

热电偶配电位差计测温系统的冷端处理

单作蓉

(西北铝业有限责任公司 甘肃 定西 748111)

摘要: 本文分析了热电偶配电位差计测温系统冷端补偿导线及电阻的作用,热电偶的热电势不仅与工作端温度有关,还与参比端有关,只有固定参比端温度才能通过热电势的大小来判断热点温度的高低。若参比端温度波动较大,就需要使用补偿导线将冷端延长到一个温度相对稳定的地方,然后处理冷端。

关键词: 热电偶; 电位差计; 测温系统; 冷端处理; 补偿导线; 冷端补偿电阻

Cold end treatment of thermocouple potentiometer temperature measuring system

Shan zuorong

(Northwest Aluminum Fabrication Company LongXi , Gan Su, 748111)

Abstract: This paper analyze the role of code end Compensation wire and resistance of thermocouple potentiometer temperature measuring system .The thermoelectric potential of thermocouple is not only related to the temperature of walking end , but also related to the reference end. Only the temperature of fixed reference end can judge the temperature of hot spot though the size of the thermoelectric potential .If the reference end temperature Fluctuation is large, it's necessary to use the Compensation wire to extend the cold end to a place where the temperature is relatively stable and then deal with the cold end. Some more couple partition meter Temperature measurement system code and Treatment

Keywords : thermocouple; electronic potentiometer; code end treatment; compensating lead wire; cold end compensation

随着分公司近几年来发展,各类生产设备不断投产,热电偶配电位差计测温系统的应用也更加广泛,在这里对这种测温系统的冷端处理问题进行分析、讨论,使我们更加清晰的认识这种在分公司广泛使用的测温系统,以便我们更好的对其使用和维护。

1 概述

热电偶测温是当今工业过程温度检测最主要的手段,它与电子自动电位差计配合组成的测温系统被广泛的应用。在这个系统中,热电偶与二次仪表之间采用补偿导线连接,而二次仪表内部的测量桥路又有一个热电偶冷端补偿电阻,两者均属于测温冷端的处理,对于其各自的作用,一般仪表维修工人往往认识不足。这里就二者的作用、工作原理作一分析,说明二者具有不可替代的独特用途。

1.1 热电偶补偿导线

热电偶插入被测温场时,只要冷端和热端有温差便会产生热电势,它产生的热电势是热端和冷端两个温度函数的差,热电势不仅与热端温度(被测温度)有关,还与冷端温度有关。如果冷端温度恒定,即热电势将是被测温度的单值函数。

事实上，热电偶受自身制造和安装条件的限制，不可能做的很长，尤其是贵金属热电偶，加长热电极长度将使造价大大提高。因此一般都较短，这就使得冷端离热端很近，且暴露在大气中，受环境温度和被测温度影响，冷端温度有较大波动，为使冷端温度较稳定并便于二次仪表测量，最简单的方法是利用热电特性与工作热电偶相近的廉价材料制成导线，将热电偶冷接点延长到仪表盘上的二次仪表接线端子上，该导线通常称之为补偿导线。

热电偶补偿导线一般是由补偿导线合金丝、绝缘层、保护套和屏蔽层组成，在 100℃以下的常温范围，补偿导线具有与匹配的热电偶的热电势标称值相同的特性，用它连接热电偶可以延长热电偶的参比端。补偿导线分延长型导线和补偿型导线。其优点是提高线路的绕性，布线接线方便，同时可以调节小路电阻和屏蔽外界的干扰，最主要的是降低了线路的成本。

补偿导线的材料在热电偶冷端可能的温度变化范围内，产生的热电势等于工作热电偶在相应温度产生热电势，则：

$$E_{AB}(t_n, t_0) = E_{A'B'}(t_n, t_0) \quad (1)$$

图 1 示出了带补偿导线的热电偶回路各点的温度。工作热电偶的冷端温度为 t_n ，经过补偿导线将热电偶冷端延长形成新的冷端，其温度则为室温 t_0 ，回路中的总热电势为：

