

微型飞行器的研究进展

黄信安 翁梓华 陈智敏 陈绵龙 金云麟

(厦门大学机电工程系 福建 厦门 361005)

摘要: 本文阐述了微型飞行器的概念、研究背景、发展现状、主要技术和研究途径;介绍了微型飞行器的主要研究机构 and 典型产品;展望微型飞行器的应用前景和发展趋势。

关键词: 微型飞行器 旋翼 扑翼 飞行控制

1 引言

微型飞行器(MAV, Micro Air/Aerial Vehicle),和许多先进技术一样,首先是在军事领域里最先被提出的。它可以用于军事侦察、目标跟踪、武器投放、电子干扰、对地攻击、部署传感器和中继通讯等;它可以帮助士兵发现隐藏在小山后、丛林中或建筑物内的敌人,了解自己所处的环境。具有协调能力的微型飞行器群则可以完成更多的任务^[1]。在第一次和第二次海湾战争中,美国士兵都使用了这种低成本的和简便的微型飞行器。

微型飞行器在民用领域的应用前景十分广阔。在交通方面,它可以昼夜巡视于某一区域,及时发现各种交通隐患或交通事故。在监测方面,它可以进行环境监测、气象监测、海洋监测、森林防火监测、洪涝灾情监测、农作物病虫害监测。在人员营救方面,它可以用于搜寻在倒塌房屋中的伤员,在山林地帯搜寻迷失登山者。在日常生活中,它可以是飞行玩具以满足孩子们的需求,可以在室内飞行以捕捉令人讨厌的苍蝇和蚊子,可以在野外捕捉蝗虫等。在巡逻方面,它可以用于牧场巡逻、边境巡逻、海防缉私巡逻。此外,它还可以用于航空摄影、空中测绘、损伤评估、消防灭火指挥、排雷、资源调查、野外考察和旅游探险等。

微型飞行器具有价格便宜、重量轻、噪音小和隐蔽性好等优势,在军用和民用领域都引起人们的关注。美国、俄罗斯、澳大利亚、以色列、德国、日本等国家已拨出专项研究经费,加紧研制和开发各种性能独特的微型飞行器^[2]。

2 发展现状

微型飞行器,一般是指各向尺寸均小于15厘米的飞行器。它的设计目标为:重量不超过120克,能以可接受的成本执行某一有价值的飞行任务,飞行范围为10公里,巡航速度为30~60公里/小时,连续航行时间为20~30分钟。微型飞行器应能自主飞行,可实时传输图像。发射方式可采用人工手动、弹药发射或平台发射。

1995年,美国的国防高级研究计划局(DARPA)已开始组织和制订微型飞行器的研究计划。该计划投资3,500万美元,为期四年,由几家科研单位具体担任研究任务。在DARPA的研制项目中^[3],按飞行特点将微型飞行器分为三类:固定翼式、旋翼式和扑翼式。

() 固定翼式微型飞行器

(1) MIT的MAV

在得到DARPA的资助之后,林肯实验室在1997年研制了微型飞行器。该机分为昼间型和昼夜型二种,为全天候无人侦察机,采用鸭式布局。昼间型微型飞行器的翼展7.4厘米,重量10.5克;昼夜型微型飞行器的翼展20.5厘米,重量91.5克。两种型号的续航时间均为1小时,飞行高度均为100米,飞行范围均为1公里。在100米的飞行高度上,该机在昼间可分辨出7厘米大小的物体,在夜间可分辨出13厘米大小的物体。

(2) Aero Vironment 公司的“Black Widow”

Aero Vironment 公司与洛杉矶加利福尼亚大学和加州理工大学联合研制了“黑寡妇”(Black Widow)微型飞行器。1999年,“Black Widow”微型飞行器试飞成功。该机为圆盘状微型飞行器,壳体用泡沫聚乙烯制造,翼展15厘米,起飞重量60克,使用锂电池,飞行速度50公里/小时,航行时间22分钟。机上装有5克重的GPS导航装置。它携带摄像机,数据传输范围约15公里。在拍摄并传输下来的黑白图像中,卡车和行人等都历历可辨。此外,它具有很强的隐蔽性,离开飞机50米,就听不见它的任何声音。整套系统包括固定翼式微型飞行器、操纵装置、便携式电脑、天线和气压发射器等。

(3) Sanders 公司的“Micro Star”

Sanders 公司与洛克希德公司(Lockheed Martin)和通用电器公司合作获得了DARPA技术合同。该合同金额为1,000万美元,为期42个月。它们提出了“微星”(Micro Star)微型飞行器技术方案。该机翼展15厘米,起飞重量85克,巡航速度55公里/小时,续航时间20分钟,飞行高度为15~90米。它使用44.5克重的长寿命锂电池,数据传输范围约5公里。机上装有5克重的差分GPS和惯性导航装置。

() 旋翼式微型飞行器

(1) Lutronix 公司的“Kolibri”

Lutronix 公司与 Auburn 大学合作开发了“克里卜里”(Kolibri)旋翼式微型飞行器^[4]。该机为直升机的布局设计,外型结构为圆柱形,上部装旋翼,下部带照相设备。该机有单旋翼和共轴双旋翼两种型号。该机旋翼直径10.16厘米,起飞重量316克,有效载荷100克,具有三轴向稳定性,2小时续航能力。动力装置为D-Star公司提供的6克重的微型柴油发动机。该机利用叶片在下洗流中的运动进行俯仰、横滚和偏航等姿态的控制,叶片通过具有50赫兹频率的压电传感器带动。机上装有Draper研制的GPS/加速度/陀螺仪导航系统。该机可装载红外线成像装置或高灵敏窃听器等设备,能轻松地完成空中悬停等高难动作。

