

国外激光威胁告警器发展现状及评价

张 锦

(西南技术物理研究所,四川 成都 610041)

摘 要:综述了国外当前正在大量生产和服役的激光威胁告警器的发展现状,着重分析和评价了这些激光告警器的性能和特点,最后指出了其发展趋势。

关键词:激光威胁告警器;威胁类型;威胁源;方向分辨

中图分类号:TN249;E933.43

文献标识码:A

Status and Evaluation of Foreign Laser Warning Systems

ZHANG Jin

(South-west Institute of Technical Physics, Chengdu 610041, China)

Abstract: The recent development situation of the laser warning systems that have been largely produced and serviced abroad is summarized. The performance and characteristic of these laser warning systems are analysed and evaluated specifically. The end of the paper, the development trend of the laser warning system has been pointed out.

Key words: laser warning system; threat type; threat source; direction of arrival resolution

1 引 言

激光威胁告警器(简称激光告警器或告警器)是实施激光对抗的首要的必备装备。1992年美国陆军“战车生存能力评估小组”(VSAC)分两个阶段进行了几个月的激光对抗模拟试验。结果表明,激光告警器能大大提高被保卫目标——坦克的生存能力和杀伤力。

国外早在20世纪70年代初就开始激光告警技术的研究,到70年代后期已开始形成一些产品。经过三十多年的发展,今天激光威胁告警器已是比较成熟的装备,性能也达到了较高水平,并已广泛装备在坦克战车、飞机直升机、舰船和地面重要军事目标上。

本文对目前正在大量生产,并装备和服役的激光威胁告警器的发展现状作一综述,重点在分析和评价这些当前流行的激光告警器装备的性能特点,并指出其发展趋势。

2 激光威胁告警器发展概况^[1-3]

激光告警器,从工作原理上看,除美国Raytheon系统公司的AN/AVR-2A(V)和Goodrich公司的

AN/VVR-1(接受了Raytheon系统公司AN/AVR-2A(V)生产技术转让,改造而成)两项产品采用相干识别法^[4]外,其他公司的产品几乎都采用时间识别法^[4]。

从使用方式上看,大都既可单站使用,也可组成系统来用。对于陆用激光告警器,通常和烟幕发射装置组成系统;对于舰载激光告警器,通常和舰船作战管理系统集成,以自动触发烟幕发射或主动激光对抗;对机载激光告警器,多半和雷达告警器、导弹逼近告警器等组成综合威胁告警系统,并和箔条/曳光弹投放器等电子对抗装置接口。单站使用时,则另配显示控制器。根据需要,告警器除了带有数据通信口外,不少产品还配有与平台通信系统的接口,以便将音响告警通报每个乘员,还配有匿隐、复位以及对抗设备启动等接口。

在功能配置上,现今的激光告警器往往都采用模块化设计。通常有一个标准型的基本配置,另配

作者简介:张 锦(1973-),女,高级工程师,硕士,主要从事光电对抗技术研究开发。E-mail: zhangjin955@163.com

收稿日期:2007-10-31

一些功能块形成扩展型,好处是易满足用户的不同需求,也便于产品日后的升级换代,或装在不同的武器平台上。例如,英国 BAE 系统公司的 1220 激光告警器,标准型的探测波段为 $0.35 \sim 1.1 \mu\text{m}$,配置适当的探测模块后,波长可扩展至 $1 \sim 1.8 \mu\text{m}$ 或 $8 \sim 11 \mu\text{m}$;配置波长分辨模块后可提高波长分辨到 $15 \sim 100 \text{nm}$;选择不同通道数目的探测头,方位角分辨可提高到 $\pm 15^\circ$ 或 $\pm 10^\circ$ 。激光告警器的各主要性能将在下一节详述。

