

# 美国激光制导武器的发展现状与趋势

耿顺山<sup>†</sup>

(国防科学技术大学光电科学与工程学院 长沙 410073)

**摘要** 文章重点介绍了激光制导的原理和方式,同时用几种典型的激光制导武器说明了美国在此方面的发展,对激光武器的优缺点及其发展趋势也作出了深刻的分析.

**关键词** 精确制导武器,激光制导,半主动式,全主动式,波束式制导

## The status and future development of laser-guided weapons in the USA

GENG Shun-Shan<sup>†</sup>

(School of Photoelectric Science & Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract** The principle and methods of laser guidance are reviewed, with several typical models of laser-guided weapons as examples to illustrate the development in this field in the USA. The relative merits and future development of precision guided weapons are also analyzed in depth. The principle and methods of laser guidance are reviewed, with several typical models of laser-guided weapons as examples to illustrate the development in this field in the USA. The relative merits and future development of precision guided weapons are also analyzed in depth.

**Keywords** precision guided weapon, laser guidance, semi-active form, active form, beam guidance

## 1 引言

现代战争愈加重视武器的“百发百中”,开发新的精确制导武器及改善制导技术已经成为各国竞相研究的重点项目.激光制导武器以其命中精度高、抗干扰能力强等独特的优点备受各国军事家的青睐.

世界上最早的远程制导武器是第二次世界大战期间德国研制并装备部队的V1和V2,从那时起,制导武器经历了几乎比任何其他武器系统更高的发展速度.与此同时,制导技术也得到惊人的发展,先后出现了程序控制、惯性制导、天文导航、多普勒导航、地形匹配、卫星定位等众多制导方式.激光制导技术也随着激光技术的不断成熟而得到快速发展.

## 2 激光制导的原理及主要方式

激光制导是用来控制飞行器飞行方向,或引导

兵器击中目标的一种激光技术.激光制导的基本原理是:用激光器发射激光束照射目标,装在弹体上的激光接收装置则接收照射的激光信号或目标反射的激光信号,算出弹体偏离照射或反射激光束的程度,不断调整飞行轨迹,使战斗部(战斗部是导弹用于毁伤目标的装置,它由壳体、战斗装药、引爆装置和保险装置等组成)沿着照射或反射激光前进,最终命中目标.

激光制导方式有半主动寻的式、全主动寻的式和波束式(驾束式)三种.目前激光制导武器中大都采用半主动激光制导方式.

### 2.1 半主动式激光制导

这种制导方式下,导引头(它安装在弹上,被用

2007-08-29 收到

<sup>†</sup> Email: gss8627@163.com

来自动跟踪目标并测量弹的飞行误差)与激光照射装置分开配置于两地,前者随弹飞行,后者置于弹外.激光照射器用来指示目标,导引头通过接收目标反射的激光照射器照射的激光或直接接收照射激光,引导导弹飞向目标.

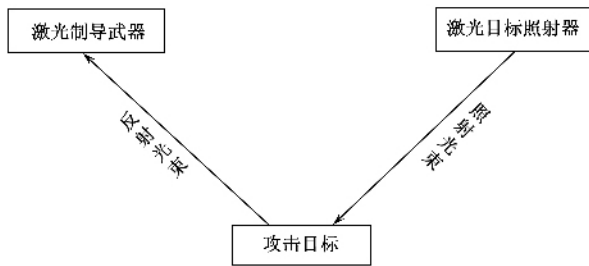


图1 半主动激光制导武器工作原理示意图

其工作过程是:激光发射机作为信号源装在地面、车船或飞机上,发射激光束为制导武器指示目标,弹上的激光导引头接收目标反射的激光信号,并跟踪目标上出现的激光光斑,引导战斗部飞向激光光斑,最终命中目标(见图1)。半主动式回波制导广泛应用于各种武器的制导系统中,如激光制导炸弹、激光制导导弹、激光制导炮弹等,是所有制导武器中制导精度最高的。

## 2.2 全主动式激光制导

在这种制导方式下,激光目标照射器和激光寻的器装在同一武器上,激光目标照射器不断地向目标发射激光束,激光寻的器自动接收从目标反射回来的激光信号,并通过自动控制系统,引导武器准确地飞向目标。(见图2)

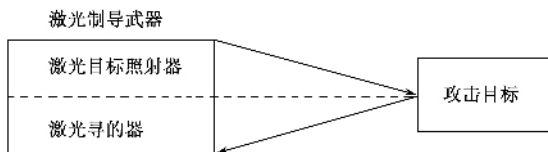


图2 激光全主动式制导工作原理示意图

激光主动制导采用发射后不管的方式,预先将打击目标的激光成像特征装订在导弹中,采用主动式成像方式,通过激光扫描,获得目标的三维图像,用来对目标进行细致观察.因为分辨率很高,所以可以很容易从图像中分辨出目标的型号和毁伤程度,有选择地攻击目标,实现实时的智能化打击.

