A

联合国 大会

Distr.
GENERAL

A/AC.105/593/Add.1
24 January 1995
CIHIESE
ORIGINAL: ENGLISH

和平利用外层空间委员会

各国研究空间碎片的情况

核动力卫星的安全

核动力源同空间碎片碰撞的问题

秘书处的说明

增 编

秘书长于1994年 7月13日向全体会员国发出了一份普通照会，请它们介绍各国研究空间碎片的情况、核动力卫星的安全和核动力源同空间碎片碰撞的问题的资料。

本文件载有1994年12月 1日至1995年 1月12日间自会员国处收到的答复中所提供的资料。

目 录

	页 次
已收到的会员国的答复.....	2
德国.....	2

V.95-50495 H44

已收到的会员国的答复

德国

[原件：英文]

由于认识到空间碎片是一个使所有从事空间活动的国家日益感到十分关切的问题，联合国和平利用外层空间委员会(外空委员会)科学和技术小组委员会1994年开始将这一议题作为一个单独的议程项目进行审议。 德国对于这一步骤表示欢迎，因为德国出席联合国（外空委员会）的代表团在整个有关核动力源的辩论中一直在协助这一重要步骤的筹备工作。

德国愿意为空间碎片这一议程项目项下的讨论作出重要贡献。 在这方面，德国在科学和技术小组委员会1994年届会期间曾作了题为“空间碎片——对科学和技术方面的审查”的专题介绍。德国还将继续就这一领域中的国家研究活动提交年度报告，最近的一次报告载于1994年 2月23日文件A/AC.105/565/Add.2中。本文件报告自那时以来所做的工作。

为了涉及范围广泛的空间碎片领域中的德国研究活动，德国航天局（德空局）举办了年度讲习班[1]来交流最近的研究成果和拟订德空局空间碎片战略。 这一战略的提纲载于本报告第一部分。

德国研究活动既有纯粹由本国自己开展的，也有在同欧洲航天局(欧空局)欧洲航天研究和技术中心和欧洲空间业务中心订立的合同项下筹资的。 由国家筹资的研究活动主要集中于：(a) 不伦瑞克技术大学航天技术和核反应堆研究所；(b) 在德空局和欧空局授予的合同项下由应用科学研究所进行。

下面简要介绍这两个机构所做的工作：

(a) 在不伦瑞克技术大学航天技术和核反应堆研究所继续开展了造型和模型检测活动以及利用模型评估缓减措施的研究，不过由于德空局财政的限制水平有所下降。 今后飞行用的更详细的运送模型和为缓减措施采取的各种时间步骤已体现于支持德国促进这一领域中国际讨论的积极态度的模型之中。 技术大学航天技术和核反应堆研究所为欧空局设立流星体和空间碎片地面环境参照模型的工作已顺利完成。 这一新的三维模型将于1995年初向用户提供；[2,3,4,5]

(b) 在应用研究所进行的与空间碎片有关的研究，主要目的在于研究和开发

在低地轨道、地球静止轨道、地球静止转移轨道对空间物体进行探测、分类和确定的雷达技术和分析方法。[6,7,8] 某些空间物体的雷达测量数据是利用跟踪和成象雷达在跟踪操作方式下取得的。 利用这些数据可以推算出各种物体特性，如大小、形状、量纲、本征运动、质量、轨道和轨道寿命等。在波束区操作方式下对规定的空间体积进行雷达观测，可以得到有关总体密度的数据。 可以通过同空间碎片环境模型的结果的比较来检测这一模型的资料的准确性。 这些活动主要由德空局和欧空局／欧洲空间业务中心提供经费。

更详尽的资料见下文A、B两节。

A.德国航天局的空间碎片战略

在过去，德国几乎参与了所有碎片活动领域中的工作，这倒并不只是因为德国在哥伦布方案中的领导地位决定的。 因此，已经积累了不少的专门知识和能力，而且德国也打算继续这样发展下去。 未来空间活动财政预算的削减，也要求拟订德国空间碎片活动的新战略。 这一战略分为国家活动和对欧空局活动及国际合作的贡献两方面。

