

# 是德科技

## 利用 B2900A 系列 SMU 执行电阻 测量

### 应用指南

Keysight B2901A 精密 SMU、单通道、100 fA 分辨率、  
210 V、3A 直流/10.5 A 脉冲

Keysight B2902A 精密 SMU、双通道、100 fA 分辨率、  
210 V、3A 直流/10.5 A 脉冲

Keysight B2911A 精密 SMU、单通道、10 fA 分辨率、  
210 V、3A 直流/10.5 A 脉冲

Keysight B2912A 精密 SMU、双通道、10 fA 分辨率、  
210 V、3A 直流/10.5 A 脉冲

## 引言

Keysight B2901/02/11/12A 精密电源/测量单元是结构紧凑、经济高效的台式 SMU，能够输出及测量电压和电源。它们覆盖 10 fA 至 3 A (直流)/10.5 A (脉冲) 的电流范围和 100 nV 至 210 V 的电压范围，使您能够比以往更精确、更快速地执行广泛的电流-电压 (IV) 测量。B2900A 系列 SMU 还支持方便进行高/低电阻测量的电阻测量功能。这些特性使 B2900A 系列 SMU 成为精确表征电阻器和其他设备的非常优秀的解决方案。

实际上，进行精确的电阻测量是测量学中一个更具挑战性的领域。有许多因素会影响电阻测量的精度，包括测试引线的残余电阻、热电势和测量路径中的泄漏电流。B2900A 系列 SMU 具备许多特性可对这些问题进行测量，包括远程检测 (4 线连接)、偏压补偿和隔离措施。本应用指南将对上述问题做出详细描述。

## B2900A 系列 SMU 是什么？

SMU 在单个仪器内将电流源、电压源、电流表和电压表功能集于一身，并且允许在各项功能之间轻松转换（请参见图 1）。因而它不需要借助任何其他设备，即可在四个测量象限内独立评测各类器件的 IV 特征。除了非常精确地输出并测量电压或电流以外，SMU 还具备一致性测量功能，可以限定输出的电压或电流值以防器件受损。B2900A 系列 SMU 包括单通道和双通道型号，针对各种二端接和三端接器件提供了广泛的 IV 测量能力。电流范围涵盖 10 fA 至 3 A（直流）/10.5 A（脉冲），电压范围是 100 nV 至 210 V。除了直流测量模式以外，B2900A 系列 SMU 还支持脉冲测量，以防止因器件自热效应而导致测量结果失真。最后，B2900A 系列 SMU 还具有内置的电阻测量功能。

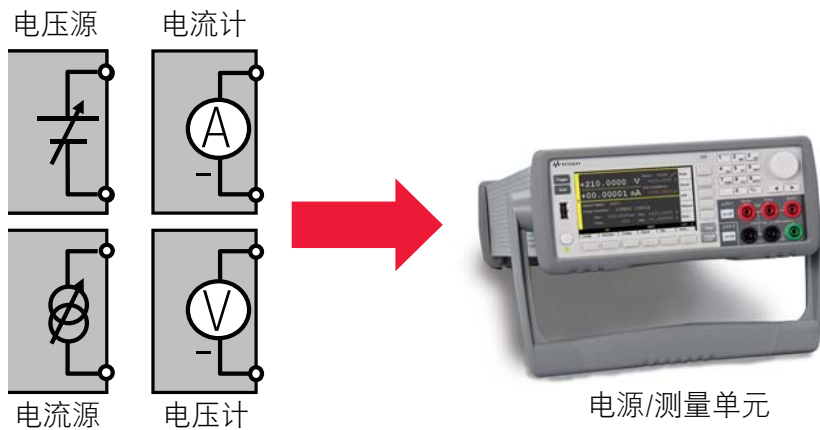


图 1. B2900A 系列 SMU 将四种测量功能集于一身

## 优异的电阻测量解决方案

由于自带电压/电流源和测量能力，B2900A 系列 SMU 成为了执行精确电阻测量的卓越解决方案。此外，B2900A 系列 SMU 还有一些专门设计的内置功能可以改善电阻测量。下文将会详细介绍这些特性。

