

机载激光武器系统作战应用分析

余 驰, 张立群

(中航工业庆安集团有限公司航空设备研究所, 陕西 西安 710077)

摘要: 机载激光武器系统是一种应用于现代战机的高能激光武器系统。介绍了机载激光武器系统组成、工作原理和特点, 对机载激光武器系统的作战应用进行了研究和分析。分析了机载激光武器系统的关键技术及其应用所需要解决的技术问题。通过研究和分析提出了一些未来机载激光武器系统作战应用的思考和建议。

关键词: 激光武器; 机载激光武器系统; 作战应用

中图分类号: E926; TJ951 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1673-3819.2011.03.025

Operational Application Analysis of Airborne Laser Weapon System

YU Chi, ZHANG Li-qun

(AVIC Qing-an group co., LTD Qing-an Aviation Equipment Institute, Xi an 710077, China)

Abstract: Airborne laser weapon system is one of the high energy laser weapon systems which is used in modern fighting aircraft. Composition, work principle and characteristics of airborne laser weapon system were introduced in the paper, operational application was studied and analyzed. Key technology of airborne laser weapon system was analyzed; its technology problem must solve in application was analyzed. Passing study and analysis, some considerations and suggestions of operational application are presented on future airborne laser weapon system.

Key words: laser weapon; airborne laser weapon system; operational application

激光武器系统是一种利用激光束直接攻击目标或使目标的部分功能失效, 以达到攻击和防御功能的新概念武器系统。按照承载平台的不同可以分为陆基激光武器(包括车载激光武器)、舰载激光武器、机载激光武器和天基激光武器^[1]。按激光武器攻击目标的能力可分为战略激光武器、战役激光武器和战术激光武器。战略激光武器主要用于攻击战略导弹、侦察卫星等; 战役激光武器主要攻击歼击机、防空阵地等; 战术激光武器主要对光电探测设备、驾驶舱盖等目标进行损毁。美军安装在波音 747-400F 飞机上的 ABL (Airborne Laser) 就属于战役机载激光武器系统^[2]。现在陆基激光武器和舰载激光武器已经可以用来攻击卫星^[3]。而对于机载激光武器, 各军事强国均处于研究和试验阶段。其中, 战术激光武器(ATL)是研究的热点, 未来可能应用在四代或五代战斗机上^[4]。为了将激光武器装备在飞机上, 实现对导弹、光电探测/导引设备、飞机等易损伤部位进行攻击和防御, 提高飞机的生存能力和作战效能, 近 20 年来机载激光武器系统及技术和作战应用研究一直得到发展和关注^[5]。

1 机载激光武器系统概述

1.1 系统组成及工作原理

机载激光武器系统主要是通过激光器产生的光束光子能量来摧毁飞机、导弹、防空武器、光电设备等目标, 使之失效或损毁的新型武器系统。主要包括系

统结构、任务处理机、激光器子系统、高精度随动控制系统、稳定瞄准子系统、信标照射激光器子系统和温控子系统。可以通过多种形式实现在飞机上的应用, 如吊舱形式挂载、半埋或全埋于各种战机中, 实现对敌空中、地面和水面目标的主动攻击和积极防御。激光武器的发射时无后座力, 对载机没有振动、冲击等影响, 可以根据作战需求通过与飞机的布局设计, 实现激光武器同时攻击多个目标和防御多个目标攻击的能力, 提升系统作战效能。

机载激光武器系统是集成高能激光器、高精度跟踪转塔、高精度温度控制、目标精确探测、任务处理等于一体的综合武器系统。系统的工作原理图见图 1。

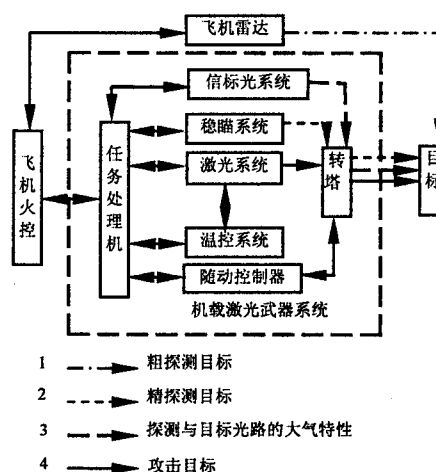


图 1 机载激光武器系统工作原理图

激光器产生激光束, 通过高精度跟踪转塔在方位和俯仰调节反射镜片的位置来改变光束方向; 温度控制系统为激光器提供最佳的工作环境温度, 保证激光束产生、传输和质量的稳定; 稳定瞄准系统用于精确

