# “标枪”反坦克导弹制导方式分析

陈 健[1,2,3],高慧斌[1],郭 劲[1],陈贺新[3],姜润强[1]

(1. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所,吉林 长春 130033;
2. 中国科学院大学,北京 100049; 3. 吉林大学 通信工程学院,吉林 长春 130012)

**摘 要**:美国研制的“标枪”反坦克导弹是一种便携式单兵反坦克导弹,被视为当今反坦克导弹中的第一种“发射后不管”的反坦克导弹,成为现有反坦克导弹中最先进的反坦克导弹之一,其核心技术就是具有先进的制导方式,针对其制导方式展开分析和研究。首先,概述了“标枪”反坦克导弹的技术特点和系统组成。其次,着重分析了“标枪”反坦克导弹的制导方式,包括从瞄准、发射、飞行到命中目标的整个过程。然后,重点研究了“标枪”反坦克导弹的制导过程及制导原理,并对其主要技术性能和关键技术进行了分析。最后,介绍了"标枪"反坦克导弹的技术改进方案及发展趋势。

**关键词**:反坦克导弹; 红外成像; 光学制导

**中图分类号**:TJ765.3 **文献标志码**:A **文章编号**:1007-2276(2014)06-1777-05

# Analysis of "javelin" anti-tank missile guidance mode

Chen Jian[1,2,3], Gao Huibin[1], Guo Jin[1], Chen Hexin[3], Jiang Runqiang[1]

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. College of Communication Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China)

**Abstract**: The anti-tank missile "javelin" developed by America was a kind of portable single soldier anti-tank missile. Javelin was nowadays a sort of "when shooted no controlling" anti-tank missile. So it was one of the most advanced anti-tank missiles. The core technology of Javelin was the advanced guided mode. The advanced guided mode was analyzed and studied. Firstly the technical characters and the system composing were summarized. Secondly we mainly analyzed the guided mode, including aiming, emission, flying and hitting. Then the guided process and principle were studied. The main technical performance and the key technologies were analyzed. Finally, the technical improvement program and the developing trends were introduced.

**Key words**: anti-tank missile; infrared imaging; optical guidance

**收稿日期**:2013-10-10; **修订日期**:2013-11-25

**基金项目**:吉林省重大科技攻关专项(20126015)

**作者简介**:陈健(1981-),男,硕士,助理研究员,主要从事高精度快速数字伺服系统方面的研究。Email:chenjian4500@163.com

**导师简介**:高慧斌(1963-),男,研究员,博士生导师,主要从事光电测量和精密跟踪控制技术方面的研究。Email:gaohuibin1@163.com

PDF 檔案使用 "pdfFactory Pro" 試用版本建立 www.pdffactory.com

## 0 引 言

美国研制的“标枪”反坦克导弹是一种便携式反坦克导弹。“标枪”反坦克导弹被视为当今反坦克导弹中的第一种“发射后不管”的反坦克导弹。“标枪”全系统总重 22.5 kg,其中发射控制及瞄准装置 6.24 kg,导弹发射筒 4.08 kg,导弹 11.8 kg,导弹长 1.08 m,弹径 12.7 cm。“标枪”采用红外制导,是一种自主制导的反坦克导弹,可以全天候作战,有效攻击距离 2 000 m。虽然有效攻击距离 2 000 m 对于反坦克导弹来说不算远,但是超过 2 000 m 的范围,瞄准装置就难以有效的识别和捕捉目标,因此单兵反坦克导弹的有效攻击距离不需要很远,超出反坦克导弹 2 000 m 的有效攻击距离可以呼叫炮火支援[1-3]。

传统肩射式反坦克导弹均是指令制导的,为了命中坦克,射手必须瞄准目标并且引导导弹飞行。发射这样的导弹通常会发出很大的声响,烟雾及碎片会从导弹的发射管尾部冲出,这样敌人很容易发现导弹的来源并进行打击。但是“标枪”发射后,它会自主制导飞向目标,在导弹发射后到命中目标的过程中,发射手不需要再参与导弹的制导过程,发射手在发射导弹后就可以迅速转移阵地,可以避免对方火力对发射手的打击。“标枪”反坦克导弹是反坦克导弹发展史上的一个里程碑,是一种真正意义上的“发射后不管”反坦克导弹。与光纤制导方式相比,“发射后不管”在提高了命中率的同时保证了发射手不被发现进而保护了发射手[4-6]。

