



大会

Distr.: General
2 December 2010
Chinese
Original: English/Spanish

和平利用外层空间委员会

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. 大会在第 65/97 号决议中，认为会员国应当更多地注意包括携载核动力源空间物体在内的空间物体与空间碎片碰撞的问题以及空间碎片其他方面的问题；要求各国继续对这个问题进行研究，开发更好的空间碎片监测技术，汇编并传播空间碎片数据；还认为应在可能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供有关资料；并同意需要开展国际合作，以便扩大适宜和量力而行的战略，尽量减少空间碎片对未来空间任务的影响。

2. 科学和技术小组委员会第四十七届会议一致认为，应当继续开展空间碎片研究，各会员国应当向所有利益相关方提供研究结果，包括介绍在尽可能减少空间碎片的产生方面证明行之有效的做法（A/AC.105/958，第 80 段）。在 2010 年 8 月 13 日的一份普通照会中，秘书长请各国政府在 2010 年 10 月 22 日之前提交关于对空间碎片、携载核动力源空间物体的安全以及这类空间物体与空间碎片碰撞问题的研究的报告，以便能够将此类资料提交科学和技术小组委员会第四十八届会议。

3. 本文件由秘书处根据会员国加拿大、德国、日本、斯洛伐克、西班牙和大不列颠及北爱尔兰联合王国以及国际组织行星协会提供的资料编写。芬兰提交的资料的题目是“本国关于空间碎片、近地物体和空间气象举措的研究：可用于欧洲空间状况感知方案的国家资产清单”，其中包括与近地物体有关的国家资产清单，该资料仅以英文刊载于秘书处外层空间事务厅网站（www.unoosa.org），作为科学和技术小组委员会第四十八届会议的会议室文件。



二. 从会员国收到的答复

加拿大

[原件：英文]
[2010 年 11 月 9 日]

加拿大在国家和国际级别积极参与与空间碎片有关的讨论和项目。

加拿大的空间碎片减缓研究活动

加拿大航天局（加空局）与学术界和其他政府部门利益相关者合作，领导与空间碎片有关的空间科学和技术举措。

内爆驱动超高速测试设施的开发使加拿大在这一领域处于领先地位，这种设施具有将物质加速到碎片速度的独特能力，为研究全面的撞击机理创造了条件。

加拿大目前正在开发纤维光学传感器，将把这种传感器嵌入自愈复合材料有限公司，以评估空间碎片的撞击，同时减少二级碎片的产生。

加空局内部设立了轨道碎片工作组，以促进信息交流并提供必要的专门知识，支持今后的空间碎片研究活动。

现行业务做法

整个 2010 年内，加空局发现加拿大空间资产遇到的碰撞威胁日益增多（雷达卫星-1 号、雷达卫星-2 号、科学卫星-1 号和恒星微变与振荡卫星），使得必须进行航天器避免碎片碰撞机动操作。与此同时，最近有证据表明，空间碎片曾撞击移动远程服务器基站系统和空间站远程操纵系统（Canadarm2），这两个系统是移动服务系统三个组成部分中的两个，移动服务系统是加拿大为国际空间站提供的高级机器人系统。

在雷达卫星-1 号运行的头十年内，只发出一次近距离接近警报。现在的情况则大不相同。2010 年 1 月以来已发出 12 次警报，导致进行了四次避免碰撞机动操作，五次地面航迹恢复操作。这些警报包括采取行动回避其他运行中航天器和空间碎片。

由于空间资产有可能遭到撞击，加空局制订了详细程序，以便利对近距离接近警报作出及时和系统的反应。制订了避免碰撞机动操作标准，建立了避免碰撞虚拟框。虽然近距离接近警报每次都不相同，需要给予特别的注意，但该标准还是为决策过程提供了很大便利。

