

检测技术及仪表实验 指导书汇编

(II)

〈显示仪表〉

中国仪器仪表学会过程检测控制仪表学会
“检测技术及仪表”高校学组编

华东石油学院

1981年3月

第二部分 显示仪表实验目录

I. 动圈式仪表实验

- <一>、动圈式仪表的校验 - - - - - 天津大学
- <二>、动圈式仪表的使用与调校实验 - - - 北京化工学院
- <三>、高温计同毫伏计的校验和试验 - - - 南京工学院
- <四>、XCZ-102动圈式仪表的使用 - - - 南京工学院
- <五>、电子型自动平衡电桥及XCZ-102型动圈式温度指示(调节)仪的使用和校验 - - - - - 合肥工业大学
- <六>、电子电位差计及XCZ(T)-101型动圈式温度指示(调节)仪校验及外接电阻影响 - - - - 合肥工业大学
- <七>、动圈仪表的使用与校验 - - - - - 上海工业大学
- <八>、XCZ-101型动圈式仪表的校验及其使用 - - - - - 南京化工学院
- <九>、动圈式指示仪表的改刻度 - - - - - 清华大学
- <十>、动圈式仪表校验(配热电偶) - - - 华东石油学院
- <十一>、动圈式仪表的校验 - - - - - 天津纺织工学院

II. 自动平衡显示仪表的使用

- <一>、自动平衡显示仪表的使用 - - - - - 华东化工学院
- <二>、电子电位差计和电子自动平衡电桥的使用 - - - - - 南京工学院
- <三>、自动平衡电位差计结构认识及运行实验 - - - - - 北京化工学院
- <四>、电子平衡电桥检定和使用 - - - - - 南京化工学院
- <五>、电子电位差计校验 - - - - - 华东石油学院

月-2

- <六>、电子电位差计校验 - - - - - 天津纺织工学院
<七>、电子自动平衡电桥的校验 - - - - - 天津纺织工学院

III. 电子电位差计的改刻度

- <一>、电子电位差计的改刻度 - - - - - 清华大学
<二>、电子电位差计的量程更改 - - - - - 华东化工学院
<三>、电子电位差计的校验和改变量程 - - - 天津大学
<四>、自动电子电位差计调校及量程更改 - - 大连工学院
<五>、电子电位差计的调校 - - - - - 浙江大学(化自)
<六>、自动平衡电位差计测勇线路实验 - - 北京化工学院
<七>、电子电位差计调校 - - - - - 南京化工学院
<八>、电子电位差计改量程实验 - - - - - 华东石油学院

