



和平利用外层空间委员会
科学和技术小组委员会
第四十届会议
2003年2月17日至28日，维也纳
临时议程*项目10
空间碎片

机构间空间碎片协调委员会空间碎片缓减准则

1. 大会2002年12月11日第57/116号决议第16(b)段核准了和平利用外层空间委员会关于该委员会的科学和技术小组委员会根据该小组委员会第三十八届会议通过的工作计划审议关于空间碎片项目的建议(A/AC.107/761, 第130段)。该工作计划请机构间空间碎片协调委员会(碎片协委会)根据机构间碎片协委会成员之间达成的共识向小组委员会第四十届会议提出关于缓减空间碎片的建议。
2. 碎片协委会根据这一请求提出了以下关于缓减碎片的建议。根据工作计划, 成员国将审查碎片协委会关于缓减碎片的建议, 并讨论核准利用这些建议的办法。

* A/AC.105/C.1/L.259。



附件

碎片协委会空间碎片缓减准则

目录

	页次
序言	3
导言	4
碎片协委会空间碎片缓减准则	4
1. 范围	4
2. 适用	4
3. 术语和定义	5
3.1 空间碎片	5
3.2 空间系统	5
3.3 轨道和受保护区域	5
3.4 缓减措施及相关术语	6
3.5 运作阶段	7
4. 一般准则	7
5. 缓减措施	8
5.1 限制在正常操作期间释放碎片	8
5.2 最大限度地减少在轨碎裂的可能性	8
5.3 任务后处置	9
5.4 预防在轨碰撞	10
6. 更新	10

序言

1. 机构间空间碎片协调委员会（碎片协委会）是一个协调与空间中人造碎片和天然碎片问题有关的活动的政府间机构国际论坛。碎片协委会的首要宗旨是在成员空间机构之间交流有关空间碎片的研究活动的信息，促进提供空间碎片研究方面的合作机会，审查正在进行的合作活动的进展情况，以及确定碎片缓减选择。
2. 碎片协委会的成员有：英国国家航天中心（英国航天中心）、法国国家空间研究中心（法国空间研究中心）、中国国家航天局（中国航天局）、欧洲航天局（欧空局）、德国航空航天中心（德国航天中心）、印度空间研究组织（印度空间组织）、意大利航天局（意空局）、日本、美利坚合众国国家航空航天局（美国航天局）、乌克兰国家航天局（乌空局）和俄罗斯航空航天局（俄空局）。
3. 碎片协委会的工作包括推荐碎片缓减准则，其中的重点是在航天器和运载火箭的规划和设计期间，为了最大限度地减少或消除运作期间产生碎片而可能加以考虑的成本效益问题。本文件提供了经过碎片协委会内部协商一致制定的减少碎片的准则。
4. 在制定这些准则的过程中，碎片协委会收集了以下文件和研究报告所提供的信息：

《关于空间碎片的技术报告》，和平利用外层空间委员会科学和技术小组委员会通过的报告，1999年（联合国出版物，出售品编号：E.99.I.17）（A/AC.105/720）。

