



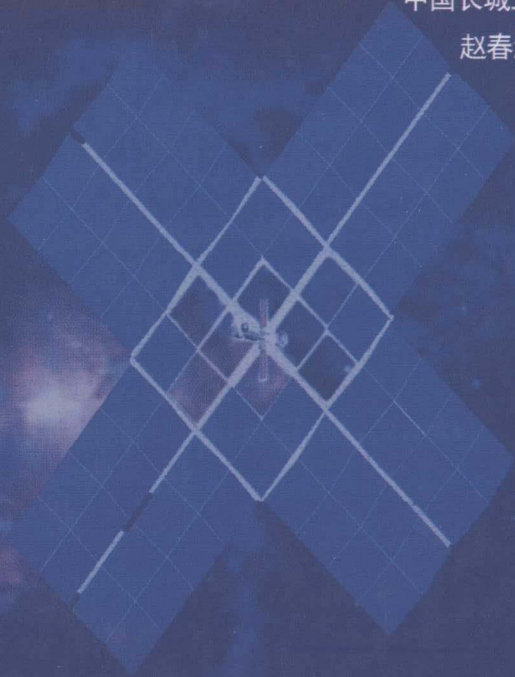
航天科技图书出版基金资助出版

载人火星探测

[俄] A·C·卡拉杰耶夫 主编

中国长城工业总公司 组织翻译

赵春潮 王 苹 魏 勇 译



中国宇航出版社

航天科技图书出版基金资助出版

载人火星探测

[俄] A·C·卡拉杰耶夫 主编

中国长城工业总公司 组织翻译

赵春潮 王 苹 魏 勇 译



中国宇航出版社

·北京·

本书中文简体字版由著作权人授权中国宇航出版社独家出版发行,未经出版者书面许可,任何个人或者组织不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

此版本仅限在中华人民共和国大陆地区(不包括香港、澳门特别行政区及台湾省)销售。

著作权合同登记号:图字:01-2010-6185号

版权所有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

载人火星探测/(俄罗斯)卡拉杰耶夫主编;赵春潮,王苹,魏勇译.—北京:中国宇航出版社,2010.10

ISBN 978-7-80218-830-3

I. ①载… II. ①卡… ②赵… ③王… ④魏… III. ①载人航天器:火星探测器 IV. ①V476.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第200109号

责任编辑 易新 责任校对 王妍 封面设计 03 工舍

出版发行 **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 北京画中国画印刷有限公司

版次 2010年11月第1版 2010年11月第1次印刷

规格 880×1230 **开本** 1/32

印张 15 **字数** 430千字

书号 ISBN 978-7-80218-830-3

定价 98.00元

本书如有印装质量问题,可与发行部联系调换

航天科技图书出版基金简介

航天科技图书出版基金是由中国航天科技集团公司于2007年设立的,旨在鼓励航天科技人员著书立说,不断积累和传承航天科技知识,为航天事业提供知识储备和技术支持,繁荣航天科技图书出版工作,促进航天事业又好又快地发展。基金资助项目由航天科技图书出版基金评审委员会审定,由中国宇航出版社出版。

申请出版基金资助的项目包括航天基础理论著作,航天工程技术著作,航天科技工具书,航天型号管理经验与管理思想集萃,世界航天各学科前沿技术发展译著以及有代表性的科研生产、经营管理译著,向社会公众普及航天知识、宣传航天文化的优秀读物等。出版基金每年评审1~2次,资助10~20项。

欢迎广大作者积极申请航天科技图书出版基金。可以登陆中国宇航出版社网站,点击“出版基金”专栏查询详情并下载基金申请表;也可以通过电话、信函索取申报指南和基金申请表。

网址:<http://www.caphbook.com>

电话:(010)68767205,68768904

《载人火星探测》

编委会

主 编 俄罗斯科学院院士 А. С. Коротеев

副主编 Н. Н. Севастьянов, Л. А. Горшков, В. Ф. Семенов,
俄罗斯科学院院士 А. И. Григорьев, 俄罗斯科学
院通讯院士 Л. М. Зеленый, Н. М. Иванов,
А. Н. Потапов, В. П. Сметанников

