

中国载人航天工程办公室

2020年5月31日

## 本期要目

- 近10年来美国首次自主将航天员送上国际空间站
- 俄罗斯载人登月计划的进展
- 世界主要载人航天系统5月最新进展
- NASA宣布“阿尔忒弥斯协定”以建立月球探索国际联盟

第**5**期（总第150期）

# 目 录

## 专题与综述

近 10 年来美国首次自主将航天员送上国际空间站·····	1
俄罗斯载人登月计划的进展·····	9

## 发展战略

世界主要载人航天系统 5 月最新进展·····	19
NASA 宣布“阿尔忒弥斯协定”以建立月球探索国际联盟··	20

## 月球探索

NASA 顾问委员会对能否 2024 年重返月球提出质疑·····	25
NASA 正调整和完善“门户”和“阿尔忒弥斯”计划·····	27
NASA 评估 SpaceX 的 HLS 方案虽创新好但风险很大·····	30
俄罗斯第一辆小型月球车或会增重·····	32
普渡大学开展月球居住舱网络物理试验·····	33

## 国际空间站

NASA 和 SpaceX 实施首次商业载人任务的 13 个步骤·····	35
2021~2023 年期间俄罗斯每年将会有 3 次载人发射·····	43
俄罗斯进步 MS-14 飞船执行货运补给任务·····	44
美国会众议院要求 GAO 调查空间站国家实验室问题·····	47

## 运载器系统

SLS 火箭首次发射时间可能推迟至 2021 年底·····	49
NASA 签发 18 台 SLS 主发动机生产合同·····	51
追梦者飞行器机翼主结构完成制造·····	51
俄罗斯大幅追增安加拉系列火箭研制经费·····	52
俄 2023 年启动首枚载人型安加拉 A5 火箭装配工作·····	53
星船 SN4 原型机静态点火测试发生爆炸·····	54

## 航天器系统

NASA 运用软件预测猎户座飞船及硬件返回落点·····	57
航天员和机器人在太空进行维修和建造的回顾·····	58

## 航天员系统

航天员和国际空间站互留“微生物指纹”·····	62
太空生活使航天员的大脑容积变大并使垂体变形·····	65
国际空间站培养心脏细胞的重要变化·····	66
航天飞行不会增加女性航天员血凝块形成风险·····	67

## 发射场系统

美国太空军准备参与 NASA 的航天员搜救任务·····	69
美联邦航空局成立航天港办公室并签发新许可证·····	70

## 简 讯

·····	73
附 件	
国际空间站科学实验一周要点·····	77

## 世界主要载人航天系统 5 月最新进展

### 1. “门户”平台和“阿尔忒弥斯”计划的调整

NASA 目前正对 2024 年载人重返月球的“阿尔忒弥斯”计划进行调整和完善，包括将首批 2 个“门户”平台组件（PPE 和 HALO）一同发射以进一步降低任务成本和风险，同时针对首次载人猎户座飞行任务（“阿尔忒弥斯-2”）增加 1 次演示验证任务（交会与临近操作）以降低未来猎户座对接过程的风险。

### 2.SLS 火箭恢复测试并将首次发射推迟到 2021 年底

NASA 预计 SLS 火箭的首次发射时间将推迟至 2021 年底才能实施，而其中部分原因至少是与新冠病毒疫情相关。NASA 在 5 月 14 日的声明中称，日前已有少量人员返回对 SLS 火箭试车台进行检测以准备重启测试。由于 NASA 目前采取了新工作流程与规程以使员工们能在场区安全工作，因此仍需一段时间（约为整个夏季）才能全面恢复主芯级各项测试。

### 3.猎户座飞船试验新型落点预测软件

NASA 和洛·马公司及国防部在今年 3 月 15 日开展的第八次猎户座飞船返回溅落与搜救演练（URT-8）中，运用 Sasquatch 软件工具对飞船及相关硬件的返回落点进行预测。操作团队将气象气球采集的风数据与 Sasquatch 中有关飞船碎片的信息相融合并加以分析比较，以此判断碎片的落点分布情况，并重新部署回收舰船、搜救舟艇及直升机的位置，以避免造成人员受伤或设施损失。

#### **4.39B 发射工位继续准备工作**

在经过数年的适应性现代化改造后，39B 发射工位目前已基本具备为 Artemis-1 任务提供有效保障的条件，主要地面设施设备已基本就位，如电气系统、供水系统、导流槽、活动发射平台以及发射安全区域等。此外，EGS 的地面操作团队正在为 Artemis-2 载人发射任务展开相应的前期准备，包括一些新建造的设施设备，如液氢储罐和紧急逃生系统等。

(赵晨)

## **NASA 宣布“阿尔忒弥斯协定”以建立月球探索国际联盟**

2020 年 5 月 15 日，NASA 在其网站正式公布月球探索国际协议的基本原则——“阿尔忒弥斯协定”。该协定以美国的“阿尔忒弥斯”载人登月计划为名，主要包括人类如何在月球上行动、如何从月球表面开采资源、如何建立“安全区”等基本原则。NASA 局长布里登斯廷明确表示，如果国际合作伙伴同意该框架，那么就可以与 NASA 合作在月球表面建立基地。

### **1. 制定背景**

美国认为目前的《外空条约》过于含糊，无法充分支持 NASA 的载人登月及月球开发。为此，特朗普 4 月 6 日签署《太空资源开采和使用的国际支持及保障》行政令，在鼓励美国商业企业积极开展太空资源开发和利用的同时，强调美国寻求缔结开发太空资源的国际双边或多边协议，鼓励国际社会支持政府和私人开采与利用外层太空资源。根据该行政令的要求，NASA 与美国国务院、国家太空委员会共同制定了“阿尔忒弥斯协定”。

## 2.主要内容

“阿尔忒弥斯协定”提出一些框架性的建议，主要包括以下8条内容：

①互操作性。系统的互操作性对于确保安全和稳健的太空探索至关重要。“阿尔忒弥斯协定”呼吁伙伴国利用开放的国际标准，在必要时制定新的标准，并努力在最大程度上支持互操作性。

②紧急援助。向需要的人提供紧急援助是任何负责任的民用太空方案的基石。“阿尔忒弥斯协定”重申 NASA 和伙伴国对《营救航天员、送回航天员和归还发射到外层空间物体的协定》（《营救协定》）的承诺；并强调将采取一切可能的合理步骤，向遇险航天员提供援助。

③空间物体的登记。登记是创造安全和可持续的太空环境以开展太空活动的核心，没有适当的登记，就不可能进行协调以避免有害干扰。“阿尔忒弥斯协定”强调登记的重要性，并敦促任何尚未加入《关于登记发射外层空间物体的公约》（《登记公约》）的合作伙伴尽快加入。

④科学数据的发布。NASA 一直致力于及时、充分和公开地分享科学数据。“阿尔忒弥斯协定”的合作伙伴将同意效仿 NASA 的做法，公开发布他们的科学数据，确保整个世界都能从“阿尔忒弥斯”计划的探索和发现之旅中受益。

⑤保护遗产。在太空保护历史遗址和文物与在地球上一样重要。“阿尔忒弥斯协定”要求 NASA 和伙伴国致力于保护具有历史价值的遗址和文物。

⑥太空资源。在月球、火星和小行星上开采和利用资源对于支持安全与可持续的太空探索至关重要。“阿尔忒弥斯协定”强

调，根据《外空条约》第二、第六和第十一条的内容，太空资源的开采和利用是能够进行的且很快就可以进行。

⑦避免活动的相互冲突。避免有害干扰是《外空条约》的一项重要原则，因此通过“阿尔忒弥斯协定”，NASA 和伙伴国将提供有关各自月球基地的公共信息，这些信息将为“安全区”的规模和范围提供参考。伙伴国之间就安全区进行通知和协调，将防止有害干扰。

⑧轨道碎片和航天器处置。维护安全和可持续的空间环境对于公共与私人太空活动都至关重要。根据“阿尔忒弥斯协定”，NASA 和伙伴国同意遵守联合国和平利用外层空间委员会的《空间碎片减缓准则》。此外，NASA 和伙伴国将制定减缓轨道碎片的计划，包括在飞行任务结束后安全、及时、有效地处置航天器。

从内容看，其核心是第六条，其余内容都是对相关国际太空法的承诺，并无实质内容。第六条强调了签署该协定的国家应在月球、火星、小行星等太空资源的开采与利用问题上保持一致，即认可太空资源的开采与利用。第七条则是呼吁在 NASA 及其合作伙伴开展活动的场所周围建立“安全区”，该区不应被其他国家干扰。

### 3.主要目的

#### 一是希望进一步推动太空资源开发的步伐

除《月球协定》明确规定月球资源属于全人类共有外，目前尚无关于太空资源开发的相关国际法。虽然联合国外空委也在推动相关国际法的制定，但由于各方意见不一导致这一进程进展缓慢。考虑到将在 2024 年载人登月，NASA 及美国不愿意在无休止地讨论下去，因此希望不经过标准国际条约的制定过程而直接形成一套美国认可的国际协议如“阿尔忒弥斯协定”，“美国不

会坐等谈判达成一项符合美国国家利益的条约，美国相信可以去月球并利用那里的资源，因此美国就会去月球并利用那里的资源，并将以一种跟其他国家合作的方式做到这点。”

在“阿尔忒弥斯协定”出台之前，美国内已经先后通过《商业航天发射竞争力法》和《太空资源开采和使用的国际支持及保障》行政令，明确美国公民及商业机构可进行太空资源开发活动并享有其收益。此次“阿尔忒弥斯协定”则从国际角度为开采太空资源扫清障碍，将进一步推动美国太空资源开发的工作。

## 二是打造美国为首的“阿尔忒弥斯”月球开发联盟

在目前以国际太空站为主的载人航天国际合作中，主导国家是美国和俄罗斯，但对于未来的月球合作，美国已经多次表示只能以美国为主。NASA 负责国际合作的局长助理戈尔德表示，建立国际空间站的基础是“跨机构协议”（IGA），而 IGA 已经不适合月球探索活动了，需要新的法律框架建立合作关系，如“阿尔忒弥斯协定”。“阿尔忒弥斯协定”的第一条就是强调使用国际标准以实现互操作性，而这个国际标准则是美国使用的标准。在“门户”月球轨道站的建设中，美国拒绝采用俄罗斯的对接标准，强调俄罗斯若想参加“门户”建设，必须使用美国的对接标准。NASA 局长布里登斯廷更是公开表示，国际合作伙伴只有同意“阿尔忒弥斯协定”，才能与 NASA 合作在月球表面建立基地；“那些破坏太空并使太空探索处于危险之中的国家”则不应被邀请加入，他还于 5 月 15 日指责中国长征五号 B 运载火箭的再入，称该行为明显违反了“阿尔忒弥斯协定”。

加拿大、日本、欧洲国家等传统盟国预计都将加入该协议，其他被特朗普政府认为在月球采矿有“共同”利益的国家也会被吸纳；俄罗斯目前还在与美国讨论是否加入的问题。

### 三是使太空探索活动在政治、外交等领域发挥更大作用

布里登斯廷认为 NASA 的在太空探索领域取得的成就一直被低估了，这些成就可以帮助美国展现国家力量并提高美国的国际地位。通过“阿尔忒弥斯协定”，NASA 可以在美国的国家战略中发挥更大作用。在所谓的“外交、信息、经济与军事”（DIME）国家实力模型中，NASA 可以为除军事之外的所有选项提供支持，例如通过“阿尔忒弥斯协定”及国际合作，可与非美国传统盟友的国家开展合作；“只有遵守美国所认可的行为准则”，才能加入“阿尔忒弥斯协定”，从而帮助塑造“正确”的国际行为准则。

（廖小刚）

## NASA 顾问委员会对能否 2024 年重返月球提出质疑

据《航天新闻》网站 2020 年 5 月 15 日报道，NASA 顾问委员会载人探测与运营小组的一些成员在 5 月 14 日结束的为期 2 天会议上表示，基于半个多世纪前“阿波罗”登月计划所积累的经验，以及按照现行计划和项目进展情况，他们不相信 NASA 和其载人着陆系统（HLS）承包商能在 2024 年实现载人重返月球的目标，并对 HLS 目前所运用的研制思路感到担忧。

在这些质疑声中，NASA 原航天飞机与国际空间站（ISS）项目经理汤米·霍洛韦的批评最为尖锐。他在讨论中表示不相信 HLS 项目能按时研制出在 2024 年将航天员送上月球的着陆器，并指出 HLS 项目的整体进度，即在 4 年研制出着陆器系统并利用现有的其他系统实现登陆月球表面的想法，简直是痴心妄想。霍洛韦认为 NASA 及 HLS 承包商根本无法完成这一目标。对此，其他委员会成员也均表示赞同。航空航天专业咨询师帕特·康登指出，NASA 的商业乘员项目出现了数年延迟，而载人近地轨道飞行知识要比载人登陆月球的少很多，但目前却只使用一半时间来开展 HLS 的研制。康登认为“2024 年载人重返月球目标”是政府高层下达给 NASA 的命令，而该局则因很难对高层指令表示拒绝而处于一种尴尬的境地。但康登表示，委员目前形成共识即 2024 年实现载人重返月球表面的可能性真的是极小。

除了紧迫的项目进度外，一些委员还表示没有看到其他方面存在着紧迫感，如目前一些论证工作仍在继续探讨任务体系架构，包括采用绕月的备选方案等。原 NASA 航天员吉姆·沃斯

表示，NASA 不断重复做事，而对于一些事情，如果做出了决策并加以行动，就能使整个项目向前推进。他认为如果仍是继续重复每一件事情，那么就算到 2028 年也无法实现载人登月。

委员没有就 2024 年载人重返月球表面事宜形成一个正式的结论，但批准了其他一些建议，并指出 HLS 的研制进度极其紧张，因此要求减少某些会拖延项目进展的论证研究，以确保为研制出的 HLS 留有一定的测试时间，进而避免损害任务安全性。

