

文章编号: 1671-0576(2007)03-0010-06

激光制导技术发展概述

陈世伟

(第二炮兵工程学院三系, 陕西 西安 710025)

摘 要: 介绍了激光制导技术的发展与现状, 针对激光制导技术在高精度制导武器中的应用, 结合激光干扰技术的发展及其对激光制导的影响, 总结了激光制导技术的优缺点, 展望了激光制导技术的发展趋势。

关键词: 激光; 制导武器; 半主动寻的制导; 控制系统

中图分类号: TJ765.3

文献标识码: A

A Review on the Development of Laser Guided Technology

CHEN Shi-wei

(3rd Dep. of Second Artillery Engineering University, Xi'an Shaanxi 710025, China)

Abstract: The development and situation of laser guided weapon are introduced. With the application of laser guided technology in high accuracy guided weapon, and the effect of the laser anti-jamming technology to laser guided weapon, the advantage and disadvantage of laser guided technology are summed up. The development tendency of laser guided technology is prospected.

Key words: laser; guided weapon; semi-active homing guidance; control system

0 引言

激光制导是利用目标漫反射的特定编码和波长的激光回波信号, 通过接收装置形成制导指令, 导引武器飞向目标的一个制导过程。目前, 主要使用的激光制导武器有激光制导炸弹、激光制导炮弹、激光制导导弹。其中, 激光制导导弹又包括

激光制导反坦克导弹、激光制导空对地导弹和激光制导地对空导弹等。

激光制导武器具有制导精度高, 抗干扰能力强, 可与红外或雷达等构成复合制导, 且制导系统的体积小、重量轻, 因此激光制导技术得到了各国的重视。

1 激光制导武器的发展现状

激光制导武器的首战应用, 是 1972 年 5 月美军使用第一代“宝石路 I”型(GBU-II, 其圆概率偏差约为 3 m)激光制导炸弹轰炸越南北方的清化

收稿日期: 2007-06-29

作者简介: 陈世伟(1979-), 男, 硕士, 主要从事导航、制导与控制的研究。

铁路、公路两用桥。据报道,这次发射的激光制导炸弹全部命中目标,弹着点均分布在距离激光束照射点的1.5 m半径的圆圈内。

1986年,美军第二代激光制导武器“宝石路II”型(GBU-12、GBR-16等)激光制导炸弹在中东地区炸毁了5个重要目标,命中误差不超过1 m。

在1991年的海湾战争中,以美军为首的多国部队共投射激光制导炸弹一万多枚,摧毁了伊拉克许多重要的军事目标和高价值的战略目标。美国使用的“海尔法”激光半主动制导导弹几乎百发百中。美空地激光制导导弹“斯拉姆”,精度为1 m,在攻击伊拉克发电厂时,第一枚导弹先将发电厂炸开一个大洞,两分钟后另一枚导弹穿洞而过,将核心设备炸毁。美军战斗机携带的第三代激光制导武器“宝石路III”型(GBU-24、GBU-27等)激光制导武器,通过机载成像设备发现地面伊空军司令部塔楼,投下一颗900 kg的激光制导炸弹。在激光束的精确引导下,炸弹从塔楼顶部的通气口穿进,一直钻到底层而后爆炸,炸毁了整座大楼,在战争的后期,美军还试验了GBU-28(战后的1995年才正式命名)激光制导炸弹。

美国在2001年的军事行动中,投放了“宝石路III”钻地型(GBU-28, 2 270 kg)和集束型(GBU-89)激光制导炸弹,这种钻地型激光制导炸弹被称为地下坚固掩体的“粉碎机”,它可以穿透地下6 m的钢筋混凝土工事和30 m的普通地面。

2003年3月20日,以美国为首的美英联军,在对伊拉克发动战争时,首先使用的是四枚900 kg的“宝石路III”(GBU-27)激光制导炸弹,对重点目标进行了轰炸^[1,2]。

2 激光制导在武器系统中的应用

激光制导可分为主动式和半主动式。

主动式制导时,弹上导引头主动向目标发射激光,并接收目标漫反射回的能量,形成制导指令。该方式存在一些技术上的难点,目前尚处于研制阶段。

激光半主动寻的方式时,弹外激光目标照射器向目标发射激光,激光导引头接受从目标散射

回来的能量,形成制导指令。这也是目前大多数激光制导武器采用的方式。弹道导弹末制导时,可以采取该种制导方式,事先在敌方战场放置好照射器。

2.1 激光制导技术在导弹制导中的应用

目前,已大量装备的激光制导导弹有:

