



2470 型 高压 SourceMeter 仪器

用户手册



2470 型

高压 SourceMeter 仪器

用户手册

© 2024, Keithley Instruments, LLC

Cleveland, Ohio, U.S.A.

保留所有权利。

特此声明，未经 Keithley Instruments, LLC 事先书面许可，严禁在未经授权下对本文档的全部或部分信息进行复制、复印或使用。

这些原始说明的语言为英语。

TSP™ 和 TSP-Link™ 是 Keithley Instruments, LLC 的商标。所有 Keithley Instruments 产品名称均为 Keithley Instruments, LLC 的商标或注册商标。其他品牌名称是其各自所有者的商标或注册商标。

Lua 5.0 软件和相关文档文件版权归属于 © 2003 - 2004, Lua.org, PUC-Rio。您可以访问 Lua 许可站点 (<https://www.lua.org/license.html>) 上 Lua 软件和相关文档的许可条款。

Microsoft、Visual C++、Excel 和 Windows 是 Microsoft Corporation 在美国和/或其他国家/地区的注册商标或商标。

文件编号：2470-900-03 修订版 C 2024 年 10 月

在使用本产品以及任何相关仪器前请遵守以下安全性预防措施。虽然一些仪器和附件通常在无害电压下使用，但是也可能出现对人体有害的情况。

本产品应由特定人员使用，此类人员需能够辨别电击危险，且熟悉必要的安全注意事项，从而避免潜在伤害。在使用本产品之前，请仔细阅读并遵照所有安装、操作及维护信息。有关完整的产品技术规格，请参阅用户文档。

如果没有按照规定的方式使用产品，则产品所提供的保护功能有可能会被削弱。

产品用户的类型包括：

安全责任主体，可以是个人或者部门，对设备的使用和维护负责，责任主体需确保设备在其规定和运行能力内使用并确保操作人员经过了充分的培训。

操作人员只能将本产品用于预期功能。操作人员需经过电气安全措施培训和本仪器的正确使用培训。操作人员应得到电击保护并且防止接触到危险的带电电路。

维护人员对产品执行日常维护以确保正常运行，例如，设置线路电压或更换耗材。用户文档中说明了维护步骤。这些步骤都清楚描述了操作人员是否能够执行它们。否则，只应由维修员执行。

维修人员经过培训，能够处理带电电路，执行安全安装，以及修理产品。只有经过正确培训的维修员才能执行安装和维修步骤。

Keithley 产品专门设计用于测量、控制和数据输入/输出连接等电气信号，带有低瞬时过压，不能直接连接到电网电压或具有瞬时高电压的电压源上。测量类别 II（引自 IEC 60664 标准）连接要求针对本地交流电网连接经常发生的高瞬时电压采取保护措施。某些 Keithley 测量仪器可以连接到电网上。这些仪器将被标记为类别 II 或更高。

除非技术规格、操作手册和仪器标签上明确允许，否则不要将任何设备连接到市电电源。

存在电击危险时要格外小心。电缆连接器插孔或测试夹具可能存在致命电压。美国国家标准学会 (ANSI) 声明当电压电平超过 30 V RMS、42.4 V peak 或 60 VDC 时存在电击危险。良好的安全实践是在测量前预计任何未知电路中都存在危险电压。

本产品的操作人员在整个过程中都要采取保护措施，以免遭受电击。责任主体必须确保，操作人员不得接触任何连接点，并/或与之隔离。有时连接点不得不暴露出来，容易接触人体。在这种情况下，产品操作人员必须经过培训，知道如何保护自己以避免电击风险。如果电路可以在 1000 V 或更高电压下工作，则该电路中的任何导电部分都不得外露。

不要将开关卡直接连接到无限电源电路。它们适用于阻抗受限的源。绝对不能将切换卡直接连接到交流电网。将源连接到切换卡时，要安装保护设备来限制卡的故障电流和故障电压。

操作仪器之前，确保电源线连接到正确接地的电源插座上。每次使用之前，请先检查连接电缆、测试导线和跳线是否出现磨损、断裂或折断。

如果在连接主电线受限制的位置安装设备（例如机架安装），必须在接近设备且操作人员可以轻易够到的位置安装一个独立的主输入电源断开设备。

为了最大限度保障安全性，不要在被测电路通电时接触产品、测试电缆或其他设备。在进行以下操作之前，始终断开整个测试系统的电源并让电容器放电：连接或断开电缆或跳线、安装或移除切换卡、或进行内部更改，例如安装或移除跳线。

不要接触任何能够与被测电路或接地电源线（地线）的公共侧形成电流路径的物体。测量时始终保持双手干燥且站在能够经受测量电压的干燥绝缘表面上。


为了确保安全，必须根据操作说明使用仪器和附件。如果未按照操作说明中规定的方式使用仪器或附件，则设备所提供的保护功能有可能会被削弱。


不要超过仪器和附件的最大信号电平。最大信号电平在技术规格和操作信息中定义，并显示在仪器面板、测试夹具面板和开关卡上。

如果产品中使用了保险丝，请用同样类型和额定值的产品替换，从而继续保护免受火灾危险。


底座连接只能用作测量电路的屏蔽连接，不能作为保护性接地（安全接地）连接。


如果您使用测试夹具，被测器件接通电源之后，要紧闭机盖。安全操作需要使用机盖互锁。


如果有  螺丝，请使用用户文档中推荐的导线将其保护性接地（安全接地）。

仪器上的符号  的意思是“注意危险”。在任何情况下，当仪器上标有这个符号时，用户必须参考用户文档中的操作说明。

仪器上的符号  的意思是“警告电击风险”。请采用标准的安全性预防措施，以避免人员接触高压。


仪器上的符号  的意思是“表面烫手”。避免人员接触以防止灼伤。

符号  表示与设备外壳相连的接线终端。

如果产品上有  符号，表示指示灯中含有汞。请注意，必须根据联邦、州和本地法律正确处理指示灯。

用户文档中的**警告**标题解释了可能导致人身伤亡的危险。执行指定操作前始终先要仔细阅读与之相关的信息。

用户文档中的**小心**标题解释了可能损坏仪器的危害。此种损坏可能使产品保修失效。

用户文档中带有  符号的**注意**标题说明了可能导致中度或轻微伤害或损坏仪器的危险。执行指定操作前始终先要仔细阅读与之相关的信息。仪器损坏可能导致保修服务失效。

不能将仪器和附件连接到人体上。

在执行任何维护之前，请断开电源线和所有测试电缆。

为防止电击和火灾危险，必须从 Keithley 购买电源电路中的替换组件（包括电力变压器、测试导线和输入插孔）。如果额定值和类型相同，可以使用经过适用国家安全认证的标准保险丝。只能用具有相同额定值的电源线更换仪器随附的可拆卸电源线。只要与原来的组件相同，与安全性无关的其他组件可以向其他供应商购买（请注意，选定的部件只应向 Keithley 购买，以保持产品的准确性和功能）。如果您不确定替换组件是否适用，请致电 Keithley 办公室了解信息。

除非特定于产品的文献中另有说明，否则 Keithley 仪器仅适用于下列环境条件下的室内场地：海拔高度等于或低于 2000 米（6,562 英尺）、温度在 0°C 至 50°C（32°F 至 122°F）范围内、污染度为 1 或 2。

要清洁仪器，请使用蘸有去离子水或温水基清洁剂的布。只能清洁仪器外部。不要将清洁剂直接用于仪器，或是使液体进入仪器内或溅到仪器上。如果按照说明操作，包含电路板且无外壳或底座的产品（如安装到计算机中的数据采集板）永远不需要清洁。如果数据采集板被污染，操作受到影响，应该将数据采集板返回工厂进行适当的清洁/维修。

安全注意事项修订截止 2018 年 6 月。

目录

简介	1-1
欢迎	1-1
本手册简介	1-2
延长保修	1-2
联系信息	1-2
手册各部分的编制方式	1-2
安装	2-1
尺寸	2-1
把手和保险杠	2-6
拆卸把手和保险杠	2-6
仪器电源	2-8
连接电源线	2-9
打开或关闭仪器电源	2-9
基本连接	2-10
使用互锁	2-11
互锁连接的位置	2-12
互锁连接器针脚	2-12
前面板或后面板测试连接	2-14
确定使用前端子还是后端子	2-14
将仪器设置为使用前端子或后端子	2-14
双线测量与四线测量的比较	2-15
双线负载感应连接	2-16
四线远程感应连接	2-18
测试夹具	2-21
输出关闭状态	2-22
正常输出关闭状态	2-22
高阻抗输出关闭状态	2-23
零输出关闭状态	2-23
屏蔽输出关闭状态	2-24
输出关闭状态和电感负载	2-24
设置输出关闭状态	2-24
升级固件	2-25
前面板固件升级	2-26
系统信息	2-27
使用 TSP 命令验证系统信息	2-28
仪器说明	3-1
前面板概述	3-1
后面板概述	3-3

打开或关闭 2470 型输出.....	3-5
触摸屏显示器	3-6
选择触摸屏上的项目	3-6
滚动条	3-6
滑动屏幕	3-7
菜单概览	3-11
将测量结果存储到 U 盘上	3-15
将屏幕截图保存到 U 盘	3-15
执行基本的前面板测量.....	4-1
简介	4-1
所需设备	4-2
器件连接	4-2
进行前面板测量.....	4-3
如何进行前面板测量	4-3
维护	5-1
简介	5-1
线路保险丝更换.....	5-1
锂电池	5-2
前面板显示	5-3
清洁前面板显示器.....	5-3
异常显示操作.....	5-3
消除重像或对比度不规则	5-3
升级固件	5-4
前面板固件升级	5-4
常见问题故障排除.....	6-1
关于本节	6-1
可以哪里找到更新的驱动程序?	6-1
为什么 2470 型无法读取我的 U 盘?	6-2
如何更改命令集?	6-2
为什么收到 5074 事件代码?	6-3
如何保存仪器的当前状态?	6-4
为什么我的设置发生改变?	6-5
有哪些 Quick Setup (快速设置) 选项?	6-5
后续步骤	7-1
其他 2470 型信息	7-1

本节内容：

欢迎.....	1-1
本手册简介.....	1-2
延长保修.....	1-2
联系信息.....	1-2
手册各部分的编制方式.....	1-2

欢迎

感谢您选择 Keithley 产品。2470 型高压 SourceMeter 仪器是一款精密的低噪声仪器，其中组合了稳定的直流电源和可重复的高阻抗万用表。该仪器具有直观的设置和控制、增强的信号质量和扩大的量程，以及优于市场上同类产品的电阻率和电阻功能。

2470 型具有 1100 V 和 10 fA 的性能，最适用于检定和测试高电压、低漏电器件、材料和模块，如碳化硅 (SiC)、氮化镓 (GaN)、功率 MOSFET、瞬态抑制器件、电路保护器件、电源模块和电池。

SMU 仪器具有高度灵活的四象限电压和电流源/负载，与高精度电压和电流测量相耦合。

2470 型仪器可用作：

- 具有电压和电流读回功能的高精度电源
- 真电流源
- 数字万用表 (DCV、DCI、欧姆和电源，具有 6½ 位分辨率)
- 高精度电子负载
- 脉冲发生器
- 触发控制器

本手册简介

本手册提供一些详细的应用，以帮助您使用 Keithley 2470 型成功完成工作。本手册还提供前面板基本信息，以帮助您熟悉仪器。

每个应用均包括概述，然后是关于如何使用前面板、可编程仪器标准命令 (SCPI) 代码或 Test Script Processor (TSP™) 代码完成应用的说明。

有关这些应用中使用的命令，还将提供更多信息。请参阅《2470 型参考手册》中的 SCPI 和 TSP 命令参考部分。本手册可从 tek.com/keithley 上获取。

延长保修

许多产品都可以延长保修期。这些宝贵的合同使您无需支付预算外的维修费用，而且能够以极低的修理价格提供更长的保修年限。新产品和现有产品都提供延长保修。有关详细信息，请联系当地的 Keithley Instruments 办事处、销售合作伙伴或分销商。

联系信息

如果您在查看本文档信息后有任何疑问，请联系您当地的 Keithley Instruments 办事处、销售伙伴或分销商。您也可以致电泰克公司总部（仅限美国和加拿大境内可拨打此免费电话）：1-800-833-9200。要获取全球联系电话号码，请访问 tek.com/contact-tek。

手册各部分的编制方式

本手册分为以下几部分：

- [安装](#)（第 2-1 页）：尺寸、安装和开机信息。
- [仪器说明](#)（第 3-1 页）：提供前面板、后面板、开机、关机、显示、菜单、设置和重置说明。
- [进行基本的前面板测量](#)（第 4-1 页）：举例说明如何进行基本测量。
- [维护](#)（第 5-1 页）：保险丝更换、清洁和固件升级信息。
- [常见问题故障排除](#)（第 6-1 页）：提供常见问题的解答，以帮助您在 2470 型中遇到的常见问题。
- [后续步骤](#)（第 7-1 页）：提供有关可帮助您使用 2470 型的其他资源的信息。

本节内容：

尺寸.....	2-1
把手和保险杠.....	2-6
仪器电源.....	2-8
基本连接.....	2-10
使用互锁.....	2-11
前面板或后面板测试连接.....	2-14
双线测量与四线测量的比较.....	2-15
测试夹具.....	2-21
输出关闭状态.....	2-22
升级固件.....	2-25
系统信息.....	2-27

