

1/2毛细管通入满量程浓度标准气体,在同一工况条件下(即压力和温度不变的情况下),气体分隔器的输出端输出的标准样气,就是所需的满量程浓度的50%的标准气体。如:满量程浓度的标准样气是含量为 $83 \times 10^{-6}$ 的氮中CO,也就是CO含量为 $83 \times 10^{-6}$ ,其余成分是纯氮气,用于稀释的标准气体是标准的纯氮气。当需要100%的满量程浓度的标准样气时,气体分隔器的所有毛细管通入的都是含量为 $83 \times 10^{-6}$ 的氮中CO;当需要满量程浓度的50%的标准气体时,气体分隔器中1/2毛细管通入标准稀释气体纯氮气,1/2毛细管通入的是含量为 $83 \times 10^{-6}$ 的氮中CO,经混合后,气体分隔器的输出端输出的就是含量为 $41.5 \times 10^{-6}$ 的氮中CO,以此类推,即可得到不同含量的氮中CO的标准气体。

由于气体分隔器内部结构所致,气体分隔器的分割挡位的设置是固定的,如10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%和100%。

### 三、气体分隔器的校准

#### 1. 意义

气体分隔器分割出的标准样气,直接用于对工况排

放系统气体分析仪量程的线性化校准,分割出标准气体含量的准确与否,直接关系到对分析仪线性化校准的准确性,因此,气体分隔器的量值溯源和计量标定就显得十分重要。

#### 2. 校准

根据气体分隔器的工作原理,在相同工况条件下(即压力和温度相同的情况下),分别在气体分隔器的两个输入端和一个输出端串联上固定孔径的、已标定的标准流量计,通过对输入输出流量的换算,计算出配比浓度,与气体分隔器的分割浓度进行比较,达到了对气体分隔器的校准目的。对于出现偏差的气体分隔器,可以通过系数修正满足气体分隔器分割准确度的要求。

#### 四、结束语

通过对气体分隔器工作原理和结构的分析,并与陕西省计量科学研究院有关专家探讨,确立了气体分隔器的校准方法,解决了多年来困扰我们的工况排放测试系统校准设备无法校准的问题,实现了气体分隔器的量值传递和量值溯源的要求。

作者单位【国家摩托车质量监督检验中心】

## 高精度热电偶测温仪校准方法探讨

□张贺丽

高精度热电偶测温仪大都带有冷端补偿系统,我们采用“直接寻找补偿值”方法来消除补偿导线引起的误差。以性能稳定的直流电压发生器或热电偶温度校验仪作为源,以高精度数字多用表作为主标准器进行监测,从而对高精度热电偶测温仪进行校准。同时,对冷端补偿进行单独的计量,更加准确地校准高精度热电偶测温仪。

### 一、校准方案

#### 1. 校准原理和典型线路图

性能稳定的直流电压发生器或热电偶温度校验仪通过数字按键,输入热电偶测温仪所需校准温度点热电势。该模拟热电势值由高精度数字多用表作为主标准器进行监测,以调节热电偶温度校验仪输出热电势;此时被校高精度热电偶测温仪再通过放大、滤波、A/D转换采样(或在A/D芯片进行放大、滤波和A/D转换采样)获取信号的数字信息,最后通过单片机(或嵌入式系统)

将采集所得数字信息通过软件计算成对应的温度值。同时,冷端测量电路自动测量的冷端温度通过补偿导线在测量端与冰点端的温差所产生的补偿热电势进行补偿。校准典型线路图如图1所示。

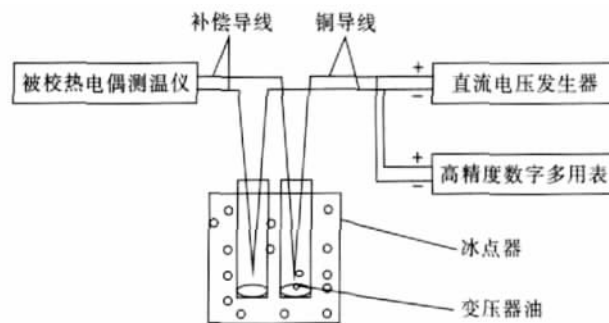


图1 校准典型线路图

#### 2. 冷端补偿

##### (1) 冷端补偿必要性

由于冷端补偿法的使用点多面广,与热电偶配用的

温度二次仪表大都带有冷端补偿系统,对这类仪表的检测是温度二次仪表检测的一个重要部分。参照JJG617-1996《数字温度指示调节仪》检定规程的规定,对与热电偶配用的数字温度二次仪表的基本误差的检测,采用的方法是将被检仪表连接补偿导线插入冰点器,再用铜导线与信号源连接,输入直流电压信号来测量仪表的误差。考虑到以下几个方面:补偿导线尽管有20℃时的修正值,其修正值本身的扩展不确定度 $U=0.3^{\circ}\text{C}(k=2)$ ;由于材料氧化、弯折而引起应力变化等会带来性能的渐变及热电偶的不稳定;温度差异带来的修正值的差异,冷端温度并不一定是20℃,而修正值一律采用20℃时的修正数据,存在一定误差。采用直接寻找补偿值,来消除补偿导线引入的误差。

