

中 华 人 民 共 和 国

计 量 器 具 检 定 规 程

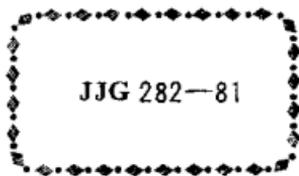
同 轴 热 电 薄 膜 功 率 座

JJG 282—81

同轴热电薄膜功率座检定规程

Verification Regulation of the
Coaxial Thin Film Thermoelectric
Power Head

JJG 282—81



本检定规程经国家计量总局于1981年12月21日批准,并自1982年11月1日起施行。

归口单位: 中国计量科学研究院

起草单位: 中国计量科学研究院

主要起草人: 魏光楚 冯新善

本规程技术条文由起草单位负责解释。

目 录

一、概 述	(1)
二、技术要求	(2)
三、检定条件和检定用设备	(2)
四、检定项目	(2)
五、检定方法	(3)
六、误差计算及举例	(6)
七、检定结果及检定周期	(8)
附录 1 符号说明	(10)
附录 2 检定数据记录格式	(11)
附录 3 检定证书内记录格式	(12)

同轴热电薄膜功率座检定规程

本规程适用于检定新制造的、修理调整后的和使用中的同轴热电薄膜功率座(以下简称 tft 功率座)的有效效率 η_e 值、校准因子 K_b 值,也适用于波异 tft 功率座的检定。

一、概 述

1 同轴 tft 功率座和相应的指示器一起,用来测量射频连续波功率或脉冲调制波的平均功率。

tft 功率计不同于热敏电阻功率计:

a tft 功率座里安装的金属(铋锑)膜片是一个良好的匹配终端。它既是吸收功率的负载,又是将射频功率转换为直流热电势的热电偶器件,如图 1 所示。

b 指示器不是利用平衡电桥的原理,而是一个高灵敏度的直流放大器。

c 有效效率 η_e 及校准因子 K_b 的含义不同。

有效效率 η_e 的定义为: tft 功率座吸收的音频功率 P_a 与产生相同的热电势时 tft 功率座所吸收的射频功率 P_{el} 之比,即

$$\eta_e = \frac{P_a}{P_{el}} \quad (1)$$

校准因子 K_b 的定义为: tft 功率座吸收的音频功率 P_a 与产生相同的热电势时入射到 tft 功率座的输入端面上的射频功率 P_i 之比,即

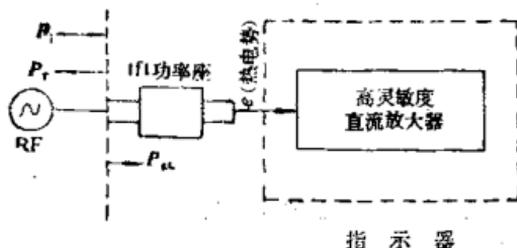


图 1 tft 功率计示意图

$$K_b = \frac{P_r}{P_i} \quad (2)$$

二、技术要求

- 2 被检定的 tft 功率座上应标明产品型号、出厂编号及额定功率值。
- 3 与被检定的 tft 功率座相配的指示器应预先校准。
- 4 检定应在被检 tft 功率座相应的频段内进行。
- 5 检定工作电平为 1mW 和 10mW。
- 6 被检定的 tft 功率座输入端电压驻波比在相应的频段内应符合技术指标，通常不大于 1.50。
- 7 检定时在测量端口必须保证有良好的连接重复性。

三、检定条件和检定用设备

8 环境条件

检定应在恒温条件下进行。当用量热计作标准功率计时，室温应控制在 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ，用其他功率计作标准时，室温可控制在 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ ；

电源为 50 Hz， $220\text{V} \pm 10\%$ ；

相对湿度低于 80%。

9 所需设备列于表 1。

四、检定项目

10 工作正常性检查

将 tft 功率座和与之配合使用的指示器连接，接通电源后指示灯亮，在与 tft 功率座相应的量程内，零点可以调整。

11 tft 功率座有效效率 η_{eff} 的检定。

12 tft 功率座校准因子 K_{cal} 的检定。

13 tft 功率座输入端电压反射系数 $|\Gamma_r|$ 值的测量。

表1 微波系统所需设备 (以1~6 GHz频段为例)

