

从地球到行星

宋玉环 魏 勇

(中国科学院地质与地球物理研究所 100029)

一、人类的家园——地球

地球有着45.6亿年的演化史,最初的7亿年是地球的黑暗时代,经历了大量的火山活动、陨石和彗星的撞击;在38.5亿~7亿年前,地球基本是一个微生物的世界;从5.4亿年前寒武纪生命大爆发到现在是动物和植物快速演化和繁盛的时期;目前,地球已演化成一个具有高等智慧生物的星球。

地球可分为内外两个部分,包括多个圈层。外部有磁层、大气层、水圈、生物圈和岩石圈;内部主要包括地幔和地核。最为神秘的地核又分为两部分,外核是液态的,而地球演化历程中比较重的铁镍等物质聚集到地球的中心形成了固态内核(图1)。由于科学技术手段的局限性,我们对地球的了解,还停留在地表,迄今为止,直接钻探深度只有地下12 km。

作为太阳系唯一具有生命的宜居行星,地球的宜居性是经过亿万年的演化而来的。为了回答人类从哪里来和向哪里去这样的哲学终极问题,人们对地球的演化进程,以及生命的起源,始终充满了好奇。地球之外是否还有生命的存在?它们的演

化对理解地球演化是否有借鉴意义?人类将来能否发现有其他可移居的星球?所有这些问题,激发人们无穷的想象,也促使人们为之不断的努力去认识地球和它的“兄弟们”(图2)。

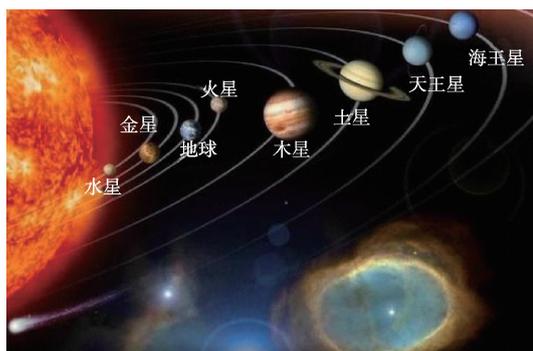


图2 太阳系八大行星排列示意图(图片来自网络)

由于在地球上很难找到年龄早于38亿年的岩石,对于研究地球的早期演变和宜居环境的形成过程,在地球上能够找到的线索并不多。所以,传统的地球科学对地球早期演化的研究受到了太多的限制,须将地球置于太阳系的全局考虑,从地球外的其他星球上寻找相关证据。20世纪,地球科学最伟大的成就之一——板块构造理论解释了地球演化的基本格局,将地球作为一个整体的星球来研究;同时板块构造理论架起了地球科学与考古学的桥梁,为恢复大洋洲岛屿人类迁徙提供了关键证据。板块构造理论使我们从局部到整体提升了对地球的理解,是地球科学史上的一个思想高峰。

二、走出地球看太空

在现代科学诞生之前,人们认为地球是太阳系的中心,即地心说。1543年,哥白尼(1473~1543)论

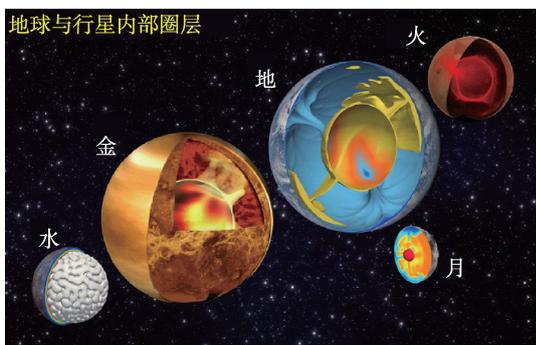


图1 地球与行星内部圈层结构示意图(图片来自网络)

证了日心说理论,即地球,是绕着太阳旋转并且自转。1609年,伽利略(1564~1642)将望远镜对向了星空,开展天文学观测,用来观察行星的运行规律。他观测到月亮表面凸凹不平,太阳存在斑点,木星有多颗卫星绕其旋转等现象。伽利略的发现,为实现从“地心说”到“日心说”提供了关键证据,伽利略也被后人称为“现代科学之父”和“行星科学之父”(图3)。

