

# “问天”踏上问天之路 我国首个科学实验舱发射成功

## 文昌航天发射场 多措并举确保问天 实验舱“零窗口”发射

7月24日14时22分,问天实验舱从文昌航天发射场顺利升空。这次任务,也是该发射场执行空间站建造任务以来首次实施的“零窗口”发射。

据了解,发射窗口是指允许火箭发射的时间范围。一般情况下,任务的发射窗口往往有多个时间段。

“由于问天实验舱升空后与天和核心舱实施交会对接,对发射精度的要求更高,需要‘零窗口’发射,即火箭发射时间和预定点火时间偏差不能超过1秒。”问天实验舱发射任务01指挥员廖国瑞介绍,“零窗口”的难度在于发射窗口稍纵即逝,因此,对火箭和发射场系统的可靠性提出了较高的要求。

任务实施过程中,为了瞄准“零窗口”顺利发射,发射场科学统筹各方力量,按计划完成了一号塔架射后恢复、例行试验、产品进场、垂直总装和技术区测试等工作;着重加大实装操作、合成训练、故障排查、应急处置等训练力度,有效提升人员遂行任务能力;严格质量管控,严格把关放行、严格双想复查、严格举一反三,精心准备、精心组织、精心实施,确保发射任务圆满成功。

此外,发射场气象系统还对雷电、强降雨、浅层风、高空风等影响发射的重要天气因素,进行专题技术研究和气候背景特征分析,利用高性能计算机系统实施发射场区精细化预报,短时预报准确率达到95%以上,为问天实验舱的“零窗口”发射提供分时分段、精确的气象保障。

## 长征五号B运载火箭 首次“零窗口”发射成功

我国24日用长征五号B遥三运载火箭,成功将问天实验舱发射升空。这是长征五号B运载火箭首次执行“零窗口”发射任务。

根据计划,问天实验舱将与天和核心舱进行快速交会对接,“因此,火箭必须在规定时间发射,否则问天实验舱将无法到达指定位置,需要耗费巨大代价调整轨道,甚至会导致发射终止,需要等待下一个发射窗口重新组织发射。”航天科技集团一院长征五号B运载火箭总体副主任设计师刘秉介绍。

为了确保准时点火发射,科研团队对射前负10分钟的发射流程进行了优化,在火箭点火前预留出2.5分钟的故障处理时间。“也就是说,距离发射2.5分钟时,火箭就已具备了点火发射能力,随时可发射。”航天科技集团一院长征五号B运载火箭副总设计师佟路亮说。

长征五号B运载火箭是专门为中国载人航天工程空间站建设而研制的,是目前我国近地轨道运载能力最大的运载火箭,2020年5月实现首飞,2021年4月将天和核心舱发射升空。

## “太空之吻”能否成功 “零窗口”发射很关键

问天实验舱升空后将与天和核心舱交会对接,这将是长征五号B运载火箭首次执行交会对接任务。专家指出,此次发射面临载荷最重、尺寸最大等多重难点,而长征五号B运载火箭的“零窗口”发射,是确保问天与天和成功实现“太空之吻”的关键一环。

“此次发射,问天实验舱需要与天和核心舱进行快速交会对接,因此,火箭必须在规定时间发射,否则问天实验舱将无法到达指定位置。”航天科技集团一院长征五号B运载火箭总体副主任设计师刘秉说。

交会对接就好比在太空“穿针引线”,为了更加精准、可靠地完成好这个任务,长五B团队“上了三道保险”。

“第一道保险”是“起飞时间修正技术”。航天科技集团一院长征五号B运载火箭控制系统主任设计师苏磊介绍:“‘起飞时间修正技术’让火箭的控制系统可以自动计算偏差、调整目标轨道,即使火箭没能完全按照预定窗口发射,在0到2.5分钟这个时间段内任一时间点发射,火箭都可以在飞行过程中自动修正因推迟发射导致的飞行偏差,将实验舱精准送入预定轨道。”

