



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1705—2018

人工电源网络校准规范

Calibration Specification for Artificial Mains Networks

2018-06-25 发布

2018-09-25 实施

国家市场监督管理总局 发布

人工电源网络校准规范

Calibration Specification for

Artificial Mains Networks

JJF 1705—2018

归口单位：全国无线电计量技术委员会

主要起草单位：江苏省计量科学研究院

中国计量科学研究院

参加起草单位：辽宁省计量科学研究院

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：

封志明（江苏省计量科学研究院）

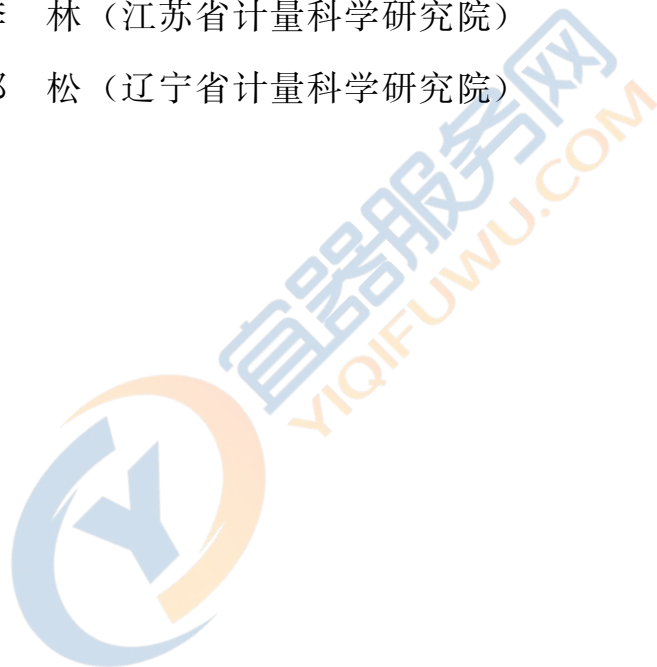
李 渤（中国计量科学研究院）

赵品彰（江苏省计量科学研究院）

参加起草人：

李 林（江苏省计量科学研究院）

郝 松（辽宁省计量科学研究院）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
3.1 非对称电压	(1)
3.2 受试端阻抗	(1)
3.3 分压系数	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 受试端阻抗	(2)
5.2 分压系数	(4)
6 校准条件	(4)
6.1 环境条件	(4)
6.2 测量标准及其他设备	(5)
7 校准项目和校准方法	(5)
7.1 外观及工作正常性检查	(5)
7.2 受试端阻抗的校准	(5)
7.3 分压系数的校准	(6)
8 校准结果表达	(7)
9 复校时间间隔	(8)
附录 A 原始记录格式	(9)
附录 B 校准证书内页格式	(10)
附录 C 校准不确定度评定示例	(11)
附录 D 校准适配器的参考机械结构	(17)

引 言

本规范按照 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》编制，JJF 1001《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制定工作的基础性系列规范。

本规范参照 GB/T 6113.102—2008《无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-2 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 传导骚扰》、GB/T 6113.201—2017《无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 2-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量》、GB 1002—2008《家用和类似用途单相插头插座 型式、基本参数和尺寸》的相关条款编制。

本规范为首次发布。



人工电源网络校准规范

1 范围

本规范适用于符合 GB/T 6113.102—2008《无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-2 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 传导骚扰》中要求的 V 型人工电源网络（以下简称“人工电源网络”）的校准。包括三种类型：

- 1) 50 Ω /50 μ H+5 Ω 型，工作频率范围为 9 kHz~150 kHz；
- 2) 50 Ω /50 μ H 型，工作频率范围为 0.15 MHz~30 MHz；
- 3) 50 Ω /5 μ H+1 Ω 型，工作频率范围为 0.15 MHz~108 MHz。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T 6113.102—2008 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 1-2 部分：无线电骚扰和抗扰度测量设备 辅助设备 传导骚扰

GB/T 6113.201 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第 2-1 部分：无线电骚扰和抗扰度测量方法 传导骚扰测量

GB 1002 家用和类似用途单相插头插座 型式、基本参数和尺寸

凡是注日期的引用文件，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 术语

3.1 非对称电压 unsymmetric voltage

出现在单个电源端子与地之间的射频骚扰电压的矢量幅度。

3.2 受试端阻抗 EUT port impedance

指当人工电源网络的骚扰输出端端接 50 Ω 负载阻抗时，受试设备端线路端子与参考地之间的高频阻抗（模值和相角）。

3.3 分压系数 voltage division factor

指高频信号从受试设备端馈入，经人工电源网络内部传输至骚扰输出端（内置衰减器在计算范围内）所经历的幅度变化。

4 概述

人工电源网络是电磁兼容无线电骚扰测量试验中使用的仪器，用于测量电源线与参考地之间以传导方式对外发射的骚扰电压，通常为非对称电压。人工电源网络在骚扰测量中的作用为：

