

JJF(电子)

中华人民共和国信息产业部电子计量校准规范

JJF(电子) 30501—2007

网络分析仪

Network Analyzer

2007-04-16 发布

2007-05-01 实施

中华人民共和国信息产业部 发布

网络分析仪校准规范

Calibration Specification for
Network Analyzer

JJF (电子) 30501—2007

本规范主要起草人:

谷敬海 (信息产业部电子 303 计量站)

杨忠 (信息产业部电子 303 计量站)

本规范经中华人民共和国信息产业部 2007 年 04 月 16 日批准, 并于 2007 年 05 月 01 日起施行。

归口单位: 信息产业部电子计量管理办公室
主要起草单位: 中国电子科技集团公司第十四研究所
(信息产业部电子 303 计量站)

本规范技术条文委托起草单位负责解释。

目 录

1	范围	(1)
2	概述	(1)
3	计量性能要求	(1)
4	通用技术要求	(2)
5	校准条件	(2)
6	校准项目及校准方法	(3)
7	校准结果表达	(7)
8	复校时间间隔	(7)
	附录 A 网络分析仪校准数据记录表	(8)

网络分析仪校准规范

1 范围

本规范规定了网络分析仪的校准方法。

本标准适用于新购、在用和修理后的网络分析仪的校准。

2 概述

网络分析仪以先进的微波技术与高速的计算机软硬件技术相结合, 它的性能是由整个系统的准确度和稳定度组成。系统准确度取决于测量前的误差修正, 也就是我们所说的测量校准, 而它又取决于校准件的数量和类型。稳定度则取决于系统各分机的单机性能, 因此我们把此类网络分析仪的校准方法分成两部分:

- a) 独立参数的检定;
- b) 系统整体性能验证。

3 计量性能要求

3.1 源输出频率范围和准确度

频率范围: 0.01~40GHz; 频率准确度: $\pm 1 \times 10^{-6}$

3.2 源输出功率电平准确度、电平线性度

功率电平准确度: $\pm (1.0 \sim 3.0)$ dB;

电平线性度: ± 1 dB

3.3 源输出频谱纯度

3.3.1 谐波: < -23 dBc

3.3.2 非谐波: < -30 dBc

3.4 接收机平均噪声电平: $(-100 \sim -57)$ dBm (BW 1kHz)

3.5 测试端口信号串扰: $(-110 \sim -85)$ dB

3.6 系统迹线噪声

幅度: $(0.006 \sim 0.050)$ dBrms; 相位: $(0.035 \sim 0.100) ^\circ$ rms;

3.7 接收机动态准确度: $(0.03 \sim 2.00)$ dB

3.8 接收机压缩: < 0.5 dB

3.9 系统整体性能验证

- 3.9.1 S_{21} 、 S_{12} 传输幅度准确度
 3.9.2 S_{21} 、 S_{12} 传输相位准确度
 3.9.3 S_{11} 、 S_{22} 反射系数准确度

4 通用技术要求

被校网络分析仪的前或后面板上应具有制造厂、仪器型号、出厂序号等标志, 还应具有内部晶振或时基的输出端口。被校网络分析仪的控制旋钮、按键、开关和输入输出端口等应有明确的标志。对于超过二个端口的网络分析仪, 按照技术说明书的要求对同端口的输出及输入特性进行校准。

5 校准条件

- 5.1 环境条件
 5.1.1 环境温度: $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$
 5.1.2 环境相对湿度: $\leq 80\%$
 5.1.3 交流电源电压: $(220 \pm 11)\text{V}$; $(50 \pm 2)\text{Hz}$

5.2 校准用计量标准、仪器设备

5.2.1 频率计

频率范围: $10\text{Hz} \sim 40\text{GHz}$
 推荐型号: HP53152A

5.2.2 功率计

频率范围: $10\text{MHz} \sim 50\text{GHz}$
 测量功率范围: $1 \mu\text{W} \sim 100\text{mW}$
 推荐型号: HP436A/8487A

5.2.3 频谱仪/谐波变频器

频率范围: $10\text{Hz} \sim 40\text{GHz}$;
 推荐型号: E4440A/11970A

5.2.4 可变衰减器

频率: $\text{DC} \sim 18\text{GHz}$

步进: 1dB 、 10dB 档;

推荐型号: HP8494B/HP8496B

5.2.5 检验件

- 推荐型号: N 型检验件 85055A; 3.5mm 检验件 85053B; K 型检验件 Anritsu8668;
 2.4mm 检验件 85057B; 波导检验件 R11645A; 波导检验件 Q11645A。

