

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2017.06.079

温度传感器在飞机环境控制系统中的应用研究

党皓*, 朱耀国

航空工业西安航空计算技术研究所, 陕西 西安 710065

摘 要: 简述了温度传感器在飞机环境控制系统中的分布、作用, 给出了不同部位温度传感的形式和精度要求, 结合工程实践进行了温度传感器在环控系统中信号采集模块和软件设计探讨。经型号验证, 温度传感器选取合理, 可以保证飞机环境控制系统的良好运行。

关键词: 环境控制系统; 温度传感器; 铂电阻温度传感器; 信号采集模块

中图分类号: V245.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2017) 06-0079-04

常见的飞机环境控制系统是将引自飞机发动机压气机的高温高压气体经调温调压后供入座舱, 以满足其增压、通风和温度控制要求^[1]。为了确保飞机安全和机上乘员的舒适, 必须对飞机环境控制系统的压力与温度进行实时监控, 其中, 温度控制所需执行元件的形式与配置, 以及由此所导致的不同系统构型是飞机环境控制核心技术的体现。

温度反映了物体的冷热程度, 也是气体分子平均平动动能的量度。物体温度不可直接测量, 只能根据热力学第零定律间接测量^[2], 即通过具有某种热力学特性的物体, 如温度传感器的介入, 利用二者达到热平衡时传感器某一物性参数的变化反映温度的高低。早在 2000 多年前, 人类就开始探索物体温度的测量方法, 并开始使用类似现今温度传感器的装置测量温度^[3]。在多年的发展历程中, 人们根据其原理, 利用物体温度与某种量或现象的对应关系, 发明出了各种各样的温度传感器, 如气动温度传感、双金属温度传感器、热电阻温度传感器、红外辐射温度传感器、热敏电阻温度传感器、声学温度传感器、微波温度传感器、光纤温度传感器等。

温度传感器的选取及设计关系到飞机环境控制系统能

否正常运行。本文通过分析环境控制系统几种常用的温度传感器的特点, 提出适合各分系统的温度传感器的选择方法, 并通过温度传感器的检测与系统计算机的精确控制, 以实现控制系统的最优运行。

1 飞机环境控制系统中温度传感器的形式与特点

受使用环境、温度测量范围、精度及可靠性的限制, 飞机环境控制系统常用的温度传感器有铂电阻温度传感器、双金属温度传感器, 在一些老机型上还有气动温度传感器。

(1) 铂电阻温度传感器

铂电阻温度传感器是利用金属电阻与温度呈一定函数关系的特点来进行温度测量的。铂电阻一般用于测量 $-200\sim 850^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度, 在个别标定情况下可用于测量最低 -272°C 最高至 1000°C 的温度。

标准铂电阻温度传感器的精度很高, 可作为复现国际标准的标准仪器。飞机环境控制常用 Pt100, Pt1000 铂电阻作为温度传感器材质, 其物理、化学稳定性好, 具有大而稳定的电阻温度系数和电阻率, $R-t$ 关系在使用温度范围内呈

收稿日期: 2017-03-16; 退修日期: 2017-04-07; 录用日期: 2017-04-26

* 通讯作者. Tel.: 15029216157 E-mail: 1361560399@qq.com

引用格式: DANG Hao, ZHU Yaoguo. Application of temperature sensor in aircraft environmental control system [J]. Aeronautical Science & Technology, 2017, 28 (06): 79-82. 党皓, 朱耀国. 温度传感器在飞机环境控制系统中的应用研究 [J]. 航空科学技术, 2017, 28 (06): 79-82.

线性关系,按国际电工委员会(IEC)标准,铂电阻在温度范围为 $-200\sim 850^{\circ}\text{C}$ 的特性方程为:

在 $-200\sim 0^{\circ}\text{C}$ 范围内:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + Ct^3 (t - 100)]$$

在 $0\sim 850^{\circ}\text{C}$ 范围内:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2]$$

式中: R_t, R_0 为铂热电阻在 $t^{\circ}\text{C}$ 和 0°C 时的电阻值; A, B, C 为常数,在国际温标(ITS-90)中, $A=3.90083 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$, $B=-5.775 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}^2$, $C=-4.183 \times 10^{-12}/^{\circ}\text{C}^3$ 。

(2) 双金属温度传感器

双金属温度传感器是固体膨胀式温度传感器的一种,利用双金属片作为温度敏感元件受热产生膨胀变形来测量温度的。它由两种线膨胀系数不同的金属紧密结合而成双金属片,为提高灵敏度一般制成螺旋状。螺旋形一端固定,另一端连接指针轴式开关。当温度变化时,双金属片弯曲变形,通过指针轴带动指针偏转显示温度。其测量范围一般为 $-80\sim 600^{\circ}\text{C}$,具有抗振动等环境适应性强、可靠性高的特点,但因迟滞现象严重和测量精度低的缺点限制,目前在飞机环境控制系统中已很少作为控制元件使用,一般仅用作上下限报警的温度开关。

