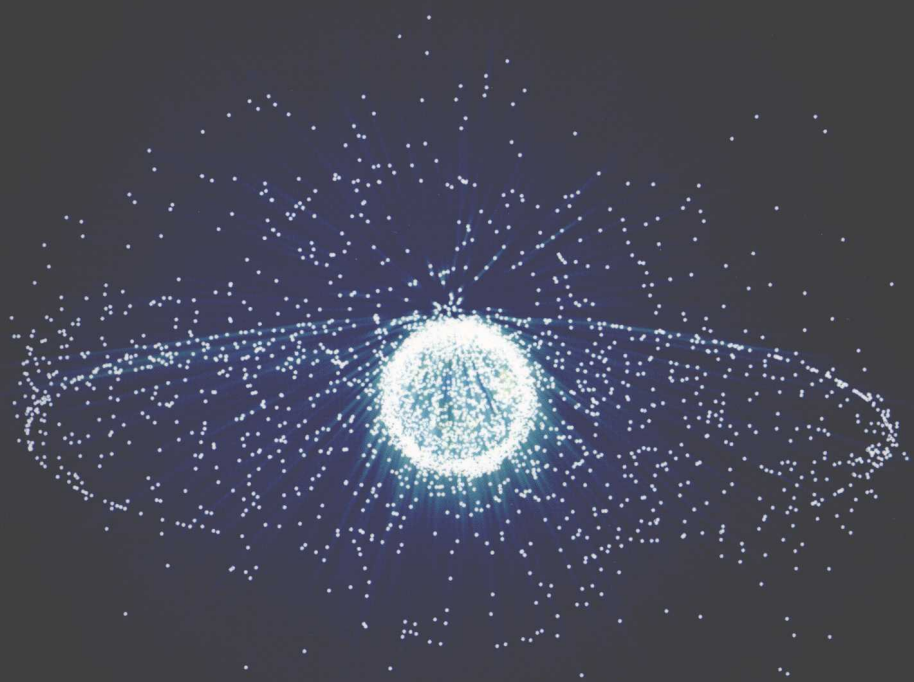
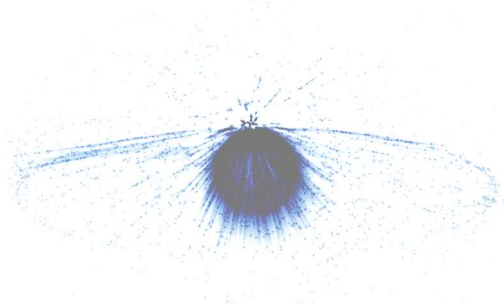


空间碎片

都 亨 张文祥 编著
庞宝君 刘 静



中国宇航出版社



KONGJIAN SUIPIAN

空间碎片

都 亨 张文祥 编著
庞宝君 刘 静



中国宇航出版社

· 北京 ·

版权所有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

空间碎片/都亨等编著. —北京: 中国宇航出版社, 2007. 4

ISBN 978-7-80218-237-0

I. 空... II. 都... III. 外层空间—残骸分析—普及读物
IV. P445—49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2007) 第040175号

责任编辑 艾小军

装帧设计 03工舍

出版
发行

中国宇航出版社

地址 北京市阜成路8号 邮编 100830
(010) 68768548

网址 www.caphbook.com/www.caphbook.com.cn

经销 新华书店

发行部 (010) 68371900 (010) 88530478 (传真)
(010) 68768541 (010) 68767294 (传真)

零销店 读者服务部 北京宇航文苑
(010) 68371105 (010) 62529336

承印 北京中科印刷有限公司

版次 2007年4月第1版

2007年4月第1次印刷

规格 787×1092

开本 1/16

印张 8.25

字数 163千字

书号 ISBN 978-7-80218-237-0

定价 29.00元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

前 言

自从1957年苏联发射世界上第一颗人造地球卫星，至今已有51年的时间，人类的空间技术在此期间取得了飞速的发展和巨大的成就。但是与此同时，人类的空间活动也制造了数以亿计的空间碎片（也称为太空垃圾）。

目前，日益增长的空间碎片已经影响到人类正常的空间活动，对航天器构成了严重的威胁，而且造成航天器损伤及发生灾难性失效的事例也已发生多起。空间碎片是人类空间活动面临的最新环境，对它的研究已得到了国内外的高度重视；空间碎片也是人类航天活动对空间环境的污染，是人类共同面临的环境问题，我们有责任找出有效的治理方法，给后人留下洁净的空间——解决空间碎片需要各个航天国家的共同努力。在“十五”计划期间，我国政府建立了“空间碎片研究行动计划”专项，在数百位研究人员的努力下，空间碎片的研究取得了较好的进展，有了一个良好的开端。但是，要解决空间碎片问题，前面的路还很长，需要几代人坚持不懈的努力。

