

实验题目：网络分析仪的认识与基本操作

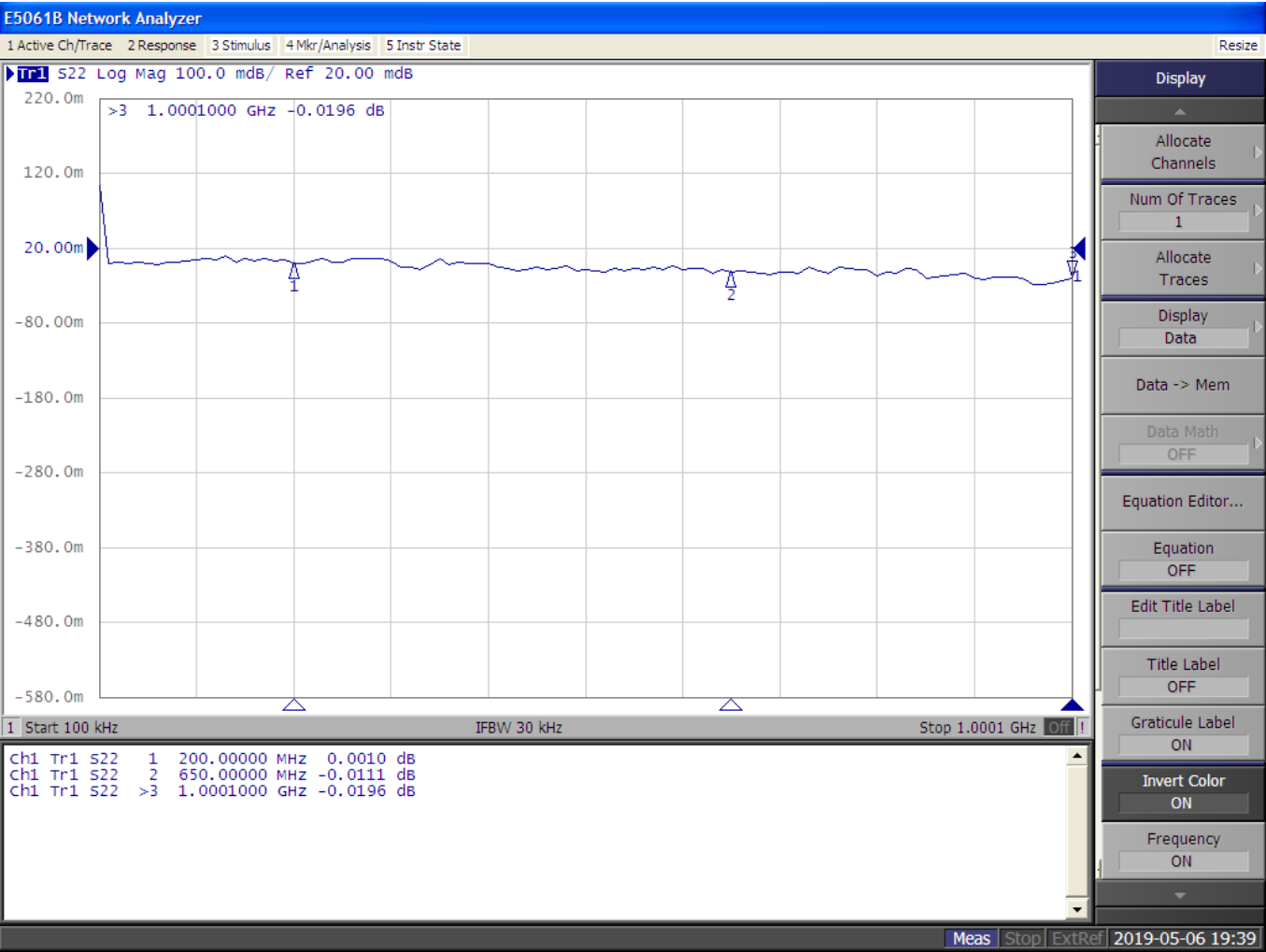
实验目的：

1. 了解矢量网络分析仪的基本原理与测试原理
2. 熟悉矢量网络分析仪的基本使用与校准、测量操作
3. 测量并了解不同传输线的特性

实验内容

记录测量结果

图像



数据记录

| | | |
|-------------|--------|--------|
| # Channel 1 | FIELD2 | FIELD3 |
|-------------|--------|--------|

| # Channel 1 | FIELD2 | FIELD3 |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| # Trace 1 | | |
| Frequency, | Formatted Data, | Formatted Data, |
| +1.000000000000E+005, | +1.12362456987E-001, | +0.000000000000E+000 |
| +1.010000000000E+007, | +7.55246348207E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +2.010000000000E+007, | +5.62861860806E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +3.010000000000E+007, | +1.03459998783E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +4.010000000000E+007, | +6.21096926161E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +5.010000000000E+007, | +8.01106589136E-004, | +0.000000000000E+000 |
| +6.010000000000E+007, | +4.76302039570E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +7.010000000000E+007, | +5.90052565461E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +8.010000000000E+007, | +7.39812940591E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +9.010000000000E+007, | +4.42804599432E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.001000000000E+008, | +4.59289246376E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.101000000000E+008, | +7.88104303958E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.201000000000E+008, | +7.61262070536E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.301000000000E+008, | +6.26901539018E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.401000000000E+008, | +7.51190196403E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.501000000000E+008, | +6.85752100410E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.601000000000E+008, | +6.85667433982E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.701000000000E+008, | +7.56424895690E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.801000000000E+008, | +3.78911699542E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +1.901000000000E+008, | +7.65033041229E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +2.001000000000E+008, | +7.80106657926E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +2.101000000000E+008, | +2.57139582778E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +2.201000000000E+008, | +2.62553916984E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +2.301000000000E+008, | +1.09594994260E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +2.401000000000E+008, | +4.28140506368E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +2.501000000000E+008, | +5.98661994774E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +2.601000000000E+008, | +8.14838608644E-003, | +0.000000000000E+000 |
| +2.701000000000E+008, | +8.67437455328E-003, | +0.000000000000E+000 |

