



Distr.: Limited
17 November 2022
Chinese
Original: English

和平利用外层空间委员会
科学和技术小组委员会
第六十届会议
2023年2月6日至17日，维也纳
临时议程*项目7
空间碎片

对空间碎片、携载核动力源空间物体的安全及其与空间碎片碰撞问题的研究

秘书处的说明

一. 引言

1. 和平利用外层空间委员会第六十五届会议商定，应继续邀请会员国和在委员会拥有常设观察员地位的国际组织提交报告，介绍对空间碎片、携载核动力源空间物体的安全及其与空间碎片碰撞问题以及减缓碎片准则目前执行方法的研究（A/77/20，第102段）。为此，2022年8月19日致函会员国和拥有常设观察员地位的国际组织，请其在2022年10月28日之前提交报告，以便向科学和技术小组委员会第六十届会议提供报告所载资料。

2. 本文件由秘书处根据从十个会员国即阿尔及利亚、奥地利、多民族玻利维亚国、德国、印度、意大利、日本、墨西哥、缅甸和斯洛伐克收到的资料编写。日本提供的更多资料，包括与空间碎片有关的数字，将作为小组委员会第六十届会议的会议室文件予以提供。

* A/AC.105/C.1/L.405。



二. 会员国提供的答复

阿尔及利亚

[原件：法文]
[2022年10月11日]

这些关切问题对阿尔及利亚特别重要，因为该国幅员辽阔，人口密度高，其领土上空的在轨空间物体越来越多。

然而，本国尚未开展空间碎片研究，也没有建立国家空间碎片缓减机制，原因是本国最近才开展空间活动以及阿尔及利亚在轨卫星数量少。

阿尔及利亚欢迎外层空间事务厅为促进这一领域的国际合作和促进取得进展所做的工作，并重申支持国际社会为减缓空间碎片和保护轨道和亚轨道环境所作的努力。

关于携载核动力源的空间物体的安全，阿尔及利亚积极参与和平利用外层空间委员会及其两个附属机构的工作，并赞同与此相关的原则，阿尔及利亚对在外层空间使用这种动力源可能产生的后果表示关切，因为这将破坏外层空间活动任何形式的长期可持续性，并影响将外层空间作为留给子孙后代的人类共同遗产的保护工作。

为此，阿尔及利亚回顾《关于各国探索和利用包括月球和其他天体在内外层空间活动的原则条约》第四条规定，即本条约各缔约国承诺不将携载核武器或任何其他类型大规模毁灭性武器的任何物体送入绕地球轨道，不将此类武器放置在天体上，也不以任何其他方式将此类武器放置在外层空间。

阿尔及利亚认为，各国必须更加重视使用核动力源的潜在后果，并支持涉及转让这一领域专门知识的所有倡议，以使所有希望使用空间动力源的国家都能够安全地使用这种动力源。

奥地利

[原件：英文]
[2022年10月25日]

奥地利科学院空间研究所的卫星激光测距站除了对装有角锥棱镜回射器的有源卫星进行常规测距外，目前还参与了与空间安全有关的若干活动。¹设计和装配用于未来卫星任务的备用回射器将在姿态确定和未来清除任务中发挥至关重要的作用。空间研究所正在开发一种工具，用于模拟卫星激光测距残差，同时改变轨道、翻转或角锥棱镜回射器配置。此外，还通过分析显示卫星或空间碎片物体反射的阳光的单光子光变曲线来确定翻转和姿态运动。建立了一个大型数据库，对20多种不同的空间碎片物体进行了定性和测量。还研究了不同技术（例如光变曲线、卫星激光测距、空间碎片激光测距和成像雷达）的结合使

¹ 有关卫星激光测距站的更多信息，请查阅 www.oew.ac.at/en/iwf/institute/infrastructure/slr-station。

用，称为“数据融合”。空间研究所还参与设计、模拟和开发激光和探测组件，用于升级现有的卫星激光测距站，或用于新建的空间碎片激光测距站。

多民族玻利维亚国

[原件：西班牙文]

[2022年10月24日]

根据2010年2月10日第423号最高法令所述玻利维亚航天局的职能，该机构的作用涉及提供与卫星通信和卫星图像分析有关的服务。因此，玻利维亚航天局没有就秘书处外层空间事务厅提到的专题进行研究。

德国

[原件：英文]

[2022年10月27日]

德国在所有相关领域进行有关空间碎片问题的研究活动。这包括空间碎片环境建模、空间碎片观测、观测技术开发、研究超高速撞击对航天器的影响、保护空间系统免受微流星体和空间碎片的撞击，以及摧毁技术的设计。德国专家积极参加空间碎片研究和空间安全领域的相关国际论坛，特别是机构间空间碎片协调委员会和国际宇航科学院的工作，并积极参加空间碎片领域国际标准化活动和空间交通协调的各个方面。德国工业界和学术界也参与了服务于长期可持续利用外层空间和保护地球的技术开发。