《1995年关于轨道碎片的机构间报告》，国家科学技术理事会交通研究与发展委员会，1995年11月。

《美国政府减少轨道碎片标准做法》，2000年12月。

《空间碎片缓减标准》，NASDA-STD-18，1996年3月28日。

《法国空间研究中心空间碎片收集标准、方法和程序——安全要求》，RNC-CNES-Q-40-512, Issue 1-Rev.0, 1999年4月19日。

《限制轨道碎片产生的政策》，美国航天局第8710.3号方案指令，1997年5月29日。

《限制轨道碎片的准则和评估程序》，美国航天局第1740.14号安全标准，1995年8月。

《空间技术项目。一般要求。缓减空间碎片污染。》，俄罗斯航空航天局第134-1023-2000号标准。

《欧空局缓减空间碎片手册》，1.0版，1999年4月7日。

《国际宇宙航行科学院关于轨道碎片的立场文件——2001年版》，国际宇宙航行科学院，2001年。

《欧洲空间碎片安全和缓减标准》，第 1 号，订正版 0，2000 年 9 月 27 日。

导言

5. 自从和平利用外层空间委员会 1999 年发表《关于空间碎片的技术报告》（A/AC.105/720）以来，人们已经达成这样一项共识：人造空间碎片目前很少给在地球轨道运行的普通无人驾驶航天器带来危险，但碎片的总数正在扩大，发生可能导致潜在损害的碰撞的概率也将因此而增加。然而，在规划载人飞行时要考虑到与轨道碎片的碰撞危险，这已成为通常的做法。因此，目前执行一些碎片缓减措施是朝着为子孙后代维护空间环境而采取的审慎而必要的步骤。
6. 好几个航天国家的国家和国际组织为了促进处理空间碎片问题的努力已经制订了空间碎片缓减标准或手册。这些标准和手册的内容可能相互之间略有差别，但它们基本的原则都是相同的：
 - (a) 防止在轨碎裂；
 - (b) 把已经达到飞行终点的航天器和轨道级从有用的密集轨道区域清除出去；
 - (c) 限制在正常运作期间释放物体。
7. 碎片协委会的准则以这些共同原则为基础，并且已经获得碎片协委会成员机构协商一致同意。

碎片协委会空间碎片缓减准则

1. 范围

碎片协委会空间碎片缓减准则载述业已经过确定和评价的、用以限制在环境中产生空间碎片的现有做法。

准则涉及飞行任务的总体环境影响，重点在以下方面：

- (1) 限制在正常运作过程中释放碎片；
- (2) 最大限度地减少在轨碎裂的可能性；
- (3) 飞行任务后处置；
- (4) 防止在轨碰撞。

2. 适用

碎片协委会空间碎片缓减准则适用于飞行任务的规划以及将发射到地球轨道的航天器和轨道级（本文件中定义为空间系统）的设计和运作。

鼓励各组织在为计划的空间系统确定任务要求时，采用本准则来确定它们将适用的标准。

鼓励现有空间系统经营者尽可能适用本准则。

3. 术语和定义

以下术语和定义系为方便本文件的读者而加，不一定应被认为有更加普遍的适用范围。

3.1 空间碎片

“空间碎片”系指在地球轨道或重返大气层的所有不起作用的人造物体及其碎片和元件。

3.2 空间系统

航天器和轨道级在本文件中被界定为空间系统。

3.2.1 航天器

航天器是一种旨在履行具体功能或任务（如通信、导航或对地观测）的轨道物体。航天器无法再履行其预定任务的，被视为不起作用。（航天器处于保留或备用模式等待可能的重新启动的，被视为起作用）。

3.2.2 运载火箭

运载火箭是为深入外层空间和为把一个或多个物体送入外层空间而建造的任何火箭以及任何亚轨道火箭。

3.2.3 运载火箭轨道级

运载火箭轨道级是运载火箭中留在地球轨道的任何一级。

3.3 轨道和受保护区域

3.3.1 地球赤道半径

地球赤道半径定为 6,378 公里，这一半径被用作据以界定轨道区域的地球表面的基准。

3.3.2 受保护区域

在外层空间开展的任何活动在进行的同时都应当承认外层空间下列区域(A 和 B)（见图）的独特性，以确保它们未来的安全和可持续利用。就产生空间碎片而言，这些区域应当是受保护区域：

- (1) A 区域，即低地球轨道区域——从地球表面一直延伸到 2,000 公里高度 (Z) 的球形区域

(2) B 区域，即同步区域——通过以下方式界定的球壳的扇形体：

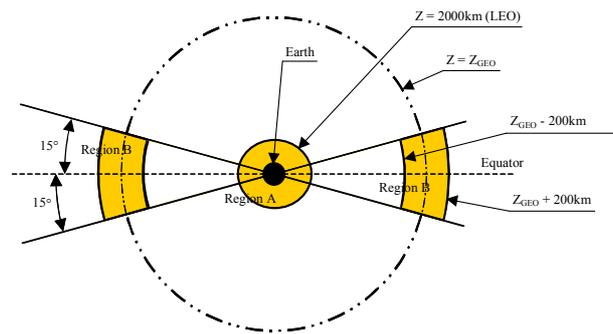
下限高度=同步高度减 200 公里

上限高度=同步高度加 200 公里

-15 度 \leq 纬度 \leq +15 度

同步高度 (Z_{GEO}) = 35,786 公里 (地球同步轨道高度)

