



大会

Distr.: General
23 October 2017
Chinese
Original: English

和平利用外层空间委员会
科学和技术小组委员会
第五十五届会议
2018 年 1 月 29 日至 2 月 9 日，维也纳
临时议程*项目 8
空间碎片

各国对空间碎片、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科学和技术小组委员会在其第五十四届会议上同意，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，介绍关于空间碎片、携载核动力源空间物体的安全、此类空间物体与空间碎片碰撞问题以及碎片减缓准则执行方式的研究（见 A/AC.105/1138，第 133 段）。为此，小组委员会在 2017 年 7 月 26 日向会员国和拥有常设观察员地位的国际组织发出信件，请其在 2017 年 10 月 16 日之前提交报告，以便向小组委员会第五十五届会议提供资料。

2. 本文件由秘书处根据奥地利、巴西、德国和墨西哥这四个会员国以及欧洲空间局（欧空局）提供的资料编写。奥地利提供的进一步资料包括与空间碎片相关的数字，将作为小组委员会第五十五届会议的会议室文件提供。

* A/AC.105/C.1/L.368。



二. 会员国提交的答复

奥地利

[原件：英文]

[2017 年 10 月 16 日]

根据奥地利《外层空间法》，奥地利交通、创新和技术部授权国家空间活动的条件之一，是按照技术发展水平并适当考虑到国际公认的减缓空间碎片准则，对减缓空间碎片作出规定（《外层空间法》第 4 条第 1(4)款和第 5 条）。正如减缓空间碎片适当规定所表明的，运营商必须提交一份证明，证明采取了哪些措施来避免在正常运行期间释放的空间碎片和飞行任务残留，预防与其他空间物体在轨碰撞，避免空间物体在轨断裂以及在空间活动结束后从地球轨道上清除空间物体，无论是控制下重返大气层还是将空间物体转移到足够高的轨道（“弃星轨道”），对于非机动操作空间物体，所选择的飞行任务轨道必须是在其运行结束后留在地球轨道上的时间不超过 25 年（《外层空间管理条例》第 2 条第 4 款）。

纳米卫星 PEGASUS——奥地利第三颗国家卫星——于 2017 年 6 月成功发射，是第一颗依据奥地利空间立法经历授权过程的卫星。在这方面，欧空局开发的碎片工具，特别是流星体和空间碎片陆地环境风险评估与碎片风险评估和分析这两个工具，经证明非常有助于评价某项飞行任务是否符合国际空间碎片减缓标准，如机构间空间碎片协调委员会（空间碎片协委会）和和平利用外层空间委员会的《空间碎片减缓准则》。这包括评估轨道寿命、计算碰撞概率和分析再入大气层期间的断裂和消亡以及地面相关风险。此外，该卫星已依据《关于登记射入外层空间物体的公约》进行登记并由美国战略指挥部进行跟踪，这使得其他空间行为者能够在其避免碰撞过程中对其进行考虑。

奥地利空间碎片研究

三十多年来，奥地利科学院空间研究所在格拉茨 Lustbühel 天文台运营了一个卫星激光测距台站。除了跟踪 150 多个合作目标（配备激光反射器），空间碎片激光测距正得到越来越多的关注。最近，奥地利在空间碎片研究范围内将重点放在下述三个领域：

单一光子探测、调整和参考工具

在格拉茨开发的单一光子探测、调整和参考工具充当了一个可安装在外部望远镜上的微型移动卫星激光测距台站。它由一个传输模块（15 μ J/1 纳秒/2 千赫激光、光学、安装在望远镜上）和一套探测组件（笔记本电脑、基于现场可编程门阵列的控制装置、里加事件定时器、全球导航卫星系统（导航卫星系统）装置、气象工具）组成。这套装置的主要优点在于，由于避免任何库德光路减少了调整工作。单一光子探测、调整和参考工具系统由奥地利阿斯特罗系统公司所拥有的 70 厘米天文望远镜进行了成功测试。总体而言，在两个观测夜间，以最大回报率跟踪了 17 个目标，范围在低地球轨道卫星 >30% 到 Compass-I5 0.2% 不等。这一创新办法最近应用

