

· 综述 ·

光电对抗技术及其发展

刘松涛^{1,2}, 高东华²

(1.大连理工大学电子信息与电气工程学部, 辽宁 大连 116024;
2.海军大连舰艇学院, 辽宁 大连 116018)

摘要:光电对抗是电子对抗的一个重要组成部分。随着军用光电装备的快速发展,光电对抗的地位日益提高、影响愈加显著。首先从光电侦察、光电干扰、反光电侦察与抗光电干扰四个方面系统阐述了光电对抗的技术体系;然后从可见光对抗、红外对抗和激光对抗三个角度,以技术发展和典型战例相结合的方式,生动叙述了光电对抗的发展历史;最后,全面概括总结了光电对抗领域的研究热点和发展趋势。研究成果对全面了解和掌握光电对抗技术具有一定的帮助作用。

关键词:光电对抗;光电侦察;光电干扰;反光电侦察;抗光电干扰

中图分类号:TN974

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2012)03-0001-09

Opto-electronic Countermeasure Technologies and Their Development

LIU Song-Tao^{1,2}, GAO Dong-Hua¹

(1. Faculty of Electronic Information & Electrical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;
2. Dalian Naval Academy, Dalian 116018, China)

Abstract: The opto-electronic countermeasure is an important part of the electronic countermeasure. With the fast development of military opto-electronic equipments, the status of opto-electronic countermeasure becomes higher and its influence is more prominent. Firstly, the system of the opto-electronic countermeasure is discussed from the opto-electronic reconnaissance, opto-electronic jamming, opto-electronic anti-reconnaissance and opto-electronic anti-jamming. Then, combining the technology development with the typical battle, the development history of the opto-electronic countermeasure is introduced from the visible countermeasure, infrared countermeasure and laser countermeasure. Finally, the research focus and future trends in the field of opto-electronic countermeasure are summarized comprehensively. The research results are helpful for understanding and grasping the opto-electronic countermeasure technologies.

Key words: opto-electronic countermeasure; opto-electronic reconnaissance; opto-electronic jamming; opto-electronic anti-reconnaissance; opto-electronic anti-jamming

在现代高技术战争中,充斥着各种基于光电技术装备构成的武器系统。传统武器与先进光电手段相结合,使得这些武器系统具备惊人的威力,比如:激光制导武器的弹无虚发,能从大楼的通气道钻入后爆炸,令整座大楼顷刻间化为废墟。然而,有矛就有盾,在与光电武器装备的较量中,一种全新的作战手段,光电对抗相伴而生,并迅速发展形成比较完善

的光电对抗技术体系,诞生了光电对抗这门学科。随着光电对抗的发展和壮大,光电对抗也从传统军事力量的一种补充演变为克敌制胜的一种有效手段,这使得光电对抗的重要性与日俱增,研究和掌握光电对抗技术的需求日益迫切。

光电对抗是指敌对双方在光波段(即紫外、可见光、红外波段)范围内,利用光电设备和器材,对敌方

收稿日期:2012-04-20

基金项目:中国博士后科学基金(20100471451);水下测控技术国家级重点实验室基金(9140C2603051003)

作者简介:刘松涛(1978-),男,河南孟津人,博士,副教授,现为大连理工大学博士后。主要从事光电信息系统理论、图像处理等研究工作。

光电制导武器和光电侦测设备等光电武器进行侦察告警并实施干扰,使敌方的光电武器削弱、降低或丧失作战效能;同时,利用光电设备和器材,有效地保护己方光电设备和人员免遭敌方的侦察告警和干扰^[1]。可以看出:侦察和攻击的对象是敌方的光电制导武器与光电侦测设备,保护的是己方人员安全和光电设备的正常使用,即光电对抗的本质是降低敌方光电设备的作战效能,发挥己方光电设备的作战能力。实际上,广义的光电对抗是光波段的电子战,是交战双方在光波段的攻防对抗,作战对象拓展到所有的军事平台和武器系统。因此,随着光电对抗技术的不断发展,出现了光电战的概念,将战场上所有采用光电手段的武器装备和对付这些武器装备的手段或措施都纳入了光电战的领域^[2]。以下部分采用传统的光电对抗概念,系统阐述了光电对抗技术的相关问题,包括光电对抗的技术体系、发展史和发展趋势等,以期让读者对光电对抗的过去、现状和未来有比较清晰的认识和了解。主要特点为:(1)从可见光对抗、红外对抗和激光对抗三个角度,系统论述了光电对抗的发展历史;(2)构建了较为完善的光电对抗技术体系,特别是包括了光电主动侦察、反光电侦察和抗光电干扰的相关内容;(3)全面概括总结了光电对抗领域的研究热点和发展趋势。

1 光电对抗的技术体系

光电对抗按波段分类包括激光对抗、红外对抗和可见光对抗。其中,激光中虽然包括红外和可见光,但由于其特性不同于普通红外和可见光,因此将其单独归类为激光对抗^[3]。光电波段分布见图1。

