

2021年5月15日我国发射的“天问一号”探测器的着陆巡视器成功着陆于火星乌托邦平原南部预选着陆区，实现了我国首次地外行星着陆。火星作为地球的近邻，其探测的科学价值十分突出。研究显示，火星历史上曾存在大量液态水，甚至可能是汪洋大海，但现在为何变成了一颗荒芜的“沙漠星球”？人类未来能否移居火星？

火星——地球的孪生兄弟

火星是在太阳系内侧的第四颗行星，和地球是一对“孪生兄弟”。蓝色的地球生机盎然，红色的火星满目荒凉，没有任何生命的迹象。在体积上，火星只是地球的六分之一，质量是地球的十分之一，重力大约是地球的三分之一。火星成分主要是以二氧化碳为主，占到96%，基本上没有氧气，和地球差别很大。火星和地球也存在着很多相似之处，都是四季分明，每一天的长度差不多，也存在着稀薄的大气。

一眼望去，火星是一个荒芜、苍凉、干涸的红色星球。我们中国人自古以来就对火星充满了憧憬和幻想。中国古人认为它荧荧像火，飘忽不定，令人迷惑，有“荧荧如火，离离乱惑”之意，称它为“荧惑”。

为什么火星看上去是红色的？这是因为火星上存在大量的赤铁矿，使得火星显示出红色。火星上的赤铁矿又来自哪里呢？火星上铁的含量很高，这些含铁的矿物在火星氧化的环境下，经过30多亿年非常漫长的过程，形成大量的赤铁矿。

火星表面有很多奇特的景观，太阳系最高的山峰——奥林匹斯山就位于火星，它的高度为21公里，宽度可达600公里，是一个巨大火山形成的高山。为什么在地球上没有出现这么高的山呢？因为地球上有板块构造，陆地板块都在活动，一些陆地会消失到大陆下面，这些运动就使得地球的火山不可能在长时间里形成一个连续的喷发，而火星基本上是一个死寂的、没有板块构造运动的星球。这是地球和火星非常大的区别。火星上还有太阳系最大的峡谷，长度超过4000公里，宽度可达200公里以上，最深处有七八公里，目前还没有搞清楚它的成因。

实际上，火星也被认为是和地球最相似的一顆行星。通过对比我国柴达木盆地和火星的地形地貌的研究，我们可以发现在相同的地质作用下形成的相同地貌特征。基于此，我们可以通过地球来分析火星上这些地形地貌的成因。反过来，我们也可以通过火星上的一些现象来认识和保护地球。

“天问一号”

有人说火星的现在，有可能是我们地球的明天，这会不会成为现实，还需要科学来回答。人类在20世纪60年代就开启了探测火星之旅，在进入

为什么要探索火星

□ 潘永信



潘永信，中国科学院院士，中国科学院地质与地球物理研究所研究员，“天问一号”首次火星探测任务首席科学家。他长期从事地球和行星物理前沿研究，带领团队利用“天问一号”获得的第一手科学数据，在火星地形地貌、地下结构、物质成分、磁场等领域取得了一批高水平的科研成果，提升了我国在火星科学研究领域的国际影响力。

21世纪以后，人类对于火星又掀起了探测的高潮，探测的主要目标是火星上有没有水，有没有生命，它的环境是否宜居。在2020年，我国的“天问一号”也奔赴火星，踏上“探火之旅”。

“天问一号”探测器由两部分构成，下面是环绕器，主要完成“奔火飞行”、环绕探测和中继通信任务，上面是着陆巡视器，主要完成着陆任务，它里面搭载了我国第一辆火星车“祝融号”，可以在火星表面展开巡视探测。祝融在中国传统文化中被尊为火神，寓意着点燃中国星际探测的火种，指引我们对浩瀚星空和宇宙未知接续探索，不断超越。

作为我国首次火星探测任务，发射“天问一号”的科学目标是对火星的表面形貌、土壤特性、物质成分、水冰、大气、电离层、磁场等进行探测。“祝融号”着陆火星的过程很成功。在进入火星后，“祝融号”先后经历气动减速、伞降减速和动力减速，最后通过一个悬停避障，软着陆在火星的表面。这个过程是极具挑战性的，这时的探测器已经距离地球有3亿多公里之远，所有的过程都要通过预先设置的自主控制程序完成。