6 校准项目及校准方法

表 1 校准项目一览表

外观及工作正常性检查	
源输出频率范围和准确度检定	
源输出功率电平准确度及电平线性度检定	
源输出频谱纯度	*
接收机平均噪声电平	
测试端口的信号串扰	*
系统迹线噪声	*
接收机动态准确度	*
接收机压缩	*
系统整体性能验证(通过检验件对系统进行全部 4 个 S 参数的性能验证)	

注: 带*的校准项目作为首次校准的选项, 复校时按校准用户的要求进行。

6.1 外观及工作正常性检查

6.1.1 被校网络分析仪应有说明书及全部配套附件。

6.1.2 被校网络分析仪在进行校准前, 按说明书要求预热半个小时, 并检查网络分析仪各按键、旋钮等应安装牢固, 调节正常。仪器不应有影响电气性能的机械损伤。

6.2 源输出频率范围和准确度的校准

6.2.1 校准设备连接如图 1 所示:



图 1 源输出频率范围和准确度校准框图

6.2.2 按“Preset”, 设置仪器于连续波状态, 调节输出电平为 0dBm 或适当电平值。

6.2.3 在频率范围内按高、中、低的原则选取频率点, 见附录 A 表 1。用频率计测量

频率值,并记录于附录 A 表 1。

6.3 源输出功率电平准确度及电平线性度的校准

6.3.1 校准功率计,按图 2 连接系统。

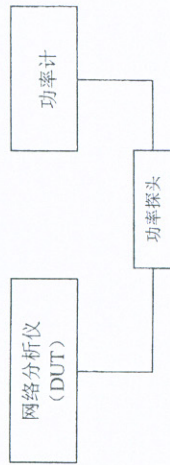


图 2 功率电平校准框图

6.3.2 将网络分析仪设为连续波状态,按技术说明书设置功率电平,按附录 A 表 2 选取频率点,用功率计测得功率电平值并记录于附录 A 表 2。

6.3.3 将网络分析仪的功率范围设为手动,在 1GHz、20GHz、40GHz 三个频率点上按技术说明书要求设置参考点的功率电平,改变功率电平,用功率计测得相对于参考点的功率电平值,再减去相对于参考点变化的标称值,即为功率电平线性度,记录于附录 A 表 3。

6.4 源输出频谱纯度的校准

6.4.1 按图 3 连接系统,设置网络分析仪在连续波状态,功率电平为 0dBm,根据附录 A 表 4 在频率范围内选取一系列的频率点测量源输出信号的谐波与非谐波。



图 3 源输出频谱校准框图

6.5 接收机平均噪声电平的校准

6.5.1 按图 4 连接系统,在各端口连接负载,按技术说明书设置中频带宽(一般为 10Hz 和 1kHz),点数为 801,将源端设为端口 2,测量参数为 A,打开 marker 的统计功能,测得统计平均值,即为端口一的平均噪声电平。然后将源端设为端口 1,测量参数为 B,测得端口二的平均噪声电平,将数据记录于附录 A 表 5。

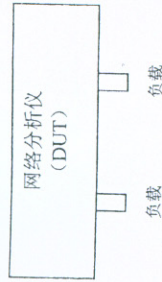


图 4 接收机平均噪声电平校准框图

6.6 测试端口的信号串扰的校准

6.6.1 按图 5 连接系统。设置网络分析仪的测量为 S_{21} 。

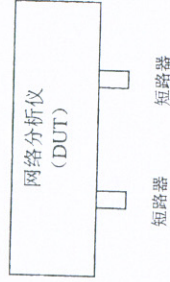


图 5 测试端口信号串扰校准框图

6.6.2 按附录 A 表 6 设置频率范围,按技术说明书设置功率电平(一般为频段内最大值或 0dBm),带宽为 10Hz,平均十六次,扫描结束后,用标记功能找到频率范围内的最大值,即为串扰值,将数据记录于附录 A 表 6。

6.6.3 设置网络分析仪的测量为 S_{12} ,重复步骤 6.6.2。

6.7 系统迹线噪声的校准

6.7.1 按图 6 连接系统,设置网络分析仪的测量为 S_{11} 。

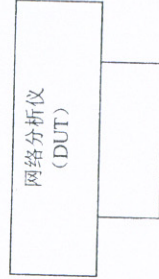


图 6 系统迹线噪声校准框图

6.7.2 按附录 A 表 7 设置连续波频率,分别设置中频带宽为 1kHz 和 10Hz,201 个扫描点数,打开 marker 的统计功能,测得的标准方差即为迹线噪声,将其记录于附录 A 表 7。

