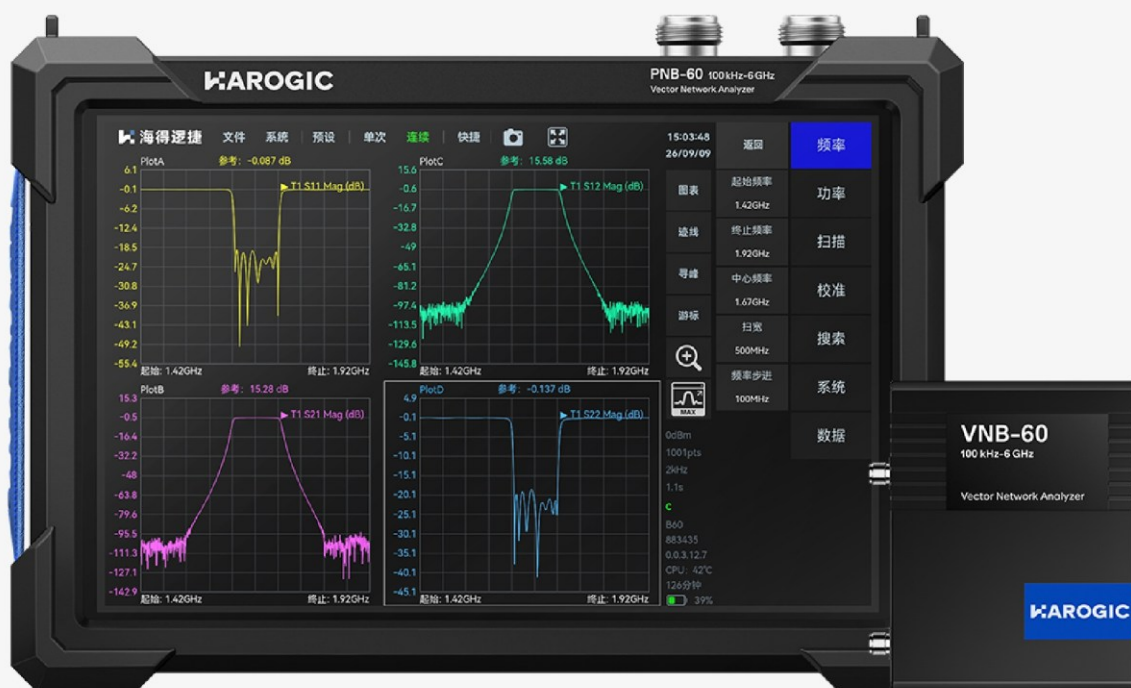




15 分钟快速上手 矢量网络分析仪

目 录

文档定位与适用范围	1
1. 矢量网络分析仪测量概述	2
1.1 S 参数基本概念	2
1.2 矢量测量原理	2
1.3 典型测量对象与适用范围	3
1.4 全双端口与单向双端口网分	3
1.4.1 S 参数测量方式差异	3
1.4.2 校准能力差异	4
2. 面板与接口速览	6
2.1 VNB 系列	6
2.2 PNB 系列	7
3. 三步完成基本测量配置	9
3.1 第一步：设置频率范围	9
3.2 第二步：设置扫描点数、中频带宽与输出功率	9
3.3 第三步：选择测量与迹线格式	10
3.3.1 测量参数	10
3.3.2 迹线格式	10
3.3.3 常见配置示例	10
3.4 一个捷径：内置多种快速配置	11
4. 校准-测量精度的关键（全指南核心）	12
4.1 为什么必须校准	12
4.2 校准件质量与校准精度	12
4.3 为什么需要幅度/相位稳定的测试电缆	13
4.4 力矩扳手的作用与重要性	13
4.5 选择校准方式：电子校准优先	14
4.6 电子校准（ECal）操作要点	14
4.7 机械校准（SOLT）操作要点	15
4.8 校准验证与重校时机	15
5. 典型测试案例：带通滤波器	16
5.1 待测件与测试目标	16
5.2 测量设置	16
5.3 结果分析	17
5.4 保存与导出	18
6. 高频错误清单	19
附录（术语速查表）	20

文档定位与适用范围

本指南面向具有电子或通信基础的工程师，用于帮助读者快速了解矢量网络分析仪的基本测量原理、参数设置、校准方法及典型测量流程，并能够使用 VNB/PNB 系列矢量网络分析仪完成常见射频器件的基本测量。

