

## 美国替换俄制 RD-180 发动机的方案研究

美国空军 1994 年为确保进入空间，启动渐进型一次性运载火箭项目（EELV），目标是打造价格适中、性能可靠的运载火箭。EELV 项目现有联合发射联盟公司（ULA）和空间探索公司（SpaceX）两家火箭供应商。EELV 火箭梯队包括 ULA 公司的“德尔它”2、“德尔它”4 和“宇宙神”5 火箭，以及 SpaceX 公司的“猎鹰”9 火箭。其中，“宇宙神”5 系列采用进口的俄制 RD-180 发动机作为芯级主发动机。该系列火箭 2002 年 8 月 21 日成功首飞，截至 2017 年 11 月 16 日已完成 74 次发射。因美、俄关系趋紧，双方制裁措施不断加码。俄副总理甚至在 2014 年 5 月表示要禁止俄制 RD-180 发动机用于美国军用卫星发射任务。虽然，这一说法尚未付诸实施，但 RD-180 发动机的去留近年已成为美国政界、军方、工业界关注的焦点。

### 一、背景

2014 年底，美国国会通过《2015 财年国防授权法》要求美国国家安全卫星发射任务到 2019 年须摆脱对俄制发动机的依赖。但由于美国短时间内无法研制出相应的国产火箭发动机，美国国会在 2015 年 12 月中旬通过的《2016 财年综合开支法案》取消上述限制。此后，美国国会针对“如何快速替换 RD-180 发动机和严格限制其进口数量，同时确保美国进入空间能力”进行了多轮听证辩论。2016 年 12 月 13 日，美国国会通过《2017 财年国防授权法》，限定在 2022 年前使用的俄制发动机总数不超过 18 台。

目前，美国政界、军方和工业界虽然在摆脱 RD-180 的具体时间、过渡期间 RD-180 发动机使用限量和选择方案上还存在分歧，但是就

美国国家安全卫星发射任务彻底摆脱 RD-180 发动机已达成共识。

按照 EELV 项目双产品线采购策略，美国空军要求具备两个 EELV 备选火箭系列。这样，一旦某个系列火箭因技术问题或故障而不能发射升空时，还可用另一个火箭系列继续发射国家安全卫星。美国空军还认为，EELV 项目的双产品线采购策略有助于开展竞争，激励承包商降低成本、提高可靠性、为提升火箭性能增大投入。

SpaceX 公司的“猎鹰”9 火箭 2015 年 5 月通过美国空军 EELV 项目认证，即将于 2018 年执行首个 EELV 发射任务。“猎鹰重型”火箭也即将首飞。如果“猎鹰重型”火箭通过美空军 EELV 项目认证，那么 SpaceX 公司“猎鹰”系列火箭的运载能力就能覆盖现役 EELV 主力火箭“宇宙神”5 和“德尔它”4，成为美国国家安全有效载荷发射任务的备选火箭。ULA 公司已宣布将于 2018 年停止使用“德尔它”4M、4M+ (4, 2)、4M+ (5, 2) 和 4M+ (5, 4) 等火箭构型。按 EELV 项目双产品线采购策略，美国空军在确定“去 RD-180”方案路径时，还需在保有“猎鹰”系列的基础上再为 EELV 项目选一个火箭系列。

## 二、选择方案

美国空军在摆脱对俄制 RD-180 发动机的依赖时，要确保美国国家安全卫星发射任务的平稳过渡，须全面考虑具体备选方案、过渡时间长短以及相关成本和风险问题。“宇宙神”5 系列火箭运载能力最小的“宇宙神”5 (401) 型火箭的近地轨道 (LEO) 运载能力为 8123 千克，地球同步转移轨道 (GTO) 运载能力为 4750 千克；运载能力最大的“宇宙神”5 (551) 型火箭的 LEO 运载能力为 18814 千克，GTO 运载能力为 8900 千克的。美国战略与国际问题研究中心根据国会提出要在 2022 年实现去俄制 RD-180 发动机的目标，结合美国国内正在开展的发动机和火箭研制项目提出了五种选择方案。

## 1.方案一（“宇宙神” 5/AR1）

RD-180 发动机采用富氧闭式循环分级燃烧系统，采用苏联火箭科学家在 20 世纪 70 年代研制的技术和材料，具备燃烧室压力高的特点，性能水平高。该发动机海平面比冲 313 秒。在同类液氧/煤油发动机中，SpaceX 公司的“隼” 1D 发动机比冲为 282 秒，“土星” 5 火箭的 F-1 发动机比冲为 265 秒。

航空喷气公司为替换 RD-180 已经开展 AR1 发动机研制。与 RD-180 类似，AR1 发动机也采用液氧/煤油作为推进剂，但 AR1 的燃烧室压力不及 RD-180 发动机。此外，RD-180 发动机采用一套涡轮泵组为两个燃烧室供给推进剂，而航空喷气公司要用两台 AR1 发动机才能获得与 RD-180 同等的推力，也就意味着需要两套涡轮泵组。

“宇宙神” 5 火箭在采用 AR1 发动机时就面临增重问题，推重比降低。因为 AR1 发动机与 RD-180 发动机存在性能差异，“宇宙神” 5 火箭采用 AR1 时需要改变火箭结构。这些结构上的变化再叠加 AR1 发动机的低比冲将减损火箭整体运载能力。

美国空军在 2016 年 2 月 29 日与航空喷气公司和联合发射联盟公司签订了 AR1 发动机研制与试验合同。按照协议，美国空军将支付 5.36 亿美元，航空喷气公司需负担 2.68 亿美元。合同有效期截止 2019 年 12 月，航空喷气公司届时应完成 AR1 发动机资格认证。此后，航空喷气公司大概还需 2 年来完成 AR1 发动机与火箭的集成。

“宇宙神” 5 火箭改用 AR1 发动机后，其价格可能还要上涨。毕竟 RD-180 发动机已经投产数十年，技术成熟，俄罗斯的人工成本也比美国低。目前，“宇宙神” 5 火箭的价格已经比“猎鹰” 9 火箭高，如果因改用新型发动机而增加成本，对于政府和商业用户将变得愈发缺少吸引力。此外，“宇宙神” 5 系列火箭的运载能力无法覆盖“德尔它” 4H 型火箭。如果选择方案一（“宇宙神” 5/AR1），“德

尔它” 4H 型火箭还要继续服役。而要维持“德尔它” 4 火箭生产线运行，美国政府每年还要采购一定数量的“德尔它” 4 火箭。

因此，方案一需保留“宇宙神” 5 和“德尔它” 4 的两条生产线。美国政府每年都要采购一定数量的“宇宙神” 5 和“德尔它” 4，以维持生产线运行。而这两个火箭系列与“猎鹰” 9 及“猎鹰重型”相比不具有竞争优势。虽然方案一能满足美国军方确保进入空间的要求，但从长远来看，无论是政治上还是经济上都不具有可持续性。

## 2.方案二（“火神” /AR1）

AR1 发动机还可以用在一个专为适应其性能而设计的全新火箭。ULA 公司已经着手研制新型火箭“火神”。“火神”火箭运载能力将覆盖“宇宙神” 5 系列火箭，火箭芯级发动机将在 AR1 和蓝源公司的 BE-4 之间进行选择。

“火神” /AR1 火箭的性能有望超过“宇宙神” 5/AR1 火箭。然而，“火神” /AR1 火箭在采用“半人马座”上面级时还是无法覆盖“德尔它” 4 系列火箭的运载能力。因此，“德尔它” 4 火箭的生产线还需保留。不过，ULA 公司宣布计划在“火神”火箭上应用一种名为“先进低温渐进型上面级（ACES）”的全新上面级。这将显著提高火箭的总体性能，使其运载能力覆盖“德尔它” 4H 火箭。方案二（“火神” /AR1）的研制进度和方案一（“宇宙神” 5/AR1）相同。AR1 发动机计划在 2019 年底完成认证，在 2021 年完成与“火神”火箭的集成。而 ACES 上面级则要等到 2023 年后才可能具备应用能力。

## 3.方案三（“火神” /BE-4）

BE-4 发动机从 2011 年开始研制，计划用于蓝源公司重型火箭“新格伦”的第一级和第二级。因为 BE-4 发动机起步早，所以可能比 AR1 提前两年通过认证，“火神” /BE-4 火箭计划 2019 年首飞。BE-4 发动机采用液氧/甲烷作为推进剂。两台 BE-4 发动机海平面推力可达

499 吨。因为 BE-4 推力大，所以“火神”/BE-4 火箭无需捆绑固体助推器（每个固体助推器的费用为 1000 万美元）。这有助于降低续生成本。“火神”火箭采用 BE-4 发动机搭配“半人马座”上面级的构型，其运载能力与“火神”/AR1 运载火箭采用 ACES 上面级时相当，运载能力超过“德尔它”4H 火箭。方案三无需保留“德尔它”4 生产线。

BE-4 发动机预计 2019 年进行飞行试验，最终有望代替 RD-180 发动机。蓝源公司声称，BE-4 发动机的研制费用完全来自私营机构。但 ULA 公司在 2016 年 2 月获得美国空军新一代发射系统投资项目合同，用于支持“火神”/BE-4 火箭和 ACES 上面级的研制。按照该协议，美国空军将投资 2.02 亿美元，ULA 公司将投资 1.34 亿美元，政府与私营公司之间按六/四开分担费用。同 AR1 发动机类似，BE-4 发动机的单台续生成本待定。因为 BE-4 发动机还将用于“新格伦”火箭。“新格伦”火箭第一级用 7 台 BE-4，第二级用 1 台 BE-4。如果一切顺利，BE-4 发动机按计划投产。未来，“火神”火箭可能因该发动机的量产而降低成本。

