

科技

太空跋涉295天,完成“生死九分钟”最大挑战 天问何以“一落成功”

■本报首席记者 许琦敏

昨天7时18分,天问一号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。着陆火星是火星探测之旅中挑战最大的一关,至今成功率只有约50%。中国首次火星探测任务缘何能够“一落成功”?全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩表示,我国航天专家通过充分的工程与科学论证,以工程实现风险低、科学探测价值高为原则,将着陆区选在了火星最大平原乌托邦平原南部。同时根据“祝融号”火星车的特点,以及我国航天既有成熟技术和经验,选择了反推着陆腿式着陆方式。在千万航天人的精密测控下,天问一号自主完成了“生死九分钟”的挑战。

着陆乌托邦平原,探寻火星是否有生命存在

如何在约1.4亿平方公里的火星表面,为火星探测器选择一个合适的着陆点?庞之浩说,它必须满足两个最基本的条件:一是在工程上可实施,比如着陆点要相对开阔平坦,以便在探测器着陆时不受到损坏,同时还要兼顾能与地球进行测控通信,光照较为充足等条件;二是在科研上有价值,比如着陆点的地质构造、物质元素比较丰富,其他国家此前没有探测过等。

天问一号于今年2月被火星捕获后,在环火的三个月飞行中,拍摄了大量火星表面照片。通过综合分析,由航天工程师与行星科学家共同反复研究和比较分析,最终选出符合探测任务要求的着陆地点。此次天问一号着陆巡视器的首选着陆点——乌托邦平原,位于火星北纬5°至30°的北半球,那里地势平坦,阳光照射条件也比较好。由于“祝融号”火星车采用太阳能电池供电,它所携带的用于导航和检测障碍的光敏传感器也需要良好的光照条件,所以选在阳光充足、昼夜温差较小的乌托邦平原着陆,也有利于火星车的后续工作。

另外,乌托邦平原很可能是火星远古海洋的所在地,在此着陆有利于探索和研究火星上是否存在生命这一当前火星探测的热门问题。最新科学探测发现,在火星乌托邦平原距离地面1到10米的浅表底层下方有大量地下水冰存在,含水量相当于地球面积最大的淡水湖——苏必利尔湖。火星地下有水,是否意味着火星存在或曾经存在过生命?火星是否会成为地球人的未来家园?“祝融号”火星车的探索将可能为这些问题提供更多答案。

自主执行上百个程序,安全度过“生死九分钟”

火星着陆究竟有多难?庞之浩说,业界通常将其难度形容为“相当于从巴黎打一个高尔夫球,正好落到东京的某个洞里”。

由于火星距离地球太遥远,地面的遥测和遥控信号很微弱,且地火之间的通信延迟达10分钟以上,而且当火星探测器运动到火星背面时,地球上就无法准确确定其轨道参数。所以,着陆火星的全过程,一切都要靠探测器自主进行。“因此,必须在火星探测器着陆前,提前注入数据,使它在着陆过程中完全自主地执行上百个程序,任何一个程序都必须非常精确,一秒不差。”庞之浩说,正因如此,探测器降落火星的过程通常被称为“生死七分钟”。

此次,天问一号则经历了“生死九分钟”。这九分钟分为四个阶段:第一阶段是气动减速段,依靠火星大气阻力,将装着着陆巡视器的进入舱速度从4.8千米/秒减速到460米/秒;第二步是伞降减速段,进入舱打开降落伞,将速度由460米/秒降到95米/秒;第三步是动力减速段,进入舱把大底和背罩抛掉,露出着陆平台和火星车,同时平台上的大推力缓冲发动机开始工作,进一步把速度减小到3.6米/秒;最后则是着陆缓冲段,着陆巡视器在高度降为100米的时候速度基本降到0,进行悬停避障,观察地面,寻找最安全的着陆地点,最后通过四条着陆腿的缓冲作用在火星表面软着陆。

此次火星着陆,我国采用的是反推着陆腿式。庞之浩解释,这是因为“祝融号”火星车的重量为240公斤,比较适合采用这种方式。另外,这种着陆方式与“神舟”飞船返回舱返回地球类似,可以借鉴此前的技术和经验。

成功着陆后,火星“天地”同步展开科学研究

成功着陆火星,对于“祝融号”火星车来说,刚只迈出了第一步。后续,它将依次开展对着陆点全局成像、自检、驶离着陆平台,并开展巡视探测。

“拍照”是“祝融号”最主要的科学研究目标之一。它携带了多相机,包括可拍摄火星高清广角大图的导航地形相机,能详细分析地形、地貌和地质的多光谱相机,能将砂石放大到微米级的微成像相机等。“祝融号”还携带有火星表面成分探测仪。这台由中国科学院上海技术物理研究所和中国科学院上海光学精密机械研究所联合研制的设备,能在数米外用激光把岩石成分烧蚀成等离子体,同时利用短波红外光谱显微成像仪进行分析,可对着陆区的火星表面元素、矿物和岩石开展高精度科学探测,为验证“古海洋”假说提供数据支持。

此外,通过次表层探测雷达,“祝融号”还能探测火星土壤和浅层地下结构——火星没有全球覆盖的稳定磁场,但表面仍存在支离破碎的偶极磁场,或许通过火星车的探测,能够逐步还原出火星的演化历史。而车上配备的气象测量仪,则能让人类更多了解这颗神秘行星的“脾气”。