## 2.3 波束式激光制导

激光波束制导又叫激光驾束制导,其工作过程是:激光目标照射器先捕捉并跟踪目标,给出目标所

在方向的角度信息,然后经火控计算机控制弹体发射架,以最佳角度发射导弹,使它进入激光波束中(进入波束的方向要尽可能与激光束轴线的方向一致).弹体在飞行过程中,弹上激光接收机接收到激光器直接照射到弹上的激光信号,经过处理,得出制导所需的误差量,即弹体轴线与激光束轴线的偏离方向和大小,并将这个误差量送入弹的控制系统,由控制系统控制弹的飞行方向和姿态,始终保持弹与激光照射光束的重合,最终将战斗部引导到目标上(见图3).此种制导方式就像让导弹骑在激光束上滑行一样,所以俗称“驾束制导”.

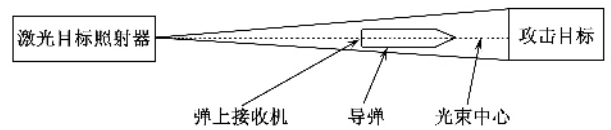


图3 激光驾束制导工作原理示意图

## 3 典型的激光制导武器

制导武器一般是指制导导弹、制导炸弹和制导炮弹.因此相应地有激光制导导弹、激光制导炸弹和激光制导炮弹.

### 3.1 激光制导导弹

目前最有“名气”的激光半主动寻的式制导导弹就是美国马丁·马丽埃塔公司(Martin Marietta)制造的“地狱火”(又名“海尔法”,它的英文名为“Hellfire”)式导弹.海尔法导弹由激光寻的头和导弹主舱组成.夜间发射试验证明,黑夜并不影响海尔法导弹的攻击能力.此外,如果有多个目标指示器同时照射几个不同目标,则海尔法导弹能够以高于每秒1次的速率进行重复发射,以攻击这些目标.海尔法导弹主要装备于美国休斯公司研制的阿帕奇先进武装直升机,主要用来攻击坦克,但也用于攻击地面其他小型目标.训练和实战都显示出这种导弹具有强大威力和较高的性能.目前已发展成包括多种型号和具有多种作战功能的导弹家族.

AGM-114A是基本型,使用半主动激光导引头,装备美国陆军;AGM-114B则具有半主动激光、射频/红外和红外成像三种导引头选择,采用低烟火箭发动机并装有引信保险备炸装置,在尺寸、质量上比基本型略长略大,其中红外成像导引型装有爆破杀伤战斗部,用于装备美国海军陆战队;AGM-114C型与AGM-114B型基本相同,只是没有引信

保险备炸装置;AGM-114F 装有串列装药战斗部,较基本型更长,质量更大。

曾有报道指出,美国陆军已执行与中国台湾之间的一项军售协议书,台湾将采购 400 余枚洛克希德马丁公司生产的“地狱火”导弹,总价值在 5 千万美元左右。史坦格(Mark Stenger)(洛克希德马丁公司空对地导弹系统计划部主任)表示“地狱火”导弹可精确地击中目标,火力表现在阿富汗和伊拉克的实战中得到验证,可有效地打击舰艇、轻装甲车辆及建筑物等目标,台湾部队取得的将是世界上最佳的空对地武器系统。

### 3.2 激光制导炸弹

最有代表性的激光制导炸弹是美国的“宝石路”(Paveway)系列产品,这是目前世界上生产数量最大的精确制导炸弹系列,已发展出 I, II, III 三代,其编号 GBU 表示“制导炸弹”(guided bomb unit)。目前美军使用的“宝石路”系列炸弹几乎参加过自越战以来所有的作战行动。历次实战证明了“宝石路”系列制导炸弹是一种费效比很高的武器,在“沙漠风暴”空袭发起时,美军投下的第一枚炸弹就是 F-117A 携带的 GBU-27,并准确地摧毁了巴格达市中心的电话电报大楼;F-111F 战斗轰炸机曾在一次行动中出动 46 架,每架携带 4 枚 GBU-12,创下了摧毁 132 辆坦克及装甲车的记录。美军现役最大和最小的激光制导炸弹分别是“宝石路”III GBU-28 型的 2270 公斤炸弹和“宝石路”II GBU-12 型的 227 公斤炸弹。