6.7.3 设置网络分析仪显示模式为相位,记录相位的标准方差并记录。

6.7.4 设置网络分析仪的测量为 S_{12} ,重复步骤 6.7.2~6.7.3,并将测得的数据记录于附录 A 表 7。

6.8 接收机动态准确度的校准

6.8.1 按图 7 连接系统, 设网络分析仪为测量 S_{21} 。其中衰减器在 1GHz 频率点上经过衰减校准系统进行了准确定标, 定标值为 Att。

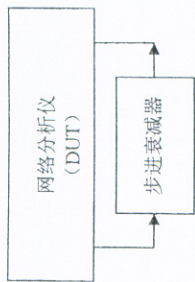


图 7 接收机动态准确度校准框图

6.8.2 频率设为连续波 1GHz, 中频带宽设为 10Hz, 功率设为 0dBm, 步进衰减器设为 20dB 作为参考点, 完成“Response”校准中的“Thru”校准。

6.8.3 变换步进衰减器的衰减量, 得到网络分析仪的测量数据 D, 计算得 (D+Att) 误差值即为接收机的动态准确度, 将数据记录于附录 A 表 8。

6.8.4 置网络分析仪为测量 S_{21} , 重复步骤 6.8.2~6.8.3。

6.9 接收机压缩的校准

6.9.1 按 Preset, 按附录 A 表 9 设置不同的连续波频率, 中频带宽设为 1kHz, 扫描点数设为 201 个点, 设置扫描方式为功率扫描, 扫描范围为整个 ALC 的范围。

6.9.2 如图 8 在端口一上连接一个接有短路器的 10dB 衰减器, 将曲线归一为零。

取下衰减器, 将短路器直接连接到端口, 得到另一条曲线, 在整个 ALC 范围的起点和终点的测得的功率差值即为端口一的接收机压缩, 将数据记录于附录 A 表 9。

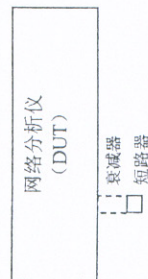


图 8 接收机压缩校准框图

6.9.3 将衰减器和短路器接到端口二, 设置网络分析仪测量 S_{22} , 重复 6.9.2, 得到端口二的接收机压缩, 记录于附录 A 表 9。

6.10 系统整体性能验证(通过检验件对系统进行全部 4 个 S 参数的性能验证)

6.10.1 根据不同的接头类型选择不同型号的检验件, 根据频率范围选择频率列表扫描, 设置中频带宽为 10Hz, 功率电平可设为 0dBm。

6.10.2 对被检仪器进行全二端口校准。

6.10.3 分别对检验件进行测量, 并记录衰减器的 S_{22} 、 S_{12} 对数幅度; 精密空气线 S_{21} 、 S_{22} 相位, 失配空气线 S_{11} 、 S_{22} 线性幅度。见附录 A 表 10~表 12; (其中校准参考值是指量传得来的标准真值)

7 校准结果表达

校准后, 出具校准证书。校准证书由封面和校准数据组成。封面由校准机构确定统一格式, 校准数据按附录 A 所列数据表格, 并可依据被测仪表的情况进行填写。证书上的信息应满足以下等息要求。

- 1) 标题, 如“校准证书”或“校准报告”;
- 2) 实验室名称和地址;
- 3) 证书或报告的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数标识;
- 4) 送校单位的名称和地址;
- 5) 被校对象的描述和明确标识;
- 6) 进行校准的日期, 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- 7) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- 8) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性的说明;
- 9) 校准环境的描述;
- 10) 校准结果及其测量不确定度;
- 11) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识, 以及签发日期。

8 复校时间间隔

校准时间间隔原则上由用户根据使用情况自行确定, 但推荐为 1 年。

网络分析仪校准数据记录表

表 1 源输出频率准确度

标称值(MHz)	最小值(MHz)	实测值(MHz)	最大值(MHz)
50	49.999950		50.000050
20000	9999.9990000		10000.020000
40000	39999.960000		40000.040000

表 2 源输出功率电平准确度

频率(GHz)	功率电平标称值(dBm)	最小值(dBm)	实测值(dBm)	最大值(dBm)
0.05				
0.1				
1				
2				
3				
4				
5				1.5
6				
7	0	-1.5		
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16	0	-2.0		2.0

