文章编号:1002-2082(2010)05-0860-04

基于“猫眼效应”的狙击手光电探测仪

杨 耿[1]，安宝林[1]，薛晋生[1]，刘 宇[2]，范燕平[2]
(1. 总装备部 轻武器论证研究所，北京 102202；
2. 西安应用光学研究所，陕西 西安 710065)

摘 要：为从技术层面上提高反狙击能力，通过分析狙击步枪瞄准镜的反射特性，利用线阵CCD捕捉瞄准镜回波信号研制出主动式狙击手光电探测仪。介绍了探测仪的主要指标参数，并模拟实际使用环境验证了其探测效果。试验结果表明：在城市作战中狙击手通常伏击的距离为20 m～200 m，探测仪可准确探测微光瞄准镜及口径为32 mm、40 mm、42 mm和50 mm的白光瞄准镜，且不受镜子和手电筒凹面镜等反射体干扰，但对加装蜂窝板的瞄准镜，当距离大于80 m后无法可靠探测。

关键词：光电系统；猫眼效应；激光主动照射；光电探测
中图分类号：TN249 **文献标志码**：A

Sniper detector based on cat eye effect

YANG Geng[1], AN Bao-lin[1], XUE Jin-sheng[1], LIU Yu[2], FAN Yan-ping[2]
(1. The Demonstration & Research Institute of Small Arms, Beijing 102202, China;
2. Xi'an Institute of Applied Optics, Xi'an 710065, China)

Abstract: An active laser-illuminating sniper detector based on cat eye effect is developed. According to actual circumstances, some tests were conducted to verify the detection performance of the detector. Testing results show that night-vision sight and telescope sights with objective aperture diameters of 32 mm, 40 mm, 42 mm and 50 mm can be effectively detected by the detector in the range of 20 m to 200 m, which is typical for snipers. The detector is not interfered by mirror, concave mirror of flashlight or similar reflectors. However, a telescope sight with honeycomb panel can not be reliably identified when the detection distance is over approximate 80 m, and thermal weapon sight can not be detected either.

Key words: electro-optical; cat eye effect; active laser illuminating; detect

引言

随着狙击步枪精度、射程和威力的提高，以及高性能观瞄设备的不断涌现，装备精良、训练有素的狙击手具有越来越强的攻击性。同时，由于狙击手通常采取伪装手段，难于察觉，因此他们不仅给对方造成巨大伤亡，也能带来极大的心理恐慌。狙击手的威胁正日益增加，为应对狙击手所构成的巨大威胁，需要从技术层面上提高反狙击能力。目前，多个国家已经研制了狙击手探测装置[1-2]。狙击手探测装置主要基于声探测、红外探测和激光主动探测等3种作用原理来判断狙击手的方位和距离。其中，声探测和红外探测是较为成熟的使用方式，但这2种途径都必须等待狙击手击发后才能探测、发现对方，其本质是对射击位置的探测而不是对狙击手的探测，且无法避免狙击手的首发攻击，存在明显的不足。相比之下，采取激光主动探测方式可在

收稿日期：2010-01-28； **修回日期**：2010-05-13
作者简介：杨耿(1984—)，男，湖北省人，硕士，主要从事轻武器光学及光电瞄具论证研究工作。E-mail：petteryg@163.com

狙击手射击前就先期探测到目标,从而有效降低敌方狙击手的威胁。文献[3-6]报道了采用激光主动照射的反狙击装置,均侧重于阐述其探测原理以及原理性的实现。本文介绍基于“猫眼效应”的实用化狙击手光电探测仪,并重点验证其在实际使用环境中的探测性能。

1　探测仪的作用原理

狙击手光电探测仪主要利用狙击步枪光学瞄准镜的“猫眼效应”来实现对狙击手的探测。该探测仪由观察通道、激光发射通道、信号接收通道及CCD探测器、信号处理板、LED显示器、观察目镜、电池等构成,如图1所示。

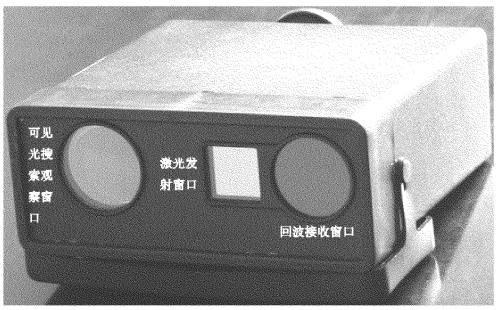


图1　狙击手光电探测仪

Fig. 1　Active laser illuminating sniper detector

探测人员通过探测仪的观察通道察看、搜索视场图像和显示的信息,该通道的可见光搜索观察窗口与其他通道的光学轴线平行,搜索观察时,激光发射通道的激光束同时扫描该视场。由于狙击步枪所配用的光学瞄准镜的物镜焦平面处装有用于瞄准的分划板,因此由物镜入射的激光经分划板反射后具有很强的原路返回特性,且回波强度比普通漫反射回波高2～4个量级[1],即所谓“猫眼效应”。探测仪激光发射通道的半导体激光二极管产生一束线视场的近红外激光,照射到被探测的光学瞄准镜后的反射激光能量显著大于背景信号,探测仪接收通道中的CCD阵列相应成像,捕捉到该束经瞄准镜反射的回波信号及其位置信息,经取差、放大处理后传送到与CCD位置对应的LED阵列,以闪烁并伴随声音呈现告警信号,使用者通过目镜观察探测目标及其位置。

