

中华人民共和国工业和信息化部
通信计量技术规范

JJF（通信）XXXX-XXXX

3GHz 以上无线电测向系统
测向精度校准规范

Calibration Specification for Direction Finding Accuracy of above 3GHz
Frequency Band Radio Direction Finding System

（报批稿）

2024-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

3GHz以上无线电测向系统测向 精度校准规范

JJF（通信）XXXX-XXXX

Calibration Specification for Direction Finding

Accuracy of above 3GHz Frequency Band Radio

Direction Finding System

归口单位：中国信息通信研究院

主要起草单位：国家无线电监测中心

参加起草单位：国家无线电监测中心检测中心

中国信息通信研究院

本规程技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

崔川安（国家无线电监测中心）

许巧春（国家无线电监测中心检测中心）

温 和（国家无线电监测中心检测中心）

参加起草人：

杨骏腾（国家无线电监测中心检测中心）

赵 彬（国家无线电监测中心检测中心）

王 蕴（国家无线电监测中心检测中心）

陈龙泉（中国信息通信研究院）

目 录

引言.....	(II)
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	1
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 校准用设备.....	2
6.3 校准场地.....	2
7 校准项目和校准方法.....	2
7.1 外观及工作正常性检查.....	2
7.2 测向精度.....	2
8 校准结果表达.....	4
9 复校时间间隔.....	4
附录 A.....	5
附录 B.....	6
附录 C.....	7

引 言

JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

3GHz 以上无线电测向系统测向精度校准规范

1 范围

本规范适用于频率范围为 3GHz~18GHz 无线电测向系统测向精度的校准，更高频段的无线电测向系统测向精度的校准，也可参照执行。

2 引用文件

YD/T 3811 3GHz~12.75GHz 频段无线电监测测向系统测试方法

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 术语和定义

测向系统测向精度 direction finding accuracy of direction finding system

测向系统所测得的示向度与被测辐射源的真实方位之间的角度差。

4 概述

无线电测向系统是指由测向天线、信号接收与处理、显示与控制等单元组成，通过接收空间无线电信号并使用幅度比较、相关干涉、空间谱、到达时间差等测向技术，对其幅度、相位、时延等数据进行处理，对无线电信号发射源进行测向和定位，以获取其位置的技术设施，主要包括但不限于固定、移动、可搬移和便携式无线电测向系统。

5 计量特性

不同类型的无线电测向系统的计量特性如表 1 所示。

表 1 计量特性

无线电测向系统类型	频段范围		计量特性
	垂直极化	水平极化	测向精度（RMS 值）
一类固定站	3GHz~18GHz	3GHz~8GHz	$\leq 1.5^\circ$
二类固定站	3GHz~8GHz	3GHz~8GHz	$\leq 2.0^\circ$
三类固定站	3GHz~8GHz	/	$\leq 3.0^\circ$
一类移动站	3GHz~18GHz	3GHz~8GHz	$\leq 3.0^\circ$
二类移动站	3GHz~18GHz	3GHz~8GHz	$\leq 5.0^\circ$
三类移动站	3GHz~6GHz	/	$\leq 5.0^\circ$
一类可搬移站	3GHz~18GHz	/	$\leq 3.0^\circ$
二类可搬移站	3GHz~8GHz	/	$\leq 3.0^\circ$
一类空中站	3GHz~18GHz	/	$\leq 5.0^\circ$
二类空中站	3GHz~8GHz	/	$\leq 5.0^\circ$

注：以上指标不用于合格性判别，仅提供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度：-10℃~45℃

相对湿度：10%~80%

大气压强：86kPa~106kPa

6.2 校准用设备

所用的测试设备和仪器仪表的频率范围、功率容量、输出功率等应满足被校系统的要求。

6.2.1 发射系统

6.2.1.1 信号发生器

频率范围：3GHz~18GHz；

发射功率：-20dBm~20dBm；

功率不确定度：0.30dB($k=2$)。

6.2.1.2 天线

频率范围：3GHz~18GHz；

极化方式：垂直/水平。

6.2.2 转台

测量范围：0°~360°；

转台和转台位置指示器的最大允许误差：±0.2°。

6.3 校准场地

校准场地应地面平坦，周围没有高大遮挡物，大小至少要有 20λ 长和 15λ 宽（ λ 指被测系统最低测试频率的波长）。校准场地应远离强辐射源，无再次辐射场；在校准频点上，干扰信号应不高于被校系统噪底 6dB，周边障碍物规定如下限制要求：

- a) 距离天线 50m 范围内，不允许有影响测向精度的金属平房等障碍物存在；
- b) 湖泊、江河等大型水域，高压电力线及大型建筑物距离天线不少于 400m；
- c) 对不能避免在近距离安装的天线等类似障碍物，必须安装在低于天线的位置。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观及工作正常性检查

