

文章编号:1001-5078(2013)09-977-05

· 综述与评论 ·

轰炸光电瞄准系统现状与发展

王大鹏, 范惠林, 侯满义, 陈丹强, 刘成亮
(空军航空大学作战指挥系, 吉林 长春 130022)

摘要: 光电瞄准系统正在取代传统型纯光学瞄准系统, 成为满足全天候快速精确轰炸要求的新一代轰炸瞄准设备。主要从系统组成、系统模型及实现途径三方面给出了轰炸光电瞄准系统的应用现状, 分析了轰炸光电瞄准系统的发展趋势(外形与载机共形、合并至分布式综合光电系统), 从而为发展新型轰炸光电瞄准系统、提高信息化战争背景下轰炸作战能力提供了一定的理论依据。

关键词: 轰炸瞄准; 光电瞄准系统; 分布式综合光电系统; 发展趋势

中图分类号: TN216 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-5078.2013.09.03

Status and development of bombing electro-optic targeting system

WANG Da-peng, FAN Hui-lin, HOU Man-yi, CHEN Dan-qiang, LIU Cheng-liang
(Campaign and Command Department of Aviation University of Air Force, Changchun 130022, China)

Abstract: The Electro-Optic Targeting System (EOTS) is replacing the traditional all-optical targeting system as the oncoming generation targeting system to meet all-weather fast and precise bombing. The applying status through its system composition, model and realization approach is presented, and meanwhile the development trend of electro-optic bombing targeting system is analyzed (appearance blending into the aircraft, incorporated to Distributed Integrated Electro-Optic System). The thesis may be helpfully to research new bombing electro-optic targeting system and consequently boost the bombing function.

Key words: bombing targeting; EOTS; DIEOS; development trend

1 引言

从二战后期到20世纪80年代末,由电子计算机、轰炸雷达和光学瞄准具组成的传统型光学轰炸瞄准系统一直是轰炸机的标准配置^[1]。在轰炸作战中,光学瞄准具实现对目标的观测与瞄准,轰炸雷达自动测出飞机与目标的位置信息,电子计算机计算出领航和轰炸所需的各种参数。随着以信息技术为主的军事高新技术飞速发展,情报、侦视和侦察在现代战争和安全中显得日益重要,近几次局部战争结果表明,在复杂电磁环境下对敌地面、海面目标遂行全天候快速、精确打击已经成为军事强国的一种常态化打击方式,而传统型轰炸瞄准系统显然已经无法满足作战要求,主要表现在以下3个方面:

(1) 目标信息获取难。纯光学瞄准具在夜间及

复杂气象条件下难以观测到目标,瞄准时机组人员常需俯身半趴在瞄准具上,空中气流大时很难保持准确观测、瞄准;

(2) 轰炸精度低。传统型轰炸瞄准系统无法使用制导武器,一般轰炸误差在200m左右;

(3) 载机生存率小。纯光学瞄准具一般为纯机械结构,靠人工操作凸轮、齿轮等轰炸瞄准诸元进行瞄准,操作繁琐,瞄准时间长,同时随着被动式探测雷达技术的快速发展,轰炸雷达的高频信号易被捕获,这无疑都使得载机的生存率减小。

光电瞄准系统(EOTS)集光机电高新技术于一

作者简介: 王大鹏(1989-),男,在读硕士生,主要从事制导武器的作战使用与仿真研究。E-mail: ajwzajwz@163.com

收稿日期: 2013-02-28; **修订日期:** 2013-03-15

体,其可见光及红外热成像模块可实现对目标的全天候观测,激光模块可实现对目标位置信息的测量以及对激光制导武器的导引。EOTS 使载机能够在机载雷达关机、处于无线电静默状态下快速对目标进行全天候自动搜索、跟踪、瞄准,有效地解决了以上问题,使战争形态发生了革命性改变^[2],EOTS 已成为信息化战争下的新一代轰炸瞄准系统。文献[3]从总体上介绍了机载光电瞄准系统的应用现状及发展趋势,文献[4]侧重介绍了直升机光电瞄准系统的现状与发展,本文主要介绍机载光电瞄准系统在轰炸作战领域的应用现状与发展。