- a) 美国的海尔法反坦克导弹;
- b) 幼畜AGM-65E空地导弹;
- c) 法国的AS-30L导弹;
- d) 日本的KAM-10导弹;
- e) 西班牙的TOLEDO导弹等。

1992年2月,美国陆军对首批新型的海尔法F型导弹进行了发射试验,成功地发射了39枚导弹,全部命中目标。美国海军目前也在改进海尔法导弹,采用新的外形和现代化的弹头,改进后的海尔法导弹计划安装在高速巡逻艇和表面效应舰艇上。

法国的AS-30L型激光制导导弹是法国航空航天公司和汤姆逊-CSF公司共同研制的导弹。其射程超过10 km,这一距离超出了普通高射炮和一般地空导弹的防区。AS-30L型导弹主要用于攻击地面和海上目标,包括空军基地、桥梁、建筑物和油船等。导弹装在执行精确攻击任务的美洲虎飞机的右翼下方,飞机的左翼下装有1 200 L燃料箱,机身下中轴线位置吊挂机载激光指示系统(ATLIS)吊舱,该吊舱提供AS-30L型导弹所需要的目标捕获、跟踪和激光指示功能。驾驶员一般在距离目标(16~20) km处开始利用ATLIS吊舱指示器进行侦察,距离达到10 km左右时便可发射导弹。AS-30L型导弹具有目标自动锁定功能,因而只需向目标的大致方位发射,然后按锁定程序作战,并由ATLIS吊舱的激光指示器为末端制导照射目标^[1,3]。

2.2 激光制导技术在航空炸弹制导中的应用

激光制导炸弹是在普通炸弹的基础上,引入激光半主动寻的制导系统,实现对目标的跟踪和对炮弹的控制,从而精确攻击目标的一种武器。激光制导炸弹发射后可以继续导向目标,能以较

小的圆概率误差命中目标,具有结构简单、价格低廉、威力大、效能高等优点。

例如:在 1999 年 4 月 29 日,北约对南联盟的空袭中,美空军 F-15E 战斗机曾携带 GBU-28 激光制导炸弹,摧毁了南斯拉夫普里什蒂纳机场的地下目标。GBU-28 型激光制导炸弹足以穿透约 6 m 厚的钢筋混凝土工事和约 30 m 厚的普通土壤,因此获得了一个凶猛的绰号——地下掩体粉碎机。该型激光制导炸弹由经过改进的激光制导部件和常规炸药组成,属美国“宝石路 II”型激光制导炸弹系列,具备穿甲、爆破和粉碎三种功能。它是在“沙漠风暴”行动开始后,美国政府匆匆向国内军工企业提出火速研制攻击地下坚固堡垒武器的要求的背景下开始研制的。订购要求提出后,军方与生产商签订了合同,并马上开始组装试验。很快,两枚 GBU-28 型激光制导炸弹被紧急运往海湾战区,并由一架 F-111 轰炸机对巴格达以北数千米的空军基地地下综合设施进行了轰炸,其中一枚准确命中目标,对地下掩体目标造成了毁灭性的破坏。据报道,海湾战争期间,美国共生产了 30 枚该种炸弹,后来又对其进行改进,制造出 161 枚硬目标钻地炸弹,专门用于对付坚固的地下掩体和防空洞。

美国在 GBU-28 基础上成功开发了 GBU-37 型钻地炸弹,克服了 GBU-28 型激光制导炸弹受天气影响较大等难题,也可以参与由远程隐形轰炸机组成的首轮空袭,且具有了更高的命中精度,成为目前美国唯一的全天候、高精度穿透炸弹。

2.3 激光制导技术在炮弹制导中的应用

激光制导炮弹的制导方式需要用配置在阵地前沿观察所、装甲车辆、直升机、攻击机、无人遥控飞行器和军舰上的目标指示器来激光照射目标,炮弹上的制导系统接收目标的反射信号,实施制导。这种半主动寻的制导方式,在炮弹飞行的末段,目标指示器需要始终瞄准照射目标。

目前,一种新的制导炮弹激光寻的器是在铜斑蛇基础上改进的,最大不同之处在于采用了球形结构的气浮轴承,并去掉了弹簧启动器,此外还采用了数字化电路。球形气浮轴承式激光寻的器

的光学系统为折射式,而探测器与导弹弹体固联。炮弹激光寻的器的逻辑电路还能保证在激光目标指示器偶尔中断的情况下正确跟踪目标,而在较长中断情况下使寻的器重新转入搜索。

