

XIANG YUZHOU JINFA

向宇宙进发

——载人航天新探索

张制航 编著



航空工业出版社

——谨以此书纪念人类载人航天事业 50 周年

向宇宙进发 ——载人航天新探索

张制航 编著



航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书从人类航天事业发展 50 年,尤其是近 10 年的发展出发,回顾了航天发展的过去,载人航天的发展历程,人类认识宇宙、探索宇宙的发展路线。从能源的发展和利用、未来发展趋势等方面展望了人类载人航天发展的路线。

本书可供对载人航天感兴趣的读者阅读参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

向宇宙进发 : 载人航天新探索 / 张制航编著. --

北京 : 航空工业出版社, 2013. 1

ISBN 978 - 7 - 5165 - 0134 - 4

I. ①向… II. ①张… III. ①载人航天 - 普及读物

IV. ①V4 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 314006 号

向宇宙进发——载人航天新探索

Xiang Yuzhou Jinfa——Zairen Hangtian Xintansuo

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64815615 010 - 64978486

北京世汉凌云印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经售

2013 年 1 月第 1 版

2013 年 1 月第 1 次印刷

开本: 787 × 1092 1/16

印张: 9

字数: 186 千字

印数: 1—3000

定价: 25.00 元

序言

2011年，美国航天飞机结束了30年的工作生涯，我们依然要采取利用宇宙飞船来重新探索进入宇宙的方式。

人类自从1961年进入太空，到2011年已度过了50年的岁月，这段历史应值得我们回顾与思考。

2001年1月10日，当中国成功发射“神舟”2号飞船时，那精彩的瞬间就已将笔者的思绪带入了广袤的宇宙空间，这是人类利用智慧实现的伟大创举。航天事业的伟大在于它体现了人类在探索未知事物时的不懈努力和追求的精神，虽然面临着难以预测的风险，但还是义无反顾，勇往直前。人类拥有的这种精神正是因为宇宙的存在，宇宙的无限和神秘促使着人类进行思考与实践，在了解宇宙的同时，和宇宙完成思想上的交流。

宇宙也拥有着思想，那就是它的存在和运动内在的自然规律。它用一种独特的方式来表现，不直接给予我们答案。因为宇宙相信人类的智慧也是无穷的，只有宇宙的无穷，才能容得下人类思想的格局，这就是人类与宇宙的和谐共生。宇宙存在了约137亿年，人类存在了约5000年，要想读懂137亿年的历史需要一个漫长的过程，我们一直在寻找和宇宙的交流方法和手段。

人类将探索宇宙的奥秘寄托于航天技术的发展，2001—2011年，这10年是人类航天发展的一个缩影。进入21世纪，笔者曾经希望技术的进步能给航天领域带来一个前所未有的改变，这就像技术革命给人类文明进程带来的影响。

作为一名技术工作者，取得技术上的突破是我们最大的喜悦。在专研航空航天技术的同时，笔者也关注其他技术领域，寻找获得技术突破的成功实例和经验。不仅看到技术的本身，还要看到促进技术发展和进步的内在规律，技术的突破不是偶然的，本身还要遵循一定规则。必须有量的积累，才能产生质的飞跃。

技术的突破与成熟也要具备一定前提条件，它是由我们的时代决定的，技术的实现应与时代相适应。当人类试图改变自己的生活方式，并使之获得提升时，就给技术进步和发展带来了必要性。

