

# IC测试大平台

## 半导体行业背景

半导体行业是现代科技的象征，伴随着近几十年现代科技行业日新月异的进步，以集成电路 (IC) 为主的半导体行业市场规 模也不断增长，现在已经成为了全球经济的重要支柱行业之一。过去5年，中国大陆半导体产业市场规模年增长率保持在10%以上，显著高于全球的增长速度

。2014年六月，工信部正式公布《国家集成电路产业发展推进纲要》，到2020年，全行业销售收入年均增速超过20%，移动智能终端、网络通信、云计算、物联网、大数据等重点领域集成电路设计技术达到国际领先水平，产业生态体系初步形成。为此，国家专门成立1200亿的集成电路产业投资基金，来进一步支持和带动产业的发展。

Transparency Market Research的市场研究报告显示，2014年，全球太赫兹组件和系统的市场规模为5600万美元，预计2023年该市场将达4.15亿美元，2015年-2023年之间复合年增长率为25.9%。

从目前的市场来看，智能终端将继续支撑集成电路产业快速发展。手机在2013年已经取代个人电脑跃居最大芯片应用领域，智能手机、平板电脑已经成为并将继续成为推动集成电路市场发展的主要力量。物联网等领域将推动集成电路产业的繁荣。物联网和可穿戴设备正在崛起，很多机构判断，在不久的将来，物联网的设备将不再仅限于智能手机、电脑等，会覆盖到智能家居、交通物流、环境保护等多个领域，物联网将是下一个推动世界高速发展的“重要生产力”，是继通信网之后的另一个万亿级市场。

与此同时，THz技术应用也将在IC领域受到越来越大的关注和发展，5G技术的开发，E波段通信技术的发展，汽车防撞雷达芯片技术的完善，都将是100 GHz频段附近的重点应用之一，可以预见，更高频的芯片设计应用，如合成孔径雷达芯片等，将带动THz IC技术上升到一个新的高度。

## IC测试平台建设的意义

综上所述，半导体行业现在已经上升到国家战略的高度，未来十年将会是一个黄金发展的时期。从15年开始，国家集成电路基金已经在IC设计，制造，封装方面扶持和投资了大批的重点和龙头企业，并且从产业链的角度进行了整合优化，进一步的引导和促进半导体产业的发展，取得了良好的效果和成绩。建设一个完善且一流的IC测试服务平台，应对新的设计工艺，技术，从器件级，电路级到应用级，来服务于5G技术，E波段通信技术，汽车雷达芯片技术的发展，引领IC行业，乃至带动全国IC行业的发展，将具有非凡的意义。

## 一 通用射频微波芯片测试平台

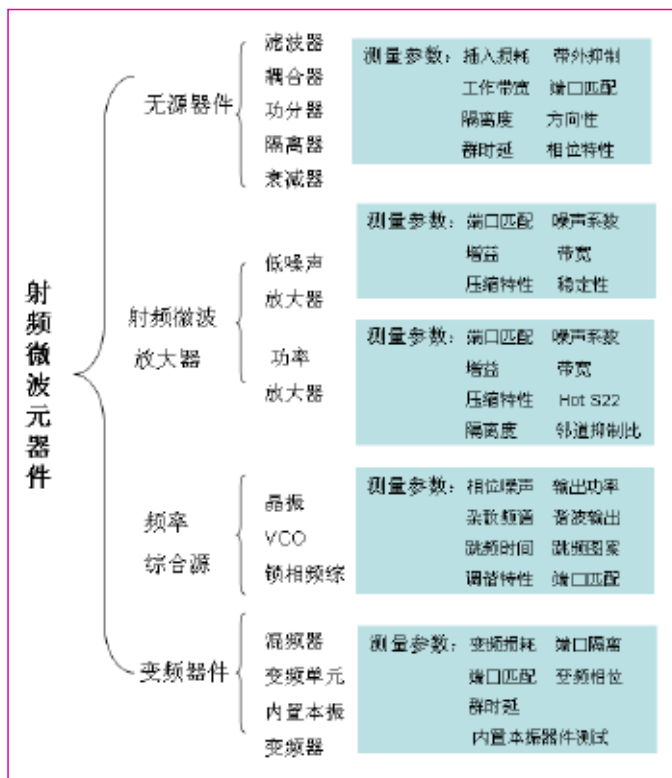
### 射频微波器件及芯片的发展及测试要求

中国目前在电子工业领域已经成为全球最大的基地，在移动通信、军工、元器件、半导体以及教育领域，都会出现新的要求和市场，在无线通信领域，已经迎来了4G时代，在国防军工领域，卫星通信，雷达等系统都在进行了新一轮的技术升级和发展，半导体，元器件和科研也进入了太赫兹时代，这些都离不开微波射频技术的支持和保障，同时也带动微波射频相应的技术创新和发展，可以肯定，未来的微波射频产业前景将是一如既往的光明。

射频微波元器件及芯片作为一切无线电子设备、无线通信系统和无线控制系统的基础，更是直接影响着系统的性能和功能。随着射频微波芯片技术的发展和工艺的进步，尤其是更加集成，小型化，多功能化芯片技术的发展，直接带动了无线通信，军工雷达以及日常消费应用的创新和进步。甚至是原来很难集成的无源器件如滤波器，开关，功分器等也可以通过IPD工艺技术，实现芯片化，促使各种终端模块的功能更加强大。

无论射频微波电路功能与性能如何发展，都需要通过完整的测试来评估其各方面性能与功能，判断其是否满足设计指标的性能要求。通过测试一方面可验证设计正确性，另一方面也可利用测试的性能参数可以对设计的电路进行修正和优化。微波射频电路典型的性能指标包含线性传输反射特性参数，非线性指标，噪声性能，功耗等方面。通用仪表具备很高的测试精度和完整的测试能力，能完成对低噪声放大器，功率放大器，混频器，频率综合源，滤波器等典型射频微波元器件芯片的参数进行测试分析。

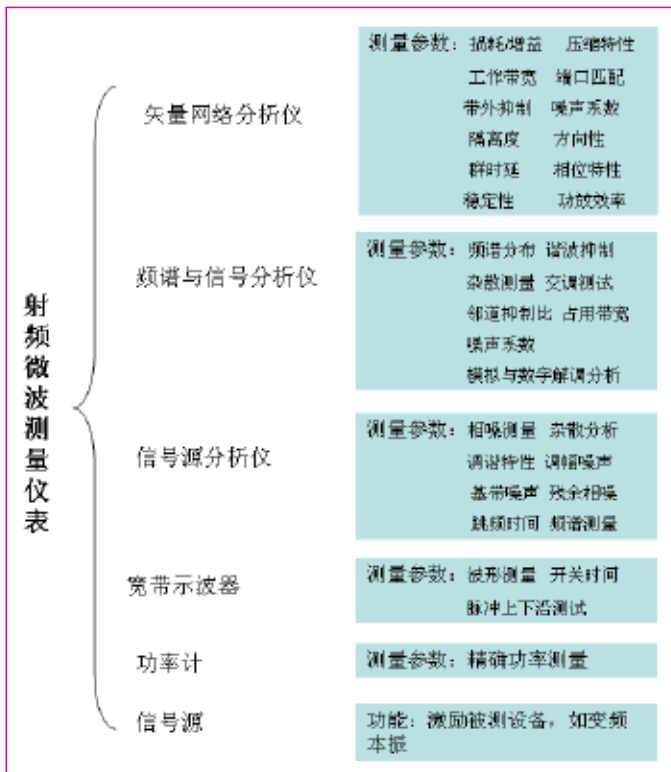
射频微波电路的测试指标繁多，下面图表简明扼要的列举了常见电路类型以及测试指标：



射频器件芯片测试类型与指标

射频微波电路测试技术方案

针对上述射频微波元器件测试的需求，下图列举了通用设备种类以及其对应常见测量项目：



通用测试仪器及其对应常见测量项目

罗德与施瓦茨公司 (R&S公司) 成立八十多年来，在测试与测量、信息技术和通信领域，一直雄踞技术前沿。作为全球最大的电子测量仪器生产厂商之一，一直以创新、精确和品质享誉世界。罗德与施瓦茨提供网络分析仪，信号源，频谱与信号分析仪，功率计，示波器，测试接收机，无线综合测试仪等设备与测试系统，结合中国射频与微波用户的具体需求，提供了相应的测试测量解决方案，满足市场用户的各种需要。R&S 仪表不仅能满足上图中所有的测试需求，也能提供一些独特的测试功能。下面按不同仪器分别予以详解。

元器件电路测试之一 矢量网络分析仪R&S®ZVA67

ZVA系列矢量网是实验室测量和产品测试最理想的选择，能够满足高动态范围需要的滤波器测试，以及放大器、混频器、接收机和发射机等需要线性和非线性的测试。



R&S®ZVA在许多方面是一款具有里程碑意义的仪器：

- 第一台内置了四个独立的，频率高达67 GHz的矢量网络分析仪，能够进行快速的放大器和混频器双音测试
- 第一台能够在67 GHz频率范围内产生相位相干信号的矢量网络分析仪
- 第一台在110 GHz频率范围内，拥有30 MHz IF带宽滤波器的矢量网络分析仪，满足放大器和混频器的脉冲测试要求

