



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX—××××

---

## 等效全向辐射功率（EIRP）校准规范 （平面波发生器法）

National Specification of EIRP Based on Plane Wave Generator

（征求意见稿）

××××-××-××发布

××××-××-××实施

---

国家市场监督管理总局 发布

等效全向辐射功率（EIRP）校准规  
范（平面波发生器法）

National Specification of EIRP Based on Plane  
Wave Generator

JJF XXX- 202x

归口单位：全国无线电计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：华为技术有限公司  
北京航空航天大学

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：

XXX

XXX

XXX

参加起草人：

XXX

XXX

# 目 录

引 言 .....	I
等效全向辐射功率 (EIRP) 校准规范 (平面波发生器法) .....	- 2 -
1 范围 .....	- 2 -
2 引用文件 .....	- 2 -
3 术语和计量单位 .....	- 2 -
3.1 等效全向辐射功率 EIRP .....	- 2 -
4 概述 .....	- 2 -
5 计量特性 .....	- 3 -
6 校准条件 .....	- 3 -
6.1 环境条件 .....	- 3 -
6.2 校准用设备 (测量标准及其他设备) .....	- 4 -
7 校准项目和校准方法 .....	- 5 -
7.1 校准项目 .....	- 5 -
7.2 校准方法 .....	- 5 -
7.2.1 外观及工作正常性检查 .....	- 5 -
7.2.2 测量系统校准 .....	- 5 -
7.2.3 测量 AUT .....	- 6 -
7.2.4 计算 EIRP .....	- 7 -
8 校准结果表达 .....	- 8 -
9 复校时间间隔 .....	- 8 -
附录 A 原始记录格式 .....	- 9 -
附录 B 校准证书内页格式 .....	- 11 -
附录 C 测量系统的配置、调试和预测试 .....	- 11 -
附录 D 不确定度评定示例 .....	11

# 引言

JJF1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》和 JJF1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》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：

国际标准 ETSI TR 137 941 V15.2.0 (2021-01)，  
3GPP TS 38.141-2 V17.1.0 (2021-03)。

本规范为首次发布。

# 等效全向辐射功率（EIRP）校准规范（平面波发生器法）

## 1 范围

本规范适用于采用平面波发生器对小型（口径小于 1m 的）有源天线阵在（1~6）GHz 频段开展等效全向辐射功率（EIRP）的校准。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

ETSI TR 137 941 V15.2.0 (2021-01) Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); LTE; 5G; Radio Frequency (RF) conformance testing background for radiated Base Station (BS) requirements (3GPP TR 37.941 version 15.2.0 Release 15)

3GPP TS 38.141-2 V17.1.0 (2021-03), 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; NR; Base Station (BS) conformance testing Part 2: Radiated conformance testing (Release 17)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范。

## 3 术语和计量单位

### 3.1 等效全向辐射功率 EIRP

当各向同性天线在空间某一观测点辐射的电磁波功率密度与待测天线在同一观测点辐射相同功率密度时，该各向同性天线辐射的等效总功率。

Equivalent isotropic radiated power: equivalent power radiated from an isotropic directivity device producing the same field intensity at a point of observation as the field intensity radiated in the direction of the same point of observation by the discussed device.

[3GPP TS 38.141-2 V17.1.0 (2021-03), p.20]

EIRP 的计量单位是 W，通常用分贝 dBm 来表示。

## 4 概述

EIRP 是有源天线系统（如卫星通信和无线网络系统）的核心指标之一，可以想象为一个理想的各向同性天线在某一观测方向辐射出相同场强时所需净功率，因此这是一种等效功率。其原理如图 1 所示。

