

# JJG

## 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 501—2000

---

### 频谱分析仪

Spectrum Analyzer

2000-05-08 发布

2001-03-01 实施

---

国家质量技术监督局 发布

# 频谱分析仪检定规程

Verification Regulation  
of Spectrum Analyzer

JJG 501—2000  
代替 JJG 501—1987

---

本规程经国家质量技术监督局于 2000 年 05 月 08 日批准，并自 2001 年 03 月 01 日起施行。

**归口单位：**全国无线电计量技术委员会

**主要起草单位：**信息产业部通信计量中心

**参加起草单位：**中国计量科学研究院

信息产业部无线通信产品质量监督检验中心

本规程委托全国无线电计量技术委员会负责解释

**本规程主要起草人：**

李 晔 （信息产业部通信计量中心）

王兆永 （信息产业部无线通信产品质量监督检验中心）

**参加起草人：**

朱群范 （中国计量科学研究院）

周 波 （信息产业部通信计量中心）

## 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	(3)
5 计量器具控制	(4)
5.1 首次检定、后续检定和使用中检验	(4)
5.2 检定条件	(4)
5.3 检定用设备	(4)
6 检定项目和检定方法	(5)
6.1 外观及工作正常性检查	(5)
6.2 参考频率的检定	(6)
6.3 校准信号的检定	(6)
6.4 频率读数准确度的检定	(7)
6.5 扫频宽度的检定	(8)
6.6 分辨力带宽的检定	(8)
6.7 频率稳定性的检定	(9)
6.8 扫描时间的检定	(10)
6.9 参考电平的检定	(11)
6.10 垂直显示刻度检定	(12)
6.11 分辨力带宽转换对幅度测量的影响的检定	(13)
6.12 平均显示噪声电平的检定	(13)
6.13 剩余响应的检定	(13)
6.14 镜像响应的检定	(13)
6.15 输入衰减器的检定	(14)
6.16 输入频响的检定	(14)
6.17 二、三次谐波失真的检定	(15)
6.18 三阶交调失真的检定	(16)
6.19 增益压缩的检定	(17)
6.20 输入电压驻波比的检定	(17)
7 检定结果处理及检定周期	(18)
附录 A 检定数据记录表	(19)
附录 B 检定项目选择	(27)
附录 C 主要参数误差分析	(28)

## 频谱分析仪检定规程

### 1 范围

本规程适用于新制造、使用中和修理调整后，频率分析范围在 30 Hz~26.5 GHz 的频谱分析仪的检定。本规程以 HP8563E 为例，其它型号的频谱分析仪可参照执行。

### 2 概述

频谱分析仪是一种带有显示装置的超外差接收设备，由预选器、扫频本振、混频、中放、滤波、检波、放大、显示等部分组成。主要用于频谱分析，也可用于测量频率、电平、增益、衰减、调制、失真、抖动等，是通信、广播、电视、雷达、宇航等技术领域中不可缺少的仪器。

### 3 计量性能要求

#### 3.1 参考频率

##### 3.1.1 频率：10 MHz

##### 3.1.2 频率波动：预热 15 min 后，不超出 $\pm 1 \times 10^{-8}$ (4 h 内)

#### 3.2 校准信号

##### 3.2.1 频率及频率准确度：300 MHz $\pm$ 参考频率准确度 $\pm 1$ LSD (LSD 为频率分辨率)

##### 3.2.2 电平及电平准确度：-10 dBm, $\pm 0.3$ dB(基波,在专用校准电缆端头,50 $\Omega$ 上)

#### 3.3 频率读数

##### 3.3.1 范围：100 Hz~26.5 GHz

##### 3.3.2 准确度

(a) 当扫频宽度  $> 2$  MHz  $\times N$  时

准确度不超出  $\pm$  (频率读数  $\times$  参考频率准确度 + 5%  $\times$  扫频宽度 + 15%  $\times$  分辨率带宽 + 10 Hz)；

(b) 当扫频宽度  $\leq 2$  MHz  $\times N$

准确度不超出  $\pm$  (频率读数  $\times$  参考频率准确度 + 1%  $\times$  扫频宽度 + 15%  $\times$  分辨率带宽 + 10 Hz)。

注：N 为用于混频的一阶本振谐波次数。

#### 3.4 扫频宽度

##### 3.4.1 范围：0 Hz, 100 Hz~26.5 GHz

##### 3.4.2 准确度

不超出  $\pm 5\%$  (扫频宽度  $> 2$  MHz  $\times N$ )；

不超出  $\pm 1\%$  (扫频宽度  $\leq 2$  MHz  $\times N$ )

#### 3.5 分辨率带宽 (RBW)

3.5.1 范围：1 Hz~2 MHz (1, 3 步进)

3.5.2 准确度：不超出 $\pm 10\%$  (<300 kHz)；不超出 $\pm 25\%$  (1 MHz)；不超出 $+50\%$ ， $-25\%$  (2 MHz)

3.5.3 选择性 (60 dB 带宽与分辨力带宽的比)：<5:1 ( $RBW \leq 100$  Hz)；<15:1 ( $RBW \geq 300$  Hz)

3.6 频率稳定性

3.6.1 剩余调频：<1×N Hz (峰-峰值；扫描时间 20 ms)

3.6.2 噪声边带 (中心频率 $\leq 1$  GHz)：见表 1。

表 1

偏离中心频率 (kHz)	0.1	1	10	20	100
噪声边带 (dBc/Hz)	-80	-97	-113	-113	-113

3.7 扫描时间

3.7.1 扫描时间范围：50  $\mu$ s~6000 s

3.7.2 准确度：不超出 $\pm 1\%$  (100  $\mu$ s~1 s)

3.8 参考电平

3.8.1 对数范围及准确度：(-120~+30) dBm，不超出 $\pm 0.3$  dB (以 -20 dBm 为参考，-60 dBm~0 dBm)

3.9 垂直显示刻度

3.9.1 对数刻度：(0.1~10) dB/格，1, 2, 5 步进

3.9.2 对数刻度准确度：

不超出 $\pm 0.1$  dB/dB ( $RBW \geq 300$  Hz)；

不超出 $\pm 0.2$  dB/2dB ( $RBW \leq 100$  Hz)，累积不超出 $\pm 0.85$  dB/90 dB。

3.9.3 线性刻度准确度：参考电平的 $\pm 3\%$ 内

3.10 分辨力带宽转换对幅度的影响：不超出 $\pm 0.5$  dB

3.11 显示的平均噪声电平 ( $RBW = 10$  Hz) 及剩余响应

显示的平均噪声电平见表 2。

剩余响应：< -90 dBm (>200 MHz, N=1)

表 2

频 率	1 kHz	10 kHz~100 kHz	(1~10) MHz	10 MHz~2.9 GHz
电平 (dBm)	-95	-110	-130	-134
频率	(2.9~6.5) GHz	(6.5~13.2) GHz	(13.2~22) GHz	(22~26.5) GHz
电平 (dBm)	-138	-135	-130	-129