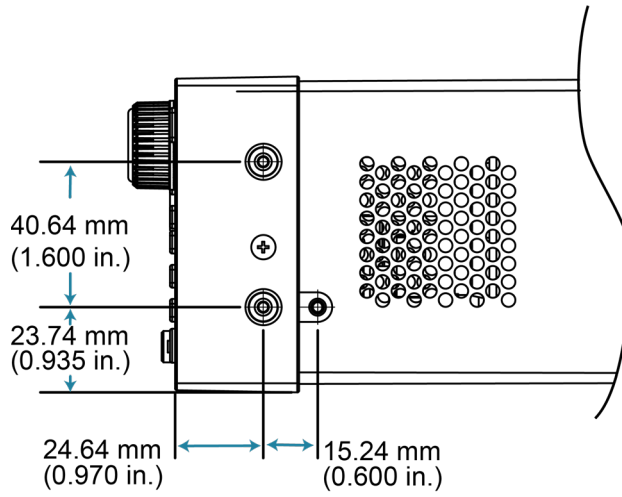
尺寸

下图显示了安装螺钉的位置以及仪器（含和不含带把手和保险杠）的尺寸。

仪器重量分别为 4.54 kg (10.0 lb)（含保险杠和把手时）和 4.08 kg (9 lb)（不含保险杠和把手时）。

安装螺钉必须是 #6-32 螺钉，最大长度为 11.12 mm (0.438 in.) 或 7/16 in。所示尺寸为仪器两侧的典型尺寸。

图 1: 2470 型安装螺钉的位置和尺寸



下图显示了安装把手和保险杠后的尺寸。

图 2: 安装把手和保险杠后的 2470 型正面和背面尺寸

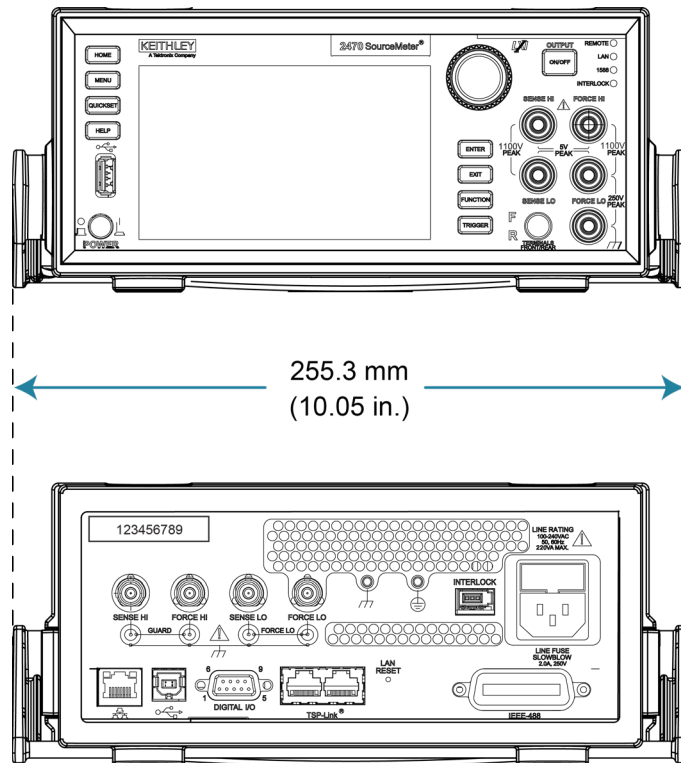
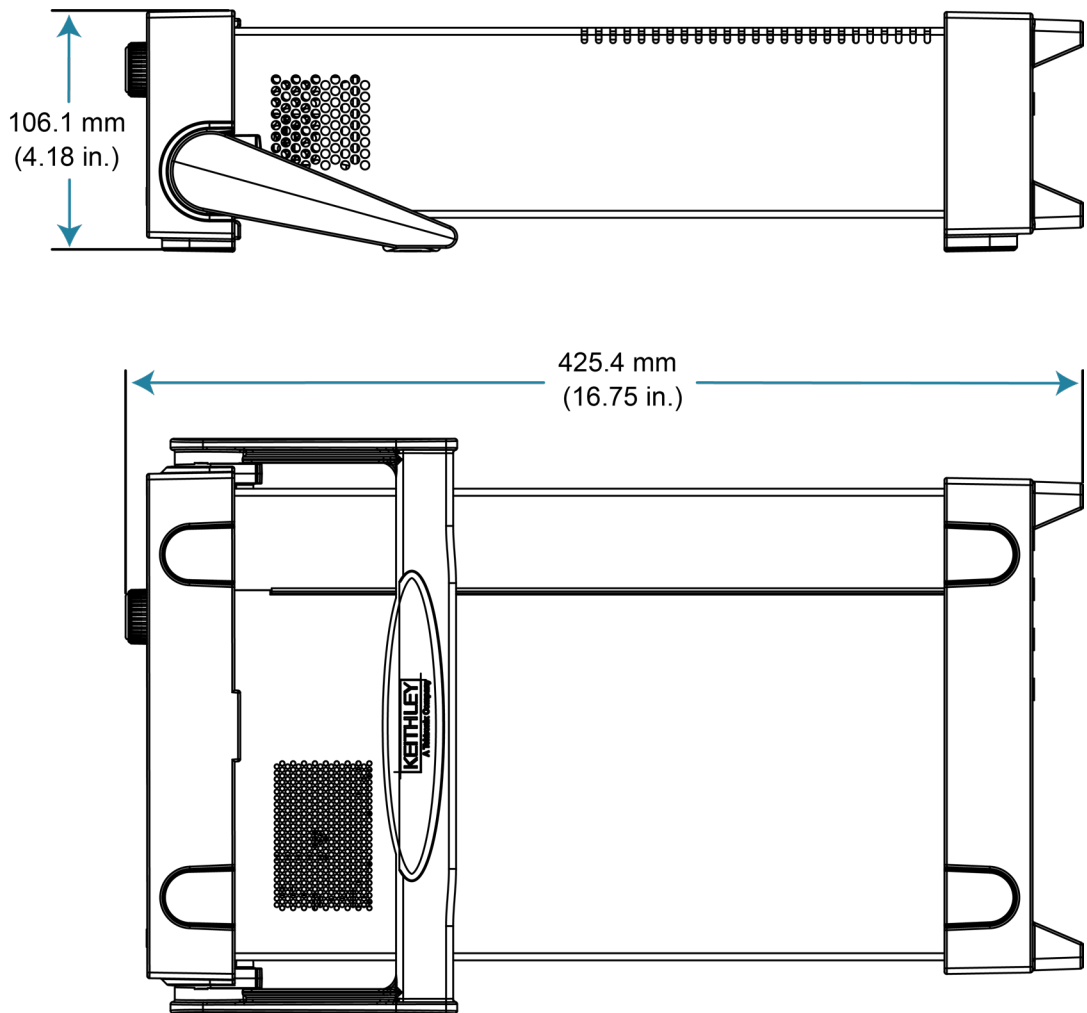


图 3: 安装把手和保险杠后的 2470 型侧面和顶部尺寸



下图显示了拆下把手和保险杠后的尺寸。

图 4：拆下把手和保险杠后的 2470 型前面板和后面板尺寸

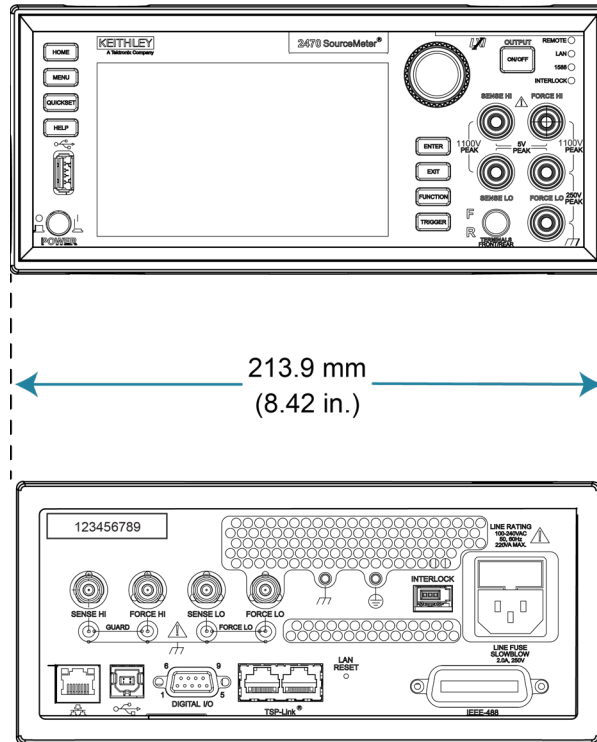
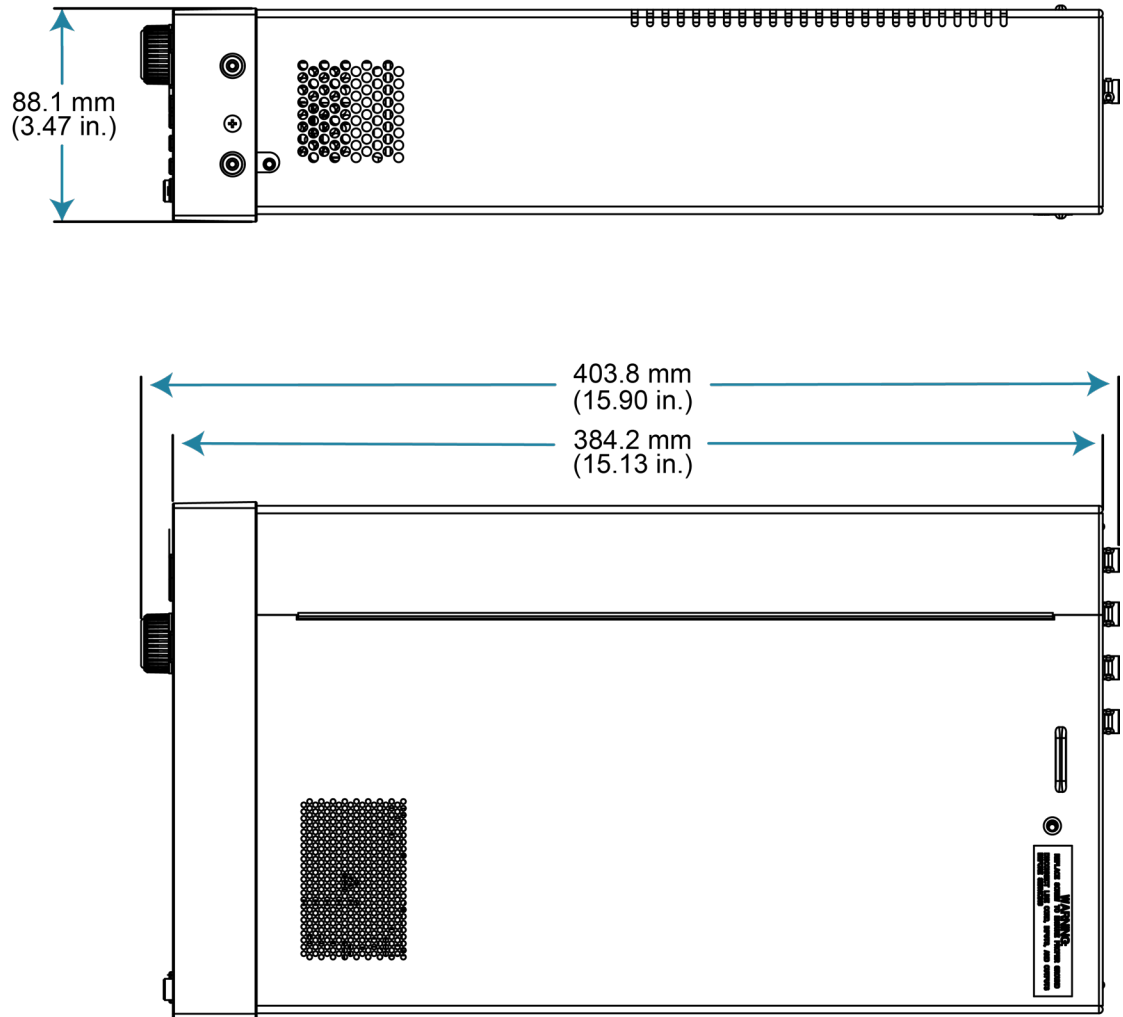


