

文章编号: 1672-8785(2013)09-0040-04

烟幕对抗激光制导弹 的建模与仿真

杨彦杰 白玉栋

(91404 部队 93 分队, 河北秦皇岛 066001)

摘 要: 施放烟幕是對抗激光制導導彈的有效方法之一。為了模擬烟幕對抗激光制導導彈的過程, 本文分別建立了舰船、烟幕和導彈运动的数学模型, 提出了干扰效果的评估准则。通过编程对烟幕对抗过程进行了仿真, 并评估了在不同对抗环境下舰船的转角、航速及风速对烟幕干扰效果的影响。

关键词: 烟幕干扰; 激光制导; 仿真

中图分类号: TN976 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2013.09.08

Modeling and Simulation of Smoke Countermeasure against Laser-guided Missiles

YANG Yan-jie, BAI Yu-dong

(Navy Unit 91404, Qinhuangdao 066001, China)

Abstract: Discharging smoke bombs is one of the effective methods to counter laser-guide missiles. To simulate the antagonistic process of smoke jamming, the mathematic models of naval ships, smoke screen and missiles are established, and the jamming evaluation principles are presented. The process of smoke jamming is simulated by programming, and the influence of ship corner, speed of ship and wind speed on the effectiveness of smoke jamming in different counter environment is assessed.

Key words: smoke jamming; laser-guided; simulation

0 引言

随着光电制导技术的发展, 激光制导技术以其制导精度高、抗干扰能力强等优点而受到高度重视。目前各国对激光制导干扰技术的研究均非常重视。国外军事研究结果表明^[1], 进攻时使用烟幕, 能使敌方武器的效能降低五分之一, 而防御时使用烟幕则能够使敌方武器效能降低到十分之一。因此, 研究烟幕对激光制导导弹进行对抗的仿真过程, 具有非常重要的意义。

1 烟幕干扰机理

烟幕遮蔽干扰对光电制导武器进行的对抗

主要基于两个方面的因素: 烟幕的物理特性和几何位置^[1]。

1.1 烟幕的物理特性和成分

烟幕中含有大量超细微粒, 通过吸收或者散射可见光、激光、红外等, 它们可使光强度衰减到光电探测器不能可靠工作的程度, 从而干扰光电系统对目标的瞄准。例如, 在对付激光制导导弹时, 遮蔽式烟幕可衰减激光功率, 使其不能达到探测器的探测阈值, 得不到目标的距离和方位信息, 从而丢失跟踪目标^[2]。

1.2 烟幕的几何位置

收稿日期: 2013-05-27

作者简介: 杨彦杰 (1979-), 男, 河北廊坊人, 工程师, 主要从事光电侦察干扰研究。E-mail: huayi6541@sina.com

烟幕布放的几何位置将直接影响烟幕的对抗效果。烟幕遮蔽, 首先要求能够遮蔽住敌光电系统的光路, 也就是要在敌光路方向上遮蔽住被掩护的目标。由于在实际战场环境中, 光电制导武器和我方平台均是运动平台, 烟幕的移动还受到当时气象条件的影响。只有在有效对抗时间里保证烟幕的几何形状和位置满足要求, 才有可能对抗成功^[3]。为了模拟烟幕对激光制导导弹的对抗过程, 评估烟幕的干扰效果, 本文建立了舰船、导弹和烟幕的运动模型, 并对其对抗过程进行了仿真。

2 对抗模型描述

舰船运动采用平面坐标系来描述, 其他运动模型采用坐标投影来描述。为了便于计算, 设烟幕弹发射时刻舰艇位于左边原点。此时为仿真的初始时刻, 取舰艇运动方向为 x 轴正向, 左舷 90° 方向为 y 轴正向, 如图 1 所示。

