

ЭП-120型电子电位差计

(原理及检修)

孙克慎 編著

黃澤仁 审校

冶金工业出版社

ЭП-120型电子电位差计

(原理及检修)

孙克慎 編著 黃澤仁 审校

冶金工业出版社出版(北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第093号

国家統計局印刷厂印 新华書店发行

—— *

1959年11月第一版

1960年8月北京第二次印刷

印数3,010册(累計5,530册)

开本787×1092·1/32·60,000字·印张3 $\frac{12}{32}$

—— * ——

統一書号 15062·1904 定价0.39元

目 录

第一章 电子电位差计的概略介绍	2
1—1 用电位差计测量温度的简单原理.....	2
1—2 电子电位差计的基本原理.....	4
第二章 测量系统	6
2—1 测量温度的电位差电路.....	6
2—2 工作电流的校对.....	11
2—3 温度补偿装置.....	15
2—4 配合辐射高温计使用的电子电位差计.....	17
2—5 电子电位差计的检查、校验工作.....	19
2—6 测量系统的故障.....	25
2—7 修理测量系统时应注意的事项.....	29
第三章 变流装置	35
3—1 БП—34 型振动变流器的工作原理.....	35
3—2 振动变流器的构造和常见的故障.....	38
3—3 振动变流器的检查试验规程.....	45
3—4 输入变压器的构造和故障.....	47
第四章 ЭУ—42 型电子放大器	54
4—1 电子放大器的工作原理.....	54
4—2 电子放大器的故障.....	60
4—3 电子放大器的检查方法.....	63
4—4 电源变压器 (T_{P1}).....	75
第五章 联动系统	80
5—1 Д—32 型平衡电动机.....	81

5—2	平衡电动机的检修方法.....	84
5—3	记录纸传动装置.....	94
5—4	机械传动装置.....	98
5—5	附录.....	99

序

現代冶金技术正在日新月異的进步着，并逐步向自动化发展。所以对仪表的要求，不但要能够精确地測量，使操作人員在仪表的帮助下能够了解生产情况，进而要指导生产和根据冶金工艺的要求自动控制生产。故指示准确、灵敏程度高、并能担当組成系列化自动控制单元的电子仪表，在冶金工厂中的使用范围正在扩大着。为了有助于現場工人了解电子仪表，提高检修技术，使电子仪表这种近代化的測量工具，在生产中进一步发挥作用，故选择了冶金工厂中采用最多，結構簡單耐用，并有普遍意义的 $\Theta\Pi$ 型仪表中基本結構型式的 $\Theta\Pi-120$ 型电子电位差計，写成这本小册子。

由于作者水平所限，誠恐包罗内容过多会影响叙述深度，反而減低在实际工作中的参考价值，故在本書中偏重于講解仪表內易出故障的元件的修理工作，且所介紹的修理方法，也只适用于中型工厂。在内容中一定有許多不适当的及落后于形势的地方，衷心地希望讀者指正。

本書在編写过程中，承蒙鞍山鋼鐵公司赵有年工段长蒐集材料，鋼鐵研究院黃泽仁工程师逐句修正并提出寶貴的指教，于此謹致謝意。

孙克慎

第一章 电子电位差计的概略介绍

ЭП—120型电子电位差计是苏联黑色冶金动力管理局自动装置中心试验所 (ИЛИА) 制造的, 带有圆形记录纸、自动记录与指示温度的仪表。其型号的意义是:

Э——电子的。

П——电位差计。

百位数字——表示记录几点温度。

个、十位数字——表示仪表指针行走全刻度的时间。

全称 ЭП—120——电子电位差计, 指示与记录一点温度, 指针行走全刻度的时间为20秒。

ЭП—120型电子电位差计的精确度为全刻度的 $\pm 0.5\%$ 。当全刻度为15毫伏或更大时, 灵敏度为输入电压的 0.05% ; 当全刻度小于15毫伏时, 灵敏度则为输入电压的 0.1% 。最小允许的全刻度输入电压不少于5毫伏。

