

doi: 10.7690/bgzdh.2020.02.002

# 编队舰炮对岸射击多发同时弹着研究

胡江, 钱佳

(海军大连舰艇学院导弹与舰炮系, 辽宁 大连 116018)

**摘要:** 为提高编队舰炮对岸射击过程中火力密度和打击效果, 对多发同时弹着进行研究。根据编队舰炮对岸射击特点, 利用高斯中纬度公式, 确定敌我相对坐标, 通过解弹道方程求出各舰舰炮弹丸飞行时间, 采用控制舰炮发射顺序和发射间隔, 实现多发弹丸同时命中目标, 并通过解算舰炮射击诸元进行应用分析。应用结果表明: 该研究具有较好的实用性, 可为编队舰炮指挥员对岸指挥决策提供参考。

**关键词:** 飞行时间; 同时弹着; 火力支援; 编队

**中图分类号:** TJ391 **文献标志码:** A

## Research on Multiple Round Simultaneous Impact During Formation Naval Gun of Firing on Shore

Hu Jiang, Qian Jia

(Department of Missile & Shipborne Gun, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China)

**Abstract:** In order to improve the fire density and hitting effect during formation of naval gun firing on shore, research on the multiple round simultaneous impact. According to characteristic for formation of naval gun to fire on shore, get relative coordinates of friend or foe based on formula of Gaussian medium latitude formula, and put forward the projectile's flying time by solving ballistic equations, then the multiple round simultaneous impact on target can be realized by control launching sequences and launching intervals correctly, and carry our application analysis by solving naval gun shooting data. Application result shows that the research holds good practical value, and it can provide reference for commander to make decision during firing on shore.

**Keywords:** flight time; simultaneous impact; firing support; formation

### 0 引言

编队舰炮对岸射击过程中, 特别是对集群面目标进行火力压制时, 由于各舰所处攻击阵位不同导致舰炮火力分散, 打击效果受到很大制约, 急需提高火力密度<sup>[1]</sup>。编队舰炮多发同时弹着是指编队多门舰炮前后发射的数发炮弹同时落到同一个目标的射击方法, 多发同时弹着在不增加舰炮门数的条件下, 既能成倍地增加火力密度, 显著提高对目标的毁伤效果, 又能缩短编队舰炮作战时间和减少弹药消耗; 因此, 编队舰炮在对岸射击过程中, 应重视和研究多发同时弹着的使用。

编队舰炮多发同时弹着的具体实施, 笔者在确定敌我相对坐标的基础上, 通过弹道方程求出各舰舰炮弹丸飞行时间, 然后控制舰炮发射顺序和发射间隔, 实现多发弹丸同时命中目标的目的。

### 1 敌我相对坐标确定

由于舰炮对岸火力支援作战岸上目标数量多、

威胁大, 水面舰艇单舰完成预定作战任务难度较大, 应采用编队射击方式实施炮火攻击<sup>[2]</sup>。编队舰炮对岸射击时岸上目标通常不可见, 为解决射击诸元解算和舰炮瞄准难题, 需要根据外部观测手段, 获取目标坐标和射击舰提供的我舰坐标, 以求解敌我相对坐标。

如图 1 所示, 设岸上目标经纬度坐标为 $(\lambda_m, \phi_m)$ , 舰艇综合导航系统实时测得我舰经纬度坐标为 $(\lambda_1, \phi_1)$ 。为求出任意时刻目标相对我舰的距离  $d$  和方位  $f$ , 可以利用大地主题反算的高斯中纬度公式来计算<sup>[3]</sup>。

