

# 民机环控系统压力传感器测试台的设计

徐忠平\* 刘鹏寅 李新亮

(上海飞机制造有限公司,上海 201324)

## 摘要:

压力传感器作为民机环控系统中的重要成品件,其性能好坏直接影响飞机空气系统的管理。为保证其装机质量,提升飞机研制和批产效率,设计了一套压力传感器自动测试台,用于压力传感器的性能测试。首先介绍了压力传感器在机上的功能、分类以及性能参数;然后根据其测试特性,分别从硬件构架、设备选型、测试软件以及配套设备等四个方面阐述了压力传感器测试台的设计方案,实现通过测试软件对压力传感器测试压力和温度的自动控制,并在测试压力和温度达到稳定后,自动采集压力传感器输出的电压信号,经过数据处理后生成测试报告并判断测试结果;最后列出了压力传感器测试台的应用范围和意义。

关键词: 压力传感器;自动测试;压力控制器;高低温

中图分类号: TP212

文献标识码: A



## 0 引言

压力传感器作为民机环控系统中的重要成品件,广泛应用于各气体管路中。在国内民机制造基地,对于飞机环控系统中的压力传感器成品件,从产品接收到装机,期间只对其外观进行过检查,而未对其性能进行过验证,导致部分故障件问题影响民机研制和批生产进度。而在国外,先进的飞机制造商拥有成熟的成品件检验测试中心,能对供应商提供的压力传感器进行测试。针对这一生产现状,设计了一套压力传感器自动测试台,形成压力传感器的自主测试能力,在装机前对压力传感器进行性能测试,判断其好坏,以保证其装机质量。

## 1 压力传感器介绍

### 1.1 功能

民机压力传感器主要安装在飞机环控系统引气管路、防冰管路以及制冷组件进出口管路中,其接口形式分为电信号端和压力信号端,电信号端用于传感

器的供电输入和直流电压输出,压力信号端用于测量管路气体压力,并将其转换成直流电压信号输出到综合空气管理系统控制器(IASC)<sup>[1]</sup>,压力传感器机上交联图如图1所示。



图1 压力传感器机上交联图

### 1.2 分类

民机环控系统中的压力传感器主要包括以下五种类别:引气压力传感器(BPS)、引气监测压力传感器(BMPS)、机翼防冰压力传感器(WAIPS)、组件出口压力传感器(PDPS)和组件进口压力传感器(PIPS);其中按测试压力类型又可分为绝压压力传感器和表压压力传感器。

### 1.3 性能参数

综合各压力传感器的性能指标,其测试参数如下所示:

\* 通信作者. E-mail: xuzhongping@comac.cc

引用格式: 徐忠平,刘鹏寅,李新亮. 民机环控系统压力传感器测试台的设计[J]. 民用飞机设计与研究,2019(4):81-85. XU Z P, LIU P Y, LI X L. Design of pressure sensor testing platform for civil aircraft environmental control system[J]. Civil Aircraft Design and Research, 2019(4):81-85 (in Chinese).

- 1) 测试供电要求: 28 Vdc;
- 2) 测试压力范围: -14 Psi ~ 220 Psi;
- 3) 测试温度范围: -55 °C ~ 130 °C;
- 4) 输出电压范围: 0 Vdc ~ 10 Vdc。

## 2 测试台设计方案

在国内相关的计量检定机构, 测试压力传感器的方法主要是利用标准器, 借手动加减压力的方法, 产生要求的标准压力值到被测压力传感器, 然后在数据采集设备上读取传感器的输出参数<sup>[2]</sup>。而本测试台设计是在此基础上增加了高低温控制、压力控制、多通道采集、数据处理和报告生成等自动化测试功能。

压力传感器测试台总体方案: 采用计算机给高精度压力控制器、数据采集器和高低温箱发布控制指令, 在测试温度稳定后, 使气动传感器获得由高精度压力控制器产生的标准压力并输出相应信号, 由数据采集器采集传感器输出信号并返回计算机完成数据分析处理的循环过程, 最终实现压力传感器的自动测试以及测试报告的打印<sup>[3]</sup>。

### 2.1 硬件构架

根据被测压力传感器的测试特性, 主要参数有直流电源供电、测试气体压力、温度控制以及输出电压采集, 故配置以下测试台硬件构架<sup>[4-5]</sup>, 如图 2 所示。

