

矢量网络分析仪知识

一、概述

(一) 用途

矢量网络分析仪是微波毫米波测试仪器领域中最重要、应用最为广泛的一种高精度智能化测试仪器，在业界享有“微波/毫米波测试仪器之王”的美誉，主要用于被测网络散射参量双向S参数的幅频、相频及群时延等特性信息的测量，广泛应用于以相控阵雷达为代表的新一代军用电子装备研制、生产、维修和计量等领域，还可以应用于精确制导、隐身及反隐身、航空航天、卫星通信、雷达侦测和监视、教学实验以及天线与 RCS 测试、元器件测试、材料测试等诸多领域。

(二) 分类与特点

矢量网络分析仪可以分为分体式矢量网络分析仪、一体化矢量网络分析仪、高性能矢量网络分析仪、脉冲矢量网络分析仪、毫米波矢量网络分析仪、多端口矢量网络分析仪、非线性矢量网络分析仪、便携式矢量网络分析仪、矢量网络分析仪模块（目前只有 VXI 总线形式）等类型产品。

● 分体式矢量网络分析仪特点

采用积木式结构，以主机、信号源、S 参数测试装置、控制机等独立设备系统集成，配置灵活，技术指标较高，系列化产品工作频段覆盖 45MHz~170GHz，但体积庞大、连接复杂、对操作要求高，已逐渐被一体化、高性能矢量网络分析仪替代。

● 一体化矢量网络分析仪特点

采用集成式结构，将信号源、S 参数测试装置、幅相接收机等集成在一个机箱内，体积小、测试方便，代表着矢量网络分析仪体系结构的发展方向。早期的一体化矢量网络分析仪工作频率主要为 20GHz 以内，目前正向高性能的新一代产品线全面过渡。

● 高性能矢量网络分析仪特点

采用基于多处理器的嵌入式计算机平台、基于模块化的多级倍频稳幅和宽带混频接收架构以及基于 Windows 操作系统的多线程实时测量软件平台，操作方便，扩展灵活，技术指标较之以往产品有质的提升，工作频段覆盖 300kHz~67GHz，突破基于平台式体系架构设计的自主产品发展理论，代表着矢量网络分析仪的主要发展方向。

● 脉冲矢量网络分析仪特点

以微波脉冲调制信号作为激励信号，在继承连续波矢量网络分析仪宽频带、高精度和高速测量特点的基础上，能够在实时测量状态下获得被测电子元器件和电子装备在脉冲调制激励信号状态下的幅频、相频和群时延特性信息，满足新体制军用电子装备的测试需求，目前可实现 100ns 脉冲窄带信号测量，工作频率上限可达 40GHz。

● 毫米波矢量网络分析仪特点

毫米波矢量网络分析仪是矢量网络分析仪在毫米波乃至更高频段的重要分支，适用于毫米波/亚毫米波甚至更高频段器部件的幅频、相频和群时延特性的测量，目前工作频率上限可达 170GHz。

● 多端口矢量网络分析仪特点

采用基于多源模式和多端口网络矢量误差修正的体系结构，有效扩展矢量网

络分析仪的端口测试能力,能够满足集成化程度高的多端口、平衡器件/组件的 S 参数精确测试要求,目前四端口产品工作频率上限可达 40GHz。

● 非线性矢量网络分析仪特点

采用宽带谐波取样变频结合宽带四通道幅相接收机模式,综合矢量网络分析仪矢量误差修正以及绝对功率校准和谐波相位校准,能够实现被测器件在连续波或周期调制激励下的非线性特性测试并可用于非线性建模验证,目前工作频率上限达 20GHz。

● 便携式矢量网络分析仪特点

采用便携、手持式小型化设计,融合精密合成源、高灵敏度接收机和电池供电系统,能够快速对室外电子系统进行现场安装和调试测试与故障定位,适合野外现场作业,目前工作频率可达 18GHz。

● 矢量网络分析仪模块特点

矢量网络分析仪模块具有体积小重量轻等特点,主要用于组建测试系统,例如,用于武器装备的维护测试,目前工作频率可达 20GHz。

(三) 产品国内外现状

国内生产矢量网络分析仪的厂家主要有: [中国电子科技集团 41 所](#)、[天津德力](#)、[成都天大仪器](#)等单位。国产矢量网络分析仪中,仅 41 所有与国外同类先进产品相对应的频率上限覆盖至 170GHz 的系列化产品。在世界范围内矢量网络分析仪生产厂商主要有美国安捷伦、日本安立和德国罗德施瓦茨等,其中以美国安捷伦代表着最高水平,其推出产品最高频率上限已达 500GHz。

(四) 技术发展趋势

- 分体式矢量网络分析仪将趋于淘汰;
- 集成化、小体积、多功能、远程交互已经成为未来矢量网络分析仪产品主要的发展趋势;
- 更高的频率上限、更宽的频段覆盖、更大的测试功率、更快的测试速度、更高的测试精度与稳定度仍是矢量网络分析仪产品发展的目标;
- 平台架构体系技术、高速数字信号处理技术、计算机软硬件技术、微波毫米波设计与集成化技术、网络化技术等,在矢量网络分析仪中将会不断得到提高、推广与应用。

