



中国科协科普专项资助

北京科普创作出版专项资金资助



TAI KONG XING ZOU

太空行走

航天员出舱活动揭秘

吴国兴 编著



中国宇航出版社

TAI KONG XING ZOU

太空行走

航天员出舱活动揭秘

吴国兴 编著



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

太空行走:航天员出舱活动揭秘 / 吴国兴 编著. —北京:
中国宇航出版社, 2008.9

ISBN 978-7-80218-427-5

I. 太… II. 吴… III. 空间行走-普及读物 IV. V527-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2008) 第141301号

策划编辑 石磊 责任校对 王妍

责任编辑 易新 装帧设计 **0316**

出版 **中国宇航出版社**

社址 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)

零售店 读者服务部 北京宇航文苑
(010) 68371105 (010) 62529336

承印 北京百花彩印有限公司

版次 2008年9月第1版

2008年9月第1次印刷

规格 889 × 1194

开本 1/16

印张 9

字数 230千字

书号 ISBN 978-7-80218-427-5

定价 29.80元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

前言

太空行走是一种约定俗成的叫法，更确切地说应该是“出舱活动”，这是载人航天的一项关键技术，也是航天员在太空的一项重要活动。它大致可分为两类：一类是在失重的太空环境中“行走”，另一类是在地球以外有重力的其他星球上行走。

人在太空失重环境中处于一种飘浮状态，再加上太空既没有大马路也没有人行道，因此，航天员在太空无法行走也无处可走。航天员在太空如果要想移动身体，一般是用手，而不是用脚，即用手扶住载人航天器外面专门设置的扶手，一点一点地向前移动。当然也可以使用特殊的机动装置，推着航天员前进或后退。尽管太空行走这种叫法不太确切，可它通俗易懂、生动形象，因此在这本书里仍然使用它，但在容易引起误解的地方，书中还保留“出舱活动”这个科学术语。例如“航天员出舱活动程序”，就不能用“航天员太空行走程序”。又如，航天员在出舱活动中为了安全而又方便地完成任务，需要用脚固定器固定身体，如果在这里使用太空行走，就会产生逻辑上的矛盾：既然脚被固定起来，还怎么行走？

太空行走不仅是载人航天的一项关键技术，而且是非常重要的一项航天技术。因为如果没有太空行走，载人航天的价值和意义就得大打折扣。试想，如果没有太空行走，就不可能在太空对发生故障的卫星或载人航天器进行检查和维修，这些卫星和载人航天器就只能成为一堆太空废物或垃圾；如果没有太空行走，阿波罗航天员就不可能登上月球，人类就不可能实现实地考察月球的梦想；如果没有太空行走，国际空间站就不能在太空进行组装，航天员就不可能在太空长期工作和生活；如果没有太空行走，人类就不可能在月球和火星上建立基地，人类开发和利用太空资源的理想就将成为泡影。



太空行走不是简单的“走”，而是航天员在太空的一项重要工作和活动。为了保证航天员安全顺利地完成任务，必须为他们提供一整套装置和设备，其中最重要的就是舱外航天服、生命保障系统、气闸舱、机动装置、遥控机械臂和太空行走用的工具等。除了提供这些装置和设备外，还要对他们进行严格的训练，使他们能熟练地使用这些装置和设备。

从苏联航天员列昂诺夫第一次太空行走到现在，太空行走已经有40多年的历史。截至2008年5月底，全世界共有172名航天员进行过570次太空行走，在太空停留的时间共为3062.2小时。太空行走似乎已经成为人们日常生活中一件习以为常的事情，以至于一般人常常忽略了它的高风险性。其实，为了保证航天员能安全顺利地完成任务，地面上成千上万的科技人员和工程管理人员在夜以继日地工作，因此太空行走的辉煌是用航天员的汗水和地面工作人员的心血共同浇筑而成的。

