

文章编号:1001-5078(2007)03-0204-04

战术激光武器的应用与分析

张鸿雁¹, 徐 锦², 李言俊¹, 张 科¹, 徐世录³

(1. 西北工业大学航天学院, 陕西 西安 710072; 2. 辽宁对外经贸学院, 辽宁 大连 116052; 3. 东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要:文章介绍了战术激光武器的发展历程以及装备的研制、改进情况,指出了在现代战争中发展战术激光武器的优势和重要性,重点探讨了几种战术激光武器的性能及其特点,最后论述了战术激光武器的应用与分析。

关键词:战术;激光武器;应用与分析

中图分类号:TJ95 **文献标识码:**A

Application and Analysis of the Tactical Laser Weapon

ZHANG Hong-yan¹, XU Jin², LI Yan-jun¹, ZHANG Ke¹, XU Shi-lu³

(1. College of Astronautics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072; 2. Liaoning University of International Business and Economics, Dalian 116052; 3. Northeast Research Institute of Electronic Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The process of development of the tactical laser weapon and equipments in all countries over the world and its modification are described. The technique performance and properties of several tactical laser weapon seekers are analyzed; and the application and analysis of the tactical laser weapon are discussed.

Key words: tactical; laser weapon; application and analysis

1 引言

战术激光武器主要用于防空和反导作战,分战术防空和战区防空两种,对于战术防空武器,德国已经达到10km处毁伤、20km处致盲飞机或导弹目标的水平,已在2000年装备使用。美国非常重视战区防空武器的发展,主要用于对抗飞毛腿导弹等。空军在波音747飞机上携带激光武器,用于拦截几百公里外的助推段导弹。另外,也在研制小型机载或无人机载固体激光武器,用于拦截100~150km处的助推段弹道导弹,最终目标增加到400~500km。本文就战术激光武器的应用与分析作进一步的研究和探讨^[1]。

2 战术激光武器

战术激光武器的分类很多,主要有陆军战术高能激光武器、机载激光武器、天基激光武器等^[2]。

2.1 陆军战术高能激光武器

战术高能激光先进概念技术演示计划尽可能地使用了现有的装置和技术。氟化氙激光器的光

学系统采用了非制冷单晶硅发射镜,瞄准—跟踪器采用了美、以几家公司已研制出来的光束定向器、光束校准—稳定系统、离轴跟踪器、共用孔径跟踪器等,火控雷达是以色列的“青松”雷达,但软件做了少量修改。战术指挥组件以前方地域防空C³I系统为基础。为了将来能够改进,TRW公司采取了一些措施,如设计的电源可提供比初期要求多50%的电能、瞄准—跟踪器有三个自由度等。战术高能激光先进概念技术演示器被组装到8个集装箱中,其C³I子系统可全自动、半自动或在人工控制下运转。该激光器射程为7~10km,目标捕获、跟踪、分类、识别、标示直至射击的全部交战过程仅用7s。在射击前,指挥官有2s的目视识别时间,并能在几毫秒内切断光束^[3]。

美陆军机动战术高能激光器采用非制冷光学系

作者简介:张鸿雁(1971-),女,高级工程师,在读工学硕士学位,研究方向为无源干扰,控制与仿真。

收稿日期:2006-07-06;**修订日期:**2006-08-29

统,使装置的尺寸显著减小。非制冷光学系统稳固地安装在底座上,因此系统从一个位置移动到另一个位置时不必重新校准。该系统可装载在几个由卡车半拖车运送的 12.19m(40ft) 长的国际标准集装箱中移动。

陆军空间与导弹防御司令部已在研究更小的机动型战术高能激光器,很可能部署到韩国。研究工作可能集中在固体激光器方面。固体激光器足够小,以致能安装在高机动性多用途轮式车之类的车辆上。

陆军几个机构联合提议,将增强型区域防空计划推进到概念确定阶段,并作为主要防御采办计划中的候选方案。增强型区域防空计划将采用一组安装在通用平台上的定向能和/或动能武器,对付火箭弹、追击炮弹、榴弹炮弹、无人机和其他空中、导弹威胁,保护机动部队。

劳伦斯·利弗莫尔国家实验室在 2003 年交付了 100kW 的激光器。10kW 实验装置采用闪光灯驱动的掺钕玻璃盘,脉冲能量 500J,脉冲持续时间约 0.35ns,脉冲重复率 20Hz。100 kW 样机采用二极管泵浦阵列,脉冲能量也是 500J,但脉冲持续时间 0.5ns,重复率 200Hz。

2.2 机载激光武器

美国的机载激光武器安装在大型宽机身波音 747 飞机上,以高能化学氧碘激光器为基础,主要用于拦截助推段的战区弹道导弹,如“飞毛腿”导弹,并有能力完成其他任务,如防御巡航导弹、压制敌方防空、保护高价值的空中资源、成像监视等^[4]。

