

美国无人机的光电载荷与发展分析

王方玉

(空军驻京津地区军事代表室,辽宁 锦州 121000)

摘要:介绍了美国无人机光电载荷的发展历程以及装备的研制、改进情况,指出了在现代战争中发展无人机的优势和重要性,重点探讨了几种无人机的性能及其特点,最后论述了美国无人机的光电载荷与发展分析。

关键词:无人机;光电载荷;发展分析

中图分类号:TN97 **文献标识码:**A

Electric-optic Load and Development Analysis of the American UAV

WANG Fang-yu

(Resident Representative Office of Air Force in Beijing-Tianjing, Jin zhou 121000, China)

Abstract: The process of development of the American UAV and equipments in all countries over the world and its modification are described. The technique performance and properties of several UAV theate seekers are analyzed; and the electric-optic load and development analysis of the American UAV.

Key words: UAV; electric-optic load; development analysis

1 引言

无人机采用先进的光电有效载荷,完成任务的能力将得到增强并最大限度地实现战场数字化,以提高其他武器系统的效能。本文就美国无人机的光电/红外传感器、红外传感器转塔、发展分析等,作进一步的研究和探讨^[1]。

2 光电/红外传感器

无人机的光电/红外传感器,主要包括:可见光传感器和红外光电传感器^[2]。

可见光传感器的功能是光电成像,即将目标入射光子转变成对应像元的电子输出,最终形成目标的可见波段图像。目前最常用的器件是 CCD 和 CMOS。CCD 技术成熟,性能稳定,CMOS 出现较晚,但由于功耗低等优点发展很快。

可见光传感器的主要性能指标:有效像元数、量子效率及其频段分布、最高帧频、读出噪声、热噪声等。

红外光电传感器的功能是红外波段的光电成像,即将目标入射的红外辐射(热辐射),转变成对应像元的电子输出,最终形成目标的热辐射图像。

红外光电传感器的主要性能指标:有效像元数、噪声等效温差(NETD)、工作温度和制冷方式、最高帧频、读出噪声、阵列均匀性和非线性误差。

例如,美国英迪戈系统公司的 UL3 红外摄像机,采用 160×120 微测辐射热计探测器阵列,使用 F1.6 镜头,可以获得优于 80mK 的灵敏度。包括光学系统在内,摄像机质量不到 200g,需要的容积不超过 50cm^3 ,需要功率约 1W。摄像机输出模拟视频和 14 比特数字信号。在“龙眼”无人机上可安装两台 70g 的摄像机和一台 UL3 红外摄像机,动力系统能够维持 39min 的飞行时间,拍摄时距离目标很近,

作者简介:王方玉(1964-),男,本科,工程师,研究方向为电子技术。

收稿日期:2007-10-01;**修订日期:**2007-11-01

能够获得很清晰的影像。

“影子”200 战术无人机,在头部安装球形转塔,容纳多种光电/红外任务载荷,如1台或2台昼用光电摄像机、夜用红外摄像机以及一种或几种激光传感器(如测距机或目标指示器),并利用常平架和小型惯性测量装置,控制传感器向上、向下摆动和360°旋转,实现稳定拍摄和精确的目标定位。美国的POP 200 插接式光电载荷、U-MOSP 无人机多任务光电稳定载荷、MX-15 多光谱目标捕获转塔等,都是比较有代表性的产品。

“影子”200 装载的POP 200 插接式光电载荷是能昼夜工作的组件式稳定光电传感器系统,使用可互换的插接式传感器部件。标准传感器部件有热像仪、彩色 CCD、自动视频跟踪器和激光瞄准器。为满足不同的作战需求,传感器组件可以快速更换。POP 200 重15.8kg,直径264mm,高381mm,探测距离3km。

“影子”200 加装改进型光电/红外传感器。例如,索尼公司的 CCD 电视摄像机、BAE 系统公司的前视红外系统和激光测距机/光斑跟踪器。前视红外系统的热像仪采用640×480 碲化铋焦平面阵列,视场为20°~2°,能以1000°/s的速度旋转,稳定精度为5~10μrad。

“改进型响蚊”(I-GNAT)无人机安装的MX-15 型多光谱目标捕获转塔尺寸为381mm,最多携有4种类型(光电变焦和定点摄像机、红外变焦摄像机、激光指示器和激光照明器)的6种传感器。摄像机的分辨率较高,光电变焦摄像机有宽、中和窄3种视场。地面的操纵员可以利用定点摄像机,得到极窄的视场。红外变焦摄像机有宽、中、窄、极窄4种视场。传感器是共轴的,以便操纵员从一个摄像机变换到另一个摄像机时,可以观看同一个目标区域。摄像机上安装了固体光纤陀螺,可以提供高的稳定性和目标定位精度。