作为一种机载精确制导武器,这种炸弹利用激光的直线传播特性进行制导,以增强炸弹落点的精确度。具体过程为,载机借助于“激光目标指示器”,把激光束投射到目标上,激光束在目标表面产生漫反射,总会有一部分激光反射到激光制导炸弹上,被炸弹的“寻的器”所接收,然后通过控制系统进行换算,再控制炸弹的飞行舵,调整炸弹航向,直至精确命中目标。这种激光制导的方式,就像给各种炸弹安上了“眼睛”和“大脑”,就像放出猎狗追兔子一样,紧紧盯住目标,穷追不放,直到将目标摧毁。

### 3.3 激光制导炮弹

激光制导炮弹也是一种重要的激光制导弹药,与激光制导炸弹类似,一般采用半主动寻的制导方式,即在标准炮弹头部安装激光导引头。

有代表性的激光制导炮弹是美国的马丁·玛丽

埃塔公司制造的“铜斑蛇”炮弹。马丁·玛丽埃塔公司于上世纪 70 年代初开始秘密研制激光末制导炮弹(它是在炮弹前面加装激光导引头,炮弹发射后能在弹道飞行末段实施导引和控制的炮弹),1977 年 12 月 9 日,在白沙靶场进行试验,从接近最大射程处射来的导弹,击中了一辆作为靶标的报废 M-47 坦克。炮弹命中炮塔左侧上方,爆炸将车内设施一扫而光。舱盖被掀掉,车内零部件从舱口飞出冲上天空。美国军方对试验效果非常满意,并于 80 年代初将该弹定型生产,并装备部队,取名为“铜斑蛇”(Copperhead)。“铜斑蛇”炮弹由 155mm 榴弹炮发射,采用激光半主动寻的制导方式,是世界上最早的末制导炮弹,主要用于攻击集群坦克或装甲目标。全套武器系统由火炮、制导炮弹和激光指示器等组成。炮弹全长 1.372m,弹径 155mm,弹重 62kg,战斗部为 6.4kg。最大射程 20km,最小射程 4km,最大飞行速度每秒 600m。全弹分为导引段、弹头段与控制段,控制段前后各有弹翼,可稳定弹体旋转(6—18 转/s),并提供侧向机动效果。炮弹发射后,弹翼会以后掠 20 度自动弹出,弹道前段与普通炮弹一样靠惯性飞行。在激光指示器的作用下,炮弹前部的激光导引头接受从目标反射的激光信号,导引炮弹准确飞向攻击的目标。该制导炮弹命中概率达 80% 以上。北大西洋公约组织的一个 155mm 榴弹炮连装备有六门炮,用“铜斑蛇”炮弹以每分钟 6 发的正常射速进行齐射时,能在 4min 内消灭将近一个装甲团的所有装甲车辆。如果用普通榴弹,即便数个炮兵连以火力急袭,也难以阻止同样规模的装甲部队。

## 4 激光制导武器的优势与劣势

激光制导武器具有具有结构简单、作战实效成本低、抗干扰性能好、命中精度高等优点。与其他精确制导弹药相比,最明显的优势还是廉价,激光制导武器是最廉价的精确制导武器之一。例如,从成本来看,虽然一枚激光制导炸弹是普通航弹的 3—4 倍,但是从效费比来看,反倒比常规航弹要高。以美国空军为例,在第二次世界大战中,要摧毁一个钢筋混凝土永备工事(是在平时搭建的坚固工事)需要 10000 枚炸弹,而在越南战争期间,要用 300 枚,而现在,同种重量下,只需要一枚激光制导炸弹便可完成任务。另外,由于激光炸弹的出现减少了飞机出动的架次,停留在目标上空的时间缩短,这无形中又减少了被击落的可能,从而大大节约了边际成本。

但与此同时,激光制导武器也有着相当致命的弱点:受天气和战场条件影响大,尤其是战场上的硝烟、尘埃严重影响激光的传输,从而使激光制导武器偏离目标;空袭飞机上的激光发射器要不断发射激光,使激光始终照射在目标上,从而使空袭飞机较长时间暴露于防空火力之下,降低了生存能力;激光光束狭窄,搜索能力较差。