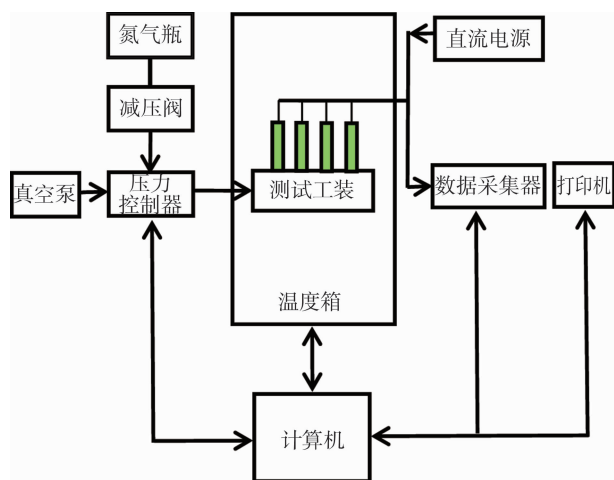


图 2 压力传感器自动测试台硬件构架图

### 2.2 设备选型

#### 2.2.1 测试供电电源

为满足对所有压力传感器测试供电要求, 可选用输出电压特性较好的线性直流电源, 这种电源稳

定度高, 纹波小, 为传感器供电可以减少测量误差。为实现自动测试, 电源程控可调。所选电源基本要求如下:

- 1) 输出电压: > 28 VDC;
- 2) 电压稳定度:  $\pm 0.1$  V;
- 3) 额定输出功率:  $\geq 100$  W;
- 4) 带远程通信接口, 可程控。

#### 2.2.2 测试压力控制设备

测试压力控制设备由氮气瓶、减压阀、真空泵和压力控制器四个设备组成, 其主要功能和选型如下:

- 1) 氮气瓶: 作为测试所需气源, 氮气瓶压力应在 100 Mpa 以上;
- 2) 减压阀: 将氮气瓶中的高压气体减压到合适的供气压力最大值, 压力在 0 Mpa ~ 2 Mpa 内可调;
- 3) 真空泵: 用于气体抽真空, 满足测试所需负压的测试要求, 真空泵至少能产生 -14 psig 的负压;

4) 压力控制器: 作为压力控制的核心关键设备, 用于精准控制被测压力传感器所需的测试压力值<sup>[6]</sup>。同时, 为满足压力传感器的测试压力和精度要求, 选用的压力控制器技术要求如下:

- (1) 压力控制范围: 0 Mpa ~ 2 Mpa;
- (2) 压力控制精度:  $\pm 0.01\%$  FS;
- (3) 工作模式: 绝压、表压和负压;
- (4) 带远程通信接口, 可程控。

#### 2.2.3 测试温度模拟设备

测试温度模拟设备采用一台高低温试验箱, 用于模拟压力传感器的测试环境, 为满足测试过程中温度控制要求, 所需温箱的技术要求如下:

- 1) 温度控制范围: -55 °C ~ 130 °C;
- 2) 温度控制精度:  $\pm 2$  °C;
- 3) 带远程通信接口, 可程控。

#### 2.2.4 数据采集设备

数据采集设备选用一台多通道数据采集器, 用于测量压力传感器输出的电压信号, 为满足测试过程中电压测量要求, 所需数据采集器的技术要求如下:

- 1) 测量范围: 0 Vdc - 10 Vdc;
- 2) 测量精度:  $\pm 2$  °C;
- 3) 具备多通道数据采集模块<sup>[7]</sup>;
- 4) 带远程通信接口, 可程控。

### 2.3 测试软件设计

为实现压力传感器测自动测试,测试软件设计由三大部分组成,分别为自校管理、数据管理和设备管理<sup>[8]</sup>,如图3所示。

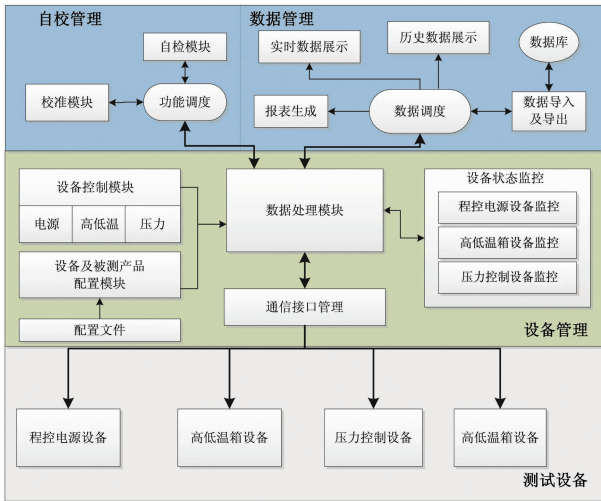


图3 压力传感器测试软件界面

#### 2.3.1 测试软件功能

测试系统应提供的主要功能有:

- 1) 系统自检:系统在测试前或者硬件使用前,自动检测测试设备是否正常;
- 2) 系统校准:系统配合外部资源进行校准操作以及系统内部校准;
- 3) 设备监视:设备运行状况监视和故障、异常告警;
- 4) 自动测试:根据传感器的测试需求,由人工自定义编辑测试参数和项目后,软件实现自动测试;
- 5) 数据处理:处理测试中所产生的各种数据,包括实时显示数据、实时分析和结果判定等;
- 6) 存储打印:将数据存储到数据库,打印数据,打印报表等。

#### 2.3.2 测试软件流程

测试软件启动后,首先完成系统设备的自检,确定测试环境的安全有效;完成自检后,执行测试配置,并进入测试流程;流程过程中,系统调用各个设备完成调度和功能设定;然后,系统从采集模块获取实时测试数据和状态数据,并加以显示分析;最终完成测试数据的保存并生成测试报表<sup>[9]</sup>。其主要运行流程如图4所示。

#### 2.4 配套设备

普通的压力传感器测试或校准一般都在室温下

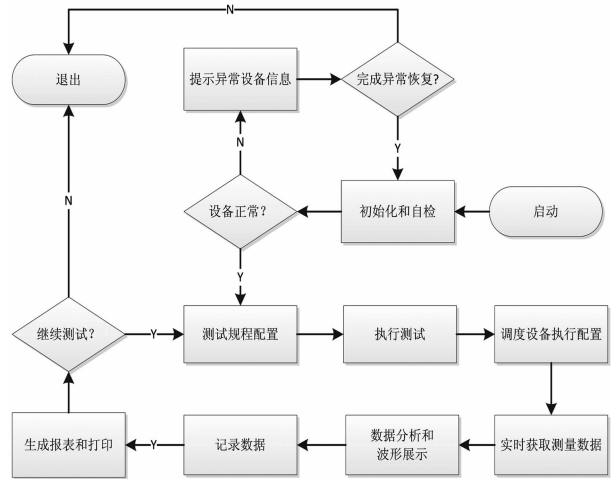


图4 压力传感器测试软件流程图

进行,而机载压力传感器测试为了模拟机上环境,需在高低温下进行,测试温度范围为-55℃~130℃;故为了满足测试需求,如何选用耐高低温的压力管路、测试工装以及密封垫等配套设备也是整个压力传感器测试台设计的关键所在。

#### 2.4.1 压力管路

选用不锈钢304材质的压力管路,其耐腐蚀性、耐热性、低温强度、机械性能良好,使用温度可达-196℃~800℃。

#### 2.4.2 测试工装

选用不锈钢304材质的测试工装。工装上设计有两路进气口,一路四通,可最多连接8个被测压力传感器同时进行测试,大大减少人工时间,提高测试效率<sup>[10]</sup>。

由于各压力传感器压力端接口存在差异,为了实现测试工装的通用性,故在工装面板上设计8个基础螺纹为M20\*1.5的测试压力接口,然后通过相应的压力转换接头一端与工装上的基础螺纹连接,另一端与传感器压力端的螺纹连接,以满足压力传感器与测试工装的连接,测试工装连接示意图如图5所示。

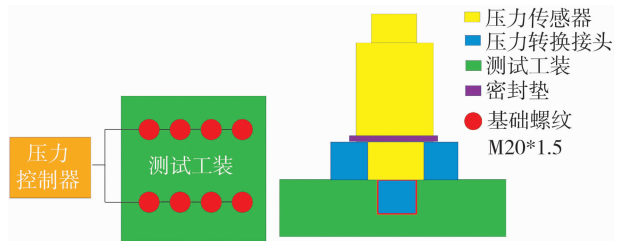


图5 测试工装连接示意图

### 2.4.3 密封垫

选用硅胶材料的环形密封垫,用于被测压力传感器、压力转接头和测试工装三者连接处。一般的橡胶垫在低于  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  后,其弹性就会变差、变硬且脆性加大,密封性能严重下降。此处密封垫选用硅胶材料,其主要优点是可长期在  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  到  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间使用,并且仍能保持稳定。

