



和平利用外层空间委员会  
科学和技术小组委员会  
第五十一届会议  
2014年2月10日至21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. 大会在第 68/75 号决议中关切空间环境的脆弱性和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；这个问题事关所有国家；认为各国必须更加关注包括携载核动力源物体在内的空间物体与空间碎片碰撞的问题和空间碎片所涉其他方面问题；呼吁各国继续研究这个问题，开发更完善技术来监测空间碎片，汇编和传播关于空间碎片的数据；认为应尽可能向科学和技术小组委员会提供这方面的资料；还同意需要通过国际合作推广适当且负担得起的战略，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第五十届会议一致认为，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成果，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.105/1038，第 104 段）。秘书长在 2013 年 7 月 16 日的一份普通照会中，请各国政府和在委员会享有常驻观察员地位的国际组织在 2013 年 10 月 14 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小组委员会第五十一届会议。

\* 因技术原因于 2014 年 1 月 17 日重新印发。

\*\* A/AC.105/C.1/L.332。



3. 本文件由秘书处根据五个会员国即加拿大、墨西哥、瑞士、泰国和大不列颠及北爱尔兰联合王国以及在委员会享有常驻观察员地位的非政府组织即空间研究委员会（空间研委会）、世界安全基金会和航天新一代咨询理事会提供的资料编写。泰国提供的题为“泰国空间碎片管理（2013 年）”的资料包括与空间碎片有关的图片、表格和图表，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](http://www.unoosa.org)），并将作为科学和技术小组委员会第五十一届会议的会议室文件提供。

## 二. 从会员国收到的答复

### 加拿大

[原文：英文]  
[2013 年 11 月 4 日]

空间碎片威胁所有国家空间活动的长期可持续性。加拿大始终坚信国际社会开展工作以协调空间碎片研究活动非常重要，并将继续积极地与各合作伙伴进行合作。

2013 年 2 月，加拿大发射了首颗专用军事卫星 **Sapphire**，作为为美国空间监视网作贡献的传感器。**Sapphire** 是一个空基电子光学传感器，用来跟踪高地球轨道的人造空间物体，以改进加拿大对空间状况的认知。同一天，还发射了加拿大卫星 **NEOSSat**，以进一步为轨道碎片和小行星探测作出贡献。**NEOSSat** 的能力包括对地面望远镜难以探测和跟踪的卫星和碎片进行监测和跟踪。

### 机构间空间碎片协调委员会

加拿大空间局（加空局）于 2011 年加入机构间空间碎片协调委员会（空间碎片协委会），自那时起，加空局一直与空间碎片协委会成员相互协作并交流信息，以促进协作开展空间碎片研究和活动。空间碎片协委会是一个国际政府间论坛，由 12 个成员机构组成，目的是在全球范围内协调与空间人造和自然碎片问题有关的活动。加拿大作为空间碎片协委会成员，优先事项是分享关于空间碎片问题的信息，确定空间碎片研究合作活动（例如高速撞击研究）并审议减少碎片的选项。加拿大于 2012 年在蒙特利尔主办了空间碎片协委会第三十次会议，因此，也在 2012 年 4 月至 2013 年 4 月担任指导小组主席。加空局积极为指导小组及各工作组作出贡献，并担任关于保护问题的第 3 工作组的副主席。

### 加拿大的空间碎片减缓研究活动

加空局与学术界和其他政府部门合作，负责领导加拿大境内的空间碎片科学和技术举措。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。加拿大目前在开发纤维光学传感器，将把这种传感器嵌入自愈

合复合材料，以评估发生的空间碎片撞击，同时减少二级碎片的产生。加拿大还将参加欧洲联盟为实现减少碎片目的而协同相关能力项目轨道碎片调查，调查涵盖航天器设计和航天器作业。

2013 年，加拿大和捷克共和国在德国航空航天中心支助下开始编写各国和国际组织为减缓空间碎片产生而采纳的标准汇编。这项活动是对和平利用外层空间委员会推动的空间碎片相关举措的一项贡献。预期将在 2014 年法律小组委员会第五十三届会议上，在议程项目“与空间碎片减缓措施有关的法律机制方面的一般信息和意见交流”下介绍该汇编，供委员会所有成员审查和参考。

