

国家重点图书出版规划项目

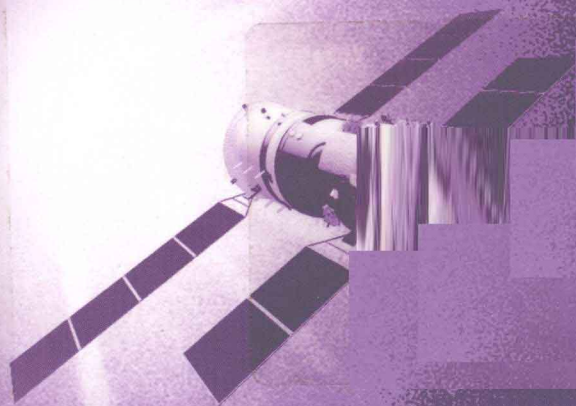
中国载人航天科普丛书

总主编 王永志 王文宝 袁家军

梦圆天路

——纵览中国载人航天工程

主 编 邸乃庸



 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

梦圆天路

——纵览中国载人航天工程

主 编 邸乃庸

副主编 原民辉 庞之浩



中国宇航出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书主要介绍了中国载人航天工程的发展历程、组织实施及技术方案,详细描绘了载人航天飞行的全过程以及中国载人航天工程的伟大成就,并简要介绍了载人航天技术的发展前景。

本书力求深入浅出、通俗易懂、图文并茂、语言生动,适合相关专业技术人员、管理人员和具有高中以上文化程度的航天爱好者阅读。

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

梦圆天路:纵览中国载人航天工程/邸乃庸主编.——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 978-7-80218-440-4

I. ①梦… II. ①邸… III. ①载人航天飞行—概况—中国
IV. ①V529

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第162314号

责任编辑 舒承东 责任校对 祝延萍 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

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 14.5 字 数 230千字

书 号 ISBN 978-7-80218-440-4

定 价 40.00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

《梦圆天路》编委会

主 编 邸乃庸

副主编 原民辉 庞之浩

编 委 林西强 柯文龙 李颐黎 鲍贤栋 葛榜军
朱敏悦 夏 静 徐 菁 靳 颖

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，我国航天事业正迈向新的历史征程。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

常高全

2010年4月16日

前言

载人航天代表了当今航天技术的最高水平，体现了一个国家的综合实力，带动了科学技术的发展。伴随着改革开放的伟大进程，我国的载人航天事业逐步发展壮大，并取得了辉煌的成就。

随着神舟5号、6号、7号载人航天飞行的圆满成功，在全国掀起了关注载人航天的热潮。为了满足广大关心、热爱载人航天事业的朋友们渴望了解载人航天特别是中国载人航天发展的需求，让大众准确地掌握世界载人航天的最新进展，尤其是深入了解我国载人航天的伟大成就和广阔前景，激励广大青少年朋友投身祖国的航天事业，我们倾力推出了这本全景式载人航天科普图书《梦圆天路》。

《梦圆天路》一书是《中国载人航天科普丛书》的总体卷，力求全面、系统和通俗地介绍中国载人航天工程的概貌。它由国内一线的载人航天技术专家和航天科普作家共同精心打造而成，实现了内容的权威性和普及性的紧密结合。

本书回顾了世界载人航天技术的发展历程，以便于读者全面了解载人航天的历史、意义、特点、现状和发展趋势，首次全方位地介绍了中国载人航天技术发展的全过程，包括前期准备、组织实施、技术方案、飞行过程、伟大成就、前景展望等中国载人航天活动的方方面面，充分展示了中国载人航天工程的技术水平和发展前景。

作者精心挑选了大量彩色图片，以加强视觉效果，努力做到高品位、新视觉；以知识链接的方式介绍了相关的载人航天基本知识，使读者对载人航天活动既知其然，又知其所以然；通过载人航天的大量应用成果，让读者了解载人航天在国民经济中发挥的重要作用，并认识到载人航天离人们的生活其实并不遥远。

《梦圆天路》一书共分7章，各章之间既相互独立，又有内在联系，形成了一个有机整体，准确、系统地反映了中国载人航天工程

研制、建设、试验和飞行的全貌，展示了中国载人航天技术发展的宏伟画卷。

本书由邸乃庸、庞之浩、李颐黎、鲍贤栋、葛榜军、朱敏悦、夏静、徐菁、靳颖等共同编写。中国航天科技集团公司科技委副主任于登云研究员、中国空间技术研究院朱毅麟研究员审阅了全部书稿，并提出了宝贵的修改意见，对他们付出的辛苦劳动，在此表示衷心的感谢。

