

文章编号: 1001-3806(2002)04-0273-04

美国的战术高能激光武器

黄 勇 侯海梅

(海军装备论证研究中心,北京,100073)

摘要: 主要介绍了美国正在研究和发展的车载战术高能激光器、舰载高能激光武器系统和机载战术激光器的基本组成、发展计划、进展情况和存在的主要技术障碍。

关键词: 高能激光器;激光武器;光束定向器;防空武器

中图分类号: E928.9 **文献标识码:** A

The tactical high energy laser weapon of America

Huang Yong, Hou Haimei

(Naval Research Center, Beijing, 100073)

Abstract: This paper introduces the basic composition, development plan and its progress, technical challenges of the researching and developing tactical high energy laser (THEL), shipbased high energy laser weapon system (HELWS) and airborne tactical laser (ATL).

Key words: high energy laser; laser weapon; beam director; air defence weapon

引 言

世界上首台激光器于 1960 年在美国问世后不久,美国便开始了激光武器的研究和发展工作。经过近 40 年的研究和发展,美国已初步具有了获得军事高能激光器的能力,可望于未来 5~20 年中陆续研制部署地基、空基和天基等各类激光武器。

美国在积极研究和发展具有战略性的反卫星和弹道导弹防御激光武器的同时,非常注重以战术应用为主的激光武器发展,并已取得显著进展,演示验证了其拦截和摧毁战术目标的能力。目前,美国正在研究和发展的战术高能激光武器主要有车载战术高能激光器 (THEL)、舰载高能激光武器系统 (HELWS) 和机载战术激光器 (ATL)。

1 舰载高能激光武器系统 (HELWS)

美海军高能激光计划始于 1971 年,目的是发展用于水面舰船防御反舰导弹的高能激光技术。美海军最初计划建造一个基于当时最成熟的工作波长为 $10.6\mu\text{m}$ 的 CO_2 气动激光技术的实验性高能激光系统。但到 70 年代中期,当大气传输特性更好、峰值

波长为 $3.8\mu\text{m}$ 的连续波氟化氘 (DF) 化学激光器出现后,海军放弃了原计划,决定与国防高级研究计划局联合建造 DF 高能激光系统。

美海军先后建造了两套由 DF 化学激光器和光束定向器构成的武器级实验性高能激光系统。第 1 套系统安装在加利福尼亚州 TRW 公司的卡皮斯特诺试验场,最大输出功率 350kW,用它于 1978 年 3 月成功地截获和拦截了以低空、高亚音速横向飞行的 4 枚“陶”式导弹,演示验证了高能激光系统所具有的能力和战术优势。第 2 套系统安装在加利福尼亚州白沙导弹靶场的三军高能激光系统试验设施 (HELSTF),最大输出功率 2200kW,后来一直被用于试验和验证包括海军的舰载激光计划、空军的机载激光计划和陆军的战术高能激光器计划等在内的多种激光武器概念,先后进行了一系列试验,获得了连续波高能激光传输、目标杀伤和系统运行方面较完整的数据,演示验证了高能激光系统拦截目标的能力。其中,美海军用该系统进行舰载高能激光系统的典型验证试验有:1987 年,两次在典型作战距离上快速、致命地击毁了以低空、亚音速、横向方式飞行的 BQM-34 型靶机;1989 年 2 月,在典型作战距离上成功地摧毁了一枚模拟超音速 (飞行速度可达 $2.2Ma$) 巡航导弹以低空横向方式飞向该系统附近一个目标的“汪达尔人”(Vandal) 导弹。这些试验

作者简介:黄 勇,男,1964 年 9 月出生。高级工程师。现从事光电装备的论证研究工作。

收稿日期:2001-07-10;收到修改稿日期:2001-12-11

充分演示验证了用激光拦截横向飞行目标的可能性和有效性。基于此,美海军于1992年完成了高能激光武器舰载安装的可行性研究^[1],并计划进行舰载演示验证,以进一步验证高能激光用于舰队防御(主要对付横向飞行目标)的效能。

但是,随着冷战结束和美海军将其战略由远洋作战调整为近海作战,其面临的首要问题便由保护海上战斗群变为对抗巡航导弹的自卫问题,即在沿海战场环境对抗来自岸上和/或分散的低价值平台的威胁。这样,舰载高能激光系统便由对付横向飞行目标变为对付径向来袭目标。

