

doi: 10.7690/bgzdh.2015.03.007

导弹垂直蛇形机动突防反舰舰炮分析

冯元伟, 吴艳征

(中国人民解放军 92941 部队 94 分队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘要: 为探讨垂直蛇形机动对反舰舰炮的突防能力, 建立反舰导弹和反舰舰炮攻防对抗模型, 用仿真方法计算了多种机动周期、机动幅值、舰炮射速组合下, 反舰导弹对反舰舰炮的突防概率。结果表明: 垂直蛇形机动对反舰导弹突防能力有较大提升; 在一个机动周期内, 高低起伏越大, 突防能力越强; 而提高舰炮射速是反舰舰炮克敌制胜的重要法宝。

关键词: 反舰导弹; 舰炮; 机动; 仿真; 突防

中图分类号: TJ391 **文献标志码:** A

Analysis of Penetration of Vertical Snake Maneuver Missile to Anti-Missile Naval Gun

Feng Yuanwei, Wu Yanzheng

(No. 94 Unit, No. 92941 Army of PLA, Huludao 125000, China)

Abstract: In order to discuss the penetration ability of vertical snake maneuver to anti-missile naval gun, the combat engagement models of missile and gun were established, and the penetration probability in different conditions of anti-ship missile with vertical snake maneuver against anti-missile naval gun weapon system were computed by simulation method. The results show that: the penetration ability of anti-ship missile can be significantly increased by vertical snake maneuver; and within one cycle, the bigger the vertical maneuvering latitude, the greater the penetration ability; while improving firing rate is the effective way to anti-missile naval gun anti-missile success.

Keywords: anti-ship missile; naval gun; maneuver; simulation; penetration

0 引言

虽然反舰导弹已是现代海战主力, 但面对层层设防、不断完善综合防御体系, 其攻击能力仍大打折扣。为提高突防能力, 反舰导弹近年来的发展可谓突飞猛进、异彩纷呈, 采用的技术也五花八门, 令人刮目相看。但万变不离其宗, 其突防策略始终离不开 2 个基本点: 一是高速突防; 二是机动突防。目前世界上大部分反舰导弹已具备高速巡航能力, 且许多反舰导弹已装备有机动突防技术。如俄罗斯的“宝石”系列反舰导弹就规划有蛇形机动弹道, 用以规避防空导弹的拦截。美国的鱼叉、意大利的奥托马特等反舰导弹则采用跃升俯冲机动来对付密集阵类近程反舰舰炮武器系统^[1]。到目前为止, 在反舰导弹与反舰舰炮的攻防对抗中, 除跃升俯冲机动模型外, 尚未见到有其他机动方式付诸实施。但是不难想见, 如果将蛇形机动、摆式机动和螺旋机动^[2-4]等方式用于反舰导弹对反舰舰炮的突防, 肯定会有意想不到的效果。那么, 当反舰导弹穿越多重屏障, 面对最后一道防线——近程反舰舰炮武器系统时, 这些机动行为会为其增加几成胜算? 为一探究究竟, 作者参考某亚音速反舰导弹与某

反舰舰炮武器系统之战术技术指标, 建立二者对抗仿真模型, 系统研究了各种机动模式下, 反舰导弹与反舰舰炮的攻防对抗情况, 得到了一些有价值的数据和结论^[5-6]。其中, 笔者着重讨论了垂直蛇形机动对反舰导弹突防能力的影响。

