

分离式 Hopkinson 压杆

使用说明书

| | |
|--|--------------|
| 客户： | |
| 厂家： | 长沙栢森实验设备有限公司 |
| 版本： | 2018006 |
| 最新版本下载： www.shpb.net | |
| 版权@长沙栢森实验设备有限公司 | |

目录

| | |
|------------------------------|----|
| SHPB 安全须知 | 3 |
| SHPB 操作步骤 | 4 |
| 本地普氮换气联系方式 | 5 |
| 设备主要组成部件 | 6 |
| 发射系统 | 6 |
| 压杆系统 | 11 |
| 控制系统 | 13 |
| 分离式 Hopkinson 压杆智能控制系统 | 14 |
| 信号调理系统 | 18 |
| 应变仪操作说明 | 20 |
| 数据采集系统 | 22 |
| 结束语 | 25 |

SHPB 安全须知

为确保您的人身安全，使用本仪器设备之前，敬请仔细阅读本仪器设备使用安全须知，并确保执行到位。

- I 进入实验室及进行实验时请务必满足相关着装要求：



禁止：拖鞋、松糕鞋、裙子、短裤（裤子不露脚踝）

- I 本仪器设备发射体有高压气体，请勿擅自拆除或拧松发射体上的螺栓，尤其是发射体气瓶固定螺栓。如遇有气瓶漏气情况，请立即停止使用设备。
- I 按实验发射按钮前，请务必确保实验区域内无人，并确保试样处在防护盒内。
- I 安装试样时，确保发射体内无高压气体（控制器报警状态下，禁止操作）。为确保安全，实验发射完成后，请取消您的操作授权。
- I 实验时，会有较大的金属冲击碰撞噪音，实验时请戴好隔音耳罩。
- I 实验结束时，请关闭气源总阀，并取消操作授权。

【在下行抄写】我已认真上述安全须知，并严格遵照执行。

签字：

日期：_____

SHPB 操作步骤

为确保人员及设备安全，使用本仪器时请务必认真阅读本规程。经相关老师培训合格，并获取设备操作权限后，方可操作。进入实验室请务必咨询阅读安全须知，并严格满足着装要求。

1. 打开气瓶总阀，调节减压阀，保证减压后的压力大于 shpb 设定压力至少 0.1Mpa。
2. 给控制柜总电源线供电（务必为三线 220v 电），按下“本机电源”给控制器供电；按下“数采电源”给数据采集系统供电；按下“应变仪电源”给超动态应变仪供电；按下工控机启动开关，开启电脑。
3. 将打击杆推入底部，将入射杆推至原位。取试样测量试样直径及厚度，将试样前后端面抹凡士林，将试样一端先在入射杆端面来回抹匀，然后由另一人用力旋推透射杆至试样端面，用透射杆用力旋压试样挤出多余凡士林。移动防护盒使试样处于器正中间。
4. 刷卡获取操作权限，按“充气”按钮对发射系统充气，当发射系统内部气压 $\geq 0.1\text{Mpa}$ 时，系统会报警，当气压达到设定气压时，系统自动进入暂停状态。
5. 点击数据采集系统软件“开始”按钮，数据采集系统进入单次数采状态。
6. 在确保安全的情况下，按 shpb 控制器“发射”按钮，系统自当发射打击杆撞击入射杆，入射波加载到试样上，得到相应的入射波、反射波、透射波。
7. 保存数据、并清理压杆端面，继续下次试验。

试验结束时，关闭气瓶总阀，排空发射系统内高压气体；关闭工控机，取消 shpb 控制器授权，关闭“本地电源”、“数采电源”、“应变仪电源”；锁好机柜，并罩好机柜防尘罩，拔掉机柜电源线插头。

本地普氮换气联系方式

初始气瓶和气体是从“云南科仪化玻有限公司”购置

联系业务经理： 13888124365 【王芳】

价格：到门价约 100 元/瓶(参考时间 2018 年)

