

一种新型机载测温仪

杨绍忠 陶文有

(中国气象科学研究院,北京 1000081)

提 要

一种由铂膜 Pt100 作为感温元件的新型机载气温测量仪在中国气象科学研究院研制成功。其选用的元器件是经过严格挑选过的,整机工作稳定,几乎无漂移,测量精度高,经国家气象计量检定站静态条件下标定,在 $-20\sim 40^{\circ}\text{C}$ 范围内最大测量误差不超过 0.1°C ,Pt100 的响应时间小于 0.1s (厂家提供)。另外,该测温仪除测值可实时显示外,还配置了具有实时曲线显示、数据存储和统计等功能的应用软件,为大气物理探测研究和人工增雨作业提供了一种方便且实用的工具。

关键词: 铂膜电阻 机载测温 应用软件

引 言

在以飞机为平台的大气物理探测及人工增雨作业中,云中温度是不可缺少的参数之一。因此,对其进行可靠和精确地实时测量是十分必要的。特殊的测量环境决定了测温仪电路和传感器结构的特殊性。除了要在高速飞行中实现快速采样并实时显示测值之外,所设计的传感器还要避开太阳辐射和云粒子对感温元件的影响。另外,还要考虑动力增温订正等问题。因此,为适应云中飞行测量这一特殊的测量环境,国内外都曾进行过不同原理和结构的机载测温仪的研制。

测温仪的传感器是实现机载测量的重要组成部分,它直接影响测值的准确度及整机性能。目前,被公认为较理想的是国外一种涡旋式传感器,其突出特点是防止了云水打湿感温元件,能直接得到真实气温值,而不需要事后再做动力增温订正。但这种机载测温仪的传感器结构特殊,而且须在高速云雾风洞中在不同风速下做抵消动力增温值的气流调整工作。除此之外还有一些其他结构的探头,如 Lawson 的不沾湿探头等。

与国外相比,我国的机载测温技术还相

当落后。1978年,由中国气象科学研究院人工影响天气研究所研制成第一代机载铂电阻测温仪^[1]。由于受当时电子工业水平的限制,所选感温元件为 4mm 直径 40mm 长的玻璃柱状的铂电阻,其滞后严重。主电路关键元件的稳定性也比较差。另外,它只能实时显示,人工记录,不具备计算机接口。20多年后的今天,这种测温仪的整体性能已不能满足目前的实际需要,特别是传感器的结构应加以改进。本文介绍的是在第一代的基础上研制的新型机载测温仪。它利用当前先进的元器件,对电路进行了重新设计,并安装了数据采集及处理的应用软件,但传感器不得不继续采用倒流式整流罩^[2],仍不能自动消除动力增温的影响。

1 传感器部分

选用哪一种温度感应元件对测温仪整体性能的影响是至关重要的。新型机载测温仪使用了用激光技术制作的 Pt100 型铂金属膜感温电阻。它的优点是体积相当小(长 2.5mm , 宽 2.0mm , 厚 0.5mm),其阻值随温度的变化仍为良好的线性关系。由于热容量小,响应时间可小于 0.1s 。若按 $100\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

的空速计算,它反应的应是飞机后方 10m 处的温度值(未考虑电路的转换时间和空气倒流时间)。如此短的响应时间在这以前是无法实现的。

为了避开太阳辐射和云水对感应元件的影响,感应元件 P_i100 被安装在整流罩的中心部位,由于惯性,云粒子不能(相对地)随倒气流进入整流罩内,从而使其感应的仅是云中空气温度。但由于感温元件与空气的摩擦以及元件附近的空气被压缩会有动力增温,这一附加的增温值即为动力增温值,需要在风洞中或在不同飞行速度下做专门订正。图 1 给出了倒流式传感器的示意图。图中心部位的色块为感温元件,箭头为气流方向。整个传感器被安装在飞机附面层之外适当的距

