

载人航天器技术

第2版

主编 戚发轫

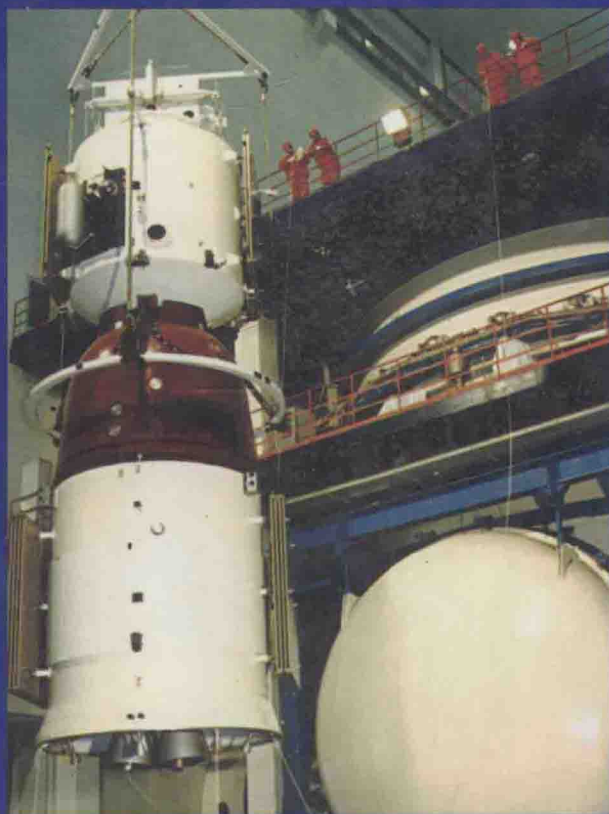
副主编 朱仁璋 李颐黎

Manned Spacecraft Technology

Second Edition

Edited by

QI Faren, ZHU Renzhang and LI Yili



国防工业出版社

载人航天器技术

第2版

主编 戚发轫

副主编 朱仁璋 李颐黎

Manned Spacecraft Technology

Second Edition

Edited by

QI Faren, ZHU Renzhang and LI Yili

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

载人航天器技术/戚发轫主编.—2版.—北京:国防工业出版社,2003.10

ISBN 7-118-03245-X

I.载... II.戚... III.载人航天器—技术
IV.V476.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 075221 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 42 插页 2 934 千字

