

《自动检测和过程控制》 实验指导书

工业自动化仪表教研室编

中南大学教材科

二〇〇一年二月

前 言

本指导书为冶炼、材料、热能、化工类等专业的《自动检测和过程控制》课程实验而编，目的在于使学生在阶段通过有限的实践性环节尽量接触到现代工业自动化检测仪表与控制仪表，增加感性认识，并使理论与实践紧密结合，初步掌握生产过程中常用的检测及控制仪表的结构原理和使用方法，为今后能迅速成长为一个合格的工程技术人员打下坚实基础。

本书可供有色冶金、热能工程、化工、冶金、材料、粉冶、团矿等非电类专业的本、专科学生使用，参加本书编写的有王耀文(实验一、二、三、四、五、六、七、八、九)，黄年才(实验十、十一)，全书由王耀文审定。

目 录

实验须知.....	1
实验一、工业热电偶的检定及其静态特性测试	2
实验二、动圈温度指示仪(配热电偶)的示值检定及使用	8
实验三、自动电位差计的示值检定.....	12
实验四、数字温度显示仪的示值检定.....	16
实验五、非接触测温仪的使用.....	19
实验六、节流式流量计的原理与应用之一.....	25
实验七、节流式流量计的原理与应用之二.....	29
实验八、自动调节系统示教实验.....	34
实验九、电动单元组合仪表控温系统及其工作过程.....	47
实验十、聚氏气体分析器的操作使用.....	52
实验十一、红外气体分析仪和酸度(PH)计的使用	55
附录Ⅳ、热电偶分度表.....	60

实验须知

1、仔细阅读实验指导书，做好实验前的预习，明确实验目的、要求、内容、步骤及有关理论，做到心中有数。

2、实验时，先认真听指导教师的讲解，然后分组(3~5人)进行，对接线、操作测试、记录等，做到既有适当分工，又要求各人都有全面了解。

3、根据实验要求，严格按步骤进行，注意安全，如发生事故，立即切断电源并向指导教师报告处理。

4、认真仔细操作，真实记录各测试数据，并分析检查所测数据是否正确，如不正确在可能情况下重复测试一次。

5、实验完毕，先切断电源，将实验数据交指导教师审查无误后再拆线，否则须重做或补作实验。

6、严格遵守实验室的制度和纪律，不迟到或早退，凡因病或其他特殊理由未能按期参加实验者，应由科代表或班长向有关教师报告，征得教研室主任同意后安排补做实验的时间。

7、未经指导教师同意，不得动用他组及与本次实验无关的仪器设备。

8、室内不准抽烟、吃零食、随地吐痰和乱抛纸屑、果皮等，保持整洁，遇雨天时不准将伞带入室内。

9、严禁在实验室大声喧哗、哼小调唱歌、谈笑等，做到精力集中细心安静地操作。

10、爱护公共财物，实验仪器设备及工具如有损坏或丢失，必须向指导教师报告，查明原因酌情处理，对盗窃国家财物者，一经查出将严肃处理。

11、实验结束后，应将仪器设备恢复原状，清理桌面，打扫地面做到文明、礼貌清洁地离开实验室。

实验一 工业热电偶的检定及其静态特性测试

一、实验目的：

初步掌握工业热电偶的双极比较检定方法，同时，通过实验测试，加深了解热电偶的静态特性。

二、实验原理

使用中的热电偶由于长期受高温作用和介质的侵蚀，其热电特性会发生变化，为了保证测温的准确和可靠，热电偶应定期进行检定，若检定结果其热电势相对于分度表的偏差超过允许的数值时，则该热电偶应引入修正值使用。如热电偶已腐蚀变质或已烧断，则应修理或更换后再行检定。

表 1、各种常用热电偶对分度表的允许偏差

热电偶名称	分度号		等级	使用温度范围(°C)	允许偏差(°C)
	新	旧			
铂铑 10—铂	S	LB ₃	I	0~1100	±1
				1100~1600	±[1+(t-1100)×0.0037]
			II	0~900	±1.5
				600~1600	±0.25% t
镍铬—镍硅	K	EU ₂	I	-40~1100	±1.5 或 ±0.4% t
			II	-40~1300	±2.5 或 ±0.75% t
			III	-200~40	±2.5 或 ±1.5% t

附注：表中 t 为工作端温度，允差以 °C 或以实际温度的百分数表示时，两者中采用数值较大的一个值，本实验按 II 等级计算。

工业热电偶的检定方法有双极比较法，同名极法等多种，本实验采用双极比较法进行检定。其方法是用高一级的标准热电偶与被检偶的工作端处在同一温度作用下，比较他们的热电势值而求出被检偶对分度表的偏差，然后根据表 1 判断被检偶是否合格，这种方法设备简单、操作方便，一次可检定多支偶，常受人们欢迎。采用此法检定时，将被检偶与标准偶捆扎在一块，工作端插入管状电炉中间的均温带，在同一温度作用下用直流电位差计分别测出标准偶和被检偶在各校验点的热电势，将所测得的热电势值与分度表上对应点数据进行比较，求出被检热电偶的偏差值，对于镍铬、镍硅偶，通常在 400°C、600°C、800°C、1000°C 四个整百分数值上进行检定。