ЭП—120型电子电位差计有如表1—1所列分度。

1—1 用电位差计测量温度的简单原理

简单的电位差计由电池 C.Э. (1.5 伏)、滑动变阻器 R_p 、检流计 G 及测量温度的热电偶 T.П. 等组成。电路的连接如图 1—1; 电池 C.Э. 的电流由正极出发, 经电阻器 R 及滑动变阻器 R_p 回到电池的负极 (如实线箭头所示)。这个电流的数值是恒定不变的, 变阻器 R_p 的滑动点 K 由变阻器 A 点滑到 B 点, 在 K—B 之间即可得到不同数值电压降。当滑动点 K 位于 A 点时, K—B 之间电压降为最大, 当滑动点 K 移

3H-120 型电位差计的分度

敏感元件 (热电偶或仪表)	分度	温度 $^{\circ}\text{C}$		外接电阻 (欧姆)
		从	至	
铂-铝合金热电偶	XA	0	600	30
		0	800	"
		0	1100	"
		400	900	"
		600	1100	"
铂-康铜合金热电偶	XK	0	300	30
		0	400	"
		200	600	"
		0	600	"
铂铱-铂合金热电偶	ПП	0	1600	18
辐射高温计	PП	900	1800	18

动到B点时,所得 K—B 之间电压降为零。

现在我们分两种情况来说明测量温度的原理:

第一种情况:即当热电偶 T.П. 的热端和冷端的温度差为零时

(热电偶未与被测量热

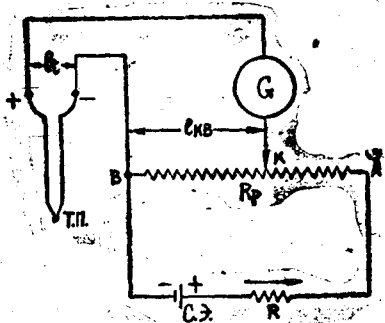


图 1-1 电位差计之电路

源接触时), 热电偶无热电势产生, e_t 等于零。此时要使得检流计 G 的指针无偏转, 则必须将 R_p 的滑动点 K 移向 B 点, 并与其重合。那么 B 点就是热电势 e_t 等于零时的滑动点 K 之位置。

第二种情况：当热电偶 $T.П.$ 与热源接触时，热电势 e_t 为某值，即有电流通过检流计 G ，指针即偏转。此时欲使指针回到零位上，则须将滑动点 K 向 A 点方向移动，使 $K-B$ 之间产生一个电压降 e_{KB} 与热电势 e_t 相平衡。因为 e_{KB} 所产生之电流方向相反，所以当滑动点 K 与 B 点之间的电势 $e_{KB} = e_t$ 时，检流计 G 的指针即无偏转，此时即称为平衡。那么如果电池 $C.Э.$ 的电压不变，我们在滑动变阻器 R 整个长度上作一刻度盘，以 B 点为温度之“零”点，以 A 点为温度之“最大”点，当移动 K 点至检流计 G 的指针无偏转时，相应的 K 点位置即为所测温度值。这是以电位差原理测量温度的最简单方法。

1—2 电子电位差计的基本原理

上节所述的电位差计不适合工业上测量温度，因微弱的平衡电流不足推动大型指示仪表的指针及温度记录装置动作。因此 $ЭП-120$ 型电子电位差计，系将电位差电路中的微弱不平衡电流加以放大，然后经过一变换装置推动指针指示出温度。如图 1—2，热电偶 $T.П.$ 所测量的温度如有升高或降低时，热电势 e_t 的变化就破坏了电位差计的平衡状态。不平衡的直流电势经变流装置 1 变为交流电讯号，再放到电子管放大器 2 去。经过放大器将微弱的交流讯号放大，使其电压与功率都提高到一定数值，再输出到平衡电动机 3 中去，使电动机得到转动力矩而转动，再经传动机构 8 变更滑动点 K 的位置，直到电位差计达到平衡、而无不平衡电势进入变流装置 1 为止。与滑动点 K 同轴的指针 5 也随同滑动点 K 转动，当滑动点和指针停止转动时，指针所指的位置，正是电

位差計平衡时电压降 $e_{\text{н}}$ 的数值，亦即热电偶因測量溫度所产生的热电势数值。刻度盘的始点与終点和滑綫变阻器 R ，

(4) 的始点 B 和終点 A 相同，虽然指針所指示是变阻器 R 各点的电压降数值，但为了操作人員易于了解热电偶 $T.П.$ 所測量的溫度，故刻度盘的刻度，根据热电偶資料的不同，而直接刻出热电偶所測量的溫度数值来。

