

是德科技

# 低功耗物联网器件的电池消耗测试方案

应用指南

## 挑战

与物联网 (IoT) 相关的低功耗器件, 功率消耗的速率不尽相同, 在几微秒到几秒的时间内可能会消耗几皮安到几安的电流。要满足客户对于长电池寿命的预期, 精确的电池消耗测量至关重要, 而是德科技广泛的解决方案让工程师能够获得方便、快速和准确的结果, 用于正确地表征物联网器件的电池消耗。

## 设计和测试需求的范围

间隔几年给物联网器件更换电池已经不再满足客户需求。在许多应用中, 客户通常期望电池具有 10 年的寿命, 某些供应商甚至宣传“终生”或“一劳永逸”型器件, 这些器件的使用寿命可以覆盖整个应用期间, 通常远超过十年。

为了满足这样的预期, 芯片组设计人员设计了具有深度睡眠模式的集成电路, 其消耗的电流非常小。这些器件采用具有低时钟速度低、精简指令集的运行模式, 电池电压和电流消耗都很低。这些应用需要测试三到六个数量级的电流电平, 测试对象为持续几微秒或几毫秒的事件。

为了减少无线通信带来的相对大功率消耗, 标准工作组正在对低功耗运行模式进行定义, 这样的操作模式将低射频功率电平与简单的连接协议相结合, 限制了主动运行的时间。无线模块制造商通过设计和测试嵌入式处理器的程序来缩短大功率状态的时间, 从而延长电池寿命。

产品设计人员要将传感、处理、控制和通信组件集成到最终产品中, 必须掌握外设的特性和消耗功率的模式。他们采用额外的软件或固化软件控制电源、模拟和混合信号组件以及数字和射频子系统。随着产品投入生产, 采用更简单的测试设备和更简单的一组测试有利于快速、经济地验证器件是否正常运行。

这些不同的需求给工程师带来了挑战, 他们需要在开发过程的每一步进行各种不同程度的详细测量。芯片设计人员和模块设计人员需要在不同的器件运行状态下非常快速地评估功耗。模块设计人员需要在多个芯片上运行多个数量级的快速测量, 这些测量与模块固化软件运行相关。产品设计人员可能需要精确度稍低的时间分辨率, 但他们必须准确地知道整个硬件和软件开发过程中的总体功耗。最后, 制造测试部门需要知道器件是否能正确运行, 他们可以使用更简单的测试设备来验证这一点。

## 可穿戴物联网器件

某些物联网器件, 如助听器、数字眼镜和健身追踪器, 都设计成由用户穿戴使用的式样。由于这些器件通常处于运行 (非睡眠) 模式, 因此它们的电池寿命比较短。可穿戴健身追踪器的典型框图如下所示。

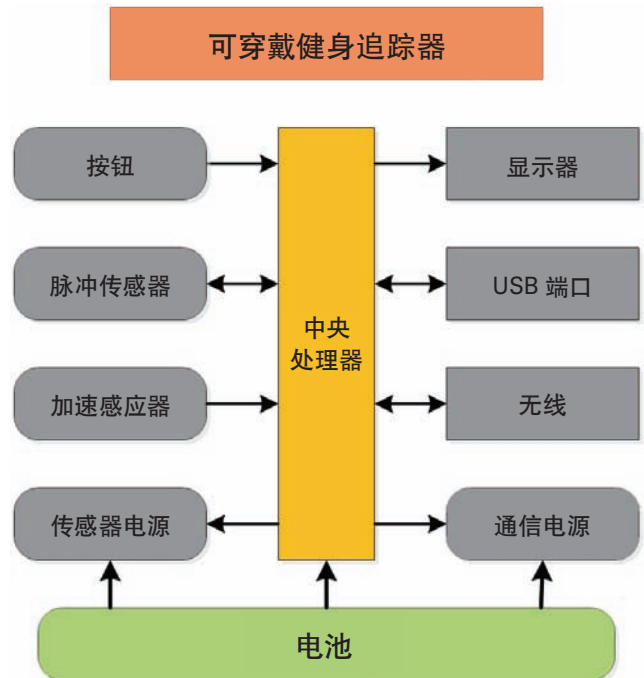


图 1. 可穿戴健身追踪器框图

可穿戴健身器件具有传感器和射频部件, 能间歇性地测量、存储和发送数据。为了优化功率预算和可用性, 设计工程师可以使用众多仪器和软件来表征能量指标, 然后对 CPU 固化软件进行调谐, 以优化每次运行期间消耗的能量。下面我们对五种这样的器件加以说明, 概括如下 (所有值为近似值)。

表 1.

