

大气层之上的阴云—— 布满垃圾的近地太空

为庆祝 4 月 12 日载人空间飞行国际日，本文回顾了人类进入太空时代的重要历程，思考了其中潜在的风险，以及如何通过标准助力减少相关风险。

自 1957 年世界上第一颗人造地球卫星“斯普特尼克一号”发射升空以来，轨道卫星的数量急速增多。全球的无线电爱好者都能接收到斯普特尼克一号发送的无线电波信号，这预示着新的技术时代已经到来。人类的太空时代和太空竞赛开始了。1961 年，首个载人航天飞行器迈出了人类探索太空的第一步。此后，民营企业也加入了太空竞赛。



在斯普特尼克卫星首次环绕地球飞行之后的 65 年间，近地太空变得拥挤不堪。在载人空间飞行国际日这一天，我们应当牢记太空不再遥不可及。我们从未如此接近平流层以及更深远的宇宙，

但这也带来了风险。

拥挤的太空

如今，[约有 7500 颗卫星](#)在高度低于 2000 千米的近地轨道（LEO）上运行。超过三分之一的卫星是在近两年发射的，未来还会有更多卫星发射升空。美国太空探索技术公司（SpaceX）和亚马逊公司（Amazon）等民营公司发射的卫星将使近地轨道上的卫星数量[增加 4.5 万多颗](#)。

但卫星只是环绕地球的物体中的一小部分。轨道碎片，又称“太空垃圾”，成为了日益紧迫的问题。美国国家航空航天局（NASA）正在追踪 2.7 万块比网球还大的轨道碎片，其中有被丢弃的运载火箭、旧宇宙飞船的零部件、工具和被扔掉的垃圾等。据估算，还有[100 万块比弹珠大的碎片](#)，和 3.3 亿块大小在 1 毫米到 1 厘米之间的碎片。这些物体均以 2.5 万千米/小时（7 千米/秒）的速度运行。在这个速度下，即使很小的碎片也能造成巨大的破坏。

如果发生撞击或爆炸，问题就会更加严峻。2021 年 11 月，俄罗斯成功开展了反卫星导弹试验，试验期间[又产生了 1500 块可追踪的碎片](#)和数十万块更小的碎片。其造成的直接后果是，国际空间站（ISS）的机组人员不得不躲进对接舱内，以防需要迅速撤离。国际空间站本身也不得不躲开太空垃圾的运行轨迹，而这些碎片的数量是[1999 年的 25 倍](#)。

这为什么是个问题？

轨道拥挤带来的最大威胁是会影响正在服役的卫星。这些近地轨道卫星包括成像、测量卫星，以及越来越多的通讯服务卫星。[军事活动](#)也在近地太空逐步展开。目前近地轨道上飞行着用于监控和战场通讯的卫星，这意味着一旦发生碰撞可能会造成无法预测的地缘政治问题。



轨道碎片还会影响近地轨道之外的飞行任务。尽管这一风险现在不大，但它会随着碎片总量的增多而不断增长。最糟糕的情况是，太空垃圾最终可能会把我们密不透风地包围起来，让我们未来无法对太阳系开展任何探索（详见边栏）。

凯斯勒效应

如果我们继续产生太空垃圾会怎么样呢？1978年，当太空竞赛全面展开时，NASA 科学家唐纳德·凯斯勒（Donald Kessler）就该问题给出了答案。他提出，一旦近地轨道上的物体数量达到了一个临界值，碰撞形成的碎片可能会产生更多的碰撞连锁反应。凯斯勒认为，这最终会造成大量的碎片包围着地球，使得该区域不可利用、无法通行。

标准来帮忙

去年，七国集团承诺要解决日益严重的太空垃圾问题。各国领导人在一份[联合声明](#)中称，他们“意识到制定与可持续太空作业有关的通用标准、最佳实践和指南的重要性”，并号召 ISO 等组织机构一起助力“保护太空环境，造福子孙后代”。

ISO，尤其是航空航天器技术委员会（ISO/TC 20），主要提供两方面的帮助：一是减少进入环地轨道的碎片数量；二是降低近地空间愈发拥挤产生的风险。

[ISO 24113](#) 致力于减少碎片的数量。该标准规定了发射到或经过近地轨道的所有宇宙飞船和运载火箭在设计与运行方面的要求，确保它们在服役期间和服役后尽可能少地产生碎片。例如，当一颗卫星燃料耗尽时只会成为轨道上的又一大堆垃圾。ISO 24113 要求卫星设计者和建造者对此加以考虑，比如建造出能够补给燃料，或在服役结束后可从轨道中移除、在更高的太空区域中安全燃尽的卫星。

安全的太空



标准还在减少碰撞风险方面发挥重要作用。近地轨道不仅越来越拥挤，也“居住”着越来越多的参与方。除了世界几大航天局外，十几个国家已经成功发射了卫星，越来越多的民营公司也开始参与太空竞赛。为减少宇宙飞船之间的碰撞风险，确保火箭安全地发射到或通过近地轨道，标准化的通信协议必不可少。

[ISO 26900](#) 可以在该领域大显身手。该标准明确了通讯信息的格式，以便宇宙飞船操控员能进行快速、清楚的沟通，不论是共享飞行前的计划，还是及时提醒其他操控员当心潜在的碰撞风险，使其能控制宇宙飞船进行避让。

标准在减少碰撞风险方面发挥重要作用。

去年，全球共发射了 [145 颗近地轨道卫星](#)，创造了历史新高。近地太空对保障各国和相关企业的商业、科学和军事利益而言具有越来越重要的地位。尽管太空会越来越拥挤、太空垃圾会带来诸多风险，但 ISO 的相关标准可以确保大家享有安全运行卫星的太空。

ISO 中央秘书处和中国国家标准化管理委员会（SAC）
授权中国标准化杂志社翻译中文版