文章编号：1672-8785(2019)08-0037-06

红外成像制导反舰导弹对抗实施方法研究

叶宗民

（91404 部队，河北 秦皇岛　066000）

摘　要：红外成像器件和红外成像制导技术的飞速发展，导致了红外成像制导武器的迅速发展。红外成像制导反舰导弹已成为各国海军的主要作战武器之一。红外成像制导反舰导弹对海军作战舰船构成了极大的威胁。从导弹制导原理及攻击方式着手，研究了对抗设备的性能、特点及其对抗措施。通过分析导弹的工作模式和光电对抗设备的基本原理，初步探讨了对抗红外成像制导的反舰导弹的实施方案，为红外成像制导武器的使用和舰船对抗红外成像制导导弹提供了技术支撑。

关键词：成像制导；干扰；红外对抗；实施方案

中图分类号：TP391.41　**文献标志码**：A　**DOI**：10.3969/j.issn.1672-8785.2019.08.006

Research on Implementation Method of Infrared Imaging Guided Anti-ship Missile

YE Zong-min

(*Unit No.91404, Qinhuangdao 066000, China*)

Abstract: The rapid development of infrared imaging devices and infrared imaging guidance technology has led to the rapid development of infrared imaging guided weapons. Infrared imaging guided anti-ship missiles have become one of the main combat weapons of national navies. Infrared imaging guided anti-ship missiles pose a great threat to naval vessels. Starting from the principle of missile guidance and attack mode, the performance, characteristics and countermeasures of countermeasure equipment are studied. By analyzing the working mode of the missile and the basic principle of the photoelectric countermeasure equipment, the implementation scheme of the anti-ship missile against infrared imaging guidance is preliminarily discussed, which provides technical support for infrared imaging guided weapons and the ship against infrared imaging guided missiles.

Key words: imaging guidance; interference; infrared antagonism; implementation scheme

0　引言

红外成像制导是现代反舰导弹的主要制导方式之一。它是利用目标和背景具有不同的红外辐射特征，在反舰导弹导引头的红外探测器上生成不同灰度和几何特征的红外图像，从而将目标从背景中提取出来，对目标进行锁定跟

收稿日期：2019-07-16

作者简介：叶宗民(1982-)，男，江苏溧水人，工程师，主要研究红外目标的特性。

E-mail：ye_luren_2002@163.com

踪的一种制导技术。红外成像制导是当代军事领域发展精确制导武器的主要方向之一，属于被动探测，具有很强的抗干扰能力和隐蔽性，在各国新型反舰导弹的研制中应用越来越广泛。采用红外成像制导的反舰导弹的攻击过程及方式如图 1 所示。首先由导弹发射系统搜索和捕获要攻击的目标位置；确认目标后，立即引导反舰导弹的红外成像制导系统跟踪并锁定目标；然后对目标进行跟踪，直至摧毁目标。

由红外成像制导导弹攻击示意图(见图 1)可推理得出，对反舰导弹实施干扰的时机主要有 3 个。第一，在导弹选择和确定目标的过程中，通过干扰使其选择假目标，诱导其攻击假目标。第二，使红外导引头探测目标的精度降低，导弹装订射击参数的误差增大，终点散布偏差增大，降低命中概率。第三，对红外导引头选择目标制造困难，延缓导弹的发射时间，从而错失攻击目标的最佳距离。

1 红外成像制导干扰技术

红外成像制导干扰的定义是：干扰设备通过辐射、转发、发射或者吸收光波能量，削弱或破坏敌方红外成像制导系统的正常工作。按照干扰设备的干扰产生方式，通常分为红外有源干扰和红外无源干扰。有源干扰是干扰设备通过辐射或转发光波，压制、致盲或欺骗敌方的红外制导制导跟踪系统的干扰方式。无源干扰是干扰设备通过发射一些干扰物质，遮蔽或阻塞敌方红外制导系统获取目标和背景红外辐射通道的干扰方式。有源干扰主要有激光致盲武器、激光干扰机、红外干扰机和红外诱饵弹等干扰设备。无源干扰主要有宽波段烟幕、水幕和光箔条等干扰设备[3]。

