

# 直流比较仪式电位差计检定规程

JJG 505—1987

---

直流比较仪式电位差计  
检 定 规 程

JJG 505—1987

Verification Regulation of  
D. C. Comparator Potentiometer

---

本检定规程经国家计量局于1987年6月6日批准，并自1988年4月6日起施行。

归口单位：中国计量科学研究院

起草单位：黑龙江省计量检定测试所

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人：

王 勇（黑龙江省计量检定测试所）

# 目 录

一 概述	544
二 技术要求	545
三 检定条件	546
四 检定项目	546
五 检定方法	547
(一) 外观与测量功能的检查	547
(二) 绝缘电阻的测量与耐压试验	548
(三) 初、次级工作电流调节指标与示值变化引起工作电流变化的测量	548
(四) 初级回路对外最大输出电压与补偿电动势中纹波电压的测量	549
(五) 磁势平衡系统与检流计系统指标的测量	549
(六) 补偿电动势漂移与低频噪声的测量	550
(七) 测量盘线性度的自检与计算	550
(八) 整体核验	553
六 检定结果的处理与检定周期	553
附录 1 线性度自检表格	554
附录 2 线性度自检计算公式的推导	556
附录 3 线性度计算实例	558

## 直流比较仪式电位差计检定规程

本规程适用于新生产、使用中 and 修理后的磁势自动平衡的直流比较仪式电位差计（以下简称比较仪式电位差计或电位差计）的检定。

### 一 概 述

比较仪式电位差计是通过改变自动平衡直流电流比较仪中测量绕组的匝数来调节并确定恒定测量电阻上的直流电流，从而获得连续可变的补偿电压的定阻变流式电位差计。

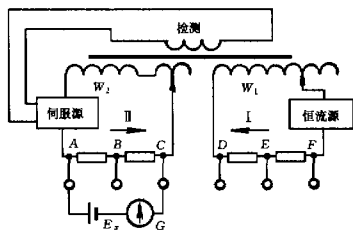


图1 比较仪式电位差计原理线路

$W_1$ —初级可变绕组，即测量盘；

$W_2$ —次级有微调的固定绕组

其原理线路如图1。工作原理是：初级可变的测量绕组与次级有微调的固定绕组各自流过恒定直流电流与可变直流电流，它们在铁芯上产生方向相反的磁势，其磁势差由检测绕组检出，并通过有差闭环调节系统调节从动（伺服）电源产生的次级电流使磁势自动平衡。在用标准电池调定了电位差计工作电流之后，初级电流与次级绕组匝数就完全恒定了，因次级电流跟初级匝数成正比，所以次级回路中测量电阻上的补偿电压就等于测量时的初级匝数与调定时的初级匝数之比乘以标准电

池的电动势，这就是用匝数比代替电阻比的比较仪式电位差计的工作原理。其公式推导如下：

#### a 调定工作电流

将标准电池接在测量电阻  $R_{AC}$  两端，测量盘  $W_1$  的示值置于温度修正后的标准电池电动势  $E_n$ ，调恒流源电流  $I_1$  或次级微调匝，即校正（或校准）盘，使检流计指零，此时初级匝数为  $W_{1n}$ ，次级电流为  $I_{2n}$ ，次级匝数为  $W_{2n}$ ，则

$$E_n = I_{2n} R_{AC} \quad (1)$$

$$I_1 W_{1n} = I_{2n} W_{2n} \quad (2)$$

#### b 测量未知电势

将被测电势  $E_x$  接在  $R_{AC}$  上，保持初级电流与次级匝数不变，调测量盘使检流计指零，此时初级匝数为  $W_{1x}$ ，次级电流为  $I_{2x}$ ，则

$$E_x = I_{2x} R_{AC} \quad (3)$$

$$I_1 W_{1x} = I_{2x} W_{2n} \quad (4)$$

(3) 式除以 (1) 式，(4) 式除以 (2) 式，得

$$E_x = \frac{I_{2x}}{I_{2n}} E_n \quad (5)$$

$$\frac{W_{1x}}{W_{1n}} = \frac{I_{2x}}{I_{2n}} \quad (6)$$

所以 
$$E_x = \frac{W_{1x}}{W_{1n}} E_n \quad (7)$$

(7) 式就是比较仪式电位差计的基本关系式，它说明被测电动势仅与测量盘的匝数比及标准电池电动势有关。但由推导过程可以看出： $I_1$ 、 $I_2$ 、 $R_{AC}$ 等从调定电流到测量时的微小变化，都会使(7)式不完全成立，所以为保证它的测量准确度，不仅对测量盘的线性度要进行检定，还要对它的其余指标进行检定。

注：有些比较仪式电位差计说明书上规定，首先将标准电池接在初级调定电阻  $R_{DF}$  上调定工作电流，然后再将标准电池电势  $E_n$  从  $R_{DF}$  传递到  $R_{AC}$  上，这和标准电池直接接在  $R_{AC}$  上是等效的，但这样做比较麻烦。

## 二 技 术 要 求

1 比较仪式电位差计的准确度等级分为 0.00005, 0.0001, 0.0002, 0.0005 四级，不同量程准确度等级可以不同。

2 在标准条件下——温度：20 ± 2℃、相对湿度：25% ~ 75%、电源电压：220V (1 ± 5%)、电源频率：50 ± 1Hz，在校准（调定工作电流和量程过渡）后的 10min 内，电位差计的基本误差的允许极限为：

$$E_{\text{lim}} = \pm \frac{C}{100} \left( X + \frac{U_n}{10} \right)$$

式中： $E_{\text{lim}}$ ——基本误差的允许极限值 (V)；

$C$ ——等级指数，以百分数表示；

$X$ ——标度（测量）盘示值 (V)；

$U_n$ ——基准值 (V)，为各该量程内 10 的最高整数幂。

基本误差中包括残余零电势和残余热电势。

3 10min 补偿电势的漂移  $\leq \frac{0.7C}{100} X + \frac{0.5C}{100} \cdot \frac{U_n}{10}$

4 电位差计低频噪声的峰峰值

$$\leq \frac{0.2C}{100} X + \frac{0.3C}{100} \cdot \frac{U_n}{10}$$

5 电位差计的跟踪误差  $\leq \frac{0.01C}{100} X + \frac{0.1C}{100} \cdot \frac{U_n}{10}$

6 测量盘的非线性误差  $\leq \frac{0.5C}{100} \left( X + \frac{U_n}{10} \right)$ ，分数匝部分允许有微调（但调整每半年不能超过一次）。

7 测量盘示值变化时，引起初级电流的变化  $\leq \frac{0.1C}{100}$

8 测量回路开关动作后的热电势变化  $\leq 0.01 \mu\text{V}$ 。

9 电位差计初、次级电流调节应连续，调节范围不小于 ± 0.1%，调节细度  $\leq 0.1\%$ 。

10 0.0001 级以上电位差计初、次级回路与外壳的绝缘电阻不应低于 1GΩ；初、次级间绝缘电阻不应低于 2GΩ；0.0002 级以下的减半。

11 电源变压器初级与外壳之间应能承受 50Hz、1500V 的实际正弦波交流电压，历时 1min

的耐压试验而不被击穿。

12 0.0001 级以上电位差计输出电压中的纹波电压有效值 $\leq 1.0\% X_{\max}$ ，接滤波器后纹波电压 $\leq 0.1\% X_{\max}$ ；0.0002 级以下放宽一倍要求， $X_{\max}$ 为各该量程的测量上限。

13 电位差计初级电路最大对外输出电压 $\geq 7V$ 。

14 内附检流计指标：在无明显机械振动及外回路电阻为  $20\Omega$  时，0.0001 级以上电位差计的电压分度值  $C_V \leq 5nV/mm$ ，同时噪声电压的峰峰值 $\leq 10nV$ ，漂移电压 $\leq 5nV/min$ ；0.0002 级以下电位差计的  $C_V \leq 10nV/mm$ ，噪声与漂移的要求不变。