1994年,美海军进行了用激光拦截迎头飞行的苏制“冥河”导弹的“自防御演示”试验,旨在研究和评估高能激光系统用于舰船自卫、对付迎头飞行的真实威胁目标的作战效能,这也是美海军利用HELSTF中的高能激光系统进行的一系列试验的最后一次试验。经过试验和分析,美海军认为,“战场环境和拦截方式上的基本变化深刻地影响着对可能的舰载高能激光武器系统基本性能的要求”,即当考虑到高能激光在大气中传输可能出现的热晕现象会妨碍高能激光武器系统效能发挥时,中红外化学激光器的波长在近海环境下也许不是最佳的。基于此,美海军于1996年再次改变计划,提出发展一种在近海环境下大气传输特性更佳、工作波长位于 $1.62\mu\text{m}$ 附近的兆瓦级自由电子激光器。计划分三个阶段进行,第1阶段的任务是精确预测未来10~15年内反舰导弹对激光辐射的抗毁强度;第2阶段的任务是确定高能激光在近海环境中的最佳工作波长。这两项工作现已完成。第3阶段的任务是计划与能源部合作,开发一种在设计阶段波长能够变化、功率达兆瓦级的自由电子激光器^[2]。目前,自由电子激光器的功率仅达到千瓦级水平^[3],要达到兆瓦级还有较长的一段路要走。

可见,研制功率高、光束质量好、大气传输性能好、能够满足舰载使用要求的激光器是发展HELWS的主要技术障碍。

2 战术高能激光器(THEL)

THEL是由美陆军和以色列共同出资、美陆军负责管理的一种地基防空激光武器,拟用于摧毁飞行中的火箭弹和其它战术目标(包括无人机、巡航导弹和反辐射导弹等)^[4]。设想的早期THEL系统由4~6辆战车组成,能摧毁由多管火箭弹发射系统在几秒钟内齐射到一个小区域里的多枚火箭弹,保护

靠近前线的部队集结地或城镇;也可单独用于对付那些用原始发射装置进行的单发火箭弹发射,以保护城镇或军事基地等。设想的未来系统将部署在轮式或履带式车辆上,以便与其它的陆军防空武器,诸如战区高空区域防御系统和“爱国者”导弹防御系统等配合使用,对付从其它防御层漏网的点目标,作用距离达10km。

设想的早期THEL系统由输出功率为几十千瓦的DF化学激光器、雷达、瞄准跟踪系统、指控系统构成,它们分别被装入能用车辆运输的多个集装箱中。以色列计划沿其北部边境部署这种THEL系统,用来对付部署在黎巴嫩南部的多管火箭弹的威胁^[4],其作战过程是:来袭的火箭弹(目标)首先被THEL系统的雷达迅速发现,并自动将数据提供给指控系统。指控系统确定目标轨迹并进行识别后向含有光束定向器的瞄准跟踪子系统指示目标数据。瞄准跟踪子系统用装在光束定向器上的光电传感器搜索、捕获目标,并进行光电粗跟踪。然后,系统开始精跟踪过程,它用一个低功率固体激光器来照明目标,从目标上反射的能量提供光束定向器的“瞄准点”,以便把THEL的高能激光汇聚到目标上,引起目标温升直到破坏^[5]。

设想的早期THEL系统虽然可用车辆运输,但美国认为,集成后的THEL系统没有机动能力,不能适合作战需要,因而对部署这种THEL系统没有兴趣,而是希望在这种THEL系统基础上发展一种机动式THEL(MTHEL)系统^[6]。

2.1 发展情况

美陆军1981年开始实施“机动陆军演示装置”(MAD)计划,目的是验证可反飞机和精确制导武器等的防空激光武器的可行性。计划初期采用功率100kW的DF化学激光器进行演示验证试验,最终采用1400kW的激光器。但到1983年,美实施“战略防御倡议”(SDI)计划后,MAD计划搁浅。

SDI计划调整后,美TRW公司为美陆军设计了一种称为“通用区域防御综合反导”的前沿机动防御用激光武器系统,旨在弥补陆军中程反导系统和远程反导系统的不足。该系统拟由一台400kW的DF化学激光器和一台70cm直径的瞄准跟踪器组成,这就是最初的THEL。

1991年,美陆军开始了激光武器的杀伤力演示计划,从而开始了THEL计划。

1995年3月,美、以两国政府签订了关于THEL的先期计划——“鸚鵡螺”计划的谅解备忘

录,以色列正式参与 THEL 计划,从而使 THEL 计划成为一项美以联合发展的战术高能激光武器计划,目的是发展一种能摧毁近程火箭弹和导弹的激光武器。“鸚鵡螺”计划的目的是评估激光用作战术防空系统拦截短程火箭弹的有效性,它以 1996 年 2 月 6 日和 8 日在美国用 HELSTF 中的高能激光系统两次以模拟战术激光武器的较低功率(550kW)输出成功地摧毁俄制 BM-21 短程火箭弹而结束。