这本小册子从一个侧面反映了我们现在对空间碎片的认识，愿这本小册子能成为研究和治理空间碎片漫长征途上的一块铺路石。

编著者

2007年3月

目 录

第一章	空间碎片特性和危害 /1
第二章	空间碎片是怎样产生的 /21
第三章	对策之一——躲避空间碎片碰撞 /33
第四章	对策之二——加强航天器防护 /69
第五章	对策之三——保护空间环境 /101
第六章	全球关注空间碎片 /119

第一章 空间碎片特性和危害

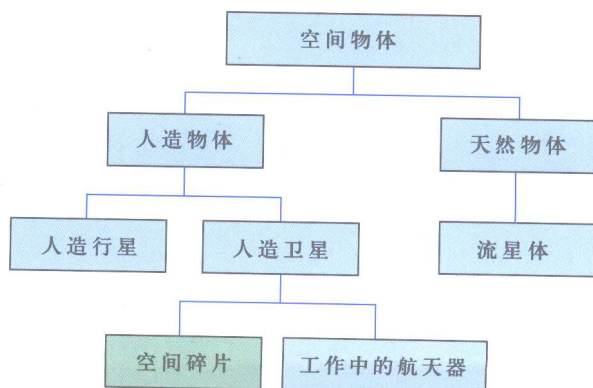
什么是空间碎片

“空间碎片系指轨道上的或重返大气层的无功能人造物体，包括其残块和组件。”

——机构间空间碎片协调委员会《空间碎片减缓指南》

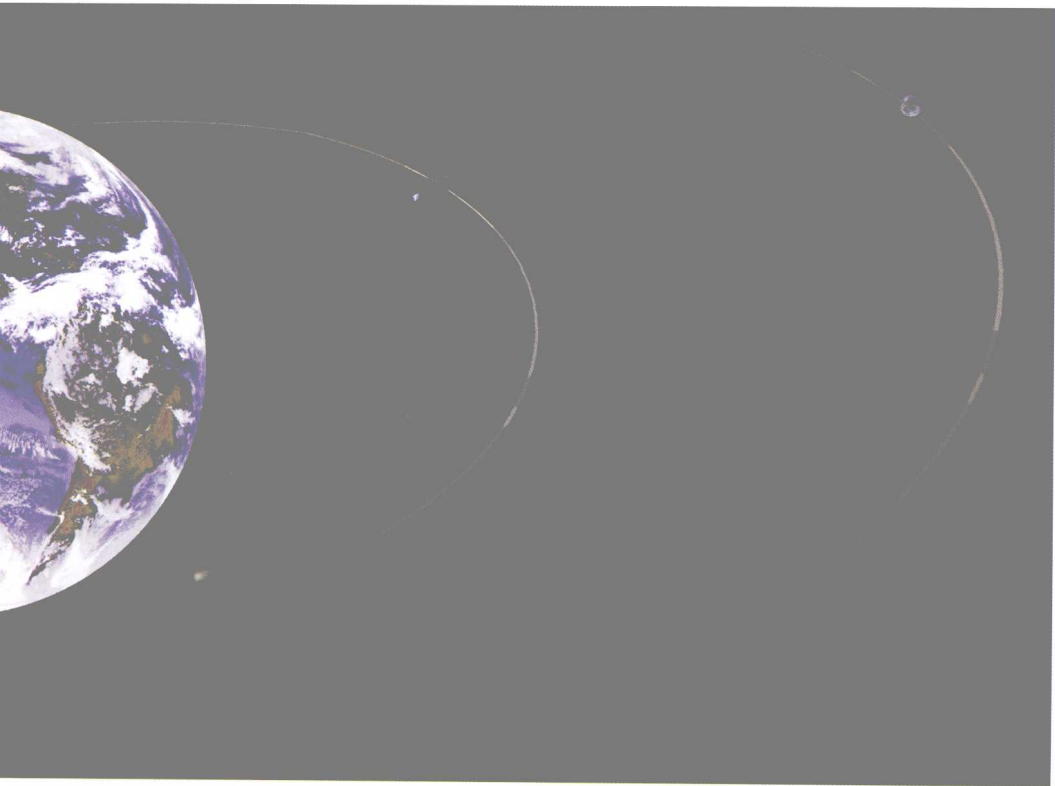
在茫茫的宇宙中，绝大多数的物质是以原子、分子、离子、气体、等离子体的形态存在的，只有极小的一部分是以常规的固态“物体”的形式存在。在地球周围，除了远处的月球和行星，近处的天然物体只有飞速掠过地球的“流星体”，在它们偶然进入大气层时短暂地展现其身影——流星。然而在空间的人造物体却与日俱增，一部分人造物体进入围绕太阳运动的轨道，已经成为人造行星而远离地球。大部分则在围绕地球的轨道上运动，成为人造地球卫星和废弃物——空间碎片。

