

非标准气象条件弹道偏差的自动修正

张喜斌¹, 陈学江², 杨宝强¹, 陶景成³

(1. 空军工程大学 训练部, 陕西 西安 710051; 2. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 3. 93601 部队, 山西 大同 037006)

摘要:针对某型机瞄准具存在的问题,研制的轰炸性能改进装置对非标准气象条件弹道自动修正电路进行了改进。重点阐述了弹道修正原理工作式的建立、修正电路的设计及其与瞄准具的交联关系。

关键词:瞄准具;非标准气象条件;弹道;炸弹标准落下时间

中图分类号:V246;TP212 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2003)03-0020-03

目前,某型机火控系统轰炸弹道计算^[1]是按标准气象条件进行的,且假定目标处在海平面。但实际投弹时,目标往往不在海平面,有时既使在海平面,但大气参数又远远偏离标准值。尤其是当飞机到高原地区作战时,大气条件:如温度、压力、密度等与标准气象条件相差太大,因而投弹后炸弹的运动轨迹与火控系统的计算轨迹不同,弹着点误差较大,难以准确命中目标。因此,对气象条件不标准引起的弹着点偏差加以修正,是非常重要的。基于此,在研制“某型机瞄准具轰炸性能改进装置”时,对非标准气象条件下弹道的自动修正进行了研究,建立了数学模型,并设计了电路^[2],其原理和方法可移植到其它相近机型火控系统中。

1 修正原理

影响炸弹运动的大气参数是:目标点气温 t_0 , 气压 P_0 以及温度梯度 G 。由于某型机投弹高度较低(低于 3 000 m), 温度梯度不标准对弹着点的影响很小,可以不予考虑。目标点气温、气压不标准时,大气密度 ρ 发生变化,从而使炸弹在运动轨迹上的每一点上所受空气阻力发生变化。

弹道改变,弹着点产生误差。由于炸弹标准落下时间 T_H 是炸弹在运动中所受空气阻力大小的特征数,因而通过适当的方法,可将大气密度对阻力的影响折算到炸弹标准落下时间 T_H 上,即通过适当地修正 T_H , 可使瞄准具的计算弹道与非标准气象条件下的实际弹道近似重合。

图 1 中弹道 I 表示在非标准大气条件下由高度 H 、空速 V_0 、俯攻角 λ_0 及标准炸弹落下时间 T_H 所确定的弹道;弹道 II 表示在标准大气条件下由相同投弹条件和等效标准落下时间 T'_H 所确定的弹道。要使这两条弹道完全相同,即弹道上各对应点诸元都相等,两条弹道上的阻力加速度必须对应相等,即 $J = J'$ 。假定 A 点高度为 y , 由 J 的表达式得: $C'H(y)F(v) = CH'(y)F(v)$ 。故 $C'\frac{H'(y)}{H(y)}C = \frac{\gamma'(y)}{\gamma(y)}C$ 。式中: C 为弹道系数; c' 为等效弹道系数,分别与 T_H 、 T'_H 相对应; $H(y)$ 为密度函数; $\gamma(y)$ 为 A 点的大气密度。

令 $K = \frac{\gamma'(y)}{\gamma(y)}$, 则 $C' = KC$ 。由于 $\gamma'(y) = \frac{13.6}{R\tau'(y)}h_0e^{-\frac{1}{k}}\int_0^y \frac{1}{\tau(y)}dy$ 。积分可得 $\gamma'(y) = \frac{13.6}{R(\tau_0 - GY)}h_0(1 - \frac{G}{\tau_0}Y)^{\frac{1}{k}}$; 同理 $\gamma(y) = \frac{13.6}{R(\tau_{0N} - GY)}h_{0N}(1 - \frac{G}{\tau_{0N}}Y)^{\frac{1}{k}}$ 。由 $\gamma'(y)$ 与 $\gamma(y)$ 相除可得:

收稿日期:2002-03-07

基金项目:军队科研基金资助项目(KJ98016)

作者简介:张喜斌(1967-)男,吉林东丰人,讲师,博士生,主要从事装备可靠性研究。

$$k = \frac{\gamma'(y)}{\gamma(y)} = \frac{\tau_{0N}}{\tau_0 H_{0N}} \left[\frac{1 - Gy/\tau_0}{1 - Gy/\tau_{0N}} \right]^{\frac{1}{Rg} - 1} \quad (1)$$

