

doi: 10.7690/bgzd.2018.02.020

# 基于舰位经纬度坐标舰炮测量距离方向法改进

黄 义, 王连柱, 申战胜  
(海军大连舰艇学院舰炮系, 辽宁 大连 116018)

**摘要:** 针对传统测量距离方向法存在舰位偏离实际舰位、射击精度下降的问题, 对其进行改进。利用舰位经纬度坐标、航向和雷达测量弹着水柱距离与舷角, 计算弹着水柱经纬度坐标, 以舰炮发射点为坐标原点, 解算弹着水柱相对提前点距离和方向偏差。仿真结果表明: 改进后的方法射击精度受海况条件影响小, 精度高, 射程越远精度优势越明显。

**关键词:** 舰艇导航; 舰位; 经纬度; 舰炮; 校射  
**中图分类号:** TJ83 **文献标志码:** A

## Improvement Method of Shipborne Gun Measuring Distance and Direction Based on Ship Position Longitude and Latitude Coordinate

Huang Yi, Wang Lianzhu, Shen Zhansheng  
(Department of Shipborne Gun, Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

**Abstract:** In order to resolve the problem that the firing accuracy of shipborne gun descended due to the variance between ship actual position and calculative position, improve the measurement method. Use ship position longitude and latitude coordinate, course and radar to measure water column distance and relative bearing, calculate the water column longitude and latitude coordinate. Taking the shipborne gun firing point as the coordinate origin, calculate the derivation of water column predicted point distance and direction. The simulation results show that firing accuracy of the improved method was more accurate and influenced rarely by sea condition, and the accuracy superiority was obvious when the firing distance was far.

**Keywords:** ship navigation; ship position; longitude and latitude; shipborne gun; firing calibration

### 0 引言

作为水面舰艇的常规装备, 舰炮具有反应速度快、持续作战能力强、抗干扰性能好和战术使用灵活等优点。在多种作战样式中, 尤其是应对局部海上冲突, 舰炮具有明显的优势。测量距离方向法是舰炮对海上运动目标射击校正的传统方法, 舰炮发射后弹丸入水时舰载跟踪雷达测量弹着水柱距离与舷角, 火控解算弹着水柱与发射时目标提前位置的距离偏差和舷角偏差, 射击过程中射击舰受到风、流、涌等条件的影响, 实际航迹线的航向航速与导航系统的航向航速不一致, 导致校射精度下降。随着舰艇导航定位系统的广泛应用和定位精度的提高, 舰艇导航定位数据可用于舰炮火控解算<sup>[1]</sup>; 基于此, 笔者对基于舰位经纬度坐标的舰炮对海上目标射击校正新方法进行研究。

### 1 传统测量距离方向法

#### 1.1 传统方法射击原理

舰炮对海上目标射击传统的测量距离方向法, 是指在齐射弹丸落水瞬间测定齐射平均弹着点距离对目标自动距离的偏差和平均弹着点方向对目

标自动方向的偏差, 以数次齐射的平均偏差量按相反符号校正弹道气象准备误差<sup>[2]</sup>。

图 1 表示从齐射开始至齐射弹丸落水时射击舰与目标舰、火控推算的目标现在点与提前点, 以及齐射弹着水柱的位置关系。图中  $K_0$ 、 $M_0$ 、 $K_1$ 、 $M_1$  为发射时与落水时射击舰、目标舰位置;  $M'_0$ 、 $M'_1$  为火控滤波目标现在点、提前点;  $P$  为水柱位置;  $v_w$ 、 $v_m$ 、 $v_{ma}$  为射击舰、目标舰、火控推算目标自动速度向量;  $d$ 、 $d_a$ 、 $d_p$  为齐射落水时的目标距离、火控推算目标距离、水柱距离;  $q_w$ 、 $q_{wa}$ 、 $q_{wp}$  为齐射落水时的我舰舷角、火控推算我舰舷角、水柱我舰舷角;  $\Delta d_p = d_p - d_a$ ,  $\Delta f_p = q_{wp} - q_{wa}$ ;  $t_f$  为弹丸飞行时间<sup>[3]</sup>。

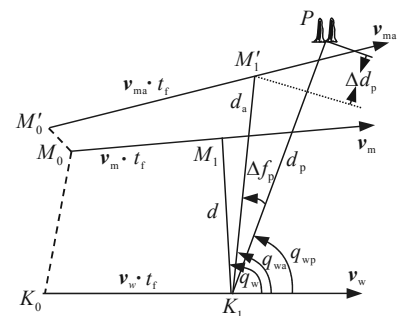


图 1 传统测量距离方向法原理

收稿日期: 2017-10-15; 修回日期: 2017-11-29

作者简介: 黄 义(1978—), 男, 安徽人, 博士, 从事舰炮火控技术研究。

### 1.2 航速航向误差的影响

射击舰受风、流、涌等条件的影响，尤其是在高等级海况下难以保持航速航向，发射后实际航迹线与火控解算目标自动距离和自动方向预测的航迹线存在偏差<sup>[4]</sup>，如果仍用测量水柱距离与自动距离偏差，以及测量水柱方向与自动方向偏差校正弹道气象准备误差，将使舰炮校射精度下降。

