

# 扩展矢量网络分析仪动态范围的几种方法

Some Ways to Improve Dynamic Range of Vector Network Analyzer

北京航天飞行控制中心（北京 100094）曹芸

**摘要：**本文介绍了影响矢量网络分析仪动态范围的几个因素，分析了扩展矢量网络分析仪动态范围的几种简单易行的方法，能够对大动态范围器件的测试提供帮助。

**Abstract:** This article introduces some factors that influence the dynamic range of VNA and analysis some ways that improve dynamic range of VNA. It can provide help for measuring high-DR devices.

**关键词：**矢量网络分析仪 动态范围 IF 带宽

**Key words:** Vector network analyzer (VNA) Dynamic range IF bandwidth

## 1 引言

矢量网络分析仪是全面测量网络参数的一种高精度智能化仪器，其测试功能广泛应用于相控阵雷达、精密制导、电子对抗、隐身和反隐身技术、微波通信和卫星通信等电子系统的科研和生产的全过程。

矢量网络分析仪的动态范围对于 RF 器件的测试非常重要。首先，如果被测件本身具有大动态范围，那么矢量网络分析仪必须具有比此被测件更大的动态范围，才能正确地测量被测件。其次，即使某些器件并不需要大动态范围测试，但如果矢量网络分析仪的动态范围性能优越，则可保证对被测件进行精确测量的同时极大地提高其测试速度（由于此时可以设置较宽的 IF 带宽）。最后，因为大的动态范围可提供大的信噪比，因此测量准确度也会得到提高。

## 2 矢量网络分析仪的动态范围

网络分析仪的动态范围是网络分析仪的一项重要指标，具体指网络分析仪所能测量的最大功率电平与最小功率电平之差。最大功率电平有两种定义，既可

定义为接收机能测量的最大功率 ( $P_{max}$ )，又可定义为 RF 源能提供的最大功率 ( $P_{src}$ )；而最小功率 ( $P_{min}$ ) 则由接收机的本底噪声决定。因此，动态范围相应的也有两种定义， $P_{max}$  与  $P_{min}$  之差被称为接收机动态范围， $P_{src}$  与  $P_{min}$  之差被称为系统动态范围，由于在微波频段，很难获取高的 RF 源功率，所以系统动态范围通常要低于接收机动态范围。

从动态范围的定义可以看出，影响动态范围的因素主要是接收机最大输入功率及接收机的本底噪声，因此可以通过增大接收机最大输入功率以及减小接收机的本底噪声来扩展网络分析仪的动态范围；另外还可以通过设置分段扫描以及通过实施隔离校准减小接收机的串扰来进一步改善网络分析仪的动态范围。

## 3 扩展矢量网络分析仪动态范围的方法

### 3.1 接收机最大输入功率

改善网络分析仪的动态范围，首先考虑的是提高源功率（通常源功率电平的缺省值并非最大值）。但是在选择源功率时，一方面要保证接收机的输入功率不超出其所能承受的最大功率电平，另一方面也要考

虑到接收机的压缩点。接收机的压缩点没有固定标准值，可以通过查看网络分析仪的动态准确度曲线图或系统不确定度曲线图进行分析，如图 1 所示。

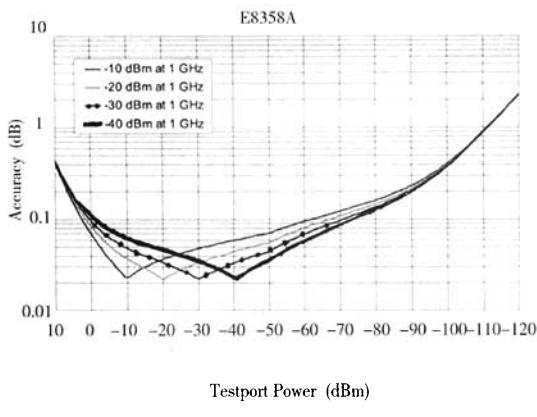


图 1 幅度动态准确度曲线图

从图 1 中可以看出，不论在校准过程中使用多大的功率电平，当测试端口输入功率为+10dBm 时，接收机的压缩值都约为 0.4dB；如果放弃了 10dB 的动态范围（即测试端口输入功率为 0dBm），会发现接收机的压缩值在 0.07~0.1dB 之间。通过对曲线的分析，就可以根据所要求的准确度来选择适当的输入功率，使输入功率在允许的范围内达到最大，从而扩展矢量网络分析仪的动态范围。

