



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 690—2003

高绝缘电阻测量仪（高阻计）

High Insulation Resistance Meters

2003 - 09 - 23 发布

2004 - 03 - 23 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

高绝缘电阻测量仪(高阻计) 检定规程

Verification Regulation of High
Insulation Resistance Meters

JJG 690—2003
代替 JJG 690—1990

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：北京市计量科学研究所

参加起草单位：中国计量科学研究院

本规程委托全国电磁计量技术委员会负责解释

(书国高)外量测用申参单高
野默宝钻

本规程主要起草人:

杜 娟 (北京市计量科学研究所)

高秀琴 (北京市计量科学研究所)

本规程参加起草人:

梁 波 (中国计量科学研究院)

全负责本处量书版中图全 : 封 单 口 由

测定测单用量书市京北 : 封单草就莫主

测定测单用量书市京北 : 封单草就莫主

封单草就莫主

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 名词术语	(1)
4 概述	(1)
4.1 高阻计的构成	(1)
4.2 高阻计测量电阻时的计算公式	(1)
4.3 高阻计的型式	(2)
5 计量性能要求	(2)
5.1 电阻测量基本误差	(2)
5.2 准确度等级	(2)
5.3 端钮电压	(3)
5.4 重复性	(3)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观	(3)
6.2 标志	(3)
6.3 显示器	(3)
6.4 分辨力	(3)
6.5 端钮电压纹波含量	(4)
6.6 绝缘电阻	(4)
6.7 绝缘强度	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(4)
7.2 检定项目	(4)
7.3 检定方法	(5)
7.4 检定结果的处理	(10)
7.5 检定周期	(11)
附录 A 高阻计的基本结构	(12)
附录 B 用电压补偿法检定高阻计的基本误差	(15)
附录 C 用电流、电压法检定高阻计的基本误差	(17)
附录 D 高阻计检定证书内页格式	(19)
附录 E 高阻计检定结果通知书内页格式	(20)
附录 F 高阻计检定原始记录	(21)

高绝缘电阻测量仪(高阻计)检定规程

1 范围

本规程适用于机内有测试用放大器、其直流额定工作电压不大于 1000V、能直接测量 1000M Ω 以上电阻的数字式指示和模拟式指示高绝缘电阻测量仪(以下简称高阻计)的首次检定、后续检定和使用中的检验。

本规程不适用于绝缘电阻表、欧姆计的检定。本规程也不涉及高阻计测量电极的检定。

2 引用文献

本规程引用下列文献:

JJF1001—1998《通用计量术语及定义》

JJF1059—1999《测量不确定度评定与表示》

GB/T13983—92《仪器仪表基本术语》

GB 4793—1995《测量、控制和实验室用电气设备的安全要求》

GB/T14913—94《直流数字电压表及直流模数转换器》

注: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 高绝缘电阻测量仪

可直接测量绝缘材料、通用电工产品和电子元器件的绝缘电阻值以及高值电阻器的电阻值的电子测量仪器。仪器内有测试用放大器和指示仪表,其直流额定工作电压不大于 1000V。

3.2 额定电压

测量端钮处于开路状态下输出电压的标称值。

3.3 端钮电压

测量端钮处于开路状态下输出电压的实测值。

4 概述

4.1 高阻计的构成

高阻计一般由三部分组成:

a) 直流电压源;

b) 高输入阻抗直流放大器;

c) 指示仪表。

其基本结构及原理参见附录 A。

4.2 高阻计测量电阻时的计算公式:

$$R_x = R_a \cdot K_u \cdot K_R \quad (1)$$

式中: R_x ——被测电阻值;

R_a ——高阻计的示值;

K_u ——高阻计的电压倍率值;

K_R ——高阻计的电阻倍率值。

4.3 高阻计的型式

高阻计按显示方式分为以下两种型式:

模拟式指示高阻计;

数字式指示高阻计。

5 计量性能要求

5.1 电阻测量基本误差

5.1.1 模拟式高阻计每一选定检定点的示值基本误差计算公式如下:

$$\text{绝对误差:} \quad \Delta_m = R - R_0 \quad (2)$$

$$\text{相对误差:} \quad E_m = \frac{R - R_0}{R_0} \times 100\% \quad (3)$$

式中: R ——被检高阻计示值;

R_0 ——被检高阻计示值的实际值。

5.1.2 数字式指示高阻计每一选定检定点的示值基本误差用下列公式表示:

用两项之和表示的绝对误差公式:

$$\Delta_s = \pm (a\% R_s + b\% R_m) \quad (4)$$

$$\text{或} \quad \Delta_s = \pm (a\% R_s + n \text{ 字}) \quad (5)$$

用绝对误差 Δ_s 与被检高阻计读数值 R_s 之比的相对误差公式:

$$E_s = \pm \left(a\% + b\% \frac{R_m}{R_s} \right) \quad (6)$$

式中: R_s ——被检电阻数值;

R_m ——该量程的满度值;

$a\%$ ——与高阻计示值有关的误差系数;

$b\%$ ——与高阻计满量程值有关的误差系数;

n ——用字数表示的绝对误差项, $n = b\% R_m$ 。

5.2 准确度等级

5.2.1 模拟式指示高阻计分为 1.0, 2.0, 5.0, 10, 20 等 5 个准确度等级。各等级所对应的等级指标和基本误差极限见表 1。

5.2.2 数字式指示高阻计的准确度等级根据误差系数 a 的大小来划分。同时为了保证高阻计的准确度, 误差系数 a 和误差系数 b 应符合表 2 的要求。

5.2.3 高阻计是多量程仪表, 不同量程允许有不同的准确度等级。但相邻量程的准确度等级必须是表 1 中相邻的准确度等级。

表 1 模拟式指示高阻计的等级指标和基本误差极限

准确度等级	等级指标 C	基本误差极限
1.0	1.0%	$\pm 1.0\%$
2.0	2.0%	$\pm 2.0\%$
5.0	5.0%	$\pm 5.0\%$
10	10%	$\pm 10\%$
20	20%	$\pm 20\%$
注：基本误差极限也称最大允许误差； 等级指标也称等级指数。		

5.3 端钮电压

高阻计端钮电压的误差应小于其准确度等级指标 C ，但不得超过 5%。

5.4 重复性

高阻计的重复性标准差应小于其等级指标的 1/10。

表 2 数字式指示高阻计的准确度等级的要求

准确度等级	a	b
1.0	1	0.1
2.0	2	0.2
5.0	5	0.5
10	10	1
20	20	2

6 通用技术要求

6.1 外观

高阻计不允许有影响计量性能的缺陷存在，如零部件不完整、松动、明显残缺或污损等。

6.2 标志

高阻计应具备保证该仪器正确使用的必要标志，高阻计外表应标明仪器名称、制造厂名（或商标）、编号、型号、 标志及制造许可证编号。在电源、熔断器、测量端子等涉及安全的地方均应有文字或符号标志，各种标志应清晰可见。

6.3 显示器

数字式指示高阻计显示器上所有应该显示的数字、小数点、单位等应无叠字、不亮等现象。

6.4 分辨力

数字式指示高阻计的显示器在各个量程能够稳定读出的最小数值所对应的电阻值应小于或等于该量程允许误差的 1/10。

6.5 端钮电压纹波含量

高阻计端钮电压（直流电压）中纹波含量的均方根值，不得超过直流成分的 1%。

6.6 绝缘电阻

高阻计电源端子与机壳接地端子之间的绝缘电阻要满足下列要求：

a) 工作电压低于 500V 的高阻计，其绝缘电阻值应不小于 $2\text{M}\Omega$ 。

b) 工作电压高于 500V 的高阻计，上述绝缘电阻值应乘以一个系数，该系数等于工作电压除以 500V。

6.7 绝缘强度

高阻计电源端子与机壳接地端子之间的试验电压为 1.5kV，历时 1min。试验中不应出现击穿或重复飞弧现象。

7 计量器具控制

7.1 检定条件

7.1.1 高阻计检定时环境温度应为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 40% ~ 60%。高阻计和附件应在实验室放置 24 小时以上方能进行检定。