德国航空航天中心的德国航天局通过由德国航空航天中心提供支持的大学和研究所的小卫星项目进一步改善了空间碎片减缓工作。德国航天局对其内部流程做了修改，以确保必须将德国航空航天中心的空间碎片减缓要求作为空间任务研究赠款的强制性要求加以落实。此外，与德国各大学的小型卫星倡议建立了持续对话。该对话的目的是，保证各大学快速增长的空间活动能够很好地持续下去，并为在大学范围内分享知识和最佳做法提供支持。德国航天局向正在进行的项目提供支持，举办了与空间碎片减缓各专题有关的线上专家讲习班，并在德国各大学开展了一项关于空间飞行任务运行情况的调查。2022年3月发布了调查结果报告。

测量

需要完善传感器数据生成和使用能力，以建立例如生成空间物体目录和进行轨道确定的国家空间监视能力。该物体目录是空间态势感知行动的支柱。因此，德国航天局通过其由德国联邦经济事务和气候行动部资助的国家方案，着手开发德国实验空间监视和跟踪雷达。该系统由弗劳恩霍夫高频物理和雷达技术研究所开发。这是一个用于测量和确定低地球轨道上驻留空间物体轨道信息的实验系统。2020年将两个雷达掩体运送到作业现场并投入使用，此后在作业现场进行了进一步的整合及测试和验证活动。该系统可由德国空间态势感知中心完全远程操作。德国实验空间监视和跟踪雷达还旨在作为双基地和多基地雷

达操作的实验平台，并为德国的研究机构提供方便在该领域开展进一步研究的数据。

自 2019 年以来，德国空间态势感知中心开发并管理和运营了一个用于收集和共享欧洲联盟空间监视和跟踪联合倡议测量结果的数据库，该数据库是欧盟空间监视和跟踪联合倡议的主要数据共享平台。已经作为第二个步骤着手基于该数据库编制欧洲前体目录。

已经确定了多种选项来提高地面监视雷达测量空间碎片的性能。一种有希望的选项是，在不同地点使用双基地和多基地配置的多个监视雷达。预计这种雷达网络不仅将增加监视区的规模，也将有助于更好地测量单一物体。目前正在通过弗劳恩霍夫两个研究所之间的合作开展一项进一步分析该运作模式的研究。已经开发了一个模拟框架，能够对多基地监视雷达系统的各种配置进行建模。

一个被称作小孔径机器人望远镜网络的国际光学望远镜网络目前由四个望远镜台站组成，共有九台望远镜。这些台站位于瑞士、西班牙、南非和澳大利亚，南非和澳大利亚的台站由德国航空航天中心运营。第三个德国航空航天中心台站计划于 2023 年部署在南美。该网络由德国航空航天中心与瑞士伯尔尼大学天文研究所密切合作组建，对公众开放。这些望远镜台站由若干口径从 20 厘米到 80 厘米不等的望远镜组成。该网络对地球静止区域和相关轨道进行监测，以支持关于规避碰撞及其他科学专题的研究，包括地球同步轨道上大于约 30 厘米的物体的数据。已经探测到弱于 18.5 星等的物体，对其所处位置进行了测量，并计算了其轨道。推导出的地球同步轨道上的轨道信息的准确性经证明有了显著提高。对集群卫星问题也有了明确的解决办法。

德国航空航天中心还在开发一个信息系统，其中的关系型碎片信息基础目录是一个关于地球轨道物体的轨道数据库，是该项目的核心部分。其关键功能目前已全面投入运行，这些功能包括：利用不同传感器（如小孔径机器人望远镜网络）提供的观测结果建立物体相关度、提供拟由该系统处理的首批观测数据、进行轨道确定和轨道推算。图聚类算法被应用于探测新的驻留空间物体。该系统可以处理不同的测量类型，包括雷达、光学和卫星激光测距。也可以融合与合并物体的不同输入数据，以得出更好的轨道确定解决办法。此外，正在开发一个探测物体近距离接近的完整的筛选算法。对所有算法都进行了编程，以便能实时处理多达 100,000 个物体的观测数据。目前正在进行的研究课题包括机动探测和从传感器数据库中导出最佳规划，从而将所有物体保持在规定精度范围内。此外，还开发了一个用户界面，允许从数据库导出数据，供其他软件程序或其他实体使用。

德国航空航天中心在德国南部 Johannes Kepler 观测站安装了一台直径为 1.75 米的大型里奇-克莱琴望远镜，用于观测和分析几厘米大小的小型空间碎片物体。该望远镜配备了四个内氏焦点和一条库德光路。此外，它还可以用作参与双基激光测距活动的激光发射器或光子接收器，其中使用了可运输的集装箱式激光发射器。总的来说，该望远镜作为一个研究平台，促进为所有地球轨道（包括极低地球轨道高度范围）的空间安全应用开发新的创新型激光光学技术。所实施的激光技术侧重近红外光谱范围，特别包括人眼安全激光波长范