1999 年联合国
《空间碎片技术报





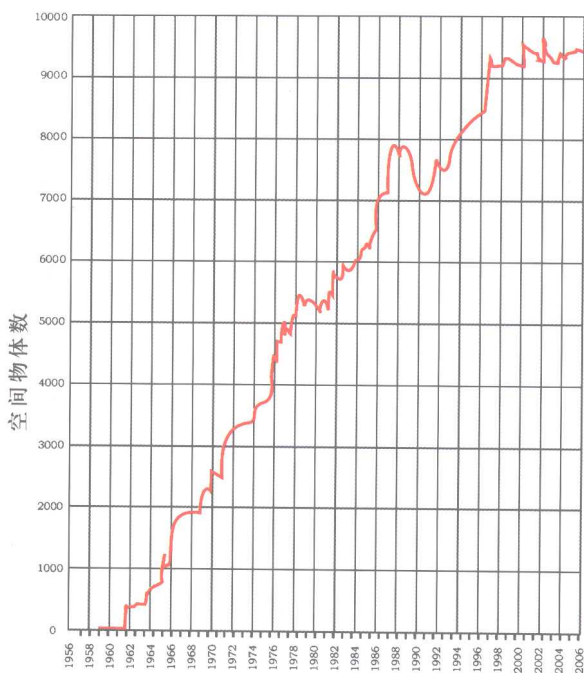
告》中关于空间碎片的完整定义是：“空间碎片系指位于地球轨道或重返大气稠密层不能发挥功能而且没有理由指望其能够发挥或继续发挥其原定功能或经核准或可能核准的任何其他功能的所有人造物体包括其碎片及部件不论是否能够查明其拥有者。”



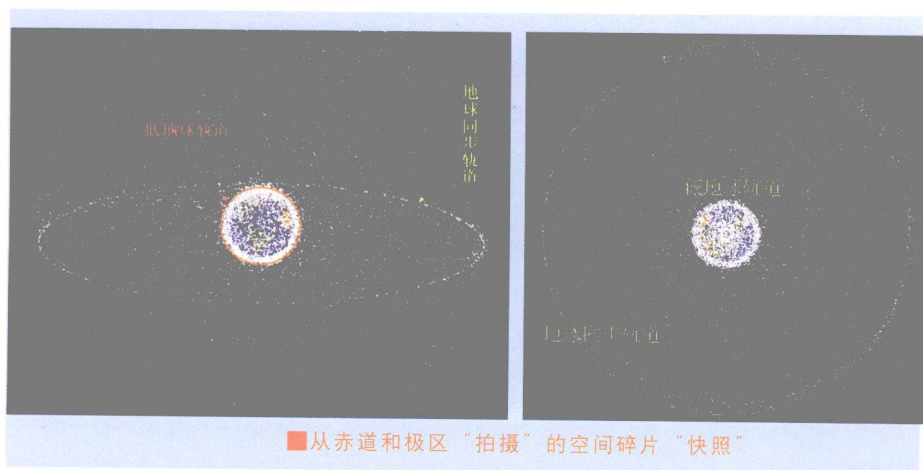
空间碎片的增长和分布

从1957年发射第一颗人造地球卫星以来,空间碎片总数已经超过4千万个,总质量已达数百万千克,大于10厘米、地面望远镜和雷达能观测到的空间碎片平均每年增加大约200个,总数已经超过10000个。

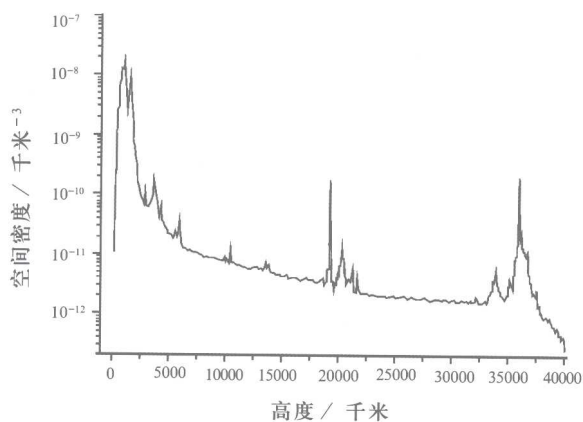
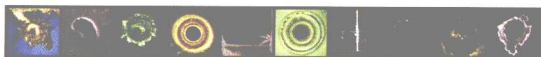
空间碎片不停地围绕地球运动,如果大于10厘米的空间碎片拍一张“快照”,就可以看到在地球周围紧靠着地球的区域以及在地球同步轨道附近空间碎片特别密集。如果用“密度”来描述空间碎片随高度的分布,可以定量地看到在2000千米以下区域、地球同步轨道高度和半同步轨道高度上有3个明显的峰值。



