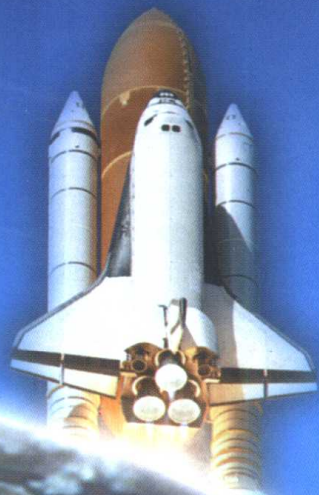
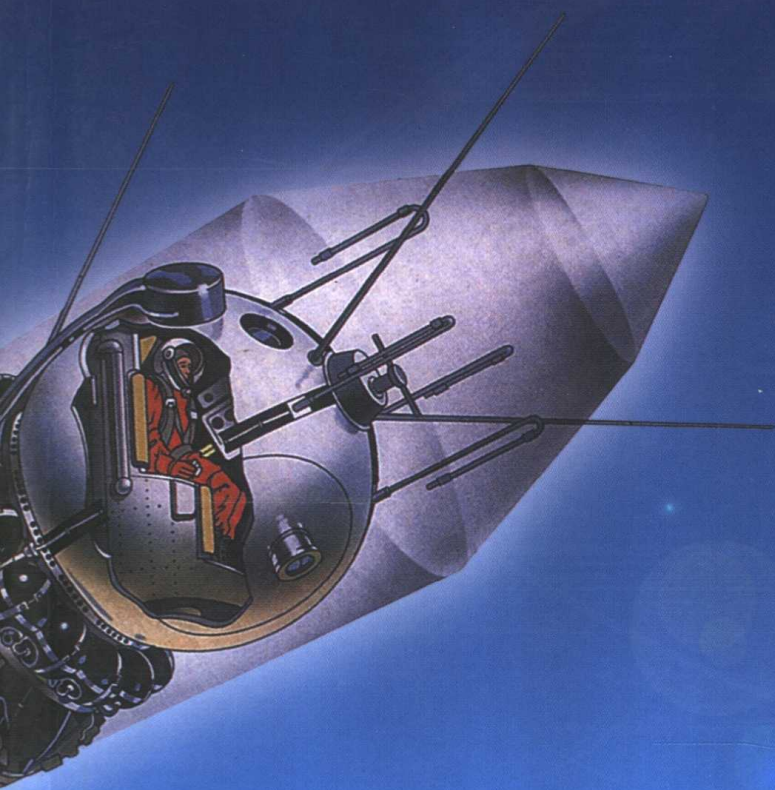


逃逸飞行器分离 动力学与仿真

李东旭·著



科学出版社

www.sciencepress.com

内 容 简 介

本书简述了载人航天中的逃逸救生问题。并以逃逸飞行器为对象介绍了其特殊结构、特殊任务及特殊分离等。研究了在逃逸救生过程中,逃逸飞行器与运载火箭分离及返回舱与逃逸飞行器分离时的相关运动学及动力学问题。包括数学建模、理论分析、数值仿真及其工程化软件设计的准则和方法,仿真任务设计等。

本书主要针对作为特殊飞行器的逃逸飞行器在运载火箭发生故障状态下的特殊分离中的运动学及动力学问题进行了系统的分析和研究。包括:逃逸飞行器在分离过程中的一系列机构运动;飞行体质心运动及刚体运动;不同飞行体之间的相对运动;不同飞行体上特殊部位之间的相对运动;分离过程中各相关飞行体上的载荷分析;逃逸飞行器上挠性附件的弹性变形及其对载荷的影响;以及分离过程中可能发生的碰撞及其对分离的影响等。

本书中的数学模型、研究方法及研究成果等对其他飞行器、航天器等的交会、对接、碰撞、分离等都有一定的参考价值。本书也可作为高等院校的研究生及工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