$$E_T = E_{AB}(t) + E_{BB'}(t_n) + E_{B'A'}(t_0) + E_{A'A}(t_n) \quad (2)$$

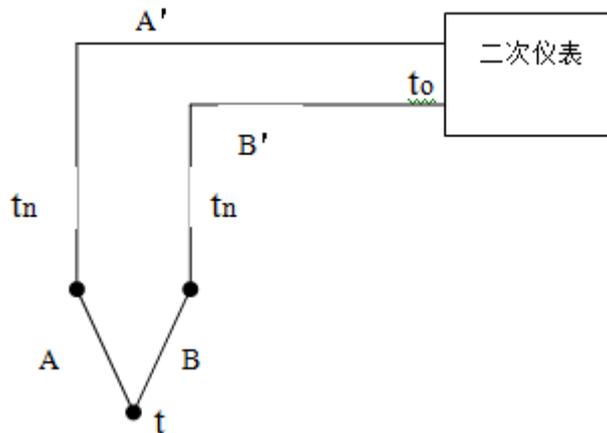


图 1 测温原理

如果回路中各结点温度均为 t_n ，则回路中的总热电势等于零，因此有：

$$E_{AB}(t_n) + E_{BB'}(t_n) + E_{B'A'}(t_n) + E_{A'A}(t_n) = 0 \quad (3)$$

将 (3) 带入 (2) 式得：

$$E_T = E_{AB}(t) - E_{AB}(t_n) + E_{B'A'}(t_0) - E_{B'A'}(t_n) \quad (4)$$

将下标 $B' A'$ 换位，则相应的电势的极性随之改变，即：

$$E_T = E_{AB}(t) - E_{AB}(t_n) + E_{A'B'}(t_n) - E_{A'B'}(t_0) = E_{AB}(t, t_n) + E_{A'B'}(t_n, t_0) \quad (5)$$

配套补偿导线的特性符合 (1) 式并将其带入 (5) 式得：

$$E_T = E_{AB}(t, t_n) + E_{A'B'}(t_n, t_0) = E_{AB}(t, t_0) \quad (6)$$

从 (6) 式可以看出，采用了补偿导线后，只要工作热电偶冷端（原冷端）的两个冷接点温度相同，则相当欲将热电偶冷端延长到了温度为 t_0 的新冷端，与采用等长度热电偶在效果上是等同的。而事实上工作热电偶的两个冷接点同出其接线盒内，因此温度是相同的。热电效应理论的第三导体定律指出：由导体 A、B 组成的热电偶，当引入第三导体时，只要保持第三导体两端的温度相同，接入导体 C 后对回路的总电势无影响。根据这一结论，将热电偶回路断开，接入一个测量电势的二次仪表，就相当与在热电偶回路引入了第三导体，由此可测出回路的热电势，进而得出被测温度。

从以上分析，补偿导线的效果是将工作热电偶延长到了一个温度稳定且便于安装二次仪表的地点，它并不补偿环境温度变化对测温度的影响，传统的称谓有“补偿”二字，对其作用易产生误解，因此，目前有些参考书中称为“延长导线”，本人认为能更准确的表明其原理和效用。

这种补偿导线其高温热电性能尽管与所配用的热电偶不同，但在低温时（一般在 100 摄氏度以下）其热电性能很接近热电偶的热电性能，所以用这两种便宜金属制成的导线同热电偶连接，便可以起到延长热电偶的作用，用这种方法来延长热电偶自由端，不但不影响热电偶测温的准确性，相反，由于热电偶的自由端远离了被测对象，自由端处于温度较低且温度比较稳定的场所，为热电势修正法提供了方便。图 2 便是一个用补偿导线延长热电偶自由端的简图。

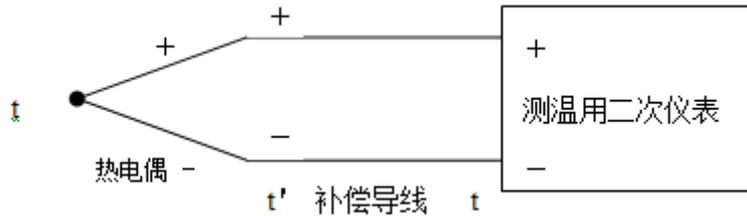


图 2 热电偶与补偿导线正确接线

1.2 补偿导线具体分析

从测温的角度来讲，补偿导线实际上是一种“热电偶”，不过这种“热电偶”其热电特性只在低温（100 摄氏度以下）下与所对应的某种热电偶的热电特性想一致，所以我们可以认为二次仪表接受的热电势就是热电偶产生的热电势与补偿导线产生的热电势串联相加的结果。

即： $E = E_x + E_{补}$ ，既然我们把补偿导线看成“热电偶”，而它与热电偶产生的热电势又是串联后送入二次仪表的，因而存在一个极性问题，如果补偿导线极性接错，就会造成二次仪表指示指示错误或偏低。在生产现场通常有以下三种情况：

在补偿导线与热电偶连接处极性接错，而至二次仪表处极性接对，如图 3，此时二次仪表接受信号为： $(-E_x + E_{补})$ ，因 $E_x > E_{补}$ ，故二次仪表接受一个负信号，此时二次仪表指示始点以下。

