

11月24日4时30分,我国在文昌航天发射场用长征五号遥五运载火箭成功发射探月工程嫦娥五号探测器。



月球“挖土”,就坐“长五”! 嫦娥五号发射三大看点

左秋红 本报记者 付毅飞

11月24日,长征五号遥五运载火箭托举嫦娥五号月球探测器呼啸升空。

这是中国航天科技集团一院第6次执行探月工程发射任务。不同的是,此前任务均由长征三号甲系列火箭完成,而此次发射的嫦娥五号探测器重达8.2吨,是嫦娥四号的2倍有余,因此要由我国目前运载能力最大的“胖五”发射,将其直接送入近地点约200公里、远地点约41万公里的地月转移轨道。

记者从一院了解到,此次发射凸显三大看点。

看点1 “窄窗口多轨道”奔月发射方案

奔月之旅,路途遥远,“胖五”为了让“嫦娥”省点儿力气,可以说贴心至极。

常规任务中,为火箭设计一条轨道就行了。但此次任务对火箭发射概率和发射窗口提出了更高要求,为克服台风过境影响、提升故障适应性,设计团队精心优化设计了“窄窗口多轨道”奔月发射方案。

据一院长征五号火箭总副主任设计师刘秉介绍,与近地轨道任务相比,探月任务的轨道设计更加复杂。由于地月距离较远,探测器用于中途修正所需的推进剂有限,而地球和月球的相对位置在不断发生变化,还要考虑火箭与探测器分离后的光照因素,这对

轨道设计提出了非常高的要求。为了让嫦娥五号节省推进剂,在研制阶段,火箭团队开展了精细化的“窄窗口多轨道”关键技术验证攻关,可以在连续3天内,每天有50分钟的窗口,每10分钟一条轨道,共规划15条轨道,每条轨道均可以将探测器准确送达目的地。这样,嫦娥五号踏上奔月旅程后,可以减少轨道偏差的修正次数,既能节省燃料,也能更快地到达月球。

这项技术,在今年7月长征五号遥四运载火箭发射天问一号火星探测器时,已经得到成功验证。因此,本次任务虽然要求较高,“胖五”照样应对自如。

“胖五”挑战高难度动作

此次任务中,“胖五”共计飞行了2200余秒。其间,它在太空完成了一个高难度动作——长时间滑行。

滑行,是指火箭主发动机关机后,火箭靠惯性向前飞行。听上去丝毫不费力气,但实际上,长时间滑行对一枚火箭特别是一枚零下200多摄氏度的“冰箭”来说,可不是不小的考验。

刘秉说,长征五号火箭二级发动机一次关机到再次点火,间隔约935秒。在这一开一关之间,“胖五”要完成箭体姿态调整、真空状态下推进剂沉底、低温发动机二次启动前预冷等工作,动作非常多。另外,滑行时间长,火箭在空间辐射影响下的环境变化更加

复杂,低温推进剂温度和贮箱承受的压力也在不断变化。

在长征五号火箭立项之初,研制人员就将长时间滑行作为一大关键技术,对其长时间滑行适应性开展了深入细致的研究,并在长征五号火箭数次飞行中进行了验证。

“嫦娥”坐得更舒适

嫦娥五号块头大、体重大、结构复杂。为了让它“坐”得更安全、更舒适,研制人员下了不少功夫。

他们开展了大量的器箭联合试验和分析,对探测器和火箭所处的电磁环境、力学环境、机械接口进行了多轮综合优化,让它们的固有频率错开,避免彼此之间产生共振。

在“胖五”身上,还为嫦娥五号定制了“座椅”。刘秉说,通常卫星与火箭之间用包带相连,但最多只能满足2.8米直径的连接要求,而嫦娥五号块头太大,与火箭的接口直径达到3.1米,包带连接方式无法满足任务要求。因此长征五号火箭上采用了一种低冲击分离装置,既在飞行过程中连接得安全可靠,又能在器箭分离时降低冲击。

此外,长征五号火箭整流罩上还专门为嫦娥五号设置了15个操作口和透波口,以便进行操作和传输数据。据介绍,此次任务火箭整流罩的开口数量和总面积超过了以往发射任务,对整流罩的设计及发射场联合操作提出了更高要求。

