

# 干扰末敏弹技术探讨

巨养锋, 薛建国, 张 乐

(63891 部队, 河南 洛阳 471003)

**摘要:**在介绍末敏弹工作原理的基础上, 根据其攻击过程的特点, 分析探讨了干扰末敏弹的时机和干扰方法。结果表明: 由于末敏弹探测目标装置原理比较简单, 在未确定攻击目标的扫描阶段, 采用烟幕和隐身技术, 可以有效干扰末敏弹, 降低其对坦克装甲目标的威胁。

**关键词:**末敏弹; 敏感装置; 干扰; 毁伤率; 隐身技术

**中图分类号:** E932

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-0707(2012)02-0035-03

坦克装甲车辆是 20 世纪战争发展与科学技术进步的产物。防御大规模集群坦克装甲目标的快速进攻, 是当前及未来局部战争或大规模地面战争的重要任务。在反坦克武器中除了反坦克火箭、反坦克导弹以外, 在 20 世纪 90 年代又出现了一种新杀手——末敏弹。末敏弹是一种以多对多的反集群装甲和火炮的有效武器。美国是最早开展末敏弹研究的国家。除美国外, 德国、法国、瑞典、俄罗斯等国在末敏弹技术方面处于领先地位。已经生产并装备部队的末敏弹有美国的萨达姆 (SADARM) 155 mm 末敏弹、德国斯马特 (SMART) 155 mm 末敏弹、瑞典和法国联合研制的博纳斯 (BONUS) 155 mm 末敏弹等。对末敏弹进行干扰, 降低其毁伤率, 对提高坦克装甲目标的生存几率具有重要意义。

## 1 末敏弹攻击过程

末敏弹是末端敏感弹药的简称。这里“末端”是指弹道的末端, 而“敏感”是指弹药可以探测到目标的存在并被目标激活。所以, 末敏弹就是在弹道末端能够探测出目标的方位并攻击目标的一种新型弹药。末敏弹由导弹、火箭弹、炮弹、撒布器等携带器带到目标区上空, 利用抛撒装置将末敏子弹从携带器中按一定图形分离抛撒出来。敏感子弹被抛出后, 靠减速和减旋装置 (一般是阻力伞和翼片) 达到预定的稳定状态。在子弹的降落过程中, 弹上的扫描装置对地面做螺旋状扫描。当弹上距离敏感装置测出弹达到预定的距地面斜距时, 即解除引爆机构的保险。随着子弹的下降, 螺旋扫描的范围越来越小。一旦敏感装置在其视场内发现目标 (也就是被激活) 时, 弹上信号处理器就发出一个起爆自锻破片战斗部的信号, 战斗部起爆后瞬时形成高速飞行 (2000 ~ 3000 m/s) 的“自锻造”侵彻体去攻击装甲目标。如果敏感装置没有探测到目标, 子弹便在着地时自毁。末敏弹可以实现“打了不管”, 是一种具有高效费比的智能弹药。末敏弹攻击过程如图 1 所示, 可以分为: ① 投射段; ② 抛撒段; ③ 减速段, 用毫米波测量高度; ④ 降落伞打开段; ⑤ 传感器信

息处理阶段; ⑥ 开始搜索并启动攻击; ⑦ 探测扫描; ⑧ 确认目标并发射爆炸成型弹丸 (EPT)。以 SADARM 为例, 其全部降落时间为 1 min 左右<sup>[1]</sup>。

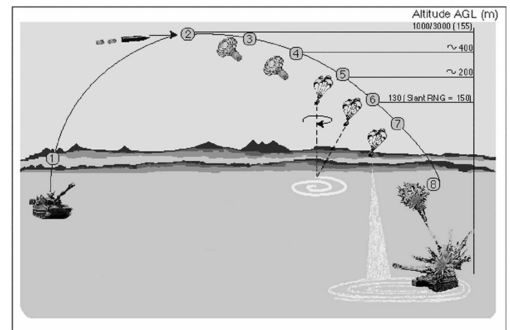


图 1 末敏弹攻击过程示意图

## 2 末敏弹探测目标原理

末敏弹用于探测装甲目标的探测器为毫米波探测器、红外探测器以及采用毫米波与红外探测器复合式敏感装置。相对于制导武器的目标探测装置, 其敏感装置比较简单, 且末敏弹探测旋转扫描速度很快 (如 SADARM 为 456 r/min), 因此, 在探测目标时对目标辐射特性的一些细节考虑较少。