本实验标准偶采用标准镍铬—镍硅热电偶，被检偶是工业用镍铬—镍硅热电偶，通过检定同时可获得这种热电偶的静态特性（即热电势与温度的对应关系）。我国标准热电偶传递表见附录 1。

三、实验装置及设备：

1、实验装置连接示意如图 1 所示。

2、实验设备名称规格如下：

(1)标准镍铬—镍硅热电偶(分度号 K)	1 支
附标准偶检定证书一份	
(2)被检镍铬—镍硅热电偶(分度号 K)	1 支
(3)UJ36 型直流电位差计,0.1 级(实际使用时应用 0.05 级)	1 台
(4)管状电炉 220V,1KW,1000℃	1 台
(5)调压变压器(自耦式,(2~5)KVA)	1 台
(6)冰瓶(瓶中已放冰和水)	1 台
(7)水银温度计,0~100℃	1 支
(8)交流电压表,0~250V	1 只

四、实验步骤

1、将被检热电偶与标准偶捆扎在一起(工作端尽量靠近)后插入管状电炉中心均温带,然后将热电偶的冷端(即自由端)分别插入一支小玻璃管内再放入冰瓶中(注:为缩短实验时间,上述操作已于先完成,同学们按实验装置图检查接线即可)。

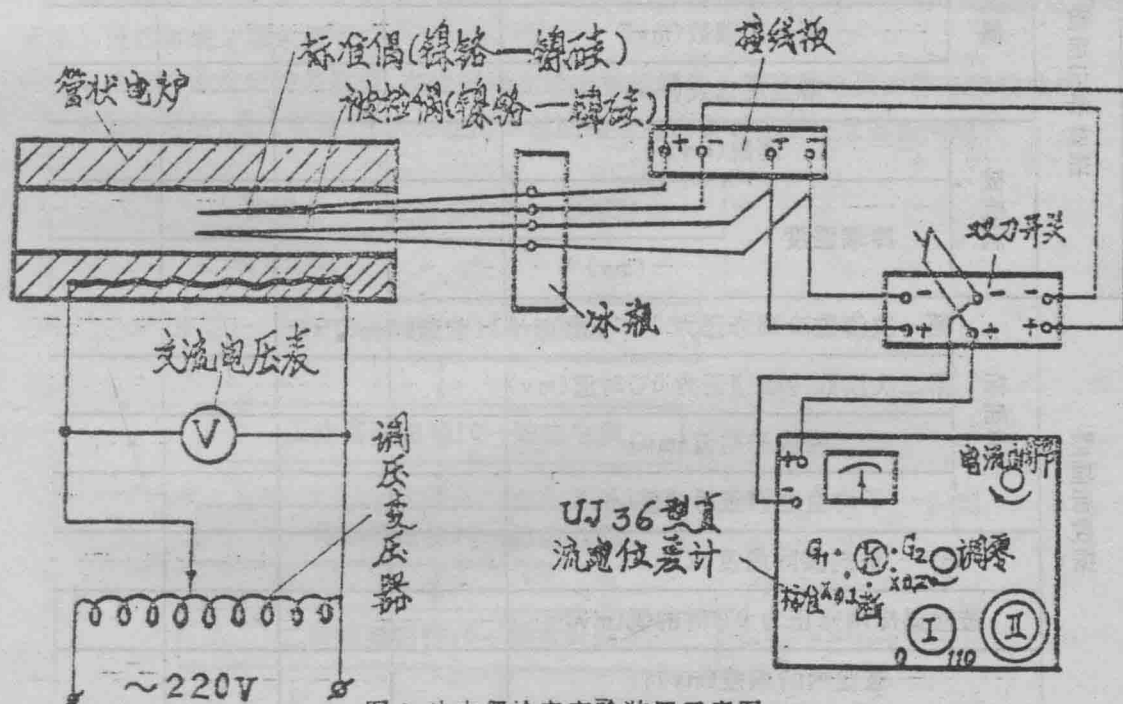


图 1. 热电偶检定实验装置示意图

2、为了能较好的在各规定的检定点温度下进行检定,采用标准偶来监视炉温,办法是于先找出标准偶在实验条件下(即冷端处于冰瓶内温度时)其工作端在检定点温度时产生的热电势值,然后在 UJ36 型直流电位差上给出与该电势值大小相等的已知电势,此时标准偶通过双刀切换开关与 UJ36 型电位计接通后可看到检流计指针偏转到“—”边,当炉子电源接通升温后,

