

# 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

## HF 无线电测向系统地波测向精度校准 规范

Calibration Specification for Ground-Wave Direction Finding Accuracy of HF  
Band Radio Direction Finding System

（报批稿）

2024-XX-XX 发布

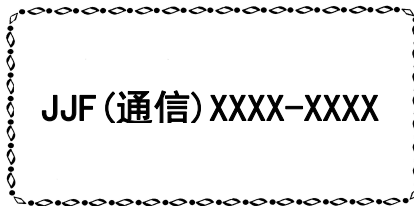
202X-XX-XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布



# HF无线电测向系统地波测向精度校准规范

Calibration Specification for Ground-Wave  
Direction Finding Accuracy of HF Band Radio  
Direction Finding System Circulators



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

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）

郭 晴（国家无线电监测中心检测中心）

杨骏腾（国家无线电监测中心检测中心）

**参加起草人：**

李新利（国家无线电监测中心检测中心）

陈国成（国家无线电监测中心检测中心）

赵 焱（国家无线电监测中心检测中心）

周立峰（国家无线电监测中心检测中心）

# 目 录

|                     |      |
|---------------------|------|
| 引言.....             | (II) |
| 1 范围.....           | 1    |
| 2 引用文件.....         | 1    |
| 3 概述.....           | 1    |
| 4 计量特性.....         | 1    |
| 5 校准条件.....         | 1    |
| 5.1 环境条件.....       | 1    |
| 5.2 校准用设备.....      | 1    |
| 6 校准项目和校准方法.....    | 2    |
| 6.1 外观及工作正常性检查..... | 2    |
| 6.2 地波测向精度.....     | 2    |
| 7 校准结果表达.....       | 4    |
| 8 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。

# HF 无线电测向系统地波测向精度校准规范

## 1 范围

本规范适用于频率范围为 3MHz~30MHz 无线电测向系统地波测向精度的校准。

## 2 引用文件

YD/T 3282 HF 移动无线电监测测向系统开场测试参数和测试方法

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

**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）。

## 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，主要包括固定、移动、可搬移和便携式无线电测向系统。

## 5 计量特性

地波测向精度： $\leq 2.0^\circ$ （RMS 值）

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： $-10^\circ\text{C}\sim 45^\circ\text{C}$

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：3MHz~30MHz；

发射功率： $\geq 10\text{dBm}$ （若使用功率放大器，则放大器增益应不低于 30dB，增益平坦度

应不大于 2dB);

功率不确定度: 0.30dB( $k=2$ )。

#### 6.2.1.2 天线

频率范围: 3MHz~30MHz;

极化方式: 垂直/水平。

#### 6.2.2 全球导航卫星系统 (GNSS) 接收机;

定位精度:  $\leq 3\text{m}$ 。

### 6.3 校准场地

发射系统天线架设位置应选择在远离高压线、河流、厂房、高大障碍物、公路、强辐射源的地方。

## 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。被校设备通电后, 应能正常工作。检查结果记录于附录 A 表 A.1 中。

### 7.2 地波测向精度

#### 7.2.1 校准布局

架设信号发生器、天线组成发射系统, 发射系统距离被校系统天线阵中心  $5\lambda\sim 30\lambda$  ( $\lambda$ 指被校系统最低校准频率的波长), 校准布局如图 1 所示。