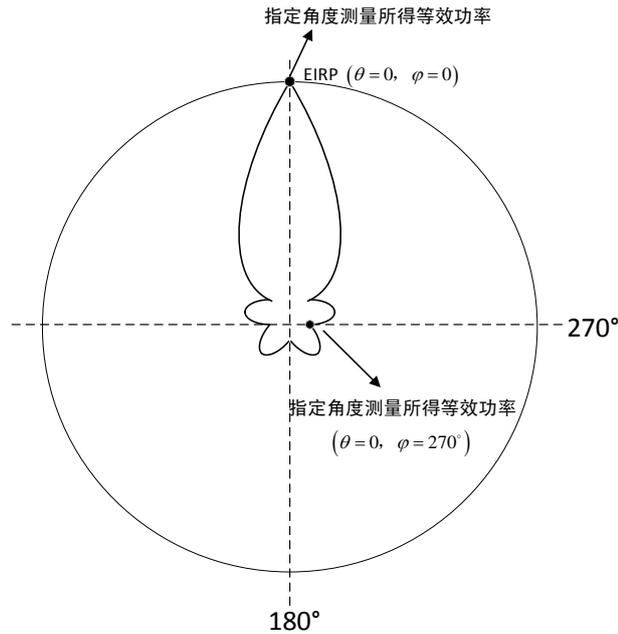


图 1 有源天线原理

如果一个有源天线系统仅给出单一的 EIRP 值,那么通常指最大辐射方向或约定方向上的 EIRP。对于现有 6GHz 以下的基站天线而言,大多尺寸小于 1m。

平面波发生器 (PWG, 或 PWC) 是近十年来新出现的一种测量系统,具有占用空间小、成本低、便于搬运等特点。

## 5 计量特性

等效全向辐射功率 EIRP 的计量特性:

功率范围: (20~76) dBm

频率范围: (1~6) GHz

测量不确定度: (1~2) dB

注: 以上指标不适用于合格性判别,仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 实验室环境温度: (23±5) °C;

6.1.2 实验室环境相对湿度: 20%~70%;

6.1.3 交流供电电源: (220±22) V, (50±1) Hz;

6.1.4 周围无影响正常校准工作的电磁干扰和机械震动

## 6.2 校准用设备（测量标准及其他设备）

- 平面波发生器

频率范围：（1~6）GHz

静区尺寸：能够容纳待测设备或系统，推荐尺寸为 1000mm×1000mm ×300mm

幅度均匀性：小于 1.5dB

相位均匀性：小于 12°

- 频谱分析仪

频率范围：（1~6）GHz

幅度范围：（-60~30）dBm

幅度测量不确：±0.2dB

- 功率计+功率传感器

功率范围：（-60~20）dBm

频率范围：（1~6）GHz

功率测量不确定度：优于 0.8%

注：频谱分析仪和功率计二选一即可。

- 矢量网络分析仪（可选）

频率范围：覆盖待测设备或系统工作频率范围，推荐覆盖（1~6）GHz

端口数：2-端口，能进行全 2 端口校准；

S21 测量的幅度范围：（-60~0）dB

信号源输出功率：>8 dBm

- 标准增益喇叭天线

优先采用中低增益天线 1 组，频率覆盖（1~6）GHz；

为了获得准确的测量结果，需要提供计量校准报告，通常天线增益值的扩展不确定度小于 0.2dB。

- 电波暗室/暗箱

在（1~6）GHz 频段内，屏蔽效能优于 80dB；

静区尺寸：能够满足 AUT 的要求，通常不小于 1m（横向）× 1m（横向）× 0.5m（纵向）。这里的横向是指平面波发生器产生的平面波的波前。

- 天线定位器  
其尺寸和承重能够安装 AUT 和标准增益喇叭天线的要求；  
能够分别通过软件和手动方式，进行方位角和极化角的精细调节和定位，其中：  
方位角调整范围覆盖（ $-170^{\circ}$  ~  $+170^{\circ}$ ），角度调整误差小于  $0.05^{\circ}$ ；  
极化角调整范围覆盖（ $-100^{\circ}$  ~  $+100^{\circ}$ ），角度调整误差小于  $0.05^{\circ}$ ；  
方位角和极化角的轴线垂直度小于  $0.05^{\circ}$ ，两条轴线之间的距离小于  $0.5\text{mm}$ 。

#### 其他设备

常见温湿度计 1 个。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

校准项目为中小型有源天线的等效全向辐射功率 EIRP。

### 7.2 校准方法

#### 7.2.1 外观及工作正常性检查

检测待测天线的外观是否有损坏，是否能够把 AUT 调整为单载波工作状态，并且能够稳定一定时间（稳定时间达到秒级），填写表 A.1。

如果 AUT 仅能工作于宽频状态，则仅能使用频谱分析仪进行测量。仅当 AUT 可设置为单载波工作状态是，才能使用功率计进行测量。此外，的系统配置和测量过程都是相同的。与客户沟通待测要求，填写表 A.2。

#### 7.2.2 测量系统链路损耗测量

确保 PWG 的静区均匀性满足 6.2 节的要求，然后按照图 2 所示连接系统。

当初次连接和调试系统时，可参照附录 C。把标准增益喇叭天线(下文称之为 STA)在静区中精确定位，其指向误差小于  $0.1^{\circ}$

预先采用全 2-端口校准方法校准好矢量网络分析仪的端口 C 和 E；其中频率点设置都需要满足测试需求，矢量网络分析仪的中频带宽 IFBW 一般需要小于  $200\text{Hz}$ ，以

