六、关键技术领域

路线图总结了载人空间探索涉及的6个关键技术领域。(1)推进、着陆和返回技术领域。包括空间低温采集与推进剂储存,液氧/甲烷低温推进,火星进入、下降和着陆,精确着陆和危险规避,烧蚀隔热防护,电推进和功率处理,中级和高级太阳能电池阵列。(2)自主系统技术领域。包括飞船系统自主管理,自主交会对接、接近操作、目标相对导航,近地轨道以远乘员自主性。(3)生保技术领域。包括强化生保可靠性,闭环生保,飞行中环境监测。(4)乘员健康和绩效技术领域。包括长期空间飞行医疗,长期行为健康和绩效,微重力应对措施,深空任务人因和宜居性研究,空间辐射防护。(5)基础设施和支持系统技术领域。包括高数据速率,自适应网络邻近通信,空间授时和导航,低温长寿命电池,综合减尘,低温机电一体化,火星原位资源利用,核裂变发电(行星表面任务)。(6)舱外活动、机动性、机器人技术领域。包括深空航天服,行星表面作业航天服(月球和火星),下一代行星表面机动能力,机器人系统遥操控,与乘员协同工作的机器人。

(中国科学院科技战略咨询研究院 韩淋, 范唯唯)

美国国家科学院发布空间对地观测十年调查报告

2018年1月5日,美国国家科学院发布《在不断变化的地球上繁衍生息:空间对地观测十年战略》报告,提出未来十年地球科学与应用领域的35个关键问题、3类对地观测系统优先研究项目以及若干发展建议。该战略旨在为美国政府未来十年的民用空间对地观测活动提供重要的科学指导和决策支撑。该报告是继2007年美国国家科学院《空间地球科学与应用:美国未来十年及远的紧迫任务》报告之后推出的第二份空间地球科学领域十年调查报告。

一、未来十年空间地球科学与应用的关键问题

报告对全球水文循环和水资源、天气和空气质量、海洋及陆地生态系统与自然资源管理、气候多变性和气候变化、地表和地球内部等5个跨学科专家组的研究结果进行整合,凝练出未来十年地球科学与应用领域的35个关键问题(见表1),并在此基础上提出103个科学与应用目标,根据优先级的不同分为最高(24个)、较高(25个)和高(54个)3个等级,其中与最高优先级目标相关的有15个关键问题。

二、对地观测系统优先研究项目

针对以上35个关键问题,报告建议实施3类对地观测系统研究项目,包括仪器、仪器组件或任务。这3类研究项目包括5个指定研究项目,7个地球系统探索者项目和3个孵化项目。

指定研究项目旨在研究未来十年最具价值的观测目标,由NASA指定其研究中心,或通过由NASA决策的内外部竞争确定研究中心。指定研究项目的观测目标包括气溶胶,云、对流及降水,质量变化,地表生物学,地质学以及地表变形与变化等(见表2)。

地球系统探索者项目是报告建议设置的新的中型项目,采取竞争性遴选、首席科学家领导、在3年或更短时间内发射入轨的方式执行。每个项目预算不超过3.5亿美元,旨在高质量地完成地球系统科学调查,并通过创新、简化和高效的管理办法控制任务成本。报告建议从温室气体、冰高度、海面风和洋流、臭氧与痕量气体、雪深与雪水当量、陆地生态系统结构和大气风等观测目标中遴选出3个项目(见表3)。

表1 未来十年空间地球科学与应用领域关键问题

研究领域1:全球水文循环和水资源	
※	1. 水循环如何变化,随着蒸发量和降水量的增加,蒸发量和降水量的增速是否有变化,这些变化如何影响降雨、降雪和蒸发的时空分布,以及干旱和洪涝等极端事件的频率和量级
※	2. 人为因素导致的气候、土地利用和蓄水作用变化如何影响局地性、区域性和全球性水循环和能量循环,这种影响产生的短期和长期后果
	3. 水循环变化如何影响局地和区域淡水的可获取性,改变溪流生物生命,影响生态系统
	4. 水循环与其他地球系统过程的相互作用对灾害事件和灾害链(如洪水措施、野火、山体滑坡、海岸带流失、地面下陷、干旱、人类健康和生态系统健康)的预测及影响。改善与水相关的极端事件应对策略和缓解措施
研究领域2:天气和空气质量	
※	1. 行星边界层的哪些过程参与空气-陆地表面、空气-海洋表面和空气-海冰表面的能量、动量和质量交换,这些过程如何影响天气预报和空气质量模拟
※	2. 如何将天气和空气质量的环境预测应用于地球系统状态预报,实现提前1周至2个月的预测
	3. 表面特征(海洋和大气动力学、热惯性和水)的空间差异如何改变区域(空气、海洋、陆地、冰冻圈)间转移,进而影响天气和空气质量
※	4. 某时某地形成对流风暴、强降水和云层的原因
※	5. 重要空气污染物的时空结构由哪些过程决定,将对人类健康、农业和生态系统产生什么不利影响
	6. 空气污染的长期变化和趋势由哪些过程决定,将对人类健康、农业和生态系统产生的长期反复和累积影响
	7. 观测到的对流层臭氧变化及其变化趋势由哪些过程决定,将对大气成分和气候产生的影响
	8. 观测到的大气甲烷的变化及其变化趋势由哪些过程决定,将对大气成分和气候产生的影响
	9. 云的微物理特性由哪些过程决定,与气溶胶和降水的关系
	10. 云如何影响地表辐射强迫并帮助实现分钟级到次季节时间尺度的预测
研究领域3:海洋及陆地生态系统与自然资源管理	
※	1. 地球生态系统的结构、功能和生物多样性的具体特征,其在时间和空间上发生的变化
※	2. 生态系统与大气、海洋和固体地球之间的通量(碳、水、养分和能量),其发生变化的原因及过程
※	3. 生态系统中的通量(碳、水、养分和能量),其发生变化的原因及过程
	4. 如何通过碳储量、碳周转和累积生物质计算碳量,主要碳汇是否已经全部量化,其随时间的变化情况
	5. 碳汇是否稳定,是否发生着变化及变化原因
研究领域4:气候多变性和气候变化	
※	1. 未来十年及以远,全球和区域海平面上升情况,冰盖和海洋储热在其中发挥的作用
※	2. 降低因化石燃料排放导致的全球变暖程度的不确定性,提高预测局地和区域气候对自然和人为强迫响应的能力,降低全球气候敏感性的不确定性
	3. 全球碳循环的变化尺度,过去和预估的人为碳排放对相关气候和生态系统的影响
	4. 地球系统对空气-海洋相互作用的响应
	5. 气溶胶的变化(包括与总气候强迫中最大不确定因素—云的作用)如何影响地球辐射收支并抵消温室气体造成的全球变暖,为深入理解气候对多种强迫的响应,如何更好地量化天然和人为气溶胶排放的体量和变化性
	6. 如何显著改进社会相关气候变量的季节和十年尺度的预测精度
	7. 十年尺度的全球大气和海洋环流模式如何变化,这些变化对季节性气候过程、极端事件和长期环境变化的影响
	8. 北极地区观测到的、以及预测在南极发生的气候变化放大对全球海平面上升趋势、大气环流、极端天气事件、全球海洋环流和碳通量产生的影响
	9. 臭氧层如何变化,对地球气候的影响

续表

研究领域5:地表和地球内部	
※	1. 如何在社会相关时间框架下准确预测大规模地质灾害
※	2. 地质灾害如何直接影响地球系统和社会
※	3. 未来十年到一百年,全球沿海地区的局地海平面将如何变化
※	4. 总体变化速率由哪些过程和相互作用决定
	5. 能量如何从地核向地表传输
	6. 深层地下有多少水,如何影响地质过程和供水
	7. 如何改善能源、矿产、土地资源的勘探和管理

※代表最高优先级目标涉及的关键问题

表2 未来十年对地观测系统指定研究项目概况

观测目标	成本上限(2018财年)	项目类型	科学与应用概述
气溶胶	8亿美元	大型	通过研究气溶胶特性、气溶胶垂直剖面和云层特性,了解其对气候和空气质量的影响
云、对流和降水	8亿美元	大型	通过研究云-降水耦合状态和动力学,监测全球水文循环中云降水耦合状态和机制,了解云反馈等相关过程
质量变化	3亿美元	中型	通过测量地球大气层、海洋、地下水和冰盖内部与冰盖之间的质量变化,开展大尺度地球动力学研究
地表生物学与地质学	6.5亿美元	大型	研究地表地质和地表生物学,地面温度/水温,积雪反射率,活跃地质过程,植被特征和藻类生物质
地表变形与变化	5亿美元	中型	研究地震、山体滑坡、冰盖和永久冻土等地表动力学

表3 未来十年对地观测系统地球系统探路者项目概况

观测目标	科学与应用概述
温室气体	二氧化碳和甲烷通量及趋势,在全球和区域范围内量化点源,确定源和汇
冰高度	全球冰特征,包括用于评估海平面贡献的陆冰高度变化,以及用于评估海冰/海洋/大气相互作用的海冰出水高度
海面风和洋流	同步高精度洋流与矢量风,评估海气动量交换、推断上升流、上层海洋混合和海冰漂移
臭氧与痕量气体	全球高空间分辨率臭氧和痕量气体(包括水蒸气,CO,NO_2,甲烷和N_2O)的垂直剖面
雪深与雪水当量	山区高空间分辨率雪深和雪水当量
陆地生态系统结构	陆地生态系统的三维结构,包括林冠覆盖,地上生物质,以及由于森林砍伐和退化等过程造成的地上碳储量变化
大气风	对流层/行星边界层中的三维风,研究污染物/碳/气溶胶和水蒸气、风能、云动力和对流以及大尺度循环的输运

孵化项目旨在支持任务、仪器、技术和测量概念成熟化,此类项目每年将得到2000万美元的资助,观测目标包括大气风、行星边界层、地表地形与植被等。

三、主要建议

报告指出,地球科学与应用是国家信息基础设施的重要组成部分,美国政府应制定一个健全、有弹性、均衡的对地观测计划。NASA、美国国家大气海洋局(NOAA)、美国地质调查局(USGS)应与美国其他机构合作,采取战略性协调的方式推进对地观测计划,高效利用国家资源,并根据机构的不同分工制

定解决未来十年关键问题的具体方案。

在观测项目执行方面，报告建议NASA以对地观测系统优先研究项目为指导，按照5种项目类型开展工作：既定观测项目按计划完成，2018—2027财年总预算不超过36亿美元；指定项目重点解决对整个对地观测计划至关重要的问题；地球系统探索者中型项目服务于优先观测目标；孵化项目侧重于对优先观测能力的投资，包括成立创新基金满足新兴需求；地球风险投资项目将为持续观测的低成本项目提供机会。

在发展国际合作伙伴关系方面，报告建议NASA寻求发展新的伙伴关系；NOAA应加强和扩大国际合作伙伴关系，保障互补能力和运行备份，并将伙伴关系向更完整的观测系统生命周期拓展；USGS应通过参与欧洲哨兵计划等，扩大可持续陆地成像（SLI）计划的影响。

报告建议NOAA充分发掘商业数据资源的优势，创建一种新的政府-商业伙伴关系，并根据需求开辟新的商业模式，制定包括解决国际合作伙伴使用权障碍等问题的方案。此外，建议NOAA与NASA建立灵活的合作框架，以提高NOAA的观测能力和成本效益，遵循分工明确、共同利益、生命周期交互、多学科方法、多方专业知识和合理预算机制等原则实施具体合作项目。

（中国科学院科技战略咨询研究院 范唯唯，韩淋）

政策研讨

NASA 2018年经费增加超出预期

据路透社近日报道，美国国会2018年3月23日投票通过了总额为1.3万亿美元的预算案——2018年综合支出法案。法案连续两年拒绝了总统特朗普提出的削减研究机构预算的提议，很多科研机构的拨款都有显著增加。

根据新法案，NASA 2018年经费为207亿美元，比2017年多11亿美元。NASA科学理事会经费增加了4.57亿美元，增长7.9%，总额为62亿美元。其中5.95亿美元将用于木卫二快帆（Europa Clipper）航天器和后续着陆器的研发。法案要求NASA在2022年前利用太空发射系统（SLS）发射木卫二快帆航天器，2024年前发射着陆器。行星科学项目的经费增加了3.82亿美元。NASA目前考虑在火星2020（Mars 2020）号中加入直升机，新法案为直升机提供了2300万美元拨款。SLS和猎户座（Orion）飞船分别获得了21.5，13.5亿美元的拨款，新法案为SLS建立第二个移动发射平台提供了3.5亿美元拨款。地球科学项目的经费与2017年持平。此前，白宫曾提出取消5项地球科学项目中的4项。这4项为浮游生物、气溶胶、云和海洋生态系统（PACE）任务，气候绝对辐射与折射率观测台（CLARREO）探路者，轨道碳观测站-3仪器（从太空探测二氧化碳）以及深空气候观测台的地球观测仪器。新法案明确表示要继续资助这些项目。由于技术和方案问题，NASA今年初取消了第5个项目——辐射预算工具（RBI）项目。