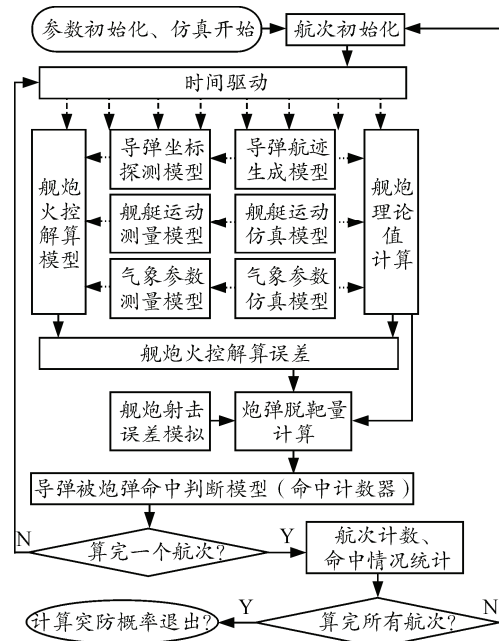


图 1 仿真计算流程

收稿日期: 2014-09-20; 修回日期: 2014-11-14

作者简介: 冯元伟(1963—), 男, 山东人, 学士, 高级工程师, 从事舰炮武器系统试验研究。

1 仿真模型

反舰导弹与反舰炮攻防对抗仿真计算流程如图1^[7-9]所示,包括各种理论值、测量值生成模型,反舰炮火控解算模型、反舰炮射击诸元理论值计算模型,及脱靶量评估模型等。关于模型更详尽的描述可参见文献[5-6]等。

1.1 导弹航迹模拟

如图2,导弹航迹由位于同一纵垂面 YOH 内,长度、半径(R_m)相等的弧线正反交替、首尾相接而成。反舰导弹以恒定速率(v_m)沿该轨迹飞行^[10], T_m 、 A_m 、 H_m 分别表示其机动周期、机动幅值、最低飞行高度。

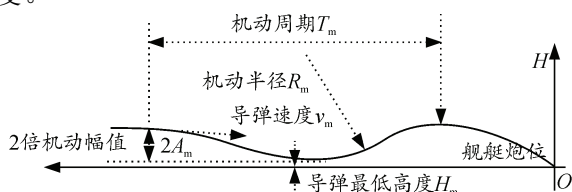


图2 导弹在垂直面内的蛇形机动航迹

舰炮武器系统对导弹目标的跟踪探测设备为光电跟踪仪或跟踪雷达,一般情况下,其探测误差为平稳正态随机误差^[11]。

1.2 舰艇运动参数模拟

假设目标舰艇理论上作等速直线运动。摇摆量、升沉量等姿态参数是具有一定周期、一定幅值的正弦量^[12],且这些参数的测量误差服从正态分布。

1.3 气象参数模拟

弹道气象参数理论值,按均匀分布抽样产生。弹道气象参数包括弹丸初速、药温、气温、空气密度和风速风向等,其测量误差一般服从正态分布。其值在每个航次中抽样设置一次。

1.4 反舰炮之火控解算

假定舰炮武器系统火控解算采用卡尔曼滤波求解目标运动参数、未来点及射击诸元^[13]。

火控解算所用数据是各测量模型产生测量值。

1.5 反舰炮之射击诸元理论值

反舰炮射击诸元之理论值,用拉格朗日插值算法在导弹理论航路上求解^[14]。参与计算的导弹坐标、舰艇运动参数(如航速、航向、摇摆、升沉等)和弹道气象参数(如弹丸初速、药温、温度、空气密度、风速风向等)等是各仿真模块生成的理论值。

1.6 炮弹脱靶量

反舰炮射击总误差由火控解算误差(以 $\Delta\gamma$ 、

$\Delta\varphi$ 表示)、舰炮随动误差和炮弹散布误差合成。

考虑到随动误差与散布误差的不相关性,可先综合再抽样。记作 γ_b 、 φ_b 。

$$\gamma_b = \sqrt{\sigma_{\gamma_0}^2 + \sigma_{\gamma_s}^2} \cdot v_1 \quad (1)$$

$$\varphi_b = \sqrt{\sigma_{\varphi_0}^2 + \sigma_{\varphi_s}^2} \cdot v_2$$

其中: v_1 、 v_2 是正态分布随机数^[15]; σ_{γ_0} 、 σ_{φ_0} 与 σ_{γ_s} 、 σ_{φ_s} 分别是炮弹散布与舰炮随动误差在方位、高低两方向的均方差。

