

是德科技

# 示波器高级用户需要知道的 7 件事

应用指南



示波器高级用户都知道, 使用示波器测量有时会很棘手, 仅仅了解基本知识通常还不够, 要进行高效、准确的测试, 还有其他一些影响因素。通过学习示波器高级用户应该知道的七个概念, 您可以将测试水平带上新台阶, 帮助您节省时间并提高测试精度。

1. 定性测量与定量测量
2. 系统带宽与示波器带宽
3. 高级触发
4. 采集模式
5. 参考波形
6. 远程接口
7. 先进的 SCPI 命令

## 1. 定性测量与定量测量

所有示波器测试可以分为两类: 定性测试或定量测试。了解您正在进行的测试属于这两种类型中的哪一种, 您就能知道该如何在实验室进行测试。

### 定性测试 — 考虑的是“性质”

定性测试是您通常在调试设计或使用探头探测电路板初期进行的测试, 其目的是确保一切正常。把“定性”理解为“是否正常工作”。您不会过度关注给测试设备使用更好的连接, 也不会在意时钟信号的上升时间是 10 ns 还是 12 ns, 您只是想确保时钟的确是在正常工作。

### 定量测试 — 考虑的是“数量”

如果您进行的是定量测试, 您更关心的是统计数据。把“定量”理解为“统计数据/数量”。您是需要关注 10 ns 和 12 ns 上升时间之间的差异, 因为您需要满足接收机关键的“建立和保持时间”要求。或者, 您需要关注 5 Vpp 信号和 5.5 Vpp 信号之间的差异, 因为您的放大器可能会饱和。

### 接下来怎么办?

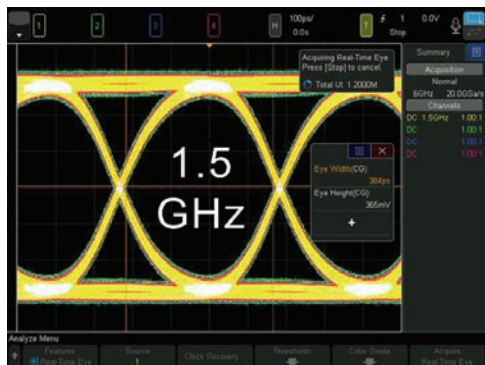
一旦您了解了自己的工作属于哪种类别, 您就可以自行评测以下注意事项, 并判断它们对于您手头的任务实际上有多重要。

## 1. 定性测量与定量测量 (续)

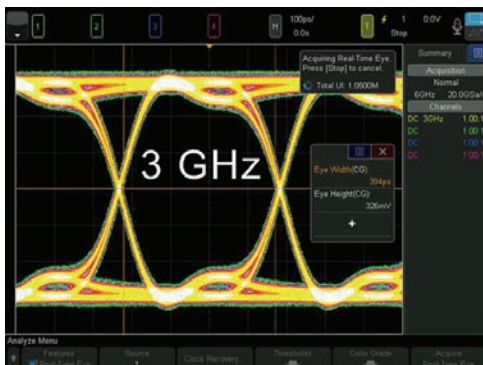
### 您通常应该做什么? — 启动时的注意事项。

当您开始测试时, 第一步也是最重要的一个步骤是了解测试系统的能力及其当前采用的配置。无论您想要进行的测试是多么随意的或是关键的, 从已知的状态启动测试测量都可以节省时间。使用示波器的“默认设置”按钮或调用加载的自定义设置, 可以确保您始终采用相同的熟悉配置开始测试。

同样重要的是检查示波器、探头和组合的“系统”带宽, 以确保这样的配置能够适用于您要测量的信号。计算系统带宽(计算包括示波器和探头带宽)是否够用, 通用的经验法则是, 系统带宽应该是最快边沿信号的导数, 以此确保测量的准确性。在进行定量测量时尤其如此。定量测量需要足够的系统带宽, 否则可能会产生错误的时间相关测量结果。本文档的“系统带宽与示波器带宽”一节针对系统带宽进行了更详细的讨论。



1.5 GHz 带宽示波器上的 1.2 GHz 信号。



3 GHz 带宽示波器上的相同 1.2 GHz 信号。

系统中使用的探头也非常重要。标准无源探头和高端有源探头会带来大不相同的测量结果。对于较低频率下的定性测试, 标准无源探头(通常随示波器提供)应当够用。对于较高频率下的定量测试, 您可能需要考虑具有较低电容负载或器件连通性的有源探头。下面这篇文章针对不同的探头及其技术指标提供了有用的信息:

<http://electronicdesign.com/test-measurement/how-pick-right-oscilloscope-probe>。

