

AV2040X 系列电子校准件 用户手册



中电科仪器仪表有限公司

前言

非常感谢您选择、使用中电科仪器仪表有限公司生产的 AV2040X 系列电子校准件！

AV2040X 系列电子校准件为本单位 2010 年研制推出的新一代用于矢量网络分析仪误差修正的校准件产品，包括 AV20402、AV20403、AV20404、AV20405 四款产品。

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，同时带给您一流的技术支持和售后服务。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，联系方式：

服务咨询 0532-86889847
技术支持 0532-86891085
传 真 0532-86889056
网 址 <http://www.ei41.com>
电子信箱 5117@ei41.com
地 址 山东省青岛市经济技术开发区香江路 98 号
邮 编 266555

本用户手册介绍了中电科仪器仪表有限公司生产的 AV20402 系列电子校准件的使用注意事项、用途、使用方法、性能特性、基本工作原理等内容，以帮助您尽快熟悉和掌握仪器的操作方法和使用要点。为方便您熟练使用该仪器，请在操作仪器前，仔细阅读本手册，然后按手册指导正确操作。

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！对于因我们的工作失误给您造成的不便我们深表歉意。

本手册是《AV2040X 系列电子校准件用户手册》第一版，版本号是 AV2.893.1023SS。



声明：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最终解释权属于中电科仪器仪表有限公司。

本手册版权属于中电科仪器仪表有限公司，任何单位或个人未经本单位授权，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。中电科仪器仪表有限公司保留对侵权者追究法律责任的权利。

编者

2016 年 5 月

第一章 概 述.....	1
第一篇 使用说明.....	2
第二章 开箱.....	3
第一节 型号确认.....	3
第二节 外观检查.....	3
第三章 仪器外观.....	4
第四章 正确操作和维护.....	6
第一节 正确使用连接器.....	6
第二节 安全和静电防护.....	8
第五章 使用前准备.....	10
第一节 用户自检测.....	10
第二节 驱动安装.....	11
第三节 配套软件安装与设置.....	12
第六章 典型应用.....	17
第一节 电校准.....	17
第二节 向导校准.....	19
第三节 配套软件使用.....	21
第四节 影响校准精度的因素.....	23
第二篇 技术说明.....	24
第七章 工作原理.....	25
第八章 性能特性及测试方法.....	27
第一节 性能指标.....	27
第二节 测试方法.....	29
第三篇 维修说明.....	34
第九章 故障及维修.....	35

第一章 概述

AV2040X 系列电子校准件是中电科仪器仪表有限公司为满足市场对快速可靠电校准需求而专门开发的系列电子校准件。该系列产品具有以下技术和性能特点：

- ◆ 频段覆盖 300kHz~40GHz
- ◆ 接口类型包括 N 型、3.5mm 和 2.4mm
- ◆ 对机械校准，具有连接方便、校准速度快、人为误差小、电缆损耗小、精度相当、阴阳接头可选配等优点
- ◆ 采用 USB 接口供电和通信



图 1-1 AV2040X 系列电子校准件

通过本手册，您可以得心应手地使用 AV2040X 系列电子校准件。在使用中如果遇到什么问题、有什么意见和建议，请以前言中的方式及时与我们联系。不断地改进产品，最大限度的满足用户的要求是我们的一贯宗旨。

本用户手册共分四个部分，共九章：

第一章概括地讲述了 AV2040X 系列电子校准件的一些基本情况，包括 AV2040X 系列电子校准件采用的一些先进技术；具备的或可以实现的各种功能；同时也对本手册进行了概括的说明。

第二章至第六章是使用说明部分：包括如何打开并检查一台新到的电子校准件；外观标识介绍；使用注意事项以及日常维护方法；使用前的准备； AV2040X 系列电子校准件的基本操作方法和典型应用。

第七、八章是技术说明部分：详细叙述了 AV2040X 系列电子校准件的工作原理和关键技术；给出了 AV2040X 系列电子校准件主要技术指标、性能特性测试方法等内容。

第九章是维修说明部分：包括故障查询步骤及出错信息说明，同时也说明了返修方法。

我们衷心希望我们的产品能为您工作带来方便和快捷。使用中如有任何问题，欢迎您与我们联系。

第一篇 使用说明

第二章 开箱

第一节 型号确认

当您打开包装箱后，会看到以下物品：

表 2.1 AV2040X 系列随箱物品清单

名称	数量	功能
主机:		
◇AV2040X	1	校准
标配:		
◇USB 电缆	1	数据通信和控制
◇用户手册	1	用户使用说明
◇装箱清单	1	—
选件:		
◇FF/FM/MM 同轴转接器	3	—
◇力矩扳手	1	—
◇U 盘	1	存储驱动和配套软件

请您根据订货合同和装箱清单仔细核对以上物品是否有误，如有问题，请通过前言中的服务咨询热线与我单位服务咨询中心联系，我们将尽快予以解决。

第二节 外观检查

仔细观察仪器在运输过程中是否有损伤，当仪器有明显损伤时，严禁通电开机！

步骤 1. 检查外包装箱和仪器防震包装是否破损，若无破损，保存外包装以备用，并按照下面的步骤继续检查。

步骤 2. 开箱，检查主机和随箱物品是否有破损。

步骤 3. 按照表 2.1 仔细核对所列物品是否有误。

步骤 4. 若外包装破损、仪器或随箱物品破损或有误，严禁通电开机！

若发现问题，请根据前言中的服务咨询热线与我单位服务咨询中心联系。我们将根据情况迅速维修或调换。

第三章 仪器外观

该章节介绍了 AV2040X 系列电子校准件外观信息，如图 3.1。

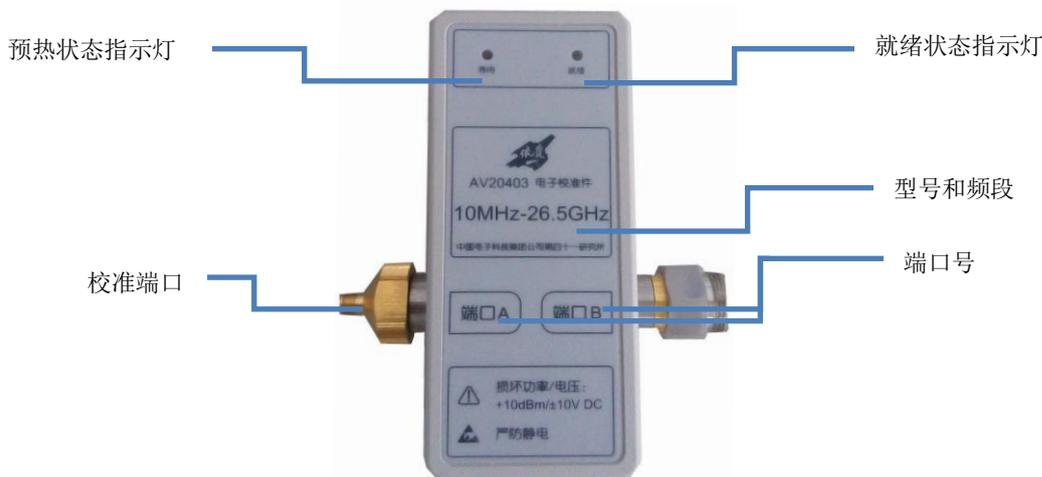


图 3.1 外观介绍

➤ 预热状态指示灯：

电子校准件在校准前需提前进行预热。连接 USB 电缆后“等待”指示灯点亮为红色，开始预热，使内部温度达到设定的恒定温度，从而保证校准状态一致性。预热时间长短随外部环境温度高低而不同，建议环境温度保证在 20℃-28℃之间，随着环境温度不同，加热时间长短会略有不同，双端口电子校准件预热时间通常在 15 分钟之内，四端口电子校准件预热时间通常在 20 分钟之内。

➤ 就绪状态指示灯：

预热完成，就绪状态指示灯点亮为绿，表示电子校准件达到理想工作状态，可以进行校准操作。

➤ 型号和端口：

AV2040X 系列电子校准件型号频段对应关系如下表 3.1。

表 3.1 型号、频段信息

型号	覆盖频段
AV20402	300kHz~18GHz
AV20403	10MHz~26.5GHz
AV20404	45MHz~40GHz
AV20405	10MHz~20GHz

➤ 校准端口：

校准端口包括 N 型、3.5mm、2.4mm 三种类型，阴（F）、阳（M）头可配置，AV2040X 型号标准端口类型配置如下表 3.2。端口类型可根据用户需求进行配置，比如 AV20402 选配 N 型双阴或双阳端口。

表 3.2 端口类型标准配置

型号	端口类型标准配置				
	端口类型	端口 A	端口 B	端口 C	端口 D
AV20402	N 型接头	F	M	--	--
AV20403	3.5mm 接头	F	M	--	--
AV20404	2.4mm 接头	F	M	--	--
AV20405	3.5mm 接头	F	F	F	F