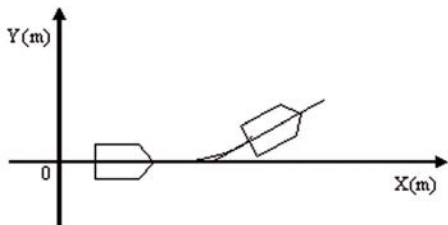


图1 舰船运动坐标系

2.1 舰船运动模型

舰船直航时:

$$x_s = \nu_s \cdot t, \quad y_s = 0;$$

舰船转向时:

$$x_s = \nu_s \cdot t_g + R \cdot \sin(\omega \cdot (t - t_j))$$

$$y_s = \beta \cdot (R \cdot (1 - \cos(\omega \cdot (t - t_g))))$$

舰艇转过任意角度后直航:

$$x_s = \nu_s \cdot t_g + R \cdot \sin(\omega \cdot t_j) + \nu_s(t - t_g - t_j) \cdot \cos(\omega \cdot t_j)$$

$$y_s = \beta \cdot (R \cdot (1 - \cos(\omega \cdot t_g))) + \nu_s(t - t_g - t_j) \cdot \sin(\omega \cdot t_j)$$

式中, ν_s 为舰船速度; t_g 为舰船的惯性时间; t_j 为舰船的机动时间; ω 为舰船的转弯角速度; R 为舰船的转弯半径; β 为舰船的机动方向, 1 时为左机动, 0 时为直航, -1 时为右机动。

2.2 导弹运动模型

模拟中, 假设导弹的制导规律为比例导引法。将导弹视为质点, 导弹稳定跟踪目标时, 导弹的位置坐标和舰船中心位置坐标的相对变化情况如图 2 所示。

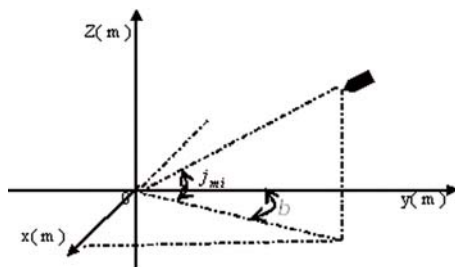


图2 导弹、舰船的相对位置关系

设导弹至舰船的距离为 R_0 , 来袭方位角度为 b (此角为舷角, 以右舷为正), 由此, 可确定导弹的初始坐标如下:

$$\begin{cases} x_{m0} = R_0 \cdot \cos(j_m) \cdot \cos(-b) \\ y_{m0} = R_0 \cdot \cos(j_m) \cdot \sin(-b) \\ z_{m0} = R_0 \cdot \sin(j_m) \end{cases}$$

从而可以得到任意时刻的导弹位置坐标:

$$\begin{cases} x_{mt} = x_{mt-1} - dx_{mi} \\ y_{mt} = y_{mt-1} - dy_{mi} \\ z_{mt} = z_{mt-1} - dz_{mi} \end{cases}$$

$$\begin{cases} dx_{mi} = \nu_m \cdot dt \cdot \cos(j_m) \cdot \cos(-\beta) \\ dy_{mi} = \nu_m \cdot dt \cdot \cos(j_m) \cdot \sin(-\beta) \\ dz_{mi} = \nu_m \cdot dt \cdot \sin(j_m) \end{cases}$$

式中, x_{mt} 为 t 时刻导弹位置的 x 轴坐标; y_{mt} 为 t 时刻导弹位置的 y 轴坐标; z_{mt} 为 t 时刻导弹位置的 z 轴坐标; dx_{mi} 为第 i 时刻一个时间步长内导弹的位移在 x 轴上的投影; dy_{mi} 为第 i 时刻一个时间步长内导弹的位移在 y 轴上的投影; dz_{mi} 为第 i 时刻一个时间步长内导弹的位移在 z 轴上的投影; dt 为时间步长; j_{mi} 为导弹的进入角。

当导弹丢失目标进入搜索状态并未发现目标时, 导弹的运动按照导弹丢失目标前一刻的运动矢量运动。

2.3 烟幕运动模型

烟幕头部运动方程:

$$\begin{cases} x_{s1} = r_0 \cos(b\pi/180) + \nu_s t_s + 0.7\nu_w \cos((\nu_w - 180)\pi/180)(t - t_s) + L/2 \sin((b - 180)\pi/180) \\ y_{s1} = -r_0 \sin(b\pi/180) + 0.7\nu_w \sin((\nu_w - 180)\pi/180)(t - t_s) + L/2 \cos((b - 180)\pi/180) \end{cases}$$