## 1. 定性测量与定量测量 (续)

### 您有事应该做什么? — 校准和测试设置注意事项。

定期校准示波器可以确保测量结果在规定的容差范围内。对于一般性的使用或调试 (定性测试) 而言, 示波器即使没有及时校准, 通常也足以满足要求。然而, 对于高灵敏度的一致性测试或制造测试 (定量测试) 来说, 应当使用经过适当校准的示波器。

除了测试系统之外, 您还应该对工作的环境加以考虑, 并且您需要采取措施来控制不必要的信号干扰。工作区域内的灯、风扇和其他设备可能会给测试系统注入噪声。对于定性测试, 这不算什么问题。但是, 在进行定量测试时, 您可能会花费大量不必要的时间进行调试。

### 您偶尔应该做什么? — 验证和诊断注意事项。

您偶尔需要深入了解电路性能 (例如, 在执行产品验证和诊断时, 在跟进降噪任务的进展时, 或测试特定应用的一致性时)。示波器的板级测量为您提供了一种简单 (有时是自动化) 的方法, 让您更好地了解被测器件的性能。花点时间来查看并使用示波器的板级测量。

示波器具备强大的测量功能, 您可以充分利用这些功能改善测量, 以上节省时间的建议仅仅是其中之一。区别您是在对电路或器件操作进行粗略的查看 (定性) 还是深入的审查 (定量), 可以有助于您在使用示波器时节省时间。

## 2. 系统带宽与示波器带宽

系统带宽是进行测量时使用的示波器和探头组合的有效带宽。示波器和探头都有其单独的带宽技术指标。当您同时使用示波器和探头时，组合带宽或“系统带宽”可能与您的预期不一样。

要确定示波器测量的系统带宽，您首先需要了解示波器的前端滤波器响应。对于低于 1 GHz 的示波器来说，滤波器通常为高斯滤波器。对于 1 GHz 或更高的示波器，滤波器类型可能是矩形滤波器。每种类型前端滤波器的系统带宽计算都不一样，因此了解您的示波器包含哪种类型的前端滤波器很重要。要判断您采用的是哪种前端滤波器，可以参考技术指标，或是咨询示波器的支持热线。另外还有一种快速测试方法，可用于判断示波器的前端滤波器是否为高斯滤波器，这种方法应用了以下公式： $0.35/\text{示波器计算的上升时间} = \text{示波器的带宽}$ 。

例如，200 MHz 带宽具有 1.75 ns 的计算上升时间，代入公式中可以得出  $0.35/1.75 \text{ ns} = 200 \text{ MHz}$ 。如果得出的公式不正确，需要大于 0.35 的值公式才能成立，那么示波器前端滤波器响应更接近矩形滤波器。

确定示波器的前端滤波器后，可以通过以下公式来判断系统带宽：

高斯滤波器	系统带宽	$\frac{1}{\sqrt{\frac{1}{\text{示波器带宽}^2} + \frac{1}{\text{探头带宽}^2}}}$
或		
矩形滤波器	系统带宽 = min {示波器带宽, 探头带宽}	

图 1。

这个信息有助于确定信号测量的示波器和探头组合“系统带宽”。要确保测试配置能够进行所需的测量并且不会在更高频率下导致信号衰减，了解系统带宽非常重要。

### 3. 高级触发

使用基本触发对于某些信号测量有意义，但如果需要对复杂信号或物理层毛刺进行更深入地调试和分析，您最好要熟悉高级触发器以及它们所具有的强大分析功能。学习如何使用示波器高级触发功能，您将能够快速隔离问题信号，以便更仔细地进行查看，更快地解决问题。以下是一些高级触发的示例：

#### 脉冲宽度触发

脉冲宽度触发可用于捕获在限定时间内上升或下降一个电压阈值的信号。您可以指定示波器用于确定脉冲宽度触发的脉冲宽度和脉冲极性（正或负）。图 2 和图 3 是两个示波器的显示屏幕。第一个显示屏幕包括使用边沿触发获取的两个信号。应用脉冲宽度触发（在这种情况下，脉冲宽度为 150 ns）的话，可以只捕获目标信号（如图 3 所示），以便进行更详细的分析或故障诊断。