IV. 自动平衡电桥的改刻度

- <一>、自动平衡电桥测勇线路实验 - - - - - 北京化工学院
<二>、电子自动平衡电桥的量程更改 - - - - 华东化工学院

V. 放大器的实验

- <一>、JF-111 放大器主要技术指标
的测试 - - - - - 大连工学院

VI. 数字仪表实验

- <一>、涡轮流量积标仪的实验研究 - - - - - 北京化工学院
<二>、双积分型 A/D 转换器 - - - - - 北京化工学院

VII. 气动显示仪表实验

- <一>、三针记录仪的调校及闭环系统
的组成 - - - - - 北京化工学院

1.50元

第二部分 显示仪表实验

I. 动圈式仪表实验

天津大学

一、实验目的：

1. 认识并了解动圈仪表的结构及原理。
2. 掌握其校验方法。
3. 了解外接电阻变化对测量的影响。

二、实验内容：

1. 校验仪表精度：要求仪表达达到1级精度。
2. 校验仪表阻尼时间：阻尼时间应小于7秒。

三、实验所用仪器

1. 毫伏信号发生器一台（可用303电位差计代替）。
2. UJ-22电位差计。
3. 刀闸开关一只。
4. 秒表一块。
5. 0.2级十进电阻箱一个。

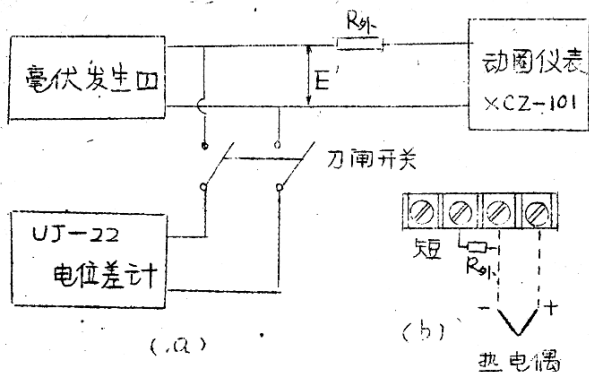
四、动圈式热电偶温度计（XCZ-101）的校验。

1. 精度

① 用毫伏发生器作信号源

- a) 按图接好电路，把R_外调到被校仪表标明的数值上。
- b) 断开刀闸开关，仔细调节毫伏发生器的输出信号，使指针恰好在被校刻度线上。
- c) 合上刀闸开关，用UJ-22电位差计（或303电位差计）测量该瞬时毫伏发生器输出的端电压E'，E'即为该被校刻度线对应的实际毫伏数。E'与刻度线所对应的额定毫伏数E₀之差，与全量程电势ΔE_{tm}之比，即为该点的示值误差δ_示。

$$\delta_{示} = \frac{E_0 - E'}{\Delta E_{tm}} \times 100\%$$

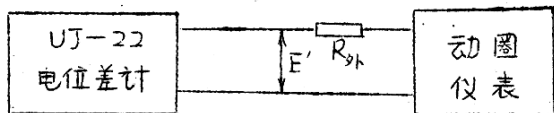


图一. 仪表XCZ-101接线示意图

一般规定, 仪表标尺上的所有标着数码 (如 100°C , 200°C ) 的黑粗线都为应校验刻度线。仪表在所有被刻度线的示值误差都应小于全量程的 $\pm 1\%$ 即:

$$\delta_{\text{示max}} \leq \pm 1\% \Delta E_{\text{全}}$$

② 断开毫伏发生器, 直接用UJ-22 电位差计代替信号源 (如下图所示), 重复上述过程, 观察并记录其实验结果。



图二

③ 外接电阻值变化对测量所产生的影响:

将图一中的 $R_{\text{外}}$ 用电阻箱代替, 并在其输出电阻值分别为 10Ω 、 20Ω 重复校验方法①观察并记录示值变化。

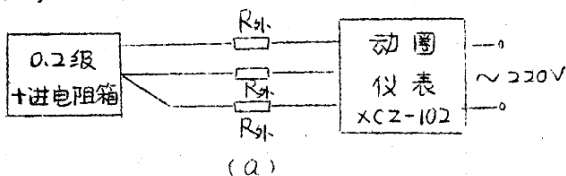
2. 阻尼时间:

用毫伏发生器迅速给仪表加以 $\frac{1}{2} \Delta E_{\text{全}}$ 的信号 (满量程毫

伏做的一半)，同时立即开动秒表，待指针稳定下来，则停止秒表。从加入信号到指针平复下来所经历的时间即为阻尼时间。按照技术规定，此类仪表的阻尼时间应小于了秒。

五、动圈式电阻温度计 (XCZ-102) 的校验：

1. 精度



① 按上图接好线路，把 $R_{外}$ 调整到规定值上，给仪表通电子热。

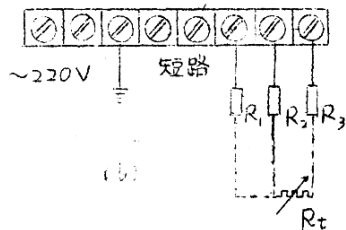
② 以十进电阻箱为信号源给被校仪表送入电阻信号，使指针恰巧落在被校刻度线上。此时电阻箱的读数即为该刻度对应实际电阻值 R_x' 。

R_x' 与该刻度线所对应的额定电阻值 R_x^0 之差与全量程电阻 ΔR_{xm} 之比，即为该点的示值相对误差 $d_{示}$

$$d_{示} = \frac{R_x^0 - R_x'}{\Delta R_{xm}} \times 100\%$$

一般规定，标尺上所有标着数码（如：100°C，200°C，……）的黑粗线都为被校线。而所有被校线的示值误差都应小于全量程的 $\pm 1\%$ 即

$$d_{示max} \leq \pm 1\% \Delta R_{xm}$$



XCZ-102 仪表接线图

(b)

图 三

③用电阻箱代替图三中的 R_3 ，并使 $R_3=0$ ， $R_3=3\Omega$ ，重复上述实验过程，观察并记录实验结果。

2. 阻尼时间:

阻尼时间的校准与动圈式热电偶温度计完全一样，不再另述。

六. 思考题:

1. 怎样正确地校验动圈式仪表?

