

# 光电经纬仪引导系统的研究与设计

严学东 李贵生

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春130022)

**摘要** 介绍一种根据在靶场靶弹抽校中, 靶弹偏离理论弹道不大的特点, 而研制的经纬仪的引导系统, 具体说明了系统设计所涉及的几方面问题以及软件及硬件的设计, 给出了系统的检测结果。

**关键词:** 光电经纬仪, 计算机, 串行通讯

## 1 前言

光电经纬仪作为对飞行目标进行高精度跟踪测量的一种测量设备, 它的跟踪手段通常有手动跟踪、雷达引导跟踪等。手动跟踪方式, 自动化程度低, 且易操作失败。雷达引导跟踪能达到很好的跟踪效果, 然而系统较大, 研制费用高。操作与维护亦相应要复杂。在靶场常年的靶弹抽样检测中, 在手动跟踪时, 由于导弹在二次点火过程中目标不易识别而常导致跟踪的失败。对此, 我们考虑设计一个小的引导系统, 根据目标每次偏离理论弹道不大的特点, 利用理论弹道实现引导。文中具体的说明了系统软件、硬件的设计, 并在最后给出了系统的检测结果。

## 2 引导仪的任务

### 2.1 引导仪的任务

引导仪的任务, 是根据事先提供的理论弹道数据, 以及靶弹起点坐标、经纬仪的坐标, 在完成视角转换后(换成经纬仪的视角), 在靶弹发射零秒信号到来后, 实时计算出采样点(20c/s)的高低、水平、距离( $E$ 、 $A$ 、 $R$ )值, 据此控制经纬仪, 达到自动按理论弹道跟踪的目的。

### 2.2 引导仪的构成及工作过程概述

引导仪系统, 以 IBM PC 机作主数据处理计算机, 系统的组成框图如图1所示, PC 机与经纬仪微机按高级数据链路协议(HDLC)方式, 进行同步串行通讯, PC 机在20c/s 采样到来后, 通过串行通讯, 将带有方位、高低、水平角度值的信息传送到经纬仪内, 以微机控制经纬仪的角度指向。系统工作时, 理论弹道点数据, 弹平面偏角, 经纬仪站点坐标, 导弹原点坐标等信息以文件形式传给计算机, 在计算机对其预处理后(坐标变换, 视角计算等), 等零秒信号到来后, 实时计算下一采样点(20c/s)的  $A$ 、 $E$ 、 $A'$ 、 $E'$ 、 $R$  值, 并在采样点脉冲到后, 送到经纬仪上, 完成控

制。

### 2.3 引导仪系统设计的技术指标

(1)最大起动延时不大于

100ms

(2)在20c/s 采样点,将插值预估出的  $A$ 、 $A'$ 、 $E$ 、 $E'$ 、 $R$  值按 HDLC 方式送到经纬仪  $A$ 、 $A'$ 、 $E$ 、 $E'$ 、 $R$  的数据格式如协议书所示。

(3)检测并记录零秒与20c/s 延时。

(4)接收经纬仪微机送出的实时输出数据,存贮、并事后打印。

(5)理论弹道可按需要进行选择或修改,并提供正弦引导信息  $A=15\cos(t/3)$ ,供调机使用。

(6)全系统针对实际目标的跟踪精度,定为进行摄影视场25'(至少95%)。

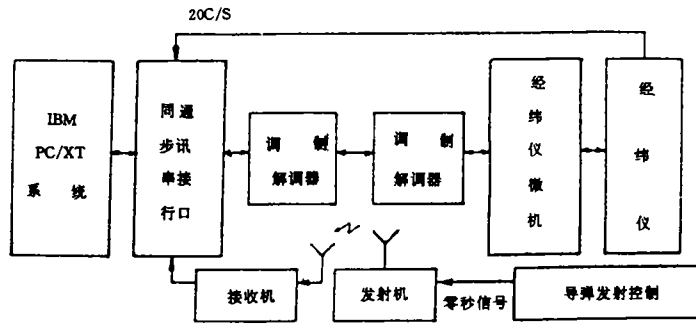


图1 引导仪构成框图

## 3 引导仪系统的实现

针对引导仪的任务,在系统设计中主要涉及以下几方面问题。

### 3.1 关于插值算法的选择问题

根据对靶弹的运动规律分析,靶弹的弹道是一个分段的,类似具有推力的射体飞行轨迹。在插值算法选择时,考虑到靶弹轨迹的分段性,及飞行轨迹的连续性,且要有较高的插值计算精度,我们采用了性能卓越的三次样条插值算法,该插值方法,二次导连续,具有很好的平滑性,分段三次插值有较高的精度(正弦插值30点,  $\Delta A$ 、 $\Delta E < 39''$ ),实验证明,该算法很好的满足了计算的精度要求。

