

直流比较仪式电桥检定规程

JJG 506—1987

直流比较仪式电桥检定规程

Verification Regulation of D. C.
Comparator Bridge

JJG 506—1987

本检定规程经国家计量局于1987年7月6日批准，并自1988年5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）

参 加 起 草 人：

林 骐（上海电表厂）

目 录

一 概述	566
二 技术要求	567
三 检定条件	568
四 检定项目	568
五 检定方法	569
(一) 外观与测量功能的检查	569
(二) 绝缘电阻的测量与耐压试验	569
(三) 磁势平衡系统指标的测量	570
(四) 线性度的自检与计算	570
(五) 检流计系统指标的测量	573
(六) 整体核验	574
六 检定结果的处理与检定周期	574
附录	575
附录 1 测量盘线性度自检表格	575
附录 2 测量盘线性度计算实例	577
附录 3 线性度自检计算公式的推导	580

直流比较仪式电桥检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的在直流电流比较仪初、次级磁势平衡和初、次级两电阻上电势平衡的条件下，测量电阻或电阻比的电桥，即直流比较仪式电桥（以下简称比较仪式电桥或电桥）的检定。

本规程不适用于直流比较仪式测温电桥的检定。

一 概 述

比较仪式电桥是在直流电流比较仪磁势平衡时，调节比较仪初级或次级匝数，从而准确调节初级被测电阻和次级标准电阻上电流比达到两电阻上电压平衡，使电阻比等于匝数比，依此进行高精度电阻比较测量的仪器。

它和通常的直流电阻电桥一样，都是测量电阻的比较仪器，但作用原理不同，其不同点是：前者以补偿测量法代替了后者的电桥测量法，彻底克服了电位引线电阻和端钮接触电阻的影响，便于进行不同标称值电阻的比较测量（过渡传递）；前者以磁势平衡为前提，用匝数比代替了后者的电阻比，从而获得更高的准确度。比较仪式电桥原理线路如图1所示，工作原理如下：

a 磁势平衡

初级可变量绕组与次级有微调的固定绕组各自流过直流电流，它们在铁芯中产生方向相反的磁势，其磁势差由检测绕组检出，并通过手动调节及有差闭环调节系统自动调节，从动（伺服）电源产生的次级电流使磁势平衡，即 $I_1 W_x = I_2 W_s$ ，所以有 $\frac{I_2}{I_1} = \frac{W_x}{W_s}$ 。

b 电势平衡

调节测量盘或次级微调绕组（偏差盘），即调节 I_2/I_1 ，使检流计G指零，则 R_x 、 R_s 上电压降相等， $I_1 R_x = I_2 R_s$ ，所以

$$\frac{R_x}{R_s} = \frac{W_x}{W_s}$$

或

$$R_x = \frac{W_x}{W_s} R_s$$

即电阻 R_x 与 R_s 的实际比值等于初、次级匝数比的实际值；或被测电阻的实际值等于初、次级匝数比的实际值乘以标准电阻的实际值，如果调定次级偏差盘使 W_s 与标准电阻的实际值 R_s 相对应，则从测量盘上就可以直接读出被测电阻值。

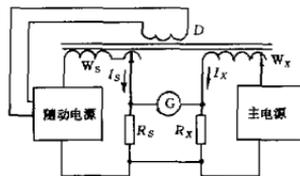


图 1

图中： W_s —初级可变绕组；

W_x —次级固定绕组；

I_1 、 I_2 —初、次级电流

二 技 术 要 求

1 比较仪式电桥的准确度等级以百分数表示可分为 0.0001、0.0002、0.0005 级（即 1、2、5ppm），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：标称电压±5%；电源频率：标称频率±1Hz。按电桥说明书上规定的时间预热后，当初级绕组不小于 100 匝时，电桥的基本误差公式为：

$$E_{\text{lim}} = \pm \left[\left(\frac{0.4c}{100} + \frac{\Delta_{\mu A}}{IW} + \frac{\Delta_{\mu V}}{U_R} \right) x + \frac{0.1c}{100} R_N \right]$$

式中： E_{lim} ——基本误差的允许极限值（Ω）；

c ——用百分数表示的等级指数；

x ——标度（测量）盘示值（Ω）；

R_N ——基准值（Ω），为各该量程内 10 的最高整数幂；

IW ——测量时安匝数（A）；

U_R ——测量时电阻上电压降（V）；

$\Delta_{\mu A}$ ——磁势平衡误差（ μA ）；

$\Delta_{\mu V}$ ——电势平衡误差（ μV ）。

$\Delta_{\mu A}$ 和 $\Delta_{\mu V}$ 分别用下式计算：

$$\Delta_{\mu A} = \sqrt{(\text{磁势漂移误差})^2 + (\text{跟踪误差})^2 + (\text{磁噪声误差})^2}$$

$$\Delta_{\mu V} = \sqrt{\frac{(\text{电压分度值})^2 + (\text{检流计漂移电压})^2}{+ (\text{检流计噪声电压误差})^2}}$$

当使用初级固定 10 匝和 1 匝时，公式中第一项降为 $\frac{0.8c}{100}$ 和 $\frac{4c}{100}$ 。

当 $IW \geq 20A$ 、 $U_R \geq 20mV$ 、跟踪误差调到不大于 $1\mu A$ 时（如果 $U_R < 40mV$ ，检流计开关动作 1min 后才能测量且电流换向时间间隔不得超过 1min），上述公式简化为：

$$W_x \geq 100 \text{ 匝时: } E_{\text{lim}} = \pm \frac{c}{100} \left(x + \frac{R_N}{10} \right);$$

$$W_x = 10 \text{ 匝时: } E_{\text{lim}} = \pm \frac{1.4c}{100} x;$$

$$W_x = 1 \text{ 匝时: } E_{\text{lim}} = \pm \frac{4.6c}{100} x。$$

注：磁噪声误差和检流计噪声误差按其指标之半计算。

3 次级固定 1000 匝绕组与初级 10×100 匝绕组的相对差值不得大于 $\frac{0.05c}{100}$ 。

4 以测量盘基准值为线性度基准点，要求测量盘非线性误差 $\leq \frac{0.4c}{100} W + \frac{0.05c}{100} W_N$ ，次级偏差盘非线性误差 $\leq \frac{0.05c}{100} W_N$ ，它们的变差都不得大于 $\frac{0.01c}{100} W_N$ ， W 、 W_N 为示值 x 、基准值 R_N 对应的匝数，分数匝可以有微调，但保证线性度的调整周期不得少于半年。