与委员的担忧态度不同，NASA 官员对研制出能实现 2024 年载人登月的着陆器表示更为乐观。NASA 主管载人探测与运营的副局长道格·洛韦罗在 5 月 13 日表示，他认为 NASA 绝对可以实现预期目标，而这一信心主要是基于所研制的着陆器并不涉及新技术的研发，而且 NASA 也会尽快确定着陆器的技术要求，以避免研制后期出现高成本的设计修改。HLS 项目经理丽莎·沃森·摩根向委员会表示，她在与 3 家获得 HLS 研制合同的研制企业（蓝源、SpaceX 和 Dynetics）召开项目启动会时看到，他们自 2019 年秋季提交技术方案以来均一直在开展相关工作，而并非无所事事。

NASA 在 HLS 研制项目上采取了商业合作模式而非其惯例型合同，这也受到了委员会的质疑。霍洛韦在洛韦罗讲话之后表示对采取商业模式研制和使用月球着陆器大为吃惊。洛韦罗对此回应到，NASA 有时候会使用“商业”一词，但其真正含义并不十分准确，正确的表述是 NASA 与承包商达成一种与该局以往惯例无多大差别的协作关系。真正意义的“商业着陆器”将会分成若干阶段加以实施，NASA 更多的是参与前期性工作。第一批着陆器将主要是使 NASA 及其承包商重新了解和学习如何实施飞行任务，NASA 在前期任务中将深入参与每一项着陆器研制决

策。随着对商业合作方获得的信心，NASA 将逐渐但肯定会使商业合作方自己进行研发，届时，NASA 只采购项目服务，就如商业货运和载人运输项目一样。

(赵晨、郭凯)

## NASA 正调整和完善“门户”和“阿尔忒弥斯”计划

据《航天新闻》网站 2020 年 5 月 14 日报道，NASA 目前正对 2024 年载人重返月球的“阿尔忒弥斯”计划进行调整和完善，包括将首批 2 个“门户”平台组件一同发射以及针对首次载人猎户座飞船飞行任务增加 1 次演示验证任务。

### 1. 调整“门户”两舱段建设与发射方式

在 5 月 13 日 NASA 顾问委员会载人探测与运营委员会召开的会议上，主管载人探测与运营的副局长道格·洛韦罗表示，该局已决定或正认真考虑对“阿尔忒弥斯”计划的前期阶段进行调整与完善，以此进一步降低任务成本和风险，其中最大的调整内容是有关“门户”平台首批 2 个组件的建设与发射计划。NASA 原定是将首批 2 个组件——动力与推进组件 (PPE) 和居住与后勤前哨组件 (HALO) 分开发射，然后再在轨道上进行两者的对接组装，而根据目前的考虑，拟先在地面上将 PPE 和 HALO 组装完成后，再通过某型火箭将组合体一次性发送到轨道上。洛韦罗指出，这种方式不仅降低风险，而最重要的是能大大减少任务成本。“门户”平台项目经理丹·哈特曼随后在会议上表示，将 PPE 和 HALO 组合只需花费一次发射任务的费用，同时还能减少一个为 HALO 提供单独动力和推进的服务舱及在轨组装 PPE 和 HALO 的任务要求。

NASA 计划在 2023 年 11 月发射 PPE 和 HALO 的组合舱体，并在随后的 9~10 个月里通过 PPE 的太阳能电推进系统使其飞往月球轨道。NASA 即将发布有关将 PPE 和 HALO 进行组合的方案征集草案，并预计于今年秋季签订相关发射合同。哈特曼在谈到“门户”平台组件的发射时表示，NASA 经过评估认为只需选择一个发射承包商就可完成这项任务。虽然他没有透露发射承包商的名字，但媒体认为将会是 SpaceX 公司及其猎鹰重型火箭，其月球转移轨道发射能力为 15 吨，超过 PPE 和 HALO 的质量之和。但哈特曼同时还指出，美国空军通过正在组织的“第二阶段国家安全太空发射”竞赛，将于今年夏季与 2 家公司签订任务合同，这也可能会为“门户”平台组件发射增加其他承包商。

## 2. “门户”不用于载人登月任务

虽然 NASA 计划在 2024 年下半年早些时候将“门户”平台送入绕月轨道，但洛韦罗在此前的声明中再次重申“门户”平台将不会用于拟载人登陆月球表面的“阿尔忒弥斯-3”任务，以使该次任务的成功性更高。他指出，这种发展思路将能使 NASA 更加集中于演示验证登陆月球表面的能力，并将“门户”平台留用于月球探索项目的后续可持续实施阶段。他认为 NASA 目前不需要完成一次性大跨越，对于未来探索任务，在首先完成月球表面登陆以及着陆器能在月球开展工作之后，可以再将它们与“门户”平台相结合。

将“门户”平台脱离于“阿尔忒弥斯-3”任务的发展思路可使 NASA 为该平台选定更多不同于以往设定的近直线晕轨道 (NRHO) 的绕月轨道。NASA 载人月球探索项目主任马歇尔·史密斯给出了正在研讨中的若干方案，以为猎户座飞船选定比 NRHO 更靠近月球的轨道。虽然这些轨道无法比 NRHO 更靠近

月球，但所呈现的技术性能与要求要比 NRHO 的更好。史密斯表示，技术团队正在针对 NASA 于 4 月底签订的月球着陆器研制合同相关方案以及“门户”平台绕月任务的技术要求进行比较研究，从中找出能改进任务成功标准并同时降低总体任务风险的方法和技术，不到最后时刻决不放弃任何可能性。

### 3. “阿尔忒弥斯-2”任务增加交会与对接测试

除了“门户”平台外，NASA 还正在考虑对首次载人猎户座飞行任务（“阿尔忒弥斯-2”）加以调整。洛韦罗表示，该局希望增加一次交会与对接操作（RPO），即猎户座飞船在其他航天器附近进行机动的验证任务。由于“阿尔忒弥斯-2”任务的猎户座飞船没有设计对接系统，因此 RPO 验证任务不会涉及到“门户”平台及有关对接操作。洛韦罗指出，RPO 任务的目的是进一步了解 and 掌握猎户座飞船的技术特性以及对接所需的测试系统，确保能在地面完成相应的模拟修正，以降低未来猎户座对接过程的风险。史密斯表示，RPO 任务拟验证的目标物可能是 SLS 火箭的上面级——过渡低温推进芯级（ICPS），而另外一个目标物也可能是搭载猎户座飞船的一颗卫星。

载人探测与运营委员会的一些成员对 NASA 拟进行的“阿尔忒弥斯”计划调整提出警告，认为这些变更性要求将严重影响到 2024 年载人重返月球表面计划。对此，史密斯表示 NASA 将在未来 3 个月内逐步确定最后的任务变更内容。

（赵晨）

## NASA 评估 SpaceX 的 HLS 方案虽创新好但风险很大

据《航天新闻》网站 2020 年 5 月 4 日报道，NASA 于 4 月 30 日宣布选定 SpaceX、Dynetics 和蓝源 3 家企业启动载人登月着陆器（HLS）的设计论证与研制，并希望其中一家能将 HLS 用于 2024 年的载人登月任务。NASA 认为 SpaceX 的 HLS 虽能提供很强的保障能力，但属于高风险、高回报型方案，有可能在 2024 年登月之际仍无法及时准备好。

NASA 在评选声明中指出，由于 SpaceX 的 HLS 方案的技术和管理方面的评分均为“可接受的”，因此其评分在 3 家企业中是最差的。蓝源的技术评分为“可接受的”，管理评分为“优”。Dynetics 的技术和管理评分均为“优”。

NASA 认为 SpaceX 所提交的未来登月型“星船”飞船（其体积要比其他 2 家的大得多）方案具有若干个技术强项，能达到或超过 NASA 设定的全部功能与性能要求阈值。此外，该方案还能保障 NASA 所强调的可持续性以及能在月球表面长时驻留的远期月球探索规划要求。SpaceX 的方案能提供相当大的任务设计灵活性，并能极大地减少与转入可持续性阶段任务运营相关的时间和成本。但 NASA 指出这种方法同时具有一定的风险。

NASA 将 SpaceX 提出的“将前期和大量地面与飞行系统的演示验证作为优先事项”的研制计划视为该公司的一个强项，包括一次星船近地轨道试飞以及 2022 年的一次无人月球着陆等。然而 NASA 同时指出，SpaceX 的其他项目均出现了长时间延误，如其商业乘员运输系统和猎鹰重型火箭的研制都比原定计划推后了数年，而这些延迟情况均降低了供货方评选委员会对 SpaceX 能否顺利执行其 HLS 研制进度的能力的信心。主管 HLS

项目供货方评选部门的 NASA 副局长史蒂文·尤尔奇克则淡化了 SpaceX 的项目延误这一弱项，他在声明中表示，SpaceX 丰富的相关经验以及通过这些项目实施中获取的教训，将能在一定程度上减缓因进度延误导致的潜在风险。

评选人员还将 SpaceX 的运行方案视为弱项，即该公司将使用其他星船飞船作为登月型星船的加油与推进剂存储设备，但这种方法需要实施大量、高度复杂的发射、交会与加注操作且全部过程必须得以快速、连续地完成，方能按照该方法获得最终成功。评选人员认为这种方法将使 2024 年登月目标面临一定风险。

SpaceX 的第三个弱项涉及到其推进系统的研制。NASA 在评选声明中称，该推进系统非常复杂且由多个同样很复杂的分系统组成，而这些分系统尚未加以研制、验证和认证，因而接受其进度延误的裕量非常小。评选人员最后认为 SpaceX 的研制计划不足以解决研制过程中的潜在延误风险以及其演示验证任务随之产生的风险。NASA 同时还认为其他 2 家企业的推进系统也属于弱项，蓝源的动力与推进系统相对复杂和不成熟，从而会形成研制风险。蓝源的设计方案从技术角度而言看似安全稳妥，但只有必须严格按照蓝源的实施计划并通过大量研制工作才能使该设计得以完善成熟，包括按照貌似更为冒进的任务进度推进各项工作。对于 Dynetics 的着陆器推进系统，NASA 给出了类似的评判，称该系统也很复杂，需要通过依赖成熟度相对较低的技术或对于该公司所提交的应用而尚未研制但又需要按照前所未有的进度加以研制的技术才能推进。对此，尤尔奇克将这种风险与该公司将上升舱与下降舱集成为一个组件并环绕设置一组燃料储箱的创新方法进行了权衡，指出虽然 Dynetics 的动力与推进系统

总体上存在着很大的技术与进度风险，但其研制方法正是 NASA 在 HLS 方案征集中寻求的那种创新性解决方案。

除了推进系统外，蓝源和 Dynetics 均无其他明显的弱项，而且其采取的合作方法也获得了 NASA 的称赞。蓝源与 Draper、洛·马和诺·格组成的“国家团队”在以往众多项目上均拥有着骄人业绩，这对其在 HLS 项目中的表现具有直接意义，并能极大地提升 NASA 成功研制着陆器的信心。Dynetics 的团队则包括 Maxar、内华达山脉和泰雷兹·阿莱尼亚等 25 家企业，NASA 认为进行小企业分包是 Dynetics 的一个重要强项，明显超出了该局方案征集的要求，这在合同执行及后续工作实施过程中对政府而言是一个有利因素。

(赵晨、郭凯)

## 俄罗斯第一辆小型月球车或会增重

据俄新社 2020 年 5 月 5 日报道，俄罗斯科学院公布的年度报告中指出，目前“月球-28”探测器正处于设计阶段，月球车的重量设计在 30~150 千克范围之内，这也意味着月球车上的科研设备重量要控制在 5~25 千克之间。而为了能够在月球车上安装俄罗斯最为先进的设备，俄罗斯首辆月球车的重量将有可能达到 150 千克。

2019 年秋天，俄罗斯科学院航天研究所所长马克西姆·利特瓦克称，俄罗斯研制的月球车重量大约在 30~100 千克范围内，行驶速度不超过 3 千米/小时，最远行驶距离为 30 千米，使用寿命为 1 年。为了采集月球土壤样本，为月球车专门装备了一

个小型机械臂。由“月球-28”探测器运至月球表面，发射暂定于2027年。

俄罗斯科学家已经对月球车及其设备进行初步评审，根据采样目的和科研优先原则，在月球车上很可能会安装一个重量小于2千克的被动式紧凑型中子光谱仪或者重量为6~7千克的主动式伽马和中子光谱仪。被动式紧凑型中子光谱仪可以在月球车的移动轨迹上探测出月球土壤中水和冰的平均含量，而主动式伽马和中子光谱仪可以扩大探测范围，不但可以找到不同深度的冰水沉积物，而且还可以分析出月壤表层的化学成份。

“月球-28”探测器的运载火箭为安加拉-A5型，其上带有DM-03助推器，从俄罗斯东方发射场发射。之后，俄罗斯将发射“月球-29”探测器，届时大型月球车将运至月球表面。

1970年，苏联将重量为756千克的第一辆月球车送至月球，在月球表面工作了近一年之久。1973年，苏联又将重达836千克的第二辆月球车成功送上月球，并在月球表面工作了六个月。

(周生东)

## 普渡大学开展月球居住舱网络物理试验

据《每日航天》2020年5月5日报道，普渡大学回弹性外星居住舱研究所所长雪莉·戴克目前正利用计算机模型和物理试样开展物理试验，以了解哪些特性能够提高居住舱的安全性。研究人员对潜在月球居住舱的某些组件执行物理测试，并在虚拟条件下同步测试其他组件。试验发现了三大关键特性：弹性、智能性和自动化。

居住舱的弹性水平直接关系到能否构建承受各种危害的智

能结构。微流星撞击、地震和月壤（较锋利，磨蚀性强）问题仅仅是冰山一角，这类危害会降低太空居住舱的使用性能，威胁人类生命安全。为了实施此次研究，研究所在赫里克实验室内构建了 1:4 居住舱模型，通过网络物理试验使某些因素形象化。为适应从月球表面到熔岩管道内设施等不同位置，每次网络物理测试都能迅速改变关键虚拟组件。与物理居住舱实物结合后的计算机模型，支持居住舱构建、寿命和恶化情况说明，还能识别供电不足、温度异常和压力下降的后果。

