

KEITHLEY

Model 6485 型皮安表

Model 6487 型皮安表 / 电压源

用户手册

更自信的测试

目 录

安全预防措施	1
保修	3
一、开始篇	1-1
1. 介绍	1-2
2. 手册概述	1-2
3. 综合信息	1-2
1.3.1 保修信息	1-2
1.3.2 联系信息	1-2
1.3.3 安全符号与术语	1-2
1.3.4 拆箱和检查	1-3
1.3.5 选购件和附件	1-4
4. 特性	1-5
5. 6485 型前后面板介绍	1-6
1.5.1 6485 型前面板概述	1-6
1.5.2 6485 型后面板概述	1-8
6. 6487 型前后面板介绍	1-9
1.6.1 6487 型前面板概述	1-9
1.6.2 6487 型后面板概述	1-12
7. 启动	1-14
1.7.1 电源连接	1-14
1.7.2 电源频率	1-14
1.7.3 启动次序	1-14
8. 默认设置	1-15
1.8.1 保存用户设置	1-15
1.8.2 恢复设置	1-15
1.8.3 恢复出厂默认设置	1-15
1.8.4 6485 默认设置	1-16
1.8.5 6487 型默认设置	1-17
9. 菜单	1-18
1.9.1 6485 型菜单 (MENU) 结构	1-19
1.9.2 6487 型菜单 (MENU) 结构	1-19
10. SCPI 编程	1-19
1.10.1 可选命令字	1-19
1.10.2 询问命令	1-19
二、连接	2-1
1. 连接基础	2-2
2.1.1 6485 型连接	2-2
2.1.2 6487 型连接	2-3
2. 到 DUT 的基本连接	2-4
2.2.1 6485 型 DUT 连接	2-4
2.2.2 6487 型 DUT 连接	2-5
2.2.3 噪声和安全屏蔽	2-6
2.2.4 输入电压过载	2-7
3. 使用测试夹具	2-7
2.3.1 通用测试夹具	2-7
2.3.2 8009 型电阻率测试夹具	2-8
4. 6487 型互锁	2-9

2.4.1	互锁连接	2-9
2.4.2	互锁操作	2-9
2.4.3	487 型和 6487 型的互锁有何区别?	2-10
5.	模拟输出	2-10
6.	测量注意事项	2-11
三、测量和电压源使用		3-1
1.	测量概述	3-2
3.1.1	电流测量	3-2
3.1.2	6487 型电压源	3-2
2.	注意事项	3-2
3.2.1	预热期	3-2
3.2.2	电压偏差校正	3-2
3.2.3	自动清零 (Auto Zero)	3-2
3.2.4	零点检查 (Zero Check) 和零点校正 (Zero Correct)	3-2
3.2.5	SCPI 编程 - 零点检查 (Zero Check) 和零点校正 (Zero Correct)	3-3
3.	电流测量	3-3
3.3.1	注意事项	3-3
3.3.2	电流测量步骤	3-4
3.3.3	SCPI 编程 - 电流测量	3-6
3.3.4	编程示例 - 电流测量	3-6
4.	6487 型欧姆测量	3-6
3.4.1	概述	3-6
3.4.2	DC 和交互电压欧姆	3-6
3.4.3	电阻测量步骤	3-6
3.4.4	SCPI 编程 - 欧姆测量	3-8
3.4.5	编程示例 - 欧姆测量	3-8
3.4.6	6487 型电压源操作	3-9
四、量程、单位、位数、速率和滤波器		4-1
1.	量程、单位和分辨率	4-2
4.1.1	量程	4-2
4.1.2	手动量程	4-2
4.1.3	自动量程	4-2
4.1.4	自动量程限	4-2
4.1.5	单位	4-2
4.1.6	分辨率	4-3
4.1.7	SCPI 编程 - 量程和分辨率	4-3
4.1.8	编程示例 - 量程和位数	4-3
2.	速率	4-3
3.	6487 型电容抑制	4-3
4.	滤波器	4-4
4.4.1	中值滤波器	4-4
4.4.2	数字滤波器	4-4
4.4.3	滤波器控制	4-4
4.4.4	SCPI 命令 - 滤波器	4-5
4.4.5	编程示例	4-5
五、相对运算、$mX+b$、$m/X+b$(倒数)及对数运算		5-1
1.	相对运算	5-2
5.1.1	面板设定	5-2
5.1.2	SCPI 编程 - 相对运算	5-2
5.1.3	编程示例 - 相对运算	5-2

2.	mX+b、m/X+b(倒数)和对数运算	5-2
5.2.1	mX+b 和 m/X+b	5-2
5.2.2	对数运算	5-3
5.2.3	设定数学运算	5-3
5.2.4	SCPI 编程 - mX+b、m/X+b 和对数运算	5-3
六、缓冲区和扫描		6-1
1.	缓冲区操作	6-2
6.1.1	存储	6-2
6.1.2	调用	6-2
6.1.3	时间信息	6-2
6.1.4	清空	6-2
6.1.5	统计数据	6-2
6.1.6	SCPI 编程 - 缓冲区	6-3
6.1.7	编程示例	6-3
2.	6487 型电压扫描	6-4
6.2.1	前面板扫描	6-4
6.2.2	SCPI 编程 - 扫描	6-4
6.2.3	编程示例	6-4
七、程控操作和命令		7-1
1.	选择和设置接口	7-2
7.1.1	接口	7-2
7.1.2	GPIB 接口	7-2
7.1.3	RS-232 接口	7-2
7.1.4	连接	7-2
7.1.5	面板 GPIB 操作	7-3
2.	程控命令	7-3
7.2.1	一般总线命令 (General Bus Commands)	7-3
7.2.2	公共命令 (Common Commands)	7-4
7.2.3	信号定位命令 (Signal Oriented Commands)	7-4
7.2.4	SCPI 命令子系统	7-4
7.2.5	编程语法	7-5
附录 :		
A.	规格(Specification)	A-1
	6485 规格 (6485 Picoammeter Specifications)	A-2
	6487 规格 (6487 Picoammeter Specifications)	A-3
B.	一般注意事项	B-1
	接地回路	B-2
	摩擦电效应	B-3
	压电效应和储存电荷效应	B-3
	电化学效应	B-3
	湿度	B-3
	光线	B-3
	静电干扰	B-3
	磁场	B-4
	电磁干扰	B-4
C.	示例程序	C-1
	1000 读数 / 秒进内部缓冲区	C-2
	900 读数 / 秒到 IEEE-488 总线	C-2
	3000 读数进内部缓冲区	C-3

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、操作和维护信息。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。维护程序在本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的培训。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通路或接地线路的物体。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盖子联锁装置。

如果有  或  符号，请使用用户文件中推荐的电线，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，或使液体流入或溅入仪器。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。

保 修

Keithley Instruments, Inc. 保证本产品自装运日期起 1 年无材料或工艺缺陷。

Keithley Instruments, Inc. 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、及文件。

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（免费电话 800-810-1334），或联系 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。维修后我们会将预付运费的产品寄回。维修过或更换过的产品的保修期为原保修期的剩余部分，或至少 90 天。

保 修 范 围

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的补偿。

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，KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. 或其雇员不负任何责任，即使 KEITHLEY INSTRUMENTS, INC. 事先已经获知产生该损失的可能性。这样的损失包括但不限于：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 Instruments, Inc.

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

中国免费服务电话：800-810-1334

北京办事处

北京朝阳区裕民路 12 号元辰鑫大厦 705 室
邮编：100029
电话：86-10-8225 1886/4887，8225 2324/2665
传真：86-10-8225 1892
E-mail：china@keithley.com

上海代表处

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

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

*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，或发电子邮件联系我们。

比利时	地址：Bergensesteenweg 709 · B-1600 Sint-Pieters-Leeuw · 电话：02-363 00 40 · 传真：02/363 00 64
芬兰	地址：Tiet · j · ntie 2 · 02130 Espoo · 电话：09-54 75 08 10 · 传真：09-25 10 51 00
法国	地址：3, allée des Garays · 91127 Palaiseau Cédex · 电话：01-64 53 20 20 · 传真：01-60 11 77 26
德国	地址：Landsberger Strasse 65 · 82110 Germering · 电话：089/84 93 07-40 · 传真：089/84 93 07-34
英国	地址：Unit 2 Commerce Park, Brunel Road · Theale · Berkshire RG7 4AB · 电话：0118 929 7500 · 传真：0118 929 7519
印度	地址：1/5 Eagles Street · Langford Town · Bangalore 560 025 · 电话：080 212 8027 · 传真：080 212 8005
意大利	地址：Viale San Gimignano, 38 · 20146 Milano · 电话：02-48 39 16 01 · 传真：02-48 30 22 74
日本	地址：New Pier Takeshiba North Tower 13F · 11-1, Kaigan 1-chome · Minato-ku, Tokyo 105-0022 · 电话：81-3-5733-7555 · 传真：81-3-5733-7556
韩国	地址：2FL., URI Building · 2-14 Yangjae-Dong · Seocho-Gu, Seoul 137-888 · 电话：82-2-574-7778 · 传真：82-2-574-7838
荷兰	地址：Postbus 559 · 4200 AN Gorinchem · 电话：0183-635333 · 传真：0183-630821
瑞典	地址：c/o Regus Business Centre · Frosundaviks All 15, Gúr · 169 70 Solna · 电话：08-509 04 600 · 传真：08-655 2610
台湾	地址：13F-3. No. 6, Lane 99 Pu-Ding Road · Hsinchu, Taiwan · 电话：886-3-572-9077 · 传真：886-3-572-9031

1

开始篇

介绍 - 6485 型及 6487 型皮安表描述。

手册概述 - 介绍本手册的内容安排。

综合信息 - 综合信息包括保修信息、联系信息、安全符号与术语、拆箱和检查、以及选购件和附件。

特性 - 概述 6485 型和 6487 型的特性。

6485 型前后面板介绍 - 了解 6485 型如何控制和连接，以及关于面板显示的信息。

6487 型前后面板介绍 - 了解 6487 型如何控制和连接，以及关于面板显示的信息。

启动 - 介绍市电电源连接、市电频率和启动次序。

默认设置 - 介绍用户可以使用的五种仪器设置配置：三种用户定义、GPIB 默认以及出厂默认。

菜单 - 介绍 6485 型和 6487 型的菜单结构。

SCPI 编程 - 讲解本手册中的 SCPI 命令。

1. 介绍

6485型和6487型皮安表分辨率高、可通过接口总线（RS-232和IEEE488）编程。6485型和6487型具有如下的电流测量量程：8量程（从20mA到2nA）。6487型还包括一个±500伏的直流电压源以及一个具有变换电压极性方式的欧姆测量功能，以提高高阻测量的准确性和可重复性。

2. 手册概述

本手册讲述了6485型和6487型皮安表的连接、编程和保养的方法。本手册的结构如下：

- 第1部分：开始篇
- 第2部分：连接
- 第3部分：测量与电压源（仅限于6487型）
- 第4部分：量程、单位、位数、速率与滤波器
- 第5部分：相对、 $mX+b$ 、 $m/X+b$ （倒数）及对数运算
- 第6部分：缓冲区和扫描
- 第7部分：远程操作与命令

本手册的附录包括产品规格，并在某些问题上提供了更多的信息。

附录的组织如下：

- 附录A：规格指标
- 附录B：一般测量注意事项
- 附录C：示例程序

3. 综合信息

1.3.1 保修信息

保修信息置于本手册的前部。若您的6485型或6487型产品需要保修服务，请联系您当地的Keithley代表机构或授权维修机构。如果您的仪器需要返修，请务必填写并附上本手册后的维修表格，以为维修机构提供必需的信息。

1.3.2 联系信息

在本手册的前部列有全球联系电话号码。如果您有任何问题，请联系您当地的Keithley代表机构或拨打中国全国免费电话：800-810-1334咨询我们的应用工程师。

1.3.3 安全符号与术语

下列符号和术语可能出现在仪器上或在本手册中使用：

如果有⊕或⊖符号，请使用用户文件中推荐的导线将其连接到安全的地线。

仪器上的⚠符号表明用户应该参考本手册中的操作说明。

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。请采取标准的安全保护措施，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伤亡的危险。在进行指定的程序前，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。

1.3.4 拆箱和检查

检查破损

6485 型 /6487 型在装运前已经进行仔细的电气检查和机械检查。从装运纸箱中取出所有物品后，请检查是否有明显的物理损坏的痕迹，这可能是在运输中造成的。（显示屏上可能有一层保护膜，可以取下。）如果有任何破损请立即报告货运代理商。可能将来需要运输，因此请保留原始的包装纸箱。从袋子中取出6485 型 /6487 型之前，请遵守以下的装卸注意事项。

装卸注意事项

只能抓住 6485 型 /6487 型机体取处。

从防静电袋中取出后，请检查是否有明显的物理损坏的痕迹。如果有任何此种破损，请立即报告货运代理商。

当仪器尚未安装和连接的时候，请将其置于防静电袋中，并保存在原始的包装纸箱中。

包装内容

6485 型

每一个 6485 型的订单包括下列物品：

带电源线的 6485 型皮安表。

两端带有 BNC 头的低噪声电缆（4801 型）。

BNC 头保护帽（CAP-18）。

香蕉插头到螺钉端子适配器（CA-186-1B 型）。

订购的附件。

校准证书。

6485 型 /6487 型用户手册（P/N 6487-900-00 英文）。

手册增补（与仪器或手册相关的任何改进或改变）。

包含 PDF 格式的用户手册和指令手册的产品信息 CD-ROM。

6487 型

每一个 6487 型的订单包括下列物品：

带电源线的 6487 型皮安表。

Triax 插头保护帽（CAP-31）。

7078-TRX-3 双重屏蔽同轴（Triax）电缆。

8607 型耐压 1kV 香蕉插头电缆，一套 2 根。

CS-459 型 4 芯插孔式互锁连接器。

订购的附件。

校准证书。

6485 型 /6487 型用户手册（P/N 6487-900-00 英文）。

包含 PDF 格式的用户手册和参考手册的产品信息 CD-ROM。

1.3.5 选购件和附件

6485 型的输入电缆、连接器和适配器

4801 型输入电缆 - 此低噪声同轴电缆长 4 英尺 (1.2 米), 两端为 BNC 接头 (每一个订单包括 1 条 4801 型电缆)。

4802-10 型 - 此低噪声同轴电缆长 10 英尺 (3 米), 一端为 BNC 接头 (另外一端无接头)。

4803 型低噪声电缆包 - 此电缆包包括:

- 15 米 (50 英尺) 的低噪声同轴电缆
- 10 个 BNC 接头
- 5 个 BNC 插座

7078-TRX-BNC 型适配器 - 3 槽三同轴 (Triax) 接头转换为 BNC 插座的适配器。

8607 型 - 香蕉插头电缆 (1 米), 一套 2 根。

CA-186-1B - 香蕉插头到螺钉端子的适配器 (每一个定单包括一个 CA-186-1B)。

CAP-18 - BNC 头保护帽 (每一个定单包括 1 个 CAP-18)。

CS-565 过渡头 - 利用此过渡头, 您可以连接 2 条 BNC 电缆。过渡头的两端均为 2 槽的 BNC 插座。

6487 型的输入电缆、连接器和适配器

237-TRX-BAR 过渡头 - 利用此过渡头, 您可以连接 2 条双重屏蔽同轴 (Triax) 电缆。适配器的两端均为 3 槽的 Triax 插座。

237-ALG-2 型同轴电缆 - 此低噪声双重屏蔽同轴 (Triax) 电缆长 2 米 (6.6 英尺), 一端为 3 槽 Triax 接头, 另外一端为 3 个鳄鱼夹。

237-TRX-T 型适配器 - 3 槽 Triax 插头到两个 3 槽 Triax 插座的 T 型适配器, 用于 7078-TRX 双屏蔽 Triax 电缆。适合于 6487 型电压源较高电压的应用。

237-TRX-TBC 型连接器 - 此 3 槽 Triax 插座 (带安装隔板), 可用于用户自制面板和接口的连接。适合于 6487 型电压源较高电压的应用。

7078-TRX-3 型、7078-TRX-10 型及 7078-TRX-20 型 Triax 电缆 - 这些都是低噪声 Triax 电缆, 两端均为 3 槽 Triax 接头。- 3 型长 3 英尺 (0.9 米), - 10 型长 10 英尺 (3 米), - 20 型长 20 英尺 (6 米)。

7078-TRX-TBC 型连接器 - 此 3 槽 Triax 插座 (带安装隔板), 可用于用户自制面板和接口的连接。适合于 6487 型电压源较高电压的应用。

8009 型电阻率测试夹具 - 此测试夹具用于测量体和表面电阻率。它可以测量直径为 64-102 毫米 (2 英寸至 4 英寸) 的薄片样品, 最大的厚度 3.175 毫米。

8606 型高性能探头包 - 包括 2 个铲形连接片、2 个鳄鱼夹及 2 个弹簧钩测试探头。(铲形连接片和鳄鱼夹额定为 30V 电压有效值, 最高值为 42.4V; 测试探头额定为 1000V。) 这些配件适用于两端为香蕉插头的高性能测试引线, 如 8607 型高性能香蕉插头电缆。

8607 型高性能香蕉插头电缆 - 包括 2 条耐压 (1000V) 电缆, 两端均为带有伸缩护套的香蕉插头。

CAP-31 保护帽 - 用于 3 槽 Triax 插座的屏蔽与保护。

6487 型互锁电缆和连接器

6517-ILC-3 型互锁电缆 - 用于连接 6487 和 8009 测试夹具的互锁装置。

8002-ILC-3 型互锁电缆 - 用于连接 6487 和带有保护罐盖的测试夹具的互锁电缆。

CS-459 4 芯的插孔式互锁连接器 - 可以将自定义的外部电路连接到 6487 型的互锁装置。

GPIB , RS-232 及触发连接 (Trigger Link)电缆和适配器

7007-1 型和 7007-2 型屏蔽 GPIB 电缆 - 使用屏蔽电缆和连接器连接 6485 型 /6487 型与 GPIB 总线，以减少电磁干扰 (EMI)。7007-1 型长 1 米；7007-2 型长 2 米。

7009-5 型屏蔽 RS-232 电缆 - 使用屏蔽电缆和连接器连接 6485 型 /6487 型与 RS-232 接口，以减少电磁干扰 (EMI)。7009-5 型长 5 英尺。

8501-1 型和 8501-2 型触发连接电缆 - 用于连接带有 Trigger Link 接口的其它仪器 (如，7001 型开关系统)。8501-1 型长 1 米；8501-2 型长 2 米。

8502 型触发连接适配器 - 您可以用 6 根触发连线中的任何一根将 6485 型 /6487 型与使用标准 BNC 触发连接器的仪器相连接。

8503 型 DIN 到 BNC 触发电缆 - 您可以将 6485 型 /6487 型触发连线 1 (Voltmeter Complete) 和连线 2 (External Trigger) 与使用 BNC 触发连接器的仪器相连接。8503 型长 1 米。

机架安装件

4288-1 型单机架安装件 - 在标准的 19 英寸机架上固定 1 台 6485 型 /6487 型产品。

4288-2 型双机架安装件 - 在标准的 19 英寸机架上并排固定 2 台仪器 (182 型、428 型、486 型、487 型、2000 型、2001 型、2002 型、2010 型、2400 型、2410 型、2420 型、2430 型、6430 型、6485 型、6487 型、6517A 型和 7001 型)。

4288-4 型双机架安装件 - 在标准的 19 英寸机架上并排固定 1 台 6485 型 /6487 型产品和 1 台 5.25 英寸的仪器 (195A 型、196 型、220 型、224 型、230 型、263 型、595 型、614 型、617 型、705 型、740 型、775A 型和 6512 型)。

便携式仪器包

1050 型便携式仪器包 - 携带 6485 型 /6487 型的仪器包，带把手和背带。

附加参考

阅读此文件时，您可能需要查阅下列文件以做参考：

6485 型使用说明手册 (Instruction Manual) - 随仪器提供的电子版 (CD-ROM) 产品信息，包括 6485 型产品操作的更加深入的信息，还提供性能校验、校准及日常维护程序。详情请登录 www.keithley.com.cn。

6487 型参考手册 (Reference Manual) - 随仪器提供的电子版 (CD-ROM) 产品信息，包括 6487 型产品操作的更加深入的信息，还提供性能校验、校准及日常维护程序。详情请登录 www.keithley.com.cn。

低电平测量手册 - Keithley 提供的进行低电流、低电压、高阻测试的技术手册。详情请登录 www.keithley.com.cn。

4. 特性

6485 型 /6487 型为高性能的皮安表，可以测量电流 (6487 型还可测量电阻)。第 2 部分包括了关于其测量能力的详细介绍 (参见 2-2 页 “ 连接基础 ”)。

6485 型 /6487 型皮安表的特性包括：

设置配置 - 可以保存和检索五种仪器设置 (三种用户定义、GPIB 默认和出厂默认共五种)。

mX+b、m/X+b (倒数 - 用于电阻计算) 和 \log_{10} (以 10 为底的对数计算) - 这些计算可以对读数进行数学处理 (第 5 部分)。

相对计算 - 偏置归零或设立基数值 (第 5 部分)。

缓冲 - 在内部缓冲区存储数据（第 6 部分）。

极限 - 设置测试装置读数极限的上限和下限（6485 型使用说明手册的第 8 部分或 6487 型参考手册）。

数字 I/O 端口（仅限于 6487 型） - 四条输出线和一条输入线以控制外部电路，并作为极限测试和元件分选器（Handler）之间的接口。（见 6487 型参考手册的第 8 部分。）