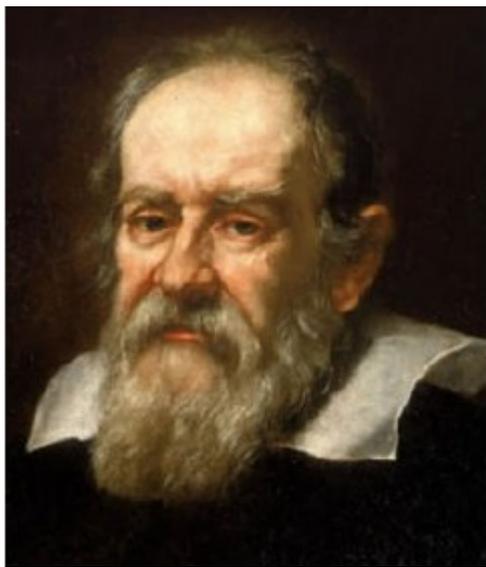


图3 行星科学之父伽利略(1564~1642)

前苏联科学家、航天之父、现代宇航学奠基人康斯坦丁·齐奥尔科夫斯基曾预言“地球是人类的摇篮,但人类不可能永远被束缚在摇篮里”。如果说伽利略是通过望远镜来观测行星运动的规律,那么火箭技术的进步,则实现了人们到太空探测其他星球的梦想。

1947年,美国人把照相机装载在二战中缴获的德国火箭上,将其发射到超过100 km的高度,人类第一次看到了弧形的地平线,“行星地球”的观念开始萌芽。之后,美国和前苏联在走出地球、探索太空的进程中,各领风骚几十年。

前苏联科于1957年10月4日发射了世界上第一颗人造地球卫星,尽管只是一颗83.6 kg、携带一台无线电发送器的“最简单的卫星”,但是第一颗人造地球卫星的成功发射是人类迈向宇宙道路的重

要一步。1961年4月12日,前苏联航天员尤里·加加林乘坐东方1号飞船完成了绕地球飞行一周的壮举,全部用时108分钟,成为进入地球轨道的第一人。

月球是迄今为止开展探测最多的地外天体(图4)。1969年7月20号,阿波罗11号飞船登陆月球表面,宇航员阿姆斯特朗通过广播向全世界说了那句振奋人心的话:“对人来说这是一小步,但是对人类来说这是一大步。”此后,“阿波罗登月计划”前后6次将宇航员送上了月球,采回382 kg月壤,并在月球表面进行了大量的科学实验。阿波罗登月计划的巨大成功,吸引了全世界人们的目光,产生了极大的公众影响力,在全世界尤其美国,对人才培养也逐渐形成了自己的体系,一门新的学科——行星科学诞生了。我国从20世纪90年代开始,明确提出了以月球探测为主的深空探测目标,即以“绕、落、回”三步走来完成的探月工程(即“嫦娥工程”)。

60多年以来,人类向太空发射了上百颗的行星探测器,对太阳系的众多行星开展了各式各样的探测研究,展示了丰富多彩的太空世界。对行星的不同圈层环境、不同时空尺度的物理过程、对生命演

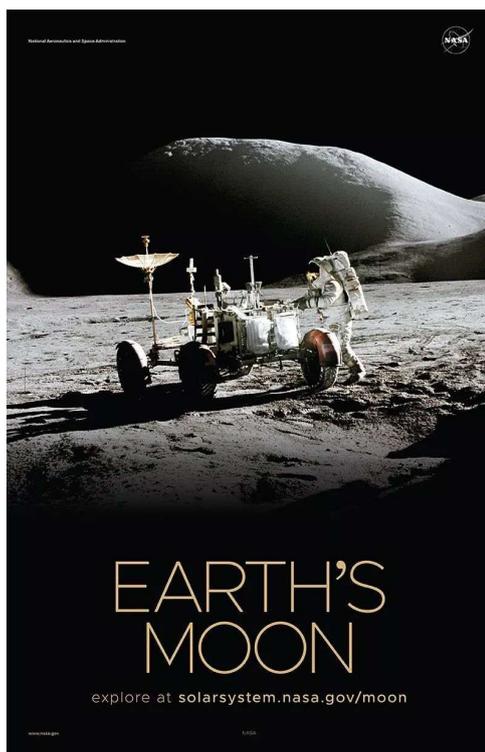


图4 宇航员登陆月球(图片来自NASA)

