

# 2023年国外航天领域发展综述

李明华

(中国运载火箭技术研究院, 北京, 100076)

**摘要:** 为及时、准确地了解2023年度国外航天领域的发展动向, 对国外航天运输领域、弹道导弹领域以及高超声速技术领域的最新发展情况进行了全面梳理, 涉及美、俄等各国航天领域的重点型号研发、飞行试验情况以及重大热点事件等, 并通过综述分析对2024年国外航天领域的发展进行了展望。

**关键词:** 航天运输系统; 弹道导弹; 高超声速技术

中图分类号: V57

文献标识码: A

## Overview of World Aerospace Development in 2023

LI Minghua

(China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing, 100076)

**Abstract:** In order to timely and accurately understand the development trend of world aerospace field in 2023, the latest developments in world space transportation system, ballistic missile and hypersonic technology are comprehensively reviewed, involving key model research and development, flight tests and major hot events in the aerospace field of the United States, Russia and other countries. The development of world aerospace field in 2024 is forecasted by summarizing and analyzing.

**Keywords:** space transportation system; ballistic missile; hypersonic technology

### 0 引言

2023年, 全球航天竞争态势升级, 航天发射次数再创新高, 新型运载器技术快速发展, 各国持续推进弹道导弹技术研发, 新型导弹研发以及老旧型号的替换进程进一步加速, 高超声速武器化竞争态势加剧, 各国在高超声速优势领域频获重大突破。

### 1 航天运输领域

2023年, 世界航天发射活动持续快速增长, 全球发射次数创下新纪录, 达223次。与此同时, 重复使用运载器技术快速进步, 重型运载火箭、主力新型运载火箭研制都取得新进展, 成为助推航天领域持续发展的重要基础。

#### 1.1 美国

2023年, 美国继续引领重复使用运载器和重型运载火箭的发展, 航天发射能力持续快速提升。

a) 继续推进载人登月及深空探测规划实施, SLS重型火箭基础构型生产与演进构型研制并举。

美阿尔忒弥斯协定新增8个签订国家<sup>[1]</sup>, 总数增

加至34个, 通过国际合作助推深空探测。DARPA提出“10年月球架构”研究计划, 授出14份合同, 打造月球商业服务。NASA与DARPA合作开展“敏捷地月操作演示验证火箭”, 授予洛·马5亿美元合同, 用于研制核热火箭发动机。NASA同时推进SLS-1火箭生产以及演进构型研制, 3枚SLS-1火箭处于制造、装配和测试等不同阶段, 第2枚SLS-1芯级完成总装, 计划于2024年11月发射, SLS-1B和SLS-2演进构型采用的RS-25E发动机、探索上面级、改进型固体助推器研制均取得新进展, 为后续登月任务奠定基础。

b) 超重-星舰开展两次入轨飞行试验, 关键技术和总体方案得到初步验证。

超重B7+星舰S24在4月执行首次入轨飞行试验, 全箭飞离发射台高度达39 km, 但在起飞4 min后解体, 遭遇失利<sup>[2]</sup>。失利原因是超重助推级发动机舱推进剂泄露引发火灾, 最终导致火箭失控。11月, SpaceX利用超重B9+星舰S25再次开展入轨试验, 助推级33台发动机全程持续工作, 热分离方案取得成

功,星舰飞船级6台发动机实现长程点火,但超重助推级在分离后自毁,未能返回,而星舰飞船级触发自毁系统,未能入轨,试验失败。

c) 猎鹰系列火箭年发射近百次,复用能力上限不断取得新突破。

猎鹰9/猎鹰重型在2023年共完成96次发射,平均每4天发射1次,在9月达成月度发射10次的纪录,且SpaceX计划于2024年完成144次发射。猎鹰9一子级最大复用次数从2022年的15次提升至2023年的19次,复用状态下近地轨道运载能力上限达18.4 t,猎鹰重型成功发射世界最大同步轨道通信卫星,发射质量达9.2 t<sup>[3]</sup>。

d) 火神火箭等新型号研制取得新进展,重复使用火箭逐渐成为主流。

火神首飞箭在发射场先后完成芯一级射前加注、发射演练及短时点火试车,但由于上面级结构试验件爆炸事故等因素影响<sup>[4]</sup>,首飞被推迟至2024年。蓝色起源加快新格伦火箭子级和部段的制造,并在LC-36发射工位开展地面试验,计划2024年实现首飞。火箭实验室更新中子号火箭方案,调整气动舵位置,采用更宽着陆支架,提高气动性能、改善着陆稳定性。相对论航天退役人族-1小火箭,聚焦人族-R重复使用火箭研制,百吨级永世-R液氧甲烷发动机完成长程试车。新星完全复用火箭的二子级原型机完成高度约9 m的垂直起降低空跳跃。

