

无人机

# 无人机的发展现状与展望

淳于江民 张 珩

**摘要** 回顾了无人机的发展历程,并阐述了无人机的系统结构、分类、用途及其关键技术,就主要机型做了简要的介绍,最后对无人机发展中亟待解决的问题及趋势做了详细的分析。

**关键词** 无人机 发展现状 趋势

## 引言

无人驾驶飞机是一种有动力、可控制、能携带多种任务设备、执行多种任务,并能重复使用的无人驾驶航空器。简称无人机(Unmanned Aerial Vehicle 缩写 UAV)。自 1913 年世界上出现第一个自动驾驶仪以来,无人机受到越来越多国家的重视,发展迅猛。目前从事研究和生产无人机的有美国、俄罗斯、以色列、法国、英国和南非等近 30 个国家,无人机基本型数量已增加到 300 多种。鉴于其独有的低成本、低损耗、零伤亡、可重复使用和高机动等诸多优势,其使用范围已拓宽到军事、民用和科学研究三大领域。在军事上可用于侦察、监视、通信中继、电子对抗、火力制导、战果评估、骚扰、诱惑、对地(海)攻击、目标模拟

和早期预警等;在民用上,可用于大地测量、气象观测、城市环境检测、地球资源勘探和森林防火等;在科学研究上,可用于大气研究,对核生化污染区的取样与监控、新技术新设备与新飞行器的试验验证等。目前在全世界范围内已掀起了无人机的研制热潮,单就美国而言,到 2007 年用于无人机的经费将达到 28 亿美元。这场研究热潮将无人机的发展推向了新阶段<sup>[1]</sup>。

## 1 无人机的发展历程

世界上第一架无人机是英国人于 1917 年研制的<sup>[2]</sup>。这是一架无线电操纵的小型单翼机,由于当时的许多技术问题,所以试验失败。而后终于在 20 世纪 30 年代初研制成功无线电操纵的无人靶机。在 20 世纪 40 至 50 年代,无人机逐渐得到了广泛使用,但这时无人机主要是作为靶机使用。世界各国空军于 20 世纪 50 年代大量装备了无人驾驶飞机作为空靶。进入 20 世纪 60 年代后,美国出于冷战需要,将无人机研究重点放在侦察用途方面。这标志着无人机技术开始进入了以应用需求为牵引的快速发

展时代。诸如 RQ 系列, FQM-151A 和 GNAT-750 等都是这一时期无人机技术的典型代表。这些无人机在 1982 年的贝卡谷地之战以及 1991 年后包括海湾战争在内的各次美国参与的军事冲突中,都发挥了超乎想象的作用。目前,以信息获取为应用目的的侦察型无人机正在向高高空( $\geq 30\ 000\text{m}$ ),长航时( $\geq 30\text{h}$ )和超远程( $\geq 10\ 000\text{km}$ )等方向发展,如全球鹰以及太阳神高高空无人机等。它们甚至在某些方面已经具备了执行战略侦察的能力,从而与卫星的应用形成十分有机的互补(如太阳神)。此外 20 世纪 80 年代以后,国际上无人机的另一个明显的发展趋势是小型化,以使其投放、回收更简便,而且使用各种高新技术材料和改进设计方案使其具备隐身性能,小型无人机的质量大部分降至百公斤甚至几十公斤,往往是一辆汽车甚至单兵便能载放一架,敌方雷达也不易发现。无人战斗机也成为当前无人机研究的热点,经过改装后, RQ-1 首次成为可以发射导弹的攻击型无人机(在阿富汗反恐战争中曾多次使用),开创了无人机作战的先河。