一旦发现 U36 电位计检流计指针重新回到零点,则说明炉子温度正好是到达检定点温度,这时若立即将切换开关切向被检偶一边,再迅速调整电位差计指针回零,则可测出被检热电偶在该检定点温度时的热电势大小,那么被检偶在该检定点的偏差就可求出,为此请按下述步骤操作:

1)、先求出标准偶在第一个检定点温度(冷端温度为冰瓶内温度)时的电势值(求法见附录 II—I),填入表 2“第一次读数”栏中作为监视炉温到达第一个校验点温度时标准偶的电势值。同时将 UJ36 型电位差计的开关 K 扳向“未知”一边(注意:UJ36 型电位差计必须预先调好工作电流和检流计的零点,其使用方法见附录 III),将桌面上的双刀开关接通“标准偶”,将电势引入电位差计。

表 2 实验数据记录表

		检定点温度(°C)					
		对应名义值(mv)(查表)					
		实验用标准偶证书给出值 (冷端为 0°C)		热电势(mv)			
				修正值(mv)			
检定记录数据	标准偶	冷端温度	°C				
			mv				
		第一次读数(mv)					
	第二次读数(mv)						
	被检偶	读数(mv)					
		冷端温度	°C				
(mv)							
整理后数据	标准偶	第一次读数冷端修正为 0°C 时值(mv)					
		第二次读数冷端修正为 0°C 时值(mv)					
		两次平均值(mv)					
		平均值经修正后的值(mv)					
	炉内实际温度(°C)						
	被检偶冷端修正为 0°C 时的值(mv)						
	被检偶的偏差(mv)						
	被检偶允许偏差(mv)*						
检定结果							

* 由表 I 中查出允许偏差(°C),再按照不同的检定点温度由附录 IV 中的热电势率表($\mu\text{v}/\text{C}$)折算。

2)、接通炉子供电电源,将变压器输出电压调整至 200V 左右使电炉开始升温,接着观察检流计指针偏转方向(炉子升温过程中指针应向右即“+”方偏转),并不断地调整电位差计的测量盘,使检流计指针保持在“0”位,以便随时监视炉子升温速度和炉温。

3)、校验规程要求在检定点温度时炉温变化速度不宜太快(不大于 0.2℃/分钟),为此待炉温到达校验点还差 0.5~0.8mV 时速将炉子输入电压降低至 100~150 伏左右(视校验点温度高低而定,校验点温度高时电压降低小些,反之则大些)。同时,将电位差计刻度盘调准到“第一次读数”值上,这时检流计指针在左边“-”方向,随着炉温的继续升高,检流计指针将向“0”方向移动,一旦发现检流计指针回至“0”位即表示炉温已达校验点,此时立即将双刀开关扳至“被检偶”一边,读取被检偶的电势值并记入表 2,然后再速将双刀开关返回“标准偶”一边测出其电势,亦将结果记入表 2“第二次读数”栏内,至此该校验点温度下的测试工作已完成。

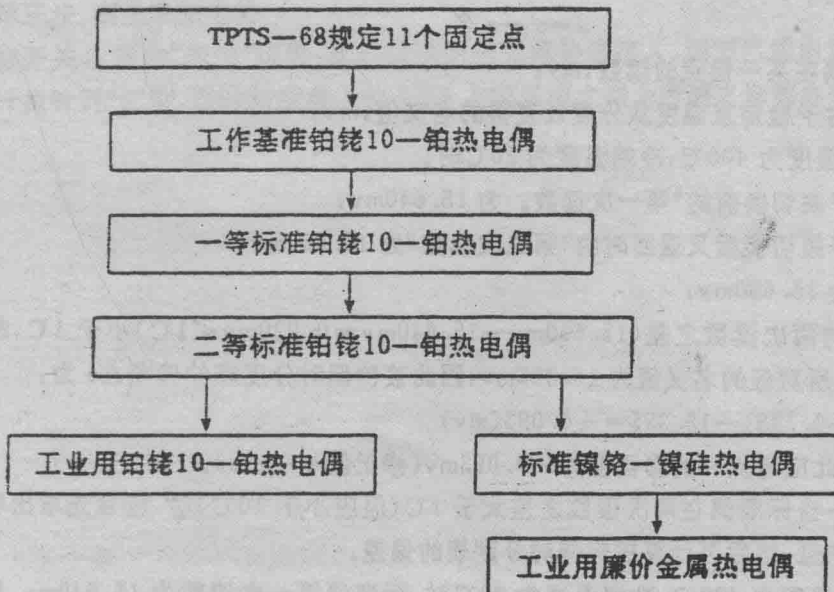
4)、重新升高电炉供电电压至 200 伏左右,使电炉温度在 600℃,800℃,1000℃等检定点时,按前述方法测出被校偶在这几个检定点温度下的电势值和标准偶“第二次读数”,并将结果一一记入表 2。

