

从月球背面到深邃宇宙 ——2018年太空探索主要进展评述

郑永春

中国科学院国家天文台, 北京 100101

摘要 2018年,人类在太空探索方面取得重要进展。中国“嫦娥四号”探测器成功登陆月球背面,着陆点位于南极艾特肯盆地的冯·卡门撞击坑,实现人类航天器首次登陆月球背面;之后,中国探月工程将在完成月球采样返回后,朝着建设月球科研站的方向前进。在火星探测方面,重点是回答火星上是否曾经有过适宜生命生存的环境及其持续时间,而中国的火星探测器已在研制中,将于下一发射窗口发射升空。在引力波探测方面,中国启动以地面观测为主的阿里原初引力波探测计划以及以空间观测为主的天琴计划和太极计划,有望在这一领域做出重要贡献。多信使探测宇宙、寻找太阳系外的宜居行星是天文和天体物理领域的研究前沿和热点领域,正在酝酿新的突破。

关键词 月球背面;火星生命;引力波;多信使;宜居行星

人类探索星空,既可以发送飞船到太阳系的各个星球附近,开展详细考察,也可以利用地面望远镜和太空望远镜,观测宇宙中的奇异现象。前者属于深空探测,与航天技术的能力和水平密切相关,但由于人类航天器还没有能力飞出太阳系,所以只限于太阳系内的天体。后者属于天文观测,与望远镜的研制能力和技术有关,观测对象主要集中在太阳系外的宇宙空间。

岁末年终,除了感叹岁月匆匆之外,盘点2018年人类探索太空所取得的成就,又不能不为之自豪。

在宇宙中,一个黯淡如尘埃般的星球,有一群脆弱如蝼蚁的物种,时常仰望星空,追索天问:我们为什么在这里?我们从何而来?我们将走向何方?每一年,我们对这些问题的认识都会更深一步,走向太空的步伐也会更加坚定。

1 中国首探月球背面

在人类探索太空进程中,中国人在很长时间里只能担当看客角色,但如今,这个舞台上有了越来越多中国智慧和成就。

2018年,最令人感到自豪的是,中国人在太空中开拓出一片新疆界——月球背面。

2018年12月8日,“嫦娥四号”探测器成功发射。12月12日,“嫦娥四号”在月球附近成功刹车,进入环绕月球运转的轨道。在经历了“嫦娥一号”“嫦娥二号”“嫦娥三号”任务的实践锻炼之后,这些动作已经驾轻就熟。

在“嫦娥四号”奔赴月球之前,2018年5月21日发射的“鹊桥”卫星就已经等在那里,为“嫦娥四号”与地

收稿日期:2019-01-05;修回日期:2019-01-28

基金项目:国家自然科学基金项目(41490633),中国科学院青年创新促进会人才项目

作者简介:郑永春,研究员,研究方向为月球与行星地质,电子信箱:zyc@nao.cas.cn

引用格式:郑永春. 从月球背面到深邃宇宙——2018年太空探索主要进展评述[J]. 科技导报, 2019, 37(3): 35-39; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2019.03.004

球之间的联系提供中继通信。在经历一系列轨道调整之后,“嫦娥四号”于2019年1月3日10:26,成功着陆在月球背面177.6°E、45.5°S附近的预选着陆区。着陆点位于南极艾特肯盆地内的冯·卡门撞击坑。随后,月球车从着陆器驶下,科学仪器开始工作,以着陆器和月球车(也叫巡视器)的两器互拍为标志,“嫦娥四号”任务取得圆满成功。通过“鹊桥”中继星传回的世界第1批月球背面近距离探测数据,正在揭开古老月背的神秘面纱。

月球上有3大地质体,其中两个已经被人类航天器实地探测过,只有位于月球背面的南极艾特肯地体由于着陆难度大之前一直没有被实地探测过。现在,这个地体的首次巡视已经由中国的航天器实现了。接下来的两年内,中国将从月球采集岩石和土壤样品并返回地球。在探月工程“绕、落、回”三步走的目标实现之后,建立月球科考站,实现载人登月的目标已然立在前方^[1]。

在美国,2018年9月,马斯克旗下的太空探索技术公司——SpaceX在官方网站上高调宣布,第1位私人太空旅游的游客已经与他们签约,将乘坐大型猎鹰火箭实现绕月飞行。这位将要进行私人绕月的游客,是日本的艺术品收藏家、网络电商创始人、日本富豪榜排名第14位的前沢友作。虽然这次绕月旅游的票价没有透露,但据估计,这个“旅游团”的集体票价大约为1.5亿美元。