e) 战术快响发射能力持续得到重视,但多个小型运载火箭发射遭遇失利。

美太空军为“战术响应空间”项目申请6 000万美元经费,用于研究24 h内快响入轨技术。9月,萤火虫公司利用阿尔法小火箭为美太空军执行“征服夜晚”任务,接到指令24 h内完成发射。不过,小型火箭可靠性问题愈发凸显,电子号、运载器一号、RS1、人族-1等多型小火箭均遭遇发射失利。

## 1.2 俄罗斯

2023年,俄罗斯航天发射次数大幅下滑,但仍坚持发展重型火箭、新型主力火箭及重复使用技术。

a) 国家航天集团再提发展重型运载火箭,且将采用重复使用技术。

叶尼塞重型运载火箭已获批在2024年恢复研制,预计耗时8~10年,将具备重复使用能力。该项目最初在2020年启动,原计划于2028年首飞,近地轨道运载能力达103 t,但计划被多次调整和延期。

b) 联盟号5首飞时间推迟至2025年,重复使用

方案得到更多关注。

联盟号5火箭一子级氧箱完成振动试验,首台飞行用RD-171MV液氧煤油发动机下线,但总体进展较为缓慢,首飞被推迟至2025年。此外,俄利用安加拉A5合练箭完成新发射工位的匹配性验证,阿穆尔复用火箭发动机原型机即将完成总装,飞控系统完成初步设计,马克耶夫设计局恢复科罗纳单级入轨垂直起降运载器的研制计划。

## 1.3 欧洲

欧洲阿里安系列火箭处于更新换代期,阿里安5火箭在完成最后一次发射任务后正式退役。阿里安6地面合练箭先后完成推进剂加注、4 s短时长试车、426 s长程试车等关键阶段,首飞推迟至2024年。织女星C火箭因二子级改进措施被验证无效,复飞推迟至2024年,导致欧洲发射能力出现断档。同时,阿里安集团已利用塞米斯垂直起降验证机对普罗米修斯液氧甲烷发动机进行12 s试车,确认了发动机和验证机的可行性。此外,阿里安重复使用火箭将在2030年后投入使用。

## 1.4 日本

日本新型H3火箭首飞,但因上面级发动机点火器和控制系统故障导致发射失败;日本艾普斯龙S改进型火箭的二子级在地面试车中发生爆炸,导致原计划2023年的首飞被推迟;JAXA启动下一代主力运载火箭研发,采用一子级重复使用技术,计划2030年后替代H3火箭;日本内阁发布太空政策文件,提出下一代火箭的关键技术包括重复使用技术、创新材料技术、液氧甲烷发动机技术和现代化生产能力。

## 1.5 其他国家

印度推进重复使用运载器领域的技术攻关,印度空间研究组织完成RLV-LEX验证机着陆试验,同时,ISRO对外公布未来垂直起降复用火箭方案,采用液氧甲烷动力和多发动机并联方案。朝鲜新型火箭完成3次发射,前2次均失败,第3次取得成功,将朝鲜军事侦察卫星送入轨道。韩国军方利用其首个固体运载火箭将质量为100 kg的军事侦察卫星送入近地轨道。

## 2 弹道导弹领域

2023年,在世界局势不稳定的背景下,各国在弹道导弹领域的竞争态势逐渐加剧。美、俄等世界主要军事大国加大战略弹道导弹建设力度,巩固战略导弹的基石地位。印度着重稳固现有弹道导弹的技术水平,朝鲜延续高频发射态势,不断展示导弹武器技术的提升。

## 2.1 美国

2023年,美国共开展7次战略弹道导弹飞行试验,其中民兵3导弹4次,三叉戟2导弹3次,除民兵3导弹失败1次外,其余全部成功。

a) 美国民兵3导弹发射失败,暴露导弹可靠性问题。

美国空军11月发射了1枚未携带核弹头的民兵3导弹,导弹在试验过程中出现异常后自毁,失败原因未公布<sup>[5]</sup>。有民众捕捉到图像,显示导弹发射后轨迹出现异常下降。该型导弹已服役超过50年,虽经过多次改进,但仍面临老化问题,此次是民兵3导弹近5年来第3次在试验中出现异常,暴露出该导弹在可靠性方面可能存在一定问题。