美国的机载激光武器将按以下工作方式作战:机上的 9 个红外搜索—跟踪传感器探明 360°视场内的导弹羽烟;从机上转塔发射跟踪器/照明器激光,照亮导弹助推器头部,并建立初始跟踪;启动信标/照明器,在导弹燃料舱上标出一个小光斑,给出未来杀伤激光的通道;机载波前传感器感知大气紊流造成的波前畸变,并将预畸变信号送至可变形反射镜;机载可变形反射镜使杀伤性高能激光束预畸变,然后发射出去,激光束通过大气后,在目标上聚焦,将目标摧毁。

装载激光武器的波音 747 飞机将在 12km 的高空巡航,在 250km 以上的距离上与战区弹道导弹交战。机上将携带红外搜索—跟踪系统、光束控制/发射控制系统、兆瓦级化学氧碘激光器以及低能激光照明器。机头转塔中装有可控制的 1.5m 望远镜。机上将携带足够 40 次交战用的激光燃料。

在氧化碘化学激光基础上,研制的机载激光武器的任务是用来摧毁助推段的战术导弹和战役—战

术导弹,这种激光的最大优点是波长小,输出功率大。并且激光仪器是模块式的,简化了安装程序,有利于维修和改装。

2.3 天基激光武器

天基激光武器的激光器项目设计在 700 ~ 1300km 的高度部署 20 ~ 40 颗卫星,每颗卫星将携带捕获、跟踪和瞄准系统以及高能激光器。捕获、跟踪和瞄准系统使用低功率目标照明器,工作方式类似于机载激光系统。高能激光器射程 3000 km 以上,储存的燃料能与大约 100 个目标交战。天基激光器系统打算攻击处于助推段的弹道导弹,可提供全天候连续全球覆盖能力,而且不需要事先知道发射点^[5]。

美国防部认为,太空激光武器是用来摧毁洲际导弹、助推阶段的战役—战术导弹最有效的武器,并且能在百到几千公里的距离上摧毁空中和太空中的任何其它目标。美国科研局在导弹防御计划中关于这个问题主要从事两个方面的工作:研制高能化学激光和研制识别目标、跟踪目标系统、目标制导系统以及火控系统等。美国科研局设计的未来太空激光武器如下:太空激光武器的激光介质能连续发光 200 ~ 500s,激光波长为 2.7 μ m,激光功率为 5 ~ 10MW,轨道高度为 800 ~ 1000km,倾斜角为 40°,一颗卫星的覆盖面积为地球表面积的 1/10,航程为 4000 ~ 12000km,发光直径为 0.3 ~ 1m,最大射程为 3000m,一次射击时间为 10s,平均瞄准时间为 1s,质量为 3.5 万 kg,整个系统由 20 颗卫星和 10 个轨道镜组成。

美国导弹防御局制定了研制太空激光武器的计划,分以下几个阶段进行:

第一阶段 实施 ALE 计划,主要内容是把激光“阿尔法”与发光仪器 LODE 进行集成;目前美国的 TRM 公司已经研制出了氟化氢高能化学激光“阿尔法”,是在 1991 年开始研制的。此外,还研制出了发光仪器 LODE,LODE 上装有直径为 4 m 的圆镜 LAMP。截止到 1994 年末,按照 ALI 计划,进行了大约 10 次的“阿尔法”发光实验。在 1996 年又重新进行了一次发光试验,试验结果发光持续时间为 5s。在 2000 年 3 月进行了第 22 次太空实验,发光持续时间达到了 6s;

第二阶段 把目标识别、跟踪、制导系统与火控系统合成试验;在 2001 年初使用新型的目标识别、跟踪、制导系统与激光调整系统进行了实验;

第三阶段 组建太空激光武器的演示模型,并进行地面和飞行试验。在 1999 年 2 月导弹防御局与公司集团(波音、洛·马、TRW)签订了 1.27 亿美

元的合同,组建太空激光武器演示器并进行最后阶段的综合太空试验 IFX 计划,用以检验这种激光武器摧毁导弹的能力。IFX 计划中激光系统的实验部分由 TRW 公司负责,同时负责研制、生产激光控制系统,主镜控制系统,以及研制超声冷却剂 HYLTE。IFX 计划中的目标识别、跟踪及目标制导系统计划尽量用联营公司为机载激光武器研制的同类系统。IFX 实验原计划持续到 2012 年结束,实验的目的是检验太空激光武器识别目标、跟踪目标以及目标激光制导的能力、激光控制能力,打算在实验中使用在 HABE 计划中研制的高空气球为载体,气球预计在 2004~2005 年进行生产。在实验成功的条件下,美国导弹防御局和美国空军计划签订附加合同,进行最后阶段的综合太空实验 IFX,空军专家表示计划将在 2013 年完成。在实验准备阶段还计划研制新型自动冷却喷嘴,喷嘴的作用是向共振器内喷射激光介质,要求使用新型喷嘴能提高输出功率的 30%。还计划研制硅状镜的生产工艺。并且由洛·马公司负责卫星的设计。

