



# 大会

Distr.  
LIMITED

A/AC.105/C.1/L.214\*  
26 February 1997  
CHINESE  
ORIGINAL: ENGLISH

和平利用外层空间委员会

科学和技术小组委员会

第三十四届会议

1997年2月17日至28日，维也纳

## 对科学和技术小组委员会关于空间碎片 的技术报告的修订\*\*

(修改部分以黑体字标出)

### 1. 空间碎片的测量

#### 1.1 陆基测量

##### 1.1.1 雷达测量

1. 地面的雷达很适合于观察空间物体，因它可以全天候而且日夜运行。但是，从长期看，雷达动力的预算和**运行波长**是探测细小物体的限制因素。
2. 基本上使用两种类型的雷达来进行空间物体测量：
  - (a) 使用抛物线反射天线以机械方式控制波束方向的雷达。只有当物体处于机械调整的抛物线反射天线方向并在实际视场之内，才可探测和测量；

\* 本文件译自未经编审的英文文本。

\*\* 科学和技术小组委员会关于空间碎片的技术报告原文载于 A/AC.105/637 号文件第 94 至 137 段。

(b) 使用相控阵天线以电子手段控制波束方向的雷达。它可同时探测和测量不同方向的、数以百计的物体。

3. 第一种雷达主要用于跟踪，第二种雷达用于**跟踪和搜寻**。

4. 为观察空间碎片可使用这样几种雷达方式：跟踪方式；波束方式；混合方式；收发分置方式。

5. 在跟踪方式下，雷达跟踪某一物体达数分钟后便收集到有关雷达回波的角方向、距离、测距率、振幅和位相的信息。对作为时间函数的方向、速度和临近速度作出估算，即可得出轨道要素。

6. 在波束方式下，天线固定在某一方向上，可从通过其视野的物体收到回波。这将提供有关被测物体的数目和体积，但有关其轨道的数据太不精确。

7. 在混合方式下，雷达开始以波束状态工作，但当物体通过波束时便转向跟踪方式，从而获得更精确的轨道数据。一旦收集到数据，雷达可回到波束方式。

8. 在收发分置方式下，用一个与发射天线分置的接受天线。这能提高收发分置天线的灵敏度。这种天线便能探测更小的物体。

9. 主要从雷达测量结果可得出空间物体的下列特点。**所有下列参数都会有某种程度的不确定性。**

(a) 说明物体质量中心围绕地球运行的轨道要素；

(b) 说明物体围绕其质量中心运行的姿态；

(c) 物体的体积和形状；

(d) 轨道寿命；

(e) 第 127(f)段界定的弹道系数，说明轨道半长径衰减速率；

(f) 物体质量；

(g) 材料特性。

10. 决定性数据以及有关某一时间某一地区一定体积的被测物体的数目的统计资料可列入空间物体目录。

11. 目前的雷达能够最多在 1,000 公里距离内探测大于 1 厘米或地球静止轨道 (GEO) 上大于 1 米的物体。为了探测更小的物体，**可以采用收发分置雷达方式**。采用这种技术，便能在 500 公里距离内探测到大小为 2 毫米的物体。上述探测距离适用于像金属这种反射性很强的物体。就其他材料而言，如复合材料，对雷达信号的反射**可能比较弱**。

12. 美国利用 Haystack 和 Goldstone 雷达、**一些俄国雷达**，德国利用 FGAN 雷达和 Effelsberg 射电望远镜对小于 30 厘米(美国和俄罗斯联邦目录中的正

常极限尺寸)的空间碎片群进行了雷达测量。Haystack 和 Goldstone 雷达从统计数字上说明了低地球轨道上尺寸最小为 0.5 厘米(在某些数据中,尺寸最小为 0.2 厘米)的碎片环境。FGAN 雷达测量不到这么小尺寸的碎片,但测量结果一般来说与美国航天局的结果是一致的。这类测量和其他测量反映的情况是碎片超过了直径大于 0.01 厘米的各种自然流星体的总数。

13. 日本京都大学的中高层大气雷达能够观察未知物体的雷达截面变化,为时 20 秒钟。日本航宇和航空科学研究所的一个收发分置雷达系统能够发现 500 公里高处达 2 厘米的物体。

