

# 卫星载荷和组件测试

使用罗德与施瓦茨仪器



产品手册  
版本02.00

**ROHDE & SCHWARZ**

Make ideas real





**罗德与施瓦茨提供卫星市场所需的测试与测量解决方案, 帮助工程师开发和测试卫星转发器、模块和组件。**



# 目录

## 测试理念的变化

▶ 第4页

## 群延时测量

▶ 第6页

## 线性度和增益转移测量

▶ 第10页

## 噪声功率比(NPR)

▶ 第12页

## 信号质量测量

▶ 第14页

## OFDM信号生成和分析

▶ 第16页

## 杂散测量

▶ 第18页

## 噪声系数和增益测量

▶ 第20页

## 放大器和混频器噪声系数测量

▶ 第21页

## 热真空腔测试

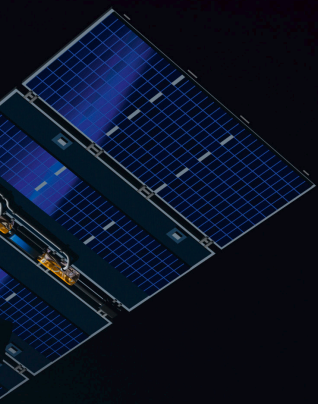
▶ 第22页

## 数字接口测试

▶ 第24页

## 针对有效载荷组件的射频测量

▶ 第26页





# 测试理念的变化

无论是对商用还是政府的用途，卫星通信系统都必须满足用户在直播、无线通信和遥感应用中的广泛需求。这些系统必须能持续可靠地运行，并达到数十年的使用寿命。它们必须经过全面测试，以确保卫星在生命周期内的服务质量。

目前的卫星系统需要满足未来需求，以便与现有蜂窝网络和新兴无线技术完全兼容。从弯管式或数字透明式有效载荷到数字再生式有效载荷的技术演进提高了系统容量和灵活性，也增加了测试复杂性。再生式转发器包含多个附加功能，例如数字信号解调、基带信号处理、切换以及信号调制。

卫星制造企业需要全面测试射频通信系统和组件，确保全天候连续运行和高质量服务。另一方面，由于上行链路和下行链路波束总数的增加所带来系统复杂性的显著提高（上行链路的单路数字数据流对应下行链路的多路数据流），卫星设备制造商需要缩短测试时间并降低相关测试成本。

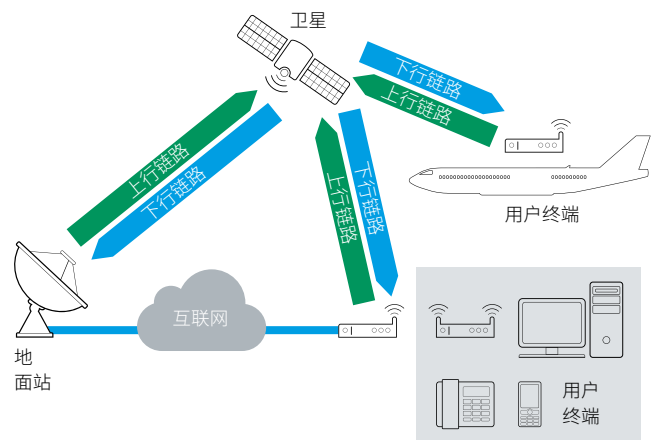
要解决这些问题，就需要兼具高测量性能和可重复性的解决方案，以便简单、快速且可重复地开展测试和测量。



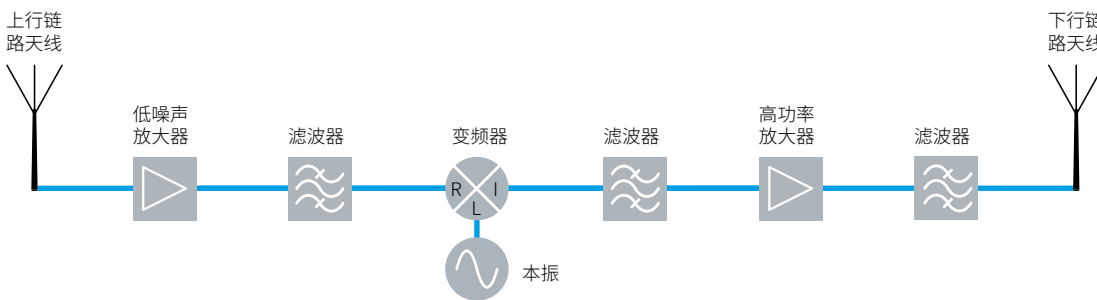


罗德与施瓦茨提供创新的射频和毫米波测量解决方案,可帮助客户更好地设计、开发和测试卫星有效载荷、有效载荷子系统和组件,同时满足客户对性能、成本和时间的要求。后续章节将介绍适用于卫星有效载荷和组件测量的射频测试与测量解决方案。

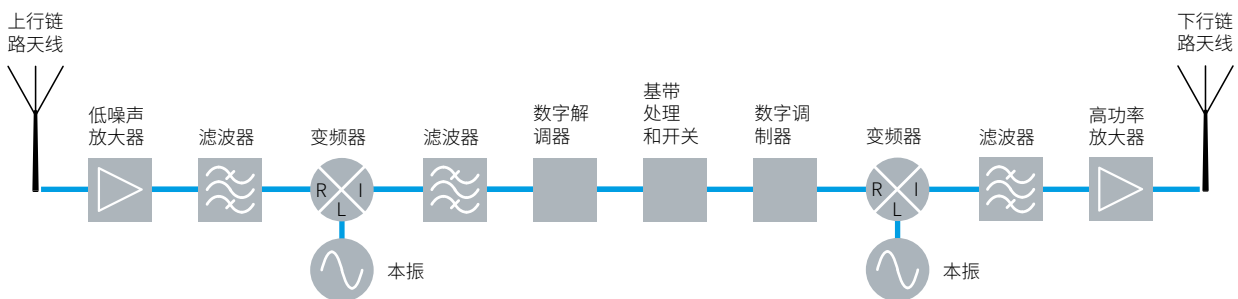
### 卫星通信网络组件



### 弯管卫星有效载荷信道的系统组件 (如滤波器、放大器和变频器)



### 再生式有效载荷信道的系统组件



# 群延时测量

要测量卫星通信中传输路径的质量,可使用群延时测量确定相位失真。

## 使用频谱分析仪和信号发生器测量转发器模块与变频器群延时

R&S®FSW频谱分析仪和R&S®SMW200A信号发生器可快速准确地测量卫星转发器、变频器和和其他组件的绝对与相对群延时。按照多载波群延时测量方法,信号发生器会发射多载波连续波信号作为激励信号。多音信号的数量和信号之间的间隔(孔径)可以根据被测设备的要求进行调整。R&S®FSW频谱分析仪通过两个步骤执行此类测量:

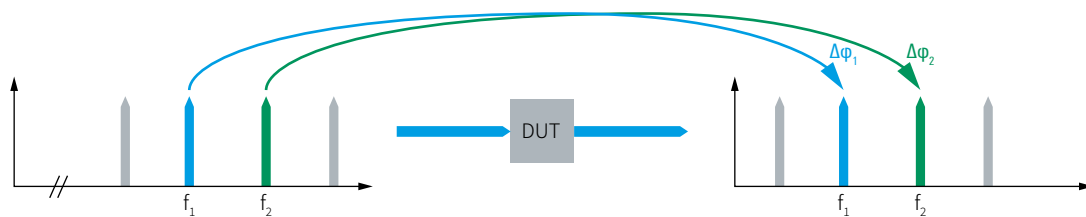
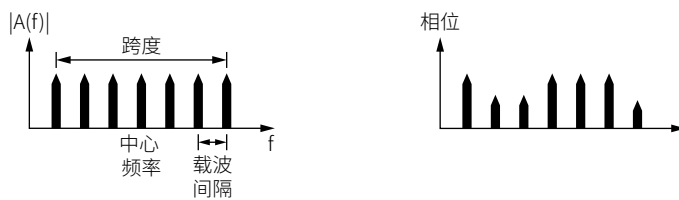
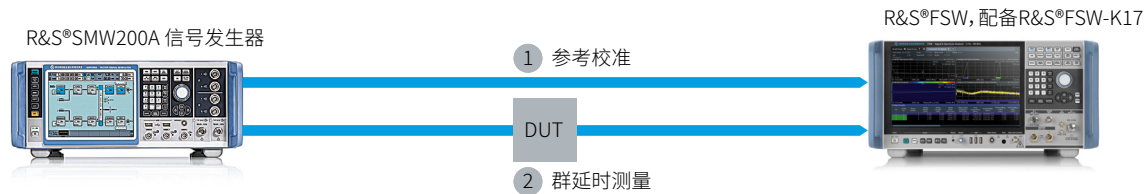
### 第一步 - 参考校准

将信号发生器直连至分析仪,以便分析仪确定各载波的参考相位和幅度。

### 第二步 - 群延时和增益测量

连接被测设备(DUT),分析仪根据参考信号和在DUT输出端测量的多载波信号之间的相位差,精确测定整个载频范围内的群延时。

## 使用R&S®SMW-K61和R&S®FSW-K17多载波群延时测量功能开展群延时测量



群延时  $\tau = \frac{-1}{360^\circ} \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta f}$

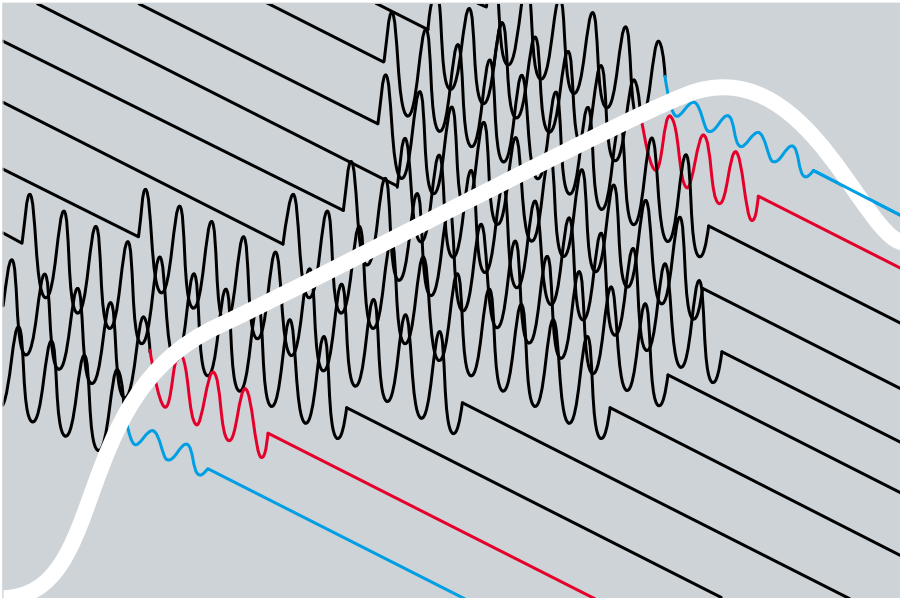
频移  $\Delta f = f_1 - f_2$

相移  $\Delta\phi = (\phi_{1\text{out}} - \phi_{2\text{out}}) - (\phi_{1\text{in}} - \phi_{2\text{in}})$

