

doi: 10.7690/bgzdh.2013.09.024

飞行体动力相似模型质量质心质偏测量系统

牛德青, 罗凌江

(中国兵器工业第五八研究所智能检测技术部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为解决风洞试验中飞行体动力相似模型质量、质心、质偏高精度测量问题, 提出一种利用力平衡原理进行测量的方法。基于质量/质心及质偏测量原理, 通过专用的机械装置配合高精度称重传感器测量不规则模型, 并分析了减小误差的技术措施。分析结果证明: 该系统测量精度较高, 具有很强的实用性, 特别适合高精度要求的飞行体动力模型质量特性的测量。

关键词: 质量; 质心; 质偏; 力平衡

中图分类号: TJ06 **文献标志码:** A

Test System of Centroid and Centroidal Deviation of Aviation Dynamic Similar Model

Niu Deqing, Luo Lingjiang

(Department of Intelligent Detection Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: For solving precise measurement problem of quality, centroid and centroidal deviation, put forwards a measurement method by using force balance. Based on quality/ centroid and centroidal deviation measurement principle, use special mechanical equipment and high precision weighting sensor to measure irregular model and analyze technology method of reducing error. The analysis results show that the system has high measurement precision, with practicability, which can be used for high precision aviation dynamic model quality feature measurement.

Key words: mass; centroid; centroidal deviation; force balance

0 引言

在飞行体动力相似模型尾旋试验中, 需要精确测量模型的质量、质心和质偏, 利用力平衡原理进行测量是最有效的实现方法^[1-2]。过去, 对于规则物体的测量研究较多, 也较容易实现^[2], 但对于不规则物体质心和质偏的实用性测量研究较少。笔者根据力平衡原理, 采用高精度传感器设计了一种飞行体动力相似模型质量质心质偏高精度测量系统。

1 测量原理

1.1 质量/质心测量原理

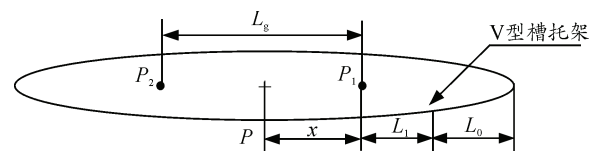
笔者通过安装在仪器基座上的 2 只(或 3 只)应变式称重传感器, 对模型质量、轴向质心进行测量。如图 1 所示, 被测模型放在一个可升降测量架的 V 形架上, 测量时, 测量架下降, 使测量架底部的测头与传感器接触。质量的测量通过 2 只传感器的数据相加得出结果, 通过力矩平衡原理计算即可得出质心测量结果。

由图 1 可知, 待测模型的质量: $P=P_1 \times K_1 + P_2 \times K_2$; 若以 P_1 传感器为基准面, 根据静力矩平衡方程可计算待测模型轴向质心位置(从前端算起):

$$P_2 \times L_g = P \times X \quad (1)$$

$$X = P_2 \times L_g / P \quad (2)$$

而 $G = X + L_1 + L_0$, 因此 $G = P_2 \times L_g / P + L_1 + L_0$ 。
式中: K_1 、 K_2 为 P_1 、 P_2 传感器的倔强系数。



L_0 : 测量基准面(V形槽托架端面)到被测物体的距离; X : 称重传感器 P_1 到待测模型质心的距离; L_1 : 测量基准面到 P_1 传感器之间的距离; L_g : 2 个称重传感器的间距; P_1 、 P_2 : 2 个称重传感器的读数; P : 待测模型质量; G : 待测模型质心(以头部为基准)。

图 1 质量、质心测量原理

1.2 质偏测量原理

质偏测量也是根据力矩平衡的原理如图 2。

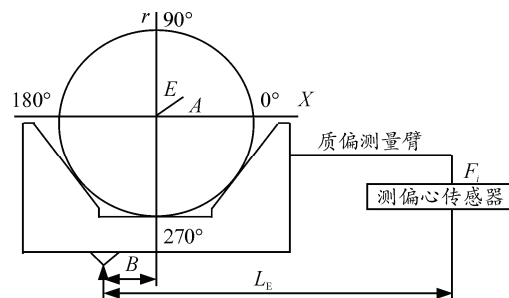


图 2 测量质偏原理

收稿日期: 2013-03-11; 修回日期: 2013-04-27

作者简介: 牛德青(1979—), 男, 山东人, 硕士, 高工, 从事测控研究。

测量时, 转动待测模型, 使之处于 0° 、 90° 、 180° 、 270° 位置, 并通过测出这 4 个位置相应的传感器所受压力 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 , 再根据力矩平衡原理(以 B 旁刀口为基准面), 可得以下 4 个方程:

$$(E\cos A+B)P=F_1\times L_E \quad (3)$$

$$(E\sin A+B)P=F_2\times L_E \quad (4)$$

$$(B-E\cos A)P=F_3\times L_E \quad (5)$$

$$(B-E\sin A)P=F_4\times L_E \quad (6)$$

解方程组得:

$$E = \frac{L_E}{2P} \sqrt{(F_1 - F_3)^2 + (F_2 - F_4)^2} \quad (7)$$

$$A = \arctan \frac{F_2 - F_4}{F_1 - F_3} \quad (8)$$

式中: E 为待测模型的偏心距; A 为待测模型的偏心角; L_E 为刀口到待测模型轴心的距离; F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 为待测模型位于 0° 、 90° 、 180° 和 270° 时偏心传感器的读数。