固定 100、10、1 匝的相对非线性误差分别不大于 $\frac{0.4c}{100}$ 、 $\frac{0.8c}{100}$ 、 $\frac{4c}{100}$ 。

- 5 磁势低频噪声的峰值 $\leq 3\mu\text{A}\cdot 10^4\text{c}$ 。
- 6 磁势零位漂移 $\leq 20\mu\text{A}\cdot 10^4\text{c}/30\text{min}$ 。
- 7 内附检流计指标：周围无明显机械振动及外回路电阻为 20Ω 时，电压分度值 $C_V \leq 5\text{nV} \times 10^4\text{c}/\text{mm}$ ，同时噪声电压峰峰值 $\leq 10\text{nV}$ ，漂移电压 $\leq 5\text{nV}/\text{min}$ 。
- 8 检流计开关动作引起的热电势变化 $\Delta e_T \leq 10\text{nV}$ 。
- 9 主、从电源与初、次级电路断开后，电桥初、次级电路与外壳之间的绝缘电阻：0.0001 级的不得低于 $2500\text{M}\Omega$ ；0.0002、0.0005 级的不得低于 $1000\text{M}\Omega$ 。
- 10 电源变压器初级绕组与次级绕组和外壳之间能承受 50Hz 、 1500V 实际正弦波电压历时 1min 中的耐压试验不击穿。

三 检 定 条 件

- 11 检定环境条件：在第 2 条所述标准条件下进行。
- 12 周期检定所需设备
 - a. 一次温度系数 $\alpha \leq 5\text{ppm}/\text{C}$ 的 0.01 级以上 10Ω 标准电阻两只。
 - b. 控温精度不低于 $0.01\text{C}/\text{h}$ 的恒温油槽一台。
 - c. $100\sim 250\text{V}$ 的绝缘电阻测试仪（高阻计）或高阻电桥一台。
 - d. 满足第 7 条要求的指零仪一台（电桥不内附检流计或内附检流计不合格时）。

四 检 定 项 目

- 13 检定项目见表 1，检定时可参考图 2；QJ55 及 9920 型比较仪式电桥简化线路图。

表 1

检 定 项 目	出厂时	修理后	周期检定
外观与测量功能检查	+	+	+
绝缘电阻	+	+-	+
耐压试验	+	+-	-
μAT 表分度值 C_{AT}	+	+-	+
磁势零位漂移和噪声	+	+-	+
测量盘和偏差盘的线性度	+	+	+
初级 10×100 匝与次级 1000 匝的比较	+	+-	+
初级固定 100 、 10 、 1 匝的线性度	+	+-	+
内附检流计指标	+	+-	+
检流计开关变化热电势	+	+-	+
整体核检	+	+	+

* 只检 I、II 测量盘的线性度；

表中：“+”表示应检定，“-”表示可以不检定，“+-”表示修理有关部分影响本项性能者应检定，否则可不检定。

五 檢 定 方 法

(一) 外观与测量功能的检查

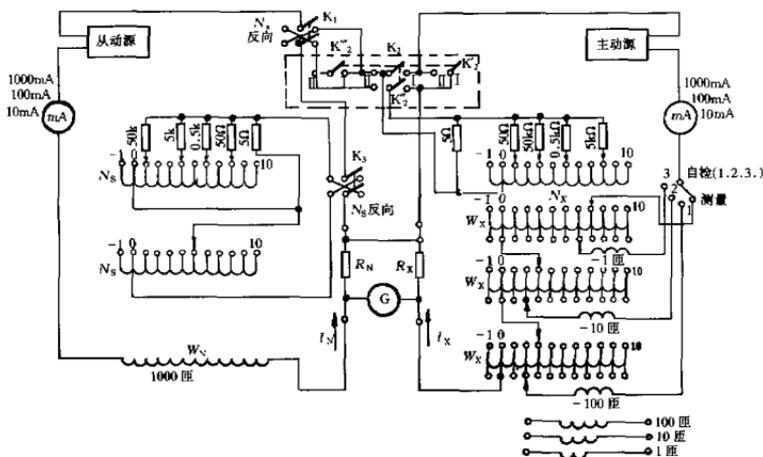


图 2 比较仪式电桥简化线路图

K_2 —形象化开关, 实际要靠改变接线完成; I, II, III 盘参考绕组开关与测量开关联动

14 外观检查

电桥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、端钮应有保证正确使用标志。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、清晰。

除了新生产的电桥要求全部完好外, 余者有不影响计量性能的外观缺陷, 应给予检定。

15 测量功能的检查

将电桥初、次级 R_x 、 R_s 处, 各接一只 10Ω 标准电阻, 按 1:1 测量连接好侧面端钮板上各端钮并使有关旋钮在测量状态, 开机后振荡器指示灯应发光, 如该指示灯不亮, 应立即关机检查、排除故障 (包括接线错误) 后才能重新开机, 在 10mA 电流下调跟踪旋钮应能使 μAT 表指示的跟踪误差在 $2\mu\text{A}$ 以内, 调节 I 测量盘示值为 10, 接通检流计, 调测量盘或偏差盘应该都能使电桥平衡, 此时各调节旋钮应有正常的调节功能, 初、次级电流表指示值应基本相等。

(二) 绝缘电阻的测量与耐压试验

16 绝缘电阻的测量

电桥在标准温、湿度条件下稳定 24h 后, 断开主、从电源与初、次级连接的接线片, 用 $100\sim 250\text{V}$ 的绝缘电阻测量仪或高阻电桥分别测量初、次级绕组与外壳上导电部件间的绝缘电阻, 测量误差不得大于 20%。

