

火星，我来了！

姜哲 本报记者 付殿飞

2020年7月23日，由中国航天科技集团一院（以下简称一院）抓总研制的长征五号遥四运载火箭，成功将我国首个火星探测器送入预定轨道，发射任务取得圆满成功。

从火箭起飞到探测器入轨，“胖五”的飞行过程共有2000多秒。别看小看这半个来钟头，为了确保完成任务，“胖五”可是做了精心的准备。为了“奔火”它到底有多拼？下面这组数字告诉你。

飞出中国火箭最快速度

根据发射任务要求，“胖五”需要托举火星探测器加速到每秒11.2千米以上的速度，将探测器直接送入地火转移轨道，开启奔向火星的旅程。

这一速度被称为第二宇宙速度，也被称为“逃逸速度”。航天器只有达到该速度，才能完全摆脱地球引力，飞向太阳系内的其他行星。

此前在发射月球探测器时，长征三号乙运载火箭曾飞出每秒10千米以上的速度。此次“胖五”发射“天问一号”探测器，在国内首次达到并超过第二宇宙速度，飞出了中国运载火箭的最快速度。

设计42条发射轨道

对于普通发射任务，1个发射窗口只需要设计1条火箭发射轨道。此次任务则不同。

如果把发射比作打靶，发射“天问一号”探测器就是在打移动靶，因为地球和火星的相对位置在不断变化，只有不断调整发射轨道，才能让探测器入轨更精确。

确，在“奔火”过程中节约燃料。为此，一院研制团队对“胖五”的轨道进行了精细化的“窄窗口多轨道”设计。

据测算，本次发射任务有连续14天的窗口期，每天的发射窗口宽度为30分钟。研制人员将30分钟的发射窗口细分成3个宽度为10分钟的发射窗口，分别设计发射轨道，14天共设计42条发射轨道，将轨道偏差控制在极小范围内。任务中，通过软件还可以实现发射轨道的自动切换选择。

经历多个重要飞行时序

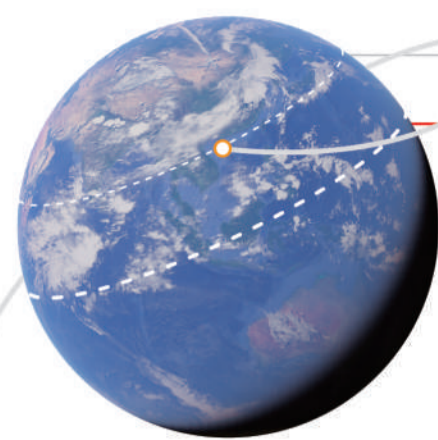
在“胖五”飞行的2000多秒里，需要经历多个重要飞行时序。“胖五”捆绑了4个助推器，主要用于在起飞阶段及一级飞行前期提供推力。

起飞后约3分钟，助推器与火箭分离。飞行约6分钟后，整流罩分离。整流罩主要用于保护探测器免受火箭上升过程中的气动加热及声振等有害环境影响。整流罩分离时，火箭已经基本飞出大气层，进入太空。

飞行约8分钟后，火箭一二级分离，二级发动机第一次点火，继续加速。二级发动机第一次加速过程大约持续3.5分钟，之后二级发动机第一次关机，进入火约16分钟的滑行阶段。长时间滑行技术，已经在长征五号遥三运载火箭发射中进行了验证。

此后，火箭二级发动机第二次点火，发起最后的“冲刺”，持续时间约为7.5分钟。二级发动机第二次关机后，“胖五”还需要完成速度修正、姿态调整等过程，最终将探测器送入地火转移轨道。

发射
长征五号遥四运载火箭从中国文昌航天发射场发射升空，将我国首个火星探测器直接送入地火转移轨道。



窄窗口多轨道

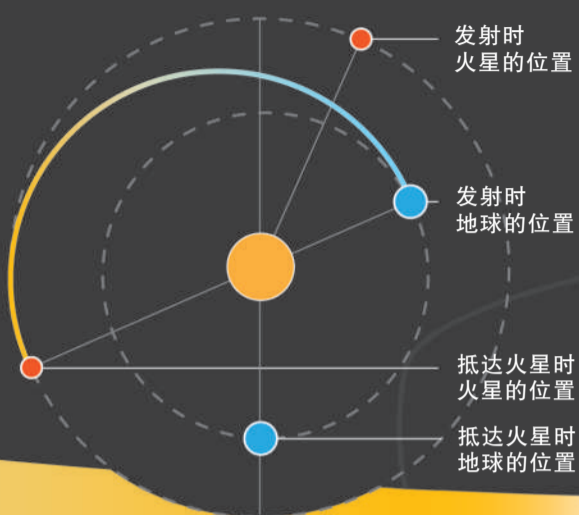
本次发射任务有连续14天的窗口期，每天的发射窗口宽度为30分钟。研制人员将30分钟的发射窗口细分成3个宽度为10分钟的发射窗口，分别设计发射轨道，将轨道偏差控制在极小范围内。

