



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1636—2017

交流电阻箱校准规范

Calibration Specification for A. C. Resistance Boxes



2017-09-26 发布

2017-12-26 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

交流电阻箱校准规范

Calibration Specification for

A. C. Resistance Boxes

JJF 1636—2017

归口单位：全国电磁计量技术委员会

主要起草单位：中国测试技术研究院

上海市计量测试技术研究院

参加起草单位：中国计量科学研究院

北京东方计量测试研究所

本规范委托全国电磁计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

侯小京（中国测试技术研究院）

王晓晖（中国测试技术研究院）

冯 建（上海市计量测试技术研究院）

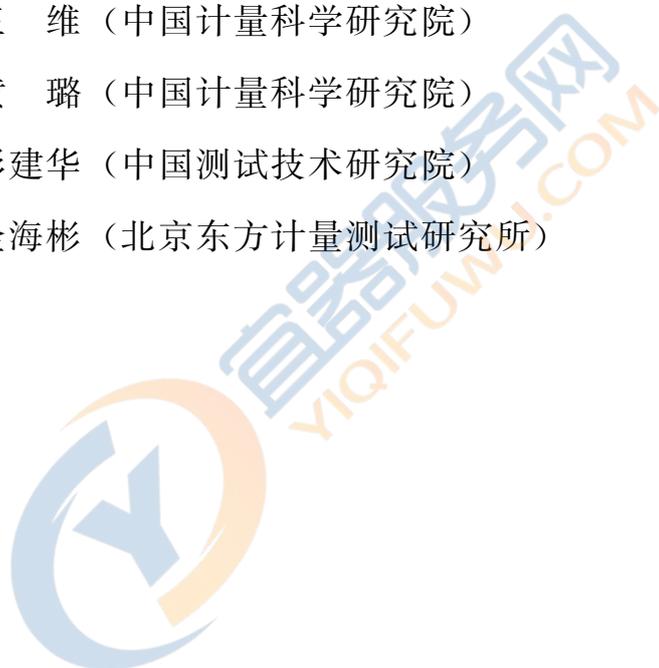
参加起草人：

王 维（中国计量科学研究院）

黄 璐（中国计量科学研究院）

彭建华（中国测试技术研究院）

金海彬（北京东方计量测试研究所）



目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 等效交流电阻值	(1)
3.2 交流电阻时间常数	(1)
3.3 电阻交直流差	(1)
3.4 残余电感	(1)
3.5 最大工作频率	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 交流电阻箱示值	(1)
5.2 时间常数	(2)
5.3 残余电阻	(3)
5.4 残余电感	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 测量标准及其他设备	(3)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果表达	(5)
8.1 校准证书	(5)
8.2 数据处理及修约	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 交流电阻箱校准结果测量不确定度评定示例	(7)
附录 B 校准原始记录格式	(9)
附录 C 校准证书内页格式	(11)

引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》进行编制。

本规范为首次发布。



交流电阻箱校准规范

1 范围

本规范适用于频率范围为 0 Hz (DC)~100 kHz, 电阻范围为 $1 \times 10^{-3} \Omega \sim 1 \times 10^7 \Omega$ 的测量用交流电阻箱的校准, 也适用于交直流两用电阻箱的交流部分的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件:

IEC 60477-2 实验室用电阻器 第 2 部分 实验室交流电阻器 Laboratory resistors Part 2: Laboratory a. c. resistors

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 术语和计量单位

3.1 等效交流电阻值 equivalent a. c. resistance

电阻器交流阻抗的实部分量, 按照不同的等效电路模型, 可分为串联等效电阻值或并联等效电阻值。

3.2 交流电阻时间常数 time constant of a. c. resistor

表述交流电阻残余分量的参数, 是交流电阻串联等效电感与等效交流电阻的比值或并联等效电容与等效交流电阻的乘积, 单位为秒。

3.3 电阻交直流差 AC/DC resistance transfer error

电阻的等效交流电阻值相对其直流阻值的偏差, 用百分数表示。

3.4 残余电感 residual inductance

开关器件有零位挡的交流电阻箱, 当所有开关器件均置于零位时, 电阻箱输出端的残余电感值;