决定是根据可获得的信息作出的。加空局利用美利坚合众国联合空间业务中心提供的信息、德国航天局会合数据分析信息和 SOCRATES-LEO 的数据分析。一天接收两次信息，这些信息提供潜在近距离接近的七天简要预报。加空

局将从这些来源收到的数据加以汇总，改进其预警系统，为航天器运行提供支持。

加拿大感谢联合空间业务中心的支持以及该中心在提供精确、及时信息方面发挥的积极作用。加拿大还感谢德国航天局和 SOCRATES-LEO 的支持，这种支持对于针对近距离接近威胁积极制定计划、管理和减缓这些威胁至关重要。

2011 年，加拿大将发射近地天体监视卫星航天器，该卫星一旦投入使用，将利用其高地球轨道空间监测传感器为联合空间业务中心提供业务数据。

此外，2011 年还将发射国防卫星 Sapphire。Sapphire 是一个基于空间的光学传感器，它将对高地球轨道物体进行观测，并为更广泛地实际认知空域作出贡献。Sapphire 数据将为美国空间监测网作出贡献，以支持增进空间安全的努力。

国际活动

加空局认识到国际社会在协调和管理空间碎片研究活动方面发挥的重要作用，期待着未来能够作为机构间空间碎片协调委员会（空间碎片协委会）的成员与其他空间机构积极合作。

德国

[原件：英文]
[2010 年 11 月 4 日]

以下摘要介绍 2010 年德国开展的由国家资助的研究活动。

德国空间业务中心避免碰撞系统

德国空间业务中心在开发一个避免碰撞系统，以根据美国战略司令部的双线元素目录确定该中心运营的卫星与其他空间物体近距离接近的机会。自 2009 年 11 月，第一个基本监测系统已投入运行。一旦收到警报，将对情况进行更详细分析，以决定是否必须采取措施避免碰撞作出决定。可能需要通过雷达跟踪改进关于其他空间物体的轨道知识。如果碰撞风险过高，将执行避免碰撞机动操作。自该系统投入运行以来，中心已对 10 次临界事件进行分析，并对 TerraSAR-X 和 TanDEM-X 卫星执行过五次避免碰撞机动操作。

目前正使用支持临界会合事件评价和分析的各种工具对该系统进行升级，以帮助广泛地实现系统自动化。联合空间业务中心/美国战略司令部发布的会合事件摘要信息也将纳入该程序。

弗劳恩霍夫恩斯特·马赫研究所：提高超高速撞击试验能力

位于弗赖堡的弗劳恩霍夫瞬时动态研究所即恩斯特·马赫研究所因其在进行航天器相对于空间碎片和微流星体撞击的脆弱性和生存能力分析方面的专长而

闻名于世。为进行这种分析，该研究所利用两级轻气枪对航天器部件进行超高速撞击实验。轻气枪将毫米大小的粒子加速到每秒 8 公里以上，该速度是目前轻气枪在通常操作中的性能极限。为了在实验室环境中真实地模拟碰撞情况，通常可达到的速度应大于每秒 10 公里，最好应接近每秒 15 至 16 公里。

目前，该研究所在开展两个国家项目，目的均是提高轻气枪的测试能力。目标是能够模拟速度约为每秒 10 公里的超高速撞击，同时在加速过程中不改变抛射体的物理特性，并减少轻气枪的载荷，以降低实验费用。为此，正在对现有轻气枪进行升级改造，以便能够以可复制方式将毫米大小粒子的速度加速到每秒 10 公里。开发并制造了一种新式高压枪膛，这种枪膛使用了外包碳纤维的非常坚硬的金属基复合材料。此外，该研究所正在以轻气枪加速技术为基础落实一种新的加速器构想，即所谓的双枪，以便顺利地将粒子加速到超高速水平。本报告期内，这种轻气枪的部件已制作完毕，设施的集成已经开始。