新型发动机研制总是充满风险。这是 AR1 和 BE-4 都要面对的挑战。然而，BE-4 的研制风险尤其高。它是首个大推力液态甲烷发动机。蓝源公司在发动机研制与试验方面的历史也不及航空喷气公司悠久。继 5 月 13 日 BE-4 发动机燃气发生器和涡轮泵组合件在地面试车中损毁后，蓝源公司在 10 月 19 日成功进行全尺寸 BE-4 发动机点火试车。未来不久，ULA 公司将为“火神”火箭在 AR1 和 BE-4 之间做出选择。

#### **4.方案四（保留“德尔它”4）**

“德尔它”4 系列火箭中最小构型“德尔它”4M 的运载能力与“宇宙神”5 系列火箭中的最小构型“宇宙神”5（401）相当。“德

尔它” 4H 型火箭是目前唯一具备发射美国最大国家安全有效载荷能力的火箭。“德尔它” 4 火箭采用航空喷气公司 RS-68 发动机作为芯级主发动机，推进剂为液氢/液氧。“德尔它” 4 火箭比“宇宙神” 5 火箭成本高，不具备价格竞争力。ULA 公司在合同竞标项目中一般不会用“德尔它” 4 火箭。2015 年，ULA 公司宣布，除“德尔它” 4H 型以外的其他“德尔它” 4 构型火箭计划在 2018 年前停产；“德尔它” 4H 型也将在“火神” /ACES 火箭研制成功后停产。

方案四的成本取决于美国政府给“德尔它” 4 火箭分配多少任务。美国政府要保留“德尔它” 4 火箭生产线的运行，每年可能需要维持 3~4 枚“德尔它” 4 火箭的产量，而其他发射任务可能全部交给“猎鹰” 9 火箭。因为“德尔它” 4 火箭具有近乎完美的发射记录，所以方案四的技术风险比前三个方案都低。

然而，方案四的一个最大问题是“德尔它” 4 火箭的可持续性，是否能长久地作为美国国家安全卫星发射任务的备选火箭。“德尔它” 4 系列火箭在以往任务中，仅 2002 年首飞时的主要有效载荷为商业卫星。目前，“德尔它” 4 火箭不能算作商业火箭，而如果以最低产量来维持其生产线的运行，该系列火箭将愈发缺少价格竞争力。

### **5.方案五（使用盟国火箭）**

如果美国政策制定者们取消使用外国火箭发射美国国家安全有效载荷的限制，那么外国火箭也能作为一个选项。目前，美国国家安全卫星只能由美国火箭从美国本土发射。《2017 财年国防授权法案》的 1604 章要求美国国防部（会同美国国家侦察局）制定关于“必要时用盟国火箭发射美国国家安全卫星”的计划。阿里安航天公司制造的“阿里安” 5 系列火箭可能是最适合的选项。阿里安航天公司是空客-赛峰的下屬公司，总部在法国，股东来自欧洲 17 个国家。

“阿里安” 5 火箭目前从法属圭亚那库鲁发射场起飞。该发射场

位于北纬 5 度，朝东面向大海。这种临近赤道的发射场有助于提升火箭 GTO、地球同步轨道 (GEO) 运载能力。阿里安 5 的 GTO 运载能力达到 10 吨，能够覆盖“宇宙神”5 系列火箭的运载能力范围，但不能达到“德尔它”4H 的运载能力。这就意味着即使选择“阿里安”5 火箭，美国政府还是要花钱维持“德尔它”4 生产线。

“阿里安”5 火箭为现役火箭。因此，方案五（使用盟国火箭）的技术与进度风险小。不过，使用盟国火箭存在政治方面和安全方面的问题。选择国外公司为美国实施航天发射任务可能具有政治上的障碍。因为这样做意味着是在拿美国纳税人的钱来资助美国航天业的竞争对手，同时为他国提供了高科技制造业岗位。从美国本土以外地区发射，例如从法属圭亚那，也将增加后勤保障和安全问题。在卡纳维拉尔角建设“阿里安”5 发射设施可解决这些问题。尽管从高纬度地区发射会损失一定的运载能力，但美国重要的国家安全卫星无需运到美国以外的地区。

### 三、方案比较

上述五种方案各有优劣。使用“德尔它”4 或“阿里安”5 火箭（方案四和方案五）技术风险小，可快速摆脱俄制 RD-180 发动机。然而，“德尔它”4 火箭单发成本高，“阿里安”5 火箭存在政治上和安全上的风险。其余三个方案都需研制新发动机，并改进“宇宙神”5 火箭或研制新型火箭。这将增加技术风险，时间成本更高。其中，方案二和方案三倾向于商业化的火箭供应商。“宇宙神”5 火箭采用

表 1. 方案比较表

方案	芯一级	“德尔它”4 生产线	发射价格 (美元)	首飞
一、“宇宙神”5/AR1	液氧/煤油	需保留	>1.37-1.79 亿	2021
二、“火神”/AR1	液氧/煤油	ACES 服役前保留	≥1 亿	2021
三、“火神”/BE-4	液氧/甲烷	不需保留	≥1 亿	2019
四、保留“德尔它”4	液氢/液氧	---	1.64-4 亿	2002
五、使用“阿里安”5	液氢/液氧	需保留	≈1.78 亿	1996

20 多年前的设计理念和技术，与“猎鹰”9 火箭相比不具有价格优势。方案一（“宇宙神”5/AR1）在“宇宙神”5 火箭上更换发动机。这种做法将导致火箭成本上升，性能下降。方案二（“火神”/AR1）和方案三（“火神”/BE-4）则都采用新型火箭和新发动机。方案二（“火神”/AR1）和方案三（“火神”/BE-4）的区别在于研制成本和进度。蓝源公司自筹资金研制 BE-4 发动机，所以方案三（“火神”/BE-4）需要的政府拨款似乎比方案二（“火神”/AR1）少。11 月 9 日，ULA 公司首席执行官布鲁诺表示，该公司还不急于在 BE-4 和 AR1 发动机之间做出选择。因此，美国去俄制 RD-180 发动机路径还需持续跟踪研究。

（陈允宗）

※ ※ ※ ※ ※

## 发展战略

### 日本欲参与国际载人航天探索

【本刊综合】 日本文部科学省近日发布报告称，日本应该发挥货运飞船等擅长的技术，参与载人航天探索领域的国际计划。

期间，日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）提议的日籍航天员登陆月球表面构想的相关讨论被搁置，报告中并未提及如何具体推进航天员的活动。据报道，日本政府将在航天政策委员会上进一步研究这份报告，并在 2018 年 3 月日本担任东道主、在东京举行的“国际太空探索论坛”国际会议之前决定最终方针。

报告指出，耗资巨大的载人航天探索由众多国家提供资金和技术展开国际合作的做法才是“良策”。报告称，日本应发展国际空间站和无人货运飞船的技术，并开发航天员生活所需的水和空气净化、辐射防护等领域的技术。报告并未明确指出参与的计划，但介绍了



国际上目前有由美国提出、俄罗斯也准备协助的绕月宇宙空间站建设计划，以及中国独立推进的太空基地计划。

另一方面，关于 JAXA 在 6 月提出的 2030 年将日籍航天员送至月球表面的构想，由于认为有必要继续讨论而未写入报告。此外，有关尚未决定的 2025 年以后的国际空间站运用方案，报告也仅写道“将继续讨论”。报告称，瞄准月球和火星卫星的无人探测计划有助于推动技术进步，因此将切实加以推进，而且与非政府企业携手合作也很重要。 (黄强)

## 国际空间站

### “冰立方”计划是欧洲进行国际空间站商业化的起点

据航天新闻网 2017 年 10 月 26 日报道，欧洲航天局与比利时的太空应用服务公司合作的“冰立方”(Ice Cubes)计划将于 2018 年春天向国际空间站发出首批商业试验。欧洲航天局称“这项计划是欧洲在太空开展研究的首个商业机会”。“冰立方”计划允许研究人员在国际空间站欧洲“哥伦布”舱内开展实验。

“冰立方”计划的前 5 个实验的范围横跨植物生物学、陀螺仪和流体热传导。太空应用服务公司的业务开发经理说，对该公司感兴趣的大都来自科学和研究界，但公司预计其他行业对该计划的兴趣也将大幅增长，其中包括制药和材料研究。

