

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 4046—2017

民用机场与地面航空无线电台（站） 电磁环境测试规范

Standards for testing of electromagnetic environment of civilian airport and
aeronautical radio ground stations

2017 - 06 - 06 发布

2017 - 09 - 01 实施

中国民用航空局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	1
5 测试频段	2
6 测试地点	3
7 测试报告	5
附录 A（规范性附录） 最大允许干扰场强或功率	6
附录 B（规范性附录） 地面航空无线电台（站）对应的无线电测试频段	7
附录 C（资料性附录） 相关计算公式	8
附录 D（资料性附录） 测试报告模板及编写说明	12

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由中国民用航空局空管行业管理办公室提出并负责解释。

本标准由中国民用航空局航空器适航审定司批准立项。

本标准由中国民航科学技术研究院归口。

本标准起草单位：中国民用航空局空管行业管理办公室、民航数据通信有限责任公司、北京航空航天大学。

本标准主要起草人：万美贞、田进军、刘瑞、王静、赵亮。

民用机场与地面航空无线电台（站）电磁环境测试规范

1 范围

本标准规定了民用机场与地面航空无线电台（站）电磁环境测试基本要求、测试频段、测试地点及测试报告的要求。

本标准适用于对民用机场与地面航空无线电台（站）电磁环境的测试与评估。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《ITU频谱监测手册》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

最大允许干扰场强 **maximum permitted interference field strength**

为保证无线电台（站）正常工作，折算到天线口面处可允许的最大干扰信号场强。

3.2

最大允许干扰功率 **maximum permitted interference power**

为保证无线电台（站）正常工作，折算到天线口面处（即各向同性天线接收的）可允许的最大干扰信号功率。

3.3

测试系统灵敏度 **the sensitivity of the testing system**

测试系统接收机输出信噪比为3 dB时，系统接收天线口面处能够测量到的最小信号场强或功率。

3.4

无线电台（站）址 **the location of the radio station**

以WGS-84坐标表示的无线电台（站）天线所在的地理位置。

4 基本要求

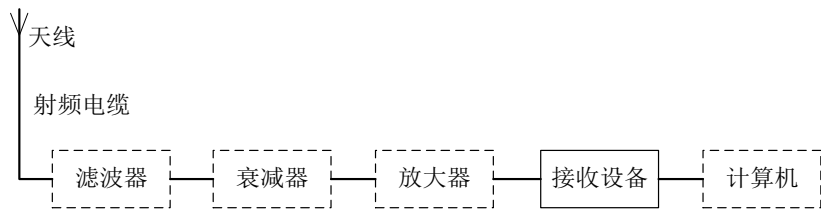
4.1 测试时间

4.1.1 对同一频段的测试至少应包含 7:00~19:00 时段，前后两次测试之间的间隔应不大于 2 h。

4.1.2 应避开广播和电视信号发射设备等大功率发射设备的检修时段。

4.2 测试系统

4.2.1 测试系统主要由天线、射频电缆、接收设备（测量接收机或频谱分析仪等）及计算机、滤波器、衰减器、放大器等辅助设备组成。系统连接如图 1 所示。系统连接应安全可靠，设备放置稳定牢固，按要求接地，电源正确连接。



