



大会

Distr.
GENERAL

A/AC.105/680
1 December 1997
CHINESE
ORIGINAL: ENGLISH

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

核动力源同空间碎片的碰撞的问题

秘书处说明

目 录

	段 次	页次
导言	1 - 4	2
来自会员国的答复		4
加拿大		4
智利		4
法国		4
印度尼西亚		4
日本		8
瑞典		12
大不列颠及北爱尔兰联合王国		12
来自国际组织的答复		19
国际法协会		19
国际通信卫星组织(通信卫星组织)		19

目 录 (续)

	段 次	页次
图		
一、印度尼西亚轨道碎片监测系统发展计划		5
二、纬度与经度面的回波分布		7
三、短暂时间的流星回波数		7

导 言

1. 1996 年 12 月 13 日大会第 51/123 号决议第 32 段认为，会员国必须对包括核动力源在内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，并要求各国继续对空间碎片问题进行研究，以发展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资料。大会认为，应在可能的范围内，将有关的信息资料提供给和平利用外层空间委员会科学技术小组委员会。

2. 大会在同一决议的第 22 段，请各会员国就核动力卫星安全方面所开展的国家和国际研究定期向秘书长提交报告。

3. 1997 年 8 月 7 日，秘书长向所有会员国发出普通照会，请各国在 1997 年 9 月 30 日之前，将上文所要求的信息资料送交秘书处，以便秘书处能汇编一份关于这些信息资料的报告，提交该小组委员会第三十四届会议。

4. 本文件就是秘书处根据 1997 年 11 月 30 日之前收自各会员国和国际组织的信息资料编写的。该日期以后收到的信息资料将编入本文件增编。

来自会员国的答复*

加拿大

[原件：英文]

关于核动力源和空间碎片问题，加拿大政府提到去年提供的信息资料，这些信息资料可在 A/AC.105/659 号文件中找到。

智 利

[原件：西班牙文]

智利没有利用核动力源的航天器，也没有考虑将来利用这一技术。在此方面，关于调查和寻找碎片和放射性污染，提及俄罗斯探空火箭 Mars 96 坠入太平洋的情况是适当的。

关于使空间碎片减到最小程度，智利空军研制 FASat 系列微型卫星的过程采用了联合王国公司萨利卫星技术有限公司沿用的惯例，具体如下：

- 将在放入轨道过程中可能丢失原来的紧固件的所有部件或零件紧固到运载火箭或卫星本身的结构上，包括要破碎部件的剩余部分。
- 使用不会由于除气或可能导致产生碎片的其他环境状况，包括有关金属的表面处理而受损坏的适合于空间的材料。
- 确保整个卫星的所有结构紧固件和所有零件能够承受发射、放入轨道和随后作业的机械条件，以及能够保持结构的一致性。

法 国

[原件：法文]

法国提交材料的文本已合并到关于减少空间碎片技术的文件(A/AC.105/681)中去。

印度尼西亚

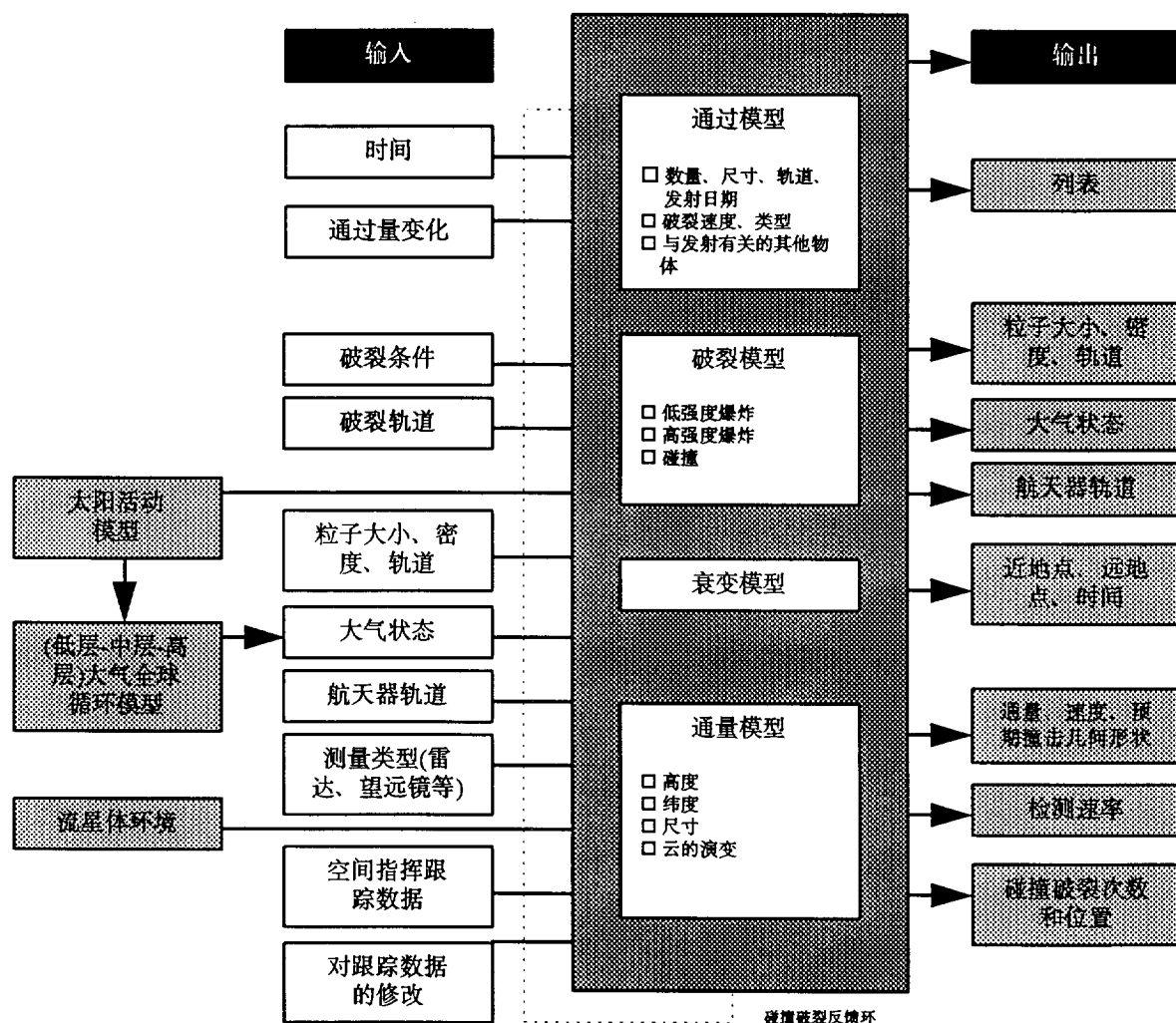
[原件：英文]

