

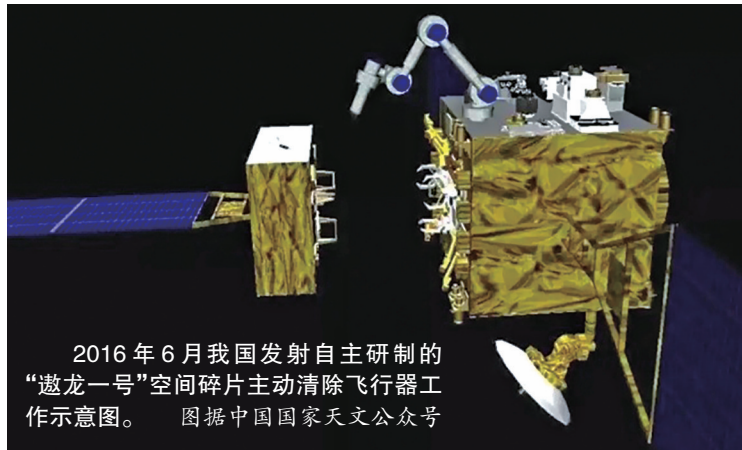
耽误航天员回家的空间碎片如何防范?

11月14日,神舟二十号航天员乘组搭乘神舟二十一号载人飞船返回东风着陆场。这是中国航天员首次通过“换乘”载人飞船的方式从天外平安归来。

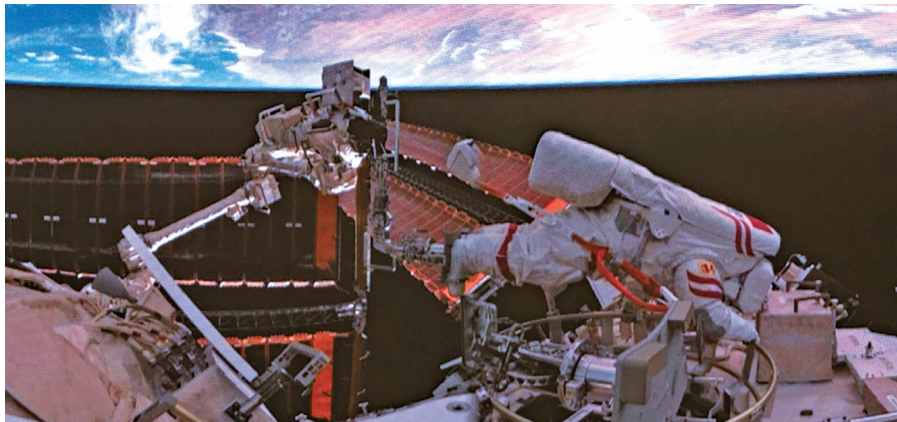
按照原计划,神舟二十号航天员乘组应于11月5日返回地球,因神舟二十号载人飞船疑似遭空间微小碎片撞击,返回舱舷窗玻璃出现细微裂纹,不满足载人安全返回的放行条件而不得不推迟。

那么,太空中的碎片来自哪里?它们的危害有多大,在太空如何保护航天器安全?对此,华西都市报、封面新闻记者日前采访了全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩。

据庞之浩介绍,截至目前,中国航天员已经在空间站外部进行了八次左右的空间碎片防护装置安装工作,为天和核心舱和问天、梦天实验舱外部的多处重要管路、元件和设施设备提供了防护。



2016年6月我国发射自主研制的“蛟龙一号”空间碎片主动清除飞行器工作示意图。图据中国国家天文公众号



神舟二十号乘组航天员王杰在空间站组合体舱外作业的画面。

1

空间碎片:人类航天活动的「副产品」

庞之浩告诉记者,空间碎片的来源非常广泛,可归纳为人类航天活动的直接产物和间接衍生两类。例如,废弃航天器、运载器及相关部件。这是空间碎片最主要、最直接的来源,占比超过40%。其中包括退役卫星、火箭残骸、航天器解体残骸等。

其次还有航天活动中的废弃物。“这类碎片多为航天任务执行过程中有意或无意丢弃的物品,尺寸虽小但数量庞大。”这类碎片包括功能性抛弃物,如卫星分离时的固定螺栓、火箭的保护罩、宇航员出舱活动时遗落的工具等,以及微小脱落物,如航天器表面老化脱落的涂层碎片、太阳能电池板的微小碎片、发动机燃烧产生的残渣等。

