

# JJG

中华人民共和国国家计量检定系统表

JJG 2011-202X

## 射频与微波阻抗计量器具

Measuring Instruments for RF and Microwave Impedance

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

射频与微波阻抗计量器具检定系统表

**Verification Scheme of Measuring  
Instruments for RF and Microwave Impedance**

JJG2011-202X  
代替 JJG2011-1987

本检定系统表经国家市场监督管理总局 202X 年 XX 月 XX 日批准，并自 202X 年 XX 月 XX 日起实行。

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：工业和信息化部电子工业标准化研究所

本检定系统表由全国无线电计量技术委员会负责解释

**本检定系统表主要起草人：**

陈 硕（中国计量科学研究院）

贾 超（中国计量科学研究院）

梁伟军（中国计量科学研究院）

**参加起草人：**

徐 沛（工业和信息化部电子工业标准化研究所）

王文娟（工业和信息化部电子工业标准化研究所）

# 目录

引言 .....	错误!未定义书签。
1 范围 .....	1
2 射频与微波阻抗计量基准 .....	1
2.1 名称及测量范围 .....	1
2.2 计量基准组成 .....	1
2.3 计量基准不确定度 .....	1
2.4 量值传递方法 .....	1
3 计量标准 .....	2
3.1 阻抗计量标准组成 .....	2
3.2 计量标准不确定度 .....	2
3.3 量值传递方法 .....	4
4 射频与微波阻抗工作计量器具 .....	4
5 射频与微波阻抗计量器具校准\检定系统框图 .....	5

# 引言

JJF 1104-2003《国家计量检定系统表编写规则》、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》共同构成支撑本规范编制工作的基础性系列规范。

本检定系统表是对 JJG 2011-1987《射频阻抗计量器具》检定系统表的修订，与 JJG 2011-1987《射频阻抗计量器具》检定系统表相比，主要内容有如下变化：

——更新并替代了原有的国家射频阻抗基准，依据现有的国家射频阻抗基准量值传递能力，将检定系统表规定的基准工作频率上限扩展至 3GHz，并修改了相应的性能指标；

——依据阻抗基准技术指标的变化与实际应用情况，调整了相应的阻抗标准和工作计量器具的适用范围。

历次版本发布情况：

——JJG 2011-1987。

## 射频与微波阻抗计量器具检定系统表

### 1 范围

本检定系统表适用于射频与微波阻抗计量器具（即包括阻抗分析仪、LCR表，阻抗标准器具等）的量值传递，它规定了射频与微波（3GHz）阻抗计量基准、计量标准以及工作计量器具之间的量值传递关系、量值传递方法和量值传递的不确定度要求。

### 2 射频与微波阻抗计量基准

#### 2.1 名称及测量范围

名称：射频阻抗计量基准；

频率范围：(1~3000) MHz；

测量范围： $|Z|$ ：0.1  $\Omega$ ~22 k $\Omega$ ； $\theta$ ：-1.57 rad~+1.57 rad；

#### 2.2 计量基准组成

射频阻抗计量基准装置包括屏蔽同轴开路器、同轴短路器、精密 50 欧姆负载、无支撑同轴空气介质传输线和阻抗精密测量装置 E4991A 共同组成。其中，屏蔽同轴开路器、同轴短路器、精密 50 欧姆负载、无支撑同轴空气介质传输线是标准器组，均采用无极性精密 7mm 同轴连接头，阻抗量值由同轴线尺寸和材料电磁特性经理论计算求得。在(1~3000) MHz 频段，其技术指标为（测量条件 23℃，45%RH）：

屏蔽同轴开路器

电容值：82fF；扩展不确定度：1 fF ( $k=2$ )；

同轴短路器

阻抗模值：0  $\Omega$ ；扩展不确定度：2.5 m $\Omega$ ~10 m $\Omega$  ( $k=2$ )；

精密 50  $\Omega$  负载

特性阻抗模值：50.0  $\Omega$ ~50.2  $\Omega$ ；扩展不确定度：0.1%~0.4% ( $k=2$ )；

无支撑同轴空气介质传输线

阻抗模值：50.0  $\Omega$ ；扩展不确定度：0.1% ( $k=2$ )；

#### 2.3 计量基准不确定度

阻抗模值扩展不确定度：0.1%~0.5% ( $k=2$ )；

阻抗相角扩展不确定度：1mrad~5mrad ( $k=2$ )。

#### 2.4 量值传递方法

对于标准阻抗器的量值传递时,采用比较测量法;对于阻抗标准测量装置的量值传递时,采用直接测量法。

### 3 计量标准

#### 3.1 阻抗计量标准组成

3.1.1 阻抗计量标准可以是阻抗标准测量装置或者标准阻抗器。阻抗标准测量装置一般为射频和微波阻抗标准装置、高频阻抗标准装置和高频 Q 值标准装置;标准阻抗器一般为微波和射频阻抗标准件、高频阻抗标准量具组。