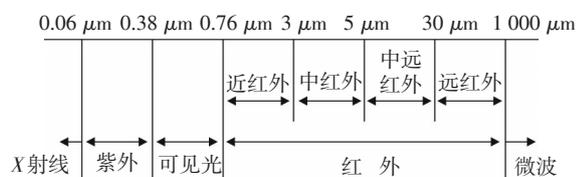


图1 光电波段分布示意图

光电对抗按平台分类包括车载光电对抗装备、机载光电对抗装备、舰载光电对抗装备和星载光电对抗装备。

光电对抗按功能或技术分类,包括光电侦察、光电干扰、反光电侦察与抗光电干扰。将功能分类和波段分类方式结合,得到完整的光电对抗技术体系,

见图2。

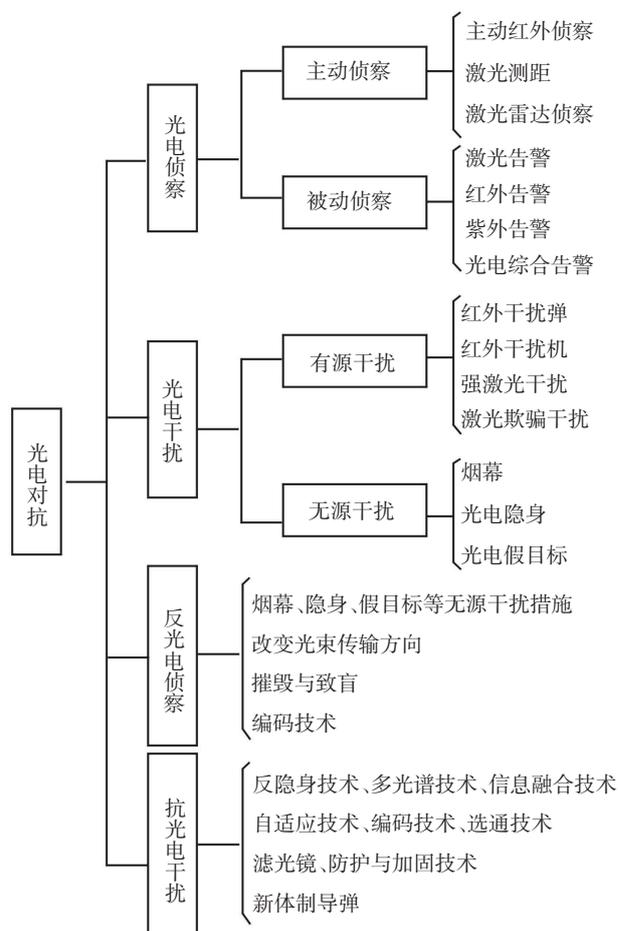


图2 光电对抗技术体系

1.1 光电侦察

光电侦察是实施有效干扰的前提。光电侦察是指对敌方辐射或散射的光谱信号进行搜索、截获、测量、分析、识别以及对光电设备测向、定位,以获取敌方光电设备技术参数、功能、类型、位置、用途,并判断威胁程度,及时提供情报和发出告警。光电侦察从不同角度可以细分为:

(1) 情报侦察和技术侦察

情报侦察指长期监测、截获、搜索敌方光电信号,经分析和处理,确定敌方光电设备的技术特征参数、功能、位置,判别其类型、相关武器平台、变化规律及威胁程度等,为对敌斗争和光电对抗决策提供战区有关光电情报。机载光电情报侦察系统主要承担战术/战役级侦察,战略侦察则通常由卫星或高空侦察机完成。

技术侦察指在作战准备和作战过程中,搜索、截获敌方光电辐射和散射信号,并实时分析,确定敌方光电设备的技术特征参数、功能、方向(或位置),判别相关武器平台及威胁程度等,为实施光电干扰、光电防御、反辐射摧毁和战术机动、规避等提供光电情报。

(2) 预先侦察和直接侦察

预先侦察主要指战前对敌方所进行的长期或定期的侦察,以便预先全面掌握敌方光电设备的情报、发展方向,为制订光电对抗的对策和直接侦察提供依据。

直接侦察是在战斗即将发生前及战斗过程中对战场光辐射环境进行的实时侦察,为光电对抗提供实时可靠的情报。

(3) 主动侦察和被动侦察

光电主动侦察是利用对方光电装备的光学特性而进行的侦察,即向对方发射光束,再对反射回来的光信号进行探测、分析和识别,从而获得敌方情报的一种手段,如:激光测距机、激光雷达等;光电被动侦察,也称为光电告警,是指利用各种光电探测装置截获和跟踪对方光电装备的光辐射,并进行分析识别以获取敌方目标信息情报的一种手段,如:激光告警、红外告警、紫外告警和光电综合告警等。和主动侦察相比,由于不发射光辐射信号,光电告警的隐蔽性好,告警装备的生存能力强,但也因此引入一些不足,比如:①对激光告警,只限于告警激光类光电系统,而激光主动侦察则可以侦察所有的军用光电系统;②只能得到方位信息,缺乏距离信息。当然,这个问题可以通过光电被动定位技术解决。所以,总的来说,光电告警的优势更为突出,装备应用也更加广泛。

1.2 光电干扰

光电干扰指采取某些技术措施破坏或削弱敌方光电设备的正常工作,以达到保护己方目标的一种干扰手段。光电干扰分为有源干扰和无源干扰两种方式。

(1)有源干扰又称为积极干扰或主动干扰,它利用己方光电设备发射或转发敌方光电装备相应波段的光波,对敌方光电装备进行压制或欺骗干扰。有源干扰方式主要有红外干扰机、红外干扰弹、强激光干扰和激光欺骗干扰等。

