

军事与作战专刊

海军舰载激光

——明天的武器

**Navy Shipboard Lasers:
The Weapons of Tomorrow**

[美] Richard E. Griffith Gillian L. Coughlin 编著

邓建辉 王辉华 李海滨 杜雪原 译

国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2015-008号

图书在版编目(CIP)数据

海军舰载激光:明天的武器/(美)理查德·格里菲斯(Richard E. Griffith),(美)吉莉安·科格林(Gillian L. Coughlin)编著;邓建辉等译. —北京:国防工业出版社,2016.7

书名原文:Navy Shipboard Lasers:The Weapons of Tomorrow
ISBN 978-7-118-10678-7

I. ①海… II. ①理… ②吉… ③邓… III. ①海军武器-激光武器 IV. ①TJ95

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第160435号

Translation from the English Language edition:*Navy Shipboard Lasers: The Weapons of Tomorrow*. All Rights Reserved. No part of this book may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, electrostatic, magnetic, tape, mechanical, photocopying, recording, or otherwise without the written permission of the publisher.

本书简体中文版由 Nova Science Publishers, Inc. 授权国防工业出版社独家出版发行。

版权所有,侵权必究。

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 880 × 1230 1/32 印张 3¼ 字数 80 千字

2016年7月第1版第1次印刷 印数1—2000册 定价39.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

军事与作战专刊

本系列的其他书籍可在 Nova 网站的系列标签中找到。

本系列的其他电子书可在 Nova 网站的 E-books 标签中找到。

译者序

激光武器具有快速精确交战、机动目标拦截能力强、持续作战时间长(深弹药库)、作战使用成本低、附带损伤小等突出优点,被誉为“改变未来战争游戏规则”的定向能武器之一。近年来,随着激光器技术的发展,舰载激光武器系统将快速走向应用。同时,其工程化应用进程的推动反过来极大促进了激光武器技术的发展。

《海军舰载激光——明天的武器》一书虽然是基于公开信息编著而成,但系统梳理了美国海军舰载激光武器技术的发展情况,全面研究分析了美国国会决策所需的舰载激光武器的背景信息,阐述了国会所面临和需要考虑的问题。这对于所有新概念、新技术武器的发展研究与决策都具有重要借鉴意义。同时,该书从美国商用高功率光纤激光技术快速发展出发,对基于商业货架产品的非相干合束光纤激光技术进行了探讨分析,为这种技术的迅速应用以及成为“明天”的武器提供了相应的理论支撑,促进了美国海军激光武器系统(LaWS)样机的研制与作战试用进程。

我们对原书进行了精细的翻译,希望能够帮助更多相关人士进一步理解新概念武器的发展特点,便于系统地思考包括激光武器在内的新概念、新技术武器的发展问题。

本书可在激光武器技术发展现状、激光武器技术研究和规划计划方面为军事规划决策者、学术研究者、工程人员和学生提供参考。

因译者水平所限,不妥之处在所难免。如发现错漏之处,敬请指出,不胜感激。

邓建辉

2016年6月于北京

美国国防部开展了数十年高能军用激光器技术的研发工作,具备了在几年内将能够抗击 1 海里内水面、空中目标的激光器装舰使用的条件。更高作战能力的舰载激光武器则将在随后的几年内装备使用,届时即可拦截打击更远距离(约 10 海里)内的水面与空中目标。本书重点研究了海军舰载激光器在抗击水面、空中与弹道导弹威胁中的应用潜力。

第一章:国防部开展了数十年高能军用激光器技术的研发工作,已达到了抗击 1 海里内水面、空中目标的能力水平,并具备了几年内装舰使用的条件。更高作战能力的舰载激光武器,则将在随后的几年内装备使用,届时即可拦截打击更远距离(约 10 海里)内的水面与空中目标。这些更高作战能力的激光武器还为海军水面舰艇提供了针对弹道导弹的末端防御能力。

