



和平利用外层空间委员会
科学和技术小组委员会
第五十届会议
2013年2月11日至22日，维也纳
临时议程*项目7
空间碎片

各国关于空间碎片、携载核动力源的空间物体安全以及 关于其与空间碎片碰撞问题的研究

秘书处的说明

一. 引言

1. 联合国大会第 67/113 号决议确认，空间碎片是关系到所有国家的一个问题；认为各会员国应当更加重视空间物体包括携载核动力源的空间物体与空间碎片相碰撞的问题，以及空间碎片的其他方面；呼吁各国继续对这一问题进行研究，以便研发改进空间碎片的监测技术和汇编及传播空间碎片数据；认为应当尽可能向和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会提供这方面的资料；以及赞同需要开展国际合作，扩大适当的和能够承受得起的战略，以尽量减少空间碎片对未来空间飞行任务的影响。

2. 科学和技术小组委员会在其第四十九届会议上商定，应当继续对空间碎片的研究，各会员国应当向感兴趣的所有各方提供这种研究的成果，包括介绍已被证明可有效尽量减少产生空间碎片的各种做法（A/AC.105/1001，第 91 段）。在 2012 年 7 月 31 日的一份普通照会中，秘书长请各国政府于 2012 年 10 月 19 日之前提供关于空间碎片、携载核动力源的空间物体安全和关于这些空间物体与空间碎片相碰撞问题的研究报告，以便可向小组委员会第五十届会议提交相关的资料。

* A/AC.105/C.1/L.328。



3. 本文件是秘书处在收到三个会员国——德国、日本和秘鲁——和两个非政府组织——空间研究委员会（空间研委会）和世界安全基金会——的资料基础上编写的。日本提供的资料标题是“关于日本在空间碎片方面活动的报告”，其中包括与空间碎片相关的图片、表格和数字，仅有英文本，将放在秘书处外空间事务厅的网站（www.unoosa.org）上，并作为一份会议室文件提供给科学和技术小组第五十届会议。世界安全基金会提供的资料载于秘书处的说明：关于外层空间活动长期可持续性相关经验和做法的信息（A/AC.105/C.1/103）。

二. 从会员国收到的答复

德国

[原文：英文]
[2012年10月29日]

2012年德国关于空间碎片问题开展的研究活动涵盖各个方面。

研究活动继续在弗劳恩霍夫应用研究促进协会恩斯特·马赫研究所进行，以改进被称作“双联炮”的新加速器设施。这一实施用于在遭受空间碎片和微流星体撞击时航天器受损特征和存活能力的分析。目的是能够在实验中模拟速度高达每秒 10 公里的超高速撞击，而在加速期间又不改变抛射弹丸的物理特性。

正在不伦瑞克大学开展一项研究，以便探讨从太阳同步轨道主动清除大型物体的经济成本问题。正在查明碰撞风险高的伴行物体，作为可能清除的候选物。进行了相关模拟，以显示清除这些物体对空间碎片环境今后演变的影响。

德国航空航天中心（德国航天中心）技术物理学研究所的科学人员目前正在开发利用激光跟踪空间碎片的技术。2012年，与格拉茨卫星激光测距站（奥地利）合作对低地球轨道碎片实际物体进行了成功演示。该技术旨在同时监测非常精确的轨道物体角度数据和距离数据，这些数据可用于轨道的确定。

通过各种用以支持评价和分析临界会合的工具，德国空间活动中心的避免碰撞系统得到了加强。另一项系统扩展是作为对评估过程的一项重要投入，接收联合空间业务中心发布的会合事件摘要信息。经修订的会合评估程序使得可以交流运行轨道数据，包括机动操作规划和执行。从 2011 年初起（到 2012 年 9 月），德国空间活动中心已对 27 次临界事件开展分析（2011 年 17 次，2012 年 10 次），其中在 24 次事件中接收了会合事件摘要信息，并利用德国空间活动中心控制的卫星执行了 6 次避免碰撞的机动操作（2011 年 3 次，2012 年 3 次）。

德国正利用现有资源，发展国家在空间态势感知和评估方面的能力。德国空间态势感知中心的任务是，生成经确认的空间图像，以促进对空间基础设施的保护及地面安全。为履行这一任务，德国空间态势感知中心将与国家和国际合作伙伴紧密合作，从不同来源获取和收集数据，对其进行处理、分析和储存，并制作各种产品和服务，以期提供经确认的空间图像。

