美军天基和机载激光反导研究计划及调整分析

王建华¹, 张东来¹, 李小将², 王志恒¹

(1. 装备指挥技术学院研究生管理大队, 北京 101416; 2. 装备指挥技术学院航天装备系, 北京 101416)

摘要: 将激光技术应用于反导弹领域一直是美军努力的方向, 天基激光反导弹武器和机载激光反导弹武器是美国激光反导的两个重要研发项目。本文结合美军强激光武器的发展历史, 详细讲述了美军天基和机载激光反导武器的研究计划, 分析了天基和机载激光反导弹项目调整的原因, 总结了激光反导弹武器的未来发展趋势。

关键词: 天基激光反导武器; 机载激光反导武器; 发展现状; 原因分析

中图分类号: V528   **文献标识码:** A   **DOI:** 10.3969/j.issn.1001-5078.2012.04.001

Analysis of the research plan and adjustment of American spaceborne and airborne anti-missile laser

WANG Jian-hua¹, ZHANG Dong-lai¹, LI Xiao-jiang², WANG Zhi-heng¹

(1. Company of Postgraduate Management, the Academy of Equipment Command & Technology, Beijing 101416, China;
2. Department of Space Equipment, the Academy of Equipment Command & Technology, Beijing 101416, China)

Abstract: American has always been making effort to apply laser into anti-missile field. Spaceborne and airborne anti-missile laser weapons are two important developing directions. Relating to the history, development and adjustment of American anti-missile laser projects, this paper introduces the research status of the U. S. spaceborne and airborne anti-missile laser weapons, especially analyzes the reasons of the project adjustment. Future trend and prospect are also predicted.

Key words: space-based laser anti-missile weapon; airborne laser anti-missile weapon; development status; reasons

1 引言

自1960年, 首台激光器在美国问世, 将激光技术应用于防空反导的军事研究就已经开始。激光反导是指利用强激光武器的高能激光束摧毁导弹和类似导弹武器或者使之失效的定向能武器^[1]。激光武器用于反导弹防御有着不必考虑提前量的光速射击、射击时的无后坐力和没有附带损伤等诸多显著优点。随着激光技术的不断成熟, 这种反导弹方式的未来期望值越来越高。美国为确保其武器系统的代领先地位, 一直在大力研制其高能激光反导武器。

美苏冷战时期, 美国的“星球大战”战略中就包含天基激光武器平台的研制计划。海湾战争后, 美军为确保免受导弹袭击, 开始更具实战意义的机载激光武器平台的研制。天基激光武器平台和机载激

光武器平台在履行特殊时代任务的同时, 也都具有反导弹的潜在能力。天基激光武器平台目标是构建全球的导弹防御体系, 以卫星为作战平台, 以高能激光对目标实施拦截打击。机载激光武器平台在敌方导弹发射区上空, 搜索跟踪助推段飞行的弹道导弹, 由机载高能激光器发射高能激光把导弹击落或毁伤。天基和机载激光反导武器的发展研制计划因为美国各届政府的支持力度不同进展十分曲折, 2002年, 天基激光武器平台转为技术验证项目, 2011年, 机载激光反导武器平台也被转手到美国防务和工程机构手中, 项目意义有了重大改变。本文结合美军

作者简介: 王建华(1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为武器系统建模与仿真。E-mail: wangjianhua1226@126.com

