

基于激光制导技术的仿真计算研究

刘洲洲

(西安航空学院, 陕西 西安 710077)

摘要:激光制导技术作为一种机载精确制导方式是在 20 世纪六十年代中期开始发展起来的。文章主要介绍激光制导技术的工作原理,对激光制导技术的弹道进行分析解算,给出基于激光制导的运动方程并根据其运动方程进行弹道仿真,以期达到有效提高装备反干扰能力之目的。然后通过对激光制导技术的优势劣势分析以及对其弹道的仿真分析和误差分析,较准确地对其弹道进行分析和解算,从而得出在不同的数据,对激光制导技术的研究具有极其重要的意义。

关键词:激光制导;解算;龙格-库塔法;仿真

中图分类号:TJ765.4+3

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)08-0197-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.08.050

Research on Simulation Computing Based on Laser-guided Technique

LIU Zhou-zhou

(Xi'an Aeronautical College, Xi'an 710077, China)

Abstract: As an airborne precision guided weapons, laser-guided bomb technique began to be developed in the mid-1960s. Mainly introduce the working principle of laser-guided bomb technique, the trajectory of which is analyzed and computed, give the moving equation and the trajectory simulation is conducted to achieve the goal of efficiently enhancing the anti-interference ability for device. Then through the advantage and disadvantage analysis of laser-guided bombs, and analysis of simulation and error analysis for the trajectory, the trajectory is analyzed and computed precisely, obtaining the conclusion that researching the laser-guided bomb technique under different data has extremely important significance.

Key words: laser-guided bomb; solution; Runge-Kutta methods; simulation

0 引言

激光制导技术^[1-3] 载机借助于“激光目标指示器”,把激光束投射到目标上,激光束在目标表面产生漫反射,有一部分激光反射到接收器,被它的“寻的器”捕获,目标被锁定,控制系统进行分析换算,再引导、控制其飞行舵调整航向,直至命中目标,一举将“敌”摧毁,实现精确打击。

文章建立基于激光制导技术的运动方程。利用龙格-库塔法,分别以初速度为变量、以航迹角为变量、以高度为变量、以航向角为变量对基于激光制导的技术进行仿真,并对仿真结果进行分析。

1 基于激光制导技术的运动方程

其在空间的运动一般看成可控制的具有 6 个自由度的运动。根据其动力学方程以及运动学方程,可以

得到其运动方程组。

忽略地球的旋转运动和地球曲率;忽略重力加速度随飞行高度的变化;忽略炸弹性形变和旋转部件的影响;简化后的六自由度运动方程如下:

$$\left\{\begin{aligned}\frac{dv}{dt} &= \frac{Q}{m} - g\sin\theta \\ \frac{d\theta}{dt} &= \frac{Y}{mv} - \frac{g\cos\theta}{v} \\ \frac{d\Psi}{dt} &= -\frac{Z}{mv\cos\theta} \\ \frac{dx}{dt} &= v\cos\theta\cos\Psi \\ \frac{dy}{dt} &= v\sin\theta \\ \frac{dz}{dt} &= -v\cos\theta\sin\Psi\end{aligned}\right. \quad (1)$$

其中: Q 为阻力, Ψ 为航向角, Y 为升力, v 为速度,

收稿日期:2012-11-03

修回日期:2013-03-06

网络出版时间:2013-04-22

基金项目:陕西省自然科学基金资助项目(2011K09-16)

作者简介:刘洲洲(1981-),男,博士研究生,研究方向为嵌入式 SOC 设计和系统仿真。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130422.1727.055.html>

Z 为侧向力, t 为时间, θ 为航迹角, m 为质量(作用在弹体上的总空气动力 R 沿速度方向可分解为阻力 Q 、升力 Y 和侧向力 Z ^[4])。

2 龙格-库塔 (Runge-Kutta) 方法原理

龙格-库塔 (Runge-Kutta) 方法是一种在工程上应用广泛的高精度单步算法^[5]。龙格-库塔法具有精度高, 收敛, 稳定(在一定的条件下), 计算过程中可以改变步长, 不需要计算高阶导数值等优点^[6]。最常用的龙格-库塔公式是取 $p = 4$, 其迭代格式为:

$$y_{n+1} = y_n + \frac{1}{6}(K_1 + 2K_2 + 2K_3 + K_4)$$

$$K_1 = hf(x_n, y_n)$$

$$K_2 = hf(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{K_1}{2})$$

$$K_3 = hf(x_n + \frac{h}{2}, y_n + \frac{K_1}{2})$$

$$K_4 = hf(x_n + h, y_n + K_3)$$

3 基于激光制导技术的仿真实现

1) 弹道系数 C 。

$$C = \frac{id^2}{q} \times 10^3$$

式中 $q = 216.5 \text{ kg}$, $d = 0.299 \text{ cm}$, $i = \frac{C_{x0}}{C_{x0}}, C_{x0} = 0.16$,

