

航天员 出舱活动

概论

HANGTIANYUAN
CHUCANG HUODONG
GAILUN

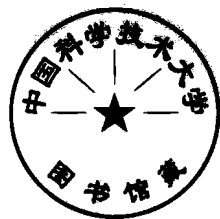
◎ 主编 黄伟芬



国防工业出版社
National Defense Industry Press

航天员出舱活动概论

主 编 黄伟芬
副主编 吴国兴
编 写 黄端生 王 一
常 磊 刘兴华



国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书系统地阐述了出舱活动的定义、目的与任务、分类以及作用和意义,全面介绍了出舱活动发展历史和趋势,介绍和论述了出舱活动中出现过的故障、问题和累积的经验,并简要介绍了我国出舱活动的任务背景和要求等。本书附有历年来国际上各次出舱活动任务的基础情况,便于查询。

本书内容翔实,对航天员、航天员训练教员和从事舱外航天服研制、载人航天工程的技术人员和管理人员以及广大航天爱好者均具有很好的阅读性和重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

航天员出舱活动概论/黄伟芬主编. —北京:国防工业出版社,2008.9
ISBN 978-7-118-05925-0

I. 航... II. 黄... III. 航天器舱外活动—技术史
IV. V529-09

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 131435 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 插页 2 印张 12½ 字数 171 千字

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 28.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

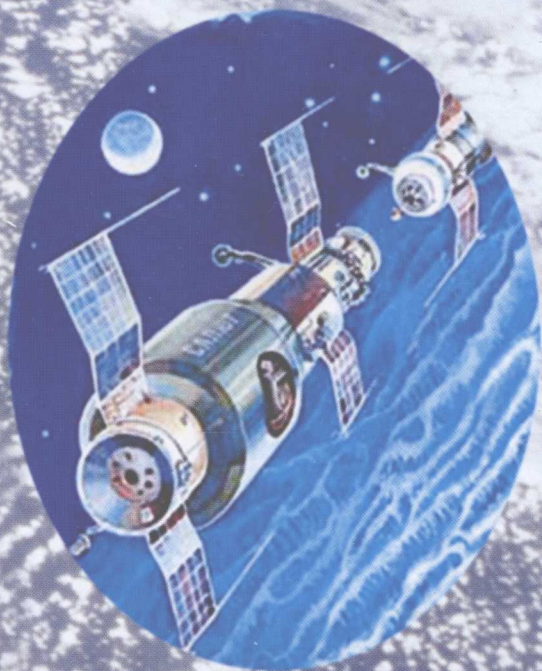
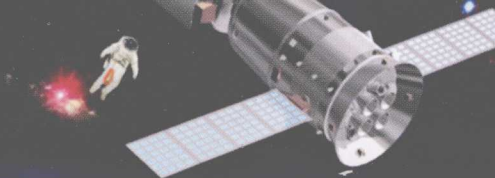
国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