该公司正在接触很多使用国际空间站的传统科学人士，这些人看到了这条商业路线的潜力。同时，该公司也看到了工业研发的利益，以及在轨道演示和太空探索技术验证方面的利益。

欧洲在国际空间站上的商业立足点正在得到强化。明年，空客防务和空间公司运营的“巴托洛梅奥”(Bartolomeo)商业平台也将开

始运行。“巴托洛梅奥”平台作为空间站“哥伦布”舱的一个商用试验外部平台，将能够在外部条件下承载 250 千克的有效载荷。（郭丽红）

## 国际空间站内的 NASA 植物栽培实验进展

据 NASA 网站 2017 年 10 月 28 日报道，随着深空探索计划的推进，新鲜食物的营养性和种植植物的心理学作用将变得极为重要。

Veggie 植物栽培系统项目团队在第六次国际空间站在轨作物栽培实验 VEG-03D 中，首次实现了在 Veggie 栽培舱内同时种植三种不同的植物。10 月 27 日，航天员阿卡巴收获了日本芜菁、沃尔德曼绿生菜和红叶生菜，用来给自己和其他乘员做沙拉。收获时，阿卡巴只将绿叶蔬菜剪去了上面的一半，留下的部分可以继续生长，后期还能继续收获。这种技术被称为反复收割，可以使乘员吃到新鲜蔬菜的时间更长。Veggie 项目经理杜富尔介绍称，“作为 Veg-03 技术演示工作的延续，我们想尝试点不同的东西。基于目前的地面测试结果，我们决定尝试作物混合栽培，希望这些植物的视觉多样性会使乘员们更愉快，同时不同类型的绿叶蔬菜也提供了味道的多样性。”

阿卡巴还在 10 月 28 日开始安装下一代高技术植物研究舱——先进植物栽培装置（APH）。APH 是一个完全密封的闭环式受控环境栽培舱，采用红、蓝、绿 LED 灯和广谱白光 LED 灯。有 180 多个传感器可将系统中的温度、氧浓度、湿度等信息实时传输回肯尼迪航天中心。APH 项目经理奥纳特及团队成员在地面全程陪伴阿卡巴将 APH 安装到位于日本“希望”号实验舱的国际空间站实验快速处理（EXPRESS）机架。一旦马歇尔航天中心的团队完成 EXPRESS 机架的水流测试，肯尼迪航天中心的团队就会给这个系统加电，在 APH 通过水制冷系统测试后，将会进行植物栽培装置的功能检验，完成这项工作大约耗时一周。

为 APH 供电的四个电源接通后，肯尼迪中心的地面团队将监测 APH 测控设备实时管理系统（PHARMER）的反应。这个独特的系统将提供实时遥测、远程指挥，并将图像下传至地面。如果 PHARMER 对所有子系统验证后的结论是“通过”，空间站航天员将把科学载体安装进植物栽培舱中，并启动测试作物拟南芥种子的生长。这个时间大约需要 5 周，期间还穿插进行对系统性能测试，如栽培植物、捕获和重新利用水、保持栽培舱内大气状态的能力。测试将有助于确定栽培程序是否良好，装置运行是否达到设计要求。植物在 APH 的栽培结果将与地面肯尼迪航天中心对照装置内的结果进行比较。

所有这些预实验的结果都是为 PH-01 实验作准备。PH-01 实验将栽培 5 种不同类型的拟南芥，预计由轨道 ATK 公司的第 9 次商业补给任务将这些实验材料带到空间站。肯尼迪航天中心应用与生命科学办公室首席科学家列文表示，APH 将是国际空间站上最大的植物栽培系统，能够在环境变量可追踪、可控的条件下开展植物多代研究，以保障完整的植物生理测试和生物再生生保系统研究。（武艳萍）

## NASA 研制用于科研实验的新型储物架

据澳大利亚每日航天网站 2017 年 10 月 23 日报道，随着国际空间站科学实验项目的不断增加，NASA 拟为在轨科研实验有效载荷研制新型储物架。

NASA 马歇尔航天飞行中心（MSFC）有效载荷设施负责人肖恩表示，国际空间站现有的 8 个储物架到 2018 年底将满负荷，而由 MSFC 设计、波音公司生产的新型储物架简洁实用，能满足逐步增加的科研实验所需的空间与资源。该储物架被称为“快捷储物架”，只配置最常用所需的资源以及诸如标准化局域网电缆等最通用的连接部件。每个储物架尺寸相当于一台冰箱，设有 8 个带锁贮柜和 2 个

抽屉。MSFC 载人探索研发与运营办公室主管博比斯表示，通过简洁型储物架及其标准化连接部件的应用，可便于有效载荷的研制方设计和开展更多的科研实验。

首批的 2 个基本型“快捷储物架”将于 2018 年末搭载日本的 HTV-7 货运飞船送往国际空间站。在发射前，NASA 将对这两个储物架进行一系列测试，并通过网络将其与亨茨维尔操作保障中心相连，以模拟监控实验进展。在完成所有测试后，NASA 将其装箱并运往日本的种子岛航天中心，然后装入到 HTV-7 中。（赵晨）

## 运载器系统

### 美国“航天发射系统”项目进展

【本刊综合】 NASA 日前完成了一次针对“航天发射系统”（SLS）火箭与“猎户座”飞船首次发射任务（EM-1）进度的综合评审。非载人型的 EM-1 任务是 NASA 实施未来载人深空探索目标的一次关键性飞行测试任务，它将为 SLS 火箭与“猎户座”飞船的首次载人飞行任务和后续经常性的月球及以远的探索任务打下坚实基础。NASA 启动此次评审主要是基于针对 EM-1 任务中增加航天员的情况而完成相应的前期成本、风险与技术因素评估而开展的，但最终确定该次任务按原先计划设定不携带航天员。

NASA 马歇尔航天飞行中心 SLS 项目经理称，目前 SLS 项目已完成火箭主要部分建造，包括四台 RS-25 发动机、核心段架构及固体火箭助推器段等。NASA 当前的首要任务是为 SLS 和“猎户座”飞船首飞提供硬件支持。SLS 首飞由四台 RS-25 发动机提供动力，通过升级符合 SLS 环境的控制器、绝缘喷嘴来保护与防止发射和飞行过程中金属过热。为确保所有发动机能够正常工作，NASA 工程师

将开展扭矩试验、泄漏检测及航天电子设备软件检测。SLS 项目团队目前已取得长足的进步，在完成关键结构试验和核心段装配的基础上，未来为肯尼迪发射台提供更多硬件支撑。

NASA 代理局长罗伯特表示，虽然对研制与生产进度风险的评审显示 2020 年 6 月为优先考虑的发射日期，但 NASA 仍将设法在 2019 年 12 月实施发射。他认为，由于目前所确定的若干个主要风险项也可能在实际操作过程中不会出现，因此 NASA 将针对这些风险采用相应的减缓措施，以保证 2019 年 12 月发射时间的实施。

NASA 目前正在有条不紊地开展着新一代深空探索系统的研制，同时利用所积累和获取的经验教训将“效率”的理念更好地注入到整个生产与操作规划中。为了更好地解决评审所确定的进度风险，NASA 为 SLS 火箭主芯级设置了新的生产性能里程碑事件，以此增加未来硬件研制的信心度。同时，NASA 及其分包商正在有效地保障欧洲航天局（ESA），优化研制生产计划，以任务进度的灵活性应对服务舱（ESM）交付延迟的情况。通过针对深空探索任务的多任务式实施手段，NASA 目前已有可满足前两次任务所需的硬件，且正在抓紧生产第三次任务所需的硬件。

通过此次评审，NASA 将计划在 EM-1 任务实施前加快对“猎户座”飞船的发射中止系统的测试，目标时间拟定于 2019 年 4 月。该项测试将对发射中止系统在上升段可使乘员落入安全区域的能力进行验证。将测试日期设定在 EM-1 任务实施前，目的是有效地降低拟于 2023 年实施的首次载人飞行任务面临的风险。（赵晨 王霄 郭凯）

## SpaceX 公布更多星际运输系统的技术细节

【本刊综合】 美国空间探索技术（SpaceX）公司创始人马斯克 10 月 14 日参加社交网站互动活动时披露了星际运输系统（ITS）的

更多技术细节，但并未给出有关此项目费用和融资来源的更多信息。

马斯克称，ITS 的飞船将首先通过一系列短途飞行在地球上开展试验。他写道：“我们开始将用一艘全尺寸飞船执行高度和横向距离为几百千米的短途飞行任务，这对 ITS 的飞船来说非常简单。因为短途任务中该飞行器无需做热防护，可以大幅降低结构质量，从而提高推进剂装载量。此外，也不需要大面积比的深空型‘猛禽’发动机。”这同 SpaceX 公司总裁肖特韦尔 10 月 5 日在美国国家航天委员会会议上的说法类似。肖特韦尔当时在被问到有关 ITS 研制的问题时称：“该系统的设计方案允许其执行地球短途飞行任务，而 ITS 的飞船初期也将通过这类任务进行试飞。”马斯克称，飞船本身不必借助火箭助推级即能入轨，只是“运载能力很低”。他称：“地球不适合单级入轨，而火星上则没问题。”

马斯克还介绍了“猛禽”发动机的改动情况。该大型发动机采用甲烷/液氧作为推进剂。ITS 的火箭助推级和飞船都将使用该发动机。2016 年公布的“猛禽”原始设计可产生约 3 兆牛的推力，而 9 月在国际宇航大会上公布修改方案中，其设计推力只有约 1.7 兆牛。马斯克在回答有关推力减小的问题时写道：“发动机推力的减小大致同飞行器质量的减小幅度成正比。”推力的减小还让飞行器能够使用多台发动机，从而让飞行器具备在有发动机停车情况下实施着陆的能力。马斯克还称，在 9 月演讲后，SpaceX 公司又对 ITS 运输系统的飞船设计做了修改，在原先设计的在两台采用海平面喷管的发动机和 4 台采用真空喷管的发动机的基础上又增设了一台“中等面积比”的“猛禽”发动机。他称，新增的那台发动机有助于实现上文中提到的在发动机停车时的着陆能力，从而“能够在执行地球对地球运输性能时携带质量更大的有效载荷着陆”。