“标枪”反坦克导弹的主要技术特点包括以下三个方面:第一,“标枪”反坦克导弹率先使用焦平面阵列技术,成为反坦克导弹的发展方向。红外制导装置包括红外传感器和多模跟踪器两个部分,具有小体积、轻重量、低功耗和长距离探测等特点。红外传感器能在烟雾和黑暗背景中识别目标,提供给射手清晰的图像进而瞄准目标;多模跟踪器使有微处理器,自动捕捉目标、跟踪目标直至命中目标[7-12]。第二,“标枪”反坦克导弹可以选择攻击模式。“标枪”具有两级串联式的战斗部,因此可以选择的攻击模式包括对目标顶部实施攻击和对目标正面实施攻击。第三,“标枪”反坦克导弹使用隐蔽式的“软发射”方式。动力装置包括起飞发动机和续航发动机。发射过程分为起飞和续航两个过程。起飞过程中起飞发动机工作,使导弹低速飞出;续航过程中续航发动机工作,使导弹高速飞行[13-15]。

## 1 “标枪”系统组成

“标枪”外部结构图(如图 1 所示)主要包括发射筒、导弹和瞄准装置,具有体积小、质量轻的特点。整套装置包括制导装置、射控装置等约重 22.5 kg。瞄准装置包括昼(4 倍)夜(4~9 倍)放大瞄准器。战斗部具有双弹头:一个弹头为引爆目标的反应装甲,另一个弹头则可穿透主装甲。

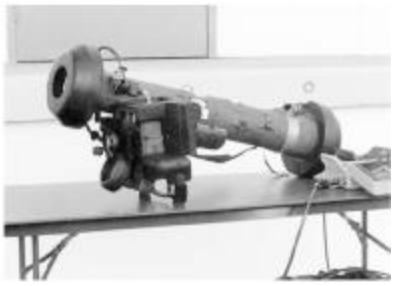

图 1 “标枪”外部结构图

Fig.1 Exterior block diagram of "javelin"

“标枪”内部结构(如图 2 所示),包括红外成像导引头、制导部、战斗部、折迭翼、发动机、控制部和舵片。其中,红外成像导引头:具有 64×64 的汞镉碲阵列,红外辐射的敏感波段为 8~12 μm;制导部:核心是一组数字成像芯片,能够探测出战场上物体所发出的不可见的红外射线,在导弹飞向目标过程中,成像芯片捕获目标电子图像,并对目标实时识别与跟踪;战斗部:具有双弹头,一个弹头引爆目标的反应装甲,另一个弹头穿透主装甲;折迭翼:稳定导弹飞行,在导弹飞出发射筒后展开;发动机:动力装置包括起飞发动机和续航发动机。发射过程分为起飞和

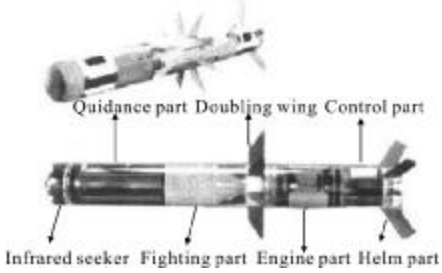


图 2 “标枪”内部结构图

Fig.2 Interior block diagram of "javelin"

PDF 檔案使用 "pdfFactory Pro" 試用版本建立 www.pdffactory.com

续航两个过程。起飞过程中起飞发动机工作,使导弹低速飞出;续航过程中续航发动机工作,使导弹高速飞行;控制部:控制续航发动机和舵片,控制导弹飞行轨迹;舵片:控制导弹飞行方向,在导弹飞出发射筒后展开[16-22]。

“标枪”内部结构(如图 2 所示):制导部分没有旋转转台,那么制导过程就没有机械消旋过程。这也是为什么“标枪”制导过程中导弹飞行时没有高速旋转。如果导弹飞行时高速旋转,那么目标在图像处理系统中高速旋转, 图像处理系统不能有效的实现对目标的识别、捕获和跟踪。如果增加机械消旋机构,那么增加系统复杂性,导引头很难做到小巧。对于导弹飞行过程中的小转动、微抖动,可以利用图像处理系统进行图像消旋、图像稳像,进而实现有效的识别、捕获和跟踪。

## 2　“标枪”制导方式分析

关于“标枪”制导方式的报道很少,同时也没有官方的发布。根据一些报道分析“标枪”的制导方式是射手在发射之前, 通过红外瞄准器对目标坦克进行拍照,导弹在飞出之后,根据之前的拍照对目标进行对比, 将照片中的目标与当前视场中的目标进行比对。如果吻合,确认是同一目标,则引导导弹打击目标。

