



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. 运载火箭中使用的碎片缓减技术 .....	4	- 12	1
二. 防止意外碎片产生 .....	13	- 20	4
三. 地球静止轨道的环境保护 .....	21	- 27	5
四. 有源航天器的碎片保护 .....	28	- 29	7
五. 国际航天学会的建议 .....	30		7

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三十二届会议一致

认为，最好能将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各种步骤的资料汇编成册，并鼓励国际社会自愿地加以共同接受(A/AC.105/605, 第 80 段)。

2. 和平利用外层空间委员会第三十八届会议核准了该项建议。<sup>1</sup>

3. 本报告系秘书处根据这一要求编写而成，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资料。

### 一. 运载火箭中使用的碎片缓减技术

4. 美利坚合众国国家航空和航天局（美国航天局）在看到自然火箭末级在完成任务后一定时间内往往发生爆炸的现象之后，于八十年代初制订了碎片缓减战略。潜伏期有时为几周，有时可长达 16 至 27 年。对该级的设计进行检查后发现，有一系列方式存在着发生故障的可能性，可能是这类方式导致了上述爆炸现象。在每一起爆炸中件中，爆炸的发生是因为在发射级任务完成时舱内飞行性能残余中还存有能源。自那时起，一直采用一系列不同技术来烧掉或放出储存的推进剂和受压物质并打开电子电路和电池。

5. 所有美国发射系统都在航天器分离后不久执行某种形式的避污染和碰撞的程序。一般说来，用于释放航器的系统的构成部分仍留在末级。1981 年观察到，德尔塔发射装置的第二级在完成有效载荷输送后一定时间内会发生爆炸，于是便研制出了耗掉储存能源的补步程序。分析表明，利用残余推进剂，可将四氧化二氮和氮加热到可产生超过材料强度的压力的温度。在贮箱结构发生故障时，推进剂便引爆并炸毁该级。1991 年 5 月 1 日，德尔塔-111 发射装置第二级在经过了 16 年的在轨过程后破碎，是对这一结论的印证。第二级耗毁性燃烧最初是于 1981 年 9 月付诸实施的，发生在调查开始刚刚四个月之时。自那时起，没有一个按贮存能源耗毁程序行事的德尔塔发射级发生过爆炸。

6. 土卫六和昴宿七助推器上用以完成地球同步轨道任务的半人马座发射装置要执行一种避免碰撞程序，以便将半人马座发射级助推至静止圆弧上方的墓地轨道中去。在以上各种情况中，都会烧毁发动机，以防止存储能源引起高压爆炸。在完成耗毁性燃烧后，即放出受压物质。

7. 对土卫六发射装置的最后一级通常的处理办法是将其留在弹道再入流轨上。当该级在轨寿命有限时，对商业性土卫六-2 的发射级进行了改动，以使其在大气重返前期间不致压力过大。迄今为止，一直都是用热控漆来

---

<sup>1</sup> 《大会正式记录，第五十届会议，补编第 20 号》(A/50/20)，第 76 段。

做到这一点的。至于土卫六-2 中功率更大的那些利用在第一级安排一组固体燃料火箭马达助推器提高上升能力的型号，将采用类似于德尔塔所用的那些程序。

8. 至于土卫六-3 号和土卫六-4，在有效载荷脱离后第二级燃烧殆尽，而且还要执行避碰撞和污染的程序，一般是使该级离轨。末级则应采取各种减少碎片的措施。最主要的末级是上文所提及的半人马座。

9. 有效载荷辅助舱(PAM-D2)、Transtage、惯性末级和转移轨道级等可以利用的其他美国末级尚未飞行，也无飞行的计划，因为需要进行避免碎片的工作，因而并未确定明确的程序。Transtage 具有再起动力，所以可利用类似于德尔塔或半人马座级的程序。其他都是固体燃料火箭发动机，在有效载荷分离后利用高度控制系统活动的能力有限。