“猛禽”发动机目前处于研制阶段，其研发样机的推力还达不

到 1.7 兆牛，但是马斯克对于‘猛禽’从研制样机向全尺寸发动机产品的过渡表现得非常乐观。他写道：“增大推力很容易实现，把‘猛禽’研发样机的推力提升到 1.7 兆牛很简单。用于实际飞行任务的发动机相比研发相机会更加紧凑、质量更轻”。目前，SpaceX 公司已对“猛禽”发动机进行了 42 次重要试车，累计点火时长达 1200 秒，单次最长达 100 秒。但马斯克表示该发动机的工作时间可以远超 100 秒，目前 100 秒的水平只是受试车用的贮箱尺寸所限。

美国防部 10 月 19 日公布的合同信息显示，美国空军正在变更去年 1 月同 SpaceX 公司签订的一项现行协议，要为该公司的“猛禽”发动机的系统样机研制工作再投入 4076.6 万美元。国防部公布的信息并没有提供具体的研制工作细节，只提到相关工作将在明年 4 月完成。同时，国防部表示这些工作将在 NASA 斯坦尼斯航天中心的“猛禽”发动机试车台、SpaceX 公司总部和空军航天与导弹系统中心所在的洛杉矶空军基地进行。

2016 年 1 月，美国防部分别向轨道 ATK 和 SpaceX 公司授出发动机样机研制合同，旨在结束对俄制发动机 RD-180 的依赖。按照合同，SpaceX 将研制“猛禽”火箭发动机样机，轨道 ATK 公司将为改进型一次性运载火箭计划研制 GEM-63XL 捆绑固体火箭发动机样机、通用推进部段（CBS）固体火箭发动机样机以及 BE-3U 上面级发动机的可延伸喷管。与 SpaceX 公司签订的合同有效期至 2018 年 12 月 30 日。根据合同规定，美国空军和 SpaceX 公司按照 1: 2 的比例进行研发投资，美国空军初期将提供 3360 万美元研制经费，而 SpaceX 公司则需投入约 6700 万美元。此外，根据去年的合同，若项目进展顺利，美国空军最终的拨款总值可能达到约 6100 万美元，而 SpaceX 公司则要投入总计约 1.23 亿美元。（龙雪丹）

## SpaceX “隼” 发动机遭遇试验事故

据航天新闻网站 2017 年 11 月 8 日报道,美国空间探索技术公司 (SpaceX) 称, 其一台 “隼” 发动机近日在德克萨斯州麦格雷戈试验场进行试验时发生故障, 事故是在发动机进行鉴定试验过程中出现的, 未造成人员伤亡, 公司正与各政府部门协调对事故进行 “完全透明的彻底调查”, 事故不会导致发射任务推迟。

该公司另一位知情人士透露, 发生试验事故的那台发动机为即将用于 “猎鹰” 9 构型 5 火箭的升级型发动机, 并未用在现役火箭上, 而 SpaceX 也未对何时启用 “猎鹰” 9 构型 5 火箭给出具体日期, 因此不会影响该公司发射计划。另外, 他还透露, 事故发生在设有两个台位的一座 “隼” 试车台上。其中一个台位受损, 需要花 2~4 周来修复, 而相邻台位只是轻微受损, 只需几天时间来修复。另外, 他还透露事故是发生在发动机液氧检漏过程中, 而非实际点火中, 这项试验是让液氧流过发动机以排查泄漏情况。

在对本次事故进行调查的同时, 麦格雷戈试验场的其他发动机试验工作仍在继续。 (龙雪丹)

### 航天器系统

## Draper 实验室与 SNC 签订空间探索技术新协议

据澳大利亚每日航天网站 2017 年 10 月 26 日报道, 美国 Draper 实验室与内华达山脉公司 (SNC) 签订了共同开展 “追梦者” 飞船项目的空间技术研发、应用以及探索任务实施的谅解备忘录 (MOU)。

根据 NASA 第二阶段国际空间站商业任务补给服务 (CRS2) 合同的要求, 由内华达山脉公司研制的 “追梦者” 飞船在其首次飞行任务中需将 NASA 的货物运往国际空间站。MOU 要求 Draper 和 SNC



一方面在 **CRS2** 框架下拓展相互合作，提供与“追梦者”飞船相关的商业航天技术与应用的研发方向，另一方面还需开展其他近地轨道（**LEO**）任务的技术应用，促进与其他航天企业的合作，以共同实施更多的机构间、国际性和商业性的空间探索任务。该协议的潜在合作参与方将包括政府机构、相关商业企业、研究机构、私营基金、**NASA** 以及诸如联合国外层空间事务办公室、欧洲航天局等国际性组织，其主要目的是推进商业航天技术的发展以及为 **NASA** 未来空间探索任务提供保障。

作为“追梦者”飞船研发团队的成员，**Draper** 实验室在电子设备与控制系统，尤其是任务自主系统研制以及制导、导航与控制和载人容错飞行计算机等方面具备丰富的技术经验与能力。为确保与参与用户和合作方之间的顺利协作，**Draper** 实验室启动了一项涉及设计、文件编制、培训及工艺性保障等方面的技术转让项目。此外，对于“追梦者”飞船，**Draper** 实验室研发了一种配置了冗余管理、导航与制导控制、故障检测与隔离功能的四通道型容错飞行计算机。

**Draper** 与 **SNC** 能够达成谅解备忘录，正值空间探索与航天商业化成为美国政府与私营投资方的发展重点。**NASA** 在过去的五年中针对国际空间站补给任务投入了约 140 亿美元，并在 2016 年确定继续支持私营航天企业开展 **LEO** 任务。而近期的一项航天工业研究报告显示，新兴航天企业已吸引了 133 多亿美元的投资，而近三分之二的资金均分布在过去五年里。

**SNC** 负责航天系统商业化发展的副总裁马克·西拉杰洛表示，未来几年，商业性空间旅行与探索将变得非常普及，这就为各个科学、商业、基金和研究机构提供了许多与 **SNC** 和 **Draper** 合作的机遇，以此共同开展 **LEO** 任务、载人空间飞行任务、向空间站运送有效载荷以及所关注的其它 **LEO** 目的地探索任务。 （赵晨）

# 俄罗斯启动“天狼星”模拟飞行实验

据俄罗斯塔斯社 2017 年 11 月 8 日报道，由俄罗斯科学院和 NASA 联合开展的名为“天狼星”的地面模拟航天飞行试验 11 月 7 日在俄罗斯科学院生物医学问题研究所（IBMP）内启动。这是“地面密封舱内开展的国际科学研究”（SIRIUS）系列试验中最短的一次，为期 17 天，设定的场景是飞船携带 6 名航天员完成月球飞行。通过开展模拟试验，科学家们能够弄清楚，飞船内部空间及乘组是什么样的最合适，在这样一个封闭空间里会发生什么，对于乘员而言什么是最重要的。

## 1. 人员组成

俄罗斯有女航天员，然而在半个世纪左右的时间里只有 4 名女性到访过太空。即使是在地面试验中，女性也不多见。模拟试验的主要任务之一是考察性别平等将如何影响乘员间的相互关系以及乘组内部的互动。在“天狼星”试验中男性和女性参试者各有 3 名。未参加过航天飞行即将退役的航天员大队前成员马克·谢罗夫，他是参试乘组指令长，也是俄罗斯第 4 名女航天员叶莲娜·谢罗娃的丈夫；加加林中心航天员大队成员安娜·基金娜；维克托·费特尔，德国人，在欧洲航天领域任职。其余 3 名参试者是生物所专家，其中叶莲娜·卢奇茨卡娅曾参与过“月球-2015”模拟试验。

在“月球-2015”试验中，6 名女性参试者没有发生过争吵。然而在 1999 年开展的 SFINCSS 模拟试验期间，乘员之间发生过严重的冲突。基于试验中暴露的问题，研究者们制定了后来应用于国际空间站的乘员行为准则。试验负责专家之一、IBMP 社会心理学实验室主任弗拉基米尔·古辛说：“人都有坏情绪，有时也会带有攻击性。现

实生活中，如果一个人令你感到厌烦，你完全可以走开，而这里却无处可躲。”参试者之一的娜塔莉娅·雷索娃说：“实际上和人打交道，比跟最复杂的设备打交道更为复杂。”

## 2.实验内容

参试者们居住的密封舱，有点类似于矿井或是潜艇。里面有厨房、卫生间、浴室和储藏室大小的单人卧室，还有两个 60 平米左右的房间：一间用于工作，另一间用于休息。乘员们可以在这里看电视、点播电影（绝大多数都是与太空有关的）。计划开展的 60 项实验中，60%是俄罗斯的，40%是美国的。SIRIUS 试验通过虚拟现实技术模拟月球表面的一部分。乘组的任务包括观察月球表面的目标，遥控机器人-月球车。此外，乘员还要按照 NASA 的计划开展进行“机械手”的测试，他们要用这个“机械手”去抓取捕获“卫星”。专家指出，这些虚拟模型就是未来模拟器的基础，乘组不需要出舱就能完成所有作业。

