

激光武器在舰载近防系统中的重要作用

方启万

(武汉海军工程学院)

现役近程舰炮和导弹两种舰载硬防御系统难以应付反舰导弹的攻击。而激光武器具有飞速极快、命中精度高、毁伤率大,机动性强、能抗饱和攻击,发射费用低和后勤保障简便等特点,是能真正拦截反舰导弹的舰载近防的理想武器。本文还介绍了国外战术激光武器概况,提出了舰载激光武器的几点设想。

近二十年来的四次现代实际海战的经验教训表明:反舰导弹的威胁日益严重。

反舰导弹小而轻,可从水面舰艇、水下潜艇、空中飞机和陆上载车等多种平台发射,并可大量携带,便于饱和攻击;它的射程远,可在舰艇的防空火力范围外实施攻击;其雷达截面仅 $0.10\sim 0.05\text{m}^2$,弹道隐蔽,不易发现、拦截,突防能力强;具有防备敌人阻止其命中目标的内在性能;制导精度高,作战性能好;并可携带核弹头,摧毁能力强。

国外现役的六大近程舰炮反导系统,未经实战考验。其反导的主要困难是发现目标的距离近,反应慢,射程短,不能有效拦截。

现役的近程导弹反导系统,在马岛海战中,毫无效果,没有打下一枚反舰导弹。其主要问题也是时间紧迫,来不及反应。并且导弹都有一个不可控的盲区,只有在盲区以后才能进入目标轨道,所以难以应付反舰导弹。

反舰导弹的速度在不断提高,雷达截面越来越小,隐身导弹将小到 0.01m^2 。迄今为止,反导技术总是落后于导弹技术,进攻优于防御。。现役两种反导系统就无法对付正在研制的超音速导弹,特别是超音速核反舰导弹。 $2\times 10^6\text{t}$ 核弹头爆炸形成直径400m的火球的冲击波会破坏1km处的舰艇。因此,应在2km以远击落核弹。然而现役两种系统都无能为力。

在反舰导弹日益严重的威胁面前,为了提高舰艇的作战力和生命力,扭转防御劣于进攻的局面,需要一种确能拦截反舰导弹的舰载近防理想武器,而激光武器就是这种理想武器。

一、激光武器的特点

1. 速度极快,瞬发即中

激光武器射出的激光束,以每秒 $3\times 10^8\text{km}$ 的光速传播。武器的飞行时间近乎为零,瞬

收稿日期:1986年10月4日。

发即中。并且不存在提前量及其时空差的问题。

2. 命中精度

激光武器是一种聚能武器，把能量汇聚成极细的能束，沿着精确方向发射出去，以极高的精度毁伤目标。因此，可以打击离友方很近的目标，在未来海空战争中敌我纵横交错的情况下是非常可贵的武器。

3. 毁伤率大

4. 射速极高

5. 机动性强，能抗饱和攻击

现役防空舰炮和导弹在饱和攻击面前无能为力。

由于激光武器射出的光束质量近于零，不产生后坐力，不受引力场的影响。因此可通过转动反射镜迅速变换射击方向，在短时间内可射击不同方向的多个来袭目标。故激光武器对付饱和攻击特别有效。

6. 发射费用低

一枚“爱国者”导弹要30~50万美元，而一旦发射出去就全部毁掉。而激光武器的硬件可重复使用，氟化氙激光器每发射一次仅耗资1~2千美元，相当于一发炮弹的价格。用着二氧化碳激光器，每次的发射费用更低，可降至数百美元。

7. 后勤保障简便

激光武器系统发射的是能量，而不是传统的子弹或炮弹，工作时所需的是燃料，并且它对燃料的需要量与常规武器的弹药相比也是微不足道的。因此激光武器的后勤保障极为简便。

二、国外战术激光武器的研制概况

激光武器极为突出的宝贵特点举世瞩目，使得强激光技术提供了使军事能力产生真正突破的潜力。美苏与各发达国家都加紧研制激光武器，投入了大量人力，耗费了巨额资金，取得了重大突破。

美国三军都有各自的激光武器实验装置，以研究激光武器系统的工作及其杀伤力。美国海军从1974年开始执行国防部的计划，开展舰载激光武器的研究，如“海石”计划就是采用氟化氙化学激光器、大口径反射聚焦镜的实验装置，其目的是研究激光武器的总体技术，进行高能激光杀伤力的试验，以决定激光武器用于舰载拦截飞机和导弹是否比常规武器合算。1978年美国海军用400kW氟化氙激光器摧毁了飞行中的陶式反坦克导弹和一架UH-1型直升机靶机。1983年美国用400kW气动二氧化碳激光器摧毁了五枚飞行中的响尾蛇导弹。1985年9月在白沙导弹靶场用2MW氟化氙激光器进行击毁导弹试验，将1km处的导弹靶打得粉碎。

