



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105651409 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201610211362. 4

(22) 申请日 2016. 04. 06

(71) 申请人 中国南方航空工业(集团)有限公司
地址 412002 湖南省株洲市芦淞区董家墩

(72) 发明人 袁伟 朱文光 桂晓玉 薛晓波
李明 沈领

(74) 专利代理机构 长沙智嵘专利代理事务所
43211

代理人 胡亮

(51) Int. Cl.
G01K 7/13(2006. 01)

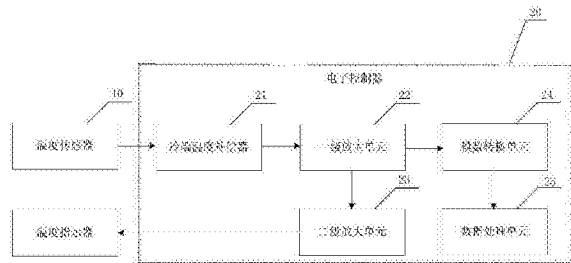
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

热电偶冷端补偿测温电路和装置

(57) 摘要

本发明公开了一种热电偶冷端补偿测温电路和装置,该电路包括温度传感器,用于采集环境温度;电子控制器,电子控制器包括冷端温度补偿器和与冷端温度补偿器相连的一对接线柱,冷端温度补偿器与温度传感器相连,用于根据温度传感器采集的环境温度对热电偶的冷端进行温度补偿;冷端温度补偿器经由一对接线柱及一组补偿导线与热电偶的冷端相连,一对接线柱和一组补偿导线的材料均与热电偶的热电极的材料相同且冷端温度补偿器靠近一对接线柱安装。本发明通过补偿导线和温度传感器两者的有机融合,实现热电偶温度的精确测量,同时保证温度信号(mV级)在辅助动力装置系统中较远距离的可靠传输,提高温度信号的精度和可靠性。



1. 一种热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,包括:

温度传感器(10),用于采集环境温度;

电子控制器(20),所述电子控制器(20)包括冷端温度补偿器(21)和与所述冷端温度补偿器相连的一对接线柱,所述冷端温度补偿器(21)与所述温度传感器(10)相连,用于根据所述温度传感器(10)采集的环境温度对热电偶的冷端进行温度补偿;所述冷端温度补偿器(21)经由所述一对接线柱及一组补偿导线与所述热电偶的冷端相连,所述一对接线柱和所述一组补偿导线的材料均与所述热电偶的热电极的材料相同且所述冷端温度补偿器(21)靠近所述一对接线柱安装。

2. 根据权利要求1所述的热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,

所述热电偶为K型热电偶,所述热电偶的热电极的材料为镍铬—镍硅材料,所述一对接线柱包括一根镍硅接线柱(11)和一根镍铬接线柱,所述一组补偿导线包括一根镍硅补偿导线和一根镍铬补偿导线,所述镍硅接线柱通过所述镍硅补偿导线与所述热电偶相连,用于作为热电偶信号的负极输入端;所述镍铬接线柱通过所述镍铬补偿导线与所述热电偶相连,用于作为热电偶信号的正极输入端;所述冷端温度补偿器(21)靠近所述镍硅接线柱和所述镍铬接线柱。

3. 根据权利要求1所述的热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,

所述电子控制器(20)还包括一级放大单元(22)、二级放大单元(23)、模数转换单元(24)和数据处理单元(25),所述一级放大单元(22)的输入端与所述冷端温度补偿器(21)相连,所述一级放大单元(22)的输出端分两路,所述输出端的一路与所述二级放大单元(23)和温度指示器相连,以供所述温度指示器实时显示燃气温度;所述输出端的另一路与所述模数转换单元(24)和所述数据处理单元(25)依次按序串联,以供所述数据处理单元(25)进行数据处理,通过判定燃气温度是否超温来发出相关的控制指令。

4. 根据权利要求3所述的热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,

所述冷端温度补偿器(21)包括热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1),所述热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1)用于采集环境温度并根据所述环境温度对所述热电偶的冷端进行温度补偿。

5. 根据权利要求4所述的热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,还包括:

散热片(50),与所述热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1)相连,用于感应所述电子控制器(20)所处环境的温度,所述散热片(50)呈丁字型结构,具小端和大端,所述小端深入到所述热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1)的底部且紧贴所述热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1)的下表面,所述大端伸出所述热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1)外与所述镍硅接线柱(11)固定连接;

真空硅脂,填充在所述散热片(50)和所述热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1)之间的空隙,用于使所述镍硅接线柱(11)、所述散热片(50)与所述热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1)紧密贴合。

