

中华人民共和国通信行业标准

YD/T 3282—2017

HF 移动无线电监测测向系统开场测试参数 和测试方法

**Test parameters and test methods for HF band mobile radio
monitoring and direction finding system in OATS**

2017-11-07 发布

2018-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语、定义和缩略语.....	1
3.1 术语和定义.....	1
3.2 缩略语.....	2
4 测试条件.....	3
4.1 工作频率.....	3
4.2 测试环境要求.....	3
4.3 测试场地要求.....	3
4.4 测试设备要求.....	3
5 测试设置.....	3
5.1 测试频率选择.....	3
5.2 测试方位间隔选择.....	4
5.3 被测系统状态.....	4
6 测试方法.....	4
6.1 地波测向精度.....	4
6.2 监测灵敏度.....	6
6.3 测向灵敏度.....	8
6.4 频率准确度.....	9
6.5 监测最小信号时长.....	10
6.6 测向最小信号时长.....	11
6.7 带内抗扰度.....	12
6.8 互调抑制制度.....	12
附录 A（资料性附录）电平值与场强值转换关系.....	13
参考文献.....	14

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国通信标准化协会提出并归口。

本标准起草单位：国家无线电监测中心、国家无线电监测中心检测中心。

本标准主要起草人：万 峻、陈 良、刘新浩、陈嘉庆、王敬焘、董斐斐、颜学彦、赵 越、刘 巍、曲晟明、刘恩亚、王 刚、祁 悦、张永贵、李泽亮、单亮亮、赵甫胤。

HF 移动无线电监测测向系统开场测试参数和测试方法

1 范围

本标准规定了对 HF 移动无线电监测测向系统性能参数进行开场测试的方法包括开场测试条件、进行开场测试系统性能参数以及各项性能测试方法等，测试的性能参数包括地波测向精度、监测灵敏度、测向灵敏度、频率准确度、监测最小信号时长、测向最小信号时长、互调抑制制度等。

本标准适用于 HF 频段内的比幅、相关干涉等体制的无线电监测测向系统，包括移动监测测向系统、可搬移监测测向系统；本标准不适用于 HF 频段固定监测测向系统的开场测试。

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。

GB 13614—2012 短波无线电收信台（站）及测向台（站）电磁环境要求

YD/T 2675—2013 VHF/UHF 无线电监测测向系统开场测试参数和测试方法

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件：

3.1.1

开阔场 open area test site

平坦、空旷、电导率均匀良好、无任何反射物的试验场地。

3.1.2

地波测向精度 direction finding accuracy of ground-wave

系统所测得的地波信号来波示向度与已知信号源的真实方位之间的角度偏差（均方根值）。

3.1.3

方位波动角度 azimuth angle fluctuation

系统所测得的示向度偏离与已知信号源的真实方位的幅度。

3.1.4

监测灵敏度 monitoring sensitivity

系统测量已知信号源的地波信号时，在一定信噪比条件下所需的最小开场信号场强。

3.1.5

测向灵敏度 direction finding sensitivity

系统测量已知信号源的地波信号时，在给定的方位波动角度条件下所需的最小开场信号场强。

3.1.6

频率准确度 frequency accuracy

系统测量的信号频率值与该信号实际频率值之差的相对值。

3.1.7

监测最小信号时长 minimum signal duration of monitoring

系统在给定的信噪比条件下，能够对目标信号正确捕获的最短存在时间。

3.1.8

测向最小信号时长 minimum signal duration of direction finding

系统在给定的测向质量精度和方位波动角度条件下，能够对目标信号正确测向所需要的最短存在时间。

3.1.9

带内抗扰度 in-band immunity

在同信道内有干扰信号的情况下，测向系统对主信号保持一定测向精度的能力。

3.1.10

互调抑制制度 intermodulation suppression

当接收多个较大信号时，测向系统带内抑制其非线性原因产生互调信号的能力。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGC	自动增益控制	Automatic Gain Control
HF	高频	High Frequency
OATS	开阔场	Open Area Test Site