“这有点像汽车的自动驾驶技术,只是长五B这辆重达数百吨的‘汽车’要做到‘自动驾驶’可不容易。”火箭科普专家钱航说,长五B创新运用姿态控制增益优化和复合制导方法,提高了火箭姿态控制精度。

“第二道保险”是发射场流程优化。刘秉介绍:“长五系列火箭系统复杂,发射场各项流程种类繁多。我们总结前7次发射经验,对射前10分钟的发射流程进行优化,距离点火2.5分钟就完成了发射前各项准备工作,如果有问题能早发现、早解决。”

长五B团队的“第三道保险”包括:对火箭发射的地面设备进行了全面的检修维护、更换和完善;新增4项、更新18项应急预案,比如对推进剂泄出重新组织发射预案进行了进一步细化和完善;对火箭的运载能力进一步评估、折算,扔掉箭体中的“累赘”,为火箭释放了更大的运载能力。

**核心提示** 7月24日14时22分,搭载问天实验舱的长征五号B遥三运载火箭,在我国文昌航天发射场准时点火发射,约495秒后,问天实验舱与火箭成功分离并进入预定轨道,发射取得圆满成功。

记者从中国载人航天工程办公室了解到,这是我国载人航天工程立项实施以来的第24次飞行任务,发射的问天实验舱是中国空间站第二个舱段,也是首个科学实验舱。问天实验舱由工作舱、气闸

舱和资源舱组成,起飞重量约23吨,主要用于支持航天员驻留、出舱活动和开展空间科学实验,同时可作为天和核心舱的备份,对空间站进行管理。

后续,问天实验舱将按照预定程序与核心舱组合体进行交会对接,神舟十四号航天员乘组将进入问天实验舱开展工作。

执行此次发射任务的运载火箭及问天实验舱,分别由中国航天科技集团有限公司所属的中国运载火箭技术研究院和中国空间技术研究院抓总研制。



7月24日14时22分,搭载问天实验舱的长征五号B遥三运载火箭,在我国文昌航天发射场准时点火发射,约495秒后,问天实验舱与火箭成功分离并进入预定轨道,发射取得圆满成功。  
新华社记者 李刚 摄

## 中国空间站问天实验舱发射看点

7月24日14时22分,中国空间站问天实验舱在海南文昌航天发射场由长征五号B运载火箭托举升空。

作为我国空间站建设的第二个舱段,问天实验舱将为空间站带去哪些新装备?航天员在太空的工作生活会迎来怎样的变化?

### 功能强、装备全:中国空间站 喜迎“新居”

“问天实验舱由工作舱、气闸舱和资源舱三部分组成,舱体总长17.9米,直径4.2米,发射重量约23吨。相关指标比天和核心舱更高,是我国目前最重、尺寸最大的单体飞行器。”航天科技集团五院空间站系统副总设计师刘刚说。

不仅有着大块头的体格,问天实验舱更是一个集平台功能与载荷功能于一体的“全能型”选手。

据介绍,问天实验舱与天和核心舱互为备份,关键平台功能一致,可以完全覆盖空间站组合体工作要求,既发挥出海神针般的双保险作用,也为空间站未来15年可靠运行打下坚实基础。

“两舱对接组成组合体后,由天和核心舱统一管理和控制整个空间站的载人环境,一旦天和核心舱出现严重故障,问天实验舱能够快速接管,主控空间站。”航天员中心问天实验舱环控生保分系统主任设计师罗亚斌说。

一个更重要的细节是,问天实验舱配备了目前国内最大的柔性太阳能翼,双翼全部展开后可达55米。太阳能翼可以双自由度跟踪太阳,每天平均发电量超过430度,将为空间站运行提供充足的能源。

问天实验舱是空间站系统中舱外活动部

件最多的舱体,大量的舱外设施设备能够更好地保障出舱活动,也为更精细的舱外操作提供支持。

在问天实验舱的气闸舱外,还有一套5米长的小机械臂。这套7自由度的机械臂小巧、精度高,操作更为精细。未来,小臂还可以与核心舱大臂组成15米长的组合臂,在空间站三舱组合体开展更多舱外操作。

