

doi: 10.7690/bgzdh.2018.05.002

# 一维弹道修正弹多发同时弹着火控新算法

黄 义, 黄景德, 由 佳

(海军大连舰艇学院舰炮系, 辽宁 大连 116018)

**摘要:** 为满足一维弹道修正弹对目标快速猛烈打击的需要, 利用一维弹道修正弹阻力环调节射击距离和弹丸飞行时间的能力, 建立一种单炮多发同时弹着火控新算法。以弹丸飞行时间最短为原则, 确定最后一发弹的飞行时间与射角, 依次计算倒数下一发弹的飞行时间与射角, 并进行仿真验证。仿真结果表明: 该算法具有可行性, 对提高一维弹道修正弹快速打击能力具有重要意义。

**关键词:** 一维弹道修正弹; 单炮多发同时弹着; 火控算法

**中图分类号:** TP391.92 **文献标志码:** A

## New Fire Control Arithmetic on MRSI of 1 Dimensional Trajectory Correction Projectile

Huang Yi, Huang Jingde, You Jia

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

**Abstract:** To meet the requirements of quick and violent attack target, establish the new fire control arithmetic of multiple rounds simultaneous impact (MRSI) by using 1 dimensional trajectory correction projectile drag ring to adjust the range and flying time. The shortest fly time principle was selected, the flying time and firing angle of the last projectile was calculated at first, and then the flying time and firing angle of reciprocal next projectile were calculated. The simulation results show that e new arithmetic is feasible and it is valuable to improve the ability of gun to attack quickly.

**Keywords:** one dimensional trajectory correction projectile; MRSI; fire control arithmetic

### 0 引言

一维弹道修正弹是采用阻力修正原理进行距离修正, 以提高纵向密集度的一种新型有控弹药<sup>[1]</sup>。与传统无控弹药相比, 其具有高精度、高效费比的优点。除密集度提高之外, 一维弹道修正弹还可以通过增加不同的射程扩展量与控制阻力环不同时刻张开, 实现单炮多发同时弹着, 这种射击方法提高了火力密度, 被誉为“战斗力倍增法”。

对于发射可变装药炮弹的火炮, 通过改变初速和射角比较容易实现单炮多发同时弹着<sup>[2]</sup>。笔者研究的一维弹道修正弹为固定装药, 关于单炮多发同时弹着方面的研究较少。文献[3-4]研究了一维弹道修正弹单炮多发同时弹着火控技术, 提出让阻力环最早时刻打开, 弹丸飞行时间最长, 作为首发弹的飞行时间; 但这种方法弹丸飞行时间长, 不能满足快速打击目标的迫切需要, 且弹丸飞行时间长修正误差增大<sup>[5]</sup>, 射击精度降低。为满足一维弹道修正弹对目标快速猛烈打击的需要, 笔者提出一种新的单炮多发同时弹着火控算法。

### 1 一维弹道修正弹多发同时弹着模型

#### 1.1 一维弹道修正弹工作原理

笔者研究的一维弹道修正弹采用阻尼方式进行射程修正, 射击时在提前点基础上增加射程扩展量进行射击诸元计算, 以实现预定落点远于目标, 发射后舰载雷达实时测量一段弹道参数, 火控计算机进行弹道滤波, 推算落点<sup>[6]</sup>, 求出与提前点偏差, 解算射程修正量, 通过控制阻力环适时张开, 增加飞行阻力, 实现“打远修近”, 提高纵向密集度<sup>[7]</sup>。

