

[文章编号] 1671-802X(2008)04-0076-04

矢量网络分析仪的维护

何高楼

(中国电子科技集团公司第四十一研究所, 安徽 蚌埠 233006)

[摘要] 矢量网络分析仪不仅能测量网络的幅频特性而且还能测量相频特性和群时延特性。校准过程考虑了所有的主要系统误差来源, 并能进行很精确的测量, 其优异的性能和丰富的功能非常适合网络参数的测量需求, 因此广泛应用于研发和生产。本文结合了多年的实践经验积累, 介绍了如何保持矢量网络分析仪常处于可靠运行状态, 以及对出现问题的分析和最佳解决途径。

[关键词] 静电防护; 校准件; 校准

[中图分类号] TP207

[文献标识码] B

0 引言

矢量网络分析仪的应用越来越广泛, 尤其是一些微波器件生产厂家更是不可缺少。由于其用量大、价格昂贵, 因此维护保养工作非常重要。目前市面上矢量网络分析仪的型号越来越多, 如手持式、便携式、台式和分体式, 功能也越来越强大, 尽管各大公司在产品外形、操作方式和技术特性方面有所不同, 但其测量原理、校准方法大同小异, 基本上采用了T/R(传输/反射)测试装置或S参数测量装置。所有只要掌握了一定的方法和技巧, 就能提高测试效率, 延长其使用寿命。

1 矢网的安全使用与防护

安全使用主要针对人身防护和仪器设备防护, 重点要做到“三防”: 防触电、防静电、防过载。不仅仅有源器件测试可以造成端口损坏, 无源器件测试同样会造成仪器损坏。从很多矢网故障分析来看, 静电造成的损坏是一主要来源。

1.1 防触电

一般要求供电电压 $220VAC \pm 10\%$, 采用标准的三芯电源插座(左为零线, 右为火线, 中为地线), 为了保证人身安全, 避免发生人体触电事故, 保护接地一定要牢靠, 接地电阻应小于4欧姆, 这样当人体触及到外壳带电的电气设备时, 由于接地体的接触电阻远小于人体电阻, 绝大部分电流经接地体进入大地, 只有很小部分流过人体, 不致对人的生命造成危害。

1.2 防静电

矢量网络分析仪是对静电比较敏感的设备, 100伏的静电就有可能造成端口器件的损坏或使性能下降, 人体上很容易产生高达几千伏以上的电压, 而受电击前却无

任何感觉。因此静电需防护, 防护的关键是接地系统。正确的做法是在建筑物外单独埋设一个接地体, 与其它保护地、参考地严格区分, 引出的大地地线作为防静电地线的主干线, 将此主干线直接引至生产线, 以此来设计防静电接地系统, 并设立静电安全工作区。决不能使用电源的信号地线作为防静电的接地线。

进入防静电区域的操作者必须采取防静电措施: 穿防静电工作服、正确佩带腕带并可靠接地, 操作时应在防静电工作台上进行(如图1), 不能抱侥幸心理。腕带和工作台垫提供了静电到达大地的清晰路径, 使其佩带者一直接近零伏电荷。对于活动频繁的人员, 应通过防静电鞋与静电地板释放静电荷。如果临时在室外测试而又没有静电保护条件的话, 应避免人体接触内导体。

另外还要定期测试、测量接地的好坏、台垫的性能指标和腕带、工器具的有效性。尤其应加强培训教育, 增强员工的防静电意识。

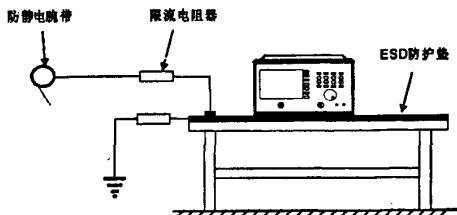


图1 静电防护工作台接地示意图

1.3 防过载

矢量网络分析仪接收机端口均有醒目警示。如: 最大输入损坏功率, 极限直流电压, 也有禁止输入直流信号

*[收稿日期] 2008-06-07

[作者简介] 何高楼(1965-), 男, 多年从事信号源、频谱仪、矢量信号分析仪等微波/毫米波电子测量仪器的研究工作。

的,这是测试有源部件必须注意的问题。尤其是放大器的测量要格外小心,应正确设置矢网的输出功率并在接收端采取相应的衰减保护措施;测试有源电路还要注意防止信号的反灌;替换保险丝时,请用同等型号和参数的保险丝,以防引起火灾!严禁使用其它型号的保险丝!

