



载人航天出版工程

总主编：周建平
总策划：邓宁丰



 Springer

联盟号飞船

SOYUZ
A Universal Spacecraft

[英] R·D·霍尔 D·J·谢勒 著

周晓飞 张柏楠 尚志等译



中国宇航出版社

014032744

V476.2
09-2



载人航天出版工程

总主编：周建平

总策划：邓宁丰

联盟号飞船

SOYUZ: A UNIVERSAL SPACECRAFT

[英] R·D·霍尔 D·J·谢勒 著

周晓飞 张柏楠 尚志等 译



中国宇航出版社



北航

C1720897

V476.2
09-2

Translation from the English language edition:

Soyuz: A Universal Spacecraft by R. D. Hall and D. J. Shayler © Copyright, 2003

All Rights Reserved

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, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

著作权合同登记号: 图字: 01-2012-5666 号

版权所有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

联盟号飞船/ (英) 霍尔 (Hall, R. D.), (英) 谢勒 (Shayler, D. J.) 著;
周晓飞等译. --北京: 中国宇航出版社, 2013. 12

书名原文: Soyuz, a universal spacecraft

国家出版基金项目

ISBN 978-7-5159-0585-3

I. ①联… II. ①霍… ②谢… ③周… III. ①宇宙飞船—概况—俄罗斯
IV. ①V476.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 296149 号

责任编辑 曹晓勇

封面设计 姜 旭

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

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 2013 年 12 月第 1 版

2013 年 12 月第 1 次印刷

规 格 880 × 1230

开 本 1/32

印 张 18.375

字 数 512 千字

书 号 ISBN 978-7-5159-0585-3

定 价 88.00 元

本书如有印装质量问题, 可与发行部联系调换

《载人航天出版工程》总序

中国载人航天工程自 1992 年立项以来，已经走过了 20 多年的发展历程。经过载人航天工程全体研制人员的锐意创新、刻苦攻关、顽强拼搏，共发射了 10 艘神舟飞船和 1 个目标飞行器，完成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、从自动交会对接到人控交会对接、从单船飞行到组合体飞行等一系列技术跨越，拥有了可靠的载人天地往返运输的能力，实现了中华民族的千年飞天梦想，使中国成为世界上第三个独立掌握载人航天技术的国家。我国载人航天工程作为高科技领域最具代表性的科技实践活动之一，承载了中国人民期盼国家富强、民族复兴的伟大梦想，彰显了中华民族探索未知世界、发现科学真理的不懈追求，体现了不畏艰辛、大力协同的精神风貌。航天梦是中国梦的重要组成部分，载人航天事业的成就，充分展示了伟大的中国道路、中国精神、中国力量，坚定了全国各族人民实现中华民族伟大复兴中国梦的决心和信心。

载人航天工程是十分复杂的大系统工程，既有赖于国家的整体科学技术发展水平，也起到了影响、促进和推动着科学技术进步的重要作用。载人航天技术的发展，涉及系统工程管理，自动控制技术，计算机技术，动力技术，材料和结构技术，环控生保技术，通信、遥感及测控技术，以及天文学、物理学、化学、生命科学、力学、地球科学和空间科学等诸多科学技术领域。在我国综合国力不断增强的今天，载人航天工程对促进中国科学技术的发展起到了积极的推动作用，是中国建设创新型国家的标志性工程之一。

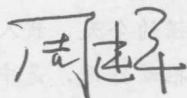
我国航天事业已经进入了承前启后、继往开来、加速发展的关键时期。我国载人航天工程已经完成了三步走战略的第一步和第二

步第一阶段的研制和飞行任务，突破了载人天地往返、空间出舱和空间交会对接技术，建立了比较完善的载人航天研发技术体系，形成了完整配套的研制、生产、试验能力。现在，我们正在进行空间站工程的研制工作。2020年前后，我国将建造由20吨级舱段为基本模块构成的空间站，这将使我国载人航天工程进入一个新的发展阶段。建造具有中国特色和时代特征的中国空间站，和平开发和利用太空，为人类文明发展和进步做出新的贡献，是我们航天人肩负的责任和历史使命。要实现这一宏伟目标，无论是在科学技术方面，还是在工程组织方面，都对我们提出了新的挑战。

