



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

频谱分析仪计量测试评价规范

Test Evaluation Specification of Spectrum 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

频谱分析仪计量测试评价规范

JJFXXXX-XXXX

Test Evaluation Specification of
Spectrum Analyzers

归口单位：全国无线电计量技术委员会

主要起草单位：北京无线电计量测试研究所

中国计量科学研究院

中国电子科技集团公司第四十一研究所

参加起草单位：普源精电科技股份有限公司

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：

李文意（北京无线电计量测试研究所）

张亦弛（中国计量科学研究院）

胡垒军（中国电子科技集团公司第四十一研究所）

参加起草人：

何 昭（中国计量科学研究院）

杨春涛（北京无线电计量测试研究所）

陈 婷（北京无线电计量测试研究所）

武立春（普源精电科技股份有限公司）

目 录

引 言.....	IV
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
3.1 功率带宽.....	1
3.2 计量测试评价.....	2
3.3 采信.....	2
4 概述.....	2
4.1 工作原理.....	2
5 功能要求.....	2
6 计量特性要求.....	3
7 通用技术要求.....	4
7.1 外观结构.....	4
7.2 尺寸和重量.....	4
7.3 安全性.....	4
7.4 环境适应性.....	4
7.5 电磁兼容性.....	4
7.6 电源适应性.....	5
7.7 可靠性.....	5
7.8 维修性.....	5
8 计量测试评价项目.....	5
9 提供样机的数量及样机使用方式.....	6
9.1 提供样机的数量.....	6
9.2 样机的使用方式.....	7
10 计量测试条件和方法.....	7
10.1 计量功能要求和计量特性要求测试工作条件.....	7
10.2 输入输出接口.....	7
10.3 显示和测试功能.....	7
10.4 频率范围.....	8
10.5 参考频率.....	8
10.6 频率读数.....	8

10.7	频率计数.....	9
10.8	频宽.....	9
10.9	相位噪声.....	10
10.10	剩余调频.....	10
10.11	分辨率带宽.....	11
10.12	视频带宽.....	12
10.13	扫描时间.....	12
10.14	最大安全输入电平.....	13
10.15	衰减器.....	13
10.16	绝对幅度.....	13
10.17	频率响应.....	14
10.18	分辨率带宽转换.....	15
10.19	垂直显示刻度.....	15
10.20	参考电平.....	16
10.21	谐波失真.....	16
10.22	三阶交调失真.....	17
10.23	增益压缩.....	18
10.24	显示平均噪声电平.....	18
10.25	剩余响应.....	19
10.26	输入电压驻波比.....	19
10.27	校准信号.....	20
10.28	镜像抑制和带外响应.....	21
10.29	功率带宽.....	21
10.30	重复性.....	21
10.31	稳定性.....	22
10.32	选件.....	22
10.33	外观结构.....	23
10.34	尺寸和重量.....	23
10.35	安全性.....	24
10.36	环境适应性.....	24
10.37	电磁兼容性.....	25
10.38	电源适应性.....	26
10.39	可靠性.....	26
10.40	维修性.....	26
11	所用计量器具和设备表.....	26
12	结果报告.....	27

13 计量测试评价及建议	28
14 测试中断与异常情况处理	29
14.1 中断处理	29
14.2 样机异常情况处理	29
14.3 测试仪器、设备故障处理	29
附录 A 计量测试原始记录内页格式	30
附录 B 计量测试评价报告格式	42
附录 C 不确定度评定示例	45

引 言

JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、和 JJF1059.1-2012《测试不确定度评定与表示》、JJF 1015-2014《计量器具型式评价通用规范》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本规范参考了下列文件：

JJF1001-2011《通用计量术语及定义》

JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》

JJF 1015-2014《计量器具型式评价通用规范》

JJF1396-2013《频谱分析仪校准规范》

JJF1033-2023《计量标准考核规范》

GB/T11461-2013《频谱分析仪通用规范》

GB/T6587-2012《电子测试仪器通用规范》

本规范为首次发布。

频谱分析仪计量测试评价规范

1 范围

本规范适用于便携式、台式等频谱分析仪的计量测试评价，板卡式频谱分析仪的功能和计量特性的计量测试评价可以参考本规范。

2 引用文件

JJF1001-2011 《通用计量术语及定义》

JJF1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》

JJF 1015-2014 《计量器具型式评价通用规范》

JJF1396-2013 《频谱分析仪校准规范》

JJF1033-2023 《计量标准考核规范》

GB/T11461-2013 《频谱分析仪通用规范》

GB/T6587-2012 《电子测试仪器通用规范》

GB/T17626.2-2006 电磁兼容 试验和测试技术 静电放电抗扰度试验

GB/T17626.3-2006 电磁兼容 试验和测试技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T17626.4-2008 电磁兼容 试验和测试技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

GB/T17626.5-2008 电磁兼容 试验和测试技术 浪涌（冲击）抗扰度试验

GB/T17626.6-2008 电磁兼容 试验和测试技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度

GB/T17626.11-2008 电磁兼容 试验和测试技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度试验

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

JJF1396-2013 界定的术语和以下定义适用于本规范。

3.1 功率带宽（power resolution band width）

指用于噪声标记（noise marker）、带宽功率标记（band power marker）、通道功率（channel

power) 和邻道功率 ACP (adjacent channel power) 测试时的分辨率带宽。

3.2 计量测试评价 (evaluation)

指通过对被测频谱分析仪的功能、计量性能和通用技术要求进行计量测试, 结合测试数据和测试环境条件, 对测试仪器的技术状态等从几个方面进行分析评定。

3.3 采信 (adoption)

指根据厂商或第三方技术机构提供的某项目的标准或试验数据, 作为该项目的计量测试的评价的依据。

4 概述

4.1 工作原理

频谱分析仪主要工作原理是: 信号由射频输入端输入后, 首先经过内置衰减器 (或预置放大器) 调整信号幅度, 调整到混频器合适的电平, 然后输入到混频器的一端, 混频器和本振再将输入的信号转换到中频信号, 再经过中频放大、滤波后进入检波, 检波信号经过视频滤波放大、采样、数字化处理后决定显示信号的垂直电平, 扫描振荡部分控制显示的水平频率和本振调谐同步, 同时驱动水平显示偏转和调谐本振。频谱分析仪主要用于信号的频率、幅度、频谱纯度等分析, 在无线通信信号分析与监测、无线电频段的频率规划、医学图像和生物信号分析、环境监测、航空航天、微波通信、卫星导航、雷达检测、电子侦测与对抗等领域的应用非常广泛, 是科研和生产中必不可少的仪器。

5 功能要求

1) 输入输出接口

由产品标准规定频谱分析仪的射频输入接口、参考输入输出接口、通信接口、触发接口等各输入接口类型、标称阻抗、最大承受功率 (或直流电压)、负载能力等输入输出信号参数的参数特征。

2) 显示和测试功能

由产品标准规定频谱分析仪的显示和测试功能, 包括显示屏幕、自检功能、标记功能、轨迹功能、检波功能、测试功能等。

注: 以上列举了典型频谱分析仪输入输出接口、显示和测试功能各项参数, 由于型号规格不同, 测试时应以频谱分析仪技术说明书所列的技术参数及其要求为准。

6 计量特性要求

频谱分析仪的计量特性要求主要包括以下参数。

- 1) 频率范围
- 2) 参考频率
- 3) 频率读数
- 4) 频率计数
- 5) 频宽
- 6) 相位噪声
- 7) 剩余调频
- 8) 分辨率带宽
- 9) 视频带宽
- 10) 扫描时间
- 11) 最大安全输入电平
- 12) 衰减器
- 13) 绝对幅度
- 14) 频率响应
- 15) 分辨率带宽转换
- 16) 垂直显示刻度
- 17) 参考电平
- 18) 谐波失真
- 19) 三阶交调失真
- 20) 增益压缩
- 21) 显示平均噪声电平
- 22) 剩余响应
- 23) 输入电压驻波比
- 24) 校准信号（如果有要求）
- 25) 镜像抑制和带外响应（如果有要求）
- 26) 功率带宽（如果有要求）
- 27) 重复性（如果有产品标准要求或客户要求）

28) 稳定性

29) 选件（选件名称、功能/性能等）

注：以上列举了典型频谱分析仪各项参数，由于型号规格不同，参数计量特性要求不同，测试时应以被测频谱分析仪产品标准或技术说明书所列的技术参数及其要求为准。

7 通用技术要求

7.1 外观结构

频谱分析仪的外观铭牌清晰符合要求、表面应光洁、无明显的机械损伤和破坏现象，结构应完整，各部分按键应正确、可靠、操作灵活。

7.2 尺寸和重量

由产品标准规定外形尺寸（宽、高、深）和重量。

7.3 安全性

由产品标准规定安全性。或按安全性按 GB/T6587-2012 第 4.6 的规定，对于安全地，设备的所有可接近表面都应该是地电位。试验中或试验后检查被测频谱分析仪功能正常、参考频率、绝对幅度、频率响应等参数应该符合产品标准或客户要求。

7.4 环境适应性

由产品标准规定。或按 GB/T6587-2012 第 4.7 的规定，并应在产品标准中规定适当的环境组别，环境分组原则应符合按 GB/T6587-2012 第 4.7.1 的规定。试验中或试验后检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，参考频率、绝对幅度、频率响应等参数应该符合产品标准或客户要求。

7.5 电磁兼容性

由产品标准规定。或依据 GB/T6587-2012 第 4.9 的规定，应符合 GB/T17626.2-2006 电磁兼容 试验和测试技术 静电放电抗扰度试验、GB/T17626.3-2006 电磁兼容 试验和测试技术 射频电磁场辐射抗扰度试验、GB/T17626.4-2008 电磁兼容 试验和测试技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验、GB/T17626.5-2008 电磁兼容 试验和测试技术 浪涌（冲击）抗扰度试验、GB/T17626.6-2008 电磁兼容 试验和测试技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度、GB/T17626.11-2008 电磁兼容 试验和测试技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度中的规定要求，以上电磁兼容性试验中或试验后，应满足以下两条中的一条：其一是电磁

干扰不会影响被测频谱分析仪的正常显示和工作，不应导致谱线失真；其二是如果电磁干扰导致异常，则当电磁干扰终止 30s（或产品标准规定时间）或被测频谱分析仪重新启动后，应能恢复正常工作。当有特殊要求时，应在产品标准中规定具体测试限值、等级。试验中或试验后检查被测频谱分析仪功能正常、参考频率、绝对幅度、频率响应等参数应该符合产品标准或客户要求。

7.6 电源适应性

由产品标准规定。或按 GB/T6587-2012 第 4.10 的规定，并在产品标准中规定电源电压和频率的工作范围。当有特殊要求时，应在产品标准中规定电源电压和频率。试验中或试验后检查被测频谱分析仪功能正常、参考频率、绝对幅度、频率响应等参数应该符合产品标准或客户要求。

7.7 可靠性

由产品标准规定。或按 GB/T6587-2012 第 4.11 的规定，除非另有规定，应给出频谱分析仪的平均故障间隔时间 MTBF 的检验下限值。试验中或试验后检查被测频谱分析仪功能正常、参考频率、绝对幅度、频率响应等参数应该符合产品标准或客户要求。

7.8 维修性

由产品标准规定保修时间、维修最长时间、最低客服反馈时间等。维修后，被测频谱分析仪功能正常，各项参数符合产品保准要求。

8 计量测试评价项目

计量测试评价项目见表 1。

表1 计量测试评价项目表

序号	项目名称	对应方法条款号	评价方式	是否关键项目	
1	功能	输入输出接口	10.2	目测/试验	否
2		显示和测试功能	10.3	目测/试验	否
3	计量特性	频率范围	10.4	试验	是
4		参考频率	10.5	试验	是
5		频率读数	10.6	试验	否
6		频率计数	10.7	试验	否
7		频宽	10.8	试验	否
8		相位噪声	10.9	试验	是
9		剩余调频	10.10	试验	否
10		分辨率带宽	10.11	试验	是

序号	项目名称	对应方法条款号	评价方式	是否关键项目
11	视频带宽	10.12	试验	否
12	扫描时间	10.13	试验	否
13	最大安全输入电平	10.14	采信/试验	否
14	衰减器	10.15	试验	是
15	绝对幅度	10.16	试验	是
16	频率响应	10.17	试验	是
17	分辨率带宽转换	10.18	试验	否
18	垂直显示刻度	10.19	试验	否
19	参考电平	10.20	试验	否
20	谐波失真	10.21	试验	否
21	三阶交调失真	10.22	试验	否
22	增益压缩	10.23	采信/试验	否
23	显示平均噪声电平	10.24	试验	是
24	剩余响应	10.25	试验	否
25	输入电压驻波比	10.26	试验	否
26	校准信号	10.27	试验	否
27	镜像抑制和带外响应	10.28	试验	否
28	功率带宽	10.29	试验	否
29	重复性	10.30	试验	是
30	稳定性	10.31	试验	是
31	选件	10.32	采信/试验	否
32	外观结构	10.33	目测/试验	否
33	尺寸和重量	10.34	目测/试验	否
34	安全性	10.35	采信/试验	否
35	环境适应性	10.36	采信/试验	否
36	电磁兼容性	10.37	采信/试验	否
37	电源适应性	10.38	采信/试验	否
38	可靠性	10.39	采信/试验	否
39	维修性	10.40	采信/试验	否