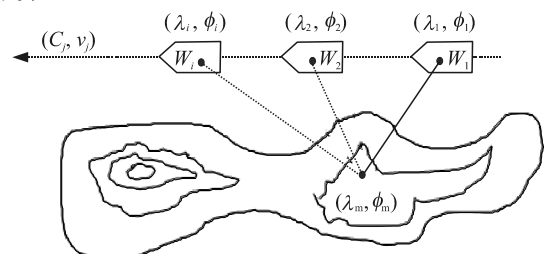


图 1 对岸射击相对坐标原理

收稿日期: 2019-11-09; 修回日期: 2019-12-30

基金项目: 连云港市第三批博士后科研资助基金资助(2017LBH-0001); 海军大连舰艇学院科研发展基金资助(DJYKYKT2018-09)

作者简介: 胡江(1979—), 男, 湖南人, 博士, 副教授, 从事舰载武器作战使用研究。E-mail: xiangjiangzhishui@163.com。

若  $e'_{54}$ 、 $e_{54}$ 、 $a_{54}$  为 54 大地坐标系的椭球参数<sup>[4]</sup>,

可得到辅助参数:  $B_m = \frac{1}{2}(\phi_1 + \phi_m)$ ;  $\eta^2 = e_{54}'^2 \cos^2 B_m$ ;

$W = \sqrt{1 - e_{54}^2 \sin^2 B_m}$ ;  $v_m = \sqrt{1 + e_{54}'^2 \cos^2 B_m} = \sqrt{1 + \eta^2}$ ;

$N_m = \frac{a_{54}}{W}$ ;  $t_m = \tan B_m$ 。

令  $\rho = 206\,265.806\,3''$ , 然后可设:

$$\left. \begin{aligned} l &= (\lambda_m - \lambda_1) / \rho \\ m &= l \cos B_m \\ b &= (\phi_m - \phi_1) / \rho \\ \Delta b &= \frac{1}{24} m^2 (2 + 3t_m^2 + 2\eta_m^2) + \\ &\quad \frac{b^2}{8v_m^4} \eta_m^2 (-1 + t_m^2 - \eta_m^2 - 4t_m^2 \eta_m^2) \\ \Delta l &= \frac{m^2}{24} t_m^2 - \frac{b^2}{24v_m^4} (1 + \eta_m^2 - 9\eta_m^2 t_m^2) \\ \Delta a &= \frac{1}{12} m^2 v_m^2 + \frac{b^2}{24v_m^4} (3 + 8\eta_m^2 + 5\eta_m^4) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$d$  满足以下等式:

$$\left. \begin{aligned} d \cos A_m &= \frac{N_m}{v_m^2} \phi (1 - \Delta b) \\ d \sin A_m &= N_m m (1 - \Delta l) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

由此得到目标相对我舰的距离  $d$  和方位  $f$  的计算公式:

$$\left. \begin{aligned} d &= \sqrt{\left( \frac{N_m}{v_m^2} b (1 - \Delta b) \right)^2 + \left( N_m m (1 - \Delta l) \right)^2} \\ f &= A_m - \frac{1}{2} \Delta A \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

其中  $\Delta A = m t_m (1 + \Delta a) \rho$ 。

## 2 弹丸飞行时间解算

根据当前时刻敌我相对坐标  $(d, f, h)$ , 修正敌我相对运动的影响, 可以得到目标提前点坐标  $(d_q, f_q, h_q)$ , 其中目标高度  $h = h_q$ 。已知目标提前点坐标后, 在火控计算机的保障下, 使用解弹道方程的方法准确计算弹丸飞行时间。

目标提前点坐标  $(d_q, f_q, h_q)$  为圆柱坐标系坐标, 需要转换为空间直角坐标系坐标  $(x_q, y_q, z_q)$ , 转换公式为:

$$\left. \begin{aligned} x_q &= d_q \sin(f_q) \\ y_q &= d_q \cos(f_q) \\ z_q &= h_q \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

若舰炮射击弹丸在空间直角坐标系中的坐标为  $(x, y, z)$ , 则在气象条件非标准情况下的弹道方程组<sup>[5]</sup>为:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_x}{dt} &= -C_b H_1(y) G(v_r, C) (v_x - w_x) \\ \frac{dv_y}{dt} &= -C_b H_1(y) G(v_r, C) v_y - g \\ \frac{dv_z}{dt} &= -C_b H_1(y) G(v_r, C) (v_z - w_z) \\ \frac{dx}{dt} &= v_x \\ \frac{dy}{dt} &= v_y \\ \frac{dz}{dt} &= v_z \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

