

Walking in Space

漫步太空

书系

第

2

册

苍穹信步

——太空行走是怎样进行的

主编 陈善广



随书赠送
DVD-ROM

陈善广：中国航天员科研训练中心主任，中国载人航天工程航天员系统总指挥兼总设计师

湖南科学技术出版社

Walking in Space

漫步太空

书系

第2册

苍穹信步

——太空行走是怎样进行的

主编 陈新强



图书在版编目 (C I P) 数据

苍穹信步 / 陈善广主编. —长沙: 湖南科学技术出版社,
2008.9

(漫步太空书系)

ISBN 978-7-5357-5467-7

I. 苍… II. 陈… III. 航天器舱外活动—普及读物
IV. V527-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 146417 号

主 编: 陈善广

编 委: 黄伟芬 李潭秋 牟加金 肖志军 徐 军 杨许国 王 斌

专家顾问: 张汝果 黄端生 陈景山

总 策 划: 陈善广

统 筹: 徐 军 肖志军

编 者: 阳晓婷 陈 斌

合作单位: 中国航天员科研训练中心《航天员》杂志社

漫步太空书系 苍穹信步

主 编: 陈善广

责任编辑: 杨许国 王 斌

文字编辑: 杨 旻

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

印 刷: 湖南新华印刷集团有限责任公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 湖南望城·湖南出版科技园

邮 编: 410219

出版日期: 2008 年 10 月第 1 版第 1 次

开 本: 710mm×970mm 1/16

印 张: 12.25

字 数: 231000

书 号: ISBN 978-7-5357-5467-7

定 价: 29.80 元

(版权所有·翻印必究)

●●●● 主编的话

苍穹信步

一个民族有一些关注天空的人，他们才有希望；
一个民族只是关心脚下的事情，那是没有未来的。

——黑格尔

从丝绸之路上的胡椒种子，到大航海时代的冒险指南；从工业革命时期的蒸汽机，到更快更强的动力引擎，再到轮船、飞机、火箭……人类就这样一步一步地冲破地球的束缚，向着更高更远更广的领域挺进。终于，人类走进了太空。

1961年4月12日，前苏联成功发射世界上第一艘载人飞船“东方”1号，尤里·加加林成为世界上第一位遨游太空的航天员；1965年3月18日，乘坐“上升”2号飞船的前苏联航天员列昂诺夫在飞行中进行了世界航天史上第一次太空行走；1969年7月16日，美国“阿波罗”11号载人飞船，第一次把人送上月球……历史的指针仍在有条不紊地旋转，人类探索太空的步伐也不曾停歇，空间站、航天飞机、火星探测器等相继出现在我们头顶的天空。

20多年前，美国未来学家阿·托夫勒的《第三次浪潮》引起了世界各国的注意和研究，其思想震撼至今不绝。托夫勒在这本书中将人类社会划分为三个阶段：第一阶段为农业阶段，从大约1万年前开始；第二阶段为工业阶段，从17世纪末开始；第三阶段为信息化阶段，从20世纪50年代后期开始。我们目前正处于信息化阶段，一系列新技术正在崛起，形成了电子工业、航天工业、海洋工程、遗传工程四组相互关联的工业群。可以想见，当地球上的资源日渐枯竭，地球文明已经发展到极致的时候，人类势必将目光投向遥远的太空，以辽阔太空作为未来的家园。

太空是继陆地、海洋、大气层之后的人类活动的全新领域。太空技术对人类社会的推动作用已经显现，其中包括卫星通信技术对建设信息高速公路和太空对地观测对社会可持续发展的贡献，以及进入太空和开发太空资源对人类社会发展的影响等。人类社会发展进步的历程表明，任何一次新的工业革命，无不以科学技术的重大发现为先导。当今世界上有远见的专家都认为，太空将是下一次人类新工业革命



的场所，太空探索将成为 21 世纪以后人类文明进步的巨大推力。

作为正在发展中的大国，中国自然也不能错失这个千载难逢的大好机遇。近几十年来，我国的载人航天事业无论是在理论上还是在实践中都取得了重大的突破和进展：“神五”实现载人首飞，航天英雄杨利伟成为中国飞天第一人；“神六”的再次翱翔，英雄航天员费俊龙和聂海胜实现了多人多天飞行的突破；“神七”的成功发射更是让国人振奋和自豪，因为在这次飞天之旅中，中国的航天员翟志刚在同伴刘伯明、景海鹏的协助和支持下首次走出座舱，离开飞船，完成了中国历史上的第一次太空漫步。

太空漫步是一种很诗意的说法，它在学术和航天领域中有一个专用名词，叫做“出舱活动”，通常又被人们称为太空行走或太空出舱。

出舱活动是载人航天的一项关键技术，是载人航天工程在轨道上安装大型设备、进行科学实验、释放卫星、检查和维修航天器的重要手段，也是太空探索必须经历的重要阶段。它是多门类、多学科技术的综合，涵盖了机械、电子、自动控制、计算机、新材料、新能源、微电子、通信、医学、天文学、力学等多个学科的内容。出舱活动的实现，对于载人航天事业的发展来说有着举足轻重的影响，同时它还有利于带动相关科学技术的进步，促进高科技成果转化为生产力。自 1965 年列昂诺夫实现人类第一次出舱活动以来，人类已经进行了近三百次太空行走，出舱活动的航天员也达到了几百人次。