*关键指标必须进行试验，非关键指标可选择性测试。关键指标可根据厂家标准型号不同进行确定，也可由客户根据实际需要确定。

9 提供样机的数量及样机使用方式

9.1 提供样机的数量

9.1.1 单一产品

对于单一产品，一般提供三台样机。也可根据需要，自行协商产品数量并相应说明。

9.1.2 系列产品

对于系列产品，按照以下原则确定提供样机的数量。

- 1) 准确度相同、测试区间不同的系列产品在选取样机时应包括测试区间上下限的产品。每种产品提供三台样机。

- 2) 准确度不同、测试区间和结构相同的系列产品在选取样机时应包括各准确度等级的产品。每种产品提供三台样机。
- 3) 也可根据需要，自行协商产品数量并相应说明。

9.2 样机的使用方式

所有计量特性要求的测试项目应在同一台样机上进行，且不得在测试期间或测试中对样机进行调整。生产厂商应提供产品标准、使用说明书、技术机构所做的试验报告。

10 计量测试条件和方法

10.1 计量功能要求和计量特性要求测试工作条件

频谱分析仪的计量功能要求和计量特性要求，除非另有规定，测试工作条件要求如下。

环境温度： $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；

相对湿度： $\leq 80\%$ ；

供电电源：电压 $(220 \pm 11) \text{ V}$ ，频率 $(50 \pm 1) \text{ Hz}$ ；

其它：周围无影响计量测试评价系统正常工作的机械振动和电磁干扰。

10.2 输入输出接口

a). 按产品标准检查被测频谱分析仪的射频输入接口，包括结构类型、标称阻抗、能够承受的最大功率（或直流电压）、输入输出信号参数等；

b). 按产品标准检查被测频谱分析仪的参考输入输出接口，包括结构类型、负载能力、有效频率范围、信号特征等；

c). 按产品标准检查被测频谱分析仪的触发接口，包括结构类型、标称阻抗、负载能力、信号特征等；

d). 连接外控制计算机运行适当程序，检查通信接口功能。

10.3 显示和测试功能

a). 按产品标准检查被测频谱分析仪的显示屏幕尺寸；

b). 通电并将被测频谱分析仪开机，按产品标准规定时间预热后，查看是否具备自检功能、运行自检功能；

c). 信号发生器连接被测频谱分析仪，信号发生器设置合适的频率和幅度，适当设置被测频谱分析仪的中心频率、频宽、分辨率带宽等参数，按产品标准检查被测频谱分析仪的标记功能、轨迹功能、检波功能和测试功能。

10.4 频率范围

a). 按图 1 连接仪器；



图1. 频率范围测试框图

b). 设置信号发生器为正弦输出模式，幅度-10dBm，频率为被测频谱分析仪的最低频率，打开输出；

c). 设置被测频谱分析仪起始频率为最低频率，适当设置频宽和分辨带宽 RBW，峰值标记（或调整标记至峰值），读取标记频率值即为起始频率测得值，并记录；

d). 设置信号发生器载波频率为被测频谱分析仪的最高频率；

e). 设置被测频谱分析仪的终止频率为最高频率，适当设置频宽和分辨带宽，峰值标记，读取标记频率值即为终止频率测得值，并记录。

10.5 参考频率

a). 按图 2 连接仪器；

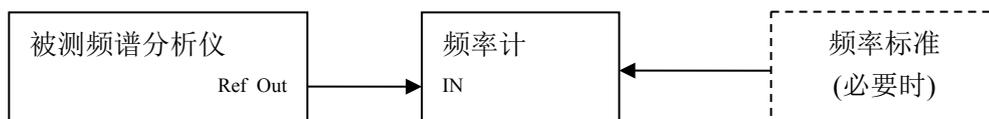


图2. 参考频率测试框图

b). 设置频率计于频率测试状态，并设置合适的分辨率，读取频率计频率值即为参考频率测得值，并记录。

10.6 频率读数

a). 按图 3 连接仪器；

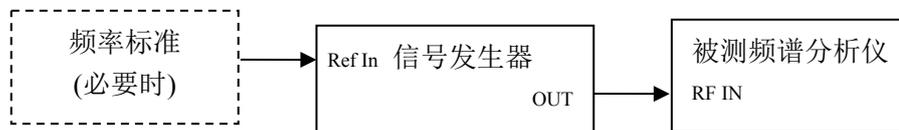


图3. 频率读数测试框图

b). 设置信号发生器为频率为待测频率，幅度-10dBm，参考频率外参考模式（必要时）；

c). 复位被测频谱分析仪，设置其中心频率同信号发生器频率，按待测要求设置频宽，分辨率带宽自动，执行峰值标记，记录峰值标记频率值即为被测频谱分析仪的频率读数测得值，并记录；

d). 改变被测频谱分析仪的频宽，执行峰值标记，重复步骤 c)，完成其他频宽时频率读数的测试；

e). 改变信号发生器的频率，重复步骤 c) ~d)，完成其他频率读数的测试。

10.7 频率计数

a). 按图 3 连接仪器；

b). 设置信号发生器为频率为待测频率，幅度-10dBm，参考频率外参考模式(必要时)；

c). 复位被测频谱分析仪，设置其中心频率同信号发生器频率，打开频率计数功能（如果频率计数有分辨率设置要求，按要求设置计数分辨率）执行峰值标记，记录峰值标记频率即为频率计数测得值，并记录；

d). 改变频率点，重复步骤 b) ~c)，完成其他频率计数的测试。

10.8 频宽

a). 频宽首先可以查看其可设置范围，并记录，频宽的测试可以继续按以下步骤进行；

b). 按图 1 连接仪器；

c). 设置信号发生器为频率为待测频率 f_0 ，幅度-10dBm；

d). 复位被测频谱分析仪，设置其中心频率同信号发生器频率，频宽为待测频宽 S_0 ，分辨率带宽自动；

e). 调整信号发生器频率为 $f_0 + 0.4 \times S_0$ ，打开峰值标记，记录峰值标记频率 f_r （注：此时谱线应该在屏幕右数第二根垂直刻度线处，如果偏离较大，请调节被测频谱分析仪的中心频率值，使谱线在屏幕右数第二根垂直刻度线处）；

f). 调整信号发生器频率为 $f_0 - 0.4 \times S_0$ ，记录峰值标记频率 f_l ；

g). 按公式（1）计算频宽测得值，并记录；

$$S = (f_r - f_l) / 0.8 \quad (1)$$

式中：

S ——频宽实测值，GHz；

f_r ——信号发生器频率增大，谱线在屏幕右数第二根垂直刻度线处时的峰值标记频率值，GHz；

f_l ——信号发生器频率减小，谱线在屏幕左数第二根垂直刻度线处时的峰值标记频率值，GHz；

h). 改变信号发生器的频率和被测频谱分析仪的频宽, 重复步骤 d) ~f), 完成其他频宽的测试。

10.9 相位噪声

- a). 按图 1 连接仪器;
- b). 设置信号发生器于频率为被测频率 1GHz, 幅度为-10dBm (或按产品标准要求);
- c). 复位被测频谱分析仪, 设置其中心频率同信号发生器频率, 频宽为待测偏置频率的 2.5 倍, 适当设置其参考电平、分辨率带宽、视频带宽等;
- d). 执行峰值标记 (尽量使信号峰值在频谱分析仪的中心), 激活差值标记, 调节差值频率到 $+\Delta f$ (正偏离载波频率频偏处), 记录差值标记幅度 ΔA_r , 调节差值标记频率到 $-\Delta f$ (负偏离载波频率频偏处), 记录差值标记幅度 ΔA_l , 取 ΔA_r 和 ΔA_l 较大值记为 A_{sc} ;
- e). 按公式 (2) 计算相位噪声测得值, 并记录;

$$S_N = A_{sc} - 10\lg(RBW) \quad (2)$$

式中:

S_N ——相位噪声实测值, dBc/Hz;

A_{sc} ——偏离载频值时的增量标记幅度值, dB;

RBW ——测试时的分辨率带宽, Hz。

f). 改变被测频谱分析仪的频宽, 重复步骤 d) ~e), 完成其他偏置频率的相位噪声测试。

10.10 剩余调频

- a). 按图 1 连接仪器;
- b). 设置信号发生器于频率为被测频率 1GHz, 幅度为-10dBm (或按产品标准要求);
- c). 复位被测频谱分析仪, 设置其中心频率同信号发生器频率, 参考电平-9dBm, 垂直刻度 1dB/div, 频宽 100Hz, 分辨率带宽 10Hz (或按产品标准设置频宽和带宽), 其余自动;
- d). 调节信号信号发生器幅度, 使信号峰值显示在频谱分析仪参考电平处, 取谱线线性较好的一段 (通常 2~4 格), 执行峰值标记, 激活差值标记, 测试并记录频率差 Δf 和幅度差 ΔL ;
- e). 将谱线线性好的一段中间位置对应的频率设置为频谱分析仪的中心频率, 频宽设置为零, 按要求设置扫描时间, 用峰峰值标记读取时域中信号的峰峰值 ΔA ;
- f). 按公式 (3) 计算剩余调频测得值, 并记录, 计算剩余调频, 并记录。

$$R_{FM} = (\Delta f / \Delta L) * \Delta A \quad (3)$$

式中：

R_{FM} ——剩余调频实测值，Hz；

Δf ——线性较好一段的频率差值，Hz；

ΔA ——线性较好一段的幅度差值，dB；

ΔA ——频宽为零时信号峰峰值，dB。

10.11 分辨率带宽

10.11.1 分辨率带宽（3dB）

- a). 按图 1 连接仪器；
- b). 设置信号发生器频率 50MHz，幅度-10dBm（或按产品标准要求）；
- c). 复位被测频谱分析仪，设置其中心频率同信号发生器频率，参考电平-8dBm（信号峰值低参考电平 2 格），垂直刻度 1dB/格；
- d). 设置被测频谱分析仪的分辨率带宽为待测值，频宽为分辨率带宽的 2~3 倍，其他参数自动；
- e). 被测频谱分析仪执行峰值标记，激活差值标记，增大差值标记频率（至中心频率右侧）并使差值标记幅度为-3dB±0.02dB（低于峰值幅度），记录差值标记频率值 $\Delta f_{右}$ ，再减小差值标记（至中心频率左侧）并使差值标记幅度为-3dB±0.02dB（低于峰值幅度），记录差值标记频率值 $\Delta f_{左}$ ，计算 $\Delta f_{右}$ 与 $\Delta f_{左}$ 差值，即为分辨率带宽测得值，并记录；
- f). 改变频谱分析仪的分辨率带宽和频宽，重复步骤 d) ~ e)，完成其他分辨率带宽的测试。

10.11.2 分辨带宽选择性

- a). 按图 1 连接仪器；
- b). 设置信号发生器频率为被测频谱分析仪的校准频率 50MHz，幅度-10dBm（或按产品标准要求）；
- c). 复位被测频谱分析仪，设置其中心频率同信号发生器频率，参考电平-8dBm，垂直刻度 10dB/格；
- d). 设置被测频谱分析仪的分辨率带宽为待测值，跨度为分辨率带宽的 5~10 倍，其他参数自动；
- e). 执行被测频谱分析仪峰值标记，分别查看幅度低于峰值幅度-60dB±0.2dB 时，峰值频率左右的频率值，计算其差值即为 60dB 带宽测试值，计算带宽选择性为

RBW_{60dB} / RBW_{3dB} ，并记录。

10.12 视频带宽

视频带宽一般仅进行功能性检查，可以查看其可设置范围，按视频带宽范围及步进要求进行设置检查，并记录，如有特殊需要对视频带宽进行测试，测试方法由产品标准规定。

10.13 扫描时间

a). 扫描时间首先可以查看其可设置范围，按频宽为零和不为零分别进行设置检查，并记录；如果扫描时间有最大允许误差要求，可以继续按以下步骤测试扫描时间；

b). 按图 4 连接仪器（函数信号发生器输出至信号发生器 AM 输入，信号发生器 RF 输出至被测频谱分析仪 RF 输入）；

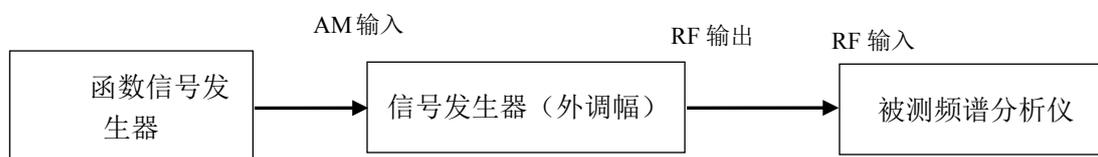


图4. 扫描时间测试的连接示意图

a). 设置信号发生器为“外 AM”状态，调幅度 50%，载波频率为被测频谱分析仪的校准信号频率，输出幅度-22dBm（或按产品标准要求），打开射频输出和调制输出；

b). 设置函数信号发生器输出波形为三角波，频率 $10/T_0$ ，幅度 500mV，偏置 0V；

c). 设置被测频谱分析仪中心频率同信号发生器频率，参考电平-20dBm，垂直刻度线性，频宽 0Hz，扫描时间 T_0 ，分辨率带宽和视频带宽大于函数信号发生器频率，其他参数适当；

d). 调节被测频谱分析仪的中心频率，使谱线位于垂直中心刻度线上，调节函数信号发生器的输出电压，使调幅度大于 50%（调幅信号显示约为显示屏垂直刻度 4~8 格）；

e). 被测频谱分析仪执行单次扫描功能，执行差值标记，读取左边第二个峰值与第十个峰值之间的时间差值 ΔT ；

f). 按公式（4）计算扫描时间测得值，并记录；

$$T_m = \Delta T \times \frac{10}{8} \quad (4)$$

式中：

T_m ——扫描时间测得值，s；

ΔT ——差值标记时间值，s。

g). 改变被测频谱分析仪的扫描时间和函数信号发生器的频率，重复步骤 c) 至 g)。

10.14 最大安全输入电平

一般最大安全输入电平由频谱分析仪生产厂家在设计制造时保证。用户可以通过设置频谱分析仪的最大参考电平进行功能检查。如有特殊需要对最大输入电平进行测试，测试方法由产品标准规定。在测试时应该注意测试信号的功率或电平，不能超过频谱分析仪规定的最大值，避免损坏频谱分析仪。

