

# 飞机全静压系统检查仪的研制

景 博, 张 波, 李健君, 谢红星  
(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

**摘 要:**全静压系统检查仪对飞机上该系统的气密性与仪表指示的准确性有直接影响。针对原检查仪存在的问题,研制了无油真空压力泵和以单片机为控制核心基于振动筒式压力传感器的测量显示组件,设计了新的检查仪。经实际使用表明:该检查仪具有检测速度快,精度高,判读直观,操作简单,维修性好等特点,并解决了漏油对气源质量影响及相关设备污染的问题。

**关键词:** 振动筒式压力传感器;单片机;无油真空压力泵;飞机全静压系统

**中图分类号:** V24      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1009-3516(2002)02-0009-03

飞机的全静压系统是用来收集气流的全压和静压信息,并把它们输送给需要全压、静压的仪表及有关设备。高度表、空速表、升降速度表和  $M$  数表等基于测量飞机所在位置的大气参数(如全压、静压)而工作的仪表称为全静压系统仪表,也称为大气数据仪表。全静压系统收集的全压、静压信息是否准确,直接影响到全静压系统仪表指示的准确性及有关设备工作的正常性。因此,对飞机全静压系统的检查至关重要。根据测试技术的发展趋势<sup>[1]</sup>和原进口设备存在的问题,我们研制开发了新型飞机全静压系统检查仪。

## 1 系统的硬件设计

该检查仪主要由测量显示组件、空气压缩系统组件及附件等组成。

图1为测量显示组件的原理框图。单片机选用 PHILIPS PCF80C552,其集成度高,有5个 I/O 口,并集成一个8通道10位的ADC和看门狗(WDT)电路,使用温度范围  $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ ,可满足外场测试的环境要求。为减少因电源波动造成的工作不稳定,选用 MAX760E 作为  $\mu\text{P}$  电源监控器。EPROM 选用 AM27C128,静态 RAM 选用 6264<sup>[2]</sup>。F/D 转换电路采用国产高精度专用片 FD9201。将按键与 PCB 板组成功能键盘,可增加可靠性和便于安装。采用精密振动筒式压力传感器完成压力测量<sup>[3]</sup>,显示器采用真空荧光显示器,显示信息清晰明亮,不受环境照度和视角的影响。

接通电源,首先对测量显示组件内部各部件进行自检,如 CPU、外部 RAM、传感器、F/D 转换器等,若检测有错误,即显示相应的故障定位信息,供维修人员排除故障做参考。若无任何故障,振动筒式压力传感器分别感受空气压缩组件提供的静压和全压信息,并转换成与感受压力成对应关系的频率信号,再经 F/D 转换器转换为数字量送到微处理器内。同时,压力传感器内的温度传感器输出一个与压力传感器工作环境温度成线性关系的电压信号,经 A/D 转换器转换为数字量也送到微处理器内,用来修正压力传

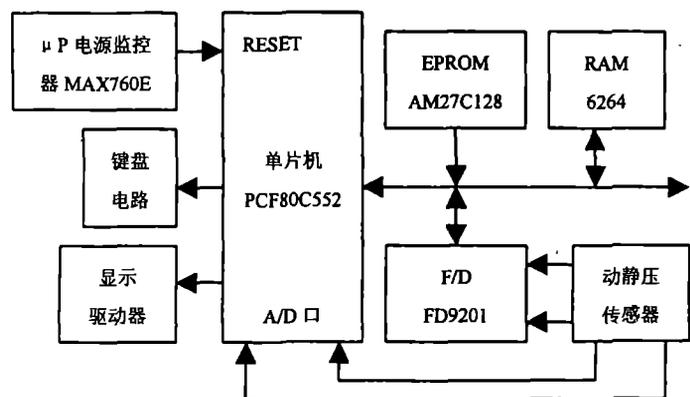


图1 测量显示组件的原理框图

传感器的温度误差。微处理器根据要求,将输入量解算为所需参数,并通过显示器显示出来。

图 2 为空气压缩组件的管路连接示意图,空气压缩组件主要由直流电机、压力泵、连接管路、蓄压瓶及开关组成。

在被检系统中建立压力的过程如下:当电源接通时,电动机带动压力泵开始工作,在全压调节开关打开的情况下,压力泵的排气门经接嘴 1、蓄压瓶 1、全压保护开关、全压调节开关、面板上的“全压”接嘴以及连接管路与飞机的全压系统相连,进气门通大气。压力泵活塞下行时,进气门打开吸入空气。活塞上行时,进气门关闭,当空气被压缩到一定压力时,排气门打开,压缩空气进入到全压系统,如此往复,即可达到所需压力。

