

火星你好，天问来访！

本报记者 冯华



天问着陆火星，刻下中国印迹

余建斌

历经9个多月的长途跋涉，经历惊心动魄的“9分钟”，中国火星探测器天问一号成功着陆在火星表面。这是振奋人心的场景，这是令人自豪的时刻。习近平总书记在贺电中指出：“天问一号探测器着陆火星，迈出了我国星际探测征程的重要一步，实现了从地月系到行星际的跨越，在火星上首次留下中国人的印迹，这是我国航天事业发展的又一具有里程碑意义的进展。”

天问一号成功登陆火星，既是我国首次火星探测任务的重要一环，也是奠定任务成功的关键一步。待到“祝融号”火星车驶出，在位于火星北半球的乌托邦平原迈开脚步进行科考，中国首次火星探索计划也将圆满实现预期目标。从去年7月23日成功发射揭开我国地外行星探测新篇章，到成为我国第一颗人造火星卫星、首次拍摄火星高清影像，再到实现我国首次地外行星着陆，短短10个月不到的时间内，天问一号创造了我国深空探测领域的一系列新突破，推动我国星际探测再上新台阶，无疑也是人类航天史上的一次壮举。

踏上遥远的红色星球，彰显着中国航天人执着勇敢的探索精神。火星探测风险高、难度大，长途星际飞行存在不确定性。尤其是着陆火星面临巨大风险考验，在仅有五成左右成功率的人类火星探测任务中，火星着陆是失败率最高的阶段。稀薄而不稳定的火星大气，复杂的火星表面地形，极其严重的火星沙尘暴，再加上通信延迟，天问一号经历了此次探火旅程中最为艰难的“9分钟”。中国航天器首次登陆火星，就首发未损过关，令世界惊叹。这背后，是地外行星软着陆等一系列关键技术的保驾护航；这短短几分钟，凝结着中国航天人昼夜不息的攻坚克难、卓越创新。

火星是太阳系中与地球最为相似的行星，也是一颗承载人类最多想象的星球。当前，人类太空活动范围已覆盖太阳、行星及其卫星、小行星等各种类型天体。对行星的探测和研究，既能够拓展和延伸人类活动空间，也有助于解开地球自身的秘密，并对地外生命的寻找产生重要影响。作为中国行星探测的第一站，火星探测是从月球到行星探测承前启后的关键环节，肩负着非凡的意义——从火星起步，然后向更遥远的行星及星际进发，无论是发展航天尖端技术还是科学的全新探索，乃至满足人们对浩瀚宇宙的好奇心，都将有着巨大的收获。此次实现火星的着陆以及后续的火星巡视探测，不仅仅是太空技术的跨越，也是行星科学领域的突破。再接再厉，精心组织好火星巡视科学探测，坚持科技自立自强，精心推进行星探测等航天重大工程，加快建设航天强国，我们就一定能探索宇宙奥秘、促进人类和平与发展作出新的更大贡献！

“火星你好，中国来了！”“为祖国航天人点赞”……天问一号登陆火星之时，互联网上一片沸腾，写满对中国航天人的致敬，洋溢着中华儿女的自豪。火星已在脚下，梦想又一次脚踏实地；星辰大海在招手，中国航天人再次进发。我国第一辆火星车即将在火星上闪亮登场，让我们期待“祝融号”的精彩表现。

链接

火星探测为什么“火”

火星探测，可以说是当前行星探测的重点目标。太阳系八大行星中，人们似乎格外偏爱这颗红色星球。从20世纪60年代人类首次开展火星探测开始，截至目前，人类已进行47次火星探测活动，包括去年7月我国、阿拉伯联合酋长国以及美国实施的3次火星探测活动。

火星，成为人类探测时间最长、次数最多、参与国家最多的一颗行星。但是，火星探测任务的成功率却一直不高。目前实施的47次火星探测任务中，25次成功或部分成功。而火星着陆任务风险更高，22次着陆任务（着陆火星19次、着陆火星卫星3次），只有10次取得成功，成功率为45%，目前只有美国和中国掌握了火星软着陆技术。

