

# 6220型 6221型

## 6220和6221的特点

- 源和阱（可编程负载）100fA~100mA
- 1014Ω输出阻抗确保能为各种负载提供稳定的电流源
- 65000点源存储容量允许直接从电流源执行全面测试电流扫描
- 内建RS-232、GPIB、触发链路和数字I/O接口
- 可重配置三同轴输出，便于带防护功能的应用需求
- 220型仿真模式无需对现有应用重新编程

## 6221独有特点

- 4pA~210mA峰峰值交流电流源，用于元件和材料的交流特性分析。6221的10MHz输出更新速率能够产生100kHz的光滑正弦波
- 内建1mHz~100kHz频率范围的标准波形和任意波形。应用领域包括复杂可编程负载或传感器信号以及噪声仿真
- 短至5μs的可编程脉宽，能够限制专用元件的功耗。当配合2182A纳伏表使用时，能测量最窄50μs的脉冲I-V
- 内置以太网接口，无需GPIB控制卡即可轻松实现远程控制

# 直流电流源 交流和直流电流源



6220直流电流源和6221交流/直流电流源是非常易于使用的超低电流噪声电流源。低电流的产生在从许多研发到生产，尤其是在半导体、纳米技术和超导行业方面的测试环境应用非常重要。高准确度的源和内建控制功能使6220和6221成为霍尔测量、使用delta模式的电阻测量、脉冲测量和微分电导测量等应用的理想选择。

对精密、低电流源的需求。对当今小型和高功率效率电子器件的测试和特性分析需要输出低电平电流，这需要采用精密的低电流源。较低的激励电流在器件两端产生较低（因而更难测量）的电压。将6220或6221与2182A纳伏表组合可以妥善地处理这两方面的挑战。

交流电流源和电流源波形发生器。6221是市面上唯一一款低电流交流电流源。在推出6221之前，研究人员和工程师不得不自己搭建交流电流源。这款经济有效的源在准确度、一致性、可靠性和鲁棒性方面比“自制”方案更好。6221也是唯一市面有售的电流源波形发生器，它能极大地简化创建和输出复杂波形。

编程简单。这两款电流源可以从前面板控件或从外部控制器通过RS-232或GPIB接口进行完全编程；6221还具有以太网接口，可以通过任何以太网连接进行远程控制。这两款仪器能输出100fA~105mA的直流电流；6221还能输出4pA~210mA峰峰值的交流电流。这两款电流源能以10mV步长设置0.1V~105V的输出电压。最大电压（电流源输出电流时能达到的电压极限）的重要性在于应用中过压可能损坏被测器件（DUT）。

直接替换220型电流源。6220和6221构建在吉时利很受欢迎的220型可编程电流源之上；在现有应用中，用6220/6221替换220型就能很容易地实现220型的仿真模式，无需重写控制代码。

容易设定和执行电流扫描。6220和6221都提供设定电流斜坡的工具，并且通过使用触发器或定时器以步进式输出多达65,536种输出值的预定义序列。这两款电流源都支持线性、对数和自定义方式扫描。

## 典型应用

- 纳米技术
  - 微分电导
  - 脉冲式信号源与电阻
- 光电应用
  - 脉冲式I-V
- 替换交流电阻桥（当结合2182A使用时）
  - 低功率电阻测量
- 替换锁定放大器（当结合2182A使用时）
  - 低噪声电阻测量

# 6220型 6221型

## 订购信息

6220型	直流精密电流源
6221型	交流和直流电流源
6220/2182A型	

完全的Delta模式系统，带直流电流源、纳伏表和所有必需电缆（不含 GPIB 电缆）6221/2182A型

完全的Delta模式系统，带交流和直流电流源、纳伏表和所有必需电缆（不含 GPIB 电缆）

## 随机附件：

237-ALG-2	6.6 ft (2米)、低噪声、三同轴-鳄鱼夹输入电缆
8501-2	6.6 ft (2米) 触发链路电缆以连接622x和2182A
CA -180-3A	以太网交叉线 (仅6221)
CA -351	通信电缆, 用于连接2182A和622x
CS-1195-2	安全互锁连接器
	使用手册CD
	入门手册 (打印本)
	软件 (可下载)

