

直升机载光电对抗情报侦察系统研究

郭 劲¹, 姜润强¹, 陈 健^{1,2}

(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 100049)

摘 要: 对直升机载光电对抗情报侦察系统的内容和组成进行了阐述, 介绍了直升机载光电对抗情报侦察系统的分类, 论述了直升机载光电对抗情报侦察系统的组成及功能, 并对其主要技术性能和关键技术进行了分析。

关键词: 直升机; 光电对抗; 激光告警; 红外告警

中图分类号: TN977 **文献标识码:** A

DOI: 10.3788/OMEI20112810.0006

System of Photoelectricity Counterwork Information Detecting Carried by Helicopter

GUO Jin¹, JIANG Run-qiang¹, CHEN Jian^{1,2}

(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 100049, China)

Abstract: The content and composition of the system of photoelectricity counterwork information detecting carried by the helicopter were described in this paper. The classification of the system was introduced. The system composing and function were discussed, the main technology capability and the key technology of the system were analyzed.

Keywords: helicopter; photoelectricity counterwork; laser alarm; infrared alarm

1 引言

“直升机载光电对抗情报侦察系统”是一个典型的光电对抗情报侦察综合系统。它与激光、红外、紫外告警设备的主要区别在于：单一体制的光电告警器主要用于武器平台的自卫，以发现来袭导弹、引导平台采取必要的对抗措施为目的；而“直升机载光电对抗情报侦察系统”则主要用于战场光电对抗情报支援，以获取引导其他光电干扰系统实施对抗所需的全面信息为目的。光电对抗侦察系统也是整个电子对抗侦察体系中的一个重要组成部分^[1-2]。

在现代战争中，电子对抗对取得战场上的“制电磁权”、“制空权”，乃至战争的“制胜权”都起到至关重要的作用。光电对抗是电子对抗的重要组成部分，特别是在光电制导武器已大量装备、且构成严重威胁的今天，光电对抗已成为战胜精确光电制导武器的“克星”。而光电对抗情报侦察又是光电对抗的前提，因而愈发显得重要。它是掌握战场动态、为实施光电对抗干扰提供情报支持的重要基础。利用直升机升空平台进行光电对抗情报侦察，活动半径大，覆盖地域宽，可以综合采用多种侦察手段，使情报更及时、更准确、也更具有使用价值。尤其在将来高技术空地一体化战场上，在严重的电磁干扰环境中，或在受到隐身飞行器攻击的情况下，该系统能起到其他侦察设备不能取代的重要作用^[3-4]。

2 主要用途

侦察战区内光电武器/平台辐射源信息：对辐射源光电信息的侦察，主要指侦察其信号参数、工作方式和活动规律等，掌握其战斗序列，实时向光电对抗系统和有关指挥所提供情报，为制定光电对抗决策提供情报支援。

详查战区内光电干扰对象的技术性能：对光电干扰对象实施详查，主要内容包括：技术参数、图像信息（激光、红外、电视）、所在位置等。经综合分析处理后，建立威胁源数据库，以便战时用于引

导光电对抗装备作战。

检查己方目标光电防护效果：利用机上的激光、红外、电视等侦察设备模拟对方空中侦察机，以检验己方目标在反空中侦察方面所采取的激光、红外、可见光隐身或伪装措施是否有效，为提高地面目标的光电防御能力提供参考依据^[5-6]。

为己方攻击目标提供光电信号指示：利用升空的优势，为地面或其他跟瞄武器提供远距离攻击目标指示。例如，可将侦察到的目标的电视图像或红外图像，作为电视/红外成像制导武器实施攻击的预存模板图像，或站前输入，或战时实时输入，以此引导电视或红外成像制导武器对攻击目标实施打击；也可与武装直升机协同作战，为投放反坦克激光制导武器的载机提供高精度激光目标指示。

3 系统组成及功能

3.1 系统组成

为完成赋予直升机载光电对抗情报侦察系统的上述作战任务，通常一个典型的光电对抗侦察系统将主要由机上与机下两部分组成，如图1所示。机上侦察部分组成见图2，机下地面站组成见图3。机上侦察部分又由5个分系统构成，即：侦察告警分系统、跟踪成像分系统、数据信号处理机、通信设备和机上配套设备。地面站由3个分系统组成，即：通信设备、情报综合处理设备和地面配套设备^[7-9]。