火星探测为什么这么“火”？专家介绍，火星是离地球最近且环境最相似的星球，一直是人类走出地月系统开展深空探测的首选目标。以往的探测发现了火星存在水的证据，火星上是否存在孕育生命条件等成为火星研究重大科学问题。研究火星对认识地球演变具有非常重要的比较意义。

在太阳系类地行星中，火星的自然条件与地球最为类似。从外形上来看，火星半径大致是地球的一半，体积是地球的1/7，质量是地球的1/10。从地表温度来看，火星与地球最为接近。就连一年四季的变换和一天的时间，也相差无几。火星的一天是24小时39分35秒，比地球长了约40分钟。

从工程实践来看，按照目前的技术手段，火星探测相对于其他的行星探测，也更容易实现。

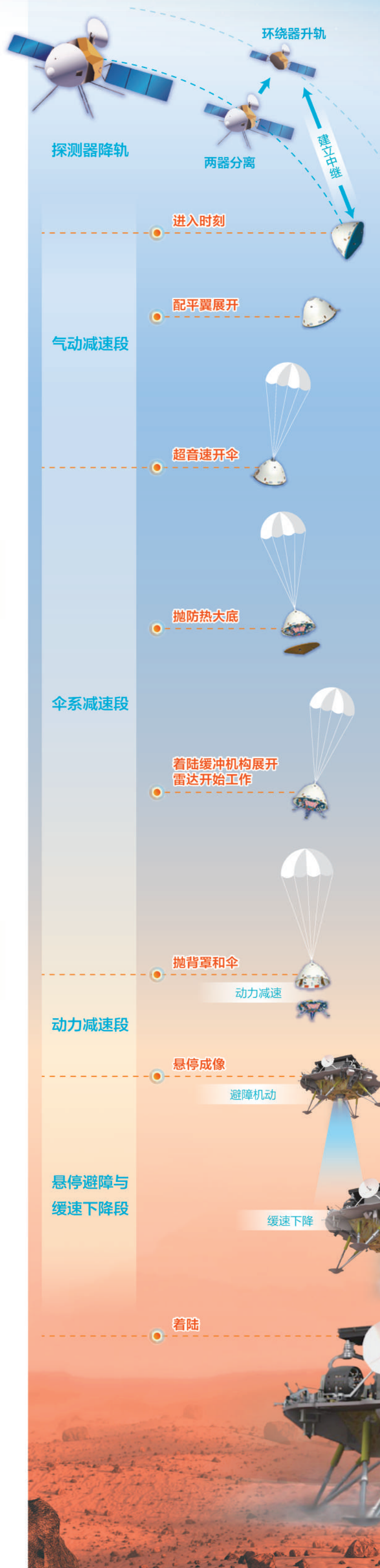
中国首次火星探测任务工程总设计师张荣桥表示，天问一号是我国行星探测的起点，通过这次任务的实施，在火星使命牵引下的新一轮创新，对实现航天技术领域新跨越，推动我国由航天大国走向航天强国意义重大。

(本报记者 冯华采访整理)



看天问一号着陆火星

图表资料来源：中国航天科技集团五院、中国航天报
版式设计：沈亦伶



亮利索地完成整个过程？

5月15日凌晨1时许，天问一号探测器在火星停泊轨道实施降轨，机动至火星进入轨道。随后，环绕器与着陆巡视器开始器器分离，继而环绕器升轨返回停泊轨道，着陆巡视器运行到距离火星表面125千米高度的进入点，开始进入火星大气。

天问一号的降落过程历时约9分钟，大致分为气动减速段、降落伞减速段和动力减速段。9分钟内，着陆巡视器要完成10多个动作，每个动作都要一气呵成，而且只有一次机会，可以说是环环相扣、步步惊心。

王闯告诉记者，天问一号在进入火星大气层以后首先借助火星大气，进行气动减速。“这个过程中克服了高温和姿态偏差，气动减速完成后天问一号的下落速度也减掉了90%左右。”

紧接着天问一号打开降落伞，进行伞系减速，主要有降落伞展开、抛大底、抛伞抛背罩几个步骤。“超音速降落伞是减速技术中难度最大的一个环节，天问一号在使用降落伞时要保证在超音速、低密度、低动压打开，这个过程存在开伞困难、开伞不稳定等问题。”王闯介绍，“火星大气非常稀薄，要求探测器的气动外形具备高效的减速性能，同时需要更轻量化的防热材料。”

