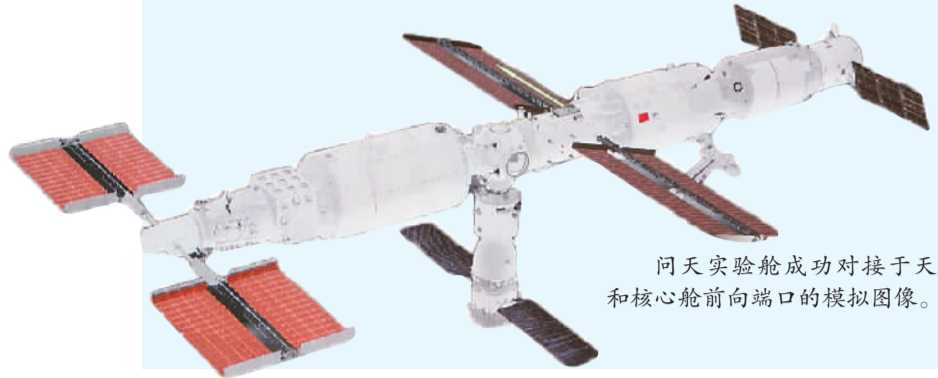


## 筑梦“太空之家”——中国空间站建设记②



问天实验舱成功对接于天和核心舱前向端口的模拟图像。

7月24日，搭载问天实验舱的长征五号B遥三运载火箭，在文昌航天发射场点火发射。7月25日，问天实验舱成功对接于天和核心舱前向端口。随后，神舟十四号航天员乘组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。

随着“问天”成功赴约，中国空间站正式开启了“多舱”阶段。待梦天实验舱成功发射后，中国空间站将完成在轨建造。

既有设施齐备的科学实验室，也有通往神秘太空的大门；既携带着网红机械臂，也承担着“发电”的重任——问天实验舱，究竟有哪些本领？

# “问天”赴约 中国空间站开启多舱阶段

本报记者 刘 晓

### 大 块 头 功能齐全“床位”足

问天实验舱由工作舱、气闸舱和资源舱组成。其舱体总长达17.9米，直径4.2米，起飞重量为23吨，比天和核心舱的块头更大，是全世界现役在轨最重的单舱主动飞行器。

作为中国空间站第二个舱段和首个科学实验舱，问天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，同时也可作为天和核心舱的备份，对空间站进行管理。工作舱内设有3个睡眠区、1个卫生区——实验舱与核心舱对接后，中国空间站的“床位”数已增加到6个。在神舟十四号任务末期，“神十四”和“神十五”两个航天员乘组将实现轮换，6名航天员可同时在舱内工作生活。

在平台功能方面，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。除了保障航天员在轨长期驻留之外，问天实验舱还提供了专用气闸舱和应急避难场所，让空间站在轨运行风险更加可控，在轨长寿命运行更加可靠。

在试验载荷功能上，问天实验舱搭载了8个实验机柜、22个舱外载荷适配器，包括生命生态实验柜、生物技术实验柜、科学手套箱与低温存储柜、变重力科学实验柜等科学实验设施。这座“太空科学实验室”能够支持开展多种植物、动物、微生物等在空间条件下的生长、发育、遗传、衰老等响应机理研究以及密闭生态系统的实验研究等。

### 新 大 门 “外方内圆”很安全

在历次空间站任务中，中国航天员通过天和核心舱节点舱进行了多次出舱活动。此次升空的问天实验舱，为航天员进出空间站开启了一扇“新大门”——实验舱配备了全新的气闸舱。

与以往传统密封舱不同，气闸舱看上去是一个方形的舱体，但实际上“外方内圆”。

气闸舱内仍是圆柱状的空间，也是航天员开展出舱活动时的“更衣间”。气闸舱设计了一个比节点舱更大的舱门，直径达1米，比节点舱舱门大15厘米；气闸舱的出舱活动空间也从节点舱的五六立方米增加到了十二三立方米。航天员出舱不仅更宽敞、更舒适，还能携带大个头的设备，舱外工作能力大大提升。