17 耐压试验

电桥在标准温、湿度条件下稳定 24h 后, 将电源变压器初级绕组短路, 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，低电位端接该变压器次级绕组与外壳上导电部件，施加 1500V、50Hz 实际正弦波电压历时 1min 试验，不击穿为合格，电压上升及下降速率约为 100V/s。

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）磁势平衡系统指标的测量

18 磁势平衡表分度值 C_{AT} 的测量

使电桥从 1:1 测量状态进入检定准备状态（下面线性度检定都从此状态开始）：按电桥说明书将偏差盘从次级转移到初级，与测量盘反向串联（* 端对接），并且极性都置“+”，示值都置于零，不检分数匝盘线性度时就不必转移偏差盘，短路电桥 R_x 处的电流端钮使初级闭合，次级 R_s 处不短接，以保证次级和检流计回路开路。内接/外接/自校开关转到“自校”，使电源换向开关成为电源通断开关，并把它置于“断”，测量/关开关置于测量（如果有的话），将电流调节和跟踪调节旋钮都调到零位。在上述检定准备状态下，将电桥的读数/自校开关置于读数位置，初级电流表（ I_x 表）量程调到 100mA，将电源通断开关转到通，调电流调节旋钮使 I_x 表指示 100mA，调电桥调零（或检流计平衡）旋钮使 μAT 表指零，将第七盘增加一个步进，记录 μAT 表偏转格数 $\Delta\alpha$ （读到 0.1 大格，下同）和方向，则 μAT 表分度值 $C_{AT} = 10^{-4} \times 100\text{mA} / \Delta\alpha = 10\mu\text{A} / \Delta\alpha$ ，并认定此时 μAT 表的偏转方向为“+”，即被检绕组大于参考绕组。在正常情况下， $C_{AT} = 10\mu\text{A} / 1$ 大格，如 $C_{AT} \geq 20\mu\text{A} / 1$ 大格，则必须调整或修理。

19 磁势零位漂移和噪声的测量

在上一条状态下按规定时间预热后，调电流调节旋钮使 $I_x = 0$ ，记下 30min μAT 表漂移的偏转格数 $\Delta\alpha$ ，则 $\Delta\alpha \cdot C_{AT}$ 为 30min 的磁势零位漂移。

同时观察 μAT 表的最大抖动格数 $\Delta\alpha_m$ ，则 $\Delta\alpha_m \cdot C_{AT}$ 为磁势低频噪声的峰值。

（四）线性度的自检与计算

20 测量盘的线性度自检

20.1 测量盘的盘间过渡

测完磁势漂移后，将各测量盘、偏差盘（特别是分数匝的前两盘）从头至尾转动几次后示值都放在零位， I_x 表量程放在 1000mA，调 $I_x = 1\text{A}$ 后，电源通断开关置于“断”，第 $j-1$ 盘置 -1 示值， j 盘置 10 示值（ j 顺次为 2、3、4……），记下 μAT 表偏格数 α_{j0}^{\sim} 或调电桥调零（或检流计平衡）旋钮将 μAT 表调到零位，然后电源通断开关置于“通”，记下 1A 电流下 μAT 表偏格数 α_{j1}^{\sim} ，各盘都过渡后再重复一次，两次偏格数的平均值对应为 $\overline{\alpha_{j0}^{\sim}}$ 和 $\overline{\alpha_{j1}^{\sim}}$ ，则其磁势差 $\Delta IW_{j2}^{\sim} = (\overline{\alpha_{j1}^{\sim}} - \overline{\alpha_{j0}^{\sim}}) C_{AT}$ ， μAT 表先调到零位时， $\overline{\alpha_{j0}^{\sim}} = 0$ 。

其中分数匝有微调电位器的，在向该盘过渡时如通电前后 μAT 表指示的变化 $> 2\mu\text{A}$ ，应调整之。如果两个以上的分数匝测量盘有微调，则每盘调整后还要反复一、二次，调整后的数据作为该盘盘间过渡数据。

把测量结果记录于附录表 1 中。

按同样办法进行偏差盘的分数匝微调。

使电桥恢复到检定准备状态。

20.2 整数匝测量盘的盘内比较

将读数/自校开关置于自校 1, 进行第 I 盘的盘内比较: 将第 I 盘从零开始顺次转出每个示值直至最大, 此时 I 盘参考绕组与从 -1 示值开始的每步进的测量绕组反串 (示值为零时是 -1 示值绕组与参考绕组反串, 即被检示值为 -1, 见图 2), 在每个被检示值下, 分别读取电源开关置于“断”时的 μ AT 表偏格数 α_{i0}^I (或将它调到零位) 和置于“通”并且电流为 1A 时的 μ AT 表偏格数 α_i^I (i 表示被检示值序号: -1、1、2…), 检完最后一个示值再检一次 -1 示值。在 I 盘转动过程中, 要将电源开关置于“断”, 以防止动作时的失衡磁势冲击 μ AT 表。

再将读数/自校开关转到自校 2 和自校 3, 用和 I 盘同样的方法对 II 和 III 盘进行盘内比较。

各 -1 示值的两次读数取平均值。被检与参考绕组的磁势差 $\Delta IW_i^I = (\alpha_i^I - \alpha_{i0}^I) C_{AT}$, μ AT 表调到零时 $\alpha_{i0}^I = 0$ 。

把上述每盘测量结果分别记录于附录表 2 中。

20.3 分数匝测量盘的盘内比较

不共用绕组的分数匝测量盘单独进行盘内比较; 共用绕组的几个分数匝盘只进行步进值最大盘的盘内比较。因为分流电阻的误差不影响盘内比较的结果, 这几个盘的盘内比较结果是相等的。

