

用户手册

AV3629A/B/C 系列 高性能射频一体化矢量网络分析仪



中国电子科技集团公司第四十一研究所
The 41st Institute of China Electronics Technology Group Corporation

前 言

非常感谢您选择、使用中国电子科技集团公司第四十一研究所生产的 AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪！本产品测量的精度高、速度快，性价比高，并具有丰富的外部接口功能。为方便您的使用，请仔细阅读本手册。

我们将以最大限度满足您的需求为己任，为您提供高品质的测量仪器，同时带给您一流的售后服务。我们的一贯宗旨是“质量优良，服务周到”，提供满意的产品和服务是我们对用户的承诺。我们竭诚欢迎您的垂询，垂询电话：

服务咨询 0532-86889847

质量监督 0532-86886614

传 真 0532-86889056

网 址 www.ei41.com

电子信箱 ei@163169.net

地 址 山东省青岛经济技术开发区香江路 98 号

邮 编 266555

本手册介绍了中国电子科技集团公司第四十一研究所生产的 AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪的用途、性能指标、基本工作原理、使用方法、使用注意事项等，以帮助您尽快熟悉和掌握仪器的操作方法和使用要点。请仔细阅读本手册，并按照书中指导进行正确操作。

由于时间紧迫和笔者水平有限，本手册错误和疏漏之处在所难免，恳请各位用户批评指正！由于我们的工作失误给您造成的不便我们深表歉意。



声明：

本手册是 AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪用户手册第二版，版本号是 AV2.733.1010SS/1.0。

本手册中的内容如有变更，恕不另行通知。本手册内容及所用术语解释权属于中国电子科技集团公司第四十一研究所。

本手册版权属于中国电子科技集团公司第四十一研究所，任何单位或个人非经本所授权，不得对本手册内容进行修改或篡改，并且不得以赢利为目的对本手册进行复制、传播，中国电子科技集团公司第四十一研究所保留对侵权者追究法律责任的权利。

编 者

2007 年 10 月

目录

第一章 概述.....	1
第二章 用户必读.....	2
第一节 开箱检查	2
第二节 加电前的注意事项.....	3
第三节 分析仪开机和关机.....	5
第四节 分析仪的系统恢复.....	7
第三章 例行维护.....	8
第一篇 技术说明	9
第四章 技术参数.....	10
第五章 快速操作入门.....	13
第一节 前面板概述	13
第二节 后面板概述	21
第三节 分析仪的界面.....	28
第四节 分析仪的轨迹、通道和窗口.....	30
第六章 工作原理.....	32
第二篇 使用说明	33
第七章 测量设置.....	34
第一节 复位分析仪	34
第二节 选择测量参数.....	39
第三节 设置频率范围.....	46
第四节 设置信号功率电平.....	48
第五节 设置扫描	52
第六节 选择触发方式.....	59
第七节 选择数据格式和比例.....	63
第八节 观察多条轨迹和开启多个通道.....	68
第九节 设置分析仪的显示.....	71
第八章 优化测量.....	80
第一节 降低附件的影响.....	80
第二节 提高低损耗二端口器件的反射测量精度.....	82
第三节 增加动态范围.....	84
第四节 提高长电延迟器件的测量精度.....	85
第五节 提高相位测量精度.....	86
第六节 降低迹线噪声.....	90
第七节 降低接收机串扰.....	94
第八节 增加扫描点数.....	96
第九节 提高测量稳定性.....	97
第十节 提高扫描速度.....	98
第十一节 提高多状态测量的效率.....	102
第十二节 快速进行数据传输.....	104
第十三节 使用宏	105
第九章 校准.....	108
第一节 校准概述	108

第二节 选择校准类型.....	109
第三节 校准向导.....	112
第四节 高精度的测量校准.....	117
第五节 测量误差.....	121
第六节 修改校准件定义.....	124
第七节 校准标准.....	135
第八节 TRL校准.....	138
第十章 分析数据.....	139
第一节 光标.....	139
第二节 轨迹运算与统计.....	148
第三节 极限测量.....	151
第十一章 数据输出.....	154
第一节 保存和回调文件.....	154
第二节 打印测量显示.....	161
第十二章 时域测量.....	164
第一节 时域测量原理.....	164
第二节 时域测量分辨率与范围.....	165
第三节 窗口滤波.....	169
第四节 时域门滤波.....	171
第五节 时域测量数据.....	174
第六节 带通和低通时域模式.....	178
第七节 时域变换测量设置.....	180
第十三章 网络测量基础.....	184
第一节 反射测量.....	184
第二节 相位测量.....	187
第三节 放大器参数说明.....	189
第四节 复阻抗.....	191
第五节 群延迟.....	193
第六节 绝对输出功率.....	197
第七节 AM-PM变换.....	199
第八节 增益压缩.....	202
第九节 线性相位偏离.....	205
第十节 反向隔离.....	207
第十一节 小信号增益和平坦度.....	209
第十四章 性能特性测试.....	211
第一节 性能特性测试方法.....	212
第二节 AV3629A/B/C系列高性能射频一体化矢网性能测试记录.....	223

第一章 概述

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪是一种价格适宜、性能优越的测量仪器，能够对网络参数进行全面测量。它既可测量网络的幅频特性，又可测量网络的相频特性和群延迟特性。该系列矢量网络分析仪采用了现代最新的射频技术、电子技术和计算机技术，使其测量速度、数据传输速度、测量精度和智能化程度都达到了很高的水平，是一款特别适合于在研发过程中改进设计和生产线上大批量生产测试的高性能仪器。其中 AV3629A 的工作频率范围为 300kHz~9GHz，AV3629B 的工作频率范围为 300kHz~6GHz，AV3629C 的工作频率范围为 300kHz~3GHz，可以满足各种不同的测试需求。

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪内置 USB 接口和大容量硬盘，提供多种仪器状态和测量数据的存储格式。仪器状态和测量结果可以方便的存储到外部的 USB 存储设备或内部的硬盘上，方便状态的调用和对测量结果进行分析评估。仪器提供并口和串口，测量结果可以通过该并口或串口打印输出。通过分析仪提供的 GP-IB 接口，可以组成各种测试系统。仪器提供以太网接口，采用多任务 Windows XP 操作系统，具有个人计算机的全部功能，可以通过因特网从世界各地对测量结果进行评估和对分析仪进行监控，实现远程故障查询。

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪可广泛应用于天线和雷达散射截面 RCS 测量、发射/接收 (T/R) 模块测量、介质材料特性测量、光电特性测量和低温电子测量等领域，是相控阵雷达、精密制导、电子对抗、隐身和反隐身技术、微波通信和卫星等电子系统的科研、生产过程中必不可少的测试设备，综合性能指标达到目前世界先进水平。

本手册共分十三章：

第一章概括介绍了 AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪，包括采用的先进技术，强大的输入输出接口，所适用的科研和生产领域，同时也对本说明书作了概括说明。

第二章到第六章是使用注意事项和技术说明部分，包括开箱检查，检验新购买的分析仪的功能，使用注意事项，日常维护，前后面板接口说明及工作原理与技术参数等几个方面。

第七章到第十二章是使用说明部分，主要介绍仪器操作的具体过程：如何进行快速高效的测量，如何进行校准来提高测量精度，如何分析测量结果，如何打印和保存测量结果。

第十三章为网络测量基础，主要介绍各种网络参数的含义及具体的测量方法和步骤。

尊敬的客户，通过阅读本手册，您可以得心应手的使用 AV3629A/B/C 高性能射频一体化矢量网络分析仪。在使用中如果遇到什么问题或者有什么好的意见和建议，请您按前言中留下的联系方式及时与我们联系。持续改进并生产出用户满意的产品是我们一贯的宗旨。

衷心希望中国电子科技集团公司第四十一研究所优质、快捷的服务能为您工作带来方便，使用中如有任何问题，欢迎您与我们联系。

第二章 用户必读

欢迎使用中国电子科技集团公司第四十一研究所生产的 AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪，使用前请仔细阅读本章内容，防止不当的操作造成分析仪的损坏或意外事故的发生，当发现问题时，请及时与我们联系，我们将尽快予以解决。

第一节 开箱检查

请按下面步骤检查包装箱、核对箱内物品：

- a) 检查包装箱是否损坏。
- b) 将仪器从包装箱中取出，检查仪器是否在运输过程中出现损坏。
- c) 对照装箱清单核实所有附件及文件是否随仪器配齐。

如果包装箱或箱内的减振材料有所损坏，首先检查箱内的仪器和附件是否完整，然后方可对分析仪进行电性能测试。

包装箱内必备的附件和文件包括：

- 电源线一根
- USB 接口键盘一个
- USB 接口鼠标一个
- 《AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪用户手册》两本
- “装箱清单”一份

若仪器在运输过程中出现损坏或附件不全，请通知我们，我们将按您的要求尽快进行维修或调换，请保留运输材料以备将来装箱运输时使用。

第二节 加电前的注意事项

1 检查电源

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪采用三芯电源线接口，符合国际安全标准。在分析仪加电前，必须确认供电电源插座的保护地线已可靠接地，方可将电源线插头插入标准的三芯插座中。浮地或接地不良都可能毁坏仪器，甚至造成人身伤害，千万不要使用没有保护地的电源线。

2 供电电源要求

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪使用 220V、50Hz 交流电，下表列出分析仪正常工作时对电源的要求：


表 2-1 电源要求

电源参数	适应范围
输出电压	220V±10%交流
额定输出电流	≥1.5A
工作频率	50Hz±5%

为防止或减少由于多台设备通过电源产生的相互干扰，特别是大功率设备产生的尖峰脉冲干扰可能造成分析仪硬件的毁坏，最好用 220V 交流稳压电源为分析仪供电。

3 电源线的选择

分析仪使用三芯电源线，符合国际安全标准。当插入带有保护地的合适电源插座时，通过电源线将仪器的机壳接地。推荐使用随机携带的电源线，当更换电源线时，最好使用同类型的 250V/6A 电源线。



警告： 接地不良或错误可能损坏仪器，甚至造成人身伤害，在给分析仪加电开机之前一定要确保分析仪已通过电源线可靠接地！

在给分析仪加电开机前，请先确认电源电压是否正常！

仪器前面板开关仅仅是一个待机开关，只有移去电源线才能保证分析仪与外部电源完全隔离！

初次加电前，请参阅本章第三节“分析仪开机和关机”。

4 静电防护

静电防护是常被忽略的问题，人体身上积累的静电释放时很容易损坏仪器内部的敏感电路元件，大大降低仪器的可靠性，即使不被察觉的很小的静电释放也能造成器件的永久损坏。因此，在有条件的情况下应尽可能采取如下的静电防护措施：

- a) 在配有接地、导电桌垫的工作台上进行测试。
- b) 接触器件、附件和进行测试连接时，佩带防静电手腕带，将手腕带与桌垫连接，桌垫和地之间串联 1MΩ 电阻。

- c) 在具有导电地面的区域工作时佩带防静电脚腕带，即使不能确定地面的导电性能，也最好佩带防静电脚腕带。
- d) 清洁检查静电敏感器件、仪器测试端口或进行连接前，使自己接一下地，可以通过抓住已经接地的仪器测试端口或测试电缆连接器的外壳来实现。
- e) 将电缆连接到仪器的测试端口或静电敏感器件之前，一定要使电缆的中心导体首先接地，可以通过以下步骤来实现：
 - 1) 在电缆的一端连上短路器使电缆的中心导体和外导体短路。
 - 2) 当佩带防静电腕带时，抓紧电缆连接器的外壳。
 - 3) 连好电缆的另一端，然后去掉短路器。

第三节 分析仪开机和关机

1 分析仪开机

- a) 用符合要求的三芯电源线将分析仪与符合要求的交流电源相连。
- b) 按一下前面板左下角的【**开机/待机**】键，但不要长按或按住不放。
- c) 前面板指示灯变成绿色，仪器将花大约 1 分钟时间启动 Windows XP 系统、执行一系列自检和调整程序后，开始运行测量主程序，为使仪器达到符合规定的性能指标，在进行测量前应该让分析仪预热 60 分钟。



警告：

在分析仪加电之前，请先验证电源电压是否正常，防止造成仪器毁坏！
将仪器放在机柜中工作时，必须保证仪器内外空气对流通畅。机柜内每增加 100W 的热功率就要求环境温度（机柜外）比仪器允许工作的最高温度低 4°C。
若机柜内总热功率超过 800W，则必须采取强制风冷措施！

2 运行分析仪应用程序

分析仪在开机时自动运行矢量网络分析仪应用程序，如果退出应用程序，可以通过如下方法重新运行测量程序：

2.1 使用鼠标

在屏幕左下角的任务栏中点击[开始]，在开始菜单中指向[程序]，在程序子菜单中指向[高性能矢量网络分析仪]，在弹出的子菜单中点击[高性能矢量网络分析仪]，分析仪开始运行测量应用程序，也可以双击桌面上的快捷方式运行矢量网络分析仪应用程序。

2.2 使用前面板按键

按一下功能键区的【**复位**】键，分析仪开始运行矢量网络分析仪应用程序。

3 分析仪关机

3.1 使用鼠标

- a) 点击[文件]，在文件菜单中点击[退出]，退出分析仪测量应用程序。
- b) 点击[开始]，在开始菜单中点击[关闭计算机...]
- c) 在关闭计算机对话框中点击[关闭]。

3.2 使用前面板按键

- a) 按一下分析仪前面板左下角的【**开机/待机**】键，但不要长按或按住不放。
- b) 分析仪将自动退出测量应用程序，关闭电源。



请注意：

分析仪有时会因操作系统或应用程序异常而不响应鼠标和键盘的操作，此时可通过长按【开机/待机】键至少4秒钟关闭分析仪。正常情况下应避免这样做，因为可能会使系统变得不稳定，虽然大多数情况下分析仪都可以恢复正常，但并不意味这是一种安全的操作方式。

第四节 分析仪的系统恢复

由于用户非正常关闭分析仪、感染病毒或在分析仪上自行安装其它软件，可能导致分析仪操作系统工作不正常，此时需要进行系统恢复，将分析仪恢复到出厂时的默认状态，系统恢复步骤如下：

- a) 关闭分析仪，在后面板的键盘（KEYBOARD）或 USB 接口上连接键盘。
- b) 按一下分析仪前面板左下角的【开机/待机】键，当外接键盘上的指示灯亮起时，立刻按下外接键盘上的【↑】键不放，直到分析仪屏幕上出现下图所示的系统恢复选择菜单。

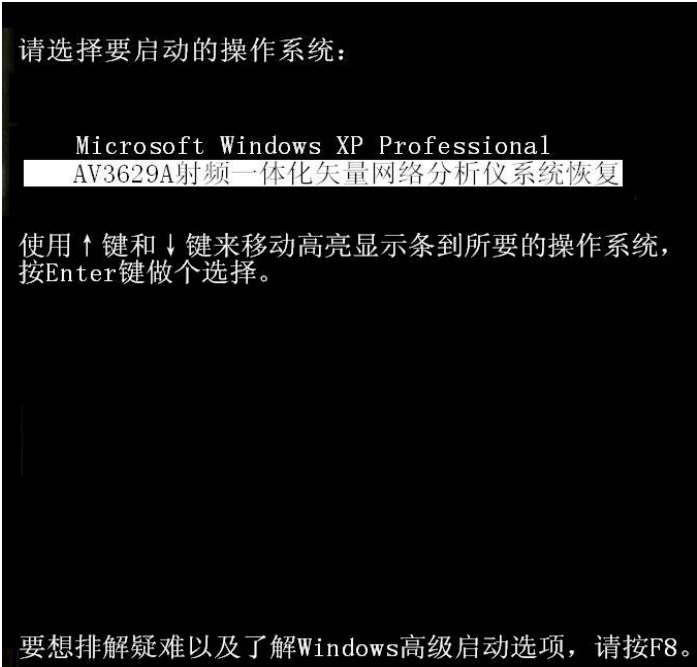


图 2-1 系统恢复选择菜单

- c) 按外接键盘上【↑】或【↓】键选中[AV3629A 射频一体化矢量网络分析仪系统恢复]，按【Enter ←】键。
- d) 在下面的系统恢复向导菜单中选中[恢复 (OK)]，按外接键盘上【Enter ←】键开始进行系统恢复，整个过程大约需要 5 分钟，恢复完成后自动重新启动分析仪。

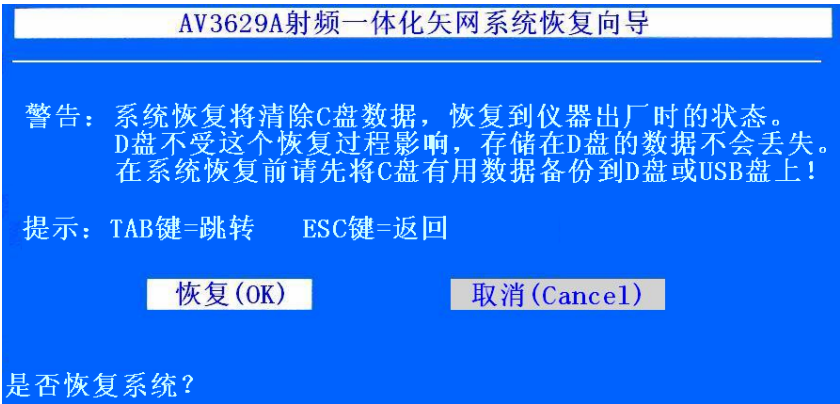


图 2-2 系统恢复向导菜单

第三章 例行维护

1 清洁分析仪前面板

在使用一段时间后，应该清洁分析仪的前面板，请按照下面的步骤操作：

- a) 关闭分析仪，拔掉电源线。
- b) 用干净柔软的棉布蘸上仪器专用清洁剂（禁止用酒精），轻轻擦拭前面板。
- c) 再用干净柔软的棉布擦干。
- d) 待专用清洁剂晾干后方可连接电源线。



警告：

显示屏表面有一层防静电涂层，切勿使用含有氟化物、酸性、碱性的清洁剂。
切勿将清洗剂直接喷到面板上，否则可能渗入仪器内部，损坏仪器！

第一篇 技术说明

第四章 技术参数

本章详细列出了 AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪的性能指标及技术参数。通过对本章的阅读，用户可以对本系列产品的性能指标有一个较确切的了解。分析仪的正常工作条件为环境温度 0℃~+40℃，1 个标准大气压，测试数据的环境温度为 23±3℃。

1 频率范围

- AV3629A: 300kHz~9GHz。
- AV3629B: 300kHz~6GHz
- AV3629C: 300kHz~3GHz

2 频率准确度

频率准确度: ±1ppm (23℃±3℃)。

3 频率分辨率

频率分辨率: 1Hz。

4 端口损坏电平

+26dBm 射频功率或±30V 直流电压。



警告： 仪器端口损坏极限电平: +26dBm 射频功率或±30V 直流电压，超过以上范围的输入可能烧毁仪器！

5 测试端口输出谐波（功率+5dBm）

测试端口输出谐波: ≤-20dBc。

6 测试端口输出非谐波（功率+5dBm，偏离载波 1kHz 以远）

测试端口输出非谐波: ≤-30dBc。

7 测试端口最大输出功率 (23℃±3℃)

测试端口输出功率: +5dBm 。

8 灵敏度（23℃±3℃）

表 4-1 灵敏度指标

频率范围	中频带宽	平均噪声电平
300kHz ~ 3GHz	10Hz	≤-110dBm
3GHz ~ 9GHz	10Hz	≤-100dBm

9 系统动态范围（中频带宽：1Hz，23℃±3℃）

表 4-2 系统动态范围

频率范围	300kHz~3GHz	3GHz~6GHz	6 GHz~9GHz
动态范围	115dB	105dB	105dB

10 校准前系统指标（中频带宽：10Hz，23℃±3℃）

表 4-3 校准前系统指标

频率范围	300kHz~25MHz	25MHz~3GHz	3GHz~6GHz	6GHz~9GHz
传输跟踪	±3.5dB	±2.5dB	±3.5dB	±4.5dB
反射跟踪	±3.5dB	±2.5dB	±3.5dB	±4.5dB
方向性	25dB	22dB	20dB	13dB
负载匹配	10dB	15dB	13	10dB

11 校准后系统指标（中频带宽：10Hz，23℃±3℃）

表 4-4 校准后系统指标

频率范围	300kHz~3GHz	3GHz~6GHz	6GHz~9GHz
传输跟踪	±0.04dB	±0.04dB	±0.05dB
反射跟踪	±0.03dB	±0.05dB	±0.06dB
有效方向性	44dB	40dB	38dB
有效源匹配	41dB	35dB	33dB
有效负载匹配	46dB	40dB	36dB

12 测量域

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪可在两种域内进行测量：频域和时域。

13 测量格式

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪有下列测量格式：

- 直角坐标格式：对数幅度、线性幅度、相位、群延迟、驻波比、实部和虚部。
- 史密斯圆图格式。
- 极坐标格式。

14 显示通道和参数

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪最多可开启 64 个通道，最多可同时显示 32 个窗口，每个窗口最多可同时显示 8 条轨迹。

15 测量点数

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪的扫描点数有 9 种默认设置和自定义模式可供选择，默认的扫描点数分别为：1、2、3、51、101、201、401、801 和 1601 个点，自定义模式下的扫描点数可在 1~16001 之间任意选择。

16 扫描类型

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪支持五种扫描类型:

- a) 线性频率
- b) 对数频率
- c) 功率扫描
- d) 点频
- e) 段扫描

17 平均因子

平均因子范围: 1~1024。

18 平滑度

平滑度为测量轨迹范围的 0.02%~25%。

第五章 快速操作入门

本章包括以下内容：

- 前面板概述
- 后面板概述
- 分析仪的接口
- 分析仪的轨迹、通道和窗口



本手册中，前面板上按键用【XXX】形式表示，XXX 为按键名称；屏幕上的菜单项和按钮用 [XXX] 形式表示，XXX 为菜单项或按钮名称。

第一节 前面板概述

前面板如下图所示，包括：

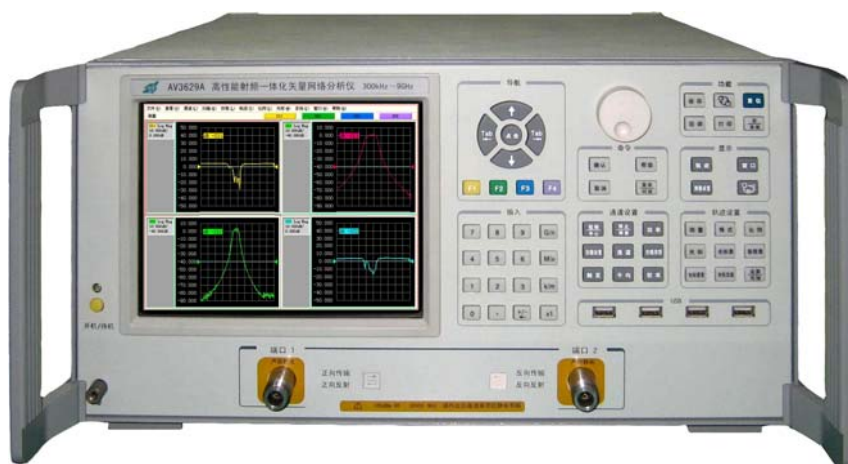


图 5-1 分析仪的前面板

1 通道设置键区

通道设置键区的按键功能如下：

- 配置通道的各种激励设置。
- 执行测量校准。



图 5-2 通道设置键区

【起始/中心】键

用于设置测量范围的起始值或中心值。

【终止/跨度】键

用于设置测量范围的终止值或跨度值。

【功率】键

用于设置源功率大小。

【扫描设置】键

用于定义分析仪信号源为被测件提供激励的方式。

【通道】键

用于选择当前激活通道或删除某个通道。要修改通道的任何设置必须将该通道设为当前的激活通道。

【扫描类型】键

用于选择信号源扫描的方式和与之相关的各种属性。

【触发】键

用于设置如何开始一个已初始化的扫描测量。

【平均】键

通过**【平均】**键可以使用测量平均功能降低噪声。当指定平均因子后，分析仪执行指定次数的复指数扫描平均。

【校准】键

启动测量校准。按**【菜单/对话】**键、**【校准】**键后，显示**校准向导**对话框，直接按**【校准】**键显示**校准**现用项目工具栏。

2 命令键区

命令键区的按键功能如下：

- 确认对话框中的命令和操作。
- 显示菜单或对话框。
- 打开分析仪**帮助**菜单。



图 5-3 命令键区

【确认】键

用于确认对话框中的设置和输入值并关闭对话框。

【帮助】键

打开分析仪的帮助功能（内嵌文档）。

【取消】键

忽略对话框中的设置和输入，关闭对话框。

【菜单/对话】键

按**【菜单/对话】**键后，可以用**导航**键浏览菜单。也可以通过先按**【菜单/对话】**键，再按**通道设置**、**轨迹设置**或**功能**键区的某个键来显示相应功能的对话框。

3 显示键区

显示键区的按键功能如下：

- 管理和创建轨迹、窗口。
- 快速设置一组测量。
- 排列当前的测量显示。



图 5-4 显示键区

【轨迹】键

按**【轨迹】**键显示**轨迹**现用项目工具栏，用工具栏上的功能按钮可以创建、删除轨迹或选择激活轨迹。

【窗口】键

按**【窗口】**键显示**窗口**现用项目工具栏，使用工具栏上的功能按钮可以创建、删除窗口或选择当前的激活窗口。我们只能改变当前激活窗口的大小，只有窗口是激活的才能选择窗口中的轨迹。

【测量设置】键

用于选择四种预配置中的测量设置。



键

用于从单窗口、两窗口、三窗口及四窗口四种窗口排列中选择希望的窗口排列方式。

4 输入键区和前面板旋钮

这些按键用来输入测量设置值。



图 5-5 输入键区和前面板旋钮

数字键

在设置测量时用来输入数值，然后按对应的单位键完成输入。

单位键

用来结束数值输入，并给输入值分配一个单位，各键对应的单位如下：

【G/n】	吉/纳 ($10^9/10^{-9}$)
【M/μ】	兆/微 ($10^6/10^{-6}$)
【k/m】	千/毫 ($10^3/10^{-3}$)
【x1】	基本单位：dB、dBm、度、秒、Hz 或 dB/GHz，也可以用于无单位数值的输入，并具有回车键的功能。



请注意：

对分析仪进行设置需要输入数值时，完成数字输入后必须按单位键完成数值设置，当输入无单位的数值时，按**【x1】**键结束数值输入。当使用外接键盘时，按与单位对应的字母键完成数值设置。

【·】十进制小数点键

当输入带小数位的十进制数值时，用来输入十进制的小数点。

【+/-/←】正号/负号/退格键

- 输入数值前按此键用来触发输入是正值还是负值。
- 输入数值后按此键光标后退删除原先的输入。

前面板旋钮

旋转旋钮用来调节当前的设置值，当激活输入框时，分析仪支持如下几种数值设置方式：

- 用数字键和单位键直接输入数值。
- 旋转旋钮改变数值。
- 按**导航键区**的**【↑】**和**【↓】**键改变数值。
- 用鼠标点击输入框的上、下箭头按钮改变数值。

5 导航键区

导航键区的功能如下：

- 从现用项目工具栏中选择功能项。
- 浏览菜单和对话框。



图 5-6 导航键区

【左 Tab】和【右 Tab】键

- 向左或向右移动选择菜单。
- 在对话框中切换激活的选项。

【↑】和【↓】键

- 在菜单中上下移动选择菜单项。
- 在对话框中有如下作用：
 - * 更改数值。
 - * 选择下拉列表中的项目。
 - * 在一组选项按钮中选择希望的选项。

【点击】键

与鼠标点击的功能相同。

【F1】、【F2】、【F3】、【F4】键

用于从现用项目工具栏中选择功能项，按键的颜色与工具栏中的功能项按钮颜色相同。

6 轨迹设置键区

轨迹设置键区功能如下：

- 设置测量类型。
- 读取测量结果。



图 5-7 轨迹设置键区

【测量】键

用来选择测量的 S 参数类型，按命令键区【菜单/对话】键、【测量】键显示改变测量参数对话框，在对话框中还可以选择任意比值或非比值功率测量类型。

【格式】键

用来选择分析仪显示测量数据的格式，连续按【格式】键可在格式现用项目工具栏中循环显示分析仪支持的所有格式。

【比例】键

设置分析仪显示测量轨迹的比例，也可以让分析仪自动设置 Y 轴比例，使所有测量轨迹恰好完全显示在屏幕内。

【光标】键

用来激活光标和设置光标的激励值，光标能够提供测量结果的数字读数。分析仪最多支持 9 个光标，连续按【光标】键在光标现用项目工具栏中循环显示这 9 个光标。

【光标表】键

开启光标表，该表显示当前轨迹上所有光标的数据读数。

【极限表】键

用来设置极限表、极限线的显示，开启和关闭极限测试功能，根据极限表进行 PASS/FAIL 测试。

【光标搜索】键

提供光标搜索功能，如果没有光标显示，按这个键将激活一个光标。

【光标功能】键

用来通过当前激活光标的位置改变测量设置，如果没有光标显示，按这个键将激活一个光标。

【运算/存储】键

设置分析仪对测量数据进行的数学运算和存储操作。

7 功能键区

功能键区的键用来：

- 打印测量结果。
- 保存或调用：
 - * 仪器状态
 - * 校准数据
 - * 测量数据
- 运行宏。
- 控制窗口大小。
- 复位分析仪。



图 5-8 功能键区

【保存】键

用于将仪器状态、校准数据或测量数据保存到指定的文件中。

**【最大化/向下还原】键**

将当前激活窗口设置为全测量屏幕显示，再次按此键将其恢复到先前的窗口尺寸。

【复位】键

复位分析仪到默认（预定义）状态。

【回调】键

用于调用包含分析仪状态、校准数据和测量数据的文件。

【打印】键

启动打印功能，选择打印设置和打印机进行打印。

【宏/本地】键

- 当分析仪处于外控状态时，按这个键可以使分析仪重新响应前面板按键。
- 当分析仪处于正常工作状态时，按这个键可以访问一组与可执行文件关联的用户定义的宏。分析仪最多可以命名和存储 10 个宏。当重复按【宏/本地】键时，4 个宏标题为一组的 3 组宏将在宏现用项目工具栏中循环显示。



请注意： 为了使用宏功能，必须将运行宏所必需的应用程序可执行文件安装在分析仪的硬盘上。

8 USB 接口

USB 接口可以用来连接键盘、鼠标或其他 USB 设备，前面板共提供四个 USB 接口，每个接口的特性如下：

- 触点 1: Vcc, 4.75V~5.25V, 最大输出电流 500mA
- 触点 2: 数据-
- 触点 3: 数据+
- 触点 4: 地



图 5-9 USB 接口

9 显示屏幕

分析仪的屏幕显示如下图所示：

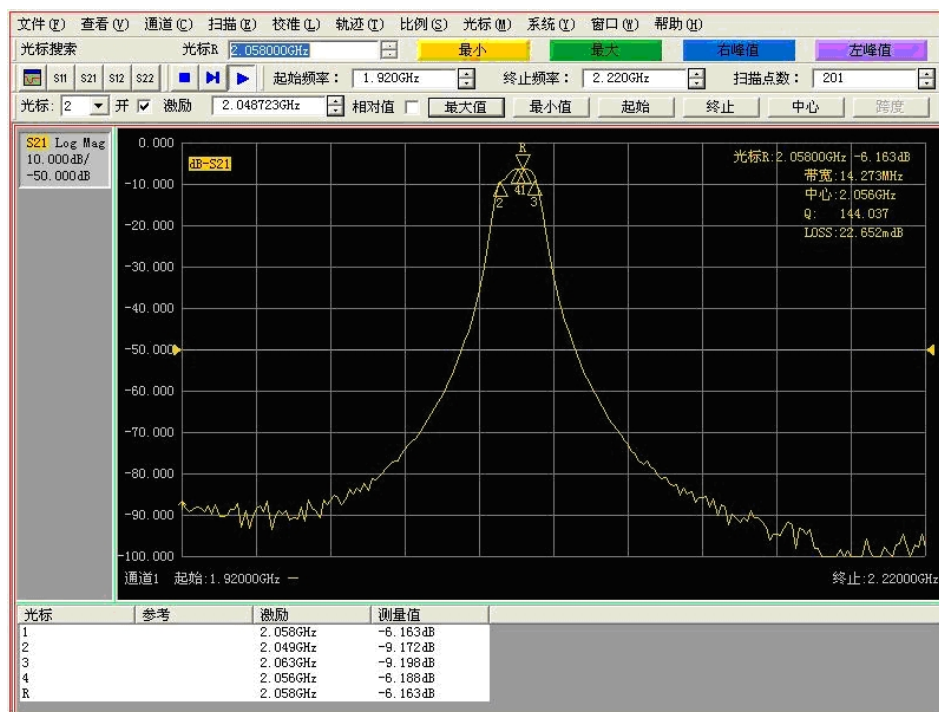


图 5-10 分析仪的显示屏幕

分析仪的显示屏采用 TFT 液晶显示屏，技术指标如下：

- TFT 8.4 英寸 LCD
- 分辨率：800×600
- 垂直刷新率：60.31Hz
- 水平刷新率：37.88kHz
- 亮度：>350 NIT

关于屏幕各显示要素功能和设置的详细信息请参见第七章第九节“设置分析仪的显示”。

10 【开机/待机】键和指示灯

【开机/待机】键用来开启分析仪或使分析仪处于待机状态。

- 分析仪开机时指示灯呈淡绿色。
- 分析仪待机时指示灯呈桔黄色。
- 分析仪开启时按**【开机/待机】**键，分析仪将自动退出应用程序关闭电源，进入待机状态。
- 待机状态按**【开机/待机】**键时，分析仪自动运行 Windows XP 操作系统，加载分析仪测量应用程序。

【开机/待机】键仅仅是一个待机开关，不与外部供电电源直接相连，不能切断分析仪与外部电源的连接。



图 5-11 【开机/待机】键和指示灯

11 测量端口

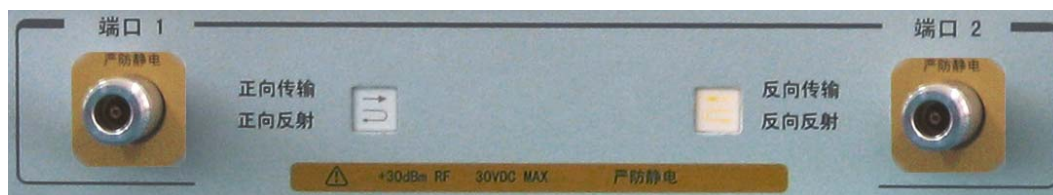


图 5-12 分析仪的测量端口

分析仪的测试端口是两个 50 Ω、N 型阴头端口，可以在射频源和接收机之间相互切换，以便在两个方向上对被测器件进行测量，黄色灯用来指示当前的源输出端口。

端口输入损毁电平：射频功率：+26dBm，DC 电压：±30V



警告： 分析仪端口损坏极限电平：+26dBm 射频功率或±30V 直流电压，超过以上范围的输入可能烧毁仪器！

第二节 后面板概述

分析仪的后面板如下图所示：



图 5-13 分析仪的后面板

1 10MHz 参考连接器



图 5-14 10MHz 参考连接器

1.1 10MHz 参考输入连接器

通过 **10MHz 参考输入** BNC 阴头连接器输入外部参考信号，若在这个端口上检测到 10MHz 外部参考信号，它将作为分析仪的频率基准而取代内部的频率基准，分析仪对 10MHz 参考输入信号的要求如下：

- 输入频率: $10\text{MHz} \pm 10\text{ppm}$
- 输入电平: $-15\text{dBm} \sim +20\text{dBm}$
- 输入阻抗: $200\ \Omega$

1.2 10MHz 参考输出连接器

10MHz 参考输出 BNC 阴头连接器向外提供具有下列特性的参考信号:

- 输出频率: $10\text{MHz} \pm 0.1\text{ppm}$
- 信号类型: 正弦波
- 输出电平: $10\text{dBm} \pm 4\text{dB}$
- 输出阻抗: $50\ \Omega$
- 谐波: $<-40\text{dBc}$

2 外部检波输入连接器



图 5-15 外部检波输入连接器

通过这个 BNC 阴头连接器可以输入来自外部负二极管检波器的直流电压，用于控制测试端口的功率电平。为了能够使用外部检波输入功能，我们必须勾选**扫描设置**对话框中的**[外部 ALC]**复选框，详细信息请参见第七章第五节“设置扫描”中“扫描设置”部分，连接器的端口特性如下：

- 输入灵敏度: 输入 -500mV 电压时测试端口约有 -3dBm 的输出功率
- 带宽: 50kHz
- 输入阻抗: $1\text{k}\ \Omega$

3 外部调幅输入连接器



图 5-16 外部调幅输入连接器

通过这个 BNC 阴头连接器可以输入对测试端口输出信号进行低频 AM 调制的信号，也可以输入一个电压来改变端口输出信号的功率电平。 0V 的输入电压不影响端口功率电平，正输入电压增大端口输出信号的功率，负输入电压减小端口输出信号的功率，连接器端口特性如下：

- 输入灵敏度：8dB/V
- 带宽：1kHz
- 输入阻抗：1k Ω

4 GP-IB 连接器

GP-IB 连接器是一个 24 针 D 型阴头连接器，符合 IEEE-488 标准，用于发送和接收 GP-IB/SCPI 命令。



图 5-17 GP-IB 连接器

5 VGA 输出连接器

这是一个 15 针 D 型阴头连接器，外部连接相应分辨率的 VGA 显示器，我们就可以同时使用内部和外部的显示器观察测量显示，外部显示器的默认分辨率为 800 \times 600，与分析仪内部液晶显示器的分辨率相同。



图 5-18 VGA 输出连接器

在 Windows 桌面上单击鼠标右键，通过右键菜单可以对多显示器模式进行配置。



图 5-19 配置多显示器模式

- 当勾选[监视器]时，只能使用外部的 VGA 显示器观察测量显示，分析仪内部的液晶显示器无显示。
- 当勾选[笔记本电脑]时，只能使用分析仪内部的液晶显示器观察测量实现，外接的 VGA 显示器无显示。
- 当勾选[监视器+笔记本电脑]时，可同时使用内部的液晶显示器和外接的 VGA 显示器观察测量结果。

6 PARALLEL （并行接口）连接器

这是一个 25 针 D 型阴头连接器，可以连接打印机或其它外围并口设备。



图 5-20 PARALLEL 连接器

7 LAN（局域网）连接器

这是一个 10/100 BaseT 以太网连接器，具有标准 8 针结构，可在两种数据速率中自动进行选择。



图 5-21 LAN 连接器

8 USB 连接器

连接器的插孔为 A 型配置（内嵌 4 触点：触点 1 在左边），提供两个 USB 接口，每个接口的特性如下：

- 触点 1: Vcc, 4.75V~5.25V, 最大输出电流 500mA
- 触点 2: 数据-
- 触点 3: 数据+
- 触点 4: 地

此连接器可以连接 USB 鼠标、键盘或其他 USB 接口设备。



图 5-22 USB 连接器

9 MOUSE（鼠标）连接器

用于连接 PS/2 接口鼠标，连接器的颜色为绿色，与标准 PS/2 接口鼠标连接器的颜色相同。



图 5-23 MOUSE 连接器

10 KEYBOARD（键盘）连接器

用于连接 PS/2 接口键盘，连接器的颜色为紫色，与标准 PS/2 接口键盘连接器的颜色相同。



图 5-24 键盘连接器

11 RS-232（串行接口）连接器

这是一个 9 针 D 型阳头连接器，与 RS-232 接口标准兼容。



图 5-25 RS-232 连接器

12 辅助输入输出连接器

这是一个 25 针 D 型阳头连接器，提供各种模拟 I/O、数字 I/O、定时 I/O、触发和电源线。可以通过 SCPI 和 COM 程序命令改变**辅助输入输出**连接器的设置，但通过前面板按键或屏幕菜单无法对其进行设置。

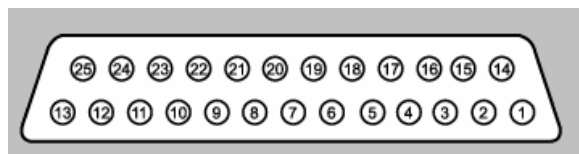


图 5-26 辅助输入输出连接器

表 5-1 辅助输入输出连接器管脚描述

管脚	名称	功能描述
1	ACOM	模拟地
2	Analog Out2	-10V~+10V 可编程直流输出，最大输出电流 10mA
3	Analog Out1	-10V~+10V 可编程直流输出，最大输出电流 10mA
4	no connect	用于将来功能扩展
5	DCOM	数字地
6	reserved	用于将来功能扩展
7	reserved	用于将来功能扩展
8	reserved	用于将来功能扩展
9	+5V	+5V 直流输出，最大输出电流 100mA
10	Pass/Fail Write Strobe	低电平时指示 Pass/Fail 脚数据有效
11	Sweep End	指示扫描结束（模式可编程）
12	Pass/Fail	指示极限测试的 Pass/Fail 状态（逻辑、模式和范围可编程）
13	Output Port Write Strobe	低电平指示写 I/O 脚数据
14	Analog In	-10V~+10V 模拟输入
15	ACOM	模拟地
16	Power Button In	将此脚接地相当于按前面板的【开机/待机】键
17	DCOM	数字地
18	Ready for Trigger	低电平指示系统准备就绪，可以进行外部触发
19	External Trigger In	外触发信号输入（高或低有效可编程）
20	Footswitch In	低有效输入，系统锁存可读的有效状态位
21	+22V	+22V 直流输出，最大输出电流 100mA
22	In/Out port C0	通用输入/输出脚
23	In/Out port C1	通用输入/输出脚
24	In/Out port C2	通用输入/输出脚
25	In/Out port C3	通用输入/输出脚

13 外部测试装置接口连接器

这是一个 25 针 D 型阴头连接器，用来控制外部测试装置。外部测试装置总线由 13 根多路复用的地址和数据线、3 根控制线和一根集电极开路的中断线组成。多个测试装置的总线可以组成菊花链结构，同时控制多达 16 个测试装置。



图 5-27 外部测试装置接口连接器

14 偏置输入连接器（选件）



图 5-28 偏置输入连接器

14.1 测试端口 2 保险丝插座

用于放置端口 2 偏置输入的保险丝，使用的保险丝为额定电流、电压分别为 1A、125V 的无延迟保险丝。

14.2 测试端口 2 偏置输入连接器

通过这个 BNC 阴头连接器为测试端口 2 加外部偏置。

- 最大电压：±30V
- 最大电流：±500mA（±200 mA 时不会降低整机的射频指标）

14.3 测试端口 1 偏置输入连接器

通过这个 BNC 阴头连接器为测试端口 1 加外部偏置。

- 最大电压：±30V
- 最大电流：±500mA（±200 mA 时不会降低整机的射频指标）

14.4 测试端口 1 保险丝插座

用于放置端口 1 偏置输入的保险丝，使用的保险丝为额定电流、电压分别为 1A、125V 的无延迟保险丝。



说明：

偏置电流在 200mA 以下时，分析仪将满足所有的技术指标。当偏置电流增大时，特别是在射频段的低端（典型频率值<100MHz，但主要>10MHz），修正的源匹配和方向性将下降。频率高于 100MHz 时，对超过 1A 的电流，其修正的源匹配和方向性指标将轻微下降。

第三节 分析仪的界面

分析仪的界面指用户设置和操作分析仪的方法，包括前面板界面和鼠标用户界面：

1 前面板界面

用户可以通过 3 种方式使用前面板按键进行分析仪的设置和操作：

1.1 使用现用项目工具栏

这种方法不能使用分析仪的所有功能，但可以通过如下 4 个步骤快速完成对分析仪的设置：

- a) 按前面板相应的功能按键激活现用项目工具栏。
- b) 观察现用项目工具栏的功能项。
- c) 按导航键区【F1】、【F2】、【F3】或【F4】键选择需要的功能。
- d) 输入数值（如果需要）。

1.2 使用对话框

这种方法可以运行大多数的对话框，步骤如下：

- a) 按命令键区【菜单/对话】键切换到菜单/对话框模式。
- b) 按前面板相应的功能按键显示需要的对话框。
- c) 通过导航键浏览和设置对话框。
- d) 输入数值（如果需要）。
- e) 按命令键区【确认】键关闭对话框。

1.3 使用下拉菜单

这种方法可以使用分析仪所有的功能，但操作比较烦琐，具体步骤如下：

- a) 按【菜单/对话】键切换到菜单/对话框模式。
- b) 按导航键区的左右【Tab】键和【↑】、【↓】键浏览菜单，按导航键区【点击】键进行选择。
- c) 通过导航键浏览和设置对话框（如果打开对话框）。
- d) 输入数值（如果需要）。
- e) 按命令键区【确认】键关闭对话框（如果打开对话框）。

2 鼠标用户界面

可以使用鼠标进行如下操作：

- a) 点击现用项目工具栏的按钮选择功能。
- b) 点击测量工具栏添加测量轨迹。
- c) 点击扫描控制工具栏控制分析仪的扫描。
- d) 点击菜单栏显示下拉菜单。
- e) 点击激励工具栏设置扫描激励。
- f) 点击光标工具栏使用光标功能。
- g) 在屏幕上按鼠标右键显示右键菜单。
- h) 点击轨迹状态按钮选择当前的激活轨迹。
- i) 在轨迹状态栏上按鼠标右键显示右键菜单设置当前激活轨迹的显示。

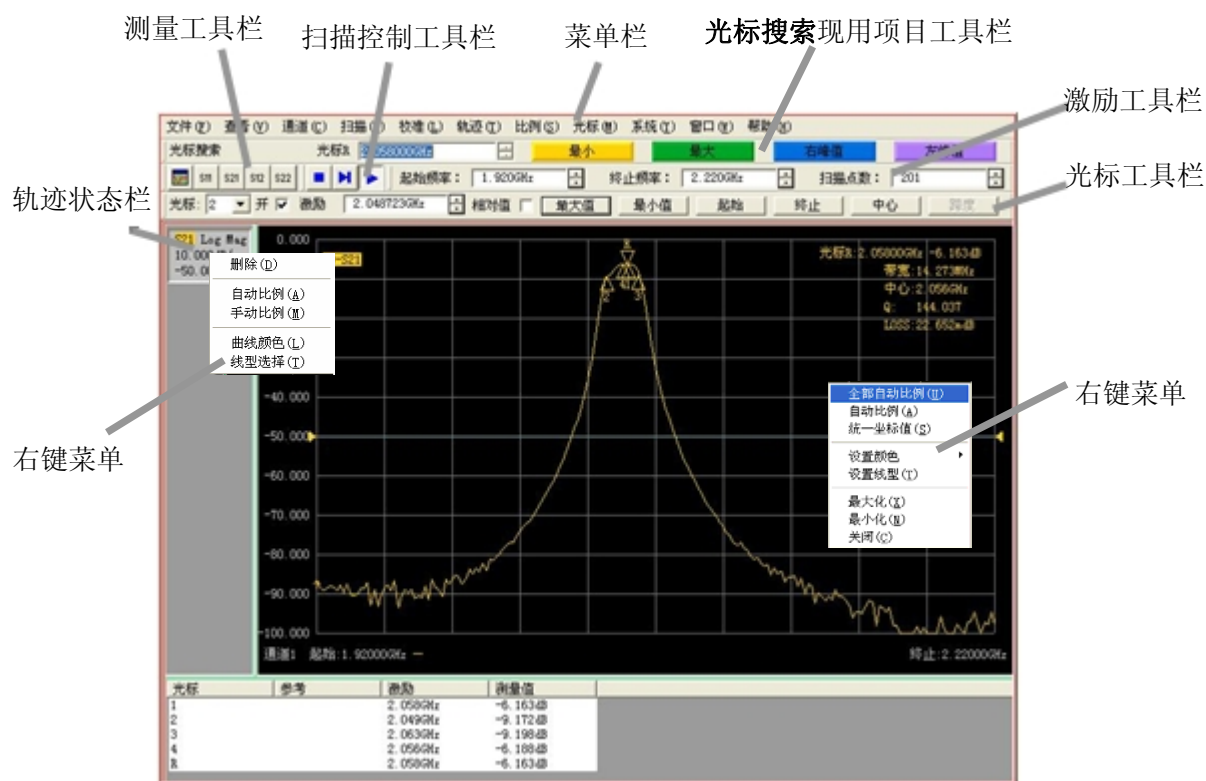


图 5-29 分析仪的鼠标用户界面

第四节 分析仪的轨迹、通道和窗口

1 轨迹

轨迹是一连串的测量数据点，轨迹的设置将影响测量数据的数学运算和显示，只有轨迹处于激活状态时，才可以更改它的设置。点击对应的轨迹状态按钮可激活轨迹，详细的设置方法请参见第七章第二节“选择测量参数”中“改变轨迹的激活状态”部分，轨迹的设置包括：

- 测量参数
- 显示格式
- 比例
- 校准 ON/off
- 轨迹运算
- 光标
- 电延迟
- 相位偏移
- 平滑
- 时域变换

2 通道

通道中包含轨迹，分析仪最多支持 64 个独立的通道。通道设置决定了如何对通道中的轨迹进行测量，同一个通道中的轨迹有相同的通道设置。通道只有处于激活状态时才能更改它的设置，只要激活通道中的轨迹，通道也同时被激活，通道设置包括：

- 频率跨度
- 功率
- 校准数据
- 中频带宽
- 扫描点数
- 扫描设置
- 平均
- 触发（某些设置）

3 窗口

窗口是用来观察测量轨迹的，分析仪最多支持 32 个窗口，每个窗口中最多显示 8 条轨迹。窗口与通道是完全独立的。通过[查看]菜单，可以设置窗口显示，详细信息请参见第七章第九节“设置分析仪的显示”。

3.1 新建一个窗口

3.1.1 使用鼠标

点击[窗口]，在窗口菜单中点击[新建]，分析仪将新建一个窗口，窗口中轨迹的默认设置为：S₁₁，通道 1。

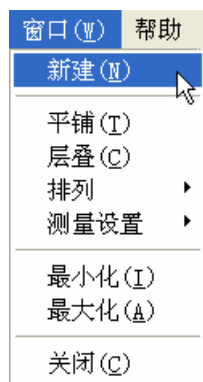


图 5-30 新建窗口

3.1.2 使用前面板按键

- a) 在显示键区按【窗口】键。
- b) 在导航键区按【F1】键，分析仪将新建一个窗口，窗口中轨迹的默认设置为： S_{11} ，通道 1。

3.2 使用全屏观察窗口

当同时打开的窗口过多时，会因窗口过小而使轨迹不清晰，这时可以用全屏来显示某一个窗口，以便更好的观察窗口中的轨迹。

3.2.1 使用鼠标

使用鼠标操作时，有如下 3 种方法使某一个窗口全屏显示：

- 打开标题栏时，点击窗口标题栏中的**最大化**按钮。
- 关闭标题栏时，用鼠标点击要全屏显示的窗口，使对应窗口成为当前的激活窗口，点击[窗口]，在窗口菜单中点击[最大化]。
- 鼠标指向要全屏显示的窗口，按鼠标右键，在右键菜单中点击[最大化]。

3.2.2 使用前面板按键

- a) 在显示键区按【窗口】键，按导航键区的【F2】和【F3】键选择当前的激活窗口。
- b) 按功能键区【最大化/向下还原】键。

第六章 工作原理

本章概述 AV3629A 高性能射频一体化矢量网络分析仪的基本工作原理。

1 被测件对射频信号的响应

分析仪的信号源产生测试的激励信号，当测试信号输入到被测件时，一部分信号被反射，另一部分则被传输，图 6-1 说明了测试信号通过被测器件后的响应。

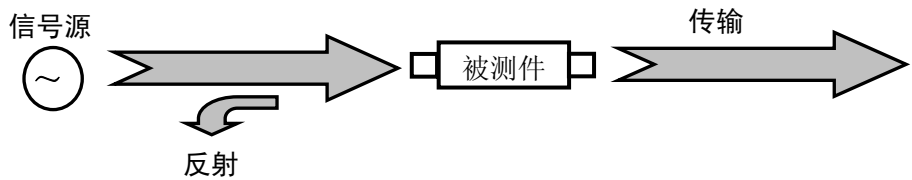


图 6-1 被测件对信号的响应

2 整机原理

AV3629A 高性能射频一体化矢量网络分析仪用于测量器件和网络的反射和传输特性。整机主要包括 300kHz~9GHz 信号源、10MHz~3GHz 本振源、S 参数测试装置模块、混频接收模块、数字信号处理与嵌入式计算机模块和液晶显示模块。合成信号源产生 300k~9GHz 的测试激励信号，此信号通过整机锁相电路与本振源同步扫描。S 参数测试装置模块用于产生参考信号，分离被测件的反射信号和传输信号。当源在端口 1 时，产生参考信号 R1、反射信号 A 和传输信号 B；当源在端口 2 时，产生参考信号 R2、反射信号 B 和传输信号 A。混频接收模块将射频信号转换成固定频率的中频信号，由于采用系统锁相技术，本振源和信号源锁相在同一个参考时基上，保证在频率变换过程中，被测件的相位信息不丢失。在数字信号处理与嵌入式计算机模块中，将模拟中频变成数字信号，通过计算得到被测件的幅相信息，这些信息做各种格式变换处理后，将结果送给显示模块，液晶显示模块将被测件的幅相信息以用户需要的格式显示出来，整机的原理框图如下：

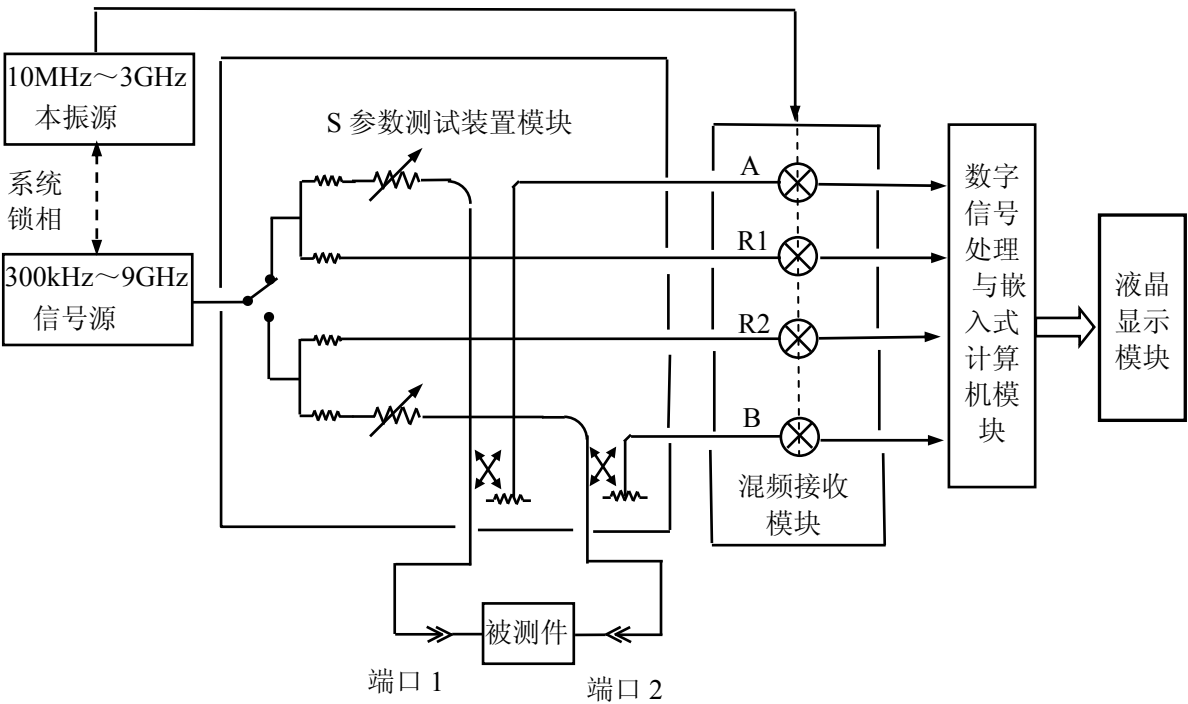


图 6-2 整机原理框图

第二篇 使用说明

第七章 测量设置

我们可以通过复位使分析仪回到一个已知的测量状态，然后选择测量设置、调整分析仪的显示以便更好的观察测量结果，本章内容包括：

- 复位分析仪
- 选择测量参数
- 设置频率范围
- 设置信号功率电平
- 设置扫描
- 选择触发方式
- 设置数据格式和比例
- 观察多条轨迹和开启多个通道
- 设置分析仪的显示