11月24日,我国目前推力最大的长征五号遥五运载火箭,成功将嫦娥五号月球探测器送入地月转移轨道,开启了中国探月工程首次地月往返之旅。

漫漫征程中,中国航天科技集团六院研制的107台大发动机将持续接力,助推嫦娥五号探月、返乡。

30台发动机助推长征五号飞天

中国探月工程,此前实施过5次发射,均由长征三号甲系列运载火箭完成。而发射嫦娥五号的重任,首次落在了长征五号运载火箭身上。

记者从六院了解到,长征五号遥五运载火箭配备了30台火箭发动机。其中,8台120吨级液氧煤油发动机、2台50吨级液氧液氢发动机及2台9吨级液氧液氢发动机,全部是我国新一代绿色环保发动机。正是它们,实现了长征五号遥一火箭豪迈首飞、长征五号遥三火箭王者归来、长征五号遥四火箭成功发射我国首个火星探测器“天问一号”。

这三型发动机,均为六院研制团队历时近20年为我国新一代运载火箭研制的主动助力装置。它们使长征五号火箭具备了名列前茅的运载能力。

在长征五号遥五运载火箭上,还有六院精心打造的辅助动力系统,它由18台性能不一的姿控发动机,以及配套的气瓶、阀门、管路和贮箱组成,是我国唯一涵盖增压气体装置、输送系统、推进剂贮存装置和推力室的独立、完整动力系统。该系统安装在火箭二级氧箱尾部,负责火箭二级发动机滑行阶段的推进剂沉底管理、姿态控制和星箭分离前的未速修正。

正是这30台发动机,支撑长征五号遥五运载火箭护送嫦娥五号探测器进入预定轨道,开启探月征程。

推进器研制实现“不可能”的任务

与我国以往探月任务不同,嫦娥五号既要落月探测,又要采样返回,任务更为复杂艰巨。六院研制的一系列空间姿控轨道发动机,将在任务中派上大用场。

嫦娥五号探测器由着陆器、上升器、轨道器、返回器4部分组成。六院为着陆器、轨道器和上升器研制了三套推进系统,这是目前我国空间飞行器中最复杂的推进系统。

据六院专家介绍,这三套推进系统由77台大小不同、性能各异的轨姿控发动机组成。系统性能指标高、质量轻、推进剂使用效率高,既能经历严酷的温度环境,又能适应宽范围使用温度。由于系统复杂,对其可靠性也有着更高要求。

为了实现探月三期工程“回”的目标,探测器推进系统面临极为严苛的减重要求。六院团队在充分评估风险后,作出了着陆器用4台表面张力贮箱替代4台金属膜片贮箱方案的更改,并反复验证,完成了研制攻关,

一百零七台发动机接力助推 嫦娥五号往返地月稳稳地

张美书 张平 本报记者 付毅飞

最终实现减重约26千克。

为了确保嫦娥五号能在月球平稳着陆,并从月球返回,六院为探测器量身定做了两款3台新型发动机。其中,轨道器上的1台3000牛发动机,将为地月转移、月地转移中途修正、近月制动、离月加速提供推力;上升器上的1台3000牛发动机,相当于1枚微缩版运载火箭,将为月面起飞提供推力;探测器月面软着陆任务,将由1台7500牛变推力发动机完成。

记者了解到,相比其它型号发动机组件,7500牛变推力发动机的流量调节器上,零件加工精度要求极高,公差达微米级,相当于1根头发的80分之一。仅1根流量调节器上,就有8处公差为微米级的加工难点。这在行业内通常被认为是绝不可能完成的,航天工匠们却将这种不可能的任务完美实现。

延伸阅读

嫦娥五号任务的11个阶段

张宇

嫦娥五号从发射入轨到返回器再入回收,一共要经历11个飞行阶段:

一是发射入轨阶段。嫦娥五号将由运载火箭发射,进入到地月转移轨道的飞行阶段,开启探月返回的旅程。

二是地月转移阶段。嫦娥五号完成器箭分离,并展开相应太阳翼,逐步进入预定轨道。地月转移段飞行时间大约为112个小时,为了保障探测器按照预定轨道顺利到达近月点,这期间要进行多次中途修正。

三是近月制动阶段。嫦娥五号继续在目标环月飞行轨道正常行进,并在近月点进行减速制动,以合适的运动速度进入到环月轨道,最终进入的轨道距离月面200公里左右,近月制动时段长达1天。