针对激光制导武器的弱点,我们可采取以下措施对敌方激光制导武器进行干扰。

其一,筑起防护屏障:施放能干扰激光束的宽波段烟幕。烟幕和尘埃对激光制导武器系统有着严重影响,甚至使其不能正常地工作。即在地面上点燃火堆或燃烧废旧轮胎等物资,产生大量的烟幕,使激光制导武器失去目标,将其引向别处。这种方法看似原始、简单,然而在战场上却能起到良好的效果。如,在1972年越南战争期间,美军对越南北方投掷20颗激光制导炸弹,炸毁了桥梁17座。后来,越南采取施放烟幕的方法对这种炸弹进行干扰。结果,美机空投的几十颗同类炸弹,只有一颗落在目标围墙附近。

其二,欺骗式激光干扰:撒放金属铂丝。金属铂丝、条对激光具有强烈的反射作用,在城市上空投放类似于电子对抗中使用的干扰丝、条,会在空中形成激光反射云团,从而对激光制导系统发射的激光产生强烈的反射,使制导武器产生错觉,难以命中目标。

其三,设置充气式军事装备、车辆模型(其表层涂有能有效反射激光波束的材料),以吸引激光制导武器对其攻击,从而分散和消耗敌方的火力。

其四,防患于未然:配置激光告警器。在我方的目标上配置激光告警系统,激光制导武器在飞行中必须向目标照射激光,当告警器发觉后,我方应立即采取措施使其丧失战斗力。

## 5 激光制导武器的发展趋势

激光制导武器现已备受世人关注。目前,世界各军事强国都纷纷加强激光制导武器的研制。从激光制导技术的发展来看,发展日趋多样化。

智能化——制导方式侧重全主动式。主动寻的器是各类制导武器的追求目标,要实现主动寻的制导就必须把除发射架外的全部制导设备都装在导弹上,这一困难有赖于技术的进步才能解决。此外,激光自动目标识别也有待进一步突破,采用成像寻的

器,能提高探测和判别多目标的能力,通过识别目标的要害部位,进行精确打击,实现智能寻的制导。

远程化——增大作用距离。目前的激光半主动寻的制导作用距离一般在10km左右。在现代化武器作战的今天,这一距离是比较靠近敌人的,对激光发射载体的安全很不利。因此,为减少载体被击毁的可能性,增大激光制导作用距离十分必要。

小型化——减小制导系统的体积和重量。由于制导系统是弹头的一部分,减小这一部分的体积和重量具有重要意义,它有利于提高制导武器的机动能力和作用距离,增大弹头的有效载荷,增强武器的杀伤力。

复合化——着力发展复合制导。多模式复合制导是在导弹飞行的各个阶段,同时采用两种或两种以上制导方式,共同完成制导任务的一项先进技术。在现代战争中,由于战场环境千变万化,激光制导炸弹极易受战场烟雾、云层和沙尘等因素影响,为提高武器系统的可靠性,减少失效概率,发展复合制导势在必行。

此外,激光制导武器还在向采用对人眼安全的波段和新的激光编码方式以及标准化和模块化方向发展。

## 6 结束语

当前,全球新军事变革方兴未艾。伴随激光技术的不断进步,激光制导武器取得突飞猛进的发展。如何在激光制导武器的作战样式、战术效能等方面赶上世界强国,有力地保障我国的安全与利益,是摆在我军面前的一个严峻课题。

### 参考文献

- [1] 施德恒等. 红外技术, 2000, 22(2): 11 [ Shi D H et al. Infrared Technology, 2000, 22(2): 11 (in Chinese) ]
- [2] 刘江伟, 张坡, 胡进军. 光电系统, 2007, 1: 47 [ Liu J W, Zhang P, Hu J J. Electronic and Electro-optical Systems, 2007, 1: 47 (in Chinese) ]
- [3] 付伟. 飞航导弹, 1995, 5: 16 [ Fu W. Winged Missiles Journal, 1995, 5: 16 (in Chinese) ]
- [4] 范保虎, 赵长明, 马国强. 飞航导弹, 2006, 5: 47 [ Fan B H, Zhao Ch M, Ma G Q. Winged Missiles Journal, 2006, 5: 47 (in Chinese) ]
- [5] 吴静, 邓莹, 柳世考. 兵工自动化, 2007, 26(4): 69 [ Wu J, Deng L, Liu Sh K. Ordnance Industry Automation, 2007, 26(4): 69 (in Chinese) ]