6. 根据权利要求4所述的热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,

所述一级放大单元(22)采用精密仪表放大器(N2),所述精密仪表放大器(N2)包括第一输入端和第二输入端,所述第一输入端与所述热电偶冷端温度补偿集成芯片(N1)的补偿电压输出端相连,所述第二输入端与所述热电偶的热动势输出端相连,所述一级放大单元

(22)包括运算放大器(N3)、第一比例运算电阻(R1)、第二比例运算电阻(R2)和第一电位器(RP1),所述运算放大器(N3)的正极输入端分两路,所述正极输入端的一路通过所述第一比例运算电阻(R1)与所述精密仪表放大器(N2)的放大电压输出端相连,所述正极输入端的另一路通过所述第二比例运算电阻(R2)与基准输入电压相连,所述运算放大器(N3)的负极输入端通过所述第一电位器(RP1)与所述运算放大器(N3)的输出端相连。

7.根据权利要求6所述的热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,
所述冷端温度补偿器(21)输出的温度补偿电压为:

$$U_{out1} = \alpha T + \alpha \beta (T - 25^{\circ}\text{C})^2$$

其中, U_{out1} 为温度补偿电压, T 为测试温度, α 为温度-电压换算因子、 $\alpha = 40.6\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, β 为纠正因子, $\beta = 44.3 \times 10^{-6}$ 。

8.根据权利要求7所述的热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,
所述一级放大单元(22)输出的一级放大热电偶信号为:

$$U_{out2} = 100 \times (U_{in1} + U_{out1})$$

其中, U_{out2} 为一级放大热电偶信号,100为一级放大倍数, U_{in1} 为热电偶输入热电势, U_{out1} 为温度补偿电压。

9.根据权利要求8所述的热电偶冷端补偿测温电路,其特征在于,
所述二级放大单元(23)输出的二级放大热电偶信号为:

$$U_{out3} = \frac{RP1}{Rf} \times \left(\frac{R1}{R1+R2} \times U_{in2} + \frac{R1}{R1+R2} \times U_{out2} \right)$$

其中, U_{out3} 为二级放大热电偶信号, U_{out2} 为一级放大热电偶信号,RP1为第一电位器的终端电阻值,Rf为第一电位器的对地电阻值,R1为第一比例运算电阻的电阻值,R2为第二比例运算电阻的电阻值, U_{in2} 为基准输入电压、 $U_{in2} = 10\text{V}$ 。

10.一种热电偶冷端补偿测温装置,包括如权利要求1至9任一项所述的热电偶冷端补偿测温电路。

热电偶冷端补偿测温电路和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及航空发动机电子控制器的设计领域,特别地,涉及一种热电偶冷端补偿测温电路。此外,本发明还涉及一种包括上述热电偶冷端补偿测温电路的热电偶冷端补偿测温装置。

背景技术

[0002] 热电偶是目前温度测量应用最广泛的传感元件。发动机上也常用热电偶作为温度传感器来感应发动机发热部件的温度,供给控制系统作为判定发动机工作状态的依据之一。其中K型镍铬-镍硅热电偶由于测量范围宽 $-200^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$,广泛应用于燃气温度传感器用来测量发动机的燃气温度,该燃气温度信号需要进入电子控制器,作为监控辅助动力装置工作状态的重要指标和依据。在辅助动力装置中,K型热电偶感应发动机排气口的燃气温度 T ,与冷端温度 T_0 形成温差,产生一个温差热电势 $E(T, T_0)$ 。热电偶是由两种不同材质的导体(如K型热电偶是属于镍铬-镍硅金属)组合在一起而形成的。当热电偶的两端处于不同的温度环境下时,由于塞贝克热电效应,回路中会产生一定的热电势 $E(T, T_0)$ 。通常,温度高的一端称为热电偶的“热端”,设为 T ;温度低的一端则称为热电偶的“冷端”,设为 T_0 。在实际测量中,热电偶的冷端温度 T_0 受环境温度、热源温度以及气流变化等多方面因素影响,并不是热电偶分度表标定基准 0°C ,而且会不断变化。另外,热电偶特性曲线本身还具有一定的非线性。冷端温度的不确定性就会给热电偶的温度测量带来不少误差。

[0003] 因此,热电偶冷端温度因受环境影响所引成的测量精度低以及冷端温度的不确定性给热电偶的温度测量带来的误差,是一个亟待解决的问题。

发明内容

[0004] 本发明提供了一种热电偶冷端补偿测温电路和装置,以解决热电偶冷端温度因受环境影响所引成的测量精度低以及冷端温度的不确定性给热电偶的温度测量带来的误差的技术问题。

[0005] 本发明采用的技术方案如下:

[0006] 根据本发明的一个方面,提供一种热电偶冷端补偿测温电路,包括:

[0007] 温度传感器,用于采集环境温度;电子控制器,电子控制器包括冷端温度补偿器与冷端温度补偿器相连的一对接线柱,冷端温度补偿器与温度传感器相连,用于根据温度传感器采集的环境温度对热电偶的冷端进行温度补偿;冷端温度补偿器经由一对接线柱及一组补偿导线与热电偶的冷端相连,一对接线柱和一组补偿导线的材料均与热电偶的热电极的材料相同且冷端温度补偿器靠近一对接线柱安装。

[0008] 进一步地,热电偶为K型热电偶,热电偶的热电极的材料为镍铬-镍硅材料,一对接线柱包括一根镍硅接线柱和一根镍铬接线柱,一组补偿导线包括一根镍硅补偿导线和一根镍铬补偿导线,镍硅接线柱通过镍硅补偿导线与热电偶相连,用于作为热电偶信号的负极输入端;镍铬接线柱通过镍铬补偿导线与热电偶相连,用于作为热电偶信号的正极输入

端;冷端温度补偿器靠近镍硅接线柱和镍铬接线柱。

[0009] 进一步地,电子控制器还包括一级放大单元、二级放大单元、模数转换单元和数据处理单元,一级放大单元的输入端与冷端温度补偿器相连,一级放大单元的输出端分两路,输出端的一路与二级放大单元和温度指示器相连,以供温度指示器实时显示燃气温度;输出端的另一路与模数转换单元和数据处理单元依次按序串联,以供数据处理单元进行数据处理,通过判定燃气温度是否超温来发出相关的控制指令。

[0010] 进一步地,冷端温度补偿器包括热电偶冷端温度补偿集成芯片,热电偶冷端温度补偿集成芯片用于采集环境温度并根据环境温度对热电偶的冷端进行温度补偿。

[0011] 进一步地,热电偶冷端补偿测温电路,还包括:

[0012] 散热片,与热电偶冷端温度补偿集成芯片相连,用于感应电子控制器所处环境的温度,散热片呈丁字型结构,具小端和大端,小端深入到热电偶冷端温度补偿集成芯片的底部且紧贴热电偶冷端温度补偿集成芯片的下表面,大端伸出热电偶冷端温度补偿集成芯片的外部与镍硅接线柱相连;

[0013] 真空硅脂,填充在散热片和热电偶冷端温度补偿集成芯片之间的空隙,用于使镍硅接线柱、散热片与热电偶冷端温度补偿集成芯片紧密贴合。

[0014] 进一步地,一级放大单元采用精密仪表放大器,精密仪表放大器包括第一输入端和第二输入端,第一输入端与热电偶冷端温度补偿集成芯片的补偿电压输出端相连,第二输入端与热电偶的热动势输出端相连,一级放大单元包括运算放大器、第一比例运算电阻、第二比例运算电阻和第一电位器,运算放大器的正极输入端分两路,正极输入端的一路通过第一比例运算电阻与精密仪表放大器的放大电压输出端相连,正极输入端的另一路通过第二比例运算电阻与基准输入电压相连,运算放大器的负极输入端通过第一电位器与运算放大器的输出端相连。

[0015] 进一步地,冷端温度补偿器输出的温度补偿电压为:

$$[0016] \quad U_{out1} = \alpha T + \alpha \beta (T - 25^{\circ}\text{C})^2$$

[0017] 其中, U_{out1} 为温度补偿电压, T 为测试温度, α 为温度-电压换算因子、 $\alpha = 40.6\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, β 为纠正因子, $\beta = 44.3 \times 10^{-6}$ 。

[0018] 进一步地,一级放大单元输出的一级放大热电偶信号为:

$$[0019] \quad U_{out2} = 100 \times (U_{in1} + U_{out1})$$

[0020] 其中, U_{out2} 为一级放大热电偶信号,100为一级放大倍数, U_{in1} 为热电偶输入热电势, U_{out1} 为温度补偿电压。

[0021] 进一步地,二级放大单元输出的二级放大热电偶信号为:

$$[0022] \quad U_{out3} = \frac{RP1}{Rf} \times \left(\frac{R1}{R1+R2} \times U_{in2} + \frac{R1}{R1+R2} \times U_{out2} \right)$$

[0023] 其中, U_{out3} 为二级放大热电偶信号, U_{out2} 为一级放大热电偶信号,RP1为第一电位器的终端电阻值,Rf为第一电位器的对地电阻值,R1为第一比例运算电阻的电阻值,R2为第二比例运算电阻的电阻值, U_{in2} 为基准输入电压、 $U_{in2} = 10\text{V}$ 。

