

# 美国精确制导组件技术发展现状分析

曹红锦

(中国兵器工业第五九研究所,重庆 400039)

**摘要:**介绍了美国精确制导组件(PGK)的研发背景、内涵及工作原理,主要分析了其作战优势、性能结构特点和应用前景。精确制导组件所涵盖的技术内容不仅仅是飞行控制、弹道修正等方面,同时也包括高动态弹道环境适应性、智能引信技术、先进终点弹道技术、气动弹道综合优化等方面,为不同口径、不同原理、不同作战任务的各类弹药发展精确飞行技术提供了技术平台。采用精确制导组件技术,可提高作战效率,减小附带损伤,降低物流负担,在低成本和短研发时间下可以达到更高的精度。

**关键词:**PGK;弹道修正;CEP;鸭翼

**本文引用格式:**曹红锦. 美国精确制导组件技术发展现状分析[J]. 四川兵工学报,2015(9):22-25.

**Citation format:**CAO Hong-jin. Analysis of the Development Status of American Precision Guidance Kit Technology[J]. Journal of Sichuan Ordnance,2015(9):22-25.

**中图分类号:**TJ765.3                      **文献标识码:**A                      **文章编号:**1006-0707(2015)09-0022-04

## Analysis of the Development Status of American Precision Guidance Kit Technology

CAO Hong-jin

(No. 59 Institute, China Ordnance Industry, Chongqing 400039, China)

**Abstract:** The research and development, connotation and working principle of precision guidance kit were introduced. Its combat superiority, performance structure features and application prospect were analyzed. Precision guidance kit contains flight control, trajectory correction, high-dynamic trajectory environmental suitability, intelligent fuse technology, advanced terminal trajectory technology and pneumatic trajectory comprehensive optimization technology, and provides the technology platform for all kinds of ammunition precision flight technology with different caliber, different principle, different combat mission. Application of precision guidance kit can improve the combat efficiency, reduce collateral damage and logistics burden, and achieve higher accuracy in the condition of low cost and short research and development time.

**Key words:** PGK; trajectory correction; CEP; canard

海湾战争后,美国陆军致力于开发低成本、高精度的炮弹修正引信。由于当时陆军未明确提出对弹道修正引信的需求,国防部准备开展一项制导一体化引信(GIF)技术演示项目<sup>[1]</sup>。但是,GIF项目显然比预期的要困难,经过3年的努力还不能进行全系统的演示。于是,美国陆军提出了一项被称作XM1156式精确制导组件(PGK)的低成本弹道修正引信独立采购项目<sup>[2]</sup>。PGK项目分3个阶段实施:对于技术演示(到2007年结束)与第1阶段的PGK,美陆军要求 CEP

达到小于50 m<sup>[3]</sup>。对于第2阶段PGK,要求 CEP 降至 30 m 以下。第3阶段要求 CEP 达到 10 m,过载限制则进一步提高。

### 1 PGK 工作原理

PGK(Precision Guidance Kit)精确制导组件是美国陆军一项极具竞争力的项目,旨在演示通过加装低成本 GPS 制导

引信组件的方法显著改善现有 155 mm 和 105 mm 炮弹的精度<sup>[4]</sup>。通过为现有炮弹加装 GPS 制导与导航系统的方法,从而达到以相对较低的费用并显著提高现有炮弹威力的目的,快速提高野战炮兵的精确打击能力。在最大射程下常规炮弹会达到大于 200 m 的 CEP,而采用 PGK 则使得 CEP 远小于 50 m 的范围<sup>[5,6]</sup>。

PGK 实际上是一种低成本的弹道修正引信,它的尺寸与火炮引信相当,它是一种为炮弹配置的导引模块,提供 GPS 和 INS(惯性制导)<sup>[5]</sup>。PGK 具备多选择方案引信装置(MOFA)所有功能,再加上精确制导能力,在炮弹有效射程使其 CEP 达到 30 m 内。PGK 把常规炮弹改造成为精确弹药,一枚 PGK 通常可以解决以前若干枚常规炮弹的打击任务,从而大大减少了炮兵部队对弹药的需求量。此外,PGK 不采用电池;并且具有一定的可靠性,因为只有一个活动部件,没有布置鸭式翼。PGK 全程二维引导至落点,采用近爆引信和接触点爆破方式。根据现行计划,PGK 于 2009 年正式服役。PGK 作为“神剑”的补充,但不是取代后者。PGK 使传统的火力压制使命更加有效,而“神剑”具有更高精确度适合“点穴式”使命。