### 去除残余电阻的影响

基本的 2 线连接是最常见的电阻测量方案。在这种配置中（如图 2a 所示），使用了一对相同的测试引线来施加电流和测量电压。只要残余引线电阻与 DUT 的电阻相比可以忽略不计，就适合采用这种方法来测量电阻。

然而，在残余引线电阻与 DUT 的电阻相当，并且二者都非常低的电阻测量中，2 线测量法的测量结果就会不够准确（请参见图 2b）。此时，可以采用 4 线连接配置（远程检测）来消除这种误差。4 线测量是用一对引线提供电流源，用另一对引线测量电压。这就可以消除线缆的电阻效应，从而确保只会测到 DUT 两端的压降（请参见图 2c）。此外，B2900A 系列 SMU 的 4 线测量法将感应点（图 2b 中的 A 和 B）之间的电压精确地保持为指定电压  $V_{Set}$ ，由此确保在您规定的精确测量条件下对被测器件进行表征。B2900A 系列 SMU 支持两种连接方案，并且可以轻松转换。

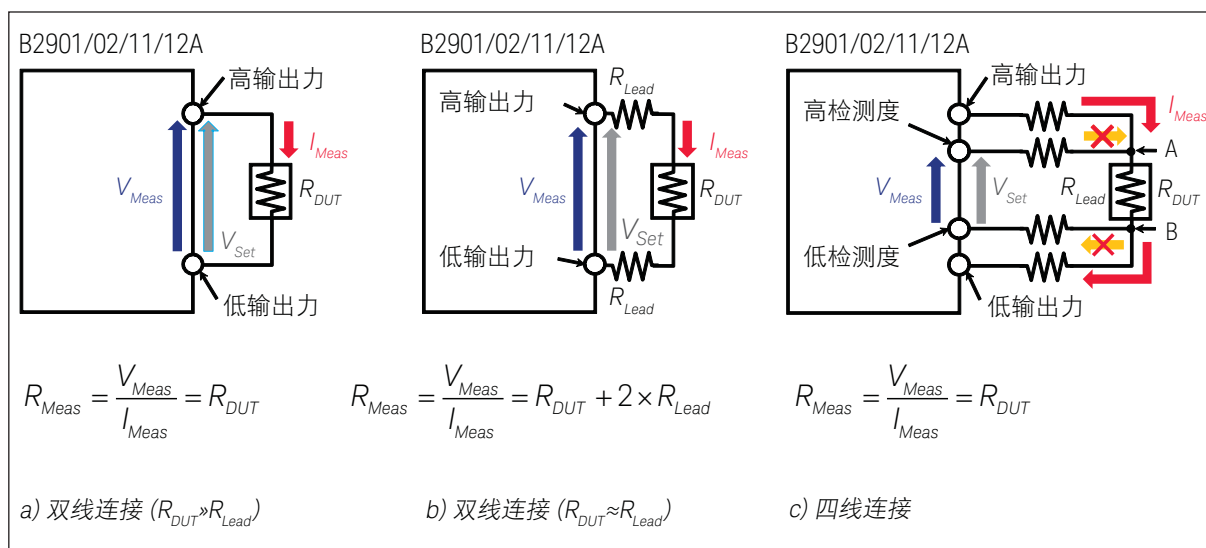


图 2. 4 线连接可以去除残余引线电阻引起的测量误差

## 偏压补偿

在测量小电阻时，仪器自身的偏移电压和 SMU 输出路径上的机械舌簧继电器关闭时产生的热电势（EMF）都会导致测量误差。图 3a 示出了针对这些影响因素的等效电路模型。在测量低电阻时，由于 DUT 两端的压降很小，丝毫的偏移和 EMF 电压效应都变得不容忽视（请参见图 3b）。然而，B2900A 系列 SMU 可以利用电阻补偿功能，自动进行两点测量，并使用以下等式计算电阻的真值。

