

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.01.004

毫米波有源诱饵弹战术使用

王硕, 韩裕生, 姚翎

(解放军炮兵学院 4 系, 安徽 合肥 230031)

摘要: 毫米波有源诱饵弹的战术使用是一个重要问题。根据毫米波制导导弹的工作特点, 提出针对来袭导弹扫描搜索阶段和目标跟踪阶段的两种毫米波有源诱饵弹战术使用模式, 对其作用机理和干扰效果进行分析, 并对其关键技术包括干扰信号频率、干扰信号功率和多诱饵相互干扰等进行研究。分析表明, 实战中如能依据战场形势合理布放诱饵, 将会对目标起到很好的保护作用。

关键词: 毫米波; 有源诱饵弹; 毫米波制导

中图分类号: TN928 **文献标识码:** A

MMW Active Tactical Use of Decoys

WANG Shuo, HAN Yu-sheng, YAO Ling

(No. 4 Department, Artillery Academy of PLA, Hefei 230031, China)

Abstract: It is important to tactical use of MMW (Millimeter Wave) active decoys. According to the features of MMW radar guided missile, two acting modes of MMW radar decoy are put forward for scanning-search and target-tracking stage. The action mechanism and disturbance effect are analyzed, as well as key technology including the disturbance frequency, disturbance power and multi-decoy mutual disturbance. The analysis shows that according to the situation of battle field throwing the MMW radar decoy reasonably can protect target effectively.

Keywords: Millimeter wave (MMW); Active decoys; MMW radar guidance

0 引言

毫米波是波长在 1~10 mm (对应频率 30~300 GHz) 内的电磁波频段。对于红外和光学波段, 毫米波在传输窗口的衰减和损耗相当低, 在悬浮微粒和尘埃、烟雾及战场污染条件下的衰减和损耗也较低。但相对微波波段, 毫米波具有波长短、波束窄、角分辨率高、目标识别能力强, 低仰角、跟踪性能强的特点。毫米波技术的迅速发展, 有力地推动了毫米波在制导技术领域的发展和應用。美国的“阿帕奇”载“长弓”毫米波雷达, “空中卫士”炮瞄雷达, “海尔法”、“陶”、“标枪”、“幼畜”等毫米波导引头均工作在毫米波频段。毫米波雷达的特点决定了其对装甲、坦克等作战装备具有极高的威胁。目前, 由于毫米波器件比较昂贵, 在毫米波段实施有源干扰比较困难, 对毫米波干扰技术的研究主要集中在无源干扰上。故分析毫米波制导导弹一般作战过程, 提出针对来袭导弹扫描搜索阶段和目标跟踪阶段的 2 种毫米波有源诱饵弹战术使用模式。

1 可行性分析

通过对典型毫米波制导导弹一般作战过程的研究发现, 当要求增大作用距离、提高跟踪精度、

抑制目标闪烁噪声时, 毫米波雷达导引头通常采用主动—被动相结合的方式。即主动模式扫描搜索、截获目标后转入跟踪、先主动跟踪后转为被动跟踪直至命中。其简要作战过程如图 1。

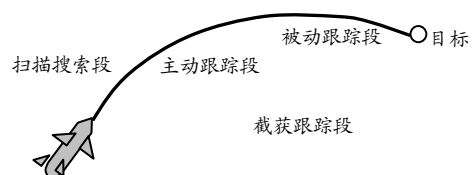


图 1 毫米波制导导弹一般作战过程

以典型毫米波 (8 mm) 制导导弹为例, 当距离目标约 3 km 时, 毫米波雷达导引头开始进行主动被动工作模式转换。因为毫米波在距目标 3 km 以内时抗干扰能力较强, 故对毫米波制导导弹的有效干扰应在扫描搜索阶段和主动跟踪阶段。

