

文章编号:1002-2082(2004)02-0007-04

美国 ABL 计划的新进展

项兆军,杨保利,杨红龄,赵玮

(二炮工程学院 研究生二队,陕西 西安 710025)

摘要:“ABL”系统是一个非常典型的高能激光应用系统,具有高度机动、高度精确及对目标进行闪电打击的特性,以及对多个目标进行毁灭性打击的能力。该系统能适应各种复杂环境,并能以最小的和可恢复的毁伤实现政治、军事上的双赢。因此,“ABL”系统也是美国投入大量人力、物力优先发展的弹道导弹防御武器系统。介绍“ABL”系统的历史、组成及研制分工,详述其近期的技术进展和战场优异性能。

关键词: 机载激光器(ABL);化学氧碘激光器(COIL);信标激光;压力恢复系统;空中加油

中图分类号: TN248.5

文献标识码: A

Development of Airborne Laser System

XIANG Zhao-jun, YANG Bao-li, YANG Hong-ling, ZHAO Wei

(The second artillery engineer college, Shaanxi Xi'an 710025, China)

Abstract: ABL is a typical application system of very high energy laser, with the property of high motorized, high accurate and lightning attack to the goal, and also with the ability to deal several objects a crushing blow. This system applies to any complicated environments and can win military and political victory at minimum and resumable damage. However, ABL is also a system that USA invests plenty of manpower and material to give priority to its development. The history, composition and development of ABL are introduced the technical development in recent years and excellent performance in the battle field are described.

Keywords: airborne laser(ABL); chemical oxygen-iodine laser(COIL); beacon laser; pressure recovery system; flight refueling

引言

由美国空军牵头并积极推进的机载激光器(ABL)计划是战区弹道导弹助推段拦截系统。它与大气层外反击敌方导弹防御系统(含陆军的战区高空区域防御系统和海军的战区宽范围防御系统)及大气层内反击敌方的导弹系统(含陆军的“爱国者”防空系统和海军的区域防御系统)一起构成美国联合多层战区导弹防御系统,如图1所示。在美国多层导弹防御网中,由于ABL系统是在助推段拦截导弹的,因此在理想情况下,应使敌方导弹所携带的核弹头、化学或生物弹头来不及向外发射而被击中,并坠落在导弹发射者的领土上。由于激光的传播速度是300 000 km/s,且能同时对付多个目标,从而减少其它导弹防御系统所要拦截的导弹数目。因此,ABL计划是目前美国投资最大(耗资110亿美元)、进展最快的主要定向能武器计划。目前已完成方案论证与风险降低阶段,正进入组装测试阶段。预计2003年末用机载激光器样机进行助推段战区弹道导弹拦截的演示验证试验,随后装备部队。

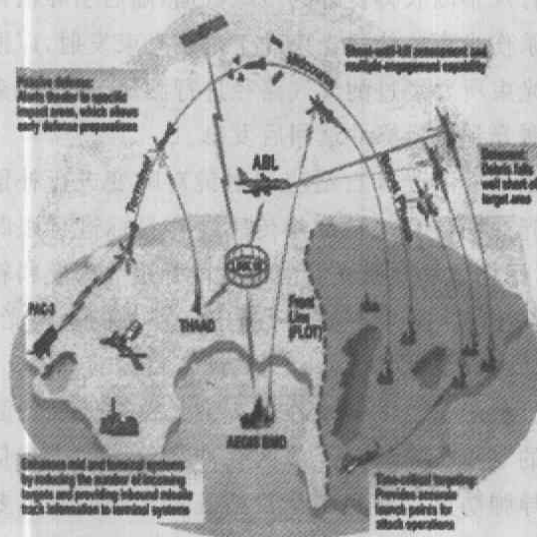


图1 美联合多层战区导弹防御体系

Fig. 1 The DOD'S "Layered" missile defense system

1 ABL 的组成与工作原理

收稿日期:2003-05-22

作者简介:项兆军(1964-),男,山东潍坊人,二炮工程学院硕士研究生,主要从事武器发射理论研究工作。

机载激光器是一种能独立地进行目标探测,并实施“外科手术式”攻击的自主性武器系统。其主要构成部件有:飞机平台(波音 747-400 F 飞机)、传感器系统(被动红外传感器)、高能激光器装置(化学氧碘激光器)及瞄准与跟踪系统(光束控制装置)。机载激光系统平面剖析图见图 2 所示。