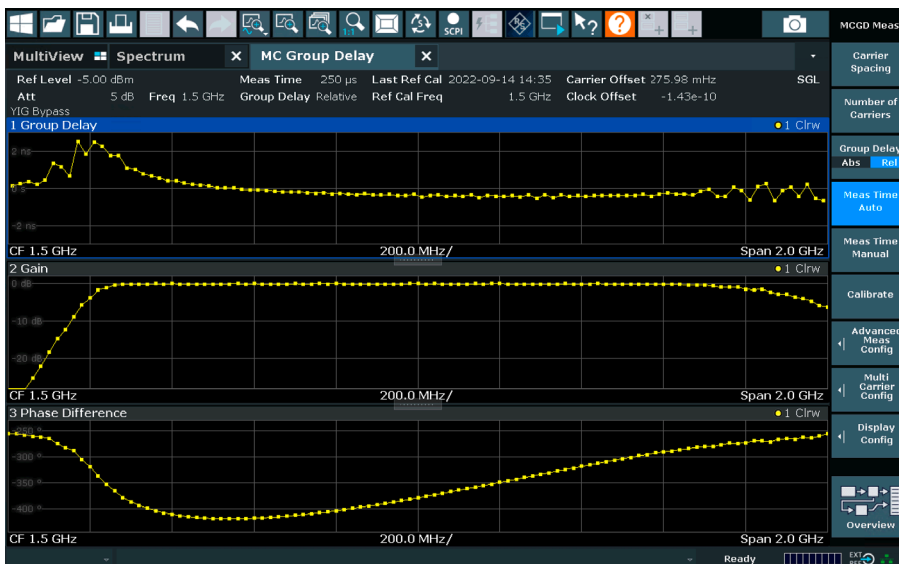


## 多载波测量方法具备以下优势

- ▶ 可以在数毫秒内测量宽带信号的绝对和相对群延时
- ▶ 对信号进行平均和平滑处理可以提高载噪比, 从而获取有效的信号路径损耗结果
- ▶ 自动补偿在轨测量的多普勒效应
- ▶ 可以测量变频器的相对群延时特性, 测量精度能达到1 ns; 无需使用参考混频器或基准设备
- ▶ 在非变频测量中, 相对群延时测量精度能达到300 ps
- ▶ 可在内部灵活生成多载波连续波(MCCW)信号和调制信号; 可在R&S®SMW200A矢量信号发生器上配置载波间隔和数量
- ▶ 去嵌功能可以校正测量装置中电缆和夹具的频率响应
- ▶ R&S®FSW-K17S选件可以测量信噪比低(SNR)的宽带信号, 通过分析整个信号的子跨度提高SNR和测量速度



带通滤波器群延时。此图显示了带通滤波器如何在频带边缘增加了信号群延时。在卫星通信系统中, 要确定每个信道中频带边缘的失真值, 必须测量变频器或转发器信道的相对群延时。



带通滤波器的相对群延时测量。

## 在无需接入本振的情况下使用矢量网络分析仪(VNA)测量变频器的群延时

通常情况下，只有当被测设备具有高度稳定的内部本振时，才可以在无本振接入的变频设备上对群延时和相对相位进行测量。漂移或噪声导致的相位和频率偏差会严重限制可用方法的精确性和适用性，而罗德与施瓦茨的双音技术有效克服了这些限制。

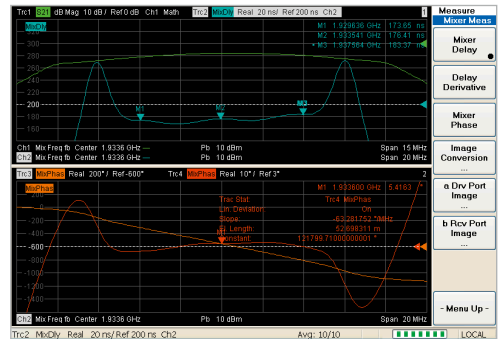
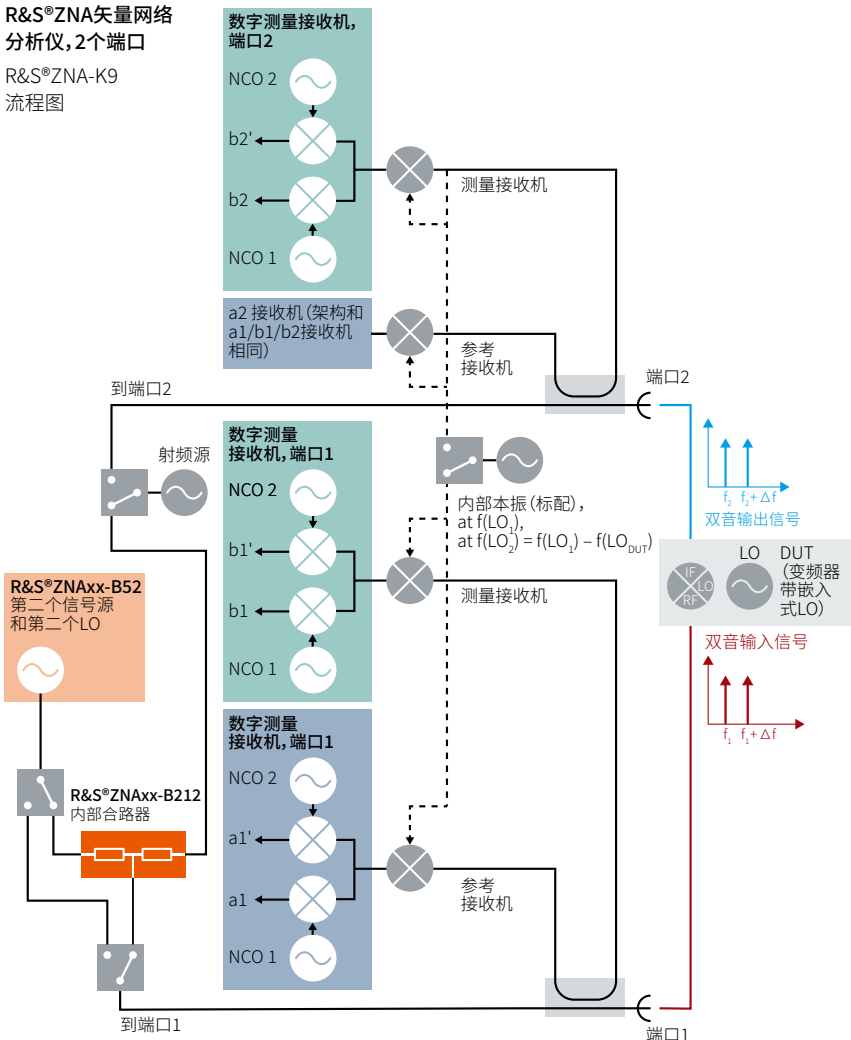
通过双音激励信号，R&S®ZNA矢量网络分析仪可以依次在被测设备的输入端和输出端测量两个信号之间的相位差。与传统的S参数技术不同，新技术通过相位差和频率偏移计算群延时。两个信号之间的频率偏移 $\Delta f$ 即为孔径。为测量两个具有不同频率的信号之间的相位，罗德与施瓦茨开发了适合R&S®ZNA的独特前端。只需一个未知直通混频器即可进行校准。此方法非常适用于带有不稳定本振的变频被测设备，因为被测设备的内部本振可能在中频带宽范围内(最高数赫兹)出现频率和相位偏移。

新型内部合路器简化了测量装置，两个信号无需外部连接。双端口R&S®ZNA可以选配第二个信号源来测量嵌入式本振变频器的群延时和互调。内部接收机提供两个独立本振，允许使用混频器同时测量射频/中频信号。测量速度是使用单个本振的两倍，变频损耗和群延时测量的迹线噪声也有所降低。

除了群延时之外，R&S®ZNA还通过群延时积分来计算相对相位和线性相位偏移。

## 网络分析仪测试装置

R&S®ZNA矢量网络分析仪, 2个端口  
R&S®ZNA-K9  
流程图



同时显示多个测量结果:

- ▶ 变频损耗 (绿色)
- ▶ 群延时 (蓝色)
- ▶ 相对相位 (橙色)
- ▶ 线性相位偏移 (红色)





# 频谱分析仪和网络分析仪群延时测量装置对比



频谱分析仪和信号发生器	矢量网络分析仪
<b>仪器</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ R&amp;S®FSW信号与频谱分析仪, 配备R&amp;S®FSW-K17选件</li> <li>▶ R&amp;S®SMW200A矢量信号发生器, 配备R&amp;S®SMW-K61选件</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ R&amp;S®ZNA矢量网络分析仪, 配备R&amp;S®ZNA-K9、R&amp;S®ZNA-K4、R&amp;S®ZNAx-B52和R&amp;S®ZNAx-B212选件 (x = 26/43/50/67)</li> </ul>
<b>测量原理</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 矢量信号发生器产生多载波信号</li> <li>▶ 测量载波之间的相移/相位差, 然后根据相移测量结果来计算群延时</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ R&amp;S®ZNA产生双音信号</li> <li>▶ 在参考接收机和测量接收机中测量载波相位</li> </ul>
<b>优点</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 快速测量, 一次即可成功</li> <li>▶ 补偿在轨测量的多普勒效应</li> <li>▶ 特殊选件可用于测量低SNR的宽带信号</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 带双音信号的高单载波功率电平 (相比多载波连续波激励)</li> <li>▶ 高动态范围和功率范围</li> <li>▶ 可用整个VNA频率范围</li> <li>▶ 全面的被测设备特征校准</li> <li>▶ 即使嵌入式本振出现明显漂移, 也能保证可靠测量</li> </ul>
<b>建议</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 适合测试完整有效载荷</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 适合组件级测试</li> </ul>

# 线性度和增益转移测量

卫星通信系统的射频工程师需要测量功率放大器和变频器等卫星转发器或组件的特性。典型测量包括增益压缩、幅度/幅度、幅度/相位、失真、噪声功率比(NPR)和邻道泄漏比(ACLR)测量。

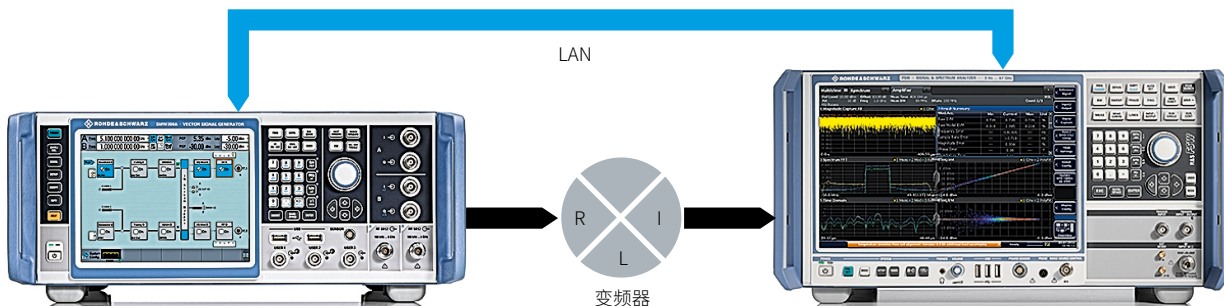
**使用矢量信号发生器和频谱分析仪测量线性度与增益转移**  
结合使用R&S®SMW200A矢量信号发生器和R&S®FSW矢量信号分析仪(配备R&S®FSW-K18选项),可通过实际调制和分析测量被测设备特性。