收稿日期: 2010-12-21

修回日期: 2011-01-15

作者简介: 余 驰 (1982-), 男, 陕西西安人, 硕士, 工程师, 研究方向为机载武器系统及其发射控制。
张立群 (1974-), 男, 硕士, 高级工程师。

探测目标,并将目标的位置、速度等信息反馈给任务处理机;任务处理机处理后发出指令,通过随动控制器来控制高精度跟踪转塔跟踪目标。高精度跟踪转塔精确跟踪目标后,随动控制器将其状态信息传输给任务处理机,任务处理机在检测各个子系统正常工作后,将机载激光武器系统可以精确攻击目标的信息传输给火控系统,操作者通过火控系统来决定是否对目标实施攻击。在攻击目标前信标激光束会先于攻击激光束发出,并通过对光路传输大气特性的检测,调整光学系统,使攻击激光束能以最佳的状态攻击目标。

1.2 机载激光武器系统的特点

机载激光武器系统与传统武器系统相比有诸多特点,研究和分析其特点是激光武器系统高效作战的基础。其特点主要表现在快、准、稳、省等几个方面。

1) 反应速度快、光传输速度快、能够实现即发即中。激光束能以每秒30万千米的高速传输,打击目标无需测定、调整提前量和瞄准角,当激光武器系统跟踪、瞄准和锁定目标时,操作人员即可决定是否攻击目标,能够瞬间实现对目标的攻击和损伤。激光武器系统光束能量高度集中,能够在几秒内实现快速对目标照射部位的损伤,进而达到杀伤目标的效果。

2) 激光束定向性高、攻击目标精度高。在天气质量良好的环境中,激光束的传输质量稳定,当跟踪瞄准装置调节瞄准时,激光束能够精确地攻击目标。激光武器不同于一般的动能武器,只有照射到目标才能攻击、杀伤目标,这也需要激光武器有很高的跟踪、瞄准精度,一般在 $0.1\text{mrad} \sim 0.01\text{mrad}$ ^[6]。

3) 发射激光时没有后坐力、抗干扰能力强。激光武器系统与一般的动能武器系统的一个主要特点是无后坐力,发射时对载机无影响,并可以通过战术需要对激光武器系统与载机的布局进行设计,实现激光武器对载机前后左右多个方位、多个目标的同时攻击和主动防御。抗干扰能力强,可以使激光武器在复杂的环境中执行任务。

4) 发射激光攻击目标时,能够快速瞄准并在几秒内杀伤目标,对激光武器系统的能源消耗小,代价低,与导弹等武器系统相比效费比高。例如百万瓦级的氟化氙激光武器每次发射费用约1000~2000美元,而“毒刺”便携式防空导弹每枚2万美元,“爱国者”防空导弹每枚30万~50万美元。

5) 激光武器的应用受环境影响比较大,特别是在能见度差的雾、雨等天气环境下。激光束的质量高、和性能稳定需要激光器工作在高精度的温度范围内。作战应用时空气的微粒度、气候情况对激光武器的作战效能有很大的影响。晴天微粒度小,光束能较理想地传输,光束传输方向精确、传输距离远、能量损失小,微粒对光的散射和能量吸收少,能精确地攻击目标。雨天或有雾激光武器不能作战使用,光束在传输