在信号处理上,大都是对每个激光脉冲都预处理出它的到达角(AOA)、到达时间(TOA)和幅度,再送主处理,确定入射方向,进行多目标分选和威胁类型识别等。

在威胁类型识别上,许多告警器,特别是机载和舰载激光告警器都带有威胁数据库,将侦收到的激光威胁信号与库存威胁源数据比较来识别威胁类型。数据库通常是用户可编程的,从而能根据变化了的威胁环境随时修改。对于不明信号往往是先记录下来,返回后再分析。因此告警器通常都带有记录功能,将战斗任务执行过程中侦收到的所有威胁信号都记录下来。对于组成综合威胁告警系统的,往往还配置一台威胁数据加卸载器,用于数据库的现场编程和加卸载。威胁源数据是平时情报信息部门借助于情报手段获取到的^[5],战时则借助告警器实时侦收并记录下来,经事后分析而获得。

在探测头的结构布置上,除斯洛文尼亚 Fotona 公司生产的 LIRD-1 型告警器采用单个探测头外,现在大多数产品都是将一个全方位探测头分解成若干个(典型为 4 个)分探测头,分布在武器平台的四周以避免被平台表面结构体阻挡光路,对于单个探测头则要用支架升高来解决阻挡。此外,极少数(大约占 10%)产品采用了光纤传感头。例如德国 EADS 公司 COLDS NG 舰载激光告警器光纤探测头,是基于精确定向的需要。没有这种特殊需要时,通常都不使用光纤传感头。因为抗电磁干扰是靠产品的电磁兼容性(EMC)设计来实现的。如果探测前端采用光纤传感,而把高灵敏的探测放大电路置于后端,即狭小的舱室内,对解决抗电磁干扰可能更不利。

3 激光威胁告警器的主要性能及分析

当前激光威胁告警器主流产品的各主要性能指标如表 1 所示。

3.1 威胁类型覆盖

早期的激光威胁告警器产品只能辨别是单脉冲还是多脉冲激光。近代产品全部都能识别威胁类型,是激光测距还是激光寻的制导的目标指示器。至于能否识别驾束制导,包括激光指令视线制导的激光器,则要看产品设计是否考虑了要包括驾束激光器的探测。因为驾束制导激光器的输出功率比寻的制导目标指示器的低得多,激光告警器要能探测驾束激光,要求灵敏度至少提高两个数量级^[6],因此告警探测头需要专门的设计。从表 1 可以发现,近代产品差不多有半数能识别驾束激光。有趣的有两点:一是其中机载激光告警器差不多都能探测驾束激光。这是因为飞机,尤其是直升机,常常会遇到地面防空系统或水面舰船防空系统发射的激光驾束制导武器的攻击。瑞典的 RBS-70 防空导弹(驾束激光波长 $0.98 \mu\text{m}$)和瑞士/美国的 ADATS 防空反坦克导弹(驾束激光波长 $10.6 \mu\text{m}$)是典型的激光驾束制导武器。工作在短波长(可见至近红外)的驾束激光器为数较多,工作在 $10.6 \mu\text{m}$ 长波红外的,目前也只有 ADATS 武器系统的驾束激光器,而且装备这种武器系统的也只有加拿大等极少数国家,因此,能探测驾束激光的机载激光告警器中也只有半数的波长覆盖能包括 $10.6 \mu\text{m}$,并且除了南非的 MSWS 多传感器告警系统的波长覆盖已包括了 $2 \sim 12 \mu\text{m}$ 波带外,其余产品则把 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 波带作为可选项供用户选择。二是目前车载激光告警器中大约只有三分之一的产品能探测驾束激光。可是主战坦克等装甲战车往往既是半主动激光寻的制导武器的打击目标,又是激光驾束制导武器的打击目标^[1,7-8]。而激光告警器既要覆盖激光目标指示器,又要覆盖驾束激光的威胁,在设计上是要费一番思量的,不过这里却是一个潜在的市场,有待开发。