印度尼西亚政府非常重视空间碎片及其相关方面的问题。针对这一问题，印度尼西亚

* 答复按收到时的原样转载。

亚现在正研制一个印度尼西亚轨道碎片监测系统(IODMS)，它包括四个主要模型：通过模型(TM)、破裂模型(BM)、衰减模型(DM)和通量模型(FM)。IODMS 是专门用于人为空间碎片的监测模型，但它考虑了自然空间碎片信息(图一)。

图一. 印度尼西亚轨道碎片监测系统发展计划



目前印度尼西亚轨道碎片监测系统正在研制之中。该系统最后四项输出内容将成为空间碎片减少方案以及国家空间政策包括关于空间碎片的影响的政策的主要投入。

轨道碎片将成为一个环境问题，不可避免地需要模型和测量去理解这一新环境。这些模型和测量在许多方面与理解行星际流星体环境采用的模型和测量是相同的。流星体和轨道碎片研究者都可以并且已经从共享数据和模拟技术中受益。

IODMS 将生成有关轨道碎片的如下信息：

- 通过清单
- 粒度、密度、轨道
- 大气状态
- 航天器轨道
- 近地点、远地点和时间
- 通量、速度、预期撞击几何学
- 探测率
- 碰撞破裂的次数和地点

基于生成的上述信息，就可以制定关于(防止和减少)空间碎片及其有关方面的空间方案。

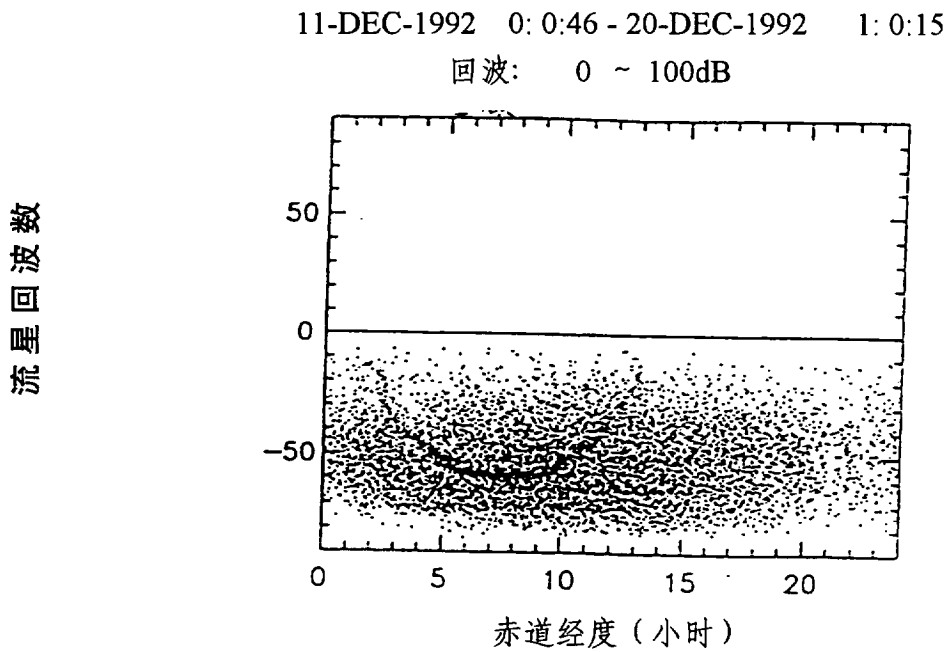
IODMS 的开发状况仍是一个基本概念，具有软件、硬件和人力资源方面的有限能力。所述能力除其他之外特别包括：太阳活动模型和大气全球循环模型、流星体环境模型、测量仪器(例如流星风雷达、MF 雷达、风剖面雷达、边层雷达、光学瞄准镜)和在开发模型方面富有经验的科学家。上述模型的输出内容和用这些仪器获取的观测数据将成为 IODMS 的输入内容。印度尼西亚科学家将通过综合现有技术或发展自己的技术来开发必要的模型。目前，印度尼西亚已具有开发通量模型、衰减模型和通过模型的必要的知识和专有技术，但在开发破裂模型，尤其是爆炸强度包括低强度和高强度爆炸方面能力仍很有限。

模型预测，在低地球轨道的某些区域，轨道碎片环境可能超过流星体环境。观测已证实了这种预测，并表明其影响依瞄准方向和尺寸标准而定。观测还发现了没有预测到的碎片源。

根据印度尼西亚现有的观测，有迹象表明 1992 年 12 月 11 日至 20 日印度尼西亚区域南半球上空曾出现“空间碎片雨”(图二)。1992 年和 1993 年的流星回波数也表明了这种迹象(图三)。几个探测到的峰值与任何已知的流星雨都没有关系。根据经度与纬度面的回波分布(图二和图三)，对这些峰值图样的最可能的解释是人为碎片。不幸的是，没有有关这期间发射活动的信息资料。需要进行涉及轨道监测系统的进一步调查以证实这一结论。

