

美国激光武器的发展与分析

徐大伟

(海军驻锦州地区军事代表室,辽宁 锦州 121000)

摘要:介绍了美国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激光武器的优势和重要性,重点探讨了几种激光武器的性能及其特点,最后论述了美国激光武器的研制计划与发展分析。

关键词:激光武器;研制计划;发展分析

中图分类号:TN97 **文献标识码:**A

The Develops Analysis of the America Laser Weapon

XU Da-wei

(Navyforce Representative Bueau in Jinzhou, Jinzhou 121000, China)

Abstract: The process of development of the America laser weapons and equipments in all countries over the world and its modification are described. The technique performance and properties of several laser weapons seekers are analyzed; and the development plan and develops the analysis of the america laser weapons are discussed.

Key words: laser weapon; development plan; develops analysis

1 引言

《美国空军 2025 年》战略规划的研究报告认为,2025 年世界地缘政治将发生重大变化,传统战争等级之间的界限变得模糊不清,发达后的工业社会之间的大多数主要战争,甚至可能不会在地球表面发生,冲突可能会部分或主要发生在空间或信息空间。美军在外层空间作战的战略构想中最核心的系统之一是全球打击系统。它由空基高能激光武器、天基动能武器和跨大气层飞行器组成。空基高能激光将会借助卫星上的反射镜(轨道镜),对地面、空中以及轨道上的目标实施打击。本文就美国激光武器、发展与分析等,作进一步的介绍和探讨^[1]。

2 激光武器

激光武器,主要包括:天基激光武器、机载激光武器、地基反卫星激光武器、舰载激光武器、战术高

能激光武器等。

2.1 天基激光武器

天基激光武器(IFX),是美国防部科研局与美国空军共同勾画的 21 世纪用激光武器进行太空作战的美好蓝图,此计划预计到 2013 年完成^[2]。

天基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,并且能在几百到几千公里的距离上摧毁空中和太空中的任何其他目标。

天基激光武器的激光介质能连续发光 200 ~ 500s;激光波长为 2.7 μm ;激光功率为(5 ~ 10) MW;轨道高度为(800 ~ 1300) km;倾斜角为 40°;一次射击时间为 10s;平均瞄准时间为 1s;质量

作者简介:徐大伟(1969-),男,本科,高级工程师,研究方向为电子装备技术。

收稿日期:2008-06-21; **修订日期:**2008-07-23

为3.5万千克;整个系统由20颗卫星和10个轨道镜组成。例如,一颗卫星的覆盖面积为地球表面积的1/10;部署高度为1300km;发光直径为0.3~1m;杀伤距离为(4000~5000)km;拦截高度为(9~11)km(已出云层)。每分钟至少拦截从世界任何地方发射的洲际弹道导弹5枚,或5~10枚齐射的战区弹道导弹。

第一阶段,是把激光“阿尔法”与发光仪器LODE进行集成。美国的TRM公司研制了氟化氢高能化学激光“阿尔法”,还研制了发光仪器LODE,LODE上装有直径为4m的圆镜LAMP。

第二阶段,把目标识别、跟踪、制导系统与火控系统进行合成试验。现已开始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。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。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。

2.2 机载激光武器

机载激光武器系统是目前美国国防部重点发展的高能激光武器,主要用于拦截助推飞行中的弹道导弹,也具有反巡航导弹、反飞机、飞机自卫和反卫星的潜力。美国计划在2010年前试验成功并具备初步作战能力。

机载激光系统将采用由14个模块组成的氧碘化学激光器,其总质量不超过78.75t,作战距离400km。

机载激光武器,能够自动发现导弹,使用红外夜视瞄准具能够搜索和跟踪目标,并将目标信息传输给监测系统和激光控制系统。

2008年3月31日,美国波音公司作为总承包商,承担美国国防部导弹防御局(MDA)的“机载激光”(ABL)项目,研制编号为YAL-1的高能化学激光武器飞机。目前唯一的一架验证机采用波音747-400F货机平台,安装了一台由美国诺斯罗普·格鲁门公司研制的、总重达102t的模块化、兆瓦级化学氧-碘激光器(COIL)以及相关的火力控制系统,主要用来验证采用高能激光武器系统完成弹道导弹助推段拦截(BPI)任务的可行性。

