

实现机械臂“三舱”操作,提升空间站“空调”寿命,开发“神经系统”应对空间碎片撞击威胁——

成功对接 环环相扣

“哈工大造”助力“问天之旅”

刘培香 本报记者 王越

7月24日,中国空间站问天实验舱在海南文昌航天发射场发射升空,入轨后顺利完成状态设置,于25日3时13分成功对接于天和核心舱前向端口。这是我国两个20吨级航天器首次在轨实现交会对接,也是空间站有航天员在轨驻留期间首次进行空间交会对接。在此次任务中,哈尔滨工业大学多项研究成果助力问天实验舱。



空间对接机构地面测试系列装备。



我国首个科学实验舱发射成功。 新华社发

A 实验舱机械臂“双臂合一” 可实现空间站“三舱”操作

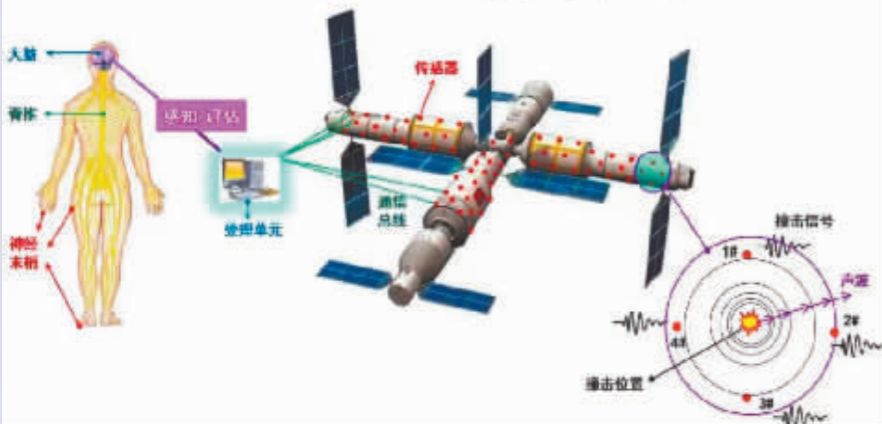
问天实验舱上的灵巧机械臂由哈工大机电学院刘宏院士、谢宗武教授团队和中科院院长光所联合研制。机械臂长度约5米,最大负载可达3吨,安装在问天实验舱的气闸舱段外部,通过抱爪结构的末端作用器与目标适配器相连,实现与舱体间电气和信息的互联互通。同时,机械臂可以通过问天实验舱外部的目标适配器完成舱外的爬行和固定,实现覆盖整个实验舱舱段的维护与操作。

实验舱的灵巧机械臂不仅能够完成航天员出舱活动支持、舱外状态检查等任务,也可以结合其自身运动灵活、定位精准的优点,执行各类舱外载荷和平台设备的安装、拆卸、维护等精细操作。

同时,它也可以通过一个机械臂转接件与10米长的核心舱机械臂组合起来,实现双臂间电气和信息的互联互通。“双臂合一”后,整个机械臂系统可达范围能够拓展为14.5米,活动范围可直接覆盖空间站3个舱段,满足了跨舱段、全空间站大范围的不同位置精细作业需求,为我国空间站在轨建造提供了有力保障。

据悉,连接两个机械臂的转接件已于2021年11月7日由神舟十三号航天员乘组顺利安装在核心舱外侧,其中,连接实验舱灵巧机械臂的部分由哈工大机电学院刘宏院士、谢宗武教授团队和中科院院长光所联合研制。

空间碎片撞击在轨感知技术



航天器的“神经系统”。

B “神经系统”护航“问天” 实时应对空间碎片撞击威胁

为了应对空间碎片威胁,航天学院庞宝君教授团队与北京空间飞行器总体设计部,联合开发了专门针对问天实验舱结构特点的空间碎片撞击感知技术,并将其应用于问天实验舱结构健康监测子系统的空间碎片撞击监测模块。该技术能够对空间碎片撞击事件进行实时感知、判别并定位,为航天员和地面控制人员及时采取应对措施提供依据,保护空间站和航天员安全。

庞宝君教授带领的空间碎片高速撞击研究中心,精准预测我国载人航天发展过程中大尺寸、长寿命、高可靠载人空间站对于实时感知空间碎片撞击的需求,提

前谋划,早在2004年就在国内率先提出并开展基于声发射的空间碎片撞击在轨感知技术研究。多年来,在国家有关部门和学校的大力支持下,庞宝君教授团队围绕超高速撞击判别、定位及结构损伤识别,在基础科学问题提出、理论分析模型建立、技术方法开发等方面,取得了一系列原创性成果。通过技术集成,团队研制了空间碎片撞击在轨感知系统原理样机,为工程应用奠定了技术基础。

据了解,庞宝君教授团队与北京空间飞行器总体设计部已于2021年4月在天和核心舱上首次成功实现了同类技术的工程应用。

C 空间对接机构地面测试系列装备 确保空间对接任务万无一失

问天实验舱发射对接,是空间站首次在有人状态下迎接航天器来访对接。

问天实验舱轴全长17.9米,超越了国际空间站的任意舱段,比天和一号核心舱的轴长1.3米,该舱段是世界上轴长最长的单体载人航天器。这一新型式大尺寸大惯量的航天器对接,是我国空间对接领域的新任务、新挑战。

机电学院赵杰教授团队研制的空间对接机构地面测试系列装备,通过参数化载荷配置,使对接过程动能瞬时等效,确保这一特殊对接工况的准确模拟和高效验证,圆满完成空间对接机构研制各阶段的地面测试任务,确保此次空间对接任务万无一失。

