

直流电阻器检定规程

JJG 166—1993

直流电阻器检定规程

Verification Regulation of

D. C. Resistors

JJG 166—1993

代替 JJG 166—1984

JJG 126—1988

本检定规程经国家技术监督局于 1993 年 07 月 15 日批准，1994 年 07 月 15 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

上海市计量技术研究所

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

沈聪聪（中国计量科学研究院）

胡天晓（中国计量科学研究院）

董永宁（上海市计量技术研究所）

目 录

一	技术要求	358
二	检定项目	362
三	检定方法与检定条件	362
	（一）外观、线路初步检查	362
	（二）绝缘检测	363
	（三）残余电阻的检定	363
四	基本误差的检定	364
	（一）检定的一般条件	364
	（二）检定方法	365
五	影响量特性及变差的测量	367
六	检定结果的处理与检定周期	370

直流电阻器检定规程

本规程适用于下列直流电阻器的检定：

准确度等级为 0.00005~0.002 级的电阻工作基准器、标准器；

新制造、使用中和修理后作为工作计量器具的、准确度等级为 0.0005~10.0 级的单值或多值电阻器；

新制造、使用中和修理后作为工作计量器具的、准确度等级为 0.0005~10.0 级的单盘或多盘十进电阻器。

本规程不适用于：

a) 仅作为电量比率器的单值或多值电阻器和单盘或多盘十进电阻器，如 Hamon 量具、分压器、分流器等；

b) 仅在电路中作永久性安装元件的电阻器及仅作调节用的电阻器；

c) 在交流或脉冲电路中使用的电阻器；

d) 仅作为电测仪器附件而不能单独使用的串联或并联电阻器；

e) 有源电阻器。

一 技术要求

1 电阻器面板或机壳上应有以下主要标志和符号

a) 名称、型号、编号；

b) 标称值、准确度等级；

c) 制造厂名称或商标；

d) 标称使用温度范围；

e) 标称（或最大）使用功率（电流或电压）；

f) 表示其他必要内容由单独文件给出的符号。

2 各等级电阻工作基准器和标准器的基本误差极限、偏差极限、电阻温度系数及电阻标称值范围应符合表 1 的要求。

3 作为工作计量器具的各等级电阻器的基本误差极限及偏差极限应符合表 2 的要求。

4 多值电阻器中，电阻实际值与各个电阻器有关，无论是单个的还是组合的，每一示值应对应确定的电阻值，能直接通过所标明的端钮或其他连接方式进行测量。

5 对开关器件有零位档的多值电阻器，残余电阻值不应超过其最小步进电阻允许基本误差极限的 50%，否则制造厂必须标明残余电阻的标称值及其允差，其残余电阻的允差不应大于最小步进电阻值允许基本误差的 5 倍，且最大不得超过 10mΩ。

注：对 1990 年以前生产的低精度多盘十进电阻器允许放宽到 20mΩ。

6 带有开关、插头器件的多值电阻器，由每个触头接触引起的电阻变差，应不大于最小步进电阻值允许基本误差的 50%，对最小步进电阻值小于或等于 0.01Ω、且电阻器最高准确度等级低于或等于 0.1 级时，触头接触电阻的变差不应大于最小步进电阻值允许基本误差的 100%。

具有分路盘的多值电阻器, 若其最小步进电阻值小于或等于 0.01Ω 时, 由每个开关触头接触引起的电阻变差不应大于允许基本误差极限的 50%。

7 各等级电阻工作基准器、标准器使用时的温度、相对湿度、功率应符合表 3 的要求。

表 1

类别	等级指数 C		基本误差极限		偏差极限		温度系数 α	标称值
	(%)	10^{-6}	(%)	10^{-6}	(%)	10^{-6}		
工作基准器	0.0005	0.5	± 0.0005	± 0.5	± 0.01	± 100	≤ 10	1
	0.0001	1	± 0.0001	± 1	± 0.01	± 100		$10^{-1}, 10, 10^2, 10^3, 10^4$
	0.0002	2	± 0.0002	± 2	± 0.01	± 100		$10^{-3}, 10^{-2}, 10^5$
一等标准器	0.0001	1	± 0.0001	± 1	± 0.01	± 100		1
	0.0003	3	± 0.0003	± 3	± 0.01	± 100		$10^{-1}, 1, 10, 10^2, 10^3, 10^4$
二等标准器	0.0006	6	± 0.0006	± 6	± 0.01	± 100		$10^{-3}, 10^{-2}, 10^5$
	0.001	10	± 0.001	± 10	± 0.01	± 100		$10^{-1}, 1, 10, 10^2, 10^3, 10^4$
	0.002	20	± 0.002	± 20	± 0.01	± 100	$10^{-3}, 10^{-2}, 10^5, 10^6, 10^7$	

