

数据表

# NI 9237

4 AI,  $\pm 25$  mV/V, 24 位, 50 kS/s/ch 同步, 桥完成



- 4 个通道, 每通道 50 kS/s 同步模拟输入
- $\pm 25$  mV/V 输入范围, 24 位分辨率
- 可编程全桥和半桥, 10 V 内部激励
- 60 VDC, CAT I 组隔离
- RJ45, D-SUB 连接选项
- $-40^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$  工作范围, 5 g 振动, 50 g 冲击

NI 9237 同步电桥模块可以与 CompactDAQ、CompactRIO 配合使用, 包含同时驱动并测量 4 个基于电桥的传感器所需的全部信号调理。四个 RJ45 插头可直接连接大多数的扭矩传感器或测压元件, 利用最少的工具来实现自定义电缆解决方案。NI 9237 具有高采样率和高带宽, 结合通道间零相位延迟, 提供了高效高速的应变或载荷测量系统。NI 9237 的隔离为 60 VDC, 瞬态隔离为 1,000 Vrms, 具有较高的共模去噪, 因而可增加操作人员 and 测试系统的安全性。

NI 9237 可执行偏移/调零以及分流校准与遥感, 使模块成为应变和电桥测量中的最佳选择。

NI 9944 和 NI 9945 是用于与 1/4 桥传感器搭配使用的附件。这些附件的一端为 RJ45 母口连接器, 另一端为螺栓端子。

C系列同步桥模块比较

型号	通道	采样率	分辨率	互连接口	支持同步桥
NI 9218	2	51.2 kS/s/ch	24位	LEMO, 9引脚DSUB	1/4, 半, 全
NI 9219	4	100 S/s/ch	24位	弹簧接线端	1/4, 半, 全
NI 9235	8	10 kS/s/ch	24位	弹簧接线端	120 Ω 1/4 桥
NI 9236	8	10 kS/s/ch	24位	弹簧接线端	350 Ω 1/4 桥
NI 9237	4	50 kS/s/ch	24位	RJ-50, DSUB	1/4, 半, 全

## NI C 系列概述



NI 提供超过 100 种 C 系列模块，用于测量、控制以及通信应用程序。C 系列模块可连接任意传感器或总线，并允许进行高精度测量，以满足高级数据采集及控制应用程序的需求。

- 与测量相关的信号调理，可连接一组传感器和信号
- 隔离选项包括组间、通道间以及通道对地
- 温度范围为-40 °C ~ 70 °C，满足各种应用程序和环境需要
- 热插拔

CompactRIO 和 CompactDAQ 平台同时支持大部分 C 系列模块，用户无需修改就可将模块在两个平台间转换。

# CompactRIO



CompactRIO 将开放嵌入式架构与小巧、坚固以及 C 系列模块进行了完美融合，是一种由 NI LabVIEW 驱动的可重配置 I/O (RIO) 架构。每个系统包含一个 FPGA，用于自定义定时、触发以及处理一系列可用的模块化 I/O，可满足任何嵌入式应用程序的需求。

# CompactDAQ

CompactDAQ 是一种便携、耐用的数据采集平台，其模块化 I/O 集成了连接、数据采集以及信号调理功能，可直接接入任意传感器或信号。配合 LabVIEW 使用 CompactDAQ，用户可轻松地定义如何采集、分析、可视化以及管理测量数据。



# 软件



## LabVIEW 专业版开发系统 - 用于 Windows

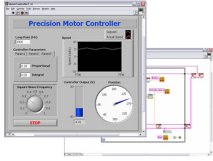
- 使用高级软件工具进行大型项目开发
- 通过 DAQ 助手和仪器 I/O 助手自动生成代码
- 使用高级测量分析和数字信号处理
- 利用 DLL、ActiveX 和 .NET 对象的开放式连接
- 生成 DLL、可执行程序以及 MSI 安装程序