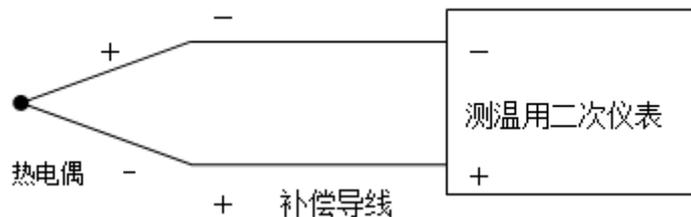


图 3 补偿导线与热电偶连接处极性接错

在热电偶与补偿导线连接处极性接对，而至二次仪表处极性接错，如图 4，此时二次仪表接受信号为： $(E_x + E_{补})$ ，故二次仪表指示始点以下。



图 4 二次仪表处极性接错

在热电偶与补偿导线连接处极性接错，而至二次仪表处极性也接错，如图 5，此时二次仪表接受信号为： $(E_x - E_{补})$ ，因 $E_x > E_{补}$ ，故二次仪表指示偏低，电势减小的数值等于补偿导线延伸电势的两倍。

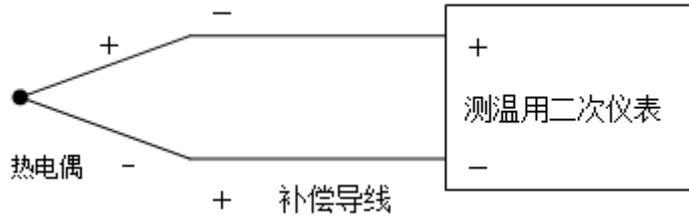


图5 均接错

通过上述分析我们知道，利用补偿导线能减小误差，提高测量精度，有利于热电势的修正。但是如果在使用中与热电偶或二次仪表极性接错的话，不但不能减小误差，相反还会增大测量误差，造成生产事故，所以补偿导线在使用中一定要注意极性。

1.3 热电偶冷端温度补偿电阻

补偿导线延长了工作热电偶，由此而产生的新冷端将在仪表室内的二次仪表接线端子上，此地环境温度仍然是变化的，因此热电偶回路的热电势将随之而变，为了补偿室温波动对测温准确性的影响，必须对冷端温度进行补偿。在配用电位差计时，其内部测量桥路设置了一个冷端温度补偿电阻 R_{cu} ，见图 6， R_{cu} 是一个温度系数较大的铜电阻，其阻值随所处的环境温度变化而变化。

这里设被测温度为 t ，二次仪表按冷端温度为 t_0 分度，测量回路的平衡方程可写成：

$$U_{dc} + U_{cb} - U_{ab} - E_{AB}(t, t_0) = 0 \quad (7)$$

如果被测温度保持 t 不变，但冷端温度由 t_0 升为 t_0' ，这时式 (7) 中的 $E_{AB}(t, t_0)$ 一项将是 $E_{AB}(t, t_0) - E_{AB}(t_0', t_0)$ ，桥路将不在平衡， $U_{\lambda} \neq 0$ ，而是一个正值，这一不平衡电压输给放

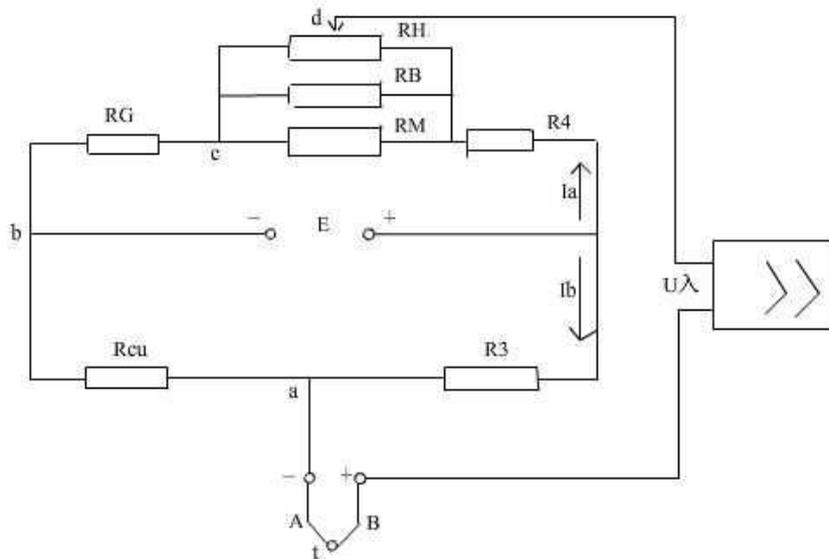


图6 二次仪表测量桥路与热电偶接线图

大器，将驱使可逆电机带动滑线电阻的滑动触点 d 向左移动，实现自动平衡，此时指示的温度将比实际被测温度 t 偏低，而若 $t_0' < t_0$ ，则示值将偏高，这种误差纯属冷端温度变化引起。(a 应在 R_{cu} 的另一端)，为了补偿这一误差，利用铜电阻随温度变化所产生的电压变化来抵偿热电势的变化。

$$\Delta U_{ab} = E_{AB}(t_0', t_0) = I_2 \Delta R_{cu} = I_2 \alpha \times \Delta t \times R_{cu} \quad (8)$$