表 2

等级指数 C		基本误差极限		偏差极限*	
(%)	$\times 10^{-6}$	(%)	$\times 10^{-6}$	(%)	$\times 10^{-6}$
0.0005	5	± 0.0005	± 5	± 0.01	± 100
0.001	10	± 0.001	± 10	± 0.01	± 100
0.002	20	± 0.002	± 20	± 0.01	± 100
0.005	50	± 0.005	± 50	± 0.01	± 100
0.01	100	± 0.01	± 100	± 0.01	± 100
0.02	200	± 0.02	± 200	± 0.02	± 200
0.05	500	± 0.05	± 500	± 0.05	± 500
0.1	1000	± 0.1	± 1000	± 0.1	± 1000
0.2	2000	± 0.2	± 2000	± 0.2	± 2000
0.5	5000	± 0.5	± 5000	± 0.5	± 5000
1	10000	± 1	± 10000	± 1	± 10000
2	20000	± 2	± 20000	± 2	± 20000
5	50000	± 5	± 50000	± 5	± 50000
10	100000	± 10	± 100000	± 10	± 100000

* 对 0.0005~0.01 级电阻器的电阻实际值与其标称值之间的偏差, 应不超过标称值的 $\pm 0.01\%$; 对 0.02~10 级的电阻器其电阻实际值与标称值之间的偏差应不大于相应等级指数。

注: 0.5~10 级的单值电阻器仅对标称值 $\geq 100M\Omega$ 及 $\leq 100\mu\Omega$ 的电阻器。

表 3

类 别	等级指数 C (10^{-6})	温 度 ($^{\circ}\text{C}$)	相对湿度 (%)	功 率 (W)
工作基准器	0.5	20 ± 0.05	40~60	0.01
	1	20 ± 0.1		0.02
	2	20 ± 0.2		0.03
一等标准器	1	20 ± 0.1		0.05
	3	20 ± 0.3		0.05
	6	20 ± 0.6		0.1
二等标准器	10	20 ± 1		0.3
	20	20 ± 2		0.3

8 各等级电阻器对温度、湿度的标称使用范围极限应符合要求条件

8.1 表 4 的要求。

表 4

影 响 量	等 级 指 数	阻 值	标称使用范围极限
	$\times 10^{-6}$	(Ω)	
环境 温度 (大气、油槽、空气槽)	5	所有阻值	参考值 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
	10	所有阻值	参考值 $\pm 1^{\circ}\text{C}$
	20	所有阻值	参考值 $\pm 2^{\circ}\text{C}$
	50~100	所有阻值	参考值 $\pm 5^{\circ}\text{C}$
	200	$\geq 10^6$	参考值 $\pm 5^{\circ}\text{C}$
	200	$< 10^6$	参考值 $\pm 10^{\circ}\text{C}$
	500	所有阻值	参考值 $\pm 10^{\circ}\text{C}$
	1000~100000	$\geq 10^6$	参考值: 10°C
相 对 湿 度	200~100000	$< 10^6$	参考值 $\pm 15^{\circ}\text{C}$
		其余等级和阻值	25%~80%
注: 如果制造单位另标明各影响量的标称使用范围, 应不大于表 4 的规定。			25%~75%

8.2 电阻器的温度、湿度的参考条件及其允差应符合表 5 的要求。

表 5

影 响 量	参 考 条 件	检定时对单一参考值的允差 [*]
环境温度 (大气、控温槽)	20°C (23°C)	标称使用范围的 $1/10$ * * 但不小于 0.1°C * * *
相对湿度	50%	40%~60%
* 对参考范围不允许有允差。		
** 对带有恒温器件的电阻器应遵照生产单位的说明。		
*** 对 0.1 级及以下等级由线绕电阻制成的多值电阻器的环境温度可为标称使用温度范围的 $1/3$; 对 0.05 级的多值电阻器为 $1/5$ 。		

8.3 电阻器的参考功率（或电压）、标称使用功率（或电压）系列值见表 6。

表 6

电阻型式	阻值 (Ω)	功率系列 (W)	n	电压系列 (kV)
单值电阻器 标称值	$<10^6$	$(1, 2, 3, 5, 7) \times 10^n$	-3, -2, -1, 0, 1, 2	—
	$\geq 10^6$	—	—	0.025, 0.040, 0.070, 0.10, 0.15, 0.25, 0.30, 0.40, 0.50, 0.70, 1.00, 1.50, 2.50, 3.00, 4.00, 5.00, 10.0
多值电阻器 步进电 阻标称值	$\leq 10^5$	$(1, 2, 3, 5, 7) \times 10^n$	-3, -2, -1, 0, 1	—
	10^6	—	—	0.10, 0.20, 0.30, 0.50, 0.60, 0.70, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 3.00, 5.00, 10.0
	$\geq 10^7$	—	—	0.30, 0.50, 0.60, 0.70, 1.00, 1.50, 2.00, 3.00, 5.00, 10.0