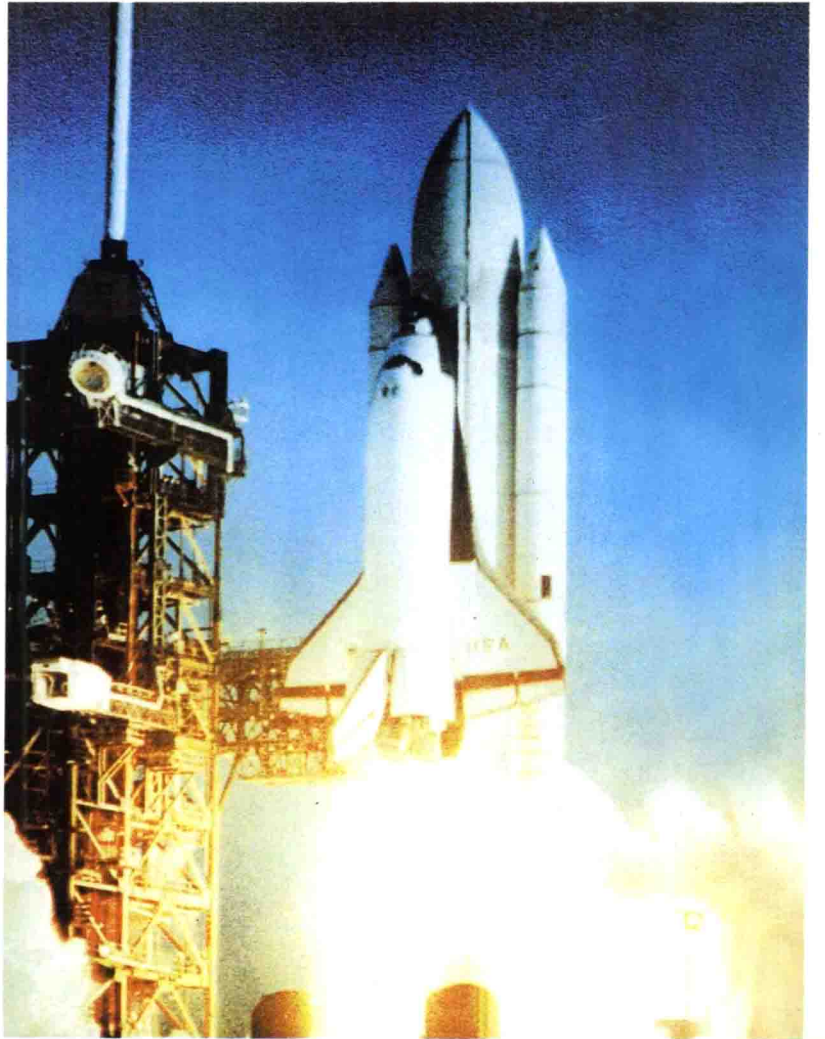
2003 年 10 月第 2 版 2003 年 10 月北京第 3 次印刷

印数:2001—4500 册 定价:95.00 元

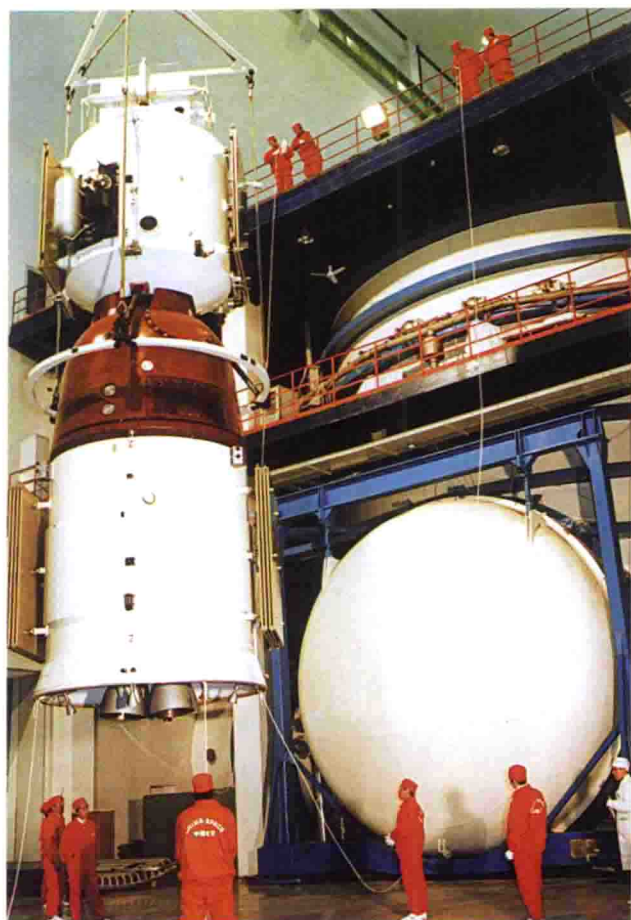
(本书如有印装错误,我社负责调换)



