



和平利用外层空间委员会
科学和技术小组委员会
第五十八届会议
2021年2月1日至12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

增编

目录

	页次
二. 从会员国收到的答复.....	2
哥伦比亚	2
墨西哥.....	2
三. 从国际组织收到的答复.....	4
欧洲联盟	4
国际原子能机构	8

* A/AC.105/C.1/L.387。



二. 从会员国收到的答复

哥伦比亚

[原件：西班牙文]

[2020年11月13日]

在哥伦比亚，为了促进空间碎片减缓和整治措施，国家开展了包括发射亚轨道飞行器和在联合国登记射入外层空间的物体在内的空间活动，从而促进了遵守必要措施，例如通过控制下重返而在这些物体使用寿命终结时将其从地球轨道上移除或移至弃星轨道。

就哥伦比亚的第一颗地球观测卫星——FAC-SAT 1号而言，哥伦比亚空军为协助执行空间碎片减缓措施，正在设法使该卫星在其使用寿命终结时重返大气层。这将为子孙后代确保外层空间活动的可持续性。

各国应制定关于空间碎片减缓和整治措施的国内条例，并开展研究以期开发减缓诸如空间碎片碰撞或空间碎片重返大气层从而对人类或环境造成损害等风险的技术。此类举措还将使各国能够了解正在开展的空间活动，从而有助于透明度和履行通过各项外层空间条约所做承诺。

此外，为了确保空间碎片的数量始终处于可控状态，各国有必要在本国国内鼓励向联合国登记射入外层空间的物体，对这些物体使用寿命的终结及其在失去控制之前的状态进行记录。

正是基于上述考虑，哥伦比亚签发了据以颁布《关于登记射入外层空间物体的公约》的2014年6月10日第1065号法令，并随后批准了2018年12月6日的第2258号法令，据以遵照联合国和《登记公约》确立的国际监管规定确立了关于登记射入外层空间的物体的规则和程序，这些规则和程序于2018年12月6日生效。

墨西哥

[原件：西班牙文]

[2020年11月10日]

国家空间碎片研究

墨西哥参与了和平利用外层空间委员会《外层空间活动长期可持续性准则》的工作，正在审议的主要问题之一是空间碎片。该问题极为复杂，国际社会需要倾注时间和心力以确保《准则》尽最大可能得到执行，并能找到可行解决办法，以支持确立安全开展外层空间活动的国家与国际做法和框架。

尽管墨西哥尚未通过空间碎片减缓国家监管框架，但其迄今为止的政策，至少是关于地球静止卫星的政策，与空间碎片整治做法相一致，一直是为其卫星提供足够燃料以使其能够在使用寿命终结时自动脱离轨道。

关于空间碎片的研究，诸如墨西哥国立自治大学等墨西哥公立大学，通过工程学院及其位于克雷塔罗的尤里基拉校区的高技术中心，正在开发用于识

别和及时测量碎片的数学模型。此外，墨西哥国立自治大学在努力安装一个真空室和一个电磁辐射室，用于测试卫星及其消除这种干扰的能力，这就降低了卫星在空间运行过程中发生故障并成为空间碎片的可能性。该大学还在努力开发电力推进装置，以确保一旦卫星使用寿命终结即会离开轨道，重新进入地球大气层并解体，从而避免产生更多空间碎片。

此外，锡那罗亚自治大学还承担了监测空间碎片以确保空间基础设施安全的任务。这项活动是国际科学光学网络领导的国际努力的一部分，该网络自 2012 年以来一直在监测空间碎片，并且每年都会发现数十个新的物体，包括在地球静止轨道之外运行的碎片和丢失的卫星。由锡那罗亚州自治大学和国际科学光学网络联合运营的天文观测台每晚拍摄多达 864 幅图像，已发现 30 至 70 个空间物体。

新莱昂州自治大学物理和数学科学研究中心也加入了这些工作，该中心是国际空间碎片监测系统的一部分，该系统由 15 个以上国家的 25 个观测站组成，由俄罗斯科学院凯尔迪什研究所负责协调。该观测站进行空间碎片监测，目的是查明可能对卫星造成损害并由此中断移动电话信号或飞行等服务或导致全球定位系统失误的碎片。