$C_{x0} = 0.659$ 。

可以得到: $C = 0.10165$

2) 虚拟温度 τ 。

$$\tau = \tau_{\text{ON}} - G \times (H - y)$$

其中, $\tau_{\text{ON}} = 288.4 \text{ K}$, $G = 5.682 \times 10^{-3}$

3) 比重函数 $H_\tau(y)$ 。

$$H(y) = \frac{\gamma}{\gamma_{\text{ON}}} = \frac{h}{h_{\text{ON}}} \times \frac{\tau_{\text{ON}}}{\tau}, \text{ 而 } \frac{h}{h_{\text{ON}}} = (1 - \frac{G}{\tau_{\text{ON}}}y)^{\frac{1}{RG}}$$

其中, $R = 29.27$, 所以

$$H(y) = [1 - \frac{G}{\tau_{\text{ON}}}(H - y)]^{\frac{1}{RG}} \frac{\tau_{\text{ON}}}{\tau}$$

可以得到:

$$H_\tau(H - y) = H(h - y) \times \sqrt{\frac{\tau_{\text{ON}}}{\tau}} = [1 - \frac{G}{\tau_{\text{ON}}}(H - y)]^{\frac{1}{RG}} \sqrt{\frac{\tau_{\text{ON}}}{\tau}}$$

4) 空气阻力函数 $G(v_\tau)$ 。

$$G(v, a) = 4.737 \times 10^{-4} \times v \times C_{x0}(\frac{v}{a})$$

可以得到:

$$G(v_\tau) = G(v, a) \sqrt{\frac{\tau_{\text{ON}}}{\tau}} = 4.737 \times 10^{-4} \times v \times$$

$$C_{x0}(\frac{v}{a}) \sqrt{\frac{\tau_{\text{ON}}}{\tau}}$$

5) 阻力系数 $C_{x0}(\frac{v}{a})$ 。

根据 1969 年阻力定律表做如下近似

$$C_{x0}(\frac{v}{a}) = \begin{cases} 0.6 & \frac{v}{a} < 0.8 \\ \frac{v}{a} - 0.1 & 0.8 \leq \frac{v}{a} \leq 1.2 \end{cases}$$

其中, $a = 20.047 \times \sqrt{\tau}$

4 基于激光制导技术的仿真结果

目前激光半主动制导技术使用较多的是速度追踪导引法^[7]。

对其弹道进行分析解算, 给出运动方程并根据其运动方程进行弹道仿真。得出俯冲角、时间、高度、射程等数据, 使得能够比较准确对其弹道进行计算, 为提高作战效能提供依据。在不同的投放条件下, 分别以初速度为变量、以航迹角为变量、以航向角为变量, 采用四阶龙格-库塔法仿真弹道。

图 1、图 2 在初始条件速度 $v(0) = 750 \text{ m/s}$ 的条件下, 运动到水平面时刻, X 轴运动距离为 $2.8349 \times 10^4 \text{ m}$, 通过仿真得到的运动时间为 37.792 s 。而初始条件速度 $v(0) = 1000 \text{ m/s}$ 条件下, 在水平面时刻, X 轴运动距离为 $3.7800 \times 10^4 \text{ m}$, 通过仿真得到的运动时间为 37.793 s 。

图 3、图 4 的航迹角 $\theta(0) = 15^\circ$ 时, 运动时间为 62.45 s , 落点坐标为 $(4.5256 \times 10^4, 0)$ 。航迹角 $\theta(0) = -5^\circ$ 时, 运动时间为 31.65 s , 落点坐标为 $(2.3651 \times 10^4, 0)$ 。

图 5、图 6 当航向角 $\psi(0) = 15^\circ$ 时, 在三位坐标系中向以固定角度 $\psi(0) = 15^\circ$ 在 X 轴方向向左偏, 运动时间为 37.80 s , 在 X 轴方向向左偏 $2.7389 \times 10^4 \text{ m}$, 此时落点的坐标为 $(2.7389 \times 10^4, 7.3372 \times 10^3, 0)$ 。而航向角 $\psi(0) = 0^\circ$ 的条件下, 在 XY 平面内运动, 轴运动距离为 $2.8349 \times 10^4 \text{ m}$, 通过仿真得到的运动时间为 37.792 s , 此时落点的坐标为 $(2.8349 \times 10^4, 0, 0)$ 。