德国空间态势感知中心于 2009 年在乌埃德姆卡尔卡尔成立，其设施全面，由德国空军进行管理，德国航天中心的航天局是该中心的一个主要参与方。

除其技术方面的重要意义外，空间态势感知在政治层面也具有十分重要的意义。在德国，国防部正与经济技术部密切合作，评估国家的能力。此外，还有确定的计划，准备增加与法德合作举措相关的活动。两国均拥有必要的技术设备，并可进行很好的互补。

日本

[原文：英文]
[2012 年 10 月 18 日]

导言

日本的空间碎片相关研究主要由日本宇宙航空研究开发机构进行，该研究侧重于以下方面：

- (a) 防止与碎片碰撞造成对航天器损害，并确保飞行任务的运行；
- (b) 防止航天器和运载火箭运行过程中产生碎片，办法包括从可用轨道区清除那些任务终结的空间系统，同时在从轨道中清除空间系统并允许其坠落地球时确保地面安全；
- (c) 促进旨在从轨道中清除现有大块碎片而改善轨道环境的研究。

因此，日本宇宙航空研究开发机构在以下《空间碎片战略计划》中界定了其碎片相关战略的基本细节：

战略 1：飞行任务保证。适用碎片减缓措施，并以合理的费用确保飞行任务的可靠性。还确保碎片减缓活动顺利开展；

战略 2：保护轨道环境。确保空间活动的可持续性，并减少碎片的产生，以期保护环境，同时在费用与可靠性之间做出权衡；

战略 3：安全重返大气层。如果重返大气层的物体造成伤亡，不仅对受害者是一场悲剧，对于空间用户也是一场不幸，因为它会推迟空间活动，或迫使从根本上改变相关程序；

战略 4：补救轨道环境。为防止轨道物体间出现连锁碰撞反应，今后清除遗留在轨道的一部分此类大型物体至关重要。这一活动将需要多个国家做出集体努力，因此，应鼓励开展国际合作。

战略 1: 飞行任务保证

(a) 战略的目标

战略 1 的目标是通过合理和理性的措施, 确保飞行任务的可靠性。战略计划将规定相关措施, 防止发生任何功能丧失及飞行任务的执行出现任何失败。此外, 根据国际责任, 它将防止碰撞造成碎裂, 并防止用于开展处置行动的重要功能发生任何丧失。

(b) 工作细目分类结构

由应急规划做法产生的总体飞行任务保证措施包括: 预防措施、探测将出现的威胁以及相应对策。可通过机动操作避免同可探测到的大型物体 (>10 厘米或低地球轨道上几厘米的物体) 发生碰撞, 同时应通过设计提供免于同 (<1 毫米或几毫米的) 微小碎片发生碰撞的防护。但是, 不可能探测到大小在几毫米至 10 厘米间的物体以避免碰撞和防止受损。为减少相关风险, 观测技术旨在探测较小的物体, 而防护技术则尽可能针对较大的物体。

(c) 研究和开发活动

为支持上述飞行任务保证措施, 在战略计划中将以下方面确定为研究和开发工作:

- (一) 碎片环境模型, 包括预测未来环境的功能;
- (二) 会合分析工具及避免碰撞的机动操作程序;
- (三) 观测地球同步轨道上的较小物体, 以及确定轨道特征;
- (四) 利用光学望远镜观测低地轨道上的较小物体;
- (五) 对撞击损害的特征进行建模, 并制定预防措施;
- (六) 测量粒子数量, 并进行建模。

下几个小节将介绍上述的项目(三)至(六):

(三) 探测地球同步轨道上较小物体的观测技术

此项研究的目的是开发相关技术, 确定轨道特征, 不论美国的编目数据为何, 以及探测直径小于当前世界标定值的物体。(美国监测网地球同步轨道上物体的官方限值是 1 米。)在日本宇宙航空研究开发机构, 2000 年以来开发了叠加法, 使用多个电荷耦合元件的成像探测单独一个电荷耦合元件成像所探测不到的非常暗淡的物体。叠加法的唯一弱点是, 探测移动情况不明的隐形物体时需要较长的时间分析数据, 因为必须假定和验明各种可能的路径。为减少叠加分析所需的时间, 正在开发一个适用现场可编程门阵列的分析系统。2011 年, 在

日本宇宙航空研究开发机构的入笠山光学设施站安装了现场可编程门阵列系统以观测地球同步轨道碎片，并成功确定了美国编目中未收录的物体的轨道特征。该系统还利用 35 厘米孔径光学望远镜，成功探测到地球同步轨道附近的小块碎裂物（约 20 厘米级）。如果将该技术适用于日本现有的较大望远镜，则能够探测到 10 厘米级的物体，并确定其轨道。（见日本空间碎片相关活动的报告的附录 A，可查阅www.unoosa.org。）