旋翼式RQ-8B“火力侦察兵”战术无人机采用重91kg的U-MOSP多任务光电稳定任务载荷。U-MOSP的传感器包括热像仪、电视摄像机、激光测距机和指示器。高分辨率3~5μm 碲化铋热像仪有3种视场(13.5°~0.75°)。电视摄像机可以连续变焦,具有类似的视场。

对于未来作战系统(FCS)无人机,美国陆军计划研制新型具备激光测距和激光指示功能的光电/红外传感器。图像由系统收集并在无人机外进行预处理,并由陆军分布式通用地面系统处理部件

进行处理,系统还将对收集、处理和分析的战术数据进行综合。

由于载荷质量的限制,现在用于最小微型无人机的可变传感器是小型视频照相机。EADS公司研制的微型无人机质量约500g,携带50g重512×582像素照相机,如此轻的无人机携带红外传感器并非易事,因此红外传感器的质量大大减小了。被称为“欧米茄”的红外照相机已开始在美陆军“乌鸦”无人机和海军陆战队“龙眼”无人机上服役。

3 光电传感器转塔

无人机光电传感器转塔由有人驾驶飞机和直升机的转塔发展而来。美国的无人机转塔系统通常包含4~7种传感器,例如用于飞行控制、监视、侦察的昼用相机系统;用于夜间飞行控制以及目标探测的红外热像仪;用于获取目标信息的激光测距仪、激光照射系统;较大型无人机的转塔系统还有体积、质量、耗能较大的激光目标指示系统,可引导激光制导武器实施攻击^[3]。

美国无人机的光电转塔主要有:Ultra 8500 XR转塔;Safire 系列转塔;MX 系列转塔;MIS 系列转塔;雷声公司系列光电/红外转塔;MTS-A 型转塔;“乌鸦眼II”转塔等详见表1。

4 装备概况

目前,美国无人机的光电载荷技术发展的很快,无人机不但飞行距离远、飞行高度大、续航时间长、通信传输速率快、机载设备及飞行控制技术先进,而且,还具有主动攻击和隐身能力等。主要有装备有:RQ-1“捕食者”无人机;“全球鹰”无人机;“影子”无人机;MQ-9 无人机;X-47B 无人机等^[4],详见表2。

5 发展分析

目前,美国无人机光电载荷主要向高分辨、多(宽)谱段、体积小、质量轻、功耗低、寿命长、可靠性高、耐冲击强等方向发展。其关键技术,主要包括:高清晰度电视、焦平面阵列、传感器、多/超光谱、大容量数据存储、光探测与测距技术等^[5]。

(1)高清晰度电视。高清晰度电视视频技术,已成为美国防部战术需求和中高空长航时无人机用视频体系的工业标准模式。高清晰度电视视频是从原先的隔行扫描到现在的逐行扫描和图像处理,即对整个场景进行扫描的同时可以同步成像。逐行扫描消除了不断的图像斜纹,成为先进视频处理技术的基础。

(2)焦平面阵列。焦平面阵列技术,使无人机的数码摄影达到了兆位像素数。多光谱数字聚焦阵

表 1 美国无人机光电转塔情况

光电传感器转塔	传感器	装备概况	体积,质量
Ultra 8500 XR 转塔	包括红外热像仪,采用 320 × 240 阵元的高敏感中波红外焦平面阵列	美军“影子 400”和“影子 600”无人机	直径 22.9cm,高 34.3cm,重13.1kg
Safire 系列转塔	包括红外相机、彩色变焦相机、高分辨彩色侦察相机(能穿透薄雾)、激光照射装置、激光测距仪。采用红外成像器件 640 × 480 阵元的大型中波红外焦平面阵列	“火力侦察兵”无人直升机;“鹰眼”无人机	直径为 40.6cm,重 54.43kg
MX 系列转塔	包括彩色变焦相机、配备超长焦距镜头的彩色或单色侦察相机、红外变焦相机、激光测距仪、激光照射装置。其中红外摄像机有宽、中、窄、超窄 4 种视场,彩色变焦相机有宽、中、窄 3 种视场	美国海军 P - 3C 海上巡逻机;C - 130 侦察机;HU - 25“猎鹰”飞机	MX - 15D 型是直径 15in (38.1cm) 级转塔中,光电/红外识别距离最远的。还有形体更紧凑的 MX - 12 型转塔,直径 30.5cm,质量 24kg
MIS 系列转塔	系统把拍摄的 30 万像素 (640 × 480) 红外图像和可见光图像进行信噪比分析,然后选择两幅图像中最清晰的像素叠加生成一幅图像,处理过程完全自动化	“捕食者 B”无人机	直径 53.9cm,质量 103.5kg
雷声公司系列光电/红外转塔	包括 AN/AAS - 44、- 49 和 - 51。AAS - 44 (V) 转塔采用有 3 个视场的第二代前视红外系统、图像增强处理技术、电子变焦机构、多模自动视频跟踪器和直升机一艘船数据链路的数字视频接口	装备在“捕食者”无人机和其他平台上	
MTS - A 型转塔	可在防区外使激光斑打在目标上	“捕食者”B 无人机	
“乌鸦眼 II”转塔	转塔内装有昼用多通道传感器和高清晰度摄像机	美国陆军的增程/多用途无人机;MQ - 9“捕食者”B 无人机	

