

热电偶温度检测系统设计与应用

姚宇鹏 张 铭

新乡航空工业(集团)有限公司 河南新乡 453002

摘 要: 针对高温干燥箱的高温测量系统, 测试其内部的温度均匀程度, 确保产品的安全性。采用K形温差计作为测试器件, 根据其特性, 采用AD590测试室温进行冷端的补偿, 采用高精密、低漂移的综合运放OP07将温差电偶的电压进行A/D变换, 送入AT89C51, 再由RS232串口传输至PC机。通过计算机进行温度数据的分析和处理, 可以实时地反映出温度和波形, 最后产生干燥箱的检测结果。实验证明, 本方案测量精度高, 可靠, 对高温干燥箱的温度测量有较高的应用价值。

关键词: 高温干燥箱; 温度检测; 冷端补偿; 温度检测报告

Design and application of thermocouple temperature detection system

YupengYao, Ming Zhang

Xinxiang Aviation Industry (Group) Co., LTD., Xinxiang, Henan 453002

Abstract: For the high-temperature measurement system of a high-temperature oven, the temperature uniformity of its internal is detected to ensure the safety of the product. According to its characteristics, AD590 is used to test room temperature for cold end compensation. OP07, A high precision, and low drift integrated operational amplifier is used to transform the voltage of the thermocouple into A/D and send it to AT89C51, and then transfer it to PC through the RS232 serial port. Through the analysis and processing of temperature data by computer, the temperature and waveform can be reflected in real-time, and finally, the detection result of the drying box can be produced. The experiment shows that the scheme has high precision and reliability, and has a high application value to the temperature measurement of a high-temperature oven. For the high-temperature measurement system of a high-temperature oven, the temperature uniformity of its internal is tested to ensure the safety of the product. According to its characteristics, AD590 is used to test room temperature for cold end compensation. OP07, A high precision, and low drift integrated operational amplifier is used to transform the voltage of the thermocouple into A/D and send it to AT89C51, and then transfer it to PC through the RS232 serial port. Through the analysis and processing of temperature data by computer, the temperature and waveform can be reflected in real-time, and finally, the detection result of the oven can be produced. The experiment shows that the scheme has high precision and reliability, and has a high application value to the temperature measurement of a high-temperature oven.

Keywords: High-temperature oven; Temperature detection; Cold junction compensation; Temperature detection report

前言:

隧道炉亦称为隧道式杀菌干燥器, 是医药工业中用于粉末注射器的重要杀菌装置。在高温下, 不同的高温环境下, 不同的炉膛内的不同温度分布会对不同的炉膛进行不同的加热。由于电子技术的飞速发展, 许多数码温控器件已在DS18820等电子器件中得到了广泛的使用。但是, 由于隧道干燥机内部的高热、高湿度, 需要采用具有较强抗热、高湿度的热敏元件。K型温差电偶温度

计以其较高的温度和较好的测量准确率为优点, 采用热电偶将隧道干燥机中的温度资料转化成低电压, 并对其进行室内温度的检测, 以达到对热电偶冷端进行温度的补偿, 以改善测量的准确性。采用微处理器将模拟变换后的数据经串行传输至PC机上, 由计算机内的专门的计算机程序进行数据处理、实时显示^[1]。现场测试表明, 该方法满足了工程设计的需要, 测试结果表明, 该方法具有良好的精度, 适用于隧道炉内的温度监测。随着科

技进步, 温度测量手段不断创新。从测量的原则上讲, 温度的测定主要有液体膨胀测温、液体或蒸汽压力测温、热敏电阻测温、热电动势测温、热辐射测温等。根据制药企业的实际情况和需要, 结合制药企业的质量控制标准, 建立了专用的隧道炉内的消毒温度测量体系。

一、热电偶测量原理和继电器工作原理

1. 热电偶测量原理

热电偶是一种常见的温控器件, 其工作机理是由两种材料构成的闭合回(也就是电子密度的差异), 在闭合回路中会发生电流, 并在两端形成一种电位。该现象又叫做温差, 现在的电位计是一种与测得的温度有一定的函数, 通过这个函数可以得到所要求的温度^[2]。