①红外干扰机是一种能够发射红外干扰信号,破坏或扰乱敌方红外探测系统或红外制导系统正常

工作的光电干扰设备,主要干扰对象是红外制导导弹。红外干扰机的最新发展是红外定向干扰机。

②投放后的红外干扰弹可使红外制导武器在锁定目标之前锁定红外诱饵,致使其制导系统降低跟踪精度或被脱离攻击目标。

③强激光干扰是通过发射强激光能量,破坏敌方光电传感器或光学系统,使之饱和、迷盲、彻底失效,乃至直接摧毁,从而极大地降低敌方武器系统的作战效能。强激光干扰可分为:致盲低能激光武器和高能激光武器。致盲低能激光武器作为有源光电对抗器材的作用可归结为破坏光学系统、光电传感器和伤害人眼三方面,统称为“致盲”。美国对激光致盲武器极为重视,已将激光传感器技术列为21世纪战略性技术之一。高能激光武器是利用高能量激光束进行攻击的新概念武器,其主要作用是破坏目标的本体或战斗部,与“直接命中”的弹丸武器类似,是种破坏性(摧毁式)的硬杀伤武器。这种武器一旦投入使用,将会使光电对抗进一步升级并使光电对抗与反对抗变得更加复杂。

④激光欺骗干扰是通过发射、转发或反射激光辐射信号,形成具有欺骗功能的激光干扰信号,扰乱或欺骗敌方激光测距、观瞄、跟踪或制导系统,使其得出错误的方位或距离信息,从而极大地降低光电武器系统的作战效能。激光欺骗干扰包括角度欺骗干扰和距离欺骗干扰两种,其中,角度欺骗干扰应用较多,用于干扰激光制导武器,距离欺骗干扰则用于干扰激光测距机。

强激光干扰和激光欺骗干扰的区别是:(a)强激光干扰强调使敌方的光电探测系统或人眼永久或暂时地失去光电探测能力,而欺骗式干扰则强调使敌方将干扰激光当成信号进行处理,从而失去正确的信号处理和判断能力;(b)强激光干扰知道方位信息即可,无需更多信息,因此,在宽波段实施,使用范围大、适应性好、装备生命力强,而激光欺骗干扰还要求发射信号相同或相关,对激光的干扰波长、干扰体制要求十分苛刻,使用受限;(c)激光欺骗干扰是信号级干扰,能量较小,而强激光干扰的能量要大于激光欺骗干扰。

(2)无源干扰也称消极干扰或被动干扰,它是利用特制器材或材料,反射、散射和吸收光波能量,或人为地改变己方目标的光学特性,使敌方光电装备效能降低或被欺骗而失效,以保护己方目标的一种干扰手段。无源干扰方式主要有烟幕、光电隐身和

光电假目标等。

①烟幕干扰是通过在空中施放大量气溶胶微粒,来改变电磁波的介质传输特性,以实施对光电探测、观瞄、制导武器系统干扰的一种技术手段,具有“隐真”和“示假”双重功能。

②光电隐身,也称光电防护,有红外隐身、可见光隐身和激光隐身等。具体措施包括伪装、涂料、热抑制等。

③光电假目标是指在真目标周围设置一定数量的形体假目标或热目标模拟器,用来降低光电侦察、探测和识别系统对真目标的发现概率,并增加光电系统的误判率,进而吸引精确制导武器的攻击,大量地分散和消耗敌方精确制导武器,提高真目标的生存概率。

在光电对抗领域将干扰手段分为有源干扰和无源干扰会遇到一定的问题,因为在光波段所有的物体都有辐射,包括无源干扰材料。以烟幕干扰为例,传统的分类认为烟幕干扰为无源干扰,实际上,对于红外成像系统而言,它观察到的图像是目标和背景辐射透过烟幕的能量、烟幕本身辐射的能量以及烟幕散射的能量三部分共同作用的结果。因此,从辐射角度来看,认为烟幕干扰是无源干扰不太准确,为此,有人曾将烟幕分为热烟幕和冷烟幕,热烟幕是指辐射型烟幕。烟幕的辐射远大于目标和背景的辐射,红外图像中观察到的主要是烟幕的热图像;冷烟幕则是指吸收型烟幕,以降低成像系统接收到的目标和背景辐射能量为主。

1.3 反光电侦察

反光电侦察就是抓住光电系统的薄弱环节,使敌方的光电侦察装备无法“看见”己方的军事设施,最终一无所获。反光电侦察有积极和消极两种方式,主要方法有伪装与隐身、遮蔽和欺骗等。反光电侦察的这三种措施可以互为补充使用,理想的伪装与隐身,应使己方目标无法被光电侦察系统和红外寻的器“看见”;但通常达不到理想效果,一般使其达到某种隐身程度,再让欺骗来发挥作用;红外烟幕也必须有强烈吸收红外辐射的特点,但在布设烟幕的同时,也遮挡住己方红外系统的视线。

反光电侦察的具体技术包括:烟幕、伪装、光箔条、隐身、假目标、摧毁与致盲、编码技术和改变光束传输方向等。应该说,反光电侦察和光电无源干扰在分类上是相互涵盖的,特有的反光电侦察措施主

