

WURENJI DIANSHI ZHENCHA MUBIAO DINGWEI YUANLI

无人机电视侦察 目标定位原理

都基焱 段连飞 黄国满 编著



中国科学技术大学出版社

无人机电视侦察 目标定位原理

WURENJI DIANSHI ZHENCHA
MUBIAO DINGWEI YUANLI

► 都基焱 段连飞 黄国满 编著



中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书从技术角度,详细介绍了当前无人机电视侦察目标定位的基本原理和典型应用实例,重点阐述了影响无人机电视图像定位精度的因素、基于成像模型的无人机电视图像定位、基于航空像片匹配的电视图像定位以及基于空间交会的无人机电视图像定位的原理与方法,并从实践的角度出发,阐述了目标定位软件的设计与开发方法。本书是作者在多年无人机信息处理技术研究的基础上,进行分析总结而成的。

本书适合高等院校相关专业研究生和高年级本科生,无人机和遥感领域的广大科技工作者、工程技术人员参考和使用。

图书在版编目(CIP)数据

无人机电视侦察目标定位原理/都基焱等编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2013.2

ISBN 978-7-312-03119-9

I. 无… II. ①都… ②段… ③黄… III. 无人侦察机—电视侦察—研究
IV. V279

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 281792 号

出版 中国科学技术大学出版社

地址:安徽省合肥市金寨路 96 号,邮编:230026

网址:<http://press.ustc.edu.cn>

印刷 安徽江淮印务有限责任公司

发行 中国科学技术大学出版社

经销 全国新华书店

开本 710 mm×1000 mm 1/16

印张 12.75

字数 216 千

版次 2013 年 2 月第 1 版

印次 2013 年 2 月第 1 次印刷

定价 48.00 元

前 言

无人机侦察作为一种先进的遥感数据获取方式,已在军事侦察、目标监视、毁伤效果评估、地图测绘、土地利用调查、灾情监测、气象探测、地质勘测、边境控制、通信中继等诸多领域广泛应用,产生了巨大的经济、军事和社会效益,展现了广阔的应用前景。

在无人机这个大家族中,军用无人机被人们赞誉为“尖兵之翼”,是空中侦察的重要装备。在近些年的几次局部战争中,无人机发挥了不可估量的作用,越来越吸引人们的眼球。无人机侦察手段按照设备划分可分为电视侦察、照相侦察、雷达侦察等,其中,电视侦察以实时性高、机动性好等优点被广泛应用于战场预先侦察、实时侦察和毁伤评估之中。

通过对无人机电视侦察图像的处理与分析,建立图像与地面目标的关系,由此提供目标的地理信息,即目标定位,是无人机信息处理研究的重点和热点问题,无人机电视侦察目标定位精度直接关系到无人机作战效能和作战保障能力。本书从技术角度全面阐述了当前无人机电视侦察过程中所采用的定位方法,既有传统的目标定位方法,又有作者多年研究创新的成果。从内容角度来看,既包含了基本原理的阐述,又含有试验与验证方法的论述。

本书共分6章,第1章主要对无人机电视侦察目标定位的概念及与之紧密相关的光电平台设备进行阐述;第2章分析归纳了影响无人机电视图像定位精度的导航误差、机载测量设备误差以及任务设备误差;第3章由浅入深地讨论了传统的基于成像模型的无人机电视图像定位方法,该方法主要依据无人机导航数据和图像成像模型进行目标定位;第4章重点阐述了

基于图像匹配的目标定位方法,该方法综合运用无人机航空像片和电视图像进行解算,具有定位精度高的突出优点,同时将无人机预先侦察和实时侦察信息处理进行了有机结合;第5章提出了基于空间交会的无人机电视图像定位方法,该方法利用多点无人机遥测数据和图像跟踪信息进行交会处理,在保证快速定位的前提下,极大地提高了目标定位精度;第6章为目标定位算法软件的设计与开发,从目标定位实现的角度,介绍了定位软件模块的组成与功能。