2 轰炸光电瞄准系统应用现状

轰炸光电瞄准系统最突出的作用是实现了对目标的全天候精确打击,突破了气象条件对于轰炸作战的限制,减小了轰炸误差(常规炸弹误差约为 $10\text{ m}^{[5]}$),同时还可辅助载机夜间起降。轰炸光电瞄准系统目前已成为集红外搜索和跟踪(IRST)、前视红外成像(FLIR)和激光指示瞄准(LTD)等功能于一身的综合系统,相当于将传统的前视红外成像吊舱、光电雷达以及目标指示瞄准吊舱功能融合为一体。

2.1 系统组成

通常光电瞄准系统被集成到一种机载式、雪茄状的瞄准吊舱中。瞄准吊舱最早于 20 世纪 80 年代末在战斗机上挂载,包括美空军 F-15E 和 F-16 战机的蓝盾吊舱(LANTAIN)以及美海军 F/A-18 的夜鹰吊舱(Nitehawk)^[3]。光电瞄准系统功能上主要由光电探测设备和电子计算设备组成,分别完成目标信息获取和目标信息处理。轰炸光电瞄准系统属于光电瞄准系统的子系统,在系统组成上也是由光电探测设备和电子计算设备组成,如图 1 所示。



图 1 典型的光电瞄准系统分解图

光电瞄准系统在目标信息获取方面的技术是通用的,然而与战斗机以先进的制导武器为主要攻击方式不同的是,轰炸机常要使用大量非制导武器。在打击大规模低价值面目标时,常规炸弹或常规炸弹结合

制导炸弹依然是效费比最高的打击方式,因此轰炸光电瞄准系统的独特之处在于能够控制机载常规武器的自动投放。典型的轰炸光电瞄准系统结构如图 2 所示,在目标信息处理过程中,光电瞄准处理计算机实时获取载机航行信息及目标位置信息,计算投弹点,适时启动自动驾驶仪,稳定攻击前的飞机姿态和航路,适时发出自动投弹信号给电动投弹器。

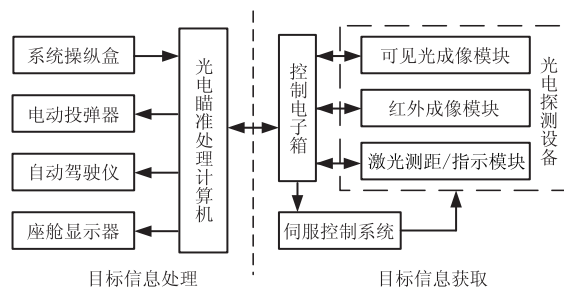


图 2 轰炸光电瞄准系统结构图

2.2 轰炸瞄准模型

在应用常规炸弹遂行轰炸作战时,同传统型光学瞄准系统一样,轰炸光电瞄准系统也是依据水平空投系统瞄准原理,依次按照水平空投原理所要求的方向瞄准和距离瞄准两个过程对目标进行瞄准,电子计算设备通过实时将观测线和瞄准线相比较来决定开舱点和投弹时刻。

