

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.09.002

## 舰炮使用一维弹道修正弹射击误差和射击校正新方法

黄义<sup>1</sup>, 汪德虎<sup>1</sup>, 黄景德<sup>1</sup>, 朴正日<sup>2</sup>, 胡江<sup>1</sup>

(1. 海军大连舰艇学院导弹与舰炮系, 辽宁 大连 116018; 2. 海军大连舰艇学院作战与训练系, 辽宁 大连 116018)

**摘要:** 为提高舰炮使用一维弹道修正弹射击精度和作战效能, 根据舰炮使用一维弹道修正弹射击的工作原理, 分析射击误差构成和射击观测特点, 将舰炮使用一维弹道修正弹射击误差分为预测误差和修正误差, 提出分 2 步利用目标(或提前点)相对落点偏差进行射击校正的新方法, 第 1 步校正部分修正误差, 第 2 步校正预测误差和第一步未校正的修正误差。以某型一维弹道修正弹为例, 采用 Monte-Carlo 法仿真 10 000 次。仿真结果表明, 按新方法射击校正能够显著提高射击精度。

**关键词:** 一维弹道修正弹; 射击误差; 射击校正; 射击精度

**中图分类号:** TJ015 **文献标志码:** A

## A New Method for Ship Borne Gun Using 1 Dimension Trajectory Correction Projectile Firing Errors Correction and Firing Correction

Huang Yi<sup>1</sup>, Wang Dehu<sup>1</sup>, Huang Jingde<sup>1</sup>, Piao Zhengri<sup>2</sup>, Hu Jiang<sup>1</sup>

(1. Dept. of Missile &amp; Ship Borne Gun, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China;

2. Dept. of Combat &amp; Train, Dalian Warship Academy of PLA Navy, Dalian 116018, China)

**Abstract:** In order to improve the accuracy and the combat efficiency, firing errors and firing observation were analyzed based on the principle when ship borne gun fired one dimension trajectory correction projectile. Firing errors were classified into forecasting errors and correcting errors, and the new firing correction method was demonstrated with the deviation between detecting point of fall and target or predicted point step by step. Firstly, the part correcting errors were corrected. Secondly, the forecasting errors and the residual correcting errors were corrected. It is proved that the new firing correction method can improve firing accuracy by simulating 10 000 times with Monte-Carlo method taking certain type one dimension trajectory correction projectile as example.

**Key words:** one dimension trajectory correction projectile; firing errors; firing correction; firing accuracy

### 0 引言

一维弹道修正弹是为提高密集度采用阻力修正原理进行纵向距离修正的一种低成本弹药<sup>[1]</sup>, 作战效费比高、发展前景巨大。由于该弹工作原理与传统无控弹不同, 射击诸元不仅包括发射诸元还包括修正诸元, 改变发射诸元的传统射击校正方法<sup>[2]</sup>不再适用于一维弹道修正弹。为提高舰炮使用一维弹道修正弹射击精度和作战效能, 笔者针对该弹工作原理, 分析射击误差, 提出一种射击校正的新方法。

### 1 舰炮使用一维弹道修正弹射击原理

舰炮使用一维弹道修正弹射击原理是: 在目标(或提前点)基础上增加射程扩展量进行射击诸元计算, 以实现射击预定弹道远于目标(或提前点), 跟踪雷达测量一段外弹道参数, 火控设备进行弹迹滤波, 推算落点, 求出与目标(或提前点)偏差, 解算射程修正量, 形成修正指令, 指令发送装置向飞行

中的修正弹发送修正指令; 弹上修正执行机构控制阻力环适时张开, 实现打远修近<sup>[3]</sup>。工作过程如图 1 所示。

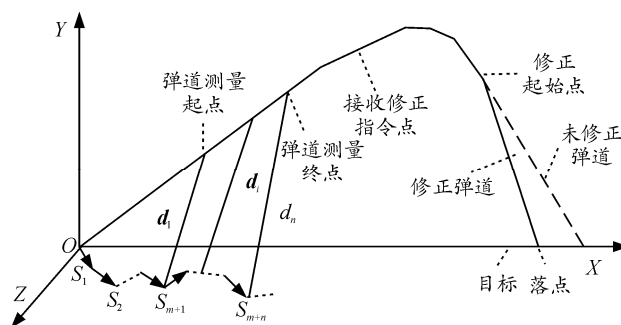


图 1 舰炮发射修正弹工作过程示意图

图 1 中, 坐标系  $O-XYZ$  为相对地球静止的以发射点为原点的直角坐标系,  $S_i (i=1,2,3,\dots)$  为发射后雷达所在位置,  $d_i (i=1,2,3,\dots,n)$  表示雷达测量的弹道坐标向量, 用虚线表示的未修正弹道是指如果执行机构不工作的一段弹道。

收稿日期: 2012-03-02; 修回日期: 2012-04-23

基金项目: 海军大连舰艇学院科研发展基金

作者简介: 黄义(1978—), 男, 安徽人, 博士, 讲师, 从事舰炮火控系统及战斗使用研究。

### 2 射击误差和射击观测

#### 2.1 射击误差

根据舰炮使用一维弹道修正弹工作原理, 射击误差主要包括预测误差和修正误差。预测误差指火控设备预测如果修正机构不工作的落点误差, 主要包括雷达测量外弹道坐标误差、我舰状态误差、不开环状态弹道系数误差和气象误差等。其中, 我舰状态误差是指摇摆角测量误差和航速航向测量误差, 由于雷达测量外弹道坐标是相对量, 需要由火控设备进行坐标转换和弹迹滤波; 所以, 我舰状态误差影响外弹道坐标精度。修正误差指修正机构的工作误差, 主要包括阻力环张开时间误差<sup>[4]</sup>和开环状态弹道系数误差。