远程接口 - 可以使用 IEEE-488 接口（GPIB）或 RS - 232 接口控制 6485 型 /6487（第 7 部分）。

电压源（仅限于 6487 型） - 内部 $\pm 500V$ 电压源也可用于欧姆功能（第 3 部分）。

GPIB 编程语言 - 使用 GPIB 时，可以利用 SCPI 和 DDC 编程语言编程。

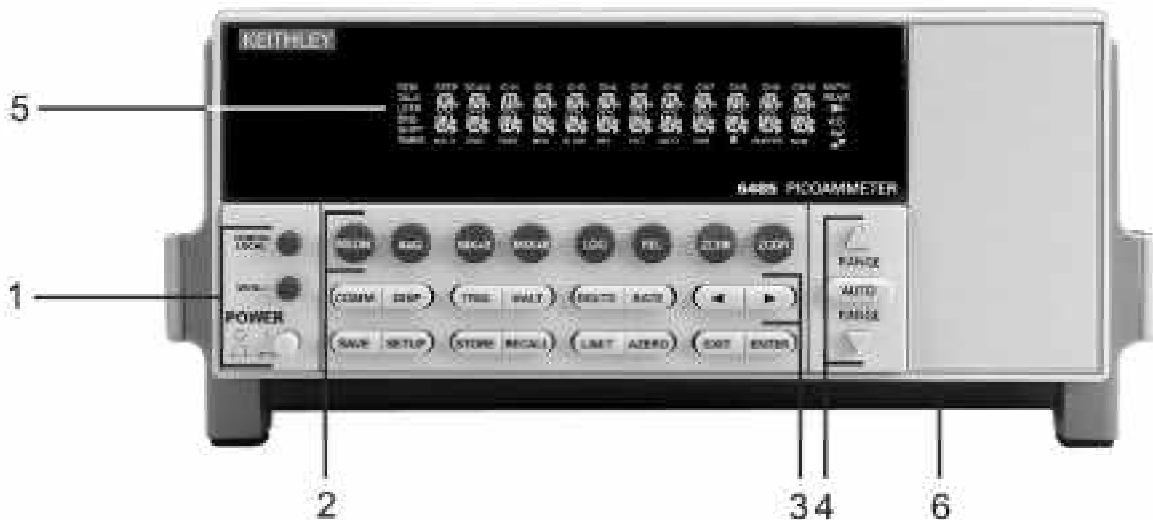
5. 6485 型前后面板介绍

1.5.1 6485 型前面板概述

图 1-1 6485 型的前面板。

图 1-1

6485 型前面板图



注 要调整某一按键的功能，请按 CONFIG / LOCAL 键（请参阅特殊键和电源开关部分），然后再按该键。
不是所有的键都具有可设置的性能。

1. 特殊键和电源开关

CONFIG 进行本地操作时，使用此键可以设置下面按键的性能。

LOCAL 进行远程操作时（REM 信号灯点亮），使用此键可以取消 GPIB 远程模式。

MENU 进入菜单选项。

POWER 电源开关。开位置（I）打开 6485 型，关位置（O）关闭仪器。

2. 功能键

MEDN 用来控制和调整中值滤波器的性能。

AVG 用来控制和调整数字滤波器的性能。

MX+B 用来执行和设置 $mX+b$ 数学运算的功能。

M/X+B 用来执行和设置 $m/X+b$ 数学运算的功能。

LOG 用来将显示转换为以 10 为底的对数（按一下为开，再按下为关）。

REL 用来控制和调整相对运算的功能。

ZCHK 用来进入零点检测（Zero Check）功能。

ZCOR 用来控制零点校正功能（按一下为开，再按下为关）。

3. 操作键

COMM	用来控制和调整通讯方式 (GPIB 或 RS - 232)。
DISP	用来打开或关闭显示。
TRIG	触发测量。使 6485 型退出空闲状态, 也用来设置触发器的性能。
HALT	停止测量过程。将 6485 型置于空闲状态。
DIGITS	用来设置显示器分辨率。
RATE	用来选择测量速率。
◀和▶	用来控制光标, 以进行选择或编辑数值。
SAVE	用来将当前设置保存到存储单元。
SETUP	用来将设置恢复为 GPIB 或出厂默认值、或用户设置。也可修改开机选择为用户设置、GPIB 或出厂默认值。
STORE	用来开启缓冲区并修改存储的读数数量。
RECALL	用来显示存储的读数 (包括最大值、最小值、峰峰值、平均值和标准差)。▼和▲量程键在缓冲区滚动, 且▼或▲键可以切换读数数目、读数和时信息。
LIMIT	用来执行或设置极限测试。
AZERO	用来控制自动清零功能 (开 / 关)。
EXIT	用来取消选择和回到测量显示。
ENTER	用来接受选择并回到下一个选择或回到测量显示。

4. 量程键

▲	用来选择下一个较高的测量量程。也用来修改自动量程的上限。
▼	用来选择下一个较低的测量量程。也用来修改自动量程的下限。
AUTO	激活 / 中止自动量程。

5. 工作状态显示

* (星号)	读数正被存储于缓冲区。
↗(更多)	表示还有更多的内容。
AUTO	自动量程已激活。
BUFFER	检索存储在缓冲区中的读数。
ERR	读数有疑问或无效的校准步骤。
FAST	快速 (0.1 PLC) 读数速率已选择。
FILT	MEDIAN 或 AVERAGE 滤波器已激活。
LSTN	仪器通过 GPIB 被设为听者。
MATH	$mX+b$ 、 $m/X+b$ 或 \log_{10} (以 10 为底的对数) 计算已激活。
MED	中速 (1 PLC) 读数速率已选择。
REL	当前测量功能的相对计算已激活。
REM	仪器处于 GPIB 远程模式。
SLOW	慢速读数速率已选择 ; 60Hz 为 6 PLC 或 50Hz 为 5 PLC。
SRQ	通过 GPIB 有服务请求。
STAT	显示缓冲区统计数据。
TALK	仪器正通过 GPIB 总线发送信息。
TIMER	定时控制触发在使用中。
TRIG	外部触发 (GPIB 或触发连接) 已选择。

6. 手柄

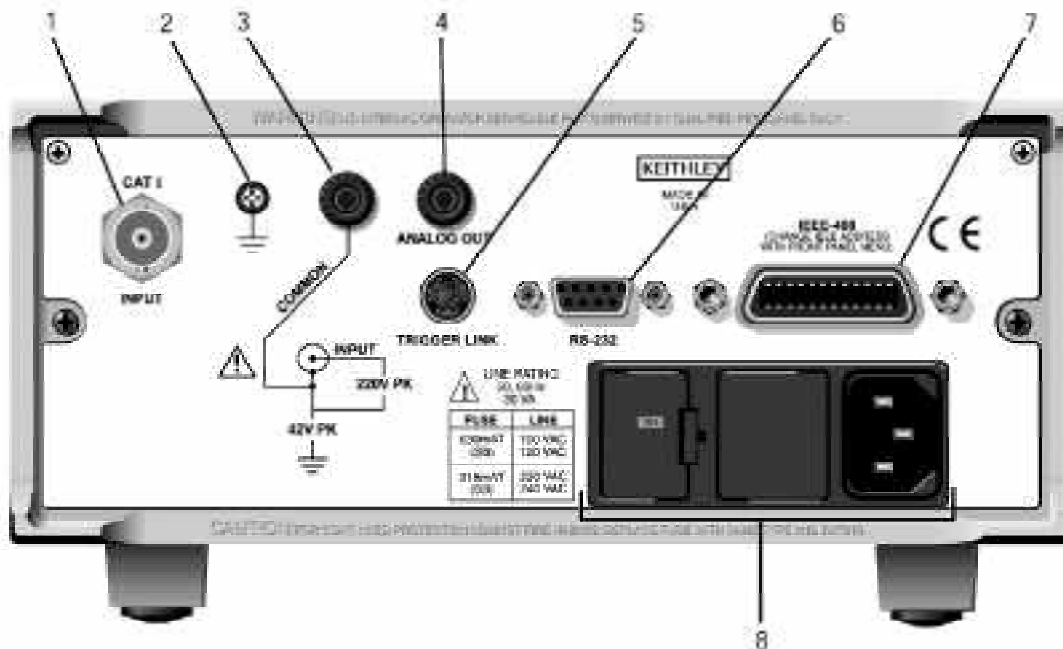
拉出并转至需要的位置。

1.5.2 6485 型后面板概述

图 1-2 6485 型的后面板。

图 1-2

6485 型后面板图



1. INPUT（输入）

此标准 BNC 头连接器是用来将待测信号连接到 6485 型的输入。配套使用 BNC 电缆。

2. CHASSIS（机壳地）

此螺钉端子是用来将 COMMON 连接到机壳地的。

3. COMMON（公共端）

此标准香蕉插座可以用作输入低端或用作 ANALOG OUT 的公共端。也可以用作接地连接。

4. ANALOG OUT（模拟输出）

此标准香蕉插座为模拟输出，对输入信号按比例变换后输出（在所有量程转换为 2V 满量程）。

5. TRIGGER LINK（触发连接）

8 芯微 DIN 连接器，用来在连接的仪器之间发送和接收触发脉冲。需使用触发连接电缆或适配器，如 8501-1 型、8501-2 型、8502 型和 8503 型。

6. RS-232

RS-232 接口 DB-9 插座。请使用直通（非空调制解调器）DB-9 屏蔽电缆。

7. IEEE-488

IEEE-488（GPIB）接口插座。请使用屏蔽电缆，如 7007-1 型和 7001-2 型。

8. Power module（外接电源）

包含交流电源插座和电源保险丝。此仪器可以自动设置或通过总线设置：电源频率为 50Hz 或 60Hz，电源电压为 115V 或 230VAC（额定值）。改变电源电压需要更换保险丝。

模拟输出 (Analog Out)

6485 型后面板上有一模拟输出。ANALOG OUT 提供按比转换的 $\pm 2V$ 输出。与 $\pm 2V$ 对应的是满量程读数。关于模拟输出操作的具体内容，请参阅第 2 部分的“模拟输出”。

显示

读数可以以工程单位或科学记数法显示。状态显示器可以指示操作的不同状态。状态显示器的完整列表，请参阅第 1 部分的“6485 型前面板概述”。

注 以科学记数法显示读数的状态下，不允许改变显示分辨率。显示和按键测试使您可以测试显示数字片段和状态显示器，并检查面板按键的功能。这些测试可以通过 MENU 进行。

状态和错误信息

状态和错误信息是瞬间显示的。在操作和编程的过程中，您会看到一系列面板信息。如 6485 型使用说明书的附录 B 中所罗列的，信息通常为状态类或错误类。

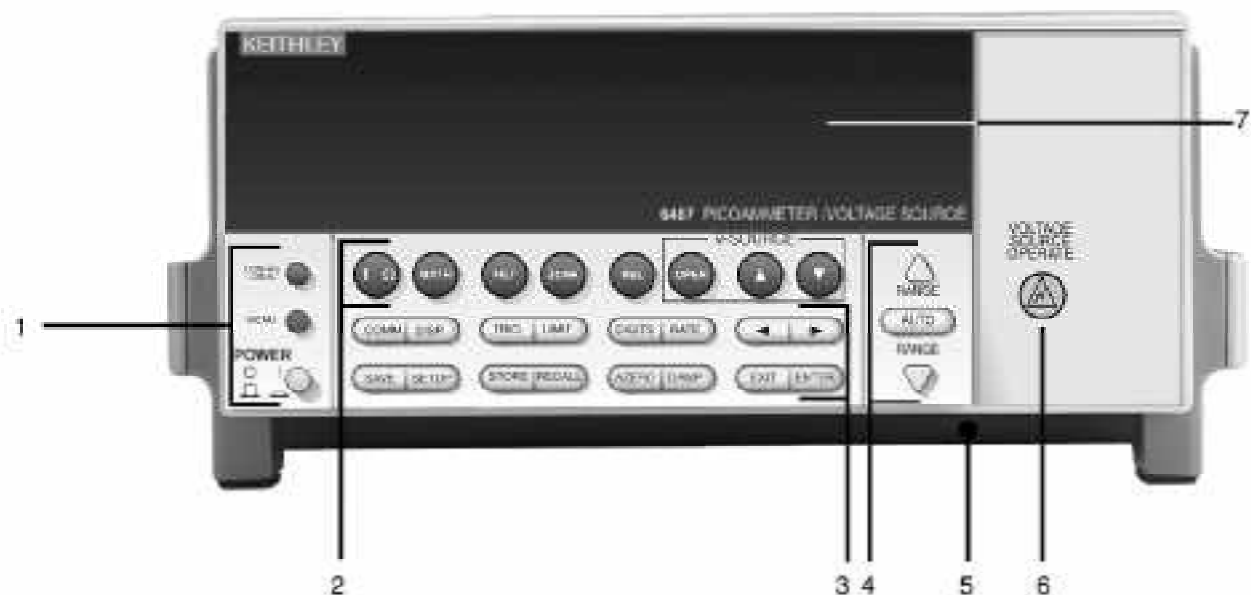
6. 6487 型前后面板介绍

1.6.1 6487 型前面板概述

图 1-3 6487 型的前面板。

图 1-3

6487 型前面板图



注 要修改某一按键的性能，请按 CONFIG/LOCAL 键（见特殊键和电源开关），然后再按该键。所有的键都具有可设置的性能。

1. 特殊键和电源开关

CONFIG	进行本地操作时，使用此键可以设置下面按键的性能。
LOCAL	进行远程操作时（REM 信号灯点亮），使用此键可以取消 GPIB 远程模式。
MENU	进入菜单选项。
POWER	电源开关。开位置（I）打开 6487 型，关位置（O）关闭仪器。

2. 功能键

I	用来切换正常电流测量和欧姆测量。
MATH	打开选定的数学运算（使用 CONFIG>>MATH 的按键序列进行选定）。
FILT	打开滤波（使用 CONFIG>>FILT 的按键序列进行选定）。
ZCHK	用来进入零点检测（Zero Check）功能。
REL	用来控制和修改相对运算的功能。
OPER	切换 Vsource 状态（Vsource 状态由指示器显示）。（使用 CONFIG>> OPER 的按键序列进行设置。）
V-SOURCE ▲	增加电压源数值
V-SOURCE ▼	减小电压源数值

3. 操作键

COMM	用来控制和修改通讯方式（GPIB 或 RS - 232）。
DISP	用来打开或关闭显示。
TRIG	触发测量。使 6487 型退出空闲状态。也用来设置触发器的性能。
LIMIT	用来执行或设置极限测试。
DIGITS	用来设置显示器分辨率。
RATE	用来选择测量速率。
◀ 和 ▶	用来控制光标，以进行选择或编辑数值。
SAVE	用来将当前设置保存到存储单元。
SETUP	用来将设置恢复为 GPIB 或出厂默认值、或用户设置。也可修改开机选择为用户设置，GPIB 或出厂默认值。
STORE	用来开启缓冲区并修改存储的读数数量。
RECALL	用来显示存储的读数（包括最大值、最小值、峰峰值、平均值和标准差）。▼和▲量程键在缓冲区滚动，且▼或▲键可以切换读数数目、读数和时时间信息。
AZERO	用来控制自动清零功能（开/关）。
DAMP	用来控制 DAMP 功能（开/关）。
EXIT	用来取消选择和回到测量显示。
ENTER	用来接受选择并回到下一个选择或回到测量显示。

4. 量程键

▲	用来选择下一个较高的测量量程。也用来修改自动量程的上限。
▼	用来选择下一个较低的测量量程。也用来修改自动量程的下限。
AUTO	激活/中止自动量程。

5. 手柄

拉出并转至需要的位置。

6. VOLTAGE SOURCE OPERATE 指示器

当电压源在操作中（电压源输出打开）的时候，这个指示灯会点亮。在启动的时候，它也会打开 0.7 秒，指示电源在工作中。

警告 当电源指示灯点亮的时候，后面板 **V-SOURCE OUTPUT** 的接线柱可能产生危险电压。

7. 工作状态显示

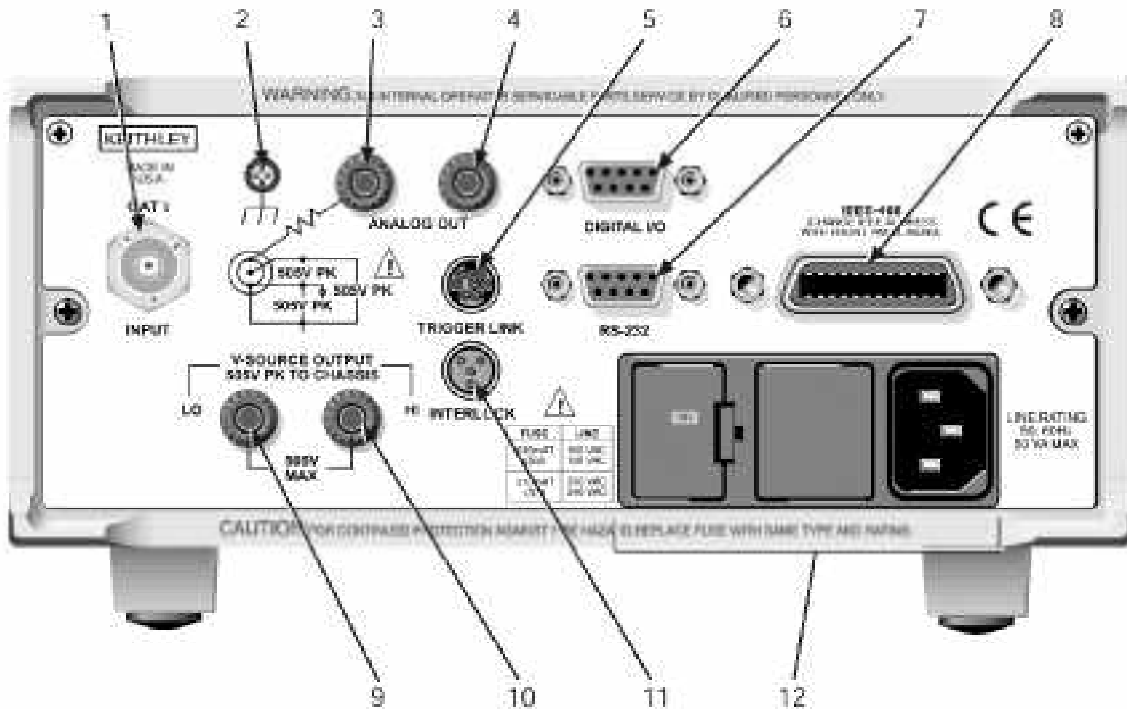
* (星号)	读数正被存储于缓冲区。
↗ (更多)	表示还有更多的内容。
AUTO	自动量程已激活。
BUFFER	检索存储在缓冲区中的读数。
ERR	读数有疑问或无效的校准步骤。
FAST	快速 (0.1 PLC) 读数速率已选择。
FILT	MEDIAN 或 AVERAGE 滤波器已激活 (DAMPING 也激活)。
LSTN	仪器通过 GPIB 被设为听者。
MATH	$mX+b$ 、 $m/X+b$ 或 Log_{10} (以 10 为底的对数) 计算已激活。
MED	中速 (1 PLC) 读数速率已选择。
REL	当前测量功能的相对计算已激活。
REM	仪器处于 GPIB 远程模式。
SLOW	慢速读数速率已选择 ; 60Hz 为 6 PLC 或 50Hz 为 5 PLC。
SRQ	通过 GPIB 有服务请求。
STAT	显示缓冲区统计数据。
TALK	仪器正通过 GPIB 总线发送信息。
TIMER	定时控制触发在使用中。
TRIG	外部触发 (GPIB 或触发连接) 已选择。
MON	零点校正已激活。
SCAN	电压扫描就位并准备运行。
OCOMP	电压源有钳位限制。

1.6.2 6487 型后面板概述

图 1-4 6487 型的后面板。

图 1-4

6487 型后面板图



1. INPUT (输入)

此标准 3 槽双重屏蔽 (Triax) 同轴插座是用来将待测信号连接到 6487 型输入。配套使用 3 槽 Triax 电缆。

2. CHASSIS (机壳地)

此螺钉端子是用来将 COMMON 连接到 CHASSIS 机壳地的。

3. COMMON (公共端)

此标准香蕉插座可以用作输入低端或用作 ANALOG OUT 的公共端。也可以用作接地连接。请注意从 ANALOG OUT 公共端到输入低端有 1k (欧姆) 的电阻。

4. ANALOG OUT (模拟输出)

此标准香蕉插座为模拟输出, 对输入信号按比例变换后输出 (在所有量程转换为 2V 满量程)。

5. TRIGGER LINK (触发连接)

8 芯微 DIN 连接器, 用来在连接的仪器之间发送和接收触发脉冲。请使用触发连接电缆或适配器, 如 8501-1 型、8501-2 型、8502 型和 8503 型。

6. DIGITAL I/O

该 DB-9 插座是用于连接数字输出线和元器件分选器信号。

7. RS-232

RS-232 接口 DB-9 插座。请使用直通 (非空调制解调器) DB-9 屏蔽电缆。

8. IEEE-488

IEEE-488 (GPIB) 接口插座。请使用屏蔽电缆, 如 7007-1 型和 7007-2 型。

9. V-SOURCE OUTPUT LO (电压源输出低)

此标准香蕉插座可以提供 6487 型电压源的低端连接。

警告 当面板电源指示灯点亮的时候，后面板 **V-SOURCE OUTPUT** 接线柱上可能产生危险电压。

注意 请勿将外部电源连接到 **6487** 型电压源。外部电源可能损害 **6487** 型电压源。

10. V-SOURCE OUTPUT HI (电压源输出高)

此标准香蕉插座提供 6487 型电压源的高端连接。

注意 请勿将外部电源连接到 **6487** 型电压源。外部电源可能损害 **6487** 型电压源。

11. INTERLOCK (互锁连接)

此互锁连接器可以将 6487 型电压源连接到测试夹具上的互锁连接器。

12. Power Module (外接电源)

包含交流电插座和电源保险丝。此仪器可以自动设置和通过总线进行以下设置：电源频率为 50Hz 或 60Hz，电源电压为 115V 或 230 交流（额定值）。改变电源电压需要更换保险丝。