## NI LabVIEW FPGA 模块



- 设计用于 NI RIO 硬件的 FPGA 应用程序
- 使用和台式及实时应用程序一样的图形化环境进行编程
- 以最高为 300 MHz 的循环速率执行控制算法
- 实现自定义定时和触发逻辑、数字协议以及 DSP 算法
- 集成现有 HDL 代码和第三方 IP (包括 Xilinx IP 生成器函数)
- 作为 LabVIEW Embedded Control and Monitoring Suite 的一部分购买

## NI LabVIEW Real-Time 模块



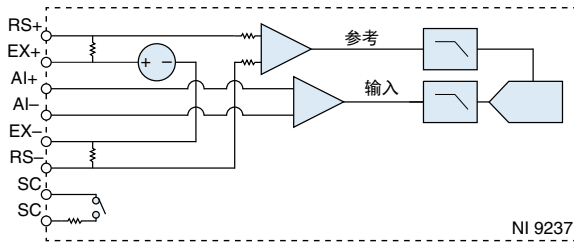
- 使用 LabVIEW 图形化编程设计确定性实时应用程序
- 下载至专有 NI 或第三方硬件，获得可靠的执行及多种 I/O 选择
- 利用内置的 PID 控制、信号处理以及分析函数
- 自动利用多核 CPU 或手动设置处理器关联
- 利用实时操作系统、开发和调试支持以及板卡支持
- 独立购买，或作为 LabVIEW 套件的一部分购买

## 电路

NI 9237 的每条通道都带有独立的 24 位模数转换器和输入放大器，可对 4 个通道信号同步采样。

NI 9237 与地面隔离。但各通道间不隔离。所有通道都有 EX+、EX-、T-信号。可将 NI 9237 连接至偏置电压在 NI 9237 抑制范围内的设备。

图 1. NI 9237 某通道的输入电路



## 校正阻抗误差的连接选项

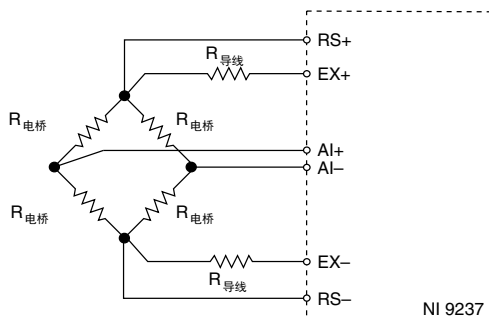
导线电阻可引起桥电路误差。NI 9237 提供两种消除误差的机制：负载端电压采样和分流校准。

### 负载端电压采样

负载端电压采样可自动连续的校正激励导线误差，通常全桥和半桥传感器选用此机制。

较长的导线和短的粗导线具有较大的电阻，可引起增益误差。由导线电阻（激励电压至电桥）产生的电压降将引起增益误差。NI 9237 通过负载端电压采样补偿增益误差。将负载端电压采样导线连接在激励电压和桥电路之间。关于连接负载导线至 NI 9237，请参考下列示意图。

图 2. 连接负载导线至 NI 9237



实际电桥激励电压低于 EX+和 EX - 两端的电压。如未使用负载端电压采样补偿实际电桥电压，所导致的增益误差为：

$$\frac{R_{lead}}{R_{bridge}}, \text{ 半桥感应器}$$

$$\frac{2 \times R_{lead}}{R_{bridge}}, \text{ 全桥感应器}$$

如负载端电压采样 (RS) 信号直接与电桥电阻相连，NI 9237 采样为实际的电桥电压，已移除 EX+和 EX-导线电阻产生的增益误差。

## 分流校准

分流校准可校正导线电阻产生的误差，此处的导线是指连接激励电压和各电桥电阻的导线。负载端电压采样可校正 NI 9237 的 EX 引脚至传感器的电阻产生的误差，分流校准除校正此误差外，还可校准电桥桥臂导线电阻产生的误差。分流校准机制尤其适用于 1/4 桥传感器，因为连接至电桥的导线可能具有较大阻值。

