

空间碎片从何而来

空间碎片由人类航天活动直接产生或间接衍生。

全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩介绍,废弃航天器及相关部件是空间碎片最主要、最直接的来源,占比超过40%,包括退役卫星、火箭残骸、航天器解体残骸等。其次是航天活动中的操作废弃物。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。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、航天员出舱活动时遗落的工具等;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。此外还有航天器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。

这些东西不像流星能被大气烧毁,而是在距离地面几百到几千公里的高度长时间绕地球高速飞行。“近地轨道可以理解成距离地球比较近的一条宽阔车道。人类向太空发射的物体,包括空间站、人造卫星、探测器、飞船等,大多都聚集在近地轨道上。”南京航空航天大学航天学院教授闻新打了一个比方:高速公路上出现事故,会有拖车把事故车拖走,但近地轨道这条“高速公路”已经使用了60多年,却没有拖车清理车道。

“近地轨道上的碎片数量正在急剧增长。”闻新说,地球轨道上尺寸大于10厘米的碎片约有3.6万个,尺寸在1—10厘米之间的碎片有上百万个,而尺寸小于1厘米的碎片更是多达上亿个。与此同时,地球轨道上正在运作的航天器有上万个。由于碎片数量庞大,且很多小到无法追踪,没有人能够确切知道太空里一共漂浮着多少垃圾。

去年10月21日,美国国际通信卫星公司(Intelsat)发出警告,波音公司为其制造的Intelsat 33e高轨卫星在轨运行时发生故障解体,已追踪到57块太空碎片。这种事并不稀奇。早在1996年,法国CERISE卫星被一块来自20世纪70年代阿里安火箭残骸的碎片击中,卫星的主要天线被损坏,直接影响了卫星正常运行。到了2009年,发生了航天史上首次卫星在轨相撞事故,美国铱星33号与俄罗斯废弃的宇宙2251号侦察卫星相撞,产生了数千块碎片。

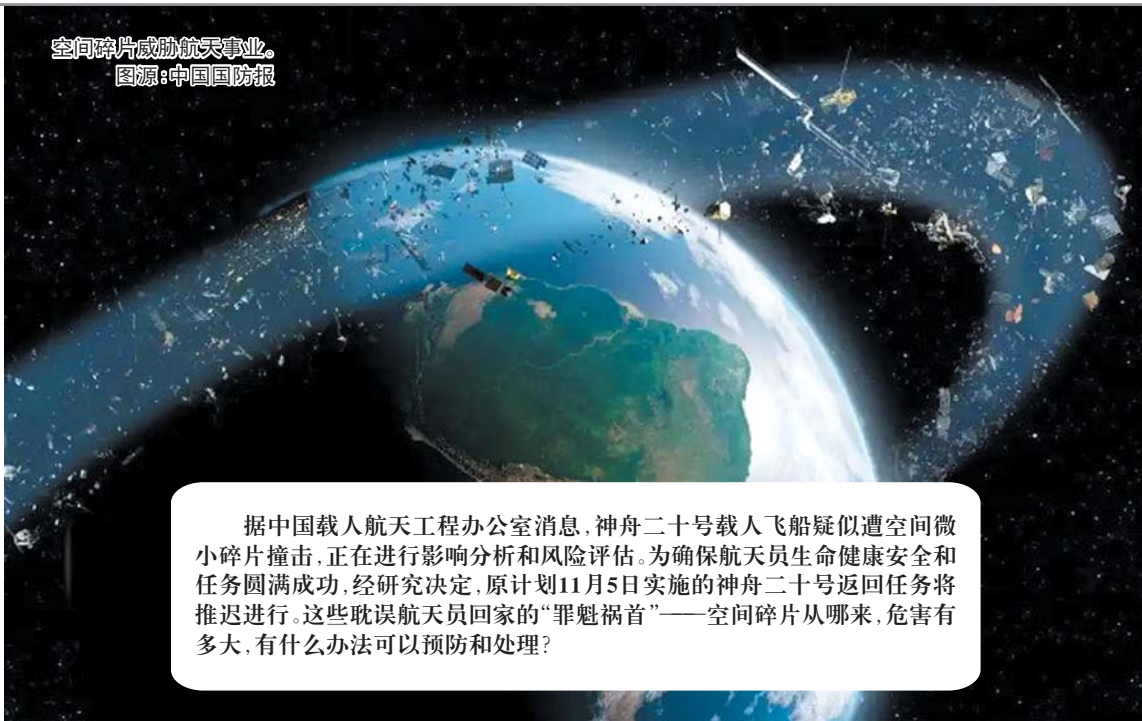
太空探索技术公司(SpaceX)提交给美国联邦通信委员会的文件声称,2021年俄罗斯进行反卫星试验,产生超过1500块碎片云。为躲避碎片,“星链”卫星进行了多达1700次避让。令人担忧的是,太空碎片数量呈指数级增长,仅2024年就新增超过3000块可追踪碎片。