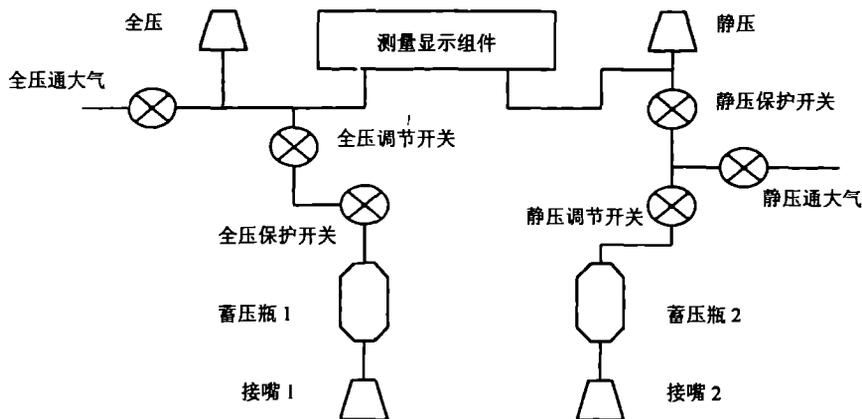


图 2 空气压缩系统组件气路连接图

在被检系统中建立真空度的过程如下:当电源接通时,电动机带动真空压力泵开始工作,在静压调节旋钮打开的情况下,真空压力泵的进气门经接嘴 2、蓄压瓶 2、静压调节开关、静压保护开关、面板上的“静压”接嘴以及真空连接管路与飞机的静压系统相连。当压力泵活塞下行时,进气门打开,从静压系统抽出气体;活塞上行时,气体被压缩,进气门关闭,当压力达到一定值时,排气门打开,气体排入大气,如此往复,即可抽到规定高度。

在加压和抽真空度的过程中,由保护开关对压力的变化速度进行限制,以保护被测仪表。

## 2 系统软件设计

软件以 PL/M-51 高级语言编写<sup>[4]</sup>在本程序的设计过程中,充分发挥结构化设计语言的优点,使程序模块化、结构化。为了进一步提高系统的可靠性,采用了看门狗电路及相应的程序。

