

微型扑翼飞行机器人气动力测试系统*

李贵祥 苏刚 李洪谊

(中国科学院 沈阳自动化研究所 机器人学国家重点实验室 沈阳 110016)

Aerodynamic testing system for air vehicle with micro flapping wings

LI Gui-xiang, SU Gang, LI Hong-yi

(State Key Laboratory of Robotics, Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China)

【摘要】微型扑翼飞行机器人飞行时的气动力是主要的性能指标,低雷诺数下的空气动力学还没有成熟的理论和经验公式可以遵循,因此需要设计并验证了一个微型扑翼飞行机器人气动力测试系统。采用 2 个位于水平和垂直方向的力传感器作为敏感元件分别测量微型扑翼飞行机器人飞行时的推力和升力,使用两个柔性铰链分离垂直、水平方向的气动力,降低非测力方向力对力传感器的影响。文末给出并分析了该系统用于微型扑翼飞行机器人气动力测试的实测推力和升力。

关键词 扑翼;气动力;测试系统

【Abstract】The aerodynamic force is main performance index of air vehicle with micro flapping wings during flight while the aerodynamics at low Reynolds number condition is not a mature theory and has not empirical formula to follow, so an aerodynamic testing system of air vehicle with micro flapping wings is designed and verified. The system uses 2 force sensors located in parallel and vertical as the sensors to measure the thrust and the lift during flying of the air vehicle and two flexible hinges are used to separate vertical and horizontal aerodynamic force as well as reduce the effect of force in non-force direction on force sensor. At last the thrust and lift obtained from the system for testing aerodynamic force of the air vehicle with micro flapping wings is given and analyzed.

Key words flapping wings; Aerodynamic force; Testing system

中图分类号:TH16 文献标识码:A

1 引言

扑翼飞行机器人具有仿生飞行方式(仿蜻蜓、仿蝇等),可微化程度高、隐蔽性好,飞行机动性高,其扑翼集举升、悬停和推进功能于一体,能够适应复杂的飞行环境,以最小的能量进行更长距离的飞行,非常适合在长时间无能源补充及相对远距离条件下执行任务,可用于灾难救援、军事侦察、军事打击、环境探测、投放标识、窃听情报等,具有重要的战略意义,在国防和民用领域应用潜力巨大。在扑翼飞行机器人研制过程中,其飞行时的气动力是扑翼飞行机器人飞行的主要性能指标,主要由扑翼扑动时的相对分合、延迟脱落、翻转效应和尾迹干涉产生^[1]。由于尺寸小,飞行速度低,扑翼飞行机器人要比普通飞机在更低的雷诺数下飞行,这时空气的粘滞力很大,其影响无法忽略。目前,低雷诺数下的空气动力学还没有成熟的理论和经验公式可以遵循^[2]。需要设计扑翼飞行机器人试验装置,通过试验获得的数据分析扑翼形状、翼展、飞行攻角和扑动频率对扑翼飞行机器人飞行时气动力的影响。

据此,设计了扑翼飞行机器人飞行气动力测试系统。该系统采用高精度微力传感器测量扑翼飞行器飞行时垂直方向的升力和水平方向的推力来确定飞行时的气动力,并检测扑翼机器人飞行时的扑动频率和驱动电机功率。

2 扑翼飞行机器人

美国某学院(Caltech)是最早研制扑翼飞行机器人的机构之一。其与加州大学(UCLA)及某公司共同研制出 Microbat^[3],首架原型机于 1998 年 10 月试飞,如图 1 所示。是最早的仿生扑翼微型机器人。Microbat 机体骨架和机翼采用新型超强复合材料,机翼模仿蝙蝠和昆虫的翅膀,采用 MEMS 技术加工,以锂离子高能电池为动力,通过低摩擦轻型传动机构将微电机的转动转变为机翼的扑动。该飞行机器人已发展了 4 种不同的原理样机,飞行性能最好的是第 4 代样机,总重 11.5g,最大尺寸 20.32cm,扑翼频率为 20Hz,控制方式为无线电遥控飞行,可携带一台微型摄像机或声音传感器,具有上下行数据链路。2002 年 8 月,该机器人创下飞行 22min45s 的航时新记录。