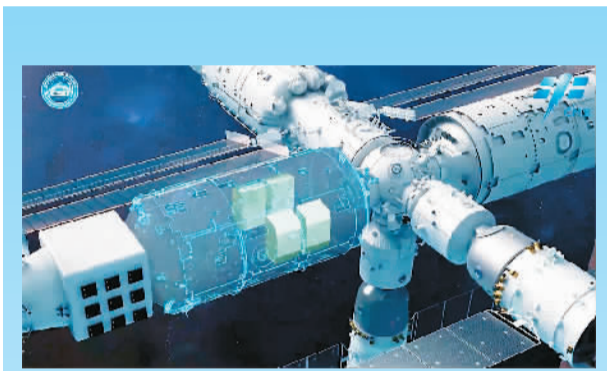
据了解，神舟十四号航天员乘组未来将首次利用气闸舱实施出舱活动等工作，未来这里也将成为中国空间站的主要出舱通道。而一旦气闸舱在出舱过程中出现问题，航天员仍可通过节点舱回到舱内，保证出舱活动安全可靠。

出舱气闸外的方形外壳则是舱外暴露实验平台，上面配置了22个标准载荷接口，其中一部分还配备了流体回路温度控制。未来10年，在空间站搭载的科学实验载荷可以通过机械臂精准“投送”到对应的标准载荷接口位置，不需要航天员出舱进行人工操作。

### 机 械 臂 大小配合更高效

问天实验舱是空间站系统中舱外活动部件最多的舱体，大量舱外设施设备能更好保障出舱活动，为更精细的舱外操作提供支持。

问天实验舱携带了一套5米长、7自由度的小机械臂。与天和核心舱的大机械臂相比，小机械臂的“手”更小——长度约5米，承载能力为3吨，重量和长度均约



空间站组合体模拟图



问天实验舱舱内示意图



问天实验舱的太阳翼

中国载人航天工程办公室供图

为大臂的一半，负载能力约为大臂的1/8，形态上更加精巧，运动和操控灵活，方便抓握中小型设备，进行更为精细化的操作。例如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，有效节省航天员在轨工作负荷。

大小两只“手臂”各有侧重，又相互配合，小臂可以与大臂形成15米长的组合臂，开展更多的舱外操作。如后续需要在舱外安装设备，可以通过货运飞船上行至梦天实验舱的货物气闸舱，通过组合臂的抓取和转移，完成在舱外载荷平台上的安装。此外，大小机械臂还可协同开展舱外操作任务，完成互巡互检的自身维护工作，有效提高机械臂系统的可靠性。

据悉，神舟十四号航天员将首次利用小机械臂出舱，还会同时利用小臂和大臂组合出舱，全新的出舱活动充满看点。而在出舱过程中，问天实验舱舱外设置的2台云台灯、4台高清摄像机，能够一边打光追光、一边拍摄录制。通过它们，地面测控人员可以更清楚地关注航天员出舱活动。

### 太 阳 翼 空间站“发电”有妙招

问天实验舱自带高性能“发电机”与“配电柜”——其所携带的太阳翼，是目前国内最长、最大的柔性太阳翼，刷新了中国航天器在轨使用太阳帆板的纪录。

问天实验舱配备了一对双自由度柔性太阳帆板，全部展开后的翼展超过55米，比空间站3个舱组合在一起的舱体尺寸还要大，每个太阳帆板展开面积可达100多平方米。两个硕大的太阳帆板一起工作，可有效收集更多太阳能——每天平均发电量超过430度，为空间站运行提供充足的能源。

问天实验舱的太阳翼面积大、柔性也大，带着一对巨大的“软翅膀”与天和核心舱进行交会对接，控制难度极大。为降低系统复杂性和在轨风险，问天实验舱实现了多个系统功能创新，如采取太阳帆板二次展开方案，即发射后先展开约1/5的长度，待对接完成后再展开到到位，以提高可控性，保证任务成功。