则航路上某射击点角脱靶量(F, E)为

$$\text{方位: } F = \Delta\gamma + \gamma_b$$

$$\text{高低: } E = \Delta\varphi + \varphi_b$$

角脱靶量与该射击点未来点斜距离的乘积,即是该发炮弹相对于导弹几何中心的线脱靶量,在 X 坐标系(Q 平面)^[16]内以(X_1, X_2)表示。

1.7 导弹被命中判断模型

根据反舰导弹几何特征及其与反舰炮的相对位置、相对姿态等,求得反舰导弹的命中面积及圆形等效命中域半径 r ^[16]。

将线脱靶量(X_1, X_2)换算为炮弹至导弹几何中心的最小距离

$$r_x = \sqrt{X_1^2 + X_2^2} \quad (2)$$

那么,若 $r_x \leq r$,反舰导弹被炮弹命中;反之,未被命中。

1.8 突防概率

设 n 为仿真航次数, n_1 为导弹被命中的航次数,则突防概率

$$P = 1 - \frac{n_1}{n} \quad (3)$$

2 计算方法

计算方法步骤如下:

1) 参数赋值初始化,包括反舰导弹的几何参数、弹道气象参数的有效取值范围、舰艇运动特征量(摇摆周期、幅值等)、各参数测量误差特征量(均值、均方差等)、舰炮随动误差特征量、炮弹散布特征量、舰炮射击区段以及仿真航次数等。

2) 设定机动参数、舰炮射速等,循环仿真计算。

3) 每个航次开始前,集中进行一批随机抽样,以产生某些在一个航次中只需设置一次的参数值,如某些运动参数(反舰导弹坐标、目标舰艇姿态等)的起始值,某些参数的系统误差以及气象参数等。然后开始一个航次的模拟。

4) 每个航次计算过程中, 在舰炮的每个射击点, 各理论值生成模块模拟产生相应参数(导弹坐标、舰艇运动姿态等)的理论值, 这些理论值一方面参与计算射击诸元理论值。一方面经各测量模块模拟产生相应测量值, 进一步驱动火控解算模块滤波求取射击诸元, 并求该射击点的火控解算误差。

