

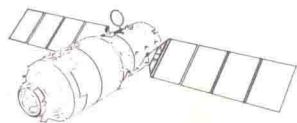


北京市科学技术委员会
科普专项经费资助



科学文化工程
公民科学素养系列

THE PIONEERING JOURNEY OF HUMAN SURVIVAL IN SPACE SPACE RESEARCH HELPS US EMBRACE THE SEA OF STARS

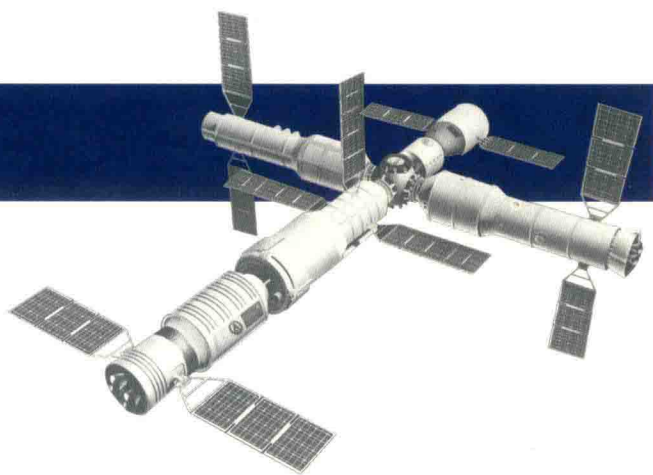


人类太空生存的开拓之旅 空间研究助我们走向星辰大海



科技前沿“故事汇”

张伟 韩培 主编



科学出版社



北京市科学技术委员会
科普专项经费资助

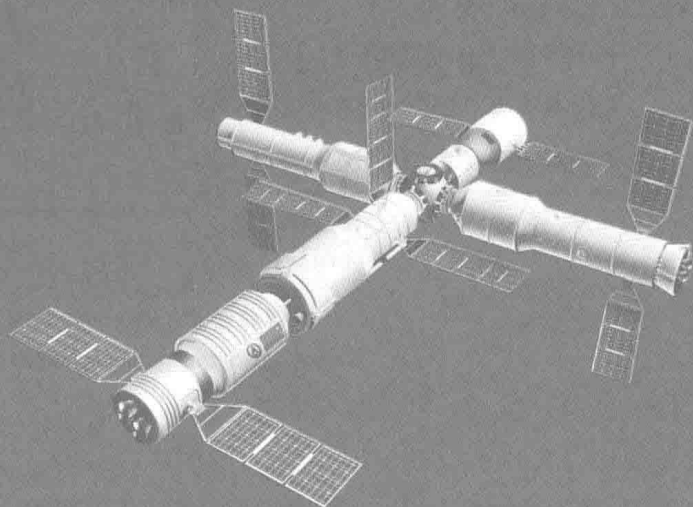


科学文化工程
公民科学素养系列

科技前沿“故事汇”

人类太空生存的开拓之旅

张伟 韩培 主编



科学出版社

内 容 简 介

星辰大海一直是人类不灭的梦想,那么,人类能够离开孕育自己的地球母亲,前往茫茫的未知宇宙吗?地球生命在太空中如何适应宇宙辐射、微重力等环境因素,并满足自己的生存需要呢?

本书主要探讨人类如何实现长期在太空中生存,简单介绍了太空环境中的生命科学(包括人体科学)、物理科学和空间应用技术等研究,试图为读者勾勒一幅人类在太空生存的初步轮廓。

图书在版编目(CIP)数据

人类太空生存的开拓之旅 / 张伟, 韩培主编. —北京: 科学出版社, 2019.4

(科技前沿“故事汇”)

ISBN 978-7-03-059639-0

I. ①人… II. ①张… ②韩… III. ①空间探索—普及读物 IV. ①V11-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 262951 号

责任编辑: 张 婷 / 责任校对: 杨 然

责任印制: 师艳茹 / 封面设计: 王明自

编辑部电话: 010-64003096

E-mail: zhangting@mail.sciencep.com

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 4 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2019 年 4 月第一次印刷 印张: 14

字数: 200 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编 委 会

总 策 划：高 铭 赵光恒 王志伟

策 划：孔 健 杨 吉

主 编：张 伟 韩 培

编 委：（按音序排名）巴 金 靳召君

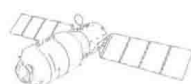
张九星 张颖一

支 持：中国科学院空间应用工程与技术中心

目录

Chapter 1

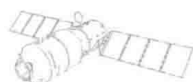
太空生存的探索研究



- | | |
|---------------------|-----|
| 01 太空是什么 | 005 |
| 02 太空环境的效应 | 008 |
| 03 人类进入太空的尝试与探索 | 011 |
| 04 人类长期太空生存需要开展哪些研究 | 015 |