开关器件无零位挡的交流电阻箱, 当所有开关器件均置于最小位置, 且电阻箱输出电阻小于 1Ω 时, 电阻箱输出端的电感值。

3.5 最大工作频率 upper limit of the nominal range of use for frequency

电阻箱工作时, 确保其电阻交直流差不超过相应等级指数的直流电阻器所允许的基本误差而规定的频率上限值。

4 概述

交流电阻箱是由若干个串联的交流电阻器组成的多值电阻器, 常用作交流标准器。

5 计量特性

5.1 交流电阻箱示值

交流电阻箱的示值绝对误差的表示形式为:

$$\Delta = R_n - R_x \quad (1)$$

式中：

Δ ——示值绝对误差， Ω ；

R_n ——电阻箱被校点的电阻标称值， Ω ；

R_x ——电阻箱被校点的电阻实际值， Ω 。

交流电阻箱的示值相对误差的表示形式为：

$$\delta = \frac{\Delta}{R_x} = \frac{R_n - R_x}{R_x} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

δ ——示值相对误差。

在最大工作频率范围内，交流电阻箱每个十进盘均具有各自的电阻准确度等级，各盘的示值最大允许误差应符合表 1 的规定。

表 1 交流电阻箱最大允许误差

等级指数	最大允许误差
0.01 级	$\pm 0.01\%$
0.02 级	$\pm 0.02\%$
0.05 级	$\pm 0.05\%$
0.1 级	$\pm 0.1\%$
0.2 级	$\pm 0.2\%$
0.5 级	$\pm 0.5\%$
1 级	$\pm 1\%$
2 级	$\pm 2\%$
5 级	$\pm 5\%$
10 级	$\pm 10\%$

5.2 时间常数

交流电阻箱每个十进盘均具有各自的时间常数指标，时间常数应不超过表 2 所规定的值。

表 2 时间常数指标

时间常数指标	最大允许误差
1 ns	1 ns
10 ns	10 ns
100 ns	100 ns
1 μ s	1 μ s
10 μ s	10 μ s
100 μ s	100 μ s

5.3 残余电阻

对十进电阻盘均有零位挡的交流电阻箱，其允差最大应不超过 10 mΩ。

对于十进电阻盘没有零位挡的交流电阻箱，残余电阻值即为无零位挡十进盘的最小步进值，其允差即为该盘最小步进电阻值的允许误差。

5.4 残余电感

残余电感应不超过 12 μH。

注：具体计量特性可参照被校交流电阻箱的技术要求，以上要求不适用于合格性判别，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

交流电阻箱应在表 3 规定的影响量的参考范围下进行校准。

表 3 影响量的参考范围

影响量	校准时的参考范围
环境温度	20 °C ± 2 °C
相对湿度	25% ~ 75%

6.2 测量标准及其他设备

测量标准器由交流电阻电桥、LCR 测试仪、交流标准电阻器等组成。

校准电阻箱时，由标准器、辅助设备及环境条件等因素引起的扩展不确定度应小于被校交流电阻箱最大允许误差的 1/3。

残余电感选用分辨力高于 0.1 mΩ 的电阻测量仪器进行测量。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

表 4 校准项目一览表

序号	校准项目	校准方法条款
1	外观检查	7.2.1
2	交流电阻箱示值	7.2.2
3	时间常数	7.2.3
4	残余电阻	7.2.4
5	残余电感	7.2.5

