

文章编号:1000-6893(2005)01-0070-04

CX1 型无人机称重仪

王少云, 费泽寅

(南京航空航天大学 无人机研究院, 江苏 南京 210016)

The Weighing Instrument for CX1 Unmanned Air Vehicle

WANG Shao-yun, FEI Ze-yin

(Research Institute of UAV, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

摘要: 叙述了 CX1 型无人机称重仪的组成与工作原理, 推导了 CX1 型无人机总重量及重心的计算公式, 对系统的测量误差进行了分析和修正。CX1 型无人机机身细长, 动力装置距离飞机重心较远, 对飞行性能影响很大。CX1 型无人机称重仪是检测 CX1 型无人机的专用地面检测设备, 它可以自动检测称重台架上三个支撑点的重量, 计算出 CX1 型无人机的总重量及重心, 并将检测与计算结果在面板上显示出来, 可以非常方便地实现 CX1 型无人机的重量和重心的调配。

关键词: 无人机; 重量; 重心; 地面设备; 称重仪

中图分类号: V279 **文献标识码:** A

Abstract: The composition, hardware working principle and software designing specification of the weighing instrument for CX1 UAV are described. The calculating formulas of gross weight and center of gravity are deduced. Besides, the measure error of the system is analyzed and modified. The fuselage of CX1 UAV (Unmanned Air Vehicle) is slight and motive equipment is relatively far from the plane center, which influence the flying performance greatly. The Weighing Instrument for CX1 UAV is a special ground-weighing device, it can measure automatically the weight of three supports on the table, calculate and show the gross weight and gravity of CX1 UAV, it can conveniently realize the preparation of weight and fuselage of the plane.

Key words: unmanned air vehicle(UAV); weight; center of gravity; ground equipment; weighing instrument

新飞机出厂前必须称重, 大修或改装后也必须进行称重, 以确保飞机空机的重量和重心符合设计要求, 为飞行配载提供依据, 保证飞机的飞行安全。有人机称重时一般是将称重设备按预定(如对应于飞机起落架)的位置摆放好, 由飞机牵引车将飞机拉到选定的称重点上。根据飞机在这些称重点上的重量, 由人工来计算飞机的整体重量和重心, 现代先进的飞机称重设备可以自动计算出被称飞机的重量和重心^[1]。

除新机出厂前称重外, 无人机在放飞前都要进行称重和调配重心, 以保证无人机良好的起飞和飞行性能。CX1 型无人机机身细长, 动力装置在机身尾部, 距离飞机重心较远, 因而重心对飞机性能影响很大。大型飞机的称重设备不但价格昂贵, 外观尺寸大, 自身重量也大, 搬动不易, 机动性差, 不适用于无人机。因此, 在研制 CX1 型无人机的过程中, 根据其称重要求, 研制了这套称重设备。利用它可称出 CX1 型无人机的重量、计算其重心, 将称出的重量及计算出的重心实时显示出

来, 并可以非常方便地实现 CX1 型无人机的重量和重心的调配。

1 系统组成及称重原理

CX1 型无人机称重仪由称重台架、称重显示器及 3 套经配套标定的称重传感器组成, 参见图 1。称重台架由支架、传感器保护压板、内框和外框组成。3 套称重传感器的一端分别固定于外框上, 另一端支撑内框的 A、B、C 3 点, 这样, 称重传感器就能将放置在内框上的飞机重量感应出来。放置飞机时使内框正确支撑于机身 4 框和 8 框处(飞机制造时在机身上作好标志), 侧放时机翼垂直于地面, 可测量 X、Y 方向重心; 平放时机翼平