第一节 复位分析仪

1 默认的复位状态

当按【复位】键时，分析仪回到一个已知的默认状态，称为复位状态，AV3629A 高性能射频一体化矢量网络分析仪复位状态的设置如下：

a) 测量参数：

S_{11}

b) 频率设置：

起始频率：300kHz

终止频率：9GHz

点频频率：2GHz

c) 功率设置：

测试端口功率：0dBm

耦合端口功率：开

衰减：自动衰减

衰减值：0dB

功率斜坡：关

斜率：0dB/GHz

d) 扫描设置：

扫描类型：线性频率

扫描时间：自动

扫描点数：201

e) 段扫描设置:

开启段数: 1
起始频率: 300kHz
终止频率: 9GHz
点数: 21
功率: 0dBm
中频带宽: 35kHz

f) 触发设置:

触发源: 内部
触发方式: 连续

g) 显示格式:

格式: 对数幅度

当选择不同的格式时, 对应的详细设置如下:

表 7-1 不同显示格式的默认设置

格式	比例	参考位置	参考值
对数幅度	10dB	5	0dB
相位	45°	5	0°
群延迟	10ns	5	10fs
线性幅度	100mU	5	500mU
驻波比	1U	5	6U
实部	2U	5	0U
虚部	2U	5	0U
极坐标	1U	无	1U
史密斯圆图	1U	无	1U

h) 响应设置

通道数: 1
中频带宽: 35kHz
平均: 关
平均因子: 1
平滑: 关
平滑因子: 取值范围的 2.49%
电延迟: 0s
速度因子: 1
相位偏移: 0°
显示轨迹: 数据轨迹

i) 校准设置

修正: 关
内插: 开
校准类型: 无

校准件号：当前校准件号
系统阻抗：50 Ω
端口延伸：关
端口延伸值：0s

j) 光标设置

初始频率：4.500150GHz
参考光标 R:关
离散光标：关
格式：轨迹格式
类型：标准
光标搜索类型：最小值
搜索域：全带宽
光标表：空
光标耦合：关
显示所有轨迹光标：关

k) 极限测试设置：

极限测试：关
极限线显示：关
失败声音警告：关

l) 极限表设置

类型：OFF
起始激励：300kHz
终止激励：9GHz
起始响应：-100dB
终止响应：100dB

m) 时域变换设置

时域变换：关
变换模式：带通
变换开始：-10ns
变换终止：10ns
凯撒窗 β 因子：6.0
时域门：关
门开始：-10ns
门终止：10ns
门形状：标准
门类型：带通

n) 全局显示设置

轨迹状态栏：开
频率/激励：开

光标读数：开

显示的工具栏：现用项目工具栏

状态栏：关

2 用户复位状态

分析仪可以复位到一个已知的默认状态或用户定义的状态。默认情况下，分析仪复位到默认状态，可以通过设置使分析仪复位到一个用户定义的状态。

2.1 设置用户复位状态

2.1.1 使用鼠标

- 点击[系统]，在系统菜单中点击[定义用户状态]，显示定义用户复位状态对话框。
- 点击[使能用户复位状态]勾选复选框。
- 如果点击[保存当前状态作为用户复位状态]按钮，分析仪将当前的仪器设置保存为用户复位状态。
- 如果想使用已存在的状态，点击[装载存在的文件作为用户复位状态]按钮，在打开对话框中选择状态文件打开，分析仪将选择的文件作为用户复位的状态文件。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

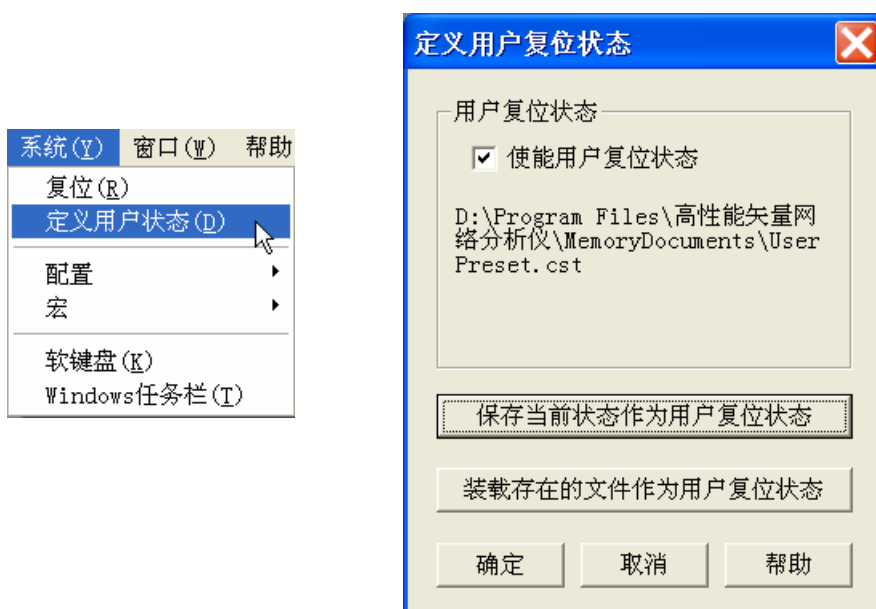


图 7-1 定义用户复位状态

2.1.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键。
- 按导航键切换到系统菜单下的[定义用户状态]菜单项，按导航键区【点击】键，显示定义用户复位状态对话框。
- 按导航键区【Tab】键切换到[使能用户复位状态]，按【点击】键勾选复选框。
- 按【Tab】键切换到[保存当前状态作为用户复位状态]按钮，按【点击】键，分析仪将当前的仪器设置保存为用户复位状态。

- e) 如果想使用已存在的状态，按【Tab】键切换到[装载存在的文件作为用户复位态]按钮，按【点击】键，在打开对话框中选择状态文件打开，分析仪将选择的文件作为用户复位的状态文件。
- f) 在命令键区按【确认】键关闭对话框。

3 复位分析仪

3.1 使用鼠标

点击[系统]，在系统菜单中点击[复位]。



图 7-2 复位分析仪

3.2 使用前面板按键

在功能键区按【复位】键。

第二节 选择测量参数

我们可以设置分析仪使用下列参数来测量一个器件的电特性：

- S 参数（固定比值）
- 任意比值（自定义比值测量）
- 非比值功率测量（绝对功率测量）

1 S 参数

S 参数（散射参数）用来描述一个器件如何改变输入的信号，它可以描述被测件的反射和传输特性。S 参数用约定的数字排列形式表示包含幅度和相位信息的两个复向量的比值关系：

$$S_{\text{输出 输入}}$$

输出指被测件的响应信号输出端口号，输入指被测件的激励信号输入端口号。分析仪有两个测量端口，可以测量一端口或二端口器件的 S 参数。我们可以设置 S 参数测量的信号输出端口，当激励信号在分析仪的端口 1 输出时，我们称分析仪进行正向测量，当激励信号在分析仪的端口 2 输出时，我们称分析仪进行反向测量，分析仪根据选择的测量参数自动切换测量方向，因此，进行一次连接可以测量一个二端口器件的所有 4 个 S 参数。

一个双端口器件的 4 个 S 参数是 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{21} 、 S_{22} ，下图中将对 S 参数进一步加以说明，图中：

- a 代表输入到被测件的激励信号
- b 代表被测件的反射和传输信号

S 参数为复线性值，它的测量精度取决于校准件的指标和采用的测量连接技术，也与非激励端口的匹配情况有关，其不理想的负载匹配将使 a_1 或 a_2 不等于零，这违背了 S 参数的定义，将引入测量误差。全双端口校准可以修正源和负载的匹配误差，提高测量的精度。用 S 参数可以进行以下参数的测量：

a) 反射测量： S_{11} 、 S_{22}

- 回波损耗
- 驻波比（SWR）
- 反射系数
- 阻抗
- S_{11} 、 S_{22}

b) 传输测量： S_{21} 、 S_{12}

- 插入损耗
- 传输系数
- 增益
- 群延迟
- 线性相位偏离
- 电延迟
- S_{21} 、 S_{12}

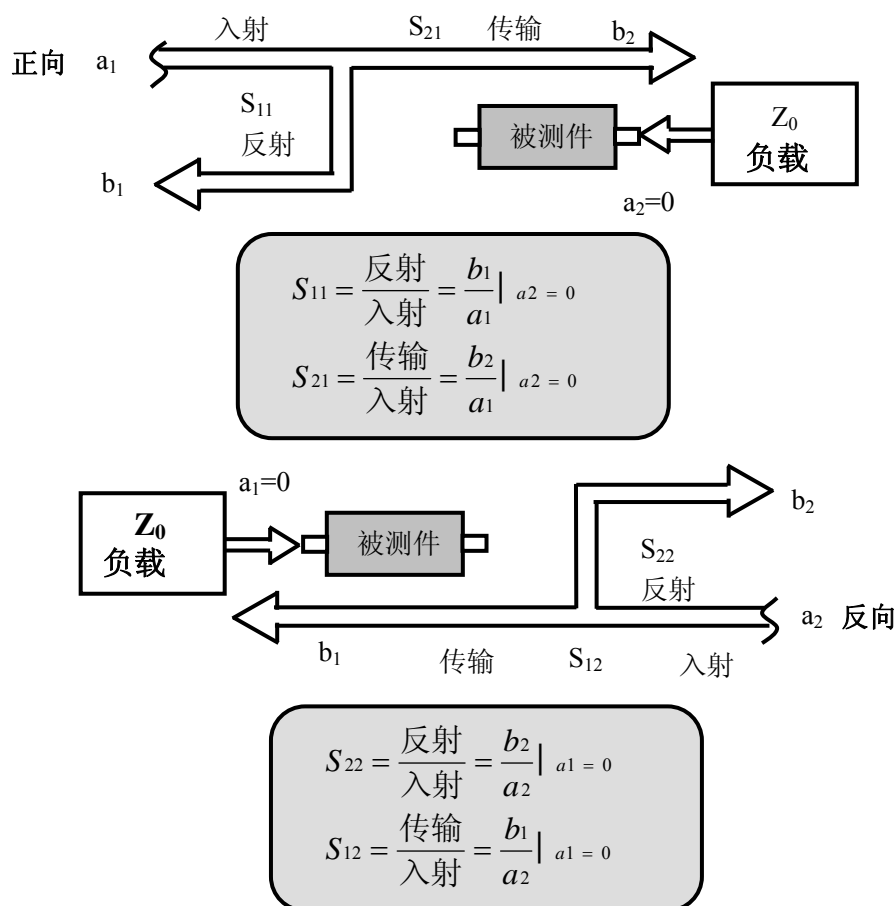


图 7-3 S 参数定义

1.1 新建 S 参数测量轨迹

1.1.1 使用鼠标

- 点击[轨迹], 在轨迹菜单中点击[新建轨迹...], 显示创建新轨迹对话框。
- 在对话框中选择想要新建的 S 参数测量轨迹。
- 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。

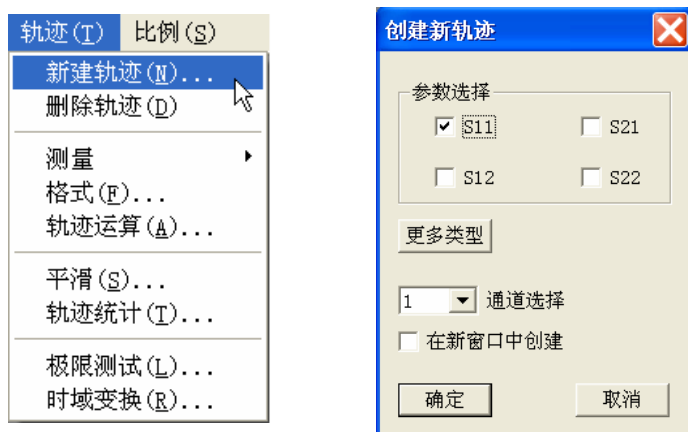


图 7-4 新建 S 参数轨迹

1.1.2 使用前面板按键

- a) 在显示键区按【轨迹】键。
- b) 按导航键区【F1】键将新建一条 S_{11} 测量轨迹。

1.1.3 创建新轨迹对话框

参数选择区

用于选择要新建的 S 参数测量轨迹。

[更多类型]按钮

打开对话框用于新建任意比值或非比值功率测量轨迹。

[通道选择]框

用于选择新建轨迹所在的通道。

[在新窗口中创建]复选框

勾选时新建窗口创建轨迹，清除时在当前激活窗口中创建轨迹。

2 任意比值测量

任意比值测量允许从 A、B、R1 和 R2 接收机中选择输入信号和参考信号进行比值测量。

2.1 新建任意比值测量轨迹

2.1.1 使用鼠标

- a) 点击[轨迹]，在轨迹菜单中点击[新建轨迹...]，显示创建新轨迹对话框。
- b) 在对话框中点击[更多类型]按钮，显示创建新轨迹对话框。
- c) 在[源]框中选择分析仪源信号的输出端口。
- d) 点击[比值类型]勾选复选框。
- e) 在输入区选择比值测量的输入接收机。
- f) 在参考区选择比值测量的参考接收机。
- g) 点击[确定]按钮关闭对话框。

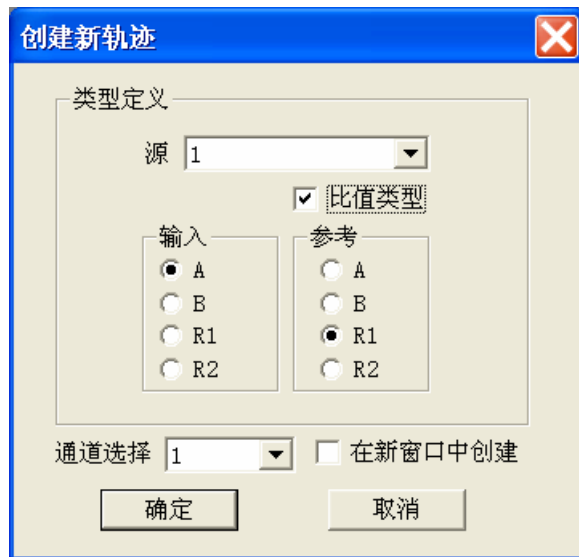


图 7-5 新建任意比值测量轨迹

2.1.2 使用前面板按键

- a) 在命令键区按【菜单/对话】键，按显示键区【轨迹】键，显示**创建新轨迹**对话框。
- b) 按导航键切换到[更多类型]按钮，按导航键区【点击】键，显示**创建新轨迹**对话框。
- c) 按导航键切换到[源]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择分析仪的源输出端口。
- d) 按导航键切换到[比值类型]，按【点击】键勾选复选框。
- e) 按导航键切换到输入区，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择比值测量的输入接收机。
- f) 按导航键切换到参考区，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择比值测量的参考接收机。
- g) 按命令键区【确认】键关闭对话框。

3 非比值功率测量

非比值功率测量参数测量进入 A、B、R1、R2 接收机的绝对功率，但不能进行相位、群延迟和其他任何打开平均功能的测量。

3.1 新建非比值功率测量轨迹

3.1.1 使用鼠标

- a) 点击[轨迹]，在轨迹菜单中点击[新建轨迹...]，显示**创建新轨迹**对话框。
- b) 点击[更多类型]按钮，显示**创建新轨迹**对话框。
- c) 在[源]框中选择分析仪的源输出端口。
- d) 点击[比值类型]清除复选框（如果已勾选）。
- e) 在输入区中选择信号的测量接收机。
- f) 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。

3.1.2 使用前面板按键

- a) 在命令键区按【菜单/对话】键，按显示键区【轨迹】键，显示**创建新轨迹**对话框。
- b) 按导航键切换到[更多类型]按钮，按导航键区【点击】键，显示**创建新轨迹**对话框。
- c) 按导航键切换到[源]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择分析仪的源输出端口。
- d) 按导航键切换到[比值类型]，按【点击】键清除复选框（如果已勾选）。
- e) 按导航键切换到输入区，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择信号的测量接收机。
- f) 按命令键区【确认】键关闭对话框。

3.1.3 创建新轨迹对话框（任意比值和非比值功率测量）

[源]框

选择分析仪源信号的输出端口。

[比值类型]复选框

勾选时新建任意比值测量轨迹，清除时新建非比值功率测量轨迹。

[输入]区

选择分析仪测量被测件响应信号的输入接收机。

[参考]区

选择分析仪进行比值测量的参考接收机。

[通道选择]框

用于选择新建轨迹所在的通道。

[在新窗口中创建]复选框

勾选时在新建的窗口中创建轨迹，清除时在当前激活窗口中创建轨迹。

4 改变轨迹的测量类型

在分析仪中，如果需要对某条轨迹进行设置和修改，必须使该轨迹成为当前的激活轨迹，然后才能对其进行修改。

4.1 改变轨迹的激活状态

4.1.1 使用鼠标

在窗口中点击轨迹状态按钮，对应的轨迹成为当前的激活轨迹。

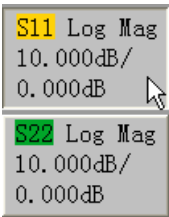


图 7-6 改变轨迹的激活状态

4.1.2 使用前面板按键

- a) 在显示键区按【轨迹】键。
- b) 按导航键区的【F2】或【F3】键选择激活轨迹。

4.2 设置当前激活轨迹的 S 参数测量类型

4.2.1 使用鼠标

- a) 点击[轨迹]，在轨迹菜单中指向[测量]，显示测量子菜单。
- b) 点击子菜单中要选择的 S 参数测量类型。

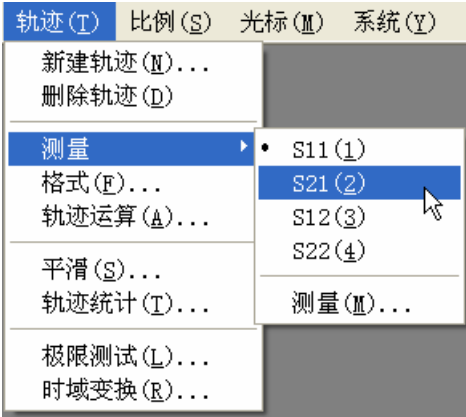


图 7-7 设置当前激活轨迹的 S 参数测量类型

4.2.2 使用前面板按键

- 在轨迹设置键区按【测量】键。
- 按导航键区的【F1】、【F2】、【F3】或【F4】键选择 S 参数测量类型。

4.3 改变当前激活轨迹为任意比值类型

4.3.1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单中指向[测量]，显示[测量]子菜单。
- 点击子菜单中[测量...]菜单项，显示改变测量参数对话框。
- 点击[更多类型]按钮，显示改变测量参数对话框。
- 在[源]框选择分析仪的源输出端口。
- 点击[比值类型]勾选复选框。
- 在输入区选择比值测量的输入接收机。
- 在参考区选择比值测量的参考接收机。
- 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。

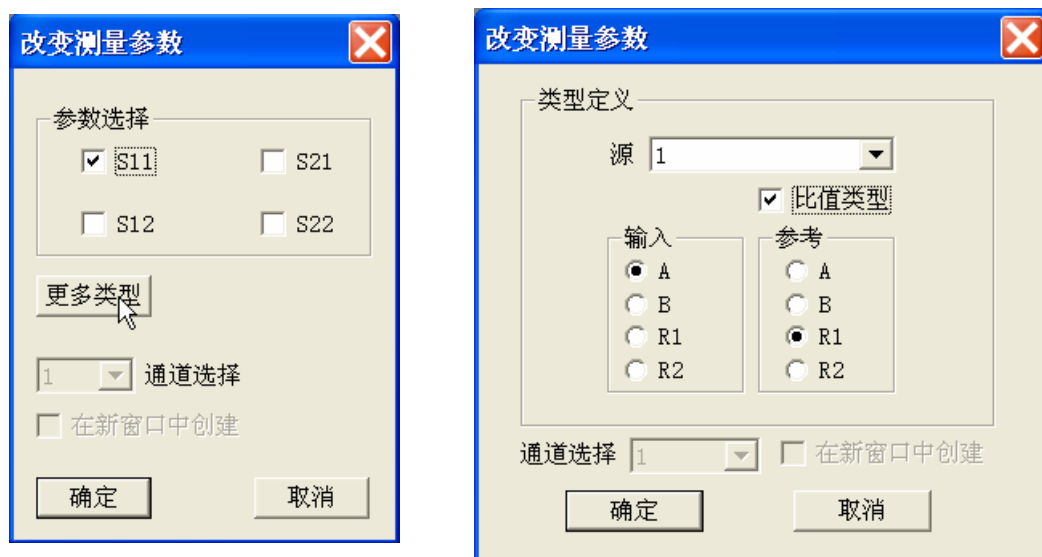


图 7-8 改变当前激活轨迹为任意比值类型

4.3.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键，按轨迹设置键区【测量】键，显示改变测量参数对话框。
- 按导航键切换到[更多类型]按钮，按导航键区【点击】键，显示改变测量参数对话框。
- 按导航键切换到[源]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择分析仪的源输出端口。
- 按导航键切换到[比值类型]，按【点击】键勾选复选框。
- 按导航键切换到输入区，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择比值测量的输入接收机。
- 按导航键切换到参考区，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择比值测量的参考接收机。
- 按命令键区【确认】键关闭对话框。

4.4 改变当前激活轨迹为非比值功率测量类型

4.4.1 使用鼠标

- a) 点击[轨迹]，在轨迹菜单中指向[测量]，显示测量子菜单。
- b) 点击子菜单中[测量...]，显示改变测量参数对话框。
- c) 点击[更多类型]按钮，显示改变测量参数对话框。
- d) 在[源]框选择分析仪的源输出端口。
- e) 点击[比值类型]清除复选框（如果已勾选）。
- f) 在输入区中选择测量接收机。
- g) 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。

4.4.2 使用前面板按键

- a) 在命令键区按【菜单/对话】键，按轨迹设置键区【测量】键，显示改变测量参数对话框。
- b) 按导航键切换到[更多类型]按钮，按导航键区【点击】键，显示改变测量参数对话框。
- c) 按导航键切换到[源]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择分析仪的源输出端口。
- d) 按导航键切换到[比值类型]，按【点击】键清除复选框（如果已勾选）。
- e) 按导航键切换到输入区，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择测量接收机。
- f) 设置完成按命令键区的【确认】键关闭对话框。

第三节 设置频率范围

频率范围指器件测量的频率跨度，AV3629A 高性能射频一体化矢量网络分析仪的频率范围为 300kHz~9GHz，频率分辨率为 1Hz。整个频率范围包括 7 个波段，当频率扫描通过这些波段的切换点或扫描到设置的最高频率回扫时，输入到被测件的功率将被调到最小，以防出现过大的峰值功率烧毁被测件，如果扫描的频率范围只包括一个波段，在回扫时功率不变。分析仪各波段的频率范围如下表所示：

表 7-2 波段划分

波段	频率范围
B0	300kHz~10MHz
B1	10MHz~748MHz
B2	748MHz~1500MHz
B3	1500MHz~3000MHz
B4	3000MHz~4500MHz
B5	4500MHz~6500MHz
B6	6500MHz~9000MHz

正常情况下，分析仪会锁相到指定的频率，当由于硬件故障不能正确锁相时，分析仪会显示“锁相失败”的错误提示信息。

1 设置频率范围

有两种设置频率范围的方式：

- 指定起始频率和终止频率
- 指定中心频率和频率跨度

1.1 设置起始频率和终止频率

1.1.1 使用鼠标

- a) 点击[通道]，在通道菜单中点击[起始/终止...]菜单项，显示频率 起始/终止对话框。
- b) 点击[起始]框，输入起始频率值。
- c) 点击[终止]框，输入终止频率值。
- d) 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框

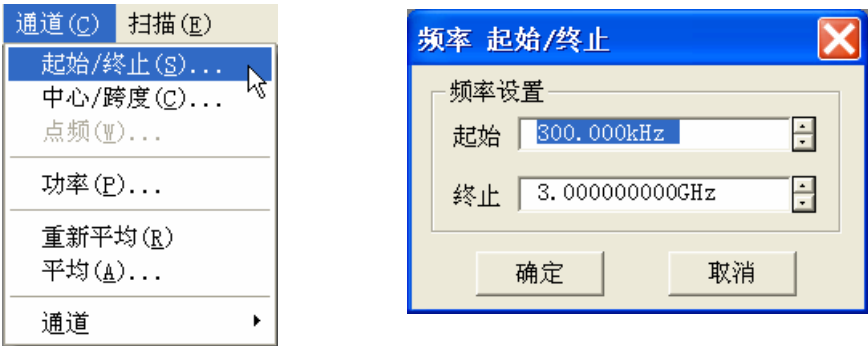


图 7-9 设置起始频率和终止频率

1.1.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【起始/中心】或【终止/跨度】键。
- 按导航键区【F1】键，输入起始频率值。
- 按导航键区【F2】键，输入终止频率值。

1.2 设置中心频率和频率跨度

1.2.1 使用鼠标

- 点击[通道]，在通道菜单中点击[中心/跨度...]菜单项，显示频率 中心/跨度对话框。
- 点击[中心]框，输入中心频率值。
- 点击[跨度]框，输入频率跨度值。
- 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。



图 7-10 设置中心频率和频率跨度

1.2.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【起始/中心】或【终止/跨度】键。
- 按导航键区【F3】键，输入中心频率值。
- 按导航键区【F4】键，输入频率跨度值。

第四节 设置信号功率电平

功率电平指分析仪测试端口源信号的功率电平，AV3629A 高性能射频一体化矢量网络分析仪端口功率电平技术指标如下：

表 7-3 源信号功率电平指标

源功率范围&分辨率		
频率	源功率范围（dBm）	功率分辨率（dB）
300kHz～6GHz	-85～ +10	0.01
6GHz～9GHz	-85～ +5	0.01

1 设置功率电平

1.1 使用鼠标

- a) 点击[通道]，在通道菜单中点击 [功率...]，显示功率对话框。
- b) 点击[测试端口功率]框，输入端口 1 的功率电平。端口功率默认情况下是耦合的，所以也设置了端口 2 的功率电平。
- c) 如果想单独设置每个端口的功率电平，清除[耦合端口功率]复选框，在[端口]框选择设置端口，在[测试端口功率]框设置功率电平。
- d) 点击 [确定] 按钮关闭对话框。



图 7-11 设置功率电平

1.2 使用前面板按键

- a) 在**通道设置**键区按【**功率**】键。
- b) 按**导航**键区【**F1**】键，输入功率电平。

1.3 功率对话框

[功率 ON/off]复选框

勾选时端口正常输出功率，清除时关断端口输出功率。

选择端口区

a) [端口]框

选择设置功率电平的端口。

b) [耦合端口功率]复选框

默认情况下勾选[耦合端口功率]复选框，分析仪 2 个端口的功率电平设置相同。但一些测量应用需要端口 1 和端口 2 有不同的功率电平，例如要测量一个高增益放大器的增益和反向隔离，因为放大器输入端口需要的功率比输出端口要低得多，必须分别设置分析仪每个端口的功率。当清除[耦合端口功率]复选框时，分析仪允许分别设置每一个端口的功率电平。



警告： 如果端口输入功率过大，可能会烧毁分析仪的接收机，分析仪测试端口最大输入射频功率电平：**+26dBm!**

c) [测试端口功率]框

用来设置端口的功率电平。

衰减器控制区

[自动]复选框和[衰减设置]框

当勾选[自动]复选框时，可以设置分析仪允许功率范围内的任何功率电平，[衰减设置]框禁用，分析仪自动选择衰减器设置以便利用最优的功率范围。

当清除[自动]复选框时，可以手动设置源功率和衰减值来进行某些测量，如反射放大器（振荡器或某些状态非稳定放大器）测量，在这些测量中，需要在宽的频率范围内有非常好的源阻抗匹配（如优于 20dB 的回波损耗）。

功率斜坡区

[斜坡]复选框和[斜坡设置]框

勾选[斜坡]复选框，在[斜坡设置]框中输入斜坡值，便可以启用功率斜坡功能。功率斜坡用来补偿电缆和测试夹具随频率升高而增加的功率损耗。

- 开启功率斜坡功能时，测试端口的输出功率将随扫描频率的升高而增大（或减少）。
- 功率斜坡的单位是：dB/GHz。
- 功率斜坡仅能设置为±0.5、±1、±1.5 和±2。

1.4 衰减器设置与功率范围

分析仪用程控衰减器来覆盖整个功率范围，衰减器调整进入被测件的功率电平而不改变分析仪参考路径上的功率电平，这可以使源输出信号有更高的精度和特性指标，及更精确的源匹配。衰减器有 8 个不同的衰减档，对应 8 个不同的功率范围：

- 每个衰减档对应的最大功率设置范围为 35dB，额定范围为 20dB，在额定范围内可以保证源的指标
- 每个功率范围中最优的区域是中间的 10dB，这个区域可以提供最高精度和特性指标的源信号。
- 衰减器的衰减值可以由分析仪自动进行控制或通过**功率**现用项目工具栏和对话框手动控制。

在执行测量校准的功率点上，可以进行完全精确的误差修正。在与测量校准相同的衰减器设置上改变功率电平时，比值测量可以达到近似完全的误差修正精度，而非比值测量的精度要差一些，不同衰减档对应的功率设置范围如下表所示：

表 7-4 不同衰减档的功率范围

衰减值 (dB)	最大范围		额定范围		最优范围（自动模式）	
	最小值 (dBm)	最大值 (dBm)	最小值 (dBm)	最大值 (dBm)	最小值 (dBm)	最大值 (dBm)
0	-15	+20	-15	+5	-5	+5
10	-25	+10	-25	-5	-15	-5
20	-35	+0	-35	-15	-25	-15
30	-45	-10	-45	-25	-35	-25
40	-55	-20	-55	-35	-45	-35
50	-65	-30	-65	-45	-55	-45
60	-75	-40	-75	-55	-65	-55
70	-85	-50	-85	-65	-85	-65

2 关断端口功率

2.1 使用鼠标

- 点击[通道]，在通道菜单中点击 [功率...]，显示功率对话框。
- 清除[功率 ON/off]复选框。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

2.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【功率】键。
- 按导航键区【F2】键触发功率现用项目工具栏的按钮为[功率 on/OFF]。

3 手动设置衰减

3.1 使用鼠标

- 点击[通道]，在通道菜单中点击 [功率...]，显示功率对话框。
- 点击清除衰减器控制区[自动]复选框。
- 点击[衰减输入]框，输入衰减值。
- 点击 [确定] 按钮关闭对话框。

3.2 使用前面板按键

- a) 在**通道设置**键区按【**功率**】键。
- b) 按**导航**键区【**F4**】键触发**功率**现用项目工具栏中的按钮到[**手动衰减**]状态。
- c) 在[**衰减**]框输入衰减值。

4 设置功率斜坡

4.1 使用鼠标

- a) 点击[**通道**]，在**通道**菜单中点击 [**功率...**]，显示**功率**对话框。
- b) 在对话框的**功率斜坡**区，点击[**斜坡**]勾选复选框。
- c) 点击[**斜坡设置**]输入框，输入功率斜坡值。
- d) 点击[**确定**]按钮关闭对话框。

4.2 使用前面板按键

- a) 在**通道设置**键区按【**功率**】键。
- b) 按**导航**键区【**F3**】键，在[**斜坡**]框输入斜坡值。

第五节 设置扫描

扫描是以指定顺序的激励值进行连续数据点测量的过程。

1 扫描类型

分析仪支持以下五种扫描类型：

a) 线性频率

这是分析仪默认的扫描类型，相邻测量点的频率间隔相等。

b) 对数频率

在对数频率设置下，源频率以对数步进量递增，两个相邻测量点的频率比值相同。

c) 功率扫描

功率扫描用来对功率敏感参数进行测量，如增益压缩或 AGC（自动增益控制）斜率。功率扫描在点频上进行，可设置的最大扫描范围为 35dB，默认的功率扫描范围为-15dBm~+5dBm。扫描时功率从起始值以离散的步进值扫描到终止值，扫描点数和功率范围决定了步进的大小。可以通过手动设置衰减器来获得测量中需要的功率扫描范围，详细信息请参见本章第四节“设置信号功率电平”中“衰减器设置与功率范围”部分。

d) 点频

点频扫描方式设置分析仪为单一的扫描频率，按由扫描时间和测量点数决定的时间间隔对测量数据精确连续取样，显示测量数据随时间的变化。

e) 段扫描

段扫描设置启动由多个段组成的扫描，每个段可以定义独立的功率电平、中频带宽和扫描时间。当在所有段上完成校准后，便可以对一个或几个段进行已校准的测量。段按照频率递增的顺序定义，频率范围不能重叠。所有段的功率电平必须有相同的衰减器设置，以防因衰减器频繁切换而损坏，当前定义段与已定义段有不同的衰减器设置时，分析仪自动改变已定义段的功率电平和衰减器设置。

2 设置扫描类型

2.1 设置线性频率扫描类型

2.1.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[扫描类型...]，显示扫描类型对话框。
- 在扫描类型区点击选择[线性频率]单选框。
- 在扫描特征区设置起始频率、终止频率和扫描点数。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

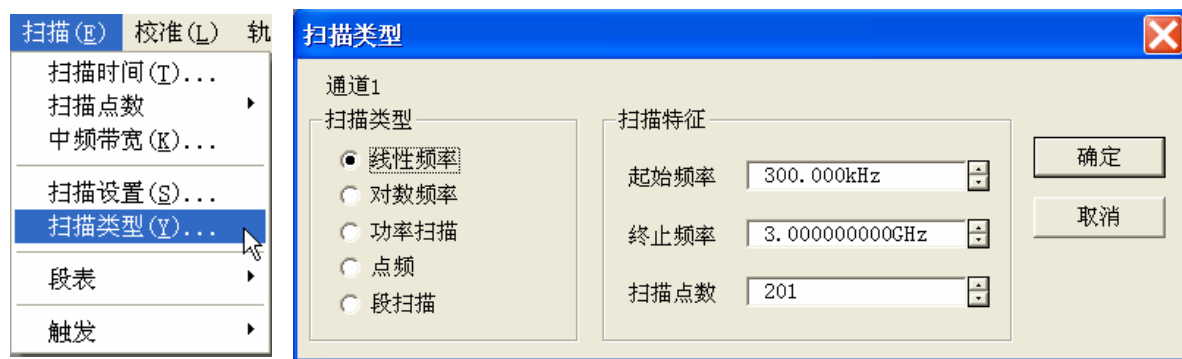


图 7-12 设置线性频率扫描类型

2.1.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【扫描类型】键，使扫描类型现用项目工具栏显示线性频率扫描类型。
- 按导航键区【F1】键选择线性频率扫描类型。
- 按通道设置键区【起始/中心】或【终止/跨度】键，按【F1】键，在[起始]框输入起始频率，按导航键区【F2】键，在[终止]框输入终止频率。
- 在通道设置键区按【扫描设置】键，按【F2】键，在[点数]框输入扫描点数。

2.2 设置对数频率扫描类型

2.2.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[扫描类型...]，显示扫描类型对话框。
- 在扫描类型区点击选择[对数频率]单选框。
- 在扫描特征区设置起始频率、终止频率和扫描点数。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

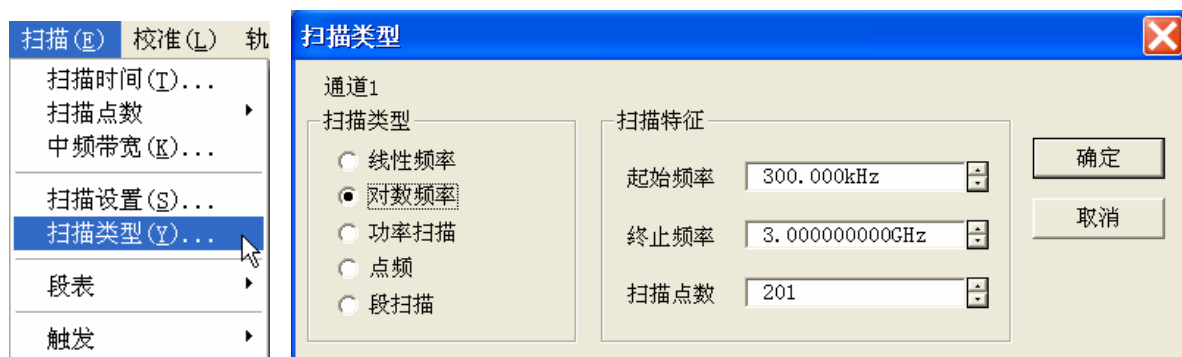


图 7-13 设置对数频率扫描类型

2.2.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【扫描类型】键，使扫描类型现用项目工具栏显示对数频率扫描类型。
- 按导航键区【F2】键选择对数频率扫描类型。
- 按通道设置键区【起始/中心】或【终止/跨度】键，按导航键区【F1】键，在[起始]框输入起始频率，按【F2】键，在[终止]框输入终止频率。
- 按通道设置键区【扫描设置】键，按【F2】键，在[点数]框输入扫描点数。

2.3 设置功率扫描类型

2.3.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[扫描类型...], 显示扫描类型对话框。
- 在扫描类型区点击选择[功率扫描]单选框。
- 在扫描特征区设置起始功率、终止功率和功率扫描的频率。

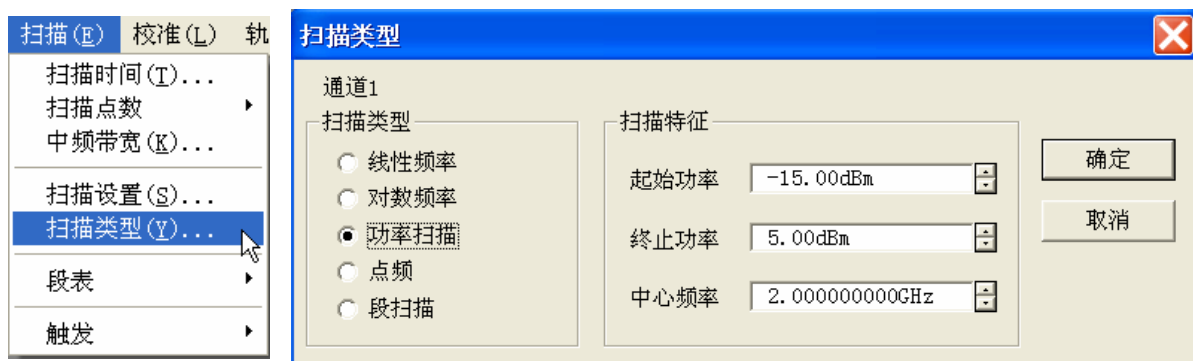


图 7-14 设置功率扫描类型

2.3.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【扫描类型】键，使扫描类型现用项目工具栏显示功率扫描类型。
- 按导航键区【F3】键选择功率扫描类型。
- 按通道设置键区【起始/中心】或【终止/跨度】键，在[点频]框中输入功率扫描的频率。
- 按通道设置键区【功率】键，按导航键区【F1】键，在[起始功率]框中输入扫描的起始功率值，按导航键区【F2】键，在[终止功率]框中输入扫描的终止功率值。

2.4 设置点频扫描类型

2.4.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[扫描类型...], 显示扫描类型对话框。
- 在扫描类型区点击选择[点频]单选框。
- 在扫描特征区设置中心频率、扫描时间和扫描点数。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

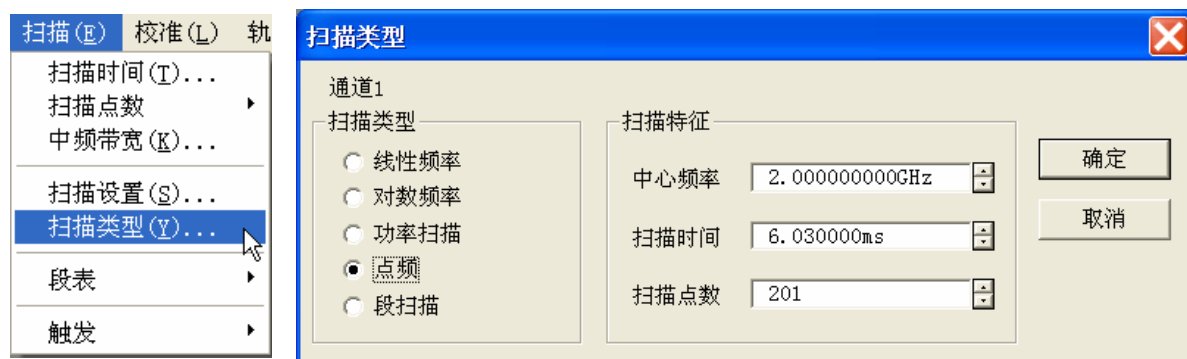


图 7-15 设置点频扫描类型

2.4.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【扫描类型】键，使扫描类型现用项目工具栏显示点频扫描类型。
- 按导航键区【F4】键选择点频扫描类型。
- 按通道设置键区【起始/中心】或【终止/跨度】键，在[点频]框中输入点频频率。
- 按通道设置键区【扫描设置】键。
- 按导航键区【F1】键，在[时间]框中输入扫描时间。
- 按导航键区【F2】键，在[点数]框中输入扫描点数。

2.5 设置段扫描类型

2.5.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[扫描类型...]，显示扫描类型对话框。
- 在扫描类型区点击选择[段扫描]单选框。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

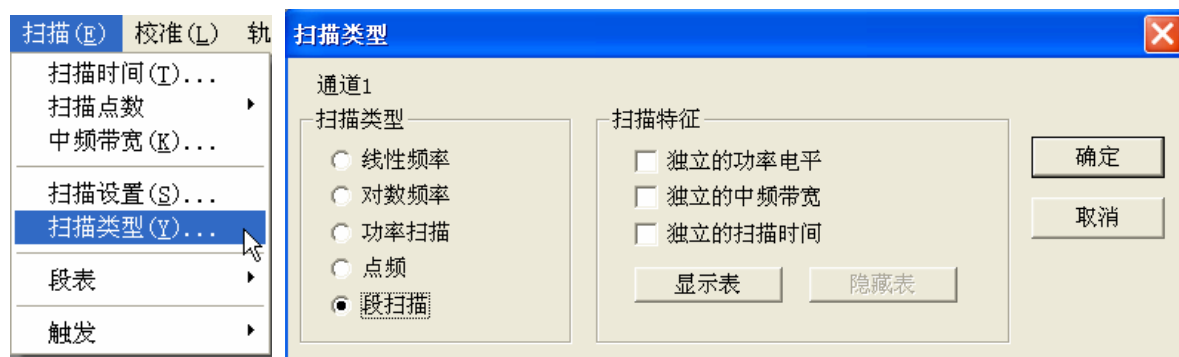


图 7-16 设置段扫描类型

扫描特征区选项

- [独立的功率电平]复选框：勾选时每个段可设置独立的功率电平，但必须是相同的衰减器设置。
- [独立的中频带宽]复选框：勾选时每个段可设置独立的中频带宽。
- [独立的扫描时间]复选框：勾选时每个段可设置独立的扫描时间。
- [显示表]按钮：点击按钮显示段表进行段表的创建和编辑。
- [隐藏表]按钮：点击时隐藏段扫描列表。

2.5.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区连续按【扫描类型】键，直到扫描类型现用项目工具栏中显示[段扫描]。
- 按导航键区【F1】键选择段扫描类型。
- 按导航键区【F3】键显示段表进行编辑。
- 按导航键区【F4】键可隐藏段表显示。

2.6 插入和删除段

只有段表处于显示状态时，才能对其进行编辑。

2.6.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中指向[段表]，显示段表子菜单。
- 在段表子菜单中点击勾选[显示表]。
- 在段表子菜单中点击[插入]，在所选段之前插入一个新段。
- 在段表子菜单中点击[删除]，删除所选段，点击[全部删除]，删除整个段表。

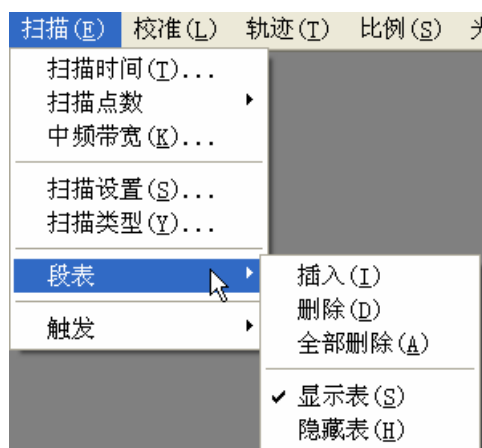


图 7-17 插入和删除段

2.6.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键。
- 按导航键切换到扫描菜单中的[段表]菜单项，按导航键区【点击】键，显示段表子菜单。
- 按导航键切换到[显示表]菜单项，按【点击】键勾选[显示表]。
- 按导航键切换到[插入]菜单项，按【点击】键，在所选段之前插入一个新段。
- 按导航键切换到[删除]菜单项，按【点击】键，删除所选段。
- 按导航键切换到[全部删除]菜单项，按【点击】键删除整个段表。

段表的最后一行为 **ON** 状态时，分析仪会自动添加一行状态为 **OFF** 的段，段表的最后一行处于激活状态时，连续按导航键区的【↓】键或旋转旋钮可以快速完成多个段的添加。

2.7 编辑段表

2.7.1 使用鼠标

- 双击段的[状态]框，选择 **ON** 或 **OFF** 打开或关闭段。
- 双击段的[起始激励]框，输入段的起始频率。
- 双击段的[终止激励]框，输入段的终止频率。
- 双击段的[扫描点数]框，输入段的扫描点数。
- 双击段的[功率电平]框，输入段的功率电平（如果打开**独立的功率电平**选项）。
- 双击段的[中频带宽]框，输入中频带宽（如果打开**独立的中频带宽**选项）。
- 双击段的[扫描时间]框，设置扫描时间（如果打开**独立的扫描时间**选项）。

2.7.2 使用前面板按键

- 按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择要编辑的段。
- 按导航键区【Tab】键到[状态]框，按输入键区【x1】键打开下拉列表，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选取 ON，按【x1】键完成选择开启段，选择 OFF 时关闭段。
- 按【Tab】键到[起始激励]框，按【x1】键激活输入框，输入起始频率。
- 按【Tab】键到[终止激励]框，按【x1】键激活输入框，输入终止频率。
- 按【Tab】键到[扫描点数]框，按【x1】键激活输入框，输入扫描点数。
- 按【Tab】键到[功率电平]框，按【x1】键激活输入框，输入功率电平（如果打开独立的功率电平选项）。
- 按【Tab】键到[中频带宽]框，按【x1】键激活输入框，输入中频带宽（如果打开独立的中频带宽选项）。
- 按【Tab】键到[扫描时间]框，按【x1】键激活输入框，输入扫描时间（如果打开独立的扫描时间选项）。

3 扫描时间

完成测量设置后，分析仪将采用尽可能快的扫描时间，但可以增加扫描时间来满足一些特定的测量需要。最大的可设置扫描时间是 86400 秒，如果设置扫描时间为 0 秒，分析仪将自动选择最快的扫描时间。当扫描时间大于等于 300 毫秒时，分析仪将显示一个扫描指示符来指示点到点的测量扫描。扫描指示符是一个向上的小箭头，指向轨迹上刚刚完成测量的点。

3.1 设置扫描时间

3.1.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[扫描时间...]，显示扫描时间对话框。
- 在[扫描时间]框中输入扫描时间。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。



图 7-18 设置扫描时间

3.1.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【扫描设置】键。
- 按导航键区【F1】键，在[时间]框中输入扫描时间。

4 扫描设置

4.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[扫描设置...]，显示扫描设置对话框。
- 点击[通道]框选择设置通道。
- 如果要选择步进扫描方式，点击勾选[步进扫描]复选框，点击[驻留时间]框，输入驻留时间。
- 如果要选择交替扫描方式，点击勾选[交替扫描]复选框。
- 如果需要外稳幅，点击勾选[外部 ALC]复选框。
- 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。

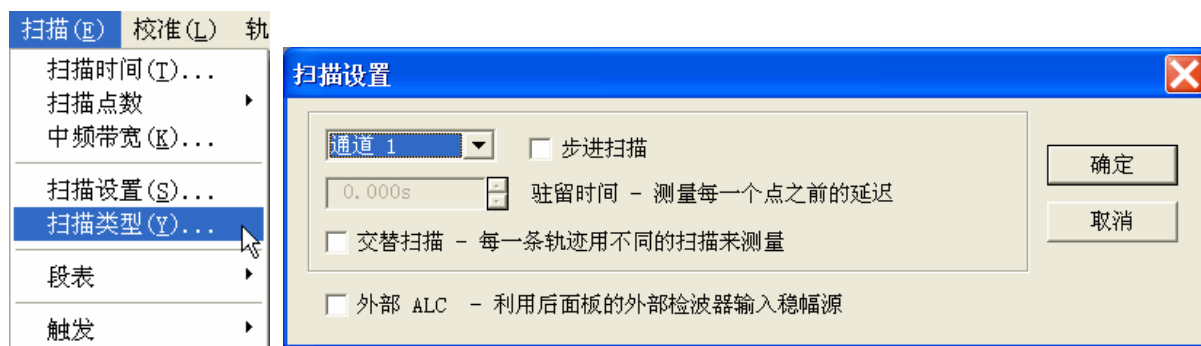


图 7-19 扫描设置

4.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键，按通道设置键区【扫描设置】键，显示扫描设置对话框。
- 按导航键区【Tab】键切换到[通道]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择设置通道。
- 如果要选择步进扫描方式，按【Tab】键切换到[步进扫描]复选框，按导航键区的【点击】键勾选复选框，按【Tab】键切换到[驻留时间]框，输入驻留时间。
- 如果要选择交替扫描方式，按【Tab】键切换到[交替扫描]复选框，按【点击】键勾选复选框。
- 如果需要外稳幅，按【Tab】键切换到[外部 ALC]复选框，按【点击】键勾选复选框。
- 设置完成后按命令键区按【确认】键关闭对话框。

4.3 扫描设置对话框

[通道]框：

选择扫描设置适用的通道。

[步进扫描]复选框

当选择步进扫描方式时，源被调谐到一个测量频率点，等待指定的驻留时间后进行该频率点的测量，然后调谐到下一个频率点，这种工作方式要比模拟扫描慢，但可以对长电延迟器件进行精确的测量。当清除该复选框时，分析仪可能工作在模拟扫描方式下，也可能工作在步进扫描方式下，取决于扫描时间和中频带宽的设置。

[驻留时间]输入框

指定分析仪在获取测量数据前在每个点的停留时间，只适合于步进扫描工作方式。

[外部 ALC]复选框

当勾选时分析仪使用后面板外部检波输入 BNC 连接器输入的检波信号进行源的稳幅。

第六节 选择触发方式

触发信号是使分析仪进行测量扫描的信号，触发设置决定了分析仪扫描的方式及何时停止扫描返回到保持状态，在触发功能设置上，分析仪提供了极大的灵活性。

1 简单的触发设置

简单的触发设置只能设置当前激活通道的触发方式。

1.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中指向[触发]，显示触发子菜单。
- 在子菜单中点击勾选[连续]、[单次]或[保持]选择希望的触发方式。

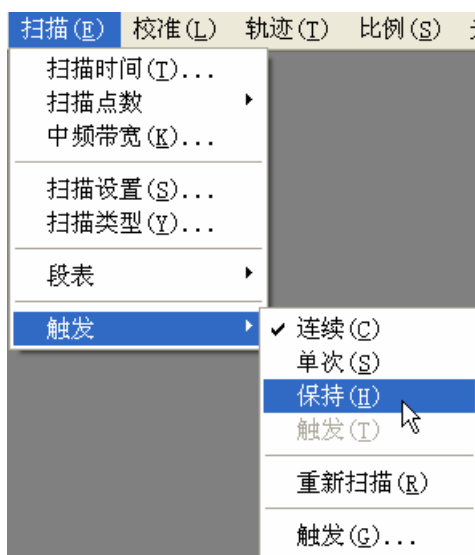


图 7-20 简单触发设置

1.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【触发】键。
- 按导航键区【F1】、【F2】或【F3】键选择需要的触发方式。

2 详细触发设置

2.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中指向[触发]，在触发子菜单中点击[触发...]，显示触发对话框。
- 在对话框中对触发进行设置。
- 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。



图 7-21 触发子菜单

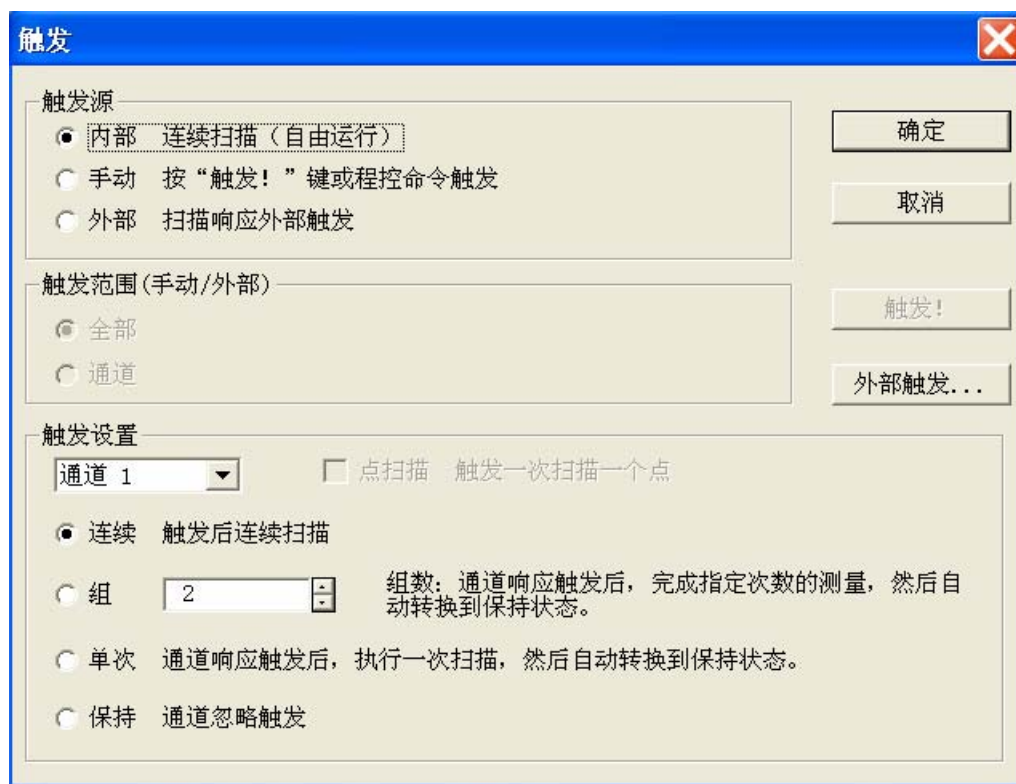


图 7-22 触发对话框

2.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键。
- 在通道设置键区按【触发】键，显示触发对话框。
- 在对话框中对触发进行设置。
- 设置完成后按命令键区【确认】键关闭对话框。

2.3 触发对话框

触发源区

触发源设置决定了通道的触发信号来自何处,只有当分析仪不扫描时才能产生有效的触发信号。分析仪可选的触发源有**内部**、**手动**或**外部**三种。一旦设定触发源,分析仪将此触发源作为所有通道的触发源。

a) [内部] (默认)

- 由分析仪自动控制产生触发信号。
- 分析仪完成一次测量后立刻产生一个触发信号。

b) [手动]

手动的触发信号可以用下面的方法产生:

- 点击**触发现用项目**工具栏的[**触发!**]按钮。
- 点击**触发对话框**的[**触发!**]按钮。
- 调用程控命令。

c) [外部]

- 触发信号通过后面板**辅助输入输出**连接器的 19 脚输入。
- 信号为 TTL 电平。
- 电平触发,有效电平(高有效或低有效)通过**外部触发**对话框设置。
- 脉宽至少 1us,但不能长于扫描时间(脉冲宽度大于扫描时间可能引起多次触发)。

触发范围区

触发范围设置决定了分析仪哪些测量通道将接收触发信号,有两种触发范围的设置:**全部**和**通道**:

a) [全部]

这是分析仪的默认设置,除了处于**保持**模式的通道,所有其他的通道都接收触发信号。

b) [通道]

只有不处于**保持**模式的下一个通道接收触发信号,当前通道完成测量后,分析仪自动选择下一个通道接收触发信号,除了处于**保持**模式的通道外,所有的通道都将被顺序选择。除非将**触发源**设置到**手动**状态,否则这一设置不是非常明显和有用,选择**通道**设置将使**点扫描**功能可用。

触发设置区

触发设置决定了一个通道将接收多少触发信号,有四种通道触发状态:

a) [连续]

通道接收无限个触发信号,连续进行扫描。

b) [组]

通道只接收[**组**]输入框中指定数目的触发信号,进行指定次数的扫描,然后进入**保持**模式。

c) [单次]

通道接收一个触发信号,进行一次扫描,然后进入**保持**模式。

d) [保持]