名称	参数	功能
ZVA67	<ul style="list-style-type: none"> <li>频率范围：10 MHz-67 GHz (最高频率可设置70 GHz)</li> <li>端口数量：2/4端口</li> <li>内置信号源： 2端口版本-2个独立信号源 4端口版本-4个独立信号源</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4个锁相源，可输出4路相参信号</li> <li>测量谐波混频器</li> <li>测量混频器的交调指标(需3个源)</li> <li>测量多级变频链路的损耗和交调指标(需4个源)</li> </ul>
	动态范围：110 dB, typ@67 GHz 动态范围：103 dB, typ@70 GHz 输出功率：+6 dBm, typ@67 GHz 输出功率：+2 dBm, typ@70 GHz 测量带宽：30 MHz 扫描和数据传输时间：3.5us/2.9ms 多种应用测量软件	S参数、1 dB压缩点、互调测试、矢量变频器测量、内置本振的群时延测量、脉冲信号测量，差分测量等参数测量

R&S®ZVA作为高端矢量网络分析除了可以进行高质量的S参数外，也提供了丰富的应用测量功能。

- 可以快速地对放大器和混频器进行双音测量
- 频率高达67 GHz，并可生成相位相参信号
- IF 带宽可高达 30 MHz，可以实现对放大器和混频器的脉冲测量，支持脉冲点、平均脉冲和脉冲包络等测量方法
- 可以对带或不带本振的混频器的变频损耗进行相位和群延时测量
- 可以对放大器和混频器进行谐波、压缩点、互调和 Hot S22测量
- 实现了无噪声源噪声系数定义的新方法
- 两个内部脉冲发生器
- 通过ZVAX24，实现了内部脉冲调制器和合路器
- 嵌入/去嵌入通过虚拟网络实现阻抗匹配
- 支持真正的差分测量，可以描述平衡设备的非线性效应
- 多种校准技术：TOSM，TRL/LRL，TOM，TRM，TNA，UOSM 和 AutoCal

## 信号的产生和分析之一—矢量信号发生器R&S®SMW200A



SMW200A是通用射频信号，新型宽带通信系统、3G和4G基站验证或航空航天和国防领域理想的信号发生器。

内置基带、最高2000 MHz的I/Q调制带宽可满足第4代移动通信标准 (例如，LTE-Advanced和IEEE 802.11ac)，因此，SMW200A的设计可满足未来需求。它的模块化可扩展结构，使用户能够灵活的选择配置以适应他们的应用，以及根据需要升级各种选项。

可以添加第2条射频路径，以及在不影响信号质量的情况下支持多达2个基带模块和4个衰落模拟器模块。因此，SMW200A可以创建先前需要多台仪器完成，甚至完全不能实现的信号场景。从可达8x2的MIMO和包括带衰落的LTE-Advanced载波聚合信号到多标准无线技术，以前从没有单台仪器能够提供这样完整的信号生成能力。

如果需要多于2条射频路径，可以外接连接SGMA信号发生器。基于触摸屏的直观操作理念可为用户提供信号配置的全局视图。各种复杂配置场景一目了然。

数字通信标准选件 (选择)		
标准/技术	选件	主要特点
5G空中接口候选方案	R&S®SMW-K114	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 支持UFMC、FBMC、GFDM和f-OFDM</li> <li>■ 序列长度、子载波总数/占用数、子载波间隔、循环前缀等灵活参数化</li> <li>■ 灵活分配用户或单个分配</li> </ul>
LTE/LTE-Advanced	R&S®SMW-K55/-K69/-K81/-K84/-K85/-K112/-K113	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 符合3GPP LTE版本8, 9, 10, 11, 12</li> <li>■ FDD和TDD</li> <li>■ 下行链路 (OFDMA) 和上行链路 (SC-FDMA)</li> <li>■ 载波聚合</li> <li>■ 支持符合3GPP TS 36.141的上行链路闭环基站测试</li> <li>■ LTE测试用例向导</li> </ul>
3GPP FDD/HSPA/HSPA+	R&S®SMW-K42/-K83	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 符合3GPP FDD版本11</li> <li>■ 下行链路和上行链路</li> <li>■ HSDPA H-sets</li> <li>■ 高阶调制, MIMO, CPC</li> <li>■ 支持符合3GPP TS 25.141的基站测试</li> <li>■ 3GPP测试用例向导</li> </ul>
GSM/EDGE/EDGE Evolution	R&S®SMW-K40/-K41	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ MSK, FSK, AQPSK, 8PSK, 16QAM和32QAM调制</li> <li>■ 采用GSM, EDGE和EGPRS2时隙的混合帧</li> <li>■ 支持VAMOS</li> <li>■ 支持高符号率 (325 kHz)</li> <li>■ 用交替帧内容生成实际测试场景的“Framed double”序列模式</li> </ul>
CDMA2000®	R&S®SMW-K46	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 符合3GPP2 C.S0002-C</li> <li>■ 在前向链路无线配置RC1到RC5以及RC10, 在反向链路无线配置RC1到RC4</li> <li>■ 包括在IS-2000中的所有信道编码模式</li> </ul>
1xEV-DO Rev. A, B	R&S®SMW-K47/-K87	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 前向链路和反向链路</li> <li>■ 物理层子类0和1, 2或3</li> <li>■ 采用最多16条并发信道的多载波场景</li> </ul>
WLAN IEEE 802.11a/b/g/n/j/p/ac	R&S®SMW-K54/-K86	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 支持所有强制性物理层模式</li> <li>■ 具有最大160 MHz传输带宽的VHT帧</li> <li>■ BPSK, QPSK, 16QAM和256QAM调制</li> <li>■ 采用4枚发射天线的MIMO模式</li> <li>■ 支持 (11a/b/g/j/p), 11n或11ac的、混合帧结构</li> </ul>
WLAN IEEE 802.11ad	R&S®SMW-K141	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 符合IEEE 802.11ad-2012标准</li> <li>■ 支持控制模式、单载波模式、OFDM模式和低功耗单载波模式</li> <li>■ 调制编码方案0到31</li> <li>■ 支持聚合的 MPDU</li> </ul>

## 通信信号生成

R&S®SMW200A能够与许多其它罗德与施瓦茨公司仪器一起使用			
R&S®SMW200A 功能/连接	相关选件	罗德与施瓦茨合作伙伴仪器	应用举例
数字基带输入	R&S®SMW-B10	例如, R&S®CMW500 宽带无线综测仪	R&S®CMW500做外部I/Q源, 例如, 作为信令
数字基带输出	R&S®SMW-K18	例如, R&S®EX-IQ-Box 数字信号接口模块	以不同格式输出数字基带信号, 例如, 遵循CPRI标准
模拟I/O输出	R&S®SMW-K16/-K17	例如, R&S®SGT100A信号发生器	提供附加的射频路径
R&S®NRP功率探头连接器	—	例如, R&S®SGS100A信号发生器 R&S®NRPxxS功率探头, R&S®NRP-Z28/-Z98电平控制探头	高精度功率测量, 结果显示在 R&S®SMW200A上

## 不同格式信号输出

### 主要特点

- 频率范围从100 kHz到3 GHz, 6 GHz, 12.75 GHz, 20 GHz, 31.8 GHz或40 GHz
- 可选的第二条射频通道频率范围从100 kHz到3 GHz, 6 GHz, 12.75 GHz或20 GHz
- 内部基带信号发生器可产生最高2 GHz I/Q调制带宽(射频带宽)
- 提供所有重要的数字通信标准选件
- 可选具有最高160 MHz带宽的内置衰落模拟器
- 优异的调制质量, 例如160 MHz WLAN IEEE 802.11ac信号, EVM可达到-49 dB(实测值)
- 高端脉冲调制, 开/关比>80 dB, 上升/下降时间<10 ns
- 杰出的频谱纯度(1 GHz、20 kHz偏移时: SSB相位噪声-139 dBc(典型值))
- 提供相参选件, 用于波束成形等应用
- 支持所有主要MIMO模式, 包括3x3, 4x4, 8x2, 2x8和4x2x2
- 通过触摸屏, 采用框图结构, 操作直观

### 信号的产生和分析之一—信号与频谱分析仪R&S®FSW



新款高性能FSW信号与频谱分析仪, 提供了低相位噪声, 大分析带宽和简明直观的操作, 除可以进行信号的频谱分析外也可对宽带数字信号进行解调分析, R&S®FSW主要功能有:

- 可测量发射机输出信号的频谱分布, 如信道功率、信道带宽, 带外发射门限、谐波发射, 交调进行测量。
- 可与噪声源配合进行接收机以及增益模块的噪声系数与增益测量。
- 自身具备良好的相位噪声特性,可自动测量信号的相位噪声曲线。
- 脉冲解调分析的功能可完成对各类脉冲调制如:线性调频、Barker及其他相位编码雷达信号的测试, 也可对最大10万个脉冲波形进行统计分析, 分析的参数包括脉冲上升时间、下降时间、重复周期等。
- 解调各种数字调制信号, 并对调制质量进行分析, 如星座图, 眼图等。
- 可配备512 MHz实时解调带宽, 对宽带跳频与OFDM信号进行信号分析。
- 可配备5 GHz带宽模拟中频输出口与示波器先结合可实现超宽带信号分析。
- 配备FSW-B71选件, FSW能够分析模拟基带信号。FSW-B17选件提供数字基带测量功能。

