

国外空间攻防武器动力系统技术发展概述

任建军

(上海空间推进研究所, 上海 201112)

摘 要: 概述了空间攻防武器动力系统研究的重要意义、国外发展情况以及突破的姿态/轨控发动机及阀门、贮箱、系统增压等关键技术, 并对未来向轻小型化、快响应、高性能、预包装、低冰点、凝胶推进剂和无毒化等方向发展做了预测。

关键词: 空间攻防武器; 动力系统

中图分类号: V434-34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9374 (2012) 01-0007-05

Overview of technology development of propulsion systems for space attack and defense weapons abroad

REN Jian-jun

(Shanghai Institute of Space Propulsion, Shanghai 201112, China)

Abstract: The importance of investigating the propulsion systems for space attack and defense weapons is outlined. The development and breakthrough of key technologies such as orbit/attitude control engine, valves, tanks and pressurization system are elaborated. The developing directions of light miniaturization, fast response and high performance propulsion systems, and pre-packaging, low freezing point, non-toxic and gel propellants are predicted.

Keywords: space attack and defense weapon; propulsion system

0 引言

空间攻防是指针对空间目标, 或者从空间对地面、海上目标采取的军事对抗行动, 包含“反导”(含反弹道导弹和机动导弹)、“反卫”、“天对地打击”等形式, 是当今世界空间技术与军事领域研究的焦点问题。

空间攻防的典型手段是采用动能拦截器

(KKV) 在轨道快速飞行的过程中自主导航、精确探测与制导控制, 实现与目标的直接碰撞或精确相对运动, 确保有效动能碰撞、可控或软杀伤目标。作战对象涵盖弹道导弹、临近空间高速飞行器、卫星(天基平台)、地面及海上高价值军事目标等。

姿/轨控动力系统是此类飞行器的重要组成部分之一, 直接决定飞行器轨道修正和姿态稳定的精确性。本文主要阐述空间攻防武器动力系统的

收稿日期: 2011-05-12; 修回日期: 2011-08-29

作者简介: 任建军(1979—), 男, 工程师, 研究领域为空间推进系统研制

国外发展情况、主要关键技术和未来发展趋势。

1 国外发展情况

美国在空间攻防武器技术研究方面走在国际前列,以下对以美国为主的国外空间攻防武器动力系统的发展情况进行简述。

1.1 美国末段导弹防御系统用姿/轨控动力系统

美国战区高空区域防御 (THAAD) 导弹系统作战空域覆盖大气层内外,重点对射程在 1 000 km 至 3 500 km 范围内的弹道导弹实施拦截,现已正式装备。导弹使用了三轴稳定控制用快响应液体双组元姿/轨控动力系统 (图 1), 其中 4 台大推力轨控发动机呈“十”字型集成结构,用于轨道直接侧向力控制; 6 台小推力姿控发动机呈双“T”字集成结构,用于滚转、俯仰、偏航姿态控制; 双组元推进剂贮箱采用金属隔膜贮箱,可以有效控制飞行过程中推进剂动态质心从而提高姿/轨控精度,并保证推进剂长期贮存; 高压气瓶采用碳纤维缠绕复合材料气瓶; 总装结构件选用轻质复合材料。另外,正在开展凝胶化和可低温贮存推进剂技术研究,以进一步提高对环境温度的适应性和长期贮存性。

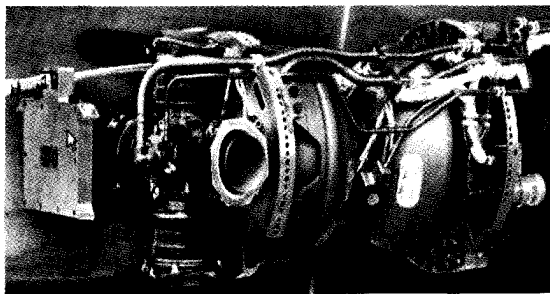


图 1 THAAD 导弹液体双组元姿/轨控动力系统照片

Fig. 1 Picture of THAAD liquid bipropellant propulsion system for orbit and attitude control

“爱国者-3” (PAC-3) 导弹系统重点防御 1 000 km 以下射程的导弹,导弹采用固体姿/轨控动力系统 (图 2), 外径 255 mm, 总质量约 21.6 kg, 由垂直于导弹轴线周面布置的 180 个固体姿控发动机组成,用于弹体旋转飞行过程中的单轴稳定控制。每台发动机仅重 65 g, 集成了燃药、点火

器、燃烧室及喷管,一次性输出冲量 $51 \text{ N}\cdot\text{s}$, 工作时间 23 ms。



图 2 PAC-3 导弹固体姿/轨控动力系统照片

Fig. 2 Picture of PAC-3 solid propellant propulsion system for orbit and attitude control

1.2 美国中段导弹防御系统用姿/轨控动力系统

“地基中段防御” (GMD) 系统现阶段采用的动能拦截器 EKV 约重 70 kg, 动力系统为挤压式液体双组元系统 (图 3)。后续改进向“多、小型拦截器 (MKV)”发展,重量约 4~5 kg, 其动力系统有双组元液体、单组元 HAN 液体和固体等多个方案,目前已完成双组元动力系统悬浮试验 (图 4)。

