

美国商业载人航天项目最新进展

摘要：随着近地空间大规模设施的建造部署、人的长期驻留等技术的日益成熟，以及可重复使用技术的快速发展，载人航天的商业化、产业化逐步具备条件，以美国商业公司为首的载人航天私营机构能力建设已初见成效。

目前，美国的商业载人航天发展迅速。在近地轨道商业运输方面，SpaceX 公司、轨道 ATK 公司已实现近地轨道货物运输常态化；波音公司、SpaceX 公司有望实现近地轨道商业乘员运输；毕格罗航空航天公司还提出商业空间站计划；以蓝源公司、XCOR 宇航公司为代表的多家私营航天公司即将提供太空旅游产品和服务。同时，美国政府还积极拓展月球以远的商业探索模式。

一、发展背景

美国航天商业化起步较早，且在不同阶段采用不同的运作模式。此前 NASA 一直采用合作模式、通过合同管理的办法对航天企业进行管管理，购买航天器，开展载人航天任务。这种分担成本、共同开发的伙伴关系不仅可以满足 NASA 的技术需求，还使国家受益。当前近地轨道载人航天商业运输采取的是新的运作模式，即购买服务。商业公司负责项目的整套运营、安全监管及技术支持以及相应的启动资金支持。这种模式给私营公司更大自主性和灵活性。

特朗普总统上任后着手调整美国航天计划，大力发展公私合作关系，使得用于空间探索和研发的投资最大化，并带动社会经济整体发展。特朗普强调其政策基石是发射和运行重要的空间资产，鼓励创新，助推经济发展。使 NASA 从主要作为后勤机构进行近地轨道任务的限制中解放出来，并致力于打造一个以美国为首的太空经济圈。现阶段，除了近地轨道，商业航天企业在亚轨道也积极作为，不断发展新的商业载人航天项目；同时，未雨绸缪，紧跟政府政策走向，为近地以远的深空探索布局，寻求同政府开展合作的机会。

二、商业载人航天项目

(一) 亚轨道商业载人航天项目

近年来，已有多家企业利用新研发的亚轨道飞行器，开展了以旅游观光为目的的亚轨道商业飞行，亚轨道飞行的商业运输发展势头愈来愈猛。

鉴于亚轨道商业飞行的发展趋势，早在 2005 年，国际民用航空组织(ICAO)理事会就批准了将“亚轨道飞行概念”纳入其第 175 届会议的工作计划中。区别于传统的航空活动和空间活动，亚轨道飞行是相对于轨道飞行来说的，亚轨道飞行器在冲出大气层后，由于没有达到一定的速度而无法围绕地球进行轨道飞行，很快就会返回空气空间。由于亚轨道飞行在到达太空后的一段时间里也会有失重感，相较于高成本的太空旅游而言更具吸引力，近十多年来，一些私人企业都在计划发展亚轨道旅游活动并逐渐付诸实践。

2017 年 12 月 12 日，“新谢帕德”亚轨道飞行器新型号首次试飞取得成功。“新谢帕德”亚轨道飞行器从地面垂直起飞，随后船箭分离，火箭返回，在接近地面时一个发动机点火，着陆支架展开，成功在目标着陆场垂直起落。此次“新谢帕德”使用的新一代

火箭和 2.0 版载人舱。

此次试飞是美国联邦航空管理局 (FAA) 在 8 月颁发的发射许可证后的第一次试飞。蓝源公司安全与保障主管杰夫·阿西比称,这对蓝源公司来说是极为重要的里程碑事件,此后公司可以利用搭载有效载荷开展盈利活动,蓝源公司计划于 2019 年使用“新谢帕德”搭载 6 名乘客,2 名飞行员进行一次亚轨道飞行,大约有六分钟的失重状态,整个飞行事件将持续 3.5 小时。

此外,施乐公司旗下的帕克研究中心 (PARC) 于 2017 年 12 月宣布与蓝源公司开展合作,将利用帕克研究中心的技术创新能力和蓝源公司的“新谢帕德”飞行器推动太空前沿技术研发,最终目标是在亚轨道飞行任务中搭载一项先进的技术研发实验,并考虑如何使用下一代先进的航天系统为帕克研究中心的商业和政府合作伙伴提供支撑。

(二) 近地轨道商业载人航天项目

1. 商业轨道运输服务

商业乘员和货物运输项目包括“商业轨道运输服务”(COTS)计划、“商业补给服务”(CRS)和“商业乘员开发”计划,均由 NASA 的商业乘员和货物项目办公室负责管理。“商业轨道运输服务”计划为货物运输计划,向空间站提供货物补给;“商业乘员开发”计划于 2009 年启动,是乘员运输计划。

(1) 商业轨道货物运输计划

目前,美国主要依靠 SpaceX 公司的“龙”飞船和轨道 ATK 公司的“天鹅座”飞船开展货物运输。2016 年 1 月, NASA 宣布第二轮商业补给服务竞争的获胜者,太空探索技术公司、轨道 ATK 公司和内华达山脉公司均获合同,将从 2019 年起分别用“龙”飞船、“天鹅座”飞船和“追梦者”号太空飞机为国际空间站提供货物补给。2017 年 11 月 11 日,“追梦者”号太空飞机试验样机在美国加利福尼亚州爱德华空军基地成功完成滑翔试验。此次滑翔试验是

该公司商业乘员协议中的重要里程碑。“追梦者”号货运系统的首飞预定于 2020 年进行，在 2024 年前最少进行 6 次飞行任务。与“龙”飞船和“天鹅座”不同，“追梦者”号是目前唯一一个能够在跑道上降落的航天飞机，意味着它可以在全球任意规模的商用机场着陆。

(2)“商业乘员开发”计划

2014 年 9 月，NASA 授出“商业乘员运输能力”(CCtCap)合同，由 SpaceX 公司(获得 26 亿美元)和波音公司(获得 42 亿美元)共同为其执行国际空间站载人运输任务。2015 年 5 月和 11 月，波音公司和 SpaceX 公司分获 NASA“商业乘员运输能力”合同第一份订单，2015 年 12 月波音公司获第二份订单。

波音公司的“星际客船”商用载人飞船项目主管表示，“星际客船”目前正处于飞行硬件广泛开发和多种运载系统测试阶段，计划于 2018 年第三季度进行非载人试验飞行，如果测试结果良好，则计划于 2018 年第四季度进行载人飞行测试，一旦“星际客船”完成了飞行测试并获得 NASA 认可，波音公司将获得一份 6 次飞行任务合同，为 NASA 向“国际空间站”输送航天员。

2. 低轨商业空间站

2016 年 4 月 11 日，美国联合发射联盟(ULA)与毕格罗航空航天公司在“航天论坛”上宣布了一项合作协议，双方将联合建造新型商业化空间站，合作协议显示，毕格罗公司将在 2020 年为联合发射联盟发射两艘全功能型 B330 太空舱，但目前该公司计划拟于 2019 年底发射第一艘太空舱，第二艘太空舱则在 2020 年发射。B330 太空舱的设计方案是基于其从 NASA 购买的载人居住舱(TransHab)技术概念发展而来的，长 13.7 米，直径 6.7 米，总重量在 20~23 吨，使用寿命 20 年，内部空间在充气加压后可达 330 立方米，目前国际空间站的内部加压空间为 916 立方米，B330 可

使空间站应用空间站增加 30%，并可极大地节省发射与运行费用。后续毕格罗公司还将研发更大、扩展空间更强的太空舱“奥林巴斯”(Olympus)，也称 B2100，长 17.8 米，直径 12.6 米，质量达 65~70 吨，充气加压后的内部空间达到 2250 立方米，拟可乘人员 16 人。

B330 和 B2100 可作为多功能型试验平台同时为 NASA 的空间探索任务和更多的商业性科学试验研究提供服务。除了工业性与科研用途外，它们还能作为太空旅游的工具以及开展月球和火星探索任务的飞行器。

3. 空间站试验平台、小卫星释放以及商业气闸舱

纳米架(NanoRacks)公司是首个提供空间站商业释放微纳卫星服务的公司，成立于 2009 年。公司刚成立时，主要进行纳型支架模块设计，这些模块可与国际空间站的研究支架相匹配，用户通过 NanoRacks 公司的模块进入空间，完成微重力研究实验。后来推出进行生物学实验的创新仪器(MixStix)，与 2 台显微镜、1 台酶标仪和离心分离机一起供研究使用。

(1)“纳米架立方体卫星释放系统”(NRCS)

“纳米架立方体卫星释放系统”(NRCS)由美国纳米架公司研制和运营。该公司于 2013 年利用 J-SSOD 装置释放小卫星后，意识到从国际空间站释放小卫星的商业潜力，利用不到 10 个月的时间研发了 NRCS 系统。NRCS 系统设计符合 NASA 国际空间站安全性要求，于 2014 年搭载发射至国际空间站。

(2)空间站内(外)部试验平台

纳米架还提供空间站内(外)部试验平台，NASA 以及其他企业、科研机构、高校都可以是它的用户方。通过与 NASA 签署协议，纳米架租赁 NASA 在空间站的空间，向 NASA 交付租金。而 NASA 需要使用纳米架的试验平台，则属于商业行为，需向纳米架交付使用试验平台的资金。

(3) 商业气闸舱

2017年2月6日，波音公司与纳米架宣布联合开发首个商业气闸舱。波音公司将与纳米架公司合作研制首个自主投资研发的商业气闸装置，计划在2019年发射并安装在国际空间站美国舱段上。新型的气闸舱由纳米架公司研制，波音公司研制并安装气闸舱的被动式通用对接机构(PCBM)，将气闸舱与国际空间站上美国的加压舱连接。波音公司一直以来都是国际空间站主承包商。在这之前，纳米架公司已在2016年5月与NASA签署协议，计划在国际空间站上安装商业气闸舱产品，在历史上尚属首次。纳米架公司将自主投资1200万~1500万美元，开发的气闸舱被称为“doorway to space”。当前，国际空间站主要利用日本JAXA的“希望”号气闸舱(美国也在使用)在轨部署立方星与小卫星，但内部空间有限，每年部署次数有限。波音公司与纳米架联合开发首个商业气闸舱，对于国际空间站的商业开发具有显著而重要的意义。纳米架公司首席执行官杰弗里·曼伯表示，国际空间站正迎来一个新的时代，私营机构正在越来越多地加入，气闸舱项目仅仅是与波音公司合作的开始，未来将打开近地轨道上国际空间站的商业市场。

(三) 近地以远商业载人航天项目

1. 太空旅游

近年来，轨道ATK、联合发射联盟、SpaceX等诸多商业公司提出地月空间及载人火星探索规划。2017年2月27日SpaceX公司宣布了其新计划：于2018年下半年发射一艘载有两名付费乘客的“龙”2飞船进行掠月飞行。“龙”2飞船是为NASA商业乘员计划开发的“龙”飞船的载人版。在任务设想中，该公司将使用“猎鹰重型”火箭在佛罗里达州的LC 39A发射台进行发射，以自由返回飞行掠月球表面，到达距离地球640000千米的深空，然后返回地球。整个任务大约需要一周。该次任务将在SpaceX的“龙”

飞船与国际空间站试验飞行演示验证后进行。计划先完成一次不载人试飞，2018年8月完成首次载人飞行任务。2018年1月，马斯克表示由于SpaceX公司目前研制重点放在超大猎鹰火箭上，因此暂时放弃掠月任务。

2. 私营公司参与建造“深空之门”

2017年3月，NASA提出了“深空之门”和“深空运输站”计划。“深空之门”(DSG)计划在21世纪20年代建成有人照料地月空间站，将用作拟建“深空运输站”(Deep Space Transport, DST)的中转补给站。为缓解经济压力同时推动技术创新，“深空之门”将以公私合作、国际合作的方式共同完成建造，11月1日，NASA授出为期4个月的电力推进平台研究合同，研究总经费约为240万美元，获选的5家公司分别为：波音公司、洛克希德·马丁公司、轨道ATK公司、内华达山脉公司空间系统公司和劳拉空间系统公司；目前入选的有6个深空居住舱概念方案有望纳入第二轮“下一代空间探索技术合作伙伴”(NextSTEP-2)计划中研制的部件，6家公司包括洛克希德·马丁公司、毕格罗航空航天公司、波音公司、轨道ATK公司、内华达山脉公司和纳米架公司。未来私营公司也将积极参与NASA主导的“深空之门”计划建造工作中。

3. 商业开发太空资源

太空资源开发目前面临耗资大、风险高等难题，但美国仍有不少小型初创公司对此领域跃跃欲试。2015年11月，美国国会通过了《美国商业太空发射竞争法案》，法案规定，美国个人或企业在小行星或月球上发现的任何物质，包括矿物质、水等，所有权和处置权均归发现者。这一法案为商业开发太空资源铺路，被称作“美国对太空开发领导力的里程碑”。

深空工业(Deep Space Industry)公司计划在一些小行星上部署小卫星，用来评估矿物质储量并收集样本。深空工业公司致力于

21 世纪 20 年代中期进行小行星采矿，“勘探者-1”(Prospector-1) 作为低成本的航天探矿器，装满燃料后质量为 50 千克，依靠 Comet 水动力系统释放出超高温水蒸气产生的动力前行，其主要任务是搜集数据资料，计划于 21 世纪 20 年代中期正式执行采矿任务。

2012 年由谷歌创始人之一拉里·佩奇成立行星资源(Planetary Resources)公司，也被称为“小行星采矿公司”。2015 年，该公司的首颗卫星“阿凯德”3R(Arkyd 3 Reflight)搭载“龙”飞船发射升空，目的是研究小行星，对小行星上资源进行勘探。

三、几点看法

美国在国际空间站上推行的载人航天商业化的模式不仅能够使 NASA 将更多的精力投入到更艰巨的任务中，如载人登火等，而且还能够推进大量私人资本注入国内航天经济。未来，“政府主导、商业公司参与”和最大化利用商业合作伙伴关系的模式将进一步深化，商业化将成为载人航天发展支柱。

(一) 未来美国载人航天发展将进入高度商业化阶段

特朗普上台后多次强调要大力发展公私合作关系。未来可能将公私合作关系作为美国民用航天活动的基础，在近地轨道载人航天领域大力发展与私营公司的商业航天合作，在近地轨道以远的深空探索领域也在寻求合作可能性。也许是较早嗅到了特朗普政府“钟情月球”的气息，各家航天公司都已早早开始了针对月球的布局。不仅波音公司、洛克希德·马丁公司与 NASA 合作的“空间发射系统”和“猎户座”飞船在持续推进，以 SpaceX 公司、蓝源公司为代表的航天初创公司也都相继推出了涉及月球探索的相关计划。

2017 年 9 月，马斯克公布了“超大猎鹰火箭”(Big Falcon Rocket, BFR)项目以及一张月球基地的渲染图。蓝源公司期望在

2025 年左右运送各种实验设备、货物到月球，以帮助实现建立月球基地。此外，联合发射联盟(U LA)正在制定围绕月球的交通网络。无论最后政策的天平是否会倾向于私营新锐，在特朗普任期内美国重返月球计划实现的可能性都将在多方竞争的形势下得以大大提升。

(二) 国际空间站的商业开发将建构商业航天新格局

近几年，国际空间站成为继火箭、卫星之后方案与效益都比较明确的商业航天新领地。随着全球科技的发展与创新，进入空间以及在空间从事活动的能力也在不断增强，方式方法也变得灵活。美国将大力发展以 SpaceX、蓝源公司等为代表的商业航天活动，寻求与私营公司进行商业航天合作的可能性。未来可能将近地轨道进入和近地轨道操作任务都移交给商业部门，此外在国际空间站运行和资助方面纳入更多“私人和公共合作伙伴”，包括延长国际空间站的使用寿命。

近年来，美国政府曾明确表示将逐步退出近地轨道的航天器的运作，一是为了将更多的国家层面的资源与精力，用于探索和利用更远的外层空间，二是为了充分引入新型商业公司的先进技术以及灵活的运营模式，实现航天科技创新，实现科技带动经济效益与社会效益。

(北京空间科技信息研究所)