技术进步与发展的内在规律，体现的是一种理论，每种技术的背后都有一个理



论体系来支持，技术进步的根本动力在于对理论的创新。而理论创新源于人的思想，因此思想是技术进步的源泉，我们应该建立一个广阔的思想格局，才会产生更多的思考和认知。

本书是笔者对宇宙和人类航天事业发展的理解，同时也有对航天事业期待，仅希望它能给大家带来灵感与启迪，未来的道路如何，只要我们充满信心，就会有希望。

笔者

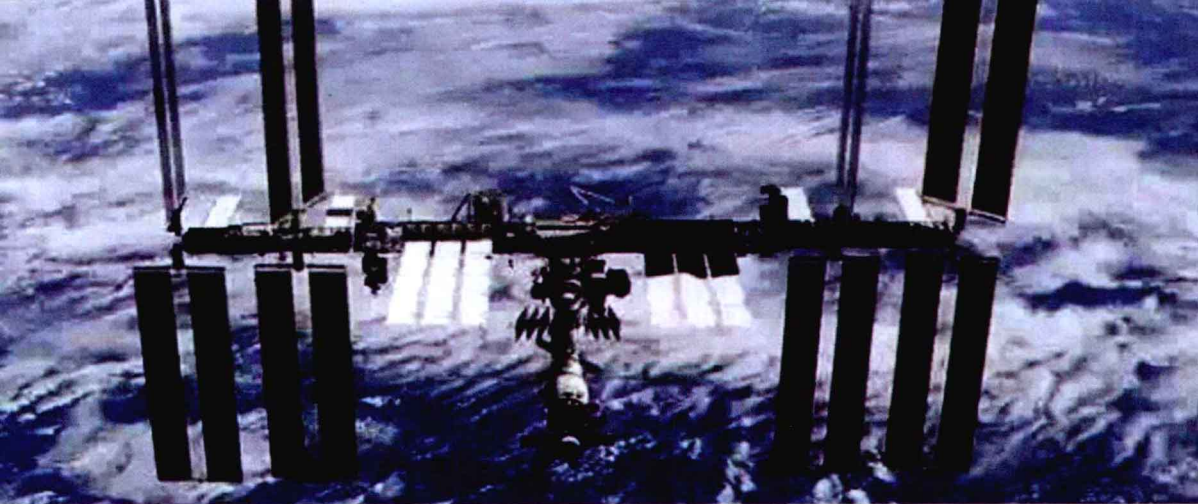
2012年6月

目录

第 1 章 引言——承前启后的十年	1
历史上难忘的时刻	1
10 年前的曙光	4
转折	9
计划继续进行	15
计划的变更	25
第 2 章 历史回眸	29
航天大发展	29
50 年的思考	48
第 3 章 蓄势待发	64
突破卡门线	64
巩固近地轨道技术	65
太空交通工具的演变	67
向月球进发	72
民间力量的兴起	74
第 4 章 飞向宇宙	79
认识宇宙的历程	79
能源概论	85
探索宇宙第一阶段：用能源克服引力	93
探索宇宙第二阶段：用能源提升速度	96
探索宇宙第三阶段：用能源缩短空间	103
探索未知宇宙	114



第5章 新的征程	120
飞行之梦	120
新能源的向往	130
全新的开始	133



第1章 引言——承前启后的十年

历史上难忘的时刻

美国东部时间 2011 年 7 月 21 日 5 时 57 分（北京时间 21 日 17 时 57 分）无疑是人类航天史上一个难忘的时刻，美国“亚特兰蒂斯”号航天飞机结束了为期 12 天的太空飞行任务，黯然地降落在美国佛罗里达州的肯尼迪航天中心。这是美国航天飞机执行的最后一次任务。随着“亚特兰蒂斯”号的降落，航天飞机结束了长达 30 年的工作生涯，从此正式退出了历史舞台，永远地告别了曾经寄托着无数人希望的太空，也标志着由美国引领的长达近半个世纪的航天飞机载人航天时代的结束。

也许人们还记得 2011 年 7 月 8 日，那次与众不同的航天飞机发射现场的情景，当倒计时牌显示剩余时间为 30 秒的时候，它突然定格不动，凝固的数字 30 似乎要让在场所有人记住，从 1981 年 4 月 12 日起首次发射航天飞机到今天整整 30 年的时光即将逝去。30 年中，美国的 5 架航天飞机一共执行了 135 次任务，有 37 次前往国际空间站，其中“哥伦比亚号”和“挑战者”号均因意外而失事，有 14 名宇航员为人类的航天事业献出了宝贵的生命。但我们永远不能忘记人类在探索宇宙的征程上折射出来的伟大精神和