10.15 衰减器

a). 按图 5 连接仪器；

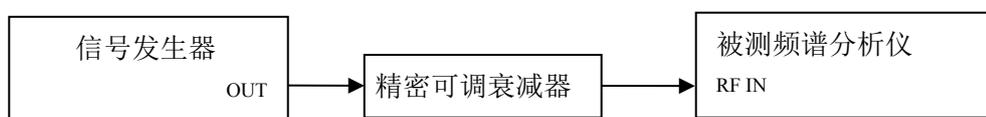


图5. 衰减器测试框图

b). 复位被测频谱分析仪，设置其中心频率 50MHz（校准信号频率），显示刻度为对数刻度 1dB/格，频宽 100kHz、分辨率带宽 1kHz，参考电平-80dBm（被测频谱分析仪内置衰减器最大值），衰减器 0dB，其他参数适当；

c). 设置精密可调衰减器衰减量为 80dB（被测频谱分析仪内置衰减器最大值），信号发生器为频率为同被测频谱分析仪中心频率，幅度-2dBm，打开 RF 输出，微调信号发生器幅度，使频谱分析仪峰值标记幅度落在-82dBm±0.02dB 之间；

d). 设置被测频谱分析仪视频平均“开”，设置次数 10 次，等待扫描完成，执行峰值标记，再执行差值标记功能；

e). 按 2dB 步进量（被测频谱分析仪衰减器步进）增加被测频谱分析仪的参考电平和衰减器的衰减值，然后以相同步进量减小精密可调衰减器的衰减值，读取被测频谱分析仪此时的差值标记幅度值 ΔA_i ，并记录；

f). 重复步骤 e) 至被测频谱分析仪输入衰减器的最大值，完成其他衰减器的测试。

10.16 绝对幅度

a). 按图 6 连接仪器；

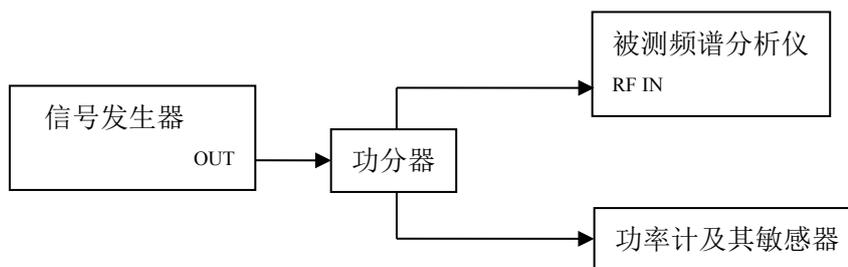


图6. 绝对幅度测试框图

- b). 复位被测频谱分析仪，设置中心频率为绝对幅度测试要求的频率值（如 50MHz），参考电平-5dBm，垂直刻度 1dB/格，频宽 10kHz，其他参数自动或按要求设置；
- c). 设置信号发生器频率同频谱分析仪的中心频率，幅度-10dBm，微调信号发生器的幅度，使功率计的功率示值为-10dBm±0.01dB 之间；
- d). 打开被测频谱分析仪的峰值标记功能，读取其幅度值，记录为此频点的绝对幅度测得值，并记录。

10.17 频率响应

- a). 按图 6 连接仪器；
- b). 复位被测频谱分析仪，设置其起始频率为频谱分析仪最低频率，参考电平-5dBm（或按产品标准要求），垂直刻度 1dB/格，频宽 100kHz，其他参数自动；
- c). 设置信号发生器频率同频谱分析仪的中心频率（可以设置待测相应频段频率步进值），幅度-10dBm（或按产品标准要求），微调信号发生器的幅度，使功率计的功率示值为-10dBm±0.01dB 之间；
- d). 打开被测频谱分析仪的峰值标记功能，读取其幅度值，记录为此频点的幅度测得值，并记录，按公式（5）计算频率响应；

$$FR_i = P_i - P_{ref} \quad (5)$$

式中：

FR_i ——频率响应，dB；

P_i ——被测频谱分析仪不同频率幅度测得值，dBm；

P_{ref} ——参考频率点的幅度实测值，dBm。

- e). 改变被测频谱分析仪的中心频率覆盖整个频率范围，重复步骤 c) ~d)。

10.18 分辨率带宽转换

- a). 按图 1 连接仪器；
- b). 复位被测频谱分析仪，设置被测频谱分析仪的中心频率为校准信号频率，参考电平 0dBm，垂直刻度 1dB/格，分辨率带宽 10kHz(按被测频谱分析仪要求的参考带宽设定)，频宽 30kHz（一般为分辨率带宽的 2~4 倍），其他参数自动（或按产品标准要求）；
- c). 设置信号发生器频率同被测频谱分析仪的中心频率，幅度为-2dBm（低于被测频谱分析仪参考电平 1~2 格）；
- d). 打开被测频谱分析仪峰值标记功能，打开增量标记功能（或记录峰值标记幅度 A_0 ）；
- e). 改变被测频谱分析仪的分辨率带宽，同时以相同比例改变频宽，执行峰值标记功能，记录增量标记幅度值 S_w 即为分辨率带宽转换测得值（或记录峰值标记幅度值 A_T ，计算与参考幅度 A_0 差值），并记录；
- f). 改变被测频谱分析仪的分辨率带宽和频宽，频宽一般为分辨率带宽的 2~4 倍，重复步骤 e)，完成其他分辨率带宽转换的测试。

注：当分辨率带宽较小时，若谱线不能完整的显示在屏幕上，可以适当调整中心频率使谱线显示在屏幕中间。

10.19 垂直显示刻度

10.19.1 对数刻度

- a). 垂直显示刻度首先可以查看其可设置范围，并记录，垂直显示刻度的测试可以继续按以下步骤进行；
- b). 按图 5 连接仪器；
- c). 复位被测频谱分析仪，设置被测频谱分析仪的中心频率为校准信号频率，参考电平 0dBm，垂直刻度待测刻度步进/格，频宽、带宽等按产品标准设置，其他参数自动，打开峰值标记功能；
- d). 设置信号发生器频率为被测频谱分析仪的中心频率，幅度为 0dBm，标准衰减器的衰减量为 0dB，微调信号发生器的幅度，使被测频谱分析仪峰值标记幅度落在 0dBm±0.02dB 之间，打开被测频谱分析仪增量标记功能；
- e). 以被测频谱分析仪垂直刻度档位 dB 值为步进增大精密标准衰减器的衰减量，读取被测频谱分析仪增量标记幅度值 ΔA_T 为垂直刻度测得值，并记录；
- f). 重复步骤 d) ~e)，完成其他对数垂直刻度的测试。

10.19.2 线性刻度

- a). 按图 5 连接仪器；
- b). 复位被测频谱分析仪，设置被测频谱分析仪的中心频率为校准信号频率，参考电平 0dBm，垂直刻度线性，频宽、带宽等按产品标准设置，其他参数自动，打开峰值标记功能；
- c). 设置信号发生器频率同被测频谱分析仪的中心频率，幅度为 0dBm，标准衰减器的衰减量为 0dB，微调信号发生器的幅度，使被测频谱分析仪峰值标记幅度落在 $0\text{dBm} \pm 0.02\text{dB}$ 之间，打开被测频谱分析仪增量标记功能；
- d). 按产品标准规定的步进增量为步进增大精密标准衰减器的衰减量，读取被测频谱分析仪增量标记幅度值 ΔA_i 为垂直刻度测得值，并记录；
- e). 重复步骤 d) ~ e)，完成其他对数垂直刻度的测试。

10.20 参考电平

- a). 参考电平首先可以查看其可设置范围，并记录，参考电平的测试可以继续按以下步骤进行；
- b). 按图 5 连接仪器；
- c). 复位被测频谱分析仪，设置被测频谱分析仪的中心频率为校准信号频率，参考电平 0dBm，垂直刻度 1dB/格（如果测试参考电平的线性刻度，则垂直刻度设置为线性刻度），频宽，带宽等按产品标准设置，其他参数自动，打开峰值标记功能；
- d). 设置信号发生器频率同被测频谱分析仪的中心频率，幅度为 -2dBm（低参考电平 1~2 格），精密标准衰减器的衰减量为 0dB，微调信号发生器的幅度，使被测频谱分析仪峰值标记幅度落在 $-2\text{dBm} \pm 0.02\text{dB}$ 之间（低于参考电平 2 格），打开被测频谱分析仪增量标记功能；
- e). 以 10dB（或 1dB）为步进增大精密标准衰减器的衰减量，然后以相同步进减小被测频谱分析仪的参考电平值，读取增量标记值 ΔA_i 为参考电平测得值，并记录。

10.21 谐波失真

- a). 按图 7 连接仪器（低通滤波器的截止频率大于基波频率，小于谐波频率）；

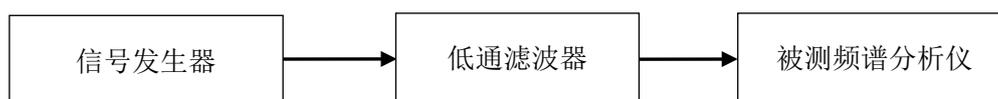


图7. 谐波失真测试的连接示意图

- b). 设置信号发生器频率 f_1 ，幅度为 -10dBm（或按产品标准要求）；

c). 复位被测频谱分析仪，设置被测频谱分析仪的中心频率同信号发生器频率，参考电平、衰减器、频宽、分辨率带宽按产品标准设置，其他参数适当，打开峰值标记，读取峰值标记幅度 P_1 ；

d). 置被测频谱分析仪的中心频率为 $2 \times f_1$ ，读取峰值标记幅度 P_2 ；

e). 按公式（6）计算二次谐波失真测得值，并记录；

$$D_2 = P_2 - P_1 \quad (6)$$

式中：

D_2 ——二次谐波失真测得值，dBc；

P_2 ——二次谐波幅度值，dBm；

P_1 ——基波幅度值，dBm。

f). 按公式（7）计算二次谐波截断点，并记录；

$$SHI = P_{in} - D_2 \quad (7)$$

式中：

P_{SHI} ——二次谐波截断点测得值，dBm；

P_{in} ——混频器输入幅度值，等于被测频谱分析仪输入信号幅度减去其内置衰减器值，dBm。

g). 按说明书要求改变信号发生器频率值及相应低通滤波器，重复步骤 c) 至 f)，完成其他频率要求的谐波失真的测试。

10.22 三阶交调失真

a). 按图 8 连接仪器；

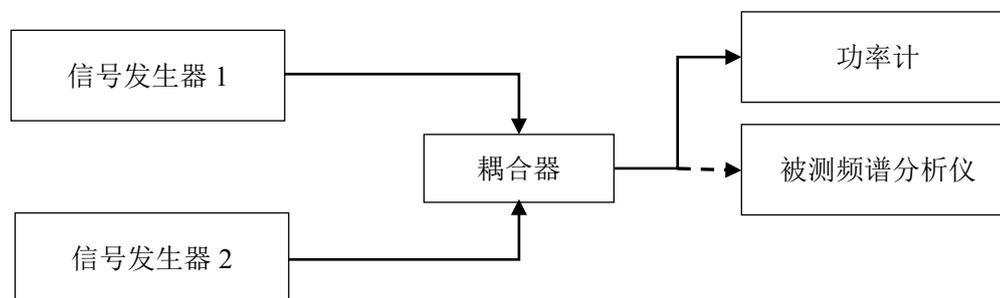


图8.三阶交调失真测试的连接示意图

b). 关闭信号发生器 2 射频输出，设置信号发生器 1 幅度、频率 f_1 （按产品标准要求设置），调节其幅度使功率计指示落在 $L_0 \pm 0.1\text{dB}$ 之间（ L_0 为被测频谱分析仪在三阶交调失

