

· 测试与试验 ·

温度传感器自动检测系统误差分析

苏鹏辉, 徐亚光, 李 成, 孙彦锋

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要: 温度传感器自动检测系统主要通过被测件与标准器的实时比对, 实现对传感器的精确测量, 而系统的误差分析则是保证测试精度的关键。介绍了温度传感器自动检测系统的组成及测试方法, 并且通过对一只温度传感器的实测, 详细分析了影响该系统测试精度的几种误差来源, 同时对各个误差的不确定度进行了分析和评定, 最后给出了整个系统的总不确定度。

关键词: 传感器; 误差; 不确定度

中图分类号: TP212.11

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2009)03-0044-03

Analysis of Automatic Test System Error for Temperature Sensor

SU Peng-hui, XU Ya-guang, LI Cheng, SUN Yan-feng

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: By the real-time contrast with the tested pieces and standard equipment, the automatic test system for temperature sensor can realize the sensor exact testing, and the analysis of system error is key to guarantee test precision. The automatic test system for temperature sensor composition and the testing method are introduced while several error sources affecting test precision are analyzed by testing a temperature sensor. The uncertainty of each system error is analyzed and evaluated. Finally the uncertainty of the whole system is given.

Key words: sensor; error; uncertainty

温度传感器是在仪器设备和各种产品中重要的测试器件之一, 并因其种类繁多、性能稳定、测量准确等优点在生产和生活中得到广泛应用^[1]。温度传感器自动测试系统是检测温度传感器并确保其符合测试要求的重要设备。该系统的误差将直接关系到由温度传感器测得的工艺参数的准确性, 并最终影响到产品质量^[2]。现以美国哈特公司生产的 6331WGQK 型温度传感器自动检测系统为例, 对该系统的误差进行分析。

1 系统组成

温度传感器自动检测系统主要由深井式恒温槽、深井式低温槽、堆栈式测温仪主机、传感器测试模块、标准器、多路串口转换开关、自动检测软件、计

算机、打印机等组成。此系统的最大特点是利用堆栈测温仪主机和测试模块代替了传统中所用的绝缘电阻表等电测设备, 通过检测软件实时显示被测温度传感器的温度值及特征曲线, 并直接输出检测报告, 免去了后期繁杂的数据处理, 极大地减小了劳动强度, 提高了工作效率。系统的工作原理图见图 1。

2 测试的方法、建模与误差来源

2.1 测试方法

选取一只性能稳定的铂电阻传感器, 系统采用比较法测量铂电阻传感器在 0℃、100℃ 时的电阻值。将标准铂电阻与被测铂电阻同时放入恒温油槽中, 待温度稳定后 (大于 30 min), 通过对标准电阻

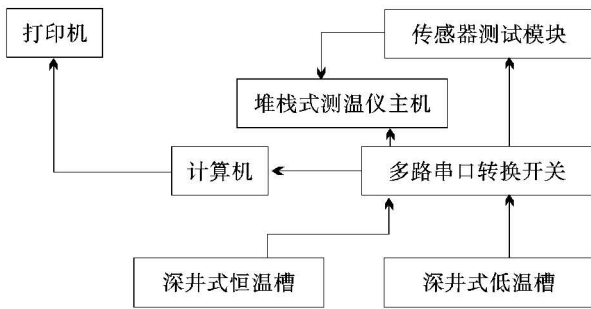


图 1 温度传感器自动检测系统原理图

与被测铂电阻的逐点比较,由系统软件读出两者的电阻值,再由标准电阻算出实际温度,最后通过公式自动计算出被测铂电阻实际电阻值。

2.2 数学模型的建立

实际检测中,热源温度值 x 经常稍微偏离预期温度值 t ,所以按照式(1)计算预期温度 t 时的电阻值

$$R_t = R_x + (dR/dt)_t \cdot \Delta t \quad (1)$$

式中, R_t 为 $t^\circ\text{C}$ 温度时被测实际电阻值; R_x 为 $t^\circ\text{C}$ 温度附近 $x^\circ\text{C}$ 时被测温度传感器的电阻值; $(dR/dt)_t$ 为 $t^\circ\text{C}$ 温度时被测传感器电阻随温度的变化率; Δt 为检定恒温槽温度偏离检定值。

$$\Delta t = (R_t^* - R_x^*) / (dR/dt)_t^* \quad (2)$$

式中, R_t^* 为 $t^\circ\text{C}$ 温度时标准器的电阻值; R_x^* 为 $x^\circ\text{C}$ 温度时标准器的电阻值; $(dR/dt)_t^*$ 为 $t^\circ\text{C}$ 温度时标准器的电阻随温度的变化率。

2.3 温度传感器自动检测系统的误差来源

温度传感器自动检测系统的系统误差是由组成系统的各部分引入的,主要包括对被检温度传感器测量重复性引入的误差;检测过程中温场的不均匀性引入的误差;电测设备引入的误差;标准器引入的误差等。

3 系统误差不确定度的分析与评定

对于测量结果的误差分析,主要是找出测量结果与真值之差,而真值不可能真正得到,只能估计真值是在某个量值范围内,为了能更加客观地表达测量结果的误差,用不确定度来对测量结果进行分析与评定。不确定度是指测量结果带有的一个参数,用以表征合理赋予被测量的分散性,它是被测量客观