作 者 Р. М. Абдулхаликов, А. А. Адов, В. Н. Акимов,
П. О. Андрейчук, П. В. Андреев, А. Н. Астахов, Г.
Б. Асташев, Р. И. Беглов, М. А. Бек, М. С. Беляков,
Л. А. Беседина, Л. В. Бобрышева, А. Н. Богачев,
И. Б. Браверман, Н. А. Брюханов, В. С.
Васильковский, И. Н. Гансвиндт, А. Д. Егоров, Н.
А. Егоров, О. И. Егорова, И. О. Елисеев, Ю. А.
Гашков, А. Н. Глухов, И. А. Голов, Л. А.
Горшков, О. А. Горшков, В. М. Готлиб, А. И.
Григорьев, А. М. Губертов, А. В. Десятое, Л. М.
Зеленый, А. С. Зернов, Н. М. Иванов, М. Н.
Казаков, С. С. Климов, И. Б. Козловская, Н. В.
Колесник, Ю. Ф. Колкжа, Г. М. Комарова, А. С.
Коротеев, В. И. Лукьященко, А. Н. Крылов, Д. В.
Куткин, В. И. Кучеренко, И. А. Лендрасова, В. М.
Линкин, О. Н. Логачев, Н. В. Максимовский,

М. И. Маленков, Н. Г. Медведев, А. И. Мезенцев,
М. В. Михайлов, В. А. Муравлев, Н. Ф. Моисеев,
А. А. Нестеренко, В. М. Нестеров, Н. Д. Новикова,
С. Н. Обухов, В. А. Павшук, В. М. Петров, Л. И.
Подольская, Н. Б. Пономарев, А. Н. Потапов, О. Ф.
Прилуцкий, К. В. Псянин, Н. Н. Пономарев —
Степной, В. Г. Родин, Е. Л. Ромадова, С. Ю.
Романов, Т. И. Рожкова, А. Н. Румынский, В. П.
Сальницкий, Н. Н. Севастьянов, В. Ф. Семенов,
Ю. П. Семенов, А. В. Семенкин, Ю. Е. Синяк,
Л. Д. Скотникова, В. П. Сметанников, В. В.
Суворов, В. Г. Соболевский, Б. И. Сотников, С. И.
Степанова, С. Ф. Стойко, О. Г. Сытин, В. Н.
Сычев, С. О. Твердохлебов, Е. В. Тимофеева, В.
А. Усов, Г. Н. Устинов, И. И. Федик, А. И.
Федосова, И. И. Хамиц, В. В. Цветков, О. С.
Цыганков, А. Г. Чернявский, М. А. Шутиков,
А. Г. Якушев, С. В. Ярошенко

译 序

宇宙的奥秘是无穷尽的,而人类探索宇宙的活动也是无止境的。从嫦娥奔月的神话到中国航天员杨利伟遨游太空;从齐奥尔科夫斯基的伟大构想到航天员加加林的飞绕地球;从美国人阿姆斯特朗跨出人类登月的第一步到水手系列探测器、海盗系列探测器、福布斯号探测器,再到火星快车探测器、机遇号和勇气号探测器,以及最近的凤凰号探测器……世界上以火星探测为代表的深空探测活动方兴未艾,地球人向浩瀚宇宙发出了遥远的问候。目前,中国与俄罗斯联合探测火星项目正在实施,中国的火星探测器将飞向火星,带上中国人的声音。我国参与的“火星-500”项目也正在有序开展。

为了促进火星探测等技术的国际交流,中国长城工业总公司特意组织将俄罗斯齐奥尔科夫斯基宇航科学院于2006年编著的《载人火星探测》一书译成中文。该书反映了苏联/俄罗斯科研工作者在深空探测领域,特别是火星探测领域的技术成果,有较高学术水平,对未来技术发展有很多的前瞻性预测。书中系统介绍了载人火星探测工程技术,对我国技术人员了解国外发展情况、开阔思路有很好的参考价值,对我国目前正在开展的载人航天工程、探月工程及火星探测预

先研究有一定的借鉴意义。在此,特将本书推荐给广大科技工作者和关心载人火星探测的爱好者。我们衷心地祝愿中国在自主研发的基础上,借鉴世界先进经验,发展中国自己的火星探测等深空探测技术,开拓空间资源和空间领域,推动深空探测技术进步,促进太空经济蓬勃发展。

中国长城工业总公司总裁 殷礼明

2010 年 10 月

前 言

火星探测受到科学家和公众的广泛关注,近来成为空间研究的一个主流趋势。之所以如此,在一定程度上,是因为仍有可能发现一些生命形式或者至少是一些曾在火星上生存的生命迹象。如果火星上生命存在能成为现实,这将是一个真正的突破,可以为破解生命起源问题带来曙光。

火星为我们提供了一个独特的仔细研究太阳系行星演变的机遇,特别是可以预测地球生物圈的演变。而关键在于火星是唯一适合人类移民的行星,移民也许是为了保存地球文明,这可能是火星探测任务计划的主要目的。最近,我们已经充分意识到有可能会发生全球性灾难。如果真的发生,在地球上生活将会很危险,而且我们将付出非常高的生存代价。在这种情况下,延迟准备火星探测任务将是不明智的,因为这一挑战性很高的任务需要花大量的时间。

