

航空炸弹风扰动脉冲修正*

张松兰¹, 刘晓利²

(1. 盐城工学院 电气与信息工程学院 江苏 盐城 224003 2. 南京理工大学 动力工程学院 江苏 南京 210094)

摘 要 根据非平静大气下弹箭运动方程组, 针对航弹在风影响作用下产生的落点散布, 采用脉冲修正方式对航弹落点偏差进行风校正。根据同一冲量在不同时刻作用所产生的不同修正能力, 分析了修正时机的选取, 并对常值风弹道进行了二维修正。

关键词 风 散布误差 脉冲量 弹道修正

中图分类号 E932.3

文献标识码 A

文章编号 1671-532X(2005)02-0019-03

炸弹飞行中受到风的影响作用, 会造成实际飞行弹道与理论标准弹道存在差异, 从而造成落点散布。弹道风校正就是要在飞行弹道上对风扰动产生的弹道偏差进行修正, 以改善地面密集度, 提高命中精度。

1 修正方法简介

修正量的计算方法可分为求差法和微分法两种。

求差法就是分别用标准条件和实际条件下的炸弹运动微分方程进行数值积分求出弹道诸元, 然后用实际条件的弹道诸元减去相应标准条件下的弹道诸元, 所求得的差就为该弹道诸元的修正量, 此方法准确性高, 本文采用求差法计算修正量。

例如 炸弹的射程主要是 c_x 、 c_y 、 v_0 、 H 、 θ_0 5 个参量的函数(其中分别 c_x 、 c_y 、 v_0 、 H 、 θ_0 为阻力系数、升力系数、初速、高度和弹道倾角), 若考虑到所有影响射程的其他因素, 可以写成如下关系式:

$$A = A(c_x, c_y, v_0, H, \theta_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n) \quad (1)$$

式中 $\lambda_1, \lambda_2, \dots$ 表示除 $c_x, c_y, v_0, H, \theta_0$ 以外的与射程有关的参量, 比如风速。

假设各参量的增量为 $\Delta c_x, \Delta c_y, \Delta v_0, \Delta H, \Delta \lambda_1, \Delta \lambda_2, \dots, \Delta \lambda_n$ 则非标准条件下的射程为:

$$A_1 = A(c_x + \Delta c_x, c_y + \Delta c_y, v_0 + \Delta v_0, H + \Delta H, \theta_0 + \Delta \theta_0, \lambda_1 + \Delta \lambda_1, \lambda_2 + \Delta \lambda_2, \dots, \lambda_n + \Delta \lambda_n) \quad (2)$$

用求差法得到炸弹射程的修正量为:

$$\Delta A = A_1 - A \quad (3)$$

微分法就是近似地用诸参量的增量代替全微分公式中的微分, 弹道诸元也用其增量代替微分, 而得到微分法修正公式。

如射程的全微分为:

$$dA = \frac{\partial A}{\partial c_x} dc_x + \frac{\partial A}{\partial c_y} dc_y + \frac{\partial A}{\partial v_0} dv_0 + \frac{\partial A}{\partial H} dH + \frac{\partial A}{\partial \theta_0} d\theta_0 + \frac{\partial A}{\partial \lambda_1} d\lambda_1 + \frac{\partial A}{\partial \lambda_2} d\lambda_2 + \dots + \frac{\partial A}{\partial \lambda_n} d\lambda_n$$

用增量代替微分得到射程的微分修正公式:

$$\Delta A = \frac{\partial A}{\partial c_x} \Delta c_x + \frac{\partial A}{\partial c_y} \Delta c_y + \frac{\partial A}{\partial v_0} \Delta v_0 + \frac{\partial A}{\partial H} \Delta H + \frac{\partial A}{\partial \theta_0} \Delta \theta_0 + \frac{\partial A}{\partial \lambda_1} \Delta \lambda_1 + \frac{\partial A}{\partial \lambda_2} \Delta \lambda_2 + \dots + \frac{\partial A}{\partial \lambda_n} \Delta \lambda_n \quad (4)$$

式中 $\frac{\partial A}{\partial c_x}, \frac{\partial A}{\partial c_y}, \frac{\partial A}{\partial v_0}, \frac{\partial A}{\partial H}, \frac{\partial A}{\partial \theta_0}, \frac{\partial A}{\partial \lambda_1}, \frac{\partial A}{\partial \lambda_2}, \dots, \frac{\partial A}{\partial \lambda_n}$ 叫做对射程的修正系数。

