



大会

Distr.: General
2 November 2015
Chinese
Original: English

和平利用外层空间委员会
科学和技术小组委员会
第五十三届会议
2016年2月15日至26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、 导言

1. 大会在其第 70/82 号决议中，深为关切空间环境的脆弱性以及外层空间活动长期可持续性面临的挑战，尤其是空间碎片的影响，这个问题关系到所有国家，大会认为，各国必须更加重视空间物体特别是有核动力源的空间物体与空间碎片碰撞的问题，以及空间碎片问题的其他方面。大会呼吁各国继续对这一问题进行研究，以开发更好的空间碎片监测技术，汇编和散发关于空间碎片的数据。大会还认为应当在可能的范围内向和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会提交有关信息，并同意需要开展国际合作，以便扩大适宜和负担得起的战略，最大程度地减少空间碎片对未来空间任务的影响。

2. 小组委员会在其第五十二届会议上，同意应继续邀请各会员国和具有外空委常设观察员地位的国际组织提供报告，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的碰撞问题以及碎片减缓准则执行方式的研究（见 A/AC.105/1088，第 113 段）。在此基础上，小组委员会在 2015 年 7 月 27 日的一份普通照会中发出邀请，要求在 2015 年 10 月 19 日之前提供报告，以便能够向小组委员会第五十三届会议提供资料。

* A/AC.105/C.1/L.336。



3. 本文件由秘书处根据从奥地利、芬兰、德国和日本这四个会员国以及世界气象组织（气象组织）收到的资料编写。日本提供的资料包括与空间碎片相关的图片和数字，将作为小组委员会第五十三届会议的会议室文件提供。

二、从会员国收到的答复

奥地利

[原件：英文]
[2015年10月19日]

国家空间碎片研究

自 1982 年以来，奥地利科学院空间研究所在格拉茨 Lustbühel 天文台设有卫星激光测距台站。该台站每周七天日夜工作，对 60 多个配备后向反光仪的卫星进行测距，这些卫星包括测地卫星、全球导航卫星系统（伽利略系统、全球定位系统、全球轨道导航卫星系统、北斗卫星导航系统等）的卫星、地球观测卫星及各种科学和研究卫星等。格拉茨卫星激光测距台站仍被认为是世界上最精确的台站之一。

2012 年，格拉茨激光台站开始测试空间碎片物体的激光测距。开发了新型专业化的单一光子探测器，并且相应调整了用于空间碎片追踪的激光测距软件。首次对空间碎片物体的散漫反射光子进行了测量，以便确定这些物体的距离。虽然测量准确幅度并非毫米级，但由于一些碎片物体的大小在一至数米之间，这种做法仍然大大改进了轨道的测定。

如果其他卫星激光测距台站能够检测到散漫反射的格拉茨光子，则有可能进一步改进轨道的测定。2012 年，这类实验第一次取得成功：格拉茨发射的光子被卫星的星体散漫反射，瑞士齐美尔瓦尔德卫星激光测距台站检测到这些光子，为此已经与格拉茨台站进行了同步。这一方法能够毫无困难地推广至其他几个单纯接收的台站。

自 2013 年以来，格拉茨激光台站参与了欧洲空间局（欧空局）的空间态势认知方案。今后几年将增加在欧洲和国际层面上的合作。自 2014 年以来，该台站还参与建立了欧洲空间态势认知方案业务网。

空间法

2015 年，联邦交通、创新和技术部长关于执行联邦空间活动授权法和建立国家空间登记处的法规生效。为防止产生空间碎片，依据该法第 5 条，运营商必须满足一定的要求。必须批准一份关于防止在操作期间产生空间碎片并防止在轨空间物体解体的报告，报告中应考虑到国际公认的空间碎片准则（例如在轨最高期限为 25 年）。报告中必须包括陈述在外层空间活动中为避免与其他空

间物体碰撞而采取的措施。此外，需要提供适当的文件以证明空间物体不含有可能导致空间污染或不利环境变化的危险或有害物质。

芬兰

[原件：英文]
[2015年10月27日]

