



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 982—2003

直流电阻箱

D. C. Resistance Box

2003 - 09 - 23 发布

2004 - 03 - 23 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

直流电阻箱检定规程

Verification Regulation of

D. C. Resistance Box

JJG 982—2003
代替 JJG 166—1993
(直流电阻箱部分)

本检定规程经国家质量监督检验检疫总局于 2003 年 09 月 23 日批准，
并自 2004 年 03 月 23 日起施行。

归口单位： 全国电磁计量技术委员会

主要起草单位： 河南省计量测试研究所

参加起草单位： 河南省郑州水利学校

中国航天科技集团公司五院五一四所

本规程委托全国电磁计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

王 卓 （河南省计量测试研究所）

赵 军 （河南省计量测试研究所）

参加起草人：

杨明镜 （河南省计量测试研究所）

刘文芳 （河南省计量测试研究所）

李幸福 （郑州水利学校）

李继东 （中国航天科技集团公司五院五一四所）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 名词术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 示值误差	(2)
5.2 稳定性	(2)
5.3 准确度等级	(2)
5.4 残余电阻的误差	(3)
5.5 电阻箱开关变差	(3)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观及标志	(3)
6.2 绝缘电阻	(3)
6.3 工频耐压试验	(3)
6.4 直流电阻箱影响量的要求	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目	(5)
7.3 检定方法	(6)
7.4 检定结果的处理	(7)
7.5 检定周期	(8)
附录 A 数字电压表检定电阻箱的工作原理	(9)
附录 B 直流电阻箱检定原始记录	(11)
附录 C 直流电阻箱检定证书内页格式	(12)
附录 D 检定结果通知书内页格式	(13)

直流电阻箱检定规程

1 范围

本规程适用于准确度等级在 0.002 级 ~ 10 级、电阻值范围在 $10^{-3}\Omega \sim 10^7\Omega$ 、线路绝缘电压不大于 650V 的直流电阻箱的首次检定、后续检定和使用中的检验。

