

舰载光电告警技术的现状和发展趋势

乔 健, 邵 帅

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘 要: 舰载光电对抗系统的主要作用是保护舰艇免受反舰导弹等的攻击。本文从海军舰载光电对抗系统的组成出发, 针对舰载光电告警技术在整个对抗体系的重要性, 重点分析了舰载红外告警、紫外告警、激光告警、雷达告警以及复合告警的性能和特点, 并对舰载光电告警系统的现状和发展趋势分别进行了阐述。

关键词: 舰载光电对抗; 舰载光电告警; 红外告警; 紫外告警; 激光告警; 复合告警

中图分类号: TN977

文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI 20102711.0007

Current Situation and Development of the Shipborn Electro-optical Warning Technology

QIAO Jian, SHAO Suai

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: The shipborne optical-electronic countermeasure system is used to deal with the anti-ship missiles with optical-electronic precision guide. The characteristics and performances of infrared warning, ultraviolet warning, laser warning, radar warning and complex warning system are analysed in this paper, according to the importance of shipborne optical-electronic warning in the optical-electronic countermeasure system. The development of the shipborne electro-optical warning system are also summarized.

Keywords: shipborne optoelectronic countermeasure; shipborne optoelectronic warning; infrared warning; ultraviolet warning; laser warning; complex warning

1 引言

随着军用光电技术的迅速发展,现代海面舰艇、舰载直升机和海军岸基目标面临的光电威胁日趋严峻,为此需要采用专门的光电设备和器材,对敌方光电武器进行侦察、干扰、削弱或破坏,以保证己方人员或光电设备正常的各种战术、技术措施^[1]。舰载光电对抗系统主要是对敌光电信号进行侦查、识别和截获并及时告警,在确定威胁源的特征后,及时实施有源或无源干扰,以削弱、破坏或摧毁敌方光电设备和相关武器系统及人员的作战效能,达到保护水面舰艇不受光电制导武器和激光武器的袭击的目的^[2-3]。由于有效的光电告警数据是实施有效光电干扰的前提,为此本文主要以舰面光电对抗为出发点,针对舰载光电告警的发展现状及关键技术进行了分析,以期为我国海军光电对抗技术和装备的发展提供有益的参考。

2 舰载光电对抗系统的组成

舰载光电对抗系统主要由舰载光电告警系统、舰载光电干扰系统、舰载光电隐身技术、舰载高能激光武器等组成,如图1所示。

舰载光电告警技术是利用光电探测设备,获取敌方光电辐射源或目标辐射、反射光波信号的技术参数,对敌方威胁源告警、定位和目标识别,可分为主动告警和被动告警两种类型。

舰载光电干扰技术是通过辐射、转发、发射或吸收光波能量,削弱或破坏敌方光电设备使用性能的技术措施。通常分为光电有源干扰和光电无源干扰技术。

舰载光电隐身技术是指减小目标的各种可能被探测的光电特征,使敌方探测设备难以发现水面舰艇、舰载飞机等目标或使对方探测设备的探测能力降低的综合技术^[4]。通常分为可见光隐身技术、红外隐身技术、激光隐身技术^[5]。