第二章:光纤固态激光器提供非相干的光纤激光用于应对近距离的非对称威胁,并提供相干合束光纤激光用于飞机的远距离自卫。

第三章:高功率光纤激光能够通过非相干合束为高能激光系统的定向能应用提供基础。这些应用包括战术定向能武器和射束充电。与其他激光束合成方式相比,光纤激光的非相干合束有许多优势,激光非相干合束系统相对简易、高效、紧凑、稳定、维护性好、可靠性高。我们讨论了高光束质量光束非相干合束后的大气传输,并与其他类型的激光束合成方式进行了比较。就战术定向能的应用而言,我们发现高光束质量激光非相干合束的传输效率接近任何激光系统(具备相同的光束定向器和相同总功率的情况下)的理论上限。海军研究实验室利用独立控制快速反射镜组成的光束定向器对 4 束光纤激光进行了合成,并对功率为 3kW 的连续波激光进行了 1.2km 的传输实验,证明

在中等湍流强度大气环境下,大气传输效率达到了约 90%。实验结果与仿真、理论具有良好的一致性。

第四章:激光致盲武器议定书(第四协定书)被附加在《禁止或限制使用某些可被认为具有过分杀伤力或滥杀滥伤作用的常规武器公约》(以下简称公约)中。

1980年10月10日,公约及附属的三项协定书在日内瓦编定。1995年3月24日,美国批准了公约及附属的第一项和第二项议定书,其中第一项为《关于无法检测的碎片的议定书》,第二项为《禁止或限制使用地雷(水雷)、钶雷和其他装置的议定书》。

第一章 海军舰载激光的对海、对空和导弹防

御背景及问题	1
1 引言	2
1.1 国会的问题	2
1.2 范围、来源与术语	3
2 背景	3
2.1 舰载激光武器概况	3
2.2 正在开发的潜在舰载应用激光器类型	9
2.3 海军舰载激光武器的概要设想	13
2.4 仍然存在的技术挑战	14
2.5 最新进展	15
2.6 2016 财年资助请求	23
3 国会面临的问题	24
3.1 待继续发展的激光器类型	24
3.2 对舰船设计与采购的影响	27
4 国会的几个选择	29
5 2016 财年的立法活动	30
5.1 2016 财年资金需求	30
5.2 《2016 财年国防授权法》(H. R. 1735/S. 1376)	31
附件 A 对付各种目标所需的激光功率	36
附件 B 参与激光武器研发的海军机构	38
附件 C 激光武器系统(LaWS)附加信息	38
附件 D 战术激光系统(TLS)附加信息	42
附件 E 海上激光验证系统(MLD)附加信息	44

附件 F	自由电子激光(FEL)附加信息	48
附件 G	海军革新原型样机	52
附件 H	国防部技术成熟度等级(TRL)	53
附件 I	激光致盲协议	53
附件 J	空间目标的照明	56
附件 K	2000 财年国防授权法案 220 节(P. L. 106 - 398) ...	56
	注释	58
第二章	固态光纤激光	70
1	是什么?	70
2	如何工作?	70
3	目标?	71
4	研究选项	71
第三章	高功率光纤激光的定向能应用	73
1	引言	74
2	高功率光纤激光器	74
3	光纤激光合束	76
4	激光束的大气传输	78
4.1	单模与多模激光大气传输的比较	78
4.2	相干合束与非相干合束的比较	81
4.3	光束漂移与倾斜补偿	82
5	海军研究实验室的光纤激光试验	82
6	试验与理论仿真结果的比较	86
7	讨论	87
8	总结	88
9	致谢	89
	注释	89
第四章	常规武器公约:逐条分析关于激光致盲武器议定书	92
	第一条	92
	第二条	93

第三条	93
第四条	93
强制生效	93
议定书适用范围	94
小结	94

海军舰载激光的对海、对空和 导弹防御背景及问题^①

罗纳德·奥罗克

摘 要

国防部(DOD)开展了数十年的高能军用激光器技术研发工作,具备了在几年内将能够抗击1海里内水面、空中目标的激光器装舰使用的条件。更高作战能力的舰载激光武器,则将在随后的几年内装备使用,届时即可拦截打击更远距离(约10海里)的水面与空中目标。