图 5: 拆下把手和保险杠后的 2470 型顶部和侧面尺寸



把手和保险杠

2470 型配有把手和前后保险杠，可在工作台上使用仪器。把手可以旋转，因此您可以将其转到仪器底面下方，使仪器向上倾斜，以便于查看前面板或携带仪器。

拆卸把手和保险杠

如果要将在仪器安装在机架中，您可以拆下 2470 型上的把手和保险杠。

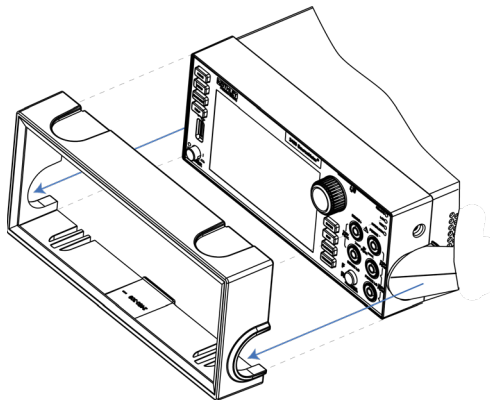
NOTE

如果拆下把手和保险杠，请确保妥善保存好它们，以便将来在工作台上使用。

拆卸保险杠：

1. 将把手旋转到仪器上方或下方的位置，以免影响前保险杠的拆卸。
2. 抓住 2470 型两侧的前保险杠，轻轻地将其拉向自己，直到保险杠从仪器上脱落。

图 6：拆卸前保险杠



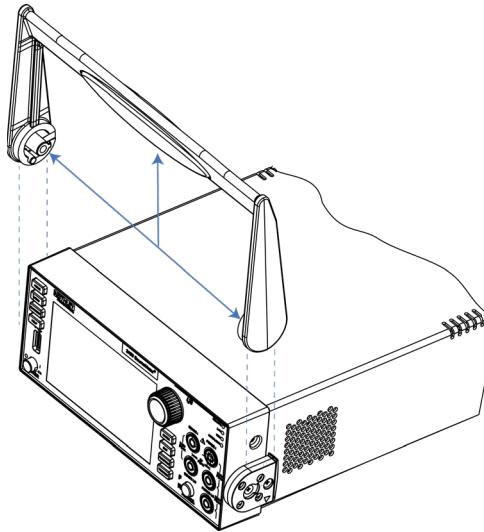
NOTE

先拆下与 2470 型后面板的所有连接，然后再拆下后保险杠。

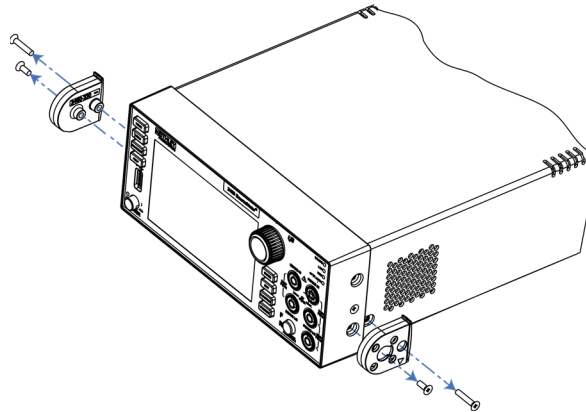
3. 要拆下后保险杠，请重复步骤 2 中的程序。

拆卸把手组件:

1. 抓住把手两侧靠近连接仪器的位置, 轻轻地拉开把手两端使其变宽, 以便滑出仪器外壳。

图 7: 拆卸把手

2. 使用十字螺丝刀拧松并拆下将把手安装座组件固定在 2470 型一侧的两颗螺钉。拆下螺钉后, 把手安装座组件会从仪器机箱上脱落。

图 8: 拆卸把手安装座

3. 在 2470 型的另一侧重复步骤 2。
4. 将把手安装座组件、螺钉和把手存放在一起, 以备将来使用。

仪器电源

按照以下步骤将 2470 型连接到线路电源并打开仪器电源。2470 型的工作电压范围为 100 V 至 240 V，工作频率为 50 Hz 或 60 Hz。它会自动感测线路的电压和频率。确保您所在地区的工作电压符合要求。

必须打开 2470 型并使其预热至少 1 小时才能达到额定精度。

CAUTION

使用错误的线路电压操作仪器可能会导致仪器损坏，并导致保修服务失效。

WARNING

2470 型随附的电源线中包含用于接地插座的单独保护接地（安全接地）线。当正确连接时，仪器机箱通过电源线中的地线连接到电源线接地装置。此外，也可以通过后面板上的螺钉实现保护接地连接。该终端应连接至指定的保护接地线。如出现故障，不使用接地插座可能会发生电击，导致人员伤亡。

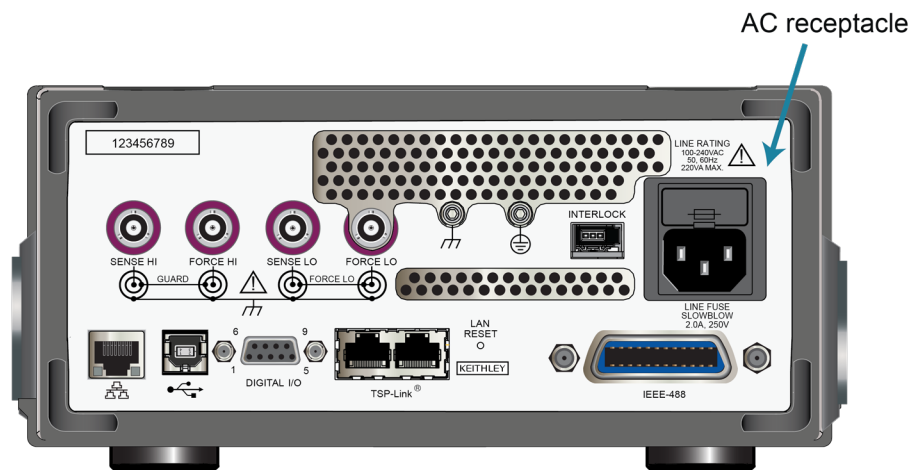
不要将可拆式电网电源线替换为额定值不足的电源线。不使用具有正确额定值的电源线可能会发生电击，导致人员伤亡。

连接电源线

要连接电源线：

1. 确保前面板 POWER（电源）开关处于关闭 (O) 位置。
2. 将随附电源线的插座连接到后面板上的交流插座。
3. 将电源线的插头插入已接地的交流电插座。

图 9：2470 型后面板上的交流插座



打开或关闭仪器电源

在打开仪器之前，从 2470 型上断开任何被测器件 (DUT)。

要打开仪器，请按前面板 **POWER**（电源）开关将其置于打开 (I) 位置。仪器在启动时会显示状态栏。开机完成时将显示主页屏幕。

要关闭仪器，请按前面板 **POWER**（电源）开关将其置于关闭 (O) 位置。

基本连接

WARNING

仪器的前后端子仅用于连接额定测量类别为 O 的电路，其瞬态额定电压低于 $1500 V_{PEAK}$ ，高于最大额定输入电压。请勿将仪器端子连接至 CAT II、CAT III 或 CAT IV 电路。将仪器端子连接到高于 CAT O 的电路会导致设备损坏，并使操作员暴露在危险电压下。

不要超过允许的最大电压差。超过电压差会导致电击和设备损坏。

共模电压必须从外部限制为最大 250 V DC、1.05 A。

不限制共模电压会导致电击和设备损坏。

您可以从仪器的前面板或后面板访问 FORCE HI（高位激励）、FORCE LO（低位激励）、SENSE LO（低位感应）和 SENSE HI（高位感应）连接。前面板为香蕉插孔连接，后面板为三轴连接。

仪器前面板显示了端子之间的最大允许电压差。最大共模电压是 FORCE LO（低位激励）和机箱接地之间的电压。必须限制来自外部共模电压源的电流。可以使用保护阻抗或保险丝来限制电流。

屏蔽连接只能从仪器的后面板进行。

要从后面板拆下三轴电缆，请逆时针旋转电缆连接器并将其从后面板中拉出。

在进行连接或断开连接时，请遵循以下指导原则：

- 关闭 2470 型和所有其他仪器的电源。
- 断开任何可能传输能量的器件。
- 通过测试夹具或其他安全外壳与被测器件进行连接。
- 确保 2470 型与保护接地（安全接地）正确连接。
- 如果测试夹具导电，确保测试夹具与保护接地（安全接地）正确连接。
- 确保测试夹具可提供适当的保护。
- 在 2470 型、测试夹具和任何其他仪器之间进行正确的互锁连接。

- 确保遵守所有警告和注意事项，并对每组连接采取适当的安全预防措施。
- 正确端接所有电缆。所有未端接的电缆末端必须放在安全外壳中。
- 有关连接示例，请参阅[双线本地感应连接](#)（第 2-16 页）和[四线远程感应连接](#)（第 2-18 页）。
- 有关互锁的信息，请参阅[使用互锁](#)（第 2-11 页）。

使用互锁

仪表在后面板上提供一个互锁电路。必须启用此电路，仪器才能将源电压设置为大于 $\pm 42\text{ V}$ DC。

当确定安全互锁信号时，会发生以下操作：

- 仪器的所有电压量程均可用。
- 前面板上的绿色 INTERLOCK（互锁）指示灯点亮。

如果互锁信号未确定，能够采取的操作取决于互锁设置。如果互锁设置为 Off（关闭）并且未确定安全互锁信号，则会发生以下情况：

- 标称输出限制在 $\pm 42\text{ V}$ 以下。
- 前面板上的 INTERLOCK（互锁）指示灯不会点亮。
- 您可以输出小于 $\pm 42\text{ V}$ 的电压。

如果互锁设置为 On（开启）并且未确定安全互锁信号，则会发生以下情况：

- 无法打开源输出。
- 前面板上的 INTERLOCK（互锁）指示灯不会点亮。
- 无论何时，只要互锁改变状态（从被确定到未被确定，反之亦然），输出都会关闭。

要更改互锁设置：

- 从前面板，选择 **MENU**（菜单）。选择 **Source Settings**（源设置），然后将 **Interlock**（互锁）设为 **ON**（开）或 **OFF**（关）。
- 使用 SCPI 命令，请参阅 `:OUTPut[1]:INTerlock:STATe`。
- 使用 TSP 命令，请参阅 `smu.interlock.enable`。

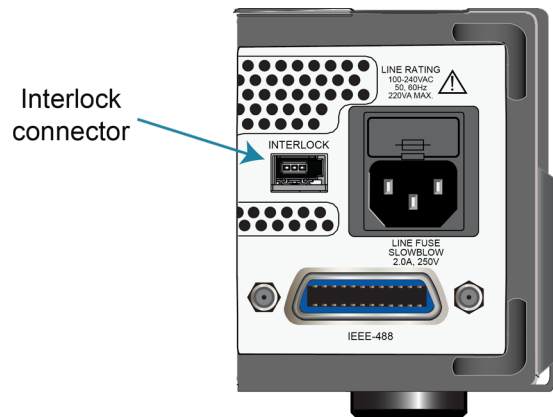
如果您想要分配高压输出，并在互锁未起作用时打开源，则会生成事件代码 5074“Output voltage limited by interlock”（输出电压受互锁限制）。SOURCE（源）滑动屏幕显示为电压源选择的数值。

⚠ WARNING

2470 型附带互锁电路，必须将该电路明确激活后才能启用高压输出。互锁有助于测试系统中的设备实现安全操作。不使用互锁可能导致操作人员暴露在危险电压中，并造成人员伤亡。

互锁连接的位置

图 10：后面板互锁位置



互锁连接器针脚

仪表后面板上提供互锁电路。此电路必须闭合才能使 2470 型产生超过 ± 42 V DC 的电压。

互锁适用于常开型开关的运作，开关可以安装在测试装置的机盖上、半导体探测器或设备搬运机的外壳上，或者安装在测试设备机架的舱门上。在检修门打开时，该电路开路；在检修门关闭时，该电路闭路。

当互锁起作用后，FORCE（激励）和 GUARD（屏蔽）端子应被视为危险电压，即使它们被编程为非危险电压或电流。

⚠ WARNING

互锁电路闭合后，High Force（高激励）、High Sense（高感应）和 Guard（屏蔽）端子可能存在高达约 1350 V 的潜在危险电压。

为防止电击，请不要暴露这些线路。

您可使用 2470 型随附的 Keithley 连接器 CS-1616-3 安全互锁配对连接器将互锁连接到后面板。您必须提供连接电线。推荐的电线为：

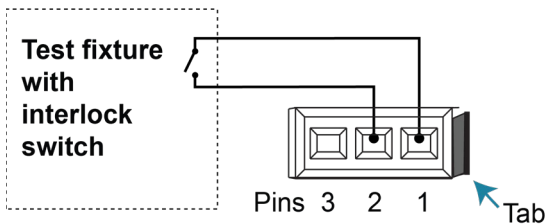
- 20 AWG 到 24 AWG 铜合金
- 7 到 19 裸线束和镀锡线束
- 0.25 mm² 到 0.50 mm²
- 柔性乙烯基、半柔性乙烯基、聚乙烯、交联聚乙烯或 PTFE

为确保正确的互锁操作，开关闭合时，外部互锁开关和连接电线的联合电阻必须小于 10 Ω。

针脚位置和连接如下图所示。针脚包括：

- 针脚 3：地线和机壳接地
- 针脚 2：互锁
- 针脚 1（凸耳旁）：+6 V DC 输出（限流）

图 11: 2470 型互锁针脚



要组装互锁：

1. 将电线插入 CS-1616-3。
2. 用钳子将连接器部分挤压在一起。

连接器不能拆卸重用。

前面板或后面板测试连接

您可以使用前面板或后面板端子与被测器件 (DUT) 进行连接。仪器必须设置为使用前端子或后端子。

NOTE

对于同一测试设置，不能既连接到前面板端子又连接到后面板端子。同一测试的所有连接都必须只连接前面板端子，或只连接后面板端子。

WARNING

请注意，即使目前没有选择 LO 端子，该端子上也可能出现危险电压。TERMINALS (端子) 开关用于选择要进行测量的活动端子。它不会断开端子。

确定使用前端子还是后端子

前面板上的端子是香蕉插孔连接器，后面板上的端子是三轴连接器。根据测试设置、测试环境和测量精度的不同，使用前后端子进行测量的结果可能会有所不同。

要获得最精确的测量结果，请使用后面板三轴端子。如果在 10 nA 和 100 nA 范围内进行测量或提供电流，或在进行双极结型晶体管 (BJT) 测量时，使用后面板连接可获得最佳结果。

如果测试环境的电气噪声较大，您也可能想要使用后面板端子。三轴电缆上的屏蔽层会防止环境噪声影响测量。

将仪器设置为使用前端子或后端子

NOTE

如果在更改所使用端子的设置时，输出处于打开状态，则将输出关闭。

使用前面板：

1. 按 **FUNCTION** (功能) 键。

2. 选择源和测量组合
3. 按 **TERMINALS FRONT/REAR** (前/后端子) 开关。

F 点亮时, 仪器使用前面板端子。R 点亮时, 仪器使用后面板端子。

使用 SCPI 命令:

要改用前面板端子进行电流测量, 请发送以下命令:

```
ROUTe:TERMinals FRONt
```

要改用后面板端子进行电流测量, 请发送以下命令:

```
ROUTe:TERMinals REAR
```

使用 TSP 命令:

要改用前面板端子, 请发送以下命令:

```
smu.terminals = smu.TERMINALS_FRONT
```

要改用后面板端子, 请发送以下命令:

```
smu.terminals = smu.TERMINALS_REAR
```

双线测量与四线测量的比较

您可以使用 2470 型的双线或四线测量技术。

在下列情况下应使用四线或远程感应测量技术:

- 低阻抗应用
- 提供高电流时
- 提供低电压时
- 提供更高的电流和测量低电压时
- 直接在被测器件 (DUT) 上执行电压限制时
- 在低阻抗 (小于 100Ω) 测试电路中提供或测量电压时
- 在优化低电阻、电压源或电压测量精度时

如果担心导线或接触电阻导致压降，从而影响测量精度，请使用四线连接。在提供或测量电压时，这可能会发生在低阻抗器件上，尤其是在半导体器件测试中。例如，在测试低阻抗器件（小于 100 Ω ）时，通常需要提供较高的电流并测量较小的电压。

在使用四点共线探头测量材料电阻率时，可使用四线配置来提供电流和测量电压降。

有时，在提供小电压（小于 1 V）和测量电流时，有必要使用四线配置。在对二极管等半导体器件进行 I-V 测试时就是如此。

在低阻抗测试电路中提供或测量电压时，可能会因导线电阻而产生误差。使用四线远程感应可消除这些误差。如果在提供电压时使用四线远程感应，则会向 DUT 输送编程电压。如果在测量电压时使用四线远程感应，则只能测量 DUT 两端的压降。

激励导线和感应导线之间的最大压降为 5 V。

NOTE

输出关闭时，远程感应线路断开，四线感应被禁用。输出关闭时，仪器使用双线感应，而无论感应设置是什么。当输出打开时，仪器将使用所选的感应设置。

在下列源测量条件下，可以使用双线或本地感应测量技术：

- 提供和测量低电流。
- 在高阻抗（大于 1 k Ω ）测试电路中提供和测量电压。
- 仅测量操作（电压或电流）。

使用双线感应时，在输出连接器上感应电压。

只有在测试导线电阻压降造成的误差可以接受的情况下，才能使用双线连接。

双线负载感应连接

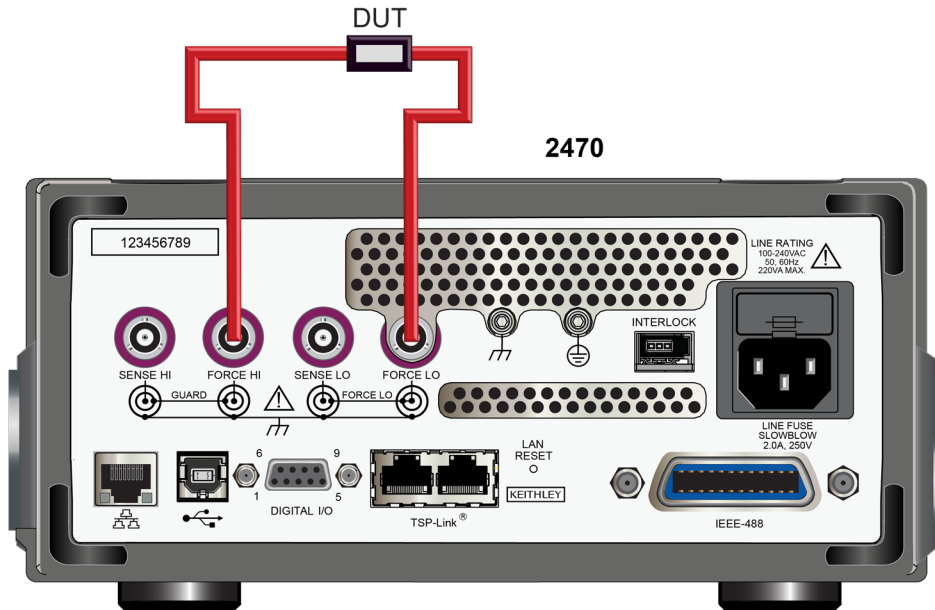
双线连接如下图所示。

如果您的应用导致阻抗高于 1 G Ω ，您可能需要使用屏蔽。这样可以防止漏电流影响测量精度。有关信息，请参阅《2470 型参考手册》中的“屏蔽”。

图 12: 2470 型双线前面板连接



图 13: 2470 型双线后面板连接



使用前面板:

1. 按 **FUNCTION** (功能) 键。
2. 选择源和测量组合。

3. 按 **MENU** (菜单) 键。
4. 在 Measure (测量) 下, 选择 **Settings** (设置)。
5. 选择 Sense (感应) 旁边的按钮, 然后选择 **2-Wire Sense** (双线感应)。
6. 按 **HOME** (主页) 键返回操作显示屏。

四线远程感应连接

使用四线远程感应连接可提供最精确的低电阻、电压源和测量精度。只有在使用四线远程感应时, 才能保证仪器源和测量功能的指定精度。

默认情况下, 2470 型仪器配置为使用双线 (本地) 电压感应。如果选择启用四线 (远程) 电压感应, 则必须在相应的激励导线和感应导线之间建立并保持正确的开尔文连接, 以确保仪器正常运行并进行准确的电压测量。Sense HI (高位感应) 必须连接到 Force HI (高位激励), Sense LO (低位感应) 必须连接到 Force LO (低位激励)。

在使用远程感应提供电压时, 仪器依靠感应线路检测到的电压对其输出电压进行适当的闭环控制, 并对被测器件上的电压进行适当限制。如果感应线路与相应的激励线路断开, 就会感应到错误的电压。输出电压可能会调整到与编程的电压电平完全不同的电平 (可能达到危险电平)。此外, 器件两端的电压可能会超过编程的源极限电压, 这可能会对器件或测试夹具造成损坏。

在这两种情况下, 如果感应导线与相应的激励导线断开连接, 则无法正确测量电压。

WARNING

即使将过压保护设置为最低值 (20 V), 在仪器接通时也切勿接触连接到 2470 型端子上的任何器件。始终假定仪器开启时存在危险电压 (大于 30 V_{RMS})。为防止损坏被测器件或外部电路, 请勿将电压源设置为超过过压保护设置值的电平。

为防止在远程感应操作过程中因感应导线与相应的激励导线断开连接而产生意外电压, 可以启用过压保护 (OVP), 以限制提供电压或电流时仪器的最大输出电压电平。启用 OVP 后, 无论感应导线上的电压如何, Force HI (高位激励) 和 Force LO (低位激励) 端子之间的电压都不会超过指定的过压限值。有关更多信息, 请参阅《2470 型参考手册》中的“过压保护”。

要进行四线测量，必须将仪器的感应模式设置为四线，如下文所述。

NOTE

在四线远程感应模式下提供电压时，请将感应导线连接至 DUT。如果感应导线断开连接，仪器会感应到 0 V 电压，从而导致其增加输出电压进行补偿。为了进一步防止过压情况，可以设置过压保护。有关更多信息，请参阅《2470 型参考手册》中的“过压保护”。

连接感应线路时，务必尽可能靠近被测器件。

图 14: 2470 型后面板四线远程感应连接

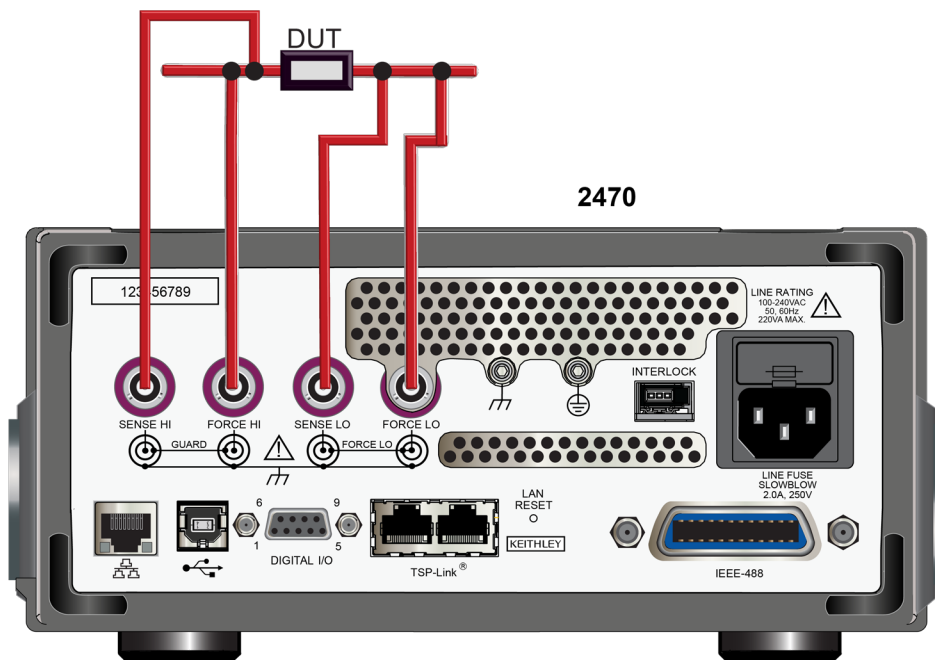
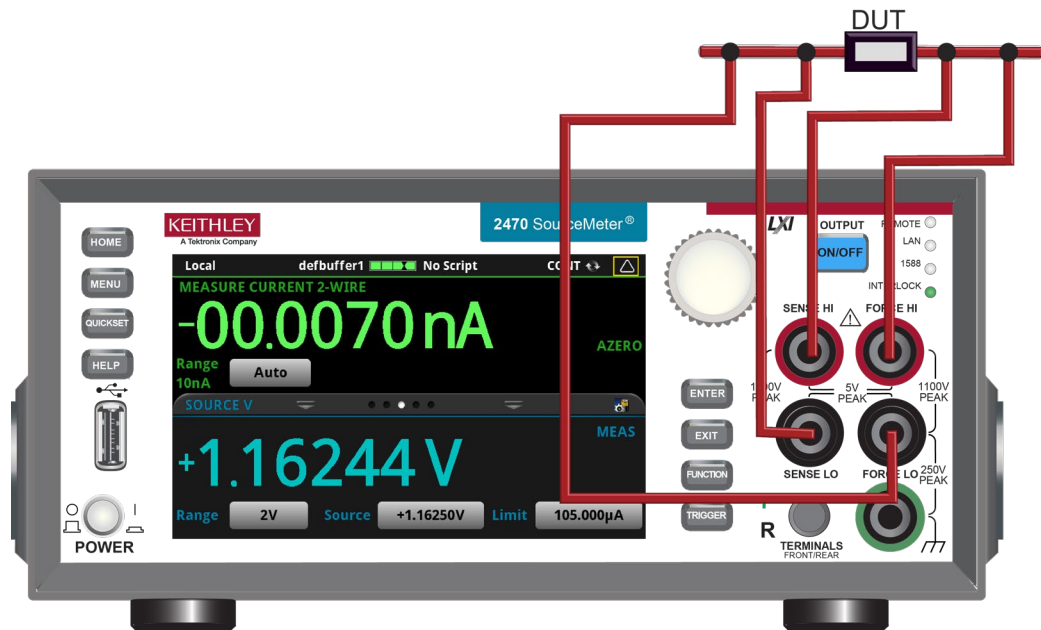


图 15: 2470 型前面板四线感应连接



将仪器设置为四线感应

要使用四线连接，必须将仪器设置为四线感应。

选择四线感应并关闭输出时，感应线路将在内部断开。当打开输出时，感应线路将自动重新连接。

NOTE

更改感应设置时，输出将自动关闭。

使用前面板：

1. 按 **FUNCTION** (功能) 键。
2. 选择源和测量组合。
3. 按 **MENU** (菜单) 键。
4. 在 Measure (测量) 下，选择 **Settings** (设置)。
5. 将 Sense (感应) 设置为 **4-Wire Sense** (四线感应)。
6. 选择 **HOME** (主页) 返回操作显示屏。

测试夹具

测试夹具可用于放置器件或测试电路。测试夹具可以是金属或非导电外壳，通常配有盖子。如果使用互锁正确连接了测试夹具，当打开测试夹具的盖子时，2470 型的输出将小于 $\pm 42 V_{PEAK}$ 。

将测试电路安装在测试夹具内。

WARNING

为防止电击危险，应提供一个包围所有带电部件的外壳。

非导电外壳所采用的材料必须符合易燃性以及测试电路的电压和温度要求。将所有金属测试夹具的外壳连接至保护接地（安全接地）。请参阅具体测试夹具的相关信息。非导电测试夹具的额定值必须是系统中测试设备最大能力的两倍。

对于金属外壳，测试夹具底座必须与保护接地（安全接地）正确连接。接地线（16 AWG 或更大）必须牢固地连接到测试夹具上专为安全接地设计的螺丝端子。接地线的另一端必须连接到已知的保护接地（安全接地）。

当存在危险电压 ($>30 V_{RMS}$ 、 $42 V_{PEAK}$) 时，测试夹具必须符合以下安全要求：

- **构造材料：**金属测试夹具必须连接到已知的保护接地（安全接地），如上述警告所述。非导电测试夹具所采用的材料必须符合易燃性以及测试电路中可能存在的电压和温度条件要求。非导电外壳的构造要求也在上述警告中说明。
- **测试电路隔离：**在盖子闭合的情况下，测试夹具必须完全包围测试电路。金属测试夹具必须与测试电路电气隔离。虽然高压三轴电缆的外层必须与测试夹具的金属底座相连，但电缆内部的两层（输入/输出连接器）必须与测试夹具隔离。在内部，特氟龙支座通常用于将内部印刷电路板或测试电路的防护板与金属测试夹具隔离。
- **互锁开关：**测试夹具必须有一个常开互锁开关。必须安装互锁开关，以便在测试夹具的盖子打开时，开关打开，在盖子关闭时，开关关闭。2470 型仪表后面板上有一个互锁连接器。在正确连接到测试夹具时，测试夹具的盖子打开后，2470 型的输出会被限制在 $\pm 42 V$ 。