2 校准件、测试电缆的正确使用与防护

矢量误差修正通过以下过程来实现:对已知校准件进行测量,贮存这些校准数据并计算误差模型,然后,利用误差模型从后续测量中去除系统误差。常用的校准件有开路器、短路器、固定匹配负载、滑动匹配负载和精密空气线等。在很大程度上,校准件的性能指标和校准方法的完善程度决定了矢量网络分析仪的测量精度。可见,校准件的性能至关重要,而校准件属于易损件、消耗品,使用不规范、保护不当将严重影响其性能和寿命。

(1)校准件使用前应仔细检查连接器接头,注意有无金属碎末和裂痕,禁止使用已损坏的连接器和未经计量的连接器,并注意其接头形式、特性阻抗。

(2)当执行校准操作时,先仔细排列好所有的连接器,防止摔碰,杂乱摆放会给操作带来不便。连接时动作应轻微,对接要准确,避免歪斜,更不能在歪斜的情况下用力旋转,尤其注意只能旋转连接螺套,以防止内导体在旋转时磨损加速性能下降。最后连接应用力矩扳手,避免连接过松或过紧,禁止用大于力矩扳手的力量连接。

(3)校准件使用完后,要注意清洁和保存。校准件长期使用后,端面、螺纹处会产生污垢,可能引起性能下降,这时可用酒精棉球小心擦除;为减缓氧化,校准件要长期保持干燥,不用时用塑料套保护接头,放入校准件盒,存于干燥处。

(4)测试电缆是矢网测试过程中不可缺少的组成部分,重要性等同于校准件,是产生随机误差的重要来源。
①注意接头的防护,同上(1)、(2)、(3)中的说明;②接头与电缆的连接处容易出问题,使用时电缆能自然平放在工作台上,工作台的面积绝不能小,以避免测试过程中电缆过度弯曲受力;③在校准和测量过程中尽量保持电缆位置变动最小。

3 发现问题及其解决方案

通常情况下,仪器故障(如:无电源、开机自检失败、无显示或显示不正常、键盘失效、测试不准确等)的原因来自硬件、软件或使用不当,一旦出现这些问题,用户可直接联系厂家寻求解决方案,若能正确地描述其状态现象和使用过程,将有助于厂家作出正确的判断,使问题得到快速解决。实际上,随着产品技术水平的提高,类似功能性故障已并不多见,反而是测试结果的稳定性、准确性、重复性方面的问题比较突出,有时各种情况交集在一

起,使问题更加复杂化。但无论如何,只要依据一定的方法步骤,大部分测试问题都能得到合理的解决。

3.1 先对矢网主机作出正确判断

3.1.1 先检查矢网设置是否正确。最基本的设置就不赘述,各型矢网也大同小异,这里只说明较容易忽略而对测试结果影响较大的几项参数。

(1)校准件的设置。实际使用的校准件必须是与本机相兼容的校准件,并且确认校准件的校准数据已存入本机,否则要重新输入;校准件一般可以分为三个级别,即:经济校准件,主要有开路器、短路器和固定负载;标准级校准件,主要有开路器、短路器和滑动匹配负载;精密级校准件,主要有开路器、短路器、低频固定负载和精密空气线,应根据所需精度要求适当选购。

(2)对具有较大电延迟的设备,应手动设定扫描时间,如测量长电缆、声表面波滤波器时。待测件的电延迟越长,扫描速度应设置越慢。如果设置较快的扫描速度,那么电缆的响应幅度会下降,滤波器的通带上会出现不太寻常的波动。当然,也可以通过观察幅度的变化,确定最佳扫描时间。

(3)在执行全二端口校准的过程中,需正确设置校准件的阴、阳头属性。这一点很重要,否则有可能产生较大误差,尤其是关注被测件时延和相位的时候。

3.1.2 是否进行了正确的校准。

(1)矢网提供了去除某些或全部系统误差的各种校准方法,用户可根据被测对象的不同、精度和速度的要求灵活运用。由于需要测量更多的校准标准,故修正误差多的校准方法所花费的时间也更多。在测试精度要求不高的场合可采取简单的校准方式甚至不校准,也可以调用以前的校准数据,但前提是测试、被测条件不变(尤其是测试电缆和适配器不能更换,否则须重新校准)。

(2)连接器可重复性产生的随机测量误差是无法校正补偿的,对所有的连接器只能采取预防措施;而硬件随时间、环境温度或者测试情况的变化(如电缆移动)等所造成的误差,可以通过重复校准去除。多长时间需进行一次新校准主要取决于环境情况和要求的精度等级。许多用户通过测量某种检验件的方法进行正确性检查,如果测量结果落于允许的范围内,则可认为先前的校准仍然是好的。一般适用原则:在测量校准过程中,校准设备的环境温度应控制在常温;开机后,不要马上校准测试,应预热半小时,在高精度测试场合更要如此;最好校准工作二小时后再校准一次,以避免仪器长时间工作引起的漂移给测试结果带来误差。