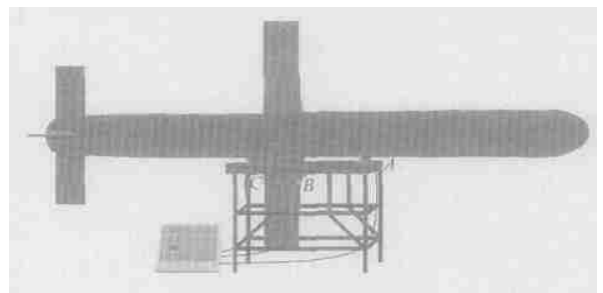


图 1 无人机称重示意图

Fig. 1 The sketch drawing of UAV weighing

收稿日期:2004-01-19; 修订日期:2004-04-14

行于地面,可测量 X, Z 方向重心。

CX1 型无人机称重仪采用三点称重、计算重心的方法,3 个测量点与重心的相对位置如图 2 所示。飞机坐标系以无人机的机头顶点为原点,向后为 X 轴正方向,也是称重台架的中轴线,向上为 Y 轴正方向,翼展方向为 Z 轴; A, B, C 分别为 3 个重量传感器的测量点,它们组成一个等腰三角形,称重台架的内框长为 AC 、宽为 BD ,无人机的机头前端离称重台架中心的距离 OO' ;设 3 个测量点测量的重量分别为 F_a, F_b, F_c ,实际重心坐标位置为 $E(X_{c.g}, Y_{c.g})$,总重量为 G_c 。

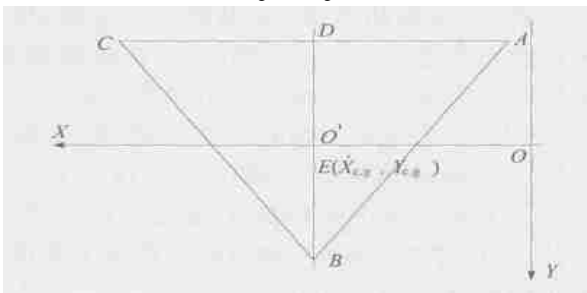


图 2 测量点与无人机重心相对位置图

Fig. 2 Relative positions of three measuring points and center of gravity of UAV

当飞机置于水平位置时,由静力平衡原理得:

$$G_c = F_a + F_b + F_c \quad (1)$$

由力矩平衡原理可得:

$$\left[\overline{OO} + \frac{\overline{AC}}{2} \right] \cdot F_c + \overline{OO} \cdot F_b + \left[\overline{OO} - \frac{\overline{AC}}{2} \right] \cdot F_a = X_{c.g} \cdot G_c \quad (2)$$

$$\overline{BD} \cdot F_b = \left[\frac{\overline{BD}}{2} + Y_{c.g} \right] \cdot G_c \quad (3)$$

将式(1)式带入式(2)和式(3),并整理可得

$$X_{c.g} = \overline{OO} + \frac{\overline{AC}}{2} \frac{F_c - F_a}{G_c} \quad (4)$$

$$Y_{c.g} = \frac{\overline{BC} \cdot F_b}{G_c} - \frac{\overline{BD}}{2} \quad (5)$$

在称重显示器面板上有“称重”和“重心”两个功能按钮,按下“称重”按钮,面板上直接显示 A, B, C 3 个重量传感器的测量值;按下“重心”按钮,称重显示器根据式(1)、式(4)和式(5)计算出飞机的总重量、 X 轴和 Y 轴重心坐标,并将计算结果在面板上显示出来。根据显示结果进行配重,可将重心调至最佳位置。

将飞机吊起后滚转 90° 后平放,可以测出飞机的 Z 轴重心坐标。

经配平操作后,可以将飞机的三轴重心调配至理论重心附近。这一点,对 CX1 型无人机非常

有用。

2 硬件实现^[2~4]

称重台架由支架、传感器保护压板、内框和外框组成,主要用钢管焊接而成,参见图 1。使用时用气泡水平尺测量,调整秤体外框至水平。放置飞机时使称重台架正确支持于机身 4 框和 8 框处(飞机制造时在机身上作好标志),侧放时飞机机翼垂直于地面,平放时平行于地面。