第四章 正确操作和维护

第一节 正确使用连接器

在电子校准件进行各项校准过程中，经常会用到连接器，连接器的使用请注意以下事项：

1.1 连接器的检查

在进行连接器检查时，应该佩带防静电腕带，建议使用放大镜检查以下各项：

- 1) 电镀的表面是否磨损，是否有深的划痕。
- 2) 螺纹是否变形。
- 3) 连接器的螺纹和接合表面上是否有金属微粒。
- 4) 内导体是否弯曲、断裂。
- 5) 连接器的螺套是否旋转不良。



小心

连接器检查防止损坏仪器端口

任何已损坏的连接器或测试端口即使在第一次测量连接时也可能损坏与之连接的良好连接器，为保护电子校准件本身的各个接口，在进行连接器或测试端口连接操作前务必进行连接器的检查。

1.2 连接方法

测量连接前应该对连接器进行检查和清洁，确保连接器干净、无损。连接时应佩带防静电腕带，正确的连接方法和步骤如下：

步骤 1.如图 4.1，对准两个互连器件的轴心，保证阳头连接器的插针同心地滑移进阴头连接器的接插孔内。

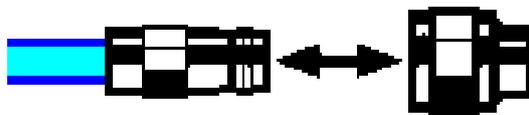


图 4.1 互连器件的轴心在一条直线上

步骤 2.如图 4.2，将两个连接器平直地移到一起，使它们能平滑接合，旋转连接器的螺套（注意不是旋转连接器本身）直至拧紧，连接过程中连接器间不能有相对的旋转运动。

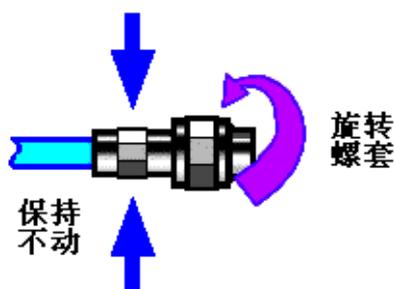


图 4.2 连接方法

步骤 3.如图 4.3，使用力矩扳手拧紧完成最后的连接，注意力矩扳手不要超过起始的折点，可使用辅助的扳手防止连接器转动。

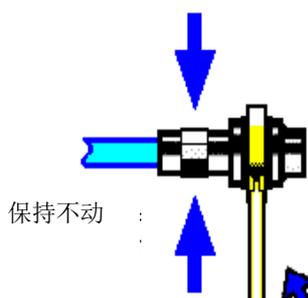


图 4.3 使用力矩扳手完成最后连接

1.3 断开连接的方法

步骤 1. 支撑住连接器以防对任何一个连接器施加扭曲、摇动或弯曲的力量。

步骤 2. 可使用一支开口扳手防止连接器主体旋转，利用另一支扳手拧松连接器的螺套。

步骤 3. 用手旋转连接器的螺套，完成最后的断开连接。

步骤 4. 将两个连接器平直拉开分离。

1.4 力矩扳手的使用方法

力矩扳手的使用方法如图 4.4 所示，使用时应注意以下几点：

- 使用前确认力矩扳手的力矩设置是否正确。
- 加力之前确保力矩扳手和另一支扳手（用来支撑连接器或电缆）夹角在 90° 以内。
- 轻抓住力矩扳手手柄的末端，在垂直于手柄的方向上加力直至达到扳手的折点。

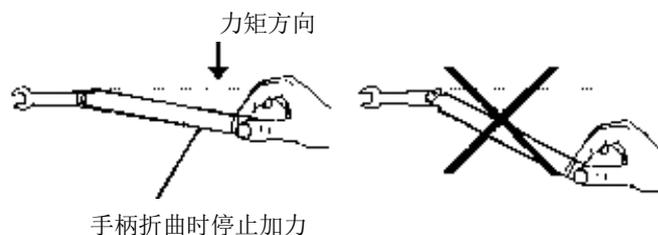


图 4.4 力矩扳手的使用方法

2 例行维护

日常维护主要对测试端口保持清洁，定期使用脱脂棉蘸酒精进行擦拭。

电子校准件作为一级标准件，原则上要定期进行计量，返厂重定标，保证标准精度。计量周期

一般为一年。

警告

防止损伤仪器

- 请勿擅自打开机壳。
- 请勿试图拆开或改装本手册未说明的任何部分。若自行拆卸，可能会导致电磁屏蔽效能下降、机内部件损坏等现象，影响产品可靠性。若产品处于保修期外，我方不再提供无偿维修。

注意

静电防护

注意工作场所的防静电措施，以避免静电对仪器带来的损害。具体请参考手册“2.2 安全使用指南”章节中的相关内容。

操作仪器时请注意：

不恰当的操作位置或测量设置会损伤仪器或其连接的仪器。仪器加电前请注意：

- 保持仪器干燥；平放、合理摆放仪器。
- 环境温度符合数据页中标注的要求。
- 端口输入信号功率符合标注范围。

提示

电磁干扰（EMI）的影响

电磁干扰会影响测量结果，为此：

- 选择合适的屏蔽电缆。例如，使用双屏蔽射频/网络连接电缆。
- 注意参考数据页中的电磁兼容（EMC）级别标注。

第二节 安全和静电防护

静电防护是常被用户忽略的问题，它对仪器造成的伤害时常不会立即表现出来，但会大大降低仪器的可靠性。因此，有条件的情况下应尽可能采取静电防护措施，并在日常工作中采用正确的防静电措施。

通常我们采取两种防静电措施：

- a) 导电桌垫及手腕带组合。

b) 导电地垫及脚腕带组合。

以上二者同时使用可提供良好的防静电保障。若单独使用，只有前者能提供保障。为确保用户安全，防静电部件必须提供至少 $1M\Omega$ 的与地隔离电阻。



上述防静电措施不可用于超过 500V 电压的场合！

正确应用防静电技术减少元器件的损坏：

- a) 第一次将同轴电缆与测试仪器连接之前，将电缆的内外导体分别与地短暂接触。
- b) 工作人员在接触接头芯线或做任何装配之前，必须佩带防静电腕带。
- c) 保证所有仪器正确接地，防止静电积累。

第五章 使用前准备

第一节 用户自检测

AV2040X 系列电子校准件初次加电后，需要检查仪器工作是否正常，以备后续测量操作。

提示

电子校准件用于矢量网络分析仪校准，为方便描述矢网人机界面操作，特作以下约定：

前面板硬按键和菜单软按键说明，在以下内容中的描述形式为：

- 1) 硬键描述形式：【XXX】，XXX 为硬键名称。
- 2) 软键描述形式：[XXX]，XXX 为软键名称。

将 AV2040X 系列电子校准件连接到矢网 USB 口（5V/500mA），观察电子校准件上机壳“等待”指示灯点亮为红色，表示仪器开始预热。以在 AV3672B 矢网上自检测为例，步骤如下：

步骤 1. 使用菜单进行校准选择，选择[校准(W)...]，如图 5.1。

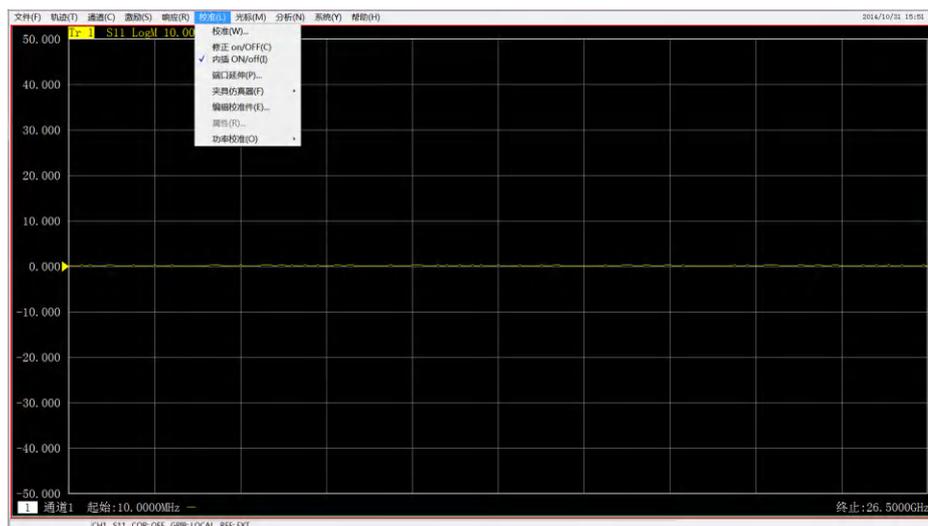


图 5.1 校准菜单

步骤 2. 选择[电校准(ECal)]，如图 5.2。



图 5.2 校准类型选择

步骤 3. 弹出电校准对话框，如图 5.3 中间区域显示检测到的电子校准件信息，所示信息与所连

接电子校准件信息一致，表示自检测成功。

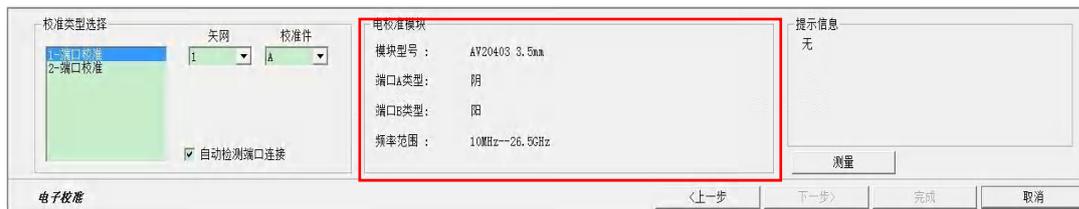


图 5.3 自检测电子校准件

第二节 驱动安装

AV2040X 系列电子校准件用于矢网校准，要求矢量网络分析仪支持电子校准功能。在电子校准件第一次连接矢量网络分析仪时，如果矢网未安装电子校准件驱动，矢网会有新硬件提示，请根据提示对话框进行驱动程序的安装。具体安装步骤如下：