### (2)冷端补偿方式

为了减少补偿导线所带来的误差,尝试采用能在20℃附近调温的恒温槽来代替冰点器,该恒温槽温度设定偏差要求不高,均匀性必须保证不大于0.10℃。将恒温槽的温度设定为 $T_0=20^{\circ}\text{C}$ ,补偿导线一端短接插入恒温槽,另一端直接接入被检仪表(高精度数字多用表)。如被检仪表有零点校正功能则先校正零位。待被检仪表冷端恒定后,测量此时的电势值 $\Delta e$ ,按式(1)将其换算成温度值 $\Delta T$ :

$$\Delta T = T_0 - \frac{\Delta e}{\left(\frac{de}{dt}\right)_{t=20^{\circ}\text{C}}} \quad (1)$$

式中: $\left(\frac{de}{dt}\right)_{t=20^{\circ}\text{C}}$ ——热电偶在20℃时的微分电势值。

将恒温槽温度调整为 $T_1$ ,待槽温恒定后,再测电势值 $\Delta e$ ,重复以上步骤,直到 $\Delta T$ 尽可能接近零,即恒温槽的温度与被检仪表的冷端温度一致(一般取 $\Delta T < 0.10^{\circ}\text{C}$ ),此时用被检仪表读取值 $t_d$ 。另用标准铂电阻读取恒温槽温度 $t_0$ 。按检定规程的规定方法对被检仪表进行检测,只是用 $\Delta e$ 来代替原来补偿导线20℃时的修正值,这样可以提高标准装置的准确度,从而实现对高准确度的配热电偶测温仪表的检定。

### (3)冷端补偿综合误差

同时也可以精确地测出被检仪表的冷端补偿误差 $\Delta t_{\text{补}}$ :

$$\Delta t_{\text{补}} = t_d - t_0 - \frac{\Delta e}{\left(\frac{de}{dt}\right)_{t=20^{\circ}\text{C}}} \quad (2)$$

式中: $\Delta t_{\text{补}}$ ——被校高精度热电偶测温仪的冷端补偿误差; $t_d$ ——由被检热电偶测温仪读取的温度指示

值; $t_0$ ——由标准铂电阻读取恒温槽温度值; $\Delta e$ ——补偿导线实际温度下的修正值; $\left(\frac{de}{dt}\right)_{t=20^{\circ}\text{C}}$ ——热电偶在20℃时的微分电势值。

### 3.校准计算

性能稳定的直流电压发生器或热电偶温度校验仪、高精度数字多用表、高精度热电偶测温仪一起在校准环境条件下恒温2h以上,并通电预热30min。其中,高精度数字多用表测量前需自校清零或手动清零。而对于零点和量程可调的温度校验仪,应按规定进行调校,校准过程中不允许再做调校。校准时采用高精度数字温度计(如自校式铂电阻温度计等)进行监测,并做好冰点器恒温工作,取校准开始和结束两次平均值计算零点修正值。计算公式(以输入基准法为例):

$$\Delta t = t - \left[ t_s + \frac{\Delta e}{\left(\frac{de}{dt}\right)_{t_i}} \right] \pm b \quad (3)$$

式中: $t$ ——被校热电偶测温仪显示的温度值; $t_s$ ——标准仪器输入电量值所对应的被检校温度值; $\pm b$ ——被校热电偶测温仪的分辨力; $\left(\frac{de}{dt}\right)_{t_i}$ ——被校点 $t_i$ 的微分热电势; $\Delta e$ ——补偿导线实际温度下的修正值。

### 二、验证

由上述分析不难发现,校准中最大的不确定度分量就是补偿导线所带来的不确定度。恒温槽温度与被检仪表冷端的误差一般控制在0.10℃以内,同时补偿导线的修正值又是当场测量的,因此,补偿导线采用修正值后,其带来的不确定度影响最小。现采用高精度数字多用表HP3458A(8位半)进行监测,以性能稳定的直流电压发生器或热电偶温度校验仪为源,配补偿导线,按本文介绍的校准方案制成校准装置。以美国FLUKE724温度校验仪作为被校仪表(本文以校准其K分度热电偶测量功能为例),再与多功能校验仪5520A对FLUKE724温度校验仪的校准结果进行比对(包含冷端补偿误差影响),二者最大示值误差为0.1℃,比对结果小于FLUKE726温度校验仪允差的1/3,结果满意。

### 三、结束语

本文解决了高精度、多功能、智能化仪表,在无需配置价格比较昂贵的多功能校验仪的基础上精确测温的问题。并且直接寻找补偿值,充分考虑补偿导线的误差和冷端补偿的检测。在开展此类项目的检测中获得了较好的校准效果。

作者单位【广州市计量检测技术研究院】