

现代烟火技术的新进展

潘功配

(南京理工大学烟火研究室, 南京 210014)

摘要 本文叙述了烟火技术的内涵及其应用与发展, 简介了其在高科技战争中的作用地位以及现代烟火技术在国外的状况。

关键词 烟火技术 光电对抗 干扰 红外辐射 诱饵

1 引言

烟火技术是一门古老而又新颖的科学技术。

传统的烟火技术是研究由氧化剂、可燃剂和粘合剂组成的烟火药的性能、配制方法及其制品的设计、生产和使用, 主要用于照明、曳光、信号、烟幕、燃烧、延续和娱乐焰火等^[1]。

随着烟火技术的发展和高新技术的渗透, 现代烟火技术侧重研究的是新型烟火材料及其这些材料在燃烧(或爆炸)时的电磁辐射(包括可见光、红外、激光、微波)、气溶胶(烟幕)、声响、高热、高压气体、定时等特殊效应与应用。研究方法手段借用了现代微电子技术、现代光谱测试技术、激光点火技术等, 通过对烟火材料的导电、导磁、半导体与超导、等离子体、导热体、反射体、能量的辐射与吸收、散射、转移等特性研究, 在固态化学、界面化学物理、燃烧与爆炸、高温化学基础理论指导下, 使烟火技术向更高层次发展。现代烟火技术在内容上已出现了一系列新概念、新原理、新设计的烟火材料, 如红外诱饵剂、红外照明剂、红外发烟剂、干扰烟幕剂, cm波(箔条)和mm波干扰剂、粉末润滑剂、抑制与助燃软杀伤烟火剂等等。在应用上, 现代烟火技术已延伸到工农业生产、交通运输、宇宙空间探索等技术领域^[2], 如工业上的超纯金属的烟火冶炼、烟火焊接与切割等; 农业上的杀虫、灭鼠和防霜冻等; 交通运输业上的海上求救信号和铁路烟火信号; 体育方面用作号令纸及登山队员的氧气烛和自热食品罐头; 建筑业上的无声近人爆破; 宇航业上用作各类控制开关、活塞和膜盒装置、解脱与分离装置、定时定位装置、加热器、制动器等, 阿波罗登月飞船所使用的烟火元件达218种。

现代烟火技术突出的新进展是对现代高技术的精确制导和探测兵器实施光电对抗/无源干扰, 这已成为高技术战争中对抗光电技术的重要手段, 这也是现代烟火技术研究与发展的重要方向。

2 高科技战争与现代烟火技术

现代光电观瞄器材和光电制导武器的发展, 高科技战场格局变成: 一旦发现目标,

就能跟踪目标;一旦跟踪目标,就能击毁目标。因此,高科技战争的胜负很大程度上取决于光电对抗的技术水平和自我隐身的手段。现代烟火技术在高科技战争光电对抗中发挥了极其重要作用。

越南战争、中东之战和英、阿马岛之战以及海湾战争说明了一个事实,即现代烟火技术的光、烟、热及其电磁效应可以使敌方光电侦察器材迷盲,制导武器失控,观瞄失灵,通讯指挥中断。例如,1972年春越南使用苏制萨姆-7红外导弹对付美机,头三个月内就击落美机24架,可当美国人使用红外诱饵弹时,萨姆-7对美机就失去了原有效能。又如,1972年美机在越南两小时内用20枚激光制导炸弹摧毁了17座桥梁,可后来越南人使用了烟幕,美机轰炸河内富安电厂时,投下几十枚激光制导炸弹无一命中目标,仅有一枚落在围墙附近^[3]。再如,1973年中东“赎罪日战争”,以色列使用从美国人手中得到的红外诱饵弹、箔条弹,结果使埃及发射的大量苏制导弹引爆,苏伊士运河制空权再度易手以色列^[4]。同年,以色列与叙利亚在海上交战,结果叙方50枚反舰导弹又被以色列施放红外、箔条干扰弹,使之无一命中。还比如,1982年英、阿马岛之战,阿在未装备红外、箔条干扰弹的情况下,被英军27枚“响尾蛇”击落了24架飞机,而在5月25日海战中,英“无敌号”却以红外、箔条干扰弹对付阿的两枚“飞鱼”导弹,结果一枚坠海,另一枚被引偏而击中了“大西洋运输者号”商船。海湾战争爆发后,多国部队飞机曾多次施放红外干扰弹,成功地避开了伊拉克地-空红外导弹攻击,施放大量箔条干扰剂,使得伊军通讯指挥一片混乱。

3 现代烟火技术用于光电对抗/无源干扰原理

以红外诱饵、箔条和烟幕为例,其战术使用如图1所示:

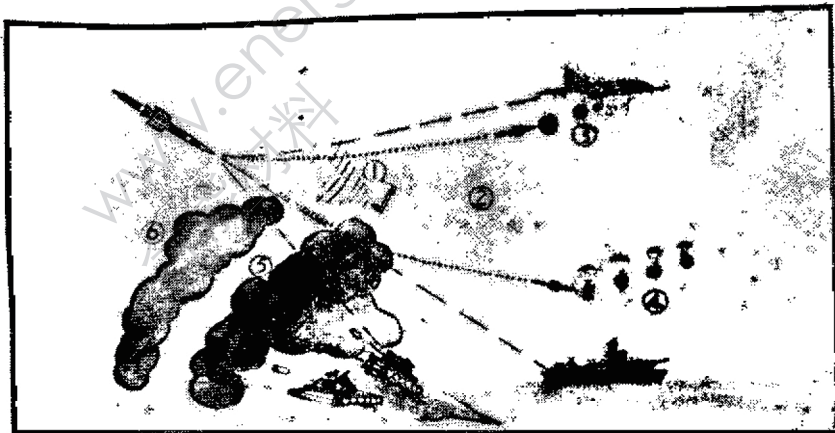


图1 红外诱饵、箔条和烟幕的战术使用示意图

- 1——电磁波; 2——箔条云; 3——机载红外诱饵; 4——舰载红外诱饵;
5——近程隐身干扰烟幕; 6——远程遮蔽烟幕。

Fig. 1 Sketch of tactical application on infrared decoy chaff and smoke.

- 1——Electromagnetic wave, 2——Chaff cloud,
3——Air-based infrared decoy, 4——Ship-based infrared decoy,
5——Near-coverage interference smoke, 6——Long-range screening smoke.

3.1 红外诱饵、箔条干扰原理

红外诱饵、箔条是靠其红外辐射、雷达回波模拟飞机、舰艇、坦克装甲车辆等形成假目标来迷惑、扰乱和干扰敌方红外、雷达制导导弹或其探测、观瞄系统^[5]。战术应用上分为质心式、转移式、冲淡式和迷惑式。

3.1.1 质心式干扰(Entroid Mode)

质心式干扰亦称甩脱跟踪式。此种情况是导弹已跟踪上目标,为了保护目标,迅速在目标附近布设雷达或红外诱饵,使其与目标合成一个回波或红外目标。利用制导雷达和红外寻的跟踪目标等效能量反射中心的所谓“质心效应”,加上目标规避,即可使导弹由跟踪真目标移至跟踪能量中心,最终转移到跟踪诱饵假目标上。质心干扰要求红外、箔条快速形成假目标。

3.1.2 转移式干扰(Dump Mode)

转移式干扰是在目标已被导弹跟踪了的情况下,迅速在目标附近布撒箔条诱饵,在有源干扰配合下,将制导雷达的波门拖至诱饵上来,这样导弹将自动跟上箔条诱饵,达到转移目的。

3.1.3 冲淡式干扰(Ditution Mode)

冲淡式即分散注意式。该种情况是真目标尚未被导弹寻的系统跟踪而即布设若干诱饵,使来袭导弹寻的系统搜索时首先捕获诱饵。冲淡式干扰不仅能有效干扰雷达、红外寻的导弹,还可以干扰导弹发射平台制导系统和预警系统。

3.1.4 迷惑式干扰(Confusion Mode)

迷惑式干扰是以发射一定量的诱饵对付多路袭击,干扰对象为导弹发射平台火控警戒系统。它的实施时机是接敌之前,导弹距目标数千米之处。

3.2 烟幕干扰机制(Dump Mode)

烟幕以遮蔽消光机制起干扰作用。被动式红外制导或热成像都是根据对目标红外接收或依据目标与背景红外辐射强度差来显示图象。如果在目标与探测器之间设置抗红外烟障,则红外制导便被干扰。烟幕干扰机理示意如下:

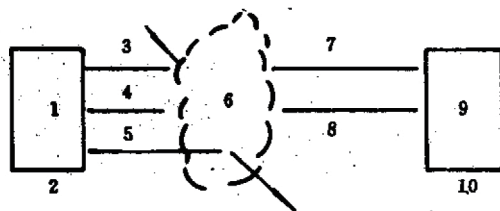


图2 烟幕消光机理示意图

1——目标; 2——辐射源; 3——折射; 4——吸收; 5——散射;
6——烟云; 7——烟本身发射的热源; 8——微量透过的光波; 9——探测器; 10——接收系统。

Fig. 2 Sketch of smoke extinction mechanism

1——Object, 2——Radiation source, 3——Refraction, 4——Absorption,
5——Scattering, 6——Smoke cloud, 7——Heat source radiated by smoke,
8——Paucity transmitted light, 9——Detector, 10——Reception system.