通道不接收触发信号，停止扫描。

e) [通道选择]框

选择触发设置适用的通道。

f) [点扫描]复选框

只有**触发源**为**手动**或**外部**，**触发范围**为**通道**时，才能选择**点扫描**触发方式。在**点扫描**模式下，通道接收到触发信号后，测量扫描中的下一个数据点，通道将一直接收触发信号直到通道中的所有测量完成，然后触发下一个处于非**保持**模式的通道。

[触发!]按钮

点击时手动产生一个触发信号。

[外部触发...]按钮

点击时显示**外部触发**对话框设置外部触发信号的有效电平。

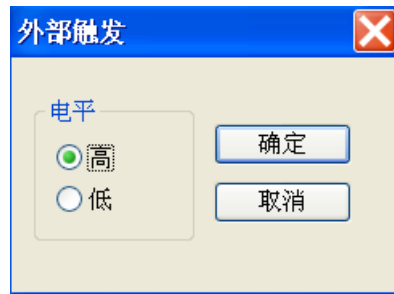
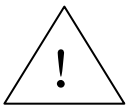


图 7-23 外部触发对话框



请注意：

通道接收到触发信号后，开始进行通道中的所有扫描测量：首先同时进行所有正向测量 (S_{11} , S_{21})，然后进行反向测量 (S_{12} , S_{22})，但下面两种情况除外：

- (1) 选择了交替扫描。
- (2) 选择了点扫描。

第七节 选择数据格式和比例

数据格式是指分析仪图形化显示测量数据的方式，测量时应选择最适合了解被测件特性信息的数据格式。本节将介绍九种不同的数据格式，及如何设置比例以便更好的显示测量信息。

1 数据格式

1.1 直角坐标格式

9 种数据格式中 7 种以直角坐标的方式显示测量数据信息，这种显示格式也被称为笛卡尔格式、X/Y 格式或直线栅格格式。这种方式非常适合显示被测件的频率响应信息，直角坐标显示以下信息：

- X 轴默认情况下以线性比例的方式显示激励值（频率、功率或时间）。
- Y 轴显示不同激励值下对应的响应值。

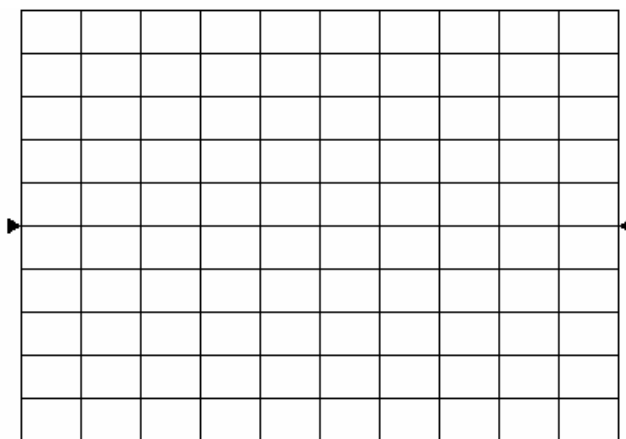


图 7-24 直角坐标格式

a) 对数幅度格式

- 显示幅度信息（无相位信息）
- Y 轴单位：dB
- 适合的典型测量：回波损耗、插入损耗和增益

b) 相位格式

- 显示相位信息（无幅度信息）
- Y 轴单位：相位（度）
- 适合的典型测量：线性相位偏离

c) 群延迟格式

- 显示信号通过被测件的传输时间
- Y 轴单位：时间（秒）
- 适合的典型测量：群延迟

d) 线性幅度格式

- 仅显示正值
- Y 轴：进行比值测量时无单位（U），进行非比值测量时单位为瓦（W）
- 适合的典型测量：反射和传输系数（幅度值）、时域变换

e) 驻波比格式

- 显示通过公式： $(1+\rho)/(1-\rho)$ 计算的反射测量数据， ρ 为反射系数
- 仅进行反射测量时才有效
- Y 轴：无单位
- 适合的典型测量：驻波比

f) 实部格式

- 显示测量复数据的实部
- 与线性幅度格式相似，但可以显示正负值
- Y 轴：无单位
- 适合的典型测量：时域测量、用于维修目的的辅助输入电压信号测量

g) 虚部格式

- 仅显示测量复数据的虚部
- Y 轴：无单位
- 适合的典型测量：设计匹配网络时的阻抗测量

1.2 极坐标格式

极坐标格式包含幅度和相位信息，矢量数值通过以下方式读取：

- 任何一点的幅度值由该点到中心点（或零点）的位移决定，默认情况下幅度为线性比例，外圆被设置成比值 1。
- 任何一点的相位值由到 X 轴的角度决定。
- 因为没有频率信息，频率信息通过光标读取，默认的光标格式是实部/虚部，也可以通过光标菜单打开的光标对话框选择其他格式。

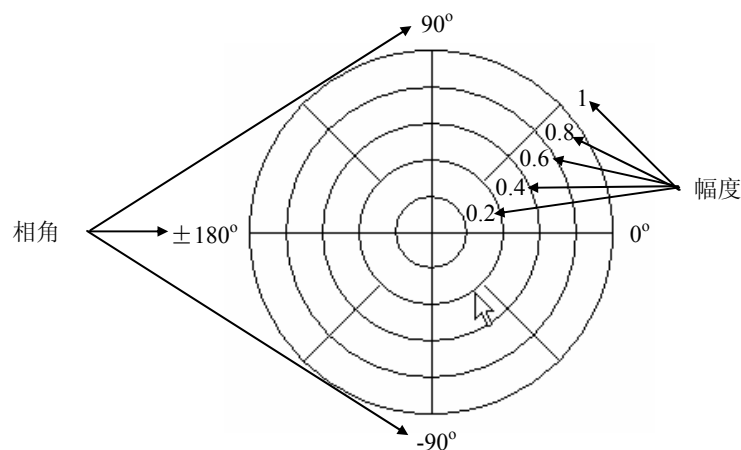


图 7-25 极坐标格式

1.3 史密斯圆图格式

史密斯圆图是将被测件的反射测量数据映射成阻抗的工具，图上的每个点都代表由一个由实电阻（R）和虚电抗（ $\pm jX$ ）组成的复阻抗，通过光标可以读取被测件的电阻值、电抗值及电抗等效的电容或电感值。

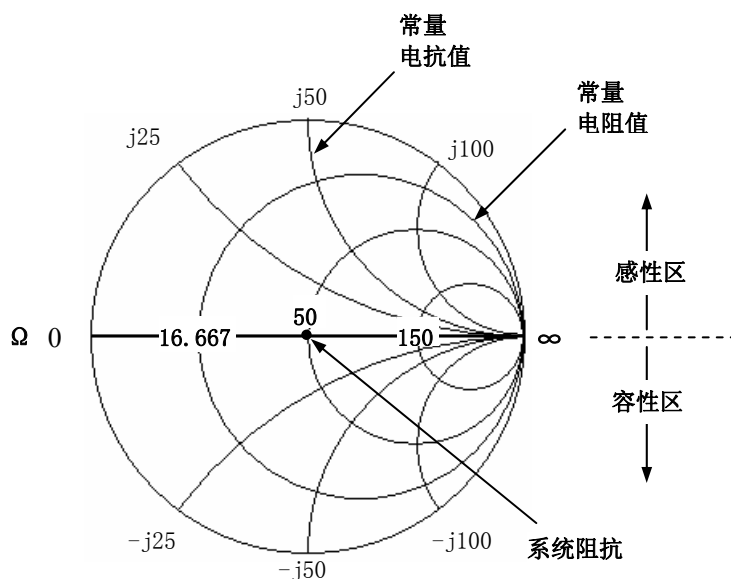


图 7-26 史密斯圆图格式

- 史密斯圆图的中心水平轴线代表纯电阻，水平轴的中心点代表系统阻抗；水平轴的最左边电阻为零，代表短路；水平轴的最右边电阻无穷大，代表开路。
- 史密斯圆图上与水平轴相交圆上的点有相等的电阻值。
- 史密斯圆图上与水平轴相切圆（或弧线）上的点有相等的电抗值。
- 史密斯圆图上半部分的电抗为正，因此为感性区。
- 史密斯圆图下半部分的电抗为负，因此为容性区。

2 设置数据格式

2.1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单中点击[格式...]，弹出显示格式对话框。
- 在对话框中选择需要的格式，点击[确定]按钮关闭对话框。

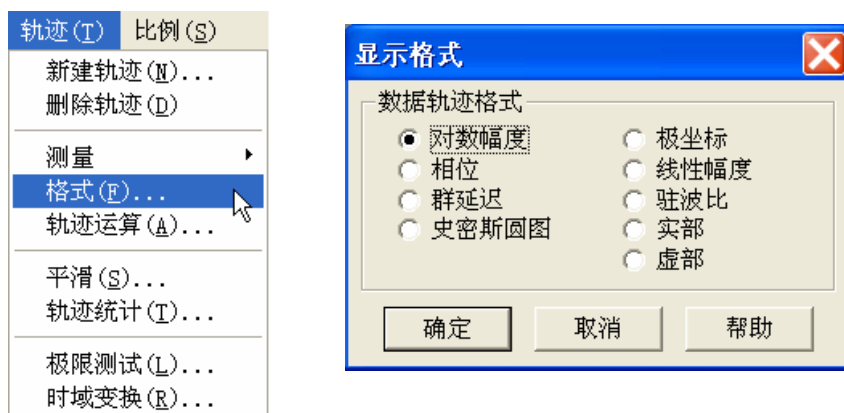


图 7-27 设置数据格式

2.2 使用前面板按键

- 在**轨迹设置**键区连续按【**格式**】键直到**格式**现用项目工具栏中显示需要的格式。
- 按**导航**键区的【**F1**】、【**F2**】、【**F3**】、或【**F4**】键选择需要的格式。

3 比例

比例用来设置显示栅格垂直部分的比例，在极坐标和史密斯圆图格式下，用来设置外圆的满比例值，比例和格式的设置决定了测量数据在屏幕上的显示方式，对数格式下，比例的设置范围为：0.001dB/格～500dB/格。

3.1 设置比例

3.1.1 使用鼠标

- 点击[**比例**]，在**比例**菜单中点击[**手动比例...**]，显示**比例设置**对话框。
- 点击相应的输入区或按钮设置合适的比例、参考位置和参考值。
- 设置完成后点击[**确定**]按钮关闭对话框。

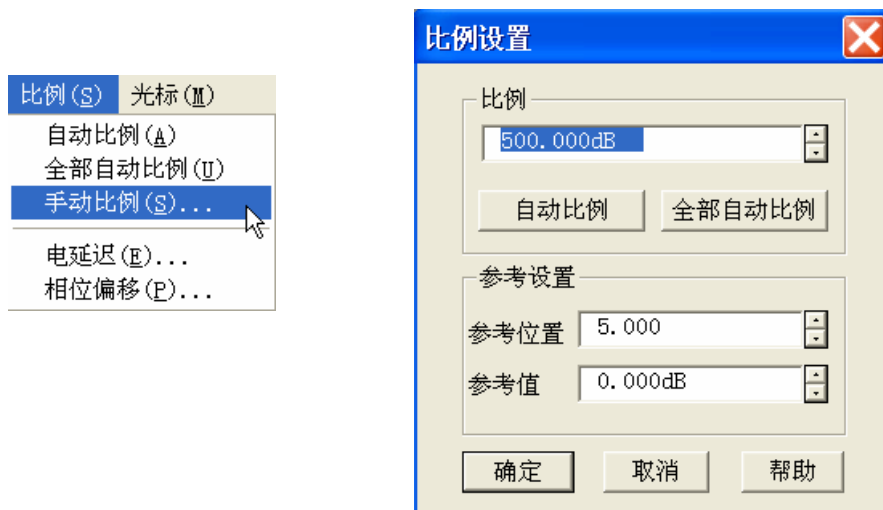


图 7-28 设置比例

3.1.2 使用前面板按键

- 按**轨迹设置**键区【**比例**】键。
- 按**导航**键区【**F1**】键，分析仪将自动设置合适的比例。
- 按**导航**键区【**F2**】键，在[**比例**]框中设置合适的比例值。
- 按**导航**键区【**F3**】键，在[**参考值**]框中设置参考电平值。
- 按**导航**键区【**F4**】键，在[**参考位置**]框中设置合适的参考位置。

3.1.3 比例设置对话框

比例区

- [**比例**]框
设置比例值。

b) [自动比例]按钮

点击[自动比例]按钮，分析仪自动选择垂直比例使激活轨迹更好的显示在屏幕的垂直栅格内，激励值不受影响，仅改变比例值和参考值。

- 分析仪选择合适的比例因子使数据显示在屏幕 80%的区域。
- 如果参考位置位于屏幕的中心，参考值选择屏幕上轨迹的中心值。

c) [全部自动比例]按钮

点击[全部自动比例]按钮，分析仪为窗口中所有轨迹设置合适的比例使它们更好的显示在窗口的垂直栅格内。

参考设置区**a) [参考位置]框**

参考位置指直角坐标图中参考线的位置，图中最底部线的位置为 0，最顶部线的位置为 10，参考位置的默认值为 5。

b) [参考值]框

参考值指直角坐标格式中参考线的值，在极坐标和史密斯圆图格式中指外圆的值，对数幅度格式下的设置范围为：-500dB~+500dB。

第八节 观察多条轨迹和开启多个通道

1 预配置的测量设置

分析仪的预配置功能提供了一种非常方便的方法进行多轨迹、多通道、多窗口测量，分析仪提供四种预配置的测量设置，选择每一种设置时都将关闭当前的轨迹和窗口，创建新的轨迹和窗口，四种预配置的窗口排列如下：

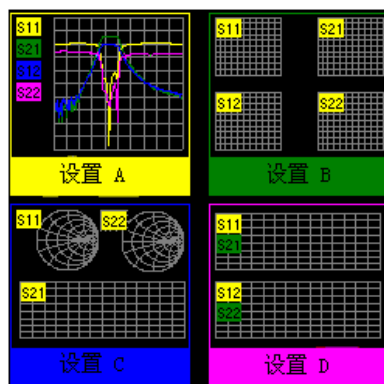


图 7-29 预配置窗口排列

a) 设置 A

设置 A 在窗口 1 中创建四条轨迹： S_{11} 、 S_{21} 、 S_{12} 、 S_{22} ，对数幅度格式，通道 1 设置。

b) 设置 B

设置 B 在四个窗口中创建四条轨迹，对数幅度格式，通道 1 设置。窗口 1 中显示 S_{11} ，窗口 2 中显示 S_{21} ，窗口 3 中显示 S_{12} ，窗口 4 中显示 S_{22} 。

c) 设置 C

设置 C 在三个窗口中创建三条轨迹，通道 1 设置。窗口 1 中显示 S_{11} ，史密斯圆图格式，窗口 2 中显示 S_{22} ，史密斯圆图格式，窗口 3 中显示 S_{21} ，对数幅度格式。

d) 设置 D

设置 D 在两个窗口中创建四条轨迹，两个通道设置，对数幅度格式。窗口 1 中显示 S_{11} 和 S_{21} ，通道 1 设置，窗口 2 中显示 S_{12} 和 S_{22} ，通道 2 设置。

1.1 设置预配置测量

1.1.1 使用鼠标

- 点击[窗口]，在窗口菜单中指向[测量设置]，显示测量设置子菜单。
- 在子菜单中选择需要的预配置测量。

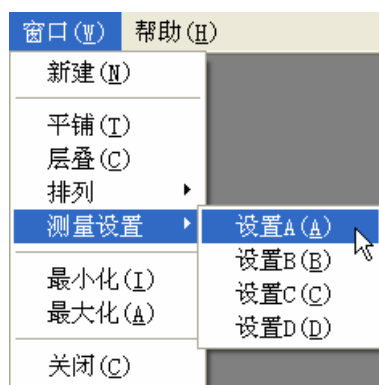


图 7-30 设置预配置测量

1.1.2 使用前面板按键

- a) 在显示键区按【测量设置】键。
- b) 按导航键区【F1】、【F2】、【F3】和【F4】键选择预配置测量。

2 窗口排列

分析仪提供了多种调整窗口显示的方法：

- 用鼠标移动窗口和调整分析仪的窗口大小。
- 用窗口菜单中的[平铺]、[层叠]、[最小化]和[最大化]菜单项排列分析仪的窗口。
- 用窗口菜单中的[排列]菜单项选择四种不同设置的窗口排列。
- 用窗口标题栏上的[最小化]、[最大化/向下还原]和[关闭]按钮调整或隐藏分析仪的窗口显示。
- 用前面板显示键区的【窗口】键选择激活的窗口，用功能键区的【最大化/向下还原】键设置窗口显示。

分析仪窗口菜单中的[排列]菜单项提供了四种不同的窗口排列方式，可以将已经存在的轨迹按一定的算法分配到不同的窗口中，提供的窗口排列方式包括：

a) 单窗口排列

这种窗口排列方式在一个窗口中显示所有的轨迹，所有的轨迹互相层叠覆盖。

b) 两窗口排列

这种窗口排列方式在两个窗口中显示所有轨迹，两个窗口垂直堆叠排列。

c) 三窗口排列

这种窗口排列方式在三个窗口中显示所有轨迹，三个窗口的排列方式为两个在上面，一个在下面。

d) 四窗口排列

这种窗口排列方式在四个窗口中显示所有轨迹，每个窗口占四分之一屏幕。

2.1 设置窗口排列

2.1.1 使用鼠标

- 点击[窗口]，在窗口菜单中指向[排列]，显示排列子菜单。
- 在排列子菜单中选择窗口排列方式。

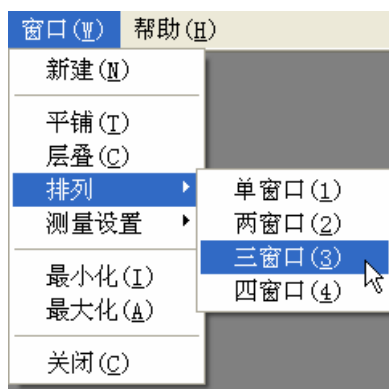



图 7-31 设置窗口排列

2.1.2 使用前面板按键

- 在显示键区按【窗口排列】键（）。
- 按导航键区【F1】、【F2】、【F3】和【F4】键选择需要的窗口排列方式。

3 移动轨迹

分析仪支持通过鼠标拖动，在测量窗口间移动轨迹，如果目的窗口中不包含移动轨迹所在的测量通道，完成轨迹移动后，目的窗口会新建对应的通道，设置方法如下：

- 如果窗口中显示的轨迹较多时，点击轨迹状态栏的上下箭头按钮滚动显示，直至需要的轨迹状态按钮显示在状态栏中。
- 鼠标指向要移动轨迹对应的轨迹状态按钮，按住鼠标左键不放。
- 拖动鼠标，鼠标指针变为移动指示“”，将鼠标指针拖动到目的窗口的轨迹状态栏中，放开鼠标左键，完成轨迹移动。

第九节 设置分析仪的显示

我们可以通过分析仪的**查看**菜单显示或隐藏屏幕的显示要素来定制屏幕显示。这些显示要素包括状态栏、工具栏、表、测量显示、数据轨迹、存储轨迹和标题栏，它们对于观察、设置和修改测量非常有用。

1 状态栏



当打开状态栏时，它显示在屏幕的底部，显示以下内容：

- 当前的激活通道。
- 当前激活轨迹的测量参数。
- 当打开轨迹运算功能时，显示激活轨迹所进行的数学运算。
- 激活通道的误差修正状态。
- 当打开平均功能时，显示当前激活通道的平均因子和已进行的平均次数。
- 当打开平滑功能时，显示平滑的点数。
- 打开时域变换功能时，显示 TRANSFORM:ON。
- 打开门功能时，显示 GATE:ON。
- GP-IB 状态：LOCAL 或 REMOTE。
- 时钟基准信号状态：INT 或 EXT。

1.1 触发状态栏显示

1.1.1 使用鼠标

点击**[查看]**，在**查看**菜单中点击勾选**[状态栏]**打开状态栏显示，清除勾选关闭状态栏显示。

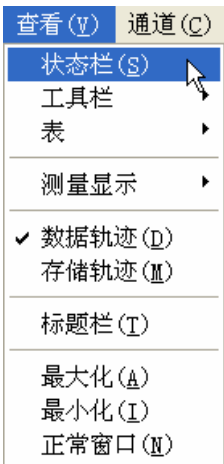


图 7-32 触发状态栏显示

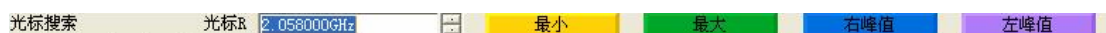
1.1.2 使用前面板按键

- a) 按**命令键区**【**菜单/对话**】键，使用**导航键**切换到**查看**菜单下的**[状态栏]**菜单项。
- b) 按**导航键区**的【**点击**】键勾选**[状态栏]**打开状态栏显示，清除勾选关闭状态栏显示。

2 工具栏

分析仪最多可以同时显示六种不同的工具栏，通过工具栏很容易进行测量设置。

a) 现用项目工具栏



现用项目工具栏显示在屏幕的顶部，菜单栏的下面，按前面板不同的功能键会显示不同的现用项目工具栏，工具栏的名称与按键的名称对应。可以使用鼠标或按**导航**键区对应颜色的【F1】、【F2】、【F3】、【F4】键来选择工具栏中的功能。

b) 光标工具栏

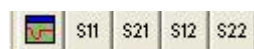




光标工具栏用来设置、修改光标，改变分析仪设置，通过光标工具栏可以设置：

- 光标号
- 光标激励值
- 光标功能：△光标、最大值/最小值搜索、设置分析仪的起始/终止和中心/跨度激励值

如果想通过前面板的旋钮改变光标的位置，首先点击光标工具栏的[激励]框，再旋转旋钮改变光标位置，关于光标的详细信息请参见第十章第一节“光标”。

c) 测量工具栏



测量工具栏用来在当前激活窗口或新窗口中创建需要的 S 参数轨迹，当测量工具栏最左边的按钮为抬起状态时 (), 在当前激活窗口中创建 S 参数轨迹，当按钮为按下状态时 (), 在新建窗口中创建 S 参数轨迹。

d) 扫描控制工具栏

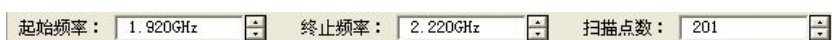


扫描控制工具栏上的按钮分别设置激活通道的触发方式为：

- 保持模式
- 单次扫描，然后进入保持模式
- 连续扫描

关于触发的详细信息请参见第七章第二节“选择触发方式”。

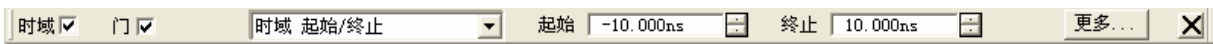
e) 激励工具栏



激励工具栏用来观察、设置和修改扫描激励，可设置：

- 起始激励值
- 终止激励值
- 扫描点数

f) 时域工具栏



使用时域工具栏可以进行如下设置：

- 开启或关闭时域变换和时间门功能
- 改变时域变换和时间门时间的起始/终止和中心/跨度设置
- 点击[更多...]按钮打开**时域变换**工具栏
- 点击[X]按钮关闭时域工具栏

g) [全部关闭]菜单项

点击[全部关闭]菜单项可以一次关闭所有的工具栏。

2.1 触发工具栏显示

2.1.1 使用鼠标

- a) 点击[查看]，在**查看**菜单中指向[工具栏]。
- b) 在**工具栏**子菜单中点击要设置的工具栏项，勾选时打开工具栏显示，清除勾选时关闭工具栏显示。

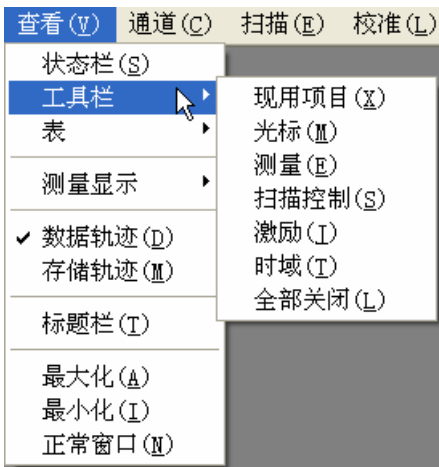


图 7-33 触发工具栏显示

2.1.2 使用前面板按键

- a) 按**命令键区**【菜单/对话】键。
- b) 使用**导航键**切换到**查看**菜单下的[工具栏]菜单项，按**导航键区**【点击】键，显示**工具栏**子菜单。
- c) 使用**导航键**切换到子菜单中要设置的工具栏项，按【点击】键，勾选时打开工具栏显示，清除勾选时关闭工具栏显示。

3 表

分析仪可以显示光标表、极限表、段表来观察和修改它们的设置（光标表除外）。

- 表显示在对应窗口的下面。
- 每个窗口一次只能显示一个表。

a) 光标表

光标	参考	激励	测量值
1	R	1.000GHz	-5.745dB
2		1.000GHz	-7.276dB
3		3.000GHz	-11.067dB
R		1.500GHz	-2.289dB

图 7-34 光标表

光标表用来显示光标的设置，这些设置包括：

- 光标号
- 参考光标（用于相对测量）
- 光标的激励值
- 光标处的测量值

关于光标的详细信息请参见第十章第一节“光标”。

b) 极限表

	类型	起始激励	终止激励	起始响应	终止响应
1	MAX	300.000kHz	1.000GHz	10.000dB	0.000dB
2	MAX	1.000GHz	3.000GHz	0.000dB	-60.000dB
3	OFF	300.000kHz	3.000GHz	-100.000dB	100.000dB

图 7-35 极限表

极限表用来显示和修改极限测试设置，这些设置包括：

- 极限测量的类型（MAX、MIN 或 OFF）
- 极限线段的起始和终止激励值
- 极限线段的起始和终止响应值

关于极限测试的详细信息请参见第十章第三节“极限测量”。

c) 段表

	状态	起始激励	终止激励	扫描点数	功率电平	中频带宽	扫描时间
1	ON	300.000kHz	1.000GHz	51	0.000dBm	10.000kHz	52.733ms
2	ON	1.000GHz	2.000GHz	51	0.000dBm	3.000kHz	82.292ms
3	ON	2.000GHz	3.000GHz	51	0.000dBm	1.000kHz	1.000s
4	OFF	3.000GHz	3.000GHz	21	0.000dBm	3.000kHz	6.982ms

图 7-36 段表

段表用来对段扫描进行设置和修改，这些设置包括：

- 段的状态（ON/OFF）
- 段的起始和终止激励值
- 段的扫描点数
- 功率电平（每个段可单独设置）
- 中频带宽（每个段可单独设置）
- 扫描时间（每个段可单独设置）

关于段扫描的详细信息请参见第七章第五节“设置扫描”中“段扫描”部分。

3.1 触发表显示

3.1.1 使用鼠标

- a) 点击[查看]，在查看菜单中指向[表]。
- b) 在表子菜单中点击要触发显示的表，勾选时显示对应的表，清除勾选时隐藏表。

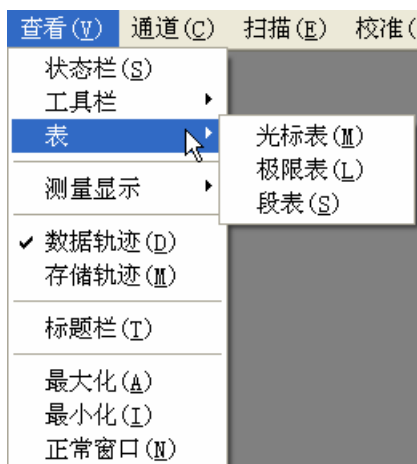


图 7-37 触发表显示

3.1.2 使用前面板按键触发光标表显示

- a) 在轨迹设置键区按【光标表】键。
- b) 按导航键区【F1】键显示光标表。
- c) 按导航键区【F4】键隐藏光标表。

3.1.3 使用前面板按键触发极限表显示

- a) 在轨迹设置键区按【极限表】键。
- b) 按导航键区【F3】键显示极限表。
- c) 按导航键区【F4】键隐藏极限表。

3.1.4 使用前面板按键触发段表显示

- a) 在通道设置键区连续按【扫描类型】键，直到扫描类型现用项目工具栏中显示[段扫描]。
- b) 按导航键区【F3】键显示段表。
- c) 按导航键区【F4】键隐藏段表。

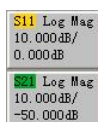
4 测量显示

我们可以显示和隐藏六种类型的测量信息来设置和观察测量，这些信息包括：

- 轨迹状态
- 频率/激励值
- 光标读数值
- 轨迹名称背景
- 极限测试结果
- 极限线
- 标题

a) 轨迹状态栏

轨迹状态栏显示在屏幕上每个窗口的左边，它通过轨迹状态按钮显示以下内容：



- 测量参数和格式。
- 比例。
- 参考值。

点击轨迹状态按钮可使对应的轨迹变成当前的激活轨迹，以便对轨迹进行设置。在轨迹状态栏上单击鼠标右键，通过右键菜单可以删除轨迹或设置轨迹的比例、颜色和线型。

b) 频率/激励值

通道1 起始:300.000kHz — — 终止:3.00000GHz

频率/激励信息显示在屏幕上每个窗口的下面，出于保密目的可以隐藏这个显示，详细的设置方法参见本节下面的“触发测量显示”部分，它显示如下信息：

- 通道号
- 起始激励值
- 终止激励值

c) 光标读数

光标1:1.50015GHz -7.901dB

光标读数信息显示在屏幕上每个窗口的右上角，它显示如下信息：

- 光标号
- 光标的激励值
- 光标选择格式的响应值

关于光标的详细信息请参见第十章第一节“光标”。

d) 轨迹名称背景

dB -S11

轨迹名称的背景色与对应轨迹的颜色相同，轨迹名称用黑色字体显示，当关闭轨迹名称背景显示时，轨迹名称用与对应轨迹颜色相同的字体显示。

e) 极限测试结果

极限测试结果（PASS 或 FAIL）显示在每个窗口的右下角。

f) 极限线

极限线是针对指定窗口中的激活轨迹显示的，它的位置取决于以下设置：

- 极限表
- 格式
- 比例
- 参考电平

关于极限测试的详细信息请参见第十章第三节“极限测量”。

显示极限线和极限测试结果的方法请参见本节下面的“触发测量显示”部分。

g) 标题

每个窗口都可以有一个标题，标题通过下面的**标题输入**对话框创建，输入的标题显示在窗口的标题栏中。如果想要清除标题，在对话框的[输入]框中删除标题，再点击[确定]按钮关闭对话框。

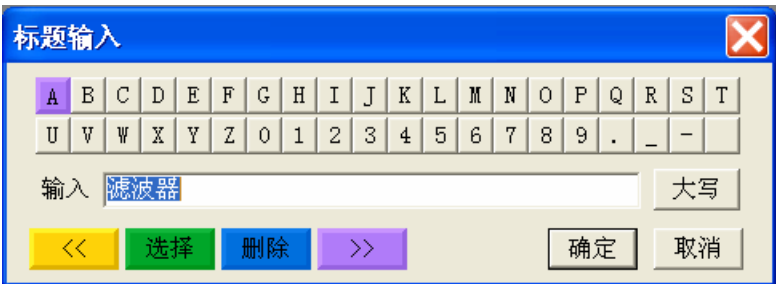


图 7-38 标题输入对话框

显示**标题输入**对话框的方法请参见本节下面的“触发测量显示”部分。

4.1 触发测量显示

4.1.1 使用鼠标

- a) 点击[查看]，在查看菜单中指向[测量显示]。
- b) 在**测量显示**子菜单中点击要显示或隐藏的测量显示项，勾选时显示测量显示项，清除勾选时隐藏测量显示项。

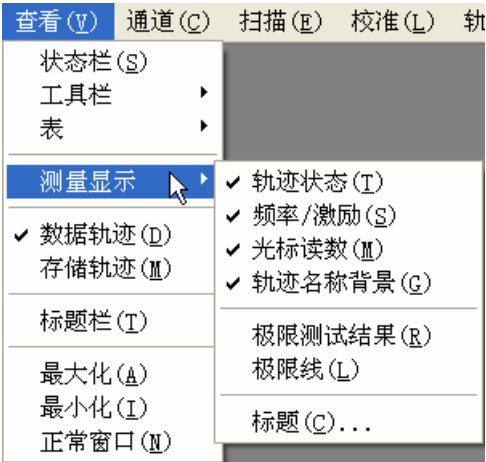


图 7-39 触发测量显示

4.1.2 使用前面板按键

- a) 按**命令键区【菜单/对话】**键，使用**导航键**切换到查看菜单下的[测量显示]菜单项，按**导航键区【点击】**键。
- b) 在**测量显示**子菜单中用**导航键**选择要触发显示的测量显示项，按**【点击】**键，勾选时显示测量显示项，清除勾选时隐藏测量显示项。

5 触发数据轨迹和存储轨迹显示

5.1 使用鼠标

点击[查看]，在查看菜单中点击[数据轨迹]或[存储轨迹]。勾选时显示对应的轨迹，清除勾选时隐藏对应的轨迹。

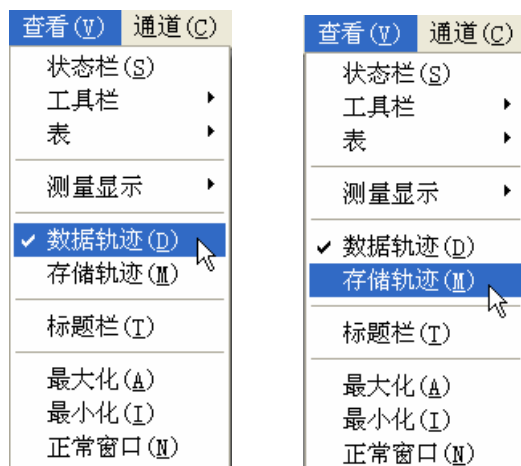


图 7-40 触发数据轨迹和存储轨迹显示

如果想要观察存储轨迹，首先必须将轨迹存储到内存中，然后才可以对数据轨迹和存储轨迹进行加、减、乘、除的数学运算，详细信息请参见第十章第二节“轨迹运算与统计”部分。

5.2 使用前面板按键

- a) 按命令键区【菜单/对话】键，使用导航键切换到查看菜单中的[数据轨迹]或[存储轨迹]菜单项。
- b) 按导航键区【点击】键，勾选时显示对应的轨迹，清除勾选时隐藏对应的轨迹。

6 标题栏

标题栏包括主测量应用程序标题栏和窗口标题栏，显示窗口标题名称和窗口控制按钮。隐藏标题栏会隐藏屏幕上所有的标题栏，这样有更大的屏幕区域显示测量结果。



6.1 触发标题栏显示

6.1.1 使用鼠标

点击[查看]，在查看菜单中点击[标题栏]，勾选时显示标题栏，清除勾选时隐藏标题栏。



图 7-41 触发标题栏显示

6.1.2 使用前面板按键

- a) 按**命令**键区【**菜单/对话**】键，使用**导航**键切换到**查看**菜单中的[**标题栏**]菜单项。
- b) 按**导航**键区【**点击**】键，勾选时显示标题栏，清除勾选时隐藏标题栏。

关于更改窗口标题的详细信息请参见本节上面的“测量显示”部分。

第八章 优化测量

本章讨论如何提高测量精度，包括以下内容：

- 降低附件的影响
- 提高低损耗二端口器件的反射测量精度
- 增加动态范围
- 提高长电延迟器件的测量精度
- 提高相位测量精度
- 降低迹线噪声
- 降低接收机串扰
- 增加扫描点数
- 提高测量稳定性
- 提高扫描速度
- 提高多状态测量的效率
- 快速进行数据传输
- 使用宏

第一节 降低附件的影响

测试中使用的电缆等附件可能影响被测器件的测量精度，有两种方法可以减小附件的影响，测量时可以根据实际情况选择适合的方法。

1 利用功率斜坡补偿附件的损耗

在测量时如果使用很长的电缆或其他附件，在整个频段上功率损耗会随频率升高而增大，这时可以使用功率斜坡功能，根据定义的斜坡（dB/GHz）使分析仪的源功率随频率的升高而增大来补偿附件的损耗影响。

1.1 设置功率斜坡

1.1.1 使用鼠标

- a) 点击[通道]，在通道菜单中点击 [功率...], 显示功率对话框。
- b) 在对话框的功率斜坡区点击勾选[斜坡]复选框。
- c) 点击[斜坡]框，设置斜坡值。
- d) 点击[确定]按钮关闭对话框。

1.1.2 使用前面板按键

- a) 在通道设置键区按【功率】键。
- b) 按导航键区【F3】键，在[斜坡]框设置斜坡值。



请注意： 使用前面板按键只能更改功率斜坡值，要开启功率斜坡功能必须勾选功率对话框中的[斜坡]复选框。

2 利用时域门去除不需要的响应

时域门是时域变换的一个重要功能，它使分析仪可以通过数学运算的方式去除某些响应，在反射或传输测量中都可以使用时域门功能来去除不需要的响应。

a) 反射测量的时域门功能

在反射测量中使用时域门功能可以用来分离所需响应（如滤波器的回波损耗）与无用响应（如适配器反射或连接器失配）。

b) 传输测量的时域门功能

在传输测量中使用时域门功能可以用来分离多路装置中特定路径的响应。如果在时域变换中使用了门功能，可以关闭时域变换并保持门功能仍然有效来研究被测件的频域响应，时域门滤波器有以下两种类型：

- **带通：**用来滤除通带外的响应。
- **带阻：**用来滤除阻带内的响应。

关于时域门滤波的详细信息请参见第十一章第四节“时域门滤波”。

关于时域变换测量的步骤和设置的详细信息请参见第十一章第七节“时域变换测量设置”。

第二节 提高低损耗二端口器件的反射测量精度

全双端口校准修正了分析仪的全部系统误差，单端口校准仅修正了方向性、源匹配和频响误差，并没有修正负载匹配误差，所以在单端口校准情况下，为了提高二端口器件的反射测量精度，应该在被测件的非测量端口连接高质量的负载减小负载匹配误差，这种方法尤其适用于低损耗的双向器件如滤波器通带和电缆的反射测量。当对具有高反向隔离的器件如放大器进行测量时，就不必考虑负载匹配问题，单端口校准时可采用下面的方法端接二端口器件的非测量端口：

- 在被测件的非测量端口连接一个高性能的匹配负载（如校准件中的负载），这种方法的测量精度接近于全双端口校准的精度。
- 在被测件的非测量端口连接一个 10dB 的精密衰减器，衰减器输出连到分析仪的非激励端口，这可将分析仪的有效负载匹配近似提高衰减器衰减值的两倍，即 20dB。

在进行低损耗的双向器件如滤波器的回波损耗测量时，分析仪的方向性和负载匹配会影响测量精度，下面的计算表明：在单端口校准时，如在被测件的非测量端口和分析仪的非激励端口间加一个高质量的 10dB 衰减器，可以改善分析仪的负载匹配，从而提高单端口校准的测量精度。设分析仪、滤波器和衰减器的指标如下（括号内给出了对应的线性值）：

分析仪：	原始负载匹配（NALM）=18dB（0.126）
	方向性（NAD）=40dB（0.01）
滤波器：	插入损耗（FIL）=1dB（0.891）
	回波损耗（FRL）=16 dB（0.158）
衰减器：	插入损耗（AIL）=10dB（0.316）
	回波损耗（ARL）=32.26dB（0.024）

a) 无衰减器时的测量结果：

此时，滤波器的输出端口直接与分析仪的非激励端口连接，负载匹配引起的测量误差为：

$$LME1 = FIL \times NALM \times FIL = 0.891 \times 0.126 \times 0.891 = 0.1$$

方向性误差为：

$$NAD = 0.01$$

如果误差信号与滤波器的回波信号完全同相，回波损耗的测量结果为：

$$FIL + = -20\lg(|FRL + LME1 + NAD|) = 11.4\text{dB}$$

如果误差信号与滤波器的回波信号完全反相，回波损耗的测量结果为：

$$FIL - = -20\lg(|FRL - LME1 - NAD|) = 26.4\text{dB}$$

即如果滤波器的实际回波损耗为 16dB，分析仪的测量结果可能为 11.4dB~26.4dB 之间的任何值。

b) 加入衰减器后的测量结果

加入衰减器后，分析仪的方向性、负载匹配及衰减器的反射会引起测量误差，负载匹配引起的测量误差为：

$$LME2 = FIL \times AIL \times NALM \times AIL \times FIL = 0.01$$

衰减器反射引起的测量误差为：

$$RLE = FIL \times ARL \times FIL = 0.019$$

方向性误差为：

$$NAD = 0.01$$

如果误差信号与滤波器的回波信号完全同相，回波损耗的测量结果为：

$$FIL = -20 \lg (|FRL + LME2 + RLE + NAD|) = 14.1 \text{ dB}$$

如果误差信号与滤波器的回波信号完全反相，回波损耗的测量结果为：

$$FIL = -20 \lg (|FRL - LME2 - RLE - NAD|) = 18.5 \text{ dB}$$

即如果滤波器的回波损耗为 16dB，分析仪的测量结果可能为 14.1dB~18.5dB 之间的任何值，由此可见加入衰减器可以减小测量的不确定度，提高测量精度。

进行低损耗二端口器件的反射测量时，采取下面任何一项措施，就可以得到精确的测量结果：

- 进行单端口校准，测量时在被测件的输出端口连接一个高质量的负载。
- 进行单端口校准，测量时在被测件的输出端口和分析仪的非激励端口间插入一个高质量的 10dB 衰减器。
- 进行全双端口校准，直接将被测件输出端口连接到分析仪的接收端口上。

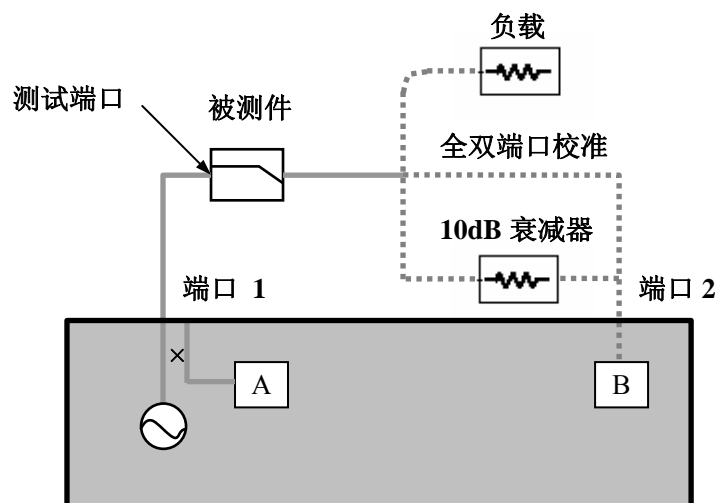


图 8-1 双端口器件的精确反射测量

第三节 增加动态范围

动态范围是指分析仪允许输入的最大功率和最小可测功率之间的差值（噪声基底）。要使测量正确有效，输入信号必须在这个范围内。如果需要测量的信号幅度变化很大，如滤波器通带和阻带，那么增加测量的动态范围是非常必要的，下图为一个典型测量中的动态范围。

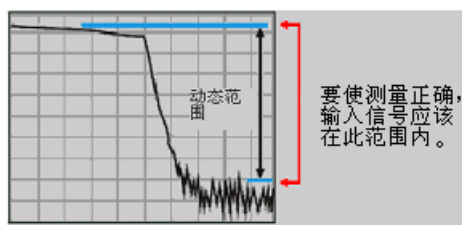


图 8-2 动态范围

为了减小测量的不确定性，分析仪的动态范围应该比被测件的响应范围大，当被测信号至少比噪声基底高 10dB 时，才能有效提高精度，下面的方法有助于增加动态范围：

1 提高被测件的输入功率

提高被测件的输入功率能使分析仪更精确的检测被测件的输出功率，但要注意如果分析仪接收机输入过高，可能引起压缩失真，高到一定程度甚至会损坏接收机。设置分析仪功率的方法请参见第七章第四节“设置信号功率电平”。



警告： 如果被测件有增益，则不能使用最大的源输出功率，因为这样可能会损坏接收

2 减小接收机的噪声基底

可以使用下面方法来降低噪声基底，增加分析仪的动态范围：

- 减少分析仪接收机的串扰，详细信息请参见本章第七节“降低接收机串扰”。
- 减小中频带宽，设置方法请参见本章第六节“降低迹线噪声”中“减小中频带宽”部分。
- 设置扫描平均，设置方法请参见本章第六节“降低迹线噪声”中“扫描平均”部分。



请注意： 由于分析仪一些设置的影响，增加动态范围可能导致测量时间的增加。

第四节 提高长电延迟器件的测量精度

被测件输出信号的频率在给定的瞬间也许和进入被测件信号的频率不是严格相等的，例如，当分析仪对一根长电缆进行快速扫频测量时，由于电缆的延迟，电缆末端信号的频率将滞后于分析仪的源频率。如果相差的频偏相对于分析仪的中频检波带宽非常明显，那么由于中频滤波器的滤波作用，测量结果就会产生误差。在测量中可以通过降低扫频速度的方法来消除这种测量误差，有三种方法可以降低分析仪的扫频速度：

1 增加扫描时间

增加扫描时间降低了频率变化的速度，增加了在每个测量数据点的停留时间，可以有效减小被测件输入、输出的频差，详细的设置方法请参见第七章第五节“设置扫描”中“设置扫描时间”部分。

2 增加扫描点数

增加扫描点数可以降低频率变化的速率，设置方法请参见本章第八节“增加扫描点数”。

3 采用步进扫描方式，设置驻留时间

步进扫描方式下，完成某一个频点的锁相后才开始进行测量采样，通过设置驻留时间，可以对开始进行测量采样的时间进行控制，保证测量时被测件输入输出的频率相同，设置方法请参见第七章第五节“设置扫描”中“扫描设置”部分。

第五节 提高相位测量精度

可以利用分析仪下面的几个功能提高相位测量的精度：

1 电延迟

电延迟通过数学运算模拟无损传输线的长度变化，补偿被测件的线性相移，以便更好的测量被测件的线性相位偏离，分析仪支持为每条测量轨迹分别设置电延迟。

1.1 设置电延迟

1.1.1 使用鼠标

- 点击[比例]，在比例菜单中点击[电延迟...]，显示电延迟对话框。
- 在[电延迟]框，设置延迟值。
- 在[速度因子]框，设置速度因子。
- 在介质区，点击单选框选择[同轴]或[波导]介质类型。
- 如果选择波导介质类型，在[截止频率]框输入波导的低频截止频率。
- 设置完成点击[确定]按钮关闭对话框。



图 8-3 设置电延迟

1.1.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键。
- 用导航键切换到比例菜单中的[电延迟...]菜单项，按导航键区【点击】键，显示电延迟对话框。
- 按导航键区的【Tab】键切换到[电延迟]框，设置延迟值。
- 按【Tab】键切换到[速度因子]框，设置速度因子。
- 按【Tab】键切换到介质区，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择[同轴]或[波导]介质类型。
- 如果选择波导介质类型，按【Tab】键切换到[截止频率]输入框，设置波导的低频截止频率。
- 在命令键区按【确认】键关闭对话框。

1.1.3 电延迟对话框

[电延迟]输入框

设置增加或去除的延迟值，延迟单位为时间，用来补偿被测件的线性相移。

[速度因子]输入框

设置被测件介质的相对速度，真空的速度因子为 1，聚乙烯电缆介质的速度因子为 0.66，聚四氟乙烯介质的速度因子为 0.7。

介质区

a) [同轴]单选框

选择时表示增加的传输线为同轴线，同时还必须设置速度因子。

b) [波导]单选框

选择时表示增加的传输线为波导，同时必须设置波导的低频截止频率。

c) [截止频率]输入框

设置波导的低频截止频率。

2 端口延伸

进行校准后，可通过端口延伸方式移动测量参考平面，这样可避免再次进行校准，下面两种情况需要使用端口延伸功能：

- 进行校准后发现在测量配置中需要增加一段电缆，利用端口延伸功能定义分析仪特定端口增加的电缆长度。
- 被测件需要在夹具上进行测量，无法直接进行校准，用端口延伸可以补偿由夹具引起的延迟（相移），端口延伸会把电延迟自动应用到与一个特定端口有关的所有测量上。



请注意：

端口延伸不能补偿电缆、适配器和夹具的损耗和失配误差，只能补偿增加的电长度。

可以用下面的方法设置合适的端口延伸：

- 在测试端口上连接短路标准。
- 调整端口延伸直到得到平坦的相位轨迹。



请注意：

大多数的短路标准有一个非零的延迟，用这种方法调整端口延伸会引起等于短路校准 2 倍延迟的误差，可以进一步通过查看校准件的定义来确定合适的延伸值。

2.1 设置端口延伸

2.1.1 使用鼠标

- 点击[校准]，在校准菜单中点击[端口延伸...], 显示端口延伸对话框。
- 点击[端口延伸]勾选复选框。
- 在[输入 A]、[输入 B]、[端口 1]和[端口 2]框设置端口的延迟值。
- 在[速度因子]框设置速度因子。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

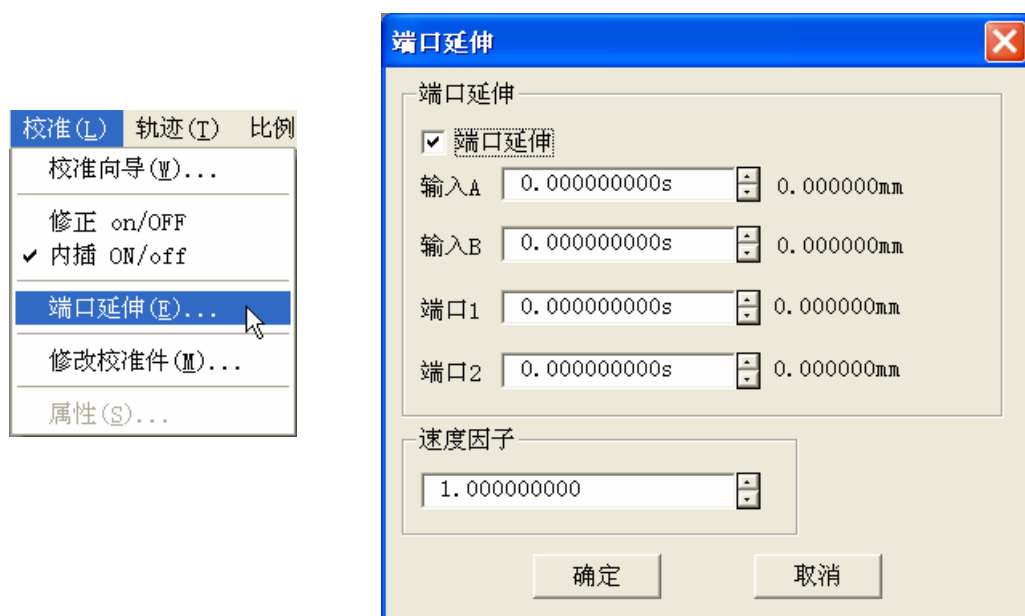


图 8-4 设置端口延伸

2.1.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键。
- 用导航键切换到校准菜单中的[端口延伸...]菜单项，按导航键区【点击】键，显示端口延伸对话框。
- 按导航键区的【Tab】键切换到[端口延伸]复选框，按【点击】键勾选复选框。
- 按【Tab】键切换到[[输入 A]、[输入 B]、[端口 1]或[端口 2]框，设置延迟值。
- 按【Tab】键切换到[速度因子]框，设置速度因子。
- 按命令键区【确认】键关闭对话框。

3 相位偏移

相位偏移通过数学运算方式调整相位测量结果，偏移范围为 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ，下面两种情况会使用相位偏移功能：

- 改善相位测量结果的显示，使相位显示值处于屏幕中心或指定的位置，和在幅度测量中改变参考电平相似。
- 模拟测量中预想的相移。例如，在测量中需要增加一根电缆，它引起的相移是已知的，这时可以用相位偏移功能增加该相移值，模拟整个测量组成。

3.1 设置相位偏移

3.1.1 使用鼠标

- 点击[比例]，在比例菜单中点击 [相位偏移...]，显示相位偏移对话框。
- 在[相位偏移]框中设置相位偏移值。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

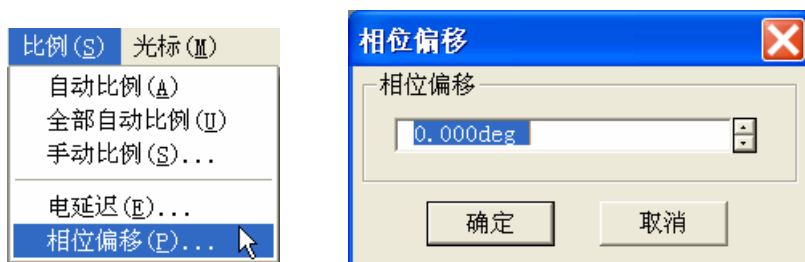


图 8-5 设置相位偏移

3.1.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键。
- 用导航键切换到比例菜单中的[相位偏移...]菜单项，按导航键区的【点击】键，显示相位偏移对话框。
- 按导航键区的【Tab】键切换到[相位偏移]框，设置相位偏移值。
- 按命令键区【确认】键关闭对话框。

4 频率点间隔

分析仪进行测量时，是在离散的频率点上采样数据，然后连接各采样点，在屏幕上形成一条轨迹。如果被测件两个相邻频率点的相移大于 180° ，由于数据欠采样而发生混叠，那么此时显示的相位斜率是错误的。如果在群延迟测量时发生这种情况，群延迟的测量结果可能是负值，这显然是错误的，如下图的声表面波滤波器（SAW）的测量结果所示：

- 第一副图是 51 个点的测量结果，显示群延迟是负值，实际被测件的群延迟不可能为负值，也就是群延迟测量值不可能处于 0 秒参考线以下。
- 第二副图是 201 个点的测量结果，显示的群延迟是正值，即测量值处于 0 秒参考线以上。

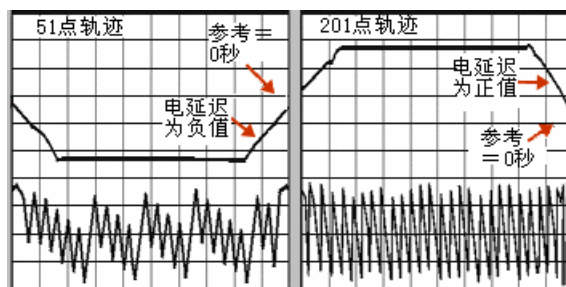


图 8-6 频率间隔对相位测量的影响

可以通过以下两种方法对比设置前后相位轨迹的变化，检查测量中是否发生了混叠现象：

- 增加测量点数，设置方法请参见本章第八节“增加扫描点数”。
- 减小频率跨度，设置方法请参见第七章第三节“设置频率范围”。

第六节 降低迹线噪声

分析仪接收通路上的随机噪声会降低测量精度，可以使用分析仪中下面介绍的几个功能来减小迹线噪声，降低噪声基底，得到更精确的测量结果和更大的动态范围。

1 扫描平均

扫描平均可降低随机噪声对测量的影响，分析仪通过几次连续扫描对同一个测量点取平均来计算每一个测量值。平均因子的设置决定了连续扫描的次数，平均因子越大，越可以有效的降低噪声对测量的影响。

- 轨迹平均被应用到通道中的所有测量上，打开平均功能的通道都会显示一个平均计数器。
- 当打开扫描平均时，平均计数器显示已进行的扫描平均次数，通过观察轨迹的变化和已进行的平均次数有助于选择最佳的平均因子。
- 虽然可以在进行非比值测量时使用扫描平均，但并不能得到希望的结果：
 - * 对非比值测量的相位测量取平均时，测量结果还是随机的，因为相位测量是通过相对测量实现的，单个接收机绝对相位测量的结果是随机的，因此取平均并不能得到确定的结果。
 - * 对非比值测量的幅度测量取平均时，噪声基底不会下降。
- 采用扫描平均和减小中频带宽都可以降低噪声，如果想获得非常低的噪声，采用扫描平均更有效，通常采用扫描平均降低噪声比减小中频带宽所需的时间要长一点，特别是需要的平均次数较多时。

扫描平均对噪声的影响如下图所示：

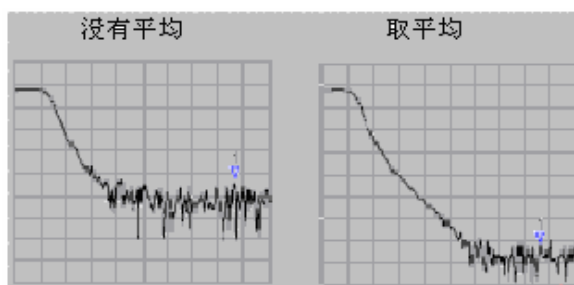


图 8-7 扫描平均对测量结果的影响。

1.1 设置扫描平均

1.1.1 使用鼠标

- a) 点击[通道]，在通道菜单中点击[平均...]，显示平均对话框。
- b) 点击[平均 on/OFF]勾选复选框。
- c) 点击[平均因子]框，设置平均因子。
- d) 如需要重新开始扫描平均，点击[重新平均]按钮。
- e) 点击[确定]按钮关闭对话框。

