



天津市地方计量技术规范

JJF (津) XXXX-2026

射频脉冲大功率传感器校准规范

Calibration Specification for High-Power RF Pulse Sensors

(报批稿)

2026-XX-XX 发布

2026-XX-XX 实施

天津市市场监督管理委员会 发布

射频脉冲大功率传感器 校准规范

Calibration Specification for
High-Power RF Pulse Sensors

JJF(津) XXXX—2026

归口单位：天津市电磁计量技术委员会

主要起草单位：天津市计量监督检测科学研究院

国网天津市电力公司

参加起草单位：国网天津市电力公司城南供电分公司

国网天津市电力公司营销服务中心

本规范委托天津市电磁计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

张 涛 （天津市计量监督检测科学研究院）

何泽昊 （国网天津市电力公司）

李佳杰 （天津市计量监督检测科学研究院）

参加起草人：

吕婷婷 （国网天津市电力公司城南供电分公司）

李艾祺 （天津市计量监督检测科学研究院）

董 娜 （天津市计量监督检测科学研究院）

李祯祥 （国网天津市电力公司营销服务中心）

王 崇 （国网天津市电力公司营销服务中心）

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.....	(2)
6 校准项目和校准方法.....	(2)
7 校准结果的表达.....	(4)
8 复校时间间隔.....	(5)
附录 A 校准原始记录参考格式.....	(6)
附录 B 校准结果内页格式.....	(7)
附录 C 不确定度评定示例.....	(8)

引 言

本规范依据国家计量技术规范JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》编写。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编制工作的基础性系列规范。

本规范参考了下列文件：

JJG 1024-2007 脉冲功率计

JJF 1887-2020 射频与微波功率传感器校准规范

JJF 1386-2013 中功率计校准规范

本规范为首次发布。

射频脉冲大功率传感器校准规范

1 范围

本规范适用于频率范围 50MHz~130MHz，脉冲峰值功率不高于 35kW 的射频脉冲功率传感器的校准。其他功能类似的射频脉冲功率传感器可参照本规范校准。

2 引用文件

本方法引用了下列文件：

JJG 1024-2007 脉冲功率计

JJF 1887-2020 射频与微波功率传感器校准规范

凡是注明日期的引用文件，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 概述

射频脉冲大功率传感器是用于测量射频脉冲大功率信号的专用设备，一般为通过式功率计。其主要组成包括耦合器、检波器、信号处理电路和显示输出接口。其工作原理是耦合器从主传输线路采样少量射频信号，检波器将高频信号转换为可测量的射频信号，由信号处理电路进行放大、滤波和数字转换。其结构如图 1 所示。射频脉冲大功率传感器广泛应用于医疗设备、无线通信和雷达系统等领域。

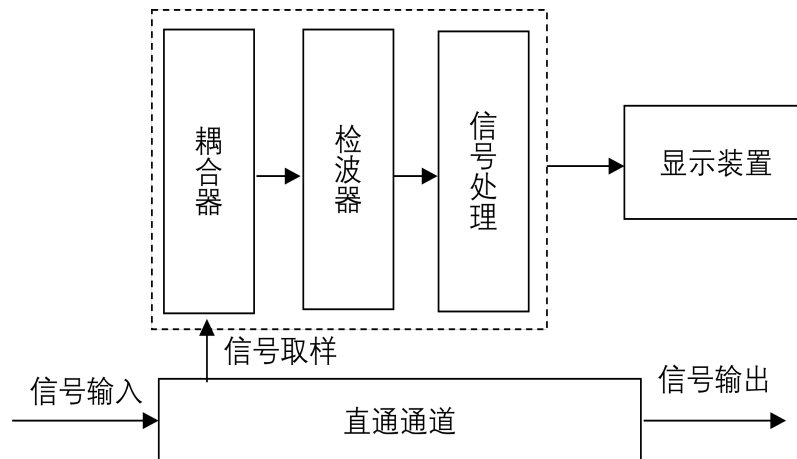


图 1 射频脉冲大功率传感器

4 计量特性

4.1 脉冲峰值功率

范围：1kW～35kW

最大允许误差：±5%

4.2 电压驻波比

频率范围 50MHz～130MHz

最大允许误差：1.5

注：以上技术指标不作合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

环境温度：(23±5)℃，校准过程中温度波动不超过 1℃；

相对湿度：20%～80%；

电源电压及频率：(220±11)V，(50±1)Hz；

其他：周围无影响校准系统正常工作的机械振动和电磁场干扰。

5.2 校准用计量标准器及其他设备

5.2.1 脉冲大功率校准系统

功率测量不确定度：5.0%（ $k=2$ ）

功率范围：1kW～35kW

频率范围：50MHz～130MHz

5.2.2 矢量网络分析仪

频率范围：50MHz～130MHz

驻波测量不确定度：0.004（ $k=2$ ）

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 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	外观及通电检查	6.2
2	脉冲峰值功率	6.3
3	驻波比	6.4