式中:  $C_b$  为弹道系数;  $y$  为弹道高度;  $H_1(y)$  为空气密度函数;  $C$  为声速;  $v$  为弹丸存速,  $G(v, C)$  为空气阻力函数;  $w_x$ 、 $w_z$  分别为纵风和横风;  $v_x$ 、 $v_y$  和  $v_z$  分别为  $v$  在射击方向、横向和高度上的速度分量。弹道积分的初始条件为:  $t=0$ ,  $v_x = v_0 \cos \theta_0$ ,  $v_y = v_0 \sin \theta_0$ ,  $v_z = 0$ ,  $x = y = z = 0$ 。

在已知提前点坐标  $x_q$ 、 $y_q$ 、 $z_q$  后, 通过调整射角  $\theta_0$ , 利用龙格库塔法解弹道方程(5), 可计算出对应于提前点的弹丸飞行时间  $t$ 。舰炮对岸射击过程中, 高低瞄准角计算原理<sup>[6]</sup>如图 2 所示, 考虑目标高度  $z_q$  的影响, 初始射角  $\theta_{01}$  可取为

$$\theta_{01} = \alpha(D_q) + \varepsilon_m \quad (6)$$

式中:  $\alpha(D_q)$  为目标提前点斜距离  $D_q$  对应的距离角;  $D_q = \sqrt{x_q^2 + y_q^2 + z_q^2}$ ;  $\varepsilon_m = \arctg(z_q / d_q)$ ,  $d_q$  为目标提前点水平距离。

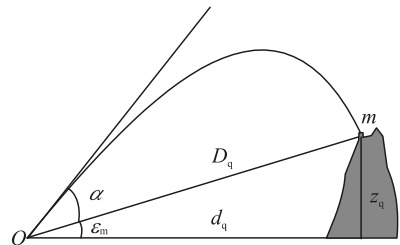


图 2 对岸射击高低瞄准角计算原理

## 3 多发同时弹着实现流程

假设编队使用  $n$  门舰炮对目标实施打击, 通过解弹道方程, 计算第  $i$  门舰炮从发射弹丸到命中目标所需的弹丸飞行时间为  $t_i$  ( $i=1, 2, \dots, n-1, n$ )。为了实现多门舰炮发射弹丸同时着地, 应根据  $t_i$  的数值

按照从大到小的顺序进行弹丸飞行时间排序，建立时间序列为  $T=(t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n)$ ，其中  $t_1 \geq t_2 \geq \dots \geq t_i \geq \dots \geq t_n$ 。

各门舰炮弹丸飞行时间不同。飞行时间长的应先发射，飞行时间短的后发射，相邻舰炮的发射间隔等于弹丸飞行时间差<sup>[7]</sup>，即发射间隔为

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i \quad (7)$$

式中  $i=1, 2, \dots, n-1$ 。

根据舰炮指挥员命令，在飞行时间最长的首舰舰炮开始射击后，编队内各舰应按照发射间隔  $\Delta t_i$ ，有序进行射击<sup>[8]</sup>。在火控计算机的配合下，编队舰炮多发同时弹着的计算流程如图 3 所示。

### 4 应用分析

假设编队在不同攻击阵位的 3 艘舰艇使用舰炮对敌岸上目标进行多发同时弹着射击，目标高度  $h=150$  m，射击舰经纬度坐标和计算出的敌我相对坐标如表 1 所示。

表 1 射击舰经纬度坐标和敌我相对坐标

舰艇编号	舰艇经度/ (°)	舰艇纬度/ (°)	敌我距离/ km	敌我方位/ (°)
1	120.93	26.02	7.35	107.53
2	121.10	25.97	10.56	288.38
3	120.87	26.06	14.61	117.03