R&S®FSW-K18控制R&S®SMW200A,因此能够读取用于被测设备的参考信号。参考信号和被测设备发射信号进行同步,提供准确的测量结果。

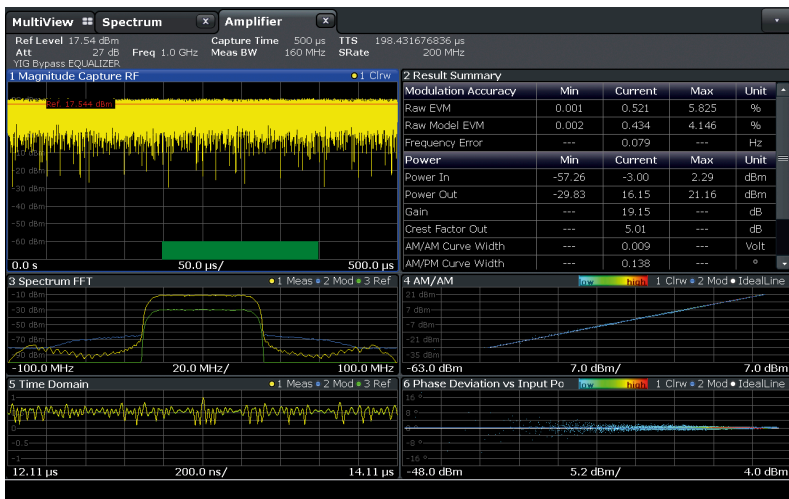
这种测量方法的主要优势包括:

- ▶ 使用连续波功率扫频作为参考信号或数字调制信号进行测试,确定被测设备在实际条件下的性能,且测试所用信号的带宽和峰值因子与目标应用相同
- ▶ 分析带宽高达8.3 GHz,可测量高带宽的放大信号
- ▶ 直接数字预失真(直接DPD)可补偿记忆效应,有助于实现被测设备的最佳性能(R&S®FSW-K18D选项)
- ▶ 用户可以使用R&S®FSW-K18M直接推断并导出高性能DPD的记忆多项式系数。R&S®FSW-K18M选项还包含哈默斯坦模型,能够结合罗德与施瓦茨信号发生器用于实时记忆DPD应用
- ▶ R&S®FSW-K18和R&S®SMW-K541支持基于多项式/模型的DPD方法
- ▶ 参数扫描提供3D图,可以快速查找被测设备的最佳工作点

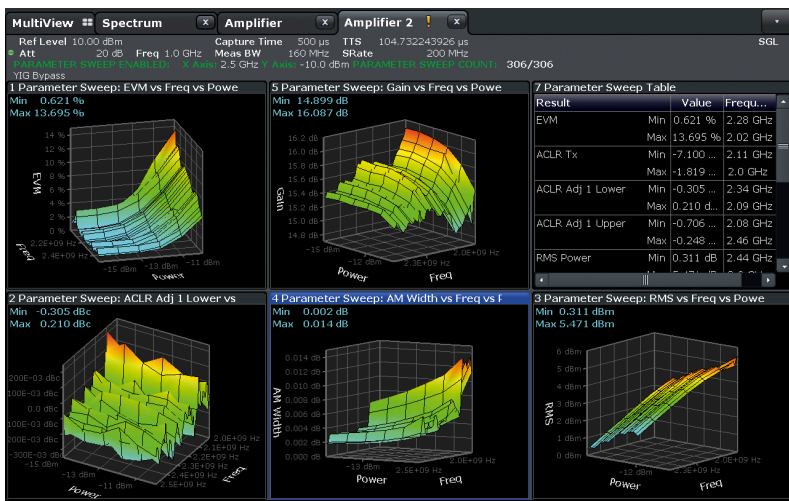
**使用R&S®SMW-K541和R&S®FSW-K18测量双端口设备(如放大器、变频器和转发器)的紧凑型装置**



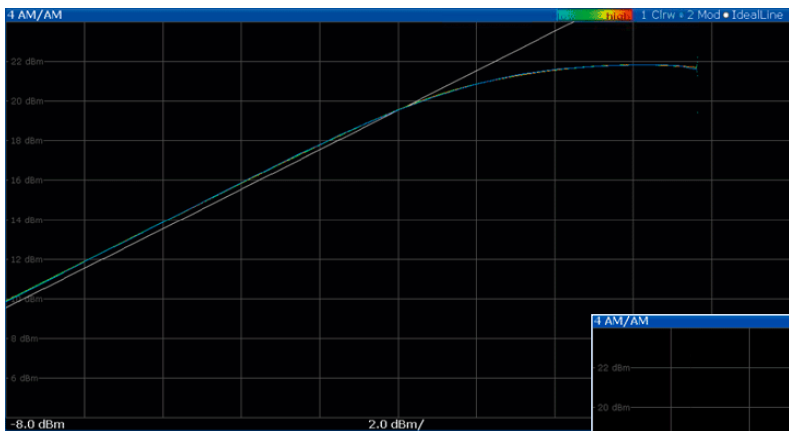




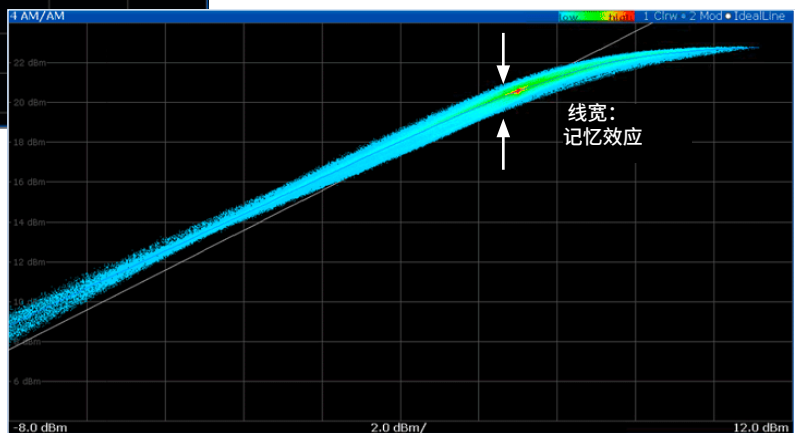
通过一次测量全面测试双端口设备的特性。



3D图(功率/EVM/频率)有助于快速确定被测设备的最佳工作点。



放大器的增益转移曲线测量(AM/AM)。在上图曲线中, R&S®SMW200A数字基带的连续波斜坡扫描信号被用作激励信号。如预期一样, AM/AM曲线显示为直线。使用R&S®SMW200A生成的数字调制信号进行测量并得到右图曲线。AM/AM为云状曲线;线宽为放大器记忆效应。



# 噪声功率比(NPR)

噪声功率比是标准射频有效载荷测试中的一个重要指标。NPR测量可用于测试射频转发器的线性度,还可以模拟多信道通信有效载荷中类似高斯噪声的分布。

## 转发器和组件NPR测量

NPR可以测量射频输出链的互调和噪声基底。R&S®SMW200A信号发生器发送的激励信号包括多个带陷的连续波载波。转发器或组件输出端的信号陷入深度越大,被测设备生成的互调分量就越少。

配备R&S®SMW-K61选件的R&S®SMW200A矢量信号发生器生成多载波连续波(MCCW)信号,可以用于模拟宽带信号。

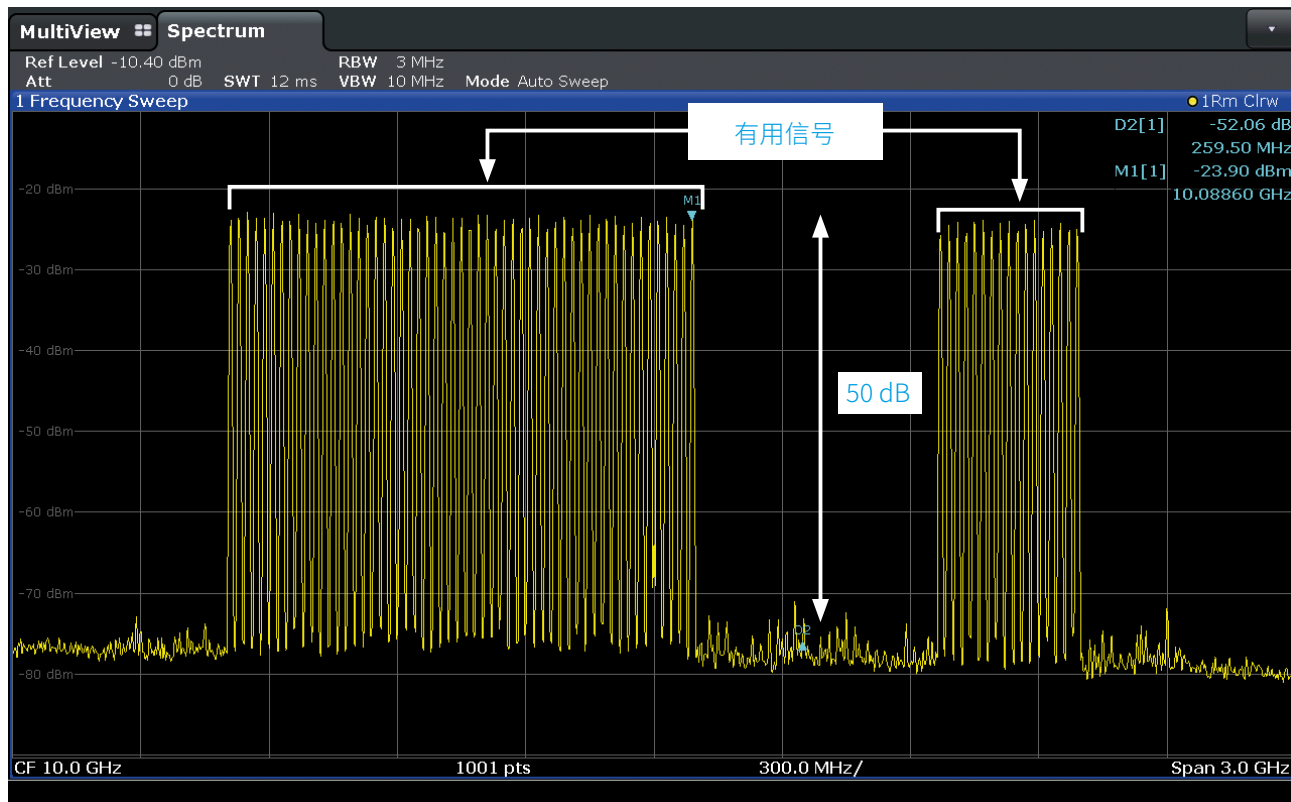
可以减少一组连续波音信号,生成带陡边且开关比最大约为50 dB的带陷信号。用户可以使用控制菜单调节陷入位置和宽度。R&S®FSW信号与频谱分析仪可以通过专用测量功能检查被测设备,测量所生成的陷入深度。

除了MCCW信号之外,R&S®SMW200A也可以生成带陷的AWGN或调制信号。带陷的调制信号可用于模拟被测设备的实际条件。

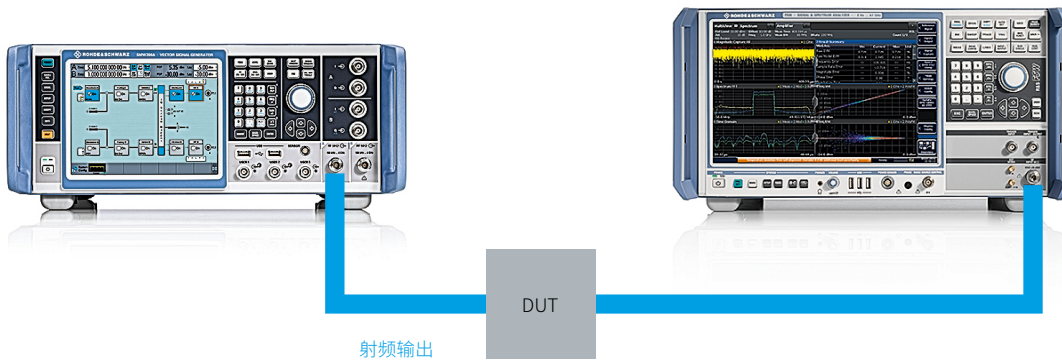
这种测量方法的优势包括:

- ▶ 无需事先校准,使用2 GHz带宽的平滑信号即可测量高达50 dB的NPR信号陷入深度
- ▶ 轻松创建并修改测试信号
- ▶ 轻松读取R&S®FSW分析仪的测量结果

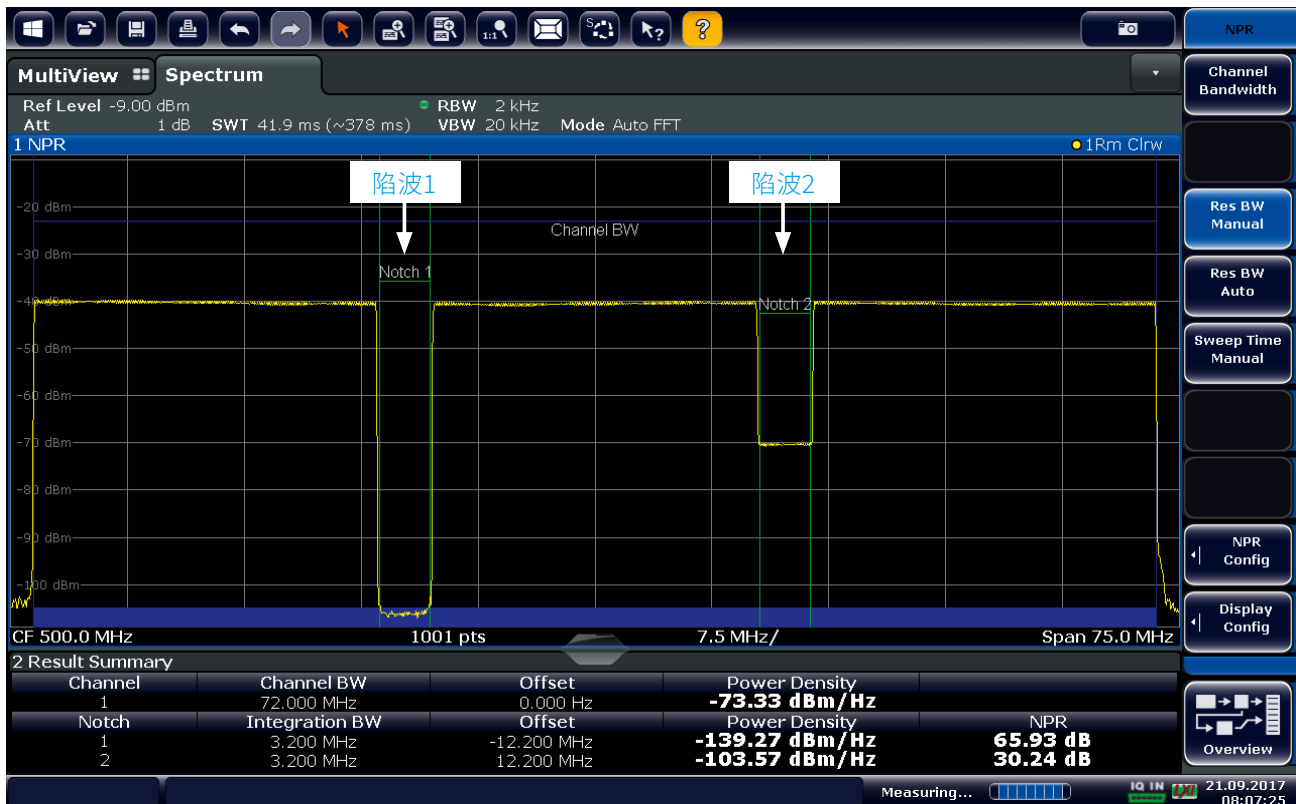
R&S®SMW200A矢量信号发生器生成带宽为2 GHz的多载波连续波(MCCW)信号。



# 使用R&S®SMW-K61和R&S®FSW进行NPR测量



使用R&S®FSW信号与频谱分析仪进行NPR测量。





# 信号质量测量

在卫星集成和在轨操作过程中验证卫星链路的质量, 必须测量调制精度和误码率(BER)。

测量调制精度和BER, 通常需要分析在轨卫星或地面站在不同频率下发射的载波的功率和数字解调特性。误差矢量幅度(EVM)是测定转发器内部再生信号质量的重要参数。

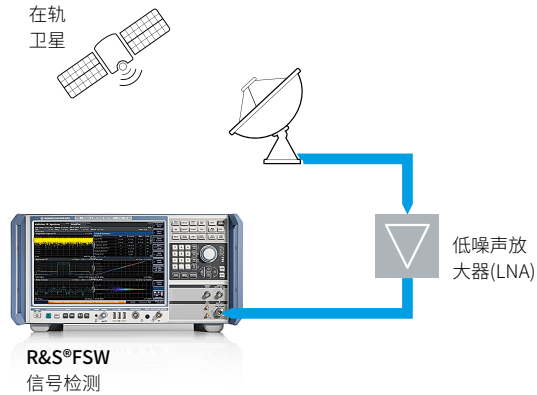
R&S®FSW-K70矢量信号分析(VSA)选件可轻松读取EVM、BER、信号幅度和相位等参数。R&S®FSW-K70选件将卫星收发的信号与理想参考信号进行对比, 从而测定收发信号的质量。R&S®FSW-K70选件根据被测设备发射的信号以及调制类型和符号率等用户设置来计算参考信号。

配备R&S®FSW-K70选件的矢量信号分析仪可以:

- ▶ 使用最高8.3 GHz的信号分析带宽分析数字调制单载波信号
- ▶ 分析调制
- ▶ 使用针对DVB-S2(X)、DVB-S2X Annex E和DVB-RCS2的预定义标准设置
- ▶ 测量BER

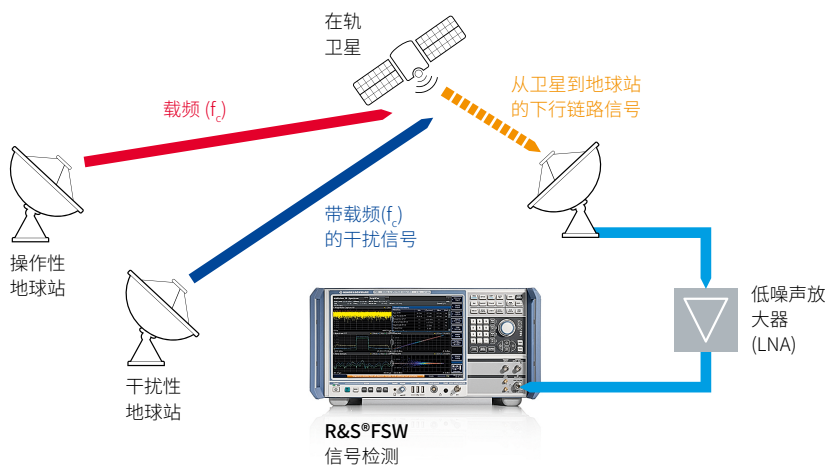
## 在轨卫星载波监控

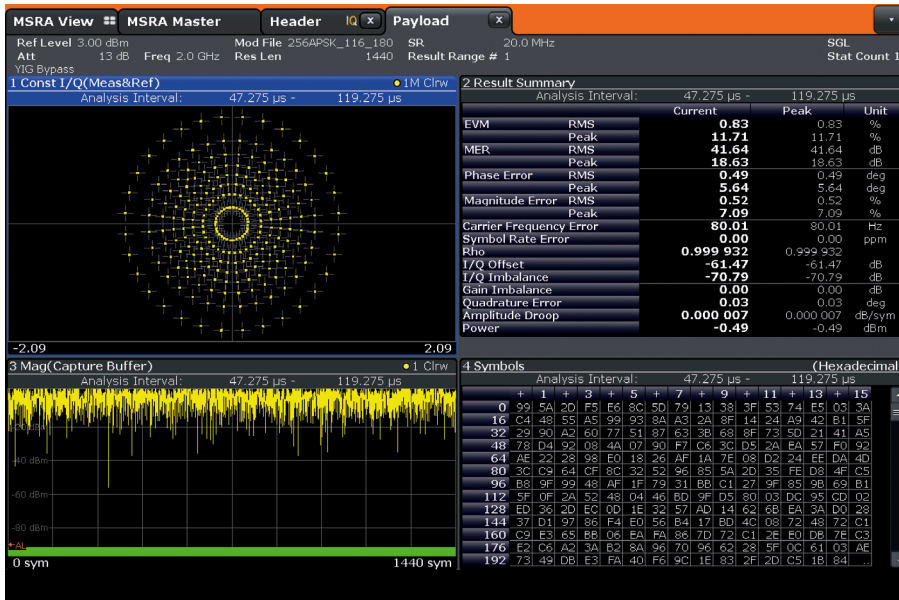
使用图中所示装置可以快速准确地监控卫星。根据地面站配置和所用频段, 可以使用频率范围不同的频谱分析仪。



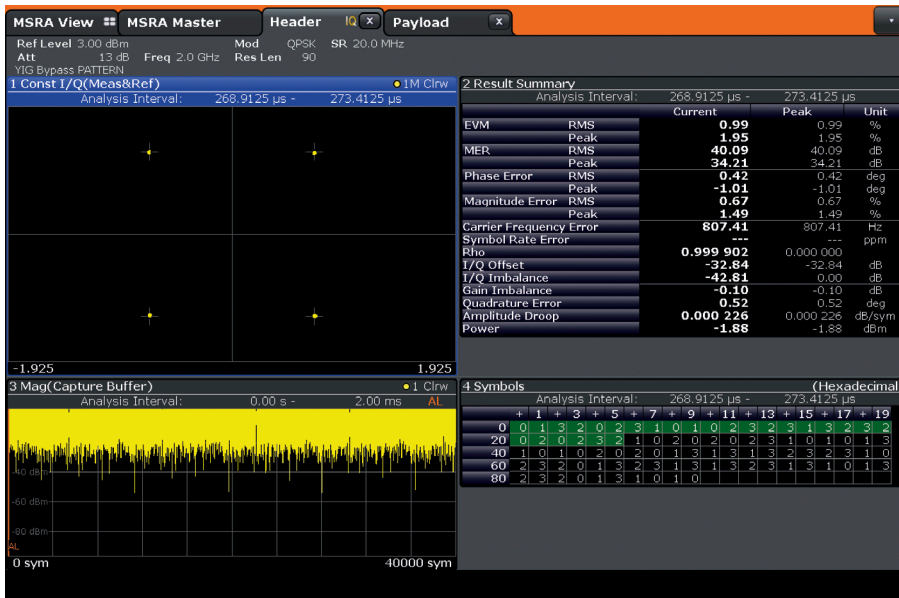
## 卫星链路的干扰排查: 载波间测量

载波间测量可展示VSA应用如何分析卫星链路的干扰并进行故障排查, 例如无线通信信号干扰操作地面站发射的信号, 或者卫星地面站互相干扰。在此类情况下, 干扰信号和被干扰信号处于相同频段, 并具备相同的调制特性。因此, 有用信号的质量会下降, 但查看频谱却无法立即检测到干扰信号。