气瓶亦从上述公司购买，气瓶年检由上述公司负责。

设备主要组成部件

SHPB 设备主要由发射系统、压杆系统、防护盒、缓冲器、控制系统、信号调理系统、气源系统组成。

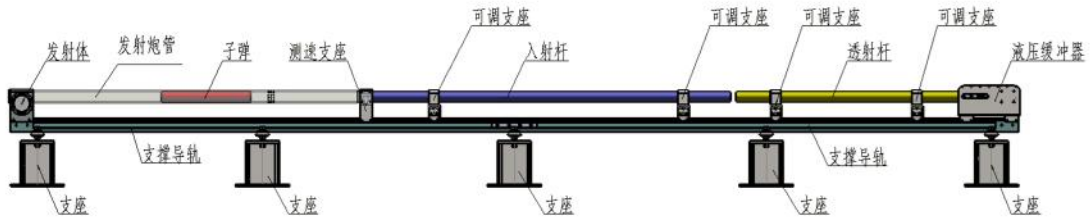


图 1:80mm shpb 组成示意图

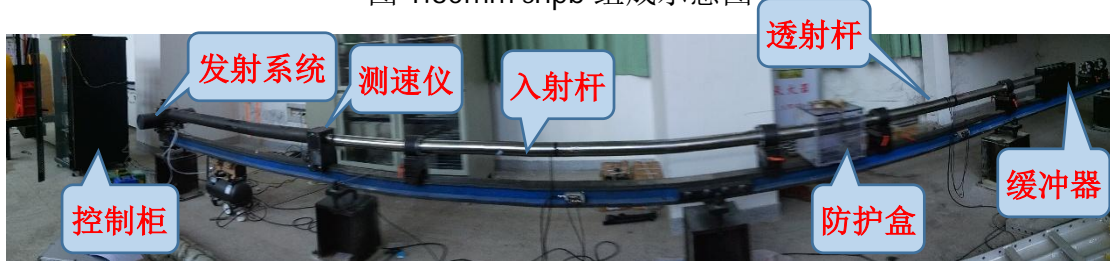


图 2:80mm shpb 组成实物图

发射系统

发射系统主要实现对打击杆的发射，使打击杆以一定速度撞击入射杆，并自动测量撞击的速度，系统组成部件见表 1。

| 发射系统主要组成部件 | | | | |
|------------|-----|-------|------|--|
| 编号 | 名称 | 主要部件 | 编号 | 功能 |
| FS | 发射体 | 气瓶 | FS01 | 发射用高压气体容量瓶，压力极限 2.5Mpa。请勿私自更换发射体安全阀。 |
| | | 进气电磁阀 | FS02 | 控制进入发射气体阀门，打开此阀气体进入发射体。控制动作由控制系统发出。 |
| | | 发射电磁阀 | FS03 | 控制发射的阀门。 |
| | | 泄气电磁阀 | FS04 | 中途发射，瓶内泄气。如果中途发射问题，可以先按暂停按钮，首先终止对发射体充气。然后长按“存储”按钮，即可实现对瓶内气体进行释放泄压。 |
| | | 压力传感器 | FS06 | 测量瓶内气体压力 |
| | | 安全阀 | FS07 | 安全阀设定压力 1.6Mpa，当压力超过 1.6Mpa 系统自动泄压保护。 |
| | | 控制接线板 | FS08 | 将控制总线信号分解成测速、测压、电磁阀、压力传感器各执行元件接口。 |
| | | 活塞 | FS09 | 充气、发射机械执行部分 |
| | 测速 | 激光发射管 | FS11 | 两个用于测量打击杆速度的激光光束，通过计算通过定距 40mm 光束的时间差，来计算打击杆速度。 |
| | | 激光光敏管 | FS12 | 用于接收感应两束激光，正常情况下，激光光束正对光敏管，当有阻挡物挡住激光光束时，测速仪会输出一个高电压，控制器面板上的指示灯亮起。 |
| | | 盖盒 | FS13 | 两侧用于盖住保护激光发射管及光敏管 |