8.4 当电阻器处于表 4 的条件下，由温度、湿度、功率或电压等影响量在标称使用范围内任一值变化时，电阻值的变化应不超过相应的等级指数值。

9 电阻器电路和与电路无电气连接的任何其他外部金属间的绝缘电阻应符合以下要求

- 对 0.01、0.02 级电阻器和标称值为 $\geq 1 \times 10^6 \Omega$ 的电阻器，其绝缘电阻不应小于 500M Ω 。
- 对 0.05~10 级的电阻器，其绝缘电阻应不小于 100M Ω 。
- 对所有其他等级的电阻器，其绝缘电阻为电阻标称值的 100 万倍，但不得小于 500M Ω 。

注：

- 进行此项试验时，多值电阻器的标称值应是其最大可选择值。
- 标称电阻值大于或等于 $10^6 \Omega$ 的高值电阻器应具有屏蔽端钮，0.02 级以上标称值大于或等于 $10^6 \Omega$ 的精密高值电阻器还应具有独立的泄漏屏蔽端钮。

表 7

标称使用电压上限值 u (kV)	试验电压 (有效值 kV)
≤ 0.5	1
0.5~2.5	1.5 u
> 2.5	1.35 u

10 电阻器的线路与测试用参考接地端之间应能承受频率为 (45~65) Hz 的实际正弦波交流电压历时 1min 的试验，而无击穿与飞弧现象。

试验电压为：

- 对最大工作电流等于或小于 10mA 的电阻器应符合表 7 的要求。

- 对最大工作电流大于 10mA 的电阻器应符合表 8 的要求。

表 8

标称使用电压上限值 (kV)	试验电压 (kV)	标称使用电压上限值 (kV)	试验电压 (kV)
≤ 0.05	0.5	3	7
≤ 0.25	1.5	4	9
≤ 0.65	2	5	11
1	3	6	13
2	5	10	21

c) 对具有交流电网供电部件 (如恒温、程控开关等) 的电阻器, 按 a)、b) 的要求, 但不得低于 2kV。

注: 最大工作电流 = $\frac{\text{标称使用电压上限值}}{\text{最大标称电阻值}}$

11 准确度等级为 0.01 级及以上等级的单值电阻器, 在两倍的温度标称使用范围内任一温度下的电阻实际值可按下述温度公式计算, 从而减小温度影响量引起的变差或扩大其温度使用范围

$$R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2] \quad (1)$$

式中 R_t ——温度为 t ℃ 时的电阻实际值 (Ω);

R_{20} ——温度为 20℃ 时的电阻实际值 (Ω);

α ——一次项电阻温度系数 ($1/^\circ\text{C}$);

β ——二次项电阻温度系数 ($1/^\circ\text{C}^2$);

t ——电阻器的温度 ($^\circ\text{C}$)。

在温度标称使用范围内, 标准电阻器的电阻实际值与按温度公式计算获得值之间的差值, 不应大于相应等级指数的 1/5。

二 检 定 项 目

12 电阻器的检定项目见表 9。

表 9

检 定 项 目	出 厂 时	修 理 后	周 期 检 定
外观及线路检查	✓	✓	✓
绝缘电阻检测	✓	✓	用户要求时
绝缘强度试验	✓	✓	用户要求时
残余电阻的检定	✓	✓	✓
接触电阻变差	✓	✓	✓
基本误差的检定	✓	✓	✓
温度系数的测量**	✓	×	用户要求时
电压变差的测量***	✓	✓	首次时
温度变差的检定	×	×	用户要求时
湿度变差的检定	×	×	用户要求时
功率变差的检定	×	×	用户要求时

* 仅对开关器件有零位挡的电阻器。
 ** 仅对单值电阻器。
 *** 仅对标称使用电压上限值大于或等于 500V 的高压电阻器。

三 检 定 方 法 与 检 定 条 件

(一) 外观、线路初步检查

13 外观检查

a) 按第一条要求检查被检定电阻器面板或铭牌上的符号或标志。

b) 被检电阻器应保证零、部件完整, 无影响计量性能的残缺或污损, 否则应在修复后方予检定。

14 初步检查

用欧姆表对被检电阻器进行初步测量, 应无明显不稳定及短路或开路现象。

15 安放检定装置的环境应符合以下要求:

a) 被检电阻器等级高于或等于 0.002 级的检定装置, 环境温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, 其余等级为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$, 但不得低于标准仪器保证准确度的温度范围。

b) 其相对湿度为 25% ~ 75%, 但不得低于标准仪器保证准确度的湿度范围。

c) 被检电阻器检定前应至少在安放检定装置的环境中存放 24h。

(二) 绝缘检测

16 绝缘检测应在下述的环境条件下进行

16.1 直流电阻器的绝缘电阻可采用绝缘电阻表(兆欧表)、高绝缘电阻表(高阻计)或按图 1 用检流计法测量; 测量应在电阻器电路和与电路无电气连接的外部金属点(通常为机壳)间进行。