测量应用	测量参数	测量功能
<b>R&amp;S®FSW-K6</b> 脉冲测量	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 脉冲参数: 脉冲宽度、脉冲重复率、脉冲重复间隔、工作比、上升/下降时间、调整时间</li> <li>▮ 频率: 载波频率、脉冲间频率差、线性调频斜率、频偏、频率误差</li> <li>▮ 功率: 峰值功率、平均功率、峰-均功率、脉冲间功率</li> <li>▮ 相位: 载波相位、脉冲间相位差、相位偏差、相位误差</li> <li>▮ 幅度下垂、纹波、冲宽度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 振幅下垂、纹波、过冲宽点脉冲测量: 频率、幅度、相位对脉冲、所有参数的趋势和直方图</li> <li>▮ 脉冲统计: 标准差、平均值、最大值、最小值</li> <li>▮ 脉冲表</li> <li>▮ 用户定义的测量参数</li> </ul>
<b>R&amp;S®FSW-K7</b> 单载波AM/FM/φM 调制信号的调制分析	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 调制深度 (AM)</li> <li>▮ 频率偏移 (FM)</li> <li>▮ 相位偏移 (φM)</li> <li>▮ 调制频率</li> <li>▮ THD和SINAD</li> <li>▮ 载波功率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ AF频谱</li> <li>▮ RF频谱</li> <li>▮ AF时域显示</li> <li>▮ AF滤波器 (低通和高通)</li> <li>▮ 加权滤波器 (CCITT)</li> <li>▮ 静噪功能</li> </ul>
<b>R&amp;S®FSW-K17</b> 多载波群延迟测量	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 群延迟 (绝对和相对)</li> <li>▮ 幅度</li> <li>▮ 相位</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 高达160 MHz的信号捕获带宽</li> <li>▮ 元器件和变频器测量校准 (可加载和保存校准数据)</li> <li>▮ 可配置的多载波方案</li> </ul>
<b>R&amp;S®FSW-K18</b> 放大器测量 <sup>1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ AM-AM, AM-PM, EVM</li> <li>▮ AM-PM和AM-AM曲线</li> <li>▮ 同步测量放大器和RF信号的电流和电压</li> <li>▮ 包络跟踪放大器的功率附加效率</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 通用放大器测量</li> <li>▮ 数字预失真</li> <li>▮ 控制和同步R&amp;S®SMW200A矢量信号源和RF信号的电流和电压</li> </ul>
<b>R&amp;S®FSW-K30</b> 基于Y因子方法的噪声系数和增益 测量	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 噪声系数</li> <li>▮ 噪声温度</li> <li>▮ 增益</li> <li>▮ Y因子</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 分析仪的噪声校正 (2级校正)</li> <li>▮ 对频率转换的DUT的测量</li> <li>▮ 变频测量中控制信号源作为LO</li> <li>▮ SSB和DSB</li> </ul>
<b>R&amp;S®FSW-K40</b> 相位噪声测量	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 单边带相位噪声</li> <li>▮ 剩余FM和剩余φM</li> <li>▮ 抖动</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▮ 1 Hz ~ 10 GHz的频偏范围</li> <li>▮ 不同频偏范围的分辨率带宽和平均次数的选定</li> <li>▮ 可定义寄生FM/φM评估范围</li> <li>▮ 信号跟踪</li> <li>▮ 可选杂散辐射抑制</li> </ul>

### 主要数据

- ▮ 频率范围2 Hz~85 GHz (采用罗德与施瓦茨公司外部谐波混频可扩展到高达500 GHz)
- ▮ 相位噪声低, 1 GHz载波, 10 kHz频偏时, 可达-137 dBc (1 Hz)
- ▮ WCDMA ACLR测量时, 动态范围 (打开噪声消除功能), 高达- 88 dBc
- ▮ 高达5 GHz分析带宽
- ▮ 8 GHz以下, 总测量不确定度<0.4 dB
- ▮ 实时频谱带宽高达512 MHz
- ▮ 12.1" (31 cm) 高分辨率触摸屏, 操作方便
- ▮ 多个测量应用可并行运行和显示

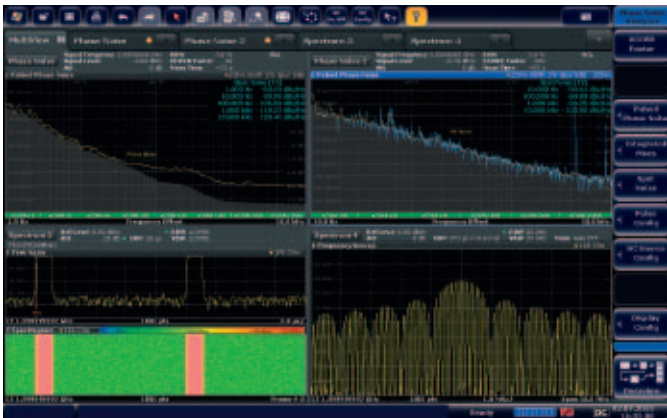
## 相位噪声测试之一—相位噪声和VCO测试仪R&S®FSWP



在系统中，频综很重要的应用是作为本振在射频电路部分驱动混频器。在变频过程中，为了获得最小的变频损耗，以及非线性产物的最优抑制，本振的输出电平需要恰当的设计。此外，本振的相位噪声会搬移到变换之后的频段，保证良好的相位噪声特性也是对本振的重要要求之一。

频率综合器的测试参数主要包括：相位噪声，非谐波杂散，频率准确度，输出功率，频率稳定度以及频率切换时间等，罗德与施瓦茨全新的FSWP相位噪声分析仪和VCO测试仪，可以以非常高的灵敏度进行相位噪声的测量。还可以进行瞬态测量、VCO特性测量。内置频谱分析仪，可进行频谱测量。实现对频综、VCO等器件和模块的全方位测试。

FSWP相位噪声分析仪和VCO测试仪为雷达应用以及频率合成器、恒温晶体振荡器 (OCXO)、介质共振腔振荡器 (DRO) 和VCO的开发与制造提供了最优测试解决方案。FSWP可轻松配置以适用于所需的应用。此仪器内置低噪声本振，可测量大部分市售的频率合成器和振荡器，无需任何附加选件。FSWP面向高端应用，可配置第二接收路径以使用互相关测量法并增加灵敏度（最高增加25 dB，取决于互相关次数）。得益于极佳的内部源和基本数字化的架构，此分析仪的测试速度快于对鉴相器输出信号进行数字化的测试系统。



FSWP可一键测量相位噪声，甚至可测量脉冲源的相位噪声。如加配一个内部源，则此测试仪还可测试单个组件的附加相位噪声。以往，只有使用外部源、功分器和移相器的昂贵且复杂的系统才具备此功能。

迄今为止，仍需要依靠极其昂贵且复杂的系统来测量脉冲源相位噪声，如雷达应用中所用的脉冲源的相位噪声。要实现稳定的测量，需要精确的脉冲参数信息以及极大的耐心。配置FSWP-K4选件后，FSWP可一键执行这些测量。FSWP先记录信号并计算所有的脉冲参数，然后解调信号并显示相位噪声和调幅噪声。

信号与频谱分析选件基于FSW，具有独一无二的射频性能和高灵敏度。此分析仪的低相位噪声使用户能够精确分析调制、测量具有高动态范围的相邻信道的功率并测量与载波非常接近的杂散发射。

### 主要数据和特点

- 频段至8 /26.5/50 GHz
- 互相关和极低噪声内部参考源实现相位噪声测量的高灵敏度
- 1 GHz载波频率和10 kHz频偏时，典型相位噪声值为 -172 dBc (1 Hz)
- 调幅噪声和相位噪声同步测量
- 脉冲源相位噪声一键测量
- 内部源适用于测量附加相位噪声，包括脉冲信号的相位噪声



## 时频域信号分析之一—宽带示波器R&amp;S®RTO



RTO示波器具有极佳的信号保真度、极高的采样率和全球第一个实时数字式触发系统，结构紧凑。目前RTO系列示波器的最大带宽为6 GHz，满足常规测试需求。该系列示波器具有硬件加速的测量和分析功能。

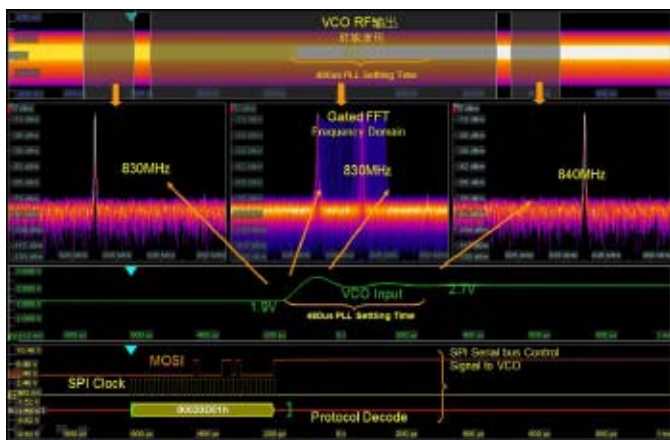
对于瞬间毛刺信号的捕捉，以往的示波器波形捕获率低，往往很难抓到，R&S®RTO高达每秒一百万次的捕获率可大大提高捕获概率、减小等待时间，提高测试与诊断能力。

RTO示波器具备90多个测量功能，可用于复杂设计的调试。利用快速模板测试或强大的FFT分析功能，可查找到罕见的信号故障。历史功能可用于回顾过去的记录，以识别出故障发生的原因。对于一些有挑战性的分析任务，该示波器可通过选件扩展，用于协议解码、抖动、一致性测试和矢量信号分析等。