7.1.2 电源电压变化不超过电源额定电压的 5%。

7.1.3 电源电压频率为 $50\text{Hz} \pm 5\text{Hz}$ 。

7.1.4 周围无影响测量不确定度的电磁场；无可察觉的振动和冲击。

7.1.5 检定时由标准装置、环境条件等引入的测量扩展不确定度应不超过被检高阻计等级指标的 1/3（覆盖因子 $k=3$ ）。

7.2 检定项目

高阻计的检定项目见表 3。

表 3 高阻计的检定项目

检 定 项 目 \ 检 定 种 类	首次检定	后续检定	使用中检验
1. 外观	+	+	+
2. 标志	+	+	+
3. 显示器检查	+	+	+
4. 分辨力	+	-	-
5. 端钮电压	+	+	+
6. 电阻测量基本误差	+	+	+
7. 重复性	+	-	-
8. 端钮电压纹波含量	+	-	-
9. 绝缘电阻	+	+	+
10. 绝缘强度	+	-	-
注：1. 表中“+”表示应检项目，“-”表示可不检项目。			
2. 电流测量可在用户要求时做，其检定方法参见附录 C。			

7.3 检定方法

7.3.1 外观

用目视和触摸的方法检查,应符合第 6.1 条要求。

7.3.2 标志

用目视的方法检查,应符合第 6.2 条要求。

7.3.3 显示器检查

高阻计通电预热后,改变高阻计的量程,观察其量程数码的变化。再将多盘直流电阻器接入高阻计测量端,改变多盘电阻器的电阻值,检查高阻计显示器作连续变化的能力。

高阻计的显示器应符合第 6.3 条要求。

7.3.4 分辨力

在准确度等级最高的量程测量高阻计的分辨力。

将多盘直流电阻器调节至某一电阻值 R_1 接入高阻计测量端,这一电阻值应使被检高阻计显示器各位数码点亮,然后微调多盘直流电阻器的电阻值,使被检高阻计显示器末位变化 1 个字,此时多盘直流电阻器上的电阻值为 R_2 ,两电阻值之差 $\Delta R = R_2 - R_1$ 即为被检高阻计的分辨力。

数字式指示高阻计的分辨力应符合第 6.4 条要求。

7.3.5 端钮电压

7.3.5.1 用输入阻抗大于被检高阻计电源内阻 1000 倍、误差小于被检高阻计等级指标的 1/5 的电压表进行测量。

7.3.5.2 将符合上述要求的电压表接入被检高阻计的“E”和“L”端钮,对每一挡的端钮电压进行测量。

7.3.5.3 端钮电压的误差按下式计算:

$$\epsilon_u = \frac{U - u}{u} \times 100\% \quad (7)$$

式中: ϵ_u ——高阻计端钮电压的相对误差;

U ——高阻计端钮电压标称值;

u ——高阻计端钮电压实际值。

端钮电压的误差应符合第 5.3 条要求。

7.3.6 电阻测量基本误差

7.3.6.1 高阻计的基本误差是全检量程的示值基本误差、电阻倍率基本误差及电压倍率基本误差的综合:

$$\epsilon_{Rx} = \epsilon_{Ra} + \epsilon_{KR} + \epsilon_{Ku} \quad (8)$$

式中: ϵ_{Ra} ——全检量程的示值基本误差;

ϵ_{KR} ——电阻倍率基本误差;

ϵ_{Ku} ——电压倍率基本误差。

7.3.6.2 上述三项误差中的前两项基本误差可采用以下方法检定:

a) 可变标准电阻器(标准量具)法;

b) 电压补偿（偏差补偿）法；

c) 电压电流（部件检定）法。

当发生计量仲裁时以可变标准电阻器法作为最终裁决的方法。

7.3.6.3 电压倍率基本误差采用第 7.3.5 条和第 7.3.6.20 条描述的方法检定。

7.3.6.4 允许采用本规程描述的检定方法以外的其它方法进行检定。但要满足扩展不确定度的要求。

7.3.6.5 采用电压补偿法检定高阻计基本误差的检定方法见附录 B。

7.3.6.6 采用电压电流法检定高阻计基本误差的检定方法见附录 C。

7.3.6.7 采用可变标准电阻器（标准量具）法进行基本误差检定的接线如图 1 所示。检定使用的标准电阻器的准确度等级与高阻计等级指标的关系见表 4。

7.3.6.8 检定中使用的标准电阻器应在高阻计额定电压下检定，并给出使用范围的电压变差。电阻器测试电压从标称工作电压上限到其 1/5 电压值间的任何值引起的电压变差，应不超过相应等级指数。标准电阻器最末盘的电阻步进值应小于被检高阻计基本误差极限的 1/20。

7.3.6.9 高阻计进行基本误差检定时，应从电阻倍率中选择一个全检量程，全检量程应是准确度等级最高的量程。

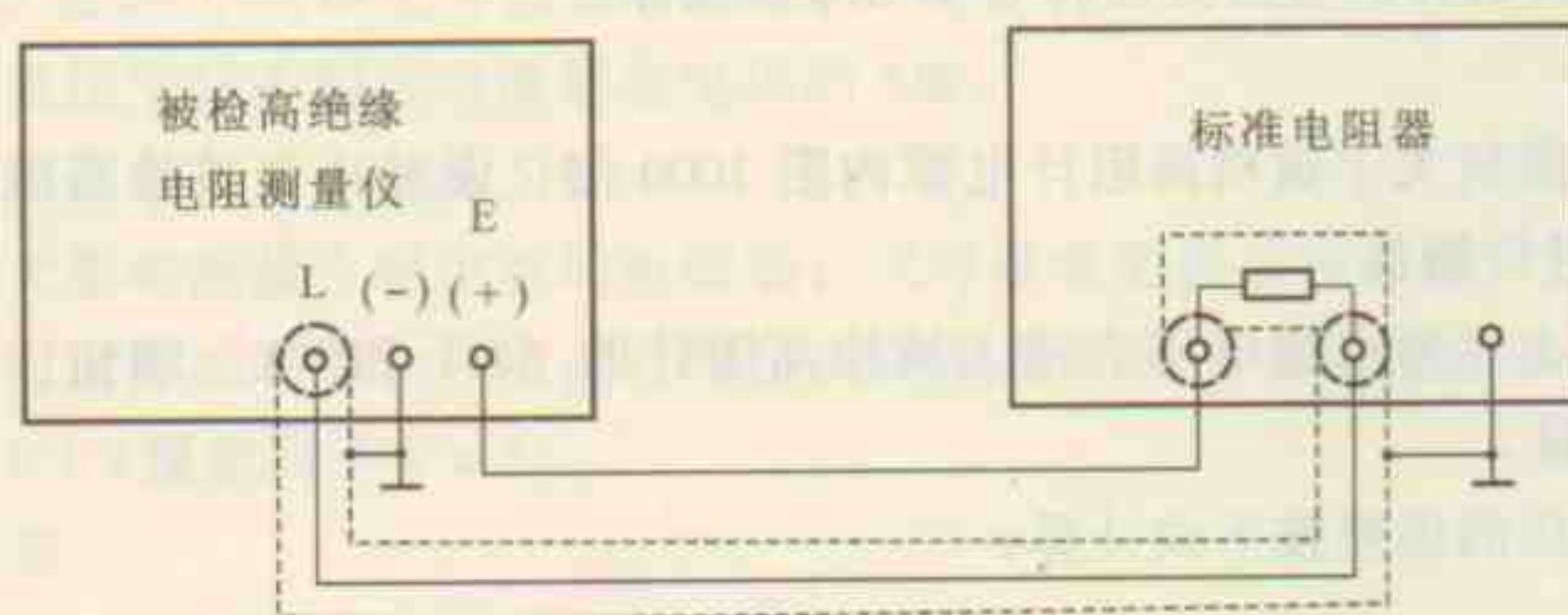


图 1 采用可变标准电阻器法进行基本误差检定的接线图

表 4 标准电阻器的准确度等级与高阻计准确度等级的关系

高阻计 准确度等级	1.0	2.0	5.0	10	20
标准电阻器 准确度等级	0.2	0.5	1.0	2.0	5.0

7.3.6.10 模拟式指示高阻计在全检量程应对其有效范围内所有带标尺数码的分度线进行示值基本误差检定。高阻计的有效范围的起点是自标尺一端所示的最低电阻值，中间点是指针在标尺的几何中心位置所示的电阻值，终点是起点 10 倍的电阻值。10 倍以上的范围为参考区。

