

# 标量网络分析仪的常见故障分析

凤卫锋

(西安导航技术研究所计量仪器中心, 陕西, 西安 710068)

**摘 要:**在简要介绍标量网络分析仪工作原理的基础上, 论述了标量网络分析仪常见的故障现象、产生原因和排除方法, 并列举了作者的维修实例。

**关键词:**标量网络分析仪; 故障; 分析

**中图分类号:** TM931      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1002-6061(2006)02-0065-03

## 0 引言

在微波系统设计中, 经常需要对微波网络的特性进行分析测量。标量网络分析仪用于测量微波网络的幅频特性, 包括传输测量和反射测量。标网具有动态范围大、测量精度高、频率分辨力高、智能化程度高、使用方便、性价比高等优点。由于实际测量的需要, 标量网络分析仪是我国较早引进和开发的智能化微波测量仪器, 市场拥有量大, 某些早期产品已进入故障多发期, 故维修工作量较大。

## 1 工作原理

标量网络分析仪按其工作原理, 可分为宽带检波式标网和窄带调谐接收机式标网。在宽带检波式标网中, 二极管检波器将射频输入信号变换为成比例的直流电平, 也可采用交流检波方式(在这种情况下, 二极管检波器提取调幅测试信号的包络)来消除作为测量误差源的二极管的直流漂移, 同时降低噪声和寄生信号。窄带调谐接收机式标网中, 高频输入信号被变换成较低的中频, 通过对中频信号进行窄带滤波, 可以降低噪声, 从而改变灵敏度和动态范围。调谐接收机式标网从结构和工作原理上看更像一台矢量网络分析仪, 能够提供某种形式的矢量误差修正(通常只有矢量网络分析仪具备此功能), 以此提供高的测量精度。标量网络分析仪按其系统结构, 可分为一体化标网和分立式标网。一体化标网集信号源和标量分析接收于一体, 为用户提供更加方便的测试手段, 而分立式标网则需配备外部的受控扫频源和相应频段的检波器, 配置更为灵活, 对频段扩展非常有利。

### 1.1 二极管检波器一体化标网的工作原理

一体化标网的信号产生部分如图1所示框图。

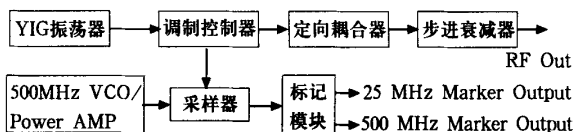


图1

YIG产生频谱纯度很高的高电平射频信号送入调制控制器中, 调制控制器对YIG调谐振荡器的输出功率进行控制, 调制控制器产生的幅度受控信号进入定向耦合器, 耦合的部分电平信号用于ALC控制环路; 稳幅输出的信号被送入步进衰减器, 以产生幅度步进衰减的源信号。500 MHz VCO/Power AMP输出的信号经采样器产生工作频段内的500 MHz和25 MHz梳状波, 此梳状波在标记模块中产生500 MHz和25 MHz的标记点, 此标记产生频率误差校准数据, 用于YIG调谐振荡器的源锁定。

一体化标网的信号处理部分如图2所示。

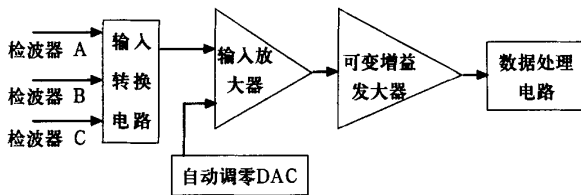


图2

检波器检波的直流信号经输入转换电路进入输入放大器, 自动调零电路用于减小输入放大器的直流偏置和宽带噪声, 可变增益放大器提供对检波信号的步进放大, 而后进入数据处理电路对信号进行采集、计算、显示等。

### 1.2 窄带调谐接收机式标网

如图3所示, 在网络分析仪中, Fraction-N/

收稿日期: 2005-08-08

作者简介: 凤卫锋(1975-), 男, 工程师, 主要从事射频与微波测量仪器的维修与检定。

Reference 板和 Source 板提供工作频段内的射频输出信号。Receiver 板分离参考信号、反射信号及传输信号。这些输入信号在分析仪中被宽带或窄带采样,检波后的信号被送至模数转换器变换为数字信号,这些数字信号被处理并存储显示。

