

# 直流电桥检定规程

Verification Regulation of  
D.C. Bridges

JJG 125—2004  
代替 JJG 125—1986

---

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2004 年 09 月 21 日批准，并自 2005 年 03 月 21 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：上海市计量测试技术研究院

参加起草单位：上海精密科学仪器有限公司

上海仪器仪表研究所

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：**

史小涛 （上海市计量测试技术研究院）

盛君良 （上海市计量测试技术研究院）

许 峰 （上海市计量测试技术研究院）

**参加起草人：**

桑史明 （上海精密科学仪器有限公司）

张银福 （上海仪器仪表研究所）

# 目 录

1 范围·	· (1)
2 引用文献·	· (1)
3 术语及定义·	· (1)
4 概述·	· (2)
5 计量性能要求·	· (2)
5.1 基本误差·	· (2)
5.2 准确度等级·	· (2)
5.3 内附指零仪的要求·	· (2)
5.4 绝缘电阻对整体误差的影响·	· (3)
6 通用技术要求·	· (3)
6.1 外观、铭牌及线路检查·	· (3)
6.2 绝缘电阻·	· (3)
6.3 介电强度试验·	· (3)
7 计量器具控制·	· (4)
7.1 检定条件·	· (4)
7.2 检定项目·	· (7)
7.3 检定方法·	· (7)
7.4 检定结果的处理·	· (14)
7.5 检定周期·	· (15)
附录 A 用电桥法测量电桥电阻·	· (16)
附录 B 用置换法测量电桥电阻·	· (17)
附录 C 用恒流源、数字电压表法测量电阻·	· (19)
附录 D 用电位差计法测量电阻·	· (20)
附录 E 半整体检定及按元件检定电桥的整体核验方法·	· (22)
附录 F 直流电桥检定原始记录格式·	· (23)
附录 G 直流电桥检定证书内页格式·	· (25)
附录 H 直流电桥检定结果通知书内页格式·	· (27)

## 直流电桥检定规程

### 1 范围

本规程适用于电阻测量上限小于  $10^8 \Omega$ ，准确度等级等于或低于 0.005 级的电阻型直流电桥（以下简称电桥）首次检定、后续检定和使用中检验。

本规程不适用于自动电桥、半自动电桥、电流比较仪电桥、数字电桥及其它特殊用途电桥的检定。

### 2 引用文献

本规程引用下列文献

JJF1059—1999 《测量不确定度评定与表示》

JJF1015—2002 《计量器具定型通用规范》

GB4793—1995 《测量、控制和试验室用电气设备的安全要求》

GB3930—1983 《测量电阻用直流电桥》

IEC60564—1997 《测量电阻用直流电桥》

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 术语及定义

#### 3.1 电阻型直流电桥

至少含三个电阻臂的合体，加上测试电阻器，就构成一个电桥网络；电桥工作时还需要一个直流电源和一个指零仪，这些可以内附，也可以不内附。电桥平衡时各电阻器的阻值之间存在一个可计算的关系。

注：两端式电桥是指用来测量两端式电阻器的电桥；四端式电桥是指用来测量四端式电阻器的电桥。

#### 3.2 量程变换器

一个转换开关或类似的装置，靠它可将有效量程乘上一个被称为“量程因素”或“量程倍率”的系数（如 0.1）。

#### 3.3 有效量程

对于一个给定的量程系数，电桥能以规定准确度进行测量的最低与最高电阻值之间的阻值范围。

#### 3.4 总有效量程

使用所有量程系数都能以规定的准确度进行测量的总电阻值范围。

#### 3.5 标度盘示值

电桥平衡后的测量盘置数。当确定测试电阻器阻值时，如果适用，则乘上量程系数。

#### 3.6 测量盘

据以确定测试电阻器阻值的读数盘。如果有量程变换器，还应考虑变换器的置数。

### 3.7 跨线电阻（电流）

对四端式电桥来说，这是连接电桥电流端到测试电阻器相应电流端的导线的电阻，再加上测试电阻器内部的电流导线的电阻。

### 3.8 基准值

为了规定电桥的准确度，供电桥各有效量程参比的一个单值。除非制造厂另有规定，一个给定的有效量程的基准值即为该量程最大的 10 的整数幂。

### 3.9 测量端

用来连接被测电阻的端钮。

## 4 概述

电桥是指至少含三个电阻臂的组合物，加上测试电阻器，从而构成一个电桥网络；电桥工作时还需要一个直流电源和一个指零仪，这些可以内附，也可以不内附。电桥平衡时各电阻器的阻值之间存在一个可计算的关系。电桥包括两端式电桥和四端式电桥，采用两端式电桥可对  $10^2 \Omega$  以上的电阻进行较精确的测量；而采用四端式电桥在消除了接触电阻和引线电阻的影响后，能精确测量  $10^2 \Omega$  以下的电阻。

## 5 计量性能要求

### 5.1 基本误差

#### 5.1.1 电桥的允许基本误差定义为

$$E_{\text{lim}} = \pm \frac{c}{100} \left( \frac{R_N}{k} + X \right) \quad (1)$$

式中： $E_{\text{lim}}$ ——电桥的允许基本误差， $\Omega$ ；

$R_N$ ——基准值， $\Omega$ ；

$X$ ——标度盘示值， $\Omega$ ；

$k$ ——制造厂规定的数值，但必须  $\geq 10$ ；

$c$ ——准确度等级。

#### 5.1.2 相对误差表示形式

$$\delta_{\text{lim}} = \pm \left( 1 + \frac{R_N}{kX} \right) c \% \quad (2)$$

式中： $\delta_{\text{lim}}$ ——电桥的相对允许基本误差。

### 5.2 准确度等级

直流电桥准确度一共分九个级别，其准确度等级分别为 0.005, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 2.0。

### 5.3 内附指零仪的要求

#### 5.3.1 结构要求

电桥的内附指零仪应有机械调零。

#### 5.3.2 内附指零仪灵敏度的要求

## JJG 125—2004

在电桥规定的使用电压及有效量程内，当改变电桥测量盘（或被测电阻）的  $c\%$  时（ $c$  为被检电桥的准确度等级），指零仪的偏转应不小于 2 分格（1 分格不得小于 1 mm）。

### 5.3.3 内附指零仪阻尼时间的要求

对只有两端式或四端式的电桥，阻尼时间应不超过 4 s；对同时具有两端式和四端式的电桥，阻尼时间应不超过 6 s。

### 5.3.4 采用电子放大式内附指零仪的要求

采用电子放大式内附的指零仪还应满足以下要求：

#### 5.3.4.1 预热时间

准确度等级低于或等于 0.2 级的电桥，内附指零仪预热时间不应超过 5 min；其余等级的电桥内附指零仪预热时间不应超过 15 min。

#### 5.3.4.2 指针漂移

指零仪预热后，10 min 内指针漂移  $\leq 1$  格；4 h 内指针漂移  $\leq 5$  格。如在使用温度范围内，10 min 内指针漂移  $> 1$  格，则需装电气调零机构。

#### 5.3.4.3 指针抖动

用肉眼不易看出（一般  $\leq 0.3$  mm）。

### 5.4 绝缘电阻对整体误差的影响

5.4.1 电桥上的任意一个端钮（除非制造厂规定该端钮不允许接地外）与外壳（外壳必须接地，若电桥的外壳是绝缘材料，则电桥放在金属板上，金属板再接地）连接时，引起指零仪偏转而产生的变差不应大于电桥允许基本误差的 1/10。