### 2.1 毫米波敏感器

在毫米波段, 不同物质的辐射温度差别很大, 一般来说, 相对介电常数高的物质, 发射率低, 反射系数大, 因此在同样的物理温度下, 高导电材料的辐射系数小, 辐射温度低, 即比较冷, 利用金属与其他物质辐射温度的这种差异, 即可探测出金属目标。

毫米波敏感器采用毫米波辐射计原理。毫米波辐射计是一种探测毫米波辐射的微弱宽频信号高灵敏度接收机, 它靠检测目标辐射温度和背景辐射温度之差进行探测。其工作原理为:

辐射计天线接收到的噪声温度信号经过热敏电阻、毫米波器件就形成了具有毫米波频率的电信号,该信号与机内由环境噪声产生的具有毫米波频率的电信号相比较,如果探测到目标,则上述2种信号不同,经过比较后,有输出信号,送入接收设备进行混频、中放、检波处理,输出目标信号。如果没有探测到目标,环境背景噪声信号与机内产生的环境背景噪声信号相同,相比较后,无输出信号,这时辐射计继续搜索目标<sup>[2]</sup>。

## 2.2 红外敏感器

自然界的一切温度高于绝对零度的物体每时每刻都产生红外辐射,且这种辐射都携带有物体的特征信息,这就为探测和识别各种目标提供了客观基础。红外敏感器就是利用目标与背景红外辐射特征的差异,对坦克装甲目标进行识别。

红外敏感器就是常见的红外探测器,其基本原理是根据红外辐射与物质相互作用时产生的各种物理效应,将不可见的红外辐射转变为可见或可测的物理量。由于末敏弹的成本较低,其红外敏感器比较简单,敏感元数量较少,在扫描过程中所成的像不具备径向和横向的高分辨率,所揭示的目标信息非常有限。在红外目标特征描述和提取、目标分类和识别等方面的研究不同于常规成像的目标识别研究,它对目标识别的实时性要求非常高,要求在1 ms内就应把目标识别出来<sup>[3]</sup>。

## 2.3 复合敏感器

为了提高末敏弹发现目标概率和减少干扰影响,采用红外和毫米波组合传感器。在不良天气条件下,毫米波传感器不受雾、尘埃和烟火的影响,却易受电磁干扰和雷达反射物影响,红外传感器则刚好与之相反。因此采用红外/毫米波复合技术,可进行互补,降低其不确定性,使末敏弹的性能大大提高。

萨达姆(SADARM)和斯马特(SMART)末敏弹采用了红外/毫米波复合敏感器,博纳斯(BONUS)目前采用红外敏感器,正在尝试采用红外/毫米波复合敏感器。末敏弹敏感器发展方向是采用复合敏感技术,提高末敏弹的毁伤率。

# 3 坦克目标辐射特性

## 3.1 毫米波辐射特性

末敏弹下降扫描过程中,由于坦克目标较小,通常毫米波辐射计波束可能先扫描到地面,其天线接收地面背景的毫米波辐射,当辐射计波束扫描到坦克模型边沿时,辐射计天线接收金属目标的毫米波辐射,由于地面背景和金属存在温度差异,辐射计输出第1脉冲信号,天线波束从金属目标移至地面时又形成第2脉冲信号,如图2所示。2个脉冲的间隔大小反映了目标的不同尺寸。坦克顶部凸起较多,探测器天线不仅接收顶甲反射到空中的毫米波辐射,还探测周围环境的毫米波能量。而探测到表面平滑的金属板时,毫米波探测器天线主要接收空中的毫米波辐射。因此,当毫米波辐射计探测到坦克目标时,脉冲1、脉冲2之间的波形波动明显<sup>[4]</sup>。

## 3.2 红外辐射特性

研究表明,太阳辐射是影响坦克冷静态红外辐射特性的首要因素。图2为静态坦克顶部装甲与背景的红外图像<sup>[3]</sup>。坦克热静态红外辐射特性是在坦克冷静态红外辐射特性的基础上叠加上发动机部分热负荷的影响。这种热影响主要局限在坦克动

