

# 美国、以色列小型无人机发展概览

## Review of American and Israeli Mini-UAVs

□ 中国空空导弹研究院 范丽素

**摘要:**概述了小型无人机的发展历程,详细介绍了美国、以色列两国研制的几种小型无人机,简述了小型无人机相关技术发展动态。

**关键词:**小型无人机 微小型无人机

### 一、小型无人机概述

小型无人机的研究始于1987年。当时,美国的AeroVironment公司开发了“指针”(Pointer)小型无人机。这是世界上第一种背负式手掷发射无人机,它将高性能模型滑翔机的机体技术与电动机和螺旋桨相结合,并采用了一架商用摄像机和一条无线电数据链。当时《简氏国际防务评论》对该机进行过评价,认为其潜力巨大,但也有一些局限性:飞行器一旦飞出人们的视线,很难保持态势感知,也就是说人们不易了解这只空中“小鸟”身居何处,正在观察何物。

在此之后,膝上电脑、移动电话、全球定位系统接收机等便携式电子装置的迅速发展,大大增强了这类

小型无人机的潜能。现在的小型无人机可自主导航并按先前的航路点自动返航。其操作人员可以确切地知道无人机的位置及其传感器正在探测的目标。小型无人机可以在机上存储图像,其便携式地面站则可存储地图、地形数据库和长达几小时的录相带。

今天的许多小型无人机都以“指针”为模型,一些关键特性都与之相同。这些无人机都是小到可以装在背包里并手掷发射,飞行准备时间只有几分钟,续航时间约为1h,航程可以达到10km,足以对地面车辆和步兵发动的攻击提供有效的早期预警。它们不易被对方发现,能在距目标100m的范围内工作,可以提供十分清晰的可视图像。由于机身轻,翼

载小,无需使用网或降落伞便可回收。

小型无人机最明显的用途有:侦察、监视、生化武器探测、边境巡逻、执法行动、电视新闻采集等。其研制周期一般都不到一年。随着商用成品技术的进步,小型无人机将会以更快的速度发展并不断扩展其在军、民两个领域的用途。

### 二、美国的小型无人机

#### 1. “指针”(FQM-151 Pointer)

“指针”由AeroVironment公司研制生产。其系统包括两架无人机和一个地面控制站,分别装在2个重22kg的背包里,由二人携带,用于野外侦察。

“指针”无人机长1.83m,翼展2.8m,重3.8kg,有效载荷900g,航程10km,续航时间90min。它由一台300W电动机提供动力,可携带一个红外或昼用光电传感器,还可像模型滑翔机一样回收。因为它的尾翼面可以大幅度上偏,迫使飞机深度

(4) 提高空间导航信号的可靠性和安全性,一旦卫星出现故障或信号超差,报警时间由30min缩短为1min。

(5) 卫星上增加一个3m的可控制的L波段天线,增加天线增益20dB,加装“PS空间时间干扰接收机”,大幅度提高抗干扰能力。

(6) 改善卫星之间的通信链路,卫星信号采用点波束,可控制的高功

率点波束照射地球的某一区域,使该区域GPS接收机的信号功率大大增加。

(7) 采用射频干扰检测、前端滤波、环码和载波环跟踪增强、窄带干扰处理以及模块化等技术,提高抗干扰能力等。

#### 参考文献

1 崔志,欧美.关于促进、提供和使用

伽利略与GPS星基导航系统及其相关应用的协议.卫星应用简报,2005,(5)

2 刘晓平,王晓迪.GPS新近发展及其军事应用.测绘科学与工程,2005(9)

3 闻新,杨嘉伟.军用卫星的发展趋势分析.现代防御技术,2002(8)

4 韩世杰.GPS导航技术的新进展.国际航空,2002,(1)

失速,然后平稳着陆。1995年,该机加装了GPS传感器,2000年开始采用一个更小的地面控制站。

在阿富汗战争和伊拉克战争中,“指针”小型无人机在特种作战司令部下属的各小分队得到广泛使用。AeroVironment公司目前正在研制“指针”的升级型——Puma。它与“指针”的尺寸相同,但略为重一点(重4.6kg),续航时间(4h)也长得多,可同时携带光电和红外摄像机。