4 测试条件

4.1 工作频率

HF 频段无线电监测接收机工作频率：3MHz～30MHz。

4.2 测试环境要求

测试时场地天气应符合被测系统对工作环境的要求：

- 环境温度：-10℃～45℃；
- 环境湿度：10%～80%；
- 大气压强：86kPa～106kPa。

4.3 测试场地要求

测试场地应符合如下要求：

- a) 地面平坦开阔，远离高压线、河流、厂房、高大障碍物、强辐射源，且应符合 GB 13614-2012 中对短波无线电收信台（站）及测向台（站）电磁环境的保护要求；
- b) 测试场地的短波频段环境噪声应优于实际工作地点；
- c) 场地大小至少需要 $20\lambda \times 10\lambda$ （ λ 指被测系统最低测试频率的波长）。

4.4 测试设备要求

测试设备应符合如下要求：

- a) 所使用的测试设备和仪器仪表的频率范围、功率容量、输出功率、信号类型等应满足被测系统的要求；
- b) 若需使用功率放大器，在保证频率范围满足被测系统的要求外，放大器的增益应不低于 30dB，增益平坦度应不大于 2dB；
- c) 测试天线极化方式与被测系统天线极化方式一致，架设高度与被测系统相当；
- d) 所使用的测试设备和仪器仪表均应取得计量合格证书，并在有效期内使用；
- e) 测试前，应将测试设备充分预热；
- f) 测试设备和仪器仪表应具有足够的精度和稳定度，要求如下：
 - 定位系统定位或定位设备精度优于 3m；
 - 转台和转台位置指示器的测量误差不大于 0.2°；
 - 测试仪器仪表的测量误差频率测量误差要优于被测系统允许误差 1 个数量级，场强测量误差要优于被测系统允许误差的 1/3。

5 测试设置

5.1 测试频率选择

在 3MHz～30MHz 范围内，根据表 1 选择测试频率，选择频率应：

- a) 结合频率划分规则及台站数据库，避免测试频率对正常业务产生干扰；
- b) 避开实际测试时被占用的频率。

表 1 测试频率选择

序号	测试项目	频率选择	频点数
1	地波测向精度	按 1MHz 的频率间隔选取测试频率 f_i	27 个
2	监测灵敏度、测向灵敏度、监测最小信号时长、测向最小信号时长	按 5MHz 的频率间隔选取测试频率 f_i	6 个
3	频率准确度、带内抗扰度、互调抑制度	按 10MHz 的频率间隔选取测试频率 f_i	3 个

5.2 测试方位间隔选择

在开展和测试角度有关的项目测试时，测试方位间隔为 15°或 45°，根据测试需求选取。

5.3 被测系统状态

被测系统状态应符合如下要求：

- a) 被测系统天线架设高度应为正常工作时的高度；
- b) 针对移动监测测向车的测试，应在车辆启动及系统运行稳定后进行；
- c) 在测试与角度无关的项目时，应将被测系统标称“N”方向对准信号源系统；
- d) 测试前，应将被测系统进行充分预热，并开启测向系统设备自检，验证硬件状态正常。

6 测试方法

6.1 地波测向精度

6.1.1 测试目的

通过测量已知信号源系统的地波信号，计算移动监测测向系统测得的示向度与信号源的真实方位之间的角度偏差（均方根值），用以标称系统地波测向准确度。

6.1.2 测试布局

信号源系统位置距离被测系统天线 $5\lambda\sim10\lambda$ (λ 指被测系统最低测试频率的波长)，被测系统置于转台上，被测系统天线中心与转台中心重合。被测系统天线的“N”方向与转台方位角“0°”调整一致，并对准信号源系统。测试布局如图 1 所示。

