

无人飞行器光电平台及跟踪系统的 研究现状

高文^{1,2}, 朱明^{1*}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;
2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 介绍了无人飞行器光电平台的发展历史及应用背景, 简要说明了其工作原理和系统组成, 分析了该系统的国内外发展现状; 对其关键载荷跟踪系统及几个比较典型的、具有先进水平的跟踪系统的项目进行了简要阐述; 概括了无人飞行器光电平台及跟踪系统的任务需求及不足之处, 并对无人飞行器光电平台及跟踪系统的发展趋势进行了分析。

关键词: 无人驾驶飞行器; 光电平台; 目标跟踪; 光电载荷

中图分类号: V279 文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI20112807.0033

Actuality of Photoelectricity Platform and Tracking System for UAV

GAO Wen^{1,2}, ZHU Ming^{1*}

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: In this paper, we expatiated the development history and application background of the photoelectricity platform on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) firstly, illuminated the work principle and basic framework, and then analysed its domestic and foreign development status. Afterwards, we explained the key load tracking system briefly, and listed several typical tracking system projects. In the end of the paper, we expounded the task requirements and shortages of the UAV photoelectricity platform, moreover predicted the future evolution trend of them.

Keywords: UAV; photoelectricity platform; target tracking; photoelectricity load

*基金项目: 中国科学院二期创新基金资助项目 (No.C50Top2)

1 引言

航空侦察起源于18世纪末,当时用气球进行目视侦察。19世纪50年代开始出现了航空照相,那时人们试图用风筝、气球(1858年)将照相机带到空中对地面拍摄,绘制地形图,这也成为机载平台最早的雏形^[1-3]。

1911年底至1912年初,意大利首先用飞机进行了目视和照相侦察。1915年末开始有专用的航空摄影机用于航空侦察。在一战中期,战争情况发生了很大变化,作战纵深增大,军队的技术装备有了很大改进,双方对重要的军事目标也都采用了伪装措施。这时,地面侦察和空中目视侦察已不能满足需要,于是空中照相侦察被提到了重要的地位,飞机

逐渐成为航空侦察的主要工具。在第二次世界大战中,主要交战国以飞机照相侦察为主,航空相机成为机载平台的一种^[4-6]。

二战后,航空相机这种机载平台虽然有非常重要的军事价值,但由于其不能实时判读,不能满足战场实时性的要求,人们开始开发新型的机载光电平台,其目的是可以实时地给指挥员提供战场情况,从而根据战场情况做出新的判断。

随着遥感等科学技术的进步,机载光电平台已经由单一的光学照相向多光谱照相、红外成像、微波成像和可见光成像等多方面延伸。

现在,光电平台已经在很多方面有了应用^[7-10],如光电平台用于环境监测、资源调查、巡逻、视频转播、测绘、地质勘探、空间科学试验等等。



(a) 旱情监测 (b) 大气环境监测 (c) 森林资源调查 (d) 地质矿产资源调查 (e) 基础测绘 (f) 空间科学试验

图1 光电平台的应用

2 光电平台工作原理

光电平台是以光学为信息获取手段、以光电转换为技术基础、以动态图像为信息表述方式、以航空器为载体的光电成像测量平台。

“机载光电平台”^[11-12]由跟踪框架、电视摄像系统、中红外激光干扰系统、电视跟踪器、伺服控制系统组成,可以实现对空中或地面目标的捕获、跟踪和瞄准。光电载荷安装在稳定平台上,通过陀螺稳定平台隔离载机的振动,获得相对惯性空间稳定的平台空间,并且在控制指令的驱动下,实现光电载荷对目标的搜索、捕获、跟踪和定位。

工作原理是采用可见光(TV)和红外光成像传感器作为闭环控制系统的位置误差传感器,输出目标方位信息或外引导信息,由主控计算机或人工给出转动指令对目标区进行搜索。转塔与所载跟踪探测