16.2 测量绝缘电阻的试验电压为其标称使用电压上限值, 但不得低于 500V。

16.3 测量绝缘电阻的误差应不大于 10%。

16.4 测量结果应在施加电压后 1~2min 内读出。

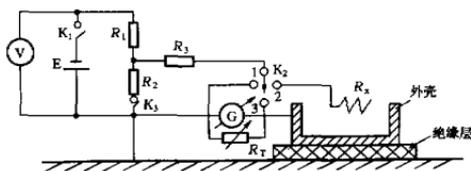


图 1 检流计法测量绝缘电阻电路图

K_1, K_2, K_3 —单向开关; R_1, R_2 —分压电阻; R_3 —保护电阻; R_4 —被测绝缘电阻; R_5 —检流计分流电阻; E —直流电源; V —直流电压表; G —检流计

17 绝缘强度试验

17.1 直流电阻器的绝缘强度试验用耐压测试仪进行。

17.2 进行绝缘强度试验的耐压测试仪的基本误差不应大于 5%。

17.3 耐压测试仪应具有足够的输出功率, 检查的方法为: 使耐压测试仪在空载下, 输出置于待试电压 U_1 的 50%, 随后接上被试电阻器, 这时其输出电压不应低于 $0.45 U_1$ 。

17.4 试验电压应平稳上升至电阻器所规定的电压值, 历时 1min, 应无击穿和飞弧现象。

17.5 电压试验时, 漏电保护动作电流应置为 5mA。

(三) 残余电阻的检定

18 残余电阻及其允差的测量

直流电阻器残余电阻及其允差采用准确度不低于 2%、分辨率不大于 $0.1\text{m}\Omega$ 的毫欧计或双电桥按如下程序测量:

a) 测量前应将每只开关器件在其最大范围间来回转动不少于 3 次, 然后使示值置于零位。

b) 测量应重复进行 3 次, 取 3 次平均值作为测量结果。

19 接触电阻变差测量

19.1 接触电阻变差用分辨率不大于 $0.1\text{m}\Omega$ 的毫欧计或双电桥测量。程序如下:

a) 试验前将每只开关在最大范围内转动数次(不少于3次)后,使末只开关示值置1,即最小步进值 ΔR ,其他各只开关均置零。测量并记取此时电阻值 M_0 ;

b) 测第一只变差时,将第一只开关在最大范围内再转动数次后,使示值重置零位,测量并记取此时电阻值 M_1 ;则第一只开关电阻变差(以百分数表示)

$$\delta_1 = \left(\frac{M_0 - M_1}{\Delta R} \right) \times 100 \quad (2)$$

c) 依次对每只开关按 b 进行测量得 M_i ,则第 i 只开关电阻变差为

$$\delta_i = \left(\frac{M_{i-1} - M_i}{\Delta R} \right) \times 100 \quad (3)$$

以上测量应重复进行3次。

取以上多只开关最大的变差值作为该电阻器开关的接触电阻变差值。

19.2 对端钮式或插塞式的电阻器接触电阻变差的测量方法,参照19.1进行。

四 基本误差的检定

(一) 检定的一般条件

20 由标准、检定装置及环境条件所引起的总不确定度不大于被检电阻器等级指数 C_x 的 $1/2$ (对电阻基准器、标准器和 0.002 级及其以上等级的电阻器)和 $1/3$ (对其他电阻器)。

21 检定装置重复测量的标准偏差应不大于相应范围最高等级被检电阻器等级指数的 $1/10$,测量次数 ≥ 10 次。相邻两次测量的时间间隔不小于 4h 。

22 检定时的温度

a) 电阻基准器、标准器应符合表10的要求。

表 10

名称	工作基准器	一等标准器			二等标准器		工作计量器具
等级指数 $C_x (10^{-6})$	0.5	1	3	6	10	20	所有等级
允差 $\Delta t' (^\circ\text{C})$	± 0.005	± 0.01	± 0.03	± 0.06	± 0.1	± 0.2	标称使用范围的 $1/10$, 但不小于 0.1°C
测量准确度 $\Delta t' (^\circ\text{C})$	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05	0.1	$\leq (1/2) \Delta t'$