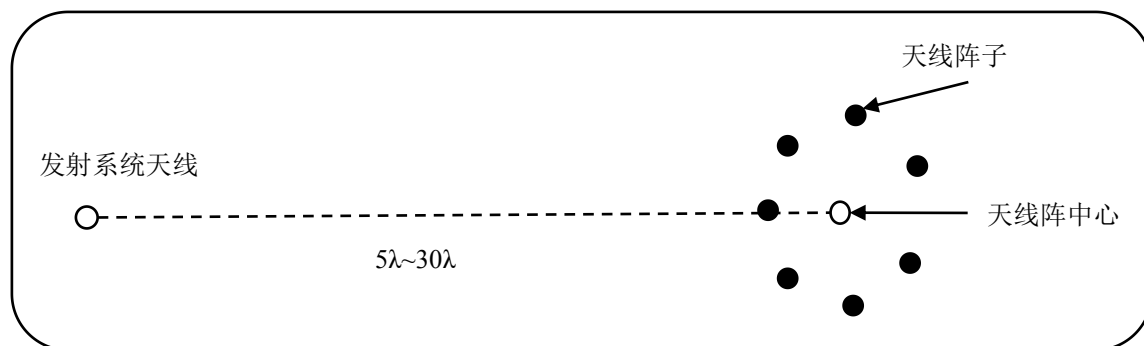


图 1 校准布局示意图

#### 7.2.2 校准频点

在 3MHz~30MHz 范围内, 至少要选 6 个校准频点, 校准频点以对数为间隔, 均匀选取。选取频点时应避开干扰频点。

#### 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;
- 测试天线极化方式与被校系统天线极化方式一致;

c) 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

- 设置被校系统工作状态: 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;
- 使用 GNSS 接收机测量被校系统的经度和纬度, 分别记录为  $Lon_0$ 、 $Lat_0$ 。
- 选取校准频点  $f_i$  (避开干扰), 按照间隔  $15^\circ$  以上  $90^\circ$  以下选取方位角度间隔 (根据实际条件决定), 应保证在  $m'$  ( $m'$  取 6) 个方位上设置发射系统;
- 每选定一处发射系统位置, 利用 GNSS 接收机测量该处经度和纬度, 分别记录为  $Lon_j$ 、 $Lat_j$ , 并利用公式 (1) 计算出与测向天线阵中心的距离和理论示向度  $\alpha_{ij}$ ;

$$\alpha_{ij} = (\text{atan2}(Y, X) + 360) \% 360 \quad (1)$$

$$X = \cos(Lat_j) * \sin(Lat_0) - \sin(Lat_j) * \cos(Lat_0) * \cos(Lon_0 - Lon_j)$$

$$Y = \sin(Lon_0 - Lon_j) * \cos(Lat_0)$$

式中:

$Lon_0$ 、 $Lat_0$ ——被校系统的经度和纬度;

$Lon_j$ 、 $Lat_j$ ——发射源位置的经度和纬度;

$\alpha_{ij}$ ——第  $j$  个信号源设置位置处第  $i$  个测量频点的示向偏差。

计算经度差时,  $Lon_0$ 、 $Lon_j$  应转化为弧度。

- 设置信号发生器输出为标准单载波信号, 频率为当前校准频率  $f_i$ , 调整发射功率使被校系统监测到地波信号的信噪比不低于 9dB, 且示向度稳定;
- 记录此时信号频率、示向度  $\alpha_{ij}$  等数据 (记录于附录 A 表 A.2 中), 并计算此方位角频率  $f_i$  上的示向度误差;

$$\Delta \alpha_{ij} = |\alpha_{ij} - \alpha_{ij}'| \quad (2)$$

- 改变频率  $f_i$ , 重复 c)~f), 直至所有频率校准完毕;
- 根据步骤 c) 规定选择下一个方位设置发射系统, 重复上述步骤, 直至所有选择方位校准完毕;
- 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  $\Delta \alpha_{ij}$  后, 即可得出该测向系统的测向均方根误差, 即地波测向精度。计算方法见公式 (3):

$$\Delta \alpha_{rms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n'} \sum_{j=1}^{m'} (\Delta \alpha_{ij})^2}{m' n'}} \quad (3)$$

式中:

$m'$ ——发射系统设置位置数, 取 6;

$n'$ ——测量频点数;

