

国家重点图书出版规划项目

中国载人航天科普丛书

总主编 王永志 王文宝 袁家军

# 飞天英雄

——追踪航天员飞天足迹

主编 陈善广



中国宇航出版社

国家重点图书出版规划项目

中国载人航天科普丛书

总主编 王永志 王文宝 袁家军

# 飞天英雄

——追踪航天员飞天足迹

主 编 陈善广

副主编 黄伟芬



中国宇航出版社

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书深入浅出地介绍了航天员的培养过程和工作内容,包括航天员的选拔训练,丰富多彩的太空生活,繁重复杂的太空工作,充满风险的舱外活动,航天员医学监督与保障,空间生命科学探索,大型太空环境模拟和训练设备,人类的太空梦想和长期载人飞行的关键技术。

本书内容全面,覆盖面广,知识性和趣味性并重,是一部比较系统、全面介绍航天员的科普图书。可以作为航天爱好者和非专业人员了解航天员的参考读物,也可供航天医学工程专业的技术人员和管理人员参考。

## 版权所有 侵权必究

### 图书在版编目(CIP)数据

飞天英雄:追踪航天员飞天足迹/陈善广主编.——北京:  
中国宇航出版社,2011.1

(中国载人航天科普丛书/王永志,王文宝,袁家军主编)  
ISBN 978-7-80218-445-9

I. ①飞… II. ①陈… III. ①航天员—中国—普及读物  
IV. ①V527-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第263280号

责任编辑 田方卿 责任校对 王 妍 设计制作 03工舍

出 版 社 **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](http://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 北京画中画印刷有限公司

版 次 2011年6月第1版 2011年6月第1次印刷

规 格 787×960 开 本 1/16

印 张 16.5 字 数 262千字

书 号 ISBN 978-7-80218-445-9

定 价 46.00元

本书如有印装质量问题,可与发行部联系调换

## 《中国载人航天科普丛书》

### 编 委 会

总主编 王永志 王文宝 袁家军

委 员 (按姓氏音序排列)

陈善广 邓宁丰 邸乃庸 顾逸东 黄春平

李颐黎 刘树军 潘厚任 戚发轫 钱卫平

王兆耀 吴 斌 徐克俊 赵小津 郑 敏

周凤广 周建平 周雁飞 朱毅麟

### 编 辑 部

主 任 刘树军

副主任 邓宁丰

成 员 齐 宏 张铁钧 任长卿 艾小军 曹晓勇

## 《飞天英雄》编委会

主 编 陈善广

副主编 黄伟芬

编 委 李莹辉 李勇枝 吴大蔚 马爱军 晁建刚

李伟刚 陈 斌 王春慧 虞学军 沈学夫

吴文才 黄晓慧 王林杰 周前祥

# 总 序

上世纪九十年代初，党中央审时度势、高瞻远瞩，果断作出了实施中国载人航天工程（代号921工程）的重大决策。这一战略工程的建设与发展，至今已走过了十八年的光辉历程，中华民族实现了千年的飞天梦想，在世界航天发展的史册上，铭刻下了中国人民勤劳智慧、自强不息、勇攀科技高峰的辉煌印记，在人类和平利用太空的伟大征程中树立了不朽丰碑。当今世界，伴随高新技术发展的突飞猛进，航天技术发展方兴未艾，我国航天事业正迈上新的历史征程。当此之际，中国载人航天工程办公室组织编著出版这套《丛书》，对历史、现实和未来都是一件颇有意义的事情。

这套《丛书》全面介绍了工程的发展历程、各系统工作原理及相关航天知识。我作为工程的亲历者、见证者和组织者，更深切地体会到：工程意义重大而充满挑战，成就举世瞩目而来之不易。工程实施以来，在党中央、国务院、中央军委的坚强领导和亲切关怀下，在全国各相关方面的大力支持下，广大航天工作者大力协同、锐意进取，成功突破了一大批拥有自主知识产权的载人航天核心关键技术，先后实现了从无人飞行到载人飞行、从一人一天到多人多天、从舱内实验到出舱活动等重大跨越，使我国成为世界上第三个能够独立开展载人航天活动的国家，在载人航天高技术领域占有了重要一席。胡锦涛总书记明确指出，载人航天工程取得的成就，是我国综合国力不断增强、科技水平不断提高的重要体现，对于增强全民族的自信心和自豪感，凝聚全民族的智慧和力量，鼓舞全党全军全国各族人民全面建设小康社会、实现中华民族伟大复兴具有重大而深远的影响。