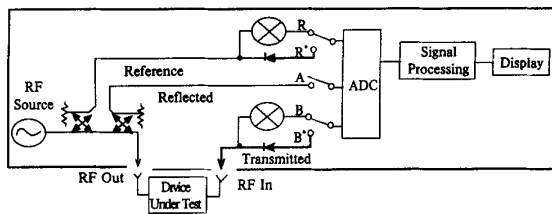


图 3

## 2 故障分析与排除

**故障现象 1:** 检波器的噪声电平过高或响应线性度过差。

**故障分析:** 检波器损坏。分体式标网在使用时,一定要保证标网和信号源良好接地,确保两者之间不存在电位差,否则容易损坏检波器。静电是造成检波器损坏的常见原因,测试连接时外部器件引入的功率电平过大、外部器件引入的直流电压等也是检波器损坏的原因。

**故障排除:** 标量网络分析仪检波一般采用低噪声和高稳定性的平面掺杂势垒二极管。它具有很好的频响特性和很高的灵敏度,对其线性偏离加以补偿后的动态范围可达 70 dB 左右。检波器损坏一般因检波二极管被烧毁,可采用厂家提供的二极管或二极管模块予以更换,更换后要检波电路的线性度进行调整。

**故障现象 2:** 传输测量正常,反射测量不正常。

**故障分析:** 反射桥或驻波比桥损坏,开路器、短路器、终端负载等损坏。反射桥的使用注意事项同检波器。

**故障排除:** 反射桥一般采用平衡式电路结构。反射桥的损坏一般为桥臂电阻被烧毁,在 50  $\Omega$  测量系统中桥臂电阻均为 50  $\Omega$ 。驻波比桥是内部具有检波器的反射桥,其损坏一般是因桥臂电阻和检波二极管被烧毁。反射桥可通过检查其方向性指标来予以诊断。

**故障现象 3:** 传输测量与反射测量均不正常。

**故障分析:** 源输出信号异常或测量通道故障。从一体化标网的工作原理来看,其 RF 源的故障主要有锁相环失锁,功率电平的输出故障,自动电平控制故障,YIG 振荡器故障等。根据射频电路的工作原理,采用信号注入法或信号寻迹法,判断故障模块,找出损坏器件,达到修复的目的。输入通道负责对检波后的数据进行处理,

可采用信号注入法,在每一功能电路的前端施加合适的信号,观测此部分电路的响应,以达到隔离故障电路的目的。

**维修实例:** Agilent 8713B 网络分析仪自检通过,但传输和反射测量均不正常,调用工厂校准数据,仪器故障仍然存在。对其射频通路进行检查,发现 Receive LO 输出电平比正常值低 20 dB 左右,按照电压测量法对此电路模块进行检查,发现单片微波集成放大器损坏,更换调整后仪器达到出厂指标。

**故障现象 4:** 传输测量和反射测量不准确,但测量功能正常。

**故障分析:** RF 源输出的频谱纯度不够、寄生信号过大,适配器、连接电缆、测试端口或校准件性能不佳,源输出衰减器有故障等。对于 RF 源输出频谱纯度的情况,可采用信号寻迹法,对射频通路的每一级逐步检查直到发现故障部分,对损坏的微波模块无法修复时可予以更换。性能不佳的适配器、连接电缆、测试端口或校准件将导致测量不准确,如 RF 连接端口在长期使用中会沾入灰尘、污垢,长期使用也会造成机械变形导致性能下降。RF 端口的清洗必须遵循相应的操作规范,对于机械变形的 RF 端口要予以更换。在变换 RF 源输出的步进衰减器时,测量准确度发生变化(非零衰减引起测量误差),则故障出在输出衰减器。输出衰减器的常见故障有继电器接触不良、衰减模块烧毁等。解决办法为清洗继电器触点,更换继电器或衰减模块等。

**维修实例:** Agilent 8713B 网络分析仪测量不准确,分析判断为输出衰减器故障。清洗继电器触点后此仪器测量指标达到出厂要求。

**故障现象 5:** 标网开机黑屏。

**故障分析:** 电源故障、显示电路故障或 CPU 板故障。CPU 板出现故障后,可导致开机自检不能通过,使得 CPU 不能正常读取 RAM 或 ROM 的数据而导致黑屏。CPU 板的常见故障有电缆连接故障,集成块非可靠性插接,SRAM 或 DRAM 故障,存储器电量不足等。

**维修实例:** ① Anritsu 54111A 出现上述故障,通过分析仪后面板的 VGA OUT 连接一显示器,发现分析仪工作正常,则判断为高压显示驱动电路故障,采用电压检查法,发现此电路板上一集成运放失效,更换板后仪器恢复正常工作。② HP8757C 标量网络分析仪出现上述故障,通过检查发现 CPU 电路板出现故障,存储器电池电量不足,更换后分析仪工作恢复正常。