$\Delta \alpha_{ij}$ ——第  $j$  个信号源设置位置处第  $i$  个测量频点的示向偏差。

## 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和应用有关时,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 地波测向精度

| 序号                                         | 监测频率<br>(MHz) | 发射源 1<br>经纬度：<br>距离：<br>理论示向度 $\alpha_{ij}$ ： |                            | 发射源 2<br>经纬度：<br>距离：<br>理论示向度 $\alpha_{ij}$ ： |                            | ... |     | 发射源 $m'$<br>经纬度：<br>距离：<br>理论示向度 $\alpha_{ij}$ ： |                            |
|--------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----|-----|--------------------------------------------------|----------------------------|
|                                            |               | 示向度<br>$\alpha_{ij}'$                         | 偏差<br>$\Delta \alpha_{ij}$ | 示向度<br>$\alpha_{ij}'$                         | 偏差<br>$\Delta \alpha_{ij}$ | ... | ... | 示向度<br>$\alpha_{ij}'$                            | 偏差<br>$\Delta \alpha_{ij}$ |
| 1                                          | $f_1$         |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| 2                                          | $f_2$         |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| 3                                          | $f_3$         |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| ...                                        | ...           |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| n                                          | $f_n$         |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| 地波测向精度均方根<br>值偏差值（ $\Delta \alpha_{RMS}$ ） |               |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| 备注                                         |               |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |

测量结果的不确定度( $k=2$ )

## 附录 B

## 校准证书内页推荐格式

| 序号                                          | 监测频率<br>(MHz) | 发射源 1<br>经纬度:<br>距离:<br>理论示向度 $\alpha_{ij}$ : |                            | 发射源 2<br>经纬度:<br>距离:<br>理论示向度 $\alpha_{ij}$ : |                            | ... |     | 发射源 $m'$<br>经纬度:<br>距离:<br>理论示向度 $\alpha_{ij}$ : |                            |
|---------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|-----|-----|--------------------------------------------------|----------------------------|
|                                             |               | 示向度<br>$\alpha'_{ij}$                         | 偏差<br>$\Delta \alpha_{ij}$ | 示向度<br>$\alpha'_{ij}$                         | 偏差<br>$\Delta \alpha_{ij}$ | ... | ... | 示向度<br>$\alpha'_{ij}$                            | 偏差<br>$\Delta \alpha_{ij}$ |
| 1                                           | $f_1$         |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| 2                                           | $f_2$         |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| 3                                           | $f_3$         |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| ...                                         | ...           |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| n                                           | $f_n$         |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| 地波测向精度均方根<br>值偏差值 ( $\Delta \alpha_{RMS}$ ) |               |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |
| 备注                                          |               |                                               |                            |                                               |                            |     |     |                                                  |                            |

示向度测量的不确定度( $k=2$ )

## 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) GNSS 定位误差引入的不确定度分量  $u_2$ ；
- (3) 地波传播路径不理想引入的不确定度分量  $u_3$ ；
- (4) 被校系统示向度分辨率引入的不确定度分量  $u_4$ 。

## 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 3MHz，测试方位为  $0^\circ$ ，重复测量 10 次，测量结果见表 C.1 所示。

表 C.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<br>( $^\circ$ ) | -0.3 | 0.2 | -0.2 | 0.1 | 0.1 | -0.2 | -0.1 | 0.3 | -0.3 | 0.0 |

经计算， $u_1=0.21^\circ$ 。

- (2) GNSS 定位误差引入的不确定度分量  $u_2$

发射源距测向天线阵中心  $D=500\text{m}$  ( $5\lambda$  @3MHz)，GNSS 水平定位精度  $\Delta x=3\text{m}$ ，定位误差引起理论示向度的最大偏差为  $0.34^\circ$ ，按均匀分布，经计算，得到  $u_2=0.20^\circ$ 。

- (3) 地波传播路径不理想引入的不确定度分量  $u_3$

参照 YD/T 3282 对测试场地的要求及 ITU-R 相关建议，经工程实践评估，在中等起伏、无明显强散射体的典型开阔场地，环境因素引入的测向误差估计为  $1.0^\circ$ 。按照三角分布，经计算，得到  $u_3=0.41^\circ$ 。

- (4) 被校系统示向度分辨率引入的不确定度分量  $u_4$

被校系统示向度显示分辨率一般为  $0.1^\circ$ ，半宽  $0.05^\circ$ ，按均匀分布，经计算，得到  $u_4=0.03^\circ$ 。

## 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

$$\text{合成标准不确定度 } u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.5^\circ。$$

## C.1.4 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，扩展不确定度  $U=k\times u_c=1.0^\circ$ 。

---