## 可用到的附件：

7006-*	GPIB电缆带直接头
7007-1	IEEE-488屏蔽电缆, 1米 (3.3 ft)
7007-2	IEEE-488屏蔽电缆, 2米 (6.6 ft)
7078-TRX-5	5ft (1.5米)、低噪声、三同轴至三同轴电缆 (两端为公头)
KPCI-488LPA	用于PCI总线的IEEE-488接口/控制器
KPXI-488	用于PXI总线的IEEE-488接口板
KUSB-488A	IEEE-488 USB至GPIB接口适配器

## 提供的服务

6220-3Y-EW	从出货之日起1年的质保期延长到3年
6221-3Y-EW	从出货之日起1年的质保期延长到3年
C/6220-3Y-ISO	购买后3年内提供3次 (ISO-17025 认证) 校准*
C/6221-3Y-ISO	购买后3年内提供3次 (ISO-17025 认证) 校准*

\*并非适用于所有国家

# 直流电流源 交流和直流电流源

6221结合了高分辨率电流源和兆赫兹的更新速率，因而它以高保真度模拟的电流信号与模拟电流斜波很难分辨。

## 免费的仪器控制实例启动软件

电流源的仪器控制实例软件简化了采用吉时利2182A执行基本电流源任务以及调整复杂的测量功能。这款在LabVIEW编程环境中开发的软件包含一份进阶测量指南，这有助于用户设置仪器和正确连接，以及设置基本电流源功能。此软件包具有支持delta模式、微分电导和脉冲模式测量等先进工具。使用此软件包，用户能打印用于任何预编程函数的仪器指令，它提供在定制应用中包含这些函数的起点。

## 微分电导

微分电导测量是非线性隧道器件和低温器件最重要和最关键的测量之一。数学上的微分电导是器件I-V曲线的导数。6220或6221与2182A纳伏表的结合使用是业内最完整的微分电导测量方案。这些仪器组合也是最快的方案：比其它可选方法的速度快10倍而且噪声低很多。在一次测量中就能获取数据，无需经过通过多次扫描再将结果进行平均，这既耗时又容易产生误差。而且，622X和2182A简单易用，因为它们的组合可以作为单台测量仪器使用。它们简单的连接消除了其它方案很难处理的隔离和噪声电流问题。

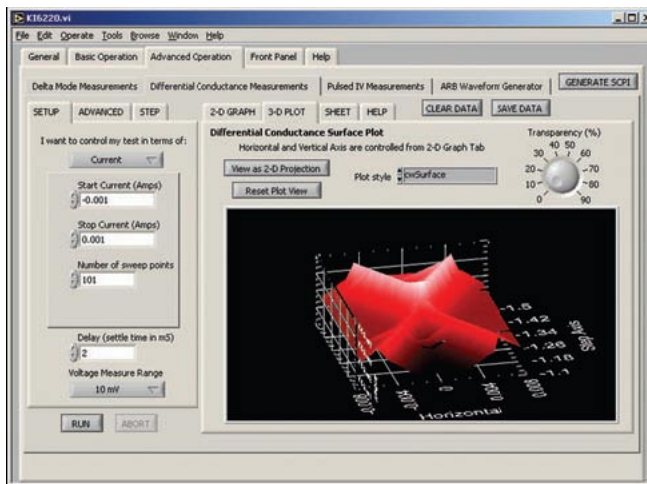


图1. 运行、分析和显示微分电导测量。

## Delta模式

最初，吉时利为电压和电阻低噪声测量开发的delta模式法需要将2182纳伏表和可触发外部电流源结合使用。实际上，delta模式能自动触发电流源使信号极性交替变化，然后在每个极性上触发纳伏表读数。此电流反向法消除了任何恒定的热电失调，从而确保测量结果反映了真实的电压值。

同样地，这种基本方法已在622X和2182A的delta模式中采用，但是此方法在实现中已被极大地增强和简化。现在，此方法消除了随时间漂移的热电失调，只用以前方法的一半时间就能产生结果，而且允许电流源控制和设置纳伏表，因而仅需两次按钮便能完成测量设置。改进的热电失调消除和较高的读速率可将测量噪声降低至1nV。