式中: τ_{0N} 、 h_{0N} 分别为海平面标准大气虚拟温度和气压; τ_0 、 h_0 分别为目标点的大气虚拟温度和气压; G 为温度梯度; R 为气体常数。由于

$$T_H = 20.197 + bc \quad (2)$$

$$T'_H = 20.197 + bc' = 20.197 + (T_H - 20.197)K$$

可见,当目标点的气温、气压偏离海平面标准值时,可根据 τ_0 、 h_0 的数值,按式(1)、(2)计算出等效标准落下时间 T'_H ,再用 T'_H 计算弹道参数,就可对气象条件不标准引起的弹道偏差加以修正。

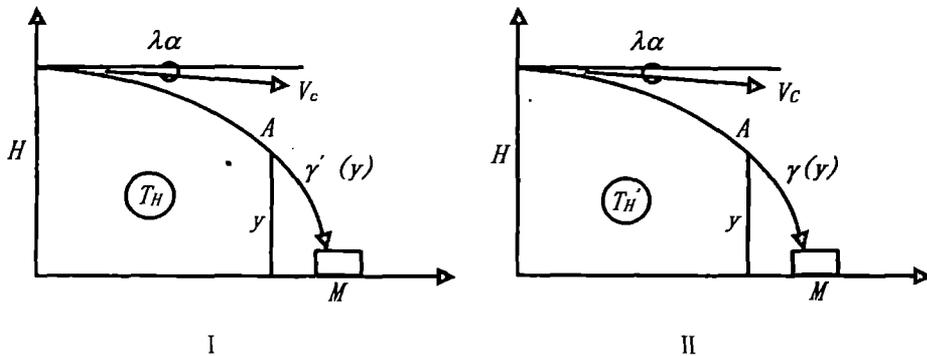


图1 弹道曲线

2 工作式的建立

由于该型机瞄准具采用 CCIP 瞄准原理,用电子模拟运算电路计算超越角来确定弹着点位置,炸弹标准落下时间按弹型选定,无法改变,因而要修正非标准气象条件下的弹道,只有首先计算 $\Delta T_H = T_H - T'_H$ 值,通过修正超越角直接改变显示弹着点位置才能实现。同时,为了便于与瞄准具交联,简化系统结构,仍采用电子模拟运算电路来完成工作式的解算。为此,在建立工作式时,依据尽可能提高精度,同时要易于实现,以简化电路,降低成本,提高可靠性的原则,采用优化设计计算方法进行了大量反复计算和比较。具体过程如下:

2.1 建立 ΔT_H 工作式

即对前述 T_H 的理论计算公式(1)、(2)进行简化。基本方法是:首先根据实际使用可能出现的情况,取不同的 τ_0 、 h_0 、 y 组合,按公式(1)计算出系数 K ,获得 K 的离散函数。然后对该离散函数进行分析处理,由于该型机投弹高度小于 3 000 m, y 对系数 K 的影响较小,故将 y 的影响取平均值,这样就将 K 处理为 τ_0 、 h_0 两个变量的函数,结果为

$$K = ch_0/\tau_0 \quad (3)$$

$$\Delta T_H = (T_H - 20.197)(K - 1) \quad (4)$$

2.2 建立 $\Delta\psi$ 工作式

由于弹道点的位置与炸弹标准落下时间 T_H 及投弹高度 H 、速度 V_c 、俯攻角 λ_α 相关,因而即使等效标准落下时间变化量 ΔT_H 一定,但投弹条件不同时, ΔT_H 对弹着点的影响,即引起的超越角变化量 $\Delta\psi$ 仍不一样。为此,首先根据实际使用的可能性和常用投弹条件,计算出 $\Delta\psi$ 的值,得到一个数据量很大的离散函数 $\Delta\psi = f(H, h, V_c, \lambda_\alpha, \Delta T_H)$;然后,采用最小二乘法对此离散函数进行处理,得到便于实现的工作式:

$$\Delta\psi = (\alpha_1 + \alpha_2 \lambda_\alpha + \alpha_3 V_c + \alpha_4 H) \Delta T_H \quad (5)$$