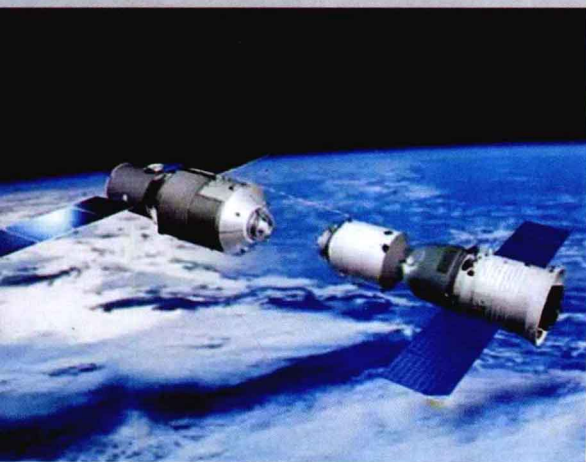


“亚特兰蒂斯”号航天飞机的最后一次降落

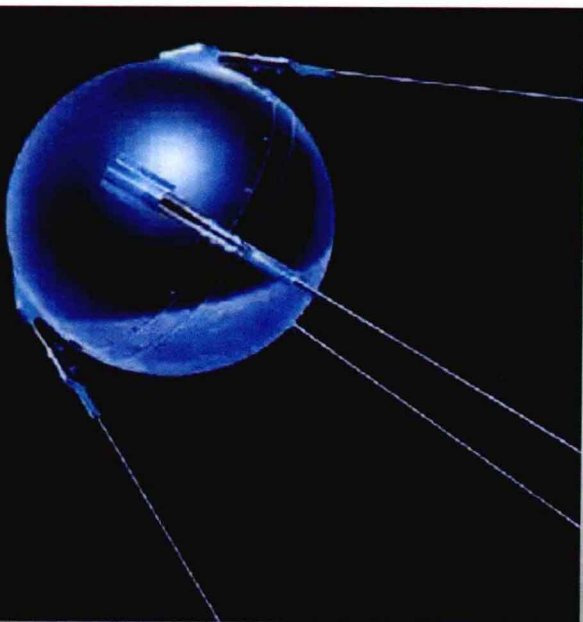


执著向前的勇气，这些会给我们带来无尽的思考和借鉴。

同样是在 2011 年，另一个被载入史册的时刻发生在北京时间 9 月 29 日 21 时 16 分，中国首个空间对接试验目标飞行器——“天宫”1 号在“长征二号”FT1 型运载火箭的搭载下从酒泉卫星发射中心发射升空，中国人开始建造属于自己的空间站。人类探索太空的全新起点，似乎在这里又一次诞生，这不仅是中国人的希望，



“天宫”1 号与“神舟”8 号对接



世界上第一颗人造卫星——“人造卫星一号”

更是人类的希望。当 2020 年国际空间站退役之时，中国的“天宫”已俨然屹立，它将继续让人类的脚步保持在太空。那时的中国或许会成为人类航天事业发展的新的引领者，并开启一个全新的航天时代。

早在 20 世纪 50 年代，在第二次世界大战刚刚结束后，美苏争霸的政治格局预示着冷战时代的到来，任何事物发生都会令人感到紧张，在这种情况下，航天时代的来临必将带有浓烈的政治和军事色彩。冷战早期，苏联担当了引领者的角色，1957 年 10 月 4 日，苏联在哈萨克斯坦境内的拜科努尔发射场发射了世界上第一颗人造卫星——“人造卫星一号”，人类从此进入了利用航天器探索外层空间的时代。

这是人类最早的航天器，“人造卫星一号”重 83.6 千克，外表呈圆球形，直径为 58 厘米。据此计算这颗利用金属材料制成的卫星，其密度只有 0.82×10^3 千克 / 米³ 和煤油的差不多。但就是这个仅有铁桶般大小的物体，却是苏联当时在航天领域称雄的资本。此后，苏联相继发射了世上首艘宇宙飞船和首座空间站，并将人类第一名宇航员送入太空。

1961 年 4 月 8 日，加加林乘坐“东方”1 号宇宙飞船成功进入了 187 千米 × 327 千



左图为“东方”1号宇宙飞船；右图为“礼炮”1号与“联盟”号对接示意图

米的椭圆形近地轨道，达到了7.9千米/秒的第一宇宙速度，使他成为真正意义上进入宇宙的第一人。而10年后的1971年4月19日，苏联又成功发射了世界上第一座试验性空间站——“礼炮”1号。它长12.5米，最大直径4米，总重约18.5吨，这些参数比中国发射的“天宫”1号要大得多，（中国的“天宫”1号长10.4米，直径3.35米，重约8.5吨）。

“礼炮”1号在轨运行阶段，曾与“联盟”号飞船进行一次对接，其中的3名宇航员在空间站内部工作了23天，这是苏联第一次发射就投入使用的试验性空间站，也充分体现了苏联航天技术飞速发展所具备的实力。

在美国实施登月计划前，苏联无疑是航天技术最先进的国家，它带领世界进入了航天时代，让全世界的人类知道最初的卫星、飞船、空间站的外形和功能，这种概念深入其他国家航天科技人员的脑中，以借鉴苏联的模式来发展自己的航天技术。美国也是其中之一，作为苏联在冷战时期的最大竞争对手，他们认识到在政治和军事方面存在着很大的劣势。

虽然美国奋起直追，也于60年代拥有了卫星、宇宙飞船和宇航员，但是所有的这一切都是跟在苏联人的后面。不甘落后的美国一心想成为世界的霸主，成为世界上政治实力、军事实力第一强国。发展航天技术、超越苏联成为美国达到这一目的的最好捷径之一。

