

# 实验用电阻炉测温系统的校准

## Calibration of Measuring Temperature Sistem of ( Using Resistance ) Hester Oven

徐淑兰 李培国

(贵州省计量测试院,贵州 贵阳 550003)

**摘要:**电阻炉测温系统的校准主要是示值校准,示值校准可分为现场校准和实验室校准两种,本文对此作了介绍,重点是两种方法优劣的比较。两种方法虽各有利弊,但后者利多,应予推荐。对于影响控温质量的设定值校准也作了相应介绍。此外,对电阻炉测温系统校准的发展方向提出了一些建议。

**关键词:**电阻炉;测温系统;校准;调节误差

### 1 引言

实验用电阻炉是冶金、化工、机械等行业化验室、理化实验室对样品进行加热的常用设备。按照炉体外形可分为箱式炉(如过去俗称的茂福炉)和管式炉(如定碳炉),加热功率一般为(3~5)KW,加热温度一般不超过1300℃。

电阻炉测温系统包括:热电偶、补偿导线、温度测量和自动调节仪表(一般多为电阻炉温度控制器)(以下简称温控器)。自动调节大多为(二位)位式断续调节,本文将以此为例进行阐述。

电阻炉测温系统的校准内容主要是示值校准,另外还应考虑设定值校准;按照校准地点可分为现场校准和实验室校准两种,两种方法虽各有利弊,但应推荐后者,下面分别进行讨论。

### 2 示值校准

#### 2.1 现场校准

现场校准就是将标准仪器带到使用现场对电阻炉测温系统进行整体校准。

##### (1)校准用仪器

校准用仪器(包括标准仪器和辅助测量用仪器、设备)如下:

二等标准铂铑 10—铂热电偶 1 支;

0.05 级直流电位差计或(误差极限与电位差计准确度相当的)数字仪表;

0.1℃分度的精密水银温度计或数字温度计。

##### (2)校准程序

①将标准热电偶放入约  $\Phi 6\text{mm}$  的薄壁高铝管中,然后插入电阻炉内使其工作端与电阻炉测温热电偶工作端尽量靠近,最好是二者沿炉子测温孔一起插入;

②将标准热电偶参考端与测量仪器连接,为了保护热电偶参考端也可用短铜导线(不要用补偿导线)连接;将温度计放置于标准热电偶参考端处;

③将温控器设定在要校准的温度点,接通电源对电炉加热,当炉温在设定温度附近出现稳定的周期变化时即可进行测量;

④炉温周期变化中,在接近峰值温度时温度变化相对较慢,所以当观察到炉温速率变慢时进行测量为最佳时机;测量采用对称观测法,一般不少于 3 个测量循环,如果炉温速率变化没有明显增加,可适当增加测量次数;

⑤取标准测量系统几次测量值的平均值并计入准热电偶参考端温度修正值后换算成温度值,再与被校系统几次测量值的平均值进行比较、确定后者各校准点的实际值或修正值。

#### 2.2 实验室校准

(1)校准所用标准仪器与现场校准相同,另外增加短热电偶检定炉(实验室多用长约 300mm 热电偶),和冰点器。如需测量被校热电偶参考端温度还应增加水银温度计或数字温度计。

(2)热电偶的安装和示值校准可按工作用热电偶检定方法进行,只是被校准仪器示值在温控器上直接读取温度值。当控温仪表不带热电偶参考端温度自动补偿线路时、应将补偿导线(或经检定的延长线)一端与铜导线连接后放入冰点器中,或是用温度计测量被校热电偶参考端温度。对于后者在计算校准结果时应计入参考端温度的修正、即修正到相当参考端温度为 0℃时的测量结果。校准结果证书中应注明校准时(参考端)的环境温度。

### 3 两种示值校准方法的比较

现场校准的最大优点是避免被校准测量系统的拆装,

节省辅助时间,提高效率,但也带来了以下的一些不足。

(1)标准热电偶和被校准测量系统的热电偶工作端不在同一等温空间,在空间上测量的不是同一点的温度,实验用电阻炉温场均匀性差,就更增加了测量误差;

(2)两支热电偶具有不同的热惯性,在电阻炉不能恒温的情况下不能测量相当于同一时间的温度,因而使测量误差增加。对于位式调节仪表,由于所控炉温变化快,影响更大,即使使用对称观测法也不能取得好的效果;