$$R_{comp} = \frac{V_2 - V_1}{I_2 - I_1}$$

其中：

$V_1$  是电源设置为 0 伏（电压驱动模式）或 0 安培（电流驱动模式）时测得的电压。

$V_2$  是电源设置为  $V_f$ （电压驱动模式）时或  $I_f$ （电流驱动模式）时测得的电压。

$I_1$  是电源设置为 0 伏（电压驱动模式）或 0 安培（电流驱动模式）时测得的电流。

$I_2$  是电源设置为  $V_f$ （电压驱动模式）或  $I_f$ （电流驱动模式）时测得的电流。

利用内置的 2 点测量功能，B2900A 系列 SMU 可让您轻松去除偏移电压对电阻测量的影响（请参见图 3c）。

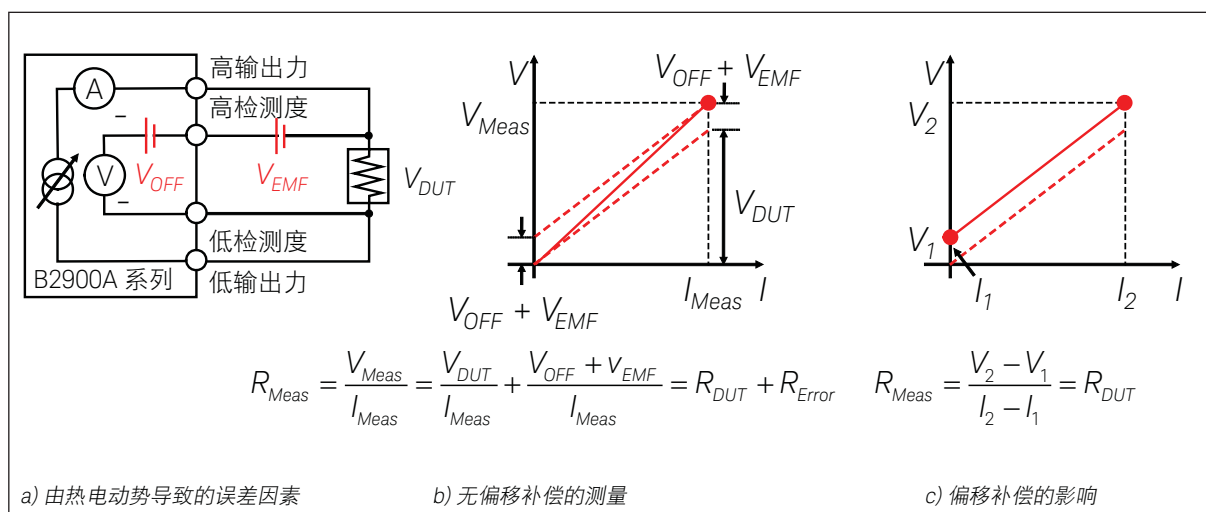


图 3. B2900A 系列 SMU 的补偿功能可自动消除偏移电压和热电势的影响

## 漏电保护

电缆和测试夹具中的泄漏电流可导致重大的测量误差，尤其在极小的电流（小于一毫微安培）条件下测量大电阻时更为明显。在这种情况下进行测量时，就会用到 B2900A 系列 SMU 的隔离措施。方法是在测试装置中加入“香蕉头至三轴插头 (banana-to-triaxial)”适配器和三轴电缆。通过在 SMU 电路中采取隔离措施，端接隔离层上的电压电位可与高电位引线保持相同，从而防止电流泄漏到电缆及电缆周围的测量路径中（请参见图 4）。