10. 法国国家空间研究中心同阿丽亚娜航天公司一道，在向低空环形轨道发射的情况下（如法国地球观测卫星(SPOT-2)、欧洲遥感卫星(ERS-1)和海洋地貌试验卫星等）开始从阿丽亚娜发射器末级进行残余燃料通风，以防止爆炸。自从 V-59 飞行以来，第三级燃料通风已成为惯例，对任何类型的目标轨道都不例外。

11. 法国国家空间研究中心今后的碎片缓减政策包括以下几个方面：

- (a) 发射器可在每发射一颗卫星时最多将一个惯性物体留在轨道上；
- (b) 一定要使留在轨道（不论是什么轨道）上的物体成为完全无源物体，以防止在任务结束后再发生爆炸。在将卫星送至轨道后，诸如电池或含有残余推进剂的贮箱等有源部分都应处于完全的惰性状况；
- (c) 最后级分离一定要干净利落，并且一定要收回各种螺钉和螺卡，以防止活动碎片；
- (d) 应避免使用释放铝粒子的固体燃料近地点反冲发动机；
- (e) 所有其他各级均应自然重返大气层或离轨。

12. 已为中国长征 4 号发射器末级研制出一种特别释放系统。该系统的目的是在卫星分离后释放贮箱中的残余推进剂和助推器高压瓶中的残余气，以避免末级在轨分裂的危险。将在改良型长征 2 号发射器上使用脱轨技术，以使其末级能更早重返。

## 二. 防止意外碎片产生

13. 轨道物体类型多种多样，这类物体最多的要数爆炸所产生的碎裂碎片。为了避免大量意外碎片的产生，日本宇宙开发事业团已实施排放残余推进剂（液体氧(LOX)、液体氢(LH<sub>2</sub>)、N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>)和 H-I 和 H-II 二级残余氮气的规定。在卫星分离和太阳能电池叶片展开时避免了机械装置的释放，但某些飞

行任务时例如，如静止气象卫星报废远地点发电机的分离等。为了防止 H-II 二级在空间的意外炸毁，在射入轨道后立即关闭指令毁坏系统，而且对其烟火品实行热绝缘，以免自然起爆。

14. 美国航天局正在进行研究，以确定如何以合乎成本效益原则的方式实施物体离轨的要求。一般说来，降低轨道的近地点以使轨道寿命保持在 25 年或 25 年以下，便是以保护未来的环境。这样一种做法之所以有效是因为，由于较低的近地点会受到阻力，远地点便会迅速移出危险最大的区域，而且在漫长的衰减期中危险是微不足道的。为了飞行规划和任务管理的目的，建议将这一要求同计算现有飞行性能储备时所使用的其他变量结合起来。由于实际飞行性能方面的差异，这一活动中的残余可能并不是在各种情况下都能得到应有的减少的，但一般说来都能实现减少的目标。显然，所有操作员都有必要同时采取这一做法，因为如果只有一两个操作员采取是不会有什大效果的。

15. 美国有一个负责开发 66 个小型通信卫星铱星群的大公司，已将碎片缓减的安排纳入了其方案的最初几个阶段。在原来的操作概念中，最重要的规定是报废航天器离轨。该概念还要求选择既可将同该公司自己的航天器和同其他物体碰撞的危险减至最低限度，又可最大限度地减少与插入和展开相关的碎片。对这一概念随后进行的增补涉及爆炸危险和航天器本身自动实施缓减技术的必要性。特别是对星群中名义卫星轨道进行了调整，以包括极区（所有轨道交叉处）内高于 100 公里的失误距离。另外，根据各种供应商的投入，已查明镍氢电池和肼燃料是唯一会引起爆炸危险的物质，并已作了种种安排来将这类故障减至最低限度。

16. 铱项目运营阶段的程序包括支撑可指示（在具体条件下）航天器利用其可能利用的任何能力执行燃料耗损性和降低近地点的燃烧的软件。程序强调将有故障航天器挪出活动轨道并“确保安全”而不发生爆炸危险的必要性。铱系统的操作员已同意离轨原则，这有时候会引完全处于良好状态的航天器离轨，因为其所剩燃料仅够离轨之用。