建议首次使用矢量网络分析仪的读者按以下顺序阅读：

第 1 章了解基本测量概念→第 2 章熟悉仪器接口→第 3 章掌握测量参数设置→第 4 章了解校准方法→第 5 章结合滤波器测试案例完成一次完整测量→第 6 章了解常见操作注意事项。

重要提示：校准是保证矢量网络分析仪测量准确性的重要环节。正式测量前，应根据当前测量条件完成相应校准，并在测量过程中保持测试电缆、转接件及校准参考面的一致性。

1. 矢量网络分析仪测量概述

1.1 S 参数基本概念

矢量网络分析仪通过测量射频信号在被测件各端口之间的**反射特性和传输特性**，获得被测件的 S 参数（Scattering Parameters，散射参数）。

对于双端口网络，常用 S 参数包括 S11、S21、S12 和 S22。S 参数下标可以简单理解为 **S（出）（入）**，第一个数字表示信号在哪个端口响应，第二个数字表示信号从哪个端口输入。

- **S11**: 信号从 Port1 输入，并在 Port 1 反射回来→**反射参数**，可用于分析回波损耗、驻波比 (VSWR) 及输入阻抗等；
- **S21**: 信号从 Port 1 输入，从 Port 2 输出→**正向传输参数**，可用于分析插入损耗、增益、相位及群延时等；
- **S22**: 信号从 Port2 输入，并在 Port 2 反射回来→**反射参数**，可用于分析输出端匹配特性；
- **S12**: 信号从 Port 2 输入，从 Port 1 输出→**反向传输参数**，可用于分析反向传输或隔离特性。

对于互易无源器件，如滤波器和电缆，S21 与 S12 通常较为接近；对于放大器等非互易器件，正向与反向传输特性通常存在明显差异。

1.2 矢量测量原理

标量网络分析仪主要测量信号的幅度信息，而 VNB、PNB 系列属于矢量网络分析仪，除幅度外，还能够测量信号的相位信息，从而获得完整的复数 S 参数。

基于幅度和相位信息，可以进一步分析被测件的阻抗、Smith 圆图、群延时以及时域响应等特性，为器件的匹配、传输和时域特性分析提供更加完整的测量结果。

1.3 典型测量对象与适用范围

VNB/PNB 系列主要用于测量射频器件和网络的**反射与传输特性**。

- **典型应用**：无源器件（滤波器、天线、电缆、衰减器、耦合器）与有源器件（放大器）的匹配、损耗、增益、隔离度、相位及阻抗等测量
- **非典型应用**：信号频谱分析，以及压缩、互调等大信号非线性测量，应根据具体测试需求选用相应的测试设备或测量系统

1.4 全双端口与单向双端口网分

两台矢量网络分析仪面板上可能都标着“Port 1”与“Port 2”，但内部架构的差异决定了能测量的 S 参数完整度与校准方式。

全双端口（Full 2-Port/真双端口）：支持分别从 Port 1 和 Port 2 对被测件进行激励，既可进行 Port1→Port 2 的正向测量，也可进行 Port 2→Port 1 的反向测量。因此，在一次被测件连接状态下即可获得 S11、S21、S12 和 S22 四个 S 参数，并支持完整的双端口校准。

单向双端口（One-Path 2-Port）：通常仅支持一个方向的完整反射与传输测量。例如，以 Port 1 为激励端时，可直接获得 S11 和 S21；若需要获得原被测件的 S22 和 S12，则需要改变被测件的连接方向后再次测量。此类架构通常采用响应校准或增强响应校准，无法实现与完整双端口校准相同的误差修正能力。

下文将以放大器为例，说明全双端口与单向双端口网分在 S 参数测量与校准能力差异。

1.4.1 S 参数测量方式差异

全双端口网分：同一次连接状态下可直接获得：**S11**（输入端匹配特性）、**S21**（正向增益）、**S22**（输出端匹配特性）、**S12**（反向传输或隔离特性）。

单向双端口网分：在当前连接方向下通常只能直接获得 S11 和 S21。通过将被测件反向连接，可以进一步获得原被测件的 S22 和 S12，参数对应关系如下：

表格 1 单向双端口网分 S 参数测量

测量状态	直接测量参数	对应原被测件参数
第一次连接	反射+正向传输	S11、S21
被测件反向连接	反射+正向传输	S22、S12

对于滤波器、电缆、衰减器等**互易器件**，理论上通常满足 $S_{21} = S_{12}$ ，因此反向连接主要用于获得另一端口的反射参数 S_{22} 。

对于放大器、环形器、隔离器等**非互易器件**， S_{21} 与 S_{12} 通常存在明显差异。当需要完整分析器件的双向传输特性时，应分别获得正向和反向传输参数。