### 3.2 关于计算发送实时性的问题

引导仪起动后,由于采样频率为20c/s,因而计算机的通讯工作及插值预估出  $A$ 、 $E$ 、 $A'$ 、

$E'$ 、 $R$  值的工作,都要在50ms 的时间内完成,这便涉及计算机数据处理的实时性问题,从图2可见,50ms 内用于插值计算的时间只有17ms,在这段时间内完成三次样条插值计算这样的费时程序(秒量级)是不可能的,为此,我采取以下方法:

(1)采用8087协处理器以提高浮点处理的能力。

(2)将数值处理工作进行分离,将一部

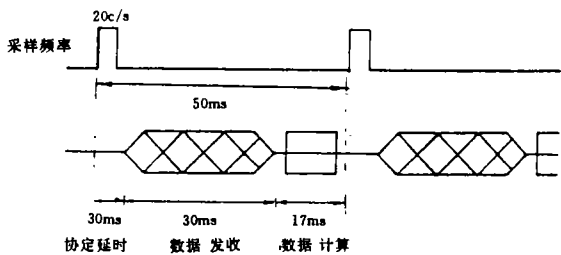


图2 引导计算机在50ms 内的工作内容

分插值计算工作预先完成,把实时计算工作变成计算多项式并进行格式转换的工作。

采用以上方法,实时插值计算程序费时只几个 ms,完全能在17ms 内完成。

### 3.3 关于系统的可靠性问题

采用计算机技术的数字系统,最敏感的一个问题便是系统抗干扰性的问题,干扰串入微机主要有三种渠道:空间干扰、过程通道干扰和供电系统干扰,针对以上干扰源,我们采用以下措施:接地线构成环路、对电源加100μF 电容滤波和每一芯片电源跨接0.01μF 瓷片电容。对前向通道,即20c/s 和零秒信号通道,进行光电隔离。在软件设计份量较大的情况下,软件的复杂程度。直接影响差错的可能性。在设计中我们回避中断嵌套,处于实时状态时程序控制所有系统资源,这样,使软件工作明朗化,从而降低差错的可能,采取如下软硬件多种措施,系统已能正常实现各种功能,达到各项要求。

### 3.4 关于应用软件的界面设计问题

为了使应用软件易于操作,在功能较多的软件上商业软件多采用了菜单技术,以使软件具有友好性。作者亦为该系统单独编制了一个多窗口的具有编辑、选择、数据变换,弹点角度显示,实时运行等多功能选项的下拉式,彩条驱动菜单。

## 4 引导仪的软件、硬件设计

### 4.1 引导仪的硬件电路设计

引导仪计算机与经纬仪微机进行同步串行通讯,接口电路原理图如图3所示:

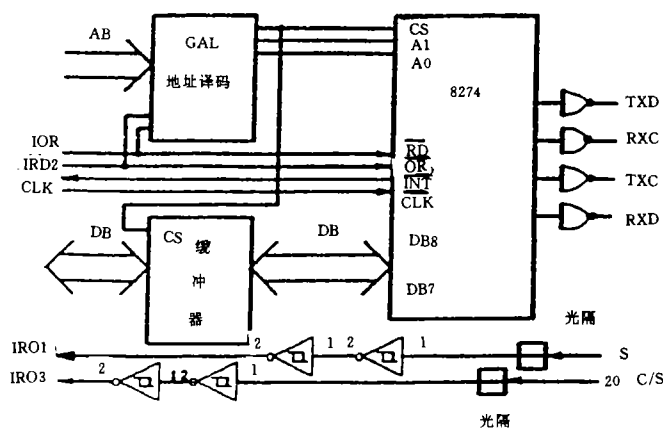


图3 引导仪控制接口原理图

8274作为串行通讯控制器,1488、1489用作 RS-232-C 标准的±12V 和5V 电平之间的变换。

### 4.2 引导仪系统的软件设计

软件设计的主要任务有:坐标变换及三次样条插值函数计算程序、实时发送计算程序、界面程序、测试程序等的设计,整个程序设计尽量体现模块化设计风格,以便于维护、易读。

(1)坐标变换及三次样条插值变换程序设计

该程序的任务,是根据存有理论弹道数据等的文件,进行坐标变换及三次样条插值预处理,形式为  $A(t)$ 、 $E(t)$ 、 $R(t)$  的分段多项式函数,程序框图如图4所示,该程序用 C 语言编制。