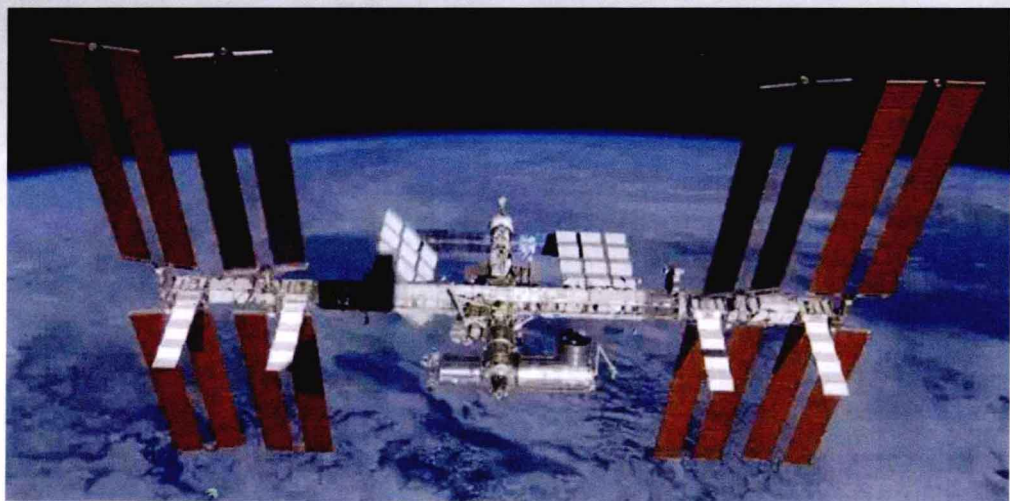
于是，美国将目标直接描向月球，实施了“阿波罗”登月计划。终于赶在苏联人之前，将人类首次送上月球。这是美国举国上下倾入了很大的精力、人力和物力实施的伟大工程。它虽然载入了人类史册，却也留下了一个“人类是否真正登上月球”的未解之谜而一直流传到现在。“阿波罗”计划的目的毕竟是为了政治而服务，也是因为政治因素而告终。然而这次计划却给人类航天发展道路带来一次重大改变。

“阿波罗”计划的成功使美国取代了苏联成为世界上头号航天强国，世界的航天



发展形式在美国的指引下前进。在以后的岁月，美国终止了登月计划，转而研制可重复使用的航天器——航天飞机。它曾一度成为代表人类航天技术发展的最高成就，比如航天飞机所拥有的可重复使用技术、滑翔返回着陆技术、发动机闭式循环系统技术（分级燃烧循环系统）等至今都是航天界面临的几大前沿性研究课题，其他国家尚对其没有完全成熟掌握，而美国却将这些高科技在航天飞机上融于一身，足见美国当时的科技实力和创造性。

1998年1月，在美国的带领下，16个国家共同实施了人类首次太空合作的伟大工程——国际空间站。当我们现在偶尔仰望夜空，会发现一个仅次于月球亮度的星体，那不是金星而是国际空间站。至少不知内情的人只是对这种耀眼的光芒感到人类航天技术的伟大，却不知其中的光芒中也暗藏伤感和无奈。



在轨运行的国际空间站

国际空间站的建设标志着人类共同发展航天事业的时代到来，同时也给人类的航天未来探索带来一次不可预见性的影响和改变。国际空间站在人类的航天道路上，究竟扮演了怎样的角色，它究竟改变了什么？

我们还是从国际空间站的起源说起。

10年前的曙光

国际空间站的建造背景

1986年2月20日，苏联建造了世界上第一座多模块组合式空间站——“和平”号空间站，它全长87米，总质量为123吨，相比于“礼炮”号系列空间站和美国

的“天空实验室”，“和平”号空间站拥有更多的功能，在轨运行时间可达10年之久，不但可以从事多项科研实验和研究，还可以在太空长期对别国领土情况实施监视与跟踪。在冷战时期，空间站的建造具有一定的军事目的。

美国一心想摆脱在核心技术突破上落后苏联的局面，早在1983年，里根总统就批准了美国建造空间站的计划，并取名为“自由”号，其功能与规模都超过“和平”号空间站，然而建造“自由”号空间站的预算却高达380多亿美元，如果加上运行时间的成本开销，总额将近1000多亿美元。到了1993年，克林顿总统就职时，“自由”号空间站的建造还没有迈出实质性一步。

但这一切随着苏联的解体，却发生了巨大的改变。苏联的继承者俄罗斯实行资本主义制度，在政治上一度奉行向西方靠拢，这给国际合作带来了很大便利。而当时俄罗斯也在计划建造“和平”2号空间站，同样面临着解体后严重的经济危机，使计划无法进行，美俄机缘巧合地面临着同样的困难，这促使他们在太空合作上终于走到了一起。

