

2018 年国外载人航天器发展综述

2018 年，全球载人及其相关领域共进行了 13 次发射任务，其中 4 次载人飞船发射任务(1 次载人发射任务失败)，9 次货运飞船发射任务。其中，俄罗斯成功发射 3 艘进步号货运飞船、3 艘联盟号载人飞船，美国商业公司成功发射 5 艘货运飞船，日本成功发射 1 艘 H2 转移飞行器(HTV)。

2018 年，世界载人航天继续快速发展。重点围绕低地球轨道开展空间应用，同时积极推进低地球轨道以远的长远规划和系统建设。在战略政策方面，美国以火星为长远目标，朝着“重返月球”的下一目标不断前进，发布了《2018 年 NASA 战略投资规划》和《国家太空探索活动报告》，再度明确从低地球轨道到地月空间到月球，最终到火星的探索路径，并公布了地月空间站——门户进一步的建造方案；俄罗斯一直围绕载人登月目标稳步推进相关研制工作；2018 年 8 月，JAXA 发布了深空探索构想方案，希望通过参与美国主导的门户计划实现日本的载人登月目标。此外，2018 年 2 月，国际太空探索协调小组发布了第三版的《全球探索路线图》，反映了各国关于月球探测和国际合作重要性的共识。在任务执行方面，美、俄、日围绕国际空间站开展运营维护。美国依靠商业公司的龙、天鹅座飞船开展货物运输；日本依靠 H2 转移飞行器(HTV)开展货物运输；俄罗斯联盟号载人飞船仍承担运送航天员至国际空间站的重任，本年度联盟 MS-10 发射失败，航天员获救，这是载人航天史上首次使用整流罩分离发动机拯救了航天员。在系统建设和技术研发上，美国持续推进新一代载人

飞船的研制工作，猎户座飞船研制工作持续推进，载人版龙飞船和星际客船已经完成研制，等待 2019 年的正式“亮相”。俄罗斯新一代载人飞船联邦号稳步推进，完成重要试验测试。东方发射场建造工作继续，并稳步开展二期建设工程。空间应用方面，持续围绕国际空间站这一在轨平台开展技术开发与验证试验。商业化发展方面，低地球轨道商业运输稳步推进，商业公司继续拓展太空旅游市场，新型公私合作伙伴关系得到进一步深化。2018 年，NASA 提出“商业月球有效载荷服务”(CLPS)计划，并发布“月面仪器与技术有效载荷”的正式征集文件，征集将随 CLPS 计划飞赴月球的实验设备。此外，洛·马、轨道 ATK、联合发射联盟、SpaceX 等诸多商业公司提出空间探索相关的商业项目计划。

一、各国围绕国际空间站积极开展空间活动

(一) 俄罗斯飞船继续执行国际空间站乘员和货物运输任务

本年度，俄罗斯载人飞船联盟 MS 继续执行将航天员送至国际空间站的任务，向国际空间站发射了四艘载人飞船，其中联盟 MS-10 发射失败。

2018 年 3 月 21 日，俄罗斯在拜科努尔航天发射中心利用联盟 FG 运载火箭成功发射联盟 MS-08 载人飞船。飞船搭载了俄罗斯航天员奥列格·阿尔捷米耶夫，美国航天员安德鲁·福斯特和理查德·阿诺德。2018 年 6 月 6 日，俄罗斯在拜科努尔航天发射中心利用联盟 FG 运载火箭成功发射联盟 MS-09。飞船搭载的三名航天员将与正在国际空间站工作的航天员组成第 56 长期考察团，开展站上工作和实验。2018 年 10 月 11 日，联盟 FG 运载火箭搭载联盟 MS-10 载人飞船，从拜科努尔航天发射中心发射升空，在火箭发射过程中一枚助推器未能正常分离，与芯级贮箱发

生碰撞，所幸航天员紧急启动飞船上的发射中止系统，成功自救。飞船载有两名航天员，分别是俄罗斯航天员阿列克谢·奥夫奇宁和美国航天员尼克·黑格，两人原计划于 2018 年 6 月抵达国际空间站的航天员组成第 57 个长期考察团。此次发射任务是俄罗斯第 147 次执行载人航天飞行任务，是联盟号载人飞船执行的第 139 次载人航天飞行任务，是联盟 FG 运载火箭自 2001 年 5 月以来执行的第 55 次发射任务，也是其首次发射失败。2018 年 12 月 3 日，联盟 MS-11 载人飞船搭乘联盟 FG 运载火箭从拜科努尔航天发射中心发射升空，飞船与国际空间站俄罗斯舱段的搜索号迷你研究舱-2(MRM-2)对接。此前发射的联盟 MS-10 载人飞船按年初计划应于 12 月 20 日执行发射任务，但因联盟 MS-10 载人飞船发射失利，为避免国际空间站出现无人值守的情况，此次发射任务提前。

本年度俄罗斯继续使用更新版货运飞船进步号 MS 为国际空间站俄罗斯舱段运送货物，2018 年共发射了 3 艘进步号 MS 飞船。

2018 年 2 月 13 日，进步号 MS-08 货运飞船搭乘联盟 2-1a 运载火箭从拜科努尔航天发射中心发射升空。进步号 MS-08 所运的货物包括固体货物、推进剂、水、空气和氧气，固体货物包括实验设备、空间站生命保障系统所需物资、食品和药品等。除为国际空间站运送常规货物和实验设备外，该飞船此次运送货物重点为“太空动物研究国际合作项目”运送所需的通信设备，包括项目所需的全套舱外电子设备、天线及其与空间站舱体外表面连接的装置。目前这些设备已由航天员安装到国际空间站星辰号服务舱舱外。“太空动物研究国际合作项目”将对太空舱环境对实验动物行为的影响、动物生活环境的变化、长期太空生活所面临的潜在风险进行研究。

2018 年 7 月 9 日，进步号 MS-09 货运飞船搭乘联盟 2-1a 运载火箭从拜科努尔航天发射中心发射升空。此次发射的进步号 MS-09 货运飞船首次采用超短程飞行模式与国际空间站对接，与

以往需要耗时 50 小时(绕地球飞行 34 圈)或耗时 6 小时(绕地球飞行 4 圈)不同,按照超短程飞行路线,飞船仅需绕地球飞行两圈,4 小时内便可抵达国际空间站。本次任务飞船搭载的 2 颗技术试验卫星——天狼星卫星 1/2(SiriusSat 1/2),这两颗 1U 立方体卫星由航天员在 8 月份进行太空行走时释放部署。2018 年 11 月 17 日,俄罗斯从拜科努尔航天发射中心利用联盟 FG 运载火箭发射进步 MS-10 货运飞船任务取得成功。飞船携带了约 2450kg 的有效载荷:食物、推进剂和空间站所需物资,包括 705kg 的推进剂,50kg 氧气和空气,420kg 的水。

(二) 日本时隔两年再次发射 HTV

2018 年 9 月 23 日,日本在种子岛宇宙中心利用 H-2B-304 火箭发射 HTV 7 货运飞船取得成功。此次发射的 HTV 7 货运飞船携带 3 颗技术试验卫星,分别是间隙-1(SPATIUM-1)、空间绳系自主机器人卫星-Me(STARS-Me)和黎曼空间卫星-00(RSP-00),3 颗小卫星后续从国际空间站部署释放。本次任务是 JAXA 继 2016 年发射 HTV 6 后时隔两年再次执行发射货运飞船任务。

(三) 国际空间站或将再次延寿,可能执行商业化运营

作为全球最大的在轨航天器,国际空间站在众多空间应用领域取得了显著成果,延寿至 2024 年,将为近地空间带来更大发展空间。作为一个独有的技术开发与试验平台,国际空间站将为未来长期的探索任务所需的技术、系统和材料以及地球上使用的新技术提供独一无二的试验条件,试验和发展机器人技术、在轨服务技术、先进通信技术等众多先进技术,推动技术的进步和探索能力的发展。在开展长期载人深空探索之前,需要在国际空间站上开展大量研究,旨在进一步了解并降低太空飞行对人体健康及工作的影响,如防止骨质疏松和视力退化,同时也针对疾病预防、诊断和治疗的技术进行不断试验。美国和俄罗斯目前正在研究方

案，商讨是否将国际空间站的运行时间从 2024 年延至 2028 年。NASA 专家表示，只要更换老旧的太阳能电池板，并进行适当维修，国际空间站理论上可以持续工作到 2028 年以后，关于国际空间站是否还将延寿的决定将在 2020 年做出。

2018 年，美国政府大力推行国际空间站的商业化进程。根据 NASA 的 2019 财年预算，美国政府计划于 2025 年之前停止对国际空间站的直接投资。目前 NASA 已经向国会提交了国际空间站过渡报告，评估了与国际合作伙伴和商业航天公司合作、将国际空间站作为科学研究、深空探索和低地球轨道飞行平台的可行性。NASA 表示，“将资金转投向创新性的新项目中，并提供资金支持公私合营计划，未来将依赖商业伙伴开展近地轨道研究”。根据预算报告内容，NASA 将分别在 2019 年和 2020 年各投入 1.5 亿美元，以鼓励开发商业化的近地轨道平台，2020 年后投入还将逐年增加。

此外，本年度国际空间站遭遇了轻微的空气泄漏事件。2018 年 8 月 30 日，国际空间站出现轻微空气泄漏，舱内气压略有下降。经调查发现，由于对接到国际空间站俄罗斯破晓号舱段的载人飞船联盟 MS-09 轨道舱部出现了一个直径约为 2mm 的裂缝，导致空间站空气泄漏，但该事件对站上人员安全没有造成任何威胁，漏洞的联盟 MS-09 也已经顺利返回地面。

二、商业载人航天得到进一步发展

美国对商业公司的培育推动发射服务业和航天器制造业的进一步发展，形成了载人航天服务市场，有助于航天产业化和国家经济发展。近年来，NASA 推行商业航天的意志愈加坚决，涉及领域从近地空间拓展到深空。2018 年，美国继续加大力度，推动商业载人航天的发展。

(一) SpaceX 公司执行三次正式合同任务，火箭一子级回收首次遭遇失败

本年度 SpaceX 公司使用龙货运飞船为国际空间站运送货物，共发射了 3 艘龙飞船。

2018 年 4 月 2 日，美国在卡纳维拉尔角发射场利用猎鹰 9-1.2 火箭成功发射龙飞船，该飞船将执行第 14 次“商业再补给服务”合同任务。此次任务龙飞船搭载了 4 颗卫星和 3 个将安装于国际空间站上的有效载荷：实验材料-飞行设施(MISSE-FF)、大气-空间相互作用监测仪(ASIM)和泵流量控制组件(PFCS)，4 颗搭载卫星分别是碎片移除(RemoveDEBRIS)、撞击碎片测试卫星-1/-2(Debrisat-1/-2)和概览-1A(Overview-1A)四颗小卫星。执行本次任务的龙飞船曾于 2016 年 4 月发射升空执行 SpX-8 任务，与国际空间站对接停留 32 天 21 小时 48 分后返回地球，降落在太平洋。此次发射龙飞船携带货物总质量 2647kg，其中，加压货物(含包装)重 1721kg，包括科学研究装置 1070kg、硬件 148kg、乘员补给 344kg、计算机资源 49kg、太空行走设备 99kg、俄罗斯货物 11kg；非加压货物重 926kg。

2018 年 6 月 29 日，美国在卡纳维拉尔角发射场利用猎鹰 9-1.2 火箭成功发射龙飞船。该飞船将执行第 15 次“商业再补给服务”合同任务。此次任务龙飞船搭载 6 颗技术试验卫星和两个安装于国际空间站上的有效载荷，分别是国际空间站“生态系统空间热辐射检测器”(ECOSTRESS)和“门锁端操纵装置”(LEE)，搭载的卫星分别是鸟-不丹(Bird-BNT)、鸟-马来西亚(Bird-MYS)、鸟-菲律宾(Bird-PHL)和 3 颗“比亚利-小队”(Biarri-Squad)系列卫星。此次发射的龙飞船除了向国际空间站进行物资和设备补给外，还将在轨开展多项科学研究，其中包括研究微重力条件下微观和中观结构形成过程的化学花园试验(Chemical Gardens)、巴里奥斯实时蛋白结晶生长试验(Barrios RTPCG-2)等物理科学试

验以及微生物跟踪试验(MT-2)等空间生物试验。

2018 年 12 月 6 日,龙飞船搭乘猎鹰-9 运载火箭从美国卡纳维拉尔角发射场发射升空,飞船将执行第 16 次“商业再补给服务”合同任务。此次任务龙飞船搭载了 3 颗微小卫星,分别是技术教育卫星-8(TechEdSat-8)、CATSat、大学纳型电离层温度探测器(UNITE)。本次发射的龙飞船装载了 2573kg 补给物资和仪器设备等,包括 2 台将装到站外的设备,即“机器人燃料补加任务”(RRM3)和“全球生态系统动力学调查”(GEDI)。飞船搭载的空间站所需硬件包括外部高清晰度相机组件、为保障出舱活动以及标称操作所必需的两个氧气罐、微重力科学手套箱等。此外,本次任务龙飞船上搭载的有效载荷还将用于生命科学和物理科学等方面的研究。

(二)轨道 ATK 公司天鹅座飞船成功执行两次正式合同任务

2018 年 5 月 21 日,美国利用安塔瑞斯 230 火箭搭载天鹅座飞船发射成功。该飞船将执行轨道 ATK 公司的第 9 次“商业再补给服务”合同任务。此次发射的天鹅座飞船携带了 15 颗小卫星,其中包括 1 颗通信试验卫星、1 颗空间科学卫星、4 颗对地观测卫星以及 8 颗技术试验卫星,分别是雷迪克斯卫星(Radix)、晕卫星(HaloSat)、4 颗狐猴-2 系列卫星(Lemur-2)、忆阻器卫星(Mem-Sat)、辐射计无线射频接口技术立方体卫星(CubeRRT)、雨立方体卫星(RainCube)、布朗大学教育卫星(EQUiSat)、辐射卫星-g(RadSat-g)、风暴与热带系统时间试验-演示者卫星(TEMPEST-D)、恩迪罗卫星一号(EnduroSat One)、宇航立方体-12A(Aerocube-12A)和宇航立方体-12B(Aerocube-12B)。其中 9 颗卫星由国际空间站释放,另外 6 颗在飞船返回过程中部署。天鹅座飞船密封舱载有 3268kg 的有效载荷,包括科研实验材料(1021kg)、乘员补给(811kg)、站上设备(1191kg)、太空行走设

备(132kg)、计算机及其配件(100kg)、俄罗斯舱段设备(13kg)。此外,飞船上还安装了由纳米架公司(NanoRacks)研制的可用于卫星释放的设备,该设备重约82kg。

2018年11月17日,美国利用安塔瑞斯230火箭发射天鹅座飞船任务取得成功。该飞船将执行轨道ATK公司的第10次“商业再补给服务”合同任务。此次任务天鹅座飞船搭载了3颗技术试验小卫星,分别是高效费比E频段卫星-2(CHEFsat-2)、凯克卫星-2(KickSat-2)、马斯达尔卫星-1(MYSAT-1),这3颗小卫星都将在国际空间站释放部署。天鹅座飞船密封舱载有3416kg的有效载荷,其中包括科研实验材料、乘员补给、站上设备、太空行走设备、计算机及其配件等。

(三) 商业载人飞船首飞一再推迟, 太空旅游获得新进展

美国政府多次强调要在航天领域大力发展公私合作关系。在低地球轨道大力发展与私营公司的商业航天合作,在低地球轨道以远的深空探索领域也不断寻求合作可能性。进一步推进“政府主导,私营公司参与”的载人航天发展模式,使得探索主体多元化。

低地球轨道商业货物方面,SpaceX公司、轨道ATK公司实现低地球轨道货物运输常态化,内华达山脉公司正在追赶。低地球轨道商业乘员运输方面,由于需办理认证手续以及政府有关机构关门,载人版龙飞船和星际客船首次无人试飞时间将推迟至2019年。根据NASA新的发射计划,载人版龙飞船首次无人试飞时间推迟至最早2019年2月,飞船首次载人试飞时间由2019年4月推迟至2019年6月;由波音公司研制的星际客船首次无人试飞和载人试飞时间分别推迟至2019年3月和2019年8月。

在低地球轨道以远的深空,美国希望能够将低地球轨道商业航天领域取得的成功,扩展到更远的深空。本年度,NASA公布了商业月球载荷服务(CLPS/Lunar COTS),并发布了“月面仪

器与技术有效载荷”的正式征集文件，CLPS 计划可视为商业轨道运输服务(COTS)的月球版本。根据 NASA 文件的要求，CLPS 计划分三个阶段进行：第一阶段商业机构需要发展可将指定载荷运送至月面/月轨道的着陆器，载荷包括通信站、发电厂及各类科研卫星/月球车等；第二阶段瞄准月面工业化目标，包括原位资源利用等；第三阶段则是研究长期月面基地的可能性，包括大规模地月间资源运送，以及月面建立有人基地的研究。NASA 希望通过引入商业伙伴，大幅度降低地月间的运输成本，使月球任务更具可行性。

太空旅游方面，2018 年 4 月，商业太空旅行公司维珍银河计划在 2018 年年底到 2019 年年初正式执行载人太空旅游业务，每张船票要价 25 万美元，已有将近 700 人报名了太空旅行。SpaceX 公司于 2018 年 9 月宣布了一项新计划，将利用 BFR 运送月球游客。SpaceX 公司没有公布进一步的细节，但宣布签署了世界上首位私人乘客——日本企业家前泽友作乘坐 BFR 运载火箭进行绕月飞行。

三、以月球为下一步发展目标，积极推进新型载人航天器系统发展

未来主要航天国家将以月球为下一步目标，火星为长远目标，持续推动能力建设，保证其核心能力发展，不断推进新系统的研发。

(一) 持续推进猎户座多用途乘员飞行器研制工作

2018 年 9 月，猎户座飞船欧洲服务舱(ESM)的最后一个散热器安装完毕，标志着首个猎户座飞船的服务舱已完成集成工作。猎户座飞船是 NASA 研制的新一代载人飞船，能够将航天员送往月球以远的深空，其中欧洲服务舱由欧洲航天局(ESA)研制，用于向飞船提供动力、水、空气和电源。集成完毕后，

技术人员要对欧洲服务舱进行全面测试，随后服务舱将被运往美国与乘员舱进行最终集成和测试，并计划用于执行猎户座飞船的首次无人月球飞行任务，验证飞船性能。与此同时，第二个欧洲服务舱的研制工作已经启动，目前完成了舱段结构制造和线缆准备，第二个欧洲服务舱现计划用于猎户座飞船的第二次探索任务(EM-2)。

(二) 俄罗斯新型载人飞船研制工作稳步开展

俄罗斯新一代载人飞船联邦号研制工作稳步开展，并完成多项重要试验和测试。2018年4月，联邦号载人飞船模型被送往茹科夫斯基中央流体力学研究所进行风洞模拟试验，用以研究在超声速及高超声速气流中，飞船表面的压力及热量分布情况。与此同时，能源火箭航天集团开始对新型联邦号载人飞船进行一系列其他测试，评估船载人机交互系统性能，试验一直持续到2018年年底。专家们还将完成新型飞船的飞行路线设计工作，包括分离到对接以及后续变轨飞往月球等。能源火箭航天集团将为飞船开发一套用于控制推进、能源供给、生命保障、飞行控制和导航系统的信息管理程序，航天员可以利用此程序在飞船控制台上控制船载系统以及飞行模式。后续，能源火箭航天集团计划通过一系列试验评估，提出人机交互系统界面设计建议，使相关研发人员全面了解航天员的操作需求。

四、地月空间站将成为载人深空探索的必经之路

地月空间站能够快速往返地球，其具有更接近深空的环境，易于利用月球和近地小天体的资源，是试验深空探索能力的绝佳场所。NASA于2017年提出的月球轨道平台-门户计划一经提出便受到全球各方的关注。2018年8月，NASA公布了月球轨道平台-门户的发射、装配与运营方案。根据最新方案，门户由推进与动力舱、乘员居住舱、舱外活动气闸舱、物资保障舱、欧洲系统

舱段和美国公用设备舱段等组成，总居住空间可达 125 立方米。NASA 将从 2022 年起陆续发送门户的各个舱段，预计航天员 2024 年将登上该轨道站。该轨道站由 NASA 主导，其他参与方须按照美国的技术标准建造其余舱段。

门户预计在 2023 年开始部署首个舱段，设计寿命为 15 年。根据目前最新计划，门户的建造将包括三个阶段：2018—2026 年——月球前哨站阶段，通过执行五次探索任务完成第一阶段的建造，确保门户基本具备载人登月中转能力；2027—2029 年——地月转运阶段，通过执行四次探索任务验证深空运输站长时间深空独立飞行能力，为飞向火星的长期载人飞行做准备；2030 年以后——载人登火阶段，该阶段规划目前还不详细。为配合月球轨道平台-门户的建造计划，多家航天企业开始着手开展相关概念研究，洛·马公司于 2018 年 10 月公布可重复使用载人级月球着陆器概念，该着陆器可在门户和月面间往返运行，向月球表面运送 4 名航天员和 1t 货物，在月面停留 2 周。

五、结语

2018 年，世界载人航天领域整体稳步发展，呈现出“稳中有进、稳中向好”的发展特点。主要航天大国仍将载人航天作为国家重要战略而持续投入，低地球轨道载人航天技术发展成熟，各国围绕国际空间站开展全面应用，面向低地球轨道以远的月球、火星等目标探索的相关先进技术、系统研发持续推进。美国以保持和巩固全球领导地位为目标，锁定月球，发展地月空间站，并以火星为长远目标，不断开展新系统、新技术的研发，同时积极探索商业化运营模式，将初步成熟的低地球轨道载人航天活动推向市场，积极调动商业力量服务载人航天发展；俄罗斯为巩固载人航天的优势地位，明确载人航天长远发展思路和重点，包括继续运营空间站，研制新一代载人飞船、计划实施载人登月项目；

欧洲和日本通过国际合作发展本国载人航天。整体而言，主要航天国家都在积极谋划布局，未来还将持续发力，尽早实现人类迈向更远的深空。

(北京空间科技信息研究所)