当毫米波制导导弹处于不同作战阶段时, 毫米波有源诱饵弹产生干扰的机理有所不同, 导致诱饵弹的投放方式有所区别。因此, 分别提出了多诱饵迷惑干扰和多诱饵诱偏干扰 2 种工作模式。

1.1 多诱饵迷惑干扰

1.1.1 作用机理

当毫米波制导导弹处于扫描搜索阶段时, 如果

收稿日期: 2009-07-08; 修回日期: 2009-09-02

作者简介: 王硕 (1981-), 男, 安徽人, 助教, 解放军炮兵学院在读硕士, 从事信号与信息处理研究。

在真实目标周围的不同方位、不同距离和不同高度上投放多个有源诱饵，使真假目标混在一起，就会使导引头无法识别真假，捕获到真目标就会遇到极大的困难，捕获真目标的概率明显下降。这种干扰就叫做“多诱饵迷惑干扰”。

如果在来袭导弹的天线波束搜索空间内，投放出 M 个均匀分布的毫米波有源诱饵弹。由于来袭导弹捕获到每个目标的概率相等，所以捕获到真目标的概率 P_I 就会降低到：

$$P_I = \frac{P_0}{M+1}$$

式中， P_0 是没有投放诱饵时，来袭导弹截获目标的概率。如果一组投放 4 枚诱饵弹，则来袭导弹截获目标的概率将降低到 20%。

1.1.2 投放要求

在扫描搜索阶段投放诱饵弹时，应保证诱饵弹和目标不同时出现在一个跟踪单元内。

1) 诱饵投放的横向距离 L

横向距离 L 至少应保证诱饵超出导引头天线的波束宽度。如图 2，由几何关系可以得到：

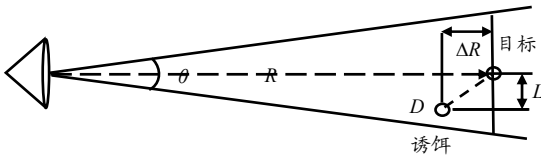


图 2 诱饵投放横向距离示意图

$$L \geq 2R \tan\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

典型毫米波（8 mm）制导导弹的波束宽度约为 1.5° ，在距目标 10 km 时，开始进行扫描搜索寻找目标。因此，不难得出横向距离 L 应大于 262 m。

2) 诱饵投放的纵向距离 ΔR

纵向距离 ΔR 应大于制导雷达的距离跟踪波门，即： $\Delta R \geq \Delta R_r$ 。

通常， ΔR_r 只有数百米，但考虑到载体的自身速度和投放方向以及诱饵干扰的形成时间等因素，在多诱饵迷惑条件下使用时，要求 ΔR 应不小于 1 km。

1.2 多诱饵诱偏干扰

1.2.1 作用机理

当来袭毫米波制导导弹处于主动跟踪阶段时，如果在目标周围的特定空域内投放一组毫米波有源诱饵弹，使目标和诱饵依次出现在来袭导弹的同一个分辨单元内，则来袭导弹将向回波质心偏移，逐步偏离目标，起到保护目标的作用。

1.2.2 投放要求

通过对典型毫米波制导导弹的空地攻击模式分析，选择在与来袭方向相垂直的空域内投放一组（4 枚）诱饵弹，于确保诱饵与被保护目标同时处于来袭导弹的距离跟踪波门内。

若要起到逐步诱偏的作用，则诱饵与被保护目标需满足一定的位置关系，离被保护目标最近的诱饵与被保护目标间的距离应小于 h ，以确保诱饵与被保护目标同时出现在来袭导弹的同一个分辨单元内。如图 3， θ 为来袭导弹波束宽度， R 为来袭导弹与目标之间的距离，来袭导弹攻击角定为 15° ，根据几何关系可知， h 的计算公式为：