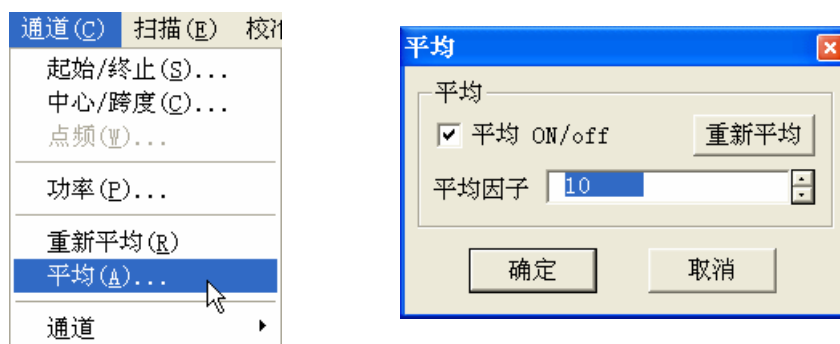


图 8-8 设置扫描平均

1.1.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【平均】键。
- 按导航键区【F1】键，在[平均因子]框中输入平均因子。
- 按导航键区【F2】键触发平均现用项目工具栏按钮为[平均 ON/off]状态打开平均功能。
- 如需重新开始扫描平均，按导航键区【F4】键。

2 轨迹平滑

轨迹平滑通过将相邻的数据点取平均来平滑轨迹显示，一起进行平均的相邻数据点数称为平滑孔径，分析仪采用指定取平均的数据点数和取值范围的百分比两种方式定义孔径的大小。平滑功能可减小测量数据轨迹上噪声的峰峰值，而不会显著增加扫描时间。



请注意：

- 进行高谐振器件或轨迹变化比较剧烈器件的测量时不要使用平滑功能，因为这样会引入测量误差。
- 分析仪支持为每条轨迹独立设置平滑。

对轨迹取平滑的影响如下图所示：

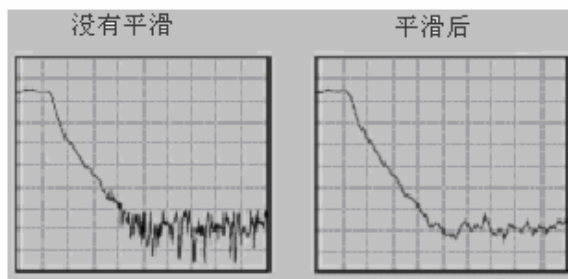


图 8-9 平滑对测量结果的影响

2.1 设置平滑

2.1.1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单中点击[平滑...]，显示平滑对话框。
- 点击[平滑 on/OFF]勾选复选框激活平滑功能。

- c) 用下面的一种方法设置平滑孔径：
- 在[取值范围的百分数]框中设置平滑的百分比值（最大值为 25%）。
 - 在[点数]框中输入平滑孔径内的点数（最大值为总扫描点数的 25%）。
- d) 点击[确定]按钮关闭对话框。

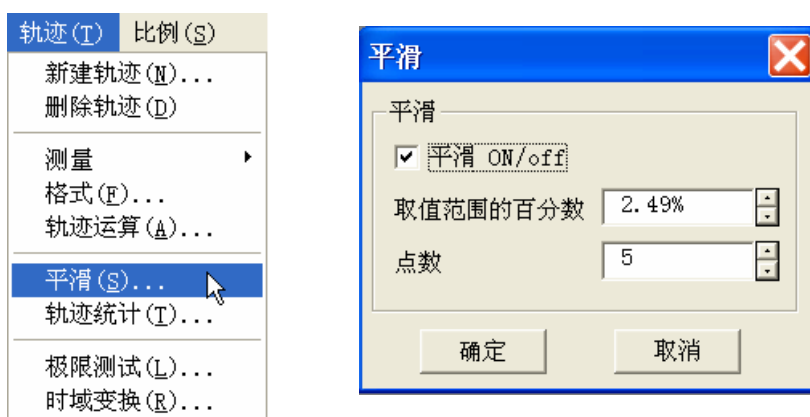


图 8-10 设置平滑

2.1.2 使用前面板按键

- a) 在命令键区按【菜单/对话】键。
- b) 用导航键切换到[轨迹]菜单中的[平滑...]菜单项，按导航键区的【点击】键，显示平滑对话框。
- c) 按导航键区的【Tab】键切换到[平滑 on/OFF]，按【点击】键勾选复选框。
- d) 用下面的一种方法设置平滑孔径：
- 按【Tab】键切换到[取值范围的百分数]框，设置平滑的百分比值（最大值为 25%）。
 - 按【Tab】键切换到[点数]框，输入平滑的点数（最大点数为扫描点数的 25%）。
- e) 在命令键区按【确认】键关闭对话框。

3 减小中频带宽

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪将接收到的响应信号变频到频率较低的中频信号进行处理，中频带通滤波器的带宽（中频带宽）可以从 40kHz 向下最小设置到 1Hz。减小中频带宽可以降低随机噪声对测量结果的影响，中频带宽每减小 10 倍就可以使噪声基底降低 10dB，但设置窄中频带宽会使扫描时间变长。分析仪支持对每一个通道或段扫描设置中频带宽，中频带宽对测量的影响如下图所示：

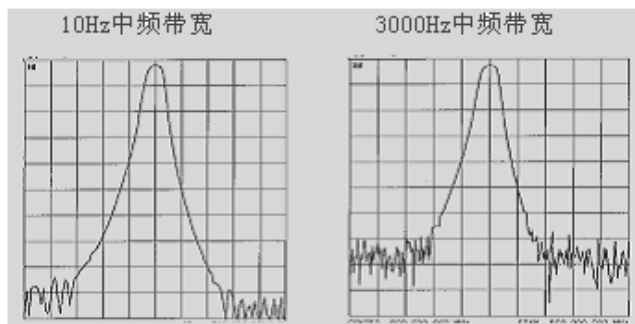


图 8-11 中频带宽对测量结果的影响

3.1 设置中频带宽

3.1.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[中频带宽...]，显示中频带宽对话框。
- 点击[中频带宽]框，设置中频带宽。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

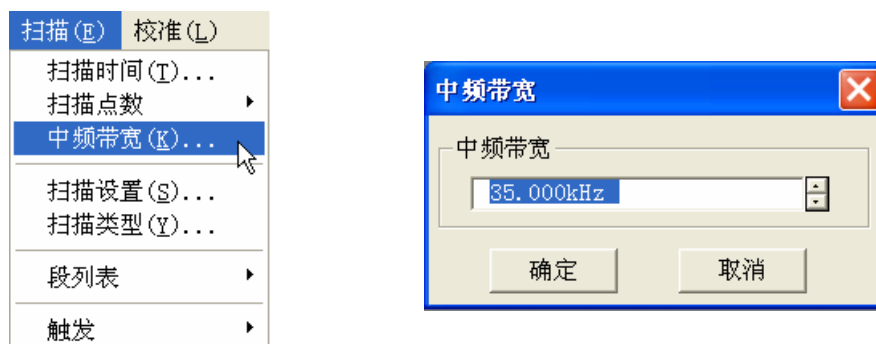


图 8-12 设置中频带宽

3.1.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【扫描设置】键。
- 按导航键区【F3】键，在[中频带宽]框中设置带宽值。

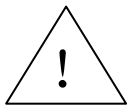
第七节 降低接收机串扰

串扰是指分析仪信号路径之间的能量泄漏，这是高损耗传输测量面临的一个难题，可以通过选择交替扫描和进行隔离校准减小串扰的影响。

- 信号路径之间的能量泄漏会在传输测量中产生误差。
- 串扰影响下列测量的精度：
 - * 高损耗器件测量，如处于截止状态的开关隔离度测量。
 - * 宽动态范围器件测量，如滤波器测量。

1 使用交替扫描模式

交替扫描每次只测量 A 和 B 中的一个接收机，同时关断另外一个接收机，因此有助于减小串扰。



请注意：

- 交替扫描模式下分析仪分别进行反射和传输测量，因此，当分析仪同时进行反射和传输测量时，使用交替扫描模式会使测量时间加倍。
- 只进行反射或传输测量时，可以使用交替扫描功能减小串扰的影响，而且也不会影响扫描时间。
- 噪声基底足够低时串扰才会对测量结果有影响，此时才有必要使用交替扫描模式，可以使用平均功能或减小中频带宽降低噪声基底。

1.1 设置交替扫描

1.1.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中点击[扫描设置...]，显示扫描设置对话框。
- 如果已开启多个通道，点击[通道]框选择需要设置交替扫描的通道。
- 点击[交替扫描]勾选复选框
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

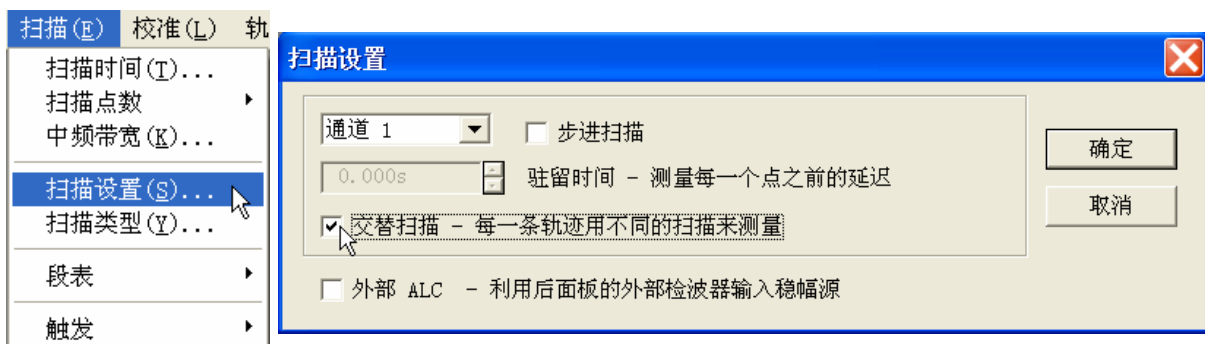


图 8-13 设置交替扫描

1.1.2 使用前面板按键

- a) 在**命令**键区按**【菜单/对话】**键。
- b) 在**通道设置**键区按**【扫描设置】**键，显示**扫描设置**对话框。
- c) 如果开启了多个测量通道，按**导航**键区**【Tab】**键切换到**[通道]**框，按**导航**键区**【↑】**、**【↓】**键或旋转旋钮选择需要设置交替扫描的通道。
- d) 按**【Tab】**键切换到**[交替扫描]**复选框，按**导航**键区**【点击】**键勾选复选框。
- e) 按**命令**键区**【确认】**键关闭对话框。

2 进行隔离校准

对于传输测量来说，进行**直通响应和隔离**校准有助于减小串扰，因为分析仪在测量时会减去校准时测量到的泄漏信号，校准可以改善隔离，校准后仪器的性能只受基底噪声的影响。如果想要获得最高的测量精度，进行不忽略隔离的**全双端口校准**。通常，串扰信号处于噪声基底以下，所以当进行隔离校准时，应该降低噪声基底使串扰信号可见。

关于串扰误差的详细信息请参见第九章第五节“测量误差”中的“串扰误差”部分。

关于校准过程的详细信息请参见第九章第三节“校准向导”。

第八节 增加扫描点数

1 扫描点数

一个数据点代表在一个激励下的测量结果，可以定义分析仪一次扫描测量中的扫描点数，扫描时间随扫描点数变化，默认设置下的扫描点数为 201 点，最大的可设置点数为 16001 点。



请注意：

- 采用最大的扫描点数能得到最好的轨迹分辨率，以便更好的观察被测件的响应。
- 如果要想实现更快的测量速度，应利用能给出可接受精度的最少扫描点数。
- 最佳的扫描点数为当增加点数时测量轨迹没有显著变化时对应的点数。
- 为了确保测量精度，校准和测量时的扫描点数应该一致。

1.1 设置扫描点数

1.1.1 使用鼠标

- 点击[扫描]，在扫描菜单中指向 [扫描点数]，显示扫描点数子菜单。
- 在子菜单中点击选择一个扫描点数。
- 如果需要自定义点数，在子菜单中点击[自定义...]，显示扫描点数对话框，在扫描点数框中设置扫描点数。
- 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。

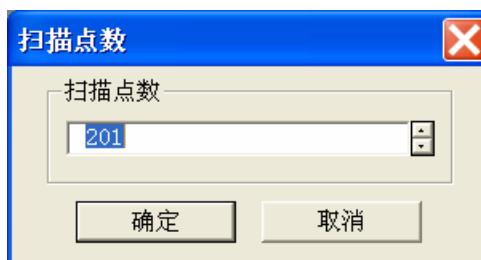
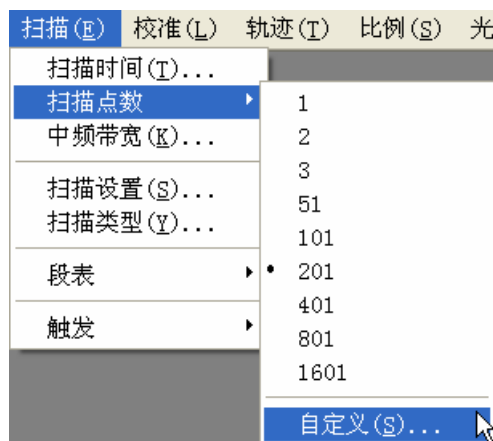


图 8-14 设置扫描点数

1.1.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【扫描设置】键。
- 按导航键区【F2】键，在[点数]框中设置扫描点数。

第九节 提高测量稳定性

有几种情况能导致测量结果不稳定，为了能进行可重复的测量，需要创建一个稳定的测量环境，影响测量稳定性的因素主要包括以下几个方面：

1 频率漂移

分析仪的频率精度取决于其内部的一个 10MHz 恒温晶振，如果测量应用需要更高的频率精度和稳定度，可以不使用内部的频率基准，通过后面板上的 **10MHz 参考输入** 连接器提供一个高稳定度的外部频率基准。

2 温度漂移

温度变化和因此引起的热胀冷缩可改变以下元件的特性：

- 分析仪内部的器件
- 校准件中的校准标准
- 被测件
- 测试电缆
- 适配器

为了减小测量中温度漂移的影响，可以采取以下措施：

- 预热分析仪 30 分钟后进行校准和测量。
- 在执行校准前 1 小时，打开装有校准件的盒子，把校准件拿到保护泡沫的外面。
- 在一个温度可控的环境中进行测量，在 $23^{\circ}\pm 3^{\circ}$ 的环境温度内，分析仪可以保证所有的技术指标满足要求。
- 保证校准件的温度稳定性，在校准过程中避免对校准件进行不必要的触摸。
- 保证周围环境温度与校准时的温度偏差在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内。

3 不精确的校准

如果校准不精确，测量时并不能得到被测件的正确响应，为了保证校准的精度，应考虑以下因素：

- 在连接被测件点即测量平面上进行校准，保证测量平面和校准平面一致。
- 进行校准后，如在测试组成中插入任何额外的附件（如电缆，适配器，衰减器），用端口延伸功能来补偿附加的电长度和延迟，如果想获得最高的精度，应重新进行校准。
- 使用与校准过程中定义一致的校准件进行校准。

关于进行精确校准的详细信息请参见第九章第四节“高精度的测量校准”。

4 测试连接

好的连接对取得可重复性的测量来说是必须的，为了进行好的测量连接，应采取以下措施：

- 经常检查和清洁测试组成中所有组件的连接器。
- 采用正确的连接方法。
- 避免在测量中移动电缆。

第十节 提高扫描速度

采用最快的扫描速度可以提高测量效率，在测量中优化以下各项设置使分析仪达到最快的扫描速度：

1 扫描设置

通过仔细进行下面的每项设置获得最快的扫描速度：

- **频率跨度**：仅测量被测件关心的频率范围，设置方法请参见第七章第三节“设置频率范围”。
- **段扫描**：用段扫描进行最关心频段的测量，设置方法请参见第七章第五节“设置扫描”中“设置段扫描类型”部分。
- **关断步进扫描**：如果测量允许，不要使用步进扫描模式，这样可以获得最小的扫描时间，设置方法请参见第七章第五节“设置扫描”中“扫描设置”部分。
- **自动扫描时间**：对当前设置用默认的扫描时间可以获得最快的扫描，设置方法请参见第七章第五节“设置扫描”中“扫描时间”部分。
- **扫描点数**：使用测量需要的最小扫描点数，设置扫描点数的方法请参见本章第八节“增加扫描点数”。

2 降低噪声设置

合理进行下面两项设置，可以减小扫描时间而仍能获得可接受的测量结果

- **中频带宽**：用能给出可接受的迹线噪声和动态范围的最宽的中频带宽，设置中频带宽的方法请参见本章第六节“降低迹线噪声”中“设置中频带宽”部分。
- **平均**：尽可能的减小平均因子，或关断平均功能，设置方法请参见本章第六节“降低迹线噪声”中“扫描平均”部分。

3 选择校准类型

选择满足测量精度要求的最快的校准测量，不进行误差修正的扫描测量和进行响应校准修正的扫描测量需要的时间大概是相同的，而全双端口校准测量需要正向和反向扫描测量进行误差修正来更新测量参数，即使只显示一个 S 参数时也是这样，因此所需的测量时间最长。

关于校准类型的详细信息请参见第九章第二节“选择校准类型”。

4 关闭不必要的功能

分析仪必须更新所有激活功能的信息，为了加快扫描速度，关断以下所有的对于测量应用来说并不是必要的分析仪功能：

- 不需要的轨迹
- 不用的光标
- 平滑
- 极限测试
- 轨迹运算
- 显示

分析仪的扫描速度依赖于各种测量设置，需要多尝试进行设置来获得最快的扫描速度和满足要求的测量结果。

4.1 删除不需要的轨迹

4.1.1 使用鼠标

- 在不需要轨迹的状态栏按钮上按鼠标右键，显示右键菜单。
- 在右键菜单中点击[删除]。

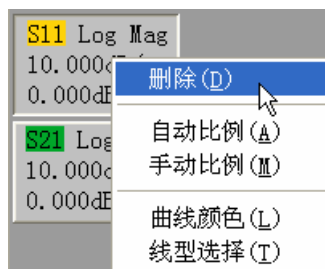


图 8-15 删除不需要的轨迹

4.1.2 使用前面板按键

- 在显示键区按【轨迹】键。
- 按导航键区的【F2】或【F3】键使不用的轨迹成为激活轨迹。
- 按导航键区【F4】键删除轨迹。

4.2 关闭不用的光标

4.2.1 使用鼠标

- 点击[光标]，在光标菜单中点击[光标...], 显示光标对话框。
- 在[光标]框中选择要关闭的光标。
- 点击[打开]清除复选框，如果想关闭所有光标，点击[关闭所有光标]按钮。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。



图 8-16 关闭不用的光标

4.2.2 使用前面板按键

- 在轨迹设置键区连续按【光标】键直到光标现用项目工具栏中显示要关闭的光标。
- 按导航键区的【F1】、【F2】或【F3】键使要关闭的光标成为激活光标。
- 按导航键区【F4】键关闭光标。

4.3 关断平滑功能

4.3.1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单点击[平滑...]，显示平滑对话框。
- 点击[平滑 ON/off]清除复选框关断平滑功能。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

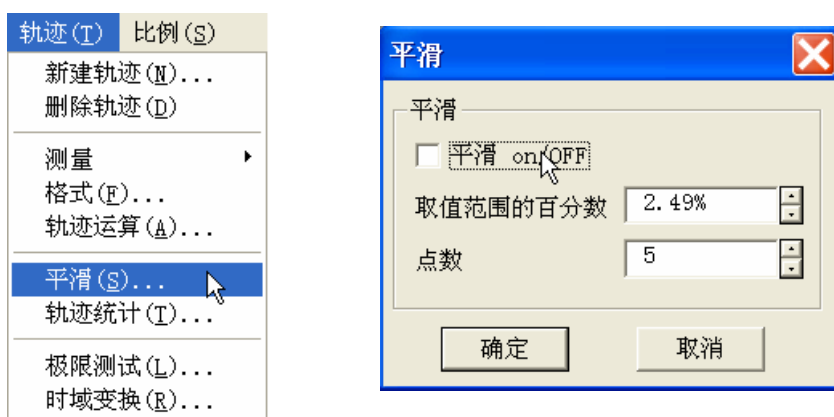


图 8-17 关断平滑功能

4.3.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键。
- 按导航键切换到轨迹菜单[平滑...]菜单项，按导航键区【点击】键，显示平滑对话框。
- 按导航键区【Tab】键切换到[平滑 ON/off]，按【点击】键清除复选框。
- 按命令键区【确认】键关闭对话框。

4.4 关闭极限测试

4.4.1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单点击[极限测试...]，显示极限测试对话框。
- 点击[极限测试 ON/off]清除复选框关断极限测试功能。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。



图 8-18 关闭极限测试

4.4.2 使用前面板按键

- 在轨迹设置键区按【极限表】键。
- 在导航键区按【F1】键触发极限表现用项目工具栏按钮到[测试 on/OFF]状态。

4.5 关断轨迹运算功能

4.5.1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单点击[轨迹运算...]，显示运算/存储对话框。
- 在[轨迹运算]框中选择数据。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

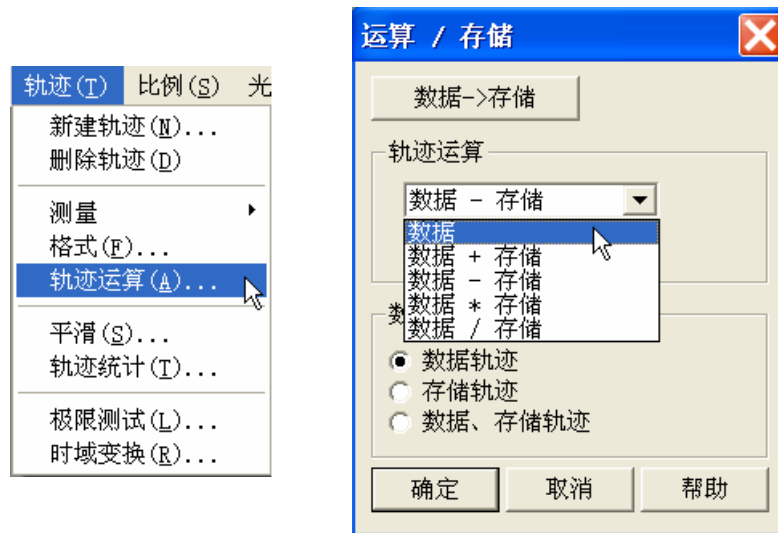


图 8-19 关断轨迹运算功能

4.5.2 使用前面板按键

- 在轨迹设置键区按【运算/存储】键。
- 按导航键区【F3】键。

第十一节 提高多状态测量的效率

如果需要进行多个测量来表征一个器件的特性，可以运用多种方法提高测量的效率。尝试下面的各种方法找出最适合自己的测量应用方案。

1 通过测量设置提高测量效率

为了提高需要进行多个测量的被测件的测量效率，熟悉分析仪的操作是非常有帮助的，这些知识有助于建立最优的测量应用方案。关于轨迹、通道和窗口的详细信息请参见第五章第四节“分析仪的轨迹、通道和窗口”。

1.1 合理安排一组测量

将被测件的一组测量安排在一个仪器状态下，存储仪器状态方便以后通过回调功能进行以上的一组测量。也可以通过分析仪的预配置测量设置进行一组测量，详细信息请参见第七章第八节“观察多条轨迹和开启多个通道”中“预配置的测量设置”部分。

1.2 使用段扫描

在进行表征一个器件的测量时需要改变以下的设置时，使用段扫描非常方便。

- 频率范围
- 功率电平
- 中频带宽
- 扫描点数

段扫描允许定义一组有各自属性的频率范围，这样就可以通过一次扫描完成需要多种测量设置的被测件的测量。关于段扫描的详细信息请参见第七章第五节“设置扫描”中的“设置段扫描类型”部分。

1.3 选择性的触发测量

使用触发功能如下设置进行测量：

- 不断的更新那些数据快速变化的测量。
- 偶尔更新那些数据很少变化的测量。

例如，可以这样设置进行一个滤波器的调谐测量：

- 一个通道用于测量滤波器的调谐。
- 一个通道用于测量滤波器的带外响应。

这样就可以连续的观察滤波器的调谐测量。如果不断的更新所有的通道，就会降低分析仪的响应速度，不能有效的调谐滤波器，下面将介绍如何建立如下的测量设置：

- 通道 1 中的测量数据将连续更新。
- 通道 2 中的测量数据将在需要时进行更新。

1.3.1 使用鼠标

a) 建立一个两通道测量。

点击[窗口]，在窗口菜单中指向[测量设置]，在子菜单中点击[设置 D]。

- b) 设置通道 1 的触发：连续更新测量数据。
 - 1) 点击[扫描]，在扫描菜单中指向[触发]，在触发子菜单中点击[触发...], 显示触发对话框。
 - 2) 在触发源区选择[内部]单选框。
 - 3) 在触发设置区点击[通道]框选择通道 1。
 - 4) 在触发设置区点击选择[连续]单选框。
- c) 设置通道 2 的触发：需要时更新测量数据。
 - 1) 在触发设置区点击[通道]框选择通道 2。
 - 2) 在触发设置区点击选择[单次]或[组]单选框，如果选择组触发模式，在[组]输入框中输入组数。
 - 3) 点击[确定]按钮关闭对话框。
- d) 点击[系统]，在系统菜单中点击[软键盘]，显示软键盘对话框，在对话框中点击[触发]，显示触发现用项目工具栏。
- e) 点击下面的窗口使通道 2 成为当前激活通道。
- f) 更新通道 2 中的测量数据。

点击触发现用项目工具栏上的[单次]、[组]或[重扫]按钮更新通道 2 中的测量数据。

1.3.2 使用前面板按键

- a) 建立一个两通道测量。

在显示键区按【测量设置】键，按导航键区【F4】键，建立一个两通道测量。
- b) 设置通道 1 的触发：连续更新测量数据。
 - 1) 在显示键区按【窗口】键，按导航键区【F2】或【F3】键使窗口 1 成为当前激活窗口，通道 1 成为当前激活通道。
 - 2) 在通道设置键区按【触发】键，按导航键区【F1】键。
- c) 设置通道 2 的触发：需要时更新测量数据。
 - 1) 在显示键区按【窗口】键，按导航键区【F2】或【F3】键使窗口 2 成为当前激活窗口，通道 2 成为当前激活通道。
 - 2) 在通道设置键区按【触发】键，按导航键区【F3】键。
- d) 更新通道 2 中的测量数据。

按导航键区【F3】键更新通道 2 中的测量数据。

2 自动改变测量设置

如果在进行表征一个器件特性的几种测量之间有微小的差别，通过编程自动改变测量设置要快一些。

3 快速调用测量

最有效的调用测量的方式是将一组测量存储为一个仪器状态。

- 调用包括多个测量的仪器状态与调用只有一个测量的仪器状态所用的时间相差很小。
- 每个调用都需要相应的时间，通过建立一组测量成组的调用它们，可以节省调用时间。

第十二节 快速进行数据传输

使用最快的数据传输有助于提高测量效率，可以使用下面的方法提高数据传输速度：

1 使用单次触发模式

使用单次触发模式保证在开始数据传输之前已完成测量。

1.1 设置单次触发

1.1.1 使用鼠标

- a) 点击[扫描]，在扫描菜单中指向[触发]，在触发子菜单中点击[触发...], 显示触发对话框。
- b) 在触发源区选择[内部]单选框。
- c) 在触发设置区点击[通道]框选择进行数据传输的测量通道。
- d) 在触发设置区点击选择[连续]单选框，点击[确定]按钮关闭对话框。
- e) 更新测量结果：
 - 1) 点击对应的轨迹状态按钮使要更新的轨迹和通道成为激活的轨迹和通道。
 - 2) 点击[系统]，在系统菜单中点击[软键盘]，在软键盘对话框中点击[触发]。
 - 3) 在触发现用项目工具栏中点击[单次]。

1.1.2 使用前面板按键

- a) 在命令键区按【菜单/对话】键，按通道设置键区【触发】键，显示触发对话框。
- b) 按导航键区【Tab】键到触发源区，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择[内部]单选框。
- c) 按导航键区【Tab】键到触发设置区[通道]框，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择进行数据传输的测量通道。
- d) 按导航键区【Tab】键选择[连续]单选框，在命令键区按【确认】键关闭对话框。
- e) 更新测量结果：
 - 1) 按显示键区【轨迹】键，按导航键区【F2】或【F3】键使要更新的轨迹和通道成为激活的轨迹和通道。
 - 2) 在通道设置键区按【触发】键，按导航键区【F3】键。

2 传输尽可能少的数据

例如使用段扫描，减少轨迹的点数，而不是传输整条有许多线性点的轨迹。

3 使用实数格式

在使用 SCPI 的自动测量中选择实数格式可以获得最快的传输速度。

4 使用 LAN

通过 LAN 可以提高 SCPI 自动测量应用程序传输数据的速度。

5 使用 COM 程序

在自动测量应用程序中使用 COM 可以获得最快的数据传输速度。

第十三节 使用宏

宏是装入分析仪，在分析仪上运行的可执行文件，AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪最多支持 10 个宏。

1 新建宏

a) 点击[系统]，在系统菜单中指向[宏]，在子菜单中点击[宏设置...]，显示宏设置对话框。

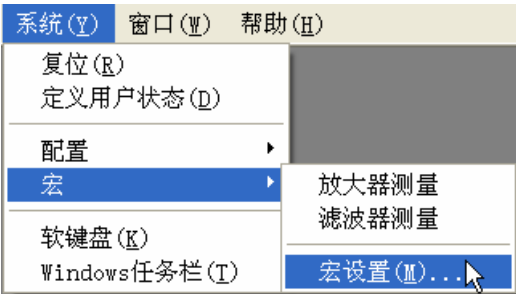


图 8-20 设置宏

b) 在宏设置对话框中点击选择已存在宏设置下面的空白行，点击[编辑...]按钮，显示宏编辑窗口对话框。

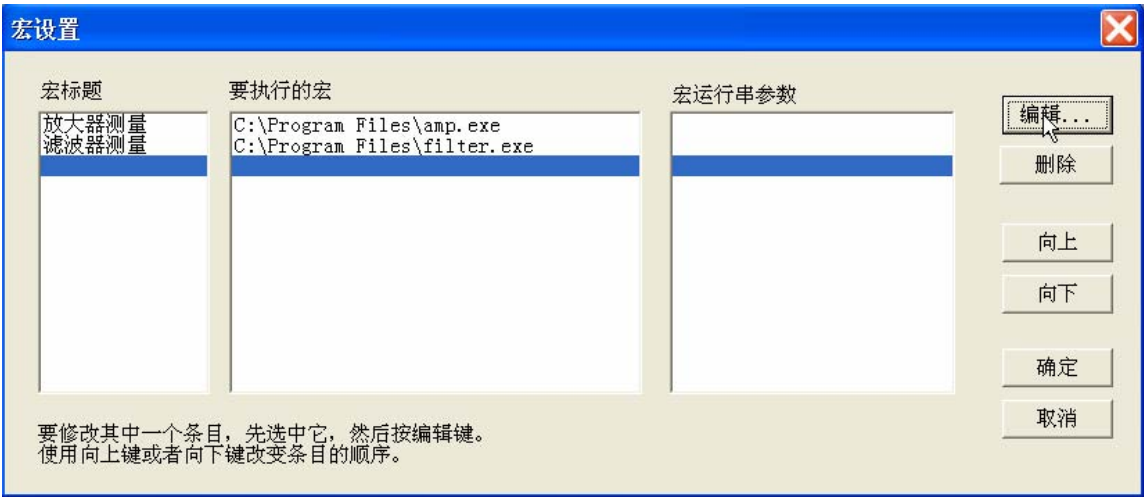


图 8-21 宏设置对话框

- c) 在[宏名称]框中输入描述宏的标题文字。
- d) 在[可执行文件]框输入可执行文件的详细路径，或点击[浏览...]按钮查找可执行文件。
- e) 在[参数]框输入传递给可执行文件的字符串参数。
- f) 点击[确定]按钮关闭宏编辑窗口对话框。
- g) 点击[确定]按钮关闭宏设置对话框

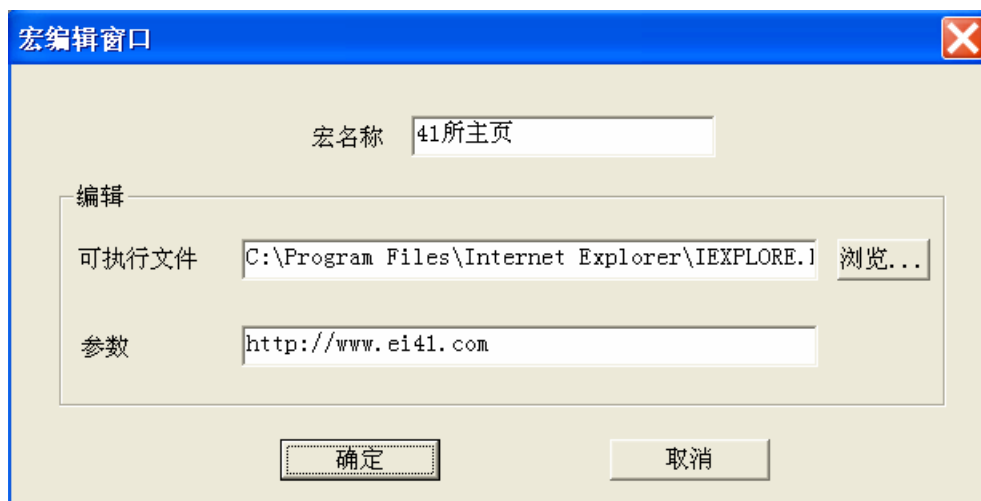


图 8-22 宏编辑窗口对话框

2 宏设置对话框

[宏标题]框

显示宏标题，当按【宏/本地】键时，宏现用项目工具栏按钮显示宏标题的名字。当在系统菜单中点击[宏]时，宏子菜单项中显示宏标题的名字。为了在现用项目工具栏按钮中完整的显示宏标题，标题最好不要超过 14 个字符。宏标题与可执行文件相关联，最好能描述宏的功能以便容易区分不同的宏。例如一个可以访问 4 1 所主页的宏，可以将标题取名为“4 1 所主页”。

[要执行的宏]框

显示可执行文件的完全路径，例如访问 4 1 所主页的宏，可执行文件的路径为：C:\Program Files\Internet Explorer\IEXPLORE.EXE。

[宏运行串参数]框

显示传递给可执行文件，被可执行文件引用的参数。例如访问 4 1 所主页的宏，宏运行需要的参数为：http://www.ei41.com。

[编辑]按钮

点击时显示宏编辑窗口对话框，对选择的宏进行设置和修改。

[删除]按钮

点击时删除选择的宏。

[向上]按钮

点击[向上]按钮将选择的宏向上移动一行，用来重排宏的顺序。对话框中宏的顺序与在宏现用项目工具栏中出现的顺序一致。工具栏中每次显示四个宏，当再次按【宏/本地】键时显示下四个宏。

[向下]按钮

点击[向下]按钮将选择的宏向下移动一行。

3 宏编辑窗口对话框

[宏名字]框

用来设置宏标题的名字。

编辑区

a) [可执行文件]框

用来设置可执行文件的完整路径。

- b) [浏览..]按钮
用来浏览驱动器和目录，定位可执行文件，建立可执行文件的完整路径。
- c) [参数]框
用来设置传递给可执行文件引用的字符串参数。

4 运行宏

4.1 使用鼠标

点击[系统]，在系统菜单中指向[宏]，在宏子菜单中点击要执行宏的标题菜单项。

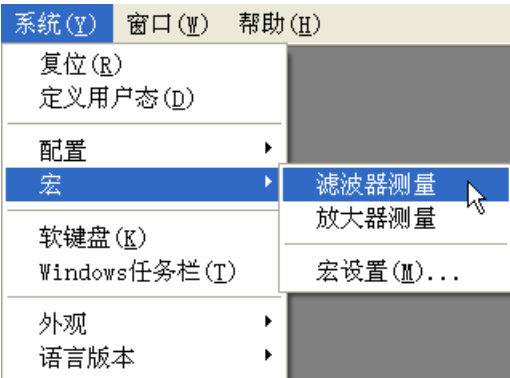


图 8-23 运行宏

4.2 使用前面板按键

- a) 在功能键区连续按【宏/本地】键直到宏现用项目工具栏中显示要执行宏的标题。
- b) 按导航键区与宏标题按钮颜色对应的【F1】、【F2】、【F3】或【F4】键执行宏。

第九章 校准

校准能降低测量误差，本章包括以下内容：

- 校准概述
- 选择校准类型
- 校准向导
- 高精度的测量校准
- 测量误差
- 修改校准件定义

第一节 校准概述

测量校准是通过测量特性已知的标准来确定系统误差，然后在进行被测件测量时去除这些系统误差影响的过程，通过校准可减小测量误差，提高分析仪的测量精度。

1 什么是校准

校准利用误差模型来消除一项或多项系统误差，分析仪通过测量高质量的校准标准（如开路器、短路器、负载和直通件）求解误差模型中的误差项，有关系统误差的详细信息请参见本章第五节“测量误差”中“系统误差”部分。

测量时要根据测量参数和测量精度的要求选择合适的校准方法，详细信息请参见本章第二节“选择校准类型”。

通过分析仪的**校准向导**可以完成各种类型的校准，详细信息请参见本章第三节“校准向导”。

校准后的测量精度取决于校准标准的质量和校准件定义文件中校准标准的模型定义精度。校准件定义文件保存在分析仪中，为了确保测量的精度，实际所用的校准件必须与校准件定义文件中的定义一致。关于进行精确校准的详细信息请参见本章第四节“高精度的测量校准”。

如果用户使用自己定制的校准件（如进行夹具测量校准），必须正确的进行校准标准的定义，在用户校准件定义文件中进行校准标准的定义，详细信息请参见本章第六节“修改校准件定义”。

2 为什么要进行校准

制作不需要任何误差修正、理想的分析仪硬件电路是不可能的，即使这些硬件电路能够做得特别好，可以忽略误差修正的需要，费用也将是极其昂贵的。另外，分析仪的测量精度很大程度上受分析仪外部附件的影响，测试的组成部分如连接电缆和适配器幅度和相位的变化会掩盖被测件的真实响应，必须通过校准去除这些附件的影响。因此权衡硬件的性能和成本，将硬件做得尽可能好，并通过校准来提高测量精度是最好的方法，校准的简要过程如下：

- a) 按测量要求连接分析仪。
- b) 选择合适的分析仪设置优化测量。
- c) 移走被测件，利用**校准向导**选择校准类型和校准件。
- d) 按照**校准向导**的提示，连接已选校准类型中需要的校准标准进行测量。分析仪通过对校准标准进行测量计算出误差项，存储在分析仪的内存里。
- e) 连接被测件进行测量，当在器件测量中使用误差修正时，误差项的影响将从测量中被去除。

第二节 选择校准类型

AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢量网络分析仪支持 7 种校准类型，各校准类型详细信息如下：

1 开路响应

- a) 校准精度：低到中等
- b) 测量参数： S_{11} 和 S_{22}
- c) 需要的校准标准：开路器
- d) 修正的系统误差：
 - 反射跟踪
- e) 测量应用：
 - 在任何端口的反射测量

2 短路响应

- a) 校准精度：低到中等
- b) 测量参数： S_{11} 和 S_{22}
- c) 需要的校准标准：短路器
- d) 修正的系统误差：
 - 反射跟踪
- e) 测量应用：
 - 在任何端口的反射测量

3 直通响应

- a) 校准精度：中等
- b) 测量参数： S_{12} 和 S_{21}
- c) 需要的校准标准：直通标准
- d) 修正的系统误差：
 - 传输跟踪
- e) 测量应用：
 - 任何方向上的传输测量



请注意：

校准件定义文件中定义直通标准为零长度、零损耗，如果在校准过程中使用适配器做为直通件，为了进行精确的校准，必须在校准件定义文件中表征适配器的特性，详细信息请参见本章第四节“高精度的测量校准”。

4 直通响应和隔离

- a) 校准精度：中等
- b) 测量参数： S_{12} 和 S_{21}
- c) 需要的校准标准：直通标准，两个负载（每个端口需要一个负载）
- d) 修正的系统误差：
 - 传输跟踪
 - 串扰

- e) 测量应用:
 - 任何方向上的传输测量
 - 需要通过隔离校准提高系统的动态范围



请注意：如果不能同时在每个端口各连接一个负载，不能进行隔离校准。

5 单端口（反射）

- a) 校准精度：高
- b) 测量参数： S_{11} 和 S_{22}
- c) 需要的校准标准：开路器、短路器和负载
- d) 修正的系统误差：
 - 方向性
 - 源匹配
 - 反射跟踪
- e) 测量应用：
 - 任何端口上的反射测量

6 全双端口 SOLT

- a) 校准精度：高
- b) 测量参数：所有
- c) 需要的校准标准：开路器、短路器、负载和直通标准
- d) 修正的系统误差：
 - 方向性
 - 源匹配
 - 反射跟踪
 - 串扰
 - 传输跟踪
 - 负载匹配
- e) 测量应用：
 - 所有 S 参数的测量
 - 需要通过 12 项误差修正来提高测量的精度

7 全双端口 TRL

- a) 校准精度：非常高
- b) 测量参数：所有
- c) 需要的校准标准：直通标准、反射标准、传输标准
- d) 修正的系统误差：
 - 方向性
 - 源匹配
 - 反射跟踪
 - 串扰
 - 传输跟踪

- 负载匹配
- e) 测量应用:
 - 所有 S 参数的测量
 - 需要通过 1 2 项误差修正来提高测量的精度
 - 需要最高的校准精度

第三节 校准向导

通过分析仪的**校准向导**，可以对校准进行设置，执行校准。

1 启动校准向导进行校准

1.1 使用鼠标

a) 点击[校准]，在**校准**菜单中点击[校准向导...]，显示**校准向导**对话框。

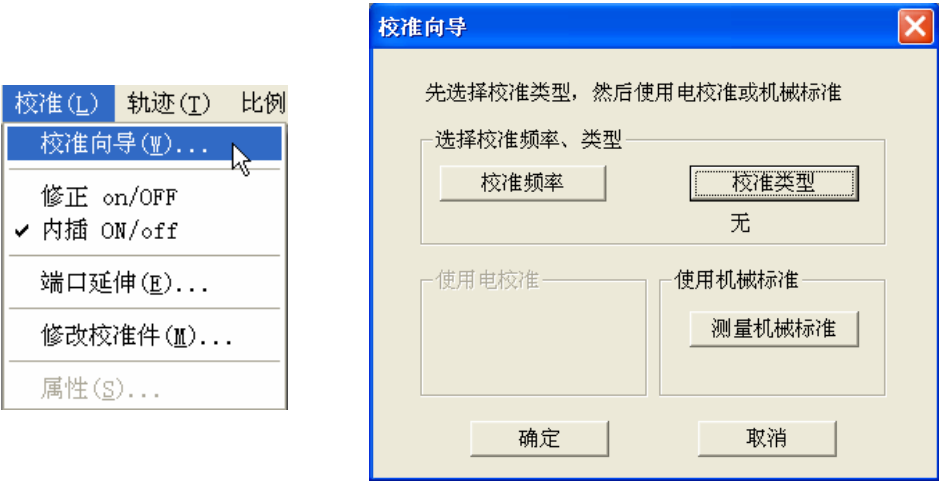


图 9-1 启动校准向导

b) 如果需要设置校准的频率范围，在**校准向导**对话框中点击[校准频率]按钮，显示**频率 起始/终止**对话框，完成频率设置后点击[确定]按钮关闭**频率 起始/终止**对话框。



图 9-2 设置校准频率

c) 在**校准向导**对话框中点击[校准类型]按钮，显示**校准类型**对话框，完成校准类型选择后点击[确定]按钮关闭**校准类型**对话框。

- 可选择的校准类型与当前激活通道的测量参数有关，例如测量参数为 S_{11} 时，不能选择**直通响应**及**直通响应和隔离校准**。
- 在全双端口校准时，如果不需要进行隔离校准，勾选[忽略隔离(2_端口类型)]复选框。

框。

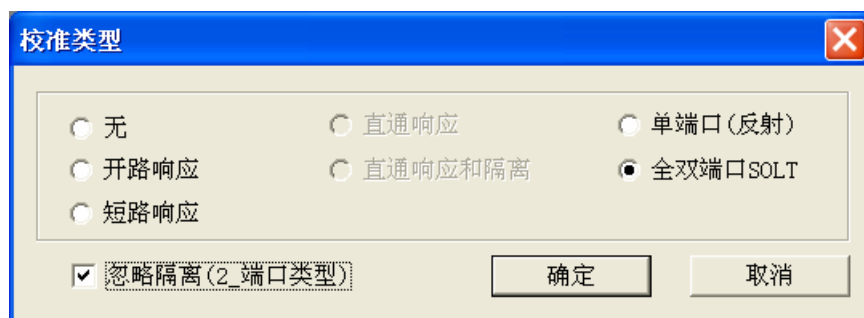


图 9-3 选择校准类型

- d) 在**校准向导**对话框中点击**[测量机械标准]**按钮，显示**测量机械标准**对话框。

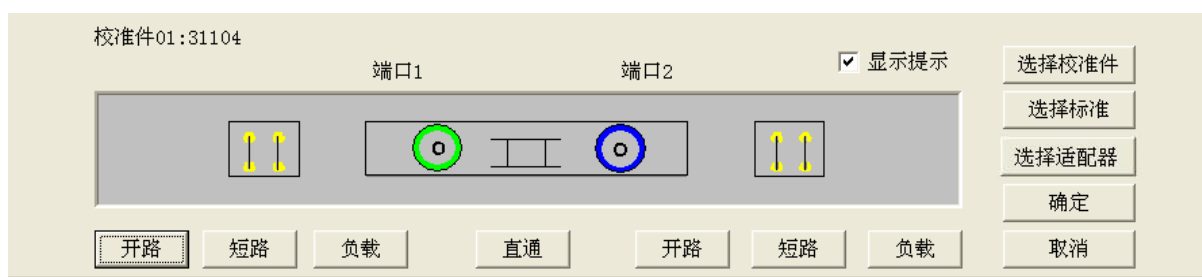


图 9-4 测量机械标准对话框

- e) 如果所用的校准件与分析仪默认的校准件不同，在**测量机械标准**对话框中点击**[选择校准件]**按钮，显示**选择校准件**对话框，完成校准件选择后点击**[确定]**按钮关闭**选择校准件**对话框。

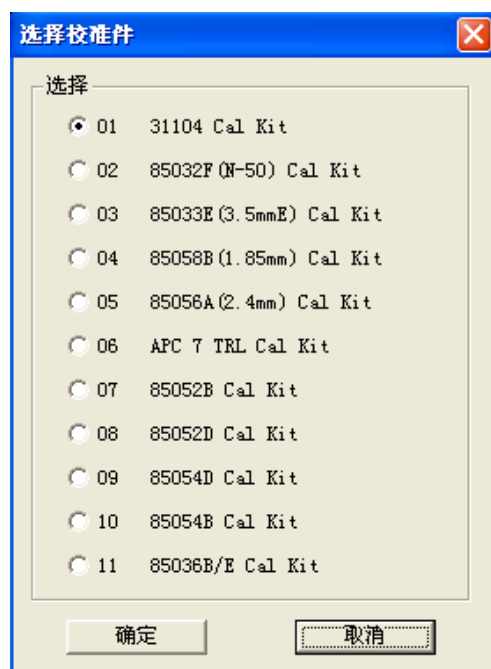


图 9-5 选择校准件

- f) 如果需要设置校准标准，在**测量机械标准**对话框中点击[**选择标准**]按钮，显示**类信息**对话框，设置完成后点击[**确定**]按钮关闭**类信息**对话框。



图 9-6 类信息对话框

- g) 如果进行非插入式的适配器校准，在**测量机械标准**对话框中点击[**选择适配器**]按钮，显示**适配器校准**对话框，在对话框中选择与测试端口连接器类型对应的校准件，并进行适配器的定义，设置完成后点击[**确定**]按钮关闭**适配器校准**对话框。



图 9-7 适配器校准对话框

- h) 在端口连接好校准标准，在**测量机械标准**对话框中点击与要测量的校准标准对应的按钮如[**开路**]，显示**多标准件测量**对话框。如果在对校准标准的测量过程中要使用平均功能减小噪声的影响，点击勾选[**打开平均**]复选框，并设置合适的平均因子。



图 9-8 多标准件测量对话框



请注意：

在多标准件测量对话框中显示的连接器类型为校准标准的连接器类型，而非测试端口的连接器类型，为了保证在对话框中选择的校准标准与校准过程中实际测量的校准标准一致。

- i) 在多标准件测量对话框中点击与校准标准对应的按钮如[N Male (OPEN)]，显示连接校准标准对话框，确认连接的校准标准正确无误后点击[确定]按钮开始测量，测量完成后，分析仪自动勾选多标准件测量对话框中对应的[捕获]复选框，完成所有需要的校准标准测量后点击[确定]按钮关闭多标准件测量对话框。测量机械标准对话框中完成测量的校准标准的按钮变成绿色。

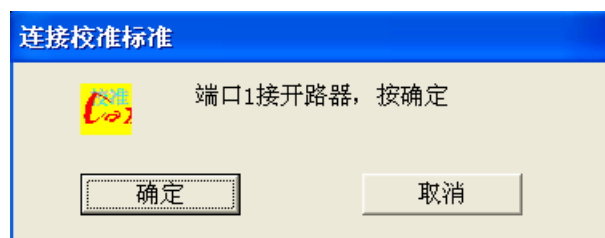


图 9-9 连接校准标准对话框

- j) 重复步骤 h 和 i 完成所有的校准标准测量，点击[确定]按钮关闭测量机械标准对话框，完成校准。

1.2 使用前面板按键

- 在通道设置键区按【校准】键，按导航键区的【F1】键，显示校准向导对话框。
- 如果需要设置校准的频率范围，按导航键区【Tab】键切换到[校准频率]按钮，按导航键区【点击】键，显示频率 起始/终止对话框，完成频率范围设置后按命令键区【确认】键关闭频率 起始/终止对话框。
- 按【Tab】键切换到[校准类型]按钮，按【点击】键，显示校准类型对话框，完成校准类型选择后按【确认】键关闭校准类型对话框。
- 按【Tab】键切换到[测量机械标准]按钮，按【点击】键，显示测量机械标准对话框。

- e) 如果所用的校准件与分析仪默认的校准件不同, 按【Tab】键切换到[选择校准件]按钮, 按【点击】键, 显示选择校准件对话框, 完成校准件选择后按【确认】键关闭选择校准件对话框。
- f) 如果需要设置校准标准, 按【Tab】键切换到[选择标准]按钮, 按【点击】键, 显示类信息对话框, 设置完成后按【确认】键关闭类信息对话框。
- g) 如果进行非插入式适配器校准, 按【Tab】键切换到[选择适配器]按钮, 按【点击】键, 显示适配器校准对话框, 选择与测试端口连接器类型对应的校准件, 并进行适配器的定义, 设置完成后按【确认】键关闭适配器校准对话框。
- h) 在测量端口连接校准标准, 按【Tab】键切换到与要测量的标准对应的按钮如[开路], 按【点击】键, 显示多标准件测量对话框。如果在对校准标准的测量过程中要使用平均功能减小噪声的影响, 勾选[打开平均]复选框, 并设置合适的平均因子。
- i) 按【Tab】键切换到与端口连接的校准标准对应的按钮如[N Male (OPEN)], 按【点击】键, 显示连接校准标准对话框, 确认连接无误后按【确认】键开始测量, 测量完成后, 分析仪自动勾选多标准件测量对话框中对应的[捕获]复选框, 完成所有需要的校准标准测量后按【确认】键关闭多标准件测量对话框, 测量机械标准对话框中对应的校准标准按钮变成绿色。
- j) 重复步骤 h 和 i 完成所有的校准标准测量, 按【确认】键关闭测量机械标准对话框完成校准。

第四节 高精度的测量校准

校准的精度由选择的校准类型、校准件的质量和校准过程决定，本节主要讨论如何进行高精度的校准。

1 测量参考平面

绝大多数的测量都不是将被测件直接连接到分析仪的端口上，更多的可能是通过测试夹具或电缆来连接。如果要获得最高的测量精度，必须在被测件的连接点进行校准，这个点称为测量参考平面。如果在测量参考平面上进行校准，与测量组成（如电缆、测试夹具、分析仪端口和参考平面间的适配器）相关的误差通过校准被测量并去除。

2 使用不正确的校准件带来的影响

正常情况下，校准件中的校准标准与被测件的连接器类型相同。但在有些情况下，可能没有与被测件连接器类型相同的校准件，如被测件端口为 3.5mm，分析仪和校准件的连接器类型为 N 型。如果使用 N 型校准件进行校准，再连接 N/3.5mm 的适配器进行测量，因为在校准过程中不包含适配器，在测量时会引入明显的测量误差。如果使用的校准件与校准过程中指定的校准件不同，同样会降低校准的精度，精度降低的程度取决于指定校准件与实际使用校准件间的差别。

3 内插测量的精度

当分析仪测量时的状态设置与校准状态不同时，分析仪可以自动内插校准数据，这时会导致测量精度无法预测，测量精度可能显著下降，也可能不受影响，必须根据实际情况来确定测量误差。当两个测量点增加的相移超过 180° 时，由于分析仪不能内插出正确的相位数据，会显著降低测量精度。

4 功率电平的影响

为了获得最高的误差修正精度，执行校准后不要改变功率电平。不过在与校准时衰减器设置相同的状态下改变功率电平，S 参数测量的精度降低很少，如果改变了衰减器的设置，误差修正的精度会进一步下降。

5 系统阻抗

当进行非 50 Ω 阻抗器件如波导器件的测量时，必须改变系统阻抗，默认的系统阻抗为 50 Ω 。

5.1 设置系统阻抗

5.1.1 使用鼠标

- 点击[系统]，在系统菜单中指向[配置]，在配置子菜单中点击[系统阻抗...]，显示系统阻抗对话框。
- 在[阻抗]框设置系统阻抗值。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

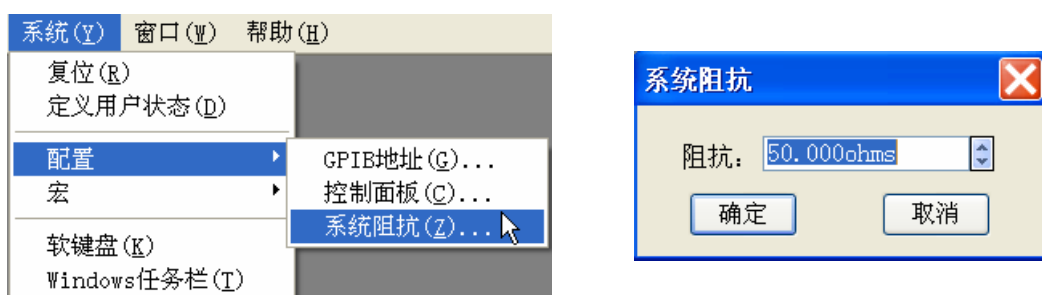


图 9-10 设置系统阻抗

5.1.2 使用前面板按键

- 在**命令**键区按【菜单/对话】键，按**导航**键切换至**系统**菜单[配置]菜单项，按**导航**键区【点击】键，在**配置**子菜单中按**导航**键切换至[系统阻抗...], 按【点击】键，显示**系统阻抗**对话框。
- 在[阻抗]框设置系统阻抗。
- 按**命令**键区【确认】键关闭对话框。

6 端口延伸

校准后连接附加的电缆、适配器或夹具，会导致测量参考平面的改变而引入附加的相移，这时可以使用端口延伸功能来补偿附加的相移。端口延伸是补偿校准平面和测量平面之间附加相移最简单的方法，但不补偿校准平面和测量平面间路径的损耗和失配，因此应当尽量减小损耗和失配，获得最高的测量精度。设置端口延伸的方法请参见第八章第五节“提高相位测量精度”中“设置端口延伸”部分

