

NASA 2024—2025 年度进展、成果与挑战*

范唯唯^{1,2} 韩 淋¹ 王海名¹ 杨 帆^{1,2}

1(中国科学院科技战略咨询研究院 北京 100190)

2(中国科学院大学公共政策与管理学院 北京 100049)

摘 要 2024—2025 年, 美国国家航空航天局 (NASA) 持续推进月球—火星深空探索、空间科学研究、载人航天工程、航空技术创新与商业航天能力建设, 在多个关键领域取得重要进展. 在深空探索方面, NASA 系统推进载人重返月球探索计划, 完成多项关键系统测试与任务准备, 并取得阶段性成果; 在空间科学方面, 天体生物学、行星防御、日球层物理、空间天文学及对地观测领域持续产出重要科学发现; 在近地轨道方面, 国际空间站实现连续载人驻留 25 周年, 并加快向商业空间站过渡; 在航空与航天技术方面, 静音超声速、高超声速及城市空中交通技术不断取得突破. 本文系统梳理 NASA 在 2024—2025 年取得的主要进展与成果, 并简要分析期间 NASA 经历的预算波动, 为理解其未来发展方向提供参考.

关键词 NASA 年度亮点, 载人深空探索, 空间科学, 近地活动, 技术创新

中图分类号 V11

NASA 2024—2025 in Review: Progress, Accomplishments and Challenges

FAN Weiwei^{1,2} HAN Lin¹ WANG Haiming¹ YANG Fan^{1,2}

1(Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

2(School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract In 2024—2025, National Aeronautics and Space Administration (NASA) achieved a series of significant milestones across deep-space exploration, human spaceflight, and aeronautics. Guided by its Moon to Mars exploration approach, NASA continued to advance the Artemis campaign through critical system integration, mission preparation, and sustained development of key elements, including the Gateway lunar platform, the Commercial Lunar Payload Services (CLPS) initiative, and associated lunar surface exploration capabilities. As part of the agency's Golden Age of innovation and exploration, international collaboration further expanded during this period, NASA and its partners landed two robotic science missions on the Moon; garnered more signatories for the Artemis Accords with 59 nations. In Low Earth Orbit (LEO), the International Space Station (ISS) reached its 25th anniversary of continuous human presence while accelerating the transition toward commercial orbital platforms. NASA

* 中国科学院战略研究与决策支持系统建设专项项目资助 (GHJ-ZLZX-2025-32)

2026-01-28 收到原稿, 2026-03-17 收到修定稿

also led a variety of science discoveries and technological outcomes. In Earth science, a joint U.S.-India satellite mission enhanced global monitoring of terrestrial ecosystems and cryospheric dynamics. In deep-space communications, the successful demonstration of laser-based communications substantially increased data transmission capabilities. In planetary defense, the third interstellar object in our solar system was identified and tracked. In aeronautics, the first flight test of the X-59 low-boom supersonic aircraft and continued progress in hypersonic technologies and Urban Air Mobility (UAM) underscored NASA's role in next-generation aviation innovation. Despite these achievements, NASA faces mounting challenges. Budgetary constraints, program cost growth, and schedule delays—particularly in flagship exploration programs—pose risks to long-term mission sustainability. As NASA transitions toward a hybrid model integrating governmental leadership with commercial service provision, its future trajectory will depend on balancing fiscal discipline, technological ambition, and international collaboration. This paper reviews these major accomplishments and concludes with an addendum on NASA's current budget challenges, providing a strategic framework for understanding the agency's current state and future trajectory.

Key words Highlights of NASA, Human spaceflight, Space science, Low Earth orbit operations, Technology innovations

0 引言

2024—2025 年, 美国国家航空航天局 (NASA) 围绕月球—火星载人深空探索主线, 持续推进阿尔忒弥斯计划、空间科学、载人航天、航空航天关键技术和近地轨道商业化等重点方向。两年间, NASA 在任务架构设计、工程系统研制、科学发现以及国际与商业合作机制等方面呈现出明显的连续性和阶段性特征。本文基于动态监测和综合分析, 对 NASA 2024—2025 年的主要进展和成果进行了系统回顾与梳理^[1,2]。

1 以阿尔忒弥斯计划为核心的载人深空探索

按照特朗普总统第一任期提出的重返月球指示, NASA 继续以阿尔忒弥斯计划 (Artemis program) 为牵引, 推动其近期以月球为目标、长期展望火星的载人深空探索活动持续发展。

