



大 会

Distr.
GENERAL

A/AC.105/542/Add.2
19 February 1993
CHINESE
ORIGINAL: ENGLISH

和平利用外层空间委员会

关于空间碎片、核动力卫星安全和核动力源
与空间碎片碰撞问题的国家研究

秘书处的说明

增 编

本文件载列截至1993年2月19日为止从会员国收到的复文所提供的资料。

目 录

页 次

从会员国收到的复文

德国 2

德 国

(原件: 英文)

空间碎片: 审查德国所做的工作

德国每年向和平利用外层空间委员会的科学和技术小组委员会提交在空间碎片领域国家研究活动的工作文件。上个工作文件载在1992年2月26日文件A/AC.105/500/Add.2。本工作文件汇报自那时候起所做的工作。

德国在很广的范围进行空间碎片研究活动。德国空间局(德空局)于1992年12月9日举办讲习班,在“德国空间碎片研究和国际规定的问题”标题下说明对所有这些国家活动的评价。德国的各种研究活动可分为以下方面:

- 碎片探测方法;
- 空间碎片模拟研究;
- 趋势分析;
- 极高速碰撞现象研究;
- 实验和数字模型;
- 研制碎片保护系统;
- 预防和移走碎片。

德国的研究活动的特点是,有些是在纯粹国家一级进行,有些是由与欧洲空间研究和技术中心(欧空研究技术中心)、欧洲空间活动中心(欧空中心)和欧洲空间局(欧空局)签订的合同所资助的。

国家资助活动是按照德国空间局所给予的研究合同大部分在不伦瑞克技术大学航天技术和核反应堆技术研究所以及应用科学研究机构集中进行。

技大航天所的研究工作集中研制低地球轨道空间碎片环境的模型。大部分研究工作是与美国国家航空和航天局的研究人员密切合作进行。可突出说明两项结果:

(1) 用新制的工具调查和分析碰撞的连锁效应(碎片的第一次碰撞造成第二次碰撞)证明了在二十年内将发生这个严重的真实过程。在某些高度,这个过程已达到

临界密度。也分析了预防措施和其成本；

(2) 小颗粒总数的模型研究和与近期测量的比较(长期暴露设施)显示迄今所用的碎片来源名词不当。比我们过去的爆炸模型所说明的较高的椭圆轨道上存在较多小颗粒。很明显,其它高能效应必然增加了小碎片的总数。目前正在修改模型。

在应用科学研究机构,使用功率大的雷达来调查研究某些空间碎片的物理特征。欧空局和欧空中心现正同应用科学研究机构就用雷达探测小空间碎片的合同问题进行谈判。

欧空局资助的更多研究活动特别是在哥伦布方案的构架内集中于对流星体碎片保护系统的研究。上述活动也包括通过实验调查极高速碰撞现象(Ernst-Mach研究院)和数字模型以及改进实验设施(Battelle研究所)以便达到较高速度。

德国航空工业用自己的资源资助在保护系统领域进一步的活动。

1993年4月5日至7日欧空局将在德国达姆施塔特举行第一届欧洲空间碎片问题会议。德国空间局是这个会议的主办人之一,这表明德国对空间碎片问题特别注意。

下面较详细说明该项工作的内容。

一、空间碎片模拟研究

空间碎片环境对所有空间物体所造成的现存和未来危险的评价工作须要使用模型。目前技大航天所正在研制欧空局空间碎片参考模型。

模型产出是:

- 估计可跟踪及不能跟踪的碎片物体的现有和未来数目;
- 确定其空间分布;
- 确定碰撞对在碎片环境中运行的空间物体的现存和未来危险。

关于现存危险的资料已供作所需的保护措施投入,特别是在载人任务方面。甚至更重要的是,通过模型对空间碎片环境作未来预测,并可作为讨论和建议有关未来航天政策的改变的基础。

现行研究工作集中于合并现有模型部分成为快速而方便的方案工具,致使目前能够在短时间内模拟不同的未来情况。碎片的空间分布的确定已从一维扩展到三维推断。对爆炸和碰撞产生的碎片采取修改的大量分布办法的建议导致模拟的和测量的碎片数据较为一致。