力舱范围内。热静态条件下坦克动力舱红外辐射温度的升高,只局限在坦克右后侧的排气管附近以及侧装甲板的后半部分。热静态条件下坦克后装甲板由于热负荷的作用也出现了明显的不均匀升温过程。测试结果表明:热动态条件下,无论是夜间还是在白天,坦克的主要部件,诸如炮塔、裙板、负重轮与履带,以及坦克整车仍保留冷静态红外辐射的基本特征。处于阳面的部件总是具有较高一些的红外辐射平均温度。坦克阴面红外辐射平均温度的差异,实际上是反映太阳辐射的影响。但在热动态条件下,坦克动力舱和行动装置部分的热图像已发生重大的改变,这些部位都产生了强烈的红外辐射。不同测试方位的热图像表明,热动态坦克的排气管、动力舱以及整个行动装置都呈现出很高的红外辐射温度。坦克行动装置中的履带在高速行驶过程中能产生强烈的红外辐射。热负荷给行驶坦克的动力舱和整个行动装置的红外辐射造成了极大反差。在相同的地物背景下,热动态坦克的热图像就显得格外鲜明突出(图3)<sup>[5-6]</sup>。

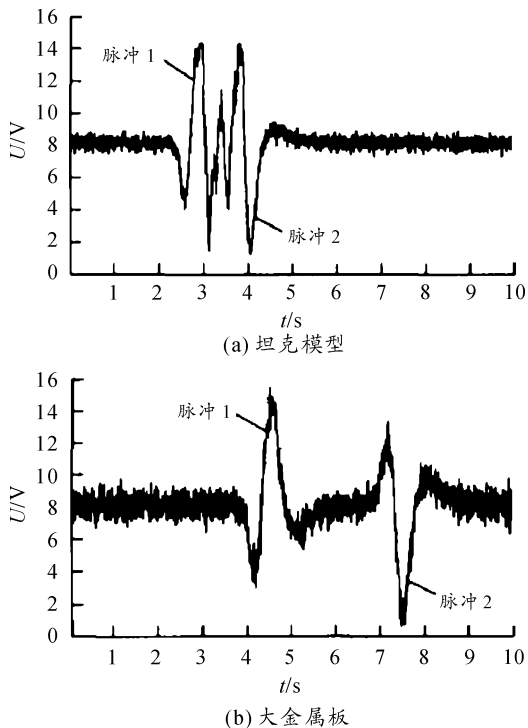


图2 不同目标的毫米波辐射特性



图3 坦克的红外辐射特征

## 4 末敏弹的干扰时机与方法

从末敏弹的攻击过程看,对末敏弹进行主动干扰时可以进行干扰的环节有:在末敏弹抛撒前,摧毁末敏弹的载体及其发射装置,从而彻底消除末敏弹对坦克装甲目标的威胁;在末敏弹降落段,破坏减速伞的伞绳或使伞面大面积撕裂,使末敏弹不能扫描探测目标,进而不能攻击目标;在搜索攻击阶段,采用烟幕等无源干扰技术,降低末敏弹对目标的识别概率,或者采用隐身技术,从而降低末敏弹的毁伤率,提高坦克装甲目标的生存率。上述干扰必须在末敏弹的未确定目标的扫描探测阶段前,一旦末敏弹确定了要攻击的目标,此时进行的任何干扰就失去意义。

摧毁末敏弹的载体及其发射装置。就当前的侦察技术,存在较大的难度或成本太高。根据侦察告警系统提供的目标信息,利用各种攻击方法破坏减速伞,从技术上是可行的,但对侦察告警系统的性能具有一定的要求。

烟幕技术是一种重要的光电无源对抗手段。烟幕作为一种传统的干扰手段,随着现代战争手段的发展,也在不断发展,从最初的遮蔽单一可见光烟幕,发展到遮蔽可见光、激光、红外、毫米波的多波段烟幕。坦克装甲目标可以采用喷射或发射烟幕弹,在其上方形成自卫烟幕,从而改变目标及背景的辐射特性,降低目标与周围背景之间的对比度,降低末敏弹对坦克装甲目标的识别概率。烟幕目前的遮蔽波段已覆盖可见光、红外、毫米波波段,但还需要进一步提高烟幕的遮蔽效率和持续时间。根据末敏弹攻击时间,要求干扰烟幕的持续时间大于40 s。