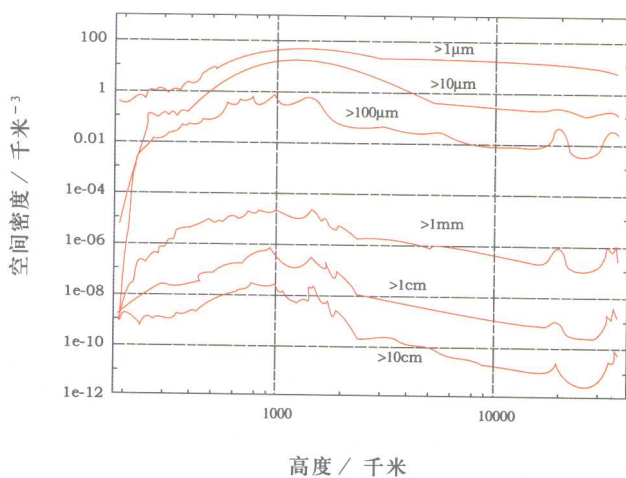
■地面设备探测到的空间碎片数量逐年递增过程



■从赤道和极区“拍摄”的空间碎片“快照”



■ 地面设备探测到的空间碎片密度随高度分布

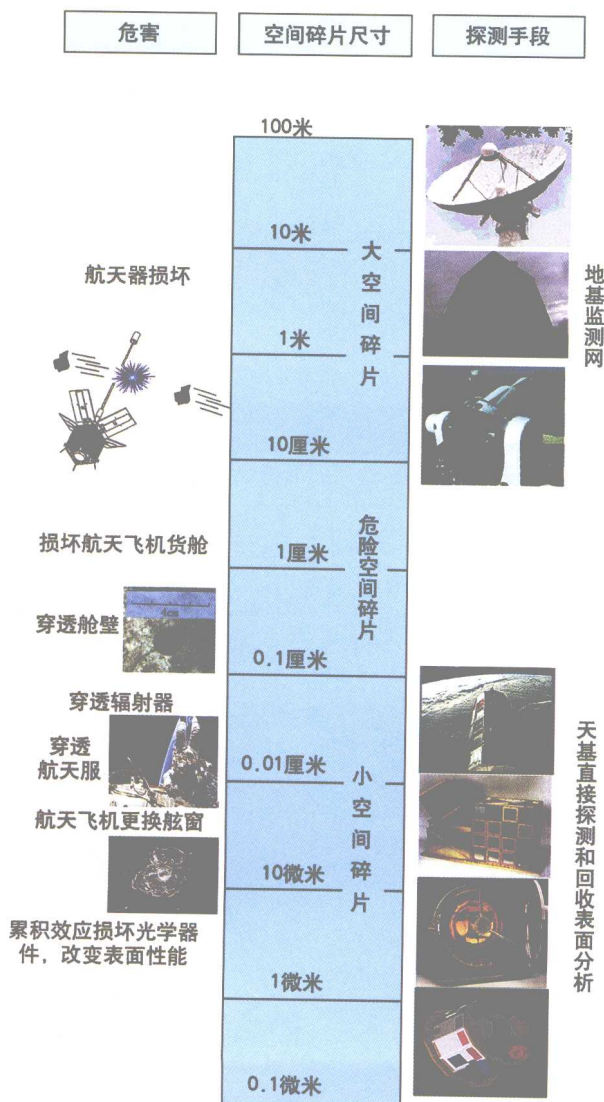


■ 不同尺寸空间碎片的高度分布

空间碎片的大小和分类

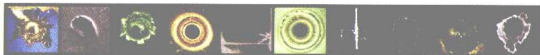
空间碎片的大小差别极大，小的只有微米量级，大的可达数10米。按其大小大致可以分为3类。