7.3.6.11 数字式指示高阻计在全检量程的有效范围内选取 8 个以上检定点进行示值基

本误差检定。其中必选的点为有效范围内的:

- a) 起点 (为该量程的满度值乘以 0.1);
- b) 中间点 (最大的 10 的整数幂点);
- c) 终点 (该量程的满度值)。

7.3.6.12 选择适当的测试电压进行全检量程的检定, 该电压挡称为基本电压挡。通常基本电压挡取 $R \times 1$ (此时电压倍率为 1) 相对应的 10V 或 100V 挡。一般以不超过 100V 为限。

7.3.6.13 模拟式指示高阻计在全检量程按下述步骤进行示值基本误差检定: 调节标准电阻器使高阻计表针依次停到标尺内所选定的带标尺数码的分度线上, 读取标准电阻器上对应的电阻值 R_{n1} , 直到有效范围最大值。然后使表针偏过最大值, 再减小标准电阻器电阻值使表针依次停到标尺内所选定的带标尺数码的分度线上, 读取标准电阻器上对应的电阻值 R_{n2} , 取两次测量中偏差较大者按下式计算误差。

$$\text{绝对误差: } \Delta = R_x - R_n \quad (9)$$

$$\text{相对误差: } E = \frac{R_x - R_n}{R_n} \times 100\% \quad (10)$$

式中: R_x ——被检高阻计示值;

R_n ——标准电阻箱示值。

7.3.6.14 数字式指示高阻计在全检量程进行示值基本误差检定时, 应调节标准电阻器至选取检定点的电阻值 R_n , 在被检高阻计上读取显示值 R_x 。按公式 (10) 计算全检量程示值基本误差 ϵ_{Ra} 。

7.3.6.15 高阻计在非全检量程进行检定时, 应选取在全检量程中出现最大正相对误差的点和最大负相对误差的点以及该量程的测量上限进行检定。当没有正相对误差出现时, 应选最小负相对误差作为最大正相对误差检定点。反之, 若没有负相对误差出现时, 应选最小正相对误差作为最大负相对误差检定点。

7.3.6.16 高阻计在基本电压挡进行非全检量程基本误差的检定。

7.3.6.17 有多标尺的模拟式指示高阻计, 一般只对其中一个标尺 (建议起点、终点标尺数码为 1~10 的标尺) 进行检定。

7.3.6.18 根据全检量程和非全检量程的测量结果, 计算电阻倍率:

$$k_R = \frac{1}{3} \left(\frac{R_{n1}}{R'_{n1}} + \frac{R_{n2}}{R'_{n2}} + \frac{R_{n3}}{R'_{n3}} \right) \quad (11)$$

式中: R_{n1} , R_{n2} , R_{n3} ——非全检量程选定检定点的实际值;

R'_{n1} , R'_{n2} , R'_{n3} ——全检量程该选定检定点的实际值。

7.3.6.19 根据下列公式计算电阻倍率基本误差:

$$\epsilon_{KR} = \frac{K_R - k_R}{k_R} \times 100\% \quad (12)$$

式中: K_R ——电阻倍率标称值;

k_R ——电阻倍率实际值。

7.3.6.20 电压倍率的计算公式:

$$K_u = \frac{U_q}{U_j} \quad (13)$$

式中: K_u ——高阻计电压倍率实际值;

U_j ——高阻计基本电压挡端钮电压实际值;

U_q ——高阻计其它电压挡端钮电压实际值。

7.3.6.21 电压倍率基本误差按下式计算:

$$\epsilon_{Ku} = \frac{K_u - K_n}{K_n} \times 100\% \quad (14)$$

式中: ϵ_{Ku} ——高阻计电压倍率的相对误差;

K_n ——高阻计电压倍率标称值;

K_u ——高阻计电压倍率实际值。

7.3.6.22 根据示值基本误差、电阻倍率基本误差及电压倍率基本误差,按公式(8)计算出高阻计电阻测量基本误差 ϵ_{Rx} 。其步骤如下:

a) 分别找出公式(8)三项误差中每一项的最大正相对误差和最大负相对误差。

$$\epsilon_{R0 \max}^+, \epsilon_{R0 \max}^-$$

$$\epsilon_{KR \max}^+, \epsilon_{KR \max}^-$$

$$\epsilon_{Ku \max}^+, \epsilon_{Ku \max}^-$$

b) 按下列公式计算出两个误差值:

$$\epsilon_{Rx \max}^+ = \epsilon_{R0 \max}^+ + \epsilon_{KR \max}^+ + \epsilon_{Ku \max}^+ \quad (15)$$

$$\epsilon_{Rx \max}^- = \epsilon_{R0 \max}^- + \epsilon_{KR \max}^- + \epsilon_{Ku \max}^- \quad (16)$$

在 $\epsilon_{Rx \max}^+$ 和 $\epsilon_{Rx \max}^-$ 中,取绝对值大的那个误差值作为高阻计电阻测量基本误差。该基本误差应符合表1中基本误差极限的要求。

c) 公式(15)中,当任一项无正误差时,应从该项误差中选用最小负误差。公式(16)中,当任一项无负误差时,应选用最小正误差,然后按最大可能的原则计算出两个误差值。

7.3.6.23 当按第7.3.6.15条选取非全检量程检定点时,公式(8)可简化为:

$$\epsilon_{Rx \max} = \epsilon_{R \max} + \epsilon_{Ku \max} \quad (17)$$

式中: $\epsilon_{R \max}$ ——在基本电压挡下高阻计各量程的基本误差;

$\epsilon_{Ku \max}$ ——高阻计的电压倍率基本误差。

7.3.6.24 对按公式(8)或公式(17)计算出的高阻计基本误差有怀疑时,应在出现最大误差的示值、电阻倍率、电压倍率下接入标准电阻器进行核实,并以核实后的结果为准。

7.3.7 重复性

7.3.7.1 高阻计测量同一电阻值的重复性应在重复性条件下,用重复观测结果的实验标准差(称为重复性标准差) s_r 定量地给出。

7.3.7.2 在准确度等级最高的量程(出现最大不确定度的区域)上做该项检定。

7.3.7.3 重复性标准差的计算公式:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{xi} - \bar{R}_x)^2}{n-1}} \quad n \geq 10 \quad (18)$$

式中: R_{xi} ——在重复性测量中得到的第 i 个测量结果;

$\bar{R}_x$ —— n 次测量结果的算术平均值;

n ——测量次数;

7.3.7.4 高阻计的重复性标准差应符合第 5.4 条的要求。

7.3.8 端钮电压纹波含量

7.3.8.1 将被检高阻计的端钮电压选择至最低电压挡, 将其电压输出端钮接至通用示波器交流输入端钮, 或接至频带 50Hz ~ 1MHz 的交流有效值毫伏表。其试验接线如图 2 所示。

