

梦圆空间站

“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，神舟十四号航天员陈冬进入问天实验舱。新华社发

1 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。

2 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。”

3 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。

4 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。

5 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。

6 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实验；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。

7 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。

8 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。

9 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。

10 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。

新华社海南文昌7月25日电

7月24日下午，长征五号B运载火箭托举着问天实验舱从文昌航天发射场发射升空。问天实验舱大大提高了在轨航天员的安全性，可给航天员带来更加舒适的在轨生活体验。

更安全、更舒适、更饱满

——航天员在轨生活迎来三大改变

01 “备份”多、可靠性强：在轨航天员更安全

问天实验舱是我国空间站的第一个实验舱，其平台功能与天和核心舱互为备份，关键平台功能一致，也就是说，在天和核心舱“想休息”时候，问天实验舱也能顶上，“带你一起飞”。

问天实验舱的气闸舱与天和核心舱节点舱相互备份，包括航天员系统的舱外服支持设备之间也相互备份，更大程度上提高了航天员出舱活动的可靠性以及航天员的安全性。

02 空间大、保障多：航天员生活更舒适

问天实验舱舱体总长17.9米，直径4.2米，发射重量约23吨，是迄今为止我国最大最重的航天器。舱内设有3个睡眠区、1个卫生区。完成对接后，床位数增加到6个，中国空间站将更加温馨舒适。

同时，航天员中心在问天实验舱配备了丰富的乘员产品，包括太空厨房、

充电类的设备等。问天实验舱上行以后，加上天和核心舱已经配备的一套太空厨房，在轨就有两套厨房设备，给航天员的生活带来很大的便利。另外，问天实验舱又上行了一套充电装置，与天和核心舱配套的一台充电装置一起，可为航天员的生活带来更多便利。

03 住新舱、增科学实验：在轨任务更饱满

进驻问天实验舱后，航天员要进行物资搬运、生活环境布置、科学实验准备、出舱活动准备等忙碌的工作。

根据空间站三舱空间科学任务功能规划分配，问天实验舱以生命科学和生物技术研究为主。问天实验舱装载了8个实验机柜，这次设置有生命生态

实验柜、生物技术实验柜、低温存储柜、变重力科学实验柜等4个科学实验柜和1个科学手套箱，为后续预留了3个空置的科学实验柜。

神舟十四号航天员乘组将陆续开展更多空间科学实验，在轨任务会更加饱满。

新华社海南文昌7月25日电