本书由都基焱、王小中编写第1、2章,段连飞、谢德于编写第4、6章,黄国满、王晶编写第3、5章;席雷平、杨书成、陆文骏也参加了部分章节的编写工作,全书由段连飞统稿。

在本书的编写过程中,得到了武汉大学遥感信息学院、西北工业大学无人机组研究发展中心、南京航空航天大学无人机研究院、中国测绘科学研究院、中国空空导弹研究院等单位的大力支持,他们提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,编写时间仓促,书中难免还有许多缺陷和不妥之处,敬请读者批评指正。

作 者

2012年8月1日

目 录

前言	(i)
第 1 章 绪论	(1)
1.1 无人机精确侦察与电视侦察目标定位	(1)
1.1.1 无人机精确侦察	(1)
1.1.2 无人机电视侦察目标定位	(2)
1.2 无人机电视侦察目标定位方法和技术	(2)
1.2.1 无人机电视侦察目标定位方法	(2)
1.2.2 空中无人机定位技术	(3)
1.3 无人机光电平台发展现状与趋势	(5)
1.3.1 光电平台分类及基本趋势	(6)
1.3.2 典型无人机光电平台	(7)
1.3.3 光电载荷关键技术	(8)
第 2 章 影响无人机电视图像定位精度因素分析	(12)
2.1 无人机导航误差	(12)
2.1.1 GPS 导航误差	(12)
2.1.2 惯性导航误差	(14)
2.2 无人机机载测量设备误差	(15)
2.2.1 激光测距误差	(15)
2.2.2 无人机的姿态角误差	(17)
2.3 无人机机载任务设备误差	(17)
2.3.1 无人机机载 CCD 摄像机的系统误差	(17)
2.3.2 无人机光轴稳定平台的误差	(19)

第3章 基于成像模型的无人机电视图像定位方法	(21)
3.1 图像投影性质	(21)
3.1.1 投影类型	(21)
3.1.2 航摄像片的投影	(22)
3.1.3 中心投影的构像规律	(22)
3.2 无人机电视图像的特征点线	(24)
3.2.1 航摄像片的特征点线	(25)
3.2.2 特征点线之间的关系	(25)
3.3 无人机电视图像的像点位移	(26)
3.3.1 像片倾斜引起的像点位移——倾斜误差	(26)
3.3.2 地面起伏引起的像点位移——投影误差	(29)
3.4 无人机电视图像定位常用坐标系	(31)
3.4.1 坐标系简介	(31)
3.4.2 地心大地坐标系与地心直角坐标系的转换	(33)
3.5 基于成像模型的无人机电视图像定位方程	(35)
3.5.1 一般地区的构像方程——共线条件方程	(36)
3.5.2 目标定位模型	(38)
第4章 基于航空像片匹配的电视图像定位方法	(39)
4.1 基本原理	(39)
4.1.1 概述	(39)
4.1.2 工作过程	(39)
4.2 数字自动定向	(41)
4.2.1 数字影像内定向	(41)
4.2.2 数字影像相对定向	(46)
4.2.3 数字影像绝对定向	(63)
4.2.4 核线影像生成	(84)
4.3 DEM数据采集	(94)
4.3.1 数字摄影测量的DEM数据采集方式	(94)
4.3.2 自动化DEM数据采集	(96)
4.3.3 DEM数据内插	(96)
4.3.4 DEM数据质量控制	(100)
4.4 电视图像几何校正与目标定位	(104)
4.4.1 几何校正过程	(104)
4.4.2 几何粗纠正	(104)

