

2017 财年 NASA 载人探索与运行预算分析

摘要：2016 年 NASA 发布了 2017 财年预算案。其中承担航天探索和空间活动的载人探索与运行任务部的预算总额为 84.127 亿美元，较 2016 年法案通过的 90.592 亿美元略有下降。主要工作集中在以火星探索为主要目标的未来深空探索系统研制和目前正在开展的近地空间活动及相关航天运输系统研制。

2016 年 2 月 9 日，NASA 公布了 2017 财年预算案，预算总额为 190.25 亿美元，其中载人探索与运行任务部在 2017 年的预算总额为 84.127 亿美元(表 1)，占到了 NASA 总经费的 44%。

表 1 载人探索与运行任务部预算(单位：亿美元)

预算项目	2015 财年 实际投入	2016 财年预算 (法案通过)	2017 财年预算 (申请)
航天探索	35.427	40.300	33.369
探索系统研制	32.115	36.800	28.595
SLS 项目	16.786	20.000	13.103
猎户座飞船	11.902	12.700	11.198
探索系统地面设施(EGS)	3.428	4.100	4.294
探索研究和开发	3.312	3.500	4.773
人体研究计划	1.420	—	1.533
先进探索系统	1.892	—	3.241
空间活动	46.255	50.292	50.785
国际空间站	15.248	—	14.307

2017 财年 NASA 载人探索与运行预算分析

(续)

预算项目	2015 财年 实际投入	2016 财年预算 (法案通过)	2017 财年预算 (申请)
空间站系统运行和维护	11.130	—	11.089
空间站研究	4.118	—	3.219
低地球轨道航天运输	22.540	—	27.577
商业乘员	8.050	—	11.848
乘员与货物运输	14.490	—	15.728
空间和飞行支持	8.390	—	8.874
21 世纪航天发射工位	0.352	—	0.120
空间通信和导航	5.791	—	6.124
载人飞行操作	0.997	—	1.283
发射服务	0.806	—	0.872
火箭推进系统试验	0.444	—	0.476
总计	81.682	90.592	84.127

载人探索与运行任务部的预算包括两大部分：一是以火星探索为主要目标的未来深空探索系统，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；二是目前正在开展的近地空间活动及相关航天运输系统，包括国际空间站、航天运输、空间和飞行支持等。近五年 NASA 点预算与航天探索和空间活动预算见图 1。

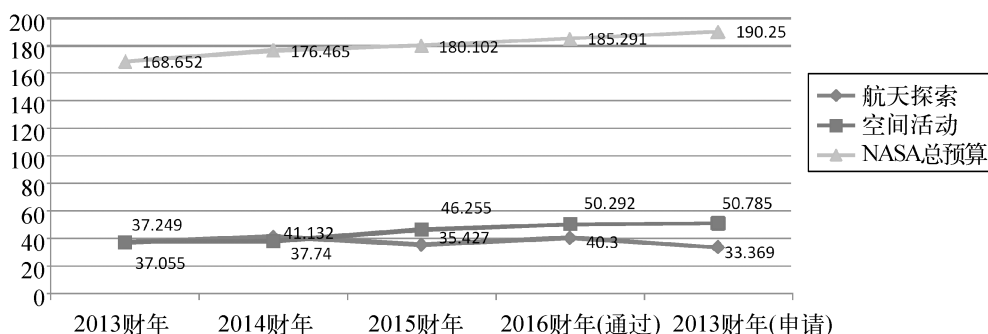


图 1 近五年 NASA 总预算与航天探索和空间活动预算(单位: 亿美元)

一、航天探索预算

航天探索是 NASA 围绕深空探索、实现载人探火目标的核心任务，包括探索系统研制、探索研究与开发两部分内容，2017 财年申请的预算分别为 28.595 和 4.773 亿美元。

(一) 探索系统研制

探索系统研制的总预算为 28.595 亿美元，其中 SLS 项目、“猎户座”飞船以及探索系统地面项目的预算分别为 13.103 亿美元、11.198 亿美元和 4.294 亿美元。为了实现载人深空探测的目标，SLS 重型火箭以及“猎户座”多用途飞船仍是 NASA 工作的重心。

