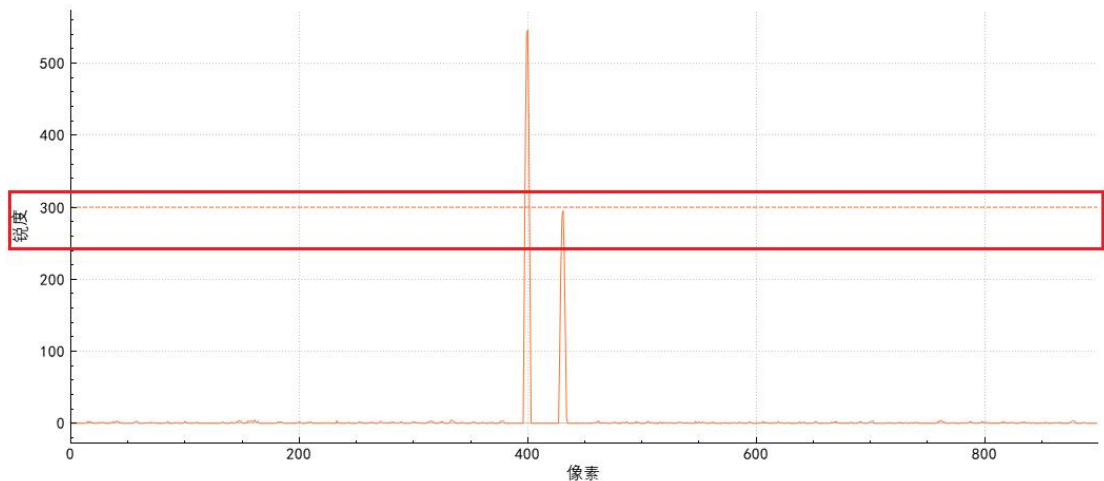


图 5- 81 锐度阈值虚线

- 峰最小间距
特定间隔内只允许出现一个峰值。如果满足阈值和锐度要求的两个峰位置间距小于最小间距，则以峰值较大的峰作为有效峰值。
该设置主要用于透明测厚场景。
如果有小的干扰峰和希望测量的峰靠的很近，请设定合适的间隔以避免测量结果受到干扰峰的影响。
默认将该值设为 10。

5.5.3.2 峰选择参数

根据峰检测参数提取的有效峰值，可能存在多个，需要根据测量场景选择不同峰值，将其映射为实际的距离测量值。

▼ 测量峰选取	
选择方式	编号
▼ 峰1	
序号:	1
起点:	0
终点:	2047
▼ 峰2	
序号:	2
起点:	0
终点:	0

图 5- 82 峰选取参数设置

- 峰选择方式包括如下几种：
- 编号模式：可以选择峰 1 和峰 2 的序号。原始图像中识别到的有效峰，从左至右依序编号。
 - 最大值模式：选择峰值最大的峰，仅用于测距模式，传感器自动从当前有效的峰中，选择峰值最大的峰位置作为被测物位置。

- 区间模式：可以选择峰 1 和峰 2 区间的起点和终点。识别在特定像素窗口之间的峰，窗口内有多峰时，选取最高的峰。区间范围为 0~1024pixel。窗选取模式可用于屏蔽不需要的量程范围内的干扰，如二次反射或者背景光造成的峰值。
- 最后一个峰模式：选取原始图像窗口中最右侧的峰，在进行透明体厚度测量时，该功能可用于选出最远离探头的表面。

峰选取方式通常根据实际的测量场景确定。

例如：测量不透明物体表面的位置时，通常只有一个峰值，因此可以选择最大值模式；测量透明物体上下两侧的位置时，上下表面都会返回一个有效峰值，这时可以选择编号模式，选择峰 1、峰 2 对应的编号。

注 意

当峰选择方式为最大值模式或者最后一个峰模式时，峰编号和峰区间参数无效；
当峰选择方式为编号模式时，峰编号参数有效，峰区间参数无效；
当峰选择方式为区间模式时，峰编号参数无效，峰区间参数有效。

5.5.4 暗校准

光源从光谱控制器发出，经光纤传输到探头，由探头聚焦到被测物表面，焦点波长的光再由光纤返回。部分光源光线会从光纤直接返回，造成背景干扰。需要通过暗校准，获取没有被测物时的背景，再从有被测物时的图像中扣除该信号，消除背景光影响。

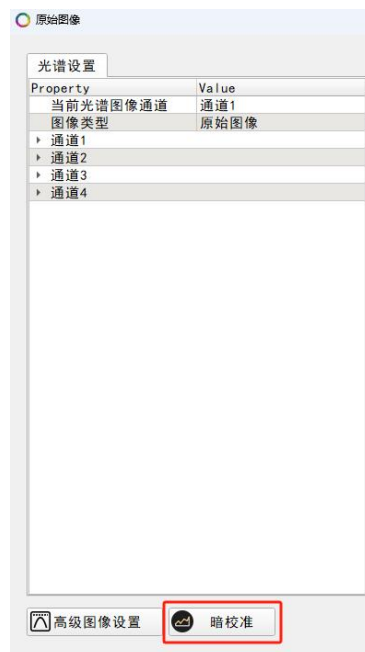


图 5- 83 暗校准

暗校准步骤如下：

1. 使用遮光片（或其它挡光物体）将探头完全遮挡，或者将探头前的被测物移走，使探头发出的光无法返回。
2. 点击进入原始图像页面，在当前光谱图像通道选项卡内选择进行暗校准的探头通道，通道对应通道使能情况，仅会显示已使能的通道选项。
3. 点击开始暗校准。

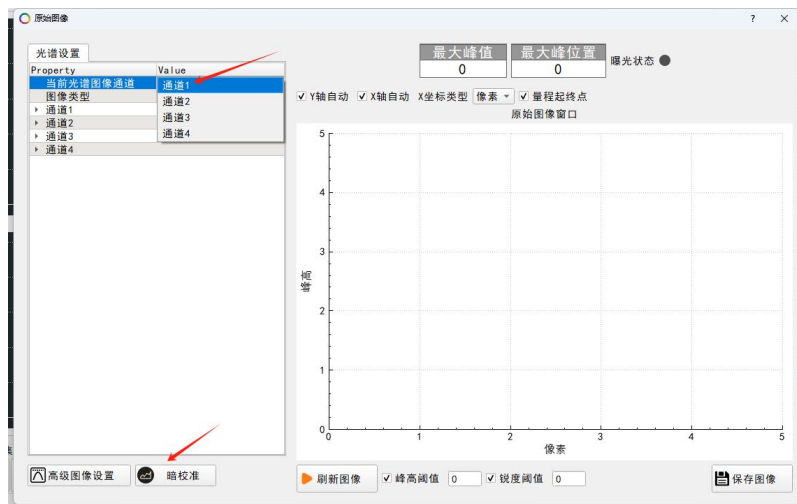


图 5- 84 开始暗校准

4. 等待暗校准完成，在暗校准期不要进行其他操作，否则可能影响最终校准结果。

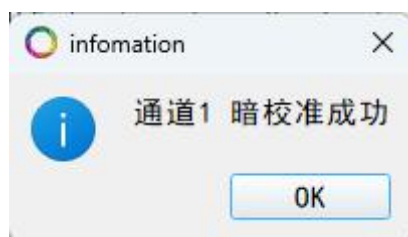


图 5- 85 校准完成

5.5.5 保存图像

在原始图像界面中刷新图像，点击【保存图像】，弹出提示图像保存到特定文件夹，可以在文件夹中查看保存下来的图像，图像中波形与软件中保持一致。

5.5.6 图像滤波宽度

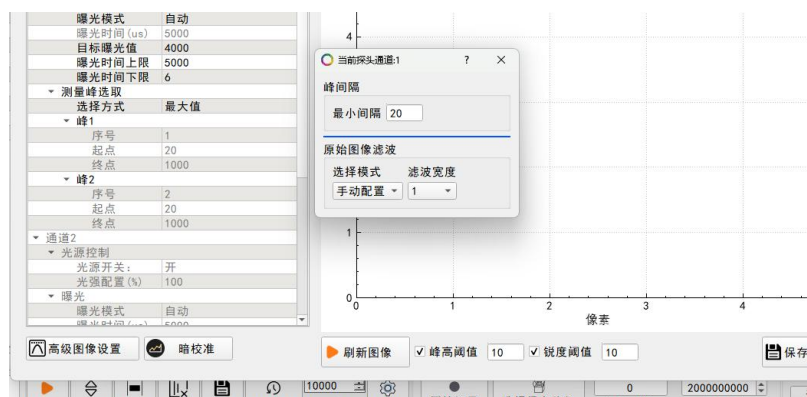


图 5- 86 图像滤波宽度

原始图像中可能存在噪声，影响峰定位精度，通过图像滤波，可以使原始图像中的噪声降低，降低距离数据的跳动，在测距模式下，可以使用较大的滤波宽度。在测厚模式下，测量较薄的物体，相邻两峰间隔较小，使用较大的滤波宽度可能使较低峰值无法被识别，因此应使用较小的滤波宽度。

滤波宽度的配置模式分为手动配置和自动配置，自动配置时，控制器将根据当前使用的探头型号以及测量模式，确定合适的滤波宽度，手动配置，测距和测厚模式下，都使用手动设置的滤波宽度。

5.6 高级参数配置

菜单栏点击“参数配置”按钮，打开参数配置界面。



图 5- 87 打开参数配置界面按钮

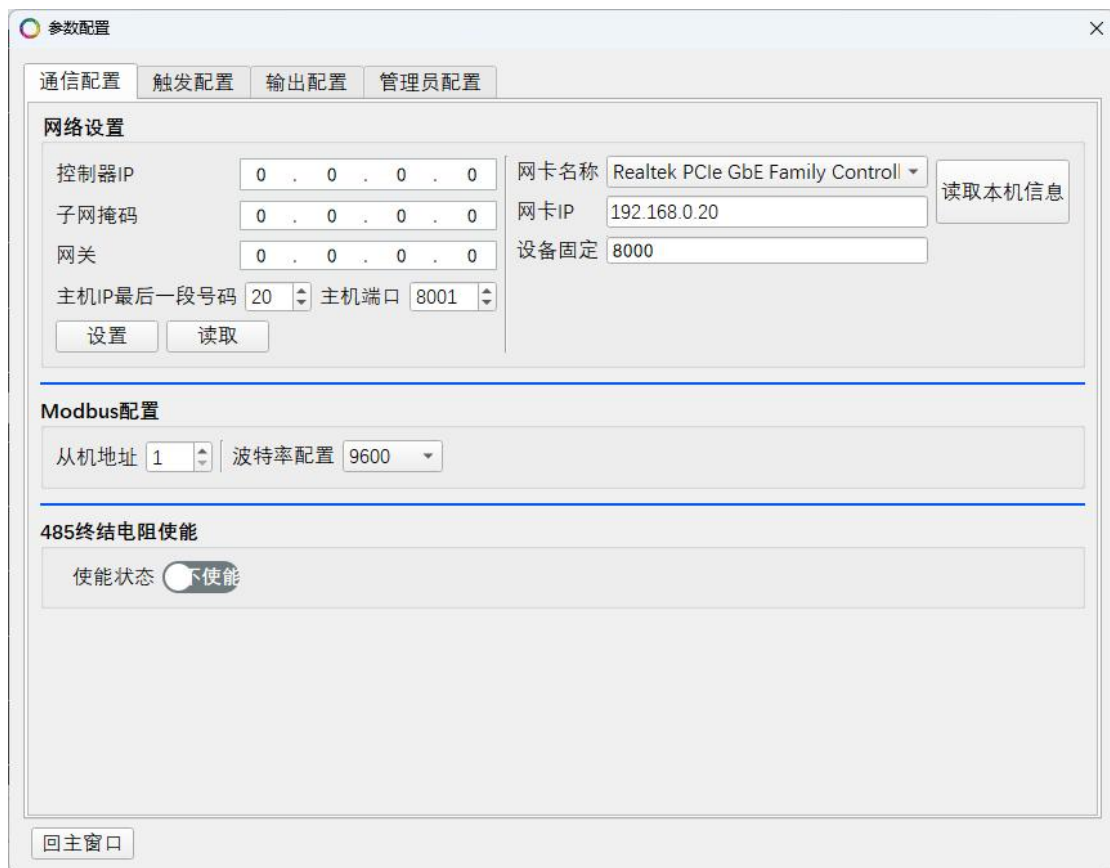


图 5- 88 上位机参数配置窗口

5.6.1 通信配置

5.6.1.1 网络设置

此处可修改控制器的 IP 地址、子网掩码、网关、本机 IP 地址最后一段号码和主机端口。



图 5- 89 控制器网络通信参数

操作步骤:

- 1) 确定好要更改的相关参数，点击“设置”按钮；

- 2) 在实时数据界面，点击“写入配置到传感器”按钮，将设置参数写入 flash；
- 3) 将控制器重新上电，刚修改的网络参数即生效。

在连接成功后，在通信配置界面，点击“读取”按钮，即可读取控制器相关的网络参数。

图 5- 90 计算机网卡信息查看

“读取本机信息”按钮，只读取当前网卡 IP 地址，无法更改当前网卡 IP 地址。如需更改网卡的 IP 地址，请参考“5.1 以太网连接”中“以太网连接前的准备”操作。

5.6.1.2 Modbus 通信设置

图 5- 91 modbus 配置

Modbus 通信类型为 Modbus RTU，上位机作为主机，控制器作为从机，从机地址范围 1~247，可用于通信的波特率包括 19200、38400、57600、115200。

5.6.2 触发配置

图 5- 92 触发参数设置

5.6.2.1 触发采样模式

触发采样模式分为以下五种：

- 1) 固定时间间隔采样：由控制器内部控制进行连续采样，并将数据通过特定接口输出。
- 2) 固定时间间隔采样+SYNC IN 控制数据输出：由控制器内部控制进行连续采样，但需要连接在控制器 S-I 端口（外部触发端口）输入特定电平，才可将数据进行输出
- 3) 编码器触发采样：由外部编码器进行触发采样，包括等间隔脉冲计数触发与位置触发，编码器触发时便将数据通过特定接口输出。
- 4) 编码器触发采样+SYNC IN 控制数据输出：由外部编码器进行触发采样，但需要连接在控制器 S-I 端口（外部触发端口）输入特定电平，才可将数据进行输出
- 5) SYNC IN 边缘触发以固定时间间隔采样 N 点：由连接在控制器 S-I 端口（外部触发端口）的外部电平信号进行触发采样，外部电平信号出现上升沿或下降沿时触发，采样的数据点数由单脉冲采样个数确定。

5.6.2.2 采样使能电平

当触发采样模式为固定时间间隔采样或编码器触发采样，无需外部电平信号进行使能。

当触发采样模式为固定时间间隔采样+SYNC IN 控制数据输出或编码器触发采样+SYNC IN 控制数据输出时，采样使能电平为高电平或低电平，在输入电平与设置电平一致后，才会进行采样。

当触发采样模式为 SYNC IN 边缘触发以固定时间间隔采样 N 点时，输入信号出现上升沿或下降沿时进行触发。

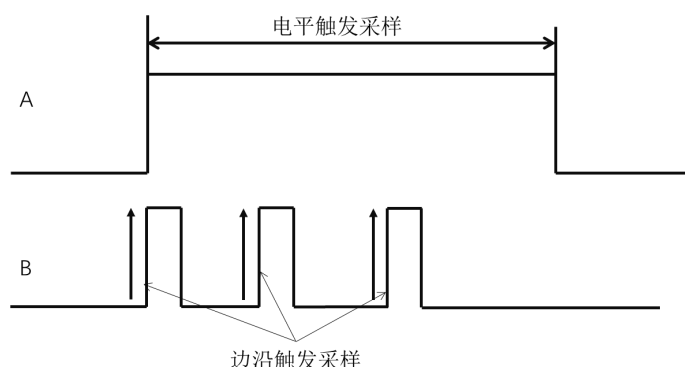


图 5- 93 采样使能电平含义，A.电平触发，B.边沿触发

5.6.2.3 单脉冲采样个数

每产生一个触发信号，可采样 N 组数据。N 值由单脉冲采样个数指定。

注 意

采样 N 组数据是以特定采样间隔 T 进行采样的，此时外部触发间隔 T_{out} 应大于 $N \times T$ 。例如，当采样间隔为 1ms ，单脉冲采样个数为 1000 时，当外部输入电平信号出现上升沿或下降沿时，控制器将以 1ms 间隔采集 1000 个点，总采样时间为 1s ，外部触发间隔应大于 1s ，否则会在上一次采样尚未结束时触发下一次采样。

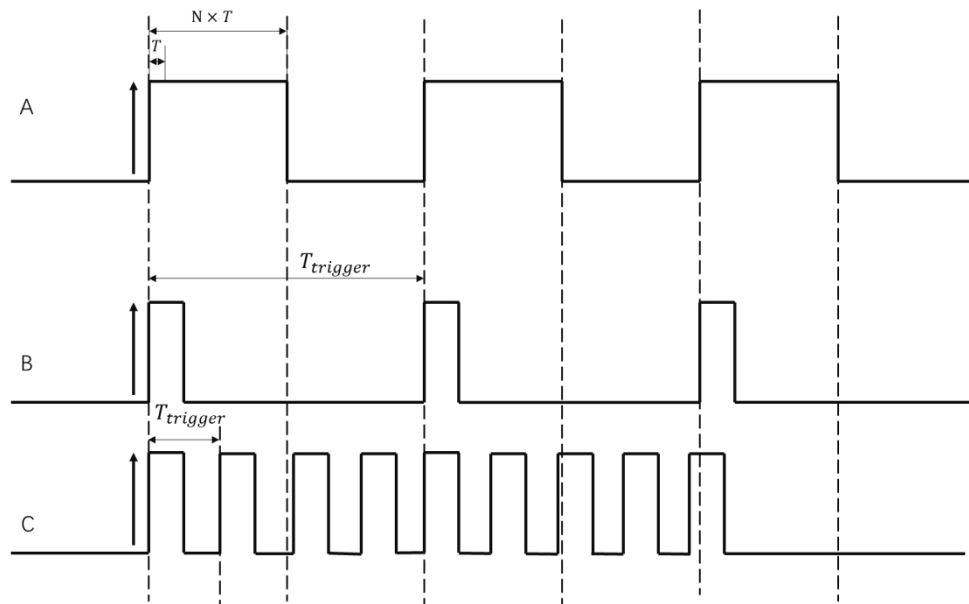


图 5- 94 A.以采样间隔 T 采样 N 个数据, B. 触发间隔 $T_{trigger} > N \times T$, 可以正常采样, C. 触发间隔 $T_{trigger} < N \times T$, 存在重复触发现象

5.6.2.4 滤波宽度

滤除小于设定时间长度的正脉冲或负脉冲,范围 $0.1 \sim 419430.4 \mu\text{s}$ ，以 4 倍为步进递增。

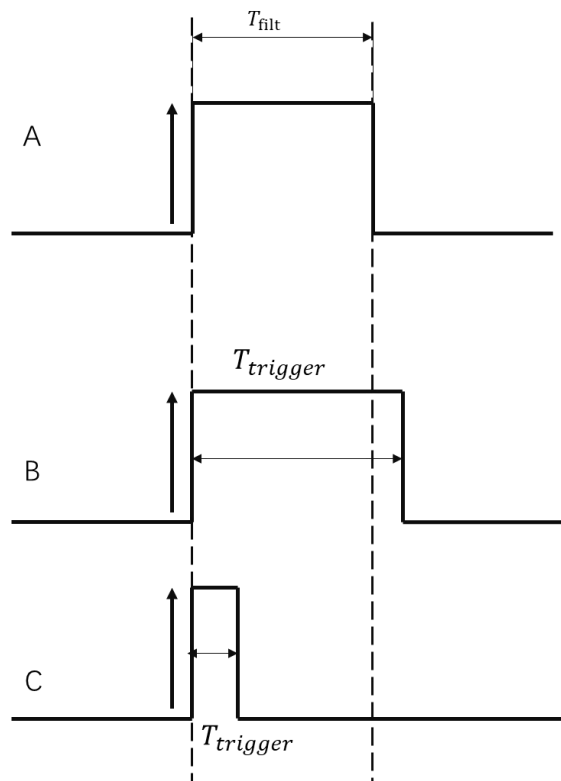


图 5- 95 A.滤波时间宽度, B.脉冲持续时间大于滤波宽度, 有效脉冲, C.脉冲持续时间小于滤波宽度, 无效脉冲

5.6.2.5 复位

内部触发作为高速计数触发时，探头对内部触发端口的脉冲进行计数，并以一定间隔触发采样，此按钮用于复位当前的脉冲计数。

5.6.2.6 编码器触发配置

注意

当编码器触发配置任意参数发生修改时，均会将当前编码器的位置信息置为 0。

5.6.2.7 触发通道

在触发源为编码器时，可指定编码器 1 或编码器 2 为触发信号来源

5.6.2.8 触发模式与触发方向

触发模式分为计数触发与位置触发两种形式：

1. 计数触发：增量触发形式，每当编码器端口接收的脉冲数量累计增加指定数量时，便进行一次触发。
 - 1) 当触发方向为正向时，仅当编码器计数增加（通常是往正向运动时），才对脉冲进行计数；

- 2) 当触发方向为负向时，仅当编码器计数减少（通常是往负向运动时），才对脉冲进行计数；
 - 3) 当触发方向为双向时，无论编码器计数增加或减少，均对脉冲进行计数；
2. 位置触发：绝对量触发形式，每当运动轴运动到指定位置时，便进行一次触发。触发位置定义：以编码器零点为原点，按触发间隔等间隔分布的位置序列。
- 1) 当触发方向为正向时，仅当编码器往正向越过触发位置时，才进行触发，当往负向越过触发位置时，不进行触发；
 - 2) 当触发方向为负向时，仅当编码器往负向越过触发位置时，才进行触发，当往正向越过触发位置时，不进行触发；
 - 3) 当触发方向为双向时，编码器往正向或负向越过触发位置时，均进行触发。