(1) 方向瞄准,修正偏流角

方向瞄准过程中,载机不停转弯以选择一条正确的空投航向,在该航向上投弹,炸弹将会落在地面上通过目标并与航迹线平行的一条直线上。

发现目标后,首先进入方向瞄准,修正偏流角,轰炸瞄准系统通过自动驾驶仪控制载机航向,保持目标沿该纵标线移动,则方向瞄准结束,该偏流角为准确值。

(2) 距离瞄准,修正速高比

距离瞄准的过程是载机在正确的轰炸航向上选择一个正确的时刻,即距目标的水平距离等于炸弹的纵向射程。

方向瞄准结束后,载机保持原飞行方向不变,通过修正速高比将目标一直稳定在视场中心。实质上,方向瞄准为调整瞄准线倾斜角的过程,而距离瞄准为调整瞄准角的过程。

实际过程中,轰炸瞄准系统操纵载机修正航向,实时测量目标相对载机的观测角和观测线倾斜角,当测量值等于计算值时,即观测角等于瞄准角,瞄准线倾斜角等于观测线倾斜角时实施投弹,炸弹就能

命中目标。

2.3 系统实现方法

轰炸光电瞄准设备一般直接使用战斗机光电瞄准吊舱的光电探测设备,电子计算设备则需进行以实现常规炸弹投放为主的软硬件改造,同时对载机进行以实现与光电瞄准系统通信为主的改装。美军 B-52 轰炸机机翼下所挂载的光电瞄准吊舱就是由 F-16 战斗机的莱特宁-II 型吊舱直接改造而来^[6]。在伊战中,该吊舱成功指引激光制导炸弹对伊拉克的雷达设施和机场指挥中心进行了打击。通过改装,B-52 作战能力大幅提升,具有与战斗机相近的战术打击能力,结合其他系统升级,美国国防部计划将这款服役于 1955 年的老飞机服役期延长到 2040 年左右,成为老旧轰炸机加装轰炸瞄准系统成功的典型。

由于轰炸机机体相对较大,光电瞄准系统除了以吊舱形式直接挂载于机翼下之外,还可将探测设备与电子计算设备分开,将探测设备以光电转塔形式半埋于机身下,电子计算设备置于机身内,光电探测设备、电子计算设备、载机三者通过机载计算机总线进行通信,直升机、无人机一般采用这种实现方式。两种实现形式对比如表 1 所示。

表 1 两种轰炸光电瞄准系统实现方法对比

实现方法	优点	缺点
吊舱式	研发周期短,载机改装小,可拆卸	占用挂点
光电转塔式	不占用挂点	研发周期长,载机改装大,不可拆卸

然而,对于隐身飞机而言,要尽可能地消除飞机表面各种突出物、鼓包,光电瞄准系统需要与载机进行结构共形设计,表 1 中两种实现方法均不能采用,目前的解决方法是采用分布式综合光电系统,在机身多个方向布置光电器件窗口以得到全方位的图像(特别是对于轰炸作战而言最重要的正下方)。

目前国外只有美国 F-35 战机采用了分布式综合光电系统,F-35 的 AAQ-37 型分布式综合光电系统是在 Sniper XP 型吊舱的技术基础上研发而来(65% 硬件相同,技术完全相同),由光电瞄准系统(EOTS)和光电分布式孔径传感器系统(EODAS)两部分组成。EODAS 依靠安装在机身特定部位的 6 个光电传感器搜集 360° 范围内的各种信息,为飞行

人员提供一个球形视野,实现了在雷达不开机的情况下对周围战场态势的感知,可以对目标进行远距离(大于 1000 km)放大确认。由于 EODAS 探测精度目前还无法满足对地攻击要求,因此 F-35 在机头下装备 EOTS 专门负责对地攻击,如图 3, EOTS 设备舱由 7 块表面镀膜的蓝宝石玻璃组成,用以散射雷达电波,减小对飞机 RCS 的影响,但这种结构同时也产生了动态像差。EOTS 是世界上首个也是唯一一个集第 3 代 FLIR、IRST 及激光指示、测距和激光点跟踪功能于一身的高集成度、高效费比的传感器系统^[7-8]。



图 3 F-35 战机的 EOTS 设备舱

目前投入过实战使用的具备轰炸作战能力的隐形飞机只有美国著名的 F-117 战斗轰炸机和 B-2 轰炸机。受研发时期技术水平限制,F-117 和 B-2 均未采用分布式综合光电系统。