5)、检定完毕,切断所有电源,整理实验仪器设备,经指导老师同意即可离开实验室。

五、实验报告要求:

- 1、简述实验原理及实验用仪器设备;
- 2、实验数据按附录 I 的方法处理后记入表 2 中,并写出检定结果(即判别被检热电偶是否合格),最后将表 2 写入报告。
- 3、根据实验检定结果数据,在坐标纸上绘出被检镍铬—镍硅热电偶的静态特性曲线。
- 4、回答问题:通过实验,你认为在用双极法检定热电偶时需要注意哪些问题?

附录 I 我国标准热电偶传递表



附录 II 实验数据处理方法

一、标准热电偶在实验条件下(即冷端为恒温瓶内温度时)工作端温度在规定检定点时产生的热电势按下式计算:

$$E(t, t'_0) = E(t, t_0) - E(t'_0, t_0)$$

式中: E —热电偶热电势(mV);

t —热电偶工作端温度($^{\circ}\text{C}$)

t'_0 —热电偶冷端实际温度(即恒温瓶内温度)($^{\circ}\text{C}$)

t_0 —热电偶冷端为 0°C 时的温度。

例如:一支实验用标准镍铬—镍硅热电偶其检定证书上给出冷端温度 $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ 时,工作端温度在 400°C 下其热电势为 16.453mV ,在使用时若冷端温度 $t'_0 = 20^{\circ}$,试求工作端温度为 400°C 时,此热电偶实际产生的热电势是多少?

解:按题意 $E(t, t_0) = 16.453\text{mV}$

$$E(t'_0, t_0) = E(20, 0) = 0.798\text{mV} \text{ (查表)}$$

故

$$E(400, 20) = 16.453 - 0.798 = 15.655(\text{mV})$$

这就是说,当 UJ36 型电位差计测出标准偶的热电偶为 15.655mV 时,就表示电炉温度正好是 400°C 。

标准偶在其他几个检定点(600°C , 300°C , 1000°C)的热电势值(指冷端在恒温瓶内温度条件下)同样按上述方法求取。

二、被检偶对分度表的偏差求解法:

1、第一种情况—当标准偶在双刀开关切换前的炉温和标准偶在双刀开关切换后又返回时测出的炉温之差小于 1°C 时,可以认为检定时检定点炉温稳定,这时被检偶对分度表的偏差 Δe 用下式计算:

$$e = e' - e_{\text{名}}$$

式中: e' —被检偶在某一检点的读数, mV;

$e_{\text{名}}$ —一相对于检定点温度从分度表查得的名义值, mV;

例如:设检定点温度为 400°C ,冷端温度为 20°C 时。

标准偶在双刀开关切换前的“第一次读数”为 15.640mV ;

标准偶在双刀开关切换后又返回时的“第二次读数”为 15.660mV ;

被检偶的读数为 15.690mV ;

则由于标准偶的两次读数之差($15.660\text{mV} - 15.640\text{mV} = 0.020\text{mV} < 1^{\circ}\text{C}$)小于 1°C ,故可以认为检定点 400°C 所对应的名义值为 16.395mV ,因此被检偶对分度表的偏差 Δe 为:

$$\Delta e = (15.690 + 0.798) - 16.395 = +0.093(\text{mV})$$

显然,被检偶在此检定点时的修正值为 -0.093mV (修正值 $= -\Delta e$)。

2、第二种情况—当标准偶在两次读数之差大于 1°C (但应小于 10°C) 时,应首先求出检定时该检定点的实际炉温,然后再计算被检偶对分度表的偏差。

例如:设检定点温度为 400°C ,冷端温度为 20°C 时,标准偶第一次读数为 15.640mV ,标准偶第二次读数为 15.860mV ,被检偶的读数为 15.780mV ,则对标准偶的两次读数求算术平均值

并进行修正计算后可从 K 分度表中查得检定点的实际炉温。即：

$$\text{实际炉温} = \frac{15.640 + 15.360}{2} + 0.798 + 0.016 = 16.564(\text{mv}) = 404^\circ\text{C}$$