(四) 通过光学望远镜探测低地轨道上较小物体的观测技术

通常通过雷达系统观测低地轨道上的物体。但是，利用这一系统探测 10 厘米级的物体会使得预算远远超出允许的水平。因此，由于光学观测的成本较低，正在研究一项光学观测系统，以此作为辅助措施代替雷达。但是，在太阳的光照条件、时间（与太阳光相关）和气候条件方面具有严格的限制。如果能够通过设立多个地点弥补因太阳光照造成的这一问题来解决这种系统的问题，这种系统将是一套具有成本效益的系统。利用广角光学和大型高速电耦合相机，将可能探测到低地轨道小块碎片，并对其进行轨道确定。迄今，已对其可行性开展积极评估，此项技术还有望应用于轨道观测系统。

(五) 建立撞击损害模型，并制定保护措施

从历史上看，已对载人系统的防护技术开展研究，以防范小于 1 厘米左右的碎片造成的撞击。但是，在轨卫星仍很脆弱，甚至是相对于那些小于 1 毫米的粒子而言。在此项研究下，正在利用超高速撞击测试和数值模拟分析来研究航天器脆弱部件（如电路控制和蜂窝夹芯板以及一些保护罩材料）撞击受损的特征。此项研究的结果载于《日本宇宙航空研究开发机构设计手册》，以向航天器项目小组提供具有成本效益的预防措施。在最近的轨道环境中，对重要航天器适用防护设计已变得至关重要，目的是确保处置操作时最低限度的基本功能。（见日本空间碎片相关活动的报告的附录 B，可查阅www.unoosa.org。）

(六) 测量和模拟粒子总量的技术

在应用免遭粒子撞击的防护设计时，保护罩或缓冲器的体积增加可能会对体积管理努力产生影响，因而必须加以解决。反过来，在使用当前碎片环境模型的风险评估中，工程师警告，对撞击概率往往过高估计，超出了其工程意义的范畴，因此需要一个更为准确的碎片总量模型。此研究旨在利用现场微型碎片测量传感器确定碎片的实际总量，并完善碎片总量模型。这一传感器有望测量到大小约 100 微米至 1 毫米的粒子，并具有实时探测的优势，而对发生撞击几年后才收回的航天器则进行传统测量。已利用模拟板模型校验了这一传感器探测 100 微米至几毫米物体时的性能。今后，有望在全球航天器上安装这种传感器，共享数据，以完善全球碎片总量模型及促进开展更具成本效益的防护设计。日本希望与机构间空间碎片协调委员会（空间碎片协委会）中的其他空间

机构协调上述工作。（见日本空间碎片相关活动报告附录 C，可查阅：www.unoosa.org。）

战略 2：保护轨道环境

(a) 战略的目标

战略 2 的目标是减缓空间碎片，从而确保空间活动的可持续性。

《战略计划》将开发相关技术、技术设施和管理系统，至少根据和平利用外层空间委员会《空间碎片减缓准则》的要求控制碎片的形成。

(b) 活动

(一) 总论

一般性碎片减缓活动所涉及的技术——诸如限制飞行任务相关物体的释放或防止分裂解体——已接近成熟，这些技术不是促进作为研究和开发活动内容的主要项目。碎片减缓活动是在系统工程、设计管理或运行控制方面调控的，仍有待研究的技术问题寥寥无几。一项例外是固体火箭发动机一种新推进剂的研究，这种推进剂将不会排放熔渣。

因此，相关工作主要包括管理工作，以鼓励碎片减缓活动，控制项目，避免开展可能危及其他空间活动的活动，以及开发一个向工程师提供促进可持续空间活动之最佳做法的支助系统。在国际上，讨论似乎侧重于如何加强自愿活动向世界其他国家和国际组织推广，以及如何制定透明度和建立信任措施，以期通过相互理解避免冲突。作为实例，在以下几节介绍和平利用外层空间委员会和国际标准化组织（标准化组织）框架内的各项活动。

(二) 和平利用外层空间委员会框架内的工作

在和平利用外层空间委员会框架内，在科学和技术小组委员会设立了一个负责外层空间活动长期可持续性议程项目的工作组。2011 年和 2012 年，日本政府提议开展全面工作，包括风险评估，查明采用应急规划方法的主题内容，以及制定确保有效产出的最佳做法。这一提议查明了当前的脆弱点，并确定了所提议的合作寻求解决办法。其中一个独特之处是，作为风险之一，重点关注“缺少质量和可靠性保证”问题。目前，由于意外或故意摧毁，一些空间系统往往在刚发射不久后就发生分裂解体。此外，据指出，一些航天器在刚刚送入轨道之后便丧失功能，最终成为毫无正常功能的碎片。全球碎片减缓准则提到有必要制止故意摧毁行为，但没有涉及确保质量，以期防止分裂解体或发射有缺陷的系统。原因可能包括使用失效的部件，缺少验证其机械或耐热强度的测试等等。此情况有望通过制定 ISO 标准等适当标准得到改善。