注：虚线框内设备根据测试需要选用。

图1 测试系统连接示意图

4.2.2 应符合《ITU 频谱监测手册》要求，并在计量检定(校准)有效期内。

4.2.3 测试系统灵敏度应至少优于被测试频段的最大允许干扰场强（或功率）6 dB 以上。

4.3 检波方式

4.3.1 拟测频段对应的地面航空无线电台（站）为脉冲工作方式的，应采用峰值或准峰值检波方式对拟测频段进行测量。

4.3.2 拟测频段对应的地面航空无线电台（站）为连续波工作方式的，应采用均方根或平均值检波方式对拟测频段进行测量。

4.4 测试天线

4.4.1 测试天线的极化方式应与地面航空无线电台（站）实际工作的天线极化方式一致。

4.4.2 测试天线的工作频段应完全包含地面航空无线电台（站）所对应的无线电频段。

4.5 中频带宽或分辨率带宽

4.5.1 当使用测量接收机时，测试采用的中频带宽宜不小于附录 A 中所列基准带宽。

4.5.2 当使用频谱分析仪时，测试采用的分辨率带宽宜小于附录 A 中所列基准带宽的 1/2。

4.5.3 测试结果应换算到基准带宽。

5 测试频段

5.1 新建（迁建）民用机场，应至少测试以下地面航空无线电台（站）对应的无线电频段：

——通信电台：甚高频电台；

——导航台：航向信标台、下滑信标台、全向信标台、测距仪台；

——监视系统：二次雷达或广播式自动相关监视系统。

除上述地面航空无线电台（站）以外，拟建其他地面航空无线电台（站）的，应测试其对应的无线电频段。

5.2 改建（扩建）民用机场，应至少测试拟建、拟变更无线电台（站）址的地面航空无线电台（站）对应的无线电频段。

5.3 新建、变更无线电台（站）址的地面航空无线电台（站）应测试其对应的无线电频段。

5.4 地面航空无线电台（站）对应的测试频段见附录 B。

6 测试地点

6.1 新建（迁建）、改建（扩建）民用机场

6.1.1 通信频段

6.1.1.1 新建（迁建）民用机场，应视情况在塔台或航管楼拟选址处进行测试。

6.1.1.2 改建（扩建）民用机场，应在拟建、拟变更地面航空无线电台（站）接收天线址处进行测试。

6.1.2 导航频段

6.1.2.1 单条单向跑道

在跑道中心延长线上，在距着陆端6 000 m~8 000 m之间任意一点（最佳距离7 000 m）进行测试（见图2）。

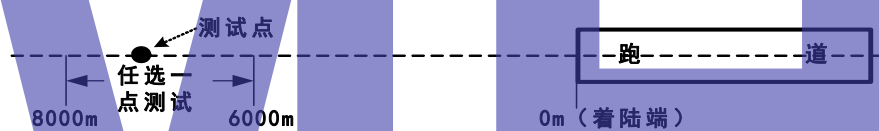


图2 单条单向跑道

6.1.2.2 单条双向跑道

在跑道两边中心延长线上，分别在距最近的着陆端6 000 m~8 000 m之间任意一点（最佳距离7 000 m）进行测试（见图3）。