## 2. “渡鸦”(Raven)

1999年,美国陆军评估了“指针”小型无人机在城市地形军事行动中的用途,认为其尺寸太大,不适用。因此AeroVironment公司又演示了一种更小的“指针”无人机,命名为“闪光”(Flashlite)。该机配有一个体积更小的地面控制站,在此基础上诞生了一个新的演示项目——“探路者”(Pathfinder)。经进一步改进后,设计出用于批生产的机型,命名为RQ-11A“渡鸦”(Raven)。该机于2003年完成试验,同年9月在阿富汗部署。“渡鸦”是目前世界上生产数量最多的小型无人机,已有1000多架交付美国陆军及其他用户。

“渡鸦”机长1.1m,翼展1.3m,重2.3kg,最大飞行高度300m,飞行速度60~90km/h,航程10km,续航时间75min,有效载荷200g。“渡鸦”和“指针”采用的飞行控制系统相同。这两种飞机在作战使用时的区别是:“指针”携带的传感器优于“渡鸦”。不过“渡鸦”主要用于城市地形军事行动,它可以飞到距目标较近的地方而不会被发现,所以是否有高性能的传感器已无关紧要。“渡鸦”采用玻璃纤维机身,外翼可减小

冲击力,从而可以减少损伤。每架飞机都配有备用机身和发动机部件。该机可在10min内作好使用准备,可直接起飞,通过GPS航路点自主执行飞行任务,操作人员只需按一下命令按钮,就可使其返回发射点,着陆安全性优于“指针”。

“渡鸦”(Raven)无人机的后继型是“小型无人机”(SUAV),小型无人机项目的主要要求是:两人携带,手掷发射,续航时间90min。

## 3. “龙眼”(Dragon Eye)

“龙眼”无人机也是AeroVironment公司的产品,用于战损评估、部队保护和威胁探测,于2004年开始由美国海军陆战队在伊拉克投入使用。其尺寸与“渡鸦”大致相同,但形状不同。“龙眼”有一个较宽的矩形机翼,两个牵引式螺旋桨,三个可互换的摄像机(昼用光电、低光电视和红外),无独立的尾翼。“龙眼”用玻璃纤维和凯芙拉纤维材料制成,机长0.91m,翼展1.14m,重2.7kg,速度65km/h,升限300m,航程10km,最大续航时间约为60min,用手掷或橡皮筋弹射发射,隐身性好,可超低空飞行。每个“龙眼”系统包括3架无人机和一个重4.5kg的地面控制站。地面控制站有一个膝上电脑,可将航路点编入“龙眼”的GPS导航系统,还有一个触屏装置,操作人员戴上目镜后可以看到图像。对操作人员培训只需5天时间。

美国海军陆战队武器实验室正支持研发Block 1“龙眼”。该机增大了续航时间,采用一架装有可变焦距透镜的昼-夜红外摄像机,提高了通信能力。美国海军陆战队已决定在2008年之前将“龙眼”部署到陆战队每一个作战连队。

## 4. “沙漠鹰”(Desert Hawk)

“沙漠鹰”是在“军队保护机载侦察系统”(FPASS)项目下开发的小型无人机系统,具有自主侦察和监视能力,由洛克希德·马丁公司生产,被美国空军用作航空基地防御系统的一部分。

“沙漠鹰”用聚丙烯材料制成,重3.2kg,翼展1.2m,续航时间为60min。它可携带一个全景光电摄像机或一个固定红外传感器,可通过使用预编程GPS航路点自主完成任务。每个“沙漠鹰”系统包括6架无人机、一个便携式地面控制站、一个远距离视频终端和野外维修组件。美国空军已部署了20套“沙漠鹰”系统,用于扫描车队行驶的道路,为武器回收小组提供空中安全保障,同时也为周边提供安全保障。“沙漠鹰”的后继型——“EPASS-2”由L-3通信公司负责研制。

## 5. “微型无人机”(MAV)

“微型无人机”由霍尼韦尔公司防御和空间电子系统部研制。该机别具一格,具有垂直起降(VTOL)功能,可在目标上方“悬停和凝视”,可在城市的高楼间机动飞行。

“微型无人机”的直径为33cm,中间有一个函道风扇,两侧的吊舱装有用于飞行控制的航空电子设备和传感器。续航时间为45min。其最关键的一点是在一个结构紧凑、反应快速、价格便宜的飞行控制系统内采用了微机电技术,因而可以在盘旋和前飞时保持稳定。