如果按以上分析的制导方式, 那么就涉及了图像识别、图像理解和图像学习。从制导过程到打击目标,只有短短几秒,完成上述复杂、大运算量的计算和分析需要很长时间。而且射手瞄准时,拍照的目标坦克是侧视图,导弹俯冲寻的过程,视场中的目标坦克是俯视图,两张照片相差很大。同时在战场复杂环境下,很难进行对比。

通过网上公开的“标枪”发射、制导、打击过程的视频和图片资料,文中分析“标枪”的制导过程(如图 3 所示)。

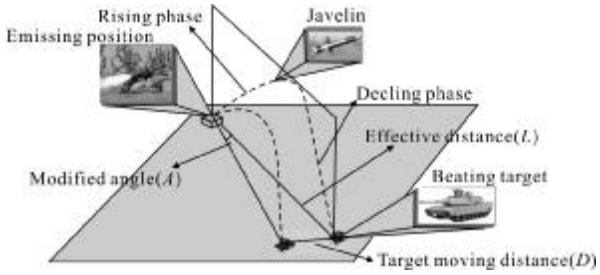


图 3 “标枪”制导过程示意图

Fig.3 Diagrammatic sketch of guidance of javelin

(1) 瞄准过程(如图 4 所示):射击前,射手将发射筒前盖取下,通过红外瞄准器瞄准目标坦克,保证预打击目标处于红外瞄准器十字丝的中心位置(如图 5 所示)。这样就可以保证导弹发射方向与目标处于同一平面上,可以有少量的偏差,通过后期制导系统修正偏差。如果偏差过大,超过制导系统在导弹飞行的有限时间内的调整能力,则导弹将不能击中目标。对于“标枪”来说,锁定的并不是什么侧视图,而是在一定方位距离上的一个点。导弹与红外瞄准器有一定的角度并不是在一条直线上, 红外瞄准器直线对准目标,而导弹向上成 18°高低角发射,保证导弹发射后向上飞行。

图 4 “标枪”瞄准

Fig.4 Aiming of javelin

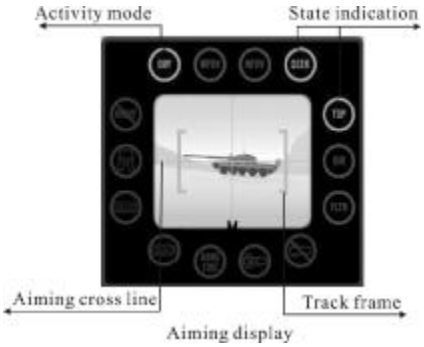


图 5 瞄准器示意图

Fig.5 Diagrammatic sketch of aiming

(2) 发射过程(如图 6 所示):在进行攻顶作战时,导弹以 18°的高低角发射。发射过程分为起飞和续航两个过程。起飞过程中用 100 ms 时间点燃起飞发动机,起飞发动机工作,使导弹低速飞出,导弹折迭翼展开, 此时导弹旋转前进; 续航过程中导弹飞出 3 m 达到安全距离, 再点燃续航发动机, 续航发动机工

PDF 檔案使用 "pdfFactory Pro" 試用版本建立 www.pdffactory.com

作,使导弹高速飞行,这之后导弹不旋转。“标枪”起飞过程中的起飞发动机推力低,同时使用低烟燃料,形成了软发射。软发射大大减少了导弹发射时的扬尘、后喷焰和后坐力,提高了隐蔽性,同时减小对射手的冲击,使射手确保导弹发射时,保持之前的瞄准方向。

图 6 “标枪”发射

Fig.6 Emission of javelin

发射时的弹尾风是影响导弹使用和射手控制导弹的重要因素。以前的反坦克导弹,发射时的弹尾会产生高温的气流,使射手必须远离发射架,这样射手就不能快速确定导弹和目标的位置, 致使发射出去的导弹无控飞行,经常撞地不能有效打击目标,这就是所谓的弹尾风问题。采用管式发射可以解决弹尾风问题。

(3) 升顶过程:导弹发射以后,很快以接近 70°的仰角迅速爬升到抛物线顶点。 在升顶过程中制导系统不工作,按照预先设定的曲线上升。此过程也决定了“标枪”的作用距离 **L** 是固定范围的。如果调整上升曲线,则相应的作用距离 **L** 也会随之改变。