3.1.2 使用阻抗标准测量装置为标准时,射频和微波阻抗标准装置的频率范围最大为 3 GHz,高频阻抗标准装置的频率最大范围最大为 13 MHz,高频 Q 值标准装置的频率最大范围最大为 50 MHz。其中,以射频和微波阻抗标准装置为主标准器时((1~3000) MHz),测量标准一般由射频和微波阻抗分析仪、同轴开路器、同轴短路器、精密 50Ω 负载、10cm 无支撑空气线组成;以高频阻抗标准装置为主标准器时(100 kHz~13 MHz),测量标准一般由高频 LCR 表、标准电容、标准电阻,标准电感组成;以高频 Q 值标准装置为主标准器时(22 kHz~50 MHz),测量标准一般由高频 Q 表、标准 Q 线圈、频率计组成。

3.1.3 使用标准阻抗器为标准时,射频和微波阻抗标准件的频率范围最大为 3 GHz,高频阻抗标准量具的频率最大范围最大为 50 MHz。其中,以射频和微波阻抗标准件为主标准器时((1~3000) MHz),测量标准一般为同轴开路器、同轴短路器、精密 50 Ω 负载、无支撑空气线;以高频阻抗标准量具为主标准器时,测量标准一般为高频电容量具组(290 kHz~1 MHz),高频电感量具组((0.7~1.55) MHz),四端对高频标准电容量具组(100 kHz~13 MHz),四端对高频标准电阻量具组(100 kHz~13 MHz),高频 Q 值线圈标准器组(22 kHz~50 MHz)和高频电容损耗标准(300kHz、1 MHz 定值)组成。

#### 3.2 计量标准不确定度

##### 3.2.1 射频和微波阻抗标准装置

阻抗模值: 0.1 Ω~22 kΩ; 扩展不确定度: 1.2%~2.0% ( $k=2$ ); MPE:  $\pm(0.16\sim1.2)\%$ ;

阻抗相位: -1.57 rad~+1.57 rad; 扩展不确定度: 5 mrad~25 mrad ( $k=2$ );

##### 3.2.2 高频阻抗标准装置

阻抗模值: 1 Ω~100 kΩ; 扩展不确定度: 0.01%~2.5% ( $k=2$ );

##### 3.2.3 高频 Q 值标准装置

Q 值: 10~500; 扩展不确定度: 2%~5% ( $k=3$ ); MPE:  $\pm(2\sim4)\%$ ;

D:  $10^{-5}\sim 10^{-2}$ , MPE:  $\pm 1\times 10^{-5}$  (电容损耗标准校准\检定频率为 300 kHz和1 MHz 频率)

### 3.2.4 射频和微波阻抗标准件

#### a. 开路无支撑空气线

阻抗模值:  $6\ \Omega\sim 22\ \text{k}\Omega$ ; 扩展不确定度:  $0.16\%\sim 1.5\%$  ( $k=2$ );

相位值:  $-1.570\ \text{rad}\sim -1.530\ \text{rad}$ ;  $1.550\ \text{rad}\sim 1.560\ \text{rad}$ ; 扩展不确定度:  $1.6\ \text{mrad}\sim 15\ \text{mrad}$  ( $k=2$ );

#### b. 短路无支撑空气线

阻抗模值:  $0.1\ \Omega\sim 160\ \Omega$ ; 扩展不确定度:  $0.17\%\sim 1.0\%$  ( $k=2$ );

相位值:  $-1.560\ \text{rad}\sim -1.550\ \text{rad}$ ;  $1.500\ \text{rad}\sim 1.560\ \text{rad}$ ; 扩展不确定度:  $1.7\ \text{mrad}\sim 10\ \text{mrad}$  ( $k=2$ );

#### c. $50\ \Omega$ 负载

阻抗模值:  $50.1\ \Omega\sim 50.4\ \Omega$ ; 扩展不确定度:  $0.1\%\sim 1.0\%$  ( $k=2$ );

相位值:  $-1.8\ \text{mrad}\sim 0.4\ \text{mrad}$ ; 扩展不确定度:  $1\ \text{mrad}\sim 10\ \text{mrad}$  ( $k=2$ );

#### d. 开路器

导纳模值:  $4.0\ \text{nS}\sim 14\ \text{mS}$ ; 扩展不确定度:  $0.3\%\sim 1.0\%$  ( $k=2$ );

