

2400 系列源表

快速使用指南

2400SC-903-01 Rev.D

KEITHLEY

更 自 信 的 测 试

2400 系列数字源表

快速使用指南



更自信 的 测试

安全预防措施

在使用本产品或任何相关仪器之前，请遵守下列安全预防措施。尽管一些仪器和附件通常可以在安全的电压下使用，但是在某些情况下可能出现危险。

我们建议由有资格的工作人员使用本产品，这些工作人员应该了解电击危险并熟悉安全预防措施，以避免可能发生的受伤事故。在使用产品之前，请仔细阅读并遵守所有的安装、操作和维护要求。关于完整的产品规格，请参见手册。

如果未以规定的方式使用产品，产品提供的保护也将被削弱。

产品用户种类如下：

责任机构是负责设备的使用和维护的个人或团体，以确保设备的操作符合规格和操作极限，以及操作人员都接受充分的培训。

操作员使用产品以发挥其应有的功能。他们必须接受关于电气安全预防措施和该仪器正确使用的培训。他们必须采取保护措施，避免电击和接触危险的带电电路。

维护人员对产品进行常规的维护操作，使其正常运转，如设定供电电压或替换耗材。维护程序在手册中有详细的讲解。如果操作员无法操作，应仅由维修人员进行操作。

维修人员都接受过在带电电路上进行工作并进行产品安全安装和维修培训。只有接受过适当培训的服务人员才可以进行安装和维修操作。

Keithley 产品使用的是根据国际电工技术委员会（IEC）标准 IEC60664 评定的安装类别一和安装类别二的电信号。大多数的测量、控制、和数据 I/O 信号属于安装类别一，且不可直接连接到电网电压或有高瞬间过电压的电压源。安装类别二连接需要采取保护措施，以避免通常由地方交流电网引起的高瞬间过电压。如果手册中没有明确的标明，所有的测量、控制和数据 I/O 连接都属于类别一的连接。

存在电击危险时请格外小心。电缆接头处和测试夹具上可能存在致命的电压。美国国家标准学会（ANSI）规定电击危险存在的条件是电压超过 30V RMS，峰值超过 42.4V，或直流超过 60V。好的安全防护做法应该是：在测量前，认为每一个未知的电路中都存在危险电压。

本产品的操作员必须随时采取保护措施防止电击。责任机构必须确保操作员受到保护，不接触任何连接点。在一些情况下，连接处必须裸露，因此可能被触碰。在这些情况下，产品操作员必须接受培训，以保护自己免受电击。如果电路可能在 1000V 或以上运行，则电路的任何导电部分均不得裸露。

请不要将开关卡直接连接到无限制的供电电路。它们是用于阻抗有限电源的。务必不要将开关卡直接连接到交流干线。当将电源和开关卡连接的时候，请安装保护装置，以限制卡上的故障电流和电压。

在操作仪器之前，请确保电源线已连接到接地的供电插座。每一次使用前，请检查连接电缆、测试引线、以及跨接线，以预防可能的磨损或毁坏。

当安装设备时，如果主电源线的使用受到限制，如机架式安装，则必须提供单独的主输入电源断路装置。该装置要置于距离设备较近的地方，且操作员可以轻松地接触到。

为了最大限度地保证安全，在待测电路通电的时候，请不要触碰产品、测试电缆、或其它任何仪器。务必先将电源从整个测试系统断开并对所有电容器进行放电，然后才可以连接或拔掉电缆或跨接线、安装或拔掉开关卡、或进行内部改造，如安装或拔掉跨接线。

请不要触碰任何可能为待测试电路提供电流接地线路的物体。测试的时候，请务必保持手部干燥，并选择干燥、绝缘、可以承受测试电压的平面站立。

仪器和附件的使用符合其规格及操作说明，否则设备的安全将受到损害。

请不要超过仪器和附件的最大信号电平，这些数据在规格和操作说明中已有规定，且在仪器或测试夹具或开关卡上也有标示。

产品中的保险丝，如需更换请用同样型号和级别的产品替代，以继续保护设备免受火灾之险。

机壳连接只用于作为测试电路的保护连接，而不能作为安全接地连接。

如果您使用测试夹具，当待测试装置通电的时候请保持盖子紧闭。安全操作方法要求使用联锁装置。

如果在螺钉旁边有⊕符号，请使用用户手册中推荐的电线，将其连接到安全的地线。

仪器上的⚠符号表示用户应该参考本手册上的操作说明。

仪器上的⚡符号说明该仪器可以提供或测量 1000V 或以上的电压，包括串模和共模电压的共同作用。请采取标准的安全预防措施，以避免触碰这些电压。

本手册中警告标题下的内容解释了有可能造成人身伤害或死亡的危险。在进行相关的操作前，请务必仔细阅读相关的信息。

本手册中注意标题下的内容解释了有可能对仪器造成破坏的危险。这些破坏可能导致保修无效。

仪器和附件都不得连接到人身上。

在进行维护之前，请拆除电源线和所有的测试电缆。

为了避免电击和火灾，电源电路中的替换元件，包括电源变压器、测试引线和输入插座必须从 Keithley 购买。如果型号和级别相同，得到国家安全认可的标准保险丝也可以使用。其它与安全防护无关的元件可以从其它供应商处购买，只要其产品与原元器件是等效的。（请注意选购件应从 Keithley 购买，以保证产品的准确性和功能。）如果您对于替代元件的适用性不确定，请致电 Keithley 办事处进行咨询。

如果您需要清洗仪器，请使用湿布或水基中性的清洁剂。只可清洗仪器的外壳。请勿将清洁剂直接用于仪器，或使液体注入或溅入仪器。对于由电路板组成而无盒子或机箱的产品（如安装在电脑中的数据采集板），只要按照说明使用则无须清洗。如果电路板被污染且操作受到影响，请将电路板送回工厂进行适当的清洗 / 服务。

目 录

简介	1
源 - 测量能力	2
前后面板	3
引导菜单和输入数据	4
引导菜单	4
数字数据的输入(EDIT 键)	4
编辑源和钳位值	4
编辑键	4
编辑步骤	5
切换源和测量显示区域	5
基本连接	5
前后输入端选择	5
2 线连接	6
4 线连接	6
电缆防护	7
欧姆防护	7
远程命令编程	8
基本源表操作	9
源 - 测量	9
仅测量 (V 或 I)	10
测量电阻	11
远程命令编程	13
设定到最佳性能	17
量程	17
速度	17
数字	17
滤波	17
相对 (零点偏置)	18
远程命令编程	19
增强 DUT 测试的特性	20
数据存储	20
扫描操作	22
执行扫描	26
极限测试	30
数学功能	33
脉冲模式 (只限 2430 型)	36

图 示 目 录

图 1	前面板	3
图 2	后面板	3
图 3	2 线连接	6
图 4	4 线连接	6
图 5	电缆防护连接	7
图 6	带防护的电阻测量	8
图 7	线性阶梯扫描	22
图 8	对数阶梯扫描（举例）	23
图 9	自定义脉冲扫描（举例）	23
图 10	脉冲测量定时	36

表 格 目 录

表 1	SCPI 命令；端口，感应和电缆防护	8
表 2	源－测量步骤	9
表 3	只测量（V 或 I）步骤	10
表 4	自动电阻测量步骤	11
表 5	手动电阻测量步骤	12
表 6	SCPI 命令；源－测量和只测量	13
表 7	SCPI 命令；测量电阻	14
表 8	源－测量举例的命令顺序	14
表 9	只测量电流举例的命令顺序	15
表 10	自动电阻测量举例的命令顺序	15
表 11	手动电阻测量举例的命令顺序	16
表 12	SCPI 命令；速度，位数，滤波和相对	19
表 13	SCPI 命令；数据存储	20
表 14	数据存储举例的命令顺序	21
表 15	SCPI 命令；扫描	27
表 16	扫描举例的命令顺序	28
表 17	SCPI 命令；基本的 限制测试	31
表 18	限制 2 测试举例的命令顺序	32
表 19	SCPI 命令；内置数学功能	35
表 20	功率测量举例的命令顺序	35
表 21	SCPI 命令；选择和设置脉冲模式	39
表 22	脉冲模式举例的命令顺序	39
附表	数字源表仪器规格	40

保修

美国吉时利 (Keithley) 仪器公司保证本产品自装运日期起 1 年无材料或工艺缺陷。

吉时利仪器公司对下列物品的保修为自装运日期起的 90 天: 探头、电缆、可充电电池、磁盘、及文档资料。

在保修期内, 我方可以选择对证明有缺陷的产品进行修理或更换。

如果需要保修, 请就近联系 Keithley 代表处 (中国免费电话 800-810-1334), 或 Keithley 在俄亥俄州克里夫兰市的总部。您将得到及时帮助以及返回产品的指导。务必将待修仪器直接发送到我公司北京办事处, 我们不受理去货运站、港口、机场等地的收货业务。维修后我们会将修好的产品寄回并由我方负担返回的单程运费。维修过或更换过的产品, 保修期为原保修期的剩余部分, 或至少 90 天。

保修的限制

本保修条款不适用于由以下原因导致的损坏: 未经 Keithley 明确书面许可而改动产品, 对产品或部件使用不当。同样, 本保修条款不适用于保险丝、软件、不可充电电池、电池泄露造成的损失、由于正常磨损或未按照使用说明正确使用造成的问题。

本保修条款将替代任何明确或默认的保修规定, 包括任何针对特定用途的适销性或适用性的默认约定保证。这里提到的补偿是买方唯一享有补偿。

对于在使用仪器和软件的过程中出现的任何直接、间接、特殊、偶然或因果的损失, 吉时利仪器公司或其雇员不承担任何责任, 即使吉时利仪器公司事先已经获知产生该损失的可能性。这损失包括但不限于: 拆除或安装的成本、由于人员受伤造成的损失, 或财产的损失。

KEITHLEY Keithley Instruments, Inc.

总部地址: 28775 Aurora Road . Cleveland, Ohio 44139 . 电话: 440-248-0400 . 传真: 440-248-6168
1-888-KEITHLEY (534-8453). www.keithley.com

美国吉时利仪器公司 中国区免费服务电话: 800-810-1334

北京办事处

地址: 北京海淀区北太平庄路 18 号
城建大厦 A1301
邮编: 100088
电话: 8610-55010010, 82255010
传真: 8610-82255018
E-mail: china@keithley.com

上海代表处

地址: 上海市延安中路 841 号
东方海外大厦 1206 室
邮编: 200040
电话: 86-21-6289 8246/4910
传真: 86-21-6289 9335
E-mail: shanghai@keithley.com

深圳代表处

地址: 深圳市深南中路 2 号
新闻大厦 11 楼 14 室
邮编: 518027
电话: 86-755-8209 0093/0095
传真: 86-755-8209 0087
E-mail: shenzhen@keithley.com

比利时: Sint-Pieters-Leeuw A • 02-363 00 40 • Fax: 02-363 00 64 • www.keithley.nl	日本: Tokyo • 81-3-5733-7555 • Fax: 81-3-5733-7556 • www.keithley.jp
芬兰: Helsinki • 09-5306-6560 • Fax: 09-5306-6565 • www.keithley.com	韩国: Seoul • 82-2-574-7778 • Fax: 82-2-574-7838 • www.keithley.com
法国: Saint-Aubin • 01-64 53 20 20 • Fax: 01-60 11 77 26 • www.keithley.fr	荷兰: Gorinchem • 0183-635333 • Fax: 0183-630821 • www.keithley.nl
德国: Germering • 089/84 93 07-40 • Fax: 089/84 93 07-34 • www.keithley.de	新加坡: Singapore • 65-6747-9077 • Fax: 65-6747-2991 • www.keithley.com
英国: Theale • 0118 929 7500 • Fax: 0118 929 7519 • www.keithley.co.uk	瑞典: Solna • 08-509 04 600 • Fax: 08-655 26 10 • www.keithley.com
意大利: Milano • 02-48 39 16 01 • Fax: 02- 48 39 16 28 • www.keithley.it	台湾: Hsinchu • 886-3-572-9077 • Fax: 886-3-572-9031 • www.keithley.com.tw

以上联系方式若有变化, 敬请以座机拨打 800-810-1334 全国免费电话, 或发电子邮件 china@keithley.com 联系我们。

2400 系列数字源表

快速使用指南

© 2004, 美国吉时利 (Keithley) 仪器公司
版权所有

文档编号: 2400SC-903-01 Rev.D

印刷历史

本入门手册(中文版)是根据英文版的 Getting Started Manual 翻译而成。英文文档的编号为：2400S-903-01 Rev. A，对应的中文版编号为：2400SC-903-01 Rev.D。

下面列出了印刷的全部版本和附录的日期。修订本的更新按字母顺序排列的。当新发布一个版本时，附录中的重要信息如有改变，建议使用者立刻加入到手册中去。新的修订本都会包括一个，像本页一样修订本的副本。

英文修订本 A (2400S-903-01 Rev. A)	2000 年 7 月
中文版文档编号 (2400SC-903-01 Rev.D)	2004 年 11 月

全部 Keithley 产品都是有商标或者 Keithley 公司已经为之注册过了商标。
其它商标名称属于他们各自的拥有者。

简介

本指南设计用于让使用者熟悉 Keithley2400 系列源表的基本操作（前后面板和程控）。为理解数字源表操作的全部信息，请参考 2400 系列的用户手册。

本指南的操作信息分为 4 部分；（1）基本源－测量操作，（2）设定到最佳性能，（3）增强 DUT 测试的功能和（4）更多测试技术。

本文可以使初学者容易地从基本的简单操作进步到更复杂的编程。

远程命令和编程－对于许多本指南包括的源表的操作模式，相关远程控制的 SCPI 命令也归纳在表中。绝大多数命令都有询问形式。例如，：OUTPut ON 将输出打开，而 OUTPut? 要求显示输出的状态。

注意源表在发出一个询问命令后地址必须为讲。

对于命令顺序很重要的操作，提供了编程示例。恰当的编程语句要取决于测试程序语言。

源－测量能力

2400 型：

- * 源电压从 5 μ V 到 210V；测量电压从 1 μ V 到 211V。
- * 源电流从 50pA 到 1.05A；测量电流从 10pA 到 1.055A。
- * 测量电阻从 100 $\mu\Omega$ ($<100\mu\Omega$ 在手动电阻测量) 到 211M Ω 。
- * 最大输出功率是 22W。

2410 型：

- * 源电压从 5 μ V 到 1100V；测量电压从 1 μ V 到 1100V。
- * 源电流从 50pA 到 1.05A；测量电流从 10pA 到 1.055A。
- * 测量电阻从 100 $\mu\Omega$ ($<100\mu\Omega$ 在手动电阻测量) 到 211M Ω 。
- * 最大输出功率是 22W。

测量电阻

测量方法

有两种方法测量电阻；自动欧姆和手动欧姆。自动欧姆时，源表操作象一个传统的恒流源欧姆表。你只需简单地选择电阻测量量程（或自动量程）并且从显示器读数。

手动欧姆时，源表采用 V/I 测量方法。当设置完源（电压或电流）并选择电压或电流测量量程，欧姆测量功能会显示计算的 V/I 欧姆读数。

用下面的菜单顺序选择自动或手动电阻测量方法：

按 CONFIG >按 MEAS Ω >选择 SOURCE >选择 AUTO 或 MANUAL

欧姆源回读

当源回读激活时，源表测量电压和电流并用这些值进行电阻计算。这一功能为前面板操作提供最佳精度，因为测量的源值比编程输出的源值有更高的精度。对于远程操作，用户制定这功能进行测量。

下列菜单顺序开、关源的回读：

按 CONFIG >按 MEAS Ω >选择 SRC RDBK >选择 ENABLE 或 DISABLE

电阻测量步骤

自动欧姆和手动欧姆测量的步骤在表4和表5给出。假设DUT已经与源表连接好（见基本连接）。注意电阻精度指标是基于4线感应的。

表 4 自动欧姆测量步骤

步骤	详细
1.选择欧姆测量功能。	按 MEAS Ω .
2.选择自动欧姆测量方法。	按CONFIG >按MEAS Ω >选择SOURCE >选择AUTO
3.选择测量量程。	使用 RANGE ▲和▼手动选量程。或按 AUTO RANGE (AUTO 亮) 激活自动量程。
4.打开输出从面板读数。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色 OUTPUT 灯亮。
5.结束时关闭输出。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色 OUTPUT 灯灭。

表 5 手动欧姆测量步骤

步骤	详细
1.选择欧姆测量功能。	按 MEAS Ω .
2.选择手动欧姆测量方法。	按 CONFIG >按 MEAS Ω >选择 SOURCE >选择 MANUAL
3.选择源，源的大小和钳位限制。见表 2 的 1, 2 和 3 步。	
4.选择测量量程（见注 1 和 2）	使用 RANGE ▲和▼键手动选量程。或按 AUTO RANGE（AUTO 亮）激活自动量程。
5.打开输出从面板读数。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色 OUTPUT 灯亮。
6.结束时关闭输出。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色 OUTPUT 灯灭。

注意：

1. 如果输出电流，要选择电压测量量程。如果输出电压，要选择电流测量量程。
2. 钳位范围决定可选择的最大测量量程。

偏置补偿电阻

热电动势EMFs能影响低电阻测量。一个偏置补偿测量消除了不需要的2点测量过程的偏置：

$$\text{偏置补偿 } \Omega = \Delta V / \Delta I$$

$$\text{这里： } \Delta V = V2 - V1$$

$$\Delta I = I2 - I1$$

V1 和 I1 是源在指定大小时测量的电压和电流。

V2 和 I2 是源设置为零时测量的电压和电流。

1. 选择 Ω 功能，并选择自动或手动欧姆测量方法。
2. 用如下菜单顺序激活偏置补偿：
按 CONFIG >按 MEAS Ω >选择 OFFSET COMPENSATION >选择 ENABLE
3. 如果用自动欧姆，进下一步。对手动欧姆，设置需要的源（电压或电流）以输出适合大小的源。设定钳位并选择测量量程（或自动量程）。
4. 打开输出并在面板上观察偏置补偿的电阻读数。注意源的值在设定输出值和零之间变换。
5. 当完成时，关闭输出并关闭偏置补偿。

注意 手动偏置补偿欧姆功能也可以作为一个数学功能（FCTN）实现。此数学功能允许你定义两个源输出大小（见“数学功能”于“增强 DUT 测量的特性”）。

电路内欧姆测量

电阻防护可以使你做精确的电阻网络电路内的电阻测量。这些测量包含在高级操作中。

远程命令编程

数据串

命令: READ? 是典型的用于触发一源－测量动作并请求一数据串。当源表被选址为讲时数据串就发送到计算机。

数据串通常由被逗号分开的五个单元组成。第一个单元是电压读数，第二个单元是电流读数，第三个是电阻读数。对电压和电流，读数可以根据仪表的设置是输出或测量值。举例来说，如果输出电压测量电流，电压单元是源的读数而电流单元是测量读数。NAN（非数字）值是 + 9.91e37 用于禁止功能。

第四数据单元是时间标记而第五单元是状态字。见 2400 系列源表用户手册第 18 部分，格式化子系统，获取数据格式的各方面详情。

注意 五单元数据串是 GPIB 默认的条件。

SCPI 命令

对于源－测量和只测量的 SCPI 命令在表 6 中提供，对测量电阻的命令在表 7 中提供。

表 6 SCPI 命令；源－测量和只测量 1

命令 ²	描述
:SOURce:FUNCtion <name>	选择源功能；<name>= VOLTage 或 CURRent.
:SOURce:xxx:MODE FIXed	选择固定电压或电流源模式.
:SOURce:xxx:RANGe <n>	选择电压或电流源量程；<n>= 量程.
:SOURce:xxx:LEVel <n>	选择源的幅度；<n>= 幅度以伏或安培表示
[:SENSe]:FUNCtion <name>	选择测量功能；<name>= “VOLTage” 或 “CURRent”.
[:SENSe]:xxx:PROTection <n>	设定电压或电流钳位；<n>= 钳位.
[:SENSe]:xxx:RANGe <n>	选择电压或电流量程；<n>= 量程.
[:SENSe]:xxx:RANGe:AUTO 	激活或关闭自动量程；= ON 或 OFF.
:OUTPut 	打开或关闭输出；= ON 或 OFF.
:READ?	触发并要求一数据串.