围。除了采用主动激光光学技术之外，还将涉及轨道物体的被动光学光谱分析。

德国航空航天中心开发了一个非常紧凑的自动操作型卫星激光测距系统（miniSLR），该系统从配备回射器的低地球轨道卫星和中地球轨道卫星提供精确到几厘米的激光测距方位数据。这类数据在大地测量、地球观测、卫星运行和退役卫星监测方面有众多应用。已经开发了基于无热化陶瓷回射器设计的相应在轨组件，卫星运营商可以将其用作基于激光的空间交通监测解决方案。此外，使用新的无源偏振可识别回射器可以对卫星进行标记，这在例如小型卫星集群发射的情况下和卫星星座内部是有用的。miniSLR 激光光学地面台站被调整为用于偏振回射器有效载荷部件的专用激光发射器。

建模及在轨和在地面上的风险评估

布伦瑞克工业大学一个新项目的主要目标是制定各种度量，用来评估特别是低地球轨道可持续利用的标准，其中考虑到该区域不断增加的碰撞概率。目前开展这类调查尤其重要，其原因是，现有减缓政策并非专门为管理随着巨型星座的引入而预期造成的极高数量的物体所设计的。因此，评估轨道空间碎片环境总体“健康状况”的客观标准在概念上类似于海洋健康指数等标准，不仅可以提供工具来衡量该环境的总体状况，还可以为实现其可持续性确定客观标准。

德国还通过通常称作恩斯特·马赫研究所的弗劳恩霍夫高速动力学研究所对关于在轨碰撞和空间碎片撞击影响的研究做出了重大贡献。在目前地面测试的限制下，利用轻气体加速器和高速诊断进行了超高速撞击的实验模拟。诸如碳纤维增强塑料结构、透明材料、压力容器和离轨发动机推进剂等航天器部件，已通过测试，不仅是为了对损害影响和定量设计极限进行评估，而且也是为了推导用于评估系统一级空间碎片撞击后果的模型。主要根据欧洲航天局合同进行的撞击实验得到了数值模拟的补充，目的是扩大碰撞条件的参数范围，并在航天器一级进行数值实验。恩斯特·马赫研究所开发了专门的流体动力学程序和离散元方法，并将之用于复杂的超高速碰撞模拟。后者的一个例子是最近已完成的由德国航天局支持的中数字高程模型-O 项目。该项目证明适宜使用离散元方法模拟超高速撞击。使用基于粒子的模型，就可能精确模拟超高速撞击场景，特别是这种撞击造成的碎裂场景。较之于传统的流体动力学程序，该方法的离散性使其在模拟在轨卫星碎裂和解体方面具有明显的优势。该项目的最后阶段侧重改进在超高速撞击事件之后卫星内部即刻发生的二次撞击的建模。

在过去十年中，人们显然愈加关切航天器再入大气层后所剩碎片给地面造成的风险，空间界就此开展了许多活动，例如开发、改进和验证再入大气层的模拟工具及展开摧毁航天器方面的设计的研究。第一类活动的目的是增加对再入大气层所构成的风险的数值预测的信心，而第二类活动的目的是开发有可能大大改善摧毁行动的新的航天器设计技术。

德国空间运营中心于 2009 年开始开发和运行对该中心运营的航天器进行交会评估的软件系统，此后继续进一步开发、维护和运行该系统。除交会评估外，该中心的防撞系统还具有防撞机动规划和防撞产品生成的功能。德国空间

运营中心支持其他实体进行交会评估和规避碰撞。该中心与欧盟空间监视和跟踪联合倡议、空间数据协会和美国太空军第 18 空间防御中队等交会服务提供方共享卫星历数据，并积极联系其他卫星运营商，以便在必要时协调规避碰撞的措施。

印度

[原件：英文]
[2021 年 10 月 28 日]

印度正在正式通过一项关于空间活动的国家政策，该政策涉及的内容包括空间碎片减缓要求，以便确保外层空间活动的安全和可持续性。

印度空间研究组织在与空间碎片有关的领域开展了几项研究活动，包括空间碎片环境建模、再入大气层分析、碎裂分析和主动清除碎片。

建立了印度空间研究组织安全和可持续运行系统（IS4OM），用以协调管理所有空间态势感知活动，并建立空间物体跟踪观测设施。正在建立专门跟踪和监测低地球轨道和地球同步轨道空间物体的观测设施，包括在空间物体跟踪和分析网络下跟踪和监测空间碎片。建立更多光学望远镜的计划也在讨论中。

在印度空间研究组织安全和可持续运行系统的范围内建立了一个控制中心，负责处理各种观测设施的观测结果，以期建立一个国家空间碎片目录，并开展与空间态势感知有关的其他活动。

印度空间研究组织一直在开展研究，改进对空间物体再入大气层的预测以及关于再入大气层的碎裂建模和分析。印度空间研究组织积极参与机构间空间碎片协调委员会的年度再入大气层预测活动。正在努力进一步加强规避空间资产与空间碎片发生碰撞的现有方法，即空间物体邻近分析和发射碰撞规避分析。

