



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1494—202X

网络线缆分析仪校准规范

Calibration Specification for Network Cable Analyzers

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

网络线缆分析仪校准规范

Calibration Specification for Network
Cable Analyzers

JJF 1494—202X

代替 JJF 1494—2014

归口单位：全国无线电计量技术委员会

主要起草单位：工业和信息化部电子第五研究所

中国计量科学研究院

参加起草单位：中国信息通信研究院

北京芯宸科技有限公司

上海市计量测试技术研究院

本规范委托全国无线电计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

刘君荣（工业和信息化部电子第五研究所）

梁伟军（中国计量科学研究院）

黄 帅（工业和信息化部电子第五研究所）

参加起草人：

李昌兴（工业和信息化部电子第五研究所）

许 伟（中国信息通信研究院）

于 磊（上海市计量测试技术研究院）

黄 辉（北京芯宸科技有限公司）

目 录

引 言.....	III
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 直流环路电阻.....	2
5.2 传播时延.....	2
5.3 插入损耗.....	2
5.4 近端串扰.....	2
5.5 等效远端串扰.....	2
5.6 长度.....	3
5.7 回波损耗.....	3
6 校准条件.....	3
6.1 环境条件.....	3
6.2 测量标准及其他设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	5
7.1 校准项目.....	5
7.2 外观及工作正常性检查.....	5
7.3 直流环路电阻.....	6
7.4 传播时延.....	6
7.5 插入损耗.....	7
7.6 近端串扰.....	7
7.7 衰减远端串扰比.....	9
7.8 长度.....	10
7.9 回波损耗.....	10
8 校准结果.....	12

9 复校时间间隔.....	13
附录 A 校准记录格式.....	14
附录 B 校准证书内页格式.....	20
附录 C 测量不确定度评定示例.....	25
附录 D 阻抗转换器校准件和回波损耗辅助件.....	36
附录 E 阻抗转换器	37
附录 F ACR-F 模拟器.....	38

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

与 JJF 1494-2014 相比，除编辑性修改外，本规范主要技术变化如下：

- 适用范围从 cat5、cat5E、cat6 扩展为 cat5、cat5E、cat6、cat6A、cat7、cat7A；
 - 将“等效远端串扰”的名称改为“衰减远端串扰比”；
 - 直流环路电阻测量范围从 (0~50) Ω 扩至 (5~540) Ω ；
 - 传播时延测量范围从 0ns~600ns 扩展为 50ns~750ns；
 - 插入损耗：频率范围从 1MHz~250MHz 扩展为 1MHz~1000MHz，测量范围从 (0~40) dB 扩展为 (1~60) dB，增加 600MHz 频率点的最大允许误差 ± 2.1 dB，增加 1000MHz 频率点的最大允许误差 ± 2.9 dB；
 - 近端串扰：频率范围从 1MHz~250MHz 扩展为 1MHz~1000MHz，增加 600MHz 频率点的最大允许误差 ± 3.7 dB，增加 1000MHz 频率点的最大允许误差 ± 4.3 dB；
 - 衰减远端串扰比：频率范围从 1MHz~250MHz 扩展为 1MHz~1000MHz，测量范围从 (10~60) dB 扩展为 (10~70) dB，增加 600MHz 频率点的最大允许误差 ± 4.3 dB，增加 1000MHz 频率点的最大允许误差 ± 5.1 dB；
 - 回波损耗：频率范围从 1MHz~250MHz 扩展为 1MHz~1000MHz，增加 600MHz、1000MHz 频率点的最大允许误差 ± 2.4 dB；
 - 长度测量范围从 0m~100m 扩至 0.1m~150m；
 - 改进了直流环路电阻的校准方法；
 - 插入损耗的校准方法，直通校准幅度改为双端口全校准。
- 本规范历次版本发布情况：
- JJF 1494-2014。

网络线缆分析仪校准规范

1 范围

本规范适用测试 cat5、cat5E、cat6、cat6A、cat7、cat7A 等双绞线的网络线缆分析仪的校准。测试 cat8 双绞线的网络线缆分析仪可参照使用。

2 引用文件

TIA-1152 平衡双绞线布线的现场测试仪器和测量的要求 (Requirements for Field Test Instruments and Measurements for Balanced Twisted-Pair Cabling)

IEC 61935-1 平衡同轴信息技术电缆的测试规范.第 1 部分:按 ISO/IEC 11801 及相关标准中规定的安装对称布线 (Specification for the testing of balanced and coaxial information technology cabling - Part 1: Installed balanced cabling as specified in ISO/IEC 11801-1 and related standards)

凡是注日期的引用文件, 仅注日期的版本适用于本规范; 凡是不注日期的引用文件, 其最新版本 (包括所有的修改单) 适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 传播时延 propagation delay

在电缆组件的基准面之间, 传播横向电磁 (TEM) 波的频率范围内, 每个频率的相位时延, 单位为纳秒 (ns)。

3.2 近端串扰 near-end cross-talk, NEXT

一条链路中, 处于线缆一侧的某发射线对, 对于同侧的其他相邻 (接收) 线对通过电磁感应所造成的信号耦合, 单位为分贝 (dB)。

3.3 衰减远端串扰比 attenuation to crosstalk ratio at the far-end, ACR-F

一条链路中, 处于线缆一侧的某发送线对, 对于另外一侧的其他相邻 (接收) 线对通过电磁感应所造成的信号耦合, 即远端串扰。

衰减远端串扰比是指某对线对上接收的远端串扰与该线对传输信号衰减差, 单位为分贝 (dB)。

4 概述

网络线缆分析仪主要采用数字测试技术和时域反射技术来实现快速测试。

网络线缆分析仪由测试主机和远端两部分构成，支持测试主机单独工作和测试主机远端共同工作两种模式。网络线缆分析仪的测试主机产生信号，并接收远端发送回来的信号进行数据分析；远端对主机进行响应并发回信号。

网络线缆分析仪用于测试局部网物理层参数、网络布线质量，应用于网络先期布线安装或解决后续故障、维护网络，是对布线系统进行认证测试、确定其各项连通及传输性能指标达到国家或者国际标准的要求而使用的必备分析仪器。

5 计量特性

5.1 直流环路电阻

测量范围：（5~540） Ω ；

最大允许误差： $\pm$ （1%读数+1 Ω ）。

5.2 传播时延

测量范围：（50~750）ns；

最大允许误差： $\pm$ （4%读数+5ns）（在 10MHz）。

5.3 插入损耗

频率范围：1MHz~1000MHz；

测量范围：（1~60）dB；

最大允许误差： $\pm$ 1.2dB 在 100MHz，
 $\pm$ 1.9dB 在 250MHz，
 $\pm$ 2.1dB 在 600MHz，
 $\pm$ 2.9dB 在 1000MHz。

5.4 近端串扰

频率范围：1MHz~1000MHz；

测量范围：（20~70）dB；

最大允许误差： $\pm$ 2.0dB 在 100MHz，
 $\pm$ 2.9dB 在 250MHz，
 $\pm$ 3.7dB 在 600MHz，
 $\pm$ 4.3dB 在 1000MHz。

5.5 衰减远端串扰比

频率范围：1MHz~1000MHz；

测量范围：（10~70）dB；

最大允许误差：±2.3dB 在 100MHz，
±3.5dB 在 250MHz，
±4.3dB 在 600MHz，
±5.1dB 在 1000MHz。

5.6 长度

测量范围（0.1~150）m；

最大允许误差：±（4%读数+1m）。

5.7 回波损耗

测量范围：（8~26）dB；

最大允许误差：±2.7dB 在 100MHz，
±2.4dB 在 250MHz，
±2.4dB 在 600MHz，
±2.4dB 在 1000MHz。

注：以上技术指标都不是用于合格性判定的依据，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：（23±5）℃；