大空间碎片：指10厘米以上的空间碎片，是目前地基监测网能测量其轨道的碎片，航天器一旦被它撞击将彻底损坏，只有躲开它的碰撞才能保证安全。



小空间碎片：指1毫米以下的空间碎片，通过天基直接探测，或者分析回收物的表面获得它的信息，需要通过采取适当的防护措施来提高航天器的抗御能力。

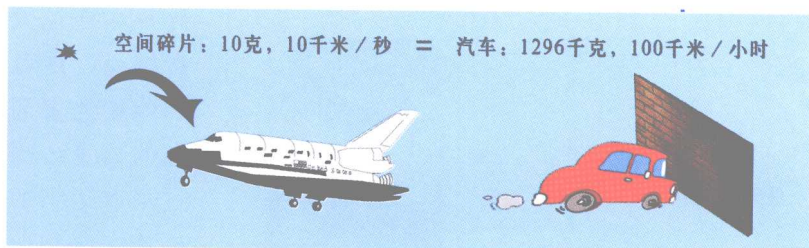
危险碎片：介乎大、小空间碎片之间的碎片，目前尚无有效的探测方法，对航天器的损坏能力比小空间碎片大，防护困难；数量比大空间碎片多，航天器躲避困难，是十分危险的碎片。



空间碎片的破坏力

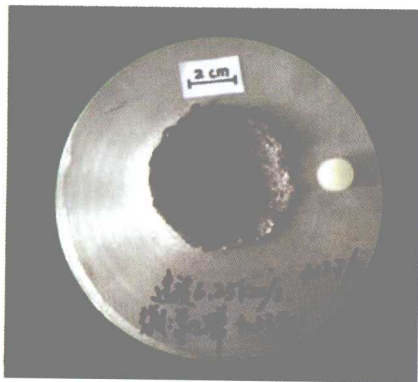
空间碎片巨大的破坏力来自它的速度。空间碎片和航天器撞击时的平均相对速度是10千米/秒，即36000千米/小时。撞击时的动能（和速度的平方成正比）十分巨大，与高速公路上时速100千米的汽车相比，空间碎片的能量和质量为其13万倍的汽车能量相当，就是说一颗10克质量的空间碎片撞击航天器时，它的撞击效果就和被质量1300千克、时速100千米的汽车撞击的效果一样，后果将是灾难性的。

和炸药相比，1克空间碎片的能量相当于24克炸药爆炸时释放的能量。

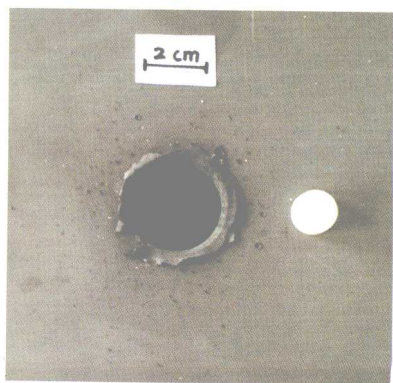


实际的破坏力如下表。

空间碎片直径/毫米	撞击坑深度/毫米	穿透的铝板厚度/毫米	穿孔的直径/毫米
1	2.17	4.8	4.7
5	11.9	26.1	23.3
10	24.7	44.4	46.5
100	28.1	54.3	465.6



■弹丸和撞击坑



■弹丸和撞击孔

卫星杀手

1996年7月24日上午，设在萨里大学的卫星控制中心一切如常。9时48分，突然操作台上红灯闪烁，报警声此起彼伏，樱桃色卫星的姿态失去了控制：原本应该稳定指向地球的卫星急速翻起了筋斗。遥测数据得到的第一个信息是卫星的惯性矩发生重大的改变，工作人员对卫星的所有分系统逐一进行检查，均运行正常。剩下唯一的可能是重力梯度杆出了问题导致卫星翻滚。在没有其他理由解释的情况下，开始详细分析卫星的轨道和所有空间碎片的轨道，发现在那天早晨有一个编号为18208的物体多次接近卫星，在9时48分02.3秒时再一次接近樱桃色卫星时，距离仅为1.5千米，相对速度14千米/秒，就在此时卫星姿态失去了控制。1.5千米的距离按地面标准看相去甚远，但在空间，这个距离已经小于测量误差，这样的交会已经极有可能发生碰撞了。随后的轨道变化分析，确证了这起事故的罪魁祸首就是编号为18208的空间碎片。