收稿日期: 2011-09-18; **修订日期:** 2011-10-16

强激光武器的发展历史,详细讲述了美军天基和机载激光反导武器的研究现状,分析了天基和机载激光反导项目调整的原因,总结了激光反导武器的未来发展趋势。

2 天基和机载激光反导的发展研究计划

2.1 天基激光反导武器

19世纪70年代末,美国国防高级研究计划局就开始实施一系列有关天基激光武器的计划:“三位一体”的“阿尔法”(Alpha)计划,成功验证百万瓦特级-柱型氟化氢化学激光器轨道飞行的技术可行性。“大型光学演示实验”(LODE)计划,成功验证了利用与自适应光学系统相耦合的输出波检测技术控制与瞄准激光束。“大型先进反射镜计划”(LAMP),成功验证适于在空间使用的4m直径多面组合轻质主反射镜的可行性。“金爪”(Talon Gold)计划,旨在验证捕获、跟踪与瞄准技术。1983年,美国开始实施包含天基激光武器的“战略防御倡议”(SDI)计划。1989年,天基激光器进行首次出光试验,输出功率百万瓦级,到1994年,此项试验已进行十多次,期间并行演示了激光器的近武器级的连续光波发射试验。1997年,高功率激光器与大型反射镜的地面综合运行试验验证成功。1998年底,签订价值为10~20亿美元合同,制造演示验证用高能激光器^[2]。近年来,美国发展天基激光武器的长期计划被一再拖延,其资金也常常遭到削减。2002年10月,美国国防部宣布撤消天基激光综合飞行实验计划办公室,但作为国防部官方计划的要求,技术试验将继续进行。根据弹道导弹防御拦截工具计划,它在2004财年第一次出现在预算请求中,而天基测试平台计划的资金则被减少,其研发周期也被延长。2004财年的预算请求是1400万美元,初期测试的时间被推迟到了2008年。2005财年,初期试验被推迟到了2010~2011年。国防部为这个项目申请的资金急剧减少,从2003~2007财年的15亿美元减少到2007~2013财年的2.9亿美元。2007财年的国防授权法案禁止国防部在向国会提交详细的项目报告,而是将该资金用于“天基拦截武器的测试或发展”,尤其是,“拥有外交政策含义和国家安全含义的天基拦截武器项目,其中包括对美国的对手和盟友做出反应的项目”^[3]。由于天基激光反导系统存在的很多争议和问题一直没有得到有效商议和解决,美国众议院预算委员会于2010财年决定不为天基激光拦截武器的研究和发展提供任何资金。

计划中的天基激光武器平台运行在1300 km高的轨道上,所载激光器功率为12 MW左右,每颗卫星重约30 t。天基激光反导武器杀伤距离为4000~5000 km,拦截高度9~11 km。为实现全球覆盖,拦截从世界上任何地点发射的弹道导弹,需要由14~24颗卫星组成卫星星座。若卫星星座由12颗或更少卫星组成,则只可覆盖连续作战的战区,如中东、北非或东北非等;这种区域性防御覆盖可对付第三世界的攻击,但不能对付俄罗斯的攻击,也就是说它只能摧毁俄罗斯偶然发射的一些导弹;若卫星星座由18颗卫星组成,则可以对重要战区提供更全面的覆盖,而由24颗卫星组成的星座,便可以实现连续的全球覆盖。全球覆盖的天基激光器系统能在10 s内摧毁4000 km外的一枚弹道导弹。若敌方发射多枚导弹,天基激光能够在不到2 s的时间内从一个目标转向另一个目标。天基激光器的发射间隔时间在200~500 s,如果所带燃料充足,则足以有效摧毁100枚弹道导弹。天基激光反导武器平台的杀伤距离和有效攻击功率也随着其在轨卫星轨道高度的改变而呈现线性变化:试验验证,美国轨道高度554 km的氟化氢激光武器,攻击范围2680 km,攻击15 km目标需要能量24.7 MW;轨道高度1248 km的激光武器,攻击范围4158 km,攻击15 km目标需要能量11.8 MW;轨道高度3367 km的激光武器,攻击范围7355 km,攻击15 km目标需要能量4.8 MW^[2]。

2.2 机载激光反导武器

美国机载激光反导武器项目是美国导弹防御计划的一部分,机载激光反导武器系统是美国导弹防御系统多层防御体系的有效组成成分系统,它承担美军多层导弹防御体系中助推段导弹的拦截任务。

19世纪70年代,以飞机为激光器搭载平台的设想被提出。1981年,以KC-135A机型为载机的激光实验室(ALL)在美国的白沙导弹基地用CO₂激光器首次命中预设目标;1983年,美国空军宣布,ALL创造性的实现了击中五枚响尾蛇导弹的目标,1984年,KC-135A宣布退役,并在美国空军博物馆展出,原因是体积庞大、不适战场环境。1991年,海湾战争后,美国空军装备实验室柯特兰德空军基地的气动化学氧-碘激光器排除诸多障碍,为美国空军提出机载激光武器计划(ABL)奠定基础。1996年,美国空军与波音公司、TRW公司和洛克希德-马丁公司签署1.3亿美元ABL项目,开发名称为YAL-1A的激光武器。1998年,该项目试验分