狭义隐身定义是指通过改变目标外部结构或在其表面进行涂层处理,改变目标的辐射特征及对电磁波的反射性能,降低目标与环境的辐射反差或光谱反射差异,从而令目标的可探测性大为降低,在一定范围内达到“隐身”的效果。广义隐身是指通过改变目标外部结构(结构隐身)或在目标表面进行涂装处理(涂层隐身),或在其外部加覆盖物,或示假目标(伪装)达到降低目标可探测性的目的<sup>[6]</sup>。

通过采用隐身技术,可使目标被探测的概率降低,或被探测到的距离缩短。隐身的手段有:可以采用降低目标的发射率、在目标表面涂覆功能性材料、减小目标的辐射面积等来抑制、降低目标的辐射强度;采用在目标表面覆盖特殊材料以及采用自适应隐身材料等来改变目标的辐射特征。上述隐身技术在红外波段和毫米波波段已取得一定成果,得到广泛应用。目前,研究重点在目标的自隐身技术,例如,对地面目标,由于地面的高发射率(低反射率)与金属目标的低发射率(高反射率),使目标与背景的辐射温度对比度很大,这时采用高发射率的材料,包括隐身涂层或其他吸波材料,可以使目标与背景的辐射温度对比度降低,从而减少被毫米波辐射计捕获的威胁<sup>[7]</sup>,在红外波段,自隐

身技术也同样可行的。但要对复合敏感的末敏弹进行干扰,必须具有在红外和毫米波波段同时具备隐身能力,可以采用纳米复合隐身涂层技术以及多频谱隐身伪装网<sup>[6]</sup>。目前的主要问题是坦克装甲数量多,因此需要一种成本较低、覆盖波段宽、隐身效果好的隐身技术,便于将其应用到坦克装甲目标上。

假目标是一种古老的无源干扰手段,对付末敏弹同样有效。对采用红外敏感器的末敏弹,可以采用与坦克装甲目标红外特性近似的假目标进行干扰。从图2中的金属板与坦克模型的毫米波特性和曲线可以看出,两者特征接近,由于末敏弹在进行目标识别时不会识别目标特性的一些细节,因此,与坦克大小接近的金属板可以对采用毫米波敏感器的末敏弹形成干扰。如果在金属板附加上与坦克近似的红外辐射特性,则可以对复合敏感器的末敏弹形成干扰。

## 5 结束语

末敏弹已成为坦克装甲目标重要威胁之一,对其进行有效干扰,提高坦克装甲目标的生存几率具有重要意义。本文在分析末敏弹探测目标原理和坦克装甲目标的辐射特性的基础上,对干扰末敏弹的方法进行了介绍。由于末敏弹探测目标装置比较简单,采用无源烟幕或者隐身技术,完全可以有效干扰末敏弹,保护坦克装甲目标。

## 参考文献:

- [1] 秦新昆. 末端敏感弹动态命中概率初步分析[J]. 弹道学报, 1992(2): 49-56.
- [2] 雷彬, 张洪彬. 毫米波探测技术与寻的引信[J]. 传感技术学报, 2003, 16(2): 184-186.
- [3] 罗来邦. 末敏弹简易红外成像起爆控制系统研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2006.
- [4] 张彦梅. 基于被动毫米波探测技术的近场目标识别方法[J]. 北京理工大学学报, 2006, 26(7): 622-625.
- [5] 朱寿远, 魏德孟, 姚军田, 等. 主战坦克与地物背景红外辐射特性研究[J]. 红外技术, 2000, 22(5): 45-50.
- [6] 宣益民, 韩玉阁, 蔡兰波. 地面目标与背景的红外特征[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004.
- [7] 胡传妍. 隐身涂层技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [8] 时翔, 姜国伟, 李兴国, 等. 地面目标被动毫米波隐身技术研究[J]. 微波学报, 2008, 24(4): 58-61.

(责任编辑 刘 舸)