

针对空间突发闪光目标的二维测角方法

Method 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) 侯丽娜^{1,2} 王显军¹ 王增发¹ 盖竹秋¹

HOU Li-na WANG Xian-jun WANG Zeng-fa GE Zhu-qiu

摘要: 本文基于对光目标单狭缝测角原理的分析,提出了一种针对空间突发闪光目标二维角度的测量方法。介绍了此方法的测角原理、测角装置的系统设计、数据分析处理和算法实现。通过与经纬仪对太阳光测量的对比实验,得出测量精度,验证了方案的可行性。

关键词: 二维角位置测量; 线阵 CCD; 突发闪光

中图分类号: TP271+.4

文献标识码: B

Abstract: A method aiming at measuring the two-dimensional angle of burst flashing object in space is bring forward, based on the analysis of single-sew angle measurement. The paper introduce the principle, system design, data processing and algorithmic achievement of the metrical equipment. In the end, the experimental results show the measure accuracy and prove the project is available by the contrast measurement with theodolite.

Key words: two-dimensional positional measurement; Linear CCD; burst flashing

1 引言

突发闪光目标具有很强的瞬时性和随机性,测量突发闪光目标的瞬间角度变化,对军事和科学研究都是很有意义的。以线阵 CCD 为光电转换器的单狭缝测角系统适用于测量闪光目标空间一维方位角,本文提出的基于 V 型狭缝的测角方法,实现了一台仪器上完成对闪光目标中心二维角位置的测量。

2 系统的测角原理

2.1 单狭缝测角原理

基于小孔成像原理,假设光目标为理想点光源,以一维水平方位角为例,其测角原理如图 1 所示:线阵 CCD 与透光狭缝安装方向垂直,闪光目标透过狭缝在 CCD 光敏面上形成与线阵 CCD 垂直的一束窄带状光斑。基准坐标系为 OXYZ 轴,瞄准轴为 Z 轴,投影光斑中心偏离基准线为 dx ,可知光目标在该系统坐标系内的方位角 α 为: $\tan \alpha = \frac{dx}{H}$

在透光狭缝与线阵 CCD 表面间垂直距离 H 确定的情况下,只要测得 dx 的大小,方位角 α 也就确定了。

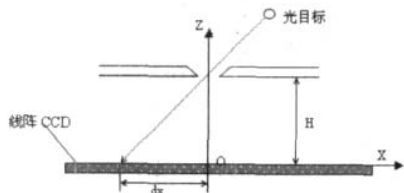


图 1 单狭缝系统的测角原理图

2.2 V 型透光狭缝测角原理

基于单狭缝测角原理的分析,为了获取空间二维角度信息,需使用两套图 1 所示系统。本文提出的基于 V 型狭缝的测角方法可以实现一套系统对空间闪光目标的二维定位,降低了成本,简化了设计。V 型狭缝示意图如图 2 所示。狭缝在遮光罩

的一侧壁即 OXY 平面上关于 Y 轴对称刻划,线阵 CCD 被安装在遮光罩的另一侧壁,中心在 O 点。点光源经狭缝入射到线阵 CCD 时,可分解为 XZ 轴所在平面的方位角 α 和 YZ 轴所在平面上的俯仰角 β 。入射角度不同,V 型狭缝投影光斑在线阵 CCD 上的位置也不同,通过两个光斑间距和相对位置的变化即可得到二维角度信息。

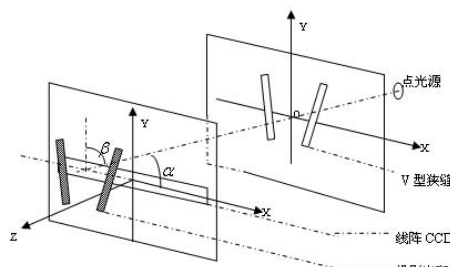


图 2 V 型狭缝结构示意图

本测角装置在线阵 CCD 上的投影示意图见图 3。狭缝投影光斑偏离基准点 O 的距离 dx 正比于线阵 CCD 上被照亮像元的位置值,反应了水平方位角大小 α ,如图 3-2。两光斑中心距离 dy 反应了高低俯仰角大小 β ,如图 3-3。