对于测量小信号时，以往的示波器自身的噪声大且小垂直刻度下带宽受限，很难真实观测小信号，而R&S®RTO自身噪声极小且可实现全量程范围内的满带宽测量，确保小信号的测量精度。

## 主要数据

- 极低的本底噪声，1 mV/div量程和1 GHz带宽下低至100  $\mu$ V
- 使用单核模数转换器，动态范围更大
- 对于1 mV/div量程，全测量带宽高达6 GHz
- 高分辨率模式，垂直分辨率高达16位
- 存储深度高达800 MSa
- 通道隔离度> 60 dB，避免高频信号串扰



## 功率测试分析之一 功率计R&S®NRP2 + NRP-Zxx



精确测量射频功率是电子测试与测量领域中最具挑战性的任务之一，NRP2功率计是研发、生产、维修及校准实验室等众多应用领域的理想工具。除了NRP2基本单元外，还有许多可供各种测量的探头。复杂的数字调制信号（例如WCDMA和WiMAX™等无线标准）的处理与连续波信号、模拟调制载波（例如AM、FM）、脉冲信号一样容易。

每个NRP-Zxx探头都是一件独立的测试仪器，可直接通过USB操作。探头通常使用NRP-Z4无源USB适配器进行连接。无论何种型号，测量前都无需校准，因为校准数据在出厂前已经直接存储在探头内。

R&S®NRP-Z系列中的功率探头R&S®NRP-Z85基于最新的功率测量技术，它具备了传统峰值功率计的所有测量功能，尺寸非常紧凑，与其他R&S®NRP-Z系列中的功率探头探头一样，其可连接功率计主机NRP2或通过USB接口直接与PC机连接后可以进行高精度的功率测量。除平均功率测量外，R&S®NRP-Z85也可进行时域功率测量，它的分析带宽高达30 MHz（探头上升时间<13ns），非常适合脉冲信号时域分析。另外，R&S®NRP-Z85也可以进行精确的平均值功率测量，功率电平范围为：-60 dBm至+20 dBm，频率范围：50 MHz至40 GHz。

NRP-Z5x热探头具有卓越的测量精度，是从DC到110 GHz频段功率测量的首选仪器，特别适合于要求极高精度的场合，例如微波实验室的测量，在片测试等。

R&S Power Viewer Plus是一个使用便利的软件，提供了很多通用的测量功能，如连续平均功率、测量轨迹、统计数据等。可以同时将4个探头连接在同一台PC电脑的USB端口上，4个不同的测量结果同时显示在软件界面上。同时还支持各种触发功能（如内部出触发、外部触发、门限触发），确保了正确的测量结果。

主要特点：

- 性价比高、操作简单：通过USB连接便携式计算机/PC进行探头操作
- 全功率、全频段测量，从DC到110 GHz，从-67 dBm到+45 dBm
- 三路径二极管功率探头，高达90 dB的动态范围
- 使用宽带功率探头精确分析包络功率
- 具有顶级精度的热功率探头
- 可以同时连接多达4个NRP-Zxx至NRP2基本单元

## 二 射频微波芯片高端拓展测试平台

基于上述的矢网，信号源，频谱仪，示波器等仪表，我们可以进行放大器，混频器，锁相环，收发机芯片，AD/C芯片，以及IPD元件的常用测试需要，同时，基于这些仪表，还可以进行平台扩展，进一步的搭建出更加高端的太赫兹电路测试平台，芯片在片测试平台以及用于功率放大器设计的高端矢量负载迁移平台，来支持客户的先进电路设计测试需求。

### 毫米波太赫兹电路测试平台

毫米波在通信，雷达，制导，遥感，射电天文学和波谱学方面都有重大的意义。利用大气窗口的毫米波频率可以实现卫星地面通信或地面中继通信。利用毫米波天线的窄波束和低旁瓣性能可以实现精密跟踪雷达和成像雷达。高分辨率的毫米波辐射计适用于气象参数的遥感。用毫米波和亚毫米波的射电天文望远镜探测宇宙空间的辐射波谱可以推断星际物质的成分。太赫兹波是指频率在0.1THz到10THz的电磁波，可以广泛应用在宽带通信，雷达，电子对抗，电磁武器，天文学，医学成像，无损检测，生化检查等领域。毫米波太赫兹的应用对测试测量也提出了一系列的要求，罗德与施瓦茨公司提供了频段扩展的网络分析仪，信号源，信号与频谱分析仪等，满足毫米波太赫兹信号的生成，分析及元器件的测试需求。

### 太赫兹器件测试分析

毫米波太赫兹矢量网络分析仪基于ZVA24/40/50/67等网络分析仪和变频器进行频率扩展。

### 毫米波/太赫兹扩展变频器：

射频信号经过倍频扩展至毫米波太赫兹频段，和谐波混频器，本振信号及相应的定向耦合器形成参考支路，测量支路。



更高频段的扩展：

支持RPG或VDI矢量网络分析仪扩展，ZVA与RPG或VDI变频

器的结合，可完成1 THz以上的矢量网络分析。

毫米波/太赫兹的部件大多数是波导接口。R&S的毫米波/太赫兹波段支持T (直通)，S (短路)，Offset Short (偏置短路，在测试端口与短路之间增加四分之一波长波导段)，M (匹配，固定或滑动负载)

### 太赫兹信号分析

信号分析以频谱分析仪 (信号分析仪) 为基础，通过相应频段的谐波混频器，将毫米波太赫兹信号下变频到低频段进行分析。R&S信号分析仪系列仪器FSW26/40/50/67/85，FSWP26/50等通过外接谐波混频器，可以进行高达500 GHz的信号分析。其中，信号分析仪提供谐波混频器的本振信号，经过变频后的信号 (中频) 直接接到信号分析仪的第二级中频接收端。利用信号分析仪的后续部分进行处理和分析。使IF与LO信号分离的双工器可以存在于谐波混频器中，也可以使用频谱仪中自带双工器。

通常三端口谐波混频器中集成了双工器，内部没有集成双工器的谐波混频器只有两个端口，IF与LO共用一个射频端口。



### 太赫兹信号产生

毫米波太赫兹信号的产生以信号源为基础，通过倍频获得。R&S的信号源SMF100A系列具有大功率低相噪的特点，能产生43 GHz以下的高质量信号，同时支持调频、脉冲、脉内线性调频等调制方式。通过SMZ系列倍频器(有源)可以获得高达170 GHz的信号。由于倍频的非线性，调制后的毫米波信号可以实现FM， $\Phi$ M以及脉冲调制，同时能够实现脉内线性调频信号。

产生的信号电平可达到+3 dBm (110 GHz)，并可以利用倍频器内置的电子和机械衰减器，实现信号电平的衰减调节。



### 芯片在片测试平台

器件的在片测试主要应用在器件建模，工艺优化以及毫米波测试方面，主要的测试参数有S参数，噪声系数，相位，功率，P-1dB，三阶交调等，对比普通器件测试，在片测试的关键是如何进行电路测试的连接，测试校准的实现，以及如何准确一致的测试全部器件参数。器件的连接主要在于探针台系统和测试夹具的选择，罗德与施瓦茨公司则针对测试校准，参数测量方面提供非常全面及专业的解决方案。

矢量网络分析仪 (ZVA、ZVT) 可实现多种器件参数的在片测量，包括标准S参数、时域测量、变频测量、真差分测量(混合S参数)、脉冲S参数测量、噪声系数测量等，并实现单次连接全部器件参数测试的完整方案。

矢量网络分析仪 (ZVA)，配以外部变频器 (ZVA-Zxx或R&S®ZCxx) 可将频率范围扩展至500 GHz以。

NRP-Z58系列功率探头可将功率测量的频率范围扩展至110 GHz。

### 在片测试的SCDC解决方案

在片测试时，芯片的每次连接都会导致电路参数和测试数据

的改变，影响器件建模和工艺优化，以及器件的准确测量。利用R&S矢量网络分析仪 ZVA，一次连接即可实现多种器件参数的在片测量，包括标准S参数、时域测量、变频测量、真差分测量(混合S参数)、噪声系数测量等，对于功率器件，也可以实现脉冲S参数的测量，确保所有电路参数的准确可靠一致。

兼容MPI探针台，可以实现毫米波太赫兹器件的在片测量。MPI QAlibria软件支持矢量网络分析的校准。由于ZV-Zxx的扩展器采用无风扇的设计，工作过程中无噪声和振动，特别适合探针台及在片测量。



### 专利技术提供在片测试最佳校准方法

R&S矢量网络分析仪不仅支持所有的常见同轴DUT校准方法，也支持在片测试装置中DUT测量的校准方法。设计有图形化向导，可以引导用户按步完成校准。

TRL/LRL校准(直通、反射、传输线/传输线、反射、传输线)，用于基于电路板的测试架构和晶片上的应用。

TRM校准(直通、反射、匹配)，用于测试夹具应用。

UOSM校准(未知直通、开路、短路、匹配)，用于带各种不同类型输入和输出连接器的DUT和带未知直通标准的校准任务。相较于传统的适配器去除校准方法，该方法可以将校准步骤数从14减至7。因此，可以节省时间且降低了校准错误的风险。

### MPI探针台系统

旺矽科技股份有限公司 (MPI Corporation) 携手罗德与施瓦茨开发了高精度晶圆研发测试解决方案，其中包含了MPI晶圆探针台系统与QAlibria™校正软件，提供射频与毫米波组