当速度降至100米/秒时，天问一号通过反推发动机进行减速，由大气减速阶段进入动力减速阶段。在距离火星地表100米时天问一号进入悬停阶段，完成精避障和缓速下降后，着陆巡视器在缓冲机构的保护下，抵达火星表面。

孙泽洲表示，火星探测器继承了嫦娥三号、四号、五号成熟的悬停、避障技术，以确保安全着陆。科研人员还在国际上首次采用了基于配平翼的弹道一升力式进入方案，以降低火星大气参数不确定性带来的风险，提高适应能力。

看点④ 着陆区选择兼顾工程与科学目标，成果产出值得期待

天问一号着陆巡视器平稳着陆，着陆地点为什么要选择在火星北半球的乌托邦平原？

“火星上的地形地貌从分布上来看，北半球多为平原，南半球大多是山地，坑洼不平，因此国际上有着计划的火星探测任务，大多数选择着陆在北半球。”耿言介绍，基于工程实现“安全着陆与巡视”的要求，科研人员识别了高度、坡度、岩石、风速、尘土、能源等约束要素，在要求的北纬5度—30度区间内，选了两个区域。“首先是希望海拔高度低一点，这样着陆过程长一点，探测器更从容一些。其次是希望地势平缓，石块分布尽可能少一点，风速也尽可能小一点，要尽量避开沙尘暴。另外，要选择白天降落，保证着陆后太阳能帆板打开，顺利获取能源保障。”

乌托邦平原南部预定区域，位于古海洋和古陆地的交界处，科学家认为该地方有很高科学价值，很有可能会取得意想不到的科学成果。此外，预选着陆区位于埃律西昂火山西面，存在与火山活动和演化有关的科学问题。

看点⑤ “祝融号”火星车，将在火星展开巡视探测

火星探测是一项科学探索性强的工程，到达火星后获取有效的科学探测数据对于科学研究来说非常重要。

天问一号成功着陆后，进入舱将着陆信息通过环绕器转发地面。进入舱和“祝融号”火星车先后完成坡道及太阳翼天线展开，火星车在第一时间将成功展开的消息传回地面。一切准备就绪后，火星车将自主驶离着陆平台，抵达火星，开始新的征程。

“祝融号”以3天为一个工作周期。受到火星苛刻的环境影响，火星车每次只能“工作”一两个小时，工作内容主要包括环境感知、科学探测、数据传输等。

火星车上搭载了6台载荷，分别是多光谱相机、次表层探测雷达、火星表面成分探测仪、火星表面磁场探测仪、火星气象测量仪、地形相机。它们共有五大使命，主要涉及火星空间环境、地貌特征、土壤表层结构等研究，将带来火星的第一手资料。其中，与气象有关的研究项目将收集温度、气压、风速和风向的大气数据，并研究火星的磁场和重力场。

如果只看图片，火星的地貌似乎与地球上的沙漠戈壁无异。但火星上的风速可达180米/秒，几乎是地球上特大台风风速的3倍还多。强烈的风速会掀起大量的沙尘、石块，形成特大沙尘暴，对火星车的生存造成严峻考验。面对这样的情况，设计师使用了一种新型材料，这种材料不易沾上灰尘，即使沾上，也可以通过振动将其抖落。

火星表面还密布着石块等障碍物，火星车的行驶需要更加“小心翼翼”。王闯透露，在航天五院的实验室中，有一台一模一样的火星车。当遇到复杂路况时，地球上的火星车将对火星路况进行模拟行驶，确认无误后才会发出指令。

天问一号是我国“行星探测重大工程”整体规划中的第一次任务，后续还规划了小行星探测、火星取样返回、木星系及行星穿越探测。未来的深空探测，更加值得期待。

中国航天再次迎来历史性时刻！5月15日7时18分，距离地球3.2亿千米之外，天问一号探测器成功实现火星表面软着陆，稳稳落在火星乌托邦平原南部预选着陆区，我国首次火星探测任务着陆火星取得成功！

