

意大利天文学家斯基亚帕雷利的火星地图。版权/Wiki

太阳系里寻寻觅觅

文/郝记华、夏蒙蒙、潘路

探讨太阳系中的海洋星体，以及地外生命的可能性。

水是构成生命体最主要的物质。所有已知的代谢、繁殖等生命活动都离不开水的参与。实际上，液态水的存在是地球之所以能孕育出生命的关键条件。因此，当我们仰望茫茫星空，探寻是否有合适人类生存的地外家园，憧憬着是否有外星人等地外生命的时候，首要目标往往是寻找液态水。

遗憾的是，除了地球之外，目前来看太阳系其它几个行星表面都太冷或太热，无法长期拥有液态水。但是，这种情况并不是一成不变的。例如，在太阳系的早期，大约距今45亿至37亿年前，年轻火星（或金星）表面可能有大量的液态水存在，甚至有可能形成大规模的海洋。有意思的是，在同样的时间里，地球上孕育出了最早的生命。由于火星与地球的距离较近，各种地质

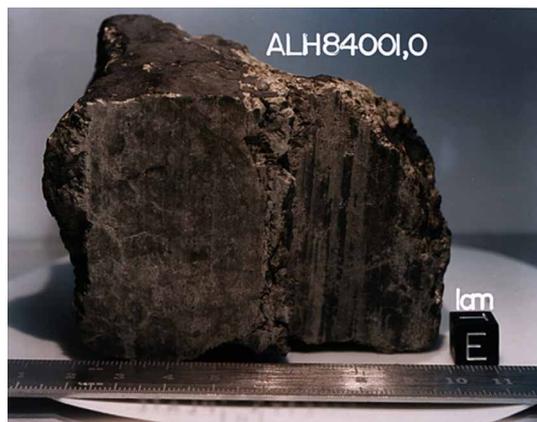
环境条件类似。因此，目前有很多学者认为年轻的火星可能有适宜生命起源或者生存的环境。

关于火星是否有生命的探讨，最早源于一个美丽的错误。早期人们通过望远镜观察火星表面，发现了各种各样的线条结构。1877年，意大利天文学家斯基亚帕雷利（Giovanni Schiaparelli）做过观测记录。然而，人们从意大利语翻译成英语的时候，河道（canali）被误译成运河（canal）。一时间使得当时的人们产生火星上有很多小人在挖运河的错觉。之后，有关火星生命的讨论就从未停歇，只是大部分还停留在猜测和臆想的阶段，没有实际的科学证据。

近些年，科学家利用先进的观测及分析手段开始对火星生命假说进行科学验证。其中，最有名的莫过于1996年发表的一篇有关火星陨石

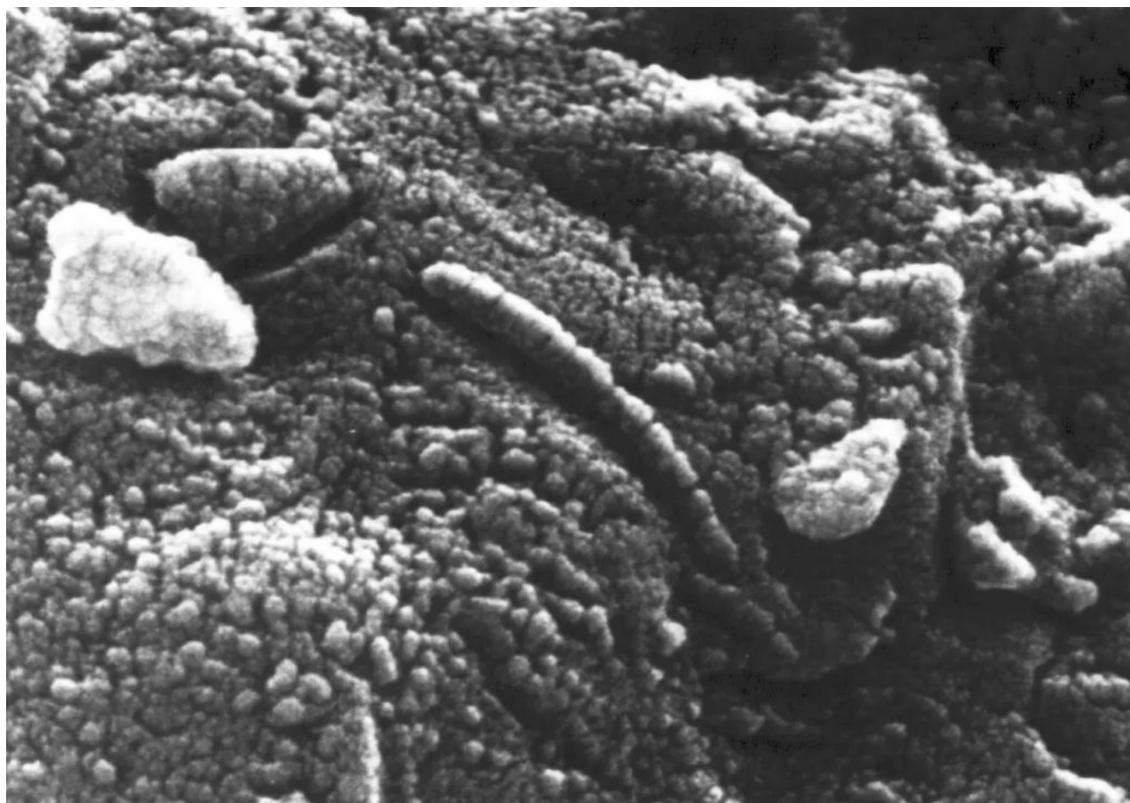
的研究文章 (McKay et al., 1996, Science)。在这项研究中, 学者们首次报道了火星陨石 (编号ALH84001) 中含有多种有机物且结构复杂, 并且观察到碳酸盐小球等特征。这些被认为是微生物活动才可以产生的信号, 因此成为火星存在生命的强有力证据。文章发表后, 引起了当时的科学界和美国政府的极大兴趣。时任美国总统比尔·克林顿甚至亲自参加了新闻发布会。随后, 在美国政府的支持下, 美国航天局 (NASA) 启动了一系列的火星探测计划, 并且设置了NASA天体生物学研究中心 (NASA Astrobiology Institute) 项目。

