



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1127—2004

## 射频阻抗/材料分析仪校准规范

Calibration Specification for RF Impedance/Material Analyzers

2004-09-21 发布

2005-03-21 实施

国家质量监督检验检疫总局发布

# 射频阻抗/材料分析仪校准规范

Calibration Specification for RF  
Impedance/Material Analyzers

JJF 1127—2004

代替 JJG 127—1986

---

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2004 年 09 月 21 日批准，并自 2005 年 03 月 21 日起施行。

归口单位：全国无线电计量技术委员会

起草单位：信息产业部电子计量中心

本规范由归口单位负责解释

本规范主要起草人：

王 珂 （信息产业部电子计量中心）

参加起草人：

张关汉 （信息产业部电子计量中心）

## 目 录

1 范围 .....	(1)
2 引用文献 .....	(1)
3 术语 .....	(1)
3.1 短路无支撑空气线 .....	(1)
3.2 开路无支撑空气线 .....	(1)
4 概述 .....	(1)
5 计量特性 .....	(2)
5.1 信号源 .....	(2)
5.2 直流偏置电压 .....	(2)
5.3 阻抗测量 .....	(2)
6 校准条件 .....	(2)
6.1 环境条件 .....	(2)
6.2 校准用标准器具和其他设备 .....	(2)
7 校准项目和校准方法 .....	(3)
7.1 工作正常性检查 .....	(3)
7.2 频率示值的校准 .....	(3)
7.3 信号电平准确度的校准 .....	(3)
7.4 直流偏置电压示值的校准 .....	(4)
7.5 阻抗测量示值的校准 .....	(5)
8 校准结果的表达 .....	(8)
9 复校时间间隔 .....	(8)
附录 A 校准记录表格式 .....	(9)

## 射频阻抗/材料分析仪校准规范

### 1 范围

本校准规范适用于频率范围在 1MHz ~ 3.0GHz，基本工作原理为射频电压电流比给出阻抗的各种型号高频和射频阻抗/材料分析仪的校准，也适用于同种原理的 LCR 表的校准。

### 2 引用文献

JJG 2011—1987 《射频阻抗计量器具检定系统》

JJF 1059—1999 《测量不确定度的评定与表示》

### 3 术语

#### 3.1 短路无支撑空气线

无支撑空气介质同轴传输线一端接短路器时的空气线。

#### 3.2 开路无支撑空气线

无支撑空气介质同轴传输线一端接开路器时的空气线。

### 4 概述

高频及射频阻抗/材料分析仪可以在 1MHz ~ 3.0GHz 范围内进行诸如电感器、电容器、电阻器的高频测量及电性能评估。这类仪器是采用射频电流 - 电压阻抗测量原理，此方法源于高频电流 - 电压法，流经被测件的电流通过不平衡 - 平衡变换器转换成电压，因此，系统中采用两个矢量电压表  $V_i$  和  $V_v$  ( $V_v$  检测加于被测件的矢量电压， $V_i$  检测流经被测件的矢量电流)。如果测量电路是理想的（这意味着没有杂散导纳和残余阻抗），被测件的阻抗可表示为：

$$\hat{Z}_x = R \frac{\dot{V}_v}{\dot{V}_i}$$

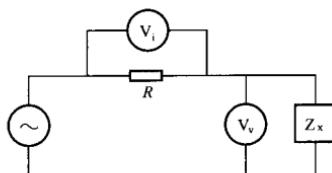


图 1 I - V 测量简化电路

## 5 计量特性

### 5.1 信号源

5.1.1 输出频率: 1MHz ~ 3.0GHz

5.1.2 频率准确度: 优于  $1.0 \times 10^{-5}$

5.1.3 输出电平: 0.2mV ~ 1 V(有效值)

5.1.4 输出电平基本最大允许误差:  $2\text{dB} + 6\text{dB} \times f(\text{MHz})/1800(\text{MHz})$ (典型情况下)

### 5.2 直流偏置电压

5.2.1 直流偏置电压范围: -40V ~ +40V

5.2.2 直流电压最大允许误差: 读值的 0.1% + 4mV

### 5.3 阻抗测量

5.3.1 阻抗、导纳范围:  $1\Omega \sim 50\text{k}\Omega$

5.3.2 相位测量范围: -180°C ~ +180°C

5.3.3 阻抗、导纳最大允许误差: 1% ~ 10%

5.3.4 相位最大允许误差: (0.01 ~ 0.1)rad

注: 上述是典型的计量特性, 因校准不判合格与否, 所提技术指标仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