本书是对人类40多年太空行走的简单介绍，虽然不是百科全书，但它涉及太空行走的方方面面，可以说与太空行走有关的知识与信息，在本书中基本包揽无遗。既然国外航天员在太空已经“走”了40多年，积累了丰富的经验和教训，本书当然没有忘记将它们吸收进来。因此说，如果有关太空行走的资料你可以在其他书刊和互联网上找到，那么有关国外航天员太空行走的经验总结，你却可能只有在这本书里才能发现。

2008年金秋，神舟七号载人飞船发射，中国航天员首次进行出舱活动，迈出了我国载人航天工程的第二步，衷心祝愿中国航天再创辉煌。

编者

2008年9月

目 录

第一章 敢向天路大胆走 /2

1. 太空行走不是走 / 4
什么是太空行走
在太空怎么走
2. 太空行走为哪般 / 6
为什么要进行太空行走
太空行走分为几种类型
3. 无限风险在太空 / 7
无法生存的恶劣环境
规避风险五大技术
细节决定安全
危险行当报酬知多少
4. 天街几多行路人 / 10
40 年只有 100 多人上路
谁是太空行走 No.1
天外为何女子不如男
谁是太空行走的“世界冠军”
谁最早提出太空行走的设想
5. 太空行走故事直播 / 15
修复天空实验室
拯救和平号空间站
让“哈勃”起死回生
组装国际空间站

第二章 太空行走穿什么 /24

1. 为什么要穿舱外航天服 / 26
高处不胜寒
航天服“内外”不一样
脐带式软管
是谁发明了航天服
2. 美国的舱外航天服 / 29
双子座舱外航天服
阿波罗登月服
天空实验室舱外航天服
航天飞机舱外航天服
3. 苏联/俄罗斯的舱外航天服 / 34
海鹰在太空展翅
海鹰-DMA 型舱外航天服
海鹰-M 型舱外航天服
4. 美俄舱外航天服 PK / 37
工作压力不同
生命保障系统放置不同
穿脱方式不同
头盔不同
各有千秋
5. 穿戴航天服讲究多 / 40
十步穿衣法
舱外航天服制作要求高
保存、保养、维修一个都不能少
生命保障系统
试验舱功劳大
舱外航天服不分男女
航天服穿脱心得
太空行走时航天员如何大小便



第三章 走出气闸舱 / 48

1. 气闸舱 / 50

什么是气闸舱
为什么要使用气闸舱
世界上第一个气闸舱

2. 美苏气闸舱面面观 / 52

美国航天飞机内外两个气闸舱
国际空间站的气闸舱
礼炮号和和平号空间站的气闸舱
天空实验室的气闸舱

3. 舱门是气闸舱的安全门 / 56

神奇的舱门
气闸舱的设计要求
气闸舱舱门的设计要求

4. 太空行走趣闻 / 58

37 分钟的太空转移
新式喷气枪
倒霉之旅
骑飞船的牛仔

5. 如何出舱 / 61

俄罗斯航天员的出舱程序
航天飞机航天员的出舱程序
严格的出舱活动时间限制
体验气闸舱减压和出舱

第四章 出舱“交通工具”总动员 / 68

1. 太空“机动车”大观园 / 70

什么是机动装置
手提式机动喷射器
M509 和喷气鞋
75 千米/小时的机动装置
简易救生辅助装置
月行车

2. 太空行走设备 / 76

遥控机械臂
脚固定器
安全带

3. 出舱活动工具 / 80

出舱活动工具的特点
在月面上使用的工具
航天飞机航天员使用的工具
修太空望远镜用的工具
组装国际空间站使用的特殊工具
摄影器材
美国宇航局对出舱活动用工具的设计要求

第五章 太空行走的训练 / 84

1. 太空行走的训练方法 / 86

太空行走训练的主要内容
穿脱舱外航天服的训练
美、苏/俄航天员训练的差异
太空行走训练的类型
太空行走训练的特点

2. 太空行走的训练设备 / 92

训练设备的种类
1g 模拟设备
失重飞机和抛物线飞行
中性浮力和水下训练
世界各国的中性浮力水池
虚拟现实技术
遥控机械臂训练模拟器
载人机动装置太空操作模拟器
出舱活动程序训练模拟器