随着太空探索进入更高级的阶段，人类需要在其他星球登陆，探寻天外生命的痕迹，破译无垠宇宙的密码，这些科研活动也需要航天员离开飞行器，在太空中进行工作。因为人类在认识领域的每一次突破，将取决于人类活动空间和领域的进一步突破——航海时代如此，航天时代亦然。只有将自己的生命体本身从陆地、海洋和大气层，扩展到广阔无垠的太空，人类才能回答长期困惑自己的根本问题。只有思想和认识在这个层次上达到了飞跃，人类才能引来新一次的科技革命，推动人类文明的不断拓展和进步。从这个意义上讲，掌握航天员太空出舱的技术不仅是必然，而且是必须。

鉴于此，为了进行一次全民性的有关“太空出舱”航天科普知识的传播和推广，同时也是为了让更多的人更好地关注中国航天、了解中国航天、热爱中国航天，中国航天员科研训练中心联合湖南科学技术出版社，精心打造了《漫步太空书

系》这套有关太空出舱（太空行走）的基础性科普丛书。《漫步太空书系》是一套有关航天知识的系统科普教育丛书，尽量满足广大航天爱好者的求知需求；同时，它又是一份在“神七”任务期间向祖国和人民献上航天科技的精神大餐，帮助所有关心祖国航天事业的人们了解和认识神奇的太空出舱活动，让他们从中享受这份振奋和愉悦。

本丛书共分为《探索印记》、《苍穹信步》、《飞天摇篮》、《神七纪实》四册。

第一册：《探索印记》

即人类太空行走简史。充分回顾 40 多年来太空出舱活动历史演变。

本分册着重介绍航天员舱外活动的历史。挑选典型的出舱活动案例，详细介绍从飞船、空间站、航天飞机开展的出舱活动的发展历史，回望人类漫步太空的脚步，并对人类未来将要进行的太空探索趋势进行了科学的展望。

第二册：《苍穹信步》

即太空行走是怎样进行的？详细说明太空出舱活动的过程。

本分册以出舱活动执行任务为线索，全面介绍太空漫步的具体过程及其原理，同时穿插了大量故事，讲述这些程序和过程是如何演化和改进的。例如航天员出舱时要求遵守一定的程序，包括系统检查装备、吸氧排氮、气闸舱泄压、执行任务、气闸舱复压等，每个步骤的背后都有很多知识点、关注点和丰富的故事情节。

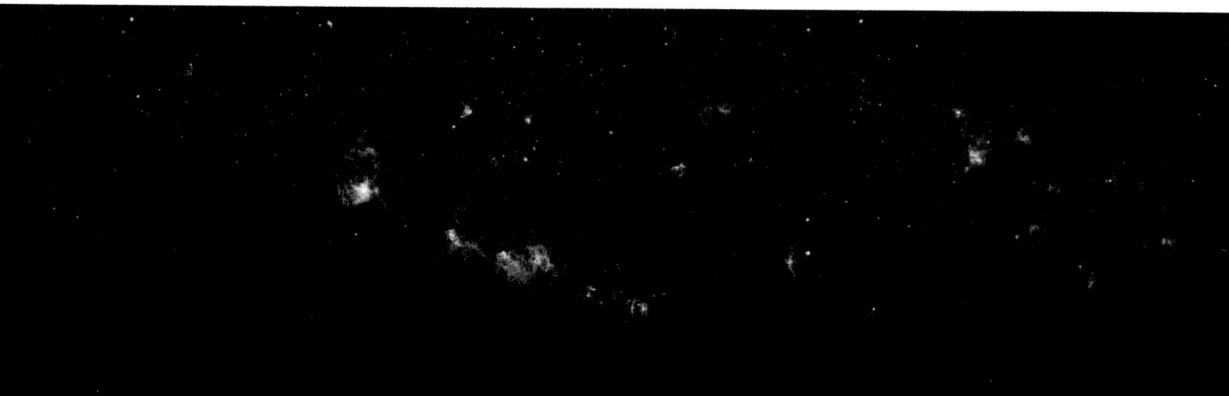
第三册：《飞天摇篮》

即太空行走航天员是怎样炼成的？解释说明出舱活动对出舱航天员的生理、心理要求以及出舱航天员的选拔和训练过程。

本分册以轻松的笔墨介绍航天员要经过怎样的训练才能考取太空漫步的“驾照”，用生动的实例展示选拔的苛刻标准和各种故事。通过国内外航天员的训练感受，向读者展示非常有特色的水下训练、失重飞机训练、出舱程序训练、模拟器训练以及舱外航天服实验舱真空体验训练。

第四册：《神七纪实》

即以“神七”飞天过程为主线，重点介绍我国在出舱航天员的选训及出舱技术方面的科普常识和知识点。



本分册以翔实的资料，温情的笔触和独家的报道，记录了中国航天员首次进行太空漫步这一经典的历史性时刻，并为读者第一时间权威披露中国首位出舱航天员是如何通过层层苛刻的选拔和训练脱颖而出的，同时对我国在出舱技术、出舱装备及出舱训练设备设施等进行重点介绍。