2. 按图二直接用UJ-22电位差计代替纹号流并用其刻度值代替 E' ，有何问题?

设UJ-22电位差计的内阻 $R_{内}=30\Omega$ ， $R_{外}=15\Omega$ ， $R_g=300\Omega$ ，按上述校验方法测得的相对误差多大?

3. 外接电阻变化对测量有无影响?为什么?

七. 实验报告要求:

1. 写明实验目的，内容及方法。简述所用仪器，设备名称，型号等?

2. 整理并列示实验数据，应扼要地得出结论。

3. 分析实验中存在的问题，对思考题进行讨论。

<二> 动圈仪表的使用与调校实验

北京化工学院

一. 实验目的:

通过实验，了解动圈仪表的主要特性及影响测量精度的主要因素，熟悉动圈仪表用于测温时的成套性，从中学会正确使用动圈仪表。

二. 仪器设备:

XCT-101型动圈仪表	1台
旋转电阻箱	一个
UJ-36型电位差计(或303型)	一台

热电偶、补偿导线、补偿电桥、电炉、吹风机、电烙铁等
(公用)

三、内容步骤:

1. 结构认识

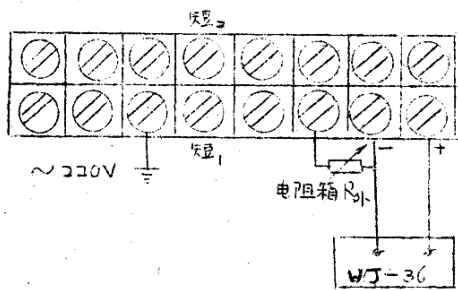
松开仪表背面固定螺丝，抽开机心，观察各部件的相互位置，画气路系统及动圈系统的结构示意图及调零机构示意图。

注意：本仪表测零刀分结构脆弱，必须特别注意保护吊丝，不得触碰！不得拆卸气路系统。一经拆卸，将会大大失磁，以至失效。

看毕，将机心装回壳内。

2. 调查

调 UJ-36 电位差计使之处于可使用状态。



图一 仪表端子板接线图

拆下仪表端子板上短₁及短₂间的短路线。

接线前，先调好机械零点。

按图一接线，但 220V ~ 电流先不接。地线也可不接。

按仪表标度盘上注明的外接电阻（线路电阻）值，以电阻箱代替接入。

参照热电偶的毫伏——温度对照表，用 UJ-36 给出对应于该表上下限的相应毫伏数，调查零位和满度（如满度不符，

但相差不多，可谓分路片）。

3. 校验

查出对应于标尺上各州数字的刻度线处之毫伏数，以 UJ-36 模拟输入，作正反行程校验。校验应重复三次，列表记录实验数据，求出最大的偏差和变差，计算其精度级别。

4. 外线路电阻 $R_{外}$ 的影响

①理论计算：设外线路的实际电阻（包括热偶内阻、补偿导线电阻、补偿电桥内阻等）为 3.2Ω ，动圈仪表内阻为（ \quad ） Ω 。今因使用时疏忽，没有接入相应的外线路电阻 $R_{外}$ ，将会引入多大的附加误差。

②实验分析：改变电阻箱 $R_{外}$ 的数值使之模拟上述的情况（ $R_{外}=3.2 \Omega$ ）重作步骤 3（校验），与上述计算结果作比较。总结归纳出实际使用时绕制 $R_{外}$ 应注意的问题。

5. 表内温度补偿效果的定性试验（选作）

调 UJ-36 使动圈仪表指针指示中间刻度处。用电烙铁置于动圈之下（不得碰上），让动圈受热，观察指针受热移动情况；用吹风吹热敏电阻使之受热（但不应使动圈受热），观察指针移动情况，参照讲义自行作出结论。

6. 阻尼特性（选作）

动圈仪表指针对好零点后，用 UJ-36 电位差计突然加入一个对应于刻度上限 90% 处的毫伏数，测量阻尼时间（阻尼时间定义为当仪表输入端突然加上相当于标尺某处的测量信号时，从该瞬间起，至指针进入其稳定位置两侧约满刻度的 1% 范围内，所经历的时间）。观察阻尼方式是欠阻尼、过阻尼或是其它。指出影响阻尼时间的有关因素。