- 1) 在射频频率范围内向受试设备端子提供规定阻抗；
- 2) 将受试设备发射的骚扰电压耦合至骚扰测量设备；

3) 将试验电路与供电电源上的无用射频信号相隔离。

人工电源网络具有三个端口：连接供电电源的电源端、连接受试设备的受试设备端和连接骚扰测量设备的骚扰输出端，其结构示意图如图 1 所示。

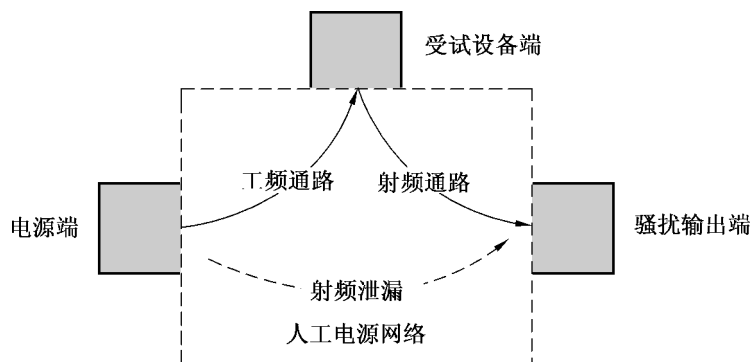


图 1 人工电源网络结构示意图

5 计量特性

5.1 受试端阻抗

人工电源网络阻抗（模值和相角）的计量特性见表 1、表 2 和表 3。

表 1 50 Ω/50 μH+5 Ω 型人工电源网络阻抗计量特性

频率/MHz	模值/Ω (最大允许误差: ±20%)	相角/(°) (最大允许误差: ±11.5°)
0.009	5.22	26.55
0.015	6.22	38.41
0.020	7.25	44.97
0.025	8.38	49.39
0.030	9.56	52.33
0.040	11.99	55.43
0.050	14.41	56.40
0.060	16.77	56.23
0.070	19.04	55.40
0.080	21.19	54.19
0.090	23.22	52.77
0.100	25.11	51.22
0.150	32.72	43.35

表 2 50 Ω /50 μH 型人工电源网络阻抗计量特性

频率/MHz	模值/ Ω (最大允许误差: $\pm 20\%$)	相角/ $^\circ$ (最大允许误差: $\pm 11.5^\circ$)
0.15	34.29	46.70
0.17	36.50	43.11
0.20	39.12	38.51
0.25	42.18	32.48
0.30	44.17	27.95
0.35	45.52	24.45
0.40	46.46	21.70
0.50	47.65	17.66
0.60	48.33	14.86
0.70	48.76	12.81
0.80	49.04	11.25
0.90	49.24	10.03
1.00	49.38	9.04
1.20	49.57	7.56
1.50	49.72	6.06
2.00	49.84	4.55
2.50	49.90	3.64
3.00	49.93	3.04
4.00	49.96	2.28
5.00	49.98	1.82
7.00	49.99	1.30
10.00	49.99	0.91
15.00	50.00	0.61
20.00	50.00	0.46
30.00	50.00	0.30

表 3 50 Ω /5 μH +1 Ω 型人工电源网络阻抗计量特性

频率/MHz	模值/ Ω (最大允许误差: $\pm 20\%$)	相角/ $^\circ$ (最大允许误差: $\pm 11.5^\circ$)
0.15	4.70	72.94
0.20	6.19	73.93

表 3 (续)

频率/MHz	模值/ Ω (最大允许误差: $\pm 20\%$)	相角/ $^{\circ}$ (最大允许误差: $\pm 11.5^{\circ}$)
0.30	9.14	73.47
0.40	12.00	71.61
0.50	14.75	69.24
0.70	19.82	64.07
1.00	26.24	56.54
1.50	33.94	46.05
2.00	38.83	38.15
2.50	41.94	32.27
3.00	43.98	27.81
4.00	46.33	21.63
5.00	47.56	17.62
7.00	48.71	12.80
10.00	49.35	9.04
15.00	49.71	6.06
20.00	49.84	4.55
30.00	49.93	3.04
50.00	49.97	1.82
100.00	49.99	0.91
108.00	49.99	0.84

5.2 分压系数

典型值:

(-5~0) dB, 无内置衰减器;

(-15~-10) dB, 内置 10 dB 衰减器。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度: $(23 \pm 5) ^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 环境相对湿度: 20%~80%。

6.1.3 电源电压及频率: $(220 \pm 11) \text{V}$, $(50 \pm 1) \text{Hz}$ 。

6.1.4 周围无影响仪器设备正常工作的机械振动和电磁干扰。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 阻抗测量仪及校准件

频率范围：9 kHz~108 MHz。

阻抗测量范围：2 Ω ~60 Ω 。

阻抗最大允许误差（校准后）： $\pm 5\%$ 。

阻抗相角的最大允许误差： $\pm 1^\circ$ 。

注：包括基于射频电压-电流法原理的阻抗分析仪和基于反射法原理的矢量网络分析仪。

6.2.2 网络分析仪及校准件

频率范围：9 kHz~108 MHz。

动态范围：不小于 30 dB。

6.2.3 50 Ω 同轴匹配负载

频率范围：9 kHz~108 MHz。

电压驻波比： ≤ 1.02 。

6.2.4 校准适配器

频率范围：9 kHz~108 MHz。

插入损耗： ≤ 0.4 dB。

注：附录 D 推荐了一种校准适配器的机械结构。

6.2.5 无感电阻

直流阻值：50 Ω 。

6.2.6 T 型三通

频率范围：9 kHz~108 MHz。

插入损耗： ≤ 0.1 dB。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观及工作正常性检查

被校人工电源网络不应有影响正常工作的机械损伤，输入、输出接头应牢固，各种开关、按钮、旋钮操作灵活可靠。至少有一个离受试设备端距离较近的参考地端子，该端子一般为 4 mm 插孔或者螺栓柱。单相或三相人工电源网络应具备电源线路（以下简称线路）选择功能。

7.2 受试端阻抗的校准

7.2.1 断开人工电源网络的受试设备供电电源，将其放置在接地导电平板上，接地布置应符合 GB/T 6113.201 的要求。测量仪器按照说明书的要求进行预热。

7.2.2 阻抗测量仪的扫频范围与被校人工电源网络的工作频段设为一致，源功率设为 -10 dBm，中频带宽设置为 100 Hz 或更小，阻抗测量结果设为“模值-相角”格式。阻抗测量仪连接测试电缆后，在电缆末端对阻抗测量仪进行“开路-短路-匹配”单端口校准。

7.2.3 按照图 2 所示，将阻抗测量仪的测试电缆连接校准适配器，再与人工电源网络受试设备端待测线路端子和参考地相连，人工电源网络选择相应的线路，其骚扰输出端接 $50\ \Omega$ 匹配负载。

注：人工电源网络与阻抗测量仪之间的距离建议大于 $80\ \text{cm}$ 。

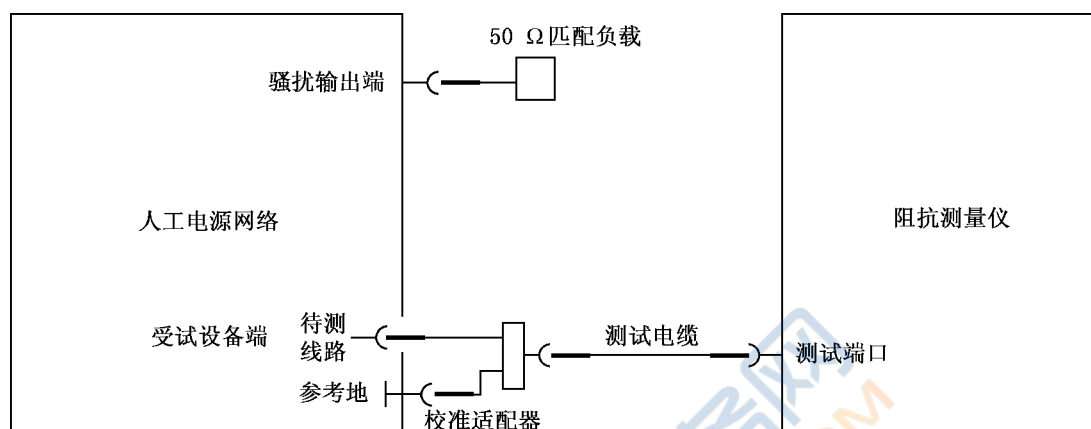


图 2 受试端阻抗的校准布置

7.2.4 对阻抗测量仪执行单次触发测量。按照表 1、表 2、表 3 和用户要求，在阻抗测量仪上使用游标读出待测频率点的阻抗，包括模值和相角，记录在附录 A 表 A.1 中。

