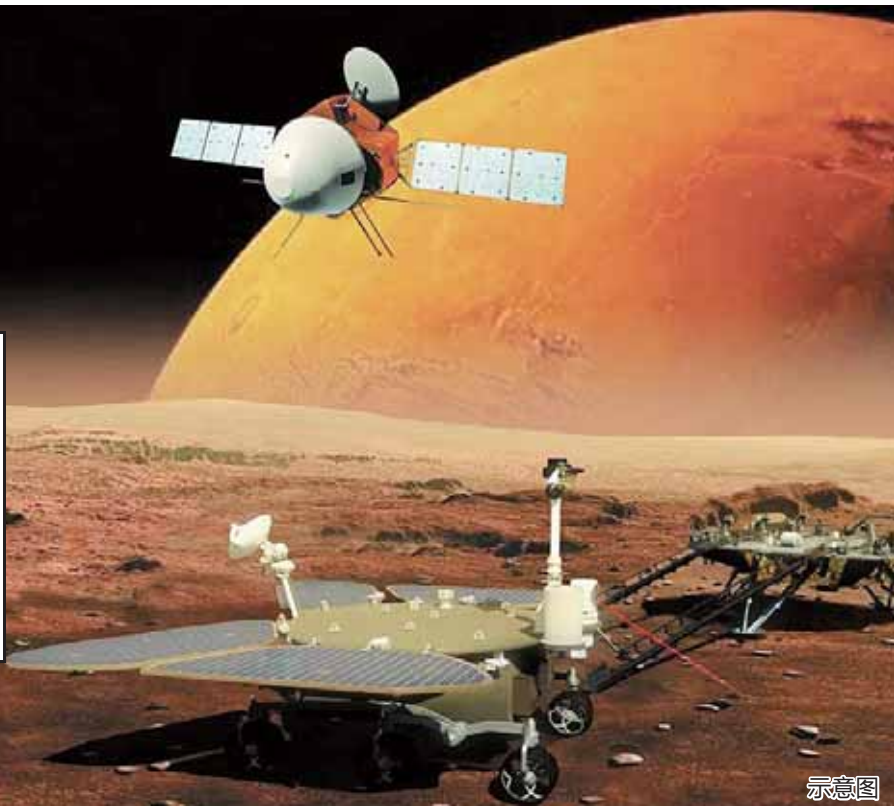


在火星面前 天问一号 “刹车”有多难？



示意图

2月5日，国家航天局发布了天问一号火星探测器拍摄的首幅火星图像。图中火星阿基达里亚平原、克律塞平原、子午高原、斯基亚帕雷利坑以及最长的峡谷——水手谷等标志性地貌清晰可见。

拍摄这张照片时，天问一号与地球的距离达到1.8亿多千米，离火星大约有220万千米。

据国家航天局消息，天问一号于当日晚间启动发动机，顺利完成地火转移段第四次轨道中途修正，以确保后续动作准确实施。

2月10日，天问一号探测器顺利进入大椭圆环火轨道，实现“绕、着、巡”第一步“绕”的目标，环绕火星获得成功。

2月15日，天问一号探测器将轨道调整为经过火星两极的环火轨道。

后续，天问一号探测器还将经过多次轨道调整，进入火星停泊轨道，开展预选着陆区探测，计划于2021年5月至6月择机实施火星着陆，开展巡视探测。

中国航天科工集团二院研究员杨宇光向记者介绍说，近火制动是火星探测过程中的重要节点之一，有一定风险。其风险主要包括几方面，比如制动捕获只有一次机会，机不可失；制动的时机、时长、力度等都必须十分精准。此外，探测器抵达火星时与地球距离远，通信延时长，地面无法实时监视和控制，整个制动过程必须由探测器自主完成，这对探测器的自主控制提出了很高要求。



天问一号拍摄首幅火星图像着色效果图

制动时机和时长需分秒不差

按照轨道动力学规律，当航天器接近一个天体时，如果不采取任何措施，它将与这个天体擦肩而过，整个过程形成一个双曲线轨道。

杨宇光说，在接近过程中，航天器受天体引力影响，速度会越来越快，在距离最近时达到峰值。如果此时航天器不制动，它会逐渐远离该天体，速度慢慢下降，最后摆脱引力飞离天体。

这一规律决定着，如果想从转移轨道进入环绕天体运行的轨道，航天器就必须实施制动减速。

全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩介绍，探测器实施制动减速时，要先调整飞行姿态，将发动机喷管朝向前方，等时机恰当时点火开机，以此降低探测器的速度。整个制动过程的控制必须十分精准。

杨宇光介绍，各国探测器飞往火星基本都采用霍曼转移轨道，天问一号也是如此。对于以太阳为中心的引力场来说，这就是一条连接地球与火星的椭圆形轨道。当探测器抵达火星附近后，如果没有制动或制动力不够，它会脱离火星引力继续环绕太阳运行，下次再跟火星交会就不知是何年何月了。这也就是前文所说制动捕获机会的唯一性。

反之，如果力道过猛也不行。

杨宇光说，探测器制动捕获有一个原则，轨道越低，发动机越省能量，制动效率也就越高。但对于距离上亿公里的火星，探测器的位置测量和控制都可能出现误差，如果制动点的轨道高度过低，可能导致探测器撞向火星表面。

