

一种针对空间突发闪光目标的测角系统

System for measuring the angle of burst flashing object in space

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所;2.中国科学院研究生院)张亚轩^{1,2} 王显军¹ 盖竹秋¹ 刘长顺¹
ZHANG YAXUAN WANG XIANJUN GE ZHUQIU LIU CHANGSHUN

摘要:针对空间闪光目标发生时间和位置的随机性,持续时间短等特点,研制了一种基于线阵 CCD 作为探测器的实时测角系统,阐述了系统的组成、测量原理,并设计一种新型软件滤除背景光的算法,结合数字化求重心法得出闪光目标的角度位置。实验结果验证了本测角系统方案的正确性。

关键词:角位置测量;线阵 CCD; 突发闪光

中图分类号:TP271+4 **文献标识码:**B

Abstract:A new system for measuring the angle using linear CCD is described ,aiming at burst flashing object in space which is randomness, short- duration. In this paper, compose of system and principle of measure is showed. We used the method of getting rid of background by software to educe angle position of the burst flashing object through the method of numeric to barycenter. In the end, the correctness of the system is validated by experimentation.

Keywords:angle measurement,Linear CCD,burst flashing

1 引言

闪光目标发生时具有很强的瞬时性和随机性,其在空间位置的不确定性导致观测位置与之相应的角度变化。为确定闪光目标准确的空间位置,需测出闪光光源的中心点的位置。而在复杂的背景光线下对它进行正确的捕获,要求测试仪器具有很高的实时性和选择性。

本文采用线阵 CCD 作为光电信息转换器件对闪光目标进行测角,对采集信号图形分析处理,结合重心法得出闪光目标的角度位置。系统综合了光学、电子学、CCD 传感技术、和微机数据处理技术,具有结构简单、成本低廉、应用方便的特点,具有广泛的应用前景。

2 系统的研制

2.1 系统的组成

本系统由一维光学系统和信号处理部分组成。其系统结构如图 1 所示。

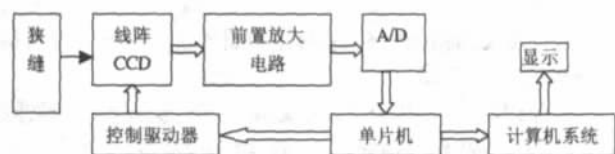


图 1 角度测量系统结构

光学系统由中间刻有一条透光狭缝的遮光罩和一个线阵 CCD 组成。探测器根据视场、精

度的要求选择一定元数的线阵 CCD; 信号处理部分主要功能是将 CCD 信号滤波放大, 对信号进行处理

计算, 得到闪光目标的角度位置。

闪光目标经过透光狭缝成像在线阵 CCD 上, 光信号转换成电信号, 模拟电信号通过 A/D 转换成数字量信号, 最后以数字量格式化输出到 PC 机, PC 机将 CCD 输出信号与背景光信号比较, 获得闪光光源目标滤除背景光后在 CCD 光敏面上投影, 通过质心算法处理, 得出狭缝投影在线阵 CCD 的中心位置, 从而得到闪光目标的角度位置。

2.2 系统的测角原理

系统采用的是单狭缝成像的原理。

线阵 CCD 与透光狭缝安装方向垂直, 闪光目标透过狭缝形成与线阵 CCD 垂直的一束窄带状光斑在线阵 CCD 光敏面上。设基准坐标系为 OXYZ 轴, 瞄准轴为 Z 轴通过狭缝中心, 线阵 CCD 平行 X 轴且中心为坐标原点 O。投影光斑中心偏离基准线为 d_x 。根据图 2 的几何关系, 光

目标在该系统坐标系内的方位角 α 的计算公式为 $\tan \alpha = \frac{d_x}{H}$ (1)

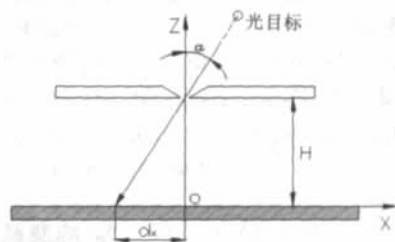


图 2 系统的测角原理

其中: α —入射方位角; H—透光狭缝至线阵 CCD 光敏面的垂直距离; d_x —闪光目标的投影光斑中心到基

张亚轩:硕士研究生

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.60478034)

准零点的距离。

从上面公式中可以看到,在透光狭缝与线阵 CCD 表面间的垂直距离 H 确定的情况下,只要测得 dx 的大小,运动光目标方位角在 OZ 轴方向上的角度值也就确定了。