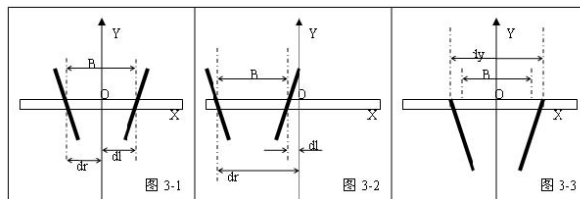


图 3 测角装置的几何平面图

测量的方位角 α 满足如下关系 $\tan \alpha = dx/H$ (1)

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； $dx = (dl + dr)/2$

测量的俯仰角 β 满足如下关系 $\tan \beta = (dy - B)/2H$ (2)

其中： β —入射俯仰角； $dy = dl - dr$ ； B —常数；当光目标

侯丽娜：硕士研究生

由 Z 轴入射 V 型透光狭缝时, 投影光斑在 CCD 上两点亮斑的中心距离, 如图 3-1。从公式(1)(2)可知, 在 V 型透光狭缝与线阵 CCD 表面间垂直距离 H 确定的情况下, 只要测得 d_l 与 d_r 的值, 运动光目标的二维角度也就确定了。

2.3 V 型狭缝的设计

以遮光罩的三维坐标系为基准, 由三角形边角边原理, 只要确定两狭缝的夹角和缝长, V 型狭缝的尺寸就确定了, 狭缝的夹角和缝长直接影响着测量的视场和精度。在线阵 CCD 和 V 型狭缝垂直距离固定的条件下, 夹角越大, 可测水平方位角度范围越小, 狭缝越长, 可测俯仰方位角度范围越大, 反之亦成立。由于线阵 CCD 长度有限, 夹角增大或者狭缝长度减小, 可测视场角度均变小, 如闪光目标的角度位置超出视场范围, 通过 V 型狭缝所成像将落在线阵 CCD 外部, 此时测量为无效测量。反之夹角减小或缝长增大, 精度降低。故应根据实际测量视场和精度确定 V 型狭缝参数。

另外狭缝宽度也是影响成像的重要因素, 狭缝太窄, 衍射现象较严重, 影响测量精度, 狭缝太宽, 背景光影响会较大, 不利于捕获正确目标位置。综合考虑以上因素以及目标光源张角的影响, 保证狭缝宽度约为 7、8 个象元的宽度较好。

V 型狭缝在遮光罩侧壁上关于 Y 轴对称刻划且两狭缝缝长相等, V 型狭缝所确定的三角形重心和线阵 CCD 中心重合, 可以保证可测视场的对称性。如测量视场是非对称的, 则调整线阵 CCD 和 V 型狭缝在 X 轴和 Y 轴的相对位置即可。

3 系统的设计

简要介绍此方法在实际应用中所涉及的硬件和软件实现。

本系统由 V 型狭缝、线阵 CCD、CCD 驱动电路、前置放大滤波电路、AD 模数转换器和单片机等几部分组成, 系统结构框图如图 4 所示。光信号经光学系统, 将自身位置变化转化为光束角度变化, 光束照射在线阵 CCD 上, 实现光信号到电信号的转换。线阵 CCD 输出电信号被滤波放大等一系列预处理后, 通过 AD 转换器对各模拟量进行采样、量化、编码, 以数字量形式送入单片机进行存储、分析, 配合算法实现对 CCD 投影光斑中心的定位。

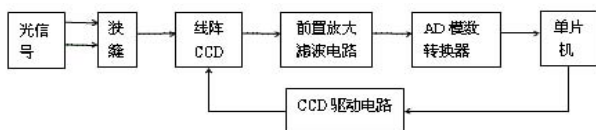


图 4 角度测量装置的系统结构图

闪光目标在线阵 CCD 上形成两个感光区域, 感光区域可能覆盖一个或多个像元, 准确获取感光区域的位置成为确定水平方向角和俯仰角的关键。本系统采用最小二乘法, 将 CCD 光电转换响应与光敏元序列之间的离散数据关系转变为连续函数关系, 在此基础上确定出拟合函数的极值位置, 即可计算投影光斑在线阵 CCD 上所对应的像元中心位置 d_l 和 d_r , 代入公式(1)(2)即可得到闪光目标的角度位置。