二、用长期暴露设施数据证实小颗粒模型

除了前面所述大物体(超过1厘米)的模型外,技大航天所还通过31次的强烈爆炸和碰撞事件研制了1毫米至0.1毫米大的小颗粒模型。在得到新的数据时,必须检测模型,必要时应予增订。1990年回收的长期暴露设施是重要的新数据来源,可用于评价现存低地球轨道上颗粒环境和验证现有模型的正确性。

已研制一门技术,可供找出颗粒轨道和长期暴露表层的坑分布之间的一般关系。^{1、2、3} 应用这门技术,已把碎片模型同(1)和(2)的数据加以比较。虽然通量水平相当一致,但表层分布仍有一些差异。假定小碎片物体主要在 $i = 100^\circ$ (接近圆形或/及非常椭圆形)的轨道上运行,除后面外,就非常一致。用长期暴露设施的后面所测量的通量可断定在低倾角极椭圆的轨道上的小颗粒比模型的小颗粒多很多。

三、无碰撞的轨道运行

由于用保护罩所减少的危险率(参看下面第六章)限于直径不到大约1厘米的碰撞物体,技大航天所检查了其它技术,以便避免同已知的较大物体碰撞。除主动避免轨道碰撞程序外(例如改变航天器在轨道上的时间,以便把预计碰撞点转移到其它时间),一项远为容易的重要任务是在航天器上升和沿着第一轨道旋转时开辟无碰撞路线。

目前,就已记录直径超过10-30厘米的物体来说,这种程序是可能的。在不断进行的研究中编制了一个快速电脑编码,能够确定将要发射的航天器同所记录的一个物体碰撞的可能性。如果预料到一次碰撞事故(考虑到在轨道扩展期间的有关未知素),可延迟发射(几分钟),以便保证在最初旋转期间的上升和飞行不发生碰撞事

故。如果在每次发射航天器以前应用此技术,除有利于新航天器的发射者外,其他空间使用者将知道可能同新物体碰撞。

四、连锁碰撞效应

到目前为止进行的航天活动使地球轨道上的物体以每年约5%的比率稳定增加、有如低地球轨道,在有限空间的物体稳定增加必定迟早导致超越临界密度,产生连锁碰撞效应。

技大航天所进行的详细分析表明现有物体总数已到临界阶段。假定现有增加率继续下去,在未来20年至50年内,物体数量将超过临界总数。这个基本趋势不受任何可能的未知素影响。这一点可从详细的调查得到证明,因为连锁碰撞效应完全是由已确定、有记录的较大物体造成的。^{4、8、9}

也调查了各种避免连碰撞效应的反措施的技术可行性、有效性及成本效率。^{8、9} 主要结果是:

- 防止爆炸(在推进剂箱上打通风孔)几乎没有经常费用,并且对减少轨道上的物体数量具有最大的短期效应;

- 但长期防止连锁碰撞效应的唯一方法是在火箭的任务完成时使有效载荷和火箭前级脱轨,以限制轨道上大物体的数量。这种方法会增加在低地球和同步转移轨道上每公里的发射费用5%到15%。

另一个重要问题是“看不到”碰撞和可能产生连锁效应:⁸

- 目前,每年发生大约4次碎裂事件,从1981年到现在有112次,而“未知原因的碎裂事件占大约25%;

- 猜测其中3至5次的碰撞偶然发生,但却不能直接确定是这样,因为美国空间指挥部并未把两个碰撞物体编入目录,即10至50厘米较大;

- 目前不能间接确定,即通过地面测量所产生的碎片来区分爆炸和碰撞;

- 因此偶然发生的碰撞事故和可能显示连锁效应的产生将不会被发现并将仍然

“看不见”，只是被误解为“未知原因的碎裂”。为识别地球轨道上的单位一碰撞事故和及早发现连锁效应的可能产生现正进行调查，大概在原来位置确定实验/测量。

五、采取空间留系方式来主动移走空间大碎片

空间碎片物体的日益增长已危及现行航天活动。关于碎片的未来演变，大物体具有关键的重要性，因为如文件A/AC.105/510/Add.2所述，它们是由碰撞产生连锁效应的潜在来源。如果预防措施不足以避免这种连锁效应，就必须在很高高度(700至2 000公里)主动移走许多(几千个)大物体。由于不能使用常规方法，技大航天所研制了一种称为“TERESA”的新策略(留系移走卫星)。这项移走地球轨道上的许多大物体的技术基本上有以下步骤：