1.4.2 校准能力差异

通过反向连接被测件虽然可以分别获得四个 S 参数，但无法消除不同校准模型之间的差异。完整双端口校准可对正向和反向测量路径中的系统误差进行更完整的修正，而增强响应校准主要针对单方向的反射和传输测量进行误差修正。

表格 2 全双端口 SOLT 与增强响应校准的误差项对比

误差项	全双端口	增强响应校准
方向性	√	√
源匹配	√	√
反射跟踪	√	√
传输跟踪	√	√
隔离	√	可选
负载匹配	√	-

其中，**负载匹配误差**反映被测件输出端与仪器测量端之间失配所带来的影响。当负载匹配误差未得到修正时，多次反射可能叠加到实际测量结果中，从而影响传输及反射测量的准确性。完整双端口校准能够对相应的负载匹配误差进行修正，而增强响应校准通常不包含该项修正。

此外，反向连接被测件需要重新断开和连接测试端口。接头重复连接、电缆位置及弯曲状态变化等因素均可能引入额外的测量不确定性。全双端口测量则可在一次被测件连接和同一校准状态下获得完整的四个 S 参数，从而提高测量的一致性。

结论：通过改变被测件连接方向，单向双端口网分可以分别获得 S11、S21、S22 和 S12，但其校准误差修正能力以及重复连接带来的测量不确定性，与完整双端口测量仍存在差异。对于需要完整分析双向传输和端口匹配特性的应用，完整双端口测量更为适合。

2. 面板与接口速览

2.1 VNB 系列

VNB 系列是 USB 控制型双端口网分，没有内置屏幕和实体按键，所有操作都在 PC 端的 VNStudio 软件里完成。整机尺寸仅 86 × 70 × 36 mm，频率 100 kHz – 6 GHz。

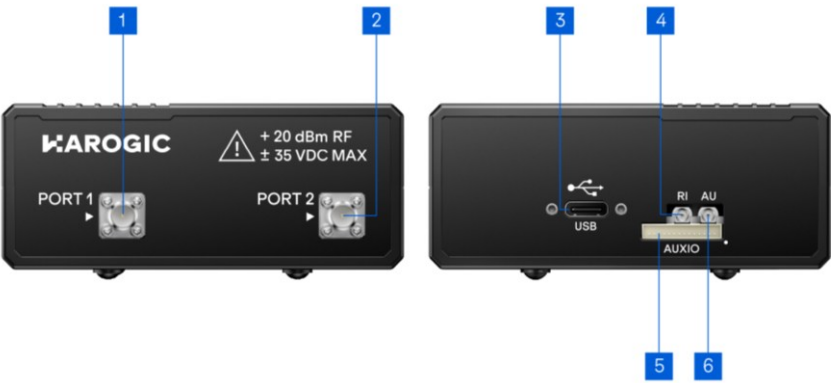


图 1 VNB 系列接口说明

VNB 系列前面板配置两个射频端口，后面板配置 USB 数据与供电接口。其中：

前面板：两个 SMA(F)端口，标称阻抗 50 Ω，分别对应 Port 1 和 Port 2，用于连接被测件或校准件。

后面板：USB 通过单根 USB Type-C 同时完成供电与数据通信，无需外接电源。

表格 3 VNB-60 接口说明

序号	接口名称	描述
1	Port1	SMA（F），标称阻抗 50 Ω
2	Port2	SMA（F），标称阻抗 50 Ω
3	数据端口	Type-C，USB 2.0 或 USB 3.0 请提供 5V 1A 供电（电压 4.75 ~ 5.25V，纹波<200mVpp）供电不足会导致测量不稳定
4	参考时钟输入	MMCX（F），支持 10 MHz 参考时钟
5	多功能 AUXIO	详细描述参见对应产品用户指南
6	预留接口	/

注意：

- 射频端口输入上限+20 dBm RF 或±35 VDC，超限会永久损坏端口——接有源器件或放大器前务必确认输出功率。
- 射频端口娇贵，拧接头务必用扭矩扳手、勿过紧（详见第 4.4 节）。
- 便携不等于抗摔，SMA 端口受外力易损伤，收纳时注意保护端口。