6.1.2 相对湿度：20%~80%；

6.1.3 周围无影响正常工作的电磁干扰和机械振动。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 网络分析仪

频率范围：（1~1000）MHz；

群时延的最大允许误差：±（1.0%读数+1ns）（在 10MHz）；

幅度测量的动态范围：（0~80）dB；

最大允许误差：±0.35dB。

6.2.2 阻抗转换器的校准件

开路器：四组线对都开路；

短路器：四组线对都短路；

负载：四组线对分别焊接 100 Ω 精密电阻[直流电阻： $\pm 0.1\%$ ；交流阻抗： $\pm 1\%$ 在 (1~1000) MHz]。

短跳线：一段长度尽量短（必须小于 0.1m）的 cat7A 跳线。

注：制作示意图参照附录 D。

6.2.3 回波损耗辅助件

频率范围：（1~1000）MHz；

回波损耗范围：（8~26.5）dB；

重复性： ± 0.05 dB。

注：推荐 8dB、14dB、20.1dB、26.5dB，制作示意图参照附录 D。

6.2.4 同轴步进衰减器

频率范围：（1~1000）MHz；

特性阻抗：50 Ω ；

衰减范围：（0~70）dB，10dB 步进；

最大允许误差： $\pm (0.01 \text{ 设定值} + 0.3\text{dB})$ ；

重复性： ± 0.03 dB。

6.2.5 直流电阻箱

范围：（0.1~1000） Ω ；

最大允许误差： $\pm 0.2\%$ 。

6.2.6 稳定线缆

双绞线线缆两头需制作 RJ45 接头。

在水平 50N 拉力下，长度要求为：20m，40m，60m，80m，100m，150m 各一条

长度最大允许误差： $\pm 0.5\%$ ；

传播时延的重复性优于 $\pm 0.2\text{ns}$ （在 10MHz）。

6.2.7 辅助线缆

近端串扰范围覆盖：（20~70）dB；

回波损耗范围覆盖：（8~26）dB；

衰减远端串扰比范围覆盖：（10~70）dB；

短期稳定性： $\pm 0.1\text{dB/1h}$ 。

6.2.8 50Ω 负载

频率范围：（1~1000）MHz；

特性阻抗：50Ω；

回波损耗：大于 20dB。

6.2.9 平衡/不平衡转换器

频率范围：（1~1000）MHz；

特性阻抗：初级为非平衡 50Ω、次级为平衡 100Ω；

插入损耗的最大值：3dB；

次级回波损耗：大于 20dB。

注：制作示意图参照附录 E。

6.2.10 衰减远端串扰比模拟器（ACR-F 模拟器）

ACR-F 范围：（10~70）dB；

短期稳定性：±0.1dB/1h。

注：1.制作示意图参照附录 E；

2.以上是针对 50Ω 特性阻抗的标准而言，75Ω 特性阻抗的标准件和辅助件的制作，可参考 50Ω 特性阻抗的制作。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目

序 号	校准项目名称	条款
1	直流环路电阻	7.3
2	传播时延	7.4
3	插入损耗	7.5
4	近端串扰	7.6
5	衰减远端串扰比	7.7
6	长度	7.8
7	回波损耗	7.9

7.2 外观及工作正常性检查

7.2.1 被校仪器应有说明书和配套附件，应无影响电气性能的机械损伤，其开关、按键、接口等应可靠，旋钮应牢固且调节正常。被校仪器通电开机后，应能自动完成自检。

7.2.2 进行后续校准时，被校仪器及校准设备应按规定时间（一般为 30min）预热。

7.2.3 在使用网络分析仪测试之前，使用 $50\ \Omega$ 校准件对其进行双端口校准。

7.2.4 将检查结果记录到附录 A.1 中

7.3 直流环路电阻

7.3.1 网络线缆分析仪主机能单独工作

7.3.1.1 使用一端有 RJ45 插头的双绞线，另一端选取一组线对，例如 3-6 线对，如图 1 所示连接到直流电阻箱。

注：网络线缆分析仪的八条测试线分为四组线对工作，分别是：1-2、3-6、4-5、7-8 线对。

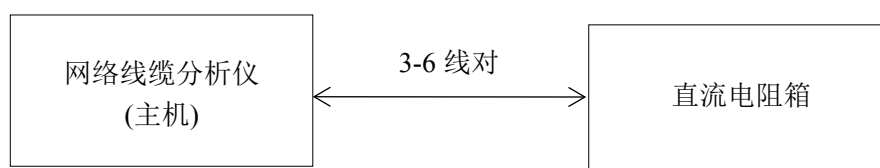


图 1 网络线缆分析仪主机校准 3-6 线对直流环路电阻

7.3.1.2 设置直流电阻箱为 $0\ \Omega$ ，读取网络线缆分析仪的指示值 R_1 ，将结果记录附录 A.2 中。

7.3.1.3 从小到大调节直流电阻箱的电阻值 R_0 ，依次读取网络线缆分析仪的指示值 R_2 ，按公式 (1) 进行计算得到直流环路电阻 R ，将结果记录附录 A.2 中。