图 2 机载激光系统平面剖析图

Fig. 2 Plane cutaway view of the airborne laser system

机载激光武器系统搭载在一架改装过的波音 747-400 F 商业货机上,在 12 000 m 高空飞行,机上装有一台高能氧化碘激光发生器。操作人员将可调的精密光束控制系统照射到目标上,通过气流扰动点燃激光并打击目标。与此同时,作战管理与指挥控制系统可同时追踪和定位其他潜在目标。

ABL 系统利用飞机上 360°视场的被动红外传感器探测目标;用波长 $1.06 \mu\text{m}$ 的多光束激光照明器照射目标;用高分辨率成像器件进行成像;通过主望远镜进行观察以获得良好的跟踪数据,随后引导信标激光和杀伤光束。信标光束先于杀伤光束发射,以便对杀伤光束所要经过的大气路径进行测量,杀伤光束在信标激光到达目标并返回后发出。

在信标激光和自适应反射镜对畸变进行补偿以及激光照明器和被动红外传感器对目标进行跟踪的同时,用化学氧碘激光器向助推段弹道导弹燃料箱等易毁部位瞄准点发射 $1.3 \times 10^{-6} \text{ m}$ 波长的杀伤光束,并在易毁部位保持数秒以达到摧毁目标的目的。

机载激光器的初步作战方案是由 7 架装备激光武器的飞机机群对单个战区冲突地区提供最佳的弹道导弹防御。若想满足目前五角大楼的基本要求(即同时为两个战区冲突地区提供弹道导弹防御),将需要部署 14 架能在空中加油的这种飞机。

2 ABL 系统的研制分工

在美国空军和导弹防御局指导下的 ABL 研究小组(包括波音公司、洛克希德·马丁公司和 TRW 公司)在开发机载助推段导弹防御系统中有明确的分工:波音公司是 ABL 研究小组的牵头公司,负责监督

战斗管理系统的开发,武器系统综合并提供改进的载机(747-400 运输机);洛克希德·马丁公司(Lockheed Martin)负责开发鼻锥转塔、光束控制/火力控制系统(该系统用于获取目标,然后精确地瞄准并发射激光);TRW 负责系统的高能激光器。

3 机载激光武器系统技术进展

3.1 前期主要进展概述(1992—1998)

机载激光武器系统已采用化学氧碘激光器进行了小规模试验,还用先进的中红外化学激光器进行了较大规模的杀伤性试验。通过试验了解到金属对于不同波长能量吸收能力不同。同时用该系统完成了一系列地基外场实验,模拟了机载激光器在战区导弹防御作战情况下将遇到的强烈湍流条件和传输环境,重复并成功地演示验证了自适应光学补偿和闭环跟踪能力。1996 年 6 月成功地进行了两次主动跟踪助推段飞行的弹道导弹试验,证实了主动跟踪的可行性。1998 年 1 月成功地完成了历时一个月的系列风洞试验,验证了机载激光器关键部件 2.64 m 鼻锥转塔和激光排气系统的设计性能。1998 年 6 月,TRW 公司在卡皮斯特诺试验场对 TRW 公司设计的将用于 YAL-1 A 样机上的几十万瓦级单个激光模块首次成功地进行地面出光试验。该试验是波音公司领导的机载激光器研制组所进行的系列风险降低工作的最后一项工作。实验的成功标志着波音公司小组已经全部实现了 1996 年 11 月使机载激光器进入第二阶段的承诺(即对空军承诺的方案论证与风险降低阶段),并拉开了旨在降低机载激光器计划技术风险及系列激光性能试验的序幕,以便最终优化激光器部件组合及运作条件,获得所需的激光性能和特性。