3. 太空行走训练经验 / 102

十条严律保安全
老航天员的忠告
移动身体有要诀
太空作业稳定自身是关键
如何处理大质量物体
实践得真知
水池训练宝典

第六章 出舱有风险 / 110

1. 太空行走风险的种类 / 112

宇宙辐射
太空碎片和微流星体
太阳热辐射
高层大气
载人航天器“故障”
航天员自身的疏忽

2. 太空恶劣环境的危害 / 114

轻则得病重则死亡
舱外航天服是护身服
现有航天服无法对付银河宇宙线
太空碎片和微流星体的危害

3. 最容易发生故障的环节 / 117

太空行走中的故障和问题
舱外航天服是薄弱点
气闸舱易患常见病
航天员误操作
安全带松脱

4. 太空救生 / 122

营救航天员的装备
太空行走前的预吸氧
预防减压病



第七章 未来我们走得更远 / 124

1. 太空行走装备存在的不足 / 126

环境适应方面的不足
工效和生理方面的问题
后勤装备方面的缺点

2. 太空行走系统新使命 / 127

能在不同的重力场中工作
能在尘暴弥漫的环境中工作
能在强辐射的环境中工作
能在极低的大气压力下或在真空中长期工作
能与遥控机器人和其他自动控制装置一起工作
能满足频繁太空行走的需求
能完成远距离的太空行走任务