#### e. 短路器

阻抗模值:  $0\ \Omega$ ; 扩展不确定度:  $0.0025\ \Omega\sim 0.2\ \Omega$  ( $k=2$ );

以上标准件用于校准电压电流比原理设计的射频与微波阻抗分析仪、LCR 表等通用阻抗测量仪器。另外,校准中可能还需要直流、低频和高频阻抗标准件,如标准电容、标准电阻,标准电感:

#### f. 四端对高频标准电容量具组

电容量值:  $1\ \text{pF}$ 、 $10\ \text{pF}$ 、 $100\ \text{pF}$ 、 $1000\ \text{pF}$ 、 $0.01\ \mu\text{F}$ 、 $0.1\ \mu\text{F}$ 、 $1\ \mu\text{F}$  ( $1\ \text{kHz}$  定值,高频修正); 扩展不确定度:  $0.01\%\sim 1.5\%$  ( $k=2$ );

#### g. 四端对高频标准电阻量具组

电阻量值:  $100\ \Omega$ 、 $1\ \text{k}\Omega$ 、 $10\ \text{k}\Omega$ 、 $100\ \text{k}\Omega$  (直流定值,高频修正); 扩展不确定度:  $0.01\%\sim 1.5\%$  ( $k=2$ );

#### h. 高频标准电感量具组

电感量值:  $100\ \mu\text{H}$ 、 $1\ \text{mH}$ 、 $10\ \text{mH}$ 、 $100\ \text{mH}$ 、 $1\ \text{H}$  ( $1\ \text{kHz}$  定值,高频修正); 扩展不

确定度：0.02%~0.15% ( $k=2$ )。

### 3.2.5 高频阻抗标准量具组：

a. 高频电容量具组（用于校准\检定高频电感电容测量仪）

电容量为 (100 ~5000) pF；扩展不确定度: 0.01% ~ 3.0 % ( $k=2$ )；

b. 高频电感量具组（用于校准\检定高频电感电容测量仪）

电感量为1 $\mu$ H~100mH；扩展不确定度: 0.01% ~ 3.0 % ( $k=2$ )；

c. 四端对高频标准电容量具组（用于校准\检定准确度优于0.1%的具有四端对连接头结构的LCR表或阻抗分析仪）

电容量值为1pF、10pF、100pF、1000pF、0.01 $\mu$ F、0.1 $\mu$ F、1 $\mu$ F、10 $\mu$ F；扩展不确定度: 0.01% ~ 3.0 % ( $k=2$ )；

d. 四端对高频标准电阻量具组（用于校准\检定准确度优于0.1%的具有四端对连接头结构的LCR表或阻抗分析仪）

电阻量值为1 $\Omega$ 、10 $\Omega$ 、100 $\Omega$ 、1k $\Omega$ 、10k $\Omega$ 、100k $\Omega$ ；扩展不确定度: 0.01% ~ 3.0 % ( $k=2$ )；

e. 高频 Q 值线圈标准器（用于校准、检定高频 Q 值测量设备）

Q 值：50~330；扩展不确定度：2%~5% ( $k=3$ )；

f. 高频电容损耗标准（用于校准检定电容器介质损耗测量仪，300 kHz 和 1 MHz）

D 值：(0.5~50) $\times 10^{-4}$ ，最大允许误差： $\pm 1\% D \pm 0.5 \times 10^{-4}$ 。

### 3.3 量值传递方法

使用阻抗标准测量装置量值传递时，采用直接测量法；使用标准阻抗器量值传递时，采用比较测量法。

## 4 射频与微波阻抗工作计量器具

阻抗工作计量器具包括（或测量仪器）主要有五大类：射频阻抗/材料分析仪、射频 LCR 表等射频和微波测试仪表；失配器、负载等射频和微波阻抗器件；高频阻抗分析仪、LCR 表及高频阻抗器件；低频、高频和超高频 Q 表、Q 线圈；电容损耗测试仪。

阻抗/材料分析仪，LCR 表等大多基于电压-电流比原理，通过产生一个或多个频率的测试信号到测试夹具施加到被测对象上，并同时测量被测对象两端的电压和流过的电流，以及它们之间的相位差。通过计算电压和电流的比值以及相位差，得到被测对象的阻抗模值与相角，再由机内微处理器换算出所需的各种阻抗参量；其检定方法则是标准

阻抗件来考察其阻抗测量不确定度。

Q表、电容损耗测试仪则是基于串、并联谐振技术原理，其检定方法采用标准阻抗件直接比较。

由于不同工作计量器具的工作范围差距较大，其具体指标可参考《射频与微波阻抗计量器具》检定系统框图。

## 5 射频与微波阻抗计量器具校准\检定系统框图

## 射频与微波阻抗计量器具检定系统框图