(1) 热电偶参考结点补偿

热电偶本质上是由两条不同材料的金属线A和B组成, 它们的一头有一个连接的接触, 叫做测试头(又叫热端子或工作端子)。从一条绝缘电线的一端到一台测试仪上, C是两条相同的电线, C和A或者C和B之间的两个节点叫做参照节点(也叫冷终端或者是自由终端)^[3]。

2. 补偿导线的使用

(1) 补偿导线原理

该热电偶的补偿线是一对在一定的温度区间内与相应的温差电偶丝的温度对应关系, 用以延伸热电偶丝, 连接到测试仪上, 以弥补因温差引起的测量错误。在补偿引线工作的温度区间, 采用补偿引线来延伸热电偶, 与将温差计的基准接触角靠近试验计, 可以降低基准接触角所处的温度场^[4]。

(2) 补偿导线使用注意事项

传统上采用补偿引线所面临的问题有:(a) 补偿引线的极性倒置;(b) 与温差电偶标度数不一致;(c) 抗干扰过程。在设计应用时, 可以防止这三个缺陷。在实践中, 通常采用电连接器来连接热电偶丝和补偿丝, 而电连接器的接触材料与热电偶丝或补偿丝的材料是不一样的, 因此会产生错误。在热电偶试验环中, 继电器起到了电气接插件的作用。接线保护所产生的接触面电阻增大, 严重地影响了整个测控装置的试验偏差及检测准确率。

二、继电器工作原理

1. 继电器的结构

继电器是一类用于控制线路的开关设备。该继电器包括线圈, 磁路, 反力弹簧, 接触四个部件。它的作用是通过电流的作用来吸引磁铁, 从而引起接触器的位移。反向弹力是为了给电枢在运行时产生反向的排斥, 在线圈被切断后, 它可以使电枢和触头恢复原状。该接触件包括一个常开式和一个常闭式的接触器, 用以进行外部的控制。当绕组线路被开启时, 常闭接触开关被开启,

常开触头关闭, 当线圈被切断时, 常开型都恢复到了原来的位置, 而常开型都处于正常的位置^[5]。

2. 电磁继电器的接触电阻

电磁式继电器的触头是其最关键的部件, 其触头的触头一般为数微欧至数十微米, 较低的触头连接效果较好。在电磁阀发生老化、失效的情况下, 其接触电阻可达数百~数千欧姆, 甚至无法正常工作。触点电阻是继电保护系统中重要的一个参量, 它直接关系到连接的电气装置的工作稳定与可靠度。接触电阻越小越好, 越能保证保护的可靠性和失效等级。

3. 温度检测系统的构建

采用多个热敏元件来测定隧道炉内的药物瓶体的温度。利用温差电偶所产生的电压信号, 进行冷端补偿、信号放大、A/D变换等处理后, 将其转化为数字信号, 然后用微处理器将其传输给PC, 然后用电脑进行处理, 计算出最终的结果^[6]。

系统构成如图1所示

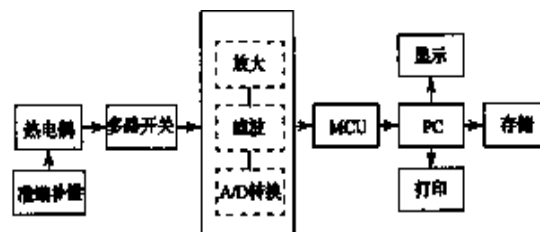


图1 热电偶温度检测系统

三、电路设计

1. 温度传感器选择

热敏电阻是一种应用于温度测量的传感元件, 是按照温差效应原理制造的。由两条不同材料的金属丝构成的闭合回路(热端和冷端), 由于其两端(热端)的温差, 使其产生一种热电动势。热电偶式感测器对环境的反应速率 ρ , 而且该感测器的杀菌温度可高至400~500摄氏度, 故采用K型镍铬-镍硅温差电偶做为探测器的前端采集元件。它的优点是: 温度范围大(0~1000℃), 线性度好, 热电动势大, 灵敏度高^[7]。通过16个K形热电偶, 在隧道炉内不同部位, 对16个药剂瓶子进行测试, 以改善测试准确率。