电压源

6487 型电压源可以提供 $\pm 505\text{V DC}$ ，用于欧姆功能。关于电压源操作的具体内容，请参阅第 2 部分的“到 DUT 的基本连接”。

模拟输出 (Analog Out)

6487 型后面板上有一模拟输出。ANALOG OUT 提供按比例转换的 $\pm 2\text{V}$ 输出。与 $\pm 2\text{V}$ 对应的是满量程读数。关于模拟输出操作的具体内容，请参阅第 2 部分的“模拟输出”。

数字 I/O

6487 型的数字 I/O 端口为后面板的 DB-9 插座。四条低电平有效、开关量输出线和一条输入线是用来控制外部电路的。详细的连接和使用信息，请参考 6487 型参考手册的第 8 部分。

显示

读数可以以工程单位或科学记数法显示。状态显示器可以指示操作的不同状态。状态显示器的完整列表，请参阅第 1 部分的“6487 型前面板概述”。正常显示还包括右边的电压源值。

注 以科学记数法显示读数的状态下，不允许改变显示分辨率。

DISP 键可以用来打开或关闭显示。显示和按键测试使您可以测试显示数字片段和状态显示器，并检查面板按键的功能。这些测试可以通过 **MENU** 进行。

状态和错误信息

状态和错误信息是瞬间显示的。在操作和编程的过程中，您会看到一系列面板信息。如 6487 型参考手册的附录 B 中所罗列的，信息通常为状态类或错误类。

7. 启动

1.7.1 电源连接

请按照下列步骤将 6485 型 /6487 型连接到电源并打开仪器。

1. 检查 (图 1-2 或图 1-4) Power Module (外接电源部分) 显示的线路电压是否符合您当地的市电电压。如果不符合, 参照 6485 型使用说明手册第 17 部分或 6487 型参考手册中的线路电压设置和保险丝替换部分, 进行更改。

注意 在不正确的电源电压下操作此仪器可能造成对仪器的损害, 且可能不在保修范围内。

2. 插入电源线之前, 请确认前面板电源开关在关 (O) 的位置。

3. 将电源线连接到后面板的 AC 插座, 然后连接到接地的 AC 电源插座。

警告 **6485 型 /6487 型**提供的电源线包括一个单独的接地接线柱, 可用于接地插座。连接恰当, 仪器机壳会通过电源线的接地线连接到电源地端。如果未使用接地插座, 可能由于电击造成人员受伤或死亡。

4. 将前面板的电源开关置于开 (I) 的位置, 打开仪器。

1.7.2 电源频率

6485 型 /6487 型工作的电源频率为 50 赫兹或 60 赫兹。当自动检测激活的时候 (出厂默认), 电源频率会自动设置, 因此没有设置开关。要查看电源频率请使用:SYST:LFR?命令 (询问)。出厂默认中自动检测是激活的。

如果电源线路有噪声, 自动检测可能无法锁定一个频率。如果发生这种情况, 请人工设置频率。可以面板操作也可以通过总线进行设置。从面板设置, 请使用 MENU/LFREQ 选择以改变频率。通过总线设置, 请发送 SYST:LFR <freq> 命令。

1.7.3 启动次序

打开 6485 型 /6487 型的时候, 启动次序如下:

1. 6485 型 /6487 型会根据 EPROM 和 RAM 进行自检程序, 将所有的数字和状态信号显示点亮。(6487 型启动的时候, 电压源工作指示灯将点亮 0.7 秒以指示其是有效的。)如果检测到错误, 仪器会在瞬间显示错误信息且 ERR 信号显示也会点亮。6485 型使用说明手册的附录 B 和 6487 型参考手册中罗列了错误信息。

注 在仪器保修期内, 如果出现问题, 请将其送回 Keithley 指定维修机构进行维修。

2. 如果仪器跳过了自检, 会显示版本号。

例如:

6485 A01 或 6487 A01

3. 显示硬件版本号后, 将显示检索到的电源频率。

例如:

FREQ: 60Hz

4. 显示电源频率后, 将显示关于选定的程控接口的信息:

a. **GPIB** - 如果 GPIB 为选定的接口, 仪器将显示选定的语言 (SCPI 或 DDC) 和原始地址。

6485 型示例：

SCPI ADDR: 14

DDC ADDR: 14

6487 型示例：

SCPI ADDR: 22

DDC ADDR: 22

b. **RS-232** - 如果 RS-232 为选定的接口，仪器将显示波特率设置。

例如：

RS-232: 9600b

5. 如果出厂设置选定为启动设置，在通讯信息显示后，仪器将进入默认读数模式。如果选定的是出厂默认之外的设置，仪器将显示选择的设置。例如，如果 USR1 设置（User Setup #1）被选定：

USING USR1

8. 默认设置

6485 型/6487 型可以恢复为下列五种设置之一：出厂默认 (FACT)、三种用户定义设置 (USR0、USR1 和 USR2) 和总线默认 (GPIB)。从工厂装运的时候，6485 型/6487 型的启动为出厂默认设置。出厂默认设置为面板操作提供了一种通用设置，而总线默认设置 (GPIB) 则为远程操作提供了一种通用设置。表 1-1 和表 1-2 罗列了出厂默认设置和 GPIB 默认设置。

仪器启动时将进入保存在启动设置 (Power_on Setup) 内的默认设置。

注 在工厂已将出厂默认设置也保存在 USR0、USR1 和 USR2 设置内。

1.8.1 保存用户设置

要保存用户设置，根据需要的测量应用设置 6485 型/6487 型，然后按 SAVE 并选择设置号 (0 = USR0、1 = USR1、2 = USR2)，再按 ENTER。远程程控设置请使用 *SAV 命令。

要保存启动设置 (Power_on Setup)，请按 CONFIG，然后按 SETUP，并选择 FACT、USR0、USR1、USR2 或 GPIB，并按 ENTER。通过远程程控，请使用 SYST:POS 命令。

1.8.2 恢复设置

按 SETUP 以显示恢复菜单，然后选择设置 (FACT、USR0、USR1、USR2 或 GPIB) 并按 ENTER。请使用 *RCL 命令进行远程程控设置。

1.8.3 恢复出厂默认设置

从面板，按 SETUP，选择 FACT，然后按 ENTER。使用 *RST 恢复 GPIB 默认设置，或者通过远程程控使用 SYST: PRES 恢复出厂默认设置。

表 1-1

1.8.4 6485 型默认设置

Setting	Factory (出厂默认设置) (:SYStem:PRESet)	GPIB (总线默认设置) (*RST)
Trig Layer (CONF-TRIG):		
TRIG:	TRIG-IN	*
Arm-In Source Event	IMM	*
Arm Layer (CONF-ARM):		
Arm-In Source Event	IMM	*
Arm Count	INF	1
Input Trigger Link Line	1	*
Source Bypass	NEVER	*
Output Trigger Link Line	2	*
Output Trigger	Off	*
Buffer (STORE):	Disabled	*
Count	No effect	*
Digital Filter (AVG):	Off	*
Count	10	*
Type	Moving	*
Display Resolution (DIGITS)	5H-digits	*
Format byte order	Swapped	Normal
GPIB:	No effect (On at factory)	*
Address	No effect (14 at factory)	*
Language	No effect (SCPI at factory)	*
Limit Tests:		
Limit 1 and Limit 2:	Disabled	*
HI and LO Values	1, -1	*
Median Filter:	Off	*
Rank	1	*
MX+B:	Disabled	*
"M" Value	1.0	*
"B" Value	0.0	*
Units	X	*
Log	OFF	*
M/X+B (reciprocal)	Disabled	*
"M" Value	1.0	*
"B" Value	0.0	*
Units	X	*
Range	AUTO	*
Rate:	Slow	*
NPLC 6.0	(60Hz) or 5.0 (50Hz)	*
Rel:	Off	*
Rel Value (VAL)	0.0	*
RS-232:	No effect (Off at factory)	*
All Settings	No effect	*
Trigger Layer (CONF-TRIG):		
Trig-In Source Event	IMM	*
Trigger Count	1	*
Trigger Delay	0	*
Input Trigger Link Line	1	*
Source Bypass	NEVER	*
Output Trigger Link Line	2	*

* 出厂默认设置 (:SYStem:PRESet) 和总线默认设置 (*RST) 的值是相同的。与出厂默认设置不同的总线设置如表中所示。

表 1-1 (续)

6485 型默认设置

<u>Setting</u>	<u>Factory (:SYStem:PRESet)</u>	<u>GPIB (*RST)</u>
Units	No effect	*
Zero Check	Enabled	*
Zero Correct	Disabled	*

* 出厂默认设置 (:SYStem:PRESet) 和总线默认设置 (*RST) 的值是相同的。与出厂默认设置不同的总线设置如表中所示。

图 1-2

1.8.5 6487 型默认设置

<u>Setting</u>	<u>Factory (出厂默认设置) (:SYStem:PRESet)</u>	<u>GPIB (总线默认设置) (*RST)</u>
Arm Layer (CONFIG ARM):		
Arm-In Source Event	IMM	*
Arm Count	INF	1
Input Trigger Link Line	1	*
Source Bypass	NEVER	*
Output Trigger Link Line	2	*
Output Trigger	Off	*
Buffer (STORE):	Disabled	*
Count	No effect	*
Damping (DAMP)	On	*
Digital Filter (FILT):	Off	*
Count	10	*
Type	Moving	*
Display Resolution (DIGITS)	5H-digits	*
Format byte order	Swapped Normal	
Function	Amps	*
GPIB:	No effect (On at factory)	*
Address	No effect (22 at factory)	*
Language	No effect (SCPI at factory)	*
Limit Tests:		
Limit 1 and Limit 2:	Disabled	*
HI and LO Values	1, -1	*
Log (MATH)	OFF	*
Median Filter (FILT):	Off	*
Rank	1	*
M/X+B (MATH)	Disabled	*
"M" Value	1.0	*
"B" Value	0.0	*
Units	X	*
Ohms Mode	Normal	*
Range	AUTO	*
Rate:	Slow	*
NPLC 6.0	(60Hz) or 5.0 (50Hz)	*
Rel:	Off	*
Rel Value (VAL)	0.0	*

* 出厂默认设置 (:SYStem:PRESet) 和总线默认设置 (*RST) 的值是相同的。与出厂默认设置不同的总线设置如表中所示。

表 1-2 (续)

6487 型默认设置

<u>Setting</u>	<u>Factory (:SYStem:PRESet)</u>	<u>GPIB (*RST)</u>
RS-232:	No effect (Off at factory)	*
All Settings	No effect	*
Trigger Layer (CONFIG TRIG):		
Trig-In Source Event	IMM	*
Trigger Count	1	*
Trigger Delay	0	*
Input Trigger Link Line	1	*
Source Bypass	NEVER	*
Output Trigger Link Line	2	*
Units	No effect	*
Voltage Source:		
Operate	Off	*
Amplitude	0V	*
Range	10V	*
Current Limit	25mA	*
10V Range Interlock	Off	*
Sweeps:		
Start Voltage	0V	*
Stop Voltage	10V	*
Step Voltage	1V	*
Center Voltage	5V	*
Span Voltage	10V	*
Delay	1s	*
Zero Check	Enabled	*
Zero Correct	Disabled	*

* 出厂默认设置 (:SYStem:PRESet) 和总线默认设置 (*RST) 的值是相同的。与出厂默认设置不同的总线设置如表中所示。

9. 菜单

许多操作可以通过菜单进行配置，这些列在表 1-3 和表 1-4 中。详细的信息请参考表格中的说明。要进入菜单，请按 MENU 键。请使用修改量程的 ▲ 和 ▼ 键滚动菜单项，并使用 ► 和 ◀ 改变光标选项。按 ENTER 以保存所做的任何改变，然后离开菜单。按 EXIT 键可以不保存改变而离开菜单。

注 MENU 键是用来进入菜单结构的。但是，在远程 IEEE-488 总线操作 (REM 指示灯点亮) 的状态下，按此菜单键是无效的。请按 LOCAL 键将仪器置于本地操作，然后按 MENU 键进入菜单项。

表 1-3

1.9.1 6485 型菜单 (MENU) 结构

菜单项	描述	参考
CAL	提供进入下列校准子菜单项的路径：VOFFSET、COUNT、RUN、DATES、UNLOCK、LOCK 和 SAVE。	使用说明手册 第 16 部分
TSTAMP	时间信息格式可以是 ABSolute 或 DELTa。	第 6 部分
UNITS	读数可以显示为工程单位或科学记数法。	
TEST	进行显示或按键测试。	使用说明手册 第 17 部分
SNUM	显示仪器序列号。	
LFREQ	电源频率可以人工设置为 50Hz 或 60Hz 或自动设置。 AUTO 后面显示的数字为当前的频率值。	第 1 部分 “电源频率”

表 1-4

1.9.2 6487 型菜单 (MENU) 结构

菜单项	描述	参考
CAL	提供进入下列校准子菜单项的路径：VOFFSET、COUNT、RUN、VSRG-RUN、DATES、UNLOCK、LOCK 和 SAVE。	使用说明手册 第 6 部分
TSTAMP	时间信息格式可以是 ABSolute 或 DELTa。	第 6 部分
UNITS	读数可以显示为工程单位或科学记数法。	
TEST	进行显示或按键测试。	使用说明手册 第 17 部分
SNUM	显示仪器序列号	
LFREQ	电源频率可以人工设置为 50Hz 或 60Hz 或自动设置。 AUTO 后面显示的数字为当前的频率值。	第 1 部分 “电源频率”

10. SCPI 编程

在本手册中，SCPI 编程信息与面板操作是结合在一起的。本手册中已罗列了 SCPI 命令，每一个命令后还有专门用于远程操作的附加信息。您可能还需要参考本手册的其它部分。

注 本手册中的 SCPI 命令已经过删节，即它们不包括大多数的可选命令和询问命令。完整的 SCPI 命令列表，请参阅 6485 型使用说明手册的第 14 部分或 6487 型的参考手册。

1.10.1 可选命令字

为了符合 IEEE-488.2 标准，6485 型 /6487 型接受可选命令字。在括号中 ([]) 的命令字为可选且无需包括在程序信息中。为了简明扼要，本手册中的编程示例使用的是简短形式且未包括可选命令字。

1.10.2 询问命令

大多数的命令字有询问形式。询问命令的标志是命令字后面加问号 (?)。询问命令要求 (询问) 该命令的编程状态。当发送了一个询问命令且 6485 型 /6487 型设置成讲状态 (Talk)，回复信息将发送到电脑。

2

连接

连接基础 - 包括关于将测试电路连接到皮安表的基础信息。

到 **DUT** 的基本连接 - 详细讲解将测试夹具连接到皮安表，以进行电流测量和 6487 型欧姆测量。

使用测试夹具 - 讲述使用通用测试夹具以及 8009 型测试夹具。

6487 型互锁 - 提供关于 6487 型互锁的使用信息，6487 型互锁是必须使用的以最大限度保证安全。

模拟输出 - 包括模拟输出连接并讨论使用模拟输出时的注意事项。

测量注意事项 - 总结可能影响整体测量精确度的注意事项。

1. 连接基础

下列内容提供了关于 6485 型 /6487 型输入连接的重要的基本信息。第 2 部分“到 DUT 的基本连接”提供了典型的连接图。第 3 部分有更多关于特殊测量连接的详细内容。

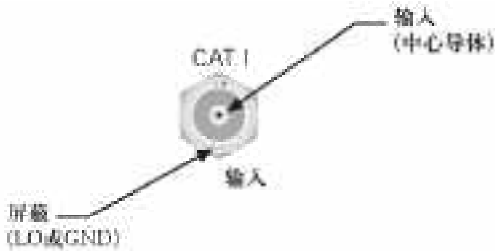
2.1.1 6485 型连接

输入连接

后面板 INPUT 连接为 2 槽 BNC 插座（图 2-1）。请使用 BNC 接头电缆进行连接（参见下页“低噪声输入电缆”）。

图 2-1

6485 型 BNC 输入插座



最大输入电平

图 2-2 总结了 6485 型的最大输入电平。

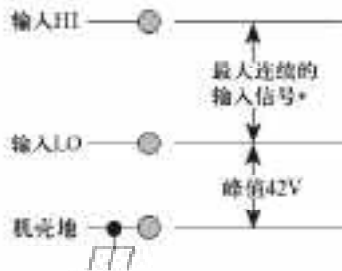
警告 皮安表 LO 和机壳接地（共模电压）之间的最大安全电压是 **42V**。**6485** 型内部并不限定 LO 到机壳电压。超过 **42V** 可能造成电击危险。

注意 LO 到机壳的击穿电压是 **500V**。超过这个电压可能对仪器造成损害。输入浮地时将 **COMMON** 或 **ANALOG OUTPUT** 接地可能损害仪器。

注 模拟输出的电压与 BNC 外壳所加的电压相同。

图 2-2

6485 型最大输入电平



低噪声输入电缆

进行精确测量的时候，您应该始终使用低噪声电缆。作为一条通则，在测量中请保持使用的电缆尽可能的短。关于建议电缆的信息，请见第 1 部分的“6485 型输入电缆、连接器和适配器”。

2.1.2 6487 型连接

输入插座

后面板 INPUT 连接器为 3 槽双重屏蔽 (Triax) 连接器 (图 2-3)。请使用 Triax 接头电缆进行连接。

图 2-3

6487 型 Triax 连接器



电压源输出插座

连接电压源与 DUT 使用的是后面板 V-SOURCE OUTPUT HI 和 LO 连接器 (见第 1 部分图 1-4)。电压源主要是用来进行欧姆测量的。详细内容请见本部分的“欧姆测量连接”。

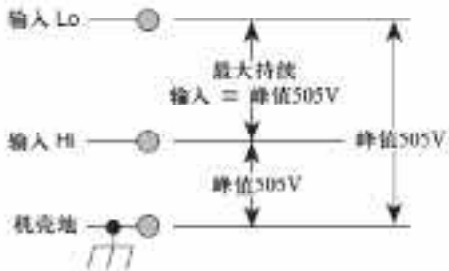
最大输入电平

图 2-4 列出了 6487 型的最大输入电平。

警告 电压源与机壳接地 (共模电压) 之间的最大安全电压为 **505V**。超过这个电压可能造成电击危险。

图 2-4

6487 型最大输入电平



连接电缆和测试引线

当进行精确测量的时候，您应该始终使用低噪声双重屏蔽 (Triax) 电缆进行 INPUT 连接。作为一条通则，您在测量的时候应该保持使用的电缆尽可能的短。当使用电压源的时候，测试引线的耐压值应该设定为 505V，并应该包括安全护套。关于推荐的电缆和测试引线，请参阅第 1 部分中 6487 型的输入电缆、连接器和适配器。

2. 到 DUT 的基本连接

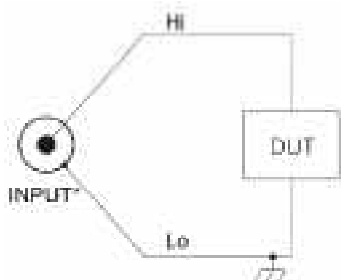
2.2.1 6485 型 DUT 连接

连接

图 2-5 说明了基本的连接，DUT 是待测量的电流。电路高端连接到输入连接器的中心导体，电路低端连接到连接器的外壳。

图 2-5

6485 型基本连接



* 最大持续输入信号

峰值 220V，DC 到 60Hz 正弦波

警告 如果 DUT 或外部电源有可能使输入高端的电压超过 **42V**，输入低端和外部电压源的连接必须是低阻抗，且能够承受电源的短路电流，以保证低端不超过 **42V**。

注意 能够施加 **220V** 或更高电压的 DUT 需要使用限流电阻。如果在 6485 型输入高端施加高于 **220V** 的电压，有可能造成对仪器的损害。

噪声与安全屏蔽

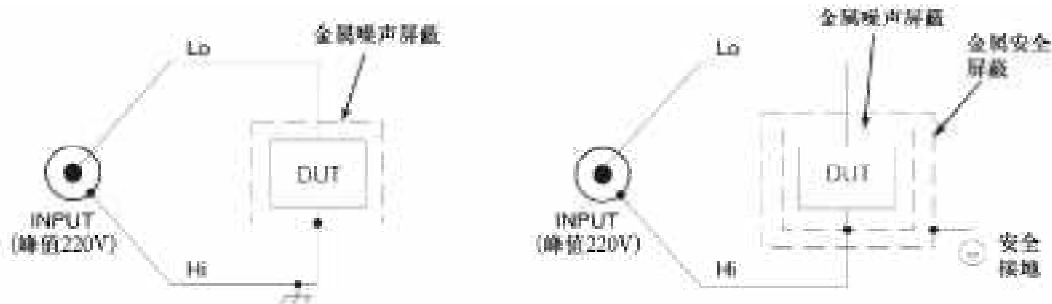
图 2-6 说明了典型的测量屏蔽。噪声屏蔽是用来防止皮安表输入端的干扰信号。有效的屏蔽对低于 $1\mu\text{A}$ 的电流测量十分有用。通常，噪声屏蔽要连接到皮安表的输入低端。此外，图 2-6 说明了通过接地连线将低端连接到接地。