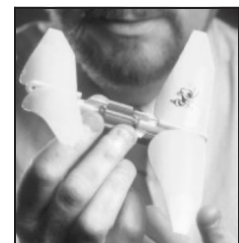
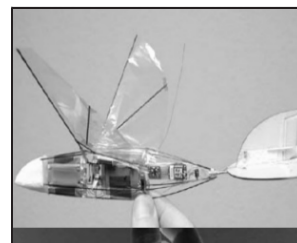


图 1 Microbat 微型扑翼机器人

图 2 GTRI 的 Entomopter

美国某大学(GTRI)、英国某大学及 ETS 实验室共同研制出

* 来稿日期 2011-04-25 * 基金项目 863 基金项目(09H1230101)

的仿昆虫 Entomopter^[4] 机翼为蝴蝶翅膀状,采用特殊结构和材料制成,翼展为 25.4cm,用一种往复化学肌肉(RCM Reciprocating Chemical Muscle)驱动,如图 2 所示。RCM 是一种不通过燃烧反应就可以将化学能转化为机械能的机构,具有较高的能量转换效率。燃料注入后,能使翅膀以 10Hz 的频率上下拍动,并能产生飞行控制所需的电能。国内从事扑翼 MAV 相关研究的机构主要有一些大学。某大学一些科研人员主要从事仿鸟扑翼 MAV 的机构设计、驱动方式、控制方法和翼形优化等方面研究^[5-6]。某大学一些科研人员主要从事 MAV 气动机理及机构设计等方面研究^[7-8]。该团队研制了一种仿鸟扑翼 MAV,翼展 340mm,同时对鸟类扑翼气动机理进行了比较深入的研究,并完成了风洞实验。

3 测试系统总体结构及工作原理

3.1 扑翼机构设计

扑翼机构简图,如图 3 所示。采用直流伺服电机作为驱动元件,利用二级齿轮减速和平面四杆机构将电机的旋转运动转换为翅膀的往复平扇运动。通过调节平面四杆机构杆长参数可以得到翅膀往复平扇运动的扑动角和扑动范围。

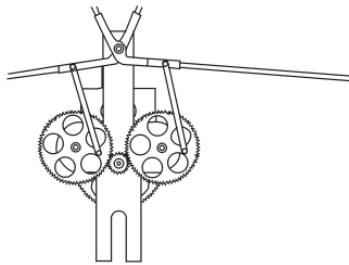


图 3 扑翼机构简图

3.2 测试系统搭建

扑翼飞行机器人测试系统实物图,如图 4 所示。垂直测力传感器选用某公司的 LSB200,量程为 100g,精度为 0.1g。水平测力传感器选用 KYOWA 协和的 LVS-100GA,量程为 1N,精度为 1mN。漫反射开关光电开关为某公司的 VTE18-4N4212。

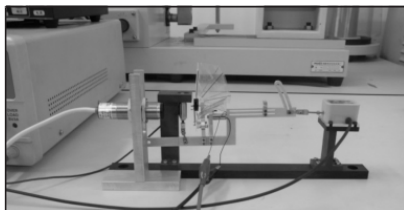


图 4 扑翼飞行机器人测试系统

扑翼飞行机器人测力平台的测力原理,如图 5 所示。扑翼飞行机器人飞行时产生的气动力 F 可以分解成水平方向的力 F_x 和垂直方向的 F_y ,重力为 G 。两个力传感器通过柔性铰链与扑翼机器人连接。柔性铰链相对传统铰链具有体积小、无机械摩擦、无间隙和高灵敏度的特点,广泛地应用于各种要求小角度位移、高精度传动的场合^[9]。测力装置通过柔性铰链使垂直方向力传感器只提供垂直方向的拉力、水平方向力传感器只提供水平方向的拉力。图中,扑翼机器人受到的重力、力传感器的两个拉力都已确定,只有气动力未知,因此可以根据静力平衡求得扑翼机器人飞行时的气动力,静力平衡如下式所示。