通常水面舰船在海面上作战时几乎不会遇到驾束激光的威胁,然而南非 Avtronics 公司的 NLWS 舰载激光告警器却覆盖了驾束制导的激光威胁,这大概是为了防备舰船在近海岸作战时可能会遇到海岸炮一类武器系统的威胁,包括地面上使用的激光驾束制导武器的威胁。此外,从表 1 还可见,近代激光告警器能覆盖强激光武器威胁的目前还很少,只有南非 Avtronics 公司生产的 NLWS、LWS-CV 和 LWS-300 型三种(海、陆、空各一种)激光告警器产品,并且覆盖的只是激光眩目器的威胁。显然这里有一定的技术难度,但也存在一个机遇,要用智慧去把握。

表1 国外激光威胁告警器的主要性能指标^[1-3]

类型	型号名称	国别厂家	探头数目	波长覆盖/ μm		空间覆盖		角度分辨		威胁类型覆盖			
				可见至近红外	中波或长波红外	方位度/ $^{\circ}$	俯仰度/ $^{\circ}$	方位度/rms	俯仰度/rms	测距	目标指示	驾束	激光武器
舰载激光告警器	NLWS 舰载激光告警系统	南非 Avitronics	4	0.5 ~ 1.8	×	360	顶告警 100 圆锥角	± 7.5	×	√	√	√	√
	COLDS NG 激光 ESM 系统	(Maritime) 德国 EADS Defense Electronics	若干	0.4 ~ 1.7	2 ~ 6 或 5 ~ 12 可选	360	± 45	3; 1.6 可选	3; 1.6 可选	√	√	×	×
	SPEKTR - F 舰载激光告警系统	俄罗斯 -	2 ~ 12	-	-	360	-15 ~ 75	± 5	± 5	√	√	×	×
陆用激光告警器	LWD2 系列激光告警探测器	英国 Thales Optronics	4 ~ 8	0.4 ~ 1.6	×	每个 195	每个 -12 ~ 47; -12 ~ 90 可选	± 7.5	×	√	√	×	×
	“神狗”激光告警与防御辅助系统	英国 Thales AFV Systems	4 ~ 6	√	×	360	顶攻击覆盖	± 7.5	×	√	√	×	×
	AN/VVR - 1 激光告警接收机系统	英国 Coodrich, Optical and Space Systems	4	0.5 ~ 1.6	×	360	55	± 1 ; ± 45 驾束	-	√	√	√	×
	LTS - 1 型激光威胁传感器	巴基斯坦 Al Technique Corporation	1	0.8 ~ 1.06	×	360	-15 ~ 90	15	×	√	√	×	×
	LWS - CV 车载激光告警器	南非 Avitronics	若干	0.5 ~ 1.8	×	360	-20 ~ 50; 顶告警 100 圆锥角 (除驾束)	15	×	√	√	√	√
	LIRD - 1 激光辐射探测告警器	斯洛文尼亚 Fotona Electro-Optics	直接 1 间接 1	0.66 ~ 1.1 (-1A) 0.7 ~ 1.6 (-3A)	1.06 (间接)	360	80 (直接); 6 (间接)	15 前视 15/30 侧视 105 后视	×	√	√	×	×
	SSC - 1 OBRA 坦克自掩护和激光告警系统	波兰 PCO SA Warszawa	4	0.6 ~ 11		360	-6 ~ 20	12 前视 30 后视	×	√	√	×	×
机载激光告警器	AN/AVR - 2A(V) 激光威胁探测装置	美国 Raytheon Systems	4	0.5 ~ 1.6	×	360	-	-	-	√	√	√	×
	AN/AVR - 3(V) 机载激光告警系统	美国 Raytheon Systems	4 ~ 8	带 1/带 2	带 3 (可选)	360	-	-	-	-	-	-	-
	1220 系列激光告警接收机	英国 BAE Systems	2	0.35 ~ 1.1	1 ~ 1.8 或 8 ~ 11 可选	360	45	± 22.5	×	√	√	√	×
	453 型激光告警接收机	英国 BAE Systems	若干	0.3 ~ 1.1	0.3 ~ 1.8 可选	360	180	45	×	-	-	-	-
	TWE 威胁告警设备	英国 Thales Airborne Systems 德国 EADS	2	0.4 ~ 1.1	0.4 ~ 1.7 可选	360	± 45	10	×	√	√	√	×
	RALM/O1 激光告警接收机	意大利 Marconi Selenia Communications	2	0.5 ~ 1.8	8 ~ 12 可选	360	90	45	×	-	-	-	-
	LWS - 300 机载激光告警系统	南非 Avitronics	4	0.5 ~ 1.8	×	360	60	15	×	√	√	√	√
	MSWS 多传感器告警系统	南非 Avitronics	4	0.5 ~ 1.8	2 ~ 12	360	60(0.5 ~ 1.8 μm) 40(2 ~ 12 μm)	15	×	√	√	√	×