真测试时规定的输入信号功率值，有些产品给出混频器端口功率值，测试时注意被测频谱分析仪的衰减值的设置），关闭信号发生器 1 射频输出；

c). 打开信号发生器 2 射频输出，设置信号发生器 2 幅度、频率 $f_2 = f_1 + 100\text{kHz}$ （差频 100kHz 需要按产品标准要求设置），调节其幅度使功率计指示落在 $L_0 \pm 0.1\text{dB}$ 之间；

d). 复位被测频谱分析仪，打开被测频谱分析仪的三阶交调测试功能，读取三阶交调失真测得值和三阶截断点 TOI 测得值，并记录；

e). 改变信号发生器频率值，重复步骤 b) 至 d)，完成其他频率要求的交调失真的测试。

10.23 增益压缩

a). 按图 8 连接仪器；

b). 关闭信号发生器 2 射频输出，信号发生器 1 频率 f_1 、幅度按产品标准要求设置，调节其幅度使功率计指示落在 $L_1 \pm 0.1\text{dB}$ 之间（ L_1 为被测频谱分析仪在增益压缩测试时规定的输入信号功率值，有些产品给出混频器端口功率值，测试时注意被测频谱分析仪的衰减值的设置），关闭信号发生器 1 射频输出；

c). 打开信号发生器 2 射频输出，设置信号发生器 2 于频率 f_2 （一般设置 $f_2 = f_1 + 3\text{MHz}$ ，或按产品标准要求），幅度 -32dBm（或按产品标准要求），调节其幅度使功率计指示落在 -32dBm \pm 0.01dB 之间；

d). 将耦合器端连接至被测频谱分析仪输入端，设置被测频谱分析仪的中心频率同信号发生器 2 频率，参考电平、垂直刻度、衰减器、频宽、分辨率带宽等按产品标准要求设置；

e). 执行被测频谱分析仪的峰值标记，激活增量标记；

f). 打开信号发生器 1 射频输出，执行峰值标记功能（注意峰值标记应该在较低幅度信号处，否则调节标记至较低幅度信号处），读取被测频谱分析仪上增量标记幅度值即为增益压缩测得值，并记录；

g). 改变信号发生器 1, 2 的频率，重复步骤 b) ~f)，完成其他频率的增益压缩测试。

10.24 显示平均噪声电平

a). 按图 9 连接仪器；

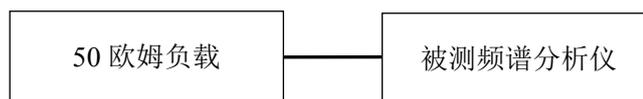


图9. 显示平均噪声电平测试的连接示意图

b). 复位被测频谱分析仪，按产品标准设置被测频谱分析仪参考电平、衰减器 0dB、分辨率带宽、视频带宽、检波器等参数；

c). 按产品标准显示平均噪声电平频段设置起始频率和终止频率，激活平均功能，执行峰值标记（排除剩余响应峰值），将中心频率置于峰值处（执行标记到中心频率功能）；

d). 减小被测频谱分析仪分辨率带宽、视频带宽、频宽，记录峰值标记幅度 P_d （忽略剩余响应），按公式（8）计算显示平均噪声电平测得值，并记录；

$$P_{DANL} = P_d - 10\lg(RBW) \quad (8)$$

式中：

P_{DANL} ——显示平均噪声电平值，dBm/Hz；

P_d ——带宽 RBW 下显示噪声值，dBm；

RBW ——分辨率带宽值，Hz。

e). 改变被测频谱分析仪的起始和终止频率，重复步骤 b) 至 d)，完成各频段显示平均噪声电平的测试。

注：如果被测频谱分析仪具有预放和低噪声等选件的，打开相应选件功能，重复步骤 a) ~e)，完成相应选件功能显示平均噪声电平的测试。

10.25 剩余响应

a). 按图 9 连接仪器；

b). 复位被测频谱分析仪，按产品标准设置被测频谱分析仪参考电平、衰减器 0dB、分辨率带宽、视频带宽、起始频率和终止频率，观察谱线幅度，查看剩余响应（忽略噪声），如果有剩余响应信号，执行峰值标记记录测试的频率值和幅度值，如果谱线幅度小于剩余响应指标要求值，记录相应频率范围剩余响应<最大允许值；

c). 逐次递增中心频率至选定频段的终止频率，重复步骤 b)。

10.26 输入电压驻波比

a). 按图 10 连接仪器；

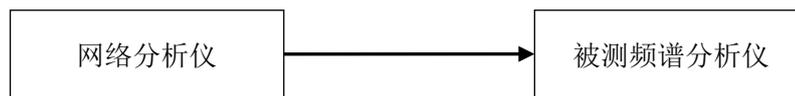


图10. 显示平均噪声电平测试的连接示意图

b). 复位被测频谱分析仪，按产品标准设置被测频谱分析仪参考电平、衰减器、分辨率带宽、视频带宽、起始频率和终止频率等；

c). 网络分析仪首先使用校准件自校准，设置起始频率和终止频率同被测频谱分析仪的起始和终止频率，设置网络分析仪电压驻波比测试模式，记录测试频段内的驻波比值，并记录。

10.27 校准信号

10.27.1 无校准信号输出端的校准信号幅度

a). 复位被测频谱分析仪，如果有校准信号幅度测试要求，按以下步骤测试；

b). 将被测频谱分析仪的校准信号置于打开状态，设置频谱分析仪中心频率为校准信号频率，频宽 1MHz，分辨率带宽 300kHz（或按产品标准要求设置），参考电平值高于校准信号标称幅度 2dB，衰减器自动，刻度 1dB/格，执行峰值标记读取峰值幅度为 P_0 ，关闭校准信号输出，设置被测频谱分析仪为 RF 输入状态（不改变其他设置）；

c). 按图 6 连接仪器；

d). 设置信号发生器频率同校准信号频率，幅度为 -10dBm（或按产品标准要求设置），打开信号发生器的 RF 输出，执行被测频谱分析仪的峰值标记，调节信号发生器的幅度使被测频谱分析仪的峰值标记幅度值落在 $(P_0 \pm 0.02\text{dB})$ 之间；

e). 设置功率计显示单位于 dBm 状态，读取功率计的功率值即为被测频谱分析仪校准信号的幅度测得值，并记录于。

10.27.2 有校准信号输出端的校准信号频率

a). 按图 11 连接仪器；

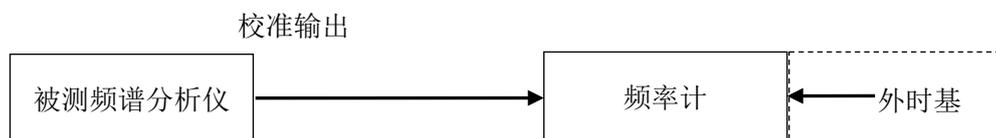


图11. 有校准信号输出端的校准信号频率测试的连接示意图

b). 设置频率计于频率测试状态，并设置合适的分辨力；

c). 读取频率计的频率值即为被测频谱分析仪校准信号的频率测得值，并记录。

10.27.3 有校准信号输出端的校准信号幅度

- a). 按图 12 连接仪器（低通滤波器截止频率小于校准信号频率 2 倍）；

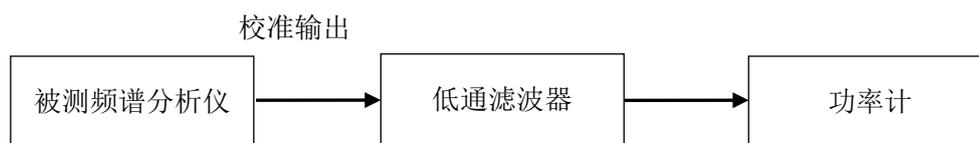


图12. 有校准信号输出端的校准信号幅度测试的连接示意图

- b). 设置功率计显示单位于 dBm 状态，读取功率计的功率值加上低通滤波器在校准频率点的插入损耗即为校准信号输出的幅度测得值，并记录。

10.28 镜像抑制和带外响应

- a). 如果被测频谱分析仪有镜像抑制和带外响应测试要求，按图 6 连接仪器；
- b). 信号发生器的频率按被测频谱分析仪产品标准要求设置，调节信号发生器幅度使功率计读数 P_0 （按产品标准要求镜像测试时规定的输入端功率）；
- c). 复位被测频谱分析仪，设置中心频率同信号发生器频率、频宽、分辨率带宽、视频带宽和扫描时间等按产品标准要求设置，执行峰值标记，激活差值标记；
- d). 设置信号发生器的频率为产品标准规定的引起镜像的频率点，调节信号发生器幅度使功率计读数 P_0 ，被测频谱分析仪执行峰值标记，读取差值标记的幅度值即为镜像或带外响应测得值，并记录；
- e). 按产品标准要求的频率，重复步骤 b) ~d)，完成其他频率点的镜像抑制和带外响应测试。

10.29 功率带宽

- a). 如果被测频谱分析仪有功率带宽测试要求，按以下步骤测试；
- b). 复位被测频谱分析仪，将被测频谱分析仪的校准信号置于打开状态、设置被测频谱分析仪中心频率为内部校准源频率，参考电平为内部校准源输出幅度加 1dB，在不同的分辨率带宽下进行测试；
- c). 设置被测频谱分析仪的频宽为分辨率带宽的 3 倍，执行峰值标记，读取峰值标记的功率值；
- d). 执行标记对 (mark pair) 功能，将所显示的波形信号包含在标记对内，读取功率值，计算此值与峰值标记读取的功率值之差即为功率带宽示值误差，并记录。

10.30 重复性

- a). 如果被测频谱分析仪有重复性测试要求，重复性测试首先按产品标准或客户要求选定重复性考核参数，然后按重复性测试条件和前面相应参数的测试方法，重复测试 10

次得到测得值；

b). 按产品标准或客户要求方法（一般用贝塞尔公式）计算重复性测试结果；

c). 按产品标准或客户要求判断重复性是否满足要求（可参考相应参数的最大允许误差的三分之一为依据）。

10.31 稳定性

a). 如果被测频谱分析仪有稳定性测试要求，稳定性测试首先按产品标准或客户要求选定稳定性考核参数，然后根据选定的考核参数前面相应参数的测试方法进行测试，并记录测得值；

b). 没有特殊说明时，稳定性按时间条件考核，间隔一定时间（按产品标准或客户要求或间隔一个月），重复测试考核参数，记录测得值；

c). 按产品标准或客户要求的稳定性考核方法（如贝塞尔公式、极差法等）计算稳定性测试结果；

d). 按产品标准或客户要求判断稳定性是否满足要求（可参考相应参数的最大允许误差为依据）。

10.32 选件

按被测频谱分析仪具有选件功能，按产品标准检查被测频谱分析仪选件功能或性能。

10.32.1 调制分析选件

10.30.1.1 标准源法

a). 对于调制分析类选件（包括但不限于调频、调幅、调相、脉冲调制、调频连续波、数字调制），可采用满足性能验证要求（如覆盖被测频谱分析仪的频率范围、分析带宽等产品标准）的标准信号发生器（如模拟调制源、矢量信号发生器、任意波形发生器）进行选件功能验证；

b). 按图 13 连接仪器；

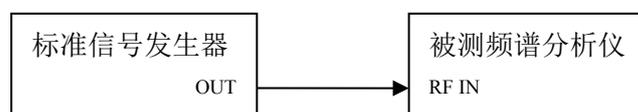


图13. 标准源法调制分析选件验证框图

c). 设置标准信号发生器输出匹配选件类型和产品标准的测试信号；

d). 复位被测频谱分析仪，运行相应分析选件，按产品标准设置测试参数；

e). 记录测得值，按产品标准或客户要求判断选件功能是否满足要求。

10.32.1.2 标准表法

a). 对于 10.32.1.1 中单台信号源的技术指标（如频率范围、调制带宽等参数）不能满足选件功能验证的情况，可采用多台设备组成信号发生系统实现测试信号生成（如混频、上变频、时频域拼接等），利用标准信号分析设备（包括但不限于信号分析仪、示波器、非线性矢量网络分析仪或相应测试系统）实现对测试信号和选件功能的验证；

b). 按图 14 连接仪器；

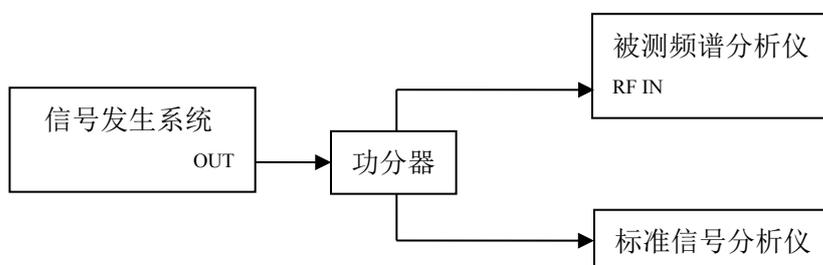


图14. 标准表法选件验证框图

c). 设置信号发生系统输出匹配选件类型和产品标准的测试信号；

d). 设置标准信号分析仪为匹配的测试参数，对测试信号进行验证（可根据测量结果对测试信号进行修正）；

e). 复位被测频谱分析仪，运行相应分析选件，按产品标准设置测试参数；

f). 记录测得值，按产品标准或客户要求判断选件功能是否满足要求。

10.32.2 相位噪声分析选件

a). 按图 1 连接仪器；

b). 按照产品标准要求设置信号发生器的频率和幅度，输出低相位噪声测试信号；

c). 复位被测频谱分析仪，运行相位噪声分析选件，按产品标准设置测试参数；

d). 记录不同频率和频偏的测得值，按产品标准或客户要求判断选件功能是否满足要求。

10.33 外观结构

目测检查被测频谱分析仪结构是否完整，符合说明书要求，无明显的机械损伤，各部分按键应正确、可靠、操作灵活；外观铭牌清晰符合要求、表面应光洁、无明显的机械损伤和破坏现象。

10.34 尺寸和重量

a). 用量具测量被测频谱分析仪的尺寸，测量边角最突出顶点到顶点包括宽、高、深，

并记录；

- b). 用电子秤称量被测频谱分析仪的重量，并记录。

10.35 安全性

a). 按产品标准规定的安全性的要求，对被测频谱分析仪进行安全性试验，或 GB/T6587-2012 的 5.8 安全试验规定的接触电流、介电强度、保护接地试验要求和方法分别进行试验；

b). 试验后检查被测频谱分析仪功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行测试，记录测试结果。