研究红外成像制导干扰技术的实施方法，首先要分析其制导机理。在远距离时，目标在红外成像制导导弹的导引头探测器上以点源的状态显示；随着导弹向目标逼近，导引头成像制导系统利用自适应波门对目标进行跟踪，跟踪过程中波门一直套住目标，并保持波门的大小比目标尺寸稍微大一点。在整个制导过程中，红外成像制导的数据处理系统将目标与背景的红外辐射差异通过红外图像显示出来，利用数字图像处理技术，获得目标在探测器视场中的方位与视线角偏移量，然后将偏移量的误差值转换成不同的电压值，再利用功率放大器将电压放大后驱动导弹的随动系统，使红外导引头对目标视线角偏移量趋零，确保导弹始终指向目标，直至击中目标[2]。

依据红外成像制导导弹的制导机理可以推断，对红外成像制导实施干扰的主要阶段有两个：一是在导引头探测器对目标进行识别阶段，对其实施干扰，其目的是设法使红外导引头的制导系统不能从背景中将目标分离处来，或使其从背景中分离出一个假目标信息，最终使导弹无法跟踪目标，或者是跟踪一个假目标。二是在导引头探测器对目标进行跟踪阶段，对其实施干扰，其目的是设法使导引头探测器视场内的目标与背景辐射特征发生变化，导致红外制导系统的跟踪波门无法正常锁定目标，最终使导弹丢失目标[5]。对于具体的干扰实施方法，本人结合平时的工作经验，将总结出来的几种干扰实施方案进行简单介绍。

2 干扰方案设计

2.1 单一设备干扰方法

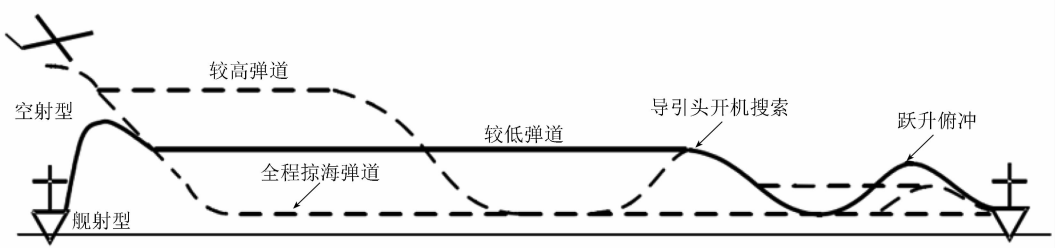


图 1 反舰导弹垂直方向攻击弹道的示意图

2.1.1　遮蔽式干扰设备实施方案

遮蔽式干扰主要是采用烟幕干扰弹实施干扰。烟幕对红外成像制导反舰导弹的的干扰实施方案根据红外成像制导的过程分为两种情况：

第一，导引头捕获目标前的搜索阶段。发射烟幕干扰弹以对目标舰进行遮蔽，检查导引头是否能成功搜索目标。假设导弹的飞行速度为 V，烟幕有效遮蔽时间为 T_{zb}（这种情况下烟幕的遮蔽时间可以略大于烟幕指标），导引头的开机距离范围为 20 km$\geqslant R_{kj}\geqslant$10 km，导引头的搜索视场为$(\alpha,\beta)$。导引头开机时，目标对导引头的视线角为 θ，则一枚烟幕干扰过程中导弹的飞行距离 $R_{fx}=V\cdot T_{zb}$。则根据 arctan$[R\cdot\tan\theta/(R-R_{fx})]>\alpha/2$，计算实施干扰的有效方向和距离。

第二，导引头捕获目标后的跟踪阶段。发射烟幕弹，检查导引头偏离目标的角度。假设导弹的飞行速度为 V，烟幕的有效遮蔽时间为 T_{zb}，导引头稳定跟踪过时距离范围为 20 km$\geqslant R_{kj}\geqslant$10 km，导引头的跟踪视场为$(\alpha,\beta)$。导引头稳定跟踪后，目标对导引头的视线角为 0，则一枚烟幕干扰过程中导弹的飞行距离 $R_{fx}=V\cdot T_{zb}$，干扰后导弹的距离为 $R_1=R-R_{fx}\geqslant 0$，舰船的移动速度为 V_c，则根据 arctan$[V_c/(R-R_{fx})]>\alpha/2$，计算实施干扰的有效方向和距离。