7 正确进行隔离校准

全双端口校准的隔离校准过程修正了端口间的串扰误差，当需要进行高插入损耗测量如滤波器的带外抑制、开关的隔离度测量时才需要进行隔离校准。当串扰信号非常接近分析仪的噪声基底时，隔离校准会在误差模型中引入噪声，因此为了提高校准精度，应该：

- 只有必要时才进行隔离校准。
- 使用窄中频带宽。
- 使用扫描平均减小噪声。

在进行隔离校准测量时，需要在分析仪的测试端口连接负载，为了获得最高的校准精度，最好在两个测量端口上同时连接负载进行隔离校准测量，如果只有一个负载，可以在非测量端口连接一个匹配非常好的器件。

8 非插入式器件的校准

插入式被测件从测试端口移去后，测试端口可以直接连接到一起，如下图所示：

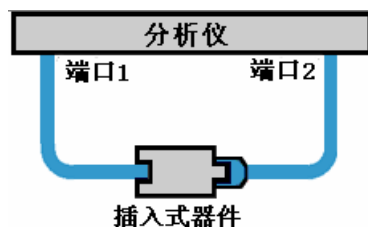


图 9-11 插入式器件测量连接

当进行插入式器件校准时，测试端口在测量参考平面上直接连接到一起，这称为零长度直通，即直通件的长度为零，无延迟、无损耗。校准件中并不提供直通标准件，当进行非插入式器件校准时，测试端口无法在测量参考平面上直接连接到一起，如下图所示，因此无法直接进行非插入式器件的校准。

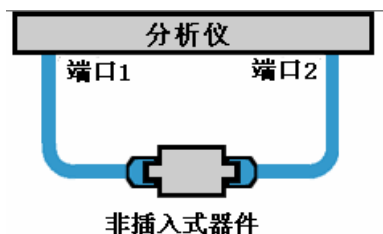


图 9-12 非插入式器件测量连接

当进行非插入式器件校准时，如果在校准过程中使用适配器进行直通连接，而在后面的测量中不包括这个适配器，就会降低测量精度，非插入式器件的校准包括以下几种方法：

8.1 未知特性直通适配器校准法

这是最简单同时也是精度最差的校准方法，在校准过程中直接使用适配器进行直通校准测量，由于适配器的损耗和延迟特性未知，无法在测量时去除其影响，这种校准方法会恶化传输跟踪误差，也不能有效的修正负载匹配误差。

8.2 定义直通适配器法

定义直通适配器法是在分析仪的校准件定义文件中指定直通标准件的损耗和延迟，在校准过程中去除直通适配器的影响，修正分析仪的传输跟踪误差，但因未考虑适配器本身反射的影响，不能完全修正负载匹配误差。

适配器制造厂家一般都会提供适配器的损耗和延迟数据，如果没有提供，可以直接测量。由于直通适配器本身也是一个非插入式器件，必须采用正确的校准方法，可以采用下面将要介绍的等同适配器交换法和适配器去除法进行校准，定义直通适配器法的校准过程如下：

- a) 采用等同适配器交换法或适配器去除法进行校准。
- b) 测量直通适配器的损耗和延迟。
- c) 修改校准件定义文件中直通标准的定义，详细过程请参见本章第六节“修改校准件的定义”。
- d) 用直通适配器进行全双端口校准。

8.3 等同适配器交换法

这种校准方法对于连接器类型完全相同的非插入式器件（如端口都是 SMA、阴头的被测件）测量非常有用。在校准时使用阻抗、插入损耗和电延迟精密匹配的两个适配器，一个用于全双端口校准过程中的直通测量，另一个用于校准的反射测量和对被测件的测量。校准件厂家都提供这样的适配器，校准时使用适配器的种类与测试端口和被测件具体的连接器类型有关，一个等同适配器交换法的校准过程如下所示：

- a) 在校准向导里选择全双端口 SOLT 校准。
- b) 在端口 1 和端口 2 间连接适配器 A，进行直通校准测量。

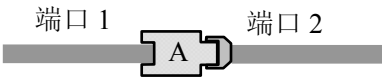


图 9-13 等同适配器交换法校准连接 1

- c) 移去适配器 A，将适配器 B 连接到正确的端口（本例中连接到端口 1），分别连接开路器、短路器和负载到适配器 B 和端口 2 进行全双端口 SOLT 校准的反射测量。



图 9-14 等同适配器交换法校准连接 2

- d) 适配器 B 仍然连接在端口 1，进行被测件的测量。



图 9-15 等同适配器交换法测试连接

等同适配器交换法的校准误差来自适配器间的特性匹配误差和连接误差。



请注意：

适配器 B 是整个测试组成的一部分，被测件直接连接到适配器上，精密匹配适配器可能会因多次测量连接而磨损。作为替代办法，用等同适配器交换法测量直通适配器的特性，采用定义直通适配器法进行非插入式器件的校准。

8.4 适配器去除校准

适配器去除校准提供了进行非插入器件测量时最精确的校准方法，这种校准方法需要将适配器分别连接到分析仪的端口 1 和端口 2 进行两次全双端口校准。这样就可以确定适配器的特性，从而完全去除适配器的影响。

执行适配器去除校准需要一个与被测件连接器类型完全相同的直通适配器和与被测件连接器类型对应的校准件。

第五节 测量误差

理解测量误差的来源和如何进行误差修正有助于提高测量的精度,因为在测量中无论多么仔细,仍存在一定程度的不确定性,用网络分析仪进行测量时,存在以下三种误差:

1 漂移误差

- 漂移误差是由于校准之后仪器或测试系统性能改变产生的。
- 分析仪内部互连电缆的热胀冷缩以及接收机特性的改变是引起漂移误差的主要原因,漂移误差可以通过重新校准来消除。
- 测试环境决定了精确校准保持的时间,稳定的环境温度能将漂移误差减至最小。

关于如何获得稳定测量结果的详细信息请参考第八章第九节“提高测量稳定性”。

2 随机误差

随机误差不可预测,不能通过校准来消除,但可以用一些方法来减小它们对测量结果的影响,随机误差主要包括以下三种:

2.1 分析仪的随机噪声误差

分析仪内部元器件的电扰动会产生随机噪声,这些电扰动主要包括:

- 由于接收机的宽带本底噪声引起的低电平噪声。
- 高电平噪声或数据轨迹的抖动,主要是由分析仪内部本底噪声和本振源相位噪声引起的。

可以通过以下方法减小随机噪声误差:

- 增加输入到被测件的源功率。
- 减小中频带宽。
- 使用扫描平均。

2.2 开关重复性误差

分析仪中采用射频机械开关来切换源衰减器的设置,开关动作时,有时触点闭合会异于上次闭合的状态,出现这种情况时,将严重影响测量精度。因此在高精度测量中应避免改变衰减器设置来减小开关重复性误差。

2.3 连接器重复性误差

连接器每次连接时状态都是不同的,因此会产生重复性误差,连接器磨损会导致其电性能的改变,采用正确的连接器保养方法可减小连接器重复性误差。

3 系统误差

系统误差是由于分析仪硬件特性的不理想引起的,这种误差是可重复的(因此可以预测),并假设不随时间改变。通过校准可以确定系统误差,测量时通过数学计算来消除这些误差。

系统误差并不能完全消除,由于校准过程的局限性,总有一些残留误差,校准后的残留系统误差主要来自:

- 校准标准不理想
- 测量连接

- 互连电缆
- 仪器本身

对于反射测量，有关的残留误差为：

- 有效方向性
- 有效源匹配
- 有效反射跟踪

对于传输测量，还会增加以下的残留误差为：

- 串扰
- 有效负载匹配
- 有效传输跟踪

3.1 方向性误差

分析仪通过定向耦合器或电桥进行反射测量。理想耦合器的耦合端只有反射信号输出到接收机进行测量，实际上，将有少量的入射信号通过耦合器的主路泄漏到耦合端口，这会在测量时引起方向性误差，分析仪通过如下方法确定和减小方向性误差：

- 在校准时，将负载连接到测量端口，并认为负载端口不发生反射。
- 耦合端口的输出信号就是泄漏的方向性误差信号。
- 在测量时减去方向性误差信号。

3.2 串扰误差

理想情况下，只有通过被测件的传输信号到达接收机，实际上会有少量的信号通过分析仪中的其它路径到达接收机，这部分信号称为串扰信号，分析仪通过如下方法确定和减小串扰误差：

- 校准时在端口 1 和端口 2 同时连接负载。
- 测量接收机中测量的信号就是分析仪内泄漏的串扰信号。
- 在测量时通过误差修正去除串扰误差。

3.3 源匹配误差

反射测量时，理想情况下测量接收机接收从被测件反射回的所有信号，实际上，从被测件反射回来的一部分信号又被测量端口反射回被测件，这部分信号接收机是测量不到的，这会引起源匹配误差，分析仪通过如下方法确定和减小源匹配误差：

- 校准时将短路器连接到测量端口，接收机测量来自短路器的反射信号，将测量值保存到分析仪里。
- 将开路器连接到端口，接收机测量来自开路器的反射信号，将测量值保存到分析仪里。
- 分析仪将测量值和开路器、短路器的已知值进行比较，确定源匹配误差。
- 在测量时通过误差修正去除源匹配误差。

3.4 负载匹配误差

理想的传输测量，测量接收机接收通过被测件的传输信号，实际上，有一部分信号被测试端口反射而无法测量，这会引起负载匹配误差，分析仪通过如下方法确定和减小负载匹配误差：

- 将端口 1 和端口 2 连接到一起进行零长度直通。
- 当源在端口 1 时，A 接收机的测量信号中包括端口 2 的反射信号，当源在端口 2 时，B 接收机的测量信号包括端口 1 的反射信号，这样就可以确定负载匹配误差。
- 在测量时通过误差修正去除负载匹配误差。

3.5 反射跟踪误差

反射测量是通过比较 A 与 R1 或 B 与 R2 接收机中的信号进行的，称为比值测量。对于理想的反射测量，A 与 R1 或 B 与 R2 接收机的频响应该是完全相同的，但实际上是不可能的，这会引起反射跟踪误差。反射跟踪误差是各种测试偏差引起的矢量和误差，其幅度和相位都会随频率变化，这些偏差的来源包括：

- 信号分离器件
- 测试电缆与适配器
- 参考和测试信号路径间的差异

分析仪通过如下方法确定和减小反射跟踪误差：

- a) 校准时将短路器连接到测量端口，接收机测量来自短路器的反射信号，将测量值保存到分析仪里。
- b) 将开路器连接到端口，接收机测量来自开路器的反射信号，将测量值保存到分析仪里。
- c) 分析仪将测量值和开路器、短路器的已知值进行比较，确定反射跟踪误差。
- d) 在测量时通过误差修正去除反射跟踪误差。

3.6 传输跟踪误差

传输测量是通过比较 A 与 R2 或 B 与 R1 接收机中的信号进行的，称为比值测量。对于理想的传输测量，A 与 R2 或 B 与 R1 接收机的频响应该是完全相同的。但实际上这是不可能的，就会引起传输跟踪误差。传输跟踪误差是各种测试偏差引起的矢量和误差，误差的幅度和相位都会随频率变化，这些偏差的来源包括：

- 信号分离器件
- 测试电缆与适配器
- 参考和测试信号路径间的差异

分析仪通过如下方法确定和减小传输跟踪误差：

- a) 将端口 1 和端口 2 连接到一起进行零长度直通。
- b) 测量 A 与 R2 或 B 与 R1 接收机中的信号。
- c) 通过比较两个接收机中的信号确定传输跟踪误差。
- d) 在进行测量时通过误差修正去除传输跟踪误差。

第六节 修改校准件定义

通过分析仪可以修改校准件的定义或创建用户自定义的校准件。

1. 校准件的定义

校准件中的每个校准标准（用校准 ID 代表）都是特定的、精确定义的物理器件。共有四种基本类型的校准标准：开路器、短路器、负载和直通件/适配器/传输线，每种标准都有特定的模型结构，模型中描述了标准的数字和物理特征。可以使用校准件以外其它的校准标准，不过必须首先定义标准的特性。

2 修改和创建校准件

对于大多数的测量应用来说，使用默认的校准件模型已经可以进行足够精确的校准，但有时可能需要修改校准件定义文件或创建用户自定义的校准件，在下面的几个测量应用中，需要用户创建自定义的校准件或修改校准件的定义：

- 连接器类型与校准件模型中的定义不一致。
- 使用与校准件定义中不同的标准，例如可以使用三个不同的偏移短路器代替开路器、短路器和负载执行单端口（反射）校准。
- 提高预定义校准件模型的精度，当模型能更好的描述标准的实际特性时，校准会更精确。例如将负载的阻抗值改为实际值 $50.1\ \Omega$ 而不是定义中的 $50\ \Omega$ 。
- 修改直通件的定义执行非插入式器件校准。
- 执行 TRL 校准。

当用户创建自定义的校准件时，首先必须定义连接器的类型，如 APC7、3.5mm、Type-N ($50\ \Omega$) 等，虽然每种校准件允许定义不止一类的连接器类型，但最好限制每种校准件只有一类连接器。如果连接器有阴头和阳头之分，必须分别进行定义。

2.1 修改校准件定义

- a) 点击[校准]，在校准菜单中点击[修改校准件...]，显示修改校准件对话框。
- b) 在对话框中点击选择要修改的校准件，点击[编辑校准件]按钮，显示编辑校准件对话框。
- c) 在编辑校准件对话框的标准框中选择要修改的校准标准，点击[编辑]按钮，显示对应的对话框进行校准标准的修改。
- d) 修改完毕后分别点击[确定]按钮关闭所有的对话框。

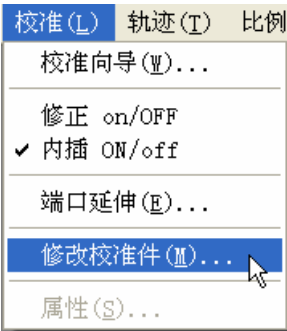


图 9-16 修改校准件定义

2.2 创建用户自定义校准件

- a) 点击[校准], 在校准菜单中点击[修改校准件...], 显示修改校准件对话框。
- b) 点击[插入新校准件]按钮, 显示编辑校准件对话框, 在对话框的校准件标识区进行以下设置:
 - 在[校准件 ID]框输入自定义校准件的 ID 编号。
 - 在[校准件名称]框输入自定义校准件的名称。
 - 在[校准件描述]框输入校准件的特征描述。
- c) 点击接头形式区的[增加]按钮, 显示增加连接器对话框, 进行以下设置:
 - 在接头形式区选择连接器的类型: [阳头 (Male)]、[阴头 (Female)]或[无性 (No Gender)]。
 - 在特性区的[名称]框输入连接器的名称。
 - 在特性区的[描述]框输入连接器的特征描述。
 - 在频率范围区设置连接器的最小和最大工作频率。
 - 在阻抗区[Z0]框输入连接器的特征阻抗值, 如 $50\ \Omega$ 。
 - 在[介质]框选择连接器的介质类型: 同轴或波导。
 - 检查输入无误后点击[确定]按钮关闭对话框, 以后不能再对连接器的特性进行编辑。
- d) 重复步骤 c 完成所有连接器的添加。
- e) 在编辑校准件对话框中点击标准区的[增加]按钮, 显示增加标准对话框, 从[开路器]、[短路器]、[负载]、[直通]、[适配器]或[传输线]中选择要增加的标准, 点击[确定]按钮关闭增加标准对话框, 同时显示所选择标准的编辑对话框。
- f) 在标准(如开路器)的编辑对话框中完成标准的定义, 对于带限的校准标准, 其频率范围可能不同于连接器的工作频率范围, 根据实际输入标准件的最小和最大频率, 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。
- g) 重复步骤 e 和 f 完成自定义校准件中所有标准的定义。
- h) 在编辑校准件对话框中点击[类]框选择校准类, 然后点击[编辑类]按钮, 显示类信息对话框, 完成校准标准的分类后点击[确定]按钮关闭类信息对话框。
- i) 点击[确定]按钮关闭编辑校准件对话框。
- j) 点击[确定]按钮关闭修改校准件对话框。

2.3 修改校准件对话框



图 9-17 修改校准件对话框

[打开]按钮

打开校准件列表文件，将文件中所有的校准件的定义装入分析仪。

[另存为]按钮

将当前分析仪中所有校准件的定义保存到校准件列表文件中。

[恢复全部校准件]按钮

重新安装分析仪支持的所有校准件。

安装校准件区

a) [导入校准件]按钮

调用打开对话框导入在硬盘或其他驱动器上存储的校准件定义文件。

b) [另存为]按钮

打开另存为对话框保存选择校准件的定义。

c) [插入新校准件]按钮

打开编辑校准件对话框创建一个新的校准件定义。

d) [编辑校准件]按钮

显示编辑校准件对话框修改选择的校准件定义。

e) [删除校准件]按钮

删除选择的校准件定义。

f) [恢复校准件]按钮

恢复对所选择校准件的修改，回到出厂的默认状态。

g) [^]、[v]按钮

点击[^]、[v]按钮选择校准件。

2.4 编辑校准件对话框

编辑校准件

校准件标识

校准件ID

1

校准件名称

85032F(N-50)

校准件描述

85032F(N-50) Cal Kit

接头形式

N Male

增加

修改

类

SOLT

编辑类

标准

ID	名称	描述
1	LOAD -F-	N Female load
2	SHORT -M-	N Male short
3	OPEN -M-	N Male open
4	LOAD -M-	N Male load
5	THRU	N THRU
6	SHORT -F-	N Female short
7	OPEN -F-	N Female open

增加

编辑

删除

删除全部

^

v

确定

取消

图 9-18 编辑校准件对话框

校准件标识区

a) [校准件 ID]框

显示校准件的 ID 编号。

b) [校准件名称]框

显示或编辑校准件的名称。

c) [校准件描述]框

显示或编辑校准件的特性描述。

接头形式区

a) [接头]框

用来选择连接器类型。

b) [增加]按钮

点击[增加]按钮显示**增加连接器**对话框添加校准件的新连接器类型。

c) [修改]按钮

点击时显示如下的**更改连接器名称**对话框修改连接器的名称。

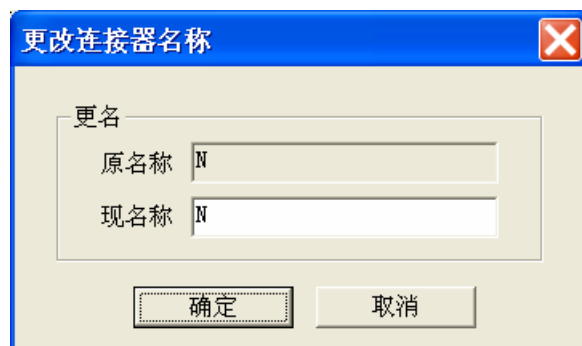


图 9-19 更改连接器名称对话框

类区

a) [类]框

选择校准方法用于校准标准的分类，可选择的校准方法包括：SOLT 和 TRL。

b) [编辑类]按钮

点击[编辑类]按钮显示**类信息**对话框进行校准标准的分类。

标准区

a) [校准校准]框

显示所编辑校准件中所有校准标准的 ID、名称和描述，用于选择校准标准。

b) [增加]按钮

点击时显示**增加标准**对话框选择要新增的校准标准。

c) [编辑]按钮

点击[编辑]按钮显示所选择校准标准的编辑对话框修改校准标准的定义。

d) [删除]按钮

点击时删除选择的校准标准的定义。

e) [删除全部]按钮

点击时删除校准件中全部校准标准的定义。

f) [^]、[V]按钮

用来选择校准标准。

2.5 增加连接器对话框

增加连接器

特性

名称 N

描述 N Male

频率范围

最小频率 0.000Hz

最大频率 9.000GHz

接头形式

☒ 阳头 (Male)

☐ 阴头 (Female)

☐ 无性 (No Gender)

阻抗

Z0 50.000ohms

介质

同轴

确定 取消

图 9-20 增加连接器对话框

特性区

a) [名称]框

定义校准件连接器的名称。

b) [描述]框

定义校准件连接器的特征描述。

频率范围区

a) [最小频率]框

定义校准标准的连接器允许使用的最低频率。

b) [最大频率]框

定义校准标准的连接器允许使用的最高频率。

接头形式区

从[阳头 (Male)]、[阴头 (Female)]或[无性 (No Gender)]中选择连接器的极性。

阻抗区

[Z0]框

定义连接器的特征阻抗。

介质区
[介质]框

选择定义校准标准的介质：**同轴或波导**。

2.6 SOLT 校准类信息对话框

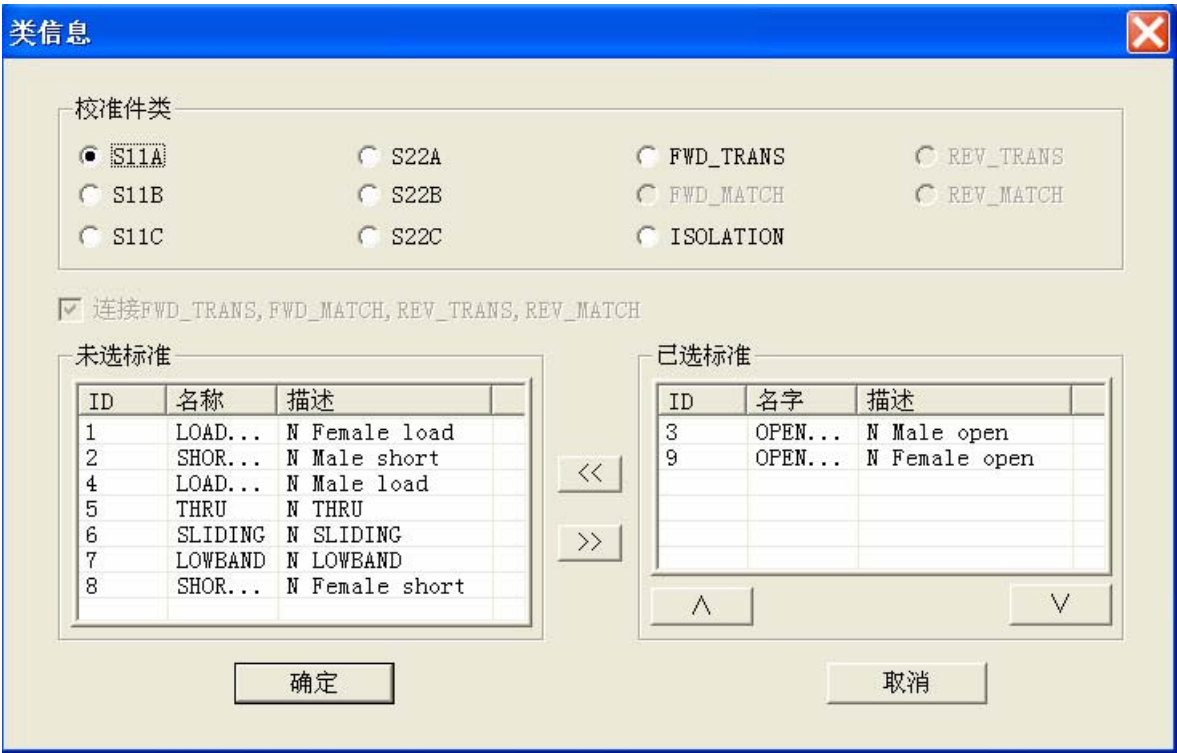


图 9-21 SOLT 校准类信息对话框

校准件类区

选择要编辑或观察的校准件类别。

[>>]、[<<]按钮

[>>]、[<<]按钮用来增加或删除选择的校准件类中包含的校准标准，在**未选标准**框中选择校准标准，点击[>>]按钮将选择的标准加到**已选标准**框中，在**已选标准**框中选择校准标准，点击[<<]按钮删除校准件类中的校准标准。

[已选标准]框

显示当前校准件类中包含的校准标准。

[^]、[v]按钮

[^]、[v]按钮用来调整**已选标准**框中校准标准的排列顺序，在校准过程中，**已选标准**框中的校准标准都会在**多标准件测量**对话框中出现，需要根据测量端口的阴阳极性和测量的频率范围选择对应的校准标准。

在**已选标准**框中选择校准标准，点击[^]或[v]按钮改变校准标准的排列顺序，这在以下两种测量应用中非常有用：

- 一个校准件类需要多个校准标准来覆盖整个频率范围，**已选标准**框中标准的排列顺序与**多标准件测量**对话框中校准标准的排列一致，因此最好按照工作频率范围排列各校准标准。
- 使用阴阳两套校准件进行校准时，可以根据被测件的端口配置决定校准标准的排列顺序。例如被测件的端口 1 为阳头，端口 2 为阴头，在分配 S11 类的标准时，将阳头的标准件排列在第一行，在分配 S22 类的标准时，将阴头的标准件排在第一行。

[未选标准]框

显示当前校准件类中不包括的标准。

2.7 TRL 校准类信息对话框



图 9-22 TRL 校准类信息对话框

校准参考阻抗区

a) [系统阻抗]单选框

将系统阻抗作为参考阻抗，当测试端口阻抗与传输线的阻抗不同时选择此单选框。

b) [线阻抗]单选框

将传输线的阻抗作为参考阻抗或史密斯圆图的中心，任何来自传输线的反射都被归结为方向性误差。

测试端口参考平面区

a) [直通标准]单选框

使用直通标准的定义来建立测量参考平面，当直通标准的长度为零时选择此单选框。

b) [反射标准]单选框

用反射标准的定义来建立测量参考平面，当直通标准不是很合适而反射标准的延迟被精确定义时选择此单选框。

2.8 开路器对话框

图 9-23 开路器对话框

特征区

a) [标准 ID]框

用来显示和编辑校准标准的 ID 号。

b) [名称]框

用来显示或编辑标准的名称。

c) [描述]框

用来显示或编辑标准的特征描述。

频率范围区

a) [最小频率]框

定义在校准时开路器可以工作的最低频率。

b) [最大频率]框

定义在校准时开路器可以工作的最高频率。

连接器区**[连接器]选择框**

选择开路器连接器的极性。

开路特性区

通过[C0]、[C1]、[C2]或[C3]框来定义开路器边缘电容的大小。

延时特性区**a) [延时]框**

定义从校准平面到校准标准的单向传输时间。

b) [损耗]框

定义校准标准由于趋肤效应引起的能量损耗，单位为 ohms/s，对应的频率为 1GHz。计算损耗时，分别测量校准标准在 1GHz 处的插损和延迟，并使用下面的公式进行计算：

$$\text{损耗}(\frac{\Omega}{s}) = \frac{\text{插损(dB)} \times \text{阻抗}(\Omega)}{4.3429(\text{dB}) \times \text{延迟(s)}}$$

c) [阻抗]框

定义标准的阻抗。

2.9 短路器对话框

该对话框用于配置短路器特性。其内容如下：

- 特性**：
 - 标准ID: 2
 - 名称: SHORT -M-
 - 描述: N Male short
- 频率范围**:
 - 最小频率: 0.000Hz
 - 最大频率: 999.000GHz
- 连接器**:
 - 选择框: N Male
- 短路特性**:
 - L0: 3.400H(e-12)
 - L1: -496.481H(e-24)/Hz
 - L2: 34.831H(e-33)/Hz^2
 - L3: -0.785H(e-42)/Hz^3
- 延时特性**:
 - 延时: 45.955ps
 - 阻抗: 49.992ohms
 - 损耗: 1.087Gohms/s
- 操作按钮**: 清除、确定、取消

图 9-24 短路器对话框

短路特性区

通过[L0]、[L1]、[L2]和[L3]框定义短路器残留电感的大小。

2.10 负载对话框

负载对话框的布局如下：

- 特性区**：
 - 标准ID: 4
 - 名称: LOAD -M-
 - 描述: N Male load
- 频率范围区**：
 - 最小频率: 0.000Hz
 - 最大频率: 999.000GHz
- 连接器区**：
 - 连接器: N Male
- 负载类型区**：
 - ☒ 固定阻抗
 - ☐ 滑动阻抗
 - ☐ 特定阻抗
- 复阻抗区**：
 - 实部: 50.000
 - 虚部: 0.000
- 延时特性区**：
 - 延时: 0.000s
 - 阻抗: 50.000ohms
 - 损耗: 0.000ohms/s

底部按钮：清除、确定、取消

图 9-25 负载对话框

负载类型区

a) [固定阻抗]单选框

选择时指定负载的类型为固定负载。

b) [滑动阻抗]单选框

选择时指定负载的类型为滑动负载。

c) [特定阻抗]单选框

选择时指定负载有不同于系统阻抗 Z_0 的阻抗值，只有选中[特定阻抗]时，复阻抗区的设置才效。

复阻抗区

a) [实部]框

定义复阻抗的电阻。

b) [虚部]框

定义复阻抗的电抗。

第七节 校准标准

本节主要介绍校准件的基本原理和校准件定义文件中的一些术语。

1 校准件

校准件由一套称为校准标准的物理器件组成，每个标准的幅度和相位随频率变化的响应信息都精确已知或可以预知。为了使分析仪能够使用这些校准标准的定义，每个标准的响应值必须使用数学的方法进行定义，然后将所有标准组织成与分析仪使用的误差修正模型对应的校准类。

2 校准标准

校准标准提供了分析仪在进行误差修正测量时的参考基准，每个标准的电延迟、阻抗、损耗等特性都已进行了精确的定义，分析仪存储这些定义并通过它们来计算误差模型中的所有误差项。在校准时，分析仪测量这些校准标准的响应，通过比较测量值和标准的已知值，就得到各误差项。在对被测件进行测量时通过称为误差修正的数学运算过程去除这些误差项对测量结果的影响。

3 校准标准的类型

校准标准有 4 种类型，对应不同的标准定义结构或形式，这 4 种校准标准类型如下：

校准标准	终端阻抗
开路器	$\infty \Omega$
短路器	0Ω
负载	系统阻抗
直通/空气线/适配器	无终端阻抗

4 校准标准的定义

校准标准的定义描述了标准的电特性和它们可以使用的频率范围，包括：

a) 最小频率

指定在校准时标准可以使用的最低频率。

b) 最大频率

指定在校准时标准可以使用的最高频率。

c) 阻抗

指定标准的特征阻抗，不是指系统的特征阻抗，也不是标准的终端阻抗。

d) 延迟

定义校准标准和实际的校准平面间传输线的传输延迟。

e) 类型

指定校准标准的类型：开路器、短路器、负载或直通/传输线/适配器。

f) 损耗

指定由于趋肤效应引起的能量损耗，损耗的单位为 ohms/s，对应的频率为 1GHz。计算损耗时，分别测量校准标准在 1GHz 处的损耗和延迟，并使用下面的公式进行计算：

$$\text{损耗}\left(\frac{\Omega}{s}\right) = \frac{\text{插损(dB)} \times \text{阻抗}(\Omega)}{4.3429(\text{dB}) \times \text{延迟(s)}}$$

g) 开路器边缘电容模型

在高频段，由于边缘电容的影响，开路器很少有理想的反射特性，其相移会随频率变化，这些影响是不可消除的。但开路器的模型中定义了边缘电容，该电容模型是一个以频率为函数的三次多项式，多项式的系数由开路器的实际特性确定，边缘电容模型等式为：

$$C = (C0) + (C1 \times F) + (C2 \times F^2) + (C3 \times F^3) \quad (F \text{ 是测量频率})$$

h) 短路器残留电感模型

在高频段，由于残留电感的影响，短路器很少有理想的反射特性，其相移随频率变化，这些影响是不可消除的。但短路器模型中定义了残留电感，该电感模型是一个以频率为函数的三次多项式，多项式的系数由短路器的实际特性确定，残留电感模型等式为：

$$L = (L0) + (L1 \times F) + (L2 \times F^2) + (L3 \times F^3) \quad (F \text{ 是测量频率})$$

5 校准标准的分类

当完成校准标准的定义后，必须将它分配给某个校准类。一个校准类由根据分析仪的误差修正模型组织的一组标准构成，校准类的数目等于误差模型中需要修正的误差项的数目。例如响应校准只需要一个校准类，单端口校准需要三个校准类，一个忽略隔离的全双端口 SOLT 校准需要十个校准类。每个校准类可以只包含一个标准，也可以由多个标准组成。

5.1 S11A、S11B、S11C (S22A、S22B、S22C)

S11A、S11B、S11C 三个校准类用于端口 1 的反射校准，S22A、S22B、S22C 用于端口 2 的反射校准，它们也用于全双端口校准，用来确定方向性、源匹配和反射跟踪误差。S11A、S22A 分配的标准为开路器，S11B、S22B 分配的标准为短路器，S11C、S22C 分配的标准为负载。

5.2 TRANS 和 MATCH (FWD 和 REV)

这四个类用来执行全双端口 SOLT 校准，TRANS 类标准用来确定传输跟踪误差，MATCH 类标准用来确定负载匹配误差，这四个类中包括的典型标准为直通件或延迟线。

5.3 ISOLATION

ISOLATION 类标准用来执行全双端口 SOLT 校准和 TRL 校准，确定误差修正模型中的正向和反向串扰误差，分配的校准标准为负载。

5.4 TRL 直通

TRL 直通类标准用来执行全双端口 TRL 校准，这个类中包括一个直通标准或一根短的传输线。如果包括非零长度的直通件，对应的校准称为 LRL 校准和 LRM 校准。

5.5 TRL 反射

TRL 反射类标准用来执行全双端口 TRL 校准，这个类中应该包括一个高反射系数标准，通常

情况下为开路器或短路器。校准时并不需要知道标准反射系数的实际幅度值，但它的相角必须确定，在 TRL 校准过程中，两个端口应该使用完全相同的反射标准。

5.6 TRL 传输线/匹配

TRL 传输线/匹配类标准用来执行全双端口 TRL 校准，TRL 传输线/匹配类标准应包括一个传输线标准或一个负载标准或者两个全部包括。如果使用传输线标准，它与直通标准的相移差必须为 $20^\circ \sim 160^\circ$ ，这样就将可用的频率范围限制为 8: 1，如 2~18GHz，可以通过定义多个不同长度的传输线来覆盖更宽的频率范围，并且通常会使用一个负载来覆盖频率的低端，因为在此频率范围如果使用传输线会特别长，当使用负载时，对应的校准类型为 TRM 或 LRM。

第八节 TRL校准

TRL (Thru-Reflect-Line) 校准包括一系列的校准技术, 如 TRM(Thru-Reflect-Match)。TRL 校准通过测量两个传输标准和一个反射标准来确定 12 项误差系数, 而传统的 SOLT 校准通过测量一个传输标准 (T) 和三个反射标准 (SOL) 来确定同样多的误差系数。

1 为何要进行 TRL 校准

TRL 校准非常精确, 在有些情况下比 SOLT 校准还要精确, 不过支持 TRL 的校准件很少。当要求很高的测量精度, 并且没有与被测件连接器类型相同的校准件时, 例如使用夹具进行测量或使用探针进行晶片上测量时, 经常需要进行 TRL 校准。此时, 必须构建和定义与被测件介质相同的校准件, 而制造 3 个 TRL 标准比制造 4 个 SOLT 标准要更容易。TRL 校准的一个不足是当进行宽带校准时必须使用多个传输线标准, 例如, 2~26GHz 频段需要两个传输线标准, 而在低频段, 传输线标准会特别长。

2 TRL 校准标准

TRL 校准件中需要定义三个标准: 直通标准、反射标准和传输线标准。

2.1 直通标准

直通标准可以是零长度或非零长度, 零长度直通因为没有损耗和特征阻抗要更精确一些。直通标准的电延迟不能与传输线标准相同, 如果精确的定义了其相位和电长度, 可以用它在校准时建立测量参考平面。

2.2 反射标准

反射标准可以是有高反射系数的任何物理器件, 连接到两个测量端口反射标准的特性必须完全相同。在校准时并不需要知道标准件反射的幅度, 但必须知道相位, 而且其电长度必须在 $1/4$ 波长以内。如果精确的定义了反射标准的幅度和相位, 可以用它来建立测量参考平面。

2.3 传输线标准

传输线标准用来建立校准后的测量参考阻抗, TRL 校准由于传输线标准的限制存在以下不足:

- 传输线标准必须与直通标准的阻抗相同。
- 传输线标准的电长度不能与直通标准相同。
- 传输线标准在整个频率范围内必须有适当的电长度, 在每个频率点, 传输线标准与直通标准的相位差必须大于 20° 小于 160° , 因此实际单根传输线能覆盖的频率范围为 8: 1。为了覆盖更宽的频率范围, 需要多个传输线标准。
- 在低频段, 传输线标准会特别长, 传输线标准的最优长度为频率跨度几何平均频率 (起始频率 \times 终止频率的平方根) 的 $1/4$ 波长。

2.4 匹配标准

当所需长度或损耗的传输线不能制造时, 可以使用匹配标准来代替传输线。

- 匹配标准为连接到端口上的低反射终端。
- 在 TRL 校准的误差系数计算时, 将匹配标准作为高损耗、无限长度的传输线。
- 匹配标准的阻抗变为测量的参考阻抗。

第十章 分析数据

第一节 光标

使用光标可以读取测量数据、对特定类型的测量值进行搜索或改变分析仪的设置。每条轨迹最多可以使用 9 个正常光标和一个参考光标。

1 创建光标

1.1 使用鼠标—光标工具栏

- a) 点击[查看]，在查看菜单中指向[工具栏]，在工具栏子菜单中点击勾选[光标]，显示光标工具栏。
- b) 在工具栏的[光标]框选择要打开的光标。
- c) 点击勾选[开]复选框
- d) 在[激励]框设置光标的激励值

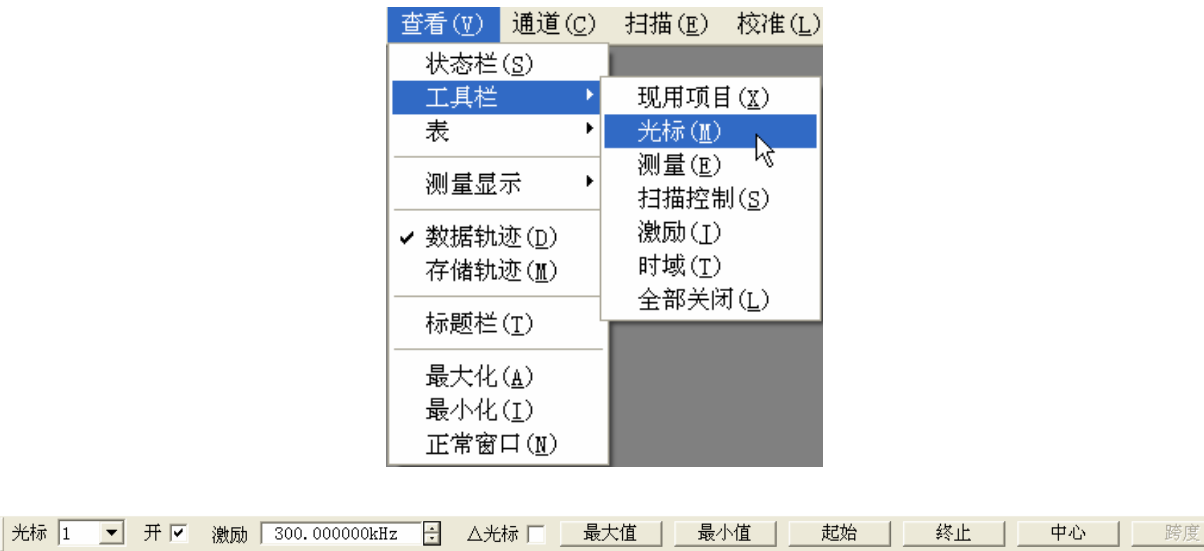


图 10-1 使用光标工具栏创建光标

1.2 使用鼠标—光标对话框

- a) 点击[光标]，在光标菜单中点击[光标...], 显示光标对话框。
- b) 在[光标]框中选择要打开的光标。
- c) 点击勾选[打开]复选框。
- d) 在[激励]框设置光标的激励值。
- e) 点击[确定]按钮关闭对话框。

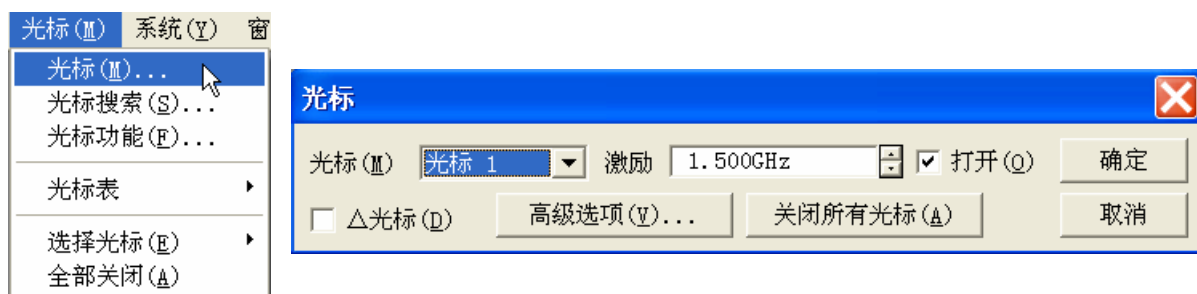


图 10-2 使用光标对话框创建光标

1.3 使用前面板按键

- a) 在**轨迹设置**键区连续按【光标】键，直到光标现用项目工具栏中显示要打开的光标。
- b) 在**导航**键区按对应的【F1】、【F2】或【F3】键打开光标。

1.4 光标对话框

[光标]框

用来选择要定义的光标。

[激励]框

设置选择光标 X 轴的激励值。

[打开]复选框

勾选时打开[光标]框中的光标，清除时关闭[光标]框中的光标。

[△光标]复选框

勾选时分析仪显示选择的光标和光标 R 间的相对值，如果光标 R 没有打开，自动开启光标 R。

[高级选项...]按钮

点击时显示**光标高级选项**对话框。

[关闭所有光标]按钮

点击时关闭所有打开的光标。

2 移动光标

- a) 使用上面介绍的三种方法中的一种选择要移动的光标，使其成为当前的激活光标。
- b) 使用下面的一种方法移动光标
 - 1) 在**光标**对话框中点击[激励]框，用下面的方法移动光标：
 - 直接输入光标激励值。
 - 旋转旋钮移动光标。
 - 点击[激励]框上下箭头按钮移动光标。
 - 按**导航**键区【↑】或【↓】键移动光标。
 - 2) 在**光标**工具栏中点击[激励]框，用下面的方法移动光标：
 - 直接输入光标激励值。
 - 旋转旋钮移动光标。
 - 点击[激励]框上下箭头按钮移动光标。
 - 按**导航**键区【↑】或【↓】键移动光标。

- 3) 在光标现用项目工具栏的[光标]框中，用下面的方法移动光标：
- 直接输入激励值。
 - 旋转旋钮移动光标。
 - 点击[光标]框上下箭头按钮移动光标。
 - 按导航键区【↑】或【↓】键移动光标。

3 光标搜索

使用光标搜索功能可以搜索特定的测量值，如果没有匹配的测量数据，光标将保持在当前的位置不变。

3.1 使用鼠标

- 点击[光标]，在光标菜单中点击[光标搜索...]，显示光标搜索对话框。
- 在[光标]框中选择用于测量值搜索的光标。
- 在对话框中完成搜索类型和搜索域的设置，点击[执行]按钮进行测量值的搜索。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

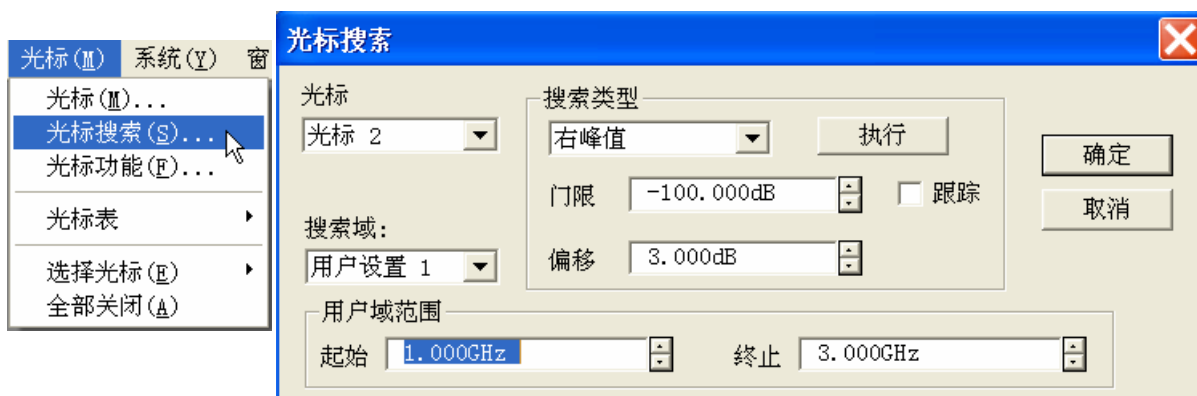


图 10-3 光标搜索

3.2 使用前面板按键

- 在轨迹设置键区按【光标搜索】键。
- 按导航键区【F1】、【F2】、【F3】或【F4】键选择光标搜索现用项目工具栏中的搜索功能。



请注意：光标搜索现用项目工具栏只提供最大、最小、右峰值、左峰值四种搜索功能。

3.3 光标搜索对话框

[光标]框

选择进行搜索定义的光标。

[搜索域:]框

定义光标搜索的范围，默认搜索范围为**全带宽**，另外支持 9 个用户设置的搜索范围。当选择用户设置的搜索范围时，必须在**用户域范围**区对用户设置进行定义，用户设置的搜索范围可以互相重叠，不同光标可以使用同一个搜索域，下图显示了一组用户设置的搜索范围。

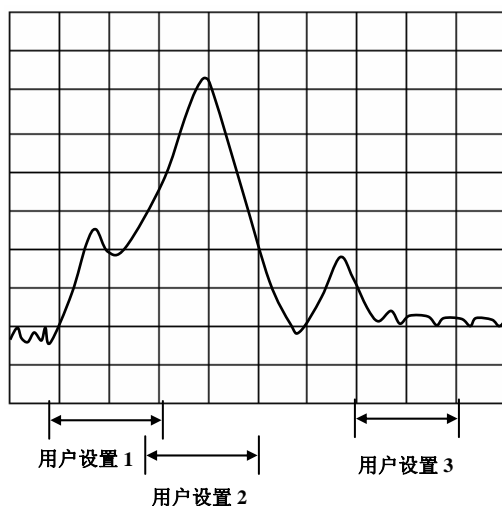


图 10-4 用户设置的搜索范围

用户域范围区

通过**[起始]**框和**[终止]**框定义用户设置的搜索范围。

搜索类型区

a) [类型]框

选择光标搜索的类型，分析仪支持如下七种搜索类型：

- **最小值**：搜索最小的测量数据点
- **最大值**：搜索最大的测量数据点
- **右峰值**：搜索光标右侧下一个有效的峰值
- **左峰值**：搜索光标左侧下一个有效的峰值
- **下一个峰值**：搜索比当前光标幅值低的下一个峰值

进行峰值搜索时，首先必须对峰进行定义。峰通过**[门限]**和**[偏移]**框进行定义。**[门限]**框定义了最小的峰值点，有效峰的峰值点必须在门限值以上，两侧的谷值可以低于门限值。**[偏移]**框定义峰值和谷值点的最小垂直距离，有效峰的峰值与两侧谷值的垂直距离必须大于偏移值。默认的门限值为-100dB，偏移值为 3dB。在下图中，分析仪的峰值定义和设置如下：

门限：-50dB

偏移：10dB

比例：10dB/格

在下面的图中，A 是有效的峰，门限和偏移都满足要求，B 不是有效的峰，偏移不满足要求；C 也不是有效的峰，门限不满足要求。

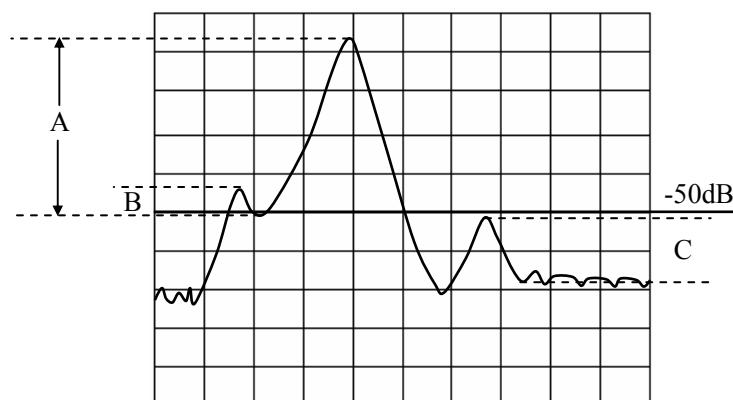


图 10-5 峰的定义

- **目标：**在[对数值]框输入搜索的目标值，点击[执行]按钮，光标移到当前光标位置右侧的第一个目标值，再连续点击[执行]按钮，光标移到右侧的下一个目标值直到激励值的最高端，然后返回激励值的最低端搜索目标值。
 - * 在光标高级选项对话框中勾选[离散光标]复选框时，如在内插的目标值两侧各有一个数据点，光标移到响应值最接近于目标值的离散数据点。
 - * 在光标高级选项对话框中清除[离散光标]复选框时，光标移到等于目标值的内插数据点。
- **左目标：**只搜索当前光标左侧的目标值。
- **右目标：**只搜索当前光标右侧的目标值。
- **带宽：**选择带宽搜索功能时，在[电平]框中设置两侧从峰值下降的电平（默认为-3dB），点击[执行]按钮，在此电平下进行带宽测量。测量时使用光标 1～光标 4，光标 1 搜索最大的峰值，光标 2 搜索峰值左侧下降到指定电平的点，光标 3 搜索峰值右侧下降到指定电平的点，光标 4 搜索带宽的中心点，测量完成后显示如下信息：
 - 光标 1：峰值点的 X 轴值和 Y 轴值
 - 带宽：光标 3 和光标 2 的 X 轴差值
 - 中心：光标 2 和光标 3 之间的 X 轴中心值
 - Q 值：中心频率与带宽的比值
 - 损耗：光标 4 的 Y 轴值，这是滤波器中心的损耗值

b) [执行]按钮

点击[执行]按钮进行一次指定类型的光标搜索。

c) [跟踪]复选框

当勾选[跟踪]复选框时，分析仪在每次扫描结束后都根据当前的搜索类型和搜索域的设置执行搜索功能，这样可以保证在每次扫描后光标在希望的位置上。如果打开光标跟踪功能，不能手动设置搜索光标的激励值。

4 光标功能

通过激活光标的位置可以改变一些分析仪的状态设置，如起始频率、终止频率等。

4.1 使用光标功能设置测量

4.1.1 使用鼠标-光标功能对话框

- 点击[光标]，在光标菜单中点击[光标功能...]，显示光标功能对话框。
- 在对话框中选择需要进行的分析仪功能设置。
- 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。

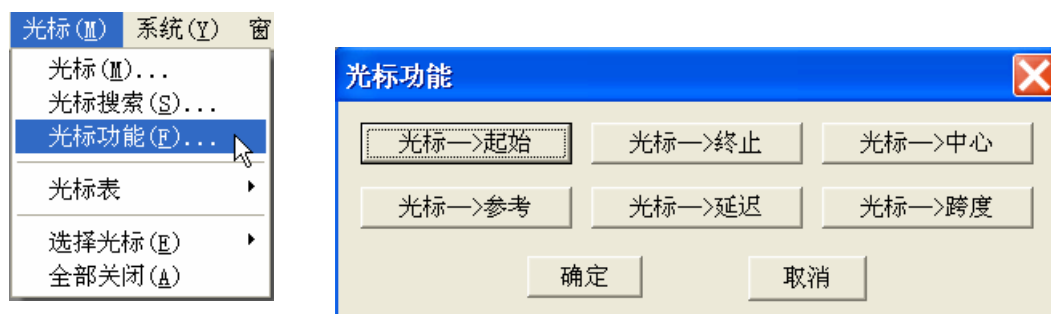


图 10-6 使用光标功能对话框设置测量

4.1.2 使用鼠标-光标工具栏

- 点击[查看]，在查看菜单中指向[工具栏]，在工具栏子菜单中点击勾选[光标]，显示光标工具栏。
- 在光标工具栏中点击需要进行的分析仪功能设置。



请注意：光标工具栏只提供起始、终止、中心和跨度 4 种分析仪设置功能。

4.1.3 使用前面板按键

- 在轨迹设置键区按【光标功能】键。
- 按导航键区【F1】、【F2】或【F3】键选择光标功能现用项目工具栏中的仪器设置功能。



请注意：光标功能现用项目工具栏只提供中心、参考值和延迟 3 种仪器设置功能。

4.1.4 光标功能对话框

[光标->起始]按钮

点击时设置扫描的起始值等于激活光标的激励值。

[光标→终止]按钮

点击时设置扫描的终止值等于激活光标的激励值。

[光标→中心]按钮

点击时设置扫描的中心值等于激活光标的激励值。

[光标→参考]按钮

点击时设置参考值等于激活光标的响应值。

[光标→延迟]按钮

点击**[光标→延迟]**按钮时，分析仪使用激活光标处的相位斜率来调整接收路径的电延迟，这样可以使激活光标附近的相位轨迹变得平坦。可以使用这个功能进行电长度和相位偏离测量，本功能仅适用于比值测量。

[光标→跨度]按钮

点击时设置扫描的跨度值等于激活光标和光标 R 之间激励的差值（ Δ 光标值），只有激活光标开启 Δ 光标功能时此按钮才有效。

5 光标高级选项设置

5.1 使用鼠标

- 点击**[光标]**，在**光标**菜单中点击**[光标...]**，显示**光标**对话框。
- 点击**[高级选项...]**按钮，显示**光标高级选项**对话框。
- 在对话框中对光标进行设置。
- 点击**[确定]**按钮关闭对话框。

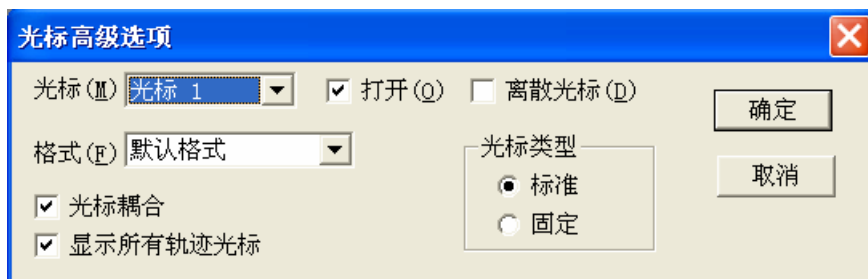


图 10-7 光标高级选项对话框

5.2 使用前面板按键

- 在**命令**键区按**【菜单/对话】**键，在**轨迹设置**键区按**【光标】**键，显示**光标**对话框。
- 按**导航**键区**【Tab】**键切换到**[高级选项...]**按钮，按**导航**键区**【点击】**键，显示**光标高级选项**对话框。
- 在对话框中对光标进行设置。
- 完成设置后按**命令**键区**【确认】**键关闭对话框。

5.3 光标高级选项对话框

[光标]框

选择进行设置的光标。

[打开]复选框

勾选时在屏幕上显示**[光标]**框中的光标，清除时关闭对应光标的显示。

[离散光标]复选框

勾选时光标仅显示实际测量点的数据，清除时还显示测量点之间内插的数据点。

[格式]框

选择光标显示测量数据的格式，光标数据的格式可以与屏幕轨迹数据的格式不同，默认情况下二者数据格式相同。

[光标耦合]复选框

勾选开启光标耦合功能时，不同轨迹上相同光标号的光标与激活轨迹上的对应光标有相同的激励值设置，改变激活光标的激励设置也同时改变所有其他轨迹上相同光标号光标的激励设置。如果 X 轴的域相同（如同样是频域或时域），所有通道、轨迹和窗口的光标都是耦合的，而与激活轨迹 X 轴域不同轨迹上的光标不会被耦合。当清除复选框时，只能改变激活光标的设置。

[显示所有轨迹光标]复选框

勾选时显示所有轨迹的光标，清除时只显示激活轨迹的光标。

光标类型区**a) [标准]单选框**

标准光标有固定的 X 轴位置，Y 轴位置随轨迹数据的幅度改变，可以通过改变光标激励值左右移动光标在 X 轴上的位置。

b) [固定]单选框

根据被设置成**固定**类型光标时在轨迹上的位置，光标保持固定的 X 轴和 Y 轴坐标不变，不随轨迹数据幅度的变化而上下移动。可以通过改变光标激励值移动它在 X 轴的位置，但 Y 轴的坐标保持不变。这种类型的光标主要用来观察轨迹数据的变化，例如可以用固定类型的光标来比较滤波器调谐前后插损的变化。

6 光标表

可以打开光标表显示激活轨迹的所有光标数据，光标数据按每个光标指定的格式显示。

6.1 设置光标表显示**6.1.1 使用鼠标-光标菜单**

- a) 点击**[光标]**，在**光标**菜单中指向**[光标表]**，在子菜单中点击勾选**[显示表]**打开光标表显示。
- b) 在子菜单中点击勾选**[隐藏表]**关闭光标表显示。