3. 勃勃雄心创未来 / 130

4. 新型舱外航天服素描 / 130

D-1 型舱外航天服
MKIII(H-1)型舱外航天服
I-1 型舱外航天服
紧身火星服

5. 轻巧的生命保障背包 / 132

6. 与机器人为伴 / 133

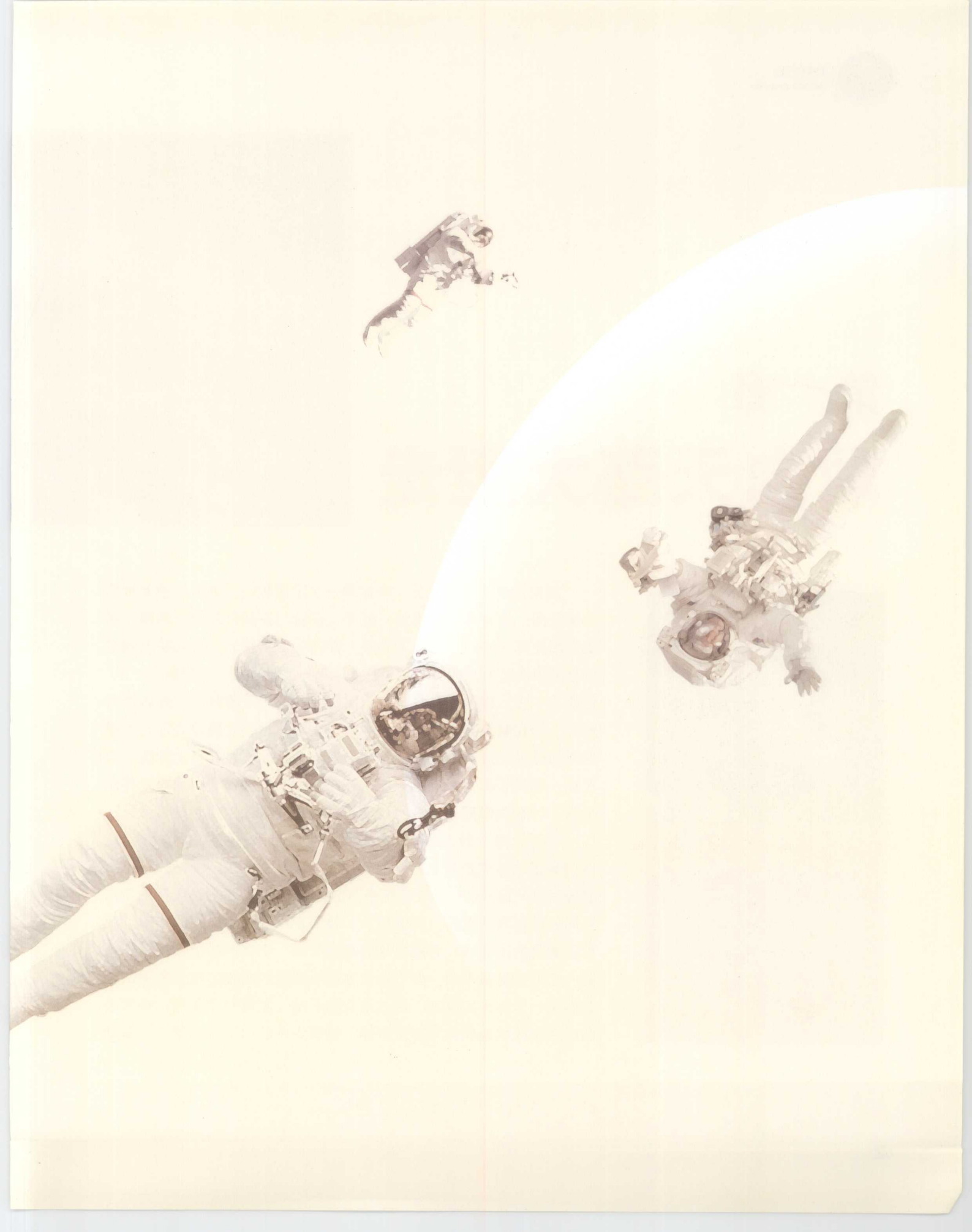
会飞行的大眼球
机器人助手
航天机器人

7. 运输系统和单人小飞船 / 134

8. 除尘和节气型气闸舱 / 135

除尘气闸舱
节气型气闸舱

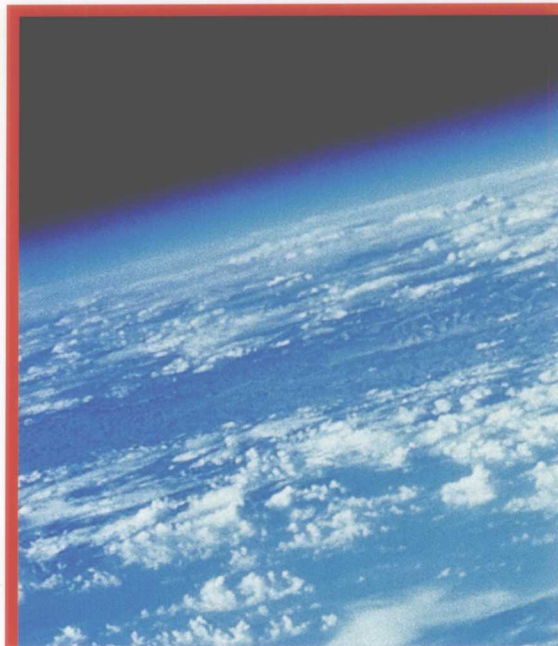
9. 重返月球穿星座航天服 / 136





第一章

敢向天路大胆走



如果你是一名航天员，当你第一次走出舱门，进入广漠无垠的宇宙空间，你会有什么感觉？试想：在舱门突然打开的一刹那，刺眼的阳光泻进舱内，你睁不开眼。你将头伸出舱外，首先映入眼帘的是发出淡蓝色光辉的地球，它在你下方的不远处。你想纵身一跳，但跳不下去，因为是失重状态，因此你只能用手将自己的身体推出舱外。你在航天器附近慢慢地飘动，也许你担心会飘得太远，不能再返回舱内，成为一颗太空飘游的人体卫星。不过你马上发现，自己被一根长长的安全带牢牢地拴着，那就放心地飘吧！只要拉着安全带，什么时候都可以返回舱内。这就是初次太空行走的感觉。