[0024] 根据本发明的另一方面,还提供了一种热电偶冷端补偿测温装置,包括上述的热电偶冷端补偿测温电路。

[0025] 本发明具有以下有益效果:

[0026] 本发明提出的热电偶冷端补偿测温电路和装置,通过补偿导线和温度传感器两者的有机融合,实现热电偶温度的精确测量,同时保证温度信号(mV级)在辅助动力装置系统中较远距离的可靠传输,提高温度信号的精度和可靠性,同时为辅助动力装置工作的有效控制提供一定的保障。

[0027] 除了上面所描述的目的、特征和优点之外,本发明还有其它的目的、特征和优点。下面将参照图,对本发明作进一步详细的说明。

附图说明

[0028] 构成本申请的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0029] 图1是本发明热电偶冷端补偿测温电路优选实施例的电路框图;

[0030] 图2是热电偶冷端温度补偿集成芯片与散热片优选实施例的连接结构示意图;以及

[0031] 图3是本发明热电偶冷端补偿测温电路优选实施例的电路原理图。

具体实施方式

[0032] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0033] 参照图1,本发明的优选实施例提供了一种热电偶冷端补偿测温电路,包括温度传感器10,用于采集环境温度;电子控制器20,电子控制器20包括冷端温度补偿器21和与冷端温度补偿器相连的一对接线柱,冷端温度补偿器21与温度传感器10相连,用于根据温度传感器10采集的环境温度对热电偶的冷端进行温度补偿;冷端温度补偿器21经由一对接线柱及一组补偿导线与热电偶的冷端相连,一对接线柱和一组补偿导线的材料均与热电偶的热电极的材料相同且冷端温度补偿器21靠近一对接线柱安装。在本实施例中,热电偶温度补偿信号的全传输过程使用与热电偶相同的镍铬(Ni/Cr)、镍硅(Ni/Si)材质的附件和零件,具体包括以下:一是信号传输电缆使用补偿导线;二是在导线的首尾端以及转接处的电连接器内部的孔式或针式接插件也是镍铬(Ni/Cr)、镍硅(Ni/Si)的;三是不仅温度信号进入辅助动力装置电子控制器采用最短路径,而且连接补偿导线的一对接线柱也分别为镍铬(Ni/Cr)、镍硅(Ni/Si)材质,以便减小局部误差。

[0034] 本实施例提出的热电偶冷端补偿测温电路,通过补偿导线和温度传感器两者的有机融合,实现热电偶温度的精确测量,同时保证温度信号(mV级)在辅助动力装置系统中较远距离的可靠传输,提高温度信号的精度和可靠性,同时为辅助动力装置工作的有效控制提供一定的保障。

[0035] 优选地,本实施例提出的热电偶冷端补偿测温电路,热电偶为K型热电偶,热电偶的热电极的材料为镍铬—镍硅材料,一对接线柱包括一根镍硅接线柱11和一根镍铬接线柱,一组补偿导线包括一根镍硅补偿导线和一根镍铬补偿导线,镍硅接线柱通过镍硅补偿导线与热电偶相连,用于作为热电偶信号的负极输入端;镍铬接线柱通过镍铬补偿导线与热电偶相连,用于作为热电偶信号的正极输入端;冷端温度补偿器21靠近镍硅接线柱和镍铬接线柱。在本实施例中,辅助动力装置排气口与电子控制器20之间存在一定的距离,所处

的环境条件也不同,尤其是存在温度差异。为了补偿这种温差带来的测量误差,使热电偶冷端输出的电压更为精确,需要利用一组热电特性几乎与热电偶材质的热电特性相同的补偿导线。补偿导线在一定温度范围($0^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$)内,能解决热电偶信号传输过程中的温差引起的误差问题。K型热电偶常用的补偿导线一般有铜-康铜、镍铬-镍硅两种补偿导线,为了保证热电偶信号传输的全过程实现温差补偿,辅助动力装置的电缆中采用镍铬-镍硅补偿导线,电子控制器20上紧固补偿导线的一对接线柱也同样采用镍铬-镍硅的材质。

[0036] 本实施例提出的热电偶冷端补偿测温电路,利用一组热电特性几乎与热电偶材质的热电特性相同的补偿导线和接线柱,实现热电偶温度的精确测量,同时保证温度信号(mV级)在辅助动力装置系统中较远距离的可靠传输,提高温度信号的精度和可靠性,同时为辅助动力装置工作的有效控制提供一定的保障。

