

2010 年空间科学与应用发展综述

2010 年 11 月,美国国家航空航天局(NASA)及其国际合作伙伴共同庆祝国际空间站载人飞行 10 周年。NASA 局长博尔登在致辞总结中称,10 年间,国际空间站实施了 600 多项不同的研究任务和技术研发试验,在医药、环境系统以及宇宙探索方面都取得了重大研究进展。国际空间站已经从组装阶段逐渐过渡成为一个引人瞩目的科学研究和探索的前沿阵地。2010 年 NASA 授权法案将国际空间站任务至少延续到 2020 年,国际空间站将作为迄今为止世界上最大的空间科研平台,继续支持大规模多学科科学研究和探索活动的不断开展。

2009 年底至今,国际空间站已开展和正在开展的长期科学考察(Expedition)任务为 6 次,分别为 2009 年 10 月至 2010 年 3 月进行的长期科学考察任务 21/22、2010 年 3 月至 2010 年 9 月进行的长期科学考察任务 23/24 和从 2010 年 6 月开始的长期科学考察任务 25/26,目前长期科学考察任务 26 正在进行之中。

NASA 不断发布与更新其在长期科学考察任务中所进行的科学实验情况。截至目前(2011 年 1 月 4 日,下同),已经发布了长期科学考察任务 21/22 所进行的科学实验 130 项,长期科学考察任务 23/24 所进行的科学实验 127 项,并正在陆续发布长期科学考察任务 25/26 进行的科学实验,已公布的有 105 项。

2010 年,国际社会对月球探测的关注持续升温,美国、日本和印度陆续发布月球探测成果,欧洲和印度等国积极推进未来探月计划。

一、国际空间站空间科学与应用进展

国际空间站已经进入“充分利用”阶段,大规模的多学科实验工

作正在蓬勃展开。截至目前,长期科学考察任务 21-26 已进行的各项实验共计 188 项(不计各次任务中重复的实验),其中 68 项为首次在国际空间站进行的新实验。

从图中可以看出,2010 年国际空间站进行的全部实验中,生物学与生物技术领域的实验数最多,占总实验数的 26%,其次分别为人体研究和技术开发领域;2010 年国际空间站进行的新实验中,生物学与生物技术领域的实验数占新实验总数的 46%,其次分别为人体研究、物理学与材料科学和教育领域,在国际空间站运行的研究方面没有新实验。对比两图可以看出,2010 年生物学与生物技术领域的新实验占该领域本年实验总数的 63%,教育领域的新实验占该领域本年实验总数的 45%,表明这两个领域研究的活跃性很高。

表 1 列出了生物学与生物技术、人体研究、技术开发、物理与材料科学、地球与空间科学和教育这六个研究领域(国际空间站运行的研究方面没有新实验),在各个具体研究方向上,2010 年所进行的实验总数和新实验数量。

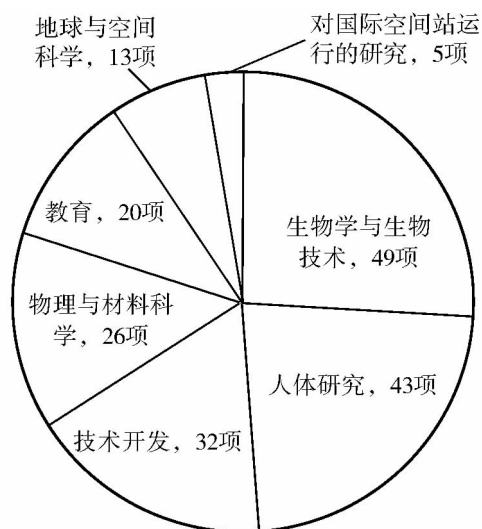


图 1 2010 年国际空间站科学实验的研究领域分布

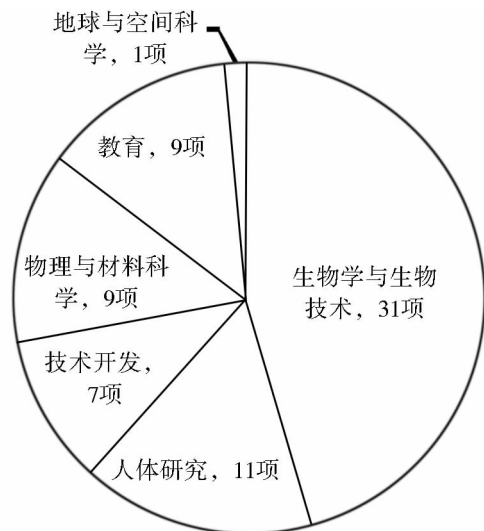


图 2 2010 年国际空间站新实验的研究领域分布

表 1 各研究领域 2010 年实验总数和新实验数量(项)

研究领域	研究方向	2010 年全部实验	2010 年新实验
生物学与生物技术	植物生物学	16	11
	细胞生物学与生物技术	14	10
	微生物学	11	6
	动物生物学	5	3
	高分子晶体生长	3	1
人体研究	心血管与呼吸系统	12	3
	神经与前庭系统	7	1
	航天员行为和特性研究	7	2
	综合生理学	6	2
	辐射研究	4	2
	骨骼与肌肉生理学	3	0
	免疫系统	3	0
	乘组成员医疗保健系统	1	1
技术开发	航天器系统	12	2
	国际空间站内部微重力环境特征研究	4	1
	国际空间站环境监测	3	0
	技术验证	3	3

研究领域	研究方向	2010 年全部实验	2010 年新实验
技术开发	皮卫星与控制技术	3	0
	通信	3	1
	航天器与轨道环境	2	0
	航天器材料	1	0
	机器人技术	1	0
物理与材料科学	材料科学	15	6
	等离子物理	4	0
	流体物理	4	1
	基础物理	1	0
	晶体生长(非生物学)	1	1
	燃烧科学	1	1
教育	人文活动	7	3
	教育示范	5	1
	国际空间站实验教育活动	3	1
	教育竞赛	3	3
	学生开发的实验	2	1
地球与空间科学	地球遥感	7	1
	空间环境(外部环境)	4	0
	太阳物理学(SOLAR 平台)	2	0

下面对 2010 年新实验数量占实验总数比重较大($\geq 50\%$)的几个研究方向进行分析。

总体来看,生物学与生物技术领域是新实验占实验总数比重最大的研究领域,同时该领域实验总数也远远超过其他领域,表明该领域的研究不仅数量最多,同时还非常活跃。在植物生物学方面,新实验主要关注微重力环境对植物基因表达、生长激素、根系生长、向水性及形成层等的影响和作用,这些研究一方面为改善地球农业服务,另一方面则可为在太空中进行植物生长和培育提供宝贵经验。在细胞生物学与生物技术方面,新实验主要关注微重力环境对人体和动物组织细胞、植物及微生物等的生物学影响,目的是开发在太

空中应对微重力环境影响的各种对策。在微生物学方面,新实验主要关注微重力环境对微生物、真菌和细菌感染的影响及应对各种感染的疫苗开发。在动物生物学方面,新实验主要关注微重力及辐射环境对动物的生物学影响和生物反应。

人体研究领域中,新实验比重较大的方向为辐射研究和乘组成员医疗保健系统。前者的新实验关注太空辐射对人体的影响、风险评估和防护措施,后者的新实验关注太空医学治疗手段方面的改进。

技术开发领域中,新实验比重较大的方向为技术验证,技术验证实验为国际空间站进一步开展该实验方向的研究进行技术可行性验证。

物理与材料科学领域中,晶体生长(非生物学)和燃烧科学是新实验比重较大的两个方向,前者的新实验关注透明有机材料的结晶生长优化,后者的新实验关注伴流层流扩散火焰的结构。

教育领域中,教育竞赛和学生开发的实验是新实验比重较大的两个方向,这些新实验都强调让学生们参与到国际空间站的科学研究中,通过竞赛等形式激发学生们的兴趣,为他们提供亲身参与的机会。

二、月球探测进展

2010年,国际社会对月球探测的关注持续升温,美国、印度和日本陆续发布前一阶段月球探测成果,对月球的探索和研究取得了丰硕成果。与此同时,印度和欧洲等国正在积极推进未来月球探测计划。下面简要对2010年国际月球探测的进展进行介绍。

(一)美国“月球侦察勘测器”任务探月成果

美国NASA在2010年底回顾了其年度14件大事,其中之一就是在“月球侦察勘测器”(LRO)和“月球坑观测与遥感卫星”(LCROSS)的探测数据中获得的重大发现。LRO和LCROSS所取得的重要科学发现包括:

(1)月球存在大量水冰

2009年10月,LCROSS及随行的火箭上面级对月球南极的卡比厄斯月坑实施了两次撞击,以期发现有水存在的迹象。随后,科学家们宣布在溅起物中发现了丰富的水。

2010年10月22日出版的《科学》杂志发表了6篇有关最新探月成果的论文,表明该月坑某些部位的含水量高于地球上的撒哈拉沙漠。这增大了未来建设月球基地的希望。LCROSS任务首席科学家科拉普里特说,让科学家感到有些吃惊的是,水冰约占到卡比厄斯月坑坑底总质量的5.6%,约两倍于撒哈拉沙漠。

研究人员还发现,这些水冰相对较纯。新的研究结果还表明,该月坑除水冰外还藏有许多其他化合物,比如一氧化碳、氨、甲烷、汞和银。从LCROSS及一同发射的LRO传回的观测数据中发现,撞击地点有多达20%是泥土以外的物质,包括水冰、挥发物和轻金属。

(2)太阳系中最冷的地方

LRO的Diviner温度测量仪在月球赫米特陨石坑底发现了太阳系里最冷的地方,那里的温度最低可达摄氏零下248℃。相比之下,科学家认为冥王星的表面温度最低只有摄氏零下184℃。Diviner温度测量仪还在月球南极几个永久处于阴影笼罩下的陨石坑底发现了温度极低的区域,类似于在赫米特陨石坑底发现的“太阳系中最冷之地”。

(3)航天员在月表留下的足迹

LRO捕捉的“阿波罗”11号飞船着陆地的最新照片,清楚地显示了下降段(直径约为3.66米)的位置以及航天员的脚印及其布设的各种设备。这张图具有重要的科学价值,因为它给“阿波罗”返回地面的样本提供了依据。

其他的重要科学发现还有:月球背面地貌特征图、月球南极阳光永照区的附近区域、月球表面狭长的凹陷处——月谷、月球山脉

地形、“阿波罗”14号错失的陨石坑、月球坑的详细图片资料以及失踪的苏联月球车等。

(二)印度“月球航行”任务探月成果

印度“月球航行”-1月球探测器于2008年10月22日发射。在绕月工作10个月后,于2009年8月30日因星上计算机停止工作而与地面失去联络,宣布提前报废,但据称已实现了95%的科学和技术目标。

2010年9月,印度空间研究组织(ISRO)航天应用中心主任克里希纳称,印度首个月球探测器“月球航行”-1的科学数据将对外公布,人们将在网站上自由获取包括月球图像在内的大量数据。数据分成两个时段,即2008年11月-2009年2月和2009年3月-2009年8月。第一时段的数据将在2010年年底前归档完毕,共将上载26GB的数据和图像;第二时段数据归档将在2011年年中前完成。档案库中将有化学与矿物学测绘、高分辨率三维测绘和地形特征数据。

2010年8月30日,印度空间研究组织宣布,由其下属各中心、学术机构和研发实验室专家组成的专家委员会已确定了“月球航行”-2探测器的轨道器和漫游车部分将携带的有效载荷。作为印度第二项探月任务,“月球航行”-2将由轨道器、着陆器和漫游车组成,准备在2013年采用“静地卫星运载器”(GSLV)火箭从斯里哈里科塔的萨迪什·达万航天中心发射。着陆器由俄罗斯提供,而轨道器和漫游车则由印方自行建造。“月球航行”-2已选定的7件有效载荷(不含俄方着陆器)均由印度本国的科研机构提供。

建议由轨道器携带的有效载荷是:

(1)由ISRO卫星中心提供的“大区域软X射线光谱仪”(CLASS)和由物理研究实验室提供的“太阳X射线监测仪”(XSM),用于测绘月面主要元素;

(2)由航天应用中心提供的“L和S波段合成孔径雷达”(SAR),

用于对月面几十米深度内进行探测,探测是否有水冰等不同成分存在,有望进一步证实月球无光照区地表下有水冰存在;

(3)由航天应用中心提供的“红外成像光谱仪”(IIRS),用于在大波长范围内测绘月面,以研究所存在的矿物、水分子和羟基;

(4)由空间物理学实验室提供的“中性质谱仪”(ChACE),用于详细研究月球外逸层;

(5)由航天应用中心提供的“地形测绘相机”(TMC)2,用于制作月球矿物学和地质学研究所需的三维地图。

将由漫游车携带的两件科学有效载荷是:

(6)由光电系统实验室提供的“激光诱导击穿分光计”(LIBS);

(7)由物理研究实验室提供的“阿尔法粒子诱导 X 射线分光计”(APIXS)。

这两台仪器都将用于对着陆地点附近的月面开展元素分析。漫游车为轮式,重 30~100 千克,具体要看是采取半硬式着陆还是软着陆。它将采集土样或岩样,开展化学分析,并把数据发往轨道器。在预定一个月的月面工作过程中,漫游车将主要利用太阳能发电。印俄双方曾拟为本次任务配备两辆漫游车,其中较大一辆由俄方提供,但俄方在分析成本后放弃了这一打算。

“月球航行”-2 发射重量约 2650 千克,其中轨道器重约 1400 千克,着陆器(含漫游车)重约 1250 千克。轨道器和漫游车各分系统的研制工作正在 ISRO 各中心进行。

(三)日本“月亮女神”任务探月成果

日本的科研人员陆续发布了从“月亮女神”月球探测器的观测数据中获得的研究成果。

在 2010 年 7 月 4 日的《自然-地球科学》电子杂志上,日本航空航天探索局的科研人员发表报告说,他们在月球表面发现一种矿物质——橄榄石存在的迹象,这将有助于了解月球构造中类似地幔部分的构成。

月球中类似地幔物质的起源和构成一直是学术界争论的焦点。2007年11月至2009年7月,“月亮女神”探测器在围绕月球运转的过程中进行了近距离观测。探测器上装载的光谱剖面仪记录了从月球表面上7000万个位点反射的可见光与近红外光,通过分析,在其中245个位点发现了橄榄石的反射信号。经过在月球地图上绘制这些位点,研究人员发现橄榄石主要位于陷入月球表面的环形山的边缘地带——这里的外壳相对较薄。有关这一现象最可能的解释是,碰撞的小行星和彗星打穿了月球的外壳,并将“地幔”上层或外壳下层的物质推向环形山的边缘。研究人员说,橄榄石可以为研究月球内部类似地幔的物质提供依据。

(四)欧洲航天局“月球着陆器”任务进展

月球南极地区有黑暗的月坑和高高的山脊,这片凹凸不平的地域是欧洲瞄准的下一个探月目标。可能存在的水冰沉积、遍布月坑的地形和长时间的光照使得月球南极及周边区域对探险者和科学家都极具吸引力,从而使其成为未来载人登月任务的主要目标。欧洲航天局在2010年3月31日发布消息称,它正把目光投向一项月球南极着陆探测任务,希望由此为载人登月铺路。该先期探测器将成为欧洲首个月球着陆探测器和首个造访月球极区的探测器,欧洲航天局正邀请工业界提交该着陆探测任务的方案。

称为“月球着陆器”的这项任务有两个核心目标。首先,要求其采用最新的导航技术,以便能精准地从月球轨道落向月面,并实现安全而精确的着陆。在下落过程中,着陆器必须能对月面成像,并利用自身的“智力”自行识别出危险的地形特征。其次,着陆器应能利用成套的仪器对这片独特的区域进行研究,包括研究辐射和月尘的特性及其对未来航天员健康可能造成的影响;还将研究月壤,检测其中是否含有可供登月探险人员利用的资源。

2010年9月16日,欧洲航天局和欧洲宇航防务集团阿斯特里姆公司在德国柏林签订了欧洲首个月球着陆探测任务的B1阶段论

证合同。该合同价值 650 万欧元,为期 18 个月,论证的最终成果将是一项完全确定的任务方案以及着陆器和漫游车的详细设计。通过该阶段论证将确定任务的总体成本和进度安排,为欧洲航天局下次理事会会议做出项目经费决策提供依据。有了这一决策和 B1 阶段的论证成果,欧洲航天局就将能签发着陆器的研制、建造和试验合同。根据设想,着陆器将在 2018 年在遍布砾石和山脊的月球南极附近着陆,探测月面上的各种未知因素,并试验新技术,为未来载人登月做准备。

三、结束语

2010 年美国国家航空航天局授权法将国际空间站任务至少延续到 2020 年,国际空间站将作为迄今为止世界最大的空间科研平台继续支持大规模多学科科学研究和探索活动的不断开展。

2010 年 6 月 3 日,为期 4 天的首届世界月球会议在北京落幕。新一轮探月热潮正在到来,多个国家纷纷制定了雄心勃勃的探月计划,力求在月球的和平开发利用领域争得一席之地。