### 现行业务做法

整个 2013 年内，加空局仍然发现加拿大空间资产遇到碰撞威胁的次数日益增多，使得有必要进行进一步分析，并在适用情况下实施避免航天器碎片碰撞机动操作。加空局空间碎片专门知识中心制定了与空间碎片近距离接近有关的一些程序，并与加拿大的卫星运营者建立联系，在接到近距离接近警报数分钟内提供增值分析。在空间碎片威胁分析方面与国防部加拿大空间行动小分队建立了密切协作，籍此与加拿大在世界各地的盟国紧密合作，向加拿大政府内的各战略合作伙伴提供关键的空间活动辅助人员。

2013 年 3 月 29 日，加拿大首颗地球观测卫星 RADARSAT-1 发生重大技术异常现象。经过全面调查，结论是卫星不能从该问题中恢复，结果导致卫星不再能够工作。RADARSAT-1 在其提供卓越服务的 17 年内，向加拿大和全世界 60 个国家的 600 多个用户提供了数十万计图片。它曾提供图片协助 244 起灾害事件的救灾工作，真实地测绘整个世界，全面覆盖世界各大洲、大陆架和极地冰盖。

RADARSAT-1 完成许多任务，其中，RADARSAT-1 曾于 1999 年和 2000 年进行两次南极洲测绘任务，并提供了整个冰冻大洲的第一批高分辨率地图。它还对地球的大陆进行了第一次立体雷达测绘，对加拿大进行了第一次高分辨率干涉测量，并提供了所有大洲完整的单季快照。加拿大将继续在国际伙伴支持下开展空间碎片威胁评估，最近启动了该卫星内部碎片相关调查。

### 墨西哥

[原文：西班牙文]  
[2013 年 10 月 14 日]

### 本国对空间碎片、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

#### 空间碎片

墨西哥大力参与探讨空间活动可持续性问题的，这个问题的主要方面之一就是空间碎片。该议题非常复杂，难以找到短期解决办法。墨西哥参加了和平利

用外层空间委员会空间活动长期可持续性工作组的四个专家组。

应当指出的是墨西哥国立自治大学正在对卫星重返程序进行研究。相关文件已提交委员会。

我国的空间活动始于 1985 年，当时发射了地球静止卫星 Morelos I 和 Morelos II。目前有五颗卫星在运行中，另外两颗可望于 2014 年和 2015 年发射进入相同轨道。

按照消除空间碎片的做法，墨西哥关于地球静止卫星轨道的政策包括留足燃料，以确保卫星在寿命结束时自动脱轨。这是 Satmex 5 采用的程序。

上述所有程序考虑到《和平利用外层空间委员会空间碎片缓减准则》和有重要空间方案的各国在这方面颁布的条例。

### 携载核动力源空间物体的安全及其与空间碎片碰撞问题

该议题为《准则》所涵盖。按照《关于各国探索和利用包括月球和其他天体在内外层空间活动的原则条约》，墨西哥坚持外层空间非军事化及和平利用外层空间的立场。使用核动力源并不构成我国任何空间方案的组成部分。其使用受国际原子能机构颁布条例的制约。因此，一种不言而喻的理解是，在涉及使用核动力源的每件事情中，人在外层空间的安全和空间环境是重中之重。

在这方面，《准则》提供了关于安全的必不可少框架。

《关于在外层空间使用核动力源的原则》和《准则》都没有约束力。《外层空间条约》第四条提供了一定程度的保护，不过只是在相对意义上。

### 瑞士

[原文：英文]  
[2013 年 10 月 14 日]