件及集成电路 (IC) 研发人员从校正、模拟、设计、验证到除错等完整的晶圆研发测试解决方案；此探针台系统提供易于操作与高准确度的手动测试平台，并注入多项独特的设计概念，QAlibria™校正软件直接安装于R&S®ZVA高阶矢量网络分析仪中进行S参数测量，将大幅提升测试准确度并加速射频电路设计。

MPI晶圆探针台系统的气静压载台设计，采用单臂气浮式控制，大幅加速XY轴定位与晶圆装载速度，精确度可达25x25mm XY-Theta微米移动。在平台升降的设计上，可达1 μm的高精确度，采接触、分离 (Separation, 300 μm) 到装载 (Loading, 3 mm) 三段式设计，并配备安全锁避免意外发生造成探头或晶圆的损坏。精巧且刚性的平台设计，最多可容纳10个DC或4个RF微定位，满足各种不同的应用需求。

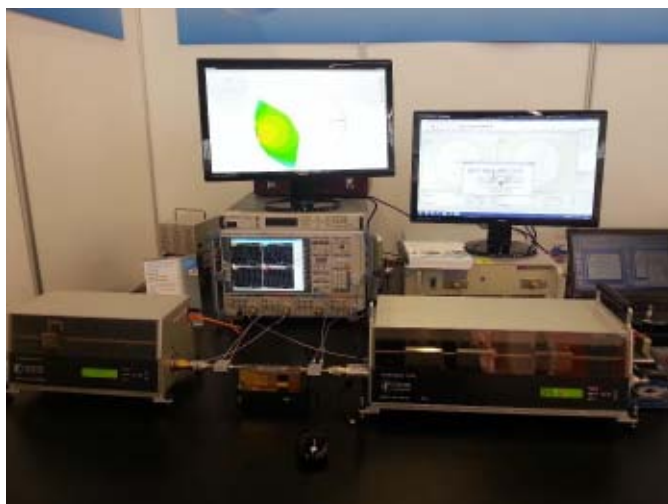
MPI QAlibria™免费校正软件，可进行精确且可重复的S参数测量，快速掌握组件的集肤效应和介电损耗，精确地搜集更高阶的谐波频率等测试数据。R&S®ZVA支持频率范围达110 GHz，极高的动态范围与输出功率、及快速的测量速度，为毫米波频段主动及被动组件测量的最佳解决方案；通过搭配R&S 毫米波转换器可延伸R&S®ZVA频率范围至500 GHz。R&S®ZVA于晶圆测量上，可同时搭配4个频率转换器进行毫米波差动测量。R&S®ZVA亦可执行微波频段之混频器及脉冲测量。

精密设计的TS150-THZ探针台系统、高阶毫米波MP80微定位器 (MicroPositioner)，以及结合高倍率及工作距离的MPI SZ10或MZ12光学显微镜，尽可能地缩短了毫米波太赫兹网络分析仪变频器 and 待物之间的距离，除了实现最短信号传输路径之外，更确保最佳测量方向性及精确度。

## 先进负载牵引测试平台

### 负载牵引系统介绍

负载牵引 (LOADPULL) 系统用来进行功率放大器的参数优化，可以准确确定功率放大器的最优直流工作点，最大输出功率，最高效率，最优线性，最优噪声匹配和最佳功率匹配点等，一般来说，负载牵引系统都是由阻抗调谐器 (TUNER)，辅助器件和测试仪器构成，对于功率放大器的在片测试，还需要探针台系统联合构建。从测试方法上讲，负载牵引系统可以分为传统负载牵引和现代负载牵引两类。传统无源负载牵引主要由信号源，TUNER，功率计和频谱仪组成，加上负载牵引测试软件就可进行功放的优化测试，对于无源的测试附件及TUNER等还需要网络分析仪进行校准。现代负载牵引除了上述设备之外，还需要谐波接收机，通常由网络分析仪实现，可以进一步的测试PAE，同时简化系统的配置，进一步的，还可以搭建更为高效先进的系统。



负载牵引系统

### 谐波负载牵引的作用

无论是卫星，雷达，还是基站，手机的应用，对于功放效率的要求都是很高的，而且可以说是越高越好。因此提高功率放大器的效率，尤其是功率附加效率，成为功放设计优化的重中之重。谐波阻抗，特别是二次和三次谐波阻抗优化对效率的改善已经得到了功放设计师的广泛认可，但如何优化谐波阻抗确是一个难题，利用谐波阻抗调谐器，扫描改变阻抗和相位特性，是一个非常有效的解决方案。

### 矢量LOADPULL测试系统

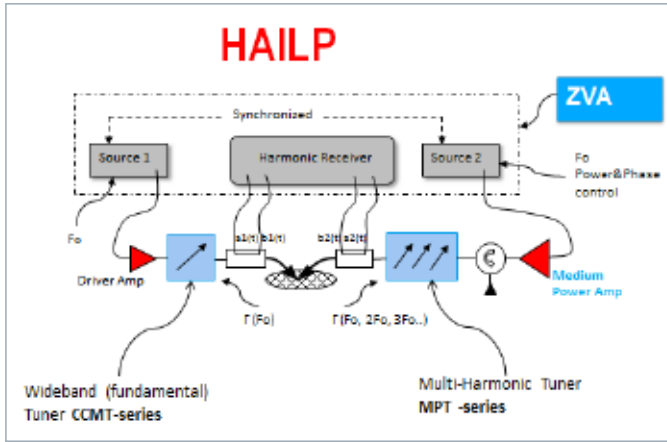
矢量LOADPULL系统利用矢量网络分析仪，TUNER，双向耦合器和DUT组成。这里不需要额外的信号源，频谱仪，信号的激励和测量都由矢网来完成。同时，由于定向耦合器的加入，真正激励到功放输入端的入射和反射功率都能通过矢网测得，输出功率也可以通过矢网接收机测得，从而可以准确地进行PAE的测试。同时该系统的测试速度也比传统的LOADPULL系统快几十倍。

### 有源负载迁移和预匹配技术

为了减小插入损耗的影响，提高 $\Gamma$ 值，通常采用反向有源功率注入的方法，即有源负载牵引的方法。要得到足够的 $\Gamma$ 值，就需要一个很大的反向注入功率，通常一个信号源提供的功率是不够的，就需要额外的大功率放大器来对功率进行放大，因此整个方案需要信号源，滤波器，隔离器，放大器，TUNER等，大大增加了系统的成本和复杂度。一个更好的解决方案是采用预匹配技术，即结合机械TUNER和有源功率注入为一体的混合负载牵引，由机械TUNER提供一个较大的初始 $\Gamma$ 值，在此基础上进行功率注入，这样在一个较小的注入功率下，就可以实现非常接近1的 $\Gamma$ 值，省掉额外的功率放大器，降低系统复杂度和成本。

矢量有源谐波负载牵引系统

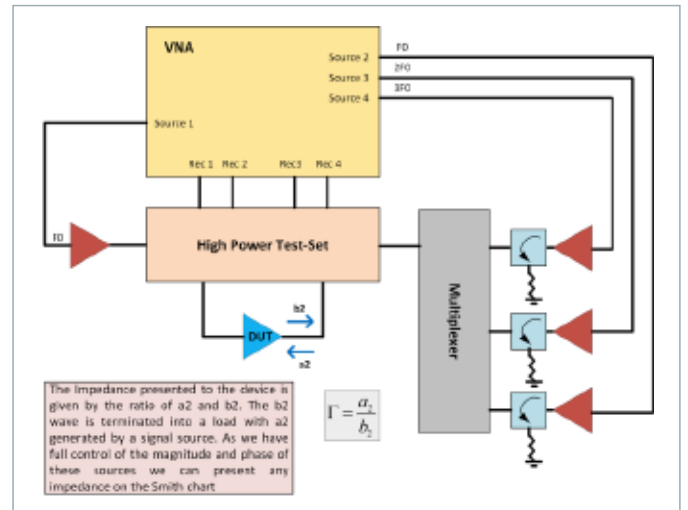
结合上述的负载牵引，矢量负载牵引，谐波负载牵引，以及有源负载牵引的方法，我们就可以实现一个非常先进的，功能更强更完善，准确度更高，同时也更简洁紧凑的负载牵引系统，即矢量有源谐波负载牵引系统，在整个SMITH圆图范围内调谐功放的基波和谐波阻抗，测量最大功率，PAE等指标，全方位的进行功率放大器的设计优化。



矢量有源谐波负载牵引

R&S先进矢量有源谐波负载牵引技术

R&S的网络分析仪ZVA24/40/67，内部带有4个激励源，可以实现基波，二次谐波和三次谐波的有源信号产生，协同FOCUS公司独有的MPT多谐波TUNER，可以同时调谐基波，二次谐波和三次谐波进行有源阻抗调谐，加上FOCUS的预匹配技术，大大减小所需要的反向注入功率，可以省掉外部的放大器和外部的信号发生器，降低了系统的复杂度，提高测试效率和精度。由于内置4源的矢量网是R&S独有的，因此整个方案是业内唯一的可以同时做三次谐波矢量有源负载牵引的最简洁高效的系统，实现对功率放大器最完整的阻抗调谐和优化。