1996 年 4 月,基于“鸚鵡螺”计划的成功,美、以两国政府决定发展 THEL 的先进概念技术验证样机,美 TRW 公司等赢得了 8900 万美元的设计、制造和试验战术级的具有摧毁短程火箭弹的 DF 激光系统合同,要求 22 个月完成系统设计和制造。其中,TRW 公司为主承包商,负责激光器、战术指挥组件和系统集成等;以色列的飞机工业公司 MBT 分部、拉法尔(Rafael)公司、塔迪兰(Tadiran)公司为子承包商,分别负责跟踪器和火控组件、雷达、雷达通信组件。1998 年 1 月,对合同进行了调整,总经费增至 1.315 亿美元(美国负担 1.068 亿美元),完成时间延长 11 个月,计划 1998 年 12 月开始在白沙导弹靶场进行集成和拦截火箭弹试验。但因控制化学物质流经激光器的特制阀的泄漏问题和与用于跟踪短程火箭弹的低功率激光器有关的问题,使构成 THEL 的各分系统推迟至 1999 年 7 月才制造完成,并交付到白沙导弹靶场进行集成和试验^[7]。

2000 年,美、以两国分别为 THEL 增加 5.7 和 5 百万美元经费,用于进行对付喀秋莎火箭弹试验和完成该计划的验证与评估(DT&E)。2000 年 6 月 6 日,THEL 系统在白沙导弹靶场的试验中成功地跟踪,并在几公里处摧毁了从 15km 远处发射后处于飞行中的一枚喀秋莎火箭弹(固体火箭发动机工作 2~3s,以使火箭弹达到大约 1000m/s 的典型速度)^[8],这是可部署型高能激光武器首次杀伤喀秋莎火箭弹,验证了 THEL 拦截火箭弹的能力。同年 8 月 28 日,THEL 在白沙导弹靶场进行了拦截两枚火箭弹的试验,共进行了 3 次试射试验,前两次试验只击中了一枚火箭弹,第 3 次试射击中了两枚火箭弹^[9](试验的激光束射程为几英里),表明 THEL 具有了拦截多个目标的能力,更加接近实战对它的要求。因为,战场上的实际情况往往是多个目标在短时间内自不同方向袭来。

美、以计划在 DT&E 之后决定:(1)系统在交付以色列使用前需进行哪些改进,并计划 2001 年底完成对 THEL 系统的改进;(2)美国是否继续发展

MTHEL 系统等^[10]。

THEL 计划 2001 年的经费为 1 千 5 百万美元,一部分用于继续进行 THEL 系统的改进和附加试验,一部分用于进行 MTHEL 的概念设计以及评估和发展 MTHEL 系统的有关技术,以确定 MTHEL 系统的方案和发展途径^[11]。

2.2 美国需要的 THEL 系统及存在的技术挑战

美军认为,现在的 THEL 系统太娇气,需要的维护太多,尤其是没有机动能力,不能适合作战需要,因而还没有对为以色列设计的 THEL 系统的任务需求。但是,美陆军已完成对机动力式激光武器的初步任务需求报告,并已纳入美大西洋司令部的联合战区与导弹防御任务需求报告,要求其能击毁战区中的各种目标。以色列国防军也怀疑现在的 THEL 系统的作战效能,希望得到 MTHEL 系统,以满足与黎巴嫩较长边界的防御需要^[12]。为此,美陆军减少了 THEL 系统的试验次数,用来为发展 MTHEL 系统安排经费,并正在为 MTHEL 系统争取额外经费,希望发展 MTHEL 样机^[6]。

发展 MTHEL,首先需要解决振动问题,使其稳定和使光束控制不受振动影响。此外,还要使 DF 激光器和光束控制系统减小,美陆军希望能减小到可装在一部军用运输车上^[6]。当然,激光器的化学燃料和指控中心需要用另外的一部运输车。美陆军认为,能够在 3~4 年内发展出 MTHEL 系统样机^[11]。

美陆军认为,从长远考虑,供美军使用的机动式地基高能激光武器也许需要采用体积较小的固体激光器。为此,陆军在 THEL 系统基础上发展基于化学激光器的 MTHEL 系统的同时,已完成对 4 种固体激光器概念和可获得时间的研究,并决定出资在白沙导弹靶场建造一个万瓦级固体激光系统,企图通过这些努力,能在 2005 年或 2006 年拿出一个能装在机动性好的多用途轮式运输车里的 100kW 级的固体激光器系统^[6]。但是,相对化学激光器而言,固体激光器在技术上尚不成熟,以致于该计划官员认为,这样的系统也许在 2025 年前不会出现。