3.12 输入衰减: (0~70) dB, 10 dB 步进

3.12.1 输入衰减准确度: 不超出 $\pm 0.6$  dB/10 dB, 累积 $\pm 1.8$  dB。

3.13 输入频响 (输入衰减 10 dB, 输入电平 -10 dBm 时): 见表 3。

表 3

频率范围 (GHz)	$1 \times 10^{-7} \sim 2.9$	2.9~6.5	6.5~13.2	13.2~22.0	22.0~26.5
相对频响 (dB)	$\pm 1.25$	$\pm 1.5$	$\pm 2.2$	$\pm 2.5$	$\pm 3.3$

3.14 谐波失真 (二次及三次): 见表 4。

表 4

频率范围 (GHz)	$1 \times 10^{-3} \sim 1.45$	1.45~2.0	2.0~13.25
混频器电平 (dBm)	-40	-10	-10
谐波失真 (dBc)	< -72	< -85	< -100

3.15 三阶交调失真 (混频器电平 -30 dBm): 见表 5。

表 5

频率范围 (GHz)	$1 \times 10^{-3} \sim 2.9$	2.9~6.5	6.5~26.5
交调失真 (dBc)	< -78	< -90	< -75

3.16 镜像响应:  $\leq -80$  dBc (混频器电平: -10 dBm)

3.17 增益压缩: 见表 6。

表 6

10 MHz~2.9GHz (混频器输入电平 $\leq -5$ dBm)	< 1 dB
2.9 GHz~26.5 GHz (混频器输入电平 $\leq 0$ dBm)	< 1 dB

3.18 输入电压驻波比:  $\leq 1.5$  [ (0.01~2.9) GHz];  $\leq 2.3$  [ (2.9~26.5) GHz]

#### 4 通用技术要求

4.1 被检频谱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

应具有内部晶振频率或时基的输出端口。

4.2 被检频谱分析仪的控制旋钮、按键、开关和输入输出端口等应有明确的标志。被检频谱分析仪送检时要带有使用说明书。

4.3 用 180 V~260 V, 45 Hz~55 Hz AC 电源供电时, 被检频谱分析仪能正常工作。

## 5 计量器具控制

### 5.1 首次检定、后续检定和使用中检验

首次检定是对用户新购置的、或制造厂新生产的频谱分析仪进行的检定。首次检定结果应确定各项计量性能是否满足说明书中给定的相应技术指标。

后续检定包括有效期内的检定、周期检定以及修理后的检定。后续检定时, 测量仪上应具有上次的检定标记和检定证书。后续检定后, 各项性能指标如变化不大, 允许用户按检定结果使用。

### 5.2 检定条件

#### 5.2.1 环境条件

5.2.1.1 温度: (10~30)℃, 检定期间温度波动小于 2℃。

5.2.1.2 相对湿度: (65±15)%

5.2.1.3 交流供电电源: (220±4) V, (50±5) Hz。

5.2.1.4 周围无影响正常检定工作的电磁干扰和机械振动

### 5.3 检定用设备

#### 5.3.1 频率计数器

频率测量范围: 10 Hz~1 GHz

频率测量准确度:  $\pm 1 \times 10^{-9}$

分辨力: 0.1 Hz

#### 5.3.2 功率计

频率范围: 10 MHz~26.5 GHz

功率测量范围及准确度: (-70~+30) dBm,  $\pm 0.1$  dB。

#### 5.3.3 低通滤波器

频率: 110 MHz, 330 MHz, 1.1 GHz, 2.2 GHz, 4.4 GHz, 8.8 GHz, 16 GHz。

#### 5.3.4 函数发生器

频率范围: 10 Hz~21 MHz

频率准确度:  $\pm 1 \times 10^{-9}$

输出电平: (0~1)  $V_{pp}$ , 50  $\Omega$

#### 5.3.5 RF 合成信号发生器

频率范围及频率准确度: 100 kHz~1040 MHz,  $\pm 1 \times 10^{-9}$

输出电平范围及电平准确度: (-120~+10) dBm,  $\pm 0.1$  dB/10 dB, 累计  $\pm 0.3$  dB。

谐波失真:  $< -60$  dBc

相位噪声:  $< -110$  dBc/Hz (偏离载频 1 kHz);

$< -120$  dBc/Hz (偏离载频 10 kHz)。

### 5.3.6 有外 AM/FM 功能的微波频率合成器 (2 台)

频率范围及准确度: 10 MHz~26.5 GHz,  $\pm 1 \times 10^{-9}$ 。

输出电平及准确度: (-120~+10) dBm,  $\pm 0.1$  dB/10 dB, 累计  $\pm 0.3$  dB。

### 5.3.7 标准可变衰减器

频率范围: DC~26.5 GHz

衰减范围: (0~81) dB, 步进 0.1 dB

准确度:  $\pm 0.02$  dB/10 dB

### 5.3.8 测量接收机

频率范围: 100 kHz~1300 MHz

电平测量范围: (+10~-120) dBm

电平测量准确度:  $\pm 0.13$  dB  $\pm 0.005$  dB/10 dB

### 5.3.9 匹配衰减器

频率范围: DC~26.5 GHz

衰减: 10 dB

电压驻波比:  $< 1.10$

### 5.3.10 功率放大器

频率范围: 10 MHz~26.5 GHz

### 5.3.11 标网分析系统

频率范围: 10 MHz~26.5 GHz

带定向检波器 (回损测试桥)

### 5.3.12 功分器、定向耦合器、50 $\Omega$ 负载、开路/短路器、BNC 连接器、转换头、电缆等。

注:

1 所有检定用设备均应检定合格, 并在检定有效期内。

2 所有检定用设备均应按规定进行预热, 其操作按各自的说明书进行。

## 6 检定项目和检定方法

### 6.1 外观及工作正常性检查

6.1.1 被检频谱分析仪应带有必要附件、说明书及前次检定证书。

6.1.2 被检频谱分析仪各按键、开关、旋钮、连接器应安装牢固, 通断分明, 转换清晰, 旋转灵活, 定位正确, 无影响正常工作的机械损伤。

6.1.3 被检仪器通电后能正常工作, 有清晰的显示。中心频率、扫频宽度、分辨力带宽、视频带宽、平均功能、输入衰减、参考电平、扫描时间、游标功能、电平显示线等各项功能正常。

6.1.4 仪器按规定预热后, 将校准输出经专用校准电缆接到输入端进行全自校 (包括频率校准和幅度校准)。

## 6.2 参考频率的检定

6.2.1 被检频谱分析仪参考输出接到频率计数器输入，如图 1 所示。

6.2.2 频率计数器置最高分辨力。

6.2.3 被检频谱分析仪关机 1 h，再开机 15 min 后开始用频率计数器测试，每 0.5 h 测一次，共测 4 h，测得 9 个数据。将数据和计算结果记录于附录 A 表 1 中。