两种新的加速器将帮助增进对超高速高区段撞击物理学的理解，并有助于开发在应对粒子撞击威胁方面更好的航天器部件。

布伦瑞克技术大学：分析太阳同步轨道上空间碎片的积累及清除碎片所涉经济问题

布伦瑞克技术大学最近进行的空间碎片问题分析发现空间物体在积累，尤其是太阳同步轨道上的物体。除其他以外，这些轨道对于地球观测任务非常重要。采取空间碎片减缓措施是创造条件以长期使用太阳同步轨道的一种方式。结果表明距离 900 公里以内的碎片数量将继续增加。一种非常有效的减缓措施可能是将报废的上级和寿命即将终结的卫星立即移离轨道。在模拟过程中，如果快速采取移离轨道措施，将最大限度地节约成本。分析表明立即移离轨道不论从经济学角度还是从未来发生灾难性碰撞的角度来说都有很大好处。

已启动一个后续项目，探讨从太阳同步轨道主动清除大型物体所涉经济问题。重点是查明并研究碰撞风险最高的物体。为控制主动清除的成本，所清除物体的数量应限于碰撞风险较高的物体；应制定一个优先清单，按照哪些物体发生灾难性碰撞的风险最高将目标物体进行分类。将通过比较碎片撞击对卫星造成损害的成本与减缓措施的费用进行比较，作出成本效益分析。

日本

[原件：英文]
[2010 年 10 月 29 日]

概况

日本空间碎片相关研究主要由日本宇宙航空研究开发机构（宇宙航空机构）进行，依照该机构关于空间碎片问题的立场侧重于以下专题：

- 防止与碎片碰撞对航天器造成损害，并确保飞行任务的运行；
- 防止航天器和运载火箭运行过程中产生碎片，包括从有用轨道区清除任务终结的空间系统，并确保地面安全免遭移离轨道、坠落地面的空间系统的危害；
- 促进旨在通过将现有大型碎片移离轨道而改善轨道环境的研究。

飞行任务保证

大型碎片（大于 10 厘米）的轨道特点可从美利坚合众国提供的数据库中获得，为了避免与大型碎片相撞，并为了最大限度地减少与小型碎片（小于 1 毫米）碰撞造成损害，日本在进行一些研究和开发活动，目的是：

- 改进探测较小型物体的能力，尤其是位于日本上空地球静止轨道的物体；
- 加强评估与小型卫星碰撞的风险的技术；
- 开发小型碎片（小于 1 毫米）探测器，促进改进碎片统计模型；
- 确认在轨卫星关键部件的脆弱性，并提供保护措施。

地球静止轨道上空间碎片观测技术研究

宇宙航空机构创新技术研究中心在进行地球静止轨道上空间碎片观测技术研究，开发各种技术，探测地球静止轨道上未编入目录的碎片物体并确定其轨道。2000 年以来开发了迭代法，即使用多个电荷耦合元件图像探测使用单个电荷耦合元件图像探测不到的非常暗淡的物体。迭代法的唯一弱点是分析移动情况不为人知的看不见物体的数据时所需要的时间，因为必须假定并核对各种可能的路径。为减少迭代法分析所需时间，正在开发一个现场可编程门阵列系统。

迭代法最耗费时间的部分是计算分解图像中每个像素的中值。现场可编程门阵列是一种电路，因而在简单计算中展示了强大的力量。现场可编程门阵列需要一种更先进、更简便的算法。发现利用适当的门限对分解图像进行二值化处理，然后计算二值化分解图像的总和，可以得到与迭代法原算法几乎相同的结果。计算总和比计算中值更为简便，并且非常适合于现场可编程门阵列。此外，二值化本身将数据量减少至十六分之一，有助于大大减少分析时间。为执行这种算法，开发了现场可编程门阵列板。