离上。

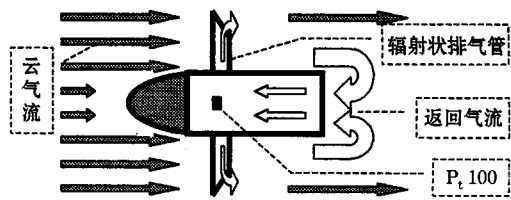


图 1 倒流式传感器示意图

2 温度转换部分

该测温仪温度转换部分的关键元器件采用了目前先进的集成电路,桥路由温度系数为 $\pm 10\text{PPM}/^\circ\text{C}$ 的精度为 $\pm 0.1\%$ 的并经过老化处理的线绕电阻构成,较以前大大提高了整机的稳定性和测量精度。图 2 给出了温度转换电原理图。

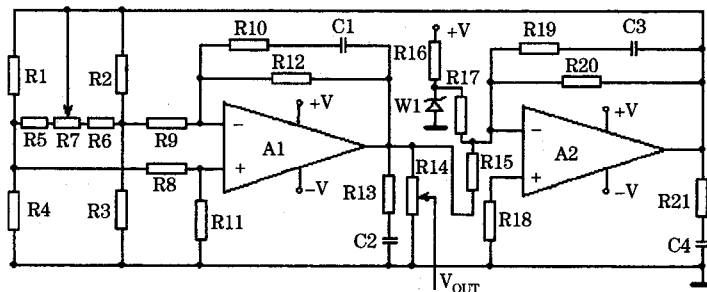


图 2 温度转换电原理图

由图 2 可见, R3 为铂膜 P_i100,为减少引线本身的阻值对测量精度的影响,采用了三线制将其连接到机外传感器的整流罩内。由 R1 到 R7 构成桥路及零点微调电路。当 $R1 = R2, R3 = R4 = 100\Omega, R10/R9 = R11/R8$ 时,调整 R7,使得 A1 的输出为零,此时的平衡即为零点,代表的温度值为 0°C 。当 R3 随环境温度变化时,桥路处于非平衡状态,此非平衡量经 A1 放大后的输出值与环境温度成一线性关系,并经 R14 引出。由 W1 和 A2 构成桥路的电压源。

3 模数转换和输出部分

从温度转换电路输出的仅是与温度成线性关系的电压信号,故须将此模拟电压转换为数字量,该数字量再经使其具有多种功能

的应用软件处理,从而得到不同形式输出的温度值和统计量。由于各单位飞机上所装备的探测仪器不尽相同,获取的各物理量值有的以磁带记录,有的直接输入到计算机硬盘,还有的仅要求微打实时输出。为此,本机设计的配置形式也不尽相同,即:可根据用户需要配备不同的输出方式。所有这些功能均由数据调节部分和配置的应用软件完成。另外,数据调节部分还具有零点和满度修正功能,可减小由感温元件的分散性和电路元件引起的误差,这对线性校准和今后的标定提供了极大的方便。为防止参数的误设定和他人修改,该机还设计有密码设定功能。图 3 给出了测温仪功能示意图。

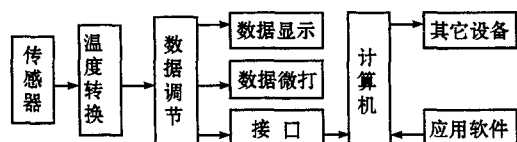


图3 测温仪功能示意图

4 软件部分

在飞机人工增雨作业云中,常把云中温度作为是否开始播撒催化剂的参考之一。机上操作人员需要实时监视温度的变化趋势,但是在当前探测作业的飞机上往往不具备实时曲线形式的监测记录,而大多数都配备了微机。为此,该测温仪配置了专用软件。它具有实时数据显示、实时曲线显示、历史曲线显示、实时相对曲线和历史数据提取以及统计等功能,可供用户选用。

