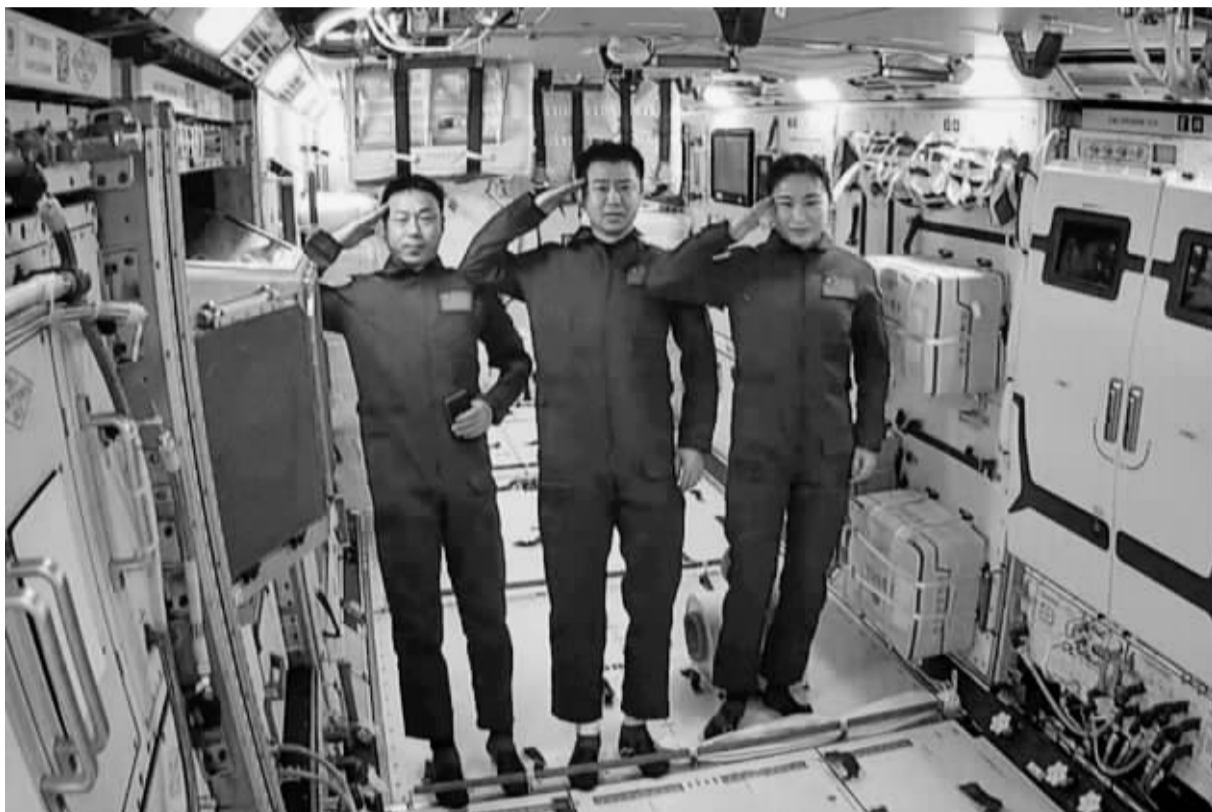


“问天”十问

——详解中国空间站问天实验舱发射任务

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。



7月25日在北京航天飞行控制中心拍摄的神舟十四号航天员乘组进入问天实验舱。航天员陈冬(中)、刘洋(右)、蔡旭哲进入问天实验舱。
新华社记者 郭中正 摄

□新华社记者

一问：“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。

二问：“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到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。”

三问：“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。

四问：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。

五问：“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。“舱外还搭载了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。

六问：“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℃到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。

七问：“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。

八问：“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。

九问：“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”的设计目的就是把握中小型设备，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。

十问：“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。

(记者李国利、黎云、张瑞杰、赵叶华、温竞华)
(新华社海南文昌7月25日电)