▲ 俄罗斯的“和平”号空间
站在轨道上飞行



美国“哥伦比亚”航天飞机的▶
首次发射



◀ 在中国空间技术研究院“神舟”号飞船与地面设施合练：整船吊入KM6热真空试验罐

▼ 发射“神舟”4号飞船的运载火箭 CZ-2F 竖立在发射台上



▲ 准备将形体假人装进“神舟”3号飞船返回舱内

在中国空间技术研究院“神舟”3号飞船进行 ▶ 整船电性能测试前的轨道舱吊装



准备吊装“神
舟”3号飞船轨
道舱



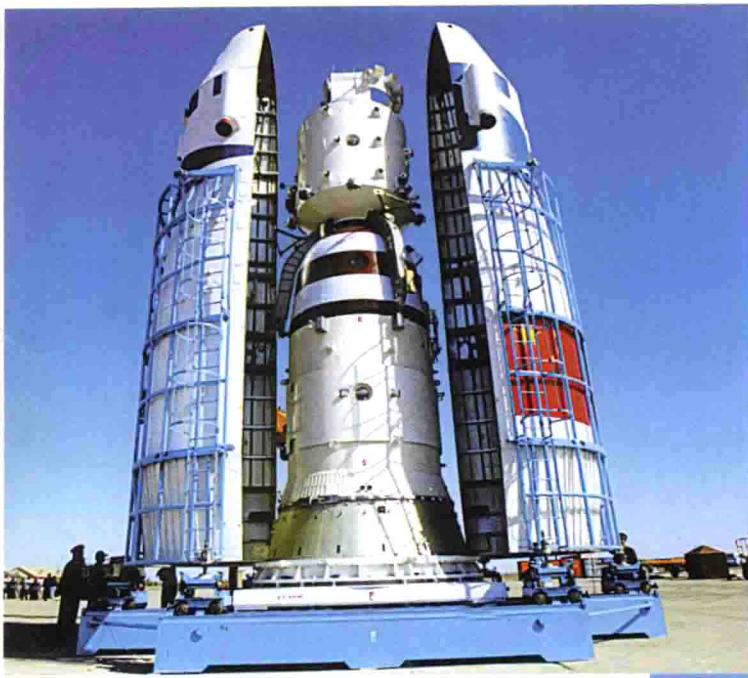
▲“神舟”3号飞船返回舱准备进行电性能测试



▲回收队员正在对着陆后的“神舟”3号飞船返回舱进行技术处置

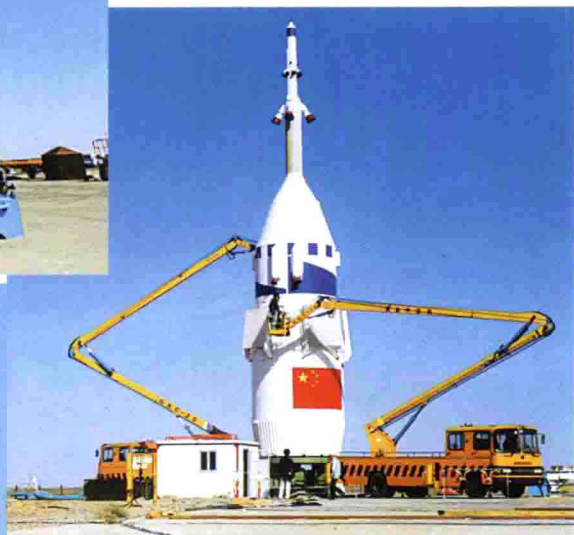


▲“神舟”3号飞船返回舱安全降落在内蒙中部的飞船着陆区



◀ 零高度逃逸救生飞行试验之一：
竖立在试验台上的飞船与即将合拢的整流罩

▼ 零高度逃逸救生飞行试验之二：
正在安装逃逸飞行器的部件



◀ 零高度逃逸救生飞行试验之三：
逃逸主发动机和逃逸控制发动机正在点火工作，逃逸飞行器在飞行中



▲ 零高度逃逸救生飞行试验之四：“神舟”号飞船返回舱从逃逸飞行器中分离



▲ 零高度逃逸救生飞行试验之五：“神舟”号飞船返回舱打开主降落伞，并抛掉防热大底，准备安全着陆

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

**国防科技图书出版基金
评审委员会**

国防科技图书出版基金 第四届评审委员会组成人员

| | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|
| 名誉主任委员 | 陈达植 | | | |
| 顾问 | 黄宁 | | | |
| 主任委员 | 刘成海 | | | |
| 副主任委员 | 王峰 | 张涵信 | 张又栋 | |
| 秘书长 | 张又栋 | | | |
| 副秘书长 | 彭华良 | 蔡镛 | | |
| 委员 | 于景元 | 王小谟 | 甘茂治 | 冯允成 |
| (按姓名笔画排序) | 刘世参 | 杨星豪 | 李德毅 | 吴有生 |
| | 何新贵 | 佟玉民 | 宋家树 | 张立同 |
| | 张鸿元 | 陈火旺 | 侯正明 | 常显奇 |
| | 崔尔杰 | 韩祖南 | 舒长胜 | |