式中：0.798—相应于冷端温度 20°C 时的电势值，mv；

0.016—从实验用标准偶的检定证书上查得的标准偶在温度 400°C 时的修正值。

则经查 K 分度表得炉子实际温度为 404°C ，被检偶在 404°C 时对分度表的偏差为：

$$\Delta e = (16.780 + 0.798) - 16.564 = +0.015(\text{mv})$$

鉴于实际炉温 404°C 与检定点温度 400°C 之差不大于 10°C ，故可以认为被检偶在 404°C 时的偏差即为 400°C 时的偏差，即被检偶在 400°C 时的修正值为 $-\Delta e = -0.014\text{mv}$ 。因此，被检偶在 400°C 时的热电势为：

$$\Delta e + 16.395 = 0.014 + 16.395 = 16.409(\text{mv})$$

其他各检定点的测试数据亦按上述方法进行计算，并将检定结果填入表 2，再根据表 1 判断被检偶是否合格。

附录 III UJ36 型直流电位差计的使用方法

第一步：检流计调零

1、机械调零—当转换开关 K_1 置于“断”位置，切换开关 K 置于中间位置时，调节（用小起子）检流计上机械调零钮，使检流计指针到“0”位。

2、电气调零—将转换开关 K_1 置于“ $\times 1$ ”（在“ $\times 0.2$ ”处亦可）挡，调节“调零”旋钮，使检流计指针指到“0”位。

第二步：调整工作电流

将开关 K 推向“标准”位置（抵住不放），调节右上方“电流调节”旋钮，使检流计指针指到“0”位。

第三步：测量未知电势

将开关 K 扳向“未知”位置，此时被测的未知电势被接入，调节已知电势刻度盘 I 或 II，使检流计指针到“0”位，这时刻度盘上的 I、II 上的示值之和为所测之未知电势大小。

实验二 动圈温度指示仪(配热电偶)的示值检定及使用

一、实验目的

通过实验,掌握动圈温度指示仪(配热电偶)的示值检定方法,了解XC型及XF型两种动圈仪表的不同性能,以便在实际运用中更好地正确使用它们。

二、实验原理

为了确保动圈仪表测量的准确,实际使用的动圈仪表均应进行定期调校,本实验仅限于示值基本误差和变差的检定。如果示值基本误差和变差超过仪表精度等级的允许值,则认为不合格,若需连续使用,则应引入修正值或降级使用。对于精度等级为1.0级的动圈仪表,其示值基本误差不应超过电量程的 $\pm 1\%$,变差不超过电量程的 $\pm 0.5\%$ 。

动圈仪表示值基本误差检定采用“示值比较法”,即将被检表与一个标准表同时去测量某一被测量值,然后比较两种表的测量结果,以标准表的示值作为“真实值”,以被检表的示值作为“指示值”,根据误差公式便可计算被检表的示值基本误差和变差,再根据仪表相应精度等级允许的误差规定,判断被检表是否合格。本实验采用UJ36型直流电位差计作为标准表,精度等级为0.1级(按校验规程应采用0.05级直流电位差计),利用直流毫伏电源作为信号源(代替热电势),具体检定程序见实验步骤。

三、实验装置和设备

- 1、XCZ-101型动圈显示仪一只,1.0级;
- 2、XFZ-101型动圈显示仪一只,1.0级;
- 3、UJ36型直流电位差计一台,0.1级;
- 4、直流毫伏电源(用废旧直流电位差计代替)一台;
- 5、ZX-21型旋转式电阻箱一只。

四、实验内容和步骤:

1、示值基本误差和变差检定

- 1)按图1接好连线,注意极性不要接反。
- 2)把被检表水平放置,用小起子通过表头上的调零器调整好仪表的机械零点;
- 3)根据动圈仪表的外阻要求,把电阻箱调到相应值(对XCZ-101型为 15Ω ,对XFZ-101型为 0Ω)。

4)熟悉UJ36型直流电位差计的使用方法(见实验一的附录III)调整好检流计零位和调整好工作电流,并将切换开关K扳回中间位置,做好测试前的准备。

5)接通毫伏电源,调整输出电压使动圈表指针缓慢平稳上升至第一个被检分度线 300°C ,将UJ36型电位差计切换开关K扳向“未知”测量毫伏电源输送至动圈表的电势值,此为该分度点的“正向”电压值并记入检定记录表1。随即将UJ36型电位差计切换开关K扳回中间位置。

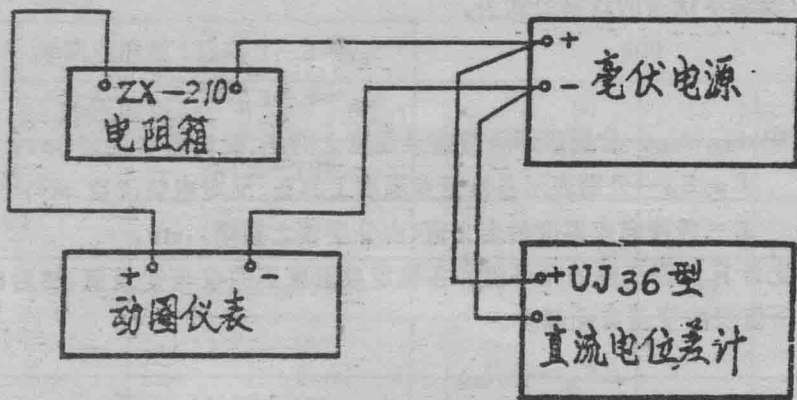


图 1 动圈仪表检定装置接线图

6) 稍增大毫伏电源输出电势,使动圈表指针超过 350℃后再减小输出电势,让指针重新准确指示在 300℃分度线上,这时将 UJ36 型电位差计开关 K 扳向“未知”一边测出的值为“反向”电压值,亦将结果记入表 1 中。