4.4.3 几何精纠正	(105)
4.4.4 几何纠正解算	(107)
4.4.5 图像重采样	(111)
4.4.6 目标定位	(111)
第5章 基于空间交会的无人机电视图像定位方法	(119)
5.1 空间两点交会目标定位	(119)
5.1.1 模型建立	(120)
5.1.2 算法的实践论证	(123)
5.1.3 空间交会算法的前提条件	(123)
5.1.4 无人机图像跟踪技术	(126)
5.1.5 空间两点交会定位精度分析	(141)
5.2 空间三点交会算法	(142)
5.2.1 空间三点交会算法原理	(142)
5.2.2 空间三点定位误差分析	(143)
5.3 共线定位与多点交会差分组合定位	(143)
5.3.1 差分定位基本原理	(144)
5.3.2 差分组合定位算法流程	(144)
5.4 定位试验	(148)
5.4.1 距离交会模型试验	(148)
5.4.2 距离角度交会模型试验	(154)
第6章 目标定位软件设计与开发	(161)
6.1 基于空间交会的无人机电视图像定位软件设计	(161)
6.1.1 软件组成与功能	(161)
6.1.2 数据通信协议	(162)
6.2 基于航空像片匹配的电视图像定位软件设计	(163)
6.2.1 电视图像数字化模块	(163)
6.2.2 航空像片 DEM 数据采集模块	(164)
6.2.3 电视图像几何校正与目标定位模块	(165)
6.3 无人机电视侦察目标定位软件使用说明	(165)
6.3.1 基于空间交会的无人机电视图像定位软件	(165)
6.3.2 基于航空像片匹配的电视图像定位软件	(174)
6.3.3 无人机航空像片基础数据采集软件	(180)
参考文献	(192)
索引	(194)

第 1 章 绪 论

1.1 无人机精确侦察与电视侦察目标定位

1.1.1 无人机精确侦察

精确作战是信息化战争的基本特征,精确打击是新时期“信息主导、火力主战”思想的核心,而精确侦察则是精确打击的基本前提和要求。随着高新技术的迅猛发展,以无人机为突出代表的现代侦察装备层出不穷,侦察能力不断提高,形成了全天时、多天候的远距离实时侦察体系。精确打击特别是远程精确打击对无人机装备的侦察精度提出了新的要求,无人机精确侦察技术已成为该装备能否用于实战、能否充分发挥其作战效能的关键技术。

与常规的光学、雷达等侦察手段相比,无人机具有作用距离远、发现能力强、机动性能好的突出特点;而与其他航空侦察手段相比,无人机则具有效费比高、零伤亡等诸多优势。可以说,无人机已成为现代战争中实施远程侦察的主要装备。

所谓精确侦察是指利用一种或多种侦察装备,对战场重要目标进行识别跟踪和精确定位。无人机精确侦察则是指通过机载任务设备对所指定的区域或目标实施侦察,发现、识别、跟踪特定目标,并对其进行实时或准实时的坐标提取。

目前,侦察型无人机的任务设备主要有光学照相机、电视摄像机、红外行扫描仪、前视红外仪、无线电测向仪以及合成孔径雷达等。尽管各类任务设

备的工作机理和工作方式不同,但其所获得的目标信息均包含了目标的性质、状态以及地理位置等,而其位置信息的精确程度不仅与任务设备的测量精度和工作环境有关,在很大程度上也取决于无人机的飞行状态和系统对无人机的定位精度。此外,在任务设备的测量精度和飞机定位精度一定的情况下,采用空间立体定位的方法也可在很大程度上提高无人机精确侦察的能力。

1.1.2 无人机电视侦察目标定位

无人机电视侦察目标定位就是基于摄影测量、图像处理和信息处理等技术,通过对无人机电视侦察以及与图像相关的遥测数据的处理与分析,提取目标精确三维坐标的过程。

从无人机信息处理角度来说,无人机电视侦察目标定位是无人机精确侦察的一种,具体来说,就是采用电视摄像机和前视红外仪作为侦察任务设备,对输出的视频图像进行处理,实现对目标精确侦察与信息处理的一种手段与技术。

1.2 无人机电视侦察目标定位方法和技术

1.2.1 无人机电视侦察目标定位方法

目前,利用无人机电视侦察图像进行目标定位的方法主要有三种:

一是基于图像匹配模式的非实时定位。这种方法主要是利用可获取的多源图像资源,在建立预先基准图像的条件下,将经过数字化处理和几何纠正的无人机电视图像与预先基准图像进行高精度匹配,进而实现对所关心目标的精确定位。该方法具有目标定位精度高、可多点同时定位等突出优点,但非实时的工作方式制约了其应用范围。

二是基于无人机遥测数据的实时定位。这种方法直接将无人机对目标

定位瞬间的位置信息、姿态信息,以及侦察转台的转角信息、测距信息等输入定位解算模型,从而可快速解算出目标坐标。该方法因具有实时性好的突出优点,故被所有现役无人机定位系统采用。然而,在利用电视(可见光/红外)侦察设备对地面目标进行跟踪和定位时,无人机的位置和姿态误差、侦察转台的转角和测距误差等,都不可避免地影响目标定位精度,因此,目标定位精度较第一种方法低。

三是基于空间交会的目标定位。这种方法本质上是第二种方法的一种拓展。在无人机执行电视侦察过程中,发现感兴趣的目标后,进入跟踪状态,同时激光测距设备连续发射激光测量电视摄像机到目标的距离,采集跟踪后的飞行遥测数据和图像数据,这些遥测数据包括飞机三个姿态角、摄像机转台两个角度、摄像机焦距、飞机位置和距离。之后将遥测数据进行综合,来构建空间多个位置对地面同一目标的交会模式,利用交会模型进行平差计算以实现目标定位。多点空间交会解算过程对误差具有较好的“剔除”和“抑制”作用,从而能够达到较高的定位精度。

1.2.2 空中无人机定位技术

从以上所述目标定位方法可以看出,作为定位设备的承载平台,对空中无人机的定位是目标定位的基础。与一般航空飞行器相似,对空中无人机的定位可采用的技术有:无线电定位技术、惯导(惯性导航)定位技术及卫星定位技术等。

1.2.2.1 无线电定位技术

空中无人机的无线电定位通常是以无人机地面站(坐标已知)为基准,利用无人机系统的测距、测角信息,通过换算得到无人机的空间三维坐标。

距离信息可通过无人机数据链的上、下行信道,在遥控遥测信息中采用特殊码型(如伪随机编码等)的方法,经相关调制解调和相关运算得到;方位角信息可利用地面站天线的方向性,在系统已跟踪空中无人机的情况下,采用单脉冲测角方法测定无人机的方位角坐标,在条件许可的情况下,也可利用成对天线,采用相位干涉仪的方法得到无人机的方位角坐标;高低角信息可以采用与方位角信息同样的测角方法得到,也可利用机载高度传感器(如气压高度表、激光测高仪等)获得无人机高度,进而参与坐标换算。

采用无线电定位技术确定空中无人机坐标时,测距信息和测高信息一般足够准确,而测角信息往往是影响定位精度的主要误差来源。

相位干涉仪测角和单脉冲测角是两种最常见的测角方法。相位干涉仪法是利用成对天线接收无人机的连续波载波信号的相位差,或者说将无人机到两个天线的距离差进行比较,得到目标偏离等信号轴的角度和方向,从而实现测角的目的;单脉冲法是利用地面站天线所形成的成对波束接收无人机信号,通过信号的振幅或相位比较,得到目标偏离等信号轴的角度和方向。

显然,无线电测角往往受到天线机械传动系统的精度、天线相位中心的变化以及电波传播的折射、多径效应和热噪声等因素的影响,从而限制了对空中无人机的定位精度。同时我们不难看出,由于测角精度的影响,无人机距地面站越远,对其进行空间定位的误差越大。

