

2018 财年 NASA 载人探索与运行预算分析

摘要：2017 年 5 月 NASA 发布了 2018 财年预算案。其中承担载人探索和空间活动的载人探索与运行任务的预算为 86.749 亿美元。本文针对该任务部的预算情况进行了梳理，总结了重型运载火箭、深空探索飞船、国际空间站、近地轨道运输服务与系统等重点项目的进展和计划。最后，总结归纳 NASA 载人航天系统的发展特点。

一、总体概况

2017 年 5 月 23 日，NASA 公布了 2018 财年预算案，预算总额为 190.92 亿美元(如表 1 所示)。预算案按照四大任务部编制，即科学任务部、航空任务部、空间技术任务部和载人探索与运行任务部。四大任务部开展的各类项目在一定程度上能够反应 NASA 的发展规划，而载人航天领域的相关活动则集中于载人探索与运行任务部，因此本文将这部分内容作为研究重点。

表 1 NASA 各部门在 2018 财年预算申请(单位：亿美元)

预算部门	2016 财年 (实际投入)	2017 财年 (法案通过)	2018 财年 (申请)
科学任务部	55.841	47.649	57.118
航空研究任务部	6.338	6.600	6.240
空间技术任务部	6.864	6.865	6.786

续表

预算部门	2016 财年 (实际投入)	2017 财年 (法案通过)	2018 财年 (申请)
载人探索与运行任务部	90.285	92.747	86.749
教育办公室	1.150	1.000	0.373
安全、安保及任务服务	27.724	27.686	28.302
建设以及环境改善和恢复	4.274	3.607	4.961
总监察办公室	0.374	0.379	0.393
总预算	192.850	196.533	190.922

从表 1 中可以看到，载人探索与运行任务部的预算占到了 NASA 总预算的 45% 左右，其重要地位可见一斑。预算案提到“NASA 专注于扩展人类在太阳系中的活动范围，并不断开拓太空探索的前沿”，载人探索与运行任务部是支撑上述目标的具体部门，负责管理和开展载人航天活动，包括近地轨道范围内的飞行任务以及近地轨道以远的深空探索任务。NASA 预算案中，载人探索与运行任务部的预算也是按照上述活动类型分成了两个领域：一个是面向深空探索的“航天探索”领域，包括 SLS 重型运载火箭、“猎户座”飞船、地面设施及相关的研发工作；另一个是围绕近地轨道的“空间活动”领域，包括国际空间站、航天运输、空间和飞行支持等，具体预算见表 2。

表 2 载人探索与运行任务部预算(单位：亿美元)

预算项目	2016 财年 实际投入	2017 财年预算 (法案通过)	2018 财年预算 (申请)
航天探索	39.962	43.240	39.341
探索系统研制	36.408	39.290	35.841

2018 财年 NASA 载人探索与运行预算分析

续表

预算项目	2016 财年 实际投入	2017 财年预算 (法案通过)	2018 财年预算 (申请)
猎户座飞船	12.700	13.500	11.860
SLS 项目	19.719	21.500	19.378
探索系统地面设施(EGS)	3.989	4.290	4.604
探索研究和开发	3.554	3.950	3.500
人类研究计划	1.450	—	1.400
先进探索系统	2.104	—	2.100
空间活动	50.323	49.507	47.408
国际空间站	14.364	—	14.906
空间站系统运行和维护	10.925	—	11.731
空间站研究	3.439	—	3.175
航天运输	26.678	—	24.151
乘员与货物运输	14.240	—	16.832
商业乘员	12.438	—	7.319
空间和飞行支持	9.227	—	8.350
21 世纪航天发射工位	0.284	—	0
空间通信和导航	6.698	—	5.763
载人飞行操作	1.006	—	1.244
发射服务	0.812	—	0.868
火箭推进系统试验	0.427	—	0.476
总计	90.285	92.747	86.749

二、预算分解及任务情况

(一) 航天探索

航天探索是 NASA 围绕深空探索开展的核心任务领域，包括探索系统研制、探索研究与开发两部分内容，2018 财年申请的预算分别为 35.841 亿美元和 3.5 亿美元。

1. 探索系统研制

2018 财年探索系统研制的总预算为 35.841 亿美元，SLS 项目、“猎户座”飞船以及探索系统地面项目的预算分别为 11.86 亿、19.378 亿和 4.604 亿美元。

(1) “猎户座”飞船

“猎户座”飞船项目包括飞船研制、“猎户座”飞船项目集成和支持两部分，分别为 11.755 亿美元和 1050 万美元，总计 11.86 亿美元，比 2017 财年预算减少了 1.64 亿美元。