美空军武器实验室研制了一种氧化碘激光器，功率已达千瓦，其波长为1.3 μm 。波长缩短，则能量密度可以提高。脉冲氧化碘激光对导弹与飞机的蒙皮以及导弹雷达罩已经获得理想的破坏效果，靶面能量密度不大于 $1 \times 10^4 \text{ J/cm}^2$ 时，不产生等离子屏蔽。这种氧化碘激光器，在对付飞机、导弹的防御系统中，是一种有吸引力的新光源。

世界上研究激光武器最努力的国家是苏联，投入的人力、物力都是美国的3至5倍。苏联参与研究发展激光武器的人员约10万，其中科学家和工程师约1万。苏联科技文献上发表

的有关高能激光器和目标效应的论文比美国的多。苏联的激光武器已进入工程研制阶段，可能先于美国部署，例如正在23000t的基洛夫巡洋舰上建造氟化氙激光武器系统，对付低空飞机和导弹，作用距离10km。

西德MBB公司宣称：研制出一种防空激光武器系统，装在豹-2坦克上，对付低空飞机和巡航导弹。能烧穿10km处的飞机、直升机或战术导弹的外壳。该公司报导：光束直径10cm，照射1s，足以使10km处的目标毁坏，使20km处的敌机上的被动红外探测器失效。这种战术武器有可能用来拦截苏联的SS-21、SS-22或SS-23型导弹。

国外至今所进行的研制工作表明，激光武器除时间和资金限制外，几乎没有任何限制。因此，我们也应该抓紧研制。

三、舰载激光武器的几点设想

国内在激光武器方面，作过许多有益的探索工作，克服了各种困难，取得了较大成绩。近年来又迈出了可喜的一步。然而，与国外的先进水平相比，还有相当大的差距。

国内激光武器技术基础的研究必须与激光武器系统的研究结合起来，才能互相促进。不然，技术基础的研究会失去方向而陷于学术探讨的轨道，使关键技术的攻关旷日持久。

根据我国科技水平的实际情况，考虑现役装备水平的横向对比，从舰载激光武器系统既切实可行又具有横向对比的明显优势出发，来谈几点设想：

1. 典型目标：飞机、直升机、反舰导弹
2. 作用距离：硬破坏 ≥ 3 km
3. 命中概率：一次射击的毁伤概率 $\geq 90\%$
4. 激光器的选型

目前，较成熟的高能激光器是二氧化碳激光器和氟化氙激光器，现将两者的特性加以比较：

(1) 大气传输特性：氟化氙激光比二氧化碳激光的大气衰减小，氟化氙激光波长 $3.8\mu\text{m}$ ，比大气中的水和二氧化碳分子的吸收小，适合于潮湿气候条件下的传输，热晕现象不严重，对自适应光学系统的要求较低。

(2) 主镜直径或能量密度：氟化氙激光波长约为二氧化碳激光波长($10.6\mu\text{m}$)的三分之一，在相同发散角的情况下，氟化氙激光器的发射望远镜的直径约为二氧化碳激光器的三分之一，而发射望远镜主镜的面积，前者约为后者的九分之一；主镜的重量，前者约为后者的二十七分之一。这样，就使前者的跟踪发射系统的体积和重量大为减小，从而其转动惯量就很小，保精跟踪角速度就高，系统的反应时间就可以缩短。

如果两种发射望远镜主镜的直径 D 相同，那么，氟化氙激光的发散角约为后者的三分之一。在目标处的光斑面积，前者约为后者的九分之一。故在输出功率相同的情况下，前者在目标处的功率或能量密度约为后者的九倍。

(3) 废气的排除：由于钙泵技术的发展，不但能使氟化氙激光器小型化和工程化，而且使该激光器的高温有毒废气不必排入大气。免除了对我方人员的伤害，减少了一个暴露自己的强红外辐射源。而二氧化碳激光器的高温废气仍需直接排入大气。

(4) 穿雾能力：与氟化氙激光相比，二氧化碳激光的穿雾能力强，是穿透霾雾的比较

理想的波段。

综合起来，在海上使用，选择氟化氙激光器较为合适。

5. 激光功率的估算

我们知道，目标上的功率密度与输出激光功率P的关系为：

$$I = \frac{4}{\pi d^2} \tau P e^{-\alpha R} \quad (1)$$

$$d = 2.44k \frac{\lambda}{D} R \quad (2)$$

式中，k是光束发散角与衍射角之比， α 是大气衰减系数， τ 是发射光学系统对激光的透过率，R是目标距离，d是目标处的垂直于光束截面上的光斑直径。

由(1)、(2)式，可得目标上的功率密度I为：

$$I = 0.214 \frac{D^2 \tau}{k^2 \lambda^2 R^2} P e^{-\alpha R} \quad (3)$$

因此，要计算激光器的输出功率P，必须知道使目标损伤的激光功率密度 I_t （ I_t 称为激光损伤阈值）。为此，必须深入研究激光的破坏机理，求出各种目标材料（包括抗激光材料）和探测元件的静态与动态激光损伤阈值及其与激光波长、作用时间、激光的作用方式（连续与脉冲式）、激光脉冲宽度与重复频率的关系，并取得可靠而有说服力的实验数据。而这需要进一步作一些深入细致的工作。