5.4.2 按半整体检定、按元件法检定电桥时，测量上限大于  $10^6 \Omega$  的，带有泄漏电流屏蔽线路的电桥，需做泄漏屏蔽的有效性试验（此时，5.4.1 条不需要做）。

## 6 通用技术要求


### 6.1 外观、铭牌及线路检查

#### 6.1.1 外观、标志及结构

电桥上的端钮应有明显的使用标志。并且不应有引起测量错误的、影响准确度等级的缺陷。

#### 6.1.2 电桥的面板及铭牌应包含：

产品名称、型号、编号、制造厂名称或商标；

 标志、制造许可证编号；

有效量程或总有效量程；

各有效量程的准确度等级；

试验电压。

#### 6.1.3 线路检查

不应有断路或短路的现象。

### 6.2 绝缘电阻

电桥线路对与线路无电气连接的任意点之间的绝缘电阻不小于  $20 M\Omega$ 。

### 6.3 介电强度试验

## JJG 125—2004

将电桥的所有接线端钮连接在一起，与参考接地端之间进行介电强度测试时，应承受如表 1 规定的电压值情况下进行电压试验，历时 1 min，无击穿或飞弧现象。

表 1 试验电压（采用过压类别 II）

工作电压 /V	试验电压/V	
	交流有效值 50/60Hz 1 min	直流或交流峰值 50/60Hz 1 min
50	350	500
100	490	700
150	820	1150
300	1350	1900
600	2200	3100
1000	3250	4600

注：工作电压指电桥在开路或正常使用情况下，由额定电源电压供电时，可能出现（局部）任何绝缘上的最高交流有效值或直流值电压。

## 7 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 电桥的环境条件

电桥的检定和使用应在表 2 规定的环境条件下进行检定。

表 2 温度和湿度条件

准确度等级 (c)	检定环境条件		使用环境条件	
	温 度 /℃	相对湿度 /%	温 度 /℃	相对湿度 /%
0.005 ~ 0.01	20 ± 0.5	40 ~ 60	20 ± 5	25 ~ 75
0.02	20 ± 1.0			
0.05	20 ± 2.0			
0.1 ~ 2	20 ± 2.0		20 ± 10	

## 7.1.2 检定装置

7.1.2.1 检定电桥时，由标准器、辅助设备及环境条件等所引起的测量扩展不确定度应不超过被检电桥允许基本误差的 1/3。

## JJG 125—2004

7.1.2.2 整体法检定电桥时作标准用的标准电阻箱，其准确度等级应满足表 3 的要求；并且选用的标准电阻箱，其读数位数应满足表 6 所规定的的数据修约的要求。

表 3 被检电桥及对应的标准电阻箱准确度等级

被检电桥准确度等级	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2
标准电阻箱准确度等级	0.002	0.005	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5

注：0.005 级电桥一般不采用整体检定，所以表中未列。

7.1.2.3 按元件检定电桥时，各桥臂电阻元件的允许误差、测量误差、选用标准电阻准确度等级应满足表 4 的要求。

表 4

(一) 测量盘							
盘 序 数	准确度等级	0.005		0.01	0.02		0.05
	测量盘个数	七	六	六	六	五	五
I	允许误差	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$
	测量误差	$7 \times 10^{-6}$	$7 \times 10^{-6}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-5}$
	修约位数	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$
	标准电阻	一等	一等	二等	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$
II	允许误差	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$
	测量误差	$7 \times 10^{-6}$	$7 \times 10^{-6}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-5}$
	修约位数	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$
	标准电阻	一等	一等	二等	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$
III	允许误差	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$
	测量误差	$3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$
	修约位数	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$
	标准电阻	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	—	—
IV	允许误差	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$
	测量误差	$3 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-4}$	$3 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$
	修约位数	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$
	标准电阻	—	—	—	—	—	—
V	允许误差	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-1}$
	测量误差	$3 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-3}$	$3 \times 10^{-2}$	$3 \times 10^{-2}$
	修约位数	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$
	标准电阻	—	—	—	—	—	—



## JJG 125—2004

表 4 (续)

盘 序 数	准确度等级	0.005		0.01	0.02		0.05
	测量盘个数	七	六	六	六	五	五
Ⅵ	允许误差	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-1}$	—	—
	测量误差	$3 \times 10^{-2}$	$3 \times 10^{-2}$	$3 \times 10^{-2}$	$3 \times 10^{-2}$	—	—
	修约位数	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$	—	—
	标准电阻	—	—	—	—	—	—
Ⅶ	允许误差	$2 \times 10^{-1}$	—	—	—	—	—
	测量误差	$7 \times 10^{-2}$	—	—	—	—	—
	修约位数	$2 \times 10^{-2}$	—	—	—	—	—
	标准电阻	—	—	—	—	—	—
(二) 量程变换器							
准确度等级		0.005	0.01		0.02	0.05	
允许误差		$1.5 \times 10^{-5}$	$2.5 \times 10^{-5}$		$5 \times 10^{-5}$	$1.5 \times 10^{-4}$	
测量误差		$5 \times 10^{-6}$	$8 \times 10^{-6}$		$1.7 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	
修约位数		$1 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$		$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	
标准电阻		一等	一等		二等	$2 \times 10^{-5}$	
<p>注：①表中“标准电阻”指在按元件检定的电桥采用替代法或置换法时，所选用的标准电阻准确度等级；</p> <p>②表中“修约位数”指各测量盘的第一点，其它各点的末位数与第一点末位数对齐；</p> <p>③表中“允许误差”<math>\geq 0.1\%</math>时，可用 0.02 级电桥直接测量，所以表中“标准电阻”均未列；</p> <p>④准确度等级低于 0.05 级的电桥，一般采用整体法检定，所以表中均未列入。</p> <p>⑤表中的“允许误差”不能作为判别被检电桥是否合格的依据，若检定结果中电阻元件的误差均小于表中所列的“允许误差”，则该电桥基本误差合格；若检定结果中有部分电阻元件的误差已超过表中的“允许误差”，则必须按 8.4 条规定进行数据处理，才能确定被检电桥是否合格。</p>							

7.1.2.4 按元件检定的电桥，采用替代法或置换法检定时，测量时所用仪器引起的误差不应超过被检电阻元件允许误差的 1/10。

7.1.2.5 检定电桥时，指零仪灵敏度阀引起的误差不应超过允许误差的 1/10。

7.1.2.6 检定装置的残余电势，开关接触电阻变差、连接导线电阻、绝缘电阻引起的泄漏及静电等因素所引起的误差，都不应超过允许误差的 1/20。

7.1.2.7 半整体检定电桥时，量程变换器及测量盘的允许误差均为电桥允许基本误差的 1/2。

7.1.2.8 在检定电桥的整个过程中，流过标准器的电流均不应超过它们的允许值。如

## JJG 125—2004

果对此没有明确规定, 则不应超过相当与 0.05W 功率的电流, 但不得大于 0.5A。

7.1.2.9 在保证测量扩展不确定度的条件下, 允许采用其它的误差分配方法。

7.1.3 测量绝缘电阻时, 对测试仪器的要求

采用直流电压值为 500V 的 10 级绝缘电阻表。

7.1.4 用于介电强度试验的耐压试验仪的要求

7.1.4.1 耐电压测试仪准确度等级为 5 级。

7.1.4.2 输出电压的调节应连续、平稳; 电压调节细度小于 100V。

7.1.4.3 为避免瞬态跳变, 电压应在 10s 以内逐渐升到规定值。然后保持 1 min。

7.2 检定项目

电桥检定项目见表 5。

表 5 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检定
外观及线路检查	+	+	+
绝缘电阻	+	- *	-
绝缘电阻对整体误差影响	+	+	-
介电强度试验	+	- *	-
内附指零仪灵敏度	+	+	+
内附指零仪阻尼时间	+	+	-
内附指零仪漂移	+	+	-
内附指零仪抖动	+	+	-
基本误差	+	+	+
注: ① “+”表示检定; “-”表示可不检定。 ② “*”表示电桥经修理后, 需检定。			