D 提升空间站“空调”寿命 保障航天员长期驻留

空间站的“空调系统”是保障航天员生命安全的关键子系统之一。由于空间站外部的温度变化范围非常大,常规冷却剂无法满足这种大温差范围的需求,必须采用一种特殊的具有一定腐蚀性的冷却介质,给工作在这种介质中的流体回路泵轴承的抗腐蚀能力提出了巨大的挑战,其抗腐蚀延寿是空间站核心舱和实验舱研制的关键技术难题之一。

材料学院王浪平教授团队采用表面强化技术,解决了流体回路泵轴承的抗腐蚀难题,使其工作寿命得到大幅度提升,达到了预定的设计寿命,为航天员的长期驻留提供了可靠的保障。

E 攻克空间对接机构表面强化难题 实现“问天”“天和”可靠对接

空间交会对接是现代航天器长期在轨运行期间不可缺少的操作,是载人航天活动三大基本技术之一。空间对接机构是实现空间飞行器在轨的机械连接、建立航天器联合飞行的组合体和安全分离的系统。

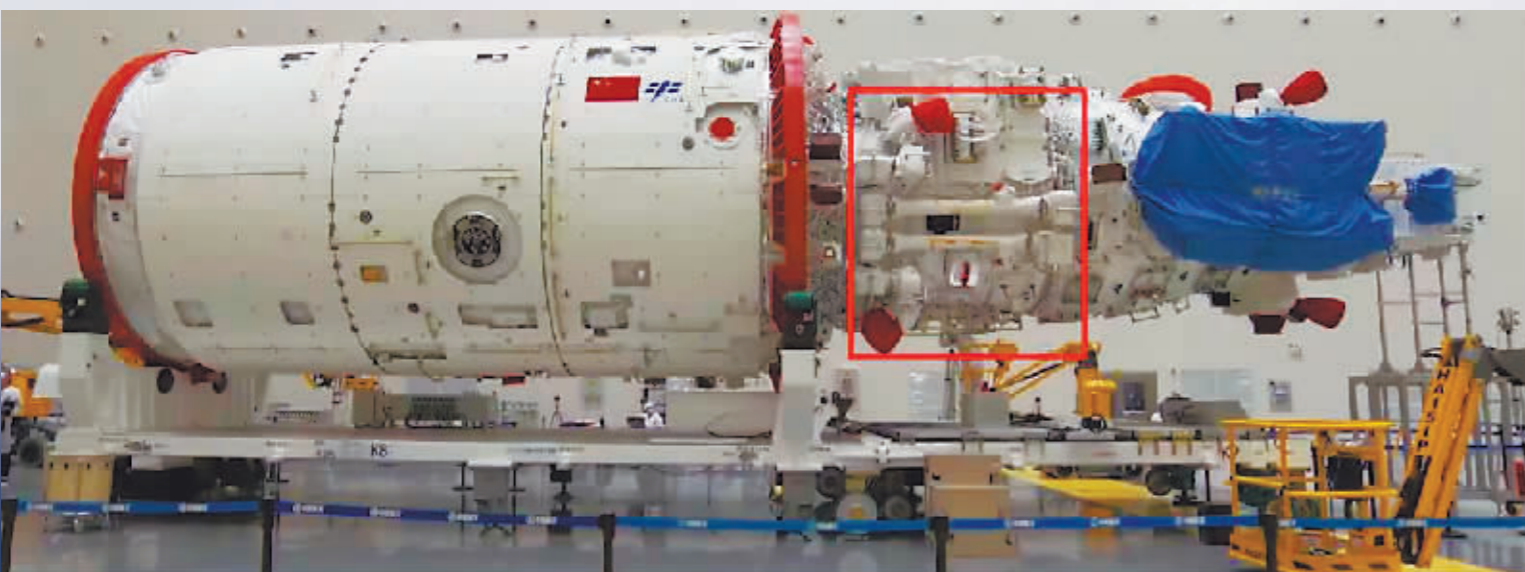
王浪平教授团队采用离子注入与沉积技术实现了硬度与成分双梯度过渡复合表面强化层的制备,获得了太空环境下的高抗磨损、自润滑和防冷焊等性能,从而攻克了空间对接机构核心零件的表面强化难题,并研制了离子注入与沉积工业化装备,为空间对接机构上50余个核心零件的表面强化提供了设备条件,实现了关键技术的自主可控,保障了神舟、天舟系列飞船、问天实验舱与空间站核心舱等目标飞行器的可靠对接。

F 金属橡胶技术应用于“长五B” 助力问天实验舱发射成功

机电学院姜洪源教授团队研制的HIT-1型金属橡胶阻尼环再次成功应用于长征五号B遥三运载火箭发射任务,助力问天实验舱发射圆满成功。

该阻尼环作为发动机重要结构件,应用于芯一级火箭发动机遥测信号传输系统,解决了发动机测控系统的抗震减振技术难题,有效减轻火箭大过载、大震动对信号传输装置带来的负面干扰,提高了信号连续传输的稳定性,为液氧煤油发动机的正常工作提供了支撑。

金属橡胶阻尼环以金属丝为原材料,不仅具有耐高低温、大温差及大过载的优良性能,而且具有橡胶一样的弹性。该研发团队结合航空航天不同的背景需求,从理论分析、研发设计、工艺制备、实验验证及质量保证等全方位进行了系统深入研究,金属橡胶技术已成功助力天问一号火星探测器发射、嫦娥五号探测器发射和长征七号遥四运载火箭发射。



空间站实验舱灵巧机械臂发射状态。