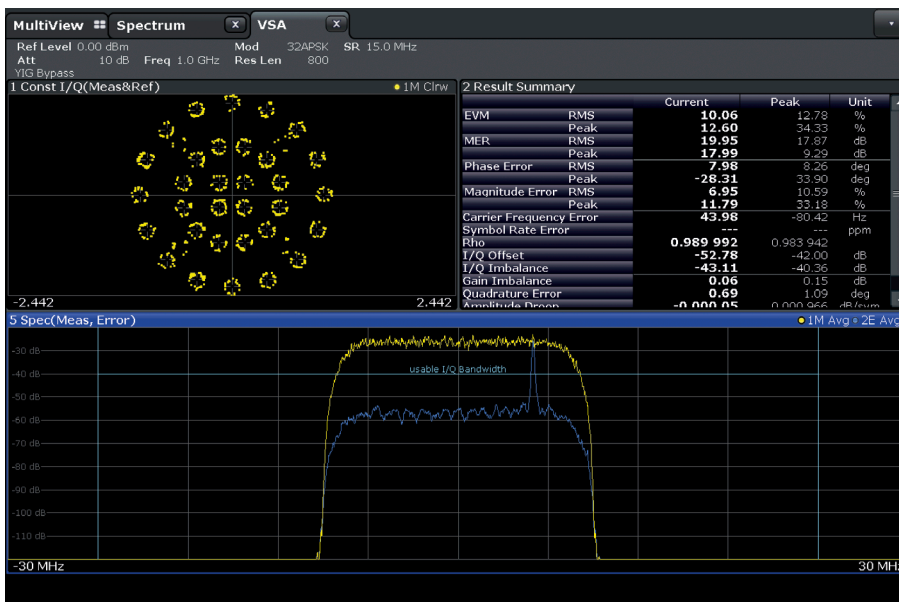




DVB-S2X信号针对帧有效载荷和帧头采用不同的调制方案。使用R&S®FSW多标准无线电分析仪 (MSRA)模式和R&S®FSW-K70选件可以分析不同的调制。根据此配置，R&S®FSW会使用同样的I/Q数据解调DVB-S2X信号的帧头和有效载荷数据，并在不同的窗口中分别显示性能参数和星座图等。在这种情况下，有效载荷采用256APSK调制，帧头和导频部分则使用更为可靠的QPSK调制。此屏幕截图为有效载荷子页。



此场景与上文屏幕截图中的场景相同。此屏幕截图为帧头子页。



此屏幕截图为干扰场景示例。有用信号为采样率为15 Msymbol/s的DVB-S2 32APSK调制信号。干扰GSM信号相对于有用信号的电平/频率偏移为-20 dB/5 MHz。结果汇总显示，有用信号的EVM增加了。误差频谱 (蓝色) 显示，干扰GSM信号所在的频段误差电平更高。

# OFDM信号生成和分析

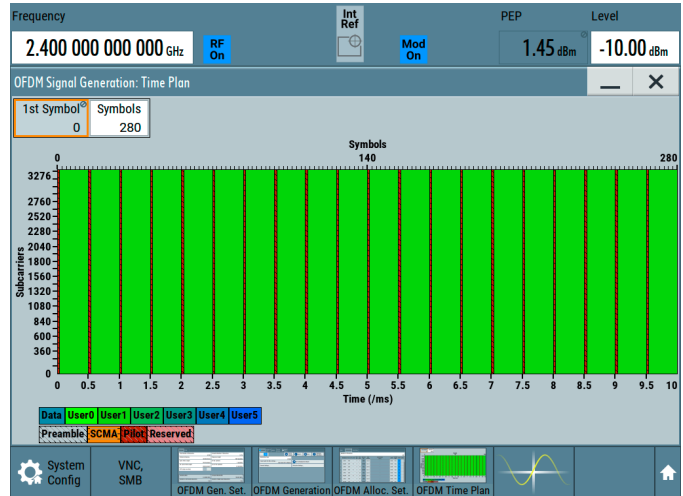
根据应用要求准确开发、测试和测量自定义OFDM信号。

## OFDM信号生成

许多现代通信标准都使用正交频分复用(OFDM)作为底层调制方案。R&S®SMW-K114 OFDM信号生成选件非常适合生成基于自定义OFDM的波形。

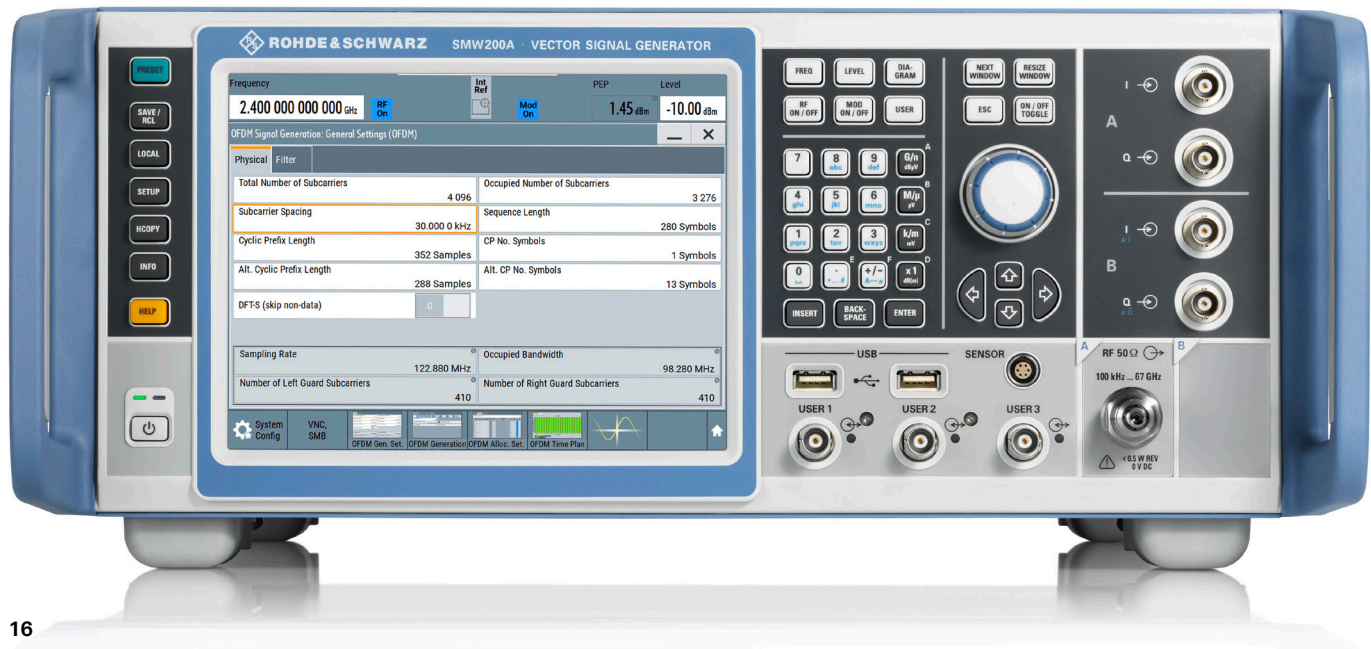
R&S®SMW-K114 OFDM信号生成选件为每个信号配置两种不同的循环前缀(CP)长度,并支持根据离散傅里叶变换扩频OFDM(DFT-s OFDM)的数据分配。该选件还可以使用BPSK、QPSK和QAM(最高256)调制为伪随机噪声或预定义数据序列以及用户自定义I/Q序列灵活分配导频和数据。

R&S®SMW-K114还可以生成滤波OFDM(f-OFDM)、通用滤波多载波(UFMC)、滤波器组多载波(FBMC)和广义频分复用(GFDM)信号。该选件还支持自定义信号滤波,还可以在OFDM信号中放置陷波以进行NPR测量。



分配时间计划预览。

自定义OFDM信号生成的通用设置。





## OFDM信号分析

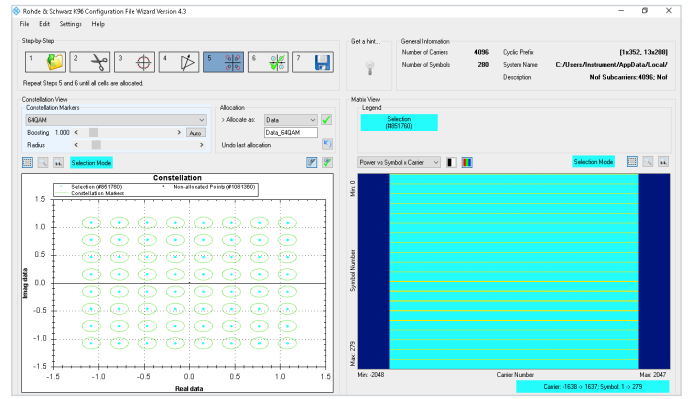
配备R&S®FSW-K96 OFDM信号分析选件后，R&S®FSW信号与频谱分析仪能够解调和分析FFT长度和循环前缀(CP)已知的自定义OFDM和DFT-s-OFDM (SC-FDMA)信号。可以使用CP或前导码序列(训练序列)来执行同步。

即使是复杂的OFDM通信标准，R&S®FSW-K96选件也能进行分析。但是，该选件的最大亮点在于灵活配置和设置测量参数。

定义信号和分配结构的配置文件可以直接从R&S®SMW-K114 OFDM信号生成选件导出，以便快速、简单地配置参数。

用户自定义的OFDM参数包括：

- ▶ 采样率、FFT长度、采集时间、采样长度
- ▶ 循环前缀长度：每个信号配置支持两种不同的循环前缀长度
- ▶ 前导码结构
- ▶ 导频和数据载波
- ▶ 每个导频样本的固定星座点
- ▶ 数据载波的不同调制格式
- ▶ 符号ID和比特流结果
- ▶ 突发识别
- ▶ 使用相位、时间和电平跟踪实现信道估计和均衡
- ▶ 循环延迟移位
- ▶ FFT移位
- ▶ 转换预编码



使用内置的文件向导轻松定义配置文件。

分析占用带宽为100 MHz的自定义OFDM信号。



# 杂散测量

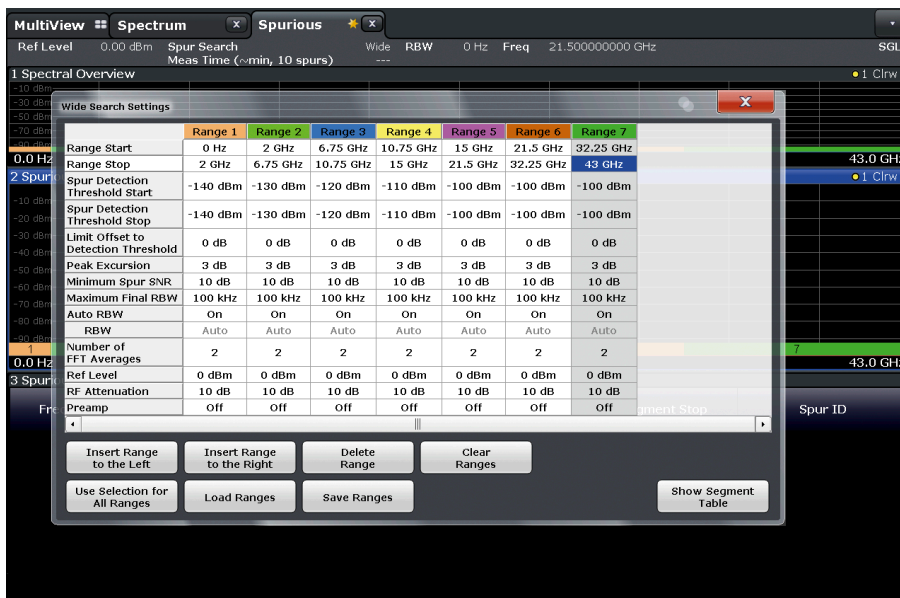
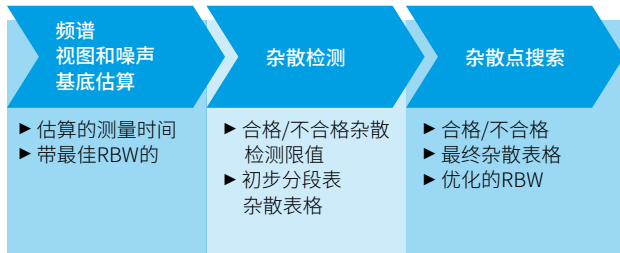
在设计、验证和制造射频与微波设备时，需要使用频谱分析仪搜索杂散发射。