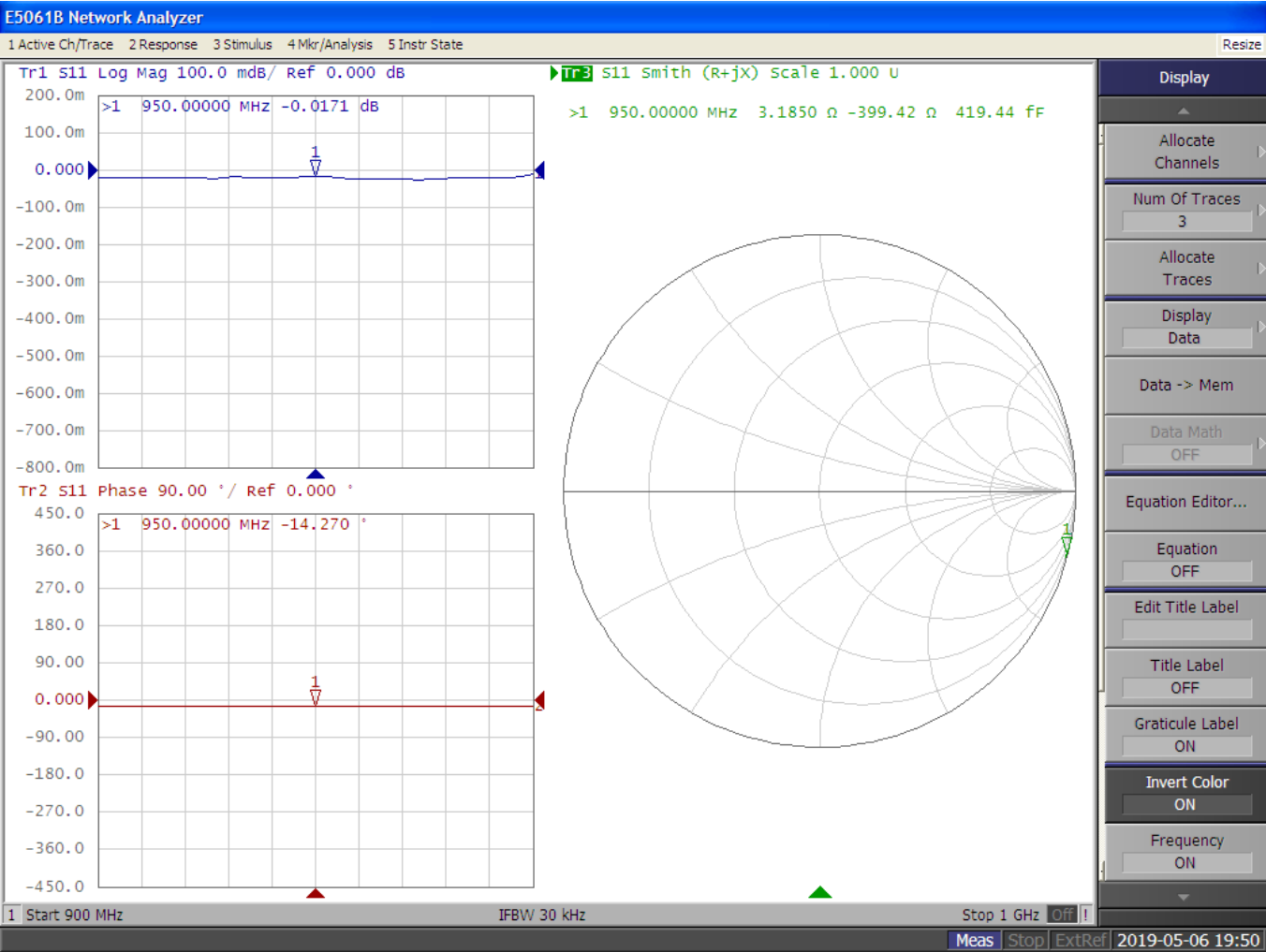
| # Channel 1 | FIELD2 | FIELD3 |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| +2. 80100000000E+008, | +1. 53709794446E-002, | +0. 00000000000E+000 |
| +2. 90100000000E+008, | +1. 34410690009E-002, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 00100000000E+008, | +4. 77222293885E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 10100000000E+008, | -2. 28961528431E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 20100000000E+008, | -2. 95664489319E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 30100000000E+008, | -6. 69691862313E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 40100000000E+008, | -2. 75403179735E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 50100000000E+008, | +1. 13382931565E-002, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 60100000000E+008, | -1. 69362041046E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 70100000000E+008, | +5. 44204718414E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 80100000000E+008, | +2. 44759744527E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +3. 90100000000E+008, | +2. 55663584366E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 00100000000E+008, | +2. 08591143210E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 10100000000E+008, | -3. 33931675326E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 20100000000E+008, | -2. 26540425705E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 30100000000E+008, | -6. 54701958116E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 40100000000E+008, | -2. 64020397228E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 50100000000E+008, | -1. 84804181606E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 60100000000E+008, | -2. 99576195907E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 70100000000E+008, | -2. 38693875193E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 80100000000E+008, | -3. 22213250166E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +4. 90100000000E+008, | -3. 01280684201E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 00100000000E+008, | -3. 75899854767E-004, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 10100000000E+008, | -7. 44049265443E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 20100000000E+008, | -6. 48686420620E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 30100000000E+008, | -4. 33959082365E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 40100000000E+008, | -3. 30777757860E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 50100000000E+008, | -2. 36499860020E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 60100000000E+008, | -1. 24110728857E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 70100000000E+008, | -3. 51850212300E-003, | +0. 00000000000E+000 |