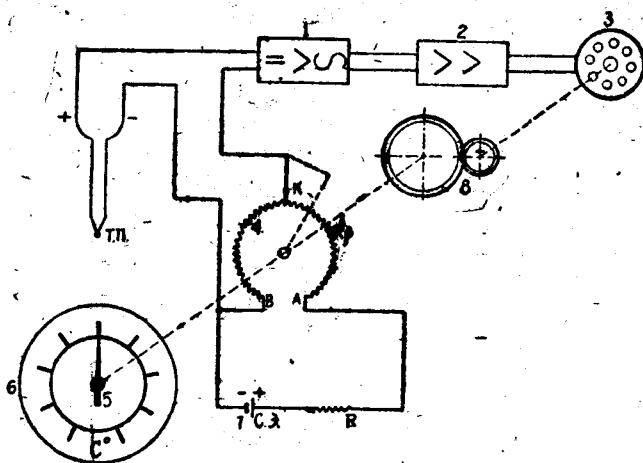


图 1-2 3П-120型电子电位差計系統說明图

1—变流装置；2—电子放大器；3—平衡电动机；4—滑动变阻器；

5—指針；6—刻度盘；7—电池；8—传动齒輪

注：图中虛綫代表机械联动机件。

3П-120型电子电位差計主要环节之組成及原理，以下分章詳述。

第二章 測量系統

2—1 測量溫度的電位差電路

ЭП—120 型電子電位差計的測量部份 如图 2—1，在熱電偶 T. П. 的輸入端，有串聯在電路上的電阻器 R_ϕ 和並聯在電路中的電容器 C_ϕ 組成的濾波裝置，濾去熱電偶和補償

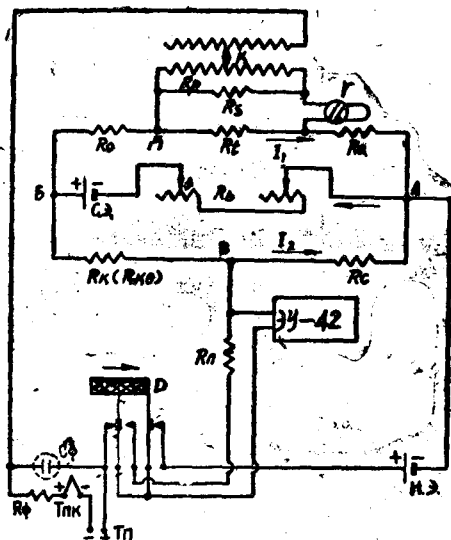


图 2—1 ЭП—120 型電子電位差計測量系統圖

導線所感应的交流訊号电压，以防止这种干扰訊号影响仪表正常工作。滤波的工作如图 2—2，因为仪表的变流装置中输入变压器初級綫圈有很大的电感，加上電位差計的电阻值，

所以热电偶和补偿导线在表外所感应产生的干扰讯号电压不容易通过，而消除在并联的电容器 C_ϕ 上，所以电容器 C_ϕ 可以起到滤波的作用，电阻器 R_ϕ 起遏止交流讯号电压的作用。 C_ϕ 为 2×20 微法拉电解电容器， R_ϕ 为 100 欧姆 0.5 瓦炭膜电阻器。

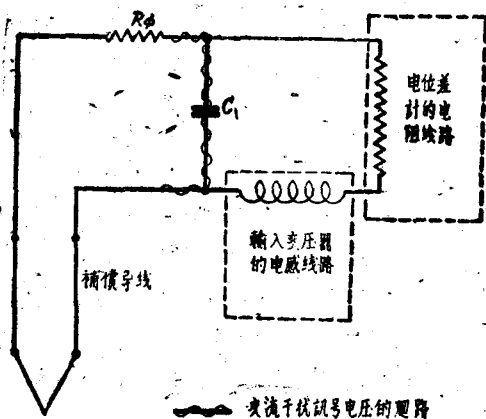


图 2—2 测量部份滤波电阻器 R_ϕ 和滤波电容器 C_ϕ 的功用示意图

干电池 C. 3. 的电压在 1.2~1.5 伏范围以内，电路中的工作电流一般 $I_1 = 4$ 毫安， $I_2 = 2$ 毫安。与指针同轴的滑线变阻器 R_p 约为 40 欧姆，系用直径 0.3 毫米漆包电阻线绕制，约 1600 圈。 R_p 与 R_s 并联后为 20 欧姆 $\pm 0.5\%$ ， R_s 为滑线变阻器 R_p 的分路电阻，可以使 R_p 的数值更准确，在 R_p 磨损后电阻值改变时，用以调整刻度。用以平衡电路