“祝融号”的车速可达每小时200米，爬坡角度可以达到30度。它在行驶火星表面时特意留下了不少“中”字形的车辙，代表着中国印记。“祝融号”降落在火星北部的乌托邦平原，它是火星表面一个巨大的撞击坑，“祝融号”对这个地区的地质地貌、物质成分、环境、地下结构以及气象状况等进行了探测。

“祝融号”采取边走边探的探测方式，它搭载了很多探测工具，比如多光谱相机、地形相机、次表层的雷达、磁场探测仪和气象测量仪。光谱分析就像给火星上的岩石做一次全面体检。而“祝融号”上的多光谱相机，能针对某一个目标拍摄8张图片，我们根据每张图片不同的光谱波段，可以判断火星表面物质的成分，

研究火星地质演化和气候环境变化过程，寻找可能存在的水资源等。火星表面成分探测仪，则像一个微型的自动实验室，它首先发射一束高能激光打在岩石上，局部的高温足以把岩石从固体变成气体，并在冷却过程中产生等离子体，通过光谱分析，科学家们就能确定岩石的化学成分。这有助于我们揭示火星过去的水文环境、火山活动，以及生命存在的线索。科学家们还特地为“天问一号”量身打造了一套“超级天线”，用于将收集到的数据传回数亿公里之远的地球。

截至2023年1月，“祝融号”已行驶1900多米，获得了大量宝贵的第一手科学探测数据，包括地形、地貌、物质成分、雷达地球物理信息，以及磁场信息等等，这为我国开展火星科学探测积累了宝贵的科学数据。

火星水痕

19世纪末，意大利天文学家斯基帕雷利在通过望远镜观测火星时，发现它表面存在着一系列纵横交错的直线状网络，他由此绘制了一幅火星地图，上面记录了整整40条河道，当他的观测报告被翻译成英文时，河道被翻译成了一个带有强烈人色彩的词——运河。于是，有人怀疑火星上也有像我们一样的智慧生命，他们建造了纵横交错的运河系统。直到航天时代到来，火星上的真实影像和探测数据不断传回地球，人们对火星运河的认识才发生了颠覆性变化。1965年，美国的“水手4号”成为人类第一个飞越火星的探测器，它传回了第一张火星表面的照片。这张遍布陨石坑、毫无生机、一片死寂的照片，震惊了科学界。后续的探测任务发现了更多证据，彻底打消了人们关于火星有“运河”的猜测。火星上虽然没有“运河”，但有很多流水的痕迹，像冲沟、跟水流有关的河道、三角洲、冲积扇等等。除此之外，火星表面也分布着

大量与水作用相关的一些矿物，比如蓝色的层状硅酸盐、粉色的二氧化硅和黄色的氯化物，还有绿色的碳酸盐和硫酸盐，这些矿物都是在有水活动的情况下形成的。

现今火星上究竟有没有水？美国的火星勘测轨道器——MRO通过拍摄同一个地区不同季节的图像发现，温暖季节时就会出现一些流痕，寒冷季节时流痕就会消失，说明在这些地区有过液态水的流动，也许是水，也许是别的液体的流动。

美国的“凤凰号”在着陆火星北半球高纬度地区过程中发现，着陆区的下方有冰的图像，在着陆区的支架上还看到了液珠的出现。火星上的气温是极低的，平均气温在零下60多度，还能出现液态，这是能够出现的吗？科学家发现在高氯酸盐浓度达到30%以上时，在零下70度也可以形成液珠，所以在这些地区可能存在着高盐的一些卤水。

“祝融号”在着陆的地方也取得了一系列的重要发现。“祝融号”在巡视时，在沙丘表面上看到一些水活动的痕迹，包括看到一些壳壳、裂缝、龟裂、团粒化、一些带状水活动的痕迹，就像有液态水的局部活动之后又消失的一些产物。经过分析，这是一些与水活动相关的盐类矿物和一些蛋白石，就是二氧化硅和铁氧化物胶结形成的沙粒，在盐的作用下结壳，最后形成的地貌。