要指编码技术。在抗光电干扰前,如果实施了反侦察,对方可能就没有机会释放干扰,所以反侦察优先于抗干扰,对攻击方具有重要作用。

1.4 抗光电干扰

抗光电干扰是在光电对抗环境中为保证己方使用光频谱而采取的行动,具体是指在己方目标上,通过采取抗干扰电路、光电防护材料或器材等措施,衰减或滤除敌方发射的强激光或其他干扰光波,保护我方光电设备或作战人员免遭干扰或损伤的技术。典型特征为:它不是单独的设备,而是包含在军用光电系统(例如:激光测距机)中的各种抗干扰技术和措施。抗光电干扰技术主要包括两个方面:一类是抗无源干扰和有源干扰中的低功率干扰,包括反隐身技术、多光谱技术、信息融合技术、自适应技术、编码技术、选通技术等;另一类是抗有源干扰中的致盲干扰和高能武器干扰,包括距离选通、滤光镜、防护与加固技术、新体制导弹和直接摧毁等^[4]。

光电干扰与抗干扰之间的斗争是一场智慧的较量。干扰与抗干扰不可能永远一方被另一方压制^[5]。应该说,没有无法干扰的光电武器系统,也没有无法对付的光电干扰。一般来说,抗干扰技术落后于干扰技术,干扰技术又落后于武器系统的设计,在对抗过程中,干扰与抗干扰这一对矛盾的发展必将不断促进武器系统的新发展。

2 光电对抗的发展史

光电对抗是随着光电技术的发展而成长起来的,并在不同时期的局部战争中扮演着重要角色。典型的光电对抗战例,既可以为光电对抗装备研制提供具有实际价值的借鉴,也可以为光电对抗应用研究提供可靠的实践依据,因为它代表着当时装备技术的最高水平,同时也反应出作战对装备技术和战术应用的发展需求。光电对抗目前涉及可见光、红外和激光三个技术领域,即可分为可见光对抗、红外对抗和激光对抗^[6]。因此,可以从可见光对抗、红外对抗和激光对抗三个方面,以技术发展和典型战例相结合的方式叙述光电对抗的发展史。

(1) 可见光对抗

在可见光范围内进行对抗其历史十分悠久。在古代战场,侦察和武器使用依赖于目视。作战双方

为了隐蔽作战企图、作战行动,经常采用各种伪装手段或利用不良天气、扬尘等来隐匿自己,以干扰、阻止对方对己方进行目视侦察、瞄准,使对方难以获取正确的情报,造成其判断、指挥错误,降低敌方使用武器的效能。

公元前212年,在锡拉库扎战争期间,守城战士就用多面大镜子汇聚太阳光照射罗马舰队的船帆,这是早期光电对抗的一个实例。但是,这是一个失败的战例,因为最终锡拉库扎城被攻破,阿基米德被杀。古希腊步兵在战斗中曾用抛光的盾牌反射太阳光作为战胜敌方的重要手段之一,还有许多利用阳光降低敌人防御能力的例子,比如:1415年,亨利五世的射手们就是等待太阳光晃射法国士兵的时候进行攻击;近代的战斗机突然从太阳光中飞出,从而达到突然攻击的目的^[7]。古人也有如何增强防御的例子,如所熟知的著名典故“草船借箭”就是利用大雾使敌人无法分辨真假。

第一次世界大战期间,在可见光领域的对抗已引起各参战军队的普遍重视。为了避免暴露重要目标和军事行动,各参战军队广泛利用地形、地物、植被、烟幕等进行伪装。比如:英国为了减少军舰被潜艇攻击而造成的损失,在船体上涂抹分裂的条纹图案以掩饰船体的长度与外貌。实践证明,此举可以有效防止潜艇计算出合适的瞄准点。

第二次世界大战期间,在可见光领域的对抗更趋广泛,各参战国采用各种不同的手段对抗目视、光学观瞄器材。烟幕作为可见光对抗的主要手段得到广泛应用,并取得了十分显著的效果。例如在1943年至1945年间,苏军对其战役纵深内重要目标使用烟幕遮蔽,使德国飞行员无法发现、识别、攻击目标,投弹命中率极低,空袭效果大大下降。

20世纪70年代后,在可见光波段工作的光电侦察、瞄准器材的性能有了大幅度提高,在可见光领域的对抗十分激烈。如越南战争中,越军利用有利的植被伪装条件,经常袭击、伏击美军。为此,美军在越南大量使用植物杀伤剂,毁坏植被,破坏越军的隐蔽条件。植被的毁坏为美军扫清视界,特别是空军攻击所需要的视界,从而使美军受伏击率下降了95%。再如1973年的第四次中东战争中,埃及在苏伊士运河采取了夜间移动浮桥位置、昼间施放烟幕覆盖的方法,阻止、干扰以色列对浮桥位置的侦察,从而降低了以空军惯用的按预先标定目标实施空袭的效果。埃及军队使用苏制目视瞄准有线制导反坦

克导弹在2个多小时内就击毁以色列190装甲旅的130多辆坦克。面临灭顶之灾的以军装甲部队迅速寻找对策,使用烟幕遮蔽坦克,从而使对方反坦克导弹效能降低,大大提高了以军坦克的战场生存能力^[10]。

随着高分辨率超大规模CCD摄像器件的发展,出现了电视制导武器及各种光电火控系统,对抗这种可见光波段的光电武器目前主要采用烟幕遮蔽干扰方式,使之无法跟踪目标,并逐步发展采用强激光干扰手段致盲其光电传感器,使之丧失探测能力从而降低作战效能。