受保护区域



3.3.3 地球同步轨道

地球同步轨道是倾角和偏心率均为零的地球轨道，其轨道周期等于地球的恒星周期。这个独特的环形轨道的高度接近 35,786 公里。

3.3.4 地球静止转移轨道

地球静止转移轨道是用于或可以用于从低轨道向同步区域转移空间系统的地球轨道。这种轨道的近地点一般都在低地球轨道内，而远地点则接近或超过地球同步轨道。

3.4 缓减措施及相关术语

3.4.1 钝化

钝化是指消除空间系统上的所有储存能源，以减少碎裂的机会。一般的钝化措施包括排空或烧掉多余的推进剂，给电池放电，以及释放高压容器中的压力。

3.4.2 脱离轨道

脱离轨道是指通过施加减速力，通常是借助推进系统施加减速力，为空间系统重返大气层而故意改变轨道，以消除它给其他空间系统带来的危险。

3.4.3 变轨

变轨是指故意改变空间系统的轨道。

3.4.4 碎裂

碎裂是指产生释放到地球轨道的破片的任何事件。其中包括：

- (1) 推进剂、烟火设备等产生的化学能或热能所引起的爆炸；
- (2) 内部压力增大而引起的爆裂；
- (3) 与其他物体碰撞产生的能量所造成的破裂。

但以下事件不包括在上述定义之中：

- (1) 重返阶段由空气动力所造成的碎裂；
- (2) 由空间系统的老化和退化所产生的破片，如剥落的油漆。

3.5 运作阶段

3.5.1 发射阶段

发射阶段从运载火箭不再与其准备和点火所依靠的设备和地面设施实际接触（或者运载火箭从母机上投放出去）之时开始，持续到运载火箭完成规定的任务时为止。

3.5.2 飞行任务阶段

飞行任务阶段是空间系统完成飞行任务的阶段。从发射阶段结束之时开始，在处置阶段开始时结束。

3.5.3 处置阶段

处置阶段从空间系统的飞行任务阶段结束之时开始，在空间系统完成了减少它给其他空间系统造成的危险的行动时结束。

4. 一般准则

在一组织对空间系统进行规划和运作期间，它应当从飞行任务要求分析和定义阶段开始，采取一系列的行动把空间碎片缓减措施落实到空间系统的整个寿命周期之中，从而减少给轨道环境带来的不利影响。

为了对空间碎片缓减措施的执行情况进行管理，建议对每个方案和项目都要制定并记录可行的空间碎片缓减计划。缓减计划应当包括以下内容：

- (1) 涉及空间碎片缓减活动的管理计划；
- (2) 评估和减少与空间碎片有关的危险的计划，包括适用的标准；
- (3) 最大限度地减少故障危险、防止产生空间碎片可能的措施；

- (4) 飞行任务结束时空间系统的处置计划；
- (5) 在存在好几种可能性的情况下进行选择的理由；
- (6) 反映本准则中各项建议落实情况的矩阵。

5. 缓减措施

5.1 限制在正常运作期间释放碎片

在所有实用轨道系统中，空间系统应设计成不在正常运作中释放碎片。如果这样做不可行，则应当在数量、区域和在轨时间等方面限制碎片的释放。

不应当规划在轨释放物体的任何方案、项目或试验，除非经过充分的评估可以证实，从长远来看，对轨道环境的影响以及给其他运行中的空间系统带来的危害很低，能令人接受。

应当通过查看未损坏的系统和已经分离的系统对系留系统的潜在危险加以分析。

5.2 最大限度地减少在轨碎裂的可能性

应当采用 5.2.1 至 5.2.3 所述的措施防止由下列因素所造成的在轨碎裂。

- (1) 应最大限度地减少飞行任务期间碎裂的可能性；
- (2) 所有空间系统的设计和运作都应当防止意外爆炸和飞行任务结束时爆裂；
- (3) 不应当计划或进行将会造成长久轨道碎片的故意毁坏。

5.2.1 最大限度地减少由储存能源造成飞行任务后碎裂的可能性

为了限制飞行任务运作完成后意外碎裂对其他空间系统所造成的危险，所有空间系统机载储存能源，如剩余推进剂、电池、高压容器、自毁装置、飞轮和动量轮，凡飞行任务运行或任务后处置不再需要的，均应作耗尽或“无害处理”。一旦不再对有效荷载构成不可接受的危险，即应实施耗尽。缓减措施应当如下所示精心加以设计，以免造成其他危险：

- (1) 应当采用燃耗法或排空法将残留的推进剂和加压剂等其他液体尽可能彻底耗尽，以防止由于压力过大或化学反应造成意外碎裂；
- (2) 电池无论在结构方面还是在电气方面都应当经过适当的设计和制造，以防止破碎。电池及其组件中压力的增加可以通过机械措施加以防止，除非这些措施会过分降低飞行任务的保险系数。在运作结束时，应当对电池的充电线作钝化处理；
- (3) 高压容器的排空应当达到保证不会出现碎裂的程度。爆裂前泄漏设计是有帮助的，但还不足以达到对推进和加压系统进行钝化处理的所有