2.2 PNB 系列

PNB 系列接口集中于上面板，具体接口定义如下所示：



表格 4 全新 PNB 系列接口说明

序号	接口名称	描述
1	电源开关	打开/关闭仪器
2	充电端口	仪器充电端口，USB PD3.0（65W），请按照仪器要求的工作电压连接电源
3	Micro HDMI	扩展显示
4	USB3	USB 接口：其中 USB2 为 USB 3.0 接口，USB1 和 USB3 为 USB 2.0 接口。通过该接口连接外部扩展存储器和 USB 键盘、鼠标；或连接免驱动带网口的 Hub，通过网线连接至 PC，PC 对仪器进行远程控制
5	USB2	
6	USB1	
7	音频输出	3.5 mm 耳机接口，可在菜单栏中通过“系统”→“参数设置”→“音量”调节音量
8	网口	千兆网口
9	多功能 AUXIO	详细描述参见下表
10	充电指示灯	绿色闪烁为正在充电，绿色常亮为充满
11	预留	/
12	触发输出	MMCX (F) ， 3.3V CMOS，阻抗高阻
13	触发输入	MMCX (F) ， 3.3V CMOS，阻抗高阻
14	参考时钟输入	MMCX (F) ， 10 MHz，允许输入电平范围：-8 dBm 至 +10 dBm
15	预留	/
16	Port1	N (F)，阻抗 50 Ω
17	Port2	N (F)，阻抗 50 Ω

3. 三步完成基本测量配置

VNB 系列：VNB 系列无屏幕和实体按键，连好 USB、打开 VNStudio 后即可开始配置使用；

PNB 系列：PNB 系列支持开机自启动，按下仪器上面板电源键后，VNStudio 软件自动启动。

VNStudio 软件启动后，可按以下步骤设置参数并开启测量。

3.1 第一步：设置频率范围

1. 进入“频率”菜单，根据待测件的工作频段设置“起始频率”和“终止频率”，或“中心频率”和“扫宽”；
2. VNB 和 PNB 系列仪器覆盖 100 kHz - 6 GHz，所设频率范围应覆盖待测件的目标工作频段，并根据需要在两侧保留适当余量。通常无需设置过宽的测量范围，以免降低有效频率分辨能力或增加扫描时间；
3. 根据测量需求选择合适的扫描方式。常规 S 参数测量通常采用**线性频率扫描**；其他扫描方式：对数频率（低频宽带用）、功率扫描和连续波，可根据具体测试需求进行选择。

3.2 第二步：设置扫描点数、中频带宽与输出功率

扫描点数、中频带宽和输出功率是影响仪器测量速度、噪声水平及测量结果的重要参数。

表格 5 常用测量参数设置建议

参数	范围	建议取值	说明
扫描点数	11 - 65535	401 / 1001 / 1601	点数越多频率分辨率越高、曲线越细腻，但扫描越慢
中频带宽 (IFBW)	15 Hz - 75 kHz	常规 10 kHz 精密 1 kHz 以下	IFBW 越小噪声越低、轨迹越干净，但扫描越慢
输出功率	-35 dBm - 5 dBm (10MHz-6GHz)	无源器件 0 dBm	分辨率 0.25 dB；测放大器要降功率

- 点数与 IFBW 的组合直接决定扫描时间：201 点、75kHz IFBW 配置下扫描时间约 45 ms；同点数降到 IFBW 至 1 kHz 扫描时间约 241 ms（双端口校准后更长）。
- 测有源器件（放大器）务必先降输出功率（如 -20 dBm 或更低），防止放大器增益后的输出超出 Port 端口+20dBm 上限而损坏。

3.3 第三步：选择测量与迹线格式

3.3.1 测量参数

VNB/PNB 系列支持 S11、S21、S12 和 S22 等 S 参数测量。根据测量目的选择相应的参数：

- S11、S22：用于分析 Port 1 或 Port 2 的反射及阻抗匹配特性；
- S21、S12：用于分析正向或反向传输特性。

3.3.2 迹线格式

VNStudio 支持在不同图表和迹线中显示多个 S 参数，用户可根据测试需求配置相应的显示格式。

表格 6 迹线格式参数说明

格式	用途
Mag (dB)	以 dB 形式显示 S 参数幅度，常用分析插入损耗/增益/回波损耗（最常用）
Mag (Lin)	以线性形式显示 S 参数幅度，用于观察反射或传输系数的幅度变化
Phase (°)	观察 S 参数相位随频率的变化
Unwrap Phase (°)	观察展开后的连续相位变化，便于分析相位线性度及群延时趋势
Real/Imaginary	分别显示复数 S 参数的实部和虚部
SWR	显示驻波比，主要用于评估端口或被测件的阻抗匹配特性
Smith 圆图	以阻抗形式显示 Smith 圆图，用于观察电阻、电抗及阻抗匹配状态