太空激光武器还存在许多尚未解决的难题,包括:如何把大型的激光装置送入轨道,主要原因就是发光装置主镜的直径过大,解决的主要办法是研制能在运载火箭的货舱内放得下的折叠式主镜,并且在太空激光武器进入预定轨道后能自动打开。还有一个问题就是,如何向轨道上的太空激光武器补充化学介质,在将来激光武器使用的都是化学激光,没有介质就不能发生化学反应,也就不能产生激光。美国科研局和美国空军,在太空激光武器的下一阶段的主要任务是集中精力攻克上述难题。

3 应用与分析

战术激光武器对寻的器进行有源欺骗式干扰,其干扰的预期效果是产生激光假目标,使寻的器偏离方向。有源欺骗式干扰可分为回答式干扰和同步转发式干扰。

3.1 回答式干扰

回答式干扰是对接收到的敌方激光制导脉冲信号进行精确的重频测量和编码识别等信息处理,根据接收到的第一组激光编码脉冲,同时考虑激光干扰机的出光延迟时间,精确地复制出与敌方激光制导信号重频与编码完全一致的干扰脉冲,并超前同步触发激光干扰机向预设的假目标发射欺骗干扰脉冲,从而将敌方激光制导武器引向假目标^[6]。

当导引头未受到干扰时,导引头跟踪目标,其输出信号基本上是稳定的,当受到干扰后,导引头的输出信号将发生变化。输出信号变化主要有三种情况:(1)导引头先跟踪真目标,在实施干扰后,导引

头转向跟踪假目标;(2)导引头受到干扰后不能稳定地跟踪某一个目标,这主要是由于干扰设备对编码识别的精度引起的,干扰设备对编码的识别是通过对比指示信号脉冲时序特性的比较,从而确定编码形式的,由于目标指示器输出信号的精度不高,每个脉冲信号的间隔并不严格一致,在识别时将产生误差,由于误差的累积效应,在某一时刻,其误差超过导引头选通波门,导引头将干扰信号拒之门外,从而跟踪真目标,当误差累积到一定程度后,干扰设备对误差进行修正,这样导引头又开始跟踪假目标,从而出现导引头在受到干扰后不能稳定跟踪某一目标的现象;(3)导引头始终处于搜索状态,这是因为干扰信号的某个脉冲插入到指示信号中,改变了原指示信号的时序特性,导引头对其识别后认为其与装订的形式不一致而不跟踪,由于没有指示信号,导引头就始终处于搜索状态,这种情况对采用较高重频干扰时比较常见。

例如,激光导引头波门接收激光制导信号的过程是一个随机过程,服从正态分布,以波门中间时刻为原点, σ_1 为制导信号的时间精度,概率密度函数为:

$$f(t_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left(-\frac{t_1^2}{2\sigma_1^2}\right) \quad (1)$$

设激光导引头设置的波门宽度为 ΔT ,要使制导信号被波门接收的概率大于 99%,根据正态分布的 3σ 规则,至少应满足下面条件:

$$\Delta T \geq 6\sigma_1 + T_\delta \quad (2)$$

式中, T_δ 为采用固定波门时的累计误差,采用实时性波门时, T_δ 可忽略不计。

回答式干扰要求激光干扰机超前同步触干扰脉冲,假定干扰脉冲设定的超前量 Δt_1 ,此处应考虑路程差引起的超前量修正 Δt_2 ,总的超前量 Δt 为:

$$\Delta t = \Delta t_1 - \Delta t_2 = \Delta t_1 - (L - L_1 - L_2)/c \quad (3)$$

式中, L, L_1, L_2 分别为激光导引头到真目标、干扰机到假目标、假目标到激光导引头的距离。转发设备制导信号的复制精度为 σ_2 ,超前量的概率密度函数为:

$$g(t_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left(-\frac{(t_2 + \Delta t)^2}{2\sigma_2^2}\right) \quad (4)$$

由于 t_1, t_2 相互独立,则干扰信号超前并进入波门的概率 P_1 为:

$$P_1 = \int_{-\Delta T/2 + \Delta t}^{\Delta T/2} \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}} \exp\left[-\frac{(t - \Delta t)^2}{2(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}\right] dt \quad (5)$$

对于同步转发式干扰而言,则不需要转发信号超前,但时间上滞后,设滞后时间差为 $\Delta t'$,根据上面分析,同步转发式干扰信号进入波门的概率 P_2 为:

$$P_2 = \int_{-\Delta T/2}^{\Delta T/2 - \Delta t'} \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}} \exp\left[-\frac{(t + \Delta t')^2}{2\sigma_1^2 + \sigma_2^2}\right] dt \quad (6)$$