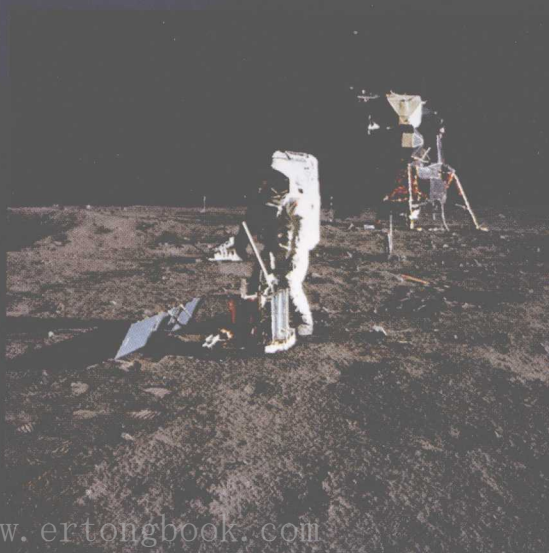
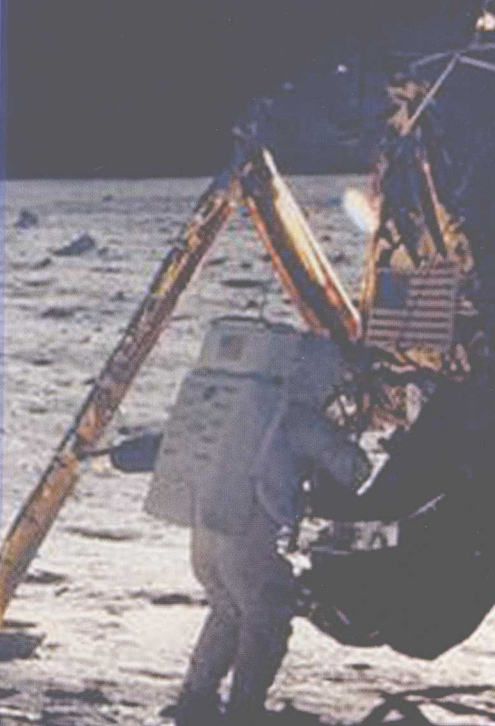
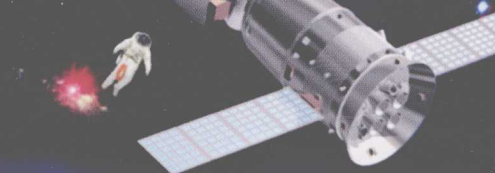
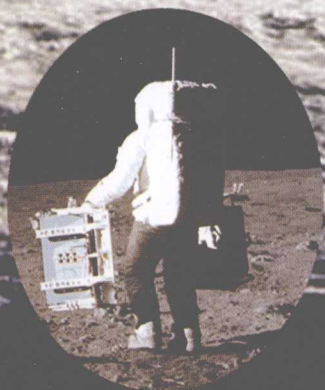
发行业务:(010)68472764

世界上首位出舱活动的人



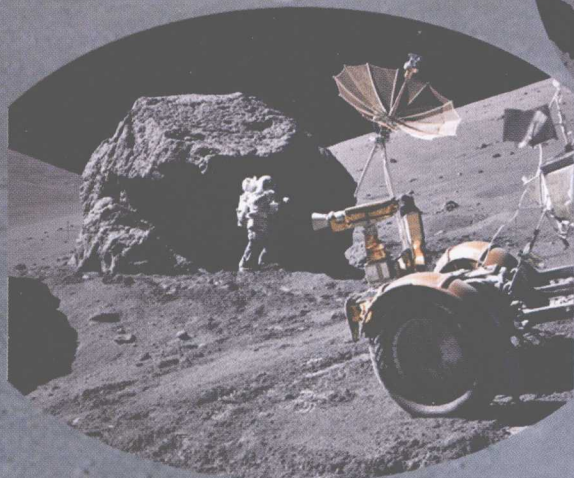
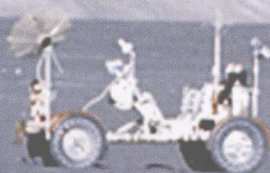
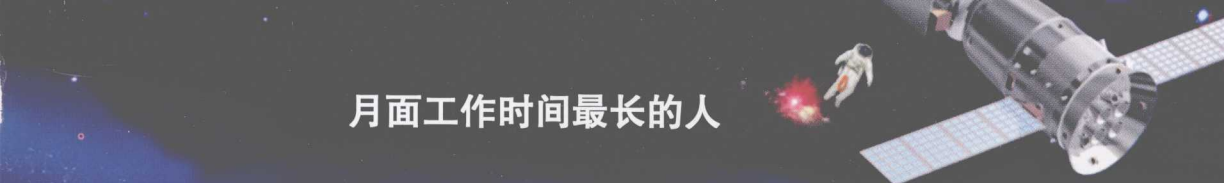
1965年3月18号上午2号飞船航天员：阿列克谢·阿尔希波维奇·列昂诺夫进行世界上第一次出舱活动。