虽然之后的许多年, 多位学者陆续发文质疑1996年论文的结果, 认为观察到的现象并不是生命活动的信号, 而是假象或非生物参与的化



ALH84001号火星陨石。版权/Wiki

学反应信号。但不可否认的是, 美国政府率先启动的一系列寻找地外生命的探测计划, 极大地拓展了我们对于火星等地外天体的认知边界。例如, 通过卫星遥感及登陆火星车分析等一系列探测计划, 我们逐渐了解了火星表面物质的成分及



ALH84001号火星陨石中的类化石结构。版权/Wiki

分布规律、地形地貌的形成历史及原因、大气成分及变化原因、气候特征及其演化的历史等等。最近，NASA利用新布设的火震仪，还在火星表面第一次听到了火星的“心跳”。尽管信号微弱，但足以证明火星内部有活跃的构造活动，并不是一颗死亡星球。

近年来，中国、欧洲、日本、阿联酋等国家也相继开始火星探测计划。越来越多的学者将有机会参与到火星研究中来。其中，随着我国天问一号探测任务的成功实施，中国学者目前已经掌握了火星探测的初步数据并积累了宝贵经验。未来，中美两国都制定了火星采样及返回的计划。相信在不久的将来，我们会对火星上是否存在或者存在过生命，有一个更明确的答案。

或许，遥远的过去看起来有些虚无缥缈，那么现代的太阳系中还有没有其它拥有海洋的星球呢？答案是肯定的，而且不止一颗。它们就是我们的下半场主角——冰卫星。

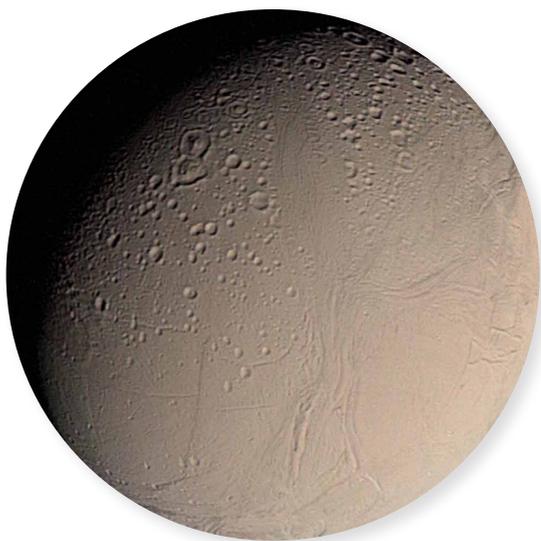
我们对于每月十六号的圆月都有深刻的印象，也曾幻想过天狗食月、嫦娥奔月、吴刚伐桂等月亮上的那些故事。可惜的是，月球极度干旱和寒冷，也没有氧气，所以并不适合生物生存。好消息是，土星和木星的好多颗“月球”，可能合适。