(4) 俯冲过程:从抛物线顶点俯冲过程中,制导系统开始工作。红外成像系统和图像处理系统对目标进行实时的识别、捕获和跟踪;同时弹控系统对导弹进行两个自由度的调整, 最终使目标处于系统十字丝中心位置, 并始终保持这个状态, 实时动态调整。上升和下降过程,曲线类似抛物线,这是由预先设定的上升曲线所决定的。由于下降速度很快,只能在左右两个方向上微调,不能做出大角度转向,修正角 **A** 不能很大, 这就是之前射手瞄准是保证准确打击目标的前提。超过修正角 **A** 极限, 则不能有效打击。这就是为什么“标枪”对运动目标命中不高,而对静止目标命中率很高的原因。据报道,“标枪”对静止目标命中率很高,而对运动目标命中率不高。在伊战中,“标枪”也多用于打击火力点、观察哨所和狙击手等静止目标。

(5) 最终打击目标

“标枪”反坦克导弹,发射后迅速爬升到高空,然后从坦克顶部实施打击。“顶部打击”使导弹在制导过程中绕过了坦克反导弹措施,例如烟雾弹。更重要的是,“标枪” 反坦克导弹所打击的是现代坦克装甲最为薄弱的顶部。

## 3 结束语

“标枪”反坦克导弹装备后,根据在使用中出现的问题提出了进一步的改进方案。改进方案包括减少导弹以及发射控制装置的重量, 导弹预期减少到 15.9 kg 左右,发射控制装置预期减少到 6.6 kg 左右;对续航发动机也做进一步改进,使用新型燃料,使导弹有效作用距离增大到 4 000 m 左右; 用新型的 128×128 探测器阵列取代以往的 64×64 阵列, 增大红外探测距离、增强抗干扰能力、增加跟踪自动决策和弹道自动选择功能, 从而增强导弹攻击隐蔽目标和具有主动防御措施目标的能力; 瞄准控制装置的改进方案包括增加目标自动提示, 增加一个信息数据终端, 在数据终端显示屏上自动显示并标记射手视野内目标可能出现的区域; 光学通道的改进方案包括增加自动聚焦、自动变焦、图像增强与放大、自动稳定等功能;同时,改进瞄准控制装置的现场维修性,提高瞄准控制装置的自动化程度和可靠性,例如现场处理和现场集成、光亮度和对比度调节等功能。进行以上的改进方案之后, 射手就可以获得更大范围的目标活动情况, 对于射手选择预打击目标更为有利,大大提高了作战效率。

**参考文献:**

[1] Wu Tao, Qiu Na. Equipments and the development of the portable anti-tank missile [J]. Ship Electronic Engineering, 2010, 30(6): 17-20. (in Chinese)
吴涛, 邱娜. 便携式反坦克导弹的装备与发展 [J]. 舰船电子工程, 2010, 30(6): 17-20.

[2] Lei Juanmian, Wu Jiasheng. An experiment investigation of the aerodynamic characteristic for a multi-wing light antitank missile[J]. Acta Armamentar, 2005, 26(5): 709-711. (in Chinese)

PDF 檔案使用 "pdfFactory Pro" 試用版本建立 www.pdffactory.com

雷娟棉, 吴甲生. 多片弹翼反坦克导弹气动特性实验研究[J]. 兵工学报, 2005, 26(5):709-711.

[3] Li Bulian, Liu Yiping. Review of recent development for long-range antitank missile[J]. Fire Control and Command Control, 2009, 34(6): 7-10. (in Chinese)
李补莲, 刘义平. 远距离反坦克导弹最新发展评述 [J]. 火力与指挥控制, 2009, 34(6): 7-10.

[4] Qiao Liyong, Xu Lixin, Gao Min. The development of the foreign typical light anti-tank missile [J]. Winged Missiles Journal, 2012, 9: 33-39. (in Chinese)
乔立永, 徐立新, 高敏. 国外典型轻型反坦克导弹的发展[J]. 飞航导弹, 2012, 9: 33-39.

[5] Wang Dosheng. The analysis of development for the foreign anti-tank missiles [J]. Winged Missiles Journal, 2010, 5: 52-57. (in Chinese)
王东生.国外反坦克导弹的发展分析[J]. 飞航导弹, 2010, 5: 52-57.

[6] Zang Xiaojing, Zhu Aiping. The development status of the foreign light anti-tank missile[J]. Winged Missiles Journal, 2010, 11: 6-10. (in Chinese)
臧晓京, 朱爱平. 国外轻型反坦克导弹发展现状[J].飞航导弹, 2010, 11:6-10.