前沢友作将与8位不同领域的艺术家一起同行,包括画家、雕塑家、摄影师、音乐制作人、电影导演、时装设计师、建筑师等。在宣布绕月旅游消息的同时,名为“亲爱的月亮”(dear moon)的艺术项目也已经同步启动。这让人联想到谷歌在10年前宣布启动的太空竞赛“月球X大奖”,只要有人能将航天器送到月球表面,行驶超过500 m,并将高清图像和视频传回地球,就能获得高达2000万美元的奖金。但时至今日,依然没有任何团队在最后期限内实现机器人登月。

作为离地球最近的自然天体,月球的空间位置十分重要,既可以回望地球,又可以借此走向深空。2019年是人类首次登月50周年的重要时刻,相信会有大规模的纪念活动。在政府层面,美国总统特朗普对人类重返月球情有独钟。2017年底,他签署了《太空政策1号指示》,表示美国正在制定方案,将派航天员重返月球,并在那里起步,最终实现载人登陆火星。欧洲空间局也有自己的月球村计划,他们邀请中国参与合作

——计划在2030年把人类送上月球,并采用3D打印技术来建设月球永久基地。

2 火星探测关注生命

北京时间2018年11月27日4:00左右,“洞察号”着陆器成功登陆火星。这是继2012年“好奇号”火星车登陆火星以来,人类航天器又一次成功登陆火星。之前着陆火星的航天器,主要是为了考察火星表面的地形地貌和物质成分,但“洞察号”的使命与它们不同。正如它的名字一样,“洞察号”的主要目的,是为了探测火星内部。为此,它配备了地震仪和热流探测器,专门探测火星内部的地质结构和能量。

最近10来年,人类对火星的探索一直秉持“追踪水的痕迹”,并把它作为最高战略加以推进。这一战略取得巨大成功,不仅在火星上找到了大量水流作用留下的三角洲、冲击扇、干涸的湖泊,甚至还有曾经的小溪流、鹅卵石等证据。在火星的一些特定地区还发现了新近形成的冲沟、峭壁上露出的冰层以及隐藏在极地冰盖下的液态水湖。

自然而然地,火星探测的目标正在从寻找水源逐步转变为寻找生命。然而,火星上至今没有发现任何生命痕迹。研究发现,现在的火星土壤是有毒的,并且紫外线很强,环境严酷,不适合生命的繁衍,但地底下是否会适合生命繁衍?现在的火星上没有生命,但远古时的火星上是否诞生过生命呢?退一步讲,即便火星上没有诞生过生命,那是否曾经有过适宜生命生存的环境呢?这是当前火星探索最重要的主题。不管怎样,在找到生命之前,先要探索火星上过去或现在的环境是否适合生命生存。

2012年登陆火星、2018年消除故障重新启动工作的“好奇号”是一辆火星车,它的真名是火星科学实验室,实际上是一个移动的岩矿化学实验室。“好奇号”配备了3台照相机、4台光谱仪、2台辐射探测器以及1台环境探测器,既可以播报火星上的每日气象,又可以进行钻探取样分析,自动完成地球上岩矿实验室可以完成的大部分分析测试任务,目的是探测着陆点盖尔环形山的水环境,分析细颗粒物质的挥发性成分和有机物成分,分析沉积岩的化学和其他岩石的矿物组成等^[2]。

如今,“好奇号”在火星岩石样品中发现了水合矿

物,证明在距今 33 亿~38 亿年前,火星上曾经长期拥有海洋、河流和湖泊。当加热沉积物时,从释放的物质中检测到一氧化氮,而如果氮元素以这种方式存在,说明一氧化氮可能是硝酸盐分解产生的。2018 年 6 月,加州理工大学的研究团队,在分析形成于 35 亿年前的细粒沉积岩时,发现了 3 种不同的有机分子,证明这一地区在远古时可能是一个湖泊。

在“好奇号”火星车上,有一个机械臂,机械臂的末端携带了 1 枚钻头,可以对火星岩石进行钻探,2013 年实现了有史以来机器人在火星上的首次采样。利用“好奇号”火星车携带的科学仪器,对岩石样品进行分析的结果显示,岩石样品中含有硫、氮、氢、氧、磷、碳等与生命相关的元素,说明在环境适宜的情况下,火星是有可能发育出生命的。

结合两方面的证据,就会发现新的问题:火星上至今没有发现生命,究竟是因为适宜生命繁衍的气候持续时间不够长、生命来不及诞生,还是曾经发育过初等生命,但现在这些曾经的生命痕迹已经消失了呢?这一问题依然在探索。