2.1.2　欺骗式干扰设备实施方案

欺骗式干扰主要是采用红外干扰弹实施干扰，面源红外干扰弹对红外成像制导反舰导弹的干扰实施方案根据红外成像制导的过程分为两种情况：

第一，导引头捕获目标前的搜索阶段。发射面源红外干扰弹，形成假目标，对导引头进行干扰，使其无法捕获目标舰。由于目前的红外成像制导导弹在搜索目标时采用质心(形心)跟踪方式，如果面源红外弹发生形成假目标后不能和目标舰都在导引头的视场内，就会导致导引头可能跟踪目标舰，可能跟踪面源弹假目标的不确定情况。所以该方式需要根据导引头的开机距离来确定面源的发射角度和距离，以保证假目标和目标舰都在导引头的视场内，在导引头大视场搜索阶段，使导引头跟踪面源弹假目标和目标舰的质心，导致目标偏离目标舰，最终跟踪面源假目标，通过数学仿真计算面源弹的发射时间、角度和使用数量。

第二，导引头捕获目标后的跟踪阶段。发射面源红外干扰弹，形成红外假目标，对导引头进行质心干扰。由于这个阶段导引头跟踪的视场小，距离舰船目标近，实施干扰需要保证面源假目标和舰船都在视场内，使导引头跟踪质心，并逐渐偏离舰船，最终进行相关跟踪至面源假目标。通过数学仿真，计算红外面源弹的发射时间、角度和使用数量。