2017 财年开展的工作：2016 年 10 月，NASA 和美国海军联合开展了“猎户座”回收的操作演练。NASA 为 EM-1 任务使用的乘员舱安装防热瓦，总计大约 180 块，采用一种称为 Avcoat 的烧蚀材料。NASA 进一步验证了“猎户座”飞船服务舱能够承受 SLS 火箭发射和飞行过程中的振动环境。“猎户座”完成了“乘员舱回收装置”的功能试验，在“猎户座”溅落到海面上时，回收人员利用该装置来捕获和移动温度极高的乘员舱模块，试验在高于实际任务温度的情况下取得了成功，验证了回收装置的操作流程。由欧洲负责研发制造的服务舱的第一批电子设备运到洛克希德·马丁公司，准备和美国的设备进行集成和试验。2017 财年第四季度将完成乘员舱和服务舱的对接。2017 财年还将开始 EM-2 任务乘员舱结构的制造。

2018 财年的关键计划：2018 财年初将完成发射逃逸系统和乘

员舱及服务舱的装配，下一步就是将“猎户座”的乘员舱和服务舱交付给肯尼迪航天中心，运至航天器总装大楼内。之后，“猎户座”飞船将在 2018 财年第三季度与 SLS 进行对接，完成总装集成后，将和火箭转运至 39B 发射工位，在发射台进行最后的检测，准备进行 EM-1 的发射。在准备 EM-1 任务的同时，EM-2 任务的乘员舱主结构、发射逃逸系统将进入初步制造阶段。

(2)“航天发射系统”(SLS)

“航天发射系统”包括运载火箭研制和 SLS 项目集成与支持两部分，预算申请分别为 18.817 亿美元和 5610 万美元，SLS 项目的总预算为 19.378 亿美元，比 2017 财年拨付预算减少了 2.122 亿美元，降低了 3.46%。

2017 财年正在开展的工作：在 2017 财年，SLS 项目将继续推进 EM-1 任务，并研发下一个演进构型。EM-1 任务采用过渡性低温上面级、级间段、“猎户座”飞船适配器、飞行软件、RS-25 发动机以及固体发动机段将完成制造，后续将进行装配。RS-25 的新型发动机控制单元将完成鉴定，并将用于 EM-1 任务。称为“探路者”的芯级样机，在完工之后将运往斯坦尼斯航天中心的 B2 试车台，校验芯级和试车台之间的匹配性。B2 试车台将在 2017 财年整修完工，未来用于芯级试车。马歇尔航天飞行中心的“软件集成试验设施”将继续开展飞行软件和相关电气设备的试验。探索上面级将完成初步设计评审验证流程，准备进行后续设计和制造。

2018 财年的关键计划：RS-25 将完成新型发动机控制单元的安装，并准备集成到芯级上。在 2018 财年，EM-1 任务的火箭将开始交付组件，首先是将过渡性低温上面级和级间段运往肯尼迪航天中心进行系统集成。EM-1 任务的固体助推器段也将运抵肯尼迪航天中心开始进行装配。2019 年初将进行 EM-1 任务的“设计认证评审”，同时还将进行 EM-2 任务的关键设计评审，EM-3 任务的组件也将开始生产。

(3) 探索系统地面设施

探索系统地面设施(EGS)在 2018 财年申请的预算为 4.604 亿美元，比 2017 财年拨付的经费增加了 3140 万美元，提高 7.3%。

2017 财年正在开展的工作：在 2017 财年第一季度和第二季度，EGS 项目组在航天器总装大楼内的 3 号高顶工作间内完成了平台 A 的安装，并完成了相关管路及电气线路的安装。2017 年夏季，项目组将把活动发射平台转移到总装大楼内，验证平台的系统能够与总装大楼的匹配性。项目组将完成火焰导流板的翻修。项目组将完成发射控制和监控软硬件的开发和校验。2017 年 9 月，EGS 项目组将完成活动发射平台地面支持设备的安装。39B 发射工位将建成一个大容量液氢贮罐。芯级前裙脐带正在进行为期 4 个月的测试，确定加载极限和起飞前的断开能力，之后将安装到活动发射平台上，该脐带的主要作用是为芯级前裙提供受控的空气和氮气。在 2017 财年，与 EM-1 任务相关的 10 万多个组件将运抵肯尼迪航天中心，EGS 将开始猎户座飞船的装配。在 2017 年 10 月底，EGS 将联合海军、空军以及猎户座飞船承包商(洛克希德·马丁公司)开展第 5 次猎户座飞船回收演练。2017 年 8 月，将完成 EGS 系统集成评审。

