

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.04.004

某大口径炮射弹药最大射程角的研究

郑江华, 胡振华, 张忠虎, 朱朝岗

(重庆嘉陵特种装备有限公司 技术中心, 重庆 400032)

摘要: 为确定某大口径炮射弹药的最大射程角及其与初速度的关系, 采用解外弹道方法进行研究。给出了弹丸在直角坐标系中以时间 t 为自变量的运动方程组, 在 MATLAB\SIMULINK 中建立了上述方程组模型, 计算了射程角为 $50^\circ \sim 55^\circ$ 时的射程, 拟合了射程与射程角的关系曲线, 给出了上式关系曲线的等式方程。并计算了该炮射弹药在一系列不同初速下的最大射程角, 拟合了最大射程角与初速的关系曲线, 从拟合的曲线可以看出: 最大射程角随着初速的增加而增加。实际结果证明, 该方法具有方便、快捷的优点。

关键词: 炮射弹药; 射程; 发射角

中图分类号: O313.2 **文献标志码:** A

Research on Maximum Range Angle of Certain Type Large Caliber Cartridge

Zheng Jianghua, Hu Zhenhua, Zhang Zhonghu, Zhu Chaogang

(Technology Center, Chongqing Jialing Special Equipment Co., Ltd., Chongqing 400032, China)

Abstract: For researching the relationship between the ranges and the range angles of certain type large caliber cartridge, research it with the way of solving exterior ballistic. Giving the movement cartridge controlling equations under right angle reference systems, which takes t as the independent variable, and also sets up its model based on MATLAB\SIMULINK software, then calculates the ranges which belongs to the range angles range $50^\circ \sim 55^\circ$, drafts the curve relation between the ranges and the range angles. Calculate the range angles in different muzzle velocities, and also draft the curve relation between range angles and muzzle velocities. From the curve, it shows that the maximum range angle is increased when muzzle velocity is higher. The test result shows the method is convenient and easy.

Keywords: cartridge; range; range angle

0 引言

弹道可由弹道系数 C 、初速 v_0 和射程角 θ_0 3 个参量确定。由于空气阻力的复杂影响, 弹道的最大射程角随枪炮弹丸及初速的不同差异较大, 大口径高初速远程炮弹最大射程角的大致范围为 $50^\circ \sim 55^\circ$ ^[1]。最大射程角可以通过外弹道试验方法和解外弹道方程确定。由于外弹道试验方法成本高, 笔者采用成本低、操作方便的解外弹道方法来确定最大射程角, 并研究最大射程角与初速度的关系。

1 弹丸质心运动方程组

在直角坐标系中弹丸质心运动方程组见式(1)^[2]:

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= -CH(y)F(v) - g\sin\theta \\ \frac{d\theta}{dt} &= -g\cos\theta/v \\ \frac{dy}{dt} &= v\sin\theta \\ \frac{dx}{dt} &= v\cos\theta \end{aligned} \right. \quad (1)$$

式中: C 为弹道系数, 通过在 FLUENT 中建模、仿真、计算, 得到该榴弹的弹道系数为 0.411 81; $H(y)$ 为空气密度函数, 可查表; $F(v)$ 为阻力函数, 可以查表; g 为重力加速度; v 为弹丸的外弹道速度。

2 最大射程角的确定

在 MATLAB\SIMULINK 中, 建立弹丸质心运动方程组模型^[3], 对某一特定的炮射弹药, 弹道系数 C 为定值, 可以通过改变 v_0 、 θ_0 的值来确定最大射程角与初速的关系。

以 0.5° 为间隔, 在 $50^\circ \sim 55^\circ$ 的初始射角范围内, 初始条件取为: 当 $t=0$ 时, $x=0$, $y=0$, $v_0=900$ m/s, 得到的初始射角与射程的计算结果见表 1。

表 1 外弹道计算结果

初始射角/(°)	射程/m	初始射角/(°)	射程/m
50	29 340	53	29 239
50.5	29 344	53.5	29 192
51	29 340	54	29 134
51.5	29 328	54.5	29 068
52	29 307	55	28 991
52.5	29 278		