类似, 可得到炸弹飞行时间的微分修正公式和对飞行时间的修正系数。

$$\text{其中 } \frac{\partial A}{\partial c_x}, \frac{\partial A}{\partial c_y}, \frac{\partial A}{\partial v_0}, \frac{\partial A}{\partial H}, \frac{\partial A}{\partial \theta_0}, \frac{\partial T}{\partial c_x}, \frac{\partial T}{\partial c_y}, \frac{\partial T}{\partial v_0}, \frac{\partial T}{\partial H}$$

* 收稿日期 2005-04-28

作者简介: 张松兰(1973-), 女, 安徽怀宁人, 南京理工大学硕士研究生, 盐城工学院助教。

$\frac{\partial T}{\partial \theta_0}$ 叫做主要修正系数,其他修正系数可以由此导出。

2 脉冲修正风扰动落点散布

2.1 修正方式选择

二维修正一般采用两种方式修正弹道,即脉冲修正和气动力修正。对于弹道修正来说,不同的弹道偏差测量系统、不同的稳定方式以及不同的弹道修正执行机构等都对应不同的弹道修正模式。简易控制方式又主要分两类(1)通过改变气动外形来改变弹丸所受到的气动力实现弹道修正,例如利用阻尼环、绕流片或舵等方式(2)利用脉冲发动机的脉冲推力改变速度大小和方向实现修正。

考虑到简易性以及体积成本等问题,弹丸的结构应越简单越好,而且利用阻尼环修正只能修正打远的射程而不能修正打近的射程。因而本文采用脉冲修正的方式。

2.2 修正时机的选择

利用脉冲发动机产生的控制力,改变炸弹飞行的攻角和速度,从而改变其射程,实现射程修正。而对于某一扰动产生的射程偏差在不同时刻作用同样的法向力,其修正的射程偏差量会有所不同:修正时刻越晚,其修正能力越弱。从修正能力这方面来说,越早修正,所需的修正力越小,宜越早修正越好;然而在后续弹道上还会存在风的影响,为了取得较好的修正效果应该越晚修正越好,这就存在一个选择修正时机问题。

下面讨论某一纵风产生的射程偏差量,在不同时刻修正所需的冲量。图 1 为一纵风产生的射

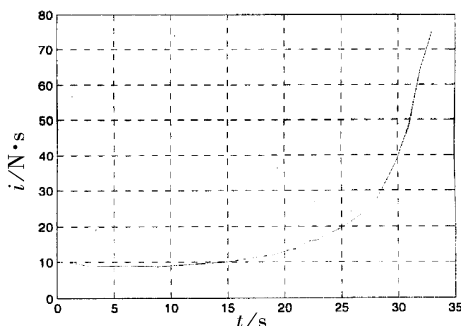


图 1 在不同时刻修正所需的脉冲量

Fig.1 the needed impulse corrected at the different time

程偏差量在不同时刻修正所需的冲量图。由该图可看出:在开始飞行的前 15 s 左右修正所需的冲

量基本相同,在 15 s 到 25 s 这一阶段冲量增大不是很明显,而在 30 s 以后冲量值显著上升。这说明在前 15 s 修正所需的脉冲力大致相同,而在 30 s 以后所需的控制力明显增大,因此要利用较小的脉冲取得较好的修正效果,应该在 25 s 前实施修正,但是,考虑到要最大可能的减小修正后各种扰动产生的误差则应该越晚修正越好。因此,要以较小的脉冲取得较好的修正效果,应该将修正时刻放在 25 s。

由于同一射程偏差在不同时刻修正需要的脉冲不同,而且同一冲量在不同时刻修正,其修正能力是不同的。由此,可以设计固定大小的脉冲,通过调节修正时刻来达到修正目的。为了增强对不同偏差的修正能力,或者说放宽对修正时刻的限制,可以将脉冲设计成若干档,这里选择 25 N·s 进行分析计算。在修正过程中修正时机的选择原则为:在考虑修正能力的同时(越早修正,修正能力越好),兼顾实际飞行中后续弹道中存在的纵风,也就是说修正时刻尽量靠后;另外,对于比较小的偏差量,尽量减小修正次数。

