

doi: 10.7690/bgzdh.2023.01.001

基于固定虚拟点的舰炮对海远程虚拟校射研究

黄 义, 余家祥, 杨绍清

(海军大连舰艇学院导弹与舰炮系, 辽宁 大连 116018)

摘要: 针对舰炮对海远程虚拟校射时因弹着水柱超出跟踪雷达的作用距离而导致无法进行虚拟校射的问题, 提出一种基于固定虚拟点的对海远程虚拟校射方法。确定发射舰位和虚拟点的经纬度坐标; 测量弹着水柱位置、计算水柱的经纬度坐标; 计算弹着水柱相对虚拟点的偏差量。仿真结果表明: 按所建模型先对虚拟点试射, 再对海上远距离目标射击, 射击精度提高明显。

关键词: 舰炮; 对海; 远程; 虚拟射; 弹着偏差

中图分类号: TJ391 **文献标志码:** A

Research on Long-range Virtual Calibration of Naval Gun to the Sea Based on Fixed Virtual Point

Huang Yi, Yu Jiexiang, Yang Shaoqing

(Department of Missile and Shipborne Gun, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

Abstract: In order to solve the problem that naval gun can not conduct virtual calibration for long-range sea firing because the impact water column is beyond the range of tracking radar, a method of long-range virtual calibration for sea firing based on fixed virtual point is proposed. The longitude and latitude coordinates of the launching ship and the virtual point are determined; The position of the impact water column is measured, and the longitude and latitude coordinates of the water column are calculated; The deviation of the impact water column relative to the virtual point is calculated. The simulation results show that the shooting accuracy can be improved significantly by first test-firing the virtual point and then shooting the long-range target on the sea according to the model.

Keywords: naval gun; sea; long-range; virtual firing; impact deviation

0 引言

随着电磁炮、弹药增程制导等新技术的发展^[1-3], 提高远程打击能力是未来海战对舰炮的必然要求^[4-5], 打击方式也将发生新的变化^[6-7]。舰炮射击由于误差的存在^[8-9], 通常先进行试射^[10-11], 校正射击诸元后转入效力射。舰炮对海远程射击弹丸飞行时间长, 如果直接对目标试射, 目标的机动会影响效力射的精度。首先对海虚拟点射击, 利用虚拟射击成果直接对目标效力射。舰炮对海虚拟校射需要跟踪雷达测量弹着水柱^[12-13], 受跟踪雷达测量弹着水柱作用距离的限制, 舰炮对海远程虚拟校射时, 如果弹着水柱超过跟踪雷达的作用距离, 跟踪雷达将无法测量弹着水柱, 导致无法进行虚拟校射。对此, 笔者提出一种基于固定虚拟点的舰炮对海远程虚拟校射方法。

1 舰炮对海远程虚拟校射方案

舰炮对海远程虚拟射击距离超出本舰跟踪雷达

测量弹着水柱的距离范围, 可以考虑选用无人机、直升机、友邻舰艇观测水柱。目前, 无人机、直升机通常采用光电观测设备, 受气象条件影响较大, 所以, 本文中选用友邻舰艇(以下简称“观测舰”)使用雷达测量水柱。舰炮对海远程虚拟射击由射击舰和观测舰共同完成, 工作过程如下:

- 1) 射击舰和观测舰分别实时进行己舰定位和舰位滤波, 获取准确的舰位经纬度坐标;
- 2) 射击舰确定远程固定虚拟点位置(经纬度坐标)并通报给观测舰;
- 3) 射击舰计算对虚拟点射击诸元, 控制舰炮发射, 根据弹丸飞行时间向观测舰通报弹着水柱出现时刻;
- 4) 观测舰根据通报(虚拟点经纬度坐标、弹着水柱出现时刻)做好观测准备, 测量弹着水柱相对己舰的距离方位, 结合己舰的舰位经纬度坐标计算弹着水柱的经纬度坐标并通报给射击舰;
- 5) 射击舰根据发射时刻己舰舰位经纬度坐标、