NI 9237 分流校准电路由一个高精度电阻和一个软件控制开关组成。关于启动 NI 9237 分流校准开关的详细信息，见软件帮助文档。

分流校准通过将电桥桥臂的阻值改变为某已知的值来模拟应变输入。即通过分流（在电桥某一桥臂上连接一个较大的已知阻值的电阻）和创建已知的电阻应变实现。测量电桥的输出值，并将其与预期的电压值进行比较。用户可使用上述结果校正整个测量通道的增益误差，或仅通过检验常规操作来确保设置的正确性。

稳定信号通常是指传感器的未加载状态，首先在关闭分流校准的状态下使用该信号，然后开启分流校准，再次应用该信号。通过两次测量的差值可了解增益误差与导线电阻的关系。并设计软件程序校正此增益误差读数。

## 激励电压

可对 NI 9237 编程，提供 2.5 V、3.3 V、5 V、10 V 的激励电压。内部激励的最大激励电压是 150 mW。



**注：**在未提供外部激励电压的情况下，NI 建议将激励电压设置为可保证总功率低于 150 mW 的值。NI 9237 会自动降低内部激励电压，以保持总功率低于 150 mW。

使用下列公式计算单个电桥的功率：

$$P = \frac{V_{ex}^2}{R}$$

其中， $R$  为电桥的总阻值。

对于 1/4 桥或半桥， $R$  等于每个组成部分电阻阻值的两倍。对于全桥， $R$  等于每个组成部分的阻值。

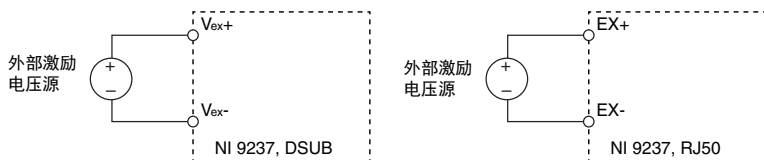
在不超出 150 mW 功率限制的情况下，全桥和半桥电路可采用下列配置：

- 4 个 350  $\Omega$  半桥，5.0 V
- 4 个 350  $\Omega$  全桥，3.3 V
- 4 个 120  $\Omega$  半桥，2.5 V

## 外部激励

如需外部激励电压产生 150 mW，分散至各个电桥，可连接外部激励电压至 NI 9237。

图 3. 连接外部激励电压源至 NI 9237



**注：**对于 NI 9237（RJ-50 接口），使用四接线端外部激励电压连接器的两个 EX+ 和 EX- 接线端连接一个外部激励源。

可使用连接器上的其他 EX+ 和 EX- 接线端连接多个 NI 9237，形成菊花链。

## 滤波

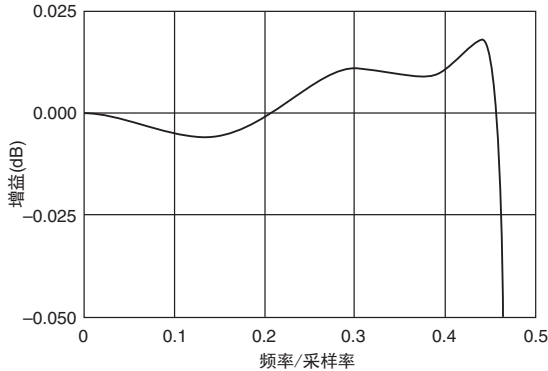
通过模拟滤波和数字滤波，NI 9237 可精确表示带内信号并抑制带外信号。滤波器根据信号的频率范围（带宽）区分信号。三个需考虑的重要带宽因素分别为：通带、阻带和抗镜像带宽。

NI 9237 主要通过通带波纹和相位非线性度定量表示通带内信号。无混叠带宽范围内的所有信号均为无混叠信号或至少经阻带抑制过滤的信号。

## 通带

通带内信号的增益和衰减是基于频率变化的。通带平坦度是指增益的幅度相对于频率的微小变化。NI 9237 的数字滤波器调整通带的频率范围，使其与数据速率匹配。因此，给定频率下的增益和衰减取决于数据速率。