目前化学氧碘激光器装置技术的研究重点是提高效率和减轻重量,以便改进作战适用性。研究尽可能利用塑料代替金属和解决燃料的再循环工作问题。

3.2 近期主要进展(1998—2003)

3.2.1 高能激光器研究

空军是从 1996 年 11 月开始负责 ABL 计划的,并与波音公司、TRW 公司和洛克希德·马丁公司签署了概念研究合同。ABL 计划所采用的是 TRW 公司研制的化学氧碘高能激光器和洛克希德·马丁公司研制的跟踪照射激光器、信标照射激光器及与作战激光器配套使用的激光束束控制系统。在飞机顶上有一个二氧化碳激光测距仪,可以探测目标的位置和速度。

高能激光器是 ABL 计划的核心部件。研制有足够大功率、光束质量好、大气传输性能佳、破坏靶材能

力强、适于作战使用的高能激光器是实现 ABL 计划的关键,也是各国长期探索研究的目标。目前具有应用发展前景的高能激光武器系统有:氟化氙/氟化氢化学激光器、化学氧碘激光器、二氧化碳气动激光器、自由电子激光器、二极管泵浦固体激光器、激光二极管阵列等。已研制成功的 10 000 W 化学氧碘激光器(COIL)只能使 2 cm 厚的钢板熔化,因此还需大幅度提高功率才能用于 ABL。工程人员正计划把多个 COIL 模件组合起来以实现这一目的,关键技术是要确保所有的光子同步运动。

美国空军 1998 年成功地对 100 000 W 级组件进行了首次出光试验,出光持续 5 s,输出功率超过设计值的 10%。图 3 为化学氧碘激光器加热室。它与超音速喷嘴都是化学氧碘激光器构成的关键构件。这次试验被认为是 ABL 计划的重要里程碑,标志着机

射的激光器。

ABL 计划负责人说,预定在 2003 年秋天进行机载激光样机打靶试验之后约半年期间进入工程制造阶段,首先生产 7 套机载激光武器,组一个飞行中队。

机载激光废气系统的激光泵:美国空军、波音公司、Northrop Grumman 和洛克希德·马丁公司都证明穿过机载激光仓抽吸化学激光反应物的激光泵能满足所有实验要求,如图 4 所示。图中 1 名 Northrop Grumman 激光技术员正在对新泵安装进行检查,以证明它的抽吸能力。实验证明这台新泵能实现满激光功率要求的低速率抽吸碱性过氧化氢(一种机载激光器的主要化学反应物),每个仓用一套六单元独立管喷嘴(参见图 4)来加压补充,使仓内激光器废气从近真空状态达到普通大气压,从而把废气轻松排出机外。



图 3 ABL 加热室(用于化学反应加热和汽化碘)

Fig. 3 Heating chamber used to heat and vaporize the iodine for chemical reaction

载激光武器向实用化迈出了一大步。

2002 年 11 月 20 日,雷声公司向洛克希德·马丁公司交付了首台用于 ABL 导弹防御项目的跟踪照射激光器(TILL)。ABL TILL 是首台通过军用飞机机载飞行认证的钇铝石榴石激光器。TILL 将与光束转换透镜结合起来,用于 ABL 的光束控制/火力控制系统的终端对终端试验。TILL 是光束控制/火力控制系统中一个完整的部分。它用于向处于助推段的导弹发射高速、高能脉冲激光(该激光被反射到一个非常敏感的照相机上),通过对所得到的反射激光数据进行分析,用来获取导弹的速度和高度等信息。

2002 年 11 月,雷声公司在—台 TILL 系统的衍生型上展开了技术改进工作,以提高该系统的性能和精确度。同时,该公司还开始了系统备件的生产。早在 2001 年 3 月,雷声公司的 TILL 就已成为该公司高能激光中心 4 种临界 ABL 固态激光器中首台成功发