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尾部。届时，天和核心舱将专注于空间站管理工作，而问天实验舱将成为名副其实的“主发电站”。

7月24日，搭载空间站问天实验舱的长征五号B遥三运载火箭（以下简称“长五B”），在文昌航天发射场升空，这是中国大型低温液氢液氧火箭首次执行交会对接任务，难度堪比在太空“穿针引线”。为此，长五B火箭从优化射前流程、拓展发射窗口、释放运载能力等方面进行性能改进提升，全力保障任务圆满成功。

问天实验舱和天和核心舱要通过交会对接，在轨进行组装，要求火箭“零窗口”发射。长五B作为低温火箭，面临着低温推进剂加注问题和复杂的射前流程，实施“零窗口”发射相比常温火箭难度大得多。

为了和时间赛跑，火箭设计团队开展了适应“零窗口”发射要求的射前流程优化改进，对全箭射前流程环节、可优化内容及发射窗口整体前移的有关影响开展专题确认。

长五B火箭总体副主任设计师刘秉介绍，“我们将各系统耦合性高的工作由‘串联’变为‘并联’，为火箭发射前预留了2分半的故障处理时间，一旦在点火前暴露问题，可以有充足的时间来反应”。

执行快速交会对接任务，要求火箭以更高的发射和飞行可靠性实现精准发射、准确入轨，将问天实验舱送入与核心舱共面、共轨的转移轨道。

发射问天实验舱就像火车到站——在以前，乘客需要“追火车”找车厢，到了高铁时代，上火车已经实现了精准对标。从“追火车”到“乘高铁”，入轨精度偏差缩小为空间站舱段交会对接提供了更好的保障，也对火箭的动力、结构和控制系统偏差控制水平提出了更高要求。

航天发射是火箭、发射场、地面等系统协同的最终体现。长五B火箭轨道设计师王建明介绍，“‘窄窗口’点火可以提升火箭点火可靠性，但由于地球是不间断自转的，为克服地球自转影响，则需要通过箭上具备起时刻偏差修正能力”。

点火后，火箭依靠更先进的制导技术不断调整弹道，直奔空间站。长五B创新运用姿态控制增益优化和复合制导方法，从而提高了火箭姿态控制精度。

“就好比投出去的篮球按照篮筐位置、球风风速、气流和温度等变化不断修正前进轨迹，直奔篮筐而去。”科普专家钱锐说，“长五B这辆‘汽车’重达数百吨，时速不可估量，要做到‘自动驾驶’可不容易。”

作为目前中国近地轨道运载能力最大的火箭，长五B近地轨道运载能力超过23吨，托举2022年最“重”载荷——问天实验舱演绎了浪漫的“太空之吻”。

这是空间站首次在有人状态下迎接航天器的来访。问天实验舱采用快速交会对接的方式与空间站天和核心舱对接形成组合体，需要舱段消耗燃料来变轨满足对接要求，会造成运载能力的损失。