1. 对于只测量，遵循以下原则（表 9 提供一个只测量电流的例子）：
 - a. 对于只测电压，必须输出电流。对只测电流，必须输出电压。
 - b. 源输出必须 0V 或 0A。
 - c. 当只测量电压时，不能使用自动量程。
 - d. 当只测电压，电压钳位必须被设定高于被测电压。
2. : xxx = :VOLTage 或 :CURRent.

表 7 SCPI 命令；测量电阻

命令	描述
[[:SENSe]:]FUNction "RESistance"	选择电阻功能.
[SENSe]:RESistance:MODE <name>	选择电阻模式; <name> = AUTO 或 MANual*.
[SENSe]:RESistance:OCOMPensated	激活 / 关闭偏置补偿.
[SENSe]:RESistance:RANGe <n>	选择自动电阻量程; <n> = 量程.
[SENSe]:RESistance:RANGe:AUTO 	激活或关闭自动电阻的自动量程; = ON 或 OFF.
:OUTPut 	打开或关闭输出; = ON 或 OFF.
:READ?	触发并要求一数据串.

* 对手动电阻, 必须设置源表为源 - 测量。表 11 对使用手动电阻模式测量电阻给出编程举例。

编程举例

源 - 测量举例 - 表 8 示出一个典型命令顺序以输出 10V 并在 10mA 量程测电流。
只测量举例 - 表 9 示出一个典型的只测量电流的命令顺序。

表 8 源 - 测量举例的命令顺序

命令 *	说明
*RST	还原 GPIB 默认 (单次源 - 测量模式).
:SOUR:FUNC VOLT	选择电压源功能.
:SOUR:VOLT:MODE FIX	选择固定电压源模式.
:SOUR:VOLT:RANG 20	选择 20V 源量程.
:SOUR:VOLT:LEV 10	选择源输出大小为 10V.
:SENS:FUNC "CURR"	选择电流测量功能.
:SENS:CURR:PROT 10e-3	选择钳位限制为 10mA.
:SENS:CURR:RANG 10e-3	选择 10mA 测量量程.
:OUTP ON	打开输出.
:READ?	触发并要求一数据串.

* 源表在发送: READ? 来触发并要求数据后必须被定址为讲。

表 9 对只测量电流举例的命令顺序

命令	说明
*RST	还原 GPIB 的默认（单次测量模式）。
:SOUR:FUNC VOLT	选择电压源功能。
:SOUR:VOLT:MODE FIX	选择固定电压源模式。
:SOUR:VOLT:RANG 0.2	选择 200mV 源量程。
:SOUR:VOLT:LEV 0	选择源输出大小为 0.000mV。
:SENS:FUNC “CURR”	选择电流测量功能。
:SENS:CURRE:PROT 10e-3	选择钳位限制为 100mA。
:SENS:CURRE:RANG 10e-3	选择 10mA 测量量程。
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发并要求一数据串。

* 源表在发送：READ? 来触发并要求数据后必须被定址为讲。

自动欧姆举例—表 10 示出一典型使用自动欧姆来测量电阻的命令顺序。注意对这个例子用 4 线感应。有关感应详见基本连接。

手动欧姆举例—表 11 示出一典型使用手动欧姆来测量电阻的命令顺序。此例对电流测量使用自动量程。如果你使用手动量程，你应当选择尽可能低的电流量程来测量。例如，要测量 1M Ω 电阻源设定为 2V，要达到最好精度应选择 1 μ A 量程（ $2V/1 \mu A = 2M \Omega$ ）。注意此例用于 2 线感应。有关感应详见基本连接。

表 10 自动欧姆举例的命令顺序

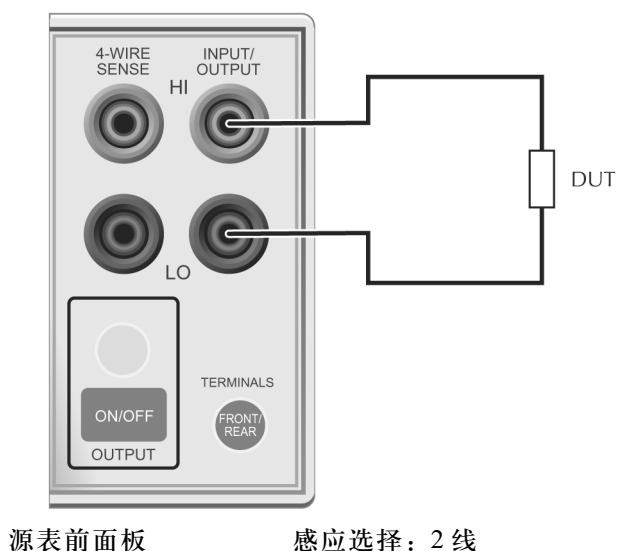
命令	说明
*RST	还原 GPIB 默认值（单次测量模式）。
:SENS:FUNC “RES”	选择电阻测量功能。
:SENS:RES:RANG 200	选择 200 Ω 量程。
:SENS:RES:MODE AUTO	选择自动欧姆测量模式。
:SYST:RSEN ON	选择 4 线感应模式。
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发并要求一数据串。

* 当发出：READ? 触发并要求数据后，源表必须定址为讲。

2 线连接

2 线直接感应如图 3 所示。如下的菜单顺序选择 2 线直接感应：
按 CONFIG > 选 SOURCE V (或 MEAS Ω)>选 SENSE MODE >选 2-WIRE.

图 3 2 线连接



4 线连接

4 线远端感应连接如图 4 所示。使用 4 线远端感应要求如下源－测量条件：

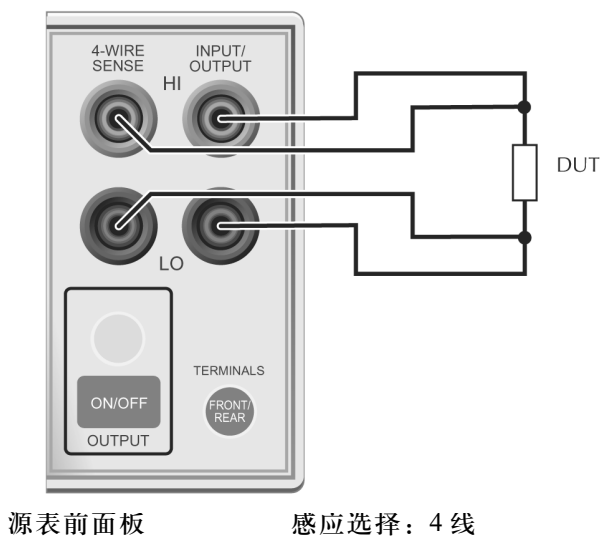
- * 测试电路阻抗 < 1k Ω 。
- * 最佳欧姆，电压源，和 / 或需要电压测量精度的需要。

当选择 4 线感应时，4W 指示灯亮。如下菜单顺序选择 4 线远端感应：

按 CONFIG >选择SOURCE V (或 MEAS Ω)>选择SENSE MODE >选择4 - WIRE

注意 源和测量的标称精度都是仅在使用 4 线远端感应时得到的。

图 4 4 线连接



电缆防护

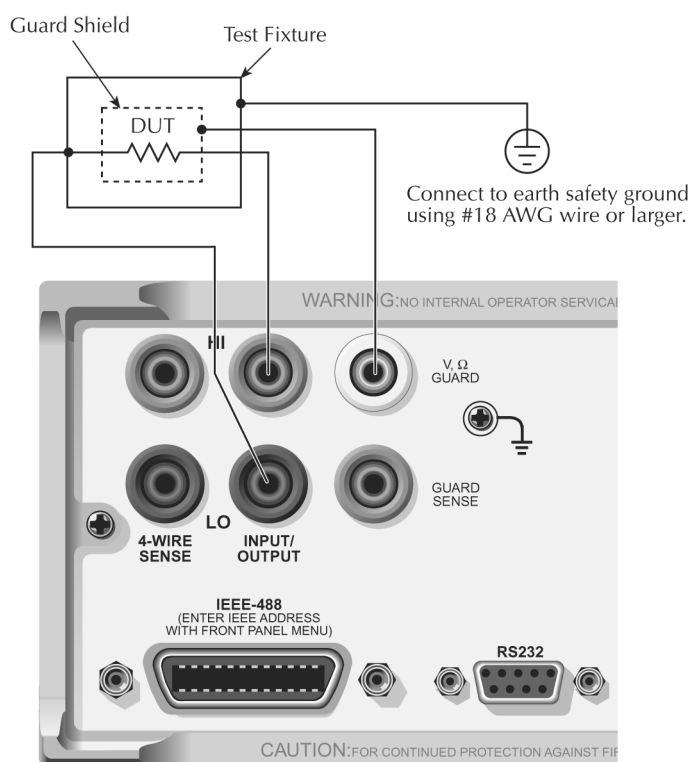
当测试高阻 DUT ($>1\text{G}\Omega$) 时, 使用电缆防护使得电缆的屏蔽和测试夹具的漏电流和输入电容最小。典型的使用电缆防护的连接方案如图 5 所示。如下的菜单顺序选择电缆防护:

按 CONFIG> 按 SOURCE V(或 SOURCE I 或 MEAS Ω)> 选择 GUARD> 选择 CABLE。

源表的防护端是与输入 / 输出端的 HI 端实际电位相等的。因此, 如果在输入 / 输出的 HI 端有危险电压, 在测试电路的防护屏蔽端也有。

警告为防止电击伤, 防护屏蔽必须封闭在一个安全屏蔽 (如测试夹具) 内以连接到安全的大地 (如图 5 所示)。

图 5 电缆防护连接



欧姆防护

欧姆防护可以在被测器件中存在泄漏的寄生器件时实现电路内的电阻测量。Delta DUT 设置的连接方案如图 6 所示。

注意 欧姆防护不能用在太电流 ($>100\text{mA}$) 量程。如果已经在太电流量程就不能选择欧姆防护。相反地, 如果选用欧姆防护, 就不能选择太电流量程。

如下菜单顺序选择欧姆防护:

按 CONFIG> 按 MEAS Ω (或 SOURCE V 或 SOURCE I)> 选 GUARD> 选 OHMS

欧姆防护的基本连接如图 6A 所示。由于 V, Ω Guard 和 In/Out HI 端实际在同电位

下，电阻R两端的压降为0V，因此经过R的电流为0A。实际上所有的从In/Out HI出来的电流都流过DUT而使测量准确。

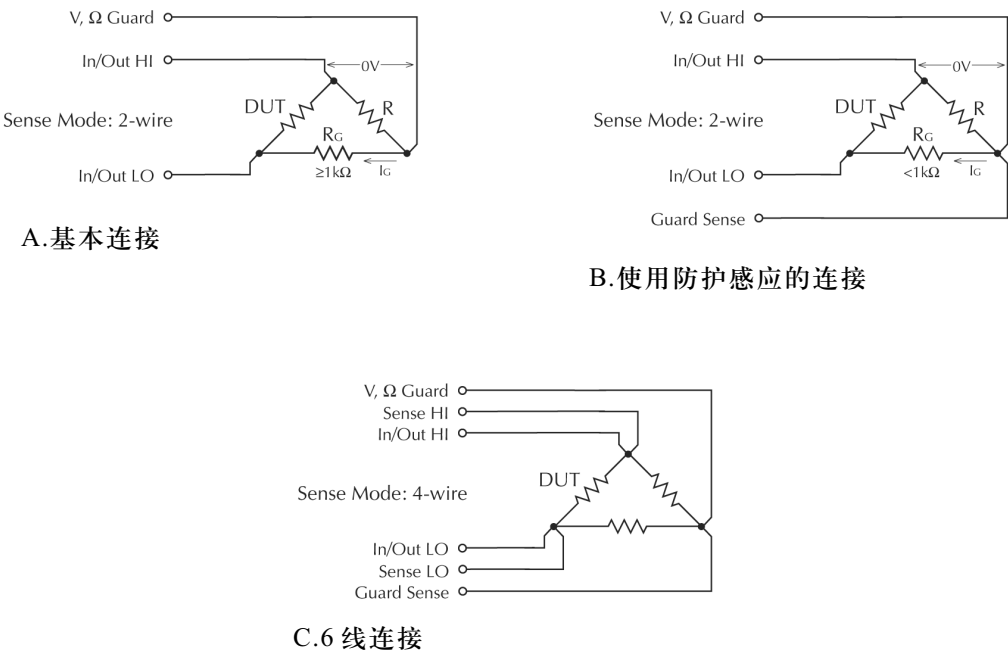
如果防护电阻通路（RG）是<1k Ω，在V，Ω Guard测试线的压降IR就足够高使得经过R出现一个明显电压降。通过R上合并的泄漏电流就会使DUT上的测量严重错误。

防护的感应是用于消除图6B所示的在V，Ω Guard测试线上IR压降的效应。防护感应调节防护电压以保证同样的电位在R的两端。

对DUT<1k Ω，应该用如图6C所示的4线感应。

注意 防护电流（I）必须不能超过50mA。如果超过，防护电压会变得小于输出电压并使测量不准确。

图6 防护欧姆测量



远程命令编程

表1列出的SCPI命令选择端口，感应和电缆防护。

表1 SCPI命令；端口，感应，和电缆防护

命令	描述
:ROUTE:TERMinals<name>	选择端口；<name>= FRONt或 REAR.
:SYSTem:RSENse	选择感应模式；=ON(4线)或OFF(2线).
:SYSTem:GUARd<name>	选择防护模式；<name>=CABLE或 OHMS.