樱桃色卫星

国际编号：23606

研制者：法国萨里大学

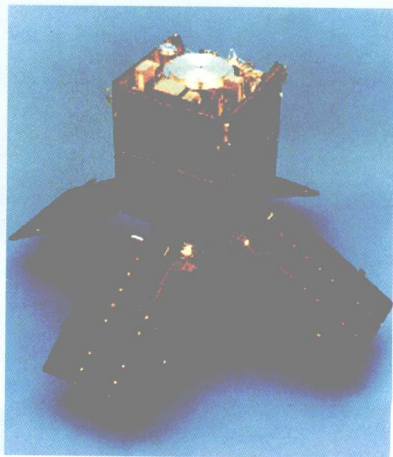
任务：电磁侦察，对宽频无线电干扰设备进行编目

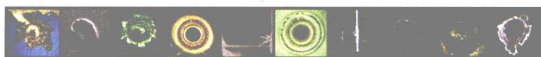
发射日期：1995年7月7日

轨道：近地点656.5千米、远地点681.5千米、倾角98.1度

质量：50千克

姿态控制：重力梯度稳定





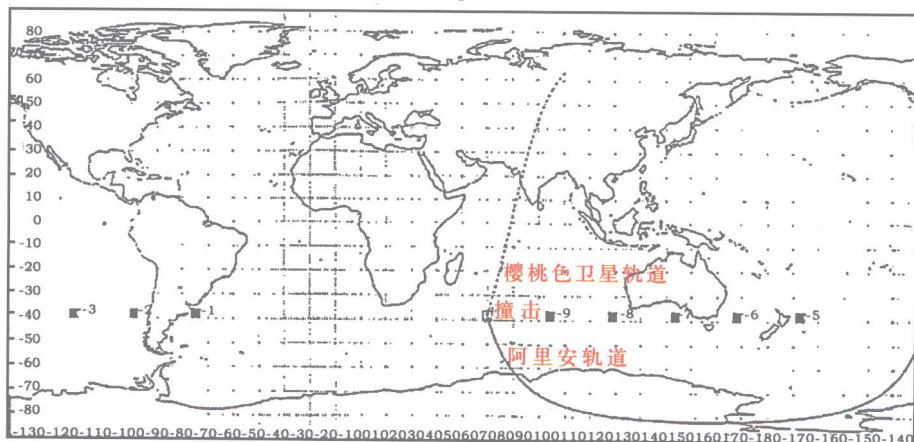
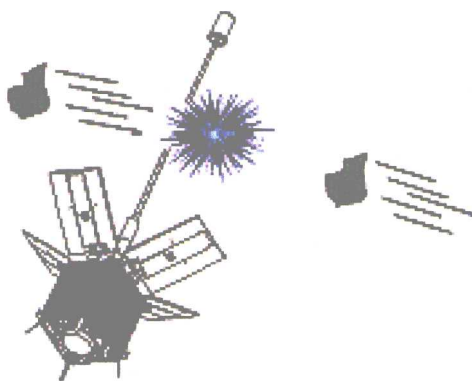
18208 号空间碎片

发射 SPOT 1 卫星的运载火箭阿里安的残骸在 1986 年 11 月 3 日爆炸解体，产生 489 块碎片，18208 就是其中的一块。

轨道参数

近地点高度：685.3 千米

远地点高度：852.8 千米

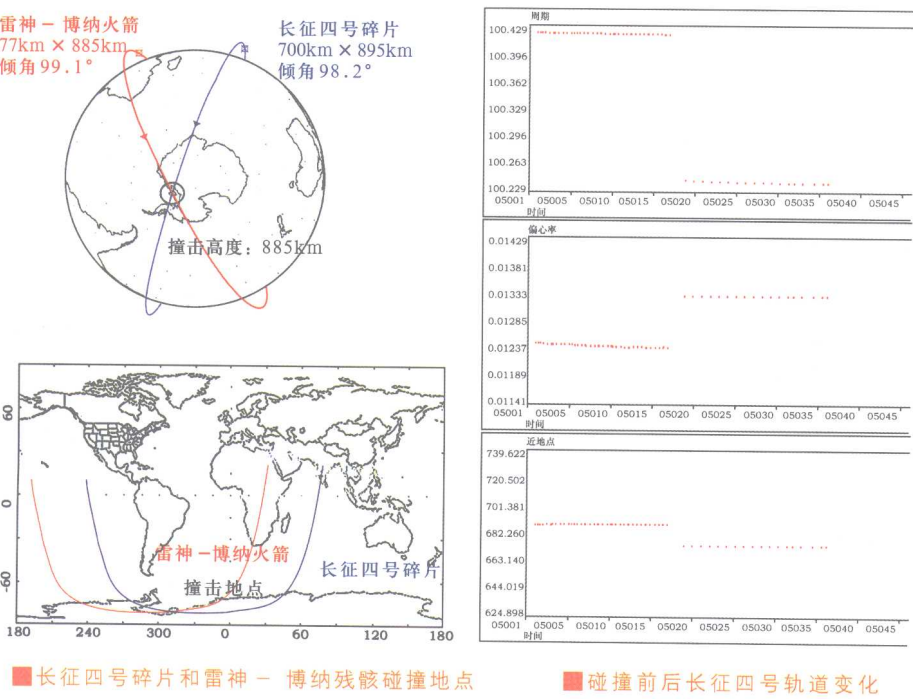


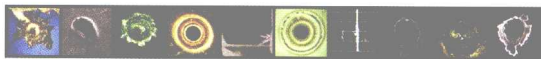
不测事件

2005 年 4 月，美国航空航天局空间碎片办公室的一份刊物《空间碎片新闻》公布了一个空间碎片碰撞事件，原本是极平常的事件，只是因为碰撞的主角一个是中国产生的碎片，一个是美国产生的碎片，好事的媒体“一片哗然”，争相报道。有些媒体甚至别有用心地采用极其煽动的语言来报道，例如：“美国和中国在轨道上一决高低”、“罕见的‘撞车’事件”、“十分罕见及惊人的事件”等。实际上，事情经过是这样的：