值在某一量值范围内的一个评定。标准偏差表征的不确定度,称为标准不确定度,用 u 来表示^[3]。

3.1 被检温度传感器测量重复性的标准不确定度 u_1 分量

标准不确定度 u_1 是被检传感器输出的电阻值的不重复性引起的,采用 A 类方法进行评定。

根据 JJF1098-2003 的要求,现取一只稳定的 A 级铂电阻传感器连续测量 6 次,用贝塞尔公式计算重复性,如表 1 所示。

表 1 测量重复性数据

测量次数	0 °C	100 °C
1	100.015 2	138.555 6
2	100.015 6	138.554 9
3	100.015 3	138.555 1
4	100.015 4	138.555 3
5	100.015 3	138.555 1
6	100.015 6	138.554 5
平均值	100.015 4	138.555 1
$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$	0.000 2	0.000 4
$U(s) = S(x) / \sqrt{n}$	0.000 9	0.000 2

故 0 °C 时不确定度为 0.000 9, 100 °C 时为 0.000 2。

3.2 温场的不均匀性的标准不确定度 u_2 分量

标准不确定度 u_2 是由深井式恒温槽、深井式低温槽温度分布不均匀性引起的,采用 B 类方法进行评定。

按照检测要求,因恒温槽均匀性不大于 0.01 °C,则半区间为 0.005 °C。在该区间内可认为均匀分布,覆盖因子 $k = \sqrt{3}$,故标准不确定度为 $u_2 = 0.005 / \sqrt{3} = 0.003$ 。

3.3 电测设备引入的标准不确定度 u_3

标准不确定度 u_3 主要由堆栈式测温仪测量回路寄生电势引起的,采用 B 类方法进行评定。

根据标准传感器测试模块 2 560 的技术指标,在 0 °C 时准确度为 $\pm 0.01^\circ\text{C}$,在 100 °C 时准确度为 $\pm 0.014^\circ\text{C}$,可认为均匀分布,覆盖因子 $k = \sqrt{3}$,故

0 ℃ 时的标准不确定度为 $u_{3.1} = 0.01/\sqrt{3} = 0.006$, 100 ℃ 时为 $u_{3.2} = 0.014/\sqrt{3} = 0.008$.

3.4 标准器本身引入的标准不确定度分量 u_4

不确定度分量 u_4 是由标准铂电阻传感器本身阻值的不重复性引起的, 采用 B 类不确定度进行评定.

由标准铂电阻的检定证书得: 标准铂电阻的扩展不确定度为 $U = 0.013 (k = 3)$. 故 $u_4 = U/k = 0.013/3 = 0.004$.

3.5 标准不确定度各分量一览表

为了便于对各个标准不确定度分量有更加直观的了解, 绘制表格如表 2.

表 2 标准不确定度一览表

序号	来源	类别	标准不确定度/(℃)		分布	
			0	100		
1	u_1	重复性	A	0.000 9	0.000 2	均匀
2	u_2	温场不均匀性	B	0.003	0.003	均匀
3	u_3	电测设备	B	0.006	0.008	均匀
4	u_4	标准器本身	B	0.004	0.004	均匀

4 检测系统总不确定度的评定

4.1 合成标准不确定度

将以上 4 个主要标准不确定度分量进行合成, 得到合成标准不确定度, 用 u_c 来表示.

$$0 \text{ ℃ 时: } u_{c1} = \sqrt{u_{1.1}^2 + u_2^2 + u_{3.1}^2 + u_4^2} = 0.007 96$$

$$100 \text{ ℃ 时: } u_{c2} = \sqrt{u_{1.2}^2 + u_2^2 + u_{3.2}^2 + u_4^2} = 0.009 44$$

4.2 扩展不确定度

为了更能准确地表示测量结果, 需要给出一个测量区间, 使被测量的值大部分位于其中, 为此用扩展不确定度来表示. 扩展不确定度由标准不确定度 u_c 乘以包含因子 k 得到, 记为 U .

$$0 \text{ ℃ 时: } U_{k1} = k \times u_{c1} = 0.016 \quad (k = 2)$$

$$100 \text{ ℃ 时: } U_{k2} = k \times u_{c2} = 0.019 \quad (k = 2)$$

5 结 束 语

通过以上对温度传感器自动检测系统不确定度的数据分析可以看出, 对系统不确定性影响较大的几个方面分别是被检温度传感器测量重复性的、检测过程中温场的不均匀性的、电测设备的测量误差和标准器本身的误差. 因此, 在日常系统的使用中要注意观察这几个方面的变化, 堆栈式测温仪和标准器要定期检定, 油槽温场的均匀性也要定期测试, 这样才能保证系统的可靠性和稳定性. 同时由于用来测试温度传感器, 所以对测试环境要求较高^[4]. 如堆栈式测温仪推荐使用温度为 18 ℃ ~ 28 ℃, 当超出这一范围时, 必须考虑仪表的温度系数. 同时在油槽中, 传感器的插入深度必须大于 300 mm, 否则会造成整个传感器与周围环境存在热交换形成一定的温度梯度, 从而导致测量误差.

参考文献

- [1] 孙宝元. 传感器及应用手册[M]. 北京: 北京机械出版社, 2004: 8-32.
- [2] 周鸿仁, 刘秀蓉, 杜晓松. 温度传感器与快速测温[J]. 世界电子元器件, 1997(7): 8-59.
- [3] 费业泰. 误差理论与数据处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 2-55.
- [4] 邓隐北. 同时测量应力、温度和振频的光纤传感器[J]. 光电技术应用, 2007, 22(5): 35-38.

(上接第 19 页)

参考文献

- [1] 朱宏权. 微通道板像增强器的调制传递函数的测量与

研究[J]. 光子学报, 2007, 11(11): 1983-1987.

- [2] 王吉晖, 白廷柱, 等. 像增强器信噪比测试方法的分析与研究[J]. 光学技术, 2005, 3(2): 177-178.

- [3] 钱芸生. 微光像增强器亮度增益和等效背景照度测试技术[J]. 真空电子技术, 2004(2): 34-37.