[0037] 优选地,如图1所示,电子控制器20还包括一级放大单元22、二级放大单元23、模数转换单元24和数据处理单元25,,燃气温度热电势通过信号传输电缆中一组补偿导线连接到电子控制器20上的一对镍铬-镍硅接线柱,从而输入到电子控制器20,电子控制器20上的一级放大单元22的输入端与冷端温度补偿器21相连,一级放大单元22的输出端分两路,其中,输出端的一路与二级放大单元23和温度指示器相连,以供温度指示器实时显示燃气温度;输出端的另一路与模数转换单元24和数据处理单元25依次按序串联,以供数据处理单元25进行数据处理,通过判定燃气温度是否超温来发出相关的控制指令。

[0038] 本实施例提出的热电偶冷端补偿测温电路,电子控制器分两路进行输出,其中一路经过冷端补偿、两级放大后供温度指示器显示实时燃气温度,另一路经过冷端补偿、一级放大、A/D模数转换后由单片机进行数据处理,以判定燃气温度是否超温来发出相关的控制指令,本实施通过对热电偶温度信号进行冷端补偿,提高了热电偶对燃气温度测试的精度和可靠性。

[0039] 优选地,冷端温度补偿器21包括热电偶冷端温度补偿集成芯片N1,热电偶冷端温度补偿集成芯片N1的型号为LT1025,用于采集环境温度并根据环境温度对热电偶的冷端进行温度补偿。

[0040] 本实施例提出的热电偶冷端补偿测温电路,采用热电偶冷端温度补偿集成芯片,电路设计简单、工作灵敏度高、误差精度小的特点,能准确感应电子控制器所处的环境温度并根据感应温度准确补偿。

[0041] 优选地,如图2所示,热电偶冷端补偿测温电路,还包括:散热片50,与热电偶冷端温度补偿集成芯片N1相连,用于感应电子控制器20所处环境的温度,散热片50呈丁字型结构,具小端和大端,小端深入到热电偶冷端温度补偿集成芯片N1的底部且紧贴热电偶冷端温度补偿集成芯片N1的下表面,大端伸出热电偶冷端温度补偿集成芯片N1外与镍硅接线柱11固定连接;真空硅脂,填充在散热片50和热电偶冷端温度补偿集成芯片N1之间的空隙,用于使镍硅接线柱11、散热片50与热电偶冷端温度补偿集成芯片N1紧密贴合。

[0042] 热电偶分度表中的热电势是以冷端在零度为标准测量得到的,而热电偶冷端即电子控制器所处舱室的温度并非 0°C ,往往还会随环境变化而变化,使得燃气温度热电势变为基准温度为 T_0 的 $E(T, T_0)$,而不是 $E(T, 0^{\circ}\text{C})$ 。当冷端参考温度不是 0°C 时,就无法根据热电偶的热电势用K型热电偶分度表直接标定燃气温度。所以,在热电偶冷端补偿测温电路设计上需要考虑冷端环境温度补偿。在本实施例中,电子控制器20利用热电偶冷端温度补偿集成

芯片N1来实现热电偶冷端温度补偿。热电偶冷端温度补偿集成芯片N1是一种LT1025型低功耗热电偶冷端补偿器,全工作温度范围的输出精度可达 0.5°C ,与各种标准热电偶(E、J、K、R、S、T)兼容,可根据环境温度为热电偶提供一个类似弓形的补偿电压,不仅实现补偿热电偶冷端环境温度,同时也对热电偶特性曲线的非线性进行一定的修正。为了使热电偶冷端温度补偿集成芯片N1与电子控制器20外界环境即热电偶的冷端尽量靠近、达到温度严格一致,热电偶冷端温度补偿集成芯片N1安装在电子控制器20的镍硅接线柱11(即热电偶信号的负输入端)附近,并在热电偶冷端温度补偿集成芯片N1底部安装一个散热片50。热电偶冷端温度补偿集成芯片N1、散热片50的结构示意图如图2所示。散热片类似丁字形的结构,深入到热电偶冷端温度补偿集成芯片N1的底部紧贴其下表面,同时由伸出电子控制器20外部的镍铬-镍硅接线柱中的镍硅接线柱11固定,并在散热片50与热电偶冷端温度补偿集成芯片N1之间的空间填充高绝缘、高导热的真空硅脂,使镍硅接线柱11、散热片50能更好地贴合热电偶冷端温度补偿集成芯片N1、传导外界热量,从而使热电偶冷端温度补偿集成芯片N1更准确地感应电子控制器所处环境的温度。

