



---

和平利用外层空间委员会

各国对空间碎片的研究，核动力卫星的安全和  
核动力源同空间碎片的碰撞的问题

秘书处的说明

目录

	页次
一. 导言 .....	2
二. 来自会员国的答复 .....	2
加拿大 .....	2
大不列颠及北爱尔兰联合王国 .....	2

## 一. 引言

1. 大会 1997 年 12 月 10 日第 52/56 号决议第 29 段认为, 会员国必须对包括有核动力源的空间物体与空间碎片的碰撞问题和空间碎片的其他方面问题予以更多的重视, 并要求各国继续对这个问题进行研究, 以开发监测空间碎片的更佳技术, 编辑和传播关于空间碎片的数据。大会认为, 应在尽可能的范围内, 将有关的资料提供给和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会。
2. 大会在同一决议第 18 段中, 请各会员国就有核动力源空间物体的安全问题所开展的国家和国际研究定期向秘书长提交报告。
3. 秘书长在 1998 年 7 月 17 日给所有会员国的普通照会中, 请各会员国在 1998 年 9 月 30 日之前, 将上文所要求的资料送交秘书处, 以便秘书处能编制一份关于这些资料的报告, 提交该小组委员会第三十六届会议。
4. 本文件就是秘书处根据 1998 年 12 月 1 日之前收自各会员国和国际组织的资料编写的。该日期以后收到的资料将编入本文件的增编。

## 二. 来自会员国的答复\*

### 加拿大

加拿大非常重视空间碎片问题。但是, 鉴于空间碎片方面的活动范围超出了加拿大的能力, 该国选择了集中进行研究和分析工作。工作正在取得进展的两个有关领域包括碎片监测和损害避免。

在碎片监测领域, 加拿大于 1997 年领导一个国际小组测量狮子座流星陨星通量。在一次成功的行动和仪器验证之后, 现正在制定一项加拿大领导的更大型、更加综合性的 1998 年狮子座流星行动计划。流星体群虽然不是轨道碎片群的专门组成部分, 但其构成作为必须提供保护措施的进入粒子质量分布的重要部分。主要光学观测地点将设在外蒙古, 第二个光学和微波感测地点位于澳大利亚北部。已规划了与北美场址的实时数据连接, 以便向商业经营者提供数据。预计即将出现的狮子座流星雨是迄今为止所经历的最大的流星雨, 因为已有

大量的空间财产放入轨道。

正在美利坚合众国和大不列颠及北爱尔兰联合王国利用超强活动继续在复杂的结构如多谱扫描仪上进行损害预防和避免工作。这些研究的目的是为将来的硬件开发更好的保护技术。

### 大不列颠及北爱尔兰联合王国

联合王国继续在处理空间碎片问题方面发挥关键作用。它有一项内容广泛的着眼于碎片问题各重要方面的研究方案, 它在国家一级通过联合王国协调组、在欧洲一级通过欧洲航天局(欧空局)及在国际一级通过机构间碎片协调委员会(空间碎片协委会)和联合国和平利用外层空间委员会(外空委员会)全面参与。由英国国家航天中心协调各个方案。

英国国家航天中心共同赞助了于 1998 年 10 月 21 日和 22 日由联合王国防务评价和研究局(防务研究局)在法恩巴勒主办的关于空间危险的讲习班。这次讲习班由来自欧洲空间碎片领域的主要研究人员参加, 解决诸如空间碎片的基本研究、开发模型和工业界最终利用准则等问题。

于 1998 年 1 月 29 日在赫斯特蒙苏堡的皇家格林威治天文台举行了一次联合王国协调会议, 参加者有: 高进系统建筑局、英国国家航天中心、世纪动力公司、防务研究局、流体重力工程公司、国防部、马特拉马科尼航天公司、皇家格林威治天文台及 Cranfield 大学、肯特大学、伦敦大学和南安普敦大学。就涉及以下内容的多项专题进行了专题介绍: 在得克萨斯州休斯敦举行的上届空间碎片协委会会议的活动; 开发碎片跟踪设备的进展; 新的碎片/流星体模型的进展和从中获得的结果; 及与碎片屏蔽有关的研究活动。