二、基本工作原理

矢量网络分析仪主要由:本振信号源、信号源、频率基准、混频接收机、S 参数测试、中频处理、数字信号处理、嵌入式计算机、显示、I/O、系统软件、电源等部分电路构成。矢量网络分析仪的原理框图如图 1 所示。

当对被测件(DUT)进行测试时,信号源模块产生的宽带激励信号经 S 参数测试模块分离出被测件的正向入射信号 R1、反射信号 A 和传输信号 B 或者反向入射信号 R2、反射信号 B 和传输信号 A,在四通道混频接收机模块中进行混频产生中频信号,中频信号经过调理后进入中频处理模块进行取样、保持,直接进行高速数据采集 A/D 量化转换变为数字信号,最后在嵌入式计算机的控制下经宽带数字中频处理滤波得到信号的幅度与相位信息,进而通过比值运算得出被测件的双向 S 参数并显示出测试曲线。

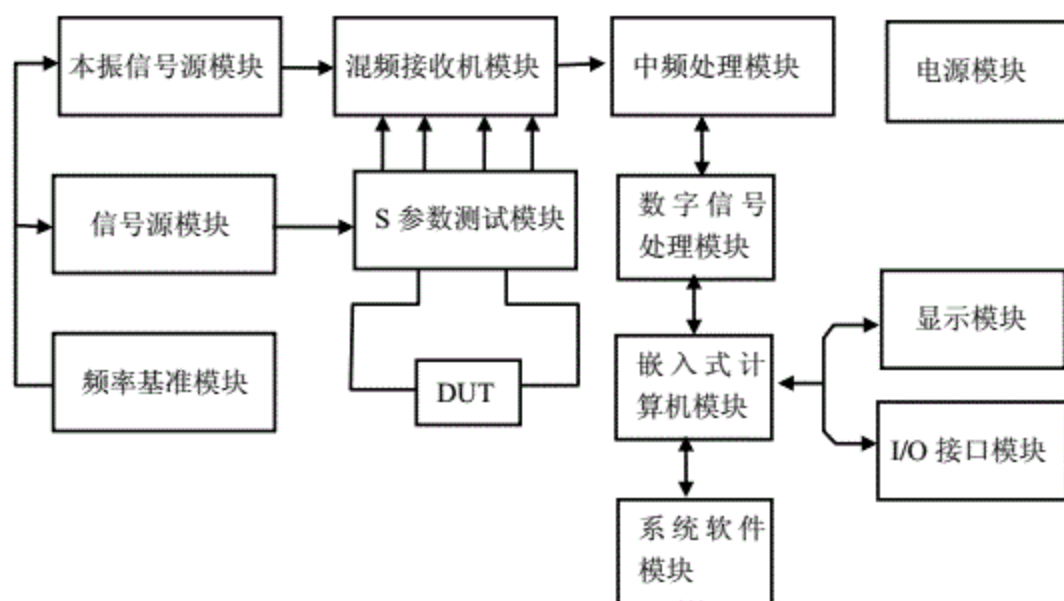


图 1 矢量网络分析仪整机原理框图

三、主要技术指标

矢量网络分析仪的主要技术指标：

- **频率范围**
是指矢量网络分析仪所能产生和分析的载波频率范围。
- **频率分辨力**
在有效频率范围内可得到并可重复产生的最小频率增量。
- **频率准确度**
矢量网络分析仪频率指示值和真实值的接近程度。
- **功率准确度**
在规定功率范围上输出信号提供给额定阻抗负载的实际功率偏离指示值的误差。
- **动态范围**
为接收机噪声电平与测试端口最大输出电平和接收机最大安全电平之间较小者之差，是表征矢量网络分析仪进行传输测量能力的重要指标。
- **系统幅度迹线噪声**
指矢量网络分析仪显示器上迹线的幅度稳定度，主要取决于矢量网络分析仪的信号源和接收机的稳定度。
- **系统相位迹线噪声**
指矢量网络分析仪显示器上迹线的相位稳定度，主要取决于矢量网络分析仪的信号源和接收机的稳定度。

四、选购注意事项

在矢量网络分析仪选购时将要考虑的因素逐一排序（如图 2 所示），就不难选择最适合您测量要求的矢量网络分析仪。

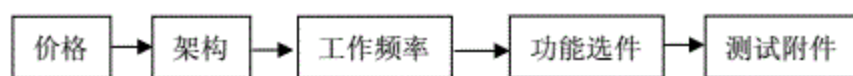


图 2 矢量网络分析仪选择排序

选购矢量网络分析仪应考虑因素：

- **价格**

选购矢量网络分析仪首先需要考虑产品价格范围，矢量网络分析仪的价格取决于许多因素，包括架构、工作频率、功能等，一般情况下，相同指标的矢量网络分析仪，国产比进口产品价格便宜很多。

- **产品架构**

对于矢量网络分析仪，产品架构是很重要的因素，与矢量网络分析仪的价格关系最大，如是选择分体式产品还是一体化产品，是选择第一代一体化产品还是新一代高性能产品。

- **工作频率**

对于矢量网络分析仪，工作频率是最重要的指标，它不但决定着要测试信号的最高频率，而且与矢量网络分析仪的价格关系很大。

- **功能选件**

是否具备脉冲或其它功能选件，是否需要特殊功能也影响选购价格。

- **测试附件**

配置校准件、测试电缆，国产和进口产品之间的价格差异也很大。