

载人宇宙飞行

ZAIREN YUZHOU FEIXING



389

(俄)A.C.叶利谢耶夫 著
高劭伦 周旭东 杜和青 范含林 译

国防工业出版社

中国人民解放军总装备部专项资金资助出版

载人宇宙飞行

(俄)A. C. 叶利谢耶夫 著

高劭伦 周旭东
杜和青 范含林 译

国防工业出版社

· 北京 ·

著作权合同登记 图字:军-1998-12 号

图书在版编目(CIP)数据

载人宇宙飞行/高劭伦等译:—北京:国防工业出版社,
1998.10

ISBN 7-118-01795-7

I. 载… II. 高… III. 载人航天器 N.V476.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 15206 号

Елисеев А. С. Техника космических полетов.
Москва: Машиностроение, 1983

本书已由莫斯科机械制造出版社授权北京国防工业
出版社中文版的专有出版权。版权所有,翻印必究。

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)

河北三河市腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 9% 242 千字

1998 年 10 月第 1 版 1998 年 10 月北京第 1 次印刷

印数:1—1000 册 定价:18.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

序

宇宙飞行是人类长期以来的梦想。为了实现这个梦想,人类进行了长期而艰辛的探索。在美国和俄罗斯(苏联)已取得了举世瞩目的成就。这些成就为人类解决众多的科学和经济问题开辟了全新和辉煌的途径,也给人类带来了更大的探索宇宙的希望。俄罗斯载人航天事业的成就是举世公认的,他们在该领域建立了雄厚的理论基础并积累了大量的工程实践经验。作为世界航天大国之一,我们有必要学习俄罗斯载人宇宙飞行的一些成功经验和技能,并为我所用。正是为此目的,本书译者把介绍俄罗斯载人航天技术的《载人宇宙飞行》一书翻译出版,今后还将陆续介绍这方面的书籍。本书对我国从事载人航天研究方面的科技工作者、大专院校师生及对载人航天飞行感兴趣的广大读者将是一本很好的参考书和学习资料。作者 A. C. 叶利谢耶夫及其他俄罗斯专家对本书译成中文出版,给予了很大的关心和支持。本书的出版也将有助于加强中俄两国人民和科技工作者的合作和友谊。

热诚希望《载人宇宙飞行》中译本早日与读者见面。谨此为序,支持此书的出版。

中国工程院院士

译者序

自1961年苏联航天员尤里·加加林在人类历史上第一次遨游太空到现在,载人宇宙飞行已经走过了36年的历程。经过30多年的努力,人类在认识、探索、开发和利用近地宇宙空间方面已经取得了辉煌的成就,人类已经登上了月球,在不远的将来还要登上火星和其它星球。人类对宇宙空间的探索是无止境的,可以说,未来的世纪是太空世纪。

载人宇宙飞行的意义是不言而喻的。世界上航天技术发达的国家,特别是苏联和美国,投入了巨大的人力和财力来发展载人航天技术,积累了丰富的经验。这些经验值得我们认真学习、掌握,为我们所用。A. C. 叶利谢耶夫是苏联航天员和宇航专家,根据他的经验所著的《载人宇宙飞行》一书比较全面、系统地总结了80年代以前的载人航天技术。虽然该书是十几年前出版的,但书中所介绍的内容,特别是一些基础性的和原理性的问题,以及一些新的设想和概念仍值得我们认真研究。本书可供我国从事载人航天技术工作的科研、管理人员以及大专院校相关专业的师生参考,也可供对载人宇宙飞行感兴趣的广大读者阅读。

本书由高劭伦(绪论、第一章、第二章、第六章、第九章、第十四章、第十五章部分),周旭东(第四章部分、第五章、第十三章、第十五章部分),杜和青(第三章、第四章部分、第十章、第十一章),范含林(第七章、第八章、第十二章)翻译。哈尔滨师范大学俄语专家高枝青教授审阅了译稿文字。最后,由高劭伦统一定稿。在本书翻译过程中,得到了我国载人航天技术专家王壮研究员和郑松辉研究员的大力支持,国防工业出版社的崔士义编审、吴芝萍主任和陈子玉编审也给予了热情帮助,在此译者表示衷心的感谢。

