

热电偶测温的冷端温度 补偿技术及其实现*

李福山 汪金龙

(郑州工学院材料系)

摘 要: 本文在分析热电偶测温特点的基础上, 指出了冷端温度补偿是实现高精度热电偶测温不可忽视的关键技术, 并着重分析了用集成温度传感器精密测量冷端温度的电路及实现补偿的方法, 由此, 可大大提高测温精度。

关键词: 热电偶, 温度测量

中图分类号: TH811

在铸造及冶金行业, 对铁水、钢水及热处理等热工过程的温度检测中, 可采用的测温敏感元件很多, 其中热电偶最为常用, 主要因为热电偶测温是基于物体的热电效应, 它由两种不同的金属或合金组成, 其优点为结构简单, 可将温度信号转换成电压信号, 测温范围广, 精度高, 在测量时不仅可远距离传递和记录, 也可集中检测和控制, 使用稳定、可靠。因此它被广泛应用, 但其不足之处主要是: 在很大程度上, 测温精度取决于冷端温度(即环境温度)的影响, 为了提高热电偶测温精度, 势必解决热电偶冷端温度补偿这一关键技术。

1 热电偶冷端温度补偿的原理

根据热电偶回路热电势的分布理论可知, 热电偶的热电势仅是热电偶两端温度(感温部分的测量端 t 和连接仪表部分的参比端即冷端 t_0)的函数之差, 而不是热电偶两端温度(t 和 t_0)差的函数, 即:

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t) - E_{AB}(t_0) \quad (1)$$

由(1)式可知, 热电偶所产生的热电势不仅与测量端 t 有关, 而且还与参比端温度 t_0 有关。若在测量系统中, 使 t_0 保持一定, 则 $E(t_0) = C$ (C 为常数), 这时有:

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t) - C = E_{AB}'(t) \quad (2)$$

在此条件下, 热电偶产生的热电势是测量端温度的单值函数, 要保证这一点, 必须在

* 收稿日期: 1995-09-12

参比端采取恒温措施,使测量系统变得复杂,特别是对于精确快速及多点测量更为不便。

就标准热电偶而言,都有其对应的分度表,同样,所有的分度表也都是参比端温度恒定为 0°C 时,热电势与测量端温度(以 1°C 为间隔)间的单值对应的关系。从(1)式或(2)式的关系即使测得了热电势的值,仍不能直接应用分度表。为此将(1)式进行变换可得:

$$E_{AB}(t, t_0) = E_{AB}(t, t_0) + E_{AB}(t_0, 0) \quad (3)$$

由(3)式可知,若不加补偿,仪表指示温度 t_n 将低于实际被测温度 t ,产生测温误差为:

$$\Delta t = t - t_n \quad (4)$$

(3)和(4)式的关系可表示为图1,要消除误差就应进行补偿。

补偿的基本原理实际上就是:在电偶的参比端人为地引入一个受温度控制,且温度系数与该电偶的塞贝克(Seebeck)系数相同且方向正向串接的电压源

(或毫伏发生电路)。该电压源的值应为:

$$V_p = E_{AB}(t_0, 0) \quad (5)$$

如图1(b)所示,测量电路的输入电势为 $E_{AB}(t, 0)$,冷端温度得到了补偿。

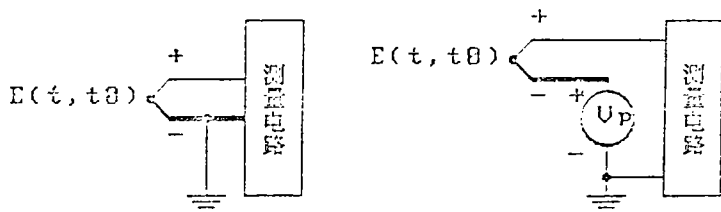


图1 热电偶热电势与温度之间的关系

图2 热电偶冷端温度补偿原理

2 热电偶冷端温度补偿电路的设计

补偿电路如图3所示。本电路采用集成温度传感器 AD590 作为温敏元件,输出与绝对温度成正比的电流信号,灵敏度为:

$$K_o = 1\mu\text{A} / \text{k}$$

本电路经过精密电阻将电流信号转换为电压信号。运放输入电压为:

$$V_i = E + (t_0 + 273.2) \cdot K_o \cdot R_p - V_B \quad (6)$$

以 K 型热电偶为例, 对电路参数进行设计, 设冷端温度 t_0 变化上限为 50°C , 在 $0\sim 50^{\circ}\text{C}$ 间 K 型热电偶的平均热电势率为 $40\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, 只要将 R_p 调为 40Ω , 则 V_p 随温度的变化率与该热电偶的相同, 即亦为 $40\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, 从而有:

$$E_{AB}(t_0, 0) = t_0 \cdot K_o \cdot R_p \tag{7}$$

只要适当调整 R_b , 使

$$V_B = 273.2 \cdot K_o \cdot R_p \tag{8}$$

由(7)式和(8)式, 则(6)式变为:

$$V_i = E_{AB}(t, t_0) + E_{AB}(t_0, 0) \tag{9}$$

(7)式符合(5)式的要求, (9)式符合(3)式的要求, 从而达到了冷端温度补偿的目的。

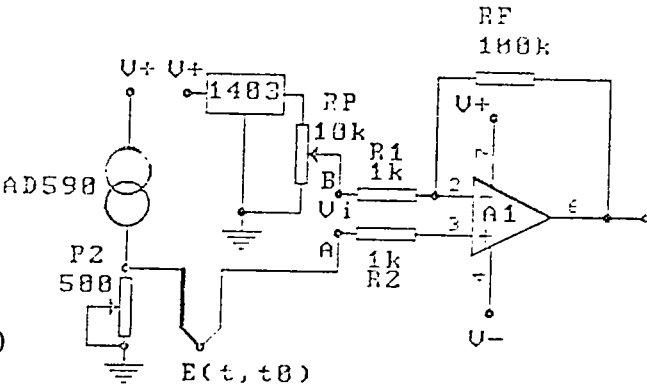


图 3 热电偶冷端温度补偿电路

3 热电偶冷端温度补偿电路设计特点分析

3.1 补偿电势的迭加方法

测温热电偶所产生的温度电势与补偿元件产生的补偿电势可以用模拟量迭加或数字量迭加。模拟量迭加常用两种方法, 如图 4 所示。

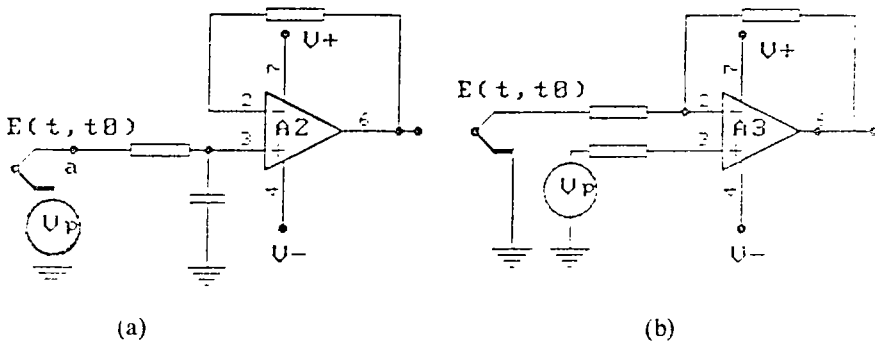


图 4 模拟量迭加法原理

图 4(a)中, 补偿电势 V_p 提高了热电偶温度电势的地电位, 从而使 a 点电势始终等于这两电势之迭加和。图 4(b)中, 补偿是通过运放 A_1 构成的加法器相加来实现的, 前者电路易于实现, 设计巧妙, 而后者电路参数选配烦琐, 在一定程度上影响了补偿精度。数字量迭加方法是在电子模拟开关的控制下, 对 V_p 和 $E_{AB}(t, t_0)$ 分两次分别采样, 经 A/D 转换后, 进行数字量迭加。由于分别采样, 便于线性处理, 有利于提高补偿精度, 但与图 4 的方法相比, 需增设电子模拟开关, 而且也需占用系统接口, 且只适用于带微处理器的

测量系统。

3.2 冷端温度的补偿精度

由于在本电路的设计中, 选用了 AD590 集成温度传感器作为温敏补偿元件, 感温精度高, 在 $0\sim +50^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内, 误差可保持在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 另外, 经计算, 即使非线性较严重的 S 型热电偶, 在 $0\sim +50^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内, 其非线性误差也不足 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 这样总的误差不足 $\pm 1^{\circ}\text{C}$, 可满足目前对高精度热工测温的要求。基于以上原因, 本文采用了图 4(a) 所示的模拟迭加补偿法。

4 结 论

笔者在最近研制的微机测温仪中, 采用了本文所述的热电偶冷端温度补偿技术和电路, 经测试证明:

4.1 该补偿方法设计巧妙, 参数及元件易于选配, 电路调试简单。

4.2 调试及使用中所表现出的精度达到了本文所设计的精度, 工作稳定, 该方法在工业测温中很有实用、推广价值。

参 考 文 献

- 1 党红社.高精度热电偶测温技术及实现.电子测量技术.1994.2
- 2 王欣海.AD590集成温度—电流传感器原理及应用.测控技术.1989.4

The Technique and Implementation of the Compensation for Reference—pole Temperature of Themocouple

Li Fushan Wang Jinlong
(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: In this paper, it has been pointed out that the compensation for reference—pole temperature of themocouple is the key technique of temperature measurement with high precision. The paper put emphases on researching the technique of the compensation and designing the circuit to precisely mesure reference—pole temperature with integrated temperature transducer. Therefore, the measuring precision can be made very high.

Keywords: themocouple, temperature measurement