(三) ISO/TC20/SC14 的相关工作

由于标准化组织正在制定多项碎片相关标准，因此工程师还必须参照其中的诸多标准，并在其所负责的子系统或组件中采用规定的所有要求。日本已提议编制题为“碎片环境中的航天器设计和运作手册”的技术报告，这将为负责概念设计、系统设计、子系统设计、组件设计或运作的工程师提供支助，并系统地帮助他们了解和遵守技术要求和建议。目前正由日本宇宙航空研究开发机构和标准化组织同时编制该手册，并得到了日本航天业的支助。手册具有以下目标：

- (a) 鼓励从产品寿命周期的早期阶段开始碎片减缓设计；
- (b) 鼓励确定一项有关系统设计的原理（处置、地面安全、避免碰撞、撞击防护等）；
- (c) 提供一份影响系统设计的所有要求和建议清单；以及
- (d) 提供一份相关子系统及组件的设计运作规划核对单。

战略 3：安全重返大气层

(a) 战略的目标

战略 3 的目标涉及限制重返大气层的危害，以便不仅是防止发生个人悲剧，而且是防止产生社会和外交影响，这种影响有可能会引起反应，呼吁停止空间活动。

《战略计划》将使得能够适当确定重返大气层的风险，并提供设计措施，以利用在控制下重返大气层的具体硬件或技术，尽量减少相关风险。

(b) 工作细目分类结构

重返大气层的地面安全措施载于日本空间碎片相关活动报告表 3。

(c) 研究和开发活动

为支持上述地面安全措施，日本宇宙航空研究开发机构《战略计划》将以下方面确定为主要研究和开发项目：

- (一) 提高重返大气层存活能力分析的精确度（重返大气层存活能力分析工具，以及提高分析精确度的其他措施）；
- (二) 开发一个早期处置的复合材料推进剂燃料箱；
- (三) 掌握在控制下重返大气层的技术；
- (四) 掌握估算衰变轨道的技术。

以下几个小节介绍前两项研究和开发项目。

(一) 提高重返大气层存活能力分析的精确度

多数全球空间机构努力将重返大气层的航天器和运载火箭轨道级预期伤亡人数限制在不超过 0.0001。由于这一标准难以满足，特别是对于运载火箭轨道级而言，所以其中包含设计坚固的许多机械组件和热组件，因此对预期伤亡人数的计算需要认真考虑。2001 年，日本宇宙航空研究开发机构与美国航天局协调，进口了一项重返大气层存活能力分析工具，并在之后通过增加各种功能和支助方案对其做了改进。目前已有一些计划，准备使用搭载的传感器所获的实际数据验证分析结果，从而获得材料的热特性作精确分析。

(二) 复合推进剂燃料箱

增加重返大气层风险的因素之一是使用钛合金制作的压力瓶和推进剂燃料箱。日本宇宙航空研究开发机构正研究复合材料燃料箱的变化，其金属外壳的外包装是碳纤维强化塑料，预计会在重返大气层过程中分裂解体。

战略 4：补救轨道环境

(a) 战略的目标

战略 4 的目标是开发具有成本效益的技术，以从可用轨道区清除现有的大块碎片，并从而防止出现在轨碰撞的连锁反应。

《战略计划》将协助促进国际合作，清除一定数量的碎片。

(b) 工作细目分类

已提出若干项技术措施，从可用轨道区清除现有的大型（系统类）物体。这些技术措施可能包括传统的推进装置、气动阻力加强装置，以及来自地面的激光辐射等。为利用轻质装置在约 800-1,000 千米的高度，从低地轨道清除丧失正常功能的大型物体，日本宇宙航空研究开发机构正在努力开发一种电力绳缆系统。该项研究和开发包括与缺乏协同性的物体对接、移动姿态评价，以及安装绳索装置等技术。但是，仅凭一国之力无法完成补救轨道环境的任务。日本宇宙航空研究开发机构正提议，在科学和技术小组委员会外层空间活动长期可持续性工作组的报告中提及此事项。除技术创新之外，在着手补救工作之前仍有待确定一些主题。首先，如何与所有权人就目标物体的选择达成共识。第二，存在发生重返大气层伤亡的风险。涉及此行业领域的委员会内也正在讨论这些事项及其他非技术性事项。日本宇宙航空研究开发机构还正在提议空间碎片协委会讨论上述事项，以促进今后的合作。（见日本空间碎片相关活动的报告的附录 D，可查阅 www.unoosa.org。）

