

- 运行状态实时监控功能，实时监控包括通道相关信息、采样率信息、试验实时状态（采样状态和记录状态）、磁盘状态等信息；
- 通道异常状态监控和预警功能，即可实时检测各个通道值是否正常，如果出现异常（如超过预设限制等），则进行本地示警；
- 事件记录和运行日志功能，以供后期查阅排故；
- 工况恢复功能，即如果试验出现中断，随后的试验或下次试验可在中断点时的状态继续进行下去；
- 数据保护功能，即如果在记录过程中设备出现故障，可将故障前的数据完整地存储，以供后期查阅；
- 伺服加载系统（如MOOG）同步测量功能；
- 传感器库、试件材料属性库等各种库编辑和管理、导入和导出功能。

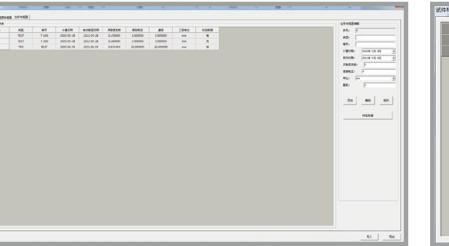


图1-5 传感器管理界面



图1-6 试件材料管理界面

应变测量功能：

- 1/4桥二线、三线制接线方式；半桥，全桥；
- 清零校准和分流校准；
- 导线电阻测量和自动修正功能，即导线电阻值测量结果自动参与应变测量值转换计算，以修正导线电阻带来的测试误差；
- 应变花快速配置和计算功能，可按预先定义的公式和参数计算，实时得到每个测量相应的物理量值，如主应力值；



图1-7 应变花设置界面

- 桥路大应变非线性自动修正；
- 塑性应力自动修正功能，即对塑性阶段的应力和应变进行非线性补偿。

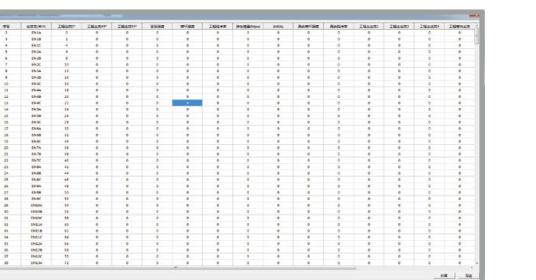


图1-8 塑性应力修正界面

位移测量功能：

- 支持位移计标定功能。



图1-9 位移计标定界面

温度测量功能：

- 支持2线、3线、4线RTD以及热电偶测量。

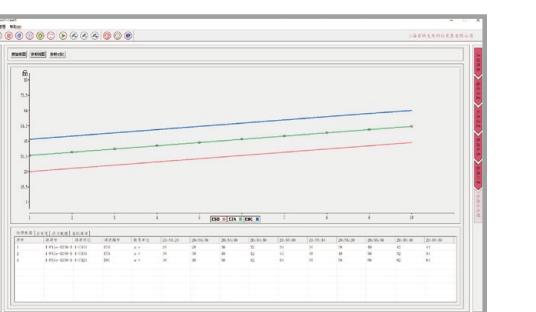


图1-10 数据后处理界面

应力应变综合测试分析系统 CCEO9231

CCEO9231基于NI PXIe高性能硬件平台，是一款多至上万通道的分布式测试系统。该系统广泛应用于飞机机身、机翼、运载工具、壳体、压力容器等大型机械结构件，以及高楼、大坝、桥梁等大型建筑物的强度、疲劳试验的测量和分析。



1024通道应变测试系统外观（正面）

单台机柜外观（正面和背面）

CCEO9231简化了应变和疲劳测试步骤，实现高性能高精度的测试测量。同时具有高度的经济适用性和灵活的可扩展性，可根据需要调整通道数量和信号类型。而多种类的标准接口或定制接口方便客户与外围设备的互联，并且提供二次开发接口，方便实现用户的特殊需求。可实现长时间连续可靠的动静态实时数据采集和分析。

一、CCEO9231主要性能

- 128通道/单元，可扩展至5000通道以上；
- 支持1/4桥、半桥、全桥，具备应变花测量功能，支持TEDS传感器；
- 支持 $\pm 20000\mu\text{e}$ 的应变测量范围，并可实现 $\pm 0.05\%$ FS的测量精度；
- 内置独立模拟抗混叠滤波器和DSP数字滤波器；
- 内置平衡程控多档独立设定的桥路激励电压，通道间激励电压相互隔离，并提供电压激励端短路保护；
- 内置桥路清零平衡校准和自动分流校准，半桥和全桥支持遥感，精确测量桥路激励电压，补偿激励端导线电阻电压；
- 内置高精度旁路校准电阻，支持导线电阻测量，自动修正长导线误差；
- 内置桥路非线性补偿；
- 支持伺服加载系统（如MOOG伺服加载系统）同步测量；
- 支持多物理量同步测量，如温度、位移、载荷、压力、扭矩等。

二、CCEO9231主要优势

内置桥路激励

内置桥路激励是基于每通道独立设置，具有优异的设置灵活性和通道隔离性。一个通道的传感器失效（短路或开路）不会影响相邻通道的测量。桥路激励电压采用差分平衡恒压，多档程控设定，提供高精度电压源，满足高精度测量需求。