| # Channel 1 | FIELD2 | FIELD3 |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| +5. 80100000000E+008, | -4. 41923373673E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +5. 90100000000E+008, | -3. 93471659388E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 00100000000E+008, | -2. 63304359440E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 10100000000E+008, | -4. 90661789789E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 20100000000E+008, | -2. 46123223837E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 30100000000E+008, | -4. 46116672253E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 40100000000E+008, | -4. 44868437430E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 50100000000E+008, | -6. 31517356652E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 60100000000E+008, | -6. 90101112918E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 70100000000E+008, | -8. 85126298908E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 80100000000E+008, | -4. 80426862848E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +6. 90100000000E+008, | -1. 28759959925E-002, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 00100000000E+008, | -6. 27583055549E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 10100000000E+008, | -8. 46949976304E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 20100000000E+008, | -5. 87769877870E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 30100000000E+008, | -9. 89922255972E-004, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 40100000000E+008, | -6. 50978348362E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 50100000000E+008, | -9. 54411856521E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 60100000000E+008, | -1. 38311209771E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 70100000000E+008, | -2. 91087060248E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 80100000000E+008, | -1. 34443655874E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +7. 90100000000E+008, | -4. 37090152175E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +8. 00100000000E+008, | -1. 15282859938E-002, | +0. 00000000000E+000 |
| +8. 10100000000E+008, | -5. 01499819183E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +8. 20100000000E+008, | -9. 33205090433E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +8. 30100000000E+008, | -8. 83139097243E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +8. 40100000000E+008, | -9. 60985399128E-003, | +0. 00000000000E+000 |
| +8. 50100000000E+008, | -1. 71859646591E-002, | +0. 00000000000E+000 |
| +8. 60100000000E+008, | -1. 10860677861E-002, | +0. 00000000000E+000 |
| +8. 70100000000E+008, | -1. 43216642383E-002, | +0. 00000000000E+000 |

| # Channel 1 | FIELD2 | FIELD3 |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
| +8.801000000000E+008, | -1.64627821819E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +8.901000000000E+008, | -1.76255560707E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.001000000000E+008, | -1.76930132071E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.101000000000E+008, | -1.83123687617E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.201000000000E+008, | -2.10697421802E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.301000000000E+008, | -1.51878301983E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.401000000000E+008, | -1.76828087564E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.501000000000E+008, | -2.10506671540E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.601000000000E+008, | -2.23693840012E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.701000000000E+008, | -2.93133403653E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.801000000000E+008, | -2.82443292272E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +9.901000000000E+008, | -2.25487592123E-002, | +0.000000000000E+000 |
| +1.000100000000E+009, | -1.61597189822E-002, | +0.000000000000E+000 |

