

·信号与信息处理·

## 全向激光探测中抑制太阳光引发虚假信号的研究

张维安<sup>1</sup>, 杨晓杰<sup>2</sup>, 周中亮<sup>1</sup>

(1. 军械工程学院, 河北 石家庄 050003; 2. 63898 部队, 河南 济源 454650)

**摘要:**针对全向激光探测过程中太阳光闪烁容易引发虚假信号的现象,在相邻帧相减的基础上,提出了依据图像特征判别虚假信号的方法。在野外阳光强烈的自然条件下,对此方法抑制虚假信号的效果进行了试验验证。结果表明,相对于依靠滤波技术和提高帧频的方法抑制干扰而言,所提出的虚假信号抑制方法,能够更好地抑制太阳光闪烁引起的虚假信号,是一种依靠图像处理本身即可完成既定目标的方法。由于其对成像探测器和图像采集卡要求较低,因而具有较好的应用推广价值。

**关键词:**全向激光探测;虚假信号抑制;图像处理;太阳光闪烁

中图分类号: TN249

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2011)05-0055-04

## Study on Suppressing False Signal Generated by Sunlight in Omni-directional Laser Detection

ZHANG Wei-an<sup>1</sup>, YANG Xiao-jie<sup>2</sup>, ZHOU Zhong-liang<sup>1</sup>

(1. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China; 2. 63898 Army Unit, Jiyuan 454650, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that sunlight flashing can generate false signals in omni-directional laser detection easily, on the basis of adjacent frames subtracting, a method distinguishing false signals according to the image characteristics is presented. The effect of the false signal suppressing is verified in natural environment with blazing sunshine, and the results indicate that relative to the method of filtering technology and improving frame frequency, this method can solve the problem of suppressing false signals generated by sunlight flashing. For the imaging detector and the image acquisition card with low requirements, it has good application value.

**Key words:** omni-directional laser detection; suppressing false signals; image processing; sunlight flashing

随着技术的不断进步,激光已经在人类的生产和生活中得到了越来越广泛的应用。与此相对应的,人们对激光探测方面的需求也与日俱增,如何最大范围地、准确地探测与发现激光是人们普遍关注的问题。成像型激光探测系统作为激光探测系统中的一大类型<sup>[1]</sup>,通常由广角远心鱼眼透镜、窄带滤光片和面阵成像器件构成<sup>[2,3]</sup>,可实现对照射于视场内的激光光斑的凝视探测、成像与定位。此类激光探测系统由于直观性强,并且具有大视场、高定向精度等优点<sup>[4]</sup>,因而备受关注和推崇。然而,大视场探测

的特点也导致系统易受到其他入射强光的干扰而引起虚假信号的发生,如太阳光、闪电、闪光等<sup>[5]</sup>。特别是在野外条件下,太阳强光直射会直接导致成像探测虚假信号频发,从而影响系统的有效探测,以下将就此问题进行具体分析、讨论,并提出有效、可行的抑制虚假信号的方法。

### 1 太阳光引发的虚假信号

成像型激光探测系统结构图如图1所示,其中鱼眼透镜的超大视场可覆盖半球空域<sup>[6,7]</sup>,窄带滤光片

滤除杂散光,降低虚假信号发生的概率,实现对特定波长的探测<sup>[8]</sup>;成像探测器通常响应灵敏度高、像元密度大、尺寸很小,为微米量级,因而可以实现对激光的精确定位。这三部分各自性能以及它们之间的相互关系决定了全向激光探测系统的探测灵敏度。

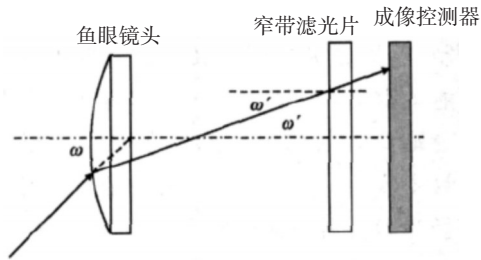
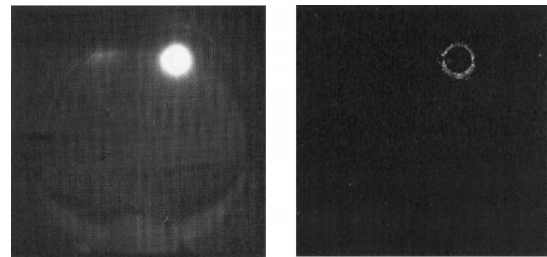