基本源表操作

基本源表操作包括源－测量，只测量（V 或 I）和测量电阻。

源－测量

对源表可以有四种源－测量组合：

输出电压，测量电流

输出电流，测量电压

输出电压，测量电压

输出电流，测量电流

源－测量的基本步骤在表 2 中给出。这里假定 DUT 已经象基本连接中解释的那样与源表连接好。

表 2 源－测量步骤

步骤	详细
1.选择源功能。	按 SOURCE V 或 SOURCE I。
2.选择源的大小。	使用 DISPLAY EDIT 键将光标放在源区域 (V_{src} 或 I_{src})，使用 RANGE ▲ 和 ▼ 键选量程，使用编辑键输入源的值，然后按 ENTER。
3.选择钳位限制。	使用 DISPLAY EDIT 键将光标放在钳位区域，用 RANGE ▲ 和 ▼ 键选择量程，使用编辑键输入限制值，按 ENTER。
4.选择测量功能。	按 MEAS V 或 MEAS I。
5.如果不是测量源输出，选择测量量程或自动量程 (见注 1 和 2)。	使用 RANGE ▲ 和 ▼ 键手动选择量程。或按 AUTO RANGE (AUTO 指示灯亮) 激活自动量程。
6.输出打开并从显示器读数。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色的 OUTPUT 指示灯亮。
7.结束后关闭输出。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色的 OUTPUT 指示灯灭。

注意：

1. 当测量源输出（如输出 I ，测量 I ）时，你不能改变量程或激活自动量程。测量的量程是由源的量程决定的。

2. 当不测量源输出（如输出 I ，测量 V ）时，钳位的量程决定最大可选择测量量程。

电子负载操作

当运行象一个电子负载（电压和电流极性相反）时，源表消耗功率大于它输出功率。一个外部的源可以强迫运行于电子负载区。源表可以用于充电 / 放电（源 / 负载）电池。对于在电池充电 / 放电操作的信息（以及相关警告），见第 3 部分，2400 系列源表使用手册，电子负载操作。

仅测量（V 或 I）

源表可以用来单独测量电压（电压表）或电流（电流表）。单独测量的步骤由表 3 给出。

表 3 单独测量（V 或 I）步骤

步骤	详细
1.选择源－测量功能。	要测量电压，按 SOURCE I 并 MEAS V。要测量电流，按 SOURCE V 并 MEAS I。
2.选择源的大小为零。	使用 DISPLAY EDIT 键将光标放在源区域（ V_{src} 或 I_{src} ），使用 RANGE ▼键选择最低量程，按 MENU 键显示零输出水平，然后按 ENTER。
3.选择钳位大于期望的测量值（见警告 1）。	使用 DISPLAY EDIT 键将光标放在钳位区域，用 RANGE ▲和▼键选择量程，使用编辑键输入限制值，按 ENTER。
4.选择测量量程（见注意）。	使用 RANGE ▲和▼键选择固定的测量量程。为获得最好精度，使用尽可能低的量程。
5.连接被测的电压或电流。	连接 DUT 到源表使用 2 线连接（见图 3）。
6.输出打开并从显示器读数。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色的 OUTPUT 指示灯亮。
7.结束后关闭输出。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色的 OUTPUT 指示灯灭。

注意：

当测量电流时，可以用自动量程。当测量电压时，不要 使用自动量程（见警告 2）。

警告 1：

当使用源表只做电压表时，电压钳位必须设置为高于被测电压。不这样做可能由于流过源表的电流过大而损坏仪器。

警告 2：

当只将源表做电压表时，不要使用自动量程而且永远不要选择一个低于加入信号电平的量程。否则，从外部源流出的大电流会损坏外部电源或测试电路。

2420 型：

- * 源电压从 $5\mu\text{V}$ 到 63V ；测量电压从 $1\mu\text{V}$ 到 63.3V 。
- * 源电流从 500pA 到 3.15A ；测量电流从 100pA 到 3.165A 。
- * 测量电阻从 $10\mu\Omega$ ($<10\mu\Omega$ 在手动电阻测量) 到 $21.1\text{M}\Omega$ 。
- * 最大输出功率是 66W 。

2425 型：

- * 源电压从 $5\mu\text{V}$ 到 105V ；测量电压从 $1\mu\text{V}$ 到 105.5V 。
- * 源电流从 500pA 到 3.15A ；测量电流从 100pA 到 3.165A 。
- * 测量电阻从 $10\mu\Omega$ ($<10\mu\Omega$ 在手动电阻测量) 到 $21.1\text{M}\Omega$ 。
- * 最大输出功率是 110W 。

2430 型：

- * 源直流或脉冲电压从 $5\mu\text{V}$ 到 105V ；测量电压从 $1\mu\text{V}$ 到 105.5V 。
- * 源直流电流从 500pA 到 3.15A ；测量直流电流从 100pA 到 3.165A 。
- * 源脉冲电流从 500pA 到 10.5A ；测量脉冲电流从 100pA 到 10.55A 。
- * 测量电阻从 $10\mu\Omega$ ($<10\mu\Omega$ 在手动电阻测量) 到 $21.1\text{M}\Omega$ 。
- * 最大直流输出功率是 110W 。
- * 最大脉冲输出功率是 1.1kW 。

2440 型：

- * 源电压从 $5\mu\text{V}$ 到 42V ；测量电压从 $1\mu\text{V}$ 到 42V 。
- * 源电流从 50pA 到 5.25A ；测量电流从 100pA 到 5.25A 。
- * 测量电阻从 $10\mu\Omega$ ($<10\mu\Omega$ 在手动电阻测量) 到 $21.1\text{M}\Omega$ 。
- * 最大输出功率是 55W 。

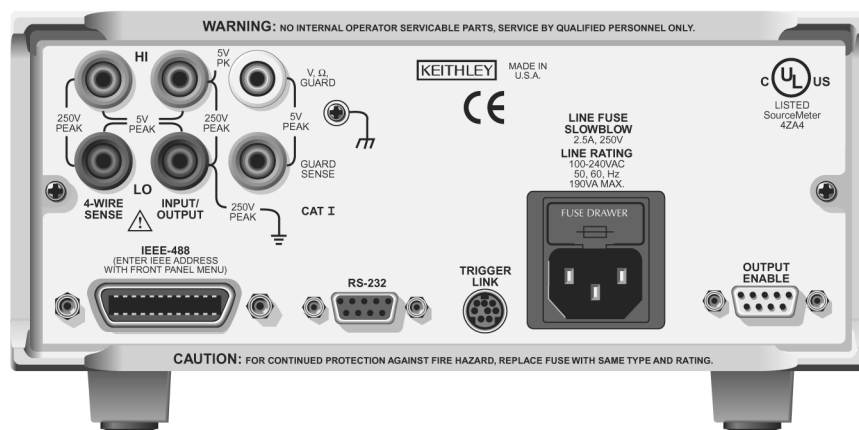
前后面板

2400 型源表的前后面板如图 1 和图 2 所示。其他型号源表的前后面板与此相似。各种仪器的控制和接头的用法会在本指南中阐述。

图 1 前面板



图 2 后面板



引导菜单和输入数字

引导菜单

源表的很多工作模式都通过前面板菜单设置。在本指南中，菜单引导通过一系列按键和菜单选项来说明。举个例子来说，下面的顺序选择自动测量电阻的源模式：

按 CONFIG > 按 MEAS Ω > 选择 SOURCE > 选 AUTO

以上顺序解释如下：

1. 按 CONFIG 键.
2. 按 MEAS Ω 键.
3. 选择 SOURCE 菜单选项.
4. 选择 AUTO 的欧姆源模式.

选择一个菜单选项是将光标放在它上并按 ENTER 键。◀和 ▶控制光标位置。

数值数据输入 (EDIT 键)

对于某些菜单选项必须输入数据值。数字输入也用于设定源和钳位值。用于数字输入的编辑键包括 EDIT ◀和▶ 键以控制光标位置，EDIT ▲和▼键来增加或减小数值，还有数字键。

当一个值键入后，按 ENTER 来选定。注意按 MENU 恢复一个显示数值到它的最小值。

编辑源和钳位值

编辑键

使用以下键来编辑源和钳位值：

- DISPLAY EDIT – 选择源或钳位显示到编辑区域。一个闪烁的光标会显示在待编辑区。如果几秒中内没有键按下，编辑模式会自动消除。
- EDIT ◀和▶ – 将光标放到要修改的显示数字处。
- SOURCE ▲和▼ – 增加或减小源或钳位值。注意按这些键中的任何键都自动进入源的编辑模式。
- RANGE ▲和▼ – 选择源或者钳位的量程。
- 数字键 (0 – 9) – 你可以直接输入源或者钳位值。
- EXIT – 退出编辑模式而不必等待暂停期。

编辑步骤

1. 按 DISPLAY EDIT 键将闪烁光标放在源或者钳位显示区准备编辑。
2. 如果需要，使用 RANGE ▲和▼键选择所需源或钳位的量程。
3. 如要简单地增加或减小显示值，使用 EDIT ◀和 ▶键将闪烁光标放在要改变的数字上，然后用 SOURCE ▲和▼键增加或减小数值。注意源或者钳位值将立即更新；你需要按 ENTER 键来完成这个过程。
4. 要直接输入源或钳位值，只需在光标闪烁时简单地用数字键输入需要的数值。再次提示，源或钳位值将立即更新。

切换源和测量显示区

正常情况下，测量读数值会显现在上边，主显示行，同时源输出和钳位值会出现在下边显示行的左右两区域。你可以通过按 DISPLAY TOGGLE 键来切换源和测量值到你希望的显示区。

基本连接

警告

源表采用安全插座用于信号连接。为避免电击：

- 不要让接头暴露。
- 正确绝缘所有的外部电路。
- 源表的前后端口被评定为仅可连接安装种类 I 级别的电路。不要将端口连接到 II, III 和 IV 种类的电路。将源表的输入 / 输出端口连接到高于安装种类 I 的电路，可能造成设备损毁或者将操作者暴露在危险电压之下。
- 危险电压可能出现在输出和防护端口。为防止可能致伤或致死的电击，永远不要在源表工作时连接或断开接线。在处理接到输出端的电缆之前，从前面板关断设备电源或从源表后面板断开主电源线。将仪表置于待机模式，如果硬件或软件发生故障时并不能保证输出端不带电。

源表的三种基本连接设置包括 2 线本地测量，4 线远端测量，和电缆防护。

注意 内电路欧姆测量（欧姆防护）连接和详情在本指南“高级操作”部分。

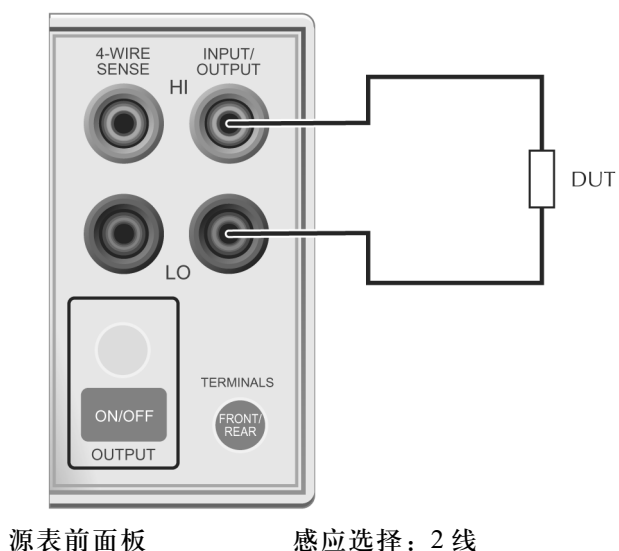
前 / 后端口选择

输入/输出和感应端口选择从前面板或后面板都是可以的，但防护端口和机壳地只能从后面板进入。在前面板，按 FRONT/REAR 键在前 / 后面板间切换。REAR 灯指示选择后面板。REAR 灯关，选择前面板。

2 线连接

2 线直接感应如图 3 所示。如下的菜单顺序选择 2 线直接感应：
按 CONFIG > 选 SOURCE V (或 MEAS Ω)>选 SENSE MODE >选 2-WIRE.

图 3 2 线连接



4 线连接

4 线远端感应连接如图 4 所示。使用 4 线远端感应要求如下源－测量条件：

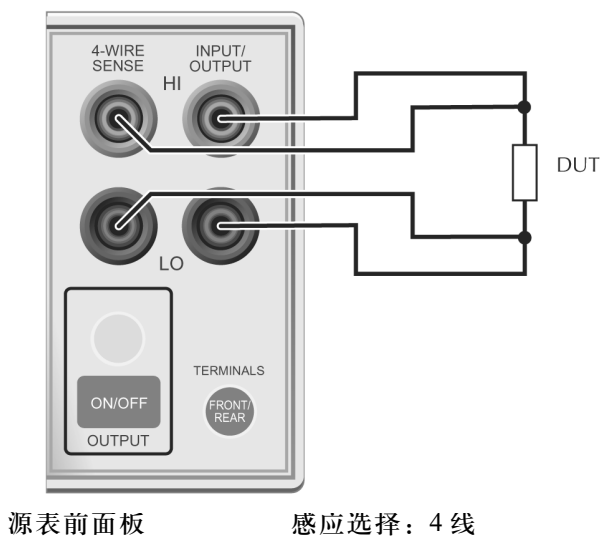
- * 测试电路阻抗 < 1k Ω 。
- * 最佳欧姆，电压源，和 / 或需要电压测量精度的需要。

当选择 4 线感应时，4W 指示灯亮。如下菜单顺序选择 4 线远端感应：

按 CONFIG >选择SOURCE V (或 MEAS Ω)>选择SENSE MODE >选择4 - WIRE

注意 源和测量的标称精度都是仅在使用 4 线远端感应时得到的。

图 4 4 线连接



电缆防护

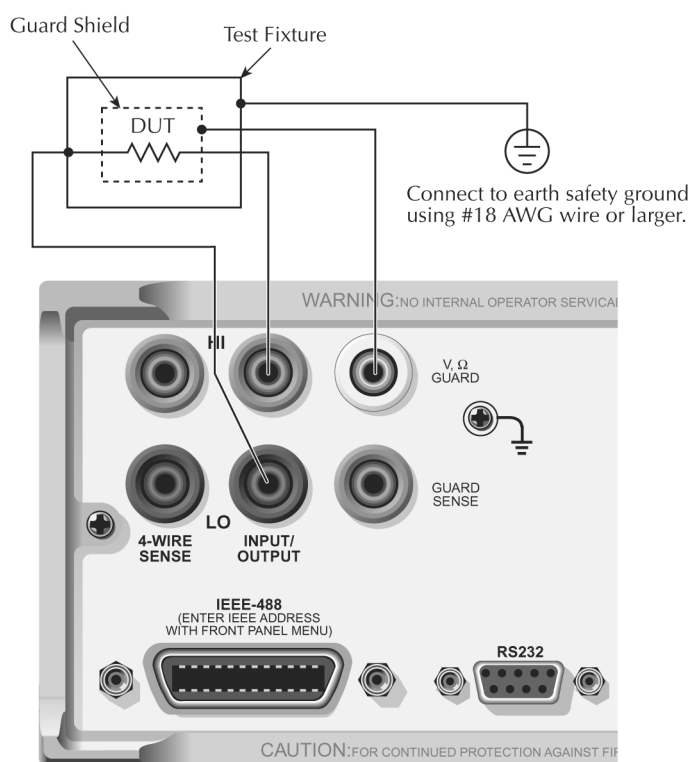
当测试高阻 DUT ($>1\text{G}\Omega$) 时, 使用电缆防护使得电缆的屏蔽和测试夹具的漏电流和输入电容最小。典型的使用电缆防护的连接方案如图 5 所示。如下的菜单顺序选择电缆防护:

按 CONFIG> 按 SOURCE V(或 SOURCE I 或 MEAS Ω)> 选择 GUARD> 选择 CABLE。

源表的防护端是与输入 / 输出端的 HI 端实际电位相等的。因此, 如果在输入 / 输出的 HI 端有危险电压, 在测试电路的防护屏蔽端也有。

警告为防止电击伤, 防护屏蔽必须封闭在一个安全屏蔽 (如测试夹具) 内以连接到安全的大地 (如图 5 所示)。

图 5 电缆防护连接



欧姆防护

欧姆防护可以在被测器件中存在泄漏的寄生器件时实现电路内的电阻测量。Delta DUT 设置的连接方案如图 6 所示。

注意 欧姆防护不能用在太电流 ($>100\text{mA}$) 量程。如果已经在太电流量程就不能选择欧姆防护。相反地, 如果选用欧姆防护, 就不能选择太电流量程。

如下菜单顺序选择欧姆防护:

按 CONFIG> 按 MEAS Ω (或 SOURCE V 或 SOURCE I)> 选 GUARD> 选 OHMS
欧姆防护的基本连接如图 6A 所示。由于 V, Ω Guard 和 In/Out HI 端实际在同电位

下，电阻R两端的压降为0V，因此经过R的电流为0A。实际上所有的从In/Out HI出来的电流都流过DUT而使测量准确。

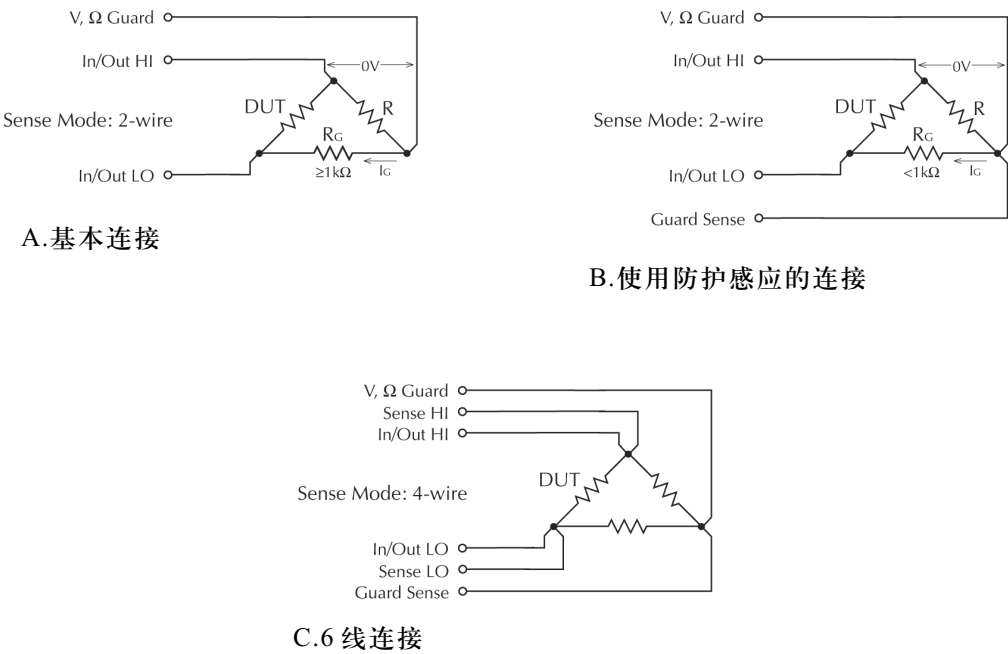
如果防护电阻通路（RG）是<1k Ω，在V，Ω Guard测试线的压降IR就足够高使得经过R出现一个明显电压降。通过R上合并的泄漏电流就会使DUT上的测量严重错误。

防护的感应是用于消除图6B所示的在V，Ω Guard测试线上IR压降的效应。防护感应调节防护电压以保证同样的电位在R的两端。

对DUT<1k Ω，应该用如图6C所示的4线感应。

注意 防护电流（I）必须不能超过50mA。如果超过，防护电压会变得小于输出电压并使测量不准确。

图6 防护欧姆测量



远程命令编程

表1列出的SCPI命令选择端口，感应和电缆防护。

表1 SCPI命令；端口，感应，和电缆防护

命令	描述
:ROUTE:TERMinals<name>	选择端口；<name>= FRONt或 REAR.
:SYSTem:RSENse	选择感应模式；=ON(4线)或 OFF(2线).
:SYSTem:GUARd<name>	选择防护模式；<name>=CABLE或 OHMS.

