

浅析美国激光武器发展战略的演变

龚新刚, 马 寒, 黄 岑

(西北核技术研究所, 新疆 乌鲁木齐 841700)

摘 要:以美国海军激光武器的发展路线图和规划为例,分析美国激光武器战略的发展变化,认为美国激光武器的研发由偏重战略应用向偏重战术应用转移,更注重实战化的变化趋势。

关键词:激光武器;发展战略;战术应用;战略应用

中图分类号:TJ95 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2012.12.001

Evolution of the US laser weapon development strategy

GONG Xin-gang, MA Han, HUANG Cen

(Northwest Institute of Nuclear Technology, Urumqi 841700, China)

Abstract: Based on the road map and the programs of the US navy's laser weapon, the evolution of development strategy of the US laser weapon is analyzed. It is concluded that the US is shifting its emphasis on development and research of laser weapon from strategic application to tactical application, and the current development strategy focuses on actual combating.

Key words: laser weapon; development strategy; tactical application; strategic application

1 引 言

美国是最先开展激光武器系统研究的国家之一,其激光武器概念、技术与系统发展可追溯到20世纪60年代。经过多年的发展,经历了设计-研制-试验-设计的多次循环,目前化学激光器和固体激光器技术已比较成熟,化学激光器已达兆瓦级,固体激光器已达100 kW级,已有比较成熟的战术激光武器系统。

在2008年3月美国国防科学委员会出版的《定向能武器》一文中指出,高能激光应用的使命为:广泛的战略使命是太空控制和提供防御;战术使命是海上为舰船提供反巡航导弹和战术弹道导弹的防御,为地面提供反火箭弹、炮弹、迫击炮弹的防卫并能摧毁对手的无人机,为飞机提供反单兵防空导弹的防御。

目前机载激光项目、用于导弹防御的天基激光计划、为地面提供作战能力的战术高能激光计划均已中止,机载战术高能激光经过用户的持续论证最后只形成一个先进概念技术研发方案但没有计划资

料,承担海上自我防御的自由电子激光仍然处于技术研发阶段且经费受到削减,用于太空控制的地基激光计划还没有推进,战术高能激光战斗机不再列入研究计划但仍作为机载战术高能激光先进概念而发展。

2 发展战略

2.1 发展路线图

从目前获得的信息看来,美国还没有制定整个国家层次的定向能武器战略,只有美国海军研究办公室(Office of naval research)从海军的角度提出了定向能发展战略。在2007年的《定向能武器试验与评估会议》上美国海军研究办公室在题为《海军科学和技术战略规划—未来定向能武器战略方向的定义》中指出,海军科学和技术国防补充战略远景中,海军的战略是受国家安全战略、国防战略、国家军事战略、战略规划导向、国防研究和工程战略等这些战

作者简介:龚新刚(1980-),男,本科,主要从事情报学,图书馆学研究。E-mail: cambgong@163.com

收稿日期:2012-10-11

略的影响和制约,而海军战略规划、海军作战理念、国家海洋战略、海军战略、海军科学和技术战略等这些战略制约着海军的定向能武器发展战略。在该战略中,指出了定向能发展的路线图,即从舰载自由电子激光器、机载固体光纤激光器、光束控制三个方向发展。

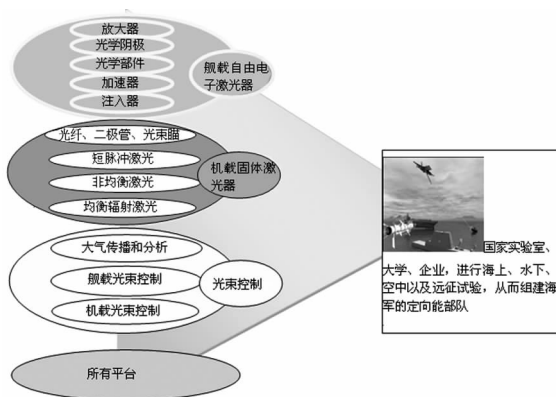


图 1 定向能发展路线图

2.2 近期发展计划

海军研究办公室将科学研究分为三个方面:发现和发明(discovery and invention, D&I),创新型海军武器的样机(innovative naval prototypes, INP),未来海军的能力(future naval capabilities, FNC)。发现和发明方面的研究属于海军的基础研究,创新型海军武器的原型研究是高风险高回报、与以往的要求和理念有根本不同,未来海军能力的项目则是在需求推动下完成所需攻克领域、属于短期低回报。美国海军从光纤激光器、海军航空、自由电子激光器、光束控制四个方面制定了 2007 年~2012 年发展规划。

