

某型飞机燃油测量系统研究

Study on Fuel Measuring System in Certain Type Aircraft

93066 部队 乔英峰 牛 刚

结合部队装备部门的实际需要,针对某型飞机燃油测量系统的现状,采用以 DSP 为核心的燃油测量系统方案,对原系统进行了改进和升级,从而使飞机燃油测量系统的性能得到了提高。

飞机燃油测量系统采用模拟式进行工作,其缺点是测量和显示精度低、可维护性和可靠性差。因此,用以现代计算机技术为核心的数字式燃油测量系统,实施燃油测量、系统控制和数据管理等,便成为飞机燃油测量系统发展的必然趋势。为了提高燃油测量系统的测量精度、可靠性和可维护性,对燃油测量系统进行深入研究显得尤为重要。

燃油测量基本原理

通过 DSP 系统启动被测油箱内安装的超声波液位传感器发出超声脉冲,同时启动 A/D 转换采集反射波,计算反射波的到达时间和超声波在燃油里的传播速度,根据相关公式,得到飞机油箱内液面高度。读取飞机姿态角信息,结合被测油箱数据,根据相关算法,即可得到燃油体积。对 γ 射线密度传感器的信号处理后进行计数,通过曲线插值计算,得到燃油密度,进而计算出燃油质量。

系统硬件设计

1 燃油测量系统总体组成

燃油测量系统主要由超声波液位传感器、 γ 射线密度传感器、检查和控制操纵等部分组成。系统具体工作过程为: DSP 通过 CPLD 产生信号控制油箱内的超声波液位传感器发射超声波,此信号同时触发 A/D 转换电路工作,超声波经液面和校正块反射到达超声波液位传感器的接收电路转换为电信号输出,该电信号经过调理放大后进入 A/D 转换,转换结果存入缓存电路。转换结束后,把缓存电路数据送入 DSP 系统进行超声回波到达时间计算和超声波在介质中的传播速度计算,从而计算燃油液位。另外, DSP 是通过接口电路对 γ 射线密度传感器输出的,经过调理放大,被单道脉冲幅度分析仪转换为标准的数字脉冲信号进行计数,根据相应的曲线插值计算燃油密度。

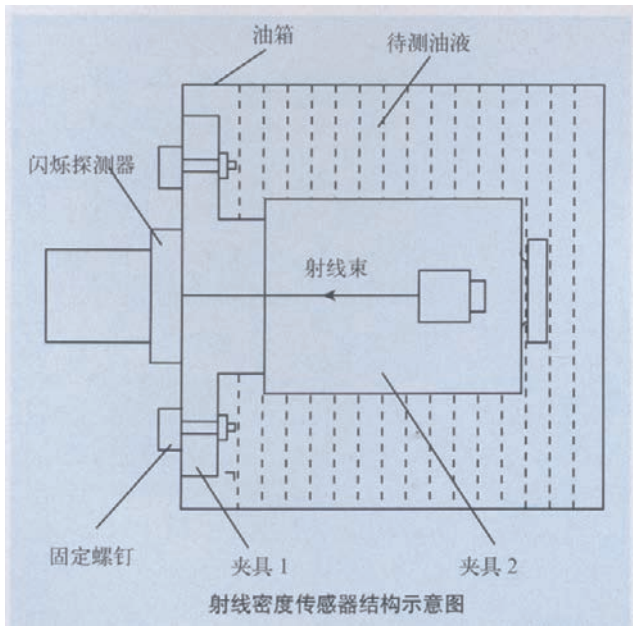
2 液位传感器选取

液位传感器的选取特别重要,它直接关系到油箱内油量测量的精度和飞机任意姿态下油量测量的可行性和可靠性。本文选用一种全新的超声波液位传感器。超声波液位测量的基本方法是:发射换能器(工程实践中也称为探头)发出的超声波,在媒介中传播到液面,经反射后通过媒介返回到接收换能器,通过测量超声波从发射到接收所需的时间和媒介中的声速计算出从换能器到液面之间的距离 L,从而确定液位。本装置采用单换能器液介式测量方案,在该方案中使用波导管装置,波导管是一套特别加工的不锈钢管,分内外 2 层,相对波长而言,波导管的内筒壁厚应该较小,在管壁上开有小的通液孔起连通作用,当通液孔孔径足够大、数量足够多时,可保证管内外液面保持一致。波导管外筒内部液面被分割成 2 个区域,整体效果增加了相同有效液面的边界长度。由于表面张力的作用,在边界处管壁和液体产生浸润或不浸润效果,从而可将管