图 2 为航速航向误差对传统方法的影响，图中  $K_1$  为齐射落水时射击舰的实际位置，从  $K_0$  到  $K_1$  为射击舰实际航迹线； $K'_1$  为齐射落水时射击舰的推算位置；其他符号的含义同图 1。

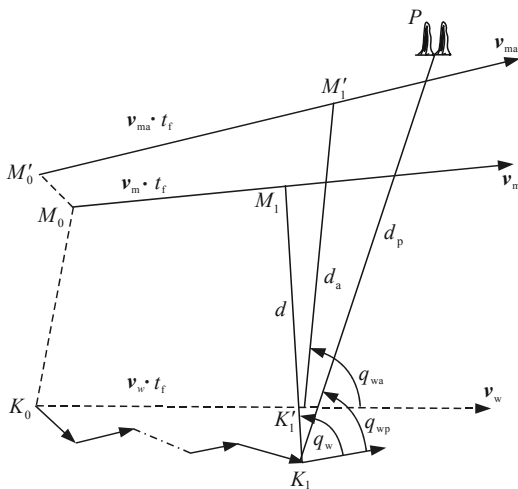


图 2 航速航向误差对传统方法的影响

由于  $K_1$  与  $K'_1$  不重合，未能在图中标出水柱距离与目标自动距离偏差量  $\Delta d_p = d_p - d_a$ ，以及水柱舷角与自动我舰舷角偏差量  $\Delta f_p = q_{wp} - q_{wa}$ ；如果用计算的  $\Delta d_p$  和  $\Delta f_p$  作为弹道气象准备误差，将使校射精度下降。射击距离越远、弹丸飞行时间  $t_f$  越长， $K_1$  与  $K'_1$  位置偏差越大，用计算的  $\Delta d_p$  和  $\Delta f_p$  作为弹道气象准备误差越不准确，校射精度越低。

## 2 基于舰位经纬度坐标校射新方法

目前，水面舰艇装备的导航定位系统较为完备，能够实时提供舰位经纬度坐标。舰载跟踪雷达测量水柱或目标相对舰艇的距离和舷角，火控结合舰位经纬度坐标和航向，计算水柱或目标的经纬度坐标。这样就可以在绝对坐标系中解算水柱相对提前点的距离和方向偏差，不必像传统的测量距离方向法在相对坐标系中解算水柱相对自动距离与自动方向的偏差。舰炮射击外弹道解算在绝对坐标系中进行<sup>[5]</sup>，所以，舰炮对海上目标射击水柱相对提

前点偏差在绝对坐标系中解算也更为合理。

图 3 为舰位经纬度坐标校射原理，图中  $C_{w0}$ 、 $C_{w1}$  为发射时、落水时射击舰航向； $d'_a$ 、 $q'_{wa}$  为提前点  $M'_1$  相对发射点  $K_0$  距离与我舰舷角； $D_p$ 、 $B_p$  为水柱相对发射点  $K_0$  距离与方位角； $q'_{wp}$  为水柱相对发射点  $K_0$  的我舰舷角； $\Delta d_p$  为水柱距离与目标提前点距离偏差量， $\Delta d_p = D_p - d'_a$ ； $\Delta f_p = q'_{wp} - q'_{wa}$ ；其他符号的含义同图 1 与图 2。

