

不久前,一大块俄罗斯太空垃圾靠近国际空间站,导致国际空间站不得不进行机动规避,这也导致了宇航员原本预定的太空行走计划被迫中断。而这种事件并非个例。2022年12月15日,俄罗斯“联盟MS-22”号飞船发生泄漏事件,经检测发现该飞船存在一个0.8毫米的洞,可能是由微陨石或小块太空垃圾造成的。

近地轨道空间虽然广阔,但除了卫星以及飞行器外,其实早已遍布大大小小的太空垃圾,拥挤不堪。随着人类航天发射活动密集进行,有可能会对航天任务造成损害的太空垃圾治理问题再次引发广泛关注。

## 地球已被太空垃圾包裹 航天任务受到影响

# 漫天垃圾 还需分类处理



### 微小的太空垃圾碎片 数量可能上亿

如果能够给地球拍个全景图片,并将地球空间轨道上目前能够被监测到的空间碎片以及失效卫星等太空垃圾全部标记出来,我们将会看到一幅非常震撼的画面:地球已经被密密麻麻的太空垃圾包裹。

在这些太空垃圾中,既有小到需要以毫米计算的碎片,如航天器外部因强烈的紫外线照射而脱落的油漆碎片等;也有长数米、重数吨的大型物体,如失效卫星、太阳能电池板等。

在太空垃圾的数量分布上,存在着体积越小、数量越多的规律。由于不同机构的统计方法并不一致,国际航天界对于空间轨道中存在的太空垃圾总量尚无准确定论。但大致可以确定,目前空间轨道中直径在10厘米以上的太空垃圾不少于2万个,直径在1厘米以上、10厘米以下的太空垃圾则有数十万个,直径小于1厘米的则可能达到上亿个。

数量如此庞大的太空垃圾是有人故意乱扔的吗?答案当然是否定的。虽然国际空间站曾多次丢弃过氧罐、相机脚架等,甚至还于2021年扔出过一块重约2.5吨的旧太阳能电池板,但这些物体在短暂绕地球旋转后会落入地球大气,并在大气中燃烧殆尽,因此并不会成为长期在轨的太空垃圾。

国际宇航联空间运输委员会副主席杨宇光告诉记者,事实上,除了少数因达到使用寿命或因为故障而失效的卫星等航天器外,大多数太空垃圾,尤其是数量巨大但体积微小的碎片垃圾,主要是由失效航天器解体或太空垃圾之间碰撞造成的。“失效航天器、大碎片解体或碰撞后会形成大量小碎片,小碎片之间还可能会继续发生碰撞,产生数量更多、体积更小的碎片。”杨宇光说,于是在一次次解体或碰撞中,大量太空垃圾被制造出来。

除了体积和数量之间存在相关关系,太空垃圾在轨道分布上也有一定规律。杨宇光表示,轨道高度在500至1000公里的区域是太空垃圾的“重灾区”,“首先这个范围内过去存在着大量卫星,互相之间发生碰撞的可能性较大。其次是这一范围内大气十分稀薄,物体绕地球旋转的速度下降缓慢,因此在短时间内很难脱离原轨道,坠入大气。”而在轨道高度300至400公里区域,虽然也曾发射有大量卫星,但该区域内

大气密度较高,太空垃圾会在相对较短的时间内受大气阻力影响降低高度,最后落入大气中烧毁。

### 将太空垃圾登记在册 进行追踪管理

虽然太空垃圾已经将地球团团围住,但杨宇光表示,目前国际上已经能够对大多数具有较大威胁的太空垃圾进行追踪编目,监测其运行轨迹,从而在航天活动中对其进行规避。

杨宇光介绍道,目前追踪监测太空垃圾的手段主要有两种,分别为雷达观测和光电观测。雷达观测的原理是地面向天上发射无线电波,空间轨道中无论是正常工作的卫星还是太空垃圾,都会将无线电波反射回地面。地面雷达站接收到空间物体反射回的无线电波后,对其进行分析处理,便可实现对太空垃圾的发现、编目,以及对其位置、速度等运行信息的监测。

区别于传统的有源雷达,不久前,澳大利亚媒体报道了一种监测太空垃圾的新方法,利用的却是无源雷达。无源雷达自身不需要发射机来发射电磁波,主要依靠接收他源反射的微波能量来对目标进行探测,通常拥有更高的灵敏度。由于地球上每时每刻都在向太空中发射大量无线电波,其中一部分会被太空垃圾反射回地面,进而被无源雷达接收到,实现对太空垃圾的监测。杨宇光表示,该方法理论上或许可行,但实际应用效果如何仍需进一步了解观察。

除了雷达观测,常见的监测太空垃圾的方法还有光电观测。该手段主要利用光电望远镜观测空间轨道中的物体,主要设备有大视场空间碎片光电望远镜等,但通常其只能在物体反射太阳光的情况下才可实现观测。杨宇光表示,不管是哪种观测方法,目前都存在一定的局限性,尤其是对于微小太空垃圾的监测仍有较大瓶颈。他进一步介绍道:“目前人类已经能够实现对于较低轨道的、直径在1厘米以上,位于较高轨道的、直径在10厘米以上的空间物体进行追踪。但目前都是物体越大越容易监测,而太空垃圾体积越小数量越多。”

### 成本问题 制约太空垃圾治理

看得见,但不一定“摸”得着。虽然人类已经可以对部分太空垃圾进行有效的编目管理,但对于

如何批量处理这些太空垃圾,目前仍然缺乏直接高效的办法。杨宇光表示,直接捕获太空垃圾进行收集处理,当然是人们能够想到的最简单且直接的办法,但却也是成本最高的办法之一。“太空垃圾都处在不同轨道上,如果要靠近它们就需要不断变轨,变轨就需要消耗推进剂,成本太高。因此这种办法无法用于批量处理太空垃圾。”