<b>CX3300<sup>3</sup> 系列</b> 器件电流波形分析仪						
	34470A 数字万 用表数字化	N2820A 示波器 探头	N6705B/ N6781A 直流电源分析仪 和电源/测量单元	B2900 <sup>2</sup> 电源/测量单元	常规	高分辨率
显示器尺寸 (对 角线)	4.3"	取决于示波器	5.9"	4.3"	14.1"	
带宽, 采样率	17 kHz, 50 kSa/s	500 kHz, 5 GSa/s	29 kHz, 200 kSa/s	10 kHz, 100 kSa/s	140 MHz, 1 GSa/s	15 MHz, 75 MSa/s
测量分辨率	14 位	14 位	18 位	20 位	14 位	16 位
最小可测量脉 冲宽度	100 $\mu$ s	2 $\mu$ s	25 $\mu$ s	100 $\mu$ s	5 ns	50 ns
最小可测静态 电流 <sup>4</sup>	10 pA	500 nA	800 nA	1 pA	150 pA	
最小可测量动 态电流 (10 kHz 带宽)	10 nA	500 nA	2.4 $\mu$ A	10 fA	150 pA	
最大可测量 电流	10 A	5 A	3 A	3 A	50 A	
最小/最大供给 电流	(无)	(无)	3 A	3 A	(无)	
负载电压 <sup>5</sup>	27 mV	1 mV	0 mV	0 mV	4 mV	
价格	+	++	++	++	++++	
典型用途	研发/制造	研发	研发/制造 <sup>1</sup>	研发	研发	

1. N6700 主机与 N6781A 电源/测量单元用于制造, N6705A 主机与 N6781A 电源/测量单元用于研发。

2. 1 pA 是均方根噪声 (NBW = 0.1 Hz 至 10 Hz)。

3. 150 pA 是均方根噪声 (NBW = 10 Hz 至 20 MHz)。

4. Accounts for typical noise with 1% error and quasi-DC current measurement

5. 在适当范围内测量 10 mA 时; N6781A 和 B2900 系列均供给电流, 因此负载电压始终为 0 mV。

表 2.

	仪器优化	提示
34470A 数字万用表	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 低成本的现成工具</li> <li>- 精度高达 7.5 位</li> <li>- 可测量静态的低电平或高电平电流</li> <li>- 数字化模式可用于在 4.5 位捕获高达 10 kHz 的波形</li> <li>- 外形小巧, 可轻松插入机架</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 避开快速变化的信号</li> <li>- 使用固定范围以避免测量不连续性</li> </ul>
N2820A 电流探头	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 高灵敏度</li> <li>- 高动态范围</li> <li>- 极佳的带宽可用于高达 3 MHz 的快速变化信号</li> <li>- 适用于多种现成的示波器</li> <li>- 非常灵活的触发模型</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 幅度分辨率取决于示波器</li> <li>- 保持短引线以获得最佳带宽</li> </ul>
B2900 系列电源/ 测量单元	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 最低范围的分辨率低至 10 fA; 最高范围高达 10 A</li> <li>- 内置电源带来:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 零负载电压</li> <li>- 无电压下降</li> <li>- 接线简单</li> </ul> </li> <li>- 外形小巧, 可轻松插入机架</li> <li>- 快速 I/V 测量软件提供测量洞察</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 避开快速变化的信号</li> <li>- 使用固定范围以避免测量不连续性</li> <li>- 资本采购</li> </ul>
N6705B 直流电源 分析仪 + N6781A 电源/测量单元	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 无缝覆盖, 单次测量可覆盖 nA 到 A</li> <li>- 内置电源带来:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 零负载电压</li> <li>- 无电压下降</li> <li>- 接线简单</li> </ul> </li> <li>- 可以仿真电池的特性</li> <li>- 插件模块可用于定制多款应用</li> <li>- 可以搭配 N6700 主机在制造过程中重复使用模块和程序</li> <li>- 选件 14585 软件显示 CCDF 和其他信息, 以加深了解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 较大的外形需要更多的机架空间</li> </ul>
CX3300 系列器件 电流波形分析仪	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 专用于测量高达 140 MHz (包括探头带宽) 的 14 位或 16 位动态电流信号</li> <li>- 显示以前不可见的波形特征</li> <li>- 无与伦比的性能: 可测量快速信号、低到高电流</li> <li>- 综合性测量类别: 时间、电流电平、面积、CCDF 等</li> <li>- 自动电流和功率分析器提供详细的功率预算信息</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 宽大的显示器具有出色的可用性, 但需要更多的机架空间</li> <li>- 保持短引线以获得最佳带宽</li> </ul>