土星和木星有着极为庞大的天然卫星系统（相当于地球的月球），目前已知土星和木星分别有83个和80个天然卫星。这些天然卫星往往半径很小，而且表面极度寒冷。此外，卫星经历过几十亿年的演化历史，往往被认为内部热量已经接近枯竭。因此，人们之前很少关注它们，更遑论将它们与地外生命联系在一起。

认识的转变始于20世纪80年代NASA对外太阳系开展的一系列探测计划。当时，旅行者2号

探测器在行进过程中，第一次近距离观察了土卫二（土星的一个天然卫星），并成功传回了图片资料。仅仅看到这些照片，科学家们就已经十分兴奋。因为土卫二表面完全不像月球一样千疮百孔，而是非常光滑。这表明，一定有某个过程持续抹去了撞击的痕迹（在地球上液态水持续的侵蚀和搬运），维持了土卫二很年轻的冰面庞，或者叫“冻龄”。考虑到土卫二并没有大气且表面温度极低，因此可以排除风蚀或冰融等因素，这种神秘作用很可能是冰下的液态水活动。随后，伽利略卫星还拍到了木卫二年轻的冰面，并且第一次理论上证实了冰下有液态水活动。

在世纪之交，NASA决定开展土星及其卫星系统的探测工程，与欧空局一起进行了卡西尼-惠更斯号土星探测计划。其中，卡西尼号探测器主要负责远程探测土星及其卫星。2005年，卡西尼号按计划飞越土卫二上空，结果在土卫二南极区域发现了水冰喷柱！这无疑为冰下有液态水海洋的最强有力证据。随后，NASA调整了飞行计划，决定为土卫二探测分配更多的飞行时间。