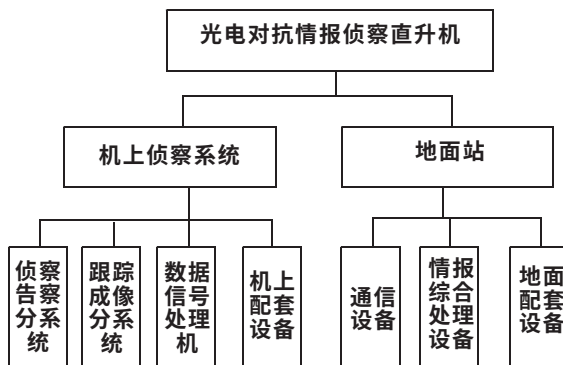


图1 直升机载光电对抗情报侦察系统组成框图

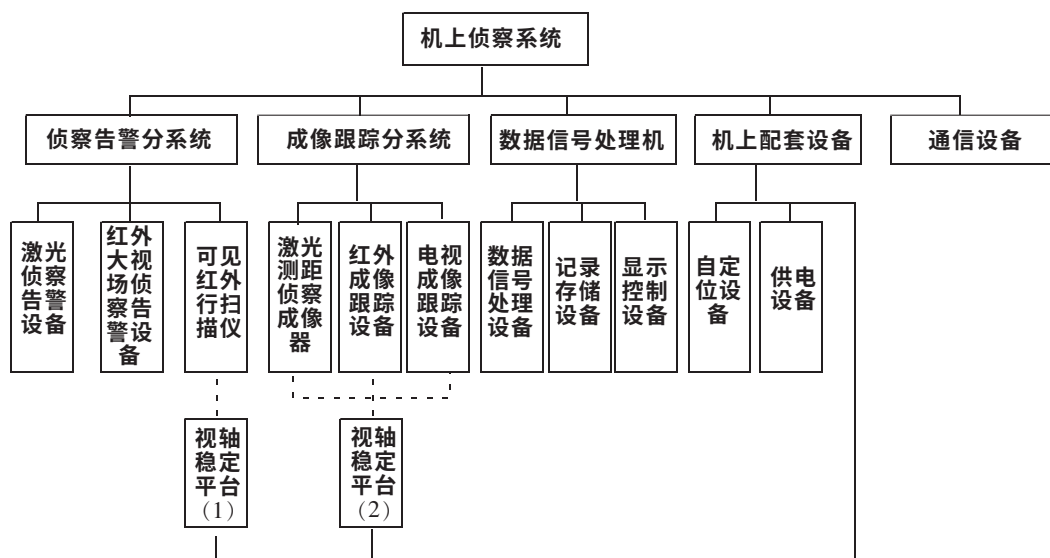


图2 机上侦察系统构成示意图

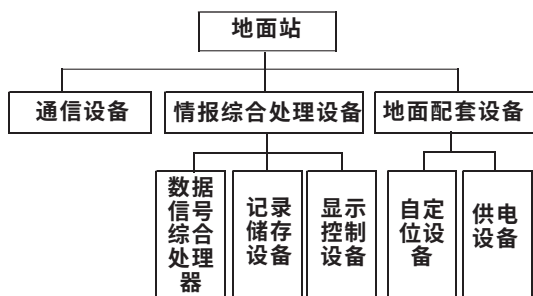


图3 地面站构成示意图

3.2 系统主要功能

3.2.1 机上侦察系统组成与设备功能

(1) 激光侦察告警设备

被动、全向探测激光信号的来袭方向、波长、脉宽、重频和编码, 判别威胁源类型。具有多目标侦察与处理能力, 备有激光威胁源数据库, 是对激光源进行侦察的主要设备。

(2) 红外大视场侦察告警设备

被动、全向凝视探测红外辐射信号, 包括各种飞行目标, 如导弹、炮弹、飞机等。可侦察其来袭方向、红外辐射波段、红外辐射强度, 告警的同时可形成目标的红外图像。具有很强的目标识别与抗虚警能力, 能同时处理多目标, 备有红外威胁源数据库。既可用于载机自卫告警, 又可