作为机构间空间碎片协调委员会、国际宇航科学院空间碎片委员会、国际宇航联合会空间交通管理技术委员会、国际标准化组织第 7 工作组以及和平利用外层空间委员会外层空间活动长期可持续性工作组的成员，印度空间研究组织积极促进与空间碎片有关的各种国际活动和研究。

目前，印度空间研究组织没有任何可能对外层空间安全构成威胁的核动力空间物体。如果计划在未来的任何任务中发射此类空间物体，印度空间研究组织将遵循国际公认准则处理相关的安全问题。

意大利

[原件：英文]
[2022 年 11 月 2 日]

在研究自然和人造空间物体造成的危险方面存在的协同作用在 2022 年比以往任何时候都更强。意大利科技界在这两类危险方面有着长期的专业知识，其积极参与某些重大的国家和国际举措就证明了这一点，并取得了以下成果：

(a) 在完成和部署“Flyeye”望远镜方面取得了进展，此类望远镜专门用于勘测近地物体和空间碎片群；

(b) 参加欧洲联盟空间监视和跟踪联合倡议并签署相关的伙伴关系协议，目的是在监测空间碎片群方面实现高度自治；

(c) 协调国家和国际层面的研发举措；

(d) 成功完成了对双小行星 Didymos 的轻型意大利小行星成像立方体卫星（LICIACube）飞行任务。

Flyeye 望远镜是一种宽视场、高灵敏度传感器，具有前所未有的大视场，由意大利的研究机构和工业界共同构思。Flyeye 望远镜网络能够每晚观测整个可见天空，因此在及时探测“逼近撞击物”（即路线将与地球相撞的 50 米级小行星）以及勘测导航星座所在的中地球轨道区域和高度 1,500 千米以上的区域方面极为有效。第一台 Flyeye 望远镜是与欧洲航天局合作完成的，用于行星防御目的，不久将部署在位于意大利马泰拉的意大利航天局空间大地测量学中心，进入调试和科学验证阶段。意大利航天局在 2022 年开展了一项并行举措，采购四台 Flyeye 望远镜用于空间碎片观测。

在欧洲联盟空间监视和跟踪联合倡议的框架内，意大利负责提供再入大气层和防止出现碎片的服务。2022 年，该业务活动促成（与意大利民防部协调）对最重大的失控再入大气层事件进行了密切监测，并对在轨碎裂事件进行了密切监测。

意大利深入参与了欧洲联盟的两个研发项目。

由意大利国家天体物理研究所牵头的近地物体快速观测、表征和关键模拟项目旨在处理确定近地物体物理特征问题，这方面的知识在评估小行星撞击的严重程度方面起着决定性作用。已经开展了利用大孔径望远镜的扩展观测活动，建立了一个完善的近地物体物理特性数据库，并成功进行了一项“快速响应实验”，该实验追踪从对新发现物体的发现到天体测量跟踪和确定物理特性的整个过程。

2022 年 11 月，空间碎片和小行星研究网络项目组织了第二届国际空间碎片和小行星研究网络会议，目的是分享该项目得出的方法和成果，并促使与会者，特别是早期研究人员，了解世界各地在空间碎片和小行星领域积极开展的研究。

近地物体和空间碎片问题都需要使用天体力学领域的先进方法。在这方面，意大利天体力学界以最高级别参与了全年组织的许多会议，讨论了从纯理论方面到空间应用的各种问题。值得一提的活动有由罗马第二大学组织的第八届天体力学国际会议、意大利国家研究委员会“Enrico Magenes”应用数学和信息技术研究所在意大利米兰举办的共轨运动国际讲习班，以及由大不列颠及北爱尔兰联合王国苏格兰高地与群岛大学主办的天体力学理论和应用—Cortina 第 14 期暑期学校。新一代技术娴熟的学生和年轻研究人员均积极参与了所有活动。

最后，在意大利航天局的协调下，意大利科学界和工业界密切合作，取得了杰出的成果。2022 年 9 月 11 日，LICIACube 卫星与美利坚合众国国家航空航

天局的双小行星转向试验（DART）航天器分离，该航天器旨在撞击小行星 Didymos 的 140 米卫星 Dimorphos，以便进行有史以来首次小行星偏转实验。所有 LICIACube 子系统正常运行，2022 年 9 月 26 日，意大利探测器成功地对 DART 航天器撞击产生的羽流进行了成像，从而为增进我们对小行星组成和内部结构的认识以及对撞击小型天体的动力学建模提供了独特的数据。

日本

[原件：英文]
[2022 年 10 月 20 日]

概述

本报告介绍了应秘书处外层空间事务厅的要求，主要由日本宇宙航空研究开发机构（日本宇航机构）开展的碎片相关活动。

截至 2022 年 10 月，正在开展以下碎片相关研发活动：

- (a) 主动清除碎片；
- (b) 规避碎片机动操作的现状和空间态势感知核心技术研究；
- (c) 关于低地球轨道物体和地球静止轨道（地球同步轨道）物体观测以及此类物体轨道定位的技术的研究；
- (d) 实地微型碎片测量系统；
- (e) 研发复合推进剂贮箱；
- (f) 利用卫星激光测距观测空间碎片，并开发通用卫星激光测距回射器。