旅行者2号探测器在行进过程中，第一次近距离观察了土卫二。
版权 / NASA

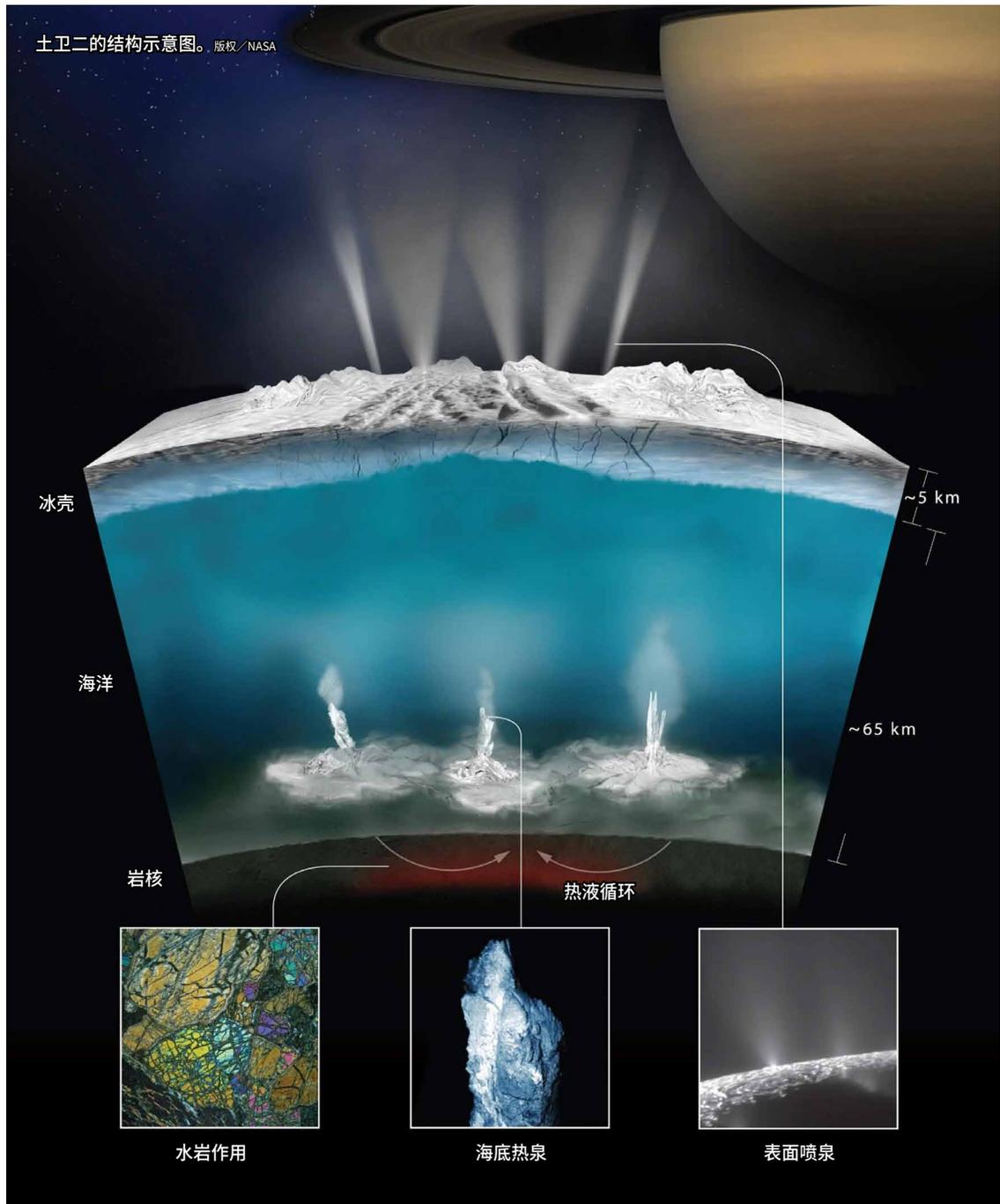


火星一直在吸引人类好奇心，持续开展探测活动。版权/NASA

之后一系列的飞越及分析带来了更多意想不到的结果。例如，卡西尼号的重力测量结果表明，南极地区的重力异常需要冰下存在密度更高的材料来解释，很可能就是液态水，并可以依此来推断地下海洋的深度和范围。此外，卡西尼号对极区喷出水冰的分析表明，土卫二海水中不仅有各种各样的无机盐（ NaHCO_3 、 Na_2CO_3 、 NaCl ），还有包括氢气、氨气和甲烷等多种气体！众所周知，甲烷和氨气在较低温度下很难形成，一般需要依赖产甲烷菌、固氮菌等生物活动。通过对卡西尼号分析数据的进一步解读，科学家们还发现了多种多样的有机物，有的甚至有很复杂的结构（ C_6 或更长的碳链）。这些发现使得NASA把土卫二列为“太阳系中最有可能有地外微生物活动的星体之一”。

在传奇天文学家惠更斯发现土卫六（或译

“泰坦”）的350年后，人类通过惠更斯号探测器首次近距离观察并且顺利登陆了这颗硕大的冰卫星。不同于土卫二及木卫二等其它的兄弟姐妹，土卫六有与地球类似的大气压，但大气的主要成分是氮气及少量的甲烷和氢气。由于它的表面温度极低（接近 -180°C ），水呈现出坚硬的冰形态，形成了表面高高的山峰和“沙”粒。奇怪的是，惠更斯号竟然在土卫六表面观察到液态的河流及湖泊的特征，但随后的分析发现这些液体主要由甲烷、乙烷等有机物组成，与地球上的液态水大相径庭。虽然土卫六有丰富的有机物，可以为组成生命提供基础材料，但低温导致的液态水的缺失将会是生命起源和生存的一大挑战。不过，目前有越来越多的证据显示，土卫六的深部可能有一层液态水海洋。如果未来有机会到达土卫六深部海洋，是否会像凡尔纳在《地心游记》



中描绘的那样，发现下面有微生物甚至更高级的多细胞生物呢？

目前，世界上只有美国等少数国家掌握外太阳系的探测技术和数据。由于地缘政治等因素，中国科学家在上述任务中的参与度并不高。

不过，我国已经开始论证自己的木星探测计划，预计在2030年前后发射“甘德”号探测器，对木星及其卫星系统的内部结构和外部特征展开探测。同时，包括中国科学技术大学和中科院深海科学与工程研究所等多家单位的学者，已开始对

冰卫星的宜居性开展一系列预研。

鉴于探索地外生命问题的特殊属性，该领域的前沿研究主要依赖行星探测获得的数据和样品。然而行星探测往往花费高昂，并且需要完整的产业链及先进技术体系的支撑。从某种程度上来说，这些“高贵”出身限制了它的发展规模。目前只有极少数国家具有独自开展行星探测的实力，也只有少数国家开展了相关的教育。幸运的是，我国已经将“深空”探测作为国家重大战略，成功实施了“嫦娥”“天问”等探测计划，且在多所高校成立了“行星科学”本科及研究生专业，为人类能和平共享太空资源、探索宇宙未知贡献了东方力量。未来，越来越多的中国学生和学者将有机会亲眼见证宇宙奥秘的揭示，甚至书写探索地外生命的历史。