逃逸飞行器分离动力学与仿真/李东旭 著. —北京:科学出版社,2003.7

ISBN 7-03-011222-9

I. 逃… II. 李… III. 航空航天逃逸系统-研究
IV. V445.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 014441 号

责任编辑:张邦固 / 责任校对:柏连海
责任印制:安春生 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年7月第一版 开本:850×1168 1/32

2003年7月第一次印刷 印张:12 3/4

印数:1—1 200 字数:334 000

定价:30.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

序

自从 20 世纪 60 年代初,苏联航天员实现了人类首次太空飞行以来,载人航天已经历了四十多年的历史,取得了令人瞩目的成就并得到了长足的发展。载人航天对于一个国家的政治、军事、经济和科学技术等具有重要的意义和深远的影响,也是衡量一个国家综合实力的重要标志之一。因此,跟踪世界航天高技术,发展我国的载人航天技术,是我国航天事业发展的必由之路。

安全第一是载人航天的基本准则。确保航天员的安全始终是载人航天的核心。载人航天中完成任务的可靠性主要取决于航天大系统综合体系的可靠性,而这个综合体系的可靠性又受到航天技术发展水平的制约。因此,在载人航天中,企图单纯通过提高航天系统的可靠性来达到对航天员安全性的“万无一失”的要求是不现实的,因为两者之间往往存在较大的差距,例如当今世界各国载人运载火箭的可靠性指标均为 0.97 左右,而航天员安全性指标则不应低于 0.997。为满足较高的航天员安全性的要求,就必须在火箭上设置应急逃逸救生系统,使得在发生故障甚至是灾难性故障的情况下,能将航天员迅速带离危险区,并安全返回地面,由此提高航天员的安全性。

逃逸飞行器是在运载火箭抛掉整流罩前发生故障时帮助航天员逃逸脱险并实施应急救生的主要工具。在逃逸救生过程中包含两次不同飞行器之间的分离。分离实施的成功与否是逃逸能否成功的关键。

逃逸飞行器具有与常规飞行器不同的特殊外形和载荷分布,担负着特殊的飞行任务,而且分离是在火箭、飞船出现故障的状态下进行,分离的环境条件非常恶劣。因此,逃逸分离具有着与正常

分离不同的运动学和动力学问题以及其他特殊的问题。为了保证逃逸分离及逃逸飞行的成功实施,必须深入全面地研究逃逸飞行器分离动力学诸问题。该书即是在这样的背景下完成的。

逃逸飞行器在我国航天史上是首次研制和应用的。逃逸飞行器的分离问题也是我国航天技术中首次遇到的技术问题。本书是我国第一部系统研究逃逸飞行器分离运动学及动力学问题的专著。书中的数学模型、研究方法及研究成果不仅对逃逸飞行器的设计、研制,而且对飞船控制系统设计等具有指导意义和应用价值,对其他航天器的交会、对接、碰撞、分离等问题也具有一定的理论意义和参考价值。

本书是从从事载人航天工作的工程技术人员、管理人员和相关专业研究生的一本很好的参考书。

王永志
二〇〇二年九月

前 言

随着航天事业与科学技术的发展,空间活动日益频繁,载人航天的需求日益增加,而航天员的人身安全始终是载人航天的核心问题。从航天员进入飞船的那一刻起,航天员的安全就应得到充分保障。以载人飞船为例,航天员的安全保障总体上可分为两个阶段。第一个阶段为航天员进入飞船起至飞船进入运行轨道止,第二阶段为飞船进入运行轨道起至飞船顺利返回且航天员平安归来止。当仅从片面提高运载器和航天器的结构可靠性仍不能确保航天员万无一失时,就应增加逃逸救生系统,保证在灾难发生前将航天员救出来。