#### 1.2 一维弹道修正弹多发同时弹着模型

一维弹道修正弹多发同时弹着的数学模型为:

$$\left. \begin{aligned} X &= f(\theta_i, T_{ki}) & (i=1, 2, \dots, n) \\ \Delta T &= t_{fi} - t_{f(i+1)} & (i=1, 2, \dots, n-1) \\ f(\theta_i, T_{ki=0}) &= X + \Delta X_i & (i=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中:  $n$  为同时弹着的发数;  $i$  为先后发射弹丸的序号;  $X$  为目标距离;  $\theta_i$  为第  $i$  发弹的射角;  $T_{ki}$  为第  $i$  发弹的开环时间;  $t_{fi}$  为第  $i$  发弹的飞行时间;  $\Delta T$  为火炮发射间隔;  $f(\theta_i, T_{ki=0})$  为射角  $\theta_i$  时阻力环不打开

收稿日期: 2018-03-29; 修回日期: 2018-04-11

作者简介: 黄 义(1978—), 男, 安徽人, 博士, 讲师, 从事舰炮火控及作战使用研究。

的射击距离； $\Delta X_i$  为第  $i$  发弹的射程扩展量。每一发弹的射程扩展量、射角、开环时间、弹丸飞行时间均不同，修正后射击距离相同，相邻两发弹飞行时间之差等于火炮发射间隔，飞行时间长的先发射。

## 2 一维弹道修正弹多发同时弹着火控算法

在满足式(1)的约束条件下，在一维弹道修正弹最大修正能力内，理论上可以有无穷多个不同的射程扩展量(若射程扩展量相差极小)用来计算射角。只要控制阻力环打开时间不同，即可修正到同一射程上。不同的射程扩展量和阻力环打开时间，对应的弹丸飞行时间不同<sup>[8]</sup>。

最后一发弹应该选择弹丸飞行时间最短的方案，理由是：其一，弹丸飞行时间短，意味着从发现目标到打击目标的时间短，满足火力快速反应的急需，尤其是舰炮对岸火力支援时；其二，开环后弹丸飞行时间短，修正误差对落点精度影响小。为提高火力快速打击能力，以弹丸飞行时间最短为原则，笔者提出一维弹道修正弹单炮多发同时弹着火控算法流程：首先计算确定能够实现的同时弹着发数，然后计算最后一发弹的射角和弹丸飞行时间，再依次计算倒数下一发的射角和弹丸飞行时间。算法流程如图 1 所示。

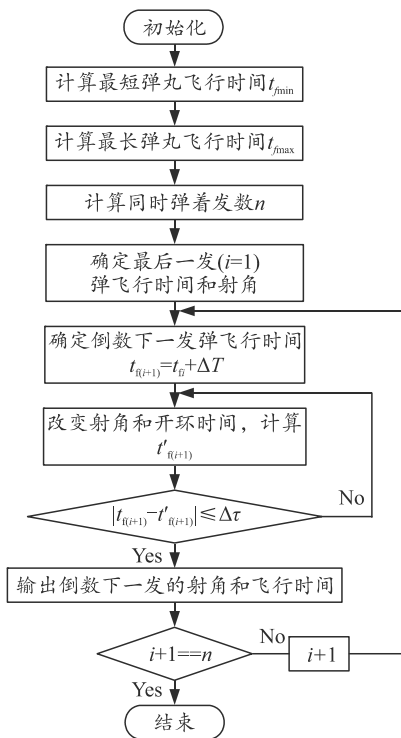


图 1 单炮多发同时弹着火控算法流程

### 2.1 确定同时弹着发数

同时弹着发数的计算公式为

$$n = \frac{t_{f_{\max}} - t_{f_{\min}} + \Delta \tau}{\Delta T} \quad (2)$$

式中： $n$  为右侧公式取整确定同时弹着的发数； $t_{f_{\max}}$  为射程等于射击距离的弹道中弹丸飞行时间最大值； $t_{f_{\min}}$  为射程等于射击距离的弹道中弹丸飞行时间最小值； $\Delta \tau$  为同时弹着的时间精度； $\Delta T$  为发射间隔。

以某型一维弹道修正弹为例，某射角不同开环时间对应的弹丸飞行时间如图 2 所示。从图中可见：弹丸飞行时间与开环时间并不是单调的，即并不是开环时间越早，弹丸飞行时间越长；但是，打开阻力环时间最晚，飞行时间最短。