对制定地域的各类红外目标进行侦察。

(3) 可见/红外行扫描仪

利用可见光和红外波段的多元线列探测器在垂直于载机飞行方向上进行扫描, 可扫出一个宽数十公里的条带, 对地面目标进行大面积侦察。将获取的可见光和红外波段地物目标的图像进行相关处理, 对真假目标进行识别, 从中发现需要进一步进行跟踪成像或详细侦察的目标。该设备是快速获取地面图像的主要侦察手段, 也是对前述技术参数侦察的补充与完善。

(4) 视轴稳定平台 1

平台 1 是可见/红外行扫描仪的外挂载体, 它可在控制信号驱动下进行方位和俯仰的转动, 以保证行扫描仪对准所设定的侦察方向。

(5) 激光测距/侦察/成像

主动发射近红外高重频激光束照射到所需侦察目标上, 利用目标激光反射回波进行探测、测距, 并形成激光图像。它可以发现地面或低空军事目标, 特别是带有光学镜头的光电设备, 同时有利于分辨目标的某些细节。作用距离依激光发射功率而定, 受目标状况的影响较小。测距信号加上定向数据, 可对带有光学镜头的光电设备实

施侦察和定位。战时还可以将激光测距/成像器作为引导直升机编队实施激光制导武器攻击的激光目标指示器。

(6) 红外成像/跟踪器

采用红外成像跟踪器对那些处于运动状态的目标进行昼夜跟踪成像,以获取该目标的红外图像与精确角度数据,该设备还可为激光成像扫描系统提供引导。在战前和战时,可将军事目标在不同高度、不同方向的红外热图像摄取下来,作为实施红外成像制导武器攻击时必不可少的目标原始模板图像。由于该设备具有很高的温度分辨率和空间分辨率,所以较易于识别伪装。此外,还可模拟敌空中侦察所使用的红外设备飞越己方目标区,检测己方地面目标实施红外伪装与隐身的效果。

(7) 电视成像/跟踪器

作为白天使用的主要光学图像侦察设备,可以与红外系统相配合,提高对目标侦察与识别的能力。该设备具备边跟踪边成像的能力,在良好大气条件下,可获得更远距离上的可见光电图像和目标的精确角度数据,图像直观、分辨率高、便于观察。也可模拟敌空中侦察所使用的可见光侦察设备,在飞越己方目标区上空时,检测地面目标实施光学伪装与隐身的效果。

(8) 视轴稳定平台 2

平台 2 是激光测距/侦察/成像器、红外成像/跟踪器和电视成像/跟踪器三台侦察设备的外挂载体,它可在中心控制台或可见/红外行扫描仪输出信号的控制下进行方位与俯仰的转动,带动 3 种传感器在所普查区域内对感兴趣目标作详细侦察;也可与视轴稳定平台 1 分别覆盖不同的侦察地域。该类平台载重一般为 20~50 kg,因此,可满足承载多套光电侦察载荷的需要。

(9) 数据信号处理机(主机)主要由 6 个功能模块、显示控制器和纪录存储设备组成。其主机的功能分述如下:

侦察告警综合处理器:对激光侦察告警设

备、红外大视场侦察告警设备和电视/红外行扫描仪所获取的侦察情报进行综合相关处理、分类、分选、编批与排序,确定需要做进一步详查的目标及侦察顺序,进行侦察告警数据融合,统一情报格式,送给情报发送设备和机上纪录存贮设备。

跟踪/成像综合处理器:对激光测距/成像器、红外成像跟踪器和电视成像跟踪器所获取的 3 种目标详查图像进行综合相关处理、识别目标、编批与排序、确定威胁等级、进行侦察图像的融合、确定图像发送的种类、顺序与压缩比,统一图像传递样式,送给情报发送设备和机上图像纪录存贮设备。

数据融合综合处理器:对侦察告警综合处理器和跟踪成像综合处理器分别进行数据与图像融合,并进一步实施综合相关处理、核实、筛选,形成可以向高级情报中心发送的辐射源环境文件、光电对抗战斗序列文件和数据库文件;建立态势图,加入自定位和时标信息,合成全信息源情报;具有一定的图形、文表编辑能力和对情报处理的人工干预能力,确保情报处理和文件形成的质量;确定情报传递的对象,传递情报的内容,以及进行加密处理,是机上侦察分析系统的情报处理中心模块。

数据库管理功能指对数据信号处理机中的数据库进行管理,即对其库格式、存入和使用进行管理。这是一个实时查询数据库,分为原始目标参数库和新侦察目标参数库两部分。视机上设备情况,在建立参数库的同时最好也拥有目标图像库,以提高目标侦察和识别的准确度。