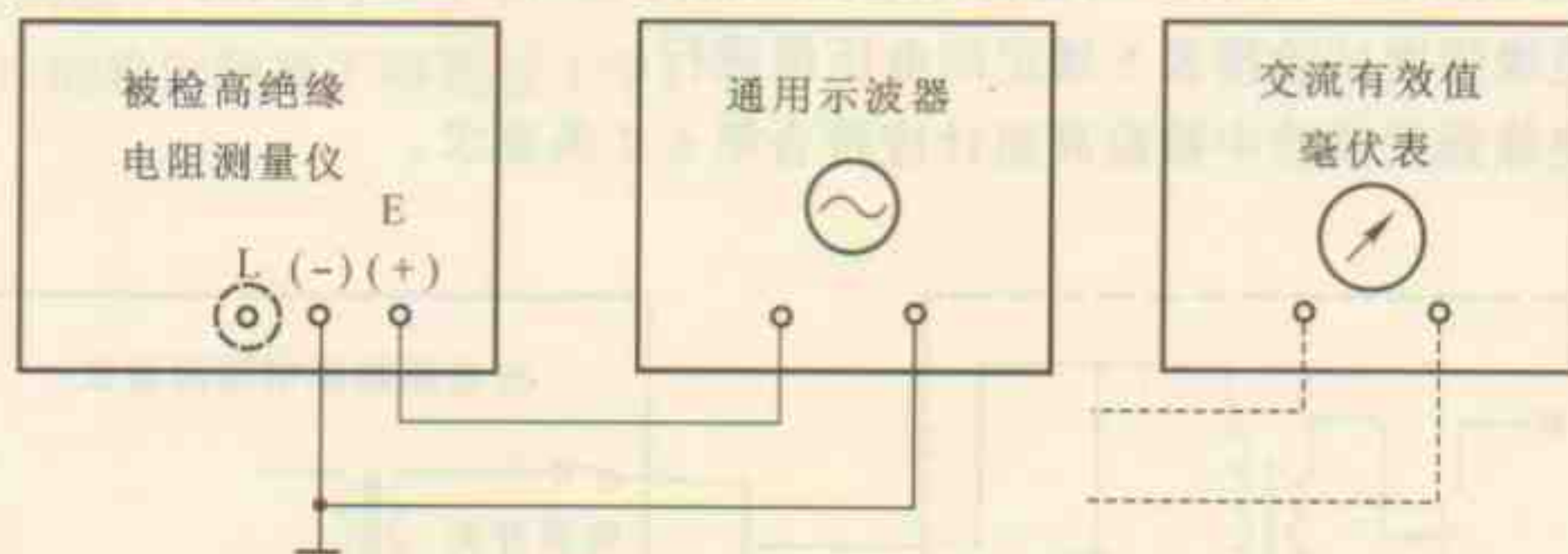


图 2 端钮电压纹波分量测量接线图

7.3.8.2 通用示波器幅值测量误差不超过 2%, 输入阻抗不小于 $1\text{M}\Omega$ 。

7.3.8.3 测出波形的最大值与最小值之差 Δu_γ , 纹波含量的均方根值 (有效值) 为:

$$\delta = \frac{\Delta u_\gamma}{2\sqrt{2}} \quad (19)$$

7.3.8.4 纹波含量的均方根值与直流电压比值为:

$$\gamma = \frac{\delta}{U} \times 100\% \quad (20)$$

式中: U ——被检高阻计端钮电压额定值, V。

7.3.8.5 采用交流有效值毫伏表可直接测量纹波含量有效值 δ , 电压表的准确度等级不得低于 2.0 级。

7.3.8.6 用公式 (20) 算出的 γ 值应符合第 6.5 条要求。

7.3.9 绝缘电阻

7.3.9.1 用准确度等级不低于 10 级、工作电压 500V 的绝缘电阻表测量被检高阻计的绝缘电阻值。试验接线如图 3 所示。

7.3.9.2 绝缘电阻测量结果应符合第 6.6 条要求。

7.3.10 绝缘强度

7.3.10.1 用准确度等级不低于 5.0 级的耐电压测试仪对高阻计进行绝缘强度检定。绝

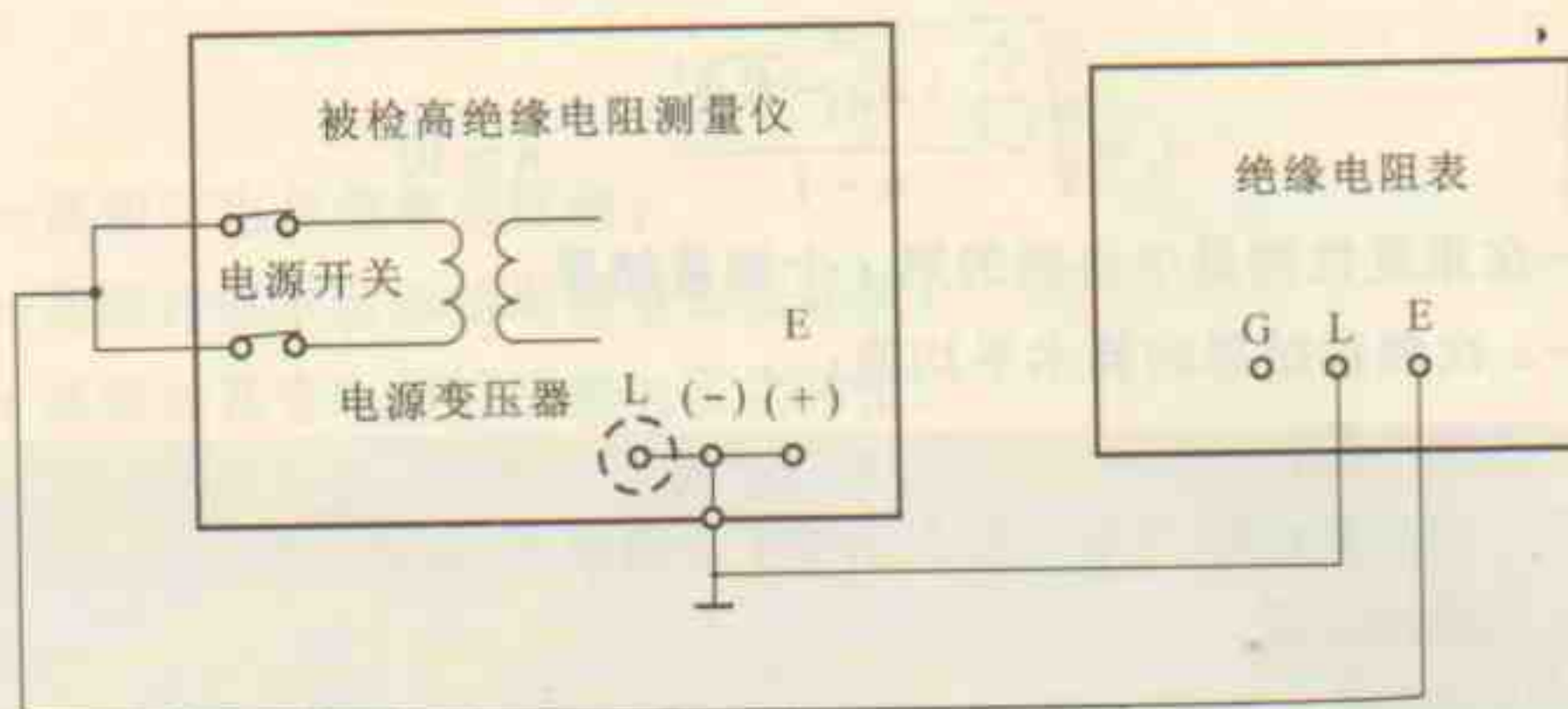


图3 绝缘电阻测量接线图

缘强度试验接线如图4所示。试验击穿电流设置为5mA。试验时间为1min。

7.3.10.2 绝缘强度试验按表5规定的电压值进行。

7.3.10.3 绝缘强度试验中被检高阻计应符合第6.7条要求。

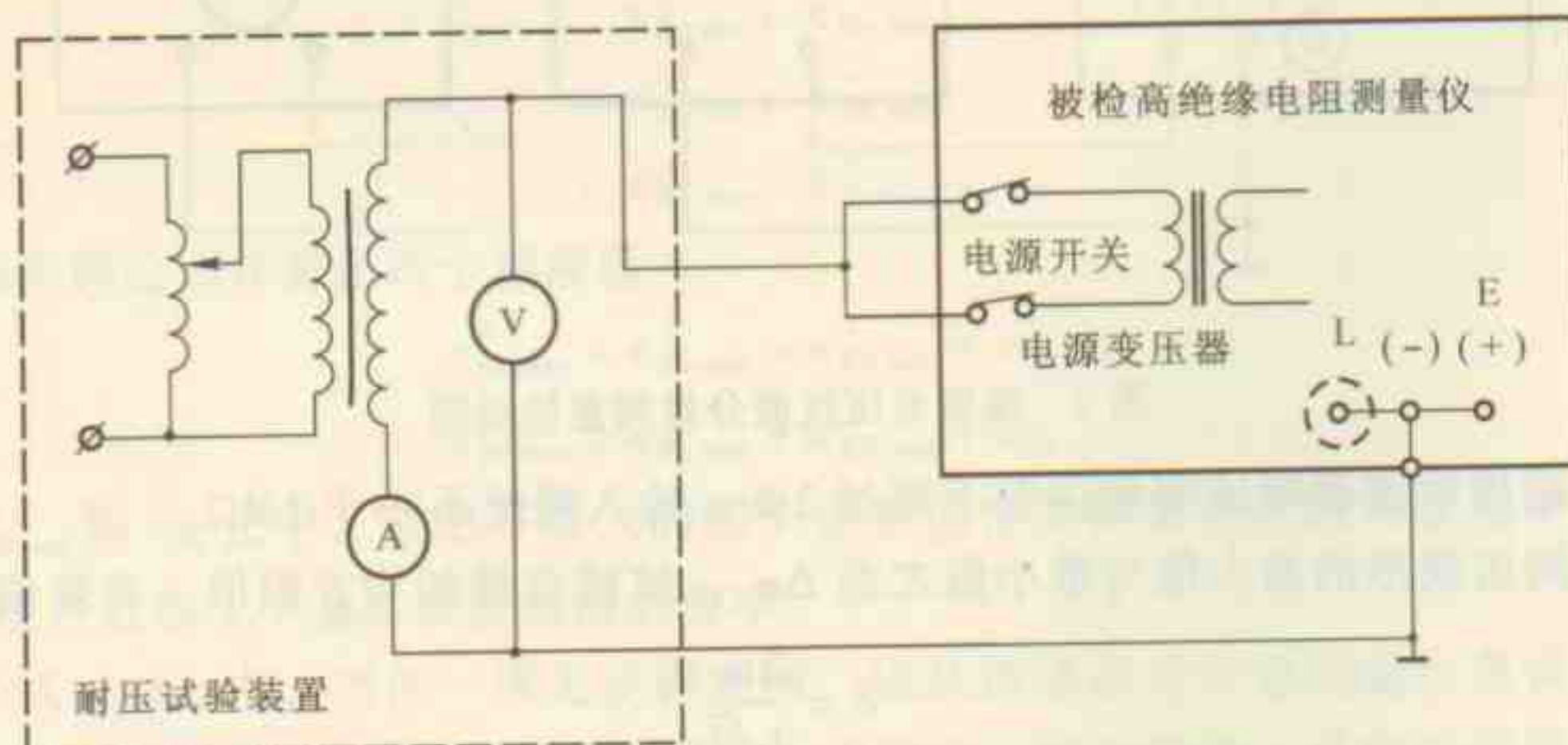


图4 绝缘强度试验接线图

表5 绝缘强度试验电压值

受试部分	被检表最高电源电压 (交流有效值或直流) /V	试验电压 (交流有效值) /kV
电源初级电路与机壳 (或易触导电件)间	$U \leq 60$	0.5
	$60 < U \leq 130$	1.0
	$U > 130$	1.5

7.4 检定结果的处理

7.4.1 检定数据应记入检定原始记录。检定原始记录的格式参见附录F。

7.4.2 被检高阻计基本误差的数据计算后,应采用4舍5入及偶数法则进行修约。数据末位数修约到被检高阻计允许误差的1/10那一位。

7.4.3 判断高阻计基本误差是否超过等级指标时,应以基本误差修约后的数据为依据。

7.4.4 被检高阻计各项检定均符合本规程中相应项目的要求则说明该高阻计检定合格,否则为检定不合格。

7.4.5 检定合格的高阻计发给检定证书。检定项目中分辨力、基本误差、重复性、端钮电压、端钮电压纹波含量等项目应写出检定数据。检定证书内页的格式参见附录D。

7.4.6 检定不合格的高阻计发给检定结果通知书,检定结果通知书内页中除了写出7.4.5条规定的检定数据外,还要注明不合格项目。检定结果通知书内页的格式参见附录E。