步骤 1. 如图 5.5，选择[否，暂时不(T)]，然后点击[下一步(N)>]。



图 5.5 驱动安装向导 1

步骤 2. 如图 5.6，选择[从列表或指定位置安装（高级）(S)]，然后点击[下一步(N)>]。



图 5.6 驱动安装向导 2

步骤 3. 如图 5.7, [在搜索中包括这个位置(O)]中选择矢量网络分析仪安装目录下的驱动目录, 如: C:\Program Files\3G 矢量网络分析仪\Drivers。然后点击[下一步(N)>]---> 点击[完成], 完成驱动安装。

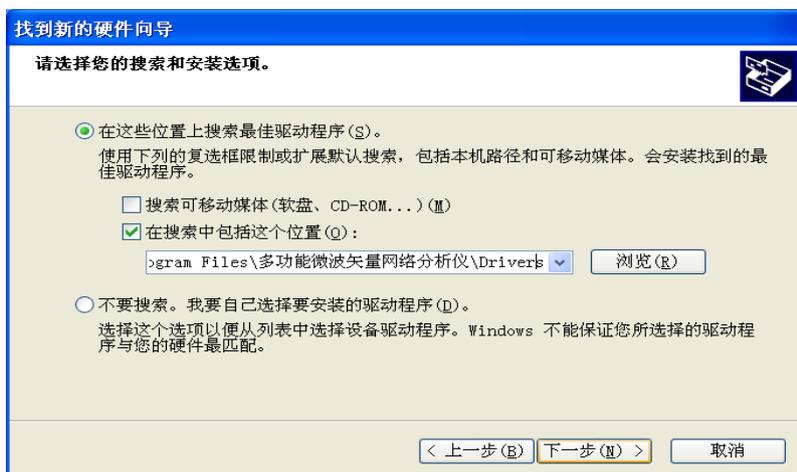


图5.7 驱动安装向导3

第三节 配套软件安装与设置

1 安装软件和驱动

配套软件专门用于支持在 Agilent 矢网上使用我单位电子校准件, 使用前需先在目标矢网上安装 Electronic Calibration 软件包 (安装步骤省略), 并安装电子校准件驱动, 步骤如下:

步骤 1. 在设备管理器中找到“Ecal Usb Driver”, 点击右键选择[更新驱动程序软件]。

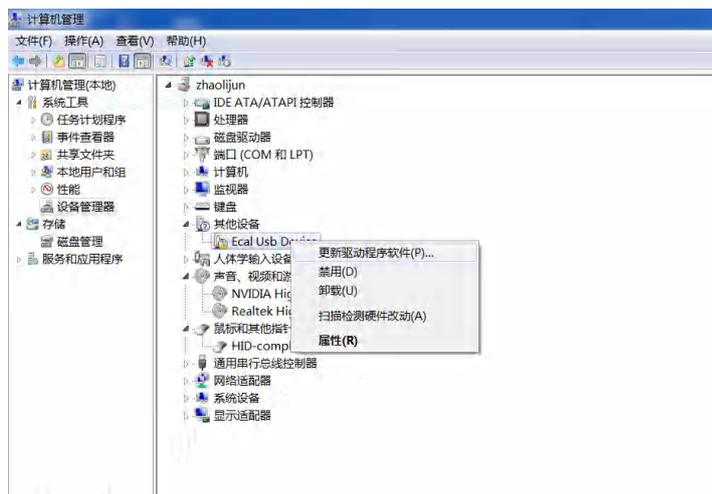


图 5.8 更新驱动程序

步骤 2. 选中[浏览计算机以查找驱动程序软件], 找到驱动程序路径, 其中有两个文件夹, 标识为[XP]和[Win7], 请根据您当前所运行的操作系统进行选择。选中 EcalDrv.inf 后, 点击打开, 系统开始安装电子校准件的驱动程序。

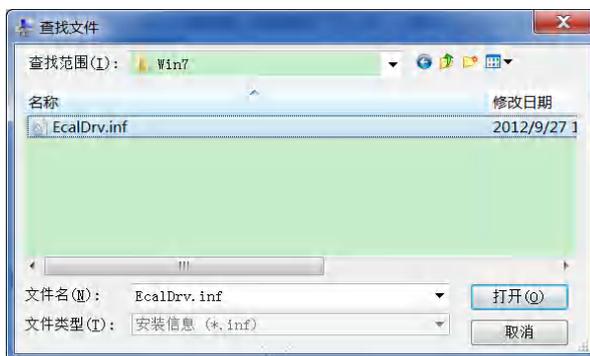


图 5.9 选中安装目录下的 EcalDrv.inf

2 软件启动

本软件的启动可以通过以下三种方式，推荐使用方式 3 “宏功能” 打开校准软件。

- 方式 1：桌面上双击[Electronic Calibration 1.0]图标。
- 方式 2：开始菜单->所有程序->Electronic Calibration 1.0->Electronic Calibration 1.0。
- 方式 3：通过宏功能打开，详细操作方式见“3.3.3”节。

3 宏功能设置

配套软件通过宏功能嵌入到国外矢量网络分析仪。

截止本手册发布之日，只有 Agilent 公司生产的 PNA 系列和 ENA 系列矢量网络分析仪中拥有宏嵌入功能，以此两种系列中的典型产品为例，分别介绍如何将本软件嵌入到国外矢量网络分析仪中。