7.3 检定方法

7.3.1 准备

电桥在使用环境条件下, 放置不少于 24 h。

7.3.2 外观及线路检查

7.3.2.1 外观及铭牌检查

用目测的方法检查, 电桥应符合 6.1.1 和 6.1.2 的规定; 同时还应检查电桥外露部件及插销接触状况。

7.3.2.2 线路检查

用电阻表检查电桥内部电阻元件, 不应有开路或短路的现象, 电桥实际线路和铭牌线路 (或使用说明书上的线路) 相符合。对于装有内附指零仪的电桥, 还应检查调零机构是否正常。

准备按元件检定的电桥, 则必须找出电桥的节点 (又称顶点), 确定检定时的接线

位置，如图 1、图 2。

两端式电桥是要对 A、B、C、D 节点之间的 AB、CD、DA 的电阻进行检定；四端式电桥则是要对 A、B、C、D、E、F 节点之间的 AC、BD、AF、BE 的电桥进行检定。

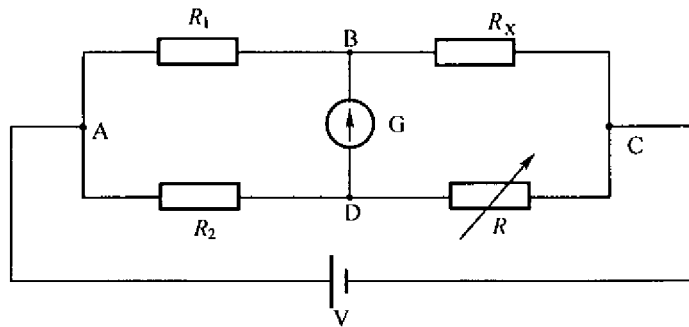


图 1 两端式电桥节点位置

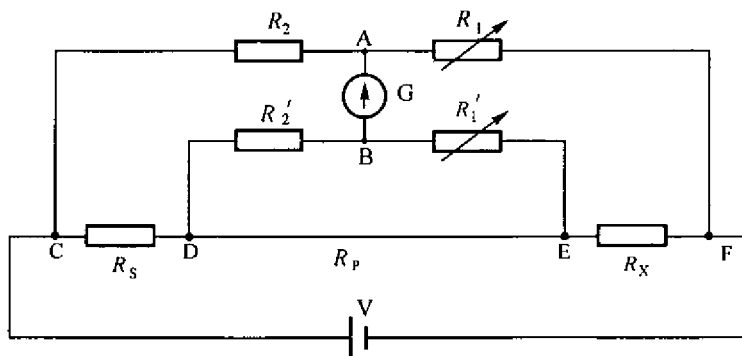


图 2 四端式电桥节点位置

### 7.3.3 绝缘电阻检定

在外观及线路检查后，在检定环境条件下放置不小于 2h，可开展绝缘电阻及其它检定项目。

#### 7.3.3.1 绝缘电阻测量

按 7.1.3 的要求，选取绝缘电阻表，按 6.2 规定的测量部位，测量其绝缘电阻，绝缘电阻表上的读数应在电压施加后 (1~2) min 之间进行。

#### 7.3.3.2 绝缘电阻对整体误差影响的检定

a) 将被检电桥外壳接地（如果被检电桥的外壳是绝缘材料制成，而且无接地端钮，则将电桥放在金属板上，金属板再接地），在被检电桥测量端钮处，接上数值等于电桥准确度等级的有效量程中测量上限值的电阻，调节测量盘使电桥平衡，此时，指零仪的灵敏度不应低于 10 格 / ( $c\% R_X$ )，当内附指零仪达不到此要求时，必须有外接指零仪的接口。随后另取一根接地线分别接到被检电桥各接线端钮（制造厂规定不允许接地的端

钮除外), 观察指零仪的偏转所引起的变差, 若不大于被检电桥允许基本误差的  $1/10$ , 则认为该电桥的绝缘电阻对整体误差影响试验合格。

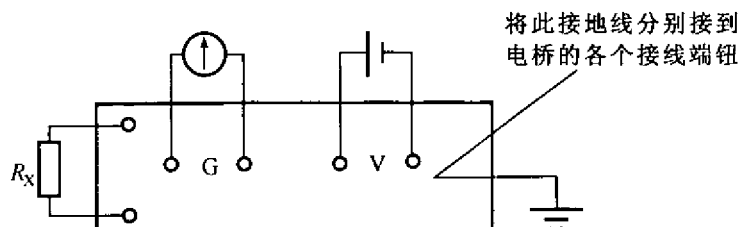


图3 电桥绝缘电阻对整体误差影响试验

#### b) 泄漏电流屏蔽线路对整体误差影响的检定

对测量上限大于  $1\text{M}\Omega$  的, 且带有泄漏电流屏蔽线路的电桥, 取最大有效量程的基准值, 首先根据制造单位提供的测量线路接好泄漏电流屏蔽线路, 调节标准电阻箱的电阻值使指零仪平衡, 指零仪的灵敏度要求同 a)。然后断开泄漏电流屏蔽线路, 观察指零仪的偏转所引起的变差, 若不大于被检电桥允许基本误差的  $10\%$ , 则认为该电桥的绝缘电阻对整体误差影响试验合格。

### 7.3.4 介电强度试验

按 7.1.4 的要求选取耐压试验仪, 将被检电桥所有接线端钮用裸铜线连接在一起, 与参考接地端之间 [试验用的参考接地端应包括所有与此线路无电气连接的金属部件, 若绝缘外壳上没有金属部件时, 则用金属箔片覆盖整个被检电桥 (金属箔之间与接线端钮之间应留有  $20\text{mm}$  间隙), 作为参考接地端。] 进行介电强度测试, 试验电压应符合表 1 的要求, 试验应无击穿或飞弧现象。

### 7.3.5 内附指零仪

#### 7.3.5.1 灵敏度

在电桥测量端接上阻值为各有效量程的基准值的电阻器, 调节测量盘使电桥平衡。当改变电桥测量盘 (或被测电阻) 的  $c\%$  时 ( $c$  为被检电桥的准确度等级), 指零仪的偏转应不小于 2 分格 (1 分格不得小于  $1\text{mm}$ )。电桥的供电电压应根据制造厂的有关规定。

#### 7.3.5.2 阻尼时间

在电桥规定的使用电压及有效量程内, 电桥测量端上接上电阻测量上限, 当电桥平衡时, 改变电桥测量盘 (或被测电阻) 使内附指零仪的指针偏转至满度, 切断电桥供电电源, 测量指针从满度回到离开零位线  $\leq 1\text{mm}$  的时间, 只有两端式或四端式的电桥, 时间应不超过  $4\text{s}$ ; 对同时具有两端式和四端式的电桥, 时间应不超过  $6\text{s}$ 。