不过这是一般人想象中的感觉，到底航天员初次太空行走时，他们真正的感觉是什么？太空行走第一人、苏联航天员列昂诺夫，曾经写过一篇回忆，他在回忆中写道：“打开舱门，无边无际的宇宙空间展现在我的面前，美丽极了，我简直不敢相信自己的眼睛。我首先看到的是地球，它是那样的高雅壮丽，在我的眼前慢慢地转动着，它似乎是扁平的，要不是它边缘不整齐的曲线，我想象不出它竟然是一个巨大的球体。透过淡淡的云层，我看到了黑海、弯弯曲曲的海岸线和雄伟的高加索山脉。就要走出舱门了，这是一个激动



人心的时刻，为了这一时刻的到来，我已经准备了很长很长时间。我不慌不忙地将自己推出舱外，离飞船越来越远。眼前的宇宙，是那样地宏伟，无边无际。在暗紫色的背景下，远处的星星不再闪烁，与光亮的地球相对照，周围的天空呈现天鹅绒般的黑暗，深不可测……现在我看到了伏尔加河，看到乌拉尔山脉，接着又看到鄂毕河和叶尼塞河。我好像在一张巨大的地图上慢慢地游泳。”

美国航天员霍夫曼，曾4次走出舱门，在太空停留时间总共达到24小时，称得上是太空行走的老手，他说：“初次走出舱门、进入太空，是一个人永生难忘的体验。当宇宙空间迎面而来，我突然发现在自己的面前空空如也，除了宇宙空间什么都没有。不过，你千万不要被这些莫名其妙的感觉所吓倒。作为一名航天员，一定要牢记使命，出舱是为了工作，不是观光游览，因此要千方百计将任务完成好。”

列昂诺夫和霍夫曼都是幸运儿，他们体验了太空行走的感觉。至今已有100多名航天员也有这种体验。不过他们只是人类中的极少数。我们大多数人没有这样的福气，只能从书本和电视中分享他们的感受。

有人说，读一本书相当于在心灵深处对书中的情节进行一次模拟。按照这样的说法，欢迎你来一次模拟。现在舱门打开了，发挥你的想象力，大胆地往前“走”吧！





1 太空行走不是走

什么是太空行走

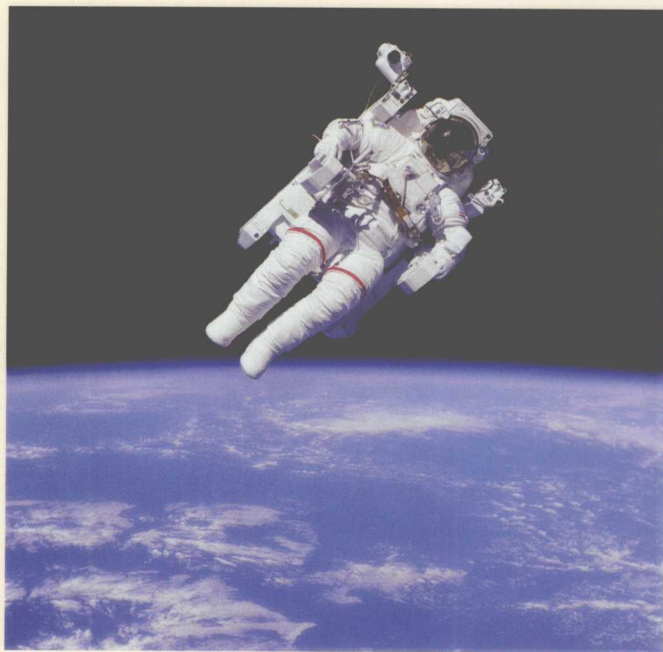
太空行走是一种通俗的说法，其科学术语应该叫“出舱活动”。出舱活动的定义是：航天员穿着舱外航天服，离开飞船、航天飞机、空间站等载人航天器，进入宇宙空间，包括在月球、火星等其他天体表面上，进行各种活动和工作，并返回载人航天器的过程。