$$R = R_2 - R_1 \quad (1)$$

式中： R ——直流环路电阻值， Ω ；

R_1 ——电阻箱为 $0\ \Omega$ 时直流环路电阻测量值， Ω ；

R_2 ——电阻箱置一定电阻值后直流环路电阻测量值， Ω 。

7.3.1.4 改用其他线对连接直流电阻箱，重复 7.3.1.1~7.3.1.3 操作。

7.3.2 网络线缆分析仪主机必须和远端共同工作

7.3.2.1 使用两根一端有 RJ45 插头的双绞线，另一端选取一组线对，例如 3-6 线对，如图 2 所示连接到直流电阻箱。

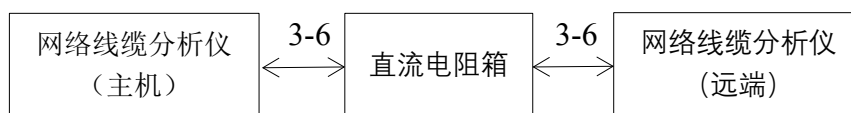


图 2 网络线缆分析仪主机和远端共同校准 3-6 线对直流环路电阻

7.3.2.2 操作步骤按 7.3.1.2~7.3.1.4，将结果记录附录 A.2 中。

7.4 传播时延

7.4.1 按图 3 所示连接网络分析仪和两个阻抗转换器。（以 1-2 线对为例）

7.4.2 设置网络分析仪测量参数为 S_{21} ，显示格式为群时延，用短跳线连接两个阻抗转换器，

对网络分析仪进行直通校准。

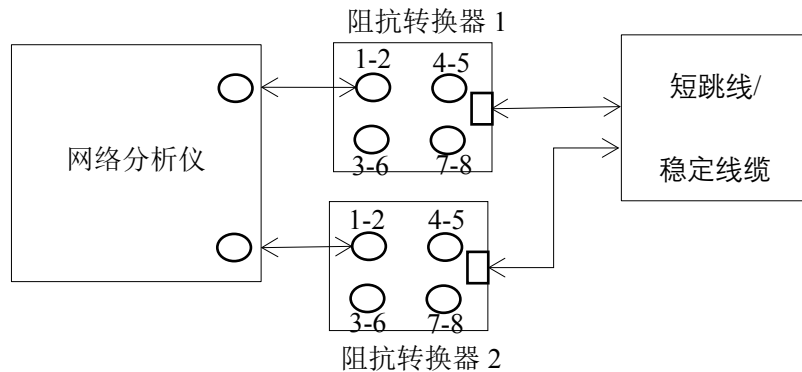


图3 用网络分析仪标定稳定线缆的两端

7.4.3 将稳定线缆连接两个阻抗转换器。用网络分析仪测量稳定线缆，读取 10MHz 频率点处的传播时延值 T_0 并记录在附录 A.3 中。

7.4.4 按图 4 连接网络线缆分析仪和稳定线缆。

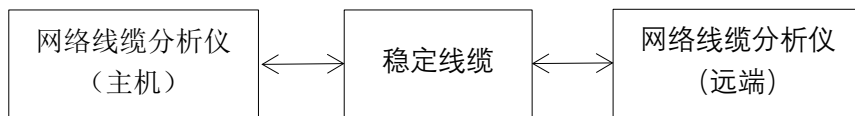


图4 网络线缆分析仪主机和远端同时测量

7.4.5 操作网络线缆分析仪，测量稳定线缆的传播时延，读取 1-2 线对的传播时延值 T 并记录在附录 A.3 中。

7.4.6 更换使用不同长度的稳定线缆，重复 7.4.3~7.4.4。

7.5 插入损耗

7.5.1 按图 3 所示连接网络分析仪和两个阻抗转换器。（以 1-2 线对为例）

7.5.2 设置网络分析仪测量参数为 S_{21} ，显示格式为对数幅度，用阻抗转换器的校准件和短跳线，对网络分析仪进行双端口全校准。

7.5.3 选用一条稳定线缆（推荐长度 100m）连接两个阻抗转换器。用网络分析仪测量稳定线缆，读取 1MHz~1000MHz 不同频率点下的插入损耗值 A_0 并记录在附录 A.4 中。

7.5.4 按图 4 连接网络线缆分析仪和稳定线缆。

7.5.5 操作网络线缆分析仪，测量稳定线缆的插入损耗，读取该线对在相应频率点处的插入损耗值 A 并记录在附录 A.4 中。

7.5.6 更换两个阻抗转换器的线对接头，重复 7.5.1~7.5.5。

7.6 近端串扰

7.6.1 网络线缆分析仪主机能单独工作

7.6.1.1 使用网络分析仪标定同轴步进衰减器在要求的频率点处前后变化的实际衰减差值，作为标准值 N_0 ，记录相应数据在附录 A.5-1。

7.6.1.2 按图 5 所示连接，阻抗转换器未用的端口接 $50\ \Omega$ 负载。（以 1-2 与 3-6 两组线对为例，其它组合同法）

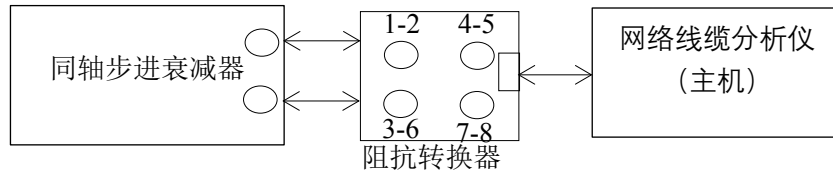


图 5 网络线缆分析仪主机校准两组线对之间的近端串扰

7.6.1.3 设置同轴步进衰减器为 0dB ，读取网络线缆分析仪在相应频率点处的近端串扰值 N_1 ；改变同轴步进衰减器的衰减值，读取网络线缆分析仪在此频率点处的新近端串扰值 N_2 ，按公式 (2) 进行计算得到在该频率点的近端串扰值 N ，记录相应数据在附录 A.5-1。