设备名称	主要指标	建议型号	数量
微波信号源	f_1 : 1~6GHz	GX-26, XB7, XB3	各1台
微波功率放大器	f_1 : 2~6GHz	FW-1	1台
稳幅器	1×10^{-3} /小时	MSA-1	1台
稳频器	1×10^{-5} /小时	WP-4(XW-4)	1台
频率计	精度优于0.1%	PX-12, PX-13	各1台
电动同轴开关	f_1 : 0~12.4GHz	TTK	1只
定向耦合器	10dB, 方向性>25dB		1只
定向耦合器	f_1 : 1~6GHz, 10dB	TT-2, TT-3, TT-4	各1只
功率计	精度: $\pm 1\%$	6460	1台
数字电压表	$\pm 0.02\%$	7075	1台
电位差计	0.02级	UJ-26	1台
隔离器	>45dB	用多个串用	
精密调配器			2只
可移短路器	$ \Gamma_r \geq 0.990$ 平穩度: $1-2 \times 10^{-4}$		1只
标准短路器	$ \Gamma_r _s \geq 0.998$		1只
测量线	精度: $1.001 \pm 0.001f$ (GHz)	仿GR-900LB	1台
标准功率计	总精度: $\pm (1.0 \sim 2.0)\%$	GO20	1台

注: 总精度要溯源到国家标准。

五、检定方法

14 tft功率座的检定, 可选用交替比对法、单定向耦合器法、调配反射计及广义反射计法。本规程用表1中的设备和器件组成如图2所示的微波传递系统, 即广义反射计。图3为简化的原理图, 图中2-2端面为测量端口, 3-3端面为定向耦合器的旁臂输出端。

15 调整微波传递系统

15.1 所有的仪器电源接通, 预热半小时。稳频稳幅信号源调到需要的频率上, 频率偏差应小于 $\pm 0.1\%$, 幅度稳定度应优于0.001/h。

15.2 测量端口接同轴测量线。同轴开关K打在B位置, 调节调配器 T_s , 使得测量端口的输入电压驻波比小于1.01, 即 $|\Gamma_{sc}| \leq 0.005$ 。 $|\Gamma_{sc}|$ 为从测量端口向信号源看去的等效信号源电压反射系

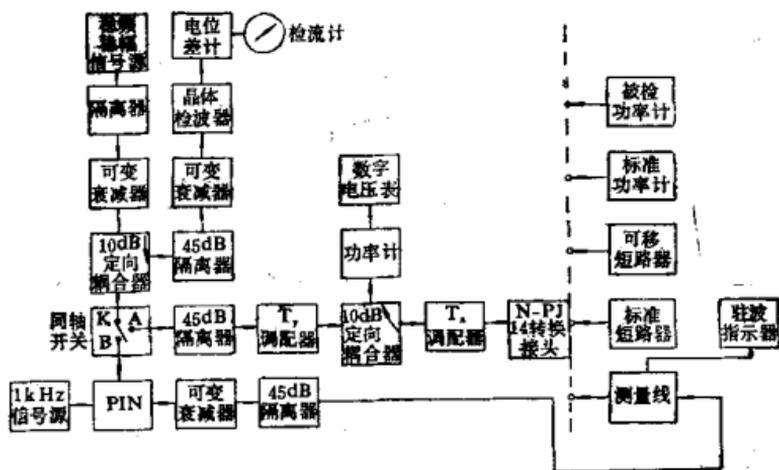


图 2 微波传递系统方框图

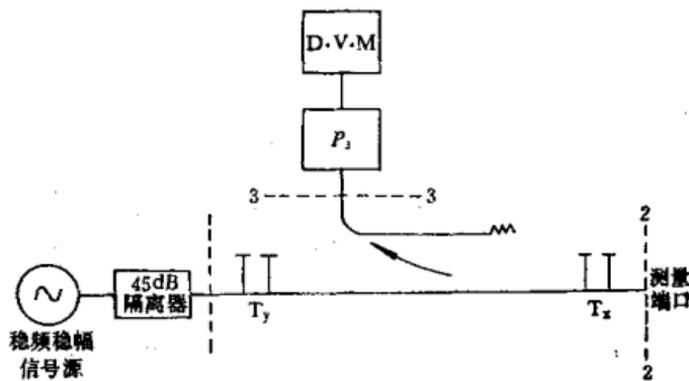


图 3 广义反射计原理图

数。

15.3 测量端口换接可移短路器。同轴开关 K 扳向 A 。调节调配器 T_y ，使得可移短路器在移动过程中定向耦合器旁臂上的功率计（外接数字电压表）的指示变化最小，并满足下式：

$$\left| \frac{R_0}{R} \right| = \frac{1}{2} \frac{P_{S \max} - P_{S \min}}{P_{S \max} + P_{S \min}} \leq 0.001 \quad (3)$$