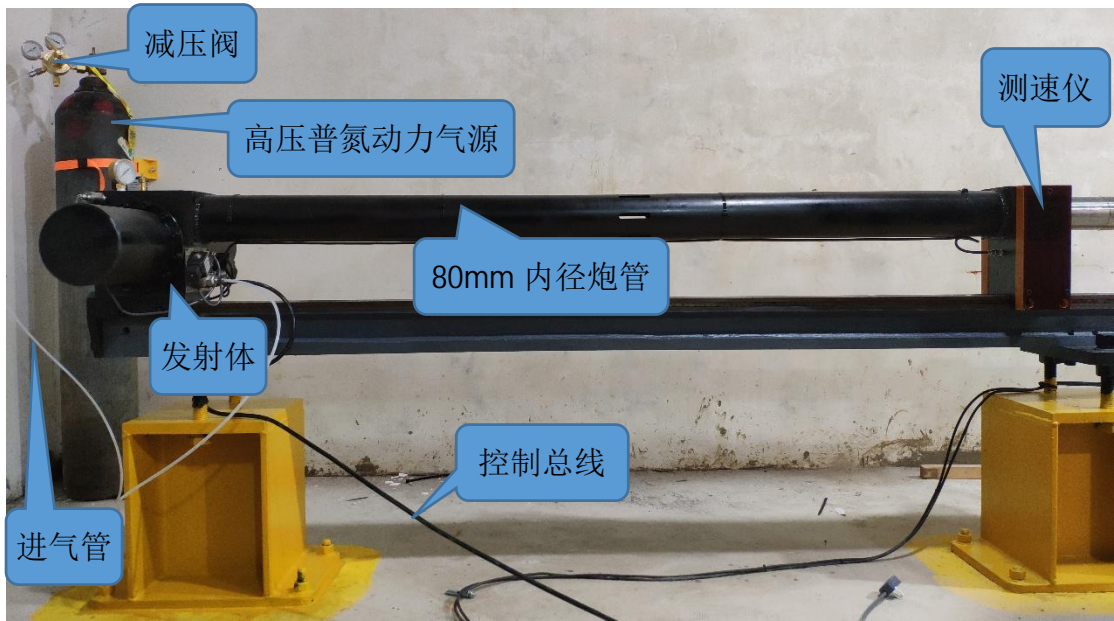


图 3:发射系统实物图



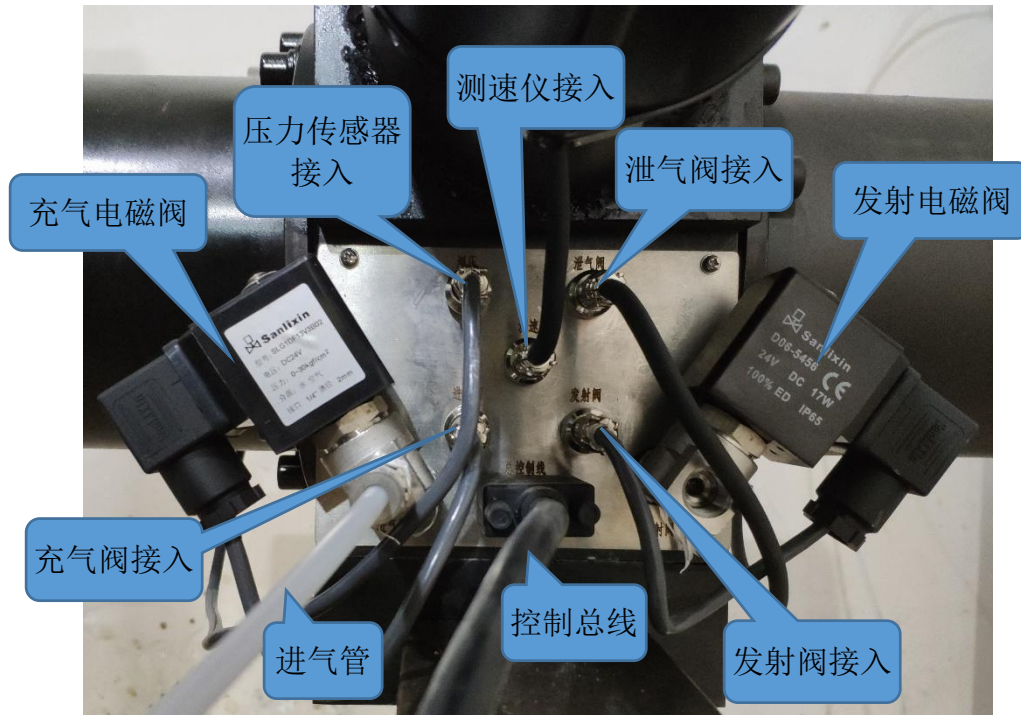


图 4:发射体实物图

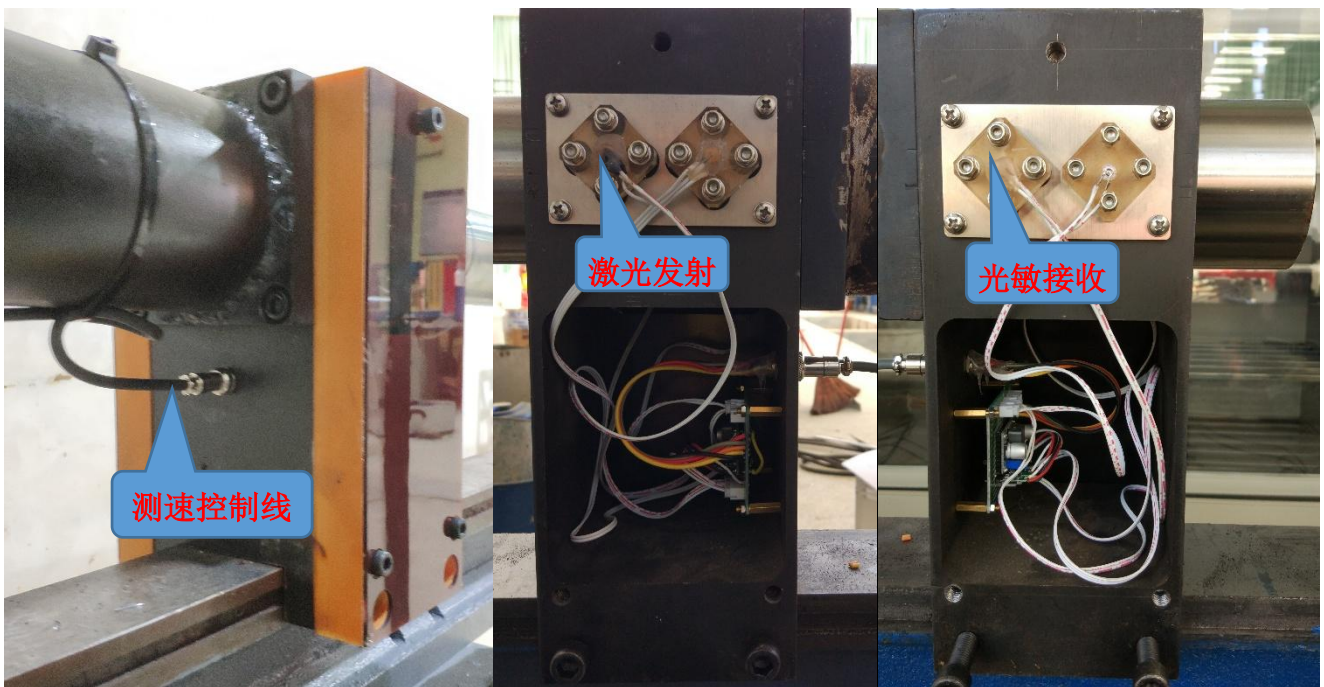


图 6:测速仪实物图

测速仪在正常通电情况下，控制器面板上的指示灯是灭的（如图 7 所示），当有阻挡物阻挡激光光束时，则指示灯会亮起，相应的 bnc 输出 5v 电压。



图 7:测速指示灯正常情况下时灭的



图 8:测速开始激光束被遮挡，开始指示灯亮起



图 9:测速开始激光束被遮挡，开始指示灯亮起

实验前，控制器在通电情况下，开始和结束指示灯均是灭的。如果出现有灯是亮起的状态，请检查是否存在下属情况。

- 丨 控制总线以及速度控制线是否有正确连接；
- 丨 打击杆是否未插入炮管底部，留在炮口阻挡了激光光束；
- 丨 光束通过的光缝是否有脏东西堵塞；
- 丨 发射激光是否对准光敏元件。如果未对准，需重新调节发射激光角度，具体调节方法可浏览 www.shpb.net 中视频教学。

压杆系统

一套完整的分离式 Hopkinson 压杆是由打击杆、入射杆、透射杆组成，小杆系统一般还匹配有吸收杆。如何选择正确的压杆开始实验的前提。表 2 为常规材料实验选择压杆参考标准

| 压杆直径 | 压杆材料 | 适用材料 | 参考试样尺寸 |
|------|------|--|--|
| 80 | 钢 | 含有骨料的混合材料（骨料最大尺寸 $\leq 8\text{mm}$ ） 蜂窝材料（蜂窝尺寸 $\leq 8\text{mm}$ ） 小型结构件 | $60 \leq \text{直径} \leq 78$ （保证压缩后直径 ≤ 78 ） 厚度=直径/2 上下端面偏差 mm 以内控制在 0.5 |
| 40 | 钢 | 常规岩石材料 | $25 \leq \text{直径} \leq 38$ 厚度=直径/2 |
| | 铝 | 土质材料（冻土、粘土等等），小孔蜂窝材料，泡沫铝等波阻抗大的材料 | $25 \leq \text{直径} \leq 38$ 厚度=直径/2 |
| 16 | 钢 | 常规金属材料 | 金属试样推荐： $\phi 8\text{h}4$ |

| 压杆直径 | 实验类型 | 参考试样尺寸 |
|------|--------|--|
| 80 | 层裂 | 直径 $\phi 80\text{mm}$ 长度 $\geq 500\text{mm}$ ，长度越长越利用入射加载波的整形。依制作难度而定。 |
| | 劈裂 | 与压缩试样一致 |
| | 被动围压 | 直径 $\phi 80(+0.5,1)\text{mm}$ 厚度 40mm ，比压杆直径略大 |
| | 主动围压 | 直径 $\phi 80\text{mm}$ 厚度 40mm ，与压杆直径相等 |
| | 常规冲击压缩 | 直径 $\phi 70\text{mm}$ 厚度 35mm .试样采用 3 寸 pvc 管浇筑养护完成后在切割 |