$$N = N_2 - N_1 \quad (2)$$

式中： N ——近端串扰测量值，dB；

N_1 ——衰减器为 0dB 时近端串扰测量值，dB；

N_2 ——衰减器置一定衰减值后近端串扰测量值，dB。

7.6.1.4 选取不同线对组合，重复 7.6.1.2~7.6.1.3。

7.6.2 网络线缆分析仪主机必须和远端共同工作

7.6.2.1 按图 6 所示连接网络分析仪和阻抗转换器。（以 1-2 与 3-6 两组线对为例，其它组合同法）

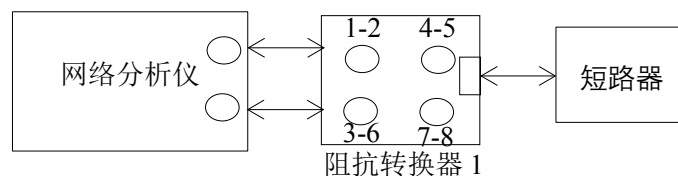


图 6 用网络分析仪进行直通校准

7.6.2.2 设置网络分析仪测量参数为 S_{21} ，显示格式为对数幅度，用阻抗转换器的短路器，对网络分析仪进行直通校准。

7.6.2.3 按图 7 所示连接，两个阻抗转换器未用的端口接 $50\ \Omega$ 负载。

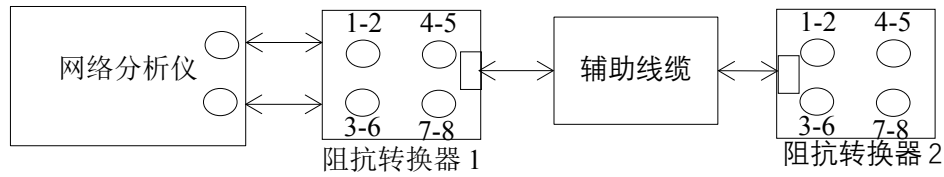


图 7 用网络分析仪标定辅助线缆两组线对之间的近端串扰

7.6.2.4 用网络分析仪测量辅助线缆，读取要求的频率点处两组线对之间的衰减值 N_0 ，记录相应数据在附录 A.5-2。

7.6.2.5 按图 8 所示连接网络线缆分析仪和辅助线缆。

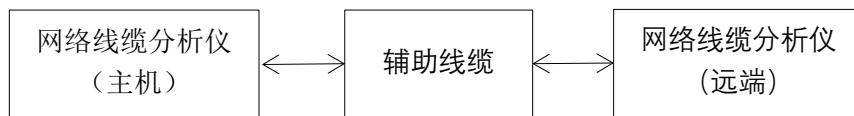


图 8 网络线缆分析仪主机和远端同时测量

7.6.2.6 操作网络线缆分析仪，测量辅助线缆的近端串扰，读取相应频率点处上述线对之间的近端串扰值 N ，记录相应数据在附录 A.5-2。

7.6.2.7 改用不同近端串扰值的辅助线缆，重复 7.6.2.2~7.6.2.6。

7.6.2.8 选取不同线对组合，重复 7.6.2.1~7.6.2.7。

7.7 衰减远端串扰比

7.7.1 按图 9 所示连接网络分析仪和两个阻抗转换器，阻抗转换器未用的端口接 50Ω 负载。

（以 ACR-F_{3,6-1,2}组合线对为例，其它组合同法）

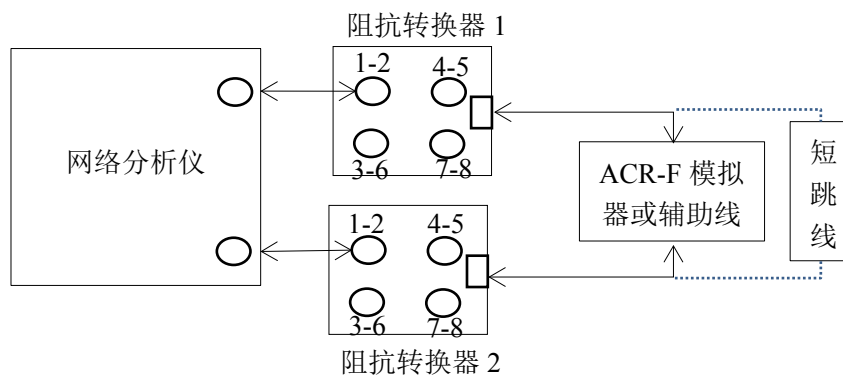


图 9 用网络分析仪标定模拟器或辅助线缆一组线对的插入损耗

7.7.2 设置网络分析仪测量参数为 S_{21} ，显示格式为对数幅度，用短跳线连接两个阻抗转换器，对网络分析仪进行直通校准。

7.7.3 用网络分析仪测量 ACR-F 模拟器或辅助线缆，读取被串扰 1-2 线对在要求的频率点处

的插入损耗值 A_0 。

7.7.4 按图 10 所示连接，阻抗转换器未用的端口接 $50\ \Omega$ 负载。

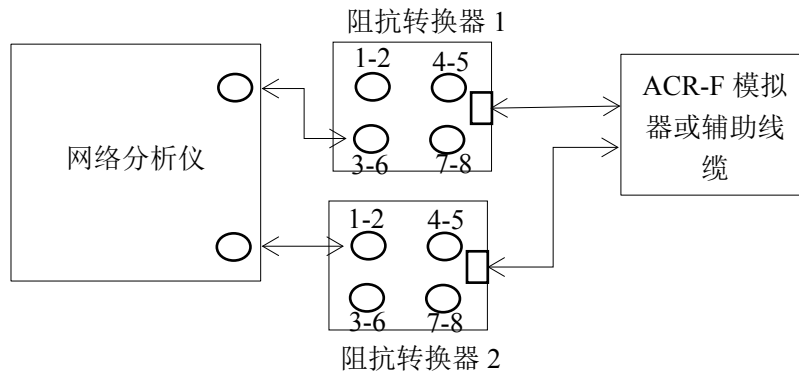


图 10 用网络分析仪标定模拟器或辅助线缆两组线对之间的远端串扰

7.7.5 用网络分析仪测量 ACR-F 模拟器或辅助线缆，读取要求的频率点处 3-6 线对到 1-2 线对之间的远端串扰值 F_0 。按公式 (3) 进行计算得到在该频率点处 3-6 线对到 1-2 线对之间的衰减远端串扰比值 E_0 ，记录相应数据在附录 A.6。

$$E_0 = F_0 - A_0 \quad (3)$$

式中： E_0 ——衰减远端串扰比，dB；

F_0 ——远端串扰测量值，dB；

A_0 ——被串扰线对在待测频率点的插入损耗值，dB。

7.7.6 按图 11 所示连接。



图 11 网络线缆分析仪主机和远端同时测量

7.7.7 操作网络线缆分析仪，测量 ACR-F 模拟器或辅助线缆的衰减远端串扰比，读取被测两组线对之间在相应频率点处的衰减远端串扰比值 E ，记录相应数据在附录 A.6。

7.7.8 使用不同串扰值的 ACR-F 模拟器或辅助线缆重复 7.7.3~7.7.7。

7.7.9 选取不同线对组合重复 7.7.1~7.7.8。

7.8 长度

7.8.1 按图 4 所示连接网络线缆分析仪和已标定长度的稳定线缆。

7.8.2 操作网络线缆分析仪，“设置”输入被测稳定线缆的标称传播速率 NVP 值，测量稳定线缆的长度，读取长度值 L ，记录相应数据在附录 A.7。

7.8.3 使用不同长度的稳定线缆重复上述测量。

7.9 回波损耗

7.9.1 网络线缆分析仪主机能单独工作

7.9.1.1 按图 12 所示连接阻抗转换器和网络分析仪的一端口。（以 1-2 线对为例，其它线对同法）

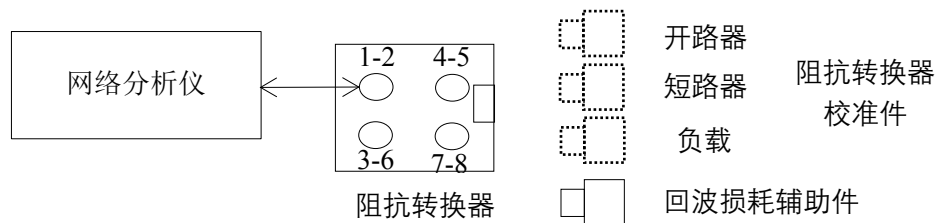


图 12 用网络分析仪标定回波损耗

7.9.1.2 设置网络分析仪测量参数为 S_{11} ，显示格式为回波损耗，用阻抗转换器的校准件，对网络分析仪进行单端口校准。

7.9.1.3 用网络分析仪测量回波损耗辅助件，读取要求的频率点处的回波损耗值 R_L ，记录相应数据在附录 A.8。

7.9.1.4 更换不同量值的回波损耗辅助件，重复 7.9.1.3。

7.9.1.5 回波损耗辅助件其它线对(3-6/4-5/7-8 线对)的回波损耗值标定,重复 7.9.1.1~7.9.1.4。

7.9.1.6 如图 13 所示连接。

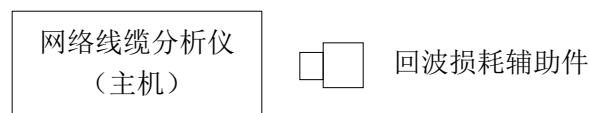


图 13 回波损耗校准

7.9.1.7 操作网络线缆分析仪，测量回波损耗辅助件的回波损耗，读取各线对在相应频率点处的回波损耗值 R ，记录相应数据在附录 A.8。

7.9.2 网络线缆分析仪主机必须和远端共同工作

7.9.2.1 按图 12 所示连接阻抗转换器和网络分析仪的一端口。（以 1-2 线对为例，其它线对同法）

7.9.2.2 设置网络分析仪测量参数为 S_{11} ，显示格式为回波损耗，用阻抗转换器的校准件，对网络分析仪进行单端口校准。

7.9.2.3 如图 14 所示连接。

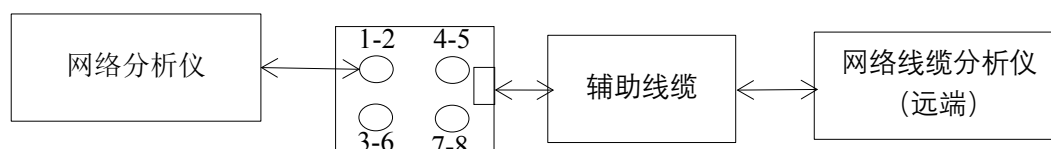


图 14 用网络分析仪标定辅助线缆的回波损耗

7.9.2.4 用网络分析仪测量辅助线缆（另一端连接了网络线缆分析仪远端），读取要求频率点处的回波损耗值 R_L ，记录相应数据在附录 A.8。

7.9.2.5 改用不同回波损耗值的辅助线缆，重复 7.9.2.3~7.9.2.4。

7.9.2.6 辅助线缆其他线对（3-6/4-5/7-8 线对）的回波损耗值标定，重复 7.9.2.1~7.9.2.5。

7.9.2.7 如图 8 所示连接网络线缆分析仪和辅助线缆。

7.9.2.8 操作网络线缆分析仪，测量辅助线缆的回波损耗，读取各线对在相应频率点处的回波损耗值 R ，记录相应数据在附录 A.8。

8 校准结果

网络线缆分析仪校准后，出具校准证书。校准证书至少应包含以下信息：

- (a) 标题：“校准证书”；
- (b) 实验室名称和地址；
- (c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- (d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- (e) 客户的名称和地址；
- (f) 被校对象的描述和明确标识；
- (g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性及应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- (h) 如果与校准结果的有效性及应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- (i) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- (j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- (k) 校准环境的描述；
- (l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- (m) 对校准规范偏离的说明；
- (n) 校准证书及校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- (n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；