在总体架构与任务规划方面, NASA 持续完善载人深空探索的顶层设计, 于 2023 年 4 月发布了第一版月球至火星架构系统文件, 旨在将载人深空探索的目标体系与 NASA 各任务部的开发项目关联起来。该文件先后于 2024 年 1 月、2024 年 12 月、2025 年 12 月完成了年度审查和更新^[3]。在飞行任务进度方面, 在阿尔忒弥斯-1 (Artemis-1) 无人飞行任务于

2022 年完成发射后, 后续任务多次推迟延期。按计划, 阿尔忒弥斯-2 (Artemis-2) 载人飞行任务将于 2026 年发射^[4], 阿尔忒弥斯-3 (Artemis-3) 载人登月任务将于 2028 年前发射^[5]。

在关键任务与工程系统开发方面, Axiom Space 公司为阿尔忒弥斯-3 任务开发了登月航天服, 并已在约翰逊航天中心的中性浮力实验室完成测试和试运行。NASA 与国际合作伙伴共同推进门户 (Gateway) 月球轨道站计划, 计划于 2027 年后发射, 各模块开发建造工作持续推进。NASA 于 2024 年遴选了 Intuitive Machines, Lunar Outpost 和 Venturi Astrolab 三家公司开展载人月球地形车 (LTV) 可行性研究^[6], 并计划签署制造合同, 以支持 2030 年前交付使用。NASA 同步加强载人探索任务的人力与运行准备, 2025 年从 8000 多名申请者中选出 10 名新一批候选航天员, 启动为期近两年的系统训练; 在阿尔忒弥斯-2 任务筹备方面, 任务乘组开展了 30 多次模拟任务, NASA 还与美国战争部合作开展了为期一周的航天员搜救回收测试。

在商业月球探测任务方面, 商业月球载荷服务计划 (CLPS) 在 2024 年实施了首次飞行任务, 2024—2025 年共执行了 4 项发射任务, 其中 3 项实现月球着陆, 分别是 Intuitive Machines 公司的 IM-1 (软着陆, 姿态倾斜) 和 IM-2 任务 (着陆器倾倒), 以及 Firefly Aerospace 公司的蓝幽灵-1 任务 (Blue Ghost Mis-

sion 1)。截至 2025 年底, NASA 已与 5 家企业签署 11 次飞行任务合同, 将向月球运送 50 余个载荷^[7]。

在深空探索科研应用与技术开发方面, 阿尔忒弥斯-1 任务相关实验成果陆续发表, 例如一项研究表明空间环境可能刺激而非阻碍绿藻的生存, 这为未来深空任务的生命保障提供了新线索^[8]。NASA 为阿尔忒弥斯-2 任务遴选了一系列科学实验^[9], 其中包括多项航天员健康相关研究。由于进度延迟和成本持续增长, NASA 于 2024 年中止了螭蛇号月球车 (VIPER) 项目, 随后于 2025 年再次启动, 并选定由 Blue Origin 公司在 2027 年底将其送至月球南极。NASA 完成了第四次进入、下降和着陆火星技术测试, 不断提升在火星稀薄大气和复杂地形条件下的高精度着陆能力。2024 年 7 月, 乘员健康和绩效探索模拟 (CHAPEA) 首次任务的 4 名乘组人员在约翰逊航天中心的火星模拟居住舱完成了为期 378 天的火星表面模拟任务, NASA 于 2025 年 10 月启动第二次任务^[10], 持续积累长期载人探索任务的乘员数据。此外, NASA 还在模拟月球重力环境中开展风化层研究, 在亚轨道飞行任务中开展月球重力下固体材料燃烧特性研究, 以及流体在空间中的行为、空间种植作物、量子研究等各类科研活动, 支持未来长期深空任务。

在国际合作与科学界联动方面, NASA 以阿尔忒弥斯协定 (Artemis Accords) 为抓手, 力图打造以美为首的国际载人深空探索联盟。截至 2025 年底, 已有 59 个国家签署阿尔忒弥斯协定^[11]。NASA 代表团参加了在意大利米兰和澳大利亚悉尼举行的第 75 和 76 届国际宇航大会并主持召开相关专题会议。