10.36 环境适应性

10.36.1 基准工作温度试验

a). 按产品标准规定的环境适应性要求，对被测频谱分析仪进行环境适应性试验，或按 GB/T6587-2012 的 5.9.1 环境试验性试验的试验要求和试验方法进行温度循环试验；

b). 将被测频谱分析仪置于为高低温试验箱内，在基准工作温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下接通仪器电源，预热后进行，检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.36.2 低温工作试验

a). 仪器电源断开，使高低温试验箱内温度降至被测频谱分析仪工作温度下限，温度变化速率通常不小于 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，温度稳定后（温度稳定时间至少 1 小时后），接通仪器电源预热；

b). 检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.36.3 低温贮存试验

a). 断开仪器电源，使高低温试验箱内温度降至被测频谱分析仪贮存温度下限，温度变化速率通常不小于 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，至少保持 4 小时；

b). 使高低温试验箱内温度升至基准工作温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，温度变化速率通常不小于 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，温度稳定后（温度稳定时间至少 1 小时后），接通仪器电源预热，检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.36.4 高温工作试验

a). 接通仪器电源，使高低温试验箱内温度升至被测频谱分析仪工作温度上限，温度变化速率通常不小于 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ；

b). 温度稳定后（温度稳定时间至少 1 小时后），检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.36.5 高温贮存试验

a). 断开仪器电源，使高低温试验箱内温度升至被测频谱分析仪贮存温度上限，温度变化速率通常不小于 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，至少保持 4 小时；

b). 使高低温试验箱内温度降至基准工作温度 $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，温度变化速率通常不小于 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，温度稳定后（温度稳定时间至少 1 小时后），接通仪器电源预热，检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.36.6 湿度试验

按 GB/T6587-2012 的 5.9.2 环境试验性试验的湿度试验要求和试验方法或产品标准的要求进行试验，试验中或试验后检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.36.7 振动试验

按 GB/T6587-2012 的 5.9.3 环境试验性试验的振动试验要求和试验方法或产品标准的要求进行试验，试验中或试验后检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.36.8 冲击试验

按 GB/T6587-2012 的 5.9.4 环境试验性试验的振动试验要求和试验方法或产品标准的要求进行试验，试验中或试验后检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.37 电磁兼容性

a). 如果产品标准规定了电磁兼容性的要求，按产品标准对被测频谱分析仪进行电磁兼容性试验，试验后检查被测频谱分析仪功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行测试，记录测试结果。

b). 如果产品标准未规定电磁兼容性要求，可依据 GB/T6587-2012 的 5.11 电磁兼容性要求，按 GB/T17626.2-2006 电磁兼容 试验和测试技术 静电放电抗扰度试验、GB/T17626.3-2006 电磁兼容 试验和测试技术 射频电磁场辐射抗扰度试验、GB/T17626.4-2008 电磁兼容 试验和测试技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验、GB/T17626.5-2008 电磁兼容 试验和测试技术 浪涌（冲击）抗扰度试验、GB/T17626.6-2008

电磁兼容 试验和测试技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度、GB/T17626.11-2008 电磁兼容 试验和测试技术 电压暂降、短时中断和电压变化的抗扰度分别进行相应的试验，可在每项试验后检查被测频谱分析仪外观及功能正常性，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行计量性能测试，记录测试结果。

10.38 电源适应性

- a). 在工作温度下进行，设置可变电源电压和频率 220V，50Hz（或按产品标准要求），被测频谱分析仪开机，按产品规范规定的时间预热；
- b). 根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行测试，记录测试结果；
- c). 按产品标准要求改变可变电源的电压和频率，按产品标准或客户要求选定考核参数，测试被测频谱分析仪的计量性能。

10.39 可靠性

- a). 按 GB/T6587-2012 的 5.13 可靠性试验要求和方法对被测频谱分析仪进行可靠性试验；
- b). 试验中或试验后检查被测频谱分析仪功能正常，根据产品标准或客户要求选定考核参数，按计量性能给出的计量方法进行测试，记录测试结果。

10.40 维修性

按产品标准规定保修时间、维修最长时间、最低客服反馈时间等。维修后，被测频谱分析仪功能正常，各项参数符合产品保准要求。

11 所用计量器具和设备表

计量测试评价所用计量器具和设备表见表 2。所用设备应经计量技术机构测试合格或校准满足使用要求，并在有效期内。

表2 计量测试所用计量器具和设备表

序号	测试设备名称	测试范围	主要性能指标	备注
1	频率计	频率范围：覆盖被测频谱分析仪的频率范围。	至少优于被测频谱分析仪的频率准确度一个等级。	
2	功率计及传感器	频率范围：覆盖被测频谱分析仪的频率范围； 功率范围：-30dBm~+20dBm	校准因子不确定度：优于被测频谱分析仪的幅度不确定度要求或 1.0%~4.0% ($k=2$)。	
3	信号发生器	频率范围：覆盖被测频谱分析仪的频率范围； 幅度范围：覆盖被测频谱分析仪	相位噪声：优于被测频谱分析仪的相位噪声。	至少两台或两路信号

序号	测试设备名称	测试范围	主要性能指标	备注
		的幅度范围或-30dBm~+20dBm;		
4	精密标准衰减器	频率范围: 覆盖被测频谱分析仪的频率范围; 衰减范围: 覆盖被测频谱分析仪的相对电平范围或 0dB~90dB, 1dB 步进。	不确定度: 优于被测频谱分析仪的衰减器要求或 0.01dB/10dB~0.02dB/10dB ($k=2$)。	
5	功分器	频率范围: 覆盖被测频谱分析仪的频率范围;	两路不平衡: <0.2dB。	
6	耦合器	频率范围: 覆盖被测频谱分析仪的频率范围;	驻波比: <1.2。	
7	50 欧姆负载	频率范围: 覆盖被测频谱分析仪的频率范围;	驻波比: <1.2。	
8	电子秤	测试范围: 覆盖被测频谱分析仪的重量范围, 或 1g~30kg、(1~100) kg;	最大允许误差: $\pm 1g$ 、 $\pm 5g$	
9	钢直尺	覆盖被测频谱分析仪的尺寸范围, 或 (0~3) m;	最大允许误差: $\pm 0.1mm$	
10	安全性试验相应环境及设备	覆盖被测频谱分析仪的安全性条件要求。	满足被测频谱分析仪安全试验要求。	
11	环境适应性试验相应环境及设备	覆盖被测频谱分析仪的温湿度、震动、跌落等环境条件要求。	满足被测频谱分析仪环境试验要求。	
12	电磁兼容性试验相应环境及设备	覆盖被测频谱分析仪的规定的电磁兼容环境要求。	满足被测频谱分析仪电磁兼容试验要求。	
13	可变电源	覆盖被测频谱分析仪的电源电压和频率范围。	满足被测频谱分析仪电源适应性要求。	
14	可靠性试验相应环境及设备	覆盖被测频谱分析仪的可靠性试验环境要求。	满足被测频谱分析仪可靠性要求。	

12 结果报告

频谱分析仪计量测试价结果应在计量测试评价报告中反映, 计量测试评价报告应至少包括样机基本信息、评价依据、测试记录、评价结果及建议。

评价报告应至少包含的信息如下:

- 1) 标题: “评价报告”;
- 2) 实验室名称和地址;
- 3) 进行测试的地点 (如果与实验室的地址不同);
- 4) 报告的唯一性标识 (如编号), 每页及总页数的标识;
- 5) 客户的名称和地址;
- 6) 被测样机的描述和明确标识;
- 7) 进行测试的日期, 如果与测试结果的有效性和应用有关时, 应说明被测试样机的

接收日期；

- 8) 如果与测试结果的有效性应用有关时，应对测试样品的抽样程序进行说明；
- 9) 测试所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- 10) 本次测试所用测试标准的溯源性及有效性说明；
- 11) 测试环境的描述；
- 12) 测试结果的说明；
- 13) 对测试规范的偏离的说明；
- 14) 测试报告签发人的签名、职务或等效标识；
- 15) 测试结果仅对被校对象有效的声明；
- 16) 未经实验室书面批准，不得部分复制报告的声明。

13 计量测试评价及建议

计量测试完成后，结合测试数据和测试环境条件进行分析，应对测试仪器进行技术状态、稳定性等进行评价。评价可以从以下几方面考虑。

- 1) 产品本身厂家说明书
- 2) 对标同级产品的性能
- 3) 特定用户需求

以上几方面可以单项或几项相结合，从不同维度进行评价。

- 1) 仪器的各项指标满足产品本身厂家说明书，可以认为产品合格；
- 2) 仪器的各项指标优于或等同于对标同级产品性能，可以替代对标产品；
- 3) 仪器的各项指标均符合用户单位的需求，可为用户单位使用；
- 4) 仪器的部分指标不满足产本身厂家说明书要求，可以根据测试结果给出数据比较及适当建议；
- 5) 仪器的部分指标优于、劣于或等同于对标同级产品性能，可以根据测试结果及性能要求给出数据比较分析图及适当建议；
- 6) 仪器的测试结果部分存在性能或客户要求的差异，但可以在特定条件/场景适用，给出相应的约束条件；
- 7) 仪器的关键性指标或大部分指标均不满足对标同级产品性能或客户要求，可以认为不能替代对标产品或不能满足客户要求；
- 8) 其他约定的评价条件。

测试完成后，由主承担测试单位对测试结果进行分析并给出初步评价结果，并组织相关专家评审确认后，给出最终计量测试评价结果分析及建议。

- 1) 计量测试重点问题提示，以及重点关注等；
- 2) 多个评价之间（含国内外）计量测试项目数据比较曲线与分析等；
- 3) 仪器推广建议……

14 测试中断与异常情况处理

测试过程中出现异常现象，在确保安全的情况下，保持当前异常状态，保存历史数据和正常数据，并上报负责人组织开展异常情况分析和问题定位，给出处理问题的方案。

14.1 中断处理

测试过程中可能由于故障或其他原因引起测试中断。测试中断后，应及时排除故障，分析对样机的影响，并根据分析结果合理确定重新测试、继续测试或中止测试，以及继续测试的条件。测试中引起测试中断的原因一般如下：

- a). 样机本身故障造成测试中断；
- b). 测试仪器、设备故障引起测试中断。

14.2 样机异常情况处理

测试过程中出现的样机异常按照以下原则处理：

- a). 样机失效，应标识、隔离，判定确认失效原因，根据失效原因判断是否继续测试；
- b). 对于样机失效和指标超差问题，应由委托方、测试承担单位、用户、研制方专家共同进行问题分析，定位，给出处理意见；
- c). 样机非正常损坏，应评估其损坏情况，分析原因，进行更换后重新测试或继续开展未完成测试。

14.3 测试仪器、设备故障处理

测试过程中出现的仪器、设备故障按照以下原则处理：

- a). 应分析故障对被验证样品的影响；
- b). 需修复故障的仪器设备经测试或校准满足使用要求并在有效期内，如果无法修复则更换同样规格设备；
- c). 若仪器、设备故障对被验样机无影响，使用修复或更换的仪器设备继续测试；若有影响，更换样机后使用修复或更换的仪器设备重新测试。

附录 A 计量测试原始记录内页格式

频谱分析仪计量测试原始记录内页告格式

表A.0 基本信息

被测仪器名称		型号	
生产厂家		出厂编号	
试验地点		试验日期	
环境温度		相对湿度	
其他环境因素		试验人员	
核验人员		厂商确认签字	

1. 输入输出接口

表A.1 输入输出接口

项目	检查结果	指标	结果
射频输入接口			
参考输入接口			
参考输出接口			
通信接口			
触发接口			
……			

2. 显示和测试功能

表A.2 显示和测试功能

项目	检查结果	指标	结果
显示屏幕			
自检功能			
标记功能			
轨迹功能			
检波功能			
测试功能			

3. 频率范围

表A.3 频率范围

起始频率测得值	终止频率测得值	指标	结果

4. 参考频率

表A.4 参考频率

标称值	测得值	指标	结果

5. 频率读数

表A.5 频率读数

标称值	频宽	测得值	指标	结果

6. 频率计数

表A.6 频率计数

标称值	测得值	指标	结果

7. 频宽

表A.7 频宽

频宽范围		指标		结果
标称值	测得值	指标	结果	

8. 相位噪声

表A.8 相位噪声

频率	偏置频率	测得值	指标	结果

9. 剩余调频

表A.9 剩余调频

频率	测得值	指标	结果

10. 分辨率带宽

表A.10 分辨率带宽

分辨率带宽范围		指标		结果
标称值	3dB 带宽测得值	指标	结果	
带宽	选择性测得值	指标	结果	

11. 视频带宽

表A.11 视频带宽

视频带宽范围	指标	结果

12. 扫描时间

表A.12 扫描时间

扫描时间范围		指标		结果
标称值	测得值	指标	结果	

13. 最大安全输入电平

表A.13 最大安全输入电平

标称值	指标	结果

14. 衰减器

表A.14 衰减器

标称值	测得值	指标	结果

15. 绝对幅度

表A.15 绝对幅度

频率	标称值	测得值	指标	结果

16. 频率响应（幅度： ）

表A.16 频率响应

频率	测得值	指标	结果

17. 分辨率带宽转换

表A.17 分辨率带宽转换

带宽	测得值	指标	结果

18. 垂直显示刻度

表A.18 垂直显示刻度

垂直显示刻度类型	指标		结果
垂直显示刻度范围	指标		结果
标称值	测得值	指标	结果

19. 参考电平

表A.19 参考电平

参考电平范围	指标		结果
标称值	测得值	指标	结果

20. 谐波失真

表A.20 谐波失真

基波频率	谐波失真测得值	SHI	指标	结果

21. 三阶交调失真

表A.21 三阶交调失真

频率 1	频率 2	三阶交调失真	TOI	指标	结果

22. 增益压缩

表A.22 增益压缩

频率 1	频率 2	测得值	指标	结果

23. 显示平均噪声电平

表A.23 显示平均噪声电平

频率范围	测得值	指标	结果

24. 剩余响应

表A.24 剩余响应

频率范围	测得值	指标	结果

25. 输入电压驻波比

表A.25 输入电压驻波比

频率范围	测得值	指标	结果

26. 校准信号

表A.26 校准信号

频率标称值	测得值	指标	结果
幅度标称值	测得值	指标	结果

27. 镜像抑制和带外响应

表A.27 镜像抑制和带外响应

频率	镜像或带外频率	测得值	指标	结果

28. 功率带宽

表A.28 功率带宽

带宽	测得值	指标	结果

29. 重复性

表A.29 重复性

参数	测试次数	测得值
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	7	
	8	
	9	
	10	
	平均值	
	重复性	