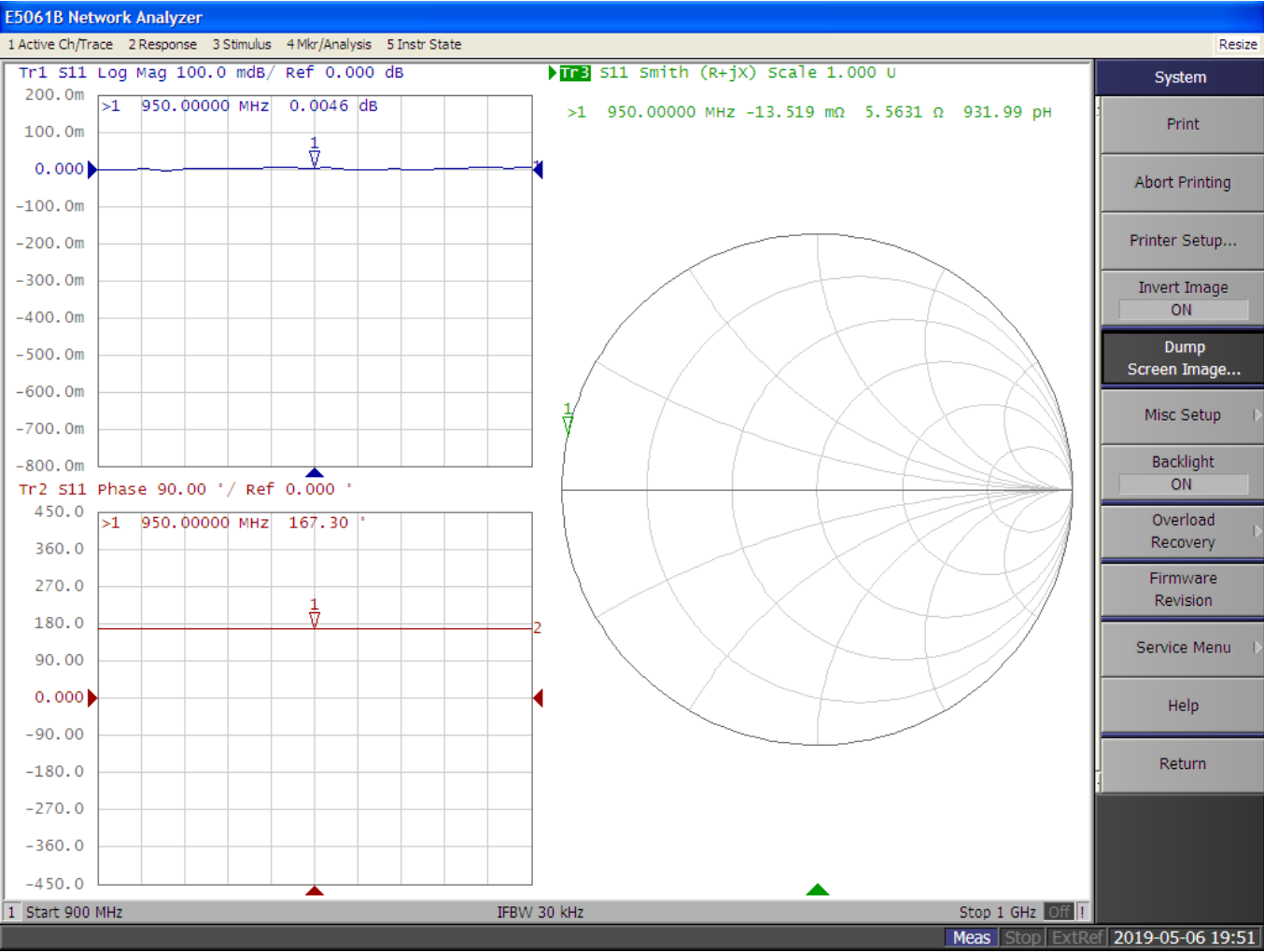
终端负载分别为Open， Short， Load负载时测量其S11参数

Open



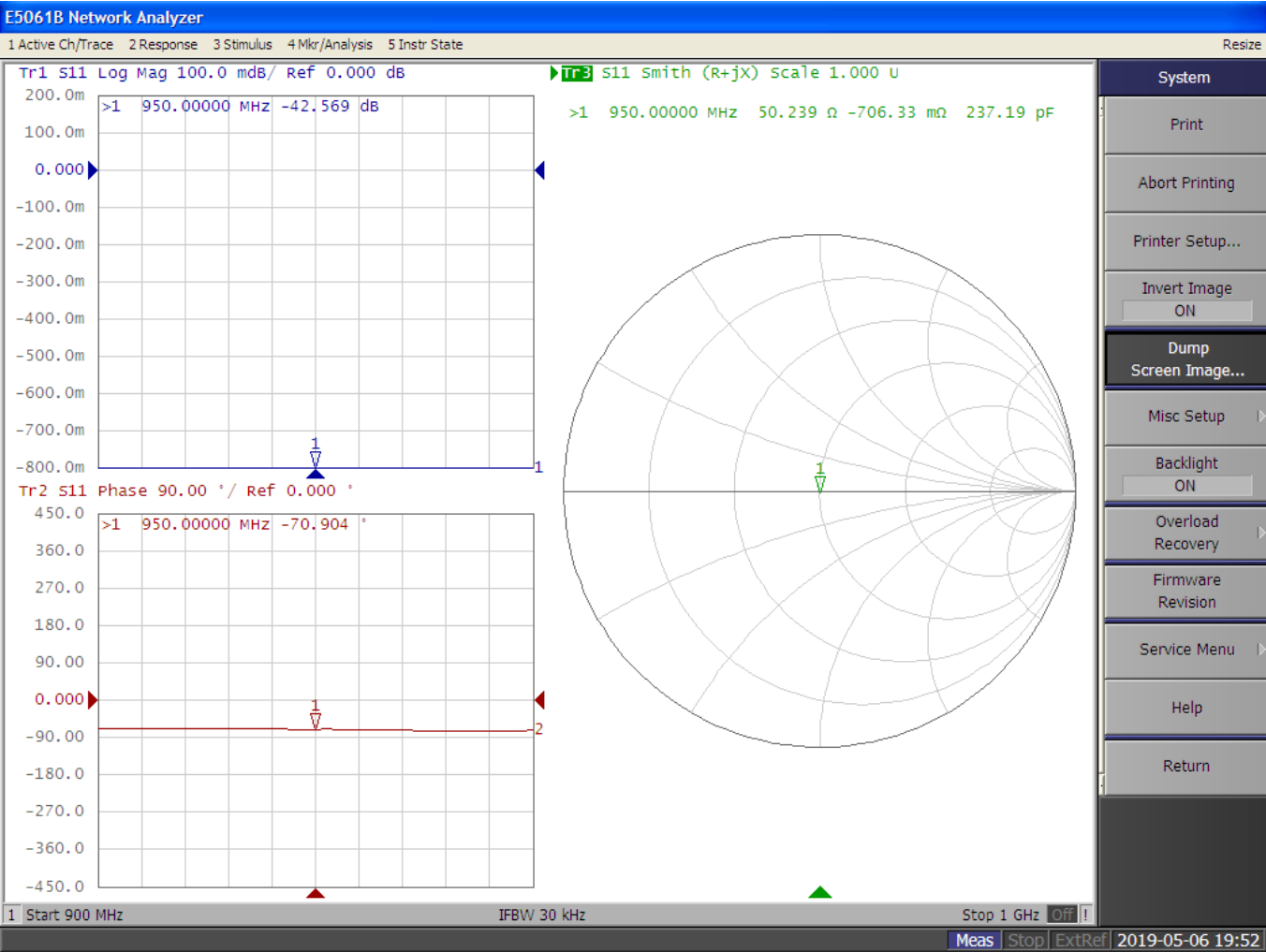
理想时Open应位于Smith原图的右端点

Short



理想时Short应位于Smith原图的左端点

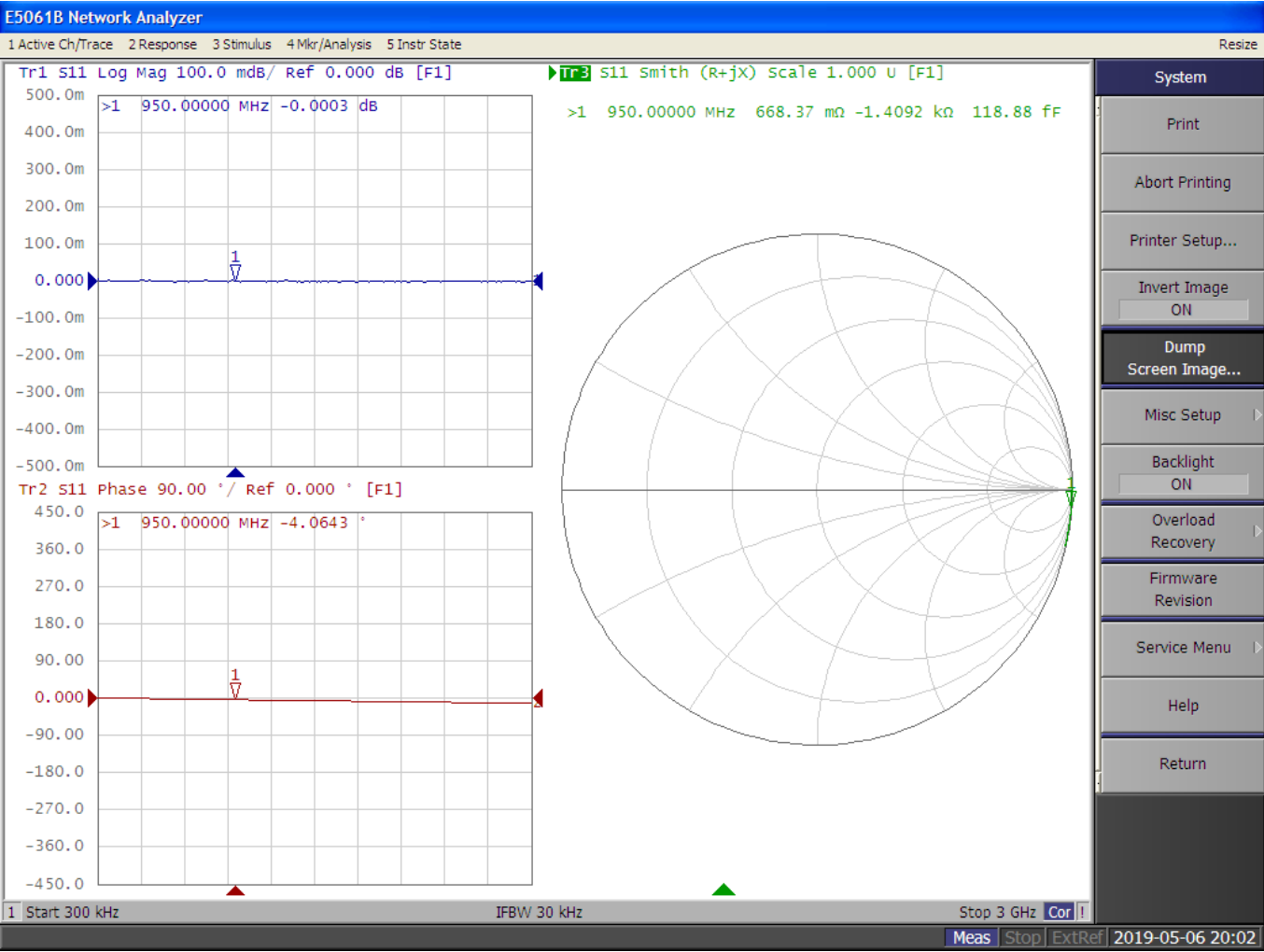
Load