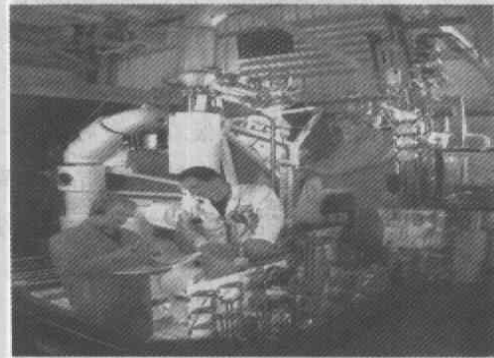


图 4 激光废气系统

Fig. 4 Airborne laser exhaust system

3.2.2 光束发射/控制装置、鼻锥转塔研究

光束定向器是激光武器的两大硬件之一,是与激光器匹配的重要部件,它由大口径发射系统和精密跟踪瞄准系统组成。发射系统相当于雷达的天线,用于把激光束发射到远场,并汇聚到目标上,形成功率密度尽可能高的光斑,以便在尽可能短的时间内破坏目标。跟踪瞄准系统用于使发射望远镜始终跟踪瞄准飞行中的目标,并把光斑锁定在目标的某一固定部位,从而有效地摧毁或破坏它。为此,必须采用主镜直径足够大的大口径发射望远镜,并可根据目标的不同距离对次镜进行平移,以起到调焦的作用。美国先后突破了可变形反射镜、大带宽控制回路等技术难关。

洛克希德·马丁公司把光束控制/射击控制(BC/FC)装置组装为一个终端对终端系统,用于测试鼻锥转塔、光束调制装置(BTA)、多道激光反射镜(MBIL)、高能代理激光器(SHEL)和航程模拟器。随着大型光学系统关键组装的完成,鼻锥转塔的最后组装和调试,在匹兹堡的 Brashear LP 完成,并已运抵洛克希德·马丁公司的森尼韦尔设备处。这是终端对

终端试验构造需要完成的最后一部分。

2002 年 1 月 20 日,信标反射激光(BILL)模件在低功率段被成功调整好。3 月 3 日两个 BILL 模件发射高功率激光,这是两个模件第一次在高功率段的同时演练。通过对 2 个模件的高功率测试,获得了光束质量和电磁干扰辐射/灵敏性数据。探查激光器与目标间的空气,并用波前控制系统测量激光器与目标间的光程差以便,使变形镜预校正光束到达目标的光路上自我修正。

2002 年 2 月 5 日,BC/FC 终端对终端鼻锥转塔(BEE Ball)在高跨度清洁室里定位。鼻锥转塔内有 1 个 $f/1$, 直径 1.5 m 的主镜望远镜,1.71 m 无覆盖共形窗。它是迄今为止生产的最大和最陡的红外窗。图 5 是鼻锥转塔共形窗在布拉希尔打磨工作接近完成的情形,照片上方为擦亮机,下方为按用户要求设计的液压底座。望远镜安装在一精密倾斜/偏转的万向环上(完成了 BC/FC 系统配置)。此外,同年 2 月还完成了 BC/FC 终端对终端鼻锥转塔的光学测试,惯性参考转换装置(IRTU)也被安装在主镜后。下一步将用光学方法调整鼻锥转塔、光束转换装置台和高能代理激光器。2002 年夏天,洛克希德·马丁公司计划交付爱德华兹空军基地一整套测试好的光束控制/射击控制系统,以便安装在 747-400 F 飞机上。