通览《丛书》，可以更深刻地感到，作为我国航天发展史上规模最大、系统构成最复杂、可靠性安全性要求最高的国家级高科技工程，载人航天工程取得的伟大成就令人自豪，催人奋进。同时，从中可以得出许多重要启示：当今时代，世界综合国力的竞争，集中

体现为科技特别是高科技的竞争，关键在于人才的竞争，科技、人才已成为民族振兴的基石和综合国力的核心；社会的进步、国家的发展、民族的强大必须充分发挥科学技术第一生产力的作用，坚持人才为本，瞄准世界高科技发展前沿，着力突破核心关键技术，抢占战略制高点，不断提高自主创新能力，唯有如此，才能把国家安全和发展的命脉牢牢掌握在自己手里；科技落后是最可怕的落后，我国目前仍面临发达国家在高科技领域占优势的巨大压力，必须增强机遇意识、忧患意识和使命意识，敏锐把握世界新科技革命的大势，以战略需求为导向，努力实现科技新跨越、新发展。

《丛书》作为航天高科技普及读物，与一般科普读物相比，有许多突出特点：一是鲜明的系统性和集成性。《丛书》以中国载人航天工程为主线，分别介绍工程总体以及航天员、空间应用、载人飞船、运载火箭、发射场、测控通信、着陆场等各系统，结构清晰、重点突出，各个分卷相互衔接、形成整体。二是广泛的知识性和普及性。《丛书》突出读者感兴趣的知识点，满足社会公众对载人航天科技知识的渴求，语言流畅、深入浅出，图文并茂、通俗易懂。三是高度的科学性和权威性。《丛书》编写人员既有工程总设计师、工程总体的专家，也有工程相关系统的总指挥、总设计师；既有长期工作在航天领域的老专家、老领导，也有奋战在科研一线的技术骨干和管理人员，他们大多亲历和参与了工程的研制建设，是各自领域的权威人士，编写内容概念正确、数据科学准确。

相信这套《丛书》的出版发行，对于宣传我国载人航天工程的伟大成就，大力弘扬载人航天精神，增强民族自信心和创新精神，必将起到重要的促进作用。同时，通过普及航天知识，必将吸引和鼓励更多的青少年热爱科学，积极投身航天事业，使我国高科技发展后继有人、持续跨越，为实现中华民族伟大复兴的宏伟目标，为开创中国特色社会主义事业新局面，作出新的更大贡献。

中央军委委员、总装备部部长  
中国载人航天工程总指挥

常 全

2010年4月16日

# 前 言

航天员是人类开拓天疆的先锋，是人们敬仰的飞天英雄。航天员的选拔训练，以及他们在太空的工作与生活，备受航天爱好者的关注。

《飞天英雄——追踪航天员飞天足迹》是《中国载人航天科普丛书》中的一卷，主要介绍了航天员的培养过程和工作内容，包括严酷的选拔训练，严峻的太空环境，严格的医监医保，繁重复杂的操作任务，充满风险的舱外活动，极具挑战的科学探索，丰富多彩的太空生活，功能各异的大型太空环境模拟和训练设备。此外，本书还讲述了人类的太空梦想和载人航天的发展前景。

本书是根据《中国载人航天科普丛书》的定位、读者对象和编写要求，组织中国航天员科研训练中心有关的科研人员，凭借多年研究与实践的经验积累，并参考苏联/俄罗斯、美国有关航天员资料编写而成的。本书内容系统全面，资料丰富翔实，理论与实践相结合，在注重科学性、系统性和专业性的同时，突出可读性和趣味性，反映了中国载人航天工程航天员系统的发展前沿和概貌，是一本奉献给广大航天爱好者的科普读物。

本书的编写工作是在中国载人航天工程办公室领导下进行的，得到了中国航天员科研训练中心的大力支持。中国空间技术研究院李颐黎研究员、范剑峰研究员，中国载人航天工程办公室季启明参谋、宋伟参谋审阅了全部书稿，并提出了宝贵的修改意见。在此一并表示衷心的感谢。