本文 2004-08-02 收到,作者分别系中国科学院力学研究所研究生、研究员

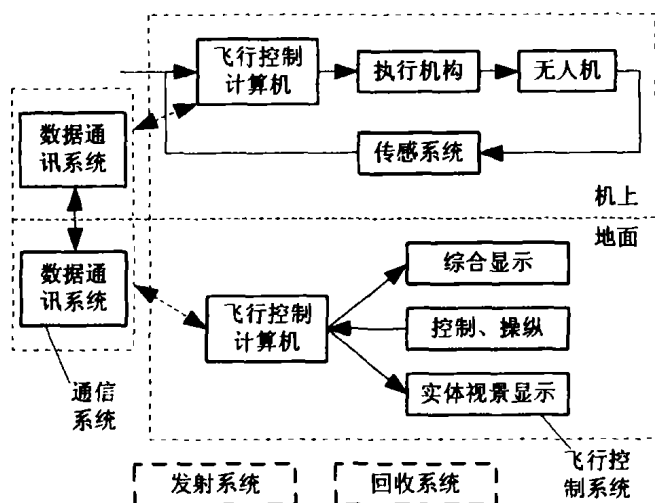


图1 无人机系统结构简图

## 2 无人机的系统结构

无人机系统结构如图1所示，整个系统包括：1) 无人机机身；2) 飞行控制系统；3) 数据通讯系统；4) 发射与回收系统。根据无人机起降类型不同，有些种类无人机则没有单独的发射和回收系统。

无人机的性能在很大程度上取决于它的飞行控制系统设计，这些性能包括各种飞行性能(包括起飞着陆性能、作业飞行性能)、飞行安全可靠，飞行可监控性，系统可操作性和可维护性，以及人机接口任务设置的友好性等。无人机的飞行控制系统通常可分为遥控型及遥控-自主复合型两种。飞行控制系统的机上部分包括：三轴姿态稳定与控制系统，自主飞行控制和指挥系统，飞行轨迹和导航控制系统，起飞与精确着陆(舰)飞行控制系统，及飞行安全控制系统。飞行控制系统的地面部分包括：飞行操纵和指令系统，飞行监控及显示系统，飞行定位系统，飞行自动指令系统。地面飞控系统通

过无线数据通讯系统耦合为一个整体系统<sup>[3]</sup>。无人机的发射和回收有多种方式。发射方式有空中投放，弹射起飞，滑跑起飞，滑轨起飞，借助起飞车滑跑起飞等。回收方式有降落伞回收，空中回收，拦阻回收<sup>[4][5]</sup>。

## 3 无人机的分类、用途及其关键技术

### 3.1 无人机的分类及用途

无人机分类方法很多，下面介绍两种常见分类方法<sup>[6]</sup>。

3.1.1 按功能可将无人机分为以下几种。

1) 战术无人侦察机(TU-AV)：主要功能为侦察、搜索、目标截获、部队战役管理与战场目标和战斗损失的有效评估等；

2) 战略无人侦察机(SUAV)：主要承担对敌方部队动向的长期跟踪、工业情报及武器系统试验监视等；

3) 无人战斗机(UCAV)：它不仅作为地面作战中的攻击平台，而且更是空中格斗的载机和直接攻击武器；

4) 靶机：模拟飞机、导弹和其它各种飞行器的飞行状态。主要用于鉴定各种航(防)空兵器的性能和训练战斗机飞行员、防空兵器操作员。

3.1.2 按照作战纵深及滞空时间分，详见表1。

### 3.2 无人机的关键技术

无人机的发展，很多技术起到了关键性的作用。其中最主要的有以下几项。

#### 3.2.1 气动技术

由于无人机对灵敏度、飞行高度以及雷达反射截面等有特殊要求，因此对各种先进技术气动布局的研究就显得尤为重要，如无尾、三角翼构型。这种构型通过开缝式扰流板/偏转板和活动翼尖起到方向舵的作用。采用高度翼身融合、沿机翼中心线厚度变化尽可能小的机翼，使正面的RCS很小，只有后向的RCS才略有增加。低的翼载使其能高空游弋时增加传感器和滑翔武器的作用距离，同时可以减轻质量、空气阻力以及减小雷达截面。又比如为了减小进排气装置、武器舱、起落架舱的RCS，无人机起飞爬升后，在巡航和游弋时将机身倒置，以遮挡地面雷达，投射武器时再翻转回来。