### 三 检 定 条 件

15 检定环境条件：在第 2 条规定的标准条件下检定。

16 周期检定所需设备

16.1 1h 电势相对漂移不大于 0.2C% 的内阻不超过  $500\Omega$  的标准电池若干只（电位差计每伏输出电压，使用电池 1 只；其恒流源备用电池 1 只），它们可以是：控温或保温精度不低于  $0.1^\circ C/24h$  的 0.01 级以上不饱和标准电池；或者是控温精度不低于  $0.01^\circ C/24h$  的 0.005 级以上饱和标准电池。

16.2 100~250V 的绝缘电阻测试仪（高阻计）或高阻电桥 1 台。

16.3 交流真有效值数字电压表 1 台。

16.4 满足第 14 条要求的指零仪 1 台（电位差计无内附检流计或内附检流计不合格时）。

### 四 检 定 项 目

17 检定项目见表 1

表 1

检 定 项 目	出厂时	修理后	周期检定
外观	+	+	+
绝缘电阻	+	+-	+
耐压试验	+	+-	-
初、次级工作电流调节范围、细度	抽检	+-	-
初、次级工作电流调节连续性	+	+-	+
初级最大输出电压	抽检	+-	-
测量盘示值变化时引起工作电流的变化	+	+-	+
跟踪误差	+	+-	+
补偿电动势的漂移	+	+-	+
低频噪声	+	+-	+
开关变化热电势	+	+-	+
测量盘线性度	+	+	+
纹波电压	+	+-	+
内附检流计指标	+	+-	+
整体校验	+	+	+

\* 与线性度无直接关系的修理只检 I、II 盘。

表中：“+”表示应予检定，“-”表示可以不检定，“+-”表示修理有关部分影响本项性能者应予检定，否则可以不检定。与量程因数有关的项目中，开关变化热电势在“×1”以下各量程都应检定；补偿电动势漂移在测量上限不低于2.1V的程都应检定；而线性度和低频噪声仅在最高量程检定即可。

## 五 检定方法

检定时可参考图2：UJ42型比较仪式电位差计自检线路图（其他型号的线路与此类同）。

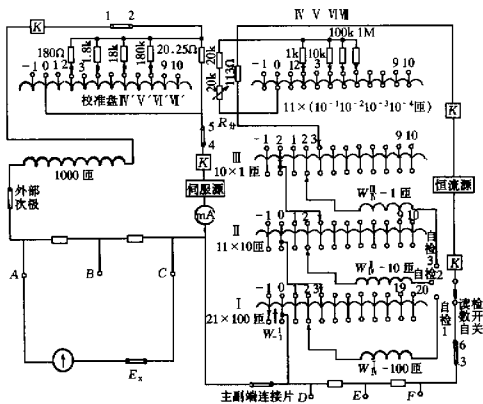


图2 UJ42型比较仪式电位差计自检线路图

### （一）外观与测量功能的检查

#### 18 外观检查

电位差计面板或铭牌上应有产品名称、型号、出厂编号、准确度等级、制造厂名称或商标、制造日期等。各旋钮、开关、端子应有保证正确使用的标志。外露部件应完好，按键应能锁定，旋转开关应能转到所有工作位置并定位准确。

除了新生产的电位差计要求全部完好外，当电位差计的外观缺欠不影响计量性能时应给予检定。

#### 19 测量功能的检查

将电位差计按正常使用方法连接好侧面端钮板上各端钮，开机后振荡器指示灯应发光，如果该指示灯不亮，应立即关机检查，故障排除（包括接线错误）后才能重新开机。高、低跟踪调好后，安匝平衡表指针应在允许刻度内，电位差计在零位电势输出状态应能调到零位（非新生产的电位差计在接通检流计正、反按键某一种的状态下能调零即可，但要在证书上注明），并应能调定工作电流，应用内部参考电压进行稳定性与电位差计准确度相适应的程变换，如果其稳定性低于它的准确度，则必须找出原因，排除故障后才能进行下面的检定。

## (二) 绝缘电阻的测量与耐压试验

### 20 绝缘电阻的测量

在标准温、湿度条件下稳定 24h 后, 去掉电位差计线路与外壳及初、次级间的连接片。用直流电压 100~250V 的绝缘电阻测量仪或高阻电桥, 分别测量初级电路与外壳上导电部件间、次级电路与外壳上导电部件间、初次级电路间的绝缘电阻。测量误差不得大于 20%。

### 21 线路绝缘强度试验

在标准温、湿度条件下稳定 24h 后, 将电源变压器初级绕组短路, 电源变压器次级绕组短路或与线路断开, 将高压试验器高电位端接该变压器初级绕组、低电位端接外壳上的导电部件, 施加 1500V、50Hz 实际正弦波电压历时 1min 试验, 电压上升及下降速率约为 100V/s, 不击穿为合格。

高压试验器的功率应满足 IEC 414 号出版物的有关要求, 击穿时其继电器动作电流为 5mA。

注: IEC 414 号文件规定: (高压) 试验装置的无负载电压先调到规定(试验)电压的 50%, 然后接上被试仪表, 如观察到电压的跌落不大于该电压的 10%, 则认为功率是足够的。

(三) 初、次级工作电流调节指标与示值变化引起工作电流变化的测量

### 22 初级工作电流调节范围、连续性和调节细度的检查

22.1 将本规程第 16.1 款规定的检定用标准电池按极性接在电位差计未知端上, 电位差计示值置于标准电池电动势值  $E_n$ , 各初级电流调节盘放在中间前进位置。按下测量  $\times 1$  和合适的检流计灵敏度按键, 使示值变化 1mV 时, 检流计偏格变化  $\Delta\alpha$  在 10mm 以上但不超出标尺, 然后将示值退回  $E_n$ , 转动各初级电流调节盘分别至两终端位置, 则检流计偏格的变化量不低于  $2\Delta\alpha$  为调节范围合格。

22.2 在上述状态及合适的检流计灵敏度下, 逐步转动每个初级电流调节盘至两终端位置, 则一盘中每步进产生的偏格数相等, 而且下一盘产生偏格数的总和不低于上一盘一个步进产生的偏格数时, 则初级电流调节的连续性合格。

22.3 按下检流计最灵敏键调定工作电流后, 转动初级电流调节盘最小改变量的  $n$  倍, 记下检流计的变化格数  $\Delta\alpha$ , 并由测量盘确定此时的电压常数  $C_V$ , 则  $\frac{C_V\Delta\alpha}{nE_n} \leq \frac{0.1C}{100}$  为调节细度合格。

23 转动次级各微调盘  $N_i$ , 重复上条 22.1, 22.2, 22.3 三步, 确定次级工作电流的调节范围、连续性和调节细度。

### 24 测量盘示值变化时引起初级工作电流变化的检查

24.1 初级带调定电阻的电位差计, 把检定用标准电池按极性接在电位差计标准端钮上, 按下相应的功能开关, 使该电池接在调定电阻上, 在最高灵敏度下用初级电流调节盘调定工作电流, 然后转动前三个测量盘从最小至最大示值, 找出检流计的最大变化格数  $\alpha_m$ , 则初级电流相对变化  $\gamma_1 = C_V\alpha_m/E_n$ 。

24.2 少数初级无调定电阻的电位差计(如 UJB-2 型), 可按图 3 的电路测量  $\gamma_1$ , 即在电位差计初级输出端串入几只恒温的低温度系数标准电阻, 使其总电阻  $R$  与初级电流  $I_p$  之积接近标准电池电动势。将标准电池和工作状态的低电动势电位差计的测量回路串联后, 接到串联电阻的电位端, 首先把低电动势电位差计示值置于  $(E_n - I_p R)$ , 再适当调整该示值, 使检流计指零, 然后同 24.1 款一样转动比较仪式电位差计前三盘进行检查。