在太空怎么走

太空行走并不像人们在马路上遛弯或在公园里散步，它其实并不是“走”。由于太空一无所有，既没有大马路，也没有人行道，因此无处可走；而且太空为失重环境，航天员的身体飘浮在太空中，也无法行走。

航天员在失重状态下移动身体，一般是用手，而不是用脚。为了方便航天员的行动，工程设计人员在航天飞机或空间站的里外都安装了一些扶手，航天员用手握住一个一个扶手来回移动身体。如果是在太空，远离航天飞机或空间站，航天员要行动时则需用一种特殊的机动装置，来推动自己的身体。在失重状态下也无所谓上下左右，航天员只要握住扶手，无论是头朝上直立着，或是头朝下倒立着，或是身体横躺着，都可以“行走”。

至于航天员在月面上或是在火星表面上的“行走”，应当比“空中”行走容易些，起码人不处于失重状态可以脚踏实地迈步走路。但航天员去月球或火星的目的并不是为了在那儿“行走”，而是为了进行科学研究、地质勘探或是建设载人基地，如果随身携带很多的科学仪器要到较远的地方去，他们一般也不是步行，而是乘坐月行车或是火星漫游车。



美国航天飞机航天员在太空行走





2 太空行走为哪般

为什么要进行太空行走

人类冒着极大的风险去探索太空行走，并不是为了茶余饭后旅游观光，而是有许多特殊的任务不得不靠航天员到舱外去完成。

就现阶段来说，航天员太空行走一般有六个目的：

第一是太空维修，如美国航天员维修哈勃望远镜和俄罗斯航天员维修和平号空间站等；

第二是太空组装，如国际空间站的舱段、构件就是从地面上分批运往空间站的运行轨道，由人来完成太空组装工作的；

第三是太空服务，如航天员在航天飞机货舱内发射卫星或回收卫星等；

第四是科学实验，如美国阿波罗登月航天员在月面上进行的各种科学实验；

第五是太空救援，一旦飞船、航天飞机、空间站等载人航天器出现严重故障，航天员自救或互救的重要手段就是出舱转移至其他航天器；

第六是太空基地建设，人类将在地外星球上建设临时性基地或永久性基地。

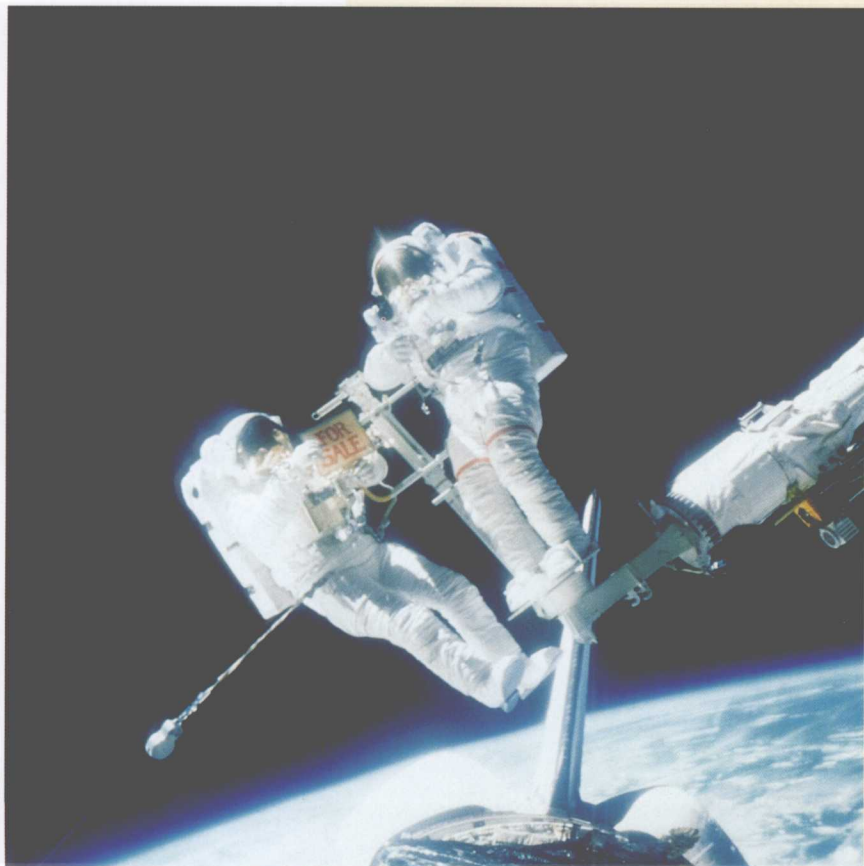
因此太空行走是航天员在太空最重要的活动，是载人航天的重要内容和组成部分，如果没有太空行走，载人航天的价值和意义就会大打折扣。