### 2.1 程序流程图

主控程序流程图略。中断服务程序见如图 3。

### 2.2 主要子程序及功能

1) 主控程序。是整个程序的主干,平时在主程序循环,当接受到中断信号后转去执行相应的中断服务程序。此外,主控程序还完成初始化、键分析和自检任务。

2) 采样中断程序。本中断具有最高优先级,在响应中断后,首先完成采样周期和温压的工作,然后对周期和温压进行滤波,再分时计算各飞行参数。

3) 自检程序。自检程序包括对 CPU、外部 RAM、F/D、A/D、传感器进行自检,如有故障在显示屏上报告错误信息。

4) 压力解算程序。本程序的任务是由温压、周期值求解压力  $P$ ,即  $P = f(T, t)$ 。式中,  $T$  为周期,  $t$  为温

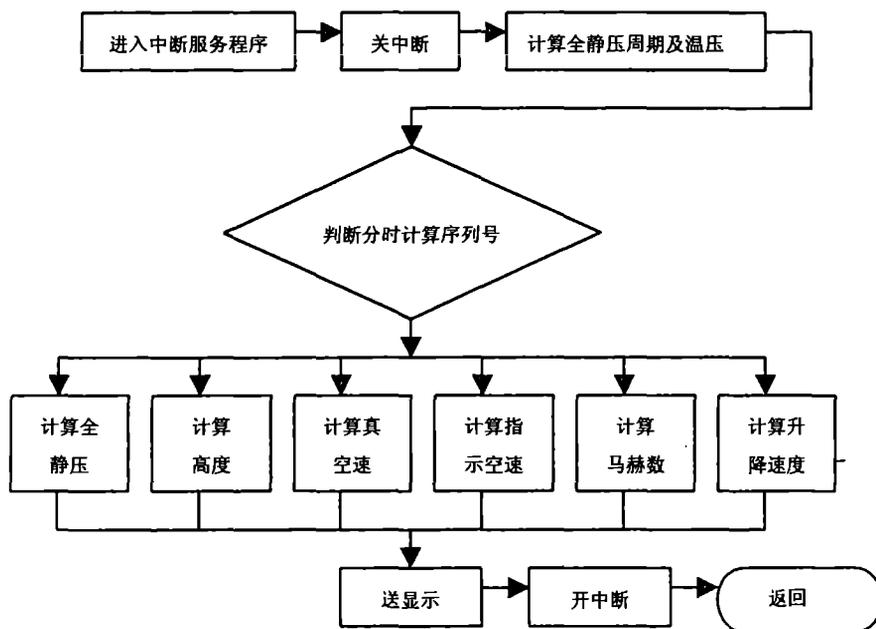


图 3 中断服务程序流程图

度。压力解算采用了样条插值和线性插值相结合的方法求出拟和系数,然后再分三部进行:①判断采集的温压值所处的标定温度区域。②计算此区域上下限温度时,采样周期所对应的压力,若  $t \in [t_{i-1}, t_i]$  则  $P_{i-1} = f(T, t_{i-1}) = a_1 T^2 + b_1 T + c_1$ ,  $P_i = f(T, t_i) = a_2 T^2 + b_2 T + c_2$ 。式中,  $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$  均为拟和系数。③用线性插值计算压力  $P$ ,  $(P_i - P)/(t_i - t) = (P_i - P_{i-1})/(t_i - t_{i-1})$ 。

5) 飞行参数解算程序。采用查表和线性插值的方法解算高度、真空速、指示空速、 $M$  数、升降速度。

6) 1 min 定时程序。当“开始定时”键按下时,启动单片机定时器 T0,记忆当前参数的数值,并送下排显示器显示,上排显示器显示以秒为单位变化的计时器,当满 60 s 时,下排显示参数差值,并闪烁以提示注意。

### 3 测试数据分析

表 1 是使用精度为十万分之八的测试设备对新型飞机全静压系统检查仪进行标定所测得实验数据,从表中数据可以计算出其精度可达到 0.05%。

表 1 压力测试结果

给定值/Pa	100241	89844	79446	65717	46921	38124	30659	26393
测量值/Pa	100268.26	89804.21	79420.14	65743.56	46934.93	38110.47	30672.33	26406.73
误差/Pa	+27.26	-39.79	-25.86	+26.56	+13.93	-13.53	+13.33	+13.73

### 4 结束语

新型飞机全静压系统检查仪不仅实现了压力的自动测量和显示,并可将压力换算成高度、升降速度、 $M$  数、指示空速、真空速,实现了多参数测量和显示;用自动定时功能取代原秒表计时,简化了操作;空气压缩系统组件采用自行设计和研制的由 27 V 直流航空电机带动的无油真空压力泵,该压力泵具有体积小、重量轻、装卸方便、可维修性好等特点,从根本上解决了漏油对气源质量的影响以及由此造成的对飞机相关设备的污染;该检查仪经过实际使用,各项性能稳定,对稳定故障的检出率为 100%,而且通用性强,适合于多种机型。

#### 参考文献:

- [1] SCHROER R. AUTOTESTCON'98 "Testing Technology for the 21<sup>st</sup> Century" [J], IEEE AES System Magazine, 1999, 5: 105 - 109.
- [2] 王幸之,王雷,翟成,王闪. 单片机应用系统抗干扰技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社. 1999.
- [3] 刘广玉,陈明,吴志鹤,樊尚春. 新型传感器技术及应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社. 1994.
- [4] 马忠梅,籍顺心,张凯,马岩. 单片机的 C 语言应用程序设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社. 1998.

(编辑:姚树峰)

## Development of the Aero Pitot - Static system tester

JING Bo, ZHANG Bo, LI Jian-jun, XIE Hong-xin

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

**Abstract:** Aero pitot - static pressure system tester has direct effects on the airtightness of the air - borne pitot - static pressure system and the accuracy of meter reading. In view of the problems present in the old tester, a new tester is designed by adopting the developed oilless vacuum pump and test - display unit based on chip computer and vibrating pot pressure sensor. The result of practical use shows that the tester has characteristics of quick testing speed, high precision, visual reading, simple operation and good maintainability, etc., thus solving the problem of oil leakage polluting the air source and some related air - borne equipment.

**Keywords:** vibrating pot pressure sensor; chip computer; oilless vacuum pump; aero pilot - static pressure system