(o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

复校时间间隔建议为 12 个月。

附录 A 校准记录格式

A.1 外观及工作正常性检查

表 A.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观	
工作正常性	

A.2 直流环路电阻

表 A.2 直流环路电阻

线对 (序号)	标准值 R_0 Ω	指示值 R_1 Ω	指示值 R_2 Ω
1, 2	0		/
	5	/	
	10	/	
	50	/	
	100	/	
	540	/	
3, 6	0		/
	5	/	
	10	/	
	50	/	
	100	/	
	540	/	
4, 5	0		/
	5	/	
	10	/	
	50	/	
	100	/	
	540	/	
7, 8	0		/
	5	/	
	10	/	
	50	/	
	100	/	
	540	/	

A.3 传播时延

表 A.3 传播时延

标准线 (编号)	标准值 T_0 ns	指示值 T ns
1		
2		
3		
4		
5		

A.4 插入损耗

表 A. 4 插入损耗

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 A_0 dB	指示值 A dB
1, 2			
3, 6			
4, 5			
7, 8			

A.5 近端串扰

表 A. 5-1 近端串扰（主机单独工作）

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 N_0 dB	指示值 N_1 dB	指示值 N_2 dB
1, 2—3, 6				
1, 2—4, 5				
1, 2—7, 8				

表 A. 5-1 近端串扰（主机单独工作）（续）

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 N_0 dB	指示值 N_1 dB	指示值 N_2 dB
1, 2—7, 8				
3, 6—4, 5				
3, 6—7, 8				
4, 5—7, 8				

表 A. 5-2 近端串扰（主机和远端共同工作）

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 N_0 dB	指示值 N dB
1, 2—3, 6			
1, 2—4, 5			

表 A.5-2 近端串扰（主机和远端共同工作）（续）

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 N_0 dB	指示值 N dB
1, 2—4, 5			
1, 2—7, 8			
3, 6—4, 5			
3, 6—7, 8			
4, 5—7, 8			

A.6 衰减远端串扰比

表 A.6 衰减远端串扰比

线对 (序号)	频率 MHz	插入损耗值 A_0 dB	远端串扰值 F_0 dB	指示值 E dB
1, 2—3, 6				
1, 2—4, 5				
1, 2—7, 8				
3, 6—1, 2				
3, 6—4, 5				
3, 6—7, 8				
4, 5—1, 2				
4, 5—3, 6				
4, 5—7, 8				
7, 8—1, 2				
7, 8—3, 6				
7, 8—4, 5				

A.7 长度

表 A.7 长度

线对 (编号)	标准值 L_0 m	指示值 L m
1		
2		
3		
4		
5		

A.8 回波损耗

A.8 回波损耗

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 R_L dB	指示值 R dB
1, 2			
3, 6			
4, 5			
7, 8			

附录 B 校准证书内页格式

B.1 直流环路电阻

表 B.1 直流环路电阻

线对 (序号)	标准值 R_0 Ω	指示值 R Ω	扩展不确定度 U Ω
1, 2	5		
	10		
	50		
	100		
	540		
3, 6	5		
	10		
	50		
	100		
	540		
4, 5	5		
	10		
	50		
	100		
	540		
7, 8	5		
	10		
	50		
	100		
	540		

B.2 传播时延

表 B.2 传播时延

标准线 (编号)	标准值 T_0 ns	指示值 T ns	扩展不确定度 U ns
1			
2			
3			
4			
5			

B.3 插入损耗

表 B.3 插入损耗

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 A_0 dB	指示值 A dB	扩展不确定度 U dB
1, 2				
3, 6				
4, 5				
7, 8				

B.4 近端串扰

表 B.4 近端串扰

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 N_0 dB	指示值 N dB	扩展不确定度 U dB
1, 2—3, 6				
1, 2—4, 5				
1, 2—7, 8				

表 B.4 近端串扰 (续)

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 N_0 dB	指示值 N dB	扩展不确定度 U dB
3, 6—4, 5				
3, 6—7, 8				
4, 5—7, 8				

B.5 衰减远端串扰比

表 B.5 衰减远端串扰比

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 E_0 dB	指示值 E dB
1, 2—3, 6			
1, 2—4, 5			
1, 2—7, 8			
3, 6—1, 2			
3, 6—4, 5			

表 B.5 衰减远端串扰比（续）

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 E_0 dB	指示值 E dB	扩展不确定度 U dB
3, 6—1, 2				
3, 6—7, 8				
4, 5—1, 2				
4, 5—3, 6				
4, 5—7, 8				
7, 8—1, 2				
7, 8—3, 6				
7, 8—4, 5				

B.6 长度

表 B.6 长度

线对 (编号)	标准值 L_0 m	指示值 L m	扩展不确定度 U m
1			
2			
3			
4			
5			

B.7 回波损耗

B.7 回波损耗

线对 (序号)	频率 MHz	标准值 R_L dB	指示值 R dB	扩展不确定度 U dB
1, 2				
3, 6				
4, 5				
7, 8				

附录 C

网络线缆分析仪校准结果测量不确定度评定示例

C.1 直流环路电阻校准不确定度评定

C.1.1 测量模型

$$R=R_0 \quad (C.1)$$

式中， R ——被校网络线缆分析仪的直流环路电阻测量值，

R_0 ——直流电阻箱的阻值。

C.1.2 不确定度来源：

- 1) 标准的直流电阻箱不准引入的标准不确定度；
- 2) 短连接线及接触电阻引入的标准不确定度；
- 3) 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的标准不确定度；
- 4) 测量重复性引入的相对标准不确定度。

C.1.3 计算各分量标准不确定度

C.1.3.1 标准的直流电阻箱不准引入的标准不确定度分量

由直流电阻箱最大允许误差： $\pm 0.2\%$ ，在区间内均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则标准不确定度分量为：

$$u_{(R_0)} = 0.2\% / \sqrt{3} = 0.115\%$$

根据校准规范附表中推荐的校准点，转换为绝对值表示：

$$\text{相对于最小值 } 5\Omega: u_{(R)} = 5\Omega \times 0.115\% = 0.0058\Omega$$

$$\text{相对于最大值 } 540\Omega: u_{(R)} = 540\Omega \times 0.115\% = 0.62\Omega$$

C.1.3.2 校准中短连接线及接触电阻引入的标准不确定度分量

校准中，电阻箱置 0Ω 下，网络线缆分析仪重复测量短连接线及接触电阻的电阻变化不超过 0.1Ω ，在区间内均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则标准不确定度分量为：

$$u_{(r)} = 0.1\Omega / \sqrt{3} = 0.058\Omega$$

C.1.3.3 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的标准不确定度分量

由网络线缆分析仪的分辨力为 0.1Ω ，在区间内均匀分布，包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则标准不确定度分量为：

$$u_{(res)} = 0.1\Omega / 2\sqrt{3} = 0.029\Omega$$

C.1.3.4 测量重复性引入的不确定度分量

测量重复性引入的标准不确定度分量用多次测量的实验标准差评估，在校准点为较小值 5Ω 和较大值 540Ω 进行重复性试验，重复测量 10 次，则标准不确定度分量为：

表 C.1 校准点为 5Ω 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/ Ω	5.0	4.8	4.9	4.8	4.8	5.0	5.0	5.0	5.1	4.9
实验标准差 $s=0.11$										