在逃逸救生的第一个阶段,运载火箭存在一系列故障的可能性和危险状态,例如:火箭爆炸、发动机推力故障、最大速度头失稳、最大高度失控等等。在此阶段实施的逃逸救生就是当故障发生时,将航天员安全救回的一系列行动。运载火箭发射时,航天员坐在返回舱中,返回舱固定在逃逸飞行器中,逃逸飞行器安装在运载火箭的顶部。故障发生时,逃逸飞行器将与运载火箭分离,逃逸飞行器上的逃逸发动机点火,逃逸飞行器将带着返回舱逃离故障发生区域。当逃逸飞行器将航天员乘坐的返回舱带到安全区域时,返回舱与逃逸飞行器分离,分离完成后,返回舱中的降落伞打开,帮助返回舱安全着陆。

逃逸救生的关键在于分离的成功。虽然与整个逃逸救生的过程相比,分离只是短暂的一瞬,但分离的过程却包含了极其复杂的运动学问题和动力学问题。尤其是逃逸分离不是在正常情况下的分离,而是在运载火箭飞行中发生故障的情况下,即载荷环境十分恶劣的情况下,实施的分离。因此,对逃逸中的分离进行分析研究

具有非常重要的理论价值和现实意义。本书主要针对载人飞船在逃逸救生的第一阶段中,逃逸飞行器的分离动力学问题开展深入、全面、系统的研究,包括数学建模、动力学分析及数值仿真。

本书共分七章。

第一章:绪论。主要介绍载人航天发展简史;载人航天中的逃逸救生问题;载人飞船及逃逸飞行器结构系统与结构特点;逃逸飞行程序及逃逸飞行中的分离问题。

第二章:分离过程概述。主要针对不同的逃逸状态及不同的分离问题建立不同的分离模型。包括逃逸飞行器与运载火箭分离时的外分离模型;返回舱与逃逸飞行器分离时的内分离模型;以及稳定栅格翼展开过程中的半分离模型。

第三章:分离运动学分析。主要针对各种不同的分离问题,研究分离中各相关的飞行体及飞行体中相关部件或机构的运动规律。包括各相关坐标系的定义和描述,并确定坐标系之间的关系;根据物体运动基本规律分析各分离体的绝对运动、相对运动、以及分离体部件或机构的相对运动,以及不同分离体上特殊部位的相对运动。

第四章:分离动力学分析。主要依据动力学基本原理建立分离过程中飞行器运动的动力学基本方程。包括不同分离体在不同分离过程中的载荷分析;弹性部件的弹性变形分析以及弹性变形对载荷的影响分析;分离体的运动微分方程;稳定栅格翼半分离动力学基本方程。这一章还包括分离过程中分离体及航天员的过载分析。

第五章:碰撞模型。主要研究分离过程中分离体之间发生碰撞的可能性及各种不同的碰撞模型;包括逃逸飞行器与运动火箭之间的外碰撞模型及逃逸飞行器与返回舱之间的内碰撞模型;并给出碰撞边界的界定。

第六章:碰撞动力学分析。主要依据碰撞理论及动力学基本原理分析分离中碰撞发生的过程、碰撞发生时的动力学效应以及

碰撞对分离的影响等。并分析了导致碰撞的主要原因及避免碰撞的措施。

第七章:分离过程仿真。主要在理论建模与分离动力学分析的基础上讨论数值仿真中的任务设计、仿真流程设计、分离过程仿真中一些中断或故障问题的处理方法等。最后以返回舱与逃逸飞行器的分离为例给出了仿真软件的一个应用。

本书涉及的研究内容得到航天工业总公司运载火箭技术研究院的大力支持。逃逸飞行数值仿真结果得到了实际飞行实验的验证。载人航天是我国航天史上的首例。书中所涉及的逃逸飞行器的几何构形、飞行任务、分离特点及分离动力学等都是目前我国航天史上的第一次。本书研究内容对于载人航天,确保航天员安全具有重要的现实意义;对于研究其他类型的飞行器交会、对接、分离、碰撞等问题也具有重要的参考价值。因而不仅在逃逸飞行器分离动力学的数学建模、理论分析方面具有重大的理论意义,而且对航天事业,特别是载人航天事业的发展具有现实的应用价值。