激光制导信号的时间误差 σ_1 取决于激光照射器和激光导引头本身的硬件性能,对激光有源欺骗干扰设备来说,复制的激光制导信号误差 σ_2 肯定大于制导信号的时间误差 σ_1 ,原因是激光有源欺骗干扰设备自身存在误差,同时又引入了制导信号的误差 σ_1 , σ_2 属于设备本身的固有误差,可通过测试获得。

激光导引头设置的波门宽度,要保证激光制导信号大部分进入波门。对于实时性波门,只需考虑 σ_1 ,对于固定式波门,还需考虑波门设置的累积误差 T_δ 。

采用回答式激光有源欺骗干扰设备超前发射干扰激光脉冲,分别对固定式波门和实时性波门两类体制的激光导引头实施干扰^[2]。

主要装备有,美陆军的 AN/GLQ-13 车载激光对抗系统,它采用了激光侦察告警、激光有源干扰和激光无源干扰等项技术。AN/VLQ-6 装甲战车保护系统是现役激光对抗设备,是一种先进的多威胁激光干扰机。机载“激光测距与对抗”(LARC)系统与试验性的“激光对抗诱饵系统”(LATADS),将成为一体化防御系统的一部分。还有英国 GEC2Maconi 航空电子设备公司研制的 405 型激光诱饵系统。

3.2 同步转发式干扰

激光有源欺骗干扰信号必须超前同步于敌方激光目标指示信号。这是因为激光目标指示编码脉冲的脉宽一般为几毫微秒到几十毫微秒,对于 10ns 的激光信号,激光欺骗干扰脉冲与敌方目标指示脉冲几乎不可能同时出现。所以,如果激光欺骗干扰信号不同步或滞后于敌方目标指示信号,则激光干扰信号或者一开始就被敌方激光导引头抗干扰波门所滤除,或者激光欺骗干扰信号即使能通过抗干扰波门,但因其信号的滞后而不能被敌方激光导引头所认同,敌方激光导引头所提取的方位信息仍是所攻击的目标方位^[7]。

同步转发式干扰是将激光告警器接收到的激光脉冲信号自动地进行放大,并由其来触发激光干扰机进行转发。敌方目标指示器每发射一个脉冲,激

光干扰机也向假目标发射一个激光干扰脉冲。这样,激光干扰机发射的干扰脉冲与敌方制导信号相一致,但在时间上是滞后的,滞后的时间取决于激光干扰机的出光延迟。所以,同步转发式干扰要求激光的出光延迟时间应极短,以使干扰脉冲能落入导引头的选通波门内;而激光干扰机的输出功率要远远超过敌方激光导引头所接收到的目标反射信号功率。

为了有效地实施激光欺骗式干扰,应调整激光干扰机的输出功率和假目标的激光反射率,使到达敌方导引头的激光欺骗干扰信号高于导引头的阈值功率,这样敌方导引头会认同所接收到的激光欺骗干扰信号为激光制导信号,并据此设定波门选通时间和波门宽度,从而只对欺骗干扰信号进行处理,而不会理睬真实目标的反射信号,由此将激光制导武器引向假目标^[3]。

在干扰效果评估时,若激光导引头在干扰实施后始终跟踪假目标,或者始终处于搜索状态,或者激光导引头最初在交替跟踪真、假目标,随着激光制导武器不断逼近攻击目标,真目标脱离导引头视场而跟踪假目标,则判断该次干扰有效。统计整个测试过程中干扰有效的次数,其与总测试次数之比值即为干扰有效率。通过该方法也可对干扰效果进行评估。

4 结束语

随着各国战术激光武器的不断研制和开发,其技术水平越来越高,它将逐步担当信息软杀伤和武器硬打击双重任务。在未来现代化战争或局部战争中,战术激光武器必将占居主导地位。

参考文献:

- [1] 赵江,徐世录. 激光武器的现状与发展趋势[J]. 激光与红外,2005,2:67-70.
- [2] 任国光,黄裕年. 机载激光武器的发展现状与未来[J]. 激光与红外,2005,5:309-314.
- [3] 宛东生. 关注美国机载激光武器(ABL)计划[J]. 激光与光电子学进展,2006,3:28-31.
- [4] 路遥. 美国空中激光武器发展现状[J]. 国际航空,2006,5:62-63.
- [5] 姬寒珊,秦致远,赵东新. 国外激光武器发展的经验与前景[J]. 激光与光电子学进展,2006,5:14-19.
- [6] 侯振宁. 激光欺骗干扰技术研究[J]. 应用光学,2002,23(1):34-35.
- [7] 蒋耀庭,潘丽娜. 激光有源干扰及其发展现状[J]. 激光技术,2004,(8):438-441.