3 寻找宜居行星

系外行星是天文和天体物理研究的重点,从 2013 年起就一直位居这一领域的十大前沿热点。虽然早在 1855 年,就有天文学家宣称发现了系外行星,但直到 20 世纪 90 年代,寻找系外行星的努力仍然一无所获。1995 年,日内瓦大学的 Mayor 和 Queloz 采用视向速度法,发现了围绕主序恒星、质量与木星相似的第 1 颗系外行星——“飞马座 51b”(51 Pegasi b),开启了系外行星研究的序幕。

近 20 年来,利用视向速度法、凌星法、微引力透镜法、直接成像法等已经发现了约 3800 颗系外行星,还有几千颗候选系外行星有待确认。其中,大部分系外行星是 2009 年发射的“开普勒”太空望远镜发现的,“开普勒”望远镜耗资约 6 亿美元,是世界上首个专门用于搜寻系外行星的航天器,借助高精度的测光能力,它对天鹅座和天琴座约 10 万个恒星系统进行了搜寻,获得了最像地球的系外行星、最像太阳系的恒星系统等一系列重大发现,使系外行星研究进入新时代。

2018 年 4 月 19 日,“泰丝”望远镜发射升空,这架耗资约 3.37 亿美元的太空望远镜,成为“开普勒”望远镜

的接班人。“泰丝”搭载了 4 台宽视场相机,将覆盖全天 85% 的视场,在为期 2 年的任务期内,将逐一测绘南、北天球的各个天区,主要搜寻 30~300 光年内的系外行星。由于这些目标与我们距离较近,科学家有望采用光谱学方法,测定系外行星的质量、密度和大气成分等。相比“开普勒”,“泰丝”发现系外行星的能力有更大提升。

未来,随着一系列以搜寻系外行星为目标的“利器”陆续发射和投入运行,预计系外行星将持续成为天文领域最受关注的研究主题之一。然而,中国科学界还没有对这一方向给予足够重视,仅有零散研究,缺少整体布局,国内外差距正在逐步扩大。

4 引力波探测迎来中国军团

探索宇宙的前沿热点,可以精炼地概括为“一黑两暗三起源”:一黑指黑洞,两暗指暗物质和暗能量,三起源指宇宙的起源、天体的起源与生命的起源。

2016 年,人类首次直接探测到引力波,媒体将其形容为两个黑洞并合时产生的宇宙“涟漪”;2017 年,人类首次探测到两颗中子星并合产生的引力波。这两项成果证实了爱因斯坦广义相对论的最后一项预言,开启了引力波天文学的新时代。2017 年度诺贝尔物理学奖授予激光干涉引力波天文台(LIGO)合作组的 3 位科学家,是对人类探测到引力波这一重要成就的认可。

作为引力波探测的后起之秀,中国科学家开始努力进行后发赶超。中国科学院高能物理研究所在西藏牵头实施阿里原初引力波探测计划,将在阿里地区海拔 5250 m 的高原上建设探测宇宙微波背景辐射的偏振望远镜,对北半球天区导致极早期时空量子涨落的原初引力波进行精确测量。

地面已有布局,太空也不能落后。在太空中探测引力波虽然技术难度大,却可以消除地面噪声的干扰。中国目前有 2 项这方面的计划正在推进:一项是太极计划,由中国科学院牵头,计划在 2033 年左右将 3 颗卫星组成的探测星组发射到太空,形成一个边长约为 300 万 km 的正三角形;另一项是天琴计划,由中山大学牵头,同样由 3 颗卫星组成,但探测手段不同。2018 年,天琴计划的地面模拟装置已经正式立项,总投资超过 10 亿元。

在人类首次探测到引力波之后,国内外都在推动

建设探测引力波的新的科学装置,希望这些装置之间能够各有侧重、优势互补,避免不必要的重复和浪费;同时,应重点关注产生引力波的源头,如黑洞并合、中子星并合等天文过程,进行地面观测和模拟。

5 多信使探秘宇宙

现代天文研究一个很重要的特点是,强烈依赖大型、精密、昂贵的仪器装备,大量的研究成果与高精尖的观测设备之间存在高度的相关性。其实不仅是天文,其他科研领域也都如此。

在研究宇宙起源和天体演化的过程中,高能宇宙线、中微子和伽马射线,都扮演着信使角色,通过它们,可以了解动荡的宇宙正在发生什么。中微子反映出宇宙中发生的复杂过程,宇宙线显示剧烈活动的强度和速度,而高能伽马射线则用于标记中微子和宇宙线的来源。

南极的“冰立方”中微子天文台和“费米”伽马射线太空望远镜是研究高能中微子和伽马射线的主要设备。“冰立方”位于南极冰原2.4 km深的冰层之下,是全球最大的中微子望远镜,主要探测穿过地球表面的中微子。有了“冰立方”这样的设备,才能获得中微子探测数据。2013年,科学家宣布“冰立方”首次捕捉到太阳系外的高能中微子;2016年,又首次探测到起源于银河系之外的高能中微子;2017年,它再次捕捉到1个高能中微子。