以下各节提供了更多信息。

现状

主动清除碎片

日本宇航机构组织安排了一个旨在实现低成本主动清除碎片任务的研究方案。主动清除碎片关键技术有三大研发课题：非合作性交会、非合作性目标的捕获技术，以及清除大型完整空间碎片的离轨技术。日本宇航机构正在与日本私营公司合作，以便实现商业化低成本主动清除碎片，并正在致力于为此目的提供这些基本的关键技术。

日本宇航机构还在牵头开展商业化清除碎片示范方案。该方案由两个阶段组成，旨在与私营企业合作开展主动清除碎片的活动。在方案第一阶段期间，计划于日本 2022 财年演示关键技术，例如非合作性交会和近距离操作，以及检查 H-IIA 运载火箭第二级。第二阶段期间，计划在日本 2025 财年后演示主动清除碎片和 H-IIA 运载火箭第二级再入大气层。Astroscale Japan 公司 2020 年 2 月通过公开竞标被选为第一阶段的合作伙伴公司。

规避碎片机动操作的现状和空间态势感知核心技术研究

日本宇航机构从联合空间业务中心定期接收交会通知。2021 年，日本宇航机构为低地球轨道航天器执行了两次规避碎片机动操作。作为卫星运营方，日本宇航机构认识到，由于空间环境逐年恶化，空间碎片构成的交会风险仍然很高。

空间态势感知核心技术

日本宇航机构开发了一个新的空间态势感知系统，目前正在试运行，以便检查其性能，之后将于 2023 年 4 月全面投入运行。该系统包括：

(a) 雷达：日本宇航机构为低地球轨道开发了一种新的雷达，可观测 650 千米高度的 10 厘米级物体；

(b) 望远镜：日本宇航机构对其 1 米级和 50 厘米级望远镜进行了翻新，以便提高其观测包括地球静止轨道在内的高轨道空间碎片的能力；

(c) 分析系统：日本宇航机构开发了一个新的系统，用于分析雷达和望远镜设施的观测数据，然后在空间碎片接近日本宇航机构卫星的情况下，利用该系统进行风险评估，并制定规避碰撞计划。

日本宇航机构还开发了一项工具，用于支持在收到来自联合空间业务中心的交会数据信息后规划规避碎片的机动操作，并自 2021 年 3 月起在日本宇航机构网站上向所有卫星运营商免费提供该工具。

预计该工具将简化碎片规避机动程序，并减少相关工作量。日本宇航机构将继续这项活动。

关于低地球轨道物体和地球静止轨道（地球同步轨道）物体观测以及此类物体轨道定位的技术的研究

一般来说，对低地球轨道上的物体主要通过雷达系统进行观测，但日本宇航机构一直致力于开发降低建造和运营成本的光学系统。已经开发了一种用于低地球轨道观测的大型互补式金属氧化物半导体（CMOS）传感器。利用基于现场可编程门阵列的图像处理技术分析 CMOS 传感器的数据，能够探测低地球轨道上 10 厘米甚至更小的物体。为了增加对低地球轨道和地球同步轨道物体的观测机会，除了日本的入笠山天文台之外，在澳大利亚建立了两个远程观测点，一个位于西澳大利亚州的 Zadko 天文台，另一个位于新南威尔士州的赛丁泉天文台并配备由四台 18 厘米望远镜组成的装置。这些观测点将促使人们可以利用澳大利亚两个观测点提供的数据精准确定低地球轨道物体的轨道和估算其高度。

实地微型碎片测量系统

空间碎片监测器是一种实地微型碎片传感器，重点监测在轨微型至毫米级碎片。最新的飞行实验是由 H-II 转移飞行器 Kounotori-5（HTV-5）进行的。实际测量这些小型碎片物体后得出的信息对于正确理解大量近距离绕地球运转的

小型碎片至关重要，特别是因为这种碎片正在成为轨道上的一个主要风险因素。

空间碎片监测器的独特之处在于其探测系统并不复杂，飞行前不需要任何特殊的校准，并且可以很容易地与其他传感器协作。空间碎片监测器包括碎片探测区和电路区。碎片探测区由非常薄的聚酰亚胺薄膜制成，有数千条 50 微米宽的导电网格线，能够探测直径从 100 微米到按毫米计的相撞碎片。

日本宇航机构正在与美利坚合众国国家航空航天局（美国航天局）轨道碎片方案办公室合作开发一个新的实地微型碎片测量系统，以便了解在低于 1,000 千米高度的轨道运行的小型碎片物体的数量。美国航天局和日本宇航机构开展合作，正在使用模拟板模型进行一系列超高速撞击试验。

