

# 交“买路钱”解决太空“堵车”

## 收取轨道使用费有望治理太空垃圾

■本报记者 唐凤

太空越来越拥挤了。近地轨道挤满了老化卫星和太空碎片，这增加了新卫星的碰撞风险。而新卫星碰撞又增加了太空垃圾……如此恶性循环。

一项新研究认为，解决太空垃圾问题最有效的方法不是捕获碎片或将旧卫星拖离轨道，而是向运营商收取“轨道使用费”。这可能有点像碳税。

轨道使用费还将提高航天工业的长期价值。研究人员近日在美国《国家科学院院刊》发表论文称，每颗卫星的年费上升到23.5万美元，不仅能降低碰撞风险，到2040年，还将使卫星产业的价值增加3倍。

“太空是人类共同的资源，但公司在决定是否发射卫星时，并没有考虑到这些卫星会给空间环境带来多大的成本。”该论文作者、美国环境科学研究所经济学家 Matthew Burgess 说，“我们需要一种政策，让卫星运营商直接将可能发生的其他成本也计入发射成本。”

### 太空也“堵车”

据科学家估计，目前有2万个物体，包括卫星和太空碎片，正飘荡在近地轨道上。随着商业卫星的不断增加，太空也将面临“大堵车”。

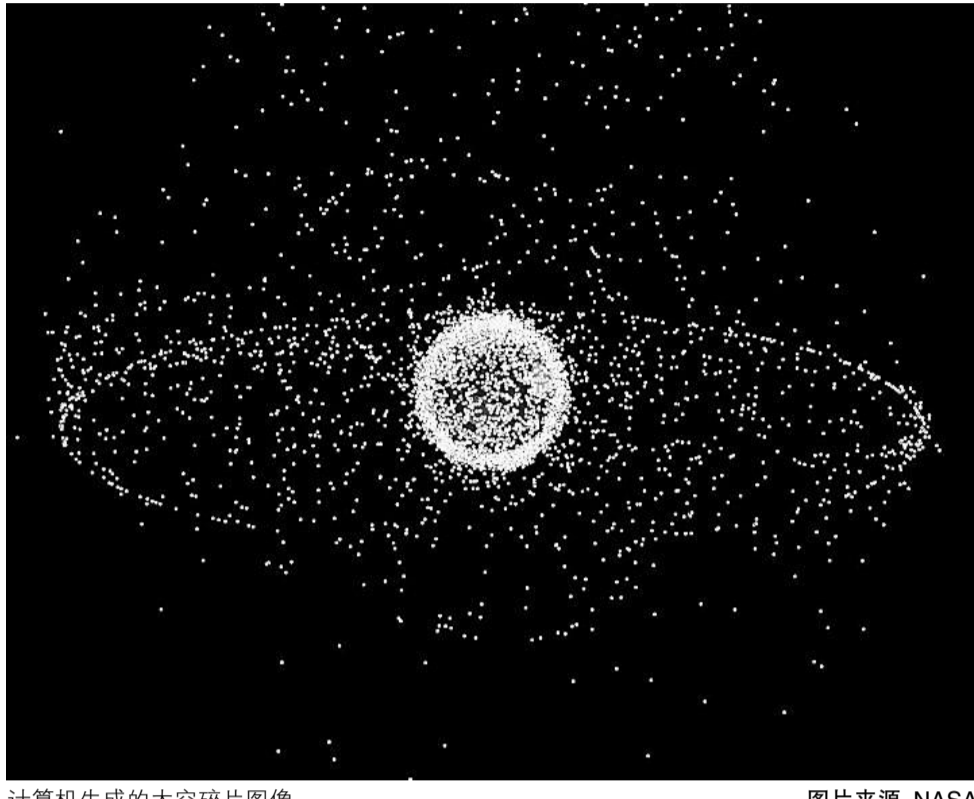
2019年4月，美国亚马逊公司提出“柯伊伯项目”，计划将3236颗卫星送入近地轨道，为北纬56度到南纬56度之间的区域提供宽带网络服务。