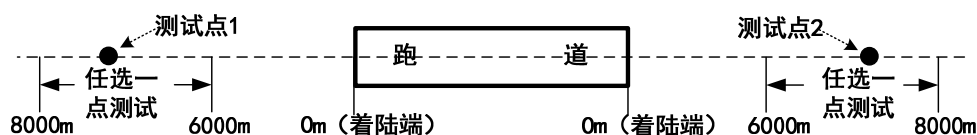


图3 单条双向跑道

6.1.2.3 两条平行双向跑道

在任意一条跑道上，按单条双向跑道选择地点进行测试（见图4）。

6.1.2.4 多条平行双向跑道

在中间任意一条跑道上，按单条双向跑道选择地点进行测试（见图5）。

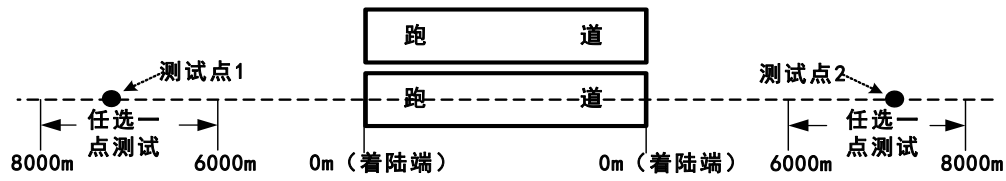


图4 两条平行双向跑道

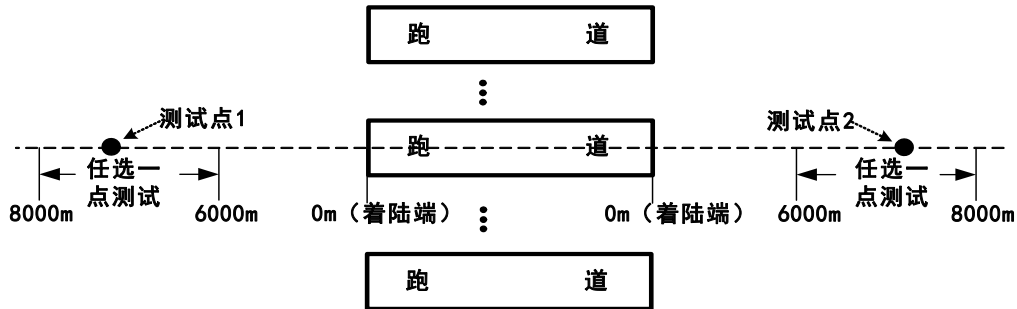


图5 多条平行双向跑道

6.1.2.5 两条或多条交叉双向跑道

在两条或多条不同方向的跑道上，每个方向选择一条跑道，按单条双向跑道选择地点进行测试（见图6）。

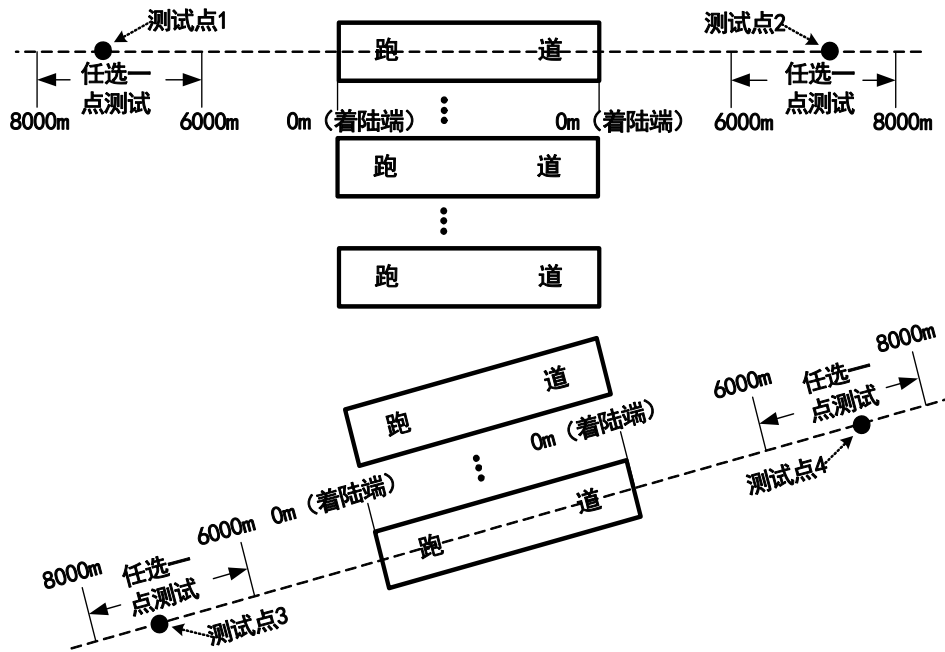


图6 两条或多条交叉双向跑道

6.1.3 监视等其他频段

6.1.3.1 在拟建、拟变更地面航空无线电台（站）接收天线址处进行测试。

6.1.3.2 在机场围界范围内,若拟建同一工作频率的多个航空无线电地面台(站),应根据台(站)布局情况选取 2~3 个点进行测试。

6.2 新建、变更无线电台（站）址的地面航空无线电台（站）

6.2.1 通信、监视频段,在地面航空无线电台（站）接收天线址处进行测试。

6.2.2 机场配套建设的导航台（站）参照 6.1.2 选择测试地点,航路(线)导航台（站）在台址处进行测试。

6.3 特殊情况下的测试地点

若6.1和6.2所述各测试点不具备测试条件或不能完全反映电磁环境的真实情况,可考虑在测试点附近地势较高的空旷处进行测试。

7 测试报告

7.1 应有编制人、审核人及批准人签字,并加盖测试单位印章或测试专用印章。

7.2 应列出必要的测试系统参数。

7.3 应明确测试报告的出具时间,测试报告有效期为 1 年。

7.4 测试结果分析与结论应满足以下要求:

- 根据测试目的,给出明确的测试结论及建议;
- 测试结果图表应标注规范、单位统一;
- 最大允许干扰场强(或功率)测试频谱图应包含“参考电平”、“中频带宽(或分辨率带宽)”、“频率范围”等信息;显示的信号场强或功率单位统一为“分贝微伏每米($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)”或“分贝毫瓦(dBm)”;
- 最大允许干扰场强或功率要求见附录 A;
- 对测试结果的计算分析依据参见附录 C。