伯尔尼大学天文学研究所（伯大天文所）继续开展研究工作，以便更好地认识近地空间碎片环境。伯大天文所使用 1 米长的望远镜 ZIMAT 和一台小型机器人望远镜 ZimSMART 发现小型碎片并确定其物理性质，两台望远镜均设在伯尔尼附近的齐美尔瓦尔德天文台。这项研究的一项主要成果是与欧洲空间局（欧空局）和莫斯科克尔德什应用数学研究所合作，逐步建设并维持关于地球静止轨道和高椭圆轨道高面积质量比率碎片的单一目录。克尔德什应用数学研究所负责运营国际科学光学观测网，伯大天文所多年来与该网开展科学协作，分享观测数据。国际科学光学观测网最近开始与外层空间事务厅的基础空间科学举措合作。伯大天文所最近的研究重点是深入调查包括地球同步转移轨道在内的高椭圆轨道和“闪电”类轨道的小型碎片物体。第一批结果表明，这些轨道区有大量“未知”物体，即任何可公开获得的轨道目录中未包含的物体。确定这些物体的性质非常重要，有助于查明碎片的来源，并最终设计高效且经济上可行的减缓措施。为支持有关从低地球轨道主动清除大型物体的讨论，伯大天文所启动了一个观测方案，通过光变曲线评估 700 至 1,000 公里高度轨道上大

型碎片物体的翻滚速度。

洛桑联邦理工学院的瑞士空间中心与其合作伙伴继续在 Clean-mE 方案下开展主动清除碎片领域的研究和开发工作。最近的重点是开发捕获机制和技术（纯机械或使用高级软性电介质弹性体夹具）。作为该方案的一部分，“清洁空间一”项目的目的是将 SwissCube 卫星移离轨道。最近活动的重点主要是提高飞行任务和碎片清除卫星设计的精确性。最近已获得用于该飞行任务的资金。2013 年，洛桑联邦理工学院还参加了由法国国家空间研究中心资助的欧洲研究，目的是评价飞行任务和行动的体系结构、碎片清除器的设计和每年清除 5 至 10 个大型碎片物体的相关费用。在这方面，洛桑联邦理工学院设计了一个工具，用来评价主动清除碎片飞行任务的体系结构和技术。有关成果尚未公布。

## 泰国

[原文：英文]  
[2013 年 10 月 14 日]

### 泰国地球观测系统空间碎片监测

泰国地球观测系统地面站有两个空间碎片监测来源：联合空间业务中心和空间数据协会。联合空间业务中心在空间碎片接近泰国地球观测系统、接近距离小于 1 公里时发出通知，而空间数据协会在任何空间碎片距离泰国地球观测系统 5 公里以内时发出通知。

### 近距离接近泰国地球观测系统

泰国地球观测系统进入 822 公里高度运行以来数次被近距离接近，这里的空间碎片密度最高。泰国地球观测系统地面站采用两个标准考虑是否有必要进行避撞机动：

- (a) 径向接近距离 < (主物体径向误差) + 3 (次物体径向误差) + 主物体半径 + 次物体半径；以及
- (b) 径向接近距离 < 100 米，在轨接近距离 < 300 米，跨轨接近距离 < 100 米。

### 泰国地球观测系统避撞机动经历

迄今为止进行了三次避撞机动，一次针对 IRIDIUM 33DEB，两次针对 COSMOS 2251 DEB。

预期外机动或避撞机动对泰国地球观测系统的运行有两种影响：推进剂使用和干扰运行。一旦为避免碰撞而调整高度，控制参数（地面航迹误差）往往很快超出设定的窗口。因此，必须以快于预期的速度进行高度校正，从而导致使用更多推进剂。

## 泰国地球观测系统脱轨计划

空间碎片物体数目增加可能有两个原因：卫星自爆和不再使用卫星之间的碰撞。

因此，预留 24.1 公斤推进剂，用于泰国地球观测系统运行终止时脱轨。为了不致产生更多空间碎片，泰国地球观测系统半长轴将从 7,200 公里缩减到 7,030 公里，这将不仅使该系统按照低地球轨道弃星标准在 25 年内脱离轨道，而且使卫星移离有空间物体拥挤的高度，从而降低以后与其他空间物体碰撞的风险。

在向小组委员会第五十一届会议提供的会议室文件所描绘的例子中，7,040 公里的半长轴不能够使该航天器在 25 年内脱轨。因此，7,030 公里的半长轴是在尽可能少用推进剂的情况下满足脱轨要求的不错的折中办法。

