

强激光武器的设计考虑和作战效果分析

卞 婧, 宁天夫, 许 宏

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘 要:分析了强激光武器系统的作战技术条件;论述了强激光武器的一般设计思想;列出了强激光武器的设计矩阵;从物理学和战术应用两方面分析了强激光武器所涉及到的技术参数,并重点讨论了主要技术参数对系统作战效果的影响;阐述了强激光武器作战效果评估的功能和方法。

关键词:激光武器;设计考虑;作战效果分析

中图分类号:TN242;TJ95 **文献标识码:**A

Design Practice of High Power Laser Weapon and Analysis of Action Effect

BIAN Jing, NING Tian-fu, XU Hong

(Northeast Research Institute of Electronic Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: It was discussed the action condition of high power laser weapon system, and illuminated general design method. The design matrix on high power laser weapon and parameters especially which work on effect in warfare refer to physics and tactics are given. The functions and ways of illumination on high power laser weapon are elucidated.

Key words: laser weapon; design practice; effect in warfare illumination

1 引 言

新概念武器包括强激光武器、高功率微波武器、电磁脉冲武器、动能武器、等离子体武器,等等。强激光武器作为一种发展中的定向能武器,其应用和发展得到了世界各军事强国的重视。

2 作战技术条件分析

强激光武器系统包括高能激光器、激光定向发射子系统和跟瞄子系统,高能激光实现对目标的破坏和损伤。包括硬杀伤和软杀伤,具体可分为三类,一是对目标的硬杀伤,例如对弹体(战斗部)的损伤;二是对软目标的硬杀伤,例如对光电制导武器整流罩和探测器器件的毁伤;三是对软目标的软杀伤,例如对光学传感器的致盲干扰等。强激光武器涉及的

关键技术有高能激光器技术、激光定向发射技术、精密跟瞄技术、大气传输与光束校正技术等。

强激光武器系统在设计思想上,力求以最小的技术代价实现最高的对抗有效性。系统设计从确定总体要求开始,然后进行设计,对系统进行初步的性能估算,性能估算来源于对系统需求的详细分析,这些要求将指导设计的完成。其中难点之一是需求的复杂性,且各个需求是相互制约的。

要达到详细要求,一是要确定系统各功能单元的要求,二是用性能参数(功率、波前误差等)来确

作者简介:卞 婧(1969-),女,硕士,高级工程师,研究方向为光电技术。E-mail:bianjing18@sina.com

收稿日期:2008-05-23;修订日期:2008-05-27

定要求。表1的强激光武器系统设计矩阵,综合了上述两种办法,提供了评价依据,表中的行表示系统的功能单元,列表示系统的性能特征,每个矩阵的输入项表示要求。

表1 强激光武器系统的设计矩阵

参数	激光功率	发射系统口径	波前误差	光束质量	激光波长	距离	衍射、传播及其他
激光器的光发生器	P	N	S	S	P	N	P
激光器光学谐振腔	P	S	P	P	S	N	P
激光定向发射和传输子系统	S	P	P	P	S	P	P
跟瞄子系统	N	S	N	P	N	P	N
与目标耦合	P	S	S	S	P	P	S

注:P—主要的;S—次要的;N—不考虑

在设计上,要确定系统总体上是如何运行的,并把各子系统的影响结合到总体性能评估中去。在系统的评估过程中,为使系统性能达到要求,必须对系统性能进行比较,直到完全符合要求为止。估算过程需要共同参数,对分立系统设计变化的影响进行比较,并直接进行调整,对于强激光武器,通用的最精确参数是目标照度,包括目标上的功率密度、驻留时间、激光与目标的耦合等。

2.1 强激光武器系统的主要技术参数分析

考虑到物理学和战术应用方面的限制,决定强激光武器作战效果的参数有系统输出能量/功率、光束质量、光谱特性、辐照时间、近远场强度分布、大气传输特性、能量(功率)密度、激光与目标的耦合系数等。

以软破坏为例,照射到光电制导武器探测器上的激光功率密度为:

$$P_{md} = 0.214 \left[\tau_0' \left(\frac{D_0}{n\lambda} \right)^2 P \right] \left[\tau_0 \left(\frac{D}{d} \right)^2 \right] \cdot \tau_a \cdot \frac{1}{L^2}$$

式中, τ_0' 为激光定向发射系统总效率; D_0 为激光定向发射口径; n 为光束质量; λ 为干扰激光波长; P 为干扰激光功率; τ_0 为接收光学系统总效率; D 为光学系统有效通光口径; d 为光电探测器的光敏面大小; τ_a 为大气平均透过率; L 为作战距离。

2.1.1 从物理学方面应考虑到的相关技术参数

(1) 产生高功率和高能量辐射的激光物理学

相关的参数是:波长,功率,持续工作时间,光束质量,效率。

(2) 光学系统物理学、激光辐射的产生、瞄准和跟踪

相关的参数是:波长,激光定向发射口径,远场光斑直径。

(3) 大气物理学(大气传输特性)

相关的参数是:波长,大气吸收系数,激光定向发射口径,激光功率,湍流,热晕,自适应光学校正。

(4) 激光对目标的破坏机理

相关的参数是:波长,功率,驻留时间,目标材料特性,光学增益和光学效率。

2.1.2 从战术方面应考虑到的相关参数

(1) 光电制导武器目标的种类,运动特性参数,几何参数和数量。

(2) 受某些因素限制的攻击距离,杀伤几率,驻留时间。

(3) 燃料和能源补充,易损性。

2.2 主要参数对系统对抗效果的影响分析

(1) 能量(功率)密度

提高功率、驻留时间和减小远场光斑都可以增强能量(功率)密度。

(2) 效率

为提高光学系统的效率,应尽量减少激光定向发射系统的级数和片数,另外还可以通过选择具有良好大气传输特性的激光波长,以实现最高的传输效率。

(3) 激光与目标的耦合

为使激光辐射对目标的作用产生最佳效果,要尽量减少目标的表面反射。可以通过选择激光参数、提高跟瞄精度和增加驻留时间来提高耦合效率。

(4) 远场光斑

远场光斑大小取决于激光器、激光定向发射系统以及大气光学效应。从理论上说,即使不考虑大气扩展的影响,远场光斑大小会受到与衍射有关的激光定向发射系统的口径、焦距、波长、光束质量和对抗距离等参数的制约。