散光束控制技术;2002年,定型波音747-400F为搭载机型,为其装载机头设备并进行地面试验;2004年,化学氧-碘激光器高度集成科目完成;在载机上安装光控与火控系统,并在爱德华空军基地成功试验兆瓦级激光的射击。2005年,高能激光器的高功率输出被验证。2007年,YAL-1A成功完成击毁虚拟导弹的试验任务;2009年6月6日和6月13日,YAL-1A型机载激光器成功地完成两次对助推段导弹靶标的跟踪试验。2009年8月13日,洛克希德·马丁公司宣布,该公司开发的光束控制/火控系统利用一束低能激光束对一个带有测量装置的助推段导弹目标进行了聚焦和定向,试验验证了光束控制/火控系统的指向精度以及捕获、跟踪和大气补偿功能^[4]。2010年,ABL向2枚靶弹开火,一枚靶弹被击落,但另外一枚却未被击毁。这个里程碑似的消息却没有让机载激光武器逃脱被列为技术研制项目的命运。2011年,美国五角大楼宣布导弹防御局将不再管理机载激光武器项目,机载激光武器将被转移到防务研究和工程机构的手里,并被用做定向能武器测试平台^[5]。此次交接意味着机载激光武器最终将不会用于作战部队。

表1 机载激光反弹道导弹武器的战术指标^[6]

指标名称	内容
作战平台	波音747-400F
发射镜直径	1.5 m
发射功率	化学氧-碘激光器2~3 MW
发射波长	1~2 μm,标准波长1.315 μm
射程距离	固体导弹300 km;液体导弹600 km
发射频度	一次加足燃料可射击20~40次,每次持续3~5 s
一次作战需要时间	12 s(从捕获到摧毁和评估)
每次攻击间隔时间	1~2 s
目标跟踪与瞄准误差	亚微弧度

机载激光反导武器系统主要由机载平台、高能激光武器、火力/光束控制系统和战场管理系统构成。机载平台载有兆瓦级的高能激光器,飞行高度12~15 km,激光射程100~400 km,每次巡航时间18 h,一次巡航可发射激光20~40次,可在空中加油。ABL机载激光反导武器可在距前线90 km的空域部署,并与前线平行作“8”字形巡航飞行,战争状态为增加控制区域,ABL及其护航机群可强行穿越敌方领空,在敌方领空完成战斗任务。按计划美国空军设想由7架ABL飞机组成一个完整机群:以2架一个班次进行巡航值班,每个班次8h,为了尽可能降低反应时间,2架值班飞机在空中巡航时,要始

终保持有一架能够面对监视区域,3个班次6架飞机可以24 h值班,留作1架备用,便能形成对单个战区形成全天时全天候监视、攻击敌方弹道导弹的作战能力。

3 研究计划调整原因分析

奥巴马政府上台后,着眼降低研发风险,提高系统可靠性和费效比,大力发展“经济可承受、可验证、能对威胁做出快速反应的反导体系”^[7],在这个标准的影响和推动下,美军调整和改变了部分反导武器的研制和试验计划,其中激光反弹道导弹武器项目的变化就很明显。但是美军激光反弹道导弹项目的调整和改变不仅仅是为了迎合奥巴马政府武器研发的新政策,其计划调整还有其他多方面原因:

(1)美军重新调整导弹防御系统的研发重点,致使美军激光反弹道导弹项目计划改变。

近年的全球金融危机,使得美国经济持续萎靡,美元贬值、工人失业,类似诸多问题让奥巴马政府更加谨慎对待财政预算问题,对导弹防御系统做出重大调整。奥巴马政府高度重视导弹防御系统建设问题,提出系统开发必须获得财政的长期支持^[7],美2010财年国防预算为导弹防御局申请78亿美元,加上为PAC-3和天基红外系统申请的经费,申请数额达到100亿美元之多。奥巴马政府提出反导系统在部署前,必须经过测试,在控制研发成本的同时,确保部署系统的实战可靠性。2010年,美国调整导弹防御系统,重点发展可应对中、近程弹道导弹的成熟可靠的防御系统,加强了装载“标准-3”拦截弹的宙斯盾弹道导弹防御系统,加大“末端高空区域防御”系统的发展;放缓了“机载激光武器”计划,并终止动能拦截弹计划(KEI)和多拦截器项目(MKV)。

(2)风险大、可靠性低等自身缺点暴露,美军调整原有研发计划。

激光反弹道导弹武器是典型的定向能武器,它是用激光器产生的强激光来照射目标,达到毁坏或者毁伤弹道导弹的目的。它的作战形式和能量传输形式有别于现在的弹药类武器,如何有效产生高功率激光、如何对弹道导弹快速做出反应、如何有效解决激光大气传输耗散问题等一直是困扰激光反弹道导弹武器研发和试验的难题。

前期未进行充分规划,对系统复杂性估计不足;过快进行样机研制,各分系统未进行充分的实验验证;激光武器特殊部件和软件开发耗费过大^[8]。这些潜在问题使得机载激光反导武器的研制和试验工