3.3.3 常见配置示例

- 滤波器插入损耗：S21 + Mag(dB)；
- 天线匹配：S11 + SWR 或 S11 + Smith (R+jX)；
- 放大器增益：S21 + Mag(dB)；
- 相位特性：S21 + Phase(°) 或 Unwrap Phase(°)。

3.4 一个捷径：内置多种快速配置

VNStudio 内置多种典型测量预设，可用于快速完成无源器件、电缆与连接器、小信号放大器及天线等常用器件的测量。

点击主菜单栏“快捷”，选择相应的快速配置并点击“应用”。软件将自动加载配好的频率/点数/IFBW/功率/迹线格式，省去手动设置。对于初次使用矢量网络分析仪的用户，建议先通过场景上手，再学手动微调。



图 2 使用快捷预设

4. 校准-测量精度的关键（全指南核心）

4.1 为什么必须校准

矢量网络分析仪测量会受到方向性、源匹配、负载匹配、反射跟踪、传输跟踪及隔离等系统误差的影响。

对于完整双端口测量，经典误差模型通常包含 12 个误差项。

校准通过测量已知特性的校准标准件，建立系统误差修正模型，并将测量参考面移动至实际测试连接位置，从而减小仪器内部、测试电缆及连接器等因素对测量结果的影响。

因此，在进行精确的 S 参数测量前，应根据当前频率范围、连接方式及测试配置完成相应校准。

4.2 校准件质量与校准精度

校准件是建立仪器误差修正模型的参考标准，其特性准确度、连接器加工质量和连接重复性都会直接影响校准后的测量精度。

表格 7 不同类型校准件特性对比

指标	高品质（计量级）校准件	经济型/廉价校准件
特性数据	每套/每件附带实测 S 参数文件，校准算法使用真实特性反演	仅提供固定经验多项式，不修正高频寄生谐振与个体制造公差
方向性（残差）	> 40 dB（高等级可达 45 dB - 50dB）	约 25 dB - 30 dB
负载/源匹配（残差）	> 40dB	约 30 dB 或更差
连接器加工	微米级同心度、端面平整，镀层厚耐磨	公差大，镀层薄，易磨损
插拔寿命	数千次	数百次
实测表现	$S_{11} \leq -30\text{ dB}$ (回波损耗 $\geq 30\text{ dB}$)的高匹配小反射信号也能精准分辨	$S_{11} \leq -20\text{ dB}$ (回波损耗 $\geq 20\text{ dB}$)的器件即被残差掩盖，易测出虚假纹波与共振

一句话：方向性从 40 dB 掉到 25 dB，意味着测小反射时误差成倍放大——要测准低反射器件，先保证

校准件是“带实测数据、连接器精密”的计量级件。

4.3 为什么需要幅度/相位稳定的测试电缆

校准的误差模型假设“校准时刻的电缆状态=测量时刻的状态”，而普通电缆恰恰最难保证这一点。

示例：以一根 1 m 普通柔性电缆、工作在 18 GHz 为例：18 GHz 波长约 16.7 mm，只需 10°的相位漂移就对应约 0.46 mm 的电气长度变化——把电缆弯一个 90°、换个走向，甚至轻轻晃一下，相位就漂出十几到几十度，幅度也可能波动 0.1 dB ~ 0.5 dB。

后果：校准刚做完，你一挪电缆去接被测件，校准补偿的相位/幅度就已经对不上了，反射测量直接失真；测回波损耗 > 20 dB 的小反射时，几十度相位误差足以让结果完全不可信。

对策：换用幅度/相位稳定电缆（phase-stable cable，特殊介质+编织结构），弯曲时相位漂移可控制在±几度甚至±1 - 2°，幅度稳定在 ±0.1 dB 内；即使用了稳定电缆，校准后仍要固定走线、避免中途弯折，接头处固定别受力。

4.4 力矩扳手的作用与重要性

力矩扳手保证接头以规定扭矩拧紧，是连接一致性与接头保护的关键。

- **扭矩不足：**接触不良，高频下引入反射/损耗误差，且每次松紧不一、重复性差；
- **扭矩过大：**压伤 3.5mm / 2.92mm / 1.85mm 等精密接头，损伤校准件特性；
- **参考扭矩：**SMA/3.5 mm/2.92 mm $\approx 0.9 \text{ N}\cdot\text{m}$ ，N 型 $\approx 0.9 \text{ N}\cdot\text{m} - 1.4 \text{ N}\cdot\text{m}$ ，1.85mm $\approx 0.4 \text{ N}\cdot\text{m} - 0.7 \text{ N}\cdot\text{m}$ （以手册为准）；