日本宇宙航空研究开发机构还正在研究利用离子束辐照从地球同步轨道将大型物体转轨的可行性。该系统能够在没有捕获到目标物体的情况下运作，因此可应用于各种碎片物体，不论其形状或旋转情况为何（见日本空间碎片相关活动的报告的附录 E，可查阅www.unoosa.org。）

结论

碎片减缓努力对确保空间活动的长期可持续性至关重要。如果这种认识趋向全球化，工业社会将欢迎这些趋势，以保障有一个公平和具有竞争力的商业环境。其中还必须包括大学，因为它们有责任训练学生掌握参与人类社会的方法。

但是，目前的轨道环境已恶化至强烈建议采取预防措施的程度，这样做不仅是为了确保飞行任务的可靠性，而且还为了根据相关责任继续开展空间活动。根据上文介绍的《战略计划》，日本宇宙航空研究开发机构将继续加快碎片减缓和预防措施工作，并帮助制定一项促进空间可持续性的全球框架，同时考虑到技术和经济可持续性。

秘鲁

[原文：西班牙文]

[2012 年 11 月 9 日]

由亚洲太平洋空间合作组织（亚太空间合作组织）运作的项目即亚洲太平洋地基光学卫星观测系统正在秘鲁实施其系统节点。

三. 从国际组织收到的答复

空间研究委员会

[原文：英文]

[2012 年 10 月 23 日]

在超过四分之一世纪的时间里，空间研究委员会一直在探讨空间碎片问题。多年以来，在每次空间研究委员会半年期科学大会上，空间研究委员会关于可能有害环境的空间活动问题小组都举行多次空间碎片问题会议。这些会议涉及：(a)通过测量和建模确定空间碎片环境的特征，(b)与空间碎片碰撞给航天器带来的风险，(c)保护航天器的各种途径，以及(d)减少新空间碎片形成的战略和政策。

今天，地球轨道上逐个监测的人造物体数量超过了 22,000 个，其质量在 6,000 公吨以上。对运作中卫星具有潜在危险性的小碎片数量达数百万之多。迄今，两起经查明的运行中航天器与空间碎片发生碰撞的事件，已导致一个航天器受损，另一个彻底被毁。包括通过国际空间站，现在每年执行数十次避免碰撞的机动操作。

2007 年之前，95%以上的危险空间碎片均为航天器和运载火箭轨道级的意外或故意爆炸所致。主要航天国家和组织认识到空间碎片数量继续增加给满足地球上重要需求的多个空间系统构成了威胁，并通过了最初的国家及之后的国际空间碎片减缓政策。2002 年，机构间空间碎片协调委员会（空间碎片协委会）以协商一致方式为世界主要国家空间机构制定了首套空间碎片减缓准则。这些准则被用作 2007 年联合国空间碎片减缓准则的基础。

驻留空间的物体之间发生碰撞不仅有可能造成巨大灾难，而且还会产生大量新的碎片，这会进一步恶化近地空间环境。1970 年代首次认同存在这一威胁，但 2005 年的研究表明，一部分低地轨道区域，即高度低于 2,000 千米的区域，已经变得不安全。换言之，意外碰撞产生碎片的速度超过了通过大气阻力自动清除的速度。因此，即使没有新的卫星部署，这些区域的空间碎片数量还将继续增加。这种情况被称为“凯斯勒症候群”，是影响外层空间活动长期可持续性的一个重要问题。

近期而言，对运行中航天器的最大威胁是数量庞大的 5 毫米-10 厘米大小的碎片。由于碰撞速度极高，这些小碎片携带了穿透和损坏重要航天系统的足够能量。长期而言，主要威胁来自较大物体的碰撞，继而产生大量新的空间碎片。即使所有新发射的卫星都遵守限制在低地轨道停留期限的国际建议，轨道已有的大量废弃航天器、运载火箭轨道级和中等碎片也将会发生日趋频繁的相互碰撞，产生新的危险碎片。

因此，清除现有的大小空间碎片对于保护近地空间供后人利用极为重要。现在，若干国家在评价各类空间碎片清除概念的技术和经济可行性。这些提议包括传统的空间拖车，以及利用增加阻力装置、电动力绳缆、太阳帆和许多其他富有想象力的装置等创新理念。

主动清除空间碎片的挑战十分艰巨，但航天国家和国际科学组织正在做出大量努力，促进近地空间活动的长期可持续性，以造福所有人。