由于译者水平有限,加之时间仓促,在本书中难免有不足之处,恳请读者提出宝贵意见。

译 者

作者序

宇宙飞行作为人类解决众多的科学和经济问题开辟了全新的、前景辉煌的途径,在人类的创造性活动中,它已牢牢地处于一个领先的地位。它使人们能够超越模糊不清的大气层,看到宇宙那色彩缤纷的全貌。利用航天器人们可以对地球表面进行全面的观察,保证远距离的电话、电视通信,实现有效的天气监视。

显然,随着时间的推移,人们在太空中所要解决的问题的范围将不断扩展。科学家们现今已设想在近地空间建立新型的工厂,建立太空发电站,建立无线能量传输系统。与此同时,航天技术将不断发展,航天职业的数目将不断增加。

在航天计划中占有特殊地位的是载人飞行。与不载人飞行相比,载人飞行需要更复杂的保障条件。然而在有些课题中用自动装置代替人或者是不可能的,或者是不合适的。人们要亲自飞入太空去进行科学研究,去研制为完成某些作业所需要的工艺,去在轨道上装配大型构件,还可能去维修长寿命的不载人航天器。

本书的写作对象是那些立志参与航天技术最吸引人的一个方向——建造载人航天器的人们,同时作者力求使本书通俗易懂,为更广大的读者所接受。现代载人航天器的构造十分复杂,其中包括各种调节系统、科学仪器、信息装置、无线电通信系统等等。在载人航天器上安装了许多可操纵的结构部件。所有这些装置合为统一的总体,在飞行时彼此之间协同工作。既然航天器上的各个装置彼此之间应协同工作,所以对每个装置的研制都不能孤立地进行,而应考虑到与其协同工作的那些装置的特性。工程师在着手设计任何一个系统或仪器时,都应考虑到整个载人航天器的构成。这种认识一方面能使他理解航天器上的仪器所受到限制的物理意义,另

一方面能够发现在选择结构、工作方式或参数时应该合理利用的一切机会。作者认为要是能写出一本介绍载人航天器所有基本组成部分建造原则的一般性知识的书将是非常有用的。在提供给读者的这本书中,仅讨论了近地载人航天器,因为实际广为采用的只有这类载人航天器。

作者对建议写出本书的 В. И. 费奥多西耶夫和愿为本书写书评并提出许多有益意见的 Б. В. 拉乌申巴赫表示真诚的感谢。此外,作者还感谢在本书装订时给予很大帮助的 О. М. 辛采罗夫斯卡娅。

作者恳请读者将批评意见和要求寄送莫斯科机器制造出版社,地址:莫斯科,107076,斯特罗梅斯基街 76 号大楼。

内 容 简 介

本书作者 A. C. 叶利谢耶夫是一名航天员,曾参加过多次太空飞行,也是一位航天工程专家。书中论述了近地载人航天器的设计基础,列举了对载人航天器的结构、配置方案和对在轨设备所提出的基本要求,介绍了载人航天器现有的和未来可能应用的各系统的工作原理、结构形式、主要参数、系统部件的运行方式,论述了保证可靠性的方法、建造载人航天器的阶段和载人航天器的地面研制等。

本书供航天技术专业领域的工程技术人员、管理人员、大专院校师生,也可供对载人宇宙飞行感兴趣的广大读者阅读。

目 录

绪论	1
第一章 载人航天器的用途	8
1.1 天体物理学研究	8
1.2 地面及大气层研究	10
1.3 工艺研究	11
1.4 医学—生物研究	12
1.5 工程研究	14
第二章 载人航天器的配置方案及对各系统的基本要求	16
2.1 单次使用的宇宙飞船	18
2.2 重复使用的飞行器	23
2.3 轨道空间站	30
2.4 对在轨系统及设备的基本要求	37
第三章 运动控制系统	39
3.1 传感器 指示器	41
3.2 执行机构	67
3.3 控制规则	72
3.4 在轨计算机在运动控制系统中的应用	94
第四章 返回控制系统	96
第五章 用于运动控制的喷气发动机系统	108
第六章 航天员生活保障系统	116
6.1 指定大气参数的保持	117
6.2 大气参数的监测	123
6.3 航天员食品和水的保障	126
6.4 个人卫生设施	132

