

光电准直经纬仪角度信息的 电子学处理系统

万秋华

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130021)

摘要:光电准直经纬仪是新研制的高精度数字式电子经纬仪, 俯仰角极限误差 $\pm 0.05^\circ$, 方位角极限误差优于 $\pm 2.5''$, 工作稳定可靠。本文介绍它的角度信息电子学处理系统。

关键词:光电准直经纬仪; 高精度数字式电子经纬仪; 角度信息电子学处理系统。

1 引言

微机技术和光电技术的发展, 推动了小型测量经纬仪的进步。光电准直经纬仪采用光电轴角编码器代替传统的机械刻度盘来测量俯仰角和方位角, 用微型单片机处理角度信息。以电子数字读数代替了刻度读数, 显著提高了仪器测量精度和读数准确性, 使光电准直经纬仪成为可供野外使用的高精度数字式电子经纬仪。

光电准直经纬仪选用两个不同刻线数的增量式编码器作为俯仰角和方位角读数盘。增量式编码器具有体积小、重量轻、信号处理简便等特点。俯仰角分辨率为 0.1° , 方位角分辨率为 $0.6''$ 。方位编码器采用双读数头对径相加, 清除了轴的晃动和码盘偏心影响, 对提高系统精度起了很大作用。俯仰角、方位角编码器输出信息由 MCS-51 微型单片机分别处理, 用软件代替硬件, 减小了处理电路体积, 提高了系统抗干扰能力及系统精度和稳定性。

2 系统工作原理

光电准直经纬仪测角系统由俯仰、方位两部分组成。系统方框图如图 1 所示。

俯仰编码器用于测量俯仰角, 它的光栅盘一周刻有 1024 条线和一个固定零位。编码器输出两路相位互差 $T/4$ 的光电信号和一路零位光电信号, 经整形电路产出二路方波和一路零位脉冲, 由 I/O 口送入单片机处理电路。用软件完成一刻线周期四倍频、正转、反转计数并完成过零位计数清零, 再将计数值译成六十进制角度值, 由 I/O 口输出经驱动器送入显示器中显示。俯仰编码器角分辨率为 $360^\circ/(1024 \times 4) \approx 0.1^\circ$ 。俯仰编码器随望远镜仰角变化输出角度值。开机后望远镜在水平位置附近作一次摆动, 获得正确的零位起点。

仪器的方位读数采用 8192 条线的增量式光电轴角编码器。编码器装有四个读数头,如图 2 所示。对径的 1、3 头为一组,2、4 头为一组。其中一组读数头工作,另一组为备用。每个读数头输出相位互差 $T/4$ 的四路光电信号 $i_0, i_{90}, i_{180}, i_{270}$; 对径两读数头信号通过放大器进行模拟量相加,差分放大后产生两路相位互差 90° 的正弦信号,由比较器整形为方波送入判向电路产生正、反转计数脉冲。由单片机处理系统控制内部计数器 T_0, T_1 记录正、反转脉冲个数,两者差值 $(T_0 - T_1)$ 即为方位编码器的粗读数。差分放大后的正、余弦信号另一分支送给 A/D 转换器,由单片机控制分别进行 A/D 转换,由软件算法进行 256 细分,求出方位编码器的精读数值。最后进行精一粗组合,并把二进制角度值转换成六十进制(度、分、秒),由 I/O 接口芯片输出显示。方位编码器的分辨率为: $360^\circ / (8192 \times 256) \approx 0.6''$ 。