的 R_r 为决定测量范围的电阻，其电阻值系由计算决定。 r 之功用与 R_s 相同，但调整范围很小。 R_o 为滑线变阻器的上限调整电阻器。 R_a 为滑线变阻器的下限调整电阻器。 R_k 为补偿热电偶冷接点温度变化之镍质电阻器，又称 R_{ni} ，其功用在第 2—3 节中详述。 R_c 为按标准电池 $H.\Theta$ 电势来确定工作电流的固定电阻器。 R_b 为调整工作电流的可变电阻器（在校对工作电流时由传动齿轮带动，以改变电阻值）。 R_n 在校正工作电流时，起阻尼作用，避免开关 P 接通时，仪表的整个随动系统受到冲击。补偿热电偶 T_{ns} 为补偿电阻器 R_k 热惰性的的补偿热电偶。 $H.\Theta$ 是三级标准电池（在 $20^\circ C$ 时电压为 1.0187 伏）。

电路中除了补偿电阻器 R_k 为镍（或铜）质电阻器外，其余的电阻器均由锰铜合金电阻线绕制。被测的热电势 E_t, t_o 是由 R_r 之 K, Π 段上电压降及 R_o, R_k 上电压降来平衡的，由此可得：

$$\begin{aligned} E_t, t_o = \bar{V}_{KB} &= I_1 R_r (K\Pi) + I_1 R_o - I_2 R_k \\ &= \bar{V}_{KB} + \bar{V}_{AB} - \bar{V}_{BB} \end{aligned}$$

假如热电势 E_t, t_o 不等于电压降 $\bar{V}_{KB}$ 时，那么在放大器的输入端即有 $[\pm E_t, t_o - \bar{V}_{KB}]$ 大或小的电势输入。

测量系统用于不同类型热电偶时，电路中各电阻之数值，均得计算。制作或修理电路中的电阻时，用标准电桥测得阻值应精确到小数点以后三位至四位。

测量系统计算方法如下（参看图 2—3）： R_{oi}, R_x, R_r, R_s 及 R_{KL} 为接线电阻，设计时假定其一定电阻值。调整刻度范围的电阻器 r 在 $0.1 \sim 0.8$ 欧姆之间，可采取 0.4 欧姆作为计算数值。滑动电阻 R_r 之实际可动部份设为 104% ，刻度

$$R_o = \frac{E_{x.s.}}{I_2}。$$

計算時使用之常數如下：

$$R_L = R_x = 0.02R_p$$

$$R_x = 0.0183 \text{ 欧姆}$$

$$R_y = 0.0010 \text{ 欧姆}$$

$$R_z = 0.0200 \text{ 欧姆}$$

$$R_{oi} = 0.0212 \text{ 欧姆}$$

$$R_{K1} = 0.0453 \text{ 欧姆}$$

$$r = 0.8 \text{ 欧姆}$$

$$R_{s1} = \frac{1}{2}r = 0.4 \text{ 欧姆}$$

$$R_p \text{ 和 } R_s \text{ 并联后写作 } R_{ps}$$

$$= 20.0 \text{ 欧姆} \pm 0.05\%$$

$$E_{x.s.} = \text{标准电池电压} \quad K = \frac{R_s + R_x + R_p}{R_p} = 1.04$$

$$I_1 = 4 \text{ 毫安}$$

$$I_2 = 2 \text{ 毫安}$$

1. 刻度范围电阻的计算 (R_i)

$$R_i = \frac{MV_s (R_{ps} + R_x + R_y + R_z + R_{s1})}{\frac{I_1 \cdot R_{ps}}{K} - MV_s}$$

2. 上限电阻的计算 (R_o)

$$R_o = \frac{I_2(R_x + R_{K1})}{I_1} - R_{oi} + \frac{1}{I_1} \left[MV_{min} - MV_s \left(\frac{R_s}{R_p} + \frac{KR_x}{R_{ps}} \right) \right]$$