7.5 报告编写格式参见附录 D 所示模板,或者按照测试单位经过电磁环境测试资质认证的报告格式提供附录 D 模板中包含的各项内容。

附 录 A
(规范性附录)
最大允许干扰场强或功率

民用机场与地面航空无线电台(站)的最大允许干扰场强或功率见表A. 1。

表A. 1 最大允许干扰场强或功率表

台 (站) 类 别		最大允许干扰场强或功率	基准带宽
通信	高频	20 dB μ V/m	3 kHz
	甚高频	9 dB μ V/m	6 kHz
导航	无方向信标	22 dB μ V/m (北纬 30° 以北)	3 kHz
		27 dB μ V/m (北纬 30° 以南)	
	指点信标	41 dB μ V/m	3 kHz
	航向信标	12 dB μ V/m	3 kHz
	下滑信标	32 dB μ V/m	3 kHz
	全向信标	19 dB μ V/m	20 kHz
	测距仪	49 dB μ V/m	500 kHz
监视	二次雷达	-95 dBm (1 087 MHz~1 093 MHz)	1 MHz
		-81 dBm (1 029 MHz~1 031 MHz)	1 MHz
	广播式自动相关监视系统	-95 dBm	1 MHz

附 录 B

(规范性附录)

地面航空无线电台(站)对应的无线电测试频段

地面航空无线电台(站)对应的无线电测试频段见表B.1。

表B.1 地面航空无线电台(站)对应的无线电测试频段表

台(站)类别		测试频段 ^a	台(站)工作方式	测试天线极化方式
通信	高频	2.8 MHz~22 MHz	连续波	垂直
	甚高频	117.975 MHz~137 MHz	连续波	垂直
导航	无方向信标	190 kHz~1 750 kHz	连续波	垂直
	指点信标	74.8 MHz~75.2 MHz	连续波	水平
	航向信标	108 MHz~111.975 MHz	连续波	水平
	下滑信标	328.6 MHz~335.4 MHz	连续波	水平
	全向信标	108 MHz~117.975 MHz	连续波	水平
	测距仪	960 MHz~1 215 MHz	脉冲	垂直
监视	二次雷达	1 029 MHz~1 031 MHz 1 087 MHz~1 093 MHz	脉冲	垂直
	广播式自动相关监视系统	1 089 MHz~1 091 MHz	脉冲	垂直

^a 实际测试的频率范围应至少包含本表所列频率范围。

附 录 C
(资料性附录)
相关计算公式¹⁾

C.1 负载端功率

负载端功率与电压按公式 (C.1) 进行换算:

$$P = U - 107 \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

P ——负载端功率, 单位为分贝毫瓦 (dBm);

U ——负载端电压, 单位为分贝微伏 (dB μ V)。

C.2 天线系数 (天线因子)

天线系数 (天线因子) 按公式 (C.2) 进行计算:

$$AF = 20\log(f) - G_A - 29.78 \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

AF ——天线系数 (天线因子), 单位为分贝每米 (dB/m);

f ——天线的工作频率, 单位为兆赫兹 (MHz);

G_A ——天线增益, 单位为分贝 (dB)。

C.3 天线口面处信号场强

天线口面处信号场强与天线负载端电压按照公式 (C.3) 进行换算:

$$E = U + AF \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

E ——天线口面处信号场强, 单位为分贝微伏每米 (dB μ V/m);

U ——天线负载端电压, 单位为分贝微伏 (dB μ V);

AF ——天线系数 (天线因子), 单位为分贝每米 (dB/m)。

C.4 带宽因子

当测试系统中频带宽 (或分辨率带宽) B 与附录A中所列基准带宽 B_s 不一致时, 应按公式 (C.4) 计算带宽因子, 将测试结果换算为基准带宽下进行分析比较。