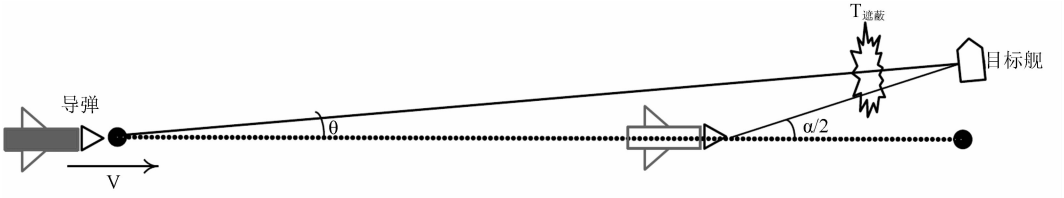


图 2 导引头搜索阶段烟幕干扰过程的示意图

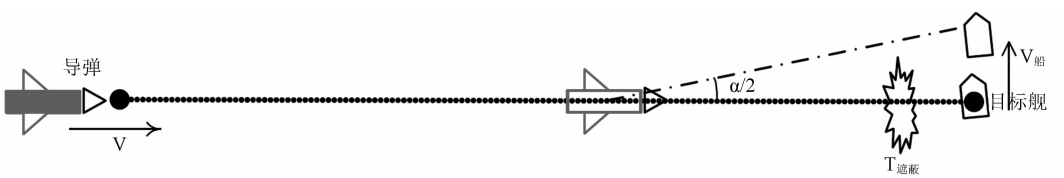


图 3 导引头跟踪阶段烟幕干扰过程的示意图

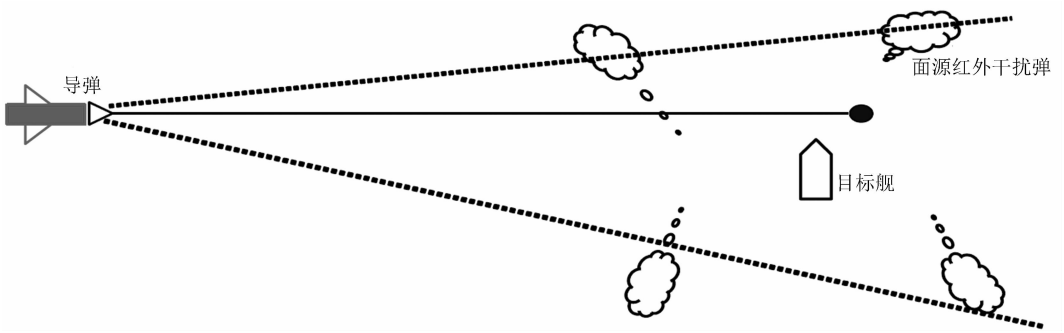


图 4 导引头跟踪阶段红外面源干扰过程的示意图

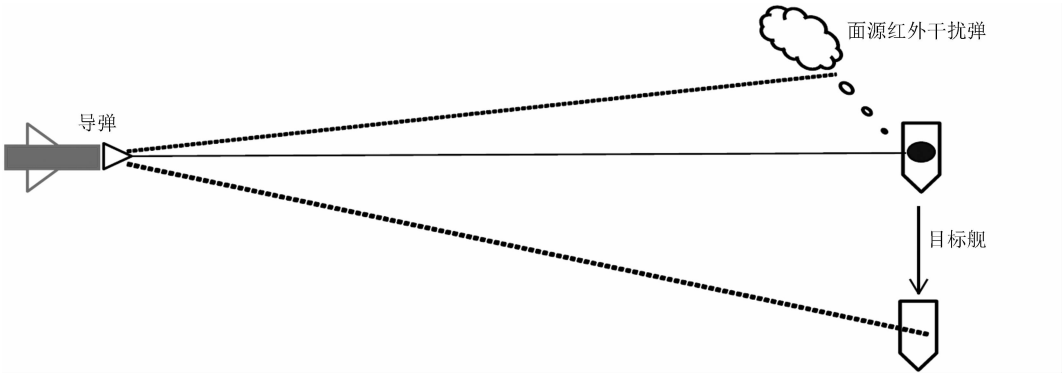


图 5 导引头跟踪阶段红外面源干扰过程的示意图

2.1.3 压制式干扰设备实施方案

激光压制干扰是在对目标实现精密跟瞄的前提下，发射高峰值功率或高重频激光，照射目标的红外探测器，使其不能正常工作。激光压制设备对抗红外成像制导反舰导弹的原理不同于前面两种方式的对抗，所以实施方案也不同于前面两种对抗方式。如果在对抗过程中过早使用激光照射导引头，反而可能增加导引头捕获目标的成功率。所以该干扰方式的实施，考虑的是激光压制设备对红外导引头稳定跟踪时在小视场跟踪阶段干扰的效果。激光压制干扰对红外成像制导反舰导弹的干扰效果取决于激光器的能量、发散角和跟踪精度等固有指标，天气环境会影响其压制效果。通常可以根据舰船的规避时间，计算出实施干扰的最近距离。

但是，激光压制干扰的实施还要考虑以下两个方面的问题：第一，激光压制具有毁伤效果，容易破坏探测器，对抗试验不能直接按战斗状态进行设置。第二，其干扰效果不是由激光器本身决定的，激光的发射、到达以及机动时间可以忽略，能不能干扰目标还取决于转台的跟踪精度。假设激光压制干扰可以连续工作 90 s，以 1 马赫的导弹来说，干扰距离为 30.6 km，足以全程干扰红外成像导引头。如果舰船的机动速度为 V，船的长度为 L，导弹的爆

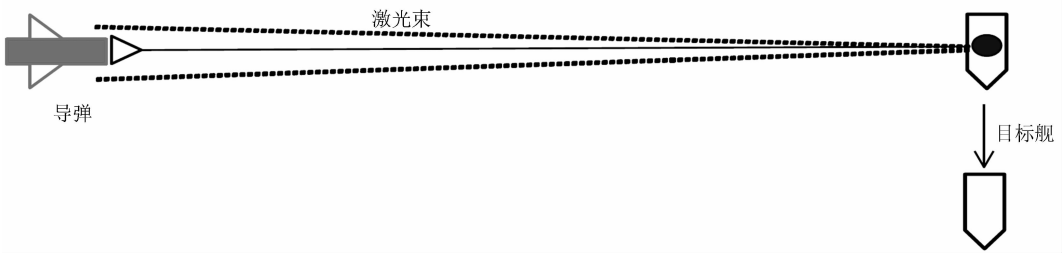


图 6 激光有源压制干扰过程的示意图

破半径为 r，导弹的飞行速度为 V_d，则激光压制干扰的最小距离 $R=\frac{r+L}{V}\cdot V_d$。对于激光的能量来说，干扰距离越近，则效果越好。对于跟踪精度来说，远处激光光斑大，跟瞄容易；近处激光光斑小，跟瞄困难。所以最佳距离不是越近越好，而是两条能力曲线的交汇点，如图 7 所示。