1. 航天发射系统(SLS)

航天发射系统包括 SLS 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 12.628 亿美元和 4750 万美元，SLS 项目的总预算为 13.103 亿美元，比 2015 财年拨付预算减少了 6.715 亿美元，降低了 27.7%。

SLS 重型火箭可以为小行星、火星和太阳系内其他目的地的载人和非载人探索提供运载能力。研制过程中充分利用已有的航天运输系统部件，包括航天飞机主发动机、“星座”计划的五段式固体火箭助推器以及源于“德尔它”4 火箭的过渡型低温上面级等。

2015 财年成果：

SLS 项目火箭部件已逐步交付给肯尼迪航天中心(KSC)，计划在 2018 年 11 月实现 SLS 首飞(EM-1)。SLS 项目进行了一系列芯级 RS-25 发动机热点火试验，验证发动机是否满足 SLS 飞行性能需求；固体火箭助推器进行了第一次鉴定试验(QM-1)，验证助推器的性能。整个 SLS 项目已顺利完成关键设计评审(CDR)，进入详细设计和制造阶段。

2016 财年正在开展的工作：

SLS 项目将继续进行 EM - 1 飞行用 RS - 25 发动机的热点火试验，进行助推器第二次鉴定试验(QM - 2)，制造火箭级间段结构试验件、ICPS 结构试验件和“猎户座”支架结构试验件。

2017 财年的关键计划：

SLS 项目将完成 EM - 1 飞行任务用 ICPS 的制造，并将组件运至肯尼迪航天中心；固体助推器开始最终组装；RS - 25 飞行用发动机将安装至芯级。此外，还将开展芯级结构试验件的验证试验。

2. “猎户座”飞船

“猎户座”飞船项目包括飞船研制、“猎户座”飞船项目集成与支持两部分，其中研制载人飞船的预算申请为 11.093 亿美元，集成与支持的预算申请为 1050 万美元，“猎户座”飞船总的预算申请为 11.198 亿美元，比 2016 财年预算减少了 1.502 亿美元，降低了 11.8%。

2015 财年成果：

“猎户座”项目成功完成 EFT - 1 任务后，分析了飞行中获取的数据，结果显示所有项目目标均完成，飞船热防护系统、降落伞系统、乘员舱直立系统等的设计和性能得到验证。以 EM - 1 和 EM - 2 飞行任务为重点，继续开展研制、设计和试验。

2016 财年正在开展的工作：

“猎户座”项目将继续围绕 EM - 1 任务开展准备工作，即非载人的月球轨道飞行试验。数天的飞行任务将为项目积累最新的详实数据，结合 EFT - 1 试验数据验证飞船的设计与性能。进行关键设计评审，确保“猎户座”顺利进入全尺寸制造、组装、集成和试验阶段。EM - 1 飞行试验的各种组件也在制造中，后续还将进行一系列验证和试验。

2017 财年的关键计划：

EM - 1 任务的飞船硬件组装，每个舱按顺序进行单独的组

装、集成和试验。同时，EM-2 任务的准备工作也并行开展。

3. 探索系统地面设施(EGS)

探索系统地面设施在 2017 财年申请的预算为 1.294 亿美元，比 2016 财年申请的经费增加了 1940 万美元(提高 4.7%)。

2015 财年成果：

2014 年 12 月，EGS 项目成功完成“猎户座”成员舱的着陆和回收工作，成功收尾 EFT-1 任务。开始安装地面支持设备，完成移动发射车的结构和设备改进；在垂直组装大楼开展发射平台适应性建设；进行移动运输车的延寿和改进。2015 年 12 月，EGS 项目完成关键设计评审。

2016 财年正在开展的工作：

围绕 EM-1 首飞任务开展准备工作，计划完成移动发射车、地面支持设备、多载荷处理设施的改进；完成垂直组装大楼楼内平台适应性建设；完成 LC-39B 发射台尾焰导流槽的建设，改进基础设施和推进剂与供气系统。

