

BLOCK 5 型“猎鹰”9 火箭构型演变

1. 引言

美国东部时间 2018 年 5 月 11 日 16 时 11 分（北京时间 5 月 12 日 4 时 11 分），美国 SpaceX 公司从肯尼迪航天中心 LC-39A 发射台使用“猎鹰”9 构型 5（BLOCK 5）火箭成功将孟加拉国的“孟加拉之友-1”（Bangabandhu-1）通信卫星送入轨道，任务中火箭一子级在大西洋的驳船上完成了海上回收。此次发射是“猎鹰”9 构型 5 的首飞，该构型是猎鹰 9 系列火箭的最终构型，在可靠性和可重复使用方面进行了改进，能够满足未来载人发射和国家安全发射的需求。SpaceX 公司创始人艾伦·马斯克称，该构型将是“猎鹰”9 系列火箭的最后一个升级型号，至此，SpaceX 对“猎鹰”9 火箭的改进工作基本完成。

2. 构型演变

“猎鹰”9 系列火箭包括 3 种型号，分别是：“猎鹰”9-1.0、“猎鹰”9-1.1、“猎鹰”9-1.2（构型 1-5）、其中 1.0 与 1.1 已退役。

表 1 “猎鹰”9 系列火箭主要参数

构型	猎鹰 9-1.0	猎鹰 9-1.1	猎鹰 9-1.2
一子级	9 台隼 1C	9 台隼 1D	9 台隼 1D+
二子级	1 台真空隼 1C	1 台真空隼 1D	1 台真空隼 1D+
高/m	53	68.4	70
直径/m	3.66	3.66	3.66
起飞推力/kN	4940	5885	6804 7607(2016 年底)
起飞质量/t	333	506	576
整流罩直径/m	N/A	5.2	5.2
LEO 运载能力/t(从卡纳维拉尔角发射)	8.5-9	13.15	22.8(一次性使用)

构型	猎鹰 9-1.0	猎鹰 9-1.1	猎鹰 9-1.2
GTO 运载能力/t	3.4	4.85	8.3(一次性使用) 5.3(重复使用)
完全成功率(截止至 2018.5.16)	4/5	14/15	34/34 *

* 此外，2016 年 9 月 1 日，“猎鹰”9-1.2 型火箭在发射台静点火试验中发生一次爆炸事件。

2.1“猎鹰”9-1.0

“猎鹰”9-1.0 火箭是“猎鹰”9 系列运载火箭的第一种型号，其研发工作始于 2005 年 8 月，并于 2010 年 6 月进行首飞。

“猎鹰”9-1.0 型火箭的起飞质量为 333 吨，起飞推力为 4940 千牛。从卡纳维拉尔角发射时，近地轨道运载能力为 10.45 吨，地球同步转移轨道运载能力为 4.54 吨。一子级采用 9 台“隼”1C 发动机，海平面推力为 420 千牛。二子级采用 1 台“隼”1C 真空发动机，其 90%以上的组件都与“隼”1C 相同。为降低生产成本，二子级推进剂贮箱只是在长度上较一子级贮箱短，其工装、材料和制造工艺都完全相同。

该构型火箭于 2013 年退役，截止 2013 年共进行 5 次发射，其中 4 次成功，1 次部分成功。具体包括：1 次验证飞行，2 次在 COTS 计划下的演示飞行，2 次正式执行国际空间站的货运补给任务。

2012 年 10 月 8 日，“猎鹰”9-1.0 火箭在国际空间站补给任务中，一子级一台发动机出现故障，虽然导致火箭携带的次要有效载荷——Orbcomm 公司的 OG2 卫星未能成功入轨，但“龙”货运飞船顺利到达国际空间站，其主要任务未受影响。

2.2“猎鹰”9-1.1

“猎鹰”9-1.1 总长 68.4 米，直径 3.66 米，起飞质量 506 吨，LEO 运载能力 13.15 吨，GTO 运载能力 4.85 吨。与“猎鹰”9-1.0 型相比起飞质量增加 172 吨，LEO 运载能力提高 2.6 吨。

相比“猎鹰”9-1.0 型，其改进包括以下几方面：

升级发动机，“猎鹰”9-1.1 型的一、二子级均采用新型发动机：一子级采用 9 台“隼”1D 发动机。单台“隼”1D 发动机的海平面推力由 420 千牛提高到了 650 千牛，真空推重比超过 150，节流能力达到 70%，通过高效生产流程、提升组装的自动化程度、减少零件数量等手段提高发动机可靠性设计，改进燃烧室制造工艺，除此之外，还为执行未来载人任务采用了结构和热防护安全设计。而其一子级 9 台发动机的排列方式也有所改变，由 3×3 排列变为环形排列（Octaweb）。

使用新型整流罩，长 13 米、直径 5.2 米，采用轻型碳纤维材料和蜂窝夹芯结构；

采用了加长型新贮箱；

简化一二级连接结构，将 9 个硬件接口和 3 个用于分离的推杆简化为 3 个包含推杆的连接器，从而将 12 个部件减少到了 3 个；

升级航电系统——引入三冗余飞控计算机，基于“龙”飞船经飞行验证的软件；

此外，为验证垂直起降技术，首次采用 3 台发动机再入点火与单台发动机着陆点火；采用栅格舵以控制一子级再入大气和下降过程；为再入大气而加强底部隔热罩。

“猎鹰”9-1.1 型火箭于 2013 年 9 月首飞，2016 年 1 月退役，共执行 15 次发射，14 次成功，1 次失败。2015 年 6 月 28 日，“猎鹰”9-1.1 火箭在执行第 7 次国际空间站货运补给任务（CRS-7）时，火箭升空 2 分 19 秒时出现故障发生爆炸，“龙”飞船及其携带的 1.9 千牛左右的载荷也全部损毁。调查结果显示：在火箭一子级工作期间，上面级液氧贮箱中的氦气瓶支架失效，引起氦气泄漏，最终导致液氧贮箱因压力过大而破裂。

2.3“猎鹰”9-1.2

“猎鹰”9-1.2 总长 70 米，直径 3.66 米，起飞质量 549 吨，LEO 运

载能力 22.8 吨，GTO 运载能力 8.3 吨。其升级主要包括对发动机性能的提升，以及为了实现重复使用而做出的结构改变。该型火箭的改进通过 5 种构型（即“猎鹰”9-1.2 构型 1 到构型 5）逐步实现。该型火箭 2015 年投入使用，至今完成了 34 次发射均获得成功。另外，2016 年 9 月 1 日，在 AMOS-6 卫星发射任务前的静点火试验中，火箭因二子级氧箱内的复合材料缠绕容器（COPVs）破裂导致爆炸，星箭俱毁。

2.3.1 构型 1-4

相比“猎鹰”9-1.1，“猎鹰”9-1.2 构型 1 到构型 4 主要提高了一子级“隼”1D 发动机推力和推进剂密度、二子级进行了延长。SpaceX 公司官方称上述构型理论上可以复用 2 到 3 次，但 SpaceX 从未使用上述构型发射超过两次。其改进点包括以下几方面：

继续提升发动机推力——经过多次改进后，用于一子级的隼 1D 发动机最大海平面推力达到 756 千牛，真空推力达到 825 千牛，比隼发动机初始型（653 千牛）提升 16%。用于二子级的“隼”1D 真空发动机采用了更大的喷管，使其真空推力达到了 935 千牛，比初始型增加了 17%。

提高推进剂密度——为了不改变一子级尺寸，SpaceX 公司采取了提高推进剂密度的方法增加推进剂的加注量。液氧温度降到了 -207°C ，液氧密度从 1121.3kg/m^3 提升至 1201.4kg/m^3 ，密度提升了 7%。此外，SpaceX 还将煤油（RP-1）的温度从室温降至 -7°C ，在粘度不影响燃料特性的前提下，将其密度提高 2.5-4%。

对贮箱进行了调整——保持推进剂比例的合理范围。缩短一子级液氧贮箱的长度，增加煤油贮箱的长度，但保持了一子级长度不变。二子级则增加了整体的长度，以适应煤油体积的变化。

升级整流罩——略微加大，并为其增加了降落伞系统，以验证整流罩的回收技术，该降落伞系统由一个漏斗形减速伞和一个主翼伞组

成，此外，添加了一个氮气冷态气体姿态控制系统，以使整流罩失去初始转速并在再入大气之前完成重新定向。

升级栅格舵——涂层的铝合金格栅舵改为无涂层、整块切割的钛合金格栅舵。

此外，还进行了一些小改进，如：升级一子级着陆支架、加长级间段、升级 Octaweb 结构、电子设备微小改进等。

2.3.2 构型 5

“猎鹰”9-1.2 构型 5 是“猎鹰”9 火箭的最终构型，计划用于未来 NASA 商业载人任务，并大幅提升其可重复使用次数（曾有报道称，“猎鹰”9 构型 5 的目标是在不做大幅维修的情况下重复使用 10 次，在进行适当的例行维护的情况下，可重复使用 100 次），该构型的改进计划是 SpaceX 公司总裁肖特韦尔在 2017 年 2 月 17 日公布的，其改进主要由商业乘员计划和国家安全空间发射要求所驱动。主要改进包括以下几点：

进一步提高发动机推力，单台隼 1D 发动机海平面推力可达 845 千牛，单台真空隼 1D 发动机可产生 978 千牛，比以前版本推力增加大约 10%。提高可靠性，满足执行载人任务的需求。重新设计涡轮泵，NASA 发现回收后的火箭在涡轮泵叶片上发现裂纹，因此要求 SpaceX 重新设计其隼发动机的涡轮泵；

改进型着陆支架，取消了原支架设计中的锁紧机构，升级为可伸缩式的黑色着陆支架，仅依靠一个作动器就能完成回收后着陆支架的收放；

Octaweb 结构，采用了强度更高的铝来制造，并采用螺栓连接，而非像此前构型一样焊接到箭体上，以便缩短检查和维修的时间，同时便于从猎鹰 9 一子级改作重型猎鹰火箭的助推器。此外为防止 Octaweb 结构受热融化，在发动机部段内部也采取了相应的热防护措施

施；

重新设计复合材料缠绕容器（COPVs），避免 Amos-6 爆炸事故的重演，同时应对多次重复使用；

外部涂料，为更好的保护一子级免受极端再入环境的影响，构型 5 火箭采用了新的热防护技术，火箭黑色级间段以及电缆管线和着陆支腿均采用了由 SpaceX 自行研制的复用性能很高且无需喷漆的新型热防护材料；

专用热防护罩，加强了位于火箭底部靠近发动机部段的热防护罩，该热防护罩用于保护发动机和推进系统管路，但此前使用的复合材料热防护罩每次发射后都要进行更换，此次的改进将有助于其复用，提高芯级的生产速度和重复使用率。

3. 小结

SpaceX 对“猎鹰”9 构型的改进是在每一发箭上逐步实现的，按照其总裁肖特韦尔的说法，至今尚未有任何两枚“猎鹰”9 火箭是一模一样的。“猎鹰”9 火箭的改进目标包括：提升火箭运载能力及火箭重复使用能力，并使其满足载人需求。技术途径包括提升主发动机性能、增加推进剂密度、调整火箭结构和简化芯级的复用等。使该火箭 LEO 运载能力由最初的 8.5 吨提升至目前的 22.8 吨，GTO 运载能力由 3.4 吨提升到 8.3 吨；验证了一子级的回收技术，并实现了一子级的复用。

SpaceX 目前正有意地使用复用芯级，顺利的话，将有望在 2018 年下半年有效地消耗非构型 5 的硬件库存，“猎鹰”9 构型 5 将全面投入使用。按计划，SpaceX 还将在商业载人项目下验证“猎鹰”9 构型 5 火箭的载人能力，未来用于执行国际空间站载人任务。同时，SpaceX 公司还计划向全箭的回收及重复使用进行挑战。该型火箭的投入使用对美国推进商业载人项目以及火箭可重复使用技术具有重要意义。

（龙雪丹）

NASA 前局长建议进一步提高 NASA 探索任务的风险管理

据美国航天新闻网站 2018 年 4 月 18 日报道，美国国家航空航天局（NASA）前代理局长罗伯特·莱特福特在美国科罗拉多州第 34 届航天研讨会上发表的演讲，建议 NASA 进一步完善和提高在风险评估和决策方面的工作，以便更好地实施其未来探索计划。

这是莱特福特退休前的最后一次演讲。他表示，在其任职代理局长的 15 个月里，针对如何改进提高决策方面并没有按照原定设想开展更多的工作，对此感到遗憾。

莱特福特认为，目前 NASA 在风险评估和决策方面存在的其中一个问题是，航天机构通常以获取效益为切入点开展各项探索项目（任务），但是一旦项目（任务）进入研制阶段，人们关注的重点则转移到任务风险方面，当最终进入到发射台阶段时，所有人谈论的全部内容均是有关风险，而似乎忘记了当初为什么开展这项任务所要实现的效益。他谈道，航天探索任务的实施过程中产生各类失误是不可避免的，但这可能会导致形成更多的强调如何避免重复这些失误的新工艺规程。人们越来越关注工艺规程而非产品，而那些新工艺规程不论是否真正适用，都会被应用到每一个未来项目（任务），这也是他曾一直努力要解决的问题。他还表示，由于针对各类实施方案及相关风险的信息不能及时有效地提交给关键的主管者，高层领导者无法及时有效地获取风险，由此破坏了决策速度，从而导致决策滞后。莱特福特谈道，他曾质询过 NASA 各部门，如果以当前的处置风险和决策的思维，是否还能成功地实施诸如“阿波罗”、航天飞机等那些最负盛名的空间探索项目（任务）。

此外，莱特福特非常关注 NASA 在其 2019 年预算申请中提出的“探索活动”项目，如“月球轨道平台－门户”的研发及载人飞抵月球表面等。该探索项目概念是 NASA 于 2017 年根据副总统彭斯在新成立的国家航天委员会（NAC）首次会议上提出相关要求之后的 45 天内形成的。他表示，如果“探索活动”项目想获得成功，NASA 需要采取不同的风险分析方法。而根据莱特福特的经验与建议，可实施一种其称为“视野开阔”型战略，即领导者需要对正在开展的各个项目进行意向调查研究，然后再做决策，这就要求将 NASA 现有各项活动中的“风险管理”模式转换到“风险领导”模式。他认为，从“风险管理”角度考虑，最安全的地方是在地面，而从“风险领导”的角度，则考虑的是国家可能处于的最不利局面。（赵晨）

美政府问责局就 NASA 的项目成本与进度恶化提出警告

据美国《航天》新闻网站 2018 年 5 月 2 日报道，美国政府问责局（GAO）在 5 月 1 日发布的一份报告中指出，美国国家航空航天局（NASA）所开展的各重大项目的成本与进度绩效在 2017 年呈极度“恶化”态势。

这是 GAO 针对 NASA 正在研发的载人与机器人项目所给出的第 10 个年度评估报告。报告认为，载人与机器人项目的发射时间已平均延迟 12 个月，而这是 GAO 在过去 10 年里所评测的最长滞后时间，同时项目成本增长至少 18.8%。虽然成本的增长率要比 10 年之初所预测的 45% 年度成本率要低很多，但它是过去数年来不断降低成本增长率的结果。报告认为，由于缺少最新的“猎户座”飞船成本预估数据（可能约占 NASA 总研制成本的 22%），GAO 无法给出精确的成本增长数据。

GAO 认为 2017 年的成本与进度增长大部分来源于 4 个项目：SLS

火箭、探索地面系统、火星探索 2020 任务以及空间网络地面段延续项目(SGSS, 对用于 NASA 飞行器通信的地面系统进行升级的项目)。上述四个项目的成本增长额在 NASA 2017 年所有项目的 6.467 亿美元净成本增长额中占据了 6.38 亿美元, 而在 91 个月的总进度延迟时间中占据了 59 个月。这四个项目均面临着大量的技术难题, 并随着具有一定风险的计划性决策而不断加剧。GAO 认为, 这主要是因为针对载人空间飞行项目, 提供较少的成本与进度储备金、采取可能加剧进度延迟和导致成本超支的“冒进”性内部进度。

火星探索 2020 任务的 2017 年成本超支还算比较适度, 约为 1290 万美元, 且仍保持着 2020 年中期发射的任务进度。但 GAO 报告对该任务所应用的一项技术演示验证仪器以及另一项仪器组装所产生的较高成本等问题提出批评。

SGSS 项目则面临一些诸如承包商未能完全理解该项目的具体要求等重复性问题以及项目管理方面的问题。GAO 表示, 即使缩减了该项目的应用范围, 上述问题仍然不断发生。NASA 代理局长助理史蒂文·尤尔齐克在 5 月 1 日由航空航天工程委员会和美国国家科学院航天研究委员会召开的联合会议上承认, SGSS 项目曾面临着严重的技术难题, 但目前已有所好转。然而他补充道, 在 NASA 2019 年预算申请中将取消 SGSS 项目, 而考虑采用商业性替代方案。尤尔齐克表示, 由于只对其中 1 台(共 4 台)天线设备进行升级, 因此取消 SGSS 则将使 NASA 面临非常大的技术挑战局面。NASA 正在开展有关 SGSS 项目及替代方案的独立研究。

GAO 报告指出的其他任务延迟和成本增加主要归结于航天飞行器装配与测试过程中所发现的技术问题, 如“詹姆斯·韦伯”天文望远镜的发射时间现已推迟至 2020 年 5 月左右, 其可能超支的成本将会达到 80 亿美元; 执行地球科学任务的 ICESat-2 航天器则由于其激光测

高仪这一主仪器设备出现的技术问题而导致产生数月的进度延迟。

GAO 表示，某些进度延迟问题则不直接归因于项目本身，如重力恢复与气候实验后续计划（GRACE-Follow On）等项目的发射时间延迟均是由于运载火箭的问题，而 NASA 与印度空间研究组织（ISRO）联合研制的合成孔径雷达任务则是根据跨机构工作组的商讨结论对其任务范围进行了变更。此外，还有一些进度延迟则可能归因于人力问题。GAO 在报告中举出的一些案例均是由于具有丰富经验的人员短缺以及难以保留关键岗位的操作员。GAO 认为，NASA 目前的人力资源处于老龄化状态，其 56% 的雇员都超过了 50 岁，并在后续的 5 年里以 7% 的速度增加。

GAO 在报告中指出，在未来的数年里，基于 NASA 自行研发的项目、商业乘员项目、“欧罗巴快船”项目、着陆车项目、“广域红外巡天望远镜”（WFIRST）以及可能开展的类似大型和复杂项目的组合发展局面，将会使 NASA 处于连续性的成本增加和进度延迟的风险状态。虽然 NASA 正在采取相关措施以避免出现类似问题，如减少 WFIRST 的任务范围与成本，但 GAO 认为这些措施仍不足以解决所有问题。即使应用了许多预防措施，但随着某些造价昂贵、技术复杂的项目的研制与实施拖延超出预期，NASA 的成本与进度绩效问题需要在未来数年里加以进一步的实际情况考验。（赵晨）

国际空间站

美国和俄罗斯可能签署向国际空间站 运送航天员的新协议

据俄罗斯塔斯社 2018 年 4 月 19 日报道，俄罗斯国家航天集团公

司载人航天计划执行总监谢尔盖·科里卡廖夫在参加美国科罗拉多－斯普林斯（美国科罗拉多州）举行的第 34 届空间研讨会时向塔斯社记者透露，美国和俄罗斯可能会签署新的商业协议，向国际空间站（ISS）运送美国航天员。

NASA 已经公开宣布近日要与俄罗斯续约国际空间站的运送任务。一位资深的俄罗斯专家也提到，续约的可能性很大。俄罗斯国家航天集团公司代表称，明年夏天向国际空间站运送美国航天员的合同就要结束了，延长协议是有可能的。关于波音公司购买飞船座位（俄罗斯“联盟”号飞船飞往国际空间站的座位）的协议已经在商谈中。俄罗斯国家航天集团公司已经做好了准备，有可能会与 NASA 达成新的协议。

NASA 负责人罗伯特·莱特福特在上周美国国会的一次听证会上的讲话中再次承认，美国人可能没有时间按过去签署的合同条款建造新的载人飞船。他们正在与合作伙伴俄罗斯就是否延长向国际空间站运送美国航天员的合同进行协商。

2011 年 NASA 向国际空间站运送航天员的航天飞机停飞后，就由“联盟”号载人飞船向国际空间站运送 NASA 航天员（经协议，飞船座位将提供至 2019 年）。去年 2 月，NASA 与波音签署了一项协议，购买了波音公司 2017-2019 年乘坐“联盟”号飞往国际空间站的 5 个座次。NASA 和波音公司之间的合同的总价值为 3.735 亿美元。波音公司这 5 个座次的名额是波音公司和能源火箭航天公司在海上发射联合项目司法诉讼调解框架内波音公司向能源火箭航天公司购买的。

科里卡廖夫表示，当“深空之门”（“深空之门”是 NASA 载人登陆火星计划第一个空间站的名称，将在地球与月球之间进行轨道飞行，预计最早将在 2020 年发射）最终协议落实到纸上时，至少需要一年或两年的时间。

俄方在科罗拉多－斯普林斯向欧洲同行通报了这一消息，欧洲航

天局的成员国情况会更复杂一些，他们会为团体的利益团结一致。当然他们也是国际合作的一部分，这不是一个容易的过程。

科里卡廖夫指出，能够在这次会议上解决部分产品问题已经很不错了，明年年底之前还有一次这样的会议。这之前将继续进行评估和设计，最终完成所有执行程序所需的书面设计工作。

俄罗斯参与的“深空之门”建造的讨论

科里卡廖夫表示，现在大家正在谈论如何去建这个站，讨论技术问题以及每个国家投资的问题，但这些问题目前还没有确定。2017年俄罗斯航天国家集团公司和 NASA 在阿德莱德签署了建造“深空之门”近月空间站的合作协议。目前，这个协议内容还没有公开，因为这里有计划建造近月站的一些组成的信息。

俄罗斯国家航天集团公司表示正在考虑建造该站的几个关键结点的可能性。这是一个可行的方案，但它不是文件和技术的转让，这与建造国际空间站是一回事。这是可行性方案之一，就是俄罗斯将参加的气闸舱的建造工作。

科里卡廖夫总结到，俄方将在“深空之门”框架内工作，也是依照这个原则安排国际空间站计划，同样依照这个原则做好分担的那一部分工作，最后进行空间站所有舱段的对接。

关于美国的制裁

科里卡廖夫在回答关于美国制裁问题时称，美国在现阶段没有针对太空双边合作采取任何限制性措施。尽管早在几年前就开始制裁事件，但并没有影响他们的航天员和俄罗斯航天员一同乘“联盟”号飞船飞向国际空间站，希望他们是同事和合作伙伴关系，肩并肩的友好的工作，并希望政治动荡不会影响他们。

（杨敬荣）

俄能源公司开展“科学动力舱”的工效学试验

据俄罗斯国家航天集团公司网站 2018 年 4 月 27 日报道，能源公司飞行测试部专家联合生物医学问题研究所（IBMP）、加加林航天员中心代表，在“科学动力舱”（俄罗斯即将发射入轨的舱段之一）的工效学模型里完成了模拟乘组在轨操作试验。

试验队分为 3 个组：两个乘组和一个专家组，其中专家组发挥的是指控中心的功能。该试验的主要任务是评价乘组与设备、与舱的各功能区域之间的相互关系，并围绕这一任务来设计模型舱内的布局和航天员的假定飞行计划。

4 月 24 日和 26 日，两个 3 人乘组先后模拟了乘组在轨工作，货运飞船手动对接的模拟，操作科研设备，舱的技术维护和维修。

专家表示，后续还计划开展“科学动力舱”舱载文件及方法的使用测试试验，以及该舱与国际空间站俄罗斯舱段整合的文件试用试验。下一阶段的工效学评价将要在“科学动力舱”的飞行产品上进行。

能源公司飞行测试部负责人，也是此次试验的组织者马克·谢罗夫称：“我们是从参加过试验准备的人里挑选的参试乘组：指令长来自加加林航天员中心，工程师来自于能源公司，研究专家来自于生物医学问题研究所。当每个人发挥着自己的职能，这样的乘组工作效率就高，这也是未来乘组的模型。试验结果有力地证明了，设计师们对舱结构的设计非常合理，设计中考虑到了航天员的建议以及工程技术美学。我们此次试验发现的问题和建议并不是很多，已经整理成了书面报告。在向飞行产品转阶段的过程中，可以说充分完成了‘科学动力舱’的工效学试验。”

按计划，在“科学动力舱”工效学模型里模拟乘组在轨操作的试验要在不同的乘员参与情况下开展 3 次。生物医学问题研究所向模型舱

提供了一部分未来将要送往空间站的医学设备。

(宋尧)

NASA 将对国际空间站的应急通信地面站进行升级

据澳大利亚每日航天网站 2018 年 4 月 25 日报道，美国国家航空航天局 (NASA) 目前准备对国际空间站 (ISS) 主通信系统 (空间网络) 的备用系统 - 甚高频 (VHF) 通信地面站进行升级改造。

NASA 的 VHF 地面站分别位于弗吉尼亚州的沃洛普斯飞行设施和加利福尼亚州的阿姆斯特朗研究中心，主要为 ISS 和俄罗斯“联盟号”飞船飞经北美上空时提供及时高效的通信联系。VHF 地面站的各项设施由戈达登航天飞行中心 (GSFC) 的探索与空间通信项目部管理，NASA 的空间通信与导航项目办公室则对通信网络实施相应的规程性监督。

NASA 的 VHF 地面站可通过 VHF1 和 VHF2 两种频率提供 2 路、仅音频型通信。VHF1 主要用于 ISS 的应急通信，VHF2 则用于俄罗斯“联盟”号飞船的通信。ISS 配置了两个 VHF1 天线，位于俄罗斯“星辰”号服务舱的两侧，航天员们可通过 VHF1 接收来自 ISS 任一舱段的任务指挥指令进行通信联系。NASA 载人空间飞行通信与跟踪网络部主任马克·塞弗伦斯表示，在乘员与地面之间保持公共通信的可用性对于实现任务成功和确保乘员安全是至关重要的。

在正常情况下，ISS 主要通过 NASA 的空间网络系统 (地球同步轨道上的一系列跟踪与数据中继卫星) 开展通信联系。该网络可为 ISS 与世界各地的任务控制中心之间提供近连续性的通信覆盖，以确保 ISS 的各系统能正常运行。此外，该网络还可实现高分辨度的科研数据、超高定义视频以及诸如学生与航天员之间联系的特殊下链路等内容的传输。在 ISS 无法通过 NASA 空间网络系统进行通信时，可通过

VHF1 实施通信联系。

俄罗斯“联盟”号飞船是通过单独的 VHF2 天线进行通信联系。俄罗斯在实施大多数“联盟”号飞船任务时，从拜科努尔航天发射场实施发射之时直至飞船与 ISS 接驳以及分离与返回地球的整个过程中，始终将 VHF2 作为其声频通信的主系统设备。但是对于需要较长交会时间的“联盟”号飞船任务，在飞船飞经美国上空而不在俄罗斯的通信控制范围内时，NASA 的 VHF 网络则提供应急通信联系。此外，NASA 的 VHF 网络还可在 ISS 出现意外情况而需要“联盟”号飞船延长停留在轨时间时，提供相应的应急通信联系。

NASA 对 VHF 网络地面天线的升级改造主要涉及大量电子元器件的改进、安装用于跟踪 ISS 和“联盟”号飞船的新软件。此外，升级后的新天线能够同时操控 VHF1 和 VHF2，增加了通信网络的冗余度，以便在一个系统出现故障时，另一系统可以立即接管。

除了 NASA 的通信网络外，俄罗斯也运行了一套独立的 VHF 通信网络，通过设在俄罗斯境内的 VHF 地面站为 ISS 和“联盟”号飞船飞经亚洲和欧洲上空提供通信联系。这两套网络组合能够有效地保证 ISS 和“联盟”号飞船在每个轨道上的 VHF 通信。（赵晨）

运载器系统

“猎鹰”9 火箭整流罩回收方案

据抛物线网站 2018 年 4 月 12 日报道，NASA 在对 SpaceX 从墨西哥湾回收“龙”飞船提案的环境评估(EA)草案中详细介绍了 SpaceX 公司为了实现“猎鹰”9 火箭整流罩的回收而做出的改进以及其应用的降落伞组件。主要内容如下：

为实现“猎鹰”9 整流罩的回收，SpaceX 为其中一个整流罩增加了降落伞系统，该降落伞系统由一个漏斗形减速伞和一个主翼伞组成。此外，添加了一个冷氮气体姿态控制系统，以使整流罩失去初始转速并在再入大气之前完成重新定向。SpaceX 的远期目标是控制翼伞将两瓣整流罩均带回到预先设置的无人船或陆地回收平台。整流罩的伞降回收试验目前在“猎鹰”9 火箭从肯尼迪航天中心发射后，在大西洋进行。未来将扩大到其卡纳维拉尔角及范登堡的发射任务。

降落伞系统减缓整流罩的下降速度，从而实现软溅落，使整流罩保持完好。整流罩再入大气后，在大约 15.24 千米高空展开减速伞以便放慢初始速度，随后展开翼伞。翼伞成功部署后，抛掉减速伞以及附属部署袋。

SpaceX 目前正在对两套降落伞系统(类型 1 和类型 2)进行评估。具体规格见表 1 和表 2。类型 2 系统采用与类型 1 类似的减速伞，但使用了比类型 1 更大更轻的翼伞。

表 1 减速伞类型 1、类型 2 参数 (FAA 2017)

减速伞类型	伞衣材料	面积	伞绳	部署袋
类型 1	尼龙	5.9m ²	Kevlar	2.6m ² 、光谱布+ Kevlar 织带
类型 2	尼龙	10m ²	Kevlar	2.6m ² 、尼龙

表 2 翼伞类型 1、类型 2 参数 (FAA 2017)

翼伞类型	伞衣材料	面积	伞绳长度
类型 1	尼龙	166m ²	13m
类型 2	尼龙	279m ²	15.24m

整流罩和翼伞将由位于预期溅落区附近指定安全区的回收船进行回收。回收船能够使用来自任务控制的 GPS 数据和整流罩数据记录器上的闪光灯定位整流罩。在找到整流罩后，将派出一艘充气艇(RHIB)。船员钩住拖线，并将它放入存储桶。但是，如果海况和天气状况不佳，

可能导致整流罩和翼伞的回收失败。

如果回收团队在溅落位置发现减速伞，则尝试回收。然而，减速伞组件在高空展开，难以定位，很可能不在溅落位置。另外，由于其大小和材料密度的原因，减速伞组件溅落一分钟后，就会变得饱和，进一步提高了回收难度。SpaceX 正在研究解决方案，以便在未来的作业中回收减速伞组件。

回收船返回私人码头，整流罩通过卡车运输至 SpaceX 工厂。进入 SpaceX 工厂后，进行后续处理，搜集相关数据，以便进行技术改进。如果可行性得到验证，减速伞/翼伞系统将被添加到第二瓣整流罩中，以实现整个整流罩的回收。

SpaceX 表示，2017-2018 年间，将在 15 次发射中进行整流罩回收试验，其中有 4 次还可能将进行两瓣整流罩的回收试验。15 次试验中，预计 5 次在范登堡空军基地进行发射，整流罩会在太平洋溅落，其他 10 次将在大西洋溅落。2019-2024 年，SpaceX 预计涉及整流罩回收的发射频率将增加至每月大约 3 次。（龙雪丹）

NASA 拟利用双活动发射平台增加 SLS Block1 型任务

据 NASA SpaceFlight 网站 2018 年 4 月 23 日报道，美国国家航空航天局（NASA）正在规划如何利用两台活动发射平台（ML）增加 SLS Block 1 型火箭的载人与货运任务。

根据 NASA 的最初计划，SLS 火箭的前期任务主要是选用 Block 1 型火箭进行试验性飞行任务，首先是无人型“猎户座”的试验飞行任务（EM-1），然后再重复实施载人型的试验飞行（EM-2），这两次任务的配置需求近似。NASA 后续对该项计划进行了大量的完善改进，如

评估首次 EM-1 任务搭载航天员，并在此方案被否决后，尝试将更大推力的 Block 1B 型火箭提前应用于 EM-2 任务。

SLS 火箭的 Block 1 型与 Block 1B 型的主要区别与变化是上面级。Block 1 型火箭采用的是已经验证和测试过的联合发射联盟（ULA）的“德尔它”低温二子级（DCSS），而 Block 1B 型火箭采用的是新研制的探索上面级（EUS）。然而，EUS 的设计阶段还远未完成，而近期的资料显示至少要到 2020 年中期才能将 EUS 应用于飞行任务，这也意味着 NASA 不得不调整原定的一次性试验飞行任务，而延长 Block 1 型火箭的任务实施时间。基于目前诸多的任务进度限制因素，如载人型“猎户座”飞船的任务准备状态、SLS 火箭的软件难题以及运载火箭里程碑目标的整体延伸，NASA 的管理与技术团队正在考虑如何利用两台 ML 重新调整 SLS 火箭的短期任务设想。

1. 第一台 ML 的建造情况

目前影响到 SLS 火箭任务进度的一个关键性因素就是正在建造中的第一台 ML（ML-1）。NASA 在今年获得国会批准的 second ML 的研制预算之前，一直针对无人型 EM-1 任务之后的 SLS Block 1B 型火箭，进行 ML-1 的适应性改造。该项改造工作中将需耗用 2 年左右的时间，这也是原定的 EM-1 与 EM-2 任务之间出现数年空白的重要原因之一。此外，技术团队在进行 ML 的脐带臂安装时发现产生一定的倾斜和微扭曲。NASA 表示会对该问题进行持续监控，同时采取了相应的减缓方案，如在 ML 被运往垂直总装厂房（VAB）之前，先卸载大量的脐带臂，以便可以安装辅助垫片，然后再重新安装脐带臂。

2. 第二台 ML 的设计建造

NASA 在今年获得国会批准的 second ML（ML-2）的研制预算之后，开始了针对 SLS Block 1B 型火箭任务需求的设计。国会批准的前期预算资金主要用于 ML-2 设计的民用工程及其基础结构的建造。今

年夏季将启动设计建造合同的招标，2019 年将确定最终的承包方。

ML-2 的基础钢结构体的建造工程将耗用 3 年左右，随后再陆续建造和安装所需的地面保障设备和脐带臂，而这项建造和安装工程仍将耗用 1~2 年的时间且需增加 2 亿多美元的资金。ML-2 的大部分脐带臂的设计建造与安装与 ML-1 的相同，唯一不同之处是针对 Block 1B 型火箭和安装在上面级/有效载荷护罩接口（“猎户座”飞船/有效载荷适配器）上的第 2 个稳定器摆臂所研制的新脐带臂。

3. SLS 火箭的任务实施方案

目前拟于 2020 年采用 ML-1 实施 SLS Block 1 型火箭发射任务的决定将使 NASA 具有更多的决策项。

NASA 曾一度计划在 EM-1 任务中就实施一次 DCSS 配置的 SLS Block 1 型火箭，但目前预测其将根据任务需求与火箭型号重新实施原先设定的无人型 EM-1 任务和载人型 EM-2 任务，然而鉴于“猎户座”飞船的准备状态，不可能通过这两次任务来缩短进度计划中产生的数年空白期。同时由于 SLS Block 1 型火箭应用于任务的具体时间尚未明确，因此 NASA 拟选择在 2022 年采用 SLS Block 1 型火箭发射“欧罗巴快船”任务，以弥补此空白期。该项任务在 NASA 的文档中被定义为“科学任务-1”（SM-1）。

然而目前出现了一些有关 SLS Block 1 型与 Block 1B 型火箭分别实施“欧罗巴快船”任务所呈现的任务差异方面的质询。采用 SLS Block 1B 型火箭实施“欧罗巴快船”任务的最大特点是将应用新研制的 EUS，由此可以缩短采用“现役”运载火箭方案的数年过渡期。此外，SLS Block 1 型火箭在实施“欧罗巴快船”任务的技术能力方面还面临着来自 SpaceX 公司的“猎鹰重型”火箭的竞争。“猎鹰重型”火箭针对高级别科学任务的每次任务成本约只为 1 亿美元左右，而 SLS Block 1 型火箭的每次任务成本将会高达 5 亿美元（2013 年的 NASA 数据），

甚至 15 亿~25 亿美元(2017 年 12 月行业机构给出的保守估算数据)。

如果根据目前的美国国会法案授权,确实需要通过 SLS 火箭实施“欧罗巴快船”任务,那么 SLS 火箭的第三次任务可能仍将继续采用改进后的 Block 1 型火箭来实施“猎户座”飞船的首次载人任务。此外,在采用第二台 ML (ML-2) 发射更大推力的 SLS Block 1B 型火箭实施真正政治性意义上的 EM-2 任务之前,可能仍需 SLS Block 1 型火箭执行第 4 次任务。若是基于这种决策,那么 NASA 原定在实施载人飞行任务之前采用 SLS Block 1B 型火箭发射“欧罗巴快船”任务以验证 EUS 的技术性能的计划,将改为 SLS Block 1B 型火箭的首飞任务配置未经飞行验证的 EUS,并搭载 1 名航天员。

NASA 表示,在启动 SLS Block 1B 型火箭进入实施 EM-2 任务的准备状态后,ML-1 将可能转为只保障货运版 Block 1B 型火箭任务。即使目前改用 Block 1 型火箭实施“欧罗巴快船”任务而使其面临无任何确定任务的情况下,NASA 仍将货运版 SLS Block 1B 型火箭作为其未来发展目标的一部分。然而,该型火箭同时面临着来自 SpaceX 和蓝源公司研制的超重型运载火箭 (SHLV) 的市场竞争,但是 NASA 认为,基于 SLS Block 1B 型火箭的旗舰地位以及国家政治方面的支持,该型火箭具有非常良好的发展前景。(赵晨 郭凯)

“新谢帕德”亚轨道飞行器完成第 8 次飞行试验

据航天网 2018 年 4 月 29 日报道,蓝源公司于 4 月 29 日,完成了“新谢帕德”亚轨道太空旅游飞行器的第 8 次飞行试验,飞行器的动力模块成功实现垂直反推着陆,乘员舱利用降落伞成功返回。试验中,飞行器的最大高度为 107 千米,达到预定目标。未来蓝源在太空旅游运营中,也将以 107 千米作为标准的任务高度。本次试验是蓝源公司

的第 3 枚“新谢帕德”飞行器的第 2 次飞行，此前该枚飞行器在 2017 年 12 月成功进行了首飞。

本次飞行试验中并未载人，但搭载了多个科研载荷。其中来自德国高校的 3 个载荷用于开展微重力试验，NASA 约翰逊航天中心的载荷用来监控乘员舱中的环境，美国索尔星公司的载荷用来验证一种无线通信技术（这种载荷未来能够为新谢帕德的乘客提供无线网络服务）。

“新谢帕德”飞行器由乘员舱和动力模块组成，乘员舱最多可搭载 6 名乘客。动力模块为一枚助推火箭，采用 BE-3 液氢/液氧火箭发动机。与乘员舱分离后，动力模块利用发动机反推的方式垂直返回降落。乘员舱与动力模块分离后，达到了 100 千米左右的高度，乘客能够体验短时间的微重力环境，并观赏太空景色。然后乘员舱利用降落伞返回地面。目前，蓝源公司还没有给出载人飞行的具体时间表。

（杨 开）

航天器系统

内华达公司准备开始“追梦者”货运飞行器的组装

据航空周刊 2018 年 4 月 19 日报道，内华达公司预计在下个月接收“追梦者”飞行器的气动外壳板，开始首飞“追梦者”飞行器的组装。这些板材以及飞行器的复合材料主结构均由洛克希德·马丁公司生产，用于组成飞行器的绝大部分气动面。结构元件的组装将在 7 月份完成。

内华达山脉公司凭借“追梦者”飞行器在 2016 年得到了 NASA 的“第二轮商业补给服务”合同（CRS-2），将利用该飞行器向国际空间站运送货物。该飞行器计划在 2020 年 4 季度利用“宇宙神”5 运载火箭

进行首次发射。在 CRS-2 合同下共有 6 次飞行任务。除“宇宙神”5 火箭外，内华达公司还在探讨用于未来货运任务的其它运载火箭方案，备选方案涵盖目前主要的运载火箭。

（韩洪涛）

洛·马公司研究如何降低“猎户座”飞船的研制成本

据美国航天新闻网站 2018 年 4 月 20 日报道，随着洛·马公司陆续完成 SLS 火箭首飞任务搭载的“猎户座”飞船的装配，其正在着手研究如何降低后续“猎户座”飞船的研制生产成本，包括重复使用方法。

洛·马公司副总裁兼“猎户座”飞船项目经理迈克·豪斯在 4 月 16 日~19 日美国航天基金会在美国科罗拉多州举办的 34 届航天研讨会的一次采访中表示，原定应于今年 6 月运抵美国并与 EM-1 任务的“猎户座”飞船乘员舱（CM）对接装配的欧洲服务舱（ESM）将预计于夏末时段才能运到。洛·马公司期望能在 7 月初交付 ESM，这样就会有一年多的时间进行 CM 与 ESM 的对接装配和测试，而该公司技术团队在 2019 年针对 EM-1 任务的各项工作安排非常满。

由于空客公司是第一次研制飞船服务舱，因此面临了一些生产供应与部件装配方面的技术难题，而洛·马公司也根据相关合同要求向空客公司派遣了一些技术人员给予支持。在此过程中所积累的合作经验将有益于更好地开展后续的 CM 与 ESM 对接装配和测试。

洛·马公司正在研制 EM-2 任务的“猎户座”飞船的组件，诸如压力容器和热防护罩等。技术团队正积极利用 EFT-1 和 EM-1 等任务所积累的研制经验，以研究如何降低后续“猎户座”飞船的研制成本。豪斯表示，EFT-1 任务出现的一些技术问题并没有发生在 EM-1 任务的“猎户座”飞船研制中。技术团队针对 EM-1 任务重新修改了“猎户座”飞船

在肯尼迪航天中心（KSC）的操作与测试工作流程，同时还改进了生产工艺要求，如供应商的材料与部件采购。此外，洛·马公司还结合如何降低后续的“按图生产”型“猎户座”飞船的研制成本等事宜，正在完成并向 NASA 提交一份具体实施方案。

豪斯表示，洛·马公司的未来目标是降低 50% 的成本，并相信技术团队正在努力靠近这一目标。虽然豪斯没有给出实现 50% 的成本降低率的具体时间，但他表示该公司预期从 EM-1 任务到 EM-2 和 EM-3 任务的成本将能充分和安全地降低 30% 多，而其余的成本降低率则将源自此后的任务。而实现后续的成本降低率的一个因子则将是“猎户座”飞船的各个部件并最终是飞船结构件的重复使用。技术团队将在 EM-1 和 EM-2 任务中应用这些可重复使用的部件，而在未来可重复使用飞船结构件时，将会极大地降低“猎户座”飞船任务的基础成本。

根据洛·马公司的计划安排以及与 NASA 协调后的任务基线，拟将从 EM-4 任务中应用可重复使用的飞船结构件，但这仍将基于飞船研制及其飞行任务所积累的各种经验而定。为了更好地开展可重复使用技术的研发，洛·马公司的“猎户座”飞船技术团队正联同公司其他部门开展相关的结构测试与分析研究，以确定在“猎户座”飞船上安装诸如可针对海上溅落回收所形成的腐蚀进行测量的传感器等仪器的最佳位置。

豪斯认为，基于当前设定的一年仅有一次飞行任务的长期性目标，可重复使用技术和生产工艺的改进将有助于洛·马公司保证“猎户座”飞船的较高飞行任务率，而这种任务与生产发展状态则促使洛·马公司必须在实施 EM-3 任务时开展可重复使用技术的应用。

（赵晨）

NASA 开展太空火灾烟雾探测研究

据澳大利亚《每日航天》2018年4月29日报道,1997年2月24日包括美国航天员杰里·林格尔在内的俄罗斯“和平”号空间站上的6名航天员进行了一项和平而富有成果的任务,但却几乎酿成了一场悲剧。一种通过化学反应产生氧气的锂-高氯酸盐罐,在激活时突然燃烧起来。尽管火势很快被抑制,但一种高密度的、危及生命的烟雾——在形态上与地球上重力相对应的烟雾不同——迅速充满了整个空间站。距离地面360千米的空间站隔离封闭环境,使得情况更加不稳定。“你不能只是打开窗户让房间通风。”航天员亚历山大·拉祖金在NASA关于这一事件的报告中评论道。

幸运的是,“和平”号空间站乘组的逻辑思维和快速行动控制了火灾的影响,防止了任何伤害或与烟雾相关并发症的发生。但NASA没有忘记这个教训。自2002年起,NASA与国家标准与技术研究所(NIST)合作,一直致力于研究微重力环境中的烟雾反应,以此作为研究航天飞行中快速、灵敏和可靠的探测方法的基础。

在《消防安全杂志》(FSJ)的一篇新论文中,NASA和NIST的研究人员描述了他们如何看待在载人飞船上常用的五种材料所产生的烟雾颗粒,定义了它们的特征,并评估了两种传统的系统对它们的探测能力。因为并不是所有的粒子都能被检测到,研究人员建议,下一代的航天飞船火灾探测器必须经过改进,并对相关空间材料的烟雾进行测试。

探测太空中的火需要一个与地球完全不同的程序。在地球,中性浮力——它依赖于重力——导致热气体上升,并使火焰延伸为一个长

而尖的形状。烟雾粒子也会上升，这就是为什么我们在天花板上放置探测器的原因。然而，在微重力环境中，没有浮力，所以火焰呈球形，烟雾经常聚集成大颗粒或长链向四面八方扩散。因此，国际空间站(ISS)和其他现代航天飞船的烟雾探测器被放置在通风系统内，而不是放在隔间的墙上（无论如何，飞船上没有“上下”来定义天花板）。此外，飞船上可能成为燃料的材料与地面环境中的潜在可燃物不一样。这意味着，在微重力环境下产生的烟雾也可能有不同的属性（这取决于来源），而在设计飞船烟雾探测器时，必须考虑这些特性。

为了科学地定义太空中烟雾颗粒的特性和行为，NASA 和 NIST 在国际空间站上进行了烟雾和气溶胶测量实验。这项长期研究的结果在新的 FSJ 论文中进行了讨论。该实验称为“**SAME 实验**”研究了由五种航天器常见材料所产生的烟雾颗粒，这些材料是：纤维素化合物（**cellulose**），以棉花灯芯的形式存在；聚酰亚胺（**Kapton**），一种用于隔热的聚合物；硅橡胶（**silicone rubber**），用于密封和垫圈；聚四氟乙烯（**Teflon**），用于绝缘电线；**Pyrell** 是一种聚氨酯泡沫塑料，用于包装物品，以抵消发射和重返大气层的压力。

研究时，这些样本包在金属丝里，由国际空间站的航天员装进手套箱内的一个旋转容器内。软件程序会将电流释放用到电线上，加热材料，产生烟雾。然后，烟雾被“陈置”在一个隔离室里，以模拟真实的火灾场景。

在 **SAME 实验** 的每个阶段中，“陈置”烟雾由 6 种设备监测和处理：一部样本收集器(地球上电子显微镜分析，确定烟雾粒子的形态)，一部颗粒计数器，一部商业烟雾探测器和一部质量监测器用来测量颗粒大小，以及两部不同的飞船烟雾探测器（在航天飞机计划期间使用的电离模型和目前国际空间站光电系统）。

负责校准 **SAME** 所用设备的 FSJ 论文作者和 NIST 工程师汤姆·克

利里称：“通过控制和改变三个因素：样品加热率，加热材料周围的气流和“陈置”烟雾，我们从各种可能的火灾条件下获得有价值的烟雾数据。”

评估当前国际空间站烟雾探测器的性能，产生了一些令人不安的发现。**NASA** 格伦研究中心的航空航天工程师玛丽·特迈耶（**Marit Meyer**）称：“由过热的 **cellulose**、**silicone rubber** 和 **Pyrell** 样本产生的大烟雾颗粒很容易被 **ISS** 光散射光电探测器捕捉到。然而，它经常无法探测到来自 **Teflon** 和 **Kapton** 的烟雾颗粒，这是一个大问题，因为这两种材料在电子设备中被广泛使用，这是太空中最有可能的火源和烟雾源。”

迈耶补充说，来自航天飞机时代的较旧的离子化探测器对 **Teflon** 的烟雾探测比较敏感。

“考虑到广泛的材料和加热条件下可能发生航天器火灾,以及舱室环境背景气溶胶灰尘，我们得出的结论是，目前没有一个烟雾检测方法足够敏感检测所有可能的烟雾颗粒大小，”她说。“需要进行更多的研究，以便更好地了解火灾在微重力环境下的行为，进而，了解如何尽可能早地发现它们所产生的任何类型的烟雾。”

帮助提供这方面的知识是 **NASA** 接下来的一项研究的目标，即航天器火实验（**Spacecraft Fire Experiment**），也被称为 **Saffire**。在 2016 年和 2017 年进行的三次测试中，无人驾驶的 **ISS** 货船在任务结束时，被转变为轨道火灾实验室，配备了探测器、传感器、摄像机和其他精密设备。地面人员远程点燃了 **Saffire** 燃料样品，监测了测试的进展，收集了火灾数据。

另外还有 3 次 **Saffire** 燃烧实验计划将在 2019 年和 2020 年进行，其中还将包括烟雾颗粒测量。（张帆）

NASA 推进航天服外骨骼技术研发

美国国家航空航天局（NASA）的可穿戴机器人技术研发工作，不断地扩展着人类能力可以达到的极限。NASA 与莱斯大学共同推进的肩部外骨骼技术取得了新的进展。

自 2011 年以来，隶属于 NASA 约翰逊航天中心自动机器人技术和仿真部门的“可穿戴机器人实验室”，引领了这一快速发展的技术领域。该实验室拥有几十年的机器人系统研发经验，曾经成功地研发了机器人航天员（Robonaut）。实验室的任务是研发可穿戴式机器人技术，从而在太空和地球上扩展、保护和恢复人的能力，目前已经开发了几种可穿戴的机器人技术解决方案，其中最著名的是“X1 外骨骼”（X1 Exoskeleton）和“航天服机器人手套”（Spacesuit RoboGlove）。迄今为止，实验室的工程师们进行了几乎所有人体主要关节上的可穿戴机器人研发。

最近，“可穿戴机器人实验室”与美国莱斯大学联合应用此前开发的可穿戴机器人系统，解决人类最复杂的关节之一——肩部关节的康复和增强。

由于人体的肩关节活动自由度很多，长期以来一直困扰着可穿戴设备研发领域，与下肢关节相比学术界的研究相对较少，这在很大程度上是由于其运动复杂性。这种软式可穿戴上肢服装被称为“Armstrong”，使用躯干上的“博登拉线传输系统”，拉动肩部和肘关节之间的人造肌腱来创造所需的动作。

据 Armstrong 首席研发人罗杰·罗维坎普（Roger Rovekamp）介绍，这种服装所应用的可穿戴机器人技术是一种相对较新的领域，同时可以在航天、医疗、工业和军事等多个领域使用。

起初 Armstrong 技术是为美国国防部高级研究计划局（DARPA）

的“战士网络”(Warrior Web)计划研发的,其部分目的是为了改进相关技术,从而预防、减少和修复士兵的神经肌肉骨骼损伤。DARPA的目标是帮助有创伤性脑损伤(TBI)的士兵,TBI通常会导致运动障碍和肢体虚弱(类似中风)。该服装在TBI被试者身上进行了正式的案例研究,根据研究初期的记录,与仅在每周几次的诊所中使用一种设备进行不自然的运动相比,这种实时可穿戴设备更有利于康复。

约翰逊航天中心的航天服和乘员救生系统分部负责人劳尔·布兰科(Raul Blanco)称,“尽管Armstrong技术最初用于TBI士兵康复,但在未来的航天服中也有应用的潜在性,”他认为,“这项技术通过增强人类的力量和减少肌肉疲劳,从而可以增强舱外活动能力并改变舱外活动的计划和执行模式。随着电池和制动技术的不断改进,这种系统在某些任务情况下比现有系统具有更大的优势。”

DARPA开发这种装置的初衷是:控制肢体、提高大脑重新学习运动的能力,并辅助病人进行日常生活活动。而NASA的工程师们更希望利用这项技术为改善航天员出舱活动,建立初步的研究基础。约翰逊航天员中心Armstrong技术共同研发者克里斯托弗·贝克认为,“在航天服中加入类似的‘混合’技术非常值得期待。这不仅可以为航天员提供额外的力量,来完成更安全、更高效的舱外活动,还可以帮助减少长时间穿着航天服造成的肩部损伤和疲劳。”

目前,航天服外骨骼技术得到NASA“改变游戏规则研发计划”的资助,其目标是研发一套多种功能的航天服,不仅可以为航天员提供锻炼、康复和增强功能的航天服,还能造福于地球普通民众,推进可穿戴机器人技术的广泛应用。

(管春磊)

NASA 为第二轮国际空间站商业货运 补给合同支付更多费用

据美国航天新闻网站 2018 年 4 月 26 日报道，美国国家航空航天局（NASA）的总监察长办公室（OIG）在 4 月 26 日发布的一份报告中指出，根据 NASA 在 2016 年签订的第二轮国际空间站（ISS）新商业货运补给合同（CRS-2），其将在货运量减少的情况下反而需要支付更多的费用。

根据目前所实施的 2008 年 ISS 货运补给合同（CRS），轨道 ATK 和 SpaceX 公司通过实施 31 次飞行任务向 ISS 运送约 93800 千克的货物，总费用约 59.3 亿美元。而按照 CRS-2，上述两家公司连同内华达山脉公司通过实施 21 次飞行任务向 ISS 运送的货物约为 87900 千克，总费用约 63.1 亿美元。以每千克的单价计算比较，CRS-2 合同项下的运送费用要比 CRS 的高出 14%。

OIG 在报告中指出了 CRS-2 合同增加费用的若干原因：

一是 SpaceX 公司任务的每千克费用增加了 50%，这主要基于为了配置更多的货物、执行时间更长的任务和货物快速装卸等需求而对“龙”飞船实施的改造。

二是 NASA 针对 CRS-2 合同选定了 3 家承包商——轨道-ATK、SpaceX、内华达山脉（SNC）。OIG 认为，利用 3 家承包商实施 ISS 货物补给任务，不仅增加了整体综合费用，同时又减少了通过在 3 家公司间配置任务而可能给予的数量折扣。NASA 对此表示，增设第三家承包商则可增加 CRS-2 合同的任务冗余性。

三是 CRS-2 项下的运载器所耗用的综合费用现已高达 7 亿美元，

这情况类似于 NASA 在商业轨道运输服务（COTS）项目上将资金用于研制轨道-ATK 和 SpaceX 的早期货运系统而没有资助运载火箭研制或测试飞行任务。OIG 认为，NASA 已错失了利用 SpaceX 的“龙”2 飞船任务与独立单项商业乘员任务间的重叠性技术要求而达到节省任务费用的一次机会。

此外，该报告还指出了涉及“追梦者”飞船的更多综合风险问题。OIG 认为，SNC 目前只研制了 1 艘“追梦者”飞船，且要执行 15 次任务，这对于 CRS-2 合同是一种单点失效性行为，由此使 CRS-2 合同和 ISS 项目所面临的最大技术与进度风险就是该飞船的研制、首次发射与安全返回。OIG 同时表示，即使 SNC 在首艘“追梦者”飞船出现事故的情况下研制了第二艘飞船，也不太可能及时有效地完成该公司的 CRS-2 合同要求。

基于 SpaceX 公司的“龙”飞船在 2017 年 2 月的补给任务中出现的“无法识别的软件工具”故障而导致任务中止，飞抵 ISS 的时间延后 1 天，由此 OIG 目前仍比较关注“龙”飞船的软件研制问题。OIG 表示，由于 SpaceX 一直连续地对其运载火箭和飞船进行改进，因而该公司已很难遵循行业标准系统工程原则。

OIG 认为，轨道-ATK 公司选用俄罗斯研制的 RD-181 发动机作为其“安塔瑞斯”火箭一子级的发动机也是颇具风险的，因为美国联邦政府允许该公司与俄罗斯合作实施 ISS 任务的时限只能持续到 2020 年底。轨道 ATK 公司计划购买可满足 CRS-2 合同项下的前 4 次飞行任务所需的 RD-181 发动机，同时，该公司还正在研究利用联合发射联盟（ULA）的“火神”火箭以及自行研制的新一代 OmegA 火箭。

OIG 在报告中指出，NASA 可以通过让同一承包商在一年里实施多次飞行任务来降低 CRS-2 合同的总费用，大约能节省约 3 亿美元。此外，OIG 还认为 SNC 可选择 ULA 的“宇宙神”5 火箭之外的运载火

箭来降低其每次任务的费用。SNC 表示正在考虑选择其他发射方案以实施后续的“追梦者”飞船任务。

尽管在报告中指出了上述问题，但 OIG 仍认为 CRS 和 CRS-2 合同在建立 ISS 的运营保障所需的可靠性货物运输方面起到了积极作用。OIG 还指出了 COTS 和 CRS 项目的附加效益：自从 SpaceX 研制了“猎鹰”9 火箭之后，NASA 支付给 ULA 的“宇宙神”5 火箭的发射费用下降了 2000 万美元。

（赵晨 王霄）

美航空航天公司发布公私合作模式经验的政策性报告

据澳大利亚《每日航天》网站 2018 年 4 月 24 日报道，美国航空航天公司的航天政策与战略中心（CSPS）近日发布了《公私合作：驱动航天领域的创新》的政策性报告，针对如何实现整体最佳优化的合作，总结了成功经验，并提出了实施的方法。

CSPS 的高级项目负责人卡伦·琼斯表示，美国政府目前正寻求在减少成本和降低风险的前提下，使私营航天企业在卫星通信、导航、地球监测、空间探索及其他空间应用等方面提供相关技术上发挥巨大作用。通过利用私营航天企业向政府机构提供的巨大商业效益和创新优势，以达到利益风险交换共担。

该报告列举了大量案例研究，并对美国和其他国家现有的公-私合作模式所积累的主要成功经验进行了论述，诸如：评审商业模式、创设共同构想、处理变化性需求、激励竞争、推动盈利性机构的发展、建立长期性合作联盟、制订款项支付进度计划以及共享数据等。

CSPS 的执行主任杰米·莫林博士表示，成功的实现不会基于单个途径，而且现有的合作模式不一定适用航天领域的所有项目和发展目标。此外，对于能够应用现有合作模式的项目，公-私合作模式所

提供的潜在优势主要是在运送进度、服务质量和创新方面。琼斯建议，一个理想的公-私合作模式是一个微妙的平衡问题，即政府部门不能放弃太多的控制权，而私营企业则不能承担太多风险。此外，任一一种公-私合作模式都必须遵守中立、透明度、责任和管理支配等指导原则。

（赵晨）

深空探测

NASA 取消月球资源勘探任务

据美国《航天》网站 4 月 27 日报道，尽管美国总统特朗普宣称重启载人登月计划，但 NASA 却于近日取消了一项对月球上可能存在的资源进行分析的任务——月球“资源勘探者”任务。该任务计划向月球极地地区发射探测器，了解月球表面及其表面下的水和其他沉积物。该任务由一台着陆器和一台配备有钻头的太阳能漫游车组成。科学家们知道月球上存在水冰，该任务将为科学家提供更全面的了解，这些知识对于人类在月球上的长期驻留至关重要。

NASA 局长布莱登斯汀表示，NASA 坚定致力于月球探测。月球“资源勘探者”将在一项更广泛的月面探测工作下得以继续。布莱登斯汀还简要介绍了未来“资源勘探者”任务的安排，称部分仪器仍将被送往月球，并称这符合“一号航天政策指令”，即要同商业和国际伙伴一道，开展一项具有创新性和可持续的探测计划，以实现太阳系各处的载人探测，包括着眼于远期探测并送人重返月球。月球探测分析小组科学家成员在 4 月 26 日向 NASA 新任局长吉姆·布莱登斯汀递交了一封公开信，敦促他不要取消 NASA 目前这项唯一的月球任务，该计划已经进行了四年。科学家们表示，砍掉“资源勘探者”项目令探月界

很难相信和不愿看到，尤其是在总统“一号航天政策指令”指示 NASA 前往月面之际。科学家们称，“资源勘探者”是 NASA 乃至世界上唯一一项在研的月球极地着陆与巡视探测任务，且 2019 年初就可进行初步设计评审。2018 年 2 月份公布的 NASA 2019 财年预算案并未在“探测先进系统”（EAS）计划下为这项任务申请经费。预算案称，“资源勘探者”测量方面的目标将被纳入“月球发现探测计划”，着陆器能力推进将融入“先进地月空间与表面能力”计划。NASA 打算向能把有效载荷运送到月面的各企业签发多份不定交付时间、不定数量的合同。各企业须在 2021 年底前具备将至少 10 千克的有效载荷运到月面的能力。NASA 预计将在 7 月份发布正式招标文件。包括前谷歌月球 X 大奖赛参赛者，已有几家公司表达了在有效载荷发射方面同 NASA 合作的意愿。部分厂家已在同 NASA 合作开展“月球货运与软着陆式登陆（CATALYST）”（简称“月球催化剂”）计划，由 NASA 通过“航天法案协议”方式提供技术支持。月球快递公司首席执行官理查兹说，该公司的模块式理念将使其未来能向月面运送更重的有效载荷。他说，该公司的 MX-9 着陆器系统将能向月面运送多达 500 千克有效载荷，且公司已将“资源勘探者”级别的任务纳入其设计。理查兹说，公司致力于让 MX-9 在 2021 年前具备执行漫游车和样品回送任务的能力。

据称，NASA 取消资源勘探者任务可能是出于预算而非实用性原因。资源勘探者任务最初由支持载人深空探索的项目提供资金，后来被划归科学项目，但其目标与科学项目格格不入。

在正式公布取消“资源勘探者”任务后，NASA 公布了商业月球载荷服务（CLPS/Lunar COTS），该计划可视作 COTS 的月球版本。根据 NASA 文件的要求，CLPS 计划分三个阶段进行：第一阶段下的商业机构需要发展可将指定载荷运送至月面/月轨道的着陆器，载荷包括通讯站，发电厂及各类科研卫星/月球车等；第二阶段瞄准月面工业化，包

括原位资源利用等；第三阶段则是研究长期月面基地的可能性，包括大规模地月间资源运送，以及月面建立有人基地的研究。NASA 希望透过引入商业伙伴，大幅度降低地月间的运输成本，使将来的月球任务更具可行性。（王霄 宋尧）

乘坐美国飞船的首位俄航天员或于 2024 年前往月球

据俄新社 2018 年 5 月 4 日报道，俄罗斯火箭航天领域消息人士对俄新社记者表示，乘坐美国“猎户座”载人飞船的首位俄罗斯航天员可能于 2024 年飞往月球参加“月球轨道平台门户”（Lunar Orbital Platform-Gateway）的安装。

俄美在 2017 年 9 月签署了一项关于建立“深空之门”（Deep Space Gateway）近月空间站的合作意向。最近，该项目的名称改为“月球轨道平台门户”（Lunar Orbital Platform-Gateway）。根据初步协议，俄罗斯可能负责研制乘员进入太空的气闸舱。预计近月空间站的建造将于 2022 年开始，2024 年俄罗斯舱将与之对接。

该消息人士称：“正在讨论 1 名俄罗斯航天员乘坐‘猎户座’载人飞船飞行的可能性，该飞船将向月球拖曳俄罗斯的气闸舱。”俄罗斯能源火箭航天公司代表证实，计划实施 4 次向近月空间站的载人飞行任务。俄罗斯航天员在气闸舱运往月球轨道期间必须与其同行。此外，正在就另一名俄罗斯航天员纳入另一乘组的问题进行谈判。

俄美 2013 年就建立近月站的项目开始谈判。根据最新构想，2022 年将向月球轨道发射美国的发动机动力舱，2023 年美国的生活舱将与之对接。下一步俄罗斯的气闸舱应出现在近月空间站，预计不早于 2024 年。2021 年计划实施首次载人飞行任务，预计是 8-21 天，之后乘组返回地球。（宋尧）

顶级番茄随火星任务应运而生

据澳大利亚《每日航天》2018年4月13日报道，荷兰绿色农业控制公司（Groen Agro Control）开始研究太空植物种植和最佳施肥以及地面蔬菜加速生长方法。

公司的科研人员莱克斯·德·波尔解释说：“太空中，植物和航天员之间可以互相利用，植物利用人类使用的矿物质，人类则利用植物蒸发出来的水。这意味着航天员须小心使用每种矿物质的剂量。”为此，公司研制了一个封闭系统，番茄和甜椒植株在其中分别接受16种不同剂量的矿物质，观察并研究每种矿物质的吸收情况与植物生长之间的关系。

2013年，荷兰应用科学研究组织TNO和ESA技术转让办公室组织了一次空间-匹配（Space-MATCH）活动，该活动旨在将ESA工程师和相关行业进行交流。为解决月球和火星长期任务中人类需求，ESA微生态生命保障系统（MELiSSA）项目主要针对封环生命保障系统进行研究，系统的所有供应都被重复回收利用，如将有机废物和二氧化碳完全转化为氧气、水和食物等。

来自ESA的项目负责人克里斯特尔·帕莉称，在长期飞行过程中，航天员无法依赖定期的物资运输补给，尤其是他们远离地球的时候，因此必须要建立一个自给自足系统，最主要任务是食物和水的自给，这就需要航天员利用有限资源种植食物，从植物种植循环中回收尽可能多的水。这要求为植物生长每一个阶段提供精确施肥量。

根据太空植物栽培试验结果，公司模拟太空密闭空间制定出了一个植物方案，目的是通过非常谨慎地施肥，使植物生长最快、产量最高。现在种植的植物包括番茄、辣椒、黄瓜、茄子、玫瑰、非洲菊，每周都要对滴入植物中的肥料溶液以及排出的液体进行取样。科研人

员对样品进行检测分析，将结果反馈给种植者，并对 16 种矿物质中的每一种矿物质用量给出调整建议。

每种矿物质使用过程虽然独立，但之间也相互联系，因为某些矿物元素如钾、镁和钙的吸收是密切相关的。在植物生长周期中，对每种矿物质需求量也存在变化，与开花和结果相比，植物在茎叶生长期所需的矿物质元素组合也有差异。

矿物质施肥剂量却与植物生长变化存在着矛盾，如，因耗费问题要求种植人员关闭窗户保持温室，但造成温室内湿度较大，导致植物蒸发量减少，也使得番茄植株很难将钙运输到植物的顶部，导致叶子和植物顶端坏死。这不仅要求改变滴灌液中钙的浓度，而且还要调整镁和钾的含量。采用谨慎施肥，每周进行检测分析，并且对施肥剂量进行调整，一个生长季后，橙色甜椒取得了积极结果，总产量增加了大约 5%，植株也更加茁壮。

目前，荷兰绿色农业控制公司的客户遍及全球，并且仍将进行空间植物栽培实验，同时也在开展地面室外植物（如芦笋）滴水施肥的应用服务。

（武艳萍）

※ ※ ※ ※ ※

简 讯

★ 吉姆·布莱登斯汀将担任下任 NASA 局长 美国众议院通过吉姆·布莱登斯汀 NASA 局长提名。NASA 局长一职自 2017 年 1 月以来一直空缺，罗伯特·莱特福特担任 NASA 代理局长至今，他于 4 月 30 日退休。布莱登斯汀现年 42 岁，在从被提名到众议院通过提名的这段时期内，一直饱受争议。通常，NASA 局长是从 NASA 中选出的，该人选通常来自军队，或者具有科学背景。然而布莱登斯汀既没有军

队背景，也没有科学背景，他是前海军领航员，曾经在美国俄克拉荷马州东北部城市塔尔萨的航空与航天博物馆任职，也曾经在众议院委员会任职，对 NASA 进行监管。他是当选为 NASA 局长的首位国会议员，正处于议员第三任期。布莱登斯汀目前是美国众议院军事与科学、空间和技术委员会的成员。他极力推动《美国太空复兴法案》，主张扩大美国现有的太空计划，是创建美国月球基地的支持者，并且他不认为人类活动会导致全球变暖，对 NASA 的气候变化研究任务一直持反对态度。（王霄 杨敬荣）

★ 美国众议院通过商业航天监管法案 美国众议院于 4 月 24 日口头表决通过了《美国航天商业自由企业法案》（The American Space Commerce Free Enterprise Act），该法案将改革商业遥感监管，并为“非传统”商业航天活动创建许可制度。该法案赋予美国商务部空间商务办公室颁发“认证”的权力，授予那些没有获得美国联邦航空管理局或美国联邦通信委员会许可的空间物体的“认证”。公司提供关于其航天器的基本信息，包括证明其不是大规模杀伤性武器，而该办公室将有 90 天的时间来审查申请。该法案还对商业遥感的监管进行了改革，将这类航天器的认证工作从 NOAA 的商业遥感监管事务办公室转移到空间商务办公室。（王霄）

★ 国际月球轨道空间站将确定合作方案 根据 NASA 网站公布的备忘录显示，月球轨道站“月球轨道平台-门户”的全貌以及包括俄罗斯在内的各个国家参与建造的情况将在未来几个月内明确。除 NASA 外，有 14 个航天局参加该项目。目前 NASA 正研究月球轨道站的各种可能组成和配备方案。根据最新构想，2022 年将向月球发射美国的动力舱，2023 年美国的生活舱将与之对接，下一步俄罗斯的气闸舱应出现在月球站。（宋尧）

★ 美国“火神”火箭选定上面级发动机 美国联合发射联盟

(ULA) 与洛克达因公司签订协议, 选用该公司 RL10C-X 发动机作为新一代“火神”运载火箭的上面级发动机。RL10C-X 发动机具有多项技术改进, 如应用辅助制造技术, 以提高发动机部件的质量和可承受性。洛克达因公司总裁兼首席执行官艾琳·德雷克在 4 月中旬美国科罗拉多州第 34 届航天研讨会上强调了辅助制造技术在降低发动机成本的作用。她举例予以说明, 如该公司可通过辅助制造技术将 RL10 发动机铜制推力室的部件成本降低 70%, 其中生产部件的时间减少 50% 以上, 减少了所需的人工, 减少了部件供应商, 减少了所组合的部件, 从而减少了可能发生的故障。 (赵晨)

★ 美国拟为月球空间站研制航天服 以替代俄罗斯的“海鹰”航天服。美方对此做法的解释是基于目前俄方没有针对双方的月球项目进行航天服的研制, 而同时应用两种航天服是不合理的。此外, 美方还坚持要求俄方应按照美国的技术标准研制其气闸舱, 以与美制航天服匹配, 这将意味着气闸舱的全部供电和热调节系统、生保系统及所有接口均必须为美制标准。在双方的协调中, 美方表示, 虽然俄方在国际空间站 (ISS) 中应用的是俄制标准, 但那是一个大型空间站项目, 而月球在轨平台项目是以美国为主导的空间项目, 俄方的气闸舱只是该项目中的一小部分, 因此应用有别于美制标准的其他标准是不可接受的。 (赵晨)

★ 印度公布“月船”2 探月任务成本 印度航天研究组织(ISRO) 表示, 相对于在国外发射场实施同样的发射与飞行任务可能耗费的 2.32 亿美元成本, 即将在 2018 年 10~11 月实施的“月船”2 探月任务的总成本约只有 1.24 亿美元, 其中包括 3100 万的发射资金和 9300 万的卫星资金, 可以说已节省了约一半的公共资金。 (赵晨)

★ 俄罗斯东方发射场将承接游客 俄罗斯国家航天集团公司表示, 东方航天发射场即将开始接待国内外游客参观。旅游内容包括:

发射场内部的工作情况、发射工位的各类地面设施设备以及了解相关发射流程等。阿默州的官员表示，航天旅游是旅游产业中最具前景的发展方向，它不仅能吸引游客参观发射场，同时还能推动阿默州的当地旅游与经济发展。（赵晨）

★ “平流层发射”巨型飞机有望在今年夏天首飞 目前，该飞机已在美国加州的莫哈维航空航天港进行了两次短途飞行试验，第三次短途飞行试验正在计划之中。在最近一次试飞中，飞机达到了每小时74千米的高速，下一次试飞速度将达到每小时130千米，之后达到每小时220千米。如试飞均成功，该飞机后续将投入正式飞行任务。目前该飞机的首飞日期暂定今年夏天，但确切飞行日期取决于第三次试验结果以及美国联邦航空管理局的适航程序审批。（王霄）

★ 俄罗斯新一代“联邦”号载人飞船开始进行风洞模拟试验 由俄罗斯能源火箭航天集团研制的新一代“联邦”号载人飞船样机被送往茹科夫斯基中央流体力学研究所进行风洞模拟试验，用以研究在超声速及高超声速气流中，飞船表面的压力及热量分布情况。与俄罗斯现役“联盟”号载人飞船不同，新一代“联邦”号飞船的头部将以暴露的形式安装在运载火箭顶部，承担整流罩的功能。未来，“联邦”号飞船将用于执行近地轨道及月球的载人和货运任务，飞船计划使用“联盟”5运载火箭发射，最多可携带四人，可在轨自主飞行近三十天，也可停靠在空间站上在轨驻留近一年的时间。（王霄）

★ 俄罗斯航天员进行太空授课 国际空间站两名俄罗斯航天员4月17日为喀山联盟大学学生进行地理课授课，并通过电视卫星转播。航天员讲述了国际空间站的工作，克里米亚半岛的地理、克里米亚大桥、顿河畔的罗斯托夫、伏尔加格勒和其他地区的建设，并称，人类经济活动已经严重影响了地球外观。航天员用图片讲述了地球生态状况的变化，同时将照片发送给科学家们进行分析。“高空讲授地理课”

课程由四部分组成：山川、湖泊、积雪和冰川以及世界人口及其人口分布，其中每一讲都包含由俄罗斯航天员制作的 150 至 200 张照片，照片上附有喀山和莫斯科的科学家和教师制作的字幕。（宋尧）

★ 俄国家航天集团近期将启动第二阶段改革 目前行业内的所有企业都在第一阶段改革框架内进行改革，所有联邦单一制国有企业均变成了股份制企业，并由国家航天集团公司控股。而第二阶段改革是要把国家航天集团公司的组织架构及职能进行调整，在控股基础上，推行统一的技术政策，根据专业组建不同集团，让俄罗斯的航天工业变成一个统一的超大型企业。（黄长梅）