称重显示器的硬件主要由单片机、按键与显示、信号放大、A/D 转换、I/O、通讯和电源等部分组成,其原理框图参见图 3。

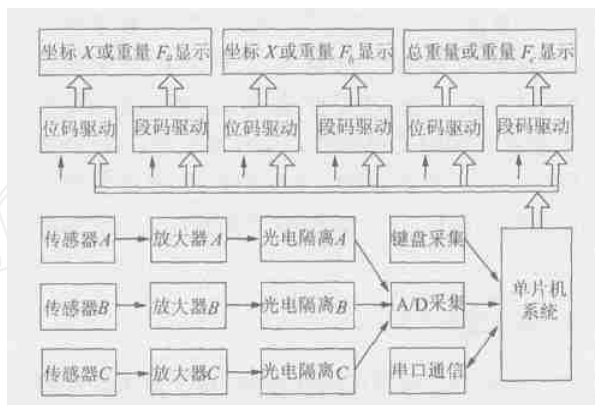


图 3 称重仪原理框图

Fig. 3 Block diagram of weighing instrument

传感器 A, B, C 为 3 个性能相同的高精度称重传感器,它们将感应到的重量信号送到放大器;放大器 A, B, C 分别由 3 个性能相同的仪表放大器和部分调理电路组成,他们分别将传感器的信号放大调理成 $4 \sim 20\text{mA}$ 的标准信号;光电隔离器 A, B, C 分别由 3 对性能相同的光耦器件组成,不但具备隔离作用,而且可将重量信号最小失真地传递到 A/D 采集电路;A/D 采集电路由 12 位串行 A/D 转换器 MAX176 及选通和保持电路组成,将含有重量信息的模拟信号转换成数字量形式传递到单片机;键盘采集电路直接将按键信号输入到单片机的 P1 口,由单片机对重量信号进行处理和计算,并将结果显示出来;串口通信电路由 MAX202 及光耦器件组成,利用单片机提供的 RXD 和 TXD 两个串行通讯功能位,辅以 2 路光电隔离电路进行电平变换;选用 AT89C51 单片机,其 P0 口和 P2 口用于显示, P1 口用于键盘输入, P3 口用于 A/D 采集和串行通信;显示驱动电路选用锁存器 74LS273 和带有驱动能力 74LS06 组成,为了节省硬件资源同时保证显示数据的稳

定,采用了动静态相结合的显示方式;3组显示器件分别由6只数码管组成(显示电路还包含显示状态的发光二极管),分别显示 A, B, C 3个重量传感器的测量值或无人机的重心坐标和总重量,显示的内容用状态指示灯加以区别;电源电路是将220V交流电经过变压、整流、稳压、滤波而得到+27V直流电源(也可以直接使用外接+27V直流电源),再经过DC-DC变换器得到+5V等直流电压,供各部分电路使用。

称重显示器的面板上有“称重”和“重心”两个功能按钮,按下“称重”按钮,称重显示器在面板上直接显示 A, B, C 3个重量传感器的测量值,同时点亮“重量 A ”、“重量 B ”、“重量 C ”3个状态指示灯,熄灭“坐标 X ”、“坐标 Y ”、“总重 W ”3个状态指示灯;按下“重心”按钮,称重显示器在显示面板上显示 X 轴和 Y/Z 轴重心坐标及总重,同时点亮“坐标 X ”、“坐标 Y/Z ”、“总重 W ”3个状态指示灯,熄灭“重量 A ”、“重量 B ”、“重量 C ”3个状态指示灯。

3 软件设计^[3,4]

软件程序采用模块化结构,对于通用处理程序使用模块子程序,便于各功能块的配合和调用。其基本模块有:初始化、参数输入、状态采集、清零、称重、A/D转换、数据保存、数据转换、数据处理、重量计算、重心计算、显示、定时、通信、中断服务等。