截至目前,YAL-1已完成全系统、全交战过程的功能模拟试飞,并拟在2009年8月首次进行全系

统、全交战过程的真实试飞,实际拦截一枚助推段弹道导弹。在2009财年的预算申请中,MDA已为继续进行“后继者2”的初步总体设计工作编列了1580万美元。

目前ABL系统的质量已由预定的81.6t暴增至现在的102t,而首选波音747-8F采用了重新设计的机翼和美国通用电气公司的GENx-2B大推力涡扇发动机,将是该系统理想的平台。

ABL系统的高能化学激光器由6个模块组成,其功率足以在远至460km的距离上摧毁助推段弹道导弹,而火控系统则可在这样远的距离上修正大气环境对激光束瞄准的影响。MDA希望在2010年之后、2020年之前,使7架配装高能化学激光器的飞机投入使用,从而可维持全周的空中巡逻。

另外,日本可能会加入ABL项目,并起到举足轻重的作用。波音公司正在对日本的相关工业基础进行研究,以确定日本工业界可参与合作的潜在领域。这一研究预定在2008年第3季度完成。

2008年4月10日,波音公司为美国空军交付了首套激光联合定向攻击组件(LJDAM),这种精确激光制导组件用于满足空军和海军对攻击快速移动地面目标的迫切需求。

波音公司于2007年5月获得价值2800万美元的初期合同,为三军的226.8kg(500lb)炸弹生产600个激光导引头。产品的首次拦截试验已经在3月完成。试验演示了LJDAM应对和摧毁以112.6km/h运动的目标的能力。海军也在3月启动了LJDAM制导飞行试验项目,将LJDAM用在AV-8B飞机上对抗移动目标。波音公司预计将于2009年6月交付该产品组件。

2008年5月28日,由美国波音公司领导的工业团队和美国导弹防御局5月份完成了机载激光器(ABL)导弹防御项目的一个重要里程碑,在加州爱德华空军基地完成了首个激光激活试验。最终的试验将在未来几周内完成,该武器系统的所有主要部件,包括作战管理系统、激光部件以及波束控制/火控系统均已完成安装。

激光激活试验是一项系统程序,以确保机载激光器的高功率化学激光已经完全集成到飞机之上,并能够产生足够的功率以摧毁弹道导弹。

激光激活试验完成后,公司将进行激光地面火力发射试验,随后是整个机载激光器系统的飞行试验。2009年将进行机载拦截试验,测试激光器拦截弹道导弹的能力。

ABL 包括一个改进型波音 747-400F 型飞机,其整个后舱安装了由诺斯罗普·格鲁曼公司制造的高能激光器。飞机前半部安装了由洛克西德·马丁公司开发的波束控制/火控系统,ABL 系统的作战管理系统是由波音公司开发的。

波音公司是 ABL 项目的主合同商,ABL 能提供光速摧毁所有级别的、处于飞行助推段弹道导弹的能力。ABL 系统所具有的速度、精确度以及杀伤力使它也可以执行其他任务,包括摧毁空空导弹、巡航导弹、面空导弹等。

2.3 地基反卫星激光武器

美陆军激光反卫星武器系统的主要设备是 MIRACL 和主照射镜为 1.5m 的海石光束定向器(SLB)。目前正在研制兆瓦级的激光器件,并利用直径 3.5m 的望远镜进行空间的激光传输和成像试验。

试验表明,根据激光器现有的跟踪瞄准能力,在天气比较好的情况下,使卫星上的传感器饱和,数百瓦激光照射即可。使星上红外传感器饱和和使之被破坏的激光功率阈值相差几个数量级。考虑到 400 多公里的距离和大气影响等因素,500kW 的功率值可能不足以造成卫星上传感器的永久性破坏。激光反卫星武器试验,旨在为美军降低其航天器的易损性、提高生存能力以及为发展实战用武器提供试验数据。