本规程不适用于作为仪器内部组件的或因特殊要求而研制的电阻箱及交流电阻箱的检定。

2 引用文献

JJF1059—1999 《测量不确定度评定与表示》

GB4793.1—1995 《测量、控制和实验室用电气设备的安全要求》

JB/T 8225—1999 《实验室直流电阻器》

GB/T 13978—1992 《数字多用表通用技术条件》

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 名词术语

3.1 十进电阻器

用开关器件以相等的上升步进选择电阻值组合的多值电阻器，每个步进相当十进电阻值的增量（例如 0.1 Ω ，1 Ω 或 10 Ω …）。

注：十进电阻器一般允许选 10，11 或者 12 个电阻值（包括零）。直流电阻箱中十进电阻器也叫做十进电阻盘或十进盘。

3.2 残余电阻

开关器件有零位挡的直流电阻箱，当所有开关器件均置于零位时，电阻箱输出端的电阻值。

开关器件无零位挡的直流电阻箱，当所有开关器件均置于最小位置时，电阻箱输出端的电阻值。

3.3 变差

当某一影响量相继取两个规定值，而其它影响量都保持在其参考条件下时，所测得两个实际值之间的差值。

3.4 影响量

易于引起电阻箱阻值发生不希望有变化的量。

3.5 参考条件

一些能使电阻箱满足有关示值误差要求的规定条件，就每个影响量来说，这些参考条件可以是一个固定单值，也可以是一个数值范围。

4 概述

直流电阻箱是由单个或若干串联的十进电阻器组成的多值电阻器。在参考条件下，

直流电阻箱每个十进盘有各自相应的准确度等级*。

5 计量性能要求

5.1 示值误差

5.1.1 示值绝对误差

直流电阻箱的示值绝对误差的表示形式为：

$$\Delta = R_n - R_x$$

式中： Δ ——示值绝对误差， Ω ；

R_n ——电阻箱被检点示值的标称值， Ω ；

R_x ——电阻箱被检点示值的实际值， Ω 。

5.1.2 示值相对误差

直流电阻箱示值相对误差的表示形式为：

$$\delta = \frac{\Delta}{R_x} = \frac{R_n - R_x}{R_x} \times 100\%$$

式中： δ ——示值相对误差。

5.2 稳定性

电阻箱示值的稳定性以年稳定性表示为：

$$\delta' = \frac{R_x - R_{x'}}{R_{x'}} \times 100\%$$

式中： δ' ——年稳定性误差；

$R_{x'}$ ——电阻箱被检点示值的上年检定值。

仅对 0.01 级（包括 0.01 级）以上的十进电阻盘考核其年稳定性。

5.3 准确度等级

直流电阻箱中各十进电阻盘的准确度等级从 0.002 级 ~ 10 级共分为十二个等级，各等级十进电阻盘的示值最大允许误差及年稳定性误差极限应符合表 1 的要求。

表 1 各等级十进电阻盘的最大允许误差及年稳定性误差极限

等级指数/(%)	年稳定性误差极限/(%)	最大允许误差/(%)
0.002	± 0.002	± 0.01
0.005	± 0.005	± 0.01
0.01	± 0.01	± 0.01
0.02	—	± 0.02
0.05	—	± 0.05
0.1	—	± 0.1
0.2	—	± 0.2

* 习惯上常将电阻箱中十进盘的最高等级叫作电阻箱的等级，如：ZX54 型直流电阻箱中十进盘的最高等级为 0.01 级，也常将 ZX54 说成是 0.01 级电阻箱，这仅仅是一种习惯叫法。

表 1 (续)

等级指数/(%)	年稳定性误差极限/(%)	最大允许误差/(%)
0.5	—	± 0.5
1	—	± 1
2	—	± 2
5	—	± 5
10	—	± 10

5.4 残余电阻的误差

5.4.1 对十进电阻盘均有零位挡的直流电阻箱, 残余电阻值不应超过其最小步进电阻值最大允许绝对误差的 50%, 否则制造厂必须标明残余电阻的标称值及其允差, 此允差不应大于最小步进电阻值最大允许绝对误差的 5 倍, 且允差最大不得超过 10m Ω 。

5.4.2 对于十进电阻盘没有零位挡的直流电阻箱, 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绝对误差。


5.5 电阻箱开关变差

电阻箱由每个开关触头接触引起的电阻变差应不大于最小步进电阻值允许绝对误差值的 50%, 当最小步进电阻值小于或等于 0.01 Ω , 且电阻箱最高准确度等级低于或等于 0.1 级时, 开关触头接触电阻的变差不应大于最小步进电阻值的允许绝对误差值。

6 通用技术要求

6.1 外观及标志

电阻箱的铭牌或外壳上应有以下主要标志:

产品名称、型号、编号、生产厂名(或厂标)、标称(或最大)使用功率(电流或电压)、十进盘电阻标称值和相应的准确度等级。国产直流电阻箱应有  标志和编号。

6.2 绝缘电阻

绝缘电阻是电阻箱的电路和与电路无电气连接的任何其它外部金属部件间的电阻。

6.2.1 对所含十进电阻盘等级均为 0.05 级 ~ 10 级的电阻箱, 其绝缘电阻不应小于 100M Ω 。

6.2.2 对含有 0.01、0.02 级及以上十进电阻盘且电阻值小于等于 10⁵ Ω 的电阻箱, 其绝缘电阻不应小于 500M Ω 。

6.2.3 对其它的电阻箱, 其绝缘电阻为电阻箱最大电阻标称值的一百万倍, 但不得小于 500M Ω 。

6.3 工频耐压试验

电阻箱的线路与测试用参考接地端之间, 应能承受频率为 (45 ~ 65) Hz、电压为 2kV 的实际正弦交流电压历时 1min 的试验, 无击穿或飞弧现象。

工频耐压试验中的参考接地端, 应包括所有与线路无电气连接的外露导电部件; 若电阻箱绝缘外壳上没有导电部件时, 参考接地端则是将被检电阻箱包起来的金属箱(金

属箔与线路之间应有 20mm 的间隔)。

6.4 直流电阻箱影响量的要求

直流电阻箱影响量的标称使用范围见表 2。

表 2 标称使用范围

影响量	等级指数/(%)	标称使用范围
环境温度 (大气、控温槽)	0.002	$20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
	0.005 ~ 0.02	$20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
	0.05 ~ 10	$20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$
相对湿度	所有等级	25% ~ 75%
功率 (电压)	所有等级	生产厂作出规定

当直流电阻箱处于表 2 给出的条件下, 其中单一影响量在标称使用范围内任一值变化时, 电阻值的变差应不超过相应的等级指数值。

7 计量器具控制

计量器具控制包括: 首次检定、后续检定和使用中检验。

7.1 检定条件

7.1.1 检定的环境条件

确定示值误差时应遵守的环境条件如表 3 所述。

表 3 检定时的环境条件

影响量	等级指数/(%)	参考条件	检定时的参考范围
环境温度 (大气、控温槽)	0.002	20℃	$20^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$
	0.005 ~ 0.01		$20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$
	0.02		$20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
	0.05		$20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
	0.1 ~ 10		$20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$
相对湿度	所有等级	50%	40% ~ 70%
注: 对参考范围不应有允差。			

直流电阻箱必须在检定的参考条件下稳定 24 小时后进行检定。

7.1.2 检定装置

7.1.2.1 检定电阻箱时作标准用的标准器, 其等级指数至少应符合表 4 的规定。

7.1.2.2 检定电阻箱时, 由标准器、检定装置及环境条件等因素所引起的扩展不确定度 ($k=3$) 应不大于被检等级指数的 1/3。

表 4 标准和被检的等级指数关系对应表

被检电阻箱十进盘等级指数/ (%)	标准器等级指数/ (%)
0.002	0.0005
0.005	0.001
0.01	0.002
0.02	0.005
0.05	0.01
0.1	0.02
0.2	0.05
0.5	0.1
1	0.2
2	0.5
5	1
10	2

7.1.2.3 检定装置重复测量的标准偏差应不大于被检等级指数的 1/10, 测量次数大于等于 10 次。

7.1.2.4 检定时由连接电阻、寄生电势、绝缘泄漏、静电感应、电磁干扰等诸因素引入的不确定度一般不大于被检等级指数的 1/20。

7.1.2.5 检定装置中灵敏度引入的不确定度不得大于被检等级指数的 1/10。

7.1.3 使用不低于 10 级的 500V 绝缘电阻表或高阻计进行直流电阻箱绝缘电阻的测量。

7.1.4 使用基本误差不大于 5% 的工频耐压测试仪进行电阻箱的工频耐压试验。

7.2 检定项目

直流电阻箱的检定项目见表 5。

表 5 检定项目表

检定类别 检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观及线路检查	+	+	+
绝缘电阻	+	+	+
工频耐压试验	+	-	-
残余电阻	+	+	+
开关变差	+	+	+
示值误差	+	+	+
注：“+”表示检定，“-”表示不检定			

7.3 检定方法

7.3.1 外观及线路检查

7.3.1.1 用目测的方法检查电阻箱的外观、铭牌等，应符合 6.1 的规定。

7.3.1.2 用电阻表或万用表对电阻箱各十进盘电阻进行初步测量，检查其电阻是否有断路或短路现象。

7.3.2 绝缘电阻检测

按 7.1.3 的要求，选取绝缘电阻表或高阻计，按 6.2 的规定的测试部位对被检电阻箱的绝缘电阻进行测量，绝缘电阻表或高阻计上的读数应在电压施加后 1min 时读取，其值符合 6.2 的规定。