2 面向生命、地球与外层空间的科学发现

在持续推进载人深空探索的同时, NASA 围绕生命起源与演化、地球系统与气候变化、行星防御及太阳活动等科学主题, 部署并实施了一系列空间科学任务。通过空间探索持续寻找生命存在的潜在线索, 加强对小行星撞击风险的评估与应对能力, 不断提升对地表灾害过程的卫星监测能力, 同时深化对太阳及其活动机制的认识。

在空间天文和天体物理方面, NASA 于 2024 年在戈达德航天飞行中心设立宜居世界空间天文台

(HWO) 任务管理办公室, 推进任务开发。同时, 增设天体物理中型探测器 (Astrophysics Probe Explorers) 计划, 填补旗舰任务与小规模任务之间的观测能力空白。2025 年是詹姆斯·韦布空间望远镜 (JWST) 投入运行的第三年, 持续产出高质量科学成果。哈勃空间望远镜 (HST) 迎来在轨运行 35 周年, 发布了高达 25 亿像素的仙女座星系图像^[12]。美国-印度双频合成孔径雷达 (NISAR) 和宇宙历史、再电离时期和水冰探测分光光度计 (SPHEREx) 成功发射, 其中 SPHEREx 绘制了首幅覆盖 102 个红外波段的全天图谱^[13]。NASA 还开发并测试了用于国际空间站中子星内部构成探测器 (NICER) 的在轨维修套件, 启动紫外探测器 (UVEX) 全天空紫外波段观测任务研制。下一代旗舰级观测任务——罗曼空间望远镜 (RST) 已完成组件制造与任务集成, 进入最终测试阶段, 计划于 2026 年发射。与此同时, 钱德拉 X 射线天文台 (Chandra)、X 射线偏振成像探索者 (IXPE)、费米伽马射线空间望远镜 (FGST)、雨燕 (Swift) 和原子核光谱望远镜阵列 (NuSTAR) 等多台空间望远镜持续运行。截至 2025 年, NASA 确认发现的系外行星数量达到 6000 颗。

在天体生物学方面, 毅力号 (Perseverance) 火星车采集的样本中发现了可能的生命特征信号 (Biosignatures)^[14], 尽管相关证据仍需进一步实验与数据验证, 但其为火星潜在生命研究提供了重要线索。好奇号 (Curiosity) 探测到火星迄今发现的最大有机化合物, 表明与生命相关的化学过程比此前发现的更为复杂^[15]。NASA 向 JAXA 移交了由起源、光谱分析、资源识别与安全-风化层探测器 (OSIRIS-REx) 任务采集的部分 Bennu 小行星样本, 分析结果证实了糖、氨基酸和其他构成生命的分子的存在, 虽然未显示出生命本身存在的证据, 但是印证了生命产生的必要条件在早期太阳系中广泛存在^[16]。

在日球层物理方面, 2025 年 NASA 成功发射了日冕和日球层联系偏振探测立方星座 (PUNCH)、极光电流塞曼成像探测立方星座 (EZIE)、串联磁重联和极尖区电动力学探测双星 (TRACERS)、星际测绘和加速探测器 (IMAP) 以及卡拉瑟斯地冕天文台 (CGO) 5 项日球层物理学任务。帕克太阳探测器 (PSP) 获取了迄今距离太阳最近的大气层图像, 增进了对太阳风的认识^[17]。

在行星探测方面, 2024 年旅行者 (Voyager) 探测器在克服多项技术挑战后, 持续在太阳影响范围边缘采集科学数据. 欧罗巴快船 (Europa Clipper) 成功发射, 对木卫二冰壳下可能存在的巨大液态海洋开展观测. NASA 迎来火星大气与挥发物演化 (MAVEN) 任务 10 周年, 并结束机智号 (Ingenuity) 火星直升机任务. 2025 年朱诺号 (Juno) 在木卫一发现巨型火山. 地月空间自主定位系统技术运行与导航实验 (CAPSTONE) 立方体卫星在轨运行超过 1000 天, 持续开展自主导航与空间通信试验. NASA 发射火星大气逸散与等离子体加速和动力学探测双星 (ESCAPADE), 计划于 2027 年 9 月抵达火星, 研究太阳对火星磁环境的影响. 深空光通信 (DSOC) 在 2024 年被《时代》杂志评为年度发明, 实现 4.7 亿千米距离的激光信号传输纪录, 其相关实验在 2025 年完成全部技术目标并正式结束^[18].