注意：校准和测量全程都用扭矩扳手，保证“校准态 = 测量态”。

4.5 选择校准方式：电子校准优先

推荐顺序：电子校准（ECal）优先→机械校准（SOLT）其次。TRL 等适用于特定测试结构的校准方法超出本指南范围，不作详细介绍。

表格 8 校准方式对比

对比项	电子校准（ECal）	机械校准（SOLT）
操作	一次连接，向导自动完成	按提示依次连接 Open、Short、Load 和 Thru 标准件
速度	数十秒 ~ 数分钟	数分钟 ~ 十数分钟
精度	高、可重复性好	高（依赖操作手法）
出错概率	低（自动切换标准）	中（顺序/扭矩/标准件易出错）
成本	校准件较贵	校准件相对便宜
适用	首选，量产/频繁测量	无电子校准件时的标准方案

结论：在仪器、接口及频率范围均与电子校准件匹配的情况下，可优先采用电子校准；若不具备相应的电子校准条件，可采用机械 SOLT 校准，并按照软件提示完成各项校准步骤。

4.6 电子校准（ECal）操作要点

1. 完成频率范围、扫描点数、中频带宽及输出功率等测量参数设置；
2. 把 ECal 模块用 USB 接到 VNStudio 所在上位机，以实现对其供电 + 控制；
3. 将电子校准件的 A/B 端口分别连接至仪器对应的 Port 1 和 Port 2 接口；
4. 点击“校准”→“电子校准”，选择“SOLT”；
5. 点击“开始”，软件自动执行双端口 SOLT 校准；
6. 校准完成后，状态由“就绪”变为“已激活”，表示当前校准已生效；
7. 当传输测量所需动态范围超过 90 dB 时，可根据实际测试需求进一步执行隔离校准；
8. 断开电子校准件，并保持测试电缆、转接器及其他测试连接状态不变，将待测件连接至校准参考面后开始测量。

4.7 机械校准 (SOLT) 操作要点

SOLT 校准主要使用 Open (开路)、Short (短路)、Load (负载, 50Ω) 和 Thru (直通, 双端口) 四类标准件。

1. 点击“校准”→“手动校准”，选择“2Port SOLT”，按屏幕提示逐项进行；
2. 每个标准件连接到对应端口，务必注意：
 - 用扭矩扳手：N 型约 $0.9\text{ N}\cdot\text{m}$ - $1.4\text{ N}\cdot\text{m}$ (按手册)，SMA / 3.5 mm 约 $0.9\text{ N}\cdot\text{m}$ ；
 - 拧到位即可，切勿过紧（会损伤标准件和端口，改变其特性）；
 - 标准件端口保持清洁，避免灰尘和金属碎屑。
3. 完成 Port1、Port2 的 Open/Short/Load 与 Thru 后，如需后续复用，可保存当前校准文件。
4. 机械校准强烈依赖手法，结果异常时优先检查：标准件是否接错、是否拧到位、是否用错负载（如误用 75Ω ）。

4.8 校准验证与重校时机

验证：测一个已知特性的验证件——20 dB 衰减器的 S21 应 $\approx -20\text{ dB}$ ，直通 S21 应 $\approx 0\text{ dB}$ 、S11 应很低；偏离明显说明校准失败。

重校时机：更换电缆/接头、改变频率范围、环境温度明显变化、怀疑精度下降时，都应重新校准。

5. 典型测试案例：带通滤波器

5.1 待测件与测试目标

本例以腔体带通滤波器为待测件，其中心频率约为 1.65 GHz，-3 dB 带宽约为 103 MHz，带外抑制不低于 95 dB。

本次测试主要验证以下指标：

- S21 通带插入损耗：越小越好，以 S21 的 Mag (dB) 结果表示时，读数越接近 **0 dB**，表示通带传输损耗越小，理想情况下为 0 dB；
- S11 通带回波损耗：通带内 $S_{11} \leq -10$ dB，对应回波损耗 ≥ 10 dB；VSWR ≤ 2 可作为常用参考要求
- -3dB 带宽（标称约 103 MHz）；
- 带外抑制：阻带抑制度 ≥ 95 dB

5.2 测量设置

1. 设置频率范围：1.42 GHz - 1.92 GHz，覆盖 1.65 GHz 中心及两侧过渡带、阻带；
2. 设置扫描点数：腔体滤波器过渡带陡，设“点数”为 1001 以分辨过渡带形状
3. 设置中频带宽：要看 95 dB 的阻带抑制，用低 IFBW（2 kHz 或更低），否则噪声会淹没阻带底噪。
4. 执行校准：完成上述测量参数设置后，使用电子校准或机械 SOLT 校准，具体操作参见第 4 章。校准完成后保持测试电缆及连接状态不变，将待测滤波器连接至 Port 1 和 Port 2。