7.2.5 将校准适配器连接至受试设备端的其他线路端子，人工电源网络进行相应的线路切换，重复 7.2.3~7.2.4 中步骤，直至测量完所有线路的受试端阻抗。

7.3 分压系数的校准

7.3.1 断开人工电源网络的受试设备供电电源，将其放置在接地导电平板上，接地布置应符合 GB/T 6113.201 的要求。测量仪器按照说明书的要求进行预热。

7.3.2 网络分析仪的扫频范围与被校人工电源网络的工作频段设为一致，测量模式设置为 S21 传输测量，测量格式设置为对数幅度，源功率电平设置为 $-10\ \text{dBm}$ ，中频带宽设置为 $100\ \text{Hz}$ 或更小。

7.3.3 按照图 3a 连接设备，进行参考测量。人工电源网络选择某条待测线路，骚扰输出端接 $50\ \Omega$ 匹配负载，T 型三通的端口③通过校准适配器连接人工电源网络的待测线路端子和参考地，端口①和端口②分别连接 $10\ \text{dB}$ 衰减器后，连至网络分析仪的端口 1 和端口 2。电源端的每根线路相对机壳端接 $50\ \Omega$ 无感电阻。

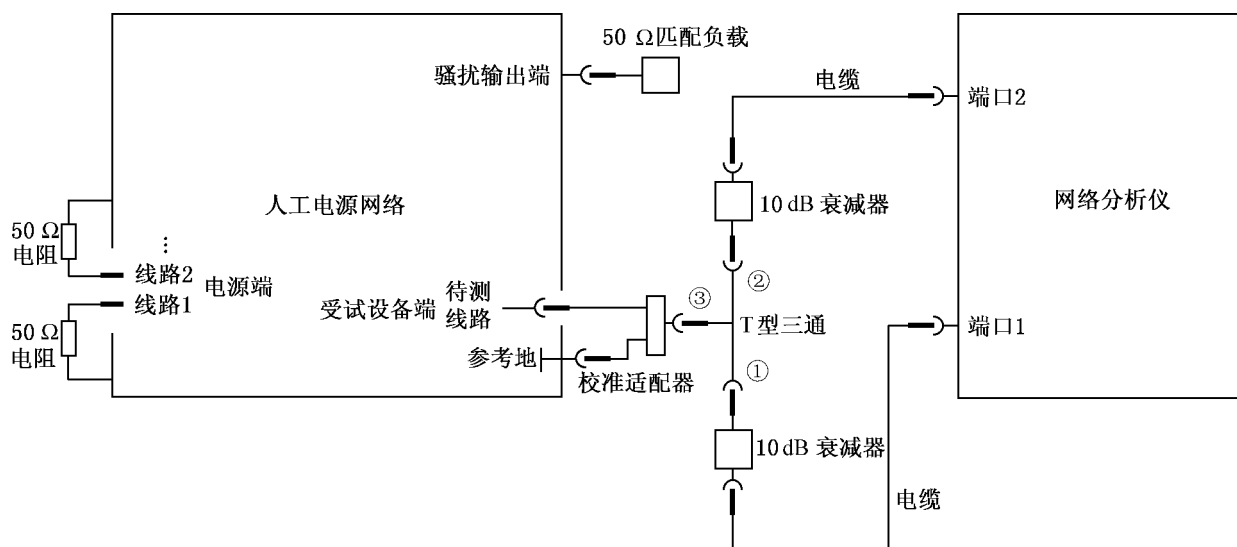


图 3a 分压系数的参考测量布置 (1)

7.3.4 对网络分析仪进行“直通”校准。

7.3.5 按照图 3b 改变电路连接，T 型三通的端口②改接 50 Ω 匹配负载，人工电源网络骚扰输出端接 10 dB 衰减器后，连接至网络分析仪的端口 2。

7.3.6 对网络分析仪执行单次触发测量。按照表 1、表 2、表 3 和用户要求，在网络分析仪上使用游标读出待测频率点的 S21 传输测量结果，即为被校人工电源网络待测线路的分压系数值，记录在附录 A 表 A.2 中。