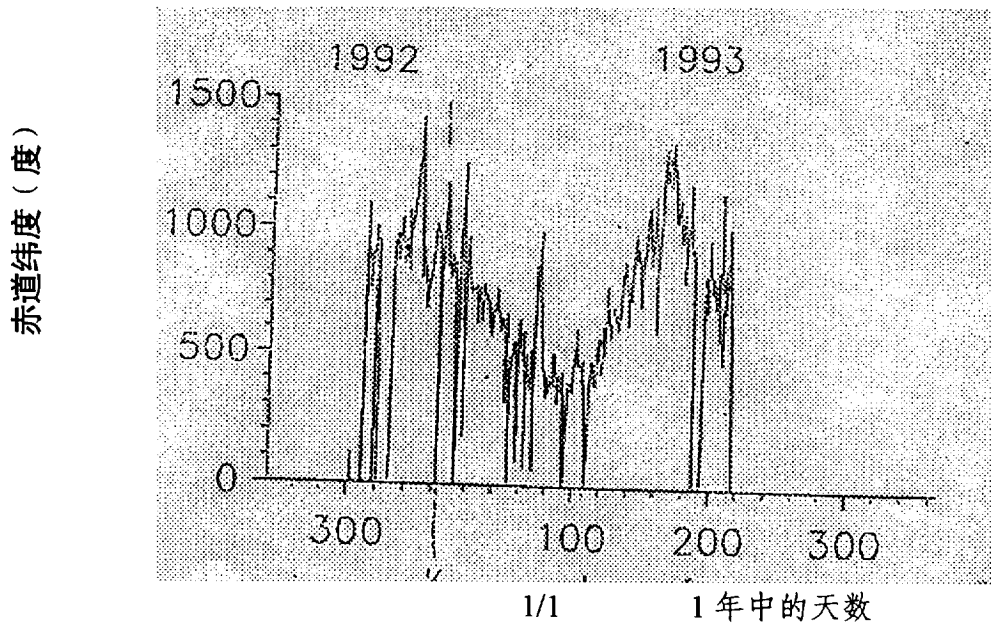
一个日益加强的测量方案对于理解和控制将来轨道碎片环境的增长至关重要。为了发展这一计划(IODMS)，印度尼西亚共和国政府邀请人们在减少轨道碎片及其负面影响方面进行合作和/或数据/信息资料交换。

图二. 纬度与经度面的回波分布



经度-65° 和-70° 周围两条直线回波分布被怀疑是人为空间碎片。

图三. 短暂时间的流星回波数



短暂时间的流星回波数，从印度尼西亚塞尔彭用流星风雷达观测。几个探测到的峰值与任何已知的流星雨无关。

日 本

[原件: 英文]

A. 引言

日本政府空间活动委员会(SAC)在 1994 年 7 月发表的《日本空间长期设想》报告中,阐明了日本关于空间碎片的如下政策:“日本将致力于开发产生尽可能少的空间碎片的系统”。¹ 根据这一政策,日本空间活动委员会于 1996 年 1 月 24 日修订了《日本空间活动基本政策》。² 它载有日本第一个关于保护空间环境的政策声明。

日本宇宙开发事业团(NASDA)从 1985 年起意识到空间碎片碰撞的危险并开始对此进行研究。从 1991 年到 1993 年,与日本航空和航天科学协会(JSASS)合作进行了最为广泛的研究。

自 1990 年日本航空和航天协会创建空间碎片研究组,便已开始进行有系统和有组织的活动。³ 该研究组由来自各有关的航天组织和企业的 30 多名成员组成,它于 1992 年 1 月发表了一份临时报告,并于 1993 年 3 月发表了最后报告。这些报告所列某些建议已由新成立的两个日本航空和航天科学协会研究组进行持续的研究。

日本(日本全国宇空实验室、日本宇宙开发事业团、日本宇宙航天研究所和其他有关的航天组织)从 1992 年起也一直是机构间空间碎片协调委员会(空间碎片协委会)成员,并通过空间碎片协委会、宇航联合会、空间研委会和其他国际和国内会议进行的信息交流和讨论,对碎片进行了研究。

本报告是日本最近有关测量、数据库、减少空间碎片和碎片防护活动的简要概述。

B. 测量和检测

1. 空间飞行器飞行后分析

日本航空和航天科学协会、全国宇空实验室和其他组织正在共同研究空间飞行器(SFU)飞行后分析工作。空间飞行器是一种无人的、可多次使用的、指向太阳的、以三个轴平衡的卫星。是日本制造的第一颗同类卫星。其形状呈八角形,直径 4.46 米,长 3 米,重约 4 吨。它于 1995 年 3 月 18 日由 H-II 第三次飞行发射,并于 1996 年 1 月 13 日由 STS-72 航天飞机收回。它位于高度为 500 公里、倾斜角为 28.5 度的环形轨道内工作。撞击勘测的初步结果概述如下:^{4、5}

- 在目视勘测中观测到直径大于 200 米的撞击 337 处

- 在对某些表面的高分辨率勘测中观测到直径大于 200 米的撞击 180 处
- 最大的撞击位于红外望远镜多层绝热板(MLI)上, 孔眼直径为 4.5 毫米。

全国宇空实验室将继续进行详细的勘测, 所有数据都将公布于众并按照空间碎片委员会规则存档。可通过全国宇空实验室网址(<http://www.nal.go.jp>)访问数据库, 该数据库将不断被更新。⁶

2. 操纵器飞行示范(MFD)评估空间环境及其对材料的影响(ESEM)