烟幕尾部运动方程:

$$\begin{cases} x_{s2} = r'_0 \cos(b\pi/180) + \nu_s t_s + 0.7\nu_w \cos((\nu_w - 180)\pi/180)(t - t_s) + L/2 \sin((b - 180)\pi/180) \\ y_{s2} = -r'_0 \sin(b\pi/180) + 0.7\nu_w \sin((\nu_w - 180)\pi/180)(t - t_s) + L/2 \cos((b - 180)\pi/180) \end{cases}$$

烟幕在垂直方向上做沉降运动, 可以表示为

$$z_s = h_0 - \nu t$$

式中, r_0 为烟幕弹的发射距离, b 为发射舷角, t_s 为烟幕弹的有效形成时间, L 为烟幕的抢长度, ν_w 为风速, w_w 为风向角度。 ν_s 为舰船的航速, ν 为大气沉降速度, h_0 为烟幕的初始高度。

3 烟幕干扰效果评估准则

遮蔽式烟幕干扰效果一般受多种因素影响, 例如导引头的跟踪机理、导弹的杀伤半径、平台大小和气象条件等。但最终还要归结到导弹脱靶量这一指标上来。根据参考文献^[4], 人们普遍将导弹脱靶量作为导弹抗干扰和导弹优先选用的指标。参照图 3, 遮蔽式烟幕的成功干扰需要具备以下条件^[5-7]:

$$SM_{min} > KA + L/2$$

式中, SM_{min} 为导弹和舰艇间的最小水平距离; A 为导弹对舰艇的杀伤半径平均值; K 为威胁半径的修正因子, 可视具体不同导弹的战斗部加以修正; L 为舰艇的长度。

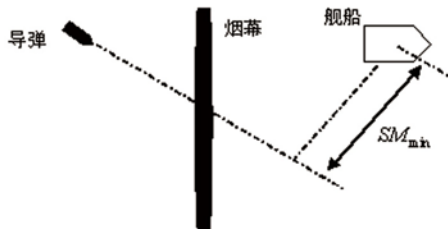


图 3 舰船、导弹、烟幕相对运动示意图

4 遮蔽式烟幕干扰对抗仿真

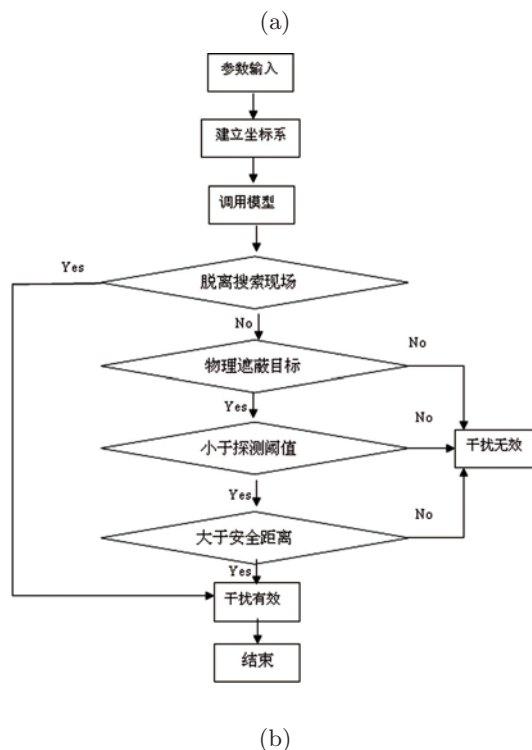


图 4 软件运行的界面及流程图

根据上述数学模型,用 VC++ 编程对烟幕的对抗过程进行模拟仿真。图 4 为编写好的仿真程序的运行界面及运行流程图。

仿真的初始条件设置如下(以 1.06 nm 激光半主动制导导弹为例):