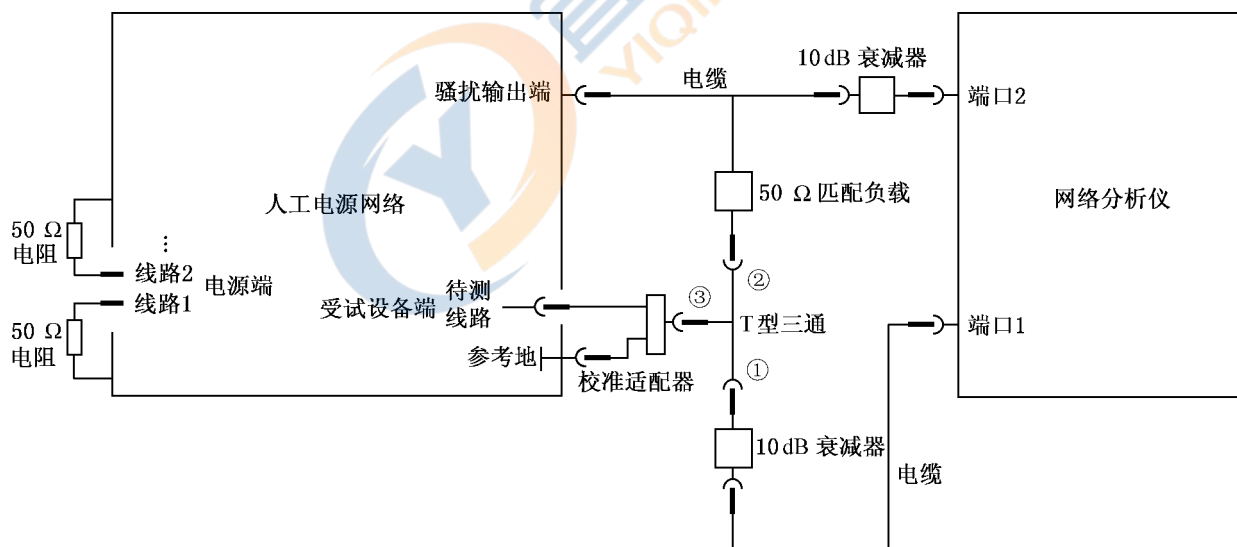


图 3b 分压系数的测量布置 (2)

7.3.7 将校准适配器连接至受试设备端的其他线路端子，人工电源网络进行相应的线路切换，重复 7.3.3~7.3.6 中步骤，直至测量完所有线路的分压系数。

8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反应，校准证书应至少包括以下信息：

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声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 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

原始记录格式

外观及工作正常性检查：

表 A.1 受试端阻抗计量特性

线路	频率/MHz	模值/ Ω $\pm 20\%$		相角/ $^{\circ}$ $\pm 11.5^{\circ}$	
		标称值	实测值	标称值	实测值

表 A.2 分压系数

线路	频率/MHz	实测值/dB

注：如果是扫频测量，在频点较多的情况下，校准结果也可以表示成图形曲线的形式。

附录 B

校准证书内页格式

表 B.1 受试端阻抗计量特性

线路	频率/MHz	模值/ Ω $\pm 20\%$		相角/ $^\circ$ $\pm 11.5^\circ$	
		标称值	实测值	标称值	实测值

表 B.2 分压系数

线路	频率/MHz	实测值/dB

注：如果是扫频测量，在频点较多的情况下，校准结果也可以表示成图形曲线的形式。

校准扩展不确定度：

阻抗模值：

阻抗相角：

分压系数：

附录 C

校准不确定度评定示例

C.1 阻抗模值的测量不确定度评定

C.1.1 测量模型

$$y = IM \quad (C.1)$$

式中：

y ——被测阻抗模值， Ω ；

IM ——阻抗测量仪读数示值， Ω 。

C.1.2 不确定度来源

不确定度来源如下：

- 1) 阻抗测量仪最大允许误差引入的相对标准不确定度 u_1 ；
- 2) 校准适配器引入的相对标准不确定度 u_2 ；
- 3) 远端负载引入的相对标准不确定度 u_3 ；
- 4) 地耦合影响引入的相对标准不确定度 u_4 ；
- 5) 测量重复性引入的相对标准不确定度 u_5 。

C.1.3 标准不确定度分量的评定

- 1) 阻抗测量仪最大允许误差引入的相对标准不确定度 u_1

用 B 类方法评定。阻抗测量仪测量阻抗模值的最大允许误差为 $\pm 5\%$ ，假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_1 = 5\% / \sqrt{3} = 2.9\%$$

- 2) 校准适配器引入的相对标准不确定度 u_2

用 B 类方法评定。校准适配器用于实现同轴与非同轴的转换，由于寄生参数的存在，适配器会使阻抗校准结果产生偏差。实验数据表明，校准适配器对阻抗模值测量结果的影响量为 $\pm 2.5\%$ ，假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = 2.5\% / \sqrt{3} = 1.44\%$$