(3) 气动温度传感器

气动温度传感器用封闭腔中的气体压力或液体蒸发产生的蒸汽压力随着温度变化而呈某种函数关系进行温度测量与控制的传感器,其可靠性高,但精度低,零点易漂移,所以一般适用于单点温度控制或超温关断。

2 飞机环境控制系统温度传感器的分布及相关技术要求

飞机环境控制系统中与温度控制有关的主要分系统有气源分系统、制冷加热分系统、座舱空气分配分系统,其温度传感器的分布如下:

(1) 气源分系统

气源分系统用于将来自发动机的高温高压气体经调温调压后供入下游用气系统,如空调系统、防冰系统、水/废水系统、油箱增压或空气惰化系统,系统出口温度一般在 180°C 左右。根据下游用气系统构型或发动机状态变化可在 $150\sim 225^{\circ}\text{C}$ 范围内选择,个别战斗机在 110°C 左右,但气源系统出口最高温度不会超过 232°C 。因气源系统所处环境为发动机舱的高温、高振动区域,普通热电阻传感器很难满足测温要求。在20世纪70年代以前,一般使用气动温度控制器或液体感温包进行单点温度控制,因故障率高、精度低,此

后逐渐使用铠装双芯铂电阻传感器,为了适应恶劣的安装环境,一般封装体积较大,精度在 $\pm 7\sim \pm 13^{\circ}\text{C}$ 之间。

(2) 制冷加热分系统

以常见的三轮式高压除水制冷系统为例,其温度传感器一般设置在:(a)压气机出口管路上,温度范围在 $150\sim 232^{\circ}\text{C}$ 之间,控制精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,传感器采用铠装铂电阻形式,此处同步设置一个双金属温度开关,控制精度在 $\pm 3\sim \pm 5^{\circ}\text{C}$ 之间。(b)冷凝器冷边出口组件温度传感器,一般使用铠装铂电阻温度传感器,目的是防止水或冰粒子对芯体的影响,温度范围是 $-100\sim 100^{\circ}\text{C}$,控制精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。(c)水分离器出口温度传感器,一般使用铠装铂电阻温度传感器,温度范围 $-100\sim 100^{\circ}\text{C}$,控制精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 空气分配分系统

空气分配分系统温度传感一般布置在混合腔内、混合腔出口管路、座舱供气管路等处,这些传感器一般使用铂电阻温度传感器,温度范围在 $-50\sim 90^{\circ}\text{C}$ 之间,控制精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

驾驶舱和客舱不同区域设置有座舱区域温度传感器,用于实现对座舱区域温度的分别控制。其传感器仍然使用铂电阻形式,温度范围在 $-50\sim 50^{\circ}\text{C}$ 之间,控制精度 $\pm 2^{\circ}\text{C}$,该传感器是一带风扇的组件,通过自带风扇的通风以反映区域平均温度。

3 系统设计

Pt1000铂电阻温度传感器是环控系统中最常用的温度传感器,一般与环控系统控制器和相关执行机构共同组成了温度控制系统。其系统功能框图如图1所示。环控系统控制器将采集的Pt1000电阻信号转为数字信号,经过运算放大用于环控系统的显示和告警。

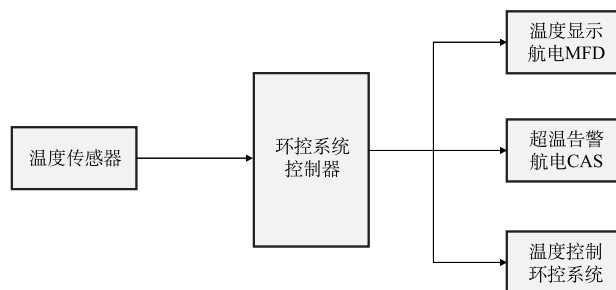


图1 系统功能框图

Fig.1 System function block diagram

3.1 信号采集

温度信号的采集由环控系统控制器中的信号采集模块实现,其模块功能框图如图2所示。

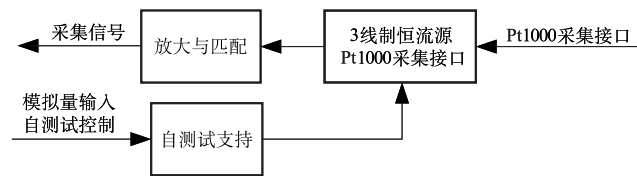


图2 模块功能框图

Fig.2 Module function block diagram

Pt1000 铂电阻采用惠斯特非平衡电桥法进行测量，测量电路如图3所示。惠斯特非平衡电桥中3个桥臂电阻均为 R 且阻值已知，待测铂电阻Pt1000阻值为 R_x ，电桥激励源为已知电流源，用 r 表示Pt1000的引线电阻，由图可知，只有当电桥平衡时，线电阻 r 的阻值变化对于 R_x 的测量没有任何影响，但实际使用中不可能不断调整桥臂电阻 R 的值从而使电桥达到平衡，即电桥为非平衡电桥，只能部分消除引线电阻对测量的影响而不能完全抵消。由于电流源已知， R 已知，则A、B之间的电位差仅与 R_x 有关，A、B之间的电位差通过放大器放大后经过A/D转换，可得到其值，由此可以得到待测电阻Pt1000的阻值。