书中如有错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

主 编



# 目 录

## 第一章

### 载人航天 以人为本

1. 严酷而独特的太空环境 / 2
2. 奇妙的太空生活 / 7
3. 航天员的类型与职业分工 / 8
4. 航天员在载人航天中的地位 / 10
5. 航天员的任务和作用 / 11
6. 以人为本, 安全至上 / 13

## 第二章

### 千挑万选 百炼成钢

1. 为什么要进行航天员选拔训练 / 20
2. 怎样进行航天员选拔 / 21
3. 预备航天员的选拔程序 / 23
4. 预备航天员的基本条件选拔 / 25
5. 预备航天员的临床医学选拔 / 26
6. 预备航天员的生理功能选拔 / 29
7. 预备航天员的心理选拔 / 35
8. 训练期航天员的选拔 / 36
9. 飞行乘组的选拔 / 39
10. 如何安排航天员训练 / 42
11. 航天环境适应性训练 / 46
12. 航天员的心理训练 / 50
13. 航天员的基础理论培训 / 52
14. 航天专业技术训练 / 54
15. 飞行程序与任务模拟训练 / 60
16. 救生与生存训练 / 62
17. 大型联合演练 / 67

### 第三章

## 太空生活 天上人间

1. 航天员面对的太空环境 / 72
2. 失压给人体带来的危害 / 73
3. 让航天员自由呼吸 / 78
4. 载人航天器内的大气污染 / 80
5. 载人航天器内的温度和湿度 / 81
6. 防止空间辐射损伤 / 83
7. 飞天霓裳——舱内航天服 / 88
8. 丰富多彩的航天食品 / 91
9. 大显神通的功能性食品 / 96
10. 太空中的饮水供应 / 99
11. 太空中的个人卫生处理 / 102
12. 如何在太空中大小便 / 105
13. 太空中的锻炼设施 / 111
14. 太空中的娱乐活动 / 115
15. 如何在太空安睡 / 116

### 第四章

## 太空工作 难度非凡

1. 航天器的“当家人” / 120
2. 航天员-航天器功能分配 / 122
3. 人机界面设计 / 126
4. 飞行中航天员的主要工作 / 129
5. 航天器的控制与管理 / 132
6. 人控交会对接和出舱活动 / 138
7. 空间科学实验 / 141

### 第五章

## 精心呵护 保驾护航

1. 航天员的医监医保 / 152
2. 飞行前的健康跟踪与健康维护 / 156

3. 发射前的医学准备和医学放行 / 160
4. 在轨飞行中的医学监督 / 162
5. 在轨飞行中的医学保障 / 166
6. 出舱活动时的医监医保 / 169
7. 着陆现场的医疗救护 / 175
8. 返回后的医学保障和健康维护 / 178

## 第六章

### 失重世界 神秘莫测

1. 感受失重世界 / 182
2. 体液丢失与体液分布变化 / 182
3. 进军深空的一大瓶颈——空间骨丢失 / 184
4. 肌肉废用性变化——失重肌萎缩 / 186
5. 航天员心血管的微妙变化 / 190
6. 频发的航天运动病 / 192
7. 航天员免疫功能降低 / 197
8. 航天员内分泌功能紊乱 / 200
9. 失重，细胞也形变 / 204
10. 必须攻克的航天医学堡垒 / 210

## 第七章

### 模拟环境 似真似幻

1. 真空、辐射、冷黑——航天空间环境模拟 / 212
2. 超重、失重、冲击——载人航天动力学环境模拟 / 214
3. 大气压力——乘员舱大气环境模拟 / 216
4. 载人航天环境模拟设备 / 217
5. 载人航天飞行模拟技术 / 226
6. 载人航天飞行训练模拟器 / 229
7. 专项训练模拟器 / 238
8. 虚拟现实模拟训练 / 242

第八章

挺进深空 延伸梦想

1. 挺进深空的重大意义 / 246
2. 长期载人飞行的医学难题 / 247
3. 再生式环控生保——深空飞行的关键技术 / 249
4. 人工重力——长期载人飞行的新概念 / 250
5. 向更遥远的宇宙空间进军 / 251