- 3) 远端负载引入的相对标准不确定度 u_3

用 B 类方法评定。在对人工电源网络的阻抗进行校准时，需要在骚扰输出端端接 $50\ \Omega$ 同轴负载，为了与人工电源网络内部的 $50\ \Omega$ 负载相区别，将外接的 $50\ \Omega$ 同轴负载定义为远端负载。由于远端负载的阻值无法为理想的 $50\ \Omega$ ，会使阻抗校准结果产生偏差。测量远端负载的驻波比 VSWR 小于 1.02，经计算分析，对阻抗模值测量结果的影响量为 $\pm 2\%$ ，按均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_3 = 2\% / \sqrt{3} = 1.15\%$$

- 4) 地耦合影响引入的相对标准不确定度 u_4

用 B 类方法评定。当人工电源网络的接地发生变化时（例如手接触校准适配器），阻抗测量仪的读数示值会发生改变。实验数据表明，地耦合对阻抗模值测量结果的影响

量为 $\pm 0.3\%$ ，假设为均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = 0.3\% / \sqrt{3} = 0.173\%$$

5) 测量重复性引入的相对标准不确定度 u_5

各种随机因素导致的不确定度，用 A 类方法评定。使用阻抗测量仪测量人工电源网络在 30 MHz 频点的阻抗模值，重复测量 $n(n=10)$ 次，算术平均值为 51.4Ω ，用贝塞尔公式计算得到单次测量值的实验标准偏差 $s(y)$ 为 0.256Ω 。校准值由 $m(m=1)$ 次读数的算术平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量（绝对量）用下式计算得到：

$$u_{5\text{ABS}} = s(y) / \sqrt{m} = 0.256 \Omega / \sqrt{1} = 0.256 \Omega$$

$$\text{转换成相对量表示为 } u_5 = \frac{0.256 \Omega}{51.4 \Omega} \times 100\% = 0.5\%。$$

C.1.4 合成标准不确定度

阻抗模值测量不确定度主要分量见表 C.1

表 C.1 阻抗模值测量不确定度分量汇总表

不确定度分量	来源	评定方法	分布	k 值	相对标准不确定度/%
u_1	阻抗分析仪的最大允许误差	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	2.9
u_2	校准适配器	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	1.44
u_3	远端负载	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	1.15
u_4	地耦合影响	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.173
u_5	测量重复性	A类	——	——	0.5

各分量互不相关， $u_c(y) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 3.5\%$

C.1.5 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ， $U_{\text{rel}} = 2 \times u_c(y) = 7\%$

C.2 阻抗相角的测量不确定度评定

C.2.1 测量模型

$$y = \text{IP} \quad (\text{C.2})$$

式中：

y —— 被测阻抗相角，(°)；

IP —— 阻抗测量仪读数示值，(°)。

C.2.2 不确定度来源

不确定度来源如下：

1) 阻抗测量仪的最大允许误差引入的标准不确定度 u_1 ；

- 2) 校准适配器引入的标准不确定度 u_2 ;
- 3) 远端负载引入的标准不确定度 u_3 ;
- 4) 地耦合影响引入的标准不确定度 u_4 ;
- 5) 测量重复性引入的标准不确定度 u_5 。

C.2.3 标准不确定度分量的评定

- 1) 阻抗测量仪的最大允许误差引入的标准不确定度 u_1

用 B 类方法评定。阻抗测量仪测量阻抗相角的最大允许误差为 $\pm 1^\circ$ ，假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_1 = 1^\circ / \sqrt{3} = 0.58^\circ$$

- 2) 校准适配器引入的标准不确定度 u_2

用 B 类方法评定。校准适配器用于实现同轴与非同轴的转换，由于寄生参数的存在，适配器会使阻抗校准结果产生偏差。实验数据表明，校准适配器对阻抗相角测量结果的影响量为 $\pm 1.5^\circ$ ，假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_2 = 1.5^\circ / \sqrt{3} = 0.87^\circ$$

- 3) 远端负载引入的标准不确定度 u_3

用 B 类方法评定。在对人工电源网络的阻抗进行校准时，需要在骚扰输出端端接 50Ω 同轴负载，为了与人工电源网络内部的 50Ω 负载相区别，将外接的 50Ω 同轴负载定义为远端负载。由于远端负载的阻值无法为理想的 50Ω ，会使阻抗校准结果产生偏差。假设远端负载的驻波比 VSWR 小于 1.02，经计算分析，对阻抗相角测量结果的影响量为 $\pm 1.2^\circ$ ，假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_3 = 1.2^\circ / \sqrt{3} = 0.69^\circ$$