以下机构开展空间碎片研究：

- (a) 芬兰国土勘查局地球空间研究所；
- (b) 奥卢大学，使用欧洲非相干散射科学协会的雷达。

芬兰正准备发射芬兰第一颗卫星 Aalto-1 号，这是一颗重 3 千克的立方体卫星。该卫星配备了基于电动帆概念（见网站 www.electric-sailing.fi）的制动装置，与未安装该装置的情况相比，可以让该卫星下降得更快。

德国

[原件：英文]
[2015年10月19日]

在德国，正在所有相关领域开展关于空间碎片相关问题的研究活动，这些问题包括空间碎片环境建模、空间碎片观测、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等。德国专家积极参与包括机构间空间碎片协调委员会在内的空间碎片研究领域相关国际论坛，并积极参加空间碎片减缓领域的国际标准化活动。

对于德国航空航天中心（德国航天中心）主办的空间项目，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。这些要求确保了国际公认减缓措施的执行，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》中确认的那些措施。总的目标是限制产生新的空间碎片，从而限制对现有和今后的空间飞行任务以及对人类生命造成的风险。为实现这些目标而将要采取的措施包括：开展正式的空间碎片减缓评估；执行具体的规划措施以防止释放与飞行任务有关的物体和破片并防止出现故障和在轨碰撞；采取与钝化、报废处置和再入大气层安全有关的措施。

为建立国家太空监测能力，国家必须有能力和利用传感器数据，例如用来建立空间物体目录或进行轨道测定。这种空间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有协调的工作方案，覆盖多个不同方面。德国航天中心空间管理处已制定了一项此类方案，该方案的第一步就是于 2015 年对德国实验性空间监视和跟踪雷达（GESTRA）进行调试。GESTRA 正由弗

劳恩霍夫高频物理学和雷达技术研究所进行研发，它是一个旨在确定近地轨道上的轨道信息的实验性系统；预计该系统将于 2017 年底开始测试。

布伦瑞克工业大学的空间系统研究所正在研发模拟传感器测量数据的软件。根据这些模拟数据，可以执行物体相关性、轨道测定和物体数据库实施等关键功能。目前正在研究轨道测定和预报的补充方法，以确保在模拟空间监测系统处理链中可以使用快速和准确的方法。

正努力开发由德国航天中心德国空间活动中心与瑞士伯尔尼大学天文研究所密切合作设立的光学台站联络网。该联络网计划连续监测对地静止轨道区和相关轨道，以便为避免碰撞和开展科学研究提供支持。该联络网的望远镜由德国航天中心德国空间活动中心的远程机器人操作。可以基于捕获的数据跟踪和预测约 50 厘米以上的对地静止轨道物体的轨道。已经选定南非萨瑟兰天文台作为拟在 2016 年设立的第一台望远镜的设立地点。成功开展了若干测试，取得的成果是可以检测 18 星等以上的物体的大小。在德国航天中心下属的仿真与软件技术研究所和空间活动与航天员培训部联合开展的一个项目中，正在开发关于地球轨道上物体的轨道数据库。主要研究课题是通过不同的传感器观测来确定物体、轨道测定和轨道预报，包括状态向量和状态不确定性。光学望远镜网络将提供拟通过该数据库进行处理的第一批观测数据。

在布伦瑞克工业大学，正在对空间碎片环境的长期演变开展分析活动。已经完成一个侧重于向图形处理单元移植传输方法从而大幅降低计算时间的项目。此外，还对环境演变进行了更为详细的模拟，以调查减缓措施和主动清除碎片的影响，并特别侧重于相关的费用。另外还研究了中地轨道和对地静止轨道环境场景。根据这些成果开展了一项新的活动，以利用缩短运行时间的长期模拟计算，调查这些模拟计算中的不确定性（有一部分是在机构间空间碎片协调委员会的框架下进行的），分析当前空间飞行趋势（例如立方体卫星增多）的影响以及开展更为详细的成本分析。

航天器外壳上使用的材料暴露于恶劣的空间环境会导致其降解。主要的威胁包括带电粒子辐射、紫外线辐射、近地轨道原子氧、极端温度、热循环以及微流星体和碎片的撞击。各个威胁的相对影响取决于将要开展的飞行任务的类型、飞行任务的持续时间、太阳周期、太阳事件以及航天器将被放置的轨道。末级火箭上的涂料以及为维持运行温度在几乎所有航天器上使用多层绝缘箔都是降解颗粒的来源。在经验模型参数的基础上模拟了降解过程及小于 1 毫米的颗粒物的释放和产生。