随着技术的发展,卫星越做越小,数量也越来越多。数据显示,在2012年之前人类向太空发射的航天器每年不超过200个。然而,到了2024年,这个数字暴涨到2795。

2021年,SpaceX的猎鹰9号火箭“一箭143星”,刷新了世界纪录。SpaceX的“星链”互联网星座,计划发射多达4.2万颗卫星,目前在轨已超过7000颗。

航天员推迟回家,「罪魁祸首」是空间碎片

高速撞击会产生极端破坏效果,如何应对人类一直在探索



空间碎片危害有多大

别小看空间碎片的威力。庞之浩说,即使是直径小于1厘米的空间微小碎片,凭借极高速带来的巨大动能,也能对航天器造成致命损伤。

他介绍,空间碎片的运动速度普遍为7—10公里/秒,这种高速撞击会产生极端破坏效果。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;厘米级碎片可直接穿透航天器外壳,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。

当低地球轨道碎片密度达到临界值时,一次碎片撞击产生的新碎片,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一层“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。

对于在太空行走的航天员来说,他们对空间碎片几乎没有防护能力。哪怕是直径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。如果航天器被碎片撞击失压,舱内航天员的生命安全也将直接受到威胁。

如何应对撞击风险

一直以来,人类都在探索空间碎片的应对办法。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,处理风险则通过主动规避、被动防护以及碎片清除等多种手段相结合。

预报空间碎片撞击风险的技术主要有两类。一是光学观测技术,利用望远镜和相机捕捉碎片反射的太阳光,这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。

二是雷达监测技术,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。该技术具有全天候、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,例如美国空间监视网络,可探测到直径大于10厘米的碎片。

近年来,一些新技术不断出现,例如激光雷达技术可以提供高时间分辨率,实时更新碎片位置;多传感器融合技术可以整合雷达、光学和激光雷达等数据,形成互补监测网络,提高碎片识别和跟踪的准确性,并实时生成碎片分布图,为碰撞风险评估提供直观依据;碰撞概率分析技术可以结合轨道误差模型,合理设置概率阈值,减少虚警率,提高航天器规避效率。

处理空间碎片撞击风险的技术也有多种。庞之浩说,对于尺寸超过10厘米的较大空间碎片,航天器倾向于主动实施轨道规避。面对难以观测的小型、微型空间碎片,

航天器主要采用被动防护手段。科学家也在不断探索激光烧蚀、太空拖网、机械臂捕获、离子束偏转、电磁吸附等碎片清除技术。

此外,现代航天器也在设计上充分贯彻空间碎片防控理念,通过采用防爆燃料贮箱、减少外露部件等,从源头上减少空间碎片产生。

根据中国载人航天工程新闻发言人林西强在去年10月29日神十九新闻发布会上所透露的,与空间站运行初期相比,我们发现碎片的预警时间提前了5倍,能让我们很从容地加以应对。这是怎么做到的呢?

2021年4月,试验六号03星发射升空入轨,标志着我国建成了首个具有完全自主知识产权的天基空间环境探测系统。据试验六号总设计师、中科院微小卫星创新研究院副院长胡海鹰介绍,目标碎片就像海洋中的鱼,我们首先要确保看得到,能区分出它们是什么,追踪其行迹,然后计算、预测其轨道,才能将它“管”起来。

据透露,我国的雷达电子技术近年来突飞猛进,包括试验六号在内的先进探测技术获得应用,让中国有了太空边疆的“安全卫士”。“原来我们很难看清太空里1—10厘米尺寸的碎片,但是这种碎片的破坏力是不容小觑的。我们尽量让航天器避开太空碎片多的地方,就像我们刮风下雨天尽量少出门一样。”闻新说,“现在预告精度提高了,我们对于空间站和航天员的安全就放心多了。”

据科技日报、潮新闻

相关新闻

太空垃圾危机面前,全人类亟需精诚合作

如何清理太空垃圾,变得迫在眉睫。各国已采取多种措施应对。

预防式设计:新一代火箭和卫星,普遍要求设计时考虑“任务寿命到期后能自行脱轨”或进入专用“坟场轨道”,避免成为长期垃圾。

空间态势感知(SSA)与追踪系统:美、俄、欧盟、中国等都建立了自己的空间目标监控雷达和光学传感网络,可实时监测并精准预警碎片靠近。

垃圾主动清理技术探索:研究低成本、高效益的太空碎片清除技术,发射“垃圾捕捉卫星”、拖网卫星或使用激光推力器制造轨道阻力迫使碎片坠毁。近年来,多国正在推进机器人臂回收、磁吸移除等科幻般的项目。

国际法与合作:联合国外空条约、空间碎片减缓准则等国际协议对新发射任务提出限制和指导,强调“可持续利用太空利益全人类”。

国际航天专家雨广向记者提出了一个重要问题——太空碎片的清除,技术非常复杂、成本很高,却是一件短期内看不到直接收益的事。据悉,单次清除任务的费用动辄数千万甚至上亿美元。“谁来买单、谁来做?那么多钱和精力投进去了,本国航天器并不一定获得收益,获益的可能是别国。”雨广认为,这将考验全人类的责任感和团结程度。

据潮新闻