在该套丛书的编写过程中，由我国太空出舱技术方面的资深专家、骨干科研人员 and 科普作者组成的专家顾问和编委队伍，为该套丛书的编撰倾注了大量的心血，正是因为他们的专业、敬业和热情，丛书的科普性、趣味性、可读性才得以很好的体现。具体来说丛书有如下四个特点：一是科普性方面，立足航天员出舱活动知识的传播和普及，力求科学性、权威性、专业性相统一；二是人文性方面，追求一种诗意化的表述和形象化的解读，具有浓厚的人文色彩，力求避免以往大多数科普图书“一问一答”式的枯燥和单调；三是可读性方面，充满诗意的导语，精巧别致的解说，围绕着太空出舱这一主题进行多方位解读，尽力让读者读有所获、读有所感、读有所言；四是纪实性方面，针对“神七”飞天全过程做一个真实再现和详细记录，并在记录的过程中着重科普常识和知识点的介绍，以及我国在相关科技领域内关键技术的突破和成就。正如大多数专家和编委所说的，作为航天科技工作者，弘扬载人航天精神，普及载人航天知识也是他们义不容辞的社会责任和义务。在此，作为主编，我对他们所付出的一切，深表敬意和感谢。

我还要感谢为本丛书的编辑、出版做出过努力的所有人，是他们不辞辛劳的工作，丛书才得以顺利面世。他们一丝不苟的编校，独具匠心的设计，帮助读者更加准确、直观、感性地认识出舱活动的神奇与奥妙，从而对出舱活动有一个完整清晰、生动形象的认识。

需要说明的是，由于本丛书涉猎的知识面广，加之时间仓促，虽经多方审校，仍难免有疏漏错误之处，敬请广大读者指正。

陈新彦

2008年9月于北京

●●●● 前言

苍穹信步

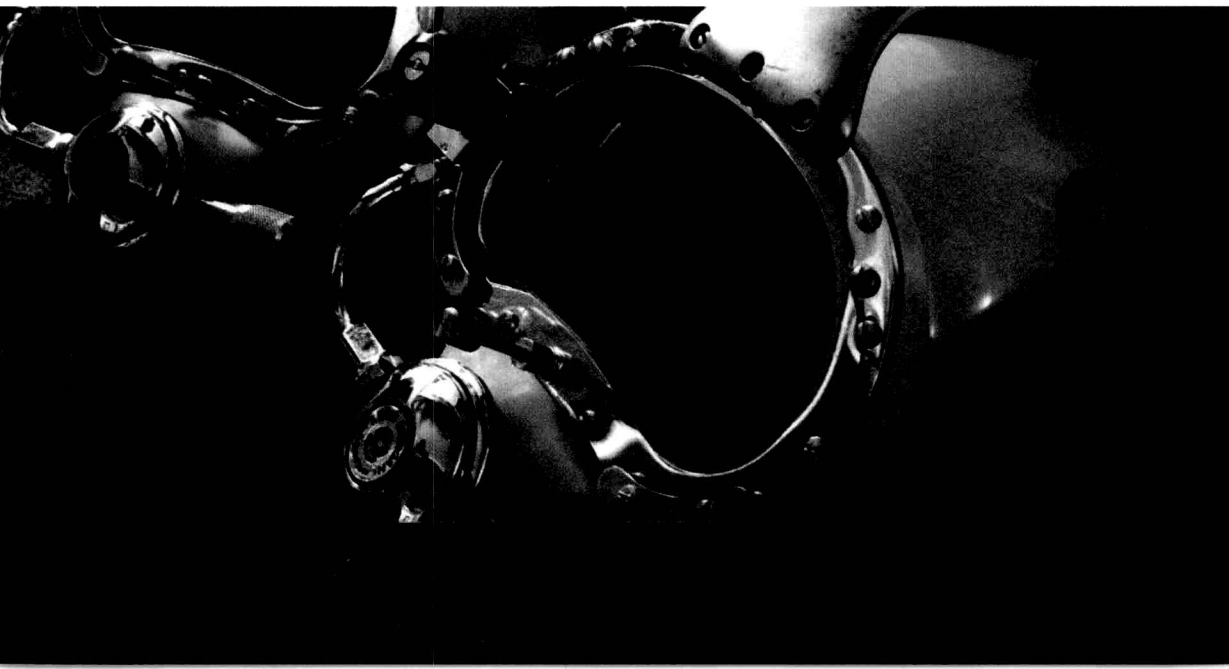
德国哲学家康德曾经讲过这样一段发人深省的话——

有两种东西占据着我的心灵，若是不断地加以思索，就会使我产生时时翻新、有加无已的赞叹和敬畏之情，那就是：我头顶的星空和我内心的道德法则。

“头顶的星空”在经过康德的沉思和层层追问后，越来越多地被赋予形而上的意义，在人们的心里也慢慢蜕变成一个符号，让人驻足。不可知的宇宙，深邃浩淼，它究竟携带和蕴藏了什么，让人类如此执着、顿挫？几多神奇，几多期许，几多憧憬，几多描摹……那让人敬畏的星空就这样在人们的想像中流转曲折，熠熠生辉。

1969年7月20日，阿姆斯特朗的成功登月使人类的足迹整整延伸了380000千米。“这是一个人的一小步，却是人类的一大步”，一小一大，错落间彰显的是整个人类的伟大和锐意进取的姿态。自此之后，“太空漫步”（出舱活动）这个缀满了幻想的词语便开始重重地敲打人们的视窗和心灵。一次又一次的震撼，一次又一次的感叹，人类不只是进入太空，而且开始深入太空，探索太空，利用太空。