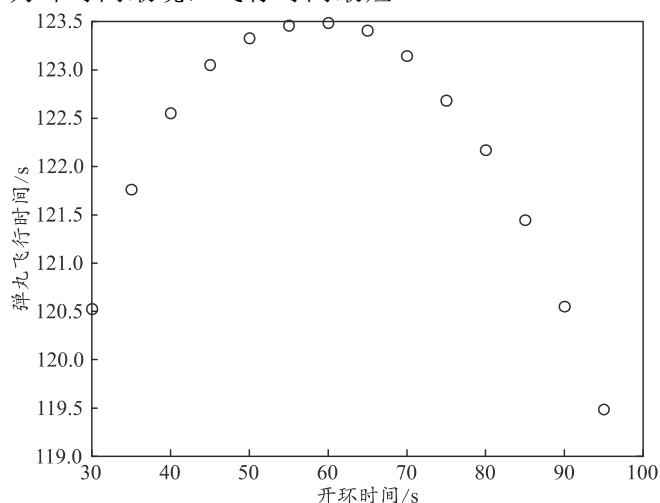


图 2 开环时间和弹丸飞行时间的关系

### 2.2 确定最后一发弹飞行时间和射角

最后一发弹应该增加最小的射程扩展量计算射角，根据目标距离计算打开阻力环的时间，这样弹丸飞行时间最短，记为  $t_{f_{\min}}$ 。

### 2.3 确定倒数下一发弹飞行时间和射角

按  $t_{f(i+1)} = t_{f_i} + \Delta T (i=1, 2, \dots, n-1)$  确定倒数下一发弹飞行时间。增大射角，如果目标距离在某射角不同开环时刻对应的射程范围内，则该射角为下一发弹的射角。

## 3 仿真算例

笔者应用文中建立的一维弹道修正弹单炮多发同时弹着火控算法，开发计算软件，仿真计算某型一维弹道修正弹在标准弹道气象条件下，对射距为 30、35 km 的目标实施单炮多发同时弹着射击的射角和弹丸飞行时间如表 1、2 所示。

参考文献:

[1] 向前芳. 基于不确定性的可信度评估方法及其应用研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2015: 1-6.

[2] 叶庆, 汪亚夫, 邵立, 等. DSP 预警卫星探测能力评估[J]. 光电工程, 2010, 37(6): 65-72.

[3] 郑玉军, 田康生, 陈果, 等. 基于灰色 AHP 的反导预警雷达作战效能评估[J]. 装备学院学报, 2016, 27(1): 111-115.

[4] 闫利军, 吴彩鹏, 孙玉杰, 等. 基于模糊 AHP 和证据理论的混合决策模型[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(18): 232-236.

[5] 张琳, 刘婧文, 王汝传, 等. 基于改进 D-S 证据理论的信任评估模型[J]. 通信学报, 2013, 34(7): 167-173.

[6] 高会生, 朱静. 基于 D-S 证据理论的网络安全风险评估模型[J]. 计算机工程与应用, 2008, 44(6): 157-168.

[7] WANG C, ZHANG Y K. Network Security Situation Evaluation Based on Modified D-S Evidence Theory [J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2014, 19(5): 409-416.

[8] QU Z Y, LI Y Y, LI P. A Network Security Situation Evaluation Method Based On D-S Evidence Theory[C]. Environmental Science and Information Application Technology (ESIAT), 2010 International Conference. 2010: 496-499.

[9] SHAFER G. A mathematical theory of evidence [M]. Princeton: Princeton University Press, 1976: 21-50.

[10] 杨露菁. 多源信息融合理论与应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006: 52-59.

[11] 段新生. 证据理论与决策、人工智能[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 1993: 13-34.

[12] 叶清, 吴晓平, 刘玲艳. 基于 BP 神经网络的 D-S 证据理论及其应用[J]. 海军工程大学学报, 2007, 19(2): 63-67.