注:“-”表示“不详”,“√”表示“有”,“×”表示“无”。

3.2 波长/威胁源覆盖

早期的产品波长覆盖 $0.66 \sim 1.1 \mu\text{m}$ 的可见光至近红外波段,即 Si 探测器工作波段。当前的主流产品,大多数(60%以上)波长覆盖 $0.5 \sim 1.8 \mu\text{m}$ 的可见至近红外波段,即 Si 和 Ge 或 InGaAs 探测器的工作波段。这是因为早期的激光威胁源主要是工作在 $1.06 \mu\text{m}$ 的 Nd:YAG 激光器,用于测距和半主动寻的制导。可是,到了 20 世纪 80 年代出现了 $1.54 \mu\text{m}$ 的 Raman 频移 Nd:YAG 激光器和 $10.6 \mu\text{m}$ 的 TEACO₂ 激光器,用于人眼安全的激光测距机,激光威胁告警器就需要扩展其波长覆盖范围,最好从可见光一直到长波红外。但由于在 $8 \sim 12 \mu\text{m}$ 的长波红外波段需要低温工作的 HgCdTe 探测器,不仅使用麻烦,价格还很昂贵,以致 $10.6 \mu\text{m}$ 的激光测距机至今装备量也不大,只在美国 MIAI 和挑战者 II 主战坦克上有所装备。另外,美国 Raytheon 公司生产的两款坦克炮长瞄准具中配置了 CO₂ 激光测距机,并已在南韩的二代热像仪中服役。此外从 3.1 节知道,目前长波红外的激光威胁源还不十分普遍,作为制导应用,也只在少数中程反坦克导弹中采用 CO₂ 激光驾束制导。因此,目前除了两项产品,即波兰的 OBRA 和南非的 MSWS 的波长覆盖最宽,从可见光、短波红外直至中长波红外波段外,其他产品的基本型的探测波长都只覆盖可见光至 $1.8 \mu\text{m}$ 的短波红外波段,另外可提供波长扩展型,扩展波长覆盖到中长波红外,供不同需求的用户选用。例如,德国 COLDS 舰载激光告警器可选择扩展波长覆盖至 $2 \sim 6 \mu\text{m}$ 或 $5 \sim 12 \mu\text{m}$;英国 1220 激光告警器则可选择覆盖 $8 \sim 11 \mu\text{m}$ 。从表 1 可知,能提供这种波长扩展选项的产品品种目前还不到 30%。

从威胁源覆盖来看,主流产品的基本型大都覆盖倍频 Nd:YAG($0.53 \mu\text{m}$), Ruby($0.6943 \mu\text{m}$ 自然淘汰), GaAs($0.9 \mu\text{m}$), Nd:YAG($1.064 \mu\text{m}$), Raman 频移 Nd:YAG($1.543 \mu\text{m}$), Nd 玻璃($1.54 \mu\text{m}$) 和 OPO 频移 Nd:YAG($1.57 \mu\text{m}$) 等激光器,少数产品提供的波长扩展型还能覆盖 CO₂ 激光器($10.6 \mu\text{m}$)。

