



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

波导噪声发生器校准规范

Calibration Specification for Waveguide Noise Generators

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家质量监督检验检疫总局

发布

波导噪声发生器校准规范

JJFXXXX-XXXX

Calibration Specification for Waveguide Noise Generators

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

航天二院二〇三所

参加起草单位：

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 （中国计量科学研究院）

XXX （航天二院二〇三所）

XXX （中国计量科学研究院）

参加起草人：

XXX （中国计量科学研究院）

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
4.1 频率范围	1
4.2 超噪比	1
4.3 电压驻波比	1
5 校准条件	1
5.1 环境条件	1
5.2 测量标准及其它设备	1
6 校准项目和校准方法	2
6.1 校准项目	2
6.2 外观及工作正常性检查	2
6.3 超噪比	2
6.4 电压驻波比	3
7 校准结果表达	4
8 复校时间间隔	4
附录 A.....	5
原始记录格式	5
附录 B.....	6
校准证书内容格式	6
附录 C.....	7
测量不确定度评定示例	7

引 言

本规范依据 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编写，相关术语及测量不确定度评定遵循 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》两个文件。

本规范主要涉及波导噪声发生器超噪比（ENR）和端口电压驻波比（VSWR）的校准，采用 Y 系数法校准超噪比，用网络分析仪校准电压驻波比。

本规范为 JJG 320-83 波导发生器检定规程的修订。

波导噪声发生器校准规范

1 范围

本规范规定了波导噪声发生器的校准项目、校准条件、校准方法、校准结果表达、复校时间间隔等，适用于频率范围为 1 GHz~110 GHz 波导噪声发生器的校准。

2 引用文件

JJF1442-2014 宽带同轴噪声发生器校准规范

凡是注日期的应用文件，仅是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 概述

波导噪声发生器由噪声产生器件和匹配或隔离网络构成，常见的波导噪声发生器件有雪崩二极管、气体放电管等。波导噪声发生器主要用于测量放大器、混频器和接收机等器件和仪器设备的噪声系数，其超噪比需要通过校准给出。

4 计量特性

4.1 频率范围

(1~110) GHz

4.2 超噪比

(1~30) dB

4.3 电压驻波比

≤ 1.5

5 校准条件

5.1 环境条件

- a) 环境温度：23°C±5°C；
- b) 相对湿度：20%~80%；
- c) 供电电源：220V (1±10%) V, (50Hz±1) Hz；
- d) 其它：周围无影响校准正常工作的机械振动、电磁干扰和强气流。