研发复合推进剂贮箱

推进剂贮箱通常用钛合金制造，钛合金重量轻，与推进剂有良好的化学兼容性，因此是优质材料。但是其熔点很高，以至于在再入大气层期间推进剂贮箱无法自毁，有可能给地面人员造成威胁。

多年来，日本宇航机构着手研发一种铝衬贮箱，外部裹有碳复合材料，这样就能降低贮箱的熔化温度。为开展可行性研究，日本宇航机构进行了基本测试，包括一次确定铝衬材料与联氨推进剂兼容性的测试以及一次电弧加热测试。

在制造和测试较短小的 EM-1 贮箱工程模型之后，日本宇航机构制造了全尺寸的 EM-2 贮箱。EM-2 贮箱的形状与正常贮箱相同，包括一个推进剂管理装置。利用 EM-2 贮箱进行了耐压测试、振动测试（在潮湿和干燥条件下）、外部泄漏测试、压力循环测试和暴冲压力测试，所有测试结果良好。随后完成了关键设计评审。

与钛合金推进剂贮箱相比，这种复合材料推进剂贮箱的交付周期更短，成本更低。正在对再入大气层期间的销毁可能性开展试验和分析性评估。

利用卫星激光测距观测空间碎片，并开发通用卫星激光测距回射器

日本宇航机构正在着重研究卫星激光测距，将之作为继雷达和望远镜观测之后的第三种空间碎片观测方法。

筑波卫星激光测距站计划于 2023 年 4 月投入运行。

近年来，提高轨道物体的可见度变得越来越重要。日本宇航机构开发了一种价格低廉的紧凑型卫星激光测距回射器（命名为“富士山”），可普遍用于低地球轨道。日本宇航机构将在国际上推广其应用，以便提高在轨物体的可跟踪性，从而促进外层空间的可持续利用。

墨西哥

[原件：西班牙文]

[2022 年 10 月 28 日]

由于新的发射活动和现有物体的碎裂，轨道上的空间碎片的数量继续增加，绝大多数可能有害的轨道碎片未得到定期监测。尽管现有轨道碎片减缓准则的遵守情况在一定程度上有所改善，但目前的遵守率（40%至 60%之间，具体视轨道域而定）远低于防止碎片碰撞持续增加所需的遵守率。

小型卫星的数量越来越多，卫星的寿命不断缩短，存在建立由数千颗卫星组成的大型商业星座的可能性，这些都正在带来新的挑战。同时，空间态势感知、卫星在轨服务和主动清除碎片的商业选择增多，可能会带来一些惠益，但这些活动本身也在政治和法律层面带来挑战。

墨西哥支持加拿大、德国和捷克关于制定一份减缓此类碎片风险的行动简编的倡议，该简编已提交和平利用外层空间委员会法律小组委员会第五十三届会议审议，是有史以来第一份载列了会员国关于减少和清除空间碎片相关监管措施的第一手资料的文件。²

已发生空间碎片坠落到墨西哥领土上的情况，到目前为止没有造成人员伤亡，但仍然构成了重大风险，墨西哥航天局已经开始着手应对这一问题。最近一次此类事件发生在 2016 年 4 月 25 日，当时俄罗斯联邦联盟-2-1A 航天器的空间碎片坠落在墨西哥金塔纳罗奥州 Mahahual。同年，在同一地点发现了欧洲阿丽亚娜 5 型航天器的碎片。金塔纳罗奥州民防单位和当地居民采取了必要的措施。³

空间碎片坠落不仅切实发生在墨西哥，而且也发生在全世界。因此，必须寻求解决办法，以便在严重后果发生之前处理这种情况。

因此，鉴于这一问题的重要性，墨西哥已通过墨西哥航天局采取了步骤，成为机构间空间碎片协调委员会的成员，并已开始在国家一级协调与空间碎片问题有关的活动。

为了在国家一级协调墨西哥的活动，公立和私立大学均承担了开发各种模型的任务，供通过观测台识别碎片和监测空间碎片和卫星损坏情况，以便确保空间基础设施的安全，并开展已证明在减少空间碎片产生方面行之有效的活动、研究和方法。

其中一项活动是最近的 Colibri 飞行任务，这是一个大学项目，目的是通过一颗立方体小卫星帮助减缓空间碎片，这颗卫星能够以精确坐标确定空间碎片的位置，并辅之以一系列基于重力、大气、速度和许多其他变量的模型。⁴

² www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/topics/space-debris/compendium.html。

³ 关于这一事件的更多信息可查阅：<https://elquintanaroo.mx/cae-basura-espacial-en-mahahual>（西班牙文）。

⁴ 有关 Colibri 飞行任务的更多信息，请查阅 <https://colibrimission.com>。

Colibri 任务卫星将在轨驻留一年。该卫星目前正处于设计阶段，在此期间，该飞行任务在技术层面已经确定，实施过程目前正在进行之中。

最后，本文件附件载有一份指示性表格，显示墨西哥公立和私立大学在空间碎片方面开展的主要活动和研究。

缅甸

[原件：英文]
[2022 年 10 月 20 日]

