

数字光电自准直仪的研究与设计

魏仲慧

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春 130022)

摘要 采用线阵 CCD 器件作为光电转换器, 用单片微处理器进行数据处理的数字光电自准直仪, 是新一代的精密测量仪器, 文中介绍了系统的设计方法, 并提出了用矩心法进行内插细分来提高仪器的精度的设计思想。最后给出测试结果。

关键词: 自准直仪; 内插; 数据处理

1 前 言

自准直仪是一种高精度的精密测量仪器。它利用光学自准直成像的原理来实现在一定范围内测量物体的角度变化量。

自准直仪除了在军事上具有标定飞行器惯性基准的初始方位, 校正飞行器的机架和导弹发射架; 监测火箭发射器的姿态等用途外, 也是机械或精密仪器制造业, 计量室、实验室以及光学仪器的装配, 调整检验等方面不可缺少的检测设备, 例如: 测量机床台面以及大平面的平面平直度, 测量长导轨以及平尺的直线度, 测量两个垂直面间的垂直度, 测量两个光学平面间的角度等。

随着科学技术的不断发展, 人们开始将许多先进的技术应用于各种测量仪器上。为了减少自准直仪的人为读数误差和瞄准误差我们采用七十年代末出现的具有体积小, 功耗低, 分辨率高等特点的电荷耦合器件 (CCD) 作为光电转换器设计了数字光电自准直仪, 用微处理器进行数据采集和处理, 以数字显示代替了原来的刻度读数, 并配有打印机接口, 从而大大提高了仪器的测量精度和智能化程度同时也简化了操作。

2 主要技术参数

- 1) 目视测角范围: $0 \sim 10'$, 目视读数鼓格值: $1''$;
- 2) 光电接收器的测量范围: $\pm 5'$, 光电接收器显示最小格值: $0.1''$;
- 3) 工作距离: 20 m ;
- 4) 物镜焦距: $f' = 329.6 \text{ mm}$, 相对孔径: $D : f' = 1 : 6$;
- 5) 平面反射镜孔径: $\varnothing 60 \text{ mm}$;

- 6) 自准直仪外形尺寸: $460 \times 190 \times 250 \text{ mm}^3$;
- 7) 电器箱外形尺寸: $250 \times 180 \times 110 \text{ mm}^3$
- 8) 仪器重量: 自准直仪: 9 kg, 电器箱: 2 kg

3 测量原理

1) 数字光电自准直仪由自准直平行光管, 电器箱和平面反射镜组成。如图 1 所示。

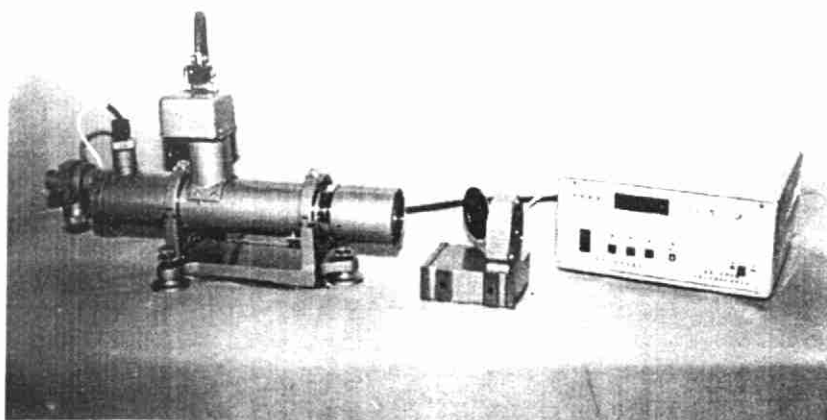
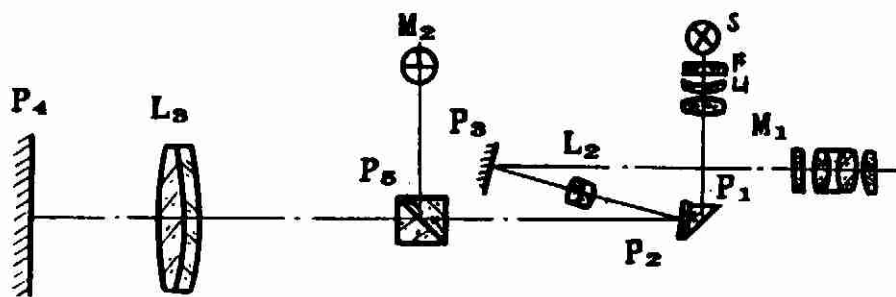