作一度推迟,由于延长样机研制时间,机载激光反导武器的研制费用不断攀升,引发美军和美国议会的不满。激光器的质量和体积过大,有效照射到目标的激光能量波动较大,激光器冷却技术不完善这些技术问题也暴露出激光武器的许多不足。另外,机载激光武器不是作为一个完整的系统交付给美空军基地进行试验的,美空军飞行试验中心的传统试验模式也不适合这类机载激光器的试验。

同样,天基激光反导系统也超出了美国现在的经济和科技实力。从经济角度分析,天基激光是全球反导系统,真正的全球系统需要数百个或数千个位于轨道中的载具,美国物理学会对将此类系统用于导弹防御的可行性进行了研究,它估计一个能够覆盖朝鲜、伊朗和伊拉克的系统所需的发射费用为440亿美元。美国国会预算办公室估计,能够覆盖全球的一个系统的总费用,且在更长的发射时间内只拥有液体燃料导弹拦截能力的一个系统的预估费用为560~780亿美元。空间发射能力不足,大口径光学部件的研制和高功率高可靠性激光器都存在着严峻的技术挑战。

(3)具有相同、类似或潜在类似作战任务的武器的竞争,促使美军调整武器研发重心。

美国海军授予雷神公司一份价值3.68亿美元的可修改合同,在3年内为“标准-6”导弹提供低速率初始生产^[9]。这种最新式标准-6型的导弹射程高达600 km,可以进行防空、反导弹和反卫星。标准-6型导弹继承了现有标准-2型防空导弹的大部分特点,同时融合了AMRAAM型空对空导弹的制导系统。标准-6型导弹重1.5 t,长6.55 m,直径533 mm,最大射高33 km。标准-6与标准-2相比,主要变化在于配备了独立的AMRAAM制导系统,能够搜索出任何进入射程的目标。标准-6型的“主动”制导系统难以干扰,而且能够对瞄准雷达覆盖范围外的目标实施跟踪,部署在临近弹道导弹发射地点可以实现助推段的拦截。

2010年4月,美国成功发射X-37BOTV-1轨道试验飞行器,2011年3月,美国空军第二架X-37BOTV-2搭乘联合发射联盟宇宙神-V运载火箭发射升空。X-37B飞行器尺寸是航天飞机的1/4,机长8.84 m,机高2.89 m,翼展4.5 m,发射质量为4990 kg,是最新型的再入大气层飞行器。美空军为空天飞机项目提出很多使用要求和设想,空天飞机的开发过程始终存在军事需求的背景。X-37B模糊了国际法规定的飞行器和航天器的飞行高度界

限,它若携带有效载荷则可以实现侦查、导航、控制、跟踪探测和实施打击等不同作战任务^[10]。当然,在此高度执行任务,对助推段飞行的弹道导弹也是一种潜在威胁。

(4)国际局势的变化和美军战区作战概念的更新,推动美军改变其原有武器研发计划。

冷战结束以后,美国的导弹防御任务从拦截多枚洲际弹道导弹向更精确拦截打击流氓国家的核弹道导弹的威胁转变。美国的天基激光反导和机载激光反导武器都是为了有效地拦截朝鲜、伊朗等小国家发射的核弹道导弹。经过美军最新分析,与朝鲜和伊朗潜在的远程弹道导弹能力相比,美国已经部署的路基中段拦截弹能够抵御来自伊朗和朝鲜的洲际弹道导弹威胁。外交和国际合作对应朝伊威胁也是美军的重要目标,东北亚地区美国和日本、韩国的军事合作得到加强,韩国和日本也承担美国的反弹道导弹任务,以防止朝鲜的核弹道导弹的威胁;美国与印度的技术合作、军事交流和美国的阿富汗军事行动也是美国应对伊朗的导弹威胁的有效措施。

4 激光反导的未来发展趋势

(1)激光武器平台的轻型化和小型化。激光武器的体积和质量对其系统的整体性能有很大的影响。未来战场更加强调作战力量的隐蔽性和突然性,激光反导武器平台的轻型、小型化是未来战争的基本要求。波音公司的集成技术和美国利佛莫尔国家实验室在大功率固体激光器技术上的不断突破和现代系统集成技术的提高,必然促使武器平台的轻小型化。

(2)协同作战。试验证明系统化多层防空火力网,可使防空反导拦截率达到90%,系统作战和体系作战是未来战争的趋势和显著特点。根据实际作战要求,激光反导武器也必将会与各类防空武器系统配合来使用,以弥补现有防空反导武器性能的不完善和火力配置的空缺,从而达到多层次、多功能、多位一体的高效能防御、攻击武器系统的要求。