戴克称，终极目标是打造一个无需人类长期照管的智能居住舱，应对位置变化、损坏和任务期内可能发生的任何问题，并确保舱内科学设备的完整性与安全性。将智能科技融入居住舱设计工作，可以利用实时传感器进行监控，在居住舱受损时，确定损害后果、严重程度和应对措施，再由机器人修复舱体结构。

（蔡琴）

## NASA 和 SpaceX 实施首次商业载人任务的 13 个步骤

本刊综合报道,NASA 和 SpaceX 于 5 月 30 日实施美国本土的首次商业载人试验飞行任务,将 2 名 NASA 航天员(道格·赫尔利和鲍勃·本肯)送往国际空间站(ISS)。代号为 Demo-2 的此次任务将通过 SpaceX 的猎鹰 9 火箭从肯尼迪航天中心 39A 发射工位发射升空。以下是 NASA 和 SpaceX 完成 Demo-2 任务从射前准备到飞船返回溅落过程的 13 个步骤以及发射前的准备及评审工作:

### 1.航天员抵达发射台

按照 NASA 的传统做法,航天员在发射日当天会乘坐老式的“航天员转运车”前往发射台,而此次 Demo-2 任务的赫尔利和本肯则将乘坐 SpaceX 研制的新潮“特斯拉”X 跑车。2 名航天员乘车前需在距发射台约 14 千米处的航天员公寓吃完早餐,时间定在发射前 5 小时。早餐后,航天员将穿上 SpaceX 研制的新型航天服,并在发射前 3 小时抵达发射台。

### 2.航天员通过进入臂入舱

在发射前 2 小时 15 分钟时,赫尔利和本肯将通过新型廊桥式乘员进入臂走入龙飞船,这是 SpaceX 在对 39A 发射工位进行适应性改造时新增的设施。地面操作人员将确保 2 名航天员安全进入到飞船内并就绪,然后在发射前 1 小时 50 分钟之时关闭舱门。

### 3.发射起飞及其气象限制条件

根据任务设定，搭载赫尔利和本肯的猎鹰9火箭在美国东部时间5月30日15时22分从肯尼迪航天中心的39A发射工位发射起飞。在火箭起飞前4小时30分钟，美空军第45气象中队将确定是否具备发射良好天气的可能性，并随之发布最新的发射时间。若是出现天气原因或基于其他原因而取消发射，则选择后续备选发射时间。

#### (1) NASA 官网发布了 14 条不予发射的气象标准：

- 如果发射台约 49.4 米上空的持续风速超过 48.25 千米/小时，不予发射；

- 如果火箭穿过含有风切变的高空环境，由此可能导致火箭控制问题，不予发射；

- 如果在发射台或飞行路径约 18.5 千米范围内观测到雷电并将持续 30 分钟，不予发射，除非能满足特定条件；

- 如果火箭将进入的附着型雷电砧状云范围约达 18.5 千米，不予发射，除非能满足温度与时间要求的距离标准；

- 如果火箭将进入的分离型雷电砧状云范围约达 18.5 千米，不予发射；

- 如果火箭将进入的的雷电碎云范围约达 5.6 千米，不予发射，除非能满足特定时间要求的距离标准；

- 如果火箭将进入的干扰天气云范围约达 9.3 千米，且其即将达到凝固温度并含有适度或更多降水，不予发射，除非能满足特定时间要求的距离标准；

- 如果发射台约 9.3 千米范围内的地面电场测量读数超过  $\pm 1500\text{V}/\text{米}$  并且持续 15 分钟，或在满足特定标准下的读数超过  $\pm 1000\text{V}/\text{米}$  并且持续 15 分钟，不予发射；

- 如果火箭穿过厚度大于约并且即 1372 米并且即将达到凝固温度的云层，不予发射，除非满足特定标准；

- 如果火箭将进入的积状云范围约达 18.5 千米，且其顶部即将达到凝固温度，不予发射，除非满足特定高度的距离标准；

- 如果火箭将进入的雷电边缘范围约达 18.5 千米，且在观测到最后一次雷电后的 30 分钟内仍会继续产生雷电，不予发射；

- 如果火箭穿越由烟羽云生成或附着在烟羽云上的积状云层，不予发射，除非能满足时间要求的标准；

- 针对载人龙飞船发射逃逸情况，如果下靶场的天气状况显示达不到飞船溅落限定要求，不予发射；

- 针对载人龙飞船发射逃逸情况，如果下靶场的天气状况显示达不到飞船溅落限定要求的概率很高，不予发射。

NASA、SpaceX 公司和国防部针对猎鹰 9 火箭上升段沿着美国北部东海岸以及北大西洋设置了 50 个点位监测下靶场的天气状况。每个点位均针对风、波、雷电和降水等要素进行是否符合限定要求的概率计算。

**(2) SpaceX 官网给出了发射前 45 分钟 (T-45) 的倒计时程序及相关事件：**

- T-45 分钟—SpaceX 发射主任确认是否进行推进剂加注；

- T-42 分钟—乘员进入臂缩回原位；

- T-37 分钟—载人龙飞船的发射逃逸系统；

- T-35 分钟—开始加注 RP-1（火箭级煤油）；

- T-35 分钟—开始加注一子级液氧；

- T-16 分钟—开始加注二子级液氧；

- T-7 分钟—开始射前火箭发动机冷却；

- T-5 分钟—龙飞船转入内部供电状态；

- T-1 分钟—发出进行最后射前检测指令；
- T-1 分钟—推进剂储箱增压开始进入飞行压力状态；
- T-45 秒—SpaceX 发射主任确认是否实施发射；
- T-3 秒—发动机控制器发出启动发动机点火程序指令；
- T-0 秒—猎鹰 9 火箭起飞。

#### 4. 火箭一子级返回溅落

在猎鹰 9 火箭发射起飞后约 2.5 分钟，其一子级与上面级分离，并随后返回溅落在地面。SpaceX 公司计划使一子级着陆到部署在大西洋海域上的“我当然依然爱你”无人驾驶回收船上。为了完成一子级着陆，必须首先执行一次翻转机动，然后再通过发动机点火进行一次助推器反推和进入燃烧。

#### 5. 飞船与火箭二子级分离

在猎鹰 9 火箭一子级分离后仅数秒，火箭二子级发动机将点火并持续约 6 分钟。随后，载人龙飞船与二子级分离，从这个时点起就意味着该飞船自己将开始在太空中的首次飞行。对于货运版龙飞船，这个时点是展开太阳能电池阵列并为飞船供电的环节，但因载人龙飞船的太阳能帆板是内置在飞船体内，体积不大，所以无需打开。

#### 6. 临近 ISS

一旦载人龙飞船与猎鹰 9 火箭上面级分离，随后将执行一系列变相机动，以逐步临近 ISS 并进行自动对接。变相燃烧将会飞船提升到 ISS 的轨道高度，即平均约 400 千米的绕地球轨道高度。

#### 7. 与 ISS 对接

当载人龙飞船临近 ISS，并进入一个称为“禁飞球”的 ISS 内部控制区域（一个中心在 ISS 质心、半径为 200 米的球体）时，将对准 ISS 和谐号舱段“增压对接适配器 2”（PMA-2）的对接

口。然后，飞船非常缓慢地朝着 ISS 移动，并通过完全自主对接系统完成与 ISS 的对接。飞船上的航天员也可以根据需要接管飞船，改为手控方式进行对接。

按照任务设定，飞船将在发射起飞后 19 个小时后，与 ISS 对接。已于今年 4 月飞往 ISS 的第 63 期“远征队”的 3 名航天员（美国的克里斯·卡西迪及俄罗斯的阿纳托利·伊万尼申和伊万·瓦格纳）将协助龙飞船的 2 名航天员打开舱门并进入 ISS 内。

### **8. 驻留 ISS 约 1~4 个月**

Demo-2 任务的 2 名航天员将在 ISS 上驻留 30~119 天，具体持续时间仍有待 NASA 和 SpaceX 确定，并取决于载人龙飞船的在轨运行状况以及下一艘飞船的研制与准备情况。下一艘飞船拟在今年年底执行首次正式的载人运输任务，名为“乘员-1”（Crew-1）。

NASA 官员在 5 月 1 日任务简报会上表示，虽然该局还未确定 Demo-2 任务的 2 名航天员是否能参与即将进行的 ISS 舱外行走，但为了以防万一，他们此前已接受了一些太空行走培训。此外，他们还接受了参与 ISS 正在开展的多项科学实验的相关培训。

### **9. 飞船与航天员离开 ISS**

载人龙飞船离开 ISS 的程序与其抵临及交会对接 ISS 的大体相似，只是进行反向操作。飞船必须首先缓慢“禁飞球”，然后实施更多的变相燃烧，以降低其轨道高度。整个下降过程大约需要 2 天的飞程序序。

### **10. 飞船服务舱抛置**

当载人龙飞船返回临近地球时，将弹射出称为“行李箱”的服务舱，然后进行脱轨燃烧并将其送入到地球大气层。该服务舱

是一个带翅片的圆锥形舱体，装有往返 ISS 飞行所需的内置式太阳能电池阵列及其他设备。在飞船返回过程中将服务舱弹射抛置是为热防护罩清除障碍，并准备启动飞船的溅落。

### 11. 飞船再入

载人龙飞船将以约 27000 千米/小时的速度进入地球大气层，其与大气间的摩擦所产生的阻力大大减缓了飞船的，同时导致船体外部的温度升高至几近与太阳的一样。虽然通过热防护罩可使航天员避免受到极端高温的影响，但返回着陆后的飞船将无法保持发射前的模样。SpaceX 在 2019 年 3 月实施 Demo-1 无人任务时的那艘飞船，在返回地面后看上去如同棉花软糖一般。

### 12. 降落伞打开

一旦载人龙飞船完成其返回飞行过程中的燃烧性再入段，将打开其 4 个 Mark 3 型降落伞，以进一步减缓飞船下降速度，从而使其能轻缓地溅落在大西洋海域上。

### 13. 飞船溅落回收

由 NASA、国防部和 SpaceX 公司组成的搜救回收团队乘坐 SpaceX 的“领航者”回收船在溅落回收区待命，协助龙飞船内的 2 名航天员出舱，然后将飞船吊离水面并放置在回收船的甲板上，运回卡纳维拉尔基地港口以使 NASA 和 SpaceX 对船体进行后续的检查。

NASA 和 SpaceX 针对 Demo-2 任务是否获得成功设有一套评判标准，即载人龙飞船必须验证其能在发射后成功地与火箭分离并进入预定轨道、与 ISS 进行交会对接/解除对接并最后将航天员安全地带回地球。如果一切均能按计划顺利实施，则 SpaceX 将很快利用载人龙飞船开展定期的 ISS 航天员往返运输任务。

## 14.发射前的准备及评审工作

### (1) 发射前抵达发射场与射前测试

5月15日晚，一艘崭新的载人龙飞船（编号C206.1）运抵39A发射位火箭机库，与在此等候的崭新一枚猎鹰9火箭（编号B1058.1）会合，开始水平式箭船组装、检查、审核。在此之前，这艘龙飞船在发射台以南燃料库加装二元推进剂（肼+四氧化二氮），为飞船的发动机装载推进剂，用于紧急状况下启动逃逸发射以及太空机动推进。

5月17日，龙飞船完成太阳能裙襖的安装。这款全新设计理念的太阳能供电系统，采用小片太阳能电池板拼成曲面“太阳能裙襖”，就像围裙一样半包围于服务舱外表（一改传统太阳能展开式阵列），从而彻底避免展开故障风险，不过缺点就是曲面电池板因受热不均有可能造成电池性能衰减，从而影响整个飞船停靠时间。根据NASA审核委员会报告，这是唯一影响龙飞船长期停靠空间站的决定性因素，最长可停泊119天。

### (2) 航天员抵达发射场

5月20日，首批搭乘龙飞船的两位NASA航天员道格·赫尔利、鲍勃·本肯，由隔离状态进入临飞状态，从德州休斯敦约翰逊航天中心搭乘一架NASA“湾流”飞机飞抵肯尼迪航天中心。此前，两人从5月13日开始隔离。

### (3) 箭船完成组装并起竖

5月20日，崭新的猎鹰9火箭+龙飞船整合为一体。5月20日晚开始，SpaceX通过火箭运输车，将长达65米的箭船整体水平缓慢运往400米以外的39A发射台。5月21日，整个火箭已在发射平台上就位。5月21日，启动液压系统，将整个火箭从水平位升至垂直位。5月26日，猎鹰9火箭+龙飞船从垂直位被

放置到水平位，工程师在对火箭支撑装置顶部一处冷水循环系统进行故障排查。SpaceX 及时对外披露，临时排查不会影响发射。

#### (4) 火箭静态点火测试

5 月 22 日，火箭完成静态点火测试，发动机燃烧持续 7 秒钟，但保持整个火箭试射而不发射，依然牢牢矗立在发射台上。同天，NASA 举行一场线上新闻发布会，由两位航天员、NASA 管理层通过在线视频形式回答记者提问。

#### (5) 模拟发射测试

5 月 23 日，进行发射前的彩排。两名航天员身穿舱内宇航服，乘坐特斯拉 Model X，从标志性建筑体肯尼迪航天中心航天器组装大楼，一路来到美国黄金发射位 39A 发射台。然后乘坐直达电梯抵达 80 米高的发射塔，穿过空中廊桥，进入一间白色预备舱，一切准备就绪后进入载人龙飞船。指挥官赫尔利坐在龙飞船左手位置，联合指挥官本肯居右而坐。