3.3 空间覆盖/方向分辨

从表 1 可以发现,激光告警器主流产品的空间覆盖有三个特点:一是全为 360° 全方位覆盖;二是只有少数品种(约占 20%)的俯仰覆盖能到 90° (半球);三是俯仰不能覆盖半球的产品中,很少的品种(约占 10%),如南非的 NLWS 和 LWS-CV 两款,为防止遭遇顶攻击,外加了一个朝上的圆锥视场 100° 的单个探测通道,来提供顶攻击告警

功能。

从表 1 还可以发现两点:①现代主流产品绝大多数(约占 80%以上)的方向分辨只包括了方位角分辨,而早期产品的方向分辨则既包括方位也包括俯仰角分辨;②从定向精度来看,概略定向(典型的方向分辨为 45°)的产品约占 20%,中等定向精度(典型值为 $15^\circ \sim 22.5^\circ$)的产品约占 70%,精确定向($1^\circ \sim 3^\circ$)的产品约占 10%。

上述情况不难理解。首先,俯仰覆盖一般可以不包括 90° ,因为通常要求告警器能在比较远的距离上就要对威胁源告警。如果等到了头顶($+90^\circ$)或飞机的腹下(-90°)才探测到威胁并告警,为时已晚。然而为了防止万一,又不致使产品结构复杂,成本上升,少数产品在原有布局上再增加一个顶攻击探测通道,也不失为一种良策;其次,方向分辨对于概略定向和中等定向精度的产品主要是方位角分辨,是与武器平台的对抗资源紧密相关的。如果平台只配备了无源对抗资源(烟幕、箔条弹等),通常告警器只要能概略定向即可;如果还配备了有源对抗资源,如目前常用的激光角度欺骗干扰设备,则要求告警器有中等精度的方位角分辨,以满足在被保卫的平台周围布放激光假目标的要求^[9];如果要对激光威胁实施火力还击,或要使用激光致盲压制武器系统对抗,则要求告警器能精确定向(方位/俯仰),定向精度很高要达到 1 mrad (0.06°)。

总之,用户对激光告警器的方向分辨要求,一定要根据平台的对抗手段和实际需要以及打算投入的资金来选取。因为很高精度的告警器目前尚处在发展阶段,价格也不菲。

4 结束语

在结束本文前,希望对激光威胁告警装备的发展现状作一评价,并对下一步的发展作一预测。

经前述知,国外激光威胁告警装备的性能,基本上是和现代战场上的激光威胁环境相适应的,但尚有不足之处。比如,主战坦克不仅会受到激光寻的制导武器的远程(通常 24 km)打击,还要受到激光驾束制导武器的中程(通常 4 km)攻击。当前,车载激光告警器能覆盖驾束制导激光威胁的产品,为数尚不多。此外,随着战术激光武器在战场上的大量出现,对激光武器的威胁告警将变得日益迫切,目前有这种性能的告警器为数尚很少。

激光威胁告警器的性能还应和武器平台的对抗

(下转第 314 页)

列技术显著提高了数据链路信息的质量,并消除了由于重复的模拟-数字-模拟转化而导致的图像质量降低。

(3) 传感器。传感器的自主控制/自我提示技术,是无人机的一个重要特征就是续航时间长,一般能够单机持续 24h 的战场监视。大量的图像/信号处理和网络技术的共同发展将实现传感器工作的自动化,趋势是利用图像智能处理技术减轻人的负担。

(4) 多/超光谱。多/超光谱成像技术,是利用全色传感器对目标进行原图像提取,使其能从图像中获取更准确信息的重要技术手段。超光谱成像技术可以用于探测和识别生化战微粒,还可以通过气溶胶云层的被动超光谱成像从而对非传统攻击预警。此外,超光谱成像技术还提供了一种很好的反敌方伪装、隐蔽和欺骗的能力。