由于水平所限,书中错误在所难免,欢迎读者批评指正。

著 者

2001年12月

目 录

第一章 绪论	1
1.1 载人航天	1
1.2 载人飞船及应急救生	7
1.3 逃逸飞行器及逃逸飞行程序.....	21
1.4 逃逸飞行中的分离.....	34
1.5 本书主要研究内容.....	40
第二章 分离过程概述	45
2.1 引言.....	45
2.2 有塔逃逸飞行器与运载火箭分离.....	46
2.3 稳定栅格翼与有塔逃逸飞行器半分离.....	51
2.4 无塔逃逸飞行器与运载火箭分离.....	54
2.5 返回舱与有塔逃逸飞行器分离.....	56
2.6 返回舱与无塔逃逸飞行器分离.....	58
第三章 分离运动学分析	61
3.1 引言.....	61
3.2 参考坐标系及坐标系之间的关系.....	61
3.3 分离中飞行器运动分析.....	80
3.4 分离中各飞行体的相对运动分析.....	88
第四章 分离动力学分析	130
4.1 引言	130
4.2 载荷分析	130
4.3 结构的弹性变形对载荷的影响	204
4.4 动力学基本方程及运动微分方程组	248
4.5 稳定栅格翼半分离运动微分方程	271
4.6 过载分析	277

第五章 碰撞模型	282
5.1 引言	282
5.2 分离体外碰撞模型	282
5.3 分离体内碰撞模型	291
5.4 碰撞边界的界定	303
第六章 碰撞动力学分析	305
6.1 引言	305
6.2 碰撞动力学基本定律	305
6.3 碰撞对分离的影响	313
第七章 分离过程仿真	316
7.1 引言	316
7.2 结构化程序设计的基本思想与基本准则	316
7.3 仿真任务设计	322
7.4 仿真流程	331
7.5 仿真过程的中断与处理	344
7.6 仿真应用举例	347
附录	358
A 火箭运动的矢量方程	358
B 变质量刚体动力学普遍定理	360
参考文献	396

第一章 绪 论

1.1 载人航天

自前苏联航天员加加林乘坐“东方号”飞船绕地球轨道飞行一圈,成为第一个进入太空的人后,载人航天大致经历了三个阶段。第一阶段主要解决把人送入地球轨道并安全返回的问题。这一阶段的载人航天证实了人在过载、失重、真空和强辐射等恶劣环境下不仅能够生存,而且能有效地工作。第二阶段主要是发展载人航天基本技术,如飞船的轨道机动飞行、两艘飞船在空间交会、对接以及编队飞行,考察航天员出舱活动的设备和能力,同时也进行其他科学研究工作。第三阶段是发展实验性空间站,进一步考察人在太空环境条件下长期生活和工作的能力;利用空间独特环境从事多种学科研究和应用实验,诸如生物学、医学、天文学、材料及工艺实验,地球资源勘测以及军事活动等,同时也为建立实用空间站积累经验。

1.1.1 前苏联的载人航天发展历程

前苏联载人航天事业比美国发展得早。第一颗人造地球卫星上天后不久,前苏联就开始了生物卫星的试验工作。1957年11月,前苏联把一颗载有小狗“莱依卡”的人造地球卫星发射到轨道上。从1960年5月至1961年3月,在将近一年的时间内前苏联先后发射了五艘卫星式飞船,作为载人飞船的先驱,进行了大量的航天医学和航天生物学试验,为载人飞船上天作技术准备。1961年4月12日,前苏联把“东方1号”载人飞船发射到地球轨道上,在轨道上绕了一圈,飞行了108分钟,成为第一个进行载人航天的国家。从第一个人上天到今天,前苏联先后制定并执行过四个载