## Truevolt 34470A 数字万用表



图 2. Keysight Truevolt 34470A 数字万用表

使用测试台上可能已经存在的一款简单工具，您可以通过精确的电流测量和高速数字化更深入地了解波形。

产品设计人员可以使用一款仪器来执行基本电流测量：这款仪器可能已经存在于测试台上，它就是数字万用表（DMM）。例如，Keysight 34470A 数字万用表可以精确地测量电流（精度低至 10 pA），并以高速率（每秒高达 50,000 个读数，或每个读数 20 $\mu$ s）加以数字化。作为一款综合性的数字万用表，它可以精确地测量各个时间段的电流消耗。当被测器件（DUT）处于稳态条件下时，数字万用表可以使用正常模式和可选集成时间测量高分辨率电路中的电流（或电压），从低至 1 $\mu$ A 的范围生成七个数量级的分辨率。

在数字化模式下，34470A 能以高速率对电流进行采样，并生成数字或图形结果，用于分析波形特征。34470A 能管理高共模电压和短暂的大电流瞬变。这使得用户能在没有接地参考的情况下对电路进行测量，并能放大低电流状态，进行准确的睡眠模式测量。

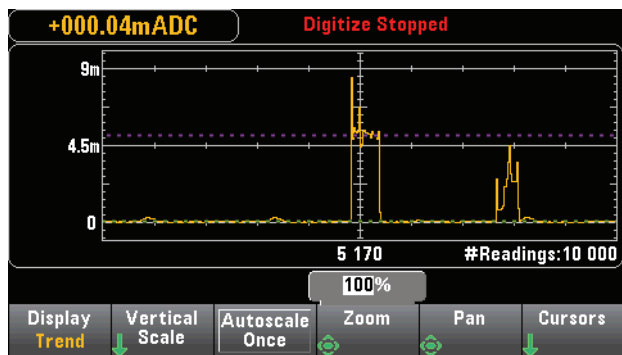


图 3. Keysight 34470A DMM 显示器上所示可穿戴健身监测器的数字化电流波形。

## InfiniiVision X 系列示波器

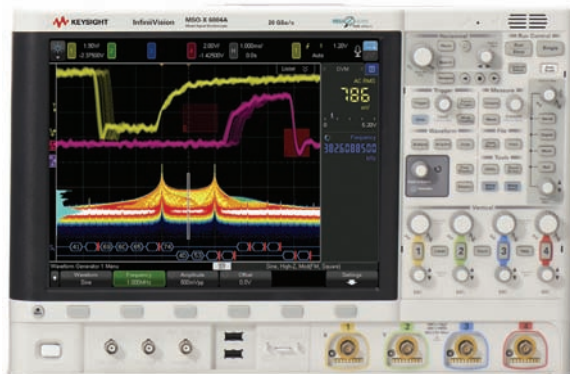


图 4. Keysight InfiniiVision MSO-X 6004A 混合信号示波器

在示波器中添加采用了先断后合技术的电流探头，您可以使用熟悉且简单易用的工具对电路中不同点上的电流快速进行分析。

另一个大多数设计人员已经在用的仪器是示波器。经过几十年的测量演变和用户界面的发展，示波器能迅速适应电池消耗分析，您要做的只是将一个 N2820 系列电流探头作为其中一个通道的输入。虽然此解决方案不如其他解决方案那么精确，但它包含了灵活的触发功能，其广为人知的使用模式也使得用户能非常快速地对信号加以评估。



图 5. Keysight N2820 系列电流探头

Keysight N2820A 高灵敏度电流探头可以测量电池供电器件或单个电路的电流消耗。使用 N2820A 的示波器具有比许多其他仪器更高的带宽 (例如在 20,000:1 动态范围下 500 kHz 至 3 MHz 的带宽)。N2820A 特别的“先断后合”连接器允许用户在电路通电的情况下快速移动, 表征不同电路节点的特性。