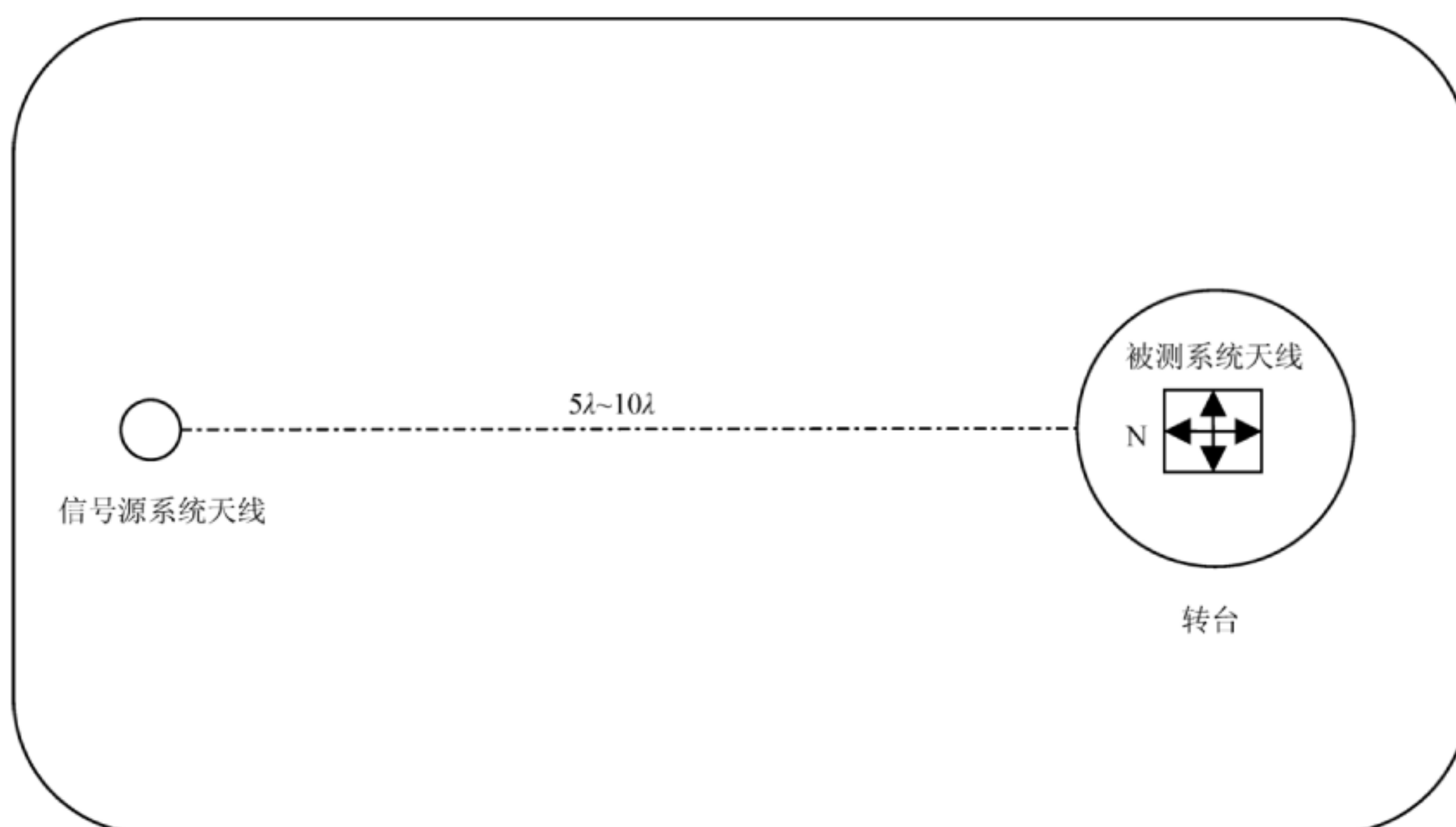


图 1 地波测向精度开场测试布局

6.1.3 测试步骤

测试步骤如下：

- 设置被测系统工作状态：自动增益控制 AGC 为开，衰减为 0，测向平均时间为 1s，测向带宽设置为 3kHz，屏蔽电子罗盘功能；
- 根据 5.1 和 5.2 要求选取测试频点和方位角度间隔；
- 将旋转平台置于方位角 α_j ；
- 设置信号源系统：发射频率为当前测试频率 f_i ，发射输出为标准单载波信号，调整发射功率使被测系统监测到地波信号的信噪比不低于 20dB，且示向度稳定；
- 记录此时信号频率、时间、示向度 α_j' 等数据，并计算此方位角频率 f_i 上的示向度误差 $\Delta\theta_{ij}=|\alpha_j-\alpha_j'|$ ；
- 改变频率 f_i ，重复 d) ~ e)，直至所有测试频率测试完毕；
- 根据 5.2 规定将被测系统旋转到下一个方位，重复上述步骤 c) ~ f)，直至所有方位测试完毕；
- 当测出被测系统在各个方位角上、整个频段内所有频点的示向度误差 $\Delta\theta_{ij}$ 后，即可得出该测向系统的测向均方根误差 $\Delta\theta_{rms}$ ，即地波测向精度。计算方法见公式 (1)：

$$\Delta\theta_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (\Delta\theta_{ij})^2}{mn}} \quad (1)$$

