

文章编号:1001-5078(2007)10-1081-04

一种激光导引头抗高重频干扰的方法

吴建军, 王金玉

(中国人民解放军军械工程学院, 河北 石家庄 050003)

摘要:通过分析激光半主动制导武器系统导引头波门设置和高重频激光有源欺骗式干扰的特点, 提出在波门外判断取样、在波门内对比排除的抗高重频激光干扰的方案, 讨论了关键点, 包括高重频干扰的判定、参照信号的获取和干扰信号的剔除, 并给出了 Simulink 仿真验证, 结果显示波门内干扰信号能有效被排除而制导信号不受影响, 表明所提出的方案在原理上是可行的。

关键词:高重频激光; 激光导引头; 抗干扰; 波门

中图分类号:TN972. +1 **文献标识码:**A

A Method of Counter High-frequency Laser Jamming of Laser Seeker

WU Jian-jun, WANG Jin-yu

(Ordnance Engineering College of PLA, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: Through analyzing the characteristics of wave gate setting and high-frequency laser active deception jamming of the seeker of laser semi-active guidance weapon, a scheme of counter high-frequency laser jamming is proposed by way of judging and sampling out of wave gate and comparing and eliminating in wave gate. The key points, which include judging the jamming, extracting the contrast signal and eliminating the interference, are discussed. The simulation experiment based on Simulink shows that the interference signals in wave gate can be eliminated effectively but does nothing to the guide signals, which indicates that the scheme is feasible in principle.

Key words: high-frequency laser; laser seeker; counter jamming; wave gate

1 引言

激光半主动制导武器具有精度高、成本低、战术运用灵活等优点, 是目前装备量最大、应用范围最广的一类精确打击武器, 其干扰和抗干扰技术成为国内外研究热点^[1]。随着激光基础技术的发展, 重复频率高、单脉冲能量大的激光器日趋成熟, 高重频激光有源欺骗式干扰已成为一种极具前途的干扰方式, 具有无需编码识别、实施简单、实时性好的优点^[2], 研究其对抗方法对提高激光半主动制导系统战场生存能力具有重要意义。

2 高重频激光干扰机理分析

激光半主动制导武器系统, 大都将激光指示信号进行编码, 结合导引头的脉冲选通波门和信号处理技术, 提高其抗干扰能力。由于目标指示器发射

脉冲激光的频率抖动、导引头与目标距离变化时激光信号的延时差异、指示器与导引头的时基误差等因素, 波门宽度不可能太小, 一般设为几十到数百微秒^[2]。因此, 当向导引头视场内发射高重频激光脉冲时, 如果波门之内总能进入多个干扰脉冲, 则干扰信号就有很大几率先于制导信号被处理电路认同。图1表示其干扰过程原理, 点虚线代表波门, 在点虚线框内波门开启; 实线箭头代表制导信号; 虚线箭头代表高重频干扰信号。为了使干扰信号以较大几率进入波门, 并先于制导信号被处理电路认同, 要求干扰信号的重频足够高。理论分析和试验表明, 当高

作者简介: 吴建军(1978-), 男, 硕士研究生, 研究方向为激光制导与对抗。E-mail: wujianjun_581@163.com

收稿日期: 2007-04-08

重频信号的周期小于选通波门宽度时,导引头会受到干扰;而周期大于波门宽度的5~10倍时,导引头仍能稳定跟踪目标^[3-4]。

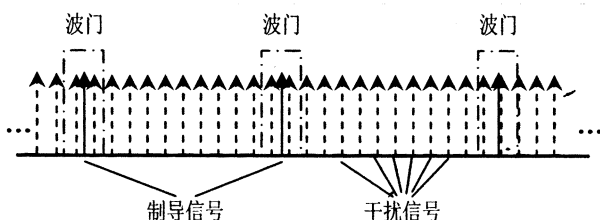


图1 高重频激光干扰原理

3 抗高重频激光干扰方案提出

目前,激光目标指示器的脉冲重复频率大都在20pps以下^[5],由导引头的选通波门与制导信号脉冲的对应关系可知,波门周期应在50ms以上,几十到数百微秒的波门宽度就决定其占空比很小,只有百分之几或更低。因而,结合图1可以看出,两个波门之间相对很长的时间内没有制导信号,在受到高重频激光干扰时会有大量的干扰信号,依据波门间探测器上的信号,可以判断和获悉导引头受到高重频激光干扰的情况。为此,设想在两个选通波门之间再设置两个波门:一个较宽,用来对探测器上的脉冲信号进行计数,判断是否受到高重频激光干扰威胁(以下简称“计数波门”);另一个较窄,用来获取高重频激光在探测器上产生的信号,作为区分干扰信号和制导信号的参照(以下简称“取样波门”)。