6.2.4 按公式 (1) 计算频率波动。

$$S = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_0} \quad (1)$$

式中： $f_{\max}$ 、 $f_{\min}$ ——分别为 4 h 内测得的频率的最大和最小值 (MHz)；

$f_0$ ——标称值， $f_0 = 10$  MHz。

## 6.3 校准信号的检定

### 6.3.1 校准信号频率的检定

6.3.1.1 被检频谱分析仪校准信号输出端接到频率计数器输入端，如图 2 所示。

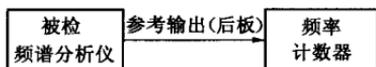


图 1 参考频率的检定

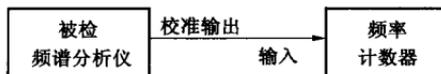


图 2 校准信号频率检定

6.3.1.2 频率计数器调到最高分辨力，由频率计数器上读出频率实际值  $f_s$ 。

6.3.1.3 按公式 (2) 计算频谱分析仪校准信号输出频率误差  $\delta$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 2 中。

$$\delta = (f_u - f_s) / f_s \quad (2)$$

式中： $f_u$ ——被检频谱分析仪校准输出信号频率标称值。

### 6.3.2 校准信号电平的检定 (方法一)

6.3.2.1 用校准电缆把被检频谱分析仪、低通滤波器及功率计连接起来，如图 3 所示。

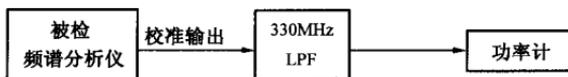


图 3 校准信号电平的检定方法一

6.3.2.2 从功率计上读功率电平  $L$  (dBm)。按公式 (3) 计算校准输出电平实际值  $L_s$ 。

$$L_s = L + A_f + A_I \text{ (dBm)} \quad (3)$$

式中： $A_f$ ——330 MHz LPF 在 300 MHz 上的插入损耗 (dB)；

$A_1$ ——校准电缆衰减值。

6.3.2.3 按公式 (4) 计算校准输出电平误差  $\Delta$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 2 中。

$$\Delta = L_u - L_s \quad (4)$$

式中： $L_u$ ——被检频谱分析仪校准信号电平标称值。

6.3.3 校准信号电平的检定 (方法二)

6.3.3.1 被检频谱分析仪校准输出经校准电缆接到被检频谱分析仪输入，如图 4 实线所示。

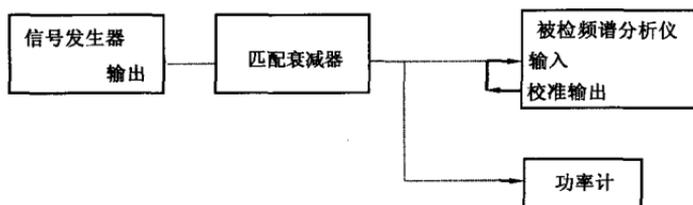


图 4 校准信号电平检定方法二

6.3.3.2 置频谱分析仪中心频率到校准信号频率，扫频宽度、分辨率带宽、参考电平、输入衰减适当，刻度 1 dB/格，用峰值标记读出信号幅度  $L$  (dBm)。

6.3.3.3 将信号发生器频率调到校准信号频率，电平为 0 dBm。经匹配衰减器用电缆将其接到被检频谱分析仪输入端，如图 4 虚线所示，微调信号发生器幅度使频谱分析仪屏幕上峰值标记电平仍为  $L$  (dBm)。

6.3.3.4 用同样的电缆将其接到功率计，如图 4 虚线所示，功率计上的示值  $L_s$  (dBm) 即为被检频谱分析仪校准输出电平实际值。

6.3.3.5 按公式 (4) 计算校准信号电平误差  $\Delta$ 。

6.4 频率读数准确度的检定

6.4.1 信号发生器输出端接被检频谱分析仪输入端，如图 5 所示。



图 5 频率读数准确度的检定

6.4.2 根据频段，信号发生器分别为函数发生器、RF 合成信号发生器及微波频率合

成器。

6.4.3 调节信号发生器频率  $f_s = 1.5$  GHz, 电平为  $-21$  dBm。置频谱分析仪中心频率为  $1.5$  GHz, 参考电平  $-20$  dBm, 扫频宽度  $10$  kHz, 分辨力带宽、视频带宽、扫描时间等自动。用峰值游标功能读信号峰值频率  $f_u$ 。

6.4.4 按公式 (5) 计算频率读数误差  $\Delta$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 3 中。

$$\Delta = f_u - f_s \quad (5)$$

式中:  $f_s$ ——设定的标准频率值;

$f_u$ ——被检仪器指示值。

6.4.5 按附录 A 表 3 设置其它标准频率  $f_s$  和扫频宽度, 按 6.4.3~6.4.4 方法重复操作。

6.5 扫频宽度的检定

6.5.1 设备连接同图 5。

6.5.2 置频谱分析仪扫频宽度  $100$  Hz, 中心频率为  $13.25$  GHz, 参考电平为  $-20$  dBm, 分辨力带宽、视频带宽、扫描时间等自动。

6.5.3 置信号发生器电平为  $-21$  dBm。调信号发生器频率使信号峰对准频谱分析仪显示屏上距左边框一格的垂直线和右边框一格的垂直线, 分别读取信号发生器频率  $f_{\text{左}}$  和  $f_{\text{右}}$ 。

6.5.4 按公式 (6) 计算实际扫频宽度  $S_s$ , 按公式 (7) 计算扫频宽度误差  $\delta$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 4 中。

$$S_s = (f_{\text{右}} - f_{\text{左}}) \times n / (n - 2) \quad (6)$$

$$\delta = (S_u - S_s) / S_s \quad (7)$$

式中:  $S_u$ ——被检频谱分析仪扫频宽度标称值;

$n$ ——水平轴格数。

6.5.5 按附录 A 表 4 设置其它扫频宽度, 按 6.5.2~6.5.4 方法重复操作。

6.6 分辨力带宽的检定

6.6.1 3 dB 分辨力带宽的检定

6.6.1.1 设备连接同图 5。

6.6.1.2 信号发生器频率调到  $300$  MHz, 电平调到  $-21$  dBm。

6.6.1.3 置被检频谱分析仪中心频率为  $300$  MHz, 参考电平  $-20$  dBm, 垂直刻度  $1$  dB/格, 分辨力带宽  $100$  Hz, 扫频宽度  $300$  Hz, 视频带宽、扫描时间等自动。

6.6.1.4 信号发生器电平调到  $-24$  dBm, 接通频谱分析仪峰值游标, 再接通增量游标。将信号发生器电平调回  $-21$  dBm。

6.6.1.5 微调信号发生器频率, 使游标增量电平分别在信号峰值左边和右边下降至读数零, 读出信号发生器频率  $f_{\text{左}}(-3 \text{ dB})$ ,  $f_{\text{右}}(-3 \text{ dB})$ 。