同时，探测器并不是在某一个点把速度降到多少，而是在一个飞行弧段内持续减速，制动点火的时间需要精密计算和精准控制。如果制动时间过长导致制动力度过大，探测器也会面临坠毁的风险。

“只有刹车时机和时长都分秒不差，才能形成理想的捕获轨道。”庞之浩说。

与“嫦娥”制动有所不同

此前我国已成功实施的历次探月任务中，嫦娥系列探测器均圆满完成了近月制动，积累了丰富经验。不过天问一号面临的近火制动，与“嫦娥姐妹”有所不同。

最显著的区别源自距离。

地球与月球之间的平均距离约为38.44万千米，对于测控通信来说，延时不过约1秒钟。而天问一号实施近火制动时，地球与火星的距离超过1.8亿千米，单向通信延时达到10分钟以上。杨宇光说，这种情况下地面无法对探测器进行实时监控，需要提前上传指令，到时候让探测器自主执行。

理论上，探测器的自主性可以通过设计来实现。例如制动时需要把速度降低多少，可以根据发动机推力计算需要开机的时间，照此控制。但实际上并非如此。

杨宇光说，任务过程中会有很多不确定性，比如发动机推力可能存在细微偏差，飞行器的位置、速度、姿态只能通过测量获得，各种变数使得自主控制的复杂程度大大增加。

因此，自主控制绝非只靠地面准备指令，探测器执行就能完成，而要大量依赖于测量手段。为了确保测量准确，在执行关键动作的飞行器上都有多个传感器，通过多种途径和不同手段，结合地面测量数据，判断测量结果是否精确。在执行指令时，也会通过传感器来反馈执行情况。当遇到意外情况，来不及等待地面处理时，探测器也会自行判断，然后按照预案自行应对。

此外，天问一号重达5吨多，不仅超过“嫦娥”系列探测器，甚至在世界各国行星探测器中也居首位。而它配备的，则是一台3000牛的发动机，会不会有点“小马拉大车”？要知道，3.78吨重的嫦娥四号，主发动机推力可是达到了7500牛。

对此杨宇光表示，嫦娥四号的发动机要兼顾近月制动和月面着陆使用，因而需要较大推力。对于天问一号来说，3000牛发动机确实偏小，但这是权衡各方利弊之后的选择。

杨宇光说，衡量发动机性能最重要的指标是比冲，比冲越高，相同条件下推进剂能产生的速度增量越大。但从另一方面说，比冲越高，发动机的质量越大，或者说，在同样比冲情况下，发动机推力越大，体积和质量就越大。

但对于天问一号而言，则希望发动机尽量小，能把更多重量和空间留给载荷。

在两个互相矛盾的指标之间，设计人员做出了权衡。目前的方案既能满足载荷的需要，也能满足制动的要求，无非是把制动点火时间延长一点而已。

相关链接

制动失败的那些探测器

由于近火制动有一定风险，因此过去一些火星探测器在进入火星轨道时，曾出现过各种故障。

苏联1973年7月21日发射的火星4号探测器，于1974年2月在距离火星表面2200千米处飞越，由于制动发动机失效而没有切入火星轨道。

1992年9月25日，美国火星观察者探测器升空。它在太空飞行了约11个月，在1993年8月21日，也就是计划进入火星轨道前3天发生了故障，与地面失去了联系。据判断，探测器失败的原因可能是推进系统的燃料运输管道破裂。

日本于1998年7月3日发射的希望号火星轨道器，自发射升空以后故障不断。按计划，希望号应于2003年12月14日到达离火星表面894千米位置，然后进入环火轨道，但由于其电路系统受太阳风暴影响出现故障，变轨发动机无法启动而导致任务失败。

最冤的一次失败来自美国的火星气候轨道器。1999年9月23日，该探测器本应在80—90千米高度进入火星大气层，但在轨道切入操作中，地面人员犯下了致命的低级错误。在探测器飞行系统软件中，使用的是英制单位“磅”计算推进器动力，而地面人员输入方向校正量和推进器参数时，用的却是公制单位“牛顿”。两种单位的混淆造成了导航误差，使探测器直到距离火星仅57千米时才减速切入，最终导致探测器解体。

美国毅力号在火星着陆想做什么

美国国家航空航天局2月18日成功让其“毅力号”火星探测器登陆火星赤道附近的耶泽罗(Jezero)陨石坑。

英国广播公司BBC报道，项目副经理华莱士(Matt Wallace)说：“另一个好消息是我认为航天器的状态很好。”

当确认着陆成功时，加州美国国家航空航天局任务控制中心的工程师们非常高兴。

这个探测器要花至少两年时间采集当地岩石，寻找过去存在生命的证据。人们认为，在数十亿年前，耶泽罗有一个巨大的湖泊。哪里有水，哪里就可能生命。

“毅力号”是美国国家航天局发射的第二个一公吨重的火星车。第一个探测器“好奇号”2012年在另一个陨石坑登陆。

控制人员将在接下来数日调试新探测器，检查其是否有任何系统在颠簸时受损。最重要的是，“毅力号”会在下周左右拍摄很多照片，工程师和科学家希望评估附近的地形情况。

近期的一个目标是进行一项直升机试验。“毅力号”携带了一架迷你直升机，它将尝试在火星上进行首次动力飞行——你可以将其描述为火星上的“莱特兄弟时刻”。

综合新华网消息