### 1.1.2 光学测量

14. 光学碎片可以在下面大地黑暗时通过碎片物体受阳光照射反射太阳光而被察觉。对低地球轨道物体来说,这个时间仅限于日落后与日出前之间的一、二个小时。但是,对高地球轨道物体,例如地球同步轨道物体来说,往往可以在整个夜间进行观测。要求天空晴朗和黑暗是光学测量的另一个限制。光学测量相对于雷达测量的一个优点是反射阳光的信号强度仅以距离或高度的平方衰减,而雷达信号反射要以距离的四次方衰减。结果,一具并不很大的望远镜,其察觉极高处碎片的效果要优于雷达。测量低地球轨道上的小碎片时,有时使用光学望远镜,但一般对低地球轨道测量来说,雷达要优于望远镜。

15. 美国空间指挥部使用带有高强度光导摄像管探测器的一米光圈望远镜来跟踪高地球轨道物体。这些测量用来掌握空间指挥部目录中的高地球轨道部分。这类望远镜的能力限于察觉地球同步高度上的一米物体,相当于极限星等级 16。计划在这些望远镜上采用电荷耦合器探测器,以提高它们的性能。俄罗斯航天局具有类似的望远镜能力,用来掌握其目录中的高地球轨道物体的轨道。

16. 一般来说,美国空间指挥部和俄罗斯联邦 GEO 目录所涉及的是完整的航天器和火箭体。然而,有理由相信,在 GEO 区也存在着由于爆炸而产生的小轨道碎片。曾观察到俄罗斯的一颗“荧光屏”号卫星 1978 年在地球静止轨道爆炸。在高椭圆轨道倾度为 7 度处曾观察到许多目录中未列入的物体,可能是一阿丽亚那地球转移级解体的结果。美国空间指挥部设在夏威夷毛伊岛上的望远镜曾意外地观察到 1992 年 2 月大力神 4 号中间级(1968

- 081E) 分解。再近一些 (1994 年 2 月), 大力神 2 号中间级 (1967 - 066G) 呈现突然轨道中断, 表明发生了爆炸。靠近地球静止轨道的其他级也有爆炸可能。其中有些似乎已经失踪, 可能已经爆炸。

17. 要观察地球静止轨道区可能存在的小轨道碎片, 需要将敏感度与视野作特殊的结合。极限星等级要在 17 以上才能察觉地球同步轨道高度附近小于 1 米的碎片。视野要尽可能大, 以便能作大面积观察。具有足够敏感度的天文望远镜大多数视野小。这对精确确定卫星位置 (一旦知道了它的大致位置之后) 是有用的, 但对观察大面积天空来说用处不大。

18. 为了观察地球静止轨道附近小于 1 米的碎片物体, 已经作了一些初步测量。美国航天局使用了一具能够察觉细至 17.1 星等级 (相当于地球同步高度上直径为约 0.6 米的一个物体) 的小型望远镜, 视野为约 1.5 度。结果表明, 在该高度确实存在着相当多的碎片。应当进一步作碎片观察。机构间空间碎片协调委员会目前正在讨论开展一次探索 GEO 轨道碎片的行动计划。

19. 下文表 1 概述了现有和计划中的作碎片光学观察的光学能力:

表 1. 观察碎片的光学设备  
(待补全)

国家/组织	组织	望远镜 光圈(米)	视野 (度)	观察类型	极限 星等	现状
日本	SUNDAI	0.75	0.04	电荷耦合器件	17.0	运行中
日本	通信研究实验室	1.5	0.28	电荷耦合器件		运行中
欧空局	欧空局	1.0	1.0	电荷耦合器件	19.0	研制中
俄罗斯联邦	RAC	1.0		电荷耦合器件	20.0	运行中
俄罗斯联邦	俄空局	0.6	0.2	电视	19.0	运行中
美国	美国航天局	0.3	1.5	电荷耦合器件	17.1	运行中
美国	美国航天局	3.0	0.3	电荷耦合器件	21.5	运行中
瑞士	伯尔尼大学	1.0		电荷耦合器件		研制中
联合王国	皇家格林威治 天文台	0.2	0.25	电荷耦合器件		运行中

## 1.2 空基测量

### 1.2.1 回收的表面和冲击探测器

20. 可以通过对暴露在空间环境中的表面或航天器返回地球后进行分析来获得有关毫米以下颗粒的资料。还可以通过专门设计的碎片和尘埃探测器来获得类似资料。它们**多数**都含有一个关键要素，即探测表面。其中有些的设计是为了捕捉冲击颗粒作进一步分析。出于费用的原因，仅仅从低地球轨道回收表面然后作分析。

下文表 2 列出了**回收航天器和表面**的一些实例。

表 2：回收航天器和表面的实例  
(待补全)