30. 稳定性

表A.30 稳定性

参数	测试次数	测得值
	1	
	2	
	3	
	4	
	5	
	6	
	稳定性	
	结论	

31. 选件

表A.31 选件

选件名称	选件型号	功能/性能指标	结果

32. 外观结构

表A.32 外观结构

项目	检查结果	指标	结果
外观			

33. 尺寸和重量

表A.33 尺寸和重量

项目	检查结果	指标	结果
尺寸			
重量			

34. 安全性

表A.34 安全性

试验条件	
试验依据	
试验时间	
测试项目	

35. 环境适应性

表A.35 环境适应性

试验条件	
试验依据	
试验时间	
测试项目	

36. 电磁兼容性

表A.36 电磁兼容性

试验条件	
试验依据	
试验时间	
测试项目	

37. 电源适应性

表A.37 电源适应性

试验条件	
试验依据	
试验时间	
测试项目	

38. 可靠性

表A.38 可靠性

试验条件	
试验依据	
试验时间	
测试项目	

39. 维修性

表A.39 维修性

维修时间	

附录 B 计量测试评价报告格式

频谱分析仪计量评价测试报告格式

一、样机基本信息

- (一) 委托单位
- (二) 仪器生产单位
- (三) 仪器名称、型号、编号
- (四) 工作原理、用途、应用场景
- (五) 测试参数、计量性能指标
- (六) 外观照片，铭牌照片，关键部位照片等可追溯性信息

二、人员签字

- (一) 测试评价人员签字
- (二) 复核人员签字
- (三) 厂商人员签字

三、测试条件

- (一) 测试时间
- (二) 测试依据
- (三) 测试环境
- (四) 测试用设备
- (五) 测试参数、计量性能指标

四、计量测试项目结果及相关数据处理判定结果

表B.1 频谱分析仪计量测试评价结果表

测试项目	指标来源/评价标准			是否为关键指标	测试要求	测试结果	评价结果			单项指标评价结果
	国外同类仪器指标（标注具体仪器型号）	用户需求指标	国内标准要求指标（国标、国军标、行标）				是否达到国外同类仪器指标（标注具体仪器型号）	是否达到用户需求指标	是否达到国内标准要求指标（国标、国军标、行标）	
输入输出接口										
显示和测试功能										
频率范围										
参考频率										
频率读数										
频率计数										
频宽										
相位噪声										
剩余调频										
分辨率带宽										
视频带宽										
扫描时间										
最大安全输入电平										
衰减器										
绝对幅度										
频率响应										
分辨率带宽转换										
垂直显示刻度										
参考电平										
谐波失真										
三阶交调失真										
增益压缩										
显示平均噪声电平										
剩余响应										
输入电压驻波比										
校准信号										

测试项目	指标来源/评价标准			是否为关键指标	测试要求	测试结果	评价结果			单项指标评价结果
	国外同类仪器指标（标注具体仪器型号）	用户需求指标	国内标准要求指标（国标、国军标、行标）				是否达到国外同类仪器指标（标注具体仪器型号）	是否达到用户需求指标	是否达到国内标准要求指标（国标、国军标、行标）	
镜像抑制和带外响应										
功率带宽										
重复性										
稳定性										
选件										
外观结构										
尺寸和重量										
安全性										
环境适应性										
电磁兼容性										
电源适应性										
可靠性										
维修性										

注：上表列出了频谱分析仪计量测试评价项目结果涉及到指标来源/评价标准、测试要求、测试结果及评价结果等，评价时应以客户的实际需求的校准项目、结果、相关数据处理及判定结果为准。

附录 C 不确定度评定示例

不确定度评定示例

C.1 频率测量不确定度评定

C1.1 测量模型

参考输出频率的测量采用直接测量，将被检频谱分析仪的参考输出连接至频率计（含外时基）输入，由频率计读取频率值即为参考输出频率测量值。频率显示测量则首先由信号发生器（含外时基）提供信号，经由功分器分别输入到频率计（含外时基）和被检频谱分析仪，频率计的读数为标准值，被检频谱分析仪读数为测量值。

C1.2 不确定度来源

不确定度来源有：频率计时基不准引入的不确定度 u_1 ；频率计分辨率引入的不确定度 u_2 ；测量重复性引入的不确定度 u_3 。

C1.3 标准不确定度评定

1) 频率计时基引入的不确定度

频率计时基引入的不确定度按 B 类方法评定，频率计的时基采用外频率标准时基，其频率准确度不大于 1×10^{-12} ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_1 = 1 \times 10^{-12} / \sqrt{3} = 6 \times 10^{-13}$$

2) 频率计分辨率引入的不确定度

当频率小于 300MHz 时采用频率计 53230A，频率大于等于 300MHz 时采用 53152A，说明书给出 53230A 为 12 位计数器，而 53152A 频率计分辨率为 1Hz，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = 1 \times 10^{-11} / \sqrt{3} = 6 \times 10^{-12} \text{ 或}$$

$$u_2: 0.29\text{Hz}/300\text{MHz} \sim 0.29\text{Hz}/46\text{GHz} = 1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-11}$$

3) 测量重复性引入的不确定度

分别用频率计 53230A 和 53152A，在相对短的时间内，重复测量 10 次，测量重复性引入的不确定度分量按 A 类方法评定，数据见表 1。

表C.1 频率重复性测量数据

测量次数	测量值		
	10MHz	300MHz	45GHz
1	10.000000069	300.000001	44.999999997
2	10.000000068	300.000003	44.999999999
3	10.000000067	300.000000	45.000000001
4	10.000000068	300.000002	45.000000002
5	10.000000067	300.000003	45.000000004
6	10.000000066	300.000001	45.000000003
7	10.000000065	300.000000	45.000000001
8	10.000000067	300.000001	44.999999999
9	10.000000069	300.000002	45.000000003
10	10.000000068	300.000002	45.000000002
\bar{y}	10.0000000674	300.000002	45.0000000011
$S_n(y)$	1.26E-09	1.08E-06	2.18E-09
$S_n(y)/\bar{y}$	1.26E-10	3.60E-09	4.85E-11

由此引入的标准不确定度分量： $u_3: 4 \times 10^{-9} \sim 5 \times 10^{-11}$ 。

C1.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量见下表 2。

表C.2 频率标准不确定度一览表

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
频率计外时基	u_1	B	均匀	$\sqrt{3}$	6×10^{-12}
频率计分辨率	u_2	B	均匀	$\sqrt{3}$	6×10^{-12} 或 $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-11}$
重复性	u_3	A	—	—	$4 \times 10^{-9} \sim 4.85 \times 10^{-11}$

C1.5 合成标准不确定度评定

根据标准不确定度一览表，假定以上各不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} : 5 \times 10^{-9} \sim 5 \times 10^{-11}$$

C1.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U_r = ku_c$ ，则 $U_r: 1 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-10}$

C.2 频宽测量不确定度评定

C2.1 测量模型

信号发生器输出直接被检频谱分析仪射频输入，根据检定规程方法，使信号源输出频率分别置屏幕左右第二格，测量二者光标峰值频率，再按公式 $S_x = \Delta f / 0.8$ ， Δf 为相对光标的频率值计算得到频宽测量值。

C2.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：信号发生器频率引入的不确定度 u_1 ；光标水平分辨率引入的不确定度 u_2 ；测量重复性引入的不确定度 u_3 。

C2.3 标准不确定度评定

1) 信号发生器频率引入的不确定度

信号发生器频率引入的不确定度按 B 类方法评定，根据信号发生器频率稳定度不大于 $1E-7$ ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_1 = a/k = 5.8E-8$$

2) 光标水平分辨力引入的不确定度

频谱分析仪的水平分辨力引入的不确定度按 B 类方法评定，水平分辨力等于频宽/（扫描点数-1），扫描点数为 1001~100001，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = 0.29 \times (1/100000 \sim 1/1000) = 2.9E-6 \sim 2.9E-4$$

3) 测量重复性引入的不确定度

在相对短的时间内，重复测量 10 次，测量重复性引入的不确定度分量按 A 类方法评定，数据见下表 3。

表C.3 频宽重复性实验数据

测量次数	测量值	
	10Hz	50GHz
1	9.9998	50.00001
2	10.0001	50.00001
3	9.9998	50.00001
4	9.9998	49.99999
5	9.9998	49.99998
6	9.9998	49.99998
7	9.9995	49.99998
8	9.9995	49.99998
9	9.9993	49.99998
10	9.9995	49.99998
\bar{y}	9.99969	49.999990

测量次数	测量值	
	10Hz	50GHz
$S_n(y)$	2.33095E-04	1.41421E-05
$S_n(y)/\bar{y}$	2.34E-05	2.82843E-07

由此引入的标准不确定度分量： $u_3=2.9E-7\sim 2.5E-5$

C2.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量见下表 4。

表C.4 频宽标准不确定度一览表

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
信号发生器频率	u_1	B	均匀	$\sqrt{3}$	5.8E-8
光标水平分辨力	u_2	B	均匀	$\sqrt{3}$	2.9E-6~2.9E-4
重复性	u_3	A	—	—	3E-7~3E-5

C2.5 合成标准不确定度评定

根据标准不确定度一览表，假定以上各不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} : 3E-6\sim 3E-4$$

C2.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U = ku_c$ ，则取 U ：6E-6~6E-4

C.3 剩余调频测量不确定度评定

C3.1 测量模型

信号发生器（连接外时基）输出直接被检频谱分析仪射频输入，根据检定规程方法先测量解调灵敏度，再测量零频宽时幅度峰峰值，二者相乘计算得到剩余调频。

$$f_{FM} = \frac{\Delta f}{\Delta A_1} \times \Delta A_2$$

式中： f_{FM} ——剩余调频测量值；

Δf ——相对光标的频率值；

ΔA_1 ——相对光标的幅度值；

ΔA_2 ——光标幅度峰峰值。

C3.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：相对光标频率引入的不确定度 u_1 ；相对光标幅度引入的不确定度 u_2 ；光标幅度峰峰值引入的不确定度 u_3 。

C3.3 标准不确定度评定

1) 相对光标频率引入的不确定度

相对光标频率引入的不确定度包括信号发生器频率稳定度引入的不确定度和光标水平分辨率引入的不确定度。

(1) 信号发生器频率稳定度引入的不确定度

信号发生器（外时基）频率稳定度引入的不确定度按 B 类方法评定，根据信号发生器频率稳定度 $1\text{E-}11 \sim 1\text{E-}10$ ，测试点 1GHz ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_{11} = a/k = (1\text{E-}11 \sim 1\text{E-}10) \times 1\text{GHz}/1.732 = 0.0058\text{Hz} \sim 0.058\text{Hz}$$

(2) 光标水平分辨率引入的不确定度

频谱分析仪的水平分辨率引入的不确定度按 B 类方法评定，水平分辨率等于频宽/（扫描点数-1），当扫描点数为 $10000 \sim 401$ ，测量

时频宽为 3kHz，由此水平分辨力为 0.3Hz~7.5Hz，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_{12} = 0.29 \times (0.3 \sim 7.5) \text{ Hz} = (0.087 \sim 2.18) \text{ Hz}$$

假定以上不确定度分量不相关，合成标准不确定度为：

$$u_1 = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2} : (0.09 \sim 2.19) \text{ Hz}$$

2) 相对光标幅度引入的不确定度

相对光标幅度引入的不确定度包括信号发生器幅度稳定度；相对光标幅度分辨力、幅度线性刻度，下面分别给出评定分析。

(1) 信号发生器幅度稳定度引入的不确定度按 B 类方法评定，幅度稳定度 (0.005~0.01) dB，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_{21} = (0.005 \sim 0.01) \text{ dB} / 1.732 = (0.0029 \sim 0.0058) \text{ dB}$$

(2) 相对光标幅度分辨力引入的不确定度按 B 类方法评定，相对光标幅度分辨力 0.01dB，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量

$$u_{22} = 0.29 \times 0.01 \text{ dB} = 0.0029 \text{ dB}$$

(3) 幅度刻度线性引入的不确定度按 B 类方法评定，刻度线性不确定度 0.02dB~0.04dB， $k = 2$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_{23} = (0.02 \sim 0.04) \text{ dB} / 2 = (0.01 \sim 0.02) \text{ dB}$$

假定以上不确定度分量不相关，合成标准不确定度为：

$$u_2 = \sqrt{u_{21}^2 + u_{22}^2 + u_{23}^2} : (0.011 \sim 0.021) \text{ dB}$$

考虑垂直幅度对应水平频率转化，根据经验为 0.001~0.01 倍，当频宽为 3kHz 时，

$$u_2 = (0.011 \times 0.001 \sim 0.021 \times 0.01) \times 3000 \text{Hz} = (0.033 \sim 0.63) \text{Hz}$$

3) 光标幅度峰峰值引入的不确定度

光标幅度峰峰值引入的不确定度包括信号发生器幅度稳定度；光标幅度分辨力，下面分别给出评定分析。

(1) 信号发生器幅度稳定度引入的不确定度按 B 类方法评定，幅度稳定度 (0.005~0.01) dB，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_{31} = (0.005 \sim 0.01) \text{dB} / 1.732 = (0.0029 \sim 0.0058) \text{dB}$$