本书编委会

主 编 戚发轫

副主编 朱仁璋 李颐黎

编著者 (以姓氏笔画为序)

王九龙 方国隆 朱仁璋 孙金鏢 李 卫

李惠康 李颐黎 杨为民 吴国庭 余孝昌

沈力平 张庆君 陈祖贵 郑松辉 胡光辉

柯受全 姜 军 娄汉文 徐济万 黄俊钦

戚发轫 屠庆慈 臧家亮

作者简介



戚发轫 中国空间技术研究院研究员,北京航空航天大学兼职教授、博士生导师,中国工程院院士,国际宇航科学院院士。辽宁省人,1933年生,1957年毕业于北京航空学院飞机系。一直从事火箭和航天器系统的研究与设计工作。从1992年至今,任中国“神舟”号飞船系统总设计师,曾兼任总指挥。



李頔黎 中国空间技术研究院研究员,北京航空航天大学 and 哈尔滨工业大学兼职教授。辽宁省人,1935年生,1958年毕业于北京大学数学力学系力学专业。长期从事火箭和航天器系统设计与研究。曾任“神舟”号飞船总体副主任设计师与应急救生分系统主任设计师。1991年被航空航天工业部批准为有突出贡献专家。



朱仁璋 北京航空航天大学教授、博士生导师。江苏省人,1941年生,1965年毕业于南京大学天文学系。德国慕尼黑工业大学工学博士,加拿大 McGill 大学博士后。曾参加我国第一颗人造卫星运载火箭弹道设计及我国第一颗返回式卫星等型号的总体设计。现从事航天技术教学及“神舟”号飞船课题等研究工作。



孙金镖 航天医学工程研究所研究员,北京航空航天大学兼职教授。河北省人,1939年生,1967年北京航空学院高空设备及防护救生专业研究生毕业。一直从事载人航天器环境控制与生命保障技术、航天医学工程总体技术及载人航天安全的研究。曾任中国载人航天工程航天员系统副总设计师。



沈力平 航天医学工程研究所研究员,北京航空航天大学兼职教授。上海市人,1943年生,1966年毕业于北京航空学院航空自动控制系。长期从事载人航天器环境控制与生命保障系统及航天医学工程总体的研究。曾主持“神舟”号飞船环控与生保分系统的研制工作。现任中国载人航天工程副总设计师。



姜汉文 中国空间技术研究院研究员。辽宁省人,1937年生,1962年毕业于东北工学院机械系。曾从事通用机械、专用机械和光学机械的研究、设计、教学、制造、试验和维修等工作。1981年至今,从事航天器的总装、结构设计和空间机构的研制工作。曾任“神舟”号飞船结构与机构分系统主任设计师。



吴国庭 中国空间技术研究院研究员。上海市人,1941年生,1964年毕业于中国科学技术大学近代力学系。长期从事卫星与飞船耐热结构的研制。曾任“神舟”号飞船结构与机构分系统副主任设计师,负责耐热结构设计及研制工作。作为第一或主要完成人,曾获国家级和部委级科研成果一等奖3项、二等奖4项。有专著多部、论文数十篇。



陈祖贵 中国空间技术研究院研究员。重庆市人,1938年生,1966年于中国科学院自动化研究所研究生毕业。一直从事航天器姿态和轨道控制分系统的设计。现任“神舟”号飞船制导、导航和控制分系统主任设计师。全国国防工业系统劳动模范,航天科技集团公司有突出贡献专家,航天奖获得者。