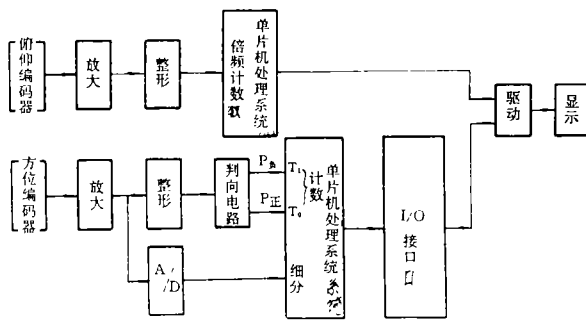


图 1 数字测角系统方框图

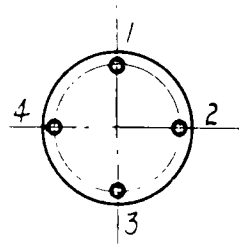


图 2 方位读数头

3 角度信息处理系统

俯仰编码器输出三路光电信号,处理电路如图 3 所示。

A、B、Z 分别送入比较器 LM139 的正向入端,由一对发光管和接收管产生的输出电平作为三个比较器的负向输入 T,其优点是当电源电压产生波动或环境温度变化时,使 T 和 A、B、Z 的变化一致,确保编码器工作正常。比较器产生的三路脉冲信号送入单片机的 P_1 口 (P_{10}, P_{11}, P_{12}),由软件判断方波的变化,记录编码器

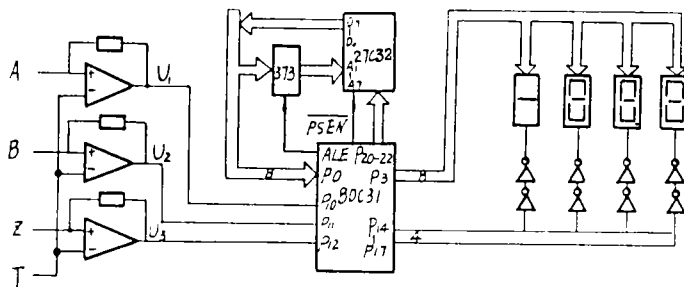


图 3 俯仰编码器电路原理图

器旋转角度值,最后将结果送入显示器显示。单片机用 MCS-51 系列的 80C31, 74HC373 为锁存器, 27C32 为控制程序存贮器。处理程序是用 MCS-51 单片机汇编语言编写的。包括主程序、可送计数子程序、二进制→度、分、秒转换子程序、显示子程序。

方位编码器角度信息处理包括数据采集、细分、粗码计数及精一粗组合、输出显示、其电路原理如图 4 所示。方位编码器装有四个读数头,每个头输出四路互差 90° 的光电信号 $\sin\theta, \cos\theta, -\sin\theta, -\cos\theta$, 同一直径上的两读数头光电信号通过放大器进行模拟量相加(另一直径上的两头作备用,处理方式相同)。 $\sin\theta_1, \sin\theta_3$ 接 F_1 的正向输入, $-\sin\theta_1, -\sin\theta_3$ 接 F_1 的负向输入; $\cos\theta_1, \cos\theta_3$ 接 F_2 的正向输入, $-\cos\theta_1, -\cos\theta_3$ 接 F_2 的负向输入。经差分放大后消除了轴的晃动和码盘偏心影响及其模量的影响。 F_1 输出为 $A\sin\theta, F_2$ 输出为 $A\cos\theta$, 两种信号由单