同时，“祝融号”上的短波红外光谱也发现了海水矿物的存在。比如一些蒸发盐、粘土矿物和硫酸盐，这都是在有水的条件下才能形成的，这些结壳形成的过程，就是地下水蒸腾、凝结形成一些薄壳，最后剥蚀出露在地表。这都表明“祝融号”的着陆区在近期有过液态水活动的痕迹。

火星地下有没有水？“祝融号”通过它所携带的次表层探测雷达，在地下的结构图像中发现，地下70米范围之内，出现过粒序的变化，意味着这

些地区曾经有过古代的洪水。地下有没有水冰层的存在？有理论预测，在火星北部30度左右的地方，可能存在一些地下的水冰。但在“祝融号”着陆区我们没有看到，雷达的信号也没有看到非常明显的水冰层的存在。是不是还有一些卤水或者盐冰充填在颗粒中呢？这种可能性是存在的。

虽然我们在乌托邦平原没有看到地下水冰，但火星的极地是存在水冰的，因为在火星的南极、北极都存在着永久性的极冠，它主要是二氧化碳冰和一部分的水冰，呈螺旋状结构，这就说明存在一些消融和生长的过程，特别是在冬天它的厚度会增加，到夏天它的厚度会减小，因此极冠地区的一些层状结构也是我们研究火星古气候、古环境非常重要的对象。

美国“毅力号”着陆的耶泽罗盆地，也曾看到过一个巨大的三角洲，这里曾经是一个巨大的湖泊。既然火星早期有大量广泛分布的液态水的活动，那这些水都到哪里去了，是什么原因让这些水消失的。

根据科学家的研究，它的去处现在有两种说法：第一个就是这些液态水通过和矿物、岩石的作用进入了火星地下；第二个就是火星的液态水逃向了茫茫的太空，因为火星上没有磁场的保护。

神秘的火星磁场

火星磁场的形成和消失，是一



（上接1版）实践中，创新活动通常具有“不确定性强、回报周期长、迭代速度快”等特点，这就要求我们在发展科技金融时，准确把握科技创新的特点，坚持科学的发展原则。

坚持中国特色道路。从国际经验看，不同国家的科技金融发展路径不尽相同。美国的科技金融体系为资本市场主导模式，资本市场、创投基金在科技创新的融资活动中发挥着主导作用；德国和日本的科技金融体系由银行主导，混业经营的“全能银行”模式使得银行在支持科技创新方面优势显著；以色列的科技金融体系则依靠政府主导，政府通过引导基金等形式为科技企业的融资活动提供支持。党的二十大报告明确指出，中国式现代化既有各国现代化的共同特征，更有基于自己国情的中国特色。对科技金融来说，坚定不移走中国特色金融发展道路，既要做到博采众长，广泛吸收各国发展科技金融的成功经验；更要坚持以我为主，把党的领导政治优势和社会主义市场经济制度优势转化为科技金融创新突破的发展势能。

树立现代金融思维。在传统金融的思维里，资本价值取决于过去业绩，即现在是历史累积的结果。现代金融理论则强调，现在的经济不过是未来的资本化。资本价值取决于未来预期而不是过去业绩。树立现代金融思维，就是突破传统金融的思维惯性，从“未来”看“现在”，基于对科技创新“未来价值”的预期，来认识

和推动科技金融活动。

遵循市场化、法治化原则。创新融资是一项风险极高的市场活动，正因如此，要坚定推进金融市场化改革，破除隐性担保、兜底幻觉和所有制歧视，完善金融在风险定价和风险配置中的决定性作用。与此同时，金融市场是按规则行事的市場，科技金融的稳定长远发展离不开高水平的法治保障。以科创板的设立为例，无论是市场纪律的建设，还是交易制度的完善，都需要相配套的法制体系来支持。依法治理是最可靠、最稳定的治理，科技金融的发展只有在法治化的轨道上运行才能行稳致远。