$$\begin{cases} \sum F_x=0 \\ \sum F_y=0 \\ \sum M_o=0 \end{cases} \quad (1)$$

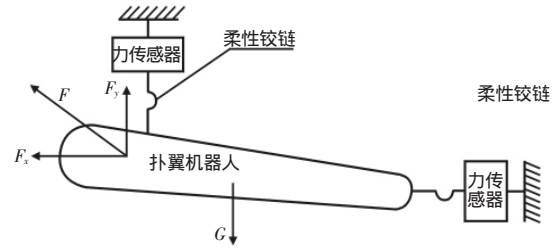


图 5 扑翼飞行机器人测试系统测力原理

扑翼飞行机器人测试系统框图,如图 6 所示。测试平台对扑翼飞行机器人在水平和垂直方向的限制力经两个力传感器后转化为电信号,再经直流前置放大器将力传感器的微弱电信号放大,经 AD 采样后送入计算机中得到气动力变化曲线。扑翼飞行机器人翅膀的扑动频率通过漫反射开关检测经 AD 采样后送到计算机中,驱动电机功率通过监测电机电压和电流得到。

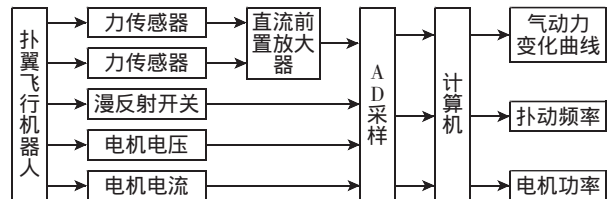


图 6 扑翼飞行机器人测试系统框图

4 测试结果及分析

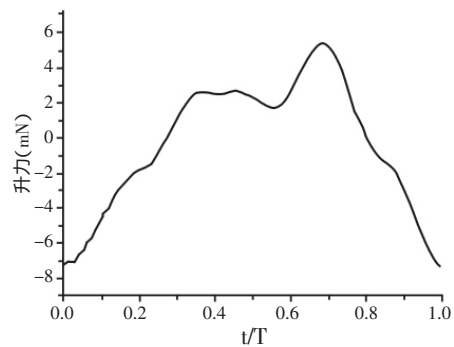


图 7 升力变化曲线

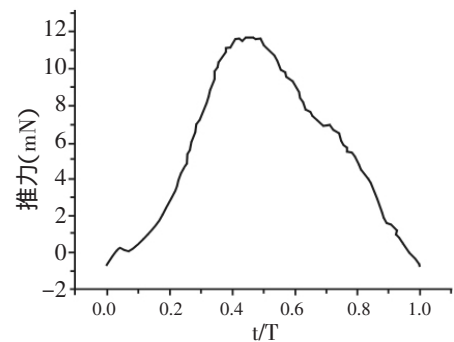


图 8 推力变化曲线

实验所用的翅膀,如图 4 所示。翼展为 50mm,驱动电机电压为 2.5V、飞行攻角为 15°时,漫反射开关测得的扑动频率为 13Hz,微力传感器得到的电信号经 AD 采样后,通过计算机处理后得到的扑翼扑动一个周期升力变化曲线,如图 7 所示。平均升力为

专用数控车床主轴自动定位结构设计

何俊¹ 李健¹ 张仁斌² 赖玉活³ 石伟涛¹

(¹广西工学院 机械工程系 柳州 545006) (²四川工程职业技术学院 机电系 德阳 618000)

(³柳州市数控机床研究所 柳州 545007)

Design for automatic positioning structure of special CNC lathe spindle

HE Jun¹ LI Jian¹ ZHANG Ren-bin² LAI Yu-huo³ SHI Wei-tao¹

(¹Department of Mechanical Engineering Guangxi University of Technology Liuzhou 545006 China)

(²Sichuan Engineering Technical College Mechanical and Electronic Engineering Department Deyang 618000 China)

(³Liuzhou Research Institute of CNC Machine Liuzhou 545007 China)