23 检定装置中灵敏度常数即电阻相对变化常数 C_R 应符合表11的要求。

表 11

名称	工作基准器	一等标准器			二等标准器		工作计量器具
等级指数 $C_x (10^{-6})$	0.5	1	3	6	10	20	所有等级
灵敏度 (读数单位) $\frac{\Delta R}{R}$	$\frac{200}{1 \times 10^{-5}}$	$\frac{100}{1 \times 10^{-5}}$	$\frac{30}{1 \times 10^{-5}}$	$\frac{150}{1 \times 10^{-4}}$	$\frac{100}{1 \times 10^{-4}}$	$\frac{50}{1 \times 10^{-4}}$	—
C_R ($\frac{10^{-6}}{\text{读数单位}}$)	0.05	0.1	0.3	0.6	1	2	等级指数的 $1/10$

注: C_R 即为装置灵敏度引起的误差。

24 检定时被检电阻器承受的功率(电压或电流)应不超过以下规定。

a) 对工作基准器、标准器和 0.002 级及其以上等级电阻器应不超过表 12 的规定；

表 12

名 称	工作基准器	一 等 标 准 器			二 等 标 准 器	
等级指数 C_x (10^{-6})	0.5	1	3	6	10	20
检定功率 P (W)	0.01	0.02	0.03	0.05	0.05	

b) 对作为工作计量器具的电阻器根据其性能及工作状态可为

(1) 对通用电阻器应在参考功率或参考电压（电流）下进行；

(2) 对专用电阻器应为其标称最高使用功率或标称最高使用电压（电流）下进行。

25 检定时由连接电阻、寄生电势、绝缘泄漏、静电感应、电磁干扰、零电流等诸因素引起的误差应不大于被检电阻器等级指数 C_x 的 $1/20$ 。

26 对于多值电阻器，仅对与所标明示值对应的端钮或其连接方式进行检定。

(二) 检定方法

基本误差的检定是在参考条件下进行，根据被检电阻器的等级指数、标称值，可采用直接测量法、同标称值替代法、累积差值法和过渡传递法。

考虑到检定条件与使用条件的一致，对单盘、多盘电阻器，本规程推荐尽可能使用整体检定法。

27 直接测量法

当用比被检电阻器高两个准确度等级的电阻测量仪器或装置来测量被检电阻器电阻值时，可采用直接测量法，被检电阻器 R_x 的电阻值的检定结果为

$$R_x = A_x \quad (4)$$

式中 A_x ——电阻测量仪器示值。

常用的电阻测量仪器或装置有电桥、电流比较仪、电压比较仪、数字欧姆表等。

28 同标称值替代法

当电阻测量仪器或装置达不到比被检 R_x 准确度等级高出两个等级，而又有与被检电阻器 R_x 同标称值的电阻标准器 R_s 时，被检电阻器电阻值的检定可采用同标称值传递法。最常用的同标称值传递法是替代法。替代法是用电阻测量（或比较）仪器依次测量标准电阻器 R_s 和被检电阻器 R_x 的电阻值。检定结果为

$$R_x = R_s + (A_x - A_s) \quad (5)$$

式中 A_s ——测量 R_s 时测量仪器的示值。

常用的电阻比较仪器除第 27 条所述外，还有电阻比较仪、电位差计等。

29 累积差值法

对具有连续、同标称值步进的多值电阻器如十进盘电阻器，当具有与其步进值同标称值且可实现相加连接的电阻标准器 R_s 或参考电阻器 R_T 时， R_x 的检定可在相应的测量仪器上采用累积差值法进行整体检定。

被检十进盘电阻器 $R_x = r_0 + r_1 + r_2 + \cdots + r_i + \cdots = \sum_{i=0}^a r_i$

测量仪器与 R_x 对应的十进测量机构可表示为

$$M = m_0 + m_1 + m_2 + \cdots + m_j + \cdots = \sum_{j=0}^b m_j$$

检定程序如下:

a) 令 $j = i + 1$, $b = a + 1$, 并依次取 $i = 0, 1, 2, \dots, a$

$$\text{在 } M \text{ 上测得 } M_b - (R_{xa} + R_s) = \sum_{j=0}^b m_j - \sum_{i=0}^a r_i - R_s = \Delta_b \quad (6)$$

b) 令 $j = i$, $b = a$, 并依次取 $i = 0, 1, 2, \dots, a$

$$\text{在 } M \text{ 上测得 } M_b - R_{xa} = \sum_{j=0}^b m_j - \sum_{i=0}^a r_i = \delta_a \quad (7)$$

c) 整理可得

$$R_x = \sum_{i=0}^a r_i = aR_s + \sum_{j=0}^b \Delta_j - \sum_{i=0}^a \delta_i \quad (8)$$