6.6.1.6 按公式 (8) 计算实际分辨力带宽  $RBW_s$ , 按公式 (9) 计算分辨力带宽误差

$\delta$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 5 中。

$$RBW_s = f_{右(-3\text{ dB})} - f_{左(-3\text{ dB})} \quad (8)$$

$$\delta = (RBW_u - RBW_s) / RBW_s \quad (9)$$

式中： $RBW_u$ ——被检频谱仪分辨力带宽标称值。

6.6.1.7 按附录 A 表 5 设置其它分辨力带宽，扫频宽度的设定约为分辨力带宽的 3~4 倍。按 6.6.1.3~6.6.1.6 方法重复操作。

6.6.2 60 dB 带宽的检定

6.6.2.1 信号发生器频率调到 300 MHz，电平调到 -1 dBm。

6.6.2.2 被检频谱分析仪中心频率调到 300 MHz，参考电平 0 dBm，衰减 10 dB，分辨力带宽 100 Hz，扫频宽度约为分辨力带宽的 20 倍，垂直刻度 10 dB/格，视频带宽 10 Hz，扫描时间自动。

6.6.2.3 调节信号发生器电平到 -61 dBm，接通频谱分析仪峰值游标，再接通增量游标，将信号发生器电平调回 -1 dBm。

6.6.2.4 调节信号发生器频率，使游标增量电平分别在信号峰值左边和右边下降至读数为零，读出信号发生器频率  $f_{左(-60\text{ dB})}$ ， $f_{右(-60\text{ dB})}$ 。

6.6.2.5 按公式 (10) 计算 60 dB 带宽实际值  $BW_s$ ，按公式 (11) 计算选择性  $S$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 5 中。

$$BW_s = f_{右(-60\text{ dB})} - f_{左(-60\text{ dB})} \quad (10)$$

$$S = \frac{BW_s}{RBW_s} \quad (11)$$

6.6.2.6 在附录 A 表 5 的其它分辨力带宽上，按 6.6.2.2~6.6.2.5 方法重复操作。

注：测量小分辨力带宽时，因波形抖动，频谱分析仪置“单次”扫描。

6.7 频率稳定性的检定

6.7.1 剩余调频的检定

6.7.1.1 设备连接同图 5。

6.7.1.2 置信号发生器频率为 300 MHz，电平为 -21 dBm。

6.7.1.3 置频谱分析仪中心频率为 300 MHz，参考电平 -20 dBm，扫频宽度 10 kHz，垂直刻度 1 dB/格，分辨力带宽 1 kHz，其余自动。

6.7.1.4 调节信号发生器电平使信号显示在参考电平处，取其波形线性较好一段 a~b，接通游标，再接通增量游标，测量信号 a~b 段频率差  $\Delta F$ ，电平差  $\Delta L$ ，如图 6 所示。

6.7.1.5 按公式 (12) 计算解调灵敏度  $S_{en}$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 6 中。

$$S_{en} = \Delta F / \Delta L \quad (12)$$

6.7.1.6 置频谱分析仪扫频宽度为零，按说明书要求设置扫描时间。调节信号发生器

频率，使基波显示在屏幕上参考电平下 a、b 点中间处，读取时域中信号的峰-峰值  $y$ ，如图 7 所示。

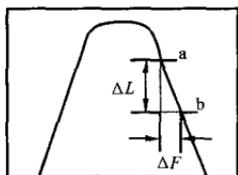


图 6 解调灵敏度

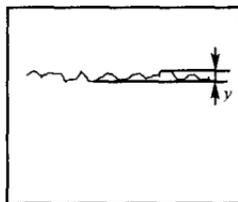


图 7 剩余调频时域显示

6.7.1.7 按公式 (13) 计算剩余调频  $\Delta f$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 6 中。

$$\Delta f = S_{en} \cdot y \quad (13)$$

6.7.1.8 按附录 A 表 6 设置其它测试频率，按 6.7.1.2~6.7.1.7 方法重复操作。

6.7.2 噪声边带的检定

6.7.2.1 设备连接同图 5。

6.7.2.2 置信号发生器频率 1 GHz，输出电平 -10 dBm。

6.7.2.3 置频谱分析仪中心频率 1 GHz，输入衰减 0 dB，参考电平 -10 dBm，垂直刻度显示 10 dB/格，扫频宽度 200 kHz，分辨力带宽  $RBW$  小于 30 Hz，其余自动。

6.7.2.4 接通频谱分析仪上峰值游标，再接通增量游标，并移动增量游标，读出在偏离载频  $\pm 100$  Hz， $\pm 1$  kHz， $\pm 10$  kHz， $\pm 20$  kHz， $\pm 100$  kHz 时的增量游标电平  $\Delta L$  值。

6.7.2.5 按公式 (14) 计算噪声边带。将数据和计算结果记录于附录 A 表 7 中。

$$\text{噪声边带} = \Delta L - 10 \lg RBW \text{ (dBc/Hz)} \quad (14)$$

6.8 扫描时间的检定

6.8.1 函数发生器输出端接到 RF 合成信号发生器 AM 输入端，RF 合成信号发生器输出端接到被检频谱分析仪输入端，如图 8 所示。

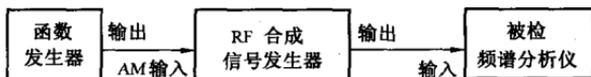


图 8 扫描时间检定

6.8.2 RF 合成信号发生器置于“外 AM”工作方式，频率 300 MHz，输出电平

-21 dBm。函数发生器调到 500 Hz 正弦波。

6.8.3 频谱分析仪中心频率调到 300 MHz，参考电平 -20 dBm，扫频宽度 0 Hz，扫描时间  $T_n = 20$  ms，分辨力带宽和视频带宽大于函数发生器频率，垂直刻度线性，用视频触发。

6.8.4 调节 RF 合成信号发生器的输出电平，使显示波形位于频谱分析仪显示屏中心；调节调制信号电压，使其幅度占频谱分析仪显示屏的 4 个格。

6.8.5 调节函数发生器频率使  $p - 2$  个调制信号周期对准显示屏上距左右边框 1 格的垂直线处（或  $p - 2$  个周期占屏幕上小平 8 个格），如图 9 所示。 $p$  为水平刻度总格数。

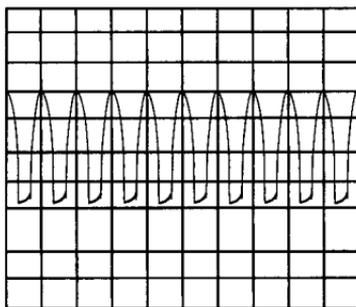


图 9 扫描时间示意图

6.8.6 读出函数发生器频率  $f_m$ 。按公式 (15) 计算扫描时间误差  $\delta$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 8 中。

$$\delta = \left( 1 - \frac{T_n f_m}{10} \right) \times 100\% \quad (15)$$

6.8.7 按附录 A 表 8 设置扫描时间，按 6.8.2~6.8.6 方法重复操作。

6.9 参考电平的检定

6.9.1 将信号发生器输出经标准可变衰减器连接到被检频谱分析仪输入，如图 10 所示。

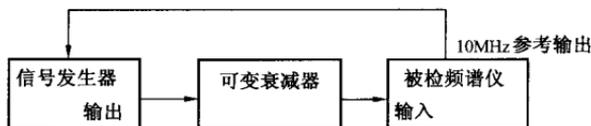


图 10 参考电平检定

6.9.2 在被检仪器说明书给定的频率范围内，选择某个频率点作为频谱分析仪中心频

率, 扫频宽度 10 kHz, 参考电平 -20 dBm, 分辨力带宽 1 kHz, 视频带宽 30 Hz, 垂直刻度 1 dB/格, 其余自动。

6.9.3 置标准可变衰减器为 31 dB, 调节信号发生器频率等于频谱分析仪中心频率, 电平为信号峰值在频谱分析仪上显示约 -21 dBm (离顶刻度 1 格处)。记下频谱分析仪显示的谱线峰值电平  $a_1$ 。