联合王国全面参与了空间碎片协委会 1997 年 12 月在休斯敦举行的会议和 1998 年 7 月 15 日在日本名古屋举行的指导小组会议。

参与碎片研究的联合王国各组织所进行的研究和编写的出版物介绍如下。

\* 答复按收到时的原样转载。

## A. 肯特大学

肯特大学通过空间科学组对空间碎片研究的各个方面作出了较大贡献。它通过参加若干国际论坛而保持了较好的形象,包括:空间研究委员会(空间研委会)第三十二届科学大会<sup>1、2、3、4</sup>和1998年超高速撞击专题讨论会<sup>5、6</sup>。研究活动继续注重:设计和开发现场碎片探测器;分析来自探测器和回收的航天器表面的撞击结果;确定超高速撞击状态下复杂的航天器材料的特点。下文将更详细地对此进行讨论。

碎片探测器。保持了在三次飞行机会方面所取得的进展,并通过生产一种具有成本效益的小型空间传感器DEBIE开发了空间仪器。一家芬兰联合体正在对其中一次机会给予帮助,提供产品为在2000年进行的欧空局PROBA发射作飞行准备。肯特大学在2 MV微粒子加速器上进行的试验确立了撞击等离子体结果、设计数据和数据速率,从而能够优化成本和数据处理。这次飞行机会还为肯特大学的数据分析作了准备。关于第二次飞行机会即STRV 1C卫星,随着1998年10月完成飞行设备硬件,肯特大学的开发和试验方案制订了一个时间表。这次飞行现在预定于1999年8月进行,将来得及在1999年11月出现狮子座流星雨时使用。DEBIE飞行的第三次机会是为国际空间站选择的飞行机会,这次机会将提供大型空间结构附近的微小碎片通量和流星体的方向信息。

回收的表面分析。太阳能电池阵列在大约600公里高度处暴露于空间3.62年后,于1993年自哈勃空间望远镜返回地球,继续提供了进一步记录低地球轨道空间碎片和微流星体构成的机会。来自其中任何一群的粒子对空间硬件的超高速撞击没有留下什么原始撞击物的证据,因此,难以确定撞击物的原始性质。但是,最近采用分析性的电子显微技术重新评价哈勃空间望远镜太阳能电池的工作在这方面取得了某种成功。这项研究突出说明,对暴露于空间的硬件进行的飞行后调查可以产生关于碎片群的非常有价值的信息。结果,肯特大学(根据与欧空局的合同)为美国国家航空和航天局(美国航天局)的空间碎片模型得出了最新的低地球高度碎片通量。

确定复合材料的撞击特征。除了描述碎片环境的特点,肯特大学在确定对航天器结构材料的超高速碎片撞击后果方面也很积极。一般说来,这些材料包括铝或编织式复合材料面板。对于低地球轨道的大多数航天器来

说,它们装备有针对空间碎片和流星体粒子撞击的主要屏蔽保护。使用肯特大学的双级氢光气枪进行的撞击试验方案的结果表明,穿透选定的复合目标的临界值对撞击角度有很大的依赖关系。研究的下一阶段将集中于建立一个弹道限制方程式,这将是帮助卫星结构设计过程的一个有用的额外信息。

## B. 伦敦大学

设在玛丽皇后及域西菲尔学院的伦敦大学碎片研究小组正在建立模型,以表示在空间遇到的微小碎片的来源。这项建模工作与肯特大学的工作互补。正在建立一系列经验模型,以确定存放在空间的微小碎片数量,作为轨道高度和倾角、在轨道的停留时间、航天器表面材料和遇到的外部空间环境的一个函数。

这项工作得到了关于表达碰撞动力学和轨道中不同物体群频率的新技术研究的支持。其中一个最有希望的方法是蒙特卡罗直接模拟法<sup>7</sup>,这种方法利用从稀薄气体计算中得到的技术。用这种模型方法预测的推断出的环境与在长期暴露设施上观测的小型撞击物的通量非常一致。最近,已将这一模型用于进行统计数据不确定性分析,以便改进航天飞机窗口的碎片撞击危险评估<sup>8</sup>。该软件预测,对于大多数航天飞机的飞行来说,有0到2个窗口由于碎片撞击而需要更换。