在行星防御方面, 2025 年 NASA 对第三颗进入太阳系的星际天体——3 I/ATLAS 彗星^[19]组织开展了一次覆盖整个太阳系的协同观测活动, 共有 12 个 NASA 航天器和空间望远镜参与成像观测. 同时, NASA 持续监测一颗潜在危险近地天体 (PHA) 2024 YR4 小行星, 模型显示其撞击地球的概率仅为 0.004%^[20], 这表明未来 100 年内不存在重大威胁. 经双小行星重定向测试 (DART) 搭载的 LICIACube 数据确认, 这一 2022 年实施的撞击任务释放了约 1.6 万吨尘埃和岩石, 进一步完善了此前地基和天基观测数据的估计. 太阳和日球层观测台 (SOHO) 累计发现 5000 颗彗星.

在地球科学方面, 2024 年 NASA 成功发射浮游生物、气溶胶、云和海洋生态系统 (PACE) 以及两颗远红外极地辐射能量实验 (PREFIRE) 立方星, 旨在测量海洋健康、空气质量和气候变化, 提供高分辨率空气污染观测数据. 此外, NASA 还推出灾害响应协调系统, 为应急管理部门提供极端事件的最新信息. NASA 通过天基与空基观测手段的协同应用, 监测地磁暴、洪水、海啸与飓风等灾害过程, 为农业、水资源管理和气候研究提供高分辨率数据支持.

3 国际空间站与近地轨道活动

NASA 在 2024—2025 年间同步推进近地轨道发

展战略规划、国际空间站持续运行与科研应用以及商业化转型布局.

在战略规划方面, NASA 于 2024 年 4 月发布《空间可持续性战略》地球轨道卷, 提出 6 个地球轨道可持续发展目标^[21]. 同年, NASA 发布《近地轨道微重力战略》^[22], 面向后国际空间站时代, 围绕 7 大领域、13 个子领域提出 44 个战略目标, 旨在推进科学研究、技术开发、国际合作和商业发展.

在载人驻留与运行保障方面, 国际空间站保持稳定运行. 2024 年共有 25 名航天员在国际空间站上生活和工作, 14 艘飞船到访, 累计运送约 18 吨的科学载荷、工具和关键物资. 2025 年, 国际空间站同样迎来 25 名航天员驻留, 共有 12 艘飞船到访, 累计运送物资超过 22 吨.

在微重力科学研究与技术验证方面, 2025 年 11 月, NASA 为庆祝国际空间站载人驻留 25 周年, 总结了在载人月球和火星探索支撑能力、地球生命的外空生存、地面应用效益、增进对外层空间认知、发现新的物理机制、全球航天合作等 6 方面共计 25 项重要科研突破, 展现了国际空间站对科学发现、技术突破和深空探索的重要贡献^[23]. 2024—2025 年间取得的部分代表性成果包括: NASA 完成航天器消防安全验证实验 Saffire 的最后一次任务, 结束为期 8 年的空间火灾系列研究; 地面外科医生远程控制国际空间站上的机器人手术工具; 首次开展金属 3 D 打印, 测试了微重力环境下小型金属零件的增材制造, 可用于未来长期任务的设备维护; 在轨大规模半导体制造技术研究持续推进; 冷原子实验室 (Cold Atom Lab) 取得一系列重要突破, 首次在空间中生成双组分玻色爱因斯坦凝聚体, 并验证了超冷量子传感器在轨运行的可行性. 在近地轨道商业化转型方面, NASA 持续与企业合作推进开发近地轨道商业空间站, 通过购买商业空间站的服务, 刺激太空经济发展. Sierra Space 公司的大型集成柔性环境舱 (LIFE) 通过了全尺寸极限爆破压力测试. Axiom Space 公司完成 Axiom 空间站关键设计评审、机械加工与焊接工作, 并启动首个舱段主体结构测试. Starlab 公司完成空间站初步设计和安全性审查, 推进航天器模型与采购计划^[24]. Vast 公司利用马歇尔航天飞行中心的设施完成 Haven-1 空间站痕量污染物控制系统测试. Blue Origin 公司的 Orbital Reef 空间站完成生保系统测试和