2005 年 1 月 17 日世界时 2 点 14 分，在 885 千米的高空有两块碎片相撞了，一块是我国长征四号火箭第三级残骸于 1999 年 11 月 3 日爆炸产生的碎片之一，另一块是美国雷神－博纳火箭的末级，1974 年 3 月 16 日进入轨道，撞击地点在南极上空东经 306.8°，南纬 80.6°。撞击结果是雷神－博纳火箭被撞出两块地面可跟踪的碎片。

这样的事件既不是第一次，也决不是最后一次，而且会越来越多，只是目前还不能完全预测而已。

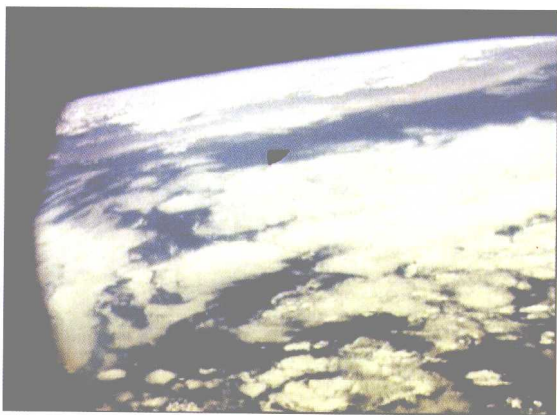




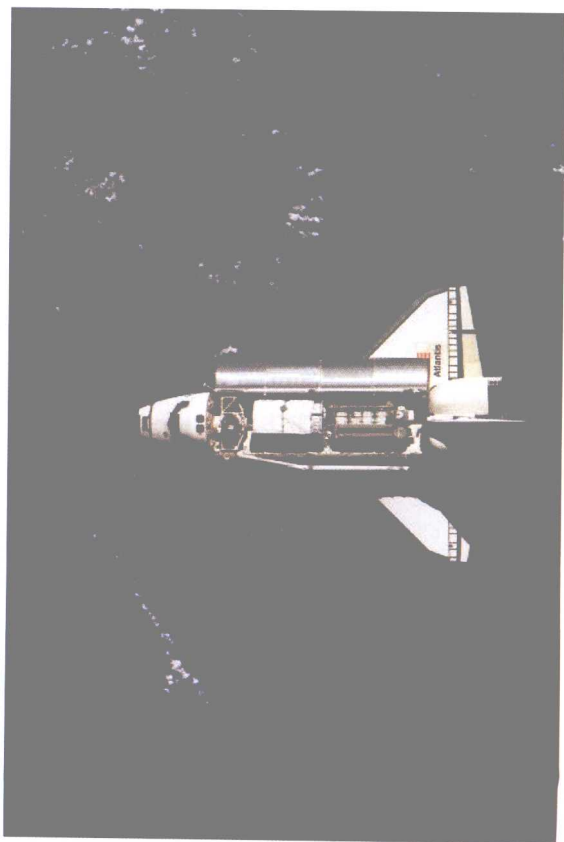
飞船惊魂

在寂静的宇宙空间，航天员按照既定的计划和地面的指令有条不紊地执行着任务，生活静谧而安详，令人羡慕向往。然而鲜为人知的是平静生活背后潜伏的无数凶险，空间碎片就是其中之一。航天员在舷窗中常常会看到空间碎片擦肩而过，在美丽的景色中平添出一些生气；空间碎片撞击飞船时发出清脆的响声，也会暂时打破长久的寂寞。然而这些都是不祥之兆，都会引起航天员和地面控制中心高度的警觉。如果看见的这块碎片轨道稍为偏离一些，击中了航天飞机，或发出撞击声的碎片再大一些，其结果都必然是“机毁人亡”。使人不寒而栗的后果，迫使人们从20世纪80年代开始就付出昂贵的代价，采取措施躲避空间碎片的撞击。