自去年7月23日在文昌航天发射场启程，天问一号经历了长达近7个月的“奔火”之旅和3个月的“环火”探测，如今“登火”成功，并且即将开展巡视探测。

环绕、着陆、巡视，通过一次发射实现“绕、着、巡”三大任务，这在世界航天史上尚属首次。火星探测属于高风险航天任务，我国突破了第二宇宙速度发射、行星际飞行及测控通信、地外行星软着陆等关键技术，迈出了星际探测征程中的重要一步，是我国航天事业发展中又一个具有重大意义的里程碑。

看点① 从“奔火”到“探火”，天问一号要闯六道关

由于地球与火星之间距离迢迢，天问一号探火的旅程可谓征途漫漫。

从工程设计来看，我国首次火星探测任务过程包括发射段、地火转移段、火星捕获段、停泊段、离轨着陆段和科学探测等6个阶段。

2020年7月23日，天问一号在文昌航天发射场飞向遥远深空。按照预先设计的精准轨道，天问一号在浩瀚无垠的太空中飞行了202天，飞行里程约4.75亿千米，其间实施了1次深空机动和4次中途修正，终于在2021年2月10日成功实施火星捕获，从地火转移轨道进入到环火轨道。

2月10日19时52分，天问一号探测器成功实施火星捕获，成为我国第一颗人造火星卫星，实现“绕、着、巡”目标的第一步。

进入火星轨道后，天问一号探测器经过几次调整，于2月24日成功实施第三次近火制动，进入火星停泊轨道，开展了为期约3个月的环绕探测。

为什么在轨探测这么久？专家介绍，天问一号探测器在火星停泊轨道运行，绕火期间一次次从首着陆点乌托邦平原上空掠过。经过预定着陆区上空时，天问一号会利用中分辨率相机、高分辨率相机、光谱仪等载荷设备对预定着陆区进行详查，主要探测预定着陆区的地形、地貌以及是否存在沙尘天气等，为着陆巡视器安全着陆做好准备。

“我们之前并没有去过火星，也不掌握一手资料，因此这些数据的收集非常重要。”中国航天科技集团五院总体设计部火星探测器总体主任设计师王闯表示。

看点② 登陆是火星探测最关键环节，主要面临三大难点

此前不少媒体在报道天问一号着陆的过程中，使用了“黑色7分钟”的说法。对此，国家航天局探月与航天工程中心深空探测总体部部长耿言解释，“7分钟只是个约数，我国此次着陆过程设计时长为9分钟。这是因为天问一号在实施火星捕获时已有减速动作，工程设计上是先环绕，再进入，因此速度相对其他国家低一些，工程设计情况和进入速度不同，所需时间也不太相同。”

但是，无论是7分钟还是9分钟，“进入、下降、着陆”这一阶段都是火星探测最关键的环节。此前一些失败的火星探测任务，大多是在这一过程中“折戟”失利。

登陆火星面临三大难点：

首先是火星环境的不确定性，增加了着陆的不确定性。火星表面有一层稀薄的大气，与月球和地球的环境截然不同。“月球没有大气，着陆过程完全靠反推发动机减速，干扰因素少；对于地球的大气环境，我们也有深入认识。但我们对火星环境的了解非常有限，也没有经过飞行验证后的数据，火星大气稀薄且受季节、夜昼、火星风暴等影响非常不稳定；火星表面地形复杂，遍布岩石、斜坡、沟壑等障碍物；火星沙尘暴也较地球更为严重。这些都会带来很大风险。”耿言分析。

其次，着陆过程较为复杂，短时间内完成多个动作，不容半分差错。中国航天科技集团五院天问一号探测器总设计师孙泽洲表示：“这个过程需要融合气动外形、降落伞、发动机、着陆缓冲等多项技术才能实施软着陆。每个环节都必须确保精准无误，差一秒都可能造成整个任务的失败。”

第三，距离遥远，只能靠着陆巡视器全程自主控制。“着陆时，火星和地球的距离达到3.2亿千米，无线电信号一来一往大约35分钟，地面不可能直接遥控，所有动作触发条件的测量、判断，所有动作的执行，包括最后阶段通过拍摄着陆区的图像并选择满足条件的着陆点，均是自主测量、自主判断、自主控制。”耿言表示。

看点③ 惊心动魄的9分钟，环环相扣、步步惊心

面临如此艰巨的挑战，天问一号又是如何漂