#### 7.3.5.3 电子放大式内附指零仪的零位漂移及指针抖动

对具有电子放大式内附指零仪的电桥, 应试验其零位漂移及指针抖动方法是: 在接通指零仪的供电电源后, 按 5.3.4.1 条预热时间预热, 调节指零仪指零, 过  $10\text{min}$  后, 观察指针的偏转情况, 同时观察指针是否有肉眼看得出的抖动, 观察结果应符合

5.3.4.2 及 5.3.4.3 的要求。

### 7.3.6 基本误差的检定

基本误差的检定方法一般分为整体检定，半整体检定，按元件检定三种。

#### 7.3.6.1 整体检定

按 7.1.2.2 的要求选用合适的标准电阻箱，确定被检电桥的全检量程及其它量程进行检定。

##### a) 全检量程的确定及检定

全检量程为对所有测量盘的示值均需一一检定的量程。

确定全检量程的原则为：应保证被检电桥第一个测量盘加入工作，其示值由 1 至 10 时的各个电阻测量值均应在该电桥的有效量程以内。

全检量程的检定：按照使用要求，先将标准电阻箱及被检电桥所有步进盘从头到尾来回转动数次，使其接触良好，再将标准电阻箱作为  $R_x$  接入图 1 或图 2 的线路中。调节标准电阻箱的步进盘使电桥平衡，将标准电阻箱的示值与被检电桥的所有测量盘的全部示值相比较（对具有滑线盘的电桥仅检定有数字标记的刻度点）。

##### b) 其它量程的检定

其它量程的检定仅限于通过检定求出该量程与全检量程的量程系数比。方法是在被检电桥的第一个测量盘内选取三个示值（其中一个示值必须是基准值，其余两个应在基准值附近），同样用标准电阻箱的示值去比较，求出该示值的实际值，用下式计算量程系数比  $M$ 。

$$M = \frac{1}{3} \left( \frac{n'_1}{n_1} + \frac{n'_2}{n_2} + \frac{n'_3}{n_3} \right) \quad (3)$$

式中：  $M$ ——被检电桥某一量程对全检量程的量程系数比；

$n_1, n_2, n_3$ ——被检电桥第一个测量盘在全检量程时所检得的实际值；

$n'_1, n'_2, n'_3$ ——被检电桥第一个测量盘在欲求量程系数比的量程下，所检得的实际值。

上述三个比值互相之差以相对误差表示时，不应超过  $\frac{1}{3}c\%$ 。若超过，则必须找出原因后重检，或对该量程进行全检。若标准电阻箱的准确度等级比被检电桥高 10 倍，则允许只检定基准值一个点，并据此求出其量程系数比。

对于 0.1 级及以下的电桥，如不需给出数据，则在对其它量程检定时，只要检定第一个测量盘在全检量程结果中具有最大正、负相对误差两个点，看其是否超差，而不必求出其量程系数比。

##### c) 整体检定电桥时应注意的几个问题

1) 要注意连接导线电阻、开关接触电阻及标准电阻箱的残余电阻对检定结果带来的影响。

2) 在整体检定四端式电桥时，跨线电阻不应超过制造厂的规定，当制造厂没有明确规定时，跨线电阻应不大于标准电阻（即图 2 中的  $R_s$  电阻）与被测电阻和的  $1/5$ ，但不得大于  $0.01\Omega$ 。

3) 在检定四端式电桥时, 如果标准电阻箱的调节细度不够, 允许调节被检电桥最后一、二个测量盘, 使电桥平衡, 此时电桥测得读数与标准电阻箱示值之差就是被检电桥示值的误差。

d) 最大综合误差的计算

最大综合误差按 (4) 式、(5) 式进行计算:

$$\xi_{R_X \max}^+ = \xi_{M \max}^+ + \xi_{R \max}^+ \quad (4)$$

$$\xi_{R_X \max}^- = \xi_{M \max}^- + \xi_{R \max}^- \quad (5)$$

式中:  $\xi_{R_X \max}^+$ ,  $\xi_{R_X \max}^-$ ——被检电桥最大 (绝对值) 正、负相对误差;

$\xi_{M \max}^+$ ,  $\xi_{M \max}^-$ ——被检电桥量程系数比中最大 (绝对值) 正、负相对误差;

$\xi_{R \max}^+$ ,  $\xi_{R \max}^-$ ——被检电桥全检量程内第一、二个测量盘中最大 (绝对值) 综合正、负相对误差。

在挑选被检电桥最大 (绝对值) 正相对误差时, 若无正号相对误差, 则挑选最小 (绝对值) 的负号相对误差; 在挑选被检电桥最大 (绝对值) 负相对误差时, 若无负号相对误差, 则挑选最小的正号相对误差。

测量盘一般由多个十进盘组成, 起主要作用的是第一、第二个测量盘。为了简化计算, 测量盘的最大 (绝对值) 综合误差仅从第一、第二个测量盘中求得, 第三个测量盘及以后的测量盘最大 (绝对值) 相对误差不应超过表 4 (一) 中的允许误差。

第一、第二个测量盘的最大 (绝对值) 综合误差按下列方法计算:

当第一个测量盘的最大 (绝对值) 相对误差大于或等于第二个测量盘的最大 (绝对值) 相对误差时, 第一、第二个测量盘的最大 (绝对值) 综合相对误差则为第一个测量盘的最大 (绝对值) 相对误差, 即:

$$\xi_{R \max}^+ = \xi_{R I \max}^+ \quad (6)$$

$$\xi_{R \max}^- = \xi_{R I \max}^- \quad (7)$$

当第二个测量盘的最大 (绝对值) 相对误差大于第一个测量盘的最大 (绝对值) 相对误差时, 即:

$$\xi_{R II \max}^+ > \xi_{R I \max}^+ \quad (8)$$

$$|\xi_{R II \max}^-| > |\xi_{R I \max}^-| \quad (9)$$

则可近似按下式求出第一、第二两个测量盘的最大 (绝对值) 综合正、负相对误差

$$\xi_{R I \max}^+ = \frac{[R_I] \xi_{R I \max}^+ + \theta_{R II \max}^+}{[R_I] + (R_{II})} \quad (10)$$

$$\xi_{R I \max}^- = \frac{[R_I] \xi_{R I \max}^- + \theta_{R II \max}^-}{[R_I] + (R_{II})} \quad (11)$$

式中:  $[R_I]$ ——第一个测量盘中最大 (绝对值) 相对误差点所在的电阻标称值;

$(R_{II})$ ——第二个测量盘中最大 (绝对值) 绝对误差点所在的电阻标称值;

$\theta_{R II \max}^+$ ,  $\theta_{R II \max}^-$ ——在第二测量盘中最大 (绝对值) 正、负绝对误差。

$\xi_{R_X \max}^+$ ,  $\xi_{R_X \max}^-$  相对误差以  $\frac{1}{10}c\%$  修约, 都不应超过电桥有效量程内的允许误差。

## 7.3.6.2 按元件检定

根据标准装置的设备条件, 参照附录 A ~ 附录 D 中介绍的测量电桥电阻元件的方法, 或其他符合 7.1.2.1 要求的测量方法, 求出被检电桥单个元件的电阻值。

a) 测量盘电阻元件及测量盘  $R_0$  电阻的测量

测量盘电阻元件可以单个测量, 也可以累计测量, 选择的原则是:

1) 根据表 4 的规定, 选用相应准确度等级的标准电阻及测量用仪器, 测量各测量盘的累计电阻值。如电阻元件允许误差  $\geq 0.1\%$ , 可用 0.02 级电桥直接测量其累计电阻值。

2) 若被检电桥测量盘结构上允许按单个电阻元件测量, 则可利用同标称值的标准电阻, 通过标准电阻测量仪器采用替代法进行测量。

3) 如果由于缺少相应准确度等级的电阻测量仪器以致无法直接累计测量, 且被检电桥结构上又不允许按单个电阻元件进行测量时, 则可采用同标称值标准电阻, 通过直流电阻电桥置换法进行测量 (也可以用比较电桥或直读电桥进行测量)。

4) 测量盘  $R_0$  电阻可用 0.1 级四端式电桥直接进行测量; 也可用 0.1 级的数字式电阻测试仪 (含有  $20\text{m}\Omega$  量程) 进行测量。重复测量三次, 每次测量前将各测量盘来回转动数次, 取三次测量结果的平均值作为测量盘的  $R_0$  电阻值。

注:  $R_0$  电阻为电桥测量盘示值均为零时, 所测得的电阻值。

5) 检定数据必须计算每个测量盘电阻的累计值 (或累计修正值)。除最后一个测量盘外, 上述累计值都不应包括  $R_0$  电阻,  $R_0$  电阻加在最后一个测量盘的每一个示值上。

## b) 量程变换器电阻的测量

根据表 4 的规定, 当有相应等级的电阻测量仪器时, 可以直接进行测量; 或用同标称值标准电阻通过标准电阻测量仪器, 采用替代法进行测量。

## c) 电桥最大 (绝对值) 综合误差计算

## 1) 两端式电桥最大 (绝对值) 综合误差

两端式电桥的原理图如图 1, 电阻测量的计算公式为:

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R \quad (12)$$

① 求出测量盘  $R$  的最大 (绝对值) 正、负相对误差

测量盘的最大 (绝对值) 正、负综合误差计算 [方法同 7.3.6.1 的最大 (绝对值) 综合误差计算方法], 第三个测量盘及以后的测量盘最大 (绝对值) 相对误差不应超过表 4 (一) 中的允许误差。

② 求出量程变换器  $R_1$  及  $R_2$  中最大 (绝对值) 正、负相对误差, 即:

$$\xi_{R_1, \max}^+; \xi_{R_1, \max}^-$$

$$\xi_{R_2, \max}^+; \xi_{R_2, \max}^-$$

## ③ 按下述公式进行计算, 求出被检电桥的最大 (绝对值) 综合正、负相对误差。

最大 (绝对值) 综合正号相对误差

$$\xi_{R_x, \max}^+ = \xi_{R_1, \max}^+ + \xi_{R_2, \max}^+ - \xi_{R_2, \max}^- \quad (13)$$



最大（绝对值）综合负号相对误差

$$\xi_{R_x \max}^- = \xi_{R_1 \max}^- + \xi_{R_2 \max}^- - \xi_{R_2 \max}^+ \quad (14)$$

2) 按元件检定四端式电桥最大（绝对值）综合误差计算

四端式电桥的原理图见图 2，被测电阻的计算公式为：

$$R_x = R_s \frac{R_1}{R_2} + \frac{R_1 R_p}{R_1' + R_2' + R_p} \left( \frac{R_2'}{R_2} - \frac{R_1'}{R_1} \right) \quad (15)$$

四端式电桥最大（绝对值）综合误差计算步骤如下。

① 求出内附标准电阻  $R_s$  中的最大（绝对值）正、负相对误差，即：

$$\xi_{R_s \max}^+; \xi_{R_s \max}^-$$

若被检电桥内无此标准电阻，则  $R_s$  的相对误差取为零。

② 求出测量盘的外臂最大（绝对值）正、负相对误差 [方法同 7.3.6.1 的最大（绝对值）综合误差计算方法]。即：

$$\xi_{R_1 \max}^+; \xi_{R_1 \max}^-$$

由于四端式电桥的内、外臂是同步的，根据测量盘的外臂最大（绝对值）正、负相对误差所在点，找出相对应的测量盘内臂的相对误差，误差符号可能是正，也可能是负。即：

$$\xi_{R_1'}^{(+)}; \xi_{R_1'}^{(-)}$$

右上角（+）或（-）是根据  $\xi_{R_1 \max}^+$  及  $\xi_{R_1 \max}^-$  对应找出的  $R_1'$  的误差，因此加上括号。

③ 求出量程变换器的外臂最大（绝对值）正、负相对误差，即：

$$\xi_{R_2 \max}^+; \xi_{R_2 \max}^-$$

由于四端式电桥的内、外臂是同步的，根据量程变换器的外臂最大（绝对值）正、负相对误差所在点，找出相对应的量程变换器内臂的相对误差，误差符号可能是正，也可能是负。即：

$$\xi_{R_2'}^{(+)}; \xi_{R_2'}^{(-)}$$

右上角（+）或（-）加上括号的原因同②。

④ 按下式计算，求出四端式电桥的最大（绝对值）正、负相对误差：

$$\xi_{R_x \max}^+ = \xi_{R_s \max}^+ + [(1+K)\xi_{R_1 \max}^+ - K\xi_{R_1'}^{(+)}] - [(1+K)(-\xi_{R_2 \max}^-) - K\xi_{R_2'}^{(-)}] \quad (16)$$

$$\xi_{R_x \max}^- = \xi_{R_s \max}^- + [(1+K)(-\xi_{R_1 \max}^-) - K\xi_{R_1'}^{(-)}] - [(1+K)\xi_{R_2 \max}^+ - K\xi_{R_2'}^{(+)}] \quad (17)$$

式中： $K$ ——系数，按制造厂规定，若没有规定时， $K$  取 0.2。

按元件检定的电桥，在综合误差计算之前应先检查检定数据，若检定数据中的电阻元件误差均小于表 4 的规定，该电桥基本误差肯定合格，不必再计算最大（绝对值）综合误差。

以上计算时，当测量盘  $R_0$  电阻不大于  $0.02\Omega$ ，则二个测量盘均已扣除电桥的  $R_0$  电阻；测量盘  $R_0$  电阻大于  $0.02\Omega$ ，则第一个测量盘应包含  $R_0$  电阻，第二个测量盘扣除电桥的  $R_0$  电阻。



半整体检定按下述顺序进行：

- a) 按元件测量测量盘电阻值；
- b) 整体测量量程变换器比值。

测量盘电阻值的测量可参照按元件检定的方法，量程变换器比值的测量可用万能比例电桥，在缺少万能比例电桥时，可用两只标准电阻箱组成标准比例，如图 4 所示。

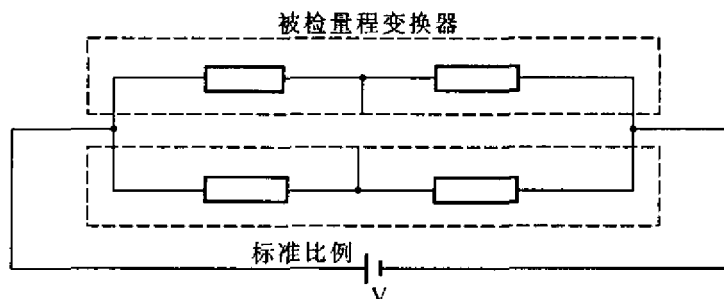


图 4 量程变换器整体检定

#### c) 最大综合误差的计算

半整体检定的电桥，最大（绝对值）综合误差计算参照 7.3.6.1，7.3.6.2 进行。

#### 7.3.6.4 整体核验

按元件检定及半整体检定的电桥，它与实际使用情况不尽相符，因此检定后必须进行整体核验，核对的方法可见附录 E。

7.3.6.5 在保证 7.1.2.1 条所提出的测量扩展不确定度的条件下，允许用本规程以外的方法进行检定。如有争议时，以本规程规定的方法为准。

### 7.4 检定结果的处理

7.4.1 计算测量结果的数据，求出被检电桥示值的修正值或实际值，必要时还应引入标准量具或测量仪器的修正值。

7.4.2 检定数据修约时应采用四舍五入及偶数法则，修约到允许误差的 1/10。按元件检定数据修约见表 4；整体及半整体检定数据修约见表 6。在判断电桥合格或不合格时，一律以修约后的数据为准。