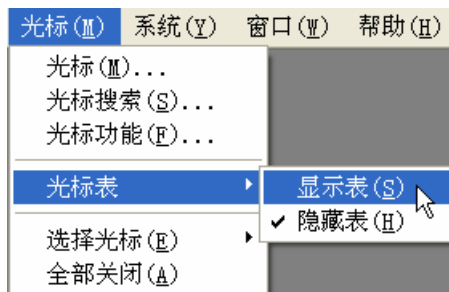


图 10-8 通过光标菜单设置光标表显示

6.1.2 使用鼠标-查看菜单

- 点击[查看]，在查看菜单中指向[表]。
- 在表子菜单中点击勾选[光标表]打开光标表显示。
- 在表子菜单中点击清除勾选[光标表]关闭光标表。

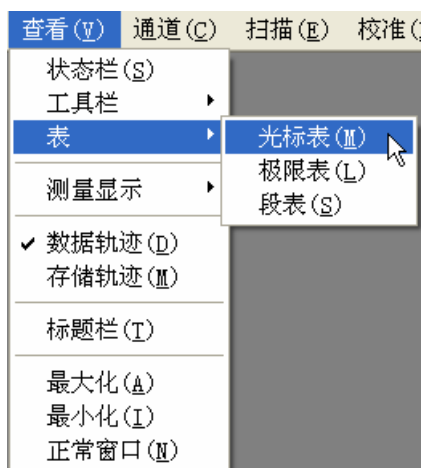


图 10-9 通过查看菜单设置光标表显示

6.1.3 使用前面板按键

- 在轨迹设置键区按【光标表】键。
- 按导航键区【F1】键打开光标表显示。
- 按导航键区【F4】键关闭光标表显示。

第二节 轨迹运算与统计

分析仪对当前的激活轨迹和存储轨迹可以执行 4 种类型的数学运算，此外还提供 3 种轨迹统计功能。

1 轨迹运算

执行任何类型的轨迹运算之前，必须在内存中存储一条轨迹，轨迹运算是在格式化显示之前的复数据上进行的矢量运算。

1.1 设置轨迹运算

1.1.1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单中点击[轨迹运算...]，显示运算/存储对话框。
- 在对话框中设置轨迹的运算和显示。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。

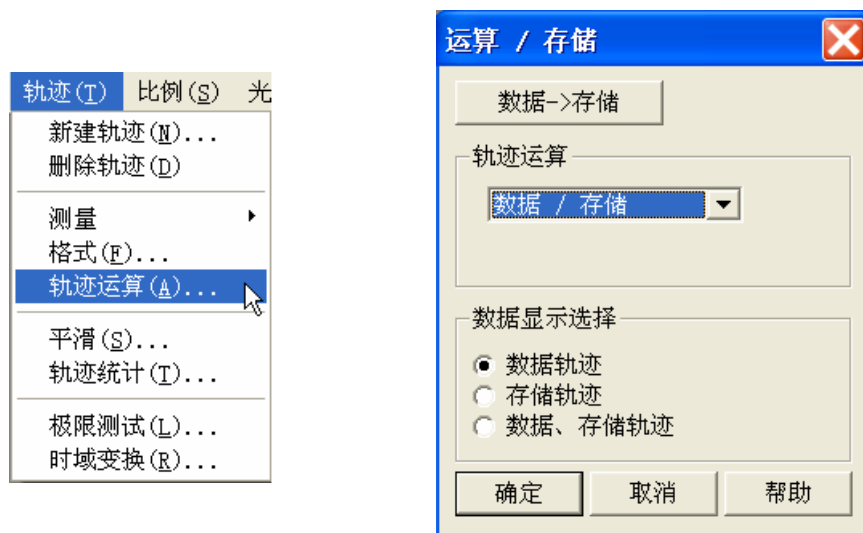


图 10-10 设置轨迹运算

1.1.2 使用前面板按键

- 在轨迹设置键区按【运算/存储】键。
- 按导航键区【F1】键将当前的测量轨迹数据存储到内存中。
- 按导航键区【F2】键显示测量数据除以存储数据所对应的轨迹。
- 按导航键区【F3】键仅显示测量数据。
- 按导航键区【F4】键触发存储轨迹的显示。

1.1.3 运算/存储对话框

[运算->存储]按钮

点击时将当前的测量数据存储到内存中。

[轨迹运算]选择框

用来选择轨迹运算的类型，分析仪支持如下的轨迹运算操作：

- **数据**：不进行任何类型的数学运算，显示实际的测量数据。
- **数据+存储**：显示的轨迹数据为测量的数据加存储的数据。
- **数据-存储**：显示的轨迹数据为测量的数据减去存储的数据，可以用这个功能进行简单的误差修正：首先将测量的矢量误差存储到内存中，然后再从被测件的测量数据中减去误差数据。
- **数据*存储**：显示的轨迹数据为测量的数据乘以存储的数据。
- **数据/存储**：显示的轨迹数据为测量的数据除以存储的数据，主要用来进行比值测量，如增益和衰减测量。

数据显示选择区

a) [数据轨迹]单选框

选择时仅显示数据轨迹。

b) [存储轨迹]单选框

选择时仅显示存储轨迹。

c) [数据、存储轨迹]单选框

选择时同时显示数据轨迹和存储轨迹。

2 轨迹统计

分析仪提供均值、标准偏差和峰峰值 3 种轨迹统计功能，可以计算全激励带宽或用户定义范围内的统计值。每个通道支持 9 个用户设置的范围，这些范围与光标搜索中用户设置的搜索域相同，它们使用相同的内存地址，因此共享同样的激励设置。如果通过光标搜索功能定义了通道用户设置的搜索域，在轨迹统计中通过选择对应的用户设置就可以调用相同的范围设置，这些用户设置的范围也是可以相互重叠的。

使用轨迹统计功能无须搜索最大值和最小值就可以方便的测量通带纹波的峰峰值，轨迹的统计值是根据数据显示的格式计算的：

- **直角坐标格式**：根据显示的标量数据计算统计值。
- **极坐标和史密斯圆图格式**：根据数据在对数幅度格式的显示值计算统计值。

2.1 设置轨迹统计

2.1.1 使用鼠标

- a) 点击[轨迹]，在轨迹菜单中点击[轨迹统计...]，显示轨迹统计对话框。
- b) 点击[统计]勾选复选框打开轨迹统计功能。
- c) 点击[统计范围]框选择轨迹统计的范围设置。
- d) 如果选择用户设置范围，点击用户域定义区的[起始]和[终止]框进行用户设置范围的定义。
- e) 设置完成后点击[确定]按钮关闭对话框。

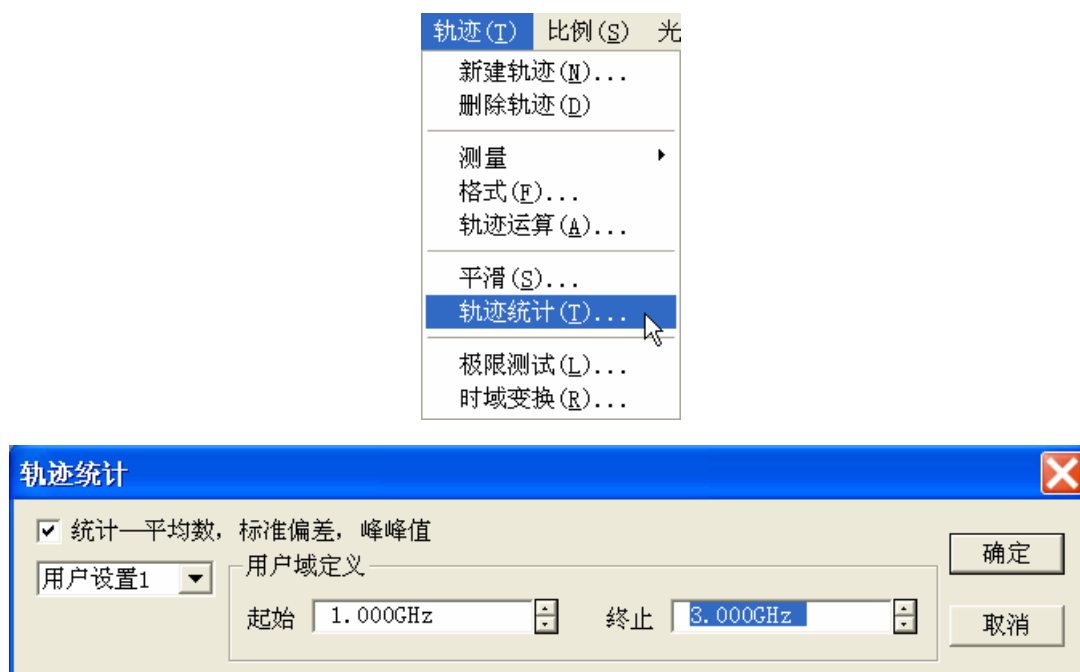


图 10-11 设置轨迹统计

2.1.2 使用前面板按键

- 在命令键区按【菜单/对话】键，用导航键切换到[轨迹]菜单[轨迹统计...]菜单项，按导航键区【点击】键，显示轨迹统计对话框。
- 按导航键区【Tab】键切换到[统计]复选框，按【点击】键勾选复选框打开轨迹统计功能。
- 按【Tab】键切换到[统计范围]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择轨迹统计的范围设置。
- 如果选择用户设置范围，按【Tab】键切换到用户域定义区的[起始]框和[终止]框进行用户设置范围的定义。
- 设置完成后按命令键区【确认】键关闭对话框。

2.1.3 轨迹统计对话框

[统计]复选框

勾选时打开轨迹统计功能，清除时关闭轨迹统计功能。

[统计范围]框

选择轨迹统计的范围设置，可以选择全带宽或 9 个自定义的用户设置，也可以通过光标搜索对话框定义用户设置的范围。

用户域定义区

a) [起始]框

定义用户设置范围的起始值。

b) [终止]框

定义用户设置范围的终止值。

第三节 极限测量

极限测试功能将测量数据同定义的约束（极限）进行比较，用户定义的极限以极限线的形式直观的显示在屏幕上，使用极限线有如下优点：

- 为器件调试者提供一个直观的指示
- 提供一个器件特性指标满足要求的标准
- 提供器件的测量数据与指标要求间直观的比较

极限测试功能将测量数据和定义的极限进行比较，提供 PASS 和 FAIL 信息，每条轨迹支持多达 100 条分立的极限线段对极限进行精确定义。

1 创建和编辑极限线

分析仪支持为所有的测量轨迹创建极限线，极限线由多条分立的极限线段组成，每条线段由 4 个坐标值确定：X 轴的起始和终止激励值，Y 轴的起始和终止响应值，极限线通过极限表创建和编辑。

1.1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单中点击[极限测试...]，显示极限测试对话框。
- 在对话框中点击[显示表]按钮打开极限表显示。
- 点击[确定]按钮关闭对话框。
- 点击极限表的[类型]框，在下拉框中选择极限测试类型。
- 双击[起始激励]框，设置起始激励值。
- 双击[终止激励]框，设置终止激励值。
- 双击[起始响应]框，设置起始响应值。
- 双击[终止响应]框，设置终止响应值。
- 打开最后一行极限线段后，分析仪会自动在极限表下面添加一行，重复步骤 d~i 完成所有极限段的编辑和添加。

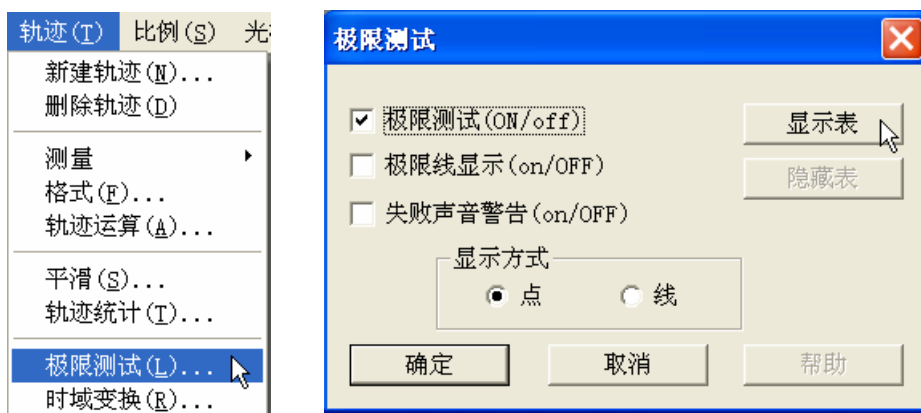


图 10-12 显示极限表

1.2 使用前面板按键

- a) 在**轨迹设置**键区按【**极限表**】键，按**导航**键区【**F3**】键打开极限表。
- b) 在**导航**键区按【**Tab**】键切换到极限表的[**类型**]框，按**导航**键区【**点击**】键打开**类型**下拉选择框，旋转旋钮或按**导航**键区【**↑**】、【**↓**】键选择极限测试类型，按**输入**键区【**×1**】键确认选择。
- c) 按【**Tab**】键切换到[**起始激励**]框，按【**点击**】键激活**起始激励**输入框，设置起始激励值。
- d) 按【**Tab**】键切换到[**终止激励**]框，按【**点击**】键激活**终止激励**输入框，设置终止激励值。
- e) 按【**Tab**】键切换到[**起始响应**]框，按【**点击**】键激活**起始响应**输入框，设置起始响应值。
- f) 按【**Tab**】键切换到[**终止响应**]框，按【**点击**】键激活**终止响应**输入框，设置终止响应值。
- g) 打开最后一行极限线段后，分析仪会自动在极限表下面添加一行，按【**↑**】、【**↓**】键可选择极限表中不同的行进行编辑，当激活区在最后一行时，按【**↓**】键时极限表下面自动添加一行。
- h) 重复步骤 b~g 完成所有极限段的添加和编辑。

1.3 极限表

	类型	起始激励	终止激励	起始响应	终止响应
1	MAX	300.000kHz	1.000GHz	10.000dB	0.000dB
2	MAX	1.000GHz	3.000GHz	0.000dB	-60.000dB
3	OFF	300.000kHz	3.000GHz	-100.000dB	100.000dB

图 10-13 极限表

类型框

类型框设置极限测试的类型：

- MAX：当轨迹在极限线段的上面时，极限测试失败
- MIN：当轨迹在极限线段的下面时，极限测试失败
- OFF：关闭本极限段测试

起始激励框和终止激励框

设置极限线段的起始和终止激励值（极限线段的 X 轴起始、终止坐标）。

起始响应框和终止响应框

设置极限线段的起始和终止响应值（极限线段的 Y 轴起始、终止坐标）。

2 设置极限测试

完成极限线的创建后，可以选择显示或隐藏某条轨迹的极限线，当极限线被隐藏后，对应的极限测试仍然有效。对存储轨迹不能执行极限测试，可以选择极限测试失败时发出警告声和显示 PASS/FAIL 信息对极限测试进行指示，PASS/FAIL 字符的颜色与对应轨迹的颜色一致。当打开极限测试功能时，极限测试失败部分的轨迹显示成白色，通过部分颜色保持不变。

2.1 使用鼠标

- a) 点击[**轨迹**]，在**轨迹**菜单中点击[**极限测试...**]，显示**极限测试**对话框。
- b) 在对话框中对极限测试进行设置。
- c) 点击[**确定**]按钮关闭对话框。

2.2 使用前面板按键

- a) 在**轨迹设置**键区按【**极限表**】键。
- b) 按**导航键区**【**F1**】键触发极限测试功能的开启和关闭。
- c) 按**导航键区**【**F2**】键触发极限线的显示。
- d) 按**导航键区**【**F3**】键打开极限表显示。
- e) 按**导航键区**【**F4**】键关闭极限表显示。

极限测试仅在实际的扫描测量点进行，当扫描点数很少时，被测件的性能指标可能不满足要求但仍能通过极限测试，因此在实际测量时，一定要采用足够的扫描点数进行极限测试。

2.3 极限测试对话框

[极限测试]复选框

勾选时打开激活轨迹的极限测试功能，清除时关闭激活轨迹的极限测试功能。

[极限线显示]复选框

勾选时在屏幕上显示激活轨迹的极限线，清除时关闭激活轨迹的极限线显示，但不影响极限测试功能。

[失败声音警告]复选框

勾选时当有轨迹数据点测试失败时蜂鸣器发出警告提示音。

显示方式区

a) [点]单选框

选择时用符号“v”（测量类型为 MAX）和“^”（测量类型为 MIN）指示测量数据点对应的离散极限值。

b) [线]单选框

选择时用线连接所有的离散极限设置点。

[显示表]按钮

点击时显示极限表进行编辑，当极限表打开时此按钮变为禁用状态。

[隐藏表]按钮

点击时关闭极限表显示，当极限表关闭时此按钮变为禁用状态。

第十一章 数据输出

第一节 保存和回调文件

分析仪支持多种格式文件的保存和回调。

1 保存文件

1.1 使用鼠标

点击[文件]，在文件菜单下点击[保存]或[另存为...]。



图 11-1 保存文件

- 点击[保存]时，分析仪将仪器状态和校准数据保存到规定目录的默认文件（default.cst）中，如果默认的文件已经存在，分析仪显示对话框确认是否进行覆盖。
- 点击[另存为...]时，分析仪打开另存为对话框对文件保存进行设置。

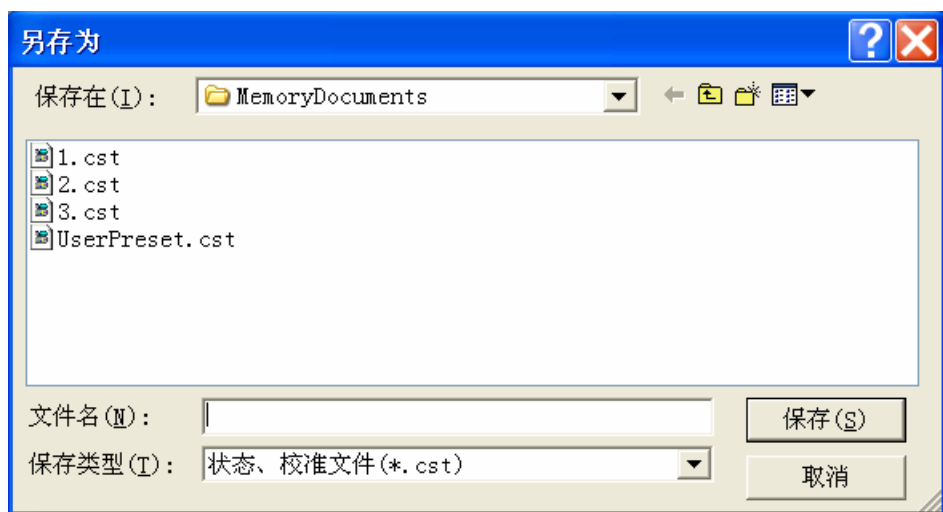


图 11-2 另存为对话框

1.2 使用前面板按键

- a) 在**功能**键区按【**保存**】键。
- b) 按**导航**键区【**F1**】键将仪器状态和校准数据保存到分析仪的默认文件（default.cst）中，如果默认的文件已经存在，显示对话框询问用户是否进行覆盖。
- c) 或按**导航**键区【**F2**】键显示**另存为**对话框按用户设置保存文件。

1.3 另存为对话框

[保存在:]下列框

显示和设置文件保存的路径。

[文件列表]框

显示当前路径下的文件夹及与保存类型匹配的所有文件，点击其中的文件可设置保存数据的文件名，双击文件夹可更改当前路径。

[文件名:]框

设置保存的文件名，显示输入的文件名或在[**文件列表**]框中点击的文件名。

[保存类型:]框

选择文件保存的类型，分析仪支持以下文件类型：

- **cst 文件**：保存分析仪的状态和校准数据。
- **sta 文件**：仅保存分析仪的状态数据。
- **cal 文件**：仅保存分析仪的校准数据。
- **dat 文件**：当用户选择保存 dat 类型文件，点击[**保存**]按钮时，分析仪打开**数据保存设置**对话框，按用户的要求保存轨迹的数据文件。
- **s1p 和 s2p 文件**：当用户选择保存 s1p 或 s2p 类型文件，点击[**保存**]按钮时，分析仪打开**指定数据存储格式**对话框，按用户的要求保存轨迹的数据文件。
- **prn 文件**：仅保存当前激活轨迹的数据。
- **bmp 文件**：以位图格式保存分析仪的屏幕显示信息。
- **jpg 文件**：以 jpeg 格式保存分析仪的屏幕显示信息。

2 回调文件

可以保存分析仪的状态和校准数据，以后需要时再调用它们，分析仪支持以下三种类型文件的回调：

- **sta 文件**：sta 文件中保存了分析仪的状态数据，包括分析仪的设置、轨迹数据、极限线和光标。
- **cal 文件**：cal 文件中仅保存校准数据，不包含分析仪的状态数据。校准数据的修正精度是与分析仪的状态设置有关的，因此为了获得最高的测量精度，要保证回调 cal 文件时分析仪的状态设置与校准时一致，否则校准的精度无法保证。
- **cst 文件**：cst 文件保存了分析仪所有的测量状态和校准数据，因此调用 cst 文件可以节省测试时间和提高测量精度。

2.1 使用鼠标

- a) 点击[**文件**]，在**文件**菜单中点击[**装载...**]，显示**打开**对话框。
- b) 在[**文件类型**]框选择回调文件的类型。
- c) 通过[**查找范围:**]框和下面的[**文件列表**]框设置回调文件的目录。
- d) 采用下面的方法装载回调文件：
 - 在[**文件列表**]框中双击回调文件。

- 在[文件列表]框中点击回调文件，点击[打开]按钮。
- 在[文件名]框输入回调的文件名，点击[打开]按钮。

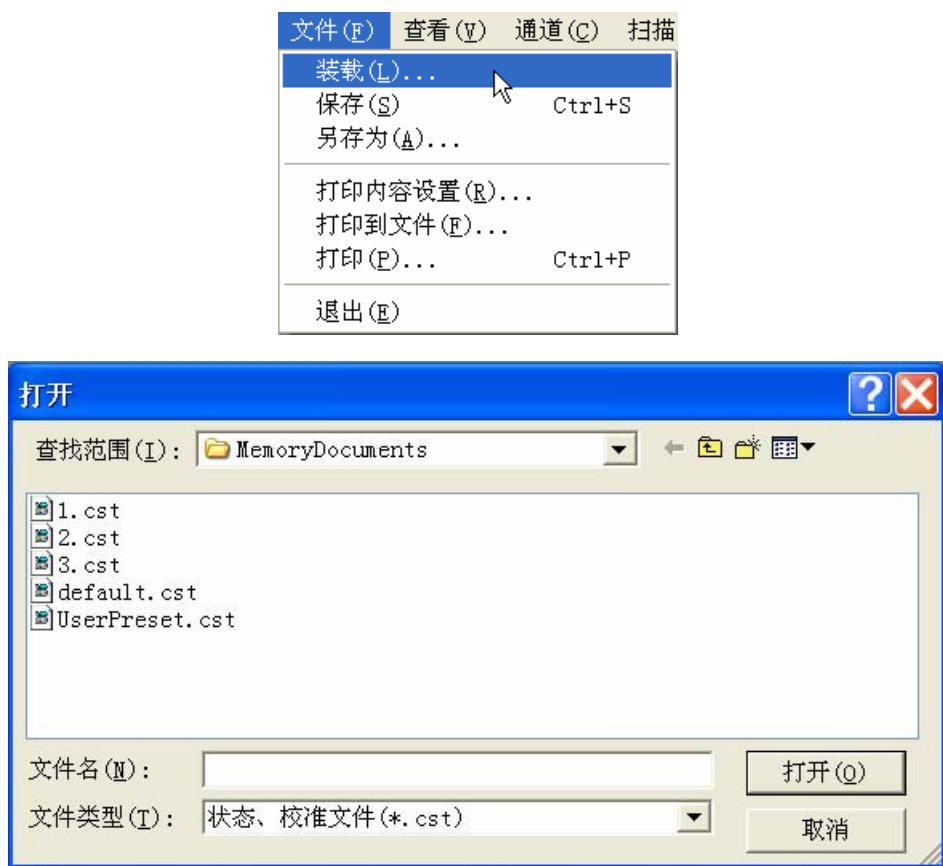


图 11-3 回调文件

2.2 使用前面板按键

- 在功能键区按【回调】键。
- 按导航键区【F1】、【F2】或【F3】键装入默认目录下对应的回调文件。
- 如果回调现用项目工具栏中没用需要的回调文件，按导航键区【F4】键开启打开对话框，在对话框中选择回调文件或更改路径调用其他目录下的文件。

3 数据文件

数据文件以 ASCII 格式保存测量结果，这些文件可以使用文本编辑软件、电子制表软件进行编辑，但不能被分析仪本身调用，分析仪可以保存三种类型的数据文件：

3.1 dat 文件

dat 文件保存激活轨迹或所有轨迹的测量数据，数据以格式化或非格式化的形式存储，通过数据保存设置对话框定义数据的存储方式。

3.1.1 保存 dat 文件

3.1.1.1 使用鼠标

- 点击[文件]，在文件菜单中点击[另存为...]，显示另存为对话框。

- b) 在[保存类型]框设置保存文件的类型为**数据文件 (*.dat)**。
- c) 通过[保存在:]框和[文件列表]框设置文件保存的目录。
- d) 在[文件名]框设置保存文件的名称。
- e) 点击[保存]按钮，显示**数据保存设置**对话框。
- f) 在对话框中对保存文件的内容和格式进行设置，点击[格式化数据]或[非格式化]按钮保存数据文件，关闭对话框。

3.1.1.2 使用前面板按键

- a) 在功能键区按【保存】键。
- b) 按导航键区【F2】键，显示另存为对话框。
- c) 按导航键区【Tab】键切换到[保存类型]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择保存文件类型为**数据文件 (*.dat)**，按输入键区【x1】键完成选择。
- d) 通过[保存在:]框和[文件列表]框设置文件保存的目录。
- e) 按【Tab】键切换到[文件名]框，设置保存文件的名称。
- f) 按命令键区【确认】键，显示**数据保存设置**对话框。
- g) 在对话框中对保存文件的内容和格式进行设置，按【Tab】键切换到[格式化数据]或[非格式化]按钮，按【确认】键保存数据，关闭对话框。

3.1.1.3 数据保存设置对话框

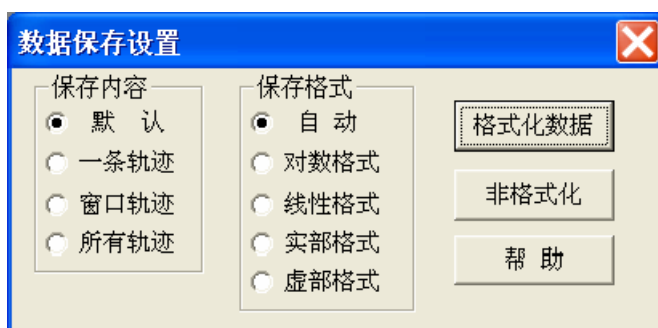


图 11-4 数据保存设置对话框

保存内容区

保存内容区定义将哪些轨迹数据保存到文件中。

a) [默认]单选框

保存所有窗口激活轨迹的数据。

b) [一条轨迹]单选框

保存当前激活轨迹的数据。

c) [窗口轨迹]单选框

保存当前激活窗口中所有轨迹的数据。

d) [所有轨迹]单选框

保存所有轨迹的数据。

保存格式区

a) [自动]单选框

按轨迹的实际显示格式保存数据。

b) [对数格式]单选框

按对数幅度格式保存轨迹数据。

c) [线性格式]单选框

按线性幅度格式保存轨迹数据。

d) [实部格式]单选框

按实部格式保存轨迹数据。

e) [虚部格式]单选框

按虚部格式保存轨迹数据。

[格式化数据]按钮

按保存格式区设置的格式保存轨迹数据。

[非格式化]按钮

按实部/虚部格式保存轨迹数据。

3.2 snp(s1p 和 s2p) 文件

snp 格式的文件可以被计算机辅助工程 (CAE) 软件 (如 Agilent 公司的 ADS) 调用, 是一种数据输出文件, 但不能被分析仪本身调用。s1p 文件保存单端口器件的特性, 只包含 1 个 S 参数 (S_{11} 或 S_{22}), s2p 文件保存双端口器件的特性, 包含 4 个 S 参数。如果全双端口修正打开, 在 s2p 文件中将保存全部 4 个 S 参数。如果全双端口修正关闭, 分析仪将在 s2p 文件中保存尽可能多的测量数据。例如, 如果全双端口修正关闭, 当前的激活轨迹是 S_{11} , 通道中还存在 S_{21} 测量, 在 s2p 文件中将保存 S_{11} 和 S_{21} 的测量结果, 因为没有 S_{22} 和 S_{12} 的有效测量数据, 在 s2p 文件中对应的数据为 0。

3.2.1 保存 snp 文件

3.2.1.1 使用鼠标

- 点击[文件], 在文件菜单中点击[另存为...], 显示另存为对话框。
- 在[保存类型]框设置保存文件的类型为数据文件 (*.s1p) 或数据文件 (*.s2p)。
- 通过[保存在:]框和[文件列表]框设置文件保存的目录。
- 在[文件名]框设置文件的名称。
- 点击[保存]按钮, 显示指定数据存储格式对话框。
- 选择数据存储格式后点击[确定]按钮关闭对话框, 同时完成数据保存。

3.2.1.2 使用前面板按键

- a) 在功能键区按【保存】键。
- b) 按导航键区【F2】键，显示另存为对话框。
- c) 按导航键区【Tab】键切换到[保存类型]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择保存文件类型为数据文件 (*.s1p) 或数据文件 (*.s2p)，按输入键区【x1】键完成选择。
- d) 通过[保存在:]框和[文件列表]框设置文件保存的目录。
- e) 按【Tab】键切换到[文件名]框，设置文件的名称。
- f) 按命令键区【确认】键，显示指定数据存储格式对话框。
- g) 按【Tab】键切换到格式选择区，按【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择数据保存的格式。
- h) 按【确认】键关闭对话框，同时完成数据保存。

3.2.1.3 指定数据存储格式对话框

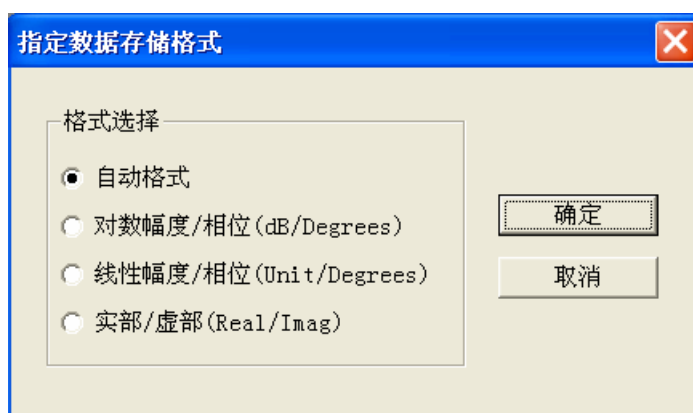


图 11-5 指定数据存储格式对话框

格式选择区

a) [自动格式]单选框

根据激活轨迹的格式自动选择数据保存的格式，如果激活轨迹的格式是对数幅度格式，按对数幅度/相位格式保存数据，如果激活轨迹的格式是线性幅度格式，按线性幅度/相位格式保存数据，激活轨迹为其他格式时，按实部/虚部格式保存数据。

b) [对数幅度/相位]单选框

按照对数幅度/相位格式保存数据。

c) [线性幅度/相位]单选框

按照线性幅度/相位格式保存数据。

d) [实部/虚部]单选框

按照实部/虚部格式保存数据。

3.3 prn 文件

prn 文件以行和列的形式保存激活轨迹的测量数据，每一行对应一个测量点，第一列对应测量的激励值，第二列对应测量的响应值，列之间通过逗号（,）分隔，格式如下：

S11	Log Mag
LIN_SWEEP(Hz)	LOG_FORMAT(dB)
3.000000e+005	-9.232986e+000
7.502250e+008	-3.219671e-001
1.500150e+009	-6.892332e+000
2.250075e+009	-1.146303e+000
3.000000e+009	-1.245240e+001

3.3.1 保存 prn 文件

3.3.1.1 使用鼠标

- 点击[文件]，在文件菜单中点击[另存为...]，显示另存为对话框。
- 在[保存类型]框设置保存文件的类型为列表文件 (*.prn)。
- 通过[保存在:]框和[文件列表]框设置文件保存的目录。
- 在[文件名]框设置文件的名称。
- 点击[保存]按钮保存文件，关闭对话框。

3.3.1.2 使用前面板按键

- 在功能键区按【保存】键。
- 按导航键区【F2】键，显示另存为对话框。
- 按导航键区【Tab】键切换到[保存类型]框，按导航键区【↑】、【↓】键或旋转旋钮选择保存文件类型为列表文件 (*.prn)。
- 通过[保存在:]框和[文件列表]框设置文件保存的目录。
- 按【Tab】键切换到[文件名]框，设置文件的名称。
- 按命令键区【确认】键保存文件，关闭对话框。

第二节 打印测量显示

分析仪支持将测量显示的内容通过打印机输出或打印到指定的文件中。打印机可以是本地或网络打印机，打印机的类型可以是并口、串口或 USB 接口打印机，只要在 Windows XP 操作系统中完成打印机的添加即可实现测量打印。

1 设置打印内容

分析仪支持对打印的内容和打印输出的方式进行设置，方法如下：

1.1 使用鼠标

- a) 点击[文件]，在文件菜单中点击[打印内容设置...]，显示打印内容设置对话框。
- b) 在对话框中对打印内容进行设置。
- c) 点击[确定]按钮关闭对话框。

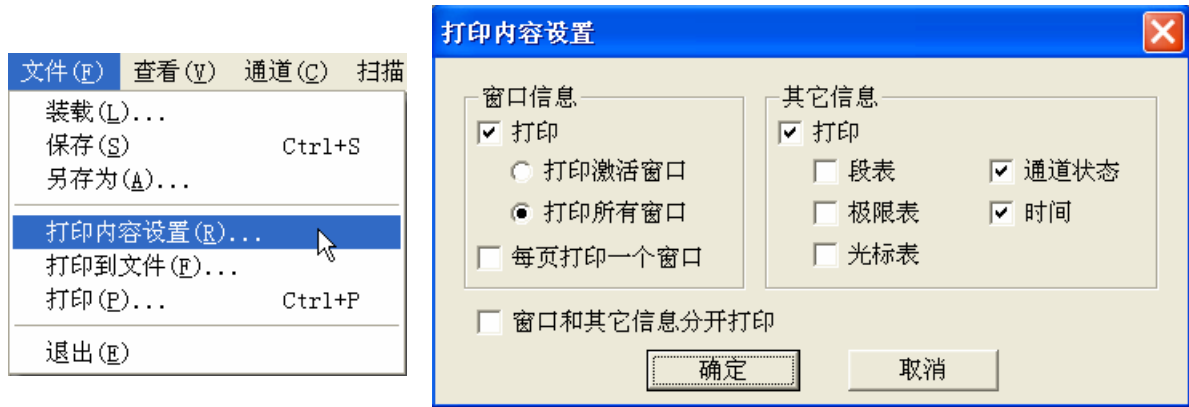


图 11-6 设置打印内容

1.2 打印内容设置对话框

窗口信息区

- a) [打印]复选框
勾选时打印窗口轨迹信息，清除时不打印。只有选择此复选框时下面的选项才有效。
- b) [打印激活窗口]单选框
选择时只打印当前激活窗口的内容。
- c) [打印所有窗口]单选框
选择时打印所有窗口的内容信息。
- d) [每页打印一个窗口]复选框
勾选时每页只打印一个窗口，清除时连续打印所有窗口内容不加强制的分页符。

其他信息区

a) [打印]复选框

勾选时打印其他的设置和状态信息，并且下面的选项才有效，清除时不打印这些信息。

b) [段表]复选框

勾选时打印段表。

c) [极限表]复选框

勾选时打印极限表。

d) [光标表]复选框

勾选时打印光标表。

e) [通道状态]复选框

勾选时打印通道设置状态信息。

f) [时间]复选框

勾选时打印当前的时间信息。

[窗口和其他信息分开打印]复选框

勾选时将窗口信息和其他的设置信息分页打印，清除时将这些信息打印在同一页上。

2 打印测量显示

在分析仪中完成打印机的添加和打印内容的设置后，就可以将需要的测量信息通过打印机输出。

2.1 使用鼠标

a) 点击[文件]，在文件菜单中点击[打印...]，显示打印设置对话框。

b) 在对话框中完成打印设置后点击[确定]按钮开始打印。

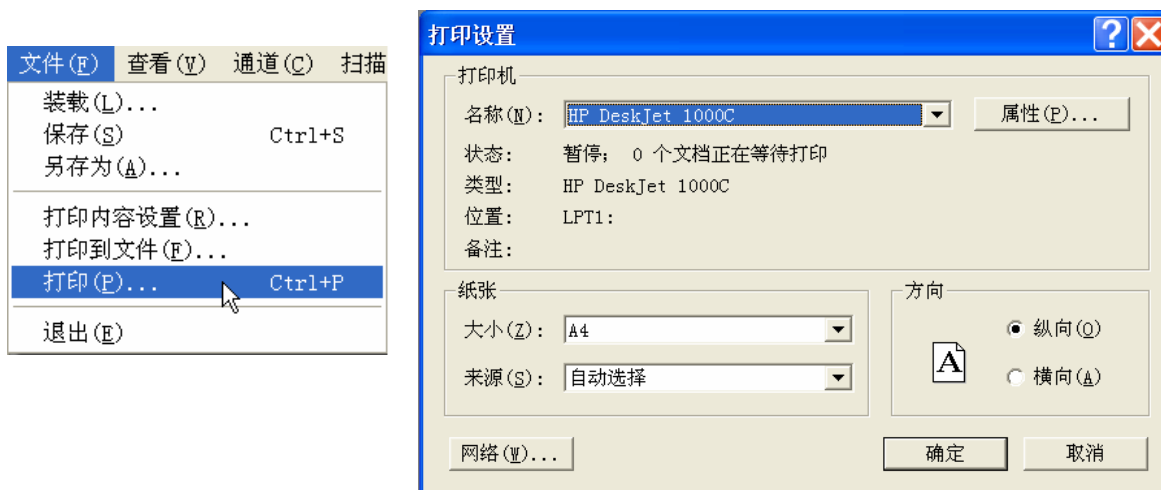


图 11-7 打印测量信息

2.2 使用前面板按键

- a) 在**功能键区**按**【打印】**键，显示**打印设置**对话框。
- b) 在对话框中完成设置后按**命令键区****【确认】**键开始打印。

3 打印到文件

分析仪支持将打印的内容输出到位图（bmp）文件中，如果需要多页打印，将自动建立多个位图文件，每个文件对应一页，其他的文件以“文件名（数字）.bmp”的形式标识，如 amp.bmp、amp(1).bmp、amp(2).bmp。

3.1 使用鼠标

- a) 点击**【文件】**，在**文件菜单**中点击**【打印到文件...】**，显示**另存为**对话框。
- b) 在对话框中设置文件存储的目录和文件名。
- c) 点击**【保存】**按钮存储文件。

3.2 使用前面板按键

- a) 在**命令键区**按**【菜单/对话】**键，按**导航键**切换到**文件菜单****【打印到文件...】**菜单项，按**导航键区****【点击】**键，显示**另存为**对话框。
- b) 在对话框中设置文件存储的目录和文件名。
- c) 按**命令键区****【确定】**键保存文件。

第十二章 时域测量

第一节 时域测量原理

在通常的测量中，分析仪显示被测件随频率变化的响应，称为频域测量。在进行时域测量时，分析仪将频域数据进行反傅立叶变换得到时域数据，测量结果以时间作为 X 轴显示，响应值在分立的时间点出现，可以对被测件的特性或故障点进行分析。下图显示了同一根电缆的频域和时域反射测量结果，这根电缆有两个弯，每个弯曲点都会造成传输线失配或阻抗的变化。

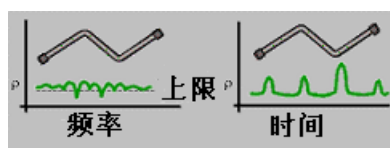


图 12-1 频域和时域测量

- 在输入端口测量的 S_{11} 的频域响应显示了由于电缆失配波相互作用引起的组合反射响应，但很难确定电缆失配发生的确切物理位置。
- 时域响应显示了每个失配发生的位置和大小，从响应中我们可以看出电缆的第二个弯曲处发生了明显的失配。

在时域中，分析仪可以使用门功能滤除不想要的响应，然后再将时域数据转换为频域数据，使用这个功能可以测量网络中特定信号的响应，去除连接器或适配器等外部器件的影响。

分析仪的时域测量功能模拟传统的时域反射计（TDR）。时域反射计发射一个冲激或阶跃信号到被测件，然后观察反射信号的能量，通过分析反射信号的幅度、持续时间和波形，就可以确定被测件的阻抗变化情况。网络分析仪进行时域测量时实际上并没有产生入射的冲激或阶跃信号，而是进行扫频测量，再通过傅立叶算法从频域测量结果计算时域信息。

大多数通常的矢量网络分析仪通过 S_{11} 比值测量来进行时域变换测量。 S_{11} 反射测量不是简单的显示 A 或 B 接收机接收到的反射信号的大小，它显示测量接收机与参考接收机之间的比值测量结果。此外 S_{11} 比值测量能通过校准去除系统误差，这对时域测量特别重要，因为通过校准建立了测量参考平面，校准点变成了 X 时间轴的零点，所有的时间和距离数据都以这个点为参考点，这样时间和幅度数据都因经过了校准而非常精确。分析仪的时域测量通常包括如下几个步骤：

- a) 采集原始接收机（A 和 R）数据。
- b) 进行比值运算。
- c) 进行误差修正。
- d) 将频域数据变换到时域。
- e) 显示测量结果。

第二节 时域测量分辨率与范围

本节讨论如何才能观察到被测件所有有效的时域数据，及如何进行设置以获得最高的分辨率和最大的测量范围。

1 响应分辨率

分析仪的时域响应分辨率指分析仪区分两个邻近响应的能力，对于相等幅度的响应，等于以 50%（6dB）幅度点定义的冲激响应的脉宽，或以 10%~90% 幅度点定义的阶跃响应的上升时间，如下图所示：

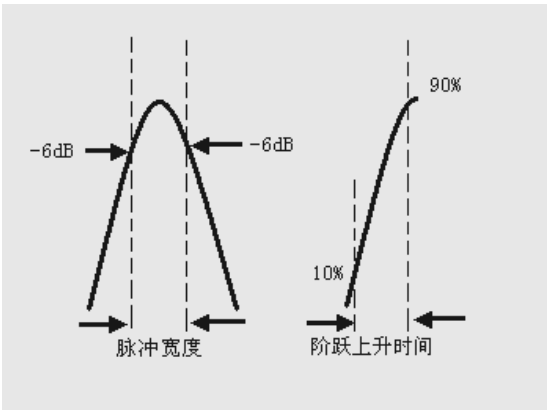


图 12-2 时域响应分辨率

时域响应分辨率受以下几个因素的影响：

a) 频率跨度

下图显示了频率跨度对响应分辨率的影响：

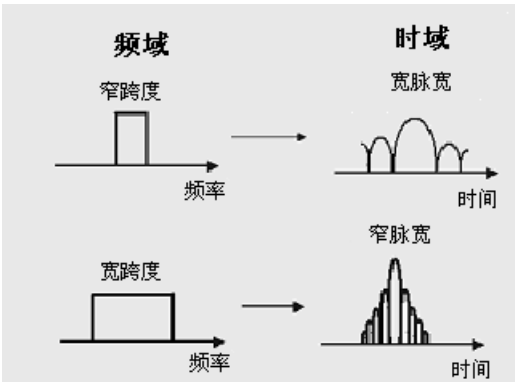


图 12-3 频率跨度对响应分辨率的影响

- 窄频率跨度下的时域测量响应表现为本应独立分开的冲激响应脉冲彼此重叠在一起。
- 在宽的频率跨度下进行时域测量时，分析仪能够区分不同的响应脉冲。

- 频率跨度和脉冲宽度成反比，频率跨度越宽，冲激响应脉冲越窄，阶跃响应上升沿时间越短，响应测量的分辨率越高。

b) 窗宽度(β 参数)

响应分辨率也是时域变换窗宽度的函数， β 值越小，冲激响应脉冲越窄，阶跃响应上升沿时间越短，响应测量的分辨率越高。

窗宽度的选择取决于被测件的响应，如果响应是电平相等的信号，应该采用最小窗提高测量的分辨率，如果响应是电平不等的信号，应采用最大窗提高测量的动态范围，关于窗设置的详细信息请参见本章第三节“窗口滤波”。



请注意： 进行时域测量设置时，在时域变换对话框中，分析仪会根据当前设置自动计算出响应脉冲的宽度。

c) 时域变换模式

在低通和带通变换模式下，测量响应的分辨率是不同的，对于同样的频率跨度和扫描点数，低通模式有更高的分辨率，与带通模式相比，脉冲宽度可以减少一半，下图给出了两种模式分辨率的比较：

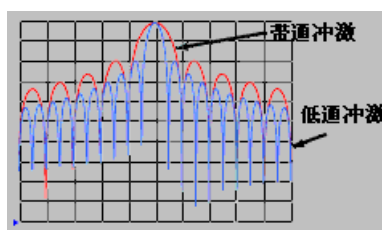


图 12-4 变换模式对分辨率的影响

关于时域变换模式的详细信息请参见本章第六节“带通和低通时域模式”

优化响应分辨率的技巧

- 大多数情况下，选择最大的频率跨度来获得最高的时间分辨率，不过频率设置必须满足被测件的工作频率要求。
- 分辨率受频率跨度、窗宽度和时域模式的影响，必须根据被测件的响应进行优化设置。

2 显示分辨率

时域显示分辨率是指在时间上精确定位一个信号响应的能力，好的显示分辨率可以提高响应的峰值点和零点的定位精度，显示分辨率受时间跨度和扫描点数的影响：

$$\text{显示分辨率} = \frac{\text{时间跨度}}{\text{扫描点数} - 1}$$

可以通过以下两种方法提高显示分辨率：

- 减小时间跨度
- 增加扫描点数



请注意： 改变测量点数可能会降低校准精度。

下图中给出了同一被测件在不同时间跨度下的测量结果，扫描的点数为 201 点。

- 10 纳秒的时间跨下可以得到 50 皮秒的分辨率。
- 2.5 纳秒的时间跨度下可以得到 12.5 皮秒的分辨率。

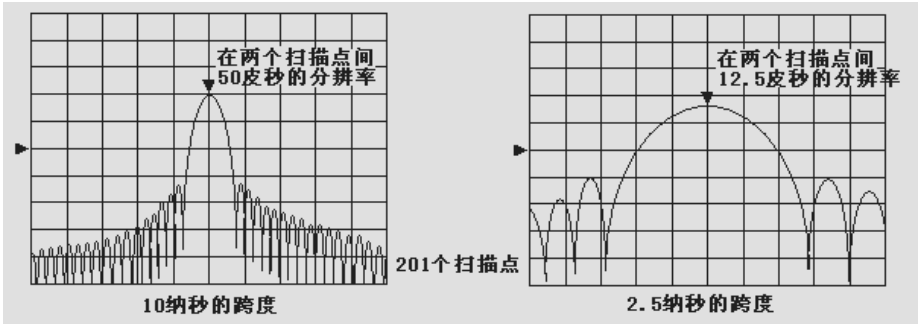


图 12-5 显示分辨率



- 请注意：
- 改变时间跨度不会影响分析仪区分两个彼此靠近信号的能力。
 - 在低通模式下改变扫描点数会改变频率跨度，对响应的分辨率有一定影响。

3 测量范围

在时域测量中，测量范围定义为可设置的最大时间长度，在此时间长度内进行测量时不会发生重复响应。

测量范围与响应分辨率成反比关系，提高一个，就会降低另一个。

时域波形是随时间重复的周期信号，因此会发生重复响应。重复响应（假响应）不是被测件的真实响应，它仅会在特定的时间间隔（1/扫描点频率间隔）出现，因此测量范围由扫描点的频率间隔 ΔF 决定：

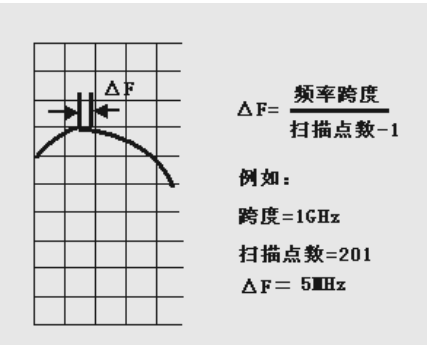


图 12-6 扫描点频率间隔定义

进行时域测量时，最大可设置的终止时间为： $1/\Delta F$ ，测量范围与扫描点数-1 成正比，与频率跨度成反比，为了提高测量范围，可以修改下面两项设置：

- 增加扫描点数。
- 减小频率跨度。



请注意：为了保证测量精度，必须在校准之前进行上面所说的修改。

用真空的光速乘以测量范围，可以得到以米为单位的测量范围，为了计算实际测量范围的物理长度，要再乘以传输介质的相对速率，一些介质的相对速率如下：

- $V_{\text{聚乙烯}}=0.66$
- $V_{\text{聚四氟乙烯}}=0.70$

$$\text{实际测量范围的物理长度} = \frac{V_{\text{介质}}}{\Delta F} \times 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

第三节 窗口滤波

由于旁瓣和脉冲宽度的影响，时域变换在分辨率上存在一定的局限性，进行测量时可以使用窗口滤波功能来减轻这些因素带来的影响。分析仪在时域变换中提供的窗功能可以更有效的区分各种响应，它可以改变响应脉冲的宽度、阶跃响应的上升时间和旁瓣电平。

1 窗口滤波的优点

频域测量在起始和终止频率处存在着突变，这会在时域阶跃响应中引起过冲和振铃现象，使用窗口滤波功能可以减小频域突变带来的影响，此外，分析仪在进行时域测量时还存在以下不足：

- **冲激响应的脉冲宽度或阶跃响应的上升时间：**这是由系统本身的带限特点引起的，限制了分析仪区分两个彼此邻近响应信号的能力。脉冲宽度与测量的频率跨度成反比，如果要减小脉宽需增加频率跨度。
- **冲激响应旁瓣：**这是由终止频率处的突变引起的，邻近高电平响应的旁瓣会掩盖低电平响应信号，限制了时域测量的动态范围，使用窗口滤波可以抑制旁瓣，如下图所示：

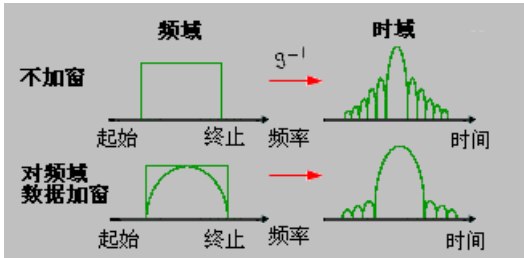


图 12-7 使用窗口滤波抑制旁瓣

- 使用窄的窗口可以减小冲激响应脉冲的宽度，提高响应分辨率，更好的分辨两个邻近的响应。
- 使用宽的窗口可以减小冲激响应的旁瓣电平，提高动态范围，更好的测量低电平响应。

使用窗口滤波的影响如下所示：

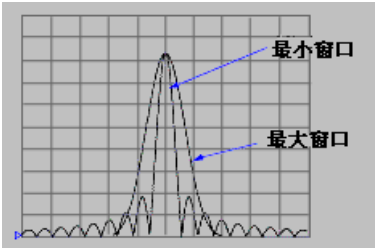


图 12-8 窗口对响应信号的影响

分析仪通过对频域测量数据进行窗口滤波，对被测件的时域测量有如下影响：

- 在冲激变换模式中，影响脉冲宽度和旁瓣电平，改变测量分辨率和动态范围。
- 在低通阶跃变换模式中，可以减小过冲和振铃现象。

2 正确设置窗口值

在进行时域测量时必须根据被测件的响应类型选择适当的窗口值：

- **被测件有等幅度的响应：**选择小的窗口获得窄的脉冲宽度，提高时域测量的分辨率。
- **被测件有不同幅度的响应：**选择大的窗口获得低的旁瓣电平，提高时域测量的动态范围。

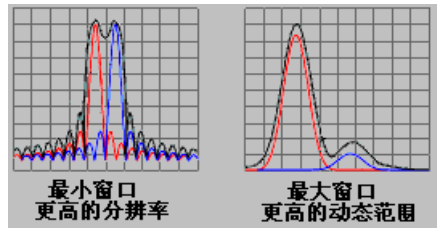


图 12-9 正确设置窗口

第四节 时域门滤波

使用时域门功能可以选择或滤除时域中的某个特定响应，分析仪可以将经过处理的时域数据再变换到频域进行观察。也就是说，对时域数据进行了时域门滤波后，可以关闭时域变换功能，在时域门功能有效的情况下观察被测件的频域响应。例如，在传输测量时，可以使用时域门去除多径传输的影响，也可以每次只观察一个单独的时域响应信号，在频域中分析每个单独响应对测量结果的影响。

1 如何使用门功能

在实际的测量中，使用时域门功能进行测量的步骤如下：

- a) 在频域中对被测件进行测量。
- b) 打开时域变换功能，分析仪计算被测件的时域响应。
- c) 选择门类型：
 - **带通**：将门置于要保留响应的中心，打开门功能，门之外的响应通过数学运算从显示的测量中被去除。
 - **带阻**：将门置于要去除响应的中心，打开门功能，门之内的响应通过数学运算从显示的测量中被去除。
- d) 关闭时域变换功能，观察被测件的频域响应，了解特定响应对测量结果的影响。

下图显示了一个带通时域门的测量应用：

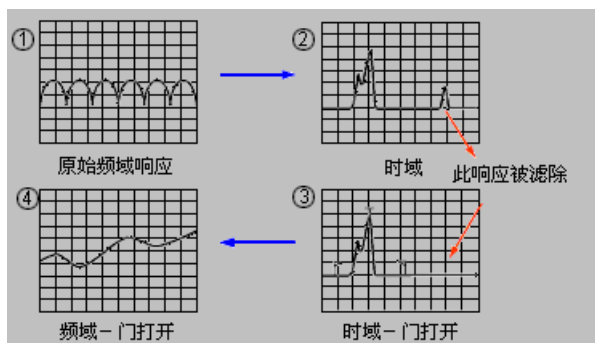


图 12-10 使用时域门观察单个响应对测量结果的影响

2 门设置

可以通过如下设置定义门的边界和功能：

- **起始和终止**：定义门的-6dB 截止时间
- **中心**：定义门的中心时间
- **跨度**：等于终止时间减去起始时间
- **门类型**：
 - * **带通**：滤除门之外的响应
 - * **带阻**：滤除门之内的响应

3 门形状

门与窗口滤波器类似也有对应的滤波器形状，可以通过选择合理的滤波器形状来优化测量：

- **最小门：**滤波器的旁瓣电平最高，边沿跌落最陡峭，通带纹波最大。
- **最大门：**滤波器的旁瓣电平最低，边沿跌落最缓慢，通带纹波最小。

3.1 门的通带纹波

门是一个时域上的带通（或带阻）滤波器，每一种形状的滤波器都有不同的滤波器特性，下图显示了四种不同形状滤波器的通带纹波，图中的比例为 0.5dB/格，从图中可以看出最小的门有最大的通带纹波：

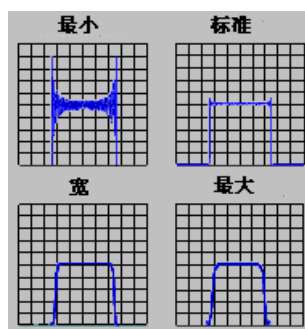


图 12-11 不同门滤波器的通带纹波

3.2 门的旁瓣电平

四种不同形状的滤波器有不同的旁瓣电平，在实际测量时，必须要在更低的旁瓣电平和更快的截止率之间进行平衡：

- 最小门的旁瓣电平最高，截止速度最快，非常适合用来滤除响应附近不希望出现的干扰。
- 最大门的旁瓣电平最低，截止速度最慢，门的通带最宽，在门的带外有最大的衰减。