6.9.4 按附录 A 表 9 改变被检频谱分析仪参考电平及标准可变衰减器, 频谱仪上显示仍接近离顶刻度 1 格处。记下标准可变衰减器的衰减增加量  $a$  和频谱分析仪显示的谱线峰值电平  $a_2$ 。

6.9.5 按公式 (16) 计算参考电平误差  $\Delta$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 9 中。

$$\Delta = (a_1 - a_2) - a \quad (16)$$

6.10 垂直显示刻度检定

6.10.1 对数刻度的检定

6.10.1.1 设备连接同图 10。

6.10.1.2 置频谱分析仪中心频率为 300 MHz, 参考电平 -10 dBm, 垂直刻度 1 dB/格, 扫频宽度 100 kHz, 分辨力带宽 1 kHz, 视频带宽调到最小, 扫描时间、输入衰减等自动。

6.10.1.3 置信号发生器频率为 300 MHz, 电平为在频谱分析仪上信号峰接近参考电平处。记下频谱分析仪上显示的幅度峰值电平。

6.10.1.4 分别以被检频谱分析仪垂直刻度挡位的数值 dB/div 为步进增加可变衰减器的衰减量, 使频谱分析仪屏幕上显示的信号直到可测量的最低点。计算两次相邻情况下幅度显示值的示值之差  $\Delta A$ ; 可变衰减器的示值之差  $\Delta B$ , 将  $(\Delta A - \Delta B)$  绝对值的最大值  $\Delta A_{\max}$  记入附录 A 表 10 中。

6.10.1.5 频谱分析仪分辨力带宽改为 100 Hz 时重复 6.10.1.3~6.10.1.4 的操作。

6.10.1.6 在其它垂直刻度上重复 6.10.1.3~6.10.1.5 的操作。

6.10.2 线性刻度的检定

6.10.2.1 设备连接同图 10。

6.10.2.2 置频谱分析仪参考电平为 -10 dBm, 刻度为线性,  $\times 1$ , 中心频率 300 MHz, 扫频宽度 100 kHz, 分辨力带宽 1 kHz, 其余自动。

6.10.2.3 置衰减器衰减量为 10 dB。置信号发生器频率为 300 MHz, 调整电平使信号峰值显示在频谱分析仪参考电平 70.71 mV 处。

6.10.2.4 按附录 A 表 11 改变衰减器衰减量  $A$ , 建立标准线性量  $E_s$ , 读并记录频谱分析仪幅度显示值  $E_u$ 。

6.10.2.5 按公式 (17) 计算线性刻度误差。将数据和计算结果记录于附录 A 表 11 中。

$$\delta = \left( \frac{E_u - E_s}{70.71} \right) \times 100\% \quad (17)$$

## 6.11 分辨力带宽转换对幅度测量的影响的检定

6.11.1 设备连接同图 5。

6.11.2 置信号发生器频率为 300 MHz，电平为 -21 dBm。

6.11.3 置被检频谱分析仪中心频率为 300 MHz，参考电平 -20 dBm，分辨力带宽 300 kHz，扫频宽度调至适当值，视频带宽、扫描时间等自动。

6.11.4 在频谱分析仪上接通峰值游标，记录峰值电平  $L$ 。6.11.5 改变分辨力带宽，读不同分辨力带宽时的峰值电平  $L$ 。6.11.6 按公式 (18) 计算分辨力带宽转换对幅度测量的影响  $\Delta A$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 12 中。

$$\Delta A = L - L_{\text{ref}} \quad (18)$$

式中： $L_{\text{ref}}$ ——分辨力带宽为 300 kHz 时的电平值。

6.11.7 按附录 A 表 12 设置频谱仪分辨力带宽，按 6.11.2~6.11.5 方法重复操作。

## 6.12 平均显示噪声电平的检定

6.12.1 被检频谱分析仪输入端接 50  $\Omega$  终端负载，如图 11 所示。

6.12.2 置频谱分析仪分辨力带宽为 10 Hz，扫频宽度适当，参考电平 -60 dBm，输入衰减 0 dB，视频带宽、扫描时间等自动，采用取样检波方式。

6.12.3 按附录 A 表 13 在不同的频段及中心频率上，用电平显示线测量平均噪声电平，记录于附录 A 表 13 中。

## 6.13 剩余响应的检定

6.13.1 设备连接如图 11。

6.13.2 置频谱分析仪中心频率 200 MHz，分辨力带宽 10 kHz，视频带宽 3 kHz，扫频宽度 10 MHz，参考电平 -60 dBm，输入衰减 0 dB，扫描时间自动。

6.13.3 电平显示线调至 -90 dBm，用游标测量 -90 dBm 以上谱线的频率和电平，记录于附录 A 表 14 中。

6.13.4 改变频谱分析仪中心频率，每次步进 10 MHz，按 6.13.2~6.13.3 方法重复操作。

## 6.14 镜像响应的检定

6.14.1 信号发生器输出经功分器一路接功率计，一路接被检频谱分析仪，如图 12 所示。

6.14.2 置信号发生器频率  $f_s = 2$  GHz，调节电平使在功率计上显示为 -10 dBm。6.14.3 置频谱分析仪中心频率为 2 GHz，扫频宽度 40 MHz，分辨力带宽 10 kHz，视频带宽 100 Hz，输入衰减 0 dB，参考电平 -10 dBm，在频谱分析仪上读信号电平  $L_s$  (dBm)。6.14.4 将信号发生器频率调为  $f_1 = f_s + 2f_{\text{IF1}}$  (本振频率高于信号频率时) 或  $f_1 = f_s - 2f_{\text{IF1}}$  (本振信号低于信号频率时)，电平同 6.14.2 中的电平。其中  $f_{\text{IF1}}$  为频谱分析仪第一中频。