为了到达该目标轨道，需要 $\Delta a = 170$ 公里，这就要求 $\Delta V = 87.8$ 米/秒。由于寿命结束时的具体冲动是 210.6 秒，因此相应的质量减损或 $\Delta m$ 是 24.1 公斤。所有推进剂将在脱轨时耗尽，以防卫星自爆，卫星自爆可能导致空间碎片数目增加。

剩余的 46 公斤推进剂可支持泰国地球观测系统再运行 16 年以上。

## 与避免碰撞有关的研究和项目

### 泰国地球观测系统避撞软件

开发用三维方式图示空间物体之间会合的软件，目的是便利进行近距离接近分析。该软件使卫星运营方能够就是否需要进行避撞机动作出更妥善的决定，有助于避免浪费推进剂、避免不必要的机动并避免碰撞风险。

### 空间环境监视系统

将在以后开展的增强泰国地球观测系统避撞软件功能项目侧重于两个部分：

#### 内部空间碎片监测软件

目前，由于泰国地球观测系统依赖其他空间碎片监视系统，我们计划开发自己的系统以作备份。该监测软件将检索北美航空航天防御司令部提供的空间碎片双线要素，然后生成其随着时间变化的位置，并确定接近距离。

#### 改进避撞机动标准并开发会合分析方法

目前的标准很敏感；过去 5 年的运行中已进行过三次避撞机动。新的标准可能参考机器人航天器国际标准（碰撞概率大于  $10^{-4}$  时，应进行避撞机动），并需要提供会合分析方面的具体指导。

## 大不列颠及北爱尔兰联合王国

[原文：英文]  
[2013 年 10 月 14 日]

### 导言

许多国家通过颁布国家法律体现本国在各项外层空间条约下的义务。在各项外层空间条约制定之时，人们尚未认识空间碎片。不过，这些条约和国家条例非常灵活，足以有效应对这一问题，可以依靠最佳做法、规范和原则鼓励采取空间碎片减缓措施。

如今，国家和国际两级均有一些关于尽量减少碎片产生和保护航天器的标准和准则。所有航天国都承认这类减缓措施的重要性。这是迈向以公平、公正的方式管理轨道环境今后演变的重要一步，因为许多减缓做法牵涉费用。为确保适用这类减缓措施不致妨碍业务竞争力，所有空间使用者都必须承认并协调统一地适用这类措施。减缓做法要想行之有效，就需要始终作为在轨作业的一个固有要素，而非作为支离破碎的临时性做法。如能将这些做法纳入国家立法，那么运营方就有义务在飞行任务的所有阶段考虑空间碎片减缓问题，从最初的定义和可行性研究，直至最后的弃置，均包括在内。联合王国《外层空间法》是向联合王国国民颁发空间活动许可证的依据，最近对技术评估作了修改，以便在决定是否向申请人发放许可证时将空间碎片减缓措施考虑在内。

### 联合王国《外层空间法》

1986 年《外层空间法》是规范与联合王国相关人员开展的外层空间活动（包括发射和运行空间物体）的法律依据。该法将颁发许可证的权力和其他权力赋予通过联合王国航天局行事的大臣。该法确保遵守联合王国在其签署的使用外层空间相关国际公约下的各项义务。这些公约有：

(a) 1967 年 1 月 27 日《关于各国探索和利用包括月球和其他天体在内外层空间活动的原则条约》（《外层空间条约》）；

(b) 1968 年 4 月 22 日《营救宇宙宇航员、送回宇宙宇航员和归还发射到外层空间的物体的协定》（《营救协定》）；

(c) 1972 年 3 月 29 日《空间物体所造成损害的国际责任公约》（《赔偿责任公约》）；

(d) 1975 年 1 月 14 日《关于登记射入外层空间物体的公约》（《登记公约》）。

根据《外层空间法》的规定，除非大臣确信许可证授权的活动不会危及公共卫生或人身财产安全，与联合王国的国际义务一致，也不会损害联合王国的

国家安全，否则他不应该颁发许可证。此外，大臣要求被许可人开展作业时避免污染外层空间或使地球环境产生不利变化，并避免干扰他人和平探索及利用外层空间的活动。

大臣要求被许可人针对由许可证授权活动造成的、因在联合王国或其他地方的第三方遭受损害或损失而招致的责任投保。此外，如联合王国女王陛下政府因被许可人开展该法适用的活动引起的损害或损失而被提出任何索赔，被许可人应对政府作出赔偿。