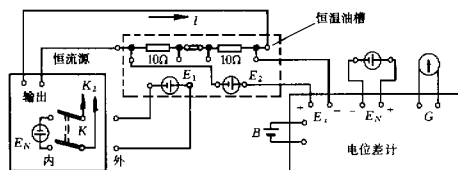


图 3

(四) 初级回路对外最大输出电压与补偿电动势中纹波电压的测量

#### 25 初级回路对外最大输出电压的测量

首先在电位差计初级输出端串入元件最大功率 $\geq 0.25\text{W}$ 的接触良好的电阻箱，将阻值预置于零，在 $2\text{V}$ 左右调电位差计测量盘示值，使次级电流表指在满刻度线上，逐步增加电阻箱示值，设保持该电流表指针不动的电阻箱示值为 $R$ ，初级电流为 $I_p$ ，则 $I_p R$ 为初级最大对外输出电压。

#### 26 纹波电压的测量

首先短路电位差计的检流计端钮，然后将交流真有效值数字电压表接在未知端钮上，按下检流计的最灵敏键，分别在电位差计滤波、未滤波两种状态下，电位差计最高量程的零示值和测量上限，用数字电压表测量电位差计纹波电压有效值。

(五) 磁势平衡系统与检流计系统指标的测量

#### 27 磁势平衡表（安匝平衡表、 $\mu\text{AT}$ 表）分度值 $C_{AT}$ 的确定

首先将测量盘示值置于零，测量端钮短路，然后调低跟踪旋钮，使 $\mu\text{AT}$ 表指针指在一条允许偏转的刻度线上，按下测量“ $\times 1$ ”和检流计最灵敏键，调节电位差计调零旋钮，使检流计指零。并调光电放大检流计反馈旋钮使电压分度值 $C_V = 4\text{nV/mm}$ ，再调低跟踪旋钮，使该指针指在另一条允许偏转的刻度线上，此时检流计偏转 $\alpha$ 格，则 $C_{AT} = \frac{C_V \alpha}{2}$  / 格，它应

$$\text{不大于 } \frac{0.01C}{100} X_{\max} + \frac{0.1C}{100} \cdot \frac{U_n}{10}。$$

#### 28 跟踪误差的测量

电位差计调好高、低跟踪后，将各整数匝测量盘示值置于零，第一分度匝盘置于最大示值。则从头至尾转动第 $I$ 盘时， $\mu\text{AT}$ 表指针不应超出允许刻度，从头至尾转动其余整数匝测量盘时，该指针偏离零位不应超出允许刻度的一半。

#### 29 内附检流计指标的测量

短路电位差计未知端钮，使检流计回路电阻为 $20\Omega$ ，示值为零，按下测量“ $\times 1$ ”及检流计最灵敏键，示值变化 $0.1\mu\text{V}$ ，调光电放大器反馈旋钮，使检流计偏转 $20\text{mm}$ （ $0.0001$ 级以上）或 $10\text{mm}$ （ $0.0002$ 级以下），则电压分度值 $C_V$ 为 $5\text{nV/mm}$ 或 $10\text{nV/mm}$ ，同时观察并记录 $10\text{min}$ 的漂移格数及最大抖动格数，它们与 $C_V$ 之积即为漂移电压和噪声电压。

#### 30 测量回路开关动作后变化热电动势的测量

在“ $\times 1$ ”以下各量程，调 $C_V = 4\text{nV/mm}$ ，在电位差计调零后按下检流计正、反按钮（电源不换向）测得检流计偏格数 $a_{G-}$ 和 $a_{G+}$ ，则热电动势 $e_T = C_V (a_{G+} - a_{G-}) / 2$ ，放开再按下作用着的按钮重测 $e_T$ 两次，则三次 $e_T$ 的最大变化应不大于 $0.01\mu\text{V}$ 。

## (六) 补偿电动势漂移与低频噪声的测量

### 31 测量上限时, 电动势漂移与低频噪声的测量

将恒流源的基准电压开关置于“内标准”位置, 将检定用标准电池几只串联后接于电位差计未知端钮, 其电动势之和接近电位差计测量上限, 关闭电位差计各活动盖板, 按正常使用开机, 按规定时间预热并校准后, 调电位差计示值为  $X_m$  时与标准电池电动势平衡, 并调  $C_V = 0.1 \mu\text{V}/\text{mm}$  或  $1 \mu\text{V}/\text{mm}$  ( $10\text{V}$  量程)。然后, 每  $10\text{min}$  记录一次检流计偏格数 (如检流计开路时有零点漂移应予扣除或调回零位) 和抖动格数, 共记录四次, 则任一  $10\text{min}$  的最大变化格数  $a_i$  与  $C_V$  之积即为测量上限的漂移电动势, 其最大抖动格数  $a_m$  与  $C_V$  之积, 即为测量上限的噪声电动势, 它们分别不大于  $\frac{0.7C}{100} X_m$  和  $\frac{0.2C}{100} X_m$  时为合格。

如果内接标准电池时漂移超过规定值, 可将恒流源外接备用的检定用标准电池重新测量, 这时如果合格, 则此项指标仍为合格。但要在检定证书上注明: 补偿电动势漂移在恒流源外接标准电池时合格, 必须更换内附标准电池。

### 32 零示值时电势漂移与低频噪声的测量

将测量端钮短路, 调  $C_V = 4\text{nV}/\text{mm}$ , 再调电位差计调零旋钮使检流计指零, 同样每  $10\text{min}$  记录一次检流计偏格数和抖动格数共四次, 并找出  $a_i$  和  $a_m$ , 则零示值时电动势漂移  $a_i C_V$  和噪声  $a_m C_V$  分别不大于  $\frac{0.5C}{100} \cdot \frac{U_n}{10}$  和  $\frac{0.3C}{100} \cdot \frac{U_n}{10}$  为合格。

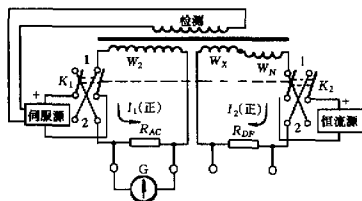


图 4

## (七) 测量盘线性度的自检与计算

线性度自检是由各绕组的一系列等值比较来完成的, 包括盘内比较和盘间过渡。方法是两个标称值相同的绕组在初级回路反向串联, 并通过初级额定电流, 用确定其安匝差在测量电阻上产生的电压降的方法测量其差值, 并计算出其比值, 示意图见图 4。为了使一定的安匝差产生尽可能大的电压降, 应在最高量程因数下

自检。

### 33 自检前的准备

将电位差计未知端钮用清洁的紫铜线 (片) 短路, 测量盘示值为零, 接通电源预热。

预热  $2\text{h}$  后, 调检流计反馈旋钮使  $C_V = 4\text{nV}/\text{mm}$  (当在量程因数 “ $\times 10$ ” 下自检时,  $C_V$  可酌情降低), 再调好电位差计零位, 并规定在电源正极性时, 测量盘示值增加使检流计偏转的方向为 “+” (即自检时 被测匝数大于参考匝数), 另一方向为 “-”。并且电源负极性时, 上述规定方向不变, 即检流计零点一侧恒为 “+”、另一侧恒为 “-”。

### 34 整数匝测量盘的盘内比较

将高跟踪旋钮逆时针转到头, 以消除手动跟踪。将测量/自检开关置于自检 1, 对第 1 测量盘自检: 示值为零时, 1 盘 -1-0 绕组与 1 盘参考绕组反串, 即 -1 示值与参考标准比较, 按下最高量程测量和检流计最灵敏键, 在电源正、负两个极性, 分别读取检流计偏格数  $a_{1+}^1$ 、 $a_{1-}^1$ , 然后 1 盘置于 1, 则 1 示值与参考标准比较, 得检流计读数  $a_{1+}^1$ 、 $a_{1-}^1$ , 顺次增加 1 盘示值直至最大, 同样在每个示值  $i$  下读取检流计偏格数  $a_{i+}^1$ 、 $a_{i-}^1$ 。