1993年，美俄两国正式签署了协议，达成共同建造空间站的计划。而就在同时，欧洲正在设计自己的“哥伦布”号空间站。远在亚洲的日本也在筹划他们的“希望”号空间站。在美俄共同联手的巨大优势面前，欧洲和日本很快被拉拢进来。不久，加拿大与巴西加入，最终形成了现在国际空间站16个成员国的格局。

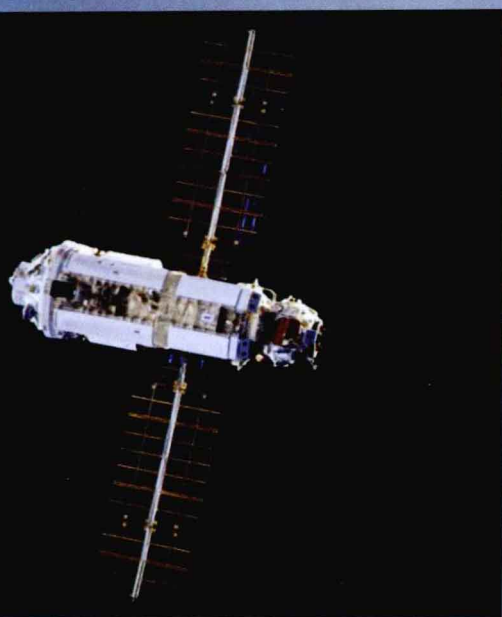
1998年1月15日，由美国、俄罗斯、日本、加拿大、巴西和欧洲11个成员国（比利时、丹麦、法国、德国、意大利、荷兰、挪威、西班牙、瑞典、瑞士和英国）共16个国家，签署了建造“国际空间站”的协议书，标志着人类太空合作时代的到来。

美好的开始

在各成员国的共同努力下，1998年11月20日，由美国出资，俄罗斯制造的国际空间站第一个舱体——“曙光”号多功能舱，在拜科努尔发射场用“质子”号运载火箭发射升空。

“曙光”一词寓意着国际空间站建设正式开启，前途光明无限美好。同时“曙光”号也是国际空间站的核心舱，它为国际空间站提供姿态控制、通信、电源和推力，又叫做能源舱，是整座空间站的“心脏”。“曙光”号功能货舱在轨质量达20.04吨，长12.99米，最大直径为4.1米，内部容积为72米³。它配有独立的动力系统，装有16个燃料箱，一共可以贮存6吨多推进剂，为用于姿态控制的24台大推力发动机和12个小推力发动机提供燃料。

当“曙光”号入轨后，可依靠自身的动力系统实现在轨控制，中国发射的“天宫”1号也一样，这种利用运载火箭发射的空间站舱段，都要配备动力装置。因为

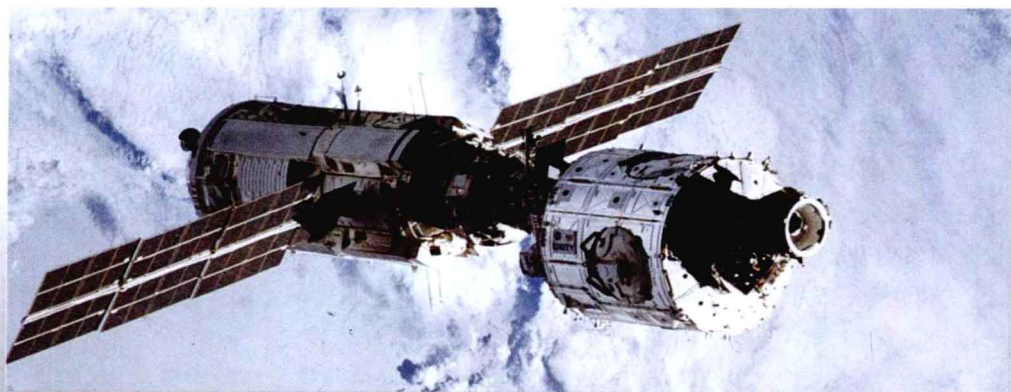


“曙光”号多功能舱

运载火箭不具备在轨机动和组装空间站舱段的能力。

在“曙光”号进入太空半个月之后，1998年12月4日，美国“奋进”号航天飞机搭载着国际空间站“团结”号节点舱发射升空。“奋进”号凭借着自身的在轨机动能力与“曙光”号在太空会合，将不带动力系统的“团结”号节点舱和“曙光”号对接在一起。“团结”号节点舱在各个方向上一共有6个对接口用于各个舱段的对接，以实现国际空间站的扩建，同时将国际空间站内的液态和气态循环管路、环境控制和生命保持系统、电子和数据系统等传输到各舱段。