在历史曲线画面中设有时间设置钮,通过它可以调出所设时间段的记录曲线。若有飞行高度参数的输入,用实时相对曲线功能,用户可以很方便地监视气温随高度的变化,以便于作业的实时指挥。

5 关于动力增温订正

如上所述,当飞机在云中高速飞行时,由于空气在感温元件附近发生压缩而升温,感温元件和空气摩擦也将会自热,使得仪表显示值(T)比真实气温(T_0)偏高(ΔT),必须予以订正。偏高值 ΔT 由下式确定:

$$\Delta T = T - T_0 = K_T V^2$$

式中 V 为真空速, K_T 为随传感器的结构和安装方式而变的订正系数。从理论上,要得到真实气温 T_0 ,须将偏高值 ΔT 订正掉,而 ΔT 又随真空速 V 变化,在计算真空速 V 时又需要确定真实气温 T_0 ,两者相互矛盾。解决这一矛盾一般采用多级近似的办法,根据要求的精度,可进行反复订正。如果考虑潮湿空气对感温元件的影响,计算将更为复杂^[3]。因此, K_T 一般通过试验近似确定。较为简便的办法是:事先在地面高速云雾风洞中,分别模拟探测飞机的两个空速 V_1 和 V_2 并测得相应的两个温度值 T_1 和 T_2 ,由下式计算出

K_T ,根据 K_T 值,做出空速与增温订正值的关系曲线或表格。

$$K_T \approx (T_1 - T_2) / (V_1^2 - V_2^2)$$

若没有风洞试验条件,也可以在实际飞行中做近似订正。方法是:在相同气象条件下,选择同温层做变速飞行,记下两种速度时的温度值,按上式做计算订正即可,但两个速度相差要大于 $60\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。根据多年经验,对常用中速飞机,增温订正值一般在 $2\sim 5^\circ\text{C}$ 范围内。采用本文介绍的倒流式整流罩, K_T 一般近似在 0.00032 。

6 主要技术指标

输入信号种类:热电阻

测量范围: $-50^\circ\text{C}\sim +50^\circ\text{C}$

测量显示精度: $\pm 0.1\%F.S \pm 1$ 字,自动对温漂、时漂进行补偿

测量分辨率: $1/16000$,14位A/D转换器

显示范围: $-1999\sim 9999$ 。

工作环境温度: $0\sim 50^\circ\text{C}$

电源电压:28VDC

7 小结

本文介绍的温度转换电路是将非电量转换成电量的基本电路,是诸多温度测量方法中对常温测量的通用方法之一,其基本工作原理在许多相关书籍中都能找到^[4]。该测温仪由于采用了高精度高稳定度元器件使其具有了高质量的性能。另外,为适应当前云物理研究和播撒作业的应用环境,本文还示意性地给出了开发的专用软件运行结果,它在给机上探测作业人员以极大方便的同时,也将会减少作业的盲目性。

参考文献

- 程刚等. 机载铂电阻测温仪. 气象科学技术集刊. 北京:气象出版社,1982,(2):123~125.
- 电传飞机气象仪. 北京大学地球物理系,1977.
- 人工降水、防雹基础知识. 中央气象局研究所编,1974.
- 常玉燕,吕光译. 日本电子电路精选. 北京:电子工业出版社. 1990.

A New Type Airborne Thermograph

Yang Shaozhong Tao Wenyu

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

A new type airborne thermograph is introduced. A platinum membrane Pt100 is used as sensor. The response time of the sensor is less than 0.1 second. The selected circuit element is examined closely. Design performance is excellent. It Works steady, no drift almost. The precision of the measurements is high. The maxmum error is less than 0.1°C within the range from -20°C to 40°C after calibration in the National Center of Meteorological Metrology. In addition, it provides convenience for the operators due to dispose an application software with curve and number display on realtime as well as memory function.

Key Words: platinum sensor airborne thermograph application software