

称重平衡系统在大型飞机重量重心测量上的应用

Application of Weight and Balance System for Weight & Barycenter Measurement in Large Aircraft

太原航空仪表有限公司 宣晓刚 姚敏强



宣晓刚

毕业于西北工业大学电子工程系，现任太原航空仪表有限公司总工程师。曾获航空工业科技进步三等奖；省五一劳动奖章；中航一集团航空工业五十年“航空报国优秀青年”；省国防工办系统优秀共产党员。

称重平衡系统(Weight and Balance System, WBS)是大型飞机很重要的一套系统,主要用来实时测量、计算飞机的重量和重心位置,从而可以连续反馈飞机的重量和重心,向飞行控制系统传输信息,由飞行控制系统调整空投时的飞行姿态;通过显示器向机组人员实时显示飞机的重量和重心;同时通过超限告警(视觉和听觉)来提高系统的安全性。

称重平衡系统是大型飞机很重要的一套系统,主要用来实时测量、计算飞机的重量和重心位置,从而可以连续反馈飞机的重量和重心,向飞行控制系统传输信息,由飞行控制系统调整空投时的飞行姿态。

对飞机重量和重心的准确、实时测量非常重要,飞机自身重量的增加会改变飞机的重心,降低飞机的商载效率,严重时还会影响飞行安全,例如,更换波音 747 机身表面的油漆,会出现新旧油漆总重量相差上百千克的情形。重量改变可能会导致:

- (1) 实际重心偏后,飞机拉起时尾部摩擦跑道导致起火;
- (2) 实际重心偏前,飞机冲到跑道尽头仍然拉起困难;
- (3) 直升机重心偏离旋翼轴心,使飞行员难以操纵飞机。

目前,国外许多型号的大型飞机像空客、波音等都采用了 WBS 系统自动测量飞机的重量重心数据。在 ISO6702-1 国际标准中就有关 WBS 系统要求进行了详细的描述,在 ARINC 737-1 国际标准中也对系统的详细设计和性能要求作了叙述。^[1-2]

对于重量的测量,一般都采用了借助飞机腹下顶孔作为承力点,在顶孔与承力点之间用轮辐式传感器作

为测量部件,由液压千斤顶提升飞机使传感器承重的方式。这种方式测量繁琐,不具有实时性,数字化程度低,对于重心的获得主要是基于专门的地勤人员手工测量和手动计算。而由太原航空仪表有限公司进行研制的 WBS 系统,与传统的重量测量和重心解算方法相比具有以下优点:

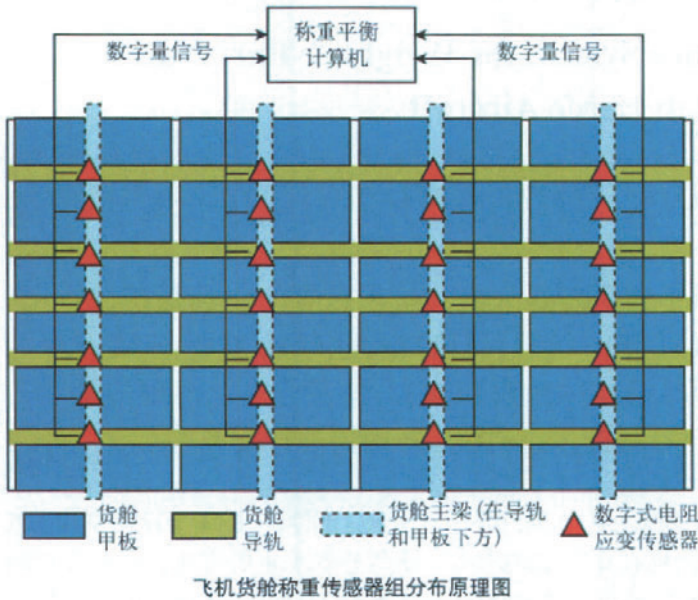
- (1) 为大飞机实时提供适宜飞行操作的重量重心数据;
- (2) 在重量重心以及姿态发生变化的情况下,能够实时修正并显示最新的重量重心数据;
- (3) 精确的重量和重心管理,能够在重量重心超限情况下给出故障告警显示。