此外，国立理工学院经由提科曼机械和电气工程学院（提科曼机电学院）成立了提科曼机电学院提科曼航空航天协会，其活动之一是对空间碎片等主题进行研究。这些机构经常发表关于这一主题的文章，在研究所内部和公众中传播信息。

另一个组织是空间科学和技术网络，该网络自 2011 年开始运行，它是墨西哥有志于空间技术和科学的研究人员组成的团体，他们寻求筹集资金举办多学科研讨会、讲习班和项目，涉及学术界、政府机构、企业和民间社会的国家和国际行为者之间的协调，目的是促进墨西哥空间科学和技术的发展。

应当指出的是，上述所有活动都是根据诸如国际电信联盟 ITU-R S.1003 号建议之类关于碎片整治的国际条例开展的，联邦电信研究所和墨西哥航天局据此联合成立了关于一个卫星产生的碎片问题特设小组。该小组的目标是，就与非地球静止卫星和地球静止卫星系统使用寿命终结时产生的碎片以及与这些系统碰撞产生的碎片有关的技术和监管问题向该研究所提供意见。

还必须指出的是，墨西哥与加拿大、捷克和德国共同参与了空间碎片减缓标准简编的编制工作。简编的目的是，向成员国介绍各国（包括墨西哥）和国际组织已在执行的现行文书和措施的情况，并向希望就该重要问题颁布或执行类似标准的国家提供帮助。

最后，鉴于此事的重要性，墨西哥航天局已经提出了对机构间空间碎片协调委员会观察员地位的申请。由于这方面的要求之一是提交正式请求，墨西哥航天局正在编写一份关于墨西哥上述科学和学术机构及大学正在开展的研究和工作的报告。

对空间碎片、携带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

虽然该问题并不直接适用于墨西哥，但墨西哥意识到，深空飞行任务需要核能，而且核能涉及尚未解决的空间碎片问题，在该问题上没有简单的解决办法。对 1957 年 10 月 4 日至今所产生的空间碎片尚未找到解决办法。虽然有一个关于绕地球轨道运行但多年前停止运行的物体的数据库，但这类物体数量最多的轨道是低地球轨道，如何清除这些物体以及由谁负责清除这些物体的问题仍有待解决。

随着空间技术的进步，有可能建立一些让射入外层空间的物体得以返回地球并在穿越大气层时解体的机制。

空间活动长期可持续性至关重要。至关重要的是确立有约束力的措施或技术，以便卫星运营商和向外层空间发射物体（火箭）的所有实体都将遵照本国政府的要求设法使这些物体返还地球。

与这一问题间接相关的另一个问题是，如果有可能确定碎片的所有者，则携带核动力源的空间物体与另一人造物体或空间碎片发生碰撞是否在《空间物体所造成损害的国际责任公约》的范围之内。

三. 从国际组织收到的答复

欧洲联盟

[原件：英文]

[2020 年 12 月 2 日]

自 2016 年以来，欧洲联盟通过空间监视和跟踪联盟向欧洲用户提供了关于避免碰撞、重返大气层和碎片化的全天候服务。这些服务有助于确保在外层空间的空间安全运行和可持续性。如今，欧盟及其成员国的 148 艘民用、军用和商用航天器受益于这一服务，从而降低了所有轨道机制中的碰撞风险。欧洲联盟还力求开发空间监视和跟踪能力，以实现欧洲更高水平的战略自主，进而为全球责任分担做出贡献。

欧洲联盟即将通过其空间方案条例，该条例的目的是，提高其特别是在空间态势感知领域的空间能力。

在“地平线 2020”研究框架方案（2014-2020 年）下开发了几个研究项目，所涉问题包括：

- (a) 一种可以“栓接”到卫星上以提供脱轨能力的基于推进器的组件（D3）；
- (b) 满足脱轨和处置需求的航天器设计整体方法（ReDSHIFT）；
- (c) 关于大型航天器脱轨的自移式被动技术（TeSeR）；
- (d) 经由轨道自然摄动进行的轨道机动及其在空间碎片演变和减缓中的应用（COMPASS）；