1.2.2.2 惯导定位技术

目前,在对测量精度要求较高或较大型的无人机中,惯性导航技术已得到广泛应用。

惯性导航技术主要是通过测量飞行器的加速度,并自动进行积分运算,来获得飞行器瞬时速度和瞬时位置数据的。按照惯性导航组合在飞行器上的安装方式,可分为平台式惯性导航系统(即惯导组合安装在惯性平台的台体上)和捷联式惯性导航系统(惯导组合直接安装在飞行器上)。平台式惯性导航系统多用于运载火箭等航天设备上,而一般航空飞行器多采用捷联式惯性导航系统。

根据所用陀螺仪的不同,捷联式惯导系统还可分为速率型和位置型两种类型。用速率型陀螺仪,可输出瞬时平均角速度信号;用位置型陀螺仪,可输出角位移信号。

捷联式惯导定位系统是一种推算导航方式,即从已知点的位置出发,根据连续测得的无人机航向角和速度推算出下一点的位置,从而连续测得无人机的当前位置。捷联式惯导系统中的陀螺仪用来形成一个导航坐标系,使加速度计的测量轴稳定在该坐标系中并给出航向角和姿态角;加速度计用来测量运动体的加速度,经过对时间的一次积分可得到速度,而速度对时间再经过一次积分即可得到位移。

惯性导航系统是一种自主导航系统,具有隐蔽性好、不受外界电磁波干

扰、可以全天候工作、数据连续性好、短期精度高等优点。但由于惯导定位系统的导航定位信息是经过积分产生的,定位误差随时间累积而增加,长时间使用时,精度将不断降低。

1.2.2.3 卫星定位技术

随着卫星通信技术的不断发展,利用卫星导航和定位已成为人们日常生活和工作中的一种便捷手段。卫星定位技术的原理已为人们所熟知,本书不再赘述。

美国的 GPS(全球定位系统)在功能的完备性、数据的连续性、定位的准确性以及终端的灵活性等方面,可以说已成为目前世界上最完善的卫星导航系统。相比无线电定位和惯导定位方法,GPS 接收机体积小、重量轻、安装方便且价格低廉,所以目前世界各国几乎所有的无人机系统中均采用了 GPS 卫星导航和定位系统。

然而,GPS 是由美国军方控制的导航定位系统,其向全世界开放的程度和时机均掌握在美军手中。为解决 GPS 平时开放程度有限、战时可能关闭等问题,保留无线电定位技术和惯导定位技术,并采用 GPS/惯导/无线电组合导航定位技术是我国无人机空间定位技术的重要发展方向。组合后的导航定位系统克服了各自缺点,取长补短,可以综合利用来自不同传感器、不同渠道的多种信息资源,使其自主能力、抗干扰能力和工作可靠性大大增强,导航和定位精度高于各自系统独立工作的精度。

同时我们欣喜地看到,包括我国在内的世界各主要国家和联盟都在加速发展自己的卫星导航系统。在不久的将来,以自成体系、先进实用的卫星导航系统取代 GPS,并应用于军事领域,将使我国无人机导航系统摆脱依赖,健康发展。

1.3 无人机光电平台发展现状与趋势

要从无人机电视图像中获取目标精确坐标,定位方法是关键;但是从设备角度考虑,无人机光电平台是执行无人机电视侦察的重要载体,它的性能

直接决定着目标定位的作战使用。

无人机光电平台可集成可见光、红外线、激光等载荷,能够对目标进行识别、侦察、跟踪、定位和捕获,具有被动探测、覆盖范围广、分辨率高、实时性好等突出优点,是无人机最基本的任务执行单元,其性能直接影响着无人机系统的作战效能,其技术研究与应用探索受到世界各军事强国的重视。

1.3.1 光电平台分类及基本趋势

无人机光电平台系统通常包括传感器、光学系统、承载平台和数据存储器等分系统。传感器按工作波段,可分为可见光、红外(线)和激光传感器;光学系统按焦距,可分为定焦、多挡可切换定焦和连续变焦镜头;承载平台按稳定轴数,可分为两轴、三轴和多轴稳定平台;数据存储器按容量,可分为普通型和海量型。