以图书为代表的文献资料既是载人航天工程的经验总结，也是后续任务研发的重要支撑。为了顺利实施这项国家重大科技工程，实现我国载人航天三步走的战略目标，我们必须充分总结实践成果，并充分借鉴国际同行的经验，形成具有系统性、前瞻性和实用性的，具有中国特色的理论与实践相结合的载人航天工程知识文献体系。

《载人航天出版工程》的编辑和出版就是要致力于建设这样的知识文献体系。书目的选择是在广泛听取参与我国载人航天工程的专业领域的专家意见和建议的基础上确定的，其中专著内容涉及我国载人航天科研生产的最新技术成果，译著源于世界著名的出版机构，力图反映载人航天工程相关技术领域的当前水平和发展方向。

《载人航天出版工程》凝结了国内外载人航天专家学者的智慧和成果，具有较强的工程实用性和技术前瞻性，既可作为从事载人航天工程科研、生产、试验工作的参考用书，亦可供相关专业领域人员学习借鉴。期望这套丛书有助于载人航天工程的顺利实施，有利于中国航天事业的进一步发展，有益于航天科技领域的人才培养，为促进航天科技发展、建设创新型国家做出贡献。



2013年10月

译 序

从1962年3月10日科罗廖夫签署文件正式命名起,苏联/俄罗斯的联盟号飞船已经走过44年的历程。经过了1966年11月28日联盟系列飞船第一次无人飞行,1967年4月24日联盟1号飞船第一次载人飞行回收失败,1971年6月30日联盟11号飞船失压事故等一系列失利的考验和改进后,联盟系列飞船安全飞行了35年,成为当今世界上仍在使用的、最可靠的载人运输飞船。联盟号飞船取得的非凡成就说明其设计可靠,适应目前载人航天发展的需要。

本书系统地介绍了联盟系列飞船的发展历史和系统设计,我们可以从中学学习总结很多经验教训,这对我国载人飞船的设计有重大的借鉴意义。

中国航天科技集团公司载人航天办公室主任周晓飞、中国空间技术研究院张柏楠和尚志组织了本书的翻译与统稿工作。前言等由方方翻译,第一章由徐小平翻译,第二章由孙峻、梁建辉翻译,第三章由王翔翻译,第四章由吴静、汤溢、石泳翻译,第五章由陈晓光翻译,第六章由程天然翻译,第七章由夏奕、张辉、石泳、汤溢翻译,第八章由盛培杰翻译,第九章由郑伟翻译。

本书在翻译过程中得到了中国宇航出版社的帮助,邓宁丰、苏敏、易新、舒承东、曹晓勇等参加了译校工作,在此表示衷心的感谢。

参加本书翻译、译校与统稿的都是在一线工作的同志,他们都有繁重的工作,在时钟的催促声中,终于完成了全书的翻译、出版工作。如果由于他们的疏忽给读者带来了不便,敬请批评、谅解。

译 者

2006年4月

谨以此书献给 OKB—1 设计局的总设计师——
S·P·科罗廖夫 (1917 年~1966 年)



献给并纪念作为先驱者的联盟号飞船的航天员——

V·M·科马罗夫(V. M. Komarov)(1927 年~1967 年)

G·T·多布罗沃尔斯基(G. T. Dobrovolsky)(1928 年~1971 年)

V·N·沃尔科夫(V. N. Volkov)(1935 年~1971 年)

V·I·帕察耶夫(V. I. Patsayev)(1933 年~1971 年)

献给 40 多年来参加每一次联盟号飞船非凡的设计、规划、建造、飞行准备和地面支持的千千万万个默默无闻的工作人员们。

序

联盟号(Soyuz)飞船诞生已40年，它是在1962年首先由第一试验设计局(OKB-1)研制和生产的(随后OKB-1设计局重组为科研生产联合体NPO，后又并入科罗廖夫能源联合体(RKK Znergiya))。由于种种原因上升3号(Voskhod 3)飞船的飞行计划取消了，我没能参加完这次飞行的全部训练。之后，我的主要工作是成功完成联盟号飞船的飞行任务和参加飞行试验。