在这 5 年规划中,2007 年和 2008 年,主要完成概念设计和部件的研制,2009 年计划完成武器样机的制造,在 2012 年实现武器定型的论证和具备作战能力,而光纤激光最先具备能力。具体如表 1 所示。

表 1 近期美海军科学和技术发展规划^[1]

项目名称	FY2007	FY2008	FY2009	FY2010	FY2011	FY2012
光纤激光器	完成光束瞄准、光束传播及致死率试验、完成激光器和光束瞄准器的集成	现场试验		向未来海军能力转变	进行目标致死率评估	实现激光武器样品和转变,完成致死率论证
海军飞机	开展高能激光武器通用型吊舱及概念设计	进行大气光学、光纤及二极管激光器研究	高能激光吊舱的详细设计	向未来海军能力转变	进行二极管、光束混合光纤激光、大气光学、瞄准、光束控制等概念研究	进行初步试验,论证扩散影响,150 kW 光栅激光器、50 kW 光纤激光器及光束控制试验,开展关键技术研究
自由电子激光器	开发谐振器和光学组件,开发注入器,进行光束传播试验,进行建模和模拟	减少创新型武器样品研制的风险	开展系统工程研究	签订 100 kW 向兆瓦级升级的合同		
光束控制	亚音速目标的拦截,闪烁抑制算法,概念设计	超音速目标的拦截,海上目标的跟踪,进行工程设计	制造样品,阐述原理	开展试验		

而在自由电子激光器发展的正式规划中,2006 年~2012 年主要完成发现和发明部分的研究,即在 2008 年~2009 年完成现场测量、工业化、100 kW 的升级、系统工程研究;在 2006 年~2020 年完成 100 kW 自由电子激光武器的创新性武器样机研制,即在 2008 年~2009 年完成武器样品研制前风险降低、工业化方案的修改、方案评估、100 kW 合同的签订;在 2009 年~2010 年的 12 个月时间里完成第一阶段 A 部分即初步设计论证(preliminary design review, PDR),主要完成 PDR 报告,更新第一阶段 B

部分的技术方案和提出成本方案,经费为 1400 万;计划在 2010 年~2011 年的 15 个月时间里完成第一阶段 B 部分即关键设计论证(critical design review, CDR),主要完成 CDR 报告和海军授权精选的长期采购物品,更新第二阶段的技术方案和提出成本方案;经过 2 年即第一阶段 A 部分和 B 部分完成 100 kW 自由电子激光器概念设计,包括兆瓦级激光试验能力、最高水平的光束控制和舰船系统集成的理论方法,经费为 3400 万;计划在 2011 年~2014 年的 3 年时间内完成第二阶段工作即完成激光器的制

造、集成、100 kW 激光器样机的验收工作;第三阶段是从 2014 年开始完成激光样机安装在驳船或武器平台上可以有效完成海上测试和数据收集,从而完成海上演示、试验和评估;从 2015 年开始兆瓦级自由电子激光研制,到 2022 年完成兆瓦级激光器的试验、武器系统集成、杀伤率评估和自由电子激光武器舰原型的设计,经费为 1.15 亿。《100 千瓦级自由电子激光器试验装置》项目合同计划在 2008 年 11 月签订^[1]。

空基战术激光武器主要是通用型激光吊舱的设计,在其 5 年计划中,要求在 2007 年~2008 年完成通用吊舱的概念设计和方案论证,在 2008 年~2010 年完成详细的设计,在 2010 年~2012 年制造用于风洞测试的缩比模型,在 2011 年~2012 年完成初步测试。可能在 2010 年提出武器样机,选用的平台为 F-18 V P-3,主要是为了提高飞机的生存能力和导弹防御。