注 意

在一些情况下，触发原点会被重新设置到当前位置，因此触发原点和编码器坐标原点可能不一致，会导致触发原点重新设置为当前位置的操作包括：

- ① 手动设置当前用于触发的编码器通道的位置；
- ② 修改当前用于触发的通道；
- ③ 修改触发计数/触发方向/触发追踪模式/触发间距设置；

5.6.2.9 追踪模式

追踪模式仅对位置触发模式生效。

追踪模式会记录编码器曾到达的最大/最小位置。

当追踪模式开始时，仅当编码器位置超出曾到达的最大/最小位置后，触发信号才有效；当编码器在曾到达的最大/最小位置之间运动时，触发信号无效。

5.6.2.10 触发间隔

单位为脉冲数量，记触发间隔为 n 。

对于计数触发模式，每累积 n 个触发脉冲触发一次；对于位置触发模式，依照编码器原点生成以 n 为间隔的位置序列，作为触发位置。

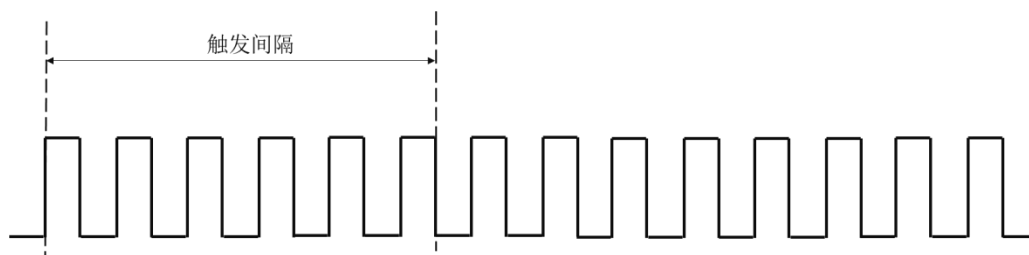


图 5- 96 编码器触发间隔含义，经过 N 个有效编码器信号后，触发一次采样

注 意

编码器触发间隔最小为 1。

5.6.2.11 输入模式

- 1) 单路：只解读编码器 A 相端口的信号，注意此时编码器等效于计数器，计数始终增长，没有方向概念；
- 2) 正交：解读 AB 相正交编码器的信号，具有方向概念；

5.6.2.12 解码模式

以×1、×2 或×4 的形式对编码器进行解码，通常使用×4 模式。

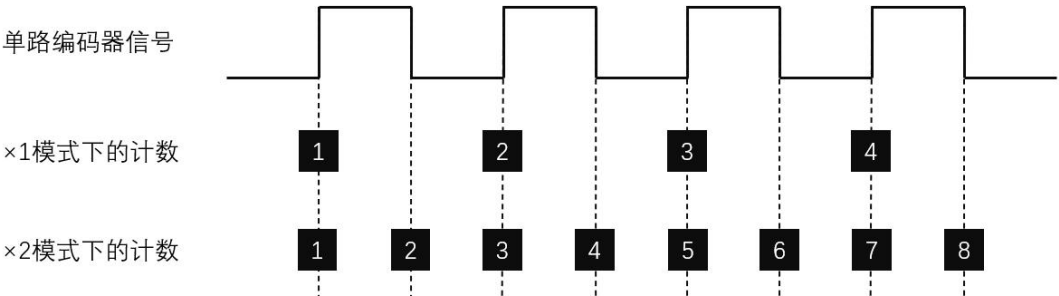
	单路	双路
×1	检测 A 路输入的上升沿。计数始终增长。	检测 A 路输入的上升沿。根据方向进行加、减计数。
×2	检测 A 路输入的上升沿和下降沿。计数始终增长。	检测 A 路输入的上升沿和下降沿。根据方向进行加、减计数。
×4	不支持。	检测 A、B 路输入的上升沿和下降沿。根据方向进行加、减计数。

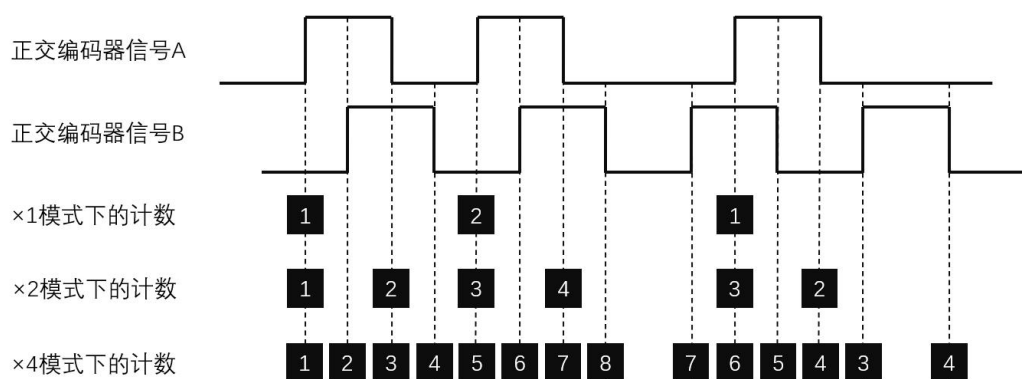
注意

方向定义：

在正交输入状态下，按如下规范定义运动方向：

- 正向：A 的信号变化提前于 B 的信号变化，定义为正向。例如在 A 出现一个上升沿时，B 处于低电平，则认为 A 的变化提前于 B，计数加 1。
- 负向：A 的信号变化滞后于 B 的信号变化，定义为负向。





5.6.2.13 Z 相使能

开启时，每当编码器端口接收到 Z 相信号，便将当前位置设定为指定数值（默认为 0）。

5.6.2.14 编码器使能

设置编码器 1 及编码器 2 对应的端口有效或者无效。

5.6.2.15 编码器脉冲比例系数

以 mm 为单位，假设当前分辨率为 N，则表示 1 个脉冲对应 Nmm 位移。可分别对编码器 1 和编码器 2 设置分辨率。重设分辨率后，编码器的手动置位位置和 Z 相置位位置都将清零，需要重新设定。

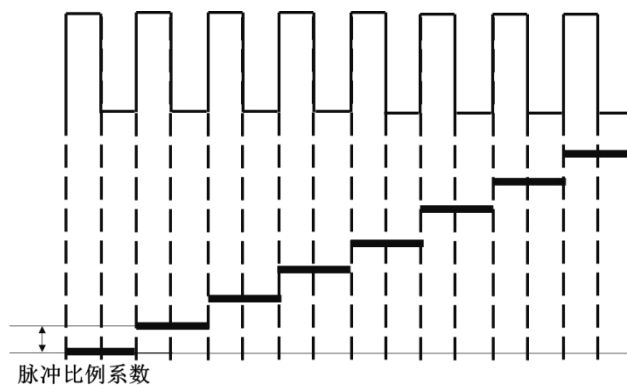


图 5- 97 脉冲比例系数

如图所示，编码器计数以 1 递增（或递减），对应实际位移的间距便为脉冲比例系数。

注意

脉冲比例系数对应的是 1 个计数间隔对应的位移，因此配置解码模式为×1、×2、×4 时，脉冲比例系数会对应发生改变。

5.6.2.16 编码器手动置位

将当前编码器位置设置为特定值，之后的编码器脉冲计数将以手动置位值

为基准。

手动置位值的单位为 mm，置位值对应实际脉冲数与编码器分辨率有关，因此编码器分辨率重置后，手动置位自动清零。

5.6.2.17 编码器 Z 相置位值

Z 相置位将 Z 相信号到来时的编码器位置设置为特定值，之后的编码器脉冲计数将以 Z 相置位值为基准。

Z 相置位值的单位为 mm，置位值对应实际脉冲数与编码器分辨率有关，因此编码器分辨率重置后，Z 相置位自动清零。

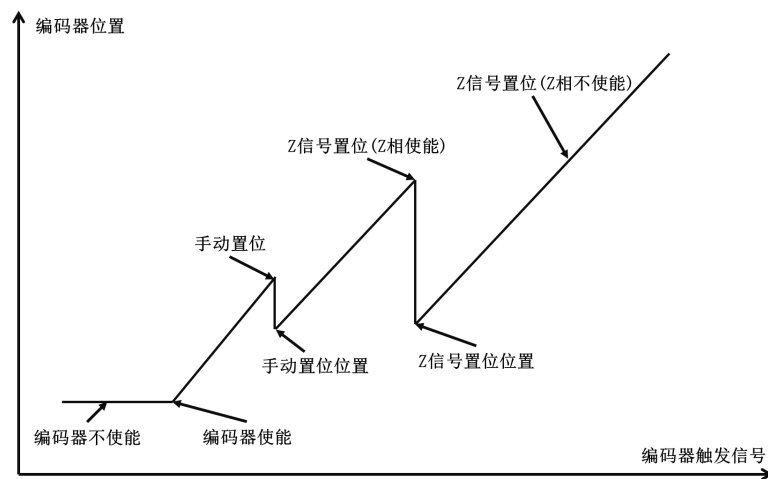


图 5-98 编码器使能及置位工作示意

如图 5-98 所示，假设编码器一直有外部触发信号，当前编码器不使能时，即有信号，编码器位置也不会发生变化，编码器使能后，编码器位置随着编码器触发信号触发而变化。编码器触发过程中，用户通过上位机指令手动置位，编码器位置变化为手动置位位置，再以手动置位位置为基准发生变化。Z 相使能时，编码器触发过程中出现 Z 相信号，编码器位置变化为 Z 信号置位位置，再以 Z 信号置位位置为基准发生变化。Z 相不使能时，即使出现 Z 相信号，编码器位置也不会被置为 Z 信号置位位置。

5.6.2.18 光源触发控制

光源触发控制包含两种方式，一种为触发点亮，即只有在被触发时光源才会被点亮，能观察到光斑，另一种为常亮状态，即光源一直打开能够观察到光斑。

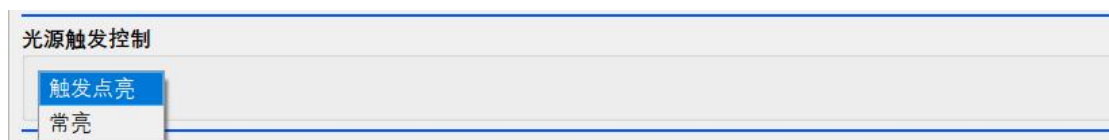


图 5-99 光源触发控制

5.6.2.19 SYNC 输入状态及置零

连接控制器，点击参数配置=>触发配置=>SYNC 输入状态及置零。

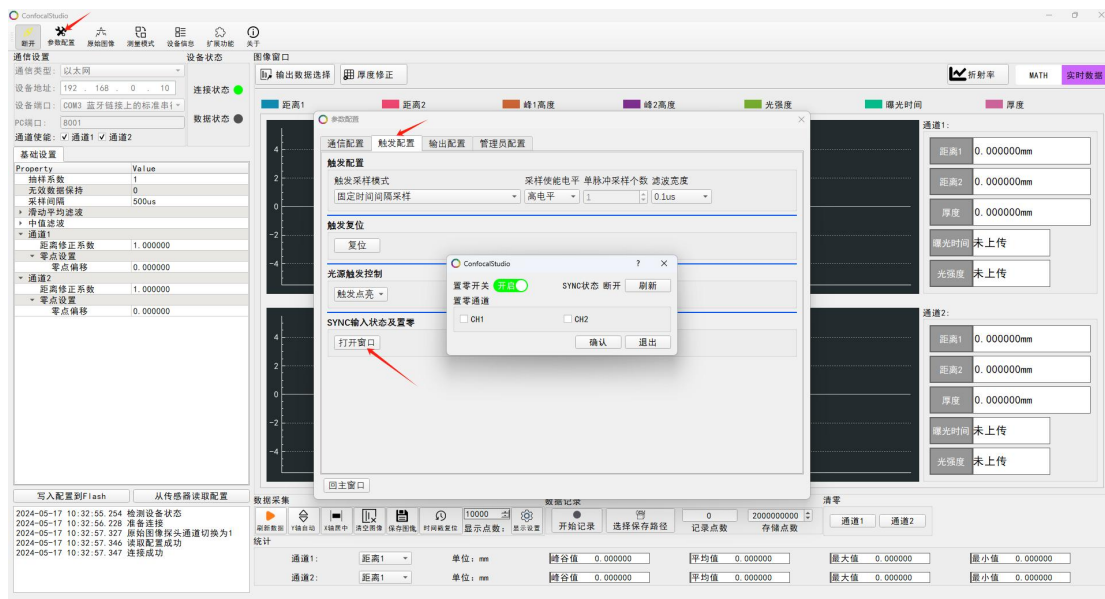


图 5- 100 SYNC 输入状态及置零

打开置零开关，选择想要置零的通道，将 S_IN 与 DCOM 导通（手动短接或通过外部电路实现均可），从未导通状态切换到导通时，将选中的探头通道的距离 1 清零，导通时间超过 2s 时，取消清零，如果 2s 后也一直导通，不进行其它操作。断开后，再次导通可以再次清零。

当 SYNC 用于触发，SYNC 置零开关未打开，对应探头通道未选中，对应探头测量值为无效，上述情况，都不进行置零操作。

还可以进行 SYNC 状态读取，当 S_IN 与 DCOM 不短接，点击刷新，此时 SYNC 状态为断开，S_IN 与 DCOM 短接，点击刷新，此时 SYNC 状态为连接。

5.6.3 输出配置

5.6.3.1 模拟输出

模拟输出设置						
模拟通道	输出开关	数据来源通道	信号源	输出范围	距离起点	距离终点
AO1	开启	CH1	距离1	0~5V	-1.500	1.500
AO2	开启	CH1	距离1	0~5V	-1.500	1.500

图 5- 101 模拟输出配置

- 模拟输出通道为：AO1、AO2
- 模拟输出开关状态包括：开、关。
设置为开时，输出电压或电流；
设置为关时，不输出。
- 数据来源通道包括：控制器、探头 1、探头 2。

- 模拟输出信号源为：距离 1-距离 6、厚度-厚度 5、Math。
- 模拟输出方式为：电压、电流。电压单位为 V，电流单位为 mA
- 距离起点、距离终点（单位：mm）
设置的值应在量程范围，且起点应小于终点。
- 距离起点、终点相对与电压（流）起点终点的映射关系为：
假设距离起点为 x_1 ，终点为 x_2 ，电压（流）起点为 y_1 ，终点为 y_2 ，某个时刻位移 x 对应的输出电压（流）的计算公式为：

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}(x - x_1) + y_1$$

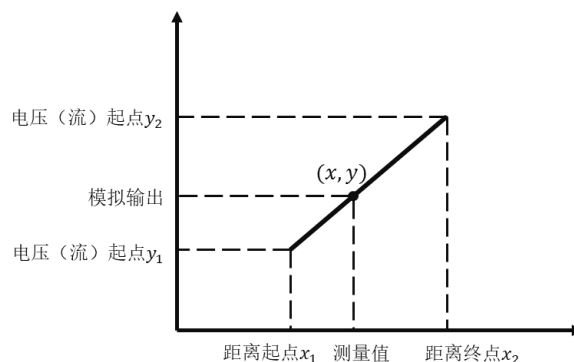


图 5- 102 实际位移与模拟量之间映射关系

例如，当数据源选择为位置 1，映射起点为-10mm，映射终点为 10mm 时，输出范围为 0-5V，则如果位置 1 读数为 0mm，模拟输出为 2.5V，如果位置 1 计数为 5mm，模拟输出为 3.75V。

相应地，在根据模拟量反向推算位移时，某个时刻输出电压（流） y 对应位移 x 的计算公式为：

$$x = \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}(y - y_1) + x_1$$

例如，当数据源选择为位置 1，映射起点为-10mm，映射终点为 10mm 时，输出范围为 0-5V，如果此时测得模拟输出为 3.75V，则说明对应位移为 5mm。

点击“设置”按钮，将界面中的设置值发送给控制器。

注意

连接控制器类型为双通道控制器时，可选择的模拟输出信号源包括：控制器通道的 MATH 数据和探头通道 1、2 的距离 1、距离 2、厚度；

连接控制器类型为单通道控制器时，仅可选择探头通道 1 的距离 1、距离 2、厚度。

5.6.3.2 模拟无效值模式和输出设置

模拟无效值模式和输出设置

模拟通道	输出模式	输出值
AO1	余量模式	最大值
AO2	余量模式	最大值

图 5- 103 模拟无效值模式和输出设置

- 模拟输出通道为：AO1、AO2
 - 输出模式包括：余量模式、端点模式。
 - 输出值有：最大值、最小值。
 - 端点模式：模拟输出值为大于映射终点时，输出为映射终点，小于映射起点时，输出为映射起点；无效值时，输出为映射起点值。
- 余量模式：当探头读数超过映射量程，即小于映射起点或大于映射终点时，此时模拟量将变为两端的余量值。

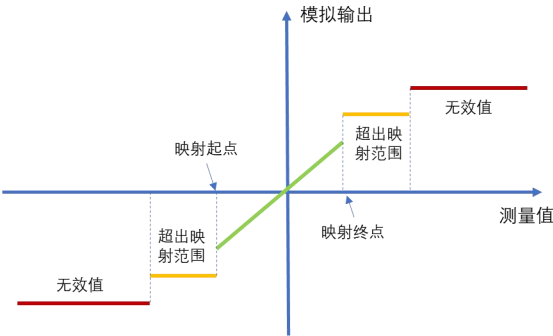


图 5- 104 余量模式、端点模式映射关系

模拟输出各挡位余量值如下。

	0~5V	0~10V	-5V~5V	-10~10V	4~20mA
小于起点	-0.05V	-0.1V	-5.05V	-10.1V	3.8mA
大于终点	5.05V	10.1V	5.05V	10.1V	20.2mA

表 5- 2 模拟输出各挡位余量值

各档位模拟输出错误值如下：

	0~5V	0~10V	-5V~5V	-10~10V	4~20mA
最小值	-0.2	-0.2	-5.2	-10.2	3mA
最大值	5.2	10.2	5.2	10.2	21.0mA

表 5- 3 各档位模拟输出错误值

5.6.3.3 警告量程上下限

数字通道	警告量程上限	上限滞回值	警告量程下限	下限滞回值	
DO1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	设置
DO2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	设置
DO3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	设置
DO4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	设置

图 5- 105 数字输出上下限设置

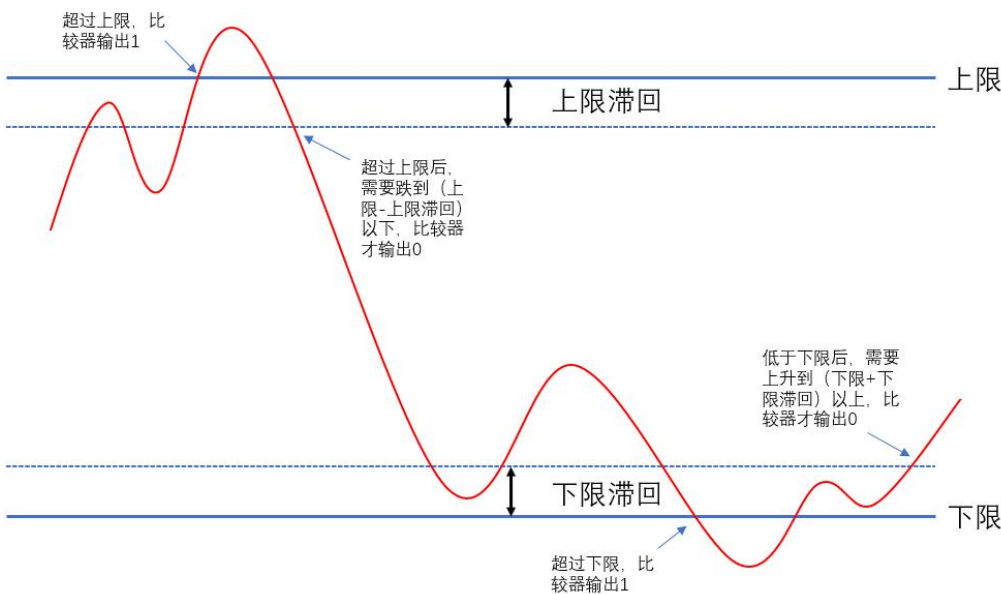


图 5- 106 警告量程上下限

如图 5- 所示：

假设当前警告量程上限为 x_u ，上限滞回值为 h_u ：

- 当位移值由小变大直到大于 x_u 时，特定通道的超上限信号源激活；
- 位移由大于 x_u 的值逐渐减小到小于 x_u ，但大于 $x_u - h_u$ ，此时超上限信号源仍然激活；
- 当位移值减小到小 $x_u - h_u$ 时，超上限信号源不激活。

假设当前警告量程下限为 x_l ，下限滞回值为 h_l ：

- 当位移值由大变小直到小于 x_l 时，特定通道的超下限信号源激活；
- 位移由小于 x_l 的值逐渐增大到大于 x_l ，但小于 $x_l + h_l$ ，此时超下限信号源仍然激活；
- 当位移值增大到大于 $x_l + h_l$ 时，超下限信号源不激活。

配置选项	配置范围	说明
------	------	----

数据源	距离 1、距离 2、厚度及 MATH	选定的数据进行比较
警告量程上限	-2147mm~+2147mm	见图 5-
上限滞回值	-2147mm~+2147mm	
警告量程下限	-2147mm~+2147mm	
下限滞回值	-2147mm~+2147mm	

表 5- 4 警告量程上下限参数范围限制

警告量程的上下限和滞回还应满足如下条件：

- 警告量程上限应大于警告量程下限。
- 警告量程上限或下限应位于实际最大量程范围内，超过实际最大量程范围，设置值无效。

点击【警告量程设置按钮】，可将警告量程上下限及相应滞回值发送给控制器。

注 意

连接控制器类型为双通道控制器时，可为控制器通道的 MATH 数据和探头通道 1、2 的距离 1、距离 2、厚度等数据设置警告量程上、下限参数；
连接控制器类型为单通道控制器时，仅可为探头通道 1 的距离 1、距离 2、厚度等数据设置警告量程上、下限参数。