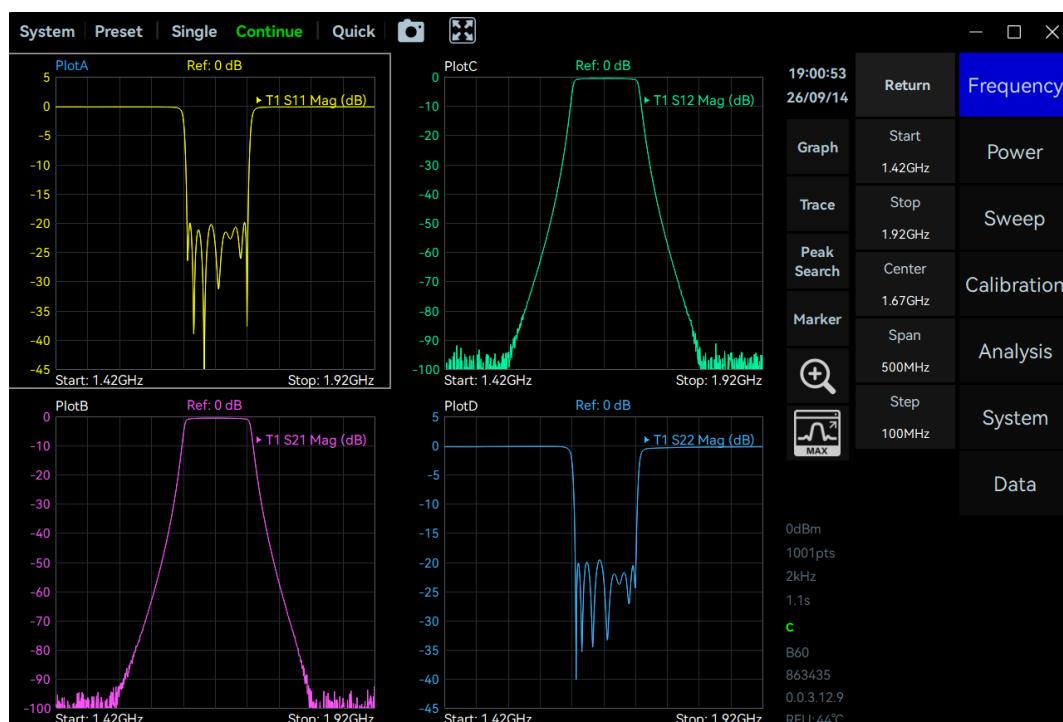


图 3 带通滤波器 S 参数测量

5.3 结果分析

测量完成后，可通过游标、带宽搜索及 X dB 搜索等功能对滤波器响应进行分析。

- **通带插入损耗：**观察 S21 的 Mag(dB)迹线，并使用游标读取通带内的传输幅度。本例通带中心附近 $S_{21} \approx -0.5 \text{ dB}$ 即约 0.5 dB 的插入损耗；
- **端口匹配特性：**观察 S11 和 S22 的 Mag(dB)迹线。本例以通带内 $S_{11} \leq -10 \text{ dB}$ 作为参考要求；
- **-3 dB 带宽：**在 S21 迹线上使用带宽搜索，以峰值为参考并设置 -3 dB，查找左右两侧对应的频率边界，实测 103.811 MHz；
- **阻带抑制：**观察 S21 的阻带响应，并与通带参考电平进行比较，本例阻带抑制制度 $\geq 95 \text{ dB}$ ；
- **Q 值：**带宽搜索同时给出，本例约为 16。