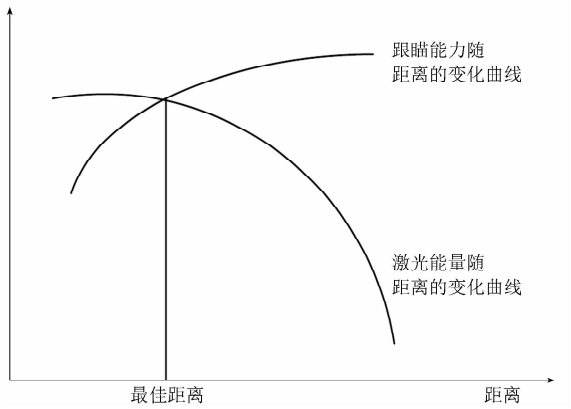


图 7 最佳干扰距离的示意图

2.2 遮蔽欺骗配合干扰方法

烟幕遮蔽干扰是利用烟幕对红外辐射的吸收和散射能力，使导引头探测器接收到的目标和背景红外辐射量减少，破坏红外制导系统对舰艇目标的正常成像，使导弹不能稳定跟踪舰船目标。红外面源干扰是利用红外烟云产生比舰船还高的辐射能量，使导弹的红外制导系统由跟踪舰船偏离至红外烟云与舰船共同形成的能量中心，或者直接跟踪红外烟云的能量中心，使导弹跟踪一个假目标。从原理上分析，这两种干扰方式存在互相配合、共同完成同一个干扰过程的可能性。所以下面详细介绍烟幕和红外面源配合干扰的实施方法。对于激光压制干扰和烟幕干扰弹和面源红外干扰弹的配合，我们一般采用先有源、后无源的原则来实施干扰，无需详细说明。

当我方舰船受到红外成像制导反舰导弹来袭时，首先发射烟幕弹，形成烟幕墙，对我方舰船进行遮蔽，以破坏舰船在红外成像导引头视场内形成的景象，导致导弹丢失目标，由跟踪转为重新搜索目标的过程。此刻朝舰船侧后方发射红外面源干扰弹，形成红外面源假目标，模拟舰船的红外辐射特征，导致红外成像制导反舰导弹在搜索视场内优先发现面源假目标，达到有效干扰红外成像制导反舰导弹、保护舰船的目的。

在红外成像导引头跟踪舰船后，向舰艉方向布放面源红外假目标。首先使所形成的面源红外假目标与舰船一体，使红外成像导引头跟踪舰船和面源红外假目标的能量中心；紧接着从舰艄开始布放烟幕，并逐步远离舰船，多次布放面源红外假目标，诱使红外导引头跟踪波门，逐步远离目标舰船。当所布放的烟幕全部遮蔽舰船时，红外导引头跟踪波门最终跟踪面源红外假目标中心，达到保护舰船的目的。

通过全面的计算仿真设定，在红外成像制导反舰导弹和舰船之间距离不断缩小的过程中，如果在导弹的爆破半径以内存在舰船，则表示击中目标，干扰失败；反之若红外成像制导反舰导弹和舰船之间的距离不断增大，则导弹已经跟踪丢失目标，干扰成功。可以得出烟幕、红外面源干扰弹的实施的一般原则：