5.6.3.4 数字输出设置

数字输出设置

数字通道	输出开关	输入通道	数据源	输出条件	满足输出条件后输出状态	
DO1	☐ 关闭	Controller ▾	MATH1 ▾	超上限 ▾	断开 ▾	设置
DO2	☐ 关闭	Controller ▾	MATH1 ▾	超上限 ▾	断开 ▾	设置
DO3	☐ 关闭	Controller ▾	MATH1 ▾	超上限 ▾	断开 ▾	设置
DO4	☐ 关闭	Controller ▾	MATH1 ▾	超上限 ▾	断开 ▾	设置

图 5- 107 数字输出通道设定

- 数字输出通道可选择 DO1、DO2、DO3、DO4，对应控制器上的数字输出通道。
- 数字输出开关状态包括：开、关。
设置为开时，输出设定的电平；
设置为关时，不输出。
- 数字输入通道可选择 Controller、CH1、CH2。
- 数字输出数据源为距离 1-距离 6、厚度-厚度 5、Math，
- 输出条件为：超上限、超下限、超上/下限、警告。
- 满足输出条件后输出状态包括：导通、断开。
- 以上配置完成后，点击“设置”按钮，将设置参数发送给控制器进行设定。

数字输出示例：

假设当前数字通道为 DO1，输出开关打开，数据源为距离 1 超上限，有效电平为高电平。则当距离 1 位移值超过设置的警告量程上限时，使用万用表测量 DO1 与 DCOM 之间电阻，此时电路断开，无法测量到阻值。

注意

连接控制器类型为双通道控制器时，可选择的数字输出信号源包括控制器通道的 MATH 数据和探头通道 1、2 的距离 1、距离 2、厚度。

连接控制器类型为单通道控制器时，仅可选择探头通道 1 的距离 1、距离 2、厚度。

5.6.4 管理员配置

5.6.4.1 标定曲线管理



图 5- 108 打开标定曲线选择窗口



图 5- 109 选择并设置标定表

探头标定表通常在出厂时进行写入。在实际使用过程中，如果控制器配置了多个探头，每个探头的标定表不一致，可通过标定曲线上传下载窗口进行查看，如图 5-108，点击选择按钮，打开图 5-109 所示窗口，即可选择不同探头所对应的标定表。

5.6.4.2 薄膜测量功能



图 5- 110 薄膜测量

开启薄膜测量功能，可用于实现对超薄物质的测量，该功能只对特定型号探头有效。

该功能通过提高上、下表面峰在 CMOS 传感器上的间隔来实现。

5.6.4.3 设备配置管理

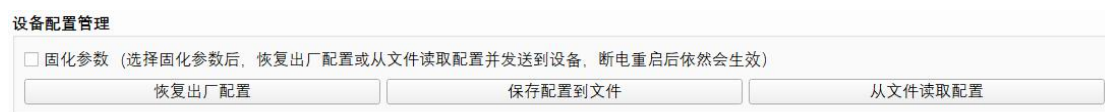


图 5- 111 设备配置管理

设备配置管理用于快速保存传感器的测量配置。使用该功能，能将本传感器的测量配置，快速应用到其它传感器上。

主要功能包括以下三项：

- 恢复出厂设置

传感器在出厂时设置了默认参数，能够适应大部分测量情况下的应用。如在参数设置过程中，部分参数设置错误，导致异常无法测量时，可通过“恢复出厂配置”功能，恢复出厂默认参数。

- 保存配置到文件

将当前设备的参数以文件的形式保存在磁盘中。用户可从磁盘中读取该文件并配置到其它设备，使其它设备拥有与当前设备相同的测量参数。

- 从文件读取配置

即读取“保存配置到文件”操作步骤中保存的配置文件，并将配置文件中的参数发送到传感器中。

以下情况，读取配置文件将失败：

- ① 配置文件不存在；
- ② 非“保存配置到文件”操作步骤中保存的配置文件。该情况，软件会提示配置文件格式错误。

注 意

【固化参数】复选框被勾选时，用户在【恢复出厂配置】或【从文件读取配置】中发送到设备的参数，将会存入设备的 flash 中。设备重新上电后，设置的参数

仍然有效。

5.6.4.4 温度补偿配置

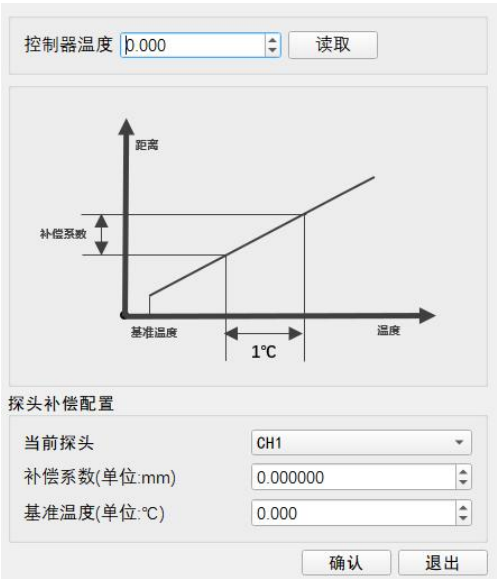


图 5- 112 温度补偿配置界面

温度补偿功能设置基准 t_0 ，假设当前温度为 t ，温度补偿系数为 k ，补偿前测量值为 x_0 ，补偿后值 $x_1 = x_0 + k(t - t_0)$ ，通常将基准温度 t_0 设置为室温 20°C 。选择需要进行温度补偿的探头通道号，设置补偿系数和基准温度后，点击确认，参数便设置到传感器中。

注 意

探头温度补偿功能的使用条件为，假设探头与控制器处于同一环境温度，控制器温度升高时，探头温度也相应升高，基于控制器的温度变化来实现对探头温度的补偿。如果探头与控制器处理不同温度环境，且变化趋势不相同，建议使用外置温度传感器读取探头环境温度，对读取的数据进行后处理，然后进行补偿。

5.7 常见故障排查

故障现象	故障可能原因	解决措施
测量值显示异常： (1) 选择上报的	(1) 相应修正系数被设置为 0；	在配置窗口查看控制器距离、厚度修正系数，默认设置为 1。
	(2) 触发方式被	当触发配置的触发源设置为“外部触

测量数据值为0; (2) 点击“刷新数据”后, 数据图形界面无数据刷新; (3) 测量数据显示“未上传”; (4) 测量数据值为-2147。	设置为外部触发, 且未施加外部触发信号。	发”时, 需外部送入符合配置的触发信号后, 才会进行数据采样。
	(3) “输出数据选择”勾选框中, 未勾选要上报的数据	要上报的数据未勾选, 则在软件界面对应数据栏显示“未上传”。点击主界面的“输出数据选择”界面, 勾选要上传的数据, 即可解决测量数据显示“未上传”的问题。
	(4) 测量值为“-2147”, 如被测物在量程内, 则可能峰检测阈值或峰选取参数未正确设置	(1) 正确设置峰检查参数 在“光谱设置”界面的配置窗口, 设置合适的峰检测参数, 使满足条件的峰被检测到。参数包括: 峰高阈值、锐度阈值、最小间隔。 (2) 正确设峰选取模式 测距模式: 应选择最大值模式; 测厚模式: 应选择编号或区间模式;
	数据状态指示灯显示为红灯	被测物超出量程测量范围。 查看“光谱图像”界面的图像峰值是否在量程起终点内。 如超出量程, 则调整被测物到量程范围内。
与设备连接不成功	(1) 设备上电时刻, 立即点击“连接”操作;	设备上电后, 大约需 10s 左右时间完成设备启动, 该时间内连接设备, 设备不会响应。
	(2) 使用 USB 进行连接时, USB 端口号未正确选择。	可将 USB 拔出, 然后点击搜索串口, 观察在 USB 拔出后消失是否有端口号, 消失的端口可能就是与控制器连接的对应端口。
	(3) 输入的设备 IP 地址与控制器的 IP 地址不一致。	可通过 USB 与设备进行连接, 在“参数配置”界面的“通信配置”窗口中读取网络参数。观察读到的控制器 IP 地址与主窗口中的设备地址是否一致。
	(4) 电脑 IP 地址设置不正确: 电脑 IP 地址与控制器端存储的主机 IP 地址不一	在确认设备地址输入无误后, 通过以太网仍无法连接, 则需检查电脑的 IP 地址是否设置正确。 首次连接时, 电脑 IP 地址需设置为: 192.168.0.20。

	致。	
--	----	--

6. 干涉模式厚度测量

软件同时可支持连接光谱共焦控制器和干涉测厚控制器，当连接控制器为干涉测厚控制器时，将自动切换为干涉测厚界面。

6.1 基本测量原理

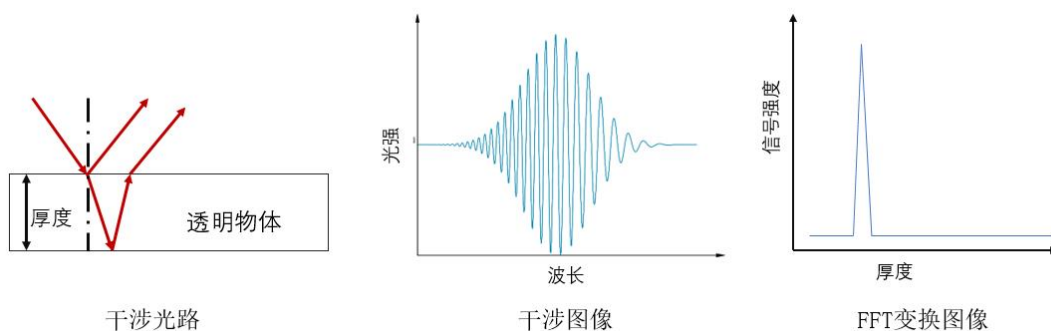


图 6- 1 干涉测量原理图

如图 6-1 所示，上下两个表面各产生一个反射光，两个反射光产生干涉，形成干涉条纹，干涉光的光强度分布与被测物厚度存在类似于正弦曲线关系，通过傅立叶变换，可以得到厚度与干涉光信号强度与对应关系，被测物厚度形成的干涉光分量在 FFT 变换图像中为一个明显的峰值，通过计算该峰值所在位置，通过线性映射，便可以被测物厚度。

6.2 干涉测厚适配

软件连接方式与光谱共焦控制器相同，由于干涉测厚通过 FFT 图像中的峰位置直接映射为厚度值，不需要透明物体上下表面的位置值，因此软件中会进行如下调整。

1. 主界面中仅显示厚度测量值，可对厚度值配置厚度修正系数进行修正，同时厚度修正系数的单位变为 μm ；同时，距离 1、距离 2 测量值不再显示，并且没有清零、距离修正、零点偏移相关操作。
2. 输出数据选择中，无距离 1、距离 2 选择，管理员配置中，也无需选择探头对应校准曲线。
3. 原始图像显示界面中，同时原始图像窗口中，同时显示干涉图像及通过 FFT 运算后得到的干涉图像。

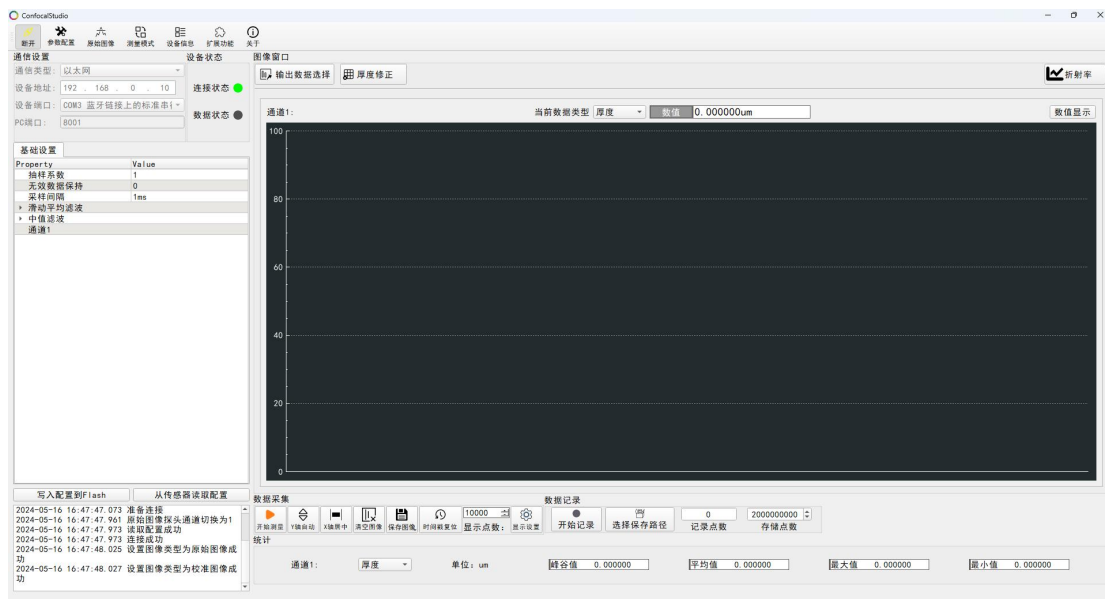


图 6- 2 连接干涉测厚控制器后的软件主窗口

6.3 原始图像滤波

在原始图像界面中，高级图像设置内包含了原始图像滤波功能，为了提高测量值的稳定性，在使用峰定位算法计算峰位置之前，先使用 FIR 滤波器对原始图像进行滤波，滤波器会对滤波窗宽内的像素起到平均效果，当两个峰间隔比较接近时，较小的峰值可能会被滤波器平滑掉，导致无法分辨小厚度的透明物体，此时需要使用小宽度的滤波器。

图 6- 3 图像滤波窗口

6.4 原始图像查看

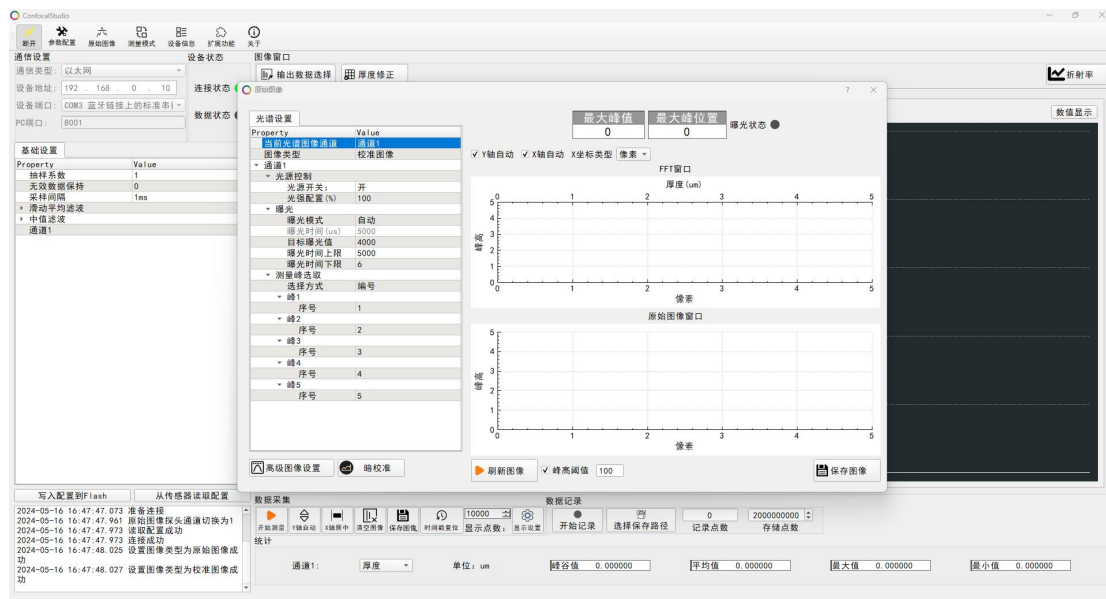


图 6- 4 连接干涉测厚控制器后的原始图像窗口

连接干涉测厚探头器后，打开原始图像界面，界面中同时显示原始图像窗口和 FFT 窗口。同时，相对于光谱共焦控制器，图像设置和检测参数也有相应变化，具体如下：

1. 干涉测厚模式下，增加 FFT 图像滑动平均窗口，可对多帧经过 FFT 变换后的图像进行滑动平均，防止单帧图像跳动带来厚度测量不稳定。滑动平均窗口窗口大小包含 1、2、4、8、16。
2. 经过 FFT 变换后的图像，仅通过峰高度和最小间隔实现峰的检测，无峰锐度阈值参数。
3. 干涉测厚模式下，当前仅用于测量单层膜厚，因此仅对峰 1 进行配置即可，选择方式依然可以使用编号、区间、最大值、最后一个峰模式。

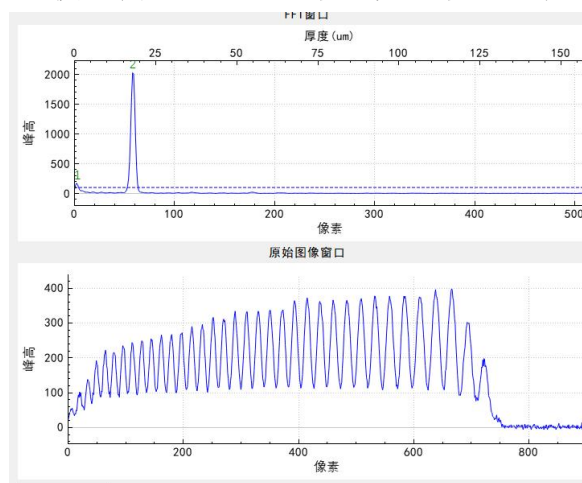


图 6- 5 干涉测厚图像

点击刷新图像时，原始图像和 FFT 图像同时刷新，当前被测物位于干涉测厚探头的参考距离测量范围内，且被测物厚度位于干涉测厚控制器支持的厚度范围内时，原始图像会出如图 6-5 所示的波纹状图像，说明被测物上下表面回光发生干涉，此时 FFT 图像中出现一个明显的峰值；该峰值所在横坐标位置经过折射率和厚度修正系数叠加的线性映射后，便可直接得到被测物厚度。因此，FFT 图像中下方横坐标为峰位置信息，上方横坐标为峰位置对应的厚度，此时便可以大致判断当前折射率和修正系数下，峰位置对应的厚度值。同时，干涉测厚存在无法形成干涉条纹的情况，此时原始图像窗口中无波纹状图像，FFT 图像中没有出现有效的峰值。

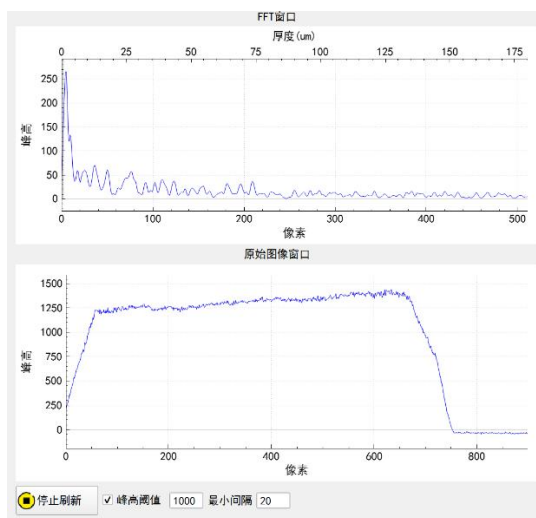


图 6- 6 无效干涉图像

下面对无法形成干涉条纹的情况进行说明：

1. 被测物不是透明物，没有上下两面（探头竖直时）回光产生干涉。
2. 被测物没有在探头测量范围内，例如，干涉测厚探头测量范围约为 48mm~52mm，如果此时探头距被测物距离为 40mm，则无法聚焦进行测量。
3. 被测物与探头之间存在倾斜，若干涉测厚探头测量角度为 $\pm 3^\circ$ ，探头与被测物表面倾角为 10° ，此时便可能导致光无法返回控制器。
4. 被测物厚度过大或过小，例如，控制器的测厚范围约为 1um~100um，若被测物为 500um，此时上下表面回光也无法产生干涉。

6.5 折射率配置及厚度数据查看

不同材料折射率的不同，会导致上下表面回光程差存在差异，因此，在原始图像中调整峰检测和峰选择参数得到的厚度值，并不一定是被测物真实的厚度值。此时，需要在折射率表上传窗口中，选择特定材料对应的折射率。折射率的上传、下载、选择与光谱共焦模式下相同，详见 5.2.2。

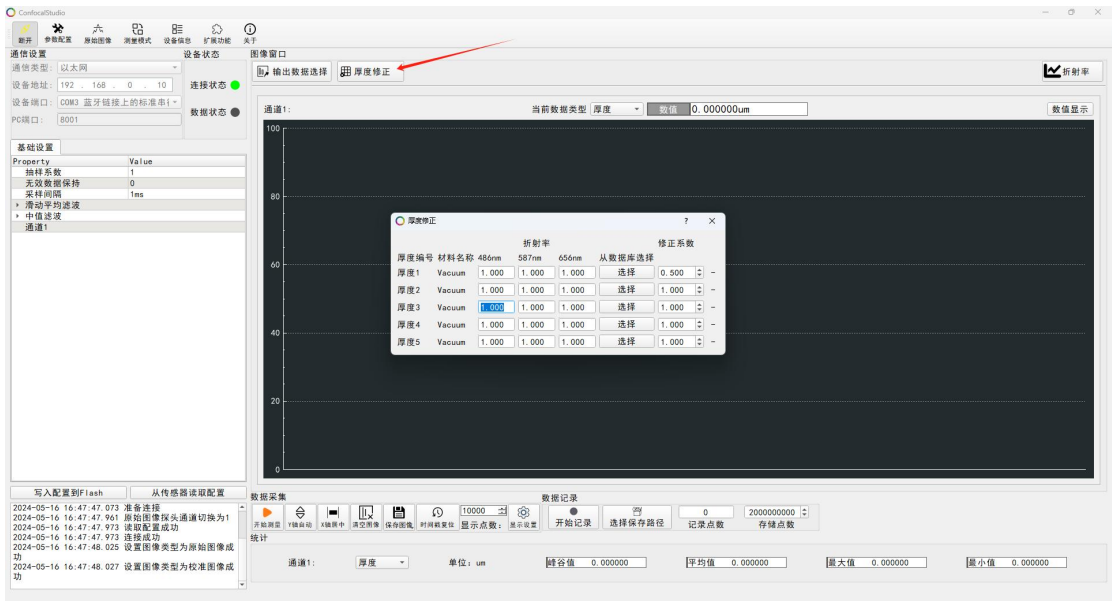


图 6- 7 折射率及厚度修正系数设置

经过折射率修正后，被测物厚度便为实际厚度，如果此时，在角度偏差允许范围内，被测物与探头存在一定倾角，使被测物厚度存在成比例误差，可通过厚度修正系数进行修正。

7. 扩展测量功能

7.1 长期采样存储



图 7- 1 打开长期采样存储窗口



图 7- 2 长期采样界面

当用户希望查看被测物测量值在较长时间（如数天或数周）内受环境或其它因素影响变化的过程，可使用长期采样存储功能，以较长的采样间隔时间进行采样（如几秒或几分钟），并存储到文件，从而减小数据采集和存储量。

