

## 筑梦“太空之家” ——中国空间站建设记⑧

中国航天员近日成功进行了首次空间站出舱活动，这一过程通过电视直播镜头，真切呈现在亿万观众的眼前，让人们不仅体验到九天之上回望蓝色地球家园、凝视苍茫太空的别样感动，而且领略到航天科技赋予人类探索太空的伟大力量，见识到中国空间站作为现代科技集大成者拥有的梦幻装备，特别是天和核心舱机械臂。

通过画面人们看到，空间站天和核心舱机械臂稳稳地托举着航天员移动至目标位置，那种灵活、轻盈的姿态让人不禁联想到古老传说中徜徉宇宙的飞天。通过媒体平台播出的有关部门制作的科普视频资料，人们可以全方位了解核心舱机械臂的超强性能，感受到正在建设中的中国空间站十足的智能范儿。



中国空间站将在建成后在轨运行效果图。

## 中国亚轨道重复使用运载器 飞行演示验证项目首飞成功

本报电（记者张保淑）记者从中国航天科技集团有限公司获悉，近日，由中国航天科技集团一院研制的亚轨道重复使用演示验证项目运载器在酒泉卫星发射中心准时点火起飞，按照设定程序完成飞行后，平稳水平着陆于阿拉善右旗机场，首飞任务取得圆满成功。

据介绍，发展重复使用天地往返航天运输技术是中国由航天大国迈向航天强国的重要标志，亚轨道重复使用运载器可作为升力式火箭动力重复使用航天运输系统的子级，是航天航空技术的高度融合体。

首飞任务取得圆满成功为我国重复使用天地往返航天运输技术发展奠定了坚实基础，为实现领域创新发展和自主可控迈出了坚实的第一步。

## 黄维连任亚太工程组织联合会主席

本报电 近日，亚太工程组织联合会（FEIAP）第29届全体大会在线召开，中国科学院院士、俄罗斯科学院外籍院士，西北工业大学学校委员会副主任黄维在会上成功连任FEIAP主席，开始第二个任期。

亚太工程组织联合会是亚太地区最重要的工程组织，一年一度的全体大会是该组织的最高决策会议，也是其最重要的活动之一。今年是自2020年新冠疫情以来，该组织第二次采用线上方式举行全体大会。来自中国、马来西亚、新加坡、日本、泰国、印度、菲律宾、韩国、澳大利亚、秘鲁、巴基斯坦、缅甸等26个成员经济体的近百名代表参加了此次会议。

黄维在连任致辞中表示，亚太地区作为全球体量最大且最具经济活力和发展潜力的地区之一，对于全球经济社会发展和科技教育进步发挥重要作用。中国提出的“一带一路”倡议得到了亚太地区广大经济体的积极响应和大力支持。FEIAP在40多年发展中，成员数量不断扩大，早已不仅仅局限于亚太地区。黄维表示，FEIAP要进一步在亚太地区和世界其他地区吸纳成员组织，为构建人类命运共同体作出更大贡献。（文心）

## 解决暑期“看护难” 广东试点小学生暑期校内托管

据新华社电（记者郑天虹、杨淑馨）暑期来临，为满足广大家长需求、着力解决学生暑期“看护难”问题，广州市与深圳市近日相继发布通知，于今年暑假期间开展小学生校内托管服务试点工作。

广州市在通知中明确，全市11个区均开展小学生暑期托管工作，每个区选取不少于2个学区（片区），开放不少于5所暑期托管学校，具体学校、托管时间由各区确定。各试点学校根据所属地区教育部门安排，面向本学区（片区）内小学一至五年级学生提供暑期托管服务，优先满足双职工家庭需求。

暑期托管坚持自愿和就近原则，由学生家长自主自愿报名、就近参加。服务内容包括基本托管服务和素质拓展服务，不得组织学科培训和集体上课。学校为学生提供学习和运动场所，开放自习室、图书馆、阅览室、运动场馆等资源，开展体育美育科技等高水平团队训练，实施体育科技类兴趣课程、社团活动和综合实践等，进一步增强学生综合素质。

深圳市在通知中确立全市10个区（不含深汕特别合作区）优选有条件的学校（也可以协同其他部门优选社区或其他机构），试点开展小学生暑期托管服务工作。具体开放学校数量和布点，由各区结合实际情况确定。

