

# 太空『维修工』如何炼成

## 神舟十七号将开展中国航天史上首次空间站舱外维修

上个月,神舟十七号载人飞船运送3名航天员入驻“天宫”。除了进行空间站组合体平台照料、在轨实(试)验、开展科普及公益活动等常态化工作外,他们还将出舱修复因空间微小颗粒撞击造成的空间站太阳翼轻微损伤,完成中国航天史上首次空间站舱外维修作业。

那么,不同的太空维修工作需要解决哪些难题?航天科研人员有望借助哪些新技术完成任务?

在人类探索宇宙的过程中,各种意想不到的问题时有发生。比如,在太空环境中,由于缺乏地球大气层和磁场保护,航天器的电子器件可能会在宇宙射线辐射下意外失效。在高速飞行中,航天器表面与貌似稀薄的大气持续摩擦,同样会产生高温,加速航天器外部设备老化、破损。此外,随着外空探索活动不断开展,人类遗留的空间废弃物

纵观各国航天任务及未来规划,太空维修工作可以分为有人和无人两大类,各有技术难题需要解决。

当前,航天员在轨维修是最常见的太空维修方式。航天员出舱活动可以对航天器进行必要的维护与维修,确保飞行安全和完成任务。考虑到舱外的恶劣环境,航天员必须穿戴特制的舱外航天服。这些重达数十公斤的航天服在保护航天员免受外界辐射、空间碎片伤害的同时,也极大地限制了航天员的观察视野、活动空间和体力,增大了太空维修的困难。

另外,由于微重力环境影响,力的作用更加复杂,许多在

自动化技术通过使用自动化工具,有望辅助或替代完成相对简易的重复性太空维修工作。

例如,机械臂利用各构件的定位功能,可以精准完成对航天器舱内和舱外不同人员或设备的拾取、搬运、定位和释放。在太空维修中,通过航天员在轨自主操作与遥控操作相结合的技术,机械臂能够在空间站或其他轨道器外部完成大幅度维修动作,或者作为航天员和大型构件的支撑平台,协助完成舱外复杂任务,有效提高维修效率,减少人为失误,降低隐患。

物日益增多,包括很多难以察觉的微小碎片,撞击航天器的情况在所难免。

当航天器遭遇各种意外而发生故障时,就需要航天员具备强大的太空维修能力,保障太空任务顺利进行。

太空维修是航天领域的重要课题和关键环节,主要是在太空中对卫星、空间站、航天运输器等各种航天器进行维修和保

养的技术。具体来说,维修对象包括航天器外部和内部的结构体、航天员生活工作所必需的支持系统、各类电子设备及线路,还有航天器运行状态恢复和轨道修正工作。

作为太空探索任务的一部分,太空维修是不可或缺的,直接关系到航天器能否长期稳定运行,能否保障正常的任务进度。对于载人航天器来说,航天员的生

命安全和健康状况直接取决于太空维修的效率和质量。此外,高效的太空维修还能延长航天器的使用寿命,减少太空垃圾的产生,有助于太空环境的可持续利用。

此前,国外已多次成功实施太空维修任务,既有航天飞机利用机械臂回收废弃卫星,又有航天员亲自上阵的哈勃望远镜感光探测器修复、国际空间站漏气孔封堵等任务。

地面上可以轻松完成的操作在太空中就显得比较困难。航天员需要保持与航天器相对稳定的运动状态和可靠的约束关系。虽然安全绳、磁力手套等特殊工具可以帮助航天员适应太空环境,但也降低了太空维修效率。

目前,航天员参与的太空维修工作面临着至少3个方面阻碍。首先,太空维修环境几乎是零重力,维修设备和零件在太空中四处飘荡,航天员必须在保证诸多微小物品受控的前提下进行维修保养工作。因此他们需要更加特殊的工具和设备来完成

任务。其次,太空维修环境充斥着

来自不同方向的高辐射能量。不仅会对电子设备的可靠性和性能产生负面影响,干扰航天员的操作效果,妨碍与地面人员顺畅交流,而且会对航天员的身体和心理健康造成威胁。

最后,太空维修环境处于高速运动中,航天员在出舱作业时万一与航天器失去连接固定,恐怕难以顺利返回航天器。

随着人工智能技术不断进步,航天人逐渐将目光瞄向了无人太空维修领域。但是,太空机器人想要完成在轨维修任务,目前仍面临一些困难。

一方面,现役航天器设计中对维修工作的准备不多,缺乏所谓“基准标记”,又没有专门为机

器预留抓取装置,因此太空机器人不太容易对移动的卫星等航天器进行视觉定位,更难以实施有效抓握和固定。也就是说,太空机器人短期内仅适用于特定匹配的航天器,通用性和性价比大打折扣。

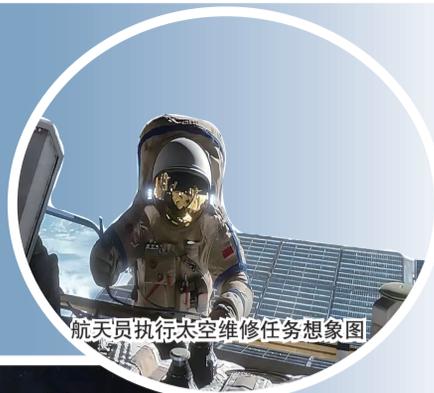
另一方面,太空机器人和控制团队之间的通信时间延迟仍然难以忽略。对于在地球同步轨道上运行的太空机器人来说,漫长的距离导致它与控制团队之间至少存在数秒的通信延迟,这必然要求机器人能够自主处理最细致的工作,化解紧急险情。在当前的技术水平下,这无疑降低了太空机器人的可靠性,增大了任务风险。

陆地模拟技术通过搭建近似太空场景,提供适合太空作业环境的保障条件,可以帮助航天员在地面进行一系列太空任务训练,提高太空操作技能,熟悉太空工作流程。例如,在陆地模拟维修中,航天员在中性浮力水槽内会进行多个层次要求的维修操作验证,模拟处理太空维修中可能遇到的问题,进行团队交流与协调适应性训练,无疑将提

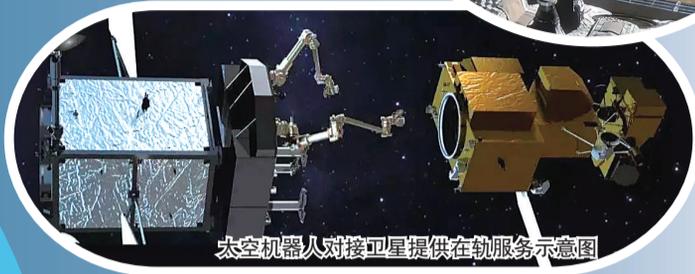
## 太空探索呼唤“维修工”

## 化解不同领域难题

## 前沿科技助力



航天员执行太空维修任务想象图



太空机器人对接卫星提供在轨服务示意图

升太空维修任务的可靠性和安全性。

总之,太空维修为航天器提供了安全可靠的保障。从抢救卫星到修复空间站,人类在太空维修领域已做出了勇敢的尝试,而且成绩斐然。相信随着科技不断进步,未来太空维修将朝着更加高效、安全和自动化的方向发展。广大航天科研人员将推动太空维修技术的进步和应用,为人类探索宇宙之旅提供更加坚实的保障。

据《中国航天报》