2. 多通道测量转换

为了精确地反映出窑炉内部的温度场, 必须对窑炉的多个温度场进行检测。针对16个K型测温探头在同一时间向回传的特点, 选取两个16选1的模拟转换器CD4067进行测温。16个热电偶的热和冷连接在CD4067的Y0到Y15接口上, 通过A0到A34个接口来进行芯片选择, 并对16个热电偶进行相应的温度信号的传输。CD4067的输入/输出接口将该分时传输的电压信号输出给随后的线路。

3. 温差电偶的冷端温度补偿

因为温差计在温度为0摄氏度时的温度，所以在使用热电偶进行温度测量时，必须采用冷端的补偿点。

具体的电路如图2所示

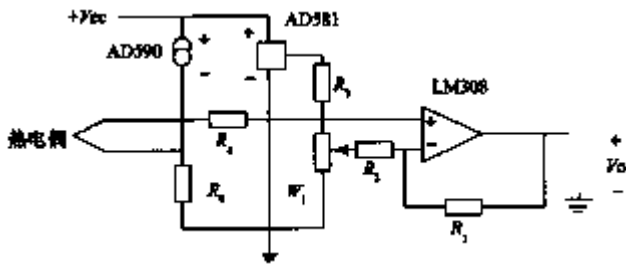


图2 热电偶冷端补偿电路

4. 热电偶信号调理电路

由于温差电偶的输出很小，通常为mV，所以要对其进行处理，需要进行放大。该方案使用了高输入阻抗值的同相并联差分放大器。该放大器采用高精度的综合运放OP07，其输出信号的畸变和偏移量低，差模放大倍率高^[8]。采用国际标准的高精度、低噪声、低漂移的双积分型12比特A/D变换器ICL7109。

图3为ICL7109与MCU的连接电路图

STATUS在ICL7109的每个插针中是一个状态的输出，这个插针在ICL7109完成变换后，与MCU的外中断接口INT0连接。B1~B12是三种状态的转化结果，其中B12是最大的，B1是最小的。MODE是模式选择管针，