1997 年 8 月在航天飞机 STS-85 飞行中进行了日本实验舱(JEM)第一个日本机器人臂的飞行示范试验, 称为操纵器飞行示范(MFD)。日本宇宙事业开发团与美国航天局兰利研究中心合作进行了 MFD 的 ESEM 试验。一个安装在航天飞机有效载荷舱内 MFD 实验装置顶部的宇宙尘收集器, 按照航天飞机飞行方向被照射了大约 50 小时。现在正在进行飞行后分析。

3. 关于在轨碎片观测卫星的系统研究

自 1996 年 9 月起, 日本航空和航天协会与日本宇宙事业开发团合作, 研究了在轨碎片观测卫星用的一种光学测量系统。该研究的目的是确定决定地球静止轨道附近小型碎片轨道的小型卫星系统的必要要求。报告包括以下内容:⁷

- 适合碎片观测卫星的轨道的设计
- 提高观测精确度的方法
- 用于观测的详细光学设计
- 航天器数据处理系统用的模拟板模型(BBM)规格的研究
- 地面数据处理系统用的 BBM 规格的研究
- 观测卫星用的 BBM 规格研究。

C. 模拟和数据库

日本宇宙事业开发团已采取步骤开发一种称为空间碎片轨道分析试验系统(DOANATS)的空间碎片数据库系统。DOANATS 由两个子系统组成。一个是数据库子系统, 它累积空间物体的轨道数据; 另一个是对这些轨道数据进行分析的子系统。

数据库子系统从戈达德空间飞行中心远程公告牌系统的美国两行基本数据中采集轨道数据。每一物体的返回时间由轨道分析子系计算, 并由数据库子系统登记。

轨道分析子系统包括确定每一空间碎片危险的下列四项功能。

- 返回预测功能, 估计空间碎片返回地球大气层的时间
- 碰撞分析功能, 检测有较大危险与某些空间系统碰撞的空间碎片

- 碎片分散模拟程序，模拟由爆炸或空间物体碰撞产生的碎片的轨道表现
- 轨道分析功能，提供对于空间碎片研究人员分析轨道数据有用的一些工具。

D. 防护

日本宇宙事业开发团已用一支双级氦光气枪进行了一系列碰撞试验，以便为设计日本实验舱实心 Whipple 缓冲板和用于日本实验舱遥控系统臂的碳纤维增强塑料管。⁸ 全国宇空实验室已与三菱重工株式会社和中国化工合作进行聚能药包试验。药包直径 7.0 厘米，长 14.7 厘米。护面层角度 30 度。铝护面层厚度 2.1 毫米。铜限燃层有一个直径 15 毫米的孔，这是通过既有限燃层法又有活性板法的强度参数研究挑选的。使用这一限燃层，就得到不带牵引喷口的单缸喷口。叶端喷口的质量约 1.9 克，而得到的速度约为 10.6 公里/秒。⁹ 第二届欧洲空间碎片会议¹⁰ 介绍了数字结果和实验结果之间的比较。全国宇空实验室和三菱重工正计划为日本实验舱撞击试验而精制限燃聚能药包。

E. 减少碎片

1. 标准

日本宇宙事业开发团于 1993 年开始研究制定空间碎片减少标准。该项研究是与美国航天局约翰逊航天中心轨道碎片研究项目合作进行的，以确定指导原则和制定使美国航天局方案符合这些指导原则的标准。

日本宇宙事业开发团碎片减少标准草案多次提交空间碎片协委会，以便与其他组织协调，该草案也经日本航空和航天科学协会¹¹ 和日本宇宙事业开发团审查。最终日本宇宙事业开发团于 1996 年 3 月 28 日制定了“日本宇宙事业开发团空间碎片减少标准”(NASDA-STD-18)。¹² 详细的日本宇宙事业开发团标准已提交联合国和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会。¹³ 在制定日本宇宙事业开发团的标准之前，美国航天局就制定了美国航天局安全标准 1740.14 “限制轨道碎片产生的指导原则和评估程序”。1996 年 5 月 19 日至 20 日在日本岐阜举行的第二十届空间技术和科学国际专题讨论会上比较了美国航天局和日本宇宙事业开发团的标准，¹³ 该比较表明，这两个标准具有同样的基本原则，尽管美国航天局标准是针对科学方面的，而日本宇宙事业开发团是针对工程方面的。

“日本宇宙事业开发团空间碎片减少标准”要求采取减少措施，限制在空间物体的发射、在轨运行期间和飞行任务后产生的轨道碎片。

该标准以下列概念为基础：

- 轨道环境恶化的最严重原因是由空间物体与大型物体碰撞、事故爆炸和故意毁坏引起的在轨破裂

- 由于自然力量不能清除地球静止轨道(GEO)的碎片, 保护地球静止轨道的环境尤为重要

- 由于低地球轨道(LEO)对于各种飞行任务如地球观测和卫星通信有用, 保护低地球轨道的环境也很重要。

由于上述概念, 该标准包括下列减少碎片措施:

- 在飞行任务之后将航天器和上级装置钝化
- 在飞行任务之后将航天器从地球静止轨道重新放入其他轨道
- 重新把空间物体放置在地球静止转移轨道(GTO), 以防止在地球静止轨道与空间物体碰撞
- 尽量减少航天器和空间物体正常运行期间释放的碎片
- 在飞行任务之后将航天器从低地球轨道清除出去。

2.. 执行和实践

在制定 NASDA-STD-18 之前, 日本宇宙事业开发团曾认真地考虑研制空间系统以减少产生的轨道碎片。

H-I 和 H-II 运载火箭上级装置设计能不产生工作碎片和防止由残余能量引起的在轨破裂。它们还具有在分离有效载荷之后重新助推的功能, 该功能能有效地避免对有用轨道的长期影响。地球静止轨道卫星的设计和操作也能够在飞行任务结束时进行重新放入轨道操纵, 以保护地球静止轨道环境。