基本源表操作

基本源表操作包括源－测量，只测量（V 或 I）和测量电阻。

源－测量

对源表可以有四种源－测量组合：

输出电压，测量电流

输出电流，测量电压

输出电压，测量电压

输出电流，测量电流

源－测量的基本步骤在表 2 中给出。这里假定 DUT 已经象基本连接中解释的那样与源表连接好。

表 2 源－测量步骤

步骤	详细
1.选择源功能。	按 SOURCE V 或 SOURCE I。
2.选择源的大小。	使用 DISPLAY EDIT 键将光标放在源区域 (V_{src} 或 I_{src})，使用 RANGE ▲ 和 ▼ 键选量程，使用编辑键输入源的值，然后按 ENTER。
3.选择钳位限制。	使用 DISPLAY EDIT 键将光标放在钳位区域，用 RANGE ▲ 和 ▼ 键选择量程，使用编辑键输入限制值，按 ENTER。
4.选择测量功能。	按 MEAS V 或 MEAS I。
5.如果不是测量源输出，选择测量量程或自动量程 (见注 1 和 2)。	使用 RANGE ▲ 和 ▼ 键手动选择量程。或按 AUTO RANGE (AUTO 指示灯亮) 激活自动量程。
6.输出打开并从显示器读数。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色的 OUTPUT 指示灯亮。
7.结束后关闭输出。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色的 OUTPUT 指示灯灭。

注意：

1. 当测量源输出（如输出 I ，测量 I ）时，你不能改变量程或激活自动量程。测量的量程是由源的量程决定的。

2. 当不测量源输出（如输出 I ，测量 V ）时，钳位的量程决定最大可选择测量量程。

电子负载操作

当运行象一个电子负载（电压和电流极性相反）时，源表消耗功率大于它输出功率。一个外部的源可以强迫运行于电子负载区。源表可以用于充电 / 放电（源 / 负载）电池。对于在电池充电 / 放电操作的信息（以及相关警告），见第 3 部分，2400 系列源表使用手册，电子负载操作。

仅测量（V 或 I）

源表可以用来单独测量电压（电压表）或电流（电流表）。单独测量的步骤由表 3 给出。

表 3 单独测量（V 或 I）步骤

步骤	详细
1.选择源－测量功能。	要测量电压，按 SOURCE I 并 MEAS V。要测量电流，按 SOURCE V 并 MEAS I。
2.选择源的大小为零。	使用 DISPLAY EDIT 键将光标放在源区域（ V_{src} 或 I_{src} ），使用 RANGE ▼键选择最低量程，按 MENU 键显示零输出水平，然后按 ENTER。
3.选择钳位大于期望的测量值（见警告 1）。	使用 DISPLAY EDIT 键将光标放在钳位区域，用 RANGE ▲和▼键选择量程，使用编辑键输入限制值，按 ENTER。
4.选择测量量程（见注意）。	使用 RANGE ▲和▼键选择固定的测量量程。为获得最好精度，使用尽可能低的量程。
5.连接被测的电压或电流。	连接 DUT 到源表使用 2 线连接（见图 3）。
6.输出打开并从显示器读数。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色的 OUTPUT 指示灯亮。
7.结束后关闭输出。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色的 OUTPUT 指示灯灭。

注意：

当测量电流时，可以用自动量程。当测量电压时，不要 使用自动量程（见警告 2）。

警告 1：

当使用源表只做电压表时，电压钳位必须设置为高于被测电压。不这样做可能由于流过源表的电流过大而损坏仪器。

警告 2：

当只将源表做电压表时，不要使用自动量程而且永远不要选择一个低于加入信号电平的量程。否则，从外部源流出的大电流会损坏外部电源或测试电路。

测量电阻

测量方法

有两种方法测量电阻；自动欧姆和手动欧姆。自动欧姆时，源表操作象一个传统的恒流源欧姆表。你只需简单地选择电阻测量量程（或自动量程）并且从显示器读数。

手动欧姆时，源表采用 V/I 测量方法。当设置完源（电压或电流）并选择电压或电流测量量程，欧姆测量功能会显示计算的 V/I 欧姆读数。

用下面的菜单顺序选择自动或手动电阻测量方法：

按 CONFIG >按 MEAS Ω >选择 SOURCE >选择 AUTO 或 MANUAL

欧姆源回读

当源回读激活时，源表测量电压和电流并用这些值进行电阻计算。这一功能为前面板操作提供最佳精度，因为测量的源值比编程输出的源值有更高的精度。对于远程操作，用户制定这功能进行测量。

下列菜单顺序开、关源的回读：

按 CONFIG >按 MEAS Ω >选择 SRC RDBK >选择 ENABLE 或 DISABLE

电阻测量步骤

自动欧姆和手动欧姆测量的步骤在表4和表5给出。假设DUT已经与源表连接好（见基本连接）。注意电阻精度指标是基于4线感应的。

表 4 自动欧姆测量步骤

步骤	详细
1.选择欧姆测量功能。	按 MEAS Ω .
2.选择自动欧姆测量方法。	按CONFIG >按MEAS Ω >选择SOURCE >选择AUTO
3.选择测量量程。	使用 RANGE ▲和▼手动选量程。或按 AUTO RANGE (AUTO 亮) 激活自动量程。
4.打开输出从面板读数。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色 OUTPUT 灯亮。
5.结束时关闭输出。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色 OUTPUT 灯灭。

表 5 手动欧姆测量步骤

步骤	详细
1.选择欧姆测量功能。	按 MEAS Ω .
2.选择手动欧姆测量方法。	按 CONFIG >按 MEAS Ω >选择 SOURCE >选择 MANUAL
3.选择源，源的大小和钳位限制。见表 2 的 1, 2 和 3 步。	
4.选择测量量程（见注 1 和 2）	使用 RANGE ▲和▼键手动选量程。或按 AUTO RANGE（AUTO 亮）激活自动量程。
5.打开输出从面板读数。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色 OUTPUT 灯亮。
6.结束时关闭输出。	按 ON/OFF OUTPUT 键。红色 OUTPUT 灯灭。

注意：

1. 如果输出电流，要选择电压测量量程。如果输出电压，要选择电流测量量程。
2. 钳位范围决定可选择的最大测量量程。

偏置补偿电阻

热电动势EMFs能影响低电阻测量。一个偏置补偿测量消除了不需要的2点测量过程的偏置：

$$\text{偏置补偿 } \Omega = \Delta V / \Delta I$$

$$\text{这里： } \Delta V = V2 - V1$$

$$\Delta I = I2 - I1$$

V1 和 I1 是源在指定大小时测量的电压和电流。

V2 和 I2 是源设置为零时测量的电压和电流。

1. 选择 Ω 功能，并选择自动或手动欧姆测量方法。
2. 用如下菜单顺序激活偏置补偿：
按 CONFIG >按 MEAS Ω >选择 OFFSET COMPENSATION >选择 ENABLE
3. 如果用自动欧姆，进下一步。对手动欧姆，设置需要的源（电压或电流）以输出适合大小的源。设定钳位并选择测量量程（或自动量程）。
4. 打开输出并在面板上观察偏置补偿的电阻读数。注意源的值在设定输出值和零之间变换。
5. 当完成时，关闭输出并关闭偏置补偿。

注意 手动偏置补偿欧姆功能也可以作为一个数学功能（FCTN）实现。此数学功能允许你定义两个源输出大小（见“数学功能”于“增强 DUT 测量的特性”）。

电路内欧姆测量

电阻防护可以使你做精确的电阻网络电路内的电阻测量。这些测量包含在高级操作中。

远程命令编程

数据串

命令: READ? 是典型的用于触发一源－测量动作并请求一数据串。当源表被选址为讲时数据串就发送到计算机。

数据串通常由被逗号分开的五个单元组成。第一个单元是电压读数，第二个单元是电流读数，第三个是电阻读数。对电压和电流，读数可以根据仪表的设置是输出或测量值。举例来说，如果输出电压测量电流，电压单元是源的读数而电流单元是测量读数。NAN（非数字）值是 + 9.91e37 用于禁止功能。

第四数据单元是时间标记而第五单元是状态字。见 2400 系列源表用户手册第 18 部分，格式化子系统，获取数据格式的各方面详情。

注意 五单元数据串是 GPIB 默认的条件。

SCPI 命令

对于源－测量和只测量的 SCPI 命令在表 6 中提供，对测量电阻的命令在表 7 中提供。

表 6 SCPI 命令；源－测量和只测量 1

命令 ²	描述
:SOURce:FUNCtion <name>	选择源功能；<name>= VOLTage 或 CURRent.
:SOURce:xxx:MODE FIXed	选择固定电压或电流源模式.
:SOURce:xxx:RANGe <n>	选择电压或电流源量程；<n>= 量程.
:SOURce:xxx:LEVel <n>	选择源的幅度；<n>= 幅度以伏或安培表示
[:SENSe]:FUNCtion <name>	选择测量功能；<name>= “VOLTage” 或 “CURRent”.
[:SENSe]:xxx:PROTection <n>	设定电压或电流钳位；<n>= 钳位.
[:SENSe]:xxx:RANGe <n>	选择电压或电流量程；<n>= 量程.
[:SENSe]:xxx:RANGe:AUTO 	激活或关闭自动量程；= ON 或 OFF.
:OUTPut 	打开或关闭输出；= ON 或 OFF.
:READ?	触发并要求一数据串.

1. 对于只测量，遵循以下原则（表 9 提供一个只测量电流的例子）：
 - a. 对于只测电压，必须输出电流。对只测电流，必须输出电压。
 - b. 源输出必须 0V 或 0A。
 - c. 当只测量电压时，不能使用自动量程。
 - d. 当只测电压，电压钳位必须被设定高于被测电压。
2. : xxx = :VOLTage 或 :CURRent.

表 7 SCPI 命令；测量电阻

命令	描述
[[:SENSe]:]FUNction "RESistance"	选择电阻功能.
[[:SENSe]:]RESistance:MODE <name>	选择电阻模式; <name> = AUTO 或 MANual*.
[[:SENSe]:]RESistance:OCOMPensated	激活 / 关闭偏置补偿.
[[:SENSe]:]RESistance:RANGe <n>	选择自动电阻量程; <n> = 量程.
[[:SENSe]:]RESistance:RANGe:AUTO 	激活或关闭自动电阻的自动量程; = ON 或 OFF.
:OUTPut 	打开或关闭输出; = ON 或 OFF.
:READ?	触发并要求一数据串.

* 对手动电阻, 必须设置源表为源 - 测量。表 11 对使用手动电阻模式测量电阻给出编程举例。

编程举例

源 - 测量举例 - 表 8 示出一个典型命令顺序以输出 10V 并在 10mA 量程测电流。
只测量举例 - 表 9 示出一个典型的只测量电流的命令顺序。

表 8 源 - 测量举例的命令顺序

命令 *	说明
*RST	还原 GPIB 默认 (单次源 - 测量模式).
:SOUR:FUNC VOLT	选择电压源功能.
:SOUR:VOLT:MODE FIX	选择固定电压源模式.
:SOUR:VOLT:RANG 20	选择 20V 源量程.
:SOUR:VOLT:LEV 10	选择源输出大小为 10V.
:SENS:FUNC "CURR"	选择电流测量功能.
:SENS:CURR:PROT 10e-3	选择钳位限制为 10mA.
:SENS:CURR:RANG 10e-3	选择 10mA 测量量程.
:OUTP ON	打开输出.
:READ?	触发并要求一数据串.

* 源表在发送: READ? 来触发并要求数据后必须被定址为讲。

表 9 对只测量电流举例的命令顺序

命令	说明
*RST	还原 GPIB 的默认（单次测量模式）。
:SOUR:FUNC VOLT	选择电压源功能。
:SOUR:VOLT:MODE FIX	选择固定电压源模式。
:SOUR:VOLT:RANG 0.2	选择 200mV 源量程。
:SOUR:VOLT:LEV 0	选择源输出大小为 0.000mV。
:SENS:FUNC “CURR”	选择电流测量功能。
:SENS:CURRE:PROT 10e-3	选择钳位限制为 100mA。
:SENS:CURRE:RANG 10e-3	选择 10mA 测量量程。
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发并要求一数据串。

* 源表在发送：READ? 来触发并要求数据后必须被定址为讲。

自动欧姆举例—表 10 示出一典型使用自动欧姆来测量电阻的命令顺序。注意对这个例子用 4 线感应。有关感应详见基本连接。

手动欧姆举例—表 11 示出一典型使用手动欧姆来测量电阻的命令顺序。此例对电流测量使用自动量程。如果你使用手动量程，你应当选择尽可能低的电流量程来测量。例如，要测量 1M Ω 电阻源设定为 2V，要达到最好精度应选择 1 μ A 量程（ $2V/1 \mu A = 2M \Omega$ ）。注意此例用于 2 线感应。有关感应详见基本连接。

表 10 自动欧姆举例的命令顺序

命令	说明
*RST	还原 GPIB 默认值（单次测量模式）。
:SENS:FUNC “RES”	选择电阻测量功能。
:SENS:RES:RANG 200	选择 200 Ω 量程。
:SENS:RES:MODE AUTO	选择自动欧姆测量模式。
:SYST:RSEN ON	选择 4 线感应模式。
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发并要求一数据串。

* 当发出：READ? 触发并要求数据后，源表必须定址为讲。

表 11 手动欧姆测量举例的命令顺序

命令	说明
*RST	还原 GPIB 默认值（单次测量模式）。
:SENS:FUNC "RES"	选择电阻测量功能。
:SENS:RES:MODE MAN	选择手动欧姆测量模式。
:SOUR:FUNC VOLT	选择电压源功能。
:SOUR:VOLT:MODE FIX	选择固定电压源模式。
:SOUR:VOLT:RANG 2	选择 2V 源量程。
:SOUR:VOLT:LEV 2	选择源大小为 2V。
:SENS:CURRE:PROT 10e-3	设定电流钳位为 10mA。
:SENS:CURRE:RANG:AUTO ON	选择电流测量为自动量程。
:SYST:RSEN OFF	选择 2 线感应模式。
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发并要求一数据串。

* 当发出：READ? 触发并要求数据后，源表必须定址为讲。

设定到最佳性能

量程

为达到最佳的准确度，源表必须在可能的最低量程。大多数情况下，使用自动量程能自动地选择最佳的量程。自动量程由 AUTO 键（AUTO 指示灯指明自动量程激活）来控制（激活 / 关闭）。

RANGE ▲和 ▼用来手动选择量程。注意按这些键的任何一个都使自动量程无效。

注意 基本量程信息（包括为远程控制的 SCPI 命令）在“基本源－测量操作”。

速度

测量速度由设定 A/D 转换器的积分时间（输入信号的被测时间周期）决定。积分时间影响可用的数位，读数噪声，和仪器的最大读数速度。它由基于电源周期倍数（NPLC）的参数表示，在 60Hz 时 1PLC 是 16.67 毫秒（1/60），而在 50Hz 和 400Hz 时是 20 毫秒（1/50）。

一般来说，最快的速度设定（FAST；0.01PLC）会使噪声升高并且使可用显示位变小。最慢的速度（HI ACCURACY；10PLC）会有最好的共模和串模噪声抑制。在它们之间的设置是速度和噪声的折中。

按 SPEED 并选择如下速度选项之一：

FAST	设定速度为 0.01PLC 而显示位为 $3\frac{1}{2}$ 位。
MED	设定速度为 0.10PLC 而显示位为 $4\frac{1}{2}$ 位。
NORMAL	设定速度为 0.10PLC 而显示位为 $5\frac{1}{2}$ 位。
HI ACCURACY	设定速度为 0.10PLC 而显示位为 $5\frac{1}{2}$ 位。
OTHER	用于设定速度为从 0.01 到 10 的任意 PLC 值。显示分辨率在速度选项设定后不能改变。

注意 速度设定后，显示分辨率可以用 DIGITS 键改变。

数字

源表可以以 $3\frac{1}{2}$ 位、 $4\frac{1}{2}$ 位、 $5\frac{1}{2}$ 位或 $6\frac{1}{2}$ 位分辨率显示读数。当遇到读数的最后位非常不稳时，就可以通过减少显示分辨率把这些位关掉。

设定显示分辨率时，按 DIGITS 键直到显示需要的位数。另一个方法是通过如下菜单顺序：

按 CONFIG > 按 DIGITS > 选择 3.5, 4.5, 5.5, 或 6.5。

注意 改变位数不会影响测量速度，但改变测量速度会影响位数。

滤波

滤波用来使跳动的读数稳定。一般地，加的滤波越多，读数就越稳定（并准确）。但是，更多的滤波意味更慢的速度。

滤波过程包括用确定个数的读数填充堆栈(滤波计数),然后平均它们产生一个滤波读数。源表有两种滤波方式:移动和重复。

重复滤波

堆栈由确定数量的读数转换填充。读数转换平均后产生一个读数。然后堆栈清空,过程重新开始。使用此滤波来扫描时对其他大小的源就不能以现在源的大小平均。

移动滤波

第一个读数转换放进堆栈,而且复制到其他堆栈位置填充。因此,第一个滤波后读数等于第一个读数转换。堆栈形式为先进先出。每一次后来的转换替换一个堆栈中复制的读数,然后平均产生下一个滤波读数。注意由于此过程是连续的,直到堆栈被新的读数转换填满(堆栈中无复制读数),才会有真正的平均值。

一旦堆栈填满,每个后来的转换放进堆栈置换最旧的转换。堆栈重新平均,产生新的滤波读数。

响应时间

滤波器形式和计数对显示,存储或输出一个滤波读数需要的时间有如下影响:

- 滤波形式:移动滤波形式产生更快的滤波读数是因为它不需要重新填充整个堆栈(象重复滤波那样)。
- 滤波计数:速度和精度是一对矛盾。典型地,你会用加足够的滤波来得到可接受的稳定读数。

滤波设置

滤波形式—使用如下菜单顺序选择滤波形式:

按 CONFIG >按 FILTER >选择 AVERAGE MODE >选择 MOVING 或者 REPEAT

滤波计数—使用如下菜单顺序选择滤波的数量:

按 CONFIG >按 FILTER >选择 AVERAGE COUNT ,设定计数值(1到100)。

相对(零点偏置)

rel(相对)特性允许零点偏置。对于显示的偏置(测量的),激活rel获得偏置读数作为rel值并按以下归零显示:

显示读数=实际输入-相对值

由于实际输入(偏置)和相对值相同,显示读数为零。

相对是通过按REL键激活的(REL指示灯亮)。按REL第二次关闭它。执行如下步骤归零出一个偏置:

1. 连接测试电路到源表。
2. 选择你要用于测试的源功能。
3. 选择最低的源量程并设定源的大小为零。
4. 选择你要用于测试的测量功能,并选择最低量程。
5. 打开输出测量偏置。
6. 偏置读数显示时,按REL(REL灯亮)使显示为零。关掉输出并设置用于测试的源和测量功能。

7. 打开输出。显示的测试读数不包括归零的偏置。
8. 结束时，关掉输出。如果偏置漂移，关掉相对并重复以上步骤以归零新的偏置。

注意 相对也可以用于建立一个读数基线。基线读数将从当前读数和以后的读数中减掉。详情见 2400 系列源表用户手册第 8 部分“相对”。

远程命令编程

对速度，位数，滤波和相对的 SCPI 命令在表 12 中列出。量程的命令在表 6 和表 7 中列出。

表 12 SCPI 命令；速度，位数，滤波和相对

命令	描述
速度命令 1:	
[[:SENSe]:CURRent:NPLCycles <n>	设定测量速度；<n>=0.01 到 10
[[:SENSe]:VOLTagE:NPLCycles <n>	设定测量速度；<n>=0.01 到 10
[[:SENSe]:RESistance:NPLCycles<n>	设定测量速度；<n>=0.01 到 10
位数命令:	
:DISPlay:DIGits <n>	设定显示分辨率；<n>=4,5,6,或 7
滤波命令:	
[[:SENSe]:AVERage:TCONtrol <name>	选择滤波形式；<name>= REPeat 或 MOVing.
[[:SENSe]:AVERage:COUNt <n>	设定滤波个数；<n>=1 到 100
[[:SENSe]:AVERage 	激活 / 关闭滤波；=ON 或 OFF.
相对命令 2:	
:CALCulate:NULL:STATe 	激活 / 关闭相对；=ON 或 OFF.

1. 速度设定对于所有功能是一样的。所以，你可以用三个命令的任何一个设定速度。
2. 获得一相对值的命令没有在此表中列出（见 2400 系列源表用户手册的第 8 部分，相对）。

增强 DUT 测试的特性

数据存储

数据存储（缓存）可以储存 1 到 2500 个读数，并提供储存读数的统计数据。

储存读数

要储存读数，按 STORE，键入要储存读数的个数，并按 ENTER。星形 (*) 指示灯显示缓存打开。要开始存储过程，打开输出并（如需要）触发仪器。当存储结束时星形 (*) 指示灯熄灭。

回读读数

要回读读数，按 RECALL 键。缓存的位置号就是回读读数的记忆位置。位置 # 0000 表示显示的读数是在第一个记忆位置。要显示其他存储的读数，使用编辑键改变缓存的位置号。若从回读模式退出，按 EXIT。

时间标记 – 在缓存位置号的下边是读数的时间标记（按秒）。它可以参考第一读数储存进缓存（绝对时标），或者指示缓存读数的时间间隔（时标差值）。如果选择绝对时标，@ 符号显示在时标值之前。如果选择差值时标， δ 符号显示在时标值前。不管选择什么时标，第一个读数总是被标记为 0 秒。

要改变时标，从回读模式退出并用如下菜单顺序：

按 CONFIG > 按 STORE > 选择 ABSOLUTE 或 DELTA

注意 当在回读模式下，缓存的统计数据（最小值，最大值，峰峰值，平均值和标准偏差）可以用 TOGGLE 键显示。缓存统计的详情见 2400 系列源表的使用手册第 9 部分。

远程命令编程

SCPI 命令

设置和控制缓存的 SCPI 命令在表 13 中列出。

注意 表 13 没有提供完整的缓存命令列表。缓存命令的文件（包括缓存统计）可以在 2400 系列源表用户手册的第 9 部分找到。

表 13 SCPI 命令；数据存储

命令	描述
:TRACe:POINts <n>	确定缓存大小；<n> = 1 到 2500
:TRACe:FEED <name>	确定读数来源；<name> = SENSE (原始读数)，CALCulate(数学读数)，或 CALCulate2 (限制读数)。
:TRACe:TSTamp:FORMat <name>	选择时标格式；<name> = ABSolute 或 DELTA。
:TRACe:FEED:CONTRol <name>	激活/关闭缓存；<name> = NEXT (填充缓存或停止) 或 NEVer (关闭缓存)
:TRACe:DATA?	读缓存内容。
:TRACe:CLEar	清空缓存。

编程举例

表 14 给出一个典型的存储和从缓存回读读数的命令顺序。

表 14 数据存储例子的命令顺序

命令 *	说明
*RST	还原 GPIB 默认值。
:SOUR:VOLT 10	设定电压源为 10V。
TRAC:POINts 10	设定缓存大小为 10。
:TRIG:COUN 10	触发计数等于读数个数。
:TRAC:FEED SENS	设定储存原始读数。
:TRAC:FEED:CONT NEXT	打开缓存。
OUTP ON	打开输出。
:INIT	触发读数。
:TRAC:DATA?	要求原始缓存读数。

* 在发出:TRAC:DATA?要求数据命令后源表要定址为讲。

扫描类型

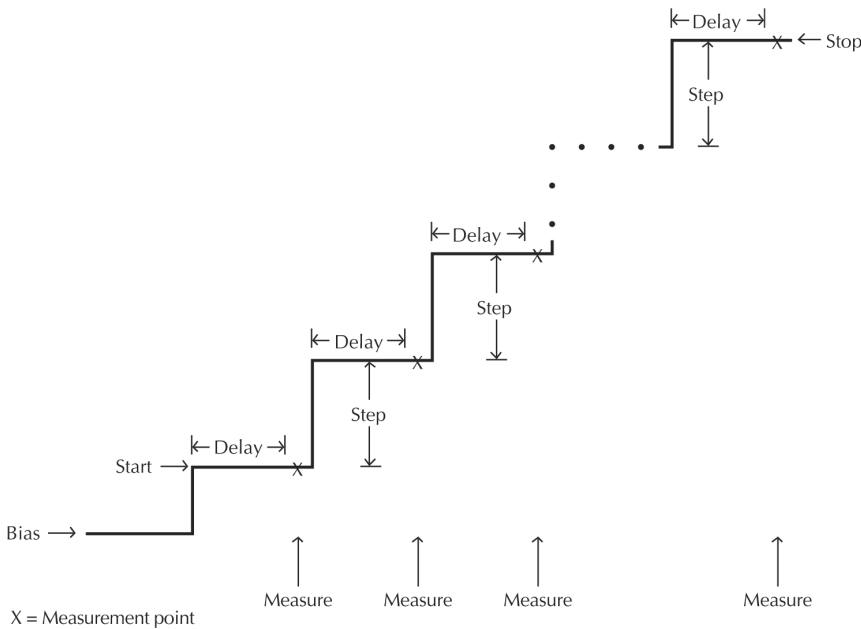
四种允许的扫描类型是线性阶梯，对数阶梯，自定义和源记忆。

线性阶梯扫描

当扫描如图 7 显示那样触发开始后，输出从本底电平到源电平。本底电平是扫描开始之前的初始源电平。然后输出以相等步长变化直到达到停止电平。当触发延迟被设定为零，每一步的时间间隔就由源的延迟和完成测量所用时间决定。

当需要的源（V 或 I）选定后，用如下菜单顺序设定开始，停止和步长的电平大小：
按 CONFIG >按 SWEEP >选择 TYPE >选择 STAIR
选定 STAIR 后，你会被提示输入 START，STOP 和 STEP 的电平。

图 7 线性阶梯扫描



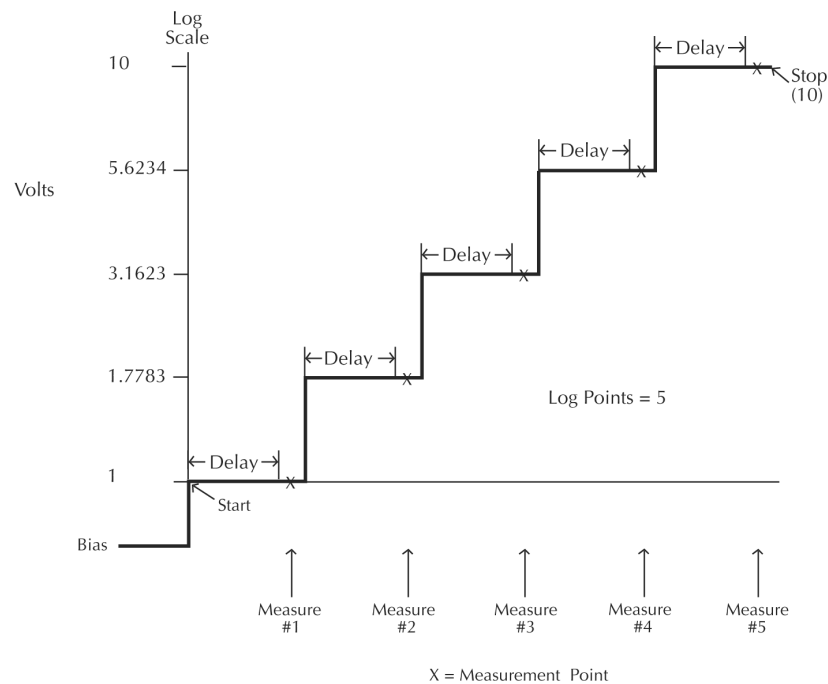
对数阶梯扫描

这种扫描与线性阶梯扫描相似。不过，每步以对数分度。每步相应的对数点由确定的扫描点数决定。图 8 显示一个从 1 到 10V 的 5 点对数扫描。

当需要的源（V 或 I）选定后，用如下菜单顺序设定开始和停止电平，和扫描点数值（2 到 2500）：

按 CONFIG >按 SWEEP >选择 TYPE >选择 LOG
选择 LOG 后，你会被提示输入 START 和 STOP 电平及 NO OF POINTS。

图 8 对数阶梯扫描（举例）



自定义扫描

对于自定义扫描，用户确定一个扫描的扫描点数，和在每一点的源电平大小。图 9 显示一个 6 点，50% 占空比的脉冲扫描。在 P0，P2 和 P4 点确定电压是 1V，而在 P1，P3 和 P5 点的电压是 0V。

当需要的源（V 或 I）选定后，用如下的菜单顺序确定扫描点数和每一点的源电平：

按 CONFIG > 按 SWEEP > 选择 TYPE > 选择 CUSTOM

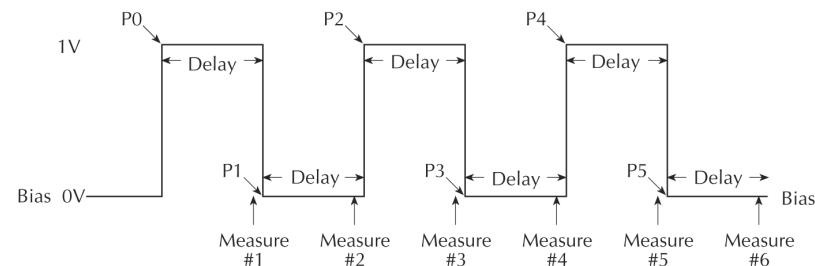
当选择 CUSTOM 后，将显示如下菜单项：

POINTS – 用于确定扫描的点数值（1 到 2500）

ADJUST POINTS – 用于设定扫描中每一点的源大小。扫描的第一点是 P0000。设定 P0000 的电平后，指针指向 P0001 并设定那点的电平。用相似方法，设定扫描中每个点的电平。

INIT – 此选项允许设定一个连续范围的扫描点为一个确定的电平。选择 INIT 后，你会被提示输入源的 VALUE，START PT（点），和 STOP PT（点）。例如，如果你想要点 10 到 15 为 1V，设定 VALUE 为 1V，START PT 为 10 而 STOP PT 为 15。

图 9 自定义脉冲扫描（举例）



源记忆扫描

对一个源记忆扫描，多达 100 个设定的配置可以存在内存中。当扫描执行时，每个存储点的设置都被回读。这样可以允许多功能和数学运算表达用于扫描中。

通过执行如下菜单顺序将一个源表设定配置存储于内存中：

按 MENU > 选择 SAVESETUP > 选择 SOURCE MEMORY > 选择 SAVE

选择 SAVE 后，你会被提示输入你要存储设置的存储器位置。

当存储所有的设置到相应存储器位置后，使用如下菜单顺序设置扫描：

按 PRESS > 按 SWEEP > 选择 TYPE > 选择 SRC MEMORY

选择 SRC MEMORY 后，会显示如下菜单项：

START – 用此菜单项设定扫描开始的存储单元。例如，如果你的第一个设置存在存储器位置 001，设定开始点为 001。

POINTS – 用于确定扫描中点数（存储位置）。例如，如果扫描中有 10 个点，设置点数为 010。

注意 NPLC 高速缓存可用于提高源记忆扫描的速度。见 2400 系列用户手册的第 3 部分“NPLC 高速缓存”。

扫描计数

对于前面板操作，一个扫描可以自动重复一个确定的次数（有限扫描计数）或连续重复（无限扫描计数）。

对于一有限计数扫描，读数自动地存储在缓存中。可以执行的最大有限扫描次数由如下决定：

最大有限扫描计数 = 2500 / 扫描中的点数。

对于无限扫描计数，读数不存储于缓存中。

用如下菜单顺序设定扫描次数：

按 CONFIG > 按 SWEEP > 选择 SWEEP COUNT > 选择 FINITE 或 INFINITE

如果选择 FINITE，你会被提示输入扫描次数。

源的量程

对一次扫描有三个选项控制源的量程；固定，最佳固定和自动量程。当选择固定量程，源表停留在扫描开始时选择的源量程上。

选择最佳固定量程时，扫描中最大的源输出值决定量程。例如，如果扫描从 1V 到 15V，最佳固定选项会选择 20V 量程。

选择自动量程选项时，源表会选择对每个源输出值最灵敏的量程。例如如果扫描从 1V 到 15V，1V 步长，源表会在 2V 量程输出 1V 和 2V，然后在 20V 量程输出其他电压值。

用如下菜单顺序选择源量程选项：

按 CONFIG > 按 SWEEP > 选择 SOURCE RANGING > 选择 BEST FIXED > 选择 AUTO RANGED 或 FIXED。

源的延迟

源的延迟允许在执行测量之前有输出的建立时间。如图 6, 7, 8 所示, 延迟发生在扫描的每一步 (电平)。延迟可以设为源表自动 (自动延迟) 或手动设置。

当选择自动延迟, 延迟设定根据哪个电流量程和使用哪个源的功能 (见 2400 系列源表用户手册第 3 部分, 源的延迟) 可以为 1ms, 2ms 或 3ms。手动时, 源的延迟可以设定为从 0000.0000 到 9999.9980 秒。

使用如下菜单顺序设定源的延迟:

按 CONFIG > 按 SOURCE V(或 I) > 选择 DELAY 或 AUTO DELAY

如果选择 DELAY, 你会被提示输入延迟值 (用秒)。如果选择 AUTO DELAY, 你会被提示 DISABLE 或 ENABLE 自动延迟。

执行扫描

执行一个线性阶梯扫描

执行如下步骤运行一线性台阶扫描：

- 1.设置源和测量功能。你设定的源的电平成为扫描的起始电平。通常，用 0V 或 0A 为起始电平。
 - 2.设置线性台阶扫描，包括开始，结束和步长值，如前面解释的那样。
 - 3.如需要设置源的延迟。
 - 4.打开输出。源表会输出起始电平。
 - 5.按 SWEEP 键运行扫描。结束时，关闭输出。
- 如果运行有限次数扫描读数会储存于缓存器中。

执行一个对数阶梯扫描

执行如下步骤完成一个对数台阶扫描：

- 1.设置源和测量功能。你设定的源的电平成为扫描的起始电平。
 - 2.设置对数台阶扫描，包括开始，结束值和点数，如前面解释的那样。
 - 3.如需要设置源的延迟。
 - 4.打开输出。源表会输出起始电平。
 - 5.按 SWEEP 键运行扫描。结束时，关闭输出。
- 如果运行有限次数扫描读数会储存于缓存器中。

执行一个自定义扫描

执行如下步骤完成一个自定义扫描：

- 1.设置源和测量功能。你设定的源的电平成为扫描的起始电平。
 - 2.通过选择点数和初始值来设置自定义扫描。也要根据需要确定调整每个扫描点。
 - 3.设定源的延迟。
 - 4.打开输出。
 - 5.按 SWEEP 键运行扫描。结束时，关闭输出。
- 如果运行有限次数扫描读数会储存于缓存器中。

执行一个源记忆扫描

执行如下步骤完成一个源记忆扫描：

- 1.在独立的源记忆单元位置设置并保存源和测量功能。
 - 2.通过选择开始的存储器位置和扫描点数来设置源记忆扫描。
 - 3.打开输出。
 - 4.按 SWEEP 键运行扫描。结束时，关闭输出。
- 如果运行有限次数扫描读数会储存于缓存器中。

远程命令编程

SCPI 命令

对线性，对数和自定义扫描的 SCPI 命令在表 15 中列出。

注意 表 15 没有提供完全的扫描命令列表。所有扫描命令的文件在 2400 系列源表的用户手册第 10 部分。

表 15 SCPI 命令；扫描

命令	描述
:SOURce:xxx:MODE <name>	选择源模式；<name>=FIXed,LIST 或 SWEep.
:SOURce:DELay <n>	设定源延迟；<n>=0 到 9999.9980(秒)
:SOURce:DELay:AUTO 	打开 / 关闭自动延迟；=ON 或 OFF.
:TRIGger:COUNt <n>	设定触发次数；<n>= 扫描点数。
Linear and logarithmic sweep:	
:SOURce:SWEep:SPACing <name>	选择扫描分度；<name>=LINear 或 LOGarithmic.
:SOURce:SWEep:RANGing <name>	选择源量程；<name>=BEST,AUTO,或 FIXed.
:SOURce:xxx:STARt <n>	确定扫描开始电平；<n>=V 或 I 输出值.
:SOURce:xxx:STOP <n>	确定扫描停止电平；<n>=V 或 I 输出值.
:SOURce:xxx:STEP <n>	确定线性扫描步进值；<n>=V 或 I 源值.
:SOURce:SWEep:POINts <n>	设定扫描点数；<n>=2 到 2500.
Custom (list)sweep:	
:SOURce:LIST:xxx <list>	定义源列表；<list>= 数值 1, 数值 2, ...数值 N.
:SOURce:LIST:xxx:APPend<list>	增加源列表值；<list>= 数值 1, 数值 2, ...数值 N.
:SOURce:LIST:xxx:POINts?	询问源列表长度.
Source memory sweep:	
:SOURce:FUNCTion MEM	选择源记忆扫描模式。
:SOURce:MEMory:SAVE <n>	存储设置于内存位置；<n>=1 到 100.
:SOURce:MEMory:RECall <n>	回读确定的设置；<n>=1 到 100.
:SOURce:MEMory:STARt <n>	设定源记忆开始位置；<n>=1 到 100.
:SOURce:MEMory:POINts <n>	确定扫描点数；<n>=1 到 100.