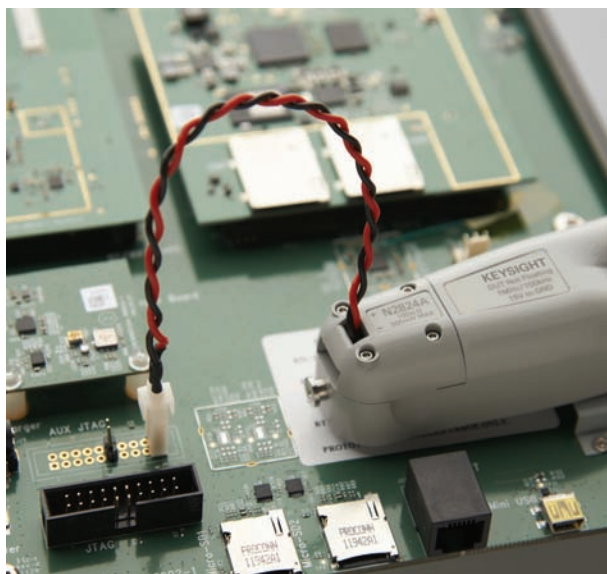


图 6. 连接到 PCBA 的 N2824A

如果探头用于具有数字码型输入的混合信号示波器 (MSO), 那么电路特性可以迅速与控制状态和导致电路特性的处理器指令相关。这使得产品固化软件工程师能直接测量软件或固化软件更改对功耗的影响。

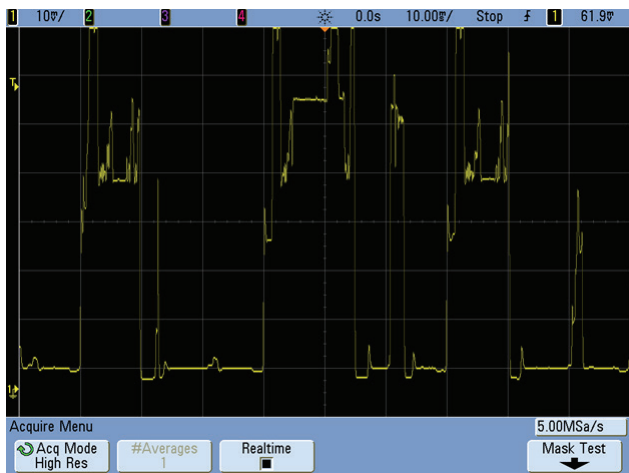


图 7. 物联网器件充电特性的示波器轨迹。注意高度变化的高电流和低电流的存在。

## N6705B 直流电源分析仪和 N6781A 电源/测量单元 (SMU)



图 8. Keysight N6705B 直流电源分析仪

这是一款用于采集和测量电流的单一仪器, 可以让您迅速了解信号, 然后使用同一个电源/测量单元模块将测试程序移入生产环境。

电源/测量单元是一种智能电源, 可以在测量电流消耗和评估结果 (包括电池消耗分析) 时向被测器件提供电源。配备 N6781A 电源/测量单元模块的 Keysight N6705B 就是这样一款器件。电源能仿真动态条件, 包括电源排序、电池电压下降和各种电源变化情况。由于它提供电源, 因此它可以准确 (0.025% 高达 18 位)、迅速 (100 kHz) 地进行测量。N6705B 可以像示波器一样工作, 因此设计人员能采用熟悉的操作模型, 快速探索电路特性。它也可以像数据记录仪一样记录长期电路功耗。

N6781A 电源/测量单元具有无毛刺电源和测量功能, 因为它能无缝衔接四个电流测量范围。它可以作为电压源或电流源, 也可以作为具有优异瞬态响应的恒定电压 (CV) 或恒定电流 (CC) 电子负载, 在高速负载变化期间提供稳定的输出。

软件包 (如 Keysight 14585A 控制和析软件) 可为设计人员的工具包添加额外功能, 从而实现快速连接设置并测量器件最重要的特征。举例来说, 14585A 软件可以执行互补累积分布函数 (CCDF) 分析, 简明地显示短期和长期电池消耗测量。

完成设计验证之后, 您可以将电源/测量单元模块及其 SCPI 程序转移到工厂, 使之成为制造测试设置的一部分。

## B2900 系列精密电源/测量单元



图 9. Keysight B2912A 精密电源/测量单元 (SMU)

这是一款既能提供电源又能测量低电压和电流的仪器，它具有出色的精度和准确度，可用于测试台或生产测试架。

Keysight B2900 系列精密电源/测量单元将经济高效的精密测量与一流的图形用户界面 (GUI) 相结合，能让设计人员深入了解其应用。双通道 B2900 降低了布线的复杂性，因为它可以取代两个直流电压源和两个数字万用表。

这些电源/测量单元具有出色的精度 (最低 10 fA/100 nV 电源和测量分辨率)，彩色 LCD 显示器配备多种基于任务的查看模式，能显著提高测试、调试和表征的效率。设计或验证工程师还可以使用 SCPI 编程语言来开发测试，如果将 B2900 电源/测量单元纳入到生产测试系统的话，这些测试可以重复使用。这款仪器还具有极限值测试功能，因此仪器无需编写基于电脑的测试程序，即可在生产测试中自动进行合格/不合格判断。