我们这里只作粗略计算。有人对美国两次激光打靶试验进行过估算：在忽略近距离大气衰减的情况下， $P = 400\text{kW}$ 的氟化氙激光摧毁陶式导弹时，达到目标处的平均功率密度约为， $8.2 \times 10^4 \text{W/cm}^2$ ； $P = 400\text{kW}$ 的二氧化碳激光击落响尾蛇导弹时，到达目标处的平均功率密度是 $6.6 \times 10^4 \text{W/cm}^2$ 。

据此，我们取目标硬破坏的阈值功率密度， $I_t = 1 \times 10^5 \text{W/cm}^2$ ，取 $D = 1.5\text{m}$ ， $\tau = 0.838$ ， $k = 1.3$ ， $\alpha = 0.163$ 。

当 $R = 3\text{km}$ 时，由(3)式可得

$$\begin{aligned} P_t &= 4.673 \frac{k^2 \lambda^2 R^2 e^{\alpha R}}{D^2 \tau} I_t \\ &= 8.88 \times 10^5 \text{W} \end{aligned} \quad (4)$$

我们取激光输出功率 $P = 1\text{MW}$ 。

对于软破坏的激光阈值，一般比硬破坏小2~3个量级。我们取软破坏的阈值功率密度 $I_t' = 1 \times 10^3 \text{W/cm}^2$ ，由(3)式可算得13km处目标软破坏所需的激光输出功率，

$$P_t' = 8.5 \times 10^5 \text{W}$$

因此，氟化氙激光器的输出功率为1MW时，对飞机、导弹硬破坏的作用距离 $\geq 3\text{km}$ ，而对飞机、导弹软破坏的作用距离 $\geq 13\text{km}$ 。

6. 发射光学系统

研制直径1.5m的发射望远镜，采用轻型结构和距离调焦技术。并开展望远镜新材料的研

制工作，探索光学自适应技术进行大气补偿、改善传输特性及其在激光武器系统中应用的前景。

7.跟踪精度

由于作用距离很近，硬破坏距离仅3 km，根据目前国内实际技术水平，跟踪精度取4"。

四、舰载激光武器的适应性和局限性

与飞机、车辆相比，大型舰艇有更大的空间容纳激光武器设备和存贮燃料，有充足的电源。因此，激光武器非常适于装大舰，用于近程防空。除了对付高马赫数的反舰导弹外，更加容易对无人驾驶机、直升机、攻击机和类似弹道导弹助推器的飞行器实施有效攻击，这些都已成为事实。另外，还有可能用于反潜。目前，先进的宙斯盾舰船的防空系统也不能与潜射反舰导弹的大规模攻击相抗衡，而激光武器是对付这种攻击的最理想的手段。苏联可能在进行这方面的研究，因为已报道过激光对海洋的扫描深度达130m。

因此，激光武器将在舰载近防系统中起着非常重要的作用。

然而，激光武器的性能受着天候的影响，在浓雾、大雨、大雪的情况下，大气衰减严重，其作用距离会急剧下降。并且激光武器还未在海战中经受实战考验。因此，激光武器要与近程舰炮和导弹三者结合起来，构成近程纵深防御的严密系统，是难以攻破的。

The important role of the laser weapon in the ship-based short range defence system

Fang Qiwan

(Naval Academy of Engineering Wuhan China)

Abstract

Characteristics of laser weapons in short range defense systems are described. General situations of tactical laser weapons in some countries are introduced some ideas on ship-based laser weapons are put forward.

• • • •

作者简介：方启万，男，1937年11月出生，工程师，讲师。七十年代曾研究电光调制及其在彩色电视传输系统中的应用。现从事激光在军事上的应用研究。

(上接第64页)

而研制和试制阶段往往不大容易满足某些要求。因此，上述光学检调工艺是有局限性的。从实用的角度出发，这部分工作不仅解决一个精度和方法问题，还应考虑诸如互换性、三防措施、保存、运输、批量生产的工艺性、经济性，以及战术要求等因素，以便解决由试制到生产阶段的过渡性技术问题。