F.. 结论

为了保护空间环境, 日本将进行先进的研究和开发活动, 这些活动重点放在基于由先进的 H-II 运载火箭和 HOPE-X 技术的开发成果获得的新颖设计概念的、新的完全可重复使用的运输飞行器上。¹不用说, 保护空间环境免受空间碎片的影响, 对于确保人类目前和将来的空间活动是必要的。在空间碎片问题仍然可以控制且处理空间碎片的成本相当低的时候, 我们有必要现在就采取行动。

注

¹ “创建新世纪的空间年代”, 《空间活动委员会日本空间远期设想报告》, 1994 年 7 月。

² 《日本空间活动的基本政策》, 1996 年 1 月 24 日修订。

³ S. Toda, “日本空间碎片研究的一些题目”, 联合国和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会第三十四届会议, 1997 年 2 月。

⁴ M. J. Neish 和其他人, “微流星体和空间碎片对空间飞行器的撞击及其材料的超

高速撞击校准”，ESA SP-393，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，1997年5月，第177-182页。

⁵ M. J. Neish和其他人，“对空间飞行器多层绝热板的超高速撞击损坏”，空间环境材料专题讨论会，1997年6月16日至20日，法国图卢兹。

⁶ S. Deshpande和其他人，“空间飞行器微流星体和空间碎片撞击档案”，第七届太平洋流域协会国际空间会议，1997年7月15日至18日，日本长崎。

⁷ “用于在轨碎片观测系统的精密光学测量系统的详细研究报告”(日文)，日本航空和航天科学协会，1996年3月。

⁸ K. Shiraki、F. Terada和M. Harada，“微流星体和轨道碎片防护方面的日本实验舱设计进展”，96-m-21，第二十届空间技术和科学国际专题讨论会，日本岐阜，1996年5月19日至25日。

⁹ M. Kobayashi和其他人，“用聚能药包进行超高速撞击试验的研究”。

¹⁰ M. Katayama和其他人，“通过聚能药包形成喷口及其穿入缓冲目标的数量研究”，ESA-SP-393，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，1997年5月，第411-416页。

¹¹ R. Reynolds、A. Kato、J. Loftus和D. Kessler，“限制产生轨道碎片的指导原则和评估程序”，96-m-15V，第二十届空间技术和科学国际专题讨论会，日本岐阜，1996年5月9日至25日。

¹² 空间碎片减少标准(日文)，NADSA-STD-18，1996年3月28日。

¹³ A. Kato，“日本宇宙事业开发团空间碎片减少标准”，联合国和平利用外层空间委员会科学技术小组委员会第三十四届会议，1997年2月。

瑞 典

[原件：英文]

瑞典自己没有进行任何有关空间碎片的国家研究，但支持联合国、欧空局和其他论坛内进行的活动。工业界(如萨伯爱立信航天公司)正在进行关于有效载荷分离系统的技术设计研究，以便减少产生新的碎片。

大不列颠及北爱尔兰联合王国

[原件：英文]

联合王国在处理空间碎片问题方面发挥着积极作用。它有一个审查碎片各方面问题的全面研究方案，并且在国家一级通过联合王国协调小组，在欧洲一级通过欧空局，及在国际一级在机构间碎片协调小组和和平利用外层空间委员会全面参与。这些方案由英

国国家航天中心进行协调。

1997年3月,英国国家航天中心共同主办了在欧洲空间业务中心举行的第二届欧洲空间碎片会议。联合王国向这次会议提交了19篇论文,论述从环境测量到模拟的所有碎片问题,并推荐实施这些程序的减少碎片实践和技术。这些文件载于欧空局编写的会议议事录¹。

联合王国参与碎片研究的组织进行的研究和编写的出版物介绍如下:

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很大贡献。除了参加第二届欧洲空间碎片会议之外,该小组还参加了1996年10月在德国举行的超高速撞击专题讨论会和1997年1月在巴黎举行的Euromir会议。

根据从检查来自长期照射设施的回收表面撞击形态取得的推断所遇到的微粒群的经验,该小组得以将这些能力推广到考虑其他回收物体,如哈勃空间望远镜太阳能电池阵列。过去的大量工作侧重于发生在电池阵列正面的由冲撞物引起的破坏,很少注意电池阵列背面的撞击形态。这项分析比较了215处实际空间撞击与在实验室模拟的41处撞击。在实际撞击中观测到的形态被实验室试验重现,从而可以推导出经验弹道极限关系。

这一分析被扩大到欧洲可回收装载系统(EURECA)电池阵列²,并总共测量了1350多幅撞击图像。撞击地点被按形态归类,从而得出累积通量大小分布情况。确定了将冲撞物尺寸与弹道极限联系起来的关系,对椭圆形撞击进行了调查。

实际撞击测量的一个重要因素是将观测到的撞击分布与根据环境模型预测的分布进行比较。更先进的模型表明碎片群在方向和时间方面的变化,而且与回收表面分析不同,专门的探测器如TiCCE(时间带捕捉笼实验)提供了一种比较流星体流模型和评估流星体偶现背景中的不对称现象的方法³,这是对自然和人造粒子群解密的重要部分。

除了确定空间遇到的粒子的撞击速度和方向,区别人造和自然物体的一个额外手段是确定冲撞物密度,对这两类物体而言,其密度是不同的。已经证明利用薄目标和厚目标的撞击关系,可以推出冲撞物的密度,这一方法可以用于长期照射设施和欧洲可回收装载系统时间带捕捉笼实验数据集⁴。这一分析已经帮助确定新的根据经验得出的关系,这些关系将冲撞物与在LDEF、MIR和欧洲可回收装载系统上观测到的表面损坏联系起来⁵。

人们越来越关注在1998/99年11月预期的流星暴期间,狮子座流星体群可能对运行的航天器产生的影响。空间科学组确定,狮子座流星群的特点及其到达地球轨道有可能产生或引起放电期。该组密切参与了1993年由英仙座流星群的撞击可能导致的奥林普斯卫星丢失的调查,并得出结论说,在本世纪末预计的狮子座流星群高峰期间有可能发生几起灾难性事件⁶。