7.4.3 所有检定项目合格时，判定该电桥合格，出具检定证书；若有一项不合格则判为不合格，出具检定结果通知书，并注明不合格情况。检定证书或检定结果通知书上是否给出数据规定如下：

0.005 级；0.01 级；0.02 级；0.05 级

给出数据

从 0.1 级和以下

不考核稳定性，一般不给出数据

7.4.4 初次送检（包括缺少上一年检定证书的、超周期送检的和刚修理过的）电桥检定结果合格的，出具检定证书，但不予定级，并在检定证书上注明：“基本误差合格，年稳定度未经考察暂不定级”。

7.4.5 经连续二年检定且检定结果均合格的，按下列三种情况处理：

7.4.5.1 其年稳定度小于或等于允许基本误差的 1/2 者，出具检定证书并定级。

## JJG 125—2004

表 6 整体及半整体检定数据修约位数

化 整 位 数 盘 序 数	等 级	0.01	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2
I		$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$
II		$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$
III		$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$
IV		$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$	—
V		$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	—	—	—	—	—
VI		$1 \times 10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	—	—	—	—	—	—
量程系数比		$5 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$
注：上述数据修约是对每个测量盘的第一点，其它各点的末位数与第一点末位数对齐。									

7.4.5.2 其年稳定度大于允许基本误差的 1/2，但小于允许基本误差时，出具检定证书并定级，检定周期缩短为半年。

7.4.5.3 其年稳定度大于允许基本误差时，出具检定证书，但不予定级，并在检定证书上注明：“年稳定度大于允许基本误差，不予定级”。

7.4.6 考核电桥年稳定度时，采用整体或半整体检定的电桥，测量盘与量程系数比分别考核；采用按元件检定的电桥以元件电阻来考核，而不是以最大综合误差来考核。

7.4.7 被检电桥进行后续检定后，检定结果不合格，根据用户申请，允许降一级使用，但在降到下一级时，必须全部符合该级别的各项技术要求，同时仍可出具检定证书，并在检定证书上注明该电桥已降到的等级。

7.4.8 对进口的电桥，根据其外观特征及检定结果，按本规程技术要求进行定级，但不得高于原有的等级。

外观特征 (有效读数位数或测量盘)	可定的等级
六位	0.005 级；0.01 级；0.02 级
五位	0.02 级；0.05 级
四位以下	0.1 级及以下

## 7.5 检定周期

直流电桥的检定周期一般不超过 1 年。

## 附录 A

## 用电桥法测量电桥电阻

1. 用两端式电桥测量电桥的电阻元件时可按图 A1 的线路连接。图中  $M_x$  表示被检电桥,  $M_s$  表示标准电桥。

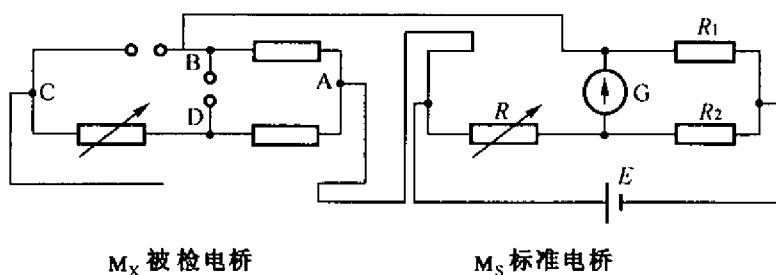


图 A1 两端式电桥测量电桥电阻接线图

对于不能按单个电阻元件测量的电桥, 可用置换法测量电阻, 见附录 B。

2. 用四端式电桥测量电阻元件, 可按图 A2 线路连接。

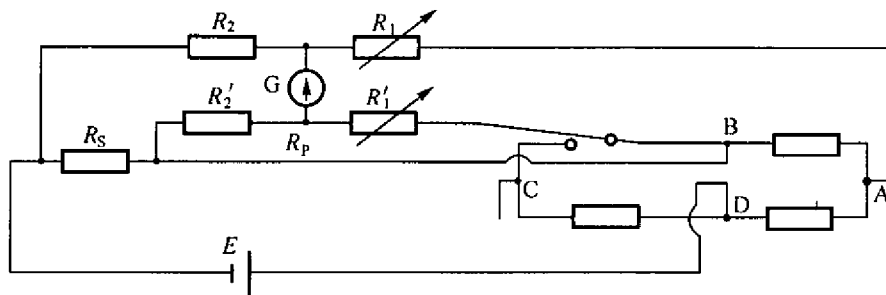


图 A2 四端式电桥测量电桥电阻接线图

电阻  $R_p$  的测量方法如下, 将桥臂  $R'_1$  切断, 则四端式电桥转化成为一个两端式电桥,  $R_p$  和  $R_x$  共处于一个桥臂, 重新平衡电桥  $R_1$  得  $R_{(1)}$ , 则  $R_p$  为

$$R_p = R_s \frac{R_{(1)}}{R_2} - R_x \quad (A1)$$

式中:  $R_s$ ——已知固定标准电阻;

$R_{(1)}$ ——电桥重新平衡后  $R_1$  的示值。

## 附录 B

## 用置换法测量电桥电阻

在对电桥测量盘按元件检定，而被测量盘的结构上不允许按单个元件测量（无法获得每个电阻元件电位触头）的情况下，可用与被测量电阻同标称值的标准电阻以及两用电桥置换法进行检定。当然也可用比较电桥、直读电桥等其它方法进行检定。

下面的公式推导将会看出，采用置换法进行检定实质上就是被测电阻元件通过电桥与标准电阻进行比较，它的测量准确度主要取决于标准电阻。而且在测量结果中不包含连接导线与被测量盘的残余电阻。