非精确常规弹药任务与精确 PGK 弹药任务对比如图 1 所示。

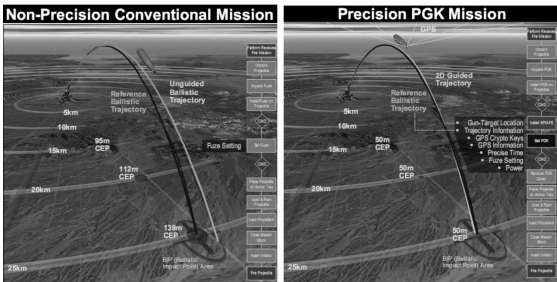


图 1 非精确常规弹药任务与精确 PGK 弹药任务

PGK 与常规 155mmHE 弹有相同的作战任务,但是它有更好的作战性能可以达到 50 m 的 CEP 精度。

2 PGK 的作战优势

- 1) 将现存的炮弹变为可负担的起的精度的武器。能与当前美国库存火炮相兼容。
- 2) 提高了战斗性能。
- 3) 减小附带损伤。
- 4) 减小了后勤负担。

只要通过用 PGK 代替弹丸头部引信就可以将非制导的常规 155 mm 弹丸变为精确弹药。从图 2 可以看出上述效益。所有射击实验均采用设计前半小时的气象数据,图中 2 圆表示在不同射程下 CEP 精度。

从图 2 中可以看出,没有采用 PGK 的常规弹药的射击精度较低,附带损伤大,而采用 PGK 后明显地提高了弹药的精度,极大地减小了附带损伤,增加了每枚基本弹药的杀敌

数。性能要求如表 1 所示。

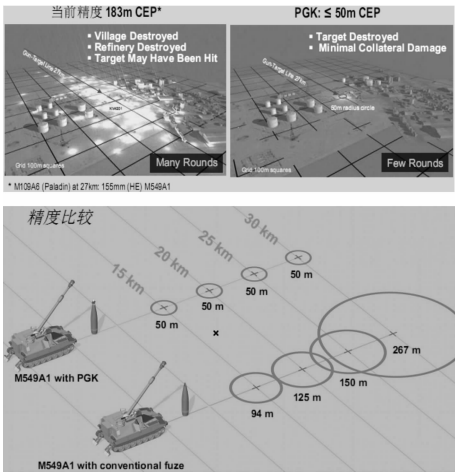


图 2 非精确常规弹药任务与精确 PGK 弹药任务

表 1 PGK 性能要求

	Increment 1 IOC FY11	Increment 2 IOC FY15	Increment 3 IOC FY18
主要性能参数			
1. 网络准备	AFATDS, EPIAFS, GPS		
2. 可靠性	92% (t); 97% (O)		
3. 精度	≤50 m CEP(T) ≤30 m CEP(O)	≤30 m CEP(T=O)	≤30 m CEP(T) ≤20 m CEP(O)
属性特征			
弹药类型	155 mm HE • M107 • M795 • M549A1	Add; • 105 mm HE(T) • 105/155 mm HE & Cargo(O)	155 mm HE(T) 105/155 mm HE & Cargo(O)
平台类型	• M777A2 • Paladin	Add M119A3 (105 mm) (T)	Add Future Cannon(T)
引信功能	• PD • Proximity	Add • Delay & Time (O)	

PGK 研发中主要存在 3 个巨大挑战:微型化封装技术、物理学分析、更低经费研发周期以获得更高精度。使得能包装的体积最大化,同时要保证一定的承受强度;微型电子电能设备的设计,DFA/DFM 的设计,减小尺寸同时并保证其能够生产。