人在回路测试等。NASA 还与 Northrop Grumman, SpaceX, Special Aerospace Services, ThinkOrbital 等多家企业签署协议, 共同推进商业空间站及相关技术研发。

4 未来空域环境下的航空与超声速技术

NASA 在 2024—2025 年围绕超声速飞行、极端气动环境适应、城市空中交通以及空域管理协同等关键方向, 推进航空与超声速技术研究。

在超声速飞行技术方面, NASA 持续推进静音超声速技术 (QueSST) 计划, 重点突破长期制约超声速民航发展的声爆问题。X-59 静音超声速验证机继 2024 年 1 月首次亮相后, 于 2025 年 10 月完成低于声速的适航性首飞^[25], 飞行时长 67 min, 最高飞行高度 3657.6 m, 最高时速约 $370 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。首飞任务顺利完成加力燃烧室测试、滑行测试和地面模拟飞行等发动机关键验证。NASA 阿姆斯特朗飞行研究中心设计了适用于高速飞行器的温度与应变测量系统, 首次实现在约 5 Ma 条件下的飞行测试^[26]。

在气动特性与极端飞行环境研究方面, 非稳定压力敏感涂料风洞测试技术取得突破^[27], 其时间分辨率和空间分辨率分别提升至原有水平的万倍和千倍, 使得微型飞机和火箭模型表面气动压力分布的高精度测量成为可能。NASA 与通用电气航空 (GE Aerospace) 合作开展混合热效率核心 (HyTEC) 项目, 开发先进混合动力技术。NASA 顺利完成跨声速桁架支撑机翼冰层吸积风洞测试, 并验证了可嵌入飞机外壳、用于卫星通信的超轻气凝胶天线性能。土卫六蜻蜓 (Dragonfly) 探测器在兰利研究中心跨声速风洞中完成旋翼性能测试。NASA 格林研究中心开发的 GlennICE 软件能够在多种气象条件下准确预测飞机表面的冰积聚情况。

在未来城市空中交通管理方面, NASA 围绕新型飞行器与城市空域协同运行需求, 持续推进关键技术研发与概念验证。2024 年, NASA 开发了可以预测飞机噪声和空气动力学性能的 OVERFLOW 软件工具, 已被商业公司用于空中出租车螺旋桨和机翼性能测试。NASA 与 AeroVironment 和 Aerostar 公司合作, 开展空中交通管理概念验证。进入 2025 年, NASA 启

动应急响应行动先进能力 (ACERO) 便携式空域管理系统项目, 并开展模拟野火响应场景的飞行测试。同时, NASA 开展了空中出租车全尺寸模型试验场撞击测试, 基于真实撞击数据, 评估城市空域整合策略。NASA 还测试面向空中出租车的 5G 航空网络技术, 评估其在复杂城市环境中的连接稳定性。

在民航系统运行与空域协同管理方面, NASA 进一步强化与监管机构和公共部门的协作。2024 年, NASA 与联邦航空管理局 (FAA)、警察和消防部门合作制定了未来商用无人机运营战略。2025 年与 FAA 合作开发客机起飞前改道工具, 通过优化航班调度和机场运营, 减少商业航班延误并降低飞机燃油消耗。此外, NASA 还与战争部及其他合作伙伴完成远程货运无人机飞行能力测试。

5 商业航天与新技术在轨验证

NASA 通过持续开发、在轨演示并向商业企业转移空间技术, 加速近地轨道与深空探索关键能力成熟, 持续培育并支撑快速发展的太空经济。

在航天动力与在轨制造技术方面, SpaceX 公司的星舰 (Starship) 于 2024 年开展了第三次试飞, 完成低温推进剂 (液氧) 舱间传输测试。3D 打印液氧/氢推力室组件荣获 2024 年度 NASA 发明奖。进入 2025 年, NASA 联合 Teledyne Energy Systems 公司, 在 Blue Origin 公司的新谢泼德 (New Shepard) 亚轨道飞行任务中演示新一代燃料电池系统, 验证其在微重力环境下的稳定供电能力。由 CU Aerospace 公司开发的 DUPLEX CubeSat 从国际空间站释放入轨, 展示了两种面向低成本小型航天器的商业微推进技术。NASA 授予 Varda Space Industries 公司热防护材料的商业许可, 支持建造面向微重力环境的药品加工平台。