图 7、图 8 速度 $v(0) = 750 \text{ m/s}$, 航迹角 $\theta(0) = 0^\circ$, 航向角 $\psi(0) = 0^\circ$, 高度 $y(0) = 7000 \text{ m}$ 条件下在水平面时刻 $V = 836.7773 \text{ m/s}$ 。随着时间的增加, 航迹角 θ 逐渐负方向增大。速度 $v(0) = 750 \text{ m/s}$, 航迹角 $\theta(0) = 0^\circ$, 航向角 $\psi(0) = 0^\circ$, 高度 $y(0) = 7000 \text{ m}$ 条件下, 其在水平面时刻 $\theta = -0.4588$ 。

通过对运动和动力学微分方程进行求解, 使得能够较准确地对其弹道进行分析和解算, 得出在不同俯冲角下速度、时间、高度、射程等数据, 可以得出其结

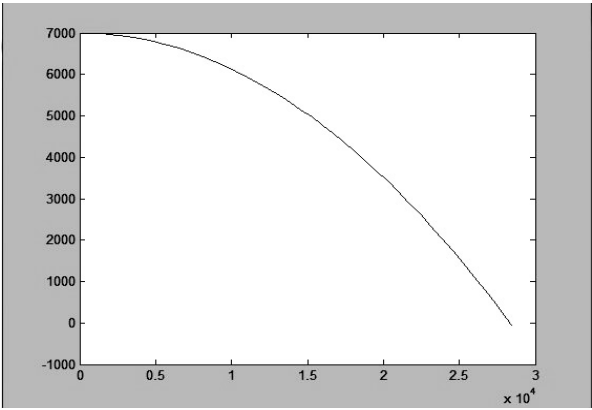


图 1 $v(0) = 750\text{m/s}$ 的弹道仿真

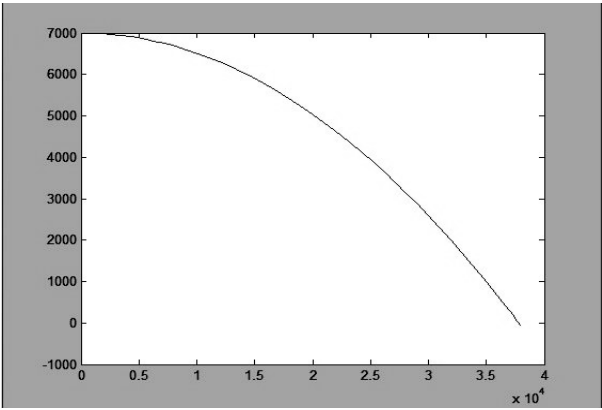


图 2 $v(0) = 1000\text{m/s}$ 的弹道仿真

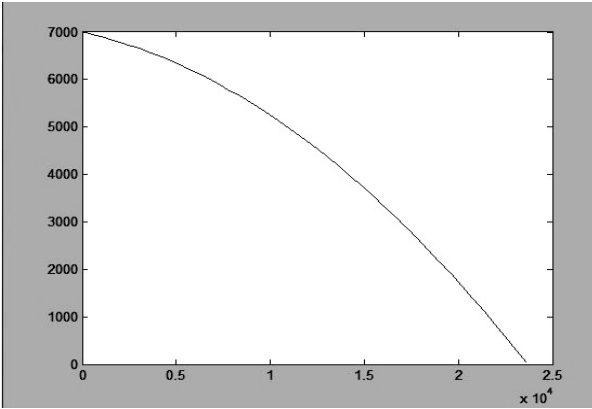


图 3 航迹角 $\theta(0) = -5^\circ$ 的弹道仿真

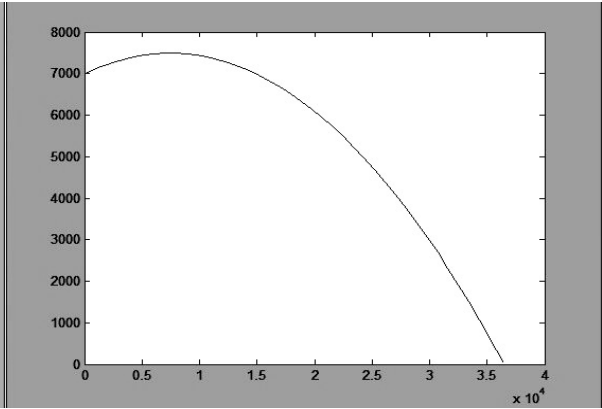


图 4 航迹角 $\theta(0) = 15^\circ$ 的弹道仿真

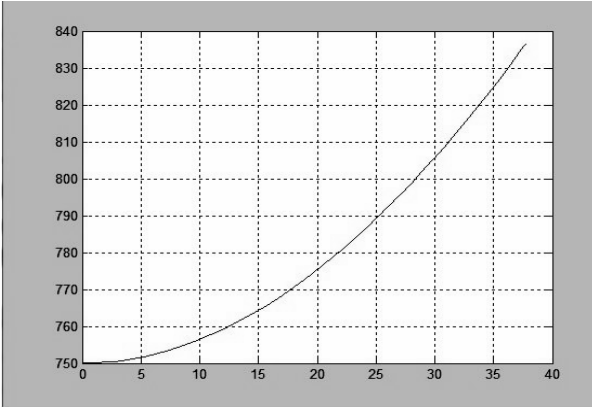


图 5 时间与速度大小弹道仿真

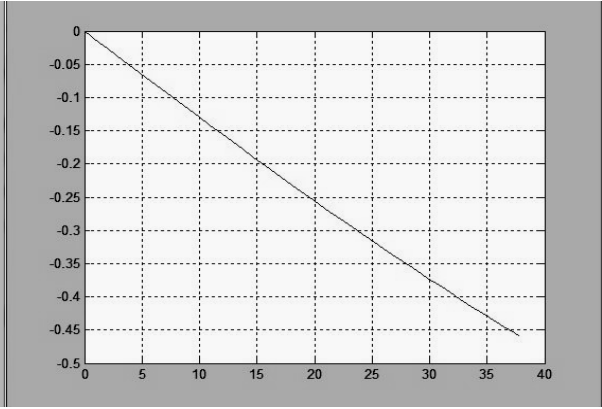


图 6 时间与航迹角弹道仿真

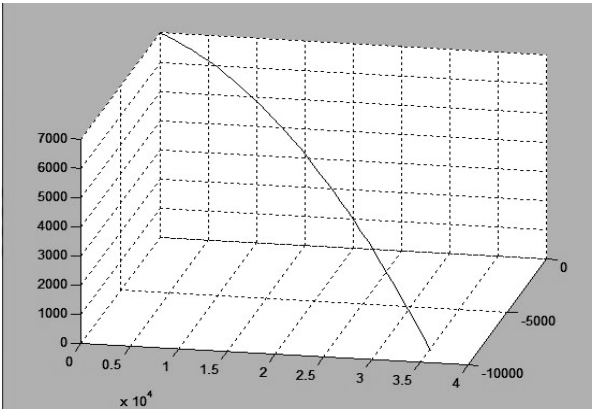


图 7 航向角 $\psi(0) = 15^\circ$ 弹道仿真

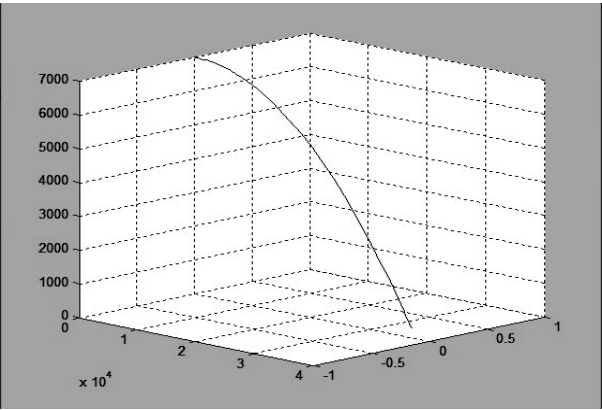


图 8 航向角 $\psi(0) = 0^\circ$ 弹道仿真

的效果,并且后期具有很强的可扩展性(例如可以定位病人的地理位置^[11])。

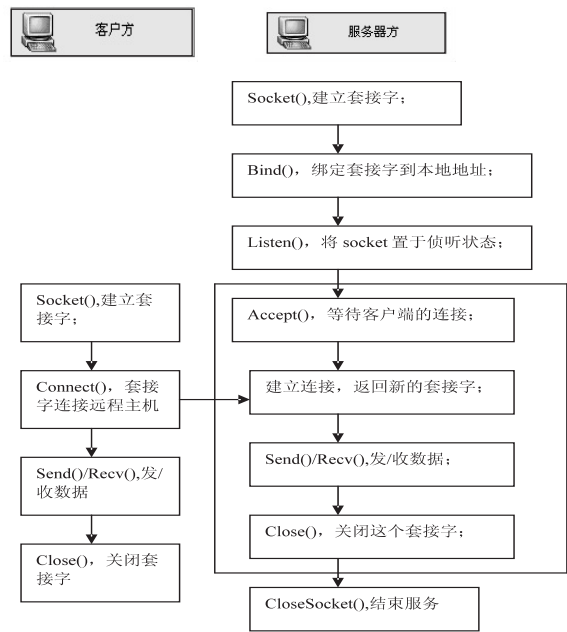


图 3 套接字编程

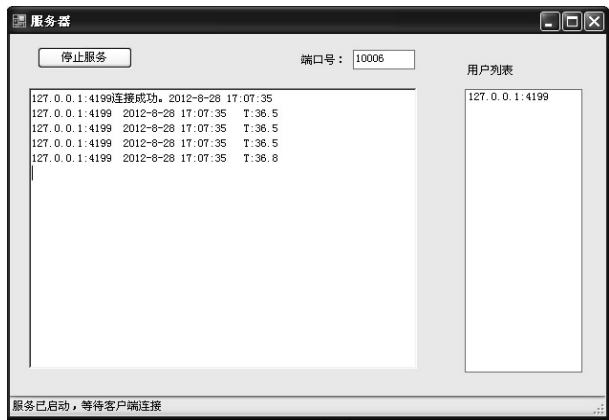