**KEITHLEY**

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE

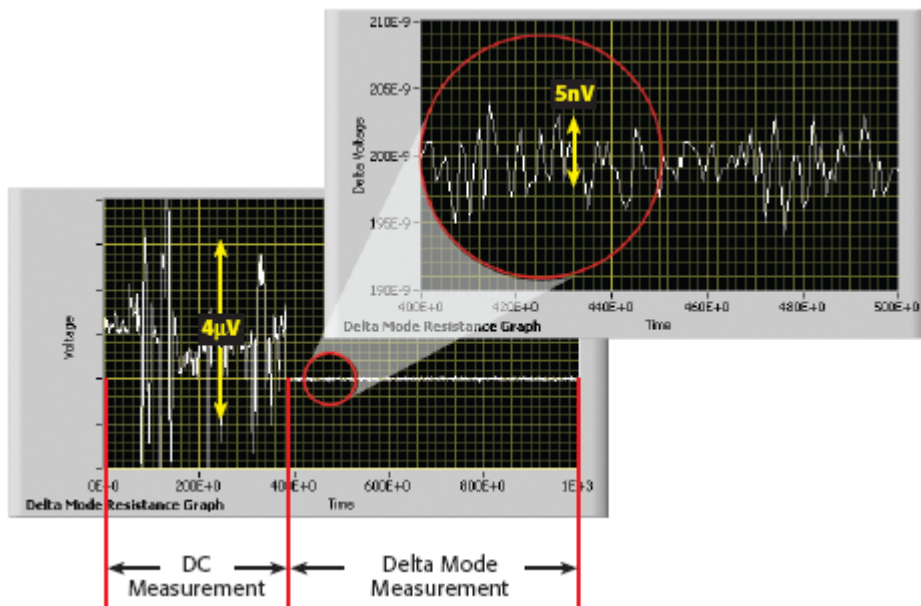


图2. Delta模式提供1000:1噪声衰减

Delta模式能准确测量低电压和小电阻。将622X和2182A正确连接后，用户只用按下电流源的Delta按钮，再按下Trigger按钮，就能启动测试。622X和2182A能无缝地配合工作并能通过GPIB接口（6221的GPIB或以太网接口）进行控制。622X提供免费的控制软件实例，包括“带领”用户完成delta模式设置过程的指南。

## 脉冲测试

即使测量过程本身引入的少量热量也会提升DUT的温度，从而使测试结果偏移或甚至损坏器件。通过在脉冲测量过程中为用户提供最佳的脉冲电流幅度、脉冲间隔、脉冲宽度和其它脉冲参数等最大灵活性，6221的脉冲测量功能使DUT的功耗降至最低。

6221凭借全量程微秒级上升时间使短脉冲（因而降低了热耗散）成为可能。6221/2182A组合使脉冲和测量同步——可以在6221施加脉冲后 $16\mu\text{s}$ 立即开始测量。包括完整的纳伏级电压测量在内的整个脉冲宽度可仅为 $50\mu\text{s}$ 。6221和2182A之间的工频同步消除了电力线相关的噪声。

## 标准波形和任意波形发生器

6221是市面上唯一一款低电流电流源波形发生器。它能设置产生基本波形（正弦波、方波、三角波和斜波）并且用支持逐点定义波形的任意波形发生器（ARB）来定制波形。它能以10兆次采样/秒的输出更新速率产生 $1\text{mHz}\sim 100\text{kHz}$ 频率范围的波形。

## 性能优于交流电阻桥和锁定放大器

相对交流电阻器桥和锁定放大器而言，622X/2182A组合具有许多优点，包括噪声低、输出的电流更小、测量的电压更小、到DUT的功耗更小而且成本低。而且，无需电流前置放大器。

## 6220和6221与自制电流源比较

许多需要电流源的研究人员和工程师尝试用电压源和串联电阻器来凑合。这是需要交流电流时的常用方法。这是由于在6220/6221推出之前市面上没有交流电流源出售。然而，自制的电流源与真电流源相比有许多缺点：

- 自制电流源没有最大电压。您可能想确定在您自制的“电流源”端子上的电压永远不超过某个界限（例如，就许多光电器件来说是 $1\sim 2\text{V}$ ）。实现这个最直接方法是将电压源降至那个电压界限。这需要降低串联电阻以获得所需的电流。如果您想设置不同的电流，就必须改变电阻器的同时电压保持不变！另一种可能的办法是给DUT并联一个保护电路。这些操作没有精密的电压控制并且总是用作并联器件，因而“盗取”了一部分流向DUT的设置电流。
- 自制电流源的输出不可预测。使用由电压源和串联电阻器制成的自制“电流源”，DUT的阻抗构成分压器。如果DUT电阻是完全可预测的，那么就能知道电流，但如果DUT电阻像大多数器件那样未知或变化，那么电流不再简单地是施加电压的函数。让电流源可预测的最佳方法是使用极高电阻值的串联电阻器（并且相应地采用高压电压源），这与所需的最大电压恰好矛盾。