地火转移 需时约7个月

地火转移阶段指的是从探测器与火箭分离后，进入到火星引力场的飞行阶段。这一阶段是此次我国“探火”任务里耗时最多的部分。

“奔火”路上

火星探测器并非直线冲向火星，而是在地球引力和发射动力的双重影响下，沿一道曲线驶向火星。考虑到风险、成本等因素，地球航天器到火星的最佳路线为“霍曼轨道”。该轨道每26个月出现一次，而最近一次“霍曼轨道”的形成时间为2020年夏，这也是近期各国密集开展火星探测的原因。

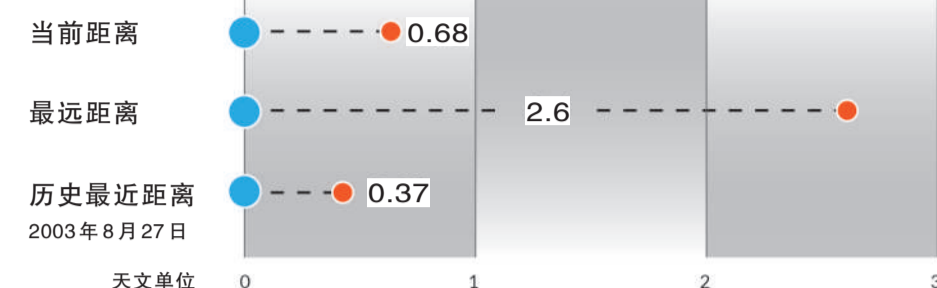


预计2021年2月 火星捕获

经过长途奔袭后，“天问一号”进入火星引力场。发动机点火进行“近火”制动，将探测器的飞行速度降下来，躺下身段，让火星捕获。一旦被火星成功捕获，它就会在火星轨道运行，成为一颗“绕火”卫星。



地球与火星的距离



注：1天文单位=1.5亿千米

离轨着陆

环绕器与着陆巡视器分离，着陆巡视器登陆火星。

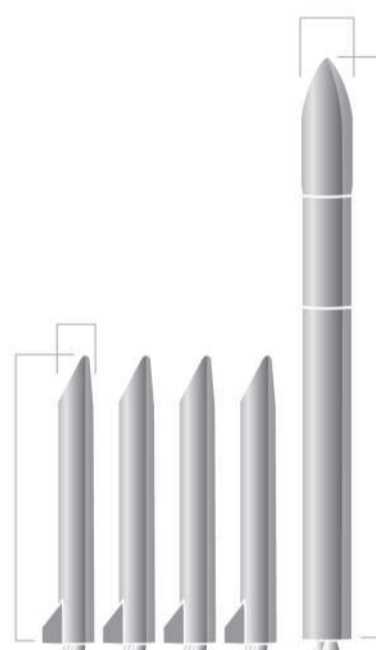
2—3个月 火星停泊

火星停泊阶段并不是停泊在火星轨道上不动，而是通过两至三个月的环绕飞行后进入选定窗口。这个阶段的“绕火”飞行就是为了对着陆地区开展探测。

开展火星 全球遥感探测

为着陆过程及之后的探索开展中继通信

助推器
120吨推力
液氧煤油发动机
2台
助推器直径
3.35米



芯一级
50吨推力
氢氧发动机
2台
箭体直径
5米
整流罩直径
5.2米
火箭总长
约57米

火星车

计划在火星表面工作90多个火星日，除进行探测作业外还会将其在火星的所见所闻传回地球。

大底

可以承受极高温度，保护着陆平台在穿越火星大气层时不被烧毁。

天线

距离越远，信号传输时间越长，信号衰减越剧烈。相比于月球，火星与地球之间更为遥远的距离，给地球与探测器之间的通信带来了更大的挑战。

背罩

“登火”过程中保护着陆巡视器。

着陆平台

搭载火星车，进入火星大气减速下降，并完成着陆。

环绕器

装载7个有效载荷，将绕火星飞行，并对火星进行全球观测。

环绕器与着陆巡视器分离

着陆巡视器进入火星大气

降落伞开伞

大底分离

动力减速

悬停

避障及缓速下降

着陆在火星表面

火星初体验

着陆火星后，火星车与着陆平台解锁，火星车驶离着陆平台，开始巡视探测。

竖立在火星车前端桅杆顶端的方形设备就像火星车的“脑袋”。上面有帮助它避开障碍，实施前行实时探测的全景相机，还有识别矿物质成分的多光谱相机。

火星车上还装有4个“大翅膀”，就像一只展翅飞翔的蝴蝶。和玉兔号月球车一样，火星车的能量来源也是太阳，而这4个“翅膀”正是太阳能电池板。但是，由于火星距离太阳更远，表面的大气对阳光也有削弱作用，所以，火星车比“玉兔”多设计了一对“翅膀”。

除此之外，火星车还配有探测雷达、磁场探测仪和气象测量仪，可以对火星进行全方位的探测。

“胖五”出发

7月23日，“胖五”托举“天问一号”火星探测器脱离地球引力，进入地火转移轨道，我国首次火星探测任务正式实施，标志着我国深空探测踏上新的征程。

在长征五号遥三运载火箭及长征五号B遥一运载火箭基础上，此次“胖五”共采取35项技术改进和可靠性提升更改项目，涉及箭上控制系统、测量系统、箭体结构、增压输送系统、动力系统以及地面发射支持系统等。