- 4) 地耦合影响引入的标准不确定度 u_4

用 B 类方法评定。当人工电源网络的接地发生变化时（例如手接触校准适配器），阻抗测量仪的读数示值会发生改变，实验数据表明，地耦合对阻抗相角测量结果的影响量为 $\pm 0.5^\circ$ ，假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_4 = 0.5^\circ / \sqrt{3} = 0.29^\circ$$

- 5) 测量重复性引入的标准不确定度 u_5

各种随机因素导致的不确定度，用 A 类方法评定。使用阻抗测量仪测量人工电源网络在 30 MHz 频点的阻抗相角，重复测量 n ($n=10$) 次，用贝塞尔公式计算得到单次测量值的实验标准偏差 $s(y)$ 为 0.5° 。校准值由 m ($m=1$) 次读数的算术平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量用下式计算得到：

$$u_5 = s(y) / \sqrt{m} = 0.5^\circ / \sqrt{1} = 0.5^\circ$$

C.2.4 计算合成标准不确定度

阻抗相角测量不确定度主要分量见表 C.2

表 C.2 阻抗相角测量不确定度分量汇总表

不确定度分量	来源	评定方法	分布	k 值	标准不确定度/(°)
u_1	阻抗测量仪的最大允许误差	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.58
u_2	校准适配器	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.87
u_3	远端负载	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.69
u_4	地耦合影响	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.29
u_5	测量重复性	A类	——	——	0.5

各分量互不相关, $u_c(y) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 1.38^\circ$

C.2.5 确定扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, $U=2 \times u_c(y) = 2.8^\circ$

C.3 分压系数的测量不确定度评定

C.3.1 测量模型

$$y = TM \quad (C.3)$$

式中:

y ——被测分压系数, dB;

TM——网络分析仪传输幅度读数示值, dB。

C.3.2 不确定度来源

不确定度来源如下:

- 1) 网络分析仪传输幅度测量的最大允许误差引入的标准不确定度 u_1 ;
- 2) T型三通插入损耗引入的标准不确定度 u_2 ;
- 3) 校准适配器插入损耗引入的标准不确定度 u_3 ;
- 4) 失配误差引入的标准不确定度 u_4 ;
- 5) 负载阻抗变化引入的标准不确定度 u_5 ;
- 6) 测量重复性引入的标准不确定度 u_6 。

C.3.3 标准不确定度分量的评定

- 1) 网络分析仪传输幅度测量的最大允许误差引入的标准不确定度 u_1

用B类方法评定。网络分析仪传输幅度测量的最大允许误差为 ± 0.1 dB, 假设为均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u_1 = 0.1 \text{ dB} / \sqrt{3} = 0.058 \text{ dB}$$

- 2) T型三通插入损耗引入的标准不确定度 u_2

用B类方法评定。T型三通插入损耗最大为0.1 dB, 则区间半宽为0.05 dB, 假设为均匀分布, $k = \sqrt{3}$, 则:

$$u_2 = 0.05 \text{ dB} / \sqrt{3} = 0.029 \text{ dB}$$

3) 校准适配器插入损耗引入的标准不确定度 u_3

用 B 类方法评定。校准适配器插入损耗最大为 0.4 dB，则区间半宽为 0.2 dB，假设为均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则：

$$u_3 = 0.2 \text{ dB} / \sqrt{3} = 0.116 \text{ dB}$$

4) 失配误差引入的标准不确定度 u_4

用 B 类方法评定。人工电源网络骚扰输出端连接衰减器后再与网络分析仪的输入端相连，由于衰减器输出端与网络分析仪输入端阻抗无法完全匹配，会产生失配误差而影响传输测量结果。

网络分析仪输入端电压驻波比 ≤ 1.2

衰减器输出端电压驻波比 ≤ 1.3

失配误差极限用下式估计：

$$\Delta_P = 4.34 \times 2 \times |\Gamma_{\text{out}}| |\Gamma_{\text{in}}|$$

Δ_P ——失配误差极限值，dB；

$|\Gamma_{\text{out}}|$ ——衰减器输出端反射系数；

$|\Gamma_{\text{in}}|$ ——网络分析仪输入端反射系数。

根据仪器设备的技术指标，得到：

$$|\Gamma_{\text{out}}| = (1.3 - 1) / (1.3 + 1) = 0.13$$

$$|\Gamma_{\text{in}}| = (1.2 - 1) / (1.2 + 1) = 0.09$$

$$\Delta_P = 4.34 \times 2 \times |\Gamma_{\text{out}}| |\Gamma_{\text{in}}| \approx 0.1 \text{ (dB)}$$