虽然可以知道（如果不能控制）来自这种不可预测电流源的实际电流，但是也需要付出代价。这可以补充测量电流（例如用电压表测量串联电阻器的压降）来实现。这种测量能被用作反馈以改变电压源或简单地记录下来。无论是哪种方法，它都需要附加的设备，这进一步增加了复杂度或误差。更糟的是，如果自制电流源采用大串联电阻进行一般预测，那么此回读需要用静电计以确保准确度。

# 6220型 6221型

# 直流电流源 交流和直流电流源

6221还能在已经采用锁定放大器的应用中，扩展锁定放大器的功能。例如，它能清洁信号并且其输出同步信号使其成为锁定应用（例如测量器件的第二和第三谐波响应）的理想输出源。

## 2182A纳伏表

2182A扩展了吉时利原有2182纳伏表的功能。虽然6220和6221兼容2182，但是使用2182进行delta模式和微分电导测量需要的时间是使用2182A的两倍。与2182A不同，2182不支持脉冲模式测量。

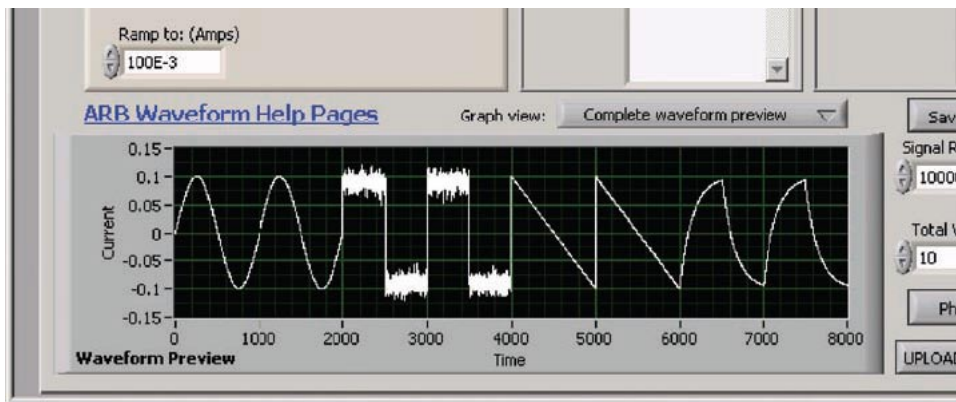


图4. 使用6221和免费的启动控制软件实例，通过加、乘、连接起来，或者对标准波形施加滤波器等操作轻松创建复杂波形。

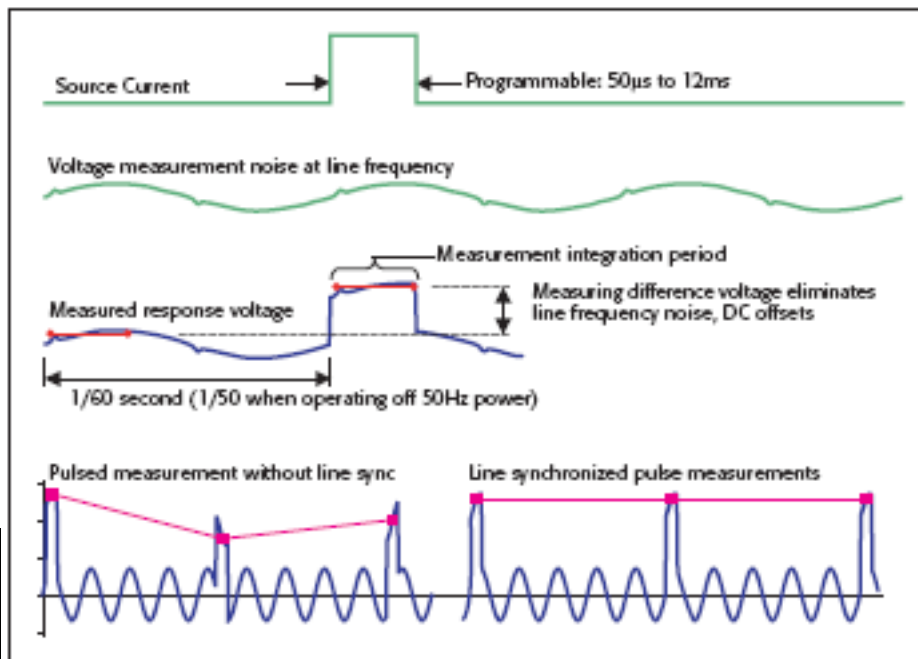


图3. 工频同步的测量将50Hz/60Hz干扰降至最低。

## 622X/2182A组合的应用

- 容易协调仪器而且直观的软件实例简化了许多应用的设置和操作。
- 10nΩ~100MΩ电阻测量范围。一种测量系统可用于宽范围器件。
- 以低噪声性能替代用于测量电阻的交流电阻桥和锁定放大器。
- 以50µs的窄脉宽调整脉冲和测量（仅6221）。
- 测量微分电导的速度比以前的方案快10倍而且噪声较低。微分电导是用于描述衬底材料能态密度的半导体研究的重要参数。
- Delta模式使电阻测量中的噪声降低了1000倍。
- 对于低阻抗霍尔测量，622X/2182A组合的delta工作模式具有业界领先的噪声性能和接触电位抑制。对于较高阻抗霍尔测量（大于100MΩ），4200-SCS能取代电流源、开关和多种高阻抗电压测量通道。这提供了带预编程测试项目的完整方案。

# 6220型 6221型

# 直流电流源 交流和直流电流源

## 电流指标

Range (+5% over range)	Accuracy (1 Year) 23°C ±5°C ±(% rdg. + amps)	Programming Resolution	Temperature Coefficient/°C 0°-18°C & 28°-50°C	Typical Noise (peak-peak)/RMS <sup>3</sup> 0.1Hz-10Hz	6221 Only		Settling Time <sup>1,2</sup> (1% of Final Value)	