输出关闭状态

CAUTION

在将 2470 型连接到可能输出能量的器件（例如其他电压源、电池、电容器或太阳能电池）之前，仔细考虑和配置合适的输出关闭状态、源和限值。在连接到器件之前，配置针对仪器建议的设置。不考虑输出关闭状态、源和限值可能会导致仪器或被测器件 (DUT) 损坏。

当仪器源关闭时，可能无法将仪器与外部电路完全隔离。可以使用 Output Off（输出关闭）设置在空闲期间（例如，当更改被测器件时）将 2470 型置于已知的非交互状态。可为 2470 型选择的输出关闭状态为正常、高阻抗、零或保护。

更改输出关闭状态时，会立即设置所选的输出关闭状态。接通仪器电源时，仪器会瞬间处于高阻抗输出关闭状态，然后会转为默认的正常输出关闭状态或开机脚本中定义的设置。

无论所选的输出关闭状态是什么，如果发生过热情况，仪器就会进入高阻抗输出关闭状态。

当输出关闭时，主屏幕的 SOURCE（源）区域会显示已设置的源值，而不是当前正在输出的值。

正常输出关闭状态

当 2470 型设置为正常输出关闭状态时，关闭源时将进行以下设置：

- 将测量感应设置为双线
- 选择电压源并将其设置为 0 V
- 将电流限值设置为当前测量功能自动量程值满刻度的 10%
- 如果源回读关闭，主屏幕的 Source（源）区域将显示 Output Off（输出关闭）
- 如果源回读开启，主屏幕的 Source（源）区域将显示实际测量值
- 如果将测量设置为电阻，主屏幕的 Source（源）区域会显示破折号 (---.----)
- 主屏幕上的 Source（源）按钮显示再次打开输出时将会提供的值

即使将电压源设置为零，源值也可能不完全为零，并且仪器可能会提供或吸收少量电能。在大多数情况下，这种源或汇功率电平并不重要。对于电阻器等无源器件，正常模式应该足以

保护器件。不过，由于极限电流为量程的 10%，因此从电容器等大型储能器件中去除电荷可能需要耗费一些时间。

对于源（如电池），正常输出关闭状态将电流限制在量程的 10%。这对于其他源测量仪器或电源等器件来说是可以接受的。但是，对于小型干电池等器件来说，这可能会耗尽电池。在这种情况下，请使用高阻抗输出关闭状态。

高阻抗输出关闭状态

选择高阻抗输出关闭状态并关闭输出时：

- 将测量感应设置为双线
- 输出继电器打开，断开作为负载的仪器的连接

打开继电器可断开外部电路与仪器输入和输出的连接。为防止输出继电器过度磨损，请勿在频繁开启和关闭输出的测试中使用此输出关闭状态。

当仪器连接到电源或其他源测量仪器时，应使用高阻抗输出关闭状态。在某些情况下，它也适用于电容器等器件。

当输出再次开启时，继电器的稳定时间约为 15 ms。

选择高阻抗输出关闭状态时，无法使用双线连接进行测量。

零输出关闭状态

当选择零输出关闭状态并关闭输出时：

- 将测量感应更改为双线
- 选择电压源并将其设置为 0 V
- 将量程设置为当前选择的量程（关闭自动量程）
- 如果源为电压，则电流限值不变
- 如果源为电流，则将电流限值设置为已编程的源电流值或当前电流量程满刻度的 10%，以较大者为准

选择零输出关闭状态时，由于仪器输出 0 V，因此可以将仪器用作电流表。

零模式非常适合电阻器等无源器件。在大多数情况下，它还可与电容器和电感器等储能器件一起使用。该模式将对被测电容器放电，并消除半导体结中的电荷。

屏蔽输出关闭状态

在测量使用有源源的负载时，请使用屏蔽输出关闭状态。

选择屏蔽输出关闭状态并关闭输出时，会发生以下操作：

- 将测量感应更改为双线
- 如果将源设置为电流（安培），则选择电流源并将其设置为 0 A；否则，当关闭输出时，输出仍为电压源
- 将电压限值设置为当前电压量程满刻度的 10%

输出关闭状态和电感负载

为了保护仪器免受电感能量的影响，可能需要在 HI 和 LO 端子之间设置一个火花间隙。仪器没有内部火花间隙保护装置。

设置输出关闭状态

在设置输出关闭状态之前，请先设置源功能。输出关闭状态与源功能一起存储。如果更改源功能，输出关闭状态将变为您为该功能设置的最后一个状态。

使用前面板：

1. 按 **MENU**（菜单）键。
2. 在 **Source**（源）下，选择 **Settings**（设置）。
3. 将 **Output Off**（输出关闭）设为适合您应用的设置。
4. 选择 **HOME**（主页）返回操作显示屏。

使用 SCPI 命令：

要将输出关闭状态设置为正常，请发送以下命令：

```
:OUTPut:SMODE NORMal
```

要将输出关闭状态设置为零, 请发送以下命令:

```
:OUTPut:SMODE ZERO
```

要将输出关闭状态设置为高阻抗, 请发送以下命令:

```
:OUTPut:SMODE HIMPedance
```

要将输出关闭状态设置为屏蔽, 请发送以下命令:

```
:OUTPut:SMODE GUARd
```

使用 TSP 命令:

要将输出关闭状态设置为正常, 请发送以下命令:

```
smu.source.offmode = smu.OFFMODE_NORMAL
```

要将输出关闭状态设置为零, 请发送以下命令:

```
smu.source.offmode = smu.OFFMODE_ZERO
```

要将输出关闭状态设置为高阻抗, 请发送以下命令:

```
smu.source.offmode = smu.OFFMODE_HIGHZ
```

要将输出关闭状态设置为屏蔽, 请发送以下命令:

```
smu.source.offmode = smu.OFFMODE_GUARD
```

升级固件

要升级 2470 型固件, 需要将升级文件加载到仪器中。您可以使用远程接口或仪器前面板, 从前面板 USB 端口加载文件。如果使用 Test Script Builder (TSB), 则可以使用保存在运行 TSB 的计算机上的文件从 TSB 升级固件。

在升级过程中, 仪器会验证您加载的版本是否比仪器上的版本新。如果版本较旧或是同一修订版本, 则不会进行任何更改。

如果要返回到以前的版本或重新加载当前版本的固件, 请选择 **Downgrade to Older** (降级到旧版本)。这将强制仪器加载固件, 而不管版本如何。

升级过程通常需要大约五分钟。

升级文件可从 tek.com/keithley 获取。

CAUTION

在升级或降级之前，请断开输入和输出端子。

在升级或降级过程中，请勿断开仪器电源或取出 U 盘。等待仪器完成程序并显示打开显示屏。如果正在升级无前面板 (NFP) 的仪器，则前面板上的 LAN 和 1588 LED 指示灯会在升级过程中同步闪烁，并在升级完成后停止闪烁。

开始升级前，请勿初始化或重置 TSP-Link。

升级前，请关闭仪器电源，等待几秒钟，然后再打开仪器电源。

前面板固件升级

CAUTION

在升级过程完成之前，请勿关闭电源或移除 U 盘。

NOTE

固件文件必须位于 U 盘的根子目录中，并且必须是该位置中的唯一固件文件。您可以从前面板或虚拟前面板中升级或降级固件。

从前面板或虚拟前面板：

1. 将固件文件 (.upg 文件) 复制到 U 盘。
2. 确认固件文件位于 U 盘的根子目录中，并且是该位置中的唯一固件文件。
3. 断开已连接到仪器的任何输入和输出端子。
4. 关闭仪器的电源。等待几秒钟。
5. 打开仪器的电源。
6. 将 U 盘插入仪器前面板上的 USB 端口。
7. 在仪器前面板中按下 **MENU** (菜单) 键。
8. 在 System (系统) 下，选择 **Info/Manage** (信息/管理)。
9. 选择一个升级选项：

- 要升级到更新版本的固件, 请选择 **Upgrade to New** (升级到新版本)。
 - 要恢复为以前版本的固件, 请选择 **Downgrade to Older** (降级到旧版本)。
10. 如果仪器是以远程方式控制的, 则会显示一条消息。选择 **Yes** (是) 继续。
11. 升级过程完成后, 重新启动仪器。

升级过程中会显示一条消息。

系统信息

您可以从仪器上获取序列号、固件版本、检测到的线路频率、校准验证日期、校准调整日期和校准调整计数信息。

要从前面板查看版本和序列号信息:

1. 按 **MENU** (菜单) 键。
2. 在 System (系统) 下, 选择 **Info/Manage** (信息/管理)。

固件版本和序列号显示在屏幕上方。

要从前面板查看校准信息:

1. 按 **MENU** (菜单) 键。
2. 在 System (系统) 下, 选择 **Calibration** (校准)。

显示调整日期、调整次数和校准日期。

要从前面板查看线路频率信息:

1. 按 **MENU** (菜单) 键。
2. 在 System (系统) 下, 选择 **Settings** (设置)。
3. 向下滚动以显示线路频率。

要使用 SCPI 命令查看系统信息:

要检索制造商、型号、序列号和固件版本, 请发送以下命令:

*IDN?

要读取线路频率，请发送以下命令：

```
SYStem:LFRrequency?
```

使用 SCPI 命令时，固件版本、可用内存和出厂校准日期不可用。

使用 TSP 命令验证系统信息

要使用 TSP 命令验证系统信息：

要读取型号，请发送以下命令：

```
print(localnode.model)
```

要读取序列号，请发送以下命令：

```
print(localnode.serialno)
```

要读取固件版本，请发送以下命令：

```
print(localnode.version)
```

要读取线路频率，请发送以下命令：

```
print(localnode.linefreq)
```

使用 TSP 命令无法访问出厂校准日期。

本节内容：



前面板概述	3-1
后面板概述	3-3
打开或关闭 2470 型输出	3-5
触摸屏显示器	3-6
将测量结果存储到 U 盘上	3-15
将屏幕截图保存到 U 盘	3-15

前面板概述

2470 型的前面板如下所示。前面板上的控件说明如下图所示。

图 16：2470 型前面板



POWER (电源) 开关	 POWER	打开或关闭仪器电源。要打开仪器，请按下电源开关，使其处于打开位置 (I)。要关闭仪器，请按下电源开关，使其处于关闭位置 (O)。
HOME (主页) 键	 HOME	将显示器返回到主页屏幕。

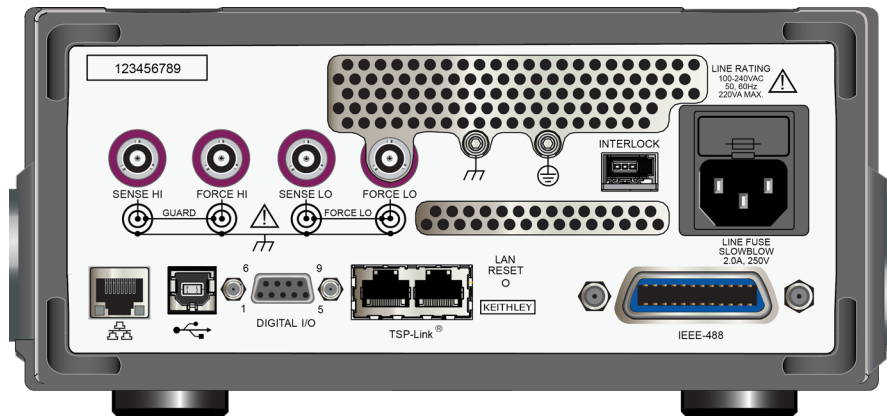
MENU (菜单) 键		打开主菜单。按主菜单上的图标可打开源代码、测量、视图、触发器、脚本和系统屏幕。有关详细信息，请参阅 菜单概述 (第 3-11 页)。
QUICKSET (快速设置) 键		打开预配置设置的菜单，包括电压表、电流表、欧姆表和电源。还允许选择源和测量功能，并调整性能以获得更好的分辨率或速度。有关详细信息，请参阅 QuickSet (快速设置) 菜单 (第 3-11 页)。
HELP (帮助) 键		打开针对显示器上选定区域或项目的帮助。如果在按 HELP (帮助) 键时没有选择任何内容，则会显示您正在查看的屏幕的概览信息。要显示帮助，请使用导航控件选择按钮，然后按 HELP (帮助) 键。您也可以按住屏幕上的按钮，同时按 HELP (帮助) 键。
USB 端口		将读数缓冲区数据和屏幕快照保存到 U 盘。您还可以在 U 盘中存储和检索脚本。U 盘必须格式化为 FAT 或 FAT32 驱动器。
触摸屏		2470 型具有高分辨率的五英寸彩色触摸屏显示器。触摸屏可访问滑动屏幕和菜单选项。您可以通过按前面板的 MENU (菜单) 、 QUICKSET (快速设置) 和 FUNCTION (功能) 键来访问其他屏幕。有关详细信息，请参阅 触摸屏显示 (第 3-6 页)。
导航控件		移动光标并进行屏幕选择。 旋转导航控件： 移动光标以突出显示列表值或菜单项，以便您可以选择。当光标位于值输入字段中时，旋转控件可增加或减少字段中的值。 按导航控件： 选择突出显示的选项或允许您编辑所选字段。
ENTER (进入) 键		选择突出显示的选项，或用于编辑选定字段。
EXIT (退出) 键		返回上一屏幕或关闭对话框。例如，当显示主菜单时按 EXIT (退出) 键将返回主页屏幕。在查看子屏幕（例如 Event Log (事件日志) 屏幕）时，按 EXIT (退出) 键将返回主菜单屏幕。
FUNCTION (功能) 键		显示仪器功能。要选择功能，请在屏幕上触摸功能名称。
TRIGGER (触发) 键		访问与触发相关的设置和操作。 TRIGGER (触发) 键的操作取决于仪器状态。有关详细信息，请参阅《2470 型参考手册》中的“切换测量方法”。
OUTPUT ON/OFF (输出开/关) 开关		打开或关闭输出源。当源输出打开时，开关变亮。
REMOTE LED (远程 LED) 指示灯	REMOTE 	通过远程接口控制仪器时变亮。