首批登月的人



“阿波罗”11号飞船3名航天员：
从左至右：尼尔 A·阿姆斯特朗、
迈克尔·柯林斯和埃德温 E·奥尔德林。

月面工作时间最长的人



上图为航天员哈里森·杰克·施米特
右图为航天员尤金 A·赛尔南

迎接新挑战



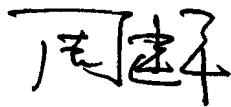
序

20 世纪 90 年代初,党中央做出决定,正式启动我国的载人航天工程,我国航天事业从此进入了一个崭新的发展阶段。经过十多年的努力奋斗,我国实现了载人航天飞行的历史性突破,成为了世界上第三个依靠自己的力量将自己培养的航天员送入太空并安全返回的国家,实现了“三步走”发展战略的第一步目标,取得了丰硕的成果。这一成就,凝聚了几代航天人的心血和汗水、智慧和勇气、奋斗和奉献!

中国载人航天工程第二步任务首场战役的目标是实现我国太空出舱活动技术的突破。出舱活动是载人航天的重要组成部分,其根本目的是为了更直接地进入空间,更充分地发挥人在太空中的作用,建造、维护和维修航天器,从事科学实验和太空研究与探索活动,更深入地认识空间和更广泛地利用空间资源。作为实施出舱活动的主体,航天员必须经过充分、严格、科学的训练,全面系统地了解 and 掌握出舱活动的相关知识和技能,具备执行出舱活动的能力,才能圆满完成出舱活动任务。《航天员出舱活动概论》一书的作者以忠于史实为基点,全景再现了载人航天史上出舱活动的发展历程,介绍了出舱活动的历史及相关知识。全书内容丰富,语言流畅,图文并茂,可读性强,不仅能满足航天员出舱活动训练的需要,而且对从事载人航天工程的专业技术人员和管理人员也极具参考价值。广大的航天爱好者也会发现书中充满了他们感兴趣的知识和历史史料。

自从中国人第一次激动地仰望太空,寻找那一颗属于自己国家的卫星,到如今神舟飞天,嫦娥探月,中国航天事业已经步入黄金时代。今年十月,中国航天员将承载着中华民族的梦想与希冀,再次出征太空,进行出舱活动,为中国载人航天史写下新的一页。发展载人

航天事业不仅是我們執着的追求,更是國人自強不息、屹立于世界民族之林堅定決心的體現。我們堅信,中國的載人航天事業必將迎來更加燦爛輝煌的美好未來!

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized Chinese characters, likely '吴建宁' (Wu Jianxing).

中國載人航天工程總設計師

2008年8月

前 言

航天员训练是确保载人航天飞行安全和圆满完成飞行任务的一个必不可少的重要环节,在载人航天计划中一直受到高度重视。航天员出舱活动训练,对确保圆满完成神舟七号任务,我国载人航天工程实现里程碑意义的重大历史性突破具有至关重要的作用。航天员作为实施出舱活动的主体,必须通过训练才能全面系统地了解 and 掌握出舱活动的相关知识和技能,具备执行出舱活动的能力,这是实施出舱活动的前提条件。因此,为了满足航天员出舱活动训练的需要,我们查阅和分析了大量国内外相关资料,编写了《航天员出舱活动概论》一书,为航天员训练提供教材,以使训练得以实施。

本书分六个章节全面系统地介绍了出舱活动的发展历程及舱外航天服等相关的科学技术知识,并通过对国外出舱活动的故障分析,总结了出舱活动经验,展望了出舱活动的发展趋向并阐明了我国出舱活动的背景和任务要求。