() 扑翼式微型飞行器

(1) Caltech 的“Micro Bat”

加州技术学院(Caltech)和Aero Vironment及加州大学联合研制了“微型蝙蝠”(Micro Bat)微型飞行器。该项目研制费为180万美元。该机采用扑翼布局设计,翼展15.24厘米,重量10克,自由飞行时间18秒,飞行距离46米,机翼能以20赫兹的频率挥舞。它的动力装置为微型电机和新型高能电池,机体骨架及机翼都是采用新型超强复合材料制成。

(2) GTRI 的“Entomopter”

美国佐治亚理工大学(GTRI)研制了仿昆虫的微型飞行器“Entomopter”。该机有蝴蝶翅膀状的机翼,用一种往复式化学肌肉(RCM, Reciprocating Chemical Muscle)驱动上下扇动。RCM是一种不通过燃烧反应就可以化学能转化为机械能的机构,具有较高的能量转换效率。该机采用扑翼,可以前飞和悬停,尾部可以兼作天线,腿可以兼作油箱。

此外,还有斯坦福大学(SRI)和多伦多大学的“Mentor”,加州大学伯克利分校的“Micro Mechanical Flying Insect”,斯坦福大学的“Mesicopter”,德国IMM公司的“Micro Helicopter”,日本东京大学的“Micro Flying Robot”,等等。

3 技术特点

与现有的传统的飞行器相比较,微型飞行器具有其自身特有的重要问题,包括飞行方式、机体结构、动力能源、自主控制等方面的关键技术。

(1) 飞行方式

在微型飞行器的研究中,十分有必要掌握其空气动力学特性。微型飞行器属于低速飞行,马赫数 Ma 小于 0.3,几乎可以不考虑马赫数的影响。微型飞行器的雷诺数 Re 较低,一般在 1,000-80,000 范围内,空气粘性力的影响很大,所受的阻力相对较大,惯性力相对较小,此时的微型飞行器犹如在蜂蜜或油中飞行一般。从空气动力学的角度考虑,在出现更好的产生升力方式之前,采用旋翼式或扑翼式微型飞行器将更为合适。Lutronix 公司与 Auburn 大学合作开发了“克里卜里”(Kolibri)旋翼式微型飞行器便是一个很好的例子。

(2) 机体结构

微型飞行器的最大技术挑战是解决其体积问题和承载重量问题。在微型飞行器的机体结构设计和制造工艺方面,微型飞行器是一个带有机载设备的小尺寸规模的复杂系统。使这一复杂系统变小的唯一办法是将其组成元件微型化并加以系统集成。近年来兴起的微机电系统为微型飞行器的研究提供了重要的技术基础。需要微型化的部件包括了,致动器、电机、摄像机、导航仪、稳定陀螺仪、数据传输设备等。采用 MEMS 技术,可以大批量制造微型飞行器,而且价格便宜,这将成为微型飞行器的重要发展趋势^[5]。

(3) 动力装置

微型飞行器所需要的动力装置和能源装置,既要能够装在微型飞行器内,又要能够储备足够的能量。微型飞行器目前所采用的动力源主要是各种高效电池和微型涡轮发动机,所采用的能源主要是矿物燃料,氢能燃料,太阳能,电池电能。目前,MIT 研制的微型涡轮喷气发动机/发电机组,重量 1 克,推力 13 克。M-DOT 公司研制的微型涡轮发动机,长 7.6 厘米,直径 4.3 厘米,重量 85 克,推力 6.272 牛顿。D-STAR 公司也研制了微型发动机。

(4) 自主控制

微型飞行器在复杂的环境中飞行,将使观察者或操纵者很难做出及时的反应。这要求微型飞行器要具备一定的自主控制功能,以保证在视野之外或在联络中断的复杂环境中能够自主地飞行并完成指定的任务。微型飞行器的飞行控制和自主飞行已经有较大的进步。数据传输问题包括了视频传送器所需的电力、微型探测器的尺寸和重量,以及数据实时传输的距离。微型飞行器的导航和飞行控制有必要进行进一步的探索。

微型飞行器的出现,顺应了现代航空器的无人化、隐身化、数字化、微型化和集成化的发展趋势和设计思想。从微型飞行器的未来发展趋势看,微型飞行器将采用智能方式,它可以飞行、爬行、停靠、奔跑,甚至穿越洞孔,能够自主控制,传输实时的或压缩的数据。微型飞行器将采用节能方式,它将采用微型推进器、轻型高能燃料甚至太阳能,可暂时关闭不用的设备以节省能源,采用扑翼方式,利用大气中的上升气流翱翔。

参考文献:

- [1] 罗均,蒋蓁,程维明,等. 国际上微型飞行器研究的进展及其关键技术[J]. 上海大学学报(自然科学版), 1998, 7(4): 293-296.
- [2] 吕俊刚,汪家道,陈大融. 微型无人直升机旋翼操纵机构设计及分析[J]. 清华大学学报(自然科学版). 2002, 42(11): 1484-1487.
- [3] 肖永利. 厘米级旋翼型微型飞行器研究与设计[D]. 上海:上海交通大学. 2001.
- [4] Masoud R. R., George R. H.. Multidisciplinary Design and Prototype Development of a Micro Air Vehicle[J]. J. of Aircraft. 1999, 36(1):227-234.
- [5] 王柳文. 微型飞行器自主控制系统的研究及设计[M]. 南京:南京航空航天大学. 2002.