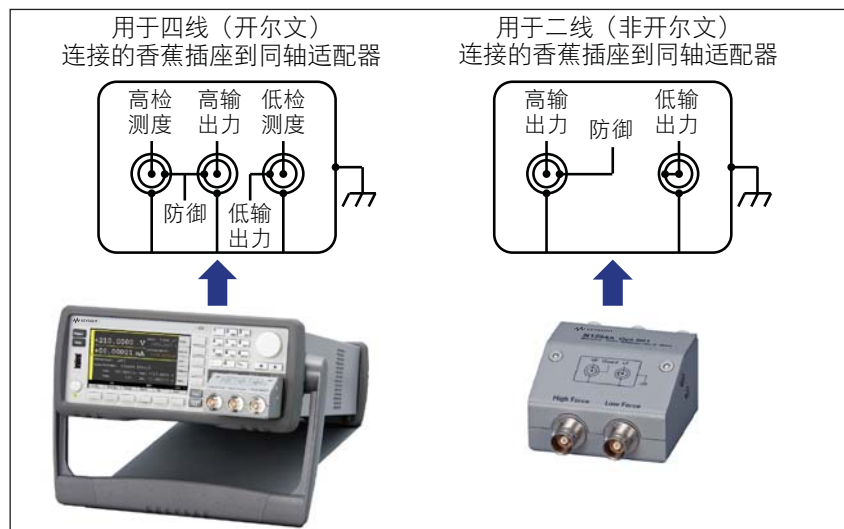


图 4. B2900A 系列 SMU 的主动隔离措施结合适当的三轴连接器和布线方法能够有效地避免漏电。

## 功能强大的图形用户界面和简单易用的自定义程序

B2900A 系列 SMU 具有较宽的 QVGA 液晶显示屏，支持方便易用的 GUI，允许用户通过前面板轻松控制仪器。因此，用户可以设置恒定电压或恒定电流，轻松执行特定位置的电阻测量，然后进行扫描测量获得 IV 曲线。完成测量之后，您可以通过前面板 GUI 以图形方式查看测量结果。例如在“图形视图”中显示 IV 曲线，以及通过“测量结果”对话框以列表形式显示测量数据（请参见图 5）。

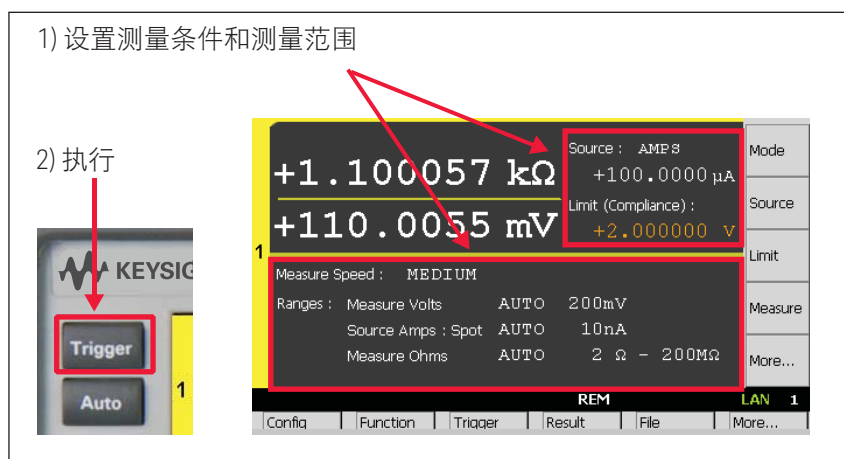


图 5. B2900A 系列 SMU 的图形用户界面有助于快速轻松地进行测量

针对 B2900A 系列 SMU 的远程控制，我们还备有 SCPI（可编程仪器的标准命令）和 IVI-COM 驱动程序。是德科技网站提供了 Keysight B2900A 快速 I/V 测量软件，供您免费下载使用。此外，Keysight B2900A 的图形网络界面还允许用户连接局域网，轻松访问 B2900A 系列 SMU。B2900A 系列 SMU 完全符合 LXI C 类标准，您只需使用 LAN 电缆将 B2900A 系列 SMU 连接到 PC，即可通过标准的网络浏览器轻松进行测量。

## 一系列免费的软件控制选项

除了强大易用的 GUI 以外，B2900A 系列 SMU 还有许多免费软件可帮助更快地设置测试程序。如果您希望使用 PC 来操控仪器，那么可以选择最适合的软件选项来执行特定的测量任务。