用户点击开始采集后，软件便以【单次采样间隔时间】中的时间为间隔进行采样，并保存到特定的文件，文件中每行数据为“采样序号+采样时间+选择的输出数据”。

注 意

1. 长时间采样时，不要在软件上进行其它操作，否则可能会导致测量数据发生异常。
2. 长时间采样的数据类型由主窗口输出数据选择中选择的数据确定，在进行长期采样存储前，应先在输出数据选择窗口选择打开采集的数据类型。

7.2 粗糙度测量



图 7- 3 打开粗糙度测量窗口

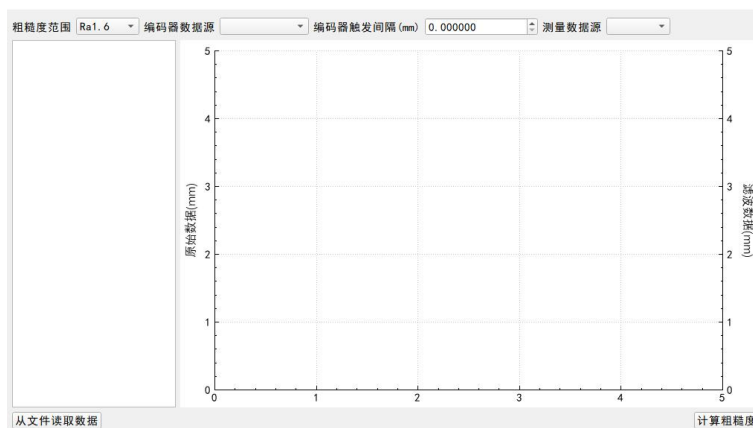


图 7- 4 粗糙度测量界面

粗糙度测量功能为离线分析光谱共焦传感器测量得到的数据，从而计算得到扫描区段的粗糙度。

7.2.1 测量数据获取

通常需要先记录测量数据到文件，然后从文件中读取测量数据进行分析。获取测量数据的方法如下：

1. 将运动轴的光栅信号接入控制器的编码器 1 或 2，通过编码器触发控制器采样，编码器触发配置详见 5.6.2。

注 意

进行粗糙度计算距离时，需要两点之间的距离来进行滤波运算，因此通常建议使用编码器触发，如果用户实际使用时无编码器信号，同时测量过程为匀速测量，也可通过采样间隔 $\times$ 运动速度得到相邻两点之间距离。

2. 在主界面的输出数据选择窗口中，在控制器通道选择编码器 1 或 2（以实际触发通道为准），探头通道 1 或 2 中选择距离 1（以实际测量探头编号为准）。

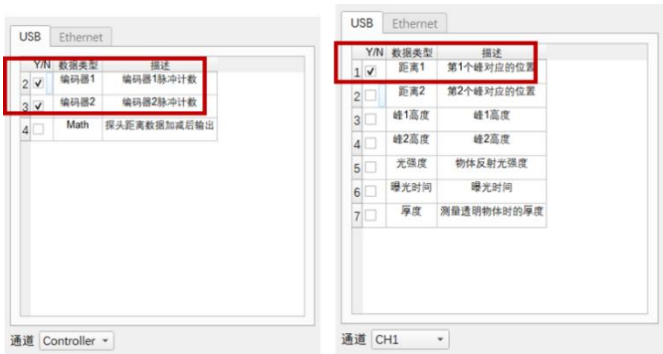


图 7- 5 选择编码器及距离数据输出

3. 在主界面中，点击【刷新数据】，然后点击【开始记录】，然后控制电机带动被测物移动，电机移动结束后，点击【停止记录】，在日志文本框中可见数据记录的路径。

7.2.2 测量数据分析

保存数据文件完成后，即可打开粗糙度测量窗口，进行测量数据进行分析，通用分析步骤如下：

- 1. 选择编码器数据源，如果用户在测量时选择了使用编码器进行触发，可选择相应的编码器，如果未使用编码器进行触发，应选择【手动输入测量间隔】。
- 2. 选择【测量数据源】，通常可选择探头通道的距离 1、距离 2 数据。
- 3. 选择【粗糙度范围】，粗糙度范围确定需要过滤的轮廓。
- 4. 点击计算粗糙度，软件便显示相应 Ra、Rz、Ry

7.3 频谱数据分析

7.3.1 时域测量数据采集

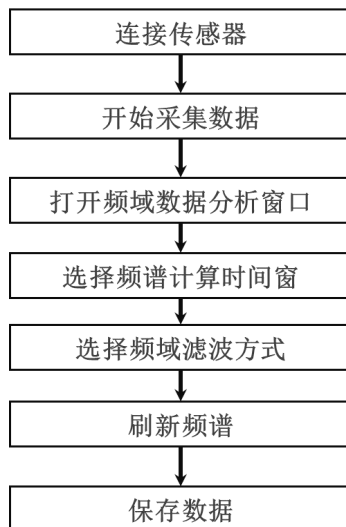


图 7- 6 振动测量过程

通过软件对振动测量数据进行分析的步骤如图所示，下面对每个步骤进行详细介绍。

1. 连接传感器，传感器连接过程详见章节 4。
2. 开始刷新数据，数据刷新及刷新数据前的原始图像调整详见 5.5 章节，在进行振动测量时，还应注意以下事项。
 - 采集数据前应选择正确的采样间隔，使得采样频率 f_s 与实际的振动频率 f_0 满足采样定理，即 $f_s \geq 2f_0$ 。在不明确当前振动频率的情况下，选择最小采样间隔（及对应最大采样频率）。
 - 传感器可选择多种测量数据进行分析，软件中可进行分析的测量数据为位置 1、位置 2（通常选择为距离 1），因此在选择输出数据窗口勾选位置 1 或位置 2，其它数据不勾选。
3. 打开频域数据分析窗口，可通过扩展功能=>频谱数据分析打开窗口。



图 7- 7 打开频域数据分析窗口位置

4. 选择频谱计算时间窗，详见 7.3.3。

5. 选择频域滤波类型，详见 7.3.6。如果无需查看滤波数据，仅查看频谱，可选择滤波类型为无。
6. 刷新频谱，开始刷新频谱后，开始对测量数据进行 FFT，滤波类型不为无时，可对数据进行频域滤波。
7. 保存数据，详见 7.3.7。

7.3.2 频谱计算

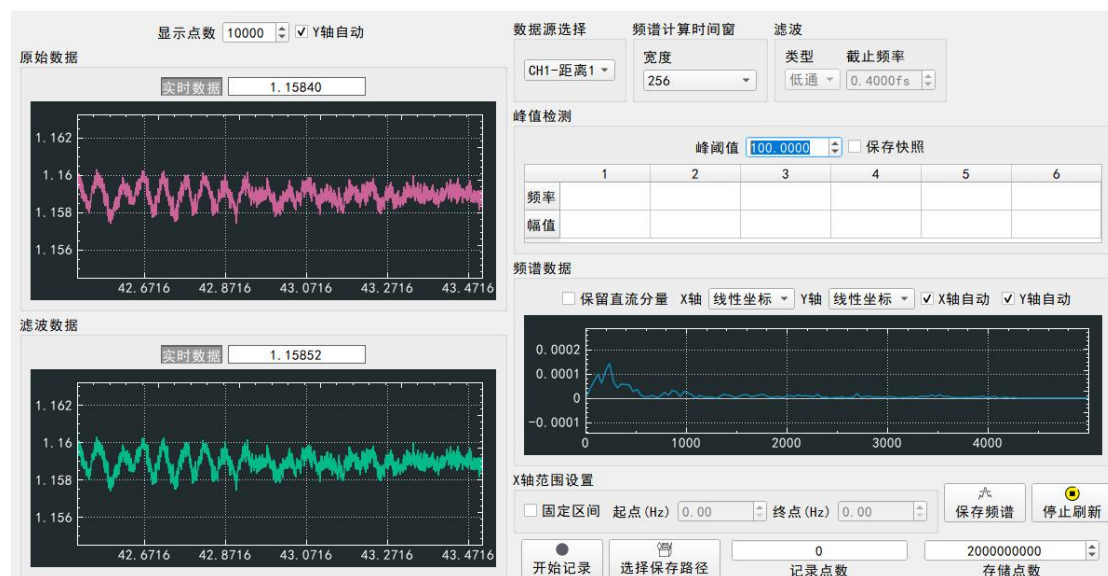


图 7- 8 频域数据分析窗口

打开频域数据分析窗口后，点击刷新频谱，便对测量数据进行快速傅立叶变换（FFT），得到频率-振幅的关系，并动态绘制在频谱数据图窗。下面对频谱计算相关的功能进行说明。

7.3.3 频谱计算时间窗

FFT 对测量数据进行截取，截取的数据点数便是频谱计算时间窗。可选的窗口宽度为 32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536，即 2 的 N 次幂。

在实际选择时间窗的大小时，应根据需求调整时间窗大小。为了频谱刷新的及时性，应选择与实际的采样频率接近或小于采样频率的时间窗，不应远大于采样频率。例如，采样频率为 1kHz 时，如果选择时间窗大小为 65536，则需要 66 秒才能进行填充完时间窗进行 FFT 变换，从而导致频谱长时间不刷新。为了提高频域的分辨率，需要增大时间窗的宽度。

7.3.4 频谱数据显示

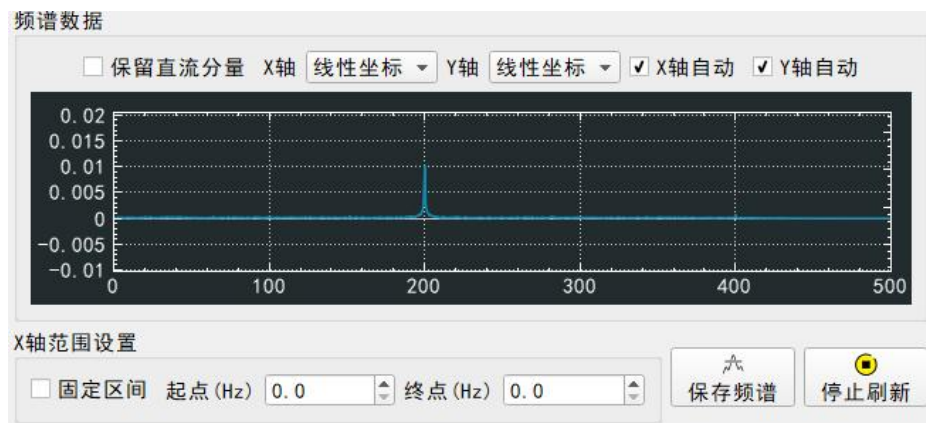


图 7- 9 频谱数据图窗

计算完一次 FFT 后，便将 FFT 变换后得到的频率-振幅数据绘制到频谱数据图窗中，其中横坐标为频率，范围为 $[0, \frac{f_s}{2}]$ ，纵坐标为频率对应的幅值。

测量数据相对于零点存在较大偏移时，通过 FFT 计算得到的直流分量远大于高频的振动幅值，不利于频谱的直观显示，因此将在显示频谱时将直流分量过滤，如果需要查看直接分量的值，可勾选保留直流分量复选框，便在图窗中显示直流分量的值。

X、Y 轴坐标的显示方式可选择线性坐标或对数坐标，通常情况下，选择坐标显示方式为线性坐标，当前测量数据打算观察的值差异较大时，可选择对数坐标显示。例如，当 X 轴想同时观察 300Hz 与 25kHz 频率下的振幅时，可选择 X 轴坐标显示方式为对数坐标。

默认情况下，会将频谱数据自动调整到图窗范围内，使得频谱数据能够完整显示，此时无法对图窗进行缩放。用户打算手动缩放频谱进行查看时，可点击取消勾选“X 轴自动”、“Y 轴自动”复选框，当取消“X 轴自动”复选框勾选时，用户可以在 X 轴对频谱曲线进行缩放，当前取消“Y 轴自动”复选框时，用户可以在 Y 轴对频谱曲线进行缩放。

用户如果打算仅查看某一频率范围内的频谱数据时，可以通过 X 轴范围设置调节频率显示的起点和终点，当勾选 X 轴范围设置中的“固定区间”复选框时，X 轴自动调节为起点和终点范围之间，此时“X 轴自动”功能不生效。应当注意的是，起点应不大于终点，否则可能导致图窗显示异常。

点击保存频谱，可将当前频谱数据图窗中数据保存为 csv 文件，csv 文件中分为两列数据，第一列为频率，第二列为振幅。

注意

如果选择滤波类型不为无，会对滤波后的数据计算 FFT，此时对应阻带的频率分量将被滤除，如果打算查看原始测量频谱，应选择滤波类型为零。

7.3.5 频谱峰信息显示

频谱峰信息显示控件如图所示。

峰值检测

峰阈值 0.0005 ☐ 保存快照

	1	2	3	4	5	6
频率						
幅值						

图 7- 10 峰信息显示

频谱峰信息显示控件用于显示幅值大于特定阈值的点的频率和幅值信息，最多可以显示 6 个峰值，通过 FFT 计算得到频谱后，会按频率从小到大的顺序要查找大于设定峰阈值的幅值，并显示在表格控件中，超出 6 个的峰将不显示。

当勾选“保存快照”复选框时，如果出现大于“峰阈值”输入框中设置的值时，会将当前频谱保存到 data 文件夹下，并以 snapshot.csv 进行命名；同时会将当前频谱图窗中的图像锁定，直到取消勾选“保存快照”复选框。

7.3.6 频域滤波功能

7.3.6.1 滤波器说明

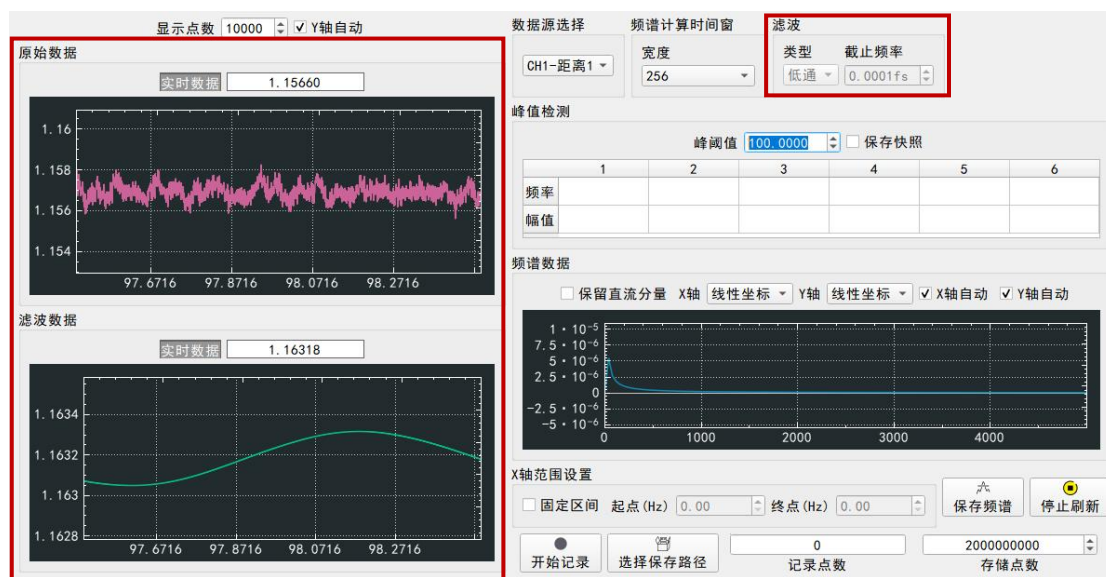


图 7- 11 滤波相关控件

频域滤波可选类型为无滤波、低通、高通、带通和带阻。选择滤波类型为无，对原始数据进行频谱计算，此时滤波数据不显示。当选择滤波类型为低通、高通、带通或带阻时，对原始数据进行滤波后，对滤波数据进行频谱计算。当频域滤波的类型为低通滤波时，将高于截止频率的频率滤除，其频响如图 7-7 所示。

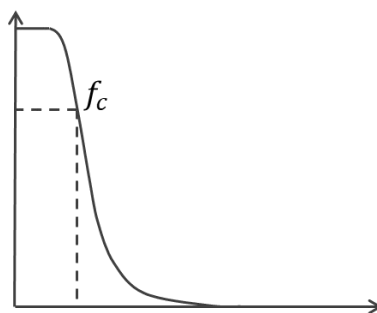


图 7- 12 低通滤波频率响应



图 7-13 低通滤波结果

低通滤波效果如图 7-8 所示，此时高频分量被滤除，仅保留低频分量，滤波数据相对原始数据更加平滑。

当频域滤波的类型为高通滤波时，将低于截止频率的频率分量滤除，其频响如图 7-9 所示。

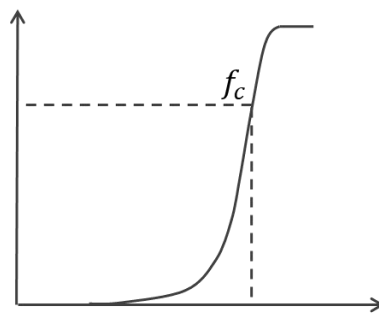


图 7-14 高通滤波频率响应

高通滤波效果如图 7-10 所示，此时低频分量被滤除，仅保留高频分量。

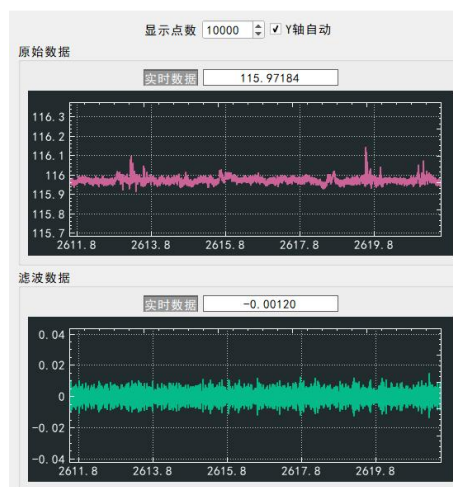


图 7-15 高通滤波结果

当频域滤波的类型为带通滤波时，将低频截止频率与高频截止频率之间频率分

量保留，将低频截止频率与高频截止频率之外的频率滤除，其频响如图 7-11 所示。

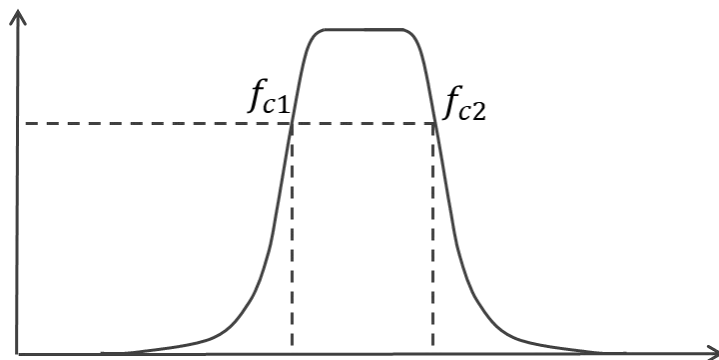


图 7-16 带通滤波频率响应

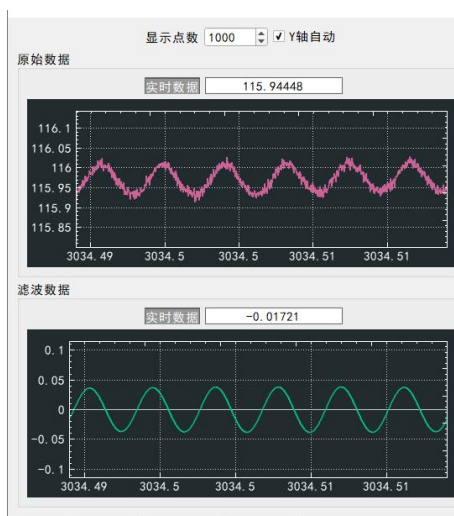


图 7-17 带通滤波结果

带通滤波将特定频段的分量保留，如图 7-12 所示，将 300Hz 附近的频段保留，得到一个平滑的正弦波。

当频域滤波的类型为带阻滤波时，将低频截止频率与高频截止频率之外频率分量保留，将低频截止频率与高频截止频率之间的频率滤除，其频响如图 7-13 所示。

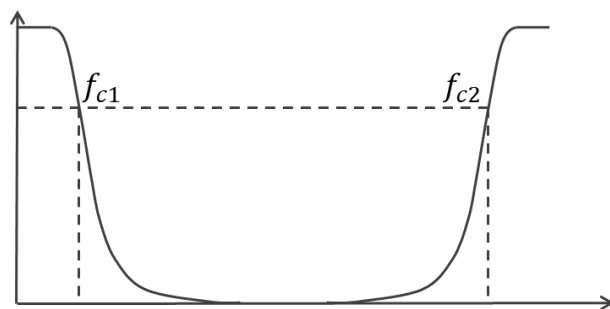


图 7-18 带阻滤波频率响应

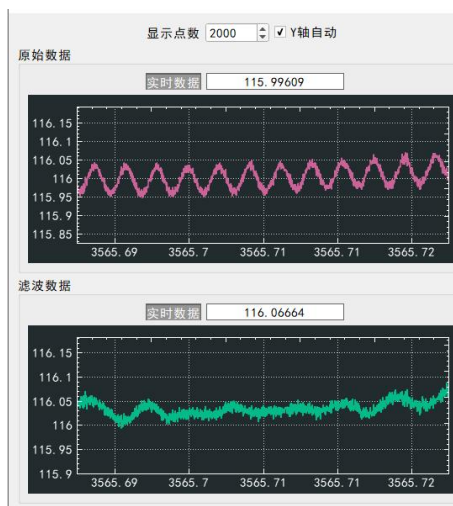


图 7- 19 带阻滤波结果

如图 7-14 所示，通过带阻滤波，将图 7-12 中 300Hz 分量滤除。

7.3.6.2 滤波功能相关控件

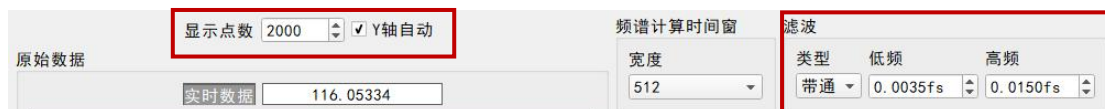


图 7- 20 滤波功能相关控件

- 显示点数，即为原始数据和滤波数据图窗中显示曲线的数据点数，用户可根据想观察的数据量的大小修改相应点数。默认为 10000 点。
- Y 轴自动复选框，当 Y 轴自动复选框勾选时，会将原始数据、滤波数据、频谱数据图窗中曲线自动调整至图框范围内。
- 截止频率输入框，当滤波器类型为低通或高通滤波时，仅可设置 1 个截止频率，当滤波器类型为带通或带阻滤波时，可设置低频截止频率和高频截止频率。截止频率以当前采样频率（fs: Frequency Of Sampling）比值的形式表示，范围为 $[0,0.5]fs$ 。