1969年我作为指令长参加了联盟4号飞船的飞行，并与联盟5号载人飞船成功地完成首次对接。作为规划中的月球计划，该次对接使联盟号飞船完成了转移两名航天员的任务。在联盟6号、联盟7号和联盟8号飞船的飞行中同样完成了交会和对接试验。在我的第三次飞行，即联盟10号飞船的飞行中我们进行了为礼炮号(Salyut)空间站设计的新对接组件的对接试验。

从1971年到1991年，我负责航天员的选拔、训练和队伍组建工作，负责航天员教学和训练设备的改造，以及所有与航天员活动相关的事务。我当过空军司令的助手，后来我担任加加林航天员训练中心的主任。

联盟号是一艘非凡的飞船，它使我们创造了许多难忘的第一。事实证明它可以满足许多不同的任务需求，现在联盟号飞船用于支持国际空间站(ISS)计划。

我为苏联/俄罗斯在空间领域的成就感到骄傲，也为我自己在联盟计划中担当的角色感到自豪，并为本书包含了这些内容感到非常欣慰。

V·A·沙塔洛夫

2002年9月18日



空军中将 V · A · 沙塔洛夫 (V. A. Shatalov),
苏联航天员, 曾两次荣获苏联英雄称号

Космическому кораблю Союз уже около 40 лет. Первые разработки Проводились в конструкторском бюро ОКБ-1 (позже преобразованном в НПО, а затем в РКК Энергия имени академика С.П. Королёва), начиная с 1962 года. Мне не довелось пройти весь объем подготовки к полету на корабле Восход-3, который в силу ряда причин так и не состоялся. После закрытия этой Программы вся моя деятельность была связана с испытаниями и обеспечением дальнейшей эксплуатации кораблей Союз.

Так в 1969 г. в качестве командира корабля Союз-4 была выполнена первая стыковка в космосе с пилотируемым кораблем Союз-5, что позволило осуществить внешний пересход двух космонавтов, как это предусматривалось нашей лунной программой. Эти же задачи предусматривались во втором полете трех кораблей Союз-6,-7,-8. В третьем полете на корабле Союз-10 в 1971 г. проводились испытания нового стыковочного узла, предназначенного для обеспечения внутреннего перехода из транспортного корабля на борт орбитальной станции Салют.

С 1971 года по 1991 год я отвечал за отбор космонавтов, их подготовку, формирование экипажей, постоянное совершенствование учебно-тренировочной базы и деятельности космонавтов вначале как помощник Главнокомандующего ВВС страны, а затем совместив эту должность и обязанности начальника ЦПК им. Ю.А. Гагарина.

Союз – прекрасный космический корабль, позволивший нам установить многочисленные выдающиеся приоритеты в космосе. Он доказал прекрасную возможность стыковки с различными типами космических объектов. В настоящее время он используется для обеспечения работ на МКС.

Я горжусь достижениями советской и российской космонавтики и своей ролью в этих успехах. Высоко ценю роль, которую сыграл космический корабль Союз, и рад быть действующим лицом в этой книге.

Владимир Александрович Шаталов
Дважды Герой Советского Союза
летчик – космонавт СССР
генерал-лейтенант авиации

18.09.2002

作者的话

自从1961年4月尤里·加加林乘坐东方号(Vostok)载人飞船绕地飞行108分钟,人类开始了对太空的探索。1961年~1965年间,又有其他10名航天员乘坐东方系列飞船完成了人类在地球轨道的飞行。1967年诞生了新一代的载人飞船——联盟号。联盟号载人飞船具有多种用途,它还能将航天员送入月球轨道。

在美国,1961年~1963年间研制了能载1人的水星号(Mercury)飞船,到1965年~1966年被能载2人的双子座号(Gemini)飞船替代,随后又被能载3人的阿波罗号(Apollo)飞船替代(1968年~1975年)。自1981年后,除了3名美国航天员外,其余都是乘坐美国第四代载人航天器——航天飞机进入太空的。相反,苏联/俄罗斯的航天飞机暴风雪号(Buran)从未进行过载人飞行,所以大多数苏联/俄罗斯航天员仅仅是依靠他们的第二代多用途载人飞船——联盟号进入太空的。近40年,联盟号飞船一直是苏联/俄罗斯航天员进入太空的主要载体,只有少部分航天员参加过美国航天飞机的飞行试验。作为在冷战高峰和太空时代黎明期间诞生的联盟号飞船,将继续是人类探索太空的一个独立部分,同时又是国际空间站系统的一个重要组成部分,并将是服役超过40年的唯一的飞船。