### BenchVue

PC 版 Keysight BenchVue 软件无需编程即可简单地连接您的仪器和记录测量结果，给您的工作台测试带来全新体验。只需轻轻点击几次鼠标，您就可轻松地查看、记录和导出测量数据和屏幕截图，从而更快、更轻松地完成测量。BenchVue 软件针对不同的仪器应用提供了非常丰富的功能。根据运行 BenchVue 软件的 PC 所连接的仪器类型与型号（包括 B2900A 系列 SMU）的不同，相应的功能也会有所差异。详细信息请参见：<http://www.keysight.com/find/benchvue>。



图 6. BenchVue 软件

## 图形网络浏览器界面

Keysight B2900A 图形网络界面可让用户连接局域网，轻松访问 B2900A 系列 SMU。B2900A 系列 SMU 完全符合 LXI C 类标准，每款仪器都配有网络服务器端程序。用户可以通过该程序的网页界面，来运行 B2900A 系列 SMU 的基础测量功能。借助 LAN 电缆将 B2900A 系列 SMU 连接到 PC 之后，您可以快速轻松地使用标准的网络浏览器进行测量。

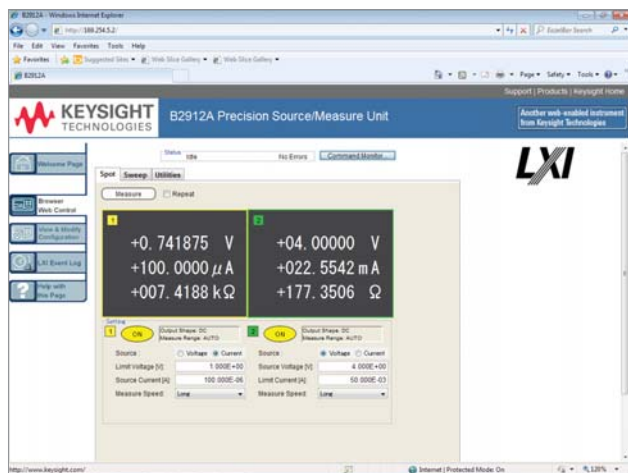


图 7. 图形网络浏览器界面

## 快速 I/V 测量软件

Keysight B2900A 快速 I/V 测量软件是适用于全套 B2900 精密仪器系列产品的通用软件解决方案。它具有强大的测量功能，能够通过 GPIB、USB 或 LAN 连接来控制 B2900A 系列 SMU（参见图 8）。欢迎您登录 <http://www.keysight.com/find/quickiv>，免费下载这个 PC 版软件。Keysight B2900A 快速 I/V 测量软件还支持扫描测量、采样测量、基本运算和图形显示等功能，并且允许测试结果保存为 CSV 文件。