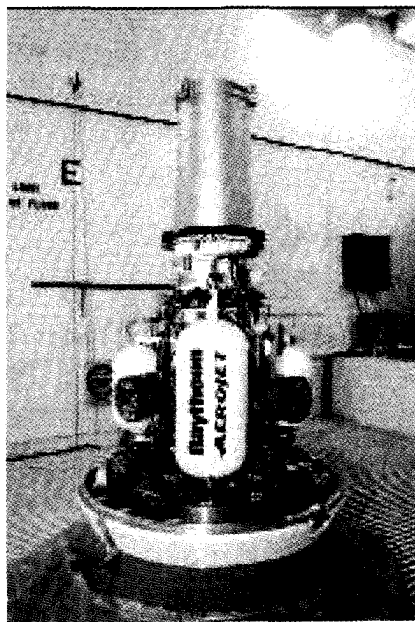


图 3 GMD 导弹拦截器及其 EKV 动力系统照片

Fig. 3 Picture of GMD and its EKV liquid bipropellant propulsion system

应和精确冲量控制。

2.4 金属隔膜推进剂贮箱技术

金属隔膜贮箱能承受住推进剂的腐蚀, 可保证推进剂加注后预包装并长期贮存, 这对于实战武器极为必要。同时, 金属隔膜能够在导弹高加速、大机动过程中稳定地供应推进剂, 并能有效控制推进剂的动态质心, 利于提高姿/轨控精度。

2.5 动力系统增压技术

动力系统增压模式有常规的冷气挤压, 也有新型的固体燃气增压、液体燃气增压和泵压等多种模式。

3 未来发展趋势

随着空间攻防飞行器技术及其应用范围的不断发展, 要逐步实现零距寻的、大机动、长期在轨、智能可控且长期贮存等更为先进的目标, 对动力系统提出了更高的要求。动力系统未来发展趋势表现在以下几个方面。

1) 冷气恒压挤压式液体 NTO/肼类双组元姿/轨控动力系统仍将占主导地位。该系统比冲高, 响应快, 推质比高, 系统简单且易于贮存, 目前在反导、反卫等直接碰撞拦截武器领域得到广泛应用, 将在未来的 10~15 年内仍占据主导地位。

2) 空间攻防武器的直接侧向力控制需求将继续牵引液体双组元动力系统朝轻质化、高性能、快响应方向发展。在某些应用领域, 固体姿/轨控动力系统得到优先应用。

3) 液体推进剂逐步实现预包装长期贮存。采用与推进剂长期相容的全金属隔膜贮箱可以满足液体推进剂加注后的预包装长期贮存, 实现空间攻防武器长期贮存和即时发射的最终目标。

4) 低冰点推进剂技术急需突破。攻防武器全地域、全季候的作战需要, 对推进剂提出了低冰点的要求。目前国内外正在开展双组元和单组元低温推进剂的研究。

5) 凝胶推进剂发动机是发展方向之一。目前国内外已经开展了多年的凝胶推进剂及发动机技术攻关, 取得了显著进展, 但是这项技术距离工程应用尚有一定距离, 还需进一步解决诸如发动

机启动响应问题和推进剂长期贮存稳定性问题。

6) 无毒化是动力系统技术发展的大势所趋。目前国内外相继开展了采用绿色无毒的单组元催化分解和双组元推进剂组合的发动机技术研究, 并取得了重大突破, 但距离工程应用还存在诸如安全性、单组元催化剂及推进剂配方等诸多技术难题, 作为装备使用还需解决地面贮存问题, 后续将继续开展相关的研究工作。

4 结束语

姿/轨控动力系统是空间攻防武器最重要的分系统之一, 对提高飞行器的打击精度具有不可替代的作用。国外在发展空间攻防武器的同时, 在液体双组元姿/轨控动力系统技术方面取得了重大进展, 突破了小型化、姿/轨控发动机、阀门、贮箱及系统增压等关键技术, 并继续朝轻小型化、快响应、高性能、预包装、低冰点、凝胶推进剂及无毒化等方向发展。

参考文献:

- [1] 张宏安, 叶定友, 郭彤. 固体动能拦截器研究初探[J]. 固体火箭技术, 2002(4): 6-8.
- [2] 李世鹏, 张平. 轻型动能拦截器固体控制发动机方案分析[J]. 推进技术, 1999, 20(2): 99-102.
- [3] 潘宏辉. 动能拦截武器动力系统的发展现状[J]. 空间推进, 2007(1): 15-18.
- [4] 刘旭蓉. 美军的动能武器发展现状[J]. 中国航天, 2008(6): 41-44.
- [5] KLIGER J J, O'DELL K P, ALIEN B D. CKEM propulsion optimization, AIAA2001-3604 [R]. USA: AIAA, 2001.
- [6] PRINS W, SPENCER A, ROBERTS J. SM-3 SDACS flight test successes, AIAA2003-4664 [R]. USA: AIAA, 2003.
- [7] JANKOVSKY R S. HAN-based monopropellant assessment for spacecraft, AIAA96-2863 [R]. USA: AIAA, 1996.
- [8] REED Brian. Material compatibility testing with HAN-based monopropellants, AIAA2001-3696[R]. USA: AIAA, 2001.
- [9] DIPPREY N F. Orbital express propellant resupply servicing, AIAA2003-4898 [R]. USA: AIAA, 2003.

(编辑: 陈红霞)