主动清除空间碎片是空间系统研究所的另一个研究领域。正在审议运用了各种技术的不同办法，例如机械臂和拖网，并研究了这些办法带来的好处和挑战。在此基础上，空客防务与航天不莱梅有限公司和空间系统研究所联合启动了一个研究拖挂式清除大型碎片物体的联合项目；该项目的目标包括开发控制算法和制定关于空间拖网系统（由追踪器、拖网和不合作目标组成）的稳定性和安全脱轨的法律。空间系统研究所确定了轨道摄动对使用其创建的系留轨道摄动影响测定仪（TOPID）软件工具的系留空间系统的影响。

若干德国公司和研究组织目前参与了欧空局与空间碎片再入大气层有关的专题研究。可消亡材料定性项目的目标是增加关于再入大气层期间的材料行为和消亡过程的知识，以减少目前使用的再入大气层风险评估模拟工具的不确定性。为此目的使用了德国航天中心在科隆的高焓流风洞。“设计对碎片的影响快速评估”活动旨在开发有能力用于并行工程设施并具有自动设计优化功能的新一代再入大气层分析工具。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，从而减少对地面的风险。

新的在轨翻滚分析工具将提供长期的六自由度预测模型，用可靠的目标对象翻滚率预测，为碎片清除任务提供支持。

日本

[原件：英文]
[2015年10月23日]

1. 概览

按照秘书处外层空间事务厅提出的要求，日本提交以下关于其空间碎片相关活动的信息，这些活动是日本宇宙航空研究开发机构（宇宙航空机构）实施的。

宇宙航空机构的空间碎片战略计划概览列于秘书处关于“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”的说明（A/AC.105/C.1/107）。

下节介绍宇宙航空机构 2015 年开展以下空间碎片相关活动取得的主要进展：

- (a) 关于会合评估和空间态势认知核心技术的研究；
- (b) 关于观测近地轨道和地球同步轨道物体及测定此类物体轨道的技术的研究；
- (c) 现场微型碎片测量系统；
- (d) 微型碎片撞击防护；
- (e) 研发易于在再入大气层过程中解体的推进剂贮箱；
- (f) 主动清除碎片。

2. 现状

2.1. 关于会合评估和空间态势认知核心技术的研究

宇宙航空机构定期收到联合空间业务中心的会合通知。例如，2015 年 9 月收到 64 次通知，超过了特定的会合阈值。2009 年至 2015 年（9 月）期间，宇宙航空机构为近地轨道航天器执行了 15 次防撞机动操作。

另外，宇宙航空机构利用日本空间论坛的上斋原和美星太空防卫中心雷达和望远镜观测数据确定空间物体的轨道，利用宇宙航空机构卫星最新轨道星历预测近距离接近，并使用机构内测算法计算碰撞概率。

同样，宇宙航空机构根据自身经验评价会合评估和防撞机动操作的标准。在评价中对会合条件趋势和扰动（例如空气阻力不稳定）造成的预测误差进行分析。

通过简化的碎片生成模型，宇宙航空机构使用美星太空防卫中心与九州大学合作开展研究而获得的光学观测数据，成功识别地球同步轨道上碎裂碎片的来源。

2.2. 关于观测近地轨道和地球同步轨道物体及测定此类物体轨道的技术研究

近地轨道物体一般通过雷达观测，但宇宙航空机构一直尝试代之以光学系统，以减少建造和运营成本。为了覆盖广阔的空域使用了光学传感器阵列。用一架 18 厘米孔径望远镜和一架电荷耦合器件（CCD）摄像机进行观测调查表明，可观测到 1,000 公里高度上直径 30 厘米以上的物体，这些物体中有 15% 未列入目录。至于地球同步轨道观测，一组现场可编程逻辑门阵列可在 40 秒内分析 32 帧分辨率高达 4,096 x 4,096（通常称为 4Kx4K）像素图像，其结果证实，通过分析在美星太空防卫中心用 1 米孔径望远镜摄取的 CCD 图像，可测到直径 14 厘米的物体。观测地球同步轨道物体目前的尺寸极限据报告为 1 米，与之相比，可以说这个结果表明这种技术可有效观测地球同步轨道区域物体解体产生的小块碎片。