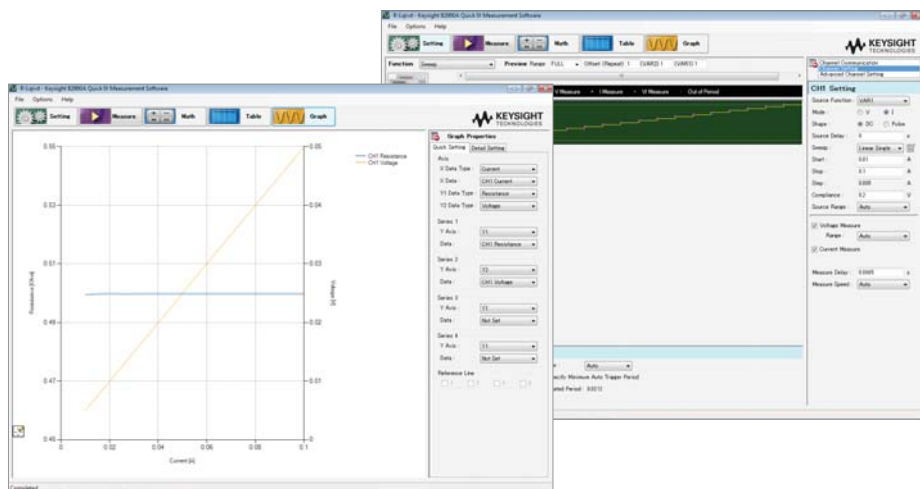


图 8. 使用 Keysight B2900A 快速 I/V 测量软件，在 PC 上快速轻松地进行测量



## EasyEXPERT group+

EasyEXPERT group+ 软件是更强大的解决方案，可以对器件、电路和被测材料进行详细表征和分析。从设置测量到执行测量，再到分析和数据管理，这款软件可以全程提供高效的表征支持，并且确保能够重复测试。EasyEXPERT group+ 配备易于使用的测量（应用测试），使您可以快速而轻松执行复杂的器件表征，并可选择将每种测试条件和测量数据自动保存到独有的内置数据库（工作区）中，以确保不会遗失重要的信息，从而在日后能够重复执行该测量。详细信息请参见：<http://www.keysight.com/find/easyexpert>。

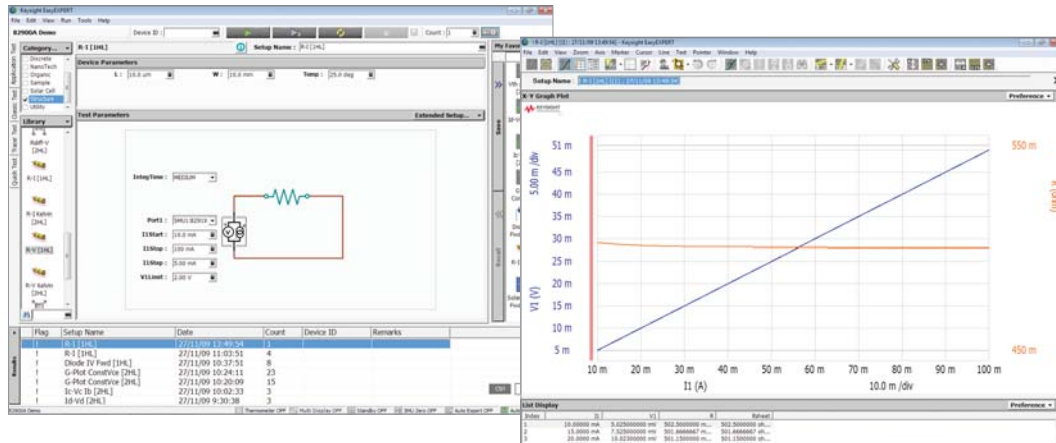


图 9. 功能强大的 EasyEXPERT Group+ 软件可对器件、电路和被测材料进行详细表征和分析

## 总结

Keysight B2901/02/11/12A 精密电源/测量单元能够非常出色地对电阻及其他各类器件进行 IV 表征。B2900A 系列 SMU 具有许多内置特性，可轻松进行精确的电阻测量，包括支持 4 线连接（远程检测功能）、偏压补偿和主动隔离措施。简单易用的 B2900A 系列 SMU 的图形用户界面支持快速方便的前面板操作。对于 PC 编程，用户可以选择通过 GPIB、USB 和 LAN 等连接方式来控制 SMU。

B2900A 系列 SMU 允许通过 GPIB、USB 和 LAN 接口进行远程控制。除此以外，是德科技还提供了多种免费软件，帮助您更快地设置测试程序。如果您更喜欢通过 PC 操控仪器，那么您可以选择最适合的软件来执行您的测量任务。

有关各款 B2900A 系列 SMU 的更多详情，请参阅《B2900A 系列 SMU》的技术资料（5990-7009CHCN）。

B2900A 系列 SMU 让您只需使用一台 SMU 即可快速调试并精确地表征各种设备。

### B2900 系列精密仪器

在 B2900 系列中，包含了可以精确地提供电源和进行精密测量的产品。

[www.Keysight.com/find/b2900a](http://www.Keysight.com/find/b2900a)



## 演进

我们独有的硬件、软件和技术人员资源组合能够帮助您实现下一次突破。  
我们正在开启技术的未来。



从惠普到安捷伦再到是德科技

**myKeysight**

myKeysight

[www.keysight.com/find/mykeysight](http://www.keysight.com/find/mykeysight)  
个性化视图为您提供最适合自己的信息！