2017 财年的关键计划：

计划完成尾焰导流槽和 39B 发射台的建设；完成发射场指挥和控制系统(SCCS)4.1 的研发和验证、移动发射车(ML)地面支持设备的安装和脐带安装。

(二) 探索系统研究和开发

探索研究和开发包含两个项目，人体研究计划(HRP)和先进探索系统，这两个项目在 2017 财年的预算申请分别为 1.533 亿美元和 3.241 亿美元。

人体研究计划：是为了研究并降低对航天员健康影响最大的风险因素，确保航天器乘员在深空探索任务中保持良好的健康状况和工作状态。

先进探索系统：致力于未来深空探索中的人类航天飞行辅助系统研究。涉及的具体内容包括生命支持、深空环境、乘员机动

系统以及先进航天服等。

二、空间活动

空间活动能力覆盖 NASA 的空间和地面设施：可以进行火箭动力系统试验；保证安全可靠和成本可承受的进入空间能力；维持地面站和太阳系所有平台之间可靠的通信能力。空间活动包括三部分内容：国际空间站、航天运输以及空间和飞行支持，2017 财年的预算分别为 14.307 亿美元、27.577 亿美元和 8.874 亿美元。

（一）国际空间站

国际空间站常驻 6 位乘员，其中 3 人位于美国舱段，3 人位于俄罗斯舱段。NASA 在 2017 财年的预算中将国际空间站的预算缩减为两部分：空间站系统运行和维护与空间站研究。将乘员与货物运输的预算转移到了航天运输下。空间站系统运行和维护的经费预算为 11.089 亿美元，空间站研究的经费预算为 3.219 亿美元。

2015 财年成果：

在轨道 ATK 公司和 SpaceX 公司空间站运送补给过程中发生事故、损失了很多载荷的情况下，NASA 成功调整了饮用水处理工艺，将总有机物含量控制在可接受范围内。国际空间站在 2015 财年共开展了 416 项试验。

2016 财年正在开展的工作：

计划开展一次俄罗斯航天员的出舱活动和 5 次美国航天员的出舱活动。持续改进对接模块，允许同时对接多艘飞船（轨道飞行器）。

2017 财年的关键计划：

提高乘员驻留时间，提供实时的任务支持能力。

(二) 近地轨道航天运输

航天运输部分涉及载货及载人两方面。开展的项目包括 NASA 向商业公司购买货物发射服务的国际空间站(ISS)货物补给服务(CRS)合同,以及以发展商业载人能力为目标的商业乘员发展(CCP)计划。2017 财年申请的预算额度为 27.577 亿美元。

1. 商业乘员计划

CCP 计划通过两阶段商业乘员开发计划(CCDev)、商业乘员运载综合能力(CCiCAP)、产品认证合同(CPC)和商业乘员运输能力发展(CCtCap)来实现。各项目合同以里程碑事件为标的。2014 年 9 月, NASA 在 CCP 计划下,向波音和 SpaceX 分别授出 CCtCap 合同,继续推进商业乘员运输系统的研究,该计划进入最终阶段。

2015 财年:

NASA 与蓝色起源公司修改 CCDev2 合同相关条款,增加了 2 项非投资里程碑事件,允许该公司继续致力于其乘员运输系统的改进工作。

CCiCap 项目下,内华达山脉公司完成了 10 项(共计 11 项)获投资的里程碑事件和 1 项未获投资的里程碑事件,其中包括为支撑“追梦者”号飞船推力系统飞行环境下的质量测试而进行的反应控制系统测试。SpaceX 完成了 12 项里程碑事件,包括 5 月进行的紧急中断发射测试。

CCtCap 项目下,波音完成了 6 项(总计 23 项)里程碑事件,SpaceX 完成了 2 项(总计 18 项)里程碑事件。

2016 财年:

继续推进 CCiCap 和 CCtCap 项目。NASA 希望波音完成 7 项(总计 23 项)里程碑事件,其中包括飞行软件验证和集成降落伞系统降落试验。NASA 希望 SpaceX 完成 9 项(总计 18 项)里程碑事件。