LAN LED 指示灯	LAN ●	当仪器连接到局域网 (LAN) 时变亮。
1588 LED 指示灯	1588 ●	此时不支持 1588 功能。
INTERLOCK LED (互锁 LED) 指示灯	INTERLOCK ●	互锁启用时变亮。
SENSE (感应) 端子		使用 SENSE HI (感应 HI) 和 SENSE LO (感应 LO) 端子连接测量被测器件 (DUT) 的电压。当使用感应导线时, 会消除对激励导线上的压降的测量。这将对 DUT 产生更精确的电压源和测量。
Force (激励) 端子		使用 FORCE HI (高位激励) 和 FORCE LO (低位激励) 端子连接将电压或电流源提供给被测器件 (DUT) 或从其接收电压或电流。
FRONT/REAR TERMINALS (前/后端子) 开关		激活前面板或后面板上的端子。前面板端子激活时, FRONT/REAR (前/后) 开关的左侧可显示绿色“F”。后面板端子激活时, 此开关的左侧可显示黄色“R”。
机箱连接		香蕉插孔连接器, 其提供机箱连接。

后面板概述

2470 型的后面板如下所示。图后面是选项的说明。

图 17: 2470 型后面板



SENSE (感应) 和 FORCE (激励) 连接器		<p>这些三轴端子为 SENSE HI (高位感应) 和 SENSE LO (低位感应)、FORCE HI (高位激励) 和 FORCE LO (低位激励)、GUARD (屏蔽) 和机箱接地提供连接。</p>
机箱接地		<p>用于连接机箱接地的接地螺钉。这为设备框架提供连接端子。</p>
保护接地 (安全接地)		<p>用于连接保护接地 (安全接地) 的接地螺钉。使用建议的线规 (#16 AWG 或更大) 连接至保护接地。</p>
互锁连接器		<p>用于与互锁开关 (如测试夹具) 一起使用的互锁连接。正确连接后, 2470 型的安全互锁会将仪器输出置于安全状态。 有关详细信息, 请参阅使用互锁 (第 2-11 页)。</p>
线路保险丝和电源插座		<p>将电源线连接至电源插座和接地的交流电源插座。线路保险丝位于电源插座上方, 用于保护仪器的电源线路输入。有关安全注意事项和其他详细信息, 请参阅《2470 型用户手册》中的“打开或关闭仪器电源” (第 2-9 页) 和“线路保险丝更换” (第 5-1 页)。</p>
LAN 端口		<p>支持 10 Mbps 或 100 Mbps 网络的完全连接。2470 型是一款 1.5 版 LXI 设备规范 2016 的仪器, 支持 TCP/IP 并符合 IEEE Std 802.3 (以太网 LAN) 的要求。</p>
USB 端口		<p>用于通信、控制和数据传输的 USB-B 连接。</p>
数字 I/O 端口		<p>用于检测和输出数字信号的数字输入/输出端口。该端口提供六条数字 I/O 线路。每个输出都设置为高电平 (+5 V) 或低电平 (0 V), 并可读取高或低逻辑电平。每条数字 I/O 线路都是漏极开路信号线。</p>
TSP-Link 端口		<p>TSP-Link™ 系统扩展接口, 测试系统的构建者可利用该接口以主从配置方式连接多台仪器。TSP-Link 是一种高速触发同步和通信总线。</p>
LAN 重置		<p>将 LAN 设置和仪器密码恢复为默认值。将拉直的回形针插入 LAN RESET (LAN 重置) 下方的孔中。</p>
IEEE-488 端口		<p>GPIB 连接; 2470 型的默认设置为 18。</p>

打开或关闭 2470 型输出

可以从前面板或通过发送远程命令打开 2470 型输出。

WARNING

关闭 2470 型输出不会使仪器处于安全状态（为此功能提供互锁）。

所有输出和保护端子上都可能存在危险电压。为防止出现可能导致人身伤害或死亡的电击，切勿在输出打开时与 2470 型进行连接或断开连接。在操作电缆之前，从前面板关闭设备或从 2470 型的后部断开主电源线。如果发生硬件或软件故障，将设备置于输出关闭状态并不保证输出关闭。

当仪器源关闭时，可能无法将仪器与外部电路完全隔离。可以使用 Output Off（输出关闭）设置在空闲期间（例如，当更改被测器件时）将 2470 型置于已知的非交互状态。可为 2470 型选择的输出关闭状态为正常、高阻抗、零或保护。

有关更多详细信息，请参阅[输出关闭状态](#)（第 2-22 页）。

使用前面板：

按 **OUTPUT ON/OFF**（输出开/关）开关。当开关变亮时，仪器处于输出打开状态。当开关未变亮时，仪器处于输出关闭状态。

使用 SCPI 命令：

要打开输出，请发送以下命令：

```
:OUTPut:STATe ON
```

要关闭输出，请发送命令：

```
:OUTPut:STATe OFF
```

使用 TSP 命令：

要打开输出，请发送以下命令：

```
smu.source.output = smu.ON
```

要关闭输出，请发送命令：

```
smu.source.output = smu.OFF
```

触摸屏显示器

触摸屏显示器可让您通过前面板快速访问源和测量设置、系统配置、仪器和测试状态、读数缓冲区信息以及其他仪器功能。显示器上有多个滑动屏幕，您可以通过滑动前面板访问这些屏幕。您可以通过按前面板的 MENU（菜单）、QUICKSET（快速设置）和 FUNCTION（功能）键来访问其他交互式屏幕。

CAUTION

请勿使用镊子或螺丝刀等锋利金属物体或钢笔或铅笔等尖锐物体触摸屏幕。强烈建议仅用手指操作仪器。支持使用无尘手套操作触摸屏。

选择触摸屏上的项目

要在显示的屏幕上选择项目，请执行以下一项操作：

- 用手指触摸它
- 旋转导航旋钮突出显示项目，然后按下导航控件选择该项目

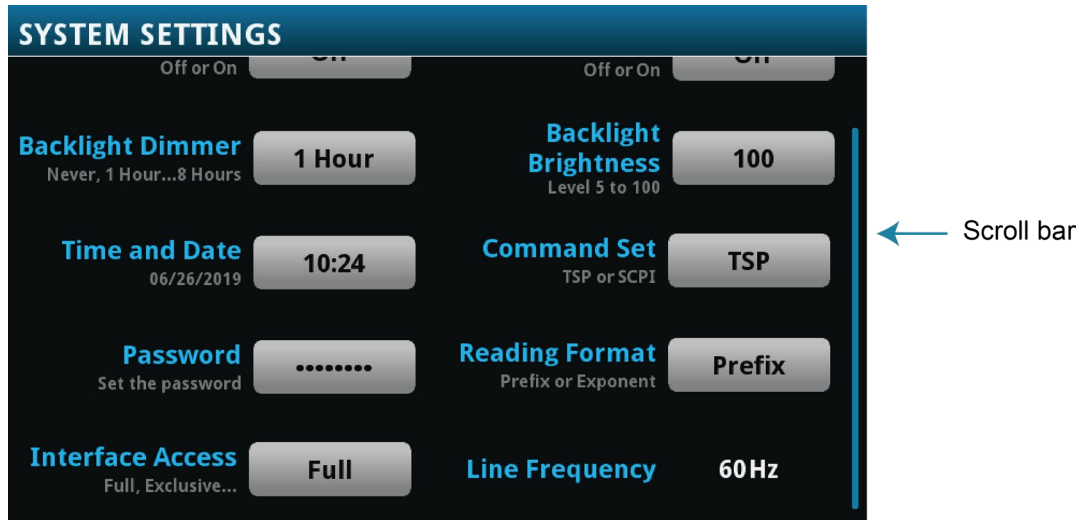
以下主题更详细地介绍 2470 型触摸屏。

滚动条

某些交互式屏幕包含一些更多的选项，必须向下滚动屏幕时才会显示出来。触摸屏右侧的滚动指示器标识了这些屏幕。向上或向下滑动屏幕可查看更多选项。

下图显示了一个带滚动条的屏幕。

图 18: 滚动条



滑动屏幕

您可以通过在 2470 型触摸屏显示器下半部向左或向右滑动来访问多个屏幕。以下主题介绍了滑动屏幕中提供的选项。

滑动屏幕标题栏

滑动屏幕的标题栏中包含以下选项。

图 19: 最大化和最小化的滑动屏幕



#	屏幕元素	说明
1	最小化指示器 	您可以向下滑动以最小化滑动屏幕。
2	滑动屏幕指示器 	每个圆圈代表一个滑动屏幕。向右或向左滑动时，不同的圆圈会改变颜色，以指示您在屏幕序列中的位置。选中一个圆圈可在不滑动的情况下移动滑动屏幕。
3	计算操作快捷方式 	选择可打开 CALCULATION SETTINGS（计算设置）菜单。
4	Measure Settings （测量设置）快捷键 	选择可打开所选功能的 MEASURE SETTINGS（测量设置）菜单。
5	恢复操作指示器 	指示您可以向上滑动以显示滑动屏幕。
6	图形快捷键 	选择可打开 Graph（图形）屏幕。

SOURCE（源）滑动屏幕

SOURCE（源）滑动屏幕显示源的当前值以及源、源量程和源限值的设置值。通过选择此屏幕上的按钮，可以从前面板更改设置值。

图 20：SOURCE（源）滑动屏幕



屏幕右侧的源功能指示器表示对显示的源值有影响的设置：

- **MEAS（测量）**：源读回打开，显示的值是源的测量值。
- **PROG（编程）**：源读回关闭，显示的值是已编程的源值。如果输出关闭，则显示的源值将替换为 **Output Off（输出关闭）**。

当 Limit (限值) 标签显示为黄色时, 仪器正在对源进行限值。

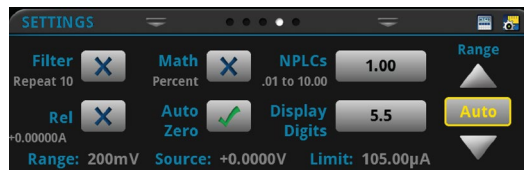
当测量方法设置为 Continuous (连续) 时, 当前值将连续更新。当测量方法设置为 Manual Trigger Mode (手动触发模式) 或 Initiate Trigger Model (启动触发模式) 时, 在下一次测量发生时更新该值。

滑动屏幕标题栏右侧的图标是全部 SOURCE SETTINGS (源设置) 菜单的快捷方式。

SETTINGS (设置) 滑动屏幕

SETTINGS (设置) 滑动屏幕可让您通过前面板访问某些仪器设置。它显示当前设置, 并可让您快速更改、启用或禁用这些设置。

图 21: SETTINGS (设置) 滑动屏幕



要禁用或启用某设置, 请选中该设置旁边的框, 以使其显示 X (禁用) 或复选标记 (启用)。

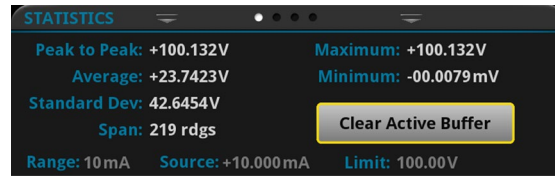
滑动屏幕标题栏右侧的图标是 CALCULATIONS SETTINGS (计算设置) 和 MEASURE SETTINGS (测量设置) 菜单的快捷方式。

有关设置的说明, 请使用导航控件选择按钮, 然后按 HELP (帮助) 键。您也可以按住屏幕上的按钮, 同时按 HELP (帮助) 键。

STATISTICS (统计) 滑动屏幕

STATISTICS (统计) 滑动屏幕中包含有关活动读数缓冲区中读数的信息。将读数缓冲区配置为连续填充和用新数据覆盖旧数据时, 缓冲区统计信息将包含已覆盖的数据。要获取不含已覆盖的数据的统计信息, 请定义较大的缓冲区大小, 以容纳您将要生成的读数数量。可以使用此屏幕上的 **Clear Active Buffer** (清除活动缓冲区) 按钮清除活动读数缓冲区中的数据。

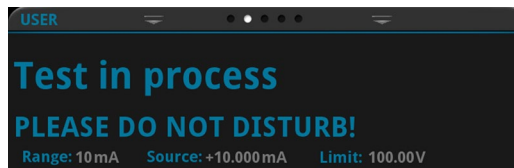
图 22: STATISTICS (统计) 滑动屏幕



USER (用户) 滑动屏幕

您可以编写自定义文本，该文本将显示在 USER (用户) 滑动屏幕上。例如，您可以设置 2470 型以显示正在进行测试。仅当已定义自定义文本时才会显示此滑动屏幕。请参阅《2470 型参考手册》中的“为用户滑动屏幕自定义消息”。