警告 皮安表低端和机壳接地（共模电压）之间的最大安全电压是**42V**。**6485**型内部并未限定低端到机壳的电压。超过 **42V** 可能造成电击危险。

如果 DUT 或外部电源有可能使输入高端的电压超过 **42V**，输入低端和外部电压源的连接必须是低阻，且能够承受电源的短路电流，以保证低端不超过 **42V**。

注意 低端到机壳的击穿电压为 **500V**。超过这个电压可能对仪器造成损害。

图 2-6
6485 型测量装置的屏蔽



A 噪声屏蔽

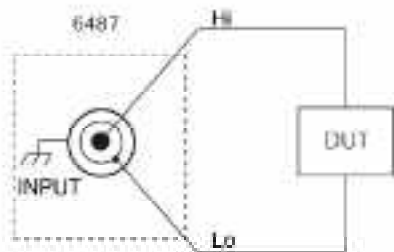
B 安全屏蔽

2.2.2 6487 型 DUT 连接

电流测量连接

图 2-7 说明了电流测量的基本连接；DUT 是待测量的电流。电路高端连接到输入连接器的中心导体，电路低端连接到连接器的输入低端（内屏蔽）。

图 2-7
6487 基本型电流测量连接



* 最大持续输入：峰值 505V

警告 如果 DUT 或外部电源有可能使输入高端的电压超过 **505V**，输入低端和外部电压源的连接必须是低阻，且能够承受电源的短路电流，以保证低端不超过 **505V**。

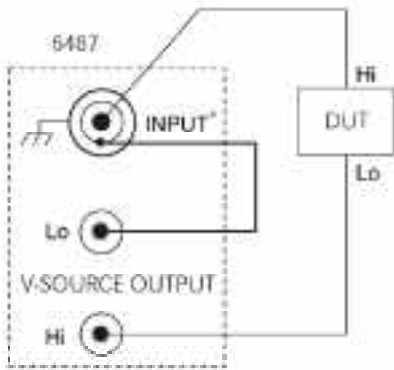
注意 能够施加 **505V** 或更高电压的 DUT 需要使用限流电阻。如果在 6487 型输入高端施加高于 **505V** 的电压，有可能造成对仪器的损害。

欧姆测量连接

图 2-8 说明了欧姆测量的基本连接；DUT 是待测量的电阻。电路高端连接到 INPUT 连接器的中心导体，电路低端连接到 V-SOURCE OUTPUT HI 插座。请注意 INPUT LO 和 V-SOURCE OUTPUT LO 在外部是连接在一起的。

图 2-8

6487 欧姆测量的基本连接



* 最大持续输入：505V

2.2.3 噪声和安全屏蔽

图 2-9 说明了典型的测量屏蔽。在图 (A) 中，一个噪声屏蔽用来防止在皮安表输入上感应出无用的信号。有效的屏蔽对低于 $1\mu\text{A}$ 的电流测量十分有用。通常，噪声屏蔽是连接到皮安表的输入低端。此外，图 2-9 (B) 显示了一个附加的安全屏蔽连接到大地和 6487 型的机壳。当测试电路中可能出现危险电压的时候应该使用此种屏蔽。

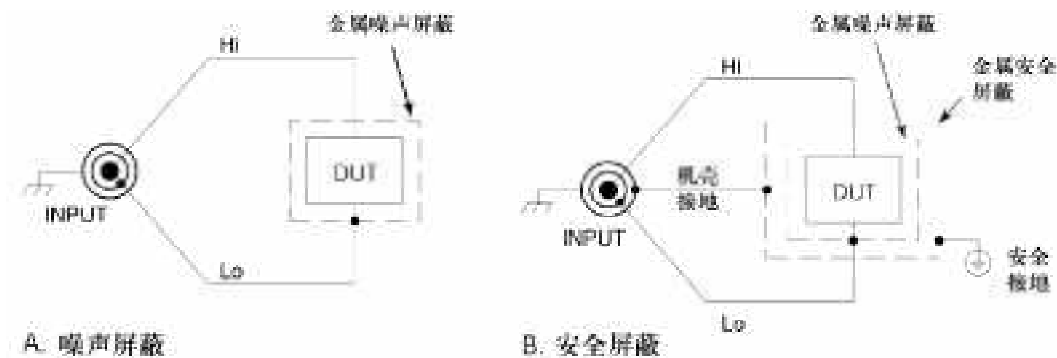
警告 皮安表低端和机壳接地(共模电压)之间的最大安全电压是**505V**。**6487**型内部并未限定低端到机壳的电压。超过**505V**可能造成电击危险。

警告 如果**DUT**或外部电源有可能使输入高端的电压超过**505V**，输入低端和外部电压源的连接必须是低阻抗，且能够承受电源的短路电流，以保证低端不超过**505V**。

注意 低端到机壳的击穿电压是**505V**。超过这个电压可能造成对仪器的损害。

图 2-9

6487 型测量的屏蔽(无防护)



2.2.4 输入电压过载 (OVRVOLT 信息)

在正常操作中，6485 型 /6487 型的输入高端和低端之间不应该存在较大的电压。但是，有的时候，如被测器件失效的情况下，电压源可能在6485 型/6487 型上直接短路。在这种情况下，6485 型/6487 型内部的保护电路会限制到更高的电流量程（20 μ A 到 20mA）。此外，当操作的量程为2mA 和 20mA 的时候，或当6485 型/6487 型的自动量程上升到此量程的时候，若电压超过60V 时，6485 型/6487 型将从限流改变为1M -3M 的输入阻抗以避免过多的功率耗散。OVRVOLT 信息将被显示以指示保护电路中的改变。远程操作中也会显示相同的信息。

要使仪器返回正常操作，必须清除过载状态。一旦输入电压减小至60V 以下，保护电路就会返回到限流操作直到电流减小到有效（可度量）电平。接近但是低于60V 的测量将在仪器内部产生热量，并可能需要时间冷却，然后才能返回精确的读数。

3. 使用测试夹具

只要有可能，请使用屏蔽的低漏电测试夹具，以保证测量的精确度，并在高电压（高于30V）的情况下保证安全。

2.3.1 通用测试夹具

图 2-10 及图 2-11 说明了通用测试夹具的连接。此测试夹具可以适用一系列的连接要求。

图 2-10

6485 型通用测试夹具连接

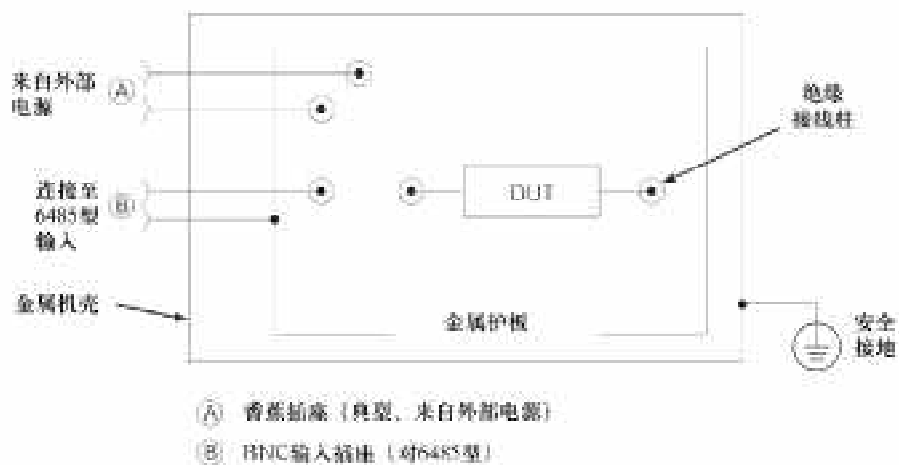
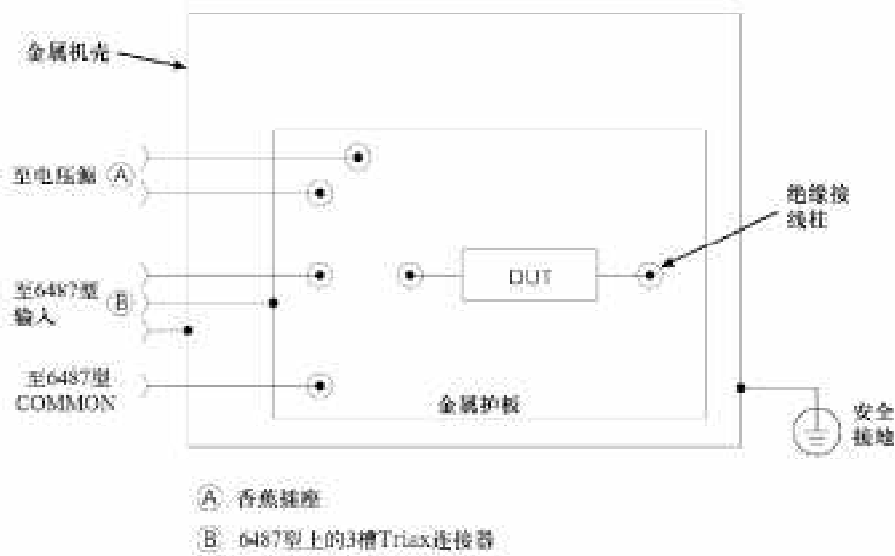


图 2-11

6487 型通用测试夹具连接

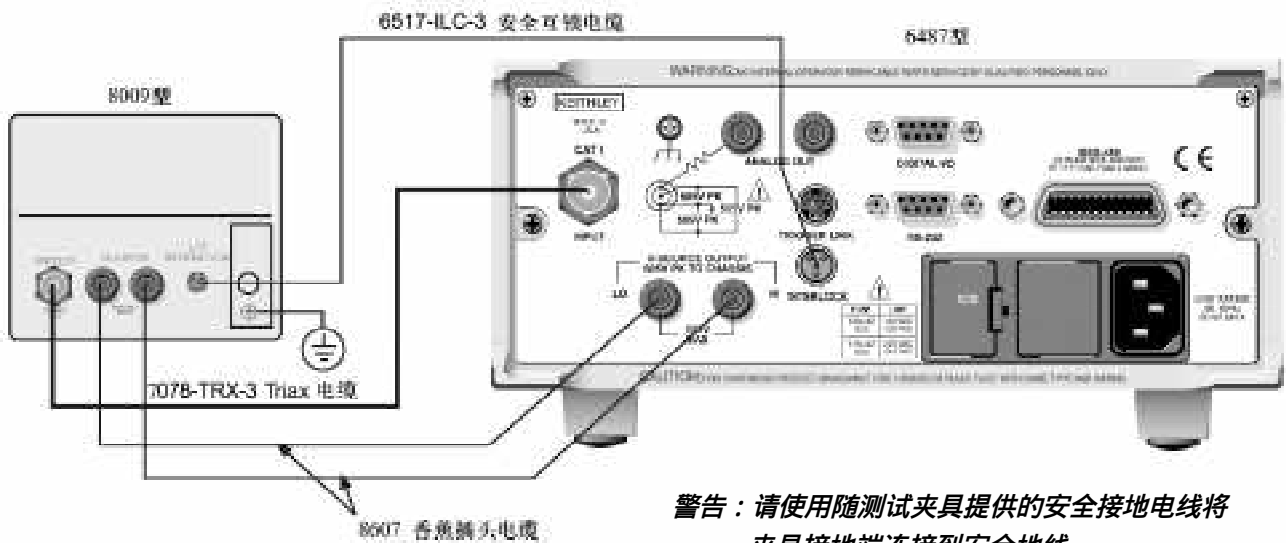


2.3.2 8009 型电阻率测试夹具

此测试夹具可以适用的体电阻率为 10^3 - 10^{18} Ω -cm，表面电阻率为 10^3 - 10^{17} Ω /sq。关于典型的连接到 6487 型的方法，请参考图 2-12。

图 2-12

6487 型测量的典型连接（使用 8009 型测试夹具）



4. 6487 型 互锁

6487 型有一内置互锁，与电压源一起工作。此互锁可以防止电压源工作在 50V 和 500V 的量程时夹具被打开，在 10V 量程可选，以保证安全操作。

2.4.1 互锁连接

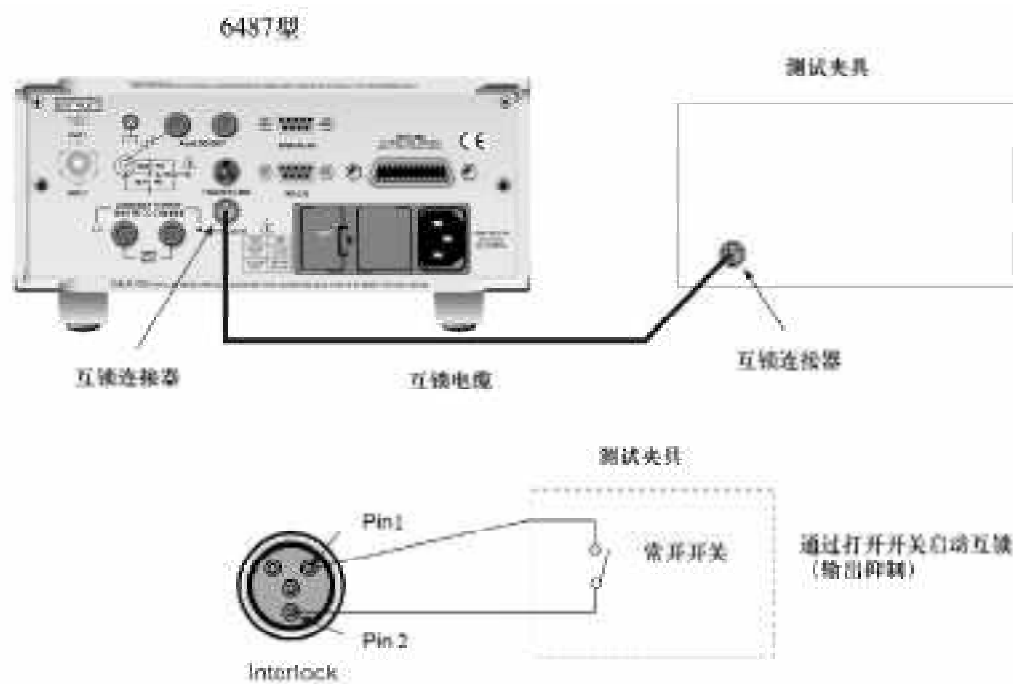
图 2-13 说明了互锁连接以及 INTERLOCK 连接器的插头图。通常，INTERLOCK 连接器连接到测试夹具上的同类型连接器。如图所示，INTERLOCK 连接器的 1 脚和 2 脚连接的是常开开关。当开关打开的时候，互锁使电压源无法被置于工作状态，此用途适用于 50V 和 500V 的电压源量程，也可用于 10V 的量程。

警告 如果电压源正在工作，互锁装置被启动电压源将改变为高阻状态，这可能会对 **DUT** 电容进行充电。

2.4.2 互锁操作

在 50V 和 500V 电压源量程，互锁总是处于工作状态。要激活电压源输出，INTERLOCK 的 1 脚和 2 脚必须被短接。在 10V 量程上，互锁是可选的，而且可以通过仪器编程控制。要激活 10V 量程的互锁，请发送：SOUR: VOLT:INT ON。要中止 10V 量程互锁，请发送：SOUR:VOLT:INT OFF。

图 2-13
6487 型互锁操作



2.4.3 487 型和 6487 型的互锁有何区别？

487 型使用 3 芯 DIN 互锁连接器，而 6487 型使用 4 芯 DIN 互锁连接器。

487 型只有当 236-ILC-3 型电缆连接时才能阻止电压源输出。若不连接此电缆，487 型允许 50V 或 500V 量程上的电压源输出。只有在 1 脚和 2 脚通过继电器连接到外部开关，6487 型才防止 50V 或 500V 量程上的电压源输出。6487 型的工厂默认设置为：允许 10V 量程输出而不需互锁连接，但是可以将其设置为需要外部互锁连接。

在 6487 型面板操作状态下，当尝试在 50V 和 500V 量程打开电压源的时候，打开的互锁会显示错误信息“CLOSE INTLCK”。发送“O1”命令时，6487 型工作在 487 型 DDC 仿真模式下前面版显示“IDDCO 1RROR”，而 487 会显示“INPTERLOCK”。在 DDC 仿真模式下，“U9”电压源错误状态信息对 487 型和 6487 型的是相同的。

5. 模拟输出

6485 型/6487 型的后面板有模拟输出。ANALOG OUT 可以提供按比例转换的 $\pm 2V$ 输出，满量程读数与 $\pm 2V$ 输出相对应。

注意 浮地输入的时候连接 **COMMON** 或 **ANALOG OUT** 到地可能对仪器造成损害。

图 2-14 (6485 型) 和图 2-15 (6487 型) 说明了使用此输出的连接。对于满量程输入，(即 2mA 量程上的 2mA)，输出将为 -2V。校准期间 2V 模拟输出不能使用。6485 型输出阻抗为 1k Ω ，而 6487 型的输出阻抗为 <100 Ω 。要尽量减小负载的影响，连接到 ANALOG OUT 的装置的输入阻抗应该尽可能高。

图 2-14

典型 6485 型模拟输出连接

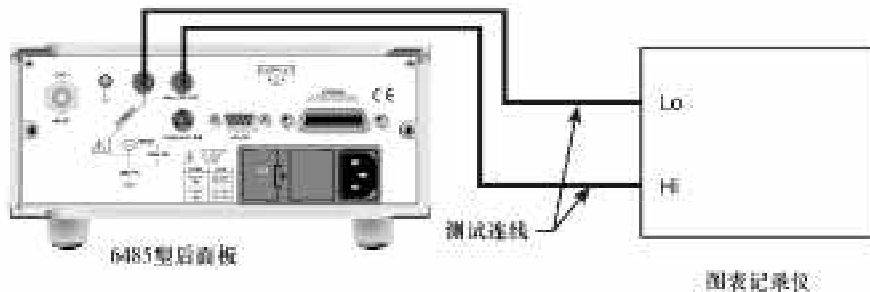
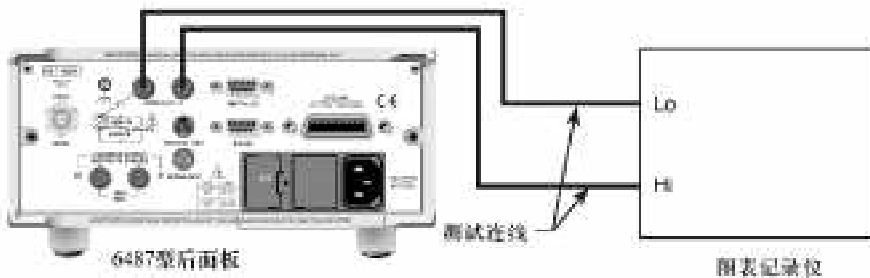


图 2-15

典型 6487 型模拟输出连接



6. 测量注意事项

进行低电平测量的时候，有很多因素需要考虑。表2-1总结了这些注意事项，此外6485型使用说明手册的附录C、6487型参考手册的附录G以及本手册的附录B都提供关于这些注意事项的详细信息。要了解关于所有测量注意事项的全面信息，请参考 Keithley Instruments 的低电平测量手册。

表 2-1
测量注意事项总结

<u>注意事项</u>	<u>描述</u>
输入偏置电流	6485 型 /6487 型的偏置电流可能影响低电流测量。
输入端压降	6485 型 /6487 型的偏置电压，如果比待测量电路的电压还高，则会引起误差。
噪声	由源阻抗和源电容造成的噪声
接地回路	多点接地可能产生误差信号。
摩擦起电效应	电缆中导体和周围绝缘体摩擦（例如：弯曲一条 Triax 电缆）产生的电流。
压电和储存电荷效应	在某些绝缘物质上的机械应力产生的电流。
电化学效应	由于离子污染在电路板上形成化学电池产生的电流。
湿度	减弱 PC 板和测试连接绝缘体上的绝缘电阻。
光线	光线敏感部件必须在无光环境下进行测试。
静电干扰	将带电荷物体靠近您的测试电路感应出的电荷。
磁场	磁场的存在可能产生 EMF（电压）。
电磁干扰（EMI）	来自外部（例如：收音机和电视发射）的 EMI 可能影响敏感的测量。

3

测量和电压源 使用

测量概述 - 解释 6485 型 /6487 型的基本测量和电压源能力。

注意事项 - 包括预热期、电压偏差校正、自动清零 (Auto Zero)、零点检查 (Zero Check) 和零点校正 (Zero Correct)。

电流测量 - 测量电流的基本步骤。

6487 型欧姆测量 - 设置和使用电压源的方法。

1. 测量概述

3.1.1 电流测量

表 3-1 总结了 6485 型/6487 型的基本电流测量的能力。规格（附录 A）中罗列了每一个测量功能的精确度和量程。

表 3-1

6485 型和 6487 型基本电流测量能力

功能	读数范围	可用量程
电流	$\pm 10\text{fA}$ 到 $\pm 21\text{mA}$	2nA, 20nA, 200nA, $\pm 2\mu\text{A}$, 20 μA , 200 μA , 2mA 和 20mA

3.1.2 6487 型电压源

表 3-2 总结了 6487 型的基本电压源输出能力。附录 A 给出了精确度指标。

表 3-2

6487 型基本电压源输出能力

功能	输出范围	可用量程
电压源	$\pm 20\mu\text{V}$ 到 $\pm 505\text{V}$	10V, 50V, 500V

2. 注意事项

3.2.1 预热期

6485 型/6487 型开机后 1 分钟内就可以使用。但是，在使用之前最好将仪器打开并使其预热至少 1 小时，才能确保精确度。如果仪器曾经暴露于极限温度，应该等待更长一些时间以使仪器内部温度稳定下来。