于格拉茨卫星激光测距台站，使用直接安装在格拉茨激光望远镜上的紧凑型大功率空间碎片激光，成功地对几个空间碎片目标进行测距。

多静态实验

多静态实验是复杂的空间碎片激光测距测量方法，让至少三个不同台站测量距同一空间碎片目标的距离。格拉茨卫星激光测距台站利用其绿色大功率（20 瓦/100 赫兹）空间碎片激光发送光子，同时由 Wettzell 卫星激光测距台站利用其红外线空间碎片激光向同一空间碎片目标发送光子。在空间碎片目标上漫光反射后，光子散布到整个欧洲。格拉茨的绿色光子现被格拉茨本身和 Wettzell 卫星激光测距台站探测到。与此同时，格拉茨、Wettzell 和斯图加特探测到 Wettzell 的红外线光子。数据分析表明，与以单一静态模式运行的相同数量台站相比，这种同步测量方法大大提高了轨道预报的准确性。

盯准追踪

盯准追踪是一种对事先没有提供轨道资料的空间碎片目标进行跟踪和测距的方法，通过光学方式测定对这类目标的瞄准方向。一个模拟天文照相机安装了现成的 50 毫米物镜，监测一个大约 7 度角天空的视场。照相机系统背负式安装在我们的卫星激光测距望远镜上，与光轴大致一致。该望远镜随后被移到一个任意位置上，“盯”着天空并且显示星星高达 9 星等。在恒星背景下，利用一种板解决算法，测定照相机中心的赤道瞄准方向，精确度为约 15 弧秒。一旦阳光照射下的空间碎片物体穿过视场，其赤道坐标和当前时间便被储存起来。从瞄准信息中产生一个合并预测格式的轨道预测文件，该文件用于即时跟踪同一通道内的卫星。从第一次探测到卫星到成功跟踪整个过程可在不到 2 分钟的时间内完成。一旦确定跟踪，卫星激光测距系统便开始用大功率（20 瓦/100 赫兹）空间碎片激光“追踪”目标。使用此类盯准追踪预报方法，成功地实现了对若干合作和不合作（没有反射器）目标的空间碎片激光测距。

巴西

[原件：英文]

[2017 年 10 月 16 日]

空间碎片研究涉及两个主要领域：(1)再入大气层（产生空间碎片且可能再入大气层的地点和时间），(2)预测在轨碰撞（在轨碰撞概率）和避免产生空间碎片的方法，迫使其在控制下或在自然状态下再入大气层（脱离轨道）。巴西对携带核动力空间物体的安全领域仍没有要求。

关于空间碎片问题，最近，巴西国家空间研究所（巴西空间研究所）卫星跟踪和控制中心根据从西安卫星控制中心收到的碰撞风险警报，对与空间碎片碰撞进行了分析。分析内容包括中国—巴西地球资源四号卫星（CBERS-4）生成未来一周期间的报告。为实现这一目标，使用了卫星工具包软件，因为其近距离接近模块便于生成此类报告。通过北美航空航天防务指挥部台站（www.space-track.org）获得了分析数据所必需的碎片和其他在轨物体的轨道要素。由于有了通过这些分析取得的成

果，正在考虑能否为巴西空间研究所运营的所有卫星定期产生同类报告（数据收集卫星 SCD-1、SCD-2 和 CBERS-4 号）。

此外，一种内部开发的用于预测空间碎片碰撞的软件系统正在巴西空间研究所卫星跟踪和控制中心进入测试阶段。代号为“CHKDEBRISGP8”的该软件提供了通过挪威国际开发署提供的任何物体（有近 17,000 个物体编入目录（截至 2017 年 9 月 29 日有 16,695 个）与巴西负责的卫星（OSCAR-17、SCD-1、SCD-2、CBERS-1、SACI-1、CBERS-2、NANOSAT-C-BR1 和 CBERS-4 号和其他即将释放的卫星：CBERS-4A 和 AMAZONIA/PMM）碰撞的概率。另一个代号为“CHKDEBRISNUM”、有数值模型的软件进行了更准确的预测，CHKDEBRISNUM8 的结果显示碰撞概率大于 1%。这些警报每天评估三次并将结果发送给专家。整个运行过程都实现了自动化。