## C. 南安普敦大学

南安普敦大学继续侧重于较短时限内的碰撞事件和危险分析。一套称为空间碎片模拟程序集的建模程序研究碰撞或爆炸引起的碎裂和产生的碎片云的短期演变。该软件对概率连续动力学采用一种综合方法,能够跟踪产生的碎片的流轨,以确定与其他物体碰撞的可能性,以及如果发生碰撞的话,确定预计损失的程度。最近,使用这一模型分析了邻近国际空间站一个物体的碎裂情况,并评估损坏性撞击的可能性。这一工作将在第四十九届国际宇航大会(一个由航天界广泛参加的大型国际论坛)上报告。

## D. 马特拉马科尼航天公司

联合王国工业界继续认识到空间碎片环境对卫星的有害影响。马特拉马科尼航天公司领导一个包括肯特大学和防务研究局在内的联合体,研究对无人驾驶航天

器实施具有成本效益的屏蔽的较好方法。这项工作导致建立两个基准屏蔽设计,<sup>9</sup> 将使用肯特大学的氦气气枪对其进行撞击试验。试验结果将确定不同屏蔽配置对阻碍碎片穿透的效力。最终, 这将保证联合王国和欧洲卫星制造商在设计未来的卫星时采用最坚固、最经济的碎片保护。

#### E. 世纪动力公司

世纪动力公司通过继续开发 AUTODYN-2D™ 水码而保持着特有的调查超高速撞击过程的能力。他们与肯特大学的空间科学组完成了调查脆性材料对一系列超高速撞击条件的反应的模拟方案。<sup>10</sup> 这项工作非常重要, 因为它使人们能够进行比较, 以评估水码模拟结果的准确度, 并提供一种工具, 设计人员可以开始利用这一工具调查独特的航天器材料对碎片和流星体撞击的反应。

世纪动力公司继续通过评估速度和准确度之间的正确平衡来解决水码模型的计算密集性。作为这一过程的一部分, 他们与防务研究局合作在其模型中实施了新的技术, 如光滑粒子流体动力学。<sup>11</sup> 最后, 世纪动力公司在为诸如 Nextel 和凯夫拉尔等强度大、重量轻的材料开发材料模型方面居于前列。<sup>12</sup> 这些材料正越来越多地用于航天器设计, 特别是用于碎片屏蔽, 因此通过这项工作了解它们的撞击特性很重要。

#### F. 防务评价和研究局

防务研究局负责联合王国空间碎片研究方案的技术协调。此外, 该局正开发几个软件分析工具。

第一个是称为综合碎片演变软件集(IDES)的一套软件,<sup>13</sup> 它能够评估未来航天器将遇到的碰撞危险。该软件能够模拟所有发射和轨道活动, 包括碰撞、爆炸、分离和脱落。它还能够再现进入空间环境的物体的轨道, 并考虑重力摄动的影响、大气阻力及太阳和月亮的影响。正在进行一项全面的试验方案, 以确保预测完全与观测一致。对较大物体采用雷达跟踪数据, 对较小物体采用回收表面分析, 可以发现预测和观测之间有较大的相关性。这一验证过程是一件不间断的工作, 因为空间碎片环境具有高度动态性。

迄今为止, 与实际数据进行的良好比较所产生的信心鼓舞 IDES 用户以预测方式使用这一软件集。这使得

人们能够确定将来计划中的系统的撞击情况。继续通过一系列研究调查了低地球轨道卫星通信系统(卫星群)对碎片增长的影响。<sup>14</sup> 已经证明, 大量新卫星和背景碎片群相结合将大大提高轨道中物体的增长速度。卫星群卫星本身也更容易受到碰撞的影响, 这点也很明显。还正在研究采取减少碎片措施, 如在卫星寿命结束时使其脱轨的影响<sup>15</sup>。目前建议的减少方案似乎只对碎片环境增长和有关卫星碰撞危险提供了部分解决办法。

作为对这一环境模型工具的补充, 正在开发一种称为 PLATFORM 的危险/设计工具, 以合成 IDES 预测的碎片群数据, 并确定目标卫星在轨道中通过这一环境时对它的碎片撞击的分布情况。PLATFORM 根据这一撞击数据, 并在知道目标卫星配置的情况下, 能够计算卫星幸存的可能性。PLATFORM 模型被与一种称为 SHIELD<sup>16</sup> 的新组件联系起来, 这种组件是为确定最佳屏蔽选择和卫星各个部件的配置而设计的。优化过程使用一种遗传算法, 这种算法非常适合诸如保持卫星质量和热平衡等设计限制因素。IDES 与 PLATFORM/SHIELD 相结合, 是设计卫星以迎接将来空间碎片带来的技术挑战的一种有力工具。

#### 注

<sup>1</sup> G.A. Graham and others, "The collection of micrometeoroid remnants from low Earth orbit", presented at the thirty-second COSPAR Scientific Assembly, held in Nagoya, Japan, in July 1998.