d) 如采用参考电阻器 R_T 代替 R_s , 可在 $i = 1$ 或 $i = 10$ 时, 用同标称值替代法为 R_T 定值后再按 c) 计算检定结果。

注意: 用 M 测量 R_x 时, M 必须按 a)、b) 两程序中的关系设置, 差值 Δ 和 δ 用 M 尾数或差值测量仪器读取。

e) 第 27、28 条的电阻比较、测量仪器均适用于累积差值法。

30 过渡传递法

通过确定 R_x 与 R_s 的电阻比值 B 来实现电阻量值传递的方法称过渡传递法。检定结果为

$$R_x = B \cdot R_s \quad (9)$$

常用的电阻比的检定方法有直接测量法、标准量具法和累积差值法。

30.1 直接测量法

用作为标准的电阻比测量仪器或装置直接测量 R_x 与 R_s 的电阻比值 B_x 。测量结果为

$$B_x = A_x \quad (10)$$

式中 A_x ——电阻比测量仪器的示值。

常用的电阻比测量仪器有电流比较仪、电压比较仪、电桥和某些具有比率测量功能的数字式仪表。

30.2 标准量具法

由两只(或两组)电阻器组成的、具有已知电阻比值的电阻比例器称为标准电阻比量具。

常用的电阻比量具有 Hamon 量具和比例量具, 两只不同标称值的电阻标准器也可以作标准电阻比量具使用。

用电阻比量具测定电阻比的方法有电阻比较法和比例替代法。

满足本规程要求的电阻比量具的单元电阻器也可以作为电阻标准器使用。

30.2.1 电阻比较法

当电阻比量具分别是由与 R_x 和 R_s 同标称值的单只或组合电阻器 R_{b1} 和 R_{b2} 构成时, 可按第 28 条通过 R_x 和 R_{b1} 及 R_s 和 R_{b2} 两组同标称值的电阻比较确定 B_x 。程序为

$$R_x \text{ 与 } R_{b1} \text{ 比较得 } R_x = R_{b1} + (A_x - A_{b1})$$

$$R_s \text{ 与 } R_{b2} \text{ 比较得 } R_s = R_{b2} + (A_s - A_{b2})$$

则测量结果为

$$B_x = \frac{R_x}{R_s} = \frac{R_{bl} + (A_x - A_{bl})}{R_{b2} + (A_s - A_{b2})} = \frac{R_{bl}}{R_{b2}} \cdot \frac{1 + \frac{A_x - A_{bl}}{R_{bl}}}{1 + \frac{A_s - A_{b2}}{R_{b2}}}$$

$$= B_s \left(1 + \frac{A_x - A_{bl}}{R_{bl}} - \frac{A_s - A_{b2}}{R_{b2}} \right) \quad (11)$$

电阻比较法可适用于 Hamon 量具和比例量具。

30.2.2 比例替代法

B_x 可以与具有相同电阻比标称值的电阻比量具 B_s , 在电阻比测量仪器或比较仪器上通过电阻比的替代比较求得 B_x , 测量结果为

$$B_x = B_s + (A_x - A_s) \quad (12)$$

式中 A_s ——测量 B_s 时, 电阻比测量仪器的示值。

除 30.1 款电阻比测量仪器外, 电阻比较仪也可进行某些特定比率的电阻比比较。

31 用直接测量法、同标称值替代法和累积差值法检定标准电阻器时, 应满足如下要求:

a) 作为标准的电阻测量仪器, 电阻标准器的等级指数 C_s 应不大于被检电阻器等级指数 C_x 的 $1/3$ (对电阻基准器、标准器和 0.002 级及以上等级电阻器) 和 $1/4 \sim 1/5$ (对其他等级电阻器)。

b) 作电阻替代比较用的电阻测量仪器引入的误差应不大于 $0.1C_x$ 。

c) 检定时灵敏度引入的误差应 $\leq 0.1C_x$ 。

32 用过渡传递法检定电阻器时, 应满足如下要求

a) 电阻标准器应比 31a) 款高一等级。

b) 仅一次过渡传递时, 由电阻比测量仪器、电阻比量具以及灵敏度引起的误差各自应不大于 $0.1C_x$ 。

c) 多次过渡传递中, 每次传递时由电阻比测量仪器、电阻比量具和灵敏度引起的误差应按比 C_x 高一等级要求。

33 电阻器检定时, 允许采用经认证的保证满足第 20 条关于检定总不确定度要求的其他方法。

五 影响量特性及变差的测量

各影响量引起的变差试验, 均应在其他影响量保持在相应的参考条件下进行。

34 温度系数的测量

34.1 测量温度点

测量温度点的选择应符合表 13 的要求, 所选择的温度点必须恒温 30min 后方可进行测量。

表 13

等级指数 $C_x (\times 10^{-6})$	5、10、20			50、100		
	t_1	t_2	t_3	t_1	t_2	t_3
测 R_{01} 时	15 ± 1			10 ± 2		
测 R_{02} 时		20 ± 1			20 ± 2	
测 R_{03} 时			25 ± 1			30 ± 2