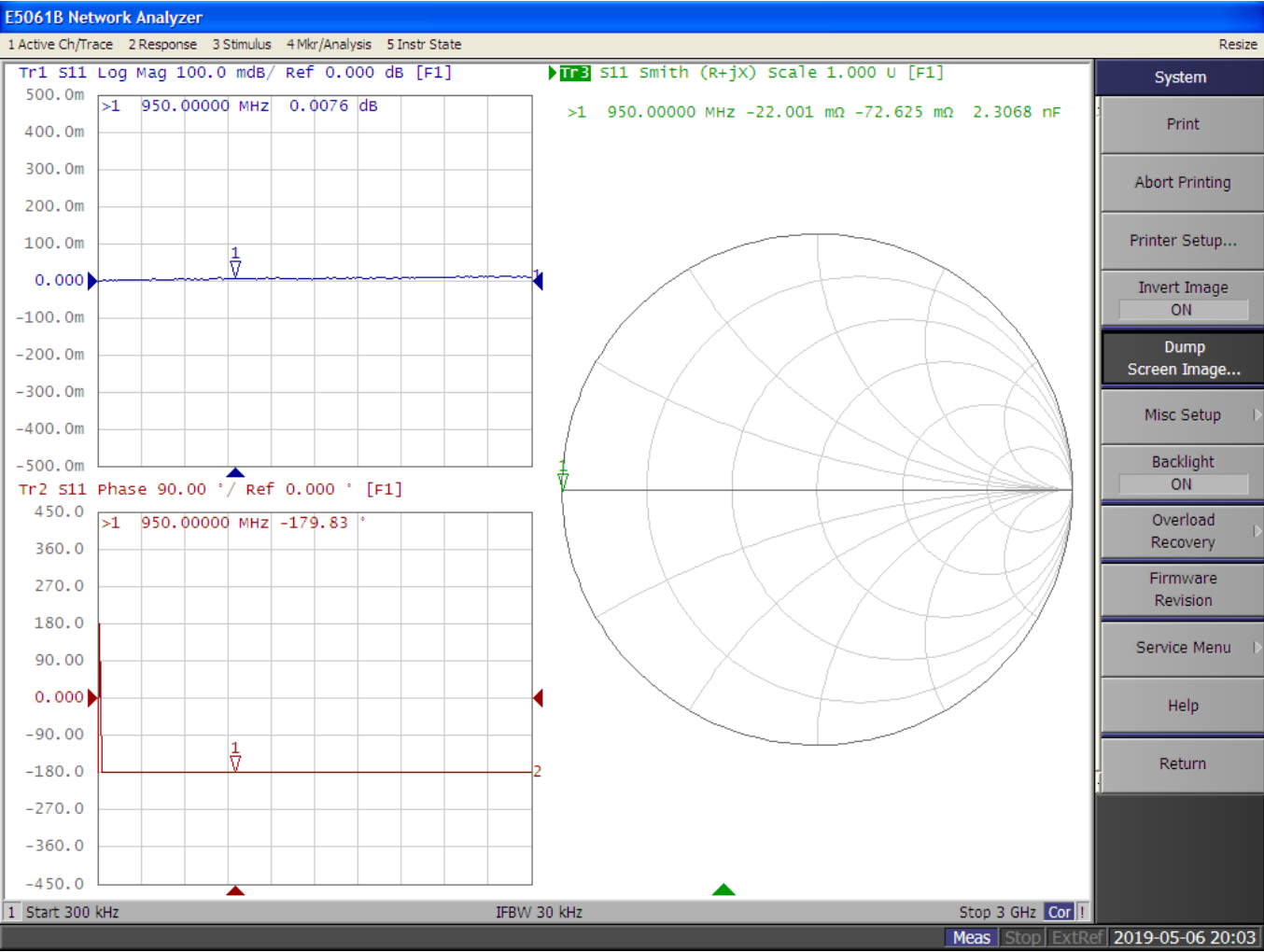
理想时Load应位于Smith原图的圆心

双端口校准后，直接测量直通件的S参数

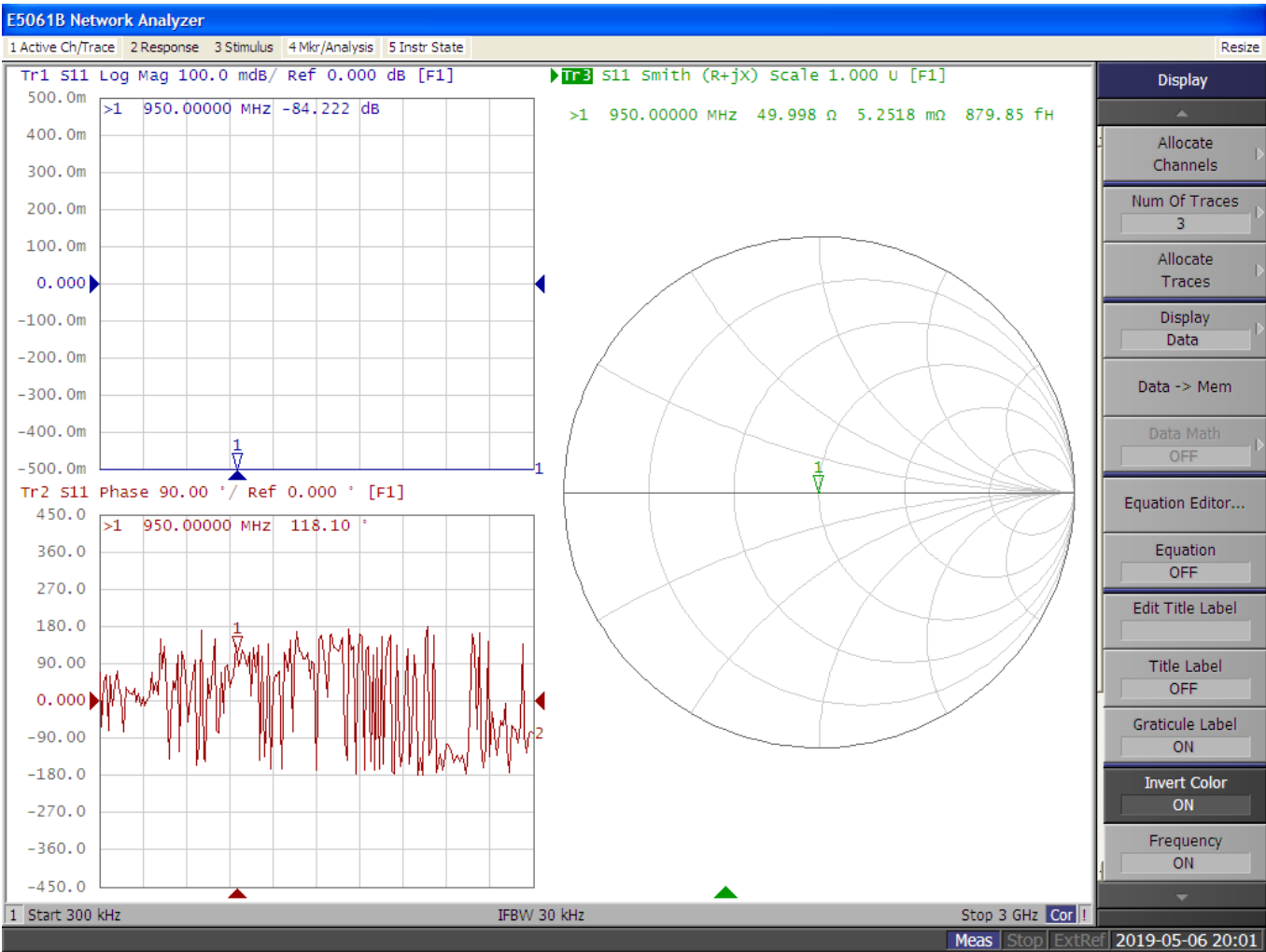
Open



Short



Load



可见相比未校准的结果，校准后测得的参数更接近理想的负载特性

思考题

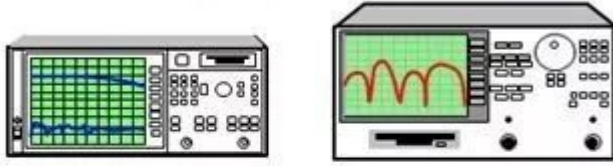
矢量网络分析仪的组成

1、信号源