3 PGK 主要结构特点

PGK 主要结构特点如图 3 所示。

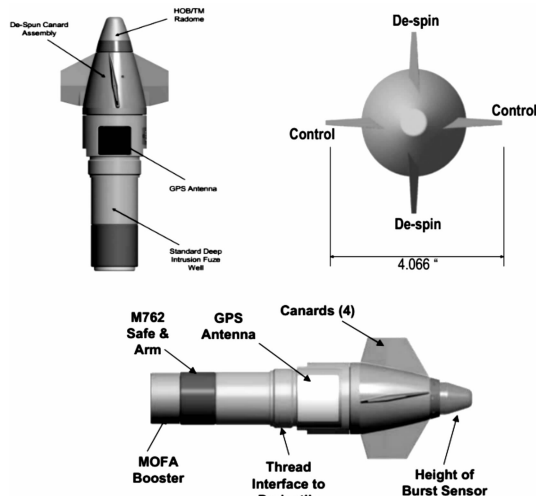


图3 PGK 结构

弹道:①理想的发射条件(gun QE,gun AZ,炮口初速);②环境预测(MET,重力,克里奥斯特力等);③气动力模型。得到参考弹道后,进行模拟飞行,对弹道进行细微修正。然后,对所有间瞄发射弹道进行鲁棒优化。需要考虑如下4个方面:采用火炮或迫击炮发射弹丸,不同的初速区域,不同型号的弹丸,不同的 QEs(弹道形状)<sup>[9]</sup>。155mmXM1128 运用该解决方案首次成功的飞行证实了可以获得初步稳定性和机动能力。

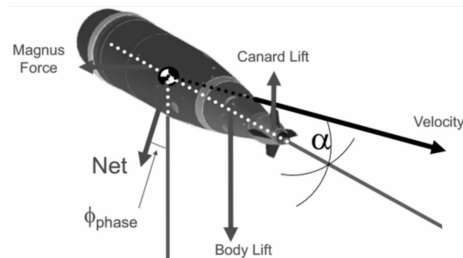


图4 PGK 物理模型

- 1) 固定鸭翼——没有机械执行机构<sup>[7]</sup>。
- 2) GPS——无惯性器件,带有滚转角测定,L3/IEC 发射接收器跟踪演变而来的 GPS 接收机。小型快速采集特点。小贴片式 GPS 接收天线。
- 3) 电子设备随着弹丸一起旋转——小型轴承,没有滑环。
- 4) 没有电源——飞行前利用超大电容,飞行过程中利用弹载交流发电机。
- 5) 采用高功率电阻器技术——小负载元素。
- 6) 电子设备封装技术。
- 7) 内置遥测技术——开发测试,存储监测,验收测试。
- 8) 创新而简单的制导控制算法。

这部分研究分2个阶段进行,第一个阶段采用单独的M549 火箭增程炮弹,在单一环境下分析单一射程和弹道,同时没有引信装定器连接,没有导引功能,没有战术策略。第二阶段采用2种弹丸,在所有环境下分析所有射程,同时连接有引信装定器,具备所有的导引功能以及一定的战术策略。2011年8月进行设计认证测试,48个PGK单元100%安全发射并满足所有的射程和精度。

## 4 PGK 物理模型分析

1) 鸭式翼与弹体严格安装并随着弹丸旋转,包括有:近距离传感器,电子设备,现代传感器与执行器和扩爆器。如图4所示,上下一对鸭式翼起减旋作用,左右一对鸭式翼起控制作用。固定鸭式翼装置产生头部升力和相反的滚转扭矩<sup>[8]</sup>。

### 2) PGK 控制飞行

从图4受力情况可以看出,PGK 主要有鸭翼升力,弹体升力和马格努斯。注意:对于尾翼稳定弹,鸭舵升力和弹体升力在同一方向上。炮弹气动力是相当复杂的,PGK 控制飞行解决方案如下:在射击目标之前采用以下3个条件来预测

PGK 的研发是在瞬息万变的国防预算环境下进行的,由PM CAS 负责费用。美国负责采办,技术和后勤(AT&L)的国防部长提出——“Doing More Without More”——减少了费用和研发周期,并达到能够负担得起的精度。PGK 研发费用和研发时间比较如图5所示。