式中：

m ——转台位置数；

n ——测量频点数；

$\Delta\theta_{ij}$ ——第 j 个转台位置处第 i 个测量频点的示向偏差。

6.1.4 测试数据

测试数据记录见表 2。

表 2 地波测向精度测试数据表

序号	监测频率 (kHz)	转台方位角 0° 理论示向度:		转台方位角 15° (45°) 理论示向度:		...		转台方位角 345° (315°) 理论示向度:	
		示向度	偏差 $\Delta\theta_{ij}$	示向度	偏差 $\Delta\theta_{ij}$	示向度	偏差 $\Delta\theta_{ij}$
1	f_1								
2	f_2								
3	f_3								
...	...								
27	f_{27}								
测试日期									
系统标称参数									
地波测向均方根偏差值 ($\Delta\theta_{RMS}$)									
备注									

对极少数偏差较大的值可不纳入计算，但需要在备注中进行说明。

6.2 监测灵敏度

6.2.1 测试目的

通过测试已知信号源系统的地波信号，以被测系统信噪比达到限定条件为目标，读取被测系统的场强值，用以标称系统整体（包括天线、馈线、接收设备）发现小信号的能力。

6.2.2 测试布局

被测系统天线、场强测量系统天线和信号源系统天线组成等腰三角形，信号源系统天线位于三角形的顶点，腰长为 $5\lambda\sim10\lambda$ (λ 指被测系统最低测试频率的波长)，被测系统天线与场强测量天线之间距离应不少于 1λ (λ 指被测系统最低测试频率的波长)，测试布局如图 2 所示。