每根压杆是由 2 个支座支撑在条形导轨上，支座可以在条形导轨上前后任意滑动，支座本身可以进行上下左右调节。

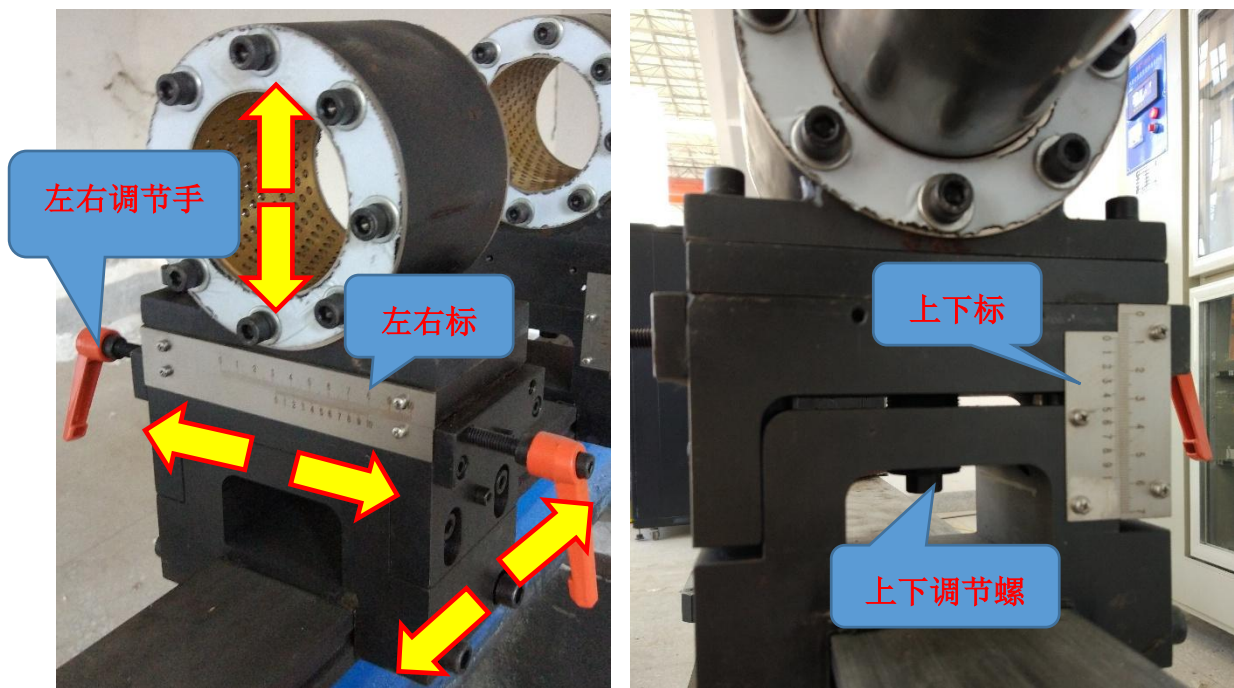


图 10: 支座实物图

- I 左右调节手柄：采用的是一进一退螺纹杆推进，到位后将两个手柄将两个手柄固定。左右具体位置可以参考左右标尺。
- I 上下调节采用的是棘轮扳手（如图 11）进行上下调节，当需要更换方向时，将棘轮扳手翻边即可。上下具体位置可以参考上下标尺。



图 11: 棘轮扳手

如何调杆？

- I 首先根据杆分布情况，将支座合理分布，并固定好。调整好液压阻尼器位置，并固定好。
- I 从打击杆开始，以打击杆为参考标准。将打击杆伸出炮管约 80mm 左右，距离不影响到实验时捅打击杆。
- I 将入射杆推至打击杆端面，先调节前支座使入射杆与打击杆端面平齐。然后调节后支座，使入射杆保持水平，以上下标尺为参考标准。调节后支座的时候，会使前端移动，此时再来调节前支座，如此前后反复调节，直到打击杆与入射杆平齐，同时入射杆保持水平。

- I 将透射推推至与入射杆后端面平齐，先调节前支座使透射杆与入射杆端面平齐。然后调节后支座，使透射杆保持水平，以上下标尺为参考标准。调节后支座的时候，会使前端移动，此时再来调节前支座，如此前后反复调节，直到透射杆与入射杆平齐，同时透射杆保持水平。
- I 如果有吸收杆，以上述同样的方法，调节好吸收杆。
- I 调整完成后，分别将压杆标识位置，标识一个向上的位置，保证每次实验时此位置朝上。标识一个左右位置，保证每次实验时，压杆左右位置在同一位置