图 4 服务器端界面

该系统体现着科技关怀生命的人本精神,结合了现实的场景特殊性,在医疗改革中必然会体现出独到的优势。

参考文献:

[1] 吴 敏,童家乐. 零距离医学模式-远程医疗[J]. 中国中医药现代远程教育,2004(2):9-11.

[2] Lehr W, McKnight L W. Wireless Internet Access: 3G vs. WiFi? [J]. Telecommunications Policy, 2003, 27(5-6): 351-370.

[3] Ghribi B, Logripo L. Understanding GPRS: the GSM packet radio service [J]. Computer Networks, 2000, 34(5): 763-779.

[4] Iera A, Molinaro A. Making a mesh router/gateway from a smartphone: Is that a practical solution? [J]. Ad Hoc Networks, 2011, 9(8): 1414-1429.

[5] 王新志,柯福阳,赵显富. 基于 Visual C# 的全站仪与 Windows Mobile 通信技术[J]. 测绘通报, 2012(7): 91-94.

[6] 何华国,孙士兵. 基于 GS1011 的无线远程医疗监控系统的研究[J]. 数字技术与应用, 2011(6): 49-51.

[7] 鲍 晶. 无线 Ad Hoc 网络技术探讨[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(7): 201-203.

[8] 雷 远,熊建设,赵晓慧. 基于 Wi-Fi 的无线传感器网络设计与研究[J]. 现代电子技术, 2009(18): 192-194.

[9] 曾松伟,刘敬彪,周乔娣,等. GPRS 在远程医疗监护系统中的应用研究[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(8): 1947-1949.

[10] 江 红,余青松. C#. NET 程序设计教程[M]. 北京:清华大学出版社, 2010.

[11] 周 晴,白礼彬,鲍远律. 基于 SMS 和 Windows Mobile 的手持式地理信息汇报系统[J]. 计算机系统应用, 2010(6): 25-28.