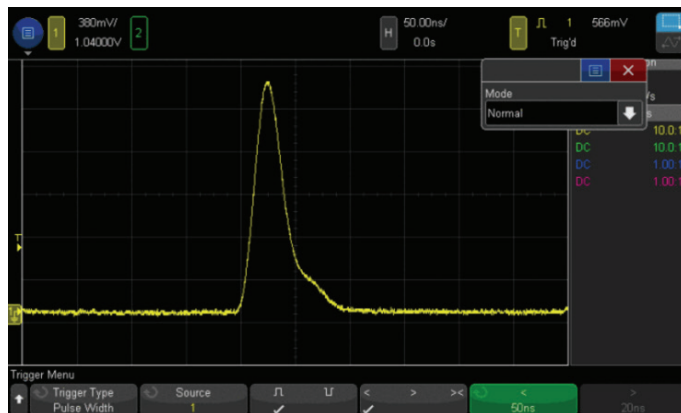
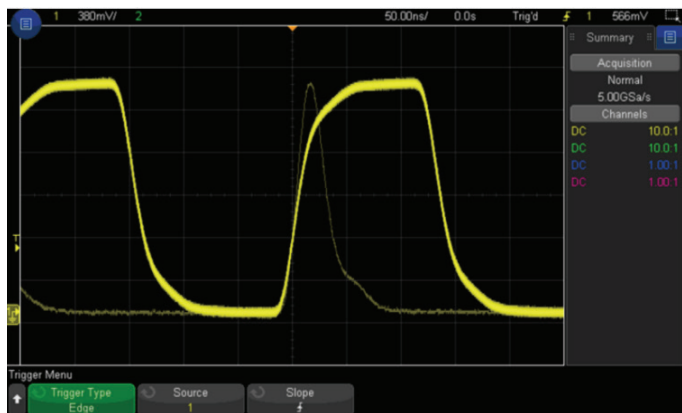


图 2 和图 3. 对采集的信号应用脉冲宽度触发。

#### 双边沿触发

在“双边沿”触发模式下，当出现预备触发边沿，经过一定延时后出现第 N 个边沿时，示波器触发。

#### 码型触发

码型触发以通道状态的逻辑组合为基础。它通过查找指定的码型来识别触发条件。每个通道的值可以是 1（高）、0（低）或 X（无所谓）。设定的电压电平用作参考，以确定信号是高（大于电压电平）还是低（小于电压电平）。值为“X”（无所谓）的通道不用作码型标准的一部分。

既然您更加熟悉了这些高级触发功能的示例，您可以在需要时应用它们来进行深入的信号分析。使用高级触发有助于在调试过程中更有效地隔离问题信号进行分析，从而更快地解决问题。了解高级触发的更多信息，请参阅博客文章《示波器的高级触发与信号隔离》。

## 4. 采集模式

对于高级用户和新手用户来说,了解不同的采集模式很重要。掌握如何应用示波器的采集模式(如常规模式、平均模式、高分辨率模式或峰值检测模式),可以更好地了解您所获得的信号。构成采集模式的微调采样算法可以选择性地绘制或组合采样的点,以帮助您查看不同的信号特性。下面说明了各种不同采集模式最适合的应用场合。

### 标准模式

标准采集模式是示波器的默认模式。ADC 进行采样,示波器抽取到所需的点数并绘制波形。常规调试任务最好使用标准采集模式,因为它对信号给出了一个很总体的表述。这是一种安全的使用模式,不会出现重大的错误。

### 平均模式

平均模式会捕获多个波形并将它们进行平均。平均采集模式的主要好处在于,它会平均计算出信号上的随机噪声,让您只看到底层的信号。平均采集模式只能用于周期性信号,并采用稳定的示波器触发。平均模式非常适合查看或表征非常稳定的周期性波形。

### 高分辨率模式

高分辨率模式是另一种平均采集形式。然而,它不是波形到波形的平均,而是点对点的平均。实质上,ADC 会对信号进行过采样,然后将相邻点放在一起进行平均。这一模式采用实时 boxcar 平均算法,有助于减少随机噪声。它还可以带来更高的分辨率。

在降低随机噪声方面,高分辨率模式不如前面讨论的平均模式那样有效,但它具有一些明显的优势。因为高分辨率模式不依赖多次捕获,所以它可以用于非周期性信号和不稳定的触发。这使得高分辨率模式在通用调试时比平均模式好得多。

### 峰值检测模式

峰值检测采集模式的功能与高分辨率模式类似。ADC 对信号进行过采样并选择性地选择要显示的点。但是,峰值检测模式不是将这些点放在一起加以平均,而是选择最高点和最低点进行绘制。这样做很有用,因为它可以分析异常的高点或低点,而这些点在其他模式下可能会看不到。峰值检测模式最适合用于检测毛刺或查看非常窄的脉冲。

## 5. 参考波形

若想在探测同一类型的多个器件时节省时间，请尝试使用参考波形。通过在示波器上捕获波形，然后存储单次截取的图像，可以创建参考波形。参考波形可以调用到显示屏上显示，与另一器件的实时更新波形并排或重叠，以便迅速看出不同器件之间的波形特性差异。