控制系统

控制系统由 SHPB 智能控制器、数采显示器、数采工控机、鼠标键盘、超动态应变仪等部件组成，所有部件统一集成在机柜里面。控制系统组成实物图如下图所示。



图 12:控制机柜前后实物图

分离式 Hopkinson 压杆智能控制系统

分离式 Hopkinson 压杆智能控制系统如图所示

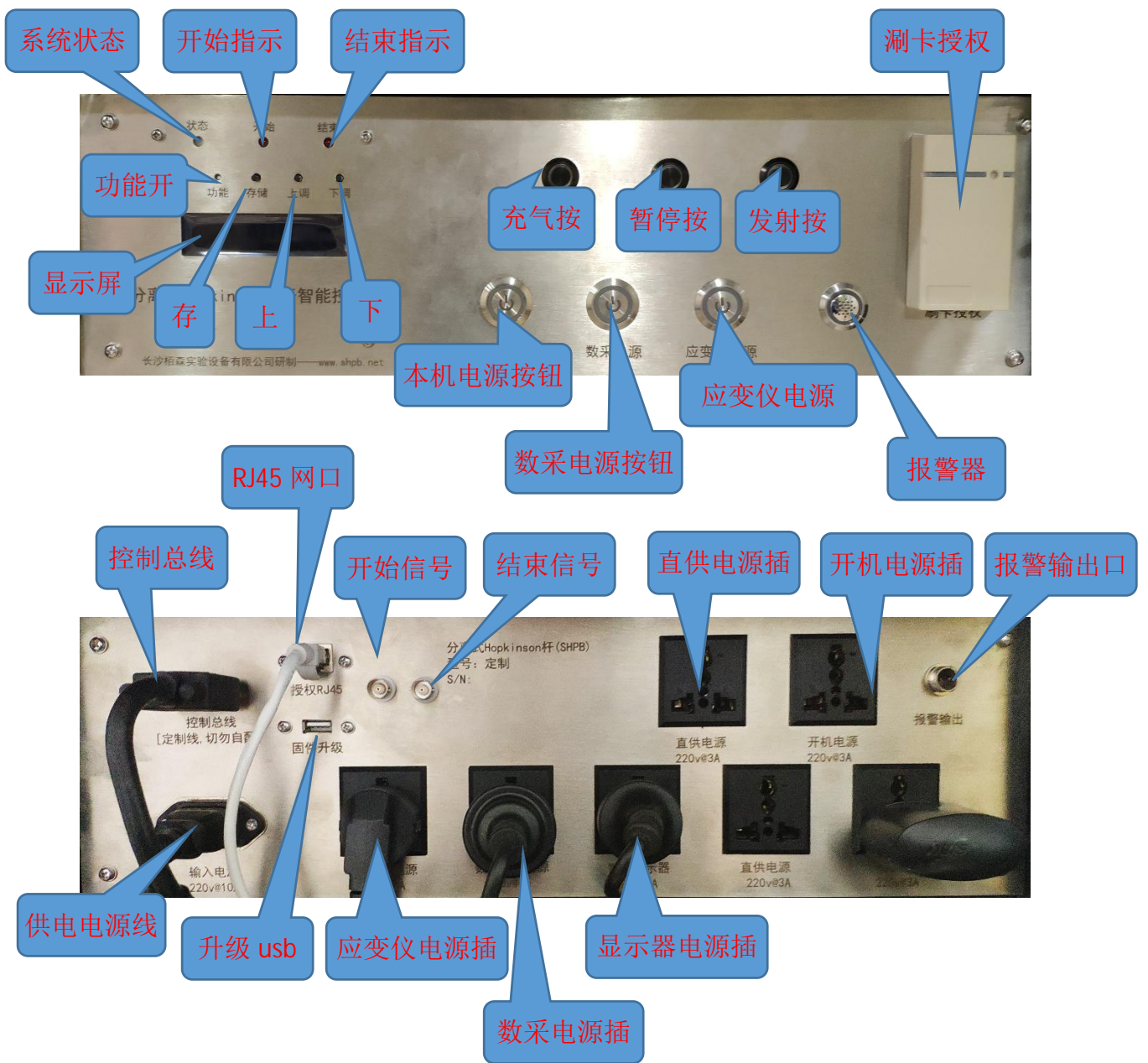


图 13:SHPB 控制器前后面板注释图

| 表 4:控制器面板开关指示灯说明 | | |
|------------------|------------|--------------------------------|
| 名称 | 功能 | 说明 |
| 本机总电源 | 控制器的电源开关 | 按钮按下后，按钮指示灯灯亮；SHPB 控制器通电，路由器通电 |
| 数采电源按钮 | 数据采集系统供电电源 | 按钮按下后，按钮指示灯灯亮； |

| | | |
|---------|--|-----------------------------------|
| | 开关 | 数采显示器供电； 数采工控机供电； |
| 应变仪电源按钮 | 超动态应变仪供电电源开关 | 按钮按下后，按钮指示灯灯亮； 动态应变仪供电； |
| 涮卡授权读卡器 | 读取 ic 授权 | 授权通过后，充气按钮上方灯亮绿灯，未通过则灭。权限授予参阅授权操作 |
| 功能开关 | 测速模式和 shpb 控制模式切换 | 按钮按下为单纯测速模式 按钮不按下为 shpb 控制模式 |
| 充气按钮 | 控制发射体充气 | 只有在授权通过后可以操作 |
| 暂停按钮 | 暂停对发射体充气 | 只有在授权通过后可以操作 |
| 发射按钮 | 停止充气，并立即发射打击杆 | 只有在授权通过后可以操作 |
| 上调 | 上调目标发射气压值 SV | |
| 下调 | 下调目标发射气压值 SV | |
| Reset | Shpb 控制模式下：储存 sv 值 测速模式下：重启测速 | |
| 充气状态灯 | ○：灭灯——>未授权，按钮操作无效。 ●：绿灯——>等待操作。 ●：红灯——>正在运行。 | |
| 暂停状态灯 | ●：绿灯——>等待操作。 ●：红灯——>正在运行。 | |
| 暂停状态灯 | ●：绿灯——>等待操作。 ●：红灯——>正在运行。 | |
| 开始指示灯 | ○：灭灯——>激光正对光敏管，开始信号输出 0v。 ●：红灯——>激光被阻挡或未正对，开始信号输出 5v。 | |
| 结束指示灯 | ○：灭灯——>激光正对光敏管，结束信号输出 0v。 ●：红灯——>激光被阻挡或未正对，结束信号输出 5v。 | |

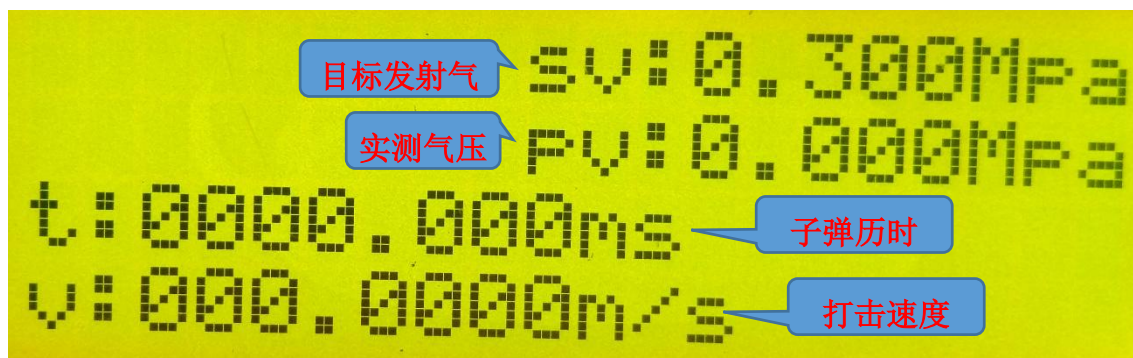


图 14:控制器显示屏注释图

控制器测速原理是通过计算通过两束激光的历时测量，两束激光间定距为40mm。显示屏上 t 就是子弹历时， $v:40\text{mm}/t$ 计算得来的。

信号调理系统

Shpb 测量信号来源于压杆上的应变片测量，因此信号调理与常规应变片测量一致。

测量采用的是半桥无温补电路（因动态冲击过程历时只有 0.1ms 左右，为已瞬间过程，在此过程中环境温度是不会发生变化的，所以对于动态冲击过程中，应变片的测量一般是不需要进行温度补偿的），除 2 个工作片外，构成惠斯通电桥的另 2 个电阻采用桥盒的内置电阻，如图 15 所示。

