

文章编号: 1001-3806(2006)03-0238-03

光电对抗技术发展动向

张承铨

(西南技术物理研究所, 成都 610041)

摘要: 指出了近期光电对抗系统从被动防御发展到先发制人的多层次对抗的新动向; 概述了近年来光电对抗总体技术的发展趋势, 以及其单项技术的一些热点研究课题。

关键词: 光电子学; 光电对抗; 告警; 有源干扰; 无源干扰

中图分类号: TN977 文献标识码: A

Developing tendency of electro-optical countering techniques

ZHANG Cheng-quan

(Southwest Institute of Technical Physics, Chengdu 610041, China)

Abstract The developing tendency of the electro-optical countering systems are pointed out which can practise the countermeasure with the multi-administrative levels to feature gaining the initiative by striking first in place of the passive defence. The current developing trends of the integrative technique and some developing programs of the partial techniques which are in demand on the electro-optical countermeasure are also described.

Key words optoelectronics; electro-optical countermeasure; warning; active jamming; passive jamming

引 言

光电技术在武器的火控与制导系统中的日益广泛应用, 已引起光电对抗技术的飞速发展。光电对抗与电子对抗一样, 是一种军事行动, 是敌对双方利用光电激光设备所进行的电磁争夺战。光电对抗已成为近年来电子战中发展最快、投资比重日益加大的一个领域。可以预见, 在未来战争中, 光电对抗将愈演愈烈。下面将对光电对抗技术的近期发展动向作一概述。

1 光电对抗系统发展动向

1.1 从被动防御进入到先发制人的多层次对抗

光电/红外武器的威胁无处不在, 使得美国空军飞机危机四伏, 并且随着威胁的进一步升级, 传统的飞机自卫系统在敌武器发射后再干扰的被动防御方法(如诱饵或干扰机)往往不十分有效。由美国国防部先期研究计划局领导、美国空军研究实验室负责的美国飞机多功能光电防御(MEDUSA)项目^[1], 则采用先发制人的多层次对抗方法, 可将敌光电/红外武器扼杀在襁褓中, 这是一个值得关注的新动向。

MEDUSA 项目的目标是开发并演示战术飞机光

作者简介: 张承铨(1937-), 男, 研究员, 主要从事光电对抗方面的研究。

E-mail: zhangcq28@126.com

收稿日期: 2005-03-03 收到修改稿日期: 2005-03-10

电/红外对抗能力, 它能够主动探测并摧毁各种地面或空中光电/红外威胁。MEDUSA 将在现有导弹告警与对抗功能基础上增加新的 3 层防御。第 1 层防御是在飞机进入敌导弹发射范围以前就探测并避免导弹威胁。MEDUSA 是利用搜索激光器扫描关注的区域来对光电/红外威胁进行探测的。由于能够较早发现威胁, 飞行员可以改变飞行路线, 规避威胁。第 2 层防御是在敌导弹发射之前摧毁其搜索与跟踪传感器。第 3 层防御是在导弹发射后摧毁其光电/制导传感器。因为在这种情况下, 不是威胁系统向发射武器(如激光驾束制导导弹)提供制导信息, 就是传感器在武器上。这 3 个防御层并不影响现有使用诱饵或干扰机的能力, 它们构成了飞机的第 4 层防御。

除了多层防御先发制人外, MEDUSA 的突出优点就是多功能。这是因为利用 MEDUSA, 还可以获得态势感知、情报信息搜索、武器发射、目标指示以及战损评估等其它能力。

1.2 综合化、一体化、智能化

现代战场上的电磁(光电)威胁环境日趋复杂多样, 武器平台人员要应对这些威胁并采取有效对抗措施, 已变得越来越困难了; 即使增加平台人员, 在日益复杂的电磁(光电)威胁环境中, 通过人力来进行有效的管理, 几乎是不可能的。因此, 光电对抗系统的综合化、一体化和智能化就提到日程上来了。