《外层空间法》在下列方面提供必要监管：审议公共卫生及安全和财产安全；评价拟议活动的环境影响；评估对本国安全和外国政策利益的影响；确定财政责任和国际义务。

### 许可证颁发程序和技术评价

安全评价旨在确定申请人是否能够安全地发射拟议的运载火箭和任何有效载荷。因为被许可人要对公共安全负责，所以申请人务必要证明对所涉危险有所认识并说明如何安全地开展作业。有若干技术分析，有些是定量分析，有些是定性分析，申请人必须开展这些分析以证明商业性发射操作不会对公众构成不可接受的威胁。定量分析往往侧重于关键安全系统的可靠性和功能以及与硬件有关的危险，还侧重于这些危险对发射场附近和航迹沿线的公共财产和个人以及对卫星和其他在轨航天器构成的风险。定性分析则侧重于申请人的组织属性，如发射安全政策和程序、通信、关键个人的资质以及重要的内部和外部界面。

发射有效载荷进入轨道和与此类操作有关的危险可归类为飞行任务几个大的阶段：

- (a) 发射前；
- (b) 发射；
- (c) 轨道捕获；
- (d) 重返。

在申请 1986 年《外层空间法》下许可证的技术呈件中，申请人必须提供对公共安全和财产所造成风险的评估，其中要涵盖与拟议作业和许可活动有关的飞行任务的每一个阶段。评估应当包括：

- (a) 讨论可能影响安全（包括其他运行中航天器的安全）的发射器和有效载荷故障；
- (b) 借助发射器可靠性的理论和历史数据，估计故障发生的可能性；
- (c) 审议此类故障的影响。

评估应当酌情涉及：

- (a) 射程风险；



- (b) 因废弃的飞行任务硬件影响而对下段射程区域造成的风险；
- (c) 飞越风险；
- (d) 轨道风险，包括因发射器末级和有效载荷中间和最终轨道而引起的碰撞和（或）碎片产生风险；
- (e) 发射器末级和有效载荷的重返风险。

然后该风险评估将被用作评估人员为确定申请人拟议的活动是否符合《外层空间法》要求而进行审查的依据。该评价所用的定性和定量标准以多个正式机构采用的标准和做法为依据。评估人员每次都力求理解许可证申请人提议的方法，评判程序的质量，检查项目内部的一致程度，审议拟议技术或程序的有效性，并确定其是否符合行业或本国航天局各项规范和《外层空间法》各项要求。

### 空间碎片减缓及《外层空间法》给出的解释

在制定反映空间碎片减缓问题的技术评价框架时，用到《外层空间法》提及物理干扰和污染等具体问题。虽然在 1986 年颁布《外层空间法》时人们尚未认识空间碎片问题，但是该法足够灵活，可以解释为技术评价涵盖这个方面。这样，“物理干扰”被用来述及与其他在轨物体的碰撞概率，而“污染”被用来述及寿命终止时的安全处置问题。关于用来评价许可证申请的实际措施，则利用正在制定的处理空间碎片减缓问题的越来越多的准则、规范和标准。空间碎片协委会《空间碎片减缓准则》与和平利用外层空间委员会《空间碎片减缓准则》提供定性和定量措施，可用来评估许可证申请人的拟议活动和措施是否遵守业界公认的最佳做法。联合国航天局最常处理的许可证是有效载荷许可证。就有效载荷许可证而言，安全评估人员检查卫星平台的各项规格（如：姿态控制系统、轨道、动力存储机制、发射装置接口和分离机制）和安全流程（计划和程序），以评估在空间碎片减缓方面是否有效。举例如下：