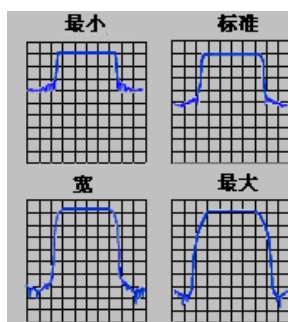


图 12-12 不同门的旁瓣电平

3.3 门的特性指标

不同形状的门有不同的特性，门的特性通过以下指标定义：

- **通带波纹和旁瓣电平：**描述门的形状。
- **截止时间：**是门的终止时间（滤波器边缘-6dB 处）和第一个旁瓣峰值点之间的时间。
- **最小门跨度：**等于门的终止时间减去起始时间，是截止时间的两倍。

表 12-1 不同门的特性指标

门形状	通带波纹	旁瓣电平	截止时间	最小门跨度
最小 标准 宽 最大	$\pm 0.10\text{dB}$	-48dB	1.4/频率跨度	2.8/频率跨度
	$\pm 0.01\text{dB}$	-68 dB	2.8/频率跨度	5.6/频率跨度
	$\pm 0.01\text{dB}$	-57 dB	4.4/频率跨度	8.8/频率跨度
	$\pm 0.01\text{dB}$	-70 dB	12.7/频率跨度	25.4/频率跨度

每一种形状的门都有一个推荐的最小门跨度以便能正确的进行工作，这是由门有限的截止率决定的，如果设置的门跨度比这个最小值还要小，那么分析仪将会产生下面的效应：

- 门的形状失真没有通带。
- 起始和终止时间的指示不正确。
- 可能会使旁瓣电平增大。

第五节 时域测量数据

本节将给出各种测量类型的例子，以便能更好的理解被测件的时域响应。

1 掩蔽

掩蔽会影响在时域测量时观察到的响应，因此在解释时域测量数据时必须清楚何谓掩蔽及它对测量结果的影响。

- 当最靠近参考面的不连续或损耗影响后面每个不连续点的响应时，就发生了掩蔽现象。
- 被第一不连续点反射或吸收的能量不会到达后面的不连续点。
- 后面每一个不连续点的响应比没有发生掩蔽时要小。

1.1 由于能量反射引起的掩蔽

当遇到一个大的失配时，就会发生由于能量反射引起的掩蔽，下面这个例子说明了这种现象：

- 一段 $50\ \Omega$ 的传输线连接一段 $25\ \Omega$ 的空气线，再与一段 $50\ \Omega$ 的传输线相连，两个不连续点的反射系数都是 0.333。
- 在时域测量时第一个不连续点大概有 0.333 的反射系数，这是正确的。
- 第二个不连续点的响应值不是 0.333，通过 Δ 光标可以发现两个响应的幅度相差 35mU，因为由于第一个失配引起的能量反射，第二个响应的入射脉冲幅度小于单位值 1U。

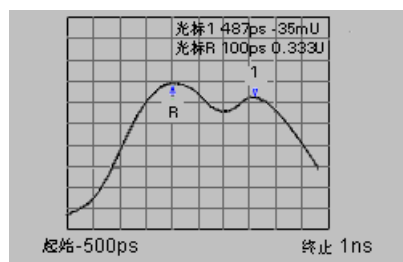


图 12-13 由于能量反射引起的掩蔽对测量的影响

1.2 由于能量吸收引起的掩蔽

当测量损耗电路时，就会发生由于能量吸收引起的掩蔽，在下面的测量中，用一个开路器端接一根电缆，测量的结果显示了由于能量吸收引起的掩蔽现象：

- 光标 1 显示开路器的回波损耗是 -2.5dB（在对数幅度格式下观察）。
- 开路器的实际回波损耗值应为 0dB。
- 光标 1 的值代表了前向和反向路径损耗值的总和。

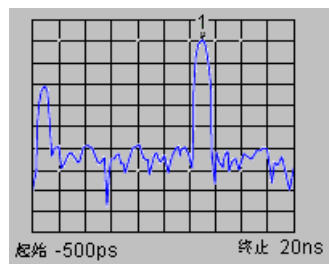


图 12-14 由于能量吸收引起的掩蔽对测量结果的影响

2 带通模式下的反射测量

横轴数据:

- 代表脉冲从测试端口发射，传输到不连续点再返回测试端口所用的时间。

纵轴数据:

- 如果用对数幅度格式，代表回波损耗 (dB)。
- 如果用线性幅度格式，代表反射系数。

下面是一个带通模式进行反射测量的例子:

- 在时间轴的 0 点有一个脉冲，表示从测试端口输出遇到的第一个不连续点（连接器）。
- 后面的脉冲代表冲激信号遇到的第二个不连续点（连接器）。

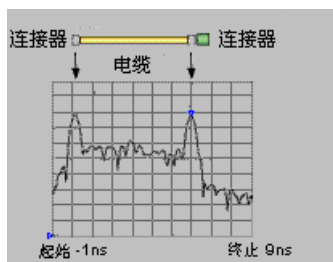


图 12-15 带通模式下的反射测量

3 带通模式下的传输测量

横轴数据:

- 代表通过被测件的传输延迟。

纵轴数据:

- 如果用对数幅度格式，表示传输损耗或传输增益。
- 如果用线性幅度格式，表示传输系数。

下面是一个在带通模式下声表面滤波器（SAW）传输测量的例子:

- 从测量结果可以发现声表面滤波器（SAW）内的三次传输现象：信号被输出端反射回输入端，又被再次反射回输出端。
- 最靠近时间 0 点的脉冲代表了被测件输入输出间最短路径的传输时间，不过它不一定是最大的脉冲，也不一定代表期望的传递路径。
- 后面的每一个脉冲代表另一条可能的路径，这些路径比最短的路径要长。

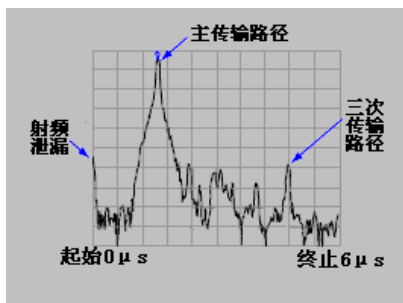


图 12-16 带通模式下的传输测量

为了观察声表面滤波器（SAW）的主路响应，可以使用门功能滤除所有其他的响应，在频域内只观察主路的频响。

4 使用低通模式进行故障定位

使用低通模式的实部格式可以模拟时域反射计（TDR）的被测件响应，这种响应中包含了非常有用的确定不连续类型的信息。下图给出了已知不连续类型实部格式的低通响应，每种不连续电路都有对应的时域 S_{11} 响应波形。可以使用低通阶跃或低通冲激模式进行测量，但使用低通阶跃模式更容易区分不连续类型，这种模式更像传统的时域反射计（TDR）测量。

阻抗	阶跃响应	冲激响应
开路器	全反射	全反射
短路器	全反射 = 180	全反射 = 180
电阻 $R > Z_0$		
电阻 $R < Z_0$		
电感		
电容		

图 12-17 不连续电路的低通时域响应波形

5 低通模式下的反射测量

横轴数据：

- 代表脉冲从测试端口发射，传输到不连续点再返回测试端口所用的时间。

纵轴数据：

- 如果使用实部格式，代表反射系数（ ρ ）。

下面的例子是使用低通冲激和低通阶跃模式对同一反射的测量结果：

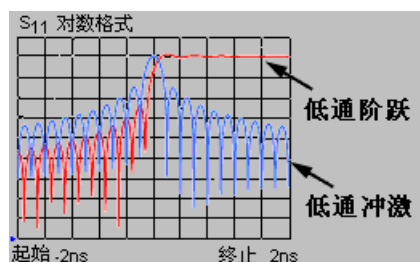


图 12-18 低通模式下的反射测量

下面的例子给出了实部格式下两根不同电缆的测量结果，低通响应包含了不连续点所处的物理位置和呈现的阻抗类型信息。

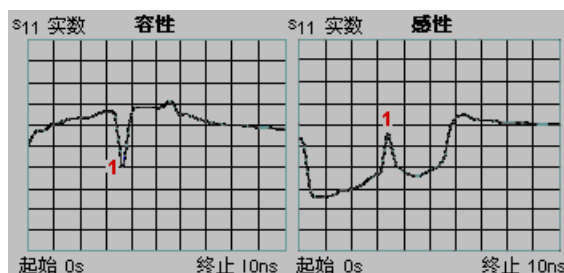


图 12-19 不同电缆的低通阶跃测量结果

- **左面的测量：**是一个有容性不连续点的弯曲电缆的响应。
- **右面的测量：**是一个有感性不连续点的磨损电缆的响应。

6 低通模式下的传输测量

横轴数据：

- 在一个频率范围内信号通过被测件的平均传输时间。
- 被测件的平均电延迟。

纵轴数据：

- 如果使用对数幅度格式，代表传输损耗和增益（仅限于冲激模式）

下面是一个放大器低通阶跃响应的例子：

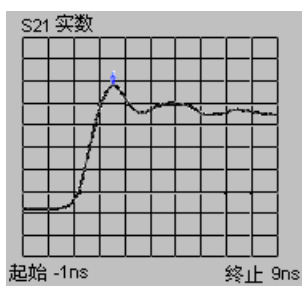


图 12-20 放大器的低通阶跃测量结果

- 测量频率范围内的平均群延迟是阶跃和放大器响应之间的时间差值。
- 阶跃上升时间与频域扫描的最高频率成比例关系，频率越高，上升时间越短。
- 放大器响应的振铃现象说明这是一个欠阻尼设计。



请注意：

对于低通阶跃响应，最有用的格式是实部格式，对于低通冲激响应，也可以使用实部格式，但为了获得更好的动态范围以便同时测量大小不同的不连续点，最好使用对数幅度格式。

第六节 带通和低通时域模式

在设置时域测量时必须首先选择变换模式，本节将对带通和低通两种测量模式进行比较。

1 模式比较

1.1 带通模式

- 最容易使用。
- 非常适合测量工作不到直流的带通器件。
- 允许任意设置起始和终止频率。
- 因为变换数据不包含直流项，仅能测量冲激响应。
- 可以进行反射和传输测量。
- 可用于故障定位。

1.2 低通模式

- 对于测量工作到直流的低通器件非常有用。
- 模拟传统的时域反射计（TDR）。
- 测量频率点与直流项谐波相关，直流项通过频域起始的几个点外插得到。
- 因为变换数据中包含直流项，可以进行冲激和阶跃响应测量。
- 可以进行故障定位和区分不连续点呈现的阻抗类型（容性、感性）。
- 可以用于反射和传输测量。
- 对于同样的频率跨度，与带通模式相比有更高的响应分辨率。

2 模式选择

- 如果被测件工作在带通、带阻或高通状态下，选择带通模式。
- 如果被测件的低端工作频率能够到直流，即使频响在低端跌落很快，也要选择低通模式。

3 频率跨度和扫描点数

3.1 带通模式

- 可以选择分析仪工作频率范围内的任何起始和终止频率。
- 分析仪使用起始到终止频率范围内的所有测量数据。
- 仅提供冲激响应。

3.2 低通模式

- 需要一个从频域开始几个测量点外插得到的直流项。
- 需要等频率间隔的数据点。
- 分析仪所有的测量频率点与起始频率谐波相关。
- 终止频率 = 起始频率 × 扫描点数，对于每个扫描点数 N，对起始和终止频率的选择都有一定的限制。



请注意：最低的起始频率为 300kHz，因此最低的终止频率值为： $N \times 300\text{kHz}$ 。

4 冲激响应和阶跃响应

分析仪可以显示被测件的冲激和阶跃响应，就像使用冲激或阶跃信号激励被测件一样。

- **冲激激励：**是一个电压波形，它的幅值从 0 变为 1，再变回 0，脉冲的宽度取决于频域测量的频率跨度。
- **阶跃激励：**是一个电压波形，它的幅值从 0 变为 1，阶跃的上升时间取决于频域测量的最高频率。
- 根据选择的变换模式，分析仪使用频域数据计算低通冲激、低通阶跃或带通冲激响应。

5 有用的数据格式

5.1 带通模式下有用的数据格式

- **线性幅度格式**
 - * 对于反射测量，这种格式表示在整个测量频率范围内反射系数（ ρ ）的平均幅度。
 - * 对于传输测量，这种格式表示在整个测量频率范围内传输路径的平均传输系数（ τ ）。
 - * 这种格式对于观察幅度上相近的响应非常有用。
- **对数幅度格式**
 - * 对于反射测量，这种格式表示回波损耗（dB），显示值代表在整个测量频率范围内不连续点平均的回波损耗。
 - * 对于传输测量，这种格式表示传输损耗或增益（dB），显示值代表在整个测量频率范围内传输路径的平均损耗或增益。
 - * 这种格式对于观察宽动态范围的响应非常有用。
- **驻波比**
 - * 对于反射测量，这种格式表示在整个测量频率范围内不连续点驻波比的平均值。

5.2 低通模式下有用的数据格式

- **实部**
 - * 这种格式用实部单位表示被测件的响应。

第七节 时域变换测量设置

1 使用鼠标

- 点击[轨迹]，在轨迹菜单中点击[时域变换...]，显示时域变换对话框。
- 点击勾选[时域变换]复选框，激活时域变换功能。
- 点击[点数]框设置扫描点数，点击[起始]、[终止]或[中心]、[跨度]框设置时域测量范围。
- 在变换模式区中选择变换模式：[低通冲激]、[低通阶跃]或[带通]。

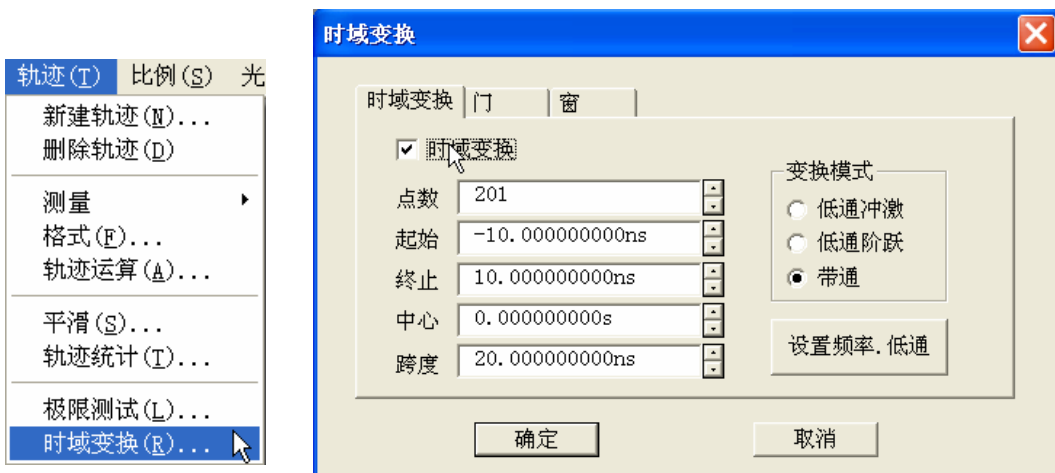


图 12-21 设置时域变换测量

- 如果要设置窗功能，在时域变换对话框中点击[窗]选项按钮，使用下面三种方法设置窗滤波器：
 - 用鼠标拖动滑块，直到脉冲宽度或旁瓣电平满足要求。
 - 点击[凯撒窗 β 参数]框，调整 β 值设置，直到脉冲宽度或旁瓣电平满足要求。
 - 点击[脉冲宽度]框，直接设置响应脉冲的宽度。

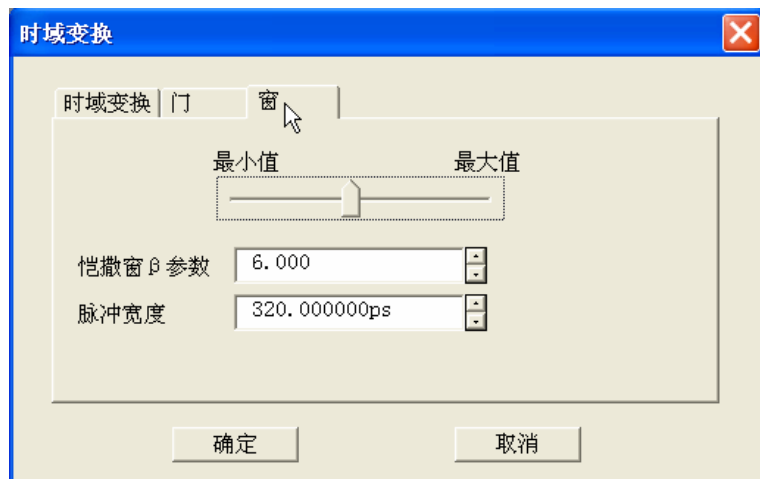


图 12-22 时域变换测量-设置窗

- f) 如果要使用时域门滤波功能，在**时域变换**对话框中点击[门]选项按钮，点击勾选[门]复选框打开时域门滤波功能。
- 点击[起始]、[终止]或[中心]、[跨度]框设置门的边界。
 - 在[门类型]框选择门类型：带通、带阻。
 - 在[门形状]框选择门形状：最小、标准、宽、最大。

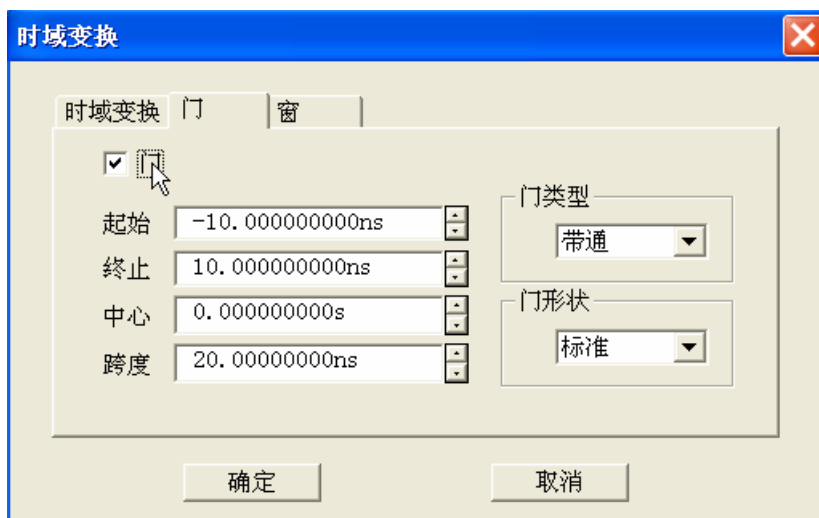


图 12-23 时域变换测量-设置门

- g) 如果想在门功能仍有效的情况下观察被测件的频域响应，在**时域变换**对话框中点击[时域变换]选项按钮，点击清除[时域变换]复选框。
- h) 设置完成后点击[确定]按钮关闭**时域变换**对话框。

时域变换设置的一些技巧

- 在开启时域变换和时域门的情况下关闭**时域变换**对话框时，可以使用鼠标点击拖动改变时域门的边界设置。门的起始和终止分别用符号“ \nearrow ”和“ \nwarrow ”指示，用鼠标指向门的起始或终止指示符，按住鼠标的左键不放，鼠标指针变成水平调整指示“ \leftrightarrow ”时，拖动鼠标将门的边界指示符移到需要的位置，放开鼠标左键，即完成了门起始或终止的设置。
- 通过**时域变换**对话框完成时域测量的设置后，可以关闭**时域变换**对话框，开启**时域**工具栏调整时域测量的设置，这样可以更清楚的观察设置改变对于测量的影响。关于**时域**工具栏的设置方法请参见第七章第九节“设置分析仪的显示”中“触发工具栏显示”部分。



请注意：

如果在进行时域低通模式测量前要执行校准，必须先在时域测量对话框中选择低通测量模式或点击[设置频率. 低通]按钮设置测量的起始频率，推荐在完成所有时域测量设置后再执行校准。

2 使用前面板按键—时域变换工具栏

- a) 在**命令键区**按【**菜单/对话**】键，按**导航键**切换到**轨迹菜单**[**时域变换...**]菜单项，按**导航键区**【**点击**】键，显示**时域变换**对话框。
- b) 按**导航键区**【**Tab**】键切换到[**时域变换**]复选框，按【**点击**】键勾选复选框激活时域变换功能。
- c) 按【**Tab**】键切换到**变换模式区**，按**导航键区**【**↑**】、【**↓**】键或旋转旋钮选择[**低通冲激**]、[**低通阶跃**]或[**带通**]模式。
- d) 按【**Tab**】键切换到[**点数**]框，设置扫描点数，切换到[**起始**]、[**终止**]或[**中心**]、[**跨度**]框设置时域测量范围。
- e) 如果要设置窗功能，按【**Tab**】键切换到[**时域变换**]选项按钮，按【**↑**】、【**↓**】键或旋转旋钮切换到[**窗**]选项按钮，使用下面三种方法设置窗滤波器：
 - 按【**Tab**】键切换到滑块框，按【**↑**】、【**↓**】键或旋转旋钮直到脉冲宽度或旁瓣电平满足要求。
 - 按【**Tab**】键切换到[**凯撒窗 β 参数**]框，调整 β 值设置，直到脉冲宽度或旁瓣电平满足要求。
 - 按【**Tab**】键切换到[**脉冲宽度**]框，直接设置响应脉冲的宽度。
- f) 如果要使用时域门滤波功能，按【**Tab**】键切换到[**窗**]选项按钮，按【**↑**】、【**↓**】键或旋转旋钮切换到[**门**]选项按钮，按【**Tab**】键切换到[**门**]复选框，按【**点击**】键勾选复选框激活时域门滤波功能，并对时域门功能进行设置：
 - 按【**Tab**】键切换到[**起始**]、[**终止**]框或[**中心**]、[**跨度**]框设置门的边界。
 - 按【**Tab**】键切换到[**门类型**]框，按【**↑**】、【**↓**】键或旋转旋钮选择门类型：**带通**、**带阻**。
 - 按【**Tab**】键切换到[**门形状**]框，按【**↑**】、【**↓**】键或旋转旋钮选择门形状：**最小**、**标准**、**宽**、**最大**。
- g) 如果想在门功能仍有效的情况下观察被测件的频域响应，按【**Tab**】键切换到[**门**]选项按钮，按【**↑**】、【**↓**】键或旋转旋钮切换到[**时域变换**]选项按钮，按【**Tab**】键切换到[**时域变换**]复选框，按【**点击**】键清除复选框关闭时域变换功能。
- h) 设置完成后按**命令键区**【**确认**】键关闭**时域变换**对话框。

3 使用前面板按键—使用宏

- a) 在**功能键区**按【**宏/本地**】键，按**导航键区**【**F1**】键，显示**时域功能**现用项目工具栏，再按【**F1**】键，显示**时域变换**现用项目工具栏。
- b) 按【**F1**】键，显示**时域设置**现用项目工具栏，按【**F1**】键触发按钮为【**变换 ON/off**】激活时域变换功能。
- c) 分别按**导航键区**【**F2**】和【**F3**】键，设置时域测量范围，按**导航键区**【**F4**】键，在[**点数**]框中设置完扫描点数后，再按【**F4**】键返回**时域变换**现用项目工具栏。
- d) 按【**F2**】键，显示**变换模式**现用项目工具栏，通过【**F1**】、【**F2**】或【**F3**】键选择时域变换模式，按【**F4**】键返回**时域变换**现用项目工具栏，再按【**F4**】键返回**时域功能**现用项目工具栏。
- e) 如果要设置窗功能，按【**F2**】键，显示**窗**现用项目工具栏，使用下面两种方法设置窗滤波器：
 - 按【**F1**】键，在[**β 参数**]输入框中设置 β 值，使响应脉冲宽度或旁瓣电平满足要求。
 - 按【**F2**】键，在[**脉冲宽度**]输入框中直接设置响应脉冲的宽度。
- f) 按【**F4**】键返回**时域功能**现用项目工具栏，如果要使用时域门滤波功能，按【**F3**】键，显

示**门功能**现用项目工具栏。

- g) 按【F1】键，显示**门设置**现用项目工具栏，按【F1】键触发按钮为[门 ON/off]打开时域门滤波功能，分别按【F2】和【F3】键设置门的边界，按【F4】键返回**门功能**现用项目工具栏。
- h) 按【F2】键，显示**门类型**现用项目工具栏，按【F1】或【F2】键选择门的类型，按【F4】键返回**门功能**现用项目工具栏。
- i) 按【F3】键，显示**门形状**现用项目工具栏，按【F1】、【F2】、【F3】或【F4】键选择门的形状，再按同一按键返回**门功能**现用项目工具栏。
- j) 如果想在门功能仍有效的情况下观察被测件的频域响应，按【F4】键返回**时域功能**现用项目工具栏，连续按【F1】键切换至**时域设置**现用项目工具栏，按【F1】键触发按钮为【变换 on/OFF】关闭时域变换功能。

第十三章 网络测量基础

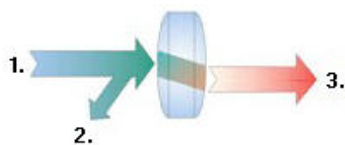
本章包括以下内容

- 反射测量
- 相位测量
- 放大器参数说明
- 复阻抗
- 群延迟
- 绝对输出功率
- AM-PM 变换
- 增益压缩
- 线性相位偏离
- 反向隔离
- 小信号增益和平坦度

第一节 反射测量

反射测量是网络测量的重要组成部分，我们首先讨论什么是反射测量，为了更好的理解反射测量，我们用光波模拟行波沿传输线传播的情形：

当入射光遇到某种光学元件如透镜时，一部分光被反射离开透镜，但大部分光通过透镜继续传输，但如果光学元件的表面是镜面，大部分的光将被反射，只有很少的光或没有光继续传输。



1. 入射光 2. 反射光 3. 传输光

图 13-1 光的反射和传输

对于射频信号，当两个连接器件的阻抗不同时就会发生反射。反射测量就是测量反射信号和入射信号间的比值关系。分析仪用 R 接收机测量入射信号，用 A 接收机测量反射信号，因此反射测量经常表示为 A 与 R 的比值 (A/R)，我们可以用 A 和 R 接收机信号的幅度和相位信息完全量化表征被测件的反射特性。在 S 参数术语中， S_{11} 表示被测件端口 1（输入端口）的反射， S_{22} 表示被测件端口 2（输出端口）的反射。进行反射测量的目的是确保射频能量有效的传输，如果能量被反射，就意味着有很少的能量被传输到希望到达的地方，另外，如果反射的能量太大，可能会烧毁如输出功率放大器等器件。

1 反射测量的表达

进行反射测量时，根据想要了解的信息，反射数据能用多种方式表达。不同的表达方式都是根据同样的反射测量数据计算出来的，每一种表达方法能用一种或多种图形格式显示，详细信息请参见第七章第七节“选择数据格式和比例”。

1.1 回波损耗

表示反射数据最容易的方式是回波损耗，回波损耗是一个标量，单位为 dB。回波损耗是反射信号低于入射信号的 dB 值，当阻抗完全匹配时，回波损耗为无穷大，对于开路、短路或无损的电抗电路，回波损耗为 0dB。例如，在分析仪上使用对数幅度格式进行测量时，显示的反射测量数据为 -18dB，表示回波损耗时，忽略负号，说器件有 18dB 的回波损耗。

1.2 驻波比

两组波在同一根传输线上沿相反的方向传输时就会引起驻波，这种情况可以用电压驻波比（VSWR 或简称为 SWR）表示。SWR 定义为在给定频率上最大射频包络电压与最小射频包络电压的比值，是一个标量，当阻抗完全匹配时，SWR 等于 1，对于开路、短路或无损的电抗电路，SWR 无穷大。

1.3 反射系数

另一种表示反射测量的方法是反射系数（ Γ ），反射系数是反射电压与入射电压的比值， Γ 包括幅度和相位信息， Γ 的幅度部分称为 ρ ， ρ 没有单位，取值范围为 0~1。当传输线用特征阻抗进行端接时，所有的能量都传递给负载，没有能量被反射， $\rho = 0$ 。当传输线用开路器或短路器进行端接时，所有的能量都被反射， $\rho = 1$ 。

现在讨论反射的相位信息。在高频时，当信号的波长比导体的长度小时，可以将反射波理解为与入射波沿相反方向传输的波，入射和反射波组合就会产生驻波现象，引起电压包络的幅度随着传输线的位置改变。

当传输线用特征阻抗进行端接时，没有反射信号，能量沿传输线向一个方向传输，所有入射信号的能量都传递给负载，如下图所示：

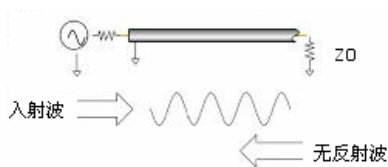


图 13-2 用负载端接的传输线的信号传输

当传输线用短路器端接时，所有的能量被反射回信号源，反射波的幅度等于入射波的幅度（ $\rho = 1$ ），短路器两端的电压等于 0，因此短路点反射的电压波与入射的电压波 180° 反相，电压彼此抵消。

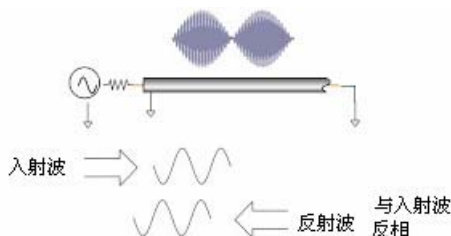


图 13-3 用短路器端接的传输线的信号传输

当传输线用开路器端接时，所有的能量被反射回信号源，反射波的幅度等于入射波的幅度（ $\rho = 1$ ），开路器中无电流流过，反射的电压波与入射的电压波同相。

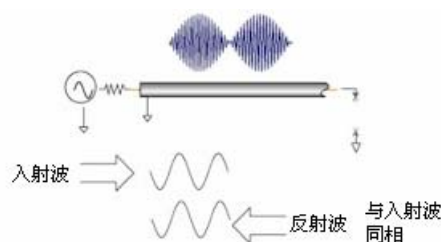
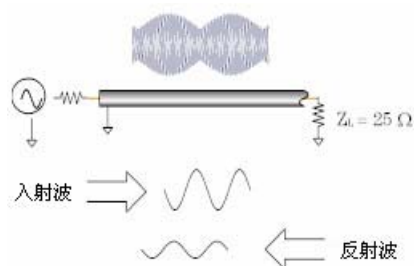


图 13-4 用开路器端接的传输线的信号传输

当传输线用 $25\ \Omega$ 电阻端接时，一部分能量被吸收，一部分能量被反射回信号源。反射波的幅度是入射波的 $1/3$ ，电压在电阻处 180° 反相，两者的相位关系沿传输线随着与端接电阻的距离变化而改变。驻波图形的波谷不再趋于零，波峰也要比开路器和短路器的要小。

图 13-5 用 $25\ \Omega$ 电阻端接的传输线的信号传输

1.4 阻抗

阻抗是表示反射数据的另外一种方式，关于阻抗的详细信息请参见第七章第七节“选择数据格式和比例”中的“史密斯圆图格式”部分。

2 反射测量表达总结

各种表达反射的数据都是根据相同的测量数据计算出来的，它们之间的关系如下图所示：

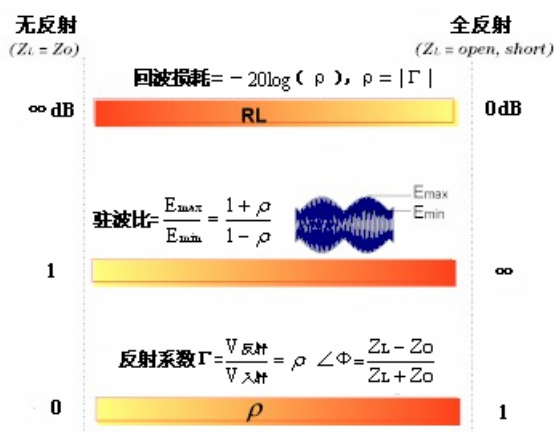


图 13-6 各种反射表达之间的关系

第二节 相位测量

1 什么是相位测量

同时了解被测件的幅度和相位信息对于高水平的器件集成是非常重要的。同幅度测量一样，相位测量也是利用 S 参数来完成的。相位测量是相对（比值）测量而不是绝对测量，测量时将进入器件信号（入射信号）的相位与器件响应信号的相位进行比较，响应信号既可以是反射信号也可以是传输信号。假定分析仪已进行过精确校准，则两个信号之间的相位差（即相移）便是被测件相位特性的测量结果，下图显示了可以通过示波器观察到的入射信号与传输信号之间的相移。

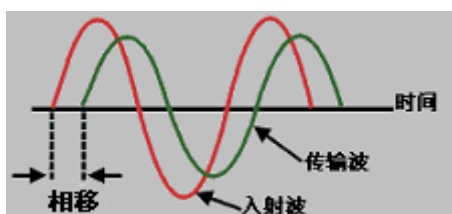


图 13-7 信号间的相移

2 为什么进行相位测量

相位测量是矢量网络分析仪的一项重要测量功能，下图列出了对幅度和相位进行精确测量的原因。

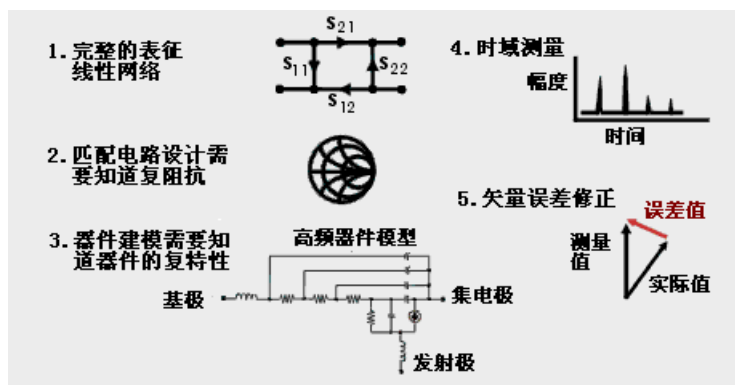


图 13-8 进行精确幅度和相位测量的原因

当元件和电路用在通信系统中传输信号时，不允许产生超过正常限度的信号失真，信号失真包括以下两类：

- **线性失真：**指的是随频率变化在所关注的频段内不能保持平坦的幅度和线性相移。
- **非线性失真：**指电路会产生新的频谱分量。

精确测量元器件或电路的幅度和相位特性非常重要，可以确保这些电路有效的传输或吸收能量，防止传输的信号失真。

3 使用分析仪的相位格式

分析仪的相位格式显示相位随频率或功率的变化，分析仪不能测量参考信号与响应信号间大于

$\pm 180^\circ$ 的相差，当相位值在 $+180^\circ$ 与 -180° 之间变化时，分析仪显示锯齿形的相位测量轨迹。锯齿波形并不是总能到达 $+180^\circ$ 和 -180° ，这是因为测量是在离散的频率点上进行的， $+180^\circ$ 和 -180° 处的数据点可能不在扫描测量点中。

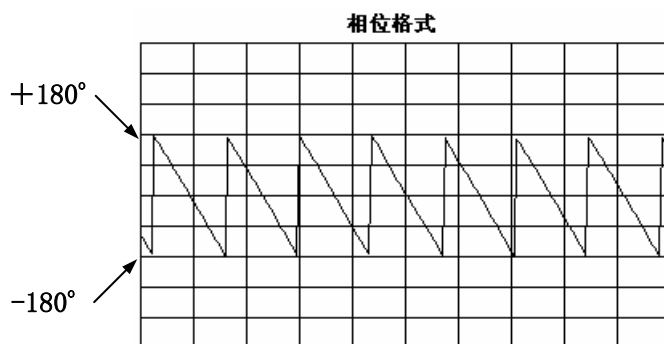


图 13-9 分析仪的相位格式

4 相位测量的类型

- **复阻抗**：复阻抗数据如电阻、电抗可以通过测量 S_{11} 和 S_{22} 确定，可以利用史密斯圆图和极坐标格式观察被测件的复阻抗，详细信息请参见本章第四节“复阻抗”。
- **AM-PM 变换**：AM-PM 变换测量由于系统幅度变化而产生的不希望出现的相位偏离，定义为输入到放大器的功率增加 1dB 时输出相位的变化，单位是“度/dB”，在 1dB 增益压缩点处进行测量，详细信息请参见本章第七节“AM-PM 变换”。
- **线性相位偏离**：线性相位偏离测量被测件所产生的相位失真。理想情况下，被测件的相移和频率成线性关系，相对于理论相移而产生的偏差量称为线性相位偏离（也叫相位线性度），详细信息请参见本章第九节“线性相位偏离”。
- **群延迟**：群延迟是另一种测量器件相位失真的方法，群延迟测量特定频率的信号通过器件的渡越时间，分析仪根据所测相位响应的导数计算群延迟，详细信息请参见本章第五节“群延迟”。

5 线性相位偏离与群延迟

线性相位偏离和群延迟都是测量器件的相位信息，但二者是用于不同目的的测量。

线性相位偏离测量的优点：

- 噪声比群延迟小。
- 可以更好的表征传输调相信号器件的特性，此时以相位为单位比以秒为单位更合适。

群延迟测量的优点：

- 比线性相位偏离更容易解释相位失真现象。
- 能最精确的表征被测器件的特性。因为在测量群延迟时，分析仪计算相位纹波的斜率，相位纹波斜率取决于单位频率内的纹波数量，将具有相同相位波纹峰峰值的相位响应进行比较，更大的相位斜率响应会导致：
 - * 更大的群延迟变化
 - * 更大的信号失真

第三节 放大器参数说明

1 增益

增益是放大器的输出功率（输出到特征阻抗负载）与输入功率（由特征阻抗源输出）之比，可以用下面的公式计算增益：

$$\tau = \frac{V_{\text{传输}}}{V_{\text{入射}}}$$

$$\text{增益} = 20\lg(|\tau|) = \text{输出功率 (dBm)} - \text{输入功率 (dBm)}$$

在小信号情况下，放大器的输出功率和输入功率是成正比的，小信号增益是在线性区内的增益。随着输入信号功率电平逐渐增大，放大器进入饱和状态，输出功率达到极限而引起增益下降，大信号增益是在非线性区的增益，详细信息请参见本章第八节“增益压缩”。

2 增益平坦度

增益平坦度指在放大器工作频率范围内的增益变化，详细信息请参见本章第十一节“小信号增益和平坦度”。

3 反向隔离

反向隔离测量输出端与输入端间的传输，类似于增益测量，只是激励信号加到放大器的输出端，详细信息请参见本章第十节“反向隔离”。

4 增益随时间（温度，偏置）的漂移

指的是当所有其他参数保持不变时，增益随时间的最大变化值，它是一个关于时间的函数。也可以测量与其他参数有关的增益漂移，如增益随温度、湿度和偏置电压的偏移。

5 线性相位偏离

指的是与线性相移间的偏离量，理想情况下，放大器的相移是频率的线性函数。详细信息请参见本章第九节“线性相位偏离”。

6 群延迟

群延迟测量信号通过放大器的渡越时间，是一个与频率相关的函数。理想的线性相移随频率具有恒定的变化速率，此时群延迟是一个常量，实际测量时通过下面的公式计算群延迟：

$$\text{群延迟 (秒)} = -\frac{\Delta \varphi}{\Delta \omega} = -360 \frac{\Delta \theta}{\Delta f}$$

详细内容请参见本章第五节“群延迟”。

7 回波损耗（驻波比， ρ ）

回波损耗在输入或输出端口测量放大器相对于系统阻抗 Z_0 的反射匹配，测量时通过下面的公式计算回波损耗：

$$\Gamma = \frac{V_{\text{反射}}}{V_{\text{入射}}} = \rho \angle \theta \quad (\rho \text{ 为反射系数})$$

$$\text{回波损耗} = -20\lg(\rho)$$

$$\text{驻波比} = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

8 复阻抗

器件反射能量的大小与器件的复阻抗有关，复阻抗由电阻分量和电抗分量组成，可以通过系统特征阻抗和反射系数得到，如下面的公式所示：

$$Z_L = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \times Z_0$$

详细信息请参见本章第四节“复阻抗”。

9 增益压缩

放大器有一个线性增益区，在该区域内增益与输入功率电平的大小无关（小信号增益），当功率电平增加到一定值时，导致放大器进入饱和状态，从而使增益减小。

增益压缩通过测量放大器的 1dB 增益压缩点确定（ P_{1dB} ），1dB 增益压缩点指的是放大器的增益相对于小信号增益降低 1dB 时的输出功率，通常这个测量值用来描述放大器的功率输出能力。详细信息请参见本章第八节“增益压缩”。

10 AM-PM 变换

AM-PM 变换测量由于放大器输入信号幅度变化所引起的输出信号相位的变化量，AM-PM 变换的单位是“度/dB”，通常在 1dB 增益压缩点进行测量，详细信息请参见本章第七节“AM-PM 变换”。

第四节 复阻抗

在对被测件进行 S_{11} 或 S_{22} 测量时，可以象观察幅度和相位信息一样观察被测件的复阻抗数据，如串联电阻、串联电抗，复阻抗数据可以使用史密斯圆图和极坐标格式进行观察。

1 什么是复阻抗

复阻抗数据可以通过被测件的 S_{11} 或 S_{22} 测量结果确定，被测件反射功率的大小与器件和测量系统的阻抗值都有关。例如，只有当器件和系统的阻抗完全相同时，复反射系数（ Γ ）才为 0（也就是说，从源到负载的功率传输效率最高）。每一个 Γ 值都对对应唯一的器件复阻抗值，复阻抗是频率的函数。

$$Z_L = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \times Z_0$$

式中 Z_L 为被测器件的阻抗， Z_0 为测量系统的特征阻抗。史密斯圆图和极坐标格式最适合用于进行阻抗测量，详细信息请参见第七章第七节“选择数据格式和比例”中“史密斯圆图格式”和“极坐标格式”部分。

2 提高阻抗测量精度

- 当设置满比例值为 1 时，使用史密斯圆图格式最容易理解阻抗测量结果。
- 当在史密斯圆图格式中使用光标时，使用离散光标模式可以获得更高的测量精度。
- 反射测量的不确定度受以下因素影响：
 - * 方向性
 - * 反射跟踪
 - * 源匹配
 - * 负载匹配

当使用全双端口校准时，可以减小这些因素的影响，如果被测件的输出接高质量的负载时，单端口校准也可以提供同样的测量精度，复阻抗的测量连接如下图所示：

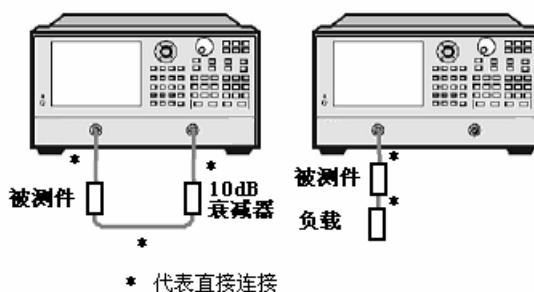


图 13-10 阻抗测量连接

- 单端口校准后如果在分析仪的两个端口之间连接被测件，推荐在被测件的输出端连接 10dB 的衰减器提高测量精度，如果已进行全双端口校准，不必连接此衰减器，因为全双端口校准修正了负载匹配误差。
- 单端口校准后如果只连接双端口器件到分析仪的一个端口，必须在器件的输出端口连接高质量的负载（如校准件中的负载标准）。

3 复阻抗测量的步骤

- a) 复位分析仪。
- b) 对分析仪进行设置、校准。
- c) 如上图所示连接器件，进行 S_{11} 或 S_{22} 测量。
- d) 观测阻抗数据：
 - 1) 选择史密斯圆图格式。
 - 2) 对显示的测量结果设置比例以便进行最佳观察。
 - 3) 打开光标，沿着轨迹移动光标读取需要数据点复阻抗的电阻和电抗分量。
 - 4) 打印或存储数据。
- e) 观察导纳数据（如果需要）：
 - 1) 打开光标，选择光标格式为 **G+jB** 读取导纳数据。
 - 2) 对显示的测量结果设置比例以便进行最佳观察。
 - 3) 沿着轨迹移动光标读取需要数据点复导纳的电导和电纳分量，电导和电纳的单位为西门子（S）。
 - 4) 打印或存储数据。
- f) 观察反射系数的幅度和相位：
 - 1) 选择史密斯圆图或极坐标格式。
 - 2) 打开光标，选择光标格式为对数/相位或线性/相位。
 - 3) 对显示的测量结果设置比例以便进行最佳观察。
 - 4) 沿着轨迹移动光标读取需要数据点的幅度和相位信息。
 - 5) 打印或存储数据。

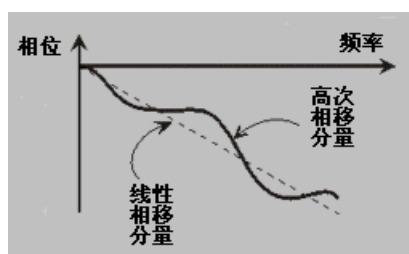
第五节 群延迟

群延迟测量被测件的相位失真，是信号通过被测件的实际渡越时间，随频率而变化。当说明群延迟指标时，一定要指定用于群延迟测量的孔径。

1 什么是群延迟

群延迟是：

- 器件相位失真的测量。
- 信号通过器件的渡越时间，随频率变化。
- 器件相位/频率特性的导数。



$$\begin{aligned} \text{群延迟} &= \frac{-d\phi}{d\omega} & \phi \text{ 的单位为弧度} \\ &= \frac{-1}{360^\circ} \cdot \frac{d\theta}{df} & \omega \text{ 的单位为弧度/秒} \\ & & \theta \text{ 的单位为度} \\ & & f \text{ 的单位为赫兹} \end{aligned}$$

图 13-11 相移与群延迟

器件的相位特性中包括线性相移分量和高次相移分量：

- **线性相移分量**：代表信号的平均渡越时间，表明了器件的电长度。
- **高次相移分量**：代表渡越时间随频率的变化，是引起信号失真的原因。

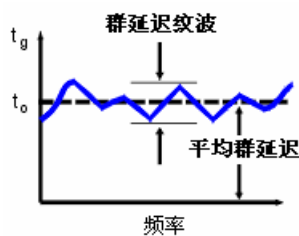


图 13-12 群延迟

在群延迟测量中：

- 线性相移分量代表平均群延迟。
- 高次相移分量代表对平均群延迟的偏离（群延迟纹波）。

- 正如线性相位偏离将引起失真一样，群延迟偏离也将引起信号失真。
- 群延迟测量迹线显示了每个频率信号经过被测件所用的时间。

分析仪采用下面的方法计算群延迟：

$$\begin{aligned} \text{群延迟} &= \frac{-d\phi}{d\omega} && \phi \text{ 的单位为弧度} \\ &= \frac{-1}{360^\circ} \cdot \frac{d\theta}{df} && \omega \text{ 的单位为弧度/秒} \\ &&& \theta \text{ 的单位为度} \\ &&& f \text{ 的单位为赫兹} \end{aligned}$$

- 根据相位数据求出相位变化（ $-d\phi$ ）。
- 指定的频率孔径作为频率变化（ $d\omega$ ）。
- 利用以上两个值，计算出相位随频率变化速率的近似值，这个近似值就是群延迟（假定在指定的频率孔径内相位线性变化）。

2 为什么测量群延迟

群延迟往往比线性相位偏离能更精确的显示相位失真信息，如下图所示：

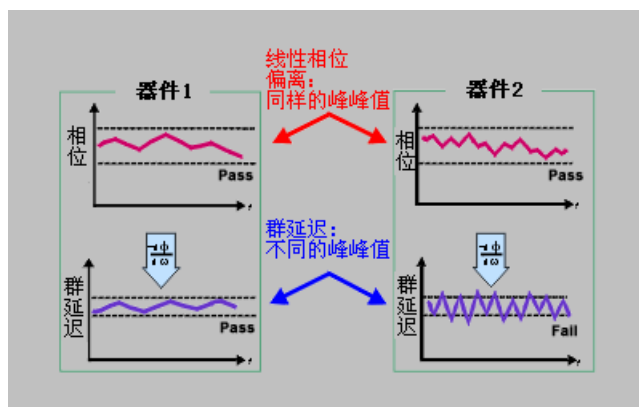


图 13-13 群延迟与线性相位偏离比较

- 图的上半部分显示了器件 1 和器件 2 的线性相位偏离的测量结果，尽管轨迹的形状不同，但两个器件的线性相位偏离相同。
- 图的下半部分显示了器件 1 和器件 2 的群延迟测量结果，两个器件的群延迟不同，这是因为分析仪根据相位纹波的斜率计算群延迟，相位纹波斜率决定于单位频率内的纹波数量。

3 什么是群延迟孔径

测量群延迟时，分析仪测量两个相邻频点上的相位，然后计算相位斜率。两个相位测量点之间的频率间隔（频率差值）称为孔径。改变孔径可以得到不同的群延迟值，这就是为什么对群延迟数据进行比较时，必须知道进行测量时所用的孔径。

分析仪默认的群延迟孔径为两个相邻扫描点的频率间隔，可以采用以下两种方法改变孔径的大小：

a) 改变测量点数或频率跨度

- 增加点数或减小频率跨度使孔径变窄。
- 减少点数或增大频率跨度使孔径变宽。

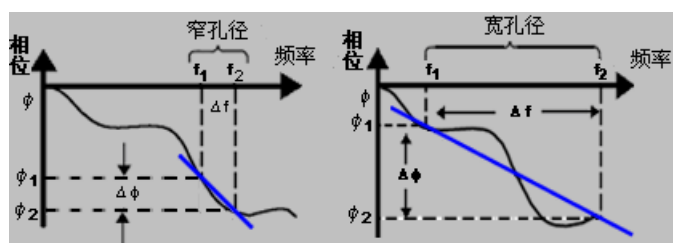


图 13-14 群延迟孔径对测量结果的影响



请注意：若孔径太宽，相邻频点之间的相移大于 180° 时，群延迟的计算就会发生错误。

b) 利用分析仪的平滑功能

进行单次扫描，打开平滑功能，改变平滑设置中取值范围的百分比，这样做的效果与改变扫描点之间的频率间隔类似。这种方法允许更宽的群延迟孔径，在平滑孔径内可以发生超过 180° 的相移。

群延迟测量可以在下面的扫描类型下进行：

- 线性频率
- 对数频率
- 段扫描

群延迟孔径取决于频率间隔和扫描点的密度，因此在对数频率和段扫描时群延迟孔径是变化的。

4 提高群延迟的测量精度

在群延迟测量时，保证相邻测量点之间的相位差小于 180° 是非常重要的，否则会得到错误的相位和群延迟信息，如下图所示)。在对长电延迟器件进行测量时，可能出现欠取样现象，可以通过调节下列设置，直到测量轨迹不再改变来确保两个相邻点之间的相位差小于 180° 。

- 增加点数
- 减小频率跨度

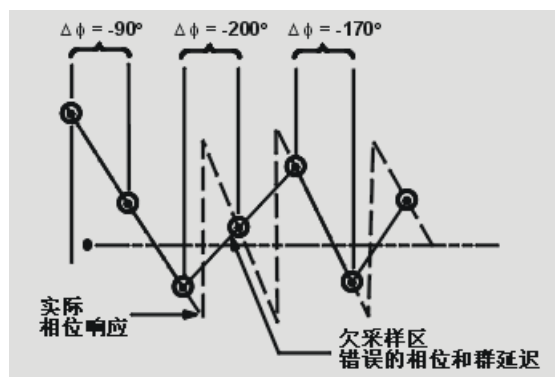


图 13-15 欠采样对群延迟测量的影响

频响是群延迟测量中的主要误差。进行直通响应校准能显著减小这个误差。为了获得更高的精度，应进行全双端口校准。对于放大器而言，响应可能随温度而变化，测试应在放大器处于所要求的工作温度下进行。

5 群延迟测量步骤

- a) 复位分析仪，若被测件是放大器，则必须调节分析仪的源功率：
 - 将分析仪的源功率设定在放大器响应的线性区（通常至少低于输入 1dB 压缩点 10dB）。
 - 如需要的话，在放大器的输出端口连接衰减器，使放大器的输出功率充分衰减，以免引起分析仪接收端口接收机压缩或烧毁。
- b) 如下图所示连接被测件。



图 13-16 群延迟测量连接

- c) 选择 S_{21} 测量。
- d) 为被测件选择设置，包括：
 - 格式：相位
 - 比例：自动比例
 - 测量点数：选择合适的点数确保不发生欠采样
- e) 移去被测件，进行校准。
- f) 重新连接被测件。
- g) 设置显示格式为群延迟，为测量显示设置比例以便进行最佳观察。
- h) 利用分析仪的平滑功能来增大孔径，减小迹线上的噪声，同时保持有意义的细节信息，为了增大孔径，可以采取以下步骤：
 - 1) 打开分析仪的平滑功能。
 - 2) 改变平滑孔径（最大为频率跨度的 25%）。
- i) 利用光标读取关注频率处的群延迟。
- j) 打印或保存数据。

第六节 绝对输出功率

1 什么是绝对输出功率

绝对输出功率测量分析仪接收端口上存在的功率。这个功率是绝对功率，不是以入射功率或源功率为参考（或是比值关系）的。此时在对数幅度格式中，与栅格纵轴相联系的值以 dBm 为单位，dBm 是以 1mW 为参考测出的功率：

- $0\text{dBm} = 1\text{mW}$
- $-10\text{dBm} = 100\text{ }\mu\text{W}$
- $+10\text{dBm} = 10\text{mW}$

在线性幅度格式中，与栅格纵轴相联系的值以 W 为单位。

2 为什么要测量绝对输出功率

当放大器的输出必须用绝对功率，而不是用相对功率测量来表示其大小时，便要测量绝对输出功率，例如，在增益压缩测量时，通常要测量 1dB 压缩时放大器的绝对输出功率。为提高测量精度，必须考虑以下因素：

- 必要时放大器的输出功率应进行充分衰减，输出功率太大可能导致以下结果：
 - * 超过分析仪接收机的输入压缩电平，导致测量结果不精确。
 - * 烧毁分析仪的接收机。
- 可以用衰减器或耦合器实现对放大器输出功率的衰减。
- 放大器在不同温度下有不同的响应值，只有当放大器处于所需的工作温度时才能进行测试。

3 绝对输出功率测量步骤

- 复位分析仪。
- 选择非比值功率测量（源在端口 1，B 接收机输入）。
- 设置分析仪的源功率为 0dBm。
- 按下图所示，连接放大器并提供直流偏置。如果必要的话，使用外部衰减器，使放大器的输出功率充分衰减，以免引起分析仪端口 2 的接收机压缩或烧毁。

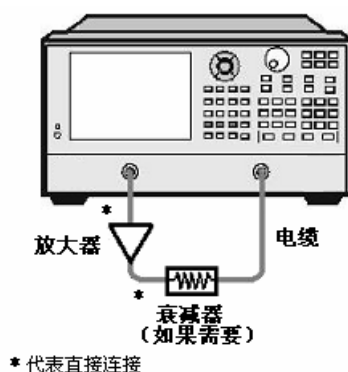


图 13-17 绝对输出功率测量连接

- 根据待测放大器，选择分析仪的设置。
- 移去放大器，在两个端口间连接剩下的衰减器和电缆，使用轨迹运算功能将数据轨迹保存

到内存中，使用**数据/存储**功能进行归一化。如在放大器测量时需要使用衰减器和电缆，归一化测量时必须包括它们。

- g) 重新连接放大器。
- h) 为测量显示设置比例以便进行最佳观察，利用光标读取所需频率上的绝对输出功率。
- i) 打印或保存数据。

第七节 AM-PM变换

放大器 AM-PM 变换测量因系统幅度变化引起的相位偏离的大小。

1 什么是 AM-PM 变换

AM-PM 变换测量由系统的幅度变化 (AM) 引起的不希望相位偏离 (PM)，在通信系统中相位偏离 (PM) 可能由以下原因引起：

a) 非故意幅度变化 (AM)

- 电源波动
- 热漂移
- 多径衰落

b) 有意的信号幅度调制

- QAM (正交调幅)
- 突发脉冲调制

AM-PM 变换通常定义为加到放大器输入端的扫描功率增加 1dB (在 1dB 增益压缩点处) 时输出相位的变化，用“度/dB”表示，一个理想放大器其相位响应与输入信号的功率电平无关。