在小卫星系统能力验证方面, NASA 基于 2024 年棕鸟 (Starling) 卫星蜂群任务的在轨验证成果, 于 2025 年进一步开展了 4 颗棕鸟卫星与 SpaceX 星链 (Starlink) 卫星之间的目标自动协调操作^[28], 验证了棕鸟星群相互协调、共同决策的能力。此外, NASA 为实现快速、低成本、高风险研究 (R5) 演示系列的第 3 次小卫星任务成功发射。

在高超声速与返回技术方面, NASA 高超声速充气空气动力学减速器 (HIAD) 搭乘 X-37 B 轨道测试

飞行器成功发射^[29],旨在评估该材料在极端真空和空间环境下的性能变化,其气动壳体绑带由 Zylon 织带材料组成. NASA 完成首个集成旋转爆震发动机系统推力室组件测试. UP Aerospace 公司的 Spyder 高超声速发射系统完成首飞^[30],验证了在 5 Ma 条件下测试大型有效载荷的能力,单次任务最大载荷可达 181 kg.

6 预算波动带来的不确定性挑战

2024—2025 年, NASA 经历了从历史性预算削减到最终拨款达到历史峰值的过山车式波动. 2025 年 5 月, 白宫发布 NASA 2026 财年预算申请, 拟议 188 亿美元, 较 2025 财年的预算申请削减约 25%, 降至 1961 年美国航天员首次进入太空以来的最低水平. 尤其是 NASA 科学任务部 (SMD) 预算较 2025 财年削减约 47%^[31], 包括金星探测任务、地球系统天文台、日球层物理国际合作任务等在内的数十个科学项目受到严重影响^[32]. 经过科学界的不断呼吁, 国会通过的最终拨款法案恢复了大部分经费.

2026 年 1 月, 美国总统特朗普正式签署了 H.R.6938 号 2026 财年拨款法案, 为 NASA 提供 244 亿美元的拨款^[33], 其中科学任务部经费仅下调了 1%. 再加上美国国会于 2025 年 7 月通过的 H.R.1 号“大而美”税收与支出法案 (One Big Beautiful Bill Act) 条款^[34], 未来 6 年为 NASA 额外拨款 100 亿美元, 使得 2026 财年 NASA 获得的年度拨款总额达到近三十年来新高, 为这场预算风波画上了一个句号.

需要说明的是, 在备受关注的火星探索任务方面, 出于成本、进度和管理方面的考虑, NASA 早在 2024 年就以架构调整的方式暂停推进火星采样返回 (MSR) 计划, 并公开向产业界寻求替代方案^[35], 但是截至目前仍未宣布实施安排. 欧洲空间局 (ESA) 作为 MSR 计划的主要国际合作方, 已同步开展替代方案研究, 或将其转化为欧洲自主实施的独立火星任务^[36]. 尽管 2026 财年拨款法案明确提出不再支持当前的火星采样返回计划, 但是仍提供 1.1 亿美元支持开发雷达、光谱、进入下降和着陆系统 (EDLS) 以及预研技术, 为未来重启计划留有一线生机.

7 结语

2024—2025 年, NASA 在保持深空探索长期战略稳步推进的同时, 通过阶段性任务实施与关键技术验证, 在载人深空探索、空间科学研究、近地轨道活动以及商业航天发展等方面连续取得了一系列进展和系统性提升: 阿尔忒弥斯计划工程能力与科学目标协同演进; 空间科学任务持续拓展对生命起源、地球系统与宇宙演化的认知边界; 航空与未来空域关键技术加速成熟, 有望为人类社会安全与可持续发展提供重要科学支撑; 国际空间站的稳定运行与近地轨道商业化转型并行推进, 商业航天平台在技术验证与成果转化中的作用日益凸显. 同时, 2026 财年的预算波动也为 NASA 任务体系运行带来突发性扰动. 此后虽然拨款恢复且政策逐步稳定, 但是未来长期影响仍有待进一步观察.

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突.