当出舱活动成为现实之后，人类就加大了对太空开发和利用的步伐。出舱活动本身所带来的意义和由此辐射出的价值，也随着时代和科技的进步日益彰显和膨胀。本册延续“出舱活动”这一主线，全面透视有关“出舱活动”的点点滴滴、方方面面。以此为支撑和填充，全书共分为“剑指苍穹”、“叩问九天”、“直冲霄汉”、“出舱装备”和“回望寰宇”五章。这是一个饶有趣味和富有价值的话题，值得我



们为之动情、究源。

“剑指苍穹”着重于出舱活动的定义、目的和意义，从宏观上展现出舱活动；“叩问九天”全面解读出舱活动所面临的太空环境，同时也深入了解科学家和航天员是怎样克服这些困难，畅享太空生活的；“直冲霄汉”描述的是出舱活动的全过程，以细腻的笔触介绍出舱活动的方法、方式和任务；“出舱装备”主要包括气闸舱、舱外航天服、太空交通工具以及其他神奇的工具等；在最后一章“回望寰宇”中，我们会明白出舱活动中存在着什么样的风险和危机，“出舱航天器一览”更是将历史上和现在执行过出舱活动的航天器一网打尽，让我们大饱眼福。

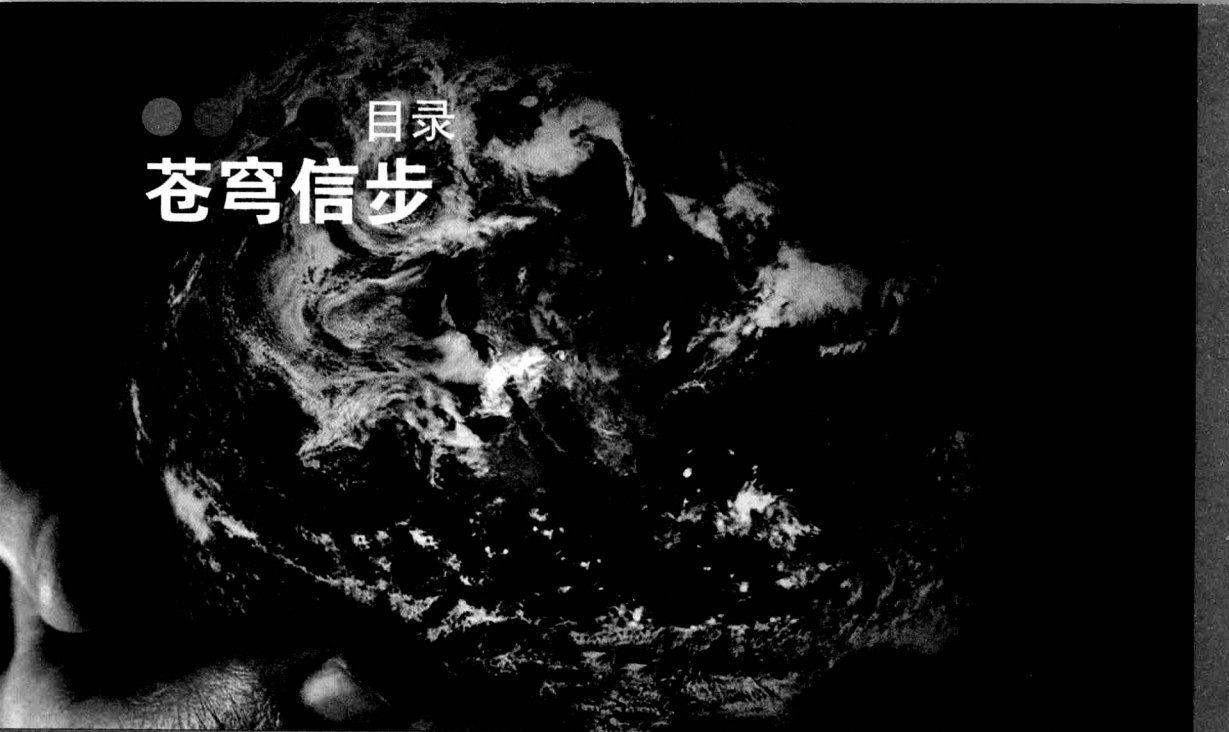
这将是一个奇妙的旅程，从曼妙神奇的太空环境，到多姿多彩的太空资源；从出舱活动的点点滴滴，到太空作业的方方面面；从来去自如的宇宙飞船和航天飞机，到可以长期驻守的空间基地……所有这些都围绕着“出舱活动”这个点徐徐铺开，慢慢延展，最终呈现在你眼前的将是一幅最为精美的太空飞天画卷。

一路前行，一路好景。

编者

2008年9月





目录

苍穹信步

第一章 剑指苍穹

什么是太空出舱 3

- 3 列昂诺夫在做什么
- 4 美苏争议
- 5 太空行走不是“走”
- 6 链接：什么是 EVA

探索太空资源 7

- 7 太空轨道资源
- 10 太空环境资源
- 11 太空天体资源

空间服务 15

- 15 航天器的“维修工”
- 16 空间站的“建筑师”
- 17 身负使命的“特派员”
- 18 突发事件的“救世主”

