

Research on Application of Electro-Optical Countermeasure Technology in Modern Naval Warfare

Shili Wang

91404 Army Unit, PLA, Qinhuangdao Hebei

Email: wangshili00@126.com

Received: Nov. 20th, 2019; accepted: Dec. 3rd, 2019; published: Dec. 10th, 2019

Abstract

The electro-optical countermeasure is an important part of the electronic countermeasure, and its status becomes higher. Firstly, the system of the electro-optical countermeasure is discussed from the electro-optical reconnaissance and anti-reconnaissance, electro-optical jamming and anti-jamming. The paper introduces the typical electro-optical equipments and its application in the war. Finally, the future trends in the field of electro-optical technology and equipments are summarized comprehensively.

Keywords

Electro-Optical Countermeasure, Electro-Optical Equipment, Reconnaissance, Jamming

光电对抗技术在现代海战中的应用研究

王世立

91404部队, 河北 秦皇岛

Email: wangshili00@126.com

收稿日期: 2019年11月20日; 录用日期: 2019年12月3日; 发布日期: 2019年12月10日

摘 要

光电对抗作为电子对抗的重要组成部分,在现代海战中的地位日益提高。本文首先从光电侦察与反侦察、光电干扰与抗干扰两个对立面对光电对抗技术进行分析,介绍了典型的光电装备及应用,概括了光电对抗技术及装备的发展方向。

文章引用: 王世立. 光电对抗技术在现代海战中的应用研究[J]. 光电子, 2019, 9(4): 185-190.

DOI: 10.12677/oe.2019.94026

关键词

光电对抗, 光电装备, 侦察, 干扰

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

光电对抗是指敌对双方利用各种技术手段在光波段进行侦察或干扰的行动, 目的是使敌方光电装备降低或失去作战效能, 保证己方光电装备的正常发挥[1]。20 世纪 70 年代, 光电装备与雷达装备相比, 以不受电磁干扰、精度高、被动工作等优点得到了普遍认可, 光电对抗发展为一个新领域。80 年代, 光电装备在战争中的威力已经有所体现, 在海湾战争中, 光电制导武器以 5% 的投放量, 占据了 75% 的战绩。在此背景下, 光电技术和光电对抗装备蓬勃发展, 在近 30 年成为了各国军事技术发展的热点之一。随着高科技的应用, 现代战争向局部化、立体化、系统化、信息化衍变, 光电对抗在现代战争中发挥着至关重要的作用。本文对现代海战中所运用的光电对抗技术进行研究, 对光电对抗装备及其应用进行分析, 进一步指出光电对抗技术及装备的发展趋势。

2. 光电对抗技术及装备运用

光电对抗技术包括光电侦察与反侦察、光电干扰与抗干扰两个对立面, 覆盖波段包括可见光、红外和激光波段, 因此也可分为可见光对抗、红外对抗和激光对抗三类[2]。将功能分类和波段分类结合起来就可以得到完整的光电对抗技术体系, 如图 1 所示。

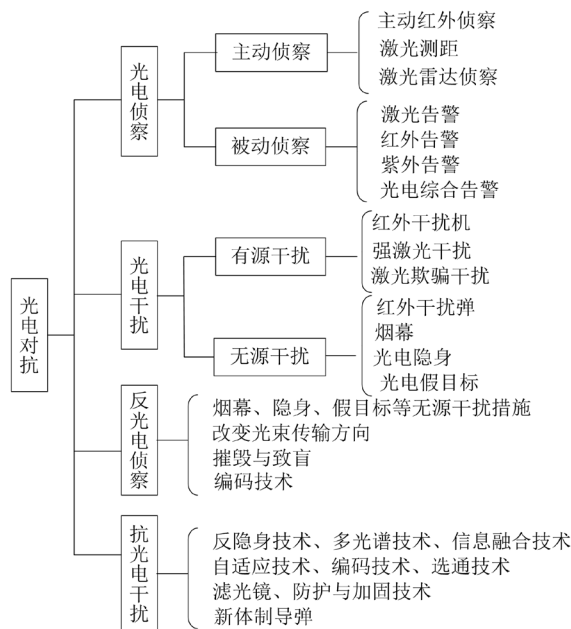


Figure 1. Photoelectric countermeasure technology system

图 1. 光电对抗技术体系

2.1. 光电侦察

光电侦察是指对敌方光电装备辐射或散射的光谱信号进行搜索、截获、定位、分析、识别,以获取敌方装备的光电参数并迅速判别威胁程度,及时提供情报和发出告警[3]。光电侦察主要包括光电侦察告警技术和激光探测技术。