(e) 基于电动系绳技术产生的阻力的脱轨套件 (E.T.PACK)。

关于“地平线 2020”项目的更多信息，请访问 <https://cordis.europa.eu/en>。

在以前的 FP7 研究框架方案中，向若干空间碎片项目提供了资助，其中包括清除碎片项目，该项目实际上进行了包括“网捕”和“鱼叉”在内的欧洲碎片清除技术的首次在轨示范。即将推出的欧洲联盟研究和创新框架方案“地平线欧洲”旨在支持欧洲联盟监测和预测例如空间天气等空间环境状况包括辐射危害、空间碎片和近地天体的强大能力。然而，就 2021-2022 年期间第一个工作方案仍在与欧洲联盟成员国进行商讨。

项目摘要

COMPASS – 679086: 通过应用于空间系统的摄动进行轨道机动的控制

空间经由它向地球提供的服务而造福人类。未来空间活动的进展得益于空间转移，并得到空间态势感知的保障。自然发生的轨道摄动造成轨道偏离名义上的二体的问题，从而使对轨道控制的要求更高；而在空间态势感知方面，它们影响了空间碎片的轨道演变，可能对运行中的航天器以及可能与地球相交的近地物体构成危害。然而，该项目提议利用自然发生的轨道摄动的动态特性来大幅降低目前极高的飞行任务成本，并为空间探索和利用创造新的机会。

COMPASS 项目将结合轨道动力学、动力系统理论、优化和空间任务设计等学科，开发经由轨道摄动的“冲浪”进行轨道机动的新技术。动力系统理论的半分析技术和工具的使用将为加深理解轨道摄动动力学奠定基础。我们将开发一个优化器，以逐步探索相空间，通过航天器参数和推进机动来控制摄动的影响以到达理想轨道。COMPASS 项目的目标是彻底改变当前的空间任务的设计理念：从抵制干扰到利用自然和人工发生的摄动。

COMPASS 项目将获益于由主要研究机构形成的广泛国际网络，其中包括欧洲空间局（欧空局）、美利坚合众国国家航空航天局（美国航天局）、日本宇宙航空研究开发机构（JAXA）、法国国家空间研究中心（CNES）和大不列颠及北爱尔兰联合王国航天局。实际上，通过轨道摄动优化导航的拟议想法将解决空间态势感知在工程方面所面临的各项重大挑战，可应用于空间碎片演变和减缓、小行星探测、探索和偏转任务以及空间转移方面的摄动增强轨道设计。

D3-711193: 用于受控卫星退役和重返大气层的智能推进装置

太空如今是我们生活的基础。我们每天使用的大多数服务都基于空间资产：天气预报、导航、地球观测、安全、灾害预防和管理及电信。几十年来，航天国家和私人组织低估了轨道空间是一种有限资源这一事实。因此，在自空间时代开始以来所发射的约 6,000 颗卫星中，只有 1,300 颗处于运行状态：其余的在地球周围的空间中不受控制地漂移，存在相互碰撞或与运行中卫星相撞的风险。除此之外，许多报废的卫星以不受控制的方式重返大气层，这些卫星的较大部件在重返大气层时经受高温而幸存，并可能对地面上的资产和人员造成损害。

出于这些原因及其他原因，在空间机构、国际组织（如联合国和机构间空间碎片协调委员会）和各国政府发布的国际条例的推动下，空间运营商已着手开发安全移除其卫星的方法。D3 项目旨在满足卫星运营商和制造商乃至所有相关利益攸关方对保障以安全清洁方式利用空间的日益增长的需求。该方法已经得到欧空局、美国航天局和意大利航天局等重要空间机构以及卫星运营商和制造商的积极反馈和认可。

自 2011 年成立以来，D-Orbit 公司开发了一种用于使卫星和发射器级退役的装置（称作 D3）。它能够在飞行任务结束或发生重大故障时，以安全可控的方式移除卫星和发射器级。这项技术已被提升到目前的技术就绪度第 6 级。D-Orbit 公司旨在验证 2016 年 D-SAT 飞行任务期间 D-Orbit 公司的空间退役概念，并收集数据、输入和既有经验教训，以更新、优化和微调 D-Orbit 公司 D3 装置的设计、工程和生产。