晶面系统激光制导的迫击炮弹是俄罗斯近几年研制的最新成果。它适用于几乎所有 120 mm 滑膛迫击炮和线膛迫击炮,可摧毁单目标和群目标、静止目标和运动目标、装甲目标和非装甲目标、工事等。其制导系统允许在风速为 15 m/s 的条件下对运动目标(目标速度不超过 36 km/h)进行射击,可保证迫击炮弹命中目标防护最薄弱的顶甲,配备大威力的杀伤爆破战斗部时,可以有效摧毁多种目标。

该弹配备带有气动力控制机构的自动驾驶仪,激光半主动寻的头捕获目标的距离远,因而允许制导炮弹有较大的初始误差。它采用了独特的炮弹结构技术方案,能保证系统在所有允许射击距离上进行恒角(45°)射击。辅以小型射击诸元计算器,大大简化了迫击炮的操作,可对变化的或突现的战斗形势作出快速反应。当向彼此相隔较远(达 300 m)的目标射击时,可使用同一射角,不必改变诸元装定^[4]。

3 激光制导面对的主要干扰分析

激光干扰系统是利用各种有源或无源设备,对激光武器(激光制导武器、激光测距仪等)实施扰乱欺骗或压制摧毁的光电对抗设备。现有的激光干扰技术可分为有源干扰和无源干扰两类^[5]。

3.1 激光无源干扰

激光无源干扰是利用本身不发光的器材(如烟幕、气球、伪装物等),对激光进行散射、吸收,从而干扰激光信号,以削弱敌方的光电设备和武器系统的效能。目前常用的方式有以下四种。

(1) 烟幕干扰

烟幕是至今最为原始但仍广泛使用的干扰手段。烟幕中的微粒能有效地吸收或散射激光,造成激光能量的衰减,其干扰效果依赖于烟幕的组成成分、烟幕微粒的大小和激光的波长。选择合

适的烟幕,可大大削弱激光的能量,使敌方激光接收器接收不到足够的能量而失去功效。使用这种方法,可使命中率降低70%~80%。目前,各国装备的烟幕器材主要包括:

- a) 烟幕罐;
- b) 烟幕机;
- c) 烟幕弹;
- d) 烟幕手榴弹;
- e) 直升机烟幕系统等。

典型的有以下几种系统。

① 坦克载快速烟幕系统

这类烟幕主要有两种:

- a) 一是发动机排气发烟装置,产生油雾烟幕;
- b) 二是烟幕弹,北约、日本等国的坦克普遍应用这种方式。

英国的L8系列烟幕弹,可在发射后2.5s内在车外25m处形成宽60m,高(8~10)m的烟幕,在24km/h的风速下持续3min。美国的M239型、M250型和M243型发烟器已装备坦克、装甲车。

② 炮兵烟幕弹药

各国装备的烟幕弹药主要是黄磷发烟炮弹,此外还有六氯乙烷、无水碳酸钙等发烟弹药。

③ 直升机用快速烟幕系统

这种方式产生的烟幕范围大,持续时间长。如美国的M259型发烟火箭可在30m外产生持续5m宽、几千米长的烟幕。瑞典研制的烟幕系统装载在直升机身后下侧,发射后在100m处形成烟幕。

④ 保卫地面目标的快速防空烟幕

这类发烟器材可在短时间内形成大面积烟墙。如美国的166mm发烟火箭在(1~2)min内可上升到(30~120)m高处,10s内形成宽180m的烟墙。

烟幕干扰技术应用广泛,使用方便、快捷,仍有巨大的发展前景。

(2) 气溶胶干扰

气溶胶是一种新型的干扰材料,由悬浮在气体中的小颗粒构成。国外研究表明,它对激光及红外辐射有明显的衰减作用。典型的材料有尘

壤、水雾、高岭土、滑石粉等绝缘材料,以及石墨堆积样品等导电材料。

(3) 气球干扰

气球干扰是利用释放气球形成隔离层来阻断敌方激光的干扰方式。在气球表面涂有激光强反射率的材料,气球内充有氢气和烟幕的混合气体,通过控制氢气和烟幕的比例,就可掌握气球上升的时间和高度,气球自爆后,又可利用气球内的烟幕形成二次干扰。

(4) 伪装技术

这种技术可利用天然的不通视区域,如在植物茂密地域布设和配置己方目标。或者架设人工遮障,对固定目标可利用可见光、红外、激光等综合性能制式散射型或吸收型伪装网等设置遮障。此外,涂防激光类的伪装涂料可强烈吸收或散射一定波长的激光,能起到一定的伪装效果^[6]。