#### (6) 通过飞行准备评估

5 月 21 日和 5 月 25 日，NASA 评估委员会先后完成两次飞行准备评估，顺利通过发射认证。NASA 发言人芬奇透露，NASA 评审委员会对这次历史性发射做出了风险评估：总体评估风险系数为 1.666% (1/60)。这一风险不仅仅包括发射失败、航天员人身安全等多项风险，还包括不能按计划抵达国际空间站这类目标风险相比而言，2011 年航天飞机谢幕飞任务 (STS-135) 发射前，总体评估风险系数只有 1.1111% (1/90)。在此之前航天飞机已经累计飞行 134 次，132 次成功往返。而此时此刻的龙飞船尚未载人发射过一次，NASA 给予 1.666% (1/60) 的总体评估风险系数，已经高于大多数航天飞机发射任务的总体评估数值。针对航天员人身安全风险，NASA 给出的风险系数极低：0.3623%

(1/276)。该数字甚至低过 NASA 对其要求的最低门槛 0.3703% (1/270)。

(赵晨、廖小刚)

## 2021 ~ 2023 年期间俄罗斯每年将会有 3 次载人发射

俄新社 2020 年 5 月 2 日报道，2001 年到 2008 年，俄罗斯每年都向国际空间站定期发射 2 艘联盟载人飞船；2009 年到 2019 年，每年定期发射 4 艘载人飞船，2020 年按计划只进行 2 次载人发射，其中一次已于 4 月 9 日完成。在 2021~2023 年期间，俄罗斯计划每年将向国际空间站发射 3 艘联盟号载人飞船，发射计划如下：

2021 年：4 月（联盟 MS-18），9 月（联盟 MS-19），12 月（联盟 MS-20）；

2022 年：3 月（联盟 MS-21），9 月（联盟 MS-22），10 月（联盟 MS-23）；

2023 年：3 月（联盟 MS-24），6 月（联盟 MS-25），9 月（联盟 MS-26）。

此前有报道称，2019 年 2 月俄罗斯国家航天集团与美国太空探险公司签订合同，拟于 2021 年 12 月将有 2 名太空游客乘联盟 MS-20 载人飞船前往国际空间站，并在那里举行庆祝新年活动。

2022 年 10 月至 2023 年 4 月期间，将会有 3 名航天员乘联盟 MS-23 载人飞船进行为期 6 个月的商业飞行，该 3 人商业飞行乘组中有 1 名是俄罗斯航天员并担任指令长。另外，3 人乘组中很可能有 1 名航天员来自阿联酋。

2001 年至 2009 年期间，联盟飞船已经将 7 名太空游客送至国际空间站，其中美国商人查尔斯·西蒙尼完成了两次太空飞行。

(周生东、苑艺)

## 俄罗斯进步 MS-14 飞船执行货运补给任务

北京时间 4 月 25 日 9 时 51 分，俄罗斯在拜科努尔航天发射场 31 号发射台利用联盟-2.1a 运载火箭成功将进步 MS-14 货运飞船发射进入预定轨道。飞船采用两圈超短程飞行模式，经过 3 小时 20 分钟飞行后，于 13 时 12 分成功与国际空间站对接。

### 1.任务概况

本次任务是在全球新型冠状病毒大流行的特殊时期进行，为了防止病毒进入国际空间站，飞船发射前在联邦医学生物局下属的拜科努尔卫生和流行病学中心的协助下，对飞船的内部及搭载货物进行了两次消毒。此次任务为联盟-2.1a 运载火箭的第 35 次轨道发射任务，进步系列飞船的第 166 次任务，也是进步 MS 飞船的第 14 次发射任务。联盟-2.1a 运载火箭点火后，经过 8 分 48 秒飞行，成功将进步 MS-14 飞船送入预定轨道。

进步 MS-14 飞船计划在轨驻留 210 天，于 2020 年 11 月与国际空间站分离后再入大气烧毁。

### 2.货物情况

此次发射的进步 MS-14 货运飞船载有超过 2500kg 货物，包括 1350kg 干货物、650kg 燃料、420kg 水以及 460kg 压缩气体。货舱内载有科学设备、生命保障系统配套组件以及食品箱和航天员所需的衣物、医疗用品及个人卫生用品。为纪念苏联卫国战争胜利 75 周年，飞船还携带了为航天员准备的纪念品。进步 MS-14

货运飞船的任务除运送货物外，还包括利用自身发动装置对国际空间站进行轨道调整，从站上带走生活垃圾和废弃设备。

### 3.运输系统

#### 3.1 进步 MS 飞船

俄罗斯“进步”系列货运飞船始于 1970 年代，截至目前先后发展了进步、进步 M、进步 M1、进步 M-M、进步 MS 等多个型号，进步 MS 系列货运飞船是在进步 M-M 系列货运飞船的基础上改进而来，进一步提升了飞船的性能和可靠性，是进步系列货运飞船的最新型号，由俄罗斯能源火箭与航天集团公司（RSC Energia）负责研制。

进步 MS 系列货运飞船由货舱、补给燃料舱和仪器-服务舱构成，发射质量约 7.3t，可携带约 2.6t 货物，长 7.2m，底部最大直径 2.72m，飞船在轨完全展开跨度为 10.6m，可在轨驻留 180 天。

相较上一代飞船，进步 MS 系列货运飞船对航电系统进行升级，飞船整体性能获得较大提升。采用新型航向-NA（Kurs-NA）交会系统替代了原来的 Kurs-A 交会系统，使用 AO-753A 型天线替代 2AO-VKA 和 AKR-VKA 型天线，同时保留了原来的 2ASF-M-VKA 天线，利用现代化数字信号处理方法提高了对接过程的可靠性和安全性。飞船采用自主模式与国际空间站进行对接，在紧急情况下也可采用远程操作模式（TORU）进行手动对接。

飞船载有自主卫星导航（ASN）系统，替换了之前的轨道无线电监测设备，新系统与俄罗斯“格洛纳斯”（GLONASS）、美国“全球定位系统”（GPS）以及国际卫星搜救（Cospas-Sarsat）系统兼容，ASN 系统使飞船的轨道确定精度达到 5m，与国际空

间站的交会坐标确定精度达到 1m。与此同时，飞船新型飞行控制系统 (SUD) 可通过“格洛纳斯”导航卫星自主测量交会轨迹，无须再通过地面站进行测量。

飞船采用统一指令遥测系统 (EKTS) 取代老一代量子-V (Kvant-V) 无线电通信系统，从而能够通过“射线” (Luch) 数据中继卫星实现飞船与俄罗斯地面站的实时联络，使地面站既可通过“射线”卫星也可直接向飞船发送命令并接收遥测数据。

此外，飞船还增加了流星体防护系统、闪电防护系统，对接口增加了备用电动驱动机构；采用了改进的 BDUS-3A 型角速度传感器、新的 SFOK 发光二极管照明系统；利用新的数字电视系统取代了旧的 Klest 模拟电视，飞船和空间站可通过船上无线电频道联络等。“进步 MS”系列货运飞船自第三艘起，可在船体外表面选装四个立方体卫星释放装置，最多可容纳 24 颗 1U 的标准立方体卫星。

### 3.2 联盟-2.1a 运载火箭

联盟号火箭是世界上发射次数最多，服役时间最长的多用途运载火箭，自 1960 年开始研制，在 1963 年 11 月完成首飞，进行了多次改型至今仍在使用。联盟-2.1a 运载火箭是在联盟-U 运载火箭 (1973 年首飞) 的基础上改进而来，于 90 年代中期开始研制，并于 2004 年 11 月完成首飞的一次性中型运载火箭。

表 1 联盟-2.1a 运载火箭主要参数

	助推级	一子级	二子级
数量	4	1	1
长度	19.60m	27.8m	6.74m
直径	2.68m	2.95m	2.66m
空载质量	3784kg (单个)	6545kg	2355kg
总质量	44413kg (单个)	99765kg	27755kg

发动机型号		RD-107A	RD-108A	RD-0110
发动机类型		燃气发动机	燃气发动机	燃气发动机
氧化剂		液氧	液氧	液氧
燃料		煤油	煤油	煤油
推力	海平面	838.5kN	792.5kN	
	真空	1021.3kN	990.2kN	297.93kN
比冲	海平面	263.3s	257.7s	
	真空	320.2s	320.6s	326s
燃烧时间		120s	280s	230s
姿态控制		2 台游标发动机	4 台游标发动机	4 台游标发动机

联盟-2.1a 运载火箭由进步设计局国家航天科研生产中心研制，主要用于执行进步 MS 系列货运飞船和俄罗斯军用卫星发射任务。火箭为两级半构型，在芯一级捆绑 4 个助推器。火箭全长 46.3m，芯级直径 2.95m，底部最大直径 10.3m，发射质量 311.7t，LEO 运载能力 7480kg。

(肖武平)

## 美国会众议院要求 GAO 调查空间站国家实验室问题

据《航天新闻》网站 2020 年 5 月 5 日报道，美国众议院科学委员会日前要求政府问责局 (GAO) 对国际空间站 (ISS) 美国国家实验室 (ISSNL) 的运营情况展开调查，包括 NASA 拟对其实施的改革是否产生效果等问题。

科学委员会主席埃迪·伯尼斯·约翰逊和共和党议员弗兰克·卢卡斯在 5 月 1 日写给 GAO 的一封信中，要求其对于 ISSNL 的管理方——太空科学促进中心 (CASIS) 展开调查。同时，科学委员会下属的航天分委会主席肯德拉·霍恩和共和党议员布莱恩·巴宾，也在该信上签字。

这 4 名委员在 4 页纸的信中表示对 CASIS 是否具备完成美国国会针对 ISSNL 所赋予的发展愿景以及开展近地轨道研究可能性的能力感到担忧，并主张配置一个运行高效且有责任感的机构来管理 ISSNL 各项业务。NASA 自身对 ISSNL 管理问题的应对处置是在 2019 年 8 月成立了一个独立评审小组（IRT），并于今年 4 月发布了最终的评审报告，提出了有关 ISSNL 结构与管理方面的大量问题，包括 CASIS 与 NASA 之间的沟通协调存在着严重不足。议员们在信中表示 IRT 的报告结论令人深感不安，特别是针对 CASIS 如何管理 ISSNL 资源方面的问题，如航天员的时间分配和 CASIS 的监管架构等，以及该机构缺乏一定的透明度和责任感。

对此，议员们要求 GAO 对 CASIS 进行一次综合性审查，对是否需要对该机构的任务、管理和监管架构方面进行重大调整加以评估，同时要求 GAO 对 NASA 是如何响应 IRT 评审建议进行审查。议员们认为，通过 GAO 对 CASIS 的业绩与管理方面所实施的广泛性调查，将能确定后续采取的整改措施。NASA 已于 4 月 20 日宣布将其首席经济学家亚历克斯·麦克唐纳设为项目主管，作为 NASA 与 CASIS 之间的单点联络人，负责根据年度计划对战略优先性项目进行修正和完善。麦克唐纳近日在一次网络研讨会上谈及 NASA 的近地轨道商业化活动时表示，NASA 已与 CASIS 管理层进行了良好、有效的沟通，双方正在认真研究 IRT 提出的各项建议并加以深化性整改。CASIS 的首席运营官肯·希尔兹在 4 月 23 日的一份声明中表示，对 ISSNL 现有管理模式问题加以整改完善是非常必要的，它将与麦克唐纳一起完成相关整改工作。

（赵晨）

## SLS 火箭首次发射时间可能推迟至 2021 年底

据《航天新闻》网站 2020 年 5 月 14 日报道，美国国家航空航天局（NASA）预计其新一代航天发射系统（SLS）火箭的首次发射时间将推迟至 2021 年底才能实施，而其中部分原因是与新冠病毒疫情相关。

NASA 助理副局长汤姆·惠特迈耶在 NASA 顾问委员会载人探测与运营委员会的 5 月 14 日会议上表示，该局拟在随后一周内正式宣布将“阿尔忒弥斯-1”任务的发射准备日期推迟至 2021 年底的消息。NASA 对在 2021 年底实施“阿尔忒弥斯-1”任务感到相当满意，但他拒绝透露更具体的发射时间，而称需要由该局正式宣布。

对于 SLS 火箭首次发射时间推迟至 2021 年底并不令人意外。NASA 副局长史蒂文·尤尔齐克在 2 月底的一次专题研讨会上表示，该局在完成对发射任务进度的一次评估后，就预测 SLS 火箭的首飞时间会安排到 2021 年年中至年底的时段内实施，而这一评估是在新冠病毒疫情导致包括 SLS 火箭测试在内的许多 NASA 工作中断之前做出的。由于将疫情响应级别提高到最高的 4 级，NASA 于 3 月中旬关闭了斯坦尼斯航天中心（SSC），进而中断了当时正进行中的 SLS 火箭主芯级试运行静态点火试验的准备工作，并在近两个月之后才慢慢恢复各项工作。

NASA 在 5 月 14 日的声明中称，日前已有少量人员返回 SSC，并对 SLS 火箭试车台进行检测以准备重启测试。由于 NASA

目前采取了新工作流程与规程以使员工们能在场区安全工作，因此仍需一段时间(约为整个夏季)才能全面恢复主芯级各项测试。

惠特迈耶表示，新冠病毒疫情之前，NASA 原定 8 月进行试运行静态点火试验，10 月将主芯级运往肯尼迪航天中心(KSC)，但现在正计划在仲夏时节实施一次静态点火试验的加注演练，然后在中秋时节(也可能最晚在感恩节前后)进行静态点火试验。如果静态点火试验获得成功，则有望在年底或明年初将主芯级运往 KSC，但该进度仍需根据届时的天气条件以及试验过程中出现问题的可能性而定。若是静态点火试验出现问题，则需要一段时间加以修正。NASA 主管载人探测与运营的副局长道格·洛韦罗在 5 月 13 日载人探测与运营委员会的会议上对该局按照新进度设定开展各项工作持乐观态度，他认为，如果不是考虑到新冠病毒疫情因素，NASA 会按时或提前完成上述测试，SSC 针对主芯级试运行完成的准备工作已提前了 10 天。