除了 SCPI 之外，B2900 系列能以很低的价格或是免费提供几个远程控制选项，如 BenchVue、B2900A 图形网页界面、B2900A 快速 IV 测量软件和 EasyEXPERT group+。其中，B2900A 快速 IV 测量软件让您无需编程即能快速配置和执行 IV 测量，并在表格和图形中显示结果。

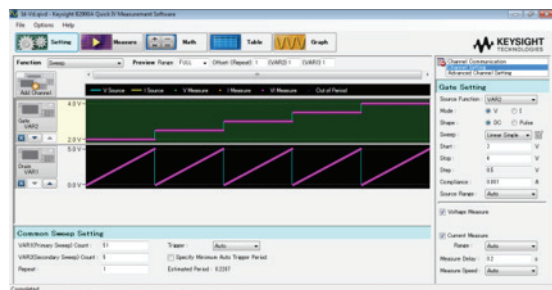


图 10. Keysight B2900A 快速 IV 测量软件

## CX3300 系列

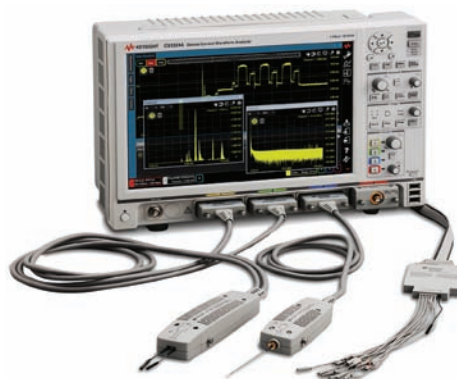


图 11. Keysight CX3324A 器件电流波形分析仪

这是一款简单易用的仪器，它具有出色的准确性和“任意位置”缩放功能，能让您看到前所未有的波形详细情形；它的自动电流和波形分析功能，能让您迅速了解自己的电池消耗预算。

器件电流波形分析仪是一种新型仪器，对于低功耗物联网器件的设计人员尤其有用。与市场上的其他电流测量仪器相比，Keysight CX3300 系列可在幅度 (100 nA 至 10 A) 和时间 (140 MHz 带宽和高达 1 GHz 的采样率) 上提供最为详细的视图。通过这些详细视图，您可以精确地查看以前无法检测的低电平电流波形。

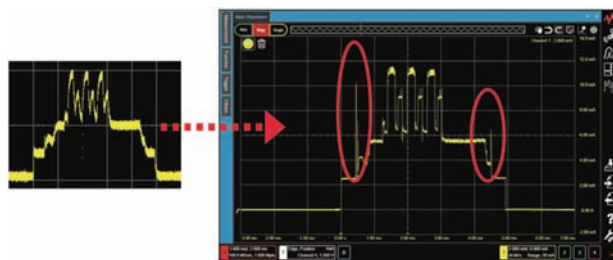
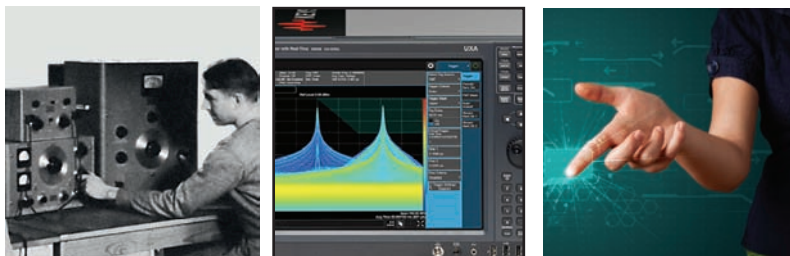


图12. 查看以前隐藏的波形细节

## 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 Infoline

Keysight Infoline

[www.keysight.com/find/Infoline](http://www.keysight.com/find/Infoline)  
是德科技的洞察力帮助您实现最卓越的信息管理。免费访问您的是德科技设备公司报告和电子图书馆。

**KEYSIGHT SERVICES**

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：我们帮助您应用新技术，以及经工程师改进的流程，从而降低成本。



3 年保修

是德科技卓越的产品可靠性和广泛的 3 年保修服务完美结合，从另一途径帮助您实现业务目标：增强测量信心、降低拥有成本、增强操作方便性。



Keysight Assurance Plans

[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/iot-lowpower](http://www.keysight.com/find/iot-lowpower)

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**

香港北角电器道 169 号康宏汇 25 楼  
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**

广州市天河区黄埔大道西 76 号  
富力盈隆广场 1307 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