太空出舱对未来的影响 19

第二章 叩问九天

太空环境 23

- 23 太空真空环境
- 25 空间热辐射环境
- 28 链接：热紧张症状下的人体反应
- 28 链接：冷紧张症状下的人体反应
- 29 空间辐射环境
- 30 链接：确定性效应和随机性效应的不同
- 30 链接：电离辐射环境的具体构成
- 33 链接：光谱图和射频辐射
- 33 微重力环境
- 34 链接：重力、失重、微重力辨析
- 35 链接：物体在太空微重力环境与在地球重力环境中的比较
- 36 微流星体和空间碎片
- 36 链接：流星和微流星体辨析
- 39 链接：空间碎片分析

创造航天员生存的微小气候环境 40



- 40 环控生保系统的功能和组成
- 41 链接：环控生保系统的具体功能
- 41 压力制度
- 42 氧气来源
- 43 温湿度控制
- 43 有害物质（气体）的处理
- 44 生命之源
- 46 链接：“水星”号飞船的环境控制系统

太空生活 47

- 47 吃——最容易的事变得复杂奇妙
- 49 链接：太空食品
- 51 住——何似在人间
- 52 链接：糊涂觉与奇异睡姿
- 53 个人卫生——让你欢喜让你忧
- 54 锻炼身体——生命在于运动
- 57 链接：苏尼特·威廉斯——在太空跑马拉松
- 59 心理挑战——做“神仙”也有烦恼
- 60 链接：丹尼尔·布奇的日记

第三章 直冲霄汉

飞向太空 63

- 63 宇宙速度
- 65 运载火箭
- 71 链接：“联盟”号火箭
- 72 链接：美国火箭之父——罗伯特·戈达德
- 75 发射窗口
- 76 飞天一刻
- 77 链接：载人航天其余六大系统

出舱倒计时 80

- 80 出舱时机的选择
- 81 气闸舱时间
- 82 预吸氧排氮

进入太空 84

- 84 轨道出舱

- 87 链接：出舱活动的划分和区别
- 87 登陆星球
- 89 链接：“阿波罗”奔月
- 92 链接：“勇气”号着陆火星
- 94 舱外任务
- 97 链接：航天史上难度最大的舱外作业
- 98 链接：“发现”号航天员“太空十三天”主要任务

第四章 出舱装备

气闸舱 103

- 103 什么是气闸舱
- 104 各式气闸舱一览

舱外航天服 108

- 108 舱外航天服的结构
- 112 生命保障
- 113 美俄舱外航天服之比较
- 115 链接：美国航天飞机舱外航天服
- 116 链接：俄罗斯舱外航天服
- 116 舱外航天服的穿脱
- 117 链接：舱内航天服
- 118 链接：美俄舱内航天服的性能对比
- 118 链接：未来的火星航天服
- 122 链接：最容易维修的舱外航天服

太空交通工具 123

- 123 手持机动单元——最早的机动装置
- 123 航天员机动装置
- 124 载人机动装置
- 125 月球车
- 127 链接：人类首次月球车行驶

神奇工具 128

- 128 工具运送器
- 128 表面探测工具
- 132 样品回收器

133 摄录器材

134 飞行中的维修工具

134 链接：“发现”号航天飞机的手术箱

第五章 回望寰宇

出舱险情 139

返回之路 141

141 返回航天器

141 安全返航

144 链接：载人飞船返回过程

145 链接：飞船的“防热衣”

146 搜救行动

147 链接：航天员的救生包

148 适应地球

出舱航天器一览 149

149 载人飞船

151 链接：赫鲁晓夫与“上升”号载人飞船

154 链接：3名航天员的“离奇”死亡

160 “天空实验室”