全面的校准和补偿

内置桥路清零平衡校准，实现桥路零位补偿。通过内置的高精度旁路电阻，提供自动分流校准功能，并支持导线电阻测量，自动补偿长导线电阻误差。具备大应变非线性自动补偿功能，保证应变全量程范围内的高精度测量。具有补偿激励端导线电阻电压功能，实现高精度测量。

测量和连接的灵活性

集成数据采集和信号调理，支持静态或动态应变信号的测量。可选配更高采样率的采集卡（最高采样率102.4kHz）或各种适配不同信号类型的数据采集卡，应用于高速桥路调理或多物理量的同步测量场合，如同步测量应变、温度、位移、载荷、振动、冲击、压力、扭矩等。可提供各种标准或用户定制的输入接口，如低成本通用的RJ50或高集成度定制的工业级航插等高性能和高可靠性的接口。这对于在大通道数的应用中，极大地节省工程师在线缆和传感器连接设置时间，为用户提供了最大便捷性；数采前端、PDU、网络交换机、转接面板或转接盒等均可集成在标准或定制的机柜中，提供高度集成的一体化系统解决方案。

高度的可伸缩性和扩展性

单台机箱最高128通道，多台机箱可组成一套更高通道数的测试系统。或者是拆分成多个单台机箱或多个机箱组合的独立系统使用，具有灵活的可伸缩性。同时系统扩展也非常容易，仅需增加前端硬件即可扩充原有系统的规模。

软件的易用性和开放性

CCEO9231的测量软件具有易用和友好的人机交互界面，传感器库、试件材料属性库等各种库编辑和管理、导入和导出功能，通道配置信息便捷化、批量化快速处理，通道异常状态监测和预警功能，多种数据采集、记录和显示方式，提供应变花快速配置和计算功能、虚拟通道自定义计算功能和多种数据后处理功能。另外，可根据客户特殊需求进行二次开发，也可提供并开放与其他数据采集软件的接口协议。

三、CCEO9231技术指标

输入特性

ADC分辨率	24位
ADC类型	Delta-Sigma
采样率	1S/s/ch ~ 25.6kS/s/ch
无混叠带宽	0.45 fs
输入量程	$\pm 100\text{mV/V}$ ($V_{ex} \leq 2.5\text{V}$) , $\pm 25\text{mV/V}$ ($V_{ex} \geq 2.75\text{V}$)
相位线性度 ($f_{in} = DC \sim 20\text{kHz}$)	$\pm 0.05^\circ$

精度

测量条件	量程: $\pm 25\text{mV/V}$	量程: $\pm 100\text{mV/V}$
	增益误差 (读数百分比)	偏置误差 ($\mu\text{V/V}$)
典型 ($23 \pm 5^\circ\text{C}$)	0.02%	$19\mu\text{V/Vex}$
		0.02%
		$30\mu\text{V/Vex}$

通道匹配

增益匹配 ($f_{in} = DC \sim 10\text{kHz}$)	0.12%, 最大值
相位匹配 ($f_{in} = DC \sim 10\text{kHz}$)	$0.032^\circ \cdot f_{in}/\text{kHz}$, 最大值

激励特性

激励电压 (V_{ex})	0.625V, 1V, 1.5V, 2V, 2.5V, 2.75V, 3.3V, 5V, 7.5V, 10V
短路保护	EX to GND, 各端子间

分流校准特性

电阻	33.333k Ω , 50k Ω , 100k Ω
选择方式	每通道程控可选
位置	跨1/4桥（内部），参考激励负端（外部）

四、CCEO9231软件功能介绍

通用功能：

- 支持应变（1/4桥、半桥、全桥）、位移（桥式或电压式）、温度等数据实时采集、记录、存储、显示和分析，可同步控制所有硬件通道；
- 编辑功能可对设备的各种硬件参数进行方便灵活的输入和各种编辑，可将硬件参数以参数文件的方式保存和读数；
- 通道配置信息便捷化、批量化快速处理，提供人性化的配置界面。通道配置时，可把一个通道作为一个模板，有选择地把此通道的某个参数或所有参数复制应用到其他通道，通道可以不连续选择；

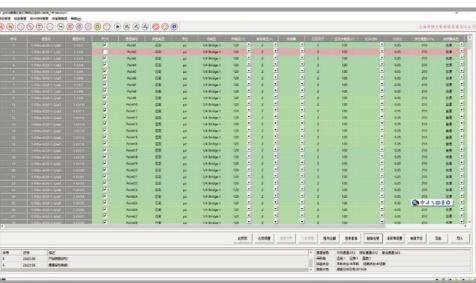


图1-1 通道设置界面

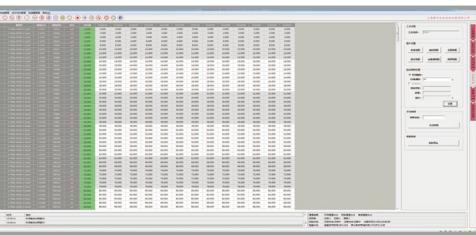


图1-2 数据采集快照界面

- 通道分组功能，可按通道的实际应用情况，进行合理便捷地通道分组；
- 虚拟通道自定义计算功能；
- 多种触发方式存储数据，将数据存储在本地硬盘上；
- 多采样率数据采集功能，即应变、位移、温度等多种物理量可以设置不同的采样率同步进行数据采集；
- 数据快照功能，可按多种触发方式或事件规则进行数据快照；



图1-3 数据云图显示界面



图1-4 数据全屏视图显示界面