2016 年，国家空间研究所空间系统工程和管理硕士课程的一篇论文结题，其题目是“氧化铝 α 、zirconia-3YTZP 和合成氧化铝 α +18.5% zirconia-3YTZP 陶瓷用作防空间碎片的卫星防撞护罩获得过程之比较分析”。该论文的目标是，研究并确认在防撞系统中可用作陶瓷片的材料。因此，估计有足够数量的碎片需要加以制止。从胶态粉末悬浮液混合物中获得的陶瓷复合材料显示出更好的机械特性。这些结果将复合材料氧化铝—氧化锆归类为用作卫星护罩的被研究材料最佳候选者。

2017 年，国家空间研究所空间系统工程和管理硕士课程的另一篇与空间碎片有关的研究论文结题。该论文研究的是“从发射到射入轨道，发射器各级和货物再入大气层的撞击（降落）区”。此项工作为研究发射器最后一级被迫再入大气层的其他研究工作提供了支持。已开发的工具在巴西发射器上直接应用。

德国

[原件：英文]

[2017 年 10 月 13 日]

德国在所有相关领域开展了关于空间碎片相关问题的研究活动。这包括空间碎片环境建模、空间碎片观测、观测技术发展、超高速撞击对航天器的影响研究、保护空间系统不受微流星和空间碎片的撞击以及消亡设计技术。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，尤其是机构间空间碎片协调委员会（空间碎片协委会）、国际宇航科学院和空间碎片减缓领域的国际标准化活动。德国工业界和学术界也参与有助于长期可持续利用外层空间和保护地球的技术开发。

对于德国航空航天中心（德国航天中心）空间管理处的空间项目而言，空间碎片减缓要求是德国航天中心空间项目产品保证和安全要求的强制性组成部分。这些要求确保国际公认的减缓措施得到实施，包括空间碎片协委会《空间碎片减缓准则》及和平利用外层空间委员会《空间碎片减缓准则》中确认的措施。总体目标是限制产生新的空间碎片，从而减缓对现有和今后的其他空间飞行任务以及对人类生命造成的风险。为实现这一目标应当采取的措施包括开展正式的空间碎片减缓评估、采取具体的设计措施以防止释放与飞行任务有关的物体、碎片化、故障和在轨碰撞，以及与钝化、寿终处置和再入大气层安全有关的措施。

建模和小型颗粒

布伦瑞克技术大学空间系统研究所正在利用对空间碎片环境的长期预报来分析该环境的长期演变情况。这种分析是用来评估空间碎片减缓措施的有效性的重要工具，并被空间碎片协委会用于各项研究中。此类研究考虑到最近观测到的发射率和飞行任务类型的变化，即低地轨道上有越来越多的小型卫星以及可能有新的庞大星座的假设。

为了改善对空间大量的小型（100 微米<直径<1 厘米）物体的了解，德国航天中心开发了一种新型现场传感器。所谓的基于太阳能电池板的撞击探测器是一种大面积撞击的传感器，可放置在任何轨道的航天器上，并且可实时提供测量数据。基于太阳能电池板的撞击探测器已装入柏林技术大学的 TechnoSat 航天器，并于 2017 年 7 月 14 日在哈萨克斯坦拜科努尔发射场由“联盟”号火箭成功地发射到 600 公里的轨道中。

测量

为建立国家空间监测能力，国家必须有能力和利用传感器数据，目的包括建立空间物体目录或进行轨道测定。这种物体目录是空间态势认知业务的基础。发展这种端对端能力需要协调一致、覆盖多个不同方面的工作方案。德国航天中心空间管理处正在实施这样一个方案，该方案的第一步是 2015 年开始对德国实验性空间监测和跟踪雷达进行开发和调试。这一系统目前正由弗劳恩霍夫高频物理学和雷达技术研究所进行研发。这是一个旨在调查和确定低地轨道的轨道信息的实验性系统。预计该系统将于 2018 年中开始测试。