**姿态控制系统。**初步确定系统性质及是否符合用途。技术是采用冷气推进器、反作用/动量轮吗？寿命终止时是否可能有剩存能源？如有，考虑发生碎裂的可能性，这种情况下，建议在寿命终止时采取钝化措施。

**轨道。**对拟议轨道的轨道要素有基本了解。考虑自然寿命、自然摄动影响下的轨道稳定性、某一高度的拥挤程度、轨道配置的任何独特方面。

**动力存储机制。**对技术和适当性作一般性审查。它是物理的（飞轮）还是电动的？是燃料电池标准技术吗？有独特/外来元件（如放射性同位素热能发电机）吗？系统根据平台电力要求和充电周期（可以解释星食特征）划分等级了吗？在寿命终止时可能出现过度充电的问题吗？有无钝化考虑？

**发射装置接口和分离机制。**了解耦合和抛射过程的性质。接口由发射装置还是由有效载荷支配？发射环境要求很高吗？搞清楚、详细说明并结合有效载荷审查发射环境了吗？除末级和有效载荷外，还有多少物体被送入轨道？分离过程把产生的碎片降到最低了吗？

安全流程和程序。确定安全问题是否存在并予以考虑。与发射阶段有关，考虑有效载荷对发射装置的安全影响；有与有效载荷有关的独特风险吗？若是多有效载荷发射，那么有效载荷部署对其他有效载荷构成风险吗？

关于环境污染，评估对碎片环境和辐射环境的影响（如频率干扰）。

对碎片环境的影响。安全评估人员考虑有效载荷与其他运作中有效载荷碰撞的可能性和总体的碎片环境。这由拟议高度上的轨道配置、轨道寿命、物理尺寸和物体的空间密度决定。

脱轨计划或变轨计划。关于运营方遵守安全要求的能力，询问申请人其脱轨/变轨计划，一旦发生无可挽救的故障，是否有将卫星清除出运行轨道的计划，是否有此种能力等。安全评估人员需要了解计划是否存在，如果存在，它们有效吗？考虑过这个问题吗？运行轨道在何等高度？是否需要处置？是否计划变轨进入更高轨道或脱轨进入较低轨道？弃星轨道有效吗？它们遵守现行标准/准则（如使用空间碎片协委会关于地球静止轨道卫星的变轨规则，2,000 千米以下为最长不超过 25 年的弃星轨道寿命）吗？平台技术有何可行之处？在无地面干涉情况下，航天器上执行脱轨/变轨的自主程度？用何标准确定寿命终止？作业程序经一致同意了吗？是否在常规作业前制定好作业程序？

## 摘要

联合国在评价根据 1986 年《外层空间法》提出的许可证申请时执行空间碎片减缓措施，以确保遵守各项既定的外层空间条约和公约以及一套新的准则、规范和标准。除了规定遵守方面的要求，联合国还进行遵守情况监测活动，包括利用地面的空间监视系统如 Starbrook 光学望远镜，监测联合国许可的在轨卫星的位置。

## 三. 从国际组织收到的答复

### 空间研究委员会

[原文：英文]

[2013 年 10 月 8 日]

空间研究委员会（空间研委会）处理空间碎片专题已超过四分之一世纪。多年来，空间研委会对环境构成潜在危害太空活动问题小组在每次两年一度的空间研委会科学大会期间多次举行空间碎片会议。这些会议探讨：(a)通过测量和建模确定空间碎片环境的性质，(b)与空间碎片碰撞给航天器造成的风险，(c)保护航天器的手段，(d)抑制产生新的空间碎片的战略和政策。

2012 年，对环境构成潜在危害太空活动问题小组会议的主题是“空间碎片问题——迈向环境控制”。在 2014 年空间研委会第四十次科学大会上，该小组的会议主题将是“空间碎片问题——应对动态环境”。为期四天半的会议将探讨：地面和空间观测的进步及其利用方法，现场测量技术，碎片与流星体环境模型，碎片通量及空间飞行任务的碰撞风险，在轨碰撞评估，重返风险评估，

碎片减缓和碎片环境恢复技术及其对环境长期稳定性的有效性，以及各国和国际碎片减缓标准和准则。

2007 年以前，所有危险空间碎片中有 95%以上是航天器和运载火箭轨道级意外或故意爆炸产生的。主要航天国家和组织认识到空间碎片数量不断增长给在满足地球上的重要需求的许多空间系统造成的威胁，先是在国内、然后在国际上采取了空间碎片减缓政策。2002 年，空间碎片协委会在共识基础上为世界主要国家空间机构确立了第一套空间碎片减缓准则。这些准则被用作 2007 年外层空间委员会《空间碎片减缓准则》的基础。