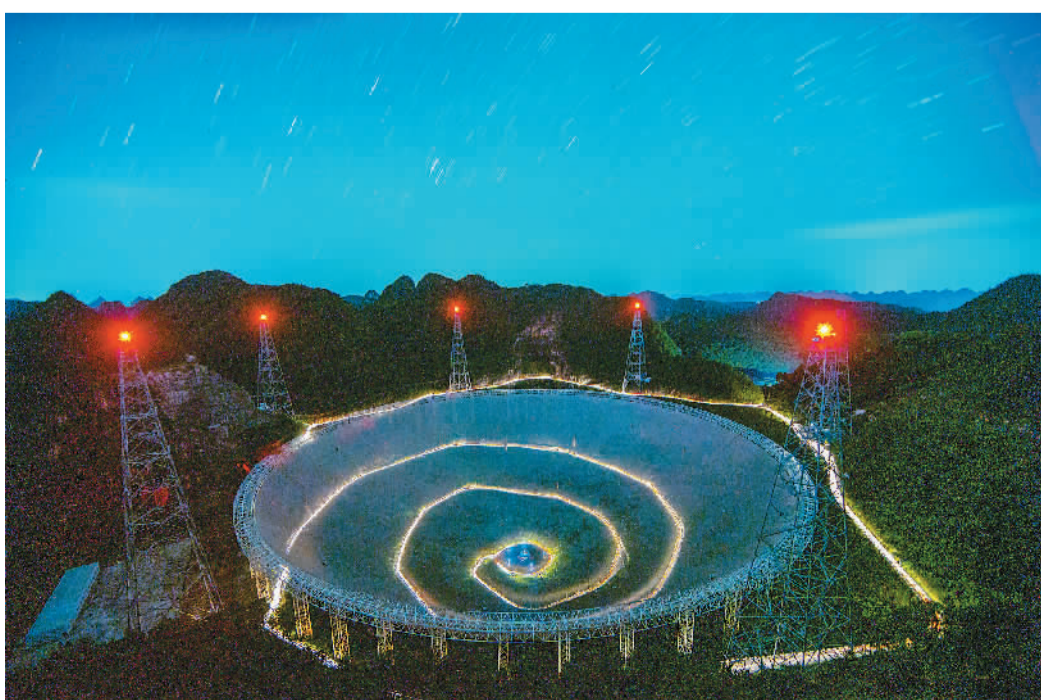
为了能搭载更多的推进剂、生活物资等维持空间站在轨运营，长五B团队对火箭的运载能力进一步评估、折算，扔掉箭体中的“累赘”，为火箭释放了更大的运载能力。

“如果把发射火箭比作游客出行，那么以前就是出远门，需要携带大包小裹，现在更像是临时出差，轻轻松松带上必备物品就可以出发了。”刘秉比喻道。

从「追火车」到「乘高铁」  
长五B火箭是这样「练」成的  
立 风 董佳莹



搭载问天实验舱的长征五号B遥三运载火箭点火发射。新华社记者 田定宇摄



## 中国天眼进入成果爆发期

截至目前，被誉为“中国天眼”的500米口径球面射电望远镜已发现660余颗新脉冲星。

“中国天眼”于2016年9月25日落成启用，是目前全球最大且最灵敏的射电望远镜。近年来，“中国天眼”在快速射电暴起源与物理机制、中性氢宇宙研究、脉冲星搜寻与物理研究、脉冲星测时与低频引力波探测等方向持续产出成果，极大拓展了人类观察宇宙视野的极限。

FAST运行和发展中心常务副主任、总工程师姜鹏表示，目前“中国天眼”已经进入成果爆发期，观测设备的稳定运行对此做出了巨大贡献。

◀ 7月24日，星空下的“中国天眼”。

新华社记者 欧东衢摄

## 科学教育暑期学校培训活动启动

据新华社电（记者张泉）记者从中国科学院获悉，“全国科学教育暑期学校”中小学教师培训活动已正式启动，将充分发挥中科院和多所师范院校的科教资源优势，组织院士等专家和一流教育专家参与教学，帮助参训教师提升科学教育能力水平。

据介绍，“全国科学教育暑期学校”中小学教师培训活动计划于7月20日至8月19日期间，在北京和11个中科院地方分院所在城市共组织12期培训，每期100名中小学科学教师线下参训，并通过国家智慧教育公共服务平台“暑期教师研修”专题直播。其中，北京为主会场，其他城市为分会场。

北京主会场7月21日开班，邀请多名院士、专家授课，带领线下学员参观中科院力学研究所风洞实验室、中科院物理研究所综合极端条件实验装置等科技创新现场，帮助中小学教师了解科技前沿，提升科学素养。

北京主会场活动外，其他11个城市的分会场也将邀请知名院士专家、科普工作者和教育专家等授课，开放特色科研现场，推出一系列丰富多彩的培训活动。

“全国科学教育暑期学校”中小学教师培训由教育部教师工作司与中科院科学传播局共同举办，北京师范大学等12所师范大学与中科院计算机网络信息中心、中科院分院共同组织实施。