2.3. 现场微细碎片测量系统

由于微细碎片（直径小于 1 毫米）无法从地面观测到，宇宙航空机构目前正在研发一种星载探测仪用于现场测量。这种探测仪上的传感器被称为空间碎片监测器，是最先应用以导（阻）线为基础的传感原理的传感器。

如果在大量航天器上安装这种传感器，获取的数据可帮助改进碎片环境预测模型。2015 年 8 月 19 日用 H-II 东方白鹤号转移飞行器-5(HTV-5)发射了第一个此类空间碎片监测器，以便使用探测导（阻）线在国际空间站开展首次微细碎片测量实验。宇宙航空机构目前正在对获取的数据开展分析。

关于外层空间的细小碎片和微流星，目前知之甚少，尽管掌握此类信息对碰撞风险评估、对航天器生存力分析和为航天器设计成本效益高的保护是不可

或缺的。非常欢迎世界各国的空间机构发射装有此类探测器的航天器，并共享收集到的信息，从而为完善现有的碎片和流星模型做出贡献。

2.4. 微细碎片撞击防护

近地轨道上的微细碎片（直径小于 1 毫米）数量增加。微型碎片的撞击速度平均达到 10 公里/秒，其撞击会对卫星造成严重破坏。

宇宙航空机构为了评估碎片撞击对卫星的影响，正在对结构板和防护罩材料进行超高速撞击测试和数码模拟试验。另外还借助数码模拟对结构板受到的内部损伤进行检查。

这项研究的结果体现在《空间碎片防护设计手册》（宇宙航空机构手册 JERG-2-144-HB）中。该手册的第一版于 2009 年出版，并于 2014 年修订。

宇宙航空机构研发了名为“图兰朵”的碎片撞击风险评估工具。“图兰朵”利用航天器的三维模型分析碎片撞击风险。为了应用欧空局最新的碎片环境模型 MASTER-2009，对“图兰朵”进行了更新。

2.5. 研发易于在再入大气层过程中解体的推进剂贮箱

推进剂贮箱通常用钛合金制造。钛合金重量轻，与使用的推进剂有良好的化学兼容性，因此是最适合的材料。但是，由于钛合金的熔点极高，在再入大气层时一般不会解体，所以会对地面造成伤亡风险。

宇宙航空机构开展了研究，以研制一种铝衬贮箱，其外部裹有碳复合材料，这样就能降低贮箱的熔点。作为一项可行性研究，宇宙航空机构进行了基本测试，包括一次确定铝衬材料与肼推进剂之间兼容性的测试和一次电弧加热测试。宇宙航空机构生产了一种称为 Trial 1 的小比例模型原型。对推进剂管理设备进行了振动试验，以确认其对发射环境的耐受性。下一步是试产全比例燃料箱和进行合格测试。一旦通过合格测试，燃料箱的成本将降低，交货所需的制造时间将少于从前的钛合金燃料箱。

2.6. 主动清除碎片

宇宙航空机构正在研究具有成本效益的主动清除碎片系统，该系统可在拥挤的轨道上会合并捕捉不合作的碎片物体以使其脱离轨道。研究了实现主动清除碎片的关键技术，例如使用图像传感器会合不合作的碎片以及使用伸缩吊杆、叉杆和其他方法捕获碎片。电动拖网系统前景光明，因为该系统不仅能使没有任何推进剂的碎片脱轨，还能轻易地缠绕住碎片物体。计划对 H-II 东方白鸛号转移飞行器-5(HTV-6)进行一次电动拖网飞行演示，2015 年正在制造和测试电动拖网组件。

三、从国际组织收到的答复

世界气象组织

[原件：英文]
[2015年8月10日]

世界气象组织的多项关键活动都依靠使用空间资产，主要用于观测大气和其他环境变量，以辅助天气预报、气候监测、减少灾害风险和其他应用，以及用于电信和卫星导航。

因此，空间系统的使用安全和可持续性是一个重要的问题。在这方面，世界气象组织重视外空事务厅为促进减缓空间碎片相关风险方面的协作和进展而付出的努力。世界气象组织将提请基本系统委员会卫星系统专家组注意这个问题。