主程序流程图如图4所示,其工作过程在流程图中可以很清楚地看出。

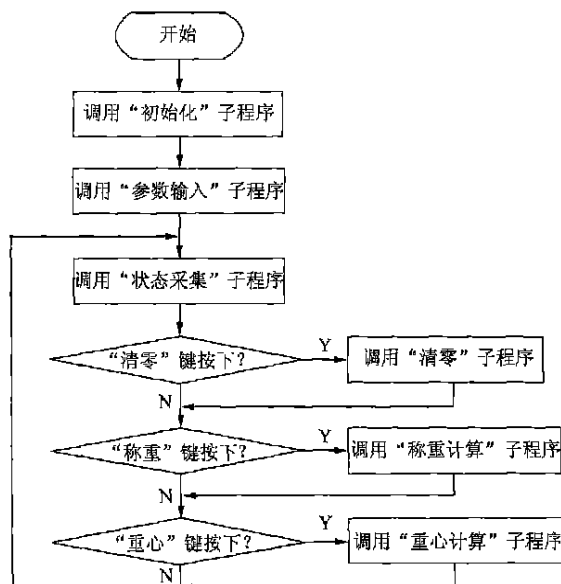


图4 系统软件流程图

Fig. 4 Software for whole system

在主程序调用的某些子程序中还包含着如A/D转换、数据保存、数据转换、数据处理等模块;有些模块包含在中断服务程序中,如显示、定时、通信等模块。

4 误差修正^[5~9]

为了提高CX1型无人机称重仪的测量精度,除硬件设计采取措施,还采用了软件修正方法,弥补硬件的某些不足,代替或完善硬件的某些功能,从而达到减小误差、提高精度的目的。

(1) 选用性能优良的元器件 选用高精度称重传感器、精密稳压电源、低温漂放大电路、线性度较好的光耦器件、12位精度的A/D转换器等,在硬件电路上保证了高精度和可靠性要求。

(2) 抗干扰措施 相对于1kg物重,本称重系统采用的重量传感器的输出信号仅为几十微伏。由于实际应用中随机的尖脉冲干扰信号、电源的波动、机体的晃动等,都可能使数据采集偶然出现非合理值。

在硬件方面采取的抗干扰措施主要有:

采用光电耦合器完成各部分之间的信号传递,切断相互间的串扰。

对模拟电路,特别是小信号电路,采用良好的屏蔽,抑制电磁干扰。

采用滤波器对供电电源滤波,削弱电源干扰信号的进入。

另外,根据飞机的预计重量设置上、下限阈值 $G_{c,max}$, $G_{c,min}$,若采集数据大于 $G_{c,max}$ 或小于 $G_{c,min}$,则被认为是干扰引起的异常数据,予以剔除。在剔除后的 N 个数据中采取去极值平均值法,去掉其中的最大值和最小值,然后计算余下的 $(N-2)$ 个数据的平均值。这样,借助软件的数字滤波,也能有效消除随机干扰引起的误差。

(3) 消除零漂 温漂和时漂,统称零漂。开机后采取由软件程序自动清零的办法可有效地消除零漂,但仍会随时间发生非线性漂移。这对无人机的称重和重心计算这类可在短时间内完成的工作并没有多少影响,但对无人机重量和重心匹配这类需要长时间才能完成的工作的影响就比较大了。

不论是何种原因所引起的漂移,在一个很短的时间范围 t 内,其漂移输出的增量总是很小的。因此在 t 时间内,对本次采样输出值和上次采样输出值之差进行判断,如果两次采样值之差小于设定值,则认为是在 t 时间内系统所产生的零点漂移,将此增量加到原暂存的零位漂移

补偿值中,本次采样值仍为上次采样值;如果两次采样值之差大于设定值,则认为是正常采样值。这样对零漂不断进行修正,就实现了零点自动跟踪。

清除零漂不会影响飞机重心的测量。设未放置无人机时 3 个测量点的重量及总重量分别为 $F_{a_0}, F_{b_0}, F_{c_0}, G_{c_0}$, 放置无人机后 3 个测量点的重量及总重量的增加值(即清零后)分别为 F_a, F_b, F_c, G_c , 如不清零, 3 个测量点的重量及总重量分别为 $F_a + F_{a_0}, F_b + F_{b_0}, F_c + F_{c_0}, G_c + G_{c_0}$ 。代入式(4)、式(5)得

$$X_{c.g} = \frac{AO}{OO} + \frac{AC}{2} \frac{(F_c + F_{c_0}) - (F_a + F_{a_0})}{G_c + G_{c_0}} \quad (6)$$

$$Y_{c.g} = \frac{BD \cdot (F_b + F_{b_0})}{G_c + G_{c_0}} - \frac{BD}{2} \quad (7)$$