特异信号处理器:为保证机上侦察分析系统对常规目标情报实时处理的速度,设立该模块以解决特殊、异常或非常复杂信号的处理工作,在无特异情况出现时,它也可作为数据融合处理器的补充硬件进行工作。

(10) 机内自检控制器

控制机上各设备的自检命令发放、故障显示

以及全机电源开/关。

(11) 纪录存贮设备

主要用于纪录、存贮实时侦察到的数据与图像, 特别对数据图像融合后的综合分析情报给予重点保证, 一次纪录存贮的连续工作时间不少于 2~4 h。

(12) 显示控制设备

机上可设置 2~3 台显示设备, 1 台负责显示侦察告警系统中 3 台设备获取的情报和大面积侦察时的图像(电视与红外图像换页显示); 1 台负责显示 3 种跟踪成像器获取的详查目标图像, 3 种图像既可在同一屏幕上分区显示, 也可进行相关处理后综合显示; 1 台负责显示系统自检、数据库内容、情报发送表格及各种命令等, 并控制系统的工作状态。

(13) 通信设备

将所侦察到的情报, 主要是数字信息、各种格式的报表和压缩后的静态图像实时向地面接收站发送。该设备包括发送天线、控制器和通信机等, 以标准通信格式与地面接收站、上一级情报网或光电对抗系统进行通信, 其内容包括语音、数据、图像、文电和命令码等。

(14) 机上配套设备

供电设备: 提供给除激光成像/测距器专用电源以外的全部系统工作用电。如交流 115 V、直流 28 V 电源和各传感器、处理器所需要的特殊电源、机上配备有交流 115 V 和直流 28 V 电源, 及实现工作电源的变换。

自定位设备: 采用一台 GPS 设备, 实时对飞机的位置进行精确定位, 并与数据信号处理器中的数据图像融合处理, 以确定一旦侦察到目标时的绝对坐标。

备件: 机上系统所需要更换的备附件、维修、检测工具、设备与机身链接的固定件和防震件等。

敌我识别器: 完成敌我识别任务, 采取选型

配套方式解决。

3.2.2 地面站组成设备功能

地面站系统主要由通信设备、情报综合处理设备和地面配套设备三大部分组成, 全部设备安装在一台中型车辆上。通信设备中包括接收/发射天线、控制器、通信机等单元, 由它完成直升机与地面站之间的信息交换, 并可经处理后形成的情报文件向上级或友邻传送。

情报综合处理设备对机上实时处理后的数字信息做二次加工, 将其航迹数据、时间标记和各种侦察数据/图像融为一体, 形成分类情报文件和态势图, 进行态势和目标分析, 以便更好地去伪存真, 更准确地进行威胁等级排序, 使数据库更完整和提高侦察情报的可信度。此外, 这里也包括一套纪录存贮和显示控制设备。其纪录存贮介质的容量比机上系统要大得多, 可将 3~4 次飞行中的全部侦察数据纪录下来, 特别是当机上存贮容量不够时, 将数据实时发送至地面存贮, 从而使得情报更安全, 不会丢失。显示器可采用大屏幕高分辨率显示, 以获得最佳的显示效果。显示器有图形显示器、文字表格显示器两台。前者用于在地图背景上显示态势信息和图像, 后者用于显示侦察处理后的数据和相关文件等^[10-12]。

4 系统总体主要性能要求与分析

4.1 侦察对象与方式

直升机载光电对抗情报侦察系统具备空-地与中空-中空两种侦察方式。

在实施空-地侦察时, 侦察对象主要为: 地-空的各种激光威胁, 典型的有防空导弹或高炮系统中的激光测距/跟踪器、激光驾束制导武器的照射源、防空反直升机的激光致盲武器等。此外, 还有各种红外威胁源, 如地-空导弹、高射炮弹、地面坦克、装甲车、海面舰艇等兵器或其他红外辐射特征较明显的军事目标^[13-14]。

在实施低空-中空侦察时, 侦察对象主要为空

中的各种激光威胁源,典型目标是激光制导武器(导弹、炸弹、炮弹)的照射源、入侵飞行器上光电火控系统激光测距/跟踪器、反高炮光电瞄准的激光致盲武器等。各种红外辐射源,包括空-地或反坦克的制导武器、反辐射武器及各种空中飞行器等。