2018 财年的关键计划：2018 财年将准备对活动发射平台、发射工位以及总装大楼进行“多元验证和校核”。“猎户座”飞船的“线下”处理将在 2018 年第三季度开始，完成所有系统软件和硬件的验证，确保飞船为发射任务做好了充分准备。在 2018 年第 4 季度，活动发射平台将转移到总装大楼的 3 号高顶工作间，进行后续的集成操作以及平台和总装大楼的适配检验。在发射前 9 个月，SLS 火箭芯级和“猎户座”飞船的服务舱模块将抵达肯尼迪航天中心进行装配，芯级和固体助推器也将进行安装适配。乘员舱模块将运抵“发射逃逸系统设施”进行装配。完成火箭总装后，在连接脐带和稳定器之前，首先进行模型测试。

2. 探索系统研究和开发

探索研究和开发包含两个项目：人类研究计划(HRP)和先进探索系统，2018 财年的预算申请分别为 1.4 亿美元和 2.1 亿美元。人类研究计划则主要关注航天飞行对人的影响以及应对措施。先进探索系统包括生命支持、深空环境、乘员机动系统以及先进太空服等。

(二) 空间活动

空间活动领域的预算包括三部分内容：国际空间站、航天运输以及空间和飞行支持。2018 财年国际空间站的预算为 14.906 亿美元，航天运输的预算为 24.151 亿美元，空间与飞行支持的预算为 8.35 亿美元。在近地轨道运行的国际空间站为科学研究和技术研发活动提供了平台。航天运输主题下“乘员和货物计划”负责管理国际空间站的货物和人员运输活动，包括采购国内外的运输服务，而“商业乘员计划”则是 NASA 通过与美国国内企业合作，建立美国自主近地轨道载人能力的实施途径。空间与飞行支持计划主要提供所需的关键空间通信、发射和试验服务以及航天员训练等重要支撑服务。

1. 国际空间站

国际空间站是一个非常复杂的载人空间设施，用于各类基于空间的探索活动。国际空间站常驻 6 人，其中 3 人位于美国舱段，3 人位于俄罗斯舱段。美国舱段由美国和加拿大、欧洲及日本等合作伙伴共同运行，俄罗斯舱段则由俄罗斯独立运行。国际空间站至少要运行至 2024 年。国际空间站预算包括空间站系统运行和维护、空间站研究两部分，预算经费分别为 11.731 亿美元和 3.175 亿美元。

2017 财年正在开展的工作：继续监控国际空间站的健康情况进行基本维护，继续管理运输、后勤补给等；2017 财年计划支持 1 次俄罗斯的出舱活动和 5 次美国的出舱活动，计划将空间站

的镍氢电池更换为锂电池。

2018 财年的关键计划：为“商业乘员计划”下美国自主研发的空间站载人运输系统提供支持；继续为运输、补给、后勤等活动提供支持。

2. 航天运输

航天运输主题下开展的项目包括 NASA 在国内外购买乘员和货物运输发射服务的“乘员和货物计划”，以及为发展商业载人能力而开展的“商业乘员计划”(CCP)。2018 财年上述两个项目的预算经费分别为 16.832 亿美元和 7.319 亿美元，总计 24.151 亿美元。

(1) 乘员和货物计划

“乘员和货物计划”负责管理由国内外合作伙伴提供的发射服务。NASA 通过“商业补给服务”(CRS)合同向轨道 ATK 公司和 SpaceX 公司采购货物发射服务。乘员发射服务则是通过向俄罗斯宇航局购买。

(2) 商业乘员计划

NASA 通过商业乘员计划(CCP)基于里程碑合同的形式为合作伙伴(私营部门的航天企业)提供技术和资金支持，由私营部门来研制乘员运输系统(载人运载火箭和飞船)，实现近地轨道(以国际空间站为目的)的乘员运输。商业乘员计划包括“商业乘员开发”“商业乘员集成能力”“商业乘员运输能力”3个项目。

2017 财年正在开展的工作：到 2017 财年结束时，在“商业乘员运输能力”项目下，波音将完成 23 项里程碑(共 33 项)，包括一次关键飞行试验——“水上/陆上着陆鉴定试验评审”。SpaceX 公司将完成 12 项里程碑(共 19 项)，包括一次关键飞行试验——“无乘员飞行试验鉴定评审”。

2018 财年的关键计划：2018 财年年末，SpaceX 将完成“商业乘员集成能力”项目的最后一项里程碑事件——“飞行任务中的发

射逃逸试验”。在“商业乘员运输能力”项目下，SpaceX 公司计划在 2018 年 8 月完成所有研制里程碑，并完成系统认证。在 2018 年结束时，波音公司在“商业乘员运输能力”项目下将完成 32 项里程碑(共 33 项)，包括“载人飞行试验设计鉴定评审”和“载人飞行试验成熟度评审”，波音公司将在 2018 年 10 月完成所有里程碑事件，进行最后的系统认证。