由于垂直起降飞行器需要的动力较大,电池无法提供,最初的过渡型“微型无人机”(T-MAV)由一台3kW的汽油发动机提供动力。过渡型无法达到系统要求的设计性能,只

用于战术开发研究。

霍尼韦尔公司计划从三种发动机中选择一种,用于采用柴油发动机的“微型飞行器”——D-MAV。该型机具有较高的性能,使用的燃油为JP-8。计划从2006年中期开始交付25套D-MAV系统(其中包括50架无人机),这些系统将在夏威夷和佐治亚州的本宁堡进行使用试验。

据称“微型飞行器”可以迅速飞至建筑物的侧面或穿过树叶继续飞行。装有活塞发动机的无人机显然会存在噪声问题,但霍尼韦尔公司说,由于采用适当的风扇速度、涵道设计和消声器技术,已使噪声在100m的距离时降至60dB,在有背景噪声的情况下,飞机发动机的噪声一般都听不见。“微型飞行器”可自主飞行。机上最多可存贮10min的图像,因此可以将其派遣到通信链无法到达的地方,让它将拍摄的图像带回。

#### 6. “静眼”(SilentEyes)

“静眼”无人机是美国雷神公司研制的一种空中发射、可执行多种任务的一次性使用飞行器,主要用于在距目标更近的地方探测目标。

“静眼”无人机是在“沙漠风暴”军事行动中,在对轰炸效果评定(BDA)遇到困难之后产生的。它是一种无动力的金属滑翔机,重量只有3.6kg,机长0.5m,翼展0.7m,巡航速度148~185km/h,可携带一个小型的红外或光电传感器,传感器装在万向支架内。该机通过GPS导航自主滑翔到目标,落地之前,可通过获取空射武器攻击以前、攻击过程中和以后的近实时图像,提供战损评估。由于美国空军拒绝使用需占用外挂架的系统,而该机的设计尺寸正好适合装入雷神公司ALE-50

拖曳诱饵弹使用的双管投放器内。投放器位于外挂架的后半部分,不会影响外挂架的负载能力。

“静眼”无人机于2003年9月~2004年6月完成了演示,最后还从MQ-9“捕食者B”无人机上进行了投放试验。该机投放后,成功地获取了目标图像,并使用雷神公司的MicroLight数据链将图像发送给“捕食者”。然后由“捕食者”将这些图像发送到地面站。

### 三、以色列的小型无人机

#### 1. “云雀”(Skylark)

“云雀”无人机由以色列埃尔比特(Elbit)公司研制生产,2004年被以色列陆军选用。它基本上是一种常规小型无人机,机长2.2m,翼展2.4m,重5.5kg,航程10km,巡航速度37~74km/h,续航时间2h。该机用手掷发射,借助于一个可重复使用的空气囊着陆,空气囊在飞机下降过程中被一小型电风扇吹胀。它还可以在深度失速的状态下着陆。“云雀”带有一个完全稳定的光电有效载荷,具有10:1光学变焦能力。这一特性在其他小型无人机上极为罕见,它使“云雀”能够飞近目标并在其上方悬停,出色地完成侦察任务。

“云雀”小型无人机采用万向架支撑的位标器和飞行器使用的导航系统,具有锁定地面目标的能力。操作人员通过向无人机下达一些简单的命令操纵无人机。这些命令包括:“看这里”、“看那里”、“飞向目标”、“离开目标”、“锁定”、“搜索”等。

#### 2. “海鸥”(Seagull)

“海鸥”是埃尔比特公司仍在研制另一种小型无人机。该机重4.5kg,采用折叠飞翼设计,可从安装在车、船或飞机上的发射管发射,航

程10km,巡航速度37~74km/h,续航时间为4h。“海鸥”为一次性使用无人机,携带的传感器没有“云雀”无人机的复杂。

#### 3. “天光”(SkyLite)

以色列的拉菲尔公司(Rafael)已开发出“天光”无人机。该机于2004年初进行了试验,并正在竞标以色列国防军的另一项目,计划于2006年初具备初始作战能力。

“天光”重6kg,直径12cm,经过优化,适于城市作战,可借助于一个小型助推器从发射管发射。其优点是:操作人员可在隐蔽处控制发射,不必在旷野中站立或奔跑;其尺寸略大于手掷发射无人机,这就允许它携带续航飞行1h所需的电池。拉菲尔公司还可提供4~5h续航飞行所需的活塞发动机。