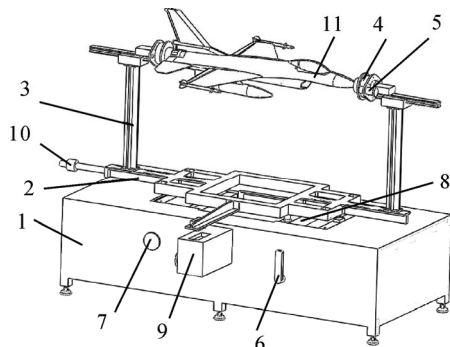
2 测量系统的设计

2.1 数据采集与处理系统

数据采集与处理系统可以选用通用的设备, 一般由 1 台高性能工控制机及数据采集系统构成, 包括主机、监视器、数据采集卡、通讯板等。数据采集与处理系统负责采集并记录 3 个称重传感器上的数据, 在试验数据采集完毕后, 根据计算公式自动计算待测模型的质量、质心位置及质偏。

2.2 测量系统机械设计

质量、质心及质偏测量系统设计如图 3 所示。



1: 支撑台; 2: 天平横梁; 3: 模型支撑杆; 4: 模型连接法兰; 5: 模型角度旋转钮; 6: 测试状态启动机构; 7: 测试模式切换机构; 8: 质量测量装置; 9: 质偏测量装置; 10: 横梁水平调节钮; 11: 模型。

图 3 质量/质心/质偏测试系统

测量时, 首先将测试状态启动杆处于非工作状态, 将模型按图 3 安装到位, 确定模型支撑杆的位置并锁定, 再取下模型, 此时 2 个模型支撑杆到支撑台中截面距离大致相同; 然后旋转测试状态启动杆, 进入测试状态, 并旋转测试模式切换钮, 进入质量测试模式, 调节横梁水平调节钮, 通过 2 个力

传感器的读数来判断天平横梁是否水平, 天平横梁水平后, 锁定横梁水平调节钮, 此时测出的质量为支撑系统的质量。旋转测试状态启动杆, 进入非测试状态, 将模型按图 3 安装到位, 再进入测试状态, 测出此时支撑系统与模型的总质量, 减去支撑系统的质量则可得出模型的质量, 并通过 2 个力传感器的读数计算出质心位置。

旋转测试模式切换钮, 即可进入质偏测试模式, 此时质偏测量传感器开始应用。旋转模型角度旋转钮, 首先使模型处于水平状态, 再调节质偏测量装置的调节钮, 使天平横梁上的水平仪水平, 读出质偏测量装置的力传感器的读数, 即可计算出水平状态下质偏数据。再在角度测量仪的帮助下分别旋转模型角度旋转钮, 使模型处于 90° 、 180° 、 270° 下, 通过质偏测量装置的力传感器的读数, 可计算出相应角度状态下的质偏数据。综合计算可得质偏数据。

在机械结构中最主要的是称重传感器与角度测量仪, 二者的精度及重复性直接影响测量结果。

3 减小误差的技术措施

1) 动力相似模型装夹在测试装置托架上, 装夹的位置误差直接造成测试误差。在装夹时, 在 X 轴方向上, 取模型端面作为定位基准面, 每次装卡与托架支撑的基面对齐, 以千分表控制装夹误差在 X 轴方向的误差 $\Delta X \leq 0.1 \text{ mm}$ 。

2) 模型的质量、质心的测试值, 基本上取决于压力传感器的输出值。因此压力传感器的精度、一致性直接影响测试精度。在选购压力传感器时, 选用压力传感器的精度不低于千分之一, 以保证质量测试精度。

4 结束语

该测量系统通过力平衡原理巧妙地解决了具有不规则外形物体质量、质心及质偏的测量问题, 测量精度较高, 具有很强的实用性, 特别适合高精度要求的飞行动力模型质量特性的测量。

参考文献:

- [1] 禹加宽, 周祥基. 工程力学[D]. 北京理工大学出版社, 2006.
- [2] 郑宾, 侯文, 杨瑞峰. 大尺寸柱状结构质量、质量测量方法[J]. 测试技术学报, 2002(2): 108.
- [3] 陈小龙, 唐强, 车军, 等. 基于人工视觉的四旋翼飞行器室内定位与控制[J]. 兵工自动化, 2012, 31(5): 61-64.
- [4] 段永胜, 卢颖, 闫梁, 等. 飞行模拟器操纵负荷系统建模与仿真[J]. 兵工自动化, 2012, 31(8): 24-28.
- [5] 董成基, 齐杏林, 吕静, 等. 飞行控制软件测试用例生成技术[J]. 兵工自动化, 2012, 31(9): 93-96.