确保测量系统有足够的信噪比。

设从端口 E 到端口 C 的传输系数为  $S_{21}^{SGH}$ ，并用校准好的矢量网络分析仪测量该读数，按照附表 A.2 记录或保存数据。

端口 E 到端口 D 的损耗为  $L_{E \rightarrow D}$ ，dB，按照表 A.3 记录或保存数据；

设标准增益喇叭天线（下文简称 SGH）的反射系数为  $\Gamma_{SGH}$ ，真实增益为  $G^{SGH}$ （单位 dBi），则可定义  $L_{OTA}$ 。

$$L_{OTA} \equiv 20 \lg |S_{21}^{SGH}| + L_{E \rightarrow D} - 20 \lg (1 - |\Gamma_{SGH}|) - G^{SGH} \quad (1)$$

当采用信号源和频谱分析仪（功率计）来替换矢量网络分析仪时，操作过程类似。

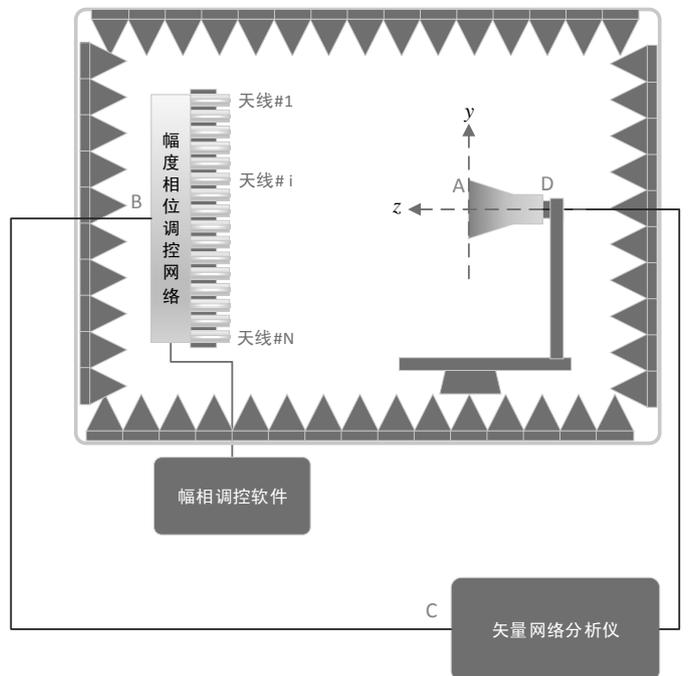


图 2 路径损耗校准

### 7.2.3 测量 AUT

把图 2 中的 SGH 换成 AUT，如图 2 所示。

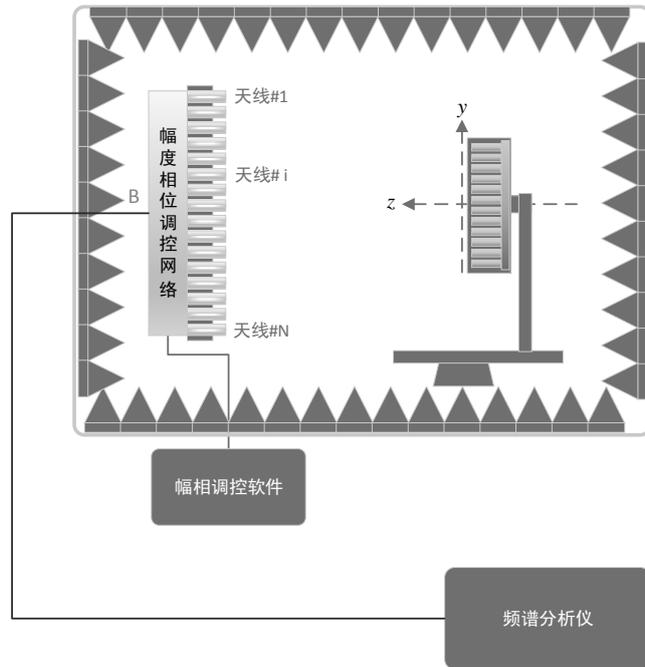


图 3 测量 AUT

按照 AUT 指标的要求，设置好 AUT 的对准姿态和工作模式，以及输出功率状态等。设置好扫描角度范围和拟测量的最强辐射方向。

如果只需测量 AUT 指定姿态下的 EIRP，则仅需要设置和定位好 AUT 的姿态，设为  $(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0)$ ，这里  $(r_0, \varphi_0, \theta_0)$  为球坐标系的坐标， $\gamma_0$  为 AUT 指向 PWG 时的极化角。进行测量和读数，设该读数为  $P_E^{\text{AUT}}(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0)$ 。