3.2 激光有源干扰

激光有源干扰是一种主动式干扰方式。利用己方的光电设备发射或转发激光,以欺骗或压制敌方光电设备和武器系统。

(1) 欺骗式干扰

欺骗干扰是利用激光干扰欺骗、迷惑敌方测距机和激光制导武器。激光欺骗式干扰系统由激光侦察告警接收机、激光干扰机和假目标组成。当己方目标受到敌方指示激光照射后,激光侦察告警接收机立即识别激光的有关参数,然后控制激光干扰机产生与指示激光的波长、编码等参数一致的干扰激光照射假目标,导引敌方武器攻击假目标,从而掩护真目标,以实现欺骗的目的。

目前,美国的AN-GLQ-13车载激光对抗系统就属于该类设备。美国陆军为VIDS战车综合防护系统研制的车载激光诱骗系统是用来对抗通过激光目标指示器制导的激光制导反坦克弹。系统发射与敌方激光目标指示器完全相同的激光目标指示信号,投射到假目标上,诱骗敌方激光制导反坦克弹射向假目标。

英国研制的战车使用的405激光诱骗系统是用来对抗激光制导导弹对战车的威胁。系统由光纤耦合传感头的激光报警机、信号处理机、瞄准系

统和固体激光干扰发射机组成。系统探测和分析威胁激光束, 然后再再现威胁激光束并投射到假目标上。该系统的最大作用距离为 10 km、精度为 ± 5 m、脉冲重复频率为 10 Hz 或 20 Hz。

(2) 压制式干扰

压制式干扰是利用强激光使敌方光电设备、人眼和武器系统致盲甚至被摧毁, 如瞄准镜、微光夜视仪、测距机以及光电导引头等。强激光破坏压制性干扰型主要用于防空和反导系统。利用高能激光的高能量、高功率特性, 破坏飞机或导弹上的光学和光电仪器、夜视仪、火控系统、导弹整流罩等软部件, 使飞机或导弹偏离目标、失去控制、爆炸或坠毁。同时, 破坏飞机或导弹上的金属外壳、油箱或燃料仓等易毁部件。

(3) 近炸引信干扰

激光近炸引信干扰是利用设备在短时间内对来袭目标的威胁方位进行探测, 识别激光近炸引信的跳频规律及编码形式, 并复制与近炸引信信号的跳频规律及编码形式相同并超前的同步干扰信号, 复制激光器实施干扰, 使激光近炸提前引爆, 达到保护被攻击目标的目的。

4 激光制导技术的优缺点分析

4.1 激光制导在导弹武器系统中应用的优缺点

激光制导技术在导弹武器系统中的应用, 主要有以下优点:

- a) 除浓雾天气外, 在任何气候条件下均能有效的工作, 且不受电子干扰的影响, 或受其干扰影响较小;
- b) 能在各种复杂的人为干扰及背景干扰中, 实现对选定目标的识别与跟踪, 具有较强的抗红外干扰能力;
- c) 具有较强的通用性, 可满足“一弹多头”的需要;
- d) 高重复频率的激光可以进行编码发射和探测, 使得不同的武器系统具有同时攻击不同目标的能力;
- e) 制导精度高, 且有较高的目标命中率;
- f) 对信息处理系统要求低, 且有较高的空间

分辨率;

- g) 结构简单、成本低, 可以和其它寻的制导系统兼容。

激光制导技术在导弹武器系统中的应用, 主要有以下缺点:

- a) 激光束易受气象条件的影响, 不能全天候使用;
- b) 对于采用激光半主动制导的武器系统, 激光束在导弹命中目标之前必须一直照射目标, 激光器的载体易被敌方发现和遭受反击。

4.2 激光制导在航空炸弹中应用的优缺点

激光制导技术在航空炸弹中的应用, 主要有以下两个优点:

- a) 激光制导炸弹发射后, 可以继续导向目标, 能以较小的圆概率误差命中目标;
- b) 具有结构简单、价格低廉、威力大和效能高等特点。

激光制导技术在航空炸弹中的应用, 主要有以下缺点:

- a) 体积过大, 以 GBU-28 型激光制导炸弹为例, 只有 F-15E、F-111 等少数飞机可以外挂携带, 其余无法装载在 F-117A、B-1、B-2 远程隐形轰炸机上, 所以尚难参与极具震慑力的首轮空袭;
- b) 准备工作十分复杂, 需要预先提供目标及投放条件等各方面的准确数据;
- c) 使用该激光制导装置降低了飞机的生存能力, 因为这种装备在使用时必须由操作手用激光指示器照射目标, 从而大大增加了飞机滞留空中的时间;
- d) 激光指示器很容易受到天气等外在因素的影响。

4.3 激光制导在炮弹应用中的优缺点

激光制导技术在航空炸弹中的应用, 主要有以下优点:

- a) 激光制导炮弹有较高的抗干扰性, 在激光目标指示器偶尔中断的情况下能正确跟踪目标, 也能使炮弹在制导信号较长中断的情况下使寻的器重新转入搜索。

b) 激光半主动自寻的头捕获目标的距离远, 因而允许制导炮弹有较大的初始误差;

c) 激光制导炮弹采用了独特的炮弹结构技术方案, 能保证系统在所有允许射击距离上进行恒角(45°)射击;

d) 激光制导炮弹辅以小型射击诸元计算器, 大大简化了迫击炮的操作, 可对变化的或突现的战斗形势作出快速反应。

激光制导技术在航空炸弹中的应用, 主要有以下缺点:

a) 准备工作十分复杂, 需要预先提供目标及投放条件等各方面的准确数据;

b) 激光指示器很容易受到天气等外在因素的影响。

5 激光制导技术的发展趋势

通过对以上激光制导技术在武器系统中的应用和分析, 结合激光干扰技术的发展, 及其对激光制导的影响进行分析, 可以得出激光制导技术的发展具有以下特点。

(1) 研制激光主动式寻的器

迄今为止, 激光主动式寻的器及其制导武器一直未投入使用, 主要问题在于电源系统的小型化, 同时激光目标自动识别问题也有待于进一步的突破。

(2) 发展激光成像寻的器。

激光成像寻的器与红外、可见光成像制导技术相类似, 采用激光成像寻的器有利于提高探测和判别多目标的能力, 有利于识别目标的关键部位, 并进行精确打击, 提高抗干扰能力。

(3) 增大作用距离

现有的半主动制导武器作用距离较近, 发射系统的安全性得不到有力保障, 故需要增大激光制导武器的作用距离, 主要问题是克服恶劣气候对激光光束的影响。

(4) 减小制导系统的体积和重量

减小制导系统的体积和重量, 有利于提高武器的机动能力和作用距离, 增大弹头的装药量, 增

强武器的杀伤力。

(5) 发展复合寻的制导

发展复合寻的制导, 可以抵抗恶劣气象等因素的影响, 提高武器的可靠性和有效性。如可以发展激光与红外、毫米波等的复合制导, 可以隐蔽和快速接近目标。

(6) 研制通用型导引头及目标指示器

可研制标准化、系列化、通用化的导线头及目标指示器。同一型号的导引头可以供不同型号的武器使用, 缩短产品开发时间。

(7) 研制可摧毁地下掩体的武器

目前, 对地下特别深的钢筋混凝土(如地下500 m)掩体及导弹发射井还无能为力。美国已经开始研制新一代的掩体穿透钻地弹。据说, 这种新型掩体穿透钻地常规导弹就可以摧毁经过高强度加固的洲际弹道导弹发射井, 而这类目标以前被认为只有核攻击才能被摧毁。

6 结束语

对激光制导技术的发展现状进行了介绍, 对激光制导技术在武器系统中的应用进行了详细介绍, 并结合激光干扰技术的发展现状及其对激光制导的影响, 总结了激光制导技术的优缺点, 并展望了激光制导技术的发展趋势。

参考文献

- [1] 曾宪林, 郑仲明. 机载激光告警系统述评[J]. 航天电子对抗, 2001, (2): 21-25.
- [2] 张合新, 孙鹏, 孟飞. 激光在高精度制导武器中的应用[J]. 激光与红外, 2002, 14(2): 25-28.
- [3] 曾宪林, 李翔. 机载激光目标指示器发展综述[J]. 激光与红外, 2000, 30(1): 4-7.
- [4] 施德恒, 熊水英. 激光半主动寻的制导炸弹发展综述[J]. 红外技术, 2000, 22(2): 11-14.
- [5] 蒋耀庭, 杨杰, 周晓松. 激光干扰技术及其发展现状[J]. 红外与激光工程, 2001, 30(5): 386-389.
- [6] 张洪斌, 苏五星, 张祥军, 等. 激光无源干扰技术及其研究[J]. 红外, 2005, (7): 13-17.