由国家资助的特别领域按优先顺序分列如下：

(a) 开发校检方法：

(一) 调查研究碎片碰撞现象；

(二) 建立数据库以便对现有测试结果编目；

(b) 开发保护措施（保护系统和防止碰撞）；

(c) 开发避免碎片的战略。

将研究清除碎片的意见和构想，并提出自己的意见和看法。

这一做法还包括支持碎片监测、记录和模型制作，尽管这些活动属于国际合作，尤其是欧空局方案参与方面的范畴。 作为德国航天局的目标之一的同欧空局的密切合作，已自欧空局于1994年 3月 9日和 9月28日举行的空间碎片协调会议而见诸行动。

将继续开展美国国家航空和航天局（美国航天局）与德空局之间的合作，并将日益加强对其他双边和多边合作可能性的探索。

B.空间碎片造型和预防

空间碎片造型

评价空间碎片物体和轨道运行卫星间的碰撞风险，不仅对载人航天飞行还是对某些卫星来说，都是与安全有关的设计标准之一。 描述碎片群情况的可靠的数据库现在还只有针对碎片群中为数甚少的一部分物体——约7,300 种较大物体——的数据库，而对难以跟踪到的碎片群所构成的更大风险的说明，则还有待于碎片造型方面的情况而定。 这些模型以对所有在轨碎片的模拟为基础，并有一系列实际测量的支持。 欧空局流星体和空间碎片地面环境参考模型，目前正根据欧洲空间业务中心合同(10453/93/D/CS）在不伦瑞克技术大学航天技术和核反应堆技术研究所进行开发。 开发已进入最后阶段，定于1995年初最后完成这一模型并进行分发。 这一很方便的模型可向工程、科研或政界的用户提供大量背景资料。

欧空局流星体和空间碎片地面环境参考模型的目的在于说明地球的天然和人造徵粒环境的特征以及可对空间飞行构成的威胁。 模型以半确定性造型技术为基础，适用的尺寸在 100微米(0.1毫米）以上，在此范围内，碰撞物体可对航天器造成损害。 流星体和空间碎片地面环境参考模型可对围绕地球至地球同步轨道地区之间地区进行完全的三维描述，而且能回溯出所有参与物体的特征（来源、轨道、质量、大小）。曾利用一种以对按比例制作的顶级模型碎片飞散试验为基础的碎裂模型，来产生由所有已知在轨碎片形成的难以跟踪的碎片群（截至1993年7月为116种）。 在进行陆基测量时考虑到了碎片群中的可观察部分。 大于1厘米的物体（流星体和空间碎片地面环境参考模型便是如此造型的）的偏心率和倾角的分布情况表明，在60至65度、82度和 100度范围内的倾斜带物体占主要部分，这说明在这三个倾斜带中所有碎裂现象的主要部分所发生的情况．有相当多的物体——大都在60度至65度倾斜带之中——可在高偏心（ε >0.1)的轨道上观察到。

流星体和空间碎片地面环境参考模型的目的

流星体和空间碎片地面环境参考模型是根据设计最为有效的模型／用户接口的这一要求开发的，它既有已经提供的大量信息，又有可在个人计算机或工作站环境下操作的非常有效的储存和中央处理机时间应用。 模型由两部分组成，一

是轨道和通量信息充分的分析型应用，一是更快捷但略加简化的工程型应用。这两种应用都将以一单张光盘发行。 模型利用了一种向用户提供的非常复杂的、半确定性的碎片模型，对该模型的中央处理机时间和存储能力作了限制。 这一工具的目的是：

(a) 提供高分辨率的碎片和流星体通量数据。 分析型应用可提供有关于单一靶的碎片碰撞事件细节在内的大量信息，包括遭遇时的位置和几何形态，以及任何由用户界定的轨道上的碰撞碎片物体的来源。 同分析型应用不同的是，工程型应用仅限于近圆靶的轨道。 这两种应用都考虑到了椭圆碎片轨道。