## 第一章

# 载人航天 以人为本



载人航天是当今世界最复杂、最庞大、最具风险性的航天工程，那么，人类为什么还要斥巨资发展载人航天事业呢？首先，人类永无止境地探索自然奥秘的本性，促使人类在继陆地、海洋、天空之后，向更新、更广阔的太空迈进；其次，在太空，人所具有的能力和作用，是任何设备都无法替代的；再次，地球面临的资源危机和环境危机，促使科学家关注和思考人类社会的未来发展，并把太空作为实现人类可持续发展的方向。

## 1. 严酷而独特的太空环境

发展载人航天，对人类来说具有十分重要的现实意义。

首先，太空有着极其独特和宝贵的环境及资源，如微重力、强辐射、高洁净、高真空环境，丰富的太阳能以及众多星体上的海量矿物资源，这对于生活在人口爆炸、资源日益匮乏的地球人类来讲，有着巨大的吸引力。太空独特的环境资源在地球上难以获得的，利用这些资源，可以在空间进行科学实验，改善生产工艺，提供在地面重力环境中难以生产或无法生产的产品，为人类创造新的财富。

其次，载人航天可以极大地扩展人类的认知领域，揭示新的自然规律，将载人航天科技成果用于改善人类的生活质量和发展高技术，全面促进科技进步和高技术产业的发展。世界航天事业发展的事实证明，空间技术应用已经成为促进经济和社会发展的主要推动力之一。

再次，载人航天是高技术密集的综合尖端科学技术，它能够提高一个国家的威望和政治声誉，增强民族自豪感和凝聚力，推动国民经济的发展，提升国家的综合实力。载人航天对当今世界的政治、经济、科学技术等诸多方面具有重大的影响，已经成为衡量一个国家综合国力的重要标志，也是一个国家科学技术发展水平的集中反映和具体体现。

综上所述，发展载人航天成为人类社会发展的必然结果。

太空即外层空间，是地球稠密大气层之外的空间区域，又称为宇宙空间，简称空间或外空。在航天技术领域，通常将地球表面120千米以上直至遥远宇宙的区域称为空间或太空。由于人类目前的技术水平还无法到达更加遥远的宇宙空间，所以，航天活动主要在太阳系以内的空间进行。1981年，在罗马召开的国际宇航联合会第32届年会上，科学家把外层空间称为人类活动的“第四环境”，而把陆地、海洋和大气层（天空）分别称为人类的第一、第二和第三环境。自从苏联成功发射第一颗人造地球卫星以后，太空已经是继陆地、海洋和天空之后



图 1-1 神舟 5 号飞船发射

人类认识和实践活动的领域。

1961 年，苏联东方号载人飞船发射成功，尤里·加加林成为世界上第一位进入太空的航天员；1969 年，美国阿波罗 11 号飞船在月球上成功着陆，航天员尼尔·阿姆斯特朗打开登月舱舱门，踏上月球，首次实现了人类登上月球的梦想。2003 年 10 月 15 日，神舟 5 号飞船载着中国第一位航天员杨利伟遨游太空（图 1-1）……

世界上很多国家，包括美国、俄罗斯、中国、日本、印度、

加拿大和欧洲各国，都在以各种方式努力发展本国的载人航天技术，以便在载人航天领域拥有一席之地。据统计，截至2008年初，世界上已有近1000人次进入过太空，航天员在轨持续飞行时间最长纪录达到了437天。这些事件表明，世界已经进入了太空时代。

对于生于地球、长于地球的人类来说，太空环境是严酷的。人类要征服宇宙，必须首先面对太空飞行环境因素带来的挑战。

1) 超重和噪声。在载人航天器发射的加速上升段，航天员要经受数倍于地球引力的超重过载；航天员返回地面过程中，载人航天器进入大气层后的气动减速，也会造成超重过载。加速度作用于人体的方向由头至骨盆的过载称为正向过载，由骨盆至头的过载则称为负向过载。正向过载时，人体血液受惯性力的作用，会由上身转移到下身，引起头部、上身缺血和视力障碍，严重时还可能发生晕厥。

火箭在上升过程中，发动机会产生高强度的噪声。载人航天器返回地面的过程中，高速穿过大气层时，也会产生巨大的气动噪声。载人航天器在轨道运行时，即便噪声比发射上升段和返回再入段小得多，也相当于繁忙交通路口的噪声强度，而且这种噪声在飞行过程中会持续不断。噪声强度过大，会影响航天员的心率、血压和耗氧量，可能诱发心血管功能紊乱并降低工作效率。