同年5月，美国太空探索技术公司的“猎鹰9”火箭将首批60颗“星链”卫星“打包”送入太空，之后还将有1584颗卫星部署在地球上空550千米处的近地轨道。

美国一网公司也在第一阶段部署约650颗互联网卫星，并于去年2月发射了6颗卫星。

有研究认为，大量卫星的涌入，让轨道开始不堪重负，增加了碰撞风险。因此小卫星一旦完成使命，应立即脱离轨道。

正是出于对减少太空垃圾的考虑，太空探索技术公司不得不将原定在地球上空1150千米高度运行的1600颗卫星减少到1584颗，轨道高度则降低至550千米。因为当卫星燃料不足或无法正常运行时，在较低轨道更容易清理——这里的地球大气粒子能更快地撞击卫星，将其推离原有轨道并拖向地球，并终结在大气层里。



计算机生成的太空碎片图像

图片来源: NASA

即便如此，研究人员认为，随着每个运营商发射的卫星越来越多，它们的碰撞风险仍会飙升，最终推高轨道卫星的价值。

### “炸掉”还是“拖走”

自2000年以来，太空垃圾协调委员会等国际组织相继制定了实现空间可持续性的准则。例如卫星寿命结束后使其失活，或将卫星高度降到足够低以便坠毁在大气层中。

南京航空航天大学航天学院教授闻新在接受《中国科学报》采访时曾表示，一般按照国际要求，航天器寿命结束后，要变轨，最终飞入南太平洋的“太空垃圾场”。

但是，火箭残骸或其他较大的卫星碎片，因技术问题会最终成为太空垃圾。而目前处理太空垃圾的办法五花八门，甚至有人建议成立专门的作战队，进行太空“交通管制”。

近日，日本首支“太空作战队”在东京都府中基地成立。日本防卫省称，太空作战队的主要任务是监控太空垃圾、陨石及不明卫星。

2019年升空的金牛座纳星便是为了验证“离轨帆”技术，以减少太空垃圾。针对近地700千米以内的低轨微小卫星，采用薄膜“离轨帆”标配装置，能在卫星寿命末期在轨展开，以增大气阻的方式实现“被动离轨”。

美国麻省理工学院经济学助理教授 Akhil Rao 告诉《中国科学报》，到目前为止，人们提出的太空垃圾解决方案主要是技术或管理方面的。技术方案主要包括用网或激光清除轨道上的太空碎片。“在卫星寿命结束时将其拖离轨道是管理上的修正。”他说。

但 Burgess 表示，像这样的工程或管理解决方案难以解决太空碎片问题，因为它们不会改变运营商的动机。例如，清除太空碎片可能会促使运营商发射更多卫星，反过来

又使低地球轨道更加拥挤，增加碰撞风险，最终提高成本。

“这是一个激励问题，而不是一个工程问题。关键是建立正确的激励机制。”Rao 说。

### “罚单”贴到太空去

Rao、Burgess 和同事发现，解决太空碎片问题的一个更好办法可能是收取轨道使用费，即对轨道卫星征税。“这和发射费不一样，发射费本身并不能使运营商在必要时让卫星脱离轨道，事实上造成损害的不是发射行为，而是轨道卫星本身。”Rao 说。

研究人员将轨道使用费与常规业务（即进入太空）和技术手段（如清除太空垃圾）进行了比较。他们发现，轨道使用费能迫使运营商直接衡量其卫星的预期寿命价值，以及将另一颗卫星送入轨道的成本和制造额外风险的成本。

研究人员发现，在收取使用费的情况下，卫星产业的长期价值将从通常情况下的6000亿美元增加到3万亿美元，增加的价值主要来自减少碰撞的相关成本。

轨道使用费可以是直接费用或可交易许可，也可以是特定轨道的费用，因为不同轨道的卫星会产生不同的碰撞风险。最重要的是，每颗卫星的费用将根据行业将另一颗卫星送入轨道的成本进行计算，其中包括当前和未来额外碰撞风险和空间碎片生产的预期成本。