(b) 提供简易的模型／用户接口。 整个模型包括简单的图形模块，可以图形表示标准模型的产出。 这套模型将以一张光盘发行。 它可在下列任何机种上运行MS-DOS个人计算机、MacIntosh个人计算机(系统7)、IBM RS 6000工作站(IBM AIX)和在 SUN OS 4.1.3(最好是SUN SPARC 10)版本下运行的Sun 工作站。将为模型的使用编写详细的介绍材料并以书面形式提供，补充说明文件则以光盘提供。 计划定期对模型进行更新，以照顾到碎片环境的发展变化情况。

(c) 可利用中央处理机进行有效的信息检索。以分析型应用对ERS-1 型轨道（太阳同步 780公里轨道）通量进行计算的基准测试所表明的性能是，在IBM RS 6000工作站(相当于SUN SPARC 10工作站) 上约为15秒，而在PENTIUM 66兆赫的个人计算机上则略慢一些。

(d) 提供简化模型升级和维护。 以前模型的问题在于，很少在模型中反映出根据地基观测或空间返回硬件的情况对碎裂模型或确定性数据库的改进。 流星体和空间碎片地面环境参考模型则可在必要时迅速而简便地实现这类改进。

流星体和空间碎片地面环境参考模型的应用特点

分析型应用将可有三种不同的选择，即：

(a) 开普勒轨道选择。这一选择可计算围绕用户定义的开普勒轨道的任何目标物体的碎片通量（工程型应用：又称流星体通量，标准输出是作为冲撞物质量 $\log_{10}(m_{imp})$、冲撞速度 v_{imp}、 冲撞方位角、冲撞仰角、目标旋转角u 和所有一阶导数：$d(F_{Deb})/d(\log_{10}(m_{imp}))$ 、$d(F_{Deb}/d(v_{imp})$, 、$d(F_{Deb})/d(\alpha_{imp})$ 和 $d(F_{Deb})/d(\delta_{imp})$ 的一个函数的碎片通量 F_{Deb}。α_{imp} 和 δ_{imp} 这两个角是按航天器水平面定义的。

(b) 惯性体积选择。这一选择可计算惯性固定器单位球体的碎片通量。这一选择的输入是单位球体的惯性固定位置，标准输出与开普勒轨道选择的相同（但

$F_{Deb}(u))$和 $d(F_{Deb})/d(u))$ 不包括在内）。

（c）观测台选择。这一选择可计算某一地球固定的视野锥区（如地面观测站）内的碎片通量。这一选择的输入是用户定义的观测位置、方向和视野锥区的开度角以及所希望的高度范围。这一选择的标准输出则是作为以下若干项的一个函数的碎片通量 F_{Deb}：物体质量 $\log_{10}(m_{obj})$、物体通过速度 v_{obj}（量及）、测距速率 $v_{\rho,obj}$（视线方向的速度分量）、正交速率 $v_{\perp\rho,obj}$（与 $v_{\rho,obj}$ 成正交的速度分量）、通过方位角 α_{obj}、通过仰角 δ_{obj} 和碎片通量 F_{Deb} 的有关导数。α_{obj} 和 δ_{obj} 两角是按与视线正交的平面定义的。

含有诸如轨道、源和标识符等与物体有关的数据文件可以有选择地生成，并可生成许多更进一步的统计数据。本模型表明，某一轨道上的航天器所接受的碎片通量与其高度和倾角有着密切的关系。可跟踪碎片群的通量表明了这一众所周知的事实：物体高度在800-1,000 公里左右和1,500 公里左右时通量最大。冲撞概率随着靶的轨道倾斜度的增加而增加，并在倾斜度为 100° 时达到每年每平方米 7×10^{-6} 次冲撞的最高值。大于1厘米的物体形成的通量约要大出20个因素。随靶的轨道半长轴变化的情况同10厘米碎片群时所观察到的情况相同，不过在7,350公里和 7,800公里处的截止要更缓和一些。 在倾斜度为 110° 左右时每年每平方米的最大通量约为 14×10^{-4} 冲撞次。