## 3 应用范围和意义

压力传感器测试台采用模块化设计,尤其在测试软件和工装上具备较强的通用性,故在测试台测试能力范围内,只需配置压力传感器相应的压力转接头和测试软件流程,即可在此测试台上完成自动测试,可适用于不同机型上的压力传感器。

压力传感器测试台可用于产品入库前的接受测试,保证其装机质量,提高飞机生产进度和航线运营安全;同时,形成压力传感器的自主测试能力,提高产品排故效率,增强对产品供应商的质量把控能力;最后,通过测试数据的积累,可为我国民机制造业的部件测试和产品国产化留下宝贵经验。

## 4 结论

从民机研制和制造现场问题出发,设计了一套民机环控系统压力传感器测试台。对压力传感器在机上的功能、分类和性能参数进行了分析,再分别从硬件构架、设备选型、测试软件以及配套设备等四个方面详细介绍了测试台的设计方案,实现被测压力传感器在高低温环境下的多通道自动测试功能,用于验证压力传感器的性能指标。同时,设计的通用测试台具备一定的应用意义。

### 参考文献:

- [1] 何帆. 多路压力传感器自动校准系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2011.
- [2] 王刚. 压力传感器校准和测控系统研究[D]. 成都:四川大学,2005.
- [3] 李叶. 高温压力传感器的特性测试技术研究[D]. 太原:中北大学,2012.
- [4] 杨洪胜,姚进,杨振华. 多通道压力传感器自动校准系统研制[J]. 中国科技信息,2010(4): 130-133.
- [5] 孙马驰,林敏,郭斌. 车用压力传感器自动化校准系统的设计[J]. 中国计量学院学报,2013,24(3): 225-230.
- [6] 李森斌. 压力传感器、变送器自动测试/校准系统的研制[D]. 成都:电子科技大学,2008.
- [7] 成都:电子科技大学,2008.
- [8] 钱芸. 智能数字压力校验仪的设计与实现[D]. 吉林:吉林大学,2006.
- [9] 任术波. 气体传感器的自动测试系统[D]. 大连:大连理工大学,2002.
- [10] 曹昌言. 基于 LabVIEW 的压力传感器测试系统[D]. 南京:南京大学,2014.
- [11] 刘家捷. 压力传感器多路性能测试系统的研制[D]. 杭州:杭州电子科技大学,2017.

### 作者简介

徐忠平 男,本科,助理工程师。主要研究方向:民机成品件测试技术与测试平台研发。E-mail: xuzhongping@comac.cc

刘鹏寅 男,博士,工程师。主要研究方向:民机成品件测试技术与测试平台研发。E-mail: liupengyin@comac.cc

李新亮 男,本科,助理工程师。主要研究方向:民机成品件测试技术与测试平台研发。E-mail: lixinliang@comac.cc

## Design of pressure sensor testing platform for civil aircraft environmental control system

XU Zhongping\* LIU Pengyin LI Xinliang

(Shanghai Aircraft Manufacturing Co., Ltd, Shanghai 201324, China)

**Abstract:** As a key and important component in the environmental control system of civil aircraft, the performance of pressure sensor affects directly the management of aircraft air system. In order to ensure the quality of its installation and to improve the efficiency of aircraft development and batch production, an automatic pressure sensor test

bench was designed for the performance test of pressure sensor. Firstly, this paper introduces the function, classification and performance parameters of the pressure sensor on the machine. Then, according to the test characteristics, the design scheme of the pressure sensor testing platform was elaborated from four aspects of test hardware architecture, equipment selection, test software and supporting equipment. Through the test software, we realized the automatic control of the pressure and temperature of the pressure sensor; after the test pressure and temperature stabilizing, the voltage signal of the pressure sensor was collected automatically; the test report was generated and judged after data processing. Finally, the application scope and significance of the pressure sensor test bench were presented.

**Keywords:** pressure sensor; automatic testing; pressure controller; high low temperature

---

\* Corresponding author. E-mail: xuzhongping@comac.cc