图 4. NI 9237 的典型通带平坦度



## 阻带

滤波器将显著减弱所有高于阻带频率的信号。主要目的是防止产生混叠。因此，阻带频率与数据速率之间存在精确的比例关系。阻带抑制是滤波器对阻带内所有频率信号应用的最小衰减量。

## 无混叠带宽

无混叠带宽中不包含任何带外混叠失真信号。无混叠带宽是由滤波器抑制高于阻带频率信号的能力定义的。无混叠带宽等于采样率减去阻带频率。

## 采样率

NI 9237 的采样率 ( $f_s$ ) 取决于主时基频率 ( $f_M$ )。NI 9237 内部带有一个频率为 12.8 MHz 的主时基，但模块也可使用外部主时基或输出主时基。如需使 NI 9237 的采样率与其他使用主时基控制采样的模块同步，所有模块必须共享同一个主时基源。

可根据下列公式计算 NI 9237 的可用采样率：

$$f_s = \frac{f_M \div 256}{n}$$

其中， $n$  表示 1~31 之间的任何整数。

但实际采样率必须位于设备支持的采样率范围内。使用 12.8 MHz 内部主时基时，采样率结果为 50 kS/s、25 kS/s、16.667 kS/s……1.613 kS/s 基于  $n$  值。使用外部时基（非 12.8 MHz）时，NI 9237 具有不同的采样率取值。



**注：** NI 9151 R 系列扩展机箱不支持模块间共享时基。

## NI 9237 产品规范

除非另外声明，否则下列规范的适用温度范围均为 -40 °C ~ 70 °C。



**警告** 请勿尝试采用本文档中未提到的方式操作 NI 9237。错误操作设备可能发生危险。设备损坏时，内部的安全保护机制也会受影响。关于受损设备的维修事宜，请联系 NI。

### 输入特性

通道数	4 个模拟输入通道
电桥电阻	
半桥和全桥	内部
1/4 桥	外部
ADC 分辨率	24 位
ADC 类型	Delta-Sigma（带模拟预滤波）
采样模式	同步
内部主时基 ( $f_M$ )	
频率	12.8 MHz
精度	±100 ppm, 最大值
使用内部主时基时的采样率范围 ( $f_s$ )	
最小值	1.613 kS/s
最大值	50 kS/s
使用外部主时基时的采样率范围 ( $f_s$ )	
最小值	391 S/s
最大值	51.36 kS/s
采样率 ( $f_s$ )	$(f_M \div 256) \div n$ , 其中 $n = 1, 2, \dots, 31$
典型输入范围	±25 mV/V
转换精度	2.9802 nV/V/LSB
任意两个引脚间的过压保护	±30 V



表 1. 精度

测量条件 <sup>1</sup>		读数百分比 (增益误差 <sup>2</sup> )	量程百分比 <sup>3</sup> (偏移误差)
已校准	常规值 (25 °C, ±5 °C)	0.05%	0.05%
	最大值 ( - 40 °C ~ 70 °C)	0.20%	0.25%
未校准 <sup>4</sup>	常规值 (25 °C, ±5 °C)	0.20%	0.10%
	最大值 ( - 40 °C ~ 70 °C)	0.55%	0.35%

增益漂移 10 ppm/°C, 最大值

电压漂移

2.5 V 激励 0.6 μV/V/°C

3.3 V 激励 0.5 μV/V/°C

5 V 激励 0.3 μV/V/°C

10 V 激励 0.2 μV/V/°C

半桥完成

容差 ±1200 μV/V, 最大值

漂移 1.5 μV/V/°C

表 2. 通道间匹配 (已校准)

输入信号频率 ( $f_{in}$ )	增益		相位
	常规值	最大值	最大值
0 kHz ~ 1 kHz	0.15%	0.3%	$0.125^\circ/\text{kHz} \cdot f_{in}$
1 kHz ~ 20 kHz	0.4%	1.1%	