表 C.2 校准点为 540Ω 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/ Ω	539.9	539.9	539.8	539.8	540.2	540.1	540.0	539.8	540.2	539.8
实验标准差 $s=0.17$										

被校网络线缆分析仪分辨力引入的不确定度分量和测量重复性引入的不确定分量，取其大者用于合成标准不确定度。

C.1.4 合成标准不确定度

设各标准不确定度分量间不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_{R0}^2 + u_r^2 + u_{res}^2 + u_4^2} = 0.13\Omega \sim 0.65\Omega$$

C.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \times u_c = 0.26\Omega \sim 1.3\Omega$

C.2 传播时延示值误差校准不确定度评定

C.2.1 测量模型

$$\Delta T = T - T_0 \quad (C.2)$$

式中， ΔT ——传播时延示值误差值；

T ——被校网络线缆分析仪的传播时延测量值，

T_0 ——传播时延的标准值。

C.2.2 不确定度来源：

- 1) 定标的网络分析仪的时延准确度引入的标准不确定度；
- 2) 直通校准过程中使用短跳线引入的标准不确定度；
- 3) 标准器测量重复性引入的标准不确定度；

4) 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的标准不确定度;

5) 测量重复性引入的相对标准不确定度。

C.2.3 计算各分量标准不确定度

C.2.3.1 定标的网络分析仪的时延准确度引入的标准不确定度分量

由网络分析仪时延准确度指标 2ns(在 10MHz 频率点)估算, 在区间内均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则标准不确定度分量为:

$$u_1 = 2ns/\sqrt{3} = 1.2ns$$

C.2.3.2 直通校准过程中使用短跳线引入的标准不确定度分量

由于其长度相对作为标准的稳定线缆来计算, 其时延可忽略, 故该标准不确定度可忽略不计。

$$u_2 = 0ns$$

C.2.3.3 采用网络分析仪对标准线缆组进行重复性测量引入的标准不确定度分量

分别考查较小值 103ns 和较大值 533ns 的重复如表 C.3 和 C.4

C.3 标准时延为 103ns 时的重复性测量引入的标准不确定度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/ns	103.0	102.9	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0
实验标准差 $s=0.032$										

C.4 标准时延为 533ns 时的重复性测量引入的标准不确定度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/ns	533.1	532.9	533.0	533.0	533.0	533.0	533.0	533.0	533.0	533.0
实验标准差 $s=0.048$										

C.2.3.4 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的相对标准不确定度分量

由网络线缆分析仪的分辨力为 1ns, 在区间内均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则标准不确定度分量为:

$$u_4 = 1ns/2\sqrt{3} = 0.29ns$$

C.2.3.5 测量重复性引入的不确定

测量重复性引入的标准不确定度分量用多次测量的实验标准差评估, 在校准点为较小值 103ns 和较大值 533ns 进行重复性试验, 重复测量 10 次, 则标准不确定度分量为:

表 C.5 校准点为 103ns 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/ns	103	103	102	103	103	103	103	103	103	103
实验标准差 $s=0.32$										

表 C.6 校准点为 533ns 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/ns	533	532	533	533	533	533	533	533	533	533
实验标准差 $s=0.32$										

被校网络线缆分析仪分辨力引入的不确定度分量和测量重复性引入的不确定分量，取其大者用于合成标准不确定度。

C.2.4 合成标准不确定度

设各标准不确定度分量间不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 1.3\text{ns}$$

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \times u_c = 2.6\text{ns}$

C.3 插入损耗示值误差校准不确定度评定

C.3.1 测量模型

$$\Delta A = A - A_0 \quad (\text{C.3})$$

式中， ΔA ——插入损耗示值误差值；

A ——被校网络线缆分析仪的插入损耗测量值，

A_0 ——插入损耗的标准值。

C.3.2 不确定度来源：

- 1) 定标的网络分析仪的幅度动态准确度引入的标准不确定度；
- 2) 双端口校准过程中使用短跳线引入的标准不确定度；
- 3) 标准器测量重复性引入的标准不确定度；
- 4) 失配引入的标准不确定度；
- 5) 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的标准不确定度；
- 6) 测量重复性引入的相对标准不确定度。

C.3.3 计算各分量标准不确定度

C.3.3.1 定标的网络分析仪的幅度动态准确度引入的标准不确定度分量

由网络分析仪幅度动态准确度指标为 0.1dB(在 1000MHz 频率点以下,幅度动态范围在 50dB 以内)估算,在区间内均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则标准不确定度分量为:

$$u_1 = 0.1\text{dB}/\sqrt{3} = 0.058\text{dB}$$

C.3.3.2 双端口校准过程中使用短跳线引入的标准不确定度分量

由于短跳线的测量是由网络分析仪完成的,其引入的不确定度分量也来源于网络分析仪(频率在 1000MHz 以下、幅度动态范围在 5dB 以内),则

$$u_2 = 0.03\text{dB}/\sqrt{3} = 0.018\text{dB}$$

C.3.3.3 采用网络分析仪对标准线缆组进行重复性测量引入的标准不确定度分量

分别考查较小值 16.2dB 和较大值 25.8dB 的重复如表 C.5 和 C.6

C.5 标准插入损耗为 16.2dB 时的重复性测量引入的标准不确定度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	16.18	16.18	16.19	16.17	16.19	16.18	16.17	16.18	16.19	16.17
实验标准差 $s=0.0082$										

C.6 标准插入损耗为 25.8dB 时的重复性测量引入的标准不确定度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	25.82	25.81	25.83	25.85	25.81	25.83	25.84	25.82	25.81	25.85
实验标准差 $s=0.016$										

C.3.3.4 失配引入的标准不确定度分量

根据实验,估计失配误差极限为 $\pm 0.35\text{dB}$,其分布为反正弦分布,包含因子 $k=\sqrt{2}$,则由失配引入的标准不确定度分量为:

$$u_4 = 0.35\text{dB}/\sqrt{2} = 0.25\text{dB}$$

C.3.3.5 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的相对标准不确定度分量

由网络线缆分析仪的分辨力为 0.1dB,在区间内均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则标准不确定度分量为:

$$u_5 = 0.1\text{dB}/2\sqrt{3} = 0.029\text{dB}$$

C.3.3.6 测量重复性引入的不确定

测量重复性引入的标准不确定度分量用多次测量的实验标准差评估,在校准点为较小值 16.1dB 和较大值 27.8dB 进行重复性试验,重复测量 10 次,则标准不确定度分量为:

表 C.7 校准点为 16.1dB 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	16.1	16.1	16.2	16.1	16.1	16.2	16.1	16.2	16.1	16.1
实验标准差 $s=0.049$										

表 C.8 校准点为 27.8dB 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	27.8	27.7	27.8	27.8	27.8	27.9	27.8	27.7	27.8	27.8
实验标准差 $s=0.057$										

被校网络线缆分析仪分辨力引入的不确定度分量和测量重复性引入的不确定分量，取其大者用于合成标准不确定度。

C.3.4 合成标准不确定度

设各标准不确定度分量间不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_6^2} = 0.26 \text{ dB}$$

C.3.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \times u_c = 0.52 \text{ dB}$

C.4 近端串扰示值误差校准不确定度评定

C.4.1 测量模型

$$\Delta N = N - N_0 \quad (\text{C.4})$$

式中， ΔN ——近端串扰示值误差值；

N ——被校网络线缆分析仪的近端串扰测量值，

N_0 ——近端串扰的标准值。

C.4.2 不确定度来源：

- 1) 用网络分析仪对步进衰减器定标，其准确度引入的标准不确定度；
- 2) 标准器测量重复性引入的标准不确定度；
- 3) 失配引入的标准不确定度；
- 4) 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的标准不确定度；
- 5) 测量重复性引入的相对标准不确定度。