人航天计划:三个载人飞船计划和一个空间站计划。整个历史发展过程一般可分为三个阶段。

第一阶段为执行“东方号”计划和“上升号”计划。主要是为了抢先把载一人和载多人的飞船送入轨道,争夺“空间第一”;其次是为了试验人在空间环境中的适应能力,验证飞船和运载火箭各系统的性能。

“东方号”是前苏联第一个载人航天计划;从1961年4月到1963年6月,“东方号”共进行过六次飞行,其中四次为编队飞行,第一队为“东方3号”和“东方4号”飞船,两者相隔一天被发射到轨道上,分别在轨道上飞行3天和4天,两艘飞船之间最近的距离为6.4km,第二队为“东方5号”和“东方6号”,“东方6号”比“东方5号”晚两天发射,但是在同一天返回。“东方6号”飞船上是一名女航天员。两艘飞船在轨道上最近距离为4.8km。

“上升号”计划只发射过两艘飞船:“上升1号”和“上升2号”。“上升1号”有三名航天员,其中有一名是医生,目的是为了对航天员的健康状况进行直接观察,以及有目的的自我观察。“上升2号”载两名航天员,其中一名在飞行中出舱活动20分钟。

第二阶段是从1967年开始,以“联盟号”的首次飞行为标志,到发射“联盟9号”结束。除政治上的需要,主要是为了在近地空间建立空间站准备。也就是试验和探索人在近地空间究竟能做什么,有何实际的军事和科学价值;继续研究人对空间环境的长期适应能力。在这一阶段中,前苏联进行了“联盟号”的会合、对接、机动变轨以及三艘飞船编队飞行。

第三阶段是从1976年“联盟10号”开始,以“礼炮号”的飞行为标志。任务与目的和第二阶段大致相同,但重点放在试验和探索建立近地空间站的技术途径,继续研究人在空间站内有何军事、经济和科学价值等,为建立未来大型空间站准备条件。

1971年4月19日,苏联发射了第一艘地球轨道空间科学站“礼炮1号”,紧接着于4月23日发射了“联盟10号”和空间站对接,一起飞行5.5小时,然后“联盟10号”脱离空间站返回地球。

6月6日又发射“联盟11号”。“联盟11号”的三名航天员进入空间站内生活和工作24天。6月29日“联盟11号”与“礼炮1号”脱离,并按正常程序返回地面。在返回过程中,由于座舱密封性不严,造成舱内气压迅速下降,因此到着陆后发现三名航天员全部死亡。

1973年4月至1976年6月,苏联相继把四艘“礼炮号”空间站送上天,除“礼炮2号”入轨后出现故障而失败外,其他三艘都在轨道上停留了一定时间,并依次与“联盟号”系列飞船进行过对接。

1977年9月21日,苏联成功地发射了“礼炮6号”空间站。从入轨后至1981年5月27日苏联宣布停止接待航天员的三年零八个月的时间内,曾分别与“联盟号”及其改进型“联盟T号”系列飞船和“进步号”无人货运飞船进行对接,先后接待过16批共33名前苏联及其盟国的航天员,累计载人飞行676天,创造了185天载人飞行的世界纪录,完成了120多项科学试验,取得了大量可应用于科学和国民经济各部门的重要资源。

1982年4月19日,前苏联又成功发射了一艘新的空间站——“礼炮7号”。发射的目的主要是继续前苏联在科学和国民经济领域感兴趣的科学技术研究与实验活动,同时在飞行期间继续试验和演练空间站上经过改进的各分系统和设备。“礼炮7号”空间站上天以后,苏联继续发射“联盟T号”系列载人飞船和“进步号”无人货运飞船,在空间与空间站进行对接,组成联合飞行体,执行各种飞行任务。两名航天员阿·别列扎沃伊和瓦·列别杰在“礼炮7号”上创造了211天载人飞行的又一世界新纪录,于当年12月10日安全返回地面。