“在我们的模型中，重要的是卫星运营商为其他运营商承担的碰撞风险买单。”参与该研究的科罗拉多大学博尔德分校经济学教授 Daniel Kaffine 告诉记者。而且，这些费用会随着时间的推移而增加，以覆盖更清洁轨道的价值上升。模型显示，最优费用将以每年14%的速度增长，到2040年达到每颗卫星约23.5万美元。

但研究人员表示，为了实现相关目标，所有发射卫星的国家都需要参与其中——大约12个国家使用自己的运载火箭发射卫星，30多个国家使用自己的卫星。实际上，这与各国在碳税和渔业管理方面采取的措施相似。

“在其他领域，解决公地悲剧往往是一场需要付出巨大社会成本的‘追赶游戏’。但相对年轻的航天工业可以在这些成本升级之前加以规避。”Burgess 说。

相关文章信息：  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1921260117>

## 科学线人

全球科技政策新闻与解析

## 美国政府在疫情期间继续资助科学研究



美国密歇根大学的研究人员返回实验室，并按照健康安全程序进行体温测量。

图片来源: UM PHOTOGRAPHY

今年春季，新冠病毒大流行导致美国高校停课，许多大学校长表示，美国经济冻结将对大学造成可怕的财务影响。为减轻新冠肺炎疫情带来的财政打击，各机构均采取了一系列削减成本的措施。然而，在巨额的财政赤字面前，有一项收入仍然相当可观：大学从联邦政府等其他途径获得的用于开展研究的资金。

迄今为止，联邦政府是所谓“赞助研究”的最大支持者。2018年，在美国高校完成的价值790亿美元的研究中，联邦政府提供了大约53%的资助，约合420亿美元。其余研究资金则来自行业、基金会和地方政府。

此外，联邦政府对学术研究的支持似乎在新冠肺炎疫情期间有所增加。今年春季，美国国会在一系列经济救助计划中增加了36亿美元用于新冠病毒相关研究，其中一部分研究资金流向大学实验室。未来的资助计划很有可能还会包含额外的研究资金。

尽管美国新冠肺炎疫情激增，但其拨款机制受到的影响却微乎其微。美国国立卫生研究院(NIH)校外办公室主任 Michael Lauer 说：“我们几乎在一夜之间就进行了100%的虚拟同行评审，而且效果非常好。”NIH 为学术研究提供了大约2/3的联邦资金，因此其运作状况至关重要。尽管几乎所有的NIH工作人员自3月中旬以来一直在家工作，但 Lauer 说：“我们仍然在没有重大问题的情况下完成了这项工作。”

对学术研究人员来说，另一个好消息是，尽管自疫情暴发以来，约有4000万美国工人申请失业，但联邦政府资助下的科学家在学校关闭的情况下仍可继续领取工资。今年3月，白宫管理和预算办公室允许院校在关闭期间继续从联邦拨款中收取工资。

凯斯西储大学神经工程教授 Dominique Durand 说，新冠病毒大流行并没有影响他履行职责。“老实说，新冠肺炎疫情对我的研究影响并没有那么大。”Durand 说，他的实验室几十年来一直得到NIH的核心支持。“当然，有些事情我们还没做，但NIH表示只要取得进展即可。”(辛雨)

## 看清细菌“天然免疫”细节

(上接第1版)

### 冷冻电镜助力“凝固”瞬间

为了更清楚地理解上述状态转变过程，研究人员在冷冻电镜的帮助下“凝固”了其后的多个瞬间。

“首先实验的第一步是要获得高质量的复合物样品，我们采取细胞内共表达以及体外重组相结合的方式，以经典的 Type I R-M 系统 EcoR1241 为研究对象，制备了核心复合物 M<sub>2</sub>S<sub>1</sub> 以及全酶复合物 R<sub>2</sub>M<sub>2</sub>S<sub>1</sub>。然后，进一步获得了它们与靶标 DNA 及两种噬菌体抑制蛋白(Ocr 和 ArdA)的复合物样品。”高璞表示。