4 现代烟火技术的发展

4.1 干扰弹

国外针对战车、飞机和舰艇面临现代光电制导武器的攻击,迅速发展红外诱饵、箔条干扰弹和烟幕弹等。80年代以来,仅美国空军和海军就装备红外诱饵弹达11种之多,西方其他国家陆、海、空军装备达16种之多,战车普遍装备了防红外烟幕干扰弹,武装直升机也开始配备烟幕干扰器材。卫士(Guard)装甲车辆防御系统还装备了红外、箔条干扰弹,发射时在车辆前上方55m空中发出 $3\sim 5\mu\text{m}$ 、 $8\sim 14\mu\text{m}$ 红外和 500m^2 的箔条干扰云,有效地诱开红外和雷达制导导弹。

4.2 发烟弹药

美国和西方国家高度重视发烟弹药的发展,1976年美陆军即设立了“烟幕局”,加强烟幕武器发展。进入80年代,特别重视抗红外烟幕弹药的开发研究,投入大量财力和人力。英、德、法、瑞典等都在研究抗红外发烟榴弹、迫击弹、火箭弹、发烟罐以及发烟手榴弹等。抗红外烟幕弹药已在国外大量装备。

4.3 照明弹药

80年代以来,国外致力于照明弹药新品种发展,近年来已发展了近程火箭照明弹,供装甲车发射,亦供舰艇或单兵发射。

由于夜视器材的大量装备,一种红外隐身照明弹,在80年代末和90年代初出现。它能使一、二代微光镜和红外夜视仪提高视距4~7倍。红外隐身照明剂发出红外光,而可见光输出极少。

4.4 信号弹药

由于现代战争电子对抗使得无线电通讯受到严重干扰,而采用烟火信号通信联络则不受影响。因此,各种彩色发烟和发光信号弹药在国外重新崛起,仅美国陆军器材准备司令部1983~1988财政年采购的信号弹药就达25种之多。

4.5 燃烧弹药

80年代以来,国外对燃烧弹药积极发展。高能燃烧剂研究侧重于自然燃烧剂——自燃金属或发火金属(锆、钛、稀土合金);自燃烧有机金属化合物(三乙基铝、三乙基硼);自燃性氧化剂(三氟化氯、五氟化溴)等。

4.6 新型特种弹种

将微电子技术 with 弹药技术结合起来的一种电视侦察炮弹已出现。它是用电视摄像机、发射机、电池和天线合体取代M485A₂型照明弹中的照明炬合件,用以进行战场敌情侦察和目标定位、定点及区域监视与火力射击修正等。使电力输送线短路的碳纤维干扰弹、泡沫干扰弹、粉末润滑等新概念无源干扰弹已陆续出现。

5 现代烟火技术发展趋势

现代烟火技术基础研究的重点大都放在光电对抗领域。鉴于光电器材和制导武器的工作波段已由可见光($0.4\sim 0.76\mu\text{m}$)和近红外($1\sim 3\mu\text{m}$)发展为中($3\sim 5\mu\text{m}$)、远($8\sim 14\mu\text{m}$)红外,直至毫米波($1\sim 10\text{mm}$),而光电复合装备又日趋完善,所以各国烟火界科技

工作者都在致力研究全波段高能红外辐射烟火剂和快速成烟广谱多频段遮蔽干扰烟幕剂。国外在这方面的研究工作起步较早,目前更多地侧重于原理及模型、不同电磁波谱范围内各种特性材料的制取、性能测试与评价等研究工作。

光电观瞄和光电制导武器的不断发展,要求现代烟火技术在光电对抗/无源干扰方面尽快发展:双模(电磁、红外)干扰烟火剂、全波段(可见光→毫米波)干扰烟幕剂、双波谱高能红外诱饵剂及其可以任意调节比率的全波段红外诱饵剂;能形成谐振宽波段结构的或能移动或转动的谐振环路组成的电磁干扰箔条;毫米波干扰剂;反热成像制导烟火剂;红外仿真干扰烟火剂;防红外、防微波、防激光烟幕剂;可见光、红外光区致盲烟火剂;碳纤维干扰剂;粉末润滑剂;使内燃机熄火和爆燃的抑制烟火剂和助燃烟火剂。根据复式制导技术发展,一体化多功能防护干扰烟火技术是研究的重点。

红外隐身照明剂、烟火底部排气增程剂及其他新型烟火技术应用研究亟待开发。对各类烟火产品原理模型应用计算机模拟和设计亦需加紧研究。

参 考 文 献

- 1 Shidlovskiy A A. Principles of Pyrotechnics. 3rd ed. Moscow: National Defence Industry Press, 1964.
- 2 McLain J H. Pyrotechnics from the Viewpoint of Solid State Chemistry. Philadelphia: The Franklin Institute Press, 1980.
- 3 国防科工委情报研究所. 外军武器装备现状及发展趋势. 北京: 解放军出版社, 1984.
- 4 苏向东, 任秉海. 兵不血刃 De“第四维战场”. 兵器知识, 1991(2): 26
- 5 王军. 箔条与红外诱饵. 兵器知识, 1990(2): 12~13

NEW PROGRESS ON MODERN PYROTECHNICS

Pan Gongpei

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210014)

ABSTRACT The development and application of pyrotechnics are described. The important significance and contribution of state-of-the-art pyrotechnics to the modern warfare. Their status and prospect are reviewed as well.

KEYWORDS pyrotechnics, photoelectric antagonism, interference, infrared radiation, decoy.