(2) 红外对抗

1934年,第一支近贴式红外显像管的诞生,树起了人类冲破夜暗的第一块里程碑。第二次世界大战末期,德军将新研制成功的红外夜视仪在坦克上应用,美军也将刚刚研制出的红外夜视仪用于肃清固守岛屿顽抗的日军,在当时的夜战中均发挥了重要作用。

20世纪50年代中期,硫化铅(PbS)探测器件问世,该器件的工作波段为1~3 μm,不用致冷。采用该器件为探测器的空对空红外制导导弹应运而生。20世纪60年代中期,随着工作于3~5 μm波段的碲化镉(InSb)器件和致冷的硫化铅器件的相继问世,光电制导武器进一步发展,地对空和空对空红外制导导弹又获得了成功。至20世纪70年代中期,光电探测器件的性能有了较大的提高,相应的地对空和空对空红外制导导弹的作战性能大为增强,攻击角已大于90°,跟踪加速度和射程也大幅度增加,使空中作战飞机面临严重的威胁。如1973年春的越南战场上,越南使用苏联提供的便携式单兵肩扛发射防空导弹SA-7在二个月内击落了24架美国飞机。在这种情况下,各国纷纷研究对抗措施,相继出现了机载AN/AAR-43/44红外告警器、AN/ALQ-123红外干扰机以及AN/ALE-29A/B箔条、红外干扰弹和烟幕等光电对抗设备,产生了许多成功战例,如越南战场上,美国针对SA-7的威胁,投放了与飞机尾喷口红外辐射特性相似的红外干扰弹,使来袭红外制导导弹受红外诱饵欺骗而偏离被攻击的飞机,SA-7红外制导导弹因此失去了作用。

所以说,以越南战争为契机,将持续很长一段时间的电子战作战领域从雷达对抗、通信对抗发展到光电对抗领域,光电对抗开始成为电子战的重要分支。当然,对抗与反对抗是相互促进的。SA-7红外制导导弹加装了滤光片等反干扰措施后,又一次发

挥它的威力,在1973年第四次中东战争中,这种导弹又击落了大量以色列飞机。后来,以色列采用了“喷气延燃”等红外有源干扰措施,又使这种导弹的命中概率明显下降,飞机损失大大减少。

从20世纪70年代中期开始,对抗双方发展迅速,相继问世了红外、紫外双色制导导弹(如美国的“毒刺”导弹和苏联的“针”式导弹)和红外成像制导导弹。目前,已有3~5 μm 和8~14 μm 两种波段的红外成像制导导弹,这种红外成像制导导弹识别跟踪能力强,可以对地面目标、海上目标和空中目标实施精确打击,命中精度达1 m左右。而对抗方面,又增加了面源红外诱饵、红外烟幕、强激光致盲等手段来迷惑或致盲红外制导导弹,使之降低或丧失探测能力。20世纪90年代初期,美因和英国开始联合研究用于保护大型飞机的多光谱红外定向干扰技术,这种先进的技术可以对抗目前装备的各种红外制导导弹。

海湾战争中,面对大量装备多种红外侦察器材、红外夜视器材和红外制导武器的美军,伊军也采取了一些对抗措施。如在被击毁的装甲目标旁边焚烧轮胎,模拟装甲车辆的热效应,引诱美军再次攻击,使美军浪费弹药。但伊军对红外对抗不够重视,主动进行的干扰行动又极为有限,因而美军红外侦察器材和红外制导武器的效能还是得以比较充分的发挥。

科索沃战争中,南联盟军队吸取海湾战争经验教训,利用雨、雾天气进行机动和部署调整,使北约部队的光电器材难以发挥效能。南联盟军队采用关闭坦克发动机,或把坦克等装备置于其他热源附近,干扰敌红外成像系统的探测。在设置的假装甲目标旁边点燃燃油,模拟装甲车辆的热效应,诱使北约飞机攻击,致使北约部队进驻科索沃后,出现了其难以寻到它所称的被毁南军大量装甲目标残骸的那一幕。

美国军用卫星上装有红外热像仪,在1971~1974年间,曾探测到苏联、中国、法国的1 000多次导弹发射。1975年11月,苏联用陆基激光武器将美国飞抵西伯利亚上空监视苏联导弹发射场的预警卫星打“瞎”;1981年3月苏联在“宇宙杀伤者”卫星上装载高能激光武器,使美国一颗卫星的照相、红外和电子设备完全失效。1995年美国“鸚鵡螺”战术激光武器系统在试验中击落“陶”式反坦克导弹和巡航导弹,1996年2月又成功地击落两枚俄制BM-21喀秋莎火箭弹。1997年10月美国成功地进行一次激光反卫星