节点舱这种四周都有对接口的结构使它不能增加额外的动力装置，在航天飞机的帮助下，也无需安装动力装置。所以，这些利用航天飞机发射的舱段，都可以依靠航天飞机完成在轨组装，而无需加装动力系统。



“曙光”号多功能舱（左）与“团结”号节点舱（右）对接在一起

之后国际空间站建设一切顺利。

2000年7月25日，俄罗斯利用“质子”号运载火箭，将“星辰”号服务舱发射升空，并与“曙光”号功能舱对接。“星辰”号服务舱为早期国际空间站的宇航员

提供了居住和生活条件，比如睡眠、厕所、清洁设备和就餐等功能。“星辰”号的发射，使国际空间站的舱段数增加至3个，具备了基本的长期载人在轨运行的能力。

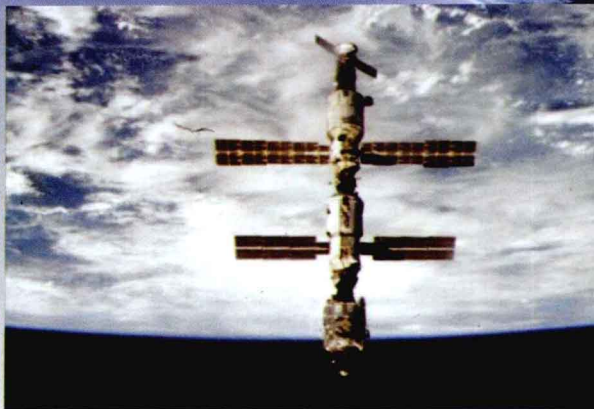
2000年10月31日，搭载着3名宇航员的俄罗斯“联盟”号飞船发射升空，2天后飞船与国际空间站对接，这3名宇航员成为国际空间站首批长期居住者。从此，国际空间站的长期工作人员每半年轮换一次，这个规律一直持续至今。俄罗斯的“联盟”号载人飞船每年需要发射两艘，来满足国际空间站始终备有2~3名航天员的要求。当2009年5月，国际空间站上的长期工作人员增至6人，“联盟”号飞船每年发射的数量达到了4艘。

2001年2月9日，美国“亚特兰蒂斯”号航天飞机将国际空间站第一个实验舱段——美国“命运”号实验舱送入太空，并与国际空间站对接。这标志着国际空间站从单纯维持自身运行转入到实际应用，开始为人类探索太空作出贡献。“命运”号实验舱长9.4米，直径4.3米，在轨质量14.06吨，是当时最大、最先进的太空实验舱段。舱内共有24个机柜用于放置各种实验操作设备，用来进行材料、生物、流体、医学等方面的实验。

2002年，航天飞机又陆续为国际空间站送去3根横梁，国际空间站开始横向扩展，这些横梁结构用于安装空间站的4组主太阳能电池板、外置试验设备和吊装机械臂等，连同各个舱段组成了一个有机整体。