注：时间常数一般适用于新生产的或修理后的电阻箱。

7.2 校准方法

7.2.1 外观检查

交流电阻箱的铭牌应有以下主要标志：产品名称、型号、编号、生产厂名（或厂

标)、十进盘电阻标称值和相应的准确度等级、时间常数指标、频率指标、温度范围、残余电感、残余电阻、额定电流或最大功率等。

7.2.2 交流电阻箱示值

根据被校电阻箱的等级指数、标称值,可采用直接测量法、同标称值替代法进行校准,每个电阻步进盘各电阻挡位均需进行校准。

交流电阻箱校准频率一般可选择为 50 Hz、100 Hz、400 Hz 和 1 kHz。

7.2.2.1 直接测量法

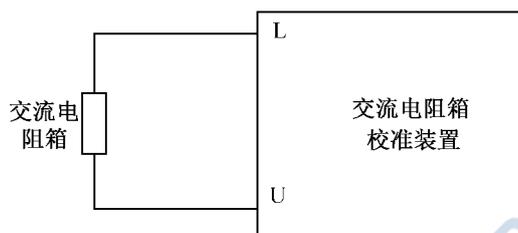


图1 直接测量法校准交流电阻箱（两端接线法）

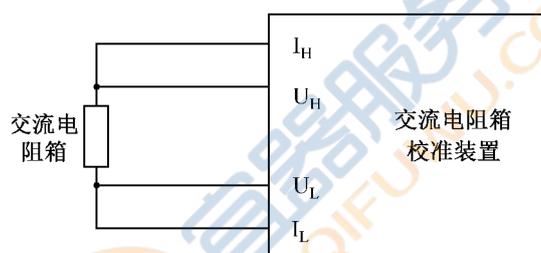


图2 直接测量法校准交流电阻箱（四端接线法）

直接用交流电阻电桥或 LCR 测试仪分别测量交流电阻箱各步进盘的阻值,接线方法如图 1 所示。利用 LCR 测试仪测量时,被测电阻低于 $100\ \Omega$ 时可采用串联等效模型,被校电阻高于 $100\ \Omega$ 时可采用并联等效模型。

测量低值电阻时应采用四端接线法,如图 2 所示。

交流电阻箱示值误差按公式 (1) 和 (2) 计算。

7.2.2.2 同标称值替代法

利用交流电阻电桥或 RLC 测试仪依次测量标准交流电阻 R_s 和被校电阻箱 R_x 的交流阻值,校准结果如式 (3) 所示。

$$R_x = R_s + (A_x - A_s) \quad (3)$$

式中:

A_s ——测量标准交流电阻 R_s 时测量仪器的示值, Ω ;

A_x ——测量被校电阻箱 R_x 时测量仪器的示值, Ω 。

按照式 (3) 得到 R_x 的值后,可按照式 (1) 计算示值误差。

7.2.3 时间常数

7.2.3.1 直接测量法

利用交流电阻电桥直接测量交流电阻箱时间常数,各步进盘每个挡位的电阻时间常

数均需校准，时间常数测量与频率无关，测量结果如式（4）所示。

$$\tau = \tau_x \quad (4)$$

式中：

τ ——时间常数实际值，s；

τ_x ——时间常数测量值，s。

7.2.3.2 计算法

在并联等效电路中，其时间常数 τ_c 如式（5）所示。

$$\tau_c = CR \quad (5)$$

式中：

τ_c ——时间常数实际值，s；

C ——电容，F；

R ——电阻， Ω 。

在串联等效电路中，其时间常数 τ_x 如式（6）所示。

$$\tau_x = \frac{L}{R} \quad (6)$$

式中：

τ_x ——时间常数实际值，s；

L ——电感，H；

R ——电阻， Ω 。

7.2.4 残余电阻

交流电阻箱残余电阻可在直流下测量，采用比末盘准确度等级高两个等级，分辨力不大于 0.1 m Ω 的毫欧计或电桥或其他能满足要求的计量器具测量。

测量前应将每个步进盘在最大范围间来回转动不少于三次，然后使示值置于零位或各最小盘位。

测量应重复进行三次，取三次测量结果的平均值作为测量结果。

7.2.5 残余电感

测量交流电阻箱残余电感时，将各步进盘置于零位挡或最小盘位，采用比末盘准确度等级高两个等级，分辨力不大于 12 μ H 的 LCR 测试仪或其他能满足要求的计量器具对电阻箱的残余电感进行测量。

测量应重复进行三次，取三次测量结果的平均值作为测量结果。

8 校准结果表达

8.1 校准证书

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) 证书或报告的唯一性标识（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) 对校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- l) 对校准规范的偏离的说明；
- m) 校准证书和校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- o) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录 B，校准证书内页格式见附录 C。

8.2 数据处理及修约

被校交流电阻箱的误差数据计算后，应采用四舍五入法则进行修约，各十进盘第 1 点的校准数据末位应修约到对应于该点最大允许误差的 $1/10$ 的位数，其余各点位数与第 1 点对齐。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

交流电阻箱校准结果测量不确定度评定示例

A.1 测量方法

根据校准规范，交流电阻箱可以采用直接测量法或替代法进行校准。用电阻测量装置（1689 型 RLC 数字电桥）直接测量电阻的方法叫直接测量法，电阻值即测量装置的示值。