本书以全新的视角系统地回顾了历史,内容丰富翔实,融科学性、知识性和趣味性于一体,为广大读者揭开出舱活动神秘的面纱,拉近了人与宇宙的距离,既是航天员训练和航天员教员培训的专业教材,又是从事载人航天工程的专业技术人员和管理人员的学习与参考读物,尤其对从事舱外航天服研制等技术工作的人员极具参考价值,同时也是一本向广大航天爱好者普及载人航天知识的科普性读物。

本书在编写的过程中得到了 921 办、第五空间技术研究院、人民军医出版社等单位的鼎力支持与帮助。921 工程副总设计师宿双宁、飞船系统原总设计师戚发轫院士以及航天员系统副总设计师王宪民对书稿进行了审阅和修改。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,时间紧迫,错误和疏漏之处一定不少,热忱欢迎批评指正。

编者

2008 年 3 月

目 录

第一章 出舱活动概述

1.1	出舱活动的定义	1
1.2	出舱活动的目的和任务	4
1.3	出舱活动的分类	8
1.4	出舱活动在载人航天中的意义与作用	15

第二章 出舱活动的发展历史

2.1	出舱活动的发展阶段	19
2.2	苏联俄罗斯的出舱活动历史	22
2.3	美国的出舱活动历史	24
2.4	国际空间站出舱活动情况	37
2.5	出舱活动航天服的发展历程	43

第三章 国外出舱活动经验

3.1	舱外航天服	47
3.2	出舱活动作业技巧	69
3.3	航天员出舱活动程序	73
3.4	气闸舱	78
3.5	出舱活动安全带	82
3.6	出舱活动安全	84
3.7	出舱活动训练	93
3.8	出舱活动系统整合	104
3.9	地面控制中心出舱活动控制台	107
3.10	出舱活动装备的设计	110
3.11	出舱活动的计划管理	112

第四章 出舱活动中的故障分析

4.1 国外航天员出舱活动中出现的故障	123
4.2 国外出舱活动中的故障统计	129
4.3 国外出舱活动中的故障分析	132
4.4 国外出舱活动中的经验教训对我们的启示	135

第五章 出舱活动的发展趋向

5.1 未来载人航天的发展趋向	139
5.2 对未来出舱活动系统的总体要求	145
5.3 出舱活动各系统的目前状况与具体要求	147

第六章 我国出舱活动的背景和任务要求

6.1 我国出舱活动的背景	156
6.2 我国出舱活动的任务要求	160

附录 出舱活动记录表	166
参考文献	190

第一章

出舱活动概述

出舱活动是载人航天的重要组成部分。苏联航天员 Y. 列昂诺夫于 1965 年 3 月 18 日从“上升”2 号载人飞船走出舱门,成为人类历史上第一个进入太空的人。紧接着,美国航天员 E. 怀特也于同年 6 月 3 日在“双子座”4 号飞船实现了美国的首次出舱活动。从那时以来,已经过去了 40 多年,世界上已经累计进行了近 300 次的出舱活动,取得了许多引人瞩目的成就。但是迄今为止,世界上还只有俄、美两国掌握了出舱活动技术。目前,一些航天大国正在发展或准备发展属于自己的出舱活动技术。

1.1 出舱活动的定义

至于出舱活动的定义,世界航天界从一开始就存在明显的分歧,但最终经过长时间的磨合逐渐趋于一致的认识。虽然,我国的载人航天起步较晚,但有关部门也适时地在有关标准中对出舱活动作出了科学的定义。出舱活动的科学定义将有助于正确、全面地了解出舱活动的基本特性,这对出舱活动任务的设计、相关产品研制和出舱活动任务的实施是有重要指导意义的。