相位非线性

$f_{in} = 0 \text{ kHz} \sim 1 \text{ kHz}$  <0.001°

$f_{in} = 0 \text{ kHz} \sim 20 \text{ kHz}$  ±0.1°

<sup>1</sup> 不包含偏移归零或分流校准。

<sup>2</sup> 在速率为 50 kS/s 时进行。低于该值的数率可引入最高 0.20% 的额外增益误差读取值。

<sup>3</sup> 量程等于 25 mV/V。

<sup>4</sup> 未校准精度指在原始模式或未换算模式中采集数据获取的精度，在这两种模式中，模块中存储的校准常量未应用于数据。

输入延迟	$(40 + 5/512)/f_s + 4.5 \mu\text{s}$
通带	
频率	$0.45 \cdot f_s$
平坦度	0.1 dB, 最大值
阻带	
频率	$0.55 \cdot f_s$
抑制	100 dB
无混叠带宽	$0.45 \cdot f_s$
过采样率	$64 \cdot f_s$
过采样率时的抑制 <sup>5</sup>	
$f_s = 10 \text{ kS/s}$	60 dB, 640 kHz
$f_s = 50 \text{ kS/s}$	90 dB, 3.2 MHz
共模电压, 所有信号对地	$\pm 60 \text{ VDC}$
共模电压范围, 相对于 EX-	$\pm 1 \text{ V}$ , 来自激励电压中点
CMRR	
相对于地 <sup>6</sup> ( $f_{in} = 0 \sim 60 \text{ Hz}$ )	140 dB
相对于 EX - ( $f_{in} = 0 \text{ kHz} \sim 1 \text{ kHz}$ )	85 dB
SFDR (1 kHz, -60 dBFS)	115 dB
总谐波失真 (THD)	
1 kHz, -20 dBFS	-95 dB
8 kHz, -20 dBFS	-95 dB

表 3. 输入噪声

激励电压	密度, (nV/V <sub>rms</sub> /√1Hz)	总计, $f_{in} = 0\text{kHz} \sim 1 \text{ kHz}$ (nV/V <sub>rms</sub> )	总计, $f_{in} = 0\text{kHz} \sim 25 \text{ kHz}$ (μV/V <sub>rms</sub> )	
		全桥	全桥	半桥
2.5 V	8	250	1.3	1.6
3.3 V	6	190	1.0	1.2

<sup>5</sup> 信号频率模拟预滤波器在过采样率上的抑制。

<sup>6</sup> 测量时连线一根平衡线缆至 NI 9237 (RJ-50 接口), NI 9237 (DSUB 接口) 未连线。非双绞线的屏蔽式线缆可能严重不平衡, 从而影响 CMRR 性能。为了增强屏蔽双绞线的平衡性, NI 建议将 AI+/AI-、RS+/RS- 和 EX+/EX- 信号线绞接。

表 3. 输入噪声（续）

激励电压	密度, (nV/V <sub>rms</sub> /√1Hz)	总计, $f_{in} = 0\text{kHz} \sim 1\text{kHz}$ (nV/V <sub>rms</sub> )	总计, $f_{in} = 0\text{kHz} \sim 25\text{kHz}$ (μV/V <sub>rms</sub> )	
	全桥	全桥	全桥	半桥
5 V	4	130	0.6	0.8
10 V	2	65	0.3	0.5

激励噪声 100 μVrms

串扰（不包含线缆影响）

$f_{in} = 1\text{kHz}$  110 dB

$f_{in} = 10\text{kHz}$  100 dB

激励

内部电压 2.5 V, 3.3 V, 5.0 V, 10.0 V

内部电源 150 mW, 最大值

外部电压 2 V ~ 10 V

分流校准

电阻 100 kΩ

电阻精度

25 °C ±110 Ω

- 40 °C ~ 70 °C ±200 Ω

MTBF

NI 9237（RJ-50 接口） 25 °C 时, 603,359 小时；Bellcore Issue 2, Method 1, Case 3, Limited Part Stress Method