侦察的目的在于:通过分析所获取的目标各类技术参数,识别目标类型,找出可实施光电对抗的对象,并为制定最佳的光电干扰方案提供依据。

4.2 作用距离

侦察距离指标分别涉及:激光/红外侦察告警设备的告警距离、激光/红外/电视成像跟踪器的跟踪距离,以及可见/红外行扫描仪的作用距离。不同的设备,在不同的天候、地形和目标状态情况下,作用距离有所不同,此处给出的指标是指上述3类系统的作用距离均在5~30 km范围内。选取这一指标的主要依据是:

(1) 地形通视条件

根据下式计算出直升机在不同高度上对应的最大通视距离:

$$R=4.1(\sqrt{H_1}+\sqrt{H_2})$$

其中, R 为视距,单位km; H_1 为侦察设备所在高度,单位m; H_2 为被侦察目标高度,单位m。

如以对地侦察坦克目标为例,取 $H_2=3$ m,则有如表1所示的最大通视距离。

表1 最大通视距离

H_1 (m)	50	100	500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000
R (m)	36.08	48.1	98.8	136.8	169.9	190.5	212.1	231.7

由表1可见,当侦察机所处飞行高度50 m时,通视距离为36 km;若高度为3 000 m,则通视距离为230 km。无论是情报侦察还是情报传递,上述通视距离都足以满足使用要求。

(2) 侦察对象的工作距离

以侦察激光威胁源为例,防空高炮用激光测距机的作用距离一般为0.4~15 km,激光驾束制导武器反飞机有效射距1~8 km,其激光照射源最大能力

应在10 km以内;较远的当数德国CE618型激光测距机,可达30 km;而空-地激光测距/跟踪/制导系统中的激光源作用距离一般也在15~20 km以内。再以做为红外辐射源的制导导弹为例,地-空导弹射程大都在3~10 km,而空-空光电制导导弹射程一般不超过20 km。由上所述可判定,本系统最关心的辐射源的作用距离一般不超过30 km。

(3) 被侦察对象的面积大小

红外告警、红外成像跟踪、电视成像跟踪与可见/红外行扫描仪等成像探测系统的作用距离通常与被侦察目标的尺寸大小有关。目标的红外辐射有效面积或几何光学面积越大,在其他参数一定的情况下,可被侦察的作用距离也就越远,下面以电视成像跟踪为例分析。

若采用一种高灵敏度的CCD(型号:TK-66CE)作为电视跟踪的传感器进行估算,可按下式和参数取值范围,近似估算其作用距离 R 与目标面积 A_1 之间的关系:

$$R=\kappa A_1$$

式中 κ 是一个与目标、背景、大气等各方面因素有关的系数。若将有关参数代入上式后,可以得到作用距离 R 和目标面积 A_1 之间的关系,如表2所示。

表2 探测距离 R 和目标面积 A_1 之间的关系

A_1 (m)	0.1	0.4	1	3	5	7	9	10
R (m)	4.7	9.5	15	26	33.5	40	45	47.4

由表2看出,如果被侦察对象是截面很小的导弹(0.1 m²),探测距离只能达到5 km;而对于截面为5 m²的坦克, R 就可达到3 km;如果是10 m²以上更大尺寸的目标,如建筑物、桥梁、舰艇,就可侦察到50 km。由此可见,侦察距离对目标的面积尺寸依赖很大。如果还是以坦克为例,确定典型对地侦察距离为30 km,显然是符合使用要求的。

(4) 技术水平的限制

作为一个直升机载侦察系统,在相对比较苛刻的装机尺寸和重量限制下,要将机上十几套分系统均做到轻而小,技术难度还是较大的。特别是各传

传感器的光学接收系统, 如果要想作用距离远, 则必然视场小、焦距长, 由此带来的问题是光学系统体积大、重量重; 视场小带来的问题是覆盖一定的空域所需侦察时间长, 不利于载机的快速飞行, 因此, 作用距离是一个涉及多方面性能的综合指标。