7.3.7 测量数据保存

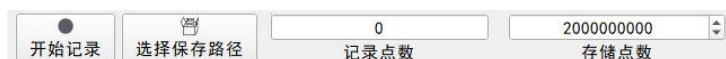


图 7- 21 测量数据保存控件

测量数据保存功能，可将原始数据、滤波数据以及对应的时间戳保存为 csv 文件。各测量控件的含义与主窗口中数据记录控件相同，详见 5.3.1。

7.4 倾斜补偿功能

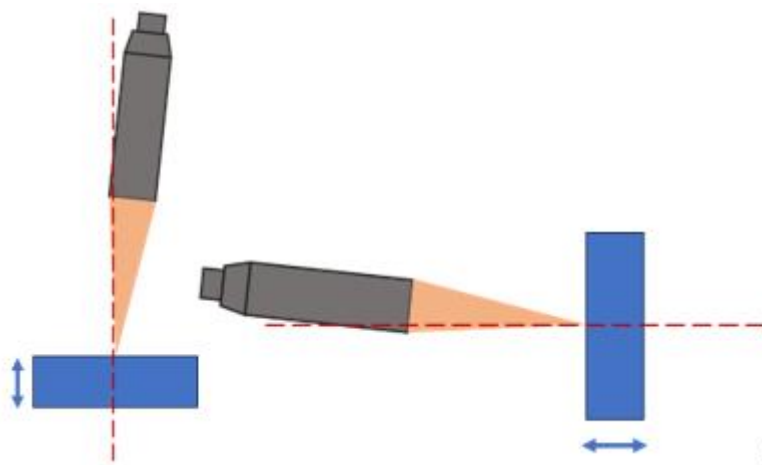


图 7-22 倾斜补偿功能示意图

倾斜补偿的作用：当探头与被测物表面不垂直时，此时如果被测物沿对理论上探头光轴方向（即图中红线）运动时，探头的读数与实际运动位置变化存在一个成比例偏差，通过倾斜补偿功能，可以计算得到该比例系数，并进行补偿。

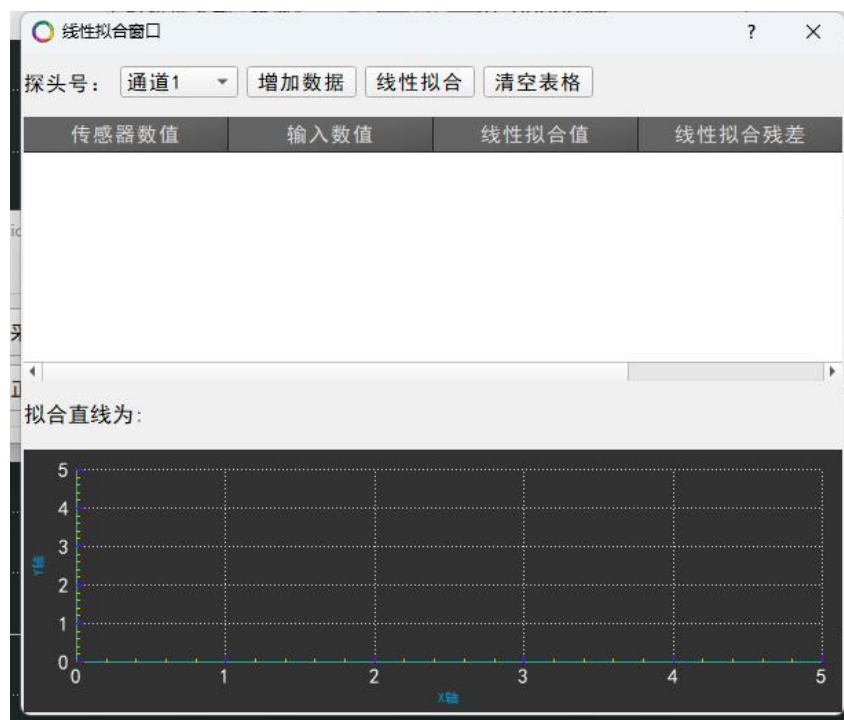


图 7-23 线性拟合窗口

使用步骤如下：

1. 连接光谱共焦传感器，在原始图像窗口中，将探头通道光源开关打开，并调整探头位置，使其在被测物上形成一个明亮的光点，原始图像中出

现明显的峰值。

2. 控制探头水平或竖直运动，使被测物相对探头位置移动到探头近端，记录下此时位置 x_0 。
3. 控制探头水平或竖直运动，使被测物相对探头位置由量程近端移动到量程远端，记录 10 个点的光栅尺数据 y_i 和探头距离 1 数据 x_i （二者单位应一致），由于存在倾斜，此时每一次步进，光栅尺位置变化值与探头距离 1 的变化值存在等比例的偏差（例如，光栅尺每次变化 1.002mm，距离 1 每次变化 1.003mm）。
4. 将记录的光栅尺数据与探头距离 1 数据进行线性拟合，得到 k 和 b ，到主界面，将距离修正系数和零点偏移设置为 k 和 b 。

8. 实用测量操作

8.1 编辑并上传自定义折射率表

- 主界面中点击测厚，此时会显示折射率对话框打开按钮，点击按钮打开折射率表对话框。

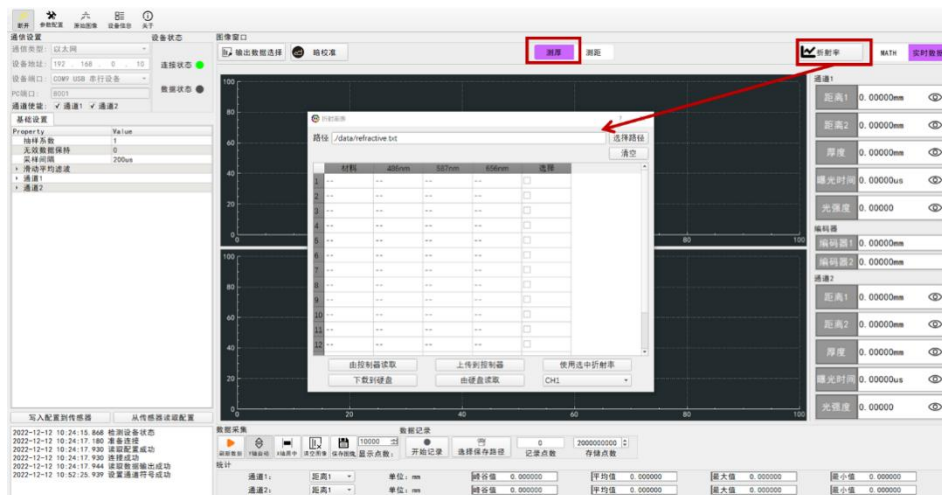


图 8- 1 打开折射率窗口

- 控制器出厂时，会默认上传 14 组常见透明物体的折射率，点击【从控制器读取】，可读取当前已经存储折射率。

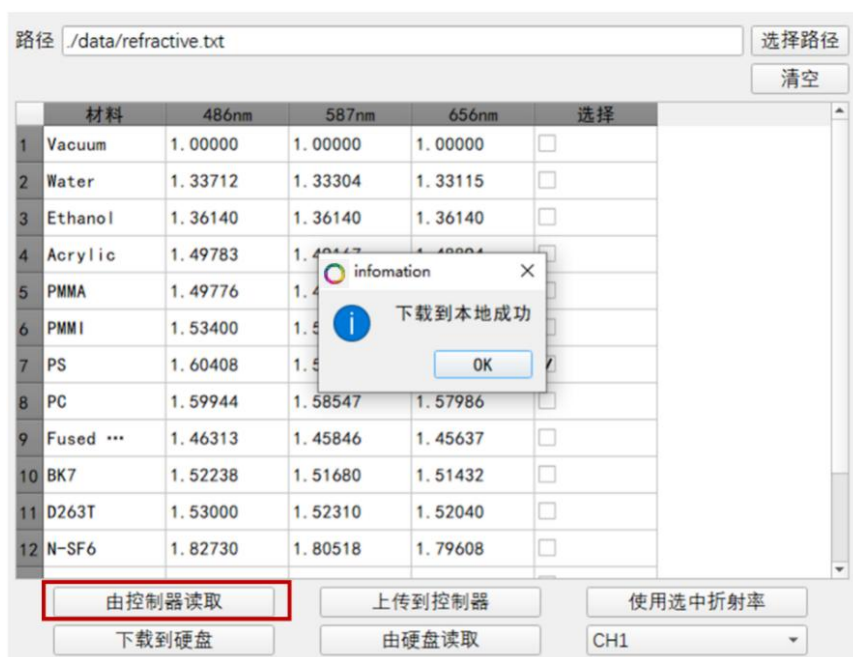


图 8- 2 从控制器读取折射率表

3. 如果此时已经有被测物材料的折射率，可勾选对应材料后的复选框，然后【点击使用选中折射率】。例如，当前被测物为水，便可勾选第二行数据，然后点击【使用当前选中折射率】。【使用当前选中折射率】下方的下拉选框，用于选择当前要设置折射率的探头通道。

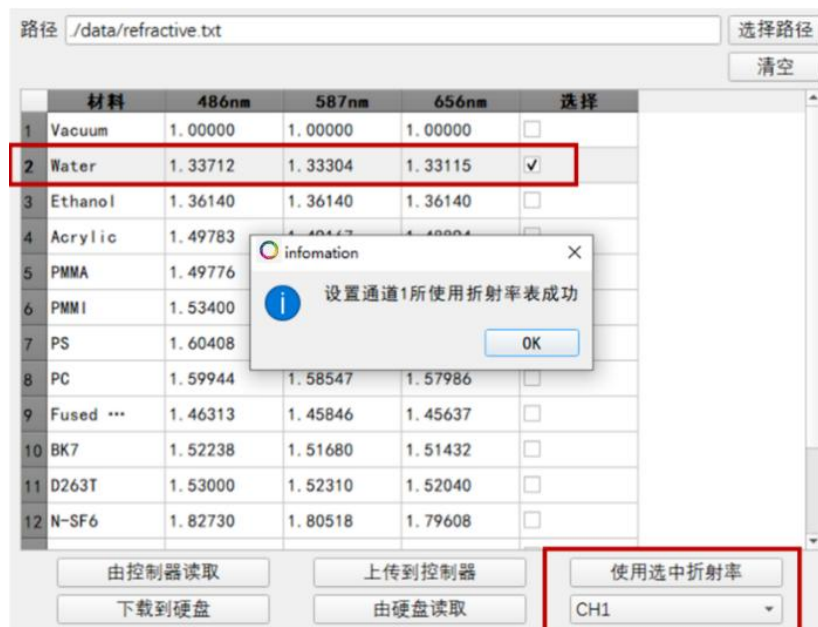


图 8- 3 使用当前已有折射率表

4. 如果前 14 条折射率表中无当前被测物对应折射率，可下拉到第 15 行，在第 15 行中输入被测物材料的名称及折射率，然后点击上传到控制器。



图 8- 4 上传自定义折射率表

5. 上传折射率表后，可以勾选第 15 行后复选框，然后点击使用选中折射率。

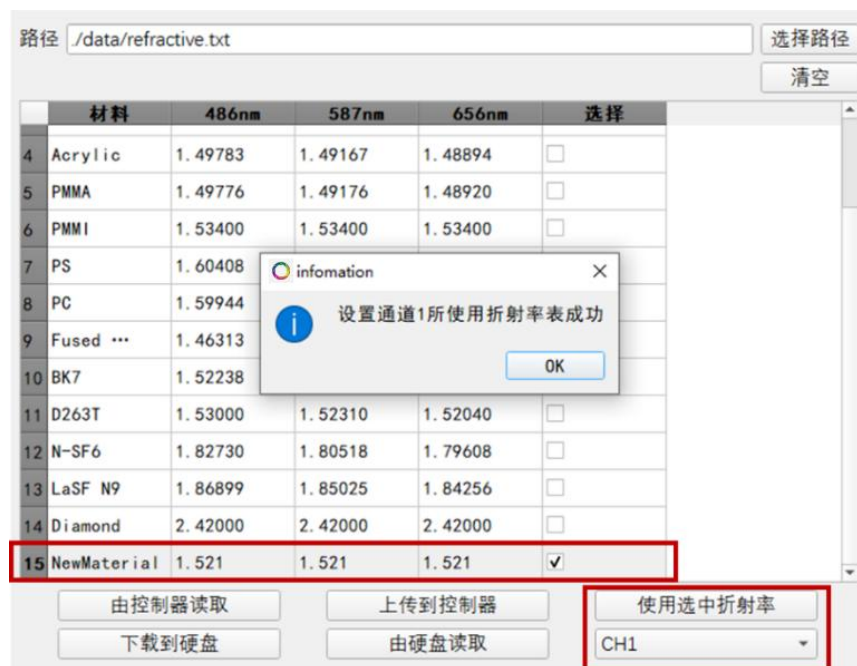


图 8- 5 使用自定义折射率表

6. 最后，可到主窗口点击【写入配置到传感器】，保存当前配置使得断电重启后依然有效。

如果用户需要自定义多种折射率，也可对前 14 条折射率进行更改后上传到控制器，此时控制器存储的默认折射率表将被用户自定义折射率表覆盖。

8.2 标定已知厚度透明物体的折射率（光谱共焦模式）

通常情况，如果已知物体的折射率，可以在折射率表上传窗口中填写实际折射率并上传到控制器，控制器便可根据折射率表对测量厚度进行修正，但在一些情况下，被测物的折射率无法得知，此时如果使用控制器中的默认折射率（通常默认为空气），测得的值与实际厚度值可能相差较大。此时，如果有其它测量工具（如千分尺）可以测得透明物体的厚度，便可以根据已知厚度反求得到特定的折射率。下面以 0.5mm 标准厚度的玻璃片标定进行说明。

1. 主界面中点击测厚，此时会显示折射率对话框打开按钮，点击按钮打开折射率表对话框，然后在折射率表窗口中，打开折射率标定窗口。

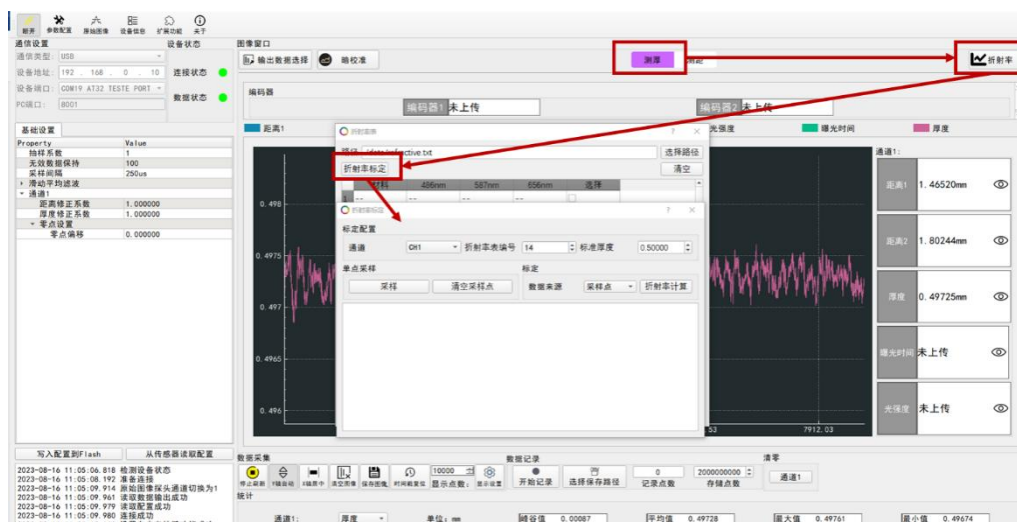


图 8- 6 打开折射率标定窗口

2. 在折射率表标定窗口，各控件的含义如下：

- 通道，当控制器为多通道控制器时，可以选择要进行标定的探头通道
- 折射率编号，即标定后要写入折射率表编号位置，折射率标定后，会将标定的折射率结果写入折射率表上传窗口对应的表格中去，标定完成后，可直接在折射率表上传窗口进行上传。
- 标准厚度，即通过其它测量方式测得的透明物体厚度（该值会影响最后的折射率标定结果，因此尽量保证准确）。
- 采样，对当前探头当前位置的距离 1、距离 2 进行采样，计算得到对应波长下的折射率。
- 清空采样点，如果需要重新开始标定，可点击清空采样点，将之前采样的结果清除。
- 折射率计算，根据探头在不同位置采样得到的波长-折射率关系，最终计算得到，486nm、587nm、656nm 下的折射率。



图 8- 7 折射率标定窗口控件

3. 使被测透明物体分别位于探头量程的远端（在远端时距离 2 靠近量程边缘）、中心、近端（在近端时距离 1 靠近量程边缘），如图 8-8 至图 8-10 所示，然后在三个位置分别点击采样，得到三个不同波长下的折射率。

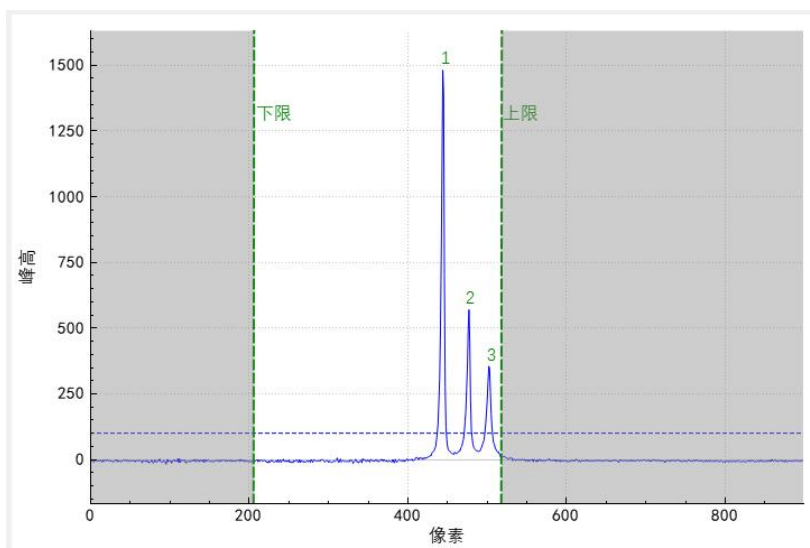


图 8- 8 被测物位于量程远端

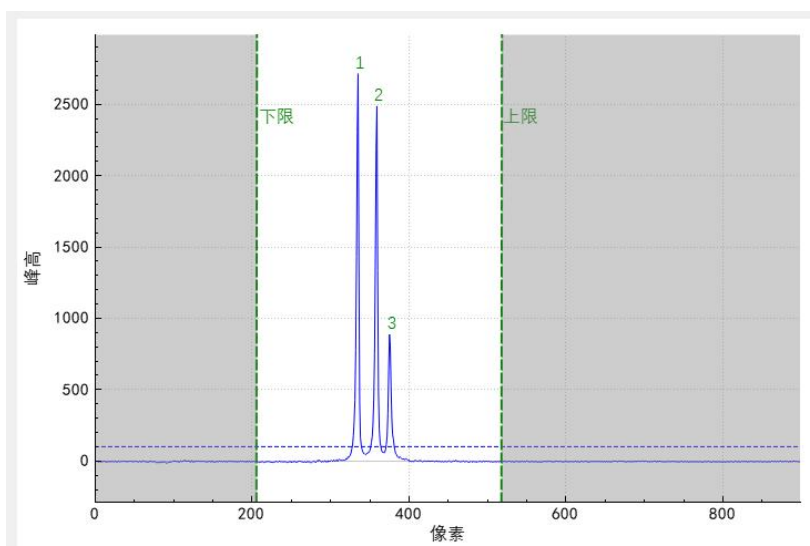


图 8- 9 被测物位于量程中心

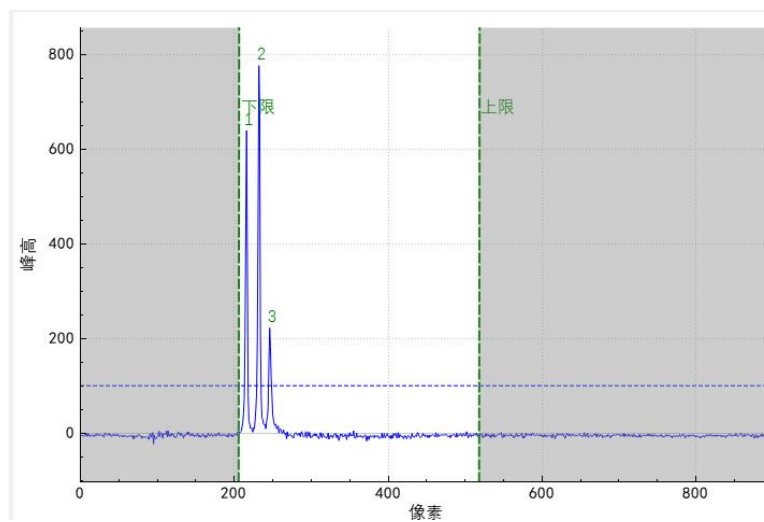


图 8- 10 被测物位于量程近端

注 意

- 测量透明物体位置时，只需要两个峰值即可，图 8-8 至图 8-10 中第 3 个峰，为放置透明物体的平面所返回的峰。
 - 使透明物体分别位于量程的三个不同位置，需要让被测物或探头进行移动，如果两者都无法移动，仅采样一个点，也可进行折射率计算，此时得到的三个波长下的折射率都为同一个值。
 - 被测物是否位于量程的远端、中心、近端，可以通过原始图像查看，也可通过主界面中的测量值查看。例如，量程为-2mm~2mm 的探头，靠近远端时，距离 2 的读数接近 2mm，靠近近端时，距离 2 的读数接近-2mm。
4. 采样完成后，点击折射率计算，便可计算得到三个波长下的折射率。