3.2.2 电压偏差校正

电压偏差校正可定期将输入放大器偏差变为零。安装 INPUT 插座上的保护帽，然后使用菜单（MENU）中的 CAL:VOFFSET 选项。要通过程控进行校正，请发送 CAL:UNPR:VOFF。

3.2.3 自动清零（Autozero）

随着时间的推移以及温度的变化，为了维持稳定性和精确性，6485 型/6487 型会定期测量与偏移和放大器增益相应的内部电压；这个过程就是自动清零。中止自动清零，测量速度可以加快至 3 倍，但是测量精确度会降低。建议只在较短时间内中止自动清零。

要切换自动清零，请按 AZERO 按钮。当自动清零激活后，读数后面会显示一个冒号。通过程控，请发送 SYST:AZER ON 或 SYST:AZER OFF。

3.2.4 零点检查 (Zero Check) 和零点校正 (Zero Correct)

零点检查 (Zero Check)

当零点检查激活后，输入放大器会被重新设置以分流输入信号到低端。按 ZCHK 键可以从面板上激活/中止零点检查。关于总线命令，请参考表 3-3。连接和断开输入信号时，请保持零点检查激活状态。

零点校正 (Zero Correct)

注 6485 型/6487 型保存了一个零点校正值（并非每个量程一个）。为获得最佳效果，当变换到需要的量程后，请获取一个新的零点校正值。

6485 型/6487 型的零点校正特点可以在测量中减去电压偏移。请遵循下列步骤以完成测量的零点校正：

1. 按 ZCHK 键激活零点校正。（在 6485 型上将显示“ZC”；在 6487 型上将显示“ZEROCHK”的信息。）
2. 选择测量将要使用的量程或者选择最低的量程。
3. 按 ZCOR（6485 型）或 REL（6487 型）激活零点校正。（在 6485 型上将显示“ZZ”的信息；在 6487 型上 MON 状态显示会点亮。）
4. 按 ZCHK 键终止零点校正。
5. 现在可以从显示中取读数。（在 6485 型上，“CZ”信息表明该读数已经过零点校正。在 6487 型上，MON 状态显示表明显示的读数已经过零点校正。）
6. 要关闭零点校正，请按 ZCOR（6485 型）或 REL（6487 型）并保持零点检查激活。

注 关于零点校正的特点：

即使升高量程，6485 型/6487 型也会保持零点校正状态。如果降低量程，请对仪器重新调零。只要周围温度保持稳定，6485 型/6487 型就不必重新进行零点校正。

零点校正会消除放大器的电压偏差。激活零点校正后，仪器可能无法显示完全为零的读数。

如果 6485 型/6487 型在 T CAL 或接近 T CAL 的温度操作，零点校正就不会有什么作用。T CAL 是 6485 型/6487 型在最后校准时的内部温度。

3.2.5 SCPI 编程 - 零点检查 (Zero Check) 和零点校正 (Zero Correct)

表 3-3

SCPI 命令 - 零点检查 (Zero Check) 和零点校正 (Zero Correct)

命令	描述
SYST:ZCH 	激活(ON)或中止(OFF)零点检查。
SYST:ZCOR 	激活(ON)或中止(OFF)零点校正。
SYST:ZCOR:ACQ	获得零点校正值。
INIT	触发读数。

3. 电流测量

3.3.1 注意事项

6485 型注意事项

警告 皮安表 LO 和机壳接地（共模电压）之间的最大安全电压是 42V。6485 型内部并不限制 LO 到机壳电压。超过 42V 会造成电击危险。

如果 DUT 和外部可以为输入 HI 提供超过 42V 的电压，则输入 LO 和外部电压源之间的连接必须为低阻，且能够承受电源短路的电流，以保证 LO 不超过 42V。

注意 LO 到机壳击穿电压是 500V。超过这个电压可能会对仪器造成损害。

6485 型的最大输入电压和电流是峰值 220V 和 21mA。超过这两个值中的任何一个都可能对仪器造成损害，且此种损害是不包括在保修范围内的。

6487 型注意事项

警告 皮安表 LO 和机壳接地（同模电压）之间的最大安全电压是 505V。6487 型内部并不限制 LO 到机壳电压。超过 505V 会造成电击危险。

如果 DUT 和外部可以为输入 HI 提供超过 505V 的电压，则输入 LO 和外部电压源之间的连接必须为低阻，且能够承受电源短路的电流，以保证 LO 不超过 505V。

注意 6487 型的最大输入电压和电流是峰压 505V 和 21 mA。超过这两个值中的任何一个都可能对仪器造成损害，且此种损害是不包括在保修范围内的。

3.3.2 电流测量步骤

按照下列步骤测量电流：

第 1 步. 选择电流功能

在 6487 型上，请按 **II** 键以确认选定电流功能。

第 2 步. 激活零点检查（Zero Check）

在改变连接之前应该一直激活零点检查。ZCHK 键可以切换零点检查的开和关。

第 3 步. 进行零点校正

低电流测量时为了获得最佳的精确度，建议对您的皮安表进行零点校正。要进行零点校正，请确认已选择 2nA 量程，然后按 ZCOR 键（6485 型）或 REL 键（6487 型）以进行零点校正（在 6485 型上显示“ZZ”；在 6487 型上的状态显示器 MON 点亮）。

第 4 步. 选择一个手动量程或激活自动量程

使用 RANGE 键以选择一个手动测量量程，或按 AUTO 键以选择自动量程。当自动量程激活后，仪器会自动选择最灵敏的量程进行测量。

量程的具体内容请见第 4 部分。

第 5 步. 将待测量电流连接到皮安表

图 3-1 和图 3-2 示出了测量装置的基本连接。

警告 进行浮地测量时建议使用安全屏蔽。图 3-1 和图 3-2 示出了安全屏蔽的连接。金属的安全屏蔽必须完全包裹噪声屏蔽和浮地测试电路，而且它必须通过 # 18AWG 或更粗的电线连接到安全接地。

注 当不进行浮地测量的时候，建议将测量 LO 只在一处接地，如使用在 6485 型 /6487 型后面板上的接地连接。（参见 B 部分中的“接地回路”。）关于皮安表输入连接的基本信息，见第 2 部分。

第 6 步. 中止零点检查并从显示中读数

如果读数有噪声，您可能希望使用滤波器减少噪声。关于滤波的信息请见第 4 部分。

图 3-1

6485 型电流测量的连接

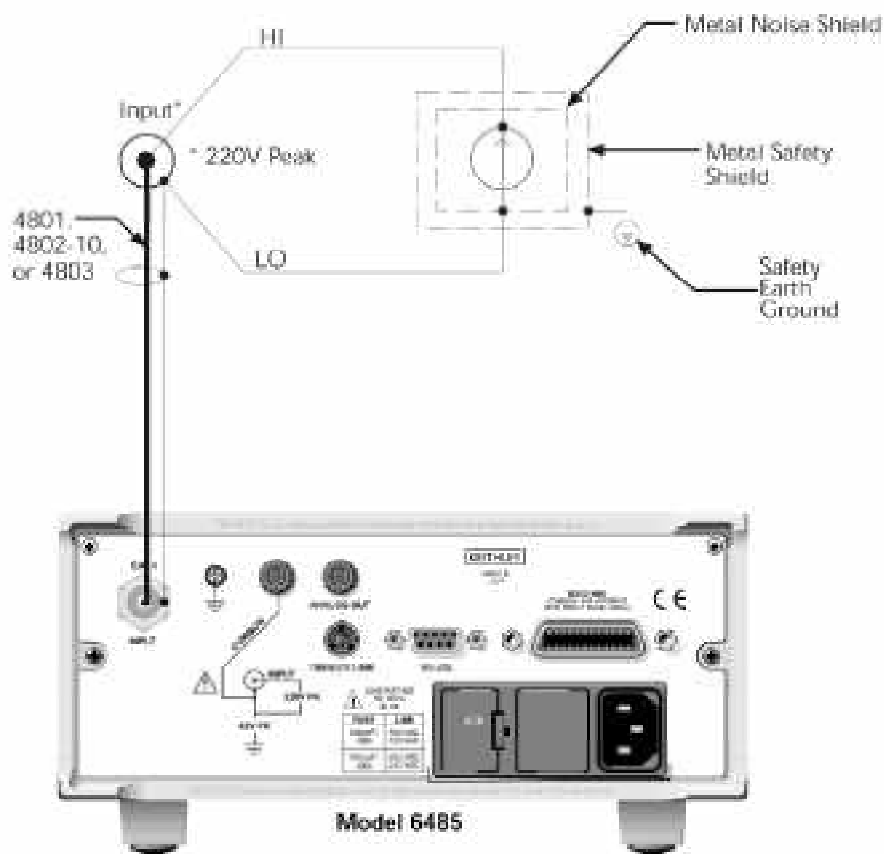
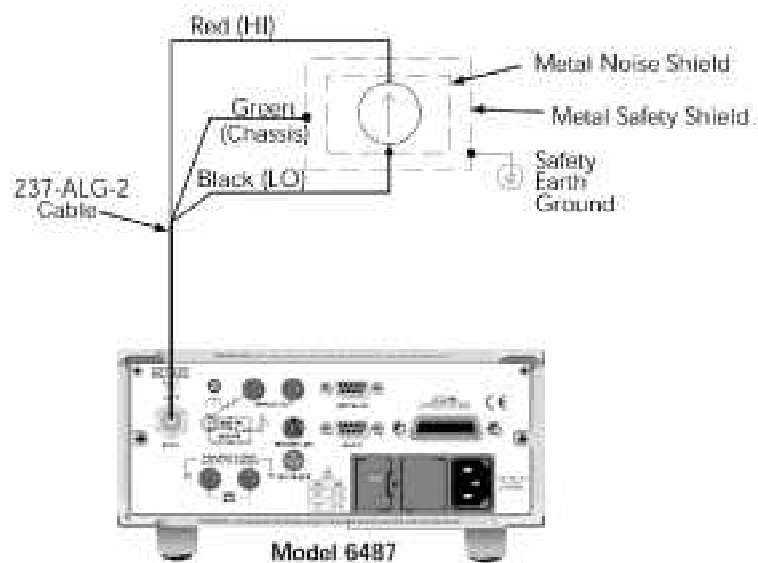


图 3-2

6487 型电流测量的连接



3.3.3 SCPI 编程 - 电流测量

表 3-4

SCPI 命令 - 基本电流测量

命令*	描述
FUNC 'CURR'	选择电流功能 (仅限于 6487 型)。
RANG <Range>	选择手动量程 (-0.021 到 0.021A)。
RANG:AUTO 	激活 (ON) 或中止 (OFF) 自动量程。
INIT	触发读数。
READ?	触发并返回读数。

* 未包括零点校正和零点检查命令。见表 3-3。

3.3.4 编程示例 - 电流测量

下列命令序列将进行零点校正的电流测量：

*RST	' 将 6485 型 /6487 型返回 GPIB 默认值。
SYST:ZCH ON	' 激活零点检查。
RANG 2e-9	' 选择 2nA 量程。
INIT	' 触发读数用作零点校正。
SYST:ZCOR:ACQ	' 将选取的最后一个读数作为零点校正。
SYST:ZCOR ON	' 进行零点校正。
RANG:AUTO ON	' 激活自动量程。
SYST:ZCH OFF	' 中止调零。
READ?	' 触发并返回一个读数。

4. 6487 型 欧姆 测量

3.4.1 概述

要使用 6487 型测量欧姆 (电阻), 您必须将电压源设置为需要的量程、数值和电流限度 (见第 3 部分的 “6487 型电压源操作”), 选择合适的电流测量量程 (或使用自动量程) 并激活欧姆功能。激活欧姆功能后, 6487 型将利用电压源值和测量的电流 ($R = V/I$) 计算阻值。当设置电压源的时候, 要考虑诸如功率耗散和测量电阻的电压系数等因素, 并为最大电流选择尽可能高的电压源。

3.4.2 DC 和交互电压欧姆

6487 型欧姆测量既可以使用 DC 电压模式, 也可以使用交互电压模式, 此种模式可以用来增强高阻测量的精确度。本手册只包括了 DC 模式。关于交互电压模式的信息, 请参阅 6487 型参考手册的第 3 部分。

3.4.3 电阻测量步骤

警告 在改变电压源连接之前请务必关闭 **6487** 的电压源, 以避免可能发生的电击危险。

遵循下列步骤测量电阻：

第 1 步. 设置电压源

请按 V-SOURCE 调节键，然后使用手动 RANGE 键以设定电压源量程。将电压和电流箱位设定为需要的数值。当调节电压后，您可以按 EXIT 键以跳过电流箱位提示。

第 2 步. 进行零点校正

要获得高阻抗测量最优的精确度，建议在激活欧姆功能前对皮安表进行零点校正。要进行零点校正请确认选择了零点检查和 2nA 的量程，然后按 REL 键进行零点校正（MON 状态指示灯点亮）。

第 3 步. 选择一个手动量程或激活自动量程

使用手动 RANGE 键选择一个电流测量量程，或按 AUTO 键激活自动量程。当使用手动量程的时候，请根据电压源设置和期望的测量阻值（ $I = V/R$ ）选择一个合适的量程。

第 4 步. 将待测量电阻连接到皮安表

图 3-3 演示了欧姆测量的基本连接。请注意在测试中皮安表 INPUT 和 V-SOURCE OUTPUT 插座都连接到电阻。

警告 当使用超过 **30V DC** 的电压进行测量，建议使用安全屏蔽。图 3-3 示出了安全屏蔽的连接。金属的安全屏蔽必须完全包裹噪声屏蔽和浮动测试电路，而且它必须通过 # **18AWG** 或更粗的电线连接到安全接地。

第 5 步. 选择欧姆功能

请按 Ω 键以确认选定欧姆功能。

第 6 步. 打开电压源

请按 OPER 键以打开电压源输出。VOLTAGE SOURCE OPERATE 状态指示灯会点亮。

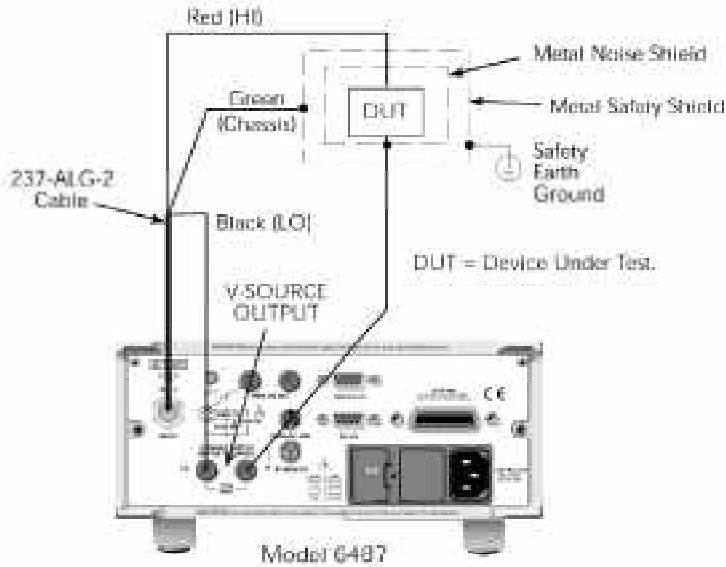
第 7 步. 中止零点检查并从显示器读取读数

如果读数不稳定，请使用滤波器减少噪声。建议使用交互电压模式或增加屏蔽。

注 对于任何欧姆测量，如果电压源被钳位，那么欧姆读数就是无效的且未知的。因此，在 GPIB 上会返回 -9.9e+36 值，而且在电压源被钳位的地方正常读数和缓冲区检索读数在面板上都会显示 I- LIMIT 的信息。

图 3-3

6487 型欧姆测量的连接



3.4.4 SCPI 编程 - 欧姆测量

表 3-5

SCPI 命令 - 6487 型基本欧姆测量

命令*	描述
SENS:OHMS ON	选择欧姆功能。
RANG <Range>	选择手动电流量程 (-0.021 到 0.021A)。
RANG:AUTO 	激活 (ON) 或中止 (OFF) 自动电流量程。
SOUR:VOLT:RANG <Range>	设置电压源量程 (10、50 或 500)。
SOUR:VOLT <Volts>	选择输出电压 (-505V 到 +505V)。
SOUR:VOLT:ILIM <Current>	设置电流钳位 (2 μ A、25 μ A、2.5mA 或 25mA)。
SOUR:VOLT:STAT 	将电压源打开 ON 或关闭 OFF。
READ?	触发并返回读数。

* 未包括零点校正和零点检查命令。见表 3-3。

3.4.5 编程示例 - 欧姆测量

下列命令序列将执行经过零点校正的电阻测量：

*RST	' 将 6487 型返回 GPIB 默认值。
FORM:ELEM READ,UNIT	' 只输出读数及单位
SYST:ZCH ON	' 激活零点检查。
RANG 2e-9	' 选择 2nA 量程。
INIT	' 触发读数用作零点校正。
SYST:ZCOR:ACQ	' 将选取的最后一个读数作为零点校正值。
SYST:ZCOR ON	' 进行零点校正。
RANG:AUTO ON	' 激活自动电流量程。
SOUR:VOLT:RANG 10	' 选择 10V 电源量程。
SOUR:VOLT 10	' 设置电压源输出为 10V。
SOUR:VOLT:ILIM 2.5e-3	' 设置电流钳位为 2.5mA。
SENS:OHMS ON	' 激活欧姆功能。
SOUR:VOLT:STAT ON	' 电压源输出开。
SYST:ZCH OFF	' 中止零点检查。
READ?	' 触发并返回一个读数。

3.4.6 6487 型电压源操作

设置电压源

请按 CONFIG，然后按 OPER 进行电压源设置。您首先会被提示选择 DC 或 SWEEP 模式。（正常操作请选 DC。关于扫描（SWEEP）的具体信息，请参阅第 6 部分。）选择模式之后，显示器会显示电压源的全部位数的数值，并高亮显示待编辑的最左边的位置。（如果您不希望改变，可以按 V-SOURCE 调节键跳过这个电压编辑显示）。◀和▶是用来选择编辑的数字的，而 V-SOURCE ▲ 或 ▼ 是用来改变数值的。RANGE ▲ 和 ▼ 键可以改变电压源量程并指示选定的量程。

请注意，如果 V-SOURCE ▲ 以及 ▼ 键没有被用来改变电压源值的时候，可以按照和 RANGE ▲ 与 ▼ 键同样的方式操作。通过按箭头键可以立即改变电压值。数值不应超过选定量程的最大电压。

电压值和量程选定之后，请按 EXIT 返回正常读数显示，或按 ENTER 键进入电流钳位显示。电流钳位显示将根据电源量程（参考表 3-6）提供不同的选择。按 ENTER 键或 EXIT 键返回到正常的读数显示。

表 3-6

电压源电流钳位

电压源量程：	可选电流钳位			
10.0000V 量程	25μA	250μA	2.5mA	25mA
50.000V 量程	25μA	250μA	2.5mA	
500.00V 量程	25μA	250μA	2.5mA	

电压源

注意 不要将 6487 型的电压源连接到外部电源。外部电源可能毁坏 6487 型的电压源。

打开和关闭电压源

OPER 键可以使电压源的状态在打开和关闭之间切换。6487 型可以输出设定的电压，且 VOLTAGE SOURCE OPERATE 状态指示灯会点亮。

OPER（操作）键

假设 LLO（LOCAL 锁定）功能没有使用，即使仪器在远程控制（REM 信号器打开）状态下操作，OPER（操作）键也可以将电压源关闭。

在远程操作时，OPER 键只能将电源关闭。要打开电源，6487 型必须为本地状态（见第 7 部分）。

电压源关闭状态

当电压源关闭时，它不处于高阻状态。它所处的状态就如同电压源在选定量程上被设为 0V。在开机当 VOLTAGE SOURCE OPERATE 灯闪过后，它就会进入此状态。相反的是，安全互锁将使电压源进入高阻状态而非 0V 输出，而且电压源会保持在高阻状态直到操作状态被改为打开。例外的是 10V 量程，此时互锁是可选择的。OPERATE 灯和面板显示不会指示由打开的互锁造成的 0V 输出和高阻抗输出的区别。通过远程询问也可以得到互锁状态（见表 3-7）。

钳位指示

电压源在任何时候都可能被钳位。如果发生这种情况, OCOMP 状态信号灯会闪烁, 且显示电压值 (当电流读数设置为小于 6 位半时可以看到) 会在显示数值和显示 “CMPL ” 之间变动。如果你所处的菜单中电压源值没有显示在最右边的 4 个字符, 那么只有闪烁的 OCOMP 信号灯会显示。

打开互锁指示器

当仪器在 50V 或 500V 量程时, 如果互锁是打开的, 电压源也会被钳位。但是在面板上或注册寄存器中不会有关于此状态的指示。打开的互锁是优先的。

SCPI 命令 - 电压源

表 3-7

SCPI 命令 - 电压源

命令	描述
SOUR:VOLT <Voltage>	设置电压源输出值 (-500 到 +500V)。
SOUR:VOLT:RANG <Range>	设置电压源量程为以下三个之一: 10、50 或 500V。
SOUR:VOLT:ILIM <Limit>	设置电压源电流钳位值: 2.5e-5、2.5e-4、2.5e-3 或 2.5e-2。 ¹
SOUR:VOLT:STAT 	打开 (ON) 或关闭 (OFF) 电压源输出。
SOUR:VOLT:INT 	激活 (ON) 或终止 OFF) 10V 量程的互锁。 ²
SOUR:VOLT:INT:FAIL?	询问互锁状态 (1 = 打开); 电压源输出不能打开。