17. 到目前为止，只有几次使用过碎片清除办法，例如通过美国航天飞机回收或离轨。在俄罗斯联邦载人航天方案中，同前苏维埃社会主义共和国联盟的载人航天方案一样，通过进步号供应飞行器和老化的轨道站将碎片清除至海洋区（宇宙 557 号、礼炮 2 号和礼炮 7/宇宙 1686 号台站除外）。大多数重返的航天器和末级都为进入时的加热所毁掉。只有在很少的情况下（天空实验室、宇宙 954 号和礼炮 7 号/宇宙 1686 号台站），才有一些固体部分进入地球表面。

18. 根据中国进行的一项碎片缓减研究，对于那些并不进入外层空间轨道或在进入后不久即能返回大气层的卫星和发射器级的部件和元件，在设计

阶段无须采取任何措施。对于送进有着较长轨道寿命的轨道中的部件和元件，有必要采取措施将其系在主要物体上，以免产生更多的碎片。中国正在有可能的情况下利用返回式卫星在外层空间进行科学试验。从而减少投弃于轨道上卫星的数目。目前还正在努力从设计、发射技术和可靠性等方面对卫星和发射器加以改进。

19. 为了尽量减少空间碎片的产生，加拿大雷达卫星方案规定了一项系统一级的要求：对抑制/释放机制操作所造成的任何固体碎片一定要加以控制；也就是说，所有承包商在设计系统时都应确保航天器在部署于轨道中的期间不释放任何碎片。

20. 在欧洲航天局（欧空局）计划发射的环境卫星航天器的操作寿命期间，将防止与飞行任务有关物体的产生。预计在寿命期终止时，将有控制地排放高压罐和残余燃料，进行电池放电和关闭动力系统。

### 三. 地球静止轨道的环境保护

21. 为最大限度地减少在静止轨道区域产生空间碎片，国际通信卫星组织（通信卫星组织）已采取下列做法：

(a) 在通信卫星运转寿命结束之际，通信卫星组织将要把它们送上至少比地球静止弧度高 150 公里的轨道上。计划中的 INTELSAT-VI 和所有随后卫星系列的轨道高度将增加 300 公里。

(b) 通信卫星组织将不鼓励为它生产航天器的制造商使用投弃航天器零部件的设计，特别是在静止轨道附近。例如，固体火箭助推器外壳和包裹太阳能电池组的电缆应附着在航天器上。

22. 大不列颠及北爱尔兰联合王国认识到了地球同步轨道高度的独特性以及为未来的发展和开发保护这一全球资源的必要性。因此，由联合王国控制的天网地球同步通信卫星系列有下列操作要求：

(a) 对所有现有在轨卫星，都为其留有一定的燃料，使其能在运转寿命将至时向一条至少比地球静止轨道高度高出 150 公里的圆形轨道进行三脉冲操作；

(b) 今后卫星系列的设计要求规定要具有在运转寿命结束时使用类似的三脉冲操作使其高度至少超出静止轨道 500 公里的能力。

23. 在所有情况下，为了消除爆炸的可能性，要确立适当的操作程序，以便使所有的动态分系统在卫星被置于基地轨道时处于无源状态。

24. 下列欧空局地球静止轨道卫星已改轨：轨道试验卫星 - 2（在地球同步轨道上方 318 公里的轨道上），绕地轨道测地卫星 - 2（260 公里），气象卫星 - 2（334 公里），欧洲通信卫星 - 2（335 公里）和奥林匹斯 - 1（由

于故障，这颗卫星现正处于静止轨道下方 213 公里的轨道上）。

25. 同样，地球同步实用环境卫星系列中无法使用的气象卫星已由其操作者——美国国家海洋与大气层管理局（诺阿）置入弃星轨道并已停止使用。诺阿的政策是将其助推至高出静止轨道至少 250 公里的“超同步”轨道，同时耗尽所有的剩余燃料并将其对静止轨道上其他航天器的威胁降至最小程度。在助推或弃置阶段完成之后，通过发出指令关闭所有的通信下行链路、电池低电压保护电路和遥测分系统等办法，就以电子方式使航天器停止活动了。