[0043] 优选地,如图3所示,一级放大单元22采用精密仪表放大器N2,精密仪表放大器N2包括第一输入端和第二输入端,第一输入端与热电偶冷端温度补偿集成芯片N1的补偿电压输出端相连,第二输入端与热电偶的热动势输出端相连,一级放大单元22包括运算放大器N3、第一比例运算电阻R1、第二比例运算电阻R2和第一电位器RP1,运算放大器N3的正极输入端分两路,正极输入端的一路通过第一比例运算电阻R1与精密仪表放大器N2的放大电压输出端相连,正极输入端的另一路通过第二比例运算电阻R2与基准输入电压相连,运算放大器N3的负极输入端通过第一电位器RP1与运算放大器N3的输出端相连。

[0044] 优选地,冷端温度补偿器21可根据环境温度为热电偶提供一个类似弓形的补偿电压,不仅实现补偿热电偶冷端环境温度,同时也对热电偶特性曲线的非线性进行一定的修正。对于K型热电偶,输出的温度补偿电压满足下列公式:

$$[0045] \quad U_{out1} = \alpha T + \alpha \beta (T - 25^{\circ}\text{C})^2 \quad (1)$$

[0046] 其中, U_{out1} 为温度补偿电压, T 为测试温度, α 为温度-电压换算因子、 $\alpha = 40.6\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, β 为纠正因子, $\beta = 44.3 \times 10^{-6}$ 。

[0047] 优选地,温度补偿电压 U_{out1} 与热电偶温差热电势输入 U_{in1} (即 $E(T, T_0)$),加在AD524型精密放大器N2的正负输入端,增益为100,一级放大单元22输出的一级放大热电偶信号满足下列公式:

$$[0048] \quad U_{out2} = 100 \times (U_{in1} + U_{out1}) \quad (2)$$

[0049] 其中, U_{out2} 为一级放大热电偶信号,100为一级放大倍数, U_{in1} 为热电偶输入热电势, U_{out1} 为温度补偿电压。

[0050] 优选地,二级放大单元23输出的二级放大热电偶信号满足下列公式:

$$[0051] \quad U_{out3} = \frac{RP1}{Rf} \times \left(\frac{R1}{R1+R2} \times U_{in2} + \frac{R1}{R1+R2} \times U_{out2} \right) \quad (3)$$

[0052] 其中, U_{out3} 为二级放大热电偶信号, U_{out2} 为一级放大热电偶信号,RP1为第一电位器的终端电阻值,Rf为第一电位器的对地电阻值,R1为第一比例运算电阻的电阻值,R2为第二比例运算电阻的电阻值, U_{in2} 为基准输入电压、 $U_{in2} = 10\text{V}$ 。

[0053] 公式(3)的推算过程如下所示:

[0054] 设运算放大器N3的正负输入端电压分别为 U_+ 、 U_- 。根据运算放大器“虚短”、“虚断”原理以及分压电路,可得:

$$[0055] \quad U_+ = U_- \quad (4)$$

$$[0056] \quad U_+ = (U_{in2} - U_{out2}) \times \frac{R1}{R1 + R2} + U_{out2} \quad (5)$$

$$[0057] \quad U_- = U_{out3} \times \frac{Rf}{RPI} \quad (6)$$

[0058] 其中, U_+ 为运算放大器的正输入端电压, U_- 为运算放大器的负输入端电压。

[0059] 将以上公式(5)和公式(6)代入公式(4)中,即可推得二级放大单元23输出的二级放大热电偶信号的关系式(3)。

[0060] 本实施例提出的热电偶冷端补偿测温电路,通过热电偶冷端补偿测温电路的冷端温度补偿器、一级放大单元和二级放大单元即可实现热电偶温度的冷端补偿和准确测量,即将热电偶塞贝克热电效应产生的与温度成正比的热电势转化为相应的单片机可精确测量的电压信号,形成热电偶冷端补偿测温装置的基本电气方案。

[0061] 本实施例还提供一种热电偶冷端补偿测温装置,包括上述的热电偶冷端补偿测温电路,在此不再赘述。

[0062] 由于大气气体的流动性较强、温度传感器集成电路灵敏度高,常温状态下热电偶冷端补偿信号测试比较困难,表现为电压波动较大、稳定性较差。常温下热电偶冷端补偿信号的测试方法一是:尽量将电子控制器置于温度控制在 $+25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ 范围内的空调实验室;二是:当环境温度不满足要求时,置于保温箱中进行保温测试。常温以及高低温条件下,热电偶冷端温度补偿信号的实测结果见表1。测试过程中,可以发现温度传感器集成电路LT1025具有灵敏度高、感应环境温度实时性强等优点。

[0063]

测试条件		温度补偿信号	
		理论值	实测值
常温	$(25^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C})$	$+812.4 \mu\text{V} \sim +1216.4 \mu\text{V}$	$+869.9 \mu\text{V}$
高温	$(85^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C})$	$+3300.8 \mu\text{V} \sim +3727.8 \mu\text{V}$	$+3304.4 \mu\text{V}$
低温	$(-55^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C})$	$-2309.9 \mu\text{V} \sim -1931.8 \mu\text{V}$	$-2150.1 \mu\text{V}$