SIRIUS 试验学术负责人、IBMP 实验室主任亚历山大·苏沃罗夫表示，试验中还计划有卫生-保健研究，因为乘组居住在一个密闭空间里，微生物群落会被迅速地传播和交换。某种微生物对于这个人是无害的，但对于另一个人却可能是致病的，并且实验舱和国际空间站一样，没有淋浴，参试乘员需要使用湿巾和一次性毛巾来清洁身体。乘组的作息时间表是 8 小时工作、8 小时自由时间及 8 小时睡眠。没有给乘组安排体能训练——健身器械和跑步机，因为在短短的 17 天内，缺乏锻炼很难有所体现。作为心理支持，在舱内建立了一个植物栽培温室，可以用来养花。专家将通过摄像头进行观察乘员在植物的维护上花了多少时间及对乘员有哪些影响。研究人员预计，三名女性参试者对此会更感兴趣。

参试者每天要完成多项任务，有脑力的，也有体能方面的。很

多测试任务，试验前、中、后都要开展，目的就是为考察隔离空间对人体到底产生了哪些影响。最为艰苦的是试验的收尾阶段：连续 38 小时不睡觉。研究者们不仅要关注参试者的反应，还有他们的身体状况，例如血液中的皮质醇水平——它能客观地反应紧张程度。古辛称，睡眠剥夺是 NASA 提出来的，因为国际空间站实际飞行中，有很多作业需要乘组在夜间来完成，例如出舱和对接。

### 3.对外通信

据苏沃罗夫介绍，生物所内建立了一个通信中心，便于同地面试验乘组联系。4 名值班人员分别是医生、工程师、技术员和实验员。对乘组的观察与交流是不间断的。通信中心有两名 NASA 常驻代表，他们有详细的试验计划安排表，上面注明了在某个时间某名参试者将要开展 NASA 的某项研究。NASA 专家介绍，每名乘员都携带有类似手表的专用设备，能记录这名乘员的运动频率和在空间内的位置。试验的基本背景要素之一是自主性。乘组和地面的通信联系有 5 分钟的延迟，也就是说咨询问题时无法立即得到答案，必要时，乘组不得不独立作出决定。此外，参试者在飞船上需要独立完成多项实验。参试者娜塔莉娅·雷索娃说，在飞行期间和亲属也不能直接联系，她发出的电子邮件首先发到通信中心，然后再分发给亲属。舱内没有因特网，所以社交网站也无法使用。她说：“我们可以通过指挥中心，请他们在 SIRIUS 项目的网页及社交网站上发布出来”。

### 4.乘员饮食

科学家为试验乘组提供了特意研制的 20 种食品，其中包括各种蔬菜、果汁和饮料。根据俄罗斯航天医学研究所下达的技术任务，这批食物由米丘林斯克试验中心和米丘林联邦科技中心生产。米丘林联邦科技中心负责人米哈伊尔·阿基莫夫介绍称，早些时候，为航天员特质的食品对营养物质与味道相结合并没有特别关注，但是现

在提出的要求是使加工出来的航天食品最大限度地接近于航天员们平日里在地球上的饮食。对个人选择食物口味上的偏爱和嗜好的考虑，对于处于封闭隔离空间、心理情感负荷较重情况下的乘组是非常有益的。此次试验中他们提供的所有食物都按人份进行软包装，所使用的食物原料都是天然的、不含防腐剂，含有规定的生物活性维他命成分及均衡的营养物质。男性参试乘员的饮食配给是每日 2800 千卡，女性的配给是每日 2000 千卡。

IBMP 食品研究室主任阿古列耶夫对记者表示，SIRIUS 项目参试乘员的配餐应最大限度地与国际空间站上的食品相一致，也就是说饭前仅需要加热或者加入冷水或热水进行复水处理。米丘林联邦科技中心具有丰富的航天食品及运动员所需食品的生产经验。他们从 2009 年起开始参与航天食品项目，当时为长达 1 年半的“火星-500”项目的参试者提供了食品支持。自 2011 年起向国际空间站提供 25 种食品以及新鲜的苹果。

### 5.未来规划

苏沃罗夫介绍说，实验结果大约半年后才能公布，之后专家将着手准备下一次的模拟试验——为期 4 个月、计划 2018 年 10 月开始。下一次试验中将使用两种语言，本次试验中基本上只讲俄语。苏沃罗夫表示，合作将进一步扩大，俄罗斯期待德国、日本、法国及意大利的科学家能够参与模拟试验后续几个阶段的研究。（宋尧）

## 科学家发现载人火星飞行新威胁

据俄新社 2017 年 11 月 2 日报道，科学家在《新英格兰医学杂志》上刊载的一篇论文中指出，长期在失重条件下驻留可能导致大脑受到不可逆的损伤，因此火星载人飞行需要研制人工重力系统。

英国诺丁汉特伦特大学的丹尼尔·布朗解释道：“如果大脑不能正

常工作，航天员可能将无法看到远距离的物体，失去阅读或者开展最简单实验的能力。此外，他们对外界的感知是扭曲的，而这有可能导致更为严重的后果。”

近年来，医学家们一直在积极从事长期太空驻留对人体不良影响的研究。绝大部分的实验研究是在美国的航天飞机或国际空间站上开展的，也有一些是在俄罗斯的生物卫星上开展的。科学家们已经揭示出了一系列对未来火星殖民者或深空探测者健康构成威胁的因素。例如，国际空间站的果蝇实验结果显示，长期在失重条件下生存可导致先天性免疫力下降，使昆虫容易受到真菌的伤害，并可破坏许多基因的可读性。另一些实验研究表明，太空驻留会加速骨髓衰老，而骨髓恰恰是生成新免疫细胞的场所。

长期受到宇宙射线的攻击则会不可逆地降低人的智商。美国南加州医科大学的唐娜·罗伯茨和她的同事们发现了长期太空飞行的另一项负面影响。科学家们研究了 18 名在国际空间站长期工作过的航天员的大脑，同时对参与 90 天头低位卧床实验的志愿者的身体变化也进行了研究。科学家们的观察和发现揭示了一个不寻常的现象：参与卧床实验的志愿者，他们大脑的各个区域相对于彼此及颅骨壁的位置发生了变化。大脑靠近眼睛的区域或者与接收外界信息有关的区域发生变形并缩小，而其他区域出现空腔或空腔区域增大。

科学家们认为，出现这些改变的原因是大脑“飘”向了颅骨的上壁，这导致其他一些区域被压缩及脑脊液中的压力降低。这些异常对航天员的思维及接受信息的清晰性产生了极其恶劣的影响，这样，火星飞行或者是对其他行星的探索就变得十分危险。

研究者们认为，解决这一难题需要在火星飞船上安装离心机，这样可以使航天员短时间内感受到重力，进而使大脑内眼睛及接收信息的中心区域受到挤压的后果降至最低。 (宋尧)

## 俄罗斯选拔航天员最新进展

【本刊综合】俄罗斯国家航天集团公司针对国际空间站和月球探索任务，于2017年3月宣布公开选拔航天员，并分若干个选拔阶段，对申报人员的教育与专业水平、健康程度、心理特征及身体素质等方面进行评估。负责航天员培训的专家们已经审查了近400份申请材料，目前还没有录取结果。

这是俄罗斯的第17次航天员选拔活动，也是第二次公开选拔，凡是不超过35岁、具备工程、科学或飞行专业大学文凭以及工作经验的俄罗斯公民均有资格申请，而不是像以前那样，只有军事飞行员和火箭航天领域的工作人员才可报名。在上一次，即2012年的选拔中，从304名候选人里选拔出了8人，至今仍有6人在航天员大队服役。此次选拔将优先考虑在俄罗斯航空航天工业部门工作的人员，此外申请人还应具备航天设施设备使用、计算机操作及英语语言沟通的能力。加加林航天员中心代理主任马克西姆·哈尔拉莫夫日前向媒体谈到，申请加入航天员队伍的女性人数要比往年增加许多。

俄罗斯航天员大队现有27名航天员，其中12人尚未参加过航天飞行，5人仅有一次飞行经验，7人有两次飞行经验，1人参加过3次飞行，1人有4次飞行经验。

此外，俄罗斯能源火箭与航天公司负责飞行任务项目的负责人亚历山大·卡列里日前向媒体谈到，拟于2018年启动“联邦”号飞船的首批航天员选拔工作。

卡列里表示，首批航天员的选拔将适当地结合包含航天员初期培训的“联邦”号飞船试验研制工作。由于“联邦”号飞船的技术准备与技术操作运用方面与“联盟”号飞船有所不同，其航天员的培训设施设备投入可能会滞后，但用于飞船试验研制的设施设备仍

会按计划进度生产与使用，同时还将组建一个测试小组。

此前，加加林航天员培训中心的副主任尤里·马伦契科曾向媒体表示，用于“联盟”号飞船测试的首批航天员培训至少需要一年时间，而航天员用于国际空间站任务的准备时间则需要 18~24 个月，包括对飞船的研究与了解、与飞船一起操作运行、对国际空间站的研究与了解以及飞行任务的准备等。马伦契科表示，在将飞行任务需求分配给航天员培训中心之后，就会将航天员分成若干小组以开展有关飞船操作的培训。（宋尧 赵晨）

## 发射场系统

### SLS 发射台状态将决定木卫二探测器发射日期

据 NASA SpaceFlight 网站 2017 年 11 月 3 日报道，NASA 日前针对其新一代木卫二探测器——“快帆”任务召开了为期 3 天的技术协调会，拟由 SLS 火箭搭载的“快帆”探测器的发射日期初步定于 2022 年 6 月 4 日，但具体时间还将取决于 SLS 火箭活动发射平台（ML）的启用准备状态。