光电对抗系统综合化, 一是各光电对抗的子系统

包括探测、告警、干扰等子系统综合;二是光电对抗系统与电子对抗系统综合,如红外告警接收机、激光告警接收机与雷达告警接收机综合构成一体;三是与机上的航空电子系统或舰上的舰船电子系统综合,形成一体化的大网络系统,该系统能迅速适应变化的威胁环境,快速、可靠地识别多种威胁,对多种威胁迅速反应。

1.3 小型化、模块化、通用化

为使未来的光电对抗设备能满足不同的应用要求,灵活安装在海、陆、空三军的各种平台上,三军可以通用,最大程度地减少重复设计,一种发展趋势是研制以一组核心模块为基础的特征任务系统,以另外增加特殊应用模块的方式来满足特定的任务要求,这就是模块化系统。

2 光电对抗单项技术发展趋势

2.1 总体技术

发展数据融合技术和人工智能技术,以适应未来光电对抗系统综合化、一体化和网络化的要求,并最大限度地减轻工作人员的许多日常监视和控制任务的负担,以自动完成最佳对抗措施。

2.2 告警技术

2.2.1 导弹逼近告警技术 红外寻的导弹已从一代发展到二代甚至以上,对各类军用飞机带来的威胁日益严峻。特别是对大型运输机及直升机,由于它们体积大、速度低或飞行高度低,容易成为红外制导导弹的攻击目标。出于反恐的需要,民航飞机装备价廉质优的导弹告警器也成了当务之急。因此,为了应对这类威胁,导弹逼近告警技术(MAWS)已成为近年来发达国家研究的热点技术,发展迅速^[2,3]。目前研究的技术,包括无源和有源两类。这两类技术各有优缺点,MAWS的最佳选择可能是两类技术综合后的技术。

2.2.2 激光告警 随着激光有源干扰的发展,需要研制发展高精度激光告警器,若测量激光到达角的精度达到 1mrad (约 0.06°),便足以支持战车主炮或激光武器,自动直接瞄准威胁目标,予以还击。

2.3 有源干扰技术

2.3.1 红外寻的导弹的干扰 红外导弹前端的寻的器,跟踪目标飞机产生的红外特征辐射。早期的红外寻的器,采用 PbS 探测器探测近红外特征 ($1.9\mu\text{m} \sim 2.9\mu\text{m}$),只能尾追热的飞机发动机尾管,投放红外诱饵就可防止这种导弹的攻击。后来有了 InSb 探测器,红外导弹寻的器的探测波长延伸到了中红外 ($3.0\mu\text{m} \sim 5.0\mu\text{m}$),使红外导弹不仅能探测热的发动机尾管,还能探测发动机排出的废气,从而使后方攻击的角度增大了许多;同时,非成像寻的器被成像寻的器

所取代,使原先的红外诱饵失去了应有的作用^[4]。

为了有效地对抗第 2 代红外制导导弹,目前正大力发展 $3\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ 可调谐固体激光器作干扰光源,实现定向红外对抗^[5]。激光源的高亮度和高度定向性,使其产生的干扰能量能很容易聚焦到红外导引头内,而使探测器和前置放大器饱和或受干扰。定向红外对抗节省了能量,增加了隐蔽性,不易被敌方探测到,但它是系统的复杂性为代价的,必须增加导弹报警和跟踪系统。

发展大功率 CO_2 激光技术作为压制干扰下一代红外成像制导导弹的有效手段,已越来越多地受到人们的关注。但红外成像导引头,特别是对扫描成像体制,较其它导引头更难干扰。一种被称为“时隙干扰技术”的方法^[6],可望解决红外热成像制导导弹的有效干扰难题。发展大功率固体激光技术,特别是 YAG 激光技术用于软杀伤,压制干扰电视制导和激光制导武器也是重要的发展方向之一^[6]。