b) 哨兵导弹研制取得多项进展,预计将于2024年进行首飞。

诺·格公司在2月利用哨兵洲际弹道导弹的缩比模型,在模拟导弹发射条件下成功完成了一系列风洞试验,验证了数字建模和仿真能力,证明了哨兵导弹数字工程设计的成熟度。3月,哨兵导弹一子级固体火箭发动机成功进行全尺寸静态点火试验<sup>[6]</sup>。哨兵计划于2024年进行首飞。

c) 美空军研制新一代再入飞行器,提升导弹杀伤与突防能力。

美国空军4月表示将研制搭载于哨兵洲际弹道导弹上的新一代再入飞行器和突防措施,重点提升精度、杀伤性能和生存能力。新一代再入飞行器将采用模块化设计,未来可与哨兵武器系统以及后续新型核弹头进行集成,极大提升突防能力。

d) 美国新型战术弹道导弹开始服役,陆军远程精确打击能力将显著提升。

美国陆军12月接收了首批增量1型精确打击导弹(PrSM)<sup>[7]</sup>,该导弹将逐步取代现役陆军战术导弹系统,提升美军远程精确打击能力。增量1型精确打击导弹采用单一高爆弹头,射程可达500 km,后续发展的增量4型导弹射程可达1000 km。

## 2.2 俄罗斯

截止2023年末,俄军“三位一体”核力量现代化进程达到91%,开展6次弹道导弹发射,其中亚尔斯2次、蓝天1次、萨尔马特1次、布拉瓦1次、伊斯坎德尔-M1次,除萨尔马特导弹发射失败外,其他全部成功。

a) 萨尔马特试射失败,并未影响其服役进程的稳步推进。

据美媒“俄罗斯航天网”2月份的消息,俄军在普列谢茨克发射场秘密进行萨尔马特导弹飞行试验,结果失败。但试验失败并未影响其部署进程,普京于2月称:“第1枚萨尔马特导弹及其发射系统正在投入战斗值班。”12月,第1批萨尔马特导弹正在俄克拉斯机械制造厂制造组装,即将批量部署。萨尔马特井基重型液体导弹最大射程18 000 km,可装备15枚威力达750 000 t当量的分导弹头,也可装备先锋高超滑翔弹头。

b) 俄罗斯举行战略核力量演习,检验核打击能力。

俄罗斯10月举行战略核演习,从普列谢茨克发射场向库拉靶场发射1枚亚尔斯洲际导弹,图拉号战略核潜艇从巴伦支海发射1枚蓝天潜射导弹,图-95MS战略轰炸机发射空基巡航导弹。俄官方称,演习检验了军事指挥机构的战备水平、指战人员领导与管理能力。

c) 俄军推进亚尔斯、先锋导弹投入战斗值班,并加快下一代海基战略导弹研发进程。

2月,普京签署了一项“将新的陆基战略武器系统投入战斗任务”的法令。12月,普京在国防部会议上表示,2023年底,15套亚尔斯洲际导弹和先锋高超声速导弹发射装置及1枚井基亚尔斯导弹投入战斗值班。与此同时,俄罗斯为增强海基核威慑力,加快下一代洲际潜射导弹研发进程,11月,利用新型北风之神-A级战略核潜艇在白海水下成功发射1枚布拉瓦导弹来检验这一即将服役的新型潜艇与导弹适配性。

d) 俄罗斯首次境外部署伊斯坎德尔-M导弹,以核能力威慑北约各国。

普京3月宣布,应白俄罗斯总统要求,俄罗斯将在白俄罗斯领土上部署战术核武器,这是自俄罗斯建国后首次境外部署战术核武器。5月,已有1个伊斯坎德尔-M导弹旅部署到白俄罗斯,包含12套导弹发射系统。

## 2.3 欧洲

2023年,英国加强了对三叉戟2潜射弹道导弹的延寿改进,包括导弹关键部件维护和发动机延寿等,使其可服役至2040年后,以确保英海军的海上威慑能力。英国还计划将三叉戟2导弹携带的核弹头数量增加40%,同时正在建造4艘新型无畏级战略核潜艇替代现役核潜艇,首艇计划在2030年初服役。

法国海军于11月成功进行了新型M51.3潜射弹道导弹的首次飞行试验<sup>[8]</sup>,M51.3是M51系列洲际弹道

导弹的最新型号,强化了针对导弹防御系统的突防能力,具备更大的射程和更强的生存能力,将有助于在未来几十年里保持法国海基威慑的可信度。

#### 2.4 其他国家

2023年,印度共开展4次弹道导弹试射,全部取得成功,其中成功试射烈火-P中程弹道导弹1次。烈火-P中程弹道导弹是烈火系列弹道导弹的最新改进型,射程为1 000~2 000 km,可由铁路或公路机动发射,未来将逐步取代烈火-1弹道导弹。2023年印度首次实现该导弹夜间发射,验证了其快速反应能力与实战能力。