### 时间紧、难度高:“胖五”进行 “增肌瘦身”

作为我国空间站建造工程的“运载专列”,被人们昵称为“胖五”的长征五号系列运载火箭此前已成功将天和核心舱送入太空,此次则是首次执行交会对接任务。

此次长五B不仅要发射我国迄今为止最重的载荷,还面临着低温推进剂加注问题和复杂的射前流程,难度可想而知。

点火阶段,型号队伍对射前10分钟的发射流程进行了优化,将部分流程前置。在距离发射数分钟时,火箭就已完成发射前各项准备工作,具备了点火发射能力,为突发情况留出决策、处置的时间。

长五B还应用了起飞时间修正技术,让火箭的控制系统可以自动计算偏差、调整目标轨道,最大修正时间为2.5分钟。

“即使火箭没能完全按照预定窗口发射,只要在2.5分钟这个窗口时间里,都能通过后期的轨道修正精准完成入轨和交会对接。”航天科技集团一院长征五号B运载火箭副总师娄路亮说。

为不断提高火箭可靠性,安全、精准地将问天实验舱送到目的地,型号队伍还对长五B进行了有针对性的“增肌瘦身”,在生产工艺等方面进行了30多项改进。

随着发射次数增多,科研人员对火箭技术状态的认识也不断深入。此前,长五B在发射场的发射准备时间约为60天。本次任务进一步优化到了53天,为后续提高火箭发射效率、应对高密度常态化发射奠定了基础。

### 大吨位、半自主:“太空之吻” 有新看点

问天实验舱入轨后,将与核心舱组合体实施交会对接——23吨的问天实验舱与40多吨的核心舱组合体,将是我国目前最大吨位的两个航天器之间的交会对接,也是中国空间站首次在有人状态下迎接航天器的来访。

重量重、尺寸大、对接靶子小、柔性太阳能翼难控制……对所面临的一系列棘手难题,航天科技集团五院问天实验舱GNC分系统副主任设计师宋晓光打了形象的比方:“如果按重量来看,载人飞船对接像开小跑车,而到了问天和梦天实验舱,就如同要把一辆装备豪华的大房车停到一个小车位里。”

为成功实现“太空之吻”,设计团队从问天实验舱初研研制起就经过几轮实测,对问天实验舱的数据参数精准把握,并提升算法达到更强的适应能力和纠偏能力。同时,采用半自主交会对接方案,实现交会对接过程中的稳定控制。

在轨期间,问天实验舱还将实现平面方位90度,让原本对接在节点舱前向对接口的问天实验舱,转向节点舱的侧向停泊口,并再次对接,从而腾出核心舱的前向对接口,为梦天实验舱的到访做好充分准备。这将是我国首次航天器在轨转位组装,也将是国际上首次探索以平面式方位方案进行航天器转位。

## 解析问天实验舱 “独门神器”

问天实验舱舱体总长17.9米,直径4.2米,比天和核心舱更“强”更“壮”;还拥有三个“独门神器”:航天员专用的出舱区——气闸舱;操作更灵巧、精细的小机械臂;可以为整个空间站收集能量的柔性太阳能翼。

### 气闸舱:航天员的专用出舱区

空间站任务开启后,我国航天员已经进行了多次出舱活动,天和核心舱上的出舱口名为“节点舱”,兼具航天器对接与停泊及航天员出舱多项功能,舱内设备、管路和电缆较多。问天实验舱升空后,航天员今后出舱活动就有了一个专用出舱区——气闸舱。

据航天科技集团五院空间站系统总体主任设计师张昊介绍,气闸舱是一个内圆外方的舱体,具有舱容更大、舱门更宽、舱内更整洁等特点。未来,气闸舱将成为整个空间站系统的主要出舱通道。