(2)实时发送:计算程序设计

该程序完成经纬仪校零、测零秒延时、实时发送计算等功能,程序框图如图5所示。该程序用汇编语言编制。

(3)(关于)系统界面的设计

该程序用 C 语言编制、并建立了菜单函数库,以便于使用与扩充。

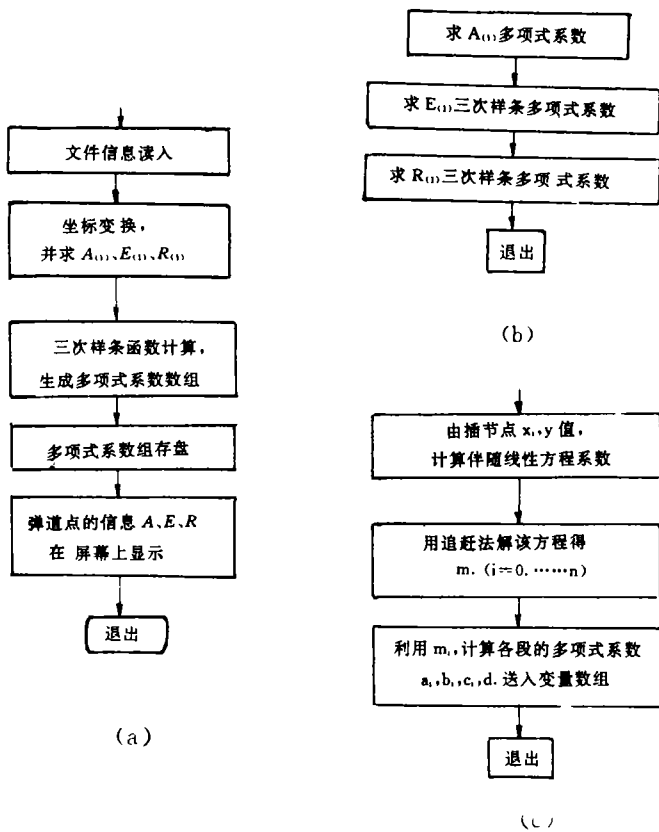


图4 (a)坐标变换及三次样条插值计算程序 (b)三次样条函数计算程序  
(c)三次样条函数计算子程序

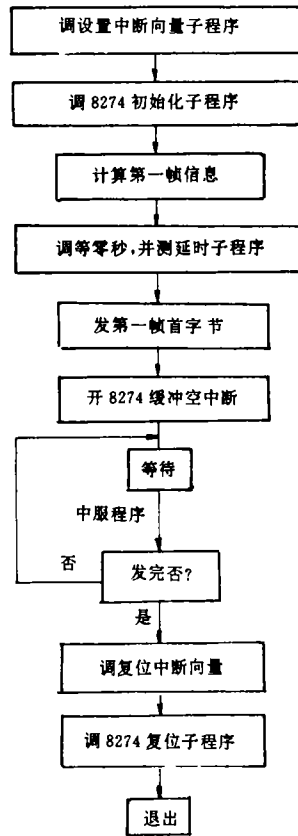


图5 实时发送计算程序

## 5 系统的测试结果

### 5.1 硬件测试

实验表明, 控制卡电路能正确的完成预期的功能。

### 5.2 软件测试

以正弦引导信息  $y=45\cos[1+\cos(t/3)]$  半周内 ( $t<10$ 秒) 插30点作理论弹道, 对引导仪进行比照测试。

三次样条插值精度测试:

以正弦函数  $y=45[\cos(t/3)+1]$  在半周  $t \in [0, 3\pi]$  上插30点, 测试三次样条插值函数精度, 最大误差在边界处  $|\Delta|_{\max}=0.016922 \approx 39''$

### 5.3 整个系统的精度测试

用  $y=45[\cos((t+\Delta)/3)+1]$  作理论弹道进行测试, 可见  $|\Delta-A| < 15'$ ,  $|\Delta E|_{\max} < 15'$ 。

### 5.4 结果分析

由测试可见, 引导仪的数据处理精度在正弦比照测试下为  $\Delta A, \Delta E < 39''$ , 整个系统的跟踪精度为  $\Delta A, \Delta E < 15'$ , 能很好的满足  $25'$  的设计要求。对于其它的设计要求, 也已通过软件

实现完成。

### 参 考 文 献

- [1]易大义,沈云宝,李有法编,计算方法. 杭州:浙江大学出版社,1989
- [2]王福兰等编译,用 C 语言设计屏幕界面技术. 海洋出版社,1992
- [3]沈滇明、赵 镇著,IBM PC/XT 微型计算机电路原理. 成都,四川科技出版社,1987
- [4][美] Richard, Startz 著,IBM PC 8087应用与程序设计. 北京,北京科海培训中心,1991
- [5]徐金格等编译, Turbo C 使用大全, 北京,北京科海培训中心,1990
- [6]沈美明,温冬婵,IBM—PC 汇编语言程序设计. 北京:清华大学出版社,1991
- [7]张载鸿,微型机(PC 系列)接口控制教程. 北京:清华大学出版社,1992
- [8]翟 彬译,微机高级 C 语言调试技术. 北京,北京希望电脑公司,1991
- [9][苏联] S·铁摩辛柯, D·H·杨,高等动力学. 北京,科学出版社,1962

## Study and Design of Leading System Used for Photoelectric Theodolite

Yan Xuedong, Li Guisheng

(*Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,*  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022)

### Abstract

A leading system of the photoelectric theodolite is designed by the specification that the missile deflects not much from the theory rail in the experiment of range. Some problems in the system design, and how to design the software and hardware of the system are discussed. In the end, the whole system's testing results are given.

**Key words:** Computer, Communication, Photoelectric theodolite