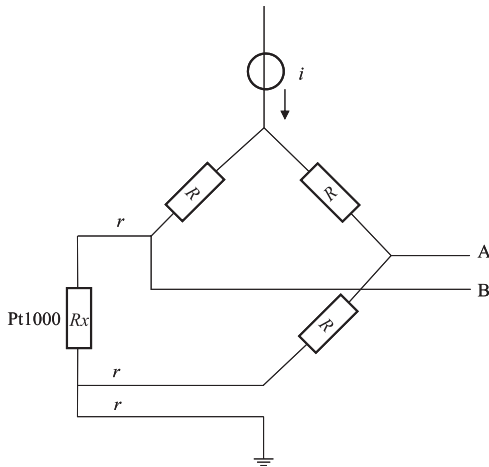


图3 测量电路

Fig.3 Measuring circuit

3.2 信号处理软件设计

信息采集与处理模块将系统采样的温度传感器阻值转换为温度值，并对温度传感器进行故障判断。按照电阻与温度转换表将相应温度传感器电阻值转换为其相对应的温度传感器采样温度值，如果采样电阻小于等于电阻与温度转换表中最小温度值，则表中最小温度值赋予该温度传感器采样温度值；如果采样电阻大于电阻与温度转换表中最大温度值，则表中最大温度值赋予该温度传感器采样温度值。

由于传感器受各种噪声和外界干扰，为了准确测量和控制，需要消除信号噪声和干扰，通常采用的方法是软件数字滤波，滤波程序流程图如图4所示。

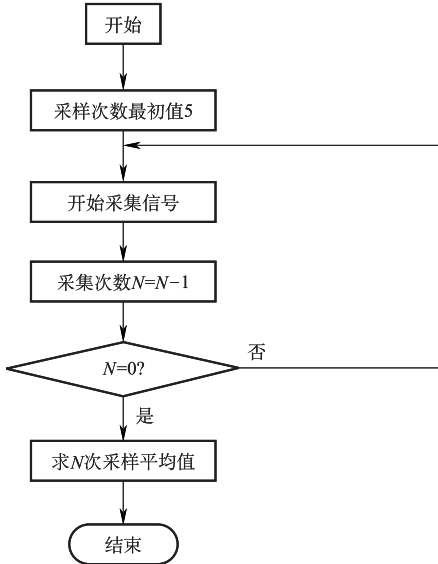


图4 滤波程序流程图

Fig.4 Flow chart of filter program

4 结束语

温度传感器是飞机环境控制系统中最重要的检测与控制元件，选型合理、安装正确、质量稳定是环境控制系统安全性、经济性和舒适性的保证。随着系统健康管理要求的提高和传感器技术的发展，飞机环境控制系统温度传感器与系统附件、管路会逐渐融合，如嵌入式光纤温度传感器、内埋铂电阻模式或应变式温度传感器，通过与其他传感器组合，促成下一代智能阀、智能管路等智能附件的出现，真正达到系统运行自主化和最优化。

AST

参考文献

- [1] 寿荣中,何慧珊. 飞行器环境控制 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2006.
SHOU Rongzhong, HE Huishan. Aircraft air conditioning system [M]. Beijing: Beihang University Press, 2006. (in Chinese)
- [2] 冯青,李世武,张丽. 工程热力学 [M]. 西安:西北工业大学出版社, 2006.
FENG Qing, LI Shiwu, ZHANG Li. Engineering thermodynamics [M]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University Press, 2006. (in Chinese)

- [3] 陈锡光. 中国古代的测量技术和有关热学理论 [J]. 南京: 南京大学学报: 自然科版, 1988 (4): 145-154.
CHEN Xiguang. Measures technic and thermodynamics in the archaic China [J]. Nanjing: Journal of Nanjing University: Naturovl Science, 1988 (4): 145-154. (in Chinese)

作者简介

党皓 (1991—) 女, 硕士研究生, 助理工程师。主要研究方向: 机载附件计量测试。

Tel: 15029216157

E-mail: 1361560399@qq.com

Application of Temperature Sensor in Aircraft Environmental Control System

DANG Hao*, ZHU Yaoguo

AVIC Computing Technique Research Institute, Xi'an 710065, China

Abstract: This paper described the temperature sensor' s function and layout in aircraft environmental control system. The requirements of types and precision of temperature sensors installed in different temperature zones were put forward. Combining with engineering project, the temperature sensor' s signal collection module and data processing software were designed and validated. The results show, the temperature sensor is selected right to ensure the good operation of the aircraft environmental control system.

Key Words: environmental control system; temperature sensor; platinum resistor temperature sensor; signal acquisition module

Received: 2017-03-16; Revised: 2017-04-07; Accepted: 2017-04-26

*Corresponding author. Tel. :15029216157 E-mail: 1361560399@qq.com