器形成闭环跟踪后,将输出经过处理的目标方位和俯仰偏差变换成正比的控制信号,作用于陀螺仪的力矩器上。力矩电机输出与方位、俯仰误差成正比的控制力矩使光电探测器保持对目标的跟踪。此外,通过加入相应的传感器和采用一定的算法,吊舱还可以实现对目标的相对定位^[13-15]。定位方式有主动定位和被动定位两种。主动定位是用激光测距仪通过测量目标相对飞机的距离得到精确的目标相对位置和相对速度;被动定位是用电视/红外成像测量传感器平台测量目标的角度变化,得到粗略的目标距离。

3 无人机载光电平台的发展现状

3.1 国外机载光电瞄准吊舱的研究现状

世界上许多国家研制并装备的光电吊舱都选用前视红外FLIR(Forward looking infrared)和电视摄像机(Television camera),达到捕获和跟踪目标的目

的。红外相机可以向飞行座舱显示屏提供目标区的热成像图像，电视摄像机可增强在白天进行远程目标识别和武器投放的能力。

美国的第一代瞄准吊舱于 20 世纪 80 年代投入使用，例如美国空军 F-16、F-15E 所挂载的蓝盾 (LANTIRN)^[16-17]、海军 F/A-18 所挂载的夜鹰 (NIRE-HAWK) 吊舱，其中以蓝盾最为典型。而目前，最主要的瞄准吊舱分别是诺思罗普·格鲁曼公司的 Litening^[18-19] 吊舱、雷声公司 (Raytheon) 的 ATFLIR 吊舱以及洛克西德·马丁 (Lockheed Martin) 公司的 Sniper XR 吊舱。

(1) LANTIRN 吊舱

LANTIRN (Low altitude navigation and targeting infrared for night)，夜间低空导航和瞄准红外系统，翻译为“蓝盾”，飞行员能够借助它进行低空航行，瞄准目标，并投射激光制导炸弹和常规炸弹。如今，洛克希德·马丁公司还在生产 LANTIRN 及其衍生吊舱。2006 年，公司签署了 2 000 万美元的合同，为丹麦皇家空军生产 3 部全新的 LANTIRN 增程型 (ER) 瞄准吊舱，并对皇家空军现有的 13 部 LANTIRN 吊舱进行升级。

“蓝盾”吊舱适用于单座和双座飞机，其改进型“蓝盾”已成为通装军用设备。美国空、海军的现役战斗机及战斗轰炸机，如 F-16C、F-15E、F-14、F/A-18 等飞机上，均装上这套光电导航目标瞄准系统。



图 2 蓝盾吊舱及结构

(2) Litening 吊舱

Litening 瞄准吊舱是一种套装、多传感器激光目标指示和导航系统，它能使战斗机驾驶员探测、获取、跟踪和识别地面目标，以高精度度投放常规和

精确制导武器。

Litening II^[20-21] 是“精密瞄准系统”，在伊拉克的“北方监视”行动中，证明有这种吊舱的 F-16 战斗机有力地帮助了那些装备“蓝天”瞄准吊舱而不能分辨目标的飞机。在阿富汗战争中，装备 Litening-II 吊舱的 F-16 战斗机飞行员能发现地面人员用激光指示的目标或给其他飞机 (如 F/A-18) 机载瞄准系统提供精确瞄准信息。而 F/A-18 通过旧的瞄准系统却发现不了山区地形上的这些目标。

2006 年，美国诺斯罗普格鲁曼公司公布了开发第四代增强型 LITENINGAT 精确瞄准和传感器系统吊舱的计划，其改进包括：将使用最先进的 1 024×1 024 像素前视红外 (FUR) 传感器来提高在昼/夜条件下对目标的探测能力和识别范围；新型的双路数据链和其他网络能力将可以提高地面和空中部队的通信能力；新型传感器可以提高目标识别 (ID) 能力；其他先进目标识别验证功能。