环境温度:  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$

相对湿度:  $\leq 70\% \text{RH}$

电源:  $(220 \pm 11)\text{V}, (50 \pm 1)\text{Hz}$

周围应保持整洁, 无影响正常工作的机械振动及电磁干扰。

### 6.2 校准用标准器具和其他设备

#### 6.2.1 频率计

频率范围: 1MHz ~ 3.0GHz

准确度: 优于  $1.0 \times 10^{-6}$  的各类频率计。

#### 6.2.2 数字多用表

电压范围: 0V ~ 100V

最大允许误差:  $\pm$  读值的 0.03% 的各类数字多用表。

#### 6.2.3 功率计

参考频率范围: 应能覆盖被校仪器的频率范围。

参考功率范围: -60dBm ~ +20dBm

最大允许误差:  $\pm 0.5\text{dB}$ 。

#### 6.2.4 射频同轴阻抗标准器

工作频率: 1MHz ~ 3.0GHz

带内导体开路器:  $0.63(1 \pm 5\%) \text{pF}$  (1MHz)

参考导纳值:  $4.0\text{nS} \sim 13\text{mS}$

最大允许误差:  $\pm (0.3 \sim 1.0)\%$  (1MHz ~ 3.0GHz)

短路器

参考阻抗值:  $0\Omega$

最大允许误差:  $\pm (0.0025 \sim 0.2)\Omega$  (1MHz ~ 3.0GHz)

$50\Omega$  终端:  $50(1 \pm 0.5)\Omega$  (1MHz)

参考阻抗值:  $(49.6 \sim 50.4)\Omega$

最大允许误差:  $\pm (0.1 \sim 0.8)\%$  (1MHz ~ 3.0GHz)

参考相位值:  $-1.8\text{mrad} \sim +0.4\text{mrad}$

最大允许误差:  $\pm (1 \sim 8)\text{mrad}$  (1MHz ~ 3.0GHz)

开路无支撑空气线:  $7.3(1 \pm 5\%) \text{pF}$  (1MHz)

参考阻抗值:  $6\Omega \sim 22\text{k}\Omega$

最大允许误差:  $\pm (0.16 \sim 1.2)\%$  (1MHz ~ 3.0GHz)

参考相位值:  $-1.570\text{rad} \sim -1.530\text{rad}, 1.550\text{rad} \sim 1.560\text{rad}$

最大允许误差:  $\pm (1.6 \sim 12)\text{mrad}$  (1MHz ~ 3.0GHz)

短路无支撑空气线:  $18.0(1 \pm 5\%) \text{nH}$  (1MHz)

参考阻抗值:  $0.1\Omega \sim 156\Omega$

最大允许误差:  $\pm (0.17 \sim 1.0)\%$  (1MHz ~ 2.8GHz)

参考相位值:  $-1.560\text{rad} \sim -1.550\text{rad}, 1.500\text{rad} \sim 1.560\text{rad}$

最大允许误差:  $\pm (1.7 \sim 10)\text{mrad}$  (1MHz ~ 3.0GHz)

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 工作正常性检查

被校仪器应结构完整并无影响正常工作的机械损伤, 通电检查仪器能正常工作, 测试台应能正常接插校准件。被校仪器有明晰的型号、生产编号, 送校时应附有使用说明书和上次的校准证书。

### 7.2 频率示值的校准

7.2.1 频率准确度的校准是用频率计测量激励信号为频率校准点时的实际频率。该校准是检查仪器基准频率的准确度。

#### 7.2.2 如图 2 连接测试仪器。

对阻抗分析仪进行如下设置:

频率 (Frequency): 校准点的频率值

信号电平 (OSC Level):  $0.2\text{V}$

带宽 (SPAN):  $0$

将频率计读值与分析仪设置值的差值记入表 A1 中。

### 7.3 信号电平准确度的校准

7.3.1 如图 3-1、3-2 连接测试仪器。测试频率点和信号电平的选取按仪器技术说明书中规定。

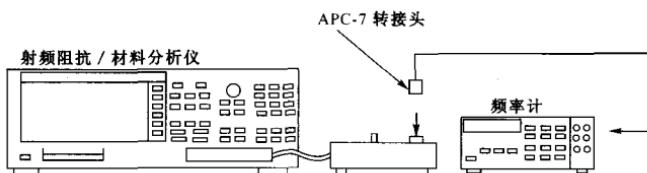


图 2 频率准确度校准连接图

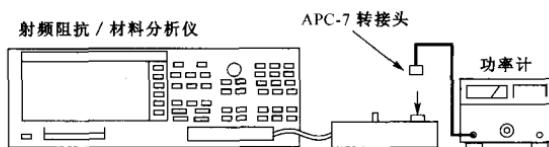


图 3-1 信号电平准确度校准连接图（常温）

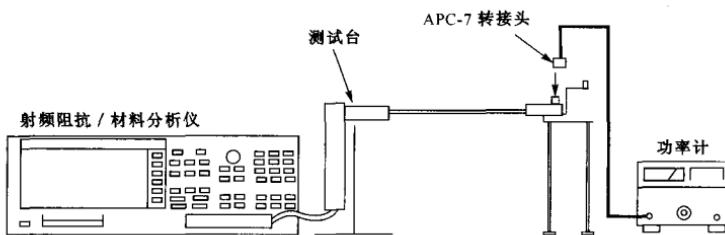


图 3-2 信号电平准确度校准连接图（高温）

注：对有些阻抗分析仪来说，信号电平（OSC Level）准确度校准必须在常温和高温的高、低阻抗测试头上都进行。

高温高、低阻抗测试头信号电平（OSC Level）准确度的校准可根据用户的要求选做。

将功率计的读值与阻抗分析仪设置值的差值记入表 A2 中。

#### 7.4 直流偏置电压示值的校准

##### 7.4.1 如图 4-1、4-2 连接测试仪器。直流偏置电压的选取按技术说明书中的规定。

注：包含高、低阻抗测试头的射频阻抗分析仪，直流偏置电压准确度的校准可在常温和高温的高、低阻抗测试头之一种上进行。

将数字多用表的读值与阻抗分析仪设置值的差值记入表 A3 中。

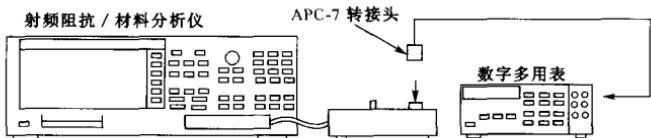


图 4-1 直流偏置电平的校准（常温）

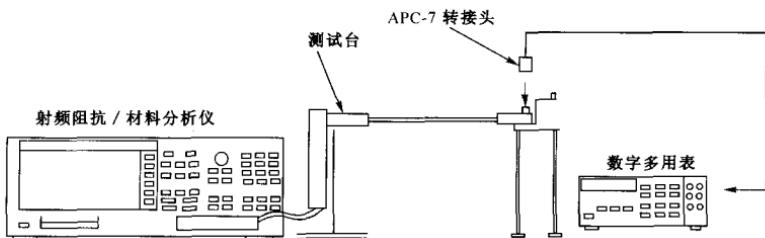


图 4-2 直流偏置电平的校准（高温）

## 7.5 阻抗测量示值的校准

### 7.5.1 使用前的自校准

依次将仪器本身所配备的  $0\Omega$ 、 $0S$ 、 $50\Omega$ 、低耗电容器连接到 APC - 7 测试头，对阻抗分析仪进行使用前的校准，建立正常工作状态。

注：对包含高、低阻抗测试头的射频阻抗分析仪，常温和高温的高、低阻抗测试头都要进行阻抗测量准确度的校准，因为测试头的特性会直接影响分析仪的测量结果。

在进行校准之前，首先要设置测试条件，然后进行使用前的自校，并将校准结果存盘，以减少测试中繁琐的操作过程。在常温和高温阻抗测量准确度校准中，每一种测试头（高、低阻抗测试头）都要在不同的信号电平（OSC Level）下对阻抗测量的准确度进行校准，信号电平（OSC Level）的选择应按技术说明书中的规定。

高温高、低阻抗测试头阻抗测量准确度的校准可根据用户的要求选做。

### 7.5.2 “带内导体开路器”进行阻抗测量示值的校准

按图 5 将“带内导体开路器”连接到阻抗分析仪的 APC - 7 测试头上。阻抗分析仪测量参数设置为  $|Y|$ ，信号电平（OSC Level）和频率点的选取按照技术说明书中的要求设置。测量后将阻抗分析仪  $|Y|$  的显示值与“带内导体开路器”校准值之差记入表 A4 中。

### 7.5.3 “短路器”进行阻抗测量示值的校准

按图 6 将“短路器”连接到阻抗分析仪的 APC - 7 测试头上。阻抗分析仪测量参数设置为  $|Z|$ ，信号电平（OSC Level）和频率点的选取按照技术说明书中的要求设置。测



图 5 “带内导体开路器”阻抗测量示值的校准

量后将阻抗分析仪  $|Z|$  的显示值与“短路器”校准值之差记入表 A5 中。

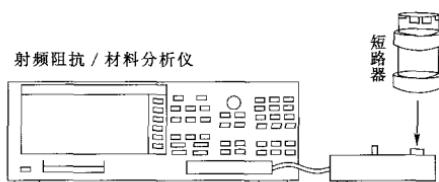


图 6 “短路器”阻抗测量示值的校准

#### 7.5.4 “ $50\Omega$ 负载”进行阻抗测量示值的校准

按图 7 将“ $50\Omega$  负载”连接到阻抗分析仪的 APC - 7 测试头上。阻抗分析仪测量参数设置为  $|Z| - \theta$ ，信号电平 (OSC Level) 和频率点的选取按照技术说明书中的要求设置。测量后将阻抗分析仪  $|Z| - \theta$  的显示值与“ $50\Omega$  负载”校准值之差记入表 A6 中。