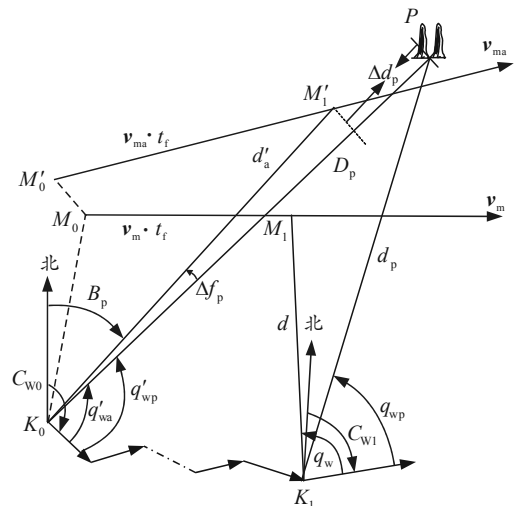


图 3 基于舰位经纬度坐标校射原理

基于舰位经纬度坐标舰炮对海上目标射击校正过程为：

- 1) 火控在目标提前点  $M'_1$  ( $d'_a$ ,  $q'_{wa}$ ) 基础上增加弹道气象修正量，计算射击诸元控制舰炮发射，此时射击舰位于  $K_0$ 、经纬度坐标为  $(L_{w0}, B_{w0})$ ；
- 2)  $t_f$  时间后射击舰机动至  $K_1$ 、弹丸落水，舰载跟踪雷达测量水柱相对射击舰  $K_1$  的距离  $d_p$  和舷角  $q_{wp}$ ；
- 3) 火控利用  $(d_p, q_{wp})$ 、射击舰在  $K_1$  时经纬度坐标  $(L_{w1}, B_{w1})$  和航向  $C_{w1}$ ，计算水柱经纬度坐标  $(L_p, B_p)$ ；
- 4) 利用射击舰位于  $K_0$  的经纬度坐标  $(L_{w0}, B_{w0})$ 、水柱经纬度坐标  $(L_p, B_p)$ ，计算水柱  $P$  相对发射点  $K_0$  的距离  $D_p$  和方位角  $B_p$ <sup>[6]</sup>；
- 5) 利用方位角  $B_p$ 、射击舰航向  $C_{w0}$ ，计算弹着水柱相对发射点  $K_0$  的我舰舷角  $q'_{wp}$ ， $q'_{wp} = B_p - C_{w0}$ ；
- 6) 以发射点  $K_0$  为坐标原点，计算水柱相对目标提前点的距离偏差量  $\Delta d_p$ 、方向偏差量  $\Delta f_p$ ， $\Delta d_p = D_p - d'_a$ 、 $\Delta f_p = q'_{wp} - q'_{wa}$ ；
- 7) 将距离偏差量  $\Delta d_p$ 、方向偏差量  $\Delta f_p$  取相反符号校正弹道气象准备误差，继续射击。

水面舰艇卫星接收设备安装位置与舰炮、跟踪

雷达安装位置不在同一处，需要修正卫星接收设备与跟踪雷达安装位置间隔差，以及卫星接收设备与舰炮安装位置间隔差<sup>[7]</sup>。

### 3 2 种方法精度对比分析

笔者提出的舰炮对海校射新方法与传统方法相比，前者有射击舰定位误差<sup>[8]</sup>，后者有推算舰位误差(射击舰实际的航迹线航向和对地航速与推算提前点所用的航速航向不一致而产生的误差)。

目前，水面舰艇装备的导航定位系统有差分 GPS 接收机，其定位精度为 5~10 m，我国北斗卫星定位系统的精度可以达到 10 m 数量级，定位精度可满足舰炮射击的需要。

下面仿真计算分析传统方法推算舰位误差。假设某型双管舰炮对海上目标射击，弹道气象条件标准，导航系统传送给舰炮火控的记程仪速度为 20 kn、平台罗经航向为 150°，射击舷角右舷 70°，射击舰受到风、流、涌的影响，航迹线航向比平台罗经航向偏左 0.5°、对地速度比记程仪速度快 2 kn，不同射击距离推算舰位误差如表 1 所示。假设航迹线航向比平台罗经航向偏右 1.0°、对地速度比记程仪速度慢 3 kn，不同射击距离推算舰位误差如表 2。

表 1  $\Delta v_w=2.0$  kn、 $\Delta C_w=-0.5^\circ$ 不同射距推算舰位误差  $|\Delta S|$

射距/km	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$ \Delta S /m$	5.1	7.9	11.4	15.5	20.3	25.8	31.9	38.7	46.2

表 2  $\Delta v_w=-3.0$  kn、 $\Delta C_w=1.0^\circ$ 不同射距推算舰位误差  $|\Delta S|$

射距/km	4	6	8	10	12	14	16	18	20
$ \Delta S /m$	7.6	11.8	17.1	23.3	30.5	38.7	48.0	58.2	69.4

从表 1、表 2 可以看出：传统方法射击距离越远推算舰位误差越大，航速航向误差越大推算舰位误差也越大；仅当射击距离小于 6 km 时，推算舰位误差与卫星定位舰位误差相当，当射击距离大于 6 km 时，推算舰位误差大于卫星定位的舰位误差。

### 4 结论

笔者提出基于舰位经纬度坐标舰炮对海上目标射击校正新方法，在绝对坐标系中，以舰炮发射点为坐标原点解算弹着水柱相对提前点距离偏差和方向偏差，取相反符号修正弹道气象准备误差。仿真结果表明：与传统方法相比，射击精度受海况条件影响小，精度更高，射程越远精度优势越明显。

### 参考文献：

- [1] 周克强. 基于弹迹跟踪预测的舰艇定位方法[J]. 火力与指挥控制, 2014, 39(9): 152-155.
- [2] 关庆云, 汪德虎. 采用测量距离方向法试射时距离误差的新校正方法[J]. 兵工学报, 2007, 28(9): 1122-1126.
- [3] 盖强, 胡江. 舰炮一维弹道修正弹射击安全界研究[J]. 兵工自动化, 2016, 35(11): 4-6.
- [4] 蔡根明, 戴耀. 舰载导航系统的舰炮对海校射方法[J]. 火力与指挥控制, 2009, 34(7): 171-174.
- [5] 汪德虎. 舰炮射击原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 60-61.
- [6] 汪德虎, 张比升. 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.
- [7] 赵远征, 陈延伟, 程守虎. 基于 Stribeck 模型的舰炮伺服系统摩擦力矩补偿[J]. 兵工自动化, 2016, 35(5): 59-62.
- [8] 王金云, 毛小燕. 舰炮武器系统对岸射击新方法及其精度分析[J]. 火力与指挥控制, 2011, 36(8): 52-55.