(1) 导弹来袭方位为左舷 120° , 速度 $V=0.8$ Ma, 末制导开机距离为 8 km, 导引头的信噪比最小阈值为 6。

(2) 舰船的航速 $V=15$ m/s, 初始航向为 90° 。

(3) 烟幕弹的发射舷角为左舷 120° , 发射距离为 1000 m, 烟幕的消光系数为 0.3。

(4) 风速为 2 m/s, 风向左舷 120° , 大气垂直稳定度为等温。

对以上设定的参数进行仿真,结果是导弹落点与舰船的距离大于安全距离,说明干扰是有效的。

5 结论

通过改变仿真的初始条件,可以模拟不同条件下的对抗过程。根据大量的仿真实验结果,得出以下结论:舰船转向时应尽可能地转动至

顺风方向,与风向平行机动。舰船机动后的角度与风向的夹角越大,遮蔽时间越短,夹角越小,遮蔽时间就越长。舰船宜采用常速规避。若速度太大,烟幕遮蔽时间就缩短;若速度太小则很难机动出导弹的视场。风速大则遮蔽时间缩短。风速在一定的范围内对干扰效果的影响不大,风向对干扰效果的影响较大。风向和航向平行时的干扰效果较好,顺风向时的干扰效果比逆风向时好,正横向来风时干扰效果最差。

参考文献

- [1] 国外舰载无源对抗干扰设备汇编 [G]. 北京:兵器工业出版社, 1995:60-70.
- [2] 张晓宏,姜军,红外导引头探测能力的数学建模 [J]. 光学技术, 2000, 26(5):388-391.
- [3] 朱晨光,潘功配,关华,等. 红外烟幕遮蔽率测试方法研究 [J]. 红外技术, 2004, 26(4):81-84.
- [4] 姚禄玖,高钧麟,肖凯涛,等. 烟幕理论与测试技术 [M]. 北京:国防工业出版社, 2004.
- [5] 韩洁,张建奇,何国经. 红外烟幕干扰效果评价方法 [J]. 红外与激光工程, 2004, 33(1):1-4.
- [6] 杨彦杰,陈国冲,郭得峰. 烟幕干扰的建模与仿真 [J]. 光学与光电技术, 2007, 5(3):82-84.
- [7] 杨彦杰,王敏帅,王明波. 舰载烟幕弹遮蔽效能的仿真研究 [J]. 红外, 2008, 29(6):26-30.

(上接第 23 页)

这种装调方法的优点是,各个透镜组件的重复定位精度高,而且其结构能够满足力学振动条件,并能适应太空环境的温度特性;其缺点是,镜框设计时需要定位法兰,这就增加了镜头的体积和重量。

参考文献

- [1] 《光学测量与仪器》编辑组. 光学测量与仪器 [M]. 北京:国防工业出版社, 1976.
- [2] 屈桂花,刘军鹏,丑小全. 红外镜头光学定心方法研究 [J]. 西安工业大学学报, 2008, 28(6): 605-607.
- [3] 周凤利,徐熙东,李辛,等. 透镜定心技术的研究及应用 [J]. 红外与激光工程, 2006, 35(Z1): 135-138.
- [4] 马臻,李英才,樊学武,等. 非球面定心方法研究 [J]. 光子学报, 2008, 37(7): 1455-1458.
- [5] 蒋世磊,付新国,李蕾. 高精度光学镜头定心装校方法 [C]. 苏州: 2005 年全国光电技术学术交流会暨第十七届全国红外科学技术交流会, 2005.
- [6] 李池娟,张平雷,马丽平,等. 在磨边机上实现透镜定位磨边和光学定位台面修磨 [J]. 激光与红外, 2004, 34(1): 71-72.
- [7] 张景文,王肇勋,李杰. 高精度航空摄影镜头的胶合与定心 [J]. 光学技术, 1998, 24(3): 76-77.
- [8] 段学霆. 共轴光学系统计算机辅助光轴一致性装调研究 [D]. 北京:中国科学院研究生院, 2006.