C.4.3 计算各分量标准不确定度

C.4.3.1 网络分析仪最大允许误差引入的标准不确定度分量

网络分析仪对步进衰减器进行定标, 由网络分析仪幅度动态准确度指标(在 1000MHz 频率点以下, 幅度动态范围在 70dB 以内)估算, 在区间内均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则标准不确定度分量为:

$$u_1 = 0.2\text{dB}/\sqrt{3} = 0.12\text{dB}$$

C.4.3.2 采用网络分析仪对步进衰减器进行重复性测量引入的标准不确定度分量

分别考查较小值 20dB 和较大值 50dB 的重复如表 C.9 和 C.10

C.9 衰减量为 20dB 时的重复性测量引入的标准不确定度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	20.18	20.18	20.20	20.17	20.18	20.19	20.17	20.18	20.19	20.18
实验标准差 $s=0.0092$										

C.10 衰减量为 50dB 时的重复性测量引入的标准不确定度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	49.87	49.88	49.89	49.85	49.83	49.86	49.86	49.85	49.86	49.87
实验标准差 $s=0.017$										

C.4.3.3 失配引入的标准不确定度分量

根据实验, 估计失配误差极限为 $\pm 0.20\text{dB}$, 其分布为反正弦分布, 包含因子 $k=\sqrt{2}$, 则由失配引入的标准不确定度分量为:

$$u_3 = 0.20\text{dB}/\sqrt{2} = 0.15\text{dB}$$

C.4.3.4 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的相对标准不确定度分量

由网络线缆分析仪的分辨力为 0.1dB, 在区间内均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则标准不确定度分量为:

$$u_4 = 0.1\text{dB}/2\sqrt{3} = 0.029\text{dB}$$

C.4.3.5 测量重复性引入的标准不确定度分量

测量重复性引入的标准不确定度分量用多次测量的实验标准差评估, 在校准点为较小值 20dB 和较大值 50dB 进行重复性试验, 重复测量 10 次, 则标准不确定度分量为:

表 C.11 校准点为 20dB 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	20.0	20.0	20.1	20.0	20.0	20.0	20.1	20.0	20.0	20.0

实验标准差 $s=0.043$

表 C.12 校准点为 50dB 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	50.0	50.0	50.1	50.0	50.1	50.2	49.9	49.8	50.0	50.0
实验标准差 $s=0.12$										

被校网络线缆分析仪分辨力引入的不确定度分量和测量重复性引入的不确定分量，取其大者用于合成标准不确定度。

C.4.4 合成标准不确定度

设各标准不确定度分量间不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.23 \text{ dB}$$

C.4.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \times u_c = 0.46 \text{ dB}$

C.5 衰减远端串扰比示值误差校准不确定度评定

C.5.1 测量模型

$$\Delta E = E - E_0 \quad (\text{C.5})$$

式中， ΔE ——衰减远端串扰比示值误差值；

E ——被校网络线缆分析仪的衰减远端串扰比测量值，

E_0 ——衰减远端串扰比的标准值。

C.5.2 不确定度来源：

- 1) 网络分析仪的幅度动态准确度引入的标准不确定度；
- 2) 直通校准过程中使用的短跳线引入的标准不确定度；
- 3) 用网络分析仪定标衰减远端串扰比，其失配引入的标准不确定度；
- 4) 标准器测量重复性引入标准不确定度
- 5) 被校网络线缆分析仪的分辨力引入标准不确定度；
- 6) 测量重复性引入的相对标准不确定度。

C.5.3 计算各分量标准不确定度

C.5.3.1 网络分析仪最大允许误差引入的标准不确定度分量

网络分析仪对衰减远端串扰比模拟器进行定标，由网络分析仪幅度动态准确度指标(在

1000MHz 频率点以下,幅度动态范围在 70dB 以内)估算,在区间内均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则标准不确定度分量为:

$$u_1 = 0.2\text{dB}/\sqrt{3} = 0.12\text{dB}$$

C.5.3.2 直通校准过程中使用的短跳线引入的标准不确定度分量

由于短跳线的测量是由网络分析仪完成的,其引入的不确定度分量也来源于网络分析仪(频率在 1000MHz 以下、幅度动态范围在 5dB 以内),则

$$u_2 = 0.03\text{dB}/\sqrt{3} = 0.018\text{dB}$$

C.5.3.3 用网络分析仪定标衰减远端串扰比,其失配引入的标准不确定度分量

使用网络分析仪、两个阻抗转换器与衰减远端串扰比模拟器连接时,端口阻抗不能匹配,根据实验,估计失配误差极限为 $\pm 0.50\text{dB}$,其分布为反正弦分布,包含因子 $k=\sqrt{2}$,则由失配引入的标准不确定度分量为:

$$u_3 = 0.50\text{dB}/\sqrt{2} = 0.36\text{dB}$$

C.5.3.4 标准器测量重复性引入的标准不确定度分量

分别考查较小值 11dB 和较大值 55dB 的重复如表 C.13 和 C.14

C.13 衰减量为 11dB 时的重复性测量引入的标准不确定度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	11.08	11.11	11.07	11.18	11.32	11.17	11.11	11.21	11.22	11.15
实验标准差 $s=0.076$										

C.14 衰减量为 55dB 时的重复性测量引入的标准不确定度

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	55.31	55.26	55.23	55.49	55.38	55.42	55.28	55.36	55.38	55.32
实验标准差 $s=0.089$										

C.5.3.5 被校网络线缆分析仪的分辨力引入的相对标准不确定度分量

由网络线缆分析仪的分辨力为 0.1dB,在区间内均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则标准不确定度分量为:

$$u_5 = 0.1\text{dB}/2\sqrt{3} = 0.029\text{dB}$$

C.5.3.6 测量重复性引入的不确定

测量重复性引入的标准不确定度分量用多次测量的实验标准差评估,在校准点为较小值 11dB 和较大值 55dB 进行重复性试验,重复测量 10 次,则标准不确定度分量为:

表 C.15 校准点为 11dB 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	11.1	11.1	11.1	11.2	11.1	10.9	11.1	11.0	11.0	11.1
实验标准差 $s=0.085$										

表 C.16 校准点为 55dB 时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/dB	55.1	55.2	55.1	55.3	55.3	55.2	55.1	55.3	55.0	55.1
实验标准差 $s=0.12$										

被校网络线缆分析仪分辨力引入的不确定度分量和测量重复性引入的不确定分量，取其大者用于合成标准不确定度。

C.5.4 合成标准不确定度

设各标准不确定度分量间不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} = 0.41 \text{ dB}$$

C.5.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \times u_c = 0.82 \text{ dB}$

C.6 长度示值误差校准不确定度评定

C.6.1 测量模型

$$\Delta L = L - L_0 \quad (\text{C.6})$$

式中， ΔL ——长度示值误差值；

L ——被校网络线缆分析仪的长度测量值，

L_0 ——线缆的标准值。

C.6.2 不确定度来源：

- 1) 稳定线缆长度值的准确度引入的标准不确定度；
- 2) 测量重复性引入的相对标准不确定度。

C.6.3 计算各分量标准不确定度

C.6.3.1 稳定线缆长度值的准确度引入的标准不确定度分量

根据稳定线缆的溯源证书，其长度溯源值的扩展不确定度为 0.1m，包含因子 $k=2$ ，则标准不确定度分量为：

$$u_1 = 0.1 \text{ m} / 2 = 0.05 \text{ m}$$

C.6.3.2 测量重复性引入的标准不确定度分量

测量重复性引入的标准不确定度分量用多次测量的实验标准差评估，在校准点为较小值和较大值进行重复性试验，重复测量 10 次，则标准不确定度分量为：

表 C.17 校准点为最小值时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/m	20.5	20.5	20.4	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5
实验标准差 $s=0.032$										