34.2 测量原理

在上述所选的温度点下, 测量 R_x 的电阻值 R_{r1} 、 R_{r2} 、 R_{r3} , 由于

$$R_{r1} = R_{20}[1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2]$$

$$R_{r2} = R_{20}[1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2]$$

$$R_{r3} = R_{20}[1 + \alpha(t_3 - 20) + \beta(t_3 - 20)^2]$$

解上述方程得

$$\alpha = \frac{(R_{r2} - R_{r1})(t_3 - t_2)(t_3 + t_2 - 40) + (R_{r3} - R_{r2})(t_2 - t_1)(40 - t_1 - t_2)}{R_H(t_3 - t_2) \times (t_2 - t_1)(t_3 - t_1)} \quad (13)$$

$$\beta = \frac{(R_{r3} - R_{r2})(t_2 - t_1) - (R_{r2} - R_{r1})(t_3 - t_2)}{R_H(t_3 - t_2)(t_2 - t_1)(t_3 - t_1)} \quad (14)$$

式中 R_H ——电阻器标称值。

34.3 测量装置

测量电阻器温度系数的装置的误差

表 14

θ_x 应满足表 14 的要求。

等级指数 $C_x (\times 10^{-6})$	5、10、20	50、100
测量装置误差 $\theta_x (\times 10^{-6})$	7	14

35 电压变差的测量

35.1 测量装置和测量方法

进行电压影响试验的测量装置和测量方法本身引入的误差应不大于被测量电阻器基本误差的 1/10。

35.2 电压引起的变差试验

35.2.1 电压影响试验通常在参考电压和标称使用电压间进行, 对参考电压等于其标称使用电压的电阻器, 试验在标称使用电压及其 1/5 电压间进行。

35.2.2 程序

a) 在参考条件下, 对电阻器施加参考电压 (或 1/5 标称使用电压) U_1 , 测试和记录电阻实际值 R_r 。对多值电阻器原则上应对每个值进行, 对十进盘多值电阻器, 允许选择每个盘的示值 1、2 和 10 三点进行。

b) 对电阻器施加标称使用电压上限值 U_2 , 直至达到稳定状态, 测量并记录电阻实际值 R 。

35.2.3 计算 (以百分数表示)

电阻 U_2 引起的变差 δ_{U_2} 按下式计算

$$\delta_{U_2} = \frac{R - R_r}{R_r} \times 100 \quad (15)$$

式中 R_r ——基准值。

35.2.4 对电压变差的要求

在参考条件下, 电阻器试验电压自参考值或参考范围上限值改变到标称使用电压值 (或称使用范围上限值) 间的任意值后, 引起的变差应不超过相应等级指数, 对没有标明参考电压的电阻器, 取其标称使用电压上限值的 1/5 为其参考电压。

36 环境温度引起的变差试验

36.1 程序

a) 在参考条件下, 测量和记录电阻器的实际值 R_H 。对多值电阻器, 应在标明相同等级的阻值范围内, 至少选三点相隔近似等同的分度值进行测量。

b) 使电阻器经受超过参考温度的标称使用温度范围上限的温度, 直至达到稳定状态, 按程序 a) 测量并记取电阻实际值 R_{t1} 。

c) 在参考温度中, 使电阻器冷却, 直至达到稳定状态, 测量并记取电阻实际值 R_{t2} 。

d) 使电阻器经受低于参考温度的标称使用温度范围下限的温度, 直至达到稳定状态, 测量并记取电阻实际值 R_{t2} 。

e) 上述求得温度变差不一定是标称使用温度范围内温度变差的最大值, 温度变差最大值还需考虑温度曲线峰值点是否落在标称使用温度范围内。峰值温度 t_h 为

$$t_h = 20 - \frac{\alpha}{2\beta} \quad (16)$$

36.2 计算 (以百分数表示)

a) 在标称使用温度上限值时, 温度引起的变差 δ_{t1} 为

$$\delta_{t1} = \frac{R_{t1} - R_t}{R_t} \times 100 \quad (17)$$

b) 在标称使用温度下限值时, 温度引起的变差 δ_{t2} 为

$$\delta_{t2} = \frac{R_{t2} - R_t}{R_t} \times 100 \quad (18)$$

c) 在标称使用温度范围内峰值点处引起的变差 δ_{th} 为

$$\delta_{th} = \frac{R_{th} - R_t}{R_t} \times 100 \quad (19)$$

当 δ_{t1} 、 δ_{t2} 及 δ_{th} 三者不等时, 取其中最大的作为温度引起的变差, 若峰值点落在标称使用温度范围外, 则取 δ_{t1} 、 δ_{t2} 中较大的一个。