3 机载战术激光器(ATL)

基于化学激光器对飞行导弹杀伤能力的成功演示验证以及激光的杀伤力可根据不同任务的实际需要进行调节,美国防部正在考虑利用机载激光器(ABL)的成果来发展一种小型飞机和直升机载、具有致命和非致命性杀伤力的中等功率(几万瓦至几

十千瓦)的近程 ATL^[13]。ATL 用作精确的致命性杀伤武器,具有击落低空反舰或对地攻击巡航导弹以及对抗短程战术火箭和其它类似无人航空器目标而使造成附带破坏最小的能力,此时,它将在 3000m 高度以下作战,其在有利气象条件下具有最大杀伤目标距离 20km 的能力^[14]。ATL 用作非致命杀伤武器,具有快速使敌武器系统失效而不造成附带伤害的能力,可提供目前非杀伤武器所不能达到的远距离能力,其作战对象包括各种车辆的轮胎、武器装备的天线和光电装置、导弹发射装置以及人员等。

美弹道导弹防御局已在 1998 年 11 月至 1999 年 9 月间完成了对采用不同平台的多种 ATL 方案的评估,主要评估内容包括:确定通常的巡航导弹防御和海军区域防御对 ATL 的功能要求;评估不同情况和作战环境下系统的效能;提出包括飞行试验和早期样机验证在内的发展途径;进行杀伤模拟以帮助确定需求、系统能力和使用的有效性。国防部计划安排进行 ATL 的“非常精确打击”任务的先进概念技术验证(ACTD),其候选平台有 V-22,CH-47,C-130 和海军的 CH-53 飞机,目前比较趋向于 V-22^[14]。预计 ACTD 的费用为 1~2 亿美元,时间为 3~4 年,用在 ACTD 中的可能是 500~750kW、工作波长 1.3 μ m 的氧碘化学激光器。

根据要求不同,ATL 系统的重量可能在 4500~6500kg 之间,作用距离为 10km(地对空作战)和 20km(空对空作战或空对地作战)。系统在有雨和雾的天气可能遇到问题,但因它可在云层下作战,因而不一定要求是晴天。

ATL 技术也存在地基应用的潜力。若激光器单元能小型化并放在地基平台上,那么,它就可作为

地空防御武器用于保护作战人员免遭火箭弹和各种炮弹打击。另外,虽然“热晕”问题阻碍了激光的舰载应用,但 ATL 可用于舰船防御,因为 ATL 能在水面上足够高处工作,以致于导致“热晕”的水蒸气不成为问题,而且,ATL 在与目标交战过程中可通过始终处于运动状态来避免热晕。

4 结束语

美国正在发展的战术高能激光武器中,THEL 系统是最接近实用化和部署的系统,MTHEL 系统、ATL 系统,特别是舰载 HELWS 还存在一些技术障碍,离部署还有较长的一段路要走。

参 考 文 献

- [1] Ferreira D M, Marcell F C. *Naval Engineers Journal*, 1993, 105 (3): 105~117.
- [2] Cook J R, Albertine J R. *SPIE*, 1997, 2988: 264~272.
- [3] Schultz J. *Aviation Week & Space Technology*, 2000, 153(17): 25~28.
- [4] Kuhta S F, Ghoshroy S, Baird T B *et al.* Defense acquisitions: DOD efforts to develop laser weapons for theater defense. GAO/NSIAD-99-50, March 31, 1999.
- [5] Smith B A, Wall R. *Aviation Week & Space Technology*, 2000, 152(24): 37~38.
- [6] Koch A, Rodan S. US army aiming to set new THEL variant in motion. *Jane's Information Group*, October 20, 2000.
- [7] Etter D, Ullrich G, Riker J *et al.* Report of the high energy laser executive review panel: Department of defense laser master plan. DOD/S&T/00-001, March 24, 2000.
- [8] Dupont D G. *Inside the Pentagon*, 2000, 16(23): 3~4.
- [9] Dupont D G. *Inside the Pentagon*, 2000, 16(35): 2.
- [10] Strohm C. *Inside the Army*, 2000, 12(27): 1, 14~15.
- [11] Strohm C. *Inside the Army*, 2000, 12(42): 1, 8~11.
- [12] Ratnam G. *Defense News*, 2000, 15(20): 24.
- [13] Seffers G I. *Defense News*, 2000, 15(14): 1.
- [14] Sirak M C. *Inside the Pentagon*, 2000, 16(23): 1, 11~14.