在发射端，发射系统天线应对准被测系统天线与场强测量系统天线的中点；在接收端，场强测量系统与被测系统天线架设高度与信号源发射天线间的传播路径为视距传播路径。

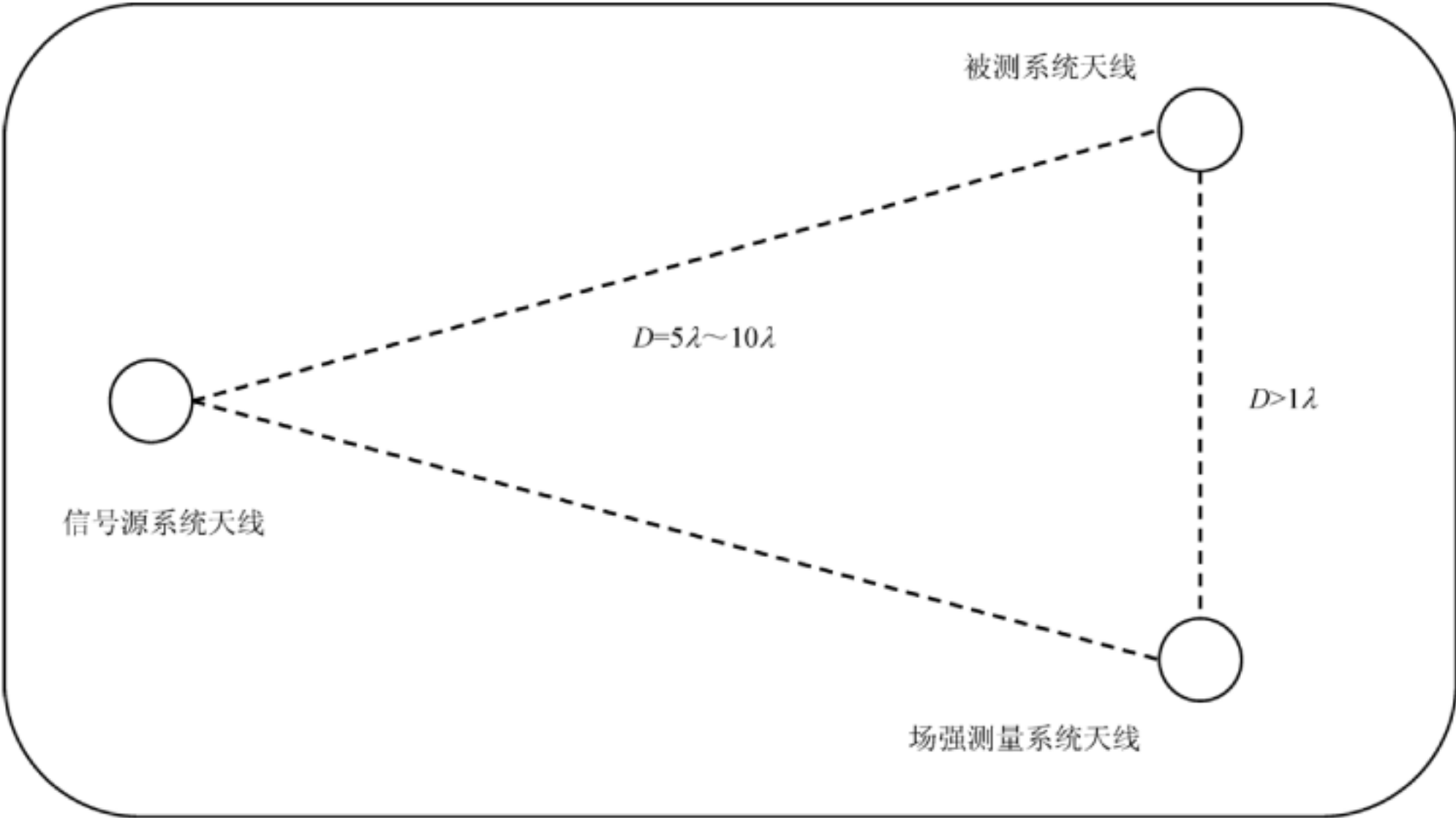


图 2 监测灵敏度开场测试布局

6.2.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 测试前，应确认信号源系统所发射信号到达被测系统天线和到达场强测量系统天线所在位置的场强相等，或做相应校准补偿；
- b) 设置被测系统工作状态：自动增益控制 AGC 为开，衰减为 0，检波方式为平均值检波，分辨率带宽和实时中频带宽为系统提供的最小值；
- c) 根据 5.1 要求选取测试频点；
- d) 设置信号源发射频率为当前测试频率 f_i ，发射输出为标准单载波信号，调整其输出功率，使被测系统监测到的信噪比不低于 20dB，记下此时信号源的输出功率 P_1 (dBm)，用场强测量系统测量此时的场强值 E_0 (dBμV/m)，场强测量时，电平值与场强值的转换关系见附录 A；
- e) 减小信号源的输出功率，直至被测系统监测到的信噪比为 3dB，记下这时信号源的输出功率 P_2 (dBm)，两次信号源输出功率的变化值 ΔP (dB) 计算方法见公式 (2)：

$$\Delta P = P_2 - P_1 \tag{2}$$

- f) 监测灵敏度 E 的计算方法见公式 (3)：

$$E = E_0 - \Delta P \tag{3}$$

- g) 改变频率 f_i ，重复 d) ~ f)，直至完成所有频率的测试。

6.2.4 测试数据

测试数据记录见表 3。

表 3 监测灵敏度测试数据表

序号	测试频率(MHz)	E_0 (dBμV/m)	P_1 (dBm)	P_2 (dBm)	监测灵敏度 E (dBμV/m)
1	f_1				
2	f_2				
3	f_3				
...					
6	f_6				
测试日期					
系统标称参数					
系统监测灵敏度 (dBμV/m) : (最差值)					
备注	标注测试时的分辨率带宽和中频频谱带宽				

6.3 测向灵敏度

6.3.1 测试目的

通过测试已知信号源系统的地波信号，以被测系统方位波动角度达到限定条件为目标，读取被测系统的场强值，用以标称系统整体（包括天线、馈线、测向设备）对小信号稳定测向的能力。