#### 2.2 射击观测

射击校正需要通过射击观测获取误差值, 舰炮使用一维弹道修正弹射击误差的获取较传统无控弹困难。如图 2 所示,  $O$  点为发射点;  $OX$  表示射击方向;  $P$  点为目标(或提前点);  $C$  点为实际的修正执行机构工作的观测落点;  $S_n$  点为火控设备根据雷达测量的一段弹道坐标, 预测修正执行机构不工作的落点;  $C_n$  点为假设修正执行机构不工作的实际落点。向量  $C_n S_n$  即为火控设备预测如果修正机构不工作的落点误差, 由于无法获取  $C_n$  点位置, 所以, 预测误差  $C_n S_n$  无法直接获取。 $S_n P$  为预期的修正量;  $C_n C$  为实际修正量, 修正误差为  $(C_n C - S_n P) = (C_n S_n - CP)$ , 其中, 误差  $CP$  可以通过射击观测获取。

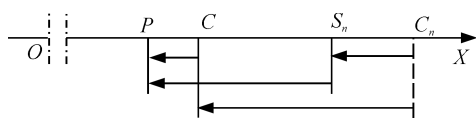


图 2 预测误差和修正误差示意图

### 3 射击校正方法

根据舰炮使用一维弹道修正弹射击原理、误差组成和射击观测特点, 笔者提出通过修正产生修正指令所依据的射程修正量来校正预测误差和修正误差的射击校正方法。假设可以获取  $C_n$  点位置, 火控设备先将预测修正机构不工作的落点与目标(或提前点)偏差作为射程修正量, 再对射程修正量进行修正, 如图 2 所示, 修正值  $\Delta K$  为

$$\Delta K = -C_n S_n - (C_n S_n - CP) = -2 \times C_n S_n + CP \quad (1)$$

目标(或提前点)相对落点偏差  $CP$  可以通过射击观测获取, 为解决预测误差  $C_n S_n$  无法直接获取的问题, 可分 2 步进行校正, 第 1 步校正目标(或提前

点)相对落点偏差, 第 2 步校正预测误差。具体方法:

第 1 步, 发射  $n$  发弹, 逐发观测落点, 求出目标(或提前点)相对落点偏差, 取其平均值作为式 (1) 中的  $CP$ , 用来修正后续射弹的射程修正量;

第 2 步, 再发射  $n$  发弹, 逐发观测落点, 求出目标(或提前点)相对落点偏差, 取其平均值作为式 (1) 中的  $-2 \times C_n S_n$ , 用  $\Delta K = -2 \times C_n S_n + CP$  修正后续射弹的射程修正量。

### 4 弹道模型

一维弹道修正弹预测修正机构不工作的落点及根据射程修正量形成修正指令采用的弹道模型<sup>[4-5]</sup>为:

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = -C \cdot H(y) \cdot G(V) \cdot (V_x - W_x) \\ \frac{dV_y}{dt} = -C \cdot H(y) \cdot G(V) \cdot V_y - g \\ \frac{dy}{dt} = V_y \\ \frac{dx}{dt} = V_x \\ V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \end{cases} \quad (2)$$

式中:  $C$  为弹道系数, 阻力环闭合状态和张开状态取不同的值, 空气密度函数  $H(y) = \frac{\rho}{\rho_{0N}} = \frac{\pi(y)}{\pi(y)} \frac{\tau_{0N}}{\tau(y)}$ ;  $\tau$  为虚温;  $y$  为弹道高, 气压函数  $\pi(y) = p(y)/p_{0N}$ ,  $G(V) = 4.737 \times 10^{-4} \cdot c_{0N}(Ma) \cdot V$ ,  $Ma = V/c_s$ ,  $c_s = 20.047\sqrt{\tau}$ ;  $W_x$  为纵风;  $V$  为弹丸在弹道切线方向上的速度;  $V_x$  和  $V_y$  为  $V$  在水平和垂直方向上的速度分量。

### 5 仿真

以某型一维弹道修正弹为例, 对射程 35 km、纵深为 100 m 的目标射击, 按文中方法分 2 步进行射击校正, 每一步均取 4 发弹的偏差平均值, 校正后再发射 100 发炮弹, 采用 Monte-Carlo 法仿真 10 000 次。雷达测距误差均值和均方差为 10 m, 测角误差均值和均方差为 1.0 mrad; 舰艇摇摆角测量误差均值和均方差为 1.0 mrad, 舰艇航速测量误差均值和均方差为 0.8 节, 舰艇航向测量误差均值和均方差为 1.0 mrad; 阻力环打开时间误差均值和均方差为 1 ms; 弹道系数误差均值和均方差为标准值的 0.5%; 虚温误差均值和均方差为 0.1°K, 气压误差均值和均方差为 0.01  $p_{0N}$ 。