

激光烟幕干扰效果测试布站方法研究

欧阳艺, 臧寿洪, 杨 洁
(91404 部队, 河北 秦皇岛 066001)

摘要:以激光制导武器系统中激光目标指示信号能量传递关系为基础,以激光烟幕干扰效果试验测试设备为依据,根据制导系统工作原理,对烟幕干扰效果测试时设备布站距离选择问题进行研究,得出设备布站距离估算值,以达到为设备布站提供参考的目的。

关键词:烟幕干扰;能量传递;设备布站

中图分类号:TN972⁺.1 **文献标识码:**A

Research on station distribution method for jamming effectiveness measurement of laser smoke blanket

OUYANG Yi, ZANG Shou-hong, YANG Jie
(Navy Unit 91404, Qinhuangdao 066001, China)

Abstract:The paper discussed station distribution distance choosing of laser smoke screen jamming effectiveness test equipment when smoke screen jamming effectiveness test. The calculation based on laser target indicator signal energy transfer connection and employment theory in laser guidance weapon system. Educued equipment station distribution distance estimated data.

Key words:smoke blanket jamming; energy transfer; equipment station; distribution

1 引言

烟幕干扰装备是电子对抗系统中重要组成部分,烟幕对激光制导武器系统的干扰效果测试是其研制过程中进行科研和鉴定的重要内容。测试时,为了真实地检测烟幕干扰装备的技战术性能指标,选用激光导引头模拟设备和激光目标指示器设备,模拟武器系统对施放烟幕干扰目标(舰船)的攻击过程,考核烟幕对激光制导武器系统的干扰效果。

本文对烟幕装备在干扰效果测试中有关影响激光导引头模拟设备和激光目标指示器设备布站时的几种因素进行分析研究,提出目标舰船与设备、设备之间布站时的距离选择要求,为测试设备布站提供参考。

2 烟幕对激光制导的干扰机理

2.1 烟幕干扰机理

烟幕遮蔽干扰之所以能够对抗光电制导武器,基于两个方面,即烟幕的物理特性和几何位置。

烟幕中含有大量超细微粒,能够吸收或散射可见光、激光、红外等,使光强度衰减到光电探测器不能可靠工作的程度,从而干扰了光电系统对目标的

瞄准。例如,对付激光制导的反舰导弹时,遮蔽式烟幕对激光的双程(或单程)衰减使衰减后的功率不足以达到探测器的灵敏度,致使来袭导弹得不到目标舰艇的距离和方位信息,从而丧失对目标舰艇跟踪的可能。

烟幕布放的几何位置直接影响烟幕对抗的效果。烟幕遮蔽,首先要求能够遮住敌光电系统的光路,也就是要在敌光路方向上遮住被掩护的目标。由于实际战场环境中,光电制导武器和我方平台均是运动的,烟幕墙的移动还受当时的气象条件的影响,只有在有效对抗时间里,保证烟幕墙的几何形状和位置满足要求,才有可能对抗成功。

烟幕对激光制导武器系统的干扰,是通过烟幕对武器系统中激光目标照射信号的吸收和散射,衰减抵达目标的指示激光能量和由目标反射的能量,使目标指示器不能正常跟踪照射目标,从而使激光

作者简介:欧阳艺(1976-),女,工程师,主要从事激光制导,光电对抗等方面的研究工作。E-mail:zhengjjyh@yahoo.com.cn
收稿日期:2009-11-28

导引头无法实现对目标稳定的探测和跟踪。

2.2 激光烟幕干扰效果测试设备

对干扰装备效果测试时,通常采用导引头模拟设备,对施放干扰的目标舰船进行捕获、跟踪,通过导引头模拟设备对目标舰船的跟踪工作状态,来评价干扰装备的效果。

对烟幕干扰效果测试时,一般选用武器系统的模拟设备,组成激光烟幕干扰效果测试系统,模拟激光半主动导引头对目标的捕获跟踪工作,完成光电装备的干扰效果测试。

半主动式激光制导系统主要包括激光目标指示器,导引头系统、控制系统、战斗部等几个部分。作战时,激光目标指示器瞄准目标并按要求发射编码激光束,此光束经目标表面漫反射,成为具有同样编码特征的信息载体,导引头寻的器接收自目标反射的激光光斑,并由此判断弹的飞行误差,按一定的方式送出制导指令。显然导引头探测到目标反射的激光能量大小是影响系统作用距离的主要因素,同时作用距离还受目标背景、大气传输、设备本身特性的影响。

3 设备布站分析

3.1 测试设备与目标舰船之间距离的选择

在进行干扰效果测试时,对导引头模拟设备站点的选定,大多采用固定站点,即导引头模拟设备架设在陆地固定站点,与目标舰就位点之间的距离保持不变。

在激光半主动寻的制导系统中,激光目标指示器是重要组成部分。激光目标指示器要完成的任务是为激光导引头指示目标,即在整个制导过程中,要保证激光束始终照到目标上,对较大的目标,则要求激光光斑稳定在目标的某一部位,并且激光能量经目标反射后,进入导引头探测器的部分仍能满足导引头最小可探测信号的要求。