美国海军还开展了海上光束控制技术研究,在白沙导弹靶场进行低角度目标的跟踪演示,在海上试验平台进行高速率目标跟踪试验。具体是计划在 2009 年进行不连续混合光束演示,计划在 2010 年进行陆上演示,在 2012 年进行海上演示,在 2014 年样机在实验室演示后在海上试验场演示,在 2015 年与驳船集成后进行演示。

3 美国激光武器发展战略变化

2011 年 12 月 22 日,美国国防部宣布终止了 ABL 机载激光器研发项目,这个耗时 16 年耗费超过 50 亿美元的宏大工程戛然而止。美国海军高度关注的自由电子激光器项目也因为风险过高而被削减经费,100 kW 级自由电子激光器试验装置项目合同至今未签署。这虽然被许多人认为是由于美国经济危机而不得以进行的军费削减,但是仔细梳理美国这些年以来的激光武器发展历程就会发现,这一切都表明美国更注重激光武器的杀伤力和实战作用,其激光武器研发由偏重战略应用向偏重战术应用转移。

首先,从国际局势和美军面临的威胁来看,“911”所引起的恐怖威胁使得美军从应对冷战时期的世界大战和国与国间剧烈战争向对付恐怖袭击转移,这种变化也对激光武器的研发产生巨大影响。天基激光武器和地基激光武器反卫计划建立背景,是著名的战略防御计划(SDI),这正是在美苏冷战对峙,为了摧毁敌方卫星和弹道导弹所诞生;这一时期激光武器发展重点偏重战略应用,所以为了能在

远距离摧毁目标不惜投巨资建立以化学激光器为主体积庞大的武器系统。1992 年以后,苏联解体,唯一强大的对手消失了,美军面临的威胁也由世界大战转为地区性冲突和局部战争,同时美军首要应对的是一些对美国仇视的所谓“流氓国家”,这些国家发射导弹或火箭对美国构成较大威胁,所以这种以弹道导弹防御为主的需求促使美军激光武器研发主要向弹道导弹拦截和战术导弹摧毁方向转移,正是如此导致美国的机载激光武器(ABL 和 ATL)成为发展重点。然而“911”之后,美军将恐怖袭击列为首要威胁,并更注重国土安全,为了对付隐藏在平民中间恐怖分子所可能采用单兵防空导弹、火箭弹、小型飞行器、小船、临时爆炸装置,美军需要一种机动灵活的新武器,所以以固体激光器为主战术武器得到投资并获得飞速发展。正是由于美军面临的国际局势由冷战—局部战争、导弹袭击—恐怖袭击这一系列变化,才使得激光武器的摧毁目标由卫星—弹道导弹—无人机、火箭弹、小船这方向转变,由此可以看出美军激光武器发展由偏重战略定位转入偏重战术。最初不惜投入巨资使用几千千瓦的化学激光器摧毁或照射导弹或卫星目标,到如今采用几十千瓦的固体激光器摧毁无人机、火箭弹、小船就可以看出,武器打击目标已由巨大的战略目标转为小型战术目标,这就表明激光武器定位已发生重大变化。例如,1994 年拦截反舰导弹,1997 年照射卫星,2010 年拦截弹道导弹,而 2008 年~2010 年波音和雷神公司成功进行了多次固体激光器摧毁无人机和小船试验。

其次,从地基激光武器和天基激光武器项目的暂停和机载激光武器的终止可以看出,这种投资巨大、规模宏大、威慑意义浓厚的战略武器已经从美军决策者的视野中消失。美军唯一进行的一次地基激光武器反卫星试验是在 1997 年,采用 2200 kW 的氟化氙激光照射轨道高度在 412 km 的靶星。该武器系统有至少 3 束以上激光和 2 个望远镜及一个雷达,其中一个望远镜直径达 3.5 m;要具备武器能力还必须是多个场地和多个武器系统,才能避免气候影响和敌方摧毁。以现代战争环境来衡量,这种定点且目标庞大的武器战场生存能力极低。美军提出天基激光武器计划更是夸张,无论是由离地 1290 km 的 20 颗激光发射卫星组成的天基激光星座,还是 10 颗激光发射卫星和同等数量的轨道反射镜,或者是一台地基激光器与轨道反射镜阵列配对,利用激光中继反射杀伤目标;所有这些方案无疑都是耗