(上接第 199 页)

果。比较符合实际^[8]

5 结束语

国外开展基于激光制导技术的研究工作已有二十多年。根据不同任务及攻击不同目标,研究了不同的激光照射方式及不同的投放方式。激光制导技术自问世以来已历经数次战争的检验,其优越性也越来越受到人们的关注,激光制导技术研究具有重要的意义。

参考文献:

[1] 高晓光. 航空军用飞行器导论[M]. 西安:西北工业大学出版社, 2004.

[2] 刘 魁,张 安. 激光制导炸弹投放域计算方法研究[J]. 火箭与制导学报, 2009, 29(6): 225-227.

[3] 李卫丽,严洪森,张维琴. 风干扰下某型导弹的弹道仿真[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(1): 246-249.

[4] 林亚军,周晓光,谷树山. 某型飞机飞行训练模拟器的设计与实现研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(3): 226-229.

[5] 陈新庚,马长生,孙文涛. 基于 Vega 的导弹防御仿真系统研究[J]. 计算机仿真, 2011, 28(1): 59-62.

[6] Nielson G M, Hangen H, Mculler H. Scientific Visualization [M]. Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1997: 23-28.

[7] Stob W K, Wu D T K. Industry low-coat inertial guidance system development [P]. USA: ADA-092606 OrAGARD-CP-292, 1999.

[8] Litun Industries. LN-200fiber Optic Inertial Measurement Unit [P]. California, USA, 2001.

基于激光制导技术的仿真计算研究

作者：[刘洲洲, LIU Zhou-zhou](#)

作者单位：[西安航空学院, 陕西 西安, 710077](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

ISTIC

年, 卷(期): 2013(8)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201308050.aspx