分数匝盘没有单独的参考绕组, 它是用下一盘 10 个示值之和作为“参考绕组”进行递增置换法检定的, 但测量盘“+”示值的磁势是同一方向, 为了维持初级磁势的标称值为零, 必须让与测量盘反串的偏差盘有与测量盘相等的匝数。在电桥的检定准备状态下, 将读数/自校开关转到读数, 分数匝测量盘 j 、 $j+1$ 盘及次级与 j 盘步进值相等的 j' 偏差盘的示值组合按附录表 3 的规律——被检盘从 1 到 10 逐步转出所有示值, 每一被检绕组均去置换先一步接入的“参考绕组”形成“参考绕组”交替接入与置出。偏差盘与测量盘匝数相等——放出, 在 1A 电流下读取每个示值组合的 μ AT 表偏格数, 其中包含“参考绕组”的为 α_x , 包含被检绕组的为 α_x , 则 i 被检绕组与“参考绕组”的磁势差 $\Delta IW_i^j = (\alpha_x^j - \alpha_i^j) C_{AT}$ 。如 j 盘被检示值为 1 时, j 、 $j+1$ 及 j' 盘的示值组合为 0、10、1, 在 1A 电流下 μ AT 表偏格数为 α_x , 断开电流后, 用被检绕组 1 置换“参考绕组”, 示值组合变为 1、0、1, 通电后读数为 α_x , 再接入“参考绕组”, 此时示值组合递增为 1、10、2, 读取偏格数 α_x , 然后用被检绕组 2 置换参考绕组, 读数为 α_x , 以此类推。

注意在示值组合变换时, 一定要用电源开关断开电流。

盘间过渡时, j 盘 -1 示值已和 $j+1$ 盘 10 个示值之和比较, 过所以 $\Delta IW_{-1}^j = -\Delta IW_{10}^{j+1}$, 直接由盘间过渡给出。

上述检定结果记录于附录表 3 中。

21 测量盘自检的计算

21.1 j 盘 i 示值与该盘 10 个示值之和的比值 K_i^j 的相对修正值 P_i^j 的计算

按附录表 2、表 3 的自检计算表格进行, 即先根据盘内比较时得到的 j 盘 i 示值与参考绕组的磁势差 ΔIW_i^j 求出其对参考绕组的相对修正值 $\beta_i^j = \Delta IW_i^j / IW^j$, W^j 为 j 盘步进匝数, 则

$$P_j^i = \delta_j^i - 0.1 \sum_1^{10} \delta_j^i$$

注意, $\sum_1^{10} P_j^i = 0$, 可用于校验计算正确与否。

21.2 j 盘 10 个示值之和的相对修正值 Q_{Σ}^j 的计算。

按附录表 1 自检的盘间过渡表格进行, 即先根据盘间过渡时得到的 j 盘 10 个示值之和对 $j-1$ 盘 -1 示值的磁势差 ΔIW_{Σ}^j , 求出其相对差值 $\delta_{\Sigma}^j = \Delta IW_{\Sigma}^j / IW_{-1}^{j-1}$ (IW_{-1}^{j-1} 为 $j-1$ 盘步进匝数), 然后利用 $Q_{\Sigma}^j = 0$ (线性度基准点) 和 21.1 款中已经求出的 P_{-1}^{j-1} , 根据 $Q_{\Sigma}^j = Q_{\Sigma}^{j-1} + P_{-1}^{j-1} + \delta_{\Sigma}^j$, 求出 Q_{Σ}^j , 再求出 Q_{Σ}^{j+1} , 即顺次求出各 Q_{Σ}^j 。

21.3 线性度修正值的计算

j 盘 i 绕组 W_i 本身的非线性相对修正值 $\delta W_i^j = P_i^j + Q_{\Sigma}^j$ 。如果 I、II 盘的各 $\delta W_i^j \leq \frac{0.4c}{100}$, 则 I、II 盘线性度必定合格, 这是 I、II 盘线性度合格的简易判断法, 但要注意, 其“逆定理”不成立。

W_i^j 绕组本身的非线性修正匝数为:

$$\Delta W_i^j = W_i^j (P_i^j + Q_{\Sigma}^j)$$

共用一个绕组的分数匝数, 每个盘的 P 值都以其步进匝数最大盘的已知 P 值代入。

j 盘累加修正匝数为:

$$\sum_0^n \Delta W_i^j = \sum_0^n W_i^j (P_i^j + Q_{\Sigma}^j)$$

这里 W_i^j 为代数, 即 $n = -1$ 时, 步进匝数为负。

上述公式概括为: j 盘 i 示值本身的非线性修正匝数等于 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 盘步进匝数。而 j 盘 10 个示值之和的相对修正值等于 $j-1$ 盘 10 个示值之和的相对修正值、 $j-1$ 盘 -1 示值与其 10 个示值之和的比值的相对修正值, j 盘 10 个示值之和和对 $j-1$ 盘 -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测量盘线性度, 但计算数据有争议时, 应以本规程规定的计算方法为准。

22 偏差盘的线性度检定

各偏差盘用同标称值的测量盘检定。在检定准备状态下, 将 j' 偏差盘和与其同标称值的 j 测量盘一一放出相同的示值, 在每个示值下分别读取电源开关处于“断”和“通”并且电流为 1A 时 μAT 表的偏格数 α_{i0}' (或调到零位) 和 α_i' , 则 $\sum_0^n W_i^j$ 对 $\sum_0^n W_i^{j'}$ 的磁势差为 $(\alpha_i' - \alpha_{i0}') C_{AT}$, 所以 j' 偏差盘的累加非线性修正匝数为:

$$\sum_0^n \Delta W_i^{j'} = \sum_0^n \Delta W_i^j - (\alpha_i' - \alpha_{i0}') C_{AT} / 1A$$

23 测量盘与偏差盘示值变差的检定

23.1 在检定准备状态将各分数匝测量盘放出 10 示值或盘内比较时发现变差偏大的那个示值, 各偏差盘放出相应的示值使磁势的标称值为零, 在 1A 电流下记录 μAT 表偏格数, 断开

电流, 偏差盘不动, 转动各测量盘后再恢复到初始示值, 再在 1A 电流下记录 μAT 表偏格数, 如此三次, 找出最大偏格差 $\Delta\alpha_r$, 则测量盘示值变差 $\Delta W_r = \Delta\alpha_r C_{AT}/1A_c$ 。