名称	轨道	在轨时间	稳定	暴露面积
长期暴露设施 (美国航天局)	340-470 公里 28.5 度	84.4-90.1	重力倾度	151 (平方米)
欧洲可回收装载系统 (欧空局)	520 公里 28.5 度	92.7-93.6	向阳	航天器 35 平方 米+太阳能电池 阵列 96 平方米
哈勃空间望远镜 太阳能电池阵列 (欧空局/美国航天局)	610 公里 28.5 度	90.5-93.12	向阳	62 平方米
和平号/欧洲和平号 95 (俄空局/欧空局)	390 公里 51.6 度	95.10-96.2	重力倾度	20x30 厘米(盒)
空间飞行器(日本)	300-500 公里 28.5 度	95.3-96.1	向阳	<b>20 平方米</b>
航天飞机(美国航天局) 轨道器	300-600 公里 28.5 - 51.6 度	92 年至今	多种方式	100 平方米

21. 航天器表面经暴露于空间环境后，布满许多流星体和碎片的冲击痕迹。各冲击坑和洞的大小从几微米到几毫米。一个基本问题是要区分流星体的冲击与人造碎片的冲击。一个经证明有效的确定其来源的方法是化学分析。但

是，使用这个方法伴有一些困难。由于冲击速度很高，冲击材料中很少有未经改变而保留下来的。颗粒会蒸发，然后重新凝固在周围表面上。在许多情况下，不能单独确定冲击颗粒的来源（因缺乏残余物或化学分析结果不确定）。为了在冲击坑的大小与颗粒大小之间建立起关系，对不同材料作了地面标定试验（超速冲击试验）。

22. 根据冲击统计数字和标定实验，可以把流星体和碎片的通量确定为颗粒大小的函数。需要考虑的一个重要问题是二次冲击。如果这些问题得不到妥善处理，得出的通量数字就会过大。

23. 长期暴露设施上有 30,000 个肉眼可见的凹坑，其中 5,000 个的直径大于 0.5 毫米。最大的凹坑直径 5 毫米，很可能是由 1 毫米颗粒造成的。长期暴露设施表明，某些冲击在时间上是成束的，另外它还表明在椭圆轨道上有许多毫米级以下的物体。

24. 在欧洲可回收装载系统上，最大的冲击坑直径为 6.4 毫米。在回收的表面中，哈勃空间望远镜返回的太阳电池阵列曾处于最高轨道高度。一个有趣的发现是，就尺寸大于 200 - 300 微米的凹坑来说，哈勃空间望远镜的冲击通量要比欧洲可回收装载系统大许多（2 - 8 倍）。

25. 1995 年 3 月发射的空间飞行器于 1996 年 1 月由航天飞机收回。飞行后分析**在进行中**。

26. 上面讨论的这些实例表明了特定环境对在轨航天器的影响。在所有情况下，均未观察到航天器功能的衰减。现有关于毫米级以下物体群的资料仅限于 600 公里以下的高度。特别是，在低地球轨道（高度约 800 - 1000 公里）以及地球静止轨道的空间碎片高密度区，没有任何资料。1996 年，欧空局已在地球静止轨道放置一具碎片和尘埃探测器，安装在俄罗斯 Express-2 号航天器之上。

### 1.2.2 雷达与空间光学测量

27. 一般来说，空基测量，由于观察器与物体之间的距离较小，故具有分辨率较高这一优点。此外，也没有大气的扰动影响（电磁信号的消失和被吸收）。显而易见的是，空基系统的费用总的来说要高于地基系统，因此需要进行仔细的成本 - 实效权衡。

28. 红外天文卫星于 1983 年发射，以波长 8 至 120 微米进行天空观察，在 900 公里高度的太阳同步轨道上运行了 10 个月。该卫星经向对着地球，扫描天体。位于格罗宁根的荷兰空间研究组织对整套未处理的红外天文卫星数据作了分析，以便确定碎片物体红外辐射的特性和求得一整套的碎片瞄准。确定空间碎片特性的方法其基础是判明这些碎片在红外天文卫星焦平面上的轨迹。数据库中储存了 200,000 次潜在的碎片瞄准。约 10,000 次瞄准归因于实际物体。从碎片瞄准中不可能单独计算出碎片物体的轨道要素。

29. 1996 年，美国将 MSX 航天器发射进入 900 公里高的轨道。它的可见光和红外光感应器正用于观察附近的小碎片。

### 1.3 目录编制和数据库

30. 目录是一种分类记录，记载了依据测量或记录所确定的所有轨道物体的各种特征。编写目录是为了确定轨道物体观测结果之间的相互联系；在环境监测中用作轨道活动的历史记录；作为一项投入，为轨道物体的行为建立模型；并为预测今后发射及业务活动提供基础。