d) 通常温度系数 α 、 β 和 t_h 可在测定 R_{t1} 、 R_{t1} 、 R_{t2} 后, 按式 (13)、(14) 和 (16) 求得。

37 相对湿度引起的变差试验

37.1 程序

a) 在参考条件下, 测量并记取电阻器的实际值 R_t 。对多值电阻器应在标明相同等级的数值范围内, 至少选三点相隔近似等同的分度示值进行测量。

b) 将电阻器置于相对湿度为 25%~30% 的环境中, 直至达到稳定状态后, 进行测量并记取电阻实际值 R_{h1} 。

c) 将电阻器置于相对湿度为 70%~75% 的环境中, 直至达到稳定状态后, 进行测量并记取电阻实际值 R_{h2} 。

37.2 计算 (以百分数表示)

a) 在标称使用相对湿度下限值时, 湿度引起的变差 δ_{h1} 为

$$\delta_{h1} = \frac{R_t - R_{h1}}{R_t} \times 100 \quad (20)$$

b) 在标称使用相对湿度上限值时, 湿度引起的变差 δ_{h2} 为

$$\delta_{h2} = \frac{R_t - R_{h2}}{R_t} \times 100 \quad (21)$$

c) 当 δ_{h1} 与 δ_{h2} 不等时, 取其中较大的作为湿度引起的变差。

38 电阻器自热引起的变差

38.1 程序

a) 在参考条件下, 对电阻器施加参考功率(电压)值时, 测量并记取电阻实际值 R_r 。对多值电阻器原则上每个值都应进行试验, 而对十进盘多值电阻器则允许选每个盘的示值 1、2 和 10 进行试验。

b) 对电阻器施加 1/2 标称使用功率上限值, 直至达到稳定状态, 测量并记取电阻实际值 R_1 。

c) 对电阻器施加标称使用功率上限值, 待到达稳定状态时, 测量并记取电阻实际值 R_2 。

d) 若 R_r 、 R_1 、 R_2 的阻值为单方向变化, 则应选程序 a) 和 c) 的读数进行计算。

e) 若 R_r 、 R_1 、 R_2 的阻值不为单方向变化, 则应在参考功率与标称使用功率上限值间的任意功率值下继续进行测量, 直到找出对程序 a) 的最大偏差为止或类似 36.2c) 求出功率系数和峰值点。

38.2 计算(以百分数表示)

a) 施加 1/2 标称使用功率上限值后的变差为

$$\delta_{p1} = \frac{R_r - R_1}{R_1} \times 100 \quad (22)$$

b) 施加标称使用功率上限值后的变差为

$$\delta_{p2} = \frac{R_r - R_2}{R_1} \times 100 \quad (23)$$

六 检定结果的处理与检定周期

39 检定数据按数字修约规则的规定化整, 检定数据的位数应按下述原则给出

39.1 电阻值

a) 对单值电阻器、多值电阻器或十进电阻器的第一点, 给出数据的末位应对应于允许基本误差的 1/10。

b) 十进盘电阻器的第 2~第 5 点与第 1 点末位对齐, 第 6 点以上少一位。

注: 对开关器件有零位挡的多值电阻器, 各盘均不应包含残余电阻值。

39.2 温度系数测量结果

α 的数值给到千万分之一; β 的数值给到万万分之一。

39.3 残余电阻及接触电阻的变差给出到 0.1m Ω 。

39.4 绝缘电阻及绝缘电压试验不给出检定数据, 只判断合格与否。

40 等级及周期

a) 按本规程的项目进行检定, 并能满足本规程全部技术要求, 且对于电阻工作计量器具具有连续两次的周期检定结果者方可予以定级; 对于工作基准器、标准器具有连续 3 次的周期检定结果者方可予以定级。

b) 检定周期一般为 1 年, 连续 3 年基本误差满足等级指数的 1/2 者可延长为 2 年。

41 检定证书或检定结果通知书

a) 对表 9 所列检定项目中的必检项目全部合格者出具检定证书; 凡有一项不合格者, 出具检定结果通知书, 并在检定结果通知书上注明不合格的原因。不合格者, 允许降一级使用, 但必须满足所定等级的全部技术要求。

b) 检定证书上应给出检定数据、检定的不确定度、检定时的温度、相对湿度、电压

(电流)及检定结论。

- c) 凡首次送检或缺少上一年检定数据的, 出具检定证书, 注明基本误差未考核暂不定等级。
 - d) 修理后的电阻器按首次送检处理。
 - e) 老产品及进口产品参照原出厂文件按本规程处理, 但不得高于原等级。
-