7.3.3 工频耐压试验

按 7.1.4 的要求，选取耐压试验仪，按 6.3 的规定进行工频耐压试验，应无击穿或飞弧现象。

7.3.4 残余电阻的检定

直流电阻箱残余电阻的检定采用比末盘准确度等级高两个等级，分辨力不大于 $0.1\text{m}\Omega$ 的毫欧计或双电桥或其它能满足要求的计量器具测量。

测量前应将每个十进电阻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盘最末位。

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。

7.3.5 开关变差的检定

用分辨力不大于 $0.1\text{m}\Omega$ 的低电阻表或双电桥或其它能满足要求的计量器具按以下步骤测量：

7.3.5.1 测量前将每个十进电阻盘在最大范围间转动数次（不少于三次）后，使末盘开关示值置 1 或者对无零位挡的电阻箱将无零位十进电阻盘示值置末位，其它十进盘示值置零，测量并记取此时电阻值 M_0 。

7.3.5.2 来回转动第一个十进盘后，使示值重置零位，其它各十进盘不动，测量并记取此时电阻值 M_1 ；则第一个十进盘开关电阻变差为：

$$\Delta_1 = M_0 - M_1$$

7.3.5.3 依次对每个十进盘按 7.3.5.2 类似的方法进行测量得 M_i ，则第 i 个十进电阻盘开关电阻变差为：

$$\Delta_i = M_{i-1} - M_i$$

取以上多个十进盘最大的开关电阻变差值作为该电阻箱的开关电阻变差值，应符合 5.5 的要求。

7.3.6 示值误差的检定

示值误差的检定是在参考条件下进行，根据被检的等级指数、标称值，可采用直接测量法，同标称值替代法以及数字表法等多种检定方法。

考虑到检定状态与使用状态的一致性，电阻箱检定时一般尽可能采用整体检定法。

7.3.6.1 直接测量法

当用比被检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值时,可采用直接测量法,被检 R_x 的电阻值的检定结果为:

$$R_x = A_x$$

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、电压比较仪等。

7.3.6.2 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 R_x 同标称值的、比被检高两个准确度等级的标准电阻箱 R_s 时,被检电阻箱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箱 R_s 和被检电阻箱 R_x 的电阻值,检定结果为

$$R_x = R_s + (A_x - A_s)$$

式中: A_s ——测量 R_s 时测量仪器的示值;

A_x ——测量 R_x 时测量仪器的示值。

注:作比较用的电阻测量仪器引入的不确定度应不大于被检等级指数的 1/10。

7.3.6.3 数字表法

1) 数字表的直接测量法

在检定条件下,当数字欧姆表或数字多用表的欧姆挡测量电阻时带来的扩展不确定度 ($k=3$) 小于被检等级指数的 1/3 时,可直接用欧姆表或数字多用表的欧姆挡测量被检电阻箱 R_x 的电阻值,检定结果为:

$$R_x = B_x$$

式中: B_x ——欧姆表显示读数。

2) 数字电压表法

在检定条件下,利用标准电阻、恒流源以及数字电压表通过测量标准电阻和被检电阻箱上的电压,从而确定被检电阻箱的电阻值。在测量装置引入的扩展不确定度 ($k=3$) 小于被检等级指数的 1/3 时,便可测得被检电阻箱的值。

测量原理和方法参见附录 A。

7.3.6.4 允许采用经认证的保证满足 7.1.2.2 条关于检定扩展不确定度要求的其它方法。

7.4 检定结果的处理

7.4.1 检定数据按数字修约规范要求的四舍五入及偶数法则修约到各十进盘最大允许误差的 1/10,即各十进盘第一点的检定数据的末位应修约到对应于该点最大允许误差的 1/10 的位数,其余各点位数与第一点对齐。