目前，美国陆军和联盟国家已经订购了 500 多套 LITENING AT 吊舱系统，并且已经装备了 400 多套，是装备数量最多的先进目标捕获传感器系统。LITENING AT 可用于 AV-8B、A-10、B-52、F15E、F-16 和 F/A-18 飞机上。所有 LITENING 吊舱的总飞行时间已经超过了 70 万小时。LITENING 目标捕获系统现应用于美国空军的空中作战和空军储备司令部、空军国民警卫队和美国海军陆战队。

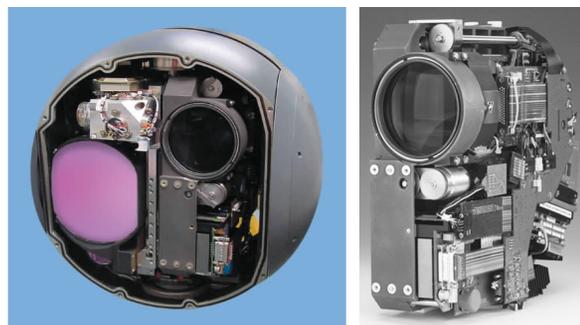


图 3 Litening 吊舱

(3) Bental275/400/800

Bental275/400/800^[22-23] 是由以色列研制的微型平台。



图4 以色列研制的微型平台

3.2 国内机载光电对抗稳定平台的研究现状

我国在机载侦察与测量技术研究及设备制造方面起步较晚,由于红外技术和电视技术比较落后,整个机载光电设备目前的发展水平落后于国外。空军空中侦察设备短缺,且多半为进口的老一代相机,机载测量站尚属空白。因此,大力发展机载光电跟踪测量系统具有十分重要的意义^[24-25]。

西安618所在90年代初期研制的机载陀螺稳定系统,稳定精度可以达到0.1 mrad;航空工业总公司第613所现正研制的某型号吊舱性能指标为:激光照射距离>10 km,测距距离15 km,稳定/跟踪系统的瞄准线稳定精度0.05 mrad,瞄准线跟踪精度0.4 mrad^[26]。

长春光学精密机械与物理研究所从80年代末开始机载吊舱和稳定平台的研制。研制的轻型陀螺稳定平台的稳定精度为0.3 mrad;研制的双轴稳定平台稳定精度97 μ rad,在保精度范围内,电视跟踪精度0.87 mrad,红外跟踪精度1.2 mrad^[27]。

图5为彼岸科仪有限公司自行研制的天眼2M型陀螺稳定红外/可见光机载吊舱系统^[12],其稳定精度为0.05 mrad,是专为空中巡逻设计的陀螺稳定系统,内置高性能的红外热像仪和可见光相机,通过可见光和红外线成像搜寻地面目标,可很方便地安装在不同的空中平台上,如固定翼飞机、直升机、无人机、动力伞等。

表1 微型平台的部分参数

	MicroBat275	MicroBat800
尺寸	70 mm	200 mm
重量 (可见光载荷)	350 g	1.5 kg
稳定精度	0.8 mrad	0.35 mrad
功耗	12 V, 7/14 W	12 V, 28/40 W
惯性器件	3陀螺, 1加速度计	2个陀螺
GPS	选装	选装
最大转速	$\geq 60^\circ/s$	$\geq 50^\circ/s$
视场角	$5^\circ\sim 46^\circ$	$5^\circ\sim 46^\circ$



图5 彼岸科仪有限公司的天眼

4 无人飞行器地面移动目标跟踪系统

自动跟踪系统由位置传感器、信号处理系统、伺服系统和跟踪架等部分组成。自动跟踪系统依据传感器不同分类:利用电磁波特性的称为无线电跟踪系统;利用光波特性的称为光学(光电)跟踪系统。