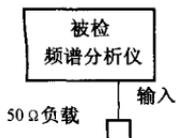


图 11 平均显示噪声电平检定

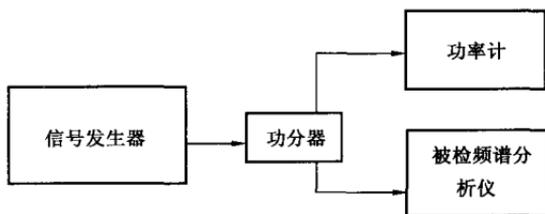


图 12 镜像响应的检定

6.14.5 在被检频谱分析仪上读取镜像电平  $L_1$  (dBm)。按公式 (19) 计算镜像响应  $a_c$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 15 中。

$$a_c = L_1 - L_s \quad (19)$$

6.14.6 在频率 5.5 GHz, 12 GHz, 21 GHz, 24.4 GHz 上按 6.14.2~6.14.5 方法重复操作。

### 6.15 输入衰减器的检定

6.15.1 检定系统连接同图 11。

6.15.2 置被检频谱分析仪中心频率为 1 GHz, 扫频宽度 0 Hz, 分辨力带宽 1 kHz, 视频带宽最低, 输入衰减 10 dB。参考电平调节到使频谱分析仪上显示的噪声电平接近参考电平线。平均 100 次, 从频谱分析仪上读显示的噪声电平  $L_{10}$  (dBm)。

6.15.3 按附录 A 表 16 改变输入衰减, 调节参考电平使频谱分析仪上显示的噪声电平接近参考电平线, 平均 100 次, 读显示的噪声电平  $L_n$  (dBm)。

6.15.4 按公式 (20) 计算输入衰减变化量  $A_s$ 。按公式 (21) 计算输入衰减误差  $\Delta$ 。将数据和计算结果记录于附录 A 表 16 中。

$$A_s = L_n - L_{10}(\text{dB}) \quad (20)$$

$$\Delta = A_u - 10 - A_s(\text{dB}) \quad (21)$$

式中:  $A_u$ ——标称输入衰减值。

### 6.16 输入频响的检定

6.16.1 设备连接如图 13 所示。

6.16.2 置被检频谱分析仪输入衰减为 10 dB, 参考电平 -10 dBm, 垂直刻度 1 dB/格, 中心频率 300 MHz, 扫频宽度 100 kHz, 分辨力带宽 1 kHz, 其余自动。

6.16.3 置信号发生器频率为 300 MHz, 输出电平调到频谱分析仪上信号峰为 -20 dBm。

6.16.4 用功率计测量加到频谱分析仪输入端的电平  $L$  (dBm), 记录于附录 A 表 17

中。

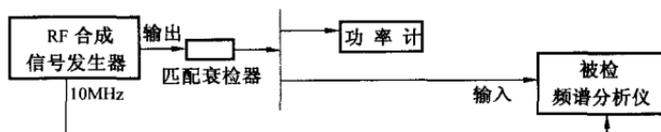


图 13 频响的检定

6.16.5 按附录 A 表 17 在不同的中心频率上重复 6.16.2~6.16.4 步骤。

6.16.6 按公式 (22) 计算输入频响误差。将数据和计算结果记录于附录 A 表 17 中。

$$A = \pm \frac{L_{\max} - L_{\min}}{2} \quad (22)$$

式中： $L_{\max}$ ， $L_{\min}$ ——分别为各频段内加到频谱分析仪的最大和最小电平。

6.17 二、三次谐波失真的检定

6.17.1 信号发生器输出经低通滤波器 LPF（以滤除信号源的谐波）接到被检频谱分析仪输入端，如图 14 所示。

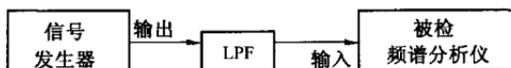


图 14 二、三次谐波失真的检定

6.17.2 置信号发生器频率  $f_0 = 2$  GHz，电平调到  $-10$  dBm。

6.17.3 置频谱分析仪扫频宽度 100 kHz，分辨力带宽 1 kHz，输入衰减 0 dB，参考电平  $-10$  dBm，其余自动。

6.17.4 调节频谱分析仪中心频率到  $f_0$ 、 $2f_0$ 、 $3f_0$ ，用峰值游标功能读出基波、二次、三次谐波电平  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$  (dBm)。

6.17.5 按公式 (23) 计算二次谐波失真。按公式 (24) 计算三次谐波失真。将数据和计算结果记录于附录 A 表 18 中。

$$\alpha_2 = L_2 - L_1 \quad (\text{dBc}) \quad (23)$$

$$\alpha_3 = L_3 - L_1 \quad (\text{dBc}) \quad (24)$$

6.17.6 分别置信号发生器频率  $f_0$  为 4 GHz，6 GHz，8GHz，按 6.17.3~6.17.5 方法重复操作。

## 6.18 三阶交调失真的检定

6.18.1 信号发生器 1 和 2 由定向耦合器组合后经 LPF 接到测量接收机探头，如图 15 所示。

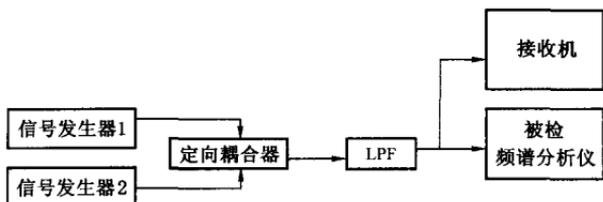


图 15 三阶交调失真的检定

6.18.2 断开信号发生器 2，接通信号发生器 1。信号发生器 1 频率调到  $f_1$ （见附录 A 表 19），调节电平使测量接收机读数为  $-33$  dBm。

6.18.3 断开信号发生器 1，接通信号发生器 2。信号发生器 2 频率调到  $f_2 = f_1 + 2$  MHz，调节电平使测量接收机读数为  $-33$  dBm。

6.18.4 取下探头，将 LPF 输出端接入频谱分析仪输入端。

6.18.5 频谱分析仪中心频率调到  $f_0 = (f_1 + f_2)/2$ ，扫频宽度 10 MHz，输入衰减 0 dB，参考电平  $-30$  dBm，分辨力带宽  $\leq 1$  kHz，视频带宽、扫描时间自动，频谱分析仪上显示的信号如图 16 所示。

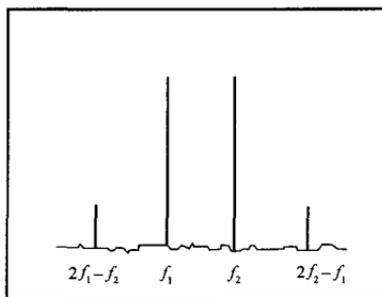


图 16 三阶交调失真

6.18.6 用游标定位于  $f_1$ 、 $f_2$  中较低电平的信号峰上。接通增量游标，并移动增量游标于  $2f_1 - f_2$ 、 $2f_2 - f_1$  中较高电平的信号峰上。读出其增量电平  $IM_3$  (dBc)。记录于附录 A 表 19。

## 6.19 增益压缩的检定

6.19.1 检定系统按图 17 连接。

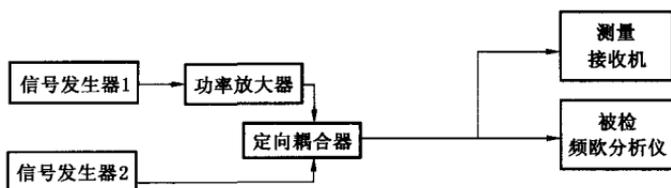


图 17 增益压缩的检定

6.19.2 断开信号发生器 2，接通信号发生器 1。信号发生器 1 频率  $f_1$  为 2 GHz，调节电平使测量接收机测得的电平  $L_1 = -5$  dBm。