$$K = 10\log\left(\frac{B_s}{B_r}\right) \dots\dots\dots (C.4)$$

1) 本附录给出的计算公式均为50 Ω 负载下的结果。

式中：

K ——带宽因子，单位为分贝（dB）；

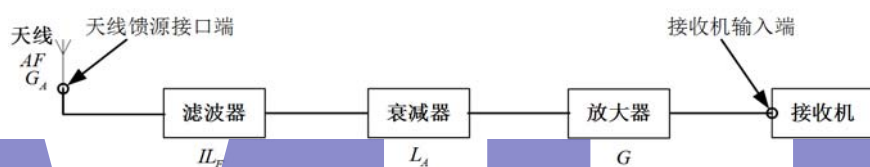
B_s ——测试频段对应的基准带宽，单位为千赫兹（kHz）；

B_f ——测试系统中频带宽（或分辨率带宽），单位为千赫兹（kHz）。

C.5 测试结果相关参数的计算

C.5.1 测试系统模型

本附录采用图C.1所示的测试系统连接进行建模计算。如果实际的测试系统未使用相关设备，则在计算中可不考虑。



图C.1 测试系统连接图

C.5.2 射频通道增益

射频通道增益为测试接收机输入端相对测试天线馈源接口端的增益，按公式（C.5）计算：

$$G_p = G - L_A - IL_F - L_w \dots\dots\dots (C.5)$$

式中：

G_p ——射频通道增益，单位为分贝（dB）；

G ——放大器的增益，单位为分贝（dB）；

L_A ——衰减器的衰减，单位为分贝（dB）；

IL_F ——滤波器的插入损耗，单位为分贝（dB）；

L_w ——系统连接电缆（包含接头）的总体损耗，单位为分贝（dB）。

C.5.3 测试系统灵敏度的计算

系统灵敏度以附录A中所列基准带宽进行计算。

若在中频带宽（或分辨率带宽）为 B_f 时，测量接收机（或频谱分析仪）接匹配负载（50 Ω ）测得的本底噪声功率值为 P_{Nf} ，则测量接收机（或频谱分析仪）在基准带宽 B_s 下的灵敏度 P_{Rmin} 按公式（C.6）计算：

$$P_{Rmin} = P_{Nf} + 3 + K \dots\dots\dots (C.6)$$

式中：

P_{Rmin} ——测量接收机（或频谱分析仪）灵敏度，单位为分贝毫瓦（dBm）；

P_{Nf} ——测量接收机（或频谱分析仪）本底噪声功率，单位为分贝毫瓦（dBm）；

K ——带宽因子，单位为分贝（dB）。

测试系统在基准带宽 B_s 下的灵敏度按公式（C.7）或者（C.8）计算：

$$E_{S\min} = P_{R\min} - G_P + AF + 107 \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

$E_{S\min}$ ——测试系统灵敏度, 单位为分贝微伏每米 (dBμV/m);

$P_{R\min}$ ——测量接收机 (或频谱分析仪) 灵敏度, 单位为分贝毫瓦 (dBm);

G_P ——射频通道增益, 单位为分贝 (dB);

AF ——测试天线系数 (天线因子), 单位为分贝每米 (dB/m)。

$$P_{S\min} = P_{R\min} - G_P - G_A \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

$P_{S\min}$ ——测试系统灵敏度, 单位为分贝毫瓦 (dBm);

$P_{R\min}$ ——测量接收机 (或频谱分析仪) 灵敏度, 单位为分贝毫瓦 (dBm);

G_P ——射频通道增益, 单位为分贝 (dB);

G_A ——测试天线增益, 单位为分贝 (dB)。

C.5.4 测量结果读数换算

测量结果读数应按公式 (C.9) 或者 (C.10) 或者 (C.11) 进行换算:

$$E_I = P_T - G_P + AF + 107 + K \dots\dots\dots (C.9)$$

式中:

E_I ——测试天线口面处的场强, 单位为分贝微伏每米 (dBμV/m);

P_T ——使用频谱仪或其它接收机测试时的读数, 单位为分贝毫瓦 (dBm);

G_P ——射频通道增益, 单位为分贝 (dB);

AF ——测试天线系数 (天线因子), 单位为分贝每米 (dB/m);

K ——带宽因子, 单位为分贝 (dB)。

或者

$$P_I = P_T - G_P - G_A + K \dots\dots\dots (C.10)$$

式中:

P_I ——测试天线口面处 (即各向同性天线接收) 的功率, 单位为分贝毫瓦 (dBm);

P_T ——使用频谱仪或其它接收机测试时的读数, 单位为分贝毫瓦 (dBm);

G_P ——射频通道增益, 单位为分贝 (dB);

G_A ——测试天线增益, 单位为分贝 (dBi);

K ——带宽因子, 单位为分贝 (dB)。

或者

$$E_I = E_T - G_P + K \dots\dots\dots (C.11)$$

式中:

E_I ——测试天线口面处的场强, 单位为分贝微伏每米 (dBμV/m);

E_T ——使用测量接收机测试时的读数 (且读数未计入射频通道增益), 单位为分贝微伏每米 (dBμV/m);