现场可编程门阵列板已证明能够将分析时间减少至大约千分之一。分析结果表明现场可编程门阵列板非常奏效，能够探测单个电荷耦合元件图像上看不见的暗淡物体。

碰撞风险分析工具

对碎片碰撞风险分析工具进行了更新。该工具除了考虑到屏蔽效应评估航天器每个部分的碎片撞击概率之外，现在能够通过建立弹道极限方程分析所界定模式损害的发生概率。

超高速撞击试验和分析

历来要对载人系统进行超高速撞击试验，以测量大小为几毫米的碎片的撞击。然而，由于小于 0.3 毫米的碎片也可能对通常的卫星造成损害，因此需要额外的试验。而且，撞击试验不能涵盖大于每秒 10 公里的速度，因此需要各种分析方法来验证每秒 12 公里或以上的速度所带来的影响。例如，根据分析，已证实直径小到 0.3 毫米的粒子如持续弧可对电源线造成严重损害。

宇宙航空机构 2009 年发布了《空间碎片防护设计手册》。该文件的目的是具体规定空间碎片撞击风险评估程序。手册载有对卫星常用的一些部件的超高速撞击和数字模拟的结果。为支持航天器设计，2011 年将发布更严格的文件，即“微型碎片撞击风险评估标准程序”。

避免碰撞风险

宇宙航空机构对其大型卫星与其他空间物体的近距离接近进行监测。从美国空间监测网接收以双线元素格式提供的空间物体轨道信息。每天进行自动化碰撞风险评估，作出为期七天的预测，并通过电子邮件发送结果。探测到符合既定标准的会合时，宇宙航空机构就会考虑尽可能进行雷达观测，以便接收更为准确的风险物体轨道信息。如果精确会合评估之后碰撞风险依然很高，在卫星有机动操作功能的情况下，将进行避免碰撞机动操作。

宇宙航空机构在 2007 年开发了会合评估工具。为了有效地进行评估，将利用该工具实施上文所述的一连串程序。该工具有三维可视化功能，有助于了解情况。

保护环境和地面安全保证

日本的《空间政策基本计划》已明确指出碎片问题的重要性。宇宙航空机构实行一种空间碎片减缓标准，该标准与和平利用外层空间委员会的准则是一致的。

要求每个项目都要有碎片减缓计划，在开发周期每个关键阶段都要对遵守标准情况进行审查。要求作出下述减缓努力：

- 避免释放与飞行任务有关的物体；
- 防止在轨分离；
- 调整任务终止的地球同步卫星的轨道，使其离开地球静止轨道保护区；

- 移离穿越低地球轨道保护区的任务终止的航天器；
- 防止与大型碎片碰撞；
- 防止因与小型碎片碰撞而受损。

任务终止的航天系统重返地球时，应评估并确保地面安全。如存在造成伤亡的风险，应选择控制下重返。

宇宙航空机构制订了新的控制下重返安全准则。“H-II 号运载飞船（HTV-1）”是基于该准则实施控制下重返的第一个航天器。

HTV-1 重返过程包括几次机动操作，所有机动操作在航天器离开国际空间站之前即已制订计划并作好准备。在离开空间站之后，HTV-1 进行了几次下降机动操作，进入备用轨道。结果是，HTV-1 在离开空间站之后在初级和二级连串机动操作中均保持完好状态。HTV-1 于 2009 年 11 月 1 日（格林尼治平均时）成功地进行了最后一次离轨机动操作，根据实时监测，预计所有碎片将落入计划的着陆地带。

改善轨道环境

根据和平利用外层空间委员会《空间碎片减缓准则》所载的背景分析以及一些空间机构的报告，预计现有在轨物体间的碰撞将是今后产生碎片的主要原因。

各空间机构最近的研究表明，一种保持环境稳定的有效和适当的手段是仅将 100 个大型物体移离最有用和最拥挤的轨道区。

宇宙航空机构在研究一种主动清除空间碎片系统，该系统包括一个小型航天器（能够由其他有效载荷搭载发射的微型卫星），该小型航天器将占据有用轨道的大型碎片物体转移至弃星轨道。