再将测量/自检开关分别置于自检的其余位置,用各盘的参考绕组与该盘每个绕组比较,同上读取各示值的检流计偏格数  $\alpha_{j+}^i$ 、 $\alpha_{j-}^i$ , 则被检示值与参考标准的差值电压  $\Delta_i^j = \frac{1}{2} \times (\alpha_{j+}^i - \alpha_{j-}^i) C_V$ , 式中  $j$  为测量盘盘数。

### 35 分数匝测量盘的盘内比较

不共用绕组的分数匝测量盘(如 UJB-2 电位差计第 IV 盘)单独进行盘内比较。共用绕组的分数匝盘只进行步进电压最大盘的盘内比较,因为分流电阻的误差不会影响盘内比较的结果,它们盘内比较的结果是相等的。

**35.1** 分数匝盘没有单独的参考绕组,它是用下一盘 10 个示值之和做为参考标准与该盘各示值进行等值比较的,但由于它们的磁势是同一方向,所以要按使用说明书将次级回路分数匝反向转移到初级回路,并在以后保持二者匝数相等,以维持初级磁势的标称值为零。

测量/自检开关置于测量位置,示值为零时调电位差计调零旋钮使检流计指零,然后进行分数匝微调——最小整数匝盘置于 -1 示值(无 -1 示值的用参考匝),下一盘置于 10 示值,调分数匝微调电位器使检流计重新指零。

**35.2** 以下一盘 10 个示值之和为参考标准,对上一盘各示值进行递增置换法检定:测量盘  $j$ 、 $j+1$  盘及次级与  $j$  盘步进值相等的  $j'$  盘示值按附录表 2 的规律一一置出。在电源正、负极性时读取检流计偏格数  $\alpha_{j+}^i$ 、 $\alpha_{j-}^i$  (含参考标准时)和  $\alpha_{j'+}^i$ 、 $\alpha_{j'-}^i$  (含被检示值时),其平均值分别为  $\overline{\alpha_j^i} = \frac{1}{2} (\alpha_{j+}^i + \alpha_{j-}^i)$  和  $\overline{\alpha_{j'}^i} = \frac{1}{2} (\alpha_{j'+}^i + \alpha_{j'-}^i)$ , 则被检示值与参考标准的差值电压  $\Delta_i^j = (\overline{\alpha_{j'}^i} - \overline{\alpha_j^i}) C_V$ 。

如果检流计光标有较大偏转,应使次级(或初级)增加或减少几个最小步进,以便使检流计基本回零,但这必须在一个示值置换过程之外,即在两个示值之间进行。

### 36 盘间过渡

#### 36.1 有 -1 示值的电位差计的盘间过渡

在电位差计的正常测量状态,示值为零,短路未知端钮,调好电位差计零位,  $C_V$  仍为  $4nV/mm$ , 然后  $j-1$  盘置 -1 示值,  $j$  盘置 10 示值,在电源正、负极性时读取检流计偏格数各两次,电源正极性时偏格平均值为  $\overline{\alpha_{j-}^i}$ , 负极性时为  $\overline{\alpha_{j-}^i}$ , 则  $j$  盘 10 个示值之和对  $j-1$  盘 -1 示值的差值电压  $\Delta_2^j = \frac{1}{2} (\overline{\alpha_{j+}^i} - \overline{\alpha_{j-}^i}) C_V$ 。

#### 36.2 无 -1 示值的电位差计的盘间过渡

整数匝盘,在  $j-1$  盘自检状态下,将  $j$  盘示值置于 10,其余盘示值仍为零,用  $j-1$  盘参考绕组与它们直接比较两次,同上得电源正、负极性时的单极性读数的平均值为  $\overline{\alpha_{j+}^i}$ 、 $\overline{\alpha_{j-}^i}$ ; 分数匝盘,采用分数匝盘盘内比较的前两步,即借助于  $(j-1)$  盘 +1 示值的反磁势,将  $j$  盘 10 个示值之和与  $j-1$  盘 +1 示值比较两次,得到前者大于后者的平均读数为  $\overline{\alpha_{j+}^i}$ 、 $\overline{\alpha_{j-}^i}$ 。

本项两种情形的差值电压的计算同 36.1,但为了区别起见,其差值电压分别以  $\Delta_{2+}^j$  和  $\Delta_{2-}^j$  表示。显然,凡是已进行过盘内比较的分数匝盘,不必再单独进行本盘与下一盘的盘间过渡,因为  $\Delta_{2+}^j = -\Delta_1^{j-1}$ 。

### 37 以 1V 为校准点计算线性度

因为非线性误差在比较仪式电位差计总误差中不占主导地位,用自检得出的线性度修正值修正电位差计没有实际意义,所以为了简化计算,我们以 1V 而不是 1.0186V 为线性度基准

点,因此 1V 示值的非线性误差为零。这也和国际上的通常情况一致。

### 37.1 $j$ 盘 $i$ 示值 $U_j^i$ 与该盘 10 个示值之和的比值 $K_j^i$ 的相对修正值 $P_j^i$ 的计算

按附录表 1、表 2 的自检计算表格进行,即先根据盘内比较时得到的  $U_j^i$  与参考标准的差值电压  $\Delta_j^i$  求出其相对差值  $\delta_j^i = \Delta_j^i / U_j^i$ ,  $U_j^i$  为  $j$  盘步进电压,则

$$P_j^i = \delta_j^i - 0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta_j^i$$

注意,  $\sum_{i=1}^{10} P_j^i = 0$ , 可用于核验计算正确与否。

### 37.2 $j$ 盘 10 个示值之和的相对修正值 $Q_{\Sigma}^j$ 的计算

按附录表 3 的盘间过渡表格进行,对用  $-1$  示值过渡的,先根据盘间过渡时  $j$  盘 10 个示值之和对  $j-1$  盘  $-1$  示值的差值电压  $\Delta_{\Sigma}^j$  求出其相对差值  $\delta_{\Sigma}^j = \Delta_{\Sigma}^j / U^{j-1}$ ,  $U^{j-1}$  为  $j-1$  盘步进电压,然后利用  $Q_{\Sigma}^j = 0$  (线性度基准点) 和 37.1 款中已经求出的  $P_{j-1}^i$ , 根据

$$Q_{\Sigma}^j = Q_{\Sigma}^{j-1} + P_{j-1}^i + \delta_{\Sigma}^j$$

先求出  $Q_{\Sigma}^j$ , 再求出  $Q_{\Sigma}^{j+1}$ , 即顺次求出各  $Q_{\Sigma}^j$ 。

对无  $-1$  示值而用参考匝和  $+1$  示值过渡的

$$Q_{\Sigma}^j = Q_{\Sigma}^{j-1} + P_{N-1}^i + \delta_{\Sigma N}^j$$

和

$$Q_{\Sigma}^j = Q_{\Sigma}^{j-1} + P_1^i + \delta_{\Sigma+}^j$$

式中:  $P_{N-1}^i = -0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta_{i-1}^i$

$$\delta_{\Sigma N}^j = \Delta_{\Sigma N}^j / U^{j-1}$$

$$\delta_{\Sigma+}^j = \Delta_{\Sigma+}^j / U^{j-1}$$

### 37.3 线性度修正值的计算

因为  $U_j^i = K_j^i \sum_{i=1}^{10} U_j^i$ , 所以  $U_j^i$  本身的相对修正值  $\delta U_j^i = P_j^i + Q_{\Sigma}^j$ , 如果 I、II 盘的各  $\delta U_j^i \leq 0.5C\%$ , 则 I、II 盘的线性度必定合格, 这是 I、II 盘线性度合格的简易判断法 (有的  $\delta U_j^i > 0.5C\%$ , I、II 盘线性度不一定不合格)。