表 2 美国无人机的光电装备情况

无人机	光电载荷	主要性能
“捕食者”RQ - 1	RQ - 1“捕食者”的光电载荷为 L - 3 WESCAM Model 14 传感器转塔系列,可昼/夜工作	高分辨力、变焦距 TVCamera;955mm 焦距双色远程 CCD 测位仪;3 ~ 5μm PtSi 或 InSb 多视场热像仪;人眼安全激光测距仪
“全球鹰”无人机	“全球鹰”可同时携带光电、红外传感系统和合成孔径雷达。雷声公司研制的“全球鹰”改进型综合传感器,具有合成孔径雷达和光纤传感器的双重功能的改进型传感器 (EISS) 将比现有的传感器 (ISS) 的性能提高 50%	光学系统:焦距 1750mm,口径 280mm;质量 (含 X 波段 3.5kW 雷达):402kg,EO/IR,220lbs;电源:28V,582W 三代红外传感器,工作波段 3.6 ~ 5μm, FPA: InSb 480 × 640;视场 5.5 × 7.3mrad,像元视场 11.4μrad; CCD 相机:工作波段 0.4 ~ 0.8μm,像元数 1024 × 1024;阵列视场 5.1 × 5.2mrad,像元视场 5.1μrad; 搜索能力:宽域搜索模式 138000km ² /d;点照明方式 1900 (2km × 2km) spots/d; 几何精度:20m CEP;稳定性:3mrad
“影子”无人机	“影子”无人机的 L - 3 WESCAM Model 11 - SST 步进 - 凝视转塔	传感器:1) 三视场热象仪, FPA: InSb 640 × 512,3 ~ 5μm,斯特林循环制冷;大视场 28.7° × 21.7° (f = 35mm);中视场 8.9° × 6.7° (f = 115mm);小视场 2.2° × 1.7° (f = 460mm); 2) 彩色变焦 CCD,逐行扫描,16bits,IEEE1394 接口;14 倍变焦,视场 28.5° × 21.4° (f = 11.5mm);视场 2.2° × 1.7° (f = 150mm); 3) 人眼安全激光测距仪 (可选),Er:玻璃,1.54μm;重复频率 1Hz;测量范围 8Km;测量精度 ± 5m; 4) 激光测距/指示器 (可选),二极管激光器,1.064/1.54μm 双频;重复频率 1 ~ 20Hz
MQ - 9 无人机	系统中的 UAV 可利用自身的传感器跟踪目标,然后利用所搭载的轻型空 - 地导弹和制导炸弹进行攻击,或将瞄准信息传输给其他攻击平台	MQ - 9 机长 36ft (11m),机高 12.5ft (3.81m),翼展 66ft (20.1m),有效载荷 (油、弹) 3750lb (1701kg),作战半径 1655n mile (3065km)。该机目前使用的传感器是美国雷声公司的“多光谱瞄准系统” - B (MTS - B),以及一台合成孔径雷达和一台激光测距仪/目标指示器
X - 47B 无人机	主要用于执行侦察、监视和突破新一代防空系统等任务。该机的最大航程约为 3000km,战斗载荷为 1800kg	X - 47B 在机体设计上采用了大量最先进的隐身技术,具有非常出色的隐蔽攻击能量。其装备的主要武器系统为 JDAM 可修正式航弹,能够对点目标实施精确打击

列技术显著提高了数据链路信息的质量,并消除了由于重复的模拟-数字-模拟转化而导致的图像质量降低。

(3) 传感器。传感器的自主控制/自我提示技术,是无人机的一个重要特征就是续航时间长,一般能够单机持续 24h 的战场监视。大量的图像/信号处理和网络技术的共同发展将实现传感器工作的自动化,趋势是利用图像智能处理技术减轻人的负担。