人们已经为开发载人火星探测的项目进行了无数次尝试,包括俄罗斯航天局在内的世界主要国家的航天机构都认为这是空间探测中最有前途的任务之一。

载人火星探测一直在俄罗斯航天研究重点项目中居于重要地位。俄罗斯利用了最先进的技术探测地球外空间。代表俄罗斯工业发展水平的主要研究所和设计局早在航天

时代的初期就已经考虑与载人火星探测相关的问题了。

毫无疑问,可以往返火星的星际载人飞行器将会是一个最复杂的人造空间飞行器。研制这种飞行器需要集成最先进的技术。与此同时,执行这一任务将为这些技术应用于公共领域开辟道路,并对世界的稳定做出贡献。

本书阐述了目前俄罗斯对载人火星探测的理念,旨在献给那些对 21 世纪科技发展主流趋势感兴趣的人们。

目 录

第 1 章 火星探测的现状和发展历程	1
1.1 引言	1
1.2 探测现状	2
1.2.1 背景情况——在地面上的火星观测	2
1.2.2 越飞型探测器	3
1.2.3 轨道飞行器	4
1.2.4 着陆器和火星巡视器	12
1.3 即将开展的火星探测计划	22
1.3.1 近期的情况	22
1.3.2 下一阶段(2010 年~2020 年)	26
1.3.3 首次载人火星探测任务所涵盖的科学研究	29
1.4 载人火星探测任务的先驱	30
1.5 结论	33
1.6 参考文献	34
附件 A 火星与地球对比	50
A1 轨道	50
A2 旋转周期、外形、重力和磁场	51
A3 大气	54
A4 火星表面	57
A5 参考文献	59

第2章 载人火星探测任务历史概况——概念、计划、项目	62
2.1 载人火星探测任务的主要概念	62
2.2 俄罗斯火星计划的演变	66
2.3 结论	72
2.4 参考文献	72
第3章 星际火星任务组合体	74
3.1 火星探测的挑战	74
3.2 载人火星任务的概要方案	76
3.2.1 为星际转移飞行选择推进系统	78
3.2.2 选择任务方案	79
3.2.3 乘组人数的选择	82
3.2.4 将星际任务组合体组件运送至近地轨道的运载火箭 的承载能力的选择	83
3.2.5 星际任务组合体的构型	84
3.2.6 星际任务组合体配备薄膜太阳能电池阵用于驱动电火 箭发动机	85
3.2.7 航天员安全保障	92
3.2.8 使用核能的电推进星际任务组合体	96
3.3 火星任务的轨道设计	98
3.3.1 轨道计算在空间项目中的地位与作用	98
3.3.2 项目轨道设计和火星任务方案分析所需的原始设计 数据和条件	99
3.3.3 使用液体火箭发动机的火星任务规划	103
3.3.4 使用微推力电推进装置的载人火星任务轨道方案的 设计和分析	109
3.3.5 装备了核电源推进装置的星际任务组合体方案	111
3.3.6 太阳推进装置的星际任务组合体的任务计划	117

3.4	结 论	122
3.5	参考文献	123
第4章	星际轨道飞行器	124
4.1	星际轨道飞行器的总体设计要求及构成	124
4.2	设计和构型	127
4.3	星际轨道飞行器舱内系统	130
4.3.1	生命保障系统	130
4.3.2	舱外活动(EVA)设施	136
4.3.3	舱内控制系统(OCS)	136
4.3.4	舱内测量系统(OMS)	140
4.3.5	热控系统(TCS)	141
4.3.6	电源系统(PSS)	142
4.3.7	舱内无线电工程组件(OREC)	142
4.3.8	综合推进系统(IPS)	145
4.3.9	防护和预警系统(PWS)	146
4.3.10	模拟重力系统(SGS)	146
4.3.11	维护和修理设备	147
4.3.12	对接系统(DS)	148
4.4	结 论	149
4.5	参考文献	149
第5章	电源和推进系统	151
5.1	背景	151
5.2	液体火箭发动机方案	159
5.3	核电源推进方案	164
5.3.1	开发基线核能空间工程技术	164
5.3.2	巡航核电源推进装置的用途和技术规格	168