2017 财年：

2017 财年年末，各供应商应完成认证；NASA 希望波音完成 8 项(总计 23 项)里程碑事件，包括载人飞行测试启动前认证；SpaceX 完成 6 项(总计 18 项)里程碑事件，包括 ISS 载人关键飞行试验。图 2 为商业乘员项目计划项目进程规划。

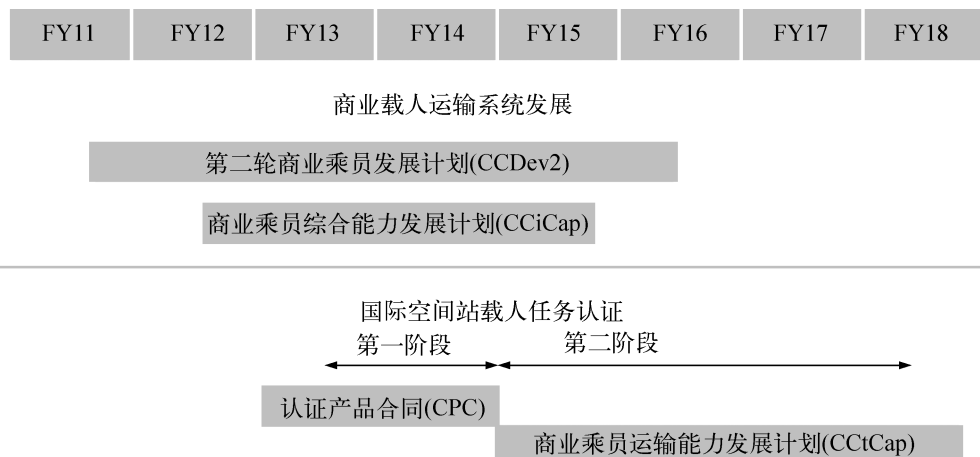


图 2 商业乘员项目计划项目进程规划

2. 乘员与货物运输

货运补给服务方面，NASA 通过 CRS 合同，向轨道 ATK 和 SpaceX 分别购买了发射服务。第一轮 CRS 合同在 2008 年授出，轨道 ATK 公司获得 19 亿美元，计划提供 8 次 CRS 服务，共运送 20 吨货物，截至 2015 年完成了 2 次，失败 1 次；SpaceX 获得 16 亿美元，计划提供 12 次 CRS 服务，共运送 20 吨货物，截至 2015 年完成了 6 次，失败 1 次。2015 年夏，NASA 增加了首轮 CRS 任务次数。SpaceX 的任务由原来的 12 次增加至 15 次，轨道 ATK 的任务由 8 次增加至 10 次。2016 年，NASA 授出第二轮 CRS 合同，轨道 ATK、SpaceX、内华达山脉公司获得合同，计划从 2019 年底至 2024 年前执行任务，每家公司将至少完成 6 次货运任务。

各财年主要工作如下。

2015 财年：

2014 年 10 月，轨道 ATK 的“安塔瑞斯”火箭遭遇失败，飞船及货物在火箭的爆炸事故中损毁。2015 年 6 月，SpaceX 的“猎鹰”9 火箭搭载“龙”飞船升空后爆炸。在 NASA 的协助下，上述两家企业对各自的火箭故障进行了调查。轨道 ATK 已完成对事故的调查，并计划使用“宇宙神”5 火箭进行下 2 次发射任务(已完成)，同时对“安塔瑞斯”火箭进行重新的设计和测试。SpaceX 的事故调查也接近尾声，并对“猎鹰”火箭进行了改进和测试。

轨道 ATK 完成了 5 项性能里程碑事件。SpaceX 完成了 14 项性能里程碑事件。2015 年 1 月，SpaceX 成功执行 SpX-5 任务。

2016 财年：

NASA 希望轨道 ATK 和 SpaceX 如期完成 ISS 补给任务。轨道 ATK 公司 2015 年 12 月重返 ISS 货运舞台，计划完成 3 次 CRS 发射和 11 项里程碑事件。前两次发射使用“宇宙神”5 火箭在卡纳维拉尔角进行。第三次使用“安塔瑞斯”230 火箭在沃勒普斯发射场进行发射。SpaceX 计划在 2016 年 3 月进行 ISS 任务发射。NASA 希望 SpaceX 能够完成 3 次 CRS 补给飞行，以及 13 项里程碑事件。