与此同时, 舰炮射击误差生成模块模拟该发炮弹射击误差, 经脱靶量计算模块计算出脱靶量, 最后由命中判断模型判断该航次命中情况并予统计。

5) 算完指定仿真航次数, 计算突防概率并保存。

6) 调整机动条件, 或加倍舰炮射速, 计算相应条件下的突防概率。

如此循环反复, 直至计算完所有预设条件下的突防概率。

3 计算结果

1) 分别计算了机动周期为 2, 4, 8 s 时, 突防概率随机动幅度的变化情况, 关系曲线如图 3。

2) 分别计算了机动周期为 2, 4, 8 s 时, 突防概率随机动半径的变化情况, 关系曲线如图 4。

3) 计算了舰炮射速加倍时的突防概率(机动周期 4 s), 见图 3、图 4 所示。

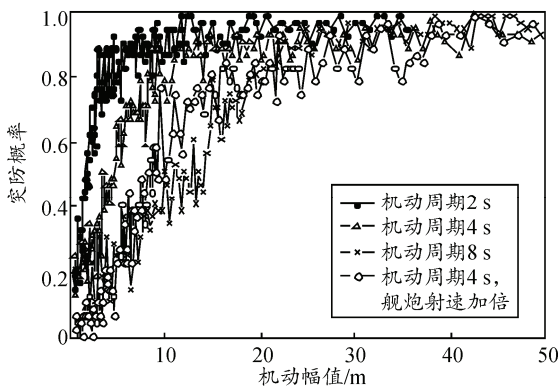


图 3 突防概率与机动幅值的关系曲线

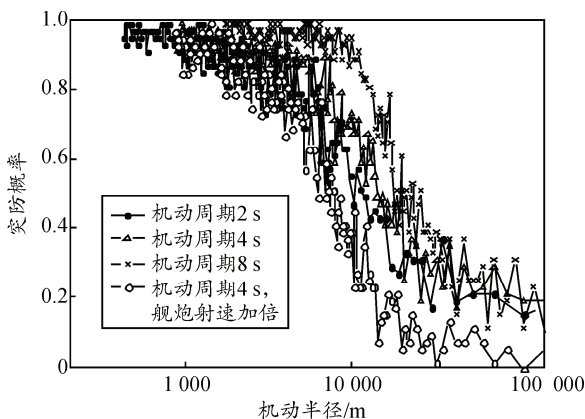


图 4 突防概率与机动半径的关系曲线

4 结论

1) 垂直蛇形机动对反舰导弹的突防能力有较大提升, 且突防概率与机动周期、机动幅度有较强相关性。在其他条件相同时, 机动周期越短, 或机动幅度越大, 突防效果越好, 但此时也需要较大的机动过载; 因此提高反舰导弹的过载能力和机动性能是突破高射速舰炮拦阻屏障的必要手段。

2) 由图 4 可见, 在机动半径相同的条件下(此时机动所需过载也相同), 短周期的频繁机动不仅无助于反舰导弹突防能力的提高, 反而会有所下降(机动幅度变小所致)。

3) 由计算结果可见, 舰炮射速在弹炮攻防对抗中举足轻重。因此, 提高舰炮射速是反导舰炮克敌制胜的重要法宝。

参考文献:

- [1] 宋立, 李勇, 马良. 反舰导弹对近程反导舰炮的机动突防模型分析[J]. 舰船电子工程, 2009, 29(9): 122-124.
- [2] 顾文锦, 赵红超. 超声速反舰导弹末端非平面机动研究[J]. 飞行力学, 2003, 21(3): 36-40.
- [3] 盖玉华, 顾文锦, 赵红超, 等. 反舰导弹的主要突防技术及其效能[J]. 海军航空工程学院学报, 2008, 23(2): 168-170.
- [4] 顾文锦, 王凤莲. 反舰导弹末端螺旋机动的控制研究[J]. 战术导弹控制技术, 2003, 41(2): 2-7.
- [5] 冯元伟, 徐国亮, 刘奎永. 目标摆式机动对反导舰炮射击精度的影响[J]. 指挥控制与仿真, 2010, 32(2): 101-103.
- [6] 冯元伟, 金振中, 郜彪. 导弹蛇形机动与摆式机动突防反导舰炮仿真[J]. 现代防御技术, 2010, 38(4): 22-25.
- [7] 宋贵宝, 孔丽, 李红亮, 等. 密集阵反导系统拦截反舰导弹模型研究[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(10): 2128-2130.
- [8] 邱志明. 舰炮武器系统分析[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1999: 113-129.
- [9] 程健庆. 仿真建模技术在新型舰炮武器系统试验中的应用[J]. 计算机仿真, 2002, 19(1): 54-58.
- [10] 李勇, 马良, 郭巍. 超音速反舰导弹蛇形机动的突防方案设计[J]. 舰船电子工程, 2009, 29(10): 40-43.
- [11] 杨文安, 韩成标. 基于白噪声的跟踪雷达量测误差建模与仿真[J]. 吉林大学学报, 2005, 23(6): 621-627.
- [12] 孙东彦, 潘红华, 徐明. 某型舰炮火控系统建模与仿真[J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(12): 37-40.
- [13] 王基组. 舰炮火控系统原理[M]. 北京: 海潮出版社, 1999: 83-193.
- [14] 郑树敏, 冯元伟, 霍文志, 等. GJB254A—2000 舰炮武器系统设计定型试验规程[S]. 北京: 国家军用标准, 2000: 39-42.
- [15] 朱元昌. 火控系统的数字仿真[M]. 北京: 国防工业出版社, 1992: 39-48.
- [16] 李小元, 吴宇琼, 周卫平, 等. GJB 592.6—89 舰炮武器系统射击效力评定 确定目标命中面积的方法[S]. 北京: 国家军用标准, 1988: 1-5.