[0064] 表1热电偶冷端温度补偿测试

[0065] 利用精密电源模拟热电偶输出燃气温度信号,在室温 24°C 条件下,进行了燃气温度为 $100^\circ\text{C} \sim 1000^\circ\text{C}$ 的模拟测试,测试数据见表2。

燃气温度 (°C)	模拟信号 U _{in1} (mV)		冷端补偿 U _{out1} (mV)		一级放大 U _{out2} (V)		二级放大 U _{out3} (V)	
	理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值	理论值	实测值
[0066] 100	3.136	3.11	0.974	0.955	0.411	0.428	0.774	0.784
200	7.179	7.19			0.815	0.838	1.290	1.296
300	11.249	11.23			1.222	1.245	1.809	1.806
400	15.437	15.41			1.641	1.663	2.344	2.328
500	19.685	19.68			2.066	2.093	2.886	2.866
[0067] 600	23.946	23.96			2.492	2.521	3.430	3.401
700	28.169	28.14			2.914	2.939	3.968	3.924
800	32.316	32.32			3.329	3.357	4.498	4.447
900	36.366	36.36			3.734	3.761	5.015	4.952
1000	40.316	40.26			4.129	4.154	5.519	5.443

[0068] 表2热电偶燃气温度模拟测试

[0069] 本实施例提供的热电偶冷端补偿测温电路,采用冷端温度补偿器的冷端补偿以及一级放大单元和二级放大单元的两级运算放大,将热电偶感应的燃气温度热电势直接输送到模数转换单元以供数据处理单元进行燃气温度信号的采集;同时将电偶感应的燃气温度热电势输送到温度指示器上以直接显示当前燃气温度。