一、苏联与美国早期在出舱活动定义上的分歧



什么是出舱活动?在苏联和美国之间,特别是早期对此问题的认识一直存在着很大的分歧。例如,俄罗斯航天员认为出舱活动



是在真空的环境中活动；而美国航天员则认为，当他们在进行出舱活动时至少他们的头部应当伸出舱外。俄罗斯和美国双方这种认识上的差异完全是由于他们两国在出舱活动的设计思想和采取的技术路线上的不同所引起的。在俄罗斯早期的载人飞船上，一开始就采用了以附加的气闸舱作为实现舱内外压力过渡的手段。出舱活动航天员是经过气闸舱离开飞船进入太空的，留守在密闭舱内的非出舱活动航天员自然是处于正常的舱内气压环境之中。与俄罗斯的技术途径不同，美国早期的出舱活动是通过载人飞船乘员舱直接的泄压和复压来实现正常舱压与出舱真空环境的压力过渡。因此，当 E. 怀特在“双子星座”4 号飞船的舱门外进行出舱活动时，他的乘组伙伴 J. 麦克迪维特虽然也穿着舱外航天服暴露于真空环境中，但是他始终停留在舱内，没有走出舱门，因此不被认为是执行了出舱活动任务。

尽管俄、美双方对出舱活动的认识上长时间存在分歧，但是这并不妨碍他们对对方有关出舱活动的解释和记录采取彼此相互认可的态度。后来，随着美国的载人航天器上也设置了气闸舱，两国又陆续开展了多次的联合载人飞行，双方对出舱活动定义的认识就逐渐趋于一致。

二、NASA STD 3000 对出舱活动的定义



美国航空航天局(NASA)于 20 世纪 90 年代在它制定的标准《人系统整合》(NASA STD 3000)对出舱活动这一术语作出了明确的定义。根据这一标准，出舱活动(Extravehicular Activity, EVA)的定义是：

穿着航天服的航天员在真空和太空环境中进行的主动性活动。

Active performance by a space suited crewmember in an unpressurized or space environment

这一定义限定了出舱活动是航天员在非压力(即真空)的环境或空间环境进行的活动。这一定义消弱了俄、美两国在出舱活动定义上的分歧，同时已被世界上其他许多国家的航天机构所广泛接受和采纳。



三、我国有关军用标准对出舱活动的定义



我国在载人飞船工程立项后不久,载人航天的管理部门就分别组织有关单位编制相应的名词术语国家军用标准,其中均对出舱活动作出了定义。这两个国家军用标准分别是载人航天工程办公室归口、航天科技集团五院负责起草的《载人航天工程术语》和总装备部司令部归口、航天医学工程研究所负责起草的《航天医学工程术语》。

在1995年发布的国家军用标准《载人航天工程术语》(GJB 2496—1995)中,出舱活动的定义是:

航天员在航天器舱外的太空中进行的各种活动。

在1997年发布的国家军用标准《航天医学工程术语》(GJB 2969—1997)中,出舱活动的定义是:

航天员穿着舱外航天服到航天器舱外执行架设、组装、维修等任务的过程。

上述两项国家军用标准关于出舱活动的定义基本上是相同的,两者都明确规定了出舱活动是航天员在航天器舱外进行的活动。所不同的只是后者强调了航天员是在穿着舱外航天服的条件下进行出舱活动,同时还列举了出舱活动的几种典型任务。

四、由定义体现的出舱活动的特征



出舱活动的定义虽然简单明了,但它却包含了多层次的深刻含义,十分明显地体现出出舱活动基本特征。根据出舱活动的定义,它具有如下基本特征。

1. 航天员是出舱活动的主体

首先,航天员是出舱活动的主体。出舱活动是人的活动,而不是机器人或任何其他动物。因此,在考虑出舱活动任务的设计、研制和试验中,必须坚持“以人为本”的理念,确保出舱活动中人的安全。

2. 出舱活动是在空间真空环境中进行的

其次,出舱活动是在空间真空环境中进行的。航天器的环境对于人体来说是十分严峻和恶劣的环境,它包括真空、冷黑、高低温、辐射和微流星等各种对人体有危害的环境因素。但其中最主要的是真