狙击手光电探测仪的主要技术指标:视场6°;观察放大倍率7×;工作波长808 nm;工作频率500 Hz;定位精度垂直10′、方位5′;外形尺寸185 mm×160 mm×62 mm;重量1.7 kg。

2　性能验证及讨论

为模拟实际使用环境,挑选微光瞄准镜、红外瞄准镜以及物镜口径分别为32 mm、40 mm、42 mm和50 mm的白光瞄准镜作为目标,在野外条件(光照较强、微风、无雨雾)下,狙击手城市作战的常用距离(20 m～200 m)内,验证了基于“猫眼效应”的光电探测仪的使用性能。

2.1　不同口径瞄准镜探测性能试验

对探测效果影响最大的因素是白光瞄准镜的有效孔径D',有关系式[3]:

$$D'=\frac{fD}{f+2d} \tag{1}$$

式中:D为白光瞄准镜物镜口径;f为瞄准镜物镜焦距;d为物镜的离焦量。

分析国外狙击步枪瞄准镜资料,发现对物镜焦距和离焦量少有介绍。但从(1)式可以看出,当离焦量d相对于焦距f较小时,物镜口径D与瞄准镜的有效孔径D'相差不大。因此,探测仪对不同口径瞄准镜的探测基本能够反映其对不同有效孔径的探测效果。用狙击手光电探测仪对不同口径的白光瞄准镜进行了探测,如图2所示,其中40 mm和42 mm是国外主流狙击步枪瞄准镜的口径[7]。结果表明,在试验距离内探测仪对各种口径的白光瞄准镜均能准确探测。

图2　不同口径的白光瞄准镜

Fig. 2　Telescope sights with different objective aperture diameter

2.2　虚警率试验

狙击手光电探测仪利用“猫眼目标”与普通漫反射背景的反射特性差异来捕捉激光回波信号。在城市环境下,房屋的玻璃窗、汽车的窗户等反射体是狙击手探测所要面对的情况。这种条件下是否干扰探测仪正常工作,有必要进行虚警试验。试验时在白光瞄准镜周围设置比较常见的反射性能好的

手电筒、镜子等物作为干扰目标,如图3所示。探测结果表明,镜子、手电筒等物没有干扰探测仪正常工作,探测仪仍能准确探测放置的白光瞄准镜。

图3　在光学瞄准镜左前方放置镜子

Fig. 3　Mirror is placed in front of telescope sight

分析上述情况表明:平面镜虽具有良好的方向反射性,但反射光并不沿入射光方向原路返回,而是与入射光呈镜面法向对称(垂直镜面入射除外,但探测仪实际使用时垂直入射几率较小),所以探测仪不易接收回波信号。同时,手电筒凹面镜焦点处发出的光呈平行光出射,但平行入射的光经凹面镜反射后并不一定沿原方向返回,如图4所示。图4中光线b为临界光线,经凹面镜反射后刚好原方向返回,b上方的光线也能原方向返回,而位于b下方的光线被凹面镜一次反射后便偏离原方向出射。由于被手电筒凹面镜反射的光不能全部原方向返回,降低了回波信号强度,使其难以与漫反射背景明显区分,所以探测仪也不会有告警信号。

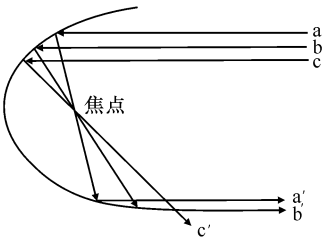


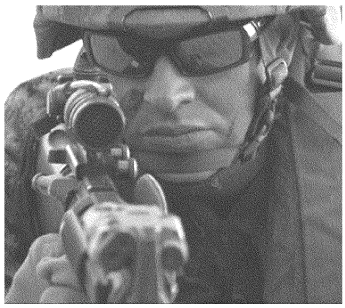
图4　入射光经凹面镜反射后的出射光

Fig. 4　Incident ray reflected by concave mirror of flashlight

2.3　加装蜂窝板瞄准镜的探测试验

由于反狙击技术的发展,国际上对反狙击探测也很重视,在防止主动激光类狙击手探测仪的搜索中,较为常用的做法是在光学瞄准镜的物镜前加装蜂窝板,如图5(a)所示。

为检验狙击手光电探测仪对加装蜂窝板瞄准镜的探测效果,对加装蜂窝板的50 mm口径白光瞄准镜进行了探测(图5(b))。结果表明,一定距离范围内(约20 m～80 m)狙击手光电探测仪仍能探测加装了蜂窝板的瞄准镜,但当距离逐渐增大后,由于蜂窝板减小了反射光的回波强度,可有效防止激光照射探测。