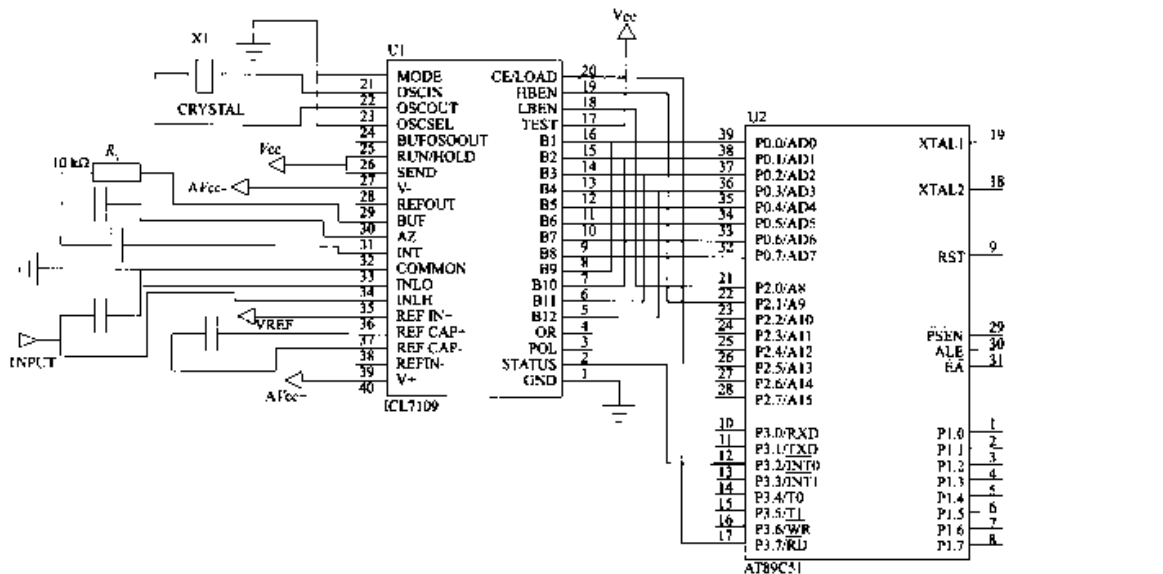


图3 A/D转换电路

它可以在芯片选型的控制下，在它的低级状态下可以直接地进行输出。CE/LOAD是芯片选择，在MODE处于低电平 and 该插针处于低电位的情况下，可以正常地进行数据的传输，反之，则显示高阻。INLO为差分输入的低端，INHI为差分输出的较高端，由OP07进行了放大器的模拟输出^[9]。用单片机的串口将该温度资料输入电脑，经电脑程序处理，最后得出杀菌参数，得到相应的温度分布。

四、影响热电偶温度测量精确度的因素

1. 插入探头的深度度

只要正确地选取探测器的安装部位，即可实现对温度的准确检测。如果是在皮件上，将探测器贴得很近，可以保证测量数据的准确、真实和可靠。在测试的不同的地方，例如一个烫衣机，加热盘的中心是100℃，外面的皮的温度要达到80℃，这就要取决于你想要测量的是中间的温度，或者说外部的温度。

2. 响应时间

在测量的时候，要等到温度稳定下来，然后再进行测量，这样就能得出精确的结果。温差电偶对温度的响应速度，也就是对其敏感性的反映。反应速度越快，错误越少。

3. 周围环境热辐射

在工业生产中，对测量结果产生的热量辐射强度很大，这将极大地制约着热电偶的精度。

4. 仪表的测量误差

在测温系统中，测量误差是衡量测温系统的精确程度。所谓的误差就是指测量的误差与被测的真实数值之差，由于不能精确地求出真实的数值（也称为理论数值），而实际使用的是一般的真数值，而协议的真实数值则是用不确定度表示其所在的区域。比如：虽然测量的结果与真实的数值很相近（也就是说，很少的偏差），但是，由于缺乏正确的认知，被给予的数值范围很大（也就是说，测量的不确定性比较大）；或者，实际的测量有很大的偏差，但是，因为没有足够的分析估算，导致

了不确定的程度。

5. 温度计中热敏电阻高阻抗

热敏电阻器是一种高阻抗器件,其激发电源的使用要求是稳定且精确的。另外,在使用温差电偶表时要特别注意:a.熟悉电偶的安装地点.应该尽量避免来自温度较高的对象的热量,以免它对热电偶面产生影响。b.探测器使用绝缘包装技术。通过对外部的热传导进行屏蔽,可以获得反应迅速的测温结果。c.适当地运用补偿引线。采用的补偿线路,在补偿温度范围,其温差应与温差电偶值相符合,而正、负两个电极不得反向,不然会造成很大的偏差。d.对热电偶进行保护。热电偶被污后会对一些国内和国外的计量检测企业造成一定的冲击,目前都在进行新一轮的热电偶检测和数据收集方面的探索。然而,由于电子元器件加入到温差电偶法中,对测量系统的精确性的影响,目前还缺乏相关的文献报道。当热电偶不需要测量的时候,通常采用切换和单独测量的方法,当多台温差电偶使用相同的温度指示器时,为了分别测量,必须将开关器件加入到试验环路中。温度计,可以减小温差。e.对热电偶进行热处理。由于焊接、加工和装配残余的残余应力,对精度有很高的要求,可以进行热处理。f.选用防护管道。热偶式保护器主要用于防止机器的损伤和对多种危险的媒介的污染和侵蚀^[10]。