1986年2月,苏联发射了第三代空间站——“和平号”。它是一个永久性的载人空间站。它有6个对接口,可同时与2艘飞船和4个实验舱对接,并可居住6~10名航天员。1987年4月,前苏联首次实现了“和平号”核心舱、“量子-1号”天文物理实验舱、“联盟TM号”载人飞船和“进步号”货运飞船4个舱体的成功对接,对接而成的轨道复合体总重达 $6 \times 10^4 \text{kg}$ 。1987年12月3日,

航天员季托夫和马纳罗夫乘“联盟 TM-4 号”与“和平号”对接。他们曾三次出舱完成安装和修理工作,1988 年 12 月 21 日返回地面,在“和平号”内连续生活 364 昼夜,加上对接前的前两天,在太空飞行的时间共 366 昼夜,创造了航天员在太空飞行的最新纪录。1989 年 11 月 26 日,苏联又发射了进行科学实验的“量子-2 号”实验舱与“和平号”对接。1990 年 5 月 31 日,苏联从拜科努尔发射场用“质子号”火箭将重 $1.95 \times 10^4 \text{kg}$ 的“晶体”舱送入轨道,与“和平号”空间站对接,开始空间生产与试验。苏联解体后,俄罗斯成了其航天事业的继承者。1993 年 2 月 4 日,俄罗斯科学家利用停靠在“和平号”上的无人驾驶的“进步号”货运飞船进行了首次太空伞试验,把人类第一个太空伞顺利地九霄云外打开,向地球反射了夺目的阳光,实现了人类多年的梦想,托起了首颗“人造月亮”。

虽然“和平号”在创造了一系列“世界第一”的辉煌成就后已于 2001 年 3 月 20 日顺利地“魂”归太平洋,代之而起的国际空间站正紧锣密鼓地按计划组建中,并于 2001 年 4 月迎来了第一批太空旅游者。

1.1.2 美国载人航天历史

美国自 1961 年 5 月发射了第一艘载人航天器以来已有三十多年载人航天史了。在这三十多年中美国先后研制了“水星号”、“双子星号”、“阿波罗号”飞船、“天空实验室”试验性空间站和航天飞机。

(1) “水星”计划

“水星”计划是美国第一个载人航天计划,始于 1958 年 10 月,结束于 1963 年 6 月。该计划共进行过 17 次飞行、2 次动物试验飞行、2 次载人亚轨道飞行和 4 次载人轨道飞行。“水星”计划的目的是把人和飞船安全地送入轨道并收回,考察人能否在空间环境中生存和工作。

“水星号”飞船可载一人,重约 1600kg,高 2.9m,最大直径 1.8m,由密封舱和伞舱构成,外形像一口圆锥型钟。

(2) “双子星”计划

“双子星”计划是美国第二个载人轨道飞行计划,始于1961年11月,结束于1966年11月,共进行过两次不载人飞行,10次载人飞行,总费用约6.5亿美元。

“双子星”计划的飞行任务是为载人登月计划作技术准备,发展轨道交会、对接、机动变轨技术和舱外活动能力,以及研究人在失重条件下的耐力极限。

“双子星号”飞船可载两人进行长达两周的空间飞行,由再入舱和对接舱构成,舱体前有交会用的雷达。飞船外形呈长圆锥形,也有些像钟,高5.63m,最大直径3.1m,重约3000~4000kg,约比“水星号”飞船大50%。

飞船用“大力神-2”火箭发射,其轨道参数为近地点153.3km,远地点239.8km,倾角32.6°,周期88.3分钟。

(3) “阿波罗”计划

“阿波罗”计划是美国第三个载人航天计划,始于1961年5月,结束于1972年12月,共进行了16次发射;6次无人亚轨道飞行,1次地球轨道飞行,3次载人绕月球飞行,6次载人登月飞行,总费用为250亿美元。