下面是来自两个不同手机的 NFC 轮询调制测量的比较示例。参考波形（橙色迹线）最初使用通道 1 捕获，然后保存到参考波形存储器 (R1) 中。通道 1（黄色迹线）显示的是来自不同手机的相同 NFC 信号所应具有的样子。使用垂直偏置来调整波形，可以很容易地比较两个信号，并迅速看出振幅、调制宽度和跳变时间上的差异。在两个波形上还可以进行测量（如此处所示的自动 Vpp），以便做出比较。

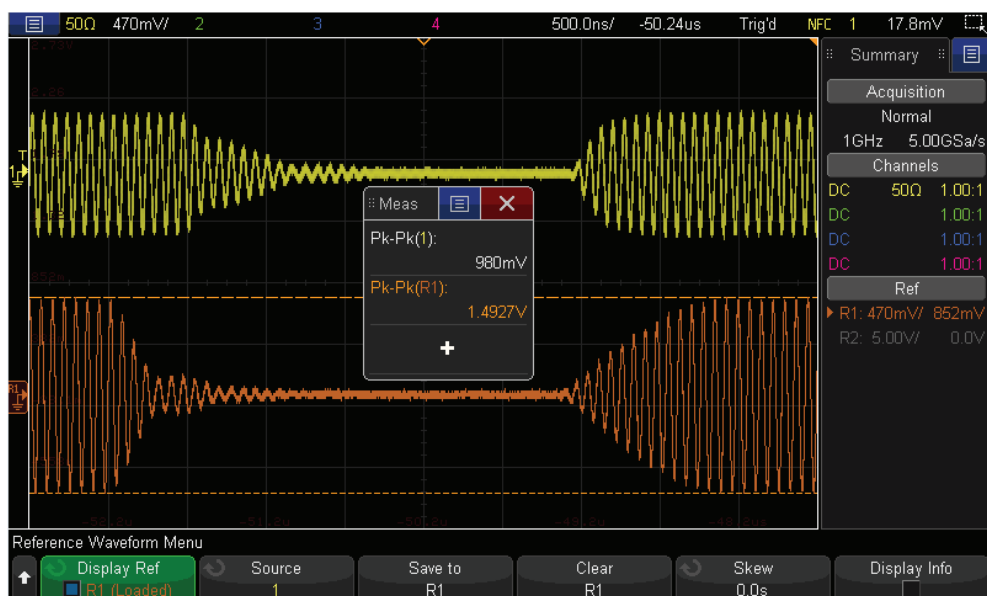


图 4. 使用参考波形的手机NFC信号比较。

使用参考波形很容易，可以帮助您迅速看出不同器件波形的差异。



## 6. 远程接口

大多数测试工程师通过由远程接口 (如 LAN、USB 或 GPIB) 连接到电脑, 让其测试系统 (包括示波器) 能自动操作。如今, 通过到电脑的远程接口连接仪器, 几乎就和连接鼠标或键盘一样简单。将仪器连接到电脑进行控制可以带来极大的便利性, 使得测试自动化的应用范围比以往更广泛。测试自动化不仅能节约时间, 还能让每次测试保持一致性, 并为不同器件生成直接可比较的结果。在各种器件的设计、开发和制造过程中, 工程师已经认识到了自动化测试的好处。

设计工程师利用自动化测试来跟踪器件设计迭代中的差异。在设计修改的每一步使用包含关键测量的自动化测试, 可以帮助工程师更快看到变更的效果。他们能够测试并捕获或记录结果, 为其进行修改优化提供依据。设计验证工程师还可以使用可重复的自动化测试, 来捕获器件在不同温度或湿度环境下的性能变化。制造环境对接口需求少的自动化测试很重视, 并且支持快速高效的重复测试循环, 这些循环可能运行多个版本或数据集。在从设计到制造的产品生命周期各阶段使用自动化测试, 不仅有助于节省时间, 而且可以提高准确性并提供可重复的测试。

针对器件的每个测试需求创建自动化测试, 这样可能具有非常大的挑战性。在过去, 我们需要专家程序员来整合仪器和开发测试系统。现在, 我们有了更为强大的工具, 可以帮助工程师对自动化测试系统进行编程, 无论他们是否熟悉编程技能。

例如, 是德科技的 BenchVue 就是一种让不会任何编程语言的一般用户也能够轻松使用的软件工具。他们可以使用拖放界面代替软件命令来进行仪器控制和测量, 不需要编写任何代码。BenchVue 能够在需要时发送仪器命令或运行 external.exe 文件, 但它主要是让用户能够对一些选定仪器执行程序循环、扫描和时延以及控制操作。图 5 所示的测试流程环境是为很少编程或不会编程的测试人员设计, 使他们能够创建测试序列并快速获得测量结果。