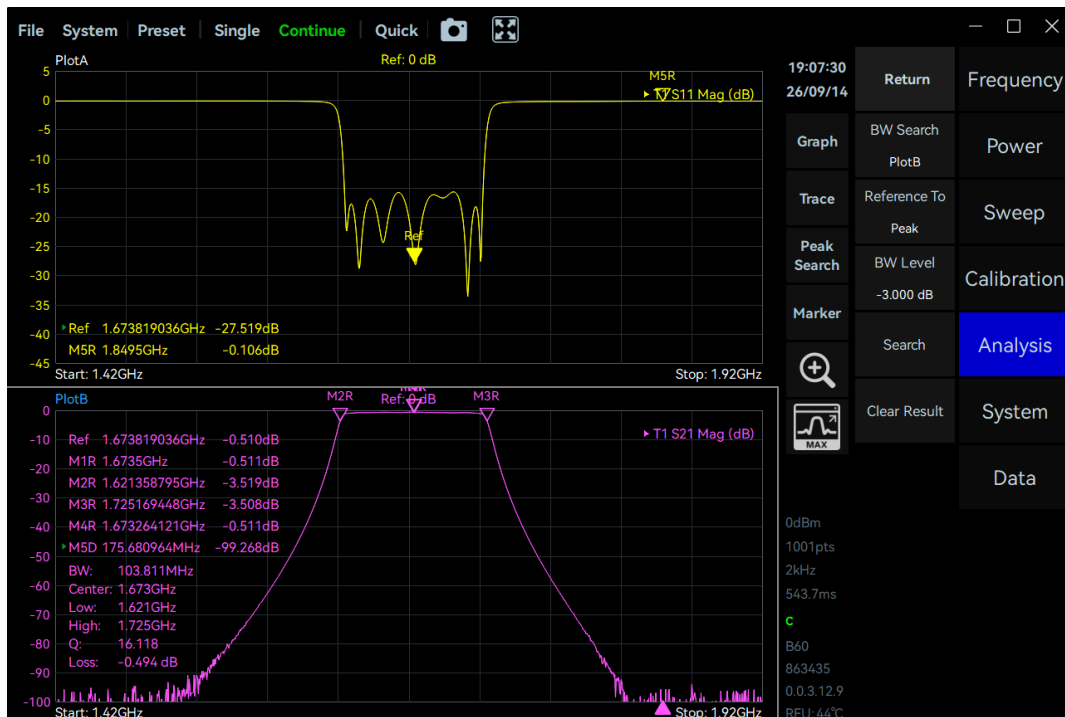


图 4 测量结果分析

5.4 保存与导出

测量完成后，可根据后续分析和数据记录需求保存或导出测量结果。

- **保存测量配置：**保存当前仪器及测量参数配置，便于后续快速恢复测试状态；
- **导出 CSV 数据：**可导出当前迹线或全部迹线的测量数据，用于后续处理和分析
- **导出 S2P 数据：**保存双端口 S 参数数据（.s2p，即 Touchstone 格式），可用于后续分析或仿真
- **保存测量图像：**保存当前测量结果图像，用于测试记录或报告

6. 高频错误清单

1. **未校准直接测量：**结果偏大或偏小，高频误差可达数 dB。进行精确 S 参数测量前，应根据当前测试配置完成相应校准；
2. **校准标准件连接错误：**校准结果错误，验证件读数异常；
3. **射频接头紧固不当：**过紧损伤标准件与端口，欠紧引入重复性误差；
4. **中频带宽（IFBW）设置不合理：**较大的 IFBW 有利于提高扫描速度，但测量噪声通常较高；减小 IFBW 可降低噪声、提高迹线稳定性，但会增加扫描时间。精密测量用低 IFBW，快速筛查用高 IFBW；
5. **输出功率设置过高：**可能损坏有源被测件，或使放大器进入压缩；
6. **射频接口或连接器污染：**造成测量重复性差、S11 异常；
7. **校准件参考阻抗不匹配：**校准结果产生明显误差；
8. **频率范围或扫描点数设置不合理：**频率范围未完整覆盖待测件工作频段时，可能遗漏通带、谐振点或过渡带；扫描点数过少则可能无法充分反映窄带或快速变化的响应特征；
9. **校准后修改关键测量参数：**校准数据与当前测量条件相关。修改频率范围、扫描点数、输出功率等参数后，应确认当前校准是否仍然有效，并根据需要重新校准。
10. **校准后新增测试连接件：**校准完成后若增加转接器、夹具、测试电缆等连接件，测量参考面将发生变化，并可能引入额外的时延、损耗和失配误差。

附录（术语速查表）

表格 9 术语速查表

术语	含义
S11 / S22	反射系数
S21 / S12	传输系数
回波损耗 Return Loss	$-20 \log S_{11} $ ，单位 dB，数值越大表示反射越小
插入损耗 Insertion Loss	$-20 \log S_{21} $ ，通带内越小越好
VSWR	驻波比，1 为理想
IFBW	中频带宽，影响噪声与速度
Cal Set	校准数据集合
Touchstone (.s1p / .s2p)	S 参数标准文件格式
SOLT	短路-开路-负载-直通校准
ECal	电子校准件
Full 2-port	全双端口网分，可测全 4 个 S 参数