7) 按照 5 和 6 的步骤分别测量出 500℃,700℃,900℃,1100℃,1300℃分度线上相对应的“正向”和“反向”电压值,把测量结果一一记入表 1 中。

必须指出,在作“正向”或“反向”示值检定时,毫伏电源电势输出均应缓慢增减,切不可超越检定点分度线后再返回进行测试,否则所测结果是不真实的。

8) 确认上述所测数据是否准确,如果数据有误则重新操作,动圈仪表的示值检定内容已做完,则进行第二项内容。

2、外线电阻变化对两种动圈仪表示值的影响

1) 改变电阻箱电阻至 0Ω,调节毫伏电源,使动圈表指示 600℃,记下此时 UJ36 电位差计测量值并记入表 2。

2 再改变电阻箱分别为 10、15、20、30Ω,同样调节毫伏电源使动圈表指针指示 600℃,分别记下 UJ36 型电位差计测量值一一记入表 2。

实验测试工作全部完成并确认数据无误后将被检表和标准表名称,型号、分度号、量程、精度等级等记入表 1,最后拆去仪器全部接线,切断电源,整理桌面。

五、实验数据处理

1、先计算仪表的允许基本误差和计算各检定点下仪表的基本误差,然后比较两者值后判断各检定点下仪表的基本误差有无超差。

仪表允许基本误差计算公式为:

$$\delta_{\text{允}} = \pm \frac{(E_{\text{终}} - E_{\text{始}}) \cdot K}{100}$$

式中: $\delta_{\text{允}}$ —仪表允许基本误差, mV;

$E_{\text{终}}$ —仪表刻度终点温度相应的电势值, mV;

$E_{\text{始}}$ —仪表刻度始点温度相应的电势值, mV;

K—仪表的精度等级。

仪表基本误差的计算公式为：

$$\delta_{E_{正}} = E - E_{正}$$

$$\delta_{E_{反}} = E - E_{反}$$

式中， $\delta_{E_{正}}$ 、 $\delta_{E_{反}}$ —分别表示各检定点温度上的正、反向基本误差，mv；

$E_{正}$ 、 $E_{反}$ —分别表示各检定点温度上的正、反向电势读数，mv；

E —各检定点温度的名义值(由分度表上查得)，mv；

2、先计算仪表变差的允许值和各检定点温度下的仪表变差值，然后比较两者值后判断各检定点下仪表的变差有无超差。

$$\Delta E_{允} = \frac{1}{2} |\delta_{E_{正}}| \quad (mv)$$

仪表变差的计算公式为：

$$\Delta E = |E_{正} - E_{反}| \quad (mv)$$

表 1、动圈仪表示值检定记录

被检表名称 _____ 型号 _____ 分度号 _____
 被校表精度等级 _____ 量程 _____ 编号 _____
 标准表名称 _____ 型号 _____ 精度等级 _____

被检分度线		直流电位差计算值(mv)				基本误差(mv)				来回变差(mv)	
		XCZ—101		XFZ—101		XCZ—101		XFZ—101			
温度(℃)	名义值(mv)	正向	反向	正向	反向	正向	反向	正向	反向	XCZ—101	XFZ—101
0											
300											
500											
700											
900											
1100											
检定结果											

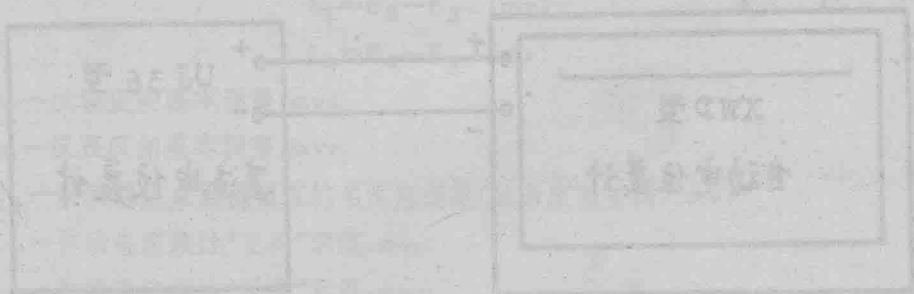
表 2、外阻变化以示值的影响

测试点温度(℃)		600			
外阻值(Ω)		0	10	15	20
电位差计示值(mv)	XCZ—101				
	XFZ—101				
ΔE(mv)	XCZ—101				
	XFZ—101				
Δt(℃)	XCZ—101				
	XFZ—101				