航天员在节点舱的出舱活动空间大概是七八个立方米,气闸舱可以达到十二三个立方米;气闸舱比节点舱更加整洁,舱内只配置了与出舱相关的设备,没有其他管路电缆的羁绊;舱门直径达1米,比节点舱舱门直径大15厘米。

### 小机械臂:“短小精悍”,可独立 完成舱外照料

与天和核心舱一样,问天实验舱也搭载了一个机械臂。相比于核心舱配备的展开长度达10米、最大承载质量25吨的大机械臂,问天实验舱的机械臂要显得更“短小精悍”。

张昊介绍,大机械臂手臂够长,转移范围更大,作业半径近10米;力气够大,简直是一个“大力士”,可以抓住并转移一个完整的航天器。

相比之下,问天实验舱的小机械臂长度约5米,承载能力为3吨,但这个“小手”的设计目的就是抓握中小型设备,进行更为精细化的操作。

大小机械臂还可以组合使用,组成约15米长的组合臂,开展更多的舱外操作。“我们可以将大小机械臂视为人的两只手,互相交接东西,协作使用;也可以将两只手臂攥在一起,形成一个更长的机械臂,可以进行覆盖整个空间站表面的一些操作和爬行需求。”张昊说。

### 柔性太阳能翼:是目前国内 最长最大的一个

问天实验舱所携带的太阳能翼,是目前国内最长最大的柔性太阳能翼,刷新了我国航天器在轨使用太阳帆板的纪录。

据张昊介绍,问天实验舱太阳能翼单翼展开阵面加上一些安装结构,长度接近28米,两个太阳能翼全部展开将近56米,比空间站三个舱组合在一起的舱体尺寸还要大,且一个太阳能翼阵面面积可达100多平方米,将有效收集更多的太阳能,为空间站运行提供充足的能源。

“这么大的太阳能翼单翼发电功率9千瓦,双翼可达18千瓦,日平均发电量超过430度。与核心舱交会对接完成后,可以满足整个空间站的用电需求。”张昊说。

问天实验舱的太阳能翼面积大、柔性也大。航天科技集团五院问天实验舱GNC分系统副主任设计师宋晓光说,这个太阳能翼只比衣服硬一点,而且采用了双轴控制,在舱体姿态不做调整的情况下,就能随时调整朝向。

### 更舒适、更安全:太空生活 “条件升级”

对在轨航天员来说,两舱对接形成组合体,意味着我们的太空家园从“一居室”升级到更宽敞的“两居室”。

问天实验舱的工作舱内设有3个睡眠区和1个卫生区。完成对接后,空间站后续可以支撑神舟十四号、十五号两个乘组6名航天员实现“太空会师”和在轨轮换,在太空面对面交接工作。

航天员中心舱外服总体试验主任设计师李金林说,在天和核心舱的基础上,问天实验舱在吸音、降噪、减震等方面进行了优化升级。

此前,航天员在天和核心舱只能通过节点舱实现出舱。节点舱作为空间站的交通枢纽,空间较小,航天员每次出舱前还需要关闭各个对接通道的舱门,进行大量准备工作。

此次问天实验舱则配置了一个出舱人员专用的气闸舱。一方面,气闸舱的空间和出舱舱门的尺寸都比节点舱更大,航天员进出更舒展从容,也更易携带大体积的设备出舱工作。另一方面,从气闸舱出舱时,只需关闭一道舱门,操作更便捷。

未来,气闸舱将成为航天员在空间站的主要出舱通道。

在气闸舱外的暴露实验平台上,还配置了22个标准载荷接口。“在空间站搭载的科学实验载荷,可以通过机械臂精准‘投送’到自己对应的载荷接口位置,不再需要航天员出舱进行人工操作,既降低了航天员的工作强度和风险,又可以灵活高效支持舱外载荷试验。”航天科技集团五院问天实验舱空间技术试验分系统主任设计师赵振昊说。

本版稿件综合新华社北京7月24日电