图 1 数字光电自准直仪的组成

Fig. 1 Appearance of digital optoelectronic autocollimator

数字光电自准直仪光学系统如图 2 所示。



I - light source, L1 - condensers, P1 - reflecting prism, L3 - telescope objective, L2 - microscope objective, M1 - graticule, F - filter, P2 - graticule, P3 - mirror, P4 - mirror, P5 - corner cube prism, M2 - photoelectric receiver

图 2 数字光电自准直仪光学系统

Fig2. Optical system of digital optoelectronic autocollimator

2) 系统的测量原理

将线阵 CCD 器件放在自准直仪物镜的焦面上, 照明光源发出的光经过物镜后形成一束平行光束照射在平面反射镜上, 如果平面反射镜垂直于物镜光轴, 则反射光线按原路返回, 经过物镜后, 成像于 CCD 器件上, 根据这一位置确定电的零位。如果平面反射镜与物镜光轴之间产

生一倾角 $\Delta\alpha$,则反射线与物镜光轴间夹角为 $2\Delta\alpha$,相应的反射回来的像的位置(零位)相差 ΔL ,如图3所示。

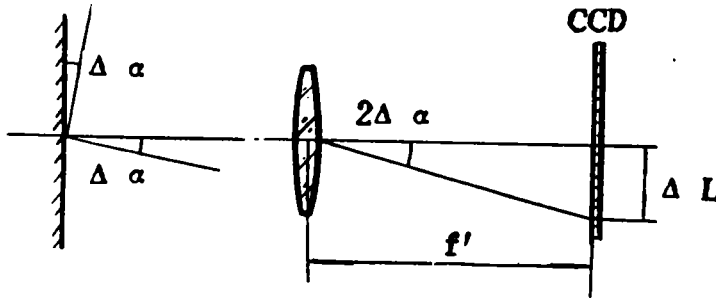


图3 测量原理图

Fig. 3 Principle diagram of measurement

由图3可知: $\Delta\alpha$ 与 ΔL 之间的关系为:

$$\Delta L = f' \operatorname{tg}(2\Delta\alpha)$$

当 ΔL 很小时,上式可简化为:

$$\Delta L = f' \cdot 2\Delta\alpha$$

如果 ΔL 为在 CCD 上的象高尺寸, f' 为光学系统焦距,则 CCD 象高对应的角度量为

$$\Delta\alpha = \Delta L / (2f')$$

由此可见,只要测量出反射镜倾斜后在 CCD 上成像的坐标与反射镜垂直于物镜光轴时像的坐标之差,就可以计算出偏移量。

4 电子学系统

1) 硬件设计

电子学系统的原理框图如图4所示。

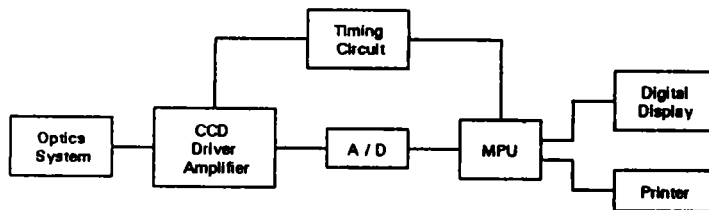


图4 电子学系统原理框图

Fig. 4 Circuit block diagram

电子学系统的工作原理:当光束被反射到光电接收通道后,成像在位于物镜焦面的 CCD 阵列上,CCD 器件在驱动电路和时序电路的驱动下,将光信号变成电信号,经过视频放大,再由 A/D 变换器变成相应的数据,这些数据被微处理器采集、处理,并通过内插细分计算出光像的中心坐标,然后将偏差角度在电器箱的显示器上显示出来。

时序电路提供 CCD 器件, A/D 变器, 存储器和微处理器所需要的各种时序的控制信号。数据存储有两种工作方式: 一种是 CCD 写入方式, 在微处理器的控制下把光像信号的数字化能量值写入存储器内; 另一种方式是把它作为微处理器的外部存储器使用。微处理器是电器箱的核心部分, 其主要功能是控制系统各部分的工作, 进行数据采集, 处理, 内插细分, 偏差角的计算以及显示。