可见光传感器,按波段可分为全色和彩色传感器;按空间分辨率可分为普通和高分辨率传感器;按工作照度可分为昼间和低照度传感器;按工作频率可分为视频和低帧频传感器。

红外传感器,按波段可分为长波、中波和短波红外传感器;按像元数量和成像扫描方式,可分为点传感器、线阵传感器和凝视传感器,也称为第一、第二、第三代红外传感器;按制冷方式,可分为常温、斯特林循环制冷和液氮制冷传感器。

从上述分类来看,光电平台种类较多,这还不包括正在研制中的激光探测与距离选通成像、固态 3D 激光雷达等新型光电载荷。通观其技术及应用发展过程,光电平台经历了单载荷光电平台、双载荷光电平台和多载荷光电平台几个阶段,具体应用视需求而定。

从各国无人机光电平台的实际配备来看,单载荷平台因其轻便、易维修、更容易投入战场使用及技术进步等原因,在一定范围内仍在使用的,但其被双载荷和多载荷光电平台代替的趋势不可逆转,多载荷光电平台正逐渐发展成为主流配置。

从具体的光电载荷来看,光学相机正被电视摄像机所取代;红外行扫描器正被前视红外仪所代替;低照度摄像机已很少使用;数字照相机崭露头角;激光雷达和激光探测与距离选通成像设备仍在研制阶段,步入实用尚需

时日。

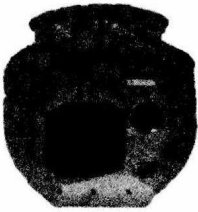
从技术和应用角度来看,无人机光电平台正向着高分辨率、高灵敏度、高精度、多功能、小体积、轻重量、长寿命、高可靠性和耐冲击振动等方向发展。总体上,无人机光电平台在需求牵引和技术推动下,正迎来新一轮的发展热潮。

1.3.2 典型无人机光电平台

1.3.2.1 美国无人机光电平台

美国是最早研制无人机的国家之一,其装备的光电平台通常包含多种传感器,包括昼用相机、红外热像仪、激光测距仪、激光照射/指示系统等。通过系统总体设计和集成,使光电平台具备了体积小、重量轻、功能全等优点,应用广泛。现役无人机光电平台主要有 Ultra 8500 XR 转塔、Safire 系列转塔和 MTS 转塔等,部分典型光电平台性能及应用情况如表 1.1 所示。

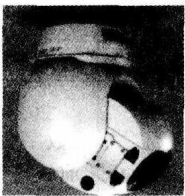
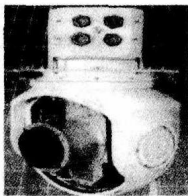
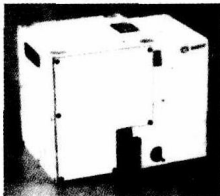
表 1.1 美国典型光电平台性能及应用情况

光电平台	Ultra 8500 XR 转塔	Safire III 转塔	MTS-A 转塔	“全球鹰”传感器组合
传感器	红外热像仪 高敏感相机	红外照相机 彩色变焦相机 高分辨率彩色侦察相机 激光照射装置 激光测距仪	电视摄像机 前视红外仪 人眼安全激光测距机 激光照射器 激光光斑跟踪器	数字相机 前视红外仪 合成孔径雷达
尺寸	直径:229 mm 高度:343 mm	直径:381 mm	直径:443 mm 高度:475 mm	不详
重量	13.1 kg	35.6 kg	56.3 kg	401.4 kg
应用	“影子 400” “影子 600”	“鹰眼”	“捕食者”A 型	“全球鹰”
平台图片				

1.3.2.2 其他国家无人机光电平台

其他国家的无人机光电平台发展较美国滞后,缺乏用于侦察打击一体化的大型平台,多结合本国情况,注重实用,其携带的传感器一般可依据任务需要相互组合形成多任务系统,操作简便(表 1.2)。