SLS 火箭主芯级的测试工作是影响“阿尔忒弥斯-1”任务的一个关键环节，洛韦罗指出，若热点火试验获得成功，则表明 SLS 火箭和猎户座飞船可以进入到总装阶段。SLS 火箭的固体助推器目前仍存储在犹他州，将于 6 月运往 KSC，后续将对它们进行吊装，进而安装到主芯级上。洛韦罗表示，猎户座飞船目前已运回 KSC 并暂时存放在厂房内，待将主芯级运到 KSC 后，再开展两者间的接口匹配工作。

(赵晨)

## NASA 签发 18 台 SLS 主发动机生产合同

据《航天新闻》2020年5月7日报道，NASA于5月1日宣布，已向航空喷气-洛克达因公司签发价值为17.9亿美元的合同，由该公司为其生产18台RS-25发动机，为第5次及后续SLS任务提供主发动机。加上2015年NASA签发的一项发动机重启与6台RS-25发动机生产合同，NASA目前已经采购了24台SLS主发动机，总费用为35亿美元。

除各台发动机的制造和试验之外，合同还涵盖专用试验设施的使用、任务保障以及涉及技术与财务信息的间接费用等。根据合同内容，单台SLS主发动机的成本将比航天飞机主发动机降低30%，计划在合同执行过程中分期实现，包括减少发动机组件数量，采用3D打印等先进制造工艺等。此外，公司还在设法进一步降低成本，包括喷管管路的设计改进研究，将3D打印方法进一步应用在动力头的制造商。若这两项措施能实现，发动机的成本可进一步降低20%。此外，生产周期也能从4年缩短至3年。

(张绿云)

## 追梦者飞行器机翼主结构完成制造

据内华达山脉公司2020年4月21日报道，追梦者飞行器项目取得又一重大里程碑——飞行器的机翼完成制造并运抵该公司。

据内华达山脉公司机翼结构设计主管介绍，追梦者飞行器的机翼与普通飞机机翼有许多差异：追梦者的机翼必须既能像飞机

一样在大气中飞行，又能承受空间复杂的环境，这对机翼设计提出了承受极端温度的挑战；追梦者采用升力体构型设计，这与传统飞机机翼产生的升力相似，正因为如此，追梦者的机翼具有陡峭的角度，以增强飞行器的稳定性，同时也能提高机身产生的升力；与追梦者的机身一样，机翼采用复合材料结构一体化成型，这项创新技术在不降低强度和刚度的前提下减轻了重量。

机翼结构采用碳纤维制成，并使用钛合金连接件将其固定在机身上。机翼外表面铺有一层隔热瓦，保护追梦者不受在轨和返航时极端温度的影响。内华达山脉公司利用航天飞机的隔热瓦技术，对其进行产品改进，开发出的隔热瓦质量更轻，能够承受与航天飞机同等或更高的温度，而且，比航天飞机的隔热瓦更坚固，有助于保护追梦者免受微陨石碎片的损害。制造完成后，每个机翼的长度将超过 4 米，上面将铺放 150 多块隔热瓦。

当追梦者发射前和发射时，即追梦者在整流罩内时，机翼处于收起状态。当运载火箭分离后，复杂的机翼部署系统通过组件展开机翼，最终在追梦者在轨时锁定机翼。一旦展开，机翼将保持这种结构，直到返回着陆后。

(付丽)

## 俄罗斯大幅追增安加拉系列火箭研制经费

据俄新社 2020 年 4 月 23 日报道，俄国家航天集团公司拟增加安加拉系列火箭的研制和试验经费，拨款额度由原来的 262 亿卢布增加至 650 亿卢布。官方目前并未就研制经费增加原因进行增加，但根据推测，安加拉 A5M 和安加拉 A5V 研制或为本次经费调整的直接原因。

调整前后，相应年份的拨款变动情况如下：2020 年拨款额度为 39 亿卢布（原为 30 亿卢布）；2021 年为 29 亿卢布（原为 31 亿卢布）；2022 年为 30 亿卢布（原为 33 亿卢布）；2023 年为 114 亿卢布（原为 36 亿卢布）；2024 年为 179 亿卢布（原为 26 亿卢布）；2025 年为 190 亿卢布（原为 27 亿卢布）。

代号为“阿穆尔”的设计试验工作主要内容是，在东方发射场建造大型火箭航天运输系统，用于研制由东方发射场发射的安加拉 A5 火箭及开展 3 次飞行试验，原计划在 2016-2025 年拨款 262 亿卢布。2019 年，东方发射场二期工程，即安加拉大型火箭的发射系统建设工作启动，并计划在 2023 年的 8-9 月完成首飞。

安加拉为采用清洁能源的系列运载火箭，包括安加拉 1.2、安加拉 A5、安加拉 A5M 和安加拉 A5V。2014 年，安加拉 1.2 和安加拉 A5 火箭分别由普列谢茨克发射场完成首飞。2020 年 3-4 季度，安加拉 A5 火箭将完成第二次飞行试验。

（黄长梅）

## 俄 2023 年启动首枚载人型安加拉 A5 火箭装配工作

据塔斯社 2020 年 5 月 1 日报道，赫鲁尼切夫国家航天科研生产中心总经理阿列克谢·瓦洛奇科向塔斯社透露，根据研制计划，拟于 2023 年开始安加拉 A5M（又称安加拉 A5P）火箭首枚飞行样机装配工作，新冠疫情并未影响该型号研制进度。目前，赫鲁尼切夫中心正在与能源航天集团开展项目启动前相关工作，讨论火箭技术方案等，并将在火箭研制程序和周期确定下来之后，签署合同，进入初步设计方案阶段（与国内方案论证阶段相似）。

安加拉 A5M 火箭计划用于发射俄新型重复使用雄鹰载人飞船，并于 2024 年首飞。该火箭基于安加拉 A5 火箭研制，单采用改进的发动机，可以非加力状态工作，并加装异常情况防护及宇航员救援设备，能同时提高火箭的可靠性及安全性。

安加拉为俄新研系列运载火箭，包括小型安加拉 1.2、大型安加拉 A5、载人型安加拉 A5M，以及采用氢氧二级的安加拉 A5V，采用环保推进剂，由赫鲁尼切夫国家航天科研生产中心研制。安加拉 1.2 和安加拉 A5 火箭分别于 2014 年完成首飞。

(黄长梅)

## 星船 SN4 原型机静态点火测试发生爆炸

综合外电报道，SpaceX 公司的下一代运载火箭星船原型机先后完成了两次低温压力测试、四次静态点火测试之后，在第五次静态点火测试时发生爆炸，导致 SN4 原型机被炸毁。

### 1. 之前原型机的测试

此前，SpaceX 公司为了通过该测试已经毁掉了三枚原型机。2019 年 11 月，星船 MK1 原型机在低温增压测试时破裂；2020 年 2 月 28 日，星船 SN1 原型机也在低温贮箱试验中被摧毁，事故原因似乎源于贮箱底部的一个“推力结构”；马斯克透露，由于不锈钢焊接问题所致。随后，该公司在 3 月初将正在开发中的星船 SN2 原型机改为试验专用贮箱，并进行了增压测试。4 月 3 日，星船 SN3 原型机在另一次低温增压试验中爆炸。马斯克表示，故障原因可能是测试操作错误，而不是原型机本身的瑕疵。

## 2.SN4 的两次加压测试

在 4 月 26 日的低温加注测试中，星船 SN4 原型机加注了液氮，这是一项旨在证实其在压力下保持低温推进剂性能的测试，该飞船承受住了 4.9 巴（海平面的大气压为 1 巴）的压力测试；在 5 月 10 日的类似测试中，压力达到了 7.5 巴。星船的载人安全压力却是 8.5 巴，虽然 SN4 没有达到，但也足够用于跳跃测试。

## 3.静态点火测试

SN4 分别于 5 月 5 日和 5 月 7 日完成为时 3 秒的静态点火测试，短暂地启动了编号为 SN18 的单个猛禽发动机。5 月 19 日的第三次静态点火测试中，名为 SN20 的猛禽发动机成功完成了长达数秒的静态点火，但在发动机关闭后，火箭底部仍有火焰，并燃烧了几分钟。事故原因是因为猛禽发动机在点火时，因为管道压力剧变，导致一些与甲烷有关管道松动，导致甲烷点燃了包裹在火箭发射台周围绝缘材料。不过，SpaceX 公司 5 月 23 日透露，尽管 SN4 部分外表被熏黑，但实际上仍然完好无损，因为着火点实际上是发射台，并非 SN4。

5 月 28 日，SN4 顺利完成第 4 次静态点火测试。但在 5 月 29 日的第五次静态点火测试中（装备 SN20 的猛禽发动机），就在这台猛禽发动机正常点火测试结束后一两分钟，底部溢出大团蒸汽，火光从飞船底部释出，随后整个飞船被巨大火球吞噬了；碎片四处飞溅、散落一地，测试台本身也受到一点损坏。目前事故原因还未查明。原计划 SN4 将于 6 月 1 日进行跳跃测试，

目前 SN5 已经组件搭建完毕，只等着最后的整合组装（包括顶端整流罩部分）。SN5 将安装 3 台猛禽发动机，并拥有完整鼻锥和襟翼，预计进行 150 米的跳跃测试。此外，SN6、SN7 也

在开始建造。按照马斯克预期，至少测试到 SN20，才有可能迭代至 1.0 版星船即完整成熟的星船。

2020 年 6 月起，SN 系列计划执行 150 米低空试飞。2020 年中期，SN 系列计划进行 20 千米高空试飞。2020 年底，全尺寸原型星舰首次轨道级试飞；2021 年，1.0 版星船首次试飞；2022 年，星船货运飞船首飞火星；2023 年，载人版星船首次环月之旅；2024 年，载人版星船首次火星之旅；2024 年起，登月版星船将作为载人着陆系统承运载人登月任务。

(廖小刚 龙雪丹)

## NASA 运用软件预测猎户座飞船及硬件返回落点

据《每日航天》网站 2020 年 5 月 18 日报道, NASA 和洛·马公司及国防部在今年 3 月 15 日开展的第八次猎户座飞船返回溅落与搜救演练 (URT-8) 中, 运用 Sasquatch 软件工具对飞船及相关硬件的返回落点进行预测, 以便更好地完成回收搜救任务。

NASA 针对猎户座飞船的返回重新选用了海域回收方式, 届时, 飞船以约 40000 千米/每小时的速度进入地球大气层, 并逐渐降低到 480 千米/每小时, 然后打开降落伞以使飞船飞行速度降到 32 千米/每小时, 并陆续弹射抛置附属硬件, 最终溅落到距离美国加利福尼亚州海岸外的太平洋海域上。NASA 联合洛·马公司及国防部的海军和空军组成回收搜救团队, 乘坐回收舰船在溅落区附近就位待命, 而如何保证回收舰船与人员的安全是任务最终成功的关键。为此, NASA 通过约翰逊航天中心 (JSC) 所配备的一个 4 人小组驻留在回收舰船上, 使用专门针对猎户座飞船返回溅落研制的 Sasquatch (大脚野人) 软件工具来预测飞船及各硬件的落点。之所以将这款软件称为 Sasquatch, 是因为在飞船下降及弹射打开降落伞的过程中会产生很多碎片, 需要对此进行预判, 以便更好地协助回收舰船尽可能地靠近溅落的猎户座飞船, 同时使回收搜救团队能回收更多的硬件。

来自卡纳维拉尔角和范登堡空军基地的气象团队从回收舰船上释放 8 个气象探测气球, JSC 操作团队将气球采集的风数据与 Sasquatch 中有关飞船碎片的信息相融合并加以分析比较, 以此判断碎片的落点分布情况, 并重新部署回收舰船、搜救舟艇及

直升机的位置，以避免造成人员受伤或设施损失。卡纳维拉尔角空军基地第 45 气象中队的运营官表示，由于美海军和 NASA 天气预报团队提供的高空风速与风向数据对 Sasquatch 进行碎片轨迹建模是非常重要的，可使操作团队对飞船及硬件回收过程中的大气状况进行准确的描述与预测。

在飞船及硬件溅落之前，进行物体定位是搜救回收任务中至为重要的环节。在飞船返回溅落前，回收搜救舰船将提前 5 天驻留在加利福尼亚州海岸与飞船溅落区之间的中间位置。随着飞船返回临近，回收搜救舰船将逐步靠近溅落区，其行进航速以及靠近溅落区的距离均将通过 Sasquatch 操作团队予以确定。停放在回收搜救舰船上的直升机将根据 Sasquatch 操作团队提供的最新信息提前 1 小时起飞前往溅落区，并采集和提供飞船及硬件的下降与溅落图像。

对于未来的载人“阿尔忒弥斯”任务，乘员安全性是绝对非常重要的，Sasquatch 软件的作用将会使回收搜救团队尽量靠近溅落区，快速搜救回收飞船及航天员。

(赵晨)

## 航天员和机器人在太空进行维修和建造的回顾

4 月 25 日，哈勃空间望远镜迎来了它在太空中的第 30 个年头。这 30 年是哈勃不断克服困难和挑战，不断进行修复、升级和创新的过程。多年来，它不仅进行过维修，而且还不断升级，使其成为当今最具有发现能力的设备。这表明，维护（燃料加注、维修和升级）航天器有助于增强航天飞行的可持续性、承受性和弹性。

## **1.航天员在轨维修任务**

### **1.1 “天空实验室”维修**

1973年，第一个空间站——“天空实验室”（Skylab），在发射过程中出现问题。在入轨过程中，“天空实验室”失去了部分外部防护罩，使得空间站上的温度不适合航天员居住。在这紧急情况下，NASA 仅用几天的时间就设计、制造和测试了一个隔热罩。随后，三名航天员带着类似遮阳伞的隔热罩飞入太空，并在舱外展开，不仅拯救“天空实验室”，并为美国人提供了第一次在太空生活的机会。从此诞生了在轨维修。

