

## 2018 年空间科学与应用发展综述

2017 年 9 月到 2018 年 10 月，国际空间站第 53/54 和第 55/56 长期考察任务团在技术开发与验证、人体研究、教育活动和推广、生物学与生物技术、物理科学，以及地球与空间科学 6 大研究领域开展了 389 项科学研究实验。

### 一、科学研究与应用概况

在这 4 次长期考察任务中，美国国家航空航天局(NASA)、俄罗斯国家航天集团公司(Roscosmos)、欧洲航天局(ESA)、日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)和加拿大航天局(CSA)在 6 大研究领域资助开展的实验项目数及其中新实验的项目数如表 1 所示。实验数据来源包括 NASA 和俄罗斯能源火箭航天集团公司国际空间站项目数据。

表 1 国际空间站第 53 - 56 次长期考察任务中各航天局在各研究领域资助开展的实验项目数(括号中为新实验项目数)

	技术开发 与验证	生物学与 生物技术	人体 研究	教育和 文化活动	物理 科学	地球与 空间科学	总计
NASA	76(35)	62(40)	17(4)	37(27)	27(12)	20(7)	239(125)
Roscosmos	17(2)	18(1)	15(0)	5(1)	6(2)	7(0)	68(6)
ESA	9(3)	4(3)	15(4)	5(3)	6(1)	1(1)	40(15)
JAXA	8(2)	7(3)	8(4)	1(0)	7(1)	4(0)	35(10)
CSA	2(0)	0(-)	5(1)	0(-)	0(-)	0(-)	7(1)
总计	112(42)	91(47)	60(13)	48(31)	46(16)	32(8)	389(157)

在第 53—56 次长期考察任务开展的全部 389 项实验中，NASA 资助了 239 项，其中技术实验最多，其次为生物学与生物技术实验。Roscosmos 共资助 68 项实验，其中生物学与生物技术最多，技术实验次之。此外，ESA 在人体研究和技术，JAXA 在人体研究和技术、物理科学，以及 CSA 在人体研究方面的实验项目数相对较多。在全部 389 项实验中有 157 项为新实验，其中 125 项由 NASA 资助，技术、生物、人体和教育科学领域的新实验较多。

## 二、科学研究与应用进展

### (一) 技术开发与验证实验

#### 1. 研究概况

技术开发与验证实验共计 112 项，其中 42 项为新实验，NASA、ESA、Roscosmos 和 JAXA 分别资助了 35 项、3 项、2 项和 2 项新实验，表征实验硬件、小卫星和控制技术、通信和导航等研究方向的新实验最多。

#### 2. 研究进展和新变化

NASA 资助了 8 项表征实验硬件新实验。“Barrios 蛋白质晶体生长”实验旨在测试利用 96 孔结晶板培育蛋白质晶体的可行性。“BioServe 公司蛋白质晶体学-1”实验探究通过航天员实时调整配方，生长蛋白质晶体的可行性。“具有成本效益的高 E 频段卫星”实验测试空间中使用消费级通信技术的安全性和有效性。“FLUMIAS-DEA”实验旨在验证空间小型荧光显微镜技术。MemSat 实验评估使用忆阻器的新型存储芯片在空间环境中的性能。“纳米机架-碎片移除”实验演示利用 3D 相机绘制出空间碎片的位置和速度，撒网捕获最大 1 米的模拟碎片离轨。“以节约乘员时间为目的的用于 WetLab-2 的被动式除泡器”测试利用被动方法去除液体样本中的气泡，降低使用 Wet Lab RNA 智能循环机开展

分析时由于气泡产生的数据噪音。“脉冲电磁泵用于液体重定位”实验旨在开发低磨损、低噪音、低振动和低维护的泵送系统。

NASA 资助了 6 项小卫星和控制技术新实验。“林冠近红外观测项目”实验旨在验证利用立方体卫星平台实现 Landsat 卫星的许多功能，包括小型多光谱相机、高数据速率通信和工业多光谱成像仪的在轨应用等。“零重力下的飞卫星”实验利用 3D 打印技术制造飞卫星所需的全部部件，记录和分析从空间站利用手持部署器抛出卫星的轨迹。RadSat-g 实验利用商用现场可编程门阵列上的单粒子效应故障减缓结构，探测并抵御空间辐射的影响。“平滑相对导航”实验开发基于因子图的新算法，模拟和估算多个航天器之间的相对位置和速度。“同步位置保持、轨道预定、再定向实验卫星-系绳晃动”实验旨在测试安全操纵含有液体的航天器的策略。“技术教育卫星-6——按需样品返回能力开发——小型载荷快速返回”旨在测试帮助小型航天器有效载荷脱轨的“外构刹车”系统。

NASA 资助了 5 项通信和导航新实验。“立方体卫星评估和测试”实验从空间站部署两颗商用现成立方体卫星开展通信实验。“集成太阳能阵列和反射阵列天线”实验旨在验证可大幅提升立方体卫星下行数据速率的反射阵列天线。“光通信和传感器演示”实验利用两颗立方体卫星演示高速激光通信技术。Radix 实验利用立方体卫星演示射频激光数据中继技术。“用于探索任务的六分仪导航”测试手持六分仪在微重力下的稳定性和恒星瞄准机会。

NASA 资助了 4 项航天器材料新实验。AeroCube 12 A&B 实验旨在测试新型星跟踪器成像传感器，测试纳米技术材料有效载荷结构在空间环境中的表现，验证新型太阳能电池性能和推进系统小推力操作的安全实用性。“国际空间站材料实验-9-NASA”搭载在国际空间站材料飞行设施(MISSE-FF)上开展 6 项实验，测试和量化材料对近地轨道的抗性。Asgardia-1 实验旨在验证长期

暴露在空间辐射环境下的数据存储可靠性。“空间碎片传感器”是安装在空间站外部的校准冲击传感器，旨在监测小型空间碎片撞击的时间和影响。

NASA 资助了 3 项空气、水和表面监测新实验。“转移废弃空间垃圾”实验收集和分析空间站舱段空气中的微粒。“纳米机架-Cavalier 空间处理器”验证安装在纳米机架外部平台的被动对地遥感传感器的在轨处理能力。“降雨立方体卫星”旨在演示低成本、快速周转平台上的降水雷达技术。

NASA 资助了 2 项热管理系统新实验。“空间探戈公司有效载荷卡-风扇”旨在验证风扇模块可以将空气引导至设备的特定模块并使其内部保持冷却的能力。“空间探戈公司有效载荷卡-热评估模块”实验利用温度传感器网络绘制温度扰动如何在密闭容器内传递。

NASA 资助了 2 项维修和制造技术新实验。“增材制造设施-ABS 材料设计价值测试计划”利用空间站上的商业开发增材制造设施，以丙烯腈-丁二烯-苯乙烯 (ABS) 作为材料制作 3D 打印部件，并与地面制作的部件进行对比。“水泥固化微重力研究”实验评估基准水泥样品的微观结构和材料特性，研究水泥固化过程。

NASA 还资助了其他 4 项新实验。“零重力电池测试”实验评估电池性能是否因微重力而发生变化。“活性组织等效剂量计”实验用更小型、便宜的开源计算机收集乘员的辐射暴露数据并表征空间辐射环境。“机器人加注任务-3”实验演示微重力环境下转移氦和液态甲烷。“微重力下生产光纤”实验选用氟化物 ZBLAN 光纤材料，验证在微重力环境下制造光纤细丝的优势。

ESA 资助了 3 项新实验。MarconISSta 实验旨在监测 VHF、UHF、L 和 S 等频段的使用情况。“无线通信和定位实验”演示可高效读取传感器信息的无线网络，并定位哥伦布实验舱内移动物体。“乘员互动式移动伙伴测试”实验初步探究人工智能在协助航



航天员日常活动、科研支持、运动技能学习和训练等方面的成效。

Roscosmos 资助了 2 项新实验。“分割”实验研究微重力条件下有效从用于航天器机载系统和动力设备温度调节电路的冷却剂中去除气体杂质的方法和装置，并与地面研究结果对比。“相变”实验在空间条件下测试新型热管密封和非密封性能，研究微重力对热管的热物理和操作性能的影响。

JAXA 资助了 2 项新实验。“环形热管散热器系统演示”实验验证微重力条件下环形热管散热器的传热性能。“日本实验舱水回收系统演示”实验旨在演示从尿液中生产饮用水。

此外，“回声”“国际空间站便捷性非侵入式采样和结果传回地面”等 70 项实验继续开展。

## (二) 生物学与生物技术实验

### 1. 研究概况

生物学与生物技术实验共计 91 项，其中新实验有 47 项。

### 2. 研究进展和新变化

NASA 共资助了 40 项新实验，其中植物生物学方向有 12 项。“空间飞行诱导的缺氧-ROS 信号”实验在微重力环境下培育野生型和突变型拟南芥，在其返回地面后研究基因和分子应激反应系统。“利用二穗短柄草研究单子叶植物的空间环境适应能力”实验旨在研究二穗短柄草与拟南芥生长和基因表达模式差异。“拟南芥在微重力环境下的生命周期”实验研究拟南芥的形态和生理特性，确定植物生存能力以及培育模块的有效性。“微重力环境下的根瘤菌-豆科植物共生生物固氮”实验研究微重力环境对豆科植物迷你白三叶固氮过程的影响。“罐中生物学研究-LED 技术演示”实验旨在评估 LED 在封闭系统中对植物生长的作用。“ABI Voyager 大麦种子在微重力条件下的萌发”实验研究微重力环境对干燥大麦种子萌发和初始生长的影响，评估微重力环境下生长的幼苗的遗传改变和形态异常。“微重力环境下不同菜苗的生长”实

验研究四种菜苗在微重力环境下萌发的结构和功能。“多向性：微重力环境下重力、营养和水的相互作用对根部取向的刺激”实验分别评估了重力、水和营养三种刺激源对微重力下植物根部取向的作用。“重力感知系统”实验旨在培育拟南芥的正常体和突变体，研究其重力和光感知。“PH-01：木质化和重力响应的基因组学引导方法：最终前沿”实验综合比较了空间中和地球上生长的植物在遗传、代谢、光合作用和重力感知方面的差异。“利用藻类实现空间中的原料可持续生产”实验研究空间中培育的藻类生产力的遗传基础，并确定保持生产力是否需要遗传适应。“蔬菜池”实验利用新型被动营养输送系统和蔬菜植物生长设施培育莴苣和京水菜。

NASA 在细胞生物学研究方向上资助了 10 项新实验。“微重力环境下内皮细胞作为评估癌症治疗毒性的模型系统”实验研究在微重力环境下内皮细胞是否可作为有效的体外模型，测试血管靶向药物对正常血管的影响。“细胞科学-02”实验在分子和生化水平上研究微重力环境对小鼠骨骼中成骨细胞过程的影响。“微重力环境下大肠杆菌对抗生素耐药性的演化”实验研究在微重力环境下氨苄青霉素对大肠杆菌的有效性。“比较实时代谢活动跟踪改进治疗评估筛选策略”实验研究微重力环境对五种药物代谢活动的影响。“空间飞行改变精子的运动性激活以及生育依赖响应”实验观察人类与公牛精子的游动模式，研究空间飞行是否会改变精子功能。“微重力下平滑肌的收缩特性”实验评估微重力环境下主动脉平滑肌细胞的无意识细胞收缩。“空间技术和先进研究系统公司”系列实验开展了 3 项新实验，“生物科学-5”实验研究金黄色葡萄球菌在微重力下如何丧失其致病性并发生颜色变化；“生物科学-8/变重力环境下基因表达的表观遗传学控制”研究微重力环境对哺乳动物免疫细胞基因表达的影响；“生物科学-8/免疫系统细胞在变重力环境下的功能、适应和再适应”实验研

究微重力环境下免疫系统细胞的激活和功能，包括其对微重力的功能性适应能力和对火星重力的再适应能力，以及对大麻素受体信号传导的作用。“评估微重力环境下成骨细胞对 Tetranite™ 产生反应引发骨质疏松”实验旨在研究在微重力环境下成骨细胞对新型骨粘合剂 Tetranite™ 的细胞响应。

NASA 在动物生物学研究方向上资助了 7 项新实验。“啮齿类动物研究-6”实验旨在测试用于对抗空间中的肌肉分解的药物释放系统。“空间飞行对小鼠胃肠道微生物群的影响：多系统生理学的机制和影响”实验研究空间环境如何影响小鼠胃肠道微生物群以及其他多个生理系统。“微重力环境下的混沌行为和运动”实验研究微重力环境对巨变形虫细胞骨架运动的不利影响。“空间飞行是否会改变果蝇天然寄生虫的毒性”实验研究空间飞行条件下果蝇天然寄生虫宿主反应的变化以及病原体变化的综合效应。“多用途可变重力平台-飞行 01”实验利用黑腹果蝇研究空间飞行如何改变免疫系统以及激活免疫系统的病原体。“微重力环境下突变果蝇的活性”实验旨在评价突变果蝇在微重力下的活性。“微重力对黄粉虫生命周期的影响”实验研究微重力环境如何影响黄粉虫的生命周期。

NASA 在大分子晶体生长研究方向资助了 5 项新实验。“人乙酰胆碱酯酶中子衍射研究”实验旨在研制有机磷酸酯神经毒剂的解毒剂。“空间环境下蛋白质晶体原位生长”实验旨在观察空间生长的晶体内的缺陷。“微重力下的晶体生长以改善中子衍射和蛋白质复合物分析”实验旨在了解催化剂机理和结构，并实现对两个 DNA 修复蛋白之间相互作用的可视化。“大分子运输对微重力环境下蛋白质结晶的影响”实验研究微重力环境下蛋白质结晶质量高于常规重力环境的原因，并检测单个蛋白质分子在微重力下的运动。“使用生长速率分散度作为生物晶体质量的预测指标，并利用微重力提高晶体生长质量”实验研究两种对癌症治疗和辐



射防护有益的 T4 噬菌体溶菌酶和牻牛儿基牻牛儿基焦磷酸的晶体生长。

NASA 在微生物学研究方向资助了 5 项新实验。“生物分子提取和测序技术”实验通过测序研究微生物对空间飞行的响应，了解人类、植物和微生物如何适应空间站上的生活。“生物培养系统硬件验证”实验旨在测试一种新型细胞培养硬件系统的性能和生保能力。“大肠杆菌抗菌卫星实验”通过将多种自然条件下生长的大肠杆菌及其突变菌株暴露于三种不同浓度的抗生素条件下，观察其代谢活动。“研究微重力条件下放电微生物的生理和适应性”实验研究空间飞行对放电微生物奥奈达希瓦氏菌生理的影响。“利用微重力提高生物燃料生产”实验利用转基因大肠杆菌确定新的生物机制，提高异丁烯的生产效率。

NASA 还资助了 1 项疫苗开发实验。“纳米机架-国家设计挑战赛-圣约瑟夫卡罗美学院- $\beta$ -淀粉样肽”实验旨在利用荧光光谱仪检测原纤维的形成和  $\beta$  淀粉样肽。

ESA 资助了 3 项新实验。“国际空间站培养的节螺藻的基因表达和数学模型”实验在国际空间站培育节螺藻，探究通过光合作用产生氧气的生物过程是否也能在空间正常开展。“ICE Cubes Hydra-2: 细菌生物培养反应器-研究重力对细菌的影响”实验研究微重力环境对几种不需要氧气的古细菌的影响。“微重力环境对骨细胞和组织水平的影响”实验旨在模拟微重力环境下骨基质沉积和重塑的过程。

JAXA 资助了 3 项新实验。“微重力环境下淀粉样蛋白纤维形成的特征：理解神经退行性疾病机制”实验在微重力环境下制备高质量、均匀的淀粉样蛋白质纤维，并对返回地球的样本进行分析，表征其纤维化过程。“环境应激反应转录因子 Nrf2 在空间应激中的作用”研究 Nrf2 如何有效预防空间应激。“斑马鱼空间环境敏感基因的鉴定及传感机制的研究”实验研究空间环境下鱼类是



否会发生肌肉萎缩并探究其原因。

Roscosmos 资助的新实验“光合反应器”旨在利用光生物反应器在微重力环境下培养微藻。

此外，“Azonafide 抗体——药物复合体在微重力下的功效与代谢”“分析微重力引发人体细胞功能改变的多学科方法及可能对策研究”等 44 项实验继续开展。

### (三) 人体研究实验

#### 1. 研究概况

人体研究实验共计 60 项，其中新实验有 13 项。

#### 2. 研究进展和新变化

NASA 资助了 4 项新实验。“单碳代谢：扩展多态性评估”实验通过扩展基因图谱，探究扩展后的基因能否更好地表征患有眼科疾病的航天员。“基于计算机断层扫描和磁共振成像对长期空间飞行后动态椎体强度和损伤风险的定量建模评估”实验测量航天员执行空间飞行任务前后的肌肉骨骼，量化和解决由空间飞行引起的支撑脊柱的骨骼和肌肉退化相关风险。“联盟号乘员风险表征”实验研究联盟号着陆过程中航天员实际受到的损伤数量和类型，确定造成这些损伤的因素。“国际空间站团队任务切换研究”实验探究航天员执行的上一项任务是否会对后续任务造成影响，研究切换任务后发生错误的人为因素。

ESA 资助了 4 项新实验。“代谢空间”实验通过可穿戴测量系统演示航天员活动的空间心肺诊断技术。“太空肌张力”实验旨在研究长期暴露在空间环境中的肌肉的生化特性。“太空织物-2”实验旨在评估航天员穿着由 Spacetex 面料制成的服装进行体育锻炼时的舒适度。“微重力环境下的时间感知”实验旨在量化人类长期暴露于微重力环境期间及之后对时间感知的主观变化。

JAXA 资助了 4 项新实验。“国际空间站长期驻留引发的前庭功能障碍”实验研究航天员空间飞行前后前庭器官的功能，并将

这些功能与身体平衡障碍联系起来。“循环核酸液体活检的基因组和表观基因组分析”实验利用新型血液测试方法分析空间飞行前和期间从航天员血液中采集的脱细胞 DNA 和 RNA 分子。“长期空间飞行期间的人脑自动调节”实验研究在微重力环境下大脑自动调节血流的能力。“利用‘希望号’实验舱研究骨质疏松症和骨质量相关蛋白的医学蛋白组”实验通过分析小鼠在空间飞行后血液、骨骼和骨骼肌中蛋白表达的变化，识别与骨质疏松或骨质流失有关的特定蛋白质。

CSA 资助了 1 项新实验。“长期空间飞行对人类空间定向能力的危害：行为和神经机制研究”实验研究长期暴露于微重力环境对航天员空间定向能力和神经机制的影响，以及航天员返回地球后认知和神经系统的变化会持续多久。

此外，“感觉运动绩效的重力参考：伸手与抓取”“医用耗材跟踪”等 47 项实验继续开展。

#### (四) 教育活动和推广实验

##### 1. 研究概况

教育类实验共计 48 项，其中 31 项为新实验。

##### 2. 研究进展和新变化

NASA 资助了 27 项新实验，其中 4 项利用纳米机架开展，研究内容涉及无线电技术、微生物、细胞生物学和晶体培育等。太空探戈公司利用立方实验室平台开展了 13 项系列学生开发实验，内容涉及物理学、微生物、细胞生物学和晶体培育等。实验平台有 1U-7U 多种尺寸供用户选择，可同时进行 21 项独立试验并实现网络互联，每个用户都有一个在线“入口”，用于实时访问实验数据。

ESA 资助了 3 项新实验。“ESA-教育有效载荷操作-地球卫士种子”对比研究实验旨在研究被送往国际空间站、随后被送返地球进行培育的野花种子样本，以及地球对照组的生长过程。

“ESA-教育有效载荷操作-飞行教室 2”通过拍摄一系列教育视频，向 10~18 岁的孩子展示微重力环境与地球环境之间的巨大差异。“冰立方 Hydra-3 脉搏：通过直连激励人们参与国际空间站任务”将实验参与者的脉搏及氧合水平测量结果实时传输到空间站的载荷，生成微重力条件下的图像并传回地球。

Roscosmos 资助了 1 项新实验。“浮萍”实验旨在验证高等植物器官的重力敏感性和光敏感性对生长环境中液相和气相的失重定向机制，比较研究植物对液相和气相产生的不同反应。

此外，“空间中的基因-2”等 17 项实验继续开展。

## (五) 物理科学实验

### 1. 研究概况

物理科学实验共计 46 项，其中新实验有 16 项。

### 2. 研究进展和新变化

NASA 共资助了 12 项新实验，其中 4 项是复杂流体实验。“先进胶体实验-温度-9-胶体分子的先进成像、折叠与组装”实验测试对空间生成的胶体分子的显微成像能力，研究胶体二聚体和锁钥粒子的自组装。“先进胶体实验-温度-2”研究通过调节卡西米尔相互作用将微米级胶体粒子组装为复杂结构。“先进胶体实验-温度-7”研究如何设计与组装胶体粒子以形成三维复杂结构，在不同样本中改变排空元的大小和浓度，观察其对结晶的影响。“微重力下的连续液-液分离”实验利用 Zaiput 分离器开展微重力下不混溶液体的连续分离。

NASA 资助了 3 项材料科学实验。“了解化学花园中纳米管生长的物理学”实验研究微重力下形成的化学花园的微观和细观结构，确定结构动机、壁厚、元素组成和纳米管尺寸。“微重力对抗生素控释和新型创伤敷料治疗机制的影响研究”实验研究微重力下交联或混合水凝胶的形成和药物释放。“量子”实验旨在观测地球大气层以外熵的影响，研究具有致密晶体结构的各类材料暴



露于空间环境下发生的细微变化之间的差异以及与地面组的对比。

NASA 资助了 3 项流体物理实验。“二元胶体合金测试-量化粘性泥沙动力学用于先进环境建模”实验利用石英和黏土颗粒沉积物研究聚集的粒子之间的力。“微重力下生物传感器葡萄糖扩散贡献的反褶积”实验旨在测试 Glucowizzard 医用植入式血糖生物传感器。“表面张力遏制实验-2”旨在提高国际空间站上在手套箱之外开展更多实验的能力，评估是否可利用气流来形成和捕获微滴，并测试孔板中的液体在不同条件下的稳定性。

NASA 还资助了 2 项燃烧科学实验。“同向层流扩散火焰”实验研究同向流动气体环绕的气体燃料火焰，测量火焰的尺寸、结构、温度、烟和稳定性等。“电场对层流扩散火焰的影响”实验研究高压电场对火焰产生的离子风的影响，测量电场强度、穿过火焰的离子电流以及火焰特性。

Roscosmos 共资助了 2 项新实验。“扩散火焰”实验旨在获取高精度实验数据，研究燃烧剂和氧化剂尾流中扩散火焰的分层。“电火焰”实验旨在研究电场对扩散火焰的影响。

ESA 的新实验“透明合金-SEBA”研究定向凝固的透明二元共晶合金在纯扩散条件下的形态不稳定性，可以以微米尺度分辨率、厘米级空间尺度和数十小时时间尺度来实时观测共晶前结构动力学。

JAXA 的新实验“高温氧化物液体脆性的起源-制备新型非平衡氧化物材料”利用日本实验舱的静电悬浮炉测量高温氧化物熔体的热物理性质。

此外，“空间流体动力学”“微重力下的冻干法”等 29 项实验继续开展。

## (六) 地球与空间科学实验

### 1. 研究概况

地球与空间科学领域共开展了 32 项实验，其中 8 项为新

实验。

## 2. 研究进展和新变化

NASA 共资助了 7 项新实验，其中 4 项为对地观测实验。“国际空间站生态系统天基热辐射实验”首次从空间站对地表开展高时空分辨率热红外测量，回答植物中水分的动力学以及未来生态系统对气候变化的响应等关键科学问题。“太阳总辐照通量和太阳光谱辐照通量传感器”实验测量每个波段的太阳能量和所有波段的太阳能量的总和。“立方体卫星辐射计射频接口技术验证”旨在演示基于卫星的 6~40 GHz 人为射频干扰实时处理能力。“风暴和热带系统时间实验-示范”利用 6U 立方体卫星测量全球的云和降水过程。

NASA 还资助了 3 项天体物理学新实验。PROPCUBE - Fauna 实验通过部署立方星对地球大气层外电场的精确位置、密度和潜在振动进行高分辨率测量。“研究银晕热气体的立方体卫星”旨在通过检测银晕中氧原子的 X 射线，确定银晕中的物质数量。“A-RISE”实验旨在研究由小颗粒碰撞引发的摩擦带电现象。

ESA 资助了 1 项新实验。“大气-空间相互作用监测器”实验旨在研究强雷暴现象及其在地球大气和地球气候中的作用，确定可有效引发高层大气摄动的雷暴特征。

此外，“中子星内部构成探测器”“国际空间站宇宙线能量和质量”等 23 项实验继续开展。

## 三、结束语

2018 年，国际空间站迎来在轨运行 20 周年，美俄都举行了庆祝活动。11 月 19 日，Roscosmos 在莫斯科举办了国际空间站成立 20 周年庆祝活动，回顾了步入国际空间站时代以来载人航天取得的突破性成就和发展现状，并展望了未来载人航天技术的发展前景。NASA 也举办了“天地对话”活动，与驻守在国际空间站的

航天员共同庆祝。

各国政府积极部署国际空间站的未来科研应用。2018 年，NASA 在特朗普政府《空间政策一号令》的指导下推出“探索行动”计划，利用国际空间站开展科学研究仍是近地轨道的核心目标，未来将重点拓展商业和国际近地轨道活动的广度和深度，确保美国在近地轨道的长期存在。第 53 次长期考察任务首次由 3 人增至 4 人驻站，极大地提高了 NASA 研究时长。俄罗斯将在未来 3 年内向国际空间站发射 3 个舱段，拟在 2024 年空间站结束任务前完成全部 7 个俄罗斯舱段的部署，并确保其正常运行。Roscosmos 表示将扩大科学研究范围，充分利用国际空间站资源，未来国际空间站的研究效益有望进一步提高。

(中国科学院科技战略咨询研究院)