2.3.2 激光半主动寻的制导武器的角度欺骗干扰 角度欺骗是通过截获激光制导目标指示器的照射信号,并进行复制,形成激光有源假目标,将激光寻的制导武器引诱到假目标上来。短延时复制是实施激光角度欺骗的主要难点。已提出一种称为“快速译码、超前延迟补偿同步转发”的复制技术,可望解决这一难点。此外,采用极高重频激光由光纤传输到假目标上的角度欺骗新概念新技术也是发展方向之一。

2.3.3 新概念有源干扰技术 (1)卫星全球定位系统(GPS)干扰技术。下一代精确制导武器将更多地采用中段 GPS 制导 + 末段光电制导的方式,GPS 的运用能进一步增大精确制导武器的射程,使得新一代防区外发射武器成为现实^[6]。因此,研究对 GPS 制导体制的有效干扰手段已成了重要的发展方向^[7,8]。(2)光学激光弹药。反舰导弹对海军舰船的威胁越来越大,目前许多国家拥有这种武器。舰载硬杀伤激光武器是对付反舰导弹的一种方法,但它非常费钱。由爆炸提供动力的光学激光弹药提供了大大减少激光武器重量、功耗和成本的美好前景。该弹药旨在用强光破坏敌方传感器。(3)激光硬杀伤摧毁武器。激光硬杀伤摧毁武器是一种利用高能激光束直接杀伤目标的定向能武器,属于一种新概念武器。它在对付精确制导武器,特别是拦截巡航导弹和掠海飞行的反舰导弹方面可发挥独到的作用。

2.4 无源干扰技术

光电无源干扰主要是指烟幕和隐身技术。研制全波段、多功能的组合型发烟剂(同时具有干扰可见光、激光红外、毫米波)以及能够快速施放、快速成烟、大面积遮蔽、留空时间长的烟幕是烟幕技术的发展趋

势^[9-10]。隐身技术的发展趋势是研制宽波段隐身器材,不仅覆盖可见光和近红外,还应覆盖中远红外、毫米波和雷达波段,其中,红外隐身是发展的重点^[11]。这里重要的是各波段隐身技术必须兼容,比如,红外隐身不能以牺牲雷达隐身为代价,反之亦然。

3 结束语

历次现代战争已证明,光电对抗已不是传统军事力量的一种补充,而是整个战争能力的一个有机组成部分,当前夺取和保持作战中的电磁(光电)优势,比在二次大战中夺取空中优势还要重要。这就是为什么光电对抗技术的研究和发展,已日益受到发达国家军事部门高度重视的原因。

笔者概述了近年来光电对抗技术的发展动向,特别值得注意的一个新动向是,光电对抗系统将从被动防御发展到先发制人的主动进攻,多层次积极防御和多功能是其主要特点。由于现代战场上的电磁(光电)威胁环境日益复杂多样,武器平台人员要应对这些威胁,并采取有效对抗措施,已越来越困难,因此,光电对抗系统的综合化、一体化和智能化已刻不容缓,发展数据融合和人工智能技术是其关键。此外,光电对抗领域的一些研发热点技术,包括导弹逼近告警、高精度激光告警、定向红外对抗、干扰、激光硬杀伤摧毁武器以及全波段烟幕和红外隐身等技术的发展动向,也