舰载高能激光武器主要用于对付反舰导弹的导

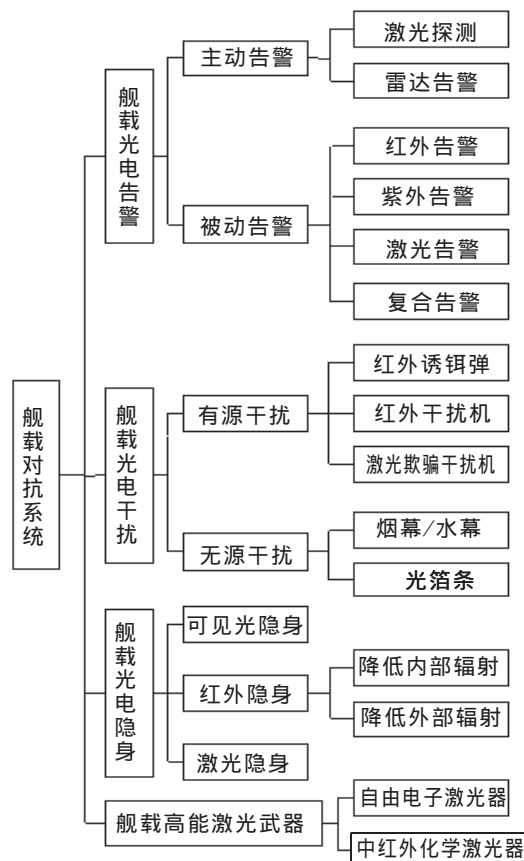


图1 舰载对抗技术分类

引头和飞行器上的光电装备以及敌方观测和目标指示用的光电和红外装置等。

3 舰载光电告警技术

光电告警数据的有效性是实施有效光电干扰的前提,而光电告警技术是随着光 and 电的应用而不断发展^[6]。该技术最早体现在雷达告警方面,并且以其告警距离远、虚警率低等优点,已成为目前最为成熟并广泛应用的一种告警技术。但雷达也有其不可避免的先天性不足,例如有源探测的主动告警信号易被发现、功率较大、低空探测性能不佳等缺陷,尤其是在探测低空或超低空目标时,由于多路径效应和海杂波等因素的影响,使其探测性能下降。为弥补雷达告警的不足,适应现代海战的需要,舰载告警系统在近年来发展迅速,它可以在雷达静默或者雷达受干扰时替代其工作,同时也可以作为雷达

告警系统的辅助设备与其同时工作, 弥补其对低空小目标探测性能的不足。

舰载光电告警分为主动告警和被动告警两大类, 其中主动告警主要包括雷达告警、包含主动告警单元的复合告警; 被动告警主要包括红外告警、紫外告警、激光告警以及可见光电视告警和全部由被动告警单元组成的复合告警。

3.1 舰载雷达告警

舰载雷达告警主要是对海空实施全景监视, 查明敌方各种电子设备的类型、数量、配置及其变动情况, 通过威胁识别作出告警, 以及引导舰载反辐射导弹对敌方的雷达实施毁灭性打击。雷达告警已从最初的单目标地基雷达发展到现在的多目标、相控阵、网络化、软件化雷达^[7]。主动式雷达告警的最大优点是技术成熟, 价格低廉, 维护简单, 告警距离较远。但依然难遮其先天不足的缺陷, 即告警精度较低、对低空快速目标的探测能力不足。尽管已研制了单独针对低空运动目标探测的雷达, 但其主要用于预警机上, 采用舰载式雷达仍然不能很有效地解决这个问题。目前已装备和正在研制的新一代舰面中、远程防空导弹武器系统中多采用舰载多功能相控阵雷达, 它具有能对付多目标、功能多、反应时间短、数据率高、抗干扰能力强、可靠性高等优点, 正逐步取代一般的机械扫描雷达。

3.2 舰载红外告警

舰载红外告警是利用红外波段对来袭目标进行目标探测、识别、跟踪与定位的红外信号, 并对其实时告警。其基本原理是: 利用目标和背景之间的温差来形成点源或图像, 从而来探测和跟踪目标。舰载红外告警的特点是:

- (1) 能探测低空、超低空目标, 在雷达盲区可发挥其独特作用;
- (2) 被动工作, 不易被敌方发现, 隐蔽性和保密性好;
- (3) 具有多目标处理能力, 能给出威胁判断, 具有直观的人机界面;

- (4) 灵敏度高, 能探测伪装下的热目标。

到目前为止, 舰载红外告警正在向多频谱、模块化、通用化以及探测、监视、告警、对抗一体化的方向发展。

3.3 舰载紫外告警

舰载紫外告警是利用紫外波段来探测, 主要是利用其波段的特殊性来弥补红外告警设备因复杂的环境影响而造成高虚警率的缺陷^[8]。在中紫外“日盲区”, 可利用导弹尾焰所产生的紫外辐射进行导弹运动轨迹及落点跟踪探测, 并按紫外光谱波段进行显示; 同时, 利用先进的软件进行实时威胁告警, 指明来袭导弹的方向和飞行时间。与现行的舰载红外告警系统相比, 具有以下几个优点:

- (1) 信号处理速度快, 是低空防御的必备装置;
- (2) 在日盲紫外区中近地空间的紫外背景辐射较少, 同时也避开了最大的自然光源, 信号探测难度降低, 虚警率减少, 探测效率提高;
- (3) 紫外告警系统结构简化, 体积小、重量轻, 无需制冷。

舰载紫外告警设备主要适合于对白天阳光强烈照射下的高温运动物体的探测与告警^[9]。

3.4 舰载激光告警

舰载激光告警技术是随着激光技术的发展以及在军事上的应用逐渐发展起来的。激光告警设备的主要任务是截获、测量和识别敌方的激光威胁信号, 并精确测量出激光源的方位、到达时间、激光波长、能量等级、脉冲宽度、重复频率、编码码型, 以及目标运动速度和激光图像等, 并及时发出告警, 以有效保障己方人员和装备免遭破坏^[10]。

舰载激光告警技术可分为主动告警和被动告警两种类型。激光主动告警是指装备自身发射激光信号照射和扫描目标, 再通过接收来自目标反射的激光回波, 实现目标探测与侦查; 激光被动告警系统本身不发射任何激光, 仅靠接收来自对方发射来的激光信号实施探测与告警。

根据探测器类型又可分为单元、列阵和面阵

3种激光告警器,其中舰载光纤激光告警系统采用了列阵型探测器。与其它告警方式相比,激光告警具有如下特点:

- (1) 接收视场大,能覆盖整个警戒海域;
- (2) 有效的方向识别能力;
- (3) 高探测概率、宽动态范围;
- (4) 反应时间短,体积小、重量轻。

现代激光告警技术正朝着高精度、多波段探测、模块化、通用化方向发展,将成为激光对抗技术发展的先导。

3.5 舰载复合告警

复合告警技术是当前告警领域的研究重点。目前,大多数舰载告警系统基本都是复合式告警系统,采用双波段或多波段红外告警、紫外与红外告警的复合、雷达告警与红外或者紫外告警系统的复合。复合式告警系统具有单一告警系统所无可比拟的优点,可将多种告警技术相融合,使之能够功能互补,优化配置。主要技术优势体现在:

- (1) 多种光电传感器所获取的信息融合可以显著提高判决的可靠性;
- (2) 可以补充目标的距离信息;
- (3) 复合告警系统共形设计、光通道复用、资源共享和信息融合能够提高快速反应速度;
- (4) 显著提高了系统的整体作战能力。

4 现状和发展趋势

舰载红外告警主要针对来袭导弹或飞机。目前,红外告警装备已进入第三代,具有全方位的告警能力,可完成对大群目标的搜索、跟踪和定位,用先进的成像显示提供清晰的战场情况。典型有法国的“旺皮尔”(VAMPIR)系列产品和美国的“监视红外搜索跟踪”(SIRST)系统。此外,还有美国和加拿大联合研制的AN/SAR-8红外搜索和目标指示系统、英国海军直升机装备的“海上鹰”无源识别装置、法国和荷兰联合研制的“天狼星”IRST系统、荷兰的“埃尔斯坎”(IRSCAN)系统、以色列的舰

载无源红外目标截获系统(SPIRTAS)红外目标搜索系统以及意大利、英国和西班牙联合研制的“PIRATE”(机载被动红外跟踪设备)用于领航和辅助着陆的空-地工作方式等。

舰载紫外告警系统的探测器可对导弹尾焰的紫外辐射进行探测。海军装备的第一代典型紫外告警设备探测器采用日盲型光电倍增管,如美国的AN/AAR-47先进导弹逼近告警系统(AMAWS)、以色列的“吉他”系列导弹逼近告警系统、南非的MAW型。第二代紫外告警装备已发展成一种成像型告警装备,如美国的AN/AAR-54(V)导弹逼近告警系统、美国的AN/AAR-57和法国的MILD-2。另外,德国宇航公司研制的“米尔兹”紫外告警系统,用来探测超音速导弹的发射和逼近。