五、热电偶温度测量时的注意事项

1. 选择测量仪表

a. 选用温度表。在满足测量范围,压力和精度要求的情况下,温差温差温表是首选。b. 所述温度探测单元的选取。仪器,管道外壁,旋转物体表面的温度测定选用表面热电偶或铠装式热电偶。

2. 选择温度计算方法

在热电偶的温度测定上,采用了均匀导电、中间导电、中间温度等的计算。另外,根据不同的测试数据,采用了多种校正方式,将测量结果的偏差降到最低。

3. 热电偶温度计冷端温度补偿

一般用一根补偿引线将热电偶的冷末端插入一个相对平稳的控制室内。在补偿引线外面的隔热材料一定要有颜色。在用的时候,要留意不同的机型,不要把极的连接错误。

4. 探头自身不均匀

由于热电偶不均匀,且在温度上存在一定的梯度,因此在一定范围内会发生热电动势。由于温差电偶的多次折弯,使得热电偶发生变形,在较高温度下,由于偶丝会发生退化,导致温差电位发生改变。

5. 铠装热电偶分流误差

热响应时间短,耐高压,可弯曲。在实际应用中,必须充分考虑到分流的影响。a.在铠装热电偶会发生转

移错误的情况下。铠装热电偶计的测头位置在中部偏高时会出现负值,反之会出现较大的偏差。若温度相差200摄氏度,则其导引偏差在100摄氏度左右。这一点,不容小觑。b.分析了影响分流偏差的原因和解决办法。分析了影响分流的原因,提出相应的应对措施,降低或排除分流错误的效果。

6. 短程有序结构变化

K型温差电偶在250~600摄氏度的高温环境下会因其内部的结构改变而出现短的有序的排列,从而对热电势造成一定的影响,从而造成错误。

7. 热电偶温度计使用气氛

在800~1050摄氏度的高温下,铁镍铬合金的阳极区更易于进行选择氧化。在材料上进行改进,并选用对氧亲和力更大的材料,将其封闭在防护管道中,研制出一种可密封的组装型热电偶。

8. 热电偶温度计绝缘电阻

测量绝缘电阻时,会有漏电流产生,该电流通过绝缘物流入仪表当中,产生测量误差。

六、结束语

结果表明:采用热电偶的热电作用,将低电压的电位转换为单片机上的数字信号,使该电路结构简单,成本低,不仅可以精确地测定出干燥箱内部的温度,还可以根据计算机程序,给出相应的温度数据。试验证明,该方案可以很好地满足常规的隧道炉的温度监测要求。

参考文献:

- [1]王闯.温差电偶测温数据的获取与校准[D].太原:中北大学,2016:12-18
- [2]孔令荣,多路测温技术的研制及应用[J].电子测量技术.2017,37(8):97-102.
- [3]杨圣杰,等.基于自适应原理的测温系统的动态校正.2019.30(1):138-141.
- [4]王魁汉,谈谈温差电偶计温度测量中的错误[J].计量技术.2004(3):60-62.
- [5]张瑜,张升伟.高精密度测温的铂金电阻式传感元件的研制[J].传感技术学报,2016.23(3):311-314.
- [6]张海涛,罗珊,郭涛.改善热电偶的冷端温度补偿[J].仪表技术与传感器.2019(7):11-14.
- [7]杨永杰.张裕胜.一种监测PM2.5的传感器的研制[J].传感器与微系统.2019,3(3):76-78.
- [8]兰羽,万可顺,AT89C51型无线测温装置的研制[J].国外电子测量技术,2018,32(5):83-85.
- [9]张强,忻尚芝,邢斌.S3C2440A在非损伤血液中的应用研究[J].电子技术应用,2018.39(6):67-69.
- [10]陈彦,以ICL7109为基础的钢液温度测量仪器[J].仪表技术与传感器,2018(12):27-28.