试验,引起了世界各国人民的严重关注。

(3)激光对抗

1960年7月美国研制出世界上第一台激光器。激光方向性强、单色性和相干性好的特点,迅速引起军工界的兴趣。1969年军用激光测距仪开始装备美军陆军部队,随后装备部队的激光制导炸弹具有制导精度高、抗干扰能力强、破坏威力大、成本低等特点。在越南战争中,美军曾为轰炸河内附近的清化桥出动过600余架次飞机,投弹数千吨,不仅桥未炸毁,而且还付出毁机18架的代价。后来用刚刚研制成功的激光制导炸弹,仅两小时内,用20枚激光制导炸弹就炸毁了包括清化桥在内的17座桥梁,而飞机无一损失。美军在越南平均用210枚普通炸弹,才能命中目标一个,而使用激光制导炸弹,据有统计的2 721枚中,命中目标的有1 615枚。越南人民军也采取了一些反激光炸弹的措施,其中措施之一就是伪装目标,减少激光能量的反射,如在保卫河内富安发电厂战斗中,就施放了烟幕、喷水,高度超过建筑物三米,伪装面积为目标的二至三倍,烟幕浓度为每立方米一克,使得敌人投了几十枚炸弹,仅有一枚落在围墙附近。此外还用施放干扰和用能吸收激光的物质进行涂敷的办法,也收到了一定效果。从这个战例可以看出,采取烟幕可以遮蔽激光制导的光路,降低激光制导炸弹的命中概率。于是坦克及舰船都装备了烟幕发射装置,地面重点目标还配备了烟幕罐及烟幕发射车。与此同时,美国的激光制导炸弹也由“宝石路”I型发展到“宝石路”II型,制导精度也由10 m提高到1 m,并具有目标记忆能力。

20世纪90年代海湾战争和科索沃战争更是各国先进光电武器的试验场,美国使用激光制导炸弹占美国使用精导武器数量的30%,但被摧毁的巴格达大批目标中有90%是激光炸弹所为。1991年用“麻雀”红外制导空空导弹击落伊拉克25架飞机。以美国为首的多国部队使用反坦克导弹,使伊拉克的成千辆坦克组成的钢铁长城成为一堆废铁。美国使用“入侵者”飞机发射空地导弹击中伊的一座水力发电站,而随后另一架“入侵者”飞机又发射一枚“斯拉姆”空地导弹,结果这枚导弹从第一枚导弹所击穿的弹孔中飞进去,彻底摧毁了发电站,这就是当时名噪一时的“百里穿洞”奇迹。1998年,南联盟军队巧借“天幕”,土法制烟,使北约空袭的前12天投放的12枚激光制导炸弹,仅有4枚击中目标。激光对抗技术再次引起各国军界的高度重视,美国研制的AN/GLQ-13

激光对抗系统和英国研制的GLDOS激光对抗系统采用有源欺骗干扰方式,可将来袭激光制导武器诱骗至假目标;美国研制的“鲑鱼”车载强激光干扰系统可致盲来袭激光制导武器导引头的光电传感器,使之丧失制导能力。

据报道,西欧国家从1982年到1991年10年间光电对抗装备费用为27亿美元,年递增15%~20%;美国电子战试验费用中用于光电对抗方面的1976年为16%,1979年为45%;截止1990年底统计,全世界激光制导炸弹的装备超过20万枚以上,且每年以一万多枚的数量增加。光电对抗已逐渐成为掌握战争主动并赢得战争胜利的关键因素之一,谁能够使自己的光电设备作战效能发挥出色、并能有效地干扰敌方的光电侦察和光电制导等武器,战争胜利的天平就偏向于谁。当前,光电对抗系统已普遍装备在飞机、军舰、坦克甚至卫星等作战平台上,在对付现代战争中的光电制导武器方面发挥着重要作用。

由此可见,光电子技术的发展,带动了光电制导技术的发展。光电制导武器精确的制导精度和巨大的作战效能,促进了光电对抗的形成。光电对抗技术的发展又导致光电制导技术的进一步发展,同时也促进光电对抗技术在更高水平上不断发展。

3 光电对抗的发展趋势

随着军用光电技术、微电子技术和计算机技术的发展,光电制导武器及其配套的光电侦测设备的性能不断提高,在现代和未来战争中应用更加普遍,对重要军事目标和军用设施构成严重威胁,这使得光电对抗技术的发展和光电对抗装备的研制,受到世界各军事大国的广泛重视。根据现代高新技术的发展和高技术局部战争战例,可以预见光电对抗将有长足的发展,其整体发展趋势概括如下:

(1) 多光谱对抗技术广泛应用^[8]

光电技术的发展,使多光谱技术、红外成像技术、背景与目标鉴别技术、光学信息处理技术等新的科技成果不断涌现并广泛应用。在光电对抗领域中,多光谱技术应用更加广泛。多光谱对抗使光电侦察告警、光电有源干扰和无源干扰、光电反侦察抗干扰已经改变了以往的单一波长或单一光频段的情况,而向着紫外、可见光、激光、红外全光波段发展。

美国洛拉尔(Loral)防御系统公司和美国空军怀

特(Wright)实验室共同研制了世界上首套机载激光干扰系统,该系统号称多光谱干扰处理机,能自动分析、跟踪和对抗空中和地面发射的各种红外制导导弹。美国、英国等多家公司共同开发研制的AN/AAQ-24(V)定向红外对抗系统(DIRCM)亦称为多光谱对抗系统,采用紫外导弹逼近告警和1~3 μm 及3~5 μm 的红外干扰,也可采用激光干扰。另外,可调谐激光器的不断发展和应用,也将使光电对抗向多光谱对抗发展。

(2) 光电对抗手段从单一功能向多功能方向发展

光电对抗技术的进步带动了光电对抗装备的作战性能从单一向多样化、多功能方向发展。在干扰波段上,早期的烟幕弹只能遮蔽可见光和近红外波段,现已扩展到中远红外和毫米波波段,今后还将发展气溶胶型遮蔽物,将干扰波段延伸到微米波段^[9]。

