

如何选择射频测试仪器

当前，基于射频原理的无线通信产品俯拾即是，其数量的增长速度也非常惊人。从蜂窝电话和无线 PDA，到支持 WiFi 的笔记本电脑、蓝牙耳机、射频身份标签、无线医疗设备和 Zigbee 传感器，射频设备的市场规模在飞速扩大。要想进行全面的生产测试并提高测试产能，测试工程师们必须懂得选用最适合的仪器完成这些测试工作。那么，如何选择射频测试仪器呢？

一、射频信号源的选择

所有的射频信号源都能产生连续 (CW) 射频正弦波信号。某些信号发生器也能够产生模拟调制射频信号 (如 AM 信号或脉冲射频信号)，矢量信号发生器采用 IQ 调制器产生各种模拟或数字调制信号。

射频信号源进一步可以分成很多种，包括固定频率 CW 正弦波输出源、扫描输出一个频段非固定频率 CW 正弦波的扫频源、模拟信号发生器以及增加模拟和数字调制功能的矢量信号发生器。

如果测试需要激励信号，那么就需要射频信号源。射频信号源的关键指标是频率与幅值范围、幅值精度和调制质量 (对于产生调制信号的信号源而言)。频率调谐速度和幅值稳定时间对于减少测试时间也是非常关键的。

矢量信号发生器是一种高性能的信号源，通常结合任意波形发生器一起产生某些调制信号。通过任意波形发生器可以使矢量信号发生器产生任意类型的模拟或数字调制信号。这种发生器可以在内部产生多种基带波形，在某些情况下，也可以在外产生某种基带波形然后载入到仪器中。如果测试规范要求被测的元件、设备或系统按照待测设备最终使用中的处理调制方式进行测试，那么这种情况下通常需要使用矢量信号发生器。

如果测试规范需要进行接收器灵敏度测试、误码率测试、相邻信道抑制、双音互调抑制、或双音互调失真的测试，那么也需要使用射频信号源。双音互调测试和相邻信道抑制测试需要两个信号源，接收器灵敏度测试和/或误码率测试只需要使用一个射频信号源。

如果待测器件是用于移动电话的，那么测试者可能要根据移动电话标准的需要进行调制信号类型的测试。移动电话功率放大器需要结合调制信号源 (例如矢量信号发生器) 进行测试。在选择某种矢量信号发生器之前，要评估一下该信号发生器在不同调制信号之间的切换速度，以确保其能够提供最快的测试时间。

二、射频功率计——射频领域的数字万用表

功率是射频领域中最经常被测量的一个量。测量功率最简单的方法就是使用功率计，它实际上是用来测量射频信号功率的。功率计中使用宽带检波器，按瓦特、dBm、或者 dB μ V 显示绝对功率的大小。对于大多数功率计而言，宽带检波

器（或传感器）是一个射频肖特基二极管或者二极管网络，实现射频到直流的转换处理。

功率计是所有测量功率的射频仪器中最准确的。高端功率计（通常需要一个外部功率传感器）可以实现 0.1dB 或更高的测量精度。功率计最低可以测量 -70dBm（100pW）的功率。传感器有各种模型，从高功率模型、高频率（40GHz）模型，到峰值功率测量的高带宽模型等。

功率计有单通道和双通道两种。每个通道都需要配置自己的传感器。两个通道的功率计就能够测量出一个器件、电路或系统的输入和输出功率，并计算出增益或损耗。某些功率计能够达到每秒 200 到 1500 次读数的测量速度。而有些功率计能够测量多种信号的峰值功率特性，包括通信和某些应用中使用的调制信号和脉冲射频信号。双通道的功率计还能够准确测量出相对功率。功率计还可以针对便携式应用的需要设计成尺寸精巧的外形，使其更适合于现场测试的需要。功率计的主要局限在于其幅值测量范围。频率范围是与测量量程之间进行折衷的。此外，功率计虽然能够非常准确地测量出功率，但是无法表示信号的频率分量。

三、射频频谱或射频信号分析仪——射频工程师的示波器

频谱或矢量信号分析仪利用窄带检测技术在频域内测量射频信号。其主要的输出显示是功率频谱与频率之间的关系，包括绝对功率和相对功率。这种分析仪还可以输出解调信号。

频谱分析仪和矢量信号分析仪没有像功率计那样的精确性，但是，射频分析仪中使用的窄带检测技术使其能够测量低至 -150dBm 的功率。射频分析仪的精度一般在 ± 0.5 dB 以上。