书中如有错误或不妥之处，敬请读者批评指正。

主 编

目 录

第一章

开拓人类新疆域

——载人航天的意义及特点

1. 人类自古想飞天——载人航天的梦想 / 2
2. 活动空间大扩展——载人航天的目的 / 4
3. 五大效益很显著——载人航天的意义 / 8
4. 人在太空有神功——载人航天的作用 / 17
5. 登天为何这样难——载人航天的难点 / 21
6. 与众不同别样红——载人航天的特点 / 25

第二章

太空时代已来临

——载人航天器的历史及现状

1. 条条天路通宇宙——载人航天的路线 / 30
2. 太空之舟面面观——飞船的现状 / 34
3. 登天巴士喜忧录——航天飞机的现状 / 46
4. 宇宙城堡纵横谈——空间站的现状 / 51

第三章

天籁之音前奏曲

——中国载人航天工程的前期准备

1. 追逐梦想的先锋——中国生物飞行试验 / 66
2. “曙光”初照演兵场——中国曙光号载人飞船发展始末 / 67
3. 机缘来自“863”——中国载人航天工程的前期启动 / 71
4. 神舟飞天拉开序幕——中国载人航天工程的论证与决策 / 73

第四章

敢问天路在何方

——中国载人航天工程的系统构成

1. 运筹帷幄铸辉煌——中国载人航天工程的组织实施 / 80
2. 群星灿烂成一体——中国载人航天工程总体 / 83
3. 千锤百炼铸英雄——航天员系统 / 89

4. 占尽天机为我用——空间应用系统 / 95
5. 出类拔萃巡天舟——载人飞船系统 / 103
6. 万无一失通天梯——运载火箭系统 / 111
7. 千里之行始发地——发射场系统 / 120
8. 天罗地网无形手——测控通信系统 / 126
9. 巡天归来保平安——着陆场系统 / 130

第五章

天地纵横显神威

——中国载人航天飞行的完整过程

1. 火箭挺进发射场——火箭产品运至发射场 / 140
2. 登天之前细准备——飞船与火箭在发射前的准备工作 / 143
3. 遨游太空三部曲——载人飞船的上升、运行与返回 / 144
4. 天外归来奏凯歌——载人飞船返回舱的搜索救援 / 153

第六章

七飞太空步步高

——中国载人航天工程的辉煌成就

1. 无人飞行为哪般——为什么先要发射无人飞船 / 158
2. 首次升空突破多——神舟1号飞行纪实 / 159
3. 留轨试验收获大——神舟2号飞行纪实 / 165
4. 完整功能大演练——神舟3号飞行纪实 / 171
5. 尽善尽美无人船——神舟4号飞行纪实 / 175
6. 千年圆梦誉全球——神舟5号飞行纪实 / 179
7. 多人多天多亮点——神舟6号飞行纪实 / 187
8. 太空漫步谱新篇——神舟7号飞行纪实 / 197

第七章

广袤宇宙绘蓝图

——中国载人航天技术的前景展望

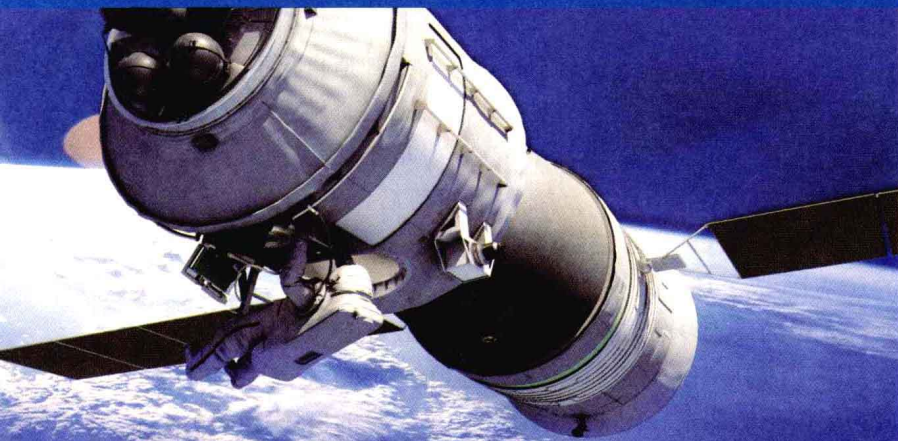
1. 太空相会在眼前——中国即将掌握交会对接技术 / 214
2. 长驻太空做实验——中国即将发射空间实验室 / 218
3. 货运飞船显身手——中国将建造实用货运飞船 / 219
4. 指日可待空间站——中国将建造长期载人空间站 / 219