6.5	日常生活设备	136
6.6	体能训练设备和医疗仪器	139
第七章	航天服	144
第八章	热控系统	156
第九章	电源系统	171
第十章	在轨装置控制系统	187
第十一章	无线电技术系统	205
11.1	无线电话及无线电报通信系统	205
11.2	电视通信系统	208
11.3	无线电遥测系统	210
11.4	无线电控制系统	216
11.5	运动参数无线电测量系统	220
第十二章	对接装置	221
第十三章	综合着陆设施	231
13.1	降落伞系统	232
13.2	保证软着陆的设施	237
13.3	保持指定漂浮姿态的设施	240
13.4	缓冲设施	241
13.5	着陆设施的控制	243
第十四章	科学仪器	245
14.1	天体物理研究仪器	245
14.2	研究地球的仪器	250
14.3	工艺研究仪器	254
14.4	医学—生物研究仪器	261
第十五章	载人航天器的建造阶段	268
15.1	设计阶段	269
15.2	试验研究	270
15.3	飞行综合模拟	280
15.4	综合测试和航天器发射准备	284
	参考文献	286

绪 论

宇宙空间自古以来就引起人们的注意,人类一直渴望能够亲眼看到地球周围的世界,能够了解人类是否可以在这个世界中生存,这个世界是否能够造福于人类。

在制造出能将足够重的有效载荷送入太空轨道的火箭后,人类飞向宇宙的梦想才真正成为可能。

苏联开始设计第一艘载人宇宙飞船东方号是 50 年代末的事。当时必须解决大量的全新的技术问题,这些问题主要是由宇宙飞行独特的条件所带来的。远离地球,高速飞行,外部真空,失重,无阻拦的太阳辐射,微流星雨——所有这一切无论是对飞船结构,还是对飞船上的仪器设备都提出了特殊的要求。

专家们当时所面临的任务是:建立最好是用地球和太阳作为方位标的自主定向系统,建造能在失重条件下起动的喷气发动机;解决保障飞船正常热工况的问题;建立着陆系统、轨道无线电监测系统、飞船地面遥控系统等等。需要用新的方法研制那些即使是在我们的技术中原来就采用了的系统,如无线电通信系统、电视系统、供电系统、大气指定成分保障系统。这时,在可靠性、质量、外形尺寸及能耗方面对他们的要求更为严格。

选择飞船的配置型式更需要大胆创新:如何在十分有限的总质量和外形尺寸条件下在飞船上安装下所有必需的设备,并保证航天员们可以接受的生活条件。提出的方案是将飞船分成两个舱,其中只有一个舱(返回舱)为救生舱。在初始阶段,返回舱为球形,这就能不必采用在大气层内下降的专门控制系统。在制动发动机工作后,飞船分离成两个舱,一起飞入稠密的大气层。非救生舱无防热层,因此在高层大气中烧毁,而返回舱包覆有特殊的防热层用

于弹道式降落。

着陆问题的解决办法是很有意义的。因为当时还没有制作大载荷降落伞系统的丰富经验,所以在返回舱中装设了两套不同的着陆系统。仅用于航天员着陆的主系统为飞机上采用的方案——弹射座椅及单人降落伞。副系统由一串大降落伞组成,保证整个返回舱着陆。航天员既能单人着陆,也能乘返回舱着陆。在第一种情况下,副系统的着陆制动伞在弹射前展开,以保证返回舱预先减速,而主伞稍迟张开。

人类第一次飞入宇宙是 1961 年 4 月 12 日,完成这一飞行的是苏联英雄尤里·阿列克谢耶维奇·加加林。当时对航天员能否承受心理负担并保持工作能力还没有把握,因此这次飞行安排为一圈,并且对飞船的所有控制都是自动进行的。

为了防备出现意外的情况,飞船还配有人工控制系统,但系统的接入靠特制的密码锁锁定。当时的初步想法是,航天员只有在完成了一系列规定的操作,以验证其逻辑思维正常后,才能使用这一系统。

加加林的飞行回答了宇宙飞行的一个最重要的问题。它证明:人可以在宇宙飞船上生活和工作。还是在 1961 年,Г. С. 季托夫乘东方 2 号宇宙飞船成功地实现了一昼夜的飞行,而在 1962—1963 年间,П. Р. 波波维奇、А. Н. 尼科拉耶夫和 В. Ф. 贝科夫斯基分乘东方 3 号、东方 4 号和东方 5 号飞船相应完成了三昼夜、四昼夜和五昼夜的宇宙飞行。在这些飞行期间,获得了有关航天员身体状况,在飞行条件下工作、休息、吃饭、睡眠特点方面的更详细的信息;检验了人工控制飞船的可能性;进行了从宇宙观测并拍摄地球的头几次实验。