过程中被雨滴或大量悬浮微粒散射和能量被吸收,其传输距离减小和能量损失大,光束传输的精确性明显降低,无法形成对目标的有效攻击。

2 作战应用分析

接收到作战指示,飞机起飞前往作战地域,飞机雷达实时监控空域的目标情况。当雷达发现目标到激光武器攻击损毁目标,整个作战过程是:雷达发现目标,通过火控系统分析解算,确定最危险目标,飞机操作人员根据目标的类型、目标是否在激光武器的攻击范围内等条件判断是否选择激光武器攻击目标。条件符合激光武器攻击,操作人员选择激光武器作为攻击目标的武器系统。此时飞机火控将确定的目标相关信息传输给激光武器任务处理机,任务处理机指令激光武器转塔转向目标的方位。当目标进入一定的范围,目标的信息探测由雷达探测转换为激光武器稳定瞄准系统探测,进入对攻击目标攻击部位的精确探测和稳定跟踪。粗探测、确定攻击目标等信息由飞机雷达和火控系统完成,充分节省激光武器系统的能源,有效利用雷达探测距离远和范围广的优点。激光武器稳定瞄准系统与攻击激光传输采用共孔径发射,使用同一传动转塔,有效屏蔽安装误差、目标位置信息转换误差和飞机扰动,形成目标位置信息与激光束攻击的闭环系统,实现对目标的高精度跟踪、瞄准和攻击^[7]。在持续的时间内对目标的跟踪和瞄准精度在攻击的精度要求范围内,目标在激光武器的有效攻击范围内,激光武器系统运行正常,并将可以攻击目标的信息反馈给飞机火控,由飞机操作人员确定是否对目标进行攻击,完成作战任务。攻击目标时信标激光束会先于攻击激光束发出,通过光路传输大气特性的探测,调整光学系统,实现激光武器的最佳作战效能。作战应用流程见图2。

激光武器的特点是攻击目标精确、损伤目标快,在主动攻击精确打击目标时,从发现目标、跟踪目标、瞄准目标,到攻击目标,完成作战任务只需要几分钟。激光武器发射时没有后坐力,其光束发射对飞机无影响,可以通过转塔与飞机的布局设计、作战需求分析布置多个,实现对空间不同方位目标的主动攻击和防御。在受到光电等制导武器攻击时,激光武器对光电等制导武器的照射干扰和探测部位的损伤将影响光电制导武器的杀伤效能。当激光武器在制导武器光电制导探测部件上的能量达到一定的程度或进入激光武器的杀伤作用范围时,制导武器光电制导探测部件将被损毁或部分功能丧失,无法实现对被攻击目标的跟踪和攻击,实现激光武器的防御任务,提高战机的生存能力。作为未来可能应用的新式机载武器系统,当激光武器不能有效杀伤目标时,可以通过激光束精确跟

踪照射目标,为飞机的其他制导武器提供目标准确攻击指示,实现对目标的攻击,完成作战任务。

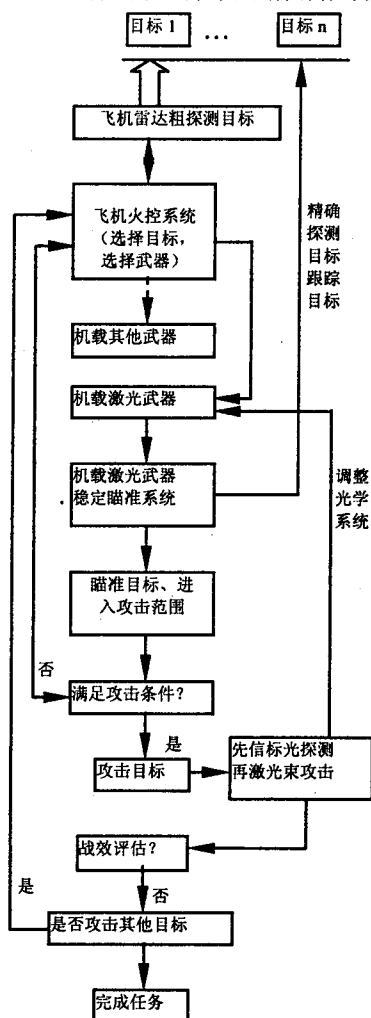


图2 机载激光武器作战应用流程图

3 关键技术分析

3.1 捕获、跟踪和瞄准技术

对目标的捕获、跟踪和瞄准技术是机载激光武器系统的关键技术之一。作战空域目标的识别,从背景和假目标中获取目标的方位、角度、频率等信息,判断是否用激光武器攻击目标、选择攻击目标^[8]。激光武器的光电探测设备随跟踪转塔运转,跟踪轴线跟踪运动目标的视线,当激光武器的光电探测设备跟踪轴线与目标的视线间的误差满足射击条件时,激光束可对目标进行精确攻击和杀伤。为了解决飞机姿态变化、传动误差、结构变形及节省能源等因素对机载激光武器系统对目标的捕获、跟踪和瞄准的影响,一般采用雷达粗探测捕获目标,攻击激光束与光电探测设备采用共孔径发射和同一跟踪转塔,实现对目标的探测捕获、快速跟踪和高精度瞄准及攻击。