综上所述, 确定系统的侦察距离为 5~30 km 显然是一个比较合理的选择。

4.3 定位精度

定向精度 $\leq 1^\circ$; 测距精度 $\leq \pm 5$ m。

系统将所侦察目标的定位数据连同其他技术参数一并传送给地面接收站, 用于引导光电干扰设备实施对抗或给其他武器提供目标指示。定位精度受单点测量角度误差和测距误差的影响, 其中以测量角度引入的误差为主^[15-16]。

测角误差分析: 在直升机上利用光电侦察告警、成像跟踪等传感器可获得目标相对于载机的角度数据, 利用激光测距设备可获得其距离数据, 利用 GPS 导航设备可提供飞机的姿态数据。上述测量中的测角误差为:

$$\sigma_\theta = (\sigma_{\theta 0}^2 + \sigma_{\theta 1}^2 + \sigma_{\theta 2}^2 + \sigma_{\theta 3}^2 + \sigma_{\theta 4}^2)^{1/2} (^\circ)$$

其中, $\sigma_{\theta 0}$ 为机载测向设备的误差; $\sigma_{\theta 1}$ 为飞机姿态的影响所导致的测向角的误差; $\sigma_{\theta 2}$ 为导航自定位误差所引起的测向角的误差; $\sigma_{\theta 3}$ 为航向基准误差所引起的测向角误差; $\sigma_{\theta 4}$ 为导航数据更新对测向角度引起的误差。

下面逐项分析误差的来源与大小。

(1) $\sigma_{\theta 0}$ 机载测向设备误差

由于系统对目标的精确测向最终是由红外成像跟踪器或电视成像跟踪器完成的, 所以测向精度主要取决于这两项设备及相应承载设备的视轴稳定平台。现以红外成像跟踪器为例, 分析机载测向设备可能带来的最大误差。

设红外成像跟踪器的跟踪视场 $1^\circ \times 1^\circ$ (捕获视场 $4^\circ \times 4^\circ$), 采用 128×128 面阵红外探测器, 则测向精度为: $1^\circ/128 = 0.008^\circ$; 视轴稳定平台的稳定精度为 $100 \mu\text{rd}$, 相当于 0.006° 。则两项误差按均零值正

态分布估算, 总误差为:

$$\sigma_{\theta 0} = \sqrt{(0.008^\circ)^2 + (0.006^\circ)^2} = 0.01^\circ \text{ (rms)}$$

再考虑到一些不确定因素的影响, 放宽 4 倍, 则 $\sigma_{\theta 0}$ 最大也不超过 0.04° 。

(2) $\sigma_{\theta 1}$ 飞机姿态引入的误差

飞机姿态数据由系统所配置的 GPS 提供, 它可达到的指示精度为: $\sigma_{\text{航向}} = 0.07^\circ$, $\sigma_{\text{视轴}} = 0.1^\circ$, $\sigma_{\text{俯仰}} = 0.1^\circ$ 。若认为上述 3 项误差按相互独立的零均值正态分布, 则引入的总误差为:

$$\begin{aligned} \sigma_{\theta 1} &= \sqrt{\sigma_{\text{航向}}^2 + \sigma_{\text{视轴}}^2 + \sigma_{\text{俯仰}}^2} = \sqrt{0.07^2 + 0.1^2 + 0.1^2} \\ &= 0.16^\circ \text{ (rms)} \end{aligned}$$

(3) $\sigma_{\theta 2}$ 导航自定位误差引入的误差

直升机自身的位置由机载 GPS、高度表或地面导航设备确定, 它们的精度将影响系统最终的定位精度。为方便起见, 把自定位精度对定位精度的影响折算到测向角 θ_1 中。故在 X 、 Y 、 Z 三维空间中由直升机自定位不准导致的直升机位置误差 Δr 所对应的角度误差 $\sigma_{\theta 2}$ 为:

$$\sigma_{\theta 2} = 1621/R (^\circ)$$

式中, R 为直升机到辐射源的距离, 代入上式计算得:

$$R=5 \text{ km 时, } \sigma_{\theta 2}=0.32^\circ;$$

$$R=10 \text{ km 时, } \sigma_{\theta 2}=0.16^\circ;$$

$$R=20 \text{ km 时, } \sigma_{\theta 2}=0.08^\circ;$$

$$R=30 \text{ km 时, } \sigma_{\theta 2}=0.05^\circ.$$

(4) 航向基准误差所引起的误差

根据导航设备给定的指标, 航向基准误差精度为 $0.3^\circ \sim 0.5^\circ$ (rms) (正北为 360°), 考虑最坏的情况, 取

$$\sigma_{\theta 3} = 0.5^\circ \text{ (rms)}$$

(5) $\sigma_{\theta 4}$ 导航数据更新率所引起的误差

若直升机最大航速为 80 m/s , 则对于距离 R 处的目标, 如果规定每 $\Delta \tau$ 更新一组导航自定位数据, 则在边飞行边处理的连续工作方式下, 目标角度的变化值最大为:

$$\sigma_{\theta 4} = 80(\Delta \tau/R)(180^\circ/\pi) = 4584\Delta \tau/R (^\circ)$$