注:1.对开关器件有零位挡的电阻箱,各盘均不应包含残余电阻。

2.对开关器件没有零位挡的电阻箱,无零位挡的十进盘包含残余电阻,其余各盘不应包含残余电阻。

7.4.2 残余电阻的数据修约到 0.1mΩ。

7.4.3 绝缘电阻、工频耐压试验及开关电阻变差可不给出检定数据,只判断合格与否。

7.4.4 定级

根据本规程的项目进行检定，按以下原则处理。

7.4.4.1 含有 0.01 级或以上级别电阻盘的电阻箱，全部检定项目合格，有上年检定证书且相应级别的年稳定性合格者可予以定级并出具检定证书。无上年检定证书或首次检定者，出具检定证书但不定级并注明“年稳定性未考核暂不定级”。

7.4.4.2 其余电阻箱，全部检定项目合格者可予以定级并出具检定证书。

7.4.4.3 电阻箱各十进盘分别定相应的等级。

7.4.4.4 原等级不合格者，允许降一级使用，但必须满足所定等级的全部技术要求。

7.4.5 检定证书或检定结果通知书。

7.4.5.1 对表 5 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。

7.4.5.2 证书应给出检定数据、测量不确定度、检定时的温度、相对湿度及结论。所含十进电阻盘级别均在 0.1 级或以下级别的电阻箱一般可只给结论，不给出数据。

7.4.6 修理后的电阻箱的检定按首次检定处理。

7.5 检定周期

电阻箱的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

数字电压表检定电阻箱的工作原理

用数字电压表检定直流电阻箱的基本工作原理如图 A1 所示。

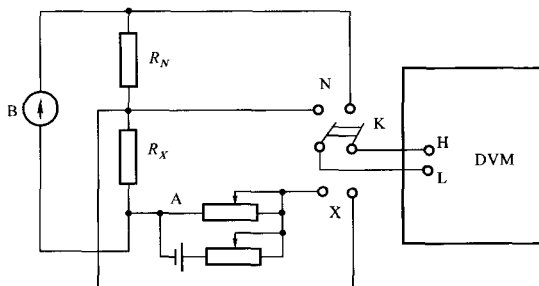


图 A1 数字电压表检定电阻箱的工作原理图

图 A1 中 B 为可调式高精度稳流电源，A 为残余电阻补偿器（A 不用时，则需测出残余电阻，再通过计算消除）， R_N 为标准电阻（ 1Ω ， 10Ω ， $10^2\Omega$ ， $10^3\Omega$ ， $10^4\Omega$ 等）， R_X 为被检电阻箱，K 为换向开关。从图中可看出，当开关 K 倒向 N 位置时，有：

$$U_N = IR_N \quad (1)$$

当开关倒向 X 位置时，有：

$$U_X = IR_X \quad (2)$$

由式 (1) 和式 (2) 得：

$$\frac{U_X}{U_N} = \frac{R_X}{R_N} \quad (3)$$

从式 (3) 可知，电压之比等于电阻之比。若在测量 R_N 的电压时，调节恒流源 B，将电压表对应于 U_N 的数值调到与被测温度下 R_N 的数值相同，那么检测 R_X 时，数字电压表上就可得到 R_X 在该温度下的实际值。由于恒流源提供的电流在规定范围内不随负载的变化而变化，所以按此工作原理可方便地检定电桥和电阻箱被测点的电阻值及十进盘的累加电阻值。

以上数字表检电阻箱的示意图仅仅是个原理图，在实际检电阻箱，尤其是检阻值较大的电阻箱时，还应考虑连接线的屏蔽、电压表的输入阻抗、共模干扰以及零电流等问题。

下面就以此法检定电阻箱时所涉及各个测量不确定度的来源提出一种测量不确定度的评定方案。

1. 恒流源引入的不确定度 $u(I)$ 控制在小于扩展测量不确定度 U 的 $1/10$ ($u(I)$)