(3)是否正确选用了适配器。N型、L16、平接头和SMA(7mm)的频率上限可到18GHz,经过特殊处理的

SMA 可以到 26.5GHz (3.5mm), V 头 (2.9mm), K 头 (2.4mm) 频率上限可到 40GHz。这些不同的接头之间都有相应的适配器。在理想情况下, 校准应当用具有与被测器件相同类型连接器的校准配件完成。校准完成之后, 在测试端口加装适配器将引起误差, 这个误差尽管不允许, 但常常被忽略。最坏情况的有效方向性为经修正的方向性与适配器的反射之和。若适配器不能避免, 为了减少系统方向性的下降, 高质量的适配器类型总是最佳选择。但无论如何不同的导行系统之间不能随便加转换器来测量, 例如, 用同轴接头通过同轴/波导转换器去测试波导口设备驻波的问题, 如果校准时仅仅校准在同轴端口上, 然后接上同轴/波导转换器去测试波导口的驻波, 那么测试的结果根本不能反映波导口的特性, 而反映的仅仅是同轴/波导转换器在接上被测元件时同轴口的驻波特性。所以, 对于测量波导口设备特性, 正确的方法是采用对应同型号的波导校准件, 同时你的矢网也应支持波导系统测试功能。

(4) 阻抗兼容性测试考虑。目前常用的同轴导行系统有 50Ω 、 75Ω , 一些 50Ω 系统矢网外加 $50\Omega/75\Omega$ 阻抗变换器后, 也具备了 75Ω 系统的测量能力, 但必须注意的是测量反射特性的能力降低, 小驻波比测量误差较大。如: 一般 $50\Omega/75\Omega$ 阻抗变换器的插损大约 -6dB , 相对 75Ω 测试端口来说, 固有方向性就减少了 12dB , 即使全面校准后有误差修正, 其有效方向性仍不能令人满意。

(5) 多端口测试考虑。对于多端口器件的测试, 最准确的方法是采用多端口矢网进行校准后测量, 但因其价格昂贵, 大多数用户不具备此条件, 都是采用双端口矢网加匹配负载的方法进行测量, 所以, 与多端口矢网相比, 测试准确度稍有偏差也属正常。

3.1.3 设置、校准执行无误的情况下, 如问题仍未改观, 就要判断矢网内部通道是否有问题。

(1) 测量反射(S 参数装置对应 S11, S22; T/R 测试装置对应 R)。设置功率电平为 0dBm , 反射端口接开路器或短路器, 也可以不连接任何器件, 初步观察反射幅频曲线, 射频矢网显示应在 0dB 附近, 如果发现曲线有不正常的起伏、衰减很大或无信号, 说明此测试端口有故障。若反射曲线正常, 还应接上负载进行观察, 其回波损耗一般优于 -25dB (未校准), 差异较大时也表明此测试端口有问题, 尽管通过校准后似乎也能达到了测量要求, 但其测试结果已不可信。对于 S 参数装置双端口双向矢网, 如果验证 S11, S22 正常, 则说明这两个端口的发射、接收均正常, 可基本认定此台设备正常; 对于 T/R 测试装置矢网, 如果 R 正常, 只能说明反射端口正常, 接收端口还须进一步验证。

(2) 测量传输(S 参数装置对应 S12, S21; T/R 测试装置对应 T)。在发射端口和接收端口之间接上直通电缆, 当设置功率电平为 0dBm 时, 观察传输通道(S21, S12 或 T), 射频矢网幅频显示应在 0dB 附近, 如果发现不正常的起伏、衰减很大或无信号(全噪声), 说明接收端口通道有故障。一旦发现矢网端口有故障, 通常情形须返厂维修。

3.2 对校准件和测试电缆的正确判断

校准件、测试电缆是消耗品, 随着使用次数的增加, 性能将逐渐下降, 当给测试结果带来较大误差而又不能忽略时, 就必须考虑降档使用或报废了。在这段使用期间, 必须时常关注其性能特性, 并对其有效性能快速、准确的判断。常用的最简便易行的方法是替代测量, 即备份一套完好的校准件(或兼容的)和测试电缆, 一旦发现异状, 逐一替代验证, 直至找出问题之所在。这种备份是完全有必要的, 尤其是矢网用量较大或使用频繁的场合更应如此, 这能大大提高解决问题的效率, 节省宝贵的时间。但替代测量主要注意二个方面的问题:

(1) 校准件的选用。校准件就是标准件, 其技术指标是已知的且是可表征的, 每套校准件至少包括三个性能差别很大且相对独立的标准, 其本身的数值使用国家一级计量单位给出的实际值, 不能随意性的将没有经过计量标定的校准件拿来比对校准测试。另外, 校准件的连接形式要一致。

(2) 测试电缆的选用。测试电缆在测试过程中起相当重要的作用, 性能特性与普通电缆有很大差异, 不是普通电缆可替代的。其低插损、低回波损耗和柔度的要求是一方面, 更重要的是相位稳定性, 目前高质量的稳相电缆国内尚不能生产, 几乎依赖进口, 价格比较昂贵。在射频频段、要求不高的场合, 用户是可以自行定制的, 但要注意电缆(需相位稳定)和连接器的选取, 一般情况下, 如果没有较好的装配工艺, 效果是不太令人满意的。另外, 在判断一根测试电缆是否有问题的时候, 可以采取较简单的方式: 在发射端与接收端之间连接此电缆, 选择传输相位测量模式, 直通归一化校准后, 移动、轻微抖动或轻微弯曲电缆, 观察相位的变化, 若形变过程中相位变化很大, 恢复静态时相位仍未回归至 0° 线附近, 说明此电缆有问题了, 需要更换。

最后, 可利用校验件对矢网系统进行测量验证。校验件不是一种校准标准, 但通过测量具有高精度的校验件, 可以判定矢网校准后能否达到期望的精度。

4 仪器外表维护

仪器在使用一段时间之后, 需清洁外表面板。清洁前, 关机拔掉电源线, 用干净柔软的棉布蘸上仪器专用清洁剂轻轻擦拭, 然后擦干, 待专用清洗剂晾干后连接电源。

线。一些显示屏表面有一层防静电涂层,切勿使用含有氟化物、酸性、碱性的清洗剂,也不要将清洗剂直接喷到显示面板上,否则可能渗入机器内部,损坏仪器。

5 结束语

矢网的校准可认为是逼近真值或修正值的过程,没有一台网络分析仪是理想完美的,用户所追求的精度取决于所应用(是调试还是最终测试)的等级和被测件的技术指标。较高的指标要求意味着要付出较高的代价,不管是进口矢网还是国产矢网,合适的就是最好的。经过多年的发展,国产矢网有了长足的进步,无论是可靠性还是性能指标都有了较大提升,性价比高,更重要的是维护成本相当低廉。

[参考文献]

[1]AV3620 高性能射频一体化矢量网络分析仪用户手册[Z].2003.

[2]Agilent Technologies. HP8753ET/ES Network Analyzers User's Guide[Z].1999.

[3]郭诠水,刘祖深,高小玲.数字通信测量仪器[M].北京:人民邮电出版社,2007.

[4]AV3618 微波一体化矢量网络分析仪用户手册[Z].2002.

[5]WITTE R A.频谱和网络测量[M].李景威,张伦,译.北京:科学技术文献出版社,1997.

Maintenance of Vector Network Analyzer

He Gao-lou

Abstract: The vector network analyzers can measure not only the amplitude-frequency but also the phase-frequency and group delay of the network. The calibration process accounts for all major sources of systematic errors and permits very accurate measurements. Their excellent performance and plentiful function can meet the measuring requirements of the network parameter, so it has already been widely used in the researching and manufacturing. This paper presents how to maintain vector network analyzer in a regular and reliable operation of state, as well as the analysis of the problem and the best solution.

Key words: ESD protection; calibration standard; calibration

(上接第 75 页)

(3) 2003 年按国军标要求在质保线上生产的电阻,放在正常环境的成品库进行贮存,每年对其精度进行测试,其年变化量见表 8。

表 8 电阻器年变化量数据

贮存时间	年平均变化量(%)
1 年	0.003%
2 年	0.002%
3 年	0.002%
4 年	0.001%

分析: 从表 8 数据可以看出电阻器的质量比较稳定,年变化量较小,如果产品没有内在缺陷,产品随着贮存时间的增加趋于稳定状态。

总之,根据上述统计分析,通过可靠性技术攻关,工艺及质量管理水平的提高,电阻产品质量均优于 2000 年前的水平,其自然条件下的贮存期内的失效率会更小,产品会更可靠。在相同的条件下,其贮存期不会低于 2000 年前的产品。由此预期,现在生产的产品能够满足其贮存寿命 10 年以上的要求。

微波射频测试仪器使用操作培训

易迪拓培训(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>