6.3.2 测试布局

按图 2 布置被测系统，测试场地布局和要求见 6.2.2。

6.3.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 测试前，应确认信号源系统所发射信号到达被测系统天线和到达场强测量系统天线所在位置的场强相等，或做相应校准补偿；
- b) 设置被测系统工作状态：自动增益控制 AGC 为开，衰减为 0，测向平均时间为 1s，测向带宽 1kHz（若被测系统不支持 1kHz，则选择大于该参数的最近数值），实时中频带宽为系统提供的最小值；
- c) 根据 5.1 要求选取测试频点；
- d) 设置信号源发射频率为当前测试频率 f_i ，发射输出为标准单载波信号，调整其输出功率，使被测系统监测到的信噪比不低于 20dB，且示向度稳定，记录此时的示向度 θ 、信号源的输出功率 P_1 (dBm)，用场强测量系统测量此时的场强值 E_0 (dBμV/m)；
- e) 逐步减小信号源的输出功率，直到示向度 90%偏离 θ ，且方向波动角度达到 δ 时(δ 一般取 $\pm 3^\circ$)，记下这时信号源的输出功率 P_2 (dBm)，两次信号源输出功率的变化值 ΔP (dB) 计算方法见公式 (4)：

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

(4)

f) 测向灵敏度 E 计算方法见公式 (5) :

$$E = E_0 - \Delta P$$

(5)

g) 改变频率 f_i , 重复 d) ~f), 直至完成所有频率的测试。

6.3.4 测试数据

测试数据记录见表 4。

表 4 测向灵敏度测试数据表

序号	测试频率(MHz)	示向度 $\theta(^{\circ})$	E_0 (dB μ V/m)	P_1 (dBm)	P_2 (dBm)	测向灵敏度 E (dB μ V/m)
1	f_1					
2	f_2					
3	f_3					
...						
6	f_6					
测试日期						
系统标称参数						
系统测向灵敏度 (dB μ V/m) :						
(最差值)						
备注	标注测试时的分辨率带宽和中频频谱带宽					

6.4 频率准确度

6.4.1 测试目的

通过测试被测系统接收频率与实际发射频率的偏差, 用以标称系统接收频率的准确度。

6.4.2 测试布局

按图 2 布置被测系统, 测试场地布局和要求见 6.2.2。

6.4.3 测试步骤

应参照 YD/T 2675—2013 的 6.4.2。

6.4.4 测试数据

应参照 YD/T 2675—2013 的 6.4.3。

6.5 监测最小信号时长

6.5.1 测试目的

系统在给定的信噪比条件下，通过测试被测系统完成准确监测时所需要的信号最短存在时间，用以标称系统对瞬时信号的捕获和测向能力。

6.5.2 测试布局

按图 2 布置被测系统，测试场地布局和要求见 6.2.2。

6.5.3 测试步骤

测试步骤如下：

- a) 设置被测系统工作状态：自动增益控制 AGC 为开，衰减为 0，实时中频带宽为系统提供的最小值；
- b) 根据 5.1 要求选取测试频点；
- c) 设置信号源系统：发射频率为当前测试频率 f_i ，发射输出为标准单载波信号，调整其输出功率，使被测系统监测到的信噪比不低于 20dB；
- d) 保持发射功率和频率不变，设置信号源发射脉冲信号，脉冲宽度为被测系统测向最小信号时长标称值的一半，脉冲周期为 10，在保持占空比 1:9 的情况下逐步增加信号源脉冲宽度，直到被测系统能 100%捕获到目标信号，此时脉冲宽度 τ 即为被测系统在此频率上的监测最小信号时长，记录测试数据；
- e) 改变频率 f_i ，重复 c) ～d)，直至完成所有频率的测试。

6.5.4 测试数据

测试数据记录见表 5。

表 5 监测最小信号时长测试数据表

序号	测试频率（MHz）	监测最小信号时长（ms）
1	f_1	
2	f_2	
3	f_3	
...		
6	f_6	
测试日期		
系统标称参数		
系统监测最小信号时长（ms）(最差值)		
备注	标注实时中频带宽	

6.6 测向最小信号时长

6.6.1 测试目的

系统在给定的测向质量精度和方位波动角度条件下,通过测试被测系统完成准确测向时所需要的信号最短存在时间,用以标称系统对瞬时信号的捕获和测向能力。

6.6.2 测试布局

按图 2 布置被测系统,测试场地布局和要求见 6.2.2。

6.6.3 测试步骤

测试步骤如下:

- a) 设置被测系统工作状态:自动增益控制 AGC 为开,衰减为 0,测向带宽为 1kHz,实时中频带宽为系统提供的最小值;
- b) 根据 5.1 要求选取测试频点;
- c) 设置信号源系统:发射频率为当前测试频率 f_i ,发射输出为标准单载波信号,调整其输出功率,使被测系统监测到的信噪比不低于 20dB,测向质量精度不小于 95%,并且示向度稳定;
- d) 保持发射功率和频率不变,设置信号源发射脉冲信号,脉冲宽度为被测系统测向最小信号时长标称值的一半,脉冲周期为 10,在保持占空比 1:9 的情况下逐步增加信号源脉冲宽度,直到被测系统能够准确稳定地给出示向度(测向质量精度 $\geq 95\%$),此时脉冲宽度即为被测系统在此频率上的测向最小信号时长,记录测试数据;
- e) 改变频率 f_i ,重复 c) ~d),直至完成所有频率的测试。

6.6.4 测试数据

测试数据记录见表 6。

表 6 测向最小信号时长测试数据表

序号	测试频率（MHz）	测向最小信号时长（ms）
1	f_1	
2	f_2	
3	f_3	
...		
6	f_6	
测试日期：		
系统标称参数：		
系统测向最小信号时长（ms）（最差值）		
备注：标注测试时的测向带宽和实时中频带宽		

6.7 带内抗扰度

6.7.1 测试目的

在同信道内有干扰信号的情况下，通过测试被测系统对同频信号的分辨能力，用以标称系统的带内抗扰度。

6.7.2 测试布局

应参照 YD/T 2675—2013 的 6.8.1。

6.7.3 测试步骤

应参照 YD/T 2675—2013 的 6.8.2。

6.7.4 测试数据

应参照 YD/T 2675—2013 的 6.8.3。

6.8 互调抑制度

6.8.1 测试目的

当接收多个较大信号时，通过测试被测系统在测向时对互调产物的分辨力，用以标称系统带内测向抑制互调信号的能力。

6.8.2 测试布局

应参照 YD/T 2675—2013 的 6.9.1。

6.8.3 测试步骤

应参照 YD/T 2675—2013 的 6.9.2。

6.8.4 测试数据

应参照 YD/T 2675—2013 的 6.9.3。

附 录 A
(资料性附录)
电平值与场强值转换关系

A.1 电平值与场强值转换关系

电平值与场强值转换关系见公式 (A.1):

$$E_f = K + L + V \quad (\text{A.1})$$

式中:

E_f ——信号场强测量值, 单位为 dB μ V/m;

K ——接收天线系数, 单位为 dB/m;

L ——连接电缆及其附件引入的衰减值, 单位为 dB;

V ——测量仪器测得的电压电平值, 单位为 dB μ V。

A.2 天线系数与天线增益计算

天线系数与天线增益计算见公式 (A.2):

$$K = -29.77 - G + 20 \lg f \quad (\text{A.2})$$

式中:

K ——接收天线系数, 单位为 dB/m;

G ——接收天线增益, 单位为 dBi;

f ——被测信号频率, 单位为 MHz。

参 考 文 献

- [1] GJB 20162 军用无线电测向装备通用技术条件
 - [2] GJB 20163 军用高频无线电测向装备技术要求和测量方法
 - [3] 胡中豫.现代短波通信[M].国防工业出版社.2005
 - [4] 宋铮、张建华、黄冶.天线与电波传播[M].西安电子科技大学出版社.2011
 - [5] 张洪顺、王磊.无线电监测与测向定位[M].西安电子科技大学出版社.2011
 - [6] ITU-R Recommendation SM.377-4 Accuracy of frequency measurements
 - [7] ITU-R Recommendation SM.1836 Test procedure for measuring the properties of the IF filter of radio monitoring receivers
 - [8] ITU-R Recommendation SM.1837 Test procedure for measuring the 3rd order intercept point (IP3) level of radio monitoring receivers
 - [9] ITU-R Recommendation SM.1840 Test procedure for measuring the sensitivity of radio monitoring receivers using analogue-modulated signals
 - [10] ITU-R Report SM.2125 Parameters of and measurement procedures on H/V/UHF monitoring receivers and stations
-