缅甸作为出席 2018 年 6 月 20 日和 21 日举行的“外空会议+50”高级别会议的国家之一，因参加了在外层空间事务厅支持下举办的具有历史意义的第一次联合国探索及和平利用外层空间会议周年活动而受到祝贺和关注。缅甸始终是国际空间活动的参与者，力求加强空间利用，实现可持续发展目标。

作为一个发展中国家，缅甸联邦共和国政府已经制定了一项空间方案，旨在实现发射本国卫星和控制战略性国家通信和广播业务等空间相关愿望。在运行卫星系统时，缅甸将重视空间科学、技术、法律和政策，以造福本区域和多区域人民，并将促进实现全球倡议，如《2030 年可持续发展议程》。

由于国家卫星项目仍处于规划阶段，缅甸还未遇到空间碎片、核动力源和相关问题等议题。尽管缅甸尚未考虑对这些问题进行研究，缅甸将注重与国际社会和组织开展合作，制定和实施空间碎片减缓措施，因为在发展本国卫星系统的同时，确保安全与和平的空间环境至关重要。

斯洛伐克

[原件：英文]
[2022 年 10 月 28 日]

斯洛伐克光学传感器观测可能成为主动清除碎片任务目标的物体，并监测再入大气层之前的状况

布拉迪斯拉发夸美纽斯大学数学、物理和信息学学院的天文和天体物理学系通过其 0.7 米牛顿望远镜（AGO70），定期观测低地球轨道上可能成为主动清除碎片任务对象的物体，其中包括欧洲航天局 Vespa 适配器等目标。此外，还开展了广泛的活动，在物体再入大气层前数月或数周监测其动态和旋转特性，以便更准确地预测其摧毁情况。

斯洛伐克全天流星网络在再入大气层事件监测中的应用

夸美纽斯大学数学、物理和信息学学院正在研究使用其自动流星轨道系统的摄像系统对空间碎片再入大气层进行测量的可能性。自动流星轨道系统用于自动流星探测、轨道确定和光谱提取。夸美纽斯大学开发并在世界各地运行了包括光谱相机在内的 23 台自动流星轨道系统相机，其中 7 台设在斯洛伐克共和

国，3 台设在加那利群岛（西班牙），4 台设在智利，3 台设在夏威夷（美利坚合众国），6 台设在澳大利亚，最近在南非部署了 4 台。自动流星轨道系统网络对再入大气层事件进行探测，从而使该学院能够模拟产生的碎片在大气层中的轨迹，并分析其光谱特性。该分析应当有助于改进对碎片可生存性的预测以及对地面人员的风险估计。

空间碎片的光度学和光谱学表征

夸美纽斯大学数学、物理和信息学学院正在进行几项专门的研究，这些研究着力于对空间碎片物体进行分类并确定其特征，以便更好地了解空间碎片的起源和产生机制。0.7 米牛顿望远镜被用于探测空间碎片的光线曲线。将使用这些数据识别物体的反射特性及其大小和形状。该学院正在研究应用机器学习方法，以便根据物体的亮度特性对物体进行区分，并根据空间物体的形状和表面反射特性对其进行分类。该学院通过使用不同光谱型滤光片，正在研究空间物体的表面反射特性与波长的关系，这与材料特性直接相关。自动流星轨道系统光谱相机被用来捕获低地球轨道上物体的镜面闪光及其光谱。探测到的光谱提供了关于表面特性与波长的关系的高分辨率信息。

墨西哥：墨西哥的公立和私立大学在空间碎片方面开展的活动和研究

公立大学

附属于国际科学光学观测网项目的项目或观测站：

国际科学光学观测网是一个国际项目，目前由位于多个国家的 20 个观测站的 30 台望远镜组成，用于探测、监测和跟踪空间物体。该项目在 50 个国家开展，雇用了大约 200 名研究人员。

大学或研究中心	机构名称	项目	负责人	项目介绍	说明
新莱昂自治大学	物理和数学科学学院	国际空间碎片监测观测站—国际科学光学观测网项目	Enrique Pérez León	在国际科学光学观测网项目下，在新莱昂自治大学观测站的支持下，正在建立一个空间观测网络，用于监测空间碎片、小行星乃至伽玛射线暴，以便增进对宇宙初始条件的了解	新莱昂自治大学观测站于 2017 年 3 月 7 日正式启用，并持续运作至今。该观测站目前是物理和数学科学学院天体物理学硕士课程的一部分，对研究工作提供支持
				www.milenio.com/cultura/inauguran-observatorio-uanl-monitorear-clima-espacial	
锡那罗亚自治大学	天文学中心	锡那罗亚自治大学天文台—国际科学光学观测网项目	Tatiana Nikolaevna Kokina Yurova	在国际科学光学观测网项目下，在锡那罗亚自治大学天文台的支持下，正在建立一个空间观测网络，用于监测近地小行星和空间技术产生的碎片，获取图像和分析信息	锡那罗亚自治大学天文台于 2012 年 5 月 3 日正式启用，并持续运作至今。锡那罗亚自治大学与俄罗斯科学院凯尔迪什应用数学研究所合作开展基于监测的研究和分析
				http://reserva.uas.edu.mx/index.php?p=2	
				www.noroeste.com.mx/buen-vivir/detecta-observatorio-de-la-uas-basura-espacial-KANO451478	
				https://direcciondecomunicacion.unison.mx/presentan-monitoreo-de-basura-espacial-en-aniversario-del-area-de-astronomia-del-difus/	

