



大会

Distr.
GENERAL

A/AC.105/663
13 December 1996
CHINESE
ORIGINAL: ENGLISH

和平利用外层空间委员会

各空间机构为减少空间碎片增长或造成破坏的可能而采取的步骤

秘书处的报告

目 录

	段 次	页 次
导言.....	1 - 3	1
一. 缓减的一般性政策.....	4 - 11	2
二. 运载火箭中使用的碎片缓减技术.....	12 - 19	5
三. 防止意外碎片产生.....	20 - 29	6
四. 地球静止轨道的环境保护.....	30 - 37	8

导言

1. 和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会第三十三届会议赞赏地注意到秘书处关于各空间机构为减少空间碎片的生长或造成破坏的可能而采取的各种步骤的报告（ A/AC.105/620 ）并建议每年对其进行增补（ A/AC.105/637， 第 84 段）。
2. 和平利用外层空间委员会第三十九届会议已核可了该项建议。¹
3. 本报告系秘书处根据上述要求编写而成，其中所依据的是各会员国以及

各国家和国际空间组织所提供的新资料。

一. 缓减的一般性政策

4. 美利坚合众国国家航空和航天局（美国航天局）在其题为“限制轨道碎片产生的政策”的管理指示 1700.8 中确定了美国航天局利用种种符合飞行要求和成本效益原则的限制轨道碎片产生的设计和运作做法的政策，并要求各方案或项目进行评估以展示符合要求的情况。为了贯彻该项政策，美国航天局安全和飞行保证处将制订具体准则的任务交给了得克萨斯休斯敦美国航天局约翰逊空间中心。结果制订出题为“限制轨道碎片的准则和评估程序”的美国航天局安全标准 1740.14。所有受美国运输部主管的商务活动均须服从商业空间运输处的规定。规定要求每位申请者解决与运载有关的安全问题，包括有关轨道碎片的危险、在轨安全和重返危险等。
5. 美国国防部在其 1987 年 2 月的“空间政策”中明确地将轨道碎片列为军事性空间行动规则中的一个因素。国防部在该项空间政策中指出，它将力求将空间碎片对其军事行动的影响减少到最低限度。其空间测试、实验和系统的设计和运作将力求根据飞行要求将空间碎片降低到最低限度或减少其积累。其涉及轨道碎片生成的空间实验的经验证明，通过审慎的规划是可以做到这一点的。例如，德尔塔 180 空间防卫行动试验所产生的所有碎片几乎都在六个月之内全部重返，其原因是试验系在低空进行，以期提高碎片的轨道衰减率。另外，美国空间指挥部也在其题为“最大限度减少和缓减空间碎片”的条例 57.2 中要求对旨在最大限度减少和缓减碎片的种种设计和运作措施对军事空间系统的影响进行评估。
6. 美国还进一步强调了空间碎片问题在其 1996 年 9 月 19 日发布的国家空间政策中的重要性。美国指出，美国将力求将空间碎片的产生降低到最低限度，而且，美国航天局、情报界和国防部将同私营部门合作，为今后航天器、运载火箭和服务的政府采购制订设计准则。空间试验、实验和系统的设计和运作，将根据飞行要求和成本效益原则将空间碎片降低到最低限度或减少积累。
7. 一定要求从事空间活动的国家在多边基础上制订并实施旨在限制在碎片产生的措施。日本航空和航天科学社空间碎片预防设计标准委员会于 1996 年 3 月出版了日本宇宙开发事业团标准和设计标准最后报告。在该项

报告的基础上,日本宇宙开发事业团于1996年3月28日制订了减缓空间碎片标准(NASDA - STD - 18)。在1996年5月19日至20日于日本岐阜举行的第二十次空间技术和科学国际专题讨论会上,对美国航天局要标准1740.14中制订的准则和评估程序和日本缓减空间碎片标准(NASDA - STD - 18)进行了讨论比较,标准的详细情况已提交1996年10月7日至11日在北京举行的国际航天学大会第四十七届会议。

8. 日本宇宙开发事业团标准包括下述缓减措施:

- (a) 使飞行结束后的航天器和末级火箭处于钝化状态;
- (b) 在飞行结束后使航天器和末级火箭改轨;
- (c) 处置地球静止转移轨道上的物体,以免对地球静止轨道构成危险;
- (d) 将正常运作期间释放的碎片降低到最低限度;
- (e) 完成任务后从低地轨道除去飞行器。

9. 按照当前的日本宇宙开发事业团标准,应针对每个方案改订空间碎片缓解控制计划,但又要求每一日本宇宙开发事业团项目管理人员制订空间碎片缓减计划,包括就请求作为例外项目提出充分的理由。同时还要求制造商提交类似的计划。每份计划随后将由日本宇宙开发事业团安全审查委员会进行审查。只有在某些条件下才准许例外;某些研制周期已进入相当阶段的项目可准许违反NASDA - STD - 18的某些要求。这些活动的评估程序应于1997年实现标准化。计划于1996年底出版一本手册,对各项要求进行解释,并提供技术数据和准则,以便实现空间碎片控制政策的意图。

10. 根据自英国国家航天中心收到的资料,已建议将下列规定纳入欧洲航天局安全标准之中,以防止空间碎片的产生、防止其沉降物或对地面的影响:

(a) 应当提供各种手段,以防止因运载火箭级下降、发射失事或航天器或空间系统元件失控离轨或轨道衰变而出现碎片的危险下降,因为这些碎片可能在重返后依然存在;

(b) 应当避免经常横切空间系统所用轨道的在轨空间碎片的产生;

(c) 正常运作不应因投弃或释放物体或弹射碎片而造成轨道空间碎片的产生;

(d) 飞行完成后仍留于轨道系统和元件中的推进剂、加压液体和储存的电能和机械能应予安全耗散。应切实确保释放的液体不致形成飞沫;

(e) 在2,000公里以下近地点高度轨道上的空间系统和空间系统元件,包括发射火箭级在完成运作任务后的在轨时间不得超过25年。包括运

载火箭级在内的空间系统和空间系统元件，如其轨道的近地点高度低于 2,000 公里，则应将其运作后的轨道寿命限制在 25 年之内。可以通过在任务完成后立即离轨或转移至一最高轨道寿命为 25 年的轨道上来做到这一点。应当根据运载和飞行行动当局的规则和条例确定寿命终了时的处理办法；