#### 3.2.2 推进技术

无人机一般要求长航程，因此，必须采用高效率的动力技术。此外还可以开发新的轻型高效燃料，如高效的航空煤油和使用太阳能做动力等。采用新的能够与机体气动布局相配合的推力矢量和分裂式副翼进行飞行控制；还有一种使用射流多轴推力矢量技术，即通过控制发动机喷

飞航导弹 2005年第2期

表1 按作战纵深及滞空时间分类的无人机

分类	缩写	航程/km	飞行高度/m	续航时间/h
战术无人机				
微型无人机	$\mu$	<10	250	1
小型无人机	MINI	<10	350	<2
近程无人机	CR	10~30	3 000	2~4
短程无人机	SR	30~70	3 000	3~6
中程无人机	MR	70~200	3~5 000	6~10
中程续航无人机	MRE	>500	5~8 000	10~18
低空突防无人机	LADP	>250	50~9 000	0.5~1
低空续航无人机	LAE	>500	3 000	>24
战略无人机				
中空长航无人机	MALE	>500	5~8 000	24~48
高空长航无人机	HALE	>1 000	15~20 000	24~48
特殊任务无人机				
攻击型无人机	UCAV	0~400	3~4 000	3~4
诱饵	DEC	0~500	50~5 000	

口处的喷气方向进行飞行姿态和方向的控制,这种技术免去了以往机械式推力矢量装置的传动部件,不仅可以使固定喷嘴更轻,在外形上还能降低雷达截面,并能快速降低喷口温度以减弱红外信号。

### 3.2.3 人工智能技术

无人机特别是无人战斗机存在的主要问题是飞机的自主程序。这需要一些智能的、基于规定的任务管理软件来驱动安置在无人机上的综合传感器,保证通信联接,完成无人机与操纵人员间的交互,这不仅使无人机能确保按命令或预编程来完成预定任务,对已知的目标做出反应,还能对随机出现的目标做出相应反应。如果没有一定程序的自主性,通信链路和操作员将要承受很大的负荷。自主性减小了无人机对上下行链路的依赖程度,减少了需要交换的信息量,如果数据链被切断,无人机也会漫无目的地盘旋。战术飞机上的飞行员  
飞航导弹 2005年第2期

可以根据前方无人战斗机收集和传回的图像信息,指定一个目标,然后组织协同攻击。真正作战时进入、攻击、退出都由无人战斗机自主地实施。要提高无人机的自主性,人工智能和控制技术是有效的途径。

### 3.2.4 通信技术

宽带、大数据流量的数据链技术可以使无人机远距离、快速地传输信息,实施超视距控制,是发展无人战斗机的关键技术。如果在远距离或敌人干扰的情况下不能实施通信或不能可靠工作,信息无法发给指挥控制中心,指令也无法发给正在作战的无人战斗机,人就无法在其中发挥作用,无人战斗机将失去其优势。

### 3.2.5 发射与回收技术

21世纪要求无人机的发射和回收更加简便,如果不依赖跑道起降,将有可能改变未来空中作战模式,无人机也将具有更大的竞争力。因此,大型无人机的先进发射技术和安全回收技术能

否取得突破具有重大意义。

### 3.2.6 武器和设备的小型化技术

在机载武器系统方面,将会采用最先进的空对空和空对地武器,使用非常小、非常灵巧的炸弹和导弹,使有效载荷能力最优,在同样的质量下,其破坏能力比现在增加10倍。另外,电子设备会更新,采用内嵌式传感器可实现360°的认知能力,通过使用合成孔径雷达、双基地雷达、低截获率的通信设备将提高无人机对战场态势掌控能力,并增加抗干扰能力。