收稿日期: 2010-12-09; 修回日期: 2011-01-05

作者简介: 郑江华 (1982—), 男, 重庆人, 硕士, 助理工程师, 从事弹药总体与毁伤研究。

对表 1 的数据进行样条拟合处理, 得到图 1 所示的拟合样条曲线。

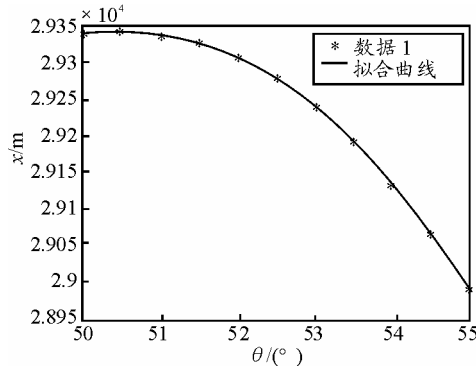


图 1 射程与射程角的二阶拟合曲线

当 $50^\circ \leq \theta \leq 55^\circ$, 对表 1 的数据进行 2 次阶样条拟合, 拟合方程见式 (2)。

$$x = -17.953\theta^2 + 1815.9\theta - 16572 \quad (2)$$

通过对式 (2) 求一阶导数, 并令等式右边为 0, 可以求得当 $\theta = 50.5737^\circ = 50^\circ 34' 42''$ 时, 射程 y 具有最大值 29346 m; 故可以确定当初速为 900 m/s 时, 弹药的最大射程角为 $50^\circ 34' 42''$ 。

3 初速与最大射程角的关系

研究初速与最大射程角的关系, 是通过计算最大射程角在相应的初速下得到的, 表 2 给出了该弹初速为 850~1200 m/s 之间的最大射程角。

表 2 初速与最大射程角的对应值表

初速 $v/(m \cdot s^{-1})$	最大射程角 $\theta/(\circ)$	初速 $v/(m \cdot s^{-1})$	最大射程角 $\theta/(\circ)$
850 ~ 880	50	980 ~ 990	52.5
890 ~ 900	50.5	1000 ~ 1020	53
910 ~ 930	51	1030 ~ 1090	53.5
940 ~ 950	51.5	1100 ~ 1160	54
960 ~ 970	52	1170 ~ 1200	54.5

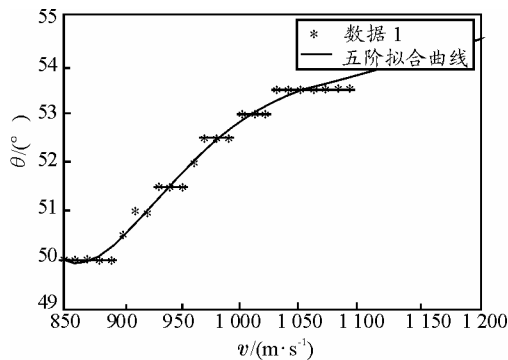


图 2 速度与射程角的五阶拟合曲线

对表格 2 的数据进行拟合处理, 得到图 2 所示

的初速与射程角五阶拟合曲线、等式 (3) 的五阶的拟合方程。

由图 2 可见, 该口径高初速弹药的最大射程角与初速有关, 初速越高, 射程角越大。

$$\theta = -1.0466 \times 10^{-11} v^5 + 5.5471 \times 10^{-8} v^4 - 0.000117 v^3 + 12303 v^2 - 64.294 v + 13413 \quad (3)$$

通过式 (3) 可以求出任一给定初速所对应的最大射程角。

4 结束语

实践结果证明, 该方法能应用到实践中, 具有方便、快捷的优点。

参考文献:

- [1] 实用弹道学[M]. 太原: 中北大学.
- [2] 浦发. 外弹道学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1980.
- [3] 曾军令, 侯保林. 一种用于大口径火炮的气液弹射式输弹机[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(1): 6-9.
- [4] MATLAB 教程及实训[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

(上接第 9 页)

在某条航路完成第一次射击诸元计算后, $I(A)$ 、 $\bar{t}_{mf}^{(i)}$ 和 $t_f^{(i)}$ 的初值为上次迭代结束后相应值。

4 仿真及结果

利用 25 mm 和 57 mm 高炮射表数据进行了仿真分析, 弹道及气象条件为标准条件, 目标运动规律假定为匀速直线运动, 运动速度在 50~600 m/s 范围内。仿真结果为: 用式 (8) 计算得到的 $I(A)$ 与用定义式得到的值之间的误差一般在 $10^{-4} \sim 10^{-2}$ 之间, 2 种计算方法可以达到几乎相同的收敛速度。对于相遇点距离变化率绝对值在 600 m/s 之内的运动目标, 当限定迭代精度 $\varepsilon = 10^{-4} s$ 时, 一般迭代 2 次即可。

5 结束语

在计算快速迭代法特征值 $I(A)$ 时, 该方法巧妙地利用 $I(A)$ 的物理意义, 用平均速率法近似计算炮弹末速度, 具有简单有效的特点。

参考文献:

- [1] 张传富. 虚拟高炮训练仿真系统的设计与实现[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2002.