3.1 PNA 系列

以 Agilent N5242A 矢量网络分析仪为例，介绍电子校准件配套软件的宏嵌入过程。

步骤 1. 打开 Agilent 矢网的【macro】宏功能面板，如图 5.10 所示。

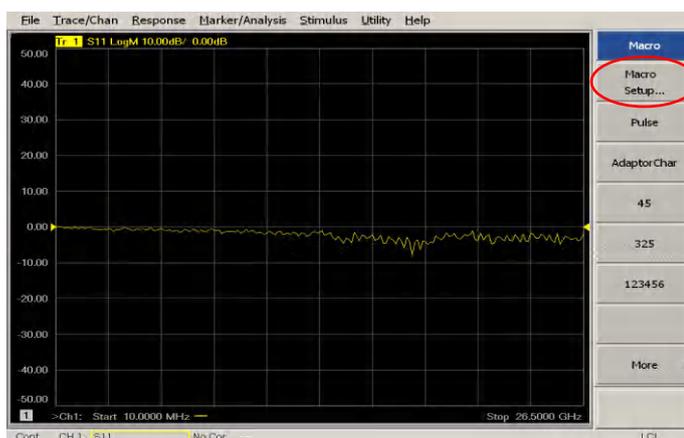


图 5.10 Agilent N5242A 矢网宏功能界面

步骤 2. 点击[Macro Setup]，进入宏设置界面，如图 5.11 所示。左侧窗口中选择空白处，单击[Edit]，进入宏编辑界面，如图 3.15。

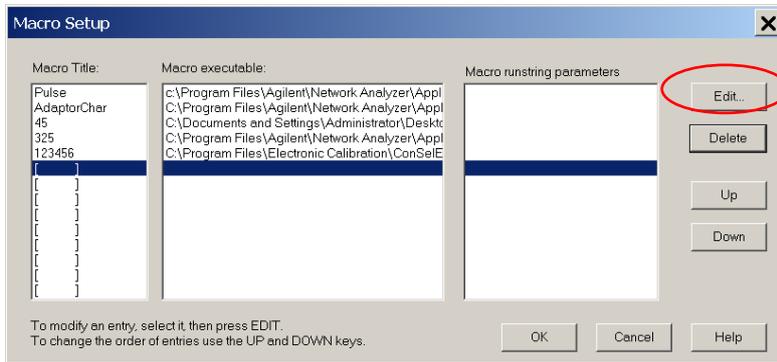


图 5.11 N5242A 宏设置界面

[Macro Title]下输入配套软件的显示名称，本例中输入“EI41_ECAL”，[Macro Executable]下选择电子校准件配套软件的可执行文件。

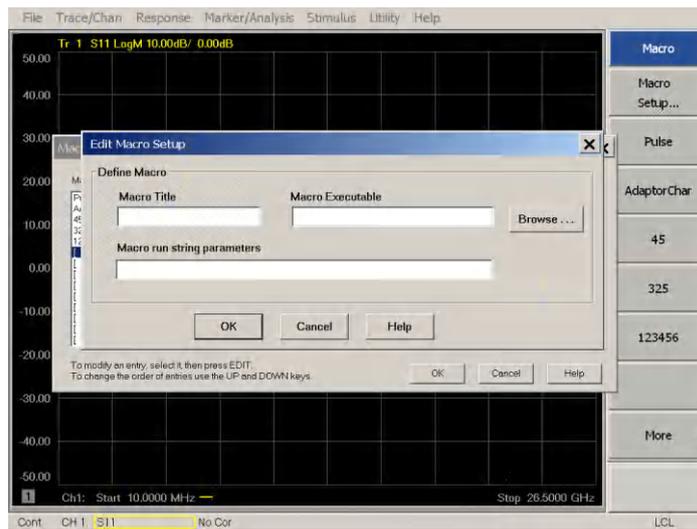


图 5.12 N5242A 宏编辑界面

步骤 3. 点击[ok]完成设置，如图 5.13 电子校准件配套软件显示在宏功能面板中。单击[EI41_ECAL]，即可打开配套校准软件进行电校准。

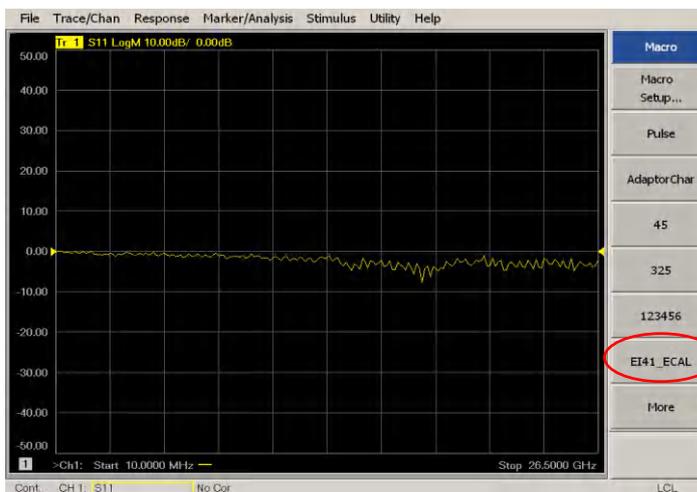


图 5.13 N5242A 加入配套软件后的宏功能界面

3.2 ENA 系列

以 E5061B 矢量网络分析仪为例，介绍电子校准件配套软件的宏嵌入过程。

步骤 1. 按下前面板【System】，显示系统设置界面；按下软面板的[Misc Setup]，进入杂项设置界面；点击[Network Setup]，进入网络设置界面。点击[Telnet Server]，确保其状态为“ON”，打开网络服务器功能，如图 5.14。

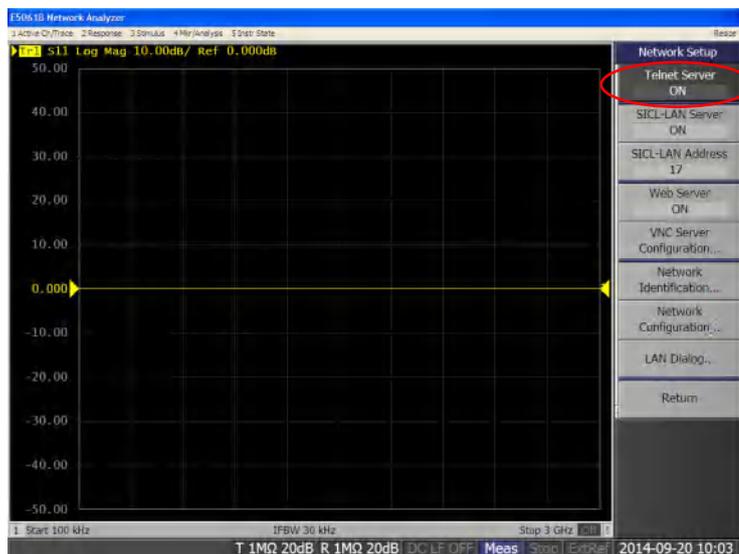


图 5.14 E5061 网络设置界面

步骤 2. 按下前面板上的【Macro Setup】，E5061B 切换到宏设置界面。点击右侧软面板[Load Project]按键，如图 5.15，开启宏项目导入界面对话框。

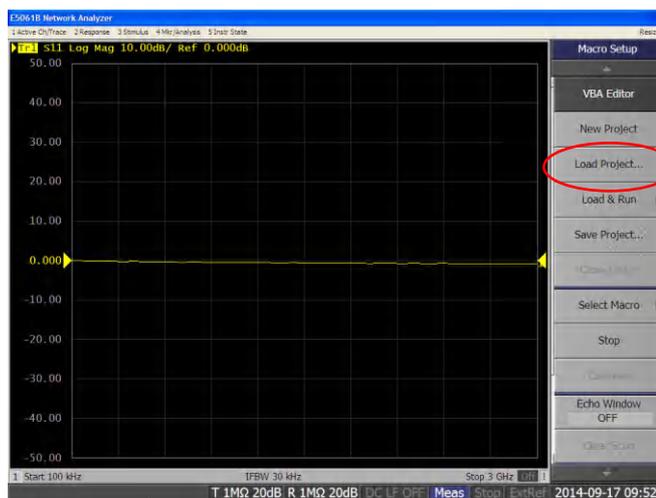


图 5.15 E5061B 宏设置界面

步骤 3. 此时需要使用本软件对应的 VBA 启动项目程序。选择本软件安装目录（默认安装路径为“C:\Program Files\Electronic Calibration 3.3.2\E506B”）下的“EI41ECAL.VBA”文件。点击[Open]打开项目文件，如图 5.16。至此，宏设置完成。

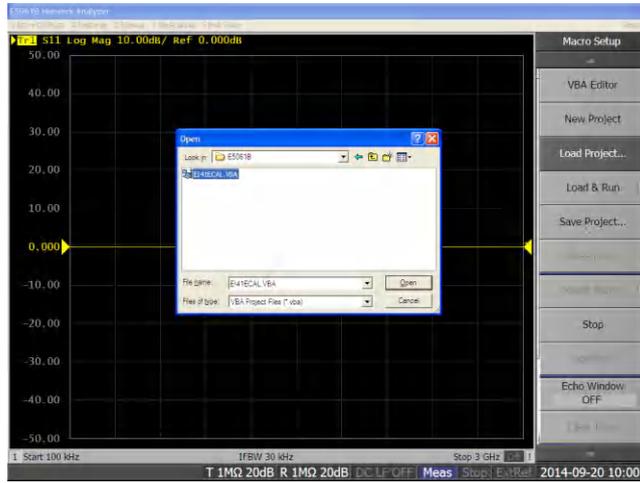


图 5.16 E5061B 宏项目导入界面

步骤 4. 宏设置软面板中，点击[Select Macro]，如图 5.17。单击[EI41_ECa1]，启动电子校准件配套软件，开始电校准。

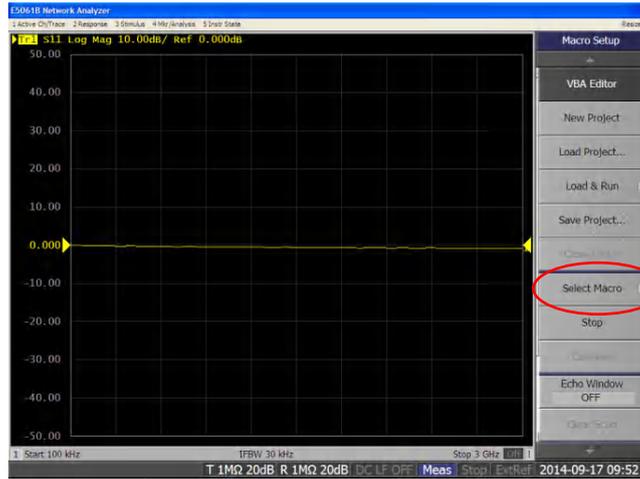


图 5.17 E5061B 选择宏界面

第六章 典型应用

第一节 电校准

准备工作: USB 电缆的一端连接到电子校准件的 USB 接口，另一端连接到矢量网络分析仪前面板或者后面板上的 USB 接口，打开矢量网络分析仪预热至少 30 分钟，同时电子校准件的红色等待指示灯会点亮，电子校准件开始预热。根据被测件的特性，设置矢量网络分析仪的频率范围，中频带宽、功率电平激励信息。用测试电缆连接电子校准件的端口和矢量分析仪的测试端口，预热结束后，按以下步骤进行电校准，校准步骤如下：