A.2 测量模型

测量模型可用式（A.1）表示：

$$R = R_x \quad (\text{A.1})$$

式中：

R ——被校电阻箱的电阻值， Ω ；

R_x ——电阻测量装置的示值， Ω 。

不确定度传播可用公式（A.2）表示。

$$u_c(R) = u(R_x) \quad (\text{A.2})$$

式中：

$u_c(R)$ ——被校电阻箱的电阻值的合成标准不确定度， Ω ；

$u(R_x)$ ——电阻测量装置引入的不确定度， Ω 。

A.3 不确定度来源

由测量模型可知，测量结果的不确定度由电阻测量装置的示值 R_x 的不确定度所决定。 R_x 的不确定度来源主要有：电阻测量装置示值误差引入的不确定度 $u_1(R_x)$ 、电阻测量装置测量重复性引入的不确定度 $u_2(R_x)$ 。

校准过程中，环境条件满足校准规范要求时，环境条件引入的不确定度可以忽略不计。

A.4 标准不确定度评定

A.4.1 电阻测量装置示值误差引入的标准不确定度 $u_1(R_x)$

电阻测量装置为 1689 型 RLC 数字电桥，根据说明书可知，该数字电桥测量准确度为 0.02 级。按 B 类方法进行评定，在测量交流电阻箱 100 Ω 步进盘第 1 点电阻时，其最大允许误差为 $\pm 0.02 \Omega$ ，则分散区间的半宽度为 $a = 0.02 \Omega$ ，为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则电阻测量装置示值误差引入的标准不确定度为：

$$u_1(R_x) = \frac{a}{k} = \frac{0.02 \Omega}{\sqrt{3}} = 0.012 \Omega$$

A.4.2 电阻测量装置测量重复性引入的标准不确定度 $u_2(R_x)$

测量装置的重复性引入的标准不确定度通过 A 类方法进行评定，采用贝塞尔公式（A.3）计算单次实验标准偏差得到。

$$u_2(R_x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (R_{xi} - \bar{R}_x)^2}{n-1}} \quad (\text{A.3})$$

式中：

$\overline{R_x}$ ——被校电阻箱电阻多次测量值的平均值， Ω ；

R_{xi} ——被校电阻箱电阻第 i 次测量值， Ω ；

n ——重复测量的次数，此处 $n=10$ 。

利用 1689 型 RLC 数字电桥测量交流电阻箱 100 Ω 步进盘第 1 点电阻时，重复测量结果如表 A.1 所示。

表 A.1 交流电阻箱 100 Ω 电阻重复性测量数据

测量次数	测量装置示值/ Ω
1	100.04
2	100.05
3	100.05
4	100.05
5	100.04
6	100.05
7	100.05
8	100.04
9	100.04
10	100.04

根据表 A.1 中的数据，可由公式 (A.3) 计算出重复测量的单次实验标准偏差为

$$s(R_x) = 0.0053 \Omega$$

则测量重复性引入的不确定度为：

$$u_2(R_x) = s(R_x) = 0.0053 \Omega$$

A.5 合成标准不确定度 $u_c(R)$

合成标准不确定度按公式 (A.2) 计算：

$$u_c(R) = u(R_x) = \sqrt{u_1^2(R_x) + u_2^2(R_x)} = 0.013 \Omega$$

A.6 扩展不确定度 $U(R)$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U(R) = ku_c(R) = 0.026 \Omega \quad (k=2)$$

2. 转盘式交流电阻箱原始记录

测量盘 示值	电阻/ Ω	时间常数/s	电阻/ Ω	时间常数/s	电阻/ Ω	时间常数/s
	×	×	×	×	×	×
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
不确定度						
校准频率						
残余电阻						
残余电感						

附录 C

校准证书内页格式

证书编号 ××××××—××××

校准机构授权说明				
校准环境条件及地点：				
温 度	℃	地 点		
相对湿度	%	其 他		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	校准证书编号	证书有效期至

注：

1. ×××××仅对加盖“×××××校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
3. 未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

第×页 共×页

证书编号 ×××××××—××××

校准结果

(校准项目及校准结果)

1 外观检查:

符合校准规范要求

2 交流电阻箱示值误差

测量盘 示值	电阻/ Ω	电阻/ Ω	电阻/ Ω
		×	×
1			
2			
⋮			
不确定度			

3 时间常数

测量盘 示值	时间常数/s	时间常数/s	时间常数/s
		×	×
1			
2			
⋮			
不确定度			

4 残余电阻

5 残余电感

校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF 1059.1—2012 的要求。

敬告:

1. 被校准仪器修理后, 应立即进行校准。
2. 在使用过程中, 如对被校准仪器的技术指标产生怀疑, 请重新校准。

校准员:

核验员:

第×页 共×页