$j$  盘  $i$  示值本身  $U_j^i$  的非线性修正电压

$$\Delta U_j^i = U_j^i (P_j^i + Q_{\Sigma}^j)$$

共用一个绕组的分数匝盘, 每个盘的  $P$  值都用其步进电压最大的盘的已知  $P$  值代入。

$j$  盘累加非线性修正电压

$$\sum_0^n \Delta U_j^i = \sum_0^n U_j^i (P_j^i + Q_{\Sigma}^j)$$

这里  $U_j^i$  为代数, 即  $n = -1$  时, 步进电压为负。

上述公式概括为:  $j$  盘  $i$  示值本身的非线性修正电压等于  $j$  盘  $i$  示值对其 10 个示值之和的比值的相对修正值与  $j$  盘 10 个示值之和的相对修正值加起来再乘以  $j$  盘步进电压。而  $j$  盘 10 个示值之和的相对修正值等于  $j-1$  盘 10 个示值的相对修正值、 $j-1$  盘  $-1$  (参考、 $+1$ ) 示值与其 10 个示值之和的比值的相对修正值、 $j$  盘 10 个示值之和对  $j-1$  盘  $-1$  (参考、 $+1$ ) 示值的相对差值三者之和, 其中 I 盘 10 个示值之和的相对修正值为零。

允许用其他确实正确无误的公式计算线性度, 但本公式最简单、概念最明确, 若计算数据

有争议时,应以本规程规定的计算方法为准。

### 38 以 1.0186V 为线性度基准点时的修正值换算

如有特殊需要,一定要以 1.0186V 为线性度基准点,求出线性度修正值时,可按下式换算:

$$\sum_0^n \Delta U_{i,1.0186} = \sum_0^n \Delta U_i - \delta_s X$$

式中:  $\sum_0^n \Delta U_{i,1.0186}$ ——以 1.0186V 为基准点时的线性度修正值;

$X$ ——测量盘示值;

$\delta_s$ ——以 1V 为基准点时, 1.0186V 的相对修正值,  $\delta_s = \Delta U_i / 1.0186V$ ,  
 $\Delta U_i$  为由修正值表中查出的 1.0186V 的修正值。

因为  $\delta_s$  很小,所以 III 盘以下根本无换算的必要。

### 39 线性度自检结果的化整与判断

化整原则是:按  $\frac{0.1C}{100} \times U$  和  $0.1\Delta U$  两者中较大者进行化整,中间计算数据要多一位,

$\Delta U$  为测量盘最小步进电压。用化整后的数据编制线性度修正值表。

以化整后的数据为准,用线性度允差公式,判断其是否合格。

#### (八) 整体核算

上述检定是在仪器的非正常使用状态下进行的,所以必须做工作状态下的整体核算。

### 40 标准电池法整体核算

取检定用标准电池  $m$  只,同向串联。它们的电动势之和接近电位差计最高量程的测量上限,用电位差计测得其电动势为  $\sum_1^m E'_i$ ; 电位差计量程不变,再分别测得每个电池的电动

势为  $E_1, E_2, \dots, E_m$ , 最后再测得串联电动势为  $\sum_1^m E_i$ , 则

$$\frac{E_1 + E_2 + \dots + E_m - \frac{1}{2} \left( \sum_1^m E'_i + \sum_1^m E_i \right)}{E_1 + E_2 + \dots + E_m} \leq C\%$$

为整体核算合格,否则,整体核算不合格。

允许用误差率不大于 0.3C% 的其他方法进行整体核算。

### 41 整体核算结果的处理

电位差计的各项指标的分项检定都满足本规程的技术要求时,则电位差计误差不大于允许误差,电位差计分项检定合格。

分项检定结论与整体核算结果一致时,检定结束;分项检定合格而整体核算不合格时,必须找出原因,重做某些项目的检定或重做整体核算,直至二者一致为止;分项检定结论不合格而整体核算合格时,仍认为电位差计不合格,因为整体核算不一定能体现出电位差计所有的误差因素。

## 六 检定结果的处理与检定周期

42 从交货检定日起一年内,即保证期内检定时,所考核的各项指标都符合本规程的技术要求时,电位差计合格;有一项不合格者,电位差计不合格。进口电位差计的验收检定按其本身的技术指标确定是否合格。

#### 43 保证期外检定结果的处理

43.1 各项指标都符合本规程要求，电位差计合格。

43.2 电势漂移的（与示值有关的）可变量和测量盘线性度，有一项不合格，电位差计即不合格。其余指标有一、二项不合格但不超过规程规定指标的一倍者（绝缘电阻不小于规定值的一半），仍认为电位差计合格，但要在证书中注明哪些指标不合格。

43.3 如果有三项以上指标不合格，或者虽然一、二项指标不合格但超过规定值一倍时（绝缘电阻小于规定值的一半），电位差计不合格。不合格的电位差计允许降级使用，但必须符合所降等级的所有要求。

44 电位差计合格，发给检定证书；不合格发给检定结果通知书，并注明不合格的原因。证书或通知书上要给出各项检定的数据，其中线性度要给出修正值表。

45 检定周期一般不得超过一年，但线性度可以每三年全检一次，其余两年可以只检 I、II 盘线性度，III 盘以下可以引用三年有效期内的原证书或通知书上的线性度修正值，为了考察年稳定性，送检时必须携带上一次检定证书或检定结果通知书。

### 附录 1 线性度自检表格

表 1-1 整数匝测量盘的线性度自检表

被检示值	G 偏格数		$\Delta I = \frac{1}{2} (a_+ - a_-) C_V$ (nV)	$\delta I = \Delta I / U^P$ ( $\times 10^{-7}$ )	$P_1 = \delta I - 0.1 \sum_1^{10} \delta I$ ( $\times 10^{-7}$ )	$\Delta U_1^P = U^P (P_1 + Q_2)$ (nV)	$\sum_0^n \Delta U_1^P$ ( )
	$a_+$	$a_-$					
-1							
1							
2							
3							
4							
.....							

$$C_V = \text{ nV/mm} \quad 0.1 \sum_1^{10} \delta I = \quad Q_2 =$$

表 1-2 分数匝测量盘的线性度自检表

被检示值	有关盘示值			G 偏格数		$\bar{a}_+ = \frac{1}{2} (a_+^+ - a_+^-)$ $\bar{a}_- = \frac{1}{2} (a_-^+ - a_-^-)$	$\Delta I = (a_x - a_x) C_V$ (nV)	$\delta I = \Delta I / U^P$ ( $\times 10^{-7}$ )	$P_1 = \delta I - 0.1 \sum_1^{10} \delta I$ ( $\times 10^{-7}$ )	$\Delta U_1^P = U^P (P_1 + Q_2)$ (nV)	$\sum_0^n \Delta U_1^P$ ( )
	$j$	$j+1$	$j'$	$a_+^+ / a_x^+$	$a_+^- / a_x^-$						
-1'											
1	0	10	1								
	1	0	1								
2	1	10	2								
	2	0	2								

续表

被检示值	有关盘示值			G 偏格数		$\bar{a}_r = \frac{1}{2}$ $(a_r^+ - a_r^-)$ $\bar{a}_x = \frac{1}{2}$ $(a_x^+ - a_x^-)$	$\Delta \delta_i = (a_x - a_r) C_V$ $(nV)$	$\delta_i' = \Delta \delta_i / U^j$ $(\times 10^{-4})$	$\rho_i' = \delta_i' - 0.1 \sum_1^{10} \delta_i'$ $(\times 10^{-4})$	$\Delta U_i^j = U^j (P_i^+ + Q_i^+)$ $(nV)$	$\sum_0^{\pi} \Delta U_i^j$ $( )$
	j	j+1	j'	$a_i^+ / a_i^+$	$a_i^- / a_i^-$						
3	2	10	3								
	3	0	3								
4	3	10	4								
	4	0	4								
.....											
10	9	10	10								
	10	0	10								