步骤 1. 使用菜单进行校准选择，选择[校准(W)...]。

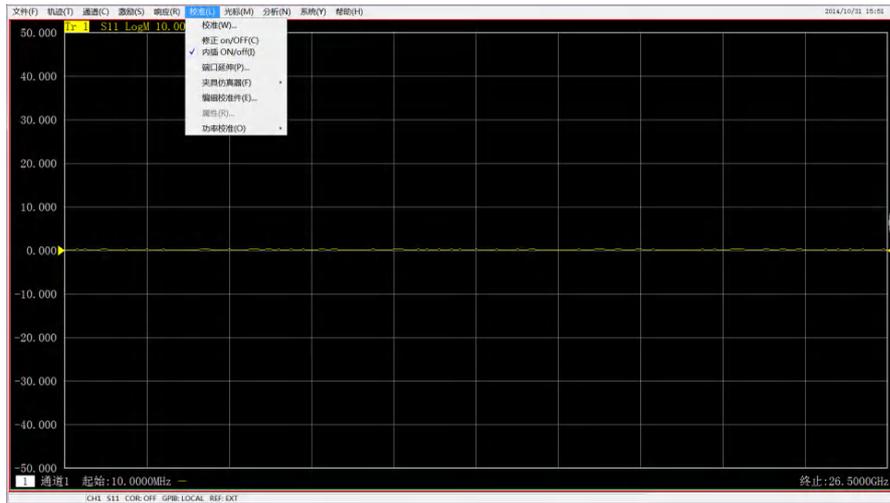


图 6.1 校准菜单

步骤 2. 请选择[电校准(ECal)]。

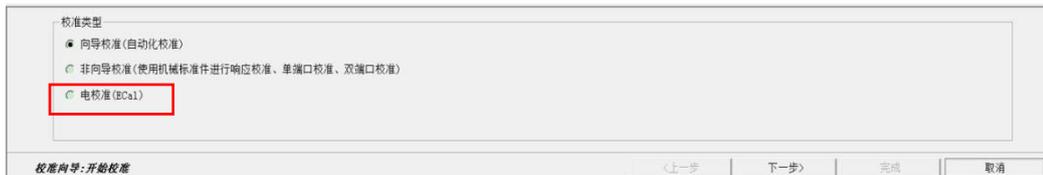


图 6.2 校准类型选择

步骤 3. 如图 6.3 所示，通过[校准类型选择]下面的选项进行选择，可以进行单端口或多端口校准。





图 6.3 校准端口设置

步骤 4. 勾选“自动检测端口连接”功能。

在校准选择组合框的还可以选择是否勾选“自动检测端口连接”功能，如果勾选此项（默认），则矢网能够检测电子校准件的端口与矢网的测量端口的连接情况，如下图所示；如果不勾选此项，矢网直接用用户设定的连接方式进行校准。（如果矢网设置的频率测量范围超过电子校准件的频率范围就会有下图的提示信息，此时需要单击[频率]按钮或直接退出窗口重新设置校准频段。）



图 6.4 [自动检测端口连接]选项

步骤 5. 如图 6.5，测量完成，点击[完成]，保存校准结果。



图 6.5 校准完成

步骤 6. 校准完成后将电子校准件从电缆上取下，然后将校准端口直通连接，打开传输 S 参数（如 S21），通常硬件性能良好的矢网校准后传输 S 参数幅度在 $\pm 0.1\text{dB}$ 内，即可大致判断校准成功。

提示

- 1.请勿在 USB 接口正在通讯时断开连接或者插拔、连接 USB 接口设备；校准刚刚结束时，也不要马上拔下 USB 电缆，数据通讯可能还没有结束。
- 2.一台矢量网络分析仪同时只能连接一台电子校准件，不支持两台或多台电子校准件在同一台矢量网络分析仪上同时使用。
- 3.校准过程中勿改变电缆连接状态。
- 4.在 AV3629 矢量网络分析仪上使用电子校准件时，USB 电缆需要连接至后面板 USB 接口。

第二节 向导校准

以在AV3672B上使用为例，使用电子校准件进行向导校准，准备工作见上节。

步骤1. 同上节准备工作。

步骤2. 请选择[向导校准(自动化校准)]。



图6.6 校准类型选择

步骤3. 通过校准类型选择可以进行多端口校准。在端口校准配置中选择需要进行校准的矢网端口。如下图6.7所示。



图6.7 校准端口选择

步骤4. 如图6.8，选择被测件端口的接头类型，及校准时端口使用的校准件。图6.8中，单击[修改校准]复选框，可修改直通连接方式。单击[下一步]进入“修改直通连接方式”界面，如图6.9，可根据用户需要，增加、删除或修改直通连接方式。



图6.8 机械/电子校准件组合使用

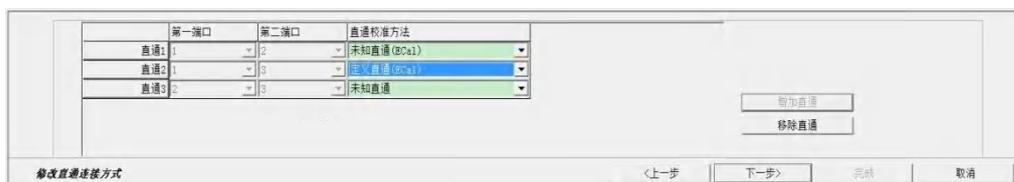


图6.9 修改直通连接方式

注意

要先进行端口接头类型的选择，再进行校准件的选择。电子校准件确认已经与矢网正确连接，该校准件型号就会出现在相应端口类型的校准件型号列表中。如四端口电子校准件只有3.5mm阴头，所以只有当被测件连接类型选择“3.5mm Female”时，校准件下拉菜单才会出现“ECal AV20405 3.5mm”的选项。

步骤5. 如图6.10按照向导校准的提示完成连接和[测量]校准件后，点击[完成]即保存校准结果。



图6.10 连接提示和测量对话框

步骤6. 校准完成后将电子校准件从电缆上取下，然后将校准端口直通连接，打开传输S参数（如S21），通常硬件性能良好的矢网校准后传输S参数幅度在 $\pm 0.1\text{dB}$ 内，即可大致判断校准成功。

第三节 配套软件使用

通过第五章3.2中任一种方式启动本软件（建议采用方式3）。

3.1 软件检测无误

配套软件检测到矢网后，显示界面为电校准测量界面，如图6.11：

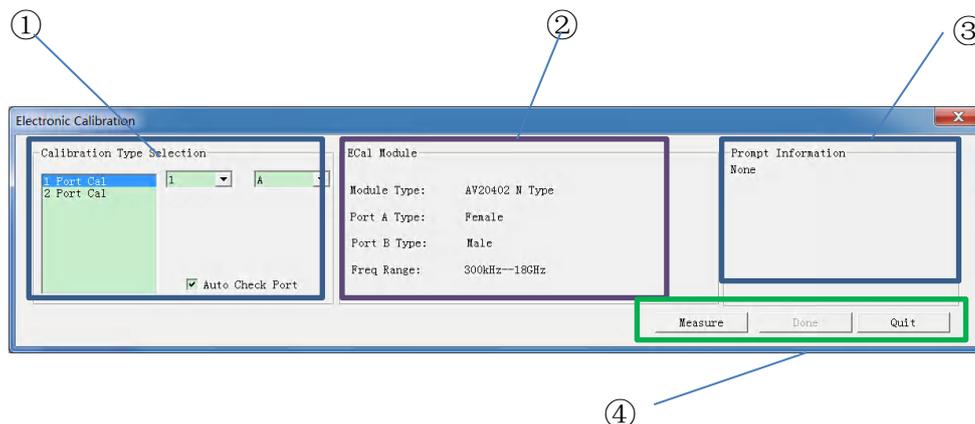


图 6.11 电子校准界面

① 校准类型选择区

选择需要进行的校准类型，主要包括单端口校准、双端口校准、三端口校准和四端口校准。在右侧选择矢网端口和电子校准件端口之间的对应关系。勾选下方的[Auto Check Port]后，本软件会自动检测电子校准件和矢网端口对应连接关系，此时只需正确选择矢网端口即可。

② 电子校准件信息显示区

显示电子校准件信息，包括型号、各个端口类型和频率范围等。

③ 提示信息显示区

显示校准过程中可能出现的提示信息或错误信息，如果没有异常，则会一直显示“None”。

④ 执行校准区

单击[Measure]开始测量，测量过程中，[Done]处会显示[Abort]按钮，此按钮可以随时中断校准的测量过程。校准完成会弹出提示对话框，单击[ok]关闭对话框，单击[Done]完成测量。[Quit]为退出软件。

3.2 软件检测失败

如果未扫描到矢网，显示界面如图 6.12:

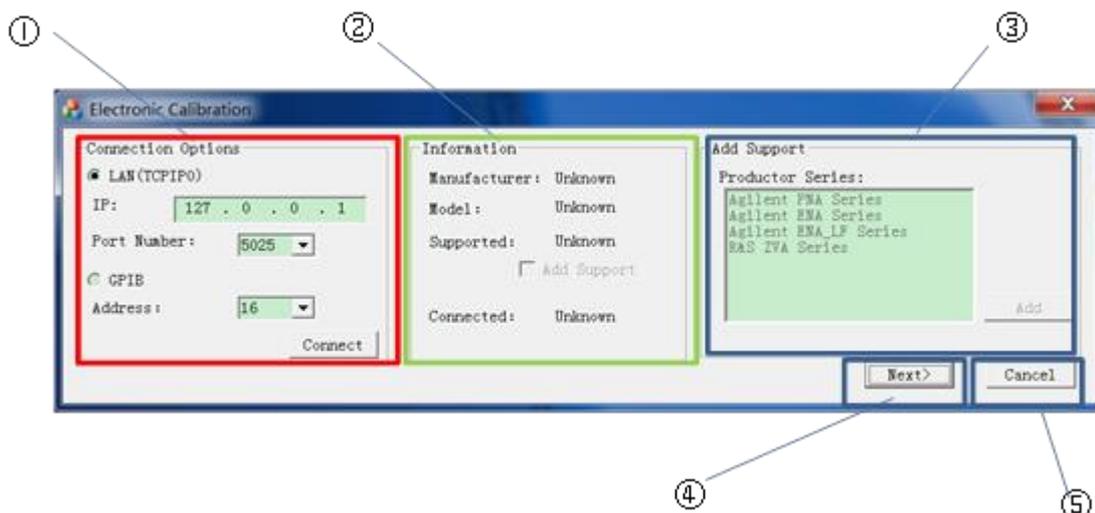


图 6.12 连接主界面

① 连接选项区

选择 LAN 方式或 GPIB 方式控制矢量网络分析仪，LAN 方式包括 IP 地址和端口号，GPIB 方式包括 GPIB 地址。点击 [Connect]，进行连接。

② 矢量网络分析仪信息显示区

显示已连接矢网的生产厂商、型号、本软件是否支持此型号、连接是否成功信息。如果本软件不支持此型号，可以通过 [Add support] 单选框添加对其支持。

③ 添加支持区

显示本软件支持的产品系列。点击 [Add] 可添加针对当前连接仪器的支持。

④ 下一步

点击，进入电校准测量界面，如图 3.21。注：此过程需几秒钟检测时间。

⑤ 取消

点击，退出本软件。

操作过程中如果遇到错误提示，可参考下表 6.1 查询错误原因。

表 6.1 错误检查表

序号	错误信息	备注
1	USB Error	无法找到电子校准件，请检查电子校准件与矢网是否正确连接。
2	Ecal module Error	电子校准件的频率范围不能覆盖矢网的当前频率范围，请检查电子校准件频率范围是否能够覆盖矢网当前频率范围。
3	Error in connectting to ecal module	电校准模块与端口连接错误，请检查电校准模块与矢网端口的连接是否正常。
4	EcalDll.dll load failed	加载 EcalDll.dll 失败，请确认该文件是否存在或损坏。

第四节 影响校准精度的因素

影响校准精度的因素有很多，校准件精度是一方面，当校准件精度达到一定要求时，人为操作、设备状况及矢网设置对校准精度影响将变得更为明显。

1 电缆的影响

电缆的不理想可以对测量结果引入失配、群时延和损耗，这些系统误差可通过校准进行消除。电缆的影响主要来自电缆的弯曲和自身稳定性，这些因素会影响电缆的长度和插损：长度变化影响相位跟踪指标；插损变化影响原始方向性指标。

2 校准后改变功率

经验表明，校准结束后改变功率带来的动态精度误差一般会比校准中噪声增加引起的误差要小。建议在接收机没有出现压缩的功率（一般比标称最大功率低 10dBm）上进行校准，然后再改变功率，就可以尽量减小噪声和动态精度带来的校准误差。AV2040X 系列电子校准件内部开关芯片 0.01dBm 功率压缩点为-5dBm，为保证电校准时不被压缩，校准功率要求在-5dBm 以下。

3 其他因素

- 连接器重复性是指连接器重复连接对测量参数的影响。校准中使用转接器尽量选用连接一致性高的转接器。
- 噪声影响：噪声影响主要表现为噪底和大功率时的迹线噪声。噪底由中频带宽决定，可通过减小中频带宽降低噪底，中频带宽在一定范围内每降低 10dB，噪底降低 10dB，迹线噪声降低 3 倍；大功率时，源相位噪声通常高于接收机噪底，这时迹线噪声主要来源于源相位噪声。

第二篇 技术说明

第七章 工作原理

矢量网络分析仪依靠校准与矢量误差修正达到高测量精度。目前比较成熟，应用比较广泛的误差模型有十二项误差模型，八项误差模型和十六项误差模型。其中，经典的十二项误差模型最早被提出，至今仍被广泛应用。电子校准以十二项误差模型为基础，实现对矢量网络分析仪的校准与误差修正。

电子校准件通过程控接口控制改变校准件内部的电子标准状态，从而完成矢量网络分析仪的校准。电子校准件具有校准速度快、校准质量高、对操作人员要求低等优点，逐步呈现替代机械校准件的趋势。

电子校准使用可编程的电子标准模块，电子标准模块内置多种反射阻抗状态和至少一个传输阻抗状态，这些阻抗状态通过定标得到其“实际值”。

本章概述了 AV20402、AV20403、AV20404、AV20405 系列电子校准件的基本工作原理。该系列电子校准件能够进行单端口校准、双端口、三端口和四端口校准，校准精度和机械校准件精度相当，但在校准速度和校准成功率上大大优于采用机械校准件的校准过程。电子校准件是基于 ARM 处理器的一个微控制系统，它由 USB 接口从主机获得电源和控制指令，完成矢量网络分析仪的校准。其整机原理框图如图 7.1 所示。

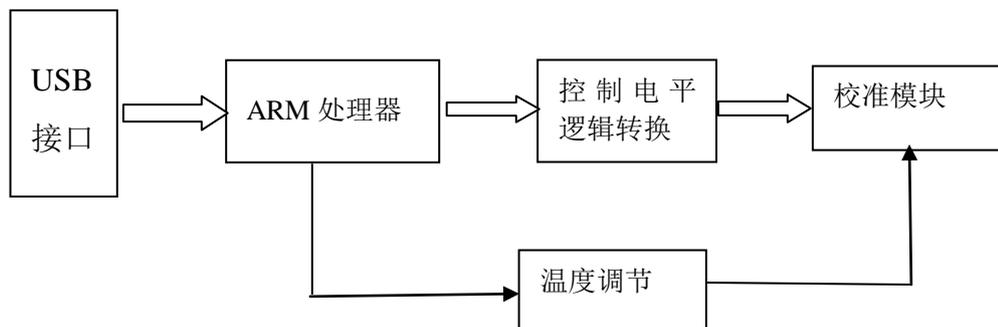


图 7.1 双端口电子校准件原理框图

ARM 处理器是电子校准件的大脑，校准模块是电子校准件的核心，ARM 处理器接收主机发送的指令，执行相应的校准过程，将校准模块的校准端口设置为正确的状态。控制电平逻辑转换电路将 ARM 处理器送出的控制信号逻辑电平转换为校准模块所需的控制信号电平。为了保持性能的稳定，需要校准标准处于一个稳定的温度条件下，温度调节电路通过 PWM 信号控制校准模块内部加热电阻的电流，内置的热敏电阻检测模块内的温度。

➤ ARM 处理器模块

该模块由 ARM 处理器芯片和大容量 NAND FLASH 存储器和静态存储器组成，校准件的各个电子标准的 S 参数数据保存在 NAND FLASH 存储器中。校准矢量网络分析仪时，矢量网络分析仪调用各个电子标准低的 S 参数数据，计算出矢量网络分析仪的误差系数。ARM 处理器模块的原理框图如图 7.2 所示。

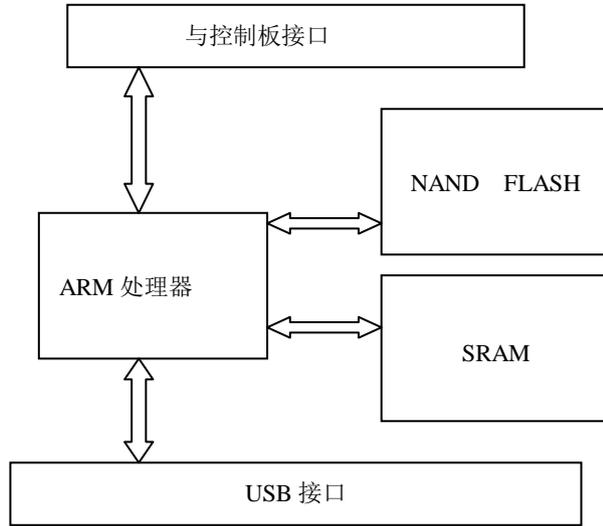


图 7.2 CPU 板原理框图

➤ 校准模块

校准模块主要有 CMOS 开关组成，提供校准所需的反射电子标准和直通电子标准。原理图见图

7.3。8 个控制信号用来选择校准标准，从而完成校准。模块内还有用于温度控制的电路。

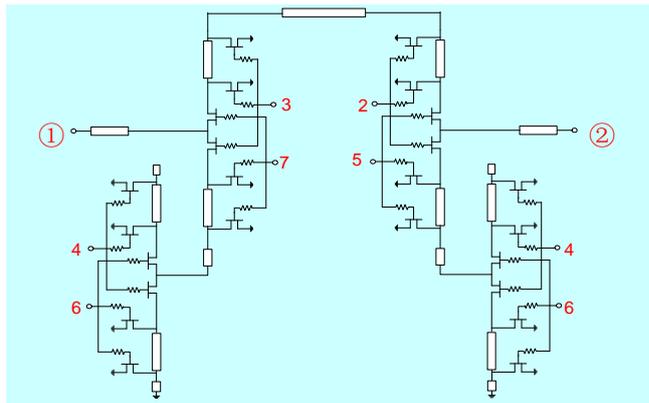


图 7.3 双端口电子标准原理图

第八章 性能特性及测试方法

第一节 性能指标

1.1 频率范围

AV20402 电子校准件: 300kHz~18GHz

AV20403 电子校准件: 10MHz~26.5GHz

AV20404 电子校准件: 45MHz~40GHz

AV20405 电子校准件: 10MHz~20GHz

1.2 方向性

AV20402 电子校准件: $\geq 36\text{dB}$ (300kHz~10MHz)