徐济万 中国空间技术研究院研究员。江苏省人,1940年生,1962年毕业于南京工学院热能工程专业。一直从事传热与航天器热控分系统的研究与设计工作,负责完成多种型号卫星及“神舟”号飞船的热设计与热试验。曾任“神舟”号飞船热控分系统主任设计师。



姜军 中国空间技术研究院高级工程师。山东省人,1971年生,1996年毕业于哈尔滨工业大学工程热物理专业,获硕士学位。现任“神舟”号飞船热控分系统副主任设计师。



方国隆 上海航天技术研究院研究员。上海市人,1936年生,1962年毕业于炮兵工程学院指挥仪专业。1980年起从事航天遥测及空间电源系统研究,是“长征4号”甲运载火箭“国家科学技术进步奖”特等奖获奖者之一。现任“神舟”号飞船电源分系统主任设计师。1999年获“全国五一劳动奖章”。



余孝昌 中国空间技术研究院研究员。重庆市人,1939年生,1963年毕业于中国科学技术大学地球物理系。长期从事火箭和卫星遥测总体及飞船测控与通信分系统的设计工作。曾任“神舟”号飞船测控与通信分系统主任设计师。2000年获“国防科学技术奖”一等奖(第一完成人)。



张庆君 中国空间技术研究院高级工程师。江苏省人,1969年生,1993年毕业于华北电力大学研究生毕业。曾任“神舟”号飞船测控与通信分系统副主任设计师,现任“神舟”号飞船系统总设计师助理。2000年获“国防科学技术奖”一等奖(第二完成人)。



胡光辉 中国空间技术研究院研究员。浙江省人,1938年生,1963年毕业于天津大学无线电系。从事卫星星载数据管理系统的研制工作。现任“资源1号”卫星数据管理分系统主任设计师。2001年获“国家科学技术进步奖”一等奖(第十一完成人)。



王九龙 中国空间技术研究院高级工程师。江苏省人,1964年生,1987年毕业于哈尔滨工业大学无线电工程系。从事载人飞船数据管理分系统的研制工作。现任“神舟”号飞船数据管理分系统主任设计师。2001年获“国防科学技术奖”一等奖(第三完成人)。



臧家亮 上海航天技术研究院研究员,北京航空航天大学兼职教授,上海交通大学博士生导师,莫斯科航空学院荣誉博士。河南省人,1933年生,1960年毕业于莫斯科航空学院液体火箭发动机设计专业。一直从事液体火箭发动机和航天器液体火箭推进的研究和设计工作。曾任“神舟”号飞船推进分系统主任设计师。



黄俊钦 北京航空航天大学教授。广东省人,1925年生,1948年毕业于厦门大学航空工程系。主要著作:《测试误差分析与数学模型》、《静动态数学模型的实用建模方法》、《随机信号处理》、《载人航天器仪表显示和监测系统》、《测试系统动力学》。曾参加“神舟”号飞船仪表与照明分系统方案论证和原理样机设计与研制工作。



李卫 中国空间技术研究院高级工程师。北京市人,1958年生,1986年毕业于中国空间技术研究院真空仪表与真空设备自动控制专业研究生毕业。自1994年至今,先后从事“神舟”号飞船仪表与照明分系统测试设备研制、船上设备研制和总体设计工作。现任“神舟”号飞船仪表与照明分系统主任设计师。



李惠康 中国空间技术研究院研究员。浙江省人,1936年生,1959年毕业于华东纺织工学院机械专业。一直从事航天器回收和载人航天救生技术以及载人航天器回收与着陆分系统的研究。现任“神舟”号飞船回收与着陆分系统主任设计师。1996年被中国空间技术研究院批准为返回技术学术带头人。



郑松辉 中国空间技术研究院研究员。广东省人,1937年生,1965年毕业于中国科学技术大学自动控制专业。曾长期从事返回式卫星系列的研制工作,并任其中一个型号的副总设计师。现任“神舟”号飞船系统副总设计师。2000年获“国防科学技术奖”一、二等奖,2003年获“全国五一劳动奖章”。