为便于研究,我们仅考虑只有一个高重频激光干扰源干扰的简单情形,具体排除过程如下:导引头信号处理电路在一个选通波门过后,先启动“计数波门”,对探测器上的脉冲信号进行计数,根据所计脉冲信号的数目,判断导引头是否会受到干扰。确定受到有效高重频干扰后,就启动“取样波门”,记录下高重频激光脉冲在探测器上产生的信号,在随后的选通波门开启后,同波门内的脉冲信号逐一进行比较,如果一致,则认为是干扰信号予以剔除,否则就认为是制导信号。图2为抗高重频激光干扰过程的波门示意图,实线代表选通波门,点虚线代表“计数波门”,虚线代表“取样波门”,在框内相应波门开启。

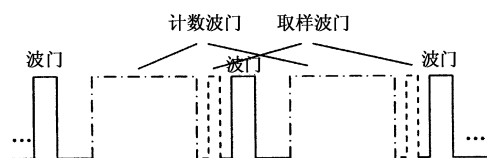


图2 抗高重频激光干扰波门示意图

4 高重频信号的处理要点

导引头信号处理电路以一个选通波门干扰排除的全过程为周期进行循环处理,其流程简单地分为三个步骤(如图3所示):高重频干扰的判定及其周期测定、参照信号的获取和高重频干扰信号的剔除。

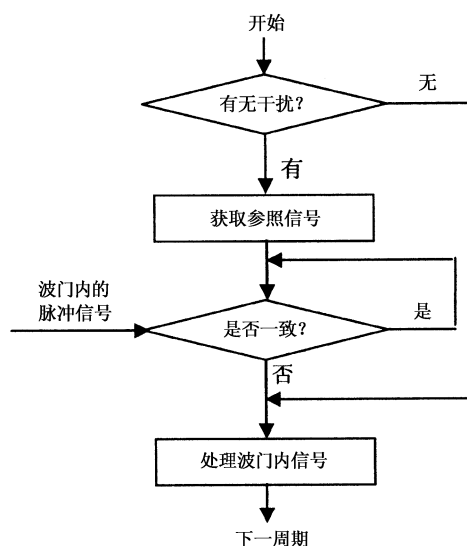


图3 高重频干扰信号排除流程图

4.1 高重频干扰的判定及其周期测定

前述,当高重频信号的周期大于5~10个选通波门的宽度时,其干扰无效。因此,如果“计数波门”内所计的脉冲数为零或是较小(小于“计数波门”宽度与选通波门宽度比值的1/5~1/10,视具体情况而定),可以认为没有受到干扰,信号处理电路跳过下两个步骤,按正常情况处理选通波门内信号;否则,就认为受到有效干扰,用“计数波门”的时间宽度除以所计脉冲数,求得两个脉冲间的平均时间,即为高重频信号的周期。

4.2 参照信号的获取

确定受到有效高重频干扰时,在选通波门即将开启前启动“取样波门”,其宽度设为比测定的高重频信号周期略宽。由高重频激光干扰的特点可知,“取样波门”内至少会有一个高重频脉冲信号。由于“取样波门”和选通波门的宽度都很小,它们之间相隔也很近,从“取样波门”开启到选通波门关闭之间的时间就很短(几十到几百微秒),这期间导引头接收系统光轴的空间方位变化会很小,则“取样波门”内干扰信号和选通波门内干扰信号的差别应该很小,可以认为一致。将“取样波门”内的脉冲信号值(若有两个脉冲则取一个)存储起来,就可作为判断

选通波门内的信号是否是高重频干扰信号的参照。

4.3 高重频干扰信号的剔除

将选通波门内的脉冲信号与参照信号依次进行比较,如果一致,则认为是干扰信号予以剔除,继续比较下一个脉冲信号,直到不一致时,就认为是制导信号,送给后续电路进行处理,关闭波门,进入下一个排除周期。如果波门内始终没有与参照信号不一致的脉冲信号,则认为制导信号丢失。

4.4 值得注意的几个问题

(1)“计数波门”宽度的选择

“计数波门”越宽,计数的脉冲也就越多,所测定的周期也越准确,但对硬件的要求也会越高。同时,我们测定其周期的目的只是判断所受到的干扰是否是有效地干扰,以及确定“取样波门”的宽度,因而对其精度要求无需太高,应根据选通波门宽度和占空比合理确定其宽度大小。