¹ 50V 和 500V 量程不能使用 2.5e-2。

² 关于互锁的操作请参阅第 2 部分。

编程示例 - 电压

下列命令序列将在 10V 量程、电流钳位为 2.5mA 的情况下, 输出 5V。

*RST	' 将 6487 型返回 GPIB 默认值。
SOUR:VOLT:RANG 10	' 选择 10V 电压量程。
SOUR:VOLT 5	' 设置电压源输出为 5V。
SOUR:VOLT:ILIM 2.5e-3	' 设置电流限度为 2.5mA。
SOUR:VOLT:STAT ON	' 打开电压源。

量程、单位、位数、 速率和滤波器

量程、单位和分辨率 - 提供关于测量量程选择、读数单位选择和显示分辨率选择的详细信息。包括远程操作的 SCPI 命令。

速率 - 提供关于读数速率选择的详细信息。包括远程操作的 SCPI 命令。

6487 型电容抑制 - 提供关于电容抑制率选择的详细信息。包括远程操作的 SCPI 命令。

滤波器 - 讲解如何设置和控制数字滤波器和中值滤波器。包括远程操作的 SCPI 命令。

1. 量程、单位和分辨率

4.1.1 量程

电流测量的量程在表 4-1 中列出。

表 4-1
测量量程

nA	μ A	mA
2nA	2 μ A	2mA
20nA	20 μ A	20mA
200nA	200 μ A	

每一个测量量程的满量程读数为量程外 5%。例如，在 20 μ A 量程上，最大输入电流为 $\pm 21\mu$ A。输入值超过最大读数，溢出信息（OVERFLOW）就会显示。

4.1.2 手动量程

要选择量程，请按需要的 RANGE 键。每按一次键仪器的量程就会改变一次。如果仪器在某一个量程上显示 OVERFLOW 信息，请选择高一些的量程，直到显示符合量程的读数。在不造成溢出的情况下，请尽量使用最低的量程，以确保最佳的精确度和分辨率。

4.1.3 自动量程

使用自动量程的时候，仪器会自动选择可以使用的最灵敏的量程，以测量被测信号。量程的上限为量程的 105%，而量程的下限即为量程最低值。AUTO 键可以使仪器在手动量程和自动量程之间切换。当选择了自动量程，AUTO 信号灯就会点亮。要中止自动量程，请按 AUTO 或手动 RANGE 键。按 AUTO 键中止自动量程会使仪器停留在当前的量程。

每一次选择自动量程，仪器就会搜索每一个选择功能可用的量程。搜索使用的时间会显著的减缓量程改变的速度。设置自动量程的上限或下限可以减少搜索的时间。

4.1.4 自动量程限

设置自动量程的上限或下限可以减少找到合适安培量程的搜索时间。要设置自动量程的上限或下限，请按 CONFIG，然后按手动 RANGE 键（▲或▼），浏览可选的量程范围。当需要的量程变为闪烁状态，按下 ENTER 即可。

4.1.5 单位

读数的显示可以采用工程（ENG）单位（如 1.236 mA）或科学（SCI）记数法（如 1.236E-03A）。要改变单位，请按 MENU 键，选择 UNITS，然后按 ENTER。选择 ENG 或 SCI，然后再按 ENTER。

注 单位设置的改变只能从面板完成（无法远程操作）。科学记数法在小数值上比工程单位具有更好的分辨率。

4.1.6 分辨率

DIGITS 键可以设置 6485 型 /6487 型的显示分辨率。显示分辨率可以设置为 3 位半到 6 位半数字。单一的设置会影响所有测量量程的显示分辨率。要设置显示分辨率，请按（然后松开）DIGITS 键，直到显示出需要的位数为止。

注 对于 6487 型，在 6 位半显示模式下电压源值不会显示。

4.1.7 SCPI 编程 - 量程和分辨率

表 4-2

SCPI 命令 - 量程和分辨率

命令	描述
RANG <n>	选择量程：-0.021 到 0.021 (A)。
RANG:AUTO 	激活 (ON) 或中止 (OFF) 自动量程。
RANG:AUTO:ULIM <n>	指定自动量程的上限：-0.021 到 0.021 (A)。
RANG:AUTO:LLIM <n>	指定自动量程的下限：-0.021 到 0.021 (A)。
DISP:DIG <n>	设置显示分辨率：4 (3 位半) 到 7 (6 位半)。

4.1.8 编程示例 - 量程和位数

下列命令序列选择量程为 20mA，显示分辨率为 3 位半。

```
*RST          ' 恢复 RST 默认设置。
RANG 0.02    ' 设置 20mA 量程。
DISP:DIG 4   ' 设置显示分辨率为 3 位半。
```

2. 速率

RATE 键可以选择 A/D 转换器的积分时间，即测试输入信号的时间。积分时间可以影响读数噪声的大小和仪器最终的读数速率。积分时间是由多少个电源周期来 (NPLC) 来指定的，其中 60Hz 的 1PLC 为 16.67ms (1/60)，50Hz (和 400Hz) 的 1PLC 为 20ms (1/50)。所有量程的速率设置都是统一的。因此，不管当前选择的量程是什么都不会影响您设置速率。

要选择速率，请按 RATE 键选择 SLOW (6 PLC, 60Hz ; 5PLC, 50Hz)，MED (1 PLC) 或 FAST (0.1 PLC)；或者可以按 CONFIG 键，然后按 RATE 键，再输入需要的 PLC 数 (0.01 到 60, 60Hz ; 0.01 到 50, 50Hz)。

要远程设置速率，发送:NPLC <plc>和一允许的数值、或 0.01 到 60 (60Hz) 或 0.01 到 50 (50Hz)。

3. 6487 型 电容抑制 (Damping)

输入端的大电容会增加读数的噪声。造成此电容的原因可能是较长的输入电缆或信号源的电容，或两者兼有。激活电容抑制 (模拟滤波) 可以减少电容对电流测量造成的噪声。但是，电容抑制也会减缓测量的响应速度。

要从面板激活或终止电容抑制，只要简单的按 6487 型的 DAMP 键。请注意当激活电容抑制时 FILT 显示器就会打开。通过远程，可以发送 DAMP ON 或 DAMP OFF。请注意 FILT 显示器用于指示模拟电容抑制滤波器和两种数字滤波器。

4. 滤波器

滤波可以稳定由嘈杂的输入信号引起的测量中的噪声。6485 型 /6487 型使用两种滤波器：中值滤波器和数字滤波器。显示、存储和传输的读数是滤波后的结果。请注意，中值滤波器和数字滤波器可以同时使用。

两个滤波器都激活的时候，中值滤波器先进行操作。中值滤波器产生一个读数后，该读数被发送至数字滤波器的存储栈。因此只有当两个滤波器的操作都完成后，经过滤波的读数才会显示。

滤波器的设置是全程一致的。对于6485型来说，MEDN键控制中值滤波器，AVG键控制平均滤波器。对于6487型来说，两个滤波器都由FILT键来控制。当中值滤波器和数字滤波器中任何一个被激活，FILT信号器就会点亮。请注意，FILT信号器用于两个数字滤波器以及6487型的模拟电容抑制滤波器。

4.4.1 中值滤波器

中值滤波器的用途是：在一组按大小排列的读数中决定其“正中的”读数。例如，假设下列读数：

20mA、1mA、3mA

读数按升序排列如下：

1mA、3mA、20mA

在以上的读数中，显然3mA是中值（正中的）读数。用于中值计算的样本读数的数量是由下式决定的：

$$\text{样本读数} = (2 \times R) + 1$$

其中：R为选定的阶数（RANK）（1到5）

请注意中值滤波器可以去掉列中最早的值。它特别有利于去掉由无用的尖峰信号造成的噪声。

4.4.3 数字滤波器

数字滤波器的种类

数字滤波器种类有移动和重复二种。

移动滤波器 - 每进行一次读数转换，存储栈中的读数就会进行平均运算以产生一个经过滤波的读数。存储栈的类型是先入先出。当存储栈充满后，最新的读数转换就会替代最早的读数。请注意仪器不会等到存储栈充满后才开始释放读数。

重复滤波器 - 取选定数量的读数转换，进行平均计算，然后生成一个读数。接下来清空一次存储栈并重新开始。

4.4.3 滤波器控制

6485 型面板控制

使用MEDN键可以打开或关闭中值滤波器。要设置中值滤波器，请按CONFIG，然后按MEDN，再使用RANGE键选择需要的阶数（1-5）。

使用AVG键可以打开或关闭平均滤波器。要控制平均滤波器参数，请按CONFIG，然后按AVG，再选择COUNT（2-100）、MOVING或REPEAT、或按YES或NO。至于先进滤波器，还需要输入需要的容限（0-105%）。

6487 型面板控制

按CONFIG键，然后按FILT键可以控制中值滤波器和平均滤波器。选择MEDIAN或AVERAGE，然后设置适当的参数。对于MEDIAN选择，您可以选择ON或OFF，并选择RANK（1-5）。对于AVERAGE滤波器，您可以选择ON或OFF，COUNT（2-100），MOVING或REPEAT。当滤波器设置后，您可以通过按FILT键切换滤波器状态为开或关。

当滤波器打开的时候，FILT指示信号会点亮。

4.4.4 SCPI 命令 - 滤波器

表 4-3

SCPI 命令 - 滤波器

命令	描述
MED 	激活 (ON) 或中止 (OFF) 中值滤波器。
MED:RANK <n>	指定中值滤波器的阶数：1 到 5。
AVER 	激活 (ON) 或中止 (OFF) 数字滤波器。
AVER:TCON <name>	选择滤波器方式：MOVing 或 REPeat。
AVER:COUNt <n>	指定滤波次数：2 到 100。
AVER:ADV:NTOL <a>	设定 6485 型先进滤波器的百分比容限 (0-105)。
AVER: ADV 	激活 (ON) 或中止 (OFF) 6485 型先进滤波器。

4.4.5 编程示例

如下命令序列可以设置和激活两个滤波器：

' 中值滤波器:

MED:RANK 5 ' 设置阶数为 5

MED ON ' 激活中值滤波器。

' 数字滤波器:

AVER:COUN 20 ' 设置滤波数为 20。

AVER:TCON MOV ' 选择移动滤波器。

AVER ON ' 激活数字滤波器。

5

相对运算、 $mX+b$ 、 $m/X+b$ (倒数) 及对数运算

相对运算 - 解释如何使一个偏移量归零或如何设立一个基准值。包括远程操作的 SCPI 命令。

$mX+b$ 、 $m/X+b$ (倒数) 和对数运算 - 涵盖这三种基本的数学运算，并包括远程操作的 SCPI 命令。

1. 相对运算

相对运算 (Rel) 可以使一个偏移量归零, 或从现在和以后读数中减去一个基准读数。当相对值已经设定, 随后的读数就是实际输入与相对值的差。

显示的 (相对) 读数 = 实际输入 - 相对值

对于所有的测量量程, 相对值是相同的。例如 $1\text{E}-6$ 在 $2\ \mu\text{A}$ 量程上的相对值是 $1\ \mu\text{A}$ 。 $20\ \mu\text{A}$ 和 $200\ \mu\text{A}$ 量程上的相对值也是 $1\ \mu\text{A}$ 。 请注意, 改变量程不会影响相对值。

5.1.1 面板设置

在面板上, 有两种设定相对值的方法。 您可以使用输入读数作为相对值, 也可以手动键入一个相对值。

要使用现在的读数, 请终止零点检查、显示读数后按 REL。 REL 指示信号会点亮, 且随后的读数将为实际输入与相对值的差。 要取消相对值, 请再次按 REL (6487 型要在终止零点检查的状态下操作)。 要输入读数, 请按 CONFIG, 然后按 REL, 输入需要的数值, 然后按 ENTER。 当您输入数值后, 此相对值就会被激活。

对于 6487 型, 有为电流功能和欧姆功能单独存储的相对值。

5.1.2 SCPI 编程 - 相对计算

表 5-1

SCPI 命令 - 相对计算

命令	描述
CALC2:FEED <name>	指定读数进行相对运算: SENS 或 CALC1。
CALC2:NULL:ACQ	使用输入信号作为相对值。
CALC2:NULL:OFFS <Rel>	指定相对值: $-9.999999\text{e}20$ 到 $9.999999\text{e}20$ 。
CALC2:NULL:STAT 	激活 (ON) 或中止 (OFF) 相对运算。
CALC2:DATA?	返回 INIT 触发的经过相对运算的读数。
CALC2:DATA:LAT?	返回最新的经过相对运算的读数。
INIT	触发一个或多个读数

5.1.3 编程示例 - 相对计算

此程序片段为测量设定的基准值是 $1\ \mu\text{A}$:

```
CALC2:NULL:OFFS 1e-6      ' 设定相对值为 1μA。
CALC2:NULL:STAT ON       ' 激活相对计算。
SYST:ZCH OFF             ' 关闭调零。
INIT                     ' 触发读数。
CALC2:DATA?              ' 返回经过相对运算的读数。
```

2. $mX+b$, $m/X+b$ (倒数) 和对数运算

5.2.1 $mX+b$ 和 $m/X+b$

根据下列算式, 将数学运算的结果进行显示。

$$Y = mX+b$$

$$Y = m/X+b$$

其中 :X 是正常显示读数。

M 和 b 是用户输入的常量, 表示比例因子和偏移量。

Y 是显示的结果。

注 改变 $mX+b$ 中的 “m” 或 “b” 也会改变 $m/X+b$ 中的 “m” 或 “b”。

5.2.2 对数运算

这个运算将输入读数转换为以 10 为底的对数值。此计算如下：

$$\log_{10} X = Y$$

其中：X 是输入读数。

Y 是对数结果。

例如：6485 型 /6487 型测量到的电流正好是 1mA。

$$\log_{10} 1.000000\text{mA} = -3$$

注 此计算使用的是正常输入读数的绝对值，因为负数的对数无法计算。

5.2.3 设定数学运算

6485 型

要从 6485 型的面板选择和设定数学运算，请按 MX+B 键或 M/X+B 键，然后输入需要的 m、b 和单位参数。使用 MX+B 或 M/X+B 切换数学运算开或关。MATH 指示信号器会点亮表明数学运算已被激活。

6487 型

要从 6487 型的面板选择和设定数学运算，请按 CONFIG，然后按 MATH。选择要设定的数学运算，然后输入需要的 $mX + b$ 和 $m/X + b$ 的参数 (m、b 和单位)。选好数学运算后，只要简单地按 MATH 键以切换数学运算开或关。MATH 指示信号器点亮表明数学运算已被激活。

5.2.4 SCPI 编程 - $mX+b$ 、 $m/X+b$ 和对数运算

表 5-2

SCPI 命令 - $mX+b$ 、 $m/X+b$ 和对数运算

命令	描述
CALC:FORM <name>	选择数学函数：MXB、REC 或 LOG10。
CALC:KMAT:MMF <n>	为 $mX+b$ 和 $m/X+b$ 设定 M：-9.99999e20 到 9.99999e20。
CALC:KMAT:MBF <n>	为 $mX+b$ 和 $m/X+b$ 设定 B：-9.99999e20 到 9.99999e20。
CALC:KMAT:MUN <name>	为 $mX+b$ 或 $m/x+b$ 设定单位：1 字符：A-Z, '['= , '\'= °, ']'=%。
CALC:STAT 	激活或者中止选择的数学函数。
CALC:DATA?	返回所有由 INIT 触发的 CALC 结果。
CALC:DATA:LAT?	返回最新的 CALC 读数。

编程示例 - $mX+b$

此命令序列进行的是单独 $mX+b$ 计算并返回结果：

*RST	' 恢复 RST 默认值。
CALC:FORM MXB	' 选择 $mX+b$ 计算。
CALC:KMAT:MMF 2e-3	' 设置比例因子(M)为 2e-3。
CALC:KMAT:MBF 5e-4	' 设置偏移值(B)为 5e-4。
CALC:STAT ON	' 激活计算。
SYST:ZCH OFF	' 中止零点检查。
INIT	' 进行一次测量并计算 $mX+b$ 。
CALC:DATA?	' 检索 $mX+b$ 结果。

6

缓冲区和扫描

缓冲区操作 - 解释如何存储和调出读数，包括缓冲区统计数据。

6487 型电压扫描 - 讨论如何利用电压源生成扫描。

1. 缓冲区操作

6485型有一个缓冲区可以存储1-2500个读数。6487型的缓冲区可以存储1-3000个读数。这两种仪器都存储溢出读数和时信息，而且每一个6487型的读数都包括一个电压源值。每一个读数的时信息记录了测量/存储过程开始的时。此外，调出的数据包括统计信息（最大值、最小值、峰峰值、平均值和标准差）

缓冲区存储了指定的读数数目。经过过滤或数学运算后，读数被置于缓冲区。数学运算包括相对运算、 $mX+b$ 、 $m/X+b$ 、对数运算和极限运算（请见第5部分）。

每一次选择存储操作的时候，缓冲的数据就会被覆盖。数据是非永久性的 - 关机后会丢失。

在储存过程中，测量功能的改变是可以允许的。但是，请注意统计数据将会以改变了的测量功能的读数为基础。

6.1.1 存储

要存储读数，请将仪器设置为您需要的配置，然后按CONFIG，再按STORE。设置存储读数的数目（6485型为1-2500；6487型为1-3000），然后按ENTER。按STORE键以开始数据的存储。星号指示信号灯表明数据存储操作正在进行。按EXIT可以终止存储。

6.1.2 调用

查看存储的读数和统计数据，请按RECALL，然后使用RANGE和光标键来浏览读数数目和统计数据、读数数值、电压源值（仅限于6487型）及时信息。（请使用RANGE键滚动统计数据和读数数值；使用光标键在读数中、6487型的电压源值和时信息中选择。）调用检索读数时BUFFER指示信号会点亮。按EXIT可以返回到正常显示。

注 对于6487型产品来说，在获得读数时如果电压源被钳位，前面板显示调出的电压值会变暗。通过GPIB，返回-999的读数表示电压源被钳位。

6.1.3 时信息

要改变缓冲区时信息的格式，请按MENU，选择TSTAMP，然后按ENTER。请选择需要的格式：ABS（绝对值）或DELT（相对）。在ABS格式下，每一个时信息都与存储在缓冲区内的第一个读数相比较。第一个读数的时信息永远是000000.0000。在DELT格式下，每一个时信息都表示两个读数间隔的时。

6.1.4 清空

要清理6487型的缓冲区，请按CONFIG，然后按STORE，然后将读数数目设置为0（按AUTO可以快速清屏），保持读数数目为0，按ENTER以结束缓冲区的清空。

6.1.5 统计数据

MIN 和 **MAX** 列出缓冲区中存储的最小的读数和最大的读数。它同时还表明这些读数在缓冲区中的位置。

PK-PK（峰峰）值是缓冲区中存储的最大值和最小值的差：

$$PK-PK = MAX - MIN$$

Average 是缓冲区读数的平均值。平均值的计算如下：

$$y = \sum_{i=1}^n X_i$$

其中： X_i 是存储的读数。

n 是存储的读数的数目。

STD DEV 值是缓冲区读数的标准差。标准差计算如下：

$$y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Avg - X_i)^2}{n-1}}$$

其中：**X_i** 是存储的读数。

n 是存储的读数的数目。

Avg 是缓冲区读数的平均值。

注 如果任何存储读数是溢出的或是在 6487 型过压状态下读出的，缓冲统计数据的计算就无法运行。通过面板操作进行的缓冲区统计值显示为一系列的破折号，而不是所需要的统计数据数值。在远程操作中，相应的缓冲统计数据将显示为 +9.91e37。

6.1.6 SCPI 编程 - 缓冲区

表 6-1

SCPI 编程 - 缓冲区

命令	描述
TRAC:CLE	清除缓冲区的读数。
TRAC:FREE?	查询可用的字节和正使用的字节。
TRAC:POIN <n>	指定要存储的读数的数目：6485 型，1-2500 个；6487 型，1-3000 个。
TRAC:POIN:ACT?	缓冲区实际存储的读数数目返回。
TRAC:FEED <name>	选择缓冲读数的来源：SENS、CALC1、或 CALC2。
TRAC:FEED:CONT <name>	选择缓冲控制模式：NEV 或 NEXT。
TRAC:TST:FORM <name>	选择时间信息格式：ABS 或 DELT。
TRAC:DATA?	读取缓冲区内所有的读数。
FORM:ELEM <list>	指定 TRAC : DATA ? 回读信息的数据元素：READ、UNIT、VSO、TIME 和 STAT (VSO 仅限于 6487 型)。
CALC3:FORM <name>	选择缓冲区统计数据：MIN、MAX、MEAN、SDEV 或 PKPK。
CALC3:DATA?	读取选中的缓冲区统计数据。

6.1.7 编程示例

下列的命令序列在缓冲区中存储 20 个读数，然后计算缓冲区读数的平均值：

```
' 选择数据元素：
* RST                               ' 使 6485 型 /6487 型返回 RST 默认值。
FORM:ELEM READ,TIME                 ' 选择读数和时间信息。

' 存储并检索读数：
TRIG:COUN 20                         ' 设置触发模式读取 20 个读数。
TRAC:POIN 20                          ' 设置缓冲量为 20。
TRAC:FEED SENS                        ' 存储原始输入读数。
TRAC:FEED:CONT NEXT                   ' 开始存储读数。
SYST:ZCH OFF                          ' 关闭零点检查。
INIT                                   ' 触发读数。
TRAC:DATA?                            ' 读取所有存储的读数。

' 获得缓冲区读数的平均值统计数据：
CALC3:FORM MEAN                       ' 选择平均值统计数据。
CALC3:DATA?                           ' 读取平均值统计数据。
```