表 1.2 其他国家典型光电平台性能及应用情况

光电平台	POP 200 插入式吊舱	MOSP 多任务平台	Goshawk 350 光电平台	“红隼” 成像系统
传感器	红外传感器; CCD (Charge Coupled Device,电 荷耦合元件)电视 (传感器可选)	电视观测器; 激光指示器/测距仪; 前视红外观测器 (多传感器组合可选)	电视摄像机; 焦平面红外探测器; 人眼安全激光器 (多传感器组合可选)	静态黑白 CCD 照相机; 可见光 CCD 行扫仪; “独眼巨人”2000 红外 行扫仪
尺寸	直径:260 mm 高度:380 mm	直径:300 mm 高度:500 mm	直径:350 mm 高度:490 mm	分体式结构
重量	13~16 kg	30~35 kg	25~32 kg	40~55 kg
应用	“Eye View”	“猎人”“巡逻兵” “苍鹭”“搜索者”	“麻雀” “探索者”	“红隼”
平台 图片				
国家	以色列	以色列	南非	法国

1.3.3 光电载荷关键技术

1.3.3.1 高性能传感器与集成技术

光电传感器有前视红外仪、电视摄像机、激光测距仪、激光照射器等,其中,前视红外仪适于夜间侦察;电视摄像机有较高的分辨率和彩色图像,但仅适用于昼间;激光测距仪用于测量目标距离;激光照射器则用于为精确制导武器指示目标。

随着光电子技术和微电子技术的发展,光电传感器也在不断更新换代,并出现了一些新型机载光电传感器。采用大面阵/微光 CCD 的摄像机极大

地提高了分辨率与接收灵敏度;高清晰度电视视频技术从隔行扫描发展到逐行扫描和图像处理,可消除图像斜纹,提高成像的速度和图像的清晰度,已成为美国国防部战术需求和无人机用视频的工业标准;数字相机的应用可以兼顾摄像机和照相机的不同需求。

传感器在不断提升性能的同时,也在向集成化方向发展,以适应不同的作战需求。一种方向是同一平台集成多种传感器,实现功能和性能匹配互补,如美军无人机装备的光电平台通常集成有4~7种传感器,以满足侦察打击一体化的需求。另一种方向是同一传感器集成多种功能,如量子阱红外探测器具有100万~400万像素的高集成度和mk级的高灵敏度,能同时探测2~3个光谱波段;激光测距/目标指示器则是向融合方向发展,以便既能测量目标距离,也能同时为武器系统指示所要攻击的目标。

1.3.3.2 高精度稳定瞄准和跟踪技术

高精度稳定瞄准和跟踪技术是无人机光电平台的核心性能之一,它的精度决定着传感器能否对目标进行精确探测和准确判断,影响着无人机的作战效能。

1. 高精度复合稳瞄技术

当具备高清晰度动态视频源数据后,要获取有用的信息,图像的稳定性就显得尤为重要。稳定平台常用的形式有反射镜稳定和平台整体稳定。二级复合稳定是在平台整体实现粗稳的基础上,有机结合反射镜精稳的技术。这一技术对平台控制技术提出了更高要求,同时也需要多光谱共光路技术的支撑。“捕食者”无人机装备的MTS-A型和MTS-B型光电平台已实现该技术的实战应用。

2. 多光谱共光路技术

可见光电视、红外热像仪、微光电视、CCD相机、激光测距/照射器、光斑跟踪器、激光照明器等是机载光电系统常用的传感器。可见光、红外线、激光工作于不同的波段,需要相应的光学系统和窗口,这就导致光学系统体积、重量较大,光轴校准比较困难,稳瞄精度难以提高。多传感器采用共光路结构,进行集成化设计,可以有效减轻系统重量,缩小体积,增大光学系统口径,提高分辨率、灵敏度和稳瞄精度。雷神公司在MTS-A型和MTS-B型光电平台上通过采用反射式光学系统使这一技术得到了应用。