#### 1.SLS 火箭 ML 应用的主要问题

在完成 EM-1 任务之后，SLS 火箭将从使用过渡低温推进芯级（ICPS）的 Block 1 型号转到使用“探索”上面级（EUS）的 Block 1B 型号，而此后所有发射任务均采用新改造的 ML。SLS 火箭 EM-1 任务使用的 ML 是 NASA 在航天飞机退役后针对“星座计划”的“阿瑞斯”运载火箭的任务需求而加以适应性改造后启用的，其配置的设施设备大部分均是与 Block 1 型号及其 ICPS 相匹配的，而 ICPS 的长度要比 Block 1B 型号的 EUS 短，因此，NASA 需对 ML 再次进行适应性改造，才能更好地伺候 SLS Block 1 型火箭。



NASA 的官方资料显示，要求在 EM-1 任务发射之后的 33 个月内完成 ML 的适应性改造。根据目前 NASA 公布的最新信息，EM-1 任务的发射日期拟在 2019 年 12 月或 2020 年 6 月。此外，由于 NASA 的航空航天安全顾问委员会（ASAP）认为 EM-1 与 EM-2 任务之间的 ML 适应性改造及停工期间将会使 SLS 火箭任务面临的风险增加，因此将其安全问题列为 EM-1 任务后的重点。但据相关媒体掌握的资料，ASAP 担忧的 ML 安全问题主要是针对其总重量的设置，而不是两次任务间的时间跨度。

目前 SLS Block 1 型火箭的 ML 的总重量约 90.7 吨。经改造后的 2 号履带运输车（CT-2）可携带的重量约 8391.4 吨，而 SLS Block 1 型火箭与 ML 两者相加的总重量约 8482 吨。由于 NASA 所有产品的安全系数均为 4，因而这种差异本身不会产生任何问题，由此 CT-2 可携带大于 8470 吨的火箭与 ML 重量并将其运送至 39B 发射台。NASA 将面临的重大安全问题是 EM-1 任务之后对 ML 的适应性改造，经改造后的 ML 重量将达到约 453 ~ 544 吨，而 SLS Block 1B 型火箭与 ML 两者相加的总重量将达到约 8845 ~ 8935.7 吨，这将使安全系数降低至 3.78 ~ 3.74。

ML 重量问题主要源自对原“阿瑞斯”火箭 ML 进行适应性改造而没有设计新 ML。目前设计人员不得不对已安装及无法拆除的设施设备和操作空间进行改造，由此极大地增加了 ML 的复杂性和重量。按照目前对 SLS Block 1B 型火箭的 ML 重量的安全系数的理解，从 NASA 的角度而言，希望为 EM-2 及后续任务设计一个全新的 ML（称为 ML-2），但新研制的 ML 仅用于载人发射飞行任务，而 EM-1 任务后改造的 ML（称为 ML-1）则用于非载人货运任务。

鉴此，目前理想的实施计划是在 2019 年或 2020 年完成 ML-1 的改造。一旦实施完 EM-1 的发射，就将 ML-1 进行 SLS Block 1B 型火

箭货运任务的适应性改造，主要包括乘员进入设备、“猎户座”飞船的脐带及相关地面保障设施等。将这些设施设备从 ML-1 上永久性拆除可以极大地减少总重量，使其恢复到原设定重量值，而且还能为后续任务配置进度节省大量时间。NASA 希望在实施 EM-1 任务发射之前，就开始设计、建造 ML-2。由于新建的 ML-2 仅用于载人任务，因此就可减少其重量和简化系统的复杂性，而 8391.4 吨的行驶重量也将达到 NASA 安全系数为 4 的要求。

然而这些设想将主要基于美国国会是否同意为新建 ML-2 拨付额外的经费，而这些经费需在 2018 年 10 月开始执行 2019 财年就要到位。因此从目前而言，新建 ML-2 也许只是一种设想和奢望。

## 2.ML 与“快帆”探测器发射日期的匹配问题

NASA 表示，“快帆”探测器的正式发射日期定在 2022 年 6 月 4 日，发射窗口将在 21 天后关闭，而备选发射日期则将出现在 2023 年。此次任务将是 SLS 火箭（或可能是 SLS Block 1B 型火箭，还未确定）的首次货运任务。NASA 在技术协调会上讨论了有关此次任务及其发射准备状态的大量问题，包括：如何与 SLS 火箭的整体里程碑事件相匹配、EM-1 任务的进度、“快帆”探测器是在 EM-2 任务之前还是之后实施以及拟新研制的载人型 ML-2 会如何影响到任务实施等。技术协调会还特别针对在 SLS Block 1B 型火箭首次携带“快帆”探测器的情况下，是否需对有效载荷与火箭的设计内容以及大型货物整流罩的操作流程项进行测试予以了重点讨论。

ASAP 和航天员办公室一直反对包括 SLS 火箭在内的任一运载火箭在未经无人飞行试验任务之前就开展载人飞行任务。由于 EM-1 任务采用 SLS ICPS Block 1 型火箭，而 EM-2 任务则采用 SLS EUS Block 1B 型火箭，这就要求 NASA 在 EM-2 任务之前需按照其安全原则对 SLS EUS Block 1B 型火箭实施一次试验飞行任务。目前可应

用于 EM-2 任务前的试验飞行任务中的有效载荷就是“快帆”探测器，但这将极大地取决于该探测器的任务准备状态、SLS Block 1B 型火箭的可用发射窗口以及“深空门”项目建设对 EM-2 任务的需求。

然而，“快帆”探测器的任务准备状态将极大地取决于 ML 的改造与建设状态，而同时也会取决于 EM-1 任务的实际发射时间。如果“快帆”探测器使用的 ML 将在 EM-1 任务之后进行改造，则实际上无法达到 2022 年的发射窗口。按照 NASA 要求在 EM-1 任务之后对 ML 进行适应 SLS Block 1B 型火箭的改造的时限为 33 个月，而 EM-1 任务的实际发射日期定于 2020 年第二季度，则将在 2023 年第一季度才能使 ML 用于“快帆”探测器的准备。目前只有将 ML 改造为适用于货运任务，才能将改造时间缩短到 24~28 个月，由此才能满足 2022 年 5 月~10 月发射“快帆”探测器的任务准备状态，但 2022 年 6 月的发射时间仍无法保障。

即使 EM-1 任务能设法达到 2019 年 12 月的发射时间，但 ML 仍无法在 33 个月的改造期要求下达到 2022 年 9 月实施“快帆”探测器发射的准备状态。如果改造期仅为 24~28 个月，则可能会在 2021 年 12 月至 2022 年 4、5 月间使 ML 进入任务准备，这对于 2022 年 6 月的发射保障也非常紧张。即使研制新的 ML 也无法解决面临的时间问题，况且目前面临着 2018 年 10 月无法从国家预算中获得所需的建设资金以及长达至少 4 年的设计研制期的局面。（赵晨 郭凯）

## 拜科努尔发射场新建发射工位将耗资 3 亿美元

据塔斯社网站 2017 年 10 月 19 日报道，哈萨克斯坦国防与航空航天工业部的副部长马拉特·努尔古津日前向媒体表示，该国与俄罗斯针对新一代运载火箭和载人飞船而拟在拜科努尔航天发射场联合建造的“拜捷列克”（Baiterek）发射区将耗资约 2.8 亿~3.1 亿美元。

努尔古津表示，这是一个估算的初步费用，哈、俄双方目前已完成了投资企划书的编制，并通过了有关专业和经济领域专家的评估。国家预算委员会正在对投资企划书进行审核批复，随后航天部门将正式开始可行性研究。目前，拜捷列克公司已收到了俄罗斯国家航天集团公司提供的相关技术数据，这也意味着该建设项目已启动，而哈萨克斯坦国家经济部已拨付了用于可行性研究的资金。可行性研究工作拟于 2018 年 9 月完成。根据拟于今年 12 月完成调整和批准的该建设项目的技术路线图，“拜捷列克”发射区的首次测试发射将于 2022 年末实施。

“拜捷列克”发射区的最初发展规划是建造成一个商业性发射区，但 2017 年 5 月国家领导层决定采用“联盟”5 火箭发射新一代“联邦”号飞船后，该建设项目扩展了原规划功能。俄方已对项目原计划进度进行了相应调整，并取消了原定的“天顶”M 火箭发射区建设项目。目前，俄方即将完成有关“拜捷列克”发射区建设项目的政府部门间调整协议的正式批准，诸如新版“拜捷列克”发射区技术发展路线图的草案、项目实施条款等以及需向哈萨克斯坦提供的项目资金可行性研究报告的输入数据等。（赵晨 郭凯）

## 深空探测

### 美国“深空之门”项目进展

**【本刊综合】** 据澳大利亚每日航天网站报道，NASA 已选定波音、洛克希德·马丁、轨道 ATK、内华达山脉以及劳拉 5 家美国公司针对“深空之门”项目的动力与推进部件开展为期 4 个月的分析研究，投入资金约为 240 万美元。

NASA 拟为未来载人空间探索任务配置一个 50 千瓦的太阳能电

推进（SEP）系统，其功率将是现有系统的三倍之多，其新型动力与推进部件的研制是由 NASA 的空间技术任务管理局负责。今年初，NASA 根据新一代空间技术探索合作委员会的声明要求开始寻求研究方案，23 项主要技术领域的征集意见中就包含了动力与推进部研制的商业性协作保障。NASA 希望通过即将开展的研究可以深入地了解和掌握原有 SEP 型任务方案与未来“深空之门”项目潜在需求之间的技术差异，同时使这些研究能够按照其设定的目标与要求提供有关商业航天能力的相关数据，同时减少应用于深空探索任务中的新型动力与高效太阳能电推进（SEP）技术面临的风险。