(5) 跟瞄精度

在激光对抗目标时,光斑应保持在同一个瞄准点上,其大小不受目标运动的影响,这取决于系统的跟瞄精度。

3 强激光武器的作战效果评估方法

强激光武器的效果评估应在接近实战和模拟实战的条件下完成,这样不仅可为攻击措施的有效性提供技术参数,还可为评价新体制的合理性提供模型,为攻防双方提供仿真的平台和环境。

度量方法可分为实物试验、全数字仿真和半实物仿真。

实物试验又可分为静态度量和动态度量。静态度量是在一个平台上对强激光武器战技指标的静态测试,动态度量试验是需要通过向强激光武器系统提供真实的威胁目标,利用真实的制导武器和光学侦察设备开展有效性监测,是一项耗资巨大的外场试验。

开展全数字仿真,是一种经济有效的方法,对系统的攻击有效性能提供快速和经济有效的评估。全数字仿真需要以大量真实的战技参数为基础,建模并通过计算机完成。

另一种度量方法是半实物仿真,采用缩比装置在内场形成一个目标靶标,生成实战模拟场景,模拟来袭目标(例如飞机、光电制导武器等),模拟背景的红外辐射特性和运动特性,模拟大气光学特性,进而评价强激光武器系统的作战效果,这是一种较好的内场试验评估方法。

4 结束语

在强激光武器的作战效果评估过程中,依据强

激光大气传输特性数据库、激光损伤阈值库、强激光损伤效果评估准则和光电制导武器光学系统参数,确定评估模式,以保证评估的置信度。

参考文献:

- [1] 杨鸿儒. 新概念高能激光武器与强激光光学计量检测技术[J]. 应用光学, 2005, 26(1): 1-6.
- [2] 杜详琬. 高能激光与应用光学的几个问题[J]. 中国工程科学, 2001, 3(2): 21-24.
- [3] 杨菁. 高功率激光装置总体设计的综合评估方法[J]. 强激光与粒子束, 2005, 17(5): 660-664.
- [4] 龚知本. 激光大气传输研究若干问题进展[J]. 量子电子学报, 1998, 15(2): 114-133.
- [5] 任国光, 等. 美国高能激光武器的发展和面临的挑战[J]. 激光技术, 2001, (5): 321-327.
- [6] 王世勇, 等. 远场光电探测系统受激光干扰与损伤效果估计[J]. 光学技术, 2002, 28(1): 28-30.
- [7] Defense Science Board Task Force. High Energy Laser Weapon Systems Applications[R]. Washington D C, June 2001: 34.
- [8] GE-26(5): 660-665.
- [9] 齐超, 李文娟, 戴景民. 红外双向反射率测量应用及研究进展[J]. 激光与红外, 2005, 35(6): 391-393.
- [10] 李铁, 阎炜, 吴振森. 双向反射分布函数模型参数的优化及计算[J]. 光学学报, 2002, 22(7): 769-773.
- [11] 张百顺, 刘文清, 魏庆农, 等. 基于双向反射分布函数实验测量的目标散射特性的分析[J]. 光学技术, 2006, 32(2): 180-182.
- [12] 阎炜, 曲秀杰, 田梦君. 涂层目标光散射特性的遗传算法[J]. 探测与控制学报, 2001, 23(3): 28-32.
- [13] 吴振森, 韩香娥, 张向东. 不同表面激光双向反射分布函数的实验测量[J]. 光学学报, 1996, 16(3): 262-268.
- [14] 齐超, 杨茂华, 孙晓刚, 等. 双向反射分布函数的测试方法分析和实验研究[J]. 中国激光, 2003, 30(Suppl): 146-148.
- [15] 吴振森, 谢东辉, 谢品华, 等. 粗糙表面激光散射统计建模的遗传算法[J]. 光学学报, 2002, 22(8): 897-901.
- [16] 赵忠义, 汪子君, 戴景民. 遗传算法在双向反射分布函数模型参数优化中的应用[J]. 红外技术, 2006, 28(7): 391-394.

(上接第522页)

4 结论

本文完成了运用双向反射分布函数测量系统在特定激光波长下对涂层目标样片的测量,根据测量得到的样片BRDF实验数据,将遗传模拟退火算法应用于目标表面BRDF统计模型的参数反演中,获取样片的BRDF模型参数,并在此基础上获得上述样片BRDF的三维分布。同时比较了模型中考虑遮蔽因素与不考虑遮蔽情况下进行参数反演所得到的均方误差,反映了遮蔽效应对涂层目标表面光散射特性的影响。

参考文献:

- [1] Nicodemus F E. Reflectance nomenclature and directional reflectance and emissivity[J]. Appl. Opt, 1970, 9(6): 1474-1475.
- [2] Gibbs D P, Betty C L, Fung A K, et al. Automated measurement of polarized bidirectional reflectance[J]. Remote Sense Environ, 1993, 43(2): 97-114.
- [3] Tomiyasu K. Relationship between and measurement of differential scattering coefficient and bidirectional reflectance distribution function (BRDF) [J]. IEEE, 1998,