化的认识越来越深入。

水星是距离太阳最近的行星,表面没有大气,温度高,温差大,水星有明显的磁场存在。因距离太阳过近,太阳引力巨大,进入水星探测需要极大的速度,在现有的技术水平下,只能通过借力飞行,才能够将探测器推入水星轨道。美国在1973年发射的“水手10号”探测器,经过三次飞越水星,完成了对水星的普查性探测,显示水星表面没有大气,具有明显的内部磁场。2004年美国宇航局和欧洲航天局联合发射了第二颗水星探测器“信使号”,执行飞行任务11年,完成了对水星全球测绘和磁场建模,探测结果显示水星极区存在水冰,内部可能存在铁核。2018年,欧洲航天局与日本宇航机构联合开展了第三次水星探测工作,命名为“贝皮-科伦坡号”,预计2025年进入水星轨道。

金星在半径和体积上,略小于地球,是除太阳和月亮以外,夜空中最亮的天体。金星没有卫星,每到夜晚,金星过热的表面会发出一种淡淡的红光,加上金星上火山活动较多,总给人一种地狱般的感觉。1961~1983年,前苏联曾经对金星开展了十几次的探测发射,最著名的“金星13号”探测器在金星表面工作了127分钟,拍摄了大量金星表面的图像,并且对金星表面的土壤进行探测。结果显示,金星表面温度高达460度,大气层CO₂占97%,金星是个等温的星球,没有春夏秋冬之分,大气压是地表的90倍;探测还发现,因为金星的温度和大气压,使得金星上很多现象与地球上想象的有所不同,如金星上有云,有雨(酸雨),还有雪(金属雪),有打雷也有闪电。就是这样一个行星,吸引着科学家的好奇。2005年欧洲航天局发射的“金星快车号”探测器在轨运行8年,后因燃料耗尽坠入金星大气。2010年日本发射了“拂晓号”金星探测飞船,主要科研目标为金星大气、研究金星硫酸云的成分。2035年,美国和俄罗斯将联合发射金星探测器,拟在金星大气层探测3年。

与地球相比,火星的大气稀薄而寒冷,大气密度比地球少很多。在太阳系的行星中,火星被认为

与地球演化经历最可能相似(图5)。所对,对火星上是否有生命的存在,吸引着科学家的目光,世界各国纷纷开展对火星的探测。火星环境复杂,探测任务风险高,造价高昂。1964年,美国的“水手4号”火星探测器第一次飞越了火星,并向地球传回了第一张地球以外其他星球的照片,照片显示火星表面布满了陨石坑。1976年美国“海盗-1”号探测器在火星表面软着陆,它在火星表面工作了6年,1982年与地球失去联系。2012年,美国“好奇号”探测器在火星表面着陆,是目前进入火星的最大块头的火星探测器,重达1541 kg。从天文学来说,大约每26个月,会有一次“火星冲日”的天文现象,届时太阳、地球和火星位于一条直线上,选择在这个时间发射,探测器飞行的路线最短,燃料最节省。2020年将会有“火星冲日”的天文现象,同时,中国、美国、印度和阿联酋将分别发射火星深空探测器。美国总统特朗普在2017年签署法案,要求美国宇航局在2033年实现送人上火星。

木星是太阳系中体积最大的一颗行星,质量是地球的318倍,体积是地球的1316倍。有7次对木星的飞越探测,即探测其他行星的飞船在飞越木星时顺便对其进行观测,“卡西尼号”就是一个典型的案例,“卡西尼号”原本是为探测土星而发射的,在飞越木星时观测到木星大气细微的气流结构。