**KEYSIGHT SERVICES**  
Accelerate Technology Adoption.  
Lower costs.

是德科技服务

[www.keysight.com/find/services](http://www.keysight.com/find/services)

我们拥有业界领先的技术人员、流程和工具，可以提供深度的设计、测试和测量服务。最终的结果就是：我们帮助您应用新的技术，而工程师为您改进流程并降低成本。



是德科技保证方案

[www.keysight.com/find/AssurancePlans](http://www.keysight.com/find/AssurancePlans)

10 年的周密保护以及持续的巨大预算投入，可确保您的仪器符合规范要求，精确的测量让您可以继续高枕无忧。



[www.keysight.com/go/quality](http://www.keysight.com/go/quality)

是德科技公司

DEKRA 认证 ISO 9001:2015

质量管理体系

是德科技渠道合作伙伴

[www.keysight.com/find/channelpartners](http://www.keysight.com/find/channelpartners)

黄金搭档：是德科技的专业测量技术和丰富产品与渠道合作伙伴的便捷供货渠道完美结合。

[www.keysight.com/find/solution](http://www.keysight.com/find/solution)

如欲获得是德科技的产品、应用和服务信息，请与是德科技联系。如欲获得完整的产品列表，请访问：[www.keysight.com/find/contactus](http://www.keysight.com/find/contactus)

### 是德科技客户服务热线

热线电话: 800-810-0189、400-810-0189  
热线传真: 800-820-2816、400-820-3863  
电子邮件: [tm\\_asia@keysight.com](mailto:tm_asia@keysight.com)

### 是德科技 (中国) 有限公司

北京市朝阳区望京北路 3 号是德科技大厦  
电话: 86 010 64396888  
传真: 86 010 64390156  
邮编: 100102

### 是德科技 (成都) 有限公司

成都市高新区南部园区天府四街 116 号  
电话: 86 28 83108888  
传真: 86 28 85330931  
邮编: 610041

### 是德科技香港有限公司

香港铜锣湾希慎道 33 号  
利园 1 期 45 楼 4567 室内  
电话: 852 31977777  
传真: 852 25069233

### 上海分公司

上海市虹口区四川北路 1350 号  
利通广场 19 楼  
电话: 86 21 26102888  
传真: 86 21 26102688  
邮编: 200080

### 深圳分公司

深圳市福田区福华一路 6 号  
免税商务大厦裙楼东 3 层 3B-8 单元  
电话: 86 755 83079588  
传真: 86 755 82763181  
邮编: 518048

### 广州分公司

广州市天河区金穗路 62 号侨鑫国际中心 17 楼  
雷格斯侨鑫国际中心 1772 室  
电话: 86 20 38390680  
传真: 86 20 38390712  
邮编: 510623

### 西安办事处

西安市碑林区南关正街 88 号  
长安国际大厦 D 座 501  
电话: 86 29 88861357  
传真: 86 29 88861355  
邮编: 710068

### 南京办事处

南京市鼓楼区汉中路 2 号  
金陵饭店亚太商务楼 8 层  
电话: 86 25 66102588  
传真: 86 25 66102641  
邮编: 210005

### 苏州办事处

苏州市工业园区苏华路一八号  
世纪金融大厦 1611 室  
电话: 86 512 62532023  
传真: 86 512 62887307  
邮编: 215021

### 武汉办事处

武汉市武昌区中南路 99 号  
武汉保利广场 18 楼 A 座  
电话: 86 27 87119188  
传真: 86 27 87119177  
邮编: 430071

### 上海MSD办事处

上海市虹口区欧阳路 196 号  
26 号楼一楼 J+H 单元  
电话: 86 21 26102888  
传真: 86 21 26102688  
邮编: 200083

本文中的产品指标和说明可不经通知而更改  
© Keysight Technologies, 2018  
Published in USA, May 28, 2018  
出版号: 5992-6633CHCN  
[www.keysight.com](http://www.keysight.com)