3.2 高精度伺服控制技术

机载激光武器系统多采用共孔径的发射系统实现对目标的精确跟踪和目标探测,即稳瞄系统和跟

踪系统采用同一转塔。高精度伺服控制技术是其关键技术之一,高精度伺服控制技术通过精密伺服控制电机、高精度传感器、电子电路设计,来实现系统的精密跟踪和瞄准。高精度伺服控制受到多方面因素的影响,如武器系统的结构变形、外载引起的振动和冲击、传感器的精度、控制系统设计等。武器系统结构刚度强度设计、结构优化设计、软件仿真分析能够有效减小结构变形和振动冲击对高精度伺服控制的影响。选用高精度环境适应力强的位置传感器,以实现位置环的精确反馈;应用精密伺服控制电机,通过提高系统增益、扩展带宽、提高系统无静差度等措施,能够有效提高执行机构的高精度位置要求。采用现代控制技术和最优控制、复合控制、自适应控制和模糊控制等方法,增加陀螺自稳进行控制系统仿真分析、参数调节和验证^[9]是解决高精度伺服控制的有效途径之一。国外现在已经开始使用高强度复合材料制造武器结构件,武器系统自身重量轻型化将减小驱动负载和转动惯量,有利于控制系统提高响应和高精度控制能力。

3.3 光束传输控制补偿技术

激光束在大气中传输将受到折射、吸收、散射、湍流、热晕、大气击穿等不同光学效应的影响^[10]。大气密度分布、激光束与大气分子的相互作用及吸收、局部温度、压强等参数变化是引起这些光学效应的根本原因。光学效应将影响激光束的直线传输、光斑大小、能量消耗等,进而导致激光武器攻击目标的精度和杀伤的能力降低。现在的激光武器系统多采用自适应光学技术,及对可能作战空域的大气环境参数的数据收集来对激光武器的传输控制进行补偿。减小激光束传输的能量损失,提高激光武器系统对目标的攻击精度和杀伤效能。

3.4 系统集成技术

机载激光武器是光、机、电、热一体化的新概念武器系统。系统集成涉及到激光束的传输整形控制、大功率器件的能源供给、高精度温度控制、精确随动跟踪、目标的精确探测和多任务时序逻辑管理和协调控制。如何解决这些系统集成问题,需要综合考虑总体设计和作战应用。通过系统优化设计、合理布局设计,可以实现武器系统的性能和功能。随着技术的发展和新型能源的应用,机载激光武器系统的大功率器件激光器和温度控制设备朝着小型化和能源高利用率方向发展,有利于机载激光武器系统的成功应用。

4 机载激光武器作战应用的思考和建议

目前,以美国为首的先进机载激光武器正在试验,并取得了阶段性成果。未来小型化、战术化应用的战术激光武器将应用于战机,以下作战使用和应用模式需要深入分析和研究。

1) 机载激光武器系统是一种新的应用于飞机的武

器种类,其与飞机的其他武器之间的协同作战模式和应用是一个全新的研究领域,需要通过研究和模拟作战分析,提高激光武器的作战应用能力,增强战机的作战效能。

2)激光武器通过激光束攻击或损毁目标,光束在大气中的传输特性、昼夜的传输特性、不同作战地域传输特性对激光武器光束的能量、攻击精度等有影响。需要对这些特性进行研究,为激光武器系统的高效能作战应用提供保证和技术支持。以有效选择武器种类,在适合的环境下有效地杀伤目标,完成作战任务。

3)飞机在战区作战,有同时面对攻击多个目标和同时被多个目标攻击的可能,激光武器的特点决定可以根据作战需求分析、典型作战剖面分析、进行激光武器与飞机的布局设计,满足同时对多个目标的攻击和防御。

参考文献:

[1] 余宗敏,蔡传能.未来战场的攻防新锐——激光武器[J].

飞航导弹,2005(2):62-64.

[2] 吕明春,梁红卫.高能激光武器及其技术发展[J].激光杂志,2008,29(1):1-3.

[3] 陈娅冰,赵尚弘,朱倩,等.激光武器新技术及应用[J].激光与光电子学进展,2003,40(4):18-20.

[4] 袁天保,石艳霞,姜娜.美国机载激光武器作战能力分析[J].激光与红外,2007,36(9):71-74.