信号源提供被测件激励信号，由于网络分析仪要测试被测件传输/反射特性与工作频率和功率的关系。所以，网络分析仪内信号源需具备频率扫描和功率扫描功能。

为保证测试的频率精度，现在网络分析仪内信号源采用频率合成方法实现。当扫宽设置为零时，输出信号为点频CW信号。网络分析控制其输出功率依靠ALC和衰减器两个部分完成。 ALC保证输入信号功率的稳定和功率扫描控制，由于ALC控制范围有限，需衰减器完成大范围功率调节。

- 提供被测件激励信号
- 具备频率和功率扫描功能
- 合成源实现



频率合成源

源功率控制部分-

ALC: 小范围功率调整, 功率扫描

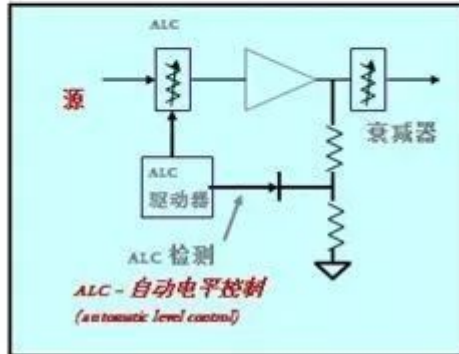
衰减器: 大范围功率调整

端口稳定点频输出:

设置扫宽-0Hz, 扫描时间最大



源功率控制

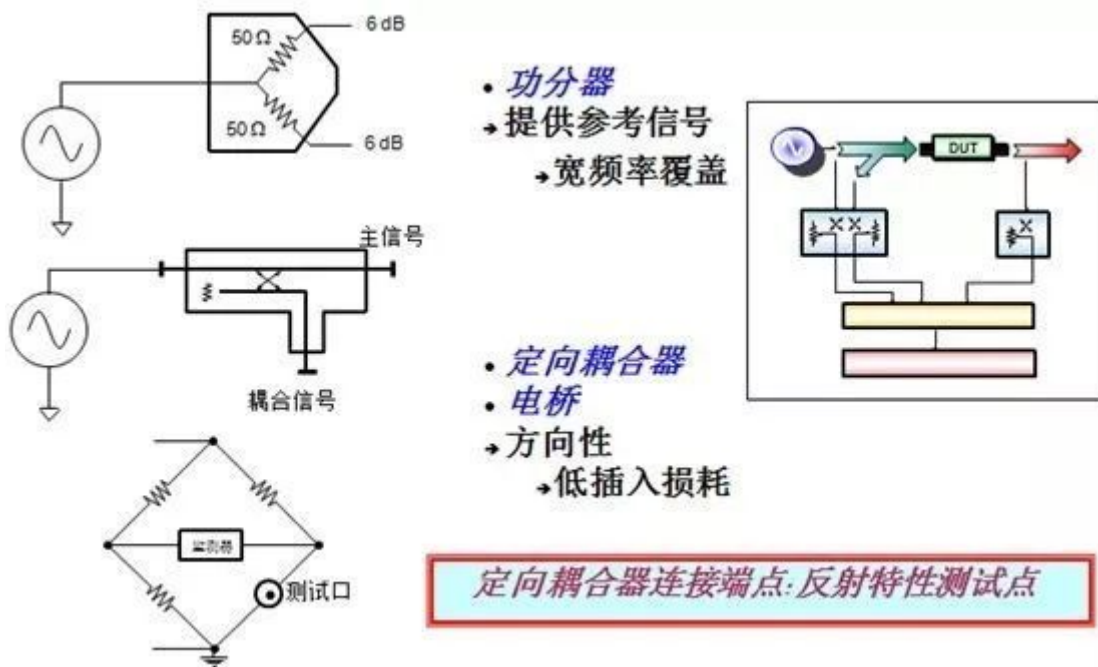


2、信号分离装置

网络分析仪内部功分器和定向耦合器分别完成对被测件输入信号和反射信号的提取。其中当要测试被测件某个端口反射特性时，必须将定向耦合器直接连接在该测试端口上，这两部分统称为信号分离装置。