6.2 外观及通电检查

被校功率计应有说明书及配套附件。被校功率计的外观应完好，各开关、按键等应调节正常，不应有影响电气性能的机械损伤。

被校功率计通电后应正常工作，按技术说明书规定时间预热，预热后指示正常，零点稳定可调。如被校功率计具有自校准功能，应按要求对仪器进行自校准。将检查结果记录于附录A表A.1中。

6.3 脉冲峰值功率

- 按图1连接射频大功率校准系统，示波器和被校射频大功率传感器。
- 根据客户要求，调节射频大功率校准系统的脉冲宽度、占空比、输出频率和输出功率，使得射频大功率校准系统的读数接近所设置的功率值并稳定；
- 等待射频大功率校准系统的读数稳定后，记录射频大功率校准系统的读数以及被校传感器的读数填入附录A.1中。如被校功率传感器具有偏置校准功能时，可同时记录偏置量及校准后的功率值。
- 根据被校功率传感器的工作频率范围、实际需要和传递标准具有校准因子的频点选择新的校准频率，重复步骤b)～c)，直至完成全部所需频率、功率的校准，关闭信号源输出。

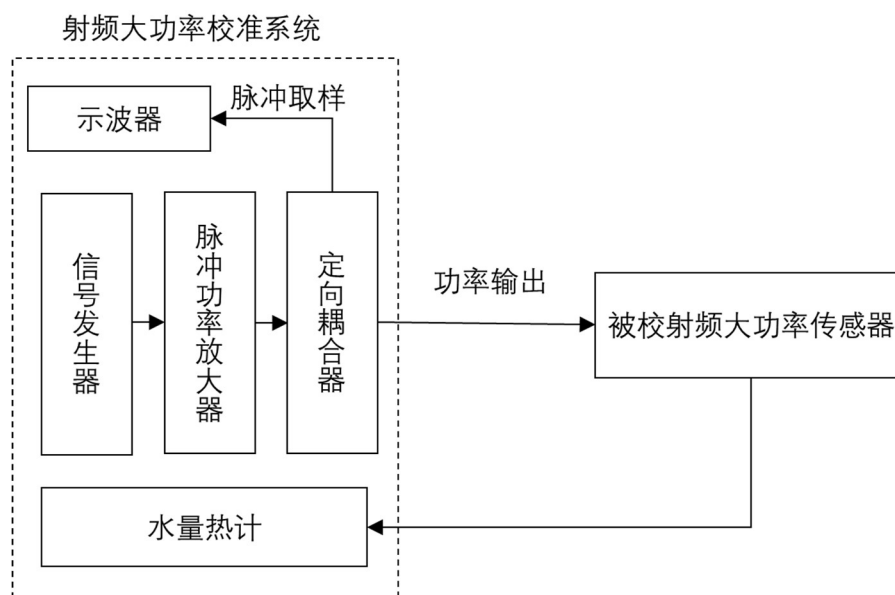


图2 脉冲峰值功率校准框图

6.4 驻波比

- 按说明书要求对矢量网络分析仪进行通电预热；

- b) 设置矢量网络分析仪测量参数为 S_{11} , 对矢量网络分析仪进行单端口校准;
- c) 设置矢量网络分析仪的中频带宽为适当值 (通常为 100Hz), 在被校功率传感器的工作频率范围内选择矢量网络分析仪的测试频率和测量点数; 所选校准频点应与被校功率传感器校准因子的校准频点相同;
- d) 按图 2 所示连接被校功率传感器于测试端口, 设置数据格式为驻波比, 读取驻波比的数据, 将所得结果记录在附录 A 表 A. 2 中的相应位置。