E.T.PACK – 828902: 无源少耗材脱轨套件的电动系绳技术

低功耗函数系绳（LWT）是一种长导电带，涂有增强热离子和光电电子发射的材料。它使航天器不需要消耗品即能脱离轨道和/或重新着陆。它以被动方式与周边环境（周围的等离子体、磁场和太阳辐射）相互作用，与地球的磁气圈交换动量。E.T.PACK 旨在突破和结合当前在三个领域的前沿知识，为低功耗函数系绳完善概念验证：等离子体物理、低功耗函数材料科学和空间系绳。将把这些纳入脱轨套件和飞行模拟器以便进行飞行任务分析。该套件旨在达到技术就绪度第 4 级，并且将有两种操作模式：完全无源低功耗函数系绳和配备有源空心阴极的传统电动系绳（备用模式）。将开发一种新的电极涂层工艺，C12A7（ $[\text{Ca}_{24}\text{Al}_{128064}]_{4+}(4e^-)$ ），并用于制造低功耗函数系绳演示器。C12A7 及其特殊性能也将应用于套件的空心阴极，这将包括为低功耗函数系绳各项应用专门设计的新型部署机制。将对空间电荷条件下低功耗函数系绳与周围等离子体的复杂电流交换进行理论研究，并用于开发精确的模拟器。理论和实验情况的对照比较将为了了解低功耗函数系绳的运作情况及其制约条件包括热、机械、光学、电学、原子氧和抗紫外线以及生存能力提供一个坚实的框架。将探索迄今为止无法实现的各种任务场景，从而开辟空间科学和技术新领域。这些跨学科活动，处于各自领域的前沿，彼此高度依赖，从而使 E.T.PACK 成为一个高风险项目。这因其潜在影响而得到完全的弥补：欧洲是第一个获得不含消耗品的可逆空间推进技术的国家

ReDSHIFT-687500: 通过对未来技术的全方位整合实现航天器的革命性设计

ReDSHIFT 将解决妨碍航天器制造商和运营商现在和今后在遵守空间物体脱轨和处置方面的以下要求和技术上的障碍。为此将采取全方位做法，从一开始就考虑到这些物体重返大气层时对人类安全构成的相互对抗并具有挑战性的制约，这些物体在设计时就已着眼于其消亡及其在恶劣空间环境下的在轨生存能力。为了确保未来的稳健性，ReDSHIFT 将利用 3D 打印提供的颠覆性机会，开发高度创新的低成本航天器解决方案，利用与电力推进、大气和太阳辐射压力阻力以及天体动力学高速公路之间的协同效应以满足脱轨和处置需求，并进行着眼于消亡的设计。这些解决方案都设有经由沿预定破裂面断裂和重返

大气层时的消亡特征来强化对航天器的保护的结构。将对这些结构进行功能测试和特定超高速撞击测试及材料消亡风洞测试，以展示 3D 打印结构的能力。与此同时，将会开发一种针对各种空间行为体的分级网络型工具，以解决使这些技术适应不同运载工具并可在低地球轨道上广泛实施所涉新颖复杂的技术、经济和法律问题。这将利用现有碎片演变模型以及从理论和实验工作中所获经验教训，对飞行任务进行完整的碎片减缓分析。它将输出能应对操作限制的安全、可扩展并具成本效益的卫星和任务设计。ReDSHIFT 将通过其活动就新的空间碎片减缓准则提出建议，其中将顾及航天器新的设计、材料和制造以及任务解决方案。

TeSeR – 687295：航天器自动移除技术

轨道空间正日渐拥挤，一些碰撞事件可能危及重要轨道的活动，并严重损害空间基础设施。作为拟纳入未来航天器的一项预防措施，TeSeR 提出将设置通用任务后处置模块，任何航天器在进入轨道时都将携带该模块，以确保在按计划终结其服务寿命或因为发生航天器故障而在计划外终结其服务寿命后均能对航天器进行适当处置。该模块应独立于航天器。TeSeR 的主要目标是：