四是环月飞行阶段。嫦娥五号在环月飞行轨道中行进到动力下降初始点,并在该阶段完成轨道返回组合体和着陆上升组合体的分离,着陆上升组合体分离后要进行降轨、变轨,轨道返回组合体将继续环月飞行,等待上升器的到来。

五是着陆下降阶段。嫦娥五号着陆上升组合体将从下降初始点开始进行月面软着陆,并经过主减速段、接近段、悬停段、避障段、缓速下降段和自由下落段等多个阶段,寻找合适的月面完成软着陆,整个着陆下降的过程将维持15分钟左右。

六是月面工作阶段。嫦娥五号着陆上升组合体将在月面停留约2天,完成设定任务。通过有效载荷设备完成月面科学探测,通过采样封装设备完成月壤的钻取、表取以及封装。月面工作的时间非常紧张,仅有2

天的时间,与此同时,着陆上升组合体与轨道返回组合体必须同时进行下一个阶段的准备工作,为月球轨道交会对接和样品的转移做好万全的准备。

七是月面上升阶段。上升器将经历垂直上升、姿态调整和轨道射入三个阶段,进入到相应的环月飞行轨道,此次月面发射的窗口期很短,上升器和轨道返回组合体要精准考虑测控需求、光照需求以及姿态控制要求,以确保交会对接的顺利完成。

八是交会对接与样品转移阶段。从上升器进入环月飞行轨道开始,通过远程导引和近程导引技术,上升器与轨道返回组合体逐步完成交会对接,上升器中存放的月球样品通过轨道器转移到返回器中。

九是环月等待阶段。嫦娥五号轨道返回组合体从对接舱分离并进入月地入射点,在环月等待段飞行过程中,轨道返回组合体进行1次轨道维持,等待月地入射窗口的到来,全力以赴做好返回地球的准备。

十是月地转移阶段。嫦娥五号轨道返回组合体带着月球采样产品从月球满载而归,经历多次中途修正之后,在距离地球5000公里高度处,实现轨道器和返回器的分离,返回器即将重新投入地球的怀抱。

十一是再入回收阶段。嫦娥五号返回器与轨道器分离后,轨道器进行规避机动,返回器则要经历惯性滑行、地球大气再入、回收着陆三个阶段完成最后的降落。返回器首先以第二宇宙速度冲向地球,在进入地球大气后,通过半弹道跳跃式再入返回技术重新跳出大气层,再以第一宇宙速度进行降落,最终返回器打开降落伞,平稳安全地降落在预定地点。

“嫦五”“长五” 一起从这里出发

——走近中国探月新母港海南文昌



本报记者 王祝华
通讯员 黄国畅 王玉磊

11月24日4时30分,伴随着山呼海啸的轰鸣声,长征五号火箭以雷霆万钧之势拔地而起,一飞冲天。约2200秒后,火箭搭载的嫦娥五号顺利进入预定轨道。至此,中国文昌航天发射场首次执行探月发射任务取得圆满成功,文昌正式成为中国探月新母港。

接过西昌发射任务“接力棒”

西昌,因月色美妙,自古便有“月城”的美誉;文昌,海南岛最东端,一处美丽的海湾名为“月亮湾”,海天一色,意境非凡。

从圆梦奔月、成功绕月到完美落月、再入探路再到喜搭“鹊桥”、月背着陆……2007年起,素有中国“探月港”美誉的西昌卫星发射中心,连续成功发射我国所有探月航天器,创造了一个又一个“中国奇迹”。

而24日凌晨,“嫦娥奔月”的接力棒由该中心的西昌发射场郑重交接到了文昌航天发射场的手上。

紧紧铆在测发大厅的西昌卫星发射中心计划部副部长李本琪,在大屏看到火箭腾飞的那一刻,不禁湿润了眼眶。

时光荏苒,13年前,李本琪曾担任嫦娥一号发射任务01指挥员,在西昌发射场满怀豪情,恭送“嫦娥奔月”。

当时发射嫦娥一号要求较高,需要用大推力火箭先将它送入近地点200公里、远地点5.1万公里的地球同步大椭圆轨道。经过专家们对长征系列火箭进行严格可行性分

析,最终选定运用长征系列火箭家族中运载能力较强、发射成功率最高的长征三号甲运载火箭承担此次发射。

而在中国三大卫星发射中心,唯一发射地球同步轨道卫星、能用长征三号甲等多种型号运载火箭,发射多种型号卫星的西昌卫星发射中心,便责无旁贷地承担起了发射月球探测器的重任。