4.1 无线电跟踪系统

无线电跟踪系统依功能又分角度自动跟踪系统和距离自动跟踪系统。角度跟踪系统由发射系统、接收系统、伺服系统、数据处理和显示系统以及跟踪架等组成。距离跟踪系统全由电子和电气电路组成。

4.2 光学跟踪系统

光学跟踪系统由光学系统、探测器、信号处理系统、伺服系统和跟踪架等部分组成。高精度伺服系统一般采用直接耦合转矩电动机和高灵敏度测速机组合驱动。跟踪架有垂直(方位)轴和水平(俯

仰)轴。光学跟踪系统通常在红外光谱、可见光谱和紫外光谱工作。常用的有红外跟踪系统、激光跟踪系统和电视跟踪系统。

4.3 跟踪系统的研究进展及代表性项目

4.3.1 VSAM

1991年,卡内基梅隆大学机器人研究所在DARPA的资助下开始无人机项目,1996年研制出视觉引导自治直升机及用于导航和精确定位的视觉里程表,可以基于颜色和已知的外形对静止目标进行检测和跟踪。该无人机为Yamaha R50直升机,尺寸为2 655 mm×1 080 mm,有效载荷20 kg。其外形如图6所示。



图6 卡内基梅隆大学的无人机平台

在VSAM^[28]项目中,在以前基础上研究了跟踪算法,提出了选择性像素综合法,依靠小块包含大量状态变化信息的像素子集的选择综合,动态减少处理像素的数目,提高图像处理速率。他们的合作者萨诺夫公司研究了视频图像校正技术,提供稳定化的视野。该技术还用来估计目标中心误差,根据误差通过负反馈环控制摄像机的运动,保持摄像机中心在期望注视点。

在VSAM项目中,南加州大学主要负责地面移动目标自动跟踪系统中图像理解技术的研究。其载体采用Predator无人机,采样频率15 Hz。在实验中实时跟踪持续了1分16秒。图7为实时跟踪场景。

他们对地面移动目标的自动实时跟踪由5个步骤组成:首先配准两帧图像并计算几何变换进行图像稳定化,以补偿摄像机的运动;然后采用光流域



图7 南加州大学的跟踪场景

的法向成分检测移动物体并锁定跟踪目标;接着结合基于特征和基于亮度的跟踪方法,用属性图表描述移动目标的空间和时间信息;之后从图表里推断移动目标的动态模板并跟踪;最后通过搜索目标轨迹的最佳路径表示来自动提取所有移动目标的轨迹。

4.3.2 WITAS 无人飞行器项目研究

1997年,瑞典林雪平大学开始与其他大学和公司合作进行WITAS无人飞行器项目研究^[29],项目在2003年底结束。目的是发展全自动无人机应用系统,如交通监控和监视、紧急情况服务援助、摄影测绘和勘察等。该项目载体是Yamaha RMAX改进型直升机,尺寸为2 m×1 m,最大有效载荷30 kg。系统使用单应模型进行摄像机位置更新,用二元信息模板匹配快速跟踪。控制系统的核心是PC104主板,实现对直升机和摄像机系统的实时控制任务。图8所示为该项目无人机平台。

系统的软件体系分为3层:顶层的周密层规划任务使命和飞行路径、预测、记录识别,中层的反



图8 WITAS 无人机平台

应层包括直升机、摄像机和图像处理模块的控制器，底层的处理层是图像处理模块。

4.3.3 基于视觉的目标跟踪系统

1999年，法国奥尔良大学电子信号与图像实验室和CAC系统公司合作研究基于视觉的目标跟踪系统^[30]，并用CAC系统公司的HELIOT无人直升机跟踪卡车进行了试验。图9是试验的跟踪场景。