收稿日期: 2022-09-01; 修回日期: 2022-10-05

基金项目: 国家社会科学基金军事学项目(14GJ003-157)

作者简介: 黄 义(1978—), 男, 安徽人, 博士, 讲师, 从事舰炮火控系统工程技术与应用研究。E-mail: dljyjp.huangyi@126.com。

弹着水柱的经纬度坐标、虚拟点的经纬度坐标，计算弹着水柱相对虚拟点的距离偏差量与方向偏差量，将偏差量取相反值对目标射击诸元进行校正。

基于固定虚拟点的舰炮对海远程虚拟校射原理如图 1 所示。

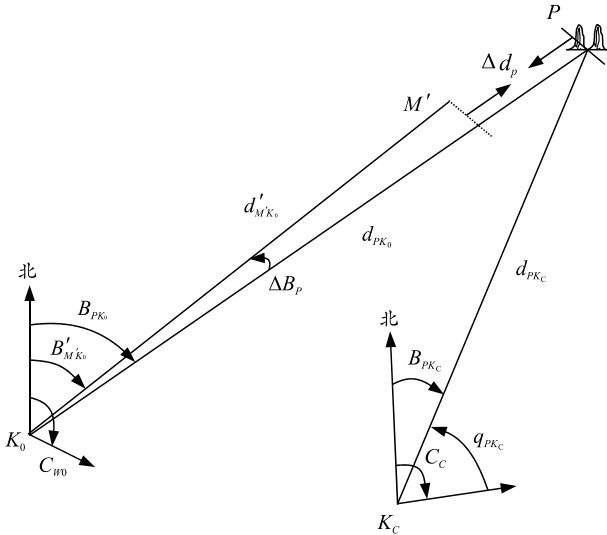


图 1 舰炮对海远程虚拟射击原理

图中： K_0 为发射时射击舰的位置，即发射舰位； C_{W0} 为发射时射击舰的航向； M' 为虚拟点的位置； d'_{MK_0} 为发射舰位 K_0 至虚拟点 M' 的距离； B'_{MK_0} 为发射舰位 K_0 至虚拟点 M' 的方位角； P 为弹着水柱的位置； K_C 为测量弹着水柱时观测舰的位置； C_C 为测量弹着水柱时观测舰的航向； d_{PK_C} 为测量弹着水柱相对观测舰的距离； q_{PK_C} 为测量弹着水柱时观测舰看弹着水柱的舷角； B_{PK_C} 为测量弹着水柱时观测舰看弹着水柱的方位角； d_{PK_0} 为发射舰位置 K_0 至弹着水柱 P 的距离； B_{PK_0} 为发射舰位置 K_0 至弹着水柱 P 的方位角； $\Delta d_p = d_{PK_0} - d'_{MK_0}$ 为弹着水柱 P 相对虚拟点 M' 的距离偏差； $\Delta B_p = B_{PK_0} - B'_{MK_0}$ 为弹着水柱 P 相对虚拟点 M' 的方位角偏差。

2 舰炮对海远程虚拟校射模型

2.1 发射舰位坐标计算

射击舰艇实时定位滤波获取舰位经纬度坐标为 $(\hat{L}_i, \hat{B}_i) (i=1, 2, 3, \dots)$ ，设舰炮发射时刻在射击舰第 n 个和第 $n+1$ 个舰位定位时刻之间，距第 n 个舰位定位时刻时间差为 Δt ，则发射舰位 K_0 经纬度坐标 $(\hat{L}_{K_0}, \hat{B}_{K_0})$ 的计算公式为：