[7] Wang Jianli, Liu Xinyue. Concept and development of smart optics[J]. Chinses Optics, 2013, 6(4): 437-449. (in Chinese)
王建立, 刘欣悦. 智能光学的概念及发展 [J]. 中国光学, 2013, 6(4): 437-449.

[8] Li Yimang, He Xin, Wei Zhonghui, et al. Infrared target detection and recognition using dimension reduction technology[J]. Optics and Precision Engineering, 2013, 21(5): 1297-1304. (in Chinese)
李一芒, 何昕, 魏仲慧, 等.采用降维技术的红外目标检测与识别[J].光学 精密工程, 2013,21(5): 1297-1304.

[9] Yan Hui, Xu Tingfa, Wu Qingqing, et al. Multi-object tracking based on multi-feature joint matching [J]. Chineses Optics, 2013, 6(2): 163-171. (in Chinese)
闫辉, 许廷发, 吴青青, 等. 多特征融合匹配的多目标跟踪[J]. 中国光学, 2013, 6(2): 163-171.

[10] Jia Ping, Xu Ning, Zhang Ye. Automatic target recognition based on local feature extraction [J]. Optics and Precision Engineering, 2013, 21(7): 1898-1905. (in Chinese)
贾平, 徐宁, 张叶. 基于局部特征提取的目标自动识别[J]. 光学 精密工程, 2013, 21(7): 1898-1905.

[11] Wu Wei, Xu Tingfa, Wang Yawei, et al. High precision digital image stabilization with full frame compensation[J]. Chinses Optics, 2013, 6(3): 378-386. (in Chinese)
吴威, 许廷发, 王亚伟, 等. 高精度全景补偿电子稳像[J]. 中国光学, 2013, 6(3): 378-386.

[12] Zang Hongying, Hu Zheng. Moving object detection in combination of CenSurE and spatial-temporal information[J]. Optics and Precision Engineering, 2013, 21(9): 2452-2464. (in Chinese)
张红颖, 胡正. CenSurE 特征和时空信息相结合的运动目标检测[J]. 光学 精密工程, 2013, 21(9): 2452-2464.

[13] An Xueguo, Fang Wen. The typical anti-missiles of America [J]. Foreign Tank, 2012, 10: 35-36. (in Chinese)
安学国, 方文. 美国典型反坦克导弹 [J]. 国外坦克, 2012, 10: 35-36.

[14] Wei Kaigong. The portable anti-tank missile javelin[J]. Small Arms, 2003, 2: 14-16. (in Chinese)
魏开功. 标枪便携式反坦克导弹[J]. 轻兵器, 2003, 2: 14-16.

[15] Li Ke. The new type of anti-tank missiles firstly used in Iraq[J]. Modern Weaponry, 2003, 5: 6-7. (in Chinese)
李科. 新型反坦克导弹首战伊拉克战场 [J]. 现代兵器, 2003, 5: 6-7.

[16] Wang Rui. Compound guided system with active laser imaging and passive infrared imaging [J]. Chineses Optics, 2013, 6(4): 536-544.

[17] Feng Guobin, Yang Pengling, Wang Zhenguo, et al. Photoelectri-caalorimetric compound beam profile detector for near-infrared high energy laser [J]. Optics and Precision Engineering, 2013, 21(6): 1417-1425. (in Chinese)

[18] Tan Gaijuan, Xie Jijiang, Zhang Laiming, et al. Recent progress in mid-infrared laser technology[J]. Chinses Optics, 2013, 6(4): 501-513. (in Chinese)

[19] Fan Jinxiang, Yang Jianyu. Development trends of infrared imaging detecting technology [J]. Infrared and Laser Engineering, 2012,41(12): 3145-3153. (in Chinese)

[20] Zhong Dudu, Tao Xiaochuan, Zhang Kai. Overview of guidance information extraction for infrared imaging seeker [J]. Infrared and Laser Engineering, 2010, 39(4): 581-588. (in Chinese)

[21] Li Ping, Fang Xibo, Huang Zhili. Aim point selecting algorithm for endgame based on infrared imaging guidance[J]. Infrared and Laser Engineering, 2013, 42 (5): 1131-1136. (in Chinese)

[22] Pang Haochen, Zhu Ming, Guo Liqiang. Objective color image fusion performance index [J]. Optics and Precision Engineering, 2013, 21(9): 2348-2354. (in Chinese)

PDF 檔案使用 "pdfFactory Pro" 試用版本建立 www.pdffactory.com