(2) 光标幅度分辨力引入的不确定度按 B 类方法评定，光标幅度分辨力 0.01dB，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量

$$u_{32} = 0.29 \times 0.01 \text{dB} = 0.0029 \text{dB}$$

假定以上不确定度分量不相关，合成标准不确定度为：

$$u_3 = \sqrt{u_{31}^2 + u_{32}^2} : (0.0041 \sim 0.0065) \text{dB}$$

考虑垂直幅度对应水平频率转化，根据经验为 0.001~0.01 倍，当频宽为 3kHz 时，

$$u_3 = (0.013 \sim 0.20) \text{Hz}$$

C3.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量见下表 5。

表C.5 剩余调频标准不确定度一览表

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
----	----	------	----	-----	--------

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
相对光标频率	u_1	B	均匀	$\sqrt{3}$	(0.09~2.19) Hz
相对光标幅度	u_2	B	均匀	$\sqrt{3}$	(0.033~0.63) Hz
光标幅度峰峰值	u_3	B	均匀	$\sqrt{3}$	(0.013~0.20) Hz

C3.5 合成标准不确定度评定

根据标准不确定度一览表，假定以上各不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} : (0.1 \sim 2.3) \text{ Hz}$$

C3.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U = ku_c$ ，则取 U ：(0.2~5) Hz

C.4 带宽测量不确定度评定

C4.1 测量模型

信号发生器输出直接被检频谱分析仪射频输入，按要求设置合适的频率、功率、带宽，频宽通常为带宽的 1.5 倍，光标峰值后再设置相对光标，调整相对光标幅度为 3dB 是的相对光标的频率值即为带宽测量值。

C4.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：信号发生器频率稳定度引入的不确定度 u_1 ；光标水平分辨力引入的不确定度 u_2 ；光标幅度引入的不确定度 u_3 ；测量重复性引入的不确定度 u_4 。

C4.3 标准不确定度评定

1) 信号发生器频率稳定度引入的不确定度

信号发生器频率稳定度引入的不确定度按 B 类方法评定，根据信号发生器频率稳定度不大于 $1E-7$ ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引

入的标准不确定度分量:

$$u_1 = a/k = 5.8E-8$$

2) 光标水平分辨力引入的不确定度

频谱分析仪的水平分辨力引入的不确定度按 B 类方法评定, 水平分辨力等于频宽/ (扫描点数-1), 扫描点数为 1001~100001, 测量时频宽为带宽的 1.5 倍, 由此水平分辨力相对值为 1.5/100000~1.5/1000, 按均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 由此引入的标准不确定度分量:

$$u_2 = 0.29 \times (1.5/100000 \sim 1.5/1000) = 4.4E-6 \sim 4.4E-4$$

3) 光标幅度引入的不确定度

光标幅度引入的不确定度按 B 类方法评定, 光标幅度包括光标幅度分辨力和幅度线性刻度两部分, 下面分别给出评定分析。

(1) 幅度分辨力引入的不确定度按 B 类方法评定, 根据说明书, 幅度分辨力为 0.001dB(自动测试)~0.01dB, 按均匀分布, 取 $k = \sqrt{3}$, 由此引入的标准不确定度分量:

$$u_{31} = 0.29 \times (0.001 \sim 0.01) \text{ dB} = (0.00029 \sim 0.0029) \text{ dB}$$

(2) 幅度刻度线性引入的不确定度按 B 类方法评定, 刻度线性不确定度 0.01dB~0.03dB, $k = 2$, 由此引入的标准不确定度分量:

$$u_{32} = (0.01\text{dB} \sim 0.03\text{dB}) / 2 = (0.005 \sim 0.015) \text{ dB}$$

假定以上各标准不确定度分量, 独立不相关, 则合成不确定度为:

$$u_3 = \sqrt{u_{31}^2 + u_{32}^2} : 0.005\text{dB} \sim 0.016\text{dB}$$

考虑带宽测量时频宽为带宽的 1.5 倍, 由此幅度对应水平频率转化 (10dB 对应 0.5span, span=1.5RBW, 即 1.5*0.5/10, 考虑到角度大约 40 度~45 度, 取正切值 0.84) 相对不确定度为:

$$u_3: (0.005 \times 1.5 \times 0.5 / 10 \times 0.84 \sim 0.016 \times 1.5 \times 0.5 / 10) = 0.00032 \sim 0.0012$$

4) 测量重复性引入的不确定度

选择带宽 3Hz 和 20MHz 在相对短的时间内，重复测量 10 次，测量重复性引入的不确定度分量按 A 类方法评定，数据见下表 6。

表C.6 带宽重复性实验数据

测量次数	测量值	
	3Hz	20MHz
1	3.0010	19.9815
2	3.0010	19.9816
3	3.0010	19.9816
4	3.0010	19.9814
5	3.0010	19.9815
6	3.0000	19.9816
7	3.0010	19.9812
8	2.9990	19.9813
9	3.0010	19.9816
10	3.0010	19.9816
\bar{y}	3.0007	19.9815
$S_n(y)$	0.00067	0.00015
$S_n(y)/\bar{y}$	2E-4	7.3E-06

由此引入的标准不确定度分量： u_4 ：0.00002~0.0002

C4.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量见下表 7。

表C.7 带宽标准不确定度一览表

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
信号发生器频率稳定	u_1	B	均匀	$\sqrt{3}$	5.8E-8
光标水平分辨力	u_2	B	均匀	$\sqrt{3}$	4.4E-6~4.4E-4

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
光标幅度	u_3	B	正态	2	0.00032~0.0012
重复性	u_4	A	—	—	2E-4~1E-5

C4.5 合成标准不确定度评定

根据标准不确定度一览表，假定以上各不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} : 0.00033 \sim 0.0013$$

C4.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U = ku_c = 0.00066 \sim 0.0026$ ，取 U ：0.07%~0.3%

C.5 带宽选择性测量不确定度评定

C5.1 测量模型

信号发生器输出直接被检频谱分析仪射频输入，带宽选择性是 60dB 带宽与 3dB 带宽的比值，3dB 带宽已经由前面分析，60dB 带宽测量时频宽为带宽的 5 倍，因此先分析 60dB 带宽的不确定度。

C5.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：信号发生器频率稳定度引入的不确定度 u_1 ；光标水平分辨力引入的不确定度 u_2 ；光标幅度引入的不确定度 u_3 ；测量重复性引入的不确定度 u_4 。

C5.3 标准不确定度评定

1) 信号发生器频率稳定度引入的不确定度

信号发生器频率稳定度引入的不确定度按 B 类方法评定，根据信号发生器频率稳定度不大于 $1E-7$ ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_1 = a/k = 5.8E-8$$

2) 光标水平分辨力引入的不确定度

频谱分析仪的水平分辨力引入的不确定度按 B 类方法评定，水平分辨力等于频宽/（扫描点数-1），扫描点数为 10001~1001，测量时频宽为带宽的 5 倍，由此水平分辨力相对值为 5/10000~5/1000，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = 0.29 \times (5/10000 \sim 5/1000) = 1.5E-4 \sim 1.5E-3$$

3) 光标幅度引入的不确定度

光标幅度引入的不确定度按 B 类方法评定，光标幅度包括光标幅度差值、幅度线性刻度及噪声，下面分别给出评定分析。

(1) 幅度差值引入的不确定度按 B 类方法评定，幅度差值一般不超过 0.3dB，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_{31} = 0.3\text{dB}/1.732 = 0.173\text{dB}$$

(2) 幅度刻度线性引入的不确定度按 B 类方法评定，刻度线性不确定度 0.2dB， $k = 2$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_{32} = 0.2\text{dB}/2 = 0.1\text{dB}$$

(3) 噪声引入的不确定度按 B 类方法评定，噪声不确定度 0.9dB~2.0dB， $k = 2$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_{33} = (0.9\text{dB} \sim 2.0) / 2 = 0.45\text{dB} \sim 1.0\text{dB}$$

假定以上标准不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_3 = \sqrt{u_{31}^2 + u_{32}^2 + u_{33}^2} : 0.5\text{dB} \sim 1.1\text{dB}$$

考虑 60dB 带宽测量时频宽为带宽的 5 倍，由此幅度对应水平频率转化（100dB 对应 span，span=5RBW，即 5/100）相对不确定度为：

$$u_3: (0.5 \sim 1.1) \times 5/100 = 0.025 \sim 0.06$$

4) 测量重复性引入的不确定度

在相对短的时间内，重复测量 10 次，测量重复性引入的不确定度分量按 A 类方法评定，数据见下表 8。

表C.8 带宽选择性重复性实验数据

测量次数	测量值	
	3Hz	20MHz
1	3.935	65.46
2	3.941	65.49
3	3.937	65.56
4	3.940	65.51
5	3.951	65.56
6	3.938	65.48
7	3.933	65.32
8	3.936	65.35
9	3.935	65.47
10	3.942	65.38
\bar{y}	3.9388	65.458
$S_n(y)$	0.01	0.1
$S_n(y)/\bar{y}$	0.01	0.01

由此引入的标准不确定度分量： $u_4: 0.01 \sim 0.1$ 。

C5.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量见下表 9。

表C.9 带宽选择性标准不确定度一览表

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
----	----	------	----	-----	--------

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
信号发生器频率稳定	u_1	B	均匀	$\sqrt{3}$	5.8E-8
光标水平分辨力	u_2	B	均匀	$\sqrt{3}$	1.5E-5~1.5E-3
光标幅度	u_3	B	正态	2	0.025~0.06
重复性	u_4	A	——	——	0.01~0.01

C5.5 合成标准不确定度评定

根据标准不确定度一览表，假定以上各不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_{60c} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} : 0.03 \sim 0.07$$

带宽选择性 $S = \frac{B_{60}}{B_3} = B_{60} B_3^{-1}$ ，所以 $u_r(S) = \sqrt{u_r^2(B_{60}) + u_r^2(B_3)}$ ，根据前面计算 $u_r(B_{60})$ ：0.03~0.07； $u_r(B_3)$ ：0.00047~0.0013

所以带宽选择性 u_c ：0.04~0.08

C5.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U = k u_c = 0.08 \sim 0.16$ ，则取 U ：0.1~0.2。

C.6 相对幅度测量不确定度评定

C6.1 测量模型

用信号发生器产生一个幅度稳定的恒定信号，这个信号的幅度的变化由标准衰减器定标，作为标准值送入频谱分析仪，被检频谱分析仪测量这个信号，得到的测量结果和标准值比较。

C6.2 不确定度的来源

不确定度来源主要有：标准衰减器引入的不确定度 u_1 ；标准衰减器连接不匹配引入的不确定度 u_2 ；被检仪器噪声引入的不确定度 u_3 ；

测量重复性引入的不确定度 u_4

C6.3 标准不确定度评定

1) 标准衰减器引入的不确定度

标准衰减器衰减量引入的不确定度按 B 类评定，由上级溯源证书知，标准衰减器的扩展不确定度（0.005dB~0.05dB）由此引入的不确定度分量：

$$u_1 = (0.005\text{dB} \sim 0.05\text{dB}) / 2 = 0.0025\text{dB} \sim 0.025\text{dB}$$

2) 标准衰减器连接不匹配引入的不确定度

标准衰减器和被测频谱分析仪相连接，当标准衰减器输出端反射系数 $|\Gamma_g| = 0.039$ （驻波比 1.08），被测频谱分析仪输入端的反射系数 $|\Gamma_L| = 0.039$ 时，失配引入的误差为：

$$\Delta A = 2 \times |\Gamma_g| |\Gamma_L| = 0.31\%$$

由失配引入的不确定度按 B 类方法评定（当频谱分析仪相对幅度计量以某一点为参考值给出相对幅度变化时，也可以不考虑衰减器与被检频谱分析仪失配引入的不确定度），服从反正弦分布， $k = \sqrt{2}$ ，引入的不确定度分量： $u_2 = 0.31\% / \sqrt{2} = 0.02\text{dB}$ ；

3) 噪声引入的不确定度

频谱仪在信号电平较高时（不小于 -80dBm）受噪声影响引入的不确定度较小，可以忽略不计，但是当信号电平较小时，噪声引入的不确定度影响需要考虑，根据经验，噪声引入的误差不超过 $\pm 0.3\text{dB}$ ，按均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的不确定度分量：

$$u_3 = 0.3\text{dB} / 1.732 = 0.173\text{dB}$$

4) 重复性测量引入的不确定度

被测频谱分析仪读数变化带来测量重复性，由此引入的不确定度分量按 A 类方法评定，选择功率信号 0dBm，衰减 10dB、衰减 80dB、衰减 101dB，连续测量 10 次，按贝塞尔公式计算实验标准偏差， $S_n(x)$ 即为重复性，如表 10 所示：

表C.10 相对幅度重复性测量数据分布表

测量次数	实测值 (dB)		实测值 (dB)
	10dB	80dB	101dB
1	10.02	79.96	100.79
2	10.02	79.98	100.81
3	10.03	79.89	100.85
4	10.02	79.88	100.88
5	10.02	79.92	100.75
6	10.02	79.95	100.71
7	10.02	79.96	100.89
8	10.03	79.87	100.75
9	10.03	79.85	100.92
10	10.02	79.88	100.96
均值	10.023	79.91	100.831
$S_n(x)$	0.0048	0.0458	0.09

由重复性测量引入的不确定度 $u_4 = S_n(x)$ ，根据测量结果计算引入不确定度 0.005dB~0.051dB。

C6.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量如表 11 所示。

表C.11 相对幅度不确定度分量一览表

不确定度来源	不确定度分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
标准衰减器	u_1	B	均匀	2	0.0025dB~0.025dB
失配	u_2	B	均匀	$\sqrt{2}$	0~0.02dB
噪声	u_3	B	均匀	$\sqrt{3}$	0~0.173dB