如取 $\Delta\tau=1$ s, 则有

$R=5$ km, $\sigma_{\theta 4}=0.92^\circ$;

$R=10$ km, $\sigma_{\theta 4}=0.46^\circ$;

$R=20$ km, $\sigma_{\theta 4}=0.23^\circ$;

$R=30$ km, $\sigma_{\theta 4}=0.15^\circ$;

最后, 将 $\sigma_{\theta 0}\sim\sigma_{\theta 4}$ 值代入 σ_θ 计算公式, 得:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \sqrt{\sigma_{\theta 0}^2 + \sigma_{\theta 1}^2 + \sigma_{\theta 2}^2 + \sigma_{\theta 3}^2 + \sigma_{\theta 4}^2} \\ &= \sqrt{(0.04^\circ)^2 + (0.16^\circ)^2 + (1.621/R)^2 + (0.5^\circ)^2 + (4.584\Delta\tau/R)^2} \\ &= \sqrt{0.3 + (1.621^2 + 4.584^2\Delta\tau^2)/R^2}\end{aligned}$$

当 $\Delta\tau=1$ s 时, 有

$R=5$ km, $\sigma_\theta (R=5 \text{ km}) = 1.1^\circ (19 \text{ mrd})$;

$R=10$ km, $\sigma_\theta (R=10 \text{ km}) = 0.73^\circ (13 \text{ mrd})$;

$R=20$ km, $\sigma_\theta (R=20 \text{ km}) = 0.6^\circ (10 \text{ mrd})$;

$R=30$ km, $\sigma_\theta (R=30 \text{ km}) = 0.57^\circ (9.9 \text{ mrd})$;

以上 σ_θ 代表了系统最终得到的测向误差, 最大约为 1° 的数量级。

测距误差分析: 由于本机采用激光测距方式, 故无论距离远近, 均可获得 $\Delta 5$ m 的测距误差, 该误

差值相对于 5 km 测距, 为 1/1 000; 相对于 30 km 测距, 仅为 1/6 000。故认为该项误差对定位的影响很小, 基本可忽略不计。

5 结 论

国外早在上世纪 70 年代就相继有一些直升机载光电侦察设备参加服役, 当时机上的侦察设备主要是电视成像与激光测距设备。20 世纪 80 年代以来, 随着光电制导武器和光电火控系统的发展, 光电侦察也日益得到普及, 其中美国、英国、意大利、以色列等国都相继发展了一些直升机载光电侦察系统, 并已逐步用于实战^[17-20]。

机载光电情报侦察系统主要承担战术/战役级侦察, 战略侦察则通常由卫星或高空侦察机完成。进入 21 世纪以来, 为满足多波段、多样式综合光电侦察的需要, 机载光电侦察系统正在向多传感器、多信息源合成的方向发展, 并将情报侦察、情报支援、战场目标指示、战况评估等功能融为一体, 实现了一机多能。