正在研究能否将电动绳系技术用于低地球轨道主动清除碎片的高效推进系统。对使用小型卫星的电动绳系的演示飞行进行了研究，并开发了几种关键部件。日本已进行一些地面测试，如导电系绳的超高速撞击测试、系绳部署试验和电子源场发射阴极长期测试。

斯洛伐克

[原件：英文]
[2010 年 11 月 4 日]

布拉迪斯拉发的康明尼斯大学数学、物理和信息学系在实施一个任意形状彗星和小行星尘粒轨道演变项目。

红外天文学卫星观测发现，观测到的黄道尘云形状可能是由小行星和彗星尘粒造成的，在此基础上，注意到实际形成和构成的尘粒的轨道演变可能根据

粒子的来源而大不相同。这就提出一个问题，即太阳系内这类粒子的动态演变情况及其在与行星的轨道共振中可能被俘获的情况。

该项目旨在研究彗星和小行星尘粒的动态表现和寿命，并模拟其与地球的相互作用，以验证目前基于行星间尘粒完全呈球形并且均质这一假设的模型是多么不准确。

一些结果表明，粒子的寿命和轨道要素将取决于粒子的构造和形态。与影响轨道演变的其他非重力效应的作用相比较也很重要。

西班牙

[原件：西班牙文]

[2010年11月8日]

西班牙目前在参与欧洲空间局（欧空局）空间状况感知方案，该方案旨在确保欧洲空间资产的安全运行。该举措包括探测和监测空间碎片并就与空间碎片发生碰撞的可能性发出预警等活动。

在该方案下，西班牙牵头开发一种单基地雷达原型，这是探测将列入未来空间物体目录的物体所需要的。空间物体目录将构成碰撞警报系统的基础。

该方案旨在改进空间环境的安全，但并不包括与研究空间核动力源问题有关的具体活动。

马略尔卡天文观测台与 Deimos 等西班牙公司一道，参加了几个研究和开发项目，目的是对近地物体观测系统进行再利用，同时使用自动探测和观测资料处理工具，以发现地球静止轨道的物体。

大不列颠及北爱尔兰联合王国

[原件：英文]

[2010年12月1日]

大不列颠及北爱尔兰联合王国继续通过参加重要的国际论坛在处理空间碎片问题方面发挥积极作用，如空间碎片协委会和国际标准化组织（标准化组织）轨道碎片协调工作组。联合王国继续为空间碎片协委会的技术研究和讨论作出贡献，这些研究和讨论旨在更深刻地理解不断变化的空间碎片群体及其防护方法。这项工作对于就未来的空间碎片减缓准则达成国际共识至关重要。2010年3月9日至12日，联合王国通过英国国家航天中心参加了由印度航天研究组织在印度特里凡得琅主办的第二十八次空间碎片协委会会议。自标准化组织工作组成立以来，英国国家航天中心的代表一直担任该工作组的主席，该工作组任务是监督制定一套与空间碎片协委会准则相一致的标准化组织空间碎

片减缓标准。去年公布了国际碎片减缓标准第一部分，预计该标准将很快在全世界空间项目中得到落实。

为履行各项联合国外层空间条约所规定的义务，联合王国对于联合王国卫星的发射和在外层空间运行实行许可证制度。2010 年 4 月，随着联合王国航天局取代英国国家航天中心，发放许可机构的任务已移交该新的机构。现在，如同英国国家航天中心负责时那样，仅在对应用进行技术评价之后才发给许可证。航天器和运载工具是否符合上述国际碎片减缓准则和标准，是决定发放许可证的重要考虑因素。

在 2009 年 2 月铱-33 号卫星与宇宙-2251 号卫星发生碰撞之后，现在已广泛认识到需要改进对环地球轨道上物体的监测。在这方面，联合王国确认打算参加欧空局空间状况感知系统。空间环境监测、建模和分析是所规划系统的核心任务。