- (a) 从探索概念着手开发一个移除模块，其功能设计旨在制造和测试一个展示主要功能的地面原型模块；
- (b) 对现有的移除概念进行彻底的定性和定量任务分析；
- (c) 基于被动移除概念开发一个有突破性的新的半受控移除概念，确保大型航天器 (>1 吨) 在没有推进系统的情况下脱离轨道进入太平洋，但精度仅为一个轨道的若干分之一；
- (d) 基于现有技术，推进和制造有关受控、半受控和非受控处置的移除子系统原型，重点是可扩展性和经由公共接口以标准化方式落实移除模块；
- (e) 对模块及其移除子系统多用途概念的可行性和潜在优势（例如，可展开结构的屏蔽）进行分析；
- (f) 进行市场研究，并界定关于 TeSeR 的项目立项依据；
- (g) 利用 TeSeR 作为杠杆，就推进最先进的航天器许可标准包括就改进国际碎片减缓准则和标准所涉法律问题提出修改建议。

EUSTM-101004319：关于二十一世纪空间作业的空间交通管理

在以往几十年里，空间活动显著增加。新的行动体和概念给确保空间活动的安全、安保、可持续性和稳定性提出了新的挑战。国家和国际一级的举措旨在通过促进预防、了解情况、积极避免碰撞行动和积极清除碎片来解决这一问题。

为确保在该领域的自主权和领导权，同时减少对美利坚合众国空间态势感知数据的依赖，欧洲联盟已着手建设独立的空间态势感知/空间监视和跟踪能力。

EUSTM 是一项力求界定未来空间交通管理能力的端到端的活动：

- (a) 依靠团队内在所有适用领域的主要专家；

- (b) 咨询全球各地相关领域的主要利益攸关方；
- (c) 界定在组织和责任、技术、政策、法律、准则、最佳做法和标准等方面的需求；
- (d) 拟定详细规格、初步设计、参考路线图和粗略量级成本分析；
- (e) 开发创新协作平台，以便利团队内部和与外部利益相关方之间的信息交流；
- (f) 创建一个将延续至项目结束后的空间交通管理兴趣社区；
- (g) 组办讲习班和以空间活动为专题的欧洲空间交通管理会议。

EUSTM 由西班牙公司 GMV 负责协调，它是欧洲在空间态势感知/空间监视和跟踪领域的主要行业参与方，并得到以下欧洲利益攸关方的支持：

- (a) 欧洲各地的行业参与方和研究机构；
- (b) 空间态势感知/空间监视和跟踪相关技术方面的专家；
- (c) 当前和未来（新空间）的用户（欧洲通信卫星组织及其他许多组织）；
- (d) 政策问题专家（欧洲空间政策研究所）、治理和安全问题专家（欧洲联盟卫星中心）和法律领域专家（空间和电信法律研究所）、影响评估与成本效益分析专业人员（普华永道）以及空中交通管理领域的主要行为体（西班牙的飞航管制中心）。

EUSTM 得到了另外 20 多个利益攸关方的支持，包括运营商、业界、新兴的新空间参与方和机构以及安全世界基金会。

国际原子能机构

[原件：英文]
[2020 年 12 月 2 日]

国际原子能机构（原子能机构）向科学和技术小组委员会在外层空间使用核动力源问题工作组提供支持以协助执行由原子能机构和该工作组共同制定的《外层空间核动力源应用安全框架》。

如果与携带核动力源的航天器发生碰撞，就可能导致核动力源重返地球大气层，原子能机构在发生核和放射性紧急情况时的准备和应对方面设有积极的方案。

原子能机构设有国际应急准备和反应框架，该框架以国际法律文书为基础，促进开发并维护核和放射性紧急情况时的准备和反应能力及安排。

通过机构间辐射和核应急委员会，原子能机构和外层空间事务厅与其他组织一道，拟订了“国际组织辐射应急管理联合计划”（联合计划），它提供了一个协调机制，并阐明了参与该计划的国际组织的作用和能力。联合计划就各组织在核或辐射应急期间如何行动以及如何做好应急准备的安排所持共识做了介绍。