【摘要】针对于数控车床主轴不能自动和快速定位,装夹工件时间长,且定位工件的稳定性和准确性差等缺点,介绍了一种专用数控车床主轴自动定位结构的设计,该专用数控车床主轴采用伺服电机驱动,其结构包括主轴、拨盘、定位装置三部分。通过阶梯轴上的弹簧形成弹性顶针结构完成对主轴的轴向自动定位,而主轴的径向定位通过设置伺服电机参数实现。实践运用表明其结构简单,定位精度高,易于推广。对于数控车床今后的改造和设计有一定的借鉴作用。

关键词 数控车床;伺服电机;自动定位;弹性顶针

【Abstract】 For CNC lathe spindle can not be positioned automatically and rapidly and long time is required for clamping the workpiece with defects in the positioning stability and accuracy. A design special for CNC lathe spindle automatic positioning structure is introduced which is driven by servomotor and composes of three parts: spindle drive plate and positioning device. Through elastic thimble structure formed by spring on multi-diameter shaft axial automatic positioning for the spindle is completed and radial orientation for the spindle is realized by setting the servomotor parameters. Practical application shows that it is easy to popularize for its simple structure and higher precision in positioning which provides a certain reference for future modification and design of the CNC lathe.

Key words CNC lathe Servomotor Automatic positioning Elastic thimble

中图分类号:TH16 文献标识码:A

1 前言

目前,不管是数控车床还是普通车床,车床主轴前端的夹紧结构普遍如下所述,在主轴前端有一节主轴设有外螺纹,设有外

* 来稿日期:2011-04-02

(-3.7)m·N 推力变化曲线,如图 8 所示。平均推力为 5.56m·N。从而可以得出本翅膀扑动时产生的推力在飞行过程中起主要作用,因此可以加大微型扑翼飞行机器人飞行时的攻角变推力为升力以提高其飞行性能。

5 结论

(1)系统能很好的测试微型扑翼飞行机器人的气动力。

(2)将所研制的系统对微型扑翼飞行机器人气动力进行测量,得到推力和升力在一个周期内的变化曲线,平均升力为(-3.7)m·N,平均推力为 5.56m·N,得出翅膀扑动时产生的推力在飞行过程中起主要作用,因此可以加大微型扑翼飞行机器人飞行时的攻角变推力为升力以提高其飞行性能。

参考文献

[1]宗光华,贾明,毕树生,等.扑翼式微型飞行器的升力测量与分析[J].机

械工程学报,2005,41(8):120-124.

螺纹的主轴用来安装拨盘,卡盘通过拨盘与主轴连接,主轴内孔为锥孔用于安装顶针,顶针定位在工件的轴孔中,卡盘用以夹紧工件。这种主轴结构存在如下缺点^[1-2]:主轴不能自动和快速定位,

- [2]郭卫刚,贾忠湖,康小伟.微型扑翼飞行器的现状及关键技术[J].飞航导弹,2007(12):66-68.
- [3]T.N.Pornsiri-Sirirak, S. W. Lee, H. Nassef et al. MEMS wing technology for a battery-powered ornithopter [A]. Proceedings of 13th IEEE Annual International Conference on MEMS 2000 [C]. Miyazaki, Japan, 2000: 799-804.
- [4]Entomopter Project. avdil.gtri.gatech.edu/RCM/Entomopter/EntomopterProject.html.
- [5]侯宇,方宗德,刘岚,等.仿生微扑翼飞行器机构动态分析与工程设计方法[J].航空学报,2005,26(2):173-178.
- [6]张西金,方宗德,张明伟,等.仿鸟微扑翼飞行器姿态控制模型研究[J].机床与液压,2007,35(9):7-12.
- [7]熊超,宋笔锋.微型扑翼飞行器气动机理风洞试验研究[J].科学技术与工程,2007,7(11):2576-2580.
- [8]王姝歆,陈国平,周建华,等.压电双晶片驱动的仿生柔性扑翼机构研究[J].光学精密工程,2006,14(4):617-622.
- [9]杨淑英.半圆型柔性铰链的静刚度性能分析[J].煤矿机械,2008,29(7):81-82.