接下来，研究人员利用冷冻电镜单颗粒重构方法，摸索了上述多种复合物样品的制样及数据收集条件，并解析了不同分辨率的共10种状态的三维结构。

事实上，围绕 Type I R-M 系统为什么能够转位、切割以及修饰 DNA，前人的研究已经了解其在不同阶段会显示出不同的酶活性，但是却不知道这个大的分子机器发生状态变化的根本原因。

冷冻电镜技术为了解这一过程的空间构象变化提供了“利器”。例如，在第一个阶段，Type I R-M 系统只有转位酶的活性，不具有切割和甲基化活性，原因是其酶活性中心在结构上被“挤”在中间，形成“自我抑制”的状态；而甲基化酶催化域也同时距离 DNA 较远，导致其不具备甲基化活性。

“从冷冻电镜结果上看，这是非常直观且显而易见的。”高璞介绍。

### 工具性意义

在原核细胞中，“R-M 系统”及“CRISPR-Cas 系统”是细菌去除入侵的噬菌体 DNA 的两种防御系统，而这两种系统都已经被开发成强大的生物学工具，广泛应用于生物医学研究中。

高璞强调，由于 R-M 系统中的酶能识别特异的 DNA 序列并进行修饰和切割，因此，当下分子克隆等实验，都要广泛用到 R-M 系统。不过，Type I R-M 系统虽然最早被发现，但由于大家对它的工作机制理解不够透彻，其工具开发一直相对滞后。

因此，对 Type I R-M 系统工作细节的了解，有助于将来对其进行生物学工具开发。

同时，在细菌对外源 DNA 的免疫识别方面，此项研究揭示了 Type I R-M 系统的组装、催化和调控的分子机制，这有助于深入理解该防御系统与噬菌体之间的相互博弈。

在结构生物学技术方面，Type I R-M 系统多种生理构象的三维结构解析，是困扰该领域数十年的难题，该工作首次系统性揭示了多种构象的结构基础。此外，该研究还有望为抗病原菌感染的噬菌体疗法提供依据和思路。

相关文章信息：  
<https://doi.org/10.1038/s41564-020-0731-z>

# 与疾病斗争：没有民族主义 只有国际主义

## ——访尼帕病毒发现者、马来西亚科学院院士 Lam Sai Kit

■本报记者 冯丽妃

近日，西非国家刚果民主共和国[简称刚果(金)]卫生部宣布，已证实该国西北部暴发新一轮埃博拉疫情。

据悉，这是自1976年以来该国第11次发生埃博拉疫情。6月3日，世卫组织(WHO)称，刚果(金)姆班达卡市暴发的新一轮埃博拉疫情已发现8例感染，其中4例死亡。而新冠肺炎疫情仍在全球蔓延。在此背景下，埃博拉疫情的卷土重来让很多人担心两种疫情叠加的潜在风险。

那么，两种疫情是否可能叠加？国际社会应如何开展科技合作，应对当前面临的各种疫情风险？《中国科学报》就此采访了尼帕病毒发现者、马来西亚科学院院士 Lam Sai Kit。

### 与新冠不同，埃博拉病毒传播有限

《中国科学报》：在遭遇新冠、麻疹等疫情的背景下，新一轮埃博拉病毒暴发会给刚果(金)带来怎样的影响？

Lam Sai Kit：姆班达卡市发生的新埃博拉疫情，随着检测的增加，可能会有更多的人被确诊患有这种疾病。

埃博拉是一种死亡率非常高的疾病。由于存在不同的病毒株，因此导致的死亡率从25%到90%不等。目前还没有专门的抗埃博拉病毒药物，人们把很大希望寄托在预防疾病传播的实验性疫苗上。