在干扰样式上,第一代有源红外干扰机只能干扰调幅式红外制导导弹,现在已经发展成为调幅和调频两种干扰能力兼备,进一步发展的红外定向干扰机将可用于各种制导方式的干扰,且能远距离实施干扰、近距离将探测器致盲。

在战术用途上,前苏联将坦克上的红外照明灯与红外干扰机相结合,在低功率发射状态时用于夜间驾驶照明,高功率发射时加上调制就成为一种红外干扰机。

(3) 软干扰与硬摧毁相结合成为一种重要的研究潮流

光电对抗研究的初期以软干扰型对抗技术措施为主,但自20世纪90年代以来,随着激光器件功率水平和光学跟瞄系统精度的不断提高,软干扰与硬摧毁相结合已逐渐成为光电对抗技术今后发展的一个重点。德国MBB公司研制的坦克载激光武器,就可以在20 km以外干扰破坏光电传感器,几千米内直接摧毁导弹、飞机的外壳。激光致盲武器也是先从致盲人眼的武器系统开始,逐步发展成为以致盲导弹光电传感器为主要目标的激光对抗武器,下一步则瞄准破坏包括导弹头罩等薄弱部位在内的软硬兼备型的战术激光武器。可以预计,随着大功率、高能量激光技术的进步,传统意义上的光电干扰设备与激光武器系统在干扰与摧毁之间的界限变得越来越模糊,最终的技术研究趋势必然是走向软硬对抗功能兼备的方向。

(4) 探索新型对抗技术与体制成为光电对抗技

术研究热点

光电对抗是一门新兴技术领域,要想在对抗能力上胜过对方一筹,首先需要在对抗概念与方法上实现出其不意,从而才有可能在战术运用上达到攻其不备。美国在这方面一直走在世界前列,他们总是能够不断提出一些具有创意的构想,并努力将其付诸实施,最终发展成为一代新型装备。例如,他们提出利用人造水幕干扰红外系统的设想,即利用水蒸气对红外辐射传输的强衰减效应,达到隐蔽自身的目的。短短几年之后,就开始有美国关于研制隐身舰艇和隐身机场的陆续报道。所谓的隐身机场,就是在机场上大量安装类似于浇灌用的喷灌器,在敌机临近前向所有有机库和能辐射热源的部件喷水,增强隐蔽效果。而隐身舰艇则在其诸多隐身措施之中也包括水幕干扰,即在船体行进时,舰艇四周向外喷水、喷雾,远处看去,像是一簇浪花。再如,红外成像/雷达诱饵阵概念的提出,在刚开始时很多人觉得理论上可行,但技术上实施起来很难。但经过努力,现在美国已经研制出了能够模拟目标的红外与雷达影像的诱饵阵,通过在真目标附近形成的假目标造成对红外成像或雷达系统的角度欺骗干扰。此外,还有利用光纤技术实现激光测距欺骗干扰的创意,即将到达目标上的激光测距信号尽可能收集进入光纤延迟线,经过一段时间的延迟后再转发出去,由此实现距离欺骗干扰,据称此装置也已研制成功。

(5) 光电对抗的综合一体化和自动化

光电对抗系统的综合一体化,依靠光学技术、高性能探测器件、数据融合技术等的发展,将信息获取、数据处理和指挥控制融为一体,进而采用智能技术、专家系统等,使光电对抗系统成为有机的整体。实现综合一体化要有一个从低级到高级,从局部到全部的发展过程。首先是光电侦察告警综合化,进而是光电侦察告警与雷达、雷达告警及光学观瞄系统等的综合,最后将多个平台获取的信息进行综合,再指挥引导不同平台上的对抗措施,实时检测,闭环控制,以实现更大范围和更高层次上的系统综合。

光电对抗自动化是实战的需要,是光电对抗系统今后发展的一个重要方向。光电对抗系统应能自动对截获的光波信号进行精确测量、分选和识别;能自动判定信号的威胁等级;能自动实施干扰的功率管理,以最佳的选择设施干扰;能自动实时提供干扰效果的评估,并自动修改功率管理,参数的选择等。

(6) 多层防御全程对抗

现阶段,光电对抗采用单一对抗末段防御,如红外干扰弹和激光角度欺骗干扰,这种对抗形式的效果是有限的。随着双色制导、复合制导、综合制导武器的出现,光电对抗必然向多层防御全程对抗发展,以提高对光电精确制导武器整体作战的效能。例如,对激光制导武器系统的对抗,第一层防御是针对激光制导武器系统的载机的光电侦测实施对抗,使其无法发现目标;第二层防御是针对激光制导武器系统的载机的激光定位测距装置实施对抗,使其无法定位测距或产生较大的定位测距偏差,造成无法投弹或错误投弹;第三层防御是针对激光制导武器的搜索段实施对抗,使激光制导头无法搜索到目标;第四层防御是针对激光制导武器的末制导段实施对抗,使来袭激光制导武器被诱偏或扰乱。若单层防御的对抗成功率为70%,则多层防御实施全程对抗的对抗成功率将可达99%。可见,多层防御全程对抗是对付光电精确制导武器的有效途径。