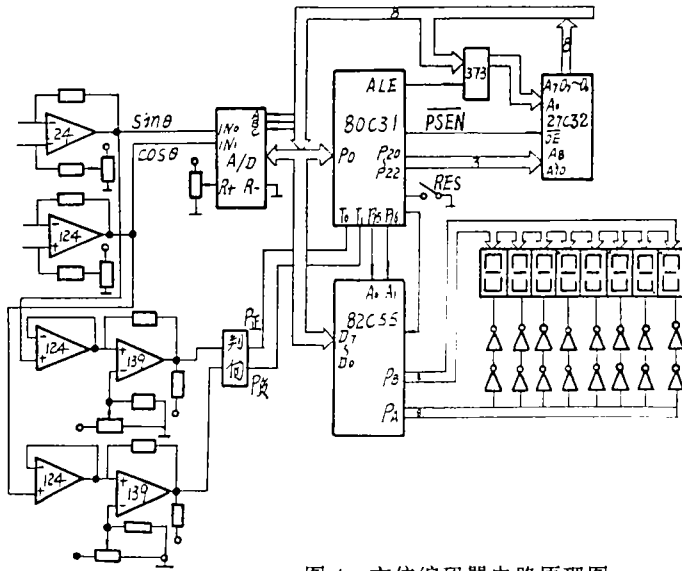


图 4 方位编码器电路原理图

片机控制分时进行 A/D 转换,存入内存,再通过软件程序计算出 $\text{tg}\theta = \text{Asin}\theta / \text{Acos}\theta$,从而求出 θ 值,即为测量时刻一刻线周期内的小角度值(细分值); $\text{Asin}\theta$ 、 $\text{Acos}\theta$ 另一路送入射随器再进行整形,输出两路方波送入判向电路,仪器旋转一刻线周期产生一个计数脉冲 $p_{\text{正}}$ 〔或 $p_{\text{负}}$ 〕。正、反转脉冲 $p_{\text{正}}$ 、 $p_{\text{负}}$ 送入 T_0 、 T_1 (T_0 、 T_1 为内部计数器输入端),内部计数器 T_0 和 T_1 的差值为方位编码器旋转的大角度值。再由软件进行精一粗组合,就求出了测量时刻的角位置。方位编码器信息处理系统采用 80C31 作为 CPU,27C32 为程序存贮器,74HC373 为地址锁存器,82C55 为输出接口,数据由 82C55 送出显示。75492 为驱动器,显示器采用七段数码管 DP100K。K 为清零开关,按下后通知 CPU 清零,数码显示器显示 0,由此为起始位置。

方位编码器处理程序用 MCS—51 汇编语言编写的。它包括系统主程序、细分、粗码计数、二进制→度、分、秒转换、显示等子程序。子程序模块化,使用灵活方便,可用于其他角度信息处理系统。主程序流程图如图 5 所示。

4 精度检测结果

仪器的俯仰角编码器分辨率很粗,其测角误差主要由量化误差决定,极限值:

$$\Delta v \approx \pm \frac{1}{2} \xi = \pm 0.05^\circ, \xi: \text{分辨率}, 0.1^\circ$$

方位角检测时,用 17 面棱体架在光电准直径经纬仪顶部,以光电自准光管瞄准,旋转经纬仪,依次读取各面方位角,此组读数与棱体实际角度比较后可算得此测回各点的测角偏差,其中包括分度误差、细分误差、量化误差。完成一测回后,将经纬仪旋转 $T/17$ 角,重新对准光管,进行第二测回。以后每一测回后都使方位角递增或递减 $T/17$,共进行 17 次测量,对上述数据处理后可得方位角测量的极限值。测量结果:

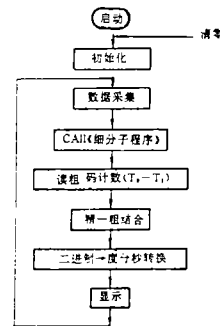


图 5 方位角处主程序流程图

系统误差 $\Delta_{\text{分}}$ [分度误差]: 0.77"

随机误差 $\Delta_{\text{量}}$ [细分误差+量化误差]: 0.74"

极限误差 $\pm \sqrt{\Delta_{\text{分}}^2 + 3\Delta_{\text{量}}^2} \approx \pm 2.34"$

仪器测试结果满足总体精度要求。

参 考 文 献

[1] 熊经武, 万秋华, 二十三位绝对式光电轴角编码器. 光学机械, 1990, (2): 52~60

[2] 孙育才编, MCS-51 系列单片机微型计算机及其应用. 南京: 南京工学院出版社, 1987

Angular Data Electrical Processing System for Photoelectric Collimating Theodolite

Wan Qiuhua

(Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021)

Abstract

The photoelectric collimating theodolite is a newly developed high accuracy digital electric theodolite, with vertical angle accuracy of $\pm 0.05^\circ$, horizontal angle accuracy of better than $\pm 2.5''$ and high reliability and stability. This paper mainly describes its angular data electrical processing system.

Key words: Photoelectric collimating theodolite, High accuracy digital electric theodolite, Angular data electrical processing system.