2.1.1. 红外侦察告警技术及装备运用

红外侦察告警是指红外探测器利用目标与背景的温差进行光电转换形成点源或图像,经图像处理器提取目标特征来识别、跟踪目标。红外侦察告警装备能够探测超低空掠海飞行目标,具有受海杂波影响小、测量精度高、被动工作等优点[4],但作用距离近且易受天气影响,与侦察雷达互补形成舰船侦察预警体系,主要用于搜索跟踪、火力控制、制导、预警、监视等。

典型的红外告警装备有 AN/SAR-8、AN/AAR-44。AN/SAR-8 由美国、加拿大联合研制,工作波段为中波(3~5 μm)和长波(8~14 μm),探测距离 $\geq 10 \text{ km}$,装备在水面舰艇上,用于探测超低空飞行目标,弥补雷达系统的警戒范围。AN/AAR-44 由美国辛辛纳提公司研制,采用凝视传感器,实现了告警与对抗指令一体化,能连续的边搜索边跟踪多个目标,采用多种鉴别模式处理阳光辐射及地面与水面的辐射和反射,虚警率低。

2.1.2. 紫外侦察告警技术及装备运用

紫外侦察告警技术主要针对导弹目标,利用导弹尾焰的紫外波段(220~280 nm)辐射特性探测目标。利用此波段探测可以避免太阳造成的复杂背景,提高发现目标概率,减轻系统信号处理负担。紫外侦察告警系统具有体积小、质量轻、隐蔽性好、虚警率低等优点,与红外侦察告警系统相比,不需要扫描、制冷,更易于装备使用。美国是紫外告警系统研制的巨头,发展早且技术成熟,典型的紫外告警系统是 MAW-200 无源导弹发射探测和逼近告警系统,该系统与箔条和红外干扰弹投放装置互联,若有导弹逼近时,自动对威胁实施干扰。

2.1.3. 激光侦察告警技术及装备运用

激光侦察告警是利用激光探测器探测敌方装备发出的激光信号进行报警,主要探测激光的照射方向。激光侦察告警装备按工作原理大体可分为:光谱识别型、相干识别型和散射探测型三类。激光告警装备具有单波段、双波段和全波段激光告警能力,能区分激光测距和激光目指信号,测量精度在 1° 之内,主要配备在水面舰艇、直升机和陆基平台上,用于激光制导武器的来袭告警。

典型的激光告警装备有美国的 AN/AVR-2 相干型告警器、俄罗斯的 Spektr-F 激光告警系统。AN/AVR-2 告警器采用高精度激光接收机,其测量精度接近 1 毫弧度,满足火炮、激光武器打击威胁目标的精度要求。Spektr-F 激光告警系统对单脉冲截获概率为 95%,探测距离达 20~25 km,可对 4 个威胁源进行告警。

2.1.4. 激光雷达

激光雷达是利用激光对目标进行主动探测、定位和观察的设备,具有测定目标的距离、速度、方位、俯仰,识别目标的形状和性质的等功能。与其他光学探测设备比,具有探测距离远,受天气影响小,同时测距和测速等优点;与微波雷达比,具有探测分辨率高、定位精度高等优点[5]。

目前新体制的激光雷达有非扫描成像激光雷达、多光谱激光成像雷达、激光合成孔径雷达和激光相控阵雷达。美国 Sandia 实验室研发了一种新的非扫描距离成像激光雷达,采用高频强度调制的激光器照射目标,具有图像增强功能的 CCD 摄像机接受回波,经信号处理依次提取每个光点的距离信息,形成目标的强度/距离三维图像。

2.2. 反侦察

反侦察是指利用敌方光电系统的弱势或缺陷,采取积极或消极的措施,使其无法发现己方目标。反侦察包括隐身、遮蔽、欺骗三种方式,在实战中往往运用多种反侦察技术联合以达到最佳效果。例如舰船对抗来袭导弹时,可以预先发射烟幕弹达到遮蔽效果,然后发射诱饵弹形成假目标,从而躲避导弹的袭击。