在不同时间访问不同轨道的航天器的数据集,允许比较不同的飞行条件,更全面的

碎片群特点和有待推导出的撞击损坏。当与在实验室进行的撞击模拟比较时，可以更清楚地了解由微粒产生的对卫星系统的潜在危险⁷。

该组在研究和发射探测微粒群的在轨探测装置方面具有长期传统。DEBIE(碎片在轨评估装置)就是这样一种探测装置。DEBIE 仪器将压电传声器与撞击等离子探测和反射板穿透合并在一起。它是一种低成本装置，适合在任何航天器上飞行，因此可以提供对运行的航天器使用的轨道上不断变化的微粒环境进行绘图和监测的能力⁸。设计的多方面适用性和资源要求低，使其既适合地球轨道飞行任务也适合行星际空间⁹。

对于地球轨道空间碎片或微流星体明显过多通量的来源和性质仍在进行讨论。空间科学组对可能的捕捉过程进行了广泛的检查，行星际通量可能由于这些过程被重力/大气捕捉到地球轨道。这些研究表明，太阳对这些捕捉过程有较大影响，太阳角和太阳活动周期的变化可能非常重要¹⁰。

在位于对运行的航天器具有重要意义的高度的流星体群和碎片群进行的重要比较，使设计者能够采用适当的防护策略。空间科学组揭示，在 500 公里及以下高度，微流星体要比人造碎片更为普遍¹¹。

开始受到更大关注的一个问题是作为原始冲撞物撞击航天器表面的结果而射入轨道的二级碎片群。这一问题不仅对于在环境模型内表示新的来源很重要，而且对于确保当二级撞击点与原始撞击点混在一起时从回收表面分析推出的碎片群不被高估也很重要。空间科学组已从分析哈勃空间望远镜太阳能电池阵列确定了这一二级冲撞物现象¹²。

B.. 伦敦大学

作为对肯特大学空间科学组的补充，伦敦大学 Queen Mary and Westfield 学院的小组正在开发表示在空间遇到的微碎片源的模型。这同时涉及紫外线降解、原子氧腐蚀和超高速撞击。正在开发经验模型，以确定随轨道高度和倾角变化存在于空间的微碎片数量、在轨期限、航天器表面材料和遇到的外部空间环境¹³。

这项工作得到表示轨道上不同碎片群的碰撞动力学和频率的新技术研究的支持。最有前途的方法是直接模拟蒙特卡洛方法，该方法采用了稀薄气体计算中得到的技术。用这一模型方法预测的推导环境与在小型冲撞物长期照射设施上观测到的通量显示出非常一致¹⁴。

C.. 南安普敦大学

南安普敦大学集中力量研究较短时间框架内的碰撞事件和危险分析。一套称为空间碎片模拟程序集¹⁵的制作模型方案审查碰撞或爆炸引发的破裂和产生的碎片群的短期演变。通过将一种综合办法用于概率连续动力方法，该软件能够跟踪产生碎片的轨道，以确定与其他物体碰撞的可能性，并在要发生碰撞时，确定预计的损坏程度。

该模型已用于进行运载火箭和轨道监测/遥感平台破裂的邻近分析。可以获取最好地选择运载火箭上级装置的驻留轨道和处理轨道的明确的经验教训,以便把破裂产生的碎片对附近财产造成碰撞危险的可能性降到最低程度¹⁶。

该方法还被进一步用于低地球轨道 800 颗卫星组成的卫星群这一新情况。该项研究考虑了由碰撞引发的破裂和爆炸的可能性。目的是确定一个卫星群平面内一颗卫星的丢失(破裂)会导致同一或邻近平面一颗卫星的丢失,并可能引发该系统内的碰撞级联的概率。很明显,卫星群的设计、卫星的数量、平面分布、轨道高度和倾角、定相和卫星大小是所涉及的主要参数¹⁷。

D. 马特拉马科尼航天公司

联合王国工业界已开始认识到在方案设计阶段处理碎片的重要性,以便把在平台配置中纳入与碎片有关的部件的成本降到最低程度。人们认为,至关重要的是要有一个旨在理解超高速撞击的基本物理过程及其与实用航天器材料的关系的理想科学方案。马特拉马科尼航天公司利用肯特大学空间科学组的经验,以理解太阳能阵列电池材料是如何对超高速撞击作出反应的¹⁸。

在皇家研究员协会的支持下,马特拉公司的工作人员与美国航天局专家合作研究一些基本的撞击过程。利用轻气体枪和有关诊断的综合试验方案,被用于精确地描述二次抛出物的速度分布¹⁹。在理解太阳系内星体形成方面,这一研究也对行星群很有意义²⁰。马特拉公司还与法国国家航空及航天局无线电技术研究公司合作进行超高速撞击模拟,以便区分由椭圆形冲撞物产生的撞击点形态和由倾斜入射球形冲撞物产生的撞击点形态²¹。

E. 世纪动力公司

世纪动力公司通过研制 AUTODYN-2D™ 爆炸流体动力学区的计算机程序,具有研究超高速撞击过程的独特能力。该公司与肯特大学空间科学组联合,进行一项试验方案以比较脆性材料对各种超高速撞击条件的反应。这项工作非常重要,因为它允许进行比较,以评估爆炸流体动力学区的计算机程序模拟结果的准确度,而且提供了一种工具,设计人员利用它可以开始调查典型航天器材料对碎片和流星体撞击的反应²²。