图 8- 11 折射率计算

注 意

折射率标定时，受到被测物翘曲或探头倾斜影响，通过标定后的折射率计算得到的数据可能与实际厚度存在一定差异，此时可通过调整主界面中对应探头通道的【厚度修正系数】进行修正。

5. 在折射率表上传窗口，点击【上传到控制器】按钮，将标定得到的折射率表上传到控制器，然后勾选标定折射率对应的复选框，点击【使用选中折射率】，便可使用标定后的折射率。

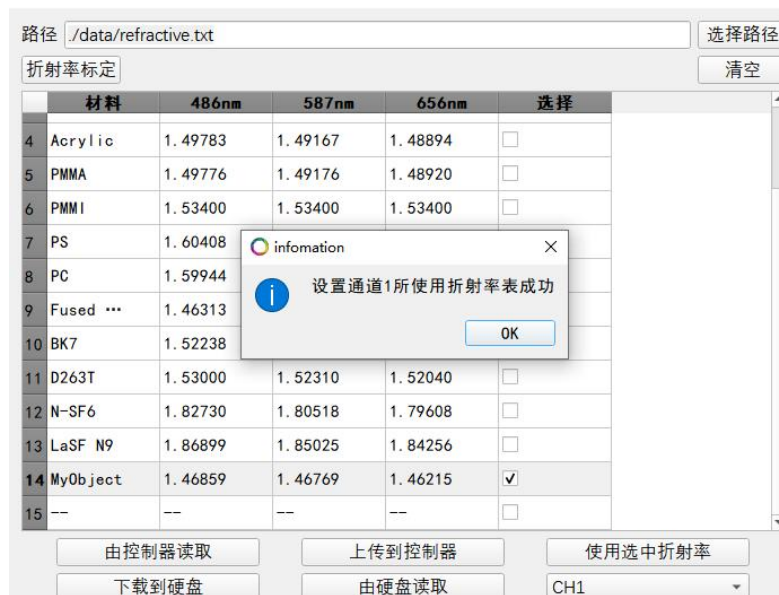


图 8- 12 上传并使用标定得到的折射率表

8.3 单探头测量透明物体厚度

1. 打开原始图像界面，当前光谱图像通道选择对应的探头通道（如果为单通道控制器，则默认为通道 1，如果为双通道控制器，则可选择探头通道为 1 或 2）；选择图像类型为校准图像。

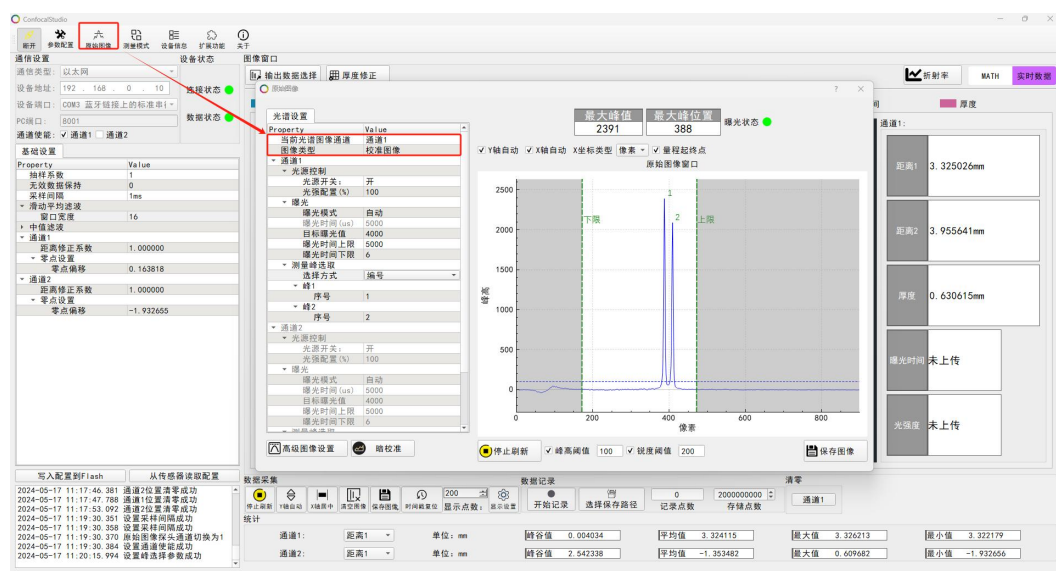


图 8- 13 打开原始图像窗口

2. 打开光源开关，光强配置设置为 100，曝光模式更改为自动，目标曝光值更改为 4000。（如果已经是上述参数，则无需更改）

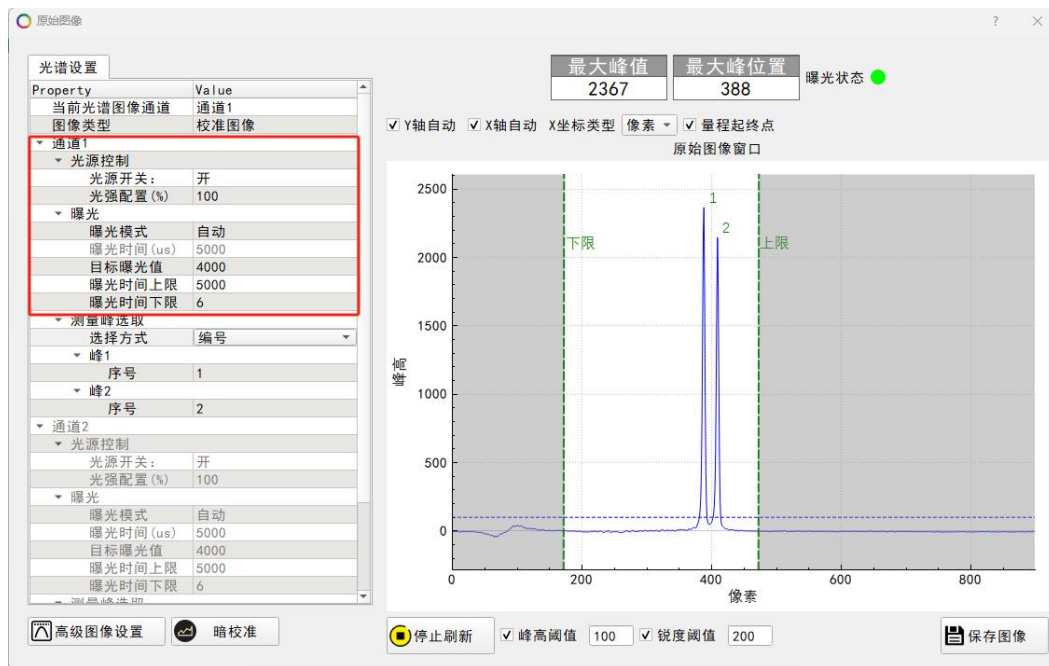


图 8- 14 设置曝光参数

3.调整探头与被测物相对位置，直到图像中出现至少两个峰值，勾选峰高阈值复选框，图像中出现一条虚线，代表峰高阈值，调整峰高阈值，使虚线位于底部噪声与实际测量峰值之间。

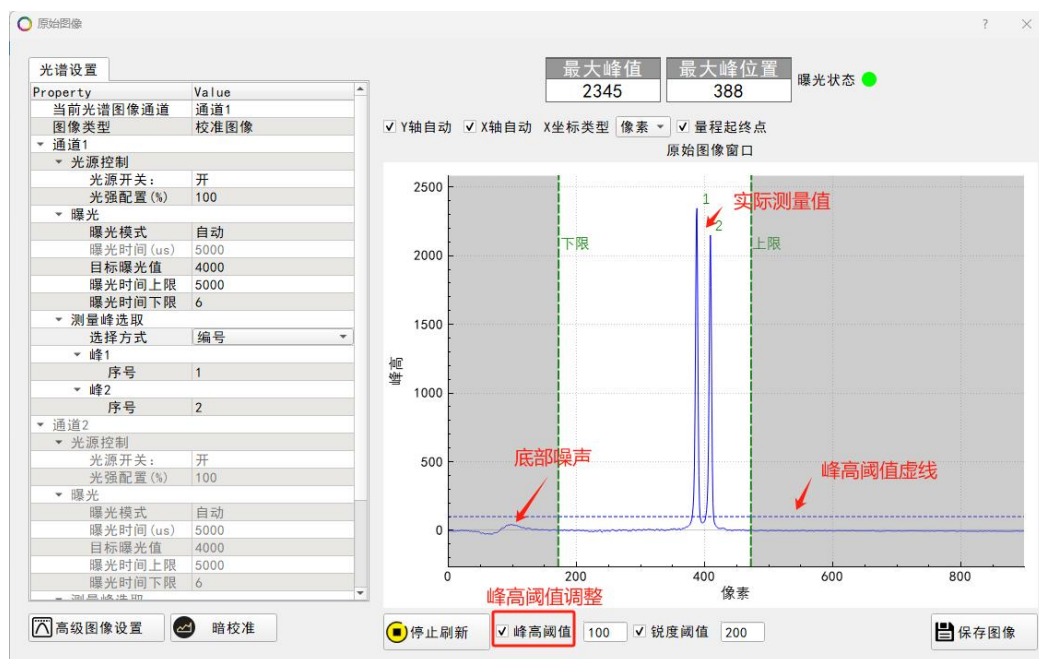


图 8- 15 设置峰高阈值

4.如果峰高度值不理想，应增大采样间隔，从而得到更长的自动曝光时间（曝光时间的上限时间为采样间隔，因此采样间隔增大，传感器可以自动调整的曝光时间上限也更大）。

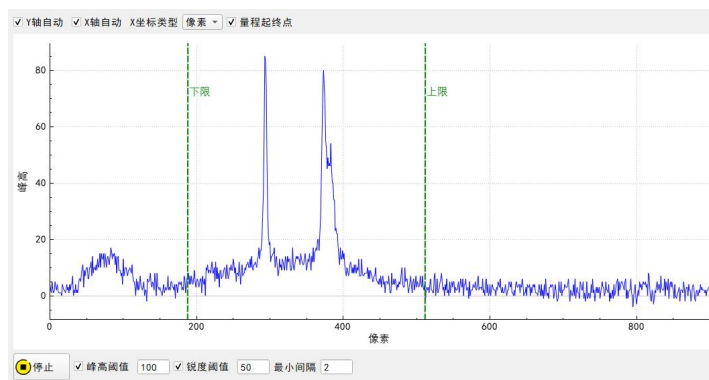


图 8- 16 峰值较低，不是理想的检测状态

5.将图像类型更改为锐度图像，重复与调整峰高阈值时同样的步骤，使锐度阈值虚线位于底部噪声与实际测量峰值之间。

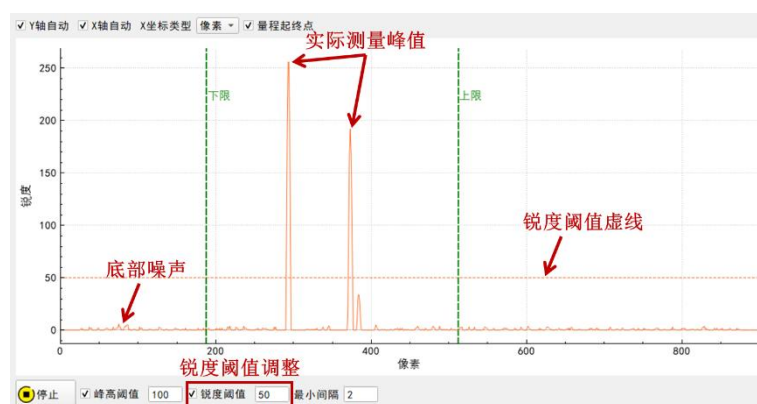


图 8- 17 锐度阈值设置

6.调整最小间隔，使最小间隔小于两峰的间隔。例如，如果两个峰值的实际间隔为 15，但最小间隔设置为 20，则传感器将两个峰值判定为一个峰，峰值较小的峰将无法检测，如果要检测到两个峰值，最小间隔应设置为小于 15 的值。

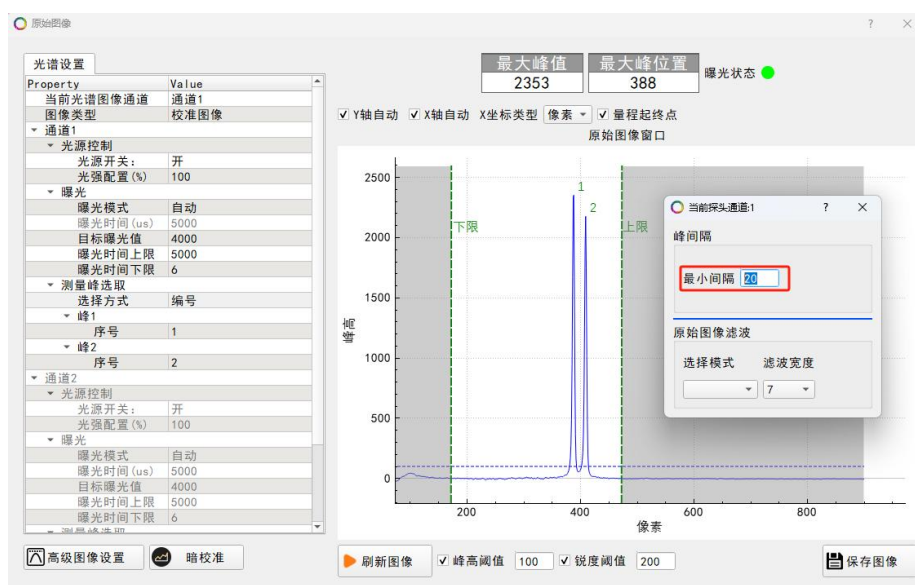


图 8- 18 最小间隔设置

7.设置测量峰选择方式为编号模式，峰 1 序号为 1，峰 2 序号为 2。

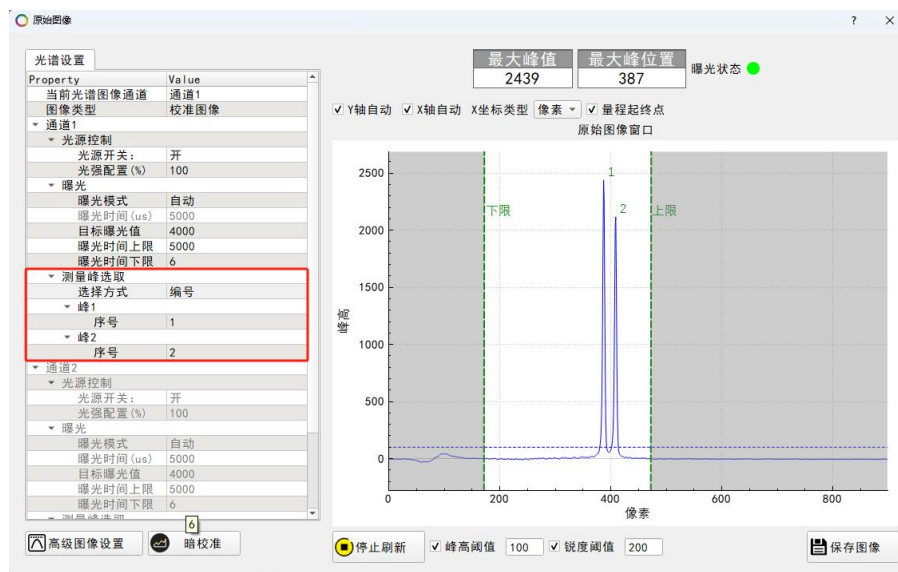


图 8- 19 峰选择方式设置

8.主窗口输出数据选择中，选择对应通道的数据为距离 1、距离 2、厚度（如果当前测的探头通道为 1，则选择 CH1，如果探头通道为 2，则选择 CH2）。

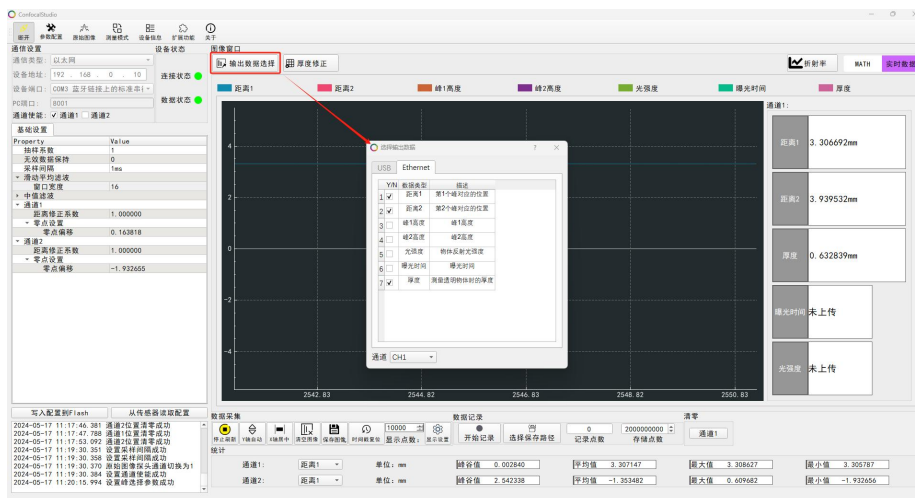


图 8- 20 输出数据选择

如果用户希望只观察厚度数据，距离 1、距离 2 也可不选择。

9.在主窗口中点击刷新数据，图窗中便动态刷新距离 1、距离 2 及厚度数据。

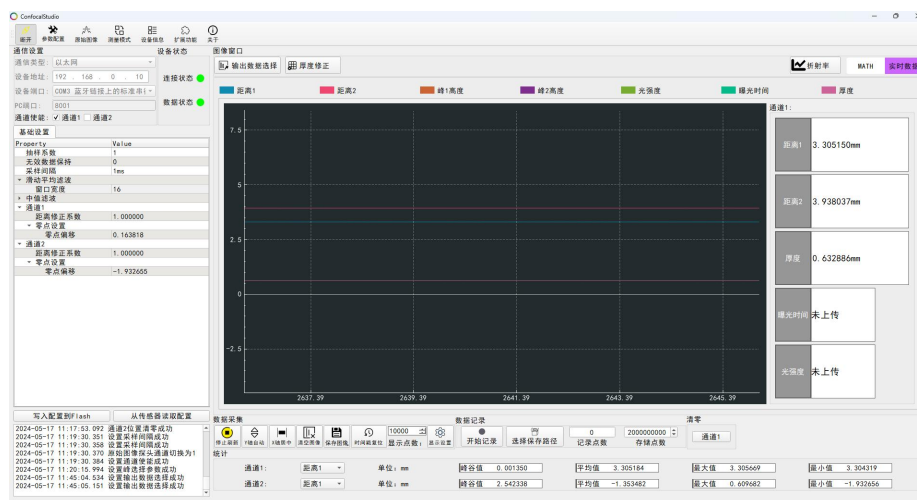


图 8- 21 刷新测量数据

10.如果此时厚度值与实际厚度值不一致，可能是由于探头当前使用折射率与被测物实际折射率不一致导致的，此时应设置折射率为被测物实际折射率，设置方法见 8。

11.最后，可到主窗口点击【写入配置到传感器】，保存当前配置使得断电重启后依然有效。

8.4 单探头测量距离

1. 测量模式选择为测距模式，打开原始图像界面，当前光谱图像通道选择对应的探头通道（如果为单通道控制器，则默认为通道 1，如果为双通道控制器，则可选择探头通道为 1 或 2）；选择图像类型为校准图像。