图1 成像型激光探测系统组成框图

激光探测过程是:当有激光信号照射入视场时,激光和背景信息经由鱼眼镜头汇聚于焦平面探测器光敏面上,形成的数字图像信息被高速采集处理,将包含激光信息的这帧图像与前帧仅有背景信息的图像相减,帧减的结果即得到激光光斑的亮点图像<sup>[9,10]</sup>,将该图像灰度值与设置的阈值比较,便可区分激光目标并显示。这种对前后两帧实时图像相减作差的方法,可以将大部分背景有效地滤除,信噪比大大增加,从而能够大幅降低探测系统虚假信号发生的概率。但在外场试验时,受直射太阳强光的干扰,发生虚假信号的概率会有所上升,这是由于前后两帧图像相减后的图像中包含了太阳闪烁辐照带来的杂光信号。图2给出了某试验中太阳直射条件下采集到的太阳图像,图2a为太阳光斑饱和图像,图2b为太阳周围分布的杂光信号。

## 2 虚假信号的抑制

对于太阳闪烁辐照带来的杂光信号,仅仅依靠滤波技术和帧相减技术已不足以排除阳光带来的干扰。针对此类情况,文献[11]中采用了通过提高帧频的方法抑制太阳闪烁引起的信号干扰,虽取得了一定的效果,但事实上提高帧频仅仅是减少了包括太阳在内的背景的积分时间,由于阳光闪烁引起的背景杂光在帧相减后仍然存在,因此仅仅通过提高帧频的方法是不能完全排除掉太阳闪烁引起的虚假信号的。而且需要注意的是文献[11]中使用的是MC1310 CMOS这样的高帧频相机,因此提高帧频的方法并不是对任何成像探测器和图像采集卡都适用。首先,很多探测器由于成本或更偏重于其他方



(a)太阳光斑饱和图像 (b)太阳闪烁杂光分布

图2 外场试验采集到的太阳图像

面的功能而达不到太高的帧频;而且由于在采集图像的同时一般都伴随着出于某些应用的目的针对被采集图像的实时处理,当这种处理比较复杂时,要想提高帧频更加无能为力。

基于以上分析,有必要寻找一种更简单的,对成像探测器和图像采集卡没有那么高要求,而仅仅依靠图像处理本身即可完成既定功能的方法,用于在全向激光探测过程中抑制太阳光引发的虚假信号。

### 2.1 方法研究

鉴于帧相减后图2b中的太阳闪烁杂光分布的圆环形图形特征,可考虑以帧相减后图像内是否存在圆环形图形为标准,判断图像内是否存在由太阳光闪烁带来的虚假信号光斑。但考虑到在某些条件下,可能存在近似具有此类图形特征的半圆形或部分圆环杂光辐射,如入射激光经过大气传输后,受大气湍流的光束扩展、抖动和漂移的影响,有可能与太阳光闪烁后帧相减的光环特征相近。因此,为了排除此类非圆环类干扰源,有必要进一步细化判断标准。结合以往的实践经验,采用的方法具体如下:

对于程序锁定为探测对象的目标光斑,先不急于发布其相关信息,而是保持图像现有帧频,在做相邻有无光斑图像的帧相减基础上,通过帧相减后图像上光斑中心沿水平方向横拉一条线,这条线的长度是之前程序判定的光斑直径的2倍。接下来判断:

(1)这条线上是否先后经过暗、亮、暗、亮、暗的像素区域。

(2)判断是否线上相邻亮像素与亮像素之间距离与之前判定的光斑直径的差距在20%以内。

如果满足以上2个条件,将通过光斑中心的直线逆时针旋转 $60^\circ$ ,继续以上判断。如仍满足以上2个条件,继续将通过光斑中心的直线逆时针旋转 $60^\circ$ ,仍做以上2个判断,如图3所示。

综合以上判断过程,最终判断是否为虚假信号

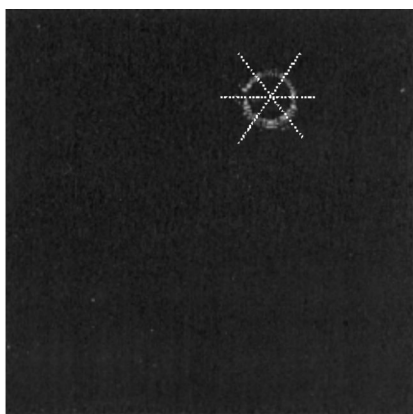


图3 针对太阳周围分布的杂光信号的判断排除

的依据可总结为以下4条:

(1)如果此目标光斑分别满足以上3个角度直线的2个条件,则可判断此光斑为环形光斑,由太阳光闪烁引起,可判定为虚假信号,给予排除。

(2)如果此目标光斑均不能完全满足以上3个角度直线的2个条件,则此光斑可能由激光经由大气传输和物体反射后得到,不能判定为虚假信号,不予排除。

(3)如果此目标光斑能够完全满足以上3个角度直线中的2个直线的条件,或者满足全部3个角度直线的第2个条件,也可判断此光斑为环形光斑,由太阳光闪烁引起,可判定为虚假信号,给予排除。

(4)对于除以上(1)(2)(3)之外的情况,目标光斑可能由激光经由大气传输和物体反射后得到,不能判定为虚假信号,不予排除。

## 2.2 实验测试

实验测试采用的鱼眼成像探测系统包括鱼眼镜头、窄带滤光片、CMOS面阵探测器、图像采集卡和计算机平台等。其中鱼眼镜头焦距2.4 mm,相对孔径1/2,视场角180°;窄带滤光片中心波长 $\lambda=1.06\ \mu\text{m}$ ,透过光谱宽度 $\Delta\lambda=10\ \text{nm}$ ;成像型面阵探测器像元大小 $12\ \mu\text{m}\times 12\ \mu\text{m}$ ,像元感光面积大小 $10.5\ \mu\text{m}\times 6.0\ \mu\text{m}$ 。探测系统工作流程如图4所示。

系统整个信息处理均由软件统一控制。基于Matorx采集卡软件开发平台,软件采用VC++6.0多线程机制,做到对图像的采集和处理实施控制。图5为识别激光时软件界面,显示了激光位置及强度信息和图像采集情况信息。

在以上系统探测软件的基础上,应用Matlab编

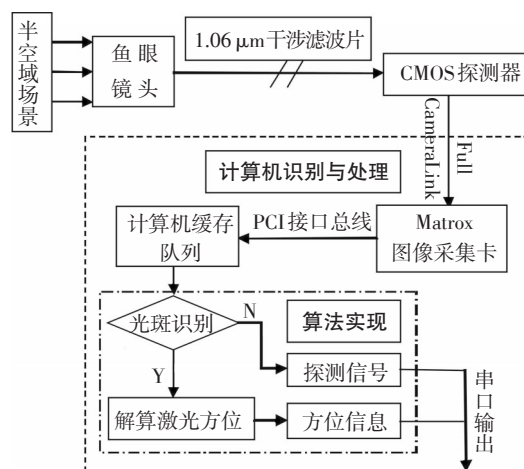


图4 探测系统工作流程图

程,完成上节讨论的虚假信号判断程序。然后进行以下试验测试:

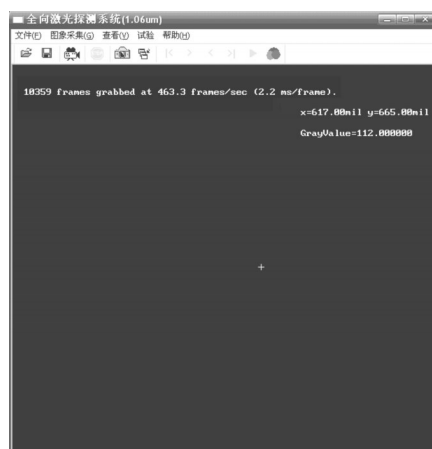


图5 激光源信息显示界面

(1)选择天气晴朗的条件下,将整个全向激光探测系统置于野外环境中,将帧频设定为50 f/s。

(2)首先选择在不加载判定程序的基础上,连续采集图像1 h,记录虚假信号次数。

(3)然后对准系统探测窗口发射有效激光100次(激光经过适当衰减以保护探测器),记录信号遗漏次数。

(4)接下来在加载判定程序的基础上,连续采集图像1 h,记录虚假信号次数。

(5)再对准系统探测窗口发射有效激光100次(激光经过适当衰减以保护探测器),记录信号遗漏次数。

实验测试数据如表1所示,当探测系统以50 f/s帧频工作,在不加载虚假信号判定程序的前提下,1 h内虚假信号次数高达32次,而且发射100次有效激光信

号遗漏次数也有3次之多。而同样是以50 f/s帧频工作,在加载虚假信号判定程序的前提下,1 h内虚假信号次数降至3次,发射100次有效激光信号遗漏次数降至1次。

### 2.3 实验结果分析

由表1的实验数据可以看出,在加入虚假信号判定程序后,即便以50 f/s的低帧频工作,1 h内的虚假信号次数和百次信号遗漏次数都会得到明显的降低,尤其是虚假信号次数。