像雷神公司一样,拉菲尔公司利用自己的导弹技术在“天光”无人机的头部安装了一个二轴框架稳定的寻的器。这也是小型无人机市场上唯一的一种双波段昼用+红外寻的器(dual-band day-plus-IR seeker)。该寻的器采用了拉菲尔公司在空地反坦克导弹中使用的技术。“天光”无人机可以用其传感器锁定目标并在目标被烟雾或障碍物遮蔽时重新捕获目标。

拉菲尔公司在开发“天光”无人机的数据链时,考虑到巷战时视线容易受阻,因而使用了高功率数字信号处理技术。公司声称,即使发射机在一座大楼内四处移动,也能与数据链保持联系。“天光”于2004年2月成功地进行了飞行试验,目前处于最后发展阶段。

#### 4. “鸟眼”(Bird Eye)

“鸟眼”是以色列飞机工业公司

# 用于激光雷达的激光器辐射源技术进展

## Development of Laser Source Technology for Radar

□ 电子工程学院 马超杰 吴 丹 刘正清

**摘要:**介绍了用于激光雷达的多种激光器辐射源:CO<sub>2</sub>激光器、二极管泵浦固体激光器、二极管激光器以及光纤激光器的技术进展,探索了它们未来的发展方向。

**关键词:**激光器 辐射源 激光雷达

**结**合激光技术与雷达技术的激光雷达具有许多独特的优点。激光雷达具有极高的空间分辨率,能够对目标的回波强度、距离、速度等特征进行多次精确测量,可以获得目标的多种实时三维图像(如强度像、距离像、多普勒像等)。采用激光成像雷达同多种战场侦察传感器进行数据融合大大优于其他被动式光电传感器及无线电雷达,因而激光雷达的研制和性能优化是武器重

点发展的方向。

从激光器辐射源的工作原理角度来看,目前的激光器主要分为CO<sub>2</sub>激光器、二极管泵浦固体激光器、二极管激光器以及光纤激光器四类,其中具有可调谐性能的激光器为多波段激光雷达提供了基础,广泛地应用于激光雷达系统。

### 一、CO<sub>2</sub> 激光器

#### 1. CO<sub>2</sub> 激光器的优点

CO<sub>2</sub> 激光器在应用方面具有许

多优点:

由于CO<sub>2</sub>激光相干性好,便于采用外差探测,理论和实验证明,在没有起伏的单脉冲情况下,外差探测的灵敏度比直接探测高80倍;

CO<sub>2</sub>激光具有波段优势,工作波长10.6μm恰好处于大气长波红外窗口范围(8~14μm),受环境因素的影响较小,可以全天候工作;

在能见度低的恶劣战场条件(烟尘、烟雾、雨天、人工烟雾等)下,其透明度大大高于1.06μm固体Nd<sup>3+</sup>:YAG激光器;

在战场条件下,传输10km时,10.6μm激光传输衰减比1.06μm激光低20dB;

CO<sub>2</sub>激光可对散射截面小的弱目标尤其是红外隐身目标进行有效

(IAI)正在研制的小型无人机系列,该系列主要有三种型号:“鸟眼”100、“鸟眼”400和“鸟眼”500。他们的机长分别为0.80m、0.80m和1.56m;翼展分别为0.85m、2m和1.2m;重量分别为1.3kg、4.1kg和7.5kg;航程分别为5km、15km和10km;有效载荷从100g到1kg,最大续航时间为100min。“鸟眼”有一个与众不同的特性,即在倒飞姿态时可以恢复深度失速以保护有效载荷免受损坏。“鸟眼”系列主要用于炮兵和特种部队,

但IAI公司及其销售商正在将它们作为民用无人机推销。

### 四、小型无人机相关技术发展动态

Tadiran Spectralink公司声称已为“云雀”及类似的系统开发出当今最先进的小型无人机数据链。该数据链重仅120g,用于近距工作,最大工作距离为10km。系统采用了跳频(frequency hopping)和前向纠错(forward error correction)技术。地面站重

1.5kg,配有两根天线,间距为60cm,在多路径和有回波的情况下仍具有良好的鲁棒稳定性。

Tadiran公司为无人机用户提供的另一个新系统是“战场上使用的视频接收机和显示器”(V-RAMBO)。它包括一个可以装入上衣口袋内的接收机、电池和一根与戴在手腕上的液晶显示屏连接的天线,显示屏使士兵不用动手就能看到无人机发送的图像。该公司还生产地面战车和直升机上使用的无人机接收机。 ■