5.3.3 基于核火箭发动机技术和涡轮机械能量转换技术的核电源推进装置	172
5.3.4 带有气冷反应堆和气体—涡轮转换器的巡航核电推进装置	186
5.4 基于太阳电池阵和电推进的推进系统方案	194
5.4.1 太阳电池阵的选型方案	194
5.4.2 电源和推进系统的结构配置和主要特点	203
5.4.3 电推进装置	209
5.4.4 电推进装置的工作介质	231
5.4.5 在和平号空间站上太阳电池阵运行 10 年的经验 ..	233
5.5 基于太阳电池阵、电推进和液体火箭发动机的综合推进系统方案	237
5.6 结论	239
5.7 参考文献	239
第 6 章 火星升降飞行器	249
6.1 升降飞行器的用途与结构	249
6.2 考虑气动力、气动热和轨道的升降飞行器设计	253
6.2.1 具有不同几何形状的火星下降舱概述	253
6.2.2 降落伞式升降飞行器的气动轨道分析	257
6.2.3 喷气制动式升降飞行器的气动热及轨道分析	263
6.2.4 升降飞行器配置气动配平面的原理	266
6.2.5 与升降飞行器在反推装置点火时的亚声速要求相结合	268
6.2.6 无翼型火星升降飞行器改进型的热交换与热防护	271
6.3 下降舱	274
6.4 上升舱	275
6.5 生活舱	281

6.6	升降飞行器的主要特性	283
6.7	结论	285
6.8	参考文献	285
第7章	航天员返回飞行器	287
7.1	用途	287
7.2	基本需求与组成	289
7.3	构型与设计	292
7.4	基于联盟号飞船的航天员返回飞行器	295
7.5	结论	297
7.6	参考文献	298
第8章	地球轨道上星际任务组合体的部署——火星飞行计划	299
8.1	星际任务组合体的组装	299
8.2	星际任务组合体飞往火星及返回地球	301
8.3	结论	304
8.4	参考文献	305
第9章	火星任务设施飞行研制试验	306
9.1	俄罗斯为火星任务进行的飞行试验	306
9.2	火星任务组合体的系统、组件和舱段的飞行研制试验	310
9.3	结论	314
9.4	参考文献	315
第10章	火星基地及行星任务设施	316
10.1	用途与结构	316
10.2	生活组合体	322

10.3	能量组合体	324
10.4	运输和技术组合体	333
10.5	结论	341
10.6	参考文献	341
第 11 章	利用火星探测的技术手段开发月球	348
11.1	在月球上提取 ³ He 的探月设想	349
11.2	在月球上生产氧气的探月设想	355
11.3	月球基地开发的可能阶段	357
11.4	结论	362
11.5	参考文献	362
第 12 章	航天飞行的生物医学维护	364
12.1	载人飞行任务的因素和条件	364
12.2	火星飞行任务生物医学维护的目标和组织	367
12.3	火星飞行任务的医学维护	368
12.3.1	医学维护的目标和任务	368
12.3.2	风险因素	369
12.3.3	失重效应	370
12.3.4	飞行期间的发病率	372
12.3.5	飞行任务期间可能的机体反应	372
12.3.6	医学保障的基本原则	373
12.3.7	舱内医疗中心和提供医学保障	374
12.3.8	医疗监护	375
12.3.9	预防措施	377
12.3.10	飞行任务保障所需的遥医学设备	379
12.4	火星飞行任务的心理维护	383
12.4.1	心理保障的主要目标	383

12.4.2	心理监测和航天员精神状态控制	385
12.4.3	航天员返回地球后的社会—心理恢复	389
12.4.4	模型试验中火星探测心理学保障的性能评估	389
12.4.5	最可能出现的心理学问题的情形	390
12.5	火星飞行任务航天员的生命保障问题	394
12.5.1	生命保障系统的特性	394
12.5.2	生命保障系统研制过程中需解决的问题	396
12.6	首次载人火星飞行器的舱内温室	397
12.7	火星飞行任务的微生物安全维护	404
12.7.1	微生物风险和减少风险的方法	404
12.7.2	废物循环利用和处理问题	409
12.7.3	行星检疫要求	410
12.8	火星飞行任务的辐射安全维护	411
12.8.1	辐射环境	411
12.8.2	确保航天员辐射安全的基本原则	414
12.8.3	航天员辐射防护系统	415
12.8.4	航天员辐射防护系统功能的数学模拟	417
12.8.5	飞行检查	421
12.9	地面模拟试验	424
12.10	结论	428
12.11	参考文献	429
 第 13 章 空间运输系统的概念		442
13.1	用途	442
13.2	基本要求	443
13.3	安加拉号一次性使用运载火箭的外形和技术规格	445
13.4	可部分重复使用的 PH-35 型运载火箭的外形与技术规格	447