现有空间碎片间的碰撞不仅可能造成灾难，而且可能产生大量新的碎片，这些碎片可能导致近地空间环境进一步退化。1970 年代首次讨论这种威胁，但在 2005 年，新的研究表明，低地球轨道区即低于 2,000 公里高度的某些部分已经变得不稳定了。换言之，意外碰撞产生碎片的速度超出了通过大气阻力自然清除的速度。这样，这些区域的空间碎片数量将继续增加，即使在未部署新的卫星的情况下。这种状况称作凯斯勒症候群，是影响外层空间活动长期可持续性的主要问题之一。

近期而言，运行中航天器遇到的最大威胁是有大量 5 毫米至 10 厘米的碎片。这些小型碎片物体的碰撞速度非常高，具有足够的能量，可以穿透和损坏重要的航天器系统。长期而言，主要威胁来自大型物体的碰撞，这些碰撞反过来又产生大量新的空间碎片物体。即使所有新发射卫星都遵守关于限制在低地球轨道停留时间的建议，已经在轨道的大量废弃航天器、运载火箭轨道级和中等大小的碎片物体将越来越频繁地相互碰撞，并产生新的危险碎片。

因此，清除现有的不管是大的还是小的空间碎片物体，对于保护近地空间以供子孙后代使用非常重要。有几个国家正在评估多种清除空间碎片构想的技术和经济上的可能性。这些建议从传统的空间拖车到利用阻力助增装置、电动绳系、太阳帆和许多其他有想象力的装置的各种创新想法，应有尽有。

主动清除空间碎片的挑战是艰巨的，但航天国家和国际科学组织如空间研委会为促进近地空间用业的长期可持续性以造福全人类作出了巨大努力。

空间研委会继续牵头增进提高对空间碎片环境性质及风险的认识，并鼓励航天国家和组织在空间负责任地行事，这种态度要贯穿包括部署、作业和处置在内的飞行任务各个阶段。

## 世界安全基金会

[原文：英文]  
[2013 年 10 月 18 日]

世界安全基金会对空间环境的长期可持续性抱有浓厚的兴趣，并认为空间碎片减缓是一个重要专题。2013 年，世界安全基金会完成了为期两年的关于在轨卫星维护和主动清除碎片问题的系列国际活动。在轨卫星维护和主动清除碎片是正在出现的一类对于使用地球轨道方面实现下一步跨越至关重要的未来在轨活动的组成部分，可在减缓轨道碎片并防止轨道碎片与活动卫星碰撞方面发

挥关键作用。这些活动还提出许多外交、法律、安全、作业和政策挑战，需要克服这些挑战以使这种未来成为可能。世界安全基金会与合作伙伴一道，举办了一系列国际活动，以汇集所有利益相关者对于主动清除碎片和在轨卫星维护和非技术性挑战的观点和看法。

系列活动始于 2012 年 11 月 5 日在华盛顿特区举办的一次基于情景的讲习班，这次讲习班召集来自美国政府机构、私营部门和民间社会的专家，针对今后私营部门可能开展活动的四种不同情景，审查了国家在监管主动清除碎片和在轨卫星维护方面的挑战。2012 年 10 月 30 日，世界安全基金会与法国国际关系研究所合作，在布鲁塞尔举行了一次在轨卫星维护和主动清除碎片公开会议，以促使欧洲各国参与。讨论的具体专题包括轨卫星维护和主动清除碎片技术的双重用途性、开展在轨卫星维护和主动清除碎片活动的行为规范以及旨在降低这类活动被视作威胁的风险的透明度和建立信任措施。2013 年 2 月 19 日，世界安全基金会在新加坡举行了另一次主动清除碎片和在轨卫星维护情景讲习班。参加者包括来自澳大利亚、加拿大、中国、德国、印度、日本、瑞士和美国的空政策、空间法和空间业务领域专家。2013 年 2 月 20 日，世界安全基金会与新加坡空间与技术协会合作举行了一整天的公开会议。这次会议继续以前在比利时和美国举行的会议上进行的讨论。