表 2 多发同时弹着实施方法

第 1 发			时间差	第 2 发			时间差	第 3 发		
舰艇编号	飞行时间	舰艇编号		飞行时间	舰艇编号	飞行时间				
3 号	28.6	2 号	11.5	2 号	17.1	1 号	7.6	1 号	9.5	

### 5 结束语

笔者提出舰艇编队内各舰多发同时弹着射击方法，但是编队能用于火力支援作战的舰艇数量毕竟有限<sup>[9]</sup>。随着弹道修正弹等信息化弹药的发展，单门舰炮具备了实现多发同时弹着的弹道修正能力；因此，在舰艇编队承担对岸火力支援任务时，编队舰炮多发同时弹着应和单炮多发同时弹着结合使用，以显著提高舰炮火力密度和对岸上目标毁伤效果。

### 参考文献：

[1] 赵伟光. 信息化舰炮武器系统对岸作战流程仿真[J]. 舰船电子工程, 2009, 32(4): 79-85.  
 [2] 汪德虎, 关庆云. 编队舰炮对岸破坏射击表尺分配实

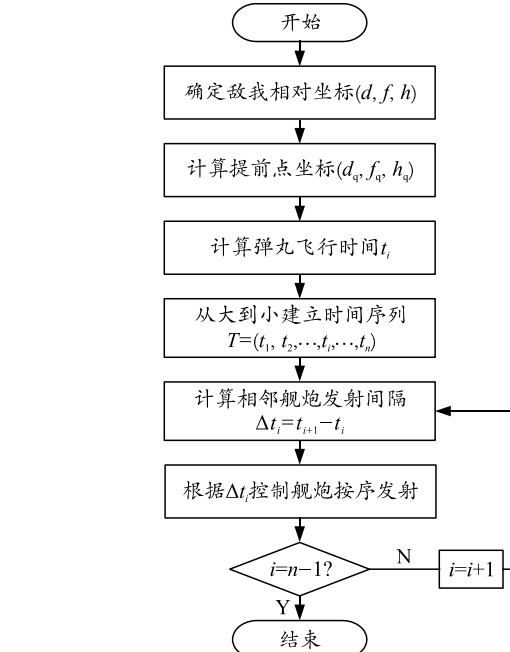


图 3 编队舰炮多发同时弹着的计算流程

通过解算舰炮射击诸元，得到各舰的弹丸飞行时间：1 号舰为 9.5 s，2 号舰为 17.2 s，3 号舰为 29.6 s。按照从大到小的顺序进行排序，可得： $t_1=29.6$  s， $t_2=17.2$  s， $t_3=9.5$  s，则可确定多发同时弹着实施方法见表 2。编队指挥员即可根据表中数据制定火力发射方案，对岸上目标实施多发同时弹着射击。

用优化[J]. 舰船电子工程, 2009, 29(11): 66-69.  
 [3] 王义涛, 王超. 队协同防空作战中的火力兼容判断研究[J]. 现代防御技术, 2010, 38(4): 53-56.  
 [4] 徐绍铨. 大地测量学[M]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1996: 92-97.  
 [5] 刘怡昕, 刘玉文. 决定射击诸元理论[M]. 北京: 海军出版社, 2001: 106-110.  
 [6] 卢发兴, 贾正荣. 舰炮对岸区域射击最优表尺分配模型研究[J]. 系统工程与电子技术, 2018, 40(3): 571-576.  
 [7] 黄义, 王连柱, 申战胜. 基于舰位经纬度坐标舰炮测量距离方向法改进[J]. 兵工自动化, 2018, 37(2): 85-87.  
 [8] 黄义, 汪德虎, 胡江. 舰炮发射一维弹道修正弹多发同时弹着研究[J]. 弹箭与制导学报, 2012, 32(5): 127-129.  
 [9] 宋军, 张保山. 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.