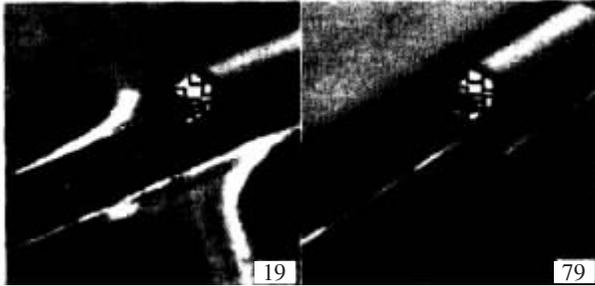


图9 法国奥尔良大学的跟踪场景

该系统采用可变形目标的多块跟踪技术。地面机是Pentium III 600 MHz，视频速率40 ms。跟踪时，首先人工引导无人机，当被跟踪目标出现在摄像机提供的图像里时，操作者迅速定义目标，相应区域立即在地面机上计算，数据传送到无人机上，摄像机即被置于自动控制。由机载系统控制无人机和摄像机，使被跟踪目标保持在图像中心。机载电子系统由3部分组成：第一部分是机载计算机，控制无人机航线、稳定和管理子系统，如GPS、陀螺仪；第二部分是TMS320C31浮点DSP芯片，进行图像处理，处理块匹配；第三部分是16位Cl67-family Siemens微控制器，读取和处理目标跟踪结果并控制二维摄像机的速度，使目标位置保持在图像中心。

4.3.4 基于人工标志的室内飞船视觉导航系统

1998年，巴西米纳斯吉拉斯联邦大学机器人与计算机视觉实验室开始研究无人机视觉跟踪系统^[31]。他们首先研究了基于人工标志的室内飞船视觉导航系统，系统示意图如图10所示。图像处理和命令由地面计算机产生，采用Pentium II 233 MHz计算机进行了试验，采样频率5 Hz。

系统跟踪标准目标来计算飞船在非结构化三维空间的位置和方位，再用这些数据进行姿态控制。

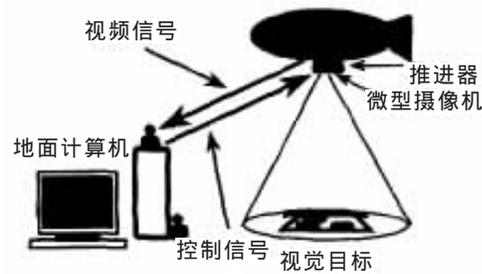


图10 巴西的飞船跟踪系统

他们使用闭值分割法搜索给定的目标标志，然后用轮廓跟踪法在预测窗口内进行跟踪。控制策略是假设摄像机的位置和方位在连续两帧中变化不大，而且假设姿态的变化率是常数。

5 无人飞行器光电平台及跟踪系统的任务需求及不足

5.1 任务需求

无人飞行器光电平台及跟踪系统的任务需求包括以下几方面：

- (1) 大的搜索范围；
- (2) 自主捕获远处目标；
- (3) 高度精确地跟踪多个目标；
- (4) 被动式距离估计；
- (5) 各种作战条件下相当低的虚警率；
- (6) 高清晰度的像质；
- (7) 与其他机载传感器和武器系统的集成。

5.2 不足

在国内外的现有研究中，无人飞行器地面移动目标跟踪系统的研究焦点集中在图像处理方面，主要是移动目标的检测和匹配方法、目标的空间位置计算和预测跟踪的算法。而摄像机自身运动只是运用图像处理方法，如仿射变形算法等进行补偿，补偿的范围很小，图像的稳定性差。摄像机的控制主要是采用有阈值的负反馈控制或开关控制，即采用图像处理得到的目标在前后几帧图像的相对位移差信号来进行视觉反馈，控制摄像机的旋转和俯仰角度。由于机载设备处理能力的限制，目标定位和跟踪的速度很慢，常常跟不上被跟踪对象移动的速度，