\*  $\Delta U_{-1} = -\Delta U_1^1$ , 由盘间过渡给出

$$C_V = nV/mm \quad 0.1 \sum_1^{10} \delta_i' = Q_2^+$$

表 1-3 盘间过渡表格\*

 $C_V = nV/mm$ 

被过渡盘数 j	G 偏格数				$\Delta U_j^j = \frac{1}{2} (\bar{a}_+ - \bar{a}_-) C_V$ $(nV)$	$\delta_j^j = \Delta U_j^j / U^{j-1}$	$P_{-1}^{j-1} \dots$	$Q_2^+ = Q_2^{j-1} + P_{-1}^{j-1} + \delta_j^j$
	$a_-$	$a_+$	$\bar{a}_+$	$\bar{a}_-$				
II								
III								
IV								
V								
VI								
VII								

\* 表中部分符号是针对用 -1 示值过渡的, 如用参考匝或 +1 示值过渡时, 表的格式不变, 只把表中有关符号做相应改动即可。

\*\*  $P_{-1}^{j-1}$  之值由表 1、表 2 抄入。几个盘共用绕组时, 各盘  $P_{-1}^{j-1}$  之值均以其最大盘已知的  $P_{-1}^{j-1}$  代入。

表 1-4 不进行盘内比较的分数量测量盘的线性度计算表

j =

被检 示值	$P_i^*$ ( $\times 10^{-4}$ )	$\Delta U_i^{j+1} = U^{j+1}(P_i^* + Q_2^{j+1})$ (nV)	$\sum_0^9 \Delta U_i^{j-1}$ ( )	$\Delta U_i^{j+2} = U^{j+2}(P_i^* + Q_2^{j+2})$ (nV)	$\sum_0^9 \Delta U_i^{j-2}$ ( )	$\Delta U_i^{j+3} = U^{j+3}(P_i^* + Q_2^{j+3})$ (nV)	$\sum_0^9 \Delta U_i^{j-3}$ ( )
-1							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

\*  $j, j+1, j+2, j+3$  盘共用绕组,  $P_i^*$  之值由表 2 抄入

$$Q_2^{j+1} = \quad Q_2^{j+2} = \quad Q_2^{j+3} =$$

## 附录 2 线性度自检计算公式的推导

## 1 用参考绕组 (含非单独的参考绕组) 比较的测量盘的公式推导

按自检中基准点电压 (1V) 的真正传递程序, 先求出各盘 10 个示值之和的相对修正值, 然后以它们为基础, 求出各示值的修正值。

设  $U_i^j$ 、 $\Delta U_i^j$  分别为  $j$  盘  $i$  步进本身的电压实际值和修正值,  $K_i^j$  为  $j$  盘  $i$  步进本身与  $j$  盘 10 个示值之和的比值,  $P_i^j$  为其相对修正值,  $U^j$  为  $j$  盘步进电压,  $U_N^j$  为  $j$  盘参考绕组 (包括非单独的参考绕组) 的“电压实际值”,  $\delta_i^j$  为  $j$  盘  $i$  步进对参考绕组的相对修正值。

$$K_i^j = \frac{U_i^j}{\sum_1^{10} U_i^j} = \frac{U_N^j(1 + \delta_i^j)}{U_N^j \sum_1^{10} (1 + \delta_i^j)} = \frac{1}{10} \cdot \frac{1 + \delta_i^j}{1 + 0.1 \sum_1^{10} \delta_i^j}$$

$$= 0.1 \left( 1 + \delta_i^j - 0.1 \sum_1^{10} \delta_i^j \right)$$

$$\text{又} \quad K_i^j = 0.1(1 + P_i^j)$$

$$\text{所以} \quad P_i^j = \delta_i^j - 0.1 \sum_1^{10} \delta_i^j$$

同理可证,  $j$  盘参考绕组对  $j$  盘 10 个示值之和的比值的相对修正值  $P_N^j = -0.1 \sum_1^{10} \delta_i^j$

$$\text{则} \quad U_i^j = K_i^j \sum_1^{10} U_i^j = 0.1(1 + P_i^j) \sum_1^{10} U_i^j$$

设  $Q_2^j$  为  $j$  盘 10 个示值之和的相对修正值, 即  $\sum_1^{10} U_i^j = 10U^j(1 + Q_2^j)$ , 因为 1V 为线



性度基准点, 所以  $Q_{\Sigma}^1 = 0$ , 设  $\delta_{\Sigma}^j$  为  $j$  盘 10 个示值之和对  $j-1$  盘  $-1$  示值的相对修正值, 由用  $-1$  示值过渡的盘间过渡可知:

$$\begin{aligned}\sum_1^{10} U_i^j &= (1 + \delta_{\Sigma}^j) U_i^{j-1} = 0.1(1 + \delta_{\Sigma}^j)(1 + P_{i-1}^{-1}) \sum_1^{10} U_i^{j-1} \\ &= 0.1(1 + \delta_{\Sigma}^j + P_{i-1}^{-1}) \cdot 10U^{j-1}(1 + Q_{\Sigma}^{j-1}) \\ &= U^{j-1}(1 + \delta_{\Sigma}^j + P_{i-1}^{-1} + Q_{\Sigma}^{j-1}) \\ \sum_1^{10} U_i^j &= 10U^j(1 + Q_{\Sigma}^j), 10U^j = U^{j-1}\end{aligned}$$

所以  $Q_{\Sigma}^j = Q_{\Sigma}^{j-1} + P_{i-1}^{-1} + \delta_{\Sigma}^j$

无  $-1$  示值时, 盘间过渡由参考绕组和  $+1$  示值来完成, 设  $\delta_{\Sigma N}^j$ 、 $\delta_{\Sigma+}^j$  分别为  $j$  盘 10 个示值之和对  $j-1$  盘参考绕组和  $+1$  示值的相对修正值, 同理可证

$$\begin{aligned}Q_{\Sigma}^j &= Q_{\Sigma}^{j-1} + P_{i-1}^{-1} + \delta_{\Sigma N}^j \\ Q_{\Sigma}^j &= Q_{\Sigma}^{j-1} + P_{i-1}^{-1} + \delta_{\Sigma+}^j\end{aligned}$$

即  $j$  盘 10 个示值之和的相对修正值可由  $j-1$  盘 10 个示值之和的相对修正值 ( $I$  盘此修正值为零) 和盘间过渡的有关数据导出。

所以  $U_i^j = U^j + \Delta U_i^j = 0.1(1 + P_i^j) \sum_1^{10} U_i^j$

$$\begin{aligned}&= 0.1(1 + P_i^j) \cdot 10U^j(1 + Q_{\Sigma}^j) \\ &= U^j(1 + P_i^j + Q_{\Sigma}^j)\end{aligned}$$

则  $\Delta U_i^j = U^j(P_i^j + Q_{\Sigma}^j)$

## 2 不进行盘内比较的分数匝测量盘的公式推导

由上面公式可知, 计算修正值要知道  $P$ 、 $Q$  之值, 而  $Q$  值已由盘间过渡给出, 所以只要求出不进行盘内比较的测量盘的  $P$  值, 即可应用上面的公式。设  $j$ 、 $j+1$ 、 $\dots$ 、 $j+m$  盘共用一组绕组  $W^j$ , 各盘中的电流分别为  $i^j$ 、 $i^{j+1}$ 、 $\dots$ 、 $i^{j+m}$ ,  $j$  盘已进行过盘内比较, 则

$$\begin{aligned}K_i^j &= \frac{U_i^j}{\sum_1^{10} U_i^j} = \frac{i^j W_i^j}{i^j \sum_1^{10} W_i^j} = 0.1(1 + P_i^j) \\ K_i^{j+1} &= \frac{U_i^{j+1}}{\sum_1^{10} U_i^{j+1}} = \frac{i^{j+1} W_i^{j+1}}{i^{j+1} \sum_1^{10} W_i^{j+1}} = 0.1(1 + P_i^{j+1}) \\ &\dots\dots\end{aligned}$$