频谱和矢量信号分析仪可以测量的信号频率从 1kHz 到 40GHz（甚至以上）。频率范围越宽，分析仪的成本就越大。最常见的分析仪的频率达到 3GHz。工作在 5.8GHz 频率范围的新通信标准就需要带宽为 6GHz 以上的分析仪。

矢量信号分析仪是增加了信号处理功能的频谱分析仪，它不仅能够测量信号的幅值，而且能够将信号分解成它的同相和正交分量。矢量信号分析仪可以将某些调制信号进行解调，例如一些由移动电话、无线 LAN 设备和基于其他一些新通信标准的设备所产生的调制信号。矢量信号分析仪可以显示星座图、码域图和调制质量（例如误差矢量幅度）的计算度量。

传统的频谱分析仪是扫描-调谐式设备，因为其中的局部振荡器要扫描一个频率范围，窄带滤波器就可以获取该频率范围内每个单位频率上的功率分量。矢量信号分析仪也扫描一部分频谱，但是它们捕捉一定宽带内的数据进行快速傅立叶变换得到单位频率上的功率分量。因此矢量信号分析仪扫描频谱的速度比频谱分析仪快得多。

评价矢量信号分析仪性能的关键指标在于它的测量带宽。一些新的高带宽通信标准，例如 WLAN 和 WiMax，需要捕捉带宽为 20MHz 的信号。要想捕捉并分析

这些信号，分析仪必须具有足够大的带宽才能捕捉到整个信号。如果测试高带宽、数字调制的信号，那么要确保分析仪的测量带宽能够充分捕捉到所测的信号。

频谱分析仪可以用于检验待测发射机是否产生了正确的功率频谱。如果设计工程要求测试某些失真分量，例如谐波或寄生信号，那么就需要采用频谱分析仪或矢量信号分析仪。类似的，如果设计者关注器件的噪声功率，那么也需要使用这样的射频分析仪。其他一些需要频谱分析仪或矢量信号分析仪的例子包括：测试互调失真、三阶截断、功率放大器或功率晶体管的 1dB 增益压缩、器件的频率响应等。

测试那些涉及数字调制信号的发射机或放大器就需要使用矢量信号分析仪，对调制信号进行解调。矢量信号分析仪能够测量出某个器件产生了多大的调制失真。解调过程是一个复杂、计算密集的过程。能够快速进行解调和测量计算操作的矢量信号分析仪就可以大大缩短测试时间，降低测试成本。

四、网络分析仪

除了频谱分析仪和矢量信号分析仪，第三类分析仪就是网络分析仪。网络分析仪包含一个内置的射频信号源和一个测试射频器件的宽带（或窄带）探测器。网络分析仪以 $x-y$ 坐标、极坐标或史密斯圆图的形式输出显示器件的特性。

从本质上来看，网络分析仪测量的是器件的 S 参数。矢量网络分析仪可以提供幅值和相位信息，可以以很高的精度判断这些器件在某个宽频段上的传输损耗与增益。通过矢量网络分析仪，还可以测量出回波损耗（反射系数）和阻抗匹配，进行相位测量和群延迟测量。

网络分析仪主要用于分析诸如滤波器和放大器之类的元件。值得注意的是，网络分析采用的是未经调制的连续波，分析仪的校准十分重要。利用制造商提供的校准工具包可以实现网络分析仪的校准。由于网络分析仪在一台仪器内集成了信号源和测量功能，而且分析仪具有较宽的频率范围，因此这类仪器的价格比较昂贵。

有时需要同时使用上述四种主要的射频测试仪器，例如功率放大器（PA）的测试。信号源可以提供输入信号，功率计或频谱分析仪可以测量输出功率。如果精度非常重要，比如在测量最大功率时，就需要使用功率计进行输出测量。PA 的输入匹配对于从事射频发射器的设计者来说是一个关键参数。放大所有供给 PA 的功率，不因反射而损耗实际的功率，这是非常重要的。因此，PA 制造商一般会使用网络分析仪测量 PA 的回波损耗（即 S_{11} ）。