轨道碎片未来增加的情况和防止新碎片的产生

由于对轨道碎片问题的认识逐步提高，尤其是对碎片的空间和时间分布及今后的传播等的发展变化问题，因此将重点放在了这样一个问题上：可以采取些什么经济合理的措施来预防地球轨道上可能发生的冲撞级联效应呢？

为了对碎片缓减措施的必要性和有效性进行评估，最近几年以来已进行了一系列的研究（文件A/AC.105/565/Add.2）。 目前正在进行的一项研究是以上述分析为基础的，其重点在于以下几个问题：

（a）计划采取的实际碎片缓减措施。

（b）开发新的交通模型，这种模型应更切合以下几方面的现实：未来飞行任务的类型、发射、发射程序等，并且还要以面向实际的方式介绍碎片缓减措施的共同提供和利用的情况。

（c）对低地球轨道和地球同步轨道之间的高度地区坟场轨道的考虑。

因此，对一切有关的新的数据都将予考虑（例如表面冲撞数据、遥远碎片测

量、从地球上监测轨道碎片情况等）。 除了利用统计方法评价冲撞的长期级联效应的现有方法和计算机模拟外，将为中、短期分析而利用一种半确定性的方法。这种方法可对地球轨道中某些常用高度制（如700-900公里太阳同步斜倾等)进行深入的分析，包括对这些高度制的冲撞敏感性和碎片缓减措施的具体效力。

C.轨道碎片的雷达探测和测定

应用研究所跟踪和成象雷达主要用于研究飞机和卫星分类和识别的方法和技术。 跟踪和雷达成象有时还用于获取轨道碎片雷达数据。 为此目的而开发了两种操作方式：测量低地球轨道、地球同步轨道和地球静止转移轨道上某些物体的跟踪操作方式，以及收集规定的空间体积中空间物体群的数据的波束区操作方式。

跟踪和成象雷达由窄带跟踪雷达和高分辨率成象雷达组成。 两个雷达都由一个34厘米的抛物面天线支持。 以开发出了有关的方法和算法，以便分析窄带雷达特征、计算高分辨率雷达数据的雷达成象情况，并估算诸如大小、形状、本征运动、质量、轨道和轨道寿命等空间物体物体特性。 为了应用于中等规模的空间碎片，还需对这些方法和技术进一步加以改进和完善。[6,7,8]

空间碎片物理特征的确定

美国航天局／应用研究所联合开展了一项研究，（德空局合同1/90-5/95号），其目的在于对上述不同类型的破碎（如冲撞和爆炸引起的破碎）的参数进行特征说明和比较。 目前，已对30个(50厘米以上的)碎片物体和美国航天局轨道碎片校准球实验的六个金属球（直径为5厘米、10厘米和15厘米不等）的跟踪和成象雷达测量数据进行了分析。 这项研究的内容之一是对雷达有效截面测量数字进行分析，并同美国航天局从红外线、光学和雷达测量等有效方面获得的结果进行比较。[9,10]

中等大小空间碎片的雷达探测

欧空局一项研究(欧空局／欧洲空间业务中心合同2/93-12/94号)的主要目标是，研究如何修改跟踪和雷达成象系统的 L波段跟踪雷达，以便探测和跟踪低地球轨道上中等大小（范围在1-50厘米之间）的空间碎片。 从而改进和核查现有

空间碎片环境模型。

对寻找规定空间体积中较高范围的小目标的几种办法以及如何改进跟踪雷达信一噪比情况的办法进行了分析。 根据调查的结果，已研究出了一些有关硬件修改以及信号和数据处理算法要求的概念，以便在波束区操作方式下探测中等大小空间碎片的情况。[11]