舰载激光告警系统已成为激光对抗系统的先导。目前,德国研制的通用光电激光探测系统(COLDS)为海军平台提供可靠的光电干扰/光电对抗多光谱激光告警系统,能够探测 $0.1\sim 2.0\mu\text{m}$ 、 $2.0\sim 5.0\mu\text{m}$ 和 $5.0\sim 12.0\mu\text{m}$ 3个波段的激光威胁,并可精确测量和识别威胁激光束的方向、类型、脉冲重复频率和脉冲编码^[11]。英国海军典型的舰载激光告警装备包括1220系列(光谱范围 $0.35\sim 1.1\mu\text{m}$, $1\sim 1.8\mu\text{m}/8\sim 11\mu\text{m}$)和480系列(光谱方位 $0.35\sim 11.5\mu\text{m}$),均可对多个激光威胁源告警。美国的AN/AVR-2型激光告警接收机采用了相干型告警器,已广泛装备水面舰艇。俄罗斯的舰载Spektr-F激光告警系统能对付严重的背景干扰,且单脉冲截获概率达95%,最大探测距离达20~25 km。此外,挪威的RL1激光告警接收机、波兰的Bobrawa和SSCIOBRA激光辐射告警系统、加拿大的“高角分辨激光辐射探测器”(Harlid)、罗马尼亚的激光照射告警系统(WSLI)以及巴基斯坦的LTSI激光威胁传感器等均是激光告警技术的典型产品。

随着海军光电武器和装备技术性能的不断提高以及抗干扰能力的不断增强,留给对抗系统的反应时间越来越短,对抗距离也越来越远,并且对方采

取了各种反侦查和抗干扰的技术措施,这给海军光电告警系统带来更大的难度,因此需要发展激光/红外/紫外复合告警型光电探测技术体制,实现宽波段、低虚警、远距离的探测与告警;同时,研制多频谱传感器、开发集成相干技术,使作战人员获得陆地、海洋、空间等全维共用、无缝隙的明确态势图像;以及将舰载光电告警系统与舰载光电干扰系统有效的结合等均是舰载告警技术未来的发展方向。

5 结束语

本文以舰载光电对抗系统为出发点,重点分析了舰载光电告警系统的现状和发展趋势,从主动告警和被动告警两个方面分别进行阐述,并具体分析了舰载雷达告警、红外告警、紫外告警、激光告警及复合告警的性能及特点,为我国海军光电对抗技术的发展及相应装备的研制提供一定的借鉴和参考。

参考文献

- [1] 刘京郊. 光电对抗技术与系统[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2006.
- [2] 王海燕. 光电对抗技术和装备的现状与未来[J]. 舰船科学技术, 2002, 24(4): 34-37.
- [3] 熊良, 祝利. 美军舰载光电对抗系统现状与发展分析[J]. 舰船电子对抗, 2006, 29(4): 25-29.
- [4] 付伟. 海面上的光电隐身与烟幕干扰技术[J]. 舰载武器, 1999(3): 32-37.
- [5] 马乐梅, 杨绍清. 水面舰艇的光电隐身技术及对策[J]. 光电子技术与信息, 2000, 13(5): 30-34.
- [6] Neele F P, Schleijpen H M A. Electro-optical missile plume detection [J]. *SPIE*, 2003, 5075: 270-280.
- [7] 章大勇, 吴文启, 吴美平. 机载激光雷达系统标定方法[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(11): 2806-2813.
- [8] Schreiber P, Danga T, Pickenpaugh T. Solar blind UV region and UV detector development objectives[J]. *SPIE*, 3629, 1999: 230-248.
- [9] 王锐, 宋克非. 高精度紫外探测器辐射定标系统[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(3): 469-474.
- [10] 杨在富, 钱焕文, 高光煌. 激光告警技术发展现状[J]. 激光技术, 2004, 28(1): 98-102.
- [11] 宋广收, 陈浩. 外军光电对抗装备现状[J]. 外军信息战, 2005(3): 44-47.

作者简介: 乔健 (1980-), 男, 汉族, 山西忻州人, 博士, 助理研究员, 2008年于吉林大学获得博士学位, 主要从事光电仪器设备的设计与研究。E-mail: qiaojj99065@163.com