电阻 R_x 具有补偿热电偶冷端温度之作用 (在 2—3 节中详述)。 R_x 通常用电阻温度系数较大的材料制成，以镍或铜丝为多。它受温度影响而变化的电阻值要恰好可以补偿热电偶冷端受温度影响而变化的电压值。

$$R_x = \frac{E(t_0 - t_1)}{\Delta t} \cdot \frac{1}{\alpha I_2} = \frac{e}{\alpha I_2}$$

α —— R_x 材料之电阻温度系数

铜为 4×10^{-3}

镍为 5.43×10^{-3}

$\Delta t = t'_0 - t_0$, 为冷端温度由 t_0 变化到 t'_0 时温度差值。

$E(t'_0 - t_0)$, 为冷端温度变化 Δt 时, 热电偶的热电势。

$G = \frac{E(t'_0 - t_0)}{\Delta t}$ (毫伏/°C) 为热电偶在冷端温度变化 Δt_0

范围内之灵敏度, 一般均采取 0—100°C。

3. 下限电阻的计算 (R_n)

$$R_n = \frac{1}{I_1} \left[E_{n.s.} + M V_0 - M \bar{V}_{\min} - M \bar{V} \cdot \left(\frac{1 + R_L}{R_p} + \frac{K(R_y + R_n + R_{s.})}{R_{p.}} \right) \right]$$

电阻 R_n 之数值可由表 2—1 中查出:

表 2—1

R_n 数值表

测 度 范 围 (毫伏)	电 阻 值 (欧姆)
11.5 以下	4.0
11.5—17	5.4
17—24.5	8.2
24.5—35.5	12.0
35.5—54	18.0
54 以上	27.0

2—2 工作电流的校对

为了测量准确, 就必须要求电路中工作电流 I_1 和 I_2 的数值稳定不变。但 I_1 和 I_2 受电池 C. D. 电压的影响, 可能发生变化。例如: 新换入的电池代替已经衰老的电池时, 因电压不同、则未换入新电池前的和已换入新电池后的工作电流 I_1 和 I_2 自然也不同, 这就会引起测量温度的很大误差。为

避免此种情况，在仪表中有校正测量系统工作电流的装置，使 I_1 和 I_2 保持恒定不变。校正装置是由标准电池 $H. \Theta.$ 、切换开关 D 和变阻器 R_0 所组成。

位于仪表正面右上方的切换开关 D ，按箭头所指的方向按下时，热电偶 $T. \Pi.$ 的正极就和电路切断，标准电池 $H. \Theta.$ 的正、负两极与电路 B 、 A 两点接通。如果标准电池的电动势 $E_{H. \Theta.}$ 与测量系统内的工作电流 I_2 在电阻器 R_0 上所产生的电压降 V_{BA} 相等时，即：

$$E_{H. \Theta.} = I_2 \cdot R_0 = V_{BA}$$

此时电路呈现平衡状态，放大器内即无输入信号，亦即系统内 I_1 和 I_2 保持恒定数值。

由图 2—4 中可知：可变电阻器 R_0 滑动时，由电池 $C. \Theta.$ 所供给的工作电流 I_1 和 I_2 就要改变。电阻器 R_0 的电阻值变大时， I_1 、 I_2 的电流值减小； R_0 的电阻值减小时， I_1 、 I_2 的电流值增大。如电池 $C. \Theta.$ 之电压波动或其他原因，使标准电池 $E_{H. \Theta.}$ 与 V_{BA} 产生偏差时，若调整 R_0 即可达到 A 、 B 点电压降 V_{BA} 等于标准电池电压 $E_{H. \Theta.}$ ，此时电路中电流 I_2 即恢复到原来数值，就能使电路达到平衡。电流 I_1 与 I_2 都由 B 、 A 两点的电位决定，当 I_2 保持不变时， I_1 也一定能保持恒定。电阻器 R_0 的转动，是由切换开关 D 控制，通过传动机械的两个齿轮而完成的。这两个齿轮中一个和平衡电动机相连接，称为主动轮，另一个和电阻器 R_0 相连接，称为从动轮。这两个轮在仪表测量温度时不能接触，只有当按下切换开关 D 时，同时将从动轮按下使其与粘附在主动轮上的软木垫产生摩擦力矩，从动轮才能转动，亦即只有在校对工作电流时，电阻器 R_0 的电阻值才能改变。

