

# “问天”十问——详解问天实验舱发射任务

文/新华社记者 李国利 黎 云 张瑞杰 赵叶苹 温竞华

7月24日下午,长征五号B遥三运载火箭托举着问天实验舱一飞冲天。约13小时后,问天实验舱与核心舱组合体成功交会对接。7月25日10时03分,神舟十四号航天员乘组成功开启问天实验舱舱门,顺利进入问天实验舱。这是中国航天员首次在轨进入科学实验舱。

“问天”长啥样?带了什么上天?能做哪些实验?有哪些黑科技……“问天”十问,详细解读中国空间站问天实验舱发射任务。

## “问天”长啥样?

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,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。

“问天实验舱舱体总长17.9米,直径4.2米,发射重量约23吨,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总体主任设计师张昊介绍。

## “问天”为何“零窗口”发射?

“问天实验舱需要与空间站天和核心舱进行交会对接,因此,必须在规定时间内发射,也就是‘零窗口’发射,否则将无法到达指定位置,需要耗费巨大代价调整轨道;甚至导致发射终止,那就需要等待下一个发射窗口重新组织发射,严重影响任务周期。”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,这次发射是长五系列火箭首次执行“零窗口”发射任务。

刘秉介绍,长征五号B运载火箭应用了起飞时间偏差修正技术,最大修正时间为2.5分钟。“通俗理解,在0~2.5分钟这个时间段内的任一时间点发射,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。”

## “问天”如此庞大,如何“穿针引线”?

问天实验舱尺寸大、太阳翼柔,升空时具有发动机推力相对更小、羽流干扰更大等特点,多种情

况耦合,给交会对接带来诸多难题。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说:“前辈留下了很多经验,包括一些算法和策略,我们在这个基础上针对问天实验舱做了大量的设计和仿真验证。”

“具体措施,一方面是把参数搞准,另一方面是在算法上做到有更强的适应能力。”宋晓光说。

## 航天员能立刻进入“问天”吗?

25日3时13分,问天实验舱与天和核心舱组合体完成交会对接。约7个小时后,神舟十四号航天员乘组进入问天实验舱。为什么航天员在交会对接后没有立即进入问天实验舱?

“发射并完成对接后,航天员是不能直接进入问天实验舱的。航天员首次进入至少需要以下步骤:首先是提前启动舱内有害气体净化功能,建立满足进入条件的环境,包括舱内的压力、温度、湿度和风速等,有些工作从地面就已经开展了;第二步是确保天和核心舱、过道和问天实验舱压力都一致平衡了,才可以轻松打开舱门。”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。

进入问天实验舱后,航天员马上又要进行忙碌的整理工作,包括物资搬运、生活环境布置、科学实验准备、出舱活动准备,将“太空之家”布置得更加合理、宽敞、舒适。

## “问天”带了什么上天?

问天实验舱由工作舱、气闸舱及资源舱3部分组成。问天实验舱中的工作舱近10米长,是我国目前最大的载人密封航天器舱体。工作舱后面紧接着是气闸舱,以后专门用于航天员出舱。再后面就是资源舱。

问天实验舱舱内主要设备布局在工作舱,装载了8个实验柜,包括生命生态实验柜、生物技术实验柜、变重力科学实验柜、科学手套箱、低温存储柜以及3个为后续预留的空置实验柜,还有3个睡眠区、1个卫生区,以及平台飞行所需要的设备。“舱外还装载了22个载荷适配器,就像是把一个大型科学实验室搬到了太空。”张昊说。

## “问天”能做哪些实验?

问天实验舱的主要任务是进行生命科学和生物技术研究,舱内最具“含金量”的当属8个宽1米、高1.8米、深0.8米的科学实验柜。

载人航天工程空间应用系统副总师、中科院空间应用中心研究员吕从民介绍,生命生态实验柜将开展拟南芥、果蝇、斑马鱼等动植物的空间生长实验;生物技术实验柜开展细胞组织培养、空间蛋白质结晶与分析、蛋白与核酸共起源和空间生物力学等实验;变重力科学实验柜支持开展微重力、模拟月球重力、火星重力等不同重力水平下的复杂流体物理、颗粒物质运动等科学研究;科学手套箱提供洁净密闭空间和温湿度环境控制,配置灵巧机械臂具备细胞级精细操作能力,为航天员操作多学科实验样品提供安全、高效支持;从-80℃~4℃的低温存储柜,能够满足不同实验样品的不同温度需求。

实验舱外部署了能量粒子探测器、等离子体原位成像探测器,为航天员健康、空间站安全运营提供保障支持,并可用于空间环境基础研究。

## “问天”与“天和”如何分工合作?

相比一个飞行器或者一个航天器来说,多个航天器的组合,控制起来更复杂。张昊介绍,问天实验舱跟天和核心舱对接完成后,要把这两个舱段的组合体作为一个整体来进行控制,核心舱作为主控舱段,问天实验舱是从属地位,同时问天实验舱的平台功能与天和核心舱互为备份。

## “问天”柔性太阳翼的功能是什么?

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

宋晓光介绍,太阳翼采用了双轴控制,在舱体姿态不做调整的情况下,就能随时调整朝向。

空间站在轨建造完成后,天和核心舱的一个太阳帆板将转移到

问天实验舱资源舱的尾部。届时,问天实验舱将成为名副其实的“主发电站”,为组合体源源不断地供电送能。

## “问天”小机械臂能完成什么工作?

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。

比如,它可以在不需要航天员出舱的情况下,独立完成舱外载荷的安装、更换等照料操作,可以有效节省航天员在轨工作负荷。

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。

## “问天”上还有什么“黑科技”?

空间站建造过程中“惜重如金”,但此次问天实验舱携带了4个100多公斤的大家伙,学名叫控制力矩陀螺,已经升空的核心舱携带6个、天舟四号携带1个,随后天舟五号还将携带1个,12个控制力矩陀螺联合使用,就可以使超过100吨的空间站的姿态控制“坐如钟、行如风”。

“通过控制力矩陀螺不同速度的转动,能够有效控制航天器的姿态,减少通过燃烧燃料推动航天器姿态调整的消耗,是一款节能神器。”宋晓光说。

我国第一台控制力矩陀螺,是2011年随天宫一号上天的。它的在轨应用是我国空间机电部件发展的一个里程碑,使我国成为国际上第三个掌握该技术的国家。