被校系统外观应无影响正常工作的机械损伤，其开关、按键应牢固且调节正常，通电后应能正常工作。检查结果记录于附录 A 表 A.1 中。

7.2 测向精度

7.2.1 校准布局

架设信号发生器、天线组成发射系统，发射系统与被校系统的距离不小于 10λ ，发射系统与被校系统至场地边缘的距离为 5λ ，校准布局如图 1 所示。

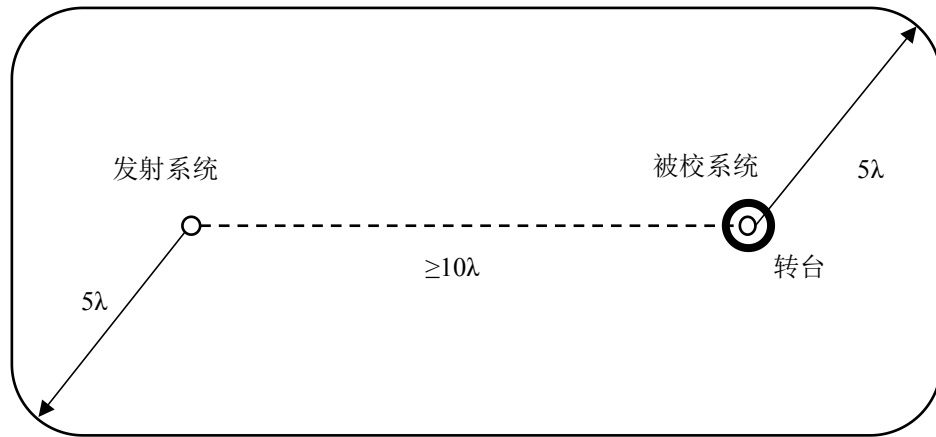


图1 校准布局示意图

7.2.2 校准频点

在被校系统的工作频率范围内，至少要选 8 个校准频点，校准频点以对数为间隔，均匀选取。确定频点时，在标称频点 $\pm 5\text{MHz}$ 范围内随机选择，且要避开空中信号。

7.2.3 校准准备

- 所有校准用设备按说明书要求进行预热，各连接器可靠连接。
- 发射天线极化方式与被校系统天线极化方式一致，架设高度不低于被校系统，被校系统天线架设高度应为正常工作时的高度（固定站测量天线架设高度参考移动站天线高度）；
- 针对移动站的测试，要在车辆启动后进行测试。

7.2.4 校准步骤

- 将被校系统置于测试转台，使得被校系统标称 0° 对准发射系统；
- 设置被校系统正常工作状态，设置信号发生器输出为标准单载波信号，调整其输出功率，使得被校系统显示接收信号至少高于噪底 30dB；
- 根据被测系统工作频率范围，按 7.2.2 要求选取校准频点；
- 当转台置于某一个方位角 α_j ($j=1, 2, \dots, m$, 参考真值为 α_j) 时，控制被校系统在选定的校准频点 f_i ($i=1, 2, \dots, n$) 上进行测向，设置被校系统测向带宽为 10kHz~15kHz（一般选择 10kHz~15kHz，如果被校系统不支持，则选择大于该参数的最近数值），其他设为最优状态，记录测向结果（示向度） α_j' 与 α_j 的差见式（1），即为被测系统在方位角 α_j 、频率 f_i 上的示向度误差：

$$\Delta\theta_{ij} = \left| \alpha_j - \alpha_j' \right| \quad (1)$$

- 按照方位间隔 15° 将被校系统旋转到下一个方位，重复上述步骤 d)，直至所有方位校准完毕；
- 当测出被校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 $\Delta\theta_{rms}$ ，即测向精度。计算方法见公式（2）：

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

式中：

m ——方位角的个数；

n ——频点的个数；

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，推荐校准证书内页格式见附录 B。校准证书应准确、客观的报告校准结果。校准结果用校准数据的形式给出，并给出测量不确定度，不确定度评定见附录 C。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的说明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。移动、可搬移和便携式等无线电测向系统建议不超过 1 年，固定式无线电测向系统建议只进行出厂校准。

附录 A

原始记录推荐格式

表 A.1 外观及工作正常性检查

检查项目	检查结果
外观及工作正常性检查	

表 A.2 测向精度

测向频率 (MHz)	方位						
	0°/360°		15°			345°	
	示向度	误差	示向度	误差		示向度	误差
f_1							
f_2							
$\vdots$							
f_n							
测向精度均方根值 偏差值 ($\Delta \theta_{RMS}$)							
备注							

示向度测量结果的不确定度($k=2$):

附录 B

校准证书内页推荐格式

测向频率 (MHz)	方位						
	0°/360°		15°			345°	
	示向度	误差	示向度	误差		示向度	误差
f_1							
f_2							
$\vdots$							
f_n							
测向精度均方根值偏差值 ($\Delta \theta_{RMS}$)							
备注							

示向度测量结果的不确定度($k=2$):

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 示向度测量不确定度评定

C.1.1 不确定度来源

- (1) 测量重复性不确定度分量 u_1 。
- (2) 转台位置指示不准引入的不确定度分量 u_2 ；
- (3) 测试场地引入的不确定度分量 u_3 ；

C.1.2 标准不确定度评定

- (1) 测量重复性引入的不确定度分量 u_1

测量无线电测向系统示向度，测试频率为 5000MHz，测试方位为 $0^\circ/360^\circ$ ，重复测量 10 次，测量结果见表 D.1 所示。

表 D.1 示向度测量重复性测量结果

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
测量结果 ($^\circ$)	-0.2	0.2	-0.2	0.1	0.2	-0.2	-0.1	0.1	-0.2	-0.2

经计算， $u_1=0.18^\circ$ 。

- (2) 转台位置指示不准引入的不确定度分量 u_2

根据转台设备的校准报告，得到 $u_2=0.10^\circ$ 。

- (3) 测试场地引入的不确定度分量 u_3

根据 YD/T 3811 中的相关要求，考虑测试场地引入的误差不超过 $\pm 0.2^\circ$ ，按均匀分布，经计算，得到 $u_3=0.12^\circ$ 。

C.1.3 合成标准不确定度

假设以上不确定度分量彼此不相关，则

$$\text{合成标准不确定度 } u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2} = 0.23^\circ。$$

C.1.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度 $U=k \times u_c=0.5^\circ$ 。