服务时段原则上从7月19日到8月20日（不含周六、周日），分为2期。每期具体起始时间由各试点学校结合实际安排。暑期托管服务以基本看护为主，合理提供其他服务，确保学生得到充分休息。试点学校不得组织学科培训和集体授课，严禁违规补课、讲授新课、布置新作业。

## 江西抚州 学生体验虚拟现实体育馆



暑假来临，江西省抚州市乐安县虚拟现实（VR）体育馆免费向中小學生开放。学生们通过佩戴VR设备，体验滑雪、赛艇、自行车、击剑等，感受科技魅力和竞技体育乐趣。图为小朋友在VR体育馆内体验。

黄煜摄

# 中国“一臂之力”惊艳太空

本报记者 张保淑

### 巧妙设计七自由度 承载能力达廿五吨

天和核心舱机械臂简称天和机械臂，由于其初始安装位置是在天和核心舱小柱段而得名。据航天科技集团五院（中国空间技术研究院）空间站核心舱机械臂分系统主管设计师王储介绍，该机械臂是一款模仿人类手臂的七自由度机械臂。对“七自由度”，他解释说，天和机械臂的肩部设置了3个关节，肘部设置了1个关节，腕部设置了3个关节，一共7个关节，每个关节对应1个自由度，就如同人类的手臂一般，具有7自由度的活动能力。通过各个关节的旋转能够实现前后左右，任意角度与位置的抓取和操作。

通过画面，人们可以清楚地看到天和机械臂分为两段。王储从专业角度进行了介绍，他说，从结构上来看，天和机械臂由两根臂杆组成，对应着人体的大臂与小臂，两根臂杆的展开长度为10.2米，可联合动作，单根臂杆也可独立工作。天和机械臂配套了两个末端执行器，一套视觉相机系统、一套总控制器。天和机械臂总重量不到800公斤，但其末端在轨最大承载能力可达25吨。

这样的作业能力意味着什么呢？对此，王储解释说，如果把天和机械臂的承载能力换算成人体的手臂，就相当于一个成年人可以凭借一只胳膊抬起100公斤的重物。

### 可进行大范围转移 助力开展出舱活动

在中国空间站首次出舱活动中，天和机械臂托举航天员刘伯明到指定位置圆满完成相关操作任务。据此，人们对其辅助航天员出舱活动的应用有了一定程度认识，了解到天和机械臂是助力航天员实现安全、高效出舱活动的重要设施。

航天员出舱活动一般是指航天员离开载人航天器乘员舱，只身进入太空的活动，也被称作太空行走，是载人航天工程的一项关键技术，是载人航天工程在轨道上安装大型设备、进行科学实验、施放卫星、检查和维修航天器的重要手段。中国首次实施航天员出舱活动是在2008年9月27日，神舟七号载人飞船乘组指令长翟志刚与协助员刘伯明共同实施了太空行走并释放了伴飞卫星。

值得注意的是，天宫空间站组合体与神舟七号飞船相比，不仅规模要大得多，而且开展出舱活动的作业量、作业频次、作业难度也大大增加。这就要求在保障作业安全的同时，提高出舱作业效率和作业能力，天和机械臂优异的性能正好在此方面助一臂之力。据王储介绍，天和机械臂末端可以对脚限位器，航天员出舱后站在脚限位器上，机械臂就可以安全、平稳地将其送到目标位置，可以实现航天员的大范围转移，进而为航天员执行舱外作业任务提供重要支撑作用。

能正好在此方面助一臂之力。据王储介绍，天和机械臂末端可以对脚限位器，航天员出舱后站在脚限位器上，机械臂就可以安全、平稳地将其送到目标位置，可以实现航天员的大范围转移，进而为航天员执行舱外作业任务提供重要支撑作用。

### 实现表面自由爬行 承担舱外巡检任务

两根臂杆的终端轮流附着在空间站表面，灵巧地从空间站的一段爬到另一段，这是天和机械臂让人们叹为观止的拿手绝活之一，而这得益于独特的设计。王储解释说，由于天和机械臂肩部和腕部关节配置相同，它们的活动功能是一样的，同时安装上末端执行器以后，就可以对接舱体表面安装的目标适配器，天和机械臂通过末端执行器与目标适配器的对接或分离，再配合各关节的协调运动，就能在舱体上自由灵活地爬行和转移。

工作离不开能量，天和机械臂在爬行和转移过程中的能量来自哪里呢？王储介绍说，其电能是通过末端执行器源源不断获得的。在天和机械臂的末端，除了设置了可以提供对接与分离的机械接口、通信接口之外，还配有供电接口，只要末端与目标适配器互联，整套机械臂就可以获得电能供应。