这些中微子来自哪里呢?这就需要“费米”伽马射线望远镜的支持了。“费米”的主要任务是持续监测整个天空中的伽马射线,有了“费米”这样的设备才能获得伽马射线数据。伽马射线的探测数据与高能中微子的探测数据之间可以进行对比研究,以揭示宇宙的奥秘。2018年7月,科学家利用“费米”的探测结果证实,“冰立方”发现的高能中微子来源于一个遥远星系中的超大质量黑洞,这是人类首次确定极高能中微子的来源。

就像人类诊断疾病需要借助验血、B超、CT等多种检查手段一样,如今很多的天文发现都要用多种手段进行诊断,才能揭示它们背后的物理机制,这意味着多信使天文学越来越重要。

1989年发射的宇宙背景探测者(cosmic background explorer, COBE)卫星首次证实,宇宙微波背景辐射水平的变化非常精确地符合温度为2.73 K的黑体辐

射谱,表明当今宇宙起源于一个高温高密度的极早期态。2006年,这一成果获得了诺贝尔物理学奖。

2001年发射的“威尔金森”微波各向异性探测器(wilkinson microwave anisotropy probe, WMAP)更加精确地测量了宇宙微波背景在各个方向上的温度涨落,对限制宇宙学组分起到关键作用,确立了标准宇宙学模型及其各个组分的组成,使人类进入精确宇宙学的年代。

2009年发射的“普朗克”探测器,是第3代宇宙微波背景观测卫星,从红外到微波,高精度观测宇宙微波背景温度的涨落和各向异性。通过一以贯之的持续努力,人类对宇宙微波背景的认识提高到了新层次,这些研究成果对标准宇宙学模型的6个参数提出了更加严格的约束。

20世纪90年代,人类观测到宇宙正在加速膨胀,但这一结果用现有理论无法解释,从根本上颠覆了人们对宇宙的认知。虽然有很多种理论可以解释这一现象,但暗能量无疑是其中最合理的解释。可是暗能量究竟是怎么产生的?它的本质究竟是什么?我们对暗能量的未知远多于已知,这些问题还远未有答案。

同一片星空下,我们拥有共同的梦想。太空探索一方面拓展了人类的认知疆界,另一方面提升了人类的技术能力,成为新的探索起点。因此,太空探索事关人类福祉,本质上是全人类共同的事业,需要世界各国加强合作、共同努力。

宇宙就像无边的大海,而我们生活的地球,只是汪洋大海中的一个小岛。“岛上”居民的存续和“小岛”的未来,取决于我们对这片“大海”的理解。这就是人类探索太空的价值。

参考文献(References)

- [1] 吴伟仁, 王琼, 唐玉华, 等. “嫦娥4号”月球背面软着陆任务设计[J]. 深空探测学报, 2017, 4(2): 111-117.
Wu Weiren, Wang Qiong, Tang Yuhua, et al. Design of Chang'E-4 lunar farside soft-landing mission[J]. Journal of Deep Space Exploration, 2017, 4(2): 111-117.
- [2] Rice M S, Gupta S, Treiman A H, et al. Geologic overview of the Mars science laboratory rover mission at the Kimberley, Gale Crater, Mars: Overview of MSL at the Kimberley[J]. Journal of Geophysical Research Planets, 2017, 122(1): 2-20.

From far side of Moon to deep universe: Review of main progress of space exploration in 2018

ZHENG Yongchun

National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract We review the significant progress in space exploration in this article. China's Chang'E-4 lunar lander and rover successfully landed on the far side of the moon with the landing site in the von Carmén crater in the South-Pole Aitken Basin. This is the first spacecraft that landed on the far side the moon. As planned, Chang'E-5 will return lunar rocks and soil samples in 2019. Subsequently, China's Lunar Exploration Program is going to construct a lunar research station in the future. In terms of Mars exploration, the key task is to answer whether there was a suitable environment for life on Mars and its duration. China's Mars probe is already under development and will be launched in the next launch window. In terms of gravitational wave detection, China is launching the Ali original gravitational wave detection plan which is based on ground observation. Meanwhile, two plans on gravitational wave detection in space have been proposed, called the Taiji plan and Tianqin plan. They are expected to make important contributions in this field. Observation of universe by multi-messengers and searching for habitable exoplanets are the frontiers in the field of astronomy and astrophysics. New breakthrough is forthcoming.

Keywords the farside of the Moon; martian life; gravitational waves detection; multi-messengers; habitable exoplanets ●



(责任编辑 王丽娜)