4 测角装置与经纬仪对目标测量的对比实验

为检验测角装置的测量准确度, 用经纬仪与之对比实验。太阳为无穷远球形光源, 故以太阳为模拟光源, 对测角装置和经纬仪的视场角度差可近似为零。本测角装置采用的是 2048 像元的线阵 CCD—ILX554, 像元尺寸为 $0.014 \times 0.056 \text{ mm}$, 像元中

心距为 0.014 mm 。V 型狭缝的参数如下: 倾角为 $\pm 45^\circ$, 缝长为 10 mm , 缝宽为 0.1 mm 。B=15.554mm, H=6mm, 水平方向视场对称, 俯仰方向视场非对称。以垂直入射为基准, 则装置的理论视场范围约为: 水平方位角 90° , 俯仰角为 -5° 至 45° , 测量所得数据如表 1:

序列号	经纬仪 α	测角装置 α	误差 $\Delta\alpha$	经纬仪 β	测角装置 β	误差 $\Delta\beta$
1	$15^\circ 20'$	$15^\circ 11'$	$-9'$	$19^\circ 06'$	$19^\circ 21'$	$15'$
2	$15^\circ 52'$	$16^\circ 05'$	$13'$	$21^\circ 02'$	$21^\circ 08'$	$6'$
3	$15^\circ 58'$	$15^\circ 50'$	$-9'$	$21^\circ 54'$	$22^\circ 01'$	$7'$
4	$16^\circ 33'$	$16^\circ 35'$	$2'$	$23^\circ 42'$	$23^\circ 50'$	$8'$
5	$17^\circ 01'$	$16^\circ 49'$	$-12'$	$23^\circ 53'$	$23^\circ 42'$	$-11'$
6	$17^\circ 40'$	$17^\circ 31'$	$-9'$	$24^\circ 15'$	$24^\circ 08'$	$-7'$
7	$18^\circ 31'$	$18^\circ 34'$	$3'$	$24^\circ 35'$	$24^\circ 42'$	$7'$

表 1 经纬仪与测角装置所测数据的对比

以经纬仪为标准, V 型狭缝测角装置的精度是 $9.5'$, 通过以上数据的比较分析可知该方案是可行的, 可以满足视场的要求, 但与单狭缝测角系统相比精度稍差且测量的视场范围相对变小。

5 结论

本文采用了单狭缝成像原理, 设计了 V 型狭缝测角系统, 以线阵 CCD 为光电转换元件, 实现了对空间突发闪光目标二维角度的测量。通过与经纬仪对比分析验证了系统的测量原理及求解方法的正确性和可行性。

本文作者创新点: 提出了一种用单线阵 CCD 测量闪光目标的二维角度的方法。

参考文献

- [1] 钟平, 续志军. 一种对空间突发性强闪光目标的测角方法[J]. 光学精密工程, 2002(12).
- [2] 张亚轩等. 一种针对空间突发闪光目标的测角系统[J]. 微机信息, 2006, 22(12): 68-70.
- [3] 张智辉等. 线阵 CCD 驱动电路设计的几种方法[J]. 仪器技术与传感器, 2004, 6(8): 32-33.
- [4] 陈彩花, 刘丹峰. 线阵 CCD 高空精密定位系统的研究[J]. 长春光学精密机械学院学报, 1999, 22(1): 34-37.

作者简介: 侯丽娜(1983-), 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; 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: HOU Li-na (1983-), female, study in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences. The profession is the study of The Electronics info and technology application.

(130033 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所) 侯丽娜 王显军 王增发 盖竹秋

(100049 中国科学院研究生院) 侯丽娜

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences 130033) HOU Li-na WANG Xian-jun WANG Zeng-fa GE Zhu-qiu (Graduate School of Chinese Academy of Sciences 100049) HOU Li-na

通讯地址: (130033 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) 侯丽娜

(收稿日期: 2009.01.23)(修稿日期: 2009.02.25)