当“祝融号”在火星表面开始工作后,天问一号环绕器将会为它提供各种服务,包括将各种科研数据传回地球,同时向它转发来自地球的指令。实际上,环绕器本身也是一个超级科研平台,将开展环绕科学探测。它携带了中分辨率相机、高分辨率相机、次表层探测雷达、矿物光谱分析仪、磁强计等七项仪器,可在多种轨道高度对火星的大气电离层情况、周边行星际环境、土壤类型和分布等问题,进行整体性、全球性、综合性研究。

伞降控制段

抛大底

测距测速传感器开始工作

动力减速段

主发动机开机

缓速下降段

触地

主发动机关机

■本报记者 史博臻

昨天,由中国航天科技集团研制的火星探测器天问一号成功实施两器分离,约3小时后,着陆器穿越火星大气,在火星表面实现软着陆。

在中国航天科技集团八院环绕器研制团队的可靠设计与保障下,环绕器成功释放着陆器,并再次进入环火轨道成为着陆器与地球通信的中继站,同时继续进行火星环绕探测。

助力着陆火星

火星探测器“天问一号”包括环绕器和着陆巡视器两部分。为实现着陆巡视器准确进入火星着陆轨道,环绕器需要首先在携带着陆巡视器的情况下控制到撞击火星的轨道,实施两器分离后,环绕器需要迅速抬升轨道,着陆巡视器则进入火星大气层。这个分离前后的控制需要7小时,环绕器作为搭载着陆巡视器的星际“专车”,需要按顺序完成轨道降低发动机点火和关机、两器分离姿态建立、两器分离后轨道升高发动机点火和关机等一系列动作,而这些太空芭蕾般的优美舞姿,都需要环绕器自主、准确、可靠地完成。

实际上,明确了着陆器准确的着陆点后,探测器的一系列机动也就随之确定下来。在探测器进行第一次降轨点火的3小时前,设计师们已上注所有控制策略,包含了对可能发生情况的应对。

分离时环绕器的轨道控制精度和姿态控制精度是着陆巡视器能否进入预定着陆区的前提。这些需要依赖于传感器、执行机构、计算机以及算法的准确性,可以说是探测器GNC系统的一次“大考”。实际过程中,探测器需要自主进行测量计算并作出判断,每个环节都必须精准无误,分秒不能差。方案设计师王卫华打了个比方:“这就好比在室外,距离标准篮筐980米进行投篮,还必须事先考虑到投篮的角度、时机、投球力度,以及篮球自身旋转运动、风速和风向外部环境种种因素的影响。”

保障火地连线

在此次火星探测任务中,环绕器不仅仅是一辆星际“专车”,也是一座功能强大的通信“中继站”,为火星表面巡视器与地球搭建通讯桥梁。

升轨后的环绕器并不是大家想象中“卸载”后的一身轻松,此刻它需要迅速肩负起对火星表面进行遥感探测的任务,同时选择恰当时机将巡视器的数据“中继”传向地球。在2.93亿公里外的轨道上准确指向地球,相当于要在2米开外瞄准绣花针孔,而且要在环绕器自身还在不断飞行运动的情况下,时刻保持住瞄准状态。

据介绍,环绕器携带有2块太阳能电池阵、1幅高增益数据传输天线、1幅对巡视器数据中继天线。在环绕器执行数据中继任务时,需要驱动太阳能电池阵对准太阳方向以保证自身电能的供应,同时需要高增益天线跟踪地球、中继天线指向巡视器以建立数据“鹊桥”。“此时,环绕器需要同时对巡视器、地球、太阳3个目标的高精度同步指向控制,绝对可以称得上是“八面玲珑”了。”GNC系统主任设计师聂钦博介绍。

可靠的安全策略和精准的自主控制有力保障了环绕器与着陆巡视器的成功分离,更确保了着陆巡视器与地球的顺畅通讯。如今,环绕器依然在稳定环火飞行,成为着陆巡视器与地球之间的通信桥梁,完成数据中继任务后,它也将全力开启自己的环火遥感之旅。

上海天文台提供高精度测定轨

■本报首席记者 许琦敏

昨天上午,天问一号着陆巡视器成功着陆火星表面的消息传来,位于松江天马山旁的中国科学院上海天文台余山观测基地VLBI观测大厅里,已坚守多日的团队成员露出了兴奋而欣慰的笑容。

从5月7日起,VLBI观测团队就开启了火星着陆阶段的加密观测,每天观测10.5小时,将一直持续到5月22日。昨天清晨,VLBI团队

就开始监控等待火星车的第一个信号,但由于天马望远镜的仰角不能低于6度而没能接收到,不过余山25米望远镜却在仰角5度多时收到了火星车的微弱信号。“也算亲自见证了火星车成功着陆的那一刻,值得铭记终生。”上海天文台研究员刘庆会说。

自2020年7月23日天问一号发射至今,VLBI测轨分系统共进行了176次观测。尤其在发射初期、近火制动、火星着陆等重要阶段,团队每天观测10小时以上。

星际「专车」护航着陆连线地球