杨宇光给出了他认为未来处理太空垃圾可能行之有效的办法,首先要区分太空垃圾所处的轨道高低和体积大小,有针对性地采取不同手段。由于空间物体绕地球运行的轨道高度与其环绕速度有关,当其速度降低后,其所能维持的轨道高度便会降低,因此轨道高度特别低的太空垃圾无须进行过多干预,其受到外层大气阻力后会逐渐降低速度,最后自主坠入大气,燃烧殆尽。

而对于处于低轨道上部且体积较小的太空垃圾来说,杨宇光认为可以将携带半导体激光器的卫星发射到太空中,对体积较小的太空垃圾进行照射,高能激光会将垃圾部分气化,蒸气的反作用力会减小其运行速度,从而缩短坠落时间。“假如这颗卫星可以绕地球旋转相当长的时间,那么只要它与太空垃圾擦肩而过,就可以对其进行照射。虽然一次照射的作用可能微乎其微,但若反复多次照射,将会产生显著作用。”杨宇光补充道,并且半导体激光不依赖化学燃料,只需要靠卫星的太阳能电池板提供电力便可长久发挥作用。而对于体积较大的太空垃圾,由于其本身数量较少,因此派出航天器对其进行捕捉清除或许是可行的方案之一。

但捕获之后如何处理?杨宇光认为,将其直接“扔”回大气层内并不可取,“那同样需要消耗大量能量,也是不划算的。”他指出,可以在捕获后给其加装离轨帆,帮助其快速脱离轨道,坠入大气层。离轨帆是一种配置在卫星等航天器上,可在太空中实现自主展开的薄膜结构。其质量非常轻,但薄膜帆面展开后像一个“大风筝”,可以大大增加航天器的气动阻力,从而使其慢慢减速,逐渐脱离原轨道。杨宇光表示,虽然目前有多种清理太空垃圾的手段方法被提出,但都面临成本较高的问题,这一方面需要世界各国继续在技术上探索,另一方面各国也应携手建立更加合理有效的外层空间管理机制,合力应对太空垃圾问题。据《科技日报》

### ■ 相关新闻

## 太空环境保护 谁都不能缺席

太空空间是无主之地,但空间中漂浮的太空垃圾却是“有名有姓”,它们都是在人类一次次的航天发射中被带上太空,然后因为各种原因开始了“四处漂泊”。虽然是人类制造,但对于该如何处理这些太空垃圾,人类社会却尚未形成有效的规章制度。

### 太空垃圾也有“国籍”

太空垃圾问题如今已经到了“火烧眉毛”的地步。2022年4月,国际空间站借助俄罗斯“进步MS-18”号飞船的推进系统将轨道高度提升了约1.8千米,以规避与太空垃圾可能发生的碰撞。俄罗斯航天国家集团公司表示,国际空间站的轨道高度每年平均进行11次调整。此外还需要进行机动规避,以避免空间站受到太空垃圾的影响。

虽然太空垃圾问题已经迫在眉睫,但对于太空垃圾的清理问题,国际上仍未达成有效共识。国际宇航联空间运输委员会副主席杨宇光表示:“清理太空垃圾目前可以说仍然是一项公益事业,没有国际规章来强制要求各国去做。”但太空垃圾的确是有“国籍”的。杨宇光指出,如果太空垃圾对某一航天器造成了实质性损毁,通常情况下垃圾的所有方,尤其是垃圾来源航天器的发射国需要承担相关责任。

但目前国际社会并没有专门管理太空垃圾的成熟规章,可供参考的只有1972年的《空间物体所造成损害的国际责任公约》规定,发射国对其发射的航天器在地球表面或行驶中的飞机造成的危害负有绝对的赔偿责任。如历史上来自美国天空实验室空间站的的多块太空垃圾坠落在澳

大利亚境内,造成一定的财产损失,美澳双方就赔偿问题反复交涉。杨宇光表示,高昂的处理成本以及缺乏明确的回报激励和责任划分,都让清理太空垃圾只能暂时停留在公益阶段。

### 减少垃圾产生 各国在行动

虽然清理太空垃圾仍然困难重重,但在控制太空垃圾的产生方面,国际航天界已经行动了起来。

杨宇光介绍道,目前国际航天界已经建立起了完善的通报和规避制度,即各国对当前所属航天器的运行轨道进行公开通报,避免不同国家航天器间发生在轨碰撞,产生大量太空垃圾。此外,对于火箭的末子级,各国还会对其进行钝化处理,将内部的推进剂用光、高压气瓶中的气体排光、电池里的电耗光。“这都属于蓄能含能部件,有可能会发生爆炸。排空后爆炸的可能性就会大大降低,能够避免因为爆炸产生更多细小的太空垃圾。”杨宇光进一步介绍道,除了钝化,负责的国家还会控制卫星在寿命到期前主动离轨,一方面释放宝贵的轨道资源,另一方面也避免其废弃后成为太空垃圾。他举例道,如地球同步轨道卫星在36000公里高度,在如此高的高度上,如果仅依靠卫星自己减速,坠落,将是极其漫长的过程,时间甚至可以万年计算。如果能够控制卫星在寿命到期前主动离轨,便可大大减小其对其他运行卫星的威胁。例如,在地球同步轨道上方200公里左右,便有一处“坟墓轨道”,专门用于安置“寿终正寝”的同步轨道卫星。 本报综合