图 7 “ $50\Omega$  负载”阻抗测量示值的校准

#### 7.5.5 “开路无支撑空气线”进行阻抗测量示值的校准

按图 8 将“开路无支撑空气线”连接到阻抗分析仪的 APC - 7 测试头上。阻抗分析仪测量参数设置为  $|Z| - \theta$ ，信号电平 (OSC Level) 和频率点的选取按照技术说明书中的要求设置。测量后将阻抗分析仪  $|Z| - \theta$  的显示值与“开路无支撑空气线”校准值之差记入表 A7 中。

#### 7.5.6 “短路无支撑空气线”进行阻抗测量示值的校准

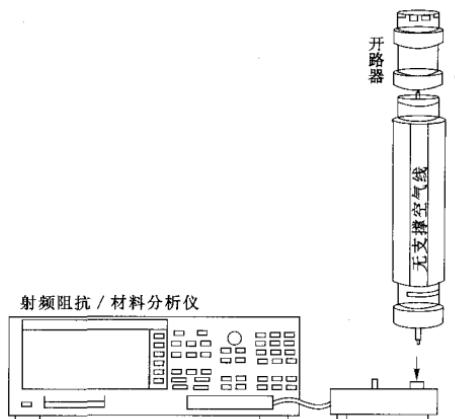


图 8 “开路无支撑空气线”阻抗测量示值的校准

按图 9 将“短路无支撑空气线”连接到阻抗分析仪的 APC - 7 测试头上。阻抗分析仪测量参数设置为  $|Z| - \theta$ ，信号电平（OSC Level）和频率点的选取按照技术说明书中要求设置。测量后将阻抗分析仪  $|Z| - \theta$  的显示值与“短路无支撑空气线”校准值之差记入表 A8 中。

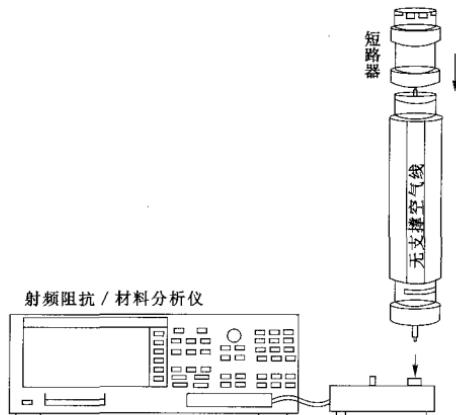


图 9 “短路无支撑空气线”阻抗测量示值的校准

## 8 校准结果的表达

校准结果用校准证书或校准报告表达，证书或报告中至少应有所校项目的校准不确定度的信息。

## 9 复校时间间隔

复校时间用户可根据使用情况决定，建议复校时间间隔为1年。

**附录 A****校准记录表格式****表 A1 频率示值的校准记录表格**

校准点	测试结果	误差限
1GHz		

**表 A2 信号电平示值的校准**

信号电平	测试频率	测试结果	误差限

注：校准点和误差限按仪器说明书给出。

**表 A3 直流偏置电压示值的校准**

偏置电压	测试结果	误差限

注：校准点和误差限按仪器说明书给出。

**表 A4 “带内导体开路器”阻抗测量示值的校准**

频率	测试参数	标准器校准值	测试结果	误差限
	Y			
	Y			
	Y			
	Y			

注：误差限应按说明书要求区分出高阻抗头和低阻抗头及针对不同信号电平列出。

**表 A5 “短路器”阻抗测量示值的校准**

频率	测试参数	标准器校准值	测试结果	误差限
	Z			
	Z			
	Z			
	Z			

注：误差限应按说明书要求区分出高阻抗头和低阻抗头及针对不同信号电平列出。

表 A6 “ $50\Omega$  负载” 阻抗测量示值的校准

频率	测试参数	标准器校准值	测试结果	误差限
	$ Z $			
	$\theta$			
	$ Z $			
	$\theta$			

注：误差限应按说明书要求区分出高阻抗头和低阻抗头及针对不同信号电平列出。

表 A7 “开路无支撑空气线” 阻抗测量示值的校准

频率	测试参数	标准器校准值	测试结果	误差限
	$ Z $			
	$\theta$			
	$ Z $			
	$\theta$			

注：误差限应按说明书要求区分出高阻抗头和低阻抗头及针对不同信号电平列出。

表 A8 “短路无支撑空气线” 阻抗测量示值的校准

频率	测试参数	标准器校准值	测试结果	误差限
	$ Z $			
	$\theta$			
	$ Z $			
	$\theta$			

注：误差限应按说明书要求区分出高阻抗头和低阻抗头及针对不同信号电平列出。