6.19.3 断开信号发生器 1，接通信号发生器 2。置信号发生器 2 频率  $f_2$  为 2.003 GHz，电平为测量接收机测得的电平  $L_2 = -40$  dBm。

6.19.4 置频谱分析仪中心频率为 2 GHz，参考电平 0 dBm，扫频宽度 10 MHz，分辨率带宽 300 kHz，垂直刻度 10 dB/格，输入衰减 10 dB，其余自动。

6.19.5 将定向耦合器输出接到频谱分析仪。接通频谱仪峰值游标，再接通增量游标  $\Delta MKR$ 。频谱分析仪上显示如图 18 左所示。

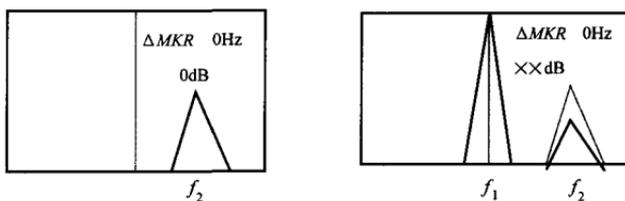


图 18 增益压缩示意图

6.19.6 两信号发生器同时接通，频谱分析仪上显示如图 18 右所示。在频谱分析仪上读相对电平  $\Delta MKR$  值，该值即为增益压缩。记录于附录 A 表 20 中。

6.19.7 按附录 A 表 20 设置信号发生器其它频率，在  $L_1 = 0$  dBm 时，按 6.19.2~6.19.6 方法重复操作。

## 6.20 输入电压驻波比的检定

6.20.1 检定系统连接如图 19 所示。

6.20.2 扫频信号发生器频率范围按被检频谱分析仪要求设置，输出电平调到 +10 dBm。

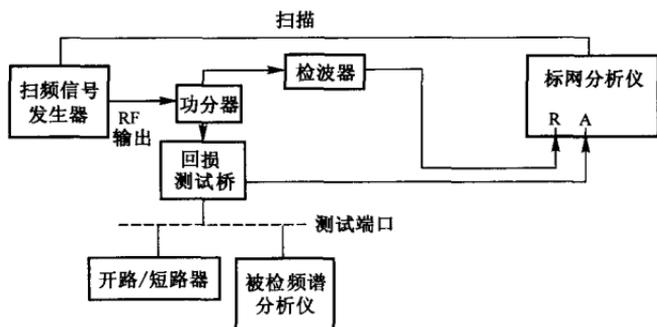


图 19 输入驻波比的检定

6.20.3 标网分析仪调到反射测量，A/R 方式。

6.20.4 用开路/短路器对测试系统进行反射校准后调为电压驻波比测试。

6.20.5 测试端口接被测频谱分析仪，用标网分析仪上的标记功能读各频率下的电压驻波比（VSWR），记入附录 A 表 21 中。

## 7 检定结果处理及检定周期

7.1 经检定合格的频谱分析仪，出具检定证书。检定不合格者，出具检定结果通知书，并注明不合格项目。

7.2 频谱分析仪检定周期为 1 年。必要时可随时送检。

7.3 随后检定，打○号项目为选测项，按需要检定，见附录 B。

## 附录 A

## 检定数据记录表

表 1 参考频率

开机时间	15 min	45 min	1 h 15 min	1 h 45 min	2 h 15 min	2 h 45 min	3 h 15 min	3 h 45 min	4 h 15 min
实测频率									

$$s = \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_0} =$$

表 2 校准信号

项 目	实际值	误 差
频 率 (MHz)		
电 平 (dBm)		

表 3 频率读数准确度

$f_s$ 标准频率	扫 频 宽 度 项 目	10 kHz	1 MHz	10 MHz	100 MHz	1 GHz
		示 值				
100 kHz	误 差					
	示 值					
1.5 GHz	误 差					
	示 值					
4 GHz	误 差					
	示 值					

表 3 (续)

$f_s$ 标准频率	扫频宽度 项 目	10 kHz	1 MHz	10 MHz	100 MHz	1 GHz
		9 GHz	示 值			
误 差						
16 GHz	示 值					
	误 差					
26 GHz	示 值					
	误 差					

表 4 扫频宽度

项 目	扫频宽度标称值 $S_u$									
	100 Hz	1 kHz	10 kHz	1 MHz	10 MHz	100 MHz	1 GHz	10 GHz	26 GHz	
$f_{左}$										
$f_{右}$										
扫频宽度实际值 $S_s$										
误差 (%)										

表 5 分辨力带宽及其选择性

标称值 $RBW_s$	10 Hz	30 Hz	100 Hz	300 Hz	1 kHz	3 kHz	10 kHz	30 kHz	100 kHz	300 kHz	1 MHz	3 MHz
$f_{左}$ (-3 dB)												
$f_{右}$ (-3 dB)												
实际值 $RBW_s$												
误 差												

表 5(续)

标称值 $RW_s$	10 Hz	30 Hz	100 Hz	300 Hz	1 kHz	3 kHz	10 kHz	30 kHz	100 kHz	300 kHz	1 MHz	3 MHz
$f_{左}$ (-60 dB)												
$f_{右}$ (-60 dB)												
$BW_s$ (-60 dB)												
选择性 S												

表 6 剩余调频

测试频率	$\Delta F$	$\Delta L$	$S_{en} = \Delta F / \Delta L$	$\Delta f = S_{en} \cdot y$ (Hz) (峰-峰值)
300 MHz				
1 GHz				
4 GHz				
21 GHz				

表 7 噪声边带( $f_c = 1$  GHz)

偏离载频 $f$	100 Hz	1 kHz	10 kHz	20 kHz	100 kHz
$\Delta L$ (dBm)					
噪声边带 (dBc/Hz)					

表 8 扫描时间

$T_n$	100 $\mu$ s	1 ms	20 ms	100 ms	1 s
$f_m$ (Hz)					
$\delta$ (%)					

表 9 参考电平

$L_{ref}$ (dBm)	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60
A (dB)	1	11	21	31	41	51	61	71
$a_1$ (dBm)								
$a_2$ (dBm)								
$\Delta$ (dB)								

表 10 对数刻度

分辨力		垂直刻度 (dB/格)	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
		离参考电平 (格)							
100 Hz	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
		$\Delta_{max}$ (dB)							

表 10(续)

分辨力	垂直刻度 (dB/格)	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
	离参考电平 (格)							
1 kHz	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	$\Delta_{\max}$ (dB)							

表 11 线性刻度(参考电平 - 10 dBm 时)

A	(dB)	10	10.92	11.94	13.10	14.44	16.02	17.96	20.46	23.98	40
$E_s$	(mV)	70.71	63.64	56.56	49.49	42.41	35.36	28.28	21.21	14.14	7.071
$E_v$	(mV)										
$\delta$	(%)										

表 12 分辨力带宽转换对幅度的影响

RBW	1 Hz	3Hz	10Hz	30Hz	100Hz	300Hz	1kHz	3kHz	10kHz	30kHz	100kHz	300kHz	1MHz	3MHz
$L$ (dBm)														
$\Delta A$ (dB)												0		