2.4 舰载激光武器

舰载激光器计划是美国海军的一项用激光武器系统拦截反舰导弹的计划。海军早期的研究集中在 MIRACL 化学激光器上,但是随着冷战结束,海军的作战任务由远洋作战保护海上战斗群变为近海作战对抗巡航导弹的自我防御,而 MIRACL 的 $3.8\mu\text{m}$ 波长激光不如 $1.04\mu\text{m}$ 和 $1.6\mu\text{m}$ 激光波长在海面上的传输效果好,因此目前只能靠自由电子激光器的波长可调特性来实现上述两个波长的高功率输出。未来以自由电子激光器为主体的舰载激光器系统将主要用于舰船自卫,对付高机动巡航导弹,快速攻击船等。舰载激光武器要求激光器功率必须达到兆瓦级。2004 年 7 月美国杰弗逊国家实验室的自由电子激光器突破 10kW,它的下一步目标是 100kW,然后是另一个 10 倍的跳跃,达到 1MW 或更大的功率。

目前,美国海军已经建成了兆瓦级的 DF 化学激光器(MIRACL)和海石束定向器(SLBD),它们是构成位于新墨西哥州的白沙导弹靶场的“高能激光

系统试验装置”的主要武器之一,一直用于试验和验证几种激光武器概念^[3]。

根据美国海军预算,到 2035 年以前,海军将维持一支拥有 313 艘舰艇的舰队,包括:11 艘核动力航母、19 艘巡洋舰、62 艘驱逐舰、7 艘 DD(X)对陆攻击舰、48 艘攻击型潜艇、14 艘弹道导弹潜艇、4 艘 SSGN 核潜艇、10 艘 LPD-17 两栖舰、12 艘海上预置舰以及各种指挥、控制与支援舰。虽然舰艇的数量将随着老舰的退役和新舰的采办每年都略有变化,但总体不会低于 300 艘。而其中包括 DD(X)对陆攻击舰、LPD-17 两栖舰在内采用全电力驱动模式的未来舰艇将占据相当大的比例。

自由电子激光器试验设施负责人 George Neil 以及 Saulter 向《导弹防御内情》这样表示,自由电子激光器能“24h”工作的能力同样使它的性能优于化学激光器。只要装有激光器的舰船有电,该设备就能持续运转并发射红外光。而该武器的高精度以及功率使 FEL 尤其适用于海军的需求。Neil 称,FEL 的射程从 100 米到“几千米”,功率范围可以从对付导弹到小型渔船,这个宽选择范围是它成为不对称防御的理想候选者^[4]。

美国海军现已开发研制了固态激光武器,用以装备小型船只进行自卫或对付反舰巡航导弹、无人驾驶飞行器、直升机、小型舰艇和其他威胁。

一次性模块式高能固态激光器(EMHEL),可用来制造多用途、低成本、小巧的激光武器——从攻击到舰艇自卫,甚至到防御战区弹道导弹。EMHEL 是一种使用一个和多个激光模块的武器系统。这些模块装配在一起,既可以单发,也可以齐发。单个模块中包含一个单发激光武器,单发时的最高能量为 10kJ。有了这一武器系统,就可在不到 1s 的时间里钻透 15cm 厚的钢板。

每个模块约 1m 长,质量“不过一两公斤”。在每平方米的面积上可以排列大约 120 个这样的模块。EMHEL 的设计将其 84 个模块组装在一起,用于防御战区弹道导弹。另一个用途就是装在小型水面战舰上,用于自卫,对付小艇和反舰巡航导弹。

2.5 战术高能激光武器

美陆军的战术高能激光器(THL),其任务是拦截近程火箭弹、巡航导弹、反辐射导弹及各种飞机。目前,美国数百千瓦的紧凑型氟化氙化学激光器技术已经基本成熟,其光束质量可达到 2 倍衍射极限以下。在米级以下的战术激光发射系统方面,美国已经解决了快、小、暗低空战术目标的正常捕获

跟踪和过顶跟踪技术,并具备一定的外场环境适应能力。

2008年3月12日,根据联合高功率固体激光器(JHPSSL)“阶段3”项目,诺斯罗谱·格鲁曼公司成功对“激光链1”(LC1)的性能进行了演示。JHPSSL系统用于促进固体激光器技术在军事上的应用,包括提供军队防护和基于空中、水上和地面平台上完成精确打击任务。

“激光链1”是JHPSSL可升级结构的重要组件,它由8条激光链组成,其中每条激光链包含有4个激光模块。每条激光链相当于是小型的功率为15kW的固体激光器,8条激光链组成的系统功率可达100kW,这将在第三阶段的JHPSSL项目中实现。公司的这种可升级方法可增加尽可能多的激光链以获得更高功率。