(f) 在运作寿命终了时，应将地球静止航天器置于一弃星轨道上，该轨道应有一至少在静止轨道上空 300 公里的近地点；

(g) 如果有必要使远地点发动机同地球静止卫星分离，分离应在——有一至少在静止轨道上空 300 公里的近地点的超同步轨道上进行；

(h) 用以将地球静止航天器从地球静止转移轨道转移至地球静止轨道的末级火箭，应在完成任务后置入——有一至少在静止轨道上空 300 公里的地点的弃星轨道；

(i) 运载火箭亚轨道级应配备跟踪辅助装置，以便监测流轨和预测碰撞点；

(j) 运载火箭亚轨道级应酌情配备有发动机遥控关闭和（或）级毁能力，以防止级或级碎片下降至预定安全界限之外；

(k) 轨道级的设计应支持酌情安全离轨或移至弃星轨道的能力；

(l) 运载火箭应设计成在发射台上和在大气层飞行期间对闪电冲击不敏感的结构；

(m) 设计应防止的后的航天器或运载火箭因冷气推动、翻滚或姿态变化而再接触或碰撞。

11. 为了将空间碎片的生成降至最低限度，加拿大雷达卫星方案采取了两项具体的预防性措施：^{*}

(a) 一是制订系统一级的要求，即应当对抑制/释放机制操作所造成的任何固体碎片加以控制。也就是说，要求所有承包商在设计系统时确保航天器在部署期间不释放任何碎片；

(b) 一是保护雷达卫星航天器不受现有空间碎片环境的影响。采取这一措施是为了确保尽最大可能不使雷达卫星航天器因与某一空间碎片碰撞而过早地成为空间碎片。

^{*} 这些措施的详细情况已在秘书处关于各空间机构为减少空间碎片增长或造成破坏的可能而采取的步骤的报告（A/AC.105/620）作了介绍。

二. 运载火箭中使用的碎片缓减技术

12. 运载火箭和航天器可设计成无垃圾式也就是说,使它们能在一其高度和速度低到不致形成轨道的情况下处置分离装置、有效载荷罩和其他消耗性硬件(不包括末级火箭壳体)。这一点在两个航天器有一共用运载火箭的情况下较难做到。另外,级间分离装置和透镜盖及其他潜在碎片等航天器保护装置可以绳索或其他东西系留于级或航天器上而减少碎片。有时候在现有设计或新设计许可的情况下便是这么做的。

13. 无垃圾式操作应当将设计和两方面的做法结合起来,以便实现进一步限制空间操作产生的轨道碎片的目標。由于这些努力,轨道碎片的增长率将会下降,不过碎片群的总量仍将增长。

14. 最引人注目的减少碎片政策也许要数 1982 年实行的美国航天局要求,即应当放掉德尔塔末级火箭中未用尽的推进剂和燃气,以防止燃料残余混合而发生的爆炸。

15. 美国发射计划也受到发射时避免碰撞方案预测的影响:该方案提醒注意载人或可载人飞行器发射前可能发生碰撞或近距离失灵的情况。有些发射在倒计时期间已暂时推迟,以避免与沿轨道运行物体飞得太近。但是,应当指出的是,传感性的限制会影响预测的准确性。另外,与轨道偏离情况计算方案可提供有效载荷与轨道上碎片物体邻近情况的资料,并已在载人飞行时利用。自 1986 年以来,已进行了三次避免碰撞的航天飞机演习。

16. 近来,由于实行现有空间和火箭技术的现代化和开发新的空间和火箭技术,俄罗斯联邦从事空间活动的企业采取了若干旨在降低空间碎片污染水平的预防性措施:

(a) 正在为质子号发射装置研制一个新的对接舱末级火箭,其中备有在动力上升进轨期间防止发动机启动系统(SOZ 发动机)离级的装置,这样便可不产生新的碎片。还在研究防止这一级在进入轨道后爆炸的特别措施;

(b) 经过现代化的联盟-2 号运载火箭预计将配备无源减速装置,以防止工作轨道上报废火箭级的积累;

(c) 正在改良机载电动力供应系统,以提高其在有源和无源状态下操作的安全性。

17. 在由乌克兰第聂伯罗彼得罗夫斯克南方设计处研制的开顶号运载火箭发射期间,第二级已射入轨道。发射后,高达 4 吨的氧化剂及其蒸气、高达

2 吨的燃料和高达 60 公斤的气态氮可能仍留在箱内。截至目前为止，21 起成功发射中，有两起第二级在轨道上被毁的情况。飞行后分析表明，在这两种情况中，在毁坏发生前的几乎所有时间内，火箭级一直处于太阳照射的状态（绕地球 17 - 18 次）。这种状况显然造成了氧的更激烈的气化，随后使标准安全活门达到饱和。在气化氧很慢地或根本不能从安全活门逸出的情况下，尚余氧便具有足以使储箱毁掉的能量。

18. 根据这一分析，研制了一个天顶号第二级氧箱通风的改良系统。另外，为了减少在轨初期阶段氧气的热流，精心安排了火箭发射时间，以避免出现较长的太阳照射期。在实行了这些重大改进后，共发射了六个天顶号运载装置，均无最后级毁情况发生。关于全球之星方案今后的发射，将在第二级氧化剂箱上部安装一额外的烟火阀门。在射入轨道后，该阀门可通过机载控制系统发出的特别指令启动。将在不同角度安装通气喷管，以使该级顺其纵轴作适当的旋转。另外，还通过审慎选定上升轨道来减少箱中剩余的尚能起作用的氧储备量。

19. 日本空间机构宇宙开发事业团进行了排除 H-I/H-II 发射装置第二级的残余推进剂（液氧、液氢、 N_2H_4 ）和残余氮气的工作。卫星脱离和太阳板配置时机械装置的释放已得避免，只有几起特殊飞行例外，例如地球静止气象卫星报废远地点发动机的脱离等。为防止 H-II 发射装置第二级在空间的意外毁坏，在射入轨道后立即关闭了指令炸毁系统，并对其烟火装置实行隔热，以免自然引爆。