(1)必须在要求的对抗时间内，根据烟幕弹的性能指标，发射适量的烟幕弹，使烟幕有足够的厚度和浓度，并且尽量保证烟幕连续、

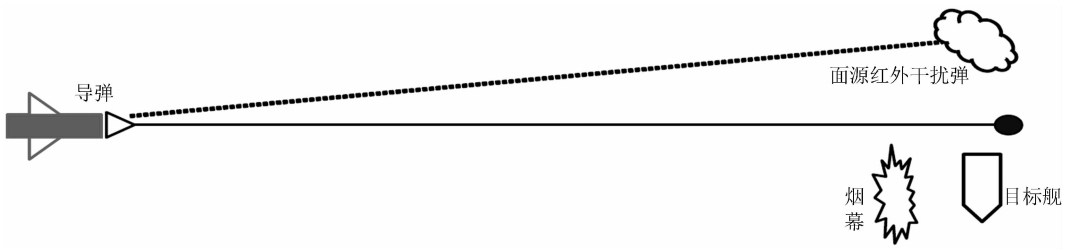


图 8 导引头搜索阶段红外面源烟幕配合干扰过程的示意图

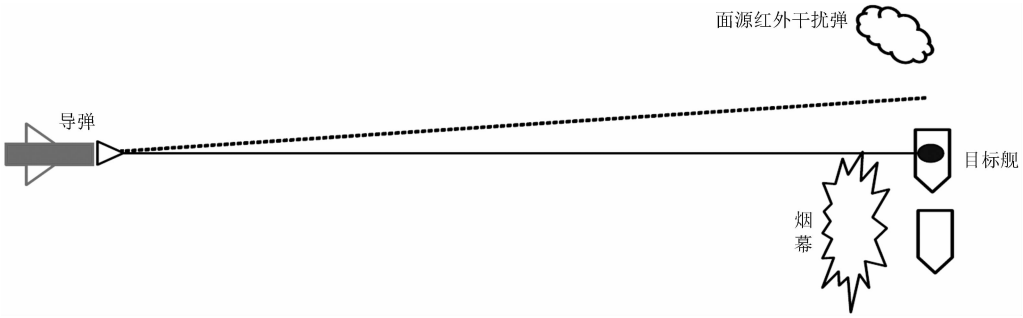


图 9 导引头跟踪阶段红外面源烟幕配合干扰过程的示意图

均匀。应保证遮蔽舰船的前提下，留出足够的烟幕航道给舰船机动。

(2)对抗过程中烟幕干扰弹的发射时机需要精确计算，确保在最佳干扰时间内发射烟幕干扰弹。舰船在避让速度上有两个选择：如果发现不能快速机动，则选择低速或静止状态，让舰船尽量待在烟幕中；如果可以迅速脱离战场，则选择全速航行，使舰船尽快离开导弹的搜索视场。

(3)必须在要求的对抗时间内，使红外干扰源有足够的面积和辐射强度，使它们共同形成的质心偏向面源红外烟云。应避免面源红外烟云与目标舰船都在导弹的飞行航向上，即红外面源不要与舰船目标重合。

(4)面源红外烟云布放点必须和舰船目标同时在导引头的视场内，否则就不能引偏导弹。烟幕的遮蔽和舰船规避航向的设置最好存在一个逐渐偏离的过程。

3 结论

反舰导弹是舰船生存的重要威胁之一，各国都在研究对抗其攻击的方法。只要我们理解导弹制导的原理及攻击方式，掌握对抗设备的性能和特点，研究相应的对抗措施，就能大大提高军舰在作战中的生存能力。本文通过分析导弹的工作模式和光电对抗设备的基本原理，探讨了对抗红外成像制导的反舰导弹的实施方案。下一步工作是通过试验和仿真技术，更深层次地摸清对抗实施方案的具体参数设置，总结对抗红外成像制导反舰导弹的具体措施。

参考文献

[1] 文一民，郑宝元. 对抗被动式热成象系统的红外烟幕技术[J]. **红外技术**，1988，**9**(1)：7-10.

[2] 刘永昌，陈洪印. 红外制导与红外对抗技术分析[J]. **红外技术**，1997，**18**(1)：15-20.

[3] 方有培，钱建平. 对红外成像制导导弹的干扰技术研究[J]. **红外与激光工程**，2000，**29**(3)：7-10.

[4] 邱继进，梅建庭. 烟幕对红外制导武器的干扰研究[J]. **红外与激光工程**，2006，**35**(2)：212-215.

[5] 乔亚. 红外成像制导对抗技术研究[J]. **激光与红外**，2005，**35**(12)：913-916.

[6] 田晓飞，马丽华，洪华，等. 面源红外诱饵的干扰特性分析以及模拟研究[J]. **激光与红外**，2012，**42**(2)：165-169.

[7] 刘松涛，刘振兴，王龙涛. 面源红外干扰弹质心干扰反舰导弹的决策方法[J]. **激光与红外**，2014，**44**(12)：1354-1359.

[8] 李慧，李岩，刘冰锋，等. 激光干扰技术现状与发展及关键技术分析[J]. **激光与光电子学进展**，2011，**48**(8)：081407.

[9] 王继光，王敏帅，臧寿洪. 国内外红外面源诱饵弹的发展和试验方法研究[J]. **红外**，2011，**32**(10)：17-20.

[10] 高勇，时家明，汪家春. 红外对抗与新型红外诱饵[J]. **舰载武器**，2001，**24**(2)：43-45.

[11] 杨希伟，李长伟. 光电成像末制导烟幕干扰效果评估研究[J]. **激光与红外**，2012，**42**(2)：170-174.