下文更详细介绍联合王国的一些空间碎片减缓活动。

空间碎片观测

联合王国航天局如同英国国家航天中心在前几年一样，继续参加空间碎片协委会为预测空间物体重返地球大气层而开展的各项活动。联合王国在这项活动中处于技术领先地位的是 Space Insight 有限公司，该公司就一系列与空间状况感知有关的活动向联合王国航天局提供支持。这种业务支持除其他以外，提供关于危险物体预期重返的信息，并（利用 Starbrook 传感器）监测根据《联合王国外层空间法》得到许可的平台，以确保被许可人的活动遵守联合王国在各项联合国外层空间条约下承担的义务。除了在国内发挥监管作用，Starbrook 观测也增强了联合王国为空间碎片协委会碎片数量测量活动所做的贡献。

碎片环境建模

联合王国航天局派南安普顿大学参加空间碎片协委会环境与数据库工作组，该大学目前正参加一项利用 DAMAGE 演变模型评估目前碎片数量稳定性的研究。这项活动将为今后任何碎片主动清除调查工作确立基准。此外，还调查了特别是最近的太阳安静期内热大气层变化对碎片主动清除有效性的影响。

航天器碎片防护和风险评估

为支持空间碎片协委会防护工作组的活动，联合王国航天局的代表 PHS Space 有限公司参加了两项工作，一项是收集关于当前机构/工业界采取的碎片撞击风险评估办法和非载人航天器防护办法的信息，另一项是收集过去可能归因于碎片或流星体撞击的航天器故障的信息。这些工作的目的是了解当前的航天器撞击防护设计程序是否适当，或者这些程序能否受益于空间碎片协委会的进一步指导。联合王国参加的工作组其他任务包括为下一版空间碎片协委会防护手册提供信息。

碎片减缓

2010 年 3 月，联合王国航天局参加空间碎片协委会碎片减缓工作组的代表完成了工作组主席一职依惯例的两年任职期。在该工作组开展的活动中，联合王国参加了关于物体在地球静止区长期存在的报告的编写工作，并协助起草了最新版空间碎片协委会碎片减缓准则和辅助文件。

最后，在标准化组织轨道碎片协调工作组内，去年出版了最高级别空间碎片减缓标准，即 ISO 24113，这是一个重大的里程碑事件。联合王国参加该工作组的代表在该国际标准的拟订方面发挥了领导作用。该标准界定了适用于射入或穿越近地空间的非载人系统所有构件的高级别数量要求，这些构件包括运载火箭轨道级、运行中航天器以及正常运行或弃置行动过程中释放的任何物体。标准所载要求意在减少空间碎片的增加，确保航天器和运载火箭轨道级的设计、运行和弃置均能防止其在整个轨道寿命内生成碎片。一套较低级别的实施标准将提供遵守这些要求的方法和程序。在这方面，特别重要的是与在低地球轨道弃置卫星和卫星寿命终结时的钝化有关的标准。萨里卫星技术有限公司的代表目前正牵头制订该实施标准。

三. 从国际组织收到的答复

行星协会

[原件：英文]
[2010 年 9 月 15 日]

行星协会支持对空间碎片议题给予关注和对这个问题的关切。空间碎片可能妨碍正常的空间活动，并对正常的空间业务造成危害。然而，行星协会认为应当更多地关注空间碎片的来源，在对民用卫星实施任何限制之前需要对不同类型的碎片作出更精确的区分。如欧空局报告（可从 www.esa.int/esaMI/Space_Debris/SEMQQ8VPXPF_0.html 查阅）所指出，多数空间碎片产生于与航天器燃料箱和火箭燃料管内的残留燃料有关的在轨爆炸，加上反卫星测试单一事件。因此，如对无残留燃料或进行反卫星测试的小型卫星实施“交通规则”，可能毫无理由地给空间业务造成障碍，实际上对清除或限制空间碎片产生反作用。