三. 防止意外碎片产生

20. 俄罗斯联邦有关空间碎片减缓技术方面最迫切的活动的重点在于，防止机内积累化学能引起的报废航天器和火箭级的爆炸。人们都知道，这类爆炸目前是最危险的小碎片的主要来源。随着轨道中报废航天器的逐渐积累，它们同空间碎片的碰撞（运动爆炸）很快便会成为新碎片的主要来源。因此，长久性的空间碎片水平控制方案中应包括一个将这类物体从工作轨道上除去的项目。

21. 对于有些飞行任务来说，运载火箭的性能很好，使火箭级有充分的推进剂进行离轨燃烧。需要对级进行改动，使其具有制导和控制能力，以便在完成主要任务（即将有效载荷送入轨道）后实行有控制离轨。

22. 在飞行任务要求输送一本身带有操纵能力的航天器时,可有两种选择办法。一是在将航天器输送到轨道前使末级保持附着状态,以使其最大限度地发挥操纵能力。一是在以亚轨道速度使航天器分离,以便使级自然衰减并使航天器使用其机载推进装置确定自己的轨道。从代价角度看,第一种选择使轨道中物体的体积更大——潜在性碎片危险——第二种则会增加航天器的复杂性。对哪一种选择更为合适的评估尚有待进一步研究。

23. 除了进入和海洋处置外,还有一种办法是改送到一弃星轨道。在低地球轨道中,这样做不是一种好办法,因为这通常需要两次燃烧的操作,较之进入所要求的一次燃烧要更费燃料。八十年代至九十年代初,前苏维埃社会主义共和国联盟曾在低地球轨道中使用这样一种轨道弃置其 31 个核动力源。

24. 有控制的直接进入的另一种办法是降低近地点的做法,以便将惯性轨道寿命限制在 25 年的时间之内。这种做法可将物体从高危区迅速移走,同不用这种办法所需的轨道寿命周期相比,这种办法所需的要少得多。这样,花费也比有针对进入要低得多。这使最终重返提前,但又会引起赔偿责任问题方面的问题。

25. 为了符合美国航天局的标准,日本空间机构宇宙开发事业团也将 25 年作为飞行结束的空间系统靠自然力重返大气层之前的可允许寿命。对多数系统而言,如果轨道低于 750 公里,是会出现这种情况的。如果轨道更高,而且可承受重返风险,避免与其他运作的轨道系统碰撞危险的最可行措施便是通过降低轨道的近地点高度来减少轨道寿命。但是,这种做法可能需要有会使系统设计复杂化的推进系统。

26. 在不能允许重返风险的情况下,最好的解决办法是在空旷海洋区上空实行有控制重返。宇宙开发事业团在使航天器从某一高度有控制重返方面并无经验,但热带降水测量使命拟在高度在 380 公里的海洋区上空重返,以提供这类数据资料。不过,为了将残存碎片四溅的受冲撞区的损失减至最低限度,结构应相当结实,以承受高度在 70 至 80 公里的空气动力所造成的破坏。这一条件与所要求重返残存量应小是矛盾的。另一个问题是如何选择一个真正安全的海洋区来进行这一活动。

27. 据日本宇宙开发事业团说,如果运作轨道太高而无法进行寿命缩减的工作,则应将空间系统助推至一弃星轨道区。在计划助推至一较高轨道时,一定要谨慎地提高近地点和远地点的高度,以避免对运作轨道发生任何干扰。可以 1,300 公里至 1,400 公里的高度范围作试用弃星轨道的范围。如果这种

做法所需推进剂过多而难以接受，可使用一有限制的补充脉冲，将物体移至运作轨道上方一不远处，到可以利用某些其他缓减措施时再作处理（例如由航天飞机进行轨道回收）。

28. 要想除掉较大的惯性物体，需要有一种有源机动飞行器，这种飞行器应具备与一惯性的翻转而且不易配合的目标会合并将其系紧的能力，以及妥善而准确地利用所要求的速度递增将物体移至一合适轨道的能力，航天飞机已显示了这些能力，但在更高高度和倾角情况下，尚无任何无人系统具有这种能力。