柯受全 中国空间技术研究院研究员,哈尔滨工业大学和南京航空航天大学兼职教授。浙江省人,1935年生,1956年毕业于浙江大学。长期从事航天环境工程的研究与试验工作。曾任飞船研制试验中心总设计师,现任总师顾问。2000年获“国防科学技术奖”二等奖(第一完成人),2001年获“国家科学技术进步奖”二等奖(第五完成人)。



屠庆慈 北京航空航天大学教授。浙江省人,1935年生,1958年毕业于北京航空学院飞机设计专业。长期从事可靠性系统工程学科的研究。曾参与《“神舟”号飞船安全性设计指南》的编写、“航天员安全性验证”课题的研究以及“国外载人航天安全性可靠性数据库”的建立等工作。

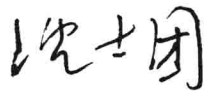


杨为民 曾任北京航空航天大学工程系统工程系主任兼可靠性工程研究所所长、教授、博士生导师。河北省人,1935年生,1958年毕业于北京航空学院火箭系。“全国五一劳动奖章”获得者,全国先进工作者,全国优秀科技工作者,我国第一架高空无人照相侦察机总设计师。2002年1月30日病逝。

原版序言

为更好地培养年轻一代航天工程师和航天技术人员,北京航空航天大学坚持走产学研相结合的道路,与中国空间技术研究院有长期的合作关系。1996年5月,中国空间技术研究院院长徐福祥教授和来自中国空间技术研究院、航天医学工程研究所及我校的20余位专家教授会聚在一起,共同商讨航天技术专业的教学问题。根据我校宇航学院的教学要求,与会专家一致同意协助我校在本科生高年级和研究生中开设“载人航天技术”课程,并决定聘请中国空间技术研究院科学技术委员会主任戚发轫教授和我校空间研究中心副主任朱仁璋教授为该课程主持人。共有17位专家教授应聘参加这门课的讲授,其中12位来自空间技术研究院,2位来自航天医学工程研究所,还有3位是本校的教授。由于授课的专家教授均来自航天工程第一线,他们既有深厚的理论基础,又有丰富的工程实践经验,该课程开设以后,在我校本科生、研究生及青年教师中引起了强烈的反响,收到了很好的效果。为使更多有志于从事航天技术专业的学子学习载人航天技术和分享专家教授们丰富的工程实践经验,在“载人航天技术”课程讲稿的基础上,由戚发轫教授任主编,经充实内容和修改后编著成这部书。这是我国第一部全面、系统地阐述载人航天器技术的专著,详细讲述了卫星式载人飞船技术,同时也涉及其它各类载人航天器(登月载人飞船,空间站,航天飞机等),内容包括载人航天技术发展概况,载人航天器总体设计及各个分系统设计,航天动力学,航天员系统,载人航天器电性测试与地面试验以及载人航天器的可靠性等,内容丰富,资料翔实,理论结合实际。本书书稿已供听课的研究生与高年级本科生使用,深受学生喜爱。本书对于航天工程师,特别是对新加入航天队伍的年轻人,也是一部有实用价值的参考书。

本书的出版必将对我国航天工程的教学和科研工作起促进作用,我谨代表北航师生,并以我个人的名义,向参加本书编著的各位专家教授和国防工业出版社的同志致以崇高的敬意和诚挚的谢意。



北京航空航天大学校长

1999年9月1日

再版序言

《载人航天器技术》一书,自1999年11月中旬出版以来,深受高校航天技术领域师生的喜爱。同时,随着我国载人航天技术的发展,本书也受到航天工程师,特别是新加入航天队伍年轻人的欢迎,认为是一部有实用价值的参考书。为此,本书于2000年10月获中国人民解放军总政治部颁发的“中国人民解放军图书奖”;2001年6月,获国家新闻出版总署颁发的“第十届全国优秀科技图书奖”三等奖。

