

2012 年国外空间科学与应用发展综述

2011 年 9 月至 2012 年 9 月,航天员在国际空间站上共完成了 4 次长期考察任务(Expedition),分别是 2011 年 9 月至 2012 年 5 月开展的第 29/30 次考察任务和 2012 年 5 月至 9 月开展的第 31/32 次考察任务。截至 2012 年 12 月 20 日,美国国家航空航天局(NASA)共发布了 4 次考察任务在技术开发与验证、物理科学、人体研究、教育活动和推广、地球与空间科学以及生物学与生物技术等 6 大研究领域开展的共计 163 项科学研究实验情况,其中 61 项为首次在国际空间站进行的新实验。

月球探测方面,美国“重力勘测和内部研究实验室”及“月球勘测轨道飞行器”探测任务取得丰硕研究成果,俄罗斯、日本和印度等国的月球计划持续展开。

一、国际空间站科学研究与应用进展

国际空间站开展的 163 项实验中,NASA、欧洲航天局(ESA)、日本航空航天探索局(JAXA)和加拿大航天局(CSA)资助的实验数如图 1 所示(数据中不包括俄罗斯联邦航天局实验)。

NASA 仍然是支持开展国际空间站研究实验最多的机构,在技术开发与验证、物理科学、教育活动和推广领域开展的实验项数领先于其他航天局,JAXA 和 ESA 则分别在生物学与生物技术领域、人体研究领域的实验数最多。这些数据在一定程度上反映了各航天局所侧重的研究领域。从研究领域看,最受关注的领域当属技术开发与验证,其次是物理科学、人体研究以及教育活动和推广领域,

生物学与生物技术领域的实验数最少。

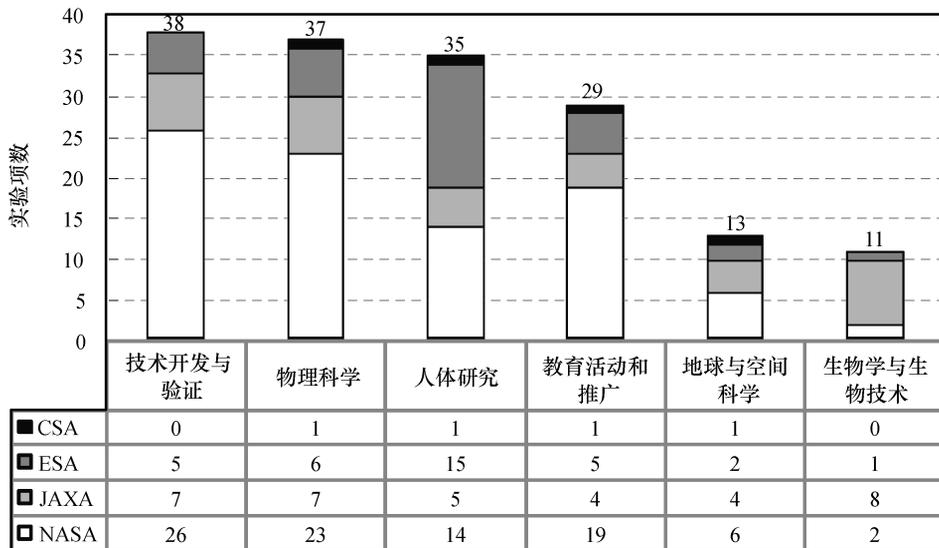


图1 国际空间站第29~32次考察任务中各航天局在各研究领域实验项数

(一) 技术开发与验证实验

1. 重点研究方向

技术开发与验证是国际空间站2012年4次考察任务中开展科学实验最多的研究领域,共计38项,涉及辐射测量与防护、通信与导航、机器人技术、小卫星与控制技术、成像技术等研究方向。

2. 实验开展情况和新变化

在全部38项技术开发与验证实验中有15项为新实验,在一定程度上反映出技术开发与验证实验需求广、收效快的特点。

辐射测量与放射量测定研究方向共开展了8项实验,其中有4项为新实验。NASA开展了3项新实验:“辐射环境监测器”是Medipix技术(Medipix技术是在欧洲核子研究中心的主持下,通过国际合作开发的一系列光子计数像数探测器)的一项演示验证,这一器件有潜力成为第一代实用的主动个人空间辐射量测定仪的基础;“对航天员中枢神经系统的长期异常影响—缝隙”实验对美国“命

运”号实验舱内的辐射环境进行评估;“高屏蔽体积下的飞船单事件环境”实验将使用几种被动跟踪探测器技术测量空间辐射与飞船结构和防护之间的相互作用。ESA 开展的“空间站内部剂量分布 - 3D”实验,利用多种主动和被动辐射探测器确定国际空间站内部辐射场参数、吸收剂量,目标是绘制国际空间站所有舱段的三维辐射剂量分布图。除新实验外,NASA 的“辐射对航天员的长期异常影响—辐射量测定”和“离子通量验证器”实验、ESA 的“航天员中枢神经系统的反常长期影响 - 防护”实验和 JAXA 的“用于生命科学实验的被动放射量测定器”实验继续开展。

通信与导航研究方向共开展了 5 项实验,4 项为新实验。NASA 开展了 3 项新实验,“美国国防部同步定位、保持、轨道预定与再定向实验卫星—芯片级原子钟”是一个超小型、低功耗原子时间和频率基准器件,设计用于实现在尺寸和功耗降低两个数量级的情况下,性能不变甚至超越当前水平,实验的目标是检验该原子钟在长期微重力环境下的性能;“空间通信与导航实验台”研究在执行空间任务期间的可重新编程软件无线电(SDR)技术,实验将提出通用的 SDR 体系标准,演示先进通信、导航和网络应用,这项实验将有助于未来的载人和机器人任务,验证技术包括高数据率发送和接收、新型数据编码和调制、自适应感知应用以及在目前和新 GPS 频率下实现精确导航;“国际空间站作为通信延迟预备模拟研究测试平台”是系列研究的第一步,将研究在光速通信延迟数十分钟的情况下如何优化任务运行,实验将探索两种降低延迟通信影响的方法。JAXA 借助其小卫星轨道释放装置(J-SSOD)开展了一项名为“小卫星释放演示”的新实验,为从空间站释放小卫星或从空间回收小型物体提供了一种可靠、安全、经济的方法。在该实验项目中,日本实验舱遥控操作系统从日本实验舱气闸处抓取安装了 J-SSOD 的多用途实验平台(MPEP),将其放在合适位置,随后安全释放小卫星。ESA 的“船舶认证系统”实验继续进行。

机器人技术共开展了 3 项实验,全部由 NASA 资助。“载人探索遥控机器人智能手机”实验将演示和评估利用同步定位保持、轨道预定、再定向实验卫星(SPHERES)的舱内活动自由飞行遥控机器人操作,以及由地面和航天员控制的 SPHERES 遥操作,目的是提高未来载人探索任务中航天员的工作效率。“Robonaut 2”实验目标是演示航天器内可运行的灵巧类机器人在微重力环境下操作机械装置,并能适应空间环境下的长期工作与任务协作。2012 年 3 月,“Robonaut 2”进行了第一项实际工作,手持测量仪器检测美国“命运”号实验舱内数个通风口的气流速度。机器人进行这项工作比航天员更具优势,因为机器人可以保持稳定不动并且不用呼吸。“在轨加注任务”(RRM)实验演示和测试向模拟卫星加注气体和液体的工具、工艺和技术,该任务预期会降低未来微重力条件下机器人维修任务的风险。

小卫星与控制技术研究方向共开展了 3 项实验,全部由 NASA 资助进行。新实验“纳米机架—越南 FPT 大学立方体卫星-1”是 FPT 大学 Fspace 实验室开发制造的皮卫星,未来组成的星群将用于船舶活动追踪、森林火灾早期预警以及研究地球最底层大气等。“太空测试计划—休斯顿 3—数字成像星体相机”和“同步定位保持、轨道预定、再定向实验卫星”实验继续进行。

在成像技术研究方向,NASA 的“松下 3D 相机”、ESA 的“数字高分辨率立体摄像机-2”和 JAXA 的“超级敏感的高清晰度电视系统”三项实验继续进行。

空气、水与地表监测研究方向,NASA 的新实验“自主和遥操作卫星的管理”是一项旨在大幅度提高空间资产遥操作的研究,使一个用户可以控制多个机动卫星。NASA 旨在测定再生真空胺系统能否有效地从国际空间站空气中排除二氧化碳的“Amine Swingbed”实验继续进行。ESA 开展了一项名为“侧摆机械装置”的新研究,该装置通过采用较长的曝光时间和补偿国际空间站与地球间的相对

运动来提升夜间对地观测照片的品质。

热管理系统研究方向,NASA 开展了“太空测试计划—休斯顿 3”系列实验中的“大量热传输”实验和“用于及时响应空间的可变发射率散热器气凝胶绝缘层双区热控实验套组”实验。前者是一个毛细管回路热传输设备,通过连续的液体流动从航天器上的多个热源向外部散热表面传输热量,研究将促进人们对微重力下两相流性能的理解;后者将测试使用气凝胶作为隔热保护的多层绝缘新形式,使飞船免受极端恶劣空间环境的影响。JAXA 的“运输环境监测包”实验将监测货运飞船内的温度。

航天器与轨道环境研究方向,JAXA 开展了一项新实验,“I - BALL 飞船再入过程记录仪”是一个用于获取日本 H - 2 转移飞行器(HTV)再入大气层过程中的位置、加速度、温度和图像数据的记录仪器,这一实验的目的是获取再入过程的真实工程数据,以便未来提升 HTV 再入大气层的能力。研究空间站周围等离子体环境下离子的相互作用的 NASA“太空测试计划—休斯顿 3 - Canary”实验继续进行。

航空电子设备与软件研究方向,NASA 的“串行网络流量监视器”和“中断容忍网络”实验继续进行。2012 年 11 月,NASA 利用“中断容忍网络传输”协议从国际空间站远程操控了位于 ESA 空间运行中心的小型“乐高”(LEGO)机器人。

实验硬件特征描述研究方向,JAXA 的新实验“对在轨诊断设备的评估 - 2”是对综合健康监测系统的数个医疗设备的第二代评估研究,包括实时采集和下载用于诊断和地面医疗组反馈的乘员医学数据,最终目标是开发在未来长期太空飞行中可监测乘员健康的技术和工具。NASA 的“高级胶体实验预备 - 2:3D 粒子测试”实验继续进行。

生命支持系统与居住研究方向,NASA 的新实验“超声背景下的噪声测试”将研究空间站美国实验室和“节点”3 舱段中硬件和设

备运行产生的高频噪声水平,这些信息将用于载人飞船系统开发中噪声源的泄露探测。

空间结构研究方向,NASA 研究航天器再入大气过程的“再入解体记录器”实验继续进行。

航天器材料研究方向,NASA 的“国际空间站上的材料实验 - 8”继续进行。

JAXA 继续支持一项商业演示验证研究方向的实验研究,“JAXA 商业载荷计划”包括数个由 JAXA 支持的、送往国际空间站经受微重力环境的商业项目。

(二) 物理科学实验

1. 重点研究方向

物理科学实验共 37 项,涉及复杂流体、材料科学、流体物理和燃烧科学等研究方向,重要的研究主题包括:二元胶体聚合,胶体显微成像等。

2. 实验开展情况和新变化

在全部 37 项物理科学实验中有 11 项新实验。

复杂流体研究方向的实验有 14 项。NASA 新开展了一项名为“高级胶体实验 - 1”的研究,这项实验是对包含微小胶体粒子材料进行显微成像研究的系列实验的第一项。实验利用国际空间站独特的微重力环境,研究这些胶体物质的流动特性及其形成和排序效应,以解决软凝聚态物理领域的一些基础和应用问题。NASA 继续开展 8 项“二元胶体聚合”系列实验,同时 CSA 开展了一项名为“二元胶体聚合 - C1”的新实验,研究胶体悬浮系统,这种悬浮系统的粒子具有相分离的特性,并能在光照下形成晶体,在微重力下研究这一过程将避免由重力引起的粒子沉降的影响。NASA 开展的“临界流体与结晶化研究设备系列实验 - ALI”和“胶体乳液顺磁聚合结构研究 - 3”实验继续进行。ESA 在复杂流体方向新开展了“可选光学诊断仪器”系列实验中的“先进微重力光量子设备”实验及“扩散和

所雷特系数”实验,分别研究微重力条件下先进光子材料的生长过程和特性,以及不同流体随时间的扩散变化情况,以便对与储油评估相关的模型进行优化。

材料科学研究方向共开展了 10 项实验。JAXA 开展了 4 项材料科学实验,新实验“微重力环境条件下合金半导体的晶体生长”的目标是研究微重力条件下可用于制造热电转换器件的半导体材料的结晶过程,同时还可推动利用其他材料研制高品质晶体,并用于太阳能电池等其他器件;另一项新实验“微重力环境对自激振荡生长的影响”研究与在生长界面被吸附的高分子相关的晶体生长规律。JAXA 的“微重力条件下二维纳米模版的生产”和“在微重力条件下利用移动液相区方法进行 SiGe 均相晶体的生长”实验继续进行。ESA 开展了 3 项新实验,“固化过程中柱状到等轴的过渡过程-2”实验旨在加深对主导金属合金固化过程的物理机理的理解;“扩散及磁控对流条件下合金铸造技术的微结构形成-2”实验旨在加深对主导金属合金固化过程的物理机理的定量理解,实验还研究旋转磁场对固化过程的影响;“三元合金共晶过程中的固化-2”实验研究微重力下各种合金材料的固化过程,重点关注材料从液体转变为固体过程中微观结构形成模式。NASA 的 3 项实验“空间动态响应超声矩阵系统”、“材料科学实验室—固化过程中柱状到等轴的过渡过程和扩散及磁控对流条件下合金铸造技术的微结构形成”和“二元胶体聚合实验 6:聚苯乙烯脱氧核糖核酸”实验继续进行。

流体物理研究方向共开展了 9 项实验。唯一的新实验是 JAXA 开展的“流体从高普朗克数流体的液桥中向振荡热毛细对流过渡的动态表面形变效应评估”实验。JAXA 的 2 项“马兰哥尼对流”实验继续进行,分别对马兰哥尼对流实验中的混沌、湍流及其过渡过程以及马兰哥尼对流中的时空流动结构进行研究。NASA 继续开展 5 项流体物理实验,“毛细管”实验将有助于制定微重力环境下燃料、

液氮和水等液体运输的新方案;“毛细管流实验-2”研究流体在微重力环境条件下的表面运动规律,目的是改进现有的微重力流体系统设计计算模型;“微重力条件下的混合流体”实验以及“DECLIC 临界流体与结晶化研究设备”系列实验中的“定向固化插件”和“高温插件”实验继续进行。ESA 的“微重力条件下地球物理流体流动的模拟-2”实验继续进行。

燃烧科学研究方向的实验共 4 项,全部由 NASA 资助。新实验“固体的燃烧与熄灭”旨在对微重力环境下多种燃料样品的燃烧和熄灭特征进行研究,将有助于制定微重力环境中意外火灾的灭火策略,实验结果将用于构建燃烧计算模型,以设计用于微重力和地球环境的火情检测和灭火系统。“火焰熄灭”系列实验继续进行,实验开展利用了燃烧集成机架上的多用户液滴燃烧设备,近期发现了微重力条件下正庚烷液滴的二级燃烧现象。这一新发现将有助于优化燃烧过程数值模型,更好地预测火焰、燃料和燃烧行为,同时还有助于提升空间火灾安全,通过研究这种二级燃烧现象,开发特殊的空间灭火技术。研究微重力条件下的火焰性质的“燃烧实验中的火焰结构和火焰举升”实验继续进行。

(三) 人体研究实验

1. 重点研究方向

国际空间站第 29 ~ 32 次考察任务共开展了 35 项人体研究实验,研究方向包括心血管和呼吸系统、神经和前庭系统、综合生理学及营养、骨骼与肌肉生理学、人类行为和绩效、免疫系统以及乘员生保系统。

2. 实验开展情况和新变化

人体研究领域共计开展了 8 项新实验。

神经和前庭系统研究方向进行了 7 项实验研究,其中有 3 项为新实验。ESA 资助了其中 2 项新实验:“微重力环境下的可逆透视图”实验研究空间飞行前后,航天员对可逆透视图认知情况的变化;

“空间头痛”实验总结了空间飞行前后航天员在微重力环境下头痛的流行性及其特点,评估了航天员头痛的患病期和特点,并在此基础上提出相应对策。JAXA 开展了一项名为“前庭心血管反射的可塑性改变及对策”的新实验,意在验证“前庭心血管反射的灵敏度在空间飞行后减小并引起体位性低血压”这一假说。除新实验外,NASA 的“电脑电视图像”实验和 ESA 的“引力环境对 EEG 动力学的影响:对空间认知、新信息处理和感觉运动整合的研究”、“无重力下标度身体有关活动”和“离心法应对耳石生理功能失调有效性的验证”实验继续进行。

综合生理学及营养研究方向共开展了 7 项实验,其中包括两项新实验。ESA 开展了名为“航天员对长期空间飞行的能量需求”的新实验,通过观测航天员在长期空间飞行任务过程中能量平衡和能量消耗各组分的变化情况,建立航天员对长期空间飞行的能量需求公式。JAXA 开展的新实验“生物节律-48 小时”利用对航天员 48 小时心电图的分析,研究长期微重力暴露对心脏自主神经功能的影响。除新实验外,NASA 的“营养状况评估”、“降低饮食中动物蛋白质与钾的比例以减少飞行期间的骨质流失研究”和“NASA 生物标本库”实验,ESA 的“太空中人体的钠储留以及相关的人类生理反应”实验以及 JAXA 的“人类头发在长期太空飞行中的生物医学分析”实验继续进行。

骨骼与肌肉生理学研究方向共开展了 6 项实验,其中两项为新实验。NASA 开展了一项名为“航天员脊椎超声成像检测”新实验,利用超声成像技术对航天员的腰椎间盘突出变化进行实时监控,对于开发新型医学成像技术以及航天员训练技术有重要意义。ESA 开展的新实验“肌腱和神经肌肉对长期空间飞行的适应”研究微重力环境下肌肉退化现象的决定因素。ESA 的“骨质疏松的早期发现”实验和 NASA 资助的“利用双膦酸盐对抗太空飞行诱导的骨损耗”、“生理学因素导致飞行后功能特性变化”以及“综合阻抗和有氧训

练研究”实验继续进行。“综合阻抗和有氧训练研究”实验 2012 年 8 月公布的研究成果表明,利用国际空间站上的先进抗阻力运动设备进行高强度的训练,结合适当的饮食,可以帮助航天员减少骨质流失,这可能会对未来空间探索以及地球上的人口老龄化产生深远影响。

人类行为和绩效研究方向共开展了 3 项实验,其中包括一项由 ESA 开展的名为“昼夜节律”的新实验,意在研究昼夜节律在长期空间飞行过程中的作用及变化情况。NASA 继续资助开展“与隔离和受限有关的行为问题:对航天员日志的评论和分析”和“国际空间站精神运动警觉症的自我测试”实验。

9 项心血管和呼吸系统研究方向的实验继续进行,包括 NASA 的“长期太空飞行期间/飞行后的心脏萎缩和心脏舒张功能失调:直立供血不足、运动机能和心律不齐风险的功能性影响”、“国际空间站上跑步机锻炼的生物力学分析”和“航天员在长期国际空间站任务之前、期间和之后的最大摄氧量估算和最大摄氧量次极大评估”实验,ESA 的“长期失重状态下心血管系统的变化”、“体育训练中心律动力学与气体交换耐力评估”、“长期太空飞行中人体体温调节”和“血管超声回波描记术”实验,JAXA 的“利用对 24 小时心电图的分析研究长期微重力暴露对心脏自主神经功能的影响”实验以及 CSA 的“长期太空飞行导致的心血管健康问题”实验。

此外,免疫系统研究方向由 ESA 资助的“长期太空飞行期间及结束后人类神经内分泌和免疫反应”和 NASA 资助的“监测航天员免疫功能的验证程序”实验以及乘员生保系统研究方向由 JAXA 资助的“在轨诊断工具箱”实验继续进行。

(四) 教育活动和推广实验

1. 重点研究方向

国际空间站第 29 ~ 32 次考察任务中开展的教育活动和推广实验共计 29 项,主要涉及教育示范、学生开发的实验、国际空间站研

究教室版、教育竞赛、商业示范和文化活动,在教育、科普、商业示范和文化传播方面持续发挥重要作用。

2. 实验开展情况和新变化

教育活动和推广实验领域共开展了 17 项新实验。

教育示范研究方向共进行了 13 项演示实验,其中 4 项为新实验。NASA 资助了其中两项新实验,“关于球体的科学”实验展示了流体和材料在微重力环境下的特性,“国际空间站飞行中的教育下行链路”实验通过学生和国际空间站航天员的互动交流来体验空间科学探索。ESA 资助了一项名为“像一名航天员一样”的新实验,意在强调运动和健康饮食对孩子们的重要性。JAXA 资助的新实验“JAXA 教育有效载荷观察-8”展示了国际空间站日本实验舱进行的艺术活动,激发青少年和公众对载人航天活动的热情。除新实验外,NASA 的“向中学生传播地球知识”、“教育有效载荷操作—示范实验”、“国际空间站业余无线电”、“乐高积木”、“国际空间站内部和外部 Photosynth™ 三维模型化”和“YouTube 太空实验室”实验,ESA 的“ESA-教育载荷活动”实验,CSA 的“西红柿-III 教育实验”和 JAXA 的“JAXA 教育有效载荷观察-7”实验继续进行。

学生开发的实验研究方向共进行了 9 项演示实验,全部为 NASA 提供资助的新实验。8 项实验为“纳米机架”系列教育实验:“混凝土混合实验”、“迷你机器人”和“宝瓶座”实验,分别研究微重力环境下混合的混凝土的强度和结构、微重力对远程控制机器人的控制机制和机械设备的影晌以及 15 条由学生自行设计适用于纳米机架的实验构想;“枯草芽孢杆菌的生长”、“铁磁流体的电磁效应”、“电镀”和“植物生长”实验则分别研究微重力环境下枯草芽孢杆菌的生长速率、微重力下可变磁场对铁磁流体的影响、微重力对电镀的影响以及微重力下万寿菊和百里香种子的生长;“大肠杆菌和卡那霉素抗生素”旨在研究微重力下大肠杆菌的生长和对不同剂量卡那霉素的抗药性。另一项新演示实验“技术教育卫星”旨在部

署一颗立方体卫星,为未来航天器的设计开发展示一种简化的硬件和运行基础设施。

国际空间站研究教室版研究方向共进行了 4 项实验,其中 3 项为新实验。2 项新实验由 ESA 资助,分别为“泡沫稳定性”和“剧本”实验,为孩子们展示了泡沫稳定性在地面和微重力环境下的异同,以及从空间站视角对人类、生物多样性和气候变化进行了观察。JAXA 资助了名为“JAXA 教育有效载荷观察-9”的新实验,通过在国际空间站进行艺术展示,激发公众对于微重力研究以及载人航天活动的热情。NASA 资助的“商业通用生物加工仪器科学插件-05”实验继续进行。

商业示范研究方向开展了一项新实验,ESA 的“对流”实验为孩子们演示了对流现象在地面和微重力环境下的异同。

文化活动研究方向的实验“JAXA 教育有效载荷观察-5”和由 NASA 资助的教育竞赛研究方向的“同步定位保持、轨道预定、再定向实验卫星—零—机器人”实验继续进行。

(五) 地球与空间科学实验

1. 重点研究方向

国际空间站第 29~32 次考察任务中的地球与空间科学实验共计 13 项,涉及地球遥感、太阳物理、天体物理学以及近地空间环境等研究方向,期间国际空间站首次为更好开展一项太阳物理学研究进行了轨道调整。

2. 实验开展情况和新变化

地球与空间科学领域中,地球遥感研究方向开展的实验最多,共计 7 项。NASA 开展了 5 项实验,新实验“国际空间站环境研究与可视化系统”主要目的是积累空间站上自动化地球表面图像数据获取的经验和技术,“国际空间站农业相机”、“航天员对地观测”、“沿海海洋超光谱成像仪实验有效载荷”和“沿海海洋远程大气和电离层探测系统实验有效载荷”4 项实验继续进行。CSA 开展了一项名

为“从地面天文台和空间站同时拍摄北极光”的新实验,该项实验用于激发公众更多地了解日地科学和太阳活动对地球的影响等。JAXA 继续开展“超导亚毫米波边缘发射探测器”实验,在 2012 年 3 月,JAXA 宣布开放该研究的阶段性数据产品。

太阳物理学研究方向,ESA 资助的 2 项“哥伦布舱外部载荷设施上的太阳监测”(Solar)实验——“太阳自动校准极紫外/紫外分光光度计”和“太阳光谱辐照度测量”实验继续进行。2012 年 11 月,国际空间站调整姿态,以使 Solar 实验能更好地观测太阳,开展对 1 个太阳完整周期(25 天)的观测,这也是国际空间站首次基于科学研究需求而进行轨道调整。

天体物理学研究方向,“阿尔法磁谱仪-02”的暗物质探索之旅平稳进行,2012 年 7 月,阿尔法磁谱仪亚洲载荷运行中心在台湾成立,将补充欧洲核子研究中心的监控能力,并可进行夜间监控。2013 年 2 月,项目提出者、诺贝尔奖获得者丁肇中表示,这一耗资 15 亿美元的太空实验即将发布首批观测成果。JAXA 的“全天 X 射线成像监测仪”巡天任务持续进行。

近地空间环境研究方向开展的实验是 JAXA 的“空间环境数据采集设备—附加载荷”实验,2009 年 7 月,实验载荷被成功安装在日本实验舱的暴露设施上,自 2009 年 8 月以来一直开展空间环境数据测量工作。

此外,JAXA 的“多任务综合设备”实验在第 31/32 期考察任务中开始进行,该实验由 5 个用于科学和技术验证的小型任务载荷组成,对等离子体的发光和共振散射以及气辉进行观测,并开展充气式空间结构、机器人系绳运动和高清电视相机空间环境测试等技术验证研究。

(六) 生物学与生物技术实验

1. 重点研究方向

国际空间站第 29 ~ 32 次考察任务中,生物学与生物技术实验

共计 11 项,涉及植物生物学、微生物学、大分子晶体生长、细胞生物学、脊椎动物生物学和无脊椎动物生物学等研究方向。

2. 实验开展情况和新变化

生物学与生物技术领域的新实验共计 7 项,其中 5 项由 JAXA 提供资助,显示出 JAXA 对生物学以及生物技术研究的重视。

微生物学研究进行了 3 项实验研究,其中一项为 JAXA 提供资助的“微生物”系列实验——“国际空间站上的微生物动态 - III”新实验。该实验运用新的采样技术和环境微生物学技术,对日本实验舱可能影响乘员健康的微生物进行了分析,是未来在空间建立安全的长期留居系统的关键。JAXA 的另一项实验“航天员暴露于空间站空气中的真菌估算 - 3”和 NASA 资助的“国际空间站内的微生物膜评估和监测”实验继续进行。

植物生物学研究进行了 3 项实验,其中两项为新实验。新实验“植物的重力抗性机制”由 JAXA 资助,目的是研究植物重力抗性机制从信号的转换和传递到响应的过程,该研究将有利于获得新鲜食品和氧气,以及去除二氧化碳,这项研究还可以帮助提高地球上的农作物产量。NASA 资助了“纳米机架”系列实验的一项新实验“微重力下的萜烯提取”,旨在研究在微重力下从木材中提取萜烯。JAXA 的“对黄瓜受重力调节的生长和发育产生影响的植物生长素外排协调的动力机制”实验继续进行。

大分子晶体生长研究进行了 2 项实验,均由 JAXA 资助。新实验“原位观测微重力下蛋白质晶体的生长机理和完整性”旨在从晶体生长机理的角度解释微重力下蛋白质结晶的完整性优于地球这一现象。“高品质蛋白质晶体培养”继续进行。

脊椎动物生物学研究的新实验“淡水栖息地的显微镜系统检验”由 JAXA 提供资助,旨在对 2012 年通过自动转移飞行器 (HTV) 运抵国际空间站日本实验舱的新设备——“淡水栖息地”的显微镜系统进行初始检测,以便后续开展以鱼为模型的动物实验。利用该

设备,科学家们有望对骨骼和肌肉萎缩以及辐射效应等问题进行更为深入的研究。

JAXA 的“青鳞破骨细胞”实验是无脊椎动物生物学研究方向的新实验,利用青鳞作为模型动物,研究破骨细胞在微重力环境下的活性以及脊椎动物的重力感应系统。

细胞生物学研究的新实验“暴露在微重力环境下,人体淋巴细胞内源性大麻素系统的作用”由 ESA 资助,意在研究微重力条件下内源性大麻素在免疫过程和细胞周期调节中的作用。

二、国外月球探测进展

2012 年,美国探月任务顺利进行,俄罗斯、欧洲、日本和印度等国积极制订月球探测计划。

(一) 各国探月计划及动向

2012 年,NASA 持续推进其“月球以远”深空探索计划的同时,一些国家却对月球探索表现出极大兴趣。俄罗斯联邦航天局 3 月公布了《2030 年及未来俄罗斯航天发展战略(草案)》,计划在 2030 年前实现月球载人飞行任务。在 2012 年 5 月召开的“全球空间探索大会”上,俄罗斯联邦航天局局长称俄罗斯正在考虑建造永久性的月球基地,并建议利用国际空间站作为测试重返月球所需技术的平台。据俄罗斯国家科学院 4 月发布的一份报告中称,俄罗斯计划 2020 年后向月球发射两个漫游车,并在 2022 年后发射月球着陆器,从而完成未来载人月球基地建设的第一步。

在“全球空间探索大会”上,JAXA 表示该局计划进行载人登月任务。JAXA 的一名高级官员表示将利用空间站进行技术测试,为载人登月做准备。

印度继“月球航行”1 任务完成后,一直在构想实施第二个探月任务——“月球航行”2。此次任务中印度将使用本国建造的月球轨道器和巡视探测器。

(二) 探月任务进展及重要成果

1. “重力勘测和内部研究实验室”探测器成功撞月

“重力勘测和内部研究实验室”(GRAIL, 或称“圣杯”)月球探测任务的目的是精确探测并绘制月球的重力场图以判断月球内部构造。GRAIL 采用两个小型探测器 GRAIL A (Ebb) 和 GRAIL B (Flow) 进行联合探测, 于 2011 年 9 月 10 日成功发射升空。2012 年 1 月 1 日, 两台探测器在绕月轨道成功会合, 3 月起开始进行科学探测。

在科学任务阶段, GRAIL 探测器通过传输射频信号来精确调节间距。受月球重力影响, 二者的间距将发生细微变化。科学家根据这些变化可绘制出高分辨率月球重力场分布图, 将其与月球山区、撞击坑以及盆地等地貌特征结合起来, 推算出月球从外壳到内核之间的情况, 从而重建月球的演化过程, 确认其内部物质构成。

自 3 月 8 日起, GRAIL 三次收集了覆盖整个月表的数据。5 月 29 日, GRAIL 将主要任务的最后一批数据传回地球后关闭电源, 直到 8 月 30 日再次启动, 扩展任务的目标是进一步观测月球重力场。

12 月 13 日, NASA 宣布 GRAIL 任务已完成, 美国东部时间 17 日 17 时 28 分, GRAIL 探测器在地面指令控制下撞向了月球靠近北极附近的一座 2500 米高的山峰。此次撞击的目的是避免探测器在燃料耗尽后自行坠毁可能会破坏月面上的一些重要历史遗迹, 如当年“阿波罗”探月的着陆点等。

NASA 公布 GRAIL 任务成果: 绘制了月球超高分辨率重力场图, 这将有助于科研人员更详细地研究月球内部结构及其成分。新的月球重力场图在更精细的尺度上揭示月球地质特征, 例如内部结构、死火山地形、环形山中部高峰等。科研人员通过分析最新探测数据发现月壳的厚度约为 34 ~ 43 千米, 比原来认为的薄 10 ~ 20 千米。科研人员还发现了狭长、直线形的重力异常区, 多个数百千米长的重力异常区纵横交错地分布在月球地表。科研人员认为这些

重力异常区表明月球地表下存在深沟或狭长的凝固熔岩,研究这些将对推测月球早期历史有帮助。

2. “月球勘测轨道飞行器”任务持续发布探测成果

NASA 的“月球勘测轨道飞行器”(LRO)自 2009 年以来一直在绕月轨道上展开科学考察工作。2012 年,NASA 陆续发布 LRO 取得的多项探测成果。

2012 年 2 月 1 日,NASA 发布了研究人员利用 LRO 上的“宇宙线辐射效应望远镜”(CRaTER)对 2012 年 1 月太阳耀斑辐射效应的测量工作。据研究者介绍,在近 10 年来最大的 1 次日冕物质抛射几天后发生的太阳耀斑对地球磁场产生了较强的冲击。LRO 近期拍摄的图像显示,月球地壳正在被拉伸,在月球表面一些较小区域形成小山谷。科学家们认为这一地质活动发生不到 5000 万年,与月球 45 亿岁的年龄相比十分年轻。

8 月 15 日,科学家利用 LRO 上的“莱曼阿尔法测绘项目”(LAMP)首次在月球稀薄的大气中观测到了稀有气体—氦的光谱。研究人员正在探讨这些氦是源自月球内部(例如岩石的放射性衰变),还是来自外部(例如太阳风)。未来 LRO 将会有更好的观测地点来确定氦的主要来源,相关研究还包括测量氦的丰度以及寻找氦和其他气体等。

8 月 30 日,LRO 发现在月球南极 Shackleton 陨石坑坑壁物质中,有 5%~10%是由很多小冰块组成的。这一发现验证了月球极区陨石坑的永久阴影区可能积聚水冰。

此外,科学家正在利用 LRO 上的照相机制作高分辨率(0.5~2 米/像素)三维月面地形图,这些图像可以帮助人类更好地了解月球地表的三维结构。

三、结语

国际空间站成员国一致认为,最大限度地提高国际空间站研究

能力可能带来新的探索机遇、促进商业发展并对教育事业产生积极影响。国际空间站生物学、生物技术和人体生理学研究为人类未来健康与发展提供了广阔的应用前景;国际空间站还能给物理和材料科学等学科的研究提供比地球上更优越的条件,直接促进这些科学的进步;越来越多的平台及设施,如阿尔法磁谱仪、太阳监测仪、地球遥感装置等陆续被安装在空间站上,将更好地为地球和空间科学提供支持;国际空间站在环境监测与控制、机器人作业、先进通信传输等方面的技术研究将为未来更深空间探索培育技术能力并改进地球上的相关技术;同时国际空间站的科学研究有效地激发了全世界年轻人学习科学、技术、工程和数学的热情。国际空间站将成为独一无二的科学平台,成为人类向更远太空探索的前哨,并改善地球上的生命质量。

(中国科学院国家科学图书馆)