则  $K_i^j = K_i^{j+1} = \dots = K_i^{j+m} = 0.1(1 + P_i^j)$

即共用绕组的测量盘中, 各盘的某示值对该盘 10 个示值之和的比值是相等的, 其相对修正值等于已知的  $P_i^j$ 。

所以  $\Delta U_i^{j+m} = U^{j+m}(P_i^j + Q_{\Sigma}^{j+m})$

## 3 以 1.0186V 为线性度基准点时, 换算公式的推导。

以 1V 为基准点时, 1.0186V 的修正值为  $\Delta U_i$  (可由修正值表查出), 其相对修正值  $\delta_i = \Delta U_i / 1.0186$ , 则 1V 示值对 1.0186V 示值的实际比值是  $1/1.0186(1 + \delta_i)$ , 它是不随基准点改变而改变的。当基准点改为 1.0186V 时, 各符号加下脚标 1.0186 区别之, 如 1V 示

值的实际值为  $\sum_1^{10} U_{i,1.0186}^j$

$$\frac{\sum_1^{10} U_{i,1.0186}^j}{1.0186} = \frac{1}{1.0186(1 + \delta_s)}$$

$$\sum_1^{10} U_{i,1.0186}^j = (1 - \delta_s) V$$

则以 1.0186V 为基准点时, 原 1V 基准点的相对修正值为  $-\delta_s$ , 即  $Q_{2,1.0186}^j = -\delta_s$ ,

则

$$Q_{2,1.0186}^j = Q_{2,1.0186}^j + Q_{2,1.0186}^j = Q_{2,1.0186}^j - \delta_s$$

所以

$$\begin{aligned} \sum_0^n \Delta U_{i,1.0186}^j &= \sum_0^n U^j (P_i^j + Q_{2,1.0186}^j) \\ &= \sum_0^n U^j (P_i^j + Q_{2,1.0186}^j - \delta_s) = \sum_0^n \Delta U_i^j - n U^j \delta_s \\ &= \sum_0^n \Delta U_i^j - \delta_s X \end{aligned}$$

### 附录 3 线性度计算实例

为了使大家正确掌握计算公式与自检表格, 今以 UJ47 (UJB-1) 型比较仪式电位差计 003 号的 1977 年的自检读数为例, 按本规程的计算公式与表格重新算出修正值以供参考。

为了和以前用的其他公式与表格计算出的修正值比较, 本例多取一位数据; 又因为原读数时  $C_V = 5\text{nV/mm}$  而不是本规程规定的  $4\text{nV/mm}$ , 所以当检流计平均偏格数出现小数时, 中间数据要多出一、二位, 很不方便, 今后自检时一律取  $C_V = 4\text{nV/mm}$ ; 另外, 由于 IV 盘盘内比较时没换向, 所以本例只好用单向数据代替平均值了。

最后将《直流电流比较仪电位差计》一文 (黑龙江省计量管理处编著, 南宁直流比较仪式仪器学术交流会资料, 1977 年) 69~75 页该电位差计用另外的公式计算的未化整的线性度修正值列入本修正值表进行对照, 可以看出, 二者修正值的最大差值仅  $1\text{nV}$ , 这完全是数据取舍造成的, 同时证明了本规程计算公式的正确性。

表 3-1 整数匝测量盘的线性度自检表

$j = 1$

被检示值	G 偏格数		$\Delta_i^j = \frac{1}{2} (a_+ - a_-) C_V$ (nV)	$\delta_i^j = \Delta_i^j / U^j$ ( $\times 10^{-8}$ )	$P_i^j = \delta_i^j - 0.1 \sum_1^{10} \delta_i^j$ ( $\times 10^{-8}$ )	$\Delta U_i^j = U^j (P_i^j + Q_{2,1.0186}^j)$ (nV)	$\sum_0^n \Delta U_i^j$ (nV)
	$a_+$	$a_-$					
-1	0	3	-7.5	-7.5	-3.7	-3.7	4
1	-4	-3	-2.5	-2.5	1.2	1.2	1
2	-3	-2	-2.5	-2.5	1.2	1.2	2
3	-3	-2	-2.5	-2.5	1.2	1.2	4
4	-3	-2	-2.5	-2.5	1.2	1.2	5
5	-4	-1	-7.5	-7.5	-3.7	-3.7	1
6	-4	-1	-7.5	-7.5	-3.7	-3.7	-3
7	-4	-2	-5.0	-5.0	-1.2	-1.2	-4

续表

被检示值	G 偏格数		$\Delta_i' = \frac{1}{2} (\alpha_+ - \alpha_-) C_V$ (nV)	$\delta_i' = \Delta_i' / U^p$ ( $\times 10^{-8}$ )	$P_i^p = \delta_i' - 0.1 \sum_1^{10} \delta_i'$ ( $\times 10^{-8}$ )	$\Delta U_i^p = U^p (P_i^p + Q_2^p)$ (nV)	$\sum_0^9 \Delta U_i^p$ (nV)
	$\alpha_+$	$\alpha_-$					
8	-5	-4	-2.5	-2.5	1.2	1.2	-3
9	-5	-3	-5.0	-5.0	-1.2	-1.2	-4
10	-4	-4	0	0	3.8	3.8	0

$$C_V = 5\text{nV/mm} \quad 0.1 \sum_1^{10} \delta_i' = -3.75 \times 10^{-8} \quad Q_2^p = 0$$

表 3-2 整数匝测量盘的线性度自检表

j = II

被检示值	G 偏格数		$\Delta_i' = \frac{1}{2} (\alpha_+ - \alpha_-) C_V$ (nV)	$\delta_i' = \Delta_i' / U^p$ ( $\times 10^{-7}$ )	$P_i^p = \delta_i' - 0.1 \sum_1^{10} \delta_i'$ ( $\times 10^{-7}$ )	$\Delta U_i^p = U^p (P_i^p + Q_2^p)$ (nV)	$\sum_0^9 \Delta U_i^p$ (nV)
	$\alpha_+$	$\alpha_-$					
-1	-11	-10	-2.5	-2.5	-2.8	-3.9	4
1	-10	-10	0	0	-0.2	-1.3	-1
2	-8	-8	0	0	-0.2	-1.3	-3
3	-8	-9	2.5	2.5	2.2	1.1	-2
4	-7	-8	2.5	2.5	2.2	1.1	0
5	-8	-9	2.5	2.5	2.2	1.1	1
6	-7	-6	-2.5	-2.5	-2.8	-3.9	-3
7	-6	-7	2.5	2.5	2.2	1.1	-2
8	-7	-8	2.5	2.5	2.2	1.1	-1
9	-9	-8	-2.5	-2.5	-2.8	-3.9	-5
10	-7	-5	-5.0	-5.0	-5.2	-6.3	-11

$$C_V = 5\text{nV/mm} \quad 0.1 \sum_1^{10} \delta_i' = 0.25 \times 10^{-7} \quad Q_2^p = -1.1 \times 10^{-7}$$