如果需要测量 AUT 不同姿态下的 EIRP，则对正 AUT 与 PWG 极化方向，控制天线定位器，测量并记录不同姿态  $(r, \theta, \varphi, \gamma)$  下的读数  $P_E^{\text{AUT}}(r, \theta, \varphi, \gamma)$ ，其中  $(r, \varphi, \theta)$  为坐标系（坐标系的设置方式见图 2）， $\gamma$  为极化角。分析数据  $P_E^{\text{AUT}}(r, \varphi, \theta, \gamma)$ ，设最大读数为  $P_E^{\text{AUT}}(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0)$ ，对应姿态  $(r_0, \varphi_0, \theta_0)$  和极化角  $\gamma_0$ 。

当需要测量交叉极化分量的 EIRP 时，可把 AUT 绕 PWG 产生的平面波传播矢量方向旋转  $90^\circ$ ，然后进行测量，设此时的读数为  $P_{E\_XP}^{\text{AUT}}(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0 + \pi/2)$ 。

按照表 A.4 所示格式，记录好相应信息。

## 7.2.4 计算 EIRP

AUT 的 EIRP 测量结果可按照(2)来计算。

$$EIRP(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0) = P_E^{AUT}(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0) - L_{OTA} \quad (2)$$

把测量结果  $EIRP(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0)$  按照表 A.5 所示做记录。

## 8 校准结果表达

有源天线在校准 EIRP 后，出具校准证书，校准证书至少应包含以下信息：

- 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) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- 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

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，推荐为 2 年。

## 附录 A 原始记录格式

表 A.1 外观及工作正常性检查

检查内容	检查结果
外观	
工作正常性	

表 A.2 待测天线数据记录

AUT 类型	天线型号	天线系列号	生产厂商	频率范围	校准参数	依据条款	证书编号

表 A.3 校准数据记录

频率 (GHz)	$S_{21}^{SGH}$	$L_{E \rightarrow D}$	$\Gamma_{SGH}$	$G^{SGH}$

表 A.4 AUT 测量数据记录

频率 (GHz)	$(r, \theta, \varphi, \gamma)$	$P_E^{AUT}(r, \theta, \varphi, \gamma)$	$P_{E\_XP}^{AUT}(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0 + \pi/2)$

表 A.5 EIRP 测量结果

频率 (GHz)	$(r_0, \varphi_0, \theta_0, \gamma_0)$	EIRP (dBm)	不确定度 $U(k=2)$

---

--	--	--	--

## 附录 B 校准证书内页格式

校准证书内页首先需要描述待测天线的坐标系设置以及姿态角对应关系。然后提供 B.1 所示信息。

表 B.1 EIRP 测量结果

频率 [GHz]	姿态角		EIRP [dBm]	$U(k=2)$ [dB]	频率 [GHz]	EIRP [dBm]	$U(k=2)$ [dB]
	$\varphi$	$\theta$					
...							
...							

## 附录 C 测量系统的配置、调试和预测试

按照图 2 所示连接系统，把标准增益喇叭天线（下文称之为 STA）安装到静区中的天线定位器上，只需大概对准。确保天线定位器和天线卡具具备精细调节能力包括极化对准和姿态对准调整能力。测量 PWG 到 STA 口面的距离（精确到厘米级即可）。在设置过程中，确保射频线缆、射频连接器和天线定位器等能正常连接和工作。无需对矢量网络分析仪进行校准，设置好频率范围，然后进行预测量。

如果 S21 的幅度大于 -60dB，则表明系统工作正常，否则需要在端口 D-E 之间添加一个低噪声放大器。所用低噪声放的增益约为 20dB~30dB，在 1GHz~6GHz 范围内的输出功率 1dB 压缩点大于 10dBm。插入低噪声放以后重新测量，确保 S21 幅度大于 -60dB，做好系统设置记录，保存数据。