1963 年,乘东方 6 号飞船完成了宇宙飞行的是第一位女航天员 В. В. 捷列什科娃。这次飞行的成功证实了医学家的见解,即女子身体像男子一样,完全能够适应宇宙中的生存条件。

东方号系列飞船的飞行迈出了载人宇宙飞行的头几步,但这些飞行已经明显地证明:有人亲自参与的宇宙飞行能够在解决众

多科学及经济问题中带来十分可观的效益。

对航天员需要进行的工作性质进行分析后,可以得出的结论是:要获得高效率的宇宙飞行就必须增加飞船的乘员数。1964年,在东方号飞船的基础上,建造了可乘三人的宇宙飞船上升号。为了提高从轨道下降的可靠性,其上装有两台制动发动机。此外,由于已经能够保证航天员在返回舱内的着陆具有足够高的可靠性,因此没有装设弹射座椅。为了降低着陆速度,在上升号飞船上第一次采用了喷气发动机软着陆系统。

载有三名航天员的上升号飞船是在1964年10月飞向太空的。

专家们感兴趣的下一个问题涉及到人在飞船外——在太空中逗留的可能性。当然,当时已经考虑到,在这种情况下人应装备有专门的真空和辐射防护设施。显然,人走出飞船可能是人们非常希望的,而在某些情况下甚至是极其必要的。人可能需要完成飞船外部维修工作,安装大型结构,从一艘飞船进入到另一艘飞船,等等。但是当时仍然不清楚,人能否克服又一个心理障碍而离开飞船,他能否在太空中确定方向,以及需要制造出什么样的设施才能保证他在飞船外工作。为了回答这些问题,计划在上升2号飞船飞行期间进行太空行走,飞船乘员由航天员 П. И. 别里亚耶夫和 A. A. 列奥诺夫组成。准备这次实验需要解决一系列新的复杂的技术问题:需要有可在太空中打开的带锁闭系统的气闸舱;用于在太空中工作的航天服;航天员个人生命保障系统;在飞船外表固定航天员的装置。

于是,在1965年3月18日,航天员 A. A. 列奥诺夫实现了太空行走。他在飞船外停留了12分钟。在这段时间里,A. A. 列奥诺夫多次离开飞船,改变自己在空间的位置,再重新回到外出舱口。

上升2号飞船的飞行表明,在飞船外工作是可能的,同时证明作为保证行走的基本工程方案是正确的。

这样一来,到1965年之前,已积累了有关人在太空中可以完成哪些作业,以及怎样才能保证这些作业完成的丰富资料。至此,

东方号和上升号类型的飞船的使命已经完成,苏联开始设计新型宇宙飞船联盟号。

联盟号飞船用来在单独飞行或与另一个航天器对接条件下进行范围更广的项目研究。因此,在航天员生命活动保障、飞行控制、能源供应、科学仪器配置等方面,联盟号飞船具有更大的潜力。

联盟号飞船在结构上与东方号及上升号飞船截然不同,它有两个载人舱,其中之一(轨道舱)可以作为太空实验室,而另一个(返回舱)充当操纵室并保障航天员返回地球。返回舱为钟形,能够在大气层中飞行时产生升力。这样一来就有可能在下降时实现滑翔降落,进行机动飞行。事先已考虑到在飞船上装设大型科学仪器、太阳能电池帆板、对接组件、锁闭设备以及取决于具体飞行任务的其它装置。

飞船控制系统能够使飞船在空间随意地定向,进行轨道修正,使飞船与另一个航天器接近,以及控制飞船在大气层内降落。小推力发动机首次采用了液体燃料,显著提高了控制的经济性。

联盟号飞船的载人飞行起始于1967年。初始阶段的飞行主要用来检查飞船上的系统。在单独飞行和编组飞行时,检验了所有的飞船控制方式,完成了两艘飞船的在轨对接,实现了航天员出舱进入太空,以及航天员从一艘飞船经太空转入另一艘飞船。

在用实验确认设计特性后,就开始用飞船来解决既定的专门课题。

1970年,联盟9号飞船进行了18昼夜的飞行,目的在于研究人长期处于太空条件下的特性。这次飞行完成得很成功,但对航天员的医学诊断结果表明,失重对身体的许多系统都有不利的影响,因此要继续增加飞行时间就要大力完善预防措施。