F-117 凭借其性能优越轰炸光电瞄准系统,在海湾战争中承担了盟军攻击总数的 40%,为后续隐形飞机轰炸瞄准系统提供了重要的参考意义。F-117 没有机载雷达,在对地轰炸瞄准时,主要依靠安装在飞机风挡玻璃之下的双视场前视红外(FLIR)探测器和前轮舱左侧的可收放下视红外(DLIR)探测器,FLIR 负责远距离搜索、捕获目标,DLIR 负责在接近目标时的具体瞄准,探测器转台操纵部件设在座舱左侧的飞机油门上。

B-2 和 F-22 一样,主要是通过低截获率的有源相控阵雷达对地面、海面目标进行探测,而未装配光电瞄准系统,这种采用主动式信号进行目标信息捕获的方式很有可能暴露自己的行踪,为敌方提供捕获途径,尤其是被动探测雷达技术的快速发展(探测距离大于 500 km)更是增大了其被捕获几率,在一定意义上限制了 B-2 的作战使用。

3 轰炸光电瞄准系统发展趋势

作为机载设备,轰炸光电瞄准系统的发展是在新一代飞机强调隐身性和信息战能力的大背景下进

行的,其发展趋势是外形与载机共形、合并至分布式综合光电系统,具体表现为小体积、高分辨率、高运算速度。

3.1 小体积

为了最大限度减小对飞机 RCS 值的影响,轰炸光电瞄准系统必须尽可能减小体积,合并结构以便于器件布置,红外传感器系统可以通过红外焦平面阵列实现,这样就能省去价格昂贵、结构复杂的稳定与瞄准及光机扫描机构。

F-35 的 EOTS 传感器是一个简洁的单孔径器件,本身体积较小,突出蒙皮较少,对飞机 RCS 影响也相对较小。相比之下,俄罗斯 T-50 采用的传统鼓包形红外搜索跟踪系统势必会增大飞机的 RCS 值,不利于隐身性,同时也增大了飞行阻力。

3.2 高分辨率

系统体积的缩小、伪装技术的快速发展、轰炸高度及作战距离的增大等都对系统光电探测设备的成像分辨率提出了更高的要求,目前提高光电探测设备分辨率的主要新技术如表 2 所示^[9-10]。

表 2 提高光电探测设备分辨率的主要新技术

探测设备	可见光模块	红外模块	激光模块
主要新技术	大面阵数字制式图像	微扫描、拼接技术;多色探测;多光谱/超光谱	激光选通成像;激光 3D 成像
性能提高表现	提高色彩还原能力	增加像元;提高目标探测能力;压制杂波	消除帧到帧跳动;增强目标识别能力

3.3 高运算速度

轰炸光电瞄准系统需要快速准确地交换、处理海量数据:

(1)对目标进行全天候自动搜索、跟踪、瞄准会产生大量需要实时处理的数据;

(2)需要实时获取惯导、大气机等机载设备信息,依据水平空投系统的瞄准原理,计算输出飞控信息和投弹控制信息数据到载机自动驾驶仪;

(3)分布式综合光电系统至少有四个红外器件窗口,而每个红外器件又都包含一个大面积红外焦平面阵列,较传统型光电瞄准吊舱产生约 10 倍以上数据,这也是分布式综合光电系统实现的难点。

只有拥有高的运算速度才能缩短作战时间,提高轰炸精度,提升打击效率,有效完成预期功能。提

高系统运算速度需从软硬件两方面入手。硬件方面,采用光纤为传输介质,以 GPU 或 CUDA 图像处理芯片进行高性能并行运算^[10-11],以综合射频传感器系统作为载机核心处理系统,孔径综合,天线复合;软件方面,优化图像融合、图像去模糊技术以及数据处理算法,在综合射频传感器系统下进行软件融合^[12]。