海军和国防部已开展三种可用于海军水面舰艇的激光器的研究工作,包括光纤固态激光器(SSLs)、板条固态激光器和自由电子激光器(FELs)。其中,海军研发的基于光纤激光器的激光武器演示样机被称为“激光武器系统(LaWS)”。2014年8月,海军将LaWS系统装置在“庞塞”号军舰上,该舰部署于波斯湾并作为临时的前线海面前进基地(AFSB[1]),并对舰载激光在实战环境下的工作性能进行了持续评估。报道指出,海军预期根据“2018财年框架”开展舰载激光武器的“在案计划”项目研究,并于2020或2021财年实现舰载激光的初始

^① 这是2015年6月1日,国会研究机构发布的修订版,编号R41526。

作战能力(IOC)。

尽管海军正在为潜在的舰载激光武器装备发展相应的激光器技术和原理样机,并提出了舰载激光武器发展的概要设想,但到目前为止海军并没有一个针对舰载激光武器型号研制的“在案计划”。海军水面舰艇是否有可能装备激光武器给国会带来了许多潜在问题,其中包括:

(1) 考虑到海军经费的限制,论证需继续开发多少种类激光器以及正处于研发过程中的激光器的相应优势;

(2) 舰载激光武器对海军各类舰艇的设计与采办会存在什么潜在影响,其中包括海军希望在2016财年开始采购的DDG-51驱逐舰。

1 引言

1.1 国会的问题

美国国防部开展了数十年高能军用激光器技术的研发工作,已具备了将能够抗击1海里内水面、空中目标的激光器装舰使用的条件。更高作战能力的舰载激光武器,则将在随后的几年内装备使用,届时即可拦截打击更远距离内的(约10海里)水面与空中目标。

2014年8月,海军将名为LaWS的固态激光演示样机装置在“庞塞”号军舰上,该舰部署于波斯湾并作为临时的前线海面前进基地(AFSB[1]),并对舰载激光在实战环境下的工作性能进行了持续评估。报道指出,海军预期根据“2018财年框架”开展舰载激光武器的“在案计划”项目研究,并于2020或2021财年实现舰载激光的初始作战能力^[1]。

与现役水面舰艇自防御武器系统(诸如导弹、火炮)相比,激光武器能够为水面舰艇抗击某些水面、空中和弹道导弹目标提供更高费效比的手段。同时装备激光武器与现役自防御武器的舰艇能够更有效地对这些目标进行自我防御。将激光武器装备到水面舰艇上可能引起海军战术、舰船设计和舰载武器采办计划等发生一系列的变化,如同20世纪50年代舰载导弹的出现一样为海军“游戏规则”的改变者

带来技术变革。

国会面临的核心问题就是批准或修改对潜在舰载激光武器研发所提议的资助等级,以及是否向海军或国防部提供关于舰载激光武器研发与采购项目的指导。国会可能面临的具体问题包括以下方面:

(1) 考虑到海军经费的限制,论证需继续开发多少种类激光器,以及正处于研发过程中的激光器的相应优势;

(2) 舰载激光武器对海军各类舰艇的设计与采办会存在什么潜在影响,其中包括海军希望在2016财年开始采购的DDG-51驱逐舰。

国会关于潜在的舰载激光武器决策将对未来海军的作战能力和经费需求、美国军用激光的工业基础和现有舰载自防御系统的工业基础产生重大影响。

1.2 范围、来源与术语

本报告只讨论用于应对水面、空中和弹道导弹威胁的海军潜在舰载激光武器,不涉及海军机载和潜艇上使用的激光系统,或其他军事用途的激光。本报告的编制基于海军、工业领域以及兰德公司(RAND)等研究机构的公开信息。

报告中的“近距离”一般指1~2海里,“更远距离”或“扩展距离”一般指约10海里^[2],激光武器是定向能武器(DEW)的一种,其他定向能武器包括微波武器和毫米波武器(海军开发的另一新型武器——电磁轨道炮,是一种电力供能的武器,但由于其发射炮弹,从严格意义上讲并非定向能武器)。

2 背景

2.1 舰载激光武器概况

2.1.1 舰载激光武器的潜在优势与局限性

由于激光武器在防御一些水面、空中和弹道导弹目标方面具有众

多的优势,海军和其他观察者对其作为舰载武器的潜力相当关注。同样,对于这些目标的抗击防御,舰载激光武器也有一些局限性。

2.1.1.1 优势

舰载激光武器用于水面、空中和弹道导弹目标防御的潜在优势包括:

(1) **单发射击成本低。**舰载激光武器应对水面、空中与弹道导弹目标的单发射击成本很低。电激励激光武器单发射击产生电能所需的油料成本低于1美元(消息来源表明每次射击的成本是以美分计算)^[3]。相反的是,海军的短程防空导弹每枚成本约数十万美元(有的甚至超过一百万美元)。远程防空反导导弹每枚则需约数百万美元。激光武器可以让水面舰艇无需使用昂贵的导弹来“硬杀伤”^[4]便宜很多的目标(例如不太复杂的无人机)。单发射击的低成本优势可使海军显著提升成本交换比,即来袭武器成本与海军应对的单发射击成本之比。成本交换比目前通常有利于攻击者,有时还非常明显。对美国海军而言,用装备成本可担负的防御武器来应对装备有大量小艇、无人机、反舰巡航导弹(ASCM)、反舰弹道导弹(ASBM)等武器的对手,将不利的成本交换比转化为有利条件非常重要。

(2) **深弹药库。**海军水面舰艇的导弹发射筒能携带的导弹数量有限,一旦舰艇上的导弹用尽,装载另一组导弹时需将舰艇临时撤出战场。目前安装在海军各种水面舰艇上的“密集阵”近程武器系统(CIWS)——一种雷达控制的连发20mm炮弹的格林炮,同样只能与有限数量的目标进行交战,而后也需要重新装载弹药,这就需要一定的时间。相反的是,只要舰艇有足够的燃油产生电力(以及足够的冷却能力将废热从激光器中带走),电激励激光武器可以不断地发射激光。激光武器是可为水面舰艇提供具有深弹药库(甚至有些观察者认为是弹药无限制)的一种武器。激光武器可以使海军水面舰艇更有效地实现自我防御,与只装载了防空反导导弹和“密集阵”近程武器系统的舰艇相比能够防御更多的武器与诱饵。例如,装备激光武器的舰艇可以选择利用激光对付第一波诱饵,保留舰上有限的防空反导武器

和近程防御武器弹药以最大限度地对付其适合应对的目标。与需设计大量导弹发射筒的传统舰艇相比,激光武器与导弹发射筒组合设计的舰艇体积可以更小,且采购成本更低。

(3) **快速交战。**激光束可以瞬间照射到目标上(从而不需要像拦截导弹一样计算拦截路线),并通过持续照射目标在几秒钟内即可毁伤目标。在摧毁一个目标后,激光可在几秒内迅速重新指向另一目标。在导弹、火箭弹、炮弹和迫击炮等从相对较近的距离对海军舰艇进行打击的近海作战场景下,快速交战就显得尤其重要。

(4) **具备抗击大机动空中目标的能力。**激光武器能够跟踪并将光束持续照射在快速机动的空中目标上(如反舰巡航导弹),而这种目标可能会对海军防空导弹的机动能力形成压力。

(5) **精确交战,可减少对港口等的附带损伤。**激光武器是精确交战武器,其发射激光的光斑直径只有几英寸,可对打击目标实施毁伤,但又不会(至少不会直接地)影响附近的物体。在海外港口,由于近程防御武器向上射击时未命中目标的弹药会落下来,可能对港口区造成附带损害,因此美国海军舰艇使用近程防御武器应对迫击炮弹和火箭弹的能力是受限的。相反的是,激光武器发射的未命中目标的激光束将会以直线方式继续向上传播,这样就减少了港口区域的附带损伤。

(6) **其他功能,渐进增强的毁伤效应。**激光武器除了摧毁目标外,还能执行一些其他任务,如目标监视与探测、非致命打击(包括光电传感器可逆干扰)^[5]等。激光毁伤目标可实现渐进增强的毁伤模式,可从警告目标到可逆干扰它们的系统,再到引起有限但不失效的毁伤,最后实施失效毁伤。

2.1.1.2 局限性

舰载激光武器用于应对水面、空中与弹道导弹目标的潜在局限性包括以下几个方面:

(1) **直线作战。**由于激光以直线路径在大气中传播,舰载激光武器将被限制于视距交战,因而不能应对超视距目标或被遮掩的目标。

这极大地制约了激光武器对小船的交战距离,因为小船能够被波浪或低飞行目标遮掩。即便如此,激光武器能迅速地重新捕获被波浪遮掩的小船,并且与某些现有舰炮系统相比在更远的距离上同各种目标交战。空中反射镜可以被安装在飞行器上^[6],通过反射来自舰载激光武器发射的激光,实现非视距交战;实现这种能力需要增加成本,且存在技术挑战,而且飞行器可能由于受未瞄准的舰载激光或敌人攻击而损坏。

(2) **大气吸收、散射和湍流,非全天候作战。**大气中的一些物质——尤其是水蒸气,还有沙、尘、盐粒、烟雾及其他空气污染物,都会吸收或散射来自舰载激光武器的光束,而且大气湍流能够使激光束散焦。这些效应会降低激光武器的有效作用距离。舰载激光武器应特别考虑水蒸气的吸收问题,因为海上环境的特点是空气中有大量的水蒸气^[7]。对于某些波长(即电磁频谱中的大气传输窗口)的激光,水蒸气的大气吸收明显减少^[8],可以设计激光武器在这些窗口附近发射激光,以便实现最好的效能。大气吸收一般随着到目标距离的增大(传输距离增大)而增大,所以近程使用比远程使用的潜在问题少。自适应光学系统可以依据观测到的湍流对激光束进行迅速、精确、连续地调整,进而抵消大气湍流效应。即使如此,激光武器在雨或雾的条件下也难以有效作用,甚至不能工作。因此,激光武器的局限性就是难以全天候使用。

(3) **热晕。**激光在同一方向持续照射一定时间可使光路上的大气变热,这将导致激光束散焦,从而降低激光的预期毁伤能力。这种效应被称为热晕效应,它可以使激光毁伤从固定方位攻击目标(即迎头目标)的能力减弱。其他舰艇自防御系统,如防空导弹或近程防御武器系统可能更适合对付这种目标。激光武器系统的多数试验一直针对的是横向目标,而不是迎头目标。通常,热晕在激光功率增大时更需被关注。

(4) **饱和攻击。**激光武器一次只能应对一批目标,需要几秒时间使该目标失去能力,重新指向下一目标又需要几秒以上的时间,因而

单一激光武器系统在给定时间内只能毁伤有限的目标。这就使得单套激光武器系统应对饱和攻击(多个目标同时或在几秒内间隔攻击舰艇)的能力有限。借鉴海军在部分舰艇上安装多套近程防御武器系统的方式,在舰艇上安装多套激光武器系统,可以缓解这种制约^[9]。

(5) 加固目标与对抗措施。功率较小的激光武器(即 kW 级而不是 MW 级功率)^[10]在应对采用防护材料、高反射性表面材料以及迅速转动(以使光斑点不能连续保持在目标表面的某一位置)、摇摆的目标时,其毁伤能力较差^[11]。小船可以利用烟雾或其他遮蔽物来降低激光打击的敏感性。不过,这样一些措施会增加武器的成本和/或重量,并且遮盖物可能使小船操作人员难以看见其附近的物体,从而减弱了小船的有效利用性。

(6) 对飞机和卫星造成间接伤害的风险。由于向上瞄准、未击中目标的激光将继续沿直线向上,可能会对飞机和卫星产生间接伤害^[12]。

除以上几点外,舰载激光武器也会像其他舰载系统那样占用舰艇的空间和载重容量,对舰艇的电力和冷却系统带来新的负载,并可能改变舰艇的雷达散射截面,这些都将对水面舰艇产生影响。无论是将激光武器装备到现役舰艇,还是将其纳入新型舰艇的设计方案中,上述考量都至关重要^[13]。

2.1.2 舰载激光武器的潜在目标

舰载激光武器的潜在目标包括以下几个方面:

- (1) 电光传感器(EO),包括反舰导弹上的制导用光电传感器;
- (2) 小艇(包括“艇群”)^[14]和其他船只(诸如摩托艇);
- (3) 火箭弹、炮弹、迫击炮弹(RAM);
- (4) 无人机;
- (5) 有人飞机;
- (6) 反舰导弹;