2. 6487 型电压扫描

利用 6487 型电压源，可以以离散的步进电压在起始电压和结束电压间生成电压扫描。6487 型可以在缓冲区存储读数，以备随后的调用，且每一个电压步进存储一组读数。

6.2.1 前面板扫描

要从前面板生成扫描，请按 CONFIG，然后按 OPER，选择 SWEEP，然后按 ENTER。在提示符处输入起始电压、结束电压、步进电压，以及延迟时间（每一个步进电压和测量之间的时间）。请注意通过编程开始电压和结束电压可以得到正向或负向的扫描，但是编程的阶跃电压始终是正的。SCAN 指示信号会点亮，表明扫描正准备进行。

要开始扫描，请按 TRIG 键。然后扫描进行并将读数存储在缓冲区中以便随后调用（请见第 6 部分的“调用”部分）。要终止正在进行的扫描，请按 EXIT 键。

6.2.2 SCPI 编程 - 扫描

注 当通过远程操作扫描时，在发送 *RST 后，触发次数可能需要重新设置。关于触发详情，请见 6487 型参考手册的第 7 部分。

表 6-2

SCPI 命令 - 扫描

命令	描述
SOUR:VOLT:SWE:STAR <Volts>	设置起始电压：-505V 到 505V。
SOUR:VOLT:SWE:STOP <Volts>	设置结束电压：-505V 到 505V。
SOUR:VOLT:SWE:STEP <Volts>	设置步进电压：-505V 到 505V。
SOUR:VOLT:SWE:CENT <Volts>	设置中心电压：-505V 到 505V。*
SOUR:VOLT:SWE:SPAN <Volts>	设置跨度电压：0V 到 1010V。*
SOUR:VOLT:SWE:DEL <Delay>	设置电压步进和测量之间的延迟时间：0 到 999.9999s。
SOUR:VOLT:SWE:INIT	准备扫描，电压源打开。
SOUR:VOLT:SWE:ABOR	终止扫描，电压源关闭。
SOUR:VOLT:SWE:STAT?	检索扫描是否仍在进行：1 = 扫描在进行。
INIT	触发扫描。

* 中心电压和跨度电压是另外一种可以选择的设置扫描参数的方法。它们通常与开始和结束命令放在一起。

6.2.3 编程示例

下列的命令序列进行的是从 1V 到 10V，增量为 1V 的扫描：

*RST	' 使 6487 型返回 RST 默认设置。
SOUR:VOLT:SWE:STAR 1	' 起始电压 = 1V。
SOUR:VOLT:SWE:STOP 10	' 结束电压 = 10V。
SOUR:VOLT:SWE:STEP 1	' 步进电压 = 1V。
SOUR:VOLT:SWE:DEL 0.1	' 0.1 秒的延迟。
ARM:COUN INF	' 重新设置操作次数。
FORM:ELEM READ,VSO	' 选择读数、电压源数据输出。
SOUR:VOLT:SWE:INIT	' 进行扫描，电压源打开。
SYST:ZCH OFF	' 关闭零点检查。
INIT	' 触发扫描。
TRAC:DATA?	' 读取所有存储的读数。

7

程控操作和命令

选择和设置接口 - 解释如何选择和设置接口： GPIB 或 RS-232。

程控命令 - 列举下列类型的总线命令：一般总线命令、公共命令、信号定位命令和SCPI 命令子系统。

1. 选择和设置接口

7.1.1 接口

6485 型 /6487 型支持两种内置的程控接口： GPIB 接口和 RS-232 接口。您在一次可以只使用其中的一种接口。在工厂默认的是 GPIB。要选择接口，请按 COMM，选择 RS 232 或 GPIB，然后按 ENTER。6485 型 /6487 型会以新选择的接口重启。

7.1.2 GPIB 接口

要设置 GPIB (IEEE-488) 接口，请按 CONFIG，按 COMM (选定 GPIB 接口)，然后选择主地址 (0-30 ; 6485 型默认值 14 ; 6487 型默认值 22) 和语言 (SCPI、 DDC 或 488.1)。地址必须与电脑程序指定的相同，但是请务必避免地址冲突。在大多数的应用中请使用 SCPI 语言。关于 DCC 和 488.1 编程语言的信息，请参阅 6485 型的使用说明手册或 6487 型的参考手册。

7.1.3 RS-232 接口

要设置 RS-232 接口，请按 CONFIG，然后按 COMM (选定 RS-232 接口)，然后设定波特率、数据位、奇偶校验、结束符和握手控制。为了确保适当的操作，请确认接口参数与控制电脑使用的参数相同。

7.1.4 连接

GPIB 连接

关闭电源，在后面板 GPIB 插座 (图 7-1 或图 7-2) 与电脑总线连接器之间连接一条屏蔽的 GPIB 电缆 (Keithley7007 型)。

RS-232 连接

关闭电源，使用一条两端为 DB-9 插头 (Keithley7009 型) 的直通屏蔽 RS-232 电缆将 6485 型 /6487 型的 RS-232 接口与电脑的串行端口连接起来。

请勿使用空调制解调器电缆 (Null Modem Cable)。

图 7-1

6485 型 IEEE-488 和 RS-232 接口位置

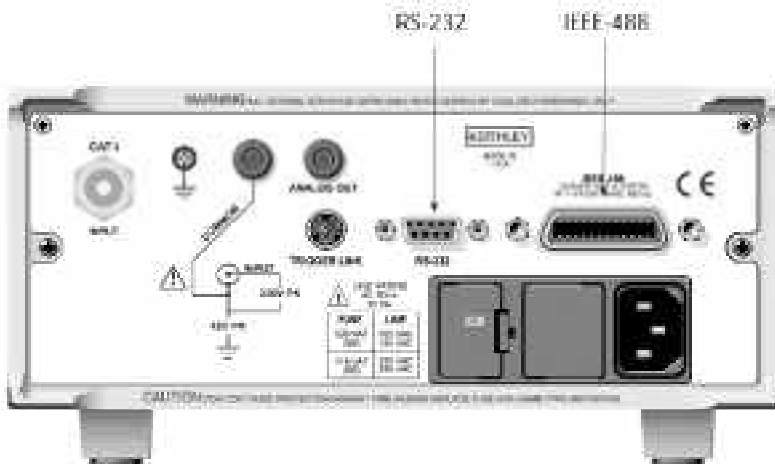
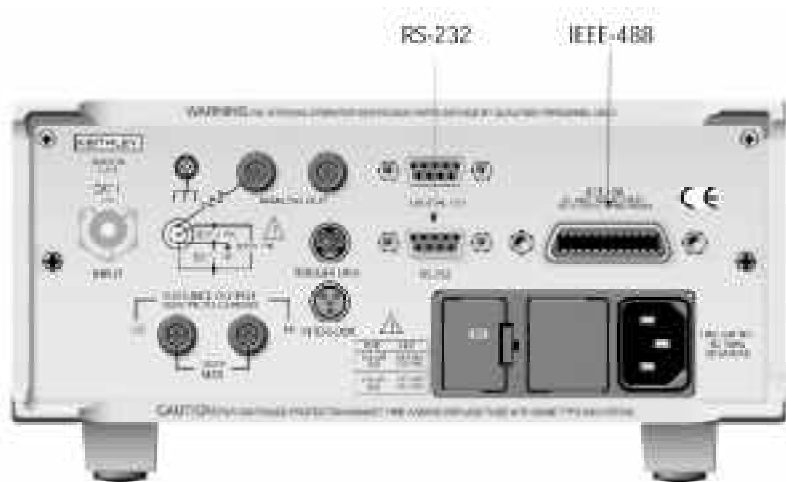


图 7-2

6487 型 IEEE-488 和 RS-232 接口位置



7.1.5 面板 GPIB 操作

错误和状态信息

请参阅 6485 型使用说明书或 6487 型参考手册中的附录 B，其中有表格罗列了与 IEEE-488 编程相关的错误和状态信息。

GPIB 状态指示器

REM 表示仪器处于程控状态。当仪器处于发送信息的状态下，TALK 就会点亮。当仪器处于接收信息的状态下，LSTN 就会点亮。SRQ 则表明仪器发送了服务请求。

LOCAL 键

LOCAL 键可以取消仪器的程控状态并恢复本地操作。按 LOCAL 键还会关闭 REM 指示并返回正常显示（如果显示了用户定义信息）。如果仪器在 LOCAL（不是远程）模式，LOCAL 键则可以作为设置键（见第 1 部分的“6485 型面板摘要”或第 1 部分的“6487 型面板摘要”。）

如果 LLO（Local Lockout）命令处于有效状态，LOCAL 键也会不起作用。

2. 程控命令

7.2.1 一般总线命令（General Bus Commands）

表 7-1 罗列了一般总线命令。这些命令在 RS-232 接口中不可用。

表 7-1

一般总线命令

命令	对 6485 型 / 6487 型的效果
REN	进入程控状态，接下来要设置设备为听。
IFC	复位接口；所有设备进入信息发送和接收闲置状态。
LLO	LOCAL 键锁定。
GTL	取消程控；恢复 6485 型 / 6487 型的前面板操作。
DCL	所有设备返回已知状态。
SDC	6485 型 / 6487 型返回已知状态。
GET	启动触发。
SPE, SPD	串行查询 6485 型 / 6487 型。

7.2.2 公共命令 (Common Commands)

表 7-2 总结了公共命令。

表 7-2

IEEE-488.2 公共命令和查询

命令码	名称	描述
* CLS	清除状态	清除所有的事件寄存器和错误队列。
* ESE <NRf>	事件激活命令	设置标准事件寄存器。
* ESE?	事件激活询问	读取标准事件寄存器。
* ESR?	事件状态寄存器查询	读取标准事件寄存器并清除。
* IDN?	标识查询	返回设备的制造商、型号、序列号和版本号。
* OPC	操作完成命令	所有等候的命令被执行后 标准事件寄存器中的操作完成位被置位。
* OPC?	操作完成查询	被选设备当所有等候的命令完成后,输出队列输出一个ASCII“ 1 ”。
* OPT?	选件查询	返回所有安装选件型号。
* RCL <NRf>	调出命令	将 6485 型 /6487 型返回用户存储的设置。
* RST	复位命令	将 6485 型 /6487 型返回 *RST 默认状态。
* SAV <NRf>	保存命令	将目前的设置保存为用户定义的设置。
* SRE <NRf>	服务请求激活命令	设置服务请求寄存器。
* SRE?	服务请求激活查询	读取服务请求寄存器。
* STB?	状态字节查询	读取状态字节寄存器。
* TRG	触发命令	向 6485 型 /6487 型发送总线触发。
* TST?	自检查询	执行 ROM 自检测试,并返回结果。
* WAI	等待继续命令	等待直到所有先前的命令都得以执行。

7.2.3 信号定位命令 (Signal Oriented Commands)

表 7-3 示出了使用信号定位命令进行基本测量。

表 7-3

信号定位命令

命令	描述
CONFigure[:<function>]	将 6485 型 /6487 型置于 “ 单步 ” 测量模式。<function> = CURR[:DC]
CONFigure?	查询选择的功能。返回 ‘ CURR ’。
FETCh?	请求最新的读数。
READ?	执行 INITiate 和 :FETCh?.命令。
MEASure[:<function>]?	执行 CONFigure[:<function>] 和 :READ?.

7.2.4 SCPI 命令子系统

表 7-4 总结了大多数 6485 型 /6487 型编程的 SCPI 命令子系统。在 6485 型使用说明手册的第 14 部分和 6487 型参考手册的第 14 部分都有与这些子系统相关的命令的详细列表。

表 7-4

SCPI 命令子系统

子系统	功能
CALCulate[1]	数学运算。
CALCulate2	极限测试、相对运算。
CALCulate3	缓冲区统计数据。
CALibration	仪器校准。
DISPlay	显示数字和文本信息。
FORMat	返回的程控数据格式。
SENSe[1]	电流测量和相关模式。
SOURce[1]	6487 型电压源操作。
SOURce2	6487 型数字 I/O 端口。
STATus	仪器状态。
SYSTem	零点检查、校正、电源频率及错误信息。
TRACe	缓冲区操作和数据。
TRIGger	仪器触发。

7.2.5 编程语法

以下段落涵盖了公共命令和 SCPI 命令的语法。更多信息，请见 IEEE-488.2 和 SCPI 标准。

命令字

程序信息是由一个或更多命令字构成的。公共命令和 SCPI 命令可以使用，也可以不使用参数。在命令字和参数之间至少要有一个空格。一些命令字是包在括号 ([]) 中的。这些括号是用来表示一个可选的命令字，它不需要包括在程序信息内。

公共命令和 SCPI 命令不区分大小写。您可以使用大写，也可以使用小写，或大小写混合使用。SCPI 命令字可以以长格式发送，也可以以短格式发送。本手册中的命令表格使用的是短格式。您可以在同一条程序信息中发送多个命令信息，只要中间用分号 (;) 隔开。

查询命令用于返回当前程控的状态。它的识别依靠命令末尾的问号 (?)。大多数命令都有查询项。每一条程序信息必须以 LF (换行)、EOI (结束标识) 或 LF+EOI 结束。每一条回复必须以 LF (换行) 或 EOI (结束标识) 结束。

参数类型

以下是一些公共参数的类型：

- 逻辑型 - 用来激活或中止仪器操作。0 或 OFF 中止操作，1 或 ON 激活操作。
- <name> 名称型 - 从列表中选择一个参数名称。
- <NRf> 数字型 - 一个可以被表示为整数 (如 8)、实数 (如 23.6) 或指数形式 (2.3E6) 的数字。
- <NDN> 非十进制数字 - 一个可以用来设置状态寄存器的非十进制数值。此格式有一个独特的标示：#B (二进制)、#H (十六进制) 和 #Q (八进制)。
- <n> 数值型 - 可能包括一个 NRf 数字或下列名称参数之一：DEFault、MINimum 或 MAXimum。当使用 DEFault 参数时，仪器被程控使用 *RST 默认值。当使用 MINimum 参数时，仪器被程控使用最小允许的值。当使用 MAXimum 参数时，仪器被程控使用最大允许的值。

角括号 <> - 用来表示参数类型。在程序信息中请不要包含括号。

A

Specifications

规格指标

6485 皮安表规格指标

RANGE	5% DIGIT DEFAULT RESOLUTION	ACCURACY (1 YEAR) ¹ + (% RDG. + OFFSET) 18°-28°C, 0-70% RH	TYPICAL RMS NOISE ²	ANALOG RISE TIME ³ (10% TO 90%)
2 nA	10 fA	0.4 % + 400 fA	20 fA	8 ms
20 nA	100 fA	0.4 % + 1 pA	100 fA	8 ms
200 nA	1 pA	0.2 % + 10 pA	1 pA	500 μs
2 μA	10 pA	0.15% + 100 pA	10 pA	500 μs
20 μA	100 pA	0.1 % + 1 nA	100 pA	500 μs
200 μA	1 nA	0.1 % + 10 nA	1 nA	500 μs
2 mA	10 nA	0.1 % + 100 nA	10 nA	500 μs
20 mA	100 nA	0.1 % + 1 μA	100 nA	500 μs

TEMPERATURE COEFFICIENT: 0°-18°C & 28°-50°C. For each °C, add 0.1 × (% rdg + offset) to accuracy spec.

INPUT VOLTAGE BURDEN: <200V on all ranges except <1mV on 20mA range.

MAXIMUM INPUT CAPACITANCE: Stable to 10nF on all nA ranges and 2μA range; 1pF on 20pA and 200pA ranges, and on mA ranges.

MAXIMUM CONTINUOUS INPUT VOLTAGE: 220VDC

NBRR: (50 or 60Hz) >90dB

MAXIMUM COMMON MODE VOLTAGE: <2.

ISOLATION (Meter COMMON to chassis): Typically >5×10¹⁰Ω in parallel with <1 nF

ANALOG OUTPUT: Sealed voltage output (limiting 2V full scale on all ranges); 3% ±2mV, 1kΩ impedance.

¹ At 1 PLC – limited to 60 rdgs/sec under this condition.

² At 6 PLC, 1 standard deviation, 100 readings, filter off, capped input – limited to 10 rdgs/sec under this condition.

³ Measured at analog output with resistive load >100kΩ.

IEEE-488 BUS IMPLEMENTATION

MULTILINE COMMANDS: DCL, LLO, SDC, GET, GTL, UNT, UNL, SPE, SPD

IMPLEMENTATION: SCPI (IEEE-488.2, SCPN-1996.0); DDC (IEEE-488.1)

ONLINE COMMANDS: IPC, REN, EOL, SRQ, ATN

INTERFACE FUNCTIONS: SH1, AH1, T1, TH1, L1, LH1, SR1, RL1, PPO, DCL, DT1, CO, CL

PROGRAMMABLE PARAMETERS: Range, Zero Check, Zero Correct, EOL (DDC mode only), Trigger, Terminate (DDC mode only), Calibration (SCPI mode only), Display Format, SRQ, REL, Output Format, V-offset Cal

ADDRESS MODES: INLK ONLY and ADDRESSABLE

LANGUAGE EMULATION: Keithley Model 485 emulation via DDC mode.

RS-232 IMPLEMENTATION:

Supports: SCPI 1996.0

Baud Rates: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2k, 38.4k, 57.6k

Protocols: Xon/Xoff, 7 or 8 bit ASCII, parity-odd/even/none

Connectors: DB-9/TXD/RXD/GND

GENERAL

INPUT CONNECTOR: BNC on rear panel.

DISPLAY: 12 character vacuum fluorescent.

RANGING: Automatic or manual.

OVERRANGE INDICATION: Display reads "OVERFLOW".

CONVERSION TIME: Selectable 0.01 PLC to 60 PLC (50PLC under 50Hz operation). Adjustable from 200ps to 1s

READING RATE:

To internal buffer: 1000 readings/second¹

To IEEE-488 bus: 800 readings/second^{1,2}

Notes:

¹ 0.01 PLC, digital filters off, trim panel off, auto zero off.

² Binary transfer mode, IEEE-488.1.

BUFFER: Stores up to 2000 readings.

PROGRAMS: Provide front panel access to IEEE address, choice of engineering units or scientific notation, and digital calibration.

EMC: Conforms with European Union Directive 89/356/EEC, EN61326-1.

SAFETY: Conforms with European Union Directive 79/23/EEC, EN61010-1.

TRIGGER LINE: Available, see manual for usage.

DIGITAL FILTER: Median and averaging (selectable from 2 to 100 readings).

ENVIRONMENT:

Operating: 0°-30°C; relative humidity 70% non-condensing, up to 35°C. Above 35°C, derate humidity by 3% for each °C.

Storage: -25° to +65°C.

WARM-UP: 1 hour to rated accuracy (see manual for recommended procedure).

POWER: 100-120V or 220-240V, 50-60Hz, 30VA.

PHYSICAL:

Case Dimensions: 90mm high × 214mm wide × 300mm deep (3½ in. × 8½ in. × 12½ in.)

Working Dimensions: From front of case to rear including power cord and IEEE-488 connector: 394mm (15.5 inches).

Net Weight: <2.8 kg (<6.1 lbs).

Shipping Weight: <5 kg (<11 lbs).

Specifications are subject to change without notice.

6487 皮安表 / 电压源 规格指标

RANGE	5% DIGIT RESOLUTION	ACCURACY (1YD) ¹ ±1% RDG. ± 0.05SET	TYPICAL RMS NOISE ²	TYPICAL ANALOG RISE TIME (10% TO 90%) ³ DAMPING ⁴	
				OFF	ON
2 nA	10 nA	0.3 % ± 400 fA	20 nA	4 ms	80 ms
20 nA	100 nA	0.2 % ± 1 pA	20 nA	4 ms	80 ms
200 nA	1 pA	0.15 % ± 10 pA	1 pA	300 μs	1 ms
2 μA	10 pA	0.15 % ± 100 pA	1 pA	300 μs	1 ms
20 μA	100 pA	0.1 % ± 1 nA	100 pA	110 μs	110 μs
200 μA	1 nA	0.1 % ± 10 nA	100 pA	110 μs	110 μs
2 mA	10 nA	0.1 % ± 100 nA	10 nA	110 μs	110 μs
20 mA	100 nA	0.1 % ± 1 μA	10 nA	110 μs	110 μs

TEMPERATURE COEFFICIENT: 0°-10°C & 20°-50°C. For each °C, add 0.1 × (% rdg ± offset) in accuracy (ppm).

INPUT VOLTAGE BURDEN: <200 μV on all ranges except <1 mV on 20 mA range.

MAXIMUM INPUT CAPACITANCE: Stable to 10 nF on all nA ranges and 5 μA range; 1 pF on 20 pA and 200 nA ranges, and on mA ranges.

MAXIMUM CONTINUOUS INPUT VOLTAGE: 505 VDC

NMRE⁵: 50 or 60 Hz, 40 dB

ISOLATION (Ammeter Common or Voltage Source to chassis): Typically >1 × 10¹⁰ Ω (in parallel with <1 nF).

MAXIMUM COMMON MODE VOLTAGE (Between Chassis and Voltage Source or Ammeter): 505 VDC.

MAXIMUM VOLTAGE BETWEEN VOLTAGE SOURCE AND AMMETER: 505 VDC.

ANALOG OUTPUT: Scaled voltage output (inverting 2V full scale on all ranges) ±2.5% ±2 mV.