把握科技创新规律。经验表明，新技术的采用对生产率增长的影响存在期初低估、期末高估的现象，大体呈“J曲线”模式。科技创新转化成为生产力的“J曲线”效应，使得金融支持科技创新往往呈现“过犹不及”现象，即在期初低估阶段是资金供给“不及”，出现研发投入不足，而在期末高估阶段则是资金供给“过剩”，产生泡沫。因此，在金融支持科技创新的机制安排上，要着力平滑前期的投资不足与后期的投资过度，避免出现过量的投资潮涌、“一窝蜂”式的投资热潮。

扎实推进科技金融体系建设

科技金融是一项复杂的系统工

程，推进科技金融体系建设需从优化金融供给、创新体制机制、营造金融生态等多个方面入手。

优化金融供给。一是提供良好的货币环境。当前，我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，实现质量变革、效率变革、动力变革迫切需要更多高质量的科技创新供给。作为现代经济的血脉，金融在实现资源配置方面功能突出。发展科技金融，就是要着力解决创新融资高风险、融资需求多样性的问题，把更多的生产资源从旧有的生产方式中提取出来，配置到新技术、新赛道、新市场中，加快培育新动能新优势。二是建设多层次科技金融体系。加快设立银行业科技金融专营机构，鼓励商业银行设立专业性、独立性更强的科技子行。持续推进创业板、科创板、新三板和区域性股权市场等多层次资本市场的制度创新，支持天使投资基金、创业投资基金发展壮大，培育一流投资银行和投资机构。注重发挥社保基金、保险资金、年金基金等长期资金优势，拓宽金融支持科技创新的资金来源。三是提供多元化接力式金融服务。不同发展阶段的科技企业，其融资需求各有不同。这就要求科技金融体系能够提供覆盖科技企业全生命周期的金融服务，为科技企业持续输送“养分”。对于种子期和初创期的科技企业而言，其规模小、资产轻、估值难而资金渴求度高，追求“高风险、高收益”的天使投资基金、创业投资

基金可以较好地匹配其融资需求；对于成长期的科技企业而言，其商业模式初步形成且已具备一定盈利能力，商业银行可为其提供包括专利权融资、商标权质押融资、订单融资等在内的灵活多样的科技信贷服务；对于营收稳定并已建立完善信息披露制度的成熟期科技企业，创业板、科创板、新三板等资本市场融资平台可帮助其获得更多的融资机会、实现更高的企业价值。

创新信贷机制。一是创新信贷市场的风险缓释机制。传统信贷基于现金流、抵押品的风控机制对于创新融资活动并不适用。国际经验表明，商业银行与创投机构的业务联动，可在一定程度上降低科技信贷活动的风险。如在信贷资金的投放环节，商业银行可向创投基金提供风险贷款，再以创投机构进行风险投资的形式间接为科技企业提供信贷支持，这样既可以借助创投机构的专业能力来甄别科技企业，又可以在一定程度上实现信贷资金的风险隔离；而在信贷资金的回收环节，商业银行也可将科技企业后期所募集获得的风险资本，即企业融资性现金流，而非企业经营性现金流作为主要还款来源。二是畅通资本市场的流通机制。市场转板机制作为联系各市场板块的纽带，不仅可以为科技企业实现不同阶段的融资需求提供通道，更重要的是，科技企业对于转板升级的追求，也在很大程度上激励其深化创新发展。与成熟资本市场

相比，我国现行的转板机制不够流畅，科技企业通过升板进入更高市场融资的需求受到一定程度的抑制。未来，可进一步完善转板机制设计，构建从场外到场内、从二板到主板、从创业板到科创板乃至不同交易所之间的转板机制，提高资本市场的资源配置功能和市场活跃程度。三是优化政府引导基金的考核机制。在国有资产保值增值的政策导向下，部分引导基金要求不能出现亏损，由此导致的结果是，政府引导基金的投资决策比社会资本更为保守，为规避损失而出现的资金沉淀现象普遍存在，这些做法和现象严重背离了引导基金设立的初衷。对于政府引导基金的考核，宜采用“长期看”“算总账”的考核办法，在关注经济绩效的同时，更要侧重政策绩效，让引导基金回归初心本源。