29. 由于小物体的多重性，很难以有源方式单个地探测每一物体并使其进入。已就如何清除这类碎片提出了两类计划。一是以一种介质——例如可吸收粒子的动能的大型泡沫气球——在利用有源或无源装置情况下截获粒子。这可使物体的近地点降至一其大气引力会引起进入的区域。一是使用一可以定向能来照明粒子的有源装置，使离子或者失去速度或者化成不再构成大质量的碎片。

四. 地球静止轨道的环境保护

30. 对于地球静止轨道飞行任务，处置未级火箭级的重要考虑因素有：发射日期、发射方位和转移级的近地点。如果是多次燃烧系统，可利用每秒数米的远地点燃烧来实现积极的海洋弃置，但该级应有充足的电池寿命并应有姿态基准和控制系统。

31. 此外还有各种与转移级轨道校准的向地球静止轨道发射的时间需要考虑，以使自然力（太阳、月亮、地球等的特性）发挥降低或提高级的近地点高度的作用。考虑这些力的作用可将液体推进剂级进行有源控制的费用降低到最低限度，是弃置固体火箭发动机的级的一种低成本技术。处置固体火箭发动机的唯一一种替代战略是将火箭的推力矢量调整至某一方向以使燃烧引起的转移轨道的近地点处于一足以引起该级最终重返的低高度（有时称为轴外燃烧）。这种做法会使级的性能损失 15%左右。

32. 为日本宇宙开发事业团各项方案采取的措施看来成本较低而且确实很有效。例如，由于离轨的结果，技术试验卫星五号 H-II 第二级（1994 - 056B）的轨道寿命减至七个月左右。该级于 1995 年 3 月 31 日重返地球大气层。

33. 利用弃星轨道是清除地球静止轨道区的一种技术上可行的战略,但并非唯一可用的战略。对弃星轨道战略和其他战略的成本效益比较,尚未予以审查。如果选定提高轨道位置的办法,便需要计划和储备必要的推进剂资源才可进行操纵。初步研究表明,需将轨道位置提高 300 公里左右才能达到预期目的,而不是有些操作员所采用的 40 至 70 公里。再次助推的性能代价是每 100 公里 3.64 米/秒,即每 1,000 公斤航天器质量需要 1.69 公斤推进剂。再次助推 300 公里的费用相当于三个月的轨道控制费用。

34. 国际电信联盟(国际电联)无线电通信局第 4 研究小组(美国为参加者之一)已核可了如下建议:所有地球同步轨道卫星在其寿命终了时应助推至不低于地球同步轨道上空 300 公里之处,而且应当通过放光所有残余推进剂和气体并对电池进行“安全处理”来使航天器处于惰性状态。

35. 美国国家海洋与大气管理局(诺阿)、美国航天局和美国国防部的几个方案通常都将其不再作用的卫星助推至地球静止轨道以上的轨道中,以防止同其他飘移卫星偶然碰撞而产生新的碎片,同时释放有价值的轨道位置。

36. 在有效寿命终止时将俄罗斯航天器从地球静止轨道中清除的技术,靠的是利用尚存燃料(对 Statsionar-D、荧光屏号 - M 和地平线系列卫星而言)以及提供必要量的额外燃料,以确保将轨道的平均高度提高 200 公里(对新型航天器而言)。

37. 为了评价地球静止轨道处置的充分的距离,日本已对长期轨道摄动的作用进行了研究。所得出的最低限度距离值差不多同国际电联和美国航天局 Code-Q 所建议的完全相同,即 300 公里。日本宇宙开发事业团目前所要求的最低限度是 150 公里,目标数是 500 公里。为了消除可能的测量系统误差的影响而实际进行的改轨往往比要求的要多。

注

¹ 《大会正式记录,第五十一届会议,补编第 20 号》(A/51/20),第 86 段。