WBS 系统的发展

国外 WBS 系统于 90 年代初应用在大型飞机上,主要针对飞机整体称重,WBS 系统采用的是应变传感器和压力传感器。

由于飞机称重平衡系统可以实时确定飞机重量和重心,并严格控制

飞机操作的安全和经济指标,因此,已经逐渐受到大型飞机的青睐,美军运输机 C-130 飞机、波音公司 777 和空中客车 A340 等都采用了该系统。其中,最新的波音 777 使用了美国 CRANE 公司的称重平衡系统,有效改善了飞机整体性能,提高了装卸效率,极大地减少了维护成本。



飞机总重量由机身下部的起落架液压缓冲器支撑,各液压缓冲器所承受的压力加上飞机轮胎、刹车系统以及转向梁的重量就是整个飞机的总重量。采用一套分别安装于飞机各起落架液压缓冲器上的称重传感器,能够精确测量每个液压缓冲器承受的压力,从而实现飞机的准确称重。

(2) 平衡工作原理。

平衡主要是测量飞机的重心。在地面情况下,飞机重心位置是通过各承力起落架液压缓冲器相对于基准位置的力矩之和,对比飞机总重量进行解算的。飞机重心位置应该控制在飞机

生产厂要求的范围内,一般是以飞机 MAC 的百分比来表示。

(3) 系统组成

系统主要由称重平衡计算机 (WBC)、传感器数据管理与显示计算机 (SDM)、传感器模块 (LS) 3 部分组

成。重量及重心的实时显示由传感器数据管理与显示计算机完成。

• 称重平衡计算机 (WBC)。

称重平衡计算机的主要作用是通过中央处理机接收、解算和处理信号,将解算出的重量和重心信号实时输出,提供故障指示和音响告警信号。计算机中包含有各种情况下重量和重心的算法、超限的判别以及传感器信号的解算和修正算法。

• 传感器数据管理与显示计算机 (SDM)。

传感器数据管理与显示计算机用来显示并储存飞机数据。为保证称重平衡计算机的可互换性,每架飞机空载时的重量重心等数据、每个称重传感器的位置和传感器的标定数据等都会储存在传感器数据管理与显示计算机内,通过与称重平衡计算机的通信来实现数据的交换,其存储的数据不会因为系统掉电而丢失。

• 传感器模块 (LS)。

传感器模块采用大压力传感器,安置于起落架液压缓冲器内,同液压缓冲器形成一个整体,用于感受飞机液压缓冲器内的压力,处理后发送到称重平衡计算机。

称重平衡系统基本功能组成

系统模块主要包括称重平衡计算机、传感器数据管理与显示计算机、起落架液压缓冲器中压力传感器组(用于飞机整体称重)^[2]和货舱地板电阻应变式传感器组(用于货舱地板称重)。系统的主要功能就是接收各种信号,解算并输出显示实时的重量重心数据,同时向飞控系统输出相应的重量重心信息,用于飞行状态控制。