表 2 中, ΔE 是在外阻为 15Ω 在 600°C 时手动电位差计示值与其三点 ($0, 10, 20\Omega$) 在 600°C 时零位差计值之差, Δt 是根据 ΔE 值查分度表所得。

六、实验报告要求

- 1、简述实验原理, 及实验用仪器设备。
- 2、将实验数据, 计算结果和检定结论填入表 1 中后写入报告中。
- 3、将外阻变化对示值的影响记入表 2, 写入报告中。
- 4、回答下列问题:
 - 1) 在对动圈表进行示值检定时, 如果不用单独的直流毫伏电源直接用一台直流电位差计输出电势进行检定行吗? 为什么?
 - 2) 比较 XCZ—101 与 XFZ—101 型动圈表的不同特点, XCZ—101 型动圈表在实际使用时, 外接电阻 15Ω 应包括哪些电阻? 它与热电偶连接时如何保证?



实验三、自动电位差计的示值检定

一、实验目的

了解自动电位差计的动作原理,仪器结构组成及正确使用方法,初步掌握自动电位差计示值检定技术。

二、实验原理

自动电位差计是自动平衡显示记录仪中的一种,它可以接受传感器送来的电压信号对被测参数进行自动显示和记录,本实验用 XWD 和 ER 型自动电位差计是与热电偶温度传感器相配用的,用来显示记录被测温度,自动电位差计必须定期进行检定,检定内容主要是示值基本误差,记录基本误差和仪器不灵敏区。按照自动电位差计的技术指标要求,仪表指示值的基本误差不应超过电量程的 $\pm 0.5\%$;记录基本误差不应超过电量程的 $\pm 10\%$;仪表的不灵敏区不应超过电量程的 0.5% ,如果上述各项误差中不管那项误差超过了仪表的允许误差,则应进行调整检修,然后再行检定直到符合要求为止,否则应引入修正值或降级使用。

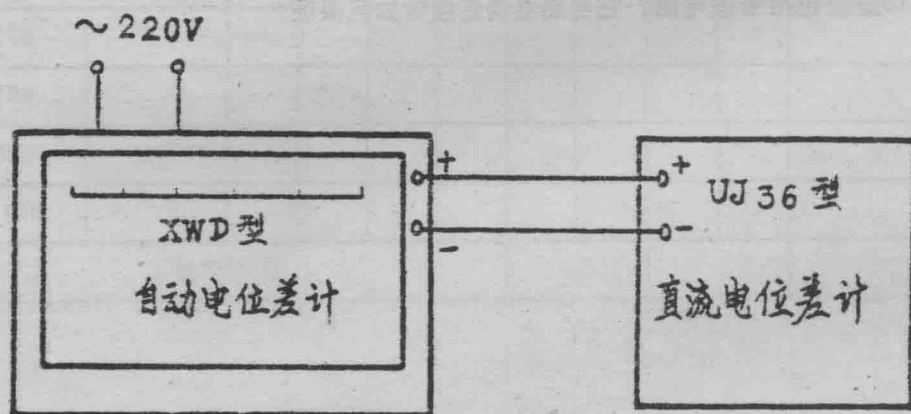
自动电位差计检定时采用 0.05 级直流电位差计作为标准表进行对检。

三、实验装置及设备

- 1、XWD 或 ER 型小型自动电位差计一台,
- 2、UJ36 型直流电位差计一台
- 3、玻璃水银温度计一支

四、实验内容及操作步骤

- 1、熟悉自动电位差计的组成结构及正确使用操作方法(这一步由指导老师讲解)。



实验装置连接示意图

- 2、进行示值检定:

- 1) 将 UJ36 电位差计作好检流计零点和工作电流调整以便使用。
- 2) 按实验装置连接好导线(注意“+”、“-”极),接通仪表电源(指示灯亮),将 UJ36 型电

位差计开关 K 扳向“未知”，各测量盘均调至零点，此时自动电位差计的指示指针应指示在冷端温度（即室温）上（如果相差太远，则请指导老师调整）。

3) 检查仪表始点，即将 UJ36 电位差计“+”、“-”接线端导线反接，用 UJ36 型电位差计向自动电位差计输入一反电势，使自动电位差计指针回到“0”位，记下 UJ36 电位差计示值于表 1 中，此值即为仪表始点实际值 (mv)，它应与此时室温下的始点名义值相等，否则应调整仪表机械零点，直到始点实际值与名义值相等为止（如需调整，必须在老师指导下进行）。