卫星应用中的发射机和接收机设备必须满足非常严苛的杂散发射限值要求。这就意味着要在宽频率范围内检测低电平杂散。一般情况下，需要使用窄分辨率带宽(RBW)进行高灵敏度测量。但这样一来，测量时间要长得多。即使采用配备FFT滤波器的快速频谱分析仪，杂散搜索也可能花费数小时甚至数天。

R&S®FSW-K50杂散测量应用通过创新的三步法检测并确定杂散。首先通过快速扫描测定最佳RBW。然后进行二次扫描，检测可能的杂散。最后快速搜索每个已知的杂散频率，确定峰值是实际杂散、噪声伪像还是分析仪内部杂散。这一步能够进一步降低RBW以满足信噪比要求。

一种新型杂散搜索算法可自动执行杂散测量，并提高了测量速度。

## R&S®FSW-K50杂散测量应用的测量流程

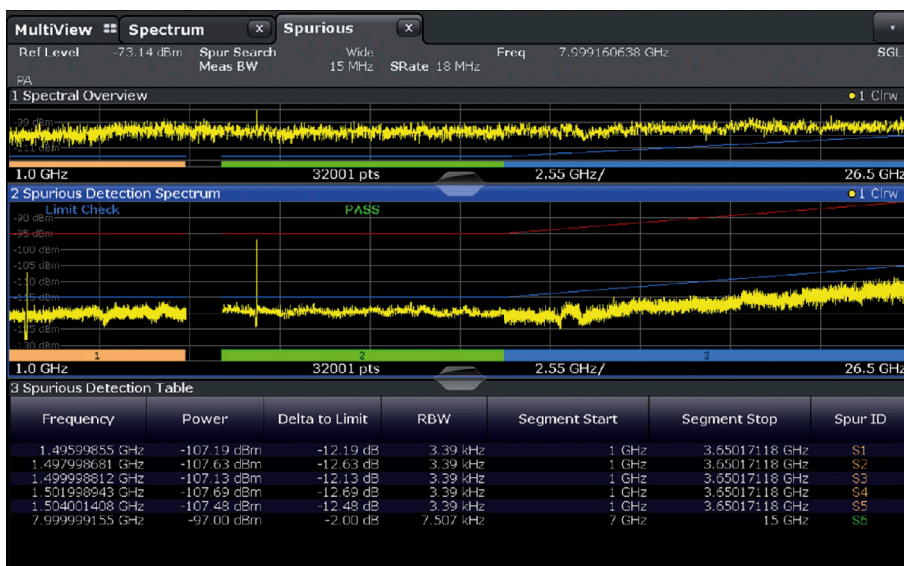


大范围杂散搜索的测量设置。每个频率范围的可配置参数。

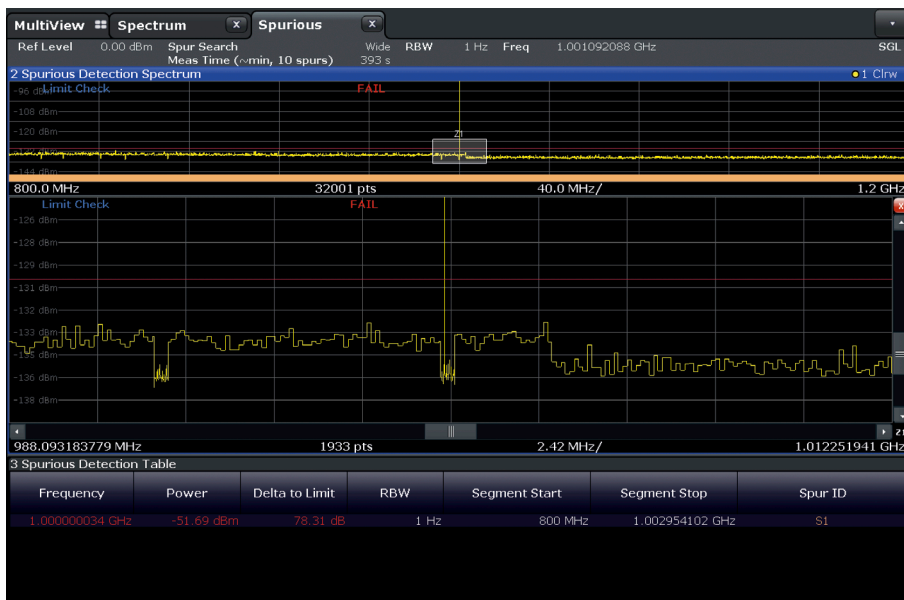
与传统的杂散测量应用相比, R&S®FSW-K50具备多种优势:

- ▶ 杂散搜索速度是现有频谱分析仪的近30倍, 尤其是在低RBW的情况下
- ▶ 根据最大允许杂散水平和所需信噪比(SNR)自动计算RBW
- ▶ 具备两种不同的测量模式: 适用于未知杂散场景的大范围搜索测量和适用于特定频率的定向搜索测量

杂散测量应用结果屏幕。



缩放杂散点搜索。降低杂散的RBW以减少噪声基底并满足用户设定的SNR要求, 同时测定峰值是否为实际杂散。





# 噪声系数和增益测量

R&S®FS-SNS智能噪声源自动加载必要的设置参数,并考量环境温度,能够简单准确地测量噪声系数和增益。测量不确定度自动进行计算并显示在结果屏幕上。

## R&S®FS-SNS智能噪声源主要特性

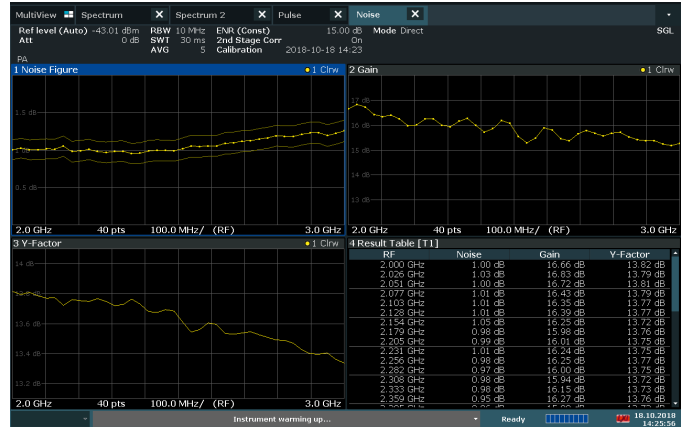
- ▶ 频率范围高达18 GHz、26.5 GHz、40 GHz、55 GHz或67 GHz
- ▶ 可用于R&S®FSW、R&S®FSV3000、R&S®FSVA3000、R&S®FPL1000信号与频谱分析仪, R&S®FSWP相位噪声分析仪和VCO测试仪, R&S®ZNL矢量网络分析仪
- ▶ 自动加载ENR表格
- ▶ 根据ENR不确定度和反射系数表自动计算测量不确定度
- ▶ 自动读取温度以提高准确度

## 使用频谱分析仪测量噪声系数和增益

使用频谱分析仪测量噪声系数和增益时,需要借助在被测设备输入端具有明确(白)噪声的超噪比(ENR)噪声源。Y因子表示有该加性噪声和无该加性噪声时被测设备输出端的噪声功率比。这可用于计算被测设备的噪声影响、噪声系数和增益。

尽管噪声源在指定频率范围内的输出信号特性接近白噪声,但与频率响应和温度仍有轻微的相关性。为了消除与理想特性的偏差,噪声源附带的纸质表格说明了噪声源与频率和温度相关的ENR特性。校正值必须手动传输至噪声系数测量软件。R&S®FS-SNS智能噪声源在频谱分析仪计算中使用电子ENR和环境温度表,省略了这个耗时且容易出错的步骤。

R&S®FS-SNS智能噪声源使用作为电源和控制接口的7针电缆连接到分析仪。对于无连接器的仪器,可以使用适配器电缆。连接到带有R&S®FSx-K30噪声系数测量固件的频谱分析仪后,仪器会自动设置所有参数。



使用R&S®FSx-K30应用固件测量噪声系数和增益。除了结果表格和噪声系数迹线之外,屏幕上还可以显示计算出的增益和Y因子不确定度。



R&S®FS-SNS能够简单准确地测量噪声系数和增益。

# 放大器和混频器噪声系数测量

R&S®ZNA-K30选件可以分析放大器、变频器和收发模块的噪声系数。用户可以添加硬件选件以进一步增强此功能，例如为高增益放大器提供低电平激励信号，或者准确测量低增益/低噪声系数LNA。

## 一次连接测定全部参数

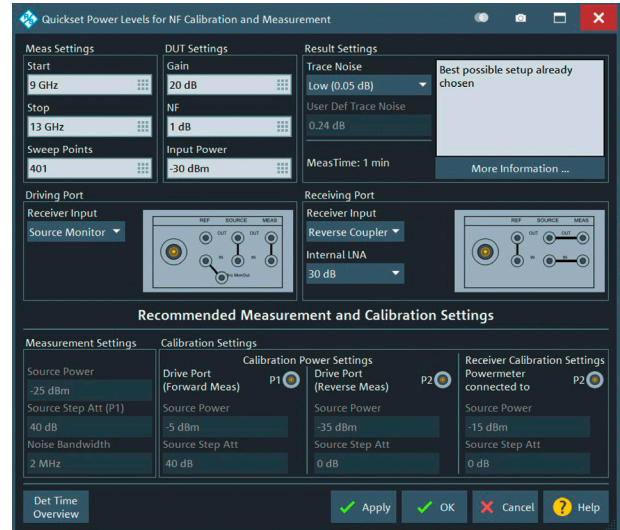
R&S®ZNA不使用噪声源来确定噪声系数，而是直接测量收发端的绝对噪声功率，提供被测设备输入输出端的信噪比。仪器会进行绝对功率电平校准和系统误差校正。仪器使用手动校准套件、校准单元和功率探头进行校准，无需外部噪声源等其他设备。便捷的“全部校准”功能涵盖整体设置。放大器、变频器和收发模块等被测设备只需连接一次，即可多方位测量设备特性，包括测量（变频）增益/损耗、互调失真、功率压缩点和群延时。图形用户界面将测量路径中的硬件组件显示为图形元素，有助于配置所有细节。所有相关设置一目了然。

## 校准功能和设置

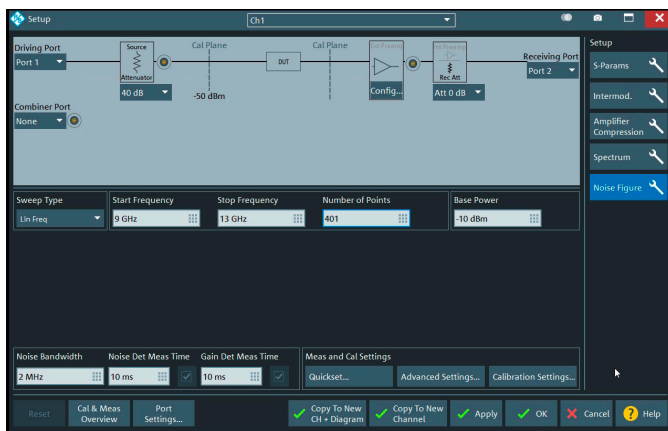
低激励功率和高测量功率可能增加不确定度，导致无法满足测试精度要求，尤其是高增益变频器的测试要求。主界面提供重要参数，指导用户轻松确认并配置所需设置。系统误差校正中使用的校正算法提供准确可靠的结果。