图5 火星(照片来自NASA)

1989年发射的“伽利略号”探测器是对木星的第一次专门探测，“伽利略号”在轨飞行14年，探测结果显示木星大气深层甲烷、氨和硫化氢的混合比高于太阳大气的丰度。2011年发射的“朱诺号”探测器是对木星的又一次探测，旨在探测木星的大气成分、大气动力学温度以及木星内部结构等。2022年，欧洲航天局将发射“木星冰月探测器(JUICE)”，预计2029年10月到达木星，随后将花4年时间对木星进行探测；2029~2032年，中国将择机发射木星探测器。

土星的体积仅小于木星，也是一颗巨行星。早在伽利略时期，即观测到土星有两个“耳朵”，就是被后人确认的土星环，所以人们形容土星是一个自带“金草帽”的行星，深受天文爱好者的喜欢(图6)。美丽的星球自然吸引着科学家们的无限遐想，1997年“卡西尼号”探测器被送上太空，经过7年的飞行后抵达土星轨道，是唯一进入土星轨道的探测器。“卡西尼号”探测器在轨运行13年、拍摄图片43.6万张、发现了6颗新的卫星，在燃料耗尽前22次穿越土星和土星环之间的缝隙，为土星探测提供了大量的科学数据。“卡西尼号”探测器在土卫六上发现了液态烃海洋，在土卫二上发现了喷泉，意味着土卫二上有液态海洋的存在。2025年，美国宇航局将发

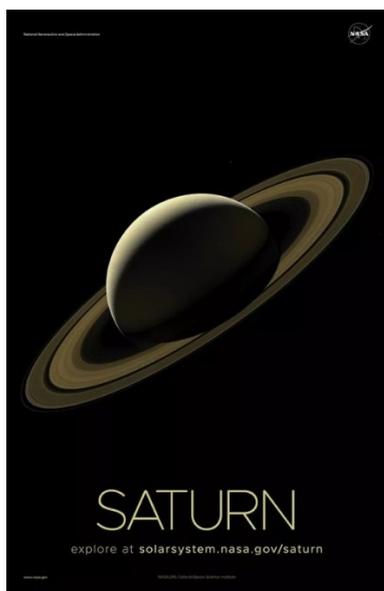


图6 戴着“金草帽”(土星环)的土星(图片来自NASA)

射新的土星探测器。

对天王星的探测较少。美国宇航局的“旅行者2号”在1986年对天王星进行了首次飞越探测。探测表明，天王星表面很暗，阳光很微弱，有磁场存在，大气中含有氢、氮、氧和碳，并推测天王星表面被冰和溶解的氨形成的海覆盖着。同时观测到天王星有15颗卫星，有些卫星上有火山活动、地质活动，有的卫星上有山峰、盆地、火山口和断崖，有的卫星上还有许多撞击坑。

海王星距太阳最远，白天短黑天长，亮度很低，是太阳系最冷的地方。海王星是数学家计算测算出来的星球，它有地球4倍大，因含有甲烷，海王星呈现为一个蓝色的星球。迄今为止，只有“旅行者2号”探测器到访过海王星。

三、行星科学人才培养迫在眉睫

深空探测是20世纪人类最伟大的创举，取得了辉煌成就，彰显了人类的攻坚克难的探索精神。时至今日，深空探测对于国家民族的发展也越来越重要。

2017年，特朗普宣布美国的航天发展目标是“要把人类的触角拓展到深空、包括月地空间、火星表面与其卫星以及更远的地方”、长期目标是“拓展人类在近地轨道之外的永久存在”，包括在另一个天体上建立潜在的人类栖息地，发展21世纪太空经济。2020年1月14日，美国宣布成立第六大军种——太空军。太空军的成立，预示着美国把战略目标瞄准太空并不断加强军事力量的构建。