4) 检查仪表终点，将 UJ36 电位差计输出端接线按原来正确接法（即正接“+”，负接“-”）接好，调节 UJ36 型电位差计输出电势，使自动电位差计指针指示在满量程刻度终点，记下 UJ36 型电位差计示值于表 1，此值与冷端温度（即室温）相应毫伏数之和，与刻度终点温度的名义毫伏数比较，其误差应不大于仪表的允许基本误差，否则应进行仪表终点调整。

5) 示值基本误差及不灵敏区检定：根据检定规程要求检定点不应少于三个，对 K 分度仪表选 300, 500, 700, 900(°C) 四点，对 S 分度仪表选 400, 700, 1000, 1300(°C) 四点，检定时调节 UJ36 型电位差计输出电势，使自动电位差计指示指针由低到高依次停在各检定点温度线上，分别记下手动电位差计示值于表 1 的“正向”栏内。然后，调节 UJ36 型电位差计输出电势，使自动电位差计指针超出最后一个检定点 50°C 以后再缓慢减小 UJ36 型电位差计的输出电势，使自动电位差计指针依次停在上述各检定点温度线上，分别记下手动电位差计示值于表 1 的“反向”栏内。

6) 检查各检定点的测试数据是否真实，如有异常则需重新操作。需要注意的是在调节 UJ36 型电位差计输出电势时应缓慢进行，严格保持“正向”增加和“反向”减小的操作，切不可在检定点温度线上来回摆动。实验完毕后切断所有电源，整理桌面仪器。

五、实验数据处理

1、将各检定点下用 UJ36 型电位差计测得的“正向”与“反向”示值加上仪表始点名义值后填入表 1 相应栏目内。

2、进行基本误差和不灵敏区计算，将计算结果分别记入表 1 相应栏目中。

仪表基本误差计算公式为：

$$\delta_{\text{正}} = E_{\text{正}} - E_{\text{正}}, (\text{mv})$$

$$\delta_{\text{反}} = E_{\text{反}} - E_{\text{反}}, (\text{mv})$$

式中： $\delta_{\text{正}}$ —仪表正向基本误差，mv；

$\delta_{\text{反}}$ —仪表反向基本误差，mv；

$E_{\text{正}}$ —仪表检定点温度相应的名义电压值（从分度表查得），mv；

$E_{\text{正}}$ —手动电位差计“正向”示值，mv；

$E_{\text{反}}$ —手动电位差计“反向”示值，mv；

仪表实际不灵敏区计算公式为：

$$\Delta_{\text{实}} = |E_{\text{正}} - E_{\text{反}}|, (\text{mv})$$

3、计算仪表允许基本误差和允许不灵敏区，然后将允许基本误差和允许不灵敏区的值分别与各检定点温度下的基本误差值和不灵敏区值进行比较，将检定结果记入表 1 相应栏内。

仪表允许基本误差计算公式：

$$\delta_{允} = \pm \frac{(E_{终} - E_{始}) \cdot K}{100}, (mv)$$

式中: $\delta_{允}$ —仪表的基本允许误差, mv;

$E_{终}$ —仪表量程终点, 温度相对应的电压值, mv;

$E_{始}$ —仪表始点(即“0”刻度点)温度相对应的电压值, mv;

K—仪表的精度等级, $K=0.5$ 。

仪表允许不灵敏区计算公式:

$$\Delta_{允} = \left| \frac{(E_{终} - E_{始}) \cdot \Delta}{100} \right|$$

式中: Δ —仪表允许指示不灵敏区, 对 XWD 和 ER 型自动电位差计而言, $\Delta=0.5$ 。

4. 当仪表检定结果发现某检定点基本误差超过允许基本误差时, 则需引入修正值才能使用。仪表修正值的计算公式如下:

$$\sigma_N = \frac{(\delta_{正} + \delta_{反})}{2}, (mv)$$

式中符号含意同前。 σ_N 求出后, 按相应温度分度表换算成温度值。

表 1 自动电位差计示值检定记录

被检表名称		型号		分度号		
被检表精确度等级		量程		检定时室温		
标准表名称		型号		精确度等级		
检定点温度(°C)	分度	K	300	500	700	900
		S	400	700	1000	1300
对应名义值(mv)						
手动电位差计示值(mv)	正向					
	反向					
手动电位有位差计示值加仪表始点名义值(mv)	E 正					
	E 反					
基本误差(mv)	δ 正					
	δ 反					
不灵敏区 Δ (mv)						
检定结果(合格或填入修正值)						
仪表始点值(mv)	名义值		仪表终点值(mv)	名义值		
	实际值			实际值		

六、实验报告要求: