

2019年空间科学热点回眸

王赤^{1,2}, 杨帆³, 张凤^{3*}, 韩淋³, 范唯唯³, 王海名³

1. 中国科学院国家空间科学中心, 北京 100190
2. 中国科学院大学, 北京 100049
3. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190

摘要 回顾了2019年全球空间科学重要研究进展、美欧俄日等国家/地区最新重大发展战略以及新发射的空间科学重要任务平台, 盘点了天基平台助力首次黑洞直接成像, 宜居带系外行星的大气中存在水, “隼鸟2”号(Hayabusa 2)完成小行星采样, 1年期双胞胎天地对比研究揭示人体空间适应性, 美国明确在2024年前载人重返月球目标, 俄罗斯计划分4个阶段开展月球综合探索与开发、至2040年全面建成月球基地, 中国成功发射“太极一号”空间引力波探测技术实验卫星, 美国成功发射“电离层探测器”(ICON)等重大成果和事件。

关键词 空间科学; 2019研究前沿; 发展战略; 任务平台

空间科学是以航天器为主要工作平台, 研究发生在日地空间、太阳系乃至整个宇宙空间的物理、化学及生命等自然现象及其规律的科学^[1]。空间科学研究突破性地拓展了人类视野和活动疆域, 开创了地面无法实现或受限的全新实验方法, 革命性的新发现源源不断, 为当代科学技术发展做出了重大贡献^[2]。

2019年, 空间科学主要学科领域包括空间天体物理、日球层物理、行星科学、空间地球科学等, 均取得重要研究突破。例如, 天基平台助力实现首次黑洞直接成像; 强伽马射线暴观测有望开启天文

研究新时代; “X射线多镜面-牛顿”(XMM-Newton)发现宇宙早期扩张程度远超宇宙学标准模型预期, 发现目前唯一已知多行星双星系统; 首次发现宜居带系外行星的大气中存在水; 水星和月球的水冰储量或许远超此前预期; “洞察”号(InSight)首次探测到火震信号; “隼鸟2”号(Hayabusa 2)完成小行星采样; “新地平线”号(New Horizons)揭秘柯伊伯带天体“阿罗科斯”的演化、地质和组成; 1年期双胞胎天地对比研究揭示人体适应空间飞行环境造成的各种变化的恢复能力与鲁棒性等。同时美国明确, 提出在2024年前载人重返月球并正式

收稿日期: 2020-01-05; 修回日期: 2020-01-17

基金项目: 中国科学院空间科学先导专项; 中国科学院空间科学战略性先导科技专项(XDA15015700, XDA15015900); 中国科学院科技战略咨询研究院科技重大突破项目(Y9X0701601)

作者简介: 王赤, 中国科学院院士, 研究员, 研究方向为空间物理和空间天气、空间科学与技术发展战略和政策, 电子信箱: cw@spaceweather.ac.cn; 杨帆(共同第一作者), 研究员, 研究方向为空间科技战略、空间科技政策, 电子信箱: yangfan@casipm.ac.cn; 张凤(通信作者), 研究员, 研究方向为科技发展战略与政策, 电子信箱: fzhang@casisd.cn

引用格式: 王赤, 杨帆, 张凤. 2019年空间科学热点回眸[J]. 科技导报, 2020, 38(3): 135-147; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.03.011

启动“阿尔忒弥斯”(Artemis)载人月球探索计划,欧洲航天局(ESA)启动新一轮空间科学长期规划“旅程 2050”,俄罗斯公布月球综合探索与开发计划,日本酝酿未来空间科学和探索路线图,主要空间国家着力刻画未来空间科学和载人探索发展新目标和新图景。

1 2019年空间科学研究进展

1.1 天基平台助力首次黑洞直接成像

2019年4月,“事件视界望远镜”(EHT)国际研究团队宣布成功获得首张黑洞图像(图1),使得爱因斯坦的广义相对论得到了首次实验验证。这张照片的“主角”是位于室女座 M87 星系中心的超大质量黑洞,距离地球 5500 万光年,质量为太阳的 65 亿倍^[3]。这项成果荣膺《Science》2019 年度十大科学突破之首。多项空间任务为这次黑洞直接成像做出了重要贡献,例如“原子核光谱望远镜阵列”(NuSTAR)、“雨燕伽马射线暴”(Swift)、“钱德拉 X 射线天文台”(Chandra)等从多个 X 射线波段对黑洞进行了观测和分析;“费米伽马射线空间望远镜”(Fermi)观测了 M87 中心黑洞的伽马射线辐射变化情况^[4]。中国科学家在早期国际合作推动、望远镜观测时间申请、夏威夷“詹姆斯·克拉克·麦克斯韦望远镜”(JCMT)观测、后期数据处理和结果理论分析等方面也做出了重要贡献^[5]。



图1 M87星系中心黑洞的标志性图像
(图片来源:《Science》网站)

此外,2019年8月,智利、美国及意大利天文学家利用“钱德拉 X 射线天文台”(Chandra),在早期

宇宙中发现迄今为止距地球最远的黑洞存在的证据,该黑洞诞生于宇宙大爆炸后约 8.5 亿年^[6]。研究人员还利用 Chandra 对 9 颗类星体开展了持续 16 h 的观测,其中的类星体 PSO167-13 是人们看到的最远的类星体。

1.2 强伽马射线暴观测有望开启天文研究新时代

2019年11月,“大型大气伽马射线成像切伦科夫望远镜”(MAGIC)探测到伽马射线暴 GRB 190114C 中能量高达 1 TeV 的超高能伽马射线,这一发现促成后续涉及“原子核光谱望远镜阵列”(NuSTAR)等 20 多个天基和地基天文台的联合观测活动。此前在 2018 年 7 月,“高能立体系统”(HESS)探测到伽马射线暴 GRB 180720B 中能量高达 440 GeV 的高能伽马射线。两次强伽马射线暴事件观测暗示在伽马射线生成过程中必然存在其他物理机制在起作用,最可能的解释是逆康普顿散射,但仍有待后续更多观测结果进行验证^[7]。

此外,日本宇宙航空研究开发机构(JAXA)研究团队利用搭载在国际空间站日本“希望”号实验舱舱外的“量热仪型电子望远镜”(CALET),成功实现了对能量高达 50~1 万 GeV 的宇宙线粒子电子能谱的首次高精度直接测量^[8]。

1.3 “X 射线多镜面-牛顿”发现宇宙早期扩张程度远超宇宙学标准模型预期

2019 年 1 月,基于“X 射线多镜面-牛顿”(XMM-Newton)、地基“斯隆数字巡天”(SDSS)等任务对大量遥远类星体的观测数据,科学家发现 120 亿年前宇宙的膨胀程度就已经接近 80 亿年前的宇宙,与宇宙标准模型的预测结果不符,可能需要增加额外的参数来协调设计宇宙膨胀理论。可能的解释之一是,暗能量的密度会随着时间的推移而增加,从而影响宇宙膨胀的速度。这一发现还可能为解释当前宇宙学研究中的一个热点问题——通过不同方法测算出的哈勃常数数值存在显著差异——提供帮助^[9]。

早期宇宙研究是天文学领域持续关注的热点。2019年2月,NASA 为其“探索者”计划(Explorers)选定下一项天体物理学任务——“宇宙历史、再电离时期和冰探测分光光度计”(SPHEREx)(图

2),旨在探测宇宙起源和星系演化,并探索其他恒星周围的行星是否可能孕育生命,任务成本约为2.42亿美元(不包括发射成本),计划于2023年发射,任务周期为2年^[10]。

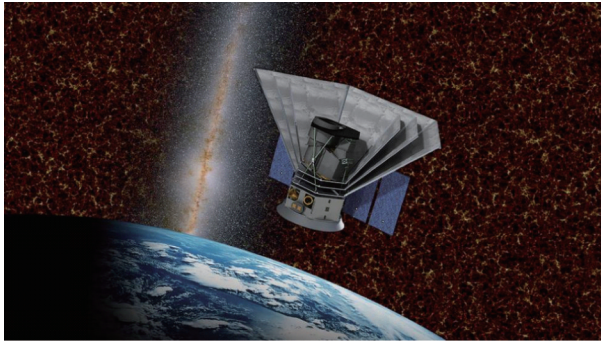


图2 “宇宙历史、再电离时期和冰探测分光光度计”(SPHEREx)任务(图片来源:NASA)

1.4 “开普勒太空望远镜”首次发现宜居带系外行星的大气中存在水

2019年9月,基于“开普勒太空望远镜”(Kepler)和“哈勃空间望远镜”(HST)的观测数据,研究人员在系外行星K2-18b的大气层中发现水蒸气。如果该研究得到进一步证实,这将是已知的唯一一颗大气中存在水且地表温度也可以使水呈液态的系外行星^[11]。

2019年4月,基于“开普勒太空望远镜”(Kepler)的观测数据,研究人员在Kepler-47双星系统中发现了大小介于海王星和土星之间的第3颗行星,Kepler-47系统也因此成为目前唯一已知的多行星双星系统^[12]。研究发现,该系统中的行星密度低于太阳系中密度最低的土星,暗示银河系中由低密度行星密集排布形成的紧凑型恒星系统可能非常普遍。

作为开普勒任务的继任者,NASA“凌日系外行星勘测卫星”(TESS)任务第1年科学探测期间捕捉到了南部天空的全景图,确认29颗行星、发现1000多颗候选行星,系外行星搜寻之旅首战告捷^[13]。

1.5 “哈勃空间望远镜”拍摄到首颗星际彗星2I/Borisov最清晰影像

2019年10月,“哈勃空间望远镜”首次拍摄到截止目前确定的唯一一颗星际彗星、也是人类在太

阳系中观测到的第2个星际天体——2I/Borisov迄今最清晰的影像,揭示出彗星核周围尘埃的中心浓度,将为揭秘行星构造单元的化学成分、结构和尘埃特征提供宝贵的线索^[14]。

“凌日系外行星勘测卫星”(Tess)则拍摄到2018年底彗星46P/Wirtanen爆发全过程的清晰图像,这是迄今对自然发生的彗星爆发过程最为完整和详细的观测^[15]。

1.6 “帕克太阳探测器”公布首批研究成果

2019年12月,《Nature》集中发文报道了“帕克太阳探测器”(PSP)的首批探测成果(图3),揭示出有关物质和粒子行为的新信息,为了解整个星系中活跃恒星提供了新见解^[16-17]。在太阳磁力线研究方面,PSP观测到从太阳扩散出来的磁力线方向发生了翻转,甚至指向太阳本身^[18]。在太阳风旋转研究方面,研究人员发现在距离太阳约3219万km的地方,太阳风的偏转程度比预期强烈,随即很快转变为笔直方向且向外流出^[19]。在宇宙无尘区域研究方面,PSP首次发现太阳附近无尘区域存在的直接证据^[20]。在粒子研究方面,PSP观测到小规模太阳高能粒子爆发和重元素比例较高的稀有类型粒子爆发事件,且这两种类型事件的频率可能



图3 《Nature》发布“帕克太阳探测器”首批研究成果(图片来源:《Nature》)

比预想的更高。

此外, NASA 于 2019 年 6 月为“探索者”计划 (Explorers) 遴选出“日冕和日球层联系偏振探测立方星座”(PUNCH) 和“串联磁重联和极尖区电动力学探测双星”(TRACERS) 两项新任务, 研究太阳如何将粒子和能量送入太阳系, 以及地球对太阳活动的响应, 有助于增进对太阳及其对空间动态影响的理解^[21]。

1.7 “磁层多尺度”任务首次实现行星际激波高分辨率测量

2019 年 8 月, “磁层多尺度”(MMS) 任务首次实现对行星际激波的高分辨率测量^[22]。根据 MMS 在 2018 年 1 月 8 日的观测数据, 研究人员发现不同区域太阳风之间存在相互作用, 首次捕捉到能量转移过程的证据。

2019 年 3 月, 欧洲航天局 (ESA) 科学计划委员会正式批准实施中欧合作“太阳风-磁层相互作用全景成像卫星”(SMILE) 任务, 标志着 SMILE 全面进入工程研制阶段^[23]。SMILE 由 ESA 和中国科学院联合顶层策划, 共同征集、遴选, 并合作开展方案设计、工程研制及数据分析与利用, 将于 2023 年底发射, 运行寿命 3 年。该任务是继地球空间“双星计划”后, 中欧之间又一大型空间探测计划, 开辟了中国空间科学国际合作的新范式。

1.8 月球探测再掀新高潮

NASA 持续推进月球探测和研究。2019 年 3 月, NASA 选择 9 个团队参与分析“阿波罗”(Apollo) 计划采集的月球样本, 旨在增进对月球的理解, 为接下来的月球及以远探索时代做准备^[24]。2019 年 8 月, 基于“信使”号 (MESSENGER) 和“月球勘测轨道器”(LRO) 观测数据, 研究人员发现水星和月球的水冰储量或许远超此前预期, 拥有很厚的冰沉积物的月球环形山有望成为未来月球探测任务的目标^[25]。2019 年 10 月, NASA 宣布计划在 2022 年将“挥发物研究极区探索漫游车”(VIPER) 送往月球南极, 近距离探测水冰的位置和浓度, 对美国载人登月目标地区开展研究^[26]。

2019 年 7 月, 印度发射首个月球南极软着陆任

务“月球航行-2”(Chandrayaan-2)^[27], 轨道器成功入轨并取得多项发现, 但着陆器在下降至距月球表面 2 km 高度处时与控制中心失去联系^[28]。印度计划在 2020 或 2021 年发射“月球航行-3”(Chandrayaan-3) 并实现月球软着陆^[29]。

2019 年 2 月, 以色列发射世界首个商业月球着陆器 Beresheet^[30], 但着陆惜败。

中国“嫦娥四号”成功实现人类探测器首次月背软着陆和就位探测以及首次月背与地球的中继通信, 开启了人类月球探测新篇章。2019 年 1 月, “嫦娥四号”成功着陆在月球背面南极-艾特肯盆地, 并通过“鹊桥”中继星传回世界第一张近距离拍摄的月背影像图, 揭开了古老月背的神秘面纱^[31]。2019 年 5 月《Nature》刊登“嫦娥四号”取得一项重大发现: 研究团队利用就位光谱探测数据揭示月球背面的物质组成, 证实月幔富含橄榄石推论的正确性, 加深了人类对月球形成与演化的认识^[32]。2019 年 11 月, “嫦娥四号”任务团队获得英国皇家航空学会 2019 年度团队金奖, 成为本年度全球唯一获此殊荣的团队, 这也是英国皇家航空学会成立 153 年来首次向中国项目颁发的奖项^[33]。

1.9 火星探测取得新发现

2019 年 2 月, NASA “机遇”号 (Opportunity) 火星漫游器在登陆火星 15 年后, 正式结束任务^[34]。作为迄今在火星表面工作最久的机器人, “机遇”号创造了在火星表面单日行驶最远距离的记录 (220 米), 返回 21 万余张照片, 并在着陆点发现赤铁矿。

2019 年 4 月, NASA “洞察”号 (InSight) 火星着陆器搭载的内部结构地震实验 (SEIS) 地震仪首次探测到火星地震信号^[35], 标志着“火星地震学”这一新学科领域的诞生^[36]。

2019 年 4 月, ESA 发布欧俄合作的“火星生命探测计划 2016 任务”(ExoMars-2016) “示踪气体轨道器”(TGO) 在轨第 1 年的观测成果^[37], 包括大气尘埃对水的影响以及对氢原子向空间逸散的影响, 未能在火星大气中探测到甲烷, 绘制高分辨率火星地下水分布图等。

2019 年 12 月, 基于“火星大气与挥发物演化”

(MAVEN)任务近两年的数据,NASA首次绘制出一颗地外行星的高层大气风环流图,并首次在行星热层中探测到地形引起的重力波波纹^[38]。

1.10 “卡西尼”科学遗产深化对土星系统的认识

2019年6月,《Science》刊载了5篇文章系统介绍和回顾了“卡西尼”(Cassini)探测器科学任务及其最终阶段观测取得的重要发现(图4)^[39]。在最终阶段,“卡西尼”对土星环的近距离遥感观测发现了由土星卫星和土星环粒子之间的引力作用所刻画的复杂特征;通过测量对“卡西尼”探测器的引力作用,并分别解析土星与土星环的影响,确定了土星的内部结构和土星环的质量;“卡西尼”近距离飞越了位于土星环中或靠近土星环的土卫十八、土卫三十五、土卫十五、土卫十七和土卫十一,并发现土星环要比土星年轻得多。



图4 《Science》封面展现“卡西尼”拍摄的飞行在土星A环基勒环缝中的土卫三十五(图片来源:《Science》)

2019年10月,NASA基于“卡西尼”探测器数据,在土卫二喷发出的羽状物中发现了可产生氨基酸的含有氮和氧的有机物,表明土卫二宜居性研究取得新进展^[40]。2019年11月,ESA基于“卡西尼”探测器2004—2017年120次飞越土卫六获取的数据,绘制出首幅土卫六全球地质地图,展现出一个个包含沙丘、湖泊、山脉、平原、陨石坑以及其他地貌

的动态世界^[41]。

此外,NASA于2019年6月宣布遴选出“新前沿”计划(New Frontiers)的第4项任务——利用“蜻蜓”(Dragonfly)旋翼飞行器探索土卫六,对多个地点开展采样和探测,搜寻生命起源及其存在的迹象^[42]。“蜻蜓”包括8个旋翼,是NASA首次在其他行星上为实现科学目标开展飞行的多旋翼飞行器。由于土卫六拥有稠密的大气层,“蜻蜓”将成为首个可将全部科学有效载荷通过飞行送至多个地点的飞行器,从而重复和有针对性地获取行星表面物质。任务计划在2026年发射,2034年抵达土卫六。

1.11 小行星探测取得突破性进展

JAXA“隼鸟2”号(Hayabusa 2)完成小行星采样并踏上归途。2019年2月,“隼鸟2”号首次成功触地小行星“龙宫”,发射钽弹并采集样本^[43];4月发射撞击器^[44],7月成功实施第2次触地,对撞击暴露的物质完成采样^[45]。这是人类首次在小行星上成功完成多次着陆采样,并首次采集到次表层地下样品。2019年11月,“隼鸟2”号飞离“龙宫”^[46]。

2019年元旦,“新地平线”号成功飞越柯伊伯带天体2014 MU69(阿罗科斯),开启了人类探索神秘柯伊伯带的新时代^[47]。2019年5月,《Science》发布“新地平线”号飞越“阿罗科斯”的首份科学成果,揭示了该天体的演化、地质和组成情况:“阿罗科斯”为接触双星,由2个形状不同的瓣组成,其表面特征包括亮斑和斑块、丘陵和低谷及环形山和深坑等,天体表面呈红色,可能是有机物质修饰造成的^[48](图5)。

2019年12月,NASA宣布其首个小行星采样返回任务“起源、光谱分析、资源识别与安全-风化层探测器”(OSIRIS-REx)已经确定采样点——“夜莺”^[49]。任务计划于2020年8月开始预演采样活动,2021年离开小行星Bennu,2023年9月返回地球。

2019年6月,ESA“宇宙憧憬”计划(Cosmic Vision)选出一项新的快速任务——“彗星拦截器”(Comet Interceptor)^[50]。该任务由3个航天器组成,将成为首个探访真正原始的“新”彗星或其他首次进入内太阳系的星际天体的航天器。该任务获得1.5亿欧元资助,计划于2028年发射。



图5 《Science》封面展现“新地平线”号飞越的柯伊伯带天体“阿罗科斯”(图片来源:《Science》)

1.12 国际空间站持续产出科研应用成果

由国际空间站美国国家实验室、NASA 和美国宇航学会联合举办的“2019年国际空间站研究和大会”评选出6项最受瞩目的研究成果,包括:“中子星内部构成探测器”(NICER)开展高精度X射线测量^[51]、用于可控运输治疗药物的纳米通道技术^[52]、识别植物用于感应压力和触发响应的长距离信号传递方法^[53]、用于空间低温储罐设计的微重力理论和实验基础^[54]、基于云的遥感仪器和在轨影像大数据集按需分析系统^[55]和微重力下批量制造高品质光纤^[56]。

NASA从国际空间站各项科研活动在2019年发表的190余篇论文中遴选出9项具有代表性的研究成果^[57]:1年期双胞胎天地对比研究揭示人体适应空间飞行环境造成的各种变化的恢复能力与鲁棒性(图6);对地观测图像支持开展各类研究,获得夜间人工照明会影响城市野生动物的行为等多项发现;三维高分辨率微型荧光显微镜实现在轨观测活细胞;“中子星内部构成探测器”取得确定一个新的瞬态X射线源为黑洞双星系统等天文观测新发现;长期空间飞行导致航天员手动控制能力下降;水泥可以在空间中固化,但孔隙率比地面上的大;AGXX®抗菌涂层可有效预防生物损害;国际空

间站内已经形成微生物群落;在空间中暴露于更强的磁场活动会导致人体产生类似抗衰老效果的反应。



图6 双胞胎研究登上《Science》封面(图片来源:《Science》)

2 2019年空间科学重大发展战略

2.1 美国明确提出在2024年前载人重返月球

美国副总统彭斯于2019年3月在国家空间委员会会议上表示,根据特朗普总统的指令,在未来5年内把美国航天员送上月球是NASA和美国政府的既定政策^[58]。美国将自1972年以来首次重返月球,开展长期探索和应用,为火星任务奠定基础。彭斯强调,首位登月的女航天员和下一位登月的男航天员都将是美国公民,他们将搭乘美国的火箭,从美国本土发射升空,并登陆月球南极。2019年5月,NASA发布《前往月球:NASA月球探索战略规划》报告,正式启动“阿尔忒弥斯”(Artemis)载人月球探索计划,提出2024年前分3步登陆月球南极、2025年后可持续探索月球并筹备前往火星的两阶段探索框架及主要内容^[59]。

2019年4月,美国白宫发布第2版《国家空间天气战略和行动计划》,确定了美国在未来10年改善国家空间天气事件响应能力的战略方向和关键

行动^[60]。在开发并发布准确、及时的空间天气表征及预报技术方面,提出要确定并保障基线观测能力,改进观测和建模能力以进行表征和预报,确保及时向用户发布表征和预报结果。目前,美欧正在联合规划在日-地拉格朗日 L1 点建立增强型空间天气综合观测和预报系统^[61]。

2019年9月,NASA金星探索小组发布2019版《金星探索路线图》,围绕金星探索制定了早期演化和潜在的可居性、大气动力学与组分、地质历史与过程等3个科学目标,并为未来金星探索提供了一个框架,包括使用多种任务模式,例如轨道器、探测器、高空平台、着陆器等,以及利用诸如非金星任务实施飞越等任务机会,对金星的大气、表面和内部进行观测,并为NASA行星科学处和美国国家科学院行星科学十年调查提供建议^[62]。

2.2 ESA启动新一轮空间科学长期规划工作

ESA启动新一轮空间科学长期规划“旅程2050”(Voyage 2050)的制定工作,成立了由科学家组成的高级委员会,并发布专题小组成员和白皮书征集邀请函,高级委员会将在2020年中向ESA科学部提交建议报告^[63]。ESA对空间科学的定义涉及天文观测、行星科学、太阳科学、空间环境研究以及利用航天器开展的科学实验。“旅程2050”的规划周期为2035—2050年,将包括3项大型任务、6~7项中型任务以及若干小型任务及机会任务^[64]。“旅程2050”规划制定将坚持自下而上、同行评审的原则,包括向科学界征集白皮书和确定两级委员会结构。

2019年ESA部长级会议决定未来3年共同投资约125亿欧元开展各项空间活动和计划^[65-66]。ESA空间科学计划投资额在25年来首次获得大幅增长,未来5年共获得28.23亿欧元,以保障ESA顺利实施首个空间引力波探测器“激光干涉仪空间天线”(LISA)及探索黑洞的“先进高能天体物理望远镜”/“雅典娜”(ATHENA)任务,以期在对宇宙基本物理理解方面取得根本性进展。在载人与无人探索方面,ESA将继续支持国际空间站运行至2030年,并为首个环月球轨道空间站“门户”(Gateway)提供空间运输能力和居住模块。

2.3 俄罗斯发布《月球综合探索与开发计划草案》

俄罗斯国家航天集团公司于2019年2月公布《月球综合探索与开发计划草案》,全面阐述了当前地缘政治局势下加强俄罗斯航天界参与月球探索与开发的必要性、月球和近月空间探索所需关键技术、月球和近月空间科学探测计划及应用前景、月球探索技术方案以及2040年前月球和近月空间探索实施阶段^[67]。草案提出将月球作为目标天体、月球极区研究、月球天文学、月球和近月空间的物理条件、将月球作为开发对象、将月球作为测试深空探索技术的跳板、月球上的生物物理学和农业技术等月球科学探测计划主要研究内容,并明确分4个阶段开展月球综合探索与开发,至2040年全面建成月球基地。

2.4 日本政府讨论空间科学技术发展路线图

日本内阁府空间政策委员会于2019年5月召开会议,重点研讨新版《空间科学和探索路线图》^[68]。路线图提出推动日本空间科学和探索发展的4大原则:从推动整个日本空间科学和探索的战略高度进行任务遴选;发挥日本的优势技术力量,明确未来应重点发展的核心技术,进一步提高日本的科技优势;进一步增加空间开发和航天产业等领域的人才储备;在开展国际合作的同时,积极推进与私营企业的合作。会议还重点探讨了天文学和空间物理、太阳系探测和空间工程领域未来发展的整体目标、未来20年发展战略以及未来5年计划开展的项目。

2.5 印度计划在2030年前建成本国空间站

印度空间研究组织(ISRO)主席于2019年6月披露,印度计划在2030年前研制并发射本国空间站^[69]。据初步规划,该空间站重约20 t,航天员可在站内生活15~20天,印方称目前尚未考虑从其他国家寻求帮助。该项目是印度计划于2022年实施的本国首次载人航天任务“宇宙飞船”计划(Gaganyaan)的延伸,印度已经遴选出4名航天员,将前往俄罗斯接受为期1~2年的专业训练^[70]。

2.6 国际空间站多边协调委员会赞同推进“门户”计划

国际空间站多边协调委员会于2019年3月5

日召开会议,回顾自首个舱段发射20年以来,国际空间站计划为人类福祉创造的效益,强调未来载人深空探索应是可负担且可持续的,探讨了对美国提出的“门户”(Gateway)月球轨道站作为探月中转站的共同关切^[71]。多边协调委员会认同“门户”是载人月球探索的下一个关键步骤,可支持月表载人和无人探索活动,并为未来载人火星探索积累宝贵经验。国际空间站多边协调委员会一致赞同推进“门户”计划的开发工作并欢迎各方积极加入。截至目前,日本、欧洲、加拿大等国已明确加入该计划,NASA也于2019年授出“门户”第一个组件合同。

2.7 联合国发布首批中国空间站联合国成员国空间科学实验

中国载人航天工程办公室与联合国外空司(UNOOSA)于2019年6月宣布联合国/中国围绕中国空间站开展空间科学实验的第一批项目入选结果,共有来自17个国家、23个实体的9个项目成功入选,包括伽马暴偏振探测仪、受涡流和声波影响的火焰不稳定性研究、来自个体内健康和肿瘤组织的3D类器官培养物由于空间条件导致的早期突变特征研究等^[72]。

3 2019年新建空间科学任务平台

3.1 中国成功发射“太极一号”空间引力波探测技术实验卫星

2019年8月31日,中国科学院空间科学(二期)战略性先导科技专项首发星——微重力技术实验卫星“太极一号”成功发射^[73]。“太极一号”实现了中国迄今为止最高精度的空间激光干涉测量,成功进行了中国首次在轨无拖曳控制技术试验,并在国际上首次实现 μN 级射频离子和双模霍尔电推进技术的在轨验证。“太极一号”的成功发射和第一阶段在轨测试任务的顺利完成,迈出了中国空间引力波探测的第一步,为中国在空间引力波探测领域率先取得突破奠定了基础。

3.2 俄罗斯成功发射“光谱-RG”空间天文台

俄罗斯于2019年7月13日成功发射俄德合作的“光谱-RG”(Spektr-RG)空间天文台(图7),搭载

两台X射线望远镜,旨在对多种天体进行探测,并详细研究行星际和星系际热等离子体的性质,有助于深化人们对宇宙中物质分布、暗能量在宇宙演化过程中的作用及超大质量黑洞的诞生和发展的认识,计划运行6.5年^[74]。

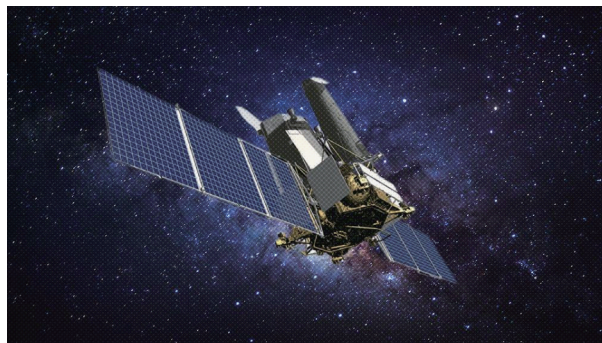


图7 “光谱-RG”(图片来源:TASS)

3.3 ESA成功发射“系外行星表征卫星”

ESA于2019年12月18日成功发射“系外行星表征卫星”(CHEOPS),旨在测量已知围绕明亮恒星旋转、尺寸介于地球和海王星之间的系外行星的体积密度,为未来开展同等质量和体积的系外行星的深入表征研究选择合适的目标对象,有望将系外行星科学提升到一个新高度^[75]。“系外行星表征卫星”是ESA“宇宙憧憬”计划的第一项小型任务,从立项到发射仅有5年时间。

3.4 美国成功发射“电离层探测器”

NASA于2019年10月10日成功发射“电离层探测器”(ICON)(图8)。ICON是首个可以同时跟踪地球高层大气和空间动态环境及其相互影响的探测器^[76-77],将通过原位探测和遥感探测两种方式研究地球电离层的变化,改善对极端空间天气的预测,探明空间环境的物理特性,为减轻电离层对人类社会、技术和通信系统的影响铺平道路。

3.5 美国成功发射“在轨碳观测台-3”

NASA于2019年5月4日成功发射“在轨碳观测台-3”(OCO-3)。OCO-3安装在向国际空间站日本实验舱暴露设施外部,将与太阳同步轨道卫星“在轨碳观测台-2”(OCO-2)协同测量太阳诱导叶绿素荧光(SIF)和全球二氧化碳浓度,为地球碳循环研究带来新观点^[78-79]。OCO-3随国际空间站运



图8 “电离层探测器”(图片来源:NASA)

行,每90 min绕地球一圈、每天绕行16次,可极大地增加测量时间且可以观测不同时间内二氧化碳的情况,有针对性地测量自然界排放的二氧化碳和人为产生的二氧化碳,还可以通过测量太阳诱导叶绿素荧光,研究植被吸收地面二氧化碳的程度以及周围大气的响应情况。

4 结论

2019年,空间科学领域取得重大进展,天基平台为首次黑洞直接成像做出重要贡献,强伽马射线暴观测暗示新机制影响高能伽马射线生成,“洞察”号首次探测到火星地震信号,人类首次完成小行星多次着陆采样,1年期双胞胎天地对比研究揭示人体对空间环境变化的适应性,载人月球探索成为各国重大关切。

展望未来,“事件视界望远镜”有望披露银河系中心黑洞的新结果,“盖亚”空间望远镜(Gaia)计划发布迄今最权威的恒星编目,引力波天文学家将揭示最新观测到的宇宙碰撞的蛛丝马迹。NASA“火星2020”(Mars 2020)、中国“火星一号”、ESA“火星生命探测计划2020任务”(ExoMars-2020)等将带来火星探测新高潮。中国计划执行“嫦娥五号”月面采样返回任务,日本“隼鸟2”号(Hayabusa 2)将携小行星“龙宫”样本送回地球,NASA“起源、光谱分析、资源识别与安全-风化层探测器”(OSIRIS-REx)将采集小行星Bennu样本。2020年空间科学领域将更加精彩纷呈。

参考文献(References)

- [1] 国家自然科学基金委员会,中国科学院. 未来10年中国学科发展战略——空间科学[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] 国家自然科学基金委员会,中国科学院. 中国学科发展战略——空间科学[M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- [3] Event Horizon Telescope. Astronomers capture first image of a black hole[EB/OL]. (2019-10-04)[2019-12-31]. <https://eventhorizontelescope.org/press-release-april-10-2019-astronomers-capture-first-image-black-hole>.
- [4] NASA. Black hole image makes history; NASA telescopes coordinated observations[EB/OL]. (2019-10-04)[2019-12-31]. https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/news/black-hole-image-makes-history.
- [5] 科学网. 科学家终于见到了黑洞的“真身”[EB/OL]. (2019-10-04)[2019-12-31]. <http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2019/4/425039.shtml>.
- [6] NASA. Cloaked black hole discovered in early universe using NASA's Chandra[EB/OL]. (2019-08-09)[2019-12-31]. https://www.nasa.gov/mission_pages/chandra/news/cloaked-black-hole-discovered-in-early-universe-using-nasa-s-chandra.html.
- [7] NASA. NASA's Fermi, Swift Missions enable a new era in gamma-ray science[EB/OL]. (2019-11-21)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/nasa-s-fermi-swift-missions-enable-a-new-era-in-gamma-ray-science>.
- [8] CALET Collaboration, Adriani O, Akaike Y, et al. Direct measurement of the cosmic-ray proton spectrum from 50 GeV to 10 TeV with the Calorimetric Electron Telescope on the International Space Station[J]. *Physical Review Letters*, 2019, 122(18): 181102.
- [9] Risaliti G, Lusso E. Cosmological constraints from the Hubble diagram of quasars at high redshifts[J]. *Nature Astronomy*, 2019, 3: 272-277.
- [10] NASA. NASA selects new mission to explore origins of universe[EB/OL]. (2019-02-14)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-selects-new-mission-to-explore-origins-of-universe>.
- [11] Tsiaras A, Waldmann I P, Tinetti G, et al. Water vapour in the atmosphere of the habitable-zone eight-Earth-mass planet K2-18 b[J]. *Nature Astronomy*, 2019, 3: 1086-1091.
- [12] Orosz J A, Welsh W F, Haghighipour N, et al. Discov-

- ery of a third transiting planet in the Kepler-47 circumbinary system[J]. *The Astronomical Journal*, 2019, 157(5): 174.
- [13] NASA. NASA's Moon to Mars Plans, Artemis Lunar Program gets fast tracked in 2019[EB/OL]. (2019-12-24) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-moon-to-mars-plans-artemis-lunar-program-gets-fast-tracked-in-2019>.
- [14] NASA. Hubble observes 1st confirmed interstellar comet [EB/OL]. (2019-10-16) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/hubble-observes-1st-confirmed-interstellar-comet>.
- [15] NASA. NASA's Exoplanet-Hunting Mission catches a natural comet outburst in unprecedented detail[EB/OL]. (2019-12-04) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/nasa-s-exoplanet-hunting-mission-catches-a-natural-comet-outburst-in-unprecedented-detail>.
- [16] NASA. First NASA Parker Solar Probe results reveal surprising details about our Sun[EB/OL]. (2019-12-05) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/first-nasa-parker-solar-probe-results-reveal-surprising-details-about-our-sun>.
- [17] NASA. NASA's Parker Solar Probe sheds new light on the sun[EB/OL]. (2019-12-05) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/nasas-parker-solar-probe-sheds-new-light-on-the-sun/>.
- [18] Bale S D, Badman S T, Wygant J R. Highly structured slow solar wind emerging from an equatorial coronal hole [J]. *Nature*, 576(7786): 237-242.
- [19] Kasper J C, Bale S D, Schwadron N A. Alfvénic velocity spikes and rotational flows in the near-Sun solar wind [J]. *Nature*, 576(7786): 228-231.
- [20] Howard R A, Vourlidas A, Viall N M. Near-Sun observations of an F-corona decrease and K-corona fine structure[J]. *Nature*, 576(7786): 232-236.
- [21] NASA. NASA selects missions to study our Sun, its effects on space weather[EB/OL]. (2019-06-21) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-selects-missions-to-study-our-sun-its-effects-on-space-weather>.
- [22] NASA. NASA's MMS finds its 1st interplanetary shock [EB/OL]. (2019-08-08) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/nasa-s-mms-finds-first-interplanetary-shock>.
- [23] ESA. ESA gives go-ahead for Smile mission with China [EB/OL]. (2019-03-05) [2019-12-31]. http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/ESA_gives_go-ahead_for_Smile_mission_with_China.
- [24] NASA. NASA selects teams to study untouched Moon samples[EB/OL]. (2019-03-12) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/nasa-selects-teams-to-study-untouched-moon-samples>.
- [25] NASA. The Moon and Mercury may have thick ice deposits[EB/OL]. (2019-08-03) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/moon-mercury-ice>.
- [26] NASA. New VIPER Lunar Rover to map water ice on the Moon[EB/OL]. (2019-10-25) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/new-viper-lunar-rover-to-map-water-ice-on-the-moon>.
- [27] ISRO. GSLV-Mk III - M1/Chandrayaan-2 Mission[EB/OL]. (2019-07-22) [2019-12-31]. <https://www.isro.gov.in/launcher/gslv-mk-iii-m1-chandrayaan-2-mission>.
- [28] ISRO. CHANDRAYAAN 2 latest updates[EB/OL]. (2019-11-13) [2019-12-31]. <https://www.isro.gov.in/chandrayaan2-latest-updates>.
- [29] The Indian Express. Four chosen for manned mission to space, Chandrayaan-3 in 2020 or 2021: ISRO[EB/OL]. (2020-01-02) [2020-01-02]. <https://indianexpress.com/article/technology/science/chandrayaan-3-isro-gaganyaan-k-sivan-6195411/>.
- [30] NASA. NASA is aboard first private Moon landing attempt[EB/OL]. (2019-02-22) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2019/nasa-is-aboard-first-private-moon-landing-attempt>.
- [31] 陈芳, 胡喆. 中国成功实现人类探测器首次月背软着陆[EB/OL]. (2019-01-03) [2019-12-31]. http://www.xinhuanet.com/2019-01/03/c_1210029471.htm.
- [32] 中国科学院国家天文台. 国家天文台基于嫦娥四号探测数据发现月球背面幔源物质初步证据[EB/OL]. (2019-05-16) [2019-12-31]. http://www.bao.ac.cn/xwzx/gdtpxw/201905/t20190516_5296199.html.
- [33] 张代蕾, 金晶. 嫦娥四号任务团队获英国皇家航空学会2019年度团队金奖[EB/OL]. (2019-11-26) [2019-12-31]. http://www.xinhuanet.com//2019-11/26/c_11252776-34.htm.
- [34] NASA. NASA's record-setting Opportunity rover mission on Mars comes to end[EB/OL]. (2019-02-14) [2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/nasas-record-setting-opportunity-rover-mission-on-mars-comes-to-end>.
- [35] CNES. World first French seis instrument detects 'mars-

- quake[EB/OL]. (2019-04-23)[2019-12-31]. <https://presse.cnes.fr/en/world-first-french-seis-instrument-detects-marsquake>.
- [36] NASA. NASA's InSight Lander captures audio of first likely 'quake' on Mars[EB/OL]. (2019-04-24)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-s-insight-lander-captures-audio-of-first-likely-quake-on-mars>.
- [37] ESA. First results from the ExoMars Trace Gas Orbiter [EB/OL]. (2019-04-10)[2019-12-31]. http://www.esa.int/Our_Activities/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/ExoMars/First_results_from_the_ExoMars_Trace_Gas_Orbiter.
- [38] NASA. NASA's MAVEN maps winds in the Martian upper atmosphere that mirror the terrain below and gives clues to Martian climate[EB/OL]. (2019-12-13)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/goddard/2019/mars-wind-map>.
- [39] Science. Special Issue- Cassini's Grand Finale[EB/OL]. (2019-06-14)[2019-12-31]. <https://science.sciencemag.org/content/364/6445>.
- [40] JPL. New organic compounds found in Enceladus ice grains[EB/OL]. (2019-10-02)[2019-12-31]. <https://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?feature=7510>.
- [41] ESA. Global geologic map of Titan[EB/OL]. (2019-11-25)[2019-12-31]. http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/11/Global_geologic_map_of_Titan.
- [42] NASA. NASA's Dragonfly will fly around Titan looking for origins, signs of life[EB/OL]. (2019-06-28)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-dragonfly-will-fly-around-titan-looking-for-origins-signs-of-life>.
- [43] JAXA. Hayabusa2 latest status, the successful first touchdown[EB/OL]. (2019-02-22)[2019-12-31]. <http://global.jaxa.jp/press/2019/02/20190222a.html>.
- [44] JAXA. Operational status of asteroid explorer Hayabusa2's SCI[EB/OL]. (2019-04-05)[2019-12-31]. <https://global.jaxa.jp/press/2019/04/20190405a.html>.
- [45] JAXA. Success of the second touchdown of asteroid explorer "Hayabusa 2"[EB/OL]. (2019-07-11)[2019-12-31]. <https://global.jaxa.jp/press/2019/07/20190711a.html>.
- [46] JAXA. Hayabusa2 departs from Ryugu[EB/OL]. (2019-11-13)[2019-12-31]. <https://global.jaxa.jp/press/2019/11/20191113a.html>.
- [47] New Horizons. New Horizons successfully explores Ultima Thule[EB/OL]. (2019-01-01)[2019-12-31]. <http://pluto.jhuapl.edu/News-Center/News-Article.php?page=20190101>.
- [48] Stern S A, Weaver H A, Spencer J R, et al. Initial results from the New Horizons exploration of 2014 MU69, a small Kuiper Belt object[J]. *Science*, 2019, 364(6441): eaaw9771.
- [49] NASA. X marks the spot: NASA selects site for asteroid sample collection[EB/OL]. (2019-12-13)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/press-release/x-marks-the-spot-nasa-selects-site-for-asteroid-sample-collection/>.
- [50] ESA. ESA's new mission to intercept a comet[EB/OL]. (2019-06-19)[2019-12-31]. http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/ESA_s_new_mission_to_intercept_a_comet.
- [51] US National Laboratory. 2019 ISSRDC Award: Generating high-precision X-ray measurements contributing to multiple discoveries and investigations[EB/OL]. (2019-08-28)[2019-12-31]. <https://www.issnationallab.org/blog/2019-issrdc-award-generating-high-precision-x-ray-measurements-contributing-to-multiple-discoveries-and-investigations/>.
- [52] US National Laboratory. 2019 ISSRDC Award: Development of nanochannel technology for controlled delivery of therapeutics[EB/OL]. (2019-08-28)[2019-12-31]. <https://www.issnationallab.org/blog/2019-issrdc-award-development-of-technology-for-controlled-delivery-of-therapeutics/>.
- [53] US National Laboratory. 2019 ISSRDC Award: Identifying long-distance signaling methods plants use to sense stresses and trigger response[EB/OL]. (2019-08-28)[2019-12-31]. <https://www.issnationallab.org/blog/2019-issrdc-award-identifying-long-distance-signaling-methods-plants-use-to-sense-stresses-and-trigger-response/>.
- [54] US National Laboratory. 2019 ISSRDC Award: Leadership of efforts resulting in a comprehensive theoretical and experimental microgravity foundation for in-space cryogenic storage tank design[EB/OL]. (2019-08-29)[2019-12-31]. <https://www.issnationallab.org/blog/2019-issrdc-award-leadership-of-efforts-resulting-in-a-comprehensive-theoretical-and-experimental-microgravity-foundation-for-in-space-cryogenic-storage-tank-design/>.
- [55] US National Laboratory. 2019 ISSRDC Award: Development of cloud-based system for on-demand analysis of large data sets generated by remote sensing instrumentation and on-orbit imagery[EB/OL]. (2019-08-30)[2019-12-31]. <https://www.issnationallab.org/blog/2019-issrdc->

- award-development-of-cloud-based-system-for-on-demand-analysis-of-large-data-sets-generated-by-remote-sensing-instrumentation-and-on-orbit-imagery/.
- [56] US National Laboratory. 2019 ISSRDC Award: Demonstration of patented hardware for in-space manufacture of ZBLAN fibers[EB/OL]. (2019-09-03)[2019-12-31]. <https://www.issnationallab.org/blog/2019-issrdc-award-demonstration-of-patented-hardware-for-in-space-manufacture-of-zblan-fibers/>.
- [57] NASA. What we learned from the space station in 2019 [EB/OL]. (2019-12-24)[2019-12-31]. https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/what-we-learned-from-space-station-2019.
- [58] Whitehouse. Remarks by vice president Pence at the fifth meeting of the National Space Council | Huntsville, AL[EB/OL]. (2019-03-26)[2019-12-31]. <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/remarks-vice-president-pence-fifth-meeting-national-space-council-huntsville-al/>.
- [59] NASA. Forward to the Moon: NASA's strategic plan for human exploration[EB/OL]. (2019-04-09)[2019-12-31]. https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/america_to_the_moon_2024_artemis_20190523.pdf.
- [60] Whitehouse. National space weather strategy and action plan[EB/OL]. (2019-03-01)[2019-12-31]. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2019/03/National-Space-Weather-Strategy-and-Action-Plan-2019.pdf>.
- [61] UK Space Agency. UK and USA join forces to launch 'space weather' service[EB/OL]. (2019-06-04)[2019-12-31]. <https://www.gov.uk/government/news/uk-and-usa-join-forces-to-launch-space-weather-service>.
- [62] LPI. Roadmap for Venus exploration[EB/OL]. (2019-10-01)[2019-12-31]. https://www.lpi.usra.edu/vexag/reports/roadmap_w_cover_092919.pdf.
- [63] ESA. Voyage 2050: Long-term planning of the esa science programme[EB/OL]. (2019-03-04)[2019-12-31]. <https://www.cosmos.esa.int/web/voyage-2050>.
- [64] ESA. Call for membership of topical teams for the Voyage 2050 long-term plan in the ESA Science Programme [EB/OL]. (2019-03-01)[2019-12-31]. https://www.cosmos.esa.int/documents/1866264/1866292/Call_for_Voyage_2050_Topical_Team_members.pdf/18bff3d0-b754-cf75-bb7d-95a1fb65c301.
- [65] ESA. Space19+, the ESA Council at Ministerial level, in Seville, Spain[EB/OL]. (2019-11-27)[2019-12-31]. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/11/Space19_the_ESA_Council_at_Ministerial_level_in_Seville_Spain2.
- [66] ESA. No 22-2019: ESA ministers commit to biggest ever budget[EB/OL]. (2019-11-28)[2019-12-31]. https://www.esa.int/Newsroom/Press_Releases/ESA_ministers_commit_to_biggest_ever_budget.
- [67] РАН. Решение НТС-СКРАН по вопросу: Концепция российской комплексной программы исследования и освоения Луны[EB/OL]. (2019-2-20)[2019-12-31]. <http://sovet.cosmos.ru/sites/default/files/%D0%A0%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%9D%D0%A2%D0%A1-%D0%A1%D0%9A%D0%A0%D0%90%D0%9D.pdf>.
- [68] 宇宙航空研究開発機構. 宇宙科学・探査ロードマップについて[EB/OL]. (2019-05-22)[2019-12-31]. <https://www8.cao.go.jp/space/comittee/27-kiban/kiban-dai47/pdf/siryu2-1-1.pdf>.
- [69] 俄罗斯卫星通讯社. 印度空间研究组织主席:印度计划在2030年前研制出自己的空间站[EB/OL]. (2019-06-13)[2019-12-31]. <http://sputniknews.cn/science/201906-131028747979/>.
- [70] IndianExpress. Four chosen for manned mission to space, Chandrayaan-3 in 2020 or 2021: ISRO[EB/OL]. (2020-01-02)[2020-01-02]. <https://indianexpress.com/article/technology/science/chandrayaan-3-isro-gaganyaan-k-sivan-6195411/>.
- [71] NASA. Multilateral Coordination Board joint statement [EB/OL]. (2019-03-06)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/multilateral-coordination-board-joint-statement>.
- [72] 中国载人航天. 中国载人航天工程办公室与联合国外空司发布联合国/中国围绕中国空间站开展空间科学实验第一批入选项目[EB/OL]. (2019-06-12)[2019-12-31]. http://www.cmse.gov.cn/art/2019/6/12/art_22_33157.html.
- [73] 中国科学院国家空间科学中心. 我国首颗空间引力波探测技术实验卫星——“太极一号”第一阶段在轨测试任务顺利完成[EB/OL]. (2019-09-20)[2019-12-31]. http://www.nssc.ac.cn/xwdt2015/xwsd2015/201909/t20190920_5393589.html.
- [74] Roscosmos. Spektr-RG put into orbit[EB/OL]. (2019-07-13)[2019-12-31]. <https://www.roscosmos.ru/26563/>.
- [75] ESA. Liftoff for Cheops, ESA's exoplanet mission[EB/OL]. (2019-12-18)[2019-12-31]. http://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops/Liftoff_for_Cheops

- ps_ESA_s_exoplanet_mission.
- [76] NASA. ICON begins study of Earth's ionosphere[EB/OL]. (2019-10-10)[2019-12-31]. <https://blogs.nasa.gov/icon/2019/10/10/icon-begins-study-of-earths-ionosphere/>.
- [77] NASA. ICON mission overview[EB/OL]. (2018-10-18)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/content/icon-mission-overview>.
- [78] NASA. OCO-3 ready to extend NASA's study of carbon [EB/OL]. (2019-05-09)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/jpl/oco-3-ready-to-extend-nasas-study-of-carbon>.
- [79] NASA. NASA's OCO-3 measures how plants grow and glow[EB/OL]. (2019-04-10)[2019-12-31]. <https://www.nasa.gov/feature/jpl/nasas-oco-3-measures-how-plants-grow-and-glow>.

Hot topics review of space science in 2019

WANG Chi^{1,2}, YANG Fan³, ZHANG Feng^{3*}, HAN Lin³, FAN Weiwei³, WANG Haiming³

1. National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China
3. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

Abstract This paper reviews the important research progresses, major strategic adjustments of the United States, Europe, Russia, and Japan, and newly launched space science missions in 2019. The contents include the followings. The space-based platform assisted the first direct imaging of a black hole; Hubble found water vapor on habitable-zone ring; Hayabusa 2 touch down asteroid Ryugu for sample retrieval; the Twins Study showed how human body could adapt to a multitude of changes created by spaceflight environment; the United States set the goal of resending astronauts to lunar surface by 2024; Russia divided its lunar program into 4 phases and planned to complete its development path of lunar base by 2024; China successfully launched Taiji-1 gravitational wave detection experimental satellite; and NASA launched ICON to study earth's ionosphere.

Keywords space science; research front; development strategy; mission ●



(责任编辑 王志敏)