本书出版后不久,1999年11月20日,我国成功发射了“神舟”一号试验飞船。至今,我国已进行了4次无人飞船飞行试验,并即将进行首次载人飞行。中国的载人航天工程,是以江泽民同志为核心的党中央第三代领导集体英明决策的跨世纪重点工程,是增强我国综合国力、增强民族自信心和凝聚力的伟大工程,是中国航天发展史上又一个新的里程碑。当前,在以胡锦涛同志为总书记的党中央领导下,在全国人民共同努力下,中华民族多少个世纪以来的飞天梦想正一步步地变为现实。

根据广大读者的愿望和载人航天工程的进展,戚发轫院士与有关航天技术专家和教授共同努力,完成了《载人航天器技术》的修订和增补。本书第2版反映了世界载人航天器的最新技术和发展动向,也反映了我国载人飞船的技术进展和技术特点,内容比第1版更加深入、新颖和翔实,是一部全面、系统地阐述载人航天器技术的专著。

本书的出版,必将对我国载人航天技术的发展发挥积极的作用,同时,对培养我国航天技术人才也将是有所裨益的。



中国载人航天工程总设计师

中国工程院院士

2003年8月1日

前 言

当今航天技术基本可分为卫星应用、载人航天、深空探测 3 个领域。载人航天技术是各类科学技术在执行各种载人航天使命中的应用、发展与创新,包括载人航天使命的分析与设计以及载人航天系统的研制理论与构造方法。载人航天系统是完成特定载人航天任务的综合性工程系统,航天界通常称之为“大系统”。这个大系统由航天员、载人航天器、运载火箭、发射场、着陆场、测控与通信、应用等系统及地面保障设施组成。本书论述的重点是载人航天器系统。

载人航天器的研制是一项复杂的高技术系统工程,这项工程几乎涉及理学、工学、医学、管理等各类科学技术。在这本书中,我们力求在航天器系统级与分系统级的层次上,以载人飞船为重点,结合航天器工程,阐述载人航天器设计与研制的基本原理与方法,并适当介绍我国“神舟”号飞船与国外载人航天器的有关情况。

本书中,下列 6 章,在载人航天器系统级层次上,阐述载人航天器技术:

- | | |
|-----------------------|--------------|
| 第一章 载人航天技术发展概况 | (作者:戚发轫) |
| 第二章 载人飞船航天系统与载人飞船总体设计 | (作者:李颐黎) |
| 第三章 载人航天器轨道动力学 | (作者:朱仁璋) |
| 第十七章 载人航天器地面测试与故障模拟 | (作者:郑松辉) |
| 第十八章 载人航天器环境模拟试验 | (作者:柯受全) |
| 第十九章 载人航天器的可靠性 | (作者:屠庆慈、杨为民) |

第四章至第十六章,主要阐述组成载人航天器的各分系统(不含有效载荷分系统)技术(这些分系统在本书中均简称为系统):

- | | |
|----------------------|--------------|
| 第四章 载人航天器乘员系统 | (作者:孙金鏢) |
| 第五章 载人航天器环境控制与生命保障系统 | (作者:沈力平) |
| 第六章 载人航天器结构与机构系统 | (作者:姜汉文) |
| 第七章 载人航天器防热结构 | (作者:吴国庭) |
| 第八章 载人航天器制导、导航与控制系统 | (作者:陈祖贵) |
| 第九章 载人航天器热控制系统 | (作者:徐济万、姜军) |
| 第十章 载人航天器电源系统 | (作者:朱仁璋、方国隆) |
| 第十一章 载人航天器测控与通信系统 | (作者:余孝昌、张庆君) |
| 第十二章 载人航天器数据管理系统 | (作者:胡光辉、王九龙) |
| 第十三章 载人航天器推进系统 | (作者:臧家亮) |
| 第十四章 载人航天器仪表照明系统 | (作者:黄俊钦、李卫) |
| 第十五章 载人航天器应急救援系统 | (作者:李颐黎) |
| 第十六章 载人航天器回收与着陆系统 | (作者:李惠康) |