参考文献

- [1] 郭劲, 陈兆兵. 车载光电告警装备的发展现状与分析[J]. 光机电信息, 2010, 27(9): 69-76.
- [2] 元凤杰, 薛建国, 姚梅, 等. 激光侦察告警设备作用距离仿真[J]. 应用激光, 2010(1): 62-64.
- [3] 卢科青, 王文, 陈子辰. 点激光测头激光束方向标定[J]. 光学 精密工程, 2010, 18(4): 880-886.
- [4] 陈健, 薛乐堂. 舰载红外告警分系统的告警距离研究[J]. 光机电信息, 2010, 27(10): 55-58.
- [5] 郑猛, 冯其波, 邵双运, 等. CR 扫描仪激光扫描光学系统的设计[J]. 光学 精密工程, 2010, 18(1): 21-28.
- [6] 陈健, 于洪君. 光电对抗与军用光电技术研究进展[J]. 光机电信息, 2010, 27(11): 12-17.
- [7] 刘敬民, 任宁. 直升机载激光告警技术与装备发展概述[J]. 红外与激光工程, 2008(S3): 345-348.
- [8] 代红, 陈超. 直升机机载中红外激光定向干扰实现途径[J]. 四川兵工学报, 2011, 32(1): 114-116.
- [9] 张成伟, 高扬. 直升机载雷达电子战系统面临的作战环境及发展趋势[J]. 电子信息对抗技术, 2010, 25(3): 35-38.
- [10] 张晓琳, 唐文彦, 孙和义. 水下声信号的激光干涉测量[J]. 光学 精密工程, 2010, 18(4): 809-815.
- [11] 梁敏华, 吴志勇, 陈涛. 采用最大灰度梯度法实现经纬仪自动调焦控制[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(12): 3016-3021.
- [12] 王合龙, 陈洪亮, 何磊, 等. 机载光电探测与对抗系统发展浅析[J]. 红外与激光工程, 2008(S3): 315-318.
- [13] 张坤华, 杨烜. 应用聚类和分形实现复杂背景下的扩展目标分割[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(7): 1665-1671.

- [14] 陈兆兵, 郭劲, 姜伟伟. 红外告警设备的应用现状与发展趋势[J]. 光机电信息, 2008, 25(9): 37-41.
- [15] 贾方秀, 丁振良. 激光测距仪的脉冲电流供电温度控制系统[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(9): 2128-2135.
- [16] 章大勇, 吴文后, 吴美平. 机载激光雷达系统标定方法[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(11): 2806-2813.
- [17] 宋建辉, 袁峰, 丁振良. 脉冲激光测距中高精度时间间隔的测量[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(5): 1046-1050.
- [18] 贾方秀, 丁振良, 袁峰. 相位法激光测距接收系统[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(10): 2377-2384.
- [19] 乔健, 邵帅. 舰载光电告警技术的现状和发展趋势[J]. 光机电信息, 2010, 27(11): 7-11.
- [20] 郭劲, 苗用新, 林洪沂, 等. 机载定向红外对抗激光指示系统控制设计[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(2): 341-349.

作者简介: 郭劲 (1964-), 男, 汉族, 吉林长春人, 博士, 研究员, 博士生导师, 2008年于中科院长春光机所获得博士学位, 主要从事光电对抗技术与装备研制方面的研究。E-mail: wtfeng@sina.com

《光学 精密工程》(月刊)

《光学 精密工程》是中国仪器仪表学会一级学术期刊, 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所主办, 科学出版社出版。由国内外著名科学家任顾问, 陈星旦院士任编委会主任, 国家科技部副部长曹健林博士担任主编。

《光学 精密工程》坚持学术品位, 集中报道国内外现代应用光学、光学工程技术、光电工程和精密机械、光学材料、微纳科学与技术、医用光学、先进加工制造技术、信息与控制、计算机应用以及有关交叉学科等方面的最新理论研究、科研成果和创新能力。本刊自2007年起只刊发国家重大科技项目和国家自然科学基金项目及各省、部委基金项目资助的论文。《光学 精密工程》竭诚欢迎广大作者踊跃投稿。

本刊获奖:

中国精品科技期刊
中国科学技术协会择优支持期刊
中国百种杰出学术期刊
第一届北方优秀期刊
吉林省双十佳期刊

国际检索源:

《美国工程索引》(EI Compendex)
《美国化学文摘》(CA)
《英国INSPEC》(SA)
《俄罗斯文摘杂志》(PЖ)
《美国剑桥科学文摘》(CSA)

国内检索源:

中国科技论文统计源期刊
中国学术期刊(光盘版)
万方数据系统数字化期刊
台湾华艺中文电子期刊网
中国科学引文数据库
中国物理文献数据库
中国期刊网

中文核心期刊要目总览(北大)
中国学术期刊综合评价数据库
中国光学与应用光学文摘
中国科学期刊全文数据库
中国光学文献数据库
中国学术期刊文摘
中国物理文摘

电 话: (0431) 86176855

传 真: (0431) 84613409

E-mail: gxjmgc@ciomp.ac.cn gxjmgc@sina.com

http://www.eope.net