最后，笔者想说的是，对于地外天体了解

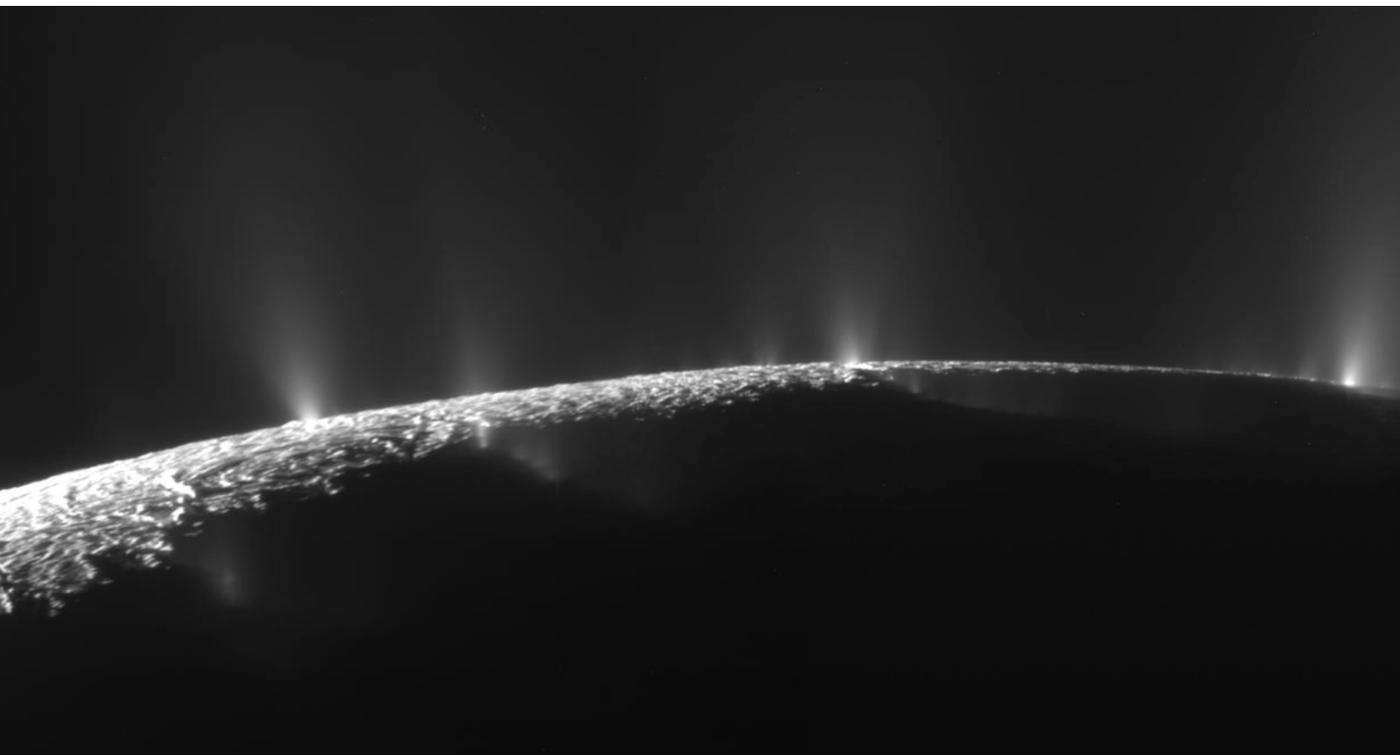
得越多，我们越应该清醒地意识到：地球是唯一的，要珍爱它。地球是目前宇宙中已知唯一有生命的星球。即使太阳系及系外存在多个海洋星体，它们的环境也非常极端，不适宜动植物等复杂生命的生存。在当今全球变化等人类生存挑战愈演愈烈的情况下，我们不应该、也不能把深空探测作为寻找退路的手段。 **CNA**

责任编辑/孙媛媛

作者简介：郝记华，中国科学技术大学研究员，主要从事早期地球环境演化、生命起源、冰卫星海洋化学及其宜居性等研究。

夏蒙蒙，理学博士，毕业于中国地质科学院地质力学研究所，研究方向为变质岩石学。

潘路，哥本哈根大学博士后，主要从事基于探测任务的行星地表过程和地质演化相关研究。



卡西尼号拍摄到的土卫二南极水汽喷柱。版权/NASA