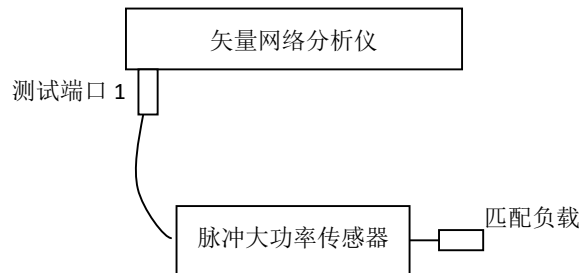


图 3 驻波比的校准框图

7 校准结果的表达

功率传感器校准后, 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。

8 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 1 年。

附录 A

校准原始记录参考格式

表 A.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观	
工作正常性	

表 A.2 脉冲峰值功率

频率 MHz	功率标准值 (W)	偏置 (dB)	被校传感器读数 (W)	$U(k=2)$

表 A.3 驻波比

频率	电压驻波比	不确定度 $U(k=2)$

附录 B

校准结果内页格式

表 B.1 外观及工作正常性检查

项目	检查结果
外观	
工作正常性	

表 B.2 脉冲功率

频率 MHz	功率标准值 (W)	偏置 (dB)	被校传感器读数 (W)	$U(k=2)$

表 B.3 驻波比

频率	电压驻波比	不确定度 $U(k=2)$

附录 C

不确定度评定示例

C.1 脉冲峰值功率

C.1.1 测量模型

$$P = P_{read}$$

式中：

P ：功率测量值；

P_{read} ：射频功率计读数。

C.1.2 不确定度来源

不确定度来源如下：

- a) 射频大功率校准系统引入的不确定度；
- b) 重复性引入的相对标准测量不确定度。

C.1.3 相对标准不确定度的评定

脉冲大功率校准系统根据溯源证书其合成不确定度为 5%，相对标准不确定度为 $u_{rel1}=2.5\%$ 。

在脉冲峰值功率 35kW，频率 130MHz 条件下，重复进行 10 次测量，读取被校功率传感器测量结果。

表 C.1 被校功率传感器测量结果

序号	测量值 (W)	序号	测量值 (W)
1	36985	6	36824
2	36856	7	36882
3	36987	8	36845
4	36926	9	36957
5	36896	10	36452

使用贝塞尔公式计算得到测量重复性引入的标准不确定度分量为 154.66W，对应相对不确定度分量为 $u_{rel2}=0.42\%$

C.1.4 合成标准不确定度

1) 相对标准不确定度分量表

表 C.2 脉冲峰值功率相对标准不确定度分量汇总表

序号	不确定度来源	分布	包含因子	相对标准不确定度
1	测量重复性	/	/	0.42%
2	脉冲大功率校准系统	正态	2	2.5%

2) 合成相对标准不确定度

合成相对标准不确定度为：

$$u_{\text{crel}} = \sqrt{\sum_{i=1}^2 u_{i\text{rel}}^2} = 2.54\%$$

C.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，得到：

$$U_{\text{rel}} = 5.1\%$$

C.2 电压驻波比测量不确定度

C.2.1 不确定度来源

测量方法为直接测量。

引入的不确定度分量来源包括：

- 1) 网络分析仪电压驻波比测量误差引入的标准不确定度分量， u_1
- 2) 网络分析仪电压驻波比测量分辨力引入的标准不确定度分量， u_2
- 3) 网络分析仪测量重复性引入的不确定度分量， u_3

经分析，上述各分量之间彼此不相关。

C.2.2 合成标准不确定度计算

下面以 100MHz 频率点为例计算。

C.2.2.1 网络分析仪电压驻波比测量误差引入的不确定度分量 u_1

网络分析仪测量连接射频脉冲大功率传感器时的电压驻波比，测量准确度主要与网络分析仪有关，网络分析仪(电压驻波比 1.5)在该频率 100M Hz 的测量不确定度由上一级计量机构的校准证书得到， $U_1=0.02(k_1=2)$ ，则标准不确定度为 $u_1 = U_1 / k_1 = 0.01$ 。

C.2.2.2 网络分析仪电压驻波比测量分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

在测量频率 100M Hz 时,用网络分析仪对被测件端口的电压驻波比测量分辨力为 0.01,服从均匀分布,取 $k = \sqrt{3}$, 则标准不确定度 $u_3 = 0.01/2k \approx 0.0029$ 。

C.2.2.3 网络分析仪测量重复性引入的不确定度分量 u_3

在测量频率 100M Hz 时,用网络分析仪对被测件电压驻波比重复测量 10 次,测量结果如表 C.3。

表 C.3 重复性测量结果

次数	1	2	3	4	5
测量结果	1.15	1.17	1.16	1.14	1.16
次数	6	7	8	9	10
测量结果	1.15	1.16	1.15	1.16	1.15

根据贝赛尔公式进行计算可得实验标准偏差为: $s(x) = 0.0067$, 取单次测量结果, 则由重复性引入的标准不确定度为: $u_3 = 0.0067$ 。

C.2.3 合成标准不确定度

不确定度分量汇总表如表 C.4 所示。

表 C.4 电压驻波比标准不确定度分量一览表

不确定度来源	标准不确定度		输出量标准不确定度分量
	符号	数值	
网络分析仪电压驻波比测量误差	u_1	0.01	0.01
网络分析仪测量分辨力	u_2	0.0029	0.0029
测量重复性	u_3	0.0067	0.0067

以上各项标准不确定度分量互不相关的, 重复性和分辨力取其中较大者合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2} = 0.012$$

C.2.4 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, 扩展不确定度为:

$$U = ku_c = 0.03 \quad (k=2)$$