美国在深空探测领域取得的巨大成就，与其遥遥领先的行星科学人才培养体系是分不开的。1960年，美国亚利桑那大学成立了月球与行星科学实验室，1972年设立了行星科学系，这两个机构至今依然是世界上深空探测领域人才培养的摇篮与基地。其办学模式就是科学家上讲台，在学研究生进入实验室，参加探测计划的科研工作，即今天最流行的“科教融合”的培养模式。

我国从1970年发射第一颗人造地球卫星开始，

已经是世界上第五个能制造和发射人造卫星的国家。与欧美国家相比,我国深空探测基础薄、起步晚,但是起点相对较高。尤其是《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》明确提出“要加强深地、深海、深空、深蓝等领域的战略高技术部署”。国家深空的战略需求,对行星科学学科建设、人才培养、科学研究等都提出了更高的要求。

中国只有自己培养出中国自己的深空探测人才,才能更好地服务中国的深空探测需求。而目前,我国没有一个行星科学系统的人才培养体系,相关人才分布在地球科学、天文学以及其他基础类一级学科。中国,迫切需要开展行星科学一级学科建设,培养出一批中国的行星科学人才。

为适应当前地球与行星科学人才培养的发展趋势,中国科学院大学(以下简称“国科大”)于2018年2月将地球科学学院更名为地球与行星科学学

院,2018年12月启动自主设置行星科学一级学科。建设论证工作,经论证,建议行星科学一级学科下行星物理学、行星地质学以及行星化学三个二级学科,并下设若干研究方向,内容覆盖深空探测的各个领域。

国科大以“科教融合、育人为本、协同创新、服务国家”为办学理念,与中国科学院直属研究机构在管理体制、师资队伍、培养体系、科研工作等方面高度融合,地球与行星科学学院由中国科学院地质与地球物理研究所承办。正是在这样一种符合国际学科建设发展潮流的办学模式下,中国科学院大学联合国内二十几家高校共同发起,成立了中国高校行星科学联盟。联盟的成立,旨在联合全国高校共同建设行星科学一级学科,形成一个有中国特色的行星科学人才培养体系,从而使我国从深探测大国迈向行星科学强国。



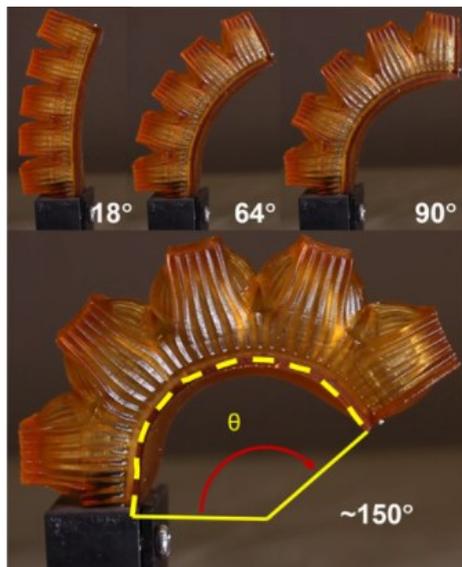
科苑快讯

机器人也能通过出汗来散热

不管气味有多难闻,你都应该感谢自己在大热天流汗的能力——没有它,你的身体将很难散发那些热量。不幸的是,迄今为止,大多数机器人还没有类似的高效冷却系统。

从汗流浃背的人类身上获得灵感,研究人员为一个柔性机器人抓手创造了一个这样的系统。他们利用3D打印机创建了一个内部液体容器,并在表面添加小孔。当温度升高时,手指状握柄就会膨胀,导致小孔扩张并排出液体。

当液体(这里是水)蒸发时,夹具冷却下来。更重要的是,在风扇吹来的风中,出汗机器人的散热速度是不出汗机器人的6倍,甚至超过了人类的散热能力。研究人员在《科学·机器人》(Science Robotics)期刊上做了报告。新系统并不会发出异味,但是如果科学家们有朝一日在这种混合物中加入信息素,它就会出现异味。



(高凌云编译自2020年1月29日 www.sciencemag.org)