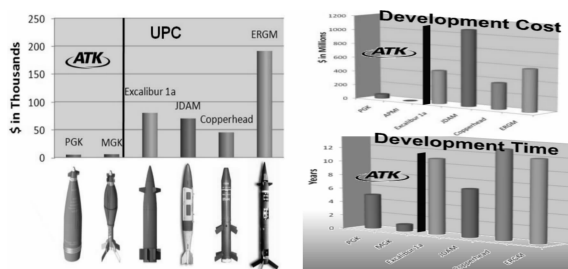


图5 PGK 研发费用和研发时间比较

## 5 PGK 的应用前景

PGK 达到的精度超过了预期的效果。通过 Engineering, Manufacturing, Development (EMD) 阶段后,M549A1 和 M795 弹都达到了期望的 CEP。PGK 为昔日和当前储备的弹药提供了新一代的较小的散布,提供的 <50 mCEP 精度,提高了作战效率(击毁目标更快),增加每个平台的装填杀敌数,减小附带损伤,降低了物流负担,在低成本和短研发时间下可以达到更高的精度,且具有很好的兼容性,有效地利用了库存的常规炮弹。该新型制导与控制方法具有广泛的适用性。当前 PGK 应用在 M795, M549, 迫击炮,将来可能应用在 M107,155 mm 高性能炸药火炮,155 mm 运载炮,105 mm 火炮<sup>[10,11]</sup>。

## 6 结束语

美国精确制导组件技术的发展已进入了较为成熟的时期,集诸多高新弹药技术为一体,为不同口径、不同原理、不同作战任务的各类弹药发展精确飞行技术提供了技术平台,也是精确制导技术软、硬件的继承与发展的数据库。通过对美国精确制导组件项目的详细介绍,可以较为清晰地了解其研究背景、关键技术、研制进展等,从而为我国开展相关研究提供参考依据,可为我国研究制导类、控制类弹药武器装备提供一定的借鉴作用。

## 参考文献:

- [1] 赵磊,杜忠华. 二维弹道修正弹研究[J]. 机械工程与自动化,2013(5):172-173.
- [2] 雨丝. 美陆军计划采购精确制导组件[J]. 太空探索,2013(6):49.
- [3] 张乐,李武周,巨养锋,等. 基于圆概率误差的定位精度评定办法[J]. 指挥控制与仿真,2013,35(1):111-114.
- [4] 白毅,仲海东,秦雅娟,等. 国外制导炮弹发展综述[J].

飞航导弹,2013(5):33-49.

- [5] 邹金龙. 智能弹药中智能引信中的作用[J]. 制导与引信,2012(4):1-8.
- [6] 宋谢恩,宋卫东,宋高兴. 弹道修正火箭弹对面目标射击的最佳 CEP 研究[J]. 弹道学报,2014(4):51-55.
- [7] 张开创,刘秋生,熊然,等. 固定鸭舵弹道修正组件发展[J]. 飞航导弹,2014(3):64-67.
- [8] 常思江,王中原,刘铁铮. 鸭式布局防空炮弹的鸭舵设计优化[J]. 兵工学报,2010(4):521-523.
- [9] 张通,赵晓利. 弹道修正弹及其关键技术分析[J]. 飞航导弹,2014(5):38-42.
- [10] 王欣,岳明凯. 弹道修正技术及其应用综述[J]. 飞航导弹,2012(3):68-72.
- [11] Fresconi F, Harkins T. Aerodynamic Characterizations of Asymmetric and Maneuvering 105 mm, 120 mm, and 155 mm Fin-Stabilized Projectiles Derived from Telemetry Experiments[C]//Atmospheric Flight Mechanics Conference. [S. l.]:[s. n.],2011.

(责任编辑 周江川)

(上接第9页)

- [8] 李浩. 某型无人机飞控系统仿真平台研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2011.
- [9] 郭齐胜,杨立功,杨瑞平. 计算机兵力生成导论[M]. 北京:国防工业出版社,2006.
- [10] 李京伟. 多分辨率建模在航母战斗群作战仿真中的应用研究[J]. 系统仿真学报 2013,25(8):1924-1929.
- [11] 吴森堂,费玉华. 飞行控制系统[M]. 北京:北京航空航

天大学出版社,2010.

- [12] 张骑,尹全军,黄柯棣. 基本对象模型概念研究[J]. 系统仿真学报,2005,17(7):1667-1670.
- [13] 侯波南. 并行离散事件仿真概念建模技术研究[D]. 长沙:国防科学技术大学,2009.

(责任编辑 周江川)