营造金融生态。一是完善科技金融中台服务体系。科技企业的创新活动专业性强、可比照性弱，金融机构普遍缺少衡量科技企业价值的“锚点”。为此，需加快建立健全知识产权的评估和交易市场，充分发挥科技市场、产权市场的创新服务功能，帮助金融机构以较低的成本获得科技成果的公允价值，促进科技企业核心“知产”的资本转化与价值实现。二是建立健全风险分担机制。科技创新是代价昂贵的试错活动，市场化金融机构对创新融资普遍存在“风险规避”的态度。对此，可借鉴相关国家的经验

个极其复杂的科学问题。科学家们认为，火星在最初形成的5到10亿年时间，其内核处会产生强磁场，然后就像地球磁场一样，磁极按照一定周期交替轮换。但火星内核冷却下来之后，它的“磁发动机”就慢慢停止运作了，目前只剩下局部地区还保留着微弱的磁场。失去磁场后，太阳风中的高能带电粒子长驱直入，导致火星环境全面恶化，大气减少，水资源流失，宇宙辐射增强，从而变成了如今荒芜的模样。

幸运的是，我们的地球磁场有持续到现在的地球的、生命的演化过程，这些都是在地球磁场的保护之下进行的。

火星生命遗迹

寻找地外生命一直是人类探索深空的目标。火星表面干涸的水系、湖泊和海洋地貌告诉我们，火星存在过液态水，可能也曾是一颗蓝色的星球，或许也孕育出过丰富多彩的生命。尽管今天的火星已经变成了一副荒芜苍凉的模样，沙尘暴频发、平均温度低至零下60摄氏度左右，大气中大约96%都是二氧化碳，但我们能否在这茫茫荒原之上，找到生命的遗迹呢？

20世纪70年代，美国发射的“海盗一号”“海盗二号”两颗探测器的任务之一便是探测火星有没有生命活动，经过探测和实验，没有发现支持生命存在的明确证据。

还存在的内容，主要是通过探测器到达火星、逼近火星、踏上火星进行原位探测时发现的。美国“好奇号”曾在盖尔盆地探测到在古老的岩石里有细粒的富含有机质的泥岩，还发现一些噁吩类的、芳香族的有机质分子。但是有机物可能来自生命，也可能来自一些有机物的化学合成过程，而不是直接生物的一些产物。“好奇号”也发现了甲烷的季节性波动，但说到甲烷活动，其现在在非生物过程也完全可以形成，所以这有待做进一步研究。

火星上究竟有没有生命，一直都是悬而未决的问题。可见，未来在火星探测方面的竞争制高点或者一个热点，就是火星的采样返回。采集土壤并带回难度很大、很复杂，我国计划在2030年前后分两次发射，通过两个探测器组合互相配合，实现火星采样返回。目前，我国工程技术人员正在针对一系列关键技术进行先期攻关，对样品的科学分析将来可能会极大地拓展人类对火星现有的认知。



做法，推动建立中央与地方风险共担、担保与保险有机结合的信用保证体系，设立科技金融风险补偿资金池，完善和发展再担保体系，有效发挥政府性融资担保体系的增信、分险和引领功能，着力解决市场的“风险规避”问题。三是增强科技金融服务整体合力。商业银行、资本市场、创投基金等 in 支持科技创新方面各有所长，但亦各有短板。举例来说，商业银行资金体量大，但其对稳健经营的追求与科技创新的高风险特征相矛盾；创投基金具有技术和管理专长，但其资金体量有限，难以对科技创新提供充足、跨周期和持续性的资金支持。从这个角度上说，深化科技创新的金融支持，需强化政策性金融对于商业性金融的补充，优化权益类投资与债务性融资的组合，加强保险保障与资金融通的配合，通过业务融合、产品联动和工具创新等形式，增强科技金融的整体服务合力。四是建立包容性监管。金融功能的发挥是在波动中实现的，强化科技创新的金融风险防范，并不意味着对风险“零容忍”。正如价格机制的作用是价格围绕价值波动实现一样，“科技—产业—金融”循环中也难免出现阻滞、波动。因此，对于金融监管部门而言，要充分考虑科技金融的发展规律，提高监管的包容性。

（作者系中国社会科学院金融研究所所长、国家金融与发展实验室主任）