### **1.2 太阳探测卫星在轨维修**

以探测太阳为主要任务的 SolarMax 卫星，在 1980 年遇到导致稳定性丧失的姿态控制问题。与 Skylab 不同的是，SolarMax 的零部件采用模块化设计，便于更换和升级。1984 年，执行航天飞机 STS-41C 任务的航天员成功地在轨拆除并更换了姿态控制系统故障模块，也为今后的卫星维修任务奠定了基础。

### **1.3 哈勃望远镜维修任务**

哈勃望远镜发射后不久，NASA 发现哈勃主镜有一个缺陷，使其图像模糊。随后，NASA 在第一次哈勃维修任务中安装了校正光学系统。1993 年至 2009 年间，航天员不仅维修了哈勃望远镜，还安装了一系列能力更强的科学仪器。在 5 次航天员维修任务的帮助下，哈勃望远镜已经成为人类历史上最具生产力的科学仪器。

## **2.机器人在轨维修**

### **2.1 机器人燃料加注任务 1、2**

为了测试和推进燃料加注技术，NASA 分别于 2011 年和 2014 年发射机器人燃料加注任务 1 和任务 2。这两次概念验证任务验

证了从国际空间站外部切割电线、移除盖子等能力，展示了在空间加注燃料所需的工具和技术。

## **2.2 机器人燃料加注任务 3**

在机器人燃料加注任务 3 (RRM3) 中，NASA 展示了传输低温燃料所需的技术。储存和加注低温液体的能力意味着航天器可以在长时间的航天飞行任务中进行燃料补给，而不必在发射时将所有的燃料预先加注到航天器中。RRM3 于 2018 年 12 月发射至国际空间站，成功储存了 4 个月的低温液体，没有任何损失。在太空中储存制冷剂是很困难的，因为如果温度无法维持，极低的沸点会导致它们随着时间推移而蒸发掉。RRM3 任务中 42 升（超过 11 加仑）液态甲烷储存了四个月，这是有史以来在太空中储存如此大量零蒸发低温液体最长的一次。除此之外，RRM3 最近还演示了其三种主要机器人工具的操作。

## **2.3 任务扩展航天器**

随着技术演示任务的完成，NASA 正在为下一个重大任务做准备：设计一个为卫星加注燃料的航天器。NASA 与诺斯罗普·格鲁曼公司合作，为其最近发射的任务扩展航天器 (MEV) 提供技术援助，以延长国际通信卫星 (Intelsat) 的寿命。该航天器于 2019 年 10 月发射升空，并成功与客户卫星对接，充当卫星的动力装置以提供轨道保持。

## **3.正在进行的航天器维修任务**

将一个航天器连接到另一个航天器上以提供推力和操控，就像一个外部助推器一样，是延长航天器寿命的一种方法。另一种方法是直接给航天器加注燃料。NASA 正在研发为航天器加注燃料的机器人任务所需的技术，并提供维修和升级，以实现灵活性和成本效益高的操作。OSAM-1（以前称为 Restore-L）正在开发

一套技术，为卫星提供全方位服务的机修工和移动加油站。**OSAM-1** 将融合以往任务所采用的各种技术，包括灵巧的机械臂、专用工具等。**NASA** 和 **Maxar** 技术公司将通过空间基础设施灵巧机器人 (**SPIDER**) 组装一个大型天线，这是 **OSAM-1** 任务的一部分。**SPIDER** 还将展示在太空自主制造，用空间站上的材料制造一个 10 米长的吊杆。

**OSAM-2** (以前称为 **Archinaut-1**) 将是另一个技术演示，**NASA** 与太空制造公司合作，将用增材制造技术在太空建造大型的结构。单独发射大型深空望远镜的部件并在太空中组装，这种技术将打破目前望远镜必须足够小才能安装在单枚运载火箭上发射的限制。

(康金兰)

# 航天员和国际空间站互留“微生物指纹”

据 NASA 网站 5 月 7 日报道，人体内约有 50 万亿细胞，而寄生在人体内的微生物总量至少为人体细胞数量的十倍，这些微生物不仅数量巨大，而且种类繁多，所有这些微生物构成了人体微生物群系，这是现代生物医学研究的一大重要领域。NASA 曾利用分子分析技术，对国际空间站（ISS）微生物环境进行勘测，结果证实，与人类皮肤相关的特殊细菌大量存在于 ISS 的微生物菌群中。通过采集分析空间站和乘员互留的“微生物指纹”，可以研究探索航天员微生物群系与空间站环境中微生物群系相互影响的机制，监测并维护乘员健康，提高免疫能力，同时为治疗地球居民疾病提供新的灵感。

## 1. “微生物群系”试验

微生物群系是人体体内和体表的常驻微生物组合，“微生物群系”（Microbiome）试验是 NASA 开展的一项多年期研究，调查驻留 ISS 航天员的肠道和体表等样本，以及空间站内不同区域的样本，采集分析空间站留在航天员身上的“微生物指纹”，以此了解对人体免疫系统和个人微生物群系的影响。研究结果表明，空间站的微生物群系可以反映人类皮肤微生物群系相关信息。另有多篇其他报告显示，空间站环境中的微生物群系与人体微生物群系相似度极高。

“微生物群系”试验的研究对象包括：人体的肠道、鼻腔、舌头、前额和前臂表皮等部位样本，唾液和血液样本，以及空间站内不同区域的样本。研究发现，即使接触新细菌的机会有限，

但在轨飞行期间，多数航天员肠道微生物群系种类不减反增。这项发现意义重大，原因在于，一般在患有炎性肠症等疾病后，人体的肠道微生物群系多样性会降低。多样性越高，人体对疾病的抵抗力越强，越有易于全身健康。研究人员推测，肠道微生物群系多样性增加，可能原因是空间站膳食较为多样化。NASA 食品科学家与航天员紧密合作，注重饮食均衡，提供 200 多种饮食选择，保证航天员能够品尝多种多样的食物，食谱内容可能比普通的地球居民还丰富。

不同于肠道，航天员体表的微生物群系有两种结果，有些航天员的多样性会增加，有些则减少，但都存在变形菌门（proteobacteria）减少的情况，具体包括  $\beta$ -变形菌纲和  $\gamma$ -变形菌纲。体表的这几种细菌有助于防止皮肤出现皮疹等皮肤过敏反应。航天员进入太空之后，这些保护性细菌会迅速耗尽，增加出现皮疹和过敏的可能性。深入了解这一变化机制或能提供预防或治疗思路。其中一种可能性是，过敏反应与此类微生物的一般来源有关。土壤中含有大量此类变形菌门，而空间站为无土环境，或许减少与地球环境细菌的接触会减少体表的这些细菌。第二个可能原因是皮肤自身结构变化。变形菌门倾向于附在皮肤表面，如果航天员皮肤更新代谢加快，变形菌门可能会随皮肤角质层脱落。

## 2. “微生物追踪”研究

“微生物追踪”（MT-2）研究中，研究人员通过对比航天员飞行任务前、中、后多个身体部位的微生物群系样本，分析航天员与空间站内微生物群系样本，探索人体与空间站环境微生物群系的相互作用原理。研究发现，空间站内表面与航天员体表的微生物种群极为相似，相互影响。

一位航天员参加了此次研究，分别在飞行任务前、中和后，用聚酯棉签擦拭皮肤、耳朵、嘴巴、鼻孔和舌头等部位，采集微生物群系样本。为了解乘员与空间站环境中的微生物群系是否会相互作用，这位乘员独自在站期间，还从空间站的餐桌、厕所和乘组宿舍等 8 处采样，离站后再由下一位航天员继续采样。

在所有采样的身体部位中，皮肤的微生物样本与空间站环境的微生物样本相似性最高。数据显示，在单人飞行任务中，航天员的微生物群系占到空间站表面微生物群系的 55%，并在站内长时间“逗留”，离站 4 个月后采集的表面样本中仍能检测到。

航天员的唾液样本还让团队有了一份意外收获。此前，NASA 曾利用唾液样本研究航天员的免疫系统和健康状况，此次研究中，团队首次利用宏基因组测序法深入探究航天飞行引起的唾液微生物群系变化。结果证明，在轨飞行时，微生物多样性减少，返回地面后又会增加。某些减少的微生物种类可能引起疾病，因此研究者认为，采集分析唾液样本是乘员健康监测的有效手段。

MT 研究凸显了空间站微生物种群研究和监测的重要性。后续研究能进一步挖掘微生物群系的遗传物质，探知哪些微生物基因对乘员和周围微生物的关系作用最大，这种关系对成员健康有何影响。知晓在关键时间或位置上，哪些微生物种群最多或最少，有益于日后开展测试，预测疾病并防止情况恶化。

作为特殊的太空建筑，空间站为研究室内和人体健康提供了独特的研究环境，是研究微生物群系传播扩散的最佳场所。掌握航天员和空间站“微生物指纹”的互动方式，可让密闭空间的地球居民从中受益，帮助研究人员实时监测航天员和航天器的微生物

物情况，保障乘员健康和安​​全，最终实现的月球和火星长期驻留任务。

(蔡琴)

## 太空生活使航天员的大脑容积变大并使垂体变形

据俄罗斯塔斯社 2020 年 4 月 15 日报道，科学家开展了一项对国际空间站上长期驻留的航天员的大脑工作的研究，结果表明，长时间暴露于微重力会改变大脑的体积，并使垂体变形。

研究人员对 11 名在国际空间站上飞行几个月的航天员进行了跟踪：对航天员在飞行前及飞行后返回地球后的 1 年期间的大脑状况进行了检测研究。研究发现，航天飞行使航天员的大脑容积和脑脊液量增加了。并且这些变化在他们返回地球一年后仍旧没有消失。主要的改变是大脑的白质以及脑部主要激素中心之一的垂体。

研究指出，其中一些变化对航天员而言并不是没有任何危险的。神经系统结构的一些其他变化与脑积水和较高的颅内压导致的后果非常相似。科学家认为，它们与微重力作用下人体体液的重新分布有关。鉴于这些不良影响，NASA 和其他太空机构应该考虑开发离心机和一系列的预防性锻炼措施，以模拟地球引力对航天员和他们大脑的作用，并防止此类变化的出现。

此外，来自美国和俄罗斯的科学​​家最近发现，长期的航天飞行不可避免地使背部肌肉松弛并导致心脏变圆。动物实验还表明，由于宇宙射线对脑细胞的作用，火星载人探测飞行可能会对航天员的心理和智力产生负面影响。

(宋尧)

## 国际空间站培养心脏细胞的重要变化

据 NASA 网站 2020 年 4 月 24 日报道，航天飞行改变了人体的许多行为过程，包括心脏的功能和产生心脏组织的细胞的行为。为了进行心脏干细胞研究，研究人员在空间站上培养了人的心脏干细胞或心血管祖细胞(CPC)。

近期研究人员提出一项新研究，将空间站培养的 CPC 中的 Hippo 信号通路与回转器（在地面上模拟微重力环境）中培养的相同细胞的 Hippo 信号通路进行比较。心脏发育所必需的 Hippo 信号通路在成人中通常是活跃的，并使 Yes 相关蛋白（YAP1）失活。YAP1 可以调节细胞存活并增加细胞数量，因此使 YAP1 失活可以减少细胞增殖。然而，当 Hippo 通路被抑制或不活跃时，YAP1 就会变得活跃，从而产生更多的祖细胞和可能的器官生长。在空间站和回转器中的成熟细胞的 YAP1 的表达均呈上升趋势。

之前对啮齿动物的研究表明，将 YAP1 引入成年人心脏可以重新激活再生能力。最新的发现表明，微重力可以诱导成年人的 CPC 表达 YAP1，这可能是令人感兴趣的。当 YAP1 上调或表达水平升高时，可促进心血管再生，研究发现它在短期内因微重力的影响上调了。但 YAP1 的改变是暂时的，这种暂时性是一件好事，否则细胞会以不受控的方式增殖并导致癌症。

YAP1 在器官发育和器官大小方面发挥着重要作用，YAP1 在新生儿心血管祖细胞中的水平较高，这对于细胞修复是非常有效的。一旦新生儿期结束，YAP1 的表达和细胞对心血管修复作用就会降低。由于 YAP1 是生长和修复的重要调节因子，因此暂时增加 YAP1 在老年人细胞中的表达可能对治疗有用。

通过将细胞暴露在微重力环境下诱导 YAP1，能以一种有利于器官修复的方式改变细胞。研究小组发现，模拟微重力环境与实际的微重力环境具有相同的作用效果，这一发现也很重要。研究人员可以很容易地从回转器中获取样本，而不是在距地球约数百千米的轨道上获取样本。

(康金兰)

## 航天飞行不会增加女性航天员血凝块形成风险

据《每日航天》2020年5月6日报道，近日，《航天医学与人体绩效》杂志刊登一项女性航天员血凝块风险的研究报告。该项研究关注在轨飞行时形成血凝块（静脉血栓栓塞）的潜在风险因素。

此次研究对象是2000至2014年间执行飞行任务的38位女航天员。调查发现，参加航天飞行和服用复方口服避孕药(COCP)似乎不会增加静脉血栓(VTE)风险。本次专项研究旨在探究女航天员在轨飞行形成血凝块的潜在风险，解答服用口服避孕药调节经期是否会提高风险指数。

这项研究开创了女航天员血凝块研究之先河。血液检查次数远高于航天员选拔和医学审查。原因在于，地面模拟训练和在轨飞行的某些时间点，例如特殊训练活动中，血凝块形成风险可能会显著提高。

研究建议开具避孕药前做全盘考虑。不仅是航天员，各行各业的女性都希望控制经期，应将职业相关风险纳入风险审查范围。此外，由于血凝块的形成可能威胁生命，建议在此领域进一步钻研，综合考察各项影响因素。

过去，航天员以男性为主，生物医学研究对象也主要是男性航天员。如今情况大为不同，考虑到现实需要，应持续开展女性航天员相关研究，探索太空环境如何影响女性航天员生理机能。

(蔡琴)