空间站外表面配置了许多暴露的实验载荷，每时每刻都面临空间碎片撞击的危险，这就要求定期对空间站舱外与舱表状态进行检查、确认，这一重任就赋予了天和机械臂。为了完成好该项使命，天和机械臂的肘部、肩部、腕部各装有一台视觉相机，在舱体表面的爬行转移过程中，配合视觉相机监视，就如同空间站伸出了一根长长的自拍杆，实现了360度全覆盖、无死角的监视，非常巧妙地实现了对空间站舱外设备的巡检功能。

### 作为备份转位手段 开展在轨建造任务

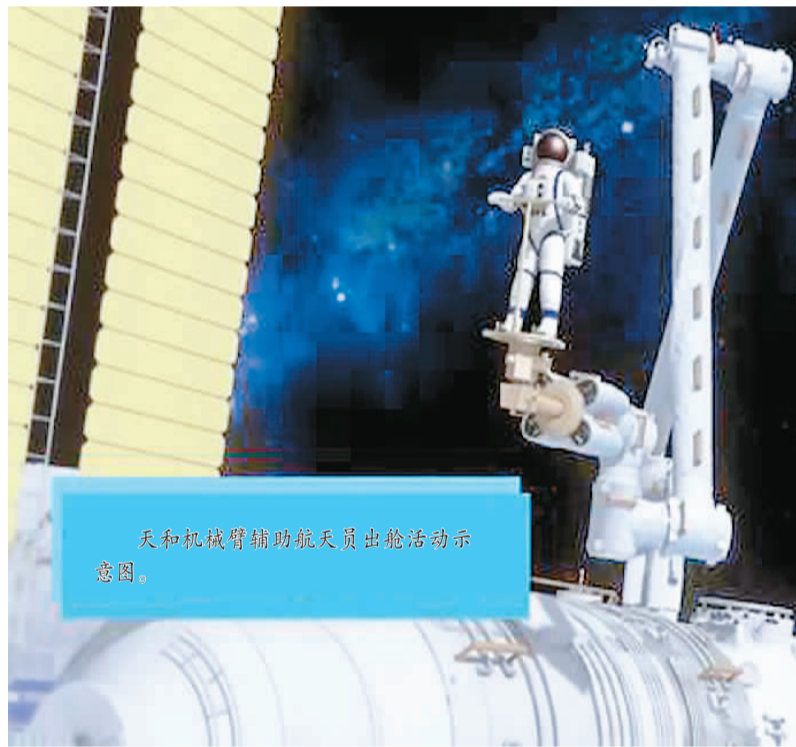
目前，天宫空间站正处于关键技术验证阶段，之后将进入在轨建造阶段，届时，问天实验舱和梦天实验舱将发射升空并与天和核心舱对接成“T”字形组合体，最终完成空间站建造任务。但是受限于姿态控制的问题，上述两个实验舱将无法直接与天和核心舱的侧向停泊口对接，而是要先与其前向对接口对接，然后再转位置至侧向停泊口，对接为组合体。这无疑给空间站建造带来了难度和挑战。

为了确保完成两个实验舱转向对接

任务，航天科技工作者准备了两个互为备份的转位手段，实现“双保险”。王储介绍说，一方面，他们为两个实验舱各自均配置了一个结构简单的小型转位机械臂，专门用于帮助它们完成转位，并实现转移角度对接。另一方面，他们也赋予了天和机械臂实现实验舱转位并使其与天和核心舱对接的能力，成为完

示出非凡的实力。

作为一项集多种尖端技术的高端航天装备，天和机械臂当然不是横空出世，而是中国航天科技工作者多年奋斗的结晶。据中国空间技术研究院高级工程师李大明等曾撰文介绍，从2007年起，该院总体部就全面启动了空间站机械臂的研发工作，先后研制了空间站机



天和机械臂辅助航天员出舱活动示意图。

成该项重任的备份手段。从技术上来说，天和机械臂的控制精度达到毫米级，完全可以保障实验舱侧面转向并帮助其实施对接的要求。

天和机械臂既然有充足能力帮助实验舱转向并完成侧面对接，当然也可以帮助载人飞船和货运飞船与天宫空间站对接为组合体。随着空间站进入常态运营阶段，飞船将定期或不定期到“天宫”，它们与空间站的交会对接将成为经常性需求。因此有评论指出，飞船届时将可以依靠天和机械臂完成交会对接，自身可以不具备自主交会对接能力，这样可以使飞船结构更简单，节约制造和发射成本，进而减少空间站运营成本。