资巨大且存在技术难点,首先这些激光器的化学燃料更换和庞大中继镜发射就是难度巨大。所以2000年以后就很少见天基和地基激光武器的消息,甚至连预研项目拨款的消息都没有,这说明这种系统复杂、身躯庞大的战略激光武器并不是美军所期望的。而机载激光计划则是迄今美国最雄心勃勃的定向能武器计划,从1980年就开始构思,它打算把兆瓦级的化学氧碘激光器(COIL)装在波音747飞机上,用以击落处在助推段的弹道导弹。本来该项目计划2004年就开始生产样机,共计生产7架样机;然而到了2007年才把氧碘激光器装在飞机上,并且只生产了1架样机,比原计划少了6架;2010年1月才开始进行演示验证试验,比原计划延后好几年,就这一点表明这个项目中存在较大技术难度和风险。从2010年1月~2010年10月,共进行3次试验,后2两次均未能在100英里之外摧毁导弹^[2]。只有第一次在50英里摧毁导弹,这显然与武器设计的200~600 km之外击毁战略目标相差甚远。所以从这三个项目可以看出,放弃庞大且笨重的地基和天基激光武器,而重点投资研究机动性较好的机载激光武器,表明美军在寻求的是一个机动且可投入实战的武器,而且这些大项目的落马表明美军定向能武器发展战略已更多的偏重战术。

最后,我们从美军在激光器研究投入可以看出,美军更强调激光武器的小型化。虽然美军研制的化学激光器在上个世纪就可以达到6000 kW,但是这一类型激光器在地基、车载、舰载项目中纷纷落马,如今美军各个军兵种的激光武器项目经费都集中在“高能激光演示器”、“联合高功率固体激光器”项目上。“联合高功率固体激光器”项目甚至向诺·格、雷声、达信三家公司分别授予合同,以便让他们研制三款不同类型的100 kW高功率固体激光器。而事实证明美军这些决策是正确的,2009年诺·格公司研制出了100 kW^[3]固体激光器,达信公司更是研制出了150 kW^[4-5]液体激光器,2010年10月,洛·马公司也研制出100 kW的光纤激光器^[6]。通过对比更可以发现固体激光器的优势,以化学激光器为基础的战术高能激光系统重达180 t需要8个集装箱,ABL的武器系统加上燃料重达80 t;而100 kW固体激光器设计目标是50 W/kg,100 kW也就2000 kg;高能液体激光器更是要求150 kW仅仅750 kg^[7-8]。正是这种轻便、连续出光、功率接近中等规模的固体激光器的出现,使得美军将激光武器搬上卡车、舰艇、小型飞机梦想得以实现,而且只有这种灵活机动

小型的激光武器才能用于实战。

4 美军激光武器发展展望

2012年,美国国防部公布的2013财年军费有着明显削减,帕内塔在谈及这一预算案时说:“我们正处于一个战略转折点。预算方案旨在重塑一支更机动、更机警、更灵活的美军。”所以在这一主导思想下,美国的天基激光武器、地基反卫激光武器很可能被尘封;体积庞大的机载激光武器(ABL)也很难复生,而近几年美军加大无人机的采购力度,很可能以无人机+高功率固体激光器方式代替ABL。从目前美军激光武器试验结果来看,可能未来最先投入实战的波音公司的激光复仇者、雷声公司的LaWS和车载的THINZAG。这几款都是以光纤激光器和固体激光器为核心,有着多次成功击落目标的记录,相信在以后评估和鉴定中会过关斩将,及早列装。美军的海上激光器演示系统和舰载MK38-TLS战术激光武器系统分别是采用固体激光器和光纤激光器,这就表明海军未来使用舰载防空拦截小型移动目标的激光武器可能以这两款激光器为主。自由电子激光器由于其功率突破较难,且体积庞大,本来计划2010年签署100 kW项目合同,至今未见消息。所以未来美军激光武器研究还是主要集中在固体激光器和光纤激光器这两类近年来发展迅速的激光器上。