使用爆炸流体动力学区的计算机程序模拟超高速撞击的问题之一是这一解决方案需对计算机集中使用,必须实现效率和精确度之间的平衡,以便确保计算成为航天器设计的实用而可行的工具。世纪动力公司已用大量时间和专门知识,寻找专为具体应用程序设计的最适当方法的和解决方案²³。这种分析还包括考虑使用专门设计的处理器²⁴。世纪动力公司正与防务评估和研究局合作,开发光滑粒子流体动力学方法,以解决无格栅技术更为适宜的撞击情况²⁵。

F. 防务评估和研究局

防务评估和研究局负责联合王国空间碎片研究的技术协调。此外，该局还开发了几种软件分析工具。

第一个是一套称为 **IDES**(集成碎片演变程序集)的软件，该软件能够对对航天器将来遇到的碰撞危险进行评估。它能够模拟所有发射和轨道活动，包括碰撞、爆炸、分离和脱落。它还能够模仿进入空间环境的物体，并考虑引力摄动、大气阻力的影响与太阳和月球的影响。已进行了一项综合试验方案，以确保预测与观测非常一致。利用对大型物体的雷达跟踪数据和对小型物体的回收表面分析，发现预测和观测之间具有良好的相关性²⁶。

从与实际数据的良好对比中所产生的信心，鼓励 **IDES** 的使用者使用它进行预测。这使得人们可以确定对将来所计划的系统的撞击。已在一系列研究中对低地球轨道卫星通信系统对轨道中碎片增长的影响进行调查²⁷。业已证明，大量新卫星与背景碎片群结合在一起，将大大提高轨道上物体的增长率。另一点也很明显，即卫星群本身将成为碰撞的牺牲品²⁸。

作为对这一环境模拟工具的补充，正在开发一种称为 **PLATFORM** 的危险/设计工具，以便合成预测的碎片群数据，配置的卫星确保能够承受与这些物体的碰撞。该方法把卫星表示为各个部件的组合，对它们的定位能够对卫星部件提供最大程度的保护²⁹。**PLATFORM** 模型利用称为 **SHIELD**³⁰ 的新组件，该组件利用成因算法，基于遇到的环境和设计限制因素如热和质量平衡来确定航天器的最佳配置。**IDES** 和 **PLATFORM** 组合在一起，就成为设计能够迎接将来空间碎片带来的技术挑战的卫星的强有力工具。

注

¹ ESA SP-393, 《第二届欧洲空间碎片会议》，欧空局出版司出版，欧洲航天研究和技术中心，荷兰诺德魏克，ISBN 92-9092-255-9，1997 年。

² M.K.Herbert 和 J.A.M McDonnell, “对欧洲可回收装载系统和太阳能电池陈列撞击的形态分类”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997 年 3 月 17 日至 19 日，ESA SP-393。

³ N. McBride、J.A.M.McDonnell、D.J.Garner、A.D.Griffiths, “IAU 处的流星体；模拟动力学和特征”，《欧空局为空间应用进行环境模拟专题讨论会议议事录》，欧洲航天研究和技术中心，荷兰诺德魏克，1996 年 9 月 18 日至 20 日，SP-392，1996 年 12 月。

⁴ D. J. Gardner、J.A.M.McDonnell, “来自薄目标和厚目标的流星体和碎片特征”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997 年 3 月 17 日至 19 日，ESA SP-393。

⁵ D.J.Gardner、N.R.G.Shrine、J.A.M.McDonnell, “从薄目标航天器穿透确定超高

速撞击冲撞物大小”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

⁶ J.A.M.McDonnell、N.McBride、D.J.Gardner，“狮子座流星群：航天器的相互作用的影响”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

⁷ D.Droshagen、W.C.Carey、J.A.M.McDonnell、T.J.Stevenson、J.-C.Mandeville、L.Berthoud，“哈勃空间望远镜太阳能电池阵列撞击调查：修订损害法律和残留物分析”，《空间研究的进步》，第19卷，第2期，第239-251页，1997年。

⁸ M.R.Leese、J.A.M.McDonnell、M.J.Burchell、S.F.Green、H.S.Jolly、P.R.Ratcliff、H.A.Shaw，“DEBIE-碎片在轨评估装置”，INNOCAP'97会议，法国格勒诺布尔，1997年3月。

⁹ M.R.Leese、J.A.M.McDonnell、M.J.Burchell、S.F.Green、H.S.Jolly、P.R.Ratcliff、H.A.Shaw，“DEBIE-一种低成本尘埃环境监测装置”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

¹⁰ J.A.M.McDonnell、C.R.Cook，“为航空捕捉行星际尘埃进行的低地球轨道粒子寿命研究”，1996年空间研委会会议，提交《空间研究的进步》。

¹¹ J.A.M.McDonnell、P.R.Ratcliff、S.F.Green、N.McBride、I.Collier，“低地球轨道高度的微粒子群：最近的航天器测量”，《Icarus》，第127卷，第55-64页，1997年。

¹² A.D.Griffiths、J.A.M.McDonnell、G.Droshagen，“太阳能电池阵列表面撞击散裂产生碎片：来自哈勃空间望远镜的结果”，《空间研究的进步》，第19卷，第2期，第253-256页，1997年。

¹³ J.Stark、A.Nombro、R.Walker、R.Crowther，“由原子氧撞击导致碎片产生的模型”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

¹⁴ L.Q.Wang、J.P.W.Stark，“直接模拟蒙特卡洛空间碎片模拟及与长期照射设施实验的比较”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

¹⁵ S.P.Barrows、G.G.Swinerd、R.Crowther，“审查碎片云模拟技术”，《航天器与火箭杂志》，第33卷，第4期，1996年7月-8月。

¹⁶ S.P.Barrows、G.G.Swinerd、R.Crowther，“评估目标在遇到碎片云后的存活程度”，《空间论坛》，第1卷，第329-353页，1996年。

¹⁷ G.G.Swinerd、S.Barrows、R.Crowther，“使用空间碎片模拟程序集对有800颗卫星的卫星群进行碎片危险分析”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