参考文献

- [1] TAVEAU J. NASA accelerates space exploration, earth science for all in 2024[EB/OL]. (2024-12-06)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-accelerates-space-exploration-earth-science-for-all-in-2024/>
- [2] TAVEAU J. NASA ignites new golden age of exploration, innovation in 2025[EB/OL]. (2025-12-16)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-ignites-new-golden-age-of-exploration-innovation-in-2025/>
- [3] NASA. Moon to Mars architecture[EB/OL]. (2026-01-31)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/moontomarsarchitecture/>
- [4] NASA. Artemis II[EB/OL]. (2026-01-31)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/mission/artemis-ii/>
- [5] NASA. Artemis III[EB/OL]. (2026-01-31)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/mission/artemis-iii/>
- [6] DONALDSON A A. NASA selects companies to advance moon mobility for Artemis missions[EB/OL]. (2024-04-03)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-selects-companies-to-advance-moon-mobility-for-artemis-missions/>
- [7] NASA. Commercial lunar payload services[EB/OL]. (2026-01-31)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/commercial-lunar-payload-services/>
- [8] HAMMOND T G, PANIKKANVALAPPIL S R, ALLEN P L, *et al.* Programmed cell death and redox metabolism protect *Chlamydomonas reinhardtii* populations from the

- galactic cosmic environment on the Artemis-1 mission[J]. *Scientific Reports*, 2025, **15**(1): 23396
- [9] CRANFORD N. Artemis II crew to advance human spaceflight research[EB/OL]. (2025-09-12)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/humans-in-space/artemis-ii-crew-to-advance-human-spaceflight-research/>
 - [10] HRP Communications Team. NASA announces CHAPEA crew for year-long mars mission simulation[EB/OL]. (2025-09-05)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/missions/analog-field-testing/chapea/nasa-announces-chapea-crew-for-year-long-mars-mission-simulation/>
 - [11] Office of the Spokesperson. United States welcomes Hungary, Malaysia and the Philippines signing the Artemis accords[EB/OL]. (2025-12-02)[2026-01-31]. <https://www.state.gov/releases/office-of-the-spokesperson/2025/12/united-states-welcomes-hungary-malaysia-and-the-philippines-signing-the-artemis-accords/>
 - [12] NASA Hubble Mission Team. NASA's Hubble traces hidden history of Andromeda galaxy[EB/OL]. (2025-01-16)[2026-01-31]. <https://science.nasa.gov/missions/hubble/nasas-hubble-traces-hidden-history-of-andromeda-galaxy/>
 - [13] SHEKHTMAN L. NASA's SPHEREx space telescope begins capturing entire sky[EB/OL]. (2025-05-01)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/missions/spherex/nasas-spherex-space-telescope-begins-capturing-entire-sky/>
 - [14] TAVEAU J. NASA Says mars rover discovered potential biosignature last year[EB/OL]. (2025-09-10)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/news-release/nasa-says-mars-rover-discovered-potential-biosignature-last-year/>
 - [15] SHEKHTMAN L. NASA's curiosity rover detects largest organic molecules found on mars[EB/OL]. (2025-03-24)[2026-01-31]. <https://science.nasa.gov/missions/mars-science-laboratory/nasas-curiosity-rover-detects-largest-organic-molecules-found-on-mars/>
 - [16] TAVEAU J. NASA's asteroid Bennu sample reveals mix of life's ingredients[EB/OL]. (2025-01-29)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/news-release/nasas-asteroid-bennu-sample-reveals-mix-of-lifes-ingredients/>
 - [17] JOHNSON-GROH M. NASA's parker solar probe snaps closest-ever images to sun[EB/OL]. (2025-07-10)[2026-01-31]. <https://science.nasa.gov/science-research/heliophysics/nasas-parker-solar-probe-snaps-closest-ever-images-to-sun/>
 - [18] LABORATORY J P. NASA's deep space communications demo exceeds project expectations[EB/OL]. (2025-09-18)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/directorates/stmd/tech-demo-missions-program/deep-space-optical-communications-dsoc/nasas-deep-space-communications-demo-exceeds-project-expectations/>
 - [19] MORTON E. View interstellar comet 3I/ATLAS through NASA's multiple lenses[EB/OL]. (2025-11-19)[2026-01-31]. <https://science.nasa.gov/solar-system/view-interstellar-comet-3i-atlas-through-nasas-multiple-lenses/>
 - [20] NASA Science Editorial Team. Latest calculations conclude asteroid 2024 YR4 now poses no significant threat to earth in 2032 and beyond[EB/OL]. (2025-02-24)[2026-01-31]. <https://science.nasa.gov/blogs/planetary-defense/2025/02/24/latest-calculations-conclude-asteroid-2024-yr4-now-poses-no-significant-threat-to-earth-in-2032-and-beyond/>
 - [21] DOYLE T P. New NASA strategy envisions sustainable future for space operations[EB/OL]. (2024-04-09)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/news-release/new-nasa-strategy-envisions-sustainable-future-for-space-operations/>
 - [22] Commercial Low Earth Orbit Development Program. NASA's low earth orbit microgravity strategy[EB/OL]. (2024-12-31)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2024/12/2024-12-lms-final-goals-and-objectives.pdf>
 - [23] DORAN D. 25 Years of scientific discovery aboard the international space station[EB/OL]. (2025-11-21)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/missions/station/iss-research/25-year-of-scientific-discovery-aboard-international-space-station/>
 - [24] NASA. NASA sees key progress on Starlab commercial space station[EB/OL]. (2025-07-16)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/humans-in-space/commercial-space/leo-economy/nasa-sees-key-progress-on-starlab-commercial-space-station/>
 - [25] CHOLULA N. NASA's X-59 completes first flight, prepares for more flight testing[EB/OL]. (2025-11-19)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/armstrong/nasas-x-59-completes-first-flight-prepares-for-more-flight-testing/>
 - [26] LEVINE J. NASA tech to measure heat, strain in hypersonic flight[EB/OL]. (2025-06-18)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/armstrong/nasa-tech-to-measure-heat-strain-in-hypersonic-flight/>
 - [27] BANKE J. NASA advances pressure sensitive paint research capability[EB/OL]. (2025-07-03)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/aeronautics/pressure-sensitive-paint-2025/>
 - [28] FRIESEN T. What is NASA's distributed spacecraft autonomy?[EB/OL]. (2025-08-05)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/ames/what-is-nasas-distributed-spacecraft-autonomy/>
 - [29] ATKINSON J. Strap in! NASA aeroshell material takes extended space trip[EB/OL]. (2025-08-27)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/langley/strap-in-nasa-aeroshell-material-takes-extended-space-trip/>
 - [30] NASA. Maiden flight of Spyder hypersonic rocket[EB/OL]. (2025-06-13)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/stmd-flight-opportunities/flight-summaries/maiden-flight-of-spyder/>