隐身技术是一种低可探测技术,它是通过改变与抑制目标辐射特征、减少目标与背景的辐射反差,使得目标被发现的概率大为降低,或被探测到的距离大为缩短的一类技术,主要研究方向是红外隐身技术和激光隐身技术。红外隐身的基本方法有:(1)抑制目标的红外辐射强度;(2)改变目标的红外辐射特征;(3)调节目标红外辐射的传输途径,舰船利用水幕系统对全船降温就是抑制舰船的红外辐射强度。激光隐身就是使目标的激光回波信号尽量减弱,主要针对激光测距仪、激光目标指示器、激光跟踪器和激光雷达等装备。激光隐身的主要方法有:(1)目标外形设置;(2)减小表面的反射率;(3)表面粗糙化;(4)定向反射。

2.3. 光电干扰技术及装备运用

光电干扰是指有效地运用光波波谱破坏与削弱敌方光电武器与装备所采取的一切措施,分为无源干扰和有源干扰。光电干扰手段必须符合光电频谱匹配性、干扰视场相关性、干扰实际实时性和最佳距离有效性这四个基本特征才能获得良好效果[6]。

2.3.1. 无源干扰及装备运用

无源干扰是利用特定材料或器材改变敌方武器的电磁波介质传播特性,达到改变己方目标光学特性的目的,从而降低敌方光电武器的效能。无源干扰主要有烟幕、光电隐身和光电假目标三种方式[7]。

(1) 烟幕干扰是一种重要的无源干扰手段,通过烟幕对光辐射的吸收和散射引起的能量损耗来实现干扰,主要作用是对目标的遮蔽效应。还可以通过烟幕自身的强烈辐射,把目标及其附近的背景的辐射覆盖起来,使得成像制导武器探测不到目标的真实图像,达到遮蔽目的,这种方法称主动式遮蔽效应。典型装备为烟幕弹,通过发射装置按解算的射击诸元在某一角度、距离、高度上形成烟幕干扰。

(2) 光电隐身包括红外隐身、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。现代水面舰艇主要是利用水幕系统对全舰降温降低红外辐射,以达到红外隐身的目的,此外目前我国已成功研制可见光/激光/红外复合隐身涂料。

(3) 光电假目标是指在真目标附近放置一定数量的形体相近的假目标或热辐射相近的辐射体,降低敌方的发现概率,增加误判率,进而提高真实目标的生存概率。红外干扰弹是光电假目标干扰的典型装备,它主要干扰红外制导武器,使其锁定目标前锁定红外诱饵。随着红外探测器的发展,目前红外制导武器均采用成像制导方式,点源的诱饵弹难以起到理想的干扰效果,面源红外干扰弹应运而生,它可以形成超过舰船面积的假目标,干扰效果更佳。

2.3.2. 有源干扰及装备运用

有源干扰是指利用己方设备发射或转发敌方设备相应波段的光波,对其进行压制或欺骗干扰。红外干扰机、强激光干扰和激光欺骗干扰均是有源干扰的方式,主要装备有红外干扰机、激光干扰机和激光压制设备等。

红外干扰机能发出经过调制、编码的红外脉冲,使来袭导弹产生虚假跟踪信号,从而失控脱靶。红外干扰机由离合开关、电源、红外光源、调制器和发射光学系统组成。典型的新型红外干扰机有“斗牛士”(Matator)和“MIRTS”机载红外干扰机。前者使用脉冲调制灯(内调制),复合干扰码,辐射功率达6

kW；后者采用一个多头的蓝宝石灯，模块化结构，波段覆盖 3~5 μm 和 8~14 μm ，且实现全方位干扰。

激光干扰包括角度、距离欺骗方式和压制方式[8]。激光角度欺骗干扰机主要用来干扰激光跟踪设备和半主动激光制导武器，通过复制侦察到的敌方波长和码型相同的激光干扰信号，然后利用某种载体投射到假目标上，以此方式进行干扰，用来保护海上重要军事目标或军事设施。激光距离欺骗干扰机用于干扰以获取目标距离信息为目的的军用激光设备，如激光测距机、激光雷达等。激光压制是采用高功率激光器对敌方光电装备进行压制和干扰，损伤其光学元件或探测器，使其丧失作战效能。西德 MBB 公司研制的“高能激光武器系统”产生的激光光束直径 10 cm，脉冲功率为 1 MW，在 20 km 远处照射 0.1 秒，就可使光电探测器致盲，10 km 远处可烧穿机身。美国 TRW 公司研制的激光防空武器系统，由 5×10^2 kW 的高能化学激光器和直径 70 cm 的定向器/跟踪器组成，响应时间约 1 s，每分钟可发射 20~50 次，它发射的激光束能摧毁 15 km 外飞行的目标，杀伤概率达 100%。