23.2 断开电流后, 测量盘不动, 转动各偏差盘再恢复到初始示值, 再在 1A 电流下记录 μAT 表偏格数, 如此三次, 也找出最大偏格差 $\Delta\alpha_r$, 则偏差盘示值变差 $\Delta W_s = \Delta\alpha_r C_{AT}/1A_c$ 。

24 初级 10×100 匝绕组的检定

根据被测电阻的表达式可知, 它应以次级固定 1000 匝绕组为标准进行检定。

在检定准备状态, 按被检电桥说明书的线路图将次级 1000 匝反向转移到初级并保持初级回路闭合, 第 I 测量盘放出 10 示值, 调电桥调零 (或检流计平衡) 旋钮使 μAT 表指零, 电源开关置于通, 调电流 I 为 1A (μAT 表灵敏度是线性的且其指示不超出满刻度时) 或 0.1A (μAT 表是非线性的或其指示超过满刻度时), 记下 μAT 表偏格数 α_N , 则初级 10×100 匝对次级 1000 匝的修正匝数 $\Delta W_N = \alpha_N C_{AT}/I$, 其相对差值为 $\frac{\Delta W_N}{1000}$ 。

25 固定测量绕组的反向串联法检定

在检定准备状态, 按被检电桥说明书的有关线路图分别将固定 100、10、1 匝绕组与测量盘同向串联, 将 I、II、III 盘分别放出 -1 示值, 则各固定绕组分别于同标称值的各 -1 示值绕组反向串联。在电源开关置于断时, 同上条调 μAT 表指零, 在电源开关置于“通”且电流为 1A 时, 分别记下 μAT 表偏格数各两次, 其平均值分别为 α_{100} 、 α_{10} 、 α_1 , 则固定 100、10、1 匝的非线性修正匝数 ΔW_{100} 、 ΔW_{10} 、 ΔW_1 分别为:

$$\Delta W_{100} = \alpha_{100} C_{AT}/1A + \Delta W_{100}^I$$

$$\Delta W_{10} = \alpha_{10} C_{AT}/1A + \Delta W_{10}^{II}$$

$$\Delta W_1 = \alpha_1 C_{AT}/1A + \Delta W_1^{III}$$

式中: ΔW_{100}^I 、 ΔW_{10}^{II} 、 ΔW_1^{III} 分别为 I、II、III 盘 -1 示值绕组本身的非线性修正匝数, 它们与其累加修正值符号相反, 例如, $\Delta W_{100}^I = -\sum_0^I \Delta W_{100}^{II}$ 等等。

26 线性度自检结果的化整与判断

测量盘的化整原则是: 按 $\frac{0.1C}{100} W$ 进行化整, 但当它小于 1 微匝时化整到 1 微匝。用化整后的数据编制线性度修正值表。

固定绕组和偏差盘都化整到 1 微匝。

以化整后的数据为准, 用它们各自的线性度允差公式判断其是否合格。

(五) 检流计系统指标的测量

27 内附检流计指标的测量

将为检定准备的已浸入温度变化 $\leq 0.01^\circ\text{C}/h$ 的油槽中的两只 10Ω 标准电阻分别接入电桥初、次级, 并使电桥进入 1:1 测量状态在 10mA 电流下平衡电桥, 此时电阻上电压降为 0.1V, 使检流计开关处于最灵敏的直接接通位置, 改变电桥示值的 1×10^{-6} , 则在检流计回路中产生 $0.1\mu\text{V}$ 的失衡电压, 调光电放大器反馈旋钮, 使 $0.1\mu\text{V}$ 产生 20mm 的光标偏转, 则电压分度值 $C_V = 5\text{nV}/\text{mm}$ 。将电流调节与跟踪调节调回零位, 断开两只标准电阻电流端钮的接线, 使电桥电势系统与磁势系统分离, 关上电桥侧面活动盖板, 记录检流计 10min 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。

28 检流计开关动作后变化热电势 Δe_T 的测量

电桥处在测检流计漂移的两系统分离状态,先调检流计的开路零点至零或某一分度线上,使检流计开关处于直接接通位置,马上记录检流计偏格数,再使检流计开关处于断开位置,调检流计开路零点至原零点分度线(当开路零点有变化时),再直接接通检流计并立即记录检流计偏格数,如此进行五次,找出检流计接通后偏格数的最大差值 Δa_k ,则 $\Delta e_T = \Delta a_k C_V$ 。

(六) 整体核验

29 电阻换位法整体核验

电桥处在测检流计电压分度值状态,在电流 40mA、跟踪误差 $\leq 2\mu A$ 的条件下换位测量两电阻的比值:首先在测量盘上读取比值 K_1 (偏差盘为零),然后交换两个电阻的接线,即 R_x 与 R_s 换位,但尽量保持电阻在油槽中的位置不变,再测换位后的电阻比值,在测量盘上读取比值 K_2 ,则 $\frac{(K_1 + K_2)}{2} - 1 \leq c\%$ 为整体核验合格。

允许用误差不大于 0.3c% 的其他方法进行整体核验。

30 整体核验结果的处理

电桥各项指标的分项检定都满足本规程的技术要求时,则电桥总体误差不大于允许误差,电桥合格。

当分项检定结论与整体核验结果一致时,检定结束;分项检定电桥合格而整体核验不合格时,必须找出原因,重做某些项目的检定或重做整体核验,直至二者一致为止;分项检定电桥不合格而整体核验合格时,仍认为电桥不合格,因为整体核验不一定能体现出电桥所有的误差因素。

六 检定结果的处理与检定周期

31 从交货检定日起一年内,即在保证期内检定时,所考核的各项指标都符合本规程的技术要求,电桥合格;有一项不合格者,电桥即不合格。进口电桥的验收检定按其本身的技术指标确定是否合格。

32 保证期外检定结果的处理

32.1 各项指标都符合本规程要求,电桥合格。

32.2 测量盘线性度和固定 100 匝、10 匝绕组的线性度,有一项不合格、电桥即为不合格。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),仍认为电桥合格,但要在证书中注明哪些指标不合格。