这就很清楚地看出,清零后显示的坐标值为测量的无人机的真正重心坐标。

参 考 文 献

- [1] 冯冬云. 航空维修中飞机称重设备的应用[J]. 计量测试, 2001(增刊): 250 - 251.
Feng D Y. Application of weighing airplane devices in aviation servicing [J]. Metrology and Testing, 2001 (supplement) : 250 - 251. (in Chinese)
- [2] 施汉谦,宋文敏. 电子秤技术[M]. 北京:中国计量出版社, 1991. 122 - 199.
Shi H G, Song W M. Technology of electronic balance [M]. Beijing: China Metrology Publishing House, 1991. 122 - 199. (in Chinese)
- [3] 岑春波. 智能式电子称重系统 [J]. 计量技术, 1996(2): 20 - 23.
Cen C B. Intelligent electronic weighing system [J]. Technology of Metrology, 1996(2): 20 - 23. (in Chinese)
- [4] 朱跃钢,柳燕. 智能称重仪表的原理与设计[J]. 矿业研究与开发, 1996, 16(3): 71 - 74.
Zhu Y G, Liu Y. Theory and designing of intelligent weighing meter [J]. Research and Exploiture of Mining, 1996, 16(3): 71 - 74. (in Chinese)
- [5] 高刚华,王绍侠. 微电脑自动称量误差的软件修正[J]. 农业工程学报, 1998, 14(4): 190 - 193.
Gao G H, Wang S X. Software revising of error in automatic weighing by micro-computer [J]. Journal of Agricultural Engineering, 1998, 14(4): 190 - 193. (in Chinese)
- [6] 李仕学,何凤艳,姚静波,等. 一种微配料控制系统 [J]. 中国仪器仪表, 1998(3): 34 - 36.
Li S X, He F Y, Yao J B, et al. A control system of micro-material [J]. Chinese Meter and Instrument, 1998(3): 34 - 36. (in Chinese)
- [7] 刘石明,宋志兵,谭文若,等. 全自动包装计量装置的研制 [J]. 国防科技大学学报, 1999, 21(3): 112 - 115.
Liu S M, Song Z B, Tan W R, et al. Developping of fully automatic equipment of packing and measuring [J]. Journal of National University of Defense Technology, 1999, 21(3): 112 - 115. (in Chinese)
- [8] 张松涛. 基于应变传感技术的智能称重系统设计[J]. 兵工自动化, 2002, 21(3): 40 - 43.
Zhang S T. Designing of intelligent weighing system based on technology of strain sensor [J]. Automatization of Weapon Engineering, 2002, 21(3): 40 - 43. (in Chinese)
- [9] 栗奠强,一,施昌彦. 现代称重技术最新质量计测技术[M]. 矿业研究与开发,北京:中国计量出版社, 2000. 41 - 71.
Koichi Kameoka, Shi C Y. Advanced weighing technology [M]. Research and Exploiture of Mining, Beijing: China Metrology Publishing House, 2000. 41 - 71. (in Chinese)

作者简介:



王少云(1962 -) 男,江苏姜堰人,南京航空航天大学无人机研究院副研究员,1985年毕业于北京理工大学电子工程系,主要研究方向无人机遥控遥测。电话:(025) 84892874, E-mail: nhshaoyun@hotmail.com



费泽寅(1938 -) 男,浙江湖州人,南京航空航天大学无人机研究院研究员,1961年毕业于南京航空学院飞机设计系,主要研究方向质量管理、飞机结构设计、检验设备。电话:(025) 84892892, E-mail: feizezhong@peoplemail.com.cn

(责任编辑:李铁柏)