4 结束语

光电瞄准系统由于其强大的信息捕获能力,将取代传统型的纯光学瞄准系统,成为轰炸作战的新型瞄准方式,未来无人轰炸的实现将更加依赖光电瞄准系统。

轰炸光电瞄准系统的独特之处在于能够控制常规武器的自动投放。对于非隐身轰炸机而言,直接应用经改进的战斗机光电瞄准吊舱是理想的途径,主要有两种方式,一种是直接以吊舱的形式挂载到机翼下,另一种是将电子计算设备置入机身内,将光电探测设备固定到机身下;随着隐身飞机的发展,轰炸光电瞄准系统将和载机实现结构共形,这驱使系统朝着体积小、分辨率高、运算速度快的方向发展,也使得系统性能的提高不仅依赖于光、机、电等领域的进步,还将更加依赖新工艺、新材料的发展。

参考文献:

- [1] Xue Fang. The impact of technological advances to world war II bombers [J]. Ordnance Knowledge, 2007, (12): 61-63. (in Chinese)
薛方. 技术进步对二战轰炸机的影响 [J]. 兵器知识, 2007, (12): 61-63.
- [2] Mau Merrick E Krause. Night air combat-a United States military-technical revolution [D]. Air Command and Staff College, 1997.
- [3] Chen Xilin, Fu Yusong, Wei Xunkai. The status and development of the airborne optical targeting system [J]. Infrared Technology, 2006, 26(2): 421-423. (in Chinese)
陈希林, 傅裕松, 尉洵楷. 机载光电瞄准系统的现状及发展 [J]. 红外技术, 2006, 26(2): 421-423.
- [4] Li Wenkui, Wang Junpu, Jin Zhihua, et al. Development and countermeasure of airborne optoelectronic pods [J]. Journal of Chinese Inertial Technology. 2004, 12(05): 75-80. (in Chinese)
李文魁, 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(05): 75-80.

- [5] Fan Lei, Xiang Yang. Applications of electro-optical pod in airborne and airdrop system[J]. Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, 2008, 25(4): 467-470. (in Chinese)
范蕾, 向阳. 光电吊舱在空投空降系统中的应用[J]. 中国科学院研究生院学报, 2008, 25(4): 467-470.
- [6] Mustafa Azimeli. Simulation of flight operations and pilot duties in LANTIRN fighter squadrons using simkit[D]. Naval postgraduate school, 2008.
- [7] Philips, Edward H. F-35 sensor systems maturing[J]. Aviation Week and Space Technology, 2006(21): 15-17.
- [8] Lockheed Martin Corporation. F-35 lightning II EOTS [EB/OL]. 2009. www.Lockheedmartin.com/us/products/F-35 Lightning II EOTS.html.
- [9] Shen Honghai, Huang Meng, Li Jiaquan, et al. Recent progress in aerial electro-optic payloads and their key technologies[J]. Chinese Optics, 2012, 5(1): 20-29. (in Chinese)
沈宏海, 黄猛, 李嘉全, 等. 国外先进航空光电载荷的进展与关键技术分析[J]. 中国光学, 2012, 5(1): 20-29.
- [10] Wang Jiangang. Prospects of EO air-to-ground targeting in future[J]. Electronics Optics & Control, 2007, 14(4): 1-5.
- [11] Zhang Zhili, Zhao Bing, Liu Chuntong, et al. The hardware design of automatic collimation system based on image process[J]. Laser & Infrared, 2006, 36(7): 32-37. (in Chinese)
张志利, 赵兵, 刘春桐, 等. 基于数字图像处理的全自动瞄准硬件设计[J]. 激光与红外, 2006, 36(7): 32-37.
- [12] Zhao Peihong. The technologies of multifunction integrated RF system[J]. Radar & Ecm, 2011, 31(3): 9-13. (in Chinese)
赵佩红. 多功能综合射频系统技术综述[J]. 雷达与对抗, 2011, 31(3): 9-13.