第1阶段 与选定的目标物体会合和相接；

第2阶段 采取(引导)空间留系方式把轨道能源从碎片物体转移到TERESA；

第3阶段 通过常规电动力产生的推力来调整椭圆形、最适当的转移轨道；

第4阶段 空间碎片物体的分离，即开始进行其返回(脱轨的步骤)；在分离后，

TERESA的轨道跟下个目标物体的轨道很类似。

因此，基本概念是一种最佳循环，采取留系方式来转移和转化能源。已调查和改进这项技术，并与德空局/ERNO合作研制了初步构型。

六、防护罩和撞击分析

过去所设计的航天器经不起碎片的撞击。但就未来空间系统来说，尤其载人系统，必须有保护措施。

德国，以德空局/ERNO作为附于国际自由空间站的哥伦布增压舱的主要承包商，目前致力在增压舱外加上防护罩，以防碎片撞击。国际空间站的主要结构以及增压舱将在轨道执行任务30年。有如所需系统条件文件所规定，按照某些从可能性条件

分析出来的环境增压舱经流星体/碎片撞击后不会爆裂。保护流星体和碎片的撞击是设计中的一些必要条件。

在这种情况下,欧空局/欧空研究技术中心推动在德空局/ERNO的国际合作下进行了流星体和碎片保护研究,而这项研究的合同是分包给ALENIA(意大利)、Ernst-Mach研究所(EMI、德国)和Det Norske Veritas(DNV挪威)。该项研究详细研究流星体和碎片撞击现象和支持哥伦布保护系统的发展。

就所有问题来说,增压舱的爆裂可说是最严重的失败。用增压板只能进行几次初步实验,而所得结果是,果然产生动力效应,但未预期会造成这种程度的破坏,美国航天局曾进行较有系统的研究,包括对增压壳的实验。

必须用适当的设计防止流星体/碎片撞击造成任何爆裂,即在破裂控制方案中实行严格控制。

德空局/ERNO建议欧空局研究在流星/碎片撞击下不爆裂的条件。

另一项欧空局/欧空研究技术中心同EMI合作,分包给工程系统国际(ESI,法国)进行的研究项目业已开始,评价电脑编码用数量说明撞击破坏的主要参数的能力。由于实验设施所受的限制,须要使用电脑编码模拟极高速撞击。在EMI使用光气枪进行撞击实验,以校准数字模型。这支光气枪是世界上这类威力最大的枪之一,很适合用于调查极高速撞击现象。

欧空局/欧空研究技术中心同Battelle(德国)开始进行进一步研究,评价使用锥形装药技术来增加1克自动推进器的速度每秒超过10公里的方法的可行性。

技大航天所正在分析各种双层保护罩设想,并已研制了一套名为DAMAGE的电脑编码。这套编码不着重保护系统的实际设计,而着重在考虑到碎片通量的角度和速度分布的情况下,怎样使保护系统尽可能完善。所预期的碎片撞击并未在载人空间站舱的表层随机分布。因此,一个一致的保护罩并不是最适宜的,用DAMAGE编码,可建议适合局部危险可能性的保护罩,除减少罩的重量外,还达到相同的安全要求。

七、雷达检测和测量轨道碎片

A. 空间碎片的物理特性

爆炸和碰撞事故是轨道碎片的主要来源。破坏碎片给设计进行长时间作业的大型航天器带来危险。美国航天局和应用科学研究机构有一个联合研究项目(德空局合同),目标是确定和比较各种解体,例如碰撞和爆炸事故所产生的碎片的形状、大小、本征运动、质量和轨道寿命。

曾利用应用科学研究机构的雷达系统(包括窄频带雷达和高分辨雷达)来测量一组共计16件较大的碎片物体。对窄频带雷达特征进行分析和对雷达图象进行电脑处理后,^{10、11}得到了关于形状、大小、姿态和质量初步结果。已研制出估计空间物体的轨道寿命、弹道系数和阻力系数的方法,并以应用科学研究机构观测衰变中的航天器所得到的雷达数据进行了验证。^{12、13、14}