NI 9237（DSUB 接口） 25 °C 时, 704,148 小时；Bellcore Issue 2, Method 1, Case 3, Limited Part Stress Method

## 电源要求

机箱功耗

有效模式 740 mW, 最大值

休眠模式 25 μW, 最大值

散热 (70 °C)

有效模式	740 mW, 最大值
休眠模式	25 $\mu$ W, 最大值

## 物理特性

请使用干毛巾清洁模块。



**提示** 关于 C 系列模块和连接器的 2 维图及 3D 模型, 请登录 [ni.com/dimensions](https://ni.com/dimensions), 通过相应模块编号查看。

## 安全电压

仅可连接规定范围之内的电压。

任意端子间	$\pm 30$ V, 最大值
隔离, 通道间	无
隔离, 通道对地	
3,000 米及以下	
连续	60 VDC, Measurement Category I
耐压性	1,000 Vrms, 经 5 秒介电耐压测试
5,000 米及以下	
连续	60 VDC, Measurement Category I
耐压性	860 Vrms, 经 5 秒介电耐压测试

Measurement Category I 用于测量与配电系统非直接相连 (MAINS 电压) 的电路。MAINS 是对设备供电的电源系统, 可能对人体造成伤害。该类测量主要用于受二级电路保护的电压测量。这类电压测量包括: 信号电平、特种设备、设备的特定低能量部件、低电压源供能的电路、电子设备。



**警告** 在 Measurement Category II、III 和 IV 中, 请勿使用 NI 9237 连接信号或进行测量。



**注:** Measurement Categories CAT I 和 CAT O 等同。该类测试和测量电路不能直接连接使用 MAINS 建筑物电源的 Measurement Categories CAT II、CAT III 或 CAT IV 电路。

# 危险环境

美国 (UL)	Class I, Division 2, Groups A, B, C, D, T4; Class I, Zone 2, AEx nA IIC T4
加拿大 (C-UL)	Class I, Division 2, Groups A, B, C, D, T4; Class I, Zone 2, Ex nA IIC T4
欧洲 (ATEX) 和 国际 (IECEX)	Ex nA IIC T4 Gc

## 安全性与危险环境标准

该产品设计符合以下测量、控制和实验室用途的电气设备安全标准：

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1
- EN 60079-0:2012, EN 60079-15:2010
- IEC 60079-0: Ed 6, IEC 60079-15; Ed 4
- UL 60079-0; Ed 5, UL 60079-15; Ed 3
- CSA 60079-0:2011, CSA 60079-15:2012



**注：** 关于 UL 和其他安全证书，见产品标签或 [在线产品认证](#) 章节。

## 电磁兼容性

产品符合以下测量、控制和实验室用途敏感电气设备的 EMC 标准：

- EN 61326-2-1 (IEC 61326-2-1): Class A 放射标准；工业抗扰度标准
- EN 55011 (CISPR 11): Group 1, Class A 放射标准
- AS/NZS CISPR 11: Group 1, Class A 放射标准
- FCC 47 CFR Part 15B: Class A 放射标准
- ICES-001: Class A 放射标准



**注：** 在美国（依据 FCC 47 CFR），Class A 设备适用于商业、轻工业和重工业环境。在欧洲、加拿大、澳大利亚和新西兰（依据 CISPR 11），Class A 设备仅适用于重工业环境。



**注：** Group 1 设备（依据 CISPR 11）是指不会出于处理材料或检查/分析目的，而有意释放射频能量的工业、科学或医疗设备。



**注：** 关于 EMC 声明和认证等详细信息，见 [在线产品认证](#) 章节。

# CE 规范

产品已达到现行欧盟产品规范的下列基本要求：

- 2014/35/EU；低电压规范（安全性）
- 2014/30/EU；电磁兼容性规范(EMC)
- 94/9/EC；潜在爆炸性环境（ATEX）

## 在线产品认证

关于合规信息，见产品的合规声明 (DoC)。如需获取产品认证及合规声明 (DoC)，请访问 [ni.com/certification](http://ni.com/certification)，通过模块编号或产品线搜索，并在 Certification（认证）栏中查看相应链接。