- der-hypersonic-rocket/
- [31] NASA. Fiscal year 2026 agency fact sheet[EB/OL]. (2025-05-30)[2026-01-31]. <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2025/05/combined-mission-fact-sheets-finalv2-05302026-1207pm.pdf?emrc=686bc4d4ecaa1>
- [32] The Planetary Society. WE saved NASA science in 2026[EB/OL]. (2025-05-30)[2026-01-31]. <https://www.planetary.org/save-nasa-science>
- [33] The White House. Congressional bill H. R. 4323 and H. R. 6938 signed into law[EB/OL]. (2026-01-23)[2026-01-31]. <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/2026/01/congressional-bill-h-r-4323-and-h-r-6938-signed-into-law/>
- [34] 119th Congress. H. R. 1 - An act to provide for reconciliation pursuant to title II of H. Con. Res. 14[EB/OL]. (2025-07-04)[2026-01-31]. <https://www.congress.gov/bill/119th-congress/house-bill/1/text>
- [35] JEFF F. NASA to look for new options to carry out Mars Sample Return program[EB/OL]. (2024-04-15)[2026-01-31]. <https://spacenews.com/nasa-to-look-for-new-options-to-carry-out-mars-sample-return-program/>

- [36] JEFF F. ESA finalizing ministerial package[EB/OL]. (2025-10-23)[2026-01-31]. <https://spacenews.com/esa-finalizing-ministerial-package/>

作者简介



范唯唯 女, 1989年8月出生于黑龙江省哈尔滨市, 现为中国科学院科技战略咨询研究院科技战略情报研究所创新副研究员, 博士研究生, 主要从事空间科技战略情报、俄罗斯科技政策研究.

E-mail: fanweiwei@casisd.cn



杨帆 (通信作者) 女, 1977年2月出生于黑龙江省哈尔滨市, 现为中国科学院科技战略咨询研究院科技战略情报研究所副主任, 研究员, 硕士生导师, 主要从事空间科技战略情报、科技前沿与智库决策研究.

E-mail: yangfan@casisd.cn