JHPSSL技术节点:

“阶段1”(2002):诺·格公司提出同时获得高功率和高光束质量激光的技术需求。

“阶段2”(2005):诺·格公司使用两条激光链将功率提高到25kW,充分显示了最终实现100kW或更高功率的可能性。

“阶段3”(2007年2月):达到第一个演示节点。激光链的第一个模块功率超过3.9kW、电-光效率为20.6%、工作时间为500s,满足了所有演示需求。JHPSSL团队进入激光链集成和试验阶段,每条激光链由4个增益模块组成。

“阶段4”(2007年12月20日):达到第二个演示节点。LC1成功演示,满足了所有目标需求,这比既定日期提前了两天。每条激光链的功率达到15.3kW,超过了既定的12.7kW目标;垂直光束质量为 $1.58 \times$ 衍射极限,超过了既定的2.0目标;开启时间为0.8s,低于既定目标1.0s;LC1的运行时间超过300s,大大超过了目标时间200s;电光效能为19.5%。

2008年,JHPSSL团队将组装和测试“激光链2”(LC2),并与LC1集成。作为下一个重要节点,将对两条激光链的对准和相位控制进行演示。公司2008年年底将完成剩余6条激光链的集成工作,并进行最终的100kW功率系统的演示。

2008年5月3日,JMAR技术公司发布了其双脉冲激光系统的商业原型。该原型是一个鞋盒大小的便携式系统,基于JMAR公司BriteLight系统,根据美国陆军需求进行了再研发,以满足远程探测危险材料、毒品以及其他生物或化学物的需求。

2008年5月19日,美国雷声公司与阿联酋Emirates高级投资公司已经签订了合作研制70mm半主动激光制导火箭弹的协议,以提高传统非制导火箭弹的精度和杀伤威力。

根据该合作研制协议,激光制导火箭弹项目将向阿拉伯联合酋长国提供一项转让技术。经双方公司所属国家政府的批准,雷声公司导弹系统分部与Emirates高级投资公司将为国内及国际用户生产一种激光制导火箭弹。

3 发展分析

美国激光武器的发展:一是节能型激光武器;二是通用化激光武器;三是自由电子激光武器。

3.1 节能型激光武器

新一代紧凑化、节能型高能激光武器。主要有固体(热容)激光器、电化学氧碘激光器以及光纤激光器等。固体热容激光器主要采用具有一定热容量的固体激光介质,使激射时间和冷却时间分开,缓解了热管理问题。闪光灯抽运的固体热容激光器功率已达万瓦以上,二极管抽运固体热容激光器也能够在1s内产生30kW的平均功率。电化学氧碘激光器主要通过电化学过程解决了普通氧碘化学激光器的燃料重复使用问题,使其体积和质量大大降低。美空军正在研制用于战术机载防空的电化学氧碘激光器。高功率光纤激光器是一种以高功率多模二极管为抽运源、以双包层光纤结构为激光增益介质的激光器。美国军方认为这种光纤激光器具备装备战斗机的潜力。此外,随着二极管抽运固体激光器实现高平均功率输出,发展高效率的二极管激光器成为节能的重要手段之一。美国国防高级研究计划局正在开展一项超高效率二极管源(SHEDS)计划,目标是将目前二极管激光器的电光效率由50%提高到80%,这将大大提高整个系统的转化效率,从而节约能源。

3.2 通用化激光武器

战术激光武器将实现紧凑化、通用化和普及化。美国国防高级研究计划局正在开展一项高能液体激光器区域防御系统(HELLADS)计划,目的是开发一种高光束质量的150kW轻量激光器,计划2009年达到质量功率比小于5kg/kW。该计划的实施充分体现了未来激光武器紧凑化的发展要求。目前,美国国防部把高功率固体激光器和半导体激光器作为今后战术高能激光武器发展的重点,并同时向小型运输机和战斗机、舰船以及地面车辆等平台上推广,使其成为三军通用装备。

美国 QPC 激光公司研制的 BrightLase 种子激光器,该激光器采用了 QPC 公司的专利半导体激光技术,能提供比传统二极管种子激光器更高的功率,其底座也比传统固态或基于光纤的种子激光器更小更轻。