### 3.2.7 纳米技术

纳米技术是制造超微型零部件的技术依托,纳米技术的成熟与否将关系到微型无人机的前景。

## 4 无人机发展亟待解决的问题及趋势

### 4.1 无人机存在的问题

与有人机相比,无人机虽然



图2 几种无人机的组图

具有价格低廉、机体小、机动灵活、起飞不受限制、无人员伤亡、空勤保障简单、必要时可与敌同归于尽等优点。但是也存在以下弱点：1) 在技术上，因无飞行员，且机载系统复杂，给其飞行带来不便。当出现故障时，本身不能排除和做出瞬时调整，通常要返回基地，易发生摔机事故；自身携带的传感器少，在很大程度上要依赖离机的各种传感器，来获取信息，这就存在着一个大量信息流如何管理的问题；2) 飞机与操纵人员之间的交互作用、协调和变化的程序要比有人作战飞机复杂得多。一方面要求机载设备的智能化程度高，要有安全可靠且冗长的数据链。另一方面对操纵人员的素质要求也很高，操纵人员不仅要监控飞机的飞行状态，适时改变航向，更重要的是，必须在关键时刻从“控制中心”发送动作指令，使飞机能够实时快速地机动或攻击。在战术上，无人机执行任务时，无法及时判断地面真假目标，遇到空中威胁时，不能做到先机制敌或改变航线。虽然能实施高空侦察，但有时为了拍摄准确图像，又因无人员伤亡，通常要实施低空侦察飞行，易被地面火器击中；3) 与其它机载电子侦察系统一样，易受天气、烟雾、伪装和电子干扰的影响，甚至会失去作用。

#### 4.2 无人机的发展趋势

就目前无人机的发展趋势来看，无人电子战飞机、无人战斗机、高空长航时无人机和微型无人机是未来无人机发展方向。具体有以下特点<sup>[4]</sup>。

##### 4.2.1 隐身化

隐身战斗机的技术已日见成熟，隐身技术应用到无人机上是顺势而为。美军最先研制出的暗星隐身无人机，是一种高空长航时的战术无人机。

##### 4.2.2 由低空、短续航变为高空、长航时

在未来战争中，长航时无人机，特别是高空长航时无人机将成为侦察卫星和有人驾驶战略侦察飞机的重要补充和增强手段。一些国家已将其作为一个环节列入“军用卫星-载人飞船-预警机-战略导弹-长航时无人机”这一防卫作战大系统，实施战略侦察，直接向 C<sup>3</sup>I 任务系统提供信息，成为获取战略情报的重要手段之一<sup>[16]</sup>。

##### 4.2.3 向攻击型和杀伤型无人机转变，并由对地、对空目标攻击变为空中格斗。

随着高新技术的发展以及捕食者无人机在阿富汗战争的作战运用，无人机将会变得更具攻击性。比如其上装备大气层截击导弹，可拦截在助推段飞行的弹道导弹；安装先进中程空对空导弹、高速导弹或者不死鸟空对空

导弹，可以拦截其它飞行器。无人机携带攻击性武器，还可对纵深之敌和地面目标进行攻击。特别是定向天线 II 无人机，可在数千公里外的地面控制人员的操作下发射导弹。这就使该机具有了攻击性。

21 世纪将出现能够深入战区纵深，在高度危险战场环境中执行攻击任务的无人作战飞机。这种飞机能执行现有轰炸机、战斗机、武装直升机和巡航导弹的任务，成为一种新型精确打击武器系统。

##### 4.2.4 小型化、智能化、通用化

随着微电子技术和纳米技术的飞速发展，21 世纪的无人机将变得“微乎其微”如美军正在研制一种微型无人机，能够在城市的建筑物之间飞行；还有一种微型无人机可从人员的手掌上起飞。美陆军认为，无人战斗机近期只是有人驾驶系统的辅助，在中长期，应能按预先设定的程序半自主地完成任务，而在远期（2020—2025 年以后），则应该能从头至尾完全自主地完成任务，当然仍需要人员的监控。各种型号无人机的监控将实现通用化，不同型号无人机获取的信息可以实现资源共享。

##### 4.2.5 无人机向高生存率、低造价、低损耗方向发展

无人机不如有人驾驶飞机可  
飞航导弹 2005 年第 2 期

靠,其坠毁事故是有人驾驶飞机的4~5倍,迄今还不容许它在民用空域飞行。21世纪的无人机将是一种“贫民化”的新型武器,造价和损耗以及维护的费用将大大降低。无人机将出现在世界许多国家的军队。