$\geq 42\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\geq 43\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\geq 39\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 36\text{dB}$ (10GHz~18GHz)

AV20403 电子校准件: $\geq 41\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\geq 51\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\geq 46\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 40\text{dB}$ (10GHz~20GHz)

$\geq 36\text{dB}$ (20GHz~26.5GHz)

AV20404 电子校准件: $\geq 49\text{dB}$ (45MHz~2GHz)

$\geq 43\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 40\text{dB}$ (10GHz~20GHz)

$\geq 37\text{dB}$ (20GHz~40GHz)

AV20405 电子校准件: $\geq 47\text{dB}$ (10MHz~5GHz)

$\geq 42\text{dB}$ (5GHz~9GHz)

$\geq 40\text{dB}$ (9GHz~13.5GHz)

$\geq 33\text{dB}$ (13.5GHz~20GHz)

1.3 源匹配

AV20402 电子校准件: $\geq 30\text{dB}$ (300kHz~10MHz)

$\geq 34\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\geq 38\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\geq 34\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 30\text{dB}$ (10GHz~18GHz)

AV20403 电子校准件: $\geq 35\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\geq 41\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\geq 38\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 37\text{dB}$ (10GHz~20GHz)

$\geq 33\text{dB}$ (20GHz~26.5GHz)

AV20404 电子校准件: $\geq 39\text{dB}$ (45MHz~2GHz)

$\geq 35\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 31\text{dB}$ (10GHz~20GHz)

$\geq 30\text{dB}$ (20GHz~40GHz)

AV20405 电子校准件: $\geq 38\text{dB}$ (10MHz~5GHz)

$\geq 33\text{dB}$ (5GHz~9GHz)

$\geq 32\text{dB}$ (9GHz~13.5GHz)

$\geq 28\text{dB}$ (13.5GHz~20GHz)

1.4 负载匹配

AV20402 电子校准件: $\geq 26\text{dB}$ (300kHz~10MHz)

$\geq 30\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\geq 37\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\geq 35\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 33\text{dB}$ (10GHz~18GHz)

AV20403 电子校准件: $\geq 31\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\geq 38\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\geq 45\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 40\text{dB}$ (10GHz~20GHz)

$\geq 36\text{dB}$ (20GHz~26.5GHz)

AV20404 电子校准件: $\geq 39\text{dB}$ (45MHz~2GHz)

$\geq 36\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\geq 35\text{dB}$ (10GHz~20GHz)

$\geq 33\text{dB}$ (20GHz~40GHz)

AV20405 电子校准件: $\geq 40\text{dB}$ (10MHz~5GHz)

$\geq 35\text{dB}$ (5GHz~9GHz)

$\geq 33\text{dB}$ (9GHz~13.5GHz)

$\geq 31\text{dB}$ (13.5GHz~20GHz)

1.5 传输跟踪

AV20402 电子校准件: $\leq 0.07\text{dB}$ (300kHz~10MHz)

$\leq 0.08\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\leq 0.08\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\leq 0.09\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\leq 0.10\text{dB}$ (10GHz~18GHz)

AV20403 电子校准件: $\leq 0.07\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\leq 0.08\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\leq 0.08\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\leq 0.10\text{dB}$ (10GHz~20GHz)

$\leq 0.14\text{dB}$ (20GHz~26.5GHz)

AV20404 电子校准件: $\leq 0.08\text{dB}$ (45MHz~2GHz)

$\leq 0.11\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\leq 0.14\text{dB}$ (10GHz~20GHz)

$\leq 0.15\text{dB}$ (20GHz~40GHz)

AV20405 电子校准件: $\leq 0.05\text{dB}$ (10MHz~5GHz)

$\leq 0.06\text{dB}$ (5GHz~9GHz)

$\leq 0.08\text{dB}$ (9GHz~13.5GHz)

$\leq 0.18\text{dB}$ (13.5GHz~20GHz)

1.6 反射跟踪

AV20402 电子校准件: $\leq 0.06\text{dB}$ (300kHz~10MHz)

$\leq 0.07\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\leq 0.07\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

$\leq 0.08\text{dB}$ (2GHz~10GHz)

$\leq 0.10\text{dB}$ (10GHz~18GHz)

AV20403 电子校准件: $\leq 0.05\text{dB}$ (10MHz~500MHz)

$\leq 0.05\text{dB}$ (500MHz~2GHz)

- $\leq 0.08\text{dB}$ (2GHz~10GHz)
 $\leq 0.12\text{dB}$ (10GHz~20GHz)
 $\leq 0.13\text{dB}$ (20GHz~26.5GHz)
 AV20404 电子校准件: $\leq 0.06\text{dB}$ (45MHz~2GHz)
 $\leq 0.08\text{dB}$ (2GHz~10GHz)
 $\leq 0.09\text{dB}$ (10GHz~20GHz)
 $\leq 0.10\text{dB}$ (20GHz~40GHz)
 AV20405 电子校准件: $\leq 0.08\text{dB}$ (10MHz~5GHz)
 $\leq 0.12\text{dB}$ (5GHz~9GHz)
 $\leq 0.12\text{dB}$ (9GHz~13.5GHz)
 $\leq 0.20\text{dB}$ (13.5GHz~20GHz)

1.7 端口最大承受功率 +10dBm

第二节 测试方法

2.1 测试用设备

安捷伦仪器需事先安装 AV 系列电子校准件配套软件和硬件驱动。

表 8.1 测试仪器设备

序号	仪器和设备类型	推荐型号	数量
1	矢量网络分析仪	频率范围: 300kHz~20GHz	N5230C
2	矢量网络分析仪	频率范围: 10MHz~26.5GHz	N5242A
3	矢量网络分析仪	频率范围: 10MHz~40GHz	N5245A
4	校准件	85054B	1
5	校准件	85052C	1
6	校准件	85056A	1
7	N 型匹配空气线	85055A-60001	1
8	3.5mm 匹配空气线	85053B-60005	1
9	2.4mm 匹配空气线	85057B-60001	1
10	N 型测试电缆	OSZKUZKU0240	1
11	3.5mm 测试电缆	85131F-FG	2
12	2.4mm 测试电缆	85133F-FG	1

2.2 频率范围

a) 测试项目说明

频率范围是指电子校准件所能正常工作的最小频率和最大频率的范围。

b) 测试步骤

频率范围指标不单独进行测试，而在后续指标测试中根据电子校准件的频率范围进行全频段的指标测试，如均能满足本规范要求，则判定频率范围指标符合规范要求。

2.3 方向性测试

a) 方向性测试说明

方向性定义为当信号在正方向行进时辅端出现的功率与信号反向行进时辅端出现的功率的比值，用分贝（dB）表示。它表明一个定向器件能够分离正反向行波的良好程度。方向性指标的数值越大，表示其分离信号的能力越好，理想情况下为无穷大。