31. 轨道物体的以下特征有可能被载入记录：

(a) 质量：发射质量，寿命初期质量和干质量（寿命终结）；

(b) 雷达横截面：轨道物体的返回特征，据此可求出其形状、方位和大小；

(c) 反照率：物体反射性的量度，据此确定物体的光学可见性；

(d) 尺寸；

(e) 定向；

(f) 弹导系数：物体空气动力和质量几何特征的量度，这种特征将影响到物体的轨道寿命直至它进入高层大气。

(g) 材料结构：尽管目前并不重要，要有效地表明微小碎片脱落的情况就需要确定表面特点；

(h) 状态矢量：在某一特定瞬间求得的物体轨道特征；

(i) 发射特征：这将包括运载火箭、发射历元和发射场地。

32. 目前有两本空间物体目录，经常根据观测结果对其进行增补：美国空间指挥部目录和俄罗斯联邦空间物体目录。数据也存入欧空局 DISCOS 数据库。

33. 日本宇宙开发事业团也在研究建立碎片数据库,使之可以向空间碎片委员会目前正在讨论的国际碎片数据库提供数据。宇宙开发事业团还在为物体重返作流轨预测分析,并为新的发射作防止碰撞分析。

34. 宇宙事业开发团目前将美国空间指挥部的轨道参数数据作为其碎片数据库的来源。宇宙事业开发团将通过国家天文台进行的观测而得到更多的有关其航天器的轨道数据。

35. 可利用各种媒介来储存目录所载记录。硬件复制(纸张)格式不大适合轨道物体的动态性质。电子格式适合于:这类信息的记录;对特征的增补资料进行修订;随意处理数据,以便进行比较并为模型提供投入;使全球各地的用户通过网络联系起来,便于查询和提供信息。

#### 1.4 空间碎片环境对空间系统运作的影响

36. 决定空间碎片环境对空间系统运作影响的有四个因素。它们是:在轨时间、投射区域、轨道高度和轨道倾斜度。其中,在轨时间、投射区域和轨道高度是决定性因素。

##### 1.4.1 大碎片物体对空间系统运作的影响

37. 大碎片一般指大小在 10 厘米以上的物体。这类物体可以被追踪,轨道参数得到保持。在航天飞机执行飞行任务期间,要求轨道器作防止碰撞动作,以避免与这类大碎片发生灾难性碰撞。1996 年,首次录下了下述两个载入目前的物体之间发生的自然碰撞:运行中的 Cerise 卫星和爆炸后阿丽亚娜火箭顶部的一块碎片。

##### 1.4.2 小碎片物体对空间系统运作的影响

38. 到目前为止,小碎片(直径小于几毫米的碎片)对正在运行的空间系统已造成了损害。这些冲撞对飞行的成效产生的后果尚不得而知。这类损害可分为两类。第一类是对表面或子系统的损害。第二类是对运作的影响。



#### 1.4.2.1 对表面或子系统的损害

39. 以下为对正在运行的系统表面造成损害的例子:

- (a) 损坏航天飞机的机窗;
- (b) 损坏哈勃空间望远镜高增益天线;
- (c) 撞断小型一次性部署系统 - 2 的系链;
- (d) 损坏航天飞机暴露的表面。

就(a)、(b)、(d)而言, 有明显证据可断定是轨道碎片造成的损害。关于(c), 尚难断定这种损害是人造碎片所造成, 还是由一个微小流量体所造成。

#### 1.4.2.2 空间碎片对人类空间操作的影响

40. 为了保护乘员在飞行期间不受碎片的影响, 规定了各种操作程序。就航天飞机而言, 在飞行期间, 轨道器的方位往往调至使其尾部对准速度矢量的方向。采取这种飞行定位方法是为了避免与小碎片相撞而造成对乘员及敏感的轨道器系统的损伤。

41. 对舱外活动也制定了严格的操作规程。舱外活动的方式要尽可能使进行舱外活动的乘员能够得到轨道器的保护, 免受碎片伤害。

### 1.5 空间碎片的其他后果

42. 天文学家在广域摄像过程中观察到, 每一底片之中由轨道碎片引起的拖尾越来越多。此种拖尾降低了观测质量。如果碎片走过狭窄的光测视域, 则此种轨道碎片拖尾将会整个地破坏光学观测工作。