会上讨论得出的总体结论是，进行一次或多次主动清除碎片或在轨卫星维护演示任务以处理法律和政策挑战非常重要。此类演示任务最好让不止一个国家参与，并且不仅让政府行为者也让私人部门行为者参与。演示任务将提供此类活动以及特定法律和政策挑战的具体例子。演示任务将迫使相关行为者解决这些挑战，并籍此为建立机制、明度和建立信任措施及必要规范奠定基础，以便今后的主动清除碎片和在轨卫星维护以安全、可靠和可持续的方式进行。

所有参加讨论人员都指出，需要更多地进行对话和开展工作，以处理主动清除碎片和在轨卫星维护的挑战。一致认为这些活动将成为今后人类空间活动的一个重要组成部分。处理这些活动造成的法律和政策挑战至关重要，不仅有利于为这些活动创造条件，而且有利于确保它们增进而不是减损空域的安全、可靠和长期可持续性。

9 月份，国际宇航联合会年轻专业人员方案邀请新一代航天专业人员出席空间碎片问题招待会，这是在北京举行的第六十四届国际宇航大会的组成部分。该活动由世界安全基金会和洛桑联邦理工学院赞助。逾 100 名代表听取了专家就空间碎片的威胁和减缓此类威胁的挑战所作的发言，并以提出问题和发表评论的方式提出了自己的意见。

## 空间新一代咨询理事会

[原文：英文]  
[2013 年 10 月 15 日]

### 基于优先目标设计主动清除碎片任务

在编入目录的在轨物体中，超过 93%是空间碎片，可能发生的碰撞威胁运

行中航天器的安全，包括携带核动力源的航天器的安全，这些碰撞可能导致结构损坏或彻底解体。有几个研究方案评估了当前和未来的空间环境状况，研究表明迫切需要开展主动清除碎片方案，以确保空间的长期可持续性。为了设计有效的主动清除碎片任务，需要首先基于来自平时卫星会合警告的最可能会合物体的确定性数据，确定今后主动清除碎片任务的高度优先目标。准确确定空间的高风险物体和区域，将有利于不断制定和执行能够修复低地球轨道空间碎片的主动清除碎片解决方案。

### 设计技术上可行的主动清除碎片任务

虽然为缓解当前状况和限制产生新的碎片作出了有益的国际努力，但最近进行的预测碎片演变情况的研究表明这些还不够，从长期而言不能确保人类有机会使用和实际使用近地环境。相反，要想继续受益于空间活动和开展空间活动，就必须主动清除碎片。建议开展的方案能够：通过近距离交会接近碎片物体、建立物理接触、稳定其高度并最终使物体脱离轨道。航天新一代咨询理事会进行的研究表明，可以使用增配电动绳系的经改装运载火箭末级将大型碎片物体从极轨道脱轨，同时还可以将可接受的有效载荷运至轨道。提议构想的可行性允许运载火箭的末级在运送主要有效载荷之后发挥“猎人系统”的作用。

### 与经济上、法律上和政治上可行的主动清除碎片任务有关的措施

主动清除碎片的构思并非新近提出，但碎片修复牵涉许多经济、法律/监管和政治问题。具有国际性、合作性的公私伙伴关系构想可解决其中许多问题，并且具有经济可持续性，同时也推动建立一套完善的条例、标准和最佳做法。在北京第六十四届国际宇航大会上宣读了空间安全与可持续性项目组的论文，其中提出一种按照上述每个非技术领域的标准进行打分的客观评价方法，对主动清除碎片构想进行多学科评估。打分方法是一种战略性性能工具，用来基于项目在特定领域包括在法律、政策、技术和经济框架内的有效性，跟踪被视为对系统性能重要的各项标准。

为了充分理解空间碎片问题的程度，帮助避免碰撞并最终对主动清除碎片进行管理，必须继续研究国际碎片清除努力的框架。空间安全与可持续性项目组代表航天新一代咨询理事会，鼓励学生和年轻专业人员积极参与空间安全与可持续性相关辩论和活动，以增进目前的知识，从而尽可能降低轨道碰撞的风险。