式中： Δt 为冷端温度的变化量； α 为铜电阻 R_{cu} 的电阻温度系数。

补偿电阻 R_{cu} 安装在二次仪表的外接端子上，紧靠补偿导线接线端子，因此其所处温度恰为新冷端温度，根据式 (8)，对铜电阻选用合适的电阻温度系数 α ，便可较好地对新冷端温度进行补偿。通常的电子电位差计，在 0~60 摄氏度的任何温度上，均可补偿相应的冷端温度变化造成的误差电势 $E_{AB}(t_0', t_0)$ 。对于不同分度号的电子电位差计，由于它所配热电偶的热电特性不同，因此，补偿电阻的制作材料有所不同，基本阻值也不同，故不宜在另一分度号的仪表上使用。在实际调校电位差计时。反向输入室温所对应的热电势，仪

表应指示在零刻度线上；若输入电势为零，则应指示室温。对于不是以 0 摄氏度为刻度起始点的仪表依此类推。

3 电位差计电动势的测量原理

3.1 补偿法测电动势

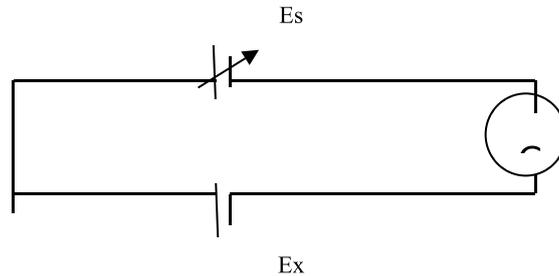


图 7 补偿法测电动势原理图

如图 7 所示，当检流计示数为零时， E_s 的示数即为待测电动势 E_x 的值，它俩大小相等，方向相反，此为补偿法。

3.2 电位差计实际工作电路

如图 8，双刀开关 S 与 E_s 相接，固定 C 点，调节 R ，使检流计示数为零，此为较准电阻 AB 中的电流。 $E_s = I_{ab} \times L_{ac}$ 。再将 S 与 E_x 相接，固定 R ，调节 C 点位置，使检流计示数为零，可得 E_x 的值。

$$E_x = I_{ab} \times L_{1ac} = L_{1ac} / L_{ac} \times E_s$$

电位差计中， E_s 比 L_{ac} 是定值，将 L_{ac} 相对 E_s / L_{ac} 定标的结果直接标在刻度盘上，即可直观读出 E_x 的值。电位差计与热电偶相连接测得电动势，标准电池 E_s 、检流计、工作电源、热电偶引线都接入电子电位差计。检流计接入前，要进行调零。测量时，根据提供的标准电池的电动势值，调节各电阻档位，使检流计指针指零，电位差计达到补偿状态。实测温度时， K_2 至热电偶接入端，调节测量转盘 1、2、3，使检流计指针指零。这样得到转盘读数，即得到热端在该温度时温差电动势。测量时一定要遵从先调粗后调细的原则。

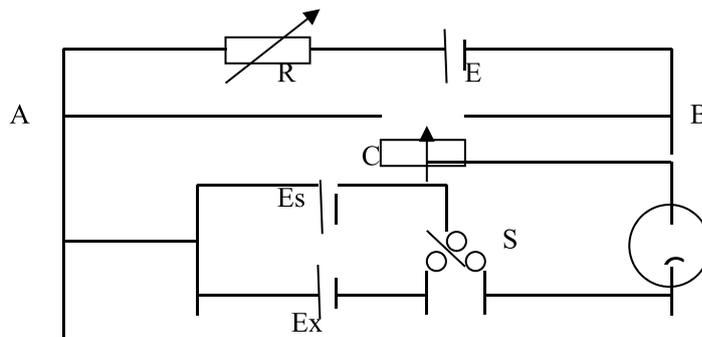


图 8 电位差计工作电路图

4 总结

综上所述，补偿导线是用于延伸工作热电偶的冷接点，利用廉价材料获得加长热电偶到预定位置的作用，而冷端温度补偿电阻则用于补偿延伸后的新冷端温度的变化对测温的影响，确保测温的准确性。本文所述的冷端处理方法，是对热电偶-电位差计测温系统而言，如果配用其他型式的二次仪表，冷端处理的方法将另有途径。

参考文献：

- [1] 刘常满.《温度测量与仪表维修问答》.中国计量出版社.1987
- [2] 邵树成.《工作用廉金属热电偶检定规程》.中国计量出版社.1997
- [3] 施引萱, 王丹君.《仪表维修工》高级读本.化学工业出版社.2005