[5] 周义,周丽,胡根秀,等.未来战争主攻手美军激光武器即将走向战场[J].飞航导弹,2005(10):32-36.

[6] 刘淑英,邵元培,计世藩.用战术激光武器反巡航导弹[J].现代防御技术,2001,29(1):8-12.

[7] 刘伟超.“鸚鵡螺”激光武器系统解析[J].舰船科学技术,2007,29(1):26-30.

[8] 胡浩军.运动平台捕获、跟踪与瞄准系统视轴稳定技术研究[D].长沙:国防科技大学,2005.

[9] 余驰.无人机转塔系统的发展应用及其关键技术[C].北京:尖兵之翼——第三届无人大会论文集,2010:635-637.

[10] 吕百达.强激光的传输与控制[M].北京:国防工业出版社,1999.

(上接第85页)

其中,目标毁伤仿真通过调用 FFeatureDamage 进行停机坪毁伤效果计算。图7所示为停机坪相对毁伤面积计算方法。

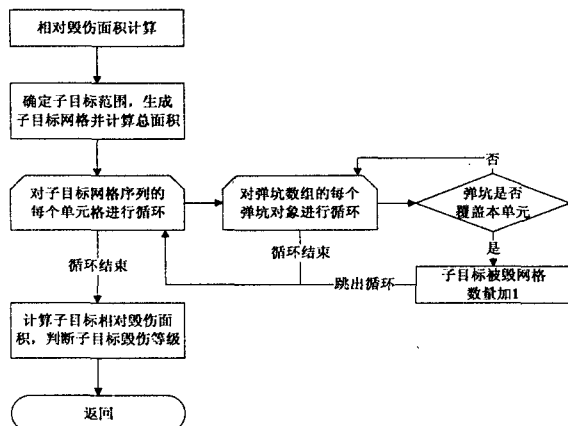


图7 停机坪 FFeatureDamage 方法

计算条件:停机坪中心坐标为(355,195),长宽为710m×350 m;飞机加载某型空地弹,弹头为整体爆破弹, CEP=20m,毁伤半径为45m。由于停机坪面积很大,不易毁伤,这里瞄准点根据弹量进行选择,均分停机坪。例如,设弹量为3n枚,瞄准点坐标按2n×n比例均分停机坪的方法选取。

表1 飞机轰炸停机坪毁伤表

弹数	瞄准点选择	相对毁伤面积	毁伤等级
6	4×2	15%	未毁伤
9	6×3	21%	未毁伤
12	8×4	28%	未毁伤
18	12×6	43%	轻度毁伤

从表1可以看出,在投弹数为6、9、12枚时,停机坪未被毁伤。当投弹数为18枚时,达到轻度毁伤。飞机认知停机坪毁伤等级 FDMGRC,结束轰炸任务。

4 结束语

目标毁伤仿真是 FLAMES 仿真系统的重要内容。本文通过分析 FLAMES 仿真系统体系结构,研究了目标毁伤仿真的相关模型及函数,具体分析了 FLAMES 中两类目标模型的毁伤计算方法,归纳出目标毁伤仿真流程。最后,以飞机轰炸实例给出了目标毁伤仿真在系统中的实现。通过对仿真结果的分析,证明了目标毁伤仿真的有效性。这对在 FLAMES 仿真系统中构建目标毁伤仿真具有一定的参考意义。

参考文献:

[1] 唐琦,贾希胜,胡起伟.基于三维仿真模型的火力毁伤目标基本建模[J].计算机与数字工程,2007,35(8):26-27.

[2] 谢邦荣,尹健,宋劲松.ARM 导弹对雷达目标的毁伤概率仿真建模[J].系统仿真学报,2004,16(9):2044-2051.

[3] 张莉英,郑广花,付宏鸽.爆破子母弹对油库目标的毁伤仿真研究[J].战术导弹技术,2009(4):31-35.

[4] FLAMES Simulation Framework-Ternion orporation. [EB\OL].[2008-05-12].

[5] 张勇,杨艾军.基于FLAMES和HLA的联合作战仿真研究[J].指挥控制与仿真,2009,31(1):73-77.

[6] 陈欣,蓝国兴.美军建模仿真对象模型体系框架研究[M].北京:军事科学出版社,2008.

[7] 杨正,曹志耀.FLAMES 仿真框架研究[C].系统仿真技术及其应用,2005.