*:xxx=:VOLTage 或 CURRent.

编程举例

表 16 中提供了线性，对数，自定义和源记忆扫描的编程举例。

表 16 扫描举例的命令顺序

命令 *	说明
线性阶梯扫描：	见图 6
*RST	还原 GPIB 默认值（输出 V，测 I）
:SOUR:VOLT 0	设定偏置电平 0V。
:SOUR:DEL 0.1	设定延迟为 100ms。
:SOUR:SWE:RANG BEST	选择最佳源量程。
:SOUR:VOLT:MODE SWE	选择扫描源模式。
:SOUR:SWE:SPAC LIN	选择线性扫描分度。
:SOUR:VOLT:STAR 1	设定起始电平 1V。
:SOUR:VOLT:STOP 10	设定停止电平 10V。
:SOUR:VOLT:STEP 1	设定步长电平 1V。
:TRIG:COUN 10	设定触发计数 10。
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发扫描并获取数据。
对数阶梯扫描：	见图 7
*RST	还原 GPIB 默认值（输出 V，测量 I）。
:SOUR:VOLT 0	设定偏置电平 0V。
:SOUR:DEL 0.1	设定延迟为 100ms。
:SOUR:SWE:RANG BEST	选择最佳输出量程。
:SOUR:VOLT:MODE SWE	选择扫描源模式。
:SOUR:SWE:SPAC LOG	选择对数扫描分度。
:SOUR:VOLT:STAR 1	设定起始电平为 1V。
:SOUR:VOLT:STOP 10	设定停止电平为 10V。
:SOUR:SWE:POIN 5	设定扫描点数为 5。
:TRIG:COUN 5	设定触发计数为 5。
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发扫描并获取数据。
自定义（列表）扫描：	见图 8
*RST	还原 GPIB 默认值（输出 V，测量 I）。
:SOUR:VOLT 0	设定偏置电平 0V。
:SOUR:DEL 0.1	设定延迟为 100ms。
:SOUR:SWE:RANG BEST	选择最佳输出量程。
:SOUR:VOLT:MODE LIST	选择列表输出模式。
:SOUR:LIST:VOLT 1,0,1,0,1,0	确定输出列表(1V,0V,1V,0V,1V,0V)。
:TRIG:COUN 6	设定触发计数为 6。
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发扫描并获取数据。

* 当发出:READ?和:CALC:DATA?要求数据之后源表必须被定址为讲。

表 16 (续) 扫描举例的命令顺序

命令 *	说明
源记忆扫描:	三点扫描; 输出 V, 计算功率, 输出 I。
‘内存位置 001 设置:	
*RST	还原 GPIB 默认值
:SOUR:VOLT:LEV 15	设定电压输出为 15V。
:SOUR:MEM:SAVE 1	存储设置在内存 001 位置。
‘内存位置 002 设置:	
:CALC:MATH:NAME “POWER”	选择 POWER 数学功能 (见数学功能)。
:CALC:STAT ON	激活功率计算。
:SOUR:MEM:SAVE 2	存储设置在内存 002 位置。
‘内存位置 003 设置:	
:CALC:STAT OFF	关闭数学功能。
:SOUR:FUNC CURR	选择电流源功能。
:SOUR:CURR:LEV 50e-6	设定电流输出为 50 μ A。
:SENS:FUNC “VOLT”	选择电压测量功能。
:SOUR:MEM:SAVE 3	存储设置在内存 003 位置。
‘配置源记忆扫描:	
:SOUR:FUNC MEM	选择源记忆扫描模式。
:SOUR:MEM:POIN 3	设定扫描点为 3。
:SOUR:MEM:STAR 1	设定起始点为内存位置 001。
:TRIG:COUN 3	设定触发计数为 3 (必须与扫描点一样)
‘触发扫描并获取数据:	
:OUTP ON	打开输出。
:READ?	触发扫描并获取 3 个源 - 测量数据串。
:CALC:DATA?	获取功率计算结果。
:OUTP OFF	关闭输出。

* 当发出:READ?和:CALC:DATA?要求数据之后源表必须被定址为讲。

极限测试

对于极限测试这里有一个硬件测试（极限 1；钳位）和 10 个软件测试（极限 2, 3, 5 – 12；高 / 低极限）。（极限 4 保留为接触检查选项。）对于基本的，通过 / 失败，非分选极限测试，一次只能使用一个软件测试。

注意 使用一个元件分选机构执行分选操作在本指南“更多测试技术”部分归纳总结。对于极限测试的所有方面详情，见 2400 系列源表用户手册第 12 部分。

极限 1（钳位）

此硬件（H/W）测试使用编程的钳位作为测试极限。在极限值或之上，源在钳位中。在极限之下，源未在钳位中。

测试可以设为如果源在钳位中失败或源未在钳位中失败。如果极限 1 失败，FAIL 信息会显示而且此 DUT 测试过程中止。通过条件允许测试过程进入下一个激活的软件测试。

例如，假定源表被设定为输出 1mA，钳位 1V。如果 DUT 超过 1k Ω ，源就会在钳位中。如果 DUT 小于 1k Ω ，源就未钳位。

使用如下菜单顺序配置极限 1：

按 CONFIG > 按 LIMIT > 选择 H/W LIMITS

当选择 H/W LIMITS 后，会显示这些菜单选项：

CONTROL – 用于 ENABLE 或 DISABLE 测试。

FAIL MODE – 如果你希望源在钳位时测试失败，选 IN。如果你希望源未在钳位时失败，选 OUT。

极限 2, 3, 和 5 到 12 测试

这些软件（S/W）测试用于确定 DUT 是否在定义的高和低测量限之内。典型地，极限 2 被设置成最广的极限，而后加的极限测试被设置成逐渐更窄的极限。

使用如下菜单顺序配置软件极限测试：

按 CONFIG > 按 LIMIT > 选择 S/W LIMITS > 选择需要的极限测试。

选择需要的极限测试后（如 LIM2），显示这些菜单选项：

CONTROL – 用来 ENABLE 或 DISABLE 测试。

LOLIM – 用来输入低限值。然后你会被提示输入分选操作的控制模式。由于分选操作此时会动作，简单地按 ENTER 或 EXIT。

HILIM – 用来输入高限值。然后你会被提示输入分选操作的控制模式。由于分选操作此时会动作，简单地按 ENTER 或 EXIT。

极限测试操作

1. 连接 DUT 到源表。
2. 配置源表的源 – 测量功能。
3. 如前面解释的那样选择并配置一个极限测试。
4. 打开输出。
5. 按 LIMIT 键激活测试。测试的通过 / 失败状态会显示出。再按 LIMIT 键就会关闭测试。

远端命令编程

SCPI 命令

基本的非分选极限测试的 SCPI 命令在表 17 中列出。

注意 表 17 没有提供极限命令的完整列表。完整的文件请见 2400 系列源表用户手册的第 12 和 18 部分。

表 17 SCPI 命令；基本的非分选极限测试

命令 *	描述 *
对所有极限测试： :CALCulate2:DATA?	获取极限测试读数。
极限 1 测试：	
:CALCulate2:LIMit:STATe 	打开 / 关闭极限 1 测试；=ON 或 OFF。
:CALCulate2:LIMit:COMpliance	设定极限 1 失败条件；<name>=IN（在钳位中失败）
:FAIL <.name>	或 OUT（不在钳位中失败）。
:CALCulate2:LIMit:FAIL?	询问极限 1 测试结果（0= 通过,1= 失败）
极限 2, 3, 5 – 12 测试：	
:CALCulate2:LIMitX:STATe 	打开 / 关闭极限 X 测试；=ON 或 OFF。
:CALCulate2:FEED <name>	选择输入路径；<name>=CALCulate[1], VOLTage, CURRENT 或 RESistance.
:CALCulate2:LIMitX:LOWer <n>	设定极限 X 的低限；<n>=限制。
:CALCulate2:LIMitX:UPPer <n>	设定极限 X 的高限；<n>=限制。
:CALCulate2:LIMitX:FAIL?	询问极限 X 测试结果（0= 通过，1= 失败）

*LIMitX=LIMit2,LIMit3,LIMit5 到 LIMit12。

编程举例

表 18 中的编程举例是测试 1k Ω 电阻。如果测出的电阻是在标称值的 5% 以内，就通过测试。否则就为失败。

表 18 极限 2 测试举例的命令顺序

命令 *	说明
*RST	还原 GPIB 默认值。
:SENS:FUNC "RES"	选择欧姆测量功能。
:CALC2:LIM2:STAT ON	激活 Limit2 测试。
:CALC2:FEED RES	用欧姆做极限比较值。
:CALC2:LIM2:LOW 950	选择低限为 950 Ω 。
:CALC2:LIM2:UPP 1050	选择高限为 1050 Ω 。
:OUTP ON	打开输出。
:INIT	触发读数。
:CALC2:LIM2:FAIL?	询问极限 2 测试结果 (0= 通过,1= 失败)
:OUTP OFF	关闭输出。

* 当发出: CALC2: LIM2: FAIL? 询问测试结果后, 源表必须定址为讲。

数学功能

源表有 5 个内置的数学功能：功率，电阻偏置补偿，可变电阻 α ，电压系数和百分比偏差。当一个数学功能配置好并激活后，它可以通过按 FCTN 键来选择（MATH 指示灯显示）。

功率

计算和显示功率用测量出的电压和测量出的电流，如下：

$$\text{功率} = V \times I$$

用如下菜单顺序激活功率运算功能：

按 CONFIG > 按 FCTN > 选择 POWER

此数学功能可以通过按 FCTN 键来选择。

偏置补偿 Ω

热 EMF 会使小电阻测量不准。偏置补偿的 Ω 测量可以通过执行如下 2 点测量步骤消除不希望的偏置：

$$\text{偏置补偿 } \Omega = \Delta V / \Delta I$$

$$\text{这里： } \Delta V = V2 - V1$$

$$\Delta I = I2 - I1$$

$V1$ 和 $I1$ 是源设定为定义的电平时电压和电流的测量

$V2$ 和 $I2$ 是源设定为另一不同电平（典型值为零）时电压和电流

选择需要的源功能（V 或 I），并使用如下菜单顺序来配置并激活偏置补偿 Ω 数学功能：

按 CONFIG > 按 FCTN > 选择 OFF COMP OHMS

选择 OFF COMP OHMS 后，你会被提示输入两个源的值。

这一数学功能现就能通过按 FCTN 键选择。

注意 偏置补偿 Ω 也可以从 CONFIG OHMS 菜单调用。从这个菜单调用偏置补偿 Ω 自动设定零为一个源的值。详情请见，本指南“基本源表操作”的“测量欧姆”部分。

电压系数

高阻值电阻在所加电压有变化时会会有一个变化。电压系数是电阻变化的百分比对每单位所加电压的变化：

$$\text{电压系数 \%} = \Delta R / R2 \times \Delta V$$

$$\text{这里： } \Delta R = R2 - R1$$

$$\Delta V = V2 - V1$$

$R1$ 和 $R2$ 是在两个源点处测量的电阻

$V1$ 和 $V2$ 是在两个源点出测量的电压

选择需要的源功能后（V 或 I），用如下菜单顺序配置并激活电压系数数学功能：

按 CONFIG >按 FCTN >选择 VOLT COEFF
选择 VOLT COEFF 后, 你会被提示输入两个源的值。
此数学功能现在可以通过按 FCTN 键选择。

可变电阻 α

确定 ALPHA (α), 是在一个非线性 V - I 曲线上两个电压测量点的对数比值。

$$\alpha = \frac{\log(I2/I1)}{\log(V2/V1)}$$

这里: V1 是在第一个电流输出点 (I1) 测量的电压。

V2 是在第二个电流输出点 (I2) 测量的电压。

Log(x)功能用 x 的绝对值。

使用如下菜单顺序配置并激活可变电阻 α 的数学功能:

按 CONFIG >按 FCNT >选择 VAR ALPHA

当选择 VAR ALPHA 后, 你会被提示输入 2 个电流源的值。

此数学功能就可以通过按 FCNT 键选择。

百分比偏差

此计算给出正常显示读数与用户定义的参考值之间的百分比偏差:

$$\% \text{偏差} = \frac{(X-Y)}{Y} \times 100$$

这里: X 是正常显示的测量读数。

Y 是参考值。

参考值 (Y) 可以是用户定义的值或源表采集的一个读数。

用如下菜单顺序配置并激活百分比偏差数学功能:

按 CONFIG >按 FCNT >选择 %DEV

选择 %DEV 后, 你会被提示设定参考值。或者键入参考值, 或 (输出打开时) 按 AUTO 键触发测量。测量的读数就作为参考值显示。

极限测试 - 当参考值输入后, 你会被提示输入参考值的高低容限 (以%)。这些容限设定了极限 2 测试的高和低限定。例如, 如果参考值是 1K Ω 并且高低容限是 5%, 极限 2 测试的高限是 1050 Ω 而低限是 950 Ω 。

此数学功能现在可以通过按 FCNT 键选择。百分比偏差和极限测试的结果 (PASS 或 FAIL) 就会显示。

远程命令编程

SCPI 命令

内置数学功能的 SCPI 命令在表 19 中列出。

注意 百分比偏差数学功能没有作为远程操作的内置数学功能列出。但是, 它可以作为用户定义表述 (见 2400 源表用户手册的第 18 部分 *CACLulate[1]* 命令)。

表 19 SCPI 命令；内置数学功能

命令	描述
:CALCulate:MATH:NAME <name>	选择数学表述；<name>= “POWER”, “OF COMPOHM”, “VOLT COEF” 或 “VARALPHA”
:CALCulate:STATe 	打开 / 关闭数学功能；= ON 或 OFF
:CALCulate:DATA?	询问数学数据。

编程举例

表 20 中的编程举例配置源表作为功率计用（功率 = $V \times I$ ）。其他数学功能的编程举例在 2400 系列源表用户手册（见 18 部分的 CALCulate 1 小节）中提供。

表 20 功率测量举例的命令顺序

命令 *	说明
*RST	还原 GPIB 默认值（源 0V，测量 I）
:SOUR:VOLT:RANG 0.2	选择 200mV 源量程。
:SENS:FUNC “VOLT”, “CURR”	选择 V 和 I 测量功能。
:SENS:CURR:PROT 100e-3	设定电流钳位 100mA。
:SENS:VOLT:RANG:AUTO ON	选择电压测量为自动量程。
:SENS:CURR:RANG:AUTO ON	选择电流测量为自动量程。
:CALC:MATH:NAME “POWER”	选择功率数学功能。
:CALC:STAT ON	激活数学功能。
:OUTP ON	打开输出。
:INIT	触发源 – 测量动作。
:CALC:DATA?	要求功率读数。
:OUTP OFF	关闭输出。

* 当发出 :CALC:DATA? 命令要求功率读数后，源表必须定址为讲。

脉冲模式（仅 2430）

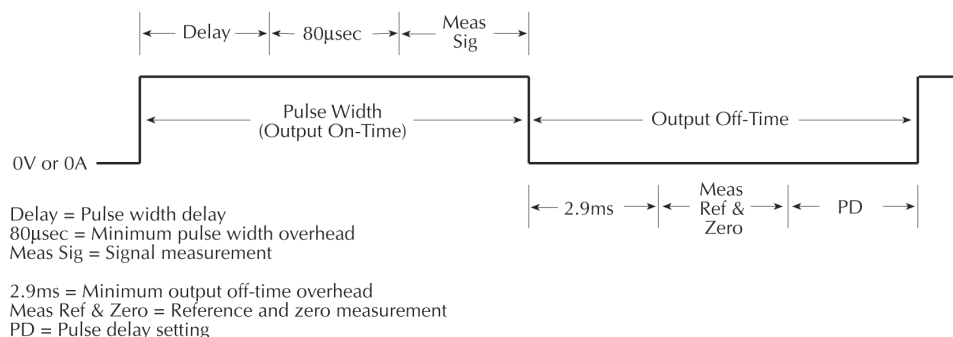
当在脉冲模式时，2430 可以输出一个或多个脉冲。它可以输出电流脉冲在 105V 时最高 10.5A，或电压脉冲在 10.5A 时最高 105V。脉冲模式操作的详细信息，见 2400 系列源表用户手册，第 5 部分。