(3)标准热电偶由于所处温场梯度大,寄生电势增加,使测量准确度降低;

(4)校准中如果不能保证热电偶参考端温度为0℃,而采取通过测量参考端温度进行修正的方法会由于以下原因增加不可忽视的附加误差:

①温度计本身的测量误差;

②温度计与热电偶参考端不能很好接触,温度计测量值不是真正的参考端温度,而是其附近的环境温度;

③环境温度的变化,特别是电阻炉附近;

④每一支热电偶参考端温度对0℃的热电势与分度表相应温差的电势并不相等。

⑤这种校准具有时域上的动态测量属性,对校准结果的不确定度评定会增加难度且可靠性差;

⑥在设定值的校准中,由于炉温场变化快,使测量误差增加,测量结果可靠性降低。

#### 4 设定值的校准

无论现场校准还是实验室校准,这一项目均应进行,方法基本相同。此项目可与示值校准同时进行。

##### (1)操作方法

将温控器设定值调到校准点,随着炉温升高,示值增加,当示值接近温控器设定值时,仪表起控制作用,继电器输出由接通到断开动作(温控器指示灯也会有相应变化),读取温控器示值或标准测量仪器的示值;然后降温,作反方向测量,方法同正向测量。由正反向测量值的平均值与设定(标称)值之差确定设定值的偏差。

##### (2)校准结果计算

校准结果应给出设定偏差或修正后的设定(标称)值,在实际使用中设定值应按修正后的设定值设定。

##### ①在控温仪上读取温度值

##### (a)设定偏差计算

$$\Delta t_w = t_s - (t_z + \Delta t_z) \quad (1)$$

式中: $\Delta t_w$ —控温仪设定(标称)值对仪表输出变化时的炉温实际值偏差(℃); $t_s$ —控温仪设定(标称)值(℃);

$t_z$ —控温仪输出变化时仪表的指示值(℃); $\Delta t_z$ —控温仪表示值的修正值(℃)。

##### (b)修正后的设定(标称)值的计算

$$T_s = t_s + \Delta t_w \quad (2)$$

式中: $T_s$ —修正后的控温仪设定(标称)值(℃); $t_s$ 、 $\Delta t_w$ —同式(1)

##### (2)在标准仪器上读取热电势值

##### (a)设定偏差计算

$$\Delta e_m = e_s - e_z \quad (3)$$

式中: $\Delta e_m$ —以电势表示的控温仪设定值对仪表输出变化时的炉温实际值偏差(mv); $e_s$ —控温仪设定(标称)值所对应的电势值(mv); $e_z$ —控温仪输出变化时标准仪器测得的电势值(mv)。

将 $\Delta e_m$ 换算成温度值 $\Delta t_w$

$$\Delta t_w = \Delta e_m / \frac{de}{dt} \quad (^\circ\text{C})$$

式中: $\frac{de}{dt}$ 为设定点的电势率(mv/℃)

##### (b)修正后的设定(标称)值的计算同式性降低。

#### 5 结束语

基于以上阐述、分析可见,从校准的准确、可靠性考虑以实验室校准为好,应尽量采用。

对于特殊情况(如仪器等拆装非常困难)必须采用现场校准时,应考虑尽量减少影响测量误差的因素,如将标准热电偶参考端放入冰点器中以减少参考端温度修正的影响。

如果有条件,采用干井炉(或干井校准装置)进行现场校准,较之在电阻炉中校准具有很大的优越性

根据用户要求可对电阻炉温场进行测试,包括测温热电偶与常用样品放置位置间的温差,并给出修正值。在测温系统设定炉温条件下,炉温的超调量也很重要,这涉及到样品的工艺要求、质量,甚至设备的安全。因此,在设备开始使用或更换样品时应测试此项要求。但这都不属于校准范围。

电阻炉测温系统的校准工作量相当大,各计量、校准机构采用方法不尽相同,少数省份制定的地方校准规范也有所不同。因此,建议有关部门制定全国统一的校准规范。

作者简介:徐淑兰,女,工程师。工作单位:贵州省计量测试院。通讯地址:550003 贵阳市头桥海马冲街111号。

李培国,贵州省计量测试院(贵阳 550003)。

收稿日期:2012-04-09