## 美国太空军准备参与 NASA 的航天员搜救任务

据《航天新闻》网站 2020 年 5 月 12 日报道，在 NASA 和 SpaceX 公司为 5 月 27 日在肯尼迪航天中心 39A 发射工位实施载人龙飞船国际空间站任务之际，美国太空军下属的一支部队也正处于警戒状态，以防出现任何差错。

这支驻守在佛罗里达州帕特里克空军基地、编号为空军第 45 作战大队第 3 中队的部队将负责发射中止情况下的航天员陆地或海域搜救。该支队曾参与过“阿波罗”登月计划时期的航天员搜救，而 5 月则是自航天飞机 2011 年退役以来其再次参与的 NASA 航天员搜救任务。空军第 45 航天联队司令道格·席斯在 5 月 12 日媒体电话会上表示对东靶场恢复载人航天飞行任务感到激动，对于即将到来的 5 月 NASA 发射任务，第 3 中队将更名为第 45 特别行动小组，并按照因某种原因发生灾难性事件而接受航天员搜救培训。

席斯指出，第 3 中队在过去 5 年里一直在分析研究搜救任务的战术、技能与操作规程，以为 SpaceX 的龙飞船和波音星际客船的载人飞行任务提供有效保障服务。第 3 中队指挥官迈克尔·汤普森中校表示，该队配备有非常专业的搜救潜水员、飞行员以及通信与医疗专家，虽然只有约 30 人驻扎在帕特里克空军基地，但以第 45 特别行动小组名义向美国航天司令部派遣的搜救团队人员将约为 150 人。其中，一部分搜救人员将先期派遣到南卡罗莱纳州查尔斯顿空军联合基地，另一部分则部署到夏威夷

州珍珠港-希卡姆空军联合基地，以期控制所负责的约 1.55 亿平方英里（约 4 亿平方公里）搜救范围。

该支队虽然隶属于第 45 航天联队，但在被部署到某一项任务时可直接向美国太空司令部报告有关事项，如在第 45 特别行动小组部署就位后，其可直接向美国太空司令部设在范登堡空军基地的联合部队太空司令部的约翰·肖少将报告。

（赵晨）

## 美联邦航空局成立航天港办公室并签发新许可证

据《航天新闻》网站 2020 年 5 月 8 日报道，随着美国联邦航空局（FAA）商业航天运输办公室（AST）在 5 月 5 日向佛罗里达州布里瓦德郡泰特斯维尔-可可航空港管理局签发航天港运营许可证的同时，也正式设立了专门处理商业航天港事宜的航天港办公室，以为不断增加的商业航天港提供有效保障。

获得航天港运营许可证的泰特斯维尔-可可航空港管理局将负责名为“航天海岸航空航天港”的发射任务。该局耗用了 3 年时间申请运营许可，包括编写在 2019 年 12 月发布的环境评估报告草案。该局在那些文件中指出，虽然其能够承接各种在跑道上水平起飞与降落的商业运载火箭，但当时未与任何一家特定的运载火箭企业签订地面设施使用协议。

FAA 此次签发的航天港运营许可证使得美国境内的商业航天港数量达到 12 个。虽然一些航天港已拥有了知名度很高的客户，如位于新墨西哥州的美洲航天港已成为维珍银河公司发射“太空船二号”亚轨道飞行器的大本营，但大部分取得运营许可证的其他航天港虽已建成，但配套应用的运载器却研制缓慢或因

市场变化而不断进行调整，导致发射设施难以投入使用，目前一半以上都未开展发射或着陆任务。

为了支持这些所建的各个商业航天港，美国会在 2018 年通过一项再授权法案指示 FAA 设立航天港办公室，作为其商业航天运输办公室重组的一部分。再授权法案指示新设立的航天港办公室负责处理诸如航天港许可证审批签发、地面基础设施改造、航天港的技术保障与推广以及强化商业航天运输基础的快速恢复与适应能力。航天港办公室主任帕姆·安德伍德在全球航天港联盟于 4 月 29 日召开的一次线上会议上表示，该办公室承担的各项工 作都绝非小事，均为必须要加以认真对待的具体事项。全球航天港联盟的成员包括美国和其他国家的许多现有或具有发展前景的航天港。安德伍德指出，航天港办公室目前需要开展一些前期工作，如其正与美国太空军一起对位于佛罗里达州和加利福尼亚州的东、西靶场进行相关管理办法的修订。此外，该办公室还在制定一项能向各个航天港提供基础设施拨款的计划，类似于 FAA 向机场拨款的做法，但前提是能通过该计划获得美国会的拨款。

其他需开展的工作涉及到航天港的管理规则问题。安德伍德表示，该办公室正在研究如何实现发射与再入场区的管理规则适应现代需要，并使那些规则与其他国家正制定的相关规则相协调。此外，该办公室还将继续推广商业航天发射场的能力，其中一项就是协助各航天港在新冠病毒疫情期间就如何开展运营进行信息交换。安德伍德谈到，该办公室已与各航天港运营商沟通过，并获得了有关新冠疫情如何影响航天港日常活动以及一些与经济 和运营相关的反馈意见。

美国会的再授权法案还指示 FAA 编制一份有关国家航天港政策的报告，分析研究政府和商业用户对商业发射设施的实际需求，并依此提出相关政策和计划以确保形成稳健而适应能力强的轨道和亚轨道基础设施。该报告还需对其他国家的航天港活动进行分析研究。安德伍德表示，这份原定在再授权法案 2018 年 10 月颁布后的一年内提交给国会的报告目前虽已编写完毕，但因需要通过 FAA 和联邦政府其他部门的多个层面审核，同时由于新冠病毒疫情使得联邦政府抽调了一些人力，所以暂时还不具备发布这份报告的条件，且无法确定具体发布时间。

(赵晨)

★ **美方与俄方签订合同额外购买联盟号飞船座位** 为确保国际空间站上始终有美国航天员保障其安全稳定运行，NASA 于 5 月 12 日发布声明称，已与俄方签订合同，额外增购联盟飞船上的一个座位来运送本国航天员。合同价值约为 9000 万美元，内容包括飞船上的座位以及培训和发射前及着陆后的相关服务等。俄方原计划于 2020 年 10 月 14 日发射联盟 MS-17 载人飞船，运送 3 名本国航天员前往国际空间站，为后续安装俄罗斯新增的科学多功能实验舱（MLM）作准备。为补偿俄方临时调整乘员组，NASA 同意在未来两年半的商业补给服务中为俄方提供约 800kg 的货物补给。

（苑艺、周生东）

★ **NASA 重启米楚德装配设施的部分设备** NASA 已于 5 月 18 日重新启用了米楚德装配设施（MAF）的一部分设备，通过分阶段、渐进有序的方式允许一些关键岗位人员恢复进入 MAF 以开展必须在现场完成的重要工作，包括第二枚 SLS 火箭主芯级及硬件的制造以及猎户座相关产品的研制。MAF 主任罗伯特·钱皮恩在 5 月 17 日的声明中表示，MAF 于 18 日从新冠疫情防疫 4 级降到 3 级，成为 NASA 首个接近正常工作状态的地面设施。

（赵晨）

★ **SpaceX 公布星船手册** 按照设计，星船单次可携带三颗地球同步电信卫星，或一组完整的卫星群；甚至可以携带一两个大型地球同步卫星，使得火箭在经济性方面得以提升。星船还可作为轨道实验室，可在轨道上进行科学实验和执行任务，还能够完成在轨修复卫星等任务。星船最重的是成为未来星际旅行尤其

是火星殖民的中坚力量，能够单次运载 100 人，到达低地球轨道、月球和火星。飞船上将配置有私人舱室、大型公共区域、集中式仓库、日光庇护所和观景长廊等，以满足长时间旅程乘客的各项需求。

(张田)

**★ 俄计划于 2022 ~ 2023 年开展商业型联盟飞船国际空间站飞行任务** 俄罗斯国家航天集团公司计划在 2022 年 10 月向国际空间站发送一艘搭载 3 名乘员的联盟 MS-23 飞船，开展为期 6 个月的驻站，并于 2023 年 4 月返回地球。3 名乘员中有 1 名是俄罗斯航天员（作为飞船指挥长），其他 2 名乘员待定（目前未有详细介绍）。4 月初有报道称，俄罗斯国家航天集团公司根据其与美国 Space Adventures 公司签订的合同拟于 2021 年底将 2 名游客乘联盟 MS-20 飞船送往国际空间站，并停留在站内至 2022 年 1 月以庆祝新年元旦。但直至今年 3 月，Space Adventures 仍未向加加林航天员培训中心提供 2 名游客的具体信息。

(赵晨)

**★ 新冠疫情期间加加林航天员中心的训练情况** 为防止新冠病毒的扩散以及保障训练的顺利开展，加加林中心采取了最为严格的安全措施：限制参加训练的教练员及专家的人数，除乘组航天员外，只允许 1-2 名专家参加现场指导；同时强化医学监督，手部消毒、测量体温。对训练场所使用含氯溶液每天 3 次进行消毒。对那些住在星城外面的航天员，派专车接到训练地点。俄罗斯航天员大队其余的航天员都在家里进行自我隔离。而 2018 年入选的 8 名预备航天员目前在自我隔离条件下采用远程听课的方式参加基础航天培训。

(宋尧)

**★ 新冠疫情期间国际空间站航天员的返回及转运** 联盟 MS-15 载人飞船返回地球时，搜救人员戴着口罩和手套帮助航天员出舱后，医生就地进行简单的检查，没有像以往那样搭建医疗帐篷，让航天员进去更换衣服、同时慢慢适应地球重力，而是直接将航天员送上直升机，在直升机上进行更为细致的医学检查。以前，所有从国际空间站返回的航天员都是先到达卡拉甘达或热兹卡兹甘的机场，然后从那里乘机返回。而这一次，俄罗斯航天员斯克里波奇卡的第一站是乘直升机到达拜科努尔最近的机场，从那里返回星城开始进行康复。美国航天员摩根和迈尔，则是首先乘车抵达克孜勒尔达，从那里直飞美国。俄罗斯和航天员有密切接触的医生和搜救队成员，需要进行核酸检测：在莫斯科测 2 次，到达拜科努尔后再测 1 次。

（宋尧）

**★ 对进步号货船进行额外消毒以防止将新冠病毒带到太空** 不仅对进步号飞船的内表面、仪器设备，还对所搭载货物的外表面进行了消毒。消毒工作由能源火箭与航天公司实施，俄罗斯联邦生物学署拜科努尔卫生和流行病学中心监督执行。俄罗斯科学院生物医学问题研究所的首席研究员斯韦特兰娜·波杜布科表示，国际空间站上存在一定数量的微生物。航天员本身是国际空间站上微生物的主要来源，少数微生物也可以通过运抵的货物带入，但由于采取了消毒措施，对乘员构成严重威胁的微生物被排除在国际空间站之外。到目前为止，科学家们还没有发现空间站乘员患有“细菌性病因的疾病”。总体而言，国际空间站上的微生物状况比普通办公室或医院要好。

（宋尧）

**★ 俄罗斯载人航天总师米克林因感染新冠病毒不幸去世**  
2020年5月5日，俄罗斯国家载人航天总设计师、俄罗斯能源火箭与航天公司总经理米克林院士因患新冠肺炎医治无效病逝，终年65岁。由米克林负责并在他的直接参与下，能源火箭与航天公司研发了暴风雪航天飞机动力控制系统，国际空间站的曙光、星辰、码头、黎明、探索舱的控制系统的软件程序，各种航天器的机载和地面自动控制系统（包括通信卫星和地球遥感卫星），进步M-M货运飞船、联盟TMA-M号载人飞船的数字控制系统，并完成了进步MS和联盟MS飞船的机载控制系统的分阶段升级改造工作。（周生东）

**★ 俄罗斯科学院决定开始研制新一代可重复性使用运载火箭**  
俄罗斯科学院院长亚历山大·谢尔盖耶夫签发文件决议，批准由俄罗斯国家航天集团公司提出的研制新型运载火箭的建议，其中包括可重复使用的运载火箭的研制。除了正在研发的运载火箭外，需要尽快研制出新一代（超轻型、轻型、中型、重型、超重型）高新技术运载火箭及其附属部件，包括新型燃料、材料、可重复使用的发动机以及其它新工艺等。（周生东）

**★ 日本“国际空间站小型光链”（SOLISS）光通信装置实现与地面双向通信**  
SOLISS由索尼计算机科学研究所（SONY CSL）研制，于2019年9月运抵国际空间站并设置在日本实验舱舱外平台（JEM-EF）的中型暴露试验端口（i-SEEP）处。此前，SOLISS通过频繁调整参数，尝试与地面通信站建立链接，于2019年末实现了与地面通信站1.5 $\mu\text{m}$ 波长激光链路的下传链接。此次，SOLISS实现了与地面通信站100Mbps速度的双向链接。（肖武平）

## 国际空间站科学实验一周要点

(2020年4月13~19日)

据 NASA 网站 4 月 18 日报道，4 月 13 日至 4 月 19 日这一周，国际空间站上的航天员进行了持续的科学研究和实验，其中包括对太空中运动的感知以及微重力如何影响人体免疫系统和肌肉的研究。

### 1.感知太空中的自我运动

加拿大航天局 (CSA) 的一项调查显示，长时间的失重对自我运动 (VECTION) 感知会产生影响，将导致微重力扰乱航天员对运动、方向和距离的视觉判断。通过在飞行和返回地球时使用多个实验时间点，航天员和地面科学家们研究了这种能力在返回地球后将如何适应和变化。在这一周里，站上航天员安装了相关研究设备，与地面进行了会话，并将数据传输到地面，研究人员也确认了数据的到达。

### 2.肌肉与健美

欧洲航天局 (ESA) 的太空肌肉张力 (Myotones) 研究观察了长期暴露在太空中对肌肉的生化特性，如张力、硬度和弹性等，所产生的影响。研究结果将有助于更好地理解人类静息肌肉张力的原理，并为未来的太空任务和地球上的替代康复治疗制定新的策略。航天员在七块肌肉、两条肌腱和一个筋膜间建立了区并进行肌强直训练，这些肌肉在长时间不运动期间会受到萎缩的影响。