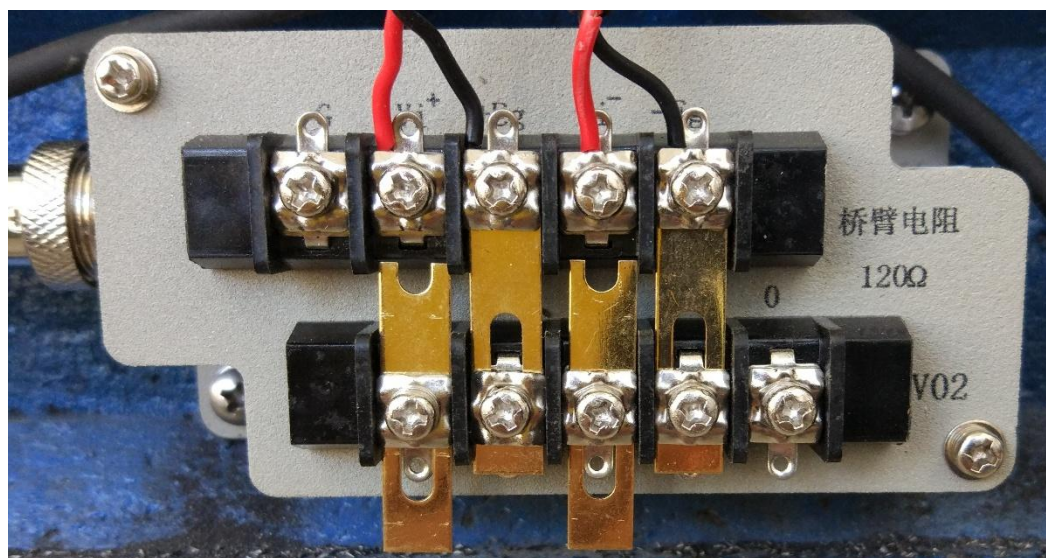
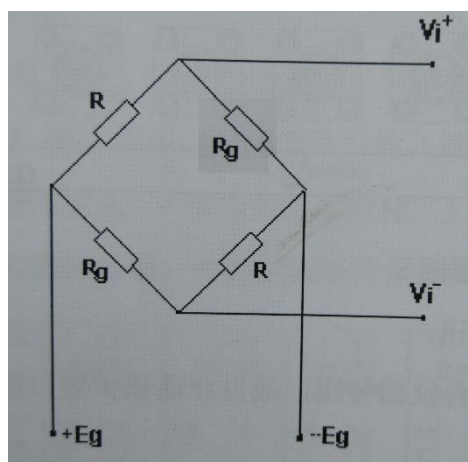