ANALOG OUTPUT IMPEDANCE⁶: <1000 Ω, DC-2 kHz.

VOLTAGE SOURCE

Range (Max)	Step Size (typical)	Accuracy ⁷ ±% RDG ± OFFSET (0°C - 20°C, 0 - 70% RH)	Noise (p-p) ⁸ 0.1 - 10 Hz	Temperature Coefficient	Typical Rise Time ⁹ (0.05% - 90%)	Typical Fall Time ¹⁰ (90% - 0.05%)
+10.00	200 μV	0.1% ± 1 mV	<30 μV	0.005% ± 20 μV/°C	250 μs	150 μs
+50.00	1 mV	0.1% ± 1 mV	<150 μV	0.005% ± 200 μV/°C	250 μs	300 μs
+500.00	10 mV	0.15% ± 100 μV	<1.0 mV	0.005% ± 200 μV/°C	4.5 ms	1 ms

SELECTABLE CURRENT LIMIT: 2.5 mA, 200 μA, 25 μA for 50V and 500V ranges, 25 mA additional limit for 10V range. All current limits are ±20%/±35% of nominal.

WIDEBAND NOISE¹¹: <20 mV p-p, 0.1 Hz - 20 MHz.

TYPICAL TIME STABILITY¹²: ±(0.005% ± 1 mV) over 24 hours at constant temperature (within 1°C, between 10°C - 30°C, after 5 minute settling).

OUTPUT RESISTANCE: <2.5 Ω.

VOLTAGE SWEEPS: Supports linear voltage sweeps on fixed source range, one current or resistance measurement per step. Maximum sweep rate: 200 steps per second. Maximum step count: 3000. Optional delay between step and measure.

RESISTANCE MEASUREMENT (V/I): Used with voltage source, resistance calculated from voltage setting and measured current. Accuracy is based on voltage source accuracy plus ammeter accuracy. Typical accuracy better than 0.5% for readings between 1 kΩ and 1 TΩ.

ALTERNATING VOLTAGE RESISTANCE MEASUREMENT: Offers alternating voltage resistance measurements for resistances from 10² Ω to 10¹⁰ Ω. Alternates between 0V and user-selectable voltage up to ±505V.

¹ At 1 PLC - limited to 60 rdgs/sec under this condition.

² At 6 PLC, 1 standard deviation, 100 readings, filter off, caged input - limited to 10 rdgs/sec under this condition.

³ Measured at analog output with resistive load >1 kΩ.

⁴ Maximum rise time can be up to 25% greater.

⁵ Accuracy does not include output resistance/load regulation.

⁶ Rise Time is from 0V to ± full-scale voltage (increasing magnitude).

⁷ Fall Time is from ± full-scale voltage to 0V (decreasing magnitude).

⁸ For capacitive loads, add C*ΔV/I_{max} to Rise Time, and C*ΔV/I_{min} to Fall Time.

⁹ Measured with LD connected to chassis ground.

Specifications are subject to change without notice.

REMOTE OPERATION

IEEE-488 BUS IMPLEMENTATION: SCPI (IEEE-488.2, SCPI-1996.0); DDC (IEEE-488.1).

LANGUAGE EMULATION: Keithley Model 480/487 emulation via DDC mode.

RS-232 IMPLEMENTATION:

Supports: SCPI 1996.0.

Baud Rates: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2k, 38.4k, 57.6k.

Protocols: Non/Soft, 7 or 8 bit ASCII parity-odd/even/none.

Connector: DB-9 TxD/RxD/GND.

GENERAL

AMMETER INPUT CONNECTOR: Three lug terminal on rear panel.

ANALOG OUTPUT CONNECTOR: Two banana jacks on rear panel.

VOLTAGE SOURCE OUTPUT CONNECTOR: Two banana jacks on rear panel.

INTERLOCK CONNECTOR: 4 pin DIN.

TRIGGER LINE: Available, see manual for usage.

DISPLAY: 12 character vacuum fluorescent.

DIGITAL FILTER: Median and averaging (selectable from 2 to 100 readings).

RANGING: Automatic or manual.

AUTO-RANGING TIME: <210 ms (analog filter off, 1 PLC)

OVER-RANGE INDICATION: Display mode (OVERFLOW)

CONVERSION TIME: Selectable 0.01 PLC to 40 PLC (50 PLC under 500 Hz operation). (Adjustable from 200 μs to 1 s)

READING RATE:

To internal buffer: 1000 readings/second

To IEEE-488 bus: 900 readings/second¹³

BUFFER: Stores up to 3000 readings.

PROGRAMS: Provide front panel access to IEEE address, choice of engineering units or scientific notation, and digital calibration.

EMC: Conforms with European Union Directive 89/336/EEC, EN61326-1.

SAFETY: Conforms with European Union Directive 73/23/EEC, EN61010-1, CAT 1.

ENVIRONMENT:

Operating: 0°-50°C, relative humidity: 70% non-condensing, up to 31°C. Above 35°C, derate humidity by 3% for each °C.

Storage: -10°C to +85°C.

WARM-UP: 1 hour to rated accuracy (see manual for recommended procedure).

POWER: 100-120V or 220-240V, 50-60 Hz, (50VA).

PHYSICAL:

Case Dimensions: 90 mm high × 214 mm wide × 369 mm deep (3 1/2 in. × 8 1/2 in. × 14 1/2 in.).

Working Dimensions: From front of case to rear including power cord and IEEE-488 connector: 394 mm (15.5 inches).

NET WEIGHT: <4.7 kg (<10.5 lbs).

Notes

¹ 0.01 PLC; digital filters off, front panel off, auto zero off.

² Binary transfer mode, IEEE-488.1.

³ Measured from trigger in to notes complete.

B

一般测量注意事项

测量注意事项 - 罗列并定义了9类测量注意事项。

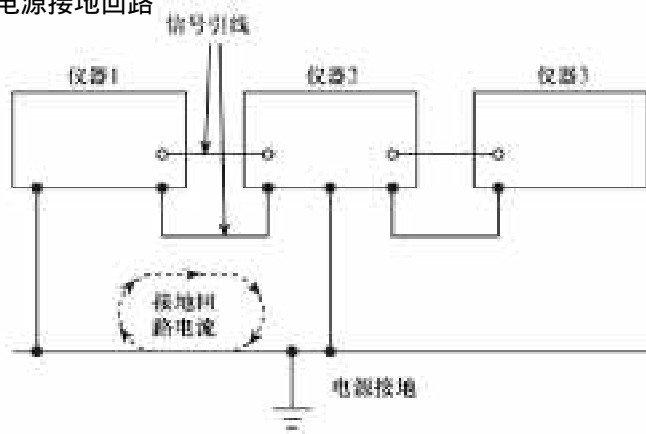
测量注意事项

下列的测量注意事项适用于所有精确测量。表2-1罗列了所有测量注意事项并说明了在何处可以找到关于这些事项的具体内容。若您需要了解更多的测量注意事项，请参见6485型使用说明手册的附录C或6487型参考手册的附录G。关于所有测量注意事项的全面信息，请参见 Keithley 的《低电平测量手册》一书。

接地回路

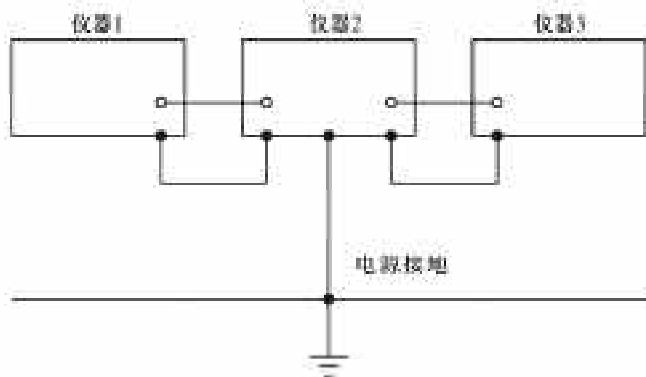
多台仪器测试系统中出现的接地回路会产生误差信号，并造成测试不稳定或测试错误。图B-1显示的配置介绍了误差产生的两种方式。在其中一根电线中流动的大的接地电流会在电线中或连接点处遇到小的电阻。这会造成电压下降，并影响测试结果。即使接地回路电流很小，由接地引线形成的切割大回路的磁通量也会对电压产生相当大的影响，降低测试的灵敏度。

图 B-1
电源接地回路



如图B-2所示，仪器应该只通过唯一点接地，以避免接地回路。请注意只有一台仪器是直接连接到电源地的。若要决定一种恰当的连接方式，实验是最好的方法。出于此种目的，测量仪器应置于最低量程。噪声信号最低的那种配置即为应该采用的配置。进行此种连接的一个方便的方法就是使用 6485/6487 型后面板的接地连接。

图 B-2
如何消除接地回路



摩擦电效应

由于摩擦在导体和绝缘体之间产生的电荷形成了摩擦电电流。这里，自由电子因为摩擦脱离导体，造成电荷不均衡，并形成了电流流动。例如，弯曲一根三同轴电缆会造成中心导体 (HI) 和它周围的绝缘体之间的摩擦，并形成摩擦电电流。摩擦电电流可以通过下列方法减至最小：

- 使用“低噪声”电缆。这些电缆经过专门设计以最大限度的减少电荷的生成，并使用石墨减少摩擦。6485 型产品请使用 Keithley 的 4801 型、4802 型和 4803 型同轴电缆；6487 型产品可使用 237 和 7078 型三同轴 (Traix) 电缆，这些都是低噪声电缆。
- 请使用尽可能短的电缆并将它们固定（如，粘贴或系结）在不振动的平面以避免移动。

压电效应和储存电荷效应

当在某些绝缘物质（如晶体）上施加机械应力，就会生成压电效应。在塑料上，储存电荷也会引起相似的反应。当连接测试夹具时，请选择良好的绝缘物质并使连接结构尽可能坚固。请确认绝缘体上没有任何机械应力。

电化学效应

当离子化学物质在电路板上形成弱电池组，电化学效应就会造成误差电流。这些电池组可以在导体之间产生几 nA 的电流。离子污染可能是由体油、盐、或焊接熔剂造成。更加严重的是较高的湿度（湿气），它可以降低绝缘强度。

当连接测试夹具时，请选择防吸水的绝缘体，并在湿度适当的环境中使用该夹具。此外，请确认所有的绝缘体都保持干净并避免污染。

湿度

湿度过大可能降低印刷线路板和连接处绝缘材料的绝缘强度。毫无疑问，绝缘强度的降低会严重影响高阻测试。而且湿度（湿气）会与污染物混合，通过电化学效应生成偏置电流。为了最大限度的减小湿气的影响，请将湿度保持最低（理想状态为 <50%），并保持测试系统中的元件和连接件干净。

光线

一些元件，如半导体结和 MOS 电容器是性能良好的光探测器。因此，这些元件的测试必须在无光的环境中进行。有些测试夹具有足够的光保护能力，然而也有些测试夹具可以产生光透射，并影响测试结果。检查漏光的区域包括门和门合页、管件连接，连接件和连接板。请牢记，通过发送“DISP:ENAB OFF”的命令可以关闭 6485 型 /6487 型的显示器。

静电干扰

当一个带有电荷的物体接近一个不带电荷的物体，就会在不带电荷的物体上感应出电荷，造成静电干扰。通常，这种静电的影响十分微弱，不易察觉，因为低阻使得感应电荷可以很快的消散。但是，很多测试的高阻不会使这些电荷很快的减少，于是就会造成误差或不稳定的读数。

这些误差或不稳定的读数产生的方式如下：

1. DC 静电场可能导致读数中出现难以觉察的误差或噪声。
2. AC 电场通过使输入前置放大器饱和或对输入信号整流，而产生 DC 误差信号。

这种静电干扰首先可通过手或身体在试验装置附近的运动造成读数波动来识别。交变场的干扰可以通过示波器观察皮安表模拟输出来实现。输出中的工频信号证明了静电干扰的存在。最大限度减少静电干扰的方法包括：

1. 屏蔽。可能采取的措施包括：屏蔽的房间、屏蔽的仪器室、屏蔽敏感电路、以及使用屏蔽的电缆。屏蔽应该一直连接在与信号低端相连的固定接头上。如果电路低端浮地连接，请遵守安全预防措施并避免接触屏蔽。在高阻场合，网孔屏蔽或松散的编织电缆是不足以进行屏蔽的。但是，请注意屏蔽会增加测试电路中的电容，并极有可能使反应时间变慢。
2. 减小静电磁场。将电源线或其它电源远离试验装置，这样可以减少在测试中可能受到的静电干扰。

磁场

在测试电路的线圈中通过的磁场会产生磁感应电动势（电压），它与磁场的强度、线圈面积、以及这些因素的变化率成比例。下列方法可以将磁场减到最小：

- 将测试电路尽量远离磁场源，如马达、变压器、及磁体。
- 避免在磁场中移动测试电路的任何部分。
- 保持引线尽可能短并将它们拧在一起，以尽量减小线圈面积。

电磁干扰（EMI）

6485 型/6487 型上的 CE 标志表明它们的电磁干扰符合欧盟关于电磁兼容（EMC）的规定。但是外部电源仍然有可能对敏感测试造成影响。在这些情况下，测试系统可能需要特别的防护措施。

EMI 的来源包括：

- 广播和电视发射。
- 通讯发射器，包括蜂窝电话和便携收音机。
- 有微处理器和高速数字电路的装置。
- 脉冲源，如高压环境中的电弧放电。

如果出现太多的无用信号，就会对仪器性能产生相当大的影响。EMI 的影响可能表现为显示读数的较大偏置或不规则变动（在脉冲源的情况下）。

应该保持仪器和试验装置尽可能的远离 EMI 源。对仪器、试验装置及测试引线进行的额外的屏蔽通常可以将 EMI 降至可以接受的水平。在极端的情况下，可能需要特殊建造的屏蔽房以大量削弱无用的信号。还可能需要对输入信号路径进行外部过滤。在某些情况下，简单的单级过滤就足够了。在难度更大的情况下，可能需要调至干扰频率范围的带阻滤波器。并联多个不同值的电容器可以在较宽的波段保持低阻抗。但是，请谨记这样的过滤可能对测试产生不良的影响（如反应时间增加）。

C

示例程序

编程示例 - 罗列并介绍了三种编程示例。

编程示例

这一部分给出实现快速测量，数据进缓冲区的示例程序（最快 1000 读数 / 秒）。

1000 读数 / 秒进内部缓冲区

注 本程序将 6485 型 /6487 型配置为：0.01 PLC，数字滤波器关，面板关，自动清零关，获得并储存 2000 个读数。

```
*RST                ' 使 6485 型 /6487 型返回 RST 默认值。
TRIG:DEL 0          ' 设置触发延迟时间为 0 秒。
TRIG:COUN 2000     ' 设置触发次数为 2000。
NPLC .01           ' 设置积分率为 0.01 PLC。
RANG .002          ' 使用 2mA 量程。
SYST:ZCH OFF       ' 关闭 Zero Check。
SYST:AZER:STAT OFF ' 关闭自动清零。

DISP:ENAB OFF      ' 关闭显示器。
*CLS               ' 清除状态寄存器。

TRAC:POIN 2000    ' 设置缓冲区大小为 2000。
TRAC:CLE           ' 清除缓冲区。
TRAC:FEED:CONT NEXT ' 设置存储控制从下一个读数开始。

STAT:MEAS:ENAB 512 ' 激活缓冲区充满测试事件。
*SRE 1             ' 激活缓冲区完满测试事件的 SRQ。

*OPC?              ' 操作完毕查询。
                  ' （同步完成的命令。）

读回 *opc?的结果

INIT               ' 开始测试并存储读数。
                  ' 等待 GPIB SRQ 线为真。

DISP:ENAB ON       ' 将显示器再打开。

TRAC:DATA?         ' 从缓冲区检索数据。
读回测试结果
```

900 读数 / 秒到 IEEE-488 总线

本程序使用多读数查询方式，实现通过总线的实时高速测试。降低触发次数可以提高读数的连贯性。增加触发次数则可以加快速度。

注 本程序将 6485 型 /6487 型配置为 0.01 PLC，数字滤波器关，面板关，自动清零关，二进制传输，及 IEEE-488.1（语言）。

6485 型 /6487 型必须从面板设置为 IEEE-488.1 操作。按 CONFIG，然后按 COMM，选择 LANG : 488.1，然后按 ENTER。详情请参见使用说明或参考手册。

*RST	' 使 6485 型 /6487 型返回 RST 默认值。
FORM:ELEM READ	' 只返回读数。
FORM:BORD SWAP	' 设置交换字节次序。
FORM:DATA SRE	' 返回单精度浮点二进制数。
TRIG:DEL 0	' 设置触发延迟时间为 0 秒。
TRIG:COUN 8	' 设置触发次数为 8。
NPLC .01	' 设置积分率为 .01 PLC。
RANG .002	' 使用 2mA 量程。
SYST:ZCH OFF	' 关闭 Zero Check。
SYST:AZER:STAT OFF	' 关闭自动清零。
DISP:ENAB OFF	' 关闭显示器。
* OPC?	' 操作完毕查询。 ' (同步完成的命令。)
读回 *opc?的结果	
for i = 1 to 1000	
“ 讲 ” Model 6485/6487.	' 在 488.1 模式，这样可以自动进行 READ? (见参考手册)。
读回二进制数据	
next i	
DISP:ENAB ON	' 再将显示器打开。

3000 读数进内部缓冲器

注 本程序只适用于 6487 型。由于内存有限，触发次数与操作次数相乘为 2,048。因此为了将缓冲器全部填满至最大值就需要 2 个触发器。触发细节请参阅 6487 型参考手册的第七部分。

*RST	' 使 6487 型返回 RST 默认值。
TRIG:DEL 0	' 设置触发延迟时间为 0 秒。
TRIG:COUN 1500	' 设置触发次数为 1500。
NPLC .01	' 设置积分率为 .01 PLC。
RANG .002	' 使用 2mA 量程。
SYST:ZCH OFF	' 关闭 Zero Check。
*CLS	' 清除状态寄存器。
TRAC:POIN 3000	' 设置缓冲量为 3000。
TRAC:CLE	' 清除缓冲区。
TRAC:FEED:CONT NEXT	' 设置存储控制从下一个读数开始。
STAT:MEAS:ENAB 512	' 激活缓冲区充满测试事件。
*SRE 1	' 激活缓冲区充满测试事件的 SRQ。
*OPC?	' 操作完毕查询 ' (同步完成的命令。)
读回 *opc?的结果	
INIT	' 第一次触发存储 1500 个读数。
' 等待读数存储完成。	
INIT	' 读取并存储最后 1500 个读数。
' 等待 GPIB SRQ 线为真。	
TRAC:DATA?	' 从缓冲区检索数据。
读回测试结果	



美国吉时利仪器公司北京维修中心产品维修表格

仪器型号: _____ 产品序列号: _____ 日 期: _____

姓 名: _____ 电 话: _____ E-mail: _____

公司名称: _____

故障描述: _____

备注信息: _____

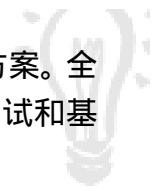
是否要发票: 是 否 如需发票请填写发票抬头: _____

是否要校准证书(用户自费): 是 否

请根据产品购买时间及产品保修期规定决定您待修的仪器是否在保修期,如果在保修期间,请将购买合同或发票或进关证明等相关材料随此件回传给我公司。若不能提供相关证明,将视此仪器在保修期外进行维修。如果待修仪器在保修期间,我们将负担该仪器返回您处的运输及保险费用。对保修期外的产品,请将报价单签字确认后(同意汇款)传真至吉时利仪器公司北京办事处,我们在收到此回执后,即开始维修。维修完毕后,我们将及时通知贵单位。在确认收到款项后,即可安排发货。

免费电话: 800-810-1334

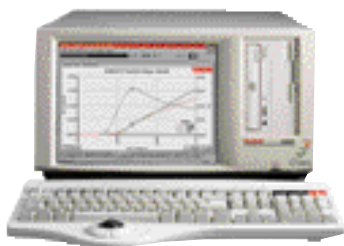
电子邮箱: china@keithley.com



吉时利仪器公司为无线通讯、半导体、光电和其他电子工业提供电子的和光的测试方案。全球的许多工程师和科学家都使用吉时利仪器公司先进的软硬件产品，用于过程监控、产品测试和基础研究等各个领域。

吉时利仪器公司为测试及测量提供的解决方案包括：

- 数字多用表



- 程控开关与数据采集器



- 程控开关主机和卡

- 宽带测试方案



- 高速电源系列

- 数字源表系列



- 光电测试方案

- 半导体测试系统

- 低电流 / 高阻测量仪器

- 低电压 / 低阻测量仪器

- 数据采集板卡系列

让吉时利为您解决测试及测量的难题，
请联系以下办事处 / 代表处，以获得详细的信息。

美国吉时利仪器公司

北京办事处

北京朝阳区裕民路12号元辰鑫大厦705室
邮编: 100029
电话: 86-10-82251886, 82254887
传真: 86-10-82251892
email: china@keithley.com

上海代表处

上海市延安中路841号东方海外大厦1206室
邮编: 200040
电话: 86-21-62898246, 62894910
传真: 86-21-62899335
email: shanghai@keithley.com

深圳代表处

深圳市深南中路2号新闻大厦11楼14室
邮编: 518027
电话: 86-755-82090093, 82090095
传真: 86-755-82090087
email: shenzhen@keithley.com

* 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，或发电子邮件联系我们。

免费电话：800-810-1334

电子邮箱：china@keithley.com

KEITHLEY

A GREATER MEASURE OF CONFIDENCE