(3)提高激光路径能量传输效率。传输损耗是目前制约激光反导武器射程和打击效果的主要原因,激光功率越高,所受的大气损耗就越严重。所以,在继续研发高能化学激光器和高能固体激光器的同时,还要设法提高激光的路径传输效率。如先用低强度高频率的光束来驱除光路上的气溶胶粒子,然后再发射强激光;也可以加装自适应光学系统,降低大气传输损耗,使更多的能量投射到目标上,缩短激光武器的作战时间等。

(4)武器平台立体空间部署。立体作战是当今军事变革和伴随新技术应用出现的作战方式的未来发展方向。联合作战需要军事作战力量的立体空间部署,才能有效的配合和形成更大的作战能力。激光反导武器的打击效果和作战保障必须依靠多空间部署才能发挥它更强大的作战能力。

5 结束语

虽然由于某种原因美国调整了它的激光反导武器研制发展计划,但是激光反导以其独特的打击和作战方式仍旧是下一代武器的代表。相信精确制导武器的不断升级和现代高新技术带动下的新型作战环境一定会带动和催使激光反导武器向陆、海、空、天等领域的深化研究和部署,激光反导武器必定会成为未来防空反导的利器。

参考文献:

- [1] Liu Zhichun, Su Zhen, Yuan Wen, et al. Development trends and analysis of the laser anti-missile weapons[J]. *Laser & Infrared*, 2009, 39(9): 914-917. (in Chinese)
刘志春, 苏震, 袁文, 等. 激光反导武器的最新发展方向与分析[J]. *激光与红外*, 2009, 39(9): 914-917.
- [2] Liao Yinyan. Development of the US's high energy laser weapons[J]. *Nuclear Weapons and the High Technology*, 2003, (1): 45-64. (in Chinese)
廖银燕. 美国高能激光武器研制进展[J]. *核武器与高技术*, 2003, (1): 45-64.
- [3] Zhi Yuan. US's airborne and space-based laser weapon program is put off [N/OL]. [2011-04-15]. <http://mil.news.sohu.com/20110415/n305881060.shtml>. (in Chinese)
知远. 美国天基机载激光武器计划被一拖再拖 [N/OL]. [2011-04-15]. <http://mil.news.sohu.com/20110415/n305881060.shtml>.
- [4] Christopher Bolkcom, Steven A Hildreth. Airborne laser (ABL): issues for congress [J]. *CRS Report for Congress*, 2007, 7.
- [5] Zhi Yuan, Chen Chundi. US's airborne laser weapon is classified as technology demonstration project and will not be equipment for army [N/OL]. [2011-01-30]. <http://www.china.com.cn/military/txt/2011-01/30/content-21847276.html>. (in Chinese)
知远, 陈春帝. 美机载激光武器列为技术研制项目, 很难装备部队 [N/OL]. [2011-01-30]. <http://www.china.com.cn/military/txt/2011-01/30/content-21847276.html>.
- [6] Yuan Tianbao, Shi Yanxia, et al. Analysis of america airborne laser combat capability [J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2007, 9(36): 72-74. (in Chinese)
袁天保, 石艳霞, 等. 美国机载激光武器作战能力分析 [J]. *红外与激光工程*, 2007, 9(36): 72-74.
- [7] Wu Qizu. US's department of defense: assessment report of USA ballistic missile defense system [M]. 2010. (in Chinese)
武期祖. 美国国防部. 美国弹道导弹防御评估报告: 2010年版 [M]. 2010.
- [8] Liang Jinping. American airborne laser weapon: how the ABL far from practical use [J]. *Modern Military*, 2009, 6: 46-48. (in Chinese)
梁晋平. 美国机载激光武器: ABL 离实战使用还有多远 [J]. *现代军事*, 2009, 6: 46-48.
- [9] Zhang Luoqing. USA begins to produce standard-6 missile which can intercepts the anti-ship cruise missile [N/OL]. [2010-07-09]. <http://mil.news.sina.com.cn/2010-07-09/0725599867.html>. (in Chinese)
张洛晴. 美开始量产新型标准-6 导弹, 可拦截反舰巡航导弹 [N/OL]. [2010-07-09]. <http://mil.news.sina.com.cn/2010-07-09/0725599867.html>.
- [10] Trimble, Stephen. USAF unveils plans for launch, flight of X-37B [J]. *Jane's Defense Weekly*, 2006.