NASA 总部负责动力与推进部件的主任米歇尔·盖茨表示，将通过这些研究成果获取更多有关经济有效地进行动力与推进部件的研制的高价值性技术信息，而开展高功率型 SEP 系统的研制将有助于推进未来空间探索任务，并将人类运往以前未曾达到的深空处。另

据 NASA 网站报道，欧洲航天工业界有意参与 NASA 的“深空之门”项目，期望该月球轨道空间站上有欧洲的舱段，并由欧洲运输系统参与补给。欧洲空客防务与航天公司（下文简称“空客公司”）现在正为 NASA“猎户座”飞船建造服务舱，以提供电源和推进能力，并具备一部分生命保障功能，空客公司有意以此为基础为“深空之门”建造居住舱和后勤舱。“深空之门”的大部分部件将由 NASA“航天发射系统”运输，欧洲“阿里安”6 运载火箭及其太空拖船可按需运送其他后勤补给。电推进技术、航电设备、居住技术和乘员系统是欧洲航天工业界希望继续努力的领域。（赵晨 王霄）

## 俄罗斯计划将月球基地建造成未来星际旅行中转站

据塔新社 2017 年 10 月 24 日报道，俄能源火箭航天集团 10 月 24 日在航天员训练中心首次展示了国家航天规划中有关月球探测阶

段划分的大致情况。规划涉及载人月球车研制以及辐射防护设施、月表试验设施和矿产资源开采设施的建造等。能源火箭航天集团计划将月球基地建造成未来深空探索中转站。

### **第一阶段（2017-2030年）**

第一阶段开展的工作将有两个指导方向：一是未来月球基地选址。为此，俄将向月球发射“月球-水滴”（Luna Glob）、“月球轨道飞行器”（Luna Orbiter）、“月球-资源”（Luna Resurs）、“月球-土壤”（Luna Grunt）等探测器。俄罗斯还将参与国际无人月球探测任务，并建立国际环月太空站；开发月球遥感技术，以实现月表精确着陆和土壤样本检测；二是研制新型载人运输系统，如“联邦”号载人飞船、重型火箭、着陆舱及中继通信中心。此外，还将设计研制相关的地面设施设备。

### **第二阶段（2031-2040年）**

开展月球基地部署准备工作。计划研制居住舱、供电与实验舱及防辐射掩体，同时还研制定载人月球漫游车以及其他运输设备。能源火箭航天集团希望在该阶段能实现首次载人月球探索任务、月球地质探索任务以及建造月球基地所需部件。

### **第三阶段（2041-2050年）**

主要目标是建造月球基地并开展科学研究。此阶段研制完成的相关设备包括：钻探设备、试验性采矿设施、以及医药与生物基地。根据能源火箭航天集团的相关资料显示，将在第三阶段解决的任务包括：水与氧的生产与使用；天体物理、医药与生物研究；月球上生产材料的研制流程。

### **第四阶段（2050年后）**

使用月球资源进行深空探测。能源火箭航天集团提出需在该阶段研制的几种设备：可重复使用着陆器及在轨组装和燃料加注系统，

用于制造和维护航天器燃料系统的设备，稀有资源开采设施。能源火箭航天集团希望能够提升月球基地自给自足水平，为深空探索任务提供支持，并开展稀有资源的研究和开采。（任奇野 赵晨 郭丽红）

## 印度计划 2018 年 3 月发射探月航天器

据俄新社 2017 年 10 月 23 日报道，萨拉巴伊航天中心新闻办透露，印度空间研究组织（ISRO）计划于 2018 年 3 月发射“月船”-2。

由于轨道飞行器、登陆模块和月球车构成的总载荷重达 3250 千克，印度计划用地球同步轨道运载火箭 GSLV-Mk II 取代第一次探月项目“月船”-1 所使用的极轨运载火箭（PSLV）完成本次任务。据悉，“月船”-1 曾在月球轨道上工作 312 天，并向其表面发射震动探测器。“月船”-2 将继续研究月球表面的矿物成分和元素组成。

该任务最初计划由俄罗斯负责登陆模块，然而 2013 年印度决定独立完成，但俄罗斯依然在参与该项目。俄罗斯原子能公司将放射性钬-244 交付给印度物理研究实验室。该物质是“月船”-2 研究月球表面时必须用到的物质，全球仅美俄两国具备生产钬-244 同位素的能力。（郭丽红）

## 私营公司寻求在重返月球任务中发挥作用

据航天新闻网站 2017 年 10 月 17 日报道，NASA 提出“重返月球”新政，开发月球着陆器和相关基础设施的公司寻求发挥作用。在月球探索分析组（LEAG）年度会议和随后的“重返月球”研讨会上，4 家公司提出开发机器人月球着陆器的计划，以便在新政下服务于商业和政府的月球表面任务。

蓝源公司推出“蓝色月球”计划，其开发的月球着陆器能够在

月球表面着陆 5 吨货物。该公司在 10 月 12 日“重返月球”研讨会上表示，非常期待与 NASA 一起合作。蓝源公司建议“蓝色月球”计划可用于 NASA 的“资源勘探者”月球巡视器任务，这是一个几百千克重的探测器，计划 2020 年代早期发射。NASA 一直在为该巡视器寻找国际合作伙伴，现在看来，公-私合作伙伴关系可能更容易实现。蓝源公司可在接下来的 5 年为“资源勘探者”巡视器提供月球表面运输能力。

其他 3 家公司——太空机器人公司、Masten 航天系统公司和月球快车公司已经通过“月球催化剂”计划与 NASA 开展合作。这些公司正在开发月球着陆器。太空机器人公司计划 2019 年发射其第一个“佩里格林”着陆器任务，月球快车公司预计 2018 年发射 MX-1E 着陆器，Masten 航天系统公司正在开发 XL-1 着陆器，准备于 2020 年末发射。

NASA 官员表示，已经基于今年早些时候发布的需求信息，开始征集月球表面有效载荷运输服务的提案，年底前会推出正式的需求提案。然而，在研讨会上的另一次小组讨论中，前白宫幕僚提出，过于依赖私营企业，可能不利于 NASA 的“重返月球”计划，国会还没有做好准备把私营公司放在空间探索的关键道路上。（郭丽红）

## 两家美企要合建“月球补给站”

据航天新闻网 2017 年 10 月 17 日报道，美国比格罗航空航天公司和联合发射联盟（ULA）公司 10 月 17 日宣布，他们正在合作开发月球轨道居住舱，并希望与 NASA 建立公-私合作伙伴关系。

两家公司在“月球补给站”概念下一起工作。该概念计划使用比格罗公司提供的充气舱，并由 ULA 下一代运载火箭——“火神”火箭发射。按照方案，一枚“火神”562 型火箭将把比格罗公司造的



B330 充气舱送入近地轨道。该充气舱将在地球轨道停留最长一年时间，以开展测试，并接待人员来访。联合发射联盟公司随后将再发两枚“火神”火箭，各送一个“先进低温渐进级”（ACES）上面级入轨。其中一个 ACES 将对另一个补燃料，后者将同 B330 充气舱对接，并将其送入一条近月轨道。

比格罗公司总裁表示，“月球补给站”概念不是要取代 NASA 今年早些时候宣布的“深空之门”地月空间居住设施，但“深空之门”很可能耗资更高，且因需花较长时间才能建成（NASA 现有方案预计其核心部分要在 20 年代中期才能完工），“容易被下届政府砍掉”。比格罗公司的方案可在得到经费和 NASA 应允后 4 年内付诸实施。这座月球补给站既可供 NASA 使用，也可供商用，既可接待由“航天发射系统”（SLS）火箭发射的“猎户座”飞船的造访，也能由其它飞船提供往返运输，比如太空探索公司的“龙”飞船。

比格罗称，后期的补给站可加装更多的舱段，甚至可在不同轨道上增设其它补给站，但两家公司眼下希望让方案保持相对简单，以便于实现。比格罗公司承认“月球补给站”概念还处于“尚未完成的交易”，需要政府的支持，将其作为新空间探索战略的一部分。除公开宣布这一月球补给站方案外，两家公司还向美国政府几位要员简要介绍了方案情况，并称已在 9 月份被提名为 NASA 局长的布莱登斯坦也会支持这样的事情，但未来如何，要取决于特朗普总统和彭斯副总统想要做什么。（郭丽红 张田）