电桥用于反射性能测试，电桥可覆盖很宽频率范围，电桥的主要缺点是对传输信号有较大损耗。

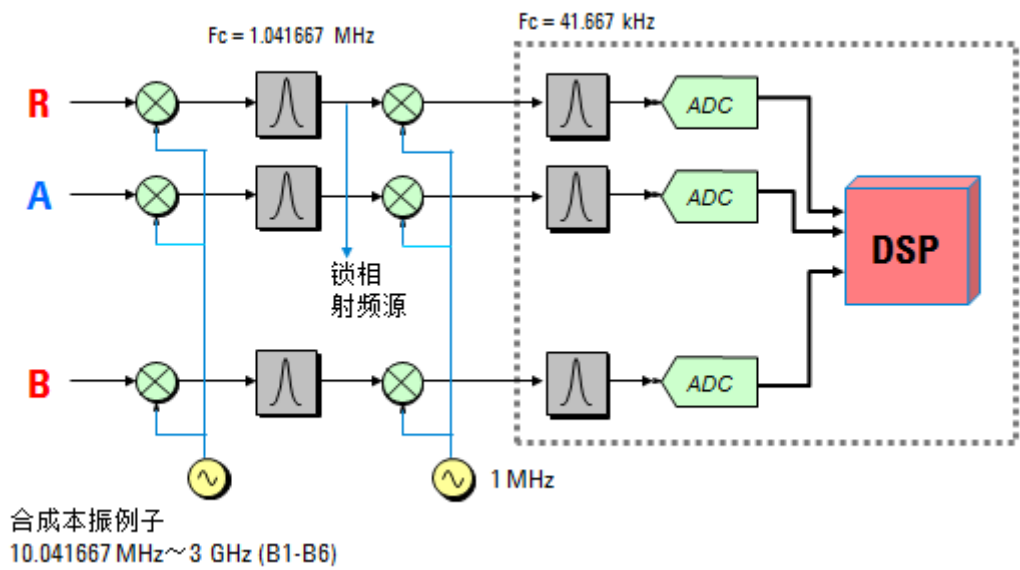
定向耦合器负责分离反射测试中的激励信号和反射信号，这个功能也可由电桥完成，与定向耦合器相比，电桥可覆盖更宽的频率范围，但其对测试的传输信号有较大损耗。



3、网络分析仪中的接收机

由功分器，定向耦合器及输出端得到的信号输入到相应接收机进行处理，为对这些信号进行分析，网络分析仪内置多台接收机。

网络分析仪是一个包含激励源和接收设备的闭环测试系统。



矢量网络分析仪的应用

矢量网络分析仪主要用于被测网络散射参量双向S参数的幅频、相频及群时延等特性信息的测量，广泛应用于以相控阵雷达为代表的新一代军用电子装备研制、生产、维修和计量等领域，还可以应用于精确制导、隐身及反隐身、航空航天、卫星通信、雷达侦测和监视、教学实验以及天线与RCS测试、元器件测试、材料测试等诸多领域

矢量网络分析仪的校准要求与方法

在实际测量之前，先用三个阻抗已知的标准器（例如一个短路、一个开路和一个匹配负载）供仪器进行一系列测量，称为校准测量。由实测结果与理想（无仪器误差时）应有的结果比对，可通过计算求出误差模型中的各误差因子并存入计算机中，以便对被测件的测量结果进行误差修正。在每一频率点上都按此进行校准和修正。

矢量网络分析仪的误差来源及处理方法

矢量网络分析仪的测量的误差主要有漂移误差、随机误差、系统误差这三大种类。

1、漂移误差

漂移误差是由于进行校准之后仪器或测试系统性能发生变化所引起，主要有测试装置内部互联电缆的热膨胀特性以及微博变频器的变换稳定性引起，且可以通过重新校准来消除。校准维持精确的时间范围取决于在测试环境下测试系统所经受到的漂移速率。通常，提供稳定的环境温度便能将漂移减至最小。

2、随机误差

随机误差是不可预测的且不能通过校准予以消除，然而，有若干可以将其对测量精度的影响减至最小的方法，以下是随机误差的三个主要来源：

仪器噪声误差

噪声时分析仪元件中产生的不希望的电扰动。这些扰动包括：接收机的宽带本底噪声引起的低电平噪声；测试装置内部本振源的本底噪声和相位噪声引起的高电平噪声或迹线数据抖动。

可以通过采取以下一种或多种措施来减小噪声误差：提高馈至被测装置的源功率；减小中频带宽；应用多次测量扫描平均。

开关重复性误差

分析仪中使用了用来转换源衰减器设置的机械射频开关。有时，机械射频开关动作时，触电的闭合不同于其上次动作的闭合。在分析仪内部出现这种情况时，便会严重影响测量的精度。

在关键性测量期间，避免转换衰减器设置，可以减小开关重复性误差的影响。

连接器重复性误差

连接器的磨损会改变电性能。可以通过实施良好的连接器维护方法来减小连接器的重复性误差。

3、系统误差

系统误差是由分析仪和测试装置中的不完善性所引起。系统误差是重复误差(因而可预测)，且假定不随时间变化，可以在校准过程中加以确定，且可以在测量期间用数学方法减小。系统误差不能完全消除，由于校准过程的局限性总是存在某些参与误差，残余(测量校准后的)系统误差来自下列因素：校准标准的不完善性、连接器界面、互联电缆、仪表。反射测量产生三项系统误差：方向性、源匹配、频率响应反射追踪。传输测量产生三项系统误差：隔离、负载匹配、频率响应传输跟踪。