## 冲击和振动

要符合下列规范，必须将系统固定在面板上。

### 运行环境振动

随机 (IEC 60068-2-64)	5 g <sub>rms</sub> , 10 Hz ~ 500 Hz
正弦 (IEC 60068-2-6)	5 g, 10 Hz ~ 500 Hz
运行环境冲击 (IEC 60068-2-27)	30 g, 11 ms 半正弦；50 g, 3 ms 半正弦； 18 次冲击，6 个方向

## 环境

关于具体要求，见所用机箱的文档。

运行环境温度 (IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2)	-40 °C ~ 70 °C
存储温度 (IEC 60068-2-1, IEC 60068-2-2)	-40 °C ~ 85 °C
防护等级	
NI 9237 (RJ-50 接口)	IP30
NI 9237 (DSUB 接口)	IP40
运行环境湿度 (IEC 60068-2-78)	10% RH ~ 90% RH, 无凝结
存储湿度 (IEC 60068-2-78)	5% RH ~ 95% RH, 无凝结
污染等级	2
最高海拔	5,000 米

仅限室内使用。

## 环境保护

NI 始终致力于设计和制造有利于环境保护的产品。NI 认为减少产品中的有害物质不仅有益于环境，也有益于客户。

关于环境保护的详细信息，请访问 [ni.com/environment](https://ni.com/environment)，查看 *Minimize Our Environmental Impact* 页面。该页包含 NI 遵守的环境准则和规范，以及本文档未涉及的其他环境信息。

## 电气电子设备废弃物 (WEEE)



**欧盟客户** 所有超过生命周期的 NI 产品都必须依照当地法律法规进行处理。关于如何在当地回收 NI 产品，请访问 [ni.com/environment/weee](https://ni.com/environment/weee)。

## 电子信息产品污染控制管理办法（中国 RoHS）



**中国客户** National Instruments 符合中国电子信息产品中限制使用某些有害物质指令 (RoHS)。关于 National Instruments 中国 RoHS 合规性信息，请登录 [ni.com/environment/rohs\\_china](https://ni.com/environment/rohs_china)。(For information about China RoHS compliance, go to [ni.com/environment/rohs\\_china](https://ni.com/environment/rohs_china).)

## 校准

访问 [ni.com/calibration](https://ni.com/calibration) 可获取与 NI 9237 校准服务相关的校准认证和信息。

校准间隔

1 年

---

关于 NI 商标的详细信息，请访问 [ni.com/trademarks](http://ni.com/trademarks)，查看 *NI Trademarks and Logo Guidelines* 页面。此处提及的其他产品和公司名称均为其各自公司的商标或商业名称。关于 NI 产品和技术的专利权，请查看软件中的**帮助»专利信息**、光盘中的 `patents.txt` 文件，或 [ni.com/patents](http://ni.com/patents) 上的 *National Instruments Patent Notice*。可在 NI 产品的自述文件中找到最终用户许可协议 (EULA) 和第三方法律声明。请查阅 [ni.com/legal/export-compliance](http://ni.com/legal/export-compliance) 上的 *Export Compliance Information* 以了解 NI 全球出口管制政策，以及如何获取相关的 HTS 编码、ECCN 和其他进出口信息。NI 对于本文件所含信息的准确性不作任何明示或默示的保证，并对其错误不承担任何责任。美国政府用户：本手册中包含的数据系使用私人经费开发的，且本手册所包含的数据受到联邦采购条例 52.227-14 和联邦国防采购条例补充规定 252.227-7014 和 252.227-7015 中规定适用的有限权利和受限数据权益条款的约束。

© 2006—2015 National Instruments. 版权所有

374186A-0218 2015 年 11 月