图 14:应变桥类型及接线盒实物接线图

应变片信号经超动态应变仪放大以后输入数据采集系统，整个电阻应变片、应变仪、数据采集系统的连接线路如图

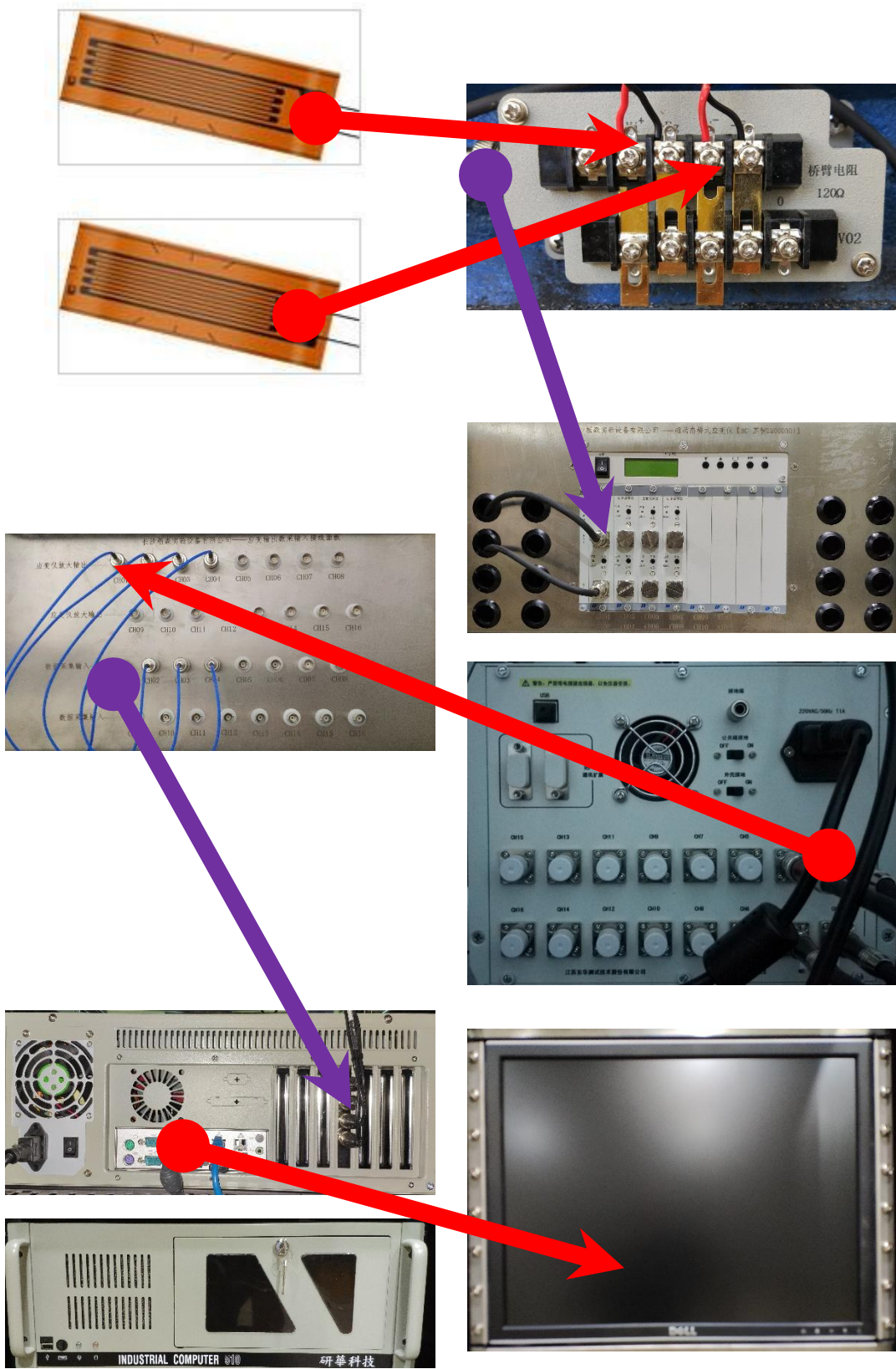


图 15：应变信号调理连线图

应变仪操作说明

桥盒接入应变片以后，通过延长导线接入应变仪，通过应变仪对桥压、增益、低通信号调理后，再输入数据采集系统。



图 15:超动态应变仪输入输出图



图 16: 应变仪面板按钮说明

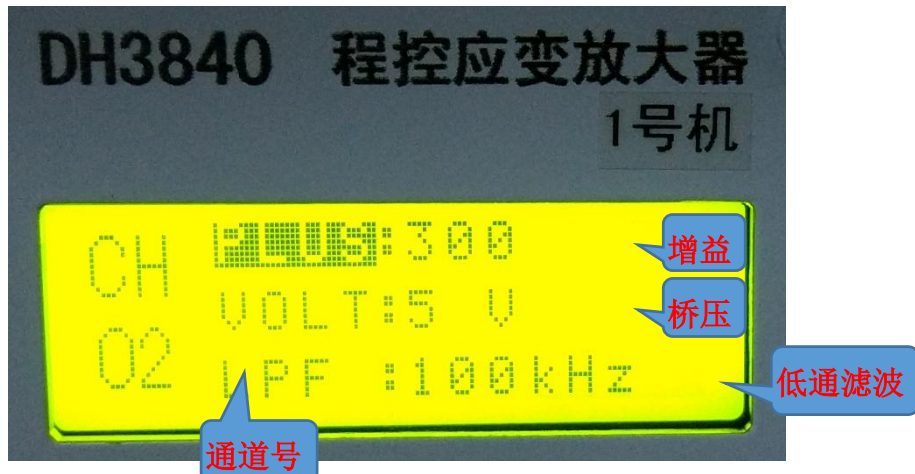


图 17:应变仪常用参数设置

数据采集系统

本套数据采集系统采用的是日本 CONTEC 的 AI-1204Z-PCI 数据采集板卡加研华工控机一起组成的。数据采集卡参数如下：

Specification

| Analog I/O | |
|----------------------|----------------|
| Bus | PCI |
| Function | Input |
| Input channel | Single end 4ch |
| Input range | ±10V |
| Input range | ±5V |
| Input range | ±2.5V |
| Input range | ±1.25V |
| Input range | 0 – 10V |
| Input range | 0 – 5V |
| Input range | 0 – 2.5V |
| Output channel | |
| Output range | |
| Resolution | 12bit |
| A/D conversion speed | 100nsec(max.) |
| D/A conversion speed | |

匹配软件为长沙栢森实验设备有限公司基于 labview 平台自主开发的“多通道数据采集系统”。因软件运行涉及文件写入权限，建议讲软件安装至 D 盘，避免软件运行时产生权限错误报警。



双击桌面 图标，出现图 18 软件界面。

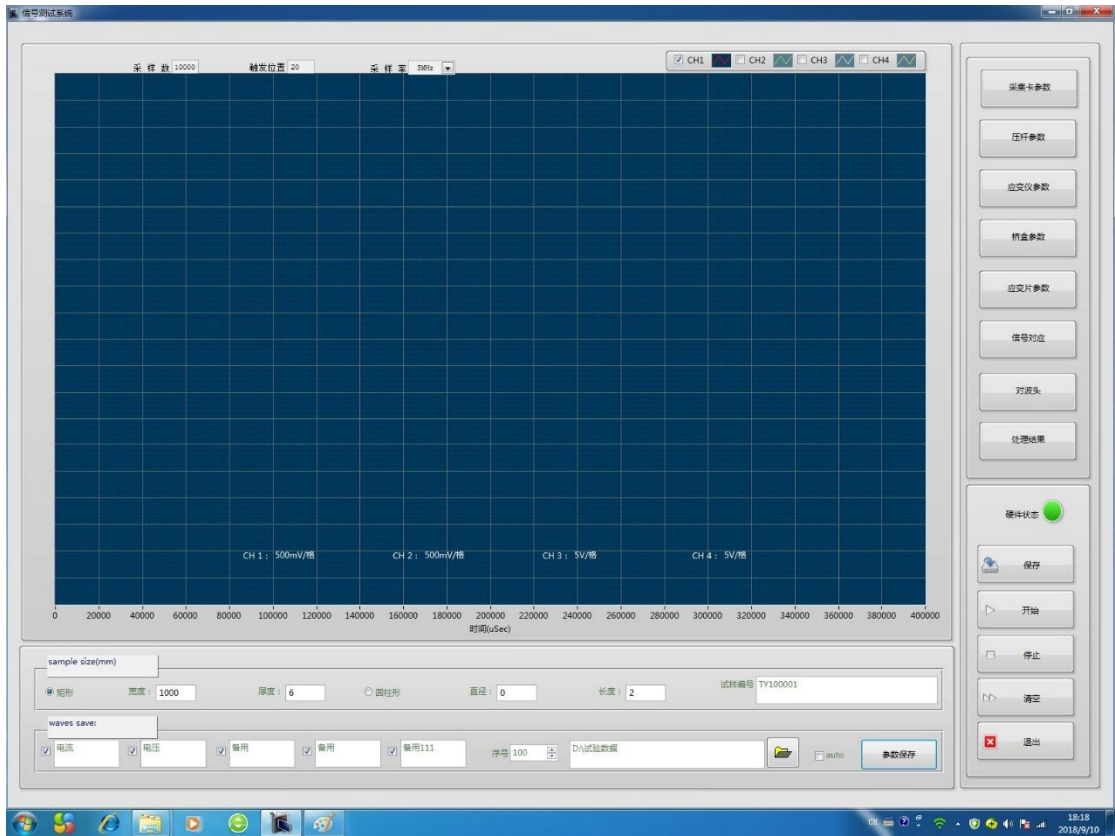
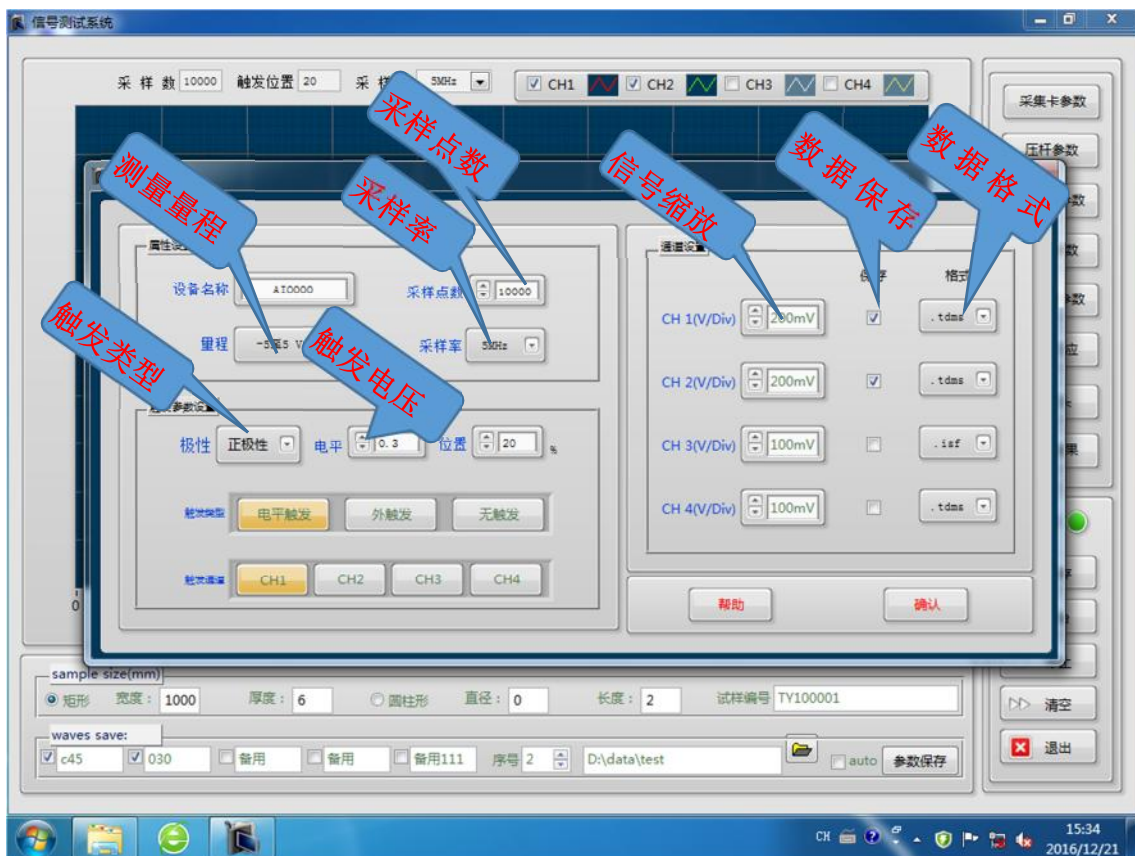