Chapter 2

太空中的生命科学研究



- | | |
|----------------------|-----|
| 01 太空种植园——无垠宇宙中的绿色天堂 | 021 |
| 02 太空动物——“鸡犬也升天” | 033 |
| 03 在太空中的小小透明鱼 | 038 |
| 04 小小空间“偷渡者” | 042 |
| 05 在空间中更有毒的微生物 | 045 |
| 06 太空微生物知多少 | 049 |
| 07 太空 DNA 测序——宇宙基因解码 | 052 |

Chapter 3

宇宙中的人体

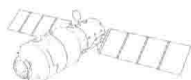


- | | |
|----------------------|-----|
| 01 太空食品——来一份宇宙黑暗料理吧 | 059 |
| 02 用进废退的肌肉——航天员的肌肉萎缩 | 064 |
| 03 太空辐射会让人变“脑残”吗 | 067 |
| 04 双胞胎的太空旅行之谜 | 070 |

05 吐个不停——航天员最怕的空间运动病	081
06 幽闭空间心慌慌——航天员心理健康问题	084
07 飘浮中的睡眠	089
08 航天员太空视力下降之谜	095
09 太空健身——来一场太空马拉松	097
10 二次发育——神奇的航天员太空增高现象	103

Chapter 4

太空物理科学研究



01 太空中的流体	109
02 太空里的材料	118
03 在太空中燃烧	127
04 天宫二号上的“高冷”钟表	133

Chapter 5

未来家园的寻找和探索



01 探索月球家园	139
02 探索火星家园	154
03 寻找太阳系外类地行星	172

Chapter 6

面向太空生存的关键技术试验



01 空间通信技术将迎来革新	183
02 脉冲星能否成为空间的 GPS	193
03 人类太空的好帮手——空间机器人	198
04 太空新工厂——空间 3D 打印技术	210

后 记	217
-----	-----



北京市科学技术委员会
科普专项经费资助

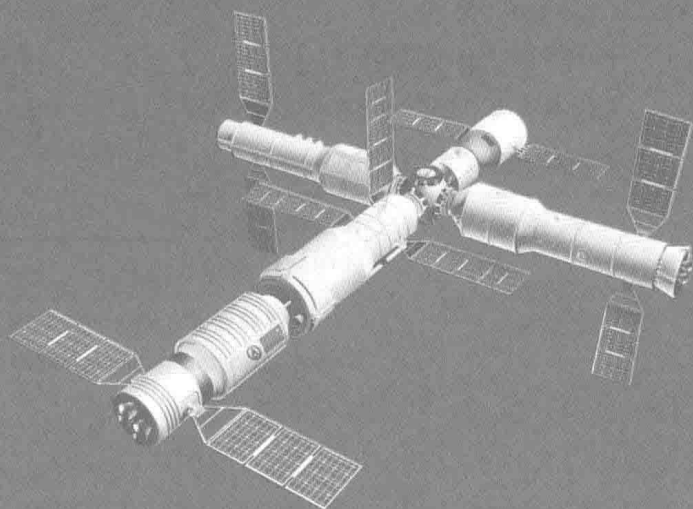


科学文化工程
公民科学素养系列

科技前沿“故事汇”

人类太空生存的开拓之旅

张伟 韩培 主编



科学出版社

航天之父奥尔克夫斯基曾经说过：“地球是人类的摇篮，但人类不可能永远被束缚在摇篮里。”自远古以来，人类对太空就充满了向往，对太空探索的追求从未停歇。不过，对于太空大家也有很多疑惑：太空是什么？是看得见摸得着的东西吗？地球之外都是太空吗？