2023年,朝鲜成功开展16次弹道导弹试射,其中11次近程弹道导弹试射、5次洲际弹道导弹试射,洲际弹道导弹试射包括1次火星-15、1次火星-17和3次火星-18。其中,火星-18新型固体洲际弹道导弹首次公开,是朝鲜第1款固体洲际弹道导弹,射程超过15 000 km,可覆盖美国全境,展示出朝鲜不断提升的战略导弹研制能力。

韩国完成新型玄武-5弹道导弹研发工作,并计划从2023年底开始批量生产,预计年产量70枚,部署总量200枚。玄武-5弹道导弹是韩国三轴体系的重要组成部分,旨在打击对手地下指挥中心、核导弹基地和其他关键设施。玄武-5导弹的成功研发,标志着其三轴体系建设得到进一步发展。

### 3 高超声速技术领域

2023年,各国在高超声速武器技术领域的竞争愈发激烈,各国均以不同的方式加快高超声速武器的实战化进程,高超声速领域成为新质武器竞争焦点。

#### 3.1 美国

美国频繁开展高超声速飞行试验,围绕高超声速武器的规模批产发展,持续进行技术攻关与试验,全力追求在高超声速领域的领先地位。

a) 美军提升高超声速武器飞行试验频次,大力推动高超声速滑巡武器的研发部署进程。

美军高超声速滑翔导弹飞行试验共进行6次,空军空射快速响应武器项目1次失败,2次结果未明,该项目发展前景并不明朗<sup>[9]</sup>,空军后续将重点发展高超声速巡航导弹;陆军远程高超声速武器飞行试验接连3次推迟,但仍有可能在2024年实现部署;DARPA高超声速巡航导弹原型机成功试飞1次,为美国海空军大力发展高超声速巡航导弹奠定基础。

b) 美国全面发展高超声速技术,在试验条件建

设、推进系统研究、先进材料开发等方面取得突破进展。

美军为解决高超声速试验能力不足的问题,大力推动高超声速试验体系建设,一方面开设新型高超声速技术设施提升地面试验能力,另一方面发展Talon-A等多个高超声速飞行试验平台项目,提升飞行试验能力。推进系统领域,美国商业公司推出雷神之锤、德雷珀等多款新型高超声速发动机;赫尔墨斯公司对夸特马高超声速飞机提前开启动力测试,测试马赫数达到4;通用公司成功完成旋转爆震双模冲压高超声速发动机的地面台架试验<sup>[10]</sup>。先进材料领域,美陆军利用近净成形3D编织技术发展热防护材料;美海军寻求开发碳-碳材料的新型热防护替代品;DARPA发展发汗冷却技术,用于导弹端头热防护系统<sup>[11]</sup>。

#### 3.2 俄罗斯

俄罗斯持续推动高超声速武器的实战部署,进一步增强本国高超声速打击能力。在俄乌冲突中,匕首高超声速导弹屡屡亮相,与美制爱国者反导系统展开了激烈的攻防对抗,俄军还拓展利用苏-34战机执行匕首作战任务,并提高导弹产量,提升匕首高超声速导弹的作战能力。俄罗斯推动锆石高超声速导弹装备至新型潜基发射平台,公开先锋高超声速导弹部署画面,展示其高超声速打击能力,增强对外威慑。

#### 3.3 其他国家

法国成功开展V-MaX高超声速滑翔飞行器首飞,未来可部署于海军水面舰艇,V-MaX 2可能将于2024年底或2025年初进行飞行试验;英国制定“高超声速技术与能力发展框架”倡议,投资10亿英镑加速高超声速技术发展,计划通过采购、合作以及自研3条路线获得高超声速打击能力;瑞士开展少女峰高超声速飞机飞行试验,成功验证氢燃料加力燃烧室性能,其10 m长原型机将于2024年试飞。

伊朗开展高超声速导弹试验,相继公开法塔赫和法塔赫-2两型高超声速导弹,其中法塔赫导弹最大射程达1 400 km,马赫数可达13~15;印度对其由超燃冲压发动机提供动力的高超声速技术演示飞行器开展第3次飞行试验,但试验结果未公布;日本授予三菱重工两份合同,计划在2030年和2031年先后拥有高超声速滑翔导弹和高超声速巡航导弹;澳大利亚Hypersonix公司成功接收采用高温陶瓷基复合材料制造的氢动力斯巴达超燃冲压发动机的技术验证机,助力