与其他关联机构的项目

大学或研究中心	机构名称	项目	负责人	项目介绍	说明
墨西哥国立自治大学和新莱昂自治大学	天文学研究所与物理和数学科学学院	天体物理学和空间发展大学方案—San Pedro Mártir 国家天文台	Eduardo Pérez Tijerina	该天文台将参加国家科学旅游方案，提供有指导的天文观测活动，并且作为国际合作大学方案项目的一部分，将继续参与监测空间碎片、伽玛射线暴和空间天气	San Pedro Mártir 国家天文台于 2020 年在冠状病毒病（COVID-19）大流行最严重的时候落成。 该天文台是物理学学士学位课程天文学专业的学生和行星天体物理学及相关技术的硕士学位课程的学生使用的实验室，符合国家科技委员会的优秀标准
<p>https://puntou.uanl.mx/noti-u/abriria-en-julio-observatorio-astronomico-universitario-uanl/</p> <p>www.astrossp.unam.mx/es/</p> <p>www.planeacion.unam.mx/Memoria/2014/PDF/7.2-IA.pdf</p>					

早期项目

大学或研究中心	机构名称	项目	负责人	项目介绍	说明
墨西哥国立自治大学	克雷塔罗校区先进技术和工程学院	Juriquilla 减少空间碎片战略	Saúl Santillán Gutiérrez	开展研究活动和制定旨在减缓空间碎片的战略，处理诸如探测空间粒子、制定碎片产生、测量和保护计划的数学模型等问题	研究和战略制定活动始于 2013 年，目前尚不清楚这些活动是否仍在进行。 研究团队包括技术和工程专业的研究人员、研究生和本科生
<p>www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2013_129.html</p> <p>www.zonacentronoticias.com/2013/02/desarrollan-en-la-unam-estrategias-para-reducir-la-basura-espacial/</p> <p>www.equilibriummedicinatural.com/a-limpiar-el-espacio-sideral/</p>					

以研究和外联为重点的项目（目前）

大学或研究中心	机构名称	项目	负责人	项目介绍	说明
国立理工学院	机电工程学院和 机电工程学院 Ticomán 航空航 天协会	一般性空间碎 片研究和外联 活动	不适用	国立理工学院通过机电工程学院 Ticomán 单 位，成立了机电工程学院 Ticomán 航空航 天协会，其目标之一是开展空间碎片等专题的研 究。这些机构经常发表关于这一专题的文 章，在研究所内部并面向公众传播信息	自从航空航天协会成立以来，这些机 构编制并传播了有关空间碎片和其他 专题的资料 这些机构目前在这一领域没有这样的 项目，因为正处于扩展过程中
					www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2020/statements/2020-02-05-PM-Item08-04-MexicoS.pdf www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/ActividadesCulturales/NocheEstrellas/BasuraEspacial.pdf
墨西哥国立自 治大学	天文学研究所	一般性空间碎 片研究和外联 活动	不适用	天文学研究所的目标包括进行天体物理学研 究和开发天文仪器。该研究所还开展外联活 动，传播与天文学和一般科学有关的信息， 包括关于空间碎片专题的信息（见以下链 接）	该研究所自成立以来一直在开展空间 研究，通过墨西哥国立自治大学的科 学教育期刊《眼见为实？——科普杂 志》促进科学外联活动 目标是提供高质量的学士、硕士和博 士培训
					www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/170/basura-espacial www.comoves.unam.mx/numeros/retos/261

私立大学

大学或研究中心	机构名称	项目	负责人	项目介绍	说明
泛美大学	位于阿瓜斯卡连特斯校区和墨西哥城校区的工程学院	Colibri飞行任务项目（Pakal 纳米卫星—立方体小卫星）	由在说明中提到的同一批学生带领（项目下各领域负责人的信息见第二个链接）	Pakal 纳米卫星/立方体小卫星项目能够获得低地球轨道大气密度的测量数据，以便研究大气现象，并在全球范围内为解决空间碎片问题做出贡献	Colibri 飞行任务项目于 2018 年启动，目前仍在开发中。 该项目是在来自不同研究领域的 50 多名泛美大学学生的参与下，与麻省理工学院空间推进实验室合作开发的，通过该实验室，该项目已成为国际科学和技术倡议方案的一部分
					<p>www.sinembargo.mx/04-07-2021/3994408</p> <p>www.colibrimission.com/</p>