[0070] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

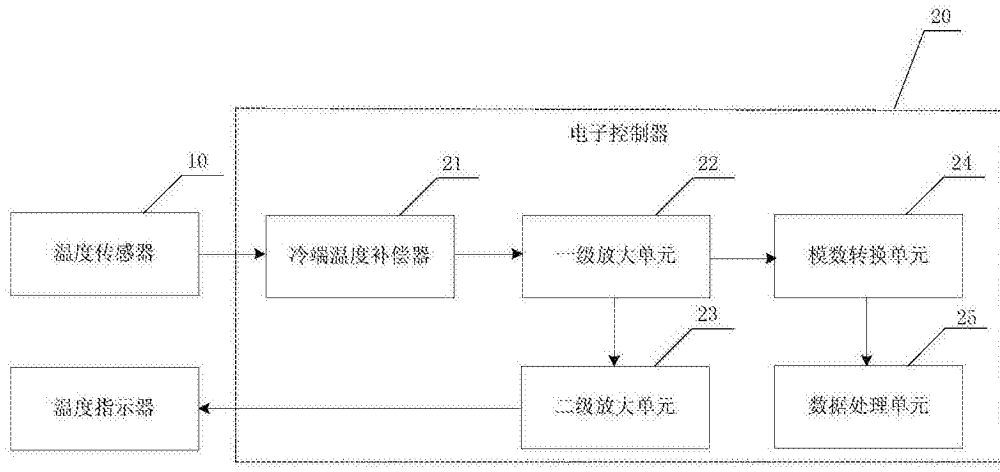


图1

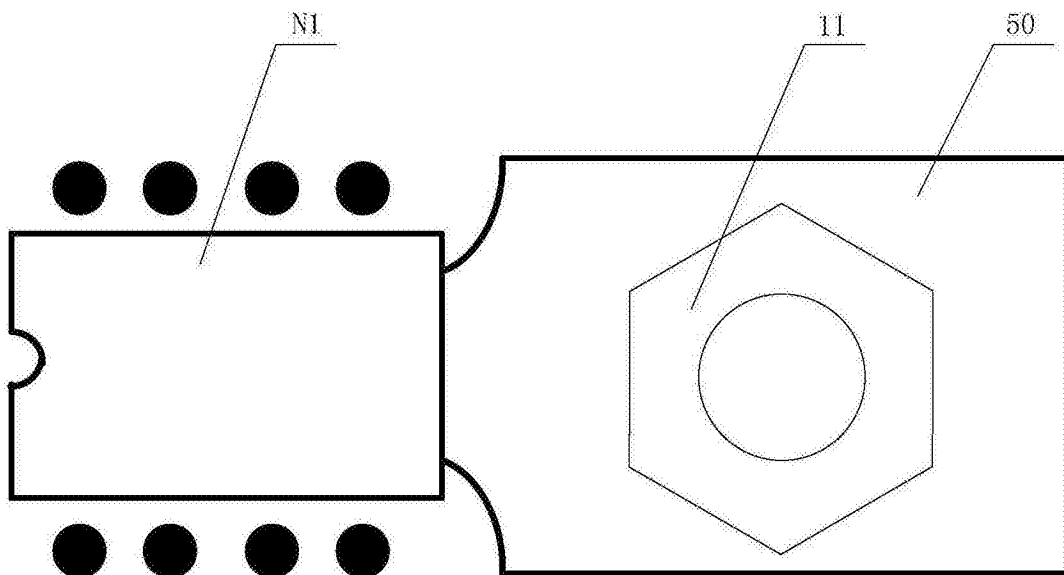


图2

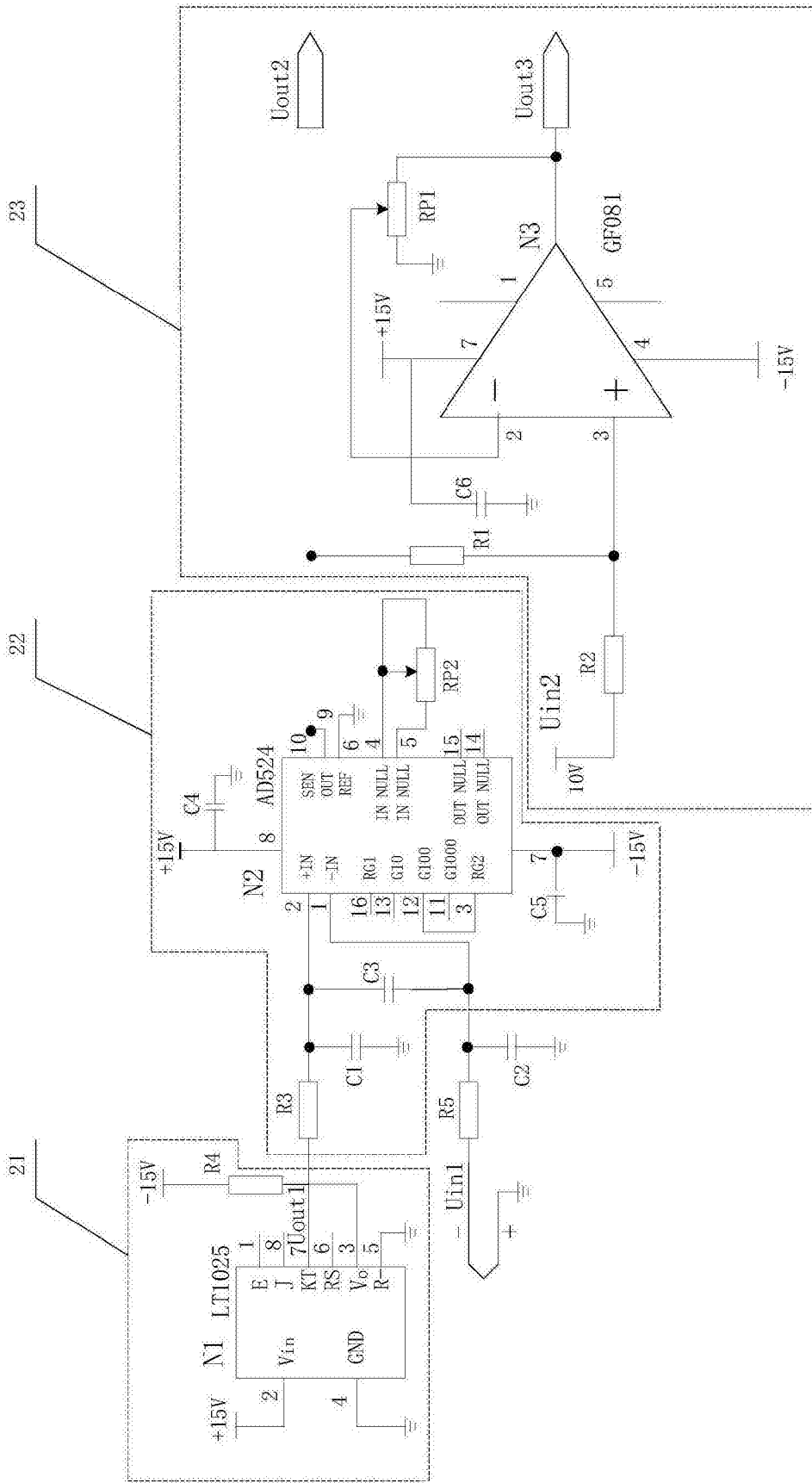


图3