激光干扰效果测试布站示意图如图1所示。

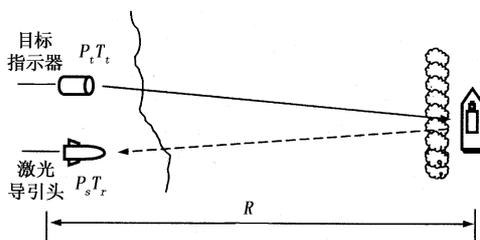


图1 激光干扰效果测试布站示意图

激光器是半主动制导的能量源,激光器的一个重要指标是激光脉冲峰值功率。在制导应用中,我们可以将激光发射功率、目标、大气、激光接收机性能等因素联系起来,假定目标为朗伯型的,即目标反射激光能量在各个方向上能量相等。以激光器的输

出功率 P_i 为出发点,以进入导引头探测器的功率 P_s 为结束点,并设目标指示器和导引头到目标的距离均为 R ,对有效反射截面比激光光斑尺寸大的目标有:激光目标指示器的有效作用距离与激光器发出的激光功率 P_i 密切相关,而导引头探测的激光信号功率 P_s 可由下式计算:

$$P_s = \frac{P_i T_i \exp(-2R\gamma) \rho_r \cos\theta_r T_r A_r}{\pi R^2} \quad (1)$$

式中, P_s 为导引头接收的激光照射信号; P_i 为激光目标指示器输出功率; T_i 为激光目标指示器光学系统透过率; T_r 为接收设备光学透过率; $\exp(-2R\gamma)$ 为测试路径上的大气透过率; R 为测试距离; ρ_r 为目标反射率; θ_r 为激光反射余弦角; A_r 为接收机的接收面积。

对公式(1)进行变换,可得制导系统作用距离表达式:

$$R = \sqrt{\frac{P_i T_i \exp(-2R\gamma) \rho_r \cos\theta_r T_r A_r}{\pi P_s}} \quad (2)$$

利用公式(2)可计算出激光武器系统的作用距离。当 P_s 等于导引头最小可探测功率时,武器系统有最大作用距离。如图1所示,假设照射器的激光脉冲输出功率是 $P_i T_i = 8 \text{ MW}$,导引头有效入瞳面积 $A_r = 20 \text{ cm}^2$,最小可探测功率 $P_s = 0.4 \text{ }\mu\text{W}$,目标舰船对激光的反射率为0.2,导引头光学系统的总透射率为0.4,激光反射余弦角 θ 为 45° ,目标在 2π 立体角范围内能各向同性漫反射,则导引头最大探测距离 R 可估计为:

$$R = 26.7 \sqrt{\exp(-2R\gamma)} \quad (3)$$

式中, $\exp(-2R\gamma)$ 为激光信号传输路径上的大气透射率,主要由大气的散射和吸收引起。由于大气的许多物理性质,辐射在大气中的传输是非常复杂的,因而使得激光通过大气时的衰减变得十分复杂,直接地影响散射和吸收系数的变化。一般来说,单色辐射在大气中的透射率有如下关系:

$$\tau = \exp(-\gamma\Delta L) \quad (4)$$

式中, γ 为衰减系数; ΔL 是辐射透过的路程长度。衰减系数用下式表示:

$$\gamma = \sigma + \kappa \quad (5)$$

式中, σ 是散射系数; κ 是吸收系数。此两系数以 km^{-1} 为单位表示。公式(4)只能应用在单色辐射的条件下才是正确的。公式(5)中的散射和吸收与大气路径中的分子和气溶胶微粒有关。假如激光辐射入射到分子或气溶胶微粒上,那么一部分辐射被吸收而其余部分被向周围散射。因此我们必须定义:

$$\sigma = \sigma_m + \sigma_a$$

$$\kappa = k_m + k_a$$

式中,下标字 m 和 a 分别表示分子和气溶胶微粒。

表1所示为海拔在0~2 km高度上大气对1.06 μm激光传输的部分散射和吸收系数。

表1 海拔在0~2 km高度上大气对1.06 μm激光传输的部分散射和吸收系数

高度/km	中纬度夏季		中纬度冬季		晴		阴	
	分子吸收 k_m/km^{-1}	分子散射 σ_m/km^{-1}	分子吸收 k_m/km^{-1}	分子散射 σ_m/km^{-1}	气溶胶吸收 k_a/km^{-1}	气溶胶散射 σ_a/km^{-1}	气溶胶吸收 k_a/km^{-1}	气溶胶吸收 σ_a/km^{-1}
0	$<10^{-6}$	8.2×10^{-4}	$<10^{-6}$	8.91×10^{-4}	1.08×10^{-2}	7.83×10^{-2}	5.28×10^{-2}	3.81×10^{-1}
0~1	$<10^{-6}$	7.81×10^{-4}	$<10^{-6}$	8.43×10^{-4}	7.39×10^{-3}	5.34×10^{-2}	3.33×10^{-2}	2.4×10^{-1}
1~2	$<10^{-6}$	7.06×10^{-4}	$<10^{-6}$	7.52×10^{-4}	3.22×10^{-3}	2.33×10^{-2}	1.22×10^{-2}	8.79×10^{-2}