作为激光放大系统的引擎,种子激光器应用领域广泛,包括国防(远程大气探测、导弹防御和测距)、标记以及工业钻孔等。Bright Lase 种子激光器的高能特性使客户能免去最初的放大阶段,同时全面降低尺寸、质量和系统的成本。

该种子激光器基于 QPC BrightLase 单模激光技术。在 QPC 公司的内部演示中,在 1064nm 波长处单频功率超过 3W,转换效率高于 50%。

3.3 自由电子激光器

自由电子激光器,从原理上与传统激光器有很大不同,它是利用电子束与电磁波通过抽运电磁场的相互作用,经受激发射放大短波长辐射。自由电子激光器的宽范围选择波长的能力是固体激光器或化学激光器难以达到的。它不仅在军事上成为公认的海上高能激光武器系统的最合理候选激光器,而且在其他方面如工业和科学研究领域也有广泛的应

用。目前,自由电子激光器获得了 $6\mu\text{m}$ 波长、10kW 平均功率的红外激光输出。根据海军的研究表明,要防御反舰巡航导弹的攻击,需要 $1\mu\text{m}$ 波长、1.5MW 功率的自由电子激光器。

4 结束语

随着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,对于防空反导来说,激光武器将显得越来越重要了^[5]。

参考文献:

- [1] 隋江波,孙东延,马乐梅. 舰载激光武器反导作战使用研究[J]. 现代防御技术,2006,4:6-9.
- [2] 赵江,徐世录. 激光武器的现状与发展趋势[J]. 激光与红外,2005,35(2):67-70.
- [3] 冯寒亮,韩锋,张平. 美国海军舰载高能激光武器[J]. 激光与光电子学进展,2006,7:41-45.
- [4] 刘静,舒挺,张军. 欧洲自由电子激光研究进展[J]. 激光与光电子学进展,2007,6:43-48.
- [5] 沈医文,陈建华,常国任,等. 战术激光武器在水面舰艇反导中的应用研究[J]. 舰船电子工程,2007,3:51-54.

2008 中国光电产业发展论坛简讯

第十三届中国国际激光·光电子及光显示产品展览会于 2008 年 11 月 25 日在中国国际展览中心开幕,同期举办的“中国光电产业发展论坛”于 11 月 25 日下午 1 时在中国国际展览中心综合服务大楼会议厅隆重召开,来自参展商、参观人员、各大专院校师生、研究所、企事业等单位的 300 多名嘉宾和代表参加了论坛。

本届论坛由中国光学光电子行业协会主办,论坛分为上下两个场次,中国光学光电子行业协会副理事长杨定江先生宣布论坛开幕并主持上半场论坛。协会特别邀请了中国工程院许祖彦院士作关于深紫外全固态激光(DUV—DPL)技术及应用的报告;中国工程院陈良惠院士作 III—V 族化合物半导体光电探测器的新进展的报告;北京清华液晶技术工程研究中心高鸿锦教授作我国液晶显示产业链上游产品的现状与发展趋势的报告;中国航天科工集团第八三五八研究所张建副所长作红外技术产业化思路与对策的报告;广州飒特电力红外技术有限公司吴继平董事长作红外热像仪发展概况的报告。

下半场论坛由光电器件分会郭玉国理事长主持,邀请北京四通智能交通系统集成有限公司关积珍总经理作我国 LED 显示行业发展及北京奥运 LED 显示的应用的报告;北京国晶辉红外光学科技有限公司苏小平总经理作红外材料产业发展概况的报告;昆明物理研究所(211 所)史衍丽教授作焦平面探测器的进展及其在我国的发展的报告;加拿大 Lumerical 公司资深科学家孙桂林博士作有限差分法和时域方法在纳米光学中的应用的报告。

参会人员专家们分析与观点表现出浓厚的兴趣,整个论坛会场座无虚席,由于听众太多,其间还三次临时增加了几十把椅子,报告受欢迎的程度可见一斑。

目前中国光电产业出现蓬勃发展的新局面,产业对国民经济增长的贡献率不断提升,已成为贯彻科学发展观、调整经济发展结构、推动经济社会发展的一个新的增长点。我们要抓住机遇,携手共进,通过光电产业发展论坛这个平台,进一步密切国内光电企事业单位在产业领域的合作和互动,共同开发潜力巨大的光电资源和市场空间。

(中国光协供稿)