162 空间站

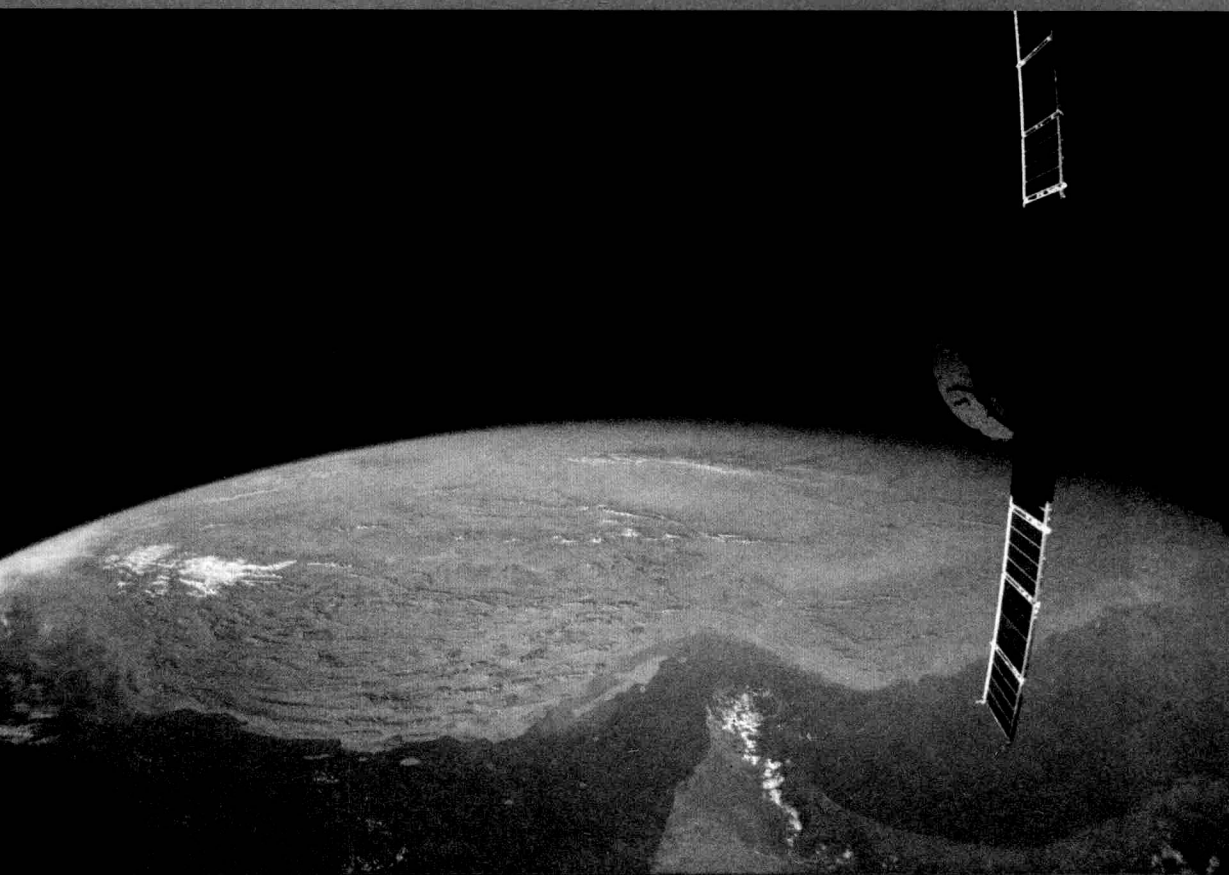
168 链接：“和平”号空间站所创造的“世界之最”