脉冲特性

图 10 显示了一个典型的脉冲周期。它包括一个输出开时间（脉冲宽度）和输出关时间。

注意 以下关于脉冲特性的讨论中，理解一个典型测量读数包括三个测量的转换是很重要的。信号（脉冲）测量，精密的内部参考测量及最后，零点（公共）测量。读数是从这些测量计算的。

图 10 脉冲测量时间



脉冲宽度 — 脉冲宽度的设置范围从 150 微秒到 5 毫秒。但是注意，在图 10 中可得到的最小脉冲宽度由最小脉宽（80 微秒），和测量信号的时间。例如测量速度设定为 0.01PLC，它会用 1.667 毫秒测量信号（0.01/60Hz）。因此，最小脉冲宽度就是 1.747 毫秒。设定脉宽为小于此值会被忽略。

如果（对同一例子）脉冲宽度设定为大于 1.747 毫秒，相差的部分就成为输出时间的“延迟”。如果你设定脉宽为 3 毫秒，则“延迟”就是 1.253 毫秒。

对于远程操作，所有的测量可以关闭。这样可以减少开时间到 150 微秒（最小值）。

输出关时间 — 如图 10 所示，输出关时间包括最小时间（2.9 毫秒），用来测量参考点和零点的时间，和用户设定的脉冲延迟（PD）。例如，如果测量速度被设定为 0.1PLC，它要用 3.334 毫秒测量参考点和零点（ 2×1.667 毫秒）。在脉冲延迟设定为零时，最小脉冲关时间将为 6.234 毫秒。

输出的关时间可以通过关闭自动零点来减小。自动零点关闭时，参考点和零点不用测量，基本时间可以减小到 1.4 毫秒（最小）。自动零点关闭后，零点的漂移会最终影响精度。

对于远程操作，所有的测量可以关闭。这样可减小基本关时间到 1.1 毫秒（最小）。

脉冲占空比

占空比，指输出开的时间在整个脉冲周期的时间百分比，按如下公式计算：

占空比 = 脉冲宽度 / (脉冲宽度 + 关时间)

例如，如果脉冲宽度为 1 毫秒而关时间为 9 毫秒，占空比计算如下：

占空比 = 1 毫秒 / (1 毫秒 + 9 毫秒)
= 1 毫秒 / 10 毫秒
= 0.10 (10%)

10A 量程限制

脉冲宽度

对于 10A 量程（源或测量）的最大脉冲宽度是 2.5 毫秒。如果设定是 >2.5 毫秒，源表会限制脉宽为 2.5 毫秒。

充电能量消耗

脉冲能量是由内部的电容组提供的。每个脉冲从电容中消耗能量。接下来的脉冲就要等到电容有足够的时间重新充足电才能发出。

一个脉冲消耗的充电能量由脉冲电流和脉冲宽度决定。一个长的大电流脉冲消耗的能量高于一个短的小电流脉冲。在所有 10A 以外的量程（源或测量），充电能量的消耗低，使电容在脉冲之间有足够的充电时间。结果可以连续脉冲输出。

在 10A 量程（源或测量），配置的脉冲周期要保持占空比是 8% 或更低。超过 8%，电容在下个脉冲产生时不能完全充电。结果脉冲周期变得更长或不能持续。

如果在你的测试中不需要一个持续的脉冲周期，你可以用 10A 量程输出快速，高能量 (> 8% 占空比) 的脉冲。脉冲延迟设定为 0 秒，每个后来的脉冲在电容充电完全后输出。

脉冲模式配置

选择脉冲模式，设定脉冲宽度和脉冲延迟

使用以下菜单顺序选择脉冲模式：

按 CONFIG > 按 SOURCE V(或 I) > 选择 SHAPE > 选择 PULSE

当选择 PULSE 后，用下边的菜单选项编程脉冲参数：

DELAY — 用来选择对应输出关时间的脉冲延迟（0 到 9999.99900 秒）。

PULSE WIDTH — 用来设定脉冲宽度（0.15ms 到 5.00ms）。注意此脉冲宽度在 10A 量程（源或测量）内部限制在 2.5ms。

设定脉冲测量速度

脉冲模式选择后，脉冲测量速度可设定为 0.004 到 0.1PLC。设定速度时，按 SPEED 键并输入需要的 NPLC 值。

设定脉冲计数

执行计数和触发计数确定多少个脉冲输出。一般来讲，脉冲计数是执行计数和触发计数的乘积。如果执行计数设定为无限，脉冲就会连续输出。注意有限计数的乘积不能超过 2500。

执行计数 — 用如下菜单顺序设定执行计数：

按 CONFIG > 按 TRIG > 选择 ARM LAYER > 选择 COUNT

选择 COUNT 后，显示如下菜单选项：
FINITE – 用来设定执行次数为一有限值。
INFINITE – 用来设定执行次数无限次。
触发计数 – 用如下菜单顺序设定触发计数：
按 CONFIG > 按 TRIG > 选择 TRIG LAYER > 选择 COUNT > 设定 TRIG COUNT 打
开 / 关闭自动零点
用如下菜单顺序打开或关闭自动零点：
按 MENU > 选择 A/D CTRL > 选择 AUTO ZERO > 选择 DISABLE 或 ENABLE

脉冲模式操作

警告 危险电压 ($\geq 30V_{rms}$) 可能会在执行快速脉冲操作时出现在输入 / 输出的 LO 端。为避免这种电击危险连接 LO 端到机壳地或一个已知的安全的地。如果使用前面板端子，前面板 LO 接地。如果用后面板端子，将后面板 LO 接地。

以下步骤归纳了输出脉冲的基本过程：

1. 如前文解释的那样，配置源表为脉冲模式操作（见脉冲模式配置）。
2. 选择源（SOURCE V 或 SOURCE I），并且设定脉冲电平和钳位限制。
3. 选择测量功能并且，如果不测量输出，选择测量量程。注意 AUTO 量程在脉冲模式下无效。
4. 打开输出。在输出开时间，红色 OUTPUT 灯亮，而在关时间，指示灯灭。
5. 如果脉冲计数是有限值，输出在最后一个脉冲发出后关闭。输出在任何时候按 ON/OFF 键都可以关闭。

脉冲欧姆测量

当在脉冲模式，可以执行自动或手动欧姆测量。而且，偏置补偿欧姆作为一数学功能也有效。当选择和配置脉冲模式后，象本指南前面解释的那样执行需要的欧姆测量（见测量欧姆在基本源表操作）。

脉冲模式扫描

当执行一个脉冲模式扫描时，输出会在每个扫描点和零之间变换。选择和配置扫描模式后，象本指南前面解释的那样配置和运行需要的扫描（见扫描操作）。

脉冲测量的考虑

为提供快速脉冲周期，有一些与脉冲模式不同的正常直流模式操作。所有脉冲测量的考虑在 2400 系列源表用户手册的第 5 部分。许多可识别的区别在下边归纳：

测量速度 – 在正常模式操作中，速度可以设定为 0.01 到 10PLC。在脉模式下，速度可以设定为 0.004 到 0.1PLC。

滤波 – 在脉冲模式下滤波不能用。

自动量程 – 在脉冲模式下自动量程无效。

源的延迟 – 在直流模式下，源的延迟是在源和测量动作间的延迟。当选择脉冲模式时，源的延迟被脉冲延迟替代。脉冲延迟是用户设定的在脉冲周期内关时间部分发生的延迟。

触发延迟 – 在直流模式时，触发延迟用户设定的在触发和源输出动作之间的延迟。在脉冲模式下，触发延迟不用。

远程命令编程

SCPI 命令

用于选择和配置脉冲模式的 SCPI 命令在表 21 中列出。

表 21 SCPI 命令；选择并配置脉冲模式

命令 *	描述
:SOURce:FUNCtion:SHAPE PULSe	选择脉冲模式操作。
:SOURce:PULSe:WIDTh <n>	设定脉宽（秒）；<n>=0.00015 到 0.005.
:SOURce:PULSe:DELaY <n>	设定脉冲延迟(秒)；<n>=0 到 9999.999.
:SENSe:xxx:NPLC <n>	设定脉冲测量速度；<n>=0.004 到 0.1.
:ARM:COUNT <n>	设定执行计数；<n>=1 到 2500 或 INFinite
:TRIGger:COUNt <n>	设定触发计数；<n>=1 到 2500.

* :xxx=; VOLTage,;CURRent 或:RESistance。

编程举例

表 22 中列出的命令顺序会输出 1 毫秒脉宽的 5V 脉冲。

表 22 脉冲模式举例的命令顺序

命令 *	说明
*RST	还原 GPIB 默认值（输出 V，测量 I）。
:SOUR:FUNC:SHAP PULS	选择脉冲模式。
:SOUR:PULS:WIDT 0.001	设定脉宽 1 毫秒。
:SOUR:PULS:DEL 1	设定脉冲延迟为 1 秒。
:SOUR:VOLT:LEV 5	设定源电平为 5V。
:SENS:CURR:NPLC 0.01	设定脉冲测量速度为 0.01PLC。
:TRIG:COUN 20	设定脉冲计数为 20。
:READ?	触发并获取脉冲读数字符串。

* 在发出:READ?命令要获取脉冲读数后源表必须被定址为讲。

附录 A

技术规格

数字源表仪器规格

电压准确度

型号	量程	电源		电源准确度 ¹ (1年)	噪声	测量	测量准确度 ^{2,3,4}	输出 SLEW	SOURCE/SINK LIMIT
		分辨率	23°C ± 5°C	± (读数的 % + 电压)	(peak-peak)	分辨率	(1年)	RATE (± 30%)	
							± (读数的 % + 电压)	钳位	
2400, 2400-C	200.000 mV	5 μV	0.02%+600μV	5 μV	1 μV	0.012%+300 μV			± 21V@ ± 1.05A ± 210V@ ± 105mA
	2.00000 V	50 μV	0.02%+600μV	50 μV	10 μV	0.012%+300 μV			
	20.0000 V	500 μV	0.02%+2.4mV	500 μV	100 μV	0.015%+ 1.5 mV	0.08 V/μs		
	200.000 V	5 mV	0.02%+24mV	5 mV	1 mV	0.015%+ 10 mV	0.5 V/μs		
2400-LV	200.000 mV	5 μV	0.02%+600μV	5 μV	1 μV	0.012%+300 μV			± 21V@ ± 1.05A
	2.00000 V	50 μV	0.02%+600μV	50 μV	10 μV	0.012%+300 μV			
	20.0000 V	500 μV	0.02%+2.4mV	500 μV	100 μV	0.015%+ 1.5 mV	0.08 V/μs		
2410, 2410-C	200.000 mV	5 μV	0.02%+600μV	5 μV	1 μV	0.012%+300 μV			± 21V@ ± 1.05A ± 1100V@ ± 21mA
	2.00000 V	50 μV	0.02%+600μV	50 μV	10 μV	0.012%+300 μV			
	20.0000 V	500 μV	0.02%+2.4mV	500 μV	100 μV	0.015%+ 1 mV	0.08 V/μs		
	1000.00 V	50 mV	0.02%+100mV	20 mV	10 mV	0.015%+ 50 mV	0.5 V/μs		
2420, 2420-C	200.000 mV	5 μV	0.02%+600μV	5 μV	1 μV	0.012%+300 μV			± 21V@ ± 3.15A ± 63V@ ± 1.05A
	2.00000 V	50 μV	0.02%+600μV	50 μV	10 μV	0.012%+300 μV			
	20.0000 V	500 μV	0.02%+2.4mV	500 μV	100 μV	0.015%+ 1 mV	0.08 V/μs		
	60.0000 V	1.5 mV	0.02%+7.2mV	1.5 mV	1 mV	0.015%+ 3 mV	0.14 V/μs		
2425, 2425-C	200.000 mV	5 μV	0.02%+600μV	5 μV	1 μV	0.012%+300 μV			± 21V@ ± 3.15A ± 105V@ ± 1.05A
	2.00000 V	50 μV	0.02%+600μV	50 μV	10 μV	0.012%+300 μV			
	20.0000 V	500 μV	0.02%+2.4mV	500 μV	100 μV	0.015%+ 1 mV	0.08 V/μs		
	100.0000 V	2.5 mV	0.02%+12mV	2.5 mV	1 mV	0.015%+ 5 mV	0.25 V/μs		
2430, 2430-C	200.000 mV	5 μV	0.02%+600μV	10 μV	1 μV	0.012%+300 μV			± 105V@ ± 1.05A ± 105V@ ± 10.5A (pulse mode only)
	2.00000 V	50 μV	0.02%+600μV	50 μV	10 μV	0.012%+300 μV			
	20.0000 V	500 μV	0.02%+2.4mV	500 μV	100 μV	0.015%+ 1 mV	0.08 V/μs		
	100.0000 V	2.5 mV	0.02%+12mV	2.5 mV	1 mV	0.015%+ 5 mV	0.25 V/μs		
2440, 2440-C	200.000 mV	5 μV	0.02%+600μV	10 μV	1 μV	0.012%+300 μV			± 105V@ ± 5.25A ± 42V@ ± 1.05A
	2.00000 V	50 μV	0.02%+600μV	50 μV	10 μV	0.012%+300 μV			
	10.0000 V	500 μV	0.02%+1.2mV	250 μV	100 μV	0.015%+750 mV	0.08 V/μs		
	40.0000 V	5 mV	0.02%+4.8mV	1 mV	1 mV	0.015%+ 3 mV	0.25 V/μs		

温度系数: (0 – 18°C & 28° – 50°C): ±(0.15 × accuracy specification)/°C.
最大输出功率: 22W (66W for Model 2420, 110W for Model 2425 and 2430, 55W for Model 2440), four quadrant source or sink operation.
电压调整率: Line:0.01% of range. Load: 0.01% of range + 100µV.
纹波: 10mV (50mV typ., Models 2430 and 2440).
超载保护: User selectable values, 5% tolerance. Factory default = none.
电流钳制: Bipolar current limit (compliance) set with single value. Min. 0.1% of range.
OVERSHOOT: <0.1% typical (full scale step, resistive load, 10mA range).

额外电源规格 (所有型号)

延迟时间: 30µs minimum for the output to recover to its spec. following a step change in load.
控制命令反应时间: Maximum time required for the output to begin to change following the receipt of: SOURce:VOLTage|CURRent <nrf> command.Autorange On: 10ms. Autorange Off: 7ms.
输出稳定时间: Time required to reach 0.1% of final value after command is processed. 100µs typical. Resistive load. 10µA to 100mA range.
直流浮地电压: Output can be floated up to ± 250VDC (Model 2440 ± 40VDC) from chassis ground.
远端侦测: Up to 1V drop per load lead.
钳制准确度: Add 0.3% of range and ± 0.02% of reading to base specification.
超过温度保护: Internally sensed temperature overload puts unit in standby mode.
换挡 OVERSHOOT: Overshoot into a fully resistive 100kΩ load, 10Hz to 1MHz BW, adjacent ranges: 100mV typical, except 20V/200V (20V/ 60V on Model 2420), 20V/ 100V on Model 2425 and 2430, range boundary, and Model 2440.
最小钳位值: 0.1% of range.

额外脉冲模式规格(2430 及 2430-C)

最大占空比: 8%, hardware limited, 10A range only. All other ranges 100%.
最大脉冲宽度: 5ms from 90% rising to 90% falling edge, 2.5ms 10A range.
最小脉冲宽度: 150µs.
最小脉冲分辨率: 50µs typical, 70µs max., limited by system jitter.
电源准确度: Determined by settling time and source range specifications.
输出稳定时间:
800µs typ., source I = 10A into 10Ω, limited by voltage slew rate.
500µs typ., source I = 10A into 1Ω, limited by voltage slew rate.
输出 Slew Rate:
Voltage (10Ω load): 0.25V/µs ± 30% on 100V range. 0.08V/µs ± 30% on 20V range, 10A range.
Current (0Ω load): 0.25A/µs ± 30% on 100V range. 0.08A/µs ± 30% on 20V range, 10A range.

备注:

- 2400, 2410 Only: Specifications valid for continuous output currents below 105mA. For operation above 105mA continuous for >1 minute, derate accuracy 10%/35mA above 105mA.
- Speed = Normal (1 PLC). For 0.1 PLC, add 0.005% of range to offset specifications, except 200mV, 1A, 10A ranges, add 0.05%. For 0.01 PLC, add 0.05% of range to offset specifications, except 200mV, 1A, 10A ranges, add 0.5%.
- Accuracies apply to 2- or 4-wire mode when properly zeroed.
- In pulse mode, limited to 0.1 PLC measurement.