2.3 系统设计

2.3.1 光学部分

光学系统由透光狭缝和线阵 CCD 组成。

电荷耦合器件 CCD (Charge Coupled Device) 具有高灵敏度、低噪声、快速读出、高动态范围和宽光谱等优点。CCD 包括线阵 CCD 和面阵 CCD。由于线阵 CCD 较面阵 CCD 组成的光学系统结构简单,保证产品体积小、重量轻等特点。同时,又由于线阵 CCD 为单列像元,处理简单,引入误差较小,容易达到高精度要求。故本系统采用线阵 CCD 作为信号接收器。本系统实现的是闪光目标一维角度的测量,采用两套本系统可实现二维角度的测量。

2.3.2 CCD 数据采集及闪光目标中心解算

被检测对象的光信息通过光学成像系统成像于 CCD 的光敏面上,CCD 的光敏像元将其上的光强度转换成电荷量。CCD 在一定频率的时钟脉冲的驱动下,在 CCD 的输出端可以获得被测对象的信号。信号中的每一个离散的电压信号的大小对应于该光敏像元上图像的光强,信号输出的时序对应于该光敏像元在 CCD 上的空间位置。闪光目标经狭缝入射投影到线阵 CCD 的光敏阵列面上。线阵 CCD 在驱动脉冲的作用下完成光电转换。本文采用对 CCD 信号采样,量化编码后再采集送到计算机系统进行处理,主要由 A/D 转换器把模拟量(电压)信号转换成 n 位二进制数字信号,分采样-保持-量化-编码四步完成,最后将采集的数据送到计算机处理,并把采集的数据整理后绘成曲线图在屏幕上。

闪光目标在 CCD 的投影光斑是有一定尺寸的,覆盖多个光敏元,因而如何得到精确的投影光斑的中心位置成为本系统的关键。

对本系统性能影响最大的一个噪声来源就是背景光。入射光以外的其它背景光总会产生干扰,若没有考虑消除背景光的影响,有用的信号很容易被噪声淹没,影响测量的精度和可靠性。

通常消除背景光有三种方法。其一为滤光片,只使被测量的光通过,滤去大部分的背景光,但本系统被测光源本身亦属于可见光之内,因此用滤光片并不能完全滤除背景光。其二是采用信号调制-解调法。直接在信号处理电路中加入信号的调制解调模块,用电子学的方法去除背景光,但由于闪光目标的功率不定,此方法也不宜采用。

背景光相对于闪光目标来说是变化比较稳定,致使闪光目标信号容易从背景光信号中提取出来。表 1 是本系统在背景光比较单一及复杂的两种情况下采

集到的两组图象。图 为背景光强信号;图 、 分别是有闪光目标出现在不同位置时的光强信号。很明显看出 、 较 的明显的突变。

表 1 图像采集列表

	第一组	第二组
图 ①		
图 ②		
图 ③		

本系统针对所测目标具有瞬时性、随机性的特点,试用一种软件滤除背景光的方法,就是先检测出无闪光目标时背景光强的大小,当背景光信号有突变时,即有光目标照射时,将检测到的光强抵消背景光,得到去除背景光后的光强信号,对该信号进行求光斑中心位置的计算。

目前对于投影光斑的中心位置的计算比较常用的算法有三种,包括最大值保持法、二值化方法和数字化求重心法。最大值保持法的优点是电路简单,处理速度快;缺点是受噪声影响大,分辨率低。一般很少采用。二值化求中心法电路简单,采样率高,响应速度快,精度比最大值保持法高,但它的测量精度直接依赖于输出信号的形状,它要求信号是对称的,并且不存在震荡。当信号不满足震荡条件时,二值化信号的中点并不代表光点位置,其精度有限;当信号中存在震荡时,由于不能得到两个前后沿,因而得不到中心位置,实际上是失效了。CCD 信号波形一般很难实现作出精确的预测,且受到随机噪声的干扰,校正很困难,所以二值化求中心法的精度不高。数字化求重心法的优点是精度高,可达到亚像元分辨率。

本系统采用数字化求重心法计算投影光斑的中心位置。基于平面几何中积分求重心的原理,求重心的公式为:

$$X_c = \frac{\sum_{i=1}^n i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} d \quad (2)$$

其中, X_c 为所求的目标重心的位置, V_i 为转化后的电压值, d 为线阵 CCD 的尺寸大小。

d_x 、 X_c 存在以下关系:

$$d_x = X_c - \frac{d}{2} \quad (3)$$

将(2)、(3)式代入(1)式可得方位角 α 的关系公

式为

$$\tan \alpha = \left(\frac{\sum_{i=1}^n i \cdot v_i}{\sum_{i=1}^n v_i} d - \frac{d}{2} \right) / H$$