本书讲述了这一非凡的联盟号飞船的历史故事,包括在东方号飞船设计研究基础上的发展及其不断改进以满足担当多用途角色的需要,例如:载人和不载人、军用和民用、近地轨道飞行和探月飞行、独立飞行和作为往返运输飞船为空间站提供补给。

本书从开创俄罗斯的载人太空飞行的东方号和上升号(Voskhod)飞船(如《坐在火箭上的人》(2001年)一书中描述的)开始讲述,介绍了俄罗斯新一代载人飞船的设计和发展,以及地面支持系

统和运载器如何改进以满足新一代飞船的需要，也包括为完成这些任务对新的乘员组的筛选和训练。

联盟号飞船的发展是一个复杂的过程，它可以划分为几个不同的阶段。首先是20世纪60年代早期的设计研制阶段，然后是初期不顺利的验证试验飞行阶段和军事应用研制阶段，到60年代末期发展为同样受挫的载人登月计划研制阶段。从1971年开始，联盟号飞船主要用作空间站的天地往返运输飞行器，最初为礼炮号空间站服务，1986年开始为和平号(Mir)空间站服务，2000年开始为国际空间站服务。

在应用过程中，联盟号飞船的船上系统和设备经历了几次改进设计，在本书的相关章节对其主要变化进行了讨论和介绍，它包括早期的试验飞行、单独的科学试验任务、初期的双人空间站运输飞船、可载3人的飞船、无人货运飞船，以及近期对国际空间站的支持计划。与上升号飞船一样，联盟号飞船也可用于无人飞行，这些在书中都有介绍。书后附录中列出了联盟系列飞船全部的飞行数据和全体乘员的飞行经历等。

“联盟”(Soyuz)的字母组合表示两个运输工具的物理对接，它也是那个时代所蕴含的一个政治术语。总之，联盟号飞船经受了长期的各种飞行考验，成功地实现了所有的改进设计，最重要的是，证明了联盟号是一艘值得信赖的宇宙飞船。

R·D·霍尔

D·J·谢勒

2003年2月

致 谢

像苏联所有早期的航天计划一样,西方媒体最初对联盟号飞船的首次飞行任务报道极少。研究者要了解联盟号飞船的情况,只能依靠新闻出版物或一些小册子、《苏联周刊》和《苏联新闻》中的文章、莫斯科广播电台的广播、偶尔在《真理报》和《消息报》刊登的一些文章以及苏联出版的几本书。这与来自美国国家航空航天局(NASA)和主要承包商对阿波罗计划的丰富信息形成鲜明对比。

作者本人的知识来源于对早期报道和出版物的研究,以及翻译西方早年的《航空周刊》、《国际飞行》和英国星际学会的出版物。随着联盟号飞船计划的发展,从20世纪70年代起联盟号飞船开始为礼炮号空间站服务,并可运送来自其他国家的航天员,从而可以获得更多、更详细的关于联盟号飞船的信息(下面将列出一些主要来源)。这些信息包括NASA提供的阿波罗-联盟号联合试验项目(the Apollo-Soyuz Test Project, ASTP)的资料、前国际空间小组成员以及与欧洲和亚洲国家的商业合作项目提供的资料。1991年随着苏联的解体,其航天计划逐渐变得开放,容易获得更多信息。联盟号在俄罗斯的应用主要是为和平号空间站服务,近几年主要用于国际空间站计划,取得了丰硕的成果。

通过与多年对苏联/俄罗斯的航天计划进行跟踪的人员的广泛交流,获得了联盟号飞船大量的信息和分析结果。这些信息的收集者主要有C·伯格(C. Burgess)、M·卡萨特(M. Cassutt)、P·克拉克(P. Clark)、B·哈维(B. Harvey)、B·亨德里克斯(B. Hendrickx)、G·胡珀(G. Hooper)、N·基德格(N. Kidger)、J·奥伯格(J. Oberg)、A·萨蒙(A. Salmon)、C·维克(C. Vick)