虽然有人说,美军研究项目往往是暂时终止,但仍然会改头换面从其他渠道获取资金从而继续进行相应研究。但是,从地基、天基计划终止,到机载激光武器的终止,可以比较清晰地看出,美军强调实际应用前景的原则一直在激光武器研究过程得到强化。虽然从功率上化学激光器完全满足目前美军地基、车载、机载、舰载激光武器的摧毁要求,但是从实战角度来看,由化学激光器所组成的武器系统在战场上生存能力实在让人担忧。化学激光器不但体积庞大、燃料更换缓慢,最重要的是出光时间只是3~5 s之间^[9],这很难满足连续打击的目标。而诺·格公司的100 kW激光器创造了连续出光6 h的记录,而洛·马公司的光纤激光器出光时间则更长,并且固体激光器使用电能,省去更换燃料的麻烦。或许正是由于这种连续出光、体积小巧的中等功率激光器给机载激光武器以致命一击,促使该项目终止。因为美军力量重视效能第一,与其在庞大笨重的机载激光武器项目浪费金钱,还不如投资在固体激光器上。美军在2008年~2010年车载和舰载激光武器试验结

果表明,固体激光器只需 10 kW 就可以满足在 3 km 外摧毁目标的要求。而目前美军仍然在各个固体激光器上投入巨资表明,美军就是用固体激光器代替化学激光器,并将它作为高功率激光武器的首选,美国自由电子激光器项目经费削减也可能是由于固体激光器的飞速进展所致。2004 年,美国固体激光器就达 30 kW,2009 年就实现了 100 kW 目标,短短几年就实现了里程碑的跨越;此外,随着光纤激光器发展、非相干方式放大技术、模块化等技术日渐成熟,通过模块化和逐级放大方式,固体激光器可以轻松实现功率上的飞速突破。所以固体激光器未来在功率上赶上化学激光器指日可待。一旦固体激光器在功率上达到兆瓦级,那作为远距离摧毁弹道导弹的战略使命又将重现,只是以前的以化学激光器为主的天基和机载激光武器将永久被封存。

参考文献:

- [1] Naval S & T. Strategic plan-defining the strategic direction for tomorrow in directed energy[C]. Proceedings of the 2007 Directed Energy Test and Evaluation Conference Albuquerque, New Mexico, 7-9 August, 2007.
- [2] Ye Wen, Ye Benzhi, Huan Kewei, et al. Development of the airborne laser anti-missile weapon[J]. Laser & Infrared, 2011, 41(5): 481-486. (in Chinese)
叶文, 叶本志, 宦克为, 等. 机载激光反导武器的发展[J]. 激光与红外, 2011, 41(5): 481-486.
- [3] Northrop Grumman Scales New Heights in Electric Laser Power, Achieves 100 Kilowatts From a Solid-State Laser. [N/OL]. [2009-3-18]. http://www.irconnect.com/noc/press/pages/news_releases.html?d=161575.
- [4] Textron Defense Systems Achieves More Than 100 Kilowatts with J-HPSSL High-Power Laser [N/OL]. [2010-2-28]. <http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=110047&p=irol-newArticle&ID=1392658&highlight=>.
- [5] Sees modular open-systems approach as best way to develop a directed-energy laser gun with a maximum 150 kW output. [N/OL]. [2012-9-4]. <http://optics.org/news/3/9/1>.
- [6] General Atomics wins \$40M to scale military laser [N/OL]. [2011-6-27]. <http://optics.org/news/2/6/28>.
- [7] Ren Guoguang. New tactical high energy liquid laser[J]. Laser Technology, 2006, 30(4): 0418. (in Chinese)
任国光. 新型战术高能液体激光器[J]. 激光技术, 2006, 30(4): 0418.
- [8] Ren Guoguang, Huang Yunian. Diode pumped solid-state laser stride forward 100 kW[J]. Laser & Infrared, 2006, 36(8): 617-622. (in Chinese)
任国光, 黄裕年. 二极管抽运固体激光器迈向 100 kW [J]. 激光与红外, 2006, 36(8): 617-622.
- [9] Wang Jianhua, Zhang Donglai, Li Xiaojian, et al. Analysis of the research plan and adjustment of american spaceborne and airborne anti-missile laser[J]. Laser & Infrared, 2012, 42(4): 355-359. (in Chinese)
王建东, 张东来, 李小将, 等. 美军天基和机载激光反导研究计划及调整分析[J]. 激光与红外, 2012, 42(4): 355-359.