系统主要实现 2 部分功能,第一部分是地面情况下飞机整体的实时称重与重心解算;第二部分是货舱地板的实时称重与重心解算。

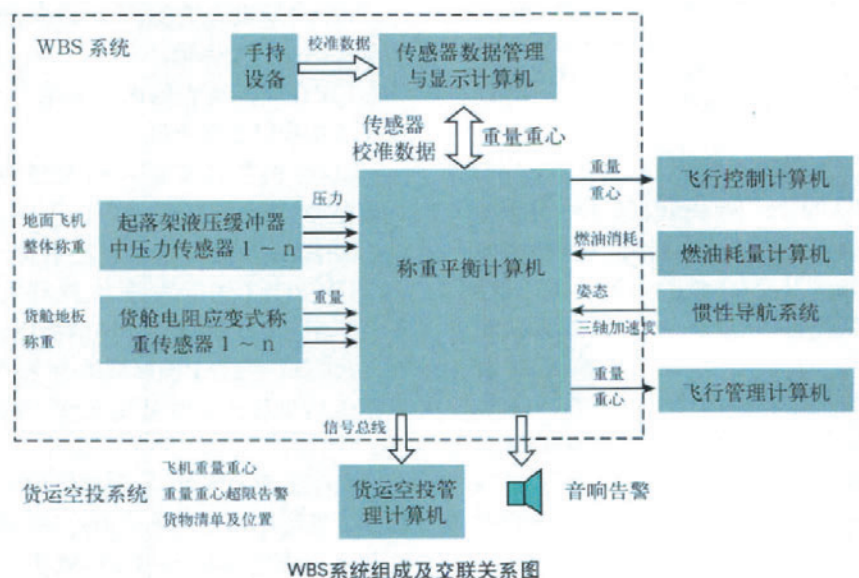
称重平衡系统设计原理

1 飞机地面整体重量重心测量设计原理

(1) 称重工作原理。

2 飞机货舱重量及重心实时测量系统设计原理

运输机在装卸货物的过程中,



货物在货舱内的移动引起力矩发生变化,此时飞机的瞬时重心变化,会使飞机处于不稳定状态。该系统可以提供运输机货舱重量重心的实时数据。

(1) 传感器的选择。

采用技术相对成熟、便于实施和维护的数字电阻应变式称重传感器,其结构简单,性能可靠、稳定,灵敏度高。传感器的精度受到许多因素的影响,如应变片的精度,弹性体的材料和结构、粘接剂的材料、密封材料、

量范围的要求,通常选用弹性梁式。弹性体的设计首先是选择材料,做好弹性体成品,将电桥贴在弹性体上,然后做好数字处理电路,将3部分组合成一个成品,在主梁与甲板和导轨的连接处安装,根据实际连接位置的结构研制合适的弹性体。传感器的标定在出厂前完成,便于更换和维修。

数字处理电路用来将电桥输出的信号采集、解算、并进行数据的修

在地面情况下,装载货物以前,由布置于液压缓冲器中的压力传感器感受并由称重平衡计算机测量解算飞机的整体重量和重心,该信息传送到传感器数据管理与显示计算机中显示,并将该信息按标准数据格式记录下来;同时,通过总线将重量重心信息输出到货运空投系统中的货运空投管理计算机进行飞机货物监控;将重量重心信息输出到飞行控制系统进行飞机状态控制;飞行控制系统可根据重量和重心信息调节飞机,将重心调节到适合的位置。装载货物以后,由布置于货舱地板及导轨下的承重主梁上的电阻应变式称重传感器感受,并由称重平衡计算机测量解算增加的重量,可计算出变化后的飞机重心,该重量和重心数据实时输出到货运空投计算机和飞行控制系统,并传送到传感器数据管理与显示计算机中保存。

在飞行过程中,由于装载货物的位置和重量都已记录在存储单元;而且能够从燃油耗量计算机中接收到有关燃料流动、消耗和转移的情况;而货舱中电阻应变式称重传感器的相对位置固定不变,按各称重传感器感受到的压力和接收到的姿态以及三轴加速度信号进行重力的修正计算后,根据重心计算公式就可实时得到新的飞机重心位置,从而使飞行员迅速掌握飞机动态平衡情况,保障飞行安全。

结束语

随着国民经济的高速发展和军事需要的增加,大型航空货运在运输中所占的比例不断加大,而称重平衡系统又是航空运输中必备的和重要的一套系统,因此,该系统的研制和在大型飞机上的应用必将减少地勤人员的工作量。快速掌握飞机装载状态以及货物装卸后飞机状态的变化,是提高货物运输安全和保障人机安全的重要保证。(责编 淡蓝)



信号处理电路等。现有的WBS系统设计在地面静态称重条件下,经过传感器数据标定后,其精度可以达到0.1%。

(2) 传感器组件的设计。

电阻应变式称重传感器组件主要由3部分组成:电阻应变计组成的桥式检测电路、弹性体和数字处理电路。

检测电路采用4个电阻应变片组成一个惠斯通电桥,为了提高测量灵敏度,通常采用2对应变片,并使相对桥臂的应变片分别处于拉应力和压应力的位置,用于重力信号的检测。应变片与弹性体的装配一般采用粘贴式,该电桥电路贴在弹性体的应力敏感部位上^[4]。

应变式称重传感器所用的弹性体根据WBS系统中测量方式和测

正,最后以总线的方式输出给称重平衡计算机。

(3) 称重传感器组件的分布。

飞机的货舱承重部位包括甲板和导轨。甲板一般按块分割,另外包括若干条导轨,在甲板和导轨的底部有承重主梁,在主梁与甲板及导轨的连接处布置电阻应变式称重传感器,位置易于选取,固定较为方便,便于维护和数据标定。

货舱内所有布置的称重传感器所感受到的重量总和即为承载的货物及人员总重量,而传感器的布放位置固定且已知,从而可随时计算出重心的变化情况。通过实时接收惯性导航系统输出的姿态和加速度信号就可以进行重量计算的修正。

3 飞机地面整体称重与货舱实时称重相结合的系统设计实施