

# 面阵 CCD 在二维直读式 数字自准直仪中的应用研究

壮 舒 郝志航

(中国科学院长春光学精密机械研究所, 长春130022)

**摘要** 研究了采用面阵 CCD 作为成像传感器的二维直读式数字自准直仪的系统原理并探讨了它的可行性, 设计了采用微机控制高速数据采集和处理的硬件、软件。系统通过仿真实现了窗口图像的正确存储并运用 CCD 细分方法完成以亚像素精度定位光点中心, 最后给出了实验结果。

**关键词:** 自准直仪; 面阵 CCD; 窗口; 细分

## 1 前 言

自准直仪是一种应用光学自准直成像测微原理工作的高精度测试仪器, 它在航空航天中被广泛用于作为准直基准的校正仪器, 它在航空航天中被广泛用于作为准直基准的校正仪器, 在机械加工车间和实验室也具有广泛应用。

目前生产的自准直仪的测量精度一般在现场1'内可达到最大误差0.5", 10'内最大误差2"的水平, 当视场达到60'时, 最大误差则达到30"。当视场较小时, 精度可以很高; 当视场增大时, 精度则不能满足人们的要求。

影响自准直仪精度的因素很多, 如照明系统、光学系统、光机结构的设计、加工、装调等, 但传统自准直仪精度及视场的提高主要受到以下几方面因素的限制, 很难有较大突破: 首先, 由于测角公式的近似所带来的原理误差以及光学系统的畸变均限制了视场范围。其次, 由人读数会产生估读误差及瞄准误差。

随着科学技术的不断发展, 对自准直仪也提出更高的测试要求, 希望在较大视场内也能达到较高的精度并且可以直读, 所以自准直仪的数字化是势在必行的, 而寻找一种合适的光电转换器件是我们的首要任务, CCD 器件以它的灵敏度高、光谱范围宽、几何精度高、动态范围大等诸多优点成为我们的理想选择。

目前国内已有将线阵 CCD 应用于自准直仪的样机研制出来, 它的视场为 $\pm 3'$ , 精度为 $\pm 2''$ , 仍然没有解决较大视场的测量精度问题, 而且线阵 CCD 不能反映被测物二个方向的偏差。

本文分析了采用面阵 CCD 作为光电转换器件的二维直读式数字自准直仪的系统原理, 研

究了能提高系统测量精度的 CCD 细分方法和误差校正算法,设计了采用微机控制高速数据采集、处理的硬件、软件,并进行了实验。

## 2 系统测量原理及构成

### 2.1 系统测量原理

将面阵 CCD 放在自准直仪的物镜焦面上,由 CCD 完成光信号的接收工作并转换成电信号,测量系统光路图如图1所示。

根据图示可推算出  $x=f \cdot \text{tg}\alpha$ ,在二维情况下,还需考虑  $y=f \cdot \text{tg}\lambda$ ,其中  $x, y$  分别为  $o'$  点相对于  $o$  点的水平方向位移量和垂直方向位移量,  $\lambda$  为高低角,  $\alpha$  为方位角。

当  $o'$  点移到  $o''$  点后,只要求出  $o''$  点相对于  $o$  点的高低角和方位角,就可以求出  $o'$  点相对于  $o$  点的两个方向的角位移  $d\lambda$  和  $d\alpha$ 。

### 2.2 测量系统构成:

测量系统构成如图2所示:

系统工作过程:

由自准平行光管中的点光源发出的光射向反射镜,被反射镜反射回,经物镜聚焦成一光点射向 CCD 摄像机,CCD 成像阵列接收光信号并将其转换成视频信号,经过视频处理后,由接口完成视频信号的分离、提取、模拟信号的数字化以及窗口图像的存储,由计算机对窗口灰度值应用 CCD 细分技术和误差校正算法进行处理,达到以亚像元精度定出光点能量中心的目的,从而知道反射镜在两个方向上的角位移。

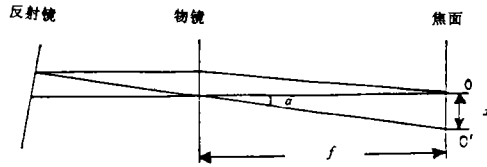


图1 测量系统光路图

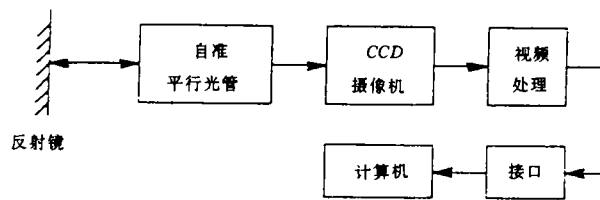


图2 测量系统构成

下面介绍对提高系统测量精度有重要作用的 CCD 细分方法。

## 3 CCD 细分方法

CCD 细分方法有很多,包括质心法、抛物线拟合法、高斯内插法等,但这三种方法对点扩散函数的形状和大小有严格要求。而对一个给定的相机系统,点扩散函数并不是常量,因此限制了上述方法的应用范围而矩心算法却具有实际应用价值,具有计算量小和精度较高的优点。