7.4.7 国外进口的高阻计参照原检定证书上的准确度等级进行检定,并根据检定结果按本规程技术要求进行定级,但不得高于原定的准确度等级。

7.5 检定周期

高阻计的检定周期不得超过1年。

附录 A

高阻计的基本结构

高阻计的基本结构见图 A1。

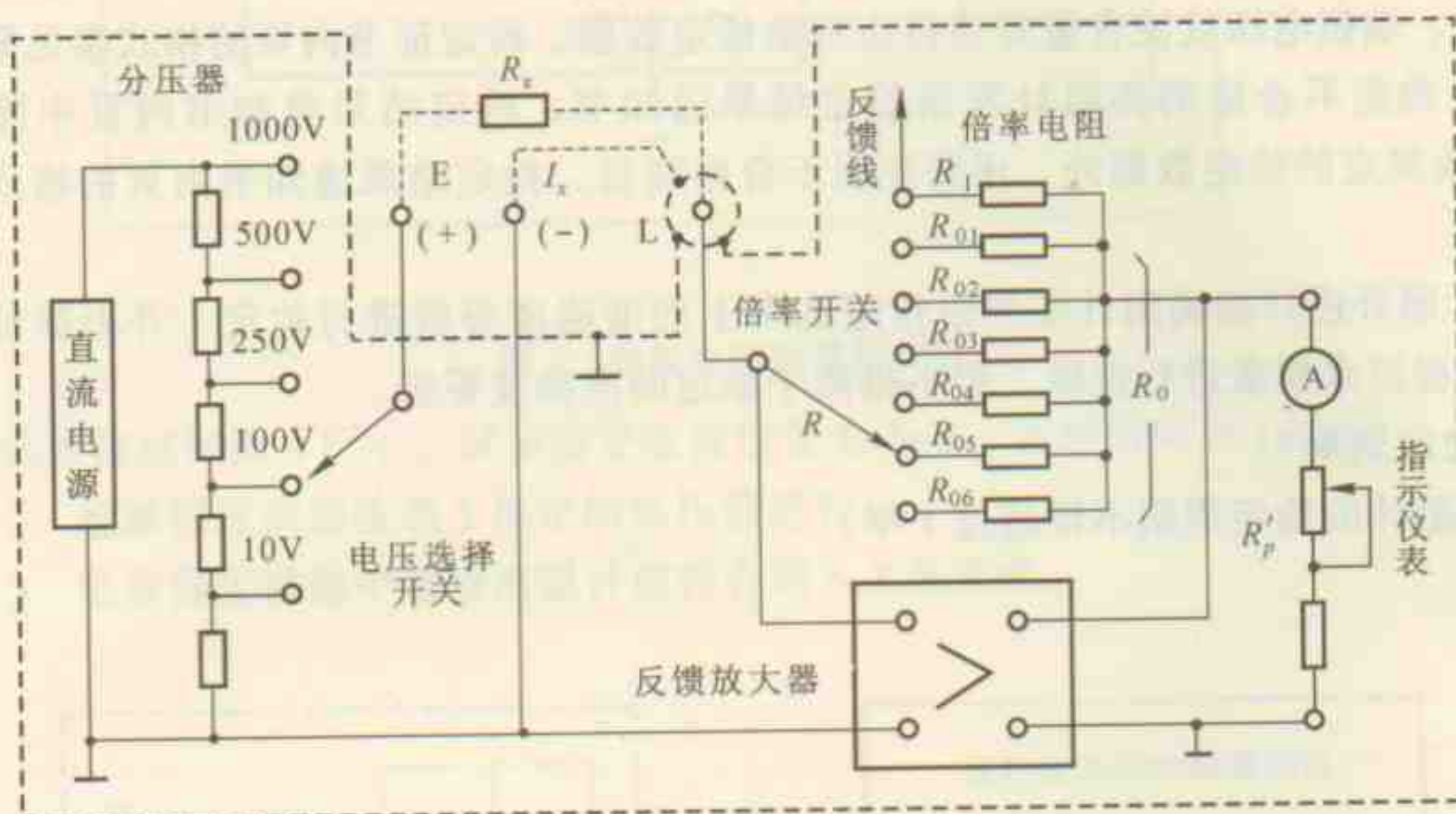


图 A1 高阻计基本结构图

图中: R_x ——被检电阻, 接入“E”与“L”端钮;

I_x ——被检电流, 接入“L”与接地端钮。

直流电源提供施加于被测电阻的试验电压, 经过分压器分为数个电压倍率挡, 为了缩小升压变压器的体积, 变压器初级由振荡器提供音频电压, 初级电压经整流、滤波得到直流电压。

$R_1, R_{01}, R_{02} \dots$ 为标准电阻, R_1 用来调节高阻计的满度。当将倍率开关接通 R_1 时, 在 R_1 上有一固定电压, 若放大器的放大倍数稳定, 则指示仪表应偏转到满度, 如果有偏差, 则可调 R'_p , 使指针达到满刻度。其它标准电阻 R_0 是用来改变测量电阻的量程的。

测试时, 被测电阻 R_x 与高输入阻抗直流放大器的输入电阻 R_0 相串联, 并跨接于直流测试电压上。高输入阻抗直流放大器将其输出电阻 R_0 的分压信号进行放大, 并输出至指示仪表, 由指示仪表直接读出被测电阻 R_x 的值。

高阻计的测试原理见图 A2 (图中 R_i 为从该处向右看进去的等效电阻)。由图 A2 可知:

$$I_x = \frac{U}{R_x + R_i} \quad (\text{A1})$$

而

$$I_x = \frac{U_0}{R_i} \quad (\text{A2})$$

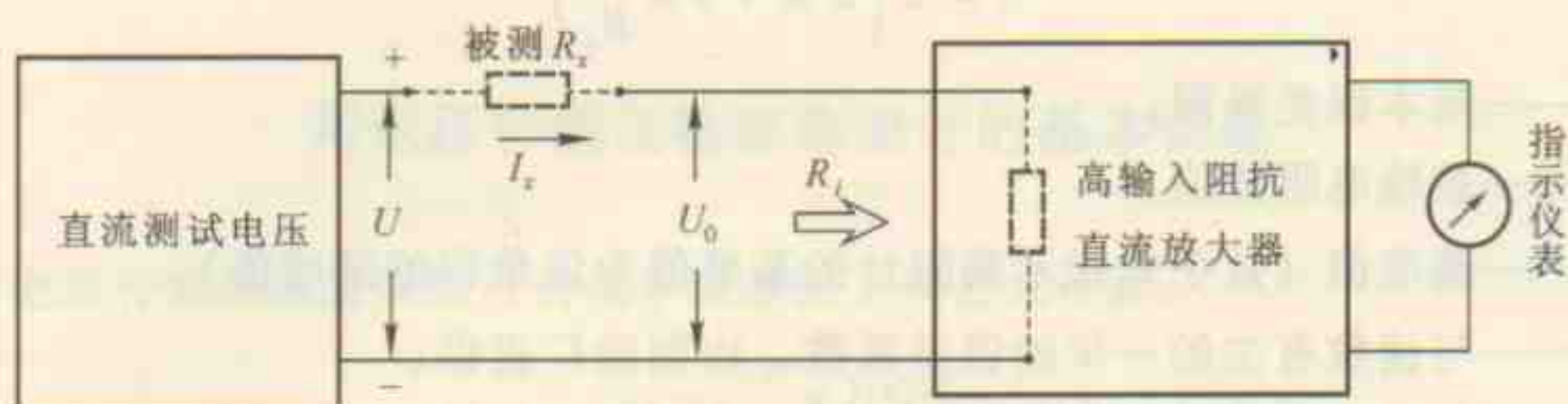


图 A2 高阻计测试原理图

将式 (A2) 代入式 (A1)

则得

$$R_x = \frac{U}{U_0} R_i - R_i$$

由于设计时使 R_i 远小于 R_x 及采用反馈放大器, $R_i \approx R_0$:

$$R_x = \frac{U}{U_0} R_0 \quad (\text{A3})$$

式中: R_x ——被测电阻;

U ——测试电压, V;

U_0 —— R_0 上的电压, V。

对于一台高阻计来说,一般 U_0 是固定不变的。可以改变的是 U 和 R_0 。所以高阻计由一组线性元件组成的分压器做为其电压量程变换器,由一组线性元件组成的分流器做为其倍率量程变换器。

因此,高阻计测量的电阻值可用下列公式计算:

$$R_x = R_a \cdot K_u \cdot K_R \quad (\text{A4})$$

式中: R_a ——高阻计全检量程示值;

K_u ——高阻计的电压倍率值;

K_R ——高阻计的电阻倍率值。

模拟式指示高阻计对每一选定分度线的基本误差计算公式如下:

$$\text{绝对误差: } \delta = R_x - R_n \quad (\text{A5})$$

相对误差:

$$\epsilon_R = \frac{R_x - R_n}{R_F} \times 100\% \quad (\text{A6})$$

式中: R_x ——被检高阻计示值;

R_n ——标准电阻箱电阻值;

R_F ——基准值 (对非线性标尺的高阻计的基准值为示值)。

数字式指示高阻计基本误差极限一般用下列公式表示:

用两项之和表示的绝对误差公式:

$$\Delta = \pm (a\% R_x + b\% R_F) \quad (\text{A7})$$

或

$$\Delta = \pm (a\% R_x + n \text{ 字}) \quad (\text{A8})$$

用绝对误差 Δ 与被检表读数值 R_x 之比的相对误差公式:

$$E = \pm \left(a\% + b\% \frac{R_F}{R_x} \right) \quad (A9)$$

式中： E ——基本误差极限；

R_x ——被检电阻数值；

R_F ——基准值（数字式指示高阻计的基准值为该量程的满度值）。

$a\%$ ——与读数有关的一年的误差系数，由制造厂提供；

$b\%$ ——与量程有关的一年的误差系数，由制造厂提供；

n ——用字数表示的绝对误差值，由制造厂提供。

公式（A7）和公式（A8）可以互相转换。

确定误差系数 a 和 b 时，一般 a/b 应 > 2 。

附录 B

用电压补偿法检定高阻计的基本误差

采用电压补偿法测量高阻计的基本误差按下列公式计算：

$$\epsilon_R = \frac{\Delta u}{u} \times 100\% \quad (\text{B1})$$

式中： Δu ——补偿电压，即使表针到达被检分度线所需加的附加电压（V）， Δu 与端钮电压同方向，取“+”，反之取“-”；

u ——加于标准电阻器上的电压（V），它等于被检高阻计端钮电压与补偿电压之和。

采用电压补偿法进行基本误差检定时，检定接线图如图 B1 所示。图中，电压补偿器处于悬浮电位。

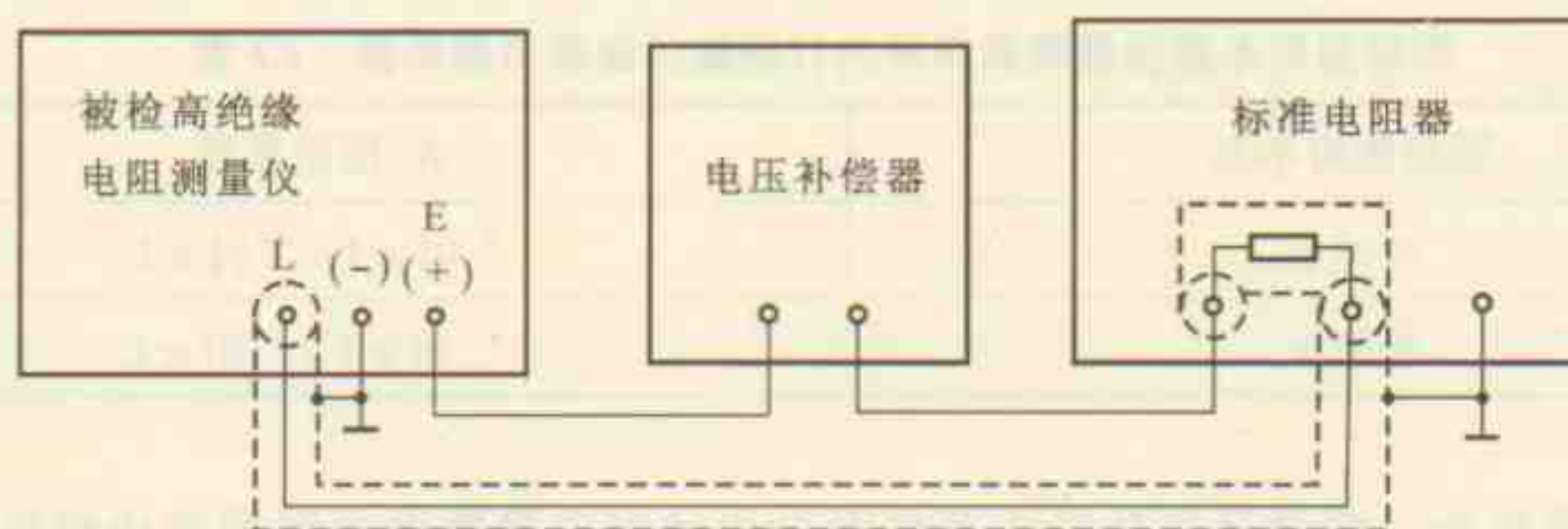


图 B1 采用电压补偿法时基本误差检定接线图

标准电阻器、端钮电压测量装置和电压补偿器的最大允许误差与高阻计的等级指标的关系见表 B1。

表 B1 标准电阻器，端钮电压测量装置和电压补偿器与高阻计等级指标的关系

高绝缘电阻测量仪 最大允许误差/（%）	±1.0	±2.0	±5.0	±10.0	±20.0
标准电阻器 最大允许误差/（%）	±0.2	±0.5	±1.0	±2.0	±5.0
端钮电压测量装置 最大允许误差/（%）	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±2.0
电压补偿器 最大允许误差/（%）	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±2.0

电压补偿器应能输出极性可变、数值可调的直流电压。它的调节细度应为被检高阻计分度线示值允许误差的 1/20。其内阻应小于被检高阻计最低量程的 1/1000。

在基本电压挡下,全检量程各带数字分度线,按下述步骤进行基本误差检定:

调节电压补偿器的电压,使被检高阻计的表针从两个方向到达分度线上,然后测出 Δu 的大小和极性,取其中较大者,按公式(B1)计算出全检量程基本误差。

非全检量程基本误差的检定以及电阻倍率的计算、电压倍率的检定及计算、高阻计综合误差的计算见正文。



图B1 高阻计基本误差检定电路示意图

检定用标准电阻器已在附件A中给出,检定用电压表、高阻计、电压补偿器、电压分压器已在附件B中给出。

表B1给出了高阻计基本误差检定用标准电阻器的阻值,其阻值见表B1。

0.05%	0.01%	0.005%	0.002%	0.001%	高阻计基本误差 (%)、电压分压器
10.0%	0.5%	0.1%	0.05%	0.02%	高阻计基本 (%)、电压分压器
0.5%	0.1%	0.05%	0.02%	0.01%	高阻计基本 (%)、电压分压器
0.1%	0.05%	0.02%	0.01%	0.005%	高阻计基本 (%)、电压分压器

但高阻计基本误差检定用标准电阻器的阻值,其阻值见表B1。

该阻值由标准电阻器的阻值乘以电压分压器的电压比得出。

附录 C

用电流、电压法检定高阻计的基本误差

根据高阻计的原理,可将其分为两个独立的部分(直流电源和由放大器及指示仪表组成的电流测量机构)分别进行检定,然后计算出高阻计的基本误差。

高阻计任一分度线电阻实际值为:

$$R_R = \frac{U}{I} \quad (C1)$$

式中: U ——被检分度线对应的端钮电压实际值, V;

I ——被检分度线对应的端钮电流实际值, A。

高阻计的端钮电压按第 7.3.5 条进行测量。

高阻计的电流测量基本误差按以下方法进行测量。

各准确度等级的高阻计的微电流测量的基本误差极限见表 C1。

表 C1 各准确度等级的高阻计的微电流测量的基本误差极限

测量范围/A	基本误差极限
$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-9}$	$\pm 10\%$
$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-14}$	$\pm 20\%$