17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				3.0
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				

表 3 源输出功率电平线性度

标称值(dBm)	最小值(dB)	实测线性度误差(dB)			最大值(dB)
		1GHz	20GHz	40GHz	

标称值 (dBm)	最小值 (dB)	实测线性度误差 (dB)			最大值 (dB)
		1GHz	20GHz	40GHz	
-15					
-13					
-11					
-9					
-7					
-5					
-3					
-1	-1.0				1.0
0		0(ref)			
1					
3					
5					
7					
9					
10					

表 4 源输出频谱纯度

频率范围 (GHz)	实测值 (dBc)	最大值 (dBc)
0.05~40		-23

表 5 接收机平均噪声电平

频率范围 (GHz)	实测值 (dBm)		最大值 (dBm)
	Port1	Port2	
0.045~0.5			-69
0.5~2.0			-94
2.0~10.0			-97
10.0~20.0			-100
20.0~40.0			-94

表 6 测试端口的信号串扰

频率范围 (GHz)	实测值 (dB)		最大值 (dB)
	S ₂₁	S ₁₂	
0.045 ~ 1			-85
1.0 ~ 2.0			-100
2.0 ~ 20.0			-110
20.0 ~ 40.0			-108

表 7 系统迹线噪声

频率 (GHz)	实测值		最大值
	S ₂₁	S ₁₂	
0.1		dBrms	0.050
0.1		° rms	0.035
1		dBrms	0.006
1		° rms	0.060
20		dBrms	0.006
20		° rms	0.100
40		dBrms	0.006
40		° rms	0.100

表 8 接收机动态准确度

功率电平 (dBm)	最小值 (dB)	实测误差值 (dB)		最大值 (dB)
		S ₂₁	S ₁₂	
-10	-0.03			0.03
-20	0(REF)	0(REF)	0(REF)	0(REF)
-30	-0.03			0.03
-40	-0.04			0.04
-50	-0.05			0.05
-60	-0.06			0.06
-70	-0.07			0.07
-80	-0.08			0.08

功率电平 (dBm)	最小值 (dB)	实测误差值 (dB)		最大值 (dB)
		S ₂₁	S ₁₂	
-90	-0.09			0.09

表 9 接收机压缩

频率 (GHz)	实测值 (dB)		最大值 (dB)
	Port1	Port2	
0.01			0.45
1			0.45
10			0.45
20			0.45
40			0.45

表 10 整机性能验证: 传输幅度特性

1. 20dB 衰减器

频率 (GHz)	S ₂₁		S ₁₂	
	标准参考值 (dB)	实测值 (dB)	标准参考值 (dB)	实测值 (dB)
0.5				
1				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				
22				
24				

频率 (GHz)	S ₂₁		S ₁₂	
	标准参考值 (dB)	实测值 (dB)	标准参考值 (dB)	实测值 (dB)
26				
28				
30				
32				
34				
36				
38				
40				

2. 40dB 或 50dB 衰减器

频率 (GHz)	S ₂₁		S ₁₂	
	标准参考值 (dB)	实测值 (dB)	标准参考值 (dB)	实测值 (dB)
0.5				
1				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				
22				
24				
26				

频率 (GHz)	S ₂₁		S ₁₂	
	标准参考值 (dB)	实测值 (dB)	标准参考值 (dB)	实测值 (dB)
28				
30				
32				
34				
36				
38				
40				

表 11 整机性能验证: 传输相位特性

精密空气线

频率 (GHz)	S ₂₁		S ₁₂	
	标准参考值 (°)	实测值 (°)	标准参考值 (°)	实测值 (°)
0.5				
1				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				
22				
24				
26				

频率 (GHz)	S ₂₁		S ₁₂	
	标准参考值 (°)	实测值 (°)	标准参考值 (°)	实测值 (°)
28				
30				
32				
34				
36				
38				
40				

表 12 整机性能验证: 反射特性

失配空气线

频率 (GHz)	S ₁₁		S ₂₂	
	标准参考值 (U)	实测值 (U)	标准参考值 (U)	实测值 (U)
0.5				
1				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				
22				
24				
26				
28				
30				

JJF (电子) 30501—2007

频率 (GHz)	S ₁₁		S ₂₂	
	标准参考值 (U)	实测值 (U)	标准参考值 (U)	实测值 (U)
32				
34				
36				
38				
40				

注: 最大值与最小值以 Agilent 公司的 E8363A 为例。