					Typical Noise (peak-peak)/RMS <sup>3</sup> 10Hz-(Bw)	Output Response Bandwidth (BW) Into Short	Output Response Fast (Typical <sup>3</sup> ) (6221 Only)	6220, 6221 with Output Response Slow (Max.)
2 nA	0.4 % + 2 pA	100 fA	0.02 % + 200 fA	400 / 80 fA	250 / 50 pA	10 kHz	90 μs	100 μs
20 nA	0.3 % + 10 pA	1 pA	0.02 % + 200 fA	4 / 0.8 pA	250 / 50 pA	10 kHz	90 μs	100 μs
200 nA	0.3 % + 100 pA	10 pA	0.02 % + 2 pA	20 / 4 pA	2.5 / 0.5 nA	100 kHz	30 μs	100 μs
2 μA	0.1 % + 1 nA	100 pA	0.01 % + 20 pA	200 / 40 pA	25 / 5.0 nA	1 MHz	4 μs	100 μs
20 μA	0.05% + 10 nA	1 nA	0.005% + 200 pA	2 / 0.4 nA	500 / 100 nA	1 MHz	2 μs	100 μs
200 μA	0.05% + 100 nA	10 nA	0.005% + 2 nA	20 / 4 nA	1.0 / 0.2 μA	1 MHz	2 μs	100 μs
2 mA	0.05% + 1 μA	100 nA	0.005% + 20 nA	200 / 40 nA	5.0 / 1 μA	1 MHz	2 μs	100 μs
20 mA	0.05% + 10 μA	1 μA	0.005% + 200 nA	2 / 0.4 μA	20 / 4.0 μA	1 MHz	2 μs	100 μs
100 mA	0.1 % + 50 μA	10 μA	0.01 % + 2 μA	10 / 2 μA	100 / 20 μA	1 MHz	3 μs	100 μs

### 电流源的附加指标

输出电阻:  $>10^{14} \Omega$  (2nA/20nA量程)。  
 输出电容:  $<10\text{pF}$ ,  $<100\text{pF}$  滤波器开 (2nA/20nA量程)。  
 负载阻抗: 稳定至  $10\mu\text{H}$  (典型值),  $100\mu\text{H}$  对于 6220, 或对于慢速输出响应的 6221。  
 电压极限 (最大电压): 双极性电压极限设为单一值。以 0.01V 可编程步长的 0.1V~105V。  
 最大输出功率: 11W, 4象限源或阱工作。  
 防护输出准确度:  $\pm 1\text{mV}$  用于输出电流  $<2\text{mA}$  (不包含输出引线压降)。  
 程序存储器: 地址数: 64K。提供逐点控制和触发, 例如扫描。  
 最大触发速率: 1000/s。  
 10Hz~20MHz 噪声有效值 (2nA~20mA 量程): 低于 1mV 有效值, 5mV 峰峰值 (至 50Ω 负载)。