#### 4.2.6 多无人机编队飞行

无人机的脆弱性、高风险性和载荷能力的局限性,都决定了随着应用的不断扩展和使用要求的不断提高,人们选择通过多个无人机协作来执行任务将是一个必然的途径。

### 5 结束语

如今,无人机已成为倍受关注的重要技术研究方向。这种关注一方面来自应用需求的拉动;另一方面,也来源于这项技术的挑战性。虽然各有关政府或机构都将其视为战略性技术而投入巨大的资源开展研究,但就目前的现状而言,其性能与人类的期望本身仍然存在相当的差距。这意味着,无人机在技术上发展仍然有巨大的潜力,许多关键技术仍

然亟待突破和发展。随着高新技术在无人机上的不断运用,无人机的性能会越来越先进。可以预见,无人机与有人驾驶飞机协同作战的日子为期不远了。

#### 参考文献

- 1 Peter van BLYENBURGH. UAVs: an Overview. AIR & SPACE EUROPE, 1999, 1(5): 43~47
- 2 吴小椿. 无人机问世之初. 航空知识, 2001(2): 30~32
- 3 李炳荣, 江鸿, 王红星. 军用无人机的现状和发展探析. 飞航导弹, 2003(1): 40~43
- 4 宋子善, 沈为群. 无人直升机综合飞行控制系统设计. 北京航空航天大学学报, 1999, 25(3): 280~283
- 5 焦国力. 漫谈无人机的发展与变迁. 航空知识, 2003(2): 41~43
- 6 李斌南. 五光十色的无人机起飞方式. 航空知识, 1997(9): 20~22
- 7 杨迎化, 唐大全. 无人机自动着舰方案研究. 飞航导弹, 2003(11): 51~55
- 8 李辉. 无人机的分类. 航天, 2000(8): 19
- 9 李绪东. 无人机的发展现状及发展趋势. 飞机设计参考资料, 1996

(2): 37~43

- 10 杨晖. 先进无人机飞行控制技术研究. 飞行力学, 2002, 20(1): 1~4
- 11 冯崎, 周德云. 军用无人机发展趋势. 电光与控制, 2003, 10(1): 9~13
- 12 平良子. 无人机进展报告. 电信技术研究, 2001(6): 32~42
- 13 张冬辰. 无人机测控系统综述. 无线电通信技术, 1997, 23(5): 59~61
- 14 许云峰. 无人攻击机技术现状及发展前景. 航空科学技术, 2002(5): 30~33
- 15 高倩, 徐文. 国外微型无人机发展概况. 飞航导弹, 2003(6): 14~18
- 16 季斌南. 长航时无人机的特点、作用及发展动向. 国际航空, 1997(2): 28~30
- 17 胡根秀. 从国际无人机系统协会第三届学会看美国的无人机. 飞航导弹, 2004(4): 28~30
- 18 Curent and Future UAV Military Users and Applications. AIR & SPACE EUROPE, 1999, 1(5): 51~58

(上接第22页)

为开发包括有人机和无人机在内的各种侦察系统等可以通用的标准数据链, 美国已投资数亿美元进行有关研制。

### 3 结束语

随着信息中心战构想的普及, 对无人机用通信技术的要求不断增高。无人机系统除作为侦察、监视系统使用外, 还将作为武器系统和通信中继系统使用。

作为其通信技术, 除高速传输信息的性能外, 还需要有自动形成/保持网络功能和战区通信中继/信息通道功能。

为实现这些目标, 在技术上有很多急待解决的课题。美国国防部的各有关组织更新了无人机开发计划蓝图, 提出了各种无人机系统的开发计划和技术构想, 目前正积极组织实施中。

#### 参考文献

- 1 高桥辉正. 防御用ロボット研究部分会报告——无人机用通信技术. 防卫技术ジャーナル. 2004(6): 30~38
- 2 周义等. 大气层侦察卫星——全球鹰无人机的应用与发展趋势. 飞航导弹, 2003(11): 26~29
- 3 周军等译. 关于战略无人驾驶飞行器的计划. 飞航导弹, 2004(9): 27~32