需要注意的是，当测量有源器件（如放大器）时，源功率电平的选择必须考虑到被测件的增益。如现有一增益为 25dB 的放大器，为避免过多的增益压缩，要保证其输出必须小于+10dBm，在这种情况下，必须将源功率输出电平设为-15dBm，而不能设置为最大值。

### 3.2 减小中频带宽和进行矢量平均

从动态范围的定义可以知道，如果接收机的本底噪声小，则相应地分析仪的动态范围将会增大。而接收机的本底噪声和 IF 带宽直接相关，若将 IF 带宽减小 10 倍，则本底噪声将降低 10dB，相应地动态范围增加 10dB，当然此时的测量速度也会减慢 10 倍。

如图 2 所示，由于 IF 带宽从 3kHz 降到 30Hz（减小了 100 倍），本底噪声也相应地降低了 20dB。

增加矢量平均与减小中频带宽对本底噪声的影响相类似，这是因为 IF 带宽的减小就是通过在点一点基础上进行更多的采样平均得到的。因此将矢量平均增

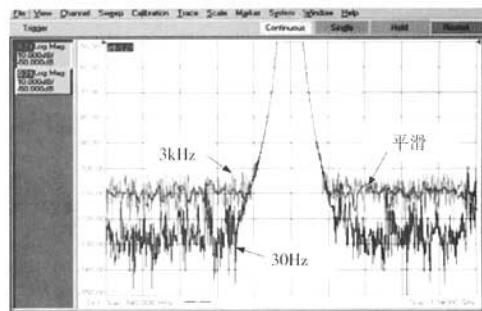


图 2 本底噪声随 IF 带宽的改变而改变

加 10 倍，则本底噪声也将降低 10dB，相应地动态范围会增加 10dB。

有时候人们容易将平滑与矢量平均相混淆。平滑只是简单地通过数学方法来减小轨迹噪声的峰—峰值漂移，它并不能从根本上改善动态范围。

### 3.3 设置分段扫描

设置分段扫描是指将扫描定义为不同的段落，每个段落有其各自的起止频率、轨迹点数、IF 带宽及功率电平（对改善动态范围最重要）。设置分段扫描也可改善矢量网络分析仪的动态范围，如图 3 所示。

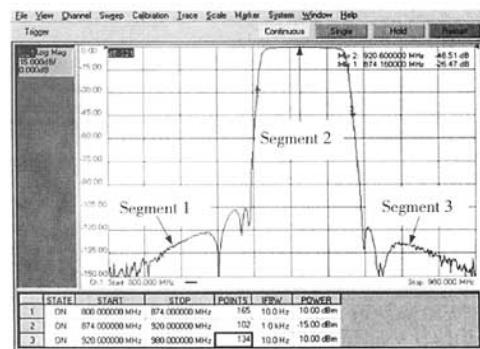


图 3 设置分段扫描

从图 3 可以看出，设置了 3 个段落，段落 1 和段落 3 被用来测量滤波器的阻带，段落 2 被用来测量滤波器的通带。在滤波器处于通带时，为避免接收机压缩的影响，功率电平不能设置太高，此时，只能采用较低的功率电平和较宽的 IF 带宽，故在某种程度上抑制了动态范围。而测试带通滤波器的阻带时又需要矢量网络分析仪有足够大的动态范围，因此在阻带测试中，可采用最大功率电平和窄 IF 带宽以提升动态范围。

### 3.4 实施隔离校准

在进行二端口校准时，人们常常会选择忽略隔离校准。一般情况下，如果被测件的动态范围小于 90dB，可选择忽略隔离校准，而如果被测件的动态范围大于 90dB，则需进行隔离校准。进行隔离校准可将噪声加至误差模型，使限制网络分析仪动态范围的串扰得到减小，从而使网络分析仪的动态范围得到增加。

实施隔离校准时，必须设置窄的 IF 带宽以及对轨迹进行足够的平均（至少需设置为测试时的 4 倍），才能保证串扰不会被噪声淹没，并进行正确的校准测试。

## 4 结束语

当使用矢量网络分析仪对大动态范围器件进行测试时，能考虑到以上几个问题并对矢量网络分析仪进行正确的设置，则能更精确地利用矢量网络分析仪反应被测件的性能，对被测件进行更准确的分析，方法简单可行，易于操作。

### 参考文献

- 1 Getting the Greatest Dynamic Range from Your Vector Network Analyzer, Agilent Technologies, 2004.