### 电流源注解:

1. 建立时间指定至电阻性负载, 其中最大电阻值等于  $2\text{V}/I_{\text{fullscale}}$  全量程范围。参见手册获取其它负载的情况。
2. 至 0.1% 最终值的建立时间通常是 1% 的建立时间 2 倍以下。
3. 典型值未经证实, 适用于 23°C, 代表 50% 段指 (50th percentile), 并且仅作为有用信息。

### 2182A 的测量功能

DUT 电阻: 达  $1\text{G}\Omega$  (1ns) (100MΩ 极限适于脉冲模式)。  
 Delta 模式电阻测量和微分电导: 以高达 24Hz 反向速率控制吉时利 2182A 纳伏表 (2182, 以 12Hz)。  
 脉冲测量 (仅 6221):  
 脉冲宽度:  $50\mu\text{s}$ ~ $12\text{ms}$ ,  $1\text{pA}$ ~ $100\text{mA}$ 。  
 重复间隔:  $83.3\text{ms}$ ~ $5\text{s}$ 。

### 任意函数发生器 (仅 6221)

波形: 正弦波、方波、斜坡和 4 种用户定义的任意波形。  
 频率范围: 1mHz~100kHz。<sup>5</sup>  
 频率准确度:  $\pm 100\text{ppm}$  (1年)。  
 采样速率: 10 MSPS。  
 幅度: 4pA~210mA 峰峰值至高达  $1012\Omega$  负载。  
 幅度分辨率: 16 bit (包括符号位)。  
 幅度准确度 ( $<10\text{kHz}$ ):<sup>5</sup>  
 幅度:  $\pm$  (1% 读数 + 0.2% 量程)。  
 偏移:  $\pm$  (0.2% 读数 + 0.2% 量程)。  
 正弦波特性:  
 幅度平坦度: 低于 1dB 至 100kHz。<sup>6</sup>  
 方波特性:  
 过冲: 最大值的 2.5%。<sup>6</sup>  
 可变占空比<sup>4</sup>: 可设置至  $1\mu\text{s}$  脉冲宽度最小值, 0.01% 可编程分辨率。  
 抖动 (有效值):  $100\text{ns}$ + 周期的 0.1%。<sup>6</sup>  
 斜坡特性:  
 线性度: 低于峰值输出的 0.1% 至 10kHz。<sup>6</sup>  
 任意波形特性:  
 波形长度: 2~64K 点。  
 抖动 (有效值):  $100\text{ns}$ + 周期的 0.1%。<sup>6</sup>

### 波形注解:

4. 可实现的最小占空比受电流量程响应和负载阻抗的限制。
5. 幅度准确度可应用至  $2\text{V}/I$  全量程范围的最大阻性负载。幅度衰减将出现在较高频率上, 取决于电流量程和负载阻抗。
6. 这些指标仅对 20mA 量程和 50Ω 负载有效。

### 综合说明

共模电压: 250V 有效值, 直流。  
 共模隔离:  $>109\Omega$ ,  $<2\text{nF}$ 。  
 远端接口:  
 SCPI (用于可编程仪器的标准命令)。  
 数字 I/O: 1 触发输入, 4 TTL/时延驱动输出。  
 输出连接:  
 特氟纶材料绝缘的 3 接线柱三同轴接头用于输出。  
 香蕉安全插座用于 GUARD, OUTPUT LO。  
 螺钉端子用于 CHASSIS。  
 DB-9 连接器用于 EXTERNAL TRIGGER INPUT, OUTPUT 和 DIGITAL I/O。  
 2 位置螺钉端子用于 INTERLOCK。  
 工作环境:  
 工作条件:  $0^\circ\text{C}$ ~ $50^\circ\text{C}$ , 70% 相对湿度至  $35^\circ\text{C}$ 。在  $35^\circ\text{C}$ ~ $50^\circ\text{C}$  条件下, 相对湿度降低 3%/°C。存储条件:  $-25^\circ\text{C}$ ~ $65^\circ\text{C}$ , 设计确保。  
 EMC: 符合欧盟指令 89/336/EEC, EN 61326-1。  
 安全性: 符合欧盟指令 73/23/EEC, EN 61010-1。  
 振动: MIL-PRF-28800F Class 3, 随机。  
 预热: 1 小时达到额定准确度。  
 被动降温: 无风扇。