(a) 美军士兵使用加装蜂窝板的ACOG瞄准镜

(b) 探测装有蜂窝板的瞄准镜

图5　加装蜂窝板的瞄准镜

Fig. 5　Honeycomb panel is mounted in telescope sight

2.4　对微光和红外瞄准镜的探测

通过对微光瞄准镜和红外瞄准镜的探测,结果表明探测仪对微光瞄准镜可有效探测,但无法准确探测红外瞄准镜,因微光瞄准镜像增强器以前的光学结构也是“猫眼”结构,只是光电阴极充当了反射物。为了获得较高的成像质量,红外镜头通常镀有对长波红外增透的类金刚石碳膜,而探测仪发射的激光不在此波长范围内,因此大部分扫描激光被红外镜头反射,探测仪无法捕捉回波信号从而不能探测红外瞄准镜。

2.5　其他

试验过程中逆光探测(阳光正对探测仪接收窗口)时,发现由于背景光较强,噪声大,淹没了由被探测瞄准镜反射回的激光信号,偶尔出现不能准确探测瞄准镜的现象。此外,观察角度对探测效果有一定影响,与文献[4]所描述的现象一致。

3　结论

根据光学系统与普通漫反射背景以及平面、抛物面的反射特性差异,基于光路可逆形成的“猫眼效应”来探测使用光学瞄准镜的狙击手,是一种有效的探测技术。采用手持式设计的激光束扫描探测

仪,选择类似实际狙击手隐蔽的情况,开展了系列探测试验。试验结果表明,在 20 m～200 m 距离内,对微光瞄准镜及多个常用口径的白光瞄准镜探测是有效的,探测效果不受平面镜、手电筒等反射体的干扰,验证了探测仪的部分探测性能。

由于场地等原因,对狙击手光电探测仪在野战条件作用距离(≥600 m)内的探测效果尚未进行验证。此外,不同气象条件下的探测效果也有待进一步验证。

参考文献:

[1] 赵延仲,孙华燕,宋丰华,等.探测激光入射角对猫眼效应反射特性的影响[J].强激光与粒子束,2007,19(3):364-368.
ZHAO Yan-zhong, SUN Yan-hua, SONG Feng-hua, et al. Effect of incidence angle on reflecting characteristics of cat eye effect[J]. High Power Laser and Particle Beams, 2007,19(3):364-368. (in Chinese with an English abstract)

[2] 赵延仲,孙华燕,宋丰华,等.激光辐照猫眼光学镜头时的反射特性机理研究[J].物理学报,2008,57(4):2284-2294.
ZHAO Yan-zhong, SUN Yan-hua, SONG Feng-hua, et al. Research on the mechanism of reflection characteristics of laser irradiation on cat eye optical lens[J]. Acta Physica Sinica, 2008, 57(4):2284-2294. (in Chinese with an English abstract)

[3] 赵勋杰,高稚允,张英远,等.基于猫眼效应的激光侦察技术及其在军事上的应用[J].光学技术,2003,29(4):415-417.
ZHAO Xun-jie, GAO Zhi-yun, ZHANG Ying-yuan, et al. Technique of active laser reconnaissance and the applications in the military [J]. Optical Technique,2003,29(4):415-417. (in Chinese with an English abstract)

[4] 葛成良,黄志伟,季云松,等.基于猫眼效应的目标识别[J].强激光与粒子束,2003,15(7):632-634.
GE Cheng-liang, HUANG Zhi-wei, JI Yun-song, et al. Target classification with “cat eye effect”[J]. High Power Laser and Particle Beams, 2003,15(7):632-634. (in Chinese with an English abstract)

[5] 蒋治国,谭吉春,梁晶,等.猫眼效应用于主动式激光侦察的适用条件分析[J].激光技术,2005,29(5):549-551.
JIANG Zhi-guo, TAN Ji-chun, LIANG Jing, et al. Suitability of Cat’s eye effect for reconnaissance by the scanning laser[J]. Laser Technology, 2005,29(5):549-551. (in Chinese with an English abstract)

[6] 田国周,王江,钟鸣,等.猫眼效应及其应用[J].激光杂志,2006,27(4):549-551.
TIAN Guo-zhou, WANG Jiang, ZHONG Ming, et al. Cat’s eye effect and its application[J]. Laser Journal, 2006,27(4):549-551. (in Chinese with an English abstract)

[7] JONES R D, NESS L S. Jane’s infantry weapons 2009-2010[M]. Great Britain:Cambridge University Press,2009.