3. 空间与飞行支持

航天飞行与支持涉及空间通信导航系统、发动机试验设施、发射服务和载人航天的飞行操作。2018 财年的预算申请为 8.35 亿美元。2018 财年，该主题下的“21 世纪航天发射工位”项目被取消。

空间通信和导航(SCaN)项目预算申请为 5.763 亿美元，利用 NASA 的 3 个通信测控网络(空间通信网络、近地通信网络和深空通信网络)为各类空间活动提供通信和导航服务。SCaN 为航天器传回状态监控数据、上传指令并向各任务控制中心发送数据。SCaN 服务对象包括大气层边缘的热气球、近地轨道的科学卫星、望远镜以及深空探测器。载人飞行操作(HSFO)项目的预算申请为 1.244 亿美元。该项目为载人飞行提供航天员的训练，以及发射前后和飞行中航天员的健康状态。发射服务项目(LSP)预算申请为 0.868 亿美元，利用国内商业发射服务商为科学、探索、通信、天气、技术研发卫星提供了价格合理的、可靠的进入空间的能力。LSP 充当中间人角色，通过竞争过程匹配航天器和运载火箭。火箭推进系统试验(RPT)的预算申请为 0.476 亿美元，维护和管理火箭发动机地面试验设施，所有火箭发动机试验都要通过该项目。

三、小结分析

(一) 项目进度滞后，SLS 火箭及地面设施的预算经费提升

2014 年 8 月，SLS 项目的关键决策点 C 评审确定了整体的规划和经费投入，当时明确首飞任务(EM-1)时间为 2018 年 11 月，预计从 2014 年 2 月到任务首飞投入的总经费大约为 70.21 亿美元。从 2014 年到 2017 年间，NASA 一直按照上述计划进行预算申请，每年为 SLS 火箭申请的经费都在 13 亿到 14 亿美元左右。然而，美国政府问责局(GAO)在 2014 年和 2017 年开展的独立调查都认为，NASA 在 SLS 项目上会因进度过于紧张而存在滞后的风险。一方面是由于 NASA 对于经费的估算不足，另一方面则是由于新型重型运载火箭研制遇到了技术挑战。因此，美国国会在 2014—2017 年间实际每年为 SLS 项目拨付的预算远超过了其申请额(参见表 3)。目前，NASA 面对猎户座服务舱动力模块交付时间推后、芯级焊接出现问题等技术因素，以及米丘德(SLS 火箭装配制造厂区)受到飓风影响的自然因素，不得不将 SLS 火箭推迟至 2019 年(甚至有可能推迟至 2020 年)。与此同时，NASA 在 2018 财年的预算案中第一次将 SLS 的预算申请额提高至 19.378 亿美元。

表 3 NASA 在 2014 财年至 2017 财年为 SLS 申请的预算
以及国会拨付经费

	2014 财年	2015 财年	2016 财年	2017 财年	2018 财年
预算申请额(亿美元)	13.849	13.803	13.565	13.103	19.378
国会拨付(亿美元)	16	17	20	21.5	—

(二) 商业航天运输系统逐步成熟，商业公司即将具备近地轨道载人运输能力

从预算案对于“乘员和货物计划”的描述可以看到，包括“猎鹰 9 火箭+猎户座飞船”“安塔瑞斯火箭+天鹅座飞船”“宇宙神 5 火箭+天鹅座飞船”在内的商业货物运输系统都已经逐步成熟化，NASA 只需要向公司采购发射和运输服务即可。波音公司的“宇宙神 5 火箭+CST100 载人飞船”，和 SpaceX 公司的“猎鹰 9 火箭+载人龙飞船”研制进展顺利，即将在 2018 年开展飞行试验，未来 NASA 将按照商业货物运输的模式，向这些具备近地轨道载人运输能力的商业公司采购乘员运输服务。

(三) 为实现近地轨道以远的载人深空探索目标，构建完整多样化的探索途径

虽然今年美国政府调整了深空探索的战略，取消了小行星重定向计划，并明确了重返月球以及在地月空间建立“深空之门”（Deep Space Gateway）的计划，但是未来最终目标仍然是火星等近地轨道以远空间，为此 NASA 仍然坚持着现有的多样化的探索途径：在近地轨道依托国际空间站对各类深空任务所需的技术进行初步验证，而近地轨道货物和人员运输系统的研发、运行和维护全部交付给商业公司，NASA 只需要采购服务；NASA 则将其主要资源投入到深空探索系统（包括 SLS 重型运载火箭、“猎户座”飞船以及地面设施等）的研制上，并规划在地月空间对探索系统进行验证和校核，然后再探索火星等目的地。NASA 通过建立上述多样化的探索途径，一方面能够集中力量研制技术挑战更大的深空探索系统，另一方面也通过近地轨道运输服务采购带动了商业运输系统的发展。

（北京航天长征科技信息研究所）