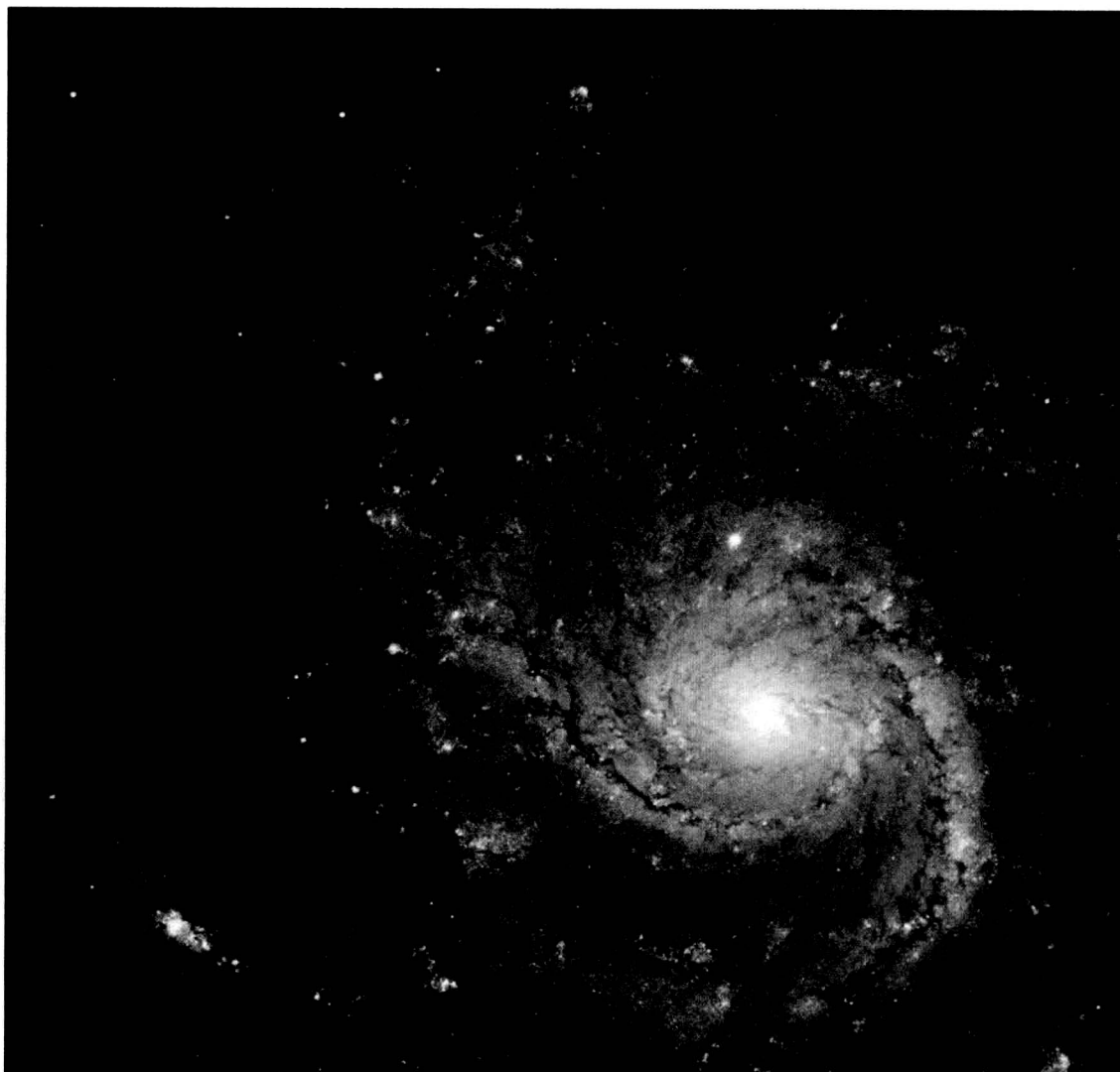
171 链接：国际空间站的结构

172 航天飞机

174 链接：美国航天飞机创造的纪录

180 链接：美国航天飞机的命名





举目，一钩淡月天如水。

时至今日，人类太空梦想已照亮现实，航天员终于可以冲出地球，漫步太空！屈子的追问终于有了归属，皇尔克的天使们也變得触手可及。“太空漫步”已不再单单是杰克逊舞蹈中的华美盛宴，而成了人类航天史上的一场最最庄严的典礼和仪式。聚焦“太空漫步”，审视几千年来人类攀升的每一个足印。

遥望太空，深邃的奥秘拍打着人类文明的河岸，击起朵朵浪花，传出阵阵回声……昭昭星汉，沉淀出无穷的智慧。人类的希望令探索的花朵芬芳灿烂，令生命的星空更加宽广无垠。



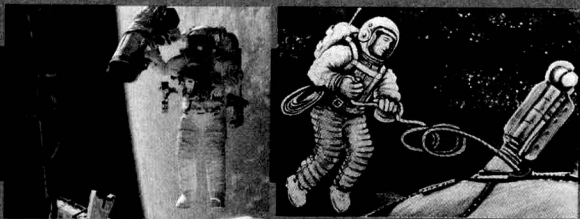
第一章

剑指苍穹

我仰望星空，它是那样寥廓而深邃；那无穷的真理，让我苦苦地求索、追随……

——温家宝《仰望星空》

什么是太空出舱



“在以 7.9 千米/秒的速度绕地球高速飞行时，头盔外的景观使我震惊：我正处于国际空间的太阳能电池板的上面，这儿离地球 386 千米。此刻，我的下面就是 60 亿人，而我是最高的一个……跨坐在 747 的垂直庞翼上照一张照片，你会得到很珍贵的回忆——500 千米外的水平面升起黑丝绒般的天空，下面是缥缈的卷云拂过的天蓝色海洋。”

上面是一位美国航天员的日记，描写的正是他在进行太空出舱时的所见所感。如此美妙的时刻，难怪人类总是对那片蓝天外面的世界如此向往。

天历史从此翻开了新的一页。对普通人而言，也许他们当时只是觉得十分新奇，并不知道列昂诺夫到底在做什么，

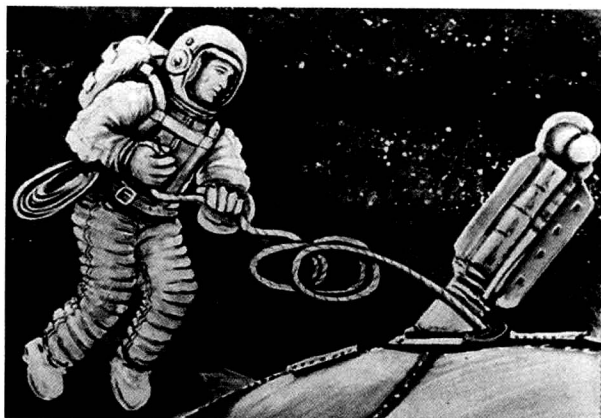


图 1.2 1965 年 3 月 18 日，列昂诺夫实现世界上第一次太空行走

列昂诺夫在做什么



图 1.1 列昂诺夫

1965 年 3 月 18 日，一个值得纪念的日子。前苏联航天员列昂诺夫（1934~ ）穿着笨重的出舱航天服，打开了“上升”2 号飞船的密闭舱门，离开了带给他庇护的飞船，只身来到广袤的太空中。短暂的 12 分钟，人类航

只是从电视上、广播中记住了一个名词：太空行走。

看到前苏联的成功，美国也不甘示弱，同年 6 月 4 日，美国的航天员埃德·怀特也走出“双子座”4 号飞船，在太空中行走了 21 分钟，并且完成了目视观测、拆卸工作及其他实验。