西非2014年暴发的疫情被WHO称作史上“规模最大、最严重、最复杂的埃博拉疫情”。在2016年6月国际公共卫生紧急事件结束之前，超过2.8万人感染，超过1.1万人死亡。

2018年暴发的上一轮疫情还未结束，两年里感染3300多人，其中2200多人死亡，被称为史上第二严重的埃博拉疫情。

目前，刚果(金)东部漫长、艰难和复杂的埃博拉疫情仍处于最后阶段，该国同时在抗击新冠病毒和世界上最大的麻疹疫情(6779人死亡、36.9万多人感染)。新一轮埃博拉疫情，使这个中非国家本已脆弱的卫生状况更加恶化。

《中国科学报》：新冠病毒未去，埃博拉又至。一些人担心两种疫情叠加带来的潜在风



尼帕病毒发现者、马来西亚科学院院士 Lam Sai Kit

险，你如何看？

Lam Sai Kit：令人遗憾的是，在新冠肺炎疫情期间，非洲发生了新的疫情。埃博拉和新冠病毒的流行病学在很多方面都不同。

埃博拉病毒通过与受感染者的体液或身体产生密切接触实现人际传播，最具传染性的是血液、粪便和呕吐物，而新冠病毒则是通过有症状和无症状病例的呼吸道飞沫传播。因此，与新冠病毒不同，埃博拉病毒的传播是有限的，而新冠肺炎疫情在全球范围内传播。

此次新冠肺炎疫情于2月14日传播到非洲。非洲第一例确诊病例出现在埃及，撒哈拉以南非洲地区的第一例确诊病例出现在尼日利亚。经确认的输入性病例大部分来自欧洲和美国，而不是中国。

《中国科学报》：目前看来，新冠肺炎疫情短期内很难结束，加上埃博拉卷土重来，你如何应对这两种疫情有何建议？

Lam Sai Kit：新冠肺炎疫情到达非洲的

时间比世界其他地方晚得多。因此，非洲可以获得有关该流行病学的许多信息，包括传播方式、快速检测、接触者追踪、隔离、治疗，以及采取必要的遏制和缓解等公共卫生措施。

不幸的是，由于非洲联盟的卫生系统较弱，可能不能充分实施一些在遏制新冠病毒传播方面被认为有用的措施。

非洲面临的挑战包括实现快速检测、提供进行检测的人力和基础设施、追踪接触者、隔离和治疗等。即使是发达国家也很难有足够的医疗供应保护医护人员和其他前线人员，由于病毒通过呼吸传播，处理大量病例也很困难。约15%的患者会出现严重症状，非洲需要重症监护病房床位和呼吸机，这在非洲供不应求。许多地区迫切需要提高医护能力，这需要国际社会提供援助。

### 加强合作，形成真正科学协作网络

《中国科学报》：在此背景下，你如何看待科学合作与交流？特别是不同国家科学家之间的合作？

Lam Sai Kit：在2014年至2016年的埃博拉大暴发期间，我们吸取了许多教训，这些教训有助于应对新冠病毒疫情。

目前非洲已经建立了若干诊断埃博拉病毒病的实验室，非洲疾病预防控制中心的建立将在疫情控制中发挥巨大作用。许多非洲国家在管理传染病暴发和分享技术知识、资源方面具有经验。他们已学会与私营部门以及WHO等国际卫生机构合作，共同抗击传染病。许多个人以及来自海外的非政府组织也承诺在病毒大流行期间提供技术和财政支持。

这是一种“无国界的世界”真正精神的集中体现，正如我在马来西亚尼帕病毒暴发期间所提出的，“在与新出现的疾病的斗争中，没有民族主义，只有国际主义”。

非洲不是在孤军奋战。中国已经承诺通过提供医疗专业知识和医疗用品提供帮助。马云基金会和阿里巴巴集团的创始人马云等参加了一个特别的网络研讨会，让非洲和