G_r ——射频通道增益，单位为分贝（dB）；
 K ——带宽因子，单位为分贝（dB）。

MH

附 录 D
(资料性附录)
测试报告模板及编写说明

报告编号: _____

(机场名称或台(站)名称)
电 磁 环 境 测 试 报 告

编制人: _____

审核人: _____

批准人: _____

测试单位: (盖章) _____

报告日期: 年 月 日

说 明

- 1、本报告无测试单位印章或测试专用章无效。
- 2、本报告涂改无效。
- 4、本报告自出具之日起一年内有效。
- 5、测试单位通信地址： _____
 邮政编码： _____ 联系人： _____
 联系电话： _____ 传真号码： _____
- 6、本报告一式共 _____份。委托单位 _____份，测试单位 _____份。

委托单位			
测试目的 及任务			
机场或台（站） 地理位置			
测试时间			
天气状况			
测试人员			
测 试 设 备 情 况			
名称	型号	主 要 技 术 参 数	计量检定 有效截止期

测 试 地 点 示 意 图					
测 试 系 统 连 接 框 图					
测 试 系 统 参 数					
测试频段	天线增益 (dB)	天线因子 (dB/m)	射频通道增益 (dB)	分辨率带宽 或中频带宽 (kHz)	系统灵敏度

分 析 及 结 论

测试频谱图（共____幅）

附图：

МН

《电磁环境测试报告》编写说明

一、报告编号

测试单位统一编定的唯一编号。

二、机场名称或台（站）名称

民用机场或地面航空无线电台（站）全称。

三、委托单位

委托单位的全称。

四、测试目的及任务

说明本报告测试的目的以及需要测试的无线电频段。

五、机场或台（站）地理位置

民用机场或地面航空无线电台（站）的详细地理位置及坐标。坐标应采用WGS-84坐标。

六、测试时间

按“××××年××月××日××时至××××年××月××日××时”格式填写测试的起始和终止时间。

七、天气状况

测试时段的天气状况。如，晴、多云、阴、雾、雨、雪，风，温度，湿度，大气压等。

八、测试设备情况

“名称”、“型号”、“计量检定有效截止期”按实际情况填写。

“主要技术参数”按以下要求进行填写：

1. 天线：至少说明频率范围、天线因子（天线系数）或天线增益。
2. 接收设备：至少说明频率范围、接收机灵敏度。
3. 放大器：至少说明频率范围、增益、噪声系数或噪声温度。
4. 衰减器：至少说明频率范围、衰减值。
5. 滤波器：至少说明通带范围、插入损耗。
6. 电缆及其他设备：填写与计算测试结果有关的技术参数。如：损耗。

九、测试地点示意图

应标明正北方向及各测试点相对机场或跑道的的位置。

十、测试系统连接框图

若使用不同设备测试多个频段，应分别绘制系统连接图，并说明该连接图对应的测试频段。

十一、测试系统参数

1. 天线增益和天线因子（天线系数）只需选填其中一项。
2. 射频通道增益，是指从测试天线馈源接口端到测试接收机输入端的信号增益。参考附录C进行计算。
3. 系统灵敏度，是指按照附录A中所列基准带宽下的灵敏度。参考附录C进行计算。

十二、测试结果

1. 每一页为一个测试点的测试结果。有多个测试点的，应按照测试点不同在多张续页表中分别给出测试结果；同一测试点测试多个频段的，在一页内分别给出各个频段的测试结果信息。
2. 频谱图编号应与所附频谱图图号一致。

十三、分析及结论

根据每个测试频段在每个测试点的测试结果进行综合评判并给出结论：

1. 测试系统在每个测试频段的灵敏度。
2. 每个测试频段实际背景噪声值（以背景噪声最差的频谱图作为依据）是否总体超标的明确结论以及基本计算过程。
3. 对于测试结果中超出背景噪声值6 dB及以上的信号，应至少给出其频率、带宽及幅度等，并对其来源进行初步分析，如：为广播电视信号、ISM设备信号、互调信号等。信号数量较多的可以单独附表。
4. 根据测试结果，给出明确的测试结论及建议。

十四、测试频谱图

频谱图下方应标明图号和图题。图号从1开始按照顺序排列，如：图1，图2，……。图题按照“测试地点 起始频率-终止频率”格式命名，如：测试地点 1 117.975 MHz-137 MHz。

示例：

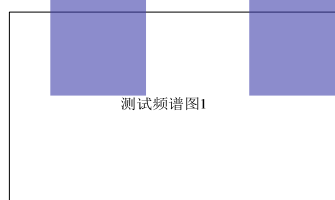


图1 测试地点 1 117.975 MHz-137 MHz