### 3.保持免疫系统功能

人类免疫系统在太空飞行过程中会发生改变，这可能会增加航天员出现不良健康事件的可能性。国际空间站上一项名为“功能性免疫改变、潜在疱疹病毒复活、生理应激和临床发病率”（功能性免疫）的研究就依靠分析血液和唾液样本，以确定航天员在飞行期间免疫系统发生的变化。研究人员也把这些可观察到的变化与乘员自己报告的健康信息进行了比较。研究结果可以为深入了解长时间太空旅行可能带来的健康风险提供新的视角，有助于在未来对火星、小行星或其他遥远目的地的飞行任务中提供很好的医疗方案。

### 4.其它工作

**Veggie PONDS** 项目在轨道上培育并收获可供食用的莴苣和芥生菜，进行科学分析。

食物可接受性检查了在航天飞行期间重复食用有限食物的影响。随着时间的推移，这种有限选择造成的“菜单疲劳”可能导致航天员普遍出现体重降低。

“国际空间站体验”拍摄了有关航天员生活、科学工作、任务执行和空间站所涉及的国际伙伴关系等方面的内容，借由录像创造虚拟现实视频。

**JAXA** 的益生菌研究，关注着这些有益的细菌是否能改善人体肠道微生物群和免疫功能。

“标准措施”研究捕捉到航天员一套不断优化的行为措施，以描述他们的身体如何适应太空生活。研究人员利用这些行为措施创建了一个数据库，用于对其效能进行监测，并更好地解释健康和绩效结果。

（张田）

# 国际空间站科学实验一周要点

(2020年4月20日~26日)

NASA 网站 2020 年 4 月 25 日报道，4 月 20 日这一周，国际空间站的乘员在进行其他科学研究的同时，对高温合金熔体和太空植物生长进行了研究。

## 1.没有炉子的熔炉

乘员为日本宇宙航空研究开发机构静电悬浮炉(JAXA-ELF)的下一次样本试验做了准备。地面上，为了生产玻璃、金属合金和其他材料，原材料要在一个叫做坩埚的容器中熔化。但材料和坩埚之间起的化学反应会造成不完全熔化和污染。JAXA-ELF 研究了各种无容器材料的高温熔化和凝固特性，这一过程只有在空间站的微重力环境下才可能实现。

## 2.植物生长过程拍照

单细胞细菌、植物、人和其他生物在太空中的生长方式不同。因为未来长期航天任务中乘员需要自己种植食物，了解植物对太空环境的反应以及在轨道上展示可靠的蔬菜生产是实现这一目标的重要步骤。利用新的被动轨道营养输送系统(Passive Orbital Nutrient Delivery System)，蔬菜池(Veggie PONDS)研究项目在空间站的蔬菜生长设施中种植了莴苣和生菜。在以往的飞行任务中，植物都是在轨收割食用的。本周，乘员拍照片记录了植物从生长到收割的情况，并为蔬菜池模块返回地面做好了准备。

## 3.小型卫星发射

本周，航天员为 JAXA 小卫星轨道部署器(J-SSOD)的第 13 次任务进行了程序安装，J-SSOD 具备从空间站发射小卫星的能力。J-SSOD-13 部署了危地马拉的 Quetzal-1 cubesat 卫星（用于

测试多光谱遥感器) 和日本的 CubeSat G-SATELLITE 卫星 (展示了一种将娱乐和太空探索相结合的新方式)。

#### 4.其它工作

**Food Acceptability** 研究了航天飞行期间重复食用有限航天食品的影响。随着时间的推移,有限食品造成的“菜单疲劳”可能导致乘员经常经历体重下降。

**ActiWatch** 是乘员佩戴的腕部设备,包括一个测量运动的加速度计和一个监测环境照明的探测器。该设备分析昼夜节律、睡眠-觉醒模式和活动。

全球生态系统动态研究 (**GEDI**) 利用光探测和测距 (激光雷达) 系统对地面森林的高度和结构进行高分辨率观测,这有助于对重要的碳和水循环过程、生物多样性和栖息地加深了解。

(康金兰)

## 国际空间站科学实验一周要点

(2020年4月27日~5月2日)

据 NASA 网站 2020 年 5 月 2 日报道,4 月 27 日这一周,乘员在国际空间站上进行的科学调查研究包括:光缆合成、火焰、自由飞行机器人助手。

### 1.制造更好的光纤

乘员为 **Space Fibers** (在微重力环境下制造光纤) 项目在微重力科学手套箱中进行硬件采集和设置。该项目评估了一种在太空中用锆、钡、镧、钠和铝的混合材料 (称为 **ZBLAN**) 制造光纤的方法。**ZBLAN** 生产的玻璃比硅基玻璃透明一百倍,特别适用于光纤。微重力抑制了通常降解纤维的两种机制,先前的研究

表明，与地面制作的纤维相比，微重力条件下拉伸的纤维性能更好。

## 2. 机器人助手测试

**Astrobee** 由 3 个独立的自由飞行机器人组成，旨在帮助科学家和工程师开发与测试用于微重力环境下的技术。在空间站上，它们可以协助航天员做日常事务，帮助地面控制人员进行乘员监测、采样和后勤管理。机器人助手解放了航天员，使他们能够将时间和精力投入到其他科学和工程任务中。每个机器人最多可容纳三个有效载荷，包括机械附件、电源和数据连接。在这一周里，乘员主要研究机器人的移动和定位。

## 3. 火焰结构预测

在这一周内，乘员准备继续研究 **s-Flame**（球形扩散火焰的结构和反应）项目。该项研究对无烟火焰和煤烟火焰的结构与动力学进行了预测，有助于在地面开发效率更高、排放更少的发动机。**s-Flame** 是 **ACME**（微重力实验条件下的高级燃烧）项目的一部分，该项目是在空间站的燃烧集成架（**CIR**）上对气态火焰进行的一系列独立研究。该项目的主要目标是提高地面上常规燃料的燃烧效率并减少污染物的产生。第二个目标是通过材料易燃性的创新研究来提高航天器的防火性能。

## 4. 其它任务

**Veggie PONDS** 项目利用新开发的被动轨道营养输送系统，在空间站的蔬菜生长设施中种植了莴苣和生菜。

**ISS Ham** 项目为学生提供了一个机会，当空间站经过他们学校上空时，他们可以通过业余无线电直接与乘员交谈。这种互动使学生、教师、家长和社区的其他成员参与并接受科学、技术、工程和数学方面的教育。

Acoustic Diagnostics 项目是由欧洲航天局赞助的,在飞行前、中、后测试乘员的听力,以评估噪音和空间站微重力环境可能对航天员产生的不利影响。

JAXA 的小卫星轨道部署器 (J-SSOD) 平台提供了从空间站发射小卫星的能力,由日本实验舱遥操作系统 (JEMRMS) 为单个卫星提供定位和部署。

(康金兰)

## 国际空间站科学实验一周要点

(2020 年 5 月 4 日~5 月 9 日)

据 NASA 网站 5 月 9 日报道,本周,国际空间站上执行了如下试验任务:为验证小型卫星和自由飞行机器人技术的准备工作,为乘员提高营养美味食物的相关研究。站内 3 位乘员是 NASA 航天员克里斯·卡迪西、俄罗斯航天员阿纳托利·伊万申和伊万·瓦格纳。由于仅有一位美国舱段乘员,开展微重力科研活动时间较少,但在精心计划和自动化设备的帮助下,乘员持续开展研究。

### 1. 释放小型卫星

本周,乘员为“弹弓”小型卫星部署系统 (SlingShot) 在天鹅座离站后释放卫星进行准备,飞船计划于 5 月 11 日返回地面。

“弹弓”系统位于货船的“被动通用停靠机构”内,可部署多达 18 颗卫星。天鹅座脱离空间站后,“弹弓”系统会自行调整位置,于空间站上方 30 至 60 英里 (48 至 96 千米) 处部署卫星。其中一颗卫星名为 SEOPS-UbiquitiLink,用于验证太空与地面低功耗设备的双向连接。该项技术可支持未来商业通信服务。

## 2.丰富太空菜单

航天食品由来已久，但是空间站的菜单评价只拿到四星。航天员厌倦有限的重复性选择后，可能会减少进食，减轻体重，甚至危害身体健康。Food Acceptability 研究“菜单疲劳”的影响，以开发更多样的航天食品选择。本周，乘员填写了调查问卷，提供食物和饮料选择的反馈信息。

## 3.由学生遥控太空机器人

“太空蜜蜂”（Astrobee）测试了三台自控式自由飞行机器人，这三台机器人的设计意图是帮助航天员完成日常事务，增加地面控制人员的监控手段，执行乘员监测、采样和后勤管理工作。根据“日美开放平台合作伙伴计划”（JP-US OP3），日美两国发起“希望杯机器人编程挑战”（Robo-Pro Challenge），让学生开发“太空蜜蜂”控制程序，亲身体会太空中的科学、技术、工程和数学知识。本周，乘组为机器人电池充电，提前筹备后续几周的挑战活动。

## 4.其它相关工作

Actiwatch 是一款由乘员佩戴的腕部设备，内有测量运动数据的加速度计，监测周围灯光的传感器，支持分析昼夜节律、睡眠-觉醒模式和活动。

Radi-N2 是加拿大航天局的一项调查，使用气泡探测器深入了解空间站中子环境，有助于明确辐射来源对乘员构成的风险，为制定先进防护措施提供必要数据，以实现未来飞行任务。

“热胺气体洗涤器”（Thermal Amine Scrubber）测试利用主动加热和降温胺床，排除空间站内的二氧化碳气体。控制二氧化碳水平能降低乘员出现身体不适的可能性，如疲倦、头痛、呼吸困难、眼部疲劳和皮肤发痒。（蔡琴）

# 国际空间站科学实验一周要点

(2020年5月11日~5月15日)

据 NASA 网站 5 月 15 日报道，本周，国际空间站 (ISS) 开展的研究活动包括航天器太空燃烧安全研究、植物水动力学试验和其他几项天体物理学研究。

## 1.在安全距离以外燃烧

天鹅座飞船于 5 月 11 日离开空间站，随后，飞船的“弹弓”系统部署了几颗小型卫星。天鹅座为在微重力中研究燃烧情况、完成“航天器燃烧安全试验-IV” (Saffire-IV) 相关操作提供了安全环境。掌握火焰在太空中如何蔓延，直接关系到防火材料研发和防火措施制定，但在载有人员或货物的航天器上实施火焰生长和灭火实验较为困难。此次 Saffire-IV 实验研究不同材料和不同环境下的燃烧情况，验证火灾探测、监测和火灾后清理能力。

## 2.无需照管的天体物理学和量子力学研究

得益于自动化水平的提高和精心策划，越来越多空间站内研究项目无需乘员（或无需过多）参与。此类研究包括阿尔法磁谱仪-2 (AMS-02)、冷原子实验室 (CAL) 和日本宇宙航空研究开发机构 (JAXA) 的全天候 X 射线图像监测 (MAXI)。

科学家认为，恒星、行星，以及构成恒星和行星的分子只占到宇宙能量物质总量的 5% 以内，而其余的能量物质都是无法直接探测到的暗能量和暗物质。AMS-02 记录从外太空进入地球的宇宙射线和高能粒子，以此证明上述神秘物质的存在。AMS 原先计划服役 3 年，在航天员 4 次出舱维修和升级前，已实际使用超过 8 年。科研人员希望 AMS 再服役几年，撑过整个太阳活动周期（太阳黑子数及其他现象的准周期变化，一个周期约为 11

年)。尽管此次需要维修，但 AMS 一般都能自行运转，仅需空间站提供电力来源。

CAL 也在今年早些时候得到重大升级。设备生成的原子云接近绝对零度，比深空的平均温度低得多。较高温度下，科学家很难甚至无法探测到原子的基本性质和量子特性，而低温能明显降低原子运动速度，便于开展研究。CAL 设备持续通电，每天在乘员入睡后工作 8 小时，只有安装、操作更新和停用时需要乘员出面。

另一台自动化仪器是 MAXI。空间站绕地球飞行时，MAXI 可以不间断地调查 X 射线来源和异变性。仪器于 2009 年启用，截至目前，MAXI 已发现新的黑洞构成物质，报告 X 射线双脉冲星爆炸 20 余次，探测到 12 颗恒星的 X 射线耀斑，并首次观测了一个大黑洞吞噬一颗恒星的瞬间。该项调查还发布了高银纬天空星源目录，揭示了一颗巨超新星残骸存在的证据，估计该星已存在 300 万年，可能是银河系中的第一个巨超新星。

### 3.从太空中监测地球植物

“空间站生态系统天基热辐射实验”（ECOSTRESS）记录日间不同时段地球表面的高时空分辨率热红外监测数据。这些数据可以帮助解答某些关键问题，例如地球的特殊区域应如何应对未来气候变化。一旦空间站于目标上空过境，ECOSTRESS 就会自动收集数据，每周地面控制人员会设定起止时间，无需乘员干预。仪器收集的数据压缩保存于内存中，可通过宽带下行。

### 4.其它相关研究工作

Astrobee 测试了三台自控式自由飞行机器人，这三台机器人的设计意图是帮助航天员完成日常事务，增加地面控制人员的监控手段，执行乘员监测、采样和后勤管理工作。

AstroPi 实验包括两台增强型“树莓派”（Raspberry Pi）电脑，电脑装配的摄像头和硬件可测量空间站内部环境，探测空间站如何在轨移动并接收地球磁场。欧洲航天局太空派挑战为学生和其他年轻人创造机会，通过编写计算机程序或代码实施在轨科学研究项目。

ISS HAM 项目让学生有机会在空间站于学校上空过境时利用业余无线电直接与乘员谈话。这样的互动形式可以吸引学生、教师、家长和传授科学、技术、工程和数学领域的其他人员。

（蔡琴）