航天飞机很早就制定了规避政策，划定了警戒区和规避区。如果预测有碎片要进入警戒区，飞行

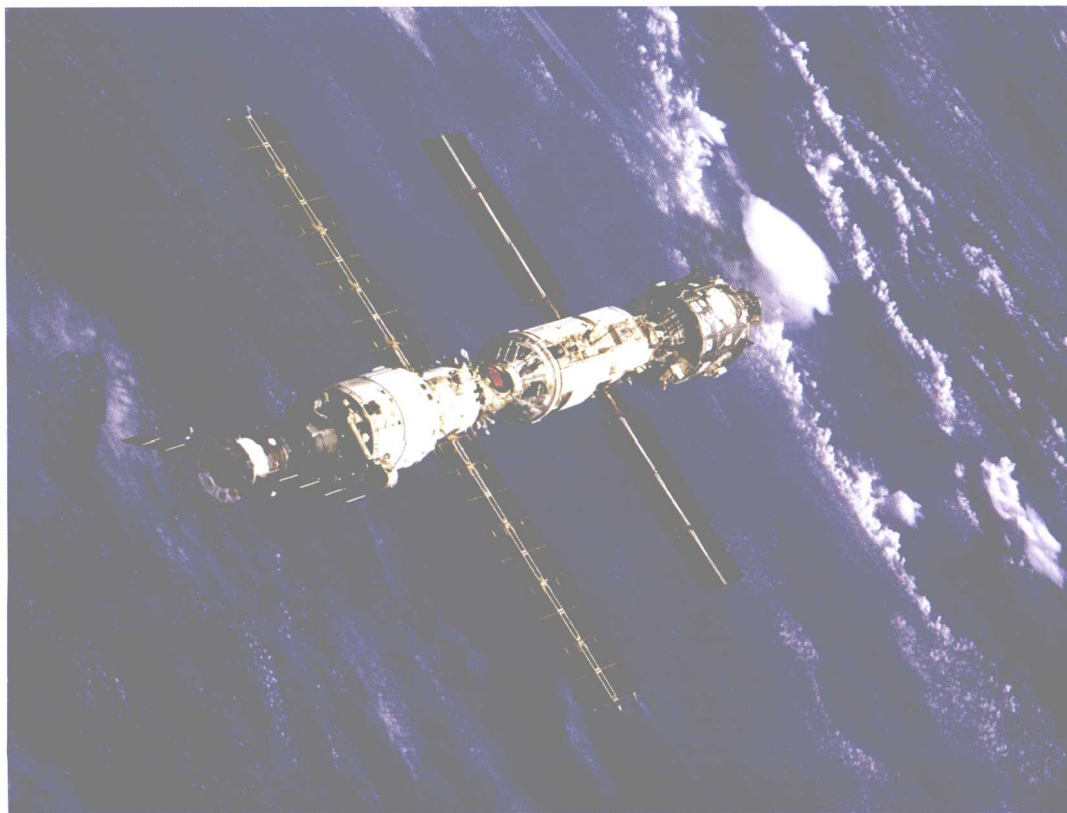


■ 透过航天飞机舷窗看到空间碎片飞过



系统立即进入高度警戒状态，动员整个监测网加强监测，提高轨道测量精度和预测精度。一旦预测到有碎片进入规避区——碎片和航天飞机的交会距离更近，极有可能发生碰撞时，指挥部会立即启动规避应急方案，制定规避措施，通过机动飞行改变航天飞机飞行轨道，躲避空间碎片。自1988年STS26任务开始，美国航天飞机在飞行过程中先后发生过近30次的目标进入警戒区域的事件，其中有多次采取避免碰撞的机动操作。

国际空间站也有相应的安全保障机制。1999年10月26日国际空间站进行了第一次躲避空间碎片的机动飞行，点火5秒钟，实施了增加速度1米/秒的机动飞行，使国际空间站和空间碎片的距离从不到1千米增加到140千米的安全距离。国际空间站平均每年要进行规避飞行14次。每一次规避飞行需要付出的代价是：动员大量的人力物力加强监测和预警工作，航天飞机和国际空间站要改变飞行轨道，暂时停止一些实验项目，并且消耗大量宝贵的燃料。





高昂代价

除了大空间碎片需要躲避以外，数量更多的小空间碎片的撞击是无法避免的，它们的威胁也不容忽视，人类为此付出了高昂的代价。

航天飞机每次执行任务回来，在表面上都会发现许多空间碎片撞击形成的撞击坑。发现者号航天飞机2000年10月执行和国际空间站对接任务，在13天飞行期间被撞击38次，最大的撞击坑达1厘米，是由小的油漆片撞击形成的。奋进号航天飞机飞行11天，被撞击30次。发现者号第



■ 航天飞机头部
和舷窗玻璃上的
撞击坑