根据表1所列数据,选中纬度夏季和晴朗天气状况大气对1.06 μm激光传输散射和吸收情况,经计算可得:

$$\gamma = \sigma + \kappa = 0.0891/\text{km}$$

将衰减系数 γ 代入公式(3)中,算得 $R = 10.5 \text{ km}$ 。

对目标的探测,要求接收到的来自目标的辐射信号与接收到的来自非目标(背景、大气以及传感器噪声)的辐射信号有足够的区别,信噪比需超过传感器的阈值。为了保证导引头设备对目标照射信号可靠接收,试验设备布站时,对距离的选择应使导引头探测到的激光照射信号保持有一定的信噪比,表2是当导引头接收的信号与最小可探测功率信号不同比率时,由公式(3)计算的参数。

表2 不同信噪比时测试距离估算值

P/P_s	1	2	3	4	5	6
R/km	10.5	8.7	7.7	7	6.6	6.2
P/P_s	7	8	9	10	15	20
R/km	5.9	5.7	5.5	5.3	4.6	4.1

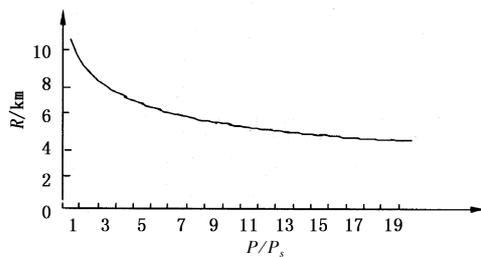


图2 探测信噪比与测试距离的关系曲线

3.2 目标照射器与导引头模拟设备之间距离的选择

激光辐射在大气中传输,由于各种气体的散射作用,在激光传输的路径上会以后向散射的形式,向附近周围空间辐射一定的激光能量,当激光导引头模拟器与目标照射器之间的距离很近时,激光信号在传输过程中的后向散射能量被导引头探测器接收后,会干扰导引头偏离对目标上激光照射光斑的跟踪,使测试系统不能保持正常的工作状态。这种情况,在实际作战当中,出现的概率很小,但在外场进行烟幕干扰效果测试时,由于测试设备采用陆上固定站点布站方式,受试验场地的限制,目标照射器与激光导引头模拟器两者站点之间的距离会靠的较

近,因此,在外场进行试验时,要特别注意对这一距离的选择,以避免激光照射信号后向散射能量对导引头模拟设备造成干扰。

激光在传输过程中的后向散射能量,与激光信号的强度和传输路径上的大气有关,由于大气具有不同的物理性质,因而直接影响散射系数的变化,同时,在相同的距离范围内,较强的激光辐射产生的后向散射能量也较强,这一散射变化过程是非常复杂的,目前,还没有这方面论述的专业文章和技术性报告报导。根据经验数据,目标照射器与导引头模拟器之间的距离应保持在几十米的距离。

3.3 测试设备站点高度的选择

激光烟幕干扰效果测试,为了实现对攻防双方对抗的模拟,测试设备架设站点高度的选择,应模拟武器系统末制导阶段的飞行高度,设备采用固定站点方案时,很难做到逼真的模拟导弹的飞行高度,测试时应特别注重对这一高度的选择,采用动态试验布站方案,被试目标平台和测试设备平台处于相对运动状态,对试验数据测量和结果评判的影响,需进行分析和计算,以保证制定的试验方案切实可行,确保测试结果的真实性。

4 结束语

本文以激光制导武器系统能量信号传递关系为基础,以激光烟幕干扰效果测试设备为依据,对测试中各设备距离的距离选择问题进行研究,通过对影响设备作用距离几种因素分析计算,得出设备布站时距离选择的估算值,测试设备具体布站,可以用此估算值为参考,根据海域情况、目标舰船状态和测试场地条件对设备站点进行调整和优选。本文仅从制导武器系统中能量传递的角度去研究布站时各设备时之间的距离选择问题,为设备布站提供参考依据。

参考文献:

- [1] 邓仁亮. 光学制导技术[M]. 北京:国防工业出版社, 2001.
- [2] 王永仲. 现代军用光学技术[M]. 北京:科学出版社, 2000.
- [3] 张承铨. 国外军用激光仪器手册[M]. 北京:兵器工业出版社,1989.