采用内插细分技术是提高仪器测量精度的一种有效手段, 在通常情况下, 内插细分的方法很多, 例如: 抛物线拟合法, 高斯内插法和矩心内插法等等, 从成像质量和微处理器的运算能力等方面的因素考虑, 在数字光电自准直仪中采用的是矩心内插法, 这样, 光像中心坐标可由下式求出:

$$X_c = \frac{\sum_{j=j_{min}}^{j_{max}} X_j \times I_j}{\sum_{j=j_{min}}^{j_{max}} I_j}$$

式中: X_c 为光像中心坐标, I_j 像元灰度, X_j 像元坐标, j_{min}, j_{max} 窗口坐标。

2. 系统软件

程序是按模块化形式设计的, 调用方便, 有利于调试和扩展。软件框图见图 5。系统上电后, 内部的微处理器 8031 自动复位开始工作。首先进行初始化, 其内容包括: 设置堆栈指针, 设置特殊功能寄存器以及清数据区等, 初始化完成之后, 电器箱的显示器上显示等待面板操作信息, “- - - -”, 这时按下零位标定键进行电的零位标定, 若视场内的光像正常, 则显示器上显示“00.0”; 若光像不在视场内, 则显示“LL.L”, 这时应将光像调整到视场内, 再进行零位标定。零位标定完毕后, 按下测量键开始测量, 这时显示器上显示的是偏差角的大小。如果需要再次测量, 应按下复位键, 这时原来的零位已经无效, 需要重新进行标定。

5 测试结果及结论:

用小角度测量仪对数字光电自准直仪进行精度测试, 环境温度 $\pm 20^{\circ}\text{C}$, 测试分正程和逆程两段进行, 测试时读数稳定, 经计算均方根值 $\sigma = 1''$ (测试数据略)。

采用线阵 CCD 器件和微处理器设计的数字光电自准直仪的精度, 稳定度都有所提高。仪器操作方便、使用灵活、读数直观, 还可用于动态角度变化量的测量。

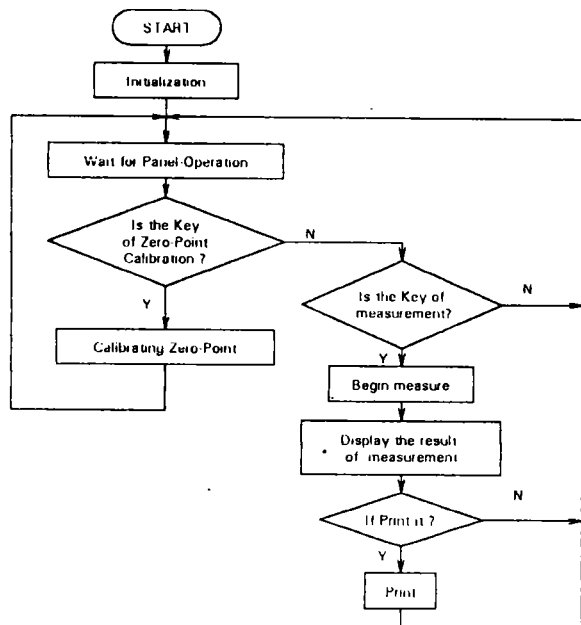


图 5 程序框图

Fig. 5 Program block diagram

参 考 文 献

- [1] 王以铭主编, 电荷耦合器件原理与应用. 北京: 科学出版社 1987
- [2] Microcontroller Handbook Intel Co. 1984
- [3] 陈粤初等编, 单片机应用系统设计与实践. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1991
- [4] 杨靖岳等编, 自准直仪. 北京: 北京机械工业出版社, 1982

Research and Design of the Digital Optoelectronic Autocollimator

Wei Zhong Hui

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

Abstract

In this paper, a new-type high accuracy measurement using linear-array CCD and micro-computer is described. And the design method that approaches measurement system accuracy with centroid position interpolation technique is presented. Finally, the test result is given.

Key words: Autocollimator, Interpolation, Data processing

魏仲慧 女, 1961年8月9日出生, 1983年毕业于吉林工业大学工企自动化专业, 学士学位。