第一章

开拓人类新疆域 —— 载人航天的意义及特点

开展载人航天活动绝不只是为了欣赏天上的美景，而是要进一步探索宇宙奥秘，更好地开发太空资源，从而为人类造福。

载人航天具有高投入、高风险、高产出的“三高”特点，大量理论研究和科学实践表明，无人航天器无法代替载人航天器，载人航天技术正朝着深度和广度两个方向蓬勃发展。



1. 人类自古想飞天 —— 载人航天的梦想

人类自古就有飞天的梦想。由于没有飞天之力，古人只能借助于想象的翅膀，把梦想寄托在美丽的飞天神话与传说之中。

嫦娥奔月，是中国家喻户晓的飞天神话。嫦娥本是后羿的妻子，后羿射日立下丰功伟绩后，受到了天神们的敬仰。王母娘娘赞赏后羿的功绩，便赐他一包长生不死药，服下此药即可

升天成仙。由于后羿舍不得撇下妻子，便将长生不死药交由嫦娥珍藏。不料此事被后羿的徒弟蓬蒙知道了，他趁后羿外出狩猎之机，潜入后羿的宅院，威逼嫦娥交出长生不死药。嫦娥知道自己不是蓬蒙的对手，危急之时，她当机立断，打开百宝匣，取出仙药一口吞下。嫦娥吞下仙药后，身子立时飘离地



图 1-1 嫦娥奔月

面，向天上飞去。由于嫦娥牵挂着丈夫，便飞落到离人间最近的月亮上，成了月亮仙子（图 1-1）。

人类的飞天梦想是共通的，很多民族都有飞天的神话。在古希腊神话中，有一位叫代达罗斯的建筑师逃亡来到克里特岛，成为了国王的朋友。国王委派他给牛头人身的巨怪弥诺陶洛斯建造一座迷宫。迷宫建成后，代达罗斯虽然受到了国王的赞誉，

知识链接

敦煌石窟中的飞天壁画

佛教中把空中飞行的天神称为飞天，它多出现在佛教石窟壁画中。道教中把羽化升天的神话人物称为“仙”，如“领先仙”、“天仙”、“赤脚大仙”等，把能在空中飞行的天神称为飞仙。在中国敦煌莫高窟 492 个洞窟中，几乎窟窟画有飞天，总计 4 500 余身，是全世界佛教石窟寺庙中保存飞天最多的石窟。敦煌飞天的特征是不长翅膀，不生羽毛，借助云彩而不依靠云彩，它凭借飘曳的衣裙，飞舞的彩带凌空翱翔，千姿百态，变化万端。

但因离家日久，总是怀着对家乡的眷恋之情，而且他感觉到国王其实并不信任他，因此不愿意在这个孤岛上虚度一生。为了逃走，代达罗斯使用蜡和羽毛制成了两副翅膀，和儿子伊卡洛斯一起飞出克里特岛。当他们飞越爱琴海时，年轻的伊卡洛斯太兴奋了，忘记了父亲的告诫而飞近太阳，结果翅膀受热熔化，掉进海里淹死了（图1-2）。

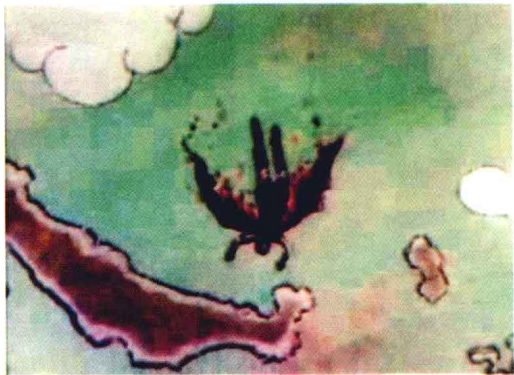


图1-2 伊卡洛斯坠海

在中国古代，飞天绝不仅仅是空想，还有很多伟大的实践。2000多年前，墨翟斫木为鸢，制作了世界上第一只风筝，这也是人类最早的飞行器。传说在明朝中叶，有一个叫万户的人，在一把椅子下面安装了47支当时最大的火箭，两手各持一只大风箏，让人把自己捆在椅子上，然后点燃火箭，试图借助火箭的推力和风筝的升力飞向天空（图1-3）。20世纪70年代，国际天文学联合会将月球背面的一座环形山命名为万户（WAN-HOO）。