注：根据功率方程概念，当可移短路器滑动时，广义反射响应变化的轨迹为一复平面上的圆， $|R|$ 为圆的半径， R_0 为圆心的坐标。

15.4 重复 15.2 和 15.3 款的步骤，使得 $|r_{s,1}| \leq 0.005$ 和 $|R_0/R| \leq 0.001$ 同时满足。

16 用标准功率计测量功率

16.1 将测量端口的功率调到所需的电平上（为防止过载，通常调到略小于座的额定值）。

16.2 标准功率座与测量端口连接，按标准功率计使用说明书操作，读取标准功率计的指示值 $P_{S,1}$ 和与此相应的旁臂功率计的示值 $P_{S,2}$ 。

注：标准功率座的接头型式与测量端口的接头型式不同时，则需加转换接头。同轴接头连接时一定要注意米制尺寸与英制尺寸的差别。

16.3 测量端口换接标准短路器，读取相应的旁臂功率计的示值 $P_{S,3}$ 。

16.4 按下式计算标准功率座的失配因子：

$$M_{S1} = 1 - \frac{P_{S,3}}{P_{S,2}}$$

17 用被检 tft 功率计测量功率

17.1 被检 tft 功率座的校准因子（或有效效率）控制旋钮置于 100%，并与测量端口连接。

注：被检功率座的接头型式与测量端口的接头型式不同时，则需加转换接头。同轴接头连接时一定要注意米制尺寸与英制尺寸的差别，以免损坏 tft 功率座中的热电薄膜元件。

17.2 按被检 tft 功率计使用说明书操作，并读取被检 tft 功率计的示值 $P_{s,1}$ 和相应的旁臂上功率计的示值 $P_{S,2}$ 。

17.3 测量端口换接标准短路器，读取相应的旁臂功率计的示值 $P_{S,3}$ 。

17.4 按下式计算被检 tft 功率座的失配因子：

$\frac{\Delta M_{ga}}{M_{ga}}$ ——被检 tft 功率座失配因子测量误差;

$\frac{\Delta M_{gs}}{M_{gs}}$ ——标准功率座失配因子测量误差;

Δ_1 ——连接不重复性引起的测量误差;

Δ_2 ——信号源不稳定引起的误差;

$\frac{\Delta P_{au}}{P_{au}}$ ——被检 tft 功率计的指示误差;

$\frac{\Delta P_{bs}}{P_{bs}}$ ——标准功率计的指示误差。

23 由 (6) 式被检 tft 功率座校准因子的误差为

$$\frac{\Delta K_{bu}}{K_{bu}} = \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta \eta_{cu}}{\eta_{cu}}\right)^2 + (2|\Gamma_s| |\Delta|\Gamma_s||)^2} \quad (8)$$

式中:

$|\Delta|\Gamma_s||$ ——被检 tft 功率座电压反射系数模值的测量误差。由测量线的精度而定。

24 被检 tft 功率座和标准功率座的失配因子的测量误差是与系统调配完善程度和功率座电压反射系数模值有关的,根据 14 条各步骤调配所能达到的完善程度,其值及其计算方法均列于表 2。

25 误差计算举例

假设:

标准功率座的电压反射系数模值 $|\Gamma_s| = 0.05$

标准功率计的指示误差 $\Delta P_{bs}/P_{bs} = 0.05\%$

标准功率座的有效效率的误差 $\Delta \eta_{cs}/\eta_{cs} = 1.0\%$

被检 tft 功率座的电压反射系数模值 $|\Gamma_s| = 0.2$

被检 tft 功率座的电压反射系数模值测量误差 $|\Delta|\Gamma_s|| = 0.005$

被检 tft 功率计指示器的误差 $\Delta P_{au}/P_{au} = 1.0\%$

转接头效率测量误差 $\Delta \eta_{am}/\eta_{am} = 0.22\%$

连接不重复性引起的测量误差 $\Delta_1 = 1 \times 10^{-3}$

信号源不稳引起的误差 $\Delta_2 = 1 \times 10^{-3}$

表2 测量失配因子 M_{RL} 的误差

误差来源	误差表达式	被测负载反射系数		
		0.2	0.1	0.05
T_y 调配不完善 ΔM_1	$2 \left \Gamma_u \right \cdot \left \frac{R_0}{R} \right + \left \frac{R_0}{R} \right ^2$	4×10^{-4}	2×10^{-4}	1×10^{-4}
旁臂功率 测不准 ΔM_2	$\frac{ \Gamma_u ^2}{ \Gamma_t ^2 - \Gamma_u ^2} \left(\frac{\Delta P_{su}}{P_{su}} + \frac{\Delta P_{st}}{P_{st}} \right)$	0.8×10^{-4}	2×10^{-4}	0.5×10^{-4}
标准短路器 的 $ \Gamma_t _s \neq 1$ ΔM_3	$\frac{ \Gamma_u ^2}{ \Gamma_t _s^2 - \Gamma_u ^2} \left(1 - \Gamma_t _s^2 \right)$ $ \Gamma_t _s = 0.998$	1.7×10^{-4}	0.4×10^{-4}	0.1×10^{-4}
可移短路器 的 $ \Gamma_t \neq 1$ ΔM_4	$4 \left \Gamma_u \right \cdot \left \Gamma_{gc} \right \Delta \left \Gamma_t \right $ $ \Gamma_t = 0.99, \Delta \Gamma_t = 0.01$	0.4×10^{-4}	0.2×10^{-4}	0.1×10^{-4}
$\frac{\Delta M_{RL}}{M_{RL}}$ 的总 误差	$\sqrt{\Delta M_1^2 + \Delta M_2^2 + \Delta M_3^2 + \Delta M_4^2}$			

将上述数值代入 (7) 式则

$$\frac{\Delta \eta_{cu}}{\eta_{cu}} = \pm \left[\sqrt{(0.22 \times 10^{-2})^2 + (4.4 \times 10^{-4})^2 + (1.1 \times 10^{-4})^2 + \dots} \right. \\ \left. \dots + (1.0 \times 10^{-2})^2 + (1 \times 10^{-3})^2 + (1 \times 10^{-3})^2 + \dots \right. \\ \left. + 1 \times 10^{-2} + 0.05 \times 10^{-2} \right] = \pm 2.1\%$$

将上述数字代入 (8) 式则

$$\frac{\Delta K_{ba}}{K_{ba}} = \pm \sqrt{(2.1 \times 10^{-2})^2 + (2 \times 0.2 \times 0.005)^2} \approx \pm 2.1\%$$

七、检定结果及检定周期

26 tft 功率座经检定发给检定证书。检定证书应有被检 tft 功率

座的有效效率 η_{eff} 值、校准因子 K_{eff} 值和电压反射系数 $|r_{\text{eff}}|$ 及精度。

27 检定周期视使用情况而定，一般为一年。tft 元件替换或 tft 功率座修理调整后应重新检定方能使用。

附录 1

符 号 说 明

- P_0 ——热敏电阻功率计的直流（或音频）替代功率。
 P_a ——tft 功率计的 tft 元件吸收的音频功率。
 P_{bu} ——被检功率计的示值。脚标“u”表示“被检”之意。
 P_{bs} ——标准功率计的示值。脚标“s”表示“标准”之意。
 P_{s_1} ——反射计测量端口接被检功率座时旁臂功率计的示值。
 P_{s_2} ——反射计测量端口接标准短路器时旁臂功率计的示值。
 M_{gu} ——反射计测量端口接被检功率座时的失配因子。
 M_{gs} ——反射计测量端口接标准功率计时的失配因子。
 $|\Gamma_u|$ ——被检功率座的电压反射系数模值。
 $|\Gamma_s|$ ——标准功率座的电压反射系数模值。
 $|\Gamma_r|$ ——可移短路器的电压反射系数模值。
 $|\Gamma_{s_1}|$ ——标准短路器的电压反射系数模值。
 η_c ——功率座的有效效率。
 η_{cu} ——被检功率座的有效效率。
 η_{cs} ——标准功率座的有效效率。
 K_u ——功率座的校准因子。
 K_{bu} ——被检功率座的校准因子。
 K_{bs} ——标准功率座的校准因子。
 η_{am} ——转换接头的效率值。