表 3-3 整数匝测量盘的线性度自检表

j = III

被检示值	G 偏格数		$\Delta_i' = \frac{1}{2} (\alpha_+ - \alpha_-) C_V$ (nV)	$\delta_i' = \Delta_i' / U^p$ ( $\times 10^{-6}$ )	$P_i^p = \delta_i' - 0.1 \sum_1^{10} \delta_i'$ ( $\times 10^{-6}$ )	$\Delta U_i^p = U^p (P_i^p + Q_2^p)$ (nV)	$\sum_0^9 \Delta U_i^p$ (nV)
	$\alpha_+$	$\alpha_-$					
-1	-6	-7	2.5	2.5	1.2	-0.1	0
1	-7	-8	2.5	2.5	1.2	-0.1	0
2	-5	-7	5.0	5.0	3.8	2.5	2
3	-5	-7	5.0	5.0	3.8	2.5	5
4	-9	-8	-2.5	-2.5	-3.8	-5.1	0
5	-9	-8	-2.5	-2.5	-3.8	-5.1	-5
6	-9	-9	0	0	-1.2	-2.5	-8
7	-8	-10	5.0	5.0	3.8	2.5	-5
8	-9	-9	0	0	-1.2	-2.5	-8
9	-10	-9	-2.5	-2.5	-3.8	-5.1	-13
10	-9	-10	2.5	2.5	1.2	-0.1	-13

$$C_V = 5\text{nV/mm} \quad 0.1 \sum_1^{10} \delta_i' = 1.25 \times 10^{-6} \quad Q_2^p = -1.3 \times 10^{-6}$$

表 3-4 分数匝测量盘的线性度自检表

j = IV

被检示值	有关盘示值			G 偏格数		$\bar{a}_i = \frac{1}{2}$ ( $a_i^+ - a_i^-$ ) $\bar{a}_v = \frac{1}{2}$ ( $a_i^+ - a_i^-$ )	$\Delta_i(\bar{a}_i - \bar{a}_v) C_V$ (nV)	$\delta_i = \Delta_i / L^p$ ( $\times 10^{-3}$ )	$P_i^* = \delta_i - 0.1 \sum_{j=1}^{10} \delta_j^*$ ( $\times 10^{-5}$ )	$\Delta L_i^* = L^p (P_i^* + Q_2^*)$ (nV)	$\sum_{i=0}^n \Delta L_i^*$ (nV)
	j	j+1	j'	$a_i^+ / a_i^-$	$a_i^- / a_i^+$						
-1*							-4	-4	22	22	-22
1	0	10	1	0			-25	-25	1	1	1
	1	0	1	-5							
2	1	10	2	0			-40	-40	-14	-14	-13
	2	0	2	-8							
3	2	10	3	0			-15	-15	11	11	-2
	3	0	3	-3							
4	3	10	4	0			-25	-25	1	1	-1
	4	0	4	-5							
.....											
10	9	10	10								
	10	0	10								

\*  $\Delta_{-1} = -\Delta_1^*$ , 由盘间过渡给出。

$$C_V = 5 \text{ nV/mm} \quad 0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta_i^* = -26 \times 10^{-5} \quad Q_2^* = 0.1 \times 10^{-5}$$

表 3-5 盘间过渡表格\*

 $C_V = 5 \text{ nV/mm}$ 

被过渡盘数 j	G 偏格数				$\Delta_2^* = \frac{1}{2} (\bar{a}_+ - \bar{a}_-) C_V$ (nV)	$\delta_2^* = \Delta_2^* / L^{p-1}$	$P_{-j}^{*+}$	$Q_2^* = Q_2^{*-1} + P_{-j}^{*+} + \delta_2^*$
	$a_-$	$a_+$	$\bar{a}_+$	$\bar{a}_-$				
II	10	13	10.5	13.5	-7.5	$-7.5 \times 10^{-8}$	$-3.7 \times 10^{-8}$	$-1.1 \times 10^{-7}$
	11	14						
III	8	12	8.5	12	-8.8	$-8.8 \times 10^{-7}$	$-2.8 \times 10^{-7}$	$-1.3 \times 10^{-6}$
	9	12						
IV	0	0	-0.5	-1	1.2	$1.2 \times 10^{-6}$	$1.2 \times 10^{-6}$	$0.1 \times 10^{-5}$
	-1	-2						
V	9	7	8.5	7	3.8	$3.8 \times 10^{-5}$	$2.2 \times 10^{-5}$	$2.6 \times 10^{-4}$
	8	7						
VI	4	10	4	10.5	-16.2	$-16.2 \times 10^{-4}$	$2.2 \times 10^{-4}$	$-1.1 \times 10^{-3}$
	4	11						
VII	5	4	4.5	3.5	2.5	$2.5 \times 10^{-3}$	$0.2 \times 10^{-3}$	$0.2 \times 10^{-2}$
	4	3						
VIII								

\* 表中部分符号是针对用 -1 示值过渡的, 如用参考匝或 +1 示值过渡时, 表的格式不变, 只把表中有关符号做相应改动即可。

\*\*  $P_{-j}^{*+}$  之值由表 1、表 2 抄入。几个盘共用绕组时, 各盘  $P_{-j}^{*+}$  之值均以其最大盘已知的  $P_{-j}^{*+}$  代入。

表 3-6 不进行盘内比较的分匝测量盘的线性度计算表

j = IV

被检 示值	$P_j^*$ ( $\times 10^{-4}$ )	$\Delta U_j^{j+1} = U^{j+1}(P_j + Q_j^{j+1})$ (nV)	$\sum_0^j \Delta U_j^{j-1}$ (nV)	$\Delta U_j^{j+2} = U^{j+2}(P_j + Q_j^{j+2})$ (nV)	$\sum_0^j \Delta U_j^{j+2}$ (nV)	$\Delta U_j^{j+3} = U^{j+3}(P_j + Q_j^{j+3})$ (nV)	$\sum_0^j \Delta U_j^{j+3}$ (nV)
-1	2.2	4.8	-5	-0.9	1	0.2	0
1	0.1	2.7	3	-1.1	-1	0.2	0
2	-1.4	1.2	4	-1.2	-2	0.2	0
3	1.1	3.7	8	-1.0	-3	0.2	1
4	0.1	2.7	10	-1.1	-4	0.2	1
5							
6							
7							
8							
9							
10							

\* j、j+1、j+2、j+3 盘共用绕组，P<sub>j</sub> 之值由表 8 抄入。

$$Q_j^{j+1} = 2.6 \times 10^{-4}$$

$$Q_j^{j+2} = -1.1 \times 10^{-3}$$

$$Q_j^{j+3} = 0.2 \times 10^{-2}$$

表 3-7 UJ47 (UJB-1) 003 号电位差计  $\times 1$  量程线性度修正值对照表

单位: nV

测量盘 示值	I		II		III		IV		V		VI		VII	
	规程	原有	规程	原有	规程	原有	规程	原有	规程	原有	规程	原有	规程	原有**
-1	4	4	4	4	0	0	-22	-22	-5	-5	1	1	0	0
1	1	1	-1	-1	0	0	1	1	3	3	-1	-1	0	0
2	2	2	-3	-3	2	2	-13	-13	4	4	-2	-3	0	0
3	4	4*	-2	-2	5	5	-2	-2	8	7	-3	-3*	1	1
4	5	5	0	-1	0	0	-1	-1	10	10	-4	-5	1	1
5	1	1	1	0	-5	-5	10	10	14	14	-5	-6	1	1
6	-3	-2	-3	-3	-8	-8	16	16	17	17	-6	-6	1	1
7	-4	-4	-2	-2	-5	-5	17	17	20	20	-8	-8	1	1
8	-3	-2	-1	0	-8	-8	23	23	23	22	-9	-9	2	1
9	-4	-4	-5	-6	-13	-12	-1	-1	23	23	-10	-11	2	1
10	0	0	-11	-11	-13	-12	0	0	26	26	-11	-11	2	2

\* 原数据计算错误，表中列出按原公式计算出的正确数据。

\*\* 此盘原未化整数数据少一位，表中列出按原公式重新算出的数据。

## 附加说明:

本检定规程经国家计量检定规程审定委员会电磁专业委员会审定通过。

主审人: 董永宁