“嫦娥五号重达8.2吨,而长征五号是国内目前运载能力和体量最大的低温火箭,是发射嫦娥五号的最佳搭档。”谈及这次嫦娥五号任务为何选择文昌航天发射场,西昌卫星发射中心副主任毛万标说,“文昌航天发射场因纬度低、发射效率高,射向宽、安全性好,海运便捷、可行性强等独有优势,更是成了更大更重航天器发射的理想之地。”

科技人员平均年龄30.9岁

敢于战胜一切艰难险阻,勇于攀登航天科技高峰。这是西昌卫星发射中心科技工作者的生动写照。

曾多次担任01指挥员的80后优秀青年胡旭东,是嫦娥五号任务整个发射系统的大管家,负责协调整个发射任务流程和进程状态控制,容不得任何疏忽和失误。

“一谈到发射,大家可能最关注的就是喊倒计时口令的01指挥员,但航天发射是万人一杆枪的事业,不分一线二线,人人都是发射大戏的NO.1。”胡旭东说。

为了“嫦娥奔月”的那一刻,自嫦娥五号入场以来,文昌航天发射场所有科技工作者都和胡旭东一样,打起十二分精神,严把质量

关口,一次又一次操作保精准,一个一个节点保顺利,确保发射任务万无一失。

翻开西昌卫星发射中心的人才资料,记者发现这样一组数据:中心航天工作者平均年龄33.1岁,而成功发射嫦娥五号的文昌航天发射场科技人员平均年龄只有30.9岁;他们中,博士学历占比3.4%,硕士学历占比32.6%。敢想敢干、锐意进取、拼搏创新是这群青年才俊身上最耀眼的特质。

热带特殊气候下的文昌步调

淅淅沥沥的小雨,呼呼作响的海风……发射任务开始前的一个月,海南的天气情况并不理想。阴雨不断,台风过境更是成为常态。

西昌卫星发射中心气象专家、高级工程师郭学文介绍,文昌航天发射场是我国首个滨海航天发射场,属于热带海洋性季风气候,具有“高温、高湿、高盐雾”“强降水、强雷电、强台风”等“三高三强”的气候特点,给嫦娥五号发射气象保障带来新的挑战。

为了火箭发射万无一失、圆满成功,西昌卫星发射中心技术部气象系统工程师甘思旧及其所在团队自任务开展以来,已在发射场驻扎超过60天。她告诉记者,针对此次任务气象保障特点,气象团队的专家和精锐骨干都主动请缨参加任务,数月铆在发射场,认真研究拉尼娜现象对发射场天气气候的影响,分析了任务气候背景特征,完善了防台风应急预案和危险天气预案,并准确预报了发射日窗口的天气,确保了任务按计划实施,火箭安全飞行。

“铜鼓岭遥测跟踪正常!”11月21日,距

离嫦娥五号发射仅剩3天,在全系统演练过程中,铜鼓岭测控点遥测组组长郭付才在执行完北斗卫星长管任务不久后,又立马组织人员切换设备状态,再次投入嫦娥五号任务准备。

今年,在郭付才的团队,像这样的多种任务并行已成为常态,平均每月卫星长管时间平均400多个小时,人员三班倒、24小时值班已是家常便饭。

并行任务图像通信系统扩容建设项目、远程辅助测试安全隔离区建设项目、测控设备中修、防雷专项检测问题整改……为进一步增强发射场测控通信系统服务保障能力,中心还大力引进新设备、新技术,并开展老设备适应性改造,为满足后续快节奏、并行化的高密度航天发射测控任务需求奠定坚实基础。

24日5时45分,西昌卫星发射中心主任、发射场指挥部指挥长张宇宇宣布,嫦娥五号任务发射取得圆满成功!整个指控大厅顿时掌声雷鸣,许多人激动难抑、喜极而泣。

无数个日夜的奋战化作今天成功的喜悦!

“未来,中心文昌航天发射场将按照国家航天发展战略,先期开展载人登月、重型火箭的论证建设和布局,逐步形成重型、大型和中大型火箭高低搭配、多射向、多纬度、低倾角、大吨位发射能力,为中国航天未来的深空探测、行星探测、空间站建设、互联网建设以及可能的巨型星建设提供强有力支撑,为助推我国建设航天强国、网络强国、科技强国、数字中国奠基蓄势。”张宇宇说道。