2) 失重。失重是航天飞行中的一种特殊物理现象。进入太空后，人体处于一种失重状态。人类在长期的进化过程中，形成了与地球重力环境相适应的生理结构与功能特征，失重环境则会对航天员的身体健康和工作能力产生重要影响。中长期航天飞行，会导致航天员出现多种生理、病理现象，主要表现为心血管功能障碍、骨丢失、肌肉萎缩、免疫功能下降、内分泌机能紊乱、工作能力下降等。40多年的载人航天实践表明，失重对人体的生理功能有很大影响。

3) 宇宙辐射、真空和高温低温。太空是一个高真空、超低温、强辐射的环境。这种环境对人来说是致命的，人一旦暴露其中，将面临失压、缺氧、低温和辐射损伤4大危险。



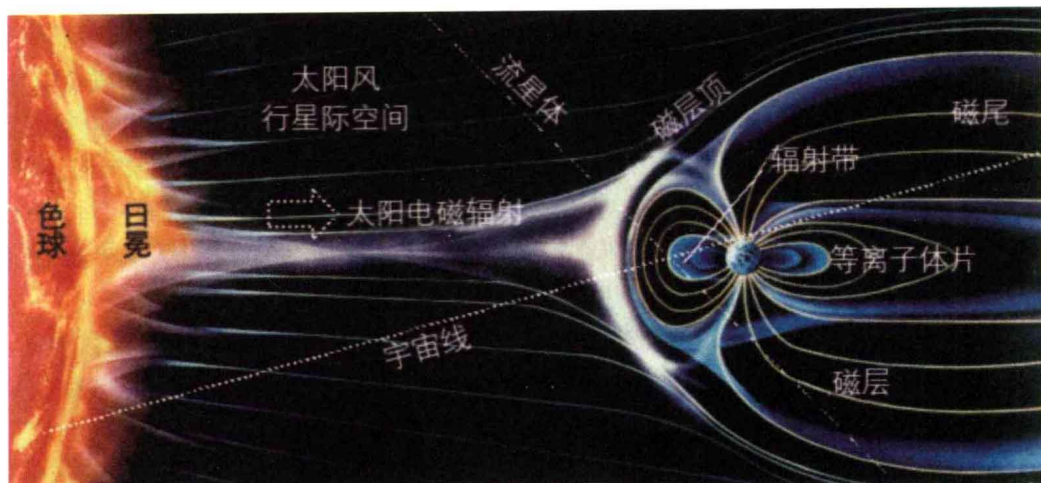


图1-2 日地空间辐射环境

太空中不仅有宇宙大爆炸时留下的辐射，各种天体也在向外辐射电磁波。许多天体还向外辐射高能粒子，形成宇宙射线，例如，银河系有银河宇宙线辐射，太阳有太阳电磁辐射、太阳高能粒子和太阳风。地球磁场俘获上述高能带电粒子，会在近地空间形成辐射性很强的辐射带，如地球周围就有内外两个辐射带。因此，太空还是一个强辐射环境（图1-2）。由于地球大气层的屏蔽效应，宇宙空间的辐射到达地面的剂量很小，对生活在地球上的人类基本没有危害。而在宇宙空间中，由于失去了地球大气层的保护作用，进行航天飞行的航天员如果没有有效的辐射防护，可能会受到宇宙辐射的致命伤害。观测和研究表明，美国、苏联/俄罗斯航天员在太空飞行中接受的辐射剂量，大多数没有达到使人体受到伤害的水平，但少数飞行中，航天员接受的辐射剂量比较大。另外，在长期的太空飞行中，特别是在未来长时间的星际航行中，宇宙辐射对航天员的危害到底有多大，还有待于进一步研究。

由于太空没有氧气，如果人直接暴露于太空，将会立即窒息死亡。没有了外部大气压，人也会因为内脏和器官胀裂而立刻丧命。

在近地空间，环境温度一般在 $-100^{\circ}\text{C}$ 以下，深空环境温度在 $-270^{\circ}\text{C}$ 以下。太空是高真空环境，没有热量的传导和对流。在太空飞行的载人航天器直接受太阳辐射，虽然航天器本身存