## 用于低温液体贸易交接的科氏流量计通过 NMI 的认证

2006 年 10 月，艾默生过程管理宣布：Micro Motion® 科氏流量计已通过 NMI（荷兰计量研究院）的认证，并被证明可用于低温液体（如：液化天然气 LNG）的贸易交接计量。经 NMI 认证得出的优于 0.5% 的低温计量精度远远超越了低温液体应用所要求的 1.5% 的最大允许误差。之所以可以达到该精度等级，源于所采用复杂的、正在申请专利的运算法则及先进的流量计设计，它们可实现调节过冷过程流体、高度敏感测量技术和精心选择的结构材料之间的动态关系。

新认证的获得是经过在荷兰多德雷赫特市以及在美国科罗拉多州波尔德市的 NIST 装置上所执行的一系列的严格试验所得出的结果。在 NMI Certin B. V. 的认真监督和帮助下，预先组态好的高准科氏流量计先在标定试验室条件下以水为介质进行标定，然后不经过任何标定修整，测量在 -20℃ 和 -33℃ 温度下的油介质及在 -193℃ (-380°F) 温度下的液化氮介质的精度。试验的关键要求是不允许对工厂预先组态好的流量计进行任何组态或电子部件方面的调整，所声明的精度必须代表设备取出箱时的性能，亦即出厂时的性能。

试验证实高准科氏流量计在特定精度范围内运行，在 -20℃ 和 -33℃ 温度下的油的质量流量测量误差不超过 0.05%，液化氮的质量流量测量误差不超过 0.3%。未对原始水介质标定进行任何修整而获得 0.3% 的精度，这足以让 NMI 信服流量计可以在 0.5% 的精度范围内运行，比低温液体应用所要求的 1.5% 的最大允许误差优 3 倍。

艾默生过程管理欧洲认证总监 Aart Pruyzen 说：“0.5% 的精度结果是独一无二的，是任何其它科氏仪表或其它技术的流量计所无法提供的。”另外，他还补充说：“艾默生如今拥有了适用于低温液体（液化天然气）应用的高准科氏流量计创新技术，具有无需在工况条件下进行在线检定的优点。这些结果在贸易交接领域是前所未有、独一无二的，且能为客户节省在线检定成本。”

## 浙大中控在合成氨行业再创新高

继 2006 年 7 月初浙江中控技术有限公司中标山东鲁西化工 3660 项目后，9 月 18 日，国内首家以焦炉气为原料的 1830 项目在山西丰喜华瑞煤化工有限公司所在地山西省新绛县进行招标。本次招标吸引了国内外众多知名 DCS 和 ESD 厂家，最终中控凭借自己的综合实力成功中标，一举赢得 DCS+ESD 项目。

山西丰喜华瑞是由国内知名氮肥企业山西丰喜肥业和瑞士知名氮肥生产商拉索公司出资组建的中外合资企业，其采取的工艺在焦炉气制造尿素、甲醇等行业有着广阔前景，本项目产能规模相当于 30 万吨/年甲醇规模。该项目的中标，为公司突破更大的甲醇、合成氨行业奠定了坚实基础。

## 微波射频测试仪器使用操作培训

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，推出多套微波射频以及天线设计培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表：<http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>

---

### 微波射频测量仪器操作培训课程合集



搞硬件、做射频，不会仪器操作怎么行！对于射频工程师和硬件工程师来说，日常电路设计调试工作中，经常需要使用各种测试仪器量测各种电信号来发现问题、解决问题。因此，熟悉各种测量仪器原理，正确地使用这些测试仪器，是微波射频工程师和硬件工程师必须具备和掌握的工作技能，该套射频仪器操作培训课程合集就可以帮助您快速熟悉掌握矢量网络分析仪、频谱仪、示波器等各种仪器的原理和使用操作…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/67.html>

---

### 矢量网络分析仪使用操作培训课程套装

矢量网络分析仪是最常用的测试仪器是射频工程师和天线设计工程师最常用的测试仪器；该套培训课程套装是国内最专业、实用和全面的矢量网络分析仪培训教程套装，包括安捷伦科技和罗德施瓦茨公司矢量网络分析仪的 5 套视频培训课程和一本矢网应用指南教材，能够帮助微波、射频工程师快速地熟悉掌握矢量网络分析仪使用操作…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/34.html>

---



### 示波器使用操作培训课程套装

示波器是硬件和射频工程师几乎在每天的工作中都会用到仪器，因此掌握示波器的原理并能够正确使用示波器是所有从事电子硬件电路设计和调试的工程师必须具备的最基本的技能。本站推出的示波器视频培训课程套装既有示波器的基本原理以及示波器性能参数对测量结果影响的讲解，也有安捷伦和泰克多种常用示波器的实际操作讲解，能够帮助您更加深入地理解手边常用的示波器从而更加正确地使用示波器…

课程网址：<http://www.edatop.com/peixun/rftest/osc/49.html>