Chapter 1

太空生存的探索研究

- / 太空是什么
- / 太空环境的效应
- / 人类进入太空的尝试与探索
- / 人类长期太空生存需要开展哪些研究

01

太空是什么



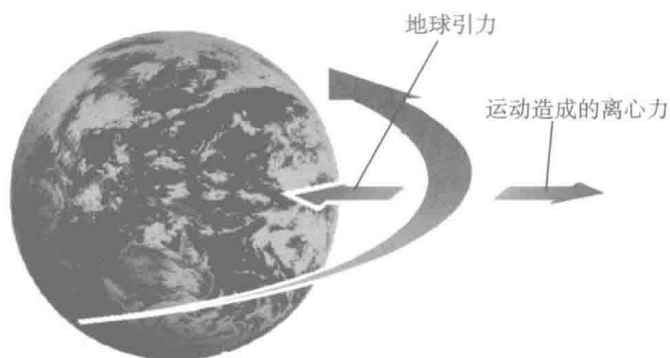
太空往往被认为是地球大气层之外的宇宙空间，但太空的划分边界向来有一定争议，难以达成共识。这是因为太空和每个国家的领空存在界线交叉问题，如果以大气层来划分太空和领空，大气层厚度可达 1000 千米，这就意味着相当一部分近地空间都位于各国领空之内，这将对近地空间的航天活动造成很多限制。经过多年研讨，目前国际组织普遍认为，太空是指地球表面 100 千米以外的宇宙空间。

太空的范围如此之广，而且不同的区域呈现出不同的特点，科学家该如何进行探索研究呢？事实上，我们可以按照人类探索的重点和环境特点的不同将太空进行分类。

近地轨道空间

近地轨道空间是指位于地球表面之外 200~400 千米的轨道空间，我国的天宫二号空间实验室和美国、欧洲部分国家、俄罗斯、日本等国联合建造的国际空间站就位于这个轨道上。近地轨道空间主要呈微重力和高真空等环境特点。

微重力条件的形成如下图所示，当航天器在轨道上高速运动时，会产生向外的离心力，这个离心力会抵消地球对航天器的引力，从而形成微重力的条件，也就是说，仅有微小的残余重力存在。



■ 近地空间站航天器的受力情况示意图。

在近地轨道空间内，空气非常稀薄，呈现出高真空的状态。在真空状态下，如果没有航天服或空间站来保障人体所需的氧气，人类将根本无法生存。

✈ 地球同步轨道空间

地球同步轨道空间是指位于地球表面之外约 36000 千米的轨道空间，部分导航卫星和通信卫星就在这个轨道上，与地球的自转保持同步，可以为地球持续提供导航和通信等服务。地球同步轨道空间的主要特点是微重力、强辐射和弱磁场等。

地球同步轨道空间位于地球外辐射带，高能电子产生的辐射较强，不仅会影响航天器上的材料和元件，还会影响航天员的安全。在这个轨道高度上，地球内部产生的磁场强度已经衰减到非常弱的程度。

✈ 月球

月球距地球约 38 万千米，呈低重力、强辐射和大温差变化等环境特点。月球上的重力约为地球上的 $1/6$ ，而且大气非常稀薄，大气密度比地球上的大气密度低 14 个数量级。由于月球与太阳的距离经常发生变化，因此，月球的表面温度总是在变化，而且最大变化幅度超过 300°C 。

月球轨道上的高能辐射源主要包括银河宇宙线和太阳宇宙线，其辐射强度与地球同步轨道基本相同，但月球表面的辐射环境略有不同。月球周围的磁场强度很小，甚至不及地球磁场的 $1/1000$ 。

月球表面的月尘堆积和吸附比较严重，不仅会阻碍仪器设备的正常运行，也会对航天员的呼吸系统产生影响。

✈ 火星

火星是太阳系内与地球特点最接近的行星，因此，成为人类未来移民的首选地。火星不仅大气环境稀薄，而且辐射很强。火星表面大气密度大约为地球的 1%，非常干燥，平均温度约 -55°C ，昼夜温差很大（某些区域昼夜温差可达 160°C ）。大气成分为 95% 的二氧化碳、3% 的氮气、1.6% 的氩气、很少的氧气和水汽等，也充斥着很多悬浮尘埃。火星的高能辐射与月球类似，辐射强度相当。

02

太空环境的效应



太空环境中的微重力、强辐射、高真空、大温差和尘埃等会产生什么效应？对物体、生物与人类会有什么影响？这是我们需要深入探讨和研究的问题。

微重力效应

微重力条件下的物理效应主要有三个。

第一个微重力效应是浮力对流现象会极大减少。在微重力条件下加热物体（如水或空气）时，浮力对流消失，热交换基本停止，加热的水或空气会停留在容器底部，在这种情况下，只有扩散现象等继续发挥作用。

第二个微重力效应是沉淀和分层现象会极大减少。将铁块等密度大的物体放入密度小的水中时，在重力的条件下，铁块将下沉；在微重力的条件下，铁块却不会下沉。同理，在地面重力条件下将油倒入水中，会出现分层现象；而在太空微重力条件下，油和水将混合在一起，分层现象消失。