7. 使用的成套性（示范）

按仪表标度盘上的规定，接上相应的热电偶，连接导线用铜线。热偶插入煮沸的开水中，观察仪表指示。为什么示值偏

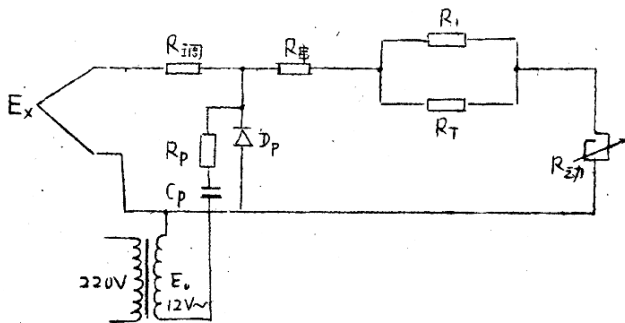
低？

连接导线改用相应的补偿导线，观察并记录示值的变化。为什么示值仍偏低？若补偿导线接反，又会出现什么现象？接入补偿电桥呢？

参照实验现象，分析冷端补偿的必要性，讨论有关的补偿方法。

8. 断偶保护电路认识（示范）

调UT-36，使动圈仪表指针指示刻度中央。接通220V~电流，记录电流接通前后示值的变化量。为什么？此时若热偶回路断路（如补偿导线开路），观察指针移动情况，对照图二、自行分析断偶保护原理。



图二、断偶保护电路

四、注意事项

1. 必须作好预习，弄清仪表基本原理。
2. 动圈仪表屏易损仪表，自始至终必须慎重爱护，不得擅自拆动更改。
3. 尊重实验现象，积累实验素材，在实验的基础之上，着重通过分析讨论，提高到理性认识。

五、总结分析：将实验数据和实验结果整理、分析。

<三> A 高温计用毫伏计的校验和试验

南京工学院

一、实验目的和内容：

1、观察各种表盘式、便携式、记录式、符号式毫伏计的外形和主要结构，补充实际知识，并记入听课笔记。

2、对指定的一具有高温计用毫伏计进行校验，判断其基本误差。

3、对上述仪表进行试验，其项目为：

- (1)、求该仪表的灵敏度限；
- (2) 求该仪表失去水平（在前左右侧则 15° 左右）时可造成的额外误差；
- (3) 求该当外接电阻被短路时所产生额外误差，并与理论计算值进行比较。

二、实验方法的提示：

1. 高温计用毫伏计的校验（确定基本误差）

(1) 高温计用毫伏计的校验是用比较法进行的，所示标准团是手动电位计；对象是可控输出毫伏发生器；校验方法是使电位计和毫伏计团受到同样的毫伏输入，然后比较其读数。

(2) 校验时的对象——毫伏发生器就是能输出直流毫伏级电压的设备，要造成一个可控的恒定直流电压，通常有两种方法，即直流分压方法和不平衡电桥方法，所用电源可以是 1.5 伏干电池。

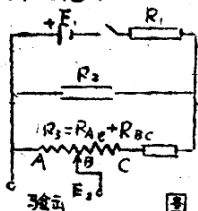


图 1

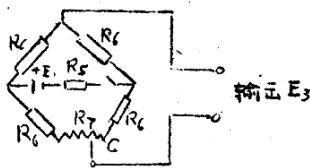


图 2

上面图 1 是一个直流分压设备，图 2 是一个平衡电桥。当电位团（滑线变阻团）上的滑动点 B 的位置变化时，输出电压

E_2 (或 E_3) 也要变化。试根据电工原理解决：

① 输出电压的极性；

② E_2 (和 E_3) 与 E_4 和电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 、 R_6 ， R_{AB} 、 R_{BC} 之间的关系；

③ 我们所要校验的毫伏计是配 EA 热电偶的，因此校验的范围约从 0 毫伏至 50 毫伏，如 R_3 和 R_7 都是 100 Ω 试估计一下其余各电阻应有的值 ($E_1 = 1.5$ 伏)。

(3). 校验的方法：试自行拟定校验时的接线图 (在本实验中是用不平衡电桥发生的) 拟定接线图时要注意：

① 如何使标准 Ω 和被校验仪表受到同样的输入；

② 校验的目的是确定毫伏计的基本误差，也就是在毫伏计正常使用条件下的误差，要注意毫伏计正常使用的条件有那些，如何保证在正常使用条件下进行校验。

2. 确定毫伏计的灵敏度限，这一项试验怎么做，要自行拟定方案。要指出，毫伏计的灵敏度限在各个刻度点上可能是不同的。我们只要求在一个常用刻度上 (大致在刻度上 $\frac{2}{3}$ 左右) 的灵敏度限。

3. 求示仪表失去水平时可能造成的额外误差。这个试验也要自行拟定方案，也只要进行在一个常用刻度点上的试验。

4. 求示外接电阻被短路时的额外误差，规定在 500°C 一点上进行 (如何进行由自己拟定方案)。首先要进行理论计算，在理论计算时要知道毫伏计内阻 (包括串联内电阻 R_s 和线圈电阻 R_m) 和要求外接电阻 R 的值，可以先把计算公式列出，然后在实验时对照设备本身的数据代入进行计算。

(在进行上述实验时应该注意，当毫伏计接入毫伏发生器后，由于毫伏计内有电流通过，毫伏发生器的输出电压是与毫伏计开路时略有不同的)

三、实验数据表

实验数据表包括实验设备的原始技术数据，还有实验时应测定和记录的各项数据。这些数据表要求在实验前自己拟定。在拟定数据表时要注意：高温计用毫伏计的标尺上刻的是温度($^{\circ}\text{C}$)值。

四、实验报告

实验结束后要自己写出报告

<三>B 成套热电高温计的使用试验

南京工学院

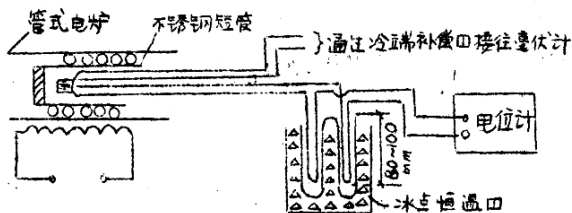
一、实验的目的和内容

在实验 2A 和 2B 中，我们已分别对热电偶和毫伏计的结构，正确使用方法和校验方法进行实验和实践，在这个实验中要求：

1. 熟悉冷端补偿器的结构和正确的使用方法；
2. 熟悉热电偶、冷端补偿器和毫伏计成套使用时正确的接线方法及其效果；

3. 判断在成套使用时某些环节不符合要求时会对测量结果造成什么影响，首先定性地估计读数是偏高还是偏低，再进一步估计出额外误差的大致数值，并将实验结果与理论估计相互验证，从而深入掌握成套热电高温计正确的使用方法。

二、实验设备的说明



实验设备如上图所示，筒式电炉中有两只镍铬合金——镍铝合金热电偶，从图上可知，我们采取了措施使两只热电偶芯受到同样的温度，其中一只热电偶通过木点恒温器接到手动电位计，如把电炉内温度稳定在某个数值，则根据电位计读数可以判断炉内的正确温度值。另一只热电偶（热电性质与前面一只完全一样）则通过冷端补偿器与配 EU-2 热电偶的毫伏计相接。应该如何连接由同学们自己去完成。

三、实验方法

线

1. 正确的使用方法，根据实验路，如果冷端补偿器和毫伏计都接得很正确，则毫伏计的读数应该与电位计上该数相差温度值一致，（冷端补偿器的可能误差约为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，如果读数相差在 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 范围内，可以认为是一致的），要求用实验来验证这个结果。

2. 在不正确使用条件下的额外误差，所谓不正确的使用条件，在现场可能发生的是：冷端补偿器的输入电压不对，毫伏计的外接电阻不对，毫伏计的机械零点不对，等等。在实验前可以预先估计一下在各种条件下会造成什么样的误差，然后用实验验证。所谓不正确的使用条件，并不限于上面指出的几项，如果同学们有兴趣，可以自己提出项目，并进行实验。

在进行额外误差实验时，要提出实验方案，例如如要判定冷端补偿器输入电压变化后对测量结果的影响，则要预先提出实验路线（即如何做输入电压变化）。

四、实验故障和报告

实验故障表根据实验项目自拟。但要注意，为了便于进行理论计算，所用设备的原始技术故障必须记全。

实验结束后应写出实验报告。

<四> XCZ-102动圈式仪表的使用

南京工学院

一、实验的目的和内容

1. 学会利用仪表说明书正确使用XCZ-102动圈式仪表。
2. 拟定用电阻箱校验XCZ-102动圈式仪表的方案以及它的现场校验的方案，并在实验室进行实践。
3. 判断仪表在不正确使用条件下可能造成的额外误差。