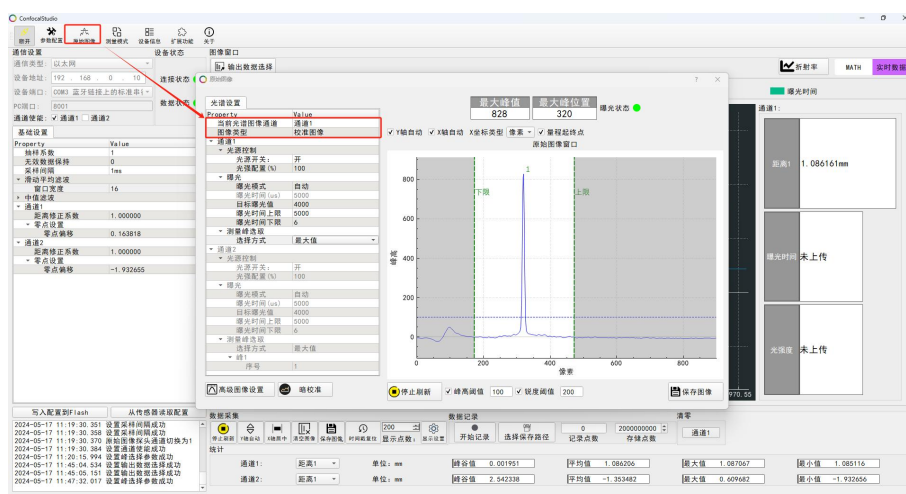


图 8- 22 打开原始图像窗口

2. 打开光源开关，光强配置设置为 100，曝光模式更改为自动，目标曝光值更改为 4000。（如果已经是上述参数，则无需更改）

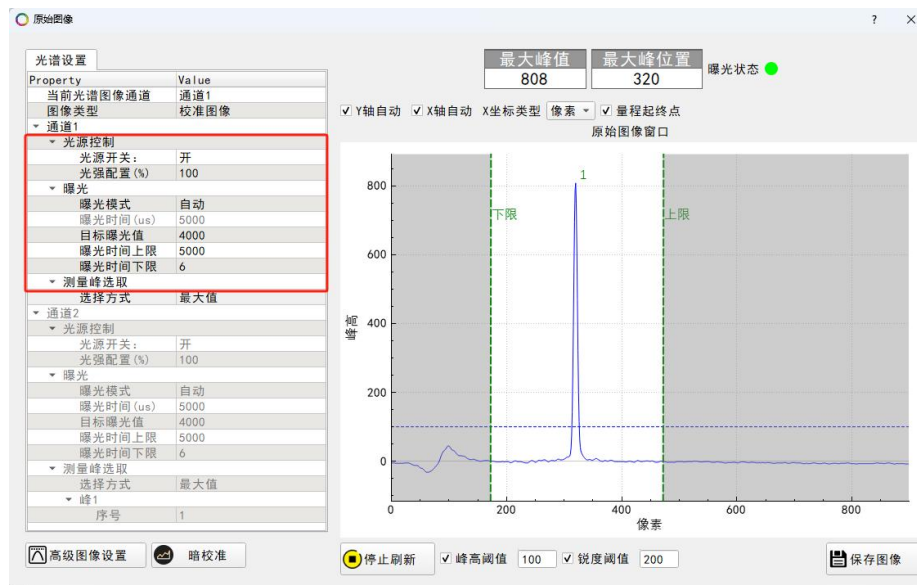


图 8- 23 设置曝光参数

3. 调整探头与被测物相对位置，直到图像中出现至少一个峰值，勾选峰高阈值复选框，图像中出现一条虚线，代表峰高阈值，调整峰高阈值，使虚线位于底部噪声与实际测量峰值之间。

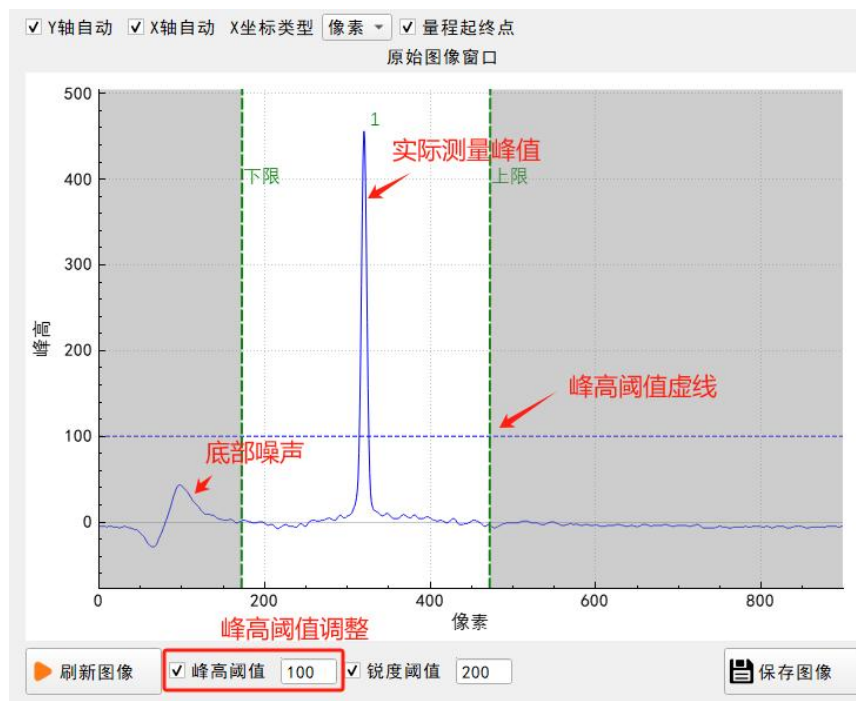


图 8- 24 设置峰高阈值

4. 如果峰高度值不理想，应增大采样间隔，从而得到更长的自动曝光时间（曝光时间的上限时间为采样间隔，因此采样间隔增大，传感器可以自动

调整的曝光时间上限也更大)。

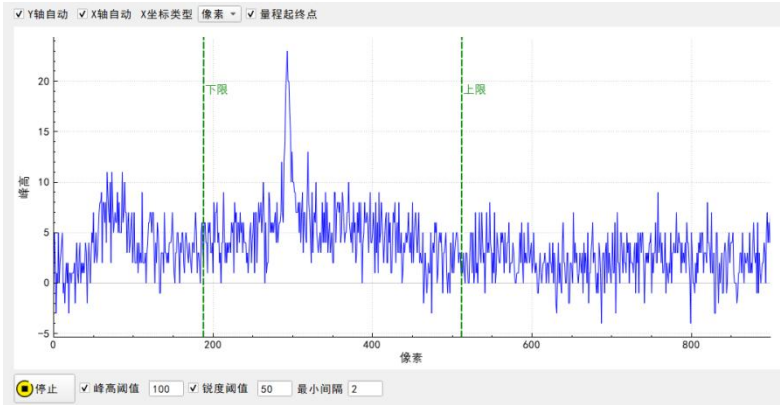


图 8- 25 峰值过低，不是理想的检测状态

5. 将图像类型更改为锐度图像，重复与调整峰高阈值时同样的步骤，使锐度阈值虚线位于底部噪声与实际测量峰值之间。

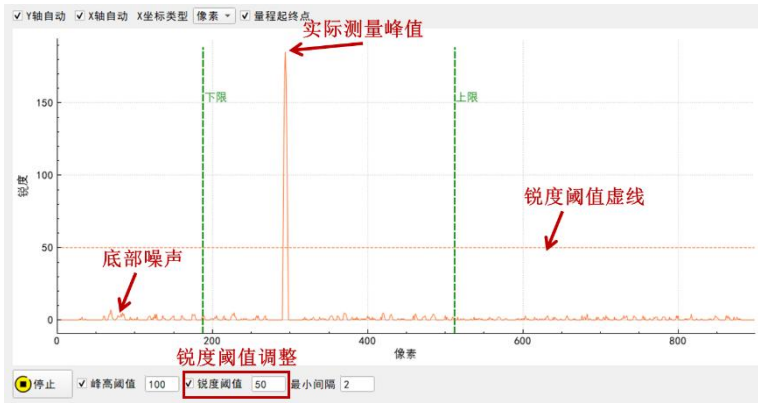


图 8- 26 设置锐度阈值

6. 设置测量峰选择方式为最大值模式，此时峰 1 和峰 2 的序号、起点、终点不生效，无需设置。

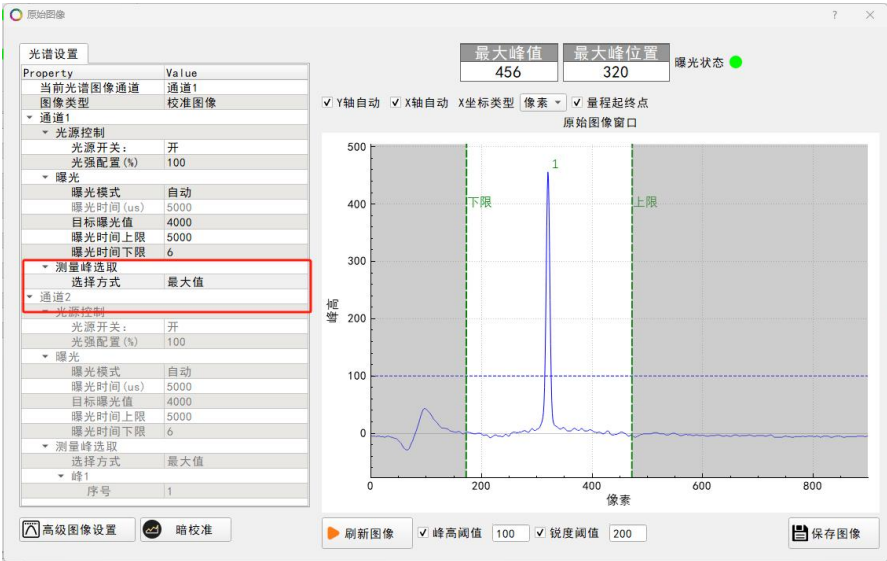


图 8- 27 峰选择方式设置

7. 主窗口输出数据选择中，选择对应通道的数据为距离 1（如果当前测的探头通道为 1，则选择 CH1，如果探头通道为 2，则选择 CH2）。

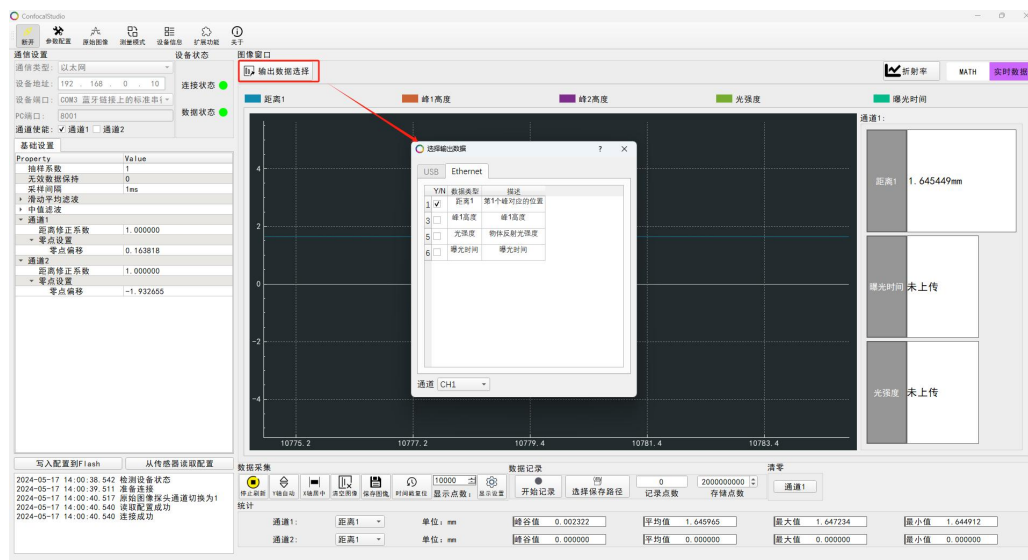


图 8- 28 输出数据选择

8. 在主窗口中点击刷新数据，图窗中便动态刷新对应探头通道距离 1 数据。

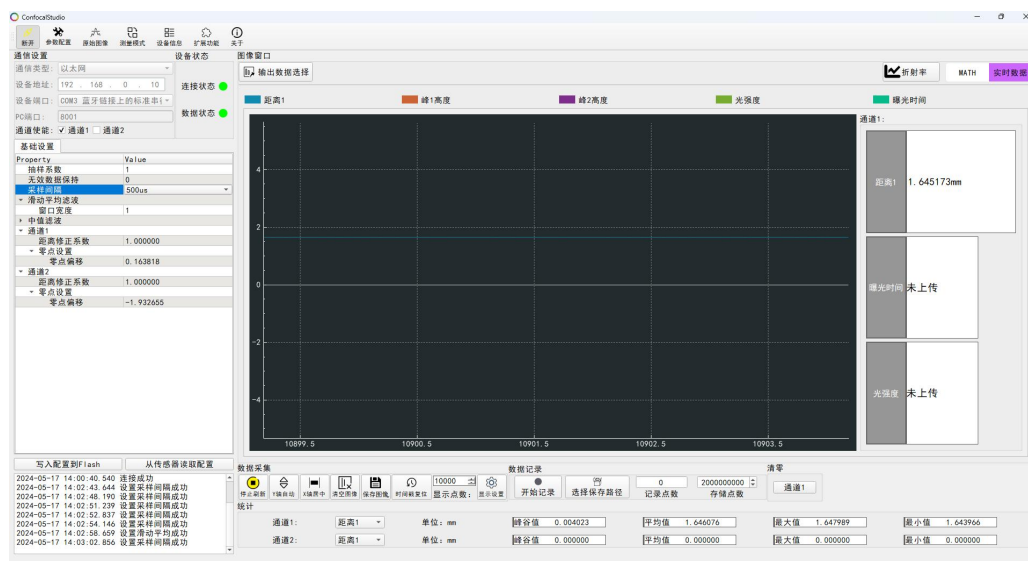


图 8- 29 刷新数据

9. 最后，可到主窗口点击【写入配置到传感器】，保存当前配置使得断电重启后依然有效。

8.5 双探头测量不透明物体距离

本章节中所描述的测量方法使用场景为：使用双通道控制器连接两个探头，两个探头分别位于不透明物体的两侧。

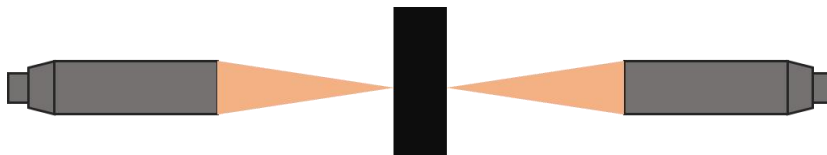


图 8- 30 双探头对射测量不透明物体

8.5.1 双探头对射参数设置

1. 调整两探头位置，使探头光轴对中。
2. 将不透明被测物放置于探头之间，调整探头与被测物位置，使探头 1、探头 2 的距离 1 均有读数。单个探头实现距离测量详见 8.4。

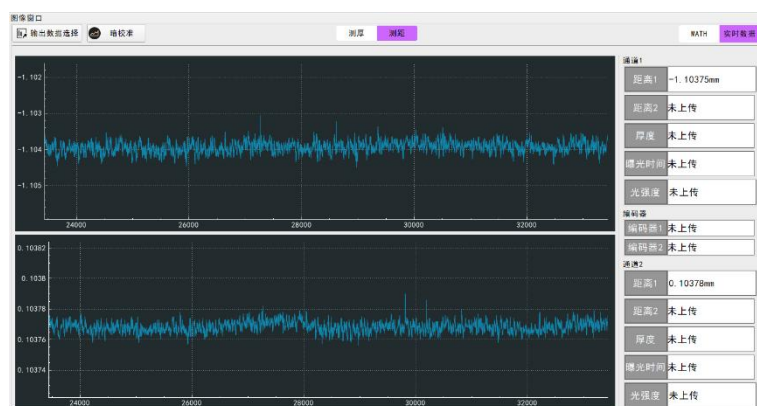


图 8- 31 双探头均输出正常测量距离值

3. 在输出数据选择中，选择 Controller 通道的 MATH 数据（MATH 即代表将两个探头距离数据进行加减数学运算后输出的测量值）

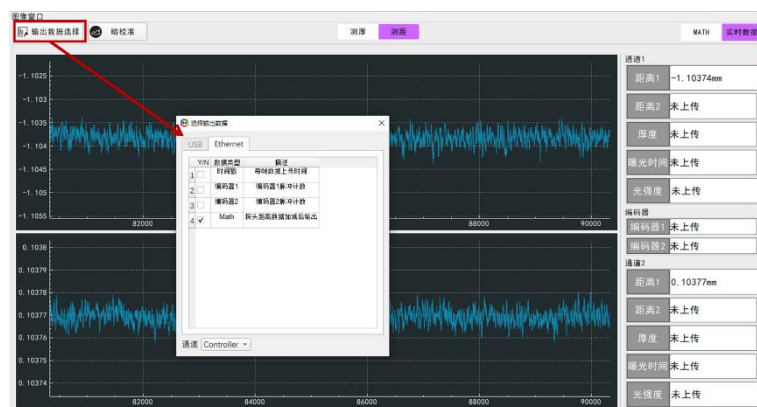


图 8- 32 选择 MATH 数据输出

4. 在主窗口界面右上角点击 MATH 按钮，主界面便切换到 MATH 数据显示窗口，此时可以看到 MATH 数据已在动态刷新（MATH 计算值还未进行标定，此时的测量值不一定为真实厚度值）。

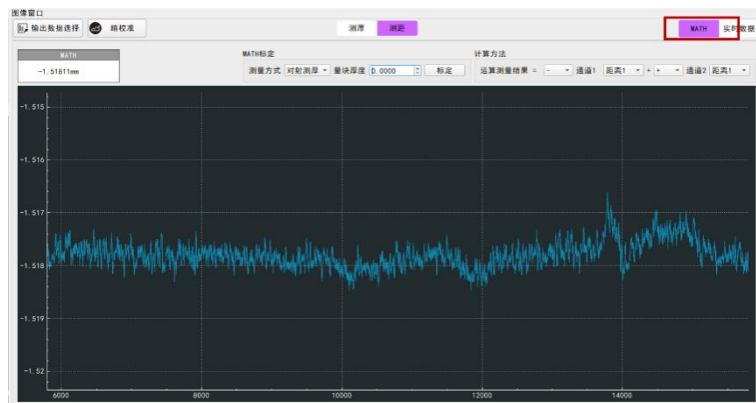


图 8- 33 切换到 MATH 数据显示界面

5. 选择已知厚度的量块置于两个探头之间，在 MATH 标定框中【测量方式下拉列表框】中选择对射测厚，并在量块厚度中填写量块实际厚度（如 1mm），点击标定，此时软件便自动调整计算方法及偏移值，使 MATH 值变为量块实际值。

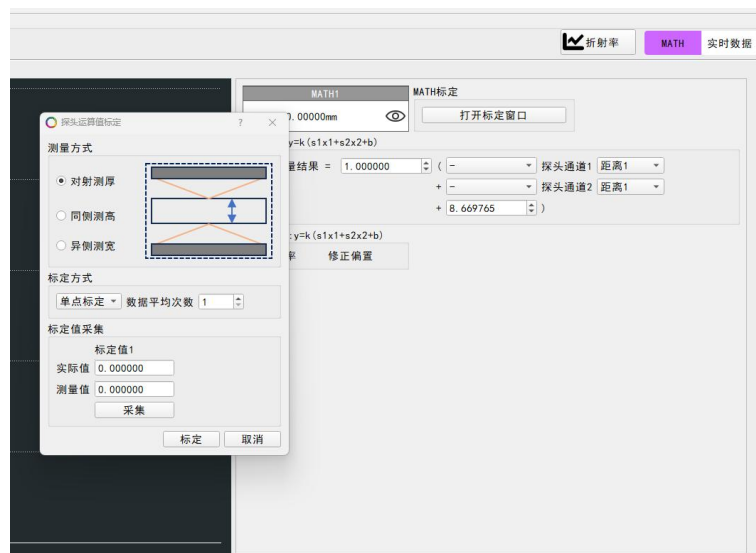


图 8- 34 进行 MATH 标定

- 标定方式有两种：
 - 1) 单点标定：单点标定时，只标定 b 值，采集一组。
 - 2) 两点标定：两点标定时，采集两个不同厚度标准片厚度，标定 k 和 b 。
- 6. MATH 标定完成，可将量块移除，测量实际被测物厚度，经过标定后 MATH 值便为被测物实际厚度。
- 7. 最后，可到主窗口点击【写入配置到传感器】，保存当前配置使得断电重启后依然有效。

8.5.2 MATH 标定的原理

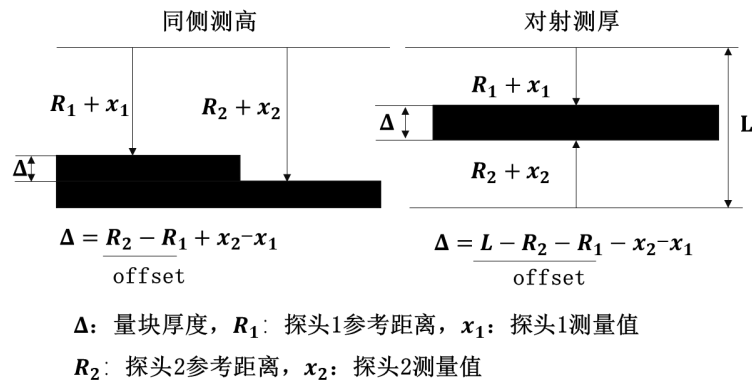


图 8- 35 双探头常见测量方式

MATH 标定的作用为：根据当前实际测量方式及量块的厚度，计算得到当前安装条件下，准确计算厚度应当设置的数学符号及偏移，根据探头安装方式的不同，通常有同侧测高和对射测厚两种方式。

如图所示，对射测厚时，被测物的厚度计算公式为

$$\Delta = offset - x_1 - x_2$$

其中 $offset$ 由探头安装位置及参考距离决定(即图中的 $L - R_2 - R_1$)，在安装位置未知的情况下， $offset$ 是未知的，需要由一个已知厚度的量块标定得到，假设量块厚度为 Δ_0 ，测量该量块时的探头读数为 x_{10} ， x_{20} ，则

$$offset = \Delta_0 + x_{10} + x_{20}$$

然后再由标定得到的 $offset$ 去计算实际被测物厚度。

例如，量块厚度为 1mm，探头 1 读数为 -6.5mm，探头 2 读数为 -2.5mm，则当前安装位置下的偏移值 $offset = 1 - 6.5 - 2.5 = -8\text{mm}$ 。在计算其它被测物厚度时计算方法为 $\Delta = -8 - x_1 - x_2$ 。

同侧测高时，标定方法相同。

8.6 修改 IP 地址为自定义地址

控制器出厂时默认的 IP 地址为 192.168.0.10，默认与控制器进行通信的计算机 IP 地址为 192.168.0.20，计算机用于接收信息的通信端口为 8001。