第三个微重力效应是压力梯度会极大减小。在地面重力条件下，随着位于水下的深度越深，物体受到的水压越大；而在太空微重力条件下，物体受

到的水压不会随着水的深度变化而变化。举个生活中的例子，潜水时，我们越往下潜，胸部受到的压力越大，会渐渐喘不上气来；而在太空微重力条件下，不同深度的水压基本不变，不同水深的压力差消失了。

微重力条件对生物体尤其是人体的影响非常大，骨骼、肌肉、心脏、免疫系统和神经系统等各个方面都会受到影响。长期处于微重力条件下，人体将出现骨质流失、骨骼肌纤维萎缩、平衡失调、心脏萎缩和免疫力下降等问题。据估计，人体在微重力条件下每个月骨质流失将达到 1.5%~2%，如果在太空微重力环境中生活一年，人的骨质将流失近 1/5。因此，必须采取必要的对抗措施，如服用治疗骨质疏松的药物等，以保障人在太空的身体健康。

同时，在微重力条件下肌肉萎缩也比较严重，为此空间站中安装了让航天员锻炼身体的设施，如动感单车和拉力器等。每位航天员每天必须锻炼 1 个小时以上，以抵抗肌肉萎缩。

微重力条件下，这些物理规律的变化和对生物体的影响，需要进行深入的探索和研究，以便我们在太空生存和活动时充分利用这些规律来对抗不利的影响，使航天员更好地生活及开展工作。

强辐射

太空中高能宇宙线包括高能电子、银河宇宙线和太阳宇宙线等。高能电子产生的辐射不仅会对航天器造成影响，也可能会影响航天员的安全。银河宇宙线通量很低，但能量很高，人类长期处于这种环境，会对人体产生较大的影响。太阳宇宙线是太阳活动激烈时，产生的短时现象，但高能粒子的通量密度较大，对航天员来说是一种巨大的威胁。一般来说，轨道越高，航天员受到的辐射剂量越大。如果载人飞船向火星进发，首先需要解决的就是航天员面临的长期辐射问题。目前，长期宇宙辐射对人的影响尚在深入研究之中。

高真空

真空条件对人的影响无须多言，处在真空条件下，人1分钟后就会失去意识。1971年6月，苏联联盟11号飞船返回地球时，在返回舱与轨道舱分离之际，爆炸螺栓的冲击力将密封舱两个减压阀中的一个震坏，导致密封舱迅速漏气。由于空气迅速逃逸，航天员很快处于真空状态下，不久后就失去了意识，而且暴露在真空中不久后，航天员的体液出现了沸腾现象，最终他们为航天事业献出了自己的宝贵生命。

大温差

对于月球和火星表面高达数百摄氏度的大温差来说，如果没有足够的温度控制设施，人类根本无法生存。月球表面夜晚温度达到 -160°C 左右，在这样的温度下，穿再厚的衣服也无法保温。

尘埃

月尘和火星尘埃对仪器设备及人体都会产生严重的影响。以月球车为例，它的润滑系统就需要单独设计，以防止月尘进入润滑系统，堵塞活动机构，影响月球车的正常工作。

03

人类进入太空的尝试与探索



自 20 世纪 30 年代以来，人类就开始不断尝试进入太空，进行探索。美国和苏联先后利用火箭和空间站等设施，将果蝇、猴子、小狗和老鼠等动物送入太空，为人类进入太空探路。

1949 年 6 月，美国成功将一只名为艾伯特二世的猴子送入约 100 千米处的亚轨道，遗憾的是，这只猴子在返回时因降落伞故障而死亡。

1957 年 11 月，苏联将小狗莱卡送入近地轨道。这只叫莱卡的小狗是一只流浪狗，之所以选择它是因为科学家认为流浪狗的生存能力更强。

1961 年 4 月，苏联航天员加加林搭乘东方 1 号宇宙飞船，从拜科努尔发射场起航，进入近地轨道，在最大高度近 300 千米的轨道上绕地球一周，并安全返回地面，完成了世界上首次载人太空飞行。从此以后，人类进入了载人航天发展时代。

让我们来简单回顾一下世界载人航天的发展历程。

20 世纪 60 年代，美国和苏联开展了载人登月的竞赛，随后，美国领先一步，阿波罗登月计划取得了成功。1969 年 7 月，美国航天员阿姆斯特朗搭乘阿波罗 11 号飞船成功登陆月球，他说：“这是我个人的一小步，却是人类的一大步。”1969~1972 年，美国成功实现了 6 次载人登月，取得了月球演化、月岩分类和月面地形成因等重大科学发现，开发并衍生出了 3000 多