其高超声速飞行器的快速发展。

#### 4 2024年展望

航天运输领域，火神、阿里安6、新格伦等新型火箭将执行首飞，SLS-1重型火箭或将执行首次载人绕月发射，超重-星舰计划执行第3次发射，猎鹰9/猎鹰重型发射次数还将再度提升。

弹道导弹领域，美国哨兵洲际弹道导弹可能首飞，“三位一体”核力量现代化进程进一步推进。俄罗斯将重点推进萨尔马特新型战略导弹的部署，加快亚尔斯战略导弹对白杨M导弹等现役陆基导弹系统的替换更新。其他国家将进一步提升新型弹道导弹的战术水平并推进新技术论证进程。

高超声速技术领域，美国将部署陆基远程高超声速武器，并持续推动多个项目快速发展，寻求高超声速技术优势；俄罗斯将以增强高超声速打击能力为目标，稳步推进匕首、锆石、先锋导弹的作战部署和运用；其他国家将通过各种方式，持续提升高超声速技术成熟度。

#### 参 考 文 献

- [1] ROBERT Lea. Artemis accords: what are they & which countries are involved? [EB/OL]. [2023-12-5]. <https://www.space.com/artemis-accords-explained>.
- [2] HillhouseJIM. Starship orbital test flight raises serious questions[EB/OL]. [2023-4-21]. <https://www.americaspace.com/2023/04/21/starship-orbital-test-flight-raises-serious-questions/>.
- [3] STEPHEN Clark. SpaceX's Falcon heavy launches world's most massive communications satellite[EB/OL]. [2023-7-29]. <https://arstechnica.com/space/2023/07/worlds-heaviest-commercial-communications-satellite-will-launch-tonight/>.
- [4] ERIC Berger. Vulcan's upper stage failed due to higher stress and weaker welds[EB/OL]. [2023-7-14]. <https://arstechnica.com/space/2023/07/ula-finds-root-cause-of-vulcan-failure-sets-path-toward-debut-launch/>.
- [5] Air Force Global Strike Command Public Affairs. Minuteman III test provides vital data before termination. [EB/OL]. [2023-11-1]. <https://www.afgsc.af.mil/News/Article-Display/Article/3575636/minuteman-iii-test-provides-vital-data-before-termination/>.
- [6] NATHAN Drevna. Northrop grumman test fires stage-one solid rocket motor for sentinel missile[EB/OL]. [2023-3-6]. <https://news.northropgrumman.com/news/releases/northrop-grumman-test-fires-stage-one-solid-rocket-motor-for-sentinel-missile/>.
- [7] Judson JEN. US army receives first long-range precision strike missiles[EB/OL]. [2023-12-9]. <https://www.defensenews.com/land/2023/12/08/us-army-receives-first-long-range-precision-strike-missiles/>.
- [8] XAVIER Vavasseur. France successfully test-fires new M51.3 SLBM [EB/OL]. [2023-11-19]. <https://www.navalnews.com/naval-news/2023/11/france-successfully-test-fires-new-m51-3-slbm/>.
- [9] HarperJON. Air Force has 'concerns' about HACM; hasn't ruled out boost-glide hypersonic weapons[EB/OL]. [2023-12-21]. <https://defensescoop.com/2023/12/21/air-force-hypersonic-weapons-arrw-hacm/>.
- [10] STEVE Trimble. GE announces breakthrough test for new hypersonic engine concept[EB/OL]. [2023-12-14]. [https://aviationweek.com/defense-space/aircraft-propulsion/ge-announces-breakthrough-test-new-hypersonic-engine-concept?check\\_logged\\_in=1](https://aviationweek.com/defense-space/aircraft-propulsion/ge-announces-breakthrough-test-new-hypersonic-engine-concept?check_logged_in=1).
- [11] STAFF Writers. DARPA-funded team proposes "sweating" hypersonic missiles to beat heat[EB/OL]. [2023-10-18]. [https://www.space-travel.com/reports/DARPA\\_funded\\_team\\_proposes\\_sweating\\_hypersonic\\_missiles\\_to\\_beat\\_heat\\_999.html](https://www.space-travel.com/reports/DARPA_funded_team_proposes_sweating_hypersonic_missiles_to_beat_heat_999.html).

#### 作 者 简 介

李明华（1962—），男，研究员，主要研究方向为航天飞行器设计与控制、工程管理。