目标逃逸的可能性很大。实际上, 仅仅简单控制摄像机是远远不够的。因为飞行姿态严重影响摄像机的视野, 飞行器和机载摄像机的控制是耦合的, 摄像机的旋转和俯仰角度的控制要求非常精确, 角度稍有偏差, 目标就会丢失。因此, 要稳定跟踪目标, 需对摄像机自身运动和飞机飞行进行协调控制, 是十分复杂的, 需要采用更好的控制方法提高系统性能。

6 总结与展望

从整个机载光电平台一个多世纪的发展来看, 机载光电平台已有了很多突破性的成果, 对战术侦察、火力控制打击等发展都起到了巨大的推动作用, 在今后的研究发展中, 机载光电平台将在以下几个发面迅速发展:

(1) 在机器人共性技术的研究中, 仿人和仿生技术日益受到关注

人眼在运动时仍然可以跟踪注视运动中的物体, 而且图像清晰。若将类似人的眼球运动的控制系统用于无人飞行器上的摄像机云台控制, 使无人飞行器上的摄像机能够像人眼一样连续、平滑、清晰、稳定地跟踪地面移动目标, 这将使无人飞行器地面移动目标跟踪系统的性能产生质的飞跃。

(2) 机载光电平台系统数字化

机载光电平台系统必须实现数字化, 才能加强

系统的功能和有效性。数字化侦察图像具有以下几方面的优点:

·图像增强。通过数字化对比度处理, 使图像清晰度更好。

·辨认和抽取感兴趣的区域。可将场景以多种视角和尺寸显示出来, 数字工具能够测算感兴趣的目标。

·采用数据压缩和错误校正编码, 便于图像分析。

目前, CCD 相机、红外热成像和激光测距机等技术已基本实现了数字化。

(3) 任务载荷的“即插即用”技术

无人机技术越来越复杂, 其价格也正在攀升, 用户也要求无人机提供多种任务能力, 因此, 模块式任务载荷的概念正在得到越来越多的关注, 它可以使无人机上的单个或多个传感器根据每项任务或一系列任务的需要进行改变。

(4) 多光谱成像技术的应用

光谱成像传感器依靠目标与背景的固有光谱差别成像, 具有更好的反伪装、反隐身等反欺骗能力。这种观察设备的工作波段通常在 $0.4\sim 1.5\mu\text{m}$ 范围内。美国 TRW 公司已制造出能同时监测 384 个窄频带的光谱仪。还有一种光谱成像技术, 测量光谱的范围为中红外至远红外, 主要用于分析类似气体的物质, 如探测分析烟的成分或空气中是否存在神经性毒剂等。

参考文献

- [1] 贾平, 张葆. 航空光电侦察平台关键技术及其发展[J]. 光学 精密工程, 2003, 11(2): 82-88.
- [2] 罗守贵. 电子战无人机的发展现状及趋势[J]. 舰船电子对抗, 2009, 32(2): 26-28, 52.
- [3] 温杰. 以色列空军正式装备“埃坦”无人机[N]. 中国航空报, 2010-03-02(03).
- [4] Miller R, Amidi O, Delouis M. Arctic test flights of the CMU autonomous helicopter[C]. *Proceedings of the Association for Unmanned Vehicle Systems International 1999.26th Annual Symposium, Baltimore, MD, 1999*: 1-15.
- [5] Baker S, Scharstein D, Lewis J P, et al. A database and evaluation methodology for optical flow[C]. *In Proc. Eleventh IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV 2007), io de Janeiro, Brazil, 2007*: 14-21.
- [6] 陈苗海. 机载光电导航瞄准系统的应用和发展概况[J]. 电光与控制, 2003, 10(4): 42-46.
- [7] 李富栋. 机载红外搜索与跟踪系统的现状与发展[J]. 激光与红外, 2008, 38(3): 409-412.
- [8] 张延坤, 王旭. 美国机载红外搜索与跟踪系统的发展[J]. 舰船电子工程, 2008, 28(6): 40-43.