随着国际空间站建造计划的向前推进，各国共同合作建造的“太空城市”距离竣工时间已为期不远，人类在新千年探索宇宙的美好梦想即将实现。

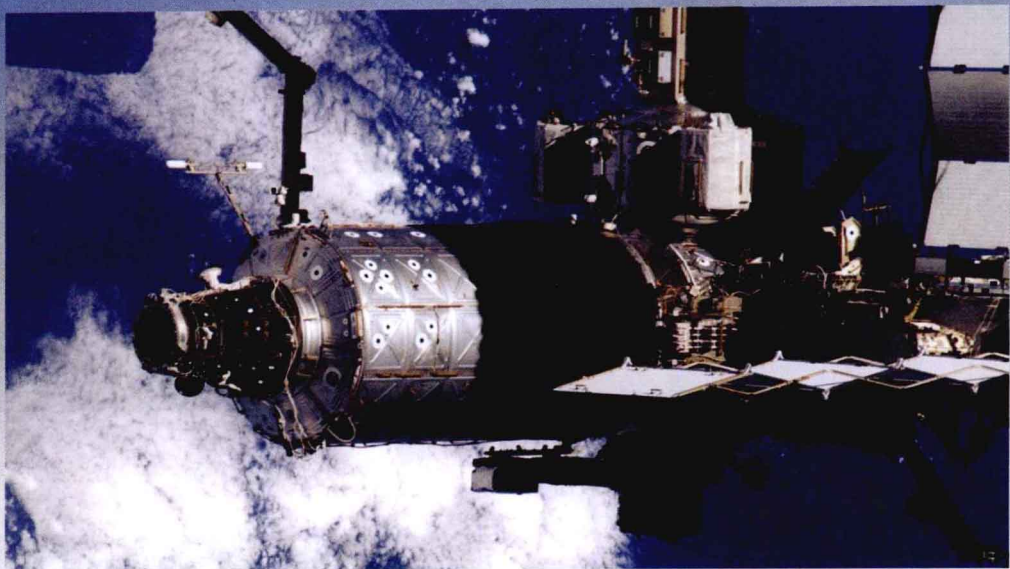
按照预定的计划，国际空间站在2005~2006年组装完成，其中绝大多数组件，



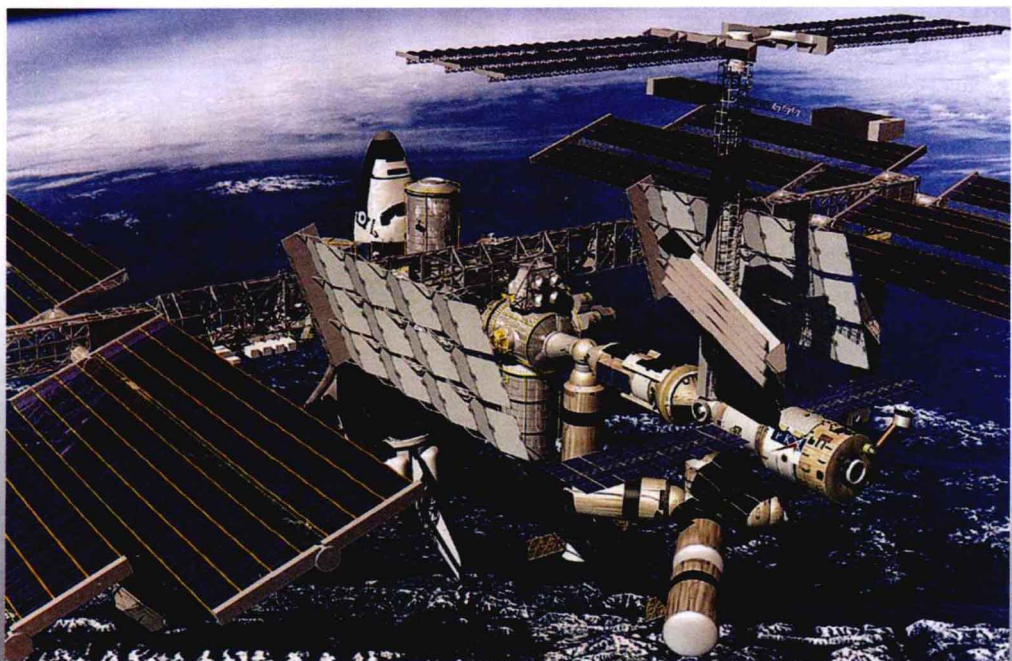
从下到上依次是：“团结”号节点舱、“曙光”号多功能舱、“星辰”号服务舱和“进步”号货运飞船



“联盟”FG运载火箭发射，右图为其搭载的“联盟”TMA宇宙飞船



“命运”号实验舱，右上部为美国“探索”号气闸舱，2001年7月12日，由“亚特兰蒂斯”号航天飞机运送并与“团结”号节点舱连接



国际空间站最初的设计规模

要依靠航天飞机完成运送和组装，这给了美国航天飞机一次大显身手的机会。同时也让国际空间站的结构设计变得更加灵活，具备了更多的功能，宇航员可以在宽敞舒适的环境下工作和生活，甚至有可能利用它作为中转站飞向月球……

但是谁也没有想到一个恐怖的阴影正在向国际空间站的建设功臣航天飞机悄悄靠近。

转折

“哥伦比亚”号陨落

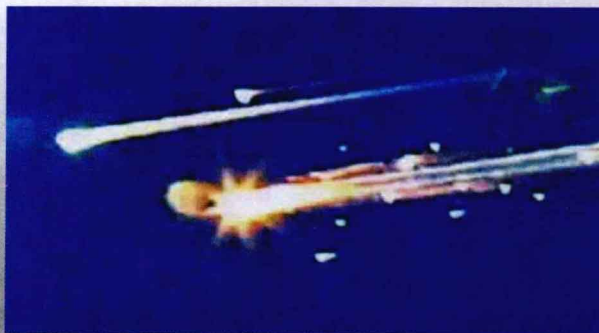
2003年1月16日，美国“哥伦比亚”号航天飞机与往常一样从佛罗里达州的肯尼迪航天中心发射升空，执行代号为STS-107（STS：Space Transportation System，太空运输系统）的太空任务。这次看似平常的发射，对于“哥伦比亚”号航天飞机及7名机组人员来说却是与世界的诀别之旅。