26. 使用这一程序，地球同步卫星 -1 号被放入静止轨道上方 500 公里的弃星轨道，地球同步卫星 -2 号被放在静止轨道上方 245 公里处，地球同步实用环境卫星 -4 被放在静止轨道上方 277 公里处。地球同步实用环境卫星 -1、地球同步实用环境卫星 -5 和地球同步实用环境卫星 -6 在它们在静止轨道上耗尽燃料之前，仍在作无替代物的运转使用。这些卫星已被放弃在静止轨道区域，但也已停止工作了。诺阿计划在今后的地球同步实用气象环境卫星上保留足够的燃料，以便进行助推操作。现在的地球同步实用环境卫星 I-M 航天器系列在按计划进行的五年运转燃料名义供应之外还包括了脱轨燃料供应。

27. 地球静止转移轨道中物体的数目不断增加，而且因其轨道寿命较长而被看成有害于未来空间活动。目前日本正在努力减少 H-II 发射器第二级的轨道寿命。例如，1994 年 8 月 28 日 H-II 第二次飞行的第二级（1994-056B），已通过空转式燃烧和耗毁残余推进剂而从远地点为 36,346 公里和近地点为 251 公里的地球静止轨道脱轨至远地点为 32,298 公里和近地点为 150 公里的轨道中。观察发现，到 1995 年 5 月 31 日，第二级已至少碎裂成 6 个新的物体，随后均已衰减。日本宇宙开发事业团自 1985 年以来还在静止轨道卫星寿命终止后将其转轨至至少 150 公里的上方，并将争取达到 300 公里上方。

#### 四．有源航天器的碎片保护

28. 已采取种种措施来保护于 1995 年 11 月 4 日成功发射的加拿大雷达卫星航天器，使其不受现有空间碎片环境的影响。这类措施是必要的，只有这样才可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。雷达卫星所要遇到的空间碎片环境是利用美国航天局环境网数据库加以确定的。接着对航天器具体的部件进行了检查，以确定其受预测中的环境的影响的情况。影响情况评估包括使用超速冲撞公式，以及在美国航天局约翰逊航天中心对航天器硬件实际进行高速冲撞试验。

必要时，可在航天器上加上护罩，以使航天器的耐受性保持在可接受的水平上。护罩包括在绝热层添加纳克斯特尔（一种陶瓷纤维布），在暴露的胼线和线团前添加防撞器，并加厚某些部件箱，以保护其内部的线路。

## 五. 国际航天学会的建议

30. 对和平利用外层空间委员会具有观察员地位的国际航天学会发起了一项关于轨道碎片的研究，研究报告由其安全、救援和质量委员会的一个特设专家组编写。目标是评价采取行动的必要性和迫切性，并提出减少这类碎片所构成危险的方法。1993 年 10 月作为国际航天学会的正式立场文件核准了关于这一研究的报告。在该报告中，建议立即采取下述行动 (A/AC.105/570)：

- (a) 不有意炸毁会在长寿命轨道中产生碎片的航天器；
- (b) 最大限度地减少与飞行任务有关的碎片；
- (c) 在完成飞行任务后留在轨道上的所有火箭体和航天器实行“安全”（排放）程序；
- (d) 选择转移轨道参数，以确保转移各级的迅速衰减；
- (e) 在寿命终止时对静止卫星实行转轨（最低增高 300 - 400 公里）；
- (f) 应将静止卫星所用分离的远地点助推发动机置入至少在静止轨道上方 300 公里的弃置轨道中；
- (g) 应将用以将静止卫星从地球静止转移轨道移至静止轨道的末级置入至少在静止轨道 300 公里以上的弃置轨道，而且应不带残余推动剂。