内有效反射范围内由于波动而倾斜的液面校正到波导管的轴线垂直方向上,超声波发射到液面的范围就在波导管内部。波导管内外层之间还布置有多个校正块,可以进行声速自校正。此外,波导管还可以起到以下作用:一是用作传感器安装设备;二是保证管内液体比较干净、气泡少,减小杂乱的声学噪声;三是可以保证管内液面比较平静,使得反射信号比较强而且稳定。从超声液位测量原理可知,为达到高分辨力测量液位,对超声换能器提出了高频窄脉冲的要求,本文选用的超声换能器中心频率 $f=2.5\text{MHz}$ 。

3 密度传感器选取

目前,国内飞机多采用温度传感器测量燃油温度来进行密度补偿,



这存在很大误差。本文选用一套射线密度传感器装置进行燃油密度的实时测量,其原理如下:由放射源发出的射线通过燃油和油箱壁,被油箱壁一侧的探测器接收到并转换为电信号,通过测量代表射线能量的计数值,可以计算出燃油密度。放射性同位素释放出射线,这种射线在穿过物质时,其强度会产生一定程度的衰减,衰减的程度取决于辐射路径上物质的基本组分、厚度和密度。按照射

线强度的减弱公式可知,组分恒定的物质对放射性射线吸收的程度仅决定于该物质的厚度 X 和密度 ρ 的乘积。合理设计测量装置结构,就可保证物质中的辐射有恒定的吸收路径,这样得到的辐射射线强度就仅与被测物质密度 ρ 有关。本文的 γ 射线密度传感器结构如下图所示。传感器主要由夹具1和夹具2两个主要部分构成,它们之间采用螺纹连接。放射源采用能够发出低能 γ 射线的 ^{241}Am 同位素放射源,它密封在夹具2的后部。由于飞机在任何飞行姿态下,油箱内部蓄压小油箱的燃油腔内都有燃油,因此把整个夹具放置在油箱内部蓄压小油箱的燃油腔内,通过夹具1上的4个安装孔,用螺栓和螺

母固定在蓄压小油箱的燃油腔壁上。当油箱内加入燃油时,燃油就会进入蓄压小油箱的燃油腔内,并通过夹具2上的通油孔进入到夹具1和夹具2配合形成的空腔中。这样,放射源发出的 γ 射线就会透过待测燃油和燃油腔壁射出,并被位于燃油腔壁一侧的闪烁探测器探测到。由于燃油腔的壁厚是不变的,它所造成的射线强度的衰减则是一个定值。因此,出射射线强度的强弱就反映出被测燃油密度的大小。

4 子系统处理单元选取

由于采用了超声波液位传感器,考虑到采样频率比较高(最大采样频率高达 40Mb/s),并且系统数据处理量较大,本文选用DSP(Digital Signal Processing)作为系统的数字信号处理器。

系统软件设计

该系统软件功能主要分为以下几个功能模块:系统的初始化、信号的采集与计算、数据的存储及处理等功能。燃油测量程序对系统内8个超声波传感器通道和一个密度传感器通道进行实时的数据采集,读取飞机姿态角数据,然后对采集的数据进行计算等一系列的处理,实现对全机油箱燃油数量的实时测量。

ARINC429 总线的通讯模块程序设计

通讯模块主要用于实现数据和指令的发送、接收以及对接收到的数据进行解码。其中,数据的收发是该模块设计的重点。由于HS-3282的数据线为16位,因此429总线上一个数据字要分为2个字节(16位)才能写入。在进行数据收发过程中,ARINC429的32位逻辑字和HS-3282数据线上2个16位的物理字并不完全相同,因此在数据接收后和发送前需要对数据进行适当的转换。

结论

本文结合部队装备部门的实际需要,针对某型飞机燃油测量系统的现状,采用以DSP为核心的燃油测量系统方案,对原系统进行了改进和升级,从而使飞机燃油测量系统的性能得到了提高。具体表现在以下几个方面:(1)采用全新的传感器技术;(2)使燃油测量系统智能化,加强了飞行人员在故障情况下的处理能力;(3)系统自检能力的提高改善了系统的可维修性,减轻了地勤人员的负担;(4)提高了系统通讯能力。

由于试验条件有限,系统的可靠性还有待进一步的试验和验证。该系统对新型号飞机燃油测量系统的设计和旧型号飞机燃油测量系统的改进,具有一定指导意义。

(责编 淡蓝)