该研究所也正在研究用雷达监测空间的新概念。提高空间碎片地面监视雷达测量的性能有多种备选办法。弗劳恩霍夫目前正在详细研究的一种备选办法是在隔离发射场所使用多个监视雷达。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。

德国航天中心在德国南部斯图加特附近运营一个空间碎片光学观测站，以便开展研究与开发活动。该观测站拥有工程台站的地位，加入了国际激光测距服务网络。该观测站配备了一个 17 英寸的达尔-奇克汉望远镜和各种高端照相机系统。其飞行时间激光系统已投入运行，并成功地测量了距低地轨道上的物体的距离，其精确度达到 1 米。光学盯准追踪程序得到成功演示，它允许跟踪未编入目录的物体。此外，目前正在实地测试适合对空间碎片进行激光跟踪的移动式集装箱系统，预计很快将可供使用和在全球部署。

名为“小孔径机器人望远镜网络”的光学望远镜网络目前由两个望远镜台站组成。这些台站设在瑞士齐美尔瓦尔和南非德萨瑟兰附近。德国航天中心与瑞士伯尔尼大学天文学研究所密切合作，共同努力从远程运行这些台站。这些望远镜台站由口径从 20 厘米到 50 厘米不等的若干望远镜组成。该网络开始监测对地静止轨道区和相关轨道，以为避免碰撞和其他科学专题研究提供支持。数据将包括地球同步轨道上约 30 厘米以上的物体。已经探测到了 18.5 星等以上的物体，并对其位置进行了测量。簇状卫星也得到清晰的分辨。观测将用于进一步提高避免碰撞服务的质量。

德国航天中心也正在开发空间监测信息系统。该项目的核心是关系型碎片信息基础目录，这是一个关于地球轨道上物体的轨道数据库。关键功能，如物体相关性（利用不同传感器的观测，例如 SMARTnet）提供由该系统处理的第一批观测数据，轨道测定和轨道预报目前正在实施和测试。所有算法都已编程，以便多达 100,000 个物体的观测数据可以实时处理。轨道数据库主要用于预测近距离接近，以避免碰撞，但可扩展至其他应用。研究课题包括比较不同轨道预报模型的准确性，如数值和半数值预报模式，以及从传感器数据库产生最佳规划，将所有物体控制在规定的精确度内。

空间系统研究所目前正在开发一个软件工具，以模拟不同类型传感器，包括雷达和光学传感器对空间碎片的测量。与此同时，正在实施物体相关性、轨道测定和物体数据库等关键功能。一旦开发完毕，该软件工具可用来调查不同的轨道测定和预报方法，以及确保在模拟空间监测系统处理链范围内可以使用快速和准确的方法。此外，该工具将能够分析任意传感器网络的性能。另外，空间系统研究所附近的一个台站正在安装一个光学望远镜，以观测空间碎片并为研究活动提供支持。

在轨和地面风险评估

基于离散要素方法的新的数字算法适用于模拟航天器超高速撞击和随后的材料缺陷和碎裂过程。该软件由弗劳恩霍夫高速动力学研究所开发，已适用于模拟超高速区段的小碎片颗粒撞击事件。模拟撞击产生的碎片云已经与超高速撞击实验进行了比较。研究的最终目标是，采用新方法模拟空间碎片撞击和航天器碰撞造成的复杂的航天器碎裂。

为了减轻失控再入大气层物体构成的地面伤亡风险，德国航天中心开发了一种新方法，以改善再入大气层阶段空气动力造成的断裂行为。模拟结果显示典型末级的总伤亡区可减小五倍以上。

若干德国公司和研究组织目前正在参与欧洲航天局的空间碎片再入大气层专题研究，最近包括关于国际空间站再入大气层的首次研究。“消亡设计”研究的重点是找到关于航天器部件的创新性工程解决方案，以便在再入大气层期间实现尽可能多的消亡，从而减少地面风险。目前，这些消亡设计活动的重点在于预定在再入大气层期间卫星尽早解体和对具体航天器部件消亡性的专项分析。在“航天器消亡的大气影响”研究中，正在对航天器消亡对地球大气和气候的影响进行调查。关于再入大气层模拟软件的演变，欧空局的碎片风险评估和缓减分析成套软件目前正在升级。