随着科学技术的发展，到了17世纪，人们开始把天文知识与循理虚构的故事结合起来，编写太空旅行的科幻小说。最早的太空科幻小说家是开普勒，他写的《梦游》讲述了人类飞向月球的情景。在所有关于太空旅行的科幻作品中，最著名的是



图1-3 万户飞天塑像

图 1-4 法国科幻作家儒勒·凡尔纳的著作《从地球到月球》



法国作家儒勒·凡尔纳于1865年出版的《从地球到月球》(图1-4)。为了写好这本书,凡尔纳研究并向人请教了许多数学、物理学和天文学问题。他在小说中设计的类似宇宙飞船的炮弹和发射装置都经过了严格的数学计算。书中人物所乘坐炮弹的速度接近第二宇宙速度,达11千米/秒,人坐在空心的炮弹中,里面还装有粮食、水和制氧用的化学药品,能飞行4天。炮弹的发射地点恰好就是美国现在的航天发射场——卡纳维拉尔角。

凡尔纳的小说产生了非凡的影响,许多航天先驱者都受到这部小说的启发和激励。凡尔纳以丰富的想象力和严谨的科学态度,正确预言了许多航天活动的要素:火箭发射场、飞船密封舱、失重、火箭变轨飞行、制动火箭、飞船海上溅落等。这些同后来航天技术发展的实际情况惊人地吻合。

科幻小说与古代神话有本质的区别,前者是在科学的基础上进行合理的演绎和设想,虚幻之中寓有合理的思路,能使人从中得到启发和鼓舞。然而由于技术条件的限制,人类始终没能离开养育自己的地球,直到1961年4月12日,世界上第1位航天员——苏联的尤里·加加林乘东方号飞船上天,才终于圆了这一美好的梦想,拉开了波澜壮阔的载人航天序幕。

2. 活动空间大扩展 —— 载人航天的目的

开展载人航天活动绝不只是为了欣赏天上的美景,而是要进一步探索宇宙奥秘,更好地开发太空资源,从而为人类造福。

海阔凭鱼跃,天高任鸟飞。人类一直在不断努力扩展自身的活动空间,其活动范围经历了从陆地到海洋,从海洋到大气层空间,再从大气层空间到太空的逐步发展过程。人类活动范围的每一次扩展,都是一次伟大的飞跃,增强了人类认识和改造自然的

能力，促进了生产力和
社会的发展。

距地面 100 千米
以上的太空是陆地、
海洋和大气层之外的
空间，那里有很多地
球上所缺乏的资源，
包括太阳能、强辐
射、高洁净、高真空、
微重力、大温差、高
远位置，以及月球、
行星、小行星上的稀
有矿藏等，开发这些
资源对人类的发展具
有重要意义。图 1-5 为太阳系的八大行星。

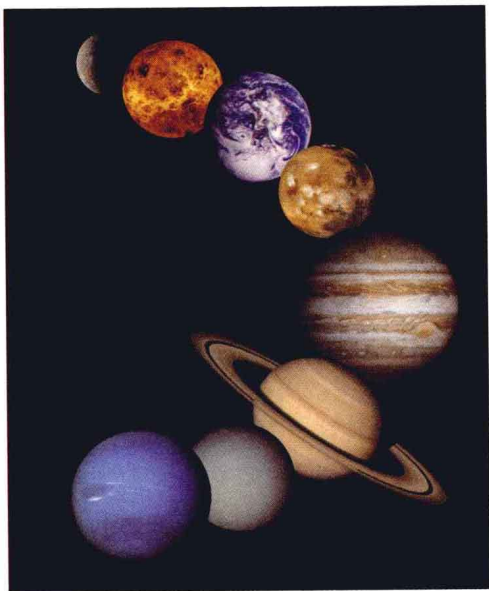


图 1-5 太阳系的八大行星

太阳每秒钟将 81 万亿千瓦的热能送到地球，相当于现今全世界每秒发电量的数万倍，因此，太阳是一个极其巨大的洁净能源宝库，充分利用太阳能前途无量。由于不受大气层的影响，地球轨道上的太阳辐射强度是地面的 2 倍，达 1.4 千瓦/米^2 ，所以在太空开发太阳能资源效率非常高。目前，航天器上的太阳能发电仅供航天器本身使用。随着地球能源的日趋紧张，一些国家已开始把建造太空发电站作为一种新的战略选择。初步设想是：太空发电站先把太阳的光能高效率地转变成电能，然后再通过微波或激光把电能发往地面。