## Quickset—快速直观地配置合适设置

功能强大的Quickset对话框是主配置界面的一个重要功能，可以根据估计的被测设备特性（例如近似噪声系数和增益）和所需的噪声系数迹线噪声指导用户确定所需设置。R&S®ZNA计算测量时间和信号源功率等参数，并显示建议的合适硬件配置。



Quickset对话框以交互方式半自动配置合适的测试参数与R&S®ZNA硬件



图形用户界面便于轻松配置噪声系数测量。

# 热真空腔测试

卫星有效载荷验证需要采用热真空腔(TVAC)模拟太空的极端环境和温度来进行性能测试。

现成的商用测试与测量设备不适用于TVAC环境。频谱分析仪、矢量网络分析仪和信号发生器等仪器必须置于TVAC外部，因此需要使用长电缆连接到腔内的被测设备。

测试装置中的电缆、适配器和开关的属性会随着TVAC的温度变化而出现偏差。当温度变化时，在真空腔内部进行的校准会失效。移动电缆和调整温度之后，需要定期进行重新校准以确保测量准确。在TVAC内部进行校准尤其困难，因为操作人员无法在真空条件下进入腔内。

罗德与施瓦茨开发了校准附件，确保上行链路和下行链路参考平面的测量准确度。例如，内联校准模块可以在移动电缆和调整温度后实时更新TVAC内部校准，功率计可以监控测试耦合器的上行链路和下行链路功率。

## TVAC的矢量网络分析仪多端口校准

R&S®ZN-Z33 (型号.03) 自动校准单元专用于TVAC内部操作，可以永久连接测试装置电缆和被测设备，随时进行重新校准。

只需在环境条件下通过直通连接执行一次基础的多端口校准。对于真空条件下的温度变化，内联校准单元可以通过远程控制重新校准腔内的被测设备。

R&S®ZN-Z33自动校准单元通过CAN总线连接至R&S®ZN-Z30控制器。R&S®ZN-Z30 CAN总线网络、R&S®ZN-Z32和R&S®ZN-Z33校准单元的控制操作集成到固件中。这些选项会自动被检测到，并轻松集成到用户界面中。

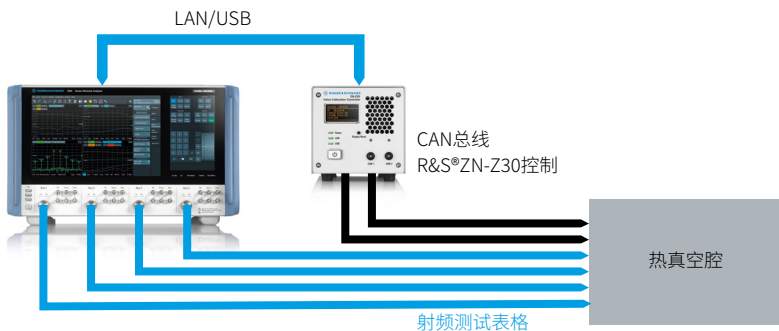
单个控制器支持多达48个内联校准模块，非常适合控制多端口被测设备。设备之间的距离最大为20米。装置支持即插即用。扩展功能可以校正适配器和分路器等辅助组件，还可以进行混频器测量。

R&S®ZN-Z33内联校准单元专用于TVAC内部操作。

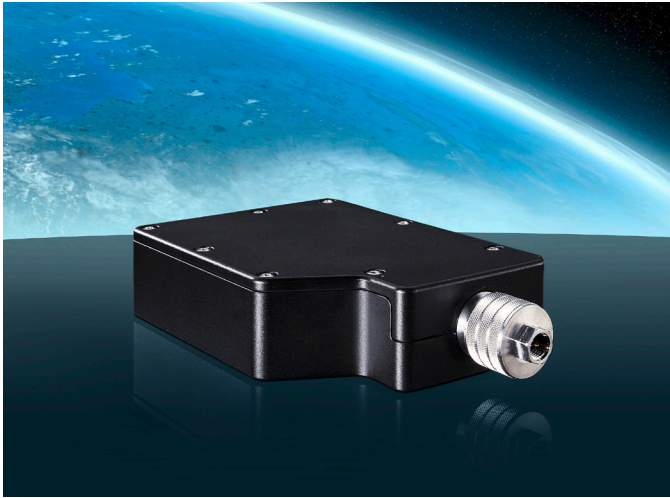


## 测量装置

R&S®ZN-Z30 CAN总线网络、R&S®ZN-Z32和R&S®ZN-Z33校准单元的控制操作集成到R&S®ZNA的R&S®SMARTerCal，能够无缝远程控制校准和现场重新校准。R&S®ZN-Z33内联校准单元可用于最高40 GHz的频率范围和TVAC环境。







适用于TVAC环境的特殊R&S®NRP33SN-V/R&S®NRP67SN-V三通道二极管功率探头。

## 功率测量

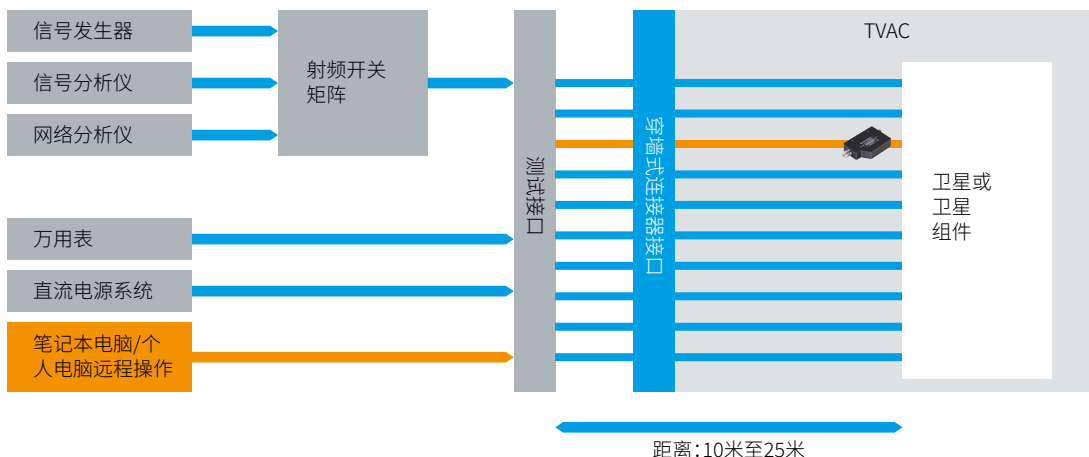
罗德与施瓦茨TVAC功率探头可以在TVAC条件下在TVAC中进行常规功率测量。R&S®NRP33SN-V和R&S®NRP67SN-V功率探头专门设计用于TVAC应用，符合欧洲航天局(ESA)的规范要求。R&S®NRP33SN-V和R&S®NRP67SN-V功率探头覆盖33 GHz至67 GHz的卫星通信频率范围，能够在高达93 dB的动态范围内快速进行高精度测量，不受信号带宽和调制类型的限制。通过以太网LAN连接供电，可以在真空腔外部轻松控制功率探头。

探头直接连接到腔内卫星的输入或输出端，无需使用长射频电缆，简化了测量设置和校准程序，同时可以靠近被测设备进行测量，提高了测量精度。罗德与施瓦茨TVAC电缆是用于连接腔内外设备的特殊LAN馈通装置，采用适用于真空环境的材料制成，并经过长时间烘烤以防止产生VOC和其他污染物。

这种解决方案的主要优势包括：

- ▶ R&S®ZN-Z33自动校准单元出厂时已经在-30°C至+80°C的温度范围内进行特征校准，确保可在真空条件下使用
- ▶ R&S®ZN-Z33具备低插入损耗（典型值：在1 GHz时为1.5 dB，在40 GHz时为5 dB）和高有效方向性（典型值：在700 MHz至20 GHz时为38 dB）
- ▶ 适用于多端口测试的紧凑型装置：一个R&S®ZN-Z30控制器支持多达48个校准单元
- ▶ 基础校准过程中可以进行平坦度功率校准（包含在R&S®SMARTerCal中）
- ▶ 即插即用配置
- ▶ 即使在TVAC也能获得准确的激励功率
- ▶ 针对辅助组件进行校正和（去）嵌入
- ▶ 变频器测试

## 罗德与施瓦茨校准单元和功率探头直接连接至TVAC内部的有效载荷



# 数字接口测试

卫星中不同系统和组件之间的数据通信至关重要,在任何条件下都必须确保通信顺畅。

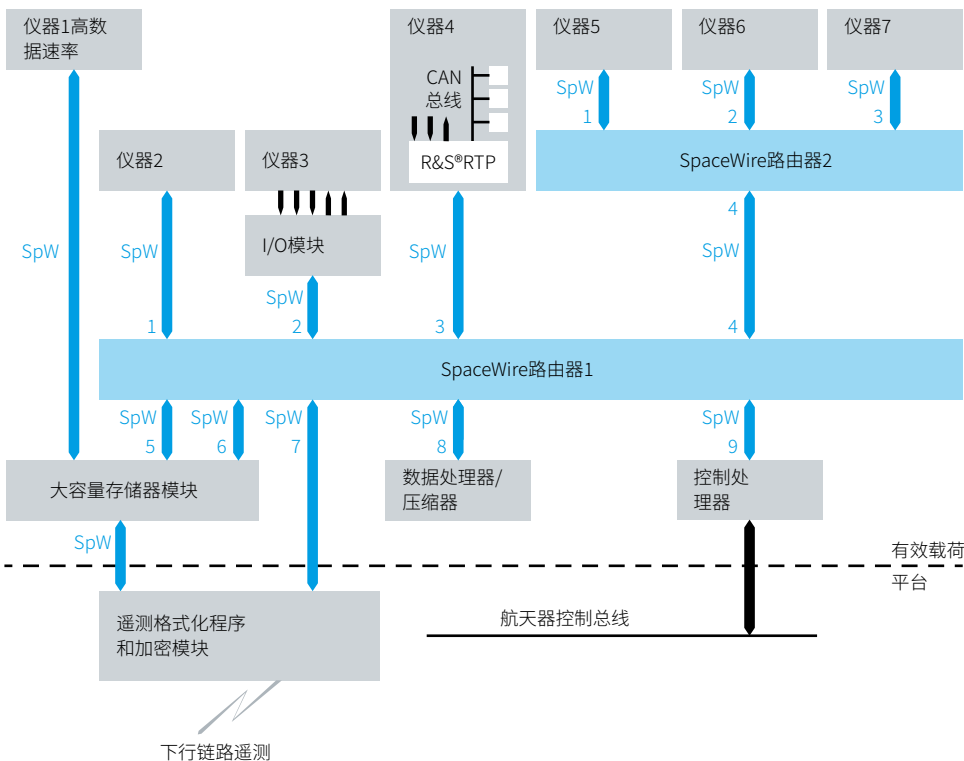
在有效载荷中以及有效载荷和卫星平台之间,不同仪器与模块通过数字数据和通信总线系统进行互连。先进系统使用SpaceWire等协议实现互连。