## 6. 远程接口 (续)



图 5. BenchVue 软件支持完全不会编程的工程师实现自动化测试。

经验丰富的程序员可以利用图形和文本式的程序语言灵活地编写程序，几乎可以实现与任意仪器通信、支持任意数据类型。如果需要定制代码来满足更复杂的测试需求，那么必须依靠经验丰富的程序员完成工作。（即使对于熟练的程序员来说）使用定制代码实现自动化测试，需要花时间进行初始程序的开发和验证，然后反复加以修改和维护。

无论您的编程能力如何，也无论您的测试程序处在怎样一个编程环境，使用 LAN、USB 或 GPIB 远程接口来连接和控制测试系统中的仪器都有助于节约时间，确保可重复的测试。

## 7. 先进的 SCPI 命令

使用 LAN、USB 或 GPIB 接口从外部计算机控制仪器，也可以利用可编程仪器标准命令 (SCPI) 编程语言来完成。SCPI 是一种 ASCII 语言，用于创建仪器配置和查询命令，这些配置和命令对所有基于 SCPI 的仪器都是通用的，并根据功能按层次顺序加以组织。

对于具有相同功能的仪器，SCPI 命令通常很相似。针对每个测量功能（如频率或电压），有一组特定的命令集。功能命令集的优势在于，两个 SCPI 兼容的仪器（尽管这两个仪器来自不同的制造商）可以使用相同的电压测量命令来加以控制。在图 6 中，您可以看到“Measure”命令的层次结构。要使用这一命令结构创建测量直流电压的命令，其结果将为“MEASure:VOLTage:DC?”或“MEAS:VOLT:DC?”。对于更复杂的命令（如为特定仪器配置参数），可以使用一系列参数。

```
:MEASure
  :VOLTage
    :DC?
    :AC?
  :CURRENT
    :DC?
    :AC?
  ...
```

图 6. SCPI 命令层次结构示例。

使用有组织结构并应用简化的命令，可以通过相同的命令为 SCPI 计数器或示波器构建频率测量。SCPI 命令易于学习且一目了然，得到经验丰富的程序员和初学者的青睐。一旦您熟悉了 SCPI 的组织和结构，无论您使用哪种控制程序语言，都可以进行高效的程序开发。由于使用 SCPI 命令来配置和控制仪器非常方便，因此超过 50% 的测试系统程序在自动化测试系统中使用直接 SCPI 编程。

## 想要了解更多?

### 从低成本示波器开始

是德科技 InfiniiVision 1000 X 系列示波器 (50 到 100 MHz) 以惊人的低价格为您提供品质过硬、得到业界认可的技术。专业的测量和易于理解的专业知识, 就在您的手边。



了解更多

### 访问示波器学习中心

查看是德科技的示波器学习中心, 获取更多示波器资源。从示波器基础知识到先进的测量技巧, 再到是德科技专家的悉心指导, 学习中心为您提供各种所需的资源。



在此报名



[www.axiestandard.org](http://www.axiestandard.org)

AdvancedTCA<sup>®</sup> Extensions for Instrumentation and Test (AXIe) 是基于 AdvancedTCA 标准的一种开放标准，将 AdvancedTCA 标准扩展到通用测试半导体测试领域。是德科技是 AXIe 联盟的创始成员。



[www.lxistandard.org](http://www.lxistandard.org)

局域网扩展仪器 (LXI) 将以太网和 Web 网络的强大优势引入测试系统中。是德科技是 LXI 联盟的创始成员。



[www.pxisa.org](http://www.pxisa.org)

PCI 扩展仪器 (PXI) 模块化仪器提供坚固耐用、基于 PC 的高性能测量与自动化系统。

## 下载软件, 为您开辟测量新视野

是德科技软件将我们渊博的专业技术集于一身, 供您轻松下载使用。从设计首次仿真到产品首次装运, 是德科技软件工具能够帮助工程师团队加快从数据采集到信息处理再到有效分析的过程。



- 电子设计自动化 (EDA) 软件
- 应用软件
- 编程环境
- 生产力软件

如欲了解更多信息, 请访问:

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

开始 30 天免费试用

[www.keysight.com/find/free\\_trials](http://www.keysight.com/find/free_trials)

## 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

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  
[www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty](http://www.keysight.com/find/ThreeYearWarranty)  
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/1000X-Series](http://www.keysight.com/find/1000X-Series)

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