表 C.18 校准点为最大值时的测量重复性考核数据

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量值/m	150.6	150.5	150.6	150.6	150.4	150.4	150.4	150.3	150.6	150.6
实验标准差 $s=0.12$										

C.6.4 合成标准不确定度

设各标准不确定度分量间不相关，则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.13\text{m}$$

C.6.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则 $U = k \times u_c = 0.26\text{m}$

附录 D

回波损耗辅助件和 RJ45 校准件

根据《IEEE Std 802.3-2008 IEEE 信息技术标准》标准中规定的以太网接口的物理特性，并要求测试负载为满足 $100\ \Omega \pm 0.2\%$ 的电阻器，且在频率 $\leq 100\ \text{MHz}$ 时，串联感抗 $\leq 20\ \text{nH}$ 、

并联容抗 $\leq 2\text{ pF}$ 。我们选用频率范围达到 250 MHz 、最大允许误差优于 $\pm 0.1\%$ 的不同阻值的贴片电阻，用这些贴片电阻制作传递负载，如图 D.1 所示，作为校准用的标准件。

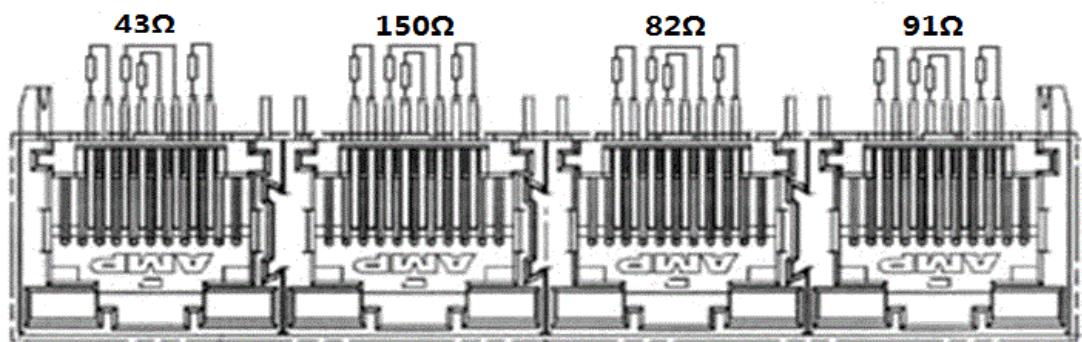


图 D.1 回波损耗辅助件

采用直接短接、 100Ω 负载和空置制作 RJ45 型的校准件，如图 D.2 所示。

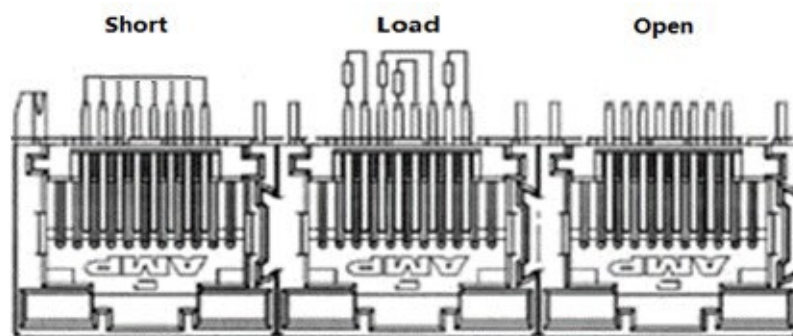


图 D.2 回波损耗校准件

附录 E

阻抗转换器

网络线缆分析仪因为测试对象——传输线缆双绞线的特点，决定了线缆分析仪参数和接口的特殊性。网络线缆分析仪的接口为 RJ45 型模块，它有八路信号，特性阻抗为 100 欧姆，不是 50 欧姆和 75 欧姆。为了解决阻抗匹配问题，我们使用平衡和非平衡转换器制作了阻抗转换器，可以将 100 欧姆特性阻抗的 RJ45 模块的网络线信号转换到 50 欧姆特性阻抗的 SMA 型接口上，达到可任意选择需要的线对进行测试。

阻抗转换器如图 E.1 所示，图中的接口分别是 4 个 SMA 型阴头接口和 1 个 RJ45 模块。RJ45 模块的内部分成四组线对接到相应的 SMA 型接口上。

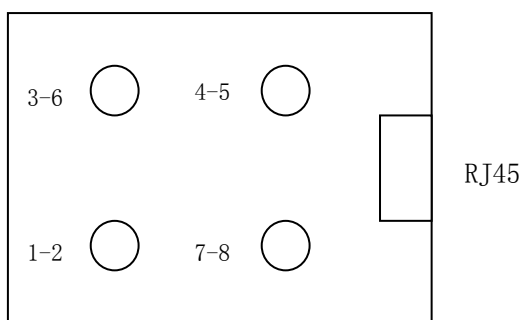


图 E.1 阻抗转换器外观接口示意图

图 E.2 是阻抗转换器的内部线路图，图示右侧的一段接头是 RJ45 模块，或者插头，通过内部四个平衡和非平衡转换器之后，分成四路 SMA 接口，用来连接到特性阻抗为 50 欧姆的仪器或组件。

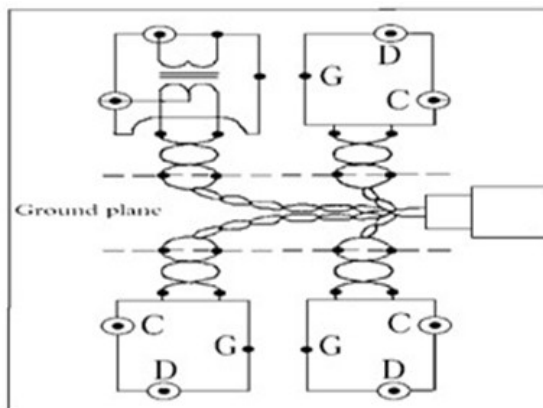


图 E.2 阻抗转换器内部线路示意图

附录 F

ACR-F 模拟器

ACR-F 模拟器(衰减远端串扰比模拟器)的内部线路如图 F.1 所示:

图示是 1-2 线对与其它三组线对之间的远端串扰示意图, 即在 1-2 线对和其它线对之间增加了电容, 按照需要的串扰量的大小不同, 选取容量值在 $8\text{ pF}\sim 25\text{ pF}$ 之间的电容, 加到各组线对之间。通过在线对之间跨接电容, 可以模拟信号的远端串扰/衰减远端串扰比。

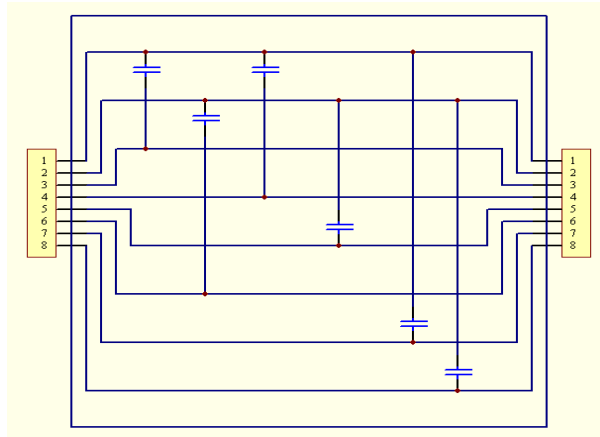


图 F.1 ACR-F 模拟器内部线路示意图