当被检电桥测量盘单个电阻大于  $100\Omega$  时，可采用两端式电桥进行测量，如图 B1。

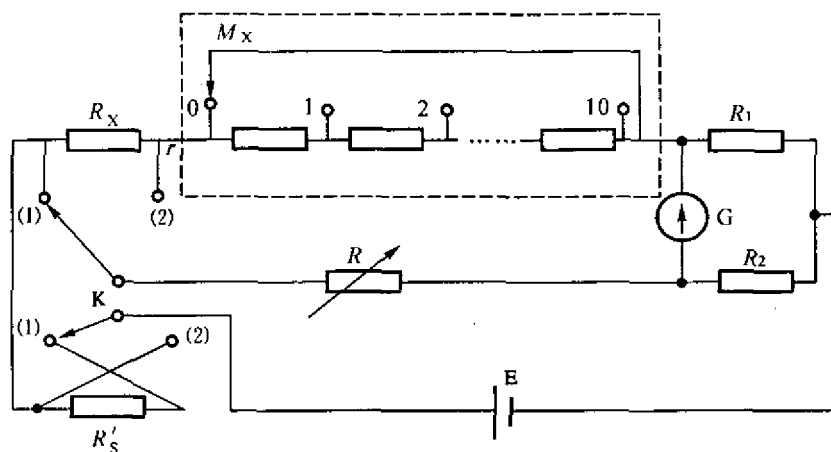


图 B1 两端式电桥置换法测量电桥电阻

$R_S$ —标准电阻，其两根电位端导线应尽量相等； $M_X$ —被检电桥测量盘，图中仅画出一个盘；

$r$ —连接导线电阻； $K$ —开关，接触电阻小； $R'_S$ —标称值与  $R_S$  相同的辅助电阻

此外， $R_0$  为被检电桥测量盘的  $R_0$  电阻（图中未画出）。

检定步骤

a. 开关  $K$  倒向 (1)，被检测量盘示值置 0；

b. 用电桥测量得  $R_{X0}$

$$R_{X0} = R_S + r + R_0 \quad (B1)$$

c. 开关  $K$  倒向 (2)，被检电桥测量盘示值置 1；

d. 再次平衡电桥，测得  $R_{X1}$

$$R_{X1} = R_1 + r + R_0 \quad (B2)$$

(B1) - (B2) 移项得

$$R_1 = R_S + R_{X1} - R_{X0} \quad (B3)$$

令  $\Delta R = R_{X1} - R_{X0}$

则

$$R_1 = R_s + \Delta R \quad (\text{B4})$$

式中： $R_1$ ——被检测量盘的第一只电阻实际值。

根据同样的方法可检得被检测量盘第二至第十只电阻实际值，然后将  $R_1, R_2 \cdots, R_{10}$  相加，即为被检测量盘各输出点电阻累计实际值。

对于电阻值  $\leq 100\Omega$  的测量盘，可用四端式电桥置换法进行，其测量原理和步骤与两端式电桥相同，见图 B2。

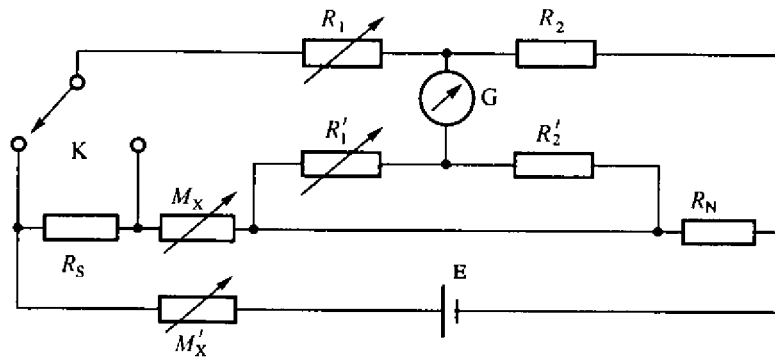


图 B2 四端式电桥置换法测量电桥电阻

$M_x$ —被检测量盘； $R_s$ —标准电阻； $M'_x$ —辅助电阻箱

## 附录 C

## 用恒流源、数字电压表法测量电阻

用恒流源、数字电压表法测量电阻的基本原理如图 C1 所示：

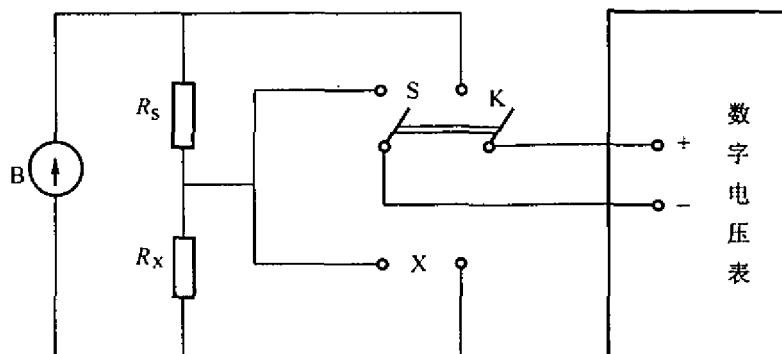


图 C1 恒流源、数字电压表测量电阻原理图

用恒流源、数字电压表法测量电阻可按图 C1 的线路连接，图中 B 为可调式高精度稳流电源， $R_s$  为标准电阻， $R_x$  为被测电阻，K 为转换开关。该方法是用数字电压表测量被测电阻  $R_x$  和标准电阻  $R_s$  上的电压降  $U_x$  和  $U_s$ ，并计算其值。当标准电阻值与电压降之比皆为已知，则被测电阻值可按下式进行计算：

$$R_x = \frac{U_x}{U_s} R_s \quad (C1)$$

按此工作原理可方便地检定电桥被测点的电阻值。

## 附录 D

## 用电位差计法测量电阻

用电位差计法测量电阻可按图 D1 所示的线路连接, 图中以  $P_1$  表示电流回路换向开关;  $P_2$  表示测量电压转换开关;  $R_x$  表示被测电阻。该方法是用电位差计测量被测电阻 ( $R_x$ ) 和标准电阻 ( $R_s$ ) 上的电压降  $U_x$  和  $U_s$ , 并计算其值。当标准电阻值与电压降之比皆为已知, 则被测电阻值可按下式进行计算:

$$R_x = \frac{U_x}{U_s} R_s \quad (D1)$$

此法的特点是: 连接被测电阻与电位差计之间的导线电阻和被接触电阻不会引起测量误差, 测量电阻的范围宽, 测量电阻的准确度也比较高。如用低电势电位差计来进行测量, 测量装置的指零仪灵敏度也较高。

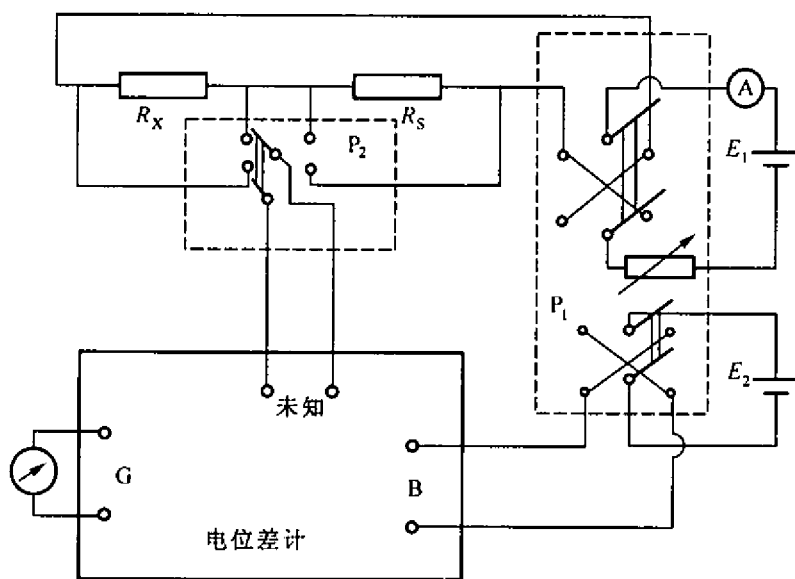


图 D1 电位差计测量电阻原理图

为了获得较高的电阻测量准确度, 还应注意以下几点:

a) 用电位差计测量电阻时, 由标准器引入的系统误差为:

$$\gamma_{R_x} = \gamma_{R_s} + \gamma_{U_x} - \gamma_{U_s} \quad (D2)$$

式中:  $\gamma_{R_x}$ 、 $\gamma_{R_s}$ —— $R_x$ 、 $R_s$  的相对误差;