2.4. 抗光电干扰

抗光电干扰是指在光电对抗环境中保证己方装备作战效能而采取的措施，大致可分为硬件和软件防护两个方面。硬件方面，可以通过采取抗干扰电路、光电防护材料、器材等措施，衰减或滤除敌方干扰信号，以防我方装备收到干扰。软件方面主要指算法，在硬件正常工作的前提下，利用干扰和目标信号的特征，改进算法进行分辨真假目标，例如多光谱技术、信息融合技术。抗光电干扰技术主要包括两类：一类是抗有源干扰中的致眩致盲和高能武器摧毁；一类是抗无源干扰和有源干扰中的低功率干扰。

3. 光电对抗技术及装备发展趋势

3.1. 多光谱对抗技术[9]

多光谱对抗技术使侦察告警、有源和无源干扰、反侦察和抗干扰设备从单一波长或频段扩展到全光谱波段，装备性能大幅提升。早期烟幕弹只能在可见光和近红外波段产生干扰效果，现已扩展到中远红外和毫米波波段，今后将延伸到微米波波段[10]。AN/AAQ-24(V)定向红外对抗系统由美、英等多方联合研制，导弹逼近告警采用紫外波段，红外干扰波段为 1~5 μm ，还具有激光干扰功能，该装备属于典型的多光谱对抗系统。此外，可调谐激光器的发展和应用也促进了多光谱对抗技术的发展。

3.2. 光电对抗一体化、自动化、通用化

将探测侦察、信息处理、对抗干扰、指挥控制融为一体，采用智能技术和专家系统，使其成为有机的整体，是光电对抗系统一体化技术的潮流[11]。光电对抗自动化是光电对抗系统的重要发展方向，光电对抗系统必须能够自动截获敌方光波信号并进行分析测量、分选识别，自动判定威胁等级，自动实施最佳干扰并实时进行干扰效果评估，以便自动修改参数。光电对抗系统通用化是指对敌方目标的通用化，无论敌方目标种类、形状、平台、速度、波段等，都能进行侦察和干扰。

3.3. 空间光电对抗

前苏联和美国的战略情报有 70% 以上通过卫星侦察获取的，为了争夺制天权，各国已经开始发展空间光电对抗[12]。空间光电对抗以光电侦察卫星为作战平台或对象，主要包括星载光电信息获取、对抗、防护三个方面内容。干扰、破坏敌方卫星，抑制其光电侦察功能的发挥；保护我方卫星，有效发挥其光电侦察能力，这是未来战争中的主要内容[13]。

4. 结束语

光电对抗是电子战的重要组成部分，随着光电探测、制导技术的发展，其地位日益提高。20 世纪 80

年代中期,美国研究光电对抗的经费超过了射频对抗的经费。在海湾战争、科索沃战争和阿富汗战争中,美国大量使用光电装备,取得了辉煌的战绩。事实证明,谁先夺取光电权,对夺取制空权、制海权和制夜权产生重大影响。一个国家的光电对抗系统实力对现代国防力量有巨大的影响,它更具有决定性、全局性、时间性。

参考文献

- [1] Titterton, D.H. (2004) A Review of the Development of Optical Countermeasures. *SPIE*, **5615**, 1-15.
<https://doi.org/10.1117/12.610112>
- [2] 侯印鸣. 综合电子战[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.
- [3] 王洋, 张景旭, 郭劲. 光电对抗技术[J]. 红外与激光工程, 2006, 35(z1): 164-168.
- [4] 李世祥. 光电对抗技术[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 2000.
- [5] 王茜蓓, 王杨, 王海伟, 等. 激光雷达在舰载光电搜索跟踪系统中的应用[J]. 光学技术, 2008, 12(34): 151-153.
- [6] 樊祥, 刘勇波, 马东辉. 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.
- [7] 刘松涛, 高东华. 光电对抗技术及其发展[J]. 光电技术应用, 2012, 27(3): 1-9.
- [8] 刘致敬. 光电干扰技术及干扰效果评估研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 长春理工大学, 2012.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 邹振宁, 冷锋, 周芸. 光电对抗技术和装备现状评析[J]. 电光与控制, 2004, 11(3): 30-34.
- [12] 樊祥, 张国良, 马东辉, 等. 光电攻击在反卫星侦察预警方面的应用[J]. 航天电子对抗, 2000(4): 33-37.
- [13] 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(z1): 173-177.