R&S先进矢量有源谐波负载牵引技术

利用该技术，可以非常高效的进行功率放大器的效率优化，提升整个放大器的性能指标，同时节省大量的时间成本，是进行高性能功率放大器设计的非常行之有效的方案。

## 三 无线和IoT芯片扩展测试平台

在单个电路的基础上，则是用于各种应用的收发电路芯片。收发电路是通信系统及终端中必不可少的部件，广泛应用于无线通信，卫星，军事，雷达以及IoT等诸多电子领域。收发机的测试是一项系统性的工作，包括了接收机测试，发射机测试以及收发机中子模块的测试，罗德与施瓦茨提供了全系列的信号发生器，信号与频谱分析仪，网络分析仪，示波器，功率计等，可以满足不同标准，频段，系统的收发机的测试需求。在第二部分中，我们介绍的微波射频测试平台，也同样可以满足收发芯片电路本身的测试需求。甚至对于雷达等国防军工应用，由于大多数都不涉及信令和协议的测试，用高端的信号发生器和信号与频谱分析仪就可配置完成系统级测试的需求，对于无线通信来说，很多都有信令或协议的测试需求，还需要无线综测仪等仪器来完成相关的系统测试。这里着重介绍的是和具体应用及协议结合起来的系统级功能性的综合测试平台。

### 无线技术的发展趋势

第五代移动通信技术，简称之为5G，是继目前4G LTE部署后移动通信标准的下一个主要阶段。2015年，ITU发布了5G愿景建议书，提出了IMT-2020系统的目标、性能、应用和技术发展趋势、频谱资源配置、总体研究框架和时间计划、后续研究方向等。在应用场景方面，未来5G系统将支持增强的移动宽带（eMBB）、具有高可靠性和超低延迟的通信（uRLLC）以及大规模机器间通信（mMTC）三大类主要应用场景。

不管5G无线接入还是5G核心网，将来都是由LTE，LTE-A，及LTE-A Pro的不断演进，同时融合新的5G接入技术的标准化两者结合在一起构建而成的过程。从2G开始，3GPP是推动移动通信国际化的国际组织，3GPP在进行5G相关的标准研究工作，已经完成R14版本。后续形成的R15为第一版5G标准，而R16将是完整的5G标准。2017年3月，3GPP RAN#75次会议通过了5G加速的提案。提案确定了5G的提速版本时间表：2017年12月完成Non-StandAlone（NSA）标准，2018年3月冻结标准；2018年6月完成StandAlone（SA）标准，9月冻结标准。到2019年至2020年，全球的一些运营商发布5G预商用网络，或5G商用网络。

随着物联网技术的快速发展，物联网行业以指数级的速度在飞速前进。在大数据和大连接的背景下，物联网应用越来越广泛。物联网技术主要分为两大组成部分，一部分是广域网通信技术（LPWAN），其中工作在授权频段的物联网技术以NB-IoT和eMTC为代表，而非授权频段工作在非授权频段，

如Lora、Sigfox等。另外一部分是以Zigbee、WiFi等为代表的短距离通信技术。每种技术都有各自的优缺点和应用场景，这使得在物联网大连接时代的技术出现百花齐放、百家争鸣的特点。

在授权频段的广域网通信技术中，目前主要包括EC-GSM，eMTC以及NB-IoT。而NB-IoT凭借大连接，广覆盖，低功耗，低成本这些特点使得其在成立之初就备受关注，3GPP于2016年6月完成了NB-IoT（Release13）标准核心部分，之后的性能部分和一致性部分在同年9月和12月快速制定完成。进入2017年以来，中国三大运营商分别宣布将采用NB-IoT技术部署基站设备，芯片厂商纷纷推出自己研发的基于NB-IoT标准的物联网芯片，进一步加快了NB-IoT的商业化步伐。

### R&S®CMW宽带无线测试平台

长久以来，罗德与施瓦茨公司一直是无线通信市场开发测试与测量解决方案的先锋。作为用于先进的LTE-A技术研发的测试与测量设备的市场领导者，罗德与施瓦茨公司提供了一个通用、灵活的测试平台。

R&S®CMW平台一直在持续不断的改进，并且在与芯片及无线设备制造商的长期合作中积累了丰富的经验。R&S®CMW平台以一台紧凑型测试仪提供最新的LTE增强技术和所有传统技术，非常适用于智能手机、平板电脑等移动设备以及基站的测试。它还是用于测试汽车制造、医疗保健、智能家居和其他物联网领域中联网产品的多种要求的优秀平台。

### 平台型号R&S®CMW500宽带无线通信测试仪



R&S®CMW500宽带无线通信测试仪是用于射频集成与协议开发的通用测试平台。产品有R&S®CMW500 callbox与R&S®CMW500协议测试仪。R&S®CMW500包含完全集成的端到端数据解决方案，可实现全面的IP吞吐量和质量测量。借助于内部衰落模拟器，实现真实传输条件下的测试变得非常简单。R&S®CMW500设备集三大基本功能于一身，即：RF信号发生器、RF分析器和信令功能（网络仿真）。因此，

R&S®CMW500可用于从产品研发、生产到服务的所有阶段。这种解决方案的可支持技术范围最为广泛。极高的可扩展性、测试速度和测量精度，使测试成本降至最低程度。

**一台测试仪适用于所有技术**

- 1

**多功能的硬件平台**
  - 支持到 6 GHz
  - 内部衰落
  - 用于 E2E 测试的内部服务器
- 2

**多种接入技术具有信令功能**
  - LTE、WCDMA/HSPA+、GSM/GPRS/EGPRS
  - CDMA2000® 1xRTT/EV-DO、TD-SCDMA
  - WLAN、Bluetooth®
- 3

**LTE Advanced**
  - 4 DL CC 条件下高达 8x2 MIMO 的衰落, 2 UL CA
  - FDD/TDD 联合运行、256QAM DL
  - LTE-U/LTE-LAA、LTE-D、LTE-D2D、LTE-MTC、PS-LTE
- 4

**WLAN 信令功能支持**
  - LTE-WLAN 业务分流
  - WLAN E2E 和接入点测试
  - 与其它技术的设备内共存测试
- 5

**出众的生产解决方案功能**
  - 多 DUT 测试, 最多 8 台设备
  - 支持所有大型供应商的芯片组
  - 支持蜂窝、Bluetooth®, WLAN 和 IEEE802.15.4 (ZigBee) 技术

R&S®CMW宽带无线通信测试仪可为所有现代蜂窝和非蜂窝标准提供通用的高效测试解决方案。R&S®CMW是全球使用最广泛的研发、生产和服务的测试与测量平台。它符合先进无线通信测试仪的所有要求。R&S®CMW还可模拟真实条件下的网络运行，以便用于协议和射频测试。

模块化的 R&S®CMW平台覆盖产品周期所有阶段的所有测试要求。仅需一次基础投资，便可测试整个产品周期内的无线设备，从研发、认证及网络优化到生产和服务。可以轻松修改现有配置，从而完成其它测试与测量任务。R&S®CMW以一台仪器结合射频和协议测试。R&S®CMW可执行符合OSI层级模型的射频测试、E2E测量和 OTT分析。

R&S®CMW是测试电池耗电量和OTA/OTT等用户体验和应用的基础。结合复杂IP分析，同时可以模拟各种无线技术(包括2G、3G和LTE)，让这些测试成为可能。可在理想和非常理想条件下模拟这些技术，进而测试无线设备。利用附加的IP损伤或内部衰落模拟非理想运行。



在开发无线设备时，必须在真实网络条件下测试通信接口。R&S®CMW可以模拟全部所需技术的基站，进而测试这些设备。

每一种待测技术的无线接入网和核心网都是完备的。R&S®CMW可处理从物理层到应用本身的所有协议层。信令消息在运行时动态创建，并能按照需求适应DUT的要求。

R&S®CMW可配置到最小细节，让用户能够定义场景并得到可重现的结果。射频参数和信令协议本身都能进行是否符合规范要求的测试。可同时运行多个通信标准，从而模拟切换场景和干扰情况。

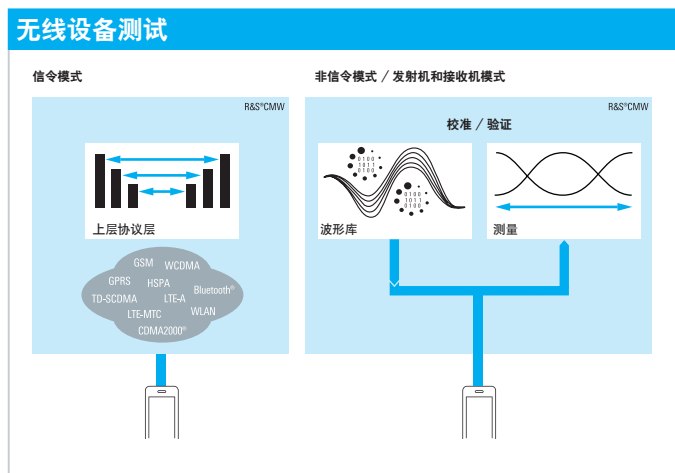


R&S®CMW 平台对无线技术的使用						
技术	射频发生器	射频分析仪	网络模拟	协议测试	端到端应用测试	衰落支持
<b>蜂窝技术</b>						
LTE-A	•	•	•	•	•	•
WCDMA/HSPA+	•	•	•	•	•	•
GSM/GPRS/EGPRS	•	•	•	•	•	•
CDMA2000® 1xRTT, CDMA2000® 1xEV-DO	•	•	•	• (与LTE无线接入技术的切换)	•	•
TD-SCDMA	•	•	•	• (一致性测试)	•	•
<b>非蜂窝技术</b>						
WLAN IEEE 802.11 a/b/g/n	•	•	•	• (业务分流测试用例)	•	
WLAN IEEE 802.11 p/ac	•	•				
Bluetooth® (BR/EDR/LE)	•	•	• (LE直接测试模式)			
IEEE 802.15.4 (ZigBee)	•	•				
<b>广播技术</b>						
GNSS (GPS, Glonass, Beidou)	•					
DVB-T	•					
T-DMB	•					
CMMB	•					