5.2 测量标准及其它设备

5.2.1 标准波导噪声发生器

频率范围：(1~110) GHz；

超噪比：(1~30) dB；

电压驻波比： ≤ 1.8 。

5.2.2 噪声校准装置

频率范围：(1~110) GHz；

超噪比范围：(1~30) dB；

本机噪声系数：优于 15 dB；

输入端口驻波：优于 1.8；

分辨力：不大于 0.01 dB。

建议噪声校准装置输入端口根据本机噪声系数大小合理连接一定隔离度（20 dB～40 dB）隔离器以减少由噪声源阻抗变化引起噪声校准装置输入噪声系数的变化。

5.2.3 矢量网络分析仪及相应的波导校准件

频率范围：（1～110）GHz；

电压驻波比测量范围：1～5

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

校准项目见表 1。

表 1 校准项目表

序号	项目名称	条款
1	外观及工作正常性检查	6.2
2	超噪比	6.3
3	电压驻波比	6.4

6.2 外观及工作正常性检查

6.2.1 被校波导噪声发生器应有使用说明书。

6.2.2 被校波导噪声发生器接头处应无变形，没有影响电气性能的机械损伤。

6.2.3 被校波导噪声发生器通过施加合适的驱动电压/电流可以正常输出噪声信号。

6.3 超噪比

6.3.1 校准用设备按照规定预热，无明确要求时建议预热时间不少于 1 小时。

6.3.2 如图1连接设备。

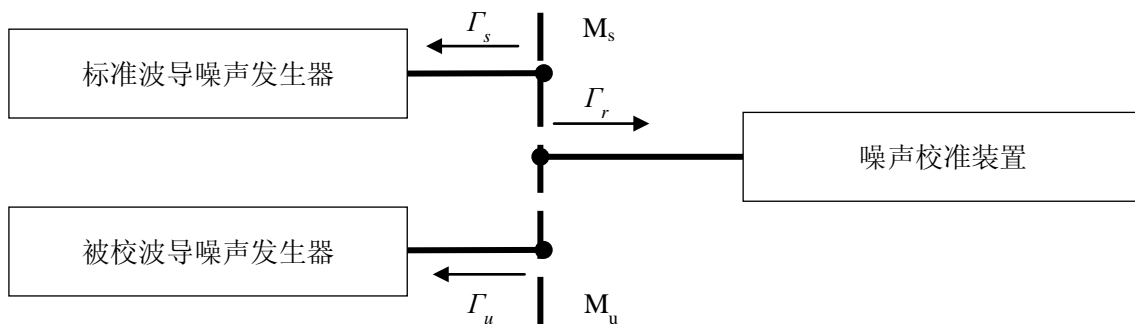


图 1、超噪比较准示意图

图中：

Ms：标准波导噪声发生器测量端面，

- Γ_u : 被测波导噪声发生器测量端面,
 Γ_r : 噪声校准装置输入端反射系数,
 Γ_s : 标准波导噪声发生器输出端反射系数,
 Γ_u : 被校波导噪声发生器输出端反射系数。

6.3.3 设置噪声校准装置的测量频率为 f_1 GHz, 如果噪声校准装置的测量带宽可调, 设置合适的测量带宽和平均次数。

6.3.4 连接标准波导噪声发生器至噪声校准装置, 测量其 Y 系数 (或通过测量冷热状态下的噪声功率计算 Y 系数), 记为 Y_s , 在表 A.2 相应位置记录该数值。

6.3.5 连接被校波导噪声发生器至噪声校准装置, 测量其 Y 系数 (或通过测量冷热状态下的噪声功率计算 Y 系数), 记为 Y_u , 在表 A.2 相应位置记录该数值。

6.3.6 根据式 (1) 计算被校波导噪声发生器的超噪比, 记为 ENR_u , 在 A.2 相应位置记录该数值。

$$ENR_u = ENR_s + 10 \lg \frac{Y_u - 1}{Y_s - 1} \quad (1)$$

式中:

- ENR_s : 标准波导噪声发生器超噪比, dB,
 ENR_u : 被校波导噪声发生器超噪比, dB。

6.3.7 根据校准频点改变噪声校准装置测量频率, 重复步骤 6.3.4 至 6.3.6 得到被校波导噪声发生器在其他频率点的超噪比。

6.4 电压驻波比

6.4.1 如图 2 连接设备。

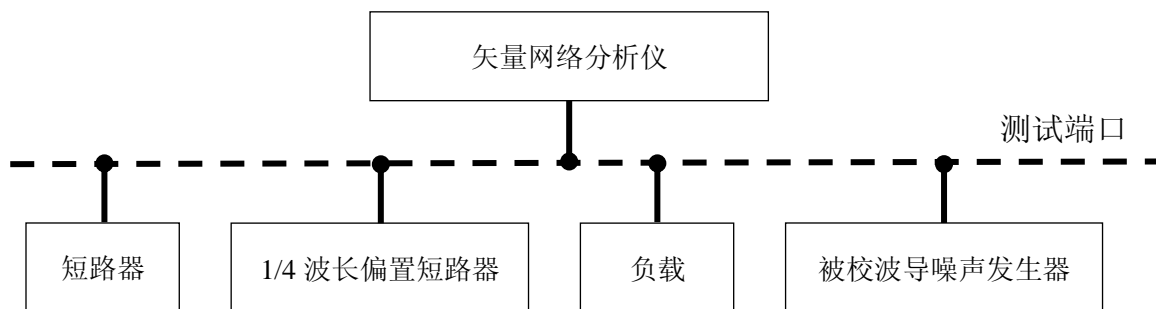


图 2、电压驻波比校准示意图

6.4.2 设置矢量网络分析仪的测量频点为被校波导噪声发生器的频率点。

6.4.3 在测试端口依次连接短路器、1/4 波长偏置短路器和负载完成单端口校准。

6.4.4 将被校波导噪声发生器连接至网络分析仪的测试端口, 分别在波导噪声发生器断电状态下测量相应频率点的电压驻波比 $VSWR_{cold}$ 和通电状态下测量相应频率点的电压驻波比 $VSWR_{hot}$, 在表 A.3 相应位置记录测量值。