斯图加特大学与一家小公司 HTG 合作启动了一个项目，通过实验和在理论上分析航空航天结构再入大气层断裂的缺陷标准。为此，使用了高焓流风洞设施进行专项气动热测试，以确定失控再入大气层期间在热和机械负荷状态下断裂的缺陷标准。测试结果将用于编制再入大气层预报工具的断裂标准。

墨西哥

[原件：西班牙文]

[2017 年 9 月 29 日]

墨西哥在四个专家组内与外层空间活动长期可持续性工作组开展协作：关于支持全球可持续发展的可持续利用空间的 A 专家组；关于空间碎片的 B 专家组；关于空间天气的 C 专家组；关于空间领域行动方规范机制和指导的 D 专家组。

在这方面，针对国家空间碎片研究，根据消除碎片方面的做法，墨西哥国立自治大学通过工程学院和高技术中心一直在开展工作，旨在规划未来的飞行任务，重点是可持续性。

此项工作涵盖探测空间颗粒、开发碎片产生的数学模型、测量碎片以及制定保护计划。此外，墨西哥国立自治大学正在努力安装一个真空室和电磁辐射室，用于测试卫星及其消除这种干扰的能力，以便减少空间操作期间卫星出现故障并成为空间碎片的可能性。该大学还致力于开发电力推进装置，以确保卫星一旦到达使用寿命末期，它们便离开轨道，再入地球大气层并解体，从而避免产生更多的空间碎片。

关于监测空间碎片以确保空间基础设施的安全，锡那罗亚州自治大学通过使用望远镜，参加了由国际科学光学网牵头的各项国际工作。自 2012 年以来一直对空间碎片进行监测，每年发现十几个新物体，包括残片和已离开其地球静止轨道的失踪卫星。新莱昂州自治大学物理和数学研究中心也参加了这些工作，该研究中心是监测空间碎片国际项目的组成部分，该项目包括一个在俄罗斯科学院凯尔迪什研究所协调下 15 个以上国家的 25 个天文台组成的网络。

开展上述所有活动要遵守国际法规，如机构间空间碎片协调委员会《空间碎片减缓准则》、国际电信联盟 ITU-R S 1003 号建议（“对地静止卫星轨道的环保问题”）、《欧洲减缓空间碎片行为守则》各项标准和国际标准化组织（标准化组织）第 24113 条（空间系统：空间碎片减缓要求）。墨西哥还与加拿大、捷克和德国一道参与了编制空间碎片减缓标准汇编的倡议，该汇编将在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上介绍。这是第一份载有包括墨西哥在内的会员国减少和消除空间碎片监管措施的直接信息的文件（见 [A/AC.105/C.2/2014/CRP.15](#)，第 31 页）。

携载核动力源空间物体的安全及其与空间碎片碰撞问题

关于携载核动力源空间物体的安全问题，墨西哥遵守关于在外层空间使用核动力源的相关原则，并维护其外层空间非军事化及和平利用外层空间的立场。这方面由《拉丁美洲和加勒比禁止核武器条约》（《特拉特洛尔科条约》）等国际文书来管制。墨西哥是《核安全公约》缔约国，该公约从预防角度有系统地处理核安全问题，体现了国际社会对于确保核能利用以安全有序并对环境友好型方式进行的重视。

尽管如此，墨西哥还是《关于各国探索和利用外层空间包括月球与其他天体活动所应遵守原则的条约》的缔约国，该条约第四条第一款规定：

“本条约各缔约国承诺不在环绕地球的轨道上放置任何载有核武器或任何其他种类大规模毁灭性武器的物体，不在天体上装置这种武器，也不以任何其他方式在外层空间设置这种武器。”

三. 国际组织提交的答复

欧洲航天局

[原件：英文]

[2017 年 7 月 26 日]

《欧空局空间环境年度报告，GEN-DB-LOG-00208-OPS-GR 号技术说明》，第 2 修订本（2017 年，德国达姆施塔特，欧空局空间碎片办公室），可参阅：https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Environment_Report_I1R2_20170427.pdf。