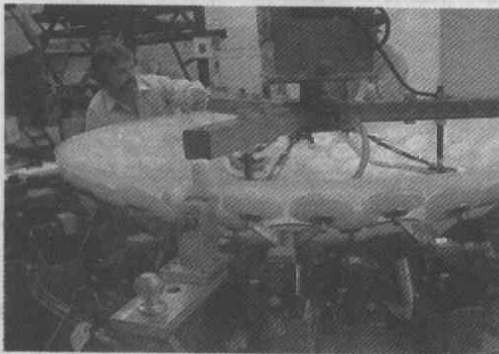


图 5 控制系统共形窗

Fig. 5 Conformal window of beam control system

3.2.3 飞行平台研究

(1) 改装工作

波音公司先前曾完成过总统空军一号 747 机的改装工作,现在正进行 767 AWACS 监视机、747 空间运输机、军用油料运输机的大型军事系统改装工作。

2000 年 1 月,波音公司开始着手为时 18 个月的改造第一架用于 ABL 计划的波音 747 飞机(图 6 为正在进行改装的商用 747 F 运输机)。改造完成后飞回威奇特,喷绘鲜明的空军标志。

另外,在激光大气传输、红外搜索-跟踪系统、低

能激光信标照明器等方面,ABL 计划近期均取得了不同程度的进展。2000 年 4 月,美国国防部会同空军、弹道导弹防御局及有关研制单位对 ABL 计划进行了最终的设计审查,并认为该计划的技术风险已降至可以接受的程度,从而正式确定了 ABL 结构设计。最终设计审查的通过堪称 ABL 计划的又一重要里程碑,它意味着该计划将从设计阶段步入硬件制造阶段(从研究子系统转到研究和组装整个系统)。按计划,美国空军将从 2001 年末开始在经过改造的 747 飞机上安装 ABL 部件(参见图 2 和图 6)。

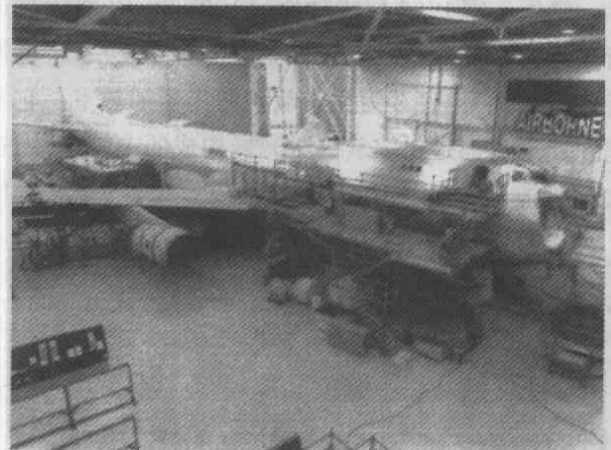


图 6 正在进行改装的商用 747 运输机

Fig. 6 Commercial 747 transport under modification

(2) 机载激光飞机加油能力演示

机载激光机上安装的空中加油系统(参见图 7)在威奇特波音设备处进行了为期两年半的修改,从而使机载激光机在空中巡逻的时间远远超过了原来的 4 h。机载激光机的射击次数也远远超过了原来的 8 次,接近实现作战区域覆盖全球的空间机动平台梦想。新近在加利福尼亚上空进行的一次试验证实,该机的空中加油能力达到了上述预定指标。

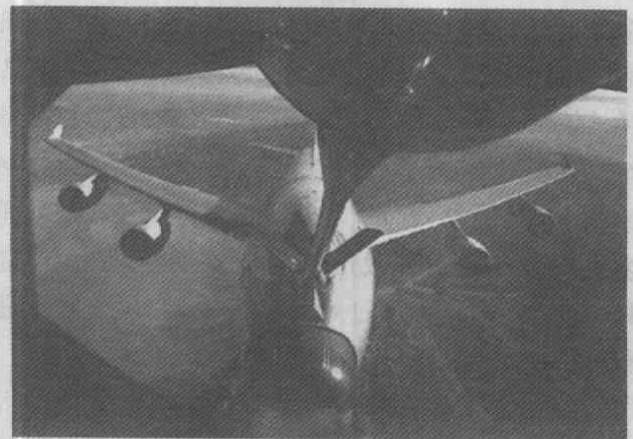


图 7 747-400 空中加油系统

Fig. 7 Flight refueling system for 747-400

(3) 系统集成实验

(下转第 14 页)