值得人们关注。

参 考 文 献

- [1] LI N H. Electro-optical/infrared defense system with the multi-administrative levels to feature gaining the initiative by striking first [J]. *International Electronic Warfare*, 2004(5): 38~43 (in Chinese).
- [2] RIVERS B P. Protecting the sky trains [J]. *Journal of Electronic Defence*, 2003 26(6): 55~59.
- [3] WANG H, ZHU X L. An equipment and technology for countering MANPADS [J]. *International Electronic Warfare*, 2004(8): 32~43 (in Chinese).
- [4] LÜ Z Q. A new method of countering infrared-guided missile——DIRCM [J]. *Electronic Warfare*, 1994(1): 34~38 (in Chinese).
- [5] FU W. Technique and present state of CD/RCM [J]. *Laser & Infrared*, 2001, 31(5): 282~285 (in Chinese).
- [6] LÜ Y G, LI Y. The status and development of the accurate guided weapons and the methods for countering them [J]. *Electronic Warfare of the Army at Abroad*, 1998(2): 43~48 (in Chinese).
- [7] ZHANG Y B, ZHANG Zh B, GOU Y X. A survey of electronic countering the GPS [J]. *Electronic Warfare*, 2002(3): 1~5 (in Chinese).
- [8] RICHARDSON D. GPS proves jam resistant [J]. *Armeda International* 2003 27(3): 20~24.
- [9] DU Zh M. A Survey of the development of smoke screen at broad [J]. *Electronic Warfare*, 1997(2): 31~36 (in Chinese).
- [10] SHEN Ch Y, HAOW J, ZHU X L. A method of vehicle borne optical-jam countermeasures-smoky cloud [J]. *Electronic Warfare*, 2001(1): 32~35 (in Chinese).
- [11] XIA X R, DEN F Sh. Research development of camouflage technology [J]. *Electronic Warfare*, 2002(1): 22~28 (in Chinese).

(上接第 234 页)

增加,后向散射系数的误差值越来越大。在 22.5km 以上,由于气溶胶的后向散射系数比较小,所得到的信噪比也较小。激光雷达的探测器接收到的大气后向散射的光电子数的随机噪声随着高度以 $\pm 8V$ 方式叠加在大气后向散射的光电子数的理论计算值上,所以,在高层 MPL 的探测到的大气后向散射的光电子数的值在理论计算值的附近来回振荡。

4 结 论

分析了 MPL 的气溶胶后向散射比和后向散射系数的主要误差来源:在近地面以及 20km 以上范围内,大气透过率的不确定性对气溶胶后向散射比的误差影响较大,在 20km 以上,探测器接收到的大气后向散射的光电子数的多少,是影响后向散射系数的误差大小的关键。在考虑 MPL 探测时间的同时,适当增加 MPL 发射的激光脉冲数来提高大气后向散射的光电子数,来减少 MPL 的探测误差。对 MPL 探测气溶胶误差的数值模拟计算和分析为 MPL 的进一步研究和应用提供了可靠的理论依据。

参 考 文 献

- [1] SPINHRNE JD. Micro pulse lidar [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1993, 31(1): 48~54.
- [2] LEE H S, WANG IH, SPINHRNE JD *et al*. Micropulse lidar for aerosol and cloud measurement [A]. *Advances in Atmospheric Remote Sensing with Lidar* [C]. New York/Berlin Heidelberg Springer-Verlag 1997. 7~10.
- [3] YANG Ch P, WU J. The design of laser parameters in helicopter anti-collision radar [J]. *Laser Technology*, 2004, 28(3): 245~247 (in Chinese).
- [4] JI Y F, XU Ch D, XU H L *et al*. A new type of lidar micro pulse lidar [A]. *Metereological Science of Jiangsu* [C]. Nanjing: Jiangsu Meteorological Society, 2001. 26~30 (in Chinese).
- [5] RUSSEL P B, SWISSER T J, M'CORMICK M P. Methodology for error analysis and simulation of lidar aerosol measurements [J]. *Appl Opt*, 1979, 18(22): 3783~3797.
- [6] ZHONG Zh Q, ZHOU J. Simulated signal calculation for micro pulse lidar [J]. *Chinese Journal of Quantum Electronics*, 2003, 20(5): 618~622 (in Chinese).
- [7] BEVINGTON P R. Data reduction and error analysis for the physical sciences [M]. New York McGraw-Hill 1969. 53~62.
- [8] SASANO Y, KOBAYASHI T. Feasibility study on space lidars for measuring global atmospheric environment [R]. Tokyo Optoelectronic Industry and Technology Development Association, 1995 F-82.