电流准确度

型号	量程	电源 分辨率	电源准确度 ^{1,3} (1年)	测量 分辨率	测量准确度 ^{5,6,7} (1年)	SOURCE/SINK LIMIT
			23°C ± 5°C ± (读数的 % + 电流)		23°C ± 5°C ± (读数的 % + 电流)	
2400, 2400-C, 2400-LV	1.00000 µA	50 pA	0.035% + 600 pA	10 pA	0.029% + 300 pA	± 1.05A@ ± 21V ± 105mA@ ± 210V8
	10.0000 µA	500 pA	0.033% + 2 nA	100 pA	0.027% + 700 pA	
	100.000 µA	5 nA	0.031% + 20 nA	1 nA	0.025% + 6 nA	
	1.00000 mA	50 nA	0.034% + 200 nA	10 nA	0.027% + 60 nA	
	10.0000 mA	500 nA	0.045% + 2 µA	100 nA	0.035% + 600 nA	
	100.000 mA	5 µA	0.066% + 20 µA	1 µA	0.055% + 6 µA	
2410, 2410-C,	1.00000 A ²	50 µA	0.27 % + 900 µA	10 µA	0.22 % + 570 µA	± 1.05A@ ± 21V ± 21mA@ ± 110V
	1.00000 µA	50 pA	0.035% + 600 pA	10 pA	0.029% + 300 pA	
	10.0000 µA	500 pA	0.033% + 2 nA	100 pA	0.027% + 700 pA	
	100.000 µA	5 nA	0.031% + 20 nA	1 nA	0.025% + 6 nA	
	1.00000 mA	50 nA	0.034% + 200 nA	10 nA	0.027% + 60 nA	
	20.0000 mA	500 nA	0.045% + 4 µA	100 nA	0.035% + 1.2 µA	
2420, 2420-C,	100.000 mA	5 µA	0.066% + 20 µA	1 µA	0.055% + 6 µA	± 3.15A@ ± 21V ± 1.05A@ ± 63V
	1.00000 A	50 µA	0.067% + 900 µA	10 µA	0.060% + 570 µA	
	3.00000 A ²	150 µA	0.059% + 2.7 mA	10 µA	0.052% + 1.71 mA	
	10.0000 µA	500 pA	0.033% + 2 nA	100 pA	0.027% + 700 pA	
	100.000 µA	5 nA	0.031% + 20 nA	1 nA	0.025% + 6 nA	
	1.00000 mA	50 nA	0.034% + 200 nA	10 nA	0.027% + 60 nA	
2425, 2425-C,	10.0000 mA	500 nA	0.045% + 2 µA	100 nA	0.035% + 600 nA	± 3.15A@ ± 21V ± 1.05A@ ± 105V
	100.000 mA	5 µA	0.066% + 20 µA	1 µA	0.055% + 6 µA	
	1.00000 A	50 µA	0.067% + 900 µA	10 µA	0.060% + 570 µA	
	3.00000 A ²	150 µA	0.059% + 2.7 mA	10 µA	0.052% + 1.71 mA	
	10.0000 µA	500 pA	0.033% + 2 nA	100 pA	0.027% + 700 pA	
	100.000 µA	5 nA	0.031% + 20 nA	1 nA	0.025% + 6 nA	
2430, 2430-C,	1.00000 mA	50 nA	0.034% + 200 nA	10 nA	0.027% + 60 nA	± 1.05A@ ± 105V ± 10.5A@ ± 105V (pulse mode only)
	10.0000 mA	500 nA	0.045% + 2 µA	100 nA	0.035% + 600 nA	
	100.000 mA	5 µA	0.066% + 20 µA	1 µA	0.055% + 6 µA	
	1.00000 A	50 µA	0.067% + 900 µA	10 µA	0.060% + 570 µA	
	3.00000 A ² /	500 µA	0.059 % + 2.8 mA	10 µA	0.052% + 1.71 mA	
	10.0000 A ⁴					
2440, 2440-C,	10.0000 µA	500 pA	0.033% + 2 nA	100 pA	0.027% + 700 pA	± 5.25A@ ± 10.5V ± 1.05A@ ± 42V
	100.000 µA	5 nA	0.031% + 20 nA	1 nA	0.025% + 6 nA	
	1.00000 mA	50 nA	0.034% + 200 nA	10 nA	0.027% + 60 nA	
	10.0000 mA	500 nA	0.045% + 2 µA	100 nA	0.035% + 600 nA	
	100.000 mA	5 µA	0.066% + 20 µA	1 µA	0.055% + 6 µA	
	1.00000 A	50 µA	0.067% + 900 µA	10 µA	0.060% + 570 µA	
	5.00000 A	50 µA	0.10 % + 5.4 mA	10 µA	0.10 % + 3.42 mA	

温度系数(0°–18°C & 28°–50°C): ±(0.15 x accuracy specification)/°C.

最大输出功率: 22W (66W for Model 2420, 110W for Model 2425 and 2430, 55W for Model 2440), four quadrant source or sink operation.

电流调整率: Line: 0.01% of range. Load: 0.01% of range (except Model 2440 5A range 0.05%) + 100pA.

电压钳制: Bipolar voltage limit (compliance) set with single value. Min. 0.1% of range.

OVERSHOOT: <0.1% typical (1mA step, RL = 10kΩ, 20V range for Model 2400, 2410, 2420, 2425, 2430), (10V range for Model 2440).

接线检查(Contact Check)规格 (仅对 - C 型号)

速度: 350µs for verification and notification.

接线检查:	2 Ω	15 Ω	50 Ω
没有接线不良	<1.00 Ω	<13.5 Ω	<47.5 Ω
总是接线不良	>3.00 Ω	>16.5 Ω	>52.5 Ω

备注:

- 2400, 2410 Only:** Specifications valid for continuous output currents below 105mA. For operation above 105mA continuous for >1 minute, derate accuracy 10%/35mA above 105mA.
- Full operation (1A) regardless of load to 30°C (50°C for Model 2420 and 2440). Above 30°C (50°C for Model 2420 and 2440) ambient, derate 35mA/°C and prorate 35mA/Ω load. 4-wire mode. For current sink operation on 1A, 3A, or 5A ranges maximum continuous power is limited to approximately 1/2 rated power or less, depending on current, up to 30°C ambient. See power equations in the User's Manual to calculate allowable duty cycle for specific conditions.
- For sink mode, 1µA to 100mA range, accuracy is:
Model 2400: ±(0.15% + offset*4). **Models 2410, 2420, 2425, 2430, 2440:** ±(0.5% + offset*3). For 1A range, accuracy is:
Model 2400: ±(1.5% + offset*8). **Models 2410, 2420, 2425, 2430, 2440:** ±(1.5% + offset*3).
- 10A range only in pulse mode. Limited to 2.5ms pulse width maximum. 10% duty cycle maximum.
- Speed = Normal (1 PLC). For 0.1 PLC, add 0.005% of range to offset specifications, except 200mV, 1A, 10A ranges, add 0.05%. For 0.01 PLC, add 0.05% of range to offset specifications, except 200mV, 1A, 10A ranges, add 0.5%.
- Accuracies apply to 2- or 4-wire mode when properly zeroed.
- In pulse mode, limited to 0.1 PLC measurement.
- Model 2400 and 2400-C only.

数字源表仪器规格（续）

电阻测量准确度^{1, 2, 5}

					一般准确度（1年） (23°C ± 5°C) ±(读数的 % + 欧姆)		进阶准确度 ⁴ （1年） (23°C ± 5°C) ±(读数的 % + 欧姆)	
		预设测试电流						
量程	预设分辨率	2400, 2410	2420, 2425, 2430, 2440	2400	2410	2420, 2425, 2430, 2440	2400	
<0.20000 Ω ³	—	—	—	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	
2.00000 Ω ³	10 μΩ	—	1 A	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	0.17%+ 0.0003 Ω	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	
20.0000 Ω	100 μΩ	100 mA	100 mA	0.10% + 0.003 Ω	0.11% + 0.006 Ω	0.10% + 0.003 Ω	0.07% + 0.001 Ω	
200.000 Ω	1 mΩ	10 mA	10 mA	0.08% + 0.03 Ω	0.09% + 0.1 Ω	0.08% + 0.03 Ω	0.05% + 0.01 Ω	
2.00000 kΩ	10 mΩ	1 mA	1 mA	0.07% + 0.3 Ω	0.08% + 0.6 Ω	0.07% + 0.3 Ω	0.05% + 0.1 Ω	
20.0000 kΩ	100 mΩ	100 μA	100 μA	0.06% + 3 Ω	0.07% + 6 Ω	0.06% + 3 Ω	0.04% + 1 Ω	
200.000 kΩ	1 Ω	10 μA	10 μA	0.07% + 30 Ω	0.07% + 60 Ω	0.07% + 30 Ω	0.05% + 10 Ω	
2.00000 MΩ ⁶	10 Ω	1 μA	1 μA	0.11% + 300 Ω	0.12% + 600 Ω	0.11% + 300 Ω	0.05% + 100 Ω	
20.0000 MΩ ⁷	100 Ω	1 μA	1 μA	0.11% + 1 kΩ	0.12% + 2.4 kΩ	0.11% + 1 kΩ	0.05% + 500 Ω	
200.000 MΩ ³	1 kΩ	100 nA	—	0.66% + 10 kΩ	0.66% + 24 kΩ	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	0.35% + 5 kΩ	
>200.000 MΩ ³	—	—	—	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	SourceI _{ACC} +Meas.V _{ACC}	

温度系数: ±(0.15 × accuracy specification)/°C.

手动电阻，电流模式: Total uncertainty = I source accuracy + V measure accuracy (4-wire remote sense).

手动电阻，电压模式: Total uncertainty = V source accuracy + I measure accuracy (4-wire remote sense).

6 线式电阻模式: Available using active ohms guard and guard sense. Max. Guard Output Current: 50mA (except 1A range). Accuracy is load dependent. Refer to White Paper no. 2033 for calculation formula.

Guard 输出阻抗: <0.1Ω in ohms mode.

备注:

1. Speed = Normal (1 PLC). For 0.1 PLC, add 0.005% of range to offset specifications, except 200mV, 1A, 10A ranges, add 0.05%. For 0.01 PLC, add 0.05% of range to offset specifications, except 200mV, 1A, 10A ranges, add 0.5%.
2. Accuracies apply to 2- or 4-wire mode when properly zeroed.
3. Manual ohms only – except 2420, 2425, 2430, 2440 for 2Ω range and 2410 or 2400 for 200MΩ range.
4. Source readback enabled, offset compensation ON. Also available on 2410, 2420, 2425, 2430, and 2440 with similar accuracy enhancement.
5. In pulse mode, limited to 0.1 PLC measurement.
6. Except 2440; default test current is 5μA.
7. Except 2440; default test current is 0.5μA.

系统速度

测量¹

最大功能转换时间: 75/second.

最大自动量程测量时间: 40ms (电源输出固定).²

扫描操作模式³ 速度(rdg./sec)@60Hz(50Hz):

速度	NPLC	测量		送电源 - 量测		送电源 - 测量 PASS/FAIL 判断		SOURCE-MEMORY	
		到内存	到 GPIB	到内存	到 GPIB	到内存	到 GPIB	到内存	到 GPIB
Fast	0.01/internal	2081 (2030)	1754	1551(1515)	1369	902 (900)	981	165(162)	165
IEEE-488.1 Mode	0.01 / external	1239 (1200)	1254	1018 (990)	1035	830 (830)	886	163(160)	163
Fast	0.01 / internal	2081 (2030)	1198(1210)	1551(1515)	1000 (900)	902 (900)	809(840)	165(162)	164 (162)
IEEE-488.2 Mode	0.01 / external	1239 (1200)	1079(1050)	1018 (990)	916 (835)	830 (830)	756(780)	163(160)	162 (160)
Medium	0.10 / internal	510 (433)	509 (433)	470 (405)	470 (410)	389 (343)	388(343)	133(126)	132 (126)
IEEE-488.2 Mode	0.10 / external	438 (380)	438 (380)	409 (360)	409 (365)	374 (333)	374(333)	131(125)	131 (125)
Normal	1.00 / internal	59 (49)	59 (49)	58 (48)	58 (48)	56 (47)	56 (47)	44 (38)	44 (38)
IEEE-488.2 Mode	1.00 / external	57 (48)	57 (48)	57 (48)	57 (47)	56 (47)	56 (47)	44 (38)	44 (38)

单点测量速度 (rdg./sec) @60HZ(50Hz):

速度	NPLC	测量	送电源 - 测量 ⁵	送电源 - 测量 PASS/FAIL 判断 ^{4,5}
		到 GPIB	到 GPIB	到 GPIB
Fast (488.1)	0.01 / internal	537	140	135
Fast (488.2)	0.01 / internal	256 (256)	79 (83)	79 (83)
Medium(488.2)	0.10 / internal	167 (166)	72 (70)	69 (70)
Normal (488.2)	1.00 / internal	49 (42)	34 (31)	35 (30)

Component for 60Hz (50Hz):^{4,6}

速度	NPLC	测量	送电源	送电源 - 测量 PASS/FAIL 判断 ^{5,7}
		到 GPIB	PASS/FAIL 判断	到 GPIB
Fast	0.01 / external	1.04 ms (1.08 ms)	0.5 ms (0.5 ms)	4.82 ms (5.3 ms)
Medium	0.10 / external	2.55 ms (2.9 ms)	0.5 ms (0.5 ms)	6.27 ms (7.1 ms)
Normal	1.00 / external	17.53 ms (20.9 ms)	0.5 ms (0.5 ms)	21.31 ms (25.0 ms)

- 1 Reading rates applicable for voltage or current measurements. Auto zero off, autorange off, filter off, display off, trigger delay = 0, and binary reading format.
- 2 Purely resistive load. 1μA and 10μA ranges <65ms.
- 3 1000 point sweep was characterized with the source on a fixed range.
- 4 Pass/Fail test performed using one high limit and one low math limit.

- 5 Includes time to re-program source to a new level before making measurement.
- 6 Time from falling edge of START OF TEST signal to falling edge of END OF TEST signal.
- 7 Command processing time of :SOURce:VOLTage:CURRent:TRIGgered <nrf> command not included.

噪声抑制比:

	NPLC	NMRR	CMRR
Fast	0.01	—	80 dB
Medium	0.1	—	80 dB
Slow	1	60 dB	100 dB ¹

¹Except lowest 2 current ranges = 90dB.

负载阻抗: Stable into 20,000pF typical.

共模电压: 250V DC (40V DC for Model 2440).

共模绝缘性: >10⁹Ω, <1000pF.

过载范围: 105% of range, source and measure.

最大压降在输出 / 输入以及 SENSE 端点之间: 5V.

最大 SENSE 端导线电阻: 1MΩ for rated accuracy.

SENSE 端输入阻抗: >10¹⁰Ω.

GUARD OFFSET电压: <150μV, typical (300μV for Models 2430, 2440).

电源输出模式:

脉冲 (型号 2430)

固定直流输出

内存列表

输出电源扫描(linear&log)

内存空间: 5,000 readings @ 5 digits (two 2,500 point buffers). Includes selected measured value(s) and time stamp. Lithium battery backup (3 yr+ battery life).

SOURCE MEMORY LIST: 100 points max.

程序: IEEE-488 (SCPI-1995.0), RS-232, 5 user-definable power-up states plus factory default and *RST.

数字接口:

Interlock: Active low input.

Handler Interface: Start of test, end of test, 3 category bits. +5V@ 300mA supply.

Digital I/O: 1 trigger input, 4 TTL/Relay Drive outputs (33V @ 500mA, diode clamped).

电源供应: 100V to 240V rms, 50–60Hz (automatically detected at power up).

Model 2400: 190VA. Model 2410: 210VA. Model 2420: 220VA.

Model 2425, 2430: 250VA. Model 2440: 240VA.

散热方式: (Model 2410, 2420, 2425, 2430, 2440): Forced air, variable speed.

保修期: 1 year.

EMC: Conforms to European Union Directive 89/336/EEC, EN 61326-1.

安全性: Conforms to European Union Directive 73/23/EEC, EN61010-1.

震动: MIL-PRF-28800F Class 3 Random.

预热: 1 hour to rated accuracies.

体积: 89mm high X 213mm wide X 370mm deep (3½ in X 8½ in X 14½ in). Bench Configuration (with handle & feet): 104mm high X 238mm wide X 370mm deep (4½ in X 9½ in X 14½ in).

重量: 3.21kg (7.08 lbs) (Model 2425, 2430, 2440: 4.1kg, 9.0 lbs).

环境: Operating: 0°–50°C, 70%R.H. up to 35°C. Derate 3% R.H./°C, 35°–50°C.

Storage: –25°C to 65°C.



美国吉时利仪器公司产品维修表格

仪器型号:_____ 产品序列号:_____ 购买日期:_____ 购买地点:_____

联系人:_____ 电话:_____ 传真:_____ E-mail:_____

公司名称:_____ 地址:_____

故障描述:_____

备注信息:_____

是否要发票: 是 ☐ 否 ☐ 如需发票请填写发票抬头:_____

是否要校准证书 (用户自费): 是 ☐ 三选一
└─ 中国计量科学研究院证书 ☐
└─ 航天五院 514 所证书 ☐
否 ☐

在仪器维修之前,请仔细阅读本手册前面关于保修的说明,并填好本页表格,随同包装好的仪器运输到下列地址。由于包装不当造成的损坏,不在免费保修之内。如果待修仪器在保修期内,除运输到我公司维修中心的单程运输与保险费用外无其它费用。对保修期外的产品,经初步检查后书面提供报价,请您签字确认后,即开始维修。如用户不接收报价,我们会将仪器原机返回,涉及到运输及保险费由用户承担。免费咨询电话:8008101334 转维修。

地址:北京海淀区北太平庄路 18 号城建大厦 A1301 邮编:100088

电话:8610-55010010, 82255010 传真:8610-82255018

E-mail: china@keithley.com



更自信的测试

Keithley Instruments, Inc.

总部地址：28775 Aurora Road . Cleveland, Ohio 44139 . 电话：440-248-0400 . 传真：440-248-6168
1-888-KEITHLEY (534-8453) www.keithley.com

北京办事处

地址：北京海淀区北太平庄路 18 号
城建大厦 A1301
邮编：100088
电话：8610-55010010 , 82255010
传真：8610-82255018
E-mail:china@keithley.com

上海代表处

地址：上海市延安中路 841 号
东方海外大厦 1206 室
邮编：200040
电话：86-21-6289 8246/4910
传真：86-21-6289 9335
E-mail:shanghai@keithley.com

深圳代表处

地址：深圳市深南中路 2 号
新闻大厦 11 楼 14 室
邮编：518027
电话：86-755-8209 0093/0095
传真：86-755-8209 0087
E-mail:shenzhen@keithley.com

全国免费电话：800-810-1334 中文网址：www.keithley.com.cn