二、实验方法的一般指示

1. 比率计的正确使用 本实验所用比率计是配BA₁铂电阻温度计的(XCZ-102型动圈指温仪)(标尺范围0~150°C)。事先阅读该表计的说明书(制造厂提供的基准工仪表试验资料)。用电阻箱代替电阻温度计，在实验室内进行正确的接线并使用。

2. XCZ-102型仪表的校验 在实验2B中，我们曾用比较法校验过毫伏计XCZ-101，现在我们用绝对法来校验XCZ-102型表计(把电阻箱作为标准电阻)。试自行拟定校验方案，并在实验室实现。

表计的现场校验 根据表计的内部线路，考虑如何利用外部加装的标准电阻来进行现场校验，事先画个草图，经指导教师审查后在实验室进行试验。

3. 仪表的额外误差 考虑表计在现场可能出现的额外误差原因(例如倾斜等)，在实验室内观察一下这些额外误差来源会对测量结果造成什么影响。至于到底要观察些什么项目，由自己提出，但在进行试验前应征得指导教师同意。

三、实验报告

实验后可以作报告，也可以不作报告，如果要作报告，则一定要有数据表，数据表格式根据上述实验项目自拟。如果

不作报告，则可以将实验中所得知识补充入听课笔记。

<五> 电子型自动平衡电桥及XCZ-102型 动圈式温度指示调节仪的使用和校验

合肥工业大学

一、实验目的：

电子平衡电桥及XCZ(T)-102型动圈式温度指示调节仪与热电阻或产生电阻值变化的变送器配合使用，对温度或其他参数进行测量和记录，它精度高和灵敏在工业中得到广泛的使用，通过本实验，了解仪表的结构，使用与标定方法。

二、工作原理：

阅读讲义有关部分

三、实验仪器及设备：

- 1. XCZ-102 (XCT-102) 动圈温度指示(调节)仪。1台
- 2. 电子平衡电桥 1台
- 3. 标准电阻箱 (0.1Ω 以上) 1只
- 4. 5Ω 外接电阻 3只

四、实验内容：

甲、电子平衡电桥使用和校验

1. 电子平衡电桥校验接线示意图。如图 一 所示。

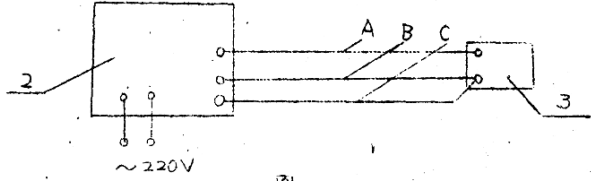


图 一

图中A, B, C为连接铜导线，其中A, B两线的接线电

阻(即有标准电阻箱的接线端子至仪表接线端子之间的接线电阻)与线路调查电阻 R_a 之和应调整为 2.5Ω 。

1. 将仪表通电预热

2. 测定指示基本误差及不灵敏区应在输入信号增大和减小两个方向上进行, 其方法如下:

将标准电阻箱调到使被称电子平衡电桥的指针位于比被称分度线(与被称分度线指示值相当的欧姆值为 R_j) 低 2—3 个分格处或在标准电阻上所加的电阻值比 R_j 值小 5Ω 左右(当按增大方向测定时), 再慢慢增加电阻值, 使指针达到被称分度线上并与之重合, 读下此时电阻箱的实际电阻值 $R_{实}$, 此为上行读数。

用以上方法依次在指示标尺所有数字的分度线上进行测定。按下式计算公式计算指示值的基本误差及不灵敏区

$$\text{指示基本误差 } \sigma_{\text{指示}} = \frac{R_j - R_{实}}{R_{终} - R_{始}} \times 100\%$$

$$\text{指示不灵敏区 } \Delta_{\text{指示}} = \frac{|R_{实} - R_{实}''|}{R_{终} - R_{始}} \times 100\%$$

式中: $R_{实}$ —被称查指针指示在被称分度线上时, 这时输入被称表的实际欧姆值, (即电阻箱上的读数)

R_j —与被称电子平衡电桥上被称分度线指示值相当的欧姆值。

$R_{终}, R_{始}$ —与被称平衡电桥标尺终端和始端分度线示值相当的欧姆值。

仪表示值的基本误差不超过测量范围的 $\pm 0.5\%$, 示值的不灵敏区不超过测量范围的 0.5% 。

3. 测定记录基本误差(此项时间不够可免做)

测定记录基本误差时, 可参照测定指示基本误差的方法进