2.3.3 系统软件设计
系统软件流程如图 3。

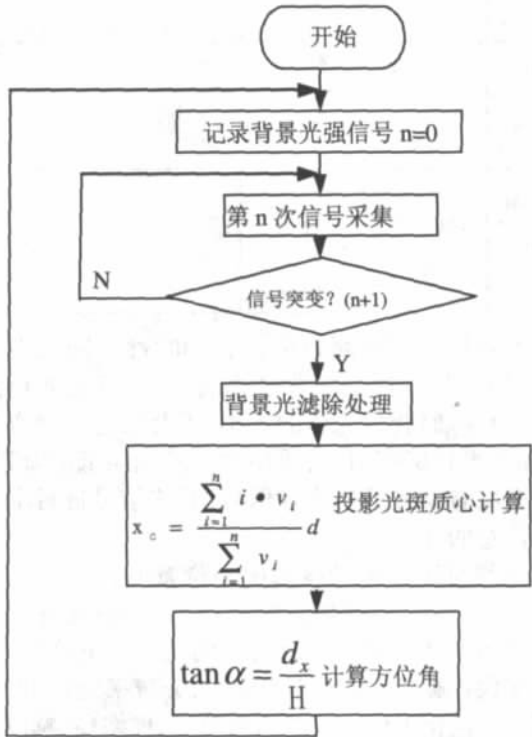


图 3 系统软件流程

3 实验结果与讨论

本系统采用的是 2160 像元的线阵 CCD--TCD1208AP,像元尺寸为 0.014×0.014mm,像元中心距为 0.014mm,实现测量视场 ±54°;理论精度达 0.05°。

表 2 经纬仪与测角装置所测数据的对比

测量序列	经纬仪	测角装置	测量误差
1	50° 47′	50° 40′	-7′
2	51° 18′	51° 9′	-9′
3	51° 46′	51° 35′	-11′
4	52° 24′	52° 29′	+5′
5	52° 59′	53° 11′	+12′
6	53° 41′	53° 42′	+1′

为了检验该测角系统的测量准确度,与经纬仪进行对比实验。在实验室模拟点光源条件下,对系统的视场、数据的稳定性和可重复性进行验证。表 2 给出了经纬仪与测角装置几组所测数据的对比,以经纬仪的测角数据为标准值,根据实验数据和分析结果,试

验表明该系统方案是可行的,实现视场达到了预期效果,也同时发现所测量准确度及精度远不如经纬仪,分析出现该问题的原因主要有以下两个方面:(1)狭缝宽度。本系统采用的狭缝采用机械线切割,虽简单但精度很难保证。狭缝宽度太窄影响照明难度,太宽或不均匀都会影响系统精度。(2)装配误差。狭缝与 CCD 的安装很难保证严格的位置垂直,亦影响到测量的精度及准确度。

4 结论

本文采用单狭缝成像的原理实现了对空间突发闪光目标一维角度的测量。对采集的信号进行软件滤波,利用数字化求重心法计算投影光斑的中心位置,利用导出的数学模型求取角度值。通过对比实验验证了系统的测量原理及求解方法的正确性,从而进一步论证了测量方案的可行性;分析讨论了影响系统准确性及精度的因素。本系统正在完善中,系统的准确性与精度有待进一步提高。

本文作者创新点:设计了一种针对空间突发闪光目标的结构简单、应用方便的测角系统。

参考文献:

[1]王庆有,孙学珠.CCD 原理及应用[M].天津大学出版社,1992.
[2]Narayanan Chellappan, Buckman A Bruce, Busch - Vishniac Llenc[J].Noise analysis for position- sensitivedetectors.IEEETransactions onInstrumnetation,1997,45(5).
[3]吴智量等.光强数据采集系统[J].微计算机信息.2004,8:58- 59.
[4]熊永超等.基于 CCD 技术的非接触在线检测仪[J].微计算机信息.2005,4:178- 179.

作者简介:张亚轩(1981-),女,中科院长春光机所硕士研究生。主要研究方向:电子信息技术及应用.E- mail: yali811030@163.com;王显军(1965-),男,中科院长春光机所研究员,硕士生导师;主要研究方向:电子信息技术及应用。

Biography:Zhang Yaxuan (1981-),female,study in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,Chinese Academy of Sciences,Chinese Academy of Sciences.The profession is the study of The Electronics info and technology application.

(130033 吉林长春 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所)张亚轩 王显军 盖竹秋 刘长顺

(100049 北京 中国科学院研究生院)张亚轩

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences 130033)Zhang Yaxuan Wang Xianjun Ge Zhuqiu Liu Changshun

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences 100049) Zhang Yaxuan

通讯地址:(130033 吉林长春 长春市经济技术开发区东南湖大路 16 号中国科学院长春光学精密机械与物理研究所光电传感室)张亚轩

(收稿日期:2006.6.27)(修稿日期:2006.7.26)

技术创新