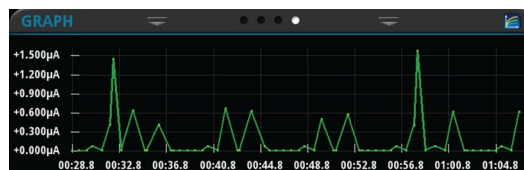
图 23: USER (用户) 滑动屏幕



GRAPH (图形) 滑动屏幕

GRAPH (图形) 滑动屏幕显示当前所选读数缓冲区中的读数的图形表示。

图 24: GRAPH (图形) 滑动屏幕



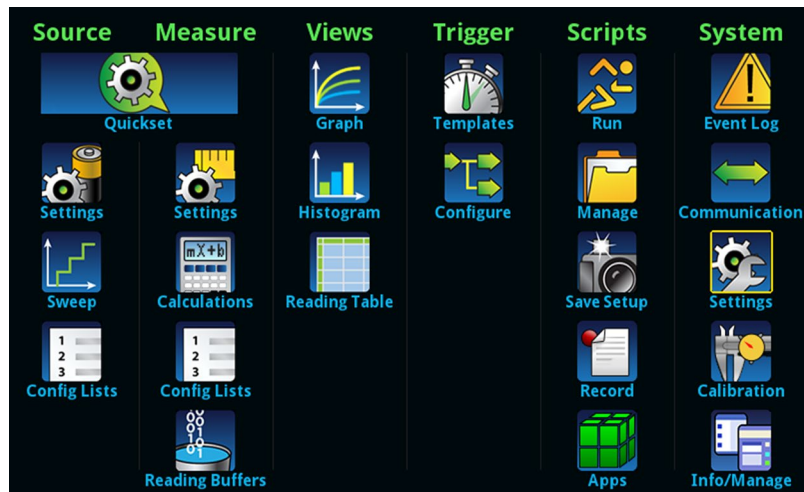
要以全屏查看图形并访问图形设置，请选择滑动屏幕标题右侧的图形图标。也可以通过按 **MENU** (菜单) 键并在 Views (视图) 下选择 **Graph** (图形) 来打开完整功能 Graph (图形) 屏幕。

有关图形测量的更多信息，请参阅《2470 型参考手册》中的“图形”。

菜单概览

要访问主菜单，请按 2470 型前面板上的 MENU（菜单）键。下图显示了主菜单的组织结构。

图 25: 2470 型主菜单



主菜单包括在显示器顶部标记为绿色的子菜单。在子菜单中选择选项将打开交互式屏幕。

QuickSet（快速设置）菜单



QuickSet（快速设置）菜单位于主菜单上 Source and Measure（源和测量）下方的中间位置，可让您进行以下操作：

- 为源和测量功能选择预定义设置
- 使用 Performance（性能）滑块调整性能（分辨率与速度）
- 选择提供仪器类型模拟的快速设置

CAUTION




选择 Quick Setup（快速设置）时，仪器将打开输出。在将 2470 型连接到可能输出能量的器件（例如其他电压源、电池、电容或太阳能电池）之前，仔细考虑和配置合适的输出关断状态、源和限值。在连接到器件之前，配置针对仪器建议的设置。不考虑输出关闭状态、源和限值可能会导致仪器或被测器件 (DUT) 损坏。

调整 Performance（性能）滑块时，仪器会根据您放置滑块的位置来调整设置。当提高速度时，分辨率会降低。当提高分辨率时，读数速度会下降。仪器可调整的设置包括自动归零、自动延迟和滤波器设置、显示位数、NPLC 和源回读。这些设置将在下次打开输出并进行测量时生效。

选择 Quick Setup（快速设置）后，将显示主屏幕，以便查看 Quick Setup（快速设置）生成的读数。


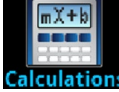


Source（源）菜单

在 Source（源）菜单上，您可以从前面板中选择、配置和执行源和扫描操作。

	Source（源）的 Settings （设置）菜单包含所选源功能的设置。它们包括量程、输出关闭状态、过压保护限制、互锁、高电容、源回读和源延迟设置。
	Sweep （扫描）菜单允许您设置扫描并生成源配置列表。它还能扫描建立触发模型。
	Config Lists （配置列表）菜单允许您选择一个现有的源配置列表，创建一个新列表，向仪器和从仪器加载配置设置，删除配置索引，并查看源配置列表中的点的设置。




Measure（测量）菜单

在 Measure（测量）菜单上，您可以从前面板中选择、配置和执行测量操作。

	Settings （设置）菜单包含目前所选测量功能的设置。设置包括自动量程、自动归零、计数、显示位数、NPLC、偏移补偿、量程以及双线或四线感应。
	Calculations （计算）菜单包含用于指定测量信息的处理和返回方式的设置。使用此菜单设置相对偏移、滤波器、 $mx+b$ 、百分比、倒数和零点参考。
	Config Lists （配置列表）菜单允许您选择一个现有的测量配置列表，创建一个新列表，向仪器和从仪器加载配置设置，并查看配置列表中索引的设置。
	在 Reading Buffers （读数缓冲区）菜单上，您可以查看现有读数缓冲区的列表，并选择一个缓冲区作为活动缓冲区。您也可以在此屏幕上创建、保存、删除、调整和清除缓冲区。



Views (视图) 菜单

在 Views (视图) 菜单上, 您可以选择、配置和查看已通过测量操作收集的数据。

	<p>Graph (图形) 菜单将打开一个屏幕, 其中将选定读数缓冲区中测量数据的图形显示为轨迹。它还包含可用于自定义图形显示形式的选项卡。您也可以选择触发模式, 并从此屏幕中启动触发模式。</p>
	<p>在 Histogram (柱状图) 菜单上, 您可以绘制所选读数缓冲区中的测量数据的分布图。它还包含可用于自定义直方图的选项卡。</p>
	<p>在 Reading Table (读数表) 菜单上, 您可以查看选定读数缓冲区中的数据。</p>



Trigger (触发) 菜单




在 Trigger (触发) 菜单上, 您可以从前面板中配置触发模式。

	<p>在 Templates (模板) 菜单上, 您可以从几种预编程的触发模式中选择一种。当选择一个模板时, 您可以为该模板指定的设置将显示在屏幕的下方。</p>
	<p>在 Configure (配置) 菜单上, 您可以查看和修改触发模式的结构和参数。您还可以监视触发模式操作。</p>

Scripts (脚本) 菜单






在 Scripts (脚本) 菜单上, 您可以从前面板中配置、运行和管理脚本。脚本是可由仪器作为一个组运行的命令块。

	<p>Run (运行) 菜单包含您可选择以立即运行的脚本的列表。还可以将脚本复制到将在每次开启仪器电源时运行的脚本。可以访问仪器或 U 盘中的脚本。</p>
	<p>在 Manage (管理) 菜单上, 您可以将脚本复制到仪器和 U 盘中。也可以从仪器或 U 盘中删除脚本。</p>

	<p>在 Save Setup（保存设置）菜单上，您可以将仪器的当前设置和配置列表保存到配置脚本中。您可以使用此脚本调用设置。</p>
	<p>在 Record（记录）菜单中的选项上，您可以记录您的操作并将它们存储在宏脚本中。可以使用 Scripts（脚本）或远程命令中的选项像处理其他脚本一样运行和管理此脚本。请注意，只会存储设置，不会存储按键或仅限于前面板的选项（包括按 OUTPUT ON/OFF（输出开/关）开关）。</p>
	<p>打开 APPS MANAGER（应用管理器），其允许您管理预构建的 Test Script Processor (TSP™) 应用程序。TSP 应用程序是 Keithley 开发的程序，其使 2470 型能够使用专门的功能、测试自动化和可视化用户界面上的信息。在 TSP 或 SCPI 命令集中使用仪器时，TSP 应用程序可用。应用程序可能已预安装在您的 2470 型上。</p>

System（系统）菜单

在主菜单中 System（系统）下的菜单上，您可以从 2470 型前面板配置常规仪器设置。这些设置包括事件日志、通信、背光、时间及密码设置。

	<p>在 Event Log（事件日志）菜单上，您可以查看和清除事件日志条目。您还可以调整要显示或记录的事件。</p>
	<p>Communication（通信）菜单将打开一组包含有关通信设置信息的选项卡。大多数选项卡中包含可更改的设置。</p>
	<p>Settings（设置）菜单包含常规仪器设置。其中包括命令设置、蜂鸣和键击、背光亮度和计时器、时间和日期、系统访问级别、密码及读数格式设置。</p>
	<p>Calibration（校准）菜单显示出厂设置的校准信息，包括上次调整日期、上次校准日期和仪器的已调整次数。</p>
	<p>通过 Info/Manage（信息/管理）菜单上，您可以访问版本和序列号信息以及仪器固件和重置功能的设置。</p>

将测量结果存储到 U 盘上

如果缓冲区中有测量数据，可以将其从 2470 型复制到 U 盘。信息以 .csv 文件格式保存。

要存储测量数据:

1. 将 U 盘插入前面板 USB 端口。
2. 按 **MENU** (菜单) 键。
3. 在 Measure (测量) 列中, 选择 **Reading Buffers** (读数缓冲区)。
4. 选择您想要保存的缓冲区。
5. 选择 **Save To USB** (保存到 USB)。
6. 在 File Content (文件内容) 对话框中, 根据您的数据集的需要进行选择。您可以按 **HELP** (帮助) 获取有关每个选项的信息。
7. 选择 **OK** (确定)。

将屏幕截图保存到 U 盘

您可以将前面板显示的屏幕截图保存到 U 盘上的图形文件。仪器以 .png 文件格式保存图形文件。

要保存屏幕截图, 请执行下列操作:

1. 将 U 盘插入仪器前面板上的 USB 端口。
2. 导航到要截取的屏幕。
3. 按 **HOME** (主页) 和 **ENTER** (进入) 键。仪器显示 Saving screen capture (保存屏幕截图)。
4. 释放按键。

执行基本的前面板测量

本节内容：

简介.....	4-1
所需设备.....	4-2
器件连接.....	4-2
进行前面板测量.....	4-3

简介

您可以使用 2470 型提供电压或电流源，并从前面板进行测量。

NOTE

请确保选择功能后再更改其他仪器设置。设置的选项取决于进行更改时处于活动状态的功能。如果所做的更改与活动功能不兼容，则可能会得到非预期的结果或收到事件消息。还要注意，当您选择不同的功能时，仪器会清除缓冲区。本手册中的应用说明了执行操作以获得最佳结果的顺序。

在本节中，您可以通过提供电压源并测量电流来测量 10 k Ω 电阻器。如果使用了适当的源值，您可以在任何两端子被测器件 (DUT) 上进行类似的测量。

可用于设置 2470 型以从前面板进行测量的一些方法包括：

- **使用 Quickset (快速设置)**。按 **QUICKSET** (快速设置) 键打开预配置设置的菜单，包括电压表、电流表、欧姆表和电源设置。还允许您选择测试功能，并调整性能以获得更好的分辨率或速度。
- **选择源和测量功能**。按 **FUNCTION** (功能) 键从源和测量功能列表中进行选择。
- **使用菜单选项**。按 **MENU** (菜单) 键打开选项菜单。

选择源和测量功能后，选择 2470 型主页屏幕和 Settings（设置）滑动屏幕上的按钮以更改设置。

您需要组合使用这些方法来设置本应用的测量。

所需设备

本示例所需的设备：

- 2470 型高压 SourceMeter 仪器
- 两根绝缘香蕉电缆；您可以使用 2470 型随附的套件，即 Keithley 8608 型高性能夹式导线套件（零件号 012173001）
- 一个要测试的 10 kΩ 电阻器

器件连接

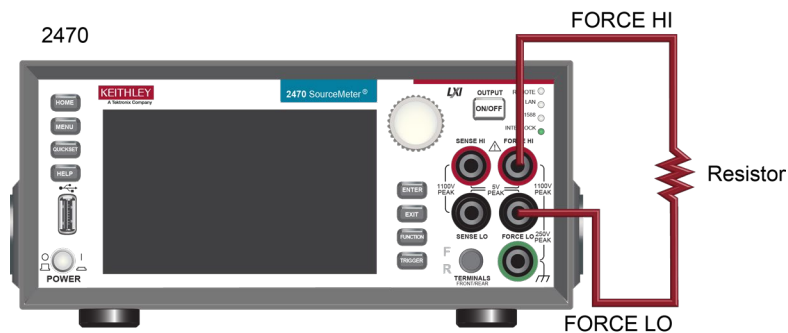
NOTE

请先关闭仪器电源再将连接附接到 2470。

以双线（本地感应）配置将 2470 型连接到电阻器。在此配置中，将器件连接在 FORCE HI（高位激励）和 FORCE LO（低位激励）端子之间。

下图显示了前面板的实体连接。

图 26：2470 型双线前面板连接



进行前面板测量

对于本应用，您需要：

- 选择源和测量功能
- 选择源类型
- 设置源值
- 设置源限值
- 选择量程
- 打开源输出
- 观察显示器上的读数
- 关闭源输出

如何进行前面板测量

要从前面板执行测量：

1. 按前面板上的 **POWER**（电源）开关以打开仪器。
2. 在前面板上，按 **FUNCTION**（功能）键。
3. 在 Source Voltage and Measure（源电压和测量）下，选择 **Current**（电流）。
4. 选择源量程。在主页屏幕上的 SOURCE V（源 V）下，选择 **Range**（量程）。
5. 选择 **20 V**。
6. 选择 **Source**（源）。
7. 输入 **10 V** 并选择 **OK**（确定）。
8. 选择 **Limit**（限值）。
9. 输入 **10 mA** 并选择 **OK**（确定）。
10. 在主页屏幕的 MEASURE（测量）区域中，选择 **Range**（量程）。
11. 选择 **Auto**（自动）。
12. 按 **OUTPUT ON/OFF**（输出开/关）开关打开输出。OUTPUT（输出）指示灯亮起。
13. 观察显示器上的读数。对于 10 k Ω 电阻器，典型显示值为：
1.00000 mA
+9.99700 V
14. 完成测量后，按 **OUTPUT ON/OFF**（输出开/关）开关关闭输出。OUTPUT（输出）指示灯熄灭。