故失配误差范围为 ± 0.1 dB，按反正弦分布处理，取 $k = \sqrt{2}$ ，则：

$$u_4 = 0.1 \text{ dB} / \sqrt{2} = 0.071 \text{ dB}$$

5) 负载阻抗变化引入的标准不确定度 u_5

用 B 类方法评定。在图 3a 和图 3b 中，可以看出 T 型三通端口②端接的负载阻抗发生了变化，导致两次馈入人工电源网络受试端的信号电平无法相同，带来测量偏差。采用不同性能的负载做了一组实验，实验数据表明，负载阻抗变化对分压系数测量结果的影响量约为 ± 0.1 dB，按反正弦分布处理，取 $k = \sqrt{2}$ ，则：

$$u_5 = 0.1 \text{ dB} / \sqrt{2} = 0.071 \text{ dB}$$

6) 测量重复性引入的标准不确定度 u_6

各种随机因素导致的不确定度，用 A 类方法评定。按照 7.3 中的方法测量人工电源网络在 30 MHz 频点的分压系数，重复测量 n ($n=10$) 次，用贝塞尔公式计算得到单次测量值的实验标准偏差 $s(y)$ 为 0.03 dB。校准值由 m ($m=1$) 次读数的算术平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量用下式计算得到：

$$u_6 = s(y) / \sqrt{m} = 0.03 \text{ dB} / \sqrt{1} = 0.03 \text{ dB}$$

C.3.4 计算合成标准不确定度

分压系数测量不确定度主要分量见表 C.3

表 C.3 分压系数测量不确定度分量汇总表

不确定度分量	来源	评定方法	分布	k 值	标准不确定度/dB
u_1	网络分析仪传输幅度测量的最大允许误差	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.058
u_2	T型三通插入损耗	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.029
u_3	校准适配器插入损耗	B类	均匀分布	$\sqrt{3}$	0.116
u_4	失配误差	B类	反正弦分布	$\sqrt{2}$	0.071
u_5	负载阻抗变化	B类	反正弦分布	$\sqrt{2}$	0.071
u_6	测量重复性	A类	——	——	0.03

各分量互不相关, $u_c(y) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} = 0.17$ dB

C.3.5 确定扩展不确定度

取包含因子 $k=2$, $U=2 \times u_c(y) = 0.34$ dB

附录 D

校准适配器的参考机械结构

本规范推荐了一种适用于国标插座的校准适配器的机械结构（见图 D.1）。校准适配器的一侧为射频同轴连接器，另一侧为片状金属插销。射频同轴连接器固定在圆形或方形的金属板上，其外导体与金属板具有良好的电接触。接地金属插销直接与金属板相连，极性金属插销与射频同轴连接器的内导体相连，金属插销通过绝缘板固定，它们之间的位置关系，以及插销的几何尺寸应符合 GB 1002 的技术要求。

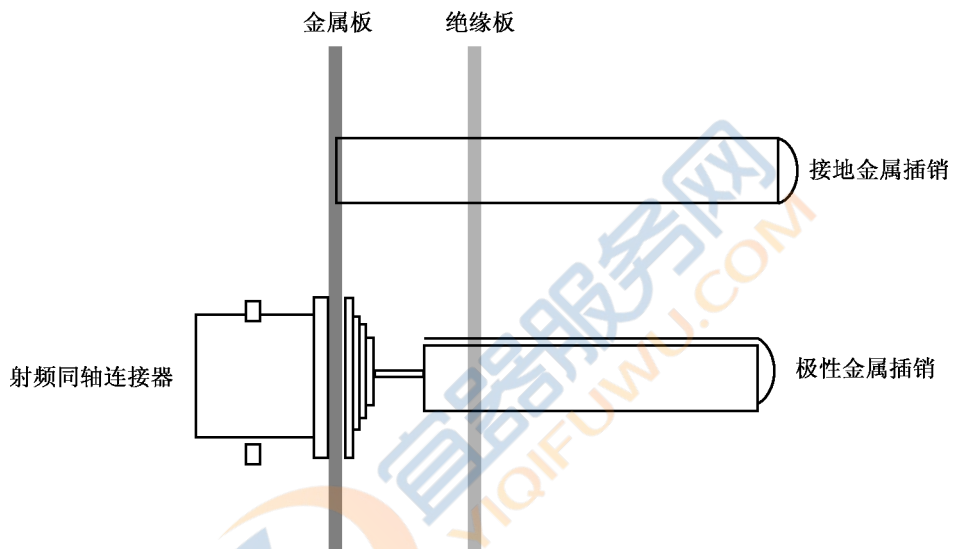


图 D.1 适用于国标插座的校准适配器