由于航天飞机的外挂燃料箱表面的泡沫绝缘材料存在安装缺陷，导致在发射的过程中泡沫绝缘材料从燃料箱上脱落，击中航天飞机左翼前缘的碳/碳复合材料增强隔热板。两者以相对300千米/时速度发生撞击，在隔热板上产生裂缝，但这瞬息间发生的一切却没有被人发觉。

“哥伦比亚”号航天飞机按照预定计划于2003年2月1日返回地球，当航天飞机返回经过大气层时，产生的剧烈磨擦使温度高达1400℃的气流沿着航天飞机左翼的前缘的裂缝进入机体内部，致使机翼和机身融化解体。人们等来的并不是“哥伦比亚”号航天飞机的安全着陆，而是分解成无数碎片坠毁到地面的噩耗，航天飞机上搭载的7名宇航员全部罹难。

“哥伦比亚”号航天飞机失事的当天正值中国农历新年正月初一，这种悲喜交加的瞬间转变，让人们感受到面对航天事故突如其来的震惊和悲痛。人们把关注的目光都投向了太空，尤其对于中国人更怀有一些焦虑和不安，因为2003年，中国人要实现宇航员首次进入太空的目标。

虽然美国“亚特兰蒂斯”号航天飞机和机组人员，早已为3月16日的下一次发射做好了准备，但是美国国家航空航天局（NASA）还是中止了所有载人航天发射计划，其余3架航天飞机预定发射日期被无限期的推迟。与此同时，所有参与国际空间站的成员组织都意识



“哥伦比亚”号航天飞机解体成无数碎片



到，“哥伦比亚”号的失事将给国际空间站的建设带来巨大阻碍，最初的设想不得不重新修改。

陷入困境的国际空间站

只有航天飞机可以将国际空间站的大型部件送入太空，然后在太空进行装配。由于航天飞机的功能性强大，各个国家在设计空间站舱段时，没有将动力系统考虑进去，比如美国“命运”号实验舱、欧洲“哥伦布”号实验舱和日本“希望”号实验舱及其增压段和其他国家的节点舱等。而主太阳能电池板、外置试验平台和桁架结构等不规则的组件，更是完全依赖航天飞机的运输和组装，没有航天飞机的支持，这些部件只好原地待命。

俄罗斯的“联盟”号载人飞船和“进步”号货运飞船只能将3名宇航员和约2.5吨的物资送入空间站，不具备运送大型设备的能力。虽然俄罗斯在苏联时期拥有过“和平”号空间站，它是完全独立在苏联的技术和实力上建造的产物。世界上最先进的空间站技术和载人航天技术，已经由美国所掌握，美国负责国际空间站绝大部分组件的设计和制造，同时美国也利用航天飞机掌握了空间站太空装配的大量技术。对于欧洲和日本的实验舱等美国也参与了研制。虽然得到美国人的帮助，但是欧洲和日本必须面对的妥协是允许美国人进入自己的实验舱开展科学研究，美国自己的“命运”号实验舱，则不允许其他国家宇航员进入，并且美国的实验舱要首先发射。

美国在国际空间站上的垄断，使其他国家要想与之合作，就必须承认美国的重要性，产生相当程度上的依赖。如果美国航天飞机无法飞行，国际空间站建设就会暂时中止。

人们最希望的是出现某种转机，让航天飞机尽快恢复对国际空间站的建设工作。2003年10月15日，中国在酒泉卫星发射中心运用“长征二号”F型运载火箭，成功将“神舟”5号载人飞船和首位航天员杨利伟送入太空。出于“哥伦比亚”号事件的影响，在发射成功后，中国才向外界公布了这一重大成就，这也是人类航天事业经历重大挫折后，迎来的最充满希望的鼓舞。和“天宫”1号一样，每当人类航天发展处于低迷期时，中国总会给予信心和安慰。

但是国际空间站依然没有迎来续建的日期。美国此刻不能再度冒险，加上“挑战者”号的失事，由航天飞机事故导致的宇航员遇难人数已上升到14名。把“哥伦比亚”号失事原因调查清楚，是允许航天飞机复飞的唯一理由。对于人命关天的事情，无疑要花费很长的时间。

在调查“哥伦比亚”号事故原因期间，美国同国际空间站其他成员国被迫对国际空间站的建设计划进行重新调整。航天飞机停飞所造成的结果使国际空间站的建