2.3 仿真方案和仿真结果

文献[3]给出了关于非平静大气中飞行器全量形式的运动方程组,本文不再赘述。

应用文献[3]中方程组,对高度为 5 000 m、投弹速度(水平)为 220 m/s 的炸弹在飞行中遇到的纵风在 -30 ~ 30 m/s 之间变化,横风均为 10 m/s 的弹道利用 MATLAB 语言进行修正计算。计算结果见表 1,图 2 ~ 图 3 为纵风 30 m/s、横风 10 m/s 的射程修正和侧偏修正曲线。

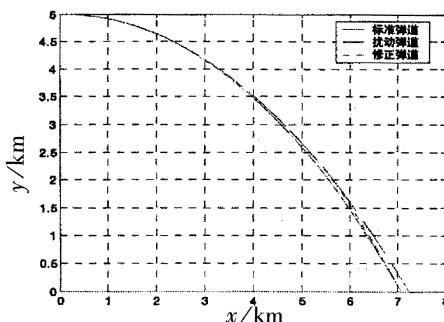


图 2 射程修正曲线

Fig.2 range correction curve

3 结论

(1) 尽管横风均为 10 m/s,不同的纵风风向对侧偏的影响也不同,纵向顺风使侧偏量减小,纵向逆风使侧偏量增大,且风速值越大,影响也越强;

表 1 弹道修正结果表

Table1 the results of the trajectory correction

纵风/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	弹道偏差/m		修正时刻/s		修正后的射程和侧偏	
	ΔX	ΔZ	纵向	横向	$X'(\text{m})$	$Z'(\text{m})$
30	169.3	51.46	25/27	27	7 081.33	- 1.85
20	119.5	53.68	25/31	27	7 071.47	0.84
10	73	56	27.5	27	7 071.07	- 0.6
5	37.8	57.27	31	27	7 074.43	2.06
- 5	- 38.3	60.16	30.5	28	7 077.4	- 2.11
- 10	- 78.1	61.5	26.5	28	7 077.07	5.97
- 20	- 165.4	64.79	25/27.5	28	7 074.36	5.3
- 30	- 265.3	68.32	22/26/28.5	28	7 077.63	5.73

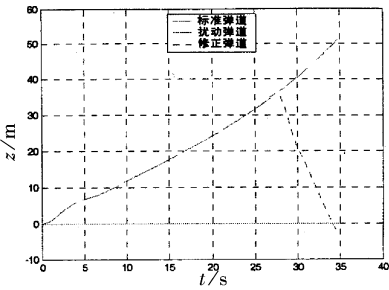


图 3 侧偏修正曲线

Fig.3 slide leaning correction curve

同样大小的纵向顺风 and 逆风 ,逆风对射程的影响比顺风大 ,因而逆风的修正时刻次数比顺风多且修正时刻也提前 ;

(2)在横风较小时 ,纵向顺风不论是 30 m/s 还是 5 m/s ,横向修正时刻均为 27 s ,纵向逆风不论是 - 30 m/s 还是 - 5 m/s ,横向修正时刻均为 28 s ,这由于横风较小 ,引起的侧偏较小 ,修正时刻也靠后 ,对射程的影响较小 ,横风较大时 ,这一规律不一定成立。

参考文献 :

[1] 浦发 ,薛晓中 ,程予生 .航空炸弹弹道学 [M].北京 :中国人民解放军空军后勤部军械部 ,1986 .
[2] 谭凤岗 .弹道修正弹的概念研究 [J].弹箭技术 .1998 (4) :1 - 10 .
[3] 肖业伦 .飞行器运动方程 [M].北京 :航空工业出版社 ,1987 .

Impulse Effect on the Wind Corrected Bomb

ZHANG Song - lan¹ ,LIU Xiao - li²

(1 .School of Electronics and Telecommunication ,Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224003 ,China)
(2 .Collgeg of Power Engineering ,Nanjing University of Science and Technodgy , Jiangsu Nanjing 210094 ,China)

Abstract :According to the motion equation in the non - quietude atmosphere , the authors calculate the dispersions of bomb on the effect of the wind have adopt and the pattern of the impulse correction . By the different correction capacities caused by the different applied forces , the analyzen choice of the impulse time and perform the corrections based on the constant wind two - dimension corrections .

Keywords :wind ;dispersion errors ;impulse ;ballistic correction