(4) 多/超光谱。多/超光谱成像技术,是利用全色传感器对目标进行原图像提取,使其能从图像中获取更准确信息的重要技术手段。超光谱成像技术可以用于探测和识别生化战微粒,还可以通过气溶胶云层的被动超光谱成像从而对非传统攻击预警。此外,超光谱成像技术还提供了一种很好的反敌方伪装、隐蔽和欺骗的能力。

(5) 大容量数字存储。大容量数据存储技术,是千兆字节的机载传感器存储器将成为有人和无人侦察平台传感器数据的发展目标。

(6) 光探测与测距成像。光探测与测距成像技术,是利用激光束高空间分辨力成像的特征,对低观测性目标进行探测和识别。使用主动激光探测与距离选通技术,可用于昏暗区域的成像。在中等云层、

尘土飞扬和烟雾环境下,通过使用精确的短脉冲激光,捕获反射回来的光子以成像。还可实现夜间低能见度的高分辨力成像。使图像更加清晰,作用距离更远。

6 结束语

随着多光谱,超光谱相机、簇叶穿透雷达、超宽带雷达、信号情报传感器,化学战剂探测器和地雷探测器等专用的传感器的研制开发,使得无人机光电载荷更具完善,不但能用无人机去侦察、预警,还能主动攻击目标。在现代化战争或局部战争中,无人机,必将充当越来越重要的角色。

参考文献:

- [1] 秦明,朱会,李国强. 军用无人机的的发展趋势[J]. 飞航导弹,2007,6:36-38.
- [2] 杨英. 无人机的侦察、监视用有效载荷现况与发展动向[J]. 飞航导弹;2007,1:38-41.
- [3] 耕耘. 美国探索未来无人战斗机设计[J]. 应用光学,2006,3:191-192.
- [4] 章映. 无人战斗机即将投入战场[J]. 国防科技动态,2005,4:40-44.
- [5] 韩冰. 战术无人机的任务载荷与发展分析[J]. 舰船电子工程,2007,27(3):31-35.

(上接第310页)

资源相匹配。一般来说,使用无源干扰只要求概略定向;使用激光角度欺骗干扰要求有中等精度的方位角分辨;使用激光武器进行压制干扰则要求有很高的定向精度,方位、俯仰角分辨达 1mrad。不过当前武器平台使用的对抗手段主要是烟幕、箔条和角度欺骗,因此,激光告警主流装备的性能,特别是方向分辨是和对抗资源相匹配的。但随着战术激光武器这种有源对抗措施的广泛应用,今后对精确定向激光告警器的呼声将日益高涨。

激光告警装备还要有良好的成本/效能。用户要根据实际所面临的威胁环境和打算投入的资金,来保卫自己的武器平台,来确定最主要的性能要求。目前主流产品的波长覆盖只有个别的包括了 8~12 μ m 长波红外,正是这个缘故。

为了适应不同用户对激光告警装备的不同性能需求,激光告警装备的小型化和功能模块化将会日渐流行。告警系统将有一个基本型配置,另提供一些功能模块,比如,可以有波长扩展型探测头、波长识别模块和激光武器识别模块等,给用户选择,以便用户实现自己所需要的各种扩展功能。

参考文献:

- [1] Jane's Information Group Inc. Jane's electro-optic systems [M]. London,2005-2006.
- [2] Jane's Information Group Inc. Jane's Avionics [M]. London,2005-2006.
- [3] 简莉. 国外光电对抗器材手册 [M]. 北京:中国兵器工业第210研究所,1998.
- [4] 周立伟,刘玉岩. 目标探测与识别 [M]. 北京:北京理工大学出版社,2002:337.
- [5] 魏光辉,杨培根,等. 激光技术在兵器工业中的应用 [M]. 北京:兵器工业出版社,1995:198.
- [6] Accetta J S, Shumaker D L. The infrared and electro-optical systems handbook [M]. Bellingham: Copublished by Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor. MI and SPIE Optical Engineering Press, 1993, 7: 116.
- [7] 张锦. 武器平台面临的激光威胁及其防护 [J]. 激光与红外,2006,36(7):521-524.
- [8] 《世界制导兵器手册》编辑部. 世界制导兵器手册 [M]. 北京:兵器工业出版社,1996.
- [9] 童忠诚. 激光有源干扰信号的发射方式研究 [J]. 光电技术应用,2006,21(6):1-3.