业已开始对已量度的雷达截面作统计分析和比较美国航天局从红外、光学及雷达测量的有效方面所得到的结果。

B. 雷达检测空间小碎片

轨道碎片情况对低地球轨道上航天器的制造和作业有影响。已制定模型,说明碎片环境。需要在航天器的工程设计和任务危险率的估计方面的模型。由于没有及缺少数据,加上对碎片的世代一知半解,因此这些模型的未知数很高。希望较多的测量和较好的模型研究将减少一些未确数,但对航天国家的未来空间活动作出准确预测,可大大影响模型研究结果的正确性。

研究(欧空局/欧空研究技术中心合同)的重点放在确定特别雷达观测和处理技术,以便能够使用应用科学研究机构的大功率雷达系统(34米天线、L - 带跟踪、Ku - 带图象)来检测和跟踪低地球轨道上厘米大的物体。

Literature

¹ Humes, O.H. "Large Craters on the Meteoroid and Space Debris Impact Experiment", NASA CP-3134, Post retrieval Symposium, Kissimee, Florida, 2-8 June 1991.

² Zolensky, M., Atkinson, D. et al. "Meteoroid and Orbital Debris Record of the Long Duration Exposure Facility's Frame", Journal of Spacecraft and Rockets, vol. 28, No. 2, March-April 1991, pp. 204-209.

³ Zhang, J. and Rex, D. "The Distribution of Debris Impacts over Satellite Surfaces with Special Regard to the Long Duration Exposure Facility LDEF", Journal of Flight Sciences and Space Research (ZFW), 1993 (in press).

⁴ Eichler, p. "The impending collisional cascading as a result of an overcrowding in LEO", Orbital Debris Monitor, vol. 6, No. 1, pp. 10-12, 1993.

⁵ Bade, A. and Eichler, P. "The use of space tethers for the removal of large orbital debris objects - the TERESA concept", Orbital Debris Monitor, vol. 6, No. 1, pp. 12-14, 1993.

⁶ Bade, A. and Eichler, P. "The removal of large Space Debris objects with the help of space tethers", Journal of Flight Sciences and Space Research (ZFW), No. 16, pp. 271-282, 1992.

⁷ Rex, Dietrich. "The Current and Future Space Debris Environment as Assessed in Europe". Symposium on the Preservation of Near Earth

Space for Future Generations, University of Chicago, 24-26 June, 1992.
Proceedings in press.

⁸ Eichler, Peter, Sdunnus, Holger and Zhang, Jingchang. "Reliability of Space Debris Modelling and the Impact on Current and Future Space Flight Activities". World Space Congress 1992, 28. COSPAR Plenary Meeting, paper B.8- M.3.111, 28.8 - 5.9.1992, Washington, D.C.

⁹ Rex, Dietrich. "The Effectiveness of Space Debris Reduction Measures". World Space Congress 1992, 28. COSPAR Plenary Meeting, paper B.8-M.3.04, 28.8 - 5.9.1992, Washington D.C.

¹⁰ Mehrholz, D. and Magura, K. "Radar Measurements and Analyses - Results of Orbital Debris from LANDSAT-3, COSMOS-1275, and SPOT-1 Launches", FGAN Technical Report No. 04-89, July 1989, Wachtberg-Werthhofen, Germany.

¹¹ Mehrholz, D. "Radar Measurements of Debris Size". AIAA/NASA/DOD Orbital Debris Conference, paper AIAA 90-1344, 16-19 April 1990, Baltimore, MD.

¹² Peters, H.G. "Methods for Orbit Predictions used at FGAN-FHP". EXA SP-146, Reentry of Space Debris, Proceedings ESA/ESOC Workshop, 24-25 September 1985, ISSN 0379-6566, 1986.

¹³ Mehrholz, D. and Magura, K. "Radar Tracking and Observation of

Noncooperative Space Objects due to Re-entry of Salyut-7/Kosmos-1689".
ESA SP-345, Proceedings International Workshop, 9 April 1991, ISBN
92-9092-222-2, 1991.

¹⁴ Johannsmeier, D., Koppenwallner, G., Mehrholz, D. and Boettcher, R.
D. "Determination of Spacecraft Parameters using Radar Data". Hypersonic
Technology Gottingen, ESA CR(p) 3327, 1991.

- - - - -