表1 虚假信号及遗漏信号实验数据

	不加载虚假信号 判定程序	加载虚假信号 判定程序
虚假信号次数/h	32	3
信号遗漏次数/100次	3	1

实验中在不加载虚假信号判定程序时有高达32次的虚假信号,大多是由太阳光闪烁引发的,而同时存在3次信号遗漏,则是由于在同一帧图像中同时有太阳光闪烁和激光入射,而此时太阳光闪烁在滤光片透射光谱范围内的辐射强度大于激光的入射光强,因而系统将太阳光闪烁锁定为探测对象,而忽略了光强弱一些的入射激光,因而产生了信号错误和信号遗漏。

1 h内虚假信号次数明显的降低,是由于文中根据太阳光闪烁后帧相减的光斑特征设计的虚假信号判定程序取得了良好的效果。而百次信号遗漏次数的降低,则是由于在天气晴朗的野外条件下太阳光闪烁的影响的基本排除,导致系统能够更清晰地判定照射激光,因而信号错误和信号遗漏也相应得到了降低。

加载虚假信号判定程序后仍有虚假信号发生,是由于太阳光闪烁后帧相减的光斑特征不明显,不能满足2.1节中条件(1)和条件(3)。而加载虚假信号判定程序后仍有信号遗漏发生,则是由于入射激光经过大气传输后,受大气湍流的光束扩展、抖动和漂移的影响,恰好与太阳光闪烁后帧相减的光环特征相近,不能满足2.1节中条件(2)和条件(4),因而程序将其判定为虚假信号。下一步需要加强对程序虚假信号判定标准的细化,尤其是对第(3)条和第

(4)条的进一步修改,最终的目标是既无虚假信号也无信号遗漏。

### 3 结论

全向激光探测的大视场特点导致系统易受到其他入射强光的干扰而引起虚假信号发生,特别是在野外条件下,太阳强光直射会直接导致成像探测虚假信号频发,从而影响系统的有效探测。对于太阳闪烁辐照带来的杂光信号,仅仅依靠滤波、帧相减和提高帧频的方法已不足以排除阳光带来的干扰,而且提高帧频要求相机具有尽可能高的帧频。针对此类情况,文中提出了一种根据图像特征判断相邻帧相减后的光斑图像的方法,此方法对成像探测器和图像采集卡要求低,仅仅依靠图像处理本身即可完成既定功能。最后在野外条件下的试验验证了其较好的抑制效果。

### 参考文献

- [1] 葛强胜,龚赤坤. 车载激光侦察告警系统的研究[J]. 红外与激光工程, 2003,32(3):249-251.
- [2] 潘慧,艾勇,蒋海丽. 激光威胁告警中传感器技术的应用与分析[J]. 红外与激光工程, 2005,34(2): 132-136.
- [3] 吴新宇,陈拥军,张华达,等. 大视场激光探测与告警技术[J]. 光电工程, 2004,31(7): 5-7.
- [4] 杨晓杰,何永强,周冰,等. 简易估计激光探测系统作用距离[J]. 光电工程, 2009,36(9): 71-75.
- [5] 周中亮,周冰,何永强,等. 用CMOS探测脉冲激光中的虚警抑制技术研究[J]. 激光与红外, 2008,38(2):169-172
- [6] 何武光,吴健,王仕璠. 激光探测告警光学系统设计[J]. 光电工程, 2006,33(7):48-51.
- [7] 王永仲. 鱼眼镜头光学[M]. 北京:科学出版社,2006.42-46, 61-64.
- [8] 应家驹,王永仲,何永强,等. 全向激光告警系统中窄带滤光片的透射率分析[J]. 光子学报, 2009,38(8):1892-1896.
- [9] 周中亮,周冰,何永强,等. 成像型激光探测系统中光斑精确定位方法研究[J]. 激光技术, 2008,32(3): 248-249.
- [10] 黄战华,张昊,蔡怀宇,等. 视频运动目标探测的实验研究[J]. 光电子·激光, 2001,12(12): 1262-1266.
- [11] 杨晓杰,桑振夏,应家驹,等. 抑制太阳光引起的探测虚警研究[J]. 光学技术, 2011,37(1):110-113.