太空行走分为几种类型

太空行走一般可分为三种类型：

第一种是计划内的出舱活动，就是在航天飞行之前就计划和安排的出舱活动，目的是完成

航天员在太空行走



特定的太空操作任务；

第二种是计划外的出舱活动，就是没有安排在航天飞行计划之内，但为了保证有效载荷的顺利操作或者为了提高完成任务的效率，而临时安排的出舱活动；

第三种是应急出舱活动，这是载人航天器发生紧急情况时，必须进行的一种应对性的出舱活动，其目的是为了保障载人航天器顺利返回地球和保证航天员的生命安全。

目前进行的出舱活动 70% 左右是计划内的出舱活动，其余是计划外的出舱活动，只有极个别的是应急出舱活动。

另外，如果从操作有效载荷的难易程度来分，太空行走又可分为简单出舱活动、中等难度的出舱活动和复杂出舱活动。

所谓“简单”，就是对有效载荷的操作比较简单，只需要简单的出舱活动工具，不需要动用复杂的机动装置，不需要特殊的技术和装备，也不需要航天员进行复杂的训练。所谓“中等难度”，是指对有效载荷的操作有一定难度，为完成这种出舱活动，必要时还需要研制一些新的出舱活动用工具和装备，需要采用一些新的技术和手段，对航天员需要进行比较复杂的训练。所谓“复杂”，顾名思义就是完成有效载荷的操作比较复杂和比较困难，需要采用新的出舱活动用工具、新的装备、新的技术和新的手段，还需要对航天员进行特殊的和复杂的训练，否则就难于完成任务。