测量重复性	u_4	A			0.005dB, 0.0458dB, 0.09dB
-------	-------	---	--	--	---------------------------

C6.5 合成标准不确定度

假定以上各标准不确定度分量，独立不相关，则合成不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_4^2} = 0.006\text{dB} \text{ (最优)}$$

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_4^2} = 0.06\text{dB}$$

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.20\text{dB} \text{ (最差)}$$

C6.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U = ku_c = 0.02\text{dB} \sim 0.4\text{dB}$ 。

C.7 频率响应测量不确定度评定

C7.1 测量模型

频率响应测量首先由信号发生器提供信号，经由功分器分别输入到功率计（含传感器）和被检频谱分析仪，调节信号发生器的幅度使功率计显示功率值为标准值，被检频谱分析仪幅度读数为测量值。

C7.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：功率计引入的不确定度 u_1 ；功率敏感器校准因子引入的不确定度 u_2 ；功率敏感器线性引入的不确定度 u_3 ；功分器不平衡性引入的不确定度 u_4 ；测量重复性引入的不确定度 u_5 。

C7.3 标准不确定度评定

1) 功率计引入的不确定度

功率计引入不确定度按 B 类方法评定，根据功率计校准证书，给出不确定度 $U=0.5\%$ ， $k=2$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_1 = U/k = 0.5\%/2 = 0.25\% \quad (0.011\text{dB})$$

2) 功率敏感器校准因子引入的不确定度

功率敏感器校准因子引入不确定度按 B 类方法评定，根据功率敏感器校准证书，给出不确定度 $U: 1\% \sim 5\%$ (100kHz~50GHz)，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = U/k: (1\% \sim 5\%) / 2: 0.5\% \sim 2.5\% \quad (0.022\text{dB} \sim 0.11\text{dB})$$

3) 功率敏感器线性度引入的不确定度

功率敏感器线性度引入不确定度按 B 类方法评定，根据技术说明书 8487A 给出线性度技术指标： $\pm 3\%$ ，区间半宽度取 $a=3\%$ ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，当功率测量在线性度范围内时引入的标准不确定度分量：

$$u_3 = a/k = 3\%/\sqrt{3} = 1.73\% \quad (0.08\text{dB})$$

4) 功分器不平衡性引入的不确定度

功分器不平衡性引入不确定度按 B 类方法评定，根据上级证书给出不平衡性不确定度 $U=0.1\text{dB} \sim 0.2\text{dB}$ ， $k=2$ ，当需要使用功分器时引入的标准不确定度分量：

$$u_4 = U/k = (0.1\text{dB} \sim 0.2\text{dB}) / 2 = 0.05\text{dB} \sim 0.1\text{dB}$$

5) 测量重复性引入的不确定度

在相对短的时间内，重复测量 10 次，测量重复性引入的不确定度分量按 A 类方法评定，数据见下表 12。

表C.12 频响重复性实验数据

测量次数	测量值 (dBm)		
	10MHz	10GHz	50GHz
1	-10.12	-11.66	-12.21
2	-10.13	-11.65	-12.12
3	-10.12	-11.63	-12.32
4	-10.12	-11.61	-12.22
5	-10.12	-11.63	-12.32
6	-10.11	-11.60	-12.35
7	-10.12	-11.59	-12.16
8	-10.11	-11.57	-12.28
9	-10.13	-11.65	-12.19
10	-10.11	-11.63	-12.31
\bar{y}	-10.119	-11.622	-12.25
$S_n(y)$	0.007	0.029	0.08

由此引入的标准不确定度分量： u_5 ：0.01dB~0.08dB

C7.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量见下表 13。

表C.13 频响标准不确定度一览表

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
功率计	u_1	B	正态	2	0.011dB
敏感器校准因子	u_2	B	正态	2	0.022dB~0.11dB
敏感器线性度	u_3	B	均匀	$\sqrt{3}$	0dB~0.08dB
功分器	u_4	B	正态	2	0.05dB~0.1dB
重复性	u_5	A	—	—	0.01dB, 0.03dB, 0.08dB

C7.5 合成标准不确定度评定

根据标准不确定度一览表，假定以上各不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_5^2} = 0.03\text{dB} \text{ (最优)}, \quad u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.19\text{dB} \text{ (最差)}$$

C7.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U = ku_c = 0.06\text{dB} \sim 0.4\text{dB}$ ，则 U : $0.06\text{dB} \sim 0.4\text{dB}$

C.8 分辨率带宽转换测量不确定度评定

C8.1 测量模型

信号发生器输出直接被检频谱分析仪射频输入，改变频谱分析仪带宽，测量相对参考带宽的幅度差值即为带宽转换测量值。

C8.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：信号发生器幅度稳定度引入的不确定度 u_1 ；频谱分析仪刻度线性度引入的不确定度 u_2 ，测量重复性引入的不确定度 u_3 。

C8.3 标准不确定度评定

1) 信号发生器幅度稳定度引入的不确定度

信号发生器幅度稳定度引入的不确定度按 B 类方法评定，根据信号发生器幅度稳定度 $0.005\text{dB} \sim 0.01\text{dB}$ ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_1 = a/k = 0.0029\text{dB} \sim 0.0058\text{dB}$$

2) 频谱分析仪刻度线性度引入的不确定度

刻度线性度引入的不确定度按 B 类方法评定，根据刻度线性度 $0.02\text{dB} \sim 0.03\text{dB}$ ， $k = 2$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_2 = 0.01\text{dB} \sim 0.015\text{dB}$$

3) 测量重复性引入的不确定度

选择带宽 1Hz 和 20MHz 在相对短的时间内，重复测量 10 次，测量重复性引入的不确定度分量按 A 类方法评定，数据见下表 14。

表C.14 分辨率带宽转换重复性实验数据

测量次数	测量值 (dB)	
	1Hz	20MHz
1	0.006	0.19
2	0.005	0.25
3	0.007	0.27
4	0.007	0.23
5	0.006	0.18
6	0.005	0.21
7	0.006	0.26
8	0.007	0.27
9	0.006	0.28
10	0.007	0.31
\bar{y}	0.006	0.19
$S_n(y)$	0.001	0.05

由此引入的标准不确定度分量： u_3 : 0.001dB~0.05dB

C8.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量见下表 15。

表C.15 分辨率带宽标准不确定度一览表

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
信号发生器幅度	u_1	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.0029dB~0.0058dB
刻度线性	u_2	B	正态	2	0.01dB~0.015dB
重复性	u_3	A	—	—	0.001dB~0.05dB

C8.5 合成标准不确定度评定

根据标准不确定度一览表，假定以上各不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} : 0.01\text{dB} \sim 0.06\text{dB}$$

C8.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U = ku_c = 0.02\text{dB} \sim 0.12\text{dB}$ ，则取 $U: 0.02\text{dB} \sim 0.2\text{dB}$

C.9 频谱纯度测量不确定度评定

C9.1 测量模型

用信号源输出信号经过直接（或谐波时经过滤波器），输入被校频谱分析仪，直接测量其谐波失真量。

C9.2 不确定度的来源

不确定度来源主要有：频谱分析仪刻度引入的不确定度 u_1 ；噪声引入的不确定度 u_2 ；频率响应引入的不确定度 u_3 ；低通滤波器的插损引入的不确定度 u_4 ；测量重复性引入的不确定度 u_5 。

C9.3 标准不确定度评定

1) 频谱分析仪刻度引入的不确定度

频谱分析仪刻度引入的不确定度按 B 类评定，根据频谱分析仪刻度不确定度 $0.2\text{dB} \sim 0.3\text{dB}$ ， $k=2$ ，由此引入的标准不确定度分量

$$u_1 = (0.2\text{dB} \sim 0.3\text{dB}) / 2 = 0.1\text{dB} \sim 0.15\text{dB}$$

2) 噪声引入的不确定度

频谱分析仪测量频谱纯度时在谐波幅度较低时，噪声引入的不确定度直接影响，噪声引入的不确定度 1.0dB ， $k=2$ ，由此引入的标准不确定度分量

$$u_2 = 1.0\text{dB} / 2 = 0.5\text{dB}$$

3) 频率响应引入的不确定度

频谱分析仪频率较大时，即谐波与基波频差较大，频率响应引入的不确定度，根据频谱分析仪频响不确定度 0.2dB~0.3dB， $k=2$ ，由此引入的标准不确定度分量

$$u_3=0.1\text{dB}\sim 0.15\text{dB}$$

4) 低通滤波器的插损引入的不确定度

当需要使用低通滤波器时，低通滤波器的插入损耗引入的不确定度按 B 类评定，低通滤波器带外抑制引入不确定度 0.2dB~1.0dB， $k=2$ ，由此引入的标准不确定度分量

$$u_4=0.1\text{dB}\sim 0.5\text{dB}$$

5) 重复性测量引入的不确定度

被测设备读数变化带来测量重复性，由此引入的不确定度分量按 A 类方法评定，连续测量 10 次，按贝塞尔公式计算实验标准偏差， $S_n(x)$ 即为重复性，如表 16 所示：

表C.16 频谱纯度重复性测量数据分布表

测量次数	实测值 (dBc)	
	1MHz	10GHz
1	-70.2	-72.1
2	-70.3	-72.1
3	-70.3	-72.2
4	-70.4	-72.4
5	-70.2	-72.3
6	-70.3	-72.4
7	-70.5	-72.1
8	-70.1	-72.2
9	-70.2	-72.1

测量次数	实测值 (dBc)	
	1MHz	10GHz
10	-70.3	-72.3
均值	-70.3	-72.22
$S_n(x)$	0.12	0.12

由重复性测量引入的不确定度 $u_5 = S_n(x)$ ，根据测量结果计算引入不确定度 0.12dB。

C9.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量如表 17 所示。

表C.17 频谱纯度不确定度分量一览表

不确定度来源	不确定度分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
刻度	u_1	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.1dB~0.15dB
噪声	u_2	B	正态	2	0dB~0.5dB
频响	u_3	B	正态	2	0.1dB~0.15dB
低通插损	u_4	B	正态	2	0.1dB~0.5dB
测量重复性	u_5	A			0.12dB

C9.5 合成标准不确定度

假定以上各标准不确定度分量，独立不相关，则合成不确定度为：

$$u_c(y) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} : 0.22\text{dB} \sim 0.75\text{dB}$$

C9.6 扩展不确定度

取置信因子 $k=2$ ，扩展不确定度为： $U = ku_c = 0.44\text{dB} \sim 1.5\text{dB}$ ，则取 $U = 0.5\text{dB} \sim 1.5\text{dB}$ 。

C.10 平均噪声电平不确定度评定

C10.1 测量方法

频谱分析仪输入端连接 50 欧姆负载，设置衰减器为 0dB，设置合适的频率范围、带宽等，测量噪声值。

C10.2 不确定度来源

不确定度来源主要有：参考电平引入的不确定度 u_1 ；刻度线性引入的不确定度 u_2 ，带宽转换引入的不确定度 u_3 ，重复性引入的不确定度 u_4 。

C10.3 标准不确定度评定

1) 参考电平引入的不确定度

参考电平引入的不确定度按 B 类方法评定，根据频谱分析仪参考电平（-50dBm~-90dBm）的不确定度 0.2dB~0.4dB， $k=2$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_1=0.1\text{dB}\sim 0.2\text{dB}$$

2) 刻度引入的不确定度

刻度引入的不确定度按 B 类方法评定，根据频谱分析仪刻度的指标 0.2dB~0.5dB，按均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_2=0.12\text{dB}\sim 0.29\text{dB}$$

3) 带宽转换引入的不确定度

带宽转换引入的不确定度按 B 类方法评定，根据频谱分析仪带宽转换的指标 0.2dB，按均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ ，由此引入的标准不确定度分量：

$$u_3=0.12\text{dB}$$

4) 测量重复性引入的不确定度

在相对短的时间内，重复测量 10 次，测量重复性引入的不确定度分量按 A 类方法评定，数据见下表 18。

表C.18 平均噪声电平重复性实验数据

测量次数	测量值 (dBm/Hz)		
	1MHz	50GHz	85GHz
1	-153.5	-132.3	-123.6
2	-153.2	-133.2	-122.5
3	-153.1	-132.3	-122.9
4	-153.7	-133.7	-123.1
5	-153.3	-132.1	-123.5
6	-152.9	-133.5	-123.8
7	-152.8	-132.6	-122.5
8	-152.7	-131.9	-123.9
9	-152.6	-133.3	-122.6
10	-153.2	-132.5	-121.9
\bar{y}	-153.10	-132.74	-123.03
$S_n(y)$	0.35	0.63	0.67

由此引入的标准不确定度分量： u_4 ：0.35dB~0.7dB

C10.4 标准不确定度一览表

各标准不确定度分量见下表 19。

表C.19 平均噪声电平标准不确定度一览表

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
参考电平	u_1	B	正态	2	0.2dB~0.1dB
刻度	u_2	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.12dB~0.29dB

来源	分量	评定方法	分布	k 值	标准不确定度
带宽转换	u_3	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.12dB
重复性	u_4	A	—	—	0.35dB~0.7dB

C10.5 合成标准不确定度评定

根据标准不确定度一览表，假定以上各不确定度分量相互独立，互不相关，合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} : 0.44\text{dB} \sim 0.80\text{dB}$$

C10.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为 $U = ku_c = 0.88\text{dB} \sim 1.6\text{dB}$ ，则取 U ：0.9dB~2.0dB。