图 18:数据采集系统初始界面

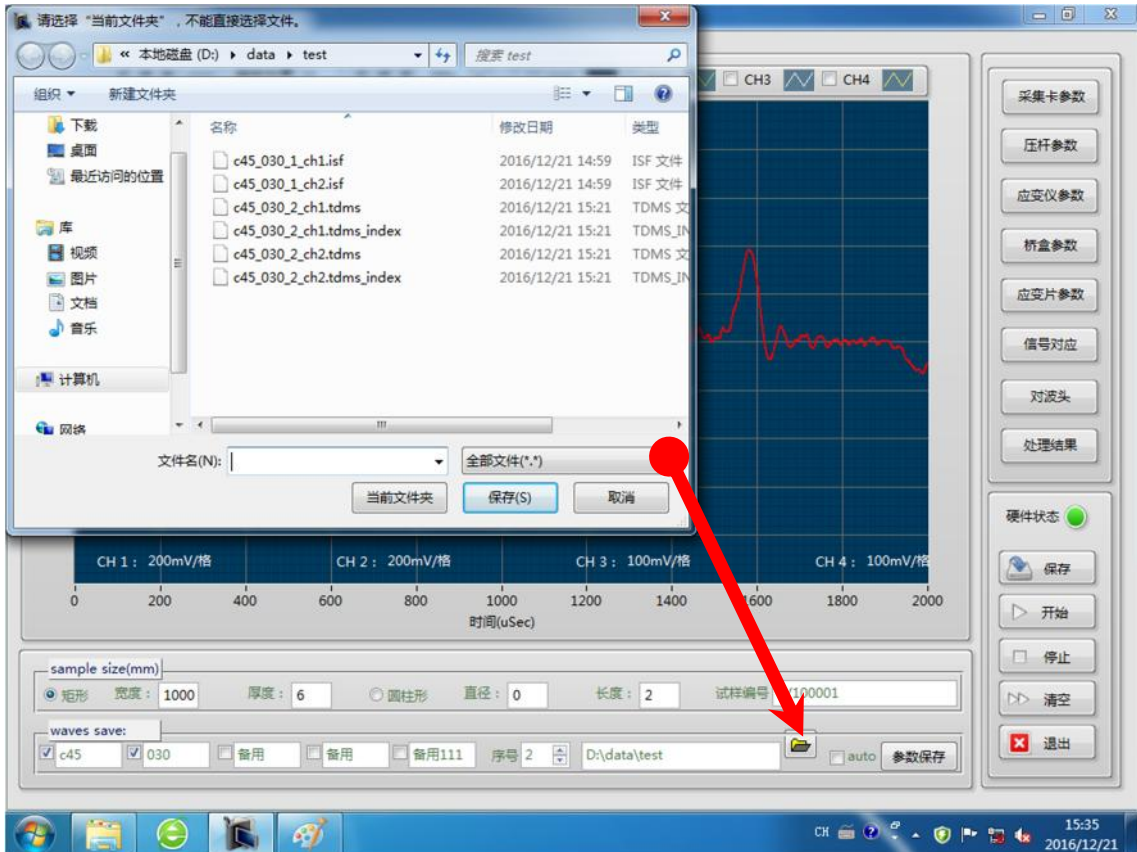
点击“采集卡参数”，跳出采集卡参数设置对话框。



| 名称 | 说明 |
|-------|---|
| 测量量程： | 根据输入信号选择最佳的测量量程，从而可以获取更好的数字号。本设备常规选择为 $\pm 5v$ |
| 采样点数： | 根据信号长度选择点数，本设备常规采样点数为 10000 |
| 采样率： | 1 秒中采集的点数，本设备常规选择为 5Mhz，也就是 1 秒钟采集 10 万个点 |
| 触发类型： | 正极性：上升沿触发，本设备常规选择为“正极性”触发 负极性：下降沿触发 |
| 电平： | 触发电压，单位为 v。也就是当输入信号电压值大于触发电压时，数据采集卡才开始正式采集信号。 |
| 位置： | 当输入信号超过触发电平时，采集卡开始采集信号，并将触发时刻之前的时刻（例如 10%）也采集到，从而可以找到电压为 0 时刻 |
| 触发通道： | 高速采集卡是通过输入信号超过电压值才开始采集信号的，这里的触发通道，就是采用那个通道信号作为触发信号 |
| 信号缩放： | 选择值越小，对应的信号显示越大。值代表 2 格对应的数值 |
| 保存： | <p>当勾选中时，软件主界面点击“保存”，软件会自动保存相应通道数据。命名以下图勾中的名字命名，每个标识符之间用“-”连接。</p>  <p>C45_030_2_ch1.tdms</p> |

| | |
|--|--------------------|
| | C45_030_2_ch2.tdms |
|--|--------------------|

点击文件夹图标，跳出文件保存对话框，选择“当前文件夹”，即为实验数据保存的文件目录。每次点击“保存”，软件会自动将数据文件保存到该目录



结束语

本设备尚属前沿专业设备，我公司一直致力于该设备的研制及相关实验研究。设备说明书或存在不详尽之处，望多多理解。最新版本使用说明书、软件、技术文档及相关操作视频请浏览“www.shpb.net”