- [2] A H Gnauck, S K Korotky, J J Veselka, *et al.* Dispersion penalty reduction using an optical modulator with adjustable chirp[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 1991, 3(10): 916—918.
- [3] F Devaux, Y Sorel, J F Kerdiles. Simple easurement of fiber dispersion and of chirp parameter of intensity modulated light emmitter[J]. J Lightwave tech, 1993, 11(3): 1937—1940.
- [4] F Koyama, Kenichi IGA. Frequency chirping in external modulators[J]. J Lightwave Tech, 1988, 6(1): 87—93.
- [5] Sheldon walklin, Jan Conradi. Effect of Mach-Zehnder modulator DC extinction ratio on residual chirp-induced dispersion in 10 Gb/s binary and AM-PSK duobinary lightwave systems [J]. IEEE Photonics Technology Letters, 1997, 9(10): 1400—1402.
- [6] Ed L Wooten, Karl M Kissa, Alfredo Yi-Yan, *et al.* A review of lithium niobate modulators for fiber-optic communications systems [J]. IEEE J Selected Topics in Quant Electro. 2000, 6(1): 69—82.
- [7] Y R Zhou, L R Watkins. Performance improvement of long haul systems by adjustable chirp external modulator and optimum receiver filter design [J]. CLEO Europe'94, 1994, 315—316.

(上接第 10 页)

2002 年 12 月,在加利福尼亚的爱德华空军基地系统集成实验室(SIL),第一次在 SIL 的 747 机身里安装了全部 6 套激光模件。在 ABL YAL-1 飞机飞行测试之前,用 SIL 机身(747-200 商用飞机)作为综合激光部件测试地面平台。它能非常好地满足综合激光部件对 ABL YAL-1 飞机的技术要求。另外,激光系统部件和光学诊断子系统的安装、化学混合检测设备和运作 SIL 所要求软件的完成,为全部 6 套激光模件第一次同时产生光子作好了准备。一旦证明 SIL 激光光子系统成功,它将被拆卸并于 2002 年底安装在 ABL YAL-1 飞机上,为飞机地面测试活动作准备。

4 未来设想

由于 ABL 计划在技术上不断取得突破,美已考虑扩展这一激光武器系统的任务。

(1) 利用机上 1.5 m 望远镜实施成像侦察,在数百公里距离上探测、识别空中和地面目标,监视运输情况,进行作战毁伤评估。

(2) 通过搜索战场上的红外特征信号先期发现战区威胁目标,为其它武器指示目标并进行指挥与控制。

(3) 击毁从地面和飞机上发射的敌方导弹,以保

护载有 AWACS 机载预警与控制系统的 E-3 飞机、载有 J-STARS 联合监视与目标攻击雷达系统的 E-8 飞机并进行自卫。

(4) 压制敌方防空力量,比如攻击地面上尚未发射的敌方导弹及其控制雷达。

(5) 防御低空飞行的巡航导弹。

ABL 是把高能激光器、瞄准跟踪系统、光束控制系统与发送系统集成在波音 747 飞机上的高技术作战平台。由于激光的瞬发即至,因此 ABL 打击目标时无需计算射击提前量。又由于激光不受外界电磁波的干扰,因此任何目标都难以利用电磁干扰避开 ABL 的打击。加之 ABL 发射时无后座力,故可连续射击或通过转动反射镜迅速变换射击方向,在短时间内即能拦截多个来袭目标。因此,ABL 必将引起未来作战模式的改变,它的发展应引起我们的高度重视。我们应借鉴其成功的经验,大力发展我国的高能激光事业。

参考文献:

- [1] 张琢. 激光干涉测试技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社, 1998, 78—95.
- [2] 何照才. 光学测量系统[M]. 北京:国防工业出版社, 2002, 137—166.