<sup>2</sup> J.A.M. McDonnell and others, "APSYS—Aerogel position-sensitive impact sensor; Capabilities for *in situ* collection and sample return", presented at the thirty-second COSPAR Scientific Assembly, held in Nagoya, Japan, in July 1998.

<sup>3</sup> J.A.M. McDonnell, N. McBride and S. F. Green, "Meteoroids and small-size debris in LEO and at 1AU: results of recent modelling", presented at the thirty-second COSPAR Scientific Assembly, held in Nagoya, Japan, in July 1998.

<sup>4</sup> E. A. Taylor and others, "Space debris impacts on HST and Eureca solar arrays compared with LDEF using a new glass-to-aluminium conversion", presented at the thirty-second COSPAR Scientific Assembly, held in Nagoya, Japan, in July 1998.

- <sup>5</sup> G. A. Graham and others, "Natural and simulated hypervelocity impacts in solar cells", presented at the Hypervelocity Impact Symposium, held in Huntsville, Alabama, United States of America, in November 1998.
- <sup>6</sup> E. A. Taylor, M. K. Herbert and J.A.M. McDonnell, "Hypervelocity impact on carbon-fibre-reinforced plastic/aluminium honeycomb: comparison with Whipple bumper shields", presented at the Hypervelocity Impact Symposium, held in Huntsville, Alabama, United States, in November 1998.
- <sup>7</sup> L. Wang and J.P.W. Stark, "Direct simulation of space debris evolution", to be published in the *Journal of Spacecraft and Rockets*.
- <sup>8</sup> L. Wang and J.P.W. Stark, "Direct simulation of space shuttle space-debris flight damage", paper No. IAA-98-IAA.6.4.02, presented at the forty-ninth International Astronautical Congress, held in Melbourne, Australia, in September/ October 1998
- <sup>9</sup> J. E. Wilkinson, P. H. Stokes, G. G. Swinerd and R. Walker, "Implementation of a new approach to optimise satellite debris protection", presented at the twenty-first International Symposium on Space Technology and Science, held in Omiya, Japan, in May 1998.
- <sup>10</sup> E. A. Taylor and others, "Hydrocode modelling of hypervelocity impact on brittle materials: depth of penetration and conchoidal diameter", presented at the Hypervelocity Impact Symposium, held in Huntsville, Alabama, United States, in November 1998.
- <sup>11</sup> C. J. Hayhurst and others, "Numerical simulation of hypervelocity impacts on aluminium and Nextel/Kevlar Whipple shields", presented at the Hypervelocity Shielding Workshop, held in Galveston, Texas, United States, in March 1998.
- <sup>12</sup> C. J. Hayhurst and others, "Development of material models for Nextel and Kevlar-epoxy for high pressures and strain rates", presented at the Hypervelocity Impact Symposium, held in Huntsville, Alabama, United States, in November 1998.
- <sup>13</sup> R. Walker, P. H. Stokes, J. Wilkinson and G. G. Swinerd, "Enhancement and validation of the IDES orbital debris environment model", submitted to the *Space Debris* journal for publication in the first issue (February 1999).
- <sup>14</sup> R. Walker, R. Crowther, J. Wilkinson, P. H. Stokes and G. G. Swinerd, "Orbital debris collision risks to satellite constellations", presented at the IAF International Workshop on the Mission Design and Implementation of Satellite Constellations, held in Toulouse, France, in November 1997.
- <sup>15</sup> R. Walker, R. Crowther, M. Cosby, P. H. Stokes and G. G. Swinerd, "The long-term impact of constellations on the debris environment after the implementation of debris mitigation measures", presented at the forty-eighth International Astronautical Congress, held in Turin, Italy, in October 1997.
- <sup>16</sup> P. H. Stokes, R. Walker, J. E. Wilkinson and G. G. Swinerd, "Novel modelling solutions for debris risk reduction", presented at the thirty-second COSPAR Scientific Assembly, held in Nagoya, Japan, in July 1998.