第二轮商业补给服务(CRS-2)将确定任务种类并对整体需求进行分析。

2017 财年：

2017 财年，NASA 将为支撑乘员及货物项目的发展提供稳定的载人及载货飞行计划。NASA 希望轨道 ATK 完成两次 CRS 任务和 7 项性能里程碑事件。SpaceX 计划执行 3 次商业补给任务，完成 14 项性能里程碑事件。轨道 ATK、内华达山脉、SpaceX 将履行 CRS-2 合同，完成合同下的综合里程碑事件，以支撑在 2019 年开始执行补给任务的计划。

(三) 空间与飞行支持

航天飞行与支持涉及发射工位的建设、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。2015 财年的预算申请为 8.546 亿美元。其中：

21 世纪航天发射工位预算申请为 0.352 亿美元。它的主要目标是对肯尼迪航天中心的发射场和发射工位进行现代化改造，提高稳定性，能够支持多个用户。

空间通信和导航(SCaN)项目预算申请为 5.791 亿美元。该项目为 NASA 所有的项目提供关键的通信和导航服务。

载人飞行操作(HSFO)项目的预算申请为 0.997 亿美元。该项目为载人飞行提供航天员的训练期间，以及发射前后和飞行中航天员的健康状态。

发射服务(LSP)项目的预算申请为 0.806 亿美元。该项目利用国内商业发射服务商为科学、探索、通信、天气、技术研发卫星提供经济、可靠的进入空间的能力。

火箭推进系统试验(RPT)项目的预算申请为 0.444 亿美元。该项目维护和管理着一系列进行火箭发动机地面试验的设施。

三、小结

(一) 逐步明确载人探火的深空探索途径，重点开展重型运载火箭和飞船的系统研发

NASA 在 2016 财年的预算案中明确提出，“提高人类在太阳系内的探索范围，包括实现载人探火的最终目标”，而在 2017 财年的预算中也重申了这一目标。在此之前，NASA 更多的提法是“探索近地轨道以远的空间”这样比较模糊的概念。近年来，NASA 通过制定“小行星探索策略”和“火星探索路径”等以深空探索为目标的任务方案后，才逐步确立了深空探索的途径。SLS 重型运载火箭和“猎户座”飞船是 NASA 深空探索的核心能力，可将更大的载荷和更多的人员送往更远的空间，逐步实现载人探测火星。从资金面看，美国在 SLS 重型运载火箭和“猎户座”飞船上的

投入比重较大且多年保持稳定，如果深空探索的目标和政策不发生大的变化，NASA 未来几年内的系统研制工作将围绕这两个重点项目开展。

(二) 依靠国际空间站为主的近地空间活动验证深空探索所需能力

深空探索必然涉及到人员长时间的空间生存和空间作业问题，而国际空间站是验证相关技术的最好的平台。空间站的研究、技术演示验证和各种试验都会推动未来长时间的深空探索任务所需要的技术能力，例如自动交会对接、先进通信、人类健康和行为等。此外，国际空间站还是商业研究的实验室，可以为多个学科提供独特的实验平台。

(三) 支持商业航天运输系统，带动商业航天产业发展

在 2017 财年的预算中，NASA 在空间活动部分增加了“航天运输”的主题，将国际空间站的乘员和货物运输以及商业乘员计划独立出来，强调美国要依靠国内航天运输系统完成国际空间站的人员和货物运输。目前，NASA 已经通过商业轨道运输服务 (COTS) 计划、商业乘员计划等项目支持 SpaceX 公司、蓝色起源公司、内华达山脉等公司及私营企业，既能够以较低的成本满足自身对于运输系统的需求，又能够培育新的力量带动产业发展。

(北京航天长征科技信息研究所)