$\gamma_{U_x}$ 、 $\gamma_{U_s}$ ——电位差计测量  $U_x$ 、 $U_s$  的相对误差。

如果比较同标称值电阻, 通过的工作电流保持恒定, 使  $U_x$ 、 $U_s$  的前三位数字不变, 则可达到较高的测量准确度, 因为此时  $\gamma_{U_x} \approx \gamma_{U_s}$ , 那么  $\gamma_{R_x} \approx \gamma_{R_s}$ , 即电位差计的测量误差几乎不影响测量结果。

如果被检电桥的单个电阻标称值为 1、2、3…示值，或测量盘无电位插孔（触头），则测量时可利用过渡电阻箱作为标准（ $R_s$ ）进行元件检定，过渡电阻箱电位端钮间能得到与被测电阻相同的标称值，其余与上述相同。如果没有过渡电阻箱，仍用标准电阻作标准，则要求  $U_s$  的示值也为 1、2、3 倍于  $U_x$ ，由于  $\gamma_{U_x} \neq \gamma_{U_s}$ ，则电位差计的示值误差就要引入，若用方和根法合成，得  $\xi_{R_x} = \pm \sqrt{\xi_{R_s}^2 + \xi_{U_x}^2 + \xi_{U_s}^2}$ ， $\xi_{R_x}$  应要求不超过被测电阻允许测量误差。

b)  $E_1$ 、 $E_2$  两个回路电流要保持足够的相对稳定。

c) 为减少测量回路热电势的影响，在电压回路内应选择热电势较小的开关，并用同轴单股铜导线架空连接以及避免多余的接头和动触点。

当  $R_x$  和  $R_s$  同标称值时，用电位差计测量电阻，可以采用完全平衡法或不完全平衡法。上面（D1）式是完全平衡法公式，下面的（D3）式是不完全平衡法公式：

$$R_x = R_s + C_R (\alpha_x - \alpha_s) \quad (D3)$$

式中： $C_R = \frac{(U_2 - U_1) R_s}{U_1 (\alpha_2 - \alpha_1)}$ ——电阻常数；

$\alpha_x$ 、 $\alpha_s$ ——开关  $P_2$  分别转向  $R_x$ 、 $R_s$  时指零仪上读出的偏转格数；

$\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ——求电阻常数时，分别在电位差计上示值为  $U_1$ 、 $U_2$  时指零仪上读出的偏转格数；

$U_1$ 、 $U_2$ ——电位差计示值。

另外说明一下，用电位差计测量电阻时，电位差计工作电流标准化要求不高。



## 附录 E

## 半整体检定及按元件检定电桥的整体核验方法

由于半整体检定及按元件检定的电桥与实际使用情况不相符合,这时必须对电桥进行整体核验,整体核验的方法如下。

在被检电桥总有效量程的电阻测量上、下限,选用比被检电桥高二个以上准确度等级的标准电阻,接入被检电桥测量端进行测量,测量的数据引入电桥的相应修正值,然后将引入修正值后的测量数据与标准电阻实际值相比较,它们之间的相对差值不应超过  $\frac{1}{2}c\%$ 。

$$\left| \frac{R'_s - R_s}{R_s} \right| \leq \frac{1}{2} c \%$$

式中:  $R'_s$ ——在被检电桥上测得标准电阻的数据(注意必须引入被检电桥相应各桥臂的修正值);

$R_s$ ——标准电阻实际值,一般为标准电阻证书值(注意测量时温度影响的修正)。

若上式  $> \frac{1}{2}c\%$ , 则必须找出原因后重检。

## 附录 F

## 直流电桥检定原始记录格式

## 1. 整体检定

外观及线路检查	
绝缘电阻	
绝缘电阻对整体误差影响试验	
介电强度试验	
内附指零仪灵敏度试验	
内附指零仪阻尼时间试验	
内附指零仪漂移试验	
内附指零仪抖动试验	

基本误差							
一、全检量程							
测量盘 序 号		I	II	III	IV	V	VI
实际值	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
二、其它量程							
量 程							
实际值	1						
	2						
	3						
量程系数比							
检定温度_____℃ 相对湿度_____%							

## JJG 125—2004

## 2. 按元件检定

外观及线路检查								
绝缘电阻								
绝缘电阻对整体误差影响试验								
介电强度试验								
基本误差								
一、量程变换器电阻/ $\Omega$								
标称值								
实际值 $R_1$								
实际值 $R_2$								
二、内附标准电阻/ $\Omega$								
标称值								
实际值 $R_s$								
三、测量盘电阻/ $\Omega$								
盘序数		I	II	III	IV	V	VI	VII
外臂	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
内臂	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
测量盘 $R_0$ 电阻：外臂 _____ $\Omega$ 第一次： _____ $\Omega$ ；第二次： _____ $\Omega$ ；第三次： _____ $\Omega$								
内臂 _____ $\Omega$ 第一次： _____ $\Omega$ ；第二次： _____ $\Omega$ ；第三次： _____ $\Omega$								
温度 _____ $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度 _____ %								

## 附录 G

## 直流电桥检定证书内页格式

## 1. 整体检定

一、全检量程：							
测量盘		I	II	III	IV	V	VI
实际值	序号						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
11							
二、其它量程							
量 程							
量程系数比							
检定温度_____℃ 相对湿度_____%							

注：1. 上述检定数据的扩展不确定度为允许基本误差绝对值的 1/3。

2. 下次送检时必须带此证书。

## JJG 125—2004

## 2. 按元件检定

一、量程变换器电阻/ $\Omega$							
标称值							
实际值 $R_1$							
实际值 $R_2$							
二、内附标准电阻/ $\Omega$							
标称值							
实际值 $R_s$							
三、测量盘电阻/ $\Omega$							
盘序数		I	II	III	IV	V	VI
外臂	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
内臂	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
测量盘 $R_0$ 电阻：外臂 _____ $\Omega$ 内臂 _____ $\Omega$							
温度 _____ $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度 _____ %							

注：1. 上述检定数据的扩展不确定度为允许基本误差绝对值的 1/3。

2. 下次送检时必须带此证书。

## 附录 H

## 直流电桥检定结果通知书内页格式

## 1. 整体检定

一、全检量程：							
测量盘		I	II	III	IV	V	VI
实际值	序号						
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
11							
二、其它量程							
量 程							
量程系数比							
三、不合格项目							
检定温度 _____ °C      相对湿度 _____ %							

注：1. 上述检定数据的扩展不确定度为允许基本误差绝对值的 1/3。

2. 下次送检时必须带此通知书。

## JJG 125—2004

## 2. 按元件检定

一、量程变换器电阻/ $\Omega$							
标称值							
实际值 $R_1$							
实际值 $R_2$							
二、内附标准电阻/ $\Omega$							
标称值							
实际值 $R_s$							
三、测量盘电阻/ $\Omega$							
盘序数		I	II	III	IV	V	VI
外臂	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
内臂	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
测量盘 $R_0$ 电阻：外臂_____ $\Omega$ 内臂_____ $\Omega$							
四、不合格项目							
温度_____ $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度_____ %							

注：1. 上述检定数据的扩展不确定度为允许基本误差绝对值的 1/3。

2. 下次送检时必须带此证书。