太空中的宇宙辐射强度比地面大得多，并且是全谱段的。特别是宇宙高能粒子，这一资源是非常宝贵的，比如，大家熟知的太空育种，就是利用空间宇宙射线、交变磁场、微重力等特殊太空环境因素对种子和微生物施加影响，使农作物种子产生在地面环境中得不到的变异，最终筛选出有着优异变异性能的农作物新品种。

在 200~500 千米高的低轨道空间，真空度为 10^{-4} 帕，而在 35 800 千米高的地球静止轨道上，真空度则为 10^{-11} 帕。太空中

知识链接

载人航天技术 开辟“太空文明”新时代

历史上，远洋航海技术的兴起，直接带动了世界贸易的发展、世界市场的开辟，促进了近代科学取得一系列成就，开启了一个“全球文明”的时代。当今载人航天技术的兴起，则使人类走出了地球摇篮，到达浩瀚无垠的太空，开辟了“太空文明”的新时代。在这个时代，宇宙空间以其丰富的宝贵资源吸引着日益增多的人们去开发和利用。

的真空环境是地面人为的真空条件无法比拟的，十分有利于高纯度材料加工、蛋白质提取、药品研制等。在太空高真空环境中，物体被太阳直射的一面可以达到 100°C 以上的高温，而阴面则可以保持 -100°C 以下的低温，两者之间形成了很大的温差，而且非常稳定。这一特殊资源恰好是某些特殊应用梦寐以求的环境。

利用航天器的飞行，还可派生出轨道资源和微重力资源等。自从航天器问世后，科学家们首先想到的就是利用太空的轨道资源，因为站得高、看得远。站在珠穆朗玛峰上，能看到 0.07% 的地球表面；在离地面 200 千米高的轨道上，可以看到 1.5% 的地球表面；在距地面 $35\,800$ 千米的地球静止轨道上，则可以观察到 42% 的地球表面。利用高远位置这一有利条件，可进行遥感、通信、导航等。为此，旨在开发太空轨道资源的各种航天器竞相升空。在太空“制高点”上不仅可观地，也能望天，在那里进行天文观测不受大气层的影响，使全波段天文观测变得轻而易举。图1-6为航天员在轨道上对舱外进行拍摄。

微重力（重力加速度小于 $10^{-4}g$ ）环境是一种宝贵资源，人类用这种资源已进行了地面上难以实施的科学实验（微生物、细胞、蛋白质晶体的生长、培养与分离）、新材料加工和药物制

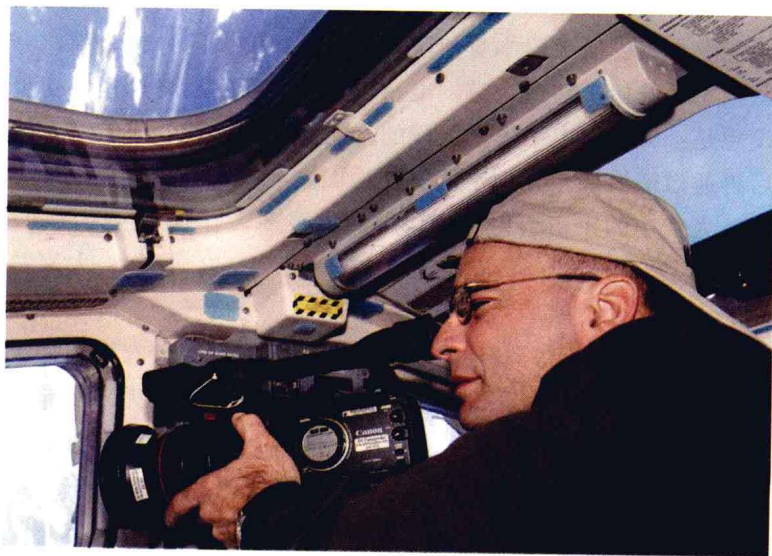


图1-6 航天员对舱外进行拍摄