**故障现象 6:** 标网自检不通过,并显示相应的出错信息。

**故障分析:**现代标网都具有先进的智能检测系统,可进行自检、自校准、开机自检等多项功能。标网的出错信息纷繁杂乱,维修过程中一定要参照仪器的说明书。可根据分析仪的出错报警信息及仪器说明书对出错信息的详细解释并结合仪器电路原理图,推断其故障范围,对故障电路进行检测,找出损坏、变值或老化的器件,予以更换。通过说明书提供的调整与校准方法,对网络分析仪的相应参数进行修正,使其性能指标达到要求。

**维修实例:**Anritsu 54111A 自检出错,出错信息为“error 201,500 MHz markers cannot be found during GENERAL test.”通过检波器检查 RF 输出电平,电平值正常。初步诊断为 500 MHz marker module 故障,对此模块进一步检查,发现某一级放大电路工作异常,更换漏电容一只,调整后仪器工作恢复正常。

(上接第 64 页)

利用多功能校准源,通过计算机和接口可方便地进行半自动和自动化校准。

#### 4) 用间接测量法对专用测试设备进行校准

由于专用测试设备所涉及的专业面广、量程范围大、使用情况特殊,对有些无法直接进行校准的参量,可以通过间接校准与其有直接关系的参量,利用计算和推理,判断该参量是否符合要求。对于同一台或一个系统中有相同通道或相同模块的专用测试设备中无法溯源的参量,可以用相互比对的结果确认其计量特性的可行性。

### 5 不确定度分析

专用测试设备校准的特殊性,决定专用测试设备的校准不应只停留在参量的校准上,而应向系统化发展,突出对系统技术性能的总体评价。

专用测试设备通常不是单一环节,往往包含多个环节,各环节及参量之间相互影响。现场评价指标最终又总是以专用测试设备的总体性能指标给出,而各环节分项指标在合成时可能产生不确定因素,使总体不确定度变化。因此,评定专用测试设备的不确定度时,应以系统的不确定度或主要参量的不确定度为主。在校准时应尽量减少信号在传输过程中所带来的干扰,充分考虑设备及系统各环节连接不当、干扰、阻抗不匹配、传输线路损耗、高频反射等问题所带来的不确定度因素,使其对校准所带来的影响减少到最少程度,使校准结果的不确定度更加合理。

### 3 小结

标量网络分析仪的电路结构复杂,智能化程度高,型号多样,给维修增加了一定的难度。但只要具备丰富的维修经验和扎实的理论基础,大多数故障仪器还是可以作到器件级的维修。本文是作者实际维修工作经验的一些总结,旨在对故障分析方法和检测手段做出常规性的说明,作为维修过程中的参考。

#### 参 考 文 献

- [1] Aritsu Company. 54 × × × A Series Network Analyzer Maintenance Manual [Z].
- [2] Agilent technology Inc. HP8757C/E Scalar Network Analyzer Service Manual [Z].
- [3] Agilent technology Inc. HP 8711B Network Analyzer Service Manual Series Network Analyzer Maintenance Manual [Z].
- [4] 林其璠. 电子仪器维修技术[M]. 北京:人民邮电出版社,1986.

### 6 专用测试设备的校准发展方向

对专用测试设备的校准不能只停留在静态校准上,还要对专用测试设备的使用全过程进行实时校准,以确保专用测试设备的功能真实可靠。为了保证校准条件和现场条件相符合,避免拆卸设备给产品测试可能带来的故障或不便,专用测试设备的校准应向原位校准和现场校准发展。对多功能、多参量、多通道、多量程的专用测试设备,为了提高它的校准效率和可靠性,应努力创造条件使其向半自动化、自动化校准方向发展。

### 7 结束语

专用测试设备校准方法的正确与否,是保证专用测试设备量值能否正确溯源的关键所在。校准方法的合理选择和应用,是校准数据准确可靠、指标和性能是否符合要求的重要保证。而对校准结果的不确定度的正确评定,是专用测试设备计量确认的主要环节。希望研制方、使用方、计量管理部门相互沟通,相互协商,共同来完成专用测试设备的校准工作,使专用测试设备的校准不断走向法制化、规范化的道路。同时希望广大的专用测试设备校准人员,在实践中不断总结、不断完善,认真分析研究每一台专用测试设备校准的每一个过程、每一个环节对系统总体性能的影响,使专用测试设备的校准方法更加合理、更加全面。

#### 参 考 文 献

- [1] 张可鑫. 结合试飞特点,开展专用测试设备计量确认[J]. 航空计测技术,2002,22(3):42-44.

## 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测量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练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练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>