- [9] 邹海荣, 龚振邦, 罗均. 无人飞行器地面移动目标跟踪系统研究现状与展望[J]. 宇航学报, 2006, 27(B12): 233-236.
- [10] 朱耘, 韩根甲. 无人机光电探测技术的现状及发展趋势[J]. 舰船科学技术, 2004, 26(6): 1-5.
- [11] 张进. 无人机载光电-红外载荷的现状和发展[J]. 飞航导弹, 2008(4): 34-38.
- [12] 王青山. 简述无人机在遥感技术中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(3): 100-101, 104.
- [13] 马吉, 任博, 王斌. 信息化联合作战条件下无人机的发展趋势[J]. 吉林工程技术师范学院学报, 2010, 26(6): 66-67.
- [14] 倪迎红, 陈玲. 雷达目标识别及发展趋势预测[J]. 电视技术, 2009, 49(11): 98-102.
- [15] 李利乐, 马志强, 张晓燕. 运动目标检测技术现状及进展[J]. 南阳师范学院学报, 2009, 8(9): 79-82.
- [16] 马君国, 付强, 肖怀铁, 等. 雷达空间目标识别技术综述[J]. 现代防御技术, 2006, 34(5): 90-94.
- [17] 陈瞄海. 机载光电导航瞄准系统的应用和发展概况[J]. 电光与控制, 1995, 16(4): 337-340.
- [18] Jensen J O, Theriault J M. Stabilized electro-optical airborne instrumentation platform[J]. *SPIE*, 2004, 5268: 202-209.
- [19] 文魁, 王俊璞, 金志华, 等. 直升机机载光电吊舱的发展现状及对策[J]. 中国惯性技术学报, 2004, 12(5): 75-80.
- [20] 王方玉. 美国无人机的光电载荷与发展分析[J]. 激光与红外, 2008, 38(4): 311-314.
- [21] 韩冰. 战术无人机的任务载荷与发展分析[J]. 船舶电子工程, 2007, 27(3): 31-35, 45.
- [22] 黄猛, 张葆, 丁亚林. 国外机载光电平台的发展[J]. 航空制造技术, 2008(9): 70-71.
- [23] 张蕾. 国外无人机发展趋势及关键技术[J]. 电视技术, 2009, 49(7): 88-92.
- [24] 刘洵, 王国华, 毛大鹏, 等. 军用飞机光电平台的研发趋势与技术剖析[J]. 中国光学与应用光学, 2009, 2(4): 269-288.
- [25] 刘东培. 无人机的光电载荷与应用分析[J]. 舰船电子工程, 2008, 28(4): 37-39, 108.
- [26] 王连明. 机载光电平台的稳定与跟踪伺服控制技术研究[D]. 长春: 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所博士学位论文, 2002.
- [27] 石利霞. 机载光电对抗稳定平台目标跟踪干扰技术研究[D]. 长春: 长春理工大学博士学位论文, 2009.
- [28] 刘洵, 戴明. 无人机光电载荷的研制与改进[J]. 光电工程, 2008, 35(3): 1-4, 20.
- [29] Collins R T, LiPton A J, Kanade T. A system for video surveillance and monitoring: VSAM final report[R]. *CMU-RI-TR-00-12, Camegie Melon Univerdity, Pittsburgh, America*, 2000: 1-68.
- [30] 孙滨生. 无人机任务有效载荷技术现状与发展趋势研究[J]. 电光与控制, 2001(z1): 14-19.
- [31] 丁卫. 基于超小型无人机的地面目标实时图像跟踪[D]. 上海: 上海大学博士学位论文, 2007: 2-10.

作者简介: 高文 (1985-), 女, 黑龙江友谊县人, 博士研究生, 主要从事视频图像跟踪与目标识别研究。

E-mail: cwenzi@126.com

*朱明 (1964-), 男, 江西南昌人, 研究员, 主要从事数字图像处理、电视跟踪和自动目标识别技术的研究。

E-mail: zhu_mingca@163.com