本项目测试矢量网络分析仪经过电子校准件校准和误差修正后的方向性指标。

b) 测试框图及测试仪器和设备

测试所需的仪器设备见表8.1。

c) 测试步骤



图 8.1 矢量网络分析仪校准框图

- 1) 如图8.1连接电子校准件和矢量网络分析仪，打开矢量网络分析仪电源，预热30分钟以上；
- 2) 根据被测试电子校准件的工作频率范围设置矢量网络分析仪的频率范围，并设置测量点数、中频带宽、测试端口输出功率，设置矢量网络分析仪为线性幅度显示，对矢量网络分析仪进行校准；
- 3) 校准完毕，移去电子校准件，在校准端口1连接匹配空气线，并在匹配空气线的末端连接匹配负载；
- 4) 设置矢量网络分析仪进行S11测试；
- 5) 当矢量网络分析仪完成一次扫描后，打开矢网的时域功能，并激活门功能设置门位置在测试端口1；
- 6) 关闭时域功能，在频域下分频段记录S11测试曲线中最大值的绝对值；
- 7) 在校准端口1连接匹配空气线，并在匹配空气线的末端连接匹配负载，设置矢量网络分析仪进行S22测试；
- 8) 当矢量网络分析仪完成一次扫描后，打开矢网的时域功能，并激活门功能设置门位置在测试端口2；
- 9) 关闭时域功能，在频域下分频段记录S22测试曲线中最大值的绝对值；

d) 测试记录和数据处理

两次记录较大值的绝对值为测试方向性指标，将方向性指标填入性能特性测试表格对应位置。

2.4 源匹配测试

a) 测试项目说明

源匹配是指等效到测量端口的输出阻抗与系统标准阻抗的匹配程度。源匹配用分贝（dB）表示，其数值越大，指标越好，所引起的测量误差越小。理想情况下为无穷大。

本项目测试矢量网络分析仪经过电子校准件校准和误差修正后的源匹配特性。

b) 测试框图及测试仪器和设备

测试所需的仪器设备见表8.1。

c) 测试步骤

- 1) 如图8.1连接电子校准件和矢量网络分析仪，打开矢量网络分析仪电源，预热30分钟以上；

- 2) 根据被测试电子校准件的工作频率范围设置矢量网络分析仪的频率范围,并设置测量点数、中频带宽、测试端口输出功率,设置矢量网络分析仪为对数幅度显示,对矢量网络分析仪进行校准;
- 3) 校准完毕,移去电子校准件,在校准端口1连接匹配空气线,并在匹配空气线的末端连接短路器;
- 4) 设置矢量网络分析仪进行S11测试;
- 5) 分频段记录S11 测试曲线中最大的峰-峰值 Δ ,按公式(1)计算各频段源匹配指标;
- 6) 在校准端口2连接匹配空气线,并在匹配空气线的末端连接短路器,设置矢量网络分析仪进行S22测试;
- 7) 分频段记录S22 测试曲线中最大的峰-峰值 Δ ,按公式(1)计算各频段源匹配指标:

$$\text{源匹配} = -20\log(1 - 10^{-\Delta/40}) \quad (1)$$

d) 测试记录和数据处理

相同频率内取两次记录较大值的绝对值为测试源匹配指标,源匹配值填入性能特性测试表格对应位置。

2.5 负载匹配测试

a) 测试项目说明

负载匹配是指测试件的输出端和测试系统标准阻抗匹配程度,负载匹配用分贝(dB)表示,其数值越大,指标越好,所引起的测量误差越小。理想情况下为无穷大。

本项目测试矢量网络分析仪经过电子校准件校准和误差修正后的负载匹配指标。

b) 测试框图及测试仪器和设备

测试所需的仪器设备见表8.1。

c) 测试步骤

- 1) 如图8.1连接电子校准件和矢量网络分析仪,打开矢量网络分析仪电源,预热30分钟以上;
- 2) 根据被测试电子校准件的工作频率范围设置矢量网络分析仪的频率范围,并设置测量点数、中频带宽、测试端口输出功率,设置矢量网络分析仪为对数幅度显示,对矢量网络分析仪进行校准;
- 3) 校准完毕,移去电子校准件,在校准端口之间连接匹配空气线;
- 4) 设置矢量网络分析仪进行S11测试;
- 5) 当矢量网络分析仪完成一次扫描后,打开矢网的时域功能,激活门功能,设置门在测试端口2的位置;
- 6) 关闭时域功能,分频段记录S11的最大值的绝对值;
- 7) 设置矢量网络分析仪进行S22测试;
- 8) 当被测矢量网络分析仪完成一次扫描后,打开矢网的时域功能,激活门功能,设置门在测试端口1的位置;
- 9) 关闭时域功能,分频段记录S22的最大值的绝对值。

d) 测试记录和数据处理

取两次记录较大值的绝对值为测试负载匹配指标,将负载匹配指标填入性能特性测试表格对应位置。

2.6 传输跟踪测试

a) 测试项目说明

传输跟踪是指测试仪在进行传输测量时,由于参考信号通道和测试信号通道之间的频率响应变化而引起信号振幅和相位随频率变化的矢量和。传输跟踪用分贝(dB)表示,其数值越小,指标越好,所引起的测量误差越小。理想情况下为0dB。

本项目测试矢量网络分析仪经过电子校准件校准和误差修正后的传输跟踪误差。

b) 测试框图及测试仪器和设备

测试所需的仪器设备见表8.1。

c) 传输跟踪测试步骤

- 1) 如图8.1连接电子校准件和矢量网络分析仪,打开矢量网络分析仪电源,预热30分钟以上;

- 2) 根据被测试电子校准件的工作频率范围设置矢量网络分析仪的频率范围，并设置测量点数、中频带宽、测试端口输出功率，设置矢量网络分析仪为对数幅度显示，对矢量网络分析仪进行校准
 - 3) 校准完毕，移去电子校准件，将端口1和端口2直接相连；
 - 4) 设置矢量网络分析仪测量参数为S21；
 - 5) 将测试迹线存入存储器，打开矢网的运算功能，设置为“数据/存储”，设置扫描模式为单次；
 - 6) 分频段记录S21测试曲线绝对值的最大值；
 - 7) 设置矢量网络分析仪扫描模式为连续，测量参数为S12；
 - 8) 将测试迹线存入存储器，打开矢网的运算功能，设置为“数据/存储”，设置扫描模式为单次；
 - 9) 分频段记录S12测试曲线绝对值的最大值。
- d) 测试记录和数据处理

在相同频段内取绝对值较大的值作为传输跟踪指标，将传输跟踪指标填入性能特性测试记录表格相应位置。

2.7 反射跟踪测试

a) 测试项目说明

反射跟踪是指测试仪在进行反射测量时，由于参考信号通道和测试信号通道之间的频率响应变化而引起信号振幅和相位随频率变化的矢量和。反射跟踪用分贝（dB）表示，其数值越小，指标越好，所引起的测量误差越小。理想情况下为0dB。

本项目测试矢量网络分析仪经过电子校准件校准和误差修正后的反射跟踪误差。

b) 测试框图及测试仪器和设备

测试所需的仪器设备见表8.1。

c) 测试步骤

- 1) 如图8.1连接电子校准件和矢量网络分析仪，打开矢量网络分析仪电源，预热30分钟以上；
- 2) 根据被测试电子校准件的工作频率范围设置矢量网络分析仪的频率范围，并设置测量点数、中频带宽、测试端口输出功率，设置矢量网络分析仪为对数幅度显示，对矢量网络分析仪进行校准；
- 3) 校准完毕，移去电子校准件，在校准端连接短路器；
- 4) 设置矢量网络分析仪测量参数为S11；
- 5) 将测试迹线存入存储器，打开矢网的运算功能，设置为“数据/存储”，设置扫描模式为单次；
- 6) 分频段记录S11测试曲线中绝对值的最大值；
- 7) 设置矢量网络分析仪扫描模式为连续，测量参数为S22；
- 8) 将测试迹线存入存储器，打开矢网的运算功能，设置为“数据/存储”，设置扫描模式为单次；
- 9) 分频段记录S22测试曲线中绝对值的最大值。

d) 测试记录和数据处理

在相同频段内取绝对值较大的值作为被测试反射跟踪指标，将反射跟踪指标填入性能特性测试记录表格对应位置。

2.8 端口最大承受功率

a) 测试项目说明

端口最大承受功率是指电子校准件测试端口所能承受的不会导致损坏或性能降级的最大输入射频功率。

b) 测试框图及测试仪器和设备

测试所需的仪器设备见表8.2。

表 8.2 端口最大承受功率测试仪器设备

序号	仪器和设备类型	推荐型号	数量
1	功率计	AV2432 NRP	1
2	功率探头	AV23211 NRP-Z21	1

c) 测试步骤

- 1) 打开矢量网络分析仪和功率计电源，用USB电缆连接电子校准件和矢量网络分析仪，预热30分钟以上；
- 2) 连接矢量网络分析仪端口1到功率计探头，设置矢量网络分析仪扫描模式为CW模式，中心频率为1GHz，设置功率计校准因子为1GHz，调节矢量网络分析仪输出功率，直到功率计显示功率读数为10.0dBm；
- 3) 分别连接矢量网络分析仪端口1到电子校准件端口A和端口B，持续时间至少1分钟；
- 4) 从2.3-2.7任选一项进行性能指标测试，如仍能符合规范要求，则判定端口最大承受功率符合规范要求。

第三篇 维修说明

第九章 故障及维修

当您的电子校准件出现难以解决的问题时，可通过电话或传真与我们联系。如果经联系确信需要返修时，请按下面的步骤进行包装：

- a) 写一份详细的故障现象说明，与电子校准件一同放入包装箱。
- b) 用原包装材料将电子校准件包装好，以减少可能的损坏。
- c) 在外包装纸箱四角摆放好衬垫，将仪器放入外包装箱。
- d) 用胶带密封好包装箱口，并用尼龙带加固包装箱。
- e) 在箱体上标明“易碎！勿碰！小心轻放！”字样。
- f) 请按精密仪器进行托运。
- g) 保留所有运输单据的副本。



仪器内部没有用户可以调节的部件，当仪器出现故障时，请向专业人员寻求帮助。不要自行打开机壳，以免造成不可修复的损坏！