3 无限风险在太空

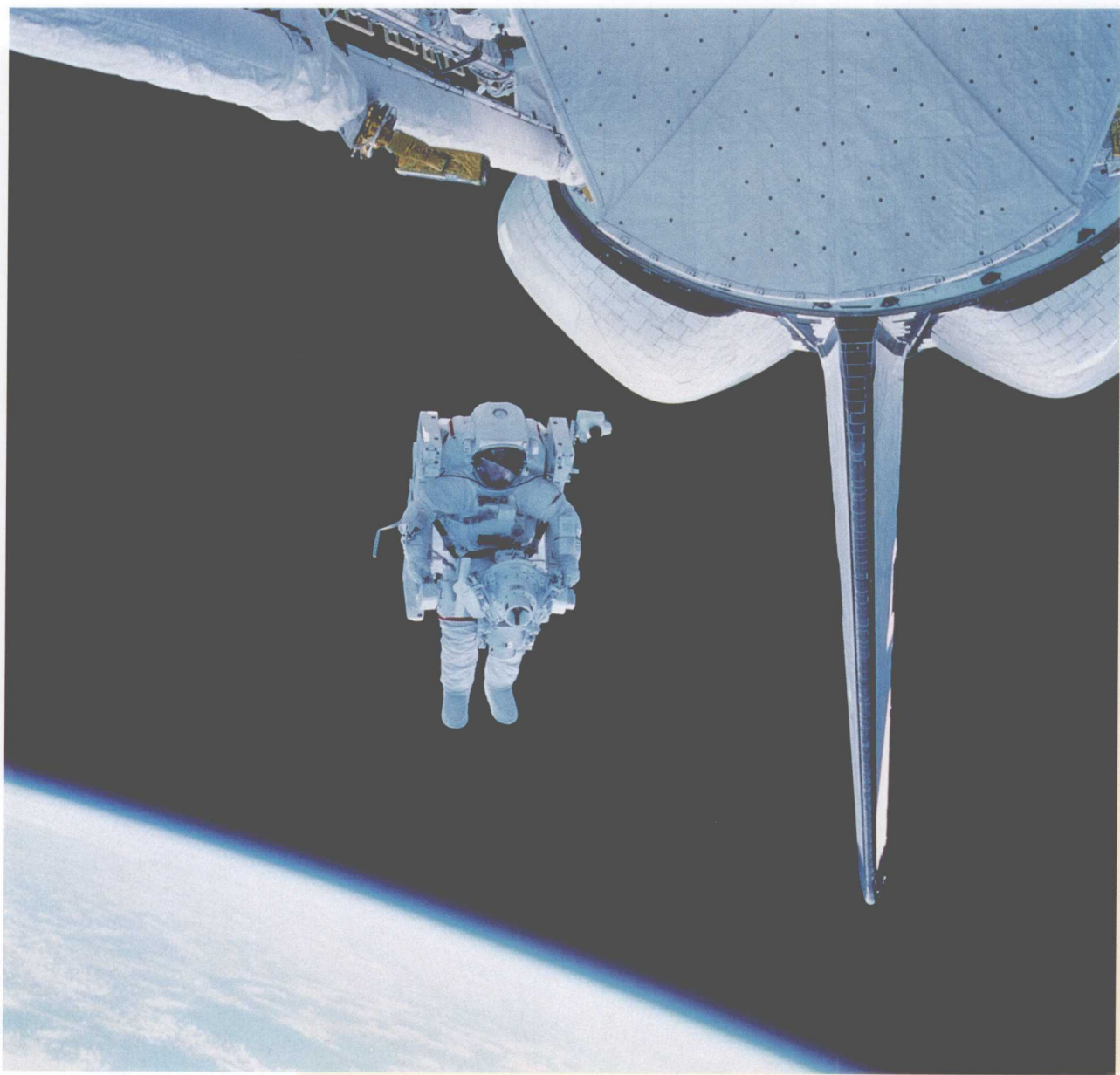
无法生存的恶劣环境

航天员在太空行走是一种非常危险的活动，因为他们将要面临很多风险，其中包括太空环境因素方面的风险、载人航天器方面的风险、航天员操作错误造成的风险等。

就以太空环境为例，太空中没有人类赖以生存的空气，处于真空或低压状态，氧气缺乏；高低温变化剧烈，可从向阳面的 100°C 以上迅速降低到 -100°C 以下；强烈的太阳辐射、粒子辐射，还有空间碎片、微流星等不速之客的突然袭击等。如果没有精良的出舱装备保护好身体，在真空环境里，人会因窒息而死；在低压环境里，人会因体液沸腾致死；在温度剧变的环境里，人会热死或冻死；受到宇宙辐射、挨空间碎片砸，人都逃脱不掉“灭顶之灾”。

根据热力学原理可知，当液体的饱和蒸气压与其表面的压力相等时，该液体就会沸腾。如：在海平面上，水的沸点为 100°C 。随高度的增加，大气压力不断降低，相应的高度上水的沸点也越来越低。

在距地球表面高度为 19.2 千米时，外界气压降低到 6.3×10^3 帕，等于人体 37°C 体液的饱和蒸气压。因此，暴露在此高度上的人体体液便会沸腾，导致迅速死亡。



太空行走有风险

规避风险五大技术

由于航天员出舱后无法继续得到航天器舱体的防护，因此，必须采用一些基本技术来规避风险，保证航天员出舱的安全和健康，并维持其一定的作业能力。

这些基本技术有五项：

一是航天员着舱外航天服在太空中的运动与控制技术，主要解决如何利用人体在太空微重力环境下的运动特性，对航天员的运动加以控制。