[13] 吴晓平, 叶清, 刘玲艳. 基于改进的 BP 网络的 D-S 证据理论及其应用[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(8): 158-161.

[14] SUN R, HUANG H Z, Miao Q. Improved information fusion approach based on DS evidence theory [J]. Journal of Mechanical Science & Technology, 2008, 22(12): 2417-2425.

[15] 胡磊, 李昊, 闫世强, 等. 导弹预警卫星探测效能评估指标体系构建[J]. 空军预警学院学报, 2014, 28(2): 97-99.

[16] 齐照辉, 刘雪梅, 梁伟. 基于证据理论的导弹对抗防御雷达作战效能评估方法[J]. 系统工程理论与实践, 2010, 30(1): 173-177.

[17] 李斌, 陈以, 韩元杰. 模糊证据理论综述[J]. 兵工自动化, 2005, 24(3): 79-81.

[18] 刘永安, 程哲, 徐保国. 信息融合的 D-S 证据理论综述 [C]//2007 中国控制与决策学术年会论文集, 沈阳: 东北大学出版社, 2007: 626-633.

[19] SUN Q, YE X Q, GU W K. A New Combination Rule of Evidence Theory[J]. Acta Electronica Sinica, 2000, 28(8): 117-119.

[20] 陈炜军, 景占荣, 袁芳菲, 等. D-S 证据理论的不足及其数学修正[J]. 中北大学学报(自然科学版), 2010, 31(2): 161-168.

[21] 王品, 尚朝轩, 韩壮志. 改进的证据组合方法[J]. 探测与控制学报, 2016, 38(1): 76-80.

\*\*\*\*\*

(上接第 7 页)

表 1 目标距离 30 km 同时弹着情况

炮弹	射角/(°)	飞行时间/s
第 1 发	29.0	73.2
第 2 发	26.1	68.2
第 3 发	—	—

表 2 目标距离 35 km 同时弹着情况

炮弹	射角/(°)	飞行时间/s
第 1 发	44.0	103.9
第 2 发	41.1	98.9
第 3 发	38.2	93.9

4 结论

水面舰艇装备的火炮数量有限, 单炮多发同时弹着射击能够有效提高火力密度, 对提高舰炮打击能力具有重要的意义。目前, 关于舰炮单炮多发同时弹着的研究较少, 笔者建立了一种单炮多发同时弹着火控算法, 仿真验证了算法的可行性, 可为后续研究提供参考。

参考文献:

[1] 王中原, 史金光, 李铁鹏. 弹道修正中的控制算法[J]. 弹道学报, 2011, 23(2): 19-21, 27.

[2] 谢黎焱, 廖瑞, 王雪琴. 信息化条件下单炮多发同时弹着研究[J]. 指挥控制与仿真, 2009, 31(4): 30-32.

[3] 黄义, 汪德虎, 汪江川. 舰炮发射一维修正弹多发同时弹着研究[J]. 弹箭与制导学报, 2012, 32(5): 127-129.

[4] 刘剑威, 王海川. 增程修正弹单炮多发同时弹着火控技术研究[J]. 指挥控制与仿真, 2012, 34(1): 70-73, 77.

[5] 黄义, 汪德虎, 杨绍清. 舰炮一维修正弹校正诸元误差和预测误差试射[J]. 指挥控制与仿真, 2015, 37(1): 120-123.

[6] 黄义, 汪德虎, 王建明. 舰载跟踪雷达测量弹道修正弹坐标转换模型[J]. 兵工自动化, 2012, 31(8): 3-5.

[7] 李元生, 陈礼国. 舰炮一维弹道修正弹校射方法研究[J]. 弹道学报, 2016, 28(2): 25-28.

[8] 柏迅, 魏志芳, 李瑞静, 等. 基于蒙特卡罗法的枪弹弹头外弹道散布特性分析[J]. 兵工自动化, 2017, 36(5): 54-56.