32.3 如果有三项以上指标不合格,或者虽然一、二项指标合格但超过规定值一倍时(绝缘电阻小于规定值的一半),电桥即为不合格。不合格的电桥允许降级使用,但必须符合所降等级的有关要求。

33 电桥合格出检定证书;不合格出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。

34 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,其余二年可以只检 I、II 测量盘及固定 100 匝、10 匝的线性度,其余的线性度修正值可以引用三年有效期内的原证书或通知书上的数据,为此,送检时必须携带上一次检定证书或检定结果通知书。

附 录

附录 1 测量盘线性度自检表格

表 1 盘间过渡表

 $C_{AT} =$

被过渡 盘数 j	μ AT 表偏格数		$\Delta IW_{\Sigma} = (\bar{\alpha} - \alpha_0) C_{AT}$ (μA)	$\delta_{\Sigma} = \Delta IW_{\Sigma} / IW^{n-1}$	P_{Σ}^{-1}	Q_{Σ}^{-1}	$Q_{\Sigma} = Q_{\Sigma}^{-1} + P_{\Sigma}^{-1} + \delta_{\Sigma}$
	α_0	α					
II							
III							
IV							
V							
VI							
VII							
VIII							

• P_{Σ}^{-1} 之值由表 2、表 3 抄入。

表 2 整数匝测量盘的线性度自检表

被检 示值	μ AT 表 偏格数		$\Delta IW_i = (\alpha - \alpha_0) C_{AT}$ (μA)	$\delta_i = \Delta IW_i / IW^i$ ($\times 10^{-4}$)	$P_i = \delta_i^2 - 0.1 \sum_{j=1}^{10} \delta_j^2$ ($\times 10^{-4}$)	$P_i + Q_{\Sigma}$ ($\times 10^{-4}$)	$\sum_{i=1}^n \Delta W_i - \sum_{i=1}^n W_i (P_i + Q_{\Sigma})$ (微安)
	α_0	α					
-1							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

$$C_{AT} = \quad 0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta_i^2 = \quad Q_{\Sigma}^{-1}$$

表3 分数匝测量盘的线性度自检表

J =

被检 示值	有关盘示值			μAT 表 偏倍数 a_i/a_z	$\Delta IW_i^1 = (a_z$ $- a_i) C_{AT}$ (μA)	$\delta_i^1 = \Delta IW_i^1 / IW_i^1$ ($\times 10^{-7}$)	$P_i^1 = \delta_i^1 -$ $0.1 \sum_{j=1}^{10} \delta_j^1$ ($\times 10^{-7}$)	$P_i^1 + Q_2^1$ ($\times 10^{-7}$)	$\sum_0^j \Delta W_i^1 =$ $\sum_0^j W_i^1 (P_i^1 + Q_2^1)$ (微匝)
	j	j+1	j'						
-1									
1	0	10	1						
	1	0	1						
2	1	10	2						
	2	0	2						
3	2	10	3						
	3	0	3						
4	3	10	4						
	4	0	4						
.....									
10	9	10	10						
	10	0	10						

* $\Delta IW_{z-1}^1 = -\Delta IW_{z-1}^{z-1}$, 由盘间过渡给出。

$$C_{AT} = 0.1 \sum_{j=1}^{10} \delta_j^1 = Q_2^1 =$$

表4 不进行盘内比较的分数匝测量盘的线性度计算表

j =

被检 示值 ($\times 10^{-7}$)	P_i^j	$\sum_0^j W_i^{j-1} = W_i^{j-1} (P_i^j$	$\sum_0^j W_i^{j-2} = W_i^{j-2} (P_i^j$	$\sum_0^j W_i^{j-3} = W_i^{j-3} (P_i^j$	$\sum_0^j W_i^{j-4} = W_i^{j-4} (P_i^j$
		$+ Q_2^{j-1})$ (微匝)	$+ Q_2^{j-2})$ (微匝)	$+ Q_2^{j-3})$ (微匝)	$+ Q_2^{j-4})$ (微匝)
-1					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

* j、j+1、j+2、j+3、j+4 盘共用绕组， P_i^j 之值由表3抄入。

$$Q_2^{j-1} = \quad Q_2^{j-2} = \quad Q_2^{j-3} = \quad Q_2^{j-4} =$$

附录 2 测量盘线性度计算实例

表 5 盘间过渡表

 $C_{AT} = 10 \mu\text{A/格}$

被过渡 盘数 j	μAT 表偏格数		$\Delta IW_2 = (\bar{a} - a_0) C_{AT}$ (μA)	$\delta_2 = \Delta IW_2 / IW_1^{-1}$	P_2^{-1}	Q_2^{-1}	$Q_2 = Q_2^{-1} + P_2^{-1} + \delta_2$
	a_0	a					
II	0	0.2	2	2×10^{-8}	0	0	2×10^{-8}
	0	0.1					
III	0	-0.1	-1	-1×10^{-7}	0	0.2×10^{-7}	-1×10^{-7}
	0	-0.1					
IV	0	2.8	28	28×10^{-6}	1×10^{-6}	-0.1×10^{-6}	29×10^{-6}
	0	2.7					
V	0	0.7	6	6×10^{-5}	-0.3×10^{-5}	2.9×10^{-5}	9×10^{-5}
	0	0.5					
VI	0	-0.1	-2	2×10^{-4}	0	0.9×10^{-4}	-1×10^{-4}
	0	-0.2					
VII	0	0	0	0	0	-0.1×10^{-3}	0
	0	0					
VIII							