(7) 空间光电对抗

传统的光电对抗作战平台主要是飞机、舰艇和车辆等。现代信息化战场上军用卫星的作用日益凸显,工作在红外或可见光波段的照相侦察卫星,能在200 km以上的高空拍摄到地面0.1 m大小的物体;工作在红外和紫外线波段的导弹预警卫星,能根据导弹发射时排出的燃气辐射及时侦察到敌方弹道导弹的发射、为己方防御争取宝贵的反应时间。为了争夺太空的控制权,各种光电武器陆续投入空中战场。俄罗斯制定的军事学说称:“未来战争将以空间为中心,制天权将成为争夺制空权和制海权的主要条件之一”。因此,空间光电对抗成为光电对抗的重要发展领域,具有非常重要的战略地位。

空间光电对抗以光电侦察卫星为主要作战平台或作战对象,主要包括星载光电信息获取、卫星对抗、卫星防护三个方面的内容。未来战争中,干扰、破坏敌方卫星,有效抑制其光电侦察功能的发挥;保护我方卫星,充分发挥其光电侦察能力,将成为一项主要内容^[10]。

(8) 光电对抗效果评估

光电对抗效果指光电对抗技术和装备在规定的条件下和规定的时间内,与光电制导武器和光电侦察系统进行对抗的能力,包括侦察告警能力、干扰能力以及光电对抗装备响应能力等。评估是指对给定的光电对抗装备,在规定的条件下和规定的时间内,充分考虑各种影响因素,给出能否成功地

对抗某种光电制导武器的综合评价和估计^[11]。

光电对抗装备的性能优劣决定了该装备在战争中的有效性。而光电对抗装备的作战适应性与有效性,只有在逼真的光电对抗环境中才能检验,最终只有在战场上经受考验。但在和平时期,或在新的光电对抗装备投入使用之前,只能通过仿真的方式来进行光电对抗效果评估,从而检验光电对抗装备的性能。仿真试验就是对光电制导武器、光电对抗装备、被保护的目标、光电对抗的环境进行仿真模拟,逼真地再现战场上双方对抗的过程和结果。

综上所述,多光谱一体化和数据融合技术被广泛应用,光电对抗手段从单一功能扩展为多功能,软干扰与硬摧毁相结合成为重要的研究潮流,探索新型对抗技术与体制成为研究热点,光电对抗的综合一体化和自动化是其显著特点,多层次积极防御是其主要应用方式,空间光电对抗成为新的应用领域,基于仿真试验的效果评估是光电对抗系统性能的重要保证。

4 结束语

光电对抗是整个电子战的重要方面军,是信息战的重要组成部分。特别是自20世纪50年代以来,随着光电侦察、光电制导技术及武器装备的发展,光电对抗在战争中的地位日益提高。各国对光电对抗方面的投资逐年上升,如美国在20世纪80年代中期对光电对抗的投资已经超过了射频频对抗的投资。在最近的海湾战争、科索沃战争和阿富汗反恐战争中,美军广泛使用了光电对抗武器,范围遍及陆、海、空、天,使得战争对美军单向透明,取得了辉煌的战果。有军事家分析和预言:在未来战争中,谁失去制

谱权,就必将失去制空权、制海权,处于被动挨打、任人宰割的悲痛境地;谁先夺取光电权,就将对谁先夺取制空权、制海权和制夜权而产生重大影响。一个国家的综合电子战实力(尤其是光电对抗系统)对现代国防力量的影响将完全不同于某些武器(如常规武器)技术性能差距带来的影响,它更具有全局性、决定性和时间性^[12]。

参考文献

- [1] 邹振宁,周芸. 光电对抗技术现状及发展趋势[J]. 战术导弹控制技术, 2004, 47: 68-72.
- [2] 董军章,金伟其. 光电对抗装备的分类及其分析[J]. 光学技术, 2006, 32 (增刊): 37-41.
- [3] 侯印鸣. 综合电子战[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [4] 樊祥,刘勇波,马东辉,等. 光电对抗技术的现状及发展趋势[J]. 电子对抗技术, 2003, 18 (6): 10-15.
- [5] 孙晓泉. 激光对抗原理与技术[M]. 北京: 解放军出版社, 2000.
- [6] 庄振明. 光电对抗的回顾与展望[J]. 飞航导弹, 2000 (2): 55-59.
- [7] 郭汝海,王兵. 光电对抗技术研究进展[J]. 光机电信息, 2011, 28 (7): 21-26.
- [8] 李云霞,蒙文,马丽华,等. 光电对抗原理与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2009.
- [9] 陈健,于洪君. 光电对抗与军用光电技术研究进展[J]. 光机电信息, 2010, 27 (11): 12-17.
- [10] 白宏,荣健,丁学科. 空间及卫星光电对抗技术[J]. 红外与激光工程, 2006, 35 (增刊): 173-177.
- [11] 成斌. 光电对抗装备试验[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [12] 叶盛祥,谢德林,杨虎,等. 光电对抗技术[J]. 光电工程, 2001, 28 (1): 67-72.

欢迎利用期刊网站浏览本刊已发表文章

为了满足读者对《光电技术应用》期刊文章的快速、方便、阅读需求,《光电技术应用》期刊网站(网址为:<http://www.gdjsyy.com>),为读者提供了《光电技术应用》期刊2009~2011年已发表文章的在线浏览。读者可在过刊目录下,查阅2009~2010年期刊各期目录,点击文章题目或摘要,阅读文章全文。欢迎广大读者登陆期刊网站,及时了解《光电技术应用》期刊已发表文章的最新信息。

《光电技术应用》编辑部