建议要求。如果经过证明爆裂的概率很低，可以让热管处于加压状态；

- (4) 自毁系统的设计不应当造成由于粗心大意的指令、动力加热或射频干扰而出现意外毁坏；
- (5) 在处置阶段应当给飞轮和动量轮停电；
- (6) 应当对其他形式的储存能源加以评估，并采用适当的缓减措施。

5.2.2 最大限度地减少运作阶段碎裂的可能性

在空间系统设计期间，每个方案或项目都应当通过采用失效模式和影响分析或等效分析来演示，不会出现导致意外碎裂的或然失效模式。如果这种失效不能排除，那么设计或运作程序就应当最大限度地减少它们发生的概率。

在各个运作阶段，应当对空间系统定期加以监测，以发现可能导致碎裂或功能失控的故障。检测到故障时，应当计划并执行适当的恢复措施；否则，则应当计划和进行系统的处置和钝化措施。

5.2.3 避免故意毁坏和其他有害活动

故意毁坏空间系统（自毁、故意碰撞等）和其他可能大大增加与其他系统碰撞危险的有害活动都应当加以避免。例如，故意碎裂应当在足够低的高度进行，以便碎片只在轨道短暂停留。

5.3 任务后处置

5.3.1 地球同步区域

对已经结束飞行任务的航天器进行机动操作时，应当离地球同步轨道有足够距离，以免对仍然在同步轨道的空间系统造成干扰。在考虑到所有轨道摄动的情况下，对在变轨结束时近地点高度所建议的最低限度增加值为：

$$235\text{km}+(1,000\cdot C_R\cdot A/m)$$

其中， C_R ：太阳辐射压力系数（一般值在 1 到 2 之间），

A/m ：扫描面积与干质量比 $[\text{m}^2/\text{kg}]$

235 公里：地球同步轨道受保护区域上限高度（200 公里）与变轨空间系统由于日月和重力位势摄动的最大下降高度（35 公里）之和。

地球同步轨道航天器的推进系统不应当设计成可以与航天器分离。如果有无法克服的理由要求分离，对推进系统的设计也应当使其能一直留在受保护的同步区域之外的轨道上。

无论其是否分离，推进系统的设计都应当考虑到钝化。

经营者应当避免运载火箭轨道级长久留在同步区域。

5.3.2 穿越低地球轨道区域的物体

空间系统，如结束运作阶段时的轨道穿越低地球轨道区域或者有可能对低地球轨道区域产生干扰，则凡有可能，应进行脱离轨道处理（最好直接重返）或者作适当机动进入寿命较短的轨道。收回也是一种处置选择。

应当将空间系统留在这样一个轨道上，在这个轨道上，根据对太阳活动的公认标称预测，大气阻力会限制运作完成之后的在轨寿命。碎片协委会进行了一项关于飞行任务后在轨寿命限制对碰撞率和空间碎片总数增长的影响的研究。碎片协委会的这项研究和其他一些研究以及现有的一些国家准则均认为 25 年是一个比较合理和适当的寿命限度。如果以重返大气层的方式对空间系统进行处置，残留下来能够到达地球表面的碎片不应当对人员或财产造成不应有的危险。要做到这一点，可以限制残留碎片的数量或者使碎片局限在无人居住的区域，如广阔的海洋区域。此外，还应当预防或最大限度地减少由于所载物品所产生的放射性物质、有毒物质或任何其他环境污染物所造成的地面环境污染，使其达到容许的接受水平。

在空间系统有控制地重返的情况下，系统的经营者应当向有关的空中交通或海上交通管理局通报重返的时间和轨道以及相关的地域。

5.3.3 其他轨道

对将要在其他轨道区域结束运作阶段的空间系统，应当作机动操作，减少其在轨寿命，使之与低地球轨道的使用期限限制相适应，或者如它们对利用率高的轨道区域形成干扰，则改变其位置。

5.4 预防在轨碰撞

在拟订空间系统的设计和飞行任务书时，方案或项目应当估计到并且限制系统在轨寿命期间与已知物体意外碰撞的可能性。如果可以得到可靠的轨道数据，则在碰撞危险并非可认为微不足道的情况下，可以考虑航天器的避免机动和调整发射窗。航天器的设计应当限制可能造成失控的、与小碎片碰撞的可能性，从而防止飞行任务后处置。

6. 更新

随着有关空间活动及其对空间环境影响的新信息的提供，本准则可以随时加以更新。