自此之后，列昂诺夫和怀特的这种行为就不断地被复制。短短几十年下来，人类就进行了数百次的太空行走。而随着人类载人航天事业的发展

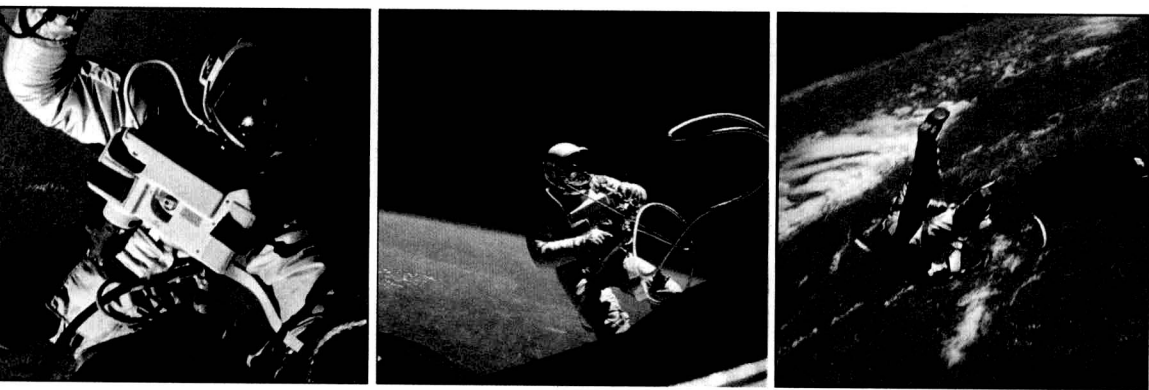


图 1.3 1965 年 6 月 4 日，美国航天员埃德·怀特实现美国的第一次太空行走

以及太空行走技术的进步，用“太空行走”这个词来指代人类在太空中所进行的各种活动已经显得力不从心，同时也失之偏隅。因此在学术界逐渐出现了另一个名词——出舱活动。“出舱活动”在中国，经常也被称之为“太空出舱”，这是在中国的媒体中流行的一种通俗说法。那么，到底什么是出舱活动，即太空出舱呢？它与太空行走到底又有什么不同？

这个问题在初期曾经处于一个备受争议的状态，大家众说纷纭，始终难以形成一个统一的认识。其中，作为最早实现并在后来的日子里多次进行太空出舱的前苏联和美国，似乎最有发言权，但是他们的看法却完全不同。

美苏争议

也许大家会很奇怪，一个原本就很科学的行为，为什么会这么不好下定义

呢？实事求是不是好了吗？美国与前苏联的航天员都是从载人飞船中进入太空，似乎并没有什么不同啊？他们到底在争论些什么呢？不如我们先来看看两国分别给出的答案再来慢慢分析。

前苏联对太空出舱的描述是：航天员在真空环境中进行活动。也就是说只要航天员处于真空之中，他就是在进行出舱活动。

美国则对前苏联的说法提出了异议，他们认为，当航天员在进行出舱活动时，至少他们的脑袋应该是伸出舱外的。

怎么样，看出来有什么不同了？其中最大的不同就在于美国强调了航天员所处的位置，即太空出舱时，航天员必须以某种方式离开母航天器，这样才能算作真正出了舱。那你也许会问了，前苏联的航天员也离开航天器了啊，那他们为什么没有强调这一点呢？其实从当时的太空出舱技术来看，前苏联并不需要强调这一点，是由于美国在太空出

舱时采取的方式决定了他们必须强调这一点。怎么，还不明白吗？那就让我们先来复习一下前苏联和美国各自的第一次出舱吧。

列昂诺夫以头前脚后的方式，迫不及待地航天器的舱门飘进更加狭小的气闸舱，别列耶亚夫在后面帮他关紧舱门。在检查了航天服系统、预吸氧排氮和对气闸舱进行减压后，列昂诺夫打开了舱门，漂入了太空中。

在接到太空出舱的指令后，埃德·怀特和吉姆·麦克迪维特检查了航天服系统，并对飞船进行了减压，当飞船的空气被排放完毕，达到真空状态时，埃德·怀特打开了飞船的舱门，进入了太空，吉姆·麦克迪维特则继续留在飞船内，控制飞船，以保证怀特远离推进器口。

以上两段文字是不是已经告诉你答案了呢？没错，前苏联航天员在出舱时比美国航天员多了一个步骤，那就是先进入气闸舱，而就是这个气闸舱导致了两国在有关“太空出舱”这个问题上的不同认识和差异。

前苏联的飞船上有两个舱，一个是密闭舱，一个是气闸舱。航天员在进行出舱活动的时候首先要从密闭舱里出来进入气闸舱，减压后再进入太空中，而另一名留守在密闭舱内的非舱外活动航天员依然处于正常的舱内气压环境中。所以进行出舱活动的航天员进入了太空真空环境中，也就是太空出舱了。

美国的飞船就不一样了，它并没有附带气闸舱，所以只有一个舱。因此当航天员要进行出舱活动时，就需要将飞船内的气压全部泄掉，来实现舱内正常压力与舱外真空环境压力的过渡，当出舱活动结束后再重新复压。这样一来留守在飞船内的航天员也是处于真空环境中，但是他固定在座椅上没有走出舱门，所以不被认为进行了出舱活动。

现在真相大白了，其实两国的表述在当时看来都没有错，而随着太空出舱技术的进一步发展完善，气闸舱已经全面运用到太空出舱活动中，成为太空出舱活动必不可少的一个工具，美苏两国的争议也慢慢演变成了美俄之间的合作。

太空行走不是“走”

美苏两国的争议是解决了，那太空行走呢？为什么在后来的表述中，“太空行走”这个词被“出舱活动（太空出舱）”所替代呢？这是随着太空出舱技术的发展，人们意识到“走”这个词已经不能概括这种行为了，因此有了“出舱活动”概念的提出。

航天员在太空并不是“走”，也许用“飘”这个词来形容更为合适。太空中一无所有，是没有大马路等着让你脚踏实地地走的。而且，在太空中人处于失重状态，航天员的身体飘浮在空中，也无法行走。要移动身体，一双脚还真