(5) 大容量数字存储。大容量数据存储技术,是千兆字节的机载传感器存储器将成为有人和无人侦察平台传感器数据的发展目标。

(6) 光探测与测距成像。光探测与测距成像技术,是利用激光束高空间分辨力成像的特征,对低观测性目标进行探测和识别。使用主动激光探测与距离选通技术,可用于昏暗区域的成像。在中等云层、

尘土飞扬和烟雾环境下,通过使用精确的短脉冲激光,捕获反射回来的光子以成像。还可实现夜间低能见度的高分辨力成像。使图像更加清晰,作用距离更远。

6 结束语

随着多光谱,超光谱相机、簇叶穿透雷达、超宽带雷达、信号情报传感器,化学战剂探测器和地雷探测器等专用的传感器的研制开发,使得无人机光电载荷更具完善,不但能用无人机去侦察、预警,还能主动攻击目标。在现代化战争或局部战争中,无人机,必将充当越来越重要的角色。

参考文献:

- [1] 秦明,朱会,李国强. 军用无人机的的发展趋势[J]. 飞航导弹,2007,6:36-38.
- [2] 杨英. 无人机的侦察、监视用有效载荷现况与发展动向[J]. 飞航导弹;2007,1:38-41.
- [3] 耕耘. 美国探索未来无人战斗机设计[J]. 应用光学,2006,3:191-192.
- [4] 章映. 无人战斗机即将投入战场[J]. 国防科技动态,2005,4:40-44.
- [5] 韩冰. 战术无人机的任务载荷与发展分析[J]. 舰船电子工程,2007,27(3):31-35.

(上接第310页)

资源相匹配。一般来说,使用无源干扰只要求概略定向;使用激光角度欺骗干扰要求有中等精度的方位角分辨;使用激光武器进行压制干扰则要求有很高的定向精度,方位、俯仰角分辨达 1mrad。不过当前武器平台使用的对抗手段主要是烟幕、箔条和角度欺骗,因此,激光告警主流装备的性能,特别是方向分辨是和对抗资源相匹配的。但随着战术激光武器这种有源对抗措施的广泛应用,今后对精确定向激光告警器的呼声将日益高涨。

激光告警装备还要有良好的成本/效能。用户要根据实际所面临的威胁环境和打算投入的资金,来保卫自己的武器平台,来确定最主要的性能要求。目前主流产品的波长覆盖只有个别的包括了 8~12 μm 长波红外,正是这个缘故。

为了适应不同用户对激光告警装备的不同性能需求,激光告警装备的小型化和功能模块化将会日渐流行。告警系统将有一个基本型配置,另提供一些功能模块,比如,可以有波长扩展型探测头、波长识别模块和激光武器识别模块等,给用户选择,以便用户实现自己所需要的各种扩展功能。

参考文献:

- [1] Jane's Information Group Inc. Jane's electro-optic systems [M]. London,2005-2006.
- [2] Jane's Information Group Inc. Jane's Avionics [M]. London,2005-2006.
- [3] 简莉. 国外光电对抗器材手册 [M]. 北京:中国兵器工业第210研究所,1998.
- [4] 周立伟,刘玉岩. 目标探测与识别 [M]. 北京:北京理工大学出版社,2002:337.
- [5] 魏光辉,杨培根,等. 激光技术在兵器工业中的应用 [M]. 北京:兵器工业出版社,1995:198.
- [6] Accetta J S, Shumaker D L. The infrared and electro-optical systems handbook [M]. Bellingham: Copublished by Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor. MI and SPIE Optical Engineering Press, 1993, 7: 116.
- [7] 张锦. 武器平台面临的激光威胁及其防护 [J]. 激光与红外,2006,36(7):521-524.
- [8] 《世界制导兵器手册》编辑部. 世界制导兵器手册 [M]. 北京:兵器工业出版社,1996.
- [9] 童忠诚. 激光有源干扰信号的发射方式研究 [J]. 光电技术应用,2006,21(6):1-3.