(2)“取样波门”宽度和时机的选择

考虑到高重频信号周期测量会有误差,“取样波门”的宽度设置得比高重频干扰信号的周期略大,是为了保证能有高重频信号进入,但最好不要过大,以减少其他干扰的影响;与选通波门的间隔也要尽量小,以提高参照信号与选通波门内的干扰信号的一致性,但要保证处理电路有足够的处理时间。

(3)参照信号的可靠性

参照信号与选通波门内的干扰信号之间必然存在一定的偏差(相对于干扰信号与制导信号的差别而言则要小得多),在进行排查比较时,应设置合适的误差限度,保证排除过程的正确进行。

5 仿真实验及结果分析

为验证本方案的可行性,我们用 MATLAB 中的 Simulink 对干扰过程和波门信号处理过程进行建模仿真。为简单起见,假设目标静止,高重频激光干扰源在弹目连线地面投影的延长线上,并略去波门信号处理中的高重频干扰判定及周期测定步骤。高重频激光干扰模型和波门信号处理模型简图如图 4(a)和图 4(b)所示。

制导信号和干扰信号经探测器电路处理后输出的都是归一化后的信号,反映光斑中心偏离探测器中心(视场中心)的位置,与光斑能量关系不大,仅与其视场角相关。为便于分析,我们用视场角表示信号大小,并设定制导信号的频率为 20Hz,高重频

信号的频率为 15kHz,波门宽度为 100 μ s,干扰源距离目标的距离为 100m,根据前述的高重频信号处理要点,建立模型进行仿真,结果如图 5(a)、图 5(b)和图 5(c)所示。

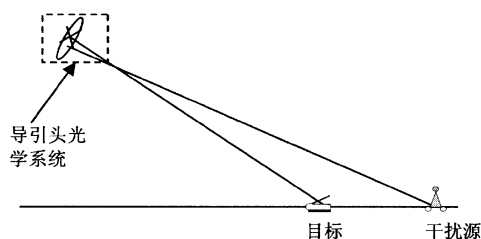


图 4(a) 干扰模型简图

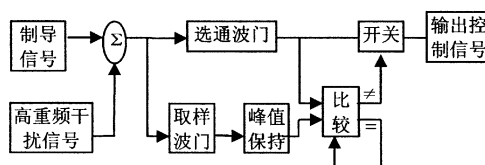


图 4(b) 波门信号处理模型简图

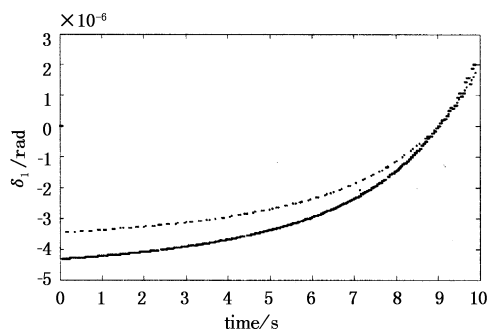


图 5(a) “取样波门”内信号与选通波门内干扰信号的差

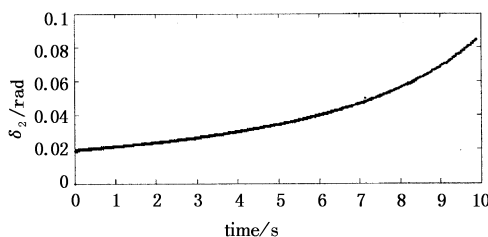


图 5(b) 选通波门内干扰信号与制导信号的差

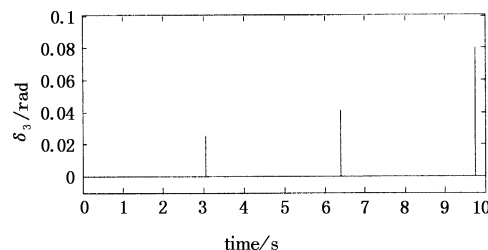


图 5(c) 抗干扰处理后信号与制导信号的差

图 5(a) 中为“取样波门”与选通波门相隔 300 μ s 时,“取样波门”内信号与选通波门内干扰信号的差值(δ_1),可以看出,干扰过程中(10s 后干扰源超出导引头视场)这一差值很小,变化也不大。