另外,还有碰撞与爆炸产生的次生碎片,这是碎片数量不断增加的关键原因。

2

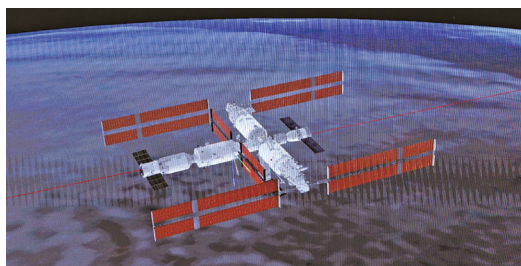
厘米级碎片可穿透航天器外壳

空间微小碎片的危害有多大?庞之浩表示,即使是直径小于1厘米的空间微小碎片,因为具有极高速度带来的巨大动能,也会对航天器造成致命损伤。

“微小碎片的运动速度普遍在每秒7公里至10公里,这种高速撞击会产生极端破坏效果。”庞之浩介绍,毫米级碎片会划伤航天器舷窗、太阳翼,导致透光率下降或供电效率受损。厘米级碎片即可穿透航天器外壳,击穿燃料箱、管线等关键部件,引发泄漏或爆炸。即使未完全穿透,撞击产生的冲击波也可能震坏内部精密仪器,导致导航、通信等系统失灵。

当低地球轨道的空间碎片密度达到临界值时,一次空间碎片相互撞击产生的碎片,会引发更多撞击,形成“多米诺骨牌效应”。最终可能在轨道上形成“碎片云”,彻底阻断人类进入太空或使用卫星的通道,对太空活动造成长期灾难性影响。

航天员在太空行走时,几乎没有防护微小碎片的能力。即使是0.1毫米的超细碎片,也可能穿透航天服的防护层,造成航天员受伤。若航天器因碎片撞击失压,舱内航天员的生命安全将受到直接威胁。



在北京航天飞行控制中心拍摄的神舟二十号载人飞船成功对接空间站天和核心舱的模拟画面。

3

如何降低空间碎片撞击风险?

那么,有没有方法预报航天器被空间碎片撞击的风险呢?庞之浩说,目前预报空间碎片撞击风险主要依靠监测技术和数据分析模型。预报空间碎片撞击风险的技术有多种,主要分两类:一类是采用光学观测技术,即利用望远镜和相机捕捉碎片反射的太阳光,适用于高轨道碎片的探测。高精度光学系统结合图像处理技术,可分辨直径10微米以上的微小碎片。通过多站联合观测,能综合分析碎片轨迹,减少轨道不确定性,提升预警准确性;另一类是采用雷达监测技术,即通过发射电磁波并接收反射信号,探测空间碎片的位置和速度,具有全天候、远距离探测能力。高分辨率雷达系统可提供厘米级探测精度,有效识别不同尺寸的碎片。美国的空间监视网络可探测到直径大于10厘米的碎片。

另外还有一些新技术正陆续使用,例如,采用激光雷达技术,它可提供高时间分辨率,实时更新碎片位置,结合自适应光学技术,还可克服大气干扰,提升夜间或复杂气象条件下的探测性能。

庞之浩补充道,处理空间碎片撞击风险,可以通过主动规避、被动防护以及碎

片清除等多种手段相结合。例如,采用主动规避技术,对于尺寸超过10厘米的较大空间碎片,航天器一般采用轨道规避方式。被动防护技术则是针对难以观测的小型、微型空间碎片,这种情况下,航天器主要采用被动防护手段。

2024年5月28日,神舟十八号乘组首次完成空间站防护装置安装。此后,神舟十九号乘组进行了三次出舱安装工作,神舟二十号乘组进行了四次出舱安装工作。截至目前,中国航天员已经在空间站外部进行了八次左右的空间碎片防护装置安装工作,为天和核心舱和问天、梦天实验舱外部的多处重要管路、元件和设施设备提供了防护。

目前一些国家正在研究碎片清除技术,例如,采用激光烧蚀、太空拖网、机械臂捕获、离子束偏转、电磁吸附清除等技术。另外,航天器设计优化技术则是充分贯彻空间碎片防控理念,优化结构,采用防爆燃料贮箱,减少外露部件,从源头上减少空间碎片产生。此外,航天器退役后也可以采用自动变轨或在其他航天器辅助下,前往“墓地”轨道。

华西都市报-封面新闻记者 张峰

图片除署名外据新华社