$$\frac{h}{H} = \frac{x}{x+X} \quad h = \frac{x \cdot H}{x+H}$$

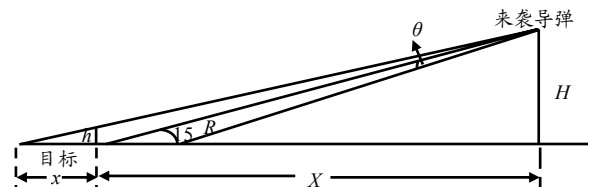


图 3 来袭导弹分辨单元示意图

代入典型值 $\theta = 1.5^\circ$ ， R 分别为 7 km、6 km、5 km、4 km，关系如表 1。

表 1 不同距离内诱饵与被保护目标的几何关系

R	H	X	x	h
7 km	1 812 m	6 761 m	374 m	95 m
6 km	1 553 m	5 796 m	319 m	81 m
5 km	1 294 m	4 830 m	265 m	67 m
4 km	1 035 m	3 864 m	211 m	54 m

故在不同的距离内，被保护目标与诱饵弹，诱饵弹与诱饵弹之间的间距应小于所对应的 h 值，以确保在任意时刻至少有两枚诱饵同时出现在制导导弹的同分辨单元内，起到诱偏干扰的作用。按照要求，当诱饵弹投放后达到稳定工作状态时，诱饵弹与被保护目标间应满足空间位置关系，如图 4。

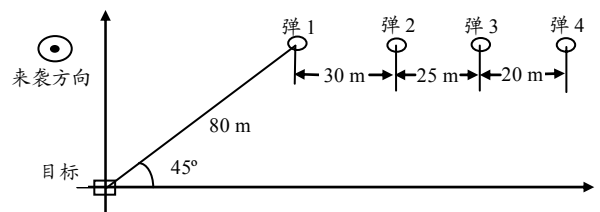


图 4 诱饵弹与目标空间位置关系

1.2.3 诱偏过程仿真

在与来袭导弹攻击方向垂直的空域内，与地面以 45° 夹角投放一组诱饵弹（4 枚），当来袭导弹（主动跟踪段）距目标 7 km 时，在其分辨单元内将同时出现目标和一枚诱饵，此时，导弹瞄准点将偏离

原来目标而指向目标与诱饵回波的质心位置。随着瞄准点的逐步偏离, 其余诱饵将依次进入来袭导弹的视场, 与前一枚诱饵共同处于同一个分辨单元内, 对来袭导弹产生诱偏作用。

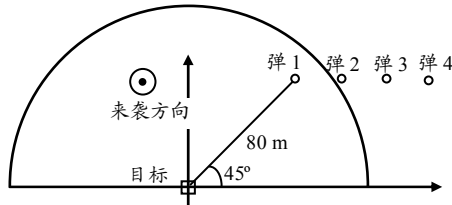


图 5 7 km 时导弹波束截面与干扰弹的相对位置关系

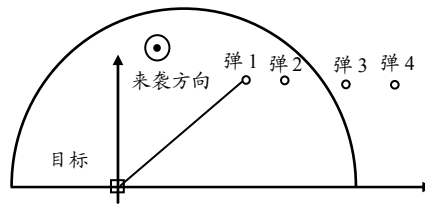


图 6 6 km 时导弹波束截面与干扰弹的相对位置关系

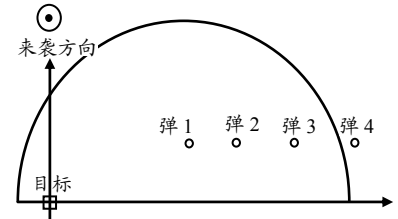


图 7 5 km 时导弹波束截面与干扰弹的相对位置关系

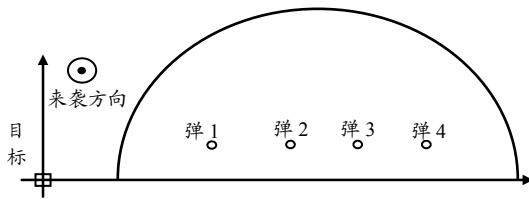


图 8 4 km 时导弹波束截面与干扰弹的相对位置关系

分析表明, 当来袭导弹距目标约 4 km 时, 波束已覆盖不到真实目标。在上述情况下, 导弹最终偏离真实目标约 100 m。

2 关键技术分析

2.1 干扰信号频率

干扰信号的频率必须进入导引头接收机的通带 ΔF_i 之内。因此, 干扰频率 f_j 和导引头工作频率 f_c 之差 Δf 应满足下列关系:

$$\Delta f = |f_c - f_j| < \frac{1}{2} \Delta F_i$$

对于连续波或脉冲多普勒体制的导引头来说, ΔF_i 大约为 (100 ~ 400) Hz。如使用转发式干扰体制, 则不存在频率误差问题。

2.2 干扰信号功率

为使干扰有效, 多数情况下都要保证导引头收到的干扰功率 P_{ij} 大于收到的回波功率 P_{re} , 即干扰压制比 K 应满足下列关系:

$$K = P_{ij} / P_{re} > 1$$

通常的经验数据是: $K \geq 2$ 。

2.3 多诱饵相互干扰问题

在同时释放一组诱饵弹下, 诱饵间在一定的条件下会产生相互干扰, 在空中形成一个“自激振荡”的回路。因此, 需要考虑诱饵间相互隔离的问题。

如图 9, 设在空中的两个诱饵之间的距离为 R_{ab} ,

图 5~图 8 描述了来袭导弹距目标分别为 7 km、6 km、5 km、4 km 时, 导弹波束截面与干扰弹的相对位置关系, 设 1~4 枚诱饵与目标的距离分别为 r_1 、 r_2 、 r_3 、 r_4 。

发射功率都为 P_d , 诱饵发射和接收天线增益都为 G_d , 诱饵之间的稳定工作条件为诱饵 b 收到诱饵 a 的干扰功率 P_{ab} 小于诱饵的灵敏度 P_{Rmin} 。

$$P_{ab} = \frac{P_d G_d \sigma_d}{4\pi R_{ab}^2} < P_{Rmin} \quad G_d = \frac{4\pi \sigma_d}{\lambda^2}$$

由此导出:

$$R_{ab} > \frac{G_d \lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_d}{P_{Rmin}}}$$

如果, $P_d = 2 \text{ W}$; $G_d = 3 \text{ dB}$; $\lambda = 0.008 \text{ m}$; $P_{Rmin} = 10^{-8} \text{ W}$ 。代入后得出: $R_{ab} > 18 \text{ m}$ 。

故两诱饵之间的距离如果小于 18 m 就会产生相互干扰。在多诱饵诱偏干扰模式下, 2 枚诱饵弹之间的最小距离为 20 m, 因此不会产生相互干扰。

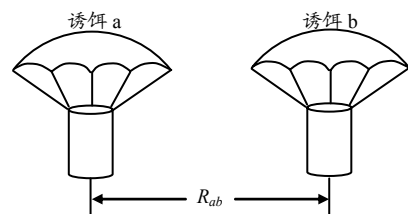


图 9 诱饵弹间距示意图

3 结束语

分析表明, 采用一定的投放规则投放毫米波有源诱饵弹, 能对来袭导弹产生干扰, 起到保护目标的作用。研究毫米波制导干扰技术, 研制机动灵活、随队作战的毫米波制导干扰装备, 意义重大。

参考文献:

- [1] 王万通. 投掷式有源雷达诱饵的战术使用[J]. 电子对抗技术, 1996, 3(6): 27-34.
- [2] 肖天南. 舰外投掷式有源雷达诱饵[J]. 舰船电子对抗, 1996, 5(6): 3-8.
- [3] 韩裕生. 毫米波制导武器干扰技术研究[J]. 红外与激光工程, 2007, 36(2): 444-445.