图5(b)中为选通波门内干扰信号与制导信号的差值(δ_2),可以看出, δ_1 与 δ_2 在数值上相差四个数量级。图5(c)为设定误差限度为1‰时,最后输出信号与制导信号作差的结果(δ_3),可以看到,两者绝大部分信号一致(差值为0),只有几个信号不一致,是制导信号和高重频信号同时到达导引头时的叠加信号,最后没有被排除掉,这是本方案的不足之处,但由前述,由于其概率很低,不会影响导引头的正确制导。

6 小 结

提出的抗高重频激光有源欺骗式干扰的方案,核心是根据高重频激光干扰信号的规律,利用选通波门占空比很小的特点,获取一个与波门内高重频信号差别极小的参照信号,对高重频信号进行排查。建模仿真的结果表明,在合适的误差限度下,参照信号能有效排除高重频干扰信号而不影响制导信号,表明所提出的方案原理上是可行的。

(上接第1080页)

4 结 论

上述三种区别人造物与植物的算法均基于样本的反射光谱特性,三种算法由简到繁。实验和计算分析表明:

(1)色差的计算是对整个反射光谱积分计算得出,该参数虽然计算过程最为简单,但是由于计算过程会忽略样本的细节差异,因此所反映的情况与实际相符性较差;

(2)将光谱分为3段计算色坐标较为合适,且计算方便,该数据可以在一定程度上反映实际情况,但必须综合其他参数指标才能给出较为合理的评价结果;

(3)光谱融合算法最大程度地利用了样本的反射光谱数据,与实际情况最为相符,其不仅可以评价人造物与自然背景的一致程度,也可以应用于人造目标的识别,在分析大量人造物以及植物的反射光谱形成数据库后,便可以直接从场景的反射光谱中提取出人造物光谱的成分,即使是人眼直接观测不到的伪装目标也可以在反射光谱中清晰地区分出来。

利用光谱反射特性能够对人眼难以直观发现和辨别的伪装目标进行辨别,并定量地表示不同的人造物与不同植物样本的差异。虽然利用多光谱成像技术可能会分辨出人眼不能直接观察的伪装,但目

参考文献:

- [1] 刘京郊. 光电对抗技术与系统[M]. 北京:中国科学技术出版社,2004.
- [2] 黄峰,汪岳峰,王金玉,等. 高重频固体激光器在光电对抗中的应用研究[J]. 红外与激光工程,2003,32(5):465-467.
- [3] 谢小川. 高重频激光对激光导引头干扰性能的研究[J]. 航天电子对抗,2005,21(5):23-25.
- [4] 徐代升,王建宇. 高重频激光压制干扰与激光制导系统相互作用效应研究[J]. 量子电子学报,2006,23(2):208-212.
- [5] 周立伟,刘玉岩. 目标探测与识别[M]. 北京:北京理工大学出版社,2002.
- [6] 刘秉琦,武东生,牛燕雄,等. 激光末制导炮弹欺骗式干扰的仿真[J]. 武器装备自动化,2004,23(3):9-10.
- [7] 陈桂明,等. 应用 MATLAB 建模与仿真[M]. 北京:科学出版社,2001.

前大都用于近红外光谱波段。因此,本文的工作对可见光波段的伪装与反伪装研究工作具有理论意义和实用价值。由于本文测量数据是在实验室内进行的,与在实际场景中测量结果存在一定的差异。但本文的工作表明,通过反射光谱数据可以评价伪装系统的伪装性能,能够为伪装系统性能评价工作提供一条技术途径。

参考文献:

- [1] 张德洋,吕绪良,胡江华,等. 基于模糊综合评判的伪装器材效能定量评估模型[J]. 解放军理工大学学报(自然科学版),2002,3(5):67-70.
- [2] 许卫东,吕绪良,陈兵,等. 一种基于纹理分析的伪装器材效果评价模型[J]. 兵工学报,2002,23(3):329-331.
- [3] Mark James Brady. Psychophysical investigations of incomplete forms and forms with background[D]. University of Minnesota. Mar., 1999:14-16.
- [4] 汤顺青. 色度学[M]. 北京:北京理工大学出版社,1990.
- [5] Boardman, JW. Inversion of high spectral resolution data. [C]//Proceedings, SPIE, 1990, 1298:222-233.
- [6] Adams, JB, Smith, M O, Johnson, P E. Spectral mixture modeling: a new analysis of rock and soil types at the viking lander 1 site[J]. Journal of Geophysical Research, 1986, 91:8098-8112.