1971年,苏联航天界又发生了一个重大事件——建成了第一个载人轨道空间站礼炮号。从那时起,联盟号开始用来作运输设备和定期将航天员送往空间站的飞船。

空间站与飞船的根本区别是:当航天员结束在空间站上的工作后,空间站不停止自己的飞行,它的设备可以多次使用。这就能

够大大降低由于制造航天器再将其送入轨道而造成的物质消耗。此外,由于空间站上没有安置保障航天员返回地面的设施,因而能够配置更多的科学仪器及辅助设备。

建造空间站需要解决一系列新的技术问题。空间站的利用率随其运行时间的增加而增大。因此必须为空间站研制出新型的在轨设备,使其应变能力远远超过飞船的应变能力;必须提供在飞行过程中完成诊断和修复工作的可能;最后,必须保证定期向空间站运送燃料、水、食品、摄影胶片以及其它消耗性材料。

向空间站运送货物当时是最复杂的问题之一。为了从根本上解决这一问题,在联盟号飞船基础上,建造了专门的货运飞船进步号。

对于航天员在空间站上的生命保障问题也需要用新的方法去解决。既然航天员在空间站上的停留时间应该不断增加,那就必须在空间站上创造尽可能舒适的条件。这就是说,要把工作地点、吃饭地点、休息区、体育锻炼区安排得十分方便。必须提供实施所有必要的卫生保健措施的可能性,必须设立连续的医疗监控装置,必须在空间站上装备排除废物的设施等等。

现在,航天员在空间站的工作成为载人飞行计划的主要部分。这一工作正在从多方面进行。

航天员们在不同的波段进行天文学研究,他们研究地球高层大气的构造;参与寻找矿藏和查明鱼类在世界大洋中洄游的规律;进行在失重条件下制取新材料的大量实验;进行航天生物及航天医学领域的研究。

这项工作的成果对于发展地球和宇宙的基础科学,对于解决许多国民经济问题作出了重大贡献。正因如此,苏联的轨道空间站的飞行在今后也将受到特别的重视。

但是空间站的飞行没有排除载人飞船有目的的单独飞行。有些任务用飞船去解决更为有利。例如,1972年提出了用紫外波段对星象摄谱的课题。解决这一课题不需要长期飞行,而望远镜根据其质量和尺寸又能够安置在联盟号飞船上。这样在1973年12月,

在联盟 13 号飞船 8 天的单独飞行期间成功地完成了这一任务。在联盟 22 号飞船单独飞行时也完成了类似的任务。该飞船装设了多谱段摄像机,航天员用摄像机拍摄了苏联、前德意志民主共和国及世界大洋的指定区域。

1975 年,在联盟 19 号飞船单独飞行时完成了另一种形式的工作。当时,苏联和美国的航天专家决定用实验来证明在不同国家建造可以相互配合的航天设备的可能性,这些设备通过协同工作可以提高研究效率,并且保证在一艘飞船遇险的情况下可以提供相互帮助。

本着这一宗旨,苏联联盟号飞船和美国阿波罗号飞船的联合飞行在进行了充分的准备后最终得以实现。

在准备这次飞行时,苏联和美国详细拟定了航天员间无线电通信、飞船交会与对接、保障航天员从一艘飞船进入另一艘飞船以及从地面控制联合飞行的方法。

在飞行过程中,两艘飞船两次实现相互对接,航天员们多次从一艘飞船进入另一艘飞船,完成了所有预定的实验。联合飞行的成功充分证明,实施复杂的国际宇宙飞行合作计划是完全切实可行的。

一切已完成的飞行经验表明:必须在分析所提出的任务的基础上来选择航天器的类型,而要取得最高的飞行效率,则必须以最佳方式分配飞船和空间站各自应完成的功能。

现在,有航天员参加的宇宙飞行已具有经常的性质。建造载人飞船和空间站目前已是许多科学和生产机构不断进行的工作。苏联在大量实际经验基础上已形成了研制航天器的一整套方法,并已拟定了航天器进一步完善的途径。

本书提供的资料能够对载人航天器的构造有一个总体认识。书中分析了苏联和美国研制的某些航天器的配置型式,讲述了航天器主要在轨系统的用途、工作原理及发展前景。介绍了不少科学仪器的构造。

作者无意论述所有已建成的载人航天器,甚至不打算完整地