¹⁸ M.K.Herbert、J.A.M.McDonnell，“对欧洲可回收装载系统和太阳能电池阵列撞

击的形态分类”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

¹⁹ M.J.Cintala、L.Berthoud、F.Hortz、R.K.Peterson、G.D.Jolly，“在撞击实验期间测量弹射速度的方法”，《第二十八届月球与行星科学大会议事录》1997年3月17日至21日。

²⁰ L.Berthoud、M.J.Cintala、F.Horz，“确定来自粗粒沙坑的抛出物速度”，《第二十八届月球与行星科学大会议事录》，1997年3月17日至21日。

²¹ L.Berthoud、J.-C.Mandeville，“区别倾斜入射和非球形入射粒子撞击”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

²² E.A.Taylor、C.J.Hayhurst、K.Tsembeis，“用 Johnson-Holmquist 脆性材料模型在钠钙玻璃上对空间碎片超高速撞击进行爆炸流体动力学区计算机程序模拟”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

²³ N.K.Birnbaum、M.Cowler、C.J.Hayhurst，“用 AUTODYN 进行撞击的数值模拟”，《第二届撞击工程学国际专题讨论会议事录》，北京，1996年9月，将在中国机械杂志出版社出版(C.Y.Chien 编辑)。

²⁴ H.J.P.O'Grady、C.J.Hayhurst、G.E.Fairlie，“用 AUTODYN-2D 和 AUTODYN-3D 对弹头、撞击和爆炸波现象进行数值模拟”，《南非弹道学专题讨论会议事录》，南非斯泰伦博希，1996年11月。

²⁵ R.A.Clegg、J.Sheridan、C.J.Hayhurst、N.J.Francis，“在 AUTODYN-2D 上将光滑粒子流体动力学技术应用于对多层土壤和混凝土目标的穿透物撞击”，《第八届军需品与结构的相互作用国际专题讨论会议事录》，1997年4月22日至25日，美国弗吉尼亚。

²⁶ R.Walker、R.Crowther、V.Marsh、P.H.Stokes、G.G.Swinerd，“IDES 模型预测与碎片测量数据之比较”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

²⁷ R.Walker、R.Crowther、G.G.Swinerd，“在低轨道碎片环境中工作的卫星群的长期影响”，《空间研究的进步》，第19卷，第2期，第355-358页，1997年。

²⁸ R.Walker、R.Crowther、V.Marsh、P.H.Stokes，“卫星群及其对低地球轨道碎片环境的长期影响”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达姆斯达特，1997年3月17日至19日，ESA SP-393。

²⁹ P.H.Stokes、R.Crowther、R.Walker、G.G.Swinerd、F.Aish，“用 PLATFORM ——一种新的软件程序模拟碎片和流星体对空间平台的撞击”，《空间研究的进步》，第19卷，第2期，第365-368页，1997年。

³⁰ P.H.Stokes、R.Crowther、V.Marsh、R.Walker，“一种用成因算法优化卫星防护和配置的新方法”，《第二届欧洲空间碎片会议议事录》，欧洲空间业务中心，德国达

姆斯达特， 1997 年 3 月 17 日至 19 日， ESA SP-393。

来自国际组织的答复

国际法协会

[原件： 英文]

在和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会届会上将提供国际法协会呈递材料的全文。

国际通信卫星组织

[原件： 英文]

A.. 引言

通信卫星组织采取自我强加的政策和程序，以便停运“使用过的”卫星和防止空间碎片的生成。现有的关于一般卫星设计、发射业务、卫星业务、卫星异常和卫星停运的政策和程序说明如下。

B.. 一般卫星设计

- 通信卫星组织采购文件具体说明使转移轨道部署和在轨运行期间的除气和碎片生成达到最少的设计。
- 通信卫星组织利用独立的不产生空间碎片的卫星设计。
- 在可能的情况下，卫星上配备测量装置，以测量推进剂排空的条件。

1.. 发射业务

- 与美国空间指挥部/北美航空防务指挥部保持对话，通信卫星组织在得到请求时提供发射信息和轨道参数。

2.. 卫星业务

- 保持详细的卫星推进剂预算，包括所有操纵的记录。应用数学模型计算推进剂的使用情况和预测剩余的储备。这些模型将与飞行数据一起不断更新。

- 采用推进剂不确定性余量，以使卫星上推进剂储备“保持原水平”，并保证卫星不在轨道上搁浅。
- 使用多个地面站跟踪和指挥卫星，以便在轨运行或紧急状态期间提供充分的冗余度。
- 连续监测卫星遥测，并与预设极限进行比较。将利用警报警告地面人员出现的任何异常。
- 连续监测电池容量和电力子系统情况。在注意到低电池或电力状态时将采用紧急程序“减少载荷”。
- 拥有应变计划和程序以作出紧急反应，有待命工程人员可以进行 24 小时即时咨询。
- 通信卫星组织在轨道重新配置期间遵守标准协议，并与其他卫星所有者/经营者协调所有活动。

3.. 卫星异常

- 应变计划要求对有可能在对地同步轨道弧圈搁浅的任何卫星立即进行轨道提升和停运。卫星工程支持和工艺部主任有权做出这一决定；不需要其他审批或授权。

4.. 卫星停运

- 在停运时，所有卫星被置于安全，无源方式。这包括作为轨道提升一部分的推进剂系统的减压和通风、蓄电池放电及关闭所有射频装置，以排除对任何其他卫星所有者/经营者的干扰。
- 对于较旧的卫星，将使其保持足够的推进剂，以把停运轨道提升到至少高出对地同步轨道 150 公里的高度。这一操作通常是分几个部分在几天之内完成的，以保证有一个好的驻留轨道。对于从 INTELSATVI 开始的较新的卫星，采用至少 300 公里的停运高度。由于推进剂预算比较保守，卫星通信组织一般要超出目标停运高度。