7 校准结果表达

校准证书或校准报告应至少包含以下信息：

- 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。

8 复校时间间隔

波导噪声发生器的复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，推荐为 1 年。

附录 A

原始记录格式

表 A.1 外观检查及工作正常性检查

检查项目	结果
使用说明书	
外观	
工作正常性	

表 A.2 超噪比

频率 (GHz)	ENR_s (dB)	Y_s	Y_u	ENR_u (dB)	$U(k=2)$ (dB)
f_1					
f_2					
f_3					
⋮					
f_n					

表 A.3 电压驻波比

频率 (GHz)	$VSWR_{cold}$	$U(k=2)$	$VSWR_{hot}$	$U(k=2)$
f_1				
f_2				
f_3				
⋮				
f_n				

附录 B

校准证书内容格式

表 B.1 外观检查及工作正常性检查

检查项目	结果
使用说明书	
外观	
工作正常性	

表 B.2 超噪比

频率 (GHz)	ENR_u (dB)	$U(k=2)$ (dB)
f_1		
f_2		
f_3		
⋮		
f_n		

表 B.3 电压驻波比

频率 (GHz)	$VSWR_{cold}$	$U(k=2)$	$VSWR_{hot}$	$U(k=2)$
f_1				
f_2				
f_3				
⋮				
f_n				

附录 C

测量不确定度评定示例

C.1 超噪比较准的不确定度

本规范中超噪比的校准方法和测量数学模型与《JJF1442-2014 宽带同轴噪声发生器校准规范》完全一致，不确定度评定可参考 JJF1442-2014 附录 C.1。

C.2 电压驻波比较准的不确定度

C.2.1 测量模型

$$VSWR = \frac{1+|S_{11}|}{1-|S_{11}|} \quad (1)$$

C.2.2 不确定度来源

波导噪声发生器的端口电压驻波比由反射系数根据上式计算得到。矢量网络分析仪测量反射系数模值的不确定度来源主要包括：单端口校准不完善引入的系统误差和测试波导端口连接重复性等。

C.2.2.1 矢量网络分析仪单端口校准不完善引入的系统误差 u_1

根据矢量网络分析仪校准后剩余的方向性、反射扫迹和源匹配计算得到，该项不确定度分量服从正态分布， $k=2$ ，自由度为 ∞ 。

C.2.2.2 测试波导端口连接重复性引入的不确定度项 u_a

多次连接被测波导噪声发生器进行测量，根据贝塞尔公式计算。假设测量次数 N 为 6 次，自由度为 5。

C.2.2.3 标准不确定度评定

由上述不确定度分量可以得到反射系数模值的合成标准不确定度为：

$$u_{|S_{11}|} = \sqrt{u_1^2 + u_a^2} \quad (2)$$

(1) 式对反射系数模值求偏微分，可以得到电压驻波比和反射系数模值间的误差传递关系满足下式：

$$u_{VSWR} = \frac{2u_{|S_{11}|}}{(1-|S_{11}|)^2} \quad (3)$$

以 WR28 波导噪声发生器电压驻波比较准为例，不确定度分量一览表如下表。

表 C.1 WR28 波导噪声发生器电压驻波比不确定度分量一览表

频率	不确定度分量	来源	评定方法	分布	k 值	自由度	标准不确定度
26.5 GHz	u_1	网络分析仪校准不完善	B 类	正态	2	∞	0.0050
	u_a	测量重复性	A 类			5	0.0012
30 GHz	u_1	网络分析仪校准不完善	B 类	正态	2	∞	0.0050
	u_a	测量重复性	A 类			5	0.0015
40 GHz	u_1	网络分析仪校准不完善	B 类	正态	2	∞	0.0050
	u_a	测量重复性	A 类			5	0.0021

由公式 (2) 和 (3) 计算 WR28 波导噪声发生器电压驻波比的标准不确定度如表 C.2 所示。

表 C.2 WR28 波导噪声发生器电压驻波比标准不确定度

频率	标准不确定度	有效自由度
26.5 GHz	0.013	1686
30 GHz	0.011	733
40 GHz	0.013	222

C.2.2.4 扩展不确定度评定

根据表 C.2 计算得到的标准不确定度和有效自由度确定 $p=95\%$ 对应的扩展因子最终计算扩展因子，对于本例来说有效自由度均大于 100，可以取包含因子 $k=2$ 。

表 C.3 WR28 波导噪声发生器电压驻波比扩展不确定度

频率	扩展不确定度	包含因子
26.5 GHz	0.026	2.00
30 GHz	0.022	2.00
40 GHz	0.026	2.00