不断发展的物联网市场需要测试和分析蜂窝和非蜂窝标准。挑战在于如何通过仅需一次连接的简单设置提供这种能力。

R&S®CMW平台提供蜂窝和非蜂窝网络模拟功能的独有组合。还可用于测试技术内或技术间的切换。独立的LTE和WLAN信令功能可实现对LTE WLAN业务分流的详细分析。简单的设置满足从协议开发到功能性测试的所有阶段。

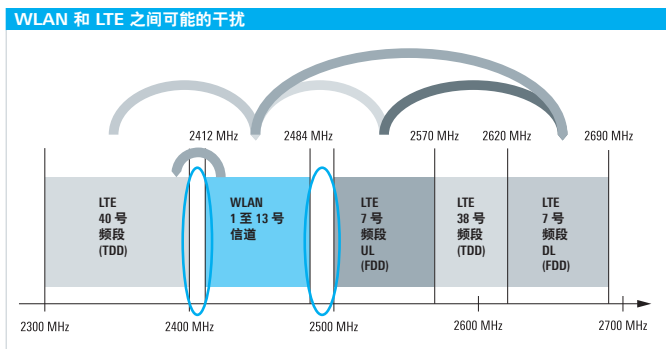
同一台移动设备中支持的标准数量的增加可能会导致传输质量变差。R&S®CMW也可解决该问题。设备内共存测试可分析标准之间的互相干扰和灵敏度降低问题。



现代通信设备体型小巧，却能支持大量标准，可能会因为占用相同或邻近频段或者由于谐波而造成干扰。确保符合标准的运行以及最小的相互干扰至关重要。

现代通信设备含有多个射频系统，例如用于LTE-A、3G、CDMA2000®、2G的蜂窝多频段天线以及WLAN、Bluetooth®和各种GNSS系统等非蜂窝技术。设备内共存的测量决定灵敏度降低程度，即在有和没有强干扰信号情况下RX灵敏度的降低。对于标准灵敏度测试，接收机错误率测量已被采用为评估标准。例如，WLAN的数据包错误率(PER)测量。

R&S®CMW非常适用于共存测量。它可为蜂窝和非蜂窝技术提供信令功能。它可以并行运行两种不同的无线系统，并定义相对RX灵敏度测量。结合屏蔽箱(例如R&S®TS7124射频屏蔽箱、R&S®CMW-Z10射频屏蔽箱或R&S®DST200射频诊断箱)，可在实验室内实现高度可重复性测量。R&S®CMWrun自动化测试序列工具可用于自动测量和生成测试报告。测试结果可用于确定优化开发和集成的特定、有效的测试项目。例如，改善天线系统的去耦合、有效降低干扰的信噪比以及优化操作模式。



## 5G测试平台

5G是3GPP R15及R16之后的移动通信标准，是全新的无线接入和核心网。但是，5G网络将和2G/3G/4G以及4G+ (LTE-A, 及LTE-A Pro) 长期共存协调工作，尤其是在5G网络部署开始的很长一个阶段内更是这样。未来的5G终端必然也是集成了2G/3G/4G和5G的终端，从测试来看，5G终端一定要测试所有这些技术标准以及共存和相互的融合协调工作。

为了实现增强移动宽带eMBB的5G愿景，通常会采用几项主要技术来提高频谱的利用效率和增加数据传输速率。第一项5G公认的技术是Massive MIMO或大规模有源阵列天线用来提高频谱的使用效率增加用户容量和小区边缘覆盖；第二项是毫米波宽带技术，利用毫米波的宽频谱资源提高5G的传输速率；第三项技术是要能够实现各种技术的聚合（例如采用

非授权频段) 传输来提高数据传输速率。为了实现5G的海量物联网mMTC场景以及高可靠低时延uRLLC场景，5G需要有物理层新波形技术以及新编码技术，在同一5G灵活新空口下，实现eMBB，mMTC和uRLLC。这些新的5G技术的采用给测试带来新的挑战。

5G将要采用的Massive MIMO或大规模有源阵列天线技术，各种系统性的技术指标只能通过OTA (Over The Air) 测试方式来测试，而无法通过传统的连线方式进行测试。在天线几何尺寸和波长所决定的远场条件下的OTA测试有时需要很大的微波暗室成本非常高，寻求一种相对简便而且可靠的替代性OTA测试方法是业界面临的共同挑战。

5G的Massive MIMO天线是由上百只以上的天线及收发单元组成，每个射频收发单元的射频幅相特性等指标的一致性必须得到校准才能达到设计的系统指标，测试设备必须能够快速地完成这些校准测试，需要多端口的测试设备。

5G将要采用的毫米波宽带技术，在60 GHz以上频段需要2 GHz以上的带宽，测试用的信号源和信号分析仪必须具有2 GHz高带宽，高功率输出，高灵敏度和高线性动态范围，覆盖毫米波频段最高至86 GHz。必须能够灵活配置产生和分析各种5G候选波形的信号。

在5G海量物联网测试方面，由于物联网基站网络通常是和传统2G/3G/4G协同工作，网络的共存需要测试的保证，物联网终端同样需要和移动终端一样的一致性测试，才能保证海量的物联网装置同时和谐正常工作。同时，物联网终端装置要求极低的电池耗电，如何仿真各种真实的应用场景下对终端装置耗电进行测试非常重要。

利用上面所述的测试平台和仪表，无论是宽带信号测试，信道测试，Massive MIMO,新空口，5G元器件，及E2E等应用的测试，R&S公司可以轻松的搭建出满足5G测试需求的专用解决方案。



## NB-IoT测试平台

目前市面上已经有许多基于EC-GSM的物联网应用（电表，摩拜单车等等），为了兼容现有的物联网应用，许多行业用户提出双模（EC-GSM/NB-IoT）和多模（EC-GSM/NB-IoT/eMTC）芯片/终端的要求。另一方面移动运营商也会逐步扩大和升级基站设备，支持多种蜂窝物联网技术覆盖，为更多的行业用户提供更多样化的选择和服务。因此基于蜂窝物联网技术的双模、多模芯片/终端越来越多，而这些设备本身以及多模共存状态下的功能和性能都需要完备的测试解决方案来验证。

基于R&S®SMW200A矢量信号发生器和R&S®FSW信号与频谱分析仪可以很容易的产生和分析NB-IoT信号。SMW200A和FSW的灵活的可扩展性，使得他们对于新通信技术的支持游刃有余。用户只需要升级部分硬件和软件便可轻松面对新的通信技术带来的测试挑战。

SMW200A内置的SMW-K115选件产生符合3GPP Rel-13的标准NB-IoT信号。

FSW内置的FSW-K106对NB-IoT信号进行分析与测量。也可以选择使用软件解析工具VSE-K106软件对NB-IoT信号进行分析和测量。

### R&S®SMW-K115主要特点

- 支持eMTC和NB-IoT的上行链路配置，以及NB-IoT的下行链路配置
- 支持NB-IoT独立模式配置和与LTE混合模式的配置
- 支持NB-IoT频段内和保护频段操作模式
- 直观的用户界面表现在时间计划的图形显示上
- 支持范围增强CE模式A和B和CE级别0、1和2
- 支持新的窄带信道和同步信号(NPSS、NSSS和来源于NCell ID的下行参考信号)
- 基于下行控制指示的NPDCCH和NPDSCH的配置
- NPDCCH, NPDSCH和NPBCH信道的信道编码和加扰(包括SIB类型1)
- 支持NPUSCH信道的信道编码和加扰
- NPRACH信道的配置
- 支持所有的特定调制类型

R&S®VSE-K106选件覆盖了3GPP所定义的NB-IoT的基站和用户设备的调制测试。



R&S®CMW500是NB-IoT一致性测试的最佳选择，一台仪表就可以支持协议、射频以及RRM、USIM等一致性认证测试。完成整个一致性认证测试。它由很好的继承性和兼容性，支持所有的2G、3G、4G无线通信标准以及NB-IoT和eMTC蜂窝物联网通信技术，为用户提供最大限度的选择。



使用R&S®CMW 500平台可以快速的一键测量多个NB-IoT和eMTC发射机测试项目。

### NB-IoT多域测量

- 每个子载波上的UE输出功率
- 每个时隙UE最大输出功率
- 开/关时间模板
- 调制准确度 (EVM, 幅度误差, 相位误差)
- EVM
- I/Q星座图
- 带外杂散 (频谱辐射模板和ACLR)

为了测试接收机灵敏度，将具有特定调制和传输等级的数据包发送到被测设备以确定数据包的误码率 (PER)。在信令模式下，当被测设备正确解码数据包时，被测设备向测试仪返回肯定确认 (ACK)。在非信令模式下，需要用软件工具读出被测设备内部寄存器中的 ACK 数量。

R&S®CMW500拥有强大的功能，不仅能够完成GCF/PTCRB认证通过的测试用例，而且开发了运营商定制的测试用例。比如中国移动应给的NB-IoT的NS-IOT测试用例（包括协议、射频和性能部分）。