把 STA 替换为 AUT，调整天线定位器，确保 AUT 到 PWG 的距离与 STA 到 PWG 的距离相同。把矢量网络分析仪替换为频谱分析仪，按照图 3 所示设置系统，设置 AUT 为单频点、低辐射功率模式，并可以逐一进行扫频，不同频点切换速度约为秒级。设置好频谱分析仪，读取数据，判断频谱分析仪的读数是否位于 (-60~20) dBm 范围内。如果小于 -60dBm，则逐渐增大 AUT 的辐射功率。如果 AUT 的辐射功率不可调，则可获取 AUT 的技术手册，当其输出功率较大（如超过 50W），则在 B 和频谱分析仪之间串入一个高功率衰减器，然后读取频谱分析仪的读数。当读数位于 (-60~20) dBm 范围内时，做好相关设置记录，包括系统连接状态，当前读数等。

当采用功率计来替换频谱分析仪时，操作过程相同，只需确保功率计读数位于 (-60~20) dBm。

## 附录 D 不确定度评定示例

### 不确定度评定示例

表 1 某 AUT 在参考姿态下 EIRP 的测量不确定度分量表 ( 样例 )( 3.7 GHz )

序号	符号	含义	数值	单位	概率分布	包含因子 $k_i$	灵敏度系数 $c_i$	标准不确定度	备注
1	测量系统链路损耗测量								
1.1	$\delta F_{\text{Amp\_Unif}}$	PWG 产生的场均匀性 (幅度)	0.75	dB	U 型分布	$\sqrt{3}$	1	0.43	
1.2	$\delta X_{\text{STA\_PWC}}$	STA 和 PWG 的交叉极化分量引入的不确定度	0.1	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.06	标准增益喇叭天线的交叉极化比取为-35dB、PWG

									为-25dB。
1.3	$\delta C_{\text{STA-PWC}}$	STA 与 PWG 和小暗箱之间的多重反射	0.2	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.12	
1.4	$\delta M_{\text{STA-PWC-VNA}}$	使用网络分析仪, 采用标准天线测量时, 由喇叭天线、PWG 与射频电缆的阻抗失配引入的不确定度	0.1	dB	U 型分布	$\sqrt{2}$	1	0.07	
1.5	$\delta G_{\text{Tx}}^{\text{STA}}$	标准增益喇叭天线的增益值引入的不确定度	0.2	dB	正态分布	2	1	0.15	
1.6	$\delta_{\text{STA-pos}}$	标准增益喇叭定位引入的不确定度	0.1	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.06	
1.7	$\delta S_{21}^{\text{STA-Rx}}$	测量 STA 与 PWG 之间的 S21 引入的不确定度	0.06	dB	正态分布	2	1	0.03	

1.8	$\delta_{\text{Rx-leakage}}$	接收端泄露引入的不 确定度	0.005	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.00	噪声比信号弱 36dB!
1.9	$\delta_{\text{Tx-leak}}$	发射端泄露引入的不 确定度	0.005	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.00	噪声比信号弱 36dB!
1.10	$\delta L_{\text{cable}}$	射频线缆的稳定性	0.2	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.12	
2	AUT 的测量								
2.1	$\delta F_{\text{Amp-Unif}}$	PWG 产生的场均匀性 (幅度)	0.5	dB	U 型分布	$\sqrt{3}$	1	0.29	
2.2	$\delta X_{\text{AUT-PWC}}$	AUT 和 PWG 的交叉极 化分量引入的不确定 度	0.1	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.06	标准增益喇叭天 线的交叉极化比 取为-35dB、PWG 为-25dB。
2.3	$\delta C_{\text{AUT-PWC}}$	AUT 与 PWG 和小暗箱 之间的多重反射	0.3	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.17	
2.4	$\delta M_{\text{AUT-Rx-Recvr}}$	测量 AUT 时, PWG 与 功率计之间的阻抗失	0.09	dB	U 型分布	$\sqrt{2}$	1	0.05	

		配。							
2.5	$\delta_{\text{AUT-pos}}$	AUT 定位引入的不确定度	0.2	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.12	
2.6	$\delta P_{\text{Rx}}^{\text{AUT}}$	当 AUT 做发射时，功率计测量引入的不确定度	0.35	dB	正态分布	2	1	0.18	
2.7	$\delta_{\text{AUT-Stable}}$	AUT 的稳定性引入的不确定度	0.01	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.01	
2.8	$\delta_{\text{Rx-leakage}}$	接收端泄露引入的不确定度	0.005	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.00	噪声比信号弱 36dB!
2.9	$\delta_{\text{Tx-leak}}$	发射端泄露引入的不确定度	0.005	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.00	噪声比信号弱 36dB!
2.10	$\delta L_{\text{cable}}$	射频线缆的稳定性	0.2	dB	均匀分布	$\sqrt{3}$	1	0.12	
合成标准不确定度								0.75	假定为正态分布。
扩展不确定度								1.5	$k = 2$