表 13 显示平均噪声电平

中心频率 $f$	1 kHz	10 kHz	100 kHz	1~MHz 10 MHz	10 MHz~ 2.9 GHz
显示平均噪声电平 (dBm)					
中心频率 $f$	2.9~6.5 GHz	6.5~13.2 GHz	13.2~22 GHz	22~26.5 GHz	
显示平均噪声电平 (dBm)					

表 14 剩余响应

频率 (GHz)	
电平 (dBm)	

表 15 镜像响应 ( $L_s = -10$  dBm)

$f_s$ (GHz)	2	5.5	12	21	24.4
$f_1 = f_s \pm 2f_{IF1}$ (GHz)					
$L_s$ (dBm)					
$L_1$ (dBm)					
$a_c$ (dBc)					

表 16 输入衰减

输入衰减(dB)	10	20	30	40	50	60	70
$A_s$ (dB)							
$\Delta$ (dB)							

表 17 输入频响

频率范围 (GHz)	$3 \times 10^{-3} \sim 2.9$			2.9~6.5			6.5~13.2			13.2~22			22~26.5		
频率(GHz)	$3 \times 10^{-3}$	1	2	3	4	5	7	11	13	14	18	21	22	24	26.5
$L$ (dBm)															

表 18 二、三次谐波失真

基波频率 $f_0$ (GHz)	1	2	4	6	8	12
$L_1$ (dBm)	-40	-10	-10	-10	-10	-10
$L_2$ (dBm)						
$L_3$ (dBm)						
$\alpha_2$ (dBc)						
$\alpha_3$ (dBc)						

表 19 三阶交调失真

$f_1$ (MHz)	99	2898	6499	26498
$f_2$ (MHz)	101	2900	6501	26500
$IM_3$ (dBc)				

表 20 增益压缩

频段	$f_1$ (GHz)	$f_2$ (GHz)	中心频率(GHz)	增益压缩(dB)
0	2.003	2.0	2.0	
1	4.003	4.0	4.0	
2	7.003	7.0	7.0	

表 21 输入驻波比

$f$ (GHz)	0.01~2.9	2.9~6.5	6.5~13.2	13.2~26.5
VSWR				

## 附录 B

## 检 定 项 目 选 择

检定项目		首次检定	随后检定
参考频率		●	●
校准信号		●	●
频率读数		●	●
扫频宽度		●	●
分辨力带宽		●	●
频率稳定性		●	○
扫描时间		●	○
参考电平		●	●
垂直显示刻度	对数	●	●
	线性	●	○
分辨力带宽转换对幅度的影响		●	●
显示的平均噪声电平		●	●
剩余响应		●	○
输入衰减		●	○
输入频响		●	●
谐波失真		●	●
三阶交调失真		●	○
镜像响应		●	○
增益压缩		●	○
输入电压驻波比		●	○
注：●为必测项；○为选测项。			

## 附录 C

## 主要参数误差分析

## C.1 频率测量误差

标准源频率准确度优于  $1 \times 10^{-9}$ ，被检频谱仪频率准确度  $1 \times 10^{-8}$ ，标准源指标高于被检表一个量级，可忽略。

## C.2 校准信号幅度检定误差

方法一：

功率计标准误差： $\delta_1 = 0.13$  dB

分辨力误差： $\delta_2 = 0.005$  dB

低通滤波器和连接电缆引入的误差： $\delta_3 = 0.02$  dB

失配误差： $\delta_4 = 0.16$  dB

总误差： $\delta = \sqrt{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4} = 0.2$  dB

方法二：

功率计标准误差： $\delta_1 = 0.13$  dB

分辨力误差： $\delta_2 = 0.005$  dB

频谱仪分辨率误差： $\delta_3 = 0.001$  dB

失配误差： $\delta_4 = 0.19$  dB

总误差： $\delta = \sqrt{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4} = 0.23$  dB

## C.3 扫频宽度检定误差

信号源频率误差  $\delta_1 = 1 \times 10^{-9}$

对格误差  $\delta_2 = (1/40) \times (1/10)$

由标准系统引入的总误差： $\delta = 2(\delta_1 + \delta_2) = 0.5\%$

被检表准确度： $< 5\%$  (扫宽  $> 2$  MHz  $\times N$ )

$< 1\%$  (扫宽  $< 2$  MHz  $\times N$ )

标准系统引入的误差小于被检表误差。

## C.4 参考电平误差

标准衰减器相对误差： $0.02$  dB/10 dB

被检表参考电平相对误差： $0.3$  dB (相对  $-20$  dBm)

标准衰减器误差远小于参考电平误差见 C.5 可忽略。

## C.5 输入频响误差

功率计的标准误差： $\delta_1 = +(0.13 + 0.001A)$  dB

其中：A 是离参考点的 dB 数。

分辨力误差： $\delta_2 = 0.005$  dB

标准衰减器引入误差： $\delta_3 = 0.02$  dB/10 dB

失配误差： $\delta_4 = 0.29$  dB

总误差： $\delta = \sqrt{\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4} = 0.33$  dB

被检表频响误差：1.25 dB

标准引入的误差小于被检表的误差。

#### C.6 电压驻波比检定不确定度

回损测试桥反射系数测量误差为：

$$\Delta|r| = A + B|r| + C|r|^2$$

式中： $A = 10^{-20/D}$ 代表回损测试桥的等效定向性，等效定向性  $D$  用 dB 表示。

$C = (S_g - 1)/(S_g + 1)$ 代表回损测试桥端口的等效失配。 $S_g$  是用电压驻波比表示的回损测试桥测试端口的等效失配。可通过加隔离器、稳幅和比率测量来减小。

$B = A + C$  代表跟踪误差、显示及仪器误差，可通过开路/短路校准来消除或减小。

典型回损测试桥 WILTRON 560-97N50-1 数据指标如下：

$f$ (GHz)	0.01~8	8~18
$D$ (dB)	36	36
$S_g$	1.17	1.27
$ r_g $	0.078	0.119

用 WILTRON 560-97N50-1 测量 HP8563E 时，结果如下：

$f$ (GHz)	0.01~2.9	2.9~8	8~1.24	1.24~18
$S_u$	1.21	1.42	1.58	1.84
$ r_u $	0.095	0.174	0.225	0.296
$\Delta r_u $	0.0167	0.0184	0.0220	0.0267

因为  $S_u = (1 + |r_u|)/(1 - |r_u|)$

所以  $\Delta S_u = 2\Delta|r_u|/(1 - |r_u|)^2$

$$\Delta S_u/S_u = 2\Delta|r_u|/(1-|r_u|^2)$$

所以，电压驻波比测量误差为：

$f$ (GHz)	0.01~2.9	2.9~8	8~1.24	1.24~18
$\Delta S_u$	0.041	0.054	0.073	0.106
$\Delta S_u/S_u$ (%)	3.4	3.8	4.6	5.8

电压驻波比的最大检定误差为 5.8%。