### 多年努力接续奋斗 成就空间大力神臂

天和机械臂被认为是中国同类航天产品中复杂度最高、规模最大、控制精度最高的空间智能机械系统，涉及任务规划、系统控制、路径规划、视觉感知、末端执行器、遥控操作控制及地面测试验证等诸多关键技术。到目前为止，天和机械臂已初露峥嵘，小试牛刀便显

械臂原理样机和工程样机并开展了大量技术验证工作。

2013年7月，中国成功发射的试验七号卫星装备了一款空间机械臂。该机械臂由哈尔滨工业大学在国家“863”计划支持下研制。据哈尔滨工业大学机电工程学院教授刘宏介绍，该机械臂由6个完全相同的机电集成式空间智能旋转关节构成，实现了在轨捕获等关键技术突破，获得了重要试验数据。2016年9月发射的天宫二号空间搭载了机械臂、机械手、手眼相机、控制器、全局相机、模拟维修单机等设备，在之后与神舟十一号形成组合体飞行期间，天宫二号成功完成了机械臂操作终端的人机协同在轨维修技术试验任务，圆满完成了在轨辨识、招手、抓小球测试试验，并针对一台单机的维修任务，成功实现旋拧电连接器、旋拧螺钉维修试验项目等，为中国后续空间站机械臂的研制和应用积累经验和在轨数据。

在上述实践的基础上，相关科研团队继续在关键技术、原材料选用、制造工艺、适应空间站环境的长寿命设计等方面实现突破和创新，并实现了核心零部件国产化，终于造就了中国空间站大力神臂。

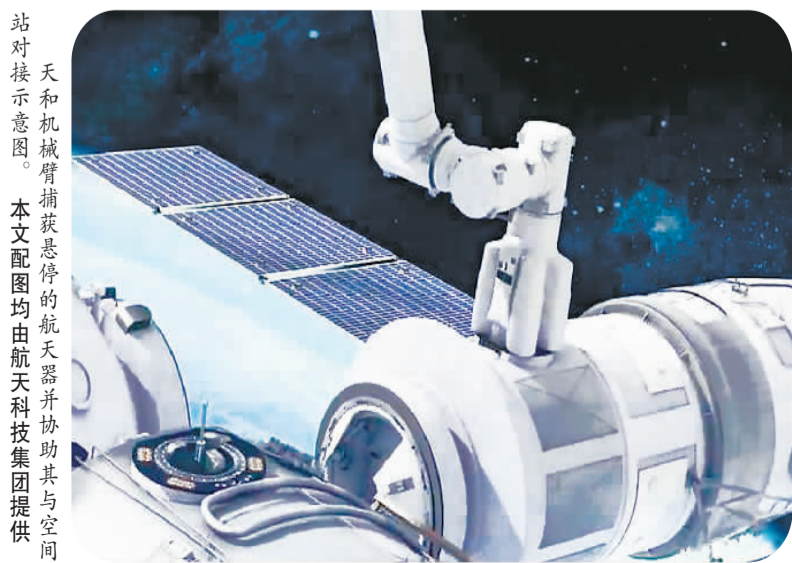
## 中外空间站机械臂比较

国际上，最具代表性的空间站舱外机械臂是由加拿大和NASA联合研制的舱外移动服务系统，主要包括一个大型遥操作臂系统（SSRMS）（长17.6米、7个自由度）、一个特殊用途的灵巧操作臂（SPDM）（长3.5米、15个自由度）以及移动基座。该系统初始安装在“国际空间站”的美国舱段上。

“国际空间站”还配备了两个大型空间舱外机器人系统分布在俄罗斯舱段和日本舱，即欧洲航天局研制的欧洲机械臂（ERA）（长11.3米，7个自由度）和日本研制的实验舱机械臂系统（JEMRMS）（长9.9米，6个自由度，末端安装一个2米长的6个自由度小型灵巧机械臂）。

中国空间站核心舱机械臂具有7个自由度，臂长10.2米。综合对比可知，中国空间站核心舱机械臂各项指标均与国际先进水平相当，其中承载能力、精度和速度等关键指标处于国际领先水平。

摘自《空间站机械臂关键技术研究》（李大明等）



天和机械臂辅助航天员出舱活动示意图。本文配图均由航天科技集团提供。