和 B·维斯 (B. Vis)。

本书很大程度上得益于 B·亨德里克斯先生的对俄罗斯庞大的航天计划有关的知识、经验和大量的译文,包括卡曼宁 (Kamanin) 的日记 (1960 年~1971 年)。B·亨德里克斯对本书的编写给予了无私的帮助,在对联盟号飞船许多方面的研制工作进行确认时给予了指导。

感谢 V·A·沙塔洛夫空军中将为本书写序,感谢星城 (Star City) 博物馆馆长 E·埃辛纳 (E. Esina),也感谢俄罗斯在太空探索方面的顶级期刊《宇航新闻》的员工以及他们的工作。

感谢英国星际学会及其员工,感谢他们的合作。不可否认,卡特林小组先期的开创性研究工作,美国国会研究部门的 G·佩里 (G. Perry)、C·谢尔登 (C. Sheldon) 和 M·史密斯 (M. Smith) 的工作,对本书的编写给予了帮助。

以下人员多次提供咨询,并对进一步的研究提出了很好的建议,他们是 W·P·巴里 (W. P. Barry) (《导弹设计局和苏联载人航天政策》,1953 年~1970 年)、P·克拉克 (《苏联载人航天项目》)、N·L·约翰逊 (N. L. Johnson) (《苏联载人航天飞行手册》)、D·S·F·波特里 (D. S. F. Portree) (《和平号空间站的硬件》)、A·西季奇 (A. Siddiqi) (《对阿波罗的挑战——苏联和太空竞赛》,1945 年~1974 年) 和 T·瓦福洛梅耶夫 (T. Varfolomeyev) (《征服太空的苏联火箭》)。

感谢位于得克萨斯州休斯敦的约翰逊航天中心的公共事务办公室的帮助,感谢 NASA 档案馆的员工,感谢休斯敦的 Clear Lake 大学,感谢他们在作者收集联盟号飞船、天空实验室 (Skylab)、航天飞机和空间站的资料时提供的 NASA 的有关档案。

感谢 R·吉本斯 (R. Gibbons)、C·维克、D·伍兹 (D. Woods) 的艺术才能以及友好地同意引用他们的成果。除非特别说明,所有图片都来自于作者的收集或 NASA。进一步的信息可查阅 M·韦德 (M. Wade) 的网址 (www.astronautix.com) 和 S·格

兰 (S. Grahm) 的网址 (www.svengrahn)。

特别感谢 L·凯特博恩 (L. Kelterborn) 对起草本书给予的关注和最初提出的建议, 特别感谢 M·谢勒 (M. Shayler) 对提交的手稿进行编辑之前无数小时的准备。感谢 B·马里奥特 (B. Marriott) 主编在准备正文和插图出版时所进行的努力。感谢 C·霍伍德 (C. Horwood) 和他在施普林格出版社的同事于 2003 年完成本书所经历的漫长的过程和给予的长期的耐心工作。

D·J·谢勒 (1927 年~2002 年), 在他整个家庭的努力支持下, 对于太空探索的毕生爱好、支持和鼓励, 将被我们永远铭记。

前 言

与乘坐美国的航天飞机不同，乘坐联盟号飞船往返于太空的旅行既有传统性、高技术性，又激动人心。发射当天，住在哈萨克斯坦列宁斯克宾馆的乘员组成员由随队医生叫醒。在离开房间前的最后 10 分钟进行身体检查，每位乘员组成员给他们的亲属留一封信，并且从精神上作好完成任务的准备。穿上轻便的训练服离开宾馆房间前，乘员组成员在门后签上他们的名字，这是他们的传统习惯，不管事情会多么复杂，他们都将保持轻松和有序，并且有充足的时间完成全部必要的程序。

很快他们离开航天员宾馆登上大巴，驶向航天员区，进入位于发射台附近的 MIK 飞行准备大楼的几间小屋。在这里进行酒精梳洗——准备飞行前的最后一次消毒；穿上带有心电图胸带的飞行内衣，以便在轨道上监视他们的心率和呼吸；然后穿上 Sokol 航天服——用于上升飞行段和返回飞行段，把手套扣到手臂上，关闭头盔和面罩，测重和测压。这些测试项目在面向采访区窗户（拉上窗帘）的座椅上完成。测试完成后，拉开窗帘，乘员组成员穿着打开头盔和未加压的航天服，手套放在腿部的口袋里，召开记者见面会。