空,人在真空环境中是不能生存的。因此,出舱活动的关键问题是必须解决真空条件下对人体的防护。

3. 航天员是穿着舱外航天服进行出舱活动的

再者,航天员是穿着舱外航天服进行出舱活动的。出舱活动的定义中之所以明确规定出舱活动是穿着舱外航天服这一点,是因为只有舱外航天服才能为航天员在出舱活动中提供真空环境条件的个人防护。因此,舱外航天服是出舱活动必备的关键性装备,也是出舱活动的最具标志性的航天产品。

4. 出舱活动是人的主动性行为

最后,出舱活动还是人的主动性行为。这也是出舱活动的根本目的所在。根据出舱活动的这个含义,当一个航天员虽然处于空间环境之中,但他没有从事主动性的行为,也不能认为是执行了出舱活动。如上面提到的美国“双子座”4号航天员J. 麦克迪维特(见本节“一、苏联与美国早期在出舱活动定义上的分歧”部分),他虽然也处于真空环境之中,但他被束缚在舱内的座椅上,只从事飞船的监视和其他舱内操作,并没执行任何实质性的舱外操作,因此不能认为是执行了出舱活动。相反,即使是在航天器舱内,但如果航天员是在真空环境内进行的是实质性的空间操作,却可认为是执行出舱活动任务。在俄罗斯“和平”号空间站上,几次发生的航天员采取出舱活动的方式进入真空的舱内环境实施空间修理作业就是这种情况。

1.2 出舱活动的目的和任务

一、出舱活动的目的



出舱活动在本质上是人类在宇宙空间进行的一种探索和实践的活动,其根本目的是为了更直接地进入空间,更深入地认识空间和更有效地利用空间。

1. 更直接地进入空间

在人类社会漫长的进化历程中,人类总是不断地扩大自己的活动范围,从地面到海洋,又从海洋到天空。到了以苏联航天员加加林



的首次空间飞行为起点的载人航天时代,人类终于实现了自己的愿望,将自己的活动疆域扩展到了地球的外层空间,这是人类探索与实践活动的一次历史性飞跃。然而,在最初的载人航天计划中,航天员还只能在飞船的密闭舱内进行他们在空间的旅行,整个过程中他们始终只能在飞船环境控制生命保障提供的人工大气环境中生活和工作,他们的所有活动都只能在飞船的舱内完成。在这种意义上,人类还没有真正地进入空间真空环境。人类永无止境的探索精神不会以此得到满足,人们依然渴望走出飞船,更直接地进入空间。出舱活动正是实现人类这一目标的唯一途径。

2. 更深入地认识空间

人类的知识来自实践,人类在不断扩大自己活动范围的同时,也在不断提高自己的认识水平。在早期的载人飞行中,飞船的密闭乘员舱限制了人们在空间的活动。航天员只能通过舷窗或光学镜头来观察舱外的空间现象,不免是“管中窥豹,时见一斑!”;他们只是通过舱外设置的各类观测设备间接地去“感知”空间,很有“近在咫尺,远在天边”的感觉。这种空间飞行方式不仅限制了人们在空间活动的范围,也必然同时在很大程度上限制了人们对空间现象、规律的认识。因此,突破航天器的限制,让航天员走出舱外,更直接地在空间进行各种探索活动,对于更深入地认识空间是有着重要意义的。

3. 更有效地利用空间

进入空间,认识空间,是为了利用空间。利用空间是人类开展载人航天活动的最根本目的。事物总是一分为二的,空间环境对于人类来说,既有严峻艰险的不利的一面,更有资源富饶的有利的一面。空间的高真空、高洁净、冷黑、微重力、辐射等环境因素对于某些物理过程、生物加工工艺、生物试剂生产和物种选育是非常重要的,而这些环境条件又是地球上所没有或是在地面很难人工建立的。此外,空间还蕴藏着大量的物质资源与能量资源,对于人类长期赖以生存,现今各种资源又日趋短缺的地球来说,空间资源相对是“取之不竭,用之不尽”的。为了人类社会的可持续性发展,应当充分地开发和利用空间的各种资源。出舱活动正是为人们更有效地利用各种空间资源提供了可能的手段。