## 新技术可使火星任务自制氧气

据澳大利亚每日航天网站 2017 年 10 月 19 日报道，近期的一项研究发现，等离子体技术含有未来火星探索任务所需的可持续性供氧气生成的关键性要素。

由里斯本等多所大学及巴黎 Ecole Polytechnique 公司联合开展的研究成果发表在《等离子体科学与技术》杂志。该项研究显示，由于 96% 的火星大气层均为二氧化碳（CO<sub>2</sub>），是可通过分解工艺方法从 CO<sub>2</sub> 中制取氧气的一种几近理想型环境条件，火星大气层的压力与温度范围表明非热性（或非平衡性）等离子体可有效地用于制取氧气。项目负责人、里斯本大学的瓦斯科·格拉博士表示，为未来载人火星探索任务创造一个适宜呼吸的环境具有相当大的挑战性。由于地球气候变化和太阳能燃料的生产等问题，促使通过等离子体方法从 CO<sub>2</sub> 中制取氧气是目前不断扩展的研究领域，而低温等离子体是用于 CO<sub>2</sub> 分解的最佳介质之一，亦通过直接电子碰撞或将电子能转换成振动激发等方法将分子分解成氧和一氧化碳。火星上平均约 210K（约-63.15℃）的低温环境可以产生比地球上更强烈的振动效应，而且能减缓反作用过程，延长分子的分离时间。

格拉博士表示，低温等离子体分解方法能够为未来火星探索任务提供双重解决方案：一是提供稳定、可靠的供氧；二是将一氧化碳作为运载火箭的推进剂混合物。他认为，这种原位资源利用方法可以增加自足性，降低乘员面临的风险，减少实施任务所需的运载器数量进而降低了成本。（赵晨）

## “洞察”号将为人类登火星“打前站”

据《科学美国人》官网 2017 年 11 月 14 日报道，NASA 下一个火星探测任务是 2018 年发射“洞察”号（InSight）火星着陆器。

InSight 全称是“对地震调查、地质测量和热传输内部勘探”。由 NASA 和洛克希德·马丁公司共同建造。现在，着陆器正在进行热力和真空测试。洛克希德·马丁公司“洞察”号项目的组装、测试与发布操作项目主管斯科特·丹尼尔斯说，发射可能会在 2018 年 5 月 5

日进行，“由于行星际发射窗口有限，必须提前完成所有测试工作，并在明年2月下旬运往加州范登堡空军基地准备发射”。

“洞察”号遭遇过波折。鉴于荷载关键仪器之一，法国航天局提供的 SEIS 地震仪传感器密封真空环境存在泄漏现象，2015 年 12 月，NASA 宣布暂停其于 2016 年发射的计划。NASA 喷气推进实验室项目首席研究员布鲁斯·班纳特说，好在地震仪 2016 年 8 月通过了关键的评估。发射推迟和 SEIS 地震仪的维修使项目总成本高达 8 亿美元，合作伙伴国支付了其中的 1.75 亿美元。经过仔细评估后，NASA 决定再次投入 1.3 亿美元，以保障火星登陆任务。

“洞察”号能够幸存是因它将探寻太阳系内除地球外的岩石星球内部构造，为可否在其上建造永久建筑物提供参考，还能帮助科学家拼凑 40 多亿年前陆地世界的形成过程。此外，它还能了解火星内部温度信息，利用一流设备研究的火星天气，能揭示太阳风、宇宙射线和带电粒子如何通过大气传播冲击火星表面。

NASA 行星科学部主任吉姆·格林说：“‘洞察’号任务将揭示火星这颗活跃星球的内部现状。”该任务虽然与 NASA 的火星登陆计划没有直接联系，但获得的所有信息对未来人类登陆火星具有重要参考价值。 (王海明)

※ ※ ※ ※ ※

## 简 讯

★ 11 月 12 日，美国轨道 ATK 公司“安塔瑞斯”230 型火箭搭载“天鹅座”飞船从沃勒普斯成功发射，执行该公司第八次国际空间站货运任务，本次发射原计划一天前进行，但因倒计时最后几分钟有飞机误入靶场上空的禁飞区域而不得不取消。本次任务中飞船携带约 3.35 吨货物，包括 16 颗立方星，其中 2 颗从国际空间站上部署，其余 14 颗由飞船离站后升轨部署。 (龙雪丹)

★ 10月26日梵蒂冈的罗马教皇方济各与国际空间站的6名航天员进行了约25分钟的视频对话。教皇方济各称，在国际空间站工作的人们是个“小联合国”，国际空间站像个“小玻璃宫殿”（纽约联合国总部），航天员们是“整个人类大家庭中从事空间科学工作的代表”。方济各还向航天员提了6个问题。（杨敬荣）

★ NASA航天员一个月内（分别于10月5日、10日和20日）成功组织了3次国际空间站出舱活动，主要任务是维修了机械臂、更换掉了摄像机系统并安装了一台新的高清摄像机。（张田）

★ 日本JAXA宣布，航天员野口聪一将从2019年底前后起在国际空间站长期逗留约半年时间，这将其第三次太空之行，期间，野口聪一将负责日本“希望”号实验舱等设施的维护、科学实验、机械臂操作等工作。野口聪一1996年被选拔为航天员。2005年7月乘坐美国航天飞机实现了首次太空飞行。（韩曙光）

据JAXA称，包括野口在内，曾赴太空的日本人共有11人。今年12月17日，另一名日本宇航员金井宣茂(40岁)将乘坐“联盟”号前往国际空间站，到明年4月致力于饲养实验鼠等实验。

★ 俄政府削减了2017-2019财年的航天项目预算，总计588亿卢布（约合10.2亿美元）。根据俄财政部的消息，之后的两年，财年预算将维持2017财年的水平，为860亿卢布（约合14.9亿美元）。此外，如协商成功，2018财年将额外增加60亿卢布（约合1.04亿美元）的航天预算，用于开展“联盟”5火箭的研制以及重启部分暂时搁置的项目。（张绿云）

★ 蓝色起源公司对其BE-4发动机进行了首次测试。BE-4发动机使用液氧和液化天然气作为推进剂，能够产生55万磅的推力。该发动机在蓝色起源公司内部研发，主要基于该公司的独立资金，只受到了部分来自ULA的支持。蓝色起源公司计划在公司去年宣布的

新火箭中使用 BE-4 发动机，届时火箭将具备运送 45 吨载荷至近地轨道或者 13 吨载荷至地球静止轨道的能力。（王霄）

★ 10 月 19 日，NASA 在斯坦尼斯航天中心的 A-1 试车台对编号 E2063 的 RS-25 发动机进行了时长 500 秒的点火试车，目的是收集发动机的性能参数。此次试车也称作为“镜像热点火试验”，主要是指此次 E2063 发动机所采取的试验方式与其在 SLS 火箭实际飞行任务中的工作方式大致相同。唯一区别就是，此次发动机仍然固定在测试台上。该发动机将与其它 3 台 RS-25 发动机共同执行首次载人任务——探索任务 2 (EM-2)。（张思源）

★ 10 月 27 日，联合国教科文组织首次评选出了“空间科学奖章”授予者，旨在表彰对空间科学探索与发展做出杰出贡献的科学家、公众人物或组织机构。“空间科学奖章”由联合国教科文组织与一些国家的科学家于 2017 年 6 月 29 日共同创立，世界首位进入太空的女航天员瓦莲京娜·捷列什科娃获此殊荣。（杨敬荣）

★ 加加林航天员中心主任尤里·隆恰科夫被任命为俄罗斯国家航天集团公司总经理顾问，将主管载人航天领域的国际合作项目。隆恰科夫 1965 年 3 月 4 日生于哈萨克斯坦的巴尔喀什市，1986~1995 年在波罗的海舰队海军航空部队及防空部队服役，1998 年加入加加林中心航天员大队，2010~2013 年 9 月任加加林中心航天员大队队长，2013 年 10 月~2014 年 4 月任俄罗斯联邦航天局局长助理，2014 年 4 月~2017 年 10 月 30 日任加加林航天员训练中心主任。（宋尧）

★ 欧洲航天局在西班牙加那利群岛的地质公园里开展航天员地质训练，以训练地质识别能力，为地外探索做准备，训练中还包括了航天员与地面沟通和其他设备的训练和测试。（张帆）

★ 日本《产经新闻》报道，日本防卫省计划于 2023 年前在其境内部署首部专门用于观测近地轨道上太空垃圾的雷达。据悉，该

部雷达将位于山口县西部属于日本自卫队的领土上，其主要任务是获取关于日本卫星附近空间垃圾碎片的移动信息，如发现与日本卫星有直接撞击的威胁，则可及时调整卫星的运行轨道。同时，该雷达也可用于对那些击毁航天器的武器的使用实施监控。日本防卫省计划拨款 3800 万美元用于该计划。（宋尧）

★ NASA 向美国 20 家小型企业和 4 家大型企业授与第二期建造合同（MACC-II），以为斯坦尼斯航天中心（SSC）及其他航天中心提供总体建造服务。MACC-II 是一项不定期交付/不定数量建造项目合同，8 年合同期的总金额不超过 30 亿美元。该合同主要面向 6 类企业：女性管理型企业、再利用的历史性商业区、困境中的老牌企业、8A 型商业发展项目、小型企业、全面开放的无限制性合同。合同承包方主要对各航天中心的厂房、设施设备与资产提供改造、维护与处理、拆除、设计建造与新建。（赵晨）

★ 法国和日本近日讨论合作“火星卫星探索任务”（MMX）的进展情况，该任务的合作协议已于 4 月 10 日在东京签署。MMX 是一个从火星卫星福布斯采样返回的项目，目标是探测火星卫星的起源，并获得对太阳系形成和演化的新见解。法国航天局将开展任务开始之前的可行性研究，并在飞行动力学和巡视器在火卫表面的操作方面提供支持。法国的 IAS 空间物理研究所为 MMX 任务提供高光谱红外成像仪。（郭丽红）