之后，他们走到 MIK 大楼外面，站在画有三个相邻白色正方形的水泥地上，每个正方形上站一位乘员：指令长 KK（Komandir Korablya）、飞行工程师 BI（Bort Inzhener）、载荷专家 KI（Kosmonavt Issledovatel）。乘组成员站在他们各自的方块中，面向站在标有 PGK 字样的方块中的国家委员会（the State Commission）主席，然后飞船指令长敬礼并报告所有乘员组成员已完成训练，并作

好执行飞行任务的准备。国家委员会主席回礼，同意飞行，预祝飞行成功并安全返回（通常带有微笑）。大量的技术人员、政府官员、设计人员和热心群众参加该仪式。



在起程登车去发射台之前，联盟号飞船的乘员组成员（站在三个白色正方形里）向国家委员会主席（站在第四个正方形里，面向乘员组）汇报飞行任务的准备情况

满载着美好的祝福和老航天员对于失重情况的自我调节的经验，他们重新登上航天员大巴，开向发射台。沿路他们会停下来做一件事（由加加林开始的传统）：所有男性乘员将“尿湿”大巴轮胎。到达发射台后，穿着 Sokol 航天服的乘员组成员从大巴上下来，提着服装冷却设备走向发射台基座。在这里有更多的记者、政府要员和热心群众给予他们美好的祝福，但乘员组成员家属不允许进入该区域。随后他们一步一步登上台阶，停下来挥手，向在场各位致意。除了乘员组成员，只有两名工作人员可以乘电梯进入飞船平台。（这时另一个传统习惯是：有关人员同时说“祝好运”（“break a leg”）。俄罗斯人相信，如果有人祝你幸运，回答一定是“到地狱去”（“Go to Hell”），否则你将不幸。）

联盟号飞船的运载火箭是在 R-7 导弹的基础上研制的。发射那天，它屹立在发射台上，指向蓝天，显得与众不同。加注完推进剂后，主发射架倾斜并打开，发射台下面浓密的白烟翻滚，发出吱吱声，仿佛告诉乘员组成员：发射系统正等待他们登上飞船。极冷的推进剂箱外表面结满了冰层。从发射台基座上看，火箭似乎很小，但走近它就会感受到它庞大的身躯。当乘员组成员登上飞船平台后，会感受到火箭在风中有些轻微摆动。

根据联盟号飞船的设计方案，乘员舱（返回舱）在飞船三舱结构的中间，发射时位于整流罩里面。乘员舱唯一的进入舱门位于该舱的前端，与轨道舱相连，直到任务末期再入前它才与轨道舱分离。因此轨道舱有三个舱门，前舱门供在太空进行乘员转移使用，发射时由对接设备封闭；侧舱门是发射时乘组成员唯一的进入通道，也可用于从联盟号飞船进行舱外活动（EVA）。随着整流罩上侧板的移开，轨道舱侧舱门打开，两位发射台上的技术人员拿着一个支架爬进去，将支架固定在舱门到乘员舱底部之间。乘组成员一个接一个进入飞船：首先，去掉头盔上的防擦保护层，坐在轨道舱舱门边缘，让技术人员脱掉其外面的防护鞋；然后头先进，身体再滑入。在轨道舱里，在两名技术人员帮助下乘员组成员手扶支架下到乘员舱里。飞行工程师第一个到达乘员舱，他的任务是在坐入左手旁的座位前，完成乘员舱发射前的最后检查（包括乘员座椅的正确安装）；下一个是载荷专家，他挪动自己坐在右手位置上。最后，在同伴和返回舱门处的一位技术人员的帮助下，指令长沿支架下来，系好束缚带。在狭窄的乘员舱里，当乘员想抬起双腿呈半躺的发射体位时十分困难。当他们进舱和试图降低航天服的压力时，手肘碰撞和互相影响是不可避免的。只有当最后他们躺在座椅上膝盖朝上，才会感到在航天服里很舒服。当所有人员确信通过控制中心已与乘员组建立起通信联系（包括一路电视图像）后，舱门才铿锵一声关上，整流罩盖扣上，发射台上的人员撤离，只留下乘员组成员。位于运载火箭上