$< \frac{1}{10} U$)。

2. 标准电阻引入的不确定度 $u(R_N)$ 控制在小于扩展测量不确定度 U 的 $1/5$ ($u(R_N) < \frac{1}{5} U$)。

3. 数字电压表 (以测 $100\text{k}\Omega$ 以上电阻为例) 引入的标准测量不确定度 $u(M)$ 控制在小于扩展测量不确定度 U 的 $1/4$ ($u(M) < \frac{1}{4} U$)。

1) 直流数字电压表输入电阻 R_i 引入的不确定度 u_{R_i} 控制在小于扩展测量不确定度 U 的 $1/5$, $R_x / (R_i + R_x)$, R_x 为被测电阻的阻值;

2) 直流数字电压表失调电流引入的不确定度 u_{I_0} 控制在小于扩展测量不确定度 U 的 $1/10$, $I_0 \times R_x / V$, V 为 R_x 的电压降;

3) 共模抑制比 CMRR 引入的不确定度 u_c 控制在小于扩展测量不确定度 U 的 $1/15$; $u_c = 10^{-(\text{CMRR}/20)}$;

4) 直流数字电压表的非线性引入的不确定度 u_n 控制在小于扩展测量不确定度 U 的 $1/15$;

5) 直流数字电压表分辨率引入的不确定度 u_R 控制在小于扩展测量不确定度 U 的 $1/20$;

$$\begin{aligned} u(M) &= (u_{R_i}^2 + u_{I_0}^2 + u_c^2 + u_n^2 + u_R^2)^{1/2} \\ &= \left(\frac{1}{25} U^2 + \frac{1}{100} U^2 + \frac{1}{225} U^2 + \frac{1}{225} U^2 + \frac{1}{400} U^2 \right)^{1/2} \\ &= 0.248 U < \frac{1}{4} U \end{aligned}$$

以上测量不确定度的评定方案并不是一成不变的, 可以根据具体情况采取满足要求的其它合理的评定方案, 必要时, 也可采取一些措施减小部分不确定度影响量。

附录 B

直流电阻箱检定原始记录

一、外观及线路检查：

二、绝缘电阻：

三、工频耐压试验：

四、残余电阻：_____；_____；_____。平均值：_____。

五、开关变差：

_____；_____；_____；_____；_____；_____；_____。

六、电阻箱示值：

测量盘 位置	× _____ Ω		× _____ Ω		× _____ Ω		× _____ Ω	
	示值	实际值 /Ω	示值	实际值 /Ω	示值	实际值 /Ω	示值	实际值 /Ω
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
最大示值误差 /(%)								

注：依据不同的标准装置可设计不同的格式。

附录 C

直流电阻箱检定证书内页格式

被检仪器编号： 证书号：

检定依据：

计量标准装置：

装置的测量不确定度： $U =$ ($k =$)检定条件：温度： $^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度： %

检定结果：

一、外观及线路检查：

二、绝缘电阻：

三、工频耐压试验：

四、残余电阻：

五、开关变差：

六、电阻箱示值：

测量盘 位 置	实际值/ Ω							
	\times ___ Ω	\times ___ Ω	\times ___ Ω	\times ___ Ω	\times ___ Ω	\times ___ Ω	\times ___ Ω	\times ___ Ω
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
符合等级								

附录 D

检定结果通知书内页格式

检定结果通知书

一、检定依据：国家计量检定规程 JJG 982—2003 《直流电阻箱》

二、检定条件：

a) 计量标准：

b) 环境条件：温度：_____℃，湿度：_____%

三、检定项目：

1. 外观及线路检查：

2. 绝缘电阻：

3. 工频耐压试验：

4. 残余电阻：

5. 开关变差：

6. 示值误差：

四、检定结果的相对扩展不确定度： $U =$ _____ ($k =$ _____)

五、检定结论：

(注明不合格项目)