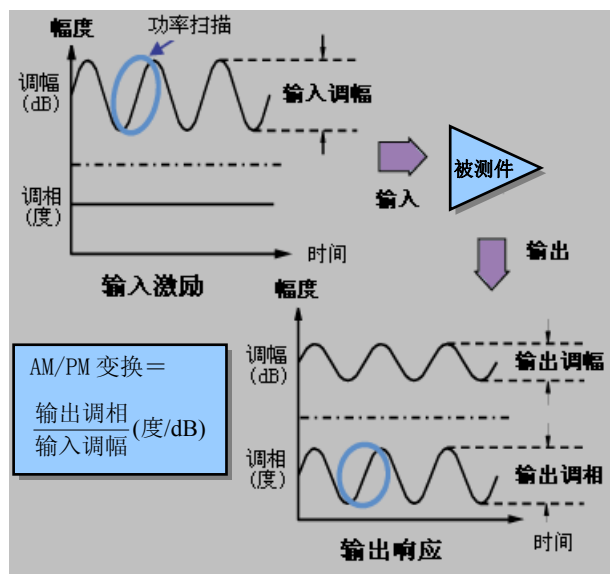


图 13-18 AM-PM 变换定义

2 为什么要测量 AM-PM 变换

在下面的相位 (角度) 调制系统中，AM-PM 变换是非常关键的参数：

- FM
- QPSK
- 16QAM

不希望的相位偏离 (PM) 会引起模拟信号性能恶化或数字通信系统中误码率 (BER) 增大。虽

然测量数字系统的误码率（BER）十分容易，但这一测量并不能帮助了解产生误码的根本原因。AM-PM 变换是造成误码的主要因素之一，因此，在通信系统中定量测量这个参数至关重要，从下面的 I/Q 图中，我们就会知道为什么 AM-PM 变换会引起误码。

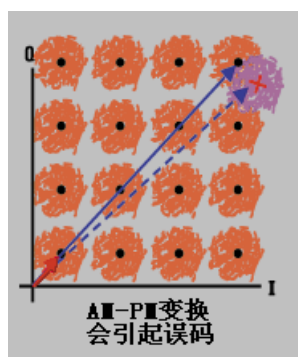


图 13-19 AM-PM 变换引起误码

- 所希望的状态变化是从小实线矢量至大实线矢量。
- 由于 AM-PM 变换，大实线矢量实际上可能像虚线所示那样结束，这是由于输入功率电平变化引起的相移造成的。
- 对于如上图所示的 64QAM 信号（只画出一个象限），围绕每个状态的噪声圆相重叠就意味着在统计上会出现误码。

3 与测量精度相关的因素

利用网络分析仪测量 AM-PM 变换，调幅信号的频率近似为扫描时间的倒数，即使设置最快的功率扫描，调制频率也相当低（通常低于 10Hz）。这可能引起扫描过程中被测件轻微的温度变化，若放大器具有小的热质量（典型的例子是未封装器件）时更是如此。若放大器的非线性特性对热变化极其敏感，利用这种方法得到的测量结果可能存在误差，为提高测量精度，测量时应考虑以下因素：

- 放大器在不同的温度下响应可能截然不同，测试应在放大器所需的工作温度下进行。
- 若有必要，应对放大器的输出功率进行充分衰减。太大的输出功率可能导致下列后果：
 - * 超过分析仪接收机的输入压缩电平，造成测量结果不精确。
 - * 烧毁分析仪的接收机。
- 可利用衰减器或耦合器对放大器的输出功率进行衰减。
- 校准期间必须考虑衰减器和耦合器频响的影响，因为它们都是测试系统的一部分，校准时必须包括它们，完善的误差修正技术可以减小或去除这些附件的影响。
- 频响是 AM-PM 变换测量组成中起支配作用的误差，采用直通响应校准能显著减小此误差。

4 AM-PM 变换的测量步骤

- 复位分析仪。
- 在功率扫描模式下选择 S_{21} 测量。
- 设置分析仪功率扫描的起始和终止功率电平，起始功率电平应在放大器响应的线性区（通常至少低于输入输入 1dB 压缩点 10dB），终止功率电平应该在放大器响应的压缩区。
- 如果需要的话，使用外部衰减器或耦合器，使放大器的输出功率充分衰减，避免引起分析仪端口 2 的接收机压缩或烧毁。

- e) 如下图所示连接放大器并提供直流偏置。

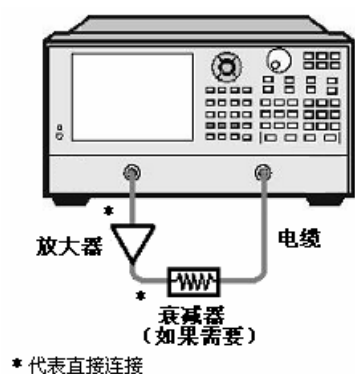


图 13-20 AM-PM 变换测量连接

- f) 根据被测放大器选择分析仪设置，以便在选定的频率上进行功率扫描增益压缩测量，详细信息参见本章第八节“增益压缩”。
- g) 移去放大器进行校准，如果在对放大器进行测量时要用到衰减器、耦合器和电缆，那么在校准时一定要包含它们。
- h) 重新连接放大器，打开光标 R，将其置于放大器的 1dB 增益压缩点处，打开第二个光标，激活 Δ 光标模式，设置第二个光标的激励值为 -1dBm。
- i) 将 S_{21} 测量从对数幅度格式变为相位格式（无需重新进行校准）。
- j) 读取光标之间的相位差值，该值便是在 1dB 增益压缩点上的 AM-PM 变换系数。
- k) 打印或存储数据。

第八节 增益压缩

增益压缩测量引起放大器压缩的功率电平的大小，通过以下三个步骤确定放大器的增益压缩：

- 进行**频率扫描增益压缩测量**，找出首先出现 1dB 增益压缩的频率。
- 进行**功率扫描增益压缩测量**，在特定的频率（通过上面的测量确定的频率）上进行功率扫描，确定增益下降 1dB 时的输入功率。
- 进行**绝对输出功率测量**确定压缩处的绝对输出功率（单位 dBm）。

1 什么是增益压缩

当放大器的输入功率增加到某一电平时，引起放大器的增益下降，输出功率呈非线性增大，便发生增益压缩。分析仪具有进行功率扫描及频率扫描的能力，通过功率扫描能确定放大器的非线性特性，下图显示了放大器的输入输出特性。

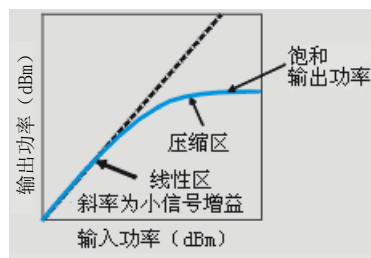


图 13-21 放大器的输入输出特性

- 放大器在某一功率电平下的增益为此点曲线的斜率。
- 放大器工作在线性区时，增益恒定不变且与功率电平无关，这个区域内的增益通常称小信号增益。
- 随着输入功率的增加，放大器增益开始下降，放大器进入压缩区。
- 放大器压缩最常用的测量是 1dB 压缩点，定义为当放大器增益下降 1dB 时（相对于放大器的小信号增益）的输入功率（有时为输出功率）。

2 为什么要测量增益压缩

当用正弦信号驱动放大器时，在压缩时放大器的输出不再是正弦信号。输出出现谐波分量，而不是只有输入信号的基波成份。随着输入功率的进一步增大，放大器饱和，输出功率保持不变，这时进一步增大放大器输入功率不会改变输出功率，在某些情况下，如行波管（TWT）放大器，在饱和之后输出功率实际上将随输入功率的继续增大而减小，这意味着放大器具有负增益。因为希望放大器工作在线性区，故了解引起增益压缩的输入信号的大小是很重要的。

3 与测量精度有关的因素

分析仪必须提供足够大的功率驱动放大器进入饱和区，如果分析仪信号源的功率电平不能满足要求，则需在被测放大器之前使用前置放大器来提升功率电平。如果利用前置放大器，校准时必须包括前置放大器。如有必要，应对放大器的输出进行充分衰减，输出功率太大可能导致下列结果：

- 超过分析仪接收机的输入压缩电平，导致测量结果不精确。
- 损坏分析仪的接收机。

衰减放大器的输出功率可以用衰减器或耦合器完成，因为他们是测试的组成部分，校准时必须考虑衰减器和耦合器的影响，正确的误差修正方法可以减小这些附件带来的影响。

- 频响是增益压缩测量中主要的误差来源，进行直通响应校准能显著减小这个误差。
- 放大器在不同温度下的响应可能截然不同，应在放大器处于所需的工作温度下进行测试。
- 减小中频带宽或利用测量平均可以改善精度，但要牺牲测量速度。

4 增益压缩测量步骤

4.1 频率扫描增益压缩测量

频率扫描增益压缩测量找出首先出现 1dB 增益压缩的频率点。

- 复位分析仪。
- 选择 S_{21} 测量参数，设置分析仪的源功率使放大器工作在线性区（通常功率至少比输入 1dB 压缩点低 10dB）。
- 如果需要的话，使用外部衰减器或耦合器使放大器的输出功率充分衰减，以免引起分析仪端口 2 的接收机压缩或烧毁。
- 如下图所示连接放大器并提供直流偏置。

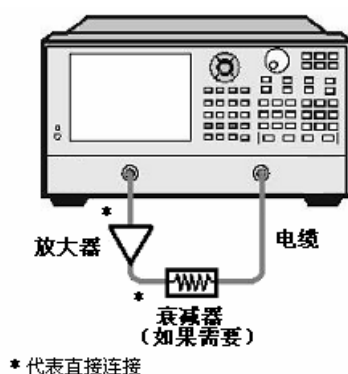


图 13-22 频率扫描增益压缩测量连接

- 根据被测放大器设置分析仪，为了降低噪声的影响，可能需要使用较窄的中频带宽。
- 移去放大器，进行直通响应校准，如果在放大器测量时要使用衰减器、耦合器和电缆，校准时必须包括他们。
- 重新连接放大器，打开光标，大致放在频率跨度的中心位置。
- 将分析仪的比例设置为 1dB/格。
- 逐步增大源功率，直到在迹线某一部分的第一个频率上观察到 1dB 增益压缩。
- 利用光标找出首先发生 1dB 增益压缩的频率，记下这个频率供后面的测量使用。
- 打印或保存数据。

4.2 功率扫描增益压缩测量

功率扫描增益压缩测量确定在特定频率（上面测量步骤 j 中确定的频率）上进行功率扫描时引起 1dB 增益压缩时的输入功率。

- 若还未确定功率扫描的频率，执行上面的**频率扫描增益压缩测量**。
- 在功率扫描模式下设置 S_{21} 测量，包括下列设置：

- 将点频频率设定为前面**频率扫描增益压缩测量**步骤 j 确定的频率。
 - 设置扫描的起始和终止功率电平，起始功率电平应使放大器处在线性区（通常功率应至少低于输入 1dB 压缩点 10dB），终止功率应使放大器处于压缩区。
- c) 设置比例为 1dB/格。
- d) 如果需要的话，使用外部衰减器或耦合器使放大器的输出功率充分衰减，以免引起分析仪端口 2 的接收机压缩或烧毁。
- e) 如下图所示连接放大器并提供直流偏置。

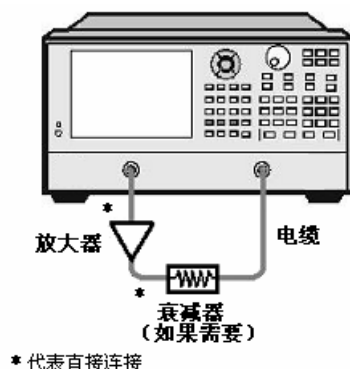


图 13-23 功率扫描增益压缩测量连接

- f) 根据被测放大器设置分析仪。
- g) 移去放大器，进行直通响应校准，如果在放大器测量时要使用衰减器、耦合器和电缆，校准时必须包括他们。
- h) 重新连接放大器，打开光标，确定发生 1dB 增益压缩处的输入功率。
- i) 打印或保存数据。

4.3 绝对输出功率测量

绝对输出功率测量确定放大器在压缩时的绝对输出功率（dBm）。

- a) 利用前面图中的测试组成，选择非比值功率测量方式，设置源在端口 1，B 输入。
- b) 保留前面功率扫描增益压缩测量时的点频频率设置。
- c) 将光标设置到发生 1dB 增益压缩的输入功率电平处（前面测量步骤 h 确定的功率电平）。
- d) 读取光标响应值，确定发生 1dB 增益压缩时放大器的绝对输出功率（dBm）。
- e) 打印或保存数据。



请注意： 在绝对功率测量时不能进行校准，不能补偿由衰减器和电缆引起的损耗，因此必须手动进行修正。

第九节 线性相位偏离

线性相位偏离测量器件的相位失真，测量时使用分析仪的电延迟功能去除相移的线性部分，从而高分辨率显示相移的非线性部分：线性相位偏离。

1 什么是线性相移

在进行信号传输时，随着入射信号频率的升高，信号的波长越来越短就会发生明显的相移。当器件的相位响应与频率成正比时，发生的是线性相移，在分析仪上显示的相位与频率关系轨迹是一条斜线，斜率与器件的电长度成正比。要进行无失真的信号传输，必须有线性的相移。

2 什么是线性相位偏离

在实际中，许多器件对某些频率的延迟大于对另一些频率的延迟，从而形成非线性相移，引起包括多个频率分量信号的失真，测量线性相位偏离是确定这类非线性相移大小的一种方法。

由于引起相位失真的只是线性相位偏离，因此希望从测量中去除相位响应的线性部分，这一点可以利用分析仪的电延迟功能实现，通过数学处理去除被测件的电长度，剩余下来的便是线性相位偏离或相位失真。

3 为什么要测量线性相位偏离

线性相位偏离测量有如下优点：

- 测量结果为相位数据而不是以秒为单位的群延迟数据。对于传输调制信号的器件，相位数据可能更有用。
- 提供一种比群延迟噪声低的测量方法。

4 利用电延迟功能

分析仪的电延迟特性有如下功能：

- 模拟可变长度无耗传输线，可以方便的加到信号路径中或从中去除。
- 补偿被测件电长度的变化。
- 使分析仪显示的相位测量轨迹变得平直，高分辨率的观察轨迹，以便发现相位的非线性细节信息。
- 提供一种方便的观察被测件线性相位偏离的方法。

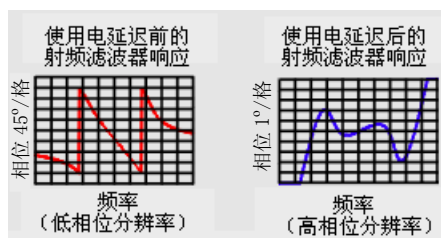


图 13-24 使用电延迟功能观察线性相位偏离

关于电延迟的详细信息请参见第八章第五节“提高相位测量精度”中的“电延迟”部分。

5 与测量精度有关的因素

测试组成的频响是线性相位偏离测量中起主要作用的误差，进行直通响应校准能显著减小这个误差，为了获得更高的精度，应进行全双端口校准。

6 线性相位偏离测量步骤

- a) 复位分析仪，若被测件是一个放大器，可能需要调节分析仪的源功率：
 - 设置分析仪的源功率使放大器工作在线性区（通常功率至少比输入 1dB 压缩点低 10dB）。
 - 如果需要，使用外部衰减器或耦合器使放大器的输出功率充分衰减，以免分析仪端口 2 的接收机压缩或烧毁。
- b) 选择 S_{21} 测量。
- c) 按下图所示连接被测件。

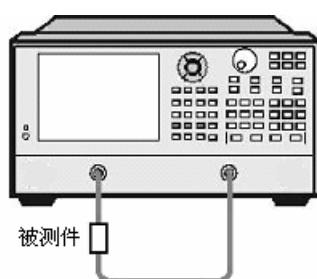


图 13-25 线性相位偏离测量连接

- d) 根据被测件对分析仪进行设置，包括设置格式为相位。
- e) 移去被测件，进行校准。
- f) 重新连接被测件，对测量显示设置比例以便进行最佳观察。
- g) 改变电延迟使相位轨迹平直。
- h) 利用光标读取线性相位偏离。
- i) 打印或保存数据。

第十节 反向隔离

反向隔离测量放大器从输出到输入的反向传输响应。

1 什么是反向隔离

反向隔离对器件输出到输入端的隔离程度进行测量，反向隔离的测量类似于正向增益的测量，但有以下不同：

- 激励信号被加到放大器的输出端口。
- 响应信号在放大器的输入端口测量。
- 其等效的 S 参数是 S_{12} 。

2 为什么要测量反向隔离

理想的放大器应具有无穷大的反向隔离，没有信号从输出端传回输入端。然而实际中信号有可能在反方向通过放大器，这种不希望有的反向传输可能使输出端口的反射信号干扰正向传输的所需信号，因此定量表示反向隔离是很重要的。

3 与测量精度有关的因素

由于放大器通常在反向呈现出高损耗，故在反向传输测量时一般无须使用衰减器或耦合器来保护端口 1 的接收机，去掉衰减器将增加动态范围，从而改善测量精度。可以通过增大源功率来提供更大的动态范围和更高的精度。



警告：

随着衰减器的去除和射频功率的增加，正向扫描时可能会烧毁分析仪端口 2 的接收机，因此不要进行正向扫描或执行全双端口校准，除非正向功率设置的足够低，不会烧毁分析仪端口 2 的接收机！

如果被测放大器的隔离非常大，则反向传输信号的电平可能会接近接收机的噪声基底或串扰电平，为了降低噪声基底，可以使用平均，增加平均次数，或减小中频带宽改善测量的动态范围和精度，但要牺牲测量的速度。

- 当串扰电平影响测量精度时，可通过执行**直通响应和隔离**校准降低串扰误差，校准和测量期间必须采用相同的平均因子和中频带宽。
- 在反向隔离测量时，测试组成的频响是主要的误差源，进行**直通响应**或**直通响应和隔离**校准可以去除这一误差。。
- 在不同的温度下，放大器的响应可能截然不同，测试应使放大器处于所要求的工作温度下进行。

4 反向隔离测量步骤

- a) 复位分析仪。
- b) 选择 S_{12} 测量。
- c) 如下图所示连接放大器，并提供直流偏置。



图 13-26 反向隔离测量连接

- d) 根据被测放大器设置分析仪。
- e) 移去放大器，进行**直通响应校准**或**直通响应和隔离校准**。
- f) 重现连接放大器，设置测量显示比例以便进行最佳观察。
- g) 利用光标读取关心频率点的反向隔离。
- h) 打印或保存数据。

第十一节 小信号增益和平坦度

小信号增益是放大器在线性工作区的增益，通常，这是在扫频范围内的恒定输入功率下测量的。增益平坦度是测量在规定的频率范围内增益的变化情况。

1 什么是增益

放大器的增益定义为放大器输出信号与输入信号之间的功率差（功率单位为 dBm），并假定放大器的输入和输出阻抗相同，为系统的特征阻抗。

- 增益用 S 参数术语称为 S_{21} 。
- 增益用 dB 即输出功率与输入功率的对数比表示。
- 当输入和输出电平都用 dBm（相对于 1mw 的功率）表示时，可以通过从输出电平减去输入电平计算增益。
- 放大器增益通常指工作频率范围内的最小增益，某些放大器同时给出最小和最大增益，以保证系统的后续各级不会欠激励或过激励。

2 什么是平坦度

平坦度指在规定的频率范围内放大器增益变化的大小，放大器增益的变化可能引起通过放大器信号的失真。

3 为什么要测量小信号增益和平坦度

增益在关注带宽内的偏差使信号各频率分量未被同等的放大，会引起传输信号失真。小信号增益表示在 50Ω 系统中特定频率上放大器的增益，平坦度表示 50Ω 系统中规定频率范围内放大器增益的偏离。

4 与测量精度有关的因素

- 放大器在不同温度下的响应可能截然不同，测试应在放大器处在所要求的工作温度下进行。
- 如有必要，放大器的输出功率应加以充分衰减，输出功率太大可能导致以下结果：
 - * 超过分析仪接收机的输入压缩电平，使测量结果不精确。
 - * 烧毁分析仪的接收机。
- 衰减放大器的输出功率可以用衰减器或耦合器来完成，由于衰减器和耦合器本身是测试组成的一部分，在校准时必须考虑它们失配和频响对测量精度的影响，正确的误差修正可以减小这些附件的影响。
- 测试组成的频响是小信号增益和平坦度测量中最主要的误差，进行直通响应校准能显著减小这个误差，进行全双端口校准可以获得更高的测量精度。
- 减小中频带宽或利用测量平均可以改善动态范围和精度，但要牺牲测量速度。

5 小信号增益和平坦度测量步骤

- a) 复位分析仪。
- b) 选择 S_{21} 测量参数。
- c) 设置分析仪的源功率使放大器工作在线性区，通常功率至少低于输入 1dB 压缩点 10dB。
- d) 如果需要，使用外部衰减器或耦合器使放大器的输出功率充分衰减，以免分析仪端口 2 的接收机压缩或烧毁。

- e) 如下图所示连接放大器，并为放大器提供直流偏置。

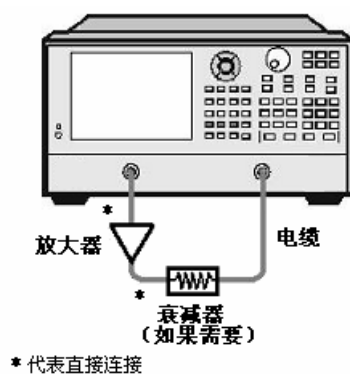


图 13-27 小信号增益和平坦度测量连接

- f) 根据被测放大器设置分析仪。
- g) 移去放大器，执行校准，校准时必须包括在测量时使用的衰减器、耦合器和电缆。
- h) 重新连接放大器。
- i) 设置测量显示的比例以便进行最佳观察，使用光标读取希望频率点的小信号增益。
- j) 使用光标观察整个频率范围内的峰峰值纹波来测量增益平坦度。
- k) 打印数据或保存。

第十四章 性能特性测试

表 14-1 AV3629A/B/C 系列高性能射频一体化矢网性能测试所需仪器设备 *

仪器名称	主要指标	推荐型号
N 型校准件	频率范围: DC ~ 9GHz 负载回波损耗: $\geq 40\text{dB}$ N(f)-N(f)转接器回波损耗: $\geq 38\text{dB}$ N(m)-N(m)转接器回波损耗: $\geq 38\text{dB}$	Agilent 85032F
测试电缆	回波损耗: $\geq 24\text{dB}$ 频率范围: DC ~ 9GHz	GORE OSZKUZZKU0240 GORE OSZKUZZKV0240
频率计	频率范围: 300kHz~9GHz 频率分辨率: 1Hz	53150A
频谱仪	频率范围: 0.01 ~ 20GHz	AV4033
功率计	功率范围: $1\mu\text{W}$ ~ 100mW	AV2432
功率计探头	频率范围: 30kHz ~ 9GHz	AV23211
BNC(M)-BNC(M)电缆	长度 1.5 米	自制
BNC(F)-N(M)转接器	频率范围: DC ~ 500MHz	N/BNC-JK
*: 可用同等性能特性的测试设备代替。		

第一节 性能特性测试方法



请注意:

测试中提到的复位操作, 均指厂家复位模式, 如分析仪处于用户定义复位状态, 应改为厂家复位状态并再次进行复位, 以保证分析仪初始状态处于已知状态。下列操作采用的校准件是 Agilent 85032F, 实际测试时用户应该根据具体使用的校准件进行选择。

1 频率范围及频率准确度

- a) 如图 14-1 所示连接系统, 预热 60 分钟以上;

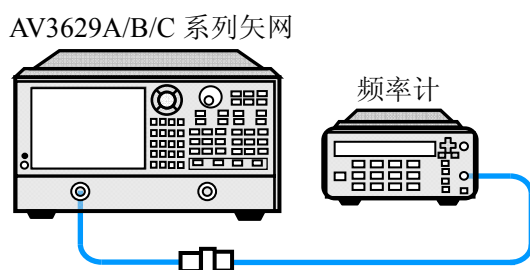


图 14-1 频率范围及频率准确度测试框图

- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网: 按【复位】→【扫描类型】→[点频], 按【起始/中心】→【3】→【0】→【0】→【k/m】;
- c) 在性能测试记录表中记录频率计的读数;
- d) 按照性能测试表中“表 14-2 频率范围及频率准确度”依次改变矢网点频频率, 将频率计读数记入性能测试记录表中。

2 频率分辨率

- a) 如图 14-2 所示连接系统, 预热 60 分钟以上;

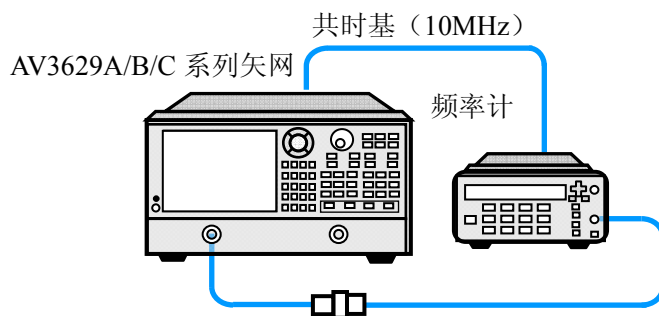


图 14-2 频率分辨率测试框图

- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网：按【复位】→【扫描类型】→[点频]，按【起始/中心】→【3】→【0】→【0】→【k/m】；
- c) 记录频率计的测量结果；
- d) 变化点频频率 1Hz，观察频率计读数是否变化 1Hz，记录测量结果；
- e) 按照性能测试表中“表 14-3 频率分辨率”依次改变矢网频率，重复上述步骤(c)～(d)，将结果记入性能测试记录表中。

3 测试端口输出谐波

- a) 系统预热 60 分钟以上，按图 14-3 所示连接系统；

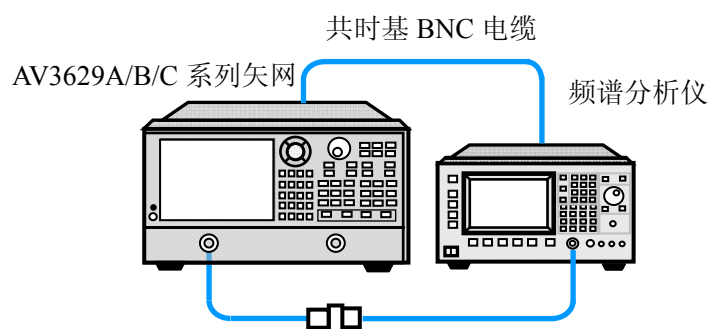


图 14-3 测试端口谐波/非谐波测试框图

- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网：按【复位】→【扫描类型】→[点频]，按【功率】→[功率电平]→【5】→【x1】；
- c) 按【起始/中心】→【3】→【0】→【0】→【k/m】，按【触发】→[单次]，在频谱分析仪上设置相应的测试频率，测试 300kHz 基波信号功率，然后利用频谱分析仪搜索二次谐波频率 600kHz，读取二次谐波与基波读数的差值，将结果填入性能测试记录表中；
- d) 按照性能测试记录表“表 14-4 测试端口输出谐波”改变矢网和频谱仪频率，重复步骤(c)。

4 测试端口输出非谐波

- a) 系统预热 60 分钟以上，按图 14-3 所示连接系统；
- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网：按【复位】→【扫描类型】→[点频]，按【功率】→[功率电平]→【5】→【x1】；
- c) 按【起始/中心】→【3】→【0】→【0】→【k/m】，按【触发】→[单次]，设置频谱分析仪起始频率 300kHz，终止频率 9GHz，读取 300kHz 信号的功率，搜索频偏 1kHz 以上的非谐波信号功率最大值，将二者差值作为非谐波结果填入性能测试记录表中；
- d) 按照性能测试表中“表 14-5 测试端口输出非谐波”改变矢网频率，重复步骤(c)。

5 测试端口最大输出功率

- a) 系统预热 60 分钟以上，按图 14-4 所示连接系统；
- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网：按【复位】→【扫描类型】→[点频]，按【功率】→[功率电平]→【5】→【x1】；

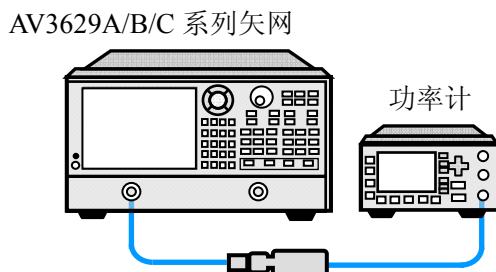


图 14-4 测试端口输出功率测试框图

- c) 按【起始/中心】→【3】→【0】→【0】→【k/m】，按【触发】→[单次]，将功率计读数填入性能测试记录表中；
- d) 按照“表 14-6 测试端口最大输出功率”改变 AV3629A/B/C 系列矢网频率，重复上述步骤（c）。

6 灵敏度测试

6.1 测试端口 1 灵敏度

- a) 如图 14-5 所示连接 AV3629A/B/C 系列矢网，系统预热 60 分钟以上；

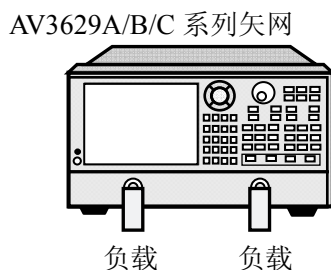


图 14-5 灵敏度指标测试框图

- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数：按【复位】→【菜单/对话】→【测量】→[更多类型]，在[源]列表框中选择源：2；在输入区中选择[A]单选框，然后按[确定]按钮；
- c) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网：按【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】；
- d) 设置功率电平：按【功率】→[功率电平]→【+/-←】→【8】→【5】→【x1】；
- e) 设置起始和终止频率：按【起始/中心】→【3】→【0】→【0】→【k/m】；[终止]→【9】→【G/n】；
- f) 按【比例】→[参考值]→【+/-←】→【1】→【0】→【0】→【x1】；

- g) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描：按【触发】→[单次]；
- h) 等待扫描完成后，按菜单[轨迹]→[轨迹统计...]，勾选[统计]复选框，将全带宽改为用户设置 1，将用户域定义区的[起始]框设置为 300kHz，[终止]框设置为 3GHz，将屏幕显示的平均值填入性能测试记录表中；
- i) 按照性能测试表“表 14-7 灵敏度指标”分别改变用户域定义区起始频率和终止频率，可以得到 3~6GHz 和 6~9GHz 范围内的平均值并填入性能测试记录表中，测试完成后按[确定]按钮。

6.2 测试端口 2 灵敏度

- j) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数：按【菜单/对话】→【测量】→[更多类型]，在[源]列表框中选择源：1；在输入区中选择[B]单选框，然后按[确定]按钮；
- k) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描：按【触发】→[单次]；
- l) 等待扫描完成后，按菜单[轨迹]→[轨迹统计...]，将用户域定义区的[起始]框设置为 300kHz，[终止]框设置为 3GHz，将屏幕显示的平均值填入性能测试记录表中；
- m) 按照性能测试表“表 14-7 灵敏度指标”分别改变用户域定义区起始频率和终止频率，可以得到 3~6GHz 和 6~9GHz 范围内的平均值并填入性能测试记录表中。

7 系统动态范围指标

7.1 测量端口 1 系统动态范围：

- a) 按图 14-6 所示连接系统，预热 60 分钟以上；

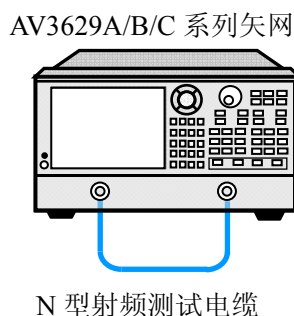


图 14-6 系统动态范围校准测试框图一

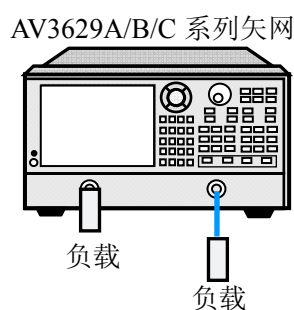


图 14-7 系统动态范围校准测试框图二

- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网：按【复位】→【平均】→【8】→【x1】→[平均 on/OFF]；
- c) 按【测量】→[S12]，【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【x1】；
- d) 根据测试仪器型号设置扫描模式：对于 AV3629A 型一体化矢网，设置段扫描模式：按【扫描类型】→【扫描类型】→[段扫描]→[显示段表]，按【菜单/对话】→【扫描类型】，勾选[独立的功率电平]，按[确定]完成设置。按照用户使用手册设置段扫描列表：列表 1，状态：ON，起始激励：300kHz，终止激励：6GHz，扫描点数：100，功率电平：+10dBm。列表 2：状态：ON，起始激励：6GHz，终止激励：9GHz，扫描点数：101，功率电平：+5dBm；

对于 AV3629B/C 型一体化矢网，按【功率】→[功率电平]→【1】→【0】→【x1】；

- e) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网校准件及校准类型，按【校准】→[校准向导]→[校准类型]→[直通频响和隔离]→[确定]；[测量机械标准]→[选择校准件]→[85032F]→[确定]；
- f) 开始进行校准，如图 14-6 所示连接射频电缆，按[直通]→[(THRU)]→[确定]→[确定]；
- g) 直通校准完成后，如图 14-7 所示将射频电缆从端口 1 处取下，在两个端口连接负载；
- h) 按[负载]→[N Male (LOAD-Fixed)]→[确定]→[确定]；
- i) 校准扫描完成后，按[确定]；
- j) 按【比例】→[参考值]→【+/-←】→【1】→【0】→【0】→【x1】；
- k) 按菜单[扫描]→[触发]→[触发...]，选中[组]，输入组数【8】→【x1】，按[确定]按钮；
- l) 扫描完成后，按菜单[光标]→[光标搜索...]，在[搜索类型]框中选择最大值，在[搜索域：]框中选择用户设置 1，将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz，[终止]框设置为 3GHz，按[执行]按钮，记录光标值；改变用户域范围区中[起始]和[终止]框的设置，搜索 3GHz~6GHz 和 6GHz~9GHz 范围内的最大值并将结果填入“表 14-8 系统动态范围指标”中，测试完成后按[确定]按钮。

7.2 测量端口 2 动态范围：

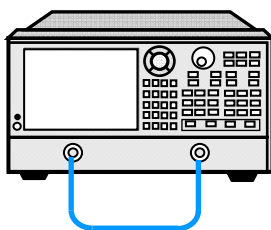
- m) 选定菜单[扫描]→[触发]→[触发...]，选中[连续]，按[确定]按钮，按【测量】→[S21]；
- n) 重复上述步骤（e）～（l），搜索 300kHz~3GHz，3GHz~6GHz 和 6GHz~9GHz 范围内最大值并将结果填入“表 14-8 系统动态范围指标”中。

8 校准前系统指标

8.1 测试校准前传输跟踪指标：

- a) 如图 14-8 所示连接射频电缆，预热 60 分钟以上；

AV3629A/B/C 系列矢网



N 型射频测试电缆

图 14-8 校准前传输跟踪测试框图

- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数：按【复位】→【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】，按【测量】→[S12]；
- c) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描：按【触发】→[单次]；
- d) 按菜单[光标]→[光标搜索...]，在[搜索类型]框中选择最大值，在[搜索域：]中选择用户设置 1，将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz，[终止]框设置为 25MHz，按

[执行]按钮，记录光标值；在[搜索类型]框中选择**最小值**，按[执行]按钮，记录光标值，将两次光标值最差值填入性能测试表中。按照“表 14-9 校准前系统指标”，改变**用户域范围区**中的[起始]和[终止]框的设置，搜索其它频率范围最差值，测试完成后按[确定]按钮；

- e) 按【测量】→[S21]，重复上述步骤（c）～（d）。

8.2 测试校准前反射跟踪指标：

- a) 如图 14-9 所示连接系统，预热 60 分钟以上；
 b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数：按【复位】→【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】，按【测量】→[S11]；
 c) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描：按【触发】→[单次]；

AV3629A/B/C 系列矢网

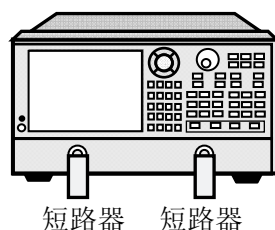


图 14-9 校准前反射跟踪测试框图

- d) 按菜单[光标]→[光标搜索...], 在[搜索类型]框中选择**最大值**，在[搜索域:]框中选择**用户设置 1**，将**用户域范围区**中的[起始]框设置为 300kHz，[终止]框设置为 25MHz，按[执行]按钮，记录光标值。在[搜索类型]框中选择**最小值**，按[执行]按钮，记录光标值，将两次光标值最差值填入性能测试表中。按照“表 14-9 校准前系统指标”，改变**用户域范围区**中的[起始]和[终止]框的设置，搜索其它频率范围最差值，测试完成后按[确定]按钮。
 e) 按【测量】→[S22]，重复上述步骤（c）～（d）。

8.3 测试校准前方向性指标：

- a) 如图 14-10 所示连接系统，预热 60 分钟以上；

AV3629A/B/C 系列矢网

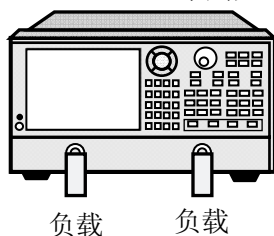


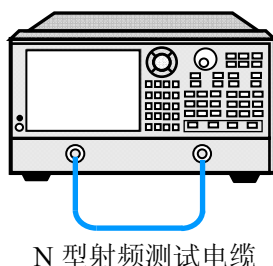
图 14-10 校准前方向性测试框图

- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数：按【复位】→【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】，按【测量】→[S11]；
- c) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描：按【触发】→[单次]；
- d) 按菜单[光标]→[光标搜索...]，在[搜索域:]中选用户设置 1，将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz，[终止]框设置为 25MHz，在[搜索类型]框中选择最大值，按[执行]按钮，将结果填入性能测试记录表中。改变用户域范围区中的[起始]和[终止]框的设置，搜索 25MHz~3GHz，3GHz~6GHz 和 6GHz 到 9GHz 范围内的最大值，并填入性能测试记录表中，测试完成后按[确定]按钮；
- e) 按【测量】→[S22]，重复上述步骤（c）～（d）。

8.4 测试校准前负载匹配指标：

- a) 如图 14-11 所示连接系统，预热 60 分钟以上；
- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数：按【复位】→【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】，按【测量】→[S11]；
- c) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描：按【触发】→[单次]；

AV3629A/B/C 系列矢网



N 型射频测试电缆

图 14-11 校准前负载匹配指标测试框图

- d) 按菜单[光标]→[光标搜索...]，在[搜索域:]中选择用户设置 1，将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz，[终止]框设置为 25MHz，在[搜索类型]框中选择最大值，按[执行]按钮，将结果填入性能测试记录表中。改变用户域范围区中的[起始]和[终止]框的设置，可以得到 25MHz~3GHz，3GHz~6GHz 和 6GHz 到 9GHz 范围内的最大值，并填入性能测试记录表中，测试完成后按[确定]按钮；
- e) 按【测量】→[S22]，重复上述步骤（c）～（d）。

9 校准后系统指标

9.1 测试端口 1 校准后传输跟踪指标：

- a) 预热 60 分钟以上，设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数：按【复位】→【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】，按【测量】→[S12]；
- b) 设置校准件及校准类型：按【校准】→[校准向导]→[校准类型]→[直通频响和隔离]→[确定]，按[测量机械标准]→[选择校准件]→[85032F]→[确定]；

- c) 如图 14-10 所示两个端口连接负载,按[负载]→[N Male (LOAD-Fixed)]→[确定]→[确定];
- d) 如图 14-11 所示连接射频电缆,按[直通]→[(THRU)]→[确定]→[确定];
- e) 校准扫描完成后,按[确定];
- f) 按【比例】→[比例]→【0】→【.】→【1】→【x1】;
- g) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描:按【触发】→[单次];
- h) 按菜单[光标]→[光标搜索...],在[搜索域:]中选择用户设置 1,将用户域范围中的[起始]框设置为 300kHz,[终止]框设置为 3GHz,在[搜索类型]框中选择最大值,按[执行]按钮,记录光标值,然后再在[搜索类型]框中选择最小值,按[执行]按钮,记录光标值,两次结果中的最差值作为 300kHz~3GHz 范围内的最差值,填入性能测试记录表中。改变用户域范围区中的[起始]和[终止]框的设置,搜索 3GHz~6GHz 和 6GHz~9GHz 范围内的最差值,并填入性能测试记录表中,测试完成后按[确定]按钮。

9.2 测试端口 2 校准后传输跟踪指标:

- i) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数:按【测量】→[S21],按【触发】→[连续];
重复上述步骤 (b) ~ (h),将结果填入性能测试表中。

9.3 测试端口 1 校准后反射跟踪指标:

- a) 按图 14-12 所示连接系统,预热 60 分钟以上;

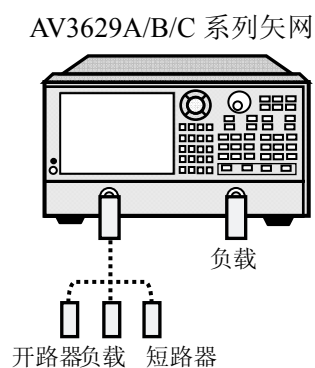


图 14-12 单端口校准连接框图一

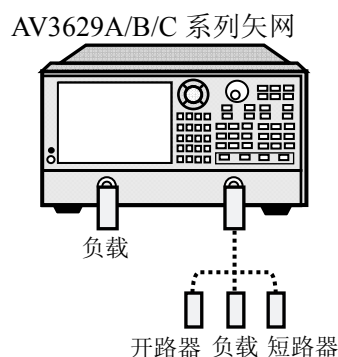


图 14-13 单端口校准连接框图二

- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网:按【复位】→【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】;
- c) 设置校准件及校准类型:按【校准】→[校准向导]→[校准类型]→[单端口(反射)]→[确定],按[测量机械标准]→[选择校准件]→[85032F]→[确定];
- d) 开始进行校准,如图 14-12 所示,在端口 2 连接负载,按[开路]→[N Male (OPEN)],按照提示在端口 1 连接开路器,按[确定]进行开路校准,完成后按[确定]。按[短路]→[N Male (SHORT)],按照提示在端口 1 连接短路器,按[确定]进行短路校准,完成后按[确定]。按[负载]→[N Male (LOAD-Fixed)],按照提示在端口 1 连接负载,按[确定]进行负载校准,完成后按[确定]→[确定]按钮完成校准;

- e) 在端口 1 连接短路器, 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描: 按【触发】→[单次];
- f) 当扫描完成后, 按【运算/存储】→[数据>>存储]→[数据/存储], 按【触发】→[单次], 按【比例】→[比例]→【0】→【.】→【1】→【x1】;
- g) 按菜单[光标]→[光标搜索...], 在[搜索域:]框中选择用户设置 1, 将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz, [终止]框设置为 3GHz, 在[搜索类型]框中选择最大值, 按[执行]按钮, 记录光标值, 然后再在[搜索类型]框中选择最小值, 按[执行]按钮, 记录光标值, 两次结果中的最差值作为 300kHz~3GHz 范围内的最差值, 填入性能测试记录表中。改变用户域范围区中的[起始]和[终止]框的设置, 搜索 3GHz~6GHz 和 6GHz~9GHz 范围内的最差值, 并填入性能测试表中, 测试完成后按[确定]按钮。

9.4 测试端口 1 校准后有效源匹配指标:

- h) 按菜单[轨迹]→[轨迹运算...]→[数据>>存储], 在[轨迹运算]框中选择数据+存储, 按[确定]按钮;
- i) 在端口 1 连接开路器, 按【比例】→[比例]→【1】→【0】→【x1】, 按[参考值]→【+/-←】→【4】→【0】→【x1】;
- j) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描: 按【触发】→[单次];
- k) 参考上述步骤 (g) 的分段搜索方法, 分别搜索 300kHz~3GHz, 3GHz~6GHz 和 6GHz~9GHz 范围内的最大值, 将得到的光标值减 6 填入性能测试表中, 完成后按[确定]按钮。

9.5 测试端口 1 校准后有效方向性指标:

- l) 在端口 1 接负载, 按菜单[轨迹]→[轨迹运算...], 在[轨迹运算]框中选择数据, 按[确定]按钮;
- m) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描: 按【触发】→[单次];
- n) 按照上述步骤 (g) 的分段搜索方法, 分别搜索 300kHz~3GHz, 3GHz~6GHz 和 6GHz~9GHz 范围内的最大值, 并填入性能测试表中, 完成后按[确定]按钮。

9.6 测试端口 2 校准后反射跟踪指标

- a) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网: 按【复位】→【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】;
- b) 设置测量参数: 按【测量】→[S22];
- c) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网校准件及校准类型: 按【校准】→[校准向导]→[校准类型]→[单端口(反射)]→[确定]。按[测量机械标准]→[选择校准件]→[85032F]→[确定];
- d) 开始进行校准, 如图 14-13 所示, 在端口 1 连接负载, 按[开路]→[N Female (OPEN)], 按照提示在端口 2 连接开路器, 按[确定]进行开路校准, 完成后按[确定]。按[短路]→[N Female (SHORT)], 按照提示在端口 2 连接短路器, 按[确定]进行短路校准, 完成后按[确定]。按[负载]→[N Female (LOAD-Fixed)], 按照提示在端口 2 连接负载, 按[确定]进行负载校准, 完成后按[确定]→[确定]按钮完成校准;
- e) 在端口 2 连接短路器, 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描: 按【触发】→[单次];

- f) 当扫描完成后, 按【运算/存储】→[数据>>存储]→[数据/存储]; 按【比例】→[比例]→【0】→【.】→【1】→【x1】, 按【触发】→[单次];
- g) 按菜单[光标]→[光标搜索...], 在[搜索域:]框中选择用户设置 1, 将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz, [终止]框设置为 3GHz, 在[搜索类型]框中选择最大值, 按[执行]按钮, 记录光标值, 然后再在[搜索类型]框中选择最小值, 按[执行]按钮, 记录光标值, 两次结果中的最差值作为 300kHz~3GHz 范围内的最差值, 填入性能测试记录表中。改变用户域范围区中的[起始]和[终止]框的设置, 搜索 3GHz~6GHz 和 6GHz~9GHz 范围内的最差值, 并填入性能测试记录表中, 完成后按[确定]按钮。

9.7 测试端口 2 校准后有效源匹配指标:

- h) 按菜单[轨迹]→[轨迹运算...]→[数据>>存储], 在[轨迹运算]框中选择数据+存储, 按[确定]按钮;
- i) 在端口 2 连接开路器, 按【比例】→[比例]→【1】→【0】→【x1】, [参考值]→【+/-】→【4】→【0】→【x1】;
- j) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描: 按【触发】→[单次];
- k) 按菜单[光标]→[光标搜索...], 在[搜索域:]中选择用户设置 1, 将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz, [终止]框设置为 3GHz, 在[搜索类型]框中选择最大值, 按[执行]按钮, 记录光标值, 将得到的光标值减 6 填入性能测试表中。改变用户域范围区中的[起始]和[终止]框值, 搜索 3GHz~6GHz 和 6GHz 到 9GHz 范围内的最大值, 将得到的光标值减 6 填入性能测试表中, 完成后按[确定]按钮。

9.8 测试端口 2 校准后有效方向性指标:

- l) 在端口 2 接负载, 按菜单[轨迹]→[轨迹运算...], 在[轨迹运算]框中选择数据, 按[确定]按钮;
- m) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描: 按【触发】→[单次];
- n) 按菜单[光标]→[光标搜索...], 在[搜索域:]框中选择用户设置 1, 将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz, [终止]框设置为 3GHz, 在[搜索类型]框中选择最大值, 按[执行]按钮, 记录光标值, 将得到的光标值填入性能测试表中。改变用户域范围区中的[起始]和[终止]框的值, 搜索 3GHz~6GHz 和 6GHz 到 9GHz 范围内的最大值, 将得到的光标值填入性能测试表中, 完成后按[确定]按钮。

9.9 测试校准后有效负载匹配指标

- a) 按图 14-14 所示连接系统, 预热 60 分钟以上;
- b) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网: 按【复位】→【扫描设置】→[中频带宽]→【1】→【0】→【x1】;
- c) 按【校准】→[校准向导], 按[校准类型]→[全双端口 SOLT]→[确定]; 按[测量机械标准]→[选择校准件]→[85032F]→[确定];
- d) 按端口 1 的[开路]按钮, 按[N Male (OPEN)]按钮, 按照提示在端口 1 连接开路器, 按[确

定]进行端口 1 开路校准,完成后按[确定];按端口 2 的[开路]按钮,按[N Female (OPEN)]按钮,按照提示在端口 2 连接开路器,按[确定]进行端口 2 开路校准,完成后按[确定];同样完成短路和负载校准,完成后按[直通],按[(THRU)]按钮,如图 14-15 所示连接系统,按[确定],完成直通校准后按[确定]按钮,完成后按[确定]完成全二端口校准。

AV3629A/B/C 系列矢网

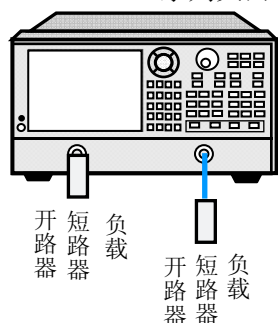


图 14-14 全二端口校准连接框图一

AV3629A/B/C 系列矢网

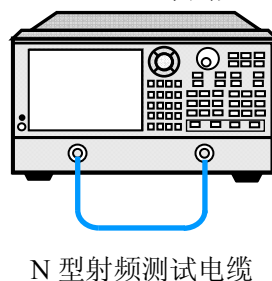


图 14-15 全二端口校准连接框图二

9.10 测试端口 1 校准后有效负载匹配指标:

- e) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数: 按【测量】→[S11];
- f) 设置参考: 按[参考值]→【+/-/←】→【4】→【0】→【x1】;
- g) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描: 按【触发】→[单次];
- h) 按菜单[光标]→[光标搜索...],在[搜索域:]框中选择用户设置 1,将用户域范围中的[起始]框设置为 300kHz,[终止]框设置为 3GHz,在[搜索类型]框中选择最大值,按[执行]按钮,记录光标值,填入性能测试记录表中。改变用户域范围区中[起始]和[终止]框的值,搜索 3GHz~6GHz 和 6GHz 到 9GHz 范围内的最大值,并填入性能测试记录表中,完成后按[确定]按钮。

9.11 测试端口 2 校准后有效负载匹配指标:

- i) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网测量参数: 按【测量】→[S22];
- j) 设置 AV3629A/B/C 系列矢网进行单次扫描: 按【触发】→[单次];
- k) 按菜单[光标]→[光标搜索...],在[搜索域:]中选择用户设置 1,将用户域范围区中的[起始]框设置为 300kHz,[终止]框设置为 3GHz,在[搜索类型]框中选择最大值,按[执行]按钮,记录光标值,填入性能测试记录表中。改变用户域范围区中的[起始]和[终止]框的值,搜索 3GHz~6GHz 和 6GHz 到 9GHz 范围内的最大值,并填入性能测试记录表中,完成后按[确定]按钮。

第二节 AV3629A/B/C系列高性能射频一体化矢网性能测试记录

表 14-2 频率范围及频率准确度

测试频率(MHz)	要求最小值(MHz)	测量结果值(MHz)	要求最大值(MHz)
0.300	0.300		0.300
10.000	9.999 990		10.000 010
1 000.0	999.999 000		1 000.001 000
2 000.0	1 999.998 000		2 000.002 000
3 000.0	2 999.997 000		3 000.003 000
4 000.0	3 999.996 000		4 000.004 000
5 000.0	4 999.995 000		5 000.005 000
6 000.0	5 999.994 000		6 000.006 000
7 000.0	6 999.993 000		7 000.007 000
8 000.0	7 999.992 000		8 000.008 000
9 000.0	8 999.991 000		9 000.009 000

表 14-3 频率分辨率

测试设置频率	测量值	改变 1Hz 后测试频率	测量值
300.000 kHz		测试设置频率+1Hz	
10.000 000MHz		测试设置频率+1Hz	
1.000 000 000 GHz		测试设置频率+1Hz	
2.000 000 000 GHz		测试设置频率+1Hz	
3.000 000 000 GHz		测试设置频率+1Hz	
4.000 000 000 GHz		测试设置频率+1Hz	
5.000 000 000 GHz		测试设置频率+1Hz	
6.000 000 000 GHz		测试设置频率+1Hz	
7.000 000 000 GHz		测试设置频率+1Hz	
8.000 000 000 GHz		测试设置频率+1Hz	
9.000 000 000 GHz		测试设置频率-1Hz	

表 14-4 测试端口输出谐波

频率	要求值(dBc)	测量值(dBc)
300kHz	≤-20	
1GHz	≤-20	
3GHz	≤-20	
5GHz	≤-20	
6GHz	≤-20	
7GHz	≤-20	
9GHz	≤-20	

第十四章 性能特性测试

表 14-5 测试端口输出非谐波

频率	要求值(dBc)	测量值 (dBc)
300kHz	≤ -30	
1GHz	≤ -30	
3GHz	≤ -30	
5GHz	≤ -30	
6GHz	≤ -30	
7GHz	≤ -30	
9GHz	≤ -30	

表 14-6 测试端口最大输出功率

测试频率	设定功率	要求最小值(dBm)	实测功率 (dBm)	要求最大值(dBm)
300kHz	5 dBm	3		7
500MHz	5 dBm	3		7
1GHz	5 dBm	3		7
3GHz	5 dBm	3		7
5GHz	5 dBm	3		7
6GHz	5 dBm	3		7
7GHz	5 dBm	3		7
9GHz	5 dBm	3		7

表 14-7 灵敏度指标

频率范围	测试端口	中频带宽	要求值 (dBm)	实测值 (dBm)
300kHz ~ 3.0GHz	端口 1	10Hz	≤ -110	
3.0GHz ~ 6.0GHz	端口 1	10Hz	≤ -100	
6.0GHz ~ 9.0GHz	端口 1	10Hz	≤ -100	
300kHz ~ 3.0GHz	端口 2	10Hz	≤ -110	
3.0GHz ~ 6.0GHz	端口 2	10Hz	≤ -100	
6.0GHz ~ 9.0GHz	端口 2	10Hz	≤ -100	

表 14-8 系统动态范围指标

测试内容	频率范围	要求值 (dB)	实测值 (dB)
测试端口 1 动态范围 (S12)	300kHz~3GHz	≥ 115	
	3GHz~6GHz	≥ 105	
	6GHz~9GHz	≥ 105	
测试端口 2 动态范围 (S21)	300kHz~3GHz	≥ 115	
	3GHz~6GHz	≥ 105	
	6GHz~9GHz	≥ 105	

表 14-9 校准前系统指标

频率范围	要求值 (dB)	测试内容	实测值 (dB)	测试内容	实测值(dB)
300kHz~25MHz	$\leq \pm 3.5$	测试端口 1 传输跟踪(S12)		测试端口 2 传输跟踪(S21)	
25MHz~3GHz	$\leq \pm 2.5$				
3GHz~6GHz	$\leq \pm 3.5$				
6GHz~9GHz	$\leq \pm 4.5$				
300kHz~25MHz	$\leq \pm 3.5$	测试端口 1 反射跟踪(S11)		测试端口 2 反射跟踪(S22)	
25MHz~3GHz	$\leq \pm 2.5$				
3GHz~6GHz	$\leq \pm 3.5$				
6GHz~9GHz	$\leq \pm 4.5$				
300kHz~25MHz	≤ -25	测试端口 1 方向性(S11)		测试端口 2 方向性(S22)	
25MHz~3GHz	≤ -22				
3GHz~6GHz	≤ -20				
6GHz~9GHz	≤ -13				
300kHz~25MHz	≤ -10	测试端口 1 负载匹配 (S11)		测试端口 2 负载匹配 (S22)	
25MHz~3GHz	≤ -15				
3GHz~6GHz	≤ -13				
6GHz~9GHz	≤ -10				

表 14-10 校准后系统指标

频率范围	要求值 (dB)	测试内容	实测值 (dB)	测试内容	实测值(dB)
300kHz~3GHz	$\leq \pm 0.04$	测试端口 1 传输跟踪(S12)		测试端口 2 传输跟踪(S21)	
3GHz~6GHz	$\leq \pm 0.04$				
6GHz~9GHz	$\leq \pm 0.05$				
300kHz~3GHz	$\leq \pm 0.03$	测试端口 1 反射跟踪(S11)		测试端口 2 反射跟踪(S22)	
3GHz~6GHz	$\leq \pm 0.05$				
6GHz~9GHz	$\leq \pm 0.06$				
300kHz~3GHz	≤ -41	测试端口 1 源匹配(S11)		测试端口 2 源匹配(S22)	
3GHz~6GHz	≤ -35				
6GHz~9GHz	≤ -33				
300kHz~3GHz	≤ -44	测试端口 1 方向性(S11)		测试端口 2 方向性(S22)	
3GHz~6GHz	≤ -40				
6GHz~9GHz	≤ -38				
300kHz~3GHz	≤ -46	测试端口 1 负载匹配(S11)		测试端口 2 负载匹配(S22)	
3GHz~6GHz	≤ -40				
6GHz~9GHz	≤ -36				

注：根据仪器型号填写上述表格。

测试机型：☐ 1. AV3629A ☐ 2. AV3629B ☐ 3. AV3629C

校准件型号：_____

测试地点：_____ 测试时间：_____ 年 月 日

环境温度：_____ 相对湿度：_____ % RH

测试结论：☐ 合格 ☐ 不合格 测 试 人：_____