用标准微电流源对电流测量机构的电流测量基本误差进行检定。电流测量基本误差检定接线如图 C1 所示。

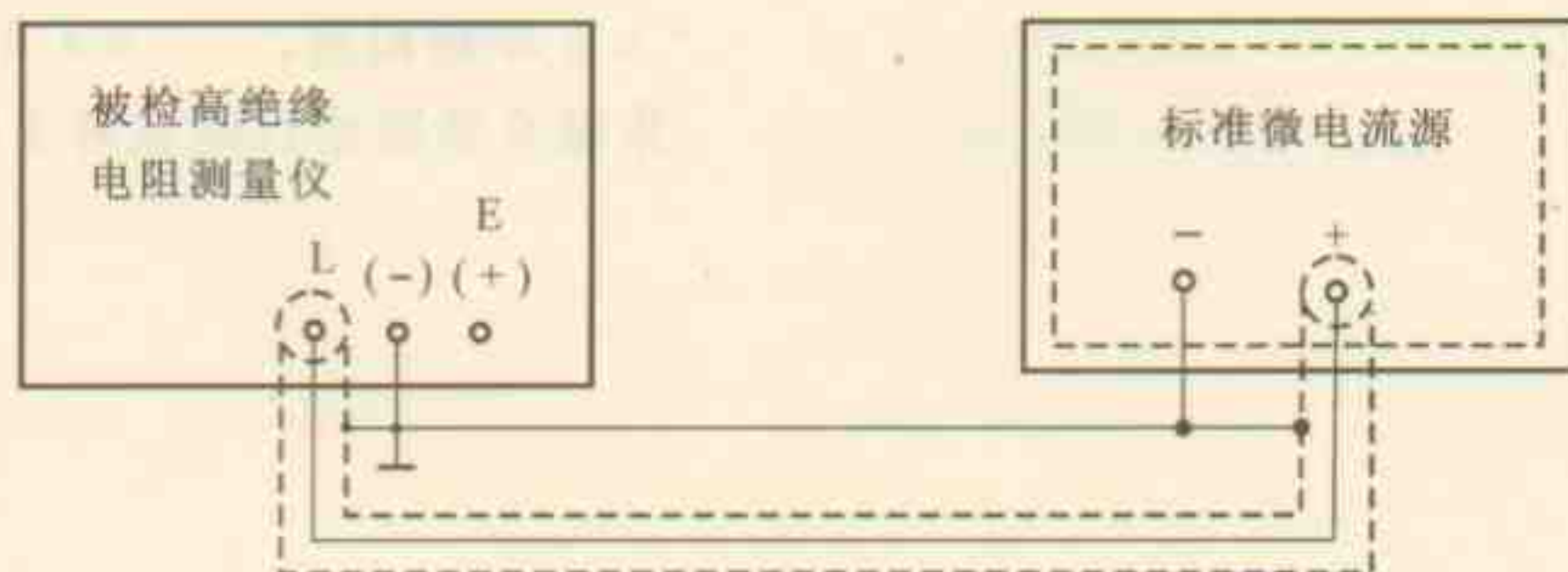


图 C1 采用标准微电流源进行电流测量基本误差检定接线图

高阻计电流测量最大允许误差与标准微电流源最大允许误差关系见表 C2。标准微电流源电流数值应可调,其输出电阻引入误差应满足表 C2 的要求。

检定应从最高准确度量程(即倍率开关置于电流测量最高挡)开始进行。此为全检量程,其余量程不必全检,称非全检量程。

在全检量程输入相应的微小电流,对各带数字分度线进行检定。调节标准微电流源使表针连续上升,并依次停到标尺内各带数字分度线上,分别读取标准微电流源的电流数值,直到最高量限。然后,减少标准微电流源的电流值,再依次读取电流数值,直到

最小量限。用两次测量中偏差较大者计算误差。

表 C2 采用标准微电流源时其输出电阻引入误差

高绝缘电阻测量仪 最大允许误差/(%)	±1.0	±2.0	±5.0	±10.0	±20.0
标准微电流源 最大允许误差/(%)	±0.2	±0.5	±1.0	±2.0	±5.0
标准微电流源输出电阻引 入误差最大允许误差/(%)	±0.1	±0.2	±0.5	±1.0	±2.0

高阻计对每一选定分度线以百分数表示的微电流测量基本误差的计算公式如下:

$$\epsilon_I = \frac{I_p - I_R}{I_F} \times 100\% \quad (C2)$$

式中: I_p ——微电流测量带数字的分度线数值;

I_R ——指示上述分度线数值所需接入的实际电流值;

I_F ——基准值。

对线性刻度微电流测量高阻计,其基准值为量程。

非全检量程只检定三个分度线,即全检量程电流测量误差中最大正、负误差分度线及满量程分度线。



高阻计检定证书内页格式

检定条件:

计量标准仪器:

环境条件:温度 ℃,相对湿度 %

检定项目及检定数据:

- 1 外观;
- 2 标志;
- 3 显示器检查;
- 4 分辨力;
- 5 端钮电压;
- 6 电阻测量基本误差;
- 7 重复性;
- 8 端钮电压纹波含量;
- 9 绝缘电阻;
- 10 绝缘强度。

检定结果的相对扩展不确定度: $U =$ %

其中包含因子 $k =$, 置信概率 $p =$

检定结论:以上检定项目全部符合要求。

以下空白

第 页(共 页)

附录 E

高阻计检定结果通知书内页格式

检定依据:国家计量检定规程 JJG 690—2003《高绝缘电阻测量仪(高阻计)》

检定条件:

计量标准仪器:

环境条件:温度 _____ $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 _____ %

检定项目及检定数据:

- 1 外观;
- 2 标志;
- 3 显示器检查;
- 4 分辨力;
- 5 端钮电压;
- 6 电阻测量基本误差;
- 7 重复性;
- 8 端钮电压纹波含量;
- 9 绝缘电阻;
- 10 绝缘强度。

以上检定结果的相对扩展不确定度: $U =$ _____ %

其中包含因子 $k =$ _____, 置信概率 $p =$ _____

检定结论:以上检定项目中第 $\times$ 项不合格。

以下空白

附录 F

高阻计检定原始记录

送检单位				检定证书号			
型号				环境温度	℃		
生产厂				相对湿度	%		
准确度等级				检定员			
出厂编号				核验员			
检定种类	首次检定、后续检定、使用中检验			检定日期	____年__月__日		
检定结论							

检定依据:国家计量检定规程 JJG690—2003《高绝缘电阻测量仪(高阻计)》

第1项:外观(是否合格____)

第2项:标志(是否合格____)

第3项:显示器检查(是否合格____)

第4项:分辨力(R_1 ____, R_2 ____, ΔR ____, 是否合格____)

第5项:端钮电压及电压倍率(是否合格____)

标称值/V	10	100	250	500	1000
实际值/V					
电压倍率					

第6项:电阻测量基本误差(是否合格____)

一、全检量程(电阻倍率____;测试电压____ V)											
R_x	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	2	3	4	5	10
R_n											
误差%											
二、非全检量程(测试电压____ V)											
选 取 值	量 程	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8
ϵ_{max}^+											
ϵ_{max}^-											
起点											
中间点											
满度点											
电阻倍率											

综合误差计算:

$$\varepsilon_{Rx \max}^+ = \varepsilon_{Ra \max}^+ + \varepsilon_{KR \max}^+ + \varepsilon_{Ku \max}^+ =$$

$$\varepsilon_{Rx \max}^- = \varepsilon_{Ra \max}^- + \varepsilon_{KR \max}^- + \varepsilon_{Ku \max}^- =$$

第7项:重复性(是否合格_____)

标准电阻器值:_____ Ω 端钮电压:_____ V

第 <i>i</i> 次	X_i	残差 $v = \bar{X}_i - X$	残差平方 $v^2 (\times 10^{-6})$	温度/ $^{\circ}\text{C}$	时 间
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
算术平均值 $\bar{X} =$		标准偏差 $s_r =$		Ω	
残差平方和 $\sum v^2 =$		$\times 10^{-6} \Omega^2$		相对标准偏差 $S_r =$	
				$\times 10^{-3}$	

第8项:端钮电压纹波含量(是否合格_____)

$V_{\max} =$	V	$V_{\min} =$	V	$\Delta u_r = V_{\max} - V_{\min} =$	V
$\delta = \frac{\Delta u_r}{2\sqrt{2}}$	V	$\gamma = \frac{\delta}{U} \times 100\% =$			

第9项:绝缘电阻 _____ Ω (是否合格_____)

第10项:绝缘强度(是否合格_____)

第2页(共2页)

中华人民共和国
国家计量检定规程
高绝缘电阻测量仪(高阻计)
JJG 690—2003
国家质量监督检验检疫总局发布

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲2号
邮政编码 100013
电话(010)64275360
E-mail jilxb@263.net.cn
北京市迪鑫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

880 mm × 1230 mm 16开本 印张1.75 字数32千字
2003年12月第1版 2003年12月第1次印刷
印数1—1 500
统一书号 155026—1740 定价:18.00元