## 推荐仪器配置列表

### 通用射频微波电路测试平台

仪器	指标	特点	备注
<b>矢量网络分析仪R&amp;S®ZVA</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 10 MHz-67 GHz</li> <li>■ 2和4 端口</li> <li>■ 内置2源或4源</li> <li>■ 动态范围 140dB</li> <li>■ IF带宽 1/5/30MHz</li> <li>■ 脉冲包络测量（带宽30 MHz、分辨率 12.5 ns）</li> </ul>	用于完成富有挑战性研发任务的高端仪器，在多个方面建立了新的标准，适用于有源和变频等器件的测量。 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 并行测量</li> <li>■ 对混频器和变频器实现包括相位和群延时在内的任意变频测量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可用于太赫兹测试和在片测试</li> <li>■ 可用于5G测试</li> </ul>
<b>信号与频谱分析仪R&amp;S®FSW</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 2 Hz - 85 GHz</li> <li>■ -137 dBc/Hz的相位噪声</li> <li>■ 高达5000 MHz的信号分析带宽</li> <li>■ 高达512 MHz的实时分析带宽</li> <li>■ 高动态范围&gt;100 dBc</li> <li>■ 在8 GHz范围内测量不确定度小于 0.4 dB</li> </ul>	高端的信号与频谱分析仪，具有极低的相位噪声，极宽分析带宽以及人性化的操作界面。 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 12.1 WXGA 触摸屏</li> <li>■ 400 M采样点存储</li> <li>■ 多种结果同时显示</li> <li>■ 快速识别和分析杂散</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可用于太赫兹测试</li> <li>■ 可用于无线测试</li> <li>■ 可用于雷达测试</li> <li>■ 可用于5G测试</li> <li>■ 可用于IoT测试</li> </ul>
<b>相位噪声和VCO分析仪R&amp;S®FSWP</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 1 MHz – 8/26.5/50 GHz</li> <li>■ 相位噪声 -172 dBc (1 Hz) at 10 kHz@1 GHz</li> <li>■ 80 MHz分析带宽</li> </ul>	将相位噪声分析仪和高性能频谱分析仪结合在一起。 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 调幅噪声和相位噪声同步测量</li> <li>■ 脉冲源相位噪声一键测量</li> <li>■ 内部源适用于测量附加相位噪声，包括脉冲信号的相位噪声</li> <li>■ 一键测试，高速测量</li> <li>■ 触摸屏</li> </ul>	
<b>数字示波器R&amp;S®RTO</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 600 MHz/2或4通道</li> <li>■ 1 GHz/2或4通道</li> <li>■ 2 GHz/2或4通道</li> <li>■ 4 GHz/4通道</li> <li>■ 6 GHz/4通道</li> <li>■ 采样率10 Gs/s至20 Gs/s</li> <li>■ 存储长度20M/80M (100M/400M)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 每秒一百万次波形捕获率</li> <li>■ 测量和分析功能采用了硬件加速技术</li> <li>■ 准实时频谱分析</li> <li>■ 令人信服的测量精度</li> <li>■ I<sup>2</sup>C,SPI,UART,CAN/LIN,I<sup>2</sup>S总线触发与解码</li> <li>■ 首创性的用户界面，操作直观、流畅</li> </ul>	

仪器	指标	特点	备注
<b>功率计R&amp;S®NRP</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ NRP-Z58采用热耦功率探头，最高工作频率高达110 GHz</li> <li>■ 功率测量范围 -35 dBm - +20 dBm</li> </ul>	测量精度高，易于使用。 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 在高测量速度下具有极高精度</li> <li>■ 可从R&amp;S®NRP2主机、信号源、频谱分析仪或网络分析仪来操作</li> <li>■ 或通过USB与PC直接连接后独立使用</li> <li>■ 可通过LAN口测试</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可用于太赫兹或在片测试</li> <li>■ 可用于雷达测试</li> <li>■ 可用于5G测试</li> <li>■ 可用于IoT测试</li> </ul>
<b>矢量信号发生器R&amp;S®SMW200A</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 第一通道 100 kHz-3/6/12.75/20/31.8/40 GHz</li> <li>■ 第二通道100 kHz-3/6/12.75/20 GHz</li> <li>■ 相噪噪声 -139 dBc (1Hz) @ 1GHz, 20 kHz offset</li> <li>■ 输出电平-145到+18 dBm</li> <li>■ 高达2 GHz I/Q调制带宽</li> </ul>	信号质量高，灵活性能好，可作为产生复杂调制信号的理想解决方案。 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 多达8个基带信号源</li> <li>■ 4衰落模块，16逻辑衰落器</li> <li>■ 支持所有主要MIMO模式</li> <li>■ 带有通用编码器，可实时生成信号</li> <li>■ 支持所有主流的调制模式</li> <li>■ 触摸屏</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 可用于太赫兹测试</li> <li>■ 可用于无线测试</li> <li>■ 可用于雷达测试</li> <li>■ 可用于5G测试</li> <li>■ 可用于IoT测试</li> </ul>

## 射频微波电路高端扩展测试平台

仪器	指标	特点	备注
<b>太赫兹测试扩展平台</b>			
<b>变频器R&amp;S®ZVA-ZXX</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ZVA-Z110 (110 GHz)</li> </ul>	配合ZVA 网络分析仪使用，可以方便地实现高达500 GHz的矢量网络分析。 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 输出功率可调</li> <li>■ 可支持多达6个变频器的多端口测量</li> <li>■ 脉冲测量</li> </ul>	THz器件测试，基于ZVA67矢网络分析仪，频率扩展至10 MHz-110 GHz，同轴连接
<b>微波信号发生器R&amp;S®SMF100A</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 100 kHz-43.5 GHz</li> <li>■ 相噪 &lt;-115 dBc (1Hz) @ 10 GHz, 20 kHz offset</li> <li>■ 输出电平 高达 +24 dBm@10 GHz</li> </ul>	在信号质量、速度和灵活性等方面建立了新的标准。 <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 突出脉冲信号性能</li> <li>■ 生成连续波和模拟调制信号</li> <li>■ 移动式大容量存储介质</li> </ul>	

仪器	指标	特点	备注
<b>太赫兹测试扩展平台</b>			
<b>倍频器R&amp;S®SMZ</b>			
	输出频率范围 ■ 50 GHz-75 GHz ■ 60 GHz-90 GHz ■ 75 GHz-110 GHz ■ 110 GHz-170 GHz ■ 输出电平 +5 dBm	与微波信号源配合使用，可在50 GHz至170 GHz范围内提供精确可调输出电平。 ■ 高信号质量 ■ 宽动态范围 ■ 集成式机械或者电控衰减器	THz信号产生，可根据需要选配基于SMW200A或SMF
<b>谐波混频器</b>			
	频率范围 ■ 75 GHz-110 GHz	外部谐波混频器，和FSW连接使用，扩展频率到110 GHz ■ Auto ID功能 ■ 直接连接，易于使用	基于FSW85信号与频谱分析仪，直接扩展到110 GHz

仪器	指标	特点	备注
<b>芯片在片测试扩展平台</b>			
<b>TS150-THZ探针台系统</b>			
	Wafer直径150mm 10个DC或4个RF 微定位可达25x25mm XY移动5 μm精确度	■ 高阶毫米波MP80微定位器 ■ 高倍率及工作距离的MPI SZ10或MZ12光学显微镜 ■ 变频器和待测物之间的距离短 ■ 最短信号传输路径 ■ 最佳测量方向性及精确度	和ZVA67配合使用，进行在片测试，搭配NRP-Z58进行功率测试
<b>MPI QAlibria™免费校正软件</b>			
		■ 直接安装在ZVA中 ■ 精确且可重复的S参数测量 ■ 快速测量集肤效应和介电损耗， ■ 精确获取高阶谐波频率等数据	和ZVA67配合使用，进行在片测试，搭配NRP-Z58进行功率测试

仪器	指标	特点	备注
<b>先进有源谐波负载牵引测试平台</b>			
<b>Tuner阻抗调谐器</b>			
	输入端基波Tuner ■ ICCMT系列 输出端谐波Tuner ■ MPT系列	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 频率可以覆盖到60 GHz</li> <li>■ 集成谐波阻抗调谐单元</li> <li>■ 支持预匹配技术</li> <li>■ 测试速度快</li> <li>■ 测试精度高</li> <li>■ 维护成本低</li> </ul>	和ZVA67配合使用，进行放大器的各种负载牵引测试
<b>FDCS负载迁移设计套件</b>			
		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 支持夹具的TRL校准</li> <li>■ 时域动态负载线测量</li> <li>■ 脉冲IV特性测量</li> <li>■ 谐波负载牵引测量</li> <li>■ 有源负载牵引测量等</li> <li>■ 数据可以以图形化二维或三维显示</li> <li>■ 可以转换成各种流行仿真器所需要的数据格式(如ADS、AWR等)</li> </ul>	和ZVA67配合使用，进行放大器的各种负载牵引测试

## 无线通信和IoT芯片扩展测试平台

仪器	指标	特点	备注
<b>R&amp;S®CMW500</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 70 MHz-6 GHz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 一体化综合测试平台</li> <li>■ 用于射频集成与协议开发的通用测试平台</li> <li>■ 集三大基本功能于一身：RF信号发生器、RF分析器和信令功能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 适用于所有无线测试</li> <li>■ 包括5G测试</li> <li>■ 包括IoT测试</li> </ul>
<b>各种测试附件</b>			