表 6 整数匝测量盘的线性度自检表

 $j=1$

被检 示值	μAT 表 偏格数		$\Delta IW_1^0 = (\alpha - a_0) C_{AT}$ (μA)	$\delta_1 = \Delta IW_1^0 / IW_1$ ($\times 10^{-8}$)	$P_1 = \delta_1 - 0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta_i$ ($\times 10^{-8}$)	$Q_1 + Q_2$ ($\times 10^{-8}$)	$\sum_{i=0}^9 \Delta W_i = \sum_{i=0}^9 W_i (P_i + Q_i)$ (微匝)
	a_0	a					
-1	0	0	0	0	0.2	0.2	-0.2
	0	0					
1	-0.2	-0.2	0	0	0.2	0.2	0.2
2	-0.4	-0.4	0	0	0.2	0.2	0.4
3	-0.7	-0.7	0	0	0.2	0.2	0.6
4	-1.0	-1.1	-1	-1	-0.8	-0.8	-0.2
5	-1.6	-1.6	0	0	0.2	0.2	0
6	-1.9	-1.9	0	0	0.2	0.2	0.2
7	-2.3	-2.3	0	0	0.2	0.2	0.4
8	-2.6	-2.6	0	0	0.2	0.2	0.6
9	-2.7	-2.8	-1	-1	-0.8	-0.8	-0.2
10	-2.8	-2.8	0	0	0.2	0.2	0

$$C_{AT} = 10 \mu\text{A/格} \quad 0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta_i = -0.2 \times 10^{-8} \quad Q_2 = 0$$

注：因误差太小，为示范起见各盘都多给了一位数据。

表7 整数匝测量盘的线性度自检表

j=2

被检 示值	μAT 表 偏格数		$\Delta IW_j = (\alpha - a_0) C_{AT}$ (μA)	$\delta'_j = \Delta IW_j / IW_j$ ($\times 10^{-7}$)	$P_j = \delta'_j - 0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta'_i$ ($\times 10^{-7}$)	$P_j + Q_{\Sigma}$ ($\times 10^{-7}$)	$\sum_{i=1}^n \Delta W_j = \sum_{i=1}^n W_j (P_j + Q_{\Sigma})$ (微匝)
	a_0	a					
-1	0	0	0	0	-0.2	0	0
	0	0					
1	0	0.1	1	1	0.8	1.0	1.0
2	0	0.1	1	1	0.8	1.0	2.0
3	-0.1	-0.1	0	0	-0.2	0	2.0
4	-0.1	-0.1	0	0	-0.2	0	2.0
5	-0.1	-0.1	0	0	-0.2	0	2.0
6	-0.1	-0.1	0	0	-0.2	0	2.0
7	-0.1	-0.1	0	0	-0.2	0	2.0
8	-0.2	-0.2	0	0	-0.2	0	2.0
9	-0.2	-0.2	0	0	-0.2	0	2.0
10	-0.2	-0.2	0	0	-0.2	0	2.0

$$C_{AT} = 10 \mu\text{A}/\text{格}$$

$$0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta'_i = 0.2 \times 10^{-7}$$

$$Q_{\Sigma} = 0.2 \times 10^{-7}$$

表8 整数匝测量盘的线性度自检表

j=3

被检 示值	μAT 表 偏格数		$\Delta IW_j = (\alpha - a_0) C_{AT}$ (μA)	$\delta'_j = \Delta IW_j / IW_j$ ($\times 10^{-6}$)	$P_j = \delta'_j - 0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta'_i$ ($\times 10^{-6}$)	$P_j - Q_{\Sigma}$ ($\times 10^{-6}$)	$\sum_{i=1}^n \Delta W_j = \sum_{i=1}^n W_j (P_j + Q_{\Sigma})$ (微匝)
	a_0	a					
-1	0	0.1	0	0	0.9	0.8	-0.8
	0	-0.1					
1	0	0	0	0	0.9	0.8	0.8
2	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	0.6
3	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	0.4
4	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	0.2
5	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	0
6	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	-0.2
7	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	-0.4
8	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	-0.6
9	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	-0.8
10	0	-0.1	-1	-1	-0.1	-0.2	-1.0

$$C_{AT} = 10 \mu\text{A}/\text{格}$$

$$0.1 \sum_{i=1}^{10} \delta'_i = -0.9 \times 10^{-6}$$

$$Q_{\Sigma} = -0.1 \times 10^{-6}$$

表9 分数匝测量盘的线性度自检表

j = 4

被检 示值	有关示值			μAT 表 偏格数 a_i/a_x	$\Delta IW_i^j = (a_x - a_i) C_{AT}$ (μA)	$\delta_i^j = \Delta IW_i^j / IW^0$ ($\times 10^{-5}$)	$P_i^j = \delta_i^j - 0.1 \sum_{l=1}^{10} \delta_l^j$ ($\times 10^{-5}$)	$Q_i^j + Q_x^j$ ($\times 10^{-5}$)	$\sum_0^n \Delta W_i^j = \sum_0^n W_i^j (P_i^j + Q_i^j)$ (微匝)
	j'	$j+1$	j''						
-1*					0	0	-0.3	2.6	-2.6
1	0	10	1	0.2	1	1	0.7	3.6	3.6
	1	0	1	0.3					
2	1	10	2	0.5	-2	-2	-2.3	0.6	4.2
	2	0	2	0.3					
3	2	10	3	0.4	3	3	2.7	5.6	9.8
	3	0	3	0.7					
4	3	10	4	1.0	-1	-1	-1.3	1.6	11.4
	4	0	4	0.9					
.....									
10	9	10	10	1.0	2	2	1.7	4.6	29.0
	10	0	10	1.2					

* $\Delta IW_{-1}^0 = -\Delta IW_{-1}^j$, 由盘间过渡给出。

$$C_{AT} = 10 \mu A / \text{格} \quad 0.1 \sum_{l=1}^{10} \delta_l^j = 0.3 \times 10^{-5} \quad Q_x^j = 2.9 \times 10^{-5}$$

表10 不进行盘内比较的分数匝测量盘的线性度计算表

j = 4

被检 示值 ($\times 10^{-5}$)	P_i^j *	$\sum_0^n W_i^{j-1} = W_i^{j-1} (P_i^j + Q_x^{j-1})$ (微匝)	$\sum_0^n W_i^{j-2} = W_i^{j-2} (P_i^j + Q_x^{j-2})$ (微匝)	$\sum_0^n W_i^{j-3} = W_i^{j-3} (P_i^j + Q_x^{j-3})$ (微匝)	$\sum_0^n W_i^{j-4} = W_i^{j-4} (P_i^j + Q_x^{j-4})$ (微匝)
-1	0	-0.9	0.1	0.0	
1	1	1.0	-0.1	0	
2	-2	1.7	-0.2	0	
3	3	2.9	-0.3	0	
4	-1	3.7	-0.4	0	
5	3	4.9	-0.5	0	
6	-1	5.7	-0.6	0	
7	-7	5.9	-0.7	0	
8	-2	6.6	-0.9	0	
9	7	8.2	-0.9	0	
10	2	9.3	-1.0	0	