以光点的外接矩形作为内插矩阵,以  $M(i, j)$  作为每个像元的灰度值,为修正背景影响,所测量到的每个像元灰度值应该减去阈值  $K$ ,这个减法消除了由背景视频电平引起的矩心偏移的影响,以及消除了对确定矩心影响不大的像素自身的噪音。

矩阵的矩心坐标  $x_c, y_c$  为:



### 5 软件系统

软件系统主要完成窗口图像灰度值的获取,以亚像元精度定位光点中心并最终计算出角位移。软件分别由汇编语言模块和 C 语言模块组成,汇编语言模块完成数据的读取,包括读取窗口数据子程序和数据传送子程序。C 语言模块完成数据的运算,包括取背景值子程序、矩心计算子程序和主程序。汇编语言模块和 C 语言模块采用 C 语言调用汇编语言的方式进行联接。

### 6 实验结果

对硬件和软件系统进行了仿真调试,测出的误差曲线如图5所示:

从曲线可以看出,当视场在2°以内时,均方根值可以做到在2"以内。

### 7 结 论

(1)实验结果验证了采用面阵 CCD 作为光电转换器件的二维直读式数字自准直仪的设计方案是可行的。

(2)采用微机与 CCD 成像元件结合,可以很好

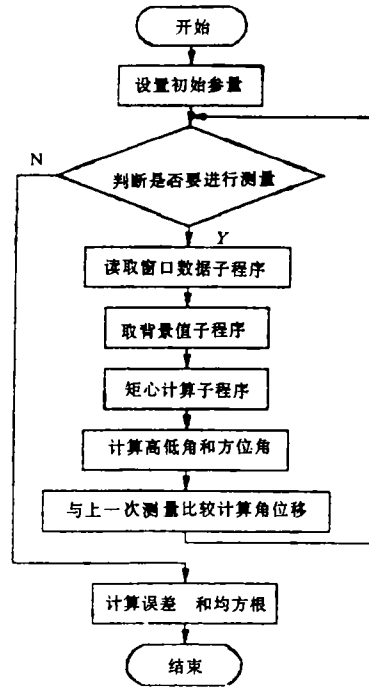


图4 主程序流程图

地改善自准直仪本身不完善的地方,实现自准直仪的数字化、二维化,提高自准直仪的测量精度,增大视场,提高自准直仪的可靠性。

(3)采用微机控制数据的存储、读取和处理,消除了测角原理误差,测量结果可以直观地进行数字化显示,消除了由于人读数所产生的瞄准误差和估读误差。

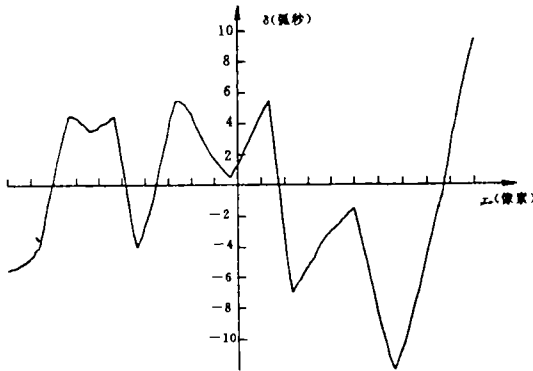


图5 误差曲线

## 参 考 文 献

- [1]中国光学、光电子行业协会光电器件专业协会编,国内外半导体光电器件实用手册. 北京:电子工业出版社,1992
- [2][美] C. H. 塞甘, M. F. 汤普塞著,电荷转移器件. 北京:北京科学出版社,1979
- [3]杨靖岳等编,自准直仪. 北京:机械工业出版社,1982
- [4]谭浩强编著,C程序设计. 北京:清华大学出版社,1991
- [5]王庆有等主编,CCD应用技术. 天津:天津大学出版社,1993
- [6]刘琳、陈红编译,王坚审校,80386硬件与接口技术. 北京:希望电脑公司,1991

**Study on Application of Area-array CCD  
to 2D Digital Auto Collimator**

Zhuang Shu, Hao Zhixiang

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

**Abstract**

This paper describes the principle and the feasibility of two dimensional digital auto collimator in which a area-array CCD image sensor is used. High-speed data acquisition and processing hardware and software under microcomputer control were designed. The correct memorization of window image, point-source centre defination using subdivision methods with subpixel accuracy were realized. Finally test result was given.

**Key words:** Collimator, Area-array CCD, Window, Subdivision