用户如果需要将控制器 IP 地址更改为自定义的 IP 地址，需要通过 USB 或以太网以默认参数与控制器建立连接，才能进行更改，下面进行详细说明。

1. 以默认参数与控制器建立连接。

A. 通过 USB 与控制器建立连接时，无需将计算机 IP 地址更改为默认 IP 地

址，但需要额外的 USB 线缆，如果用户备有 USB 线缆，推荐使用 USB 进行连接。

- B. 通过网线与控制器建立连接时，需将与控制连接的对应网卡的 IP 地址更改为 192.168.0.20，通常通过更改适配选项进行更改。

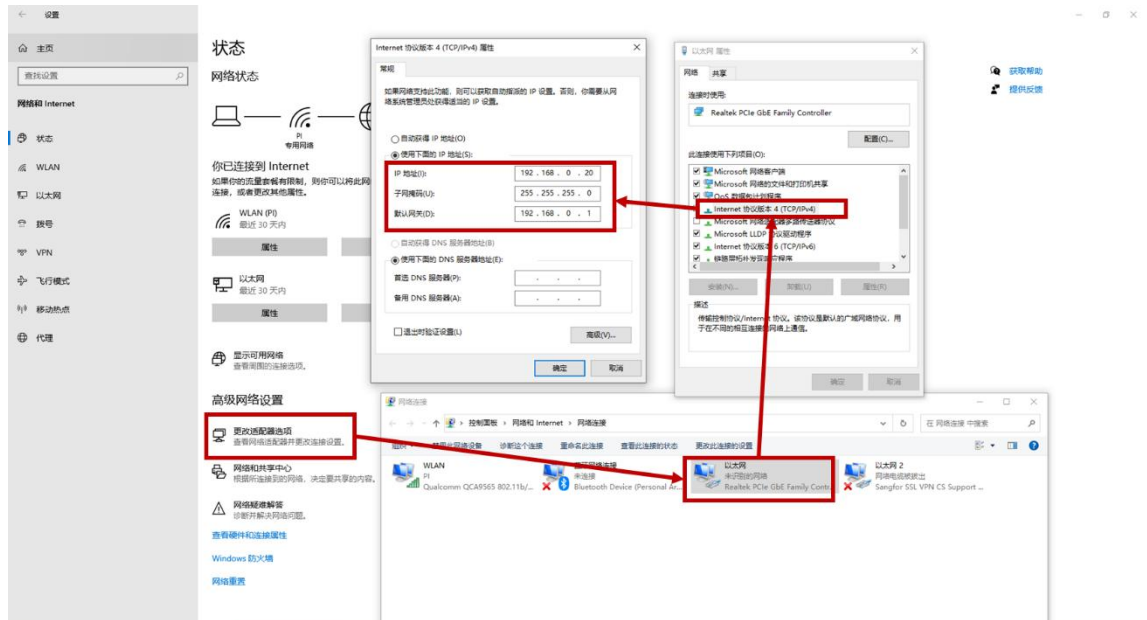


图 8- 36 计算机 IP 地址更改

2. 连接成功后，在参数配置=>通信配置=>网络设置中，更改控制器 IP 地址及相应的主机地址，例如，打算将控制器 IP 地址更改为 10.0.0.11，对应计算机 IP 地址为 10.0.0.21，主机监听端口为 9001。则对应的网络设置为：

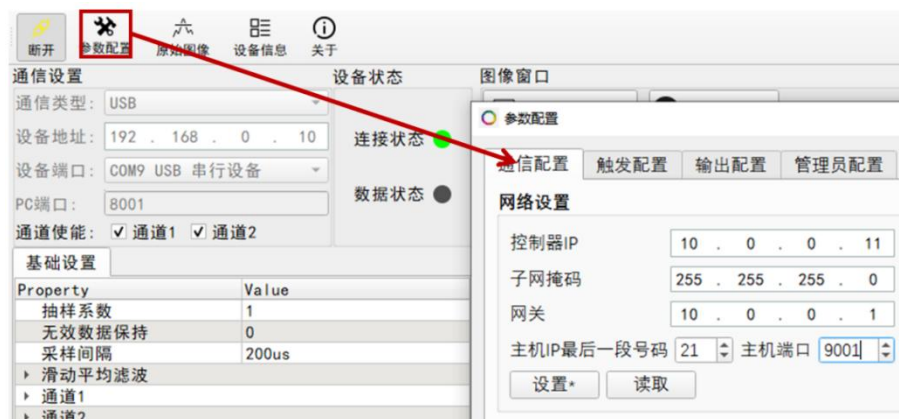


图 8- 37 与控制器连接成功后，更改网络参数

3. 点击设置 IP 后，软件会提示写入 Flash 后，下次断电重启后生效，此时到主窗口，点击【写入配置到传感器】。

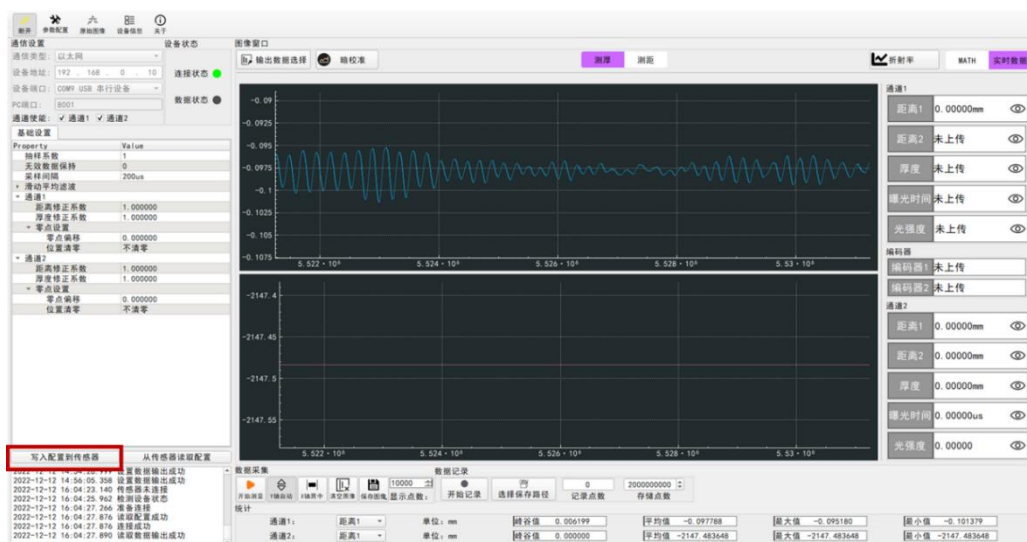


图 8- 38 写入配置到传感器，从而保存网络参数

4. 将传感器断电，同时在网络适配器设置中将计算机 IP 地址更改为上一步骤中设置的 IP 地址（本样例为 10.0.0.21），在主界面中将设备地址和 PC 端口更改为上一步骤中设置的端口，便可以新地址与控制通信。

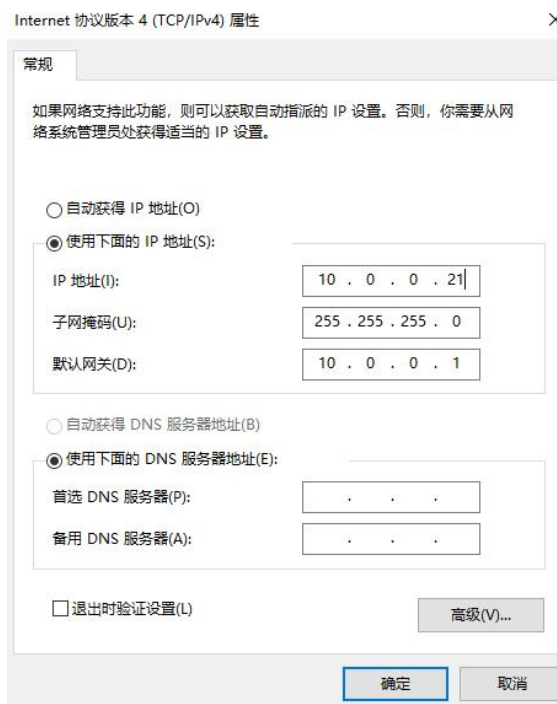


图 8- 39 将网卡 IP 地址改为新 IP 地址



图 8- 40 以新地址与控制器建立连接

8.7 单探头测量多层透明物体厚度

本章节中所描述的测量方法使用场景为：使用单通道控制器连接一个探头，探头位于透明物体的一侧，测量多层透明物体的厚度。

1. 选择测量模式为多层测厚模式，打开原始图像界面，当前光谱图像通道选择对应的探头通道（如果为单通道控制器，则默认为通道 1，如果为双通道控制器，则可选择探头通道为 1 或 2）；选择图像类型为校准图像。

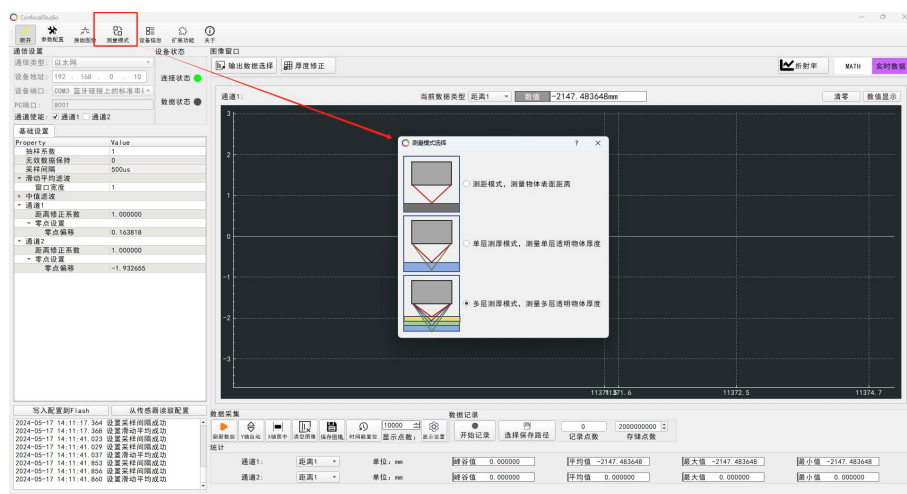


图 8- 41 选择多层测厚模式

2. 打开光源开关，光强配置设置为 100，曝光模式更改为自动，目标曝光值更改为 4000。（如果已经是上述参数，则无需更改）

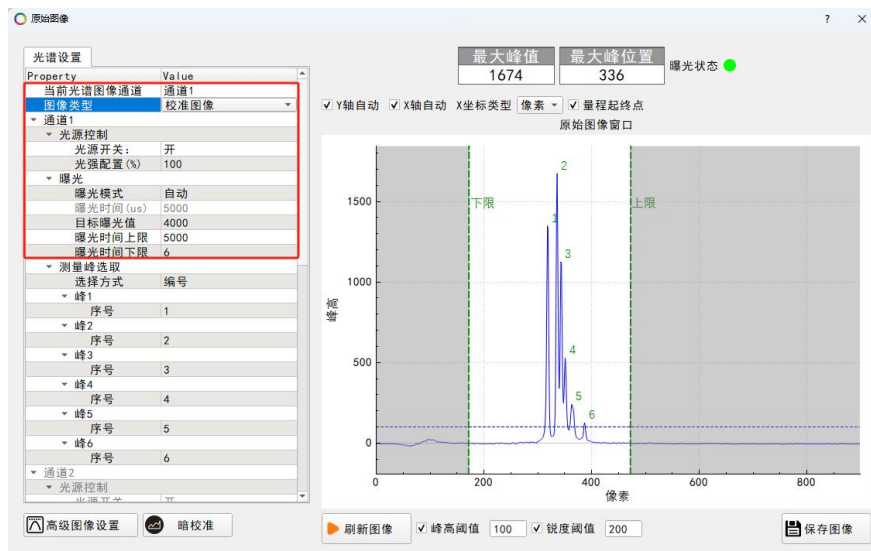


图 8- 42 设置曝光参数

- 调整探头与被测物相对位置，直到图像中出现至少六个峰值（样例为五层透明玻璃，所以测量时需要出现六个峰值），勾选峰高阈值复选框，图像中出现一条虚线，代表峰高阈值，调整峰高阈值，使虚线位于底部噪声与实际测量峰值之间。

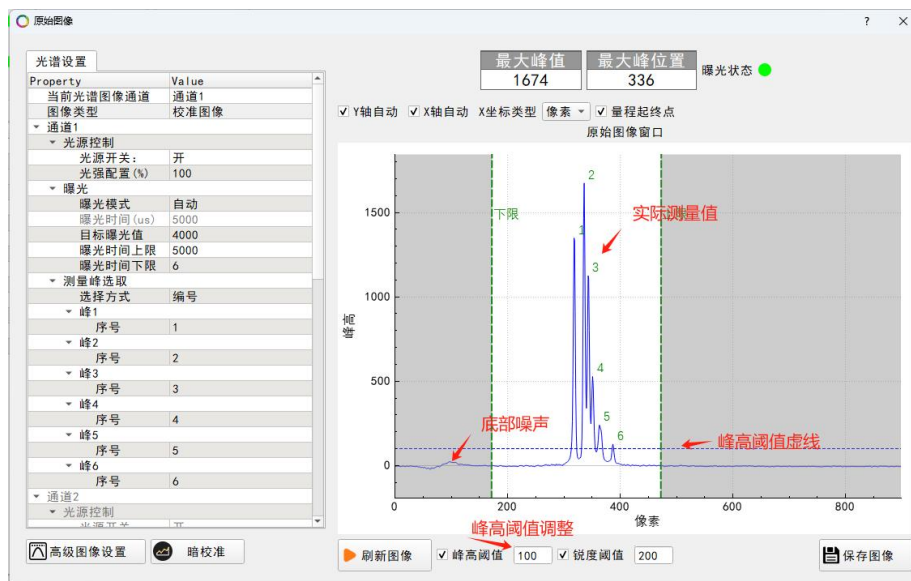


图 8- 43 设置峰高阈值

- 如果峰高度值不理想，应增大采样间隔，从而得到更长的自动曝光时间（曝光时间的上限时间为采样间隔，因此采样间隔增大，传感器可以自动调整的曝光时间上限也更大）。
- 将图像类型更改为锐度图像，重复与调整峰高阈值时同样的步骤，使锐度阈值虚线位于底部噪声与实际测量峰值之间。
- 调整最小间隔，使最小间隔小于两峰的间隔。例如，如果两个峰值的实际间隔为 10，但最小间隔设置为 20，则传感器将两个峰值判定为一个峰，峰

值较小的峰将无法检测，如果要检测到两个峰值，最小间隔应设置为小于15的值。

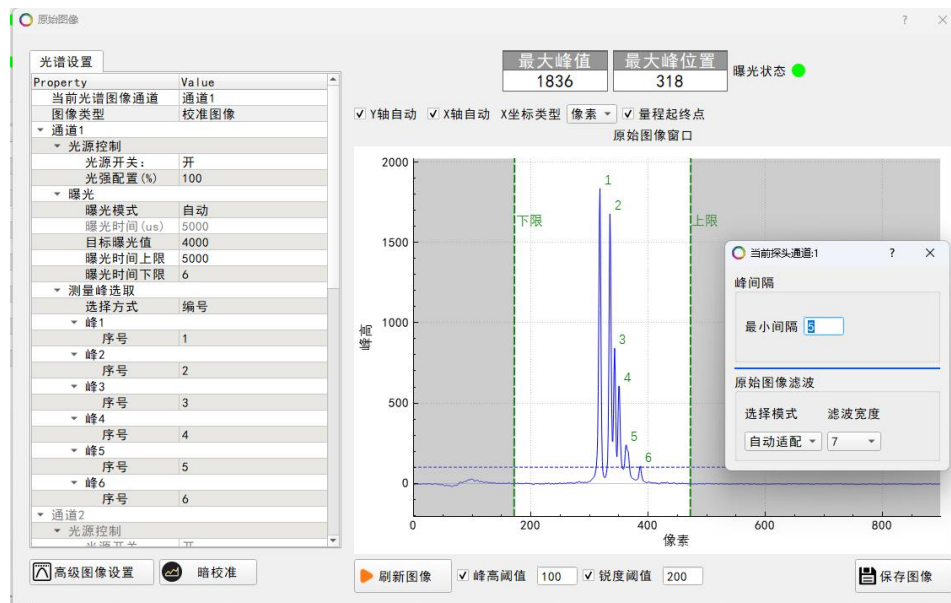


图 8- 44 调整最小间隔

7. 测量峰选择方式为编号模式，峰 1 序号为 1，峰 2 序号为 2，峰 3 序号为 3，以此类推。

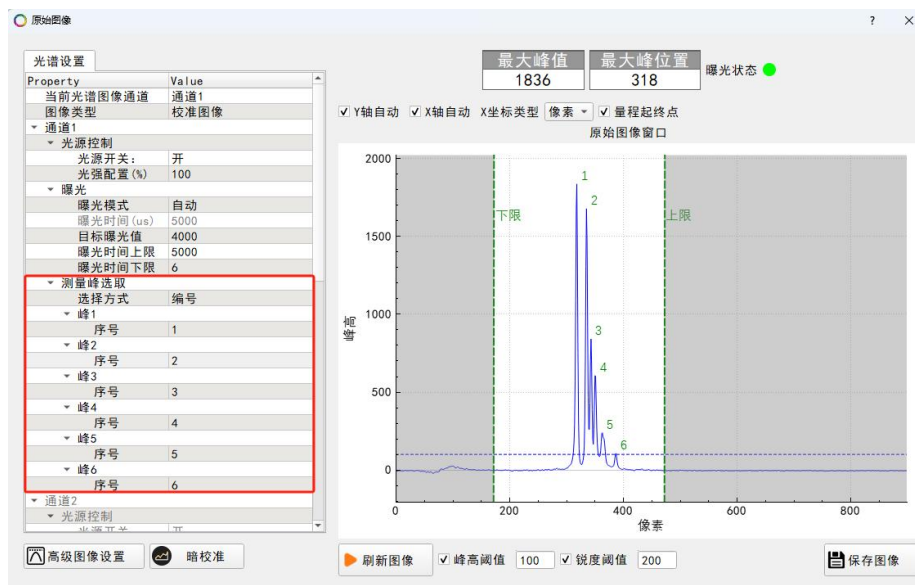


图 8- 45 调整峰选择模式

8. 当校准图像上平稳的出现 6 个波峰后，打开主界面厚度修正窗口，进行折射率、修正系数、计算配置的设置。

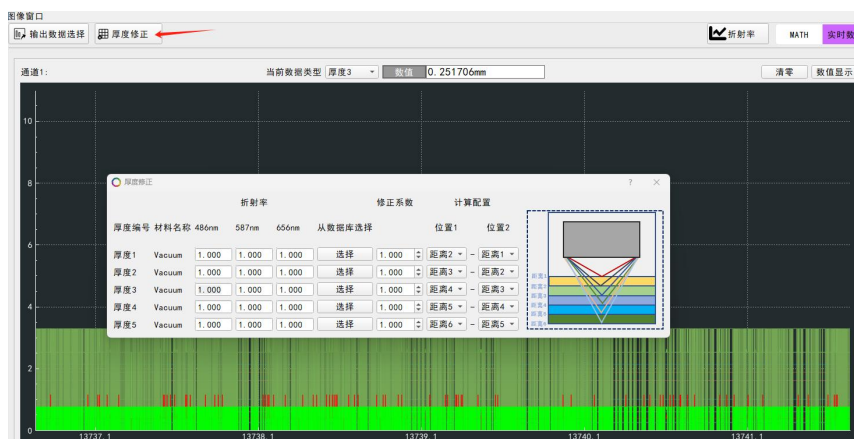


图 8- 46 厚度修正系数窗口

折射率设置参见 5.2.2 节，计算配置厚度 1 设置为距离 2-距离 1，厚度 2 设置为距离 3-距离 2，厚度 3 设置为距离 4-距离 3，厚度 4 设置为距离 5-距离 4，厚度 5 设置为距离 6-距离 5。

9. 主窗口输出数据选择中，选择对应通道的数据为距离 1、距离 2、距离 3，距离 4、距离 5、距离 6，厚度 1、厚度 2、厚度 3、厚度 4、厚度 5（如果当前测的探头通道为 1，则选择 CH1，如果探头通道为 2，则选择 CH2）。

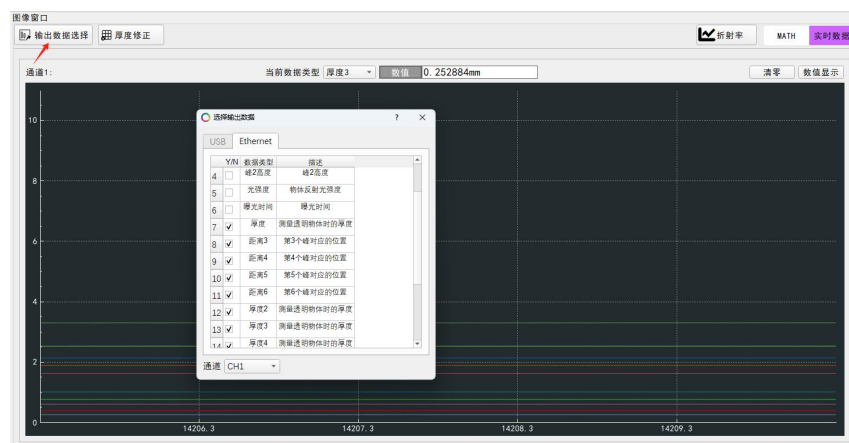


图 8- 47 输出数据选择

10. 点击主界面刷新数据按钮，点击数值显示按钮，查看输出数据。

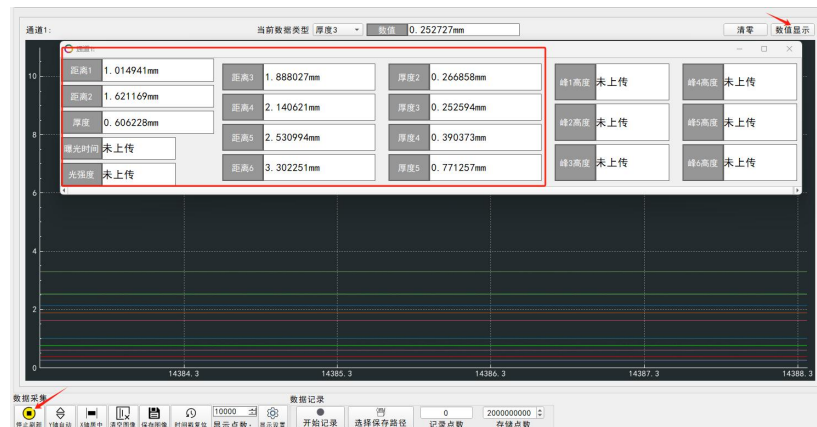


图 8- 48 数据界面