$$\left. \begin{aligned} \hat{L}_{K_0} &= \hat{L}_n + \frac{\hat{x}_n \cdot \Delta t \cdot \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \hat{B}_{n-1}} \cdot \rho''}{a \cos \hat{B}_{n-1}} \cdot rd \\ \hat{B}_{K_0} &= \hat{B}_n + \frac{\hat{y}_n \cdot \Delta t \cdot rd}{60(1852.2 - 9.3 \cos 2\hat{B}_{n-1})} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中： (\hat{x}_n, \hat{y}_n) 为射击舰在第 n 个舰位的速度在大地直角坐标系 (x 坐标轴指向正东、 y 坐标轴指向正北) 中的分量； a 为地球椭球体长轴^[14]； e 为地球椭球体长轴第一偏心率^[15]； ρ'' 为弧度转化为秒的系数； rd 为 1° 对应弧度值。

2.2 弹着水柱位置坐标计算

设观测舰测量弹着水柱时舰位 K_C 的经纬度坐标滤波值为 $(\hat{L}_{K_C}, \hat{B}_{K_C})$ ，航向为 C_C ，测量弹着水柱的距离舷角为 (d_{PK_C}, q_{PK_C}) ，则弹着水柱 P 的经纬度坐标 (L_P, B_P) 计算模型为

$$\left. \begin{aligned} L_P &= \hat{L}_{K_C} + \frac{d_{PK_C} \sin(C_C + q_{PK_C}) \cdot \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \hat{B}_{K_C}} \cdot \rho''}{a \cos \hat{B}_{K_C}} \cdot rd \\ B_P &= \hat{B}_{K_C} + \frac{d_{PK_C} \cos(C_C + q_{PK_C}) \cdot rd}{60(1852.2 - 9.3 \cos 2\hat{B}_{K_C})} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中： a 、 e 、 ρ'' 、 rd 的含义同上。

2.3 弹着水柱偏差量计算

由发射舰位 K_0 的经纬度坐标 $(\hat{L}_{K_0}, \hat{B}_{K_0})$ 、虚拟点 M' 的经纬度坐标 $(L'_{M'}, B'_{M'})$ ，计算舰位 K_0 至虚拟点 M' 的距离 d'_{MK_0} 、方位角 B'_{MK_0} ^[16]；由发射舰位 K_0 的经纬度坐标 $(\hat{L}_{K_0}, \hat{B}_{K_0})$ 、弹着水柱位置 P 的经纬度坐标 (L_P, B_P) ，计算舰位 K_0 至弹着水柱位置 P 的距离 d_{PK_0} 、方位角 B_{PK_0} ，则以发射舰位 K_0 为原点，弹着水柱 P 相对虚拟点 M' 的距离偏差量 Δd_p 、方位角偏差 ΔB_p 计算公式为：

$$\left. \begin{aligned} \Delta d_p &= d_{PK_0} - d'_{MK_0} \\ \Delta B_p &= B_{PK_0} - B'_{MK_0} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

3 仿真

某舰炮先对虚拟点射击，再对某型舰艇射击，根据海面气温、气压、湿度确定空气密度误差，以及根据海面风确定弹道风的误差参见文献[17]，对虚拟点和对目标射击时域误差参见文献[18]，雷达测量目标坐标、火控诸元解算、舰炮随动、单炮散

布误差参照系统精度数据,观测舰雷达测量弹着水柱距离均方误差为 15 m、方向均方误差为 0.08° ,舰炮初速均方误差 2 m/s,对虚拟点试射发数分别为 2、4、6,对目标射击距离分别为 25、30、35 km,射击方向与敌舰艏线垂直,则对虚拟点试射后对目标单发命中概率,以及不试射直接对目标射击的单发命中概率如表 1 所示。

表 1 虚拟试射后与不试射对目标单发命中概率对比

射击 距离/km	不试射对目标 单发命中概率	虚拟试射后对目标单发命中概率		
		试射 2 发	试射 4 发	试射 6 发
25	0.001 00	0.103 5	0.129 7	0.139 8
30	0.000 30	0.065 5	0.083 9	0.091 1
35	0.000 07	0.042 2	0.054 9	0.060 0