本节内容：

简介.....	5-1
线路保险丝更换.....	5-1
锂电池.....	5-2
前面板显示.....	5-3
升级固件.....	5-4

简介

本节介绍操作员可对仪器执行的例行维护。

线路保险丝更换

2470 型后面板上的保险丝用于保护仪器的电源线输入。以下说明介绍了如何更换保险丝。如果保险丝损坏，您无需送回仪器进行维修。

WARNING

更换线路保险丝之前，请断开后面板的电源线并移除连接到仪器的所有测试导线。如果未这样做，可能会导致操作人员暴露在危险电压中，并造成人员伤亡。

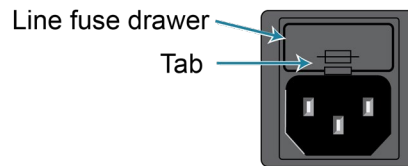
仅可使用正确类型的保险丝。如若不然，则可能导致人身伤害、死亡或者仪器损坏。

使用额定值为 250 V、2 A 的 5 x 20 mm 慢熔保险丝。

要更换保险丝，您需要一把小型的平头螺丝刀。

完成以下步骤以更换线路保险丝：

1. 关闭仪器电源。
2. 移除连接到仪器的所有测试导线。
3. 移除电缆线。
4. 找到保险丝盒，它位于交流插座上方，如下图所示。

图 27：2470 型线路保险丝

5. 使用螺丝刀拉起保险丝盒的凸耳。
6. 使保险丝盒滑出。保险丝盒不会从电源模块中完全拉出。
7. 将保险丝从保险丝盒中拉出。
8. 更换保险丝。
9. 将保险丝盒推回模块中。

如果保险丝继续损坏，则可能存在电路故障，必须予以纠正。将仪器送回 Keithley 进行修理。

锂电池

2470 型含有 CR2032 电芯 (LiMnO₂) 电池。高氯酸盐材料可能需要特殊处理。请参阅[有害废物 - 高氯酸盐 \(dtsc.ca.gov/hazardouswaste/perchlorate\)](https://www.dtsc.ca.gov/hazardouswaste/perchlorate)。

该电池不可由用户更换。

前面板显示

请勿使用镊子或螺丝刀等锋利金属物体或钢笔或铅笔等尖锐物体摸触摸屏。强烈建议仅用手指操作仪器。支持使用无尘手套操作触摸屏。

清洁前面板显示器

如果需要清洁前面板 LCD 触摸屏显示器, 请使用干软布擦拭。

CAUTION

请勿使用液体来清洁显示器。

异常显示操作

如果在运行过程中用力按压显示区域, 则可能会导致显示操作异常。要恢复正常操作, 请关闭仪器, 然后再次打开。

消除重像或对比度不规则

如果显示器以同一种显示模式长时间操作, 则显示模式可能会在屏幕上保留为重影图像, 并且可能会出现轻微的对对比度不规则现象。请注意, 如果出现这种情况, 对显示器的性能和可靠性没有影响。

要恢复正常操作, 请停止使用前面板显示器一段时间。您可以关闭前面板显示器, 同时使用远程命令和虚拟前面板继续操作。

使用 SCPI 命令关闭前面板显示器:

发送命令:

```
DISPlay:LIGHt:STATe OFF
```

使用 TSP 命令关闭前面板显示器:

发送命令：

```
display.lightstate = display.STATE_LCD_OFF
```

升级固件

要升级 2470 型固件，需要将升级文件加载到仪器中。您可以使用远程接口或仪器前面板，从前面板 USB 端口加载文件。如果使用 Test Script Builder (TSB)，则可以使用保存在运行 TSB 的计算机上的文件从 TSB 升级固件。

在升级过程中，仪器会验证您加载的版本是否比仪器上的版本新。如果版本较旧或是同一修订版本，则不会进行任何更改。

如果要返回到以前的版本或重新加载当前版本的固件，请选择 **Downgrade to Older**（降级到旧版本）。这将强制仪器加载固件，而不管版本如何。

升级过程通常需要大约五分钟。

升级文件可从 tek.com/keithley 获取。

CAUTION

在升级或降级之前，请断开输入和输出端子。

在升级或降级过程中，请勿断开仪器电源或取出 U 盘。等待仪器完成程序并显示打开显示屏。如果正在升级无前面板 (NFP) 的仪器，则前面板上的 LAN 和 1588 LED 指示灯会在升级过程中同步闪烁，并在升级完成后停止闪烁。

开始升级前，请勿初始化或重置 TSP-Link。

升级前，请关闭仪器电源，等待几秒钟，然后再打开仪器电源。

前面板固件升级

CAUTION

在升级过程完成之前，请勿关闭电源或移除 U 盘。

NOTE

固件文件必须位于 U 盘的根子目录中，并且必须是该位置中的唯一固件文件。您可以从前面板或虚拟前面板中升级或降级固件。

从前面板或虚拟前面板:

1. 将固件文件 (.upg 文件) 复制到 U 盘。
2. 确认固件文件位于 U 盘的根子目录中，并且是该位置中的唯一固件文件。
3. 断开已连接到仪器的任何输入和输出端子。
4. 关闭仪器的电源。等待几秒钟。
5. 打开仪器的电源。
6. 将 U 盘插入仪器前面板上的 USB 端口。
7. 在仪器前面板中按下 **MENU** (菜单) 键。
8. 在 System (系统) 下，选择 **Info/Manage** (信息/管理)。
9. 选择一个升级选项：
 - 要升级到更新版本的固件，请选择 **Upgrade to New** (升级到新版本)。
 - 要恢复为以前版本的固件，请选择 **Downgrade to Older** (降级到旧版本)。
10. 如果仪器是以远程方式控制的，则会显示一条消息。选择 **Yes** (是) 继续。
11. 升级过程完成后，重新启动仪器。

升级过程中会显示一条消息。

本节内容：

关于本节.....	6-1
可以哪里找到更新的驱动程序?	6-1
如何升级固件?	6-2
为什么 2470 型无法读取我的 U 盘?	6-2
如何更改命令集?	6-2
为什么收到 5074 事件代码?	6-3
如何保存仪器的当前状态?	6-4
为什么我的设置发生变更?	6-5
有哪些 Quick Setup (快速设置) 选项?	6-5

关于本节

本节旨在帮助您找到最常见 2470 型问题的答案。有关其他常见问题，请参阅 《2470 型参考手册》中的“常见问题 (FAQ)”。

可以哪里找到更新的驱动程序?

有关最新驱动程序和更多支持信息，请访问 tek.com/support。

要查看适用于您仪器的驱动程序：

1. 前往 tek.com/support。
2. 选择 Product Support & Downloads (产品支和下载)。
3. 输入仪器的型号。

4. 从筛选列表中选择 **Software**（软件）。
5. 从筛选列表中选择 **Driver**（驱动程序）。

NOTE

如果您使用的是本地 LabVIEW™ 或 IVI 驱动程序，则必须将 2470 型配置为使用 SCPI 命令集。有关更改命令集的信息，请参阅[如何更改命令集？](#)（第 6-2 页）。

为什么 2470 型无法读取我的 U 盘？

验证是否已将闪存驱动器格式化为 FAT32 文件系统。2470 型仅支持采用主引导记录 (MBR) 的 FAT 和 FAT32 驱动器。

在 Microsoft™ Windows™ 中，您可以通过检查 U 盘的属性来检查文件系统。

NOTE

更大容量的 U 盘需要更长的时间才能被仪器读取和加载。

如何更改命令集？

可以更改您在 2470 型中使用的命令集。可用的远程命令集包括：

- **SCPI**：一种基于 SCPI 标准构建的仪器专用语言。
- **TSP**：一种脚本编程语言，其中包含可以从独立仪器执行的仪器专用控制命令。您可以使用 TSP 发送单个命令或将多个命令组合到脚本中。

如果更改命令集，请重新启动仪器。

不能组合使用这些命令集。

NOTE

在 Keithley 公司提供的出厂产品中，已将 2470 型设置为可使用 SCPI 命令集。

要从前面板中设置命令集：

1. 按 **MENU**（菜单）键。
2. 在 System（系统）下，选择 **Settings**（设置）。
3. 选择适当的 **Command Set**（命令集）。

系统将提示您确认对命令集的更改并重新启动仪器。

要验证从远程界面选择的命令集，发送命令：

```
*LANG?
```

要从远程界面中切换到 SCPI 命令集，发送命令：

```
*LANG SCPI
```

重启仪器。

要从远程界面中切换到 TSP 命令集，发送命令：

```
*LANG TSP
```

重启仪器。

为什么收到 5074 事件代码？

仪表在后面板上提供一个互锁电路。必须启用此电路，仪器才能将源电压设置为大于 ± 42 V DC。如果您想要分配高压输出，并在互锁未起作用时打开源，则会生成事件代码 5074“Output voltage limited by interlock”（输出电压受互锁限制）。

WARNING

2470 型附带互锁电路，必须将该电路明确激活后才能启用高压输出。互锁有助于测试系统中的设备实现安全操作。不使用互锁可能导致操作人员暴露在危险电压中，并造成人员伤亡。

如果互锁信号未确定，能够采取的操作取决于互锁设置。如果互锁设置为 Off（关闭）并且未确定安全互锁信号，则会发生以下情况：

- 标称输出限制在 ± 42 V 以下。
- 前面板上的 INTERLOCK（互锁）指示灯不会点亮。
- 您可以输出小于 ± 42 V 的电压。

如果互锁设置为 On（开启）并且未确定安全互锁信号，则会发生以下情况：

- 无法打开源输出。
- 前面板上的 INTERLOCK（互锁）指示灯不会点亮。

无论何时，只要互锁改变状态（从被确定到未被确定，反之亦然），输出都会关闭。

要从此错误中恢复，请在打开 2470 型输出之前，使用安全测试夹具正确接合互锁。

如何保存仪器的当前状态？

您可以使用前面板菜单或从远程接口中将仪器中的设置保存为脚本。在保存后，您可以调出脚本或将其复制到 U 盘。

从前面板：

1. 将 2470 型配置为您要保存的设置。
2. 按 **MENU**（菜单）键。
3. 在 Scripts（脚本）下，选择 **Save Setup**（保存设置）。
4. 选择 **Create**（创建）。将显示一个键盘。
5. 使用键盘输入脚本的名称。
6. 在显示的键盘上选择 **OK**（确定）按钮。脚本将添加到内部存储器中。

使用 SCPI 命令：

1. 将仪器配置为您要保存的设置。
2. 发送命令：
*SAV <n>
其中 <n> 是 0 至 4 的整数。

NOTE

在前面板脚本菜单中，使用 *SAV 命令保存的设置名为 Setup0x，其中 x 是您为 <n> 设置的值。

使用 TSP 命令：

1. 将仪器配置为您要保存的设置。
2. 发送命令：

```
createconfigscript("setupName")
```

其中 *setupName* 是创建的设置脚本的名称。

为什么我的设置发生更改？

2470 型中的许多命令会与设置它们时激活的源或测量功能一起保存。例如，假设您将测量功能设置为电流，并设置一个显示位数值。当您测量功能更改为电压时，显示位数值将更改为上次为电压测量功能设置的值。当您恢复为电流测量功能时，显示位数值将返回到您先前设置的值。

有哪些 Quick Setup（快速设置）选项？

QUICKSET（快速设置）键打开一个屏幕，在该屏幕上可以访问功能选择、性能调整和快速设置。

Quickset（快速设置）菜单上的 **Function**（功能）按钮允许您选择源或测量功能。这些选项与使用前面板 **FUNCTION**（功能）键时可用的选项相同。

性能滑块允许您调整速度和分辨率。当提高速度时，分辨率会降低。当提高分辨率时，读数速度会下降。这些设置将在下次打开输出并进行测量时生效。

Quick Setups（快速设置）允许您设置仪器作为电压表、电流表、欧姆表或电源。

CAUTION

选择 **Quick Setup**（快速设置）时，仪器将打开输出。在将 2470 型连接到可能输出能量的器件（例如其他电压源、电池、电容或太阳能电池）之前，仔细考虑和配置合适的输出关断状态、源和限值。在连接到器件之前，配置针对仪器建议的设置。不考虑输出关闭状态、源和限值可能会导致仪器或被测器件 (DUT) 损坏。

本节内容：

其他 2470 型信息 7-1

其他 2470 型信息

本手册帮助您开始在您的应用中使用新 2470 型大电流 SourceMeter 仪器。有关 2470 型所有功能的详细信息，请参阅《2470 型参考手册》（零件号 2470-901-01）。

有关该仪器的支持服务和更多信息，请访问 tek.com/keithley。在此网站上，您可以访问：

- 知识中心，其中包含以下手册：
 - *低电平测量手册：精确直流电流、电压和电阻测量*
 - *切换手册：关于在自动测试系统中进行信号切换的指南*
- 应用说明
- 更新的驱动程序
- 相关产品的信息

您当地的现场应用工程师可以帮助您进行产品选择、配置和使用。在网站中查看联系信息。

技术规格如有变更，恕不另行通告。

所有 Keithley 商标和商品名称均归 Keithley Instruments 所有。

所有其他商标和商品名称均归其各自公司所有。

Keithley Instruments • 28775 Aurora Road • Cleveland, Ohio 44139 • 1-800-833-9200 • tek.com/keithley