* $j, j+1, j+2, j+3, j+4$ 盘共用绕组, P_i^j 之值由表3抄入。

$$Q_x^{j-1} = 9 \times 10^{-5} \quad Q_x^{j-2} = -1 \times 10^{-4} \quad Q_x^{j-3} = 0 \quad Q_x^{j-4} =$$

表 11 测量盘线性度修正值表

单位: 微匝

测量盘 示值	I	II	III	IV*	V	VI	VII
-1	-0.2	0	-0.8	-2.6	-0.9	0.1	0.0
1	0.2	1.0	0.8	3.6	1.0	-0.1	0
2	0.4	2.0	0.6	4.2	1.7	-0.2	0
3	0.6	2.0	0.4	9.8	2.9	-0.3	0
4	-0.2	2.0	0.2	11.4	3.7	-0.4	0
5	0	2.0	0	17.0	4.9	-0.5	0
6	0.2	2.0	-0.2	18.6	5.7	-0.6	0
7	0.4	2.0	-0.4	14.2	5.9	-0.7	0
8	0.6	2.0	-0.6	14.8	6.6	-0.9	0
9	-0.2	2.0	-0.8	24.4	8.2	-0.9	0
10	0	2.0	-1.0	29.0	9.3	-1.0	0

* 为利于示范,人为地增大了“误差”; IV、V 盘采用分数匝调整前的数据。

判断: QJ55 型电桥, $C=0.0001$, $W_N=1000$ 匝I、II 盘最大相对误差 $\leq 1 \times 10^{-7} < 0.4\% = 4 \times 10^{-7}$ III ~ VII 盘最大绝对误差 $\leq (0.8 + 29.0 + 9.3 + 0.1)$ 微匝

$$= 39.2 \text{ 微匝} < \frac{0.05C}{100} W_N = 50 \text{ 微匝}$$

所以, 测量盘线性度合格。

附录 3 线性度自检计算公式的推导

1 测量盘自检计算公式的推导

按自检中线性度基准点(即误差公式中的基准值)的实际传递程序——由盘间过渡求得每盘 10 个示值之和的误差, 再进行盘内比较进行该误差的分配, 求得每个示值的误差——先求出各盘 10 个示值之和的相对修正值, 再利用各示值对其 10 个示值之和的比值求出各示值的修正值。

设 W_i^j 、 ΔW_i^j 分别为 j 盘 i 步进本身的匝数实际值和修正值, 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 为该比值的相对修正值, W^j 为 j 盘步进匝数, W_N^j 为 j 盘参考绕组的“匝数实际值”, δ_i^j 为 j 盘 i 步进对参考绕组的相对修正值。

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

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

$$\text{又 } K_i^j = 0.1(1 + P_i^j)$$

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

则

$$W_i^j = K_i^j \cdot \sum_1^{10} W_i^j = 0.1(1 + P_i^j) \sum_1^{10} W_i^j$$

设 Q_{Σ}^j 为 j 盘 10 个示值之和的相对修正值, 则 $\sum_1^{10} W_i^j = 10W^j(1 + Q_{\Sigma}^j)$, 因为认定 I 盘 10 点为线性度基准点, 所以 $Q_{\Sigma}^1 = 0$, 设 δ_{Σ}^j 为 j 盘 10 个示值之和对 $j-1$ 盘-1 示值的相对差值, 由盘间过渡可知:

$$\begin{aligned} \sum_1^{10} W_i^j &= (1 + \delta_{\Sigma}^j) W_{-1}^{j-1} = 0.1(1 + \delta_{\Sigma}^j)(1 + P_{-1}^{j-1}) \sum_1^{10} W_i^{j-1} \\ &= 0.1(1 + \delta_{\Sigma}^j + P_{-1}^{j-1}) \cdot 10W^{j-1}(1 + Q_{\Sigma}^{j-1}) \\ &= W^{j-1}(1 + \delta_{\Sigma}^j + P_{-1}^{j-1} + Q_{\Sigma}^{j-1}) = 10W^j(1 + \delta_{\Sigma}^j + P_{-1}^{j-1} + Q_{\Sigma}^{j-1}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{又} \quad W_i^j &= W^j + \Delta W_i^j = 0.1(1 + P_i^j) \sum_1^{10} W_i^j \\ &= 0.1(1 + P_i^j) \cdot 10W^j(1 + Q_{\Sigma}^j) = W^j(1 + P_i^j + Q_{\Sigma}^j) \end{aligned}$$

所以 $\Delta W_i^j = W^j(P_i^j + Q_{\Sigma}^j)$

2 共用一组绕组的分数匝测量盘 P_i^j 的等值性推导

设 $j, j+1 \dots j+m$ 盘共用一组绕组, j 盘进行过盘内比较, 各盘中电流分别为 $I^j, I^{j+1} \dots I^{j+m}$,

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

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

则 $P_i^j = P_i^{j+1} = \dots = P_i^{j+m}$

3 固定匝自检公式的推导

设固定 100 匝 W_{100} 的线性度修正值为 ΔW_{100} , 根据它的自检方法有:

$$\begin{aligned} (W_{100} - W_{-1}^1) \cdot 1A &= \alpha_{100} \cdot C_{AT} \\ [(100 + \Delta W_{100}) - (100 + \Delta W_{-1}^1)] \cdot 1A &= \alpha_{100} \cdot C_{AT} \\ \Delta W_{100} &= \alpha_{100} \cdot C_{AT} 1A + \Delta W_{-1}^1 \end{aligned}$$

固定 10 匝和 1 匝的公式推导同上。

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: 陶时涛