式(3)、(4)、(5)就是修正该型飞机非标准气象条件弹道的工作式。式中: C , $\alpha_1 \sim \alpha_4$ 均为系数,采用优化计算方法得到。按上述工作式计算,对气象条件不标准引起的弹着点偏差的修正误差一般小子 5 m,修正率达 90% 以上,满足给定的技术要求。

3 工作式的解算及其与瞄准具的交联

弹道修正工作式的解算采用模拟电路^[3]完成,为便于部队维修使用,在保证运算精度的前提下,元器件

的选用尽量与瞄准具一致。为了将上述计算结果 $\Delta\psi$ 引入瞄准具中,使瞄准具按公式 $\psi' = \psi + \Delta\psi$ 构成非标准气象条件下的超越角 ψ' ,需将瞄准具轰炸模拟计算机计算出的超越角 ψ 与 $\Delta\psi$ 进行综合计算,该计算由运算放大器组成的加法电路组成。

非标准气象条件弹道修正电路与瞄准具的交联关系如图 2 所示。修正电路从瞄准具模拟计算机电缆插头上取得超越角 ψ 、高度 H 、速度 V_c 及俯攻角 λ_a 。信号计算出 $\Delta\psi$,经过综合计算后,又将修正后的超越角 ψ' 通过电缆引入瞄准具头部,使瞄准具超越角伺服系统构成非标准气象条件下的超越角 ψ' ,实现非标准气象条件下弹道的自动修正。开关 K 控制修正电路是否接入瞄准具中。

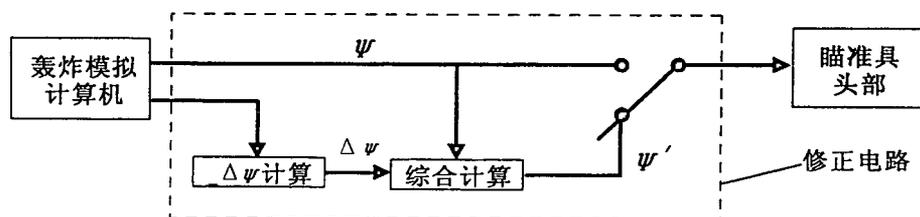


图 2 非标准气象条件弹道修正电路与瞄准具的交联关系

4 结束语

过去某型飞机火控系统没有对气象条件不标准引起的弹道偏差进行修正,另一种型号的飞机虽然可以修正,但方法很简单,即预先根据 t_0 、 h_0 查表计算 T'_H ,然后在火控系统上人工装定 T'_H ,使用烦琐。本文介绍的修正方法与电路,实现了非标准气象条件下弹道的自动修正,与瞄准具交联简单,不改动瞄准具内部电路,具有较高的修正精度。该修正电路作为“某型机瞄准具轰炸性能改进装置”的一个部分,现已装机使用,提高了目标轰炸精度。

参考文献:

- [1] 陆彦. 航空外弹道学[M]. 西安:西北工业大学出版社,1985.
- [2] 何立民. MCS-51 系列单片机应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1990.
- [3] 李华,孙晓民,李红青,等. MCS-51 系列单片机实用接口技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1999.
- [4] 王士元. EBM-PC/XT 接口技术及其应用[M]. 天津:南开大学出版社,1995.

(编辑:姚树峰)

Study on Automatic Correcting of Ballistic Trajectory Windage on the Non-standard Weather Condition

ZHANG Xi-bin¹, CHEN Xue-jiang², YANG Bao-qiang¹, TAO Jing-cheng³

(1. Dept. of Training, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China; 2. The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710051, China; 3. PLA Unit 93601, Datong, Shanxi 037006)

Abstract: Aimed at the existing problem of a certain type of aircraft sight, a bomb performance improved equipment is developed for the ballistic trajectory windage on non-standard weather condition. The establishment of the task formula for the automatic correcting principle of ballistic trajectory windage, the design of the correcting circuit and the connection between that design and the sight are introduced in detail.

Key words: sight; non-standard weather condition; ballistic trajectory; the time of bomb standard downfall