从上表可以看出:

1) 对海上远距离目标如果不试射直接射击单发命中概率很低,距离越远单发命中概率越低,所以,必须进行虚拟试射;

2) 按笔者设计模型先进行虚拟试射再对海上远距离目标射击,单发命中概率提高明显,以 30 km 试射 4 发为例单发命中概率提高 280 倍。

4 结论

舰炮对海远程射击是未来发展方向之一,由于射击误差的存在,如果不试射直接对远程目标射击,命中概率很低。笔者提出一种基于固定虚拟点的舰炮对海远程虚拟校射方案,建立了发射舰位坐标、弹着水柱位置坐标以及弹着水柱相对虚拟点偏差量的计算模型。仿真计算结果表明:按笔者设计模型先进行虚拟试射再对海上远距离目标射击,射击精度提高明显。

参考文献:

[1] 付彩越. 美国海军新概念武器现状和发展[J]. 舰船科学技术, 2017, 39(2): 151-154.
 [2] MCNAB I R, FISH S, STEFANI F. Parameters for an electromagnetic naval railgun[J]. IEEE Transactions on Magnetism, 2015, 37(1): 223-228.

[3] 李翔, 李法忠. 国外舰炮制导弹药的发展现状及特点分析[J]. 舰船科学技术, 2020, 42(3): 176-179.
 [4] 陈俊丞, 孙世岩, 孙强. 舰炮增程制导炮弹射程指标论证方法[J]. 兵工自动化, 2019, 38(6): 47-51.
 [5] 王航宇, 卢发兴, 许俊飞, 等. 舰载电磁轨道炮作战使用问题的思考[J]. 海军工程大学学报, 2016, 28(3): 1-6.
 [6] 吴威, 卢发兴, 许俊飞, 等. 初速可控舰炮制导炮弹对海射击多发同时弹着技术研究[J]. 光电与控制, 2019, 26(9): 79-83.
 [7] 许俊飞, 卢发兴, 王航宇, 等. 初速可调下的新型舰炮对海作战能力需求生成[J]. 北京理工大学学报, 2019, 39(2): 155-161.
 [8] 由大德, 盖强, 王义涛, 等. 舰炮对海射击测量偏差法误差分析与应用[J]. 火力与指挥控制, 2021, 46(2): 179-182.
 [9] 黄义. 舰炮修正弹射击校正方法[M]. 北京: 海潮出版社, 2018: 12-48.
 [10] 李进军, 钱贵鑫, 申战胜, 等. 基于射击精度提高度的舰炮对海试射决策模型[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(12): 31-35.
 [11] 王茂林, 张志华, 刘剑威. 改进的舰炮测量距离方位法对海校射技术[J]. 舰船电子工程, 2013, 33(6): 39-41, 71.
 [12] 王茂林. 舰炮对水线上海目标射击水柱校射方法[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(5): 122-124.
 [13] 李霖, 李桂芝. 水柱偏差测量系统的设计与指标分析[J]. 国外电子测量技术, 2020, 39(9): 90-94.
 [14] 孙强, 余家祥, 徐存亮, 等. 舰炮绝对坐标法计算精度仿真分析[J]. 火炮发射与控制学报, 2021, 42(2): 46-49.
 [15] 宋军, 张宝山. 舰炮对岸弹道跟踪预测射击校正使用方法研究[J]. 指挥控制与仿真, 2018, 40(4): 111-116.
 [16] 汪德虎, 张比升, 胡江, 等. 舰炮对岸无瞄准点射击诸元计算模型[J]. 火力与指挥控制, 2006, 31(9): 85-87.
 [17] 汪德虎. 舰炮射击基础理论[M]. 北京: 海潮出版社, 1998.
 [18] 解维河, 孙东彦, 孙卫国. 舰炮转移火力射击时域问题研究[J]. 兵器装备工程学报, 2021, 42(3): 51-54.