对高风险空间物体重返的预测

目标是向联邦内政部提供有关重返通过区（时间和地面轨迹）的准确预测物体的姿态估计以及高风险空间物体重返期间的危险评估。 在合作协定的范围之内，应用研究中心向欧空局／欧洲空间业务中心提供有关高风险空间物体跟踪雷达测量数字，以支持欧洲重返预测。[12]

D.屏蔽和冲击分析

考虑到今后国际空间站方案欧洲贡献方面将要出现的新情况，德国在对屏蔽和冲击分析领域的活动有所压缩。

有几项研究是由欧空局／欧洲航天研究和技术中心供资的。 有两项研究由厄恩斯特·马赫研究所进行。 其中一项是调查加压容器在碎片冲击情况下受到灾难性破坏的条件。 另一项则与碎片对欧洲可回收系统的冲撞的试验模拟和哈勃空间望远镜有关系。 还有一项由欧空局／欧洲航天研究和技术中心同巴特尔研究所进行的研究，与改进超速模拟的特性装料技术有关。 这些技术用于较现实的碎片粒子形状的冲撞模拟，如质量为1克速度高于每秒1.1 公里时的柱形粒子。 除了使用特性装料技术、光气枪等外，还利用了厄恩斯特·马赫研究所的设施来定义可重现模拟试验。 德空局的一些由工业界资助的研究与加压容器空间碎片保护措施有关。

根据德空局的战略，还计划在冲撞现象分析和屏蔽措施方面进行更详细的调查。

注

[1]See the reports of the last two workshops by D. Alwes and K. U. Schrogl in Zeitschrift für Luft- und Weltraumrecht 1 (1993), pp. 83-88 and 1 (1994), pp. 74-79.

[2]H. Klinkrad, "Collision risk analysis of low Earth orbits", World Space Congress, 29th COSPAR meeting, Washington, D.C., September 1992 (paper No. B.8-M.2.07).

[3]H. Sdunnus and H. Klinkrad "An introduction to the ESA reference model", in Proceedings of the First European Conference on Space Debris, Darmstadt, Germany, April 1994 (ESA SD-01).

[4]H. Klinkrad, H. Sdunnus and J. Bendisch, "Development status of the ESA space debris reference model", 30th COSPAR meeting, Hamburg, July 1994.

[5]H. Sdunnus and others, "Application features of the MASTER debris model developed for ESA", 45th IAF Congress, Jerusalem, October 1994 (IAA-94-IAA.6.4.690).

[6]D. Mehrholz, "Space object observation with radar", in Advances in Space Research: Space Debris, vol. 13, No. 8, 29th COSPAR meeting (Plenary), Washington, D.C., August-September 1992.

[7]D. Mehrholz, "Potentials and limits of space object observations and data analyses using radar techniques", in Proceedings of the First European Conference on Space Debris, 1993 (ESA SD-01), pp. 59-64.

[8]K. Magura and D. Mehrholz, "Measurement and analysis techniques for satellite observations used at FGAN-FHP", FGAN-FHP Technical Report. 8-93 (Wachtberg-Werthhoven, December 1993).

[9]L. Leushacke and D. Mehrholz, "Determination of physical characteristics of space debris", Intermediate Reports 1-4, DARA Contract No. 50 ST 9003 (Wachtberg-Werthhoven, FGAN-FHP, 1991-93).

[10]L. Leushacke and D. Mehrholz, "ODERACS; intermediate summary of experiments and analyses at FGAN-FHP", ODERACS News Roundup, No. 8 (20 April 1994).

[11]L. Leushacke, and others, "Radar detection of mid-sized space debris", FGAN-FHP Technical Reports, 7-93, 6-94 (Wachtberg-Werthhoven, October 1994).

[12]D. Mehrholz and K. Magura, "Radar tracking and observation of noncooperative space objects by reentry of SALYUT-7/KOSMOS-1686", in The Reentry of Salyut-7/Kosmos-1686: Proceedings of the International Workshop, ESOC, Darmstadt, Germany, August 1991 (ESA SP-345).