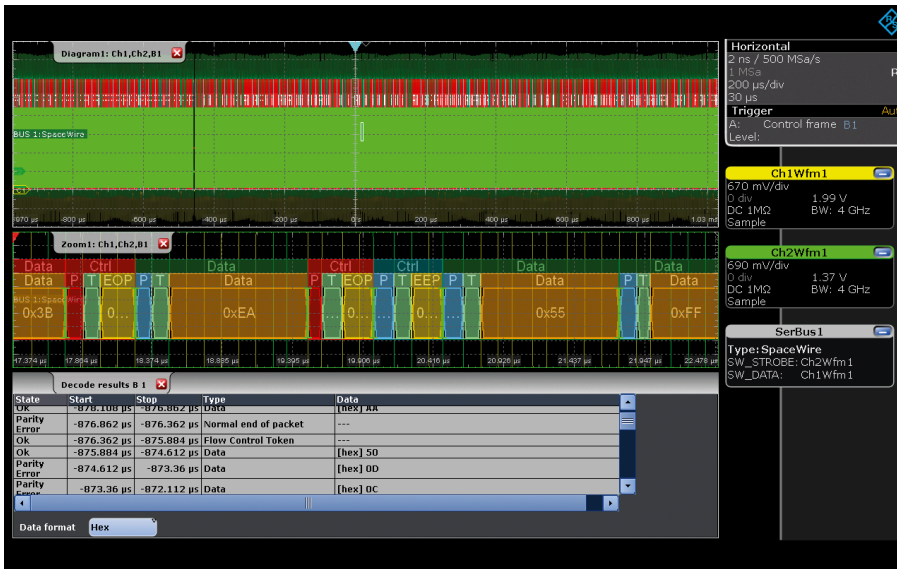
R&S®RTP和R&S®RTO6示波器可轻松解码和调试不同的总线标准,并提供多种功能来验证被测设备的性能:

- ▶ 触发和解码选件适用于标准和专有的总线系统,例如SpaceWire和8b/10b SpaceFibre
- ▶ 独特的时域和频域触发
- ▶ 轻松关联不同的事件,简化系统故障排查
- ▶ 良好的信号保真度,最高16位垂直分辨率
- ▶ 紧凑型设计,提供具有频率、协议和逻辑分析功能的全集成式多域测试解决方案
- ▶ 集成式任意波形和码型发生器,可用于设备控制和激励

## SpaceWire架构

两个SpaceWire路由器可用于连接卫星中的不同仪器和模块。

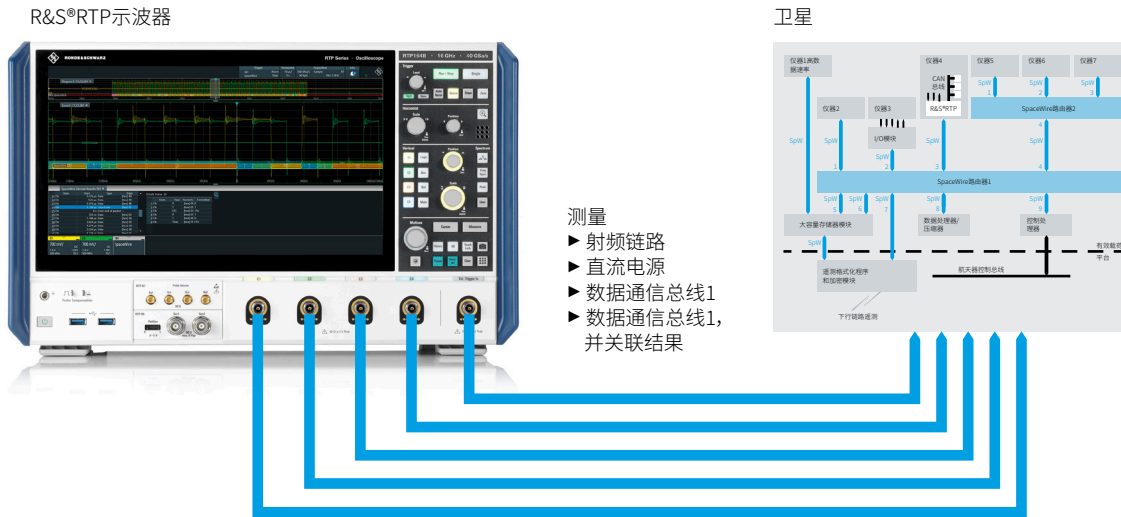




配备R&S®RTP-K65选项后，R&S®RTP能够轻松解码和调试SpaceWire串行协议。

### 配备四信道R&S®RTP示波器的调试测试装置

每个R&S®RTP信道测量一个不同领域(射频链路、直流电源和数据通信总线)，并关联测量结果。



### 适用于卫星数字接口测试的常用触发和解码选项

选项	串行标准	应用	解码	解码表	触发	标签支持	符号触发和解码	搜索
R&S®RTP-K1	I <sup>2</sup> C/SPI	嵌入式	•	•	•	•		•
R&S®RTP-K2	UART/RS-232/422/485	嵌入式	•	•	•			
R&S®RTP-K3	CAN/LIN (CAN-dbc)	汽车电子、工业	•	•	•	•	•	•
R&S®RTP-K6	MIL-STD-1553	航空航天	•	•	•	•		•
R&S®RTP-K7	ARINC 429	航空航天	•	•	•	•		•
R&S®RTP-K9	CAN-FD (CAN-dbc)	汽车电子	•	•	•	•	•	•
R&S®RTP-K50	曼彻斯特编码, 非归零编码	可配置	•	•	•			
R&S®RTP-K52	8b10b	嵌入式	•	•	•			•
R&S®RTP-K65	SpaceWire	航空航天	•	•	•	•		•

# 针对有效载荷组件的射频测量

## 采用R&S®ZNA矢量网络分析仪

### R&S®ZNA主要特性

- ▶ 高灵敏度
- ▶ 出色的测量速度
- ▶ 频率范围高达67 GHz
- ▶ 多达八个独立的接收机
- ▶ 四个内置的相位相参信号源
- ▶ 两个内部本振信号源
- ▶ 四个脉冲发生器和四个脉冲调制器
- ▶ 内部合路器
- ▶ 全面的触发和同步功能

### 混频器/变频器测量

- ▶ 变频损耗
- ▶ 输入/输出匹配
- ▶ 射频/本振串扰
- ▶ 压缩/互调
- ▶ 群延时
- ▶ 噪声系数
- ▶ 相位测量, 无需使用参考混频器

### 天线测量

- ▶ 匹配
- ▶ 天线特性测量
- ▶ RCS测量
- ▶ 直接中频接入, 1 GHz带宽
- ▶ 全面的触发和同步功能
- ▶ 支持最高1100 GHz的毫米波测量
- ▶ 反向频率扫描



R&S®ZNA  
矢量网络分析仪



### 放大器测量

- ▶ 延迟、增益
- ▶ 输入/输出匹配
- ▶ 互调
- ▶ 压缩
- ▶ 噪声系数
- ▶ 谐波失真
- ▶ 脉冲测量
- ▶ 绝对功率

### 滤波器测量

- ▶ 通带和阻带衰减
- ▶ 纹波
- ▶ 陡度
- ▶ 延迟
- ▶ 匹配
- ▶ 带宽
- ▶ Q因子
- ▶ TDR调谐



## 采用R&S®SMW200A矢量信号发生器

### R&S®SMW200A主要特性

- ▶ 频率范围高达67 GHz
- ▶ 内部基带提供最高2 GHz I/Q调制带宽 (射频带宽)
- ▶ 配备R&S®SMW-K555带宽扩展选件时提供4 GHz信号带宽
- ▶ 可选第二个射频路径, 频率高达44 GHz

## 采用R&S®FSW信号与频谱分析仪

### R&S®FSW主要特性

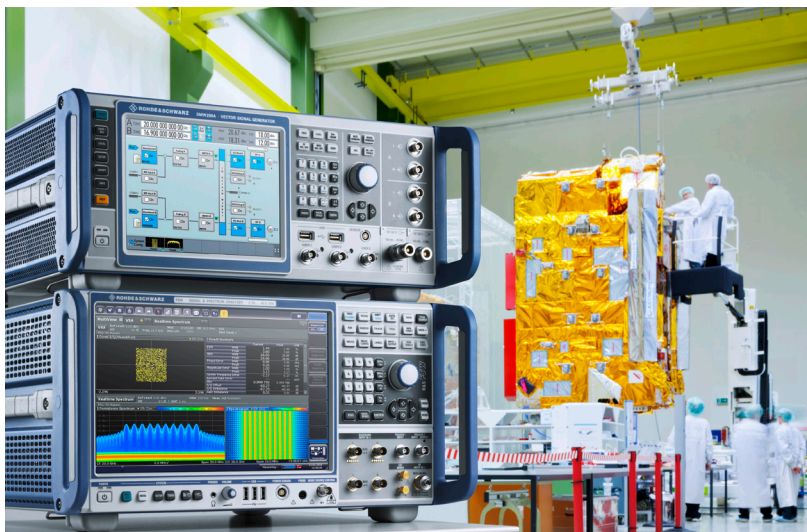
- ▶ 频率范围高达90 GHz, 使用外部谐波混频器时高达500 GHz
- ▶ 最高8.3 GHz内部分析带宽
- ▶ 800 MHz实时分析带宽

### 放大器 (R&S®SMW200A和R&S®FSW)

- ▶ 增益和增益压缩
- ▶ 幅度/幅度、幅度/相位、压缩
- ▶ 模拟和数字预失真
- ▶ EVM
- ▶ 输入/输出功率、ACLR、NPR
- ▶ 噪声系数
- ▶ 频率响应测量和校正
- ▶ 群延时、互调

### 混频器/变频器 (R&S®SMW200A和R&S®FSW)

- ▶ 变频损耗
- ▶ 压缩
- ▶ 幅度/幅度、幅度/相位
- ▶ 杂散
- ▶ 噪声系数
- ▶ 频率响应测量和校正
- ▶ 群延时



## R&S®SMW200A

信号发生器

## R&S®FSW

信号与频谱分析仪



### 滤波器 (R&S®SMW200A和R&S®FSW)

- ▶ 通带和阻带衰减
- ▶ 幅度和相位
- ▶ 频率响应测量和校正
- ▶ 群延时

### 振荡器/合成器 (R&S®FSW)

- ▶ 相位噪声
- ▶ 杂散
- ▶ 输出功率

## 罗德与施瓦茨的服务 你会得到很好的照顾

- ▶ 遍及全球
- ▶ 立足本地个性化
- ▶ 可订制而且非常灵活
- ▶ 质量过硬
- ▶ 长期保障

## 关于罗德与施瓦茨公司

作为测试测量、技术系统以及网络安全方面的行业先驱, Rohde & Schwarz 科技集团通过先进方案为世界安全联网保驾护航。集团成立于90年前, 致力于为全球工业企业和政府部门的客户提供可靠服务。集团总部位于德国慕尼黑, 在全球70多个国家和地区设有分支机构, 拥有广阔的销售和服务网络。

## 罗德与施瓦茨(中国)科技有限公司

[www.rohde-schwarz.com.cn](http://www.rohde-schwarz.com.cn)

罗德与施瓦茨公司官方微信

## 可持续性的产品设计

- ▶ 环境兼容性和生态足迹
- ▶ 提高能源效率和低排放
- ▶ 长久性和优化的总体拥有成本

Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

## 罗德与施瓦茨培训

[www.training.rohde-schwarz.com](http://www.training.rohde-schwarz.com)

## 罗德与施瓦茨客户支持

[www.rohde-schwarz.com/support](http://www.rohde-schwarz.com/support)