“阿波罗”计划的飞行任务是把人送上月球,在月面上进行考察、取标本,然后安全返回地面。

“阿波罗号”飞船可载3人,总重量约 5×10^4 kg,飞船由登月舱、服务舱、指挥舱和救生逃逸装置4个部分组成。

飞船用“土星”系列运载火箭发射,“土星-1”用于飞船试验阶段的飞行;“土星-1B”用于“阿波罗号”飞船载人地球轨道飞行;“土星-5”用于“阿波罗”飞船载人登月飞行。

(4) “天空实验室”计划

在“阿波罗”计划后,美国试图建立一个以航天飞机、空间站为中心的宇航体系,“天空实验室”就是美国的第一个试验性空间站,共发射4次,其中1次为无人飞行,3次为载人飞行。

“天空实验室”计划的飞行任务是对地面目标,如地形、海洋等

进行照像观测,此外进行了太阳物理和宇宙天文学、新材料和新工艺以及生物医学和人在持续长时间失重环境中的工作能力与生活适应性等方面的 30 多项科学试验。

“天空实验室”飞船由轨道工作舱、过渡舱、多用途对接舱、指挥舱、服务舱、太阳望远镜和两组太阳能电池组成,全长 36m,重约 86 000kg,可载 3 人。运载火箭“土星-5”的一、二级用于不载人飞行,“土星-1B”用于载人飞行。

(5) “阿波罗号”/“联盟号”联合飞行

在“天空实验室”计划之后,1975 年 7 月 15 日美国还同苏联进行了一项“阿波罗号”/“联盟号”联合飞行计划。它的主要目的是试验在国际空间救援飞行中所需的载人飞船的交会和对接系统。在两艘飞船之间有一过渡舱连接,航天员可以通过过渡舱访问对方。“阿波罗号”/“联盟号”联合飞行了 9 天,成功地完成了交会和对接机动飞行。两艘飞船在一起飞行了 2 天,在此期间每个乘员都访问了对方的飞船。在飞行中,双方共完成了 35 项科学试验,其中 5 项为联合试验。在返回阶段,美国航天员因疏忽而触发了反应控制系统,受到四氧化氮毒气的伤害。四氧化氮弥散的结果使所有的乘员都患了化学性肺炎。

(6) 航天飞机计划

20 世纪 70 年代,美国开始着手研究一种可重复使用的航天运输系统。历经几年的争论,制成了目前这种可以多次重复使用的有翼式载人航天器。

到目前为止共有 6 架轨道飞行器,它们是 OV-101“企业号”(Enterprise)、OV-102“哥伦比亚号”(Columbia)、OV-099“挑战者号”(Challenger)、OV-103“发现者号”(Discovery)、OV-104“阿特兰蒂斯号”(Atlantis)和 OV-105“奋进号”(Endeavour)。“企业号”为试验机,其他 5 架为工作机。其中“挑战者号”已在 1986 年 1 月的事故中炸毁。注:“哥伦比亚号”也于 2003 年 1 月返回时在大气层中解体。

航天飞机的研究工作开始于 20 世纪 60 年代末。1969 年 9

月“阿波罗”首次登月后 2 个月,美国总统便指定美国空间工作组研究制定未来空间研究的方针和途径,当年该工作组正式提出研制包括航天飞机在内的新的空间运输系统。1971 年政府正式接受了此项建议,并由总统发出命令,自此便正式开始了航天飞机的研制工作。

在经过多次试验、考核和试飞以后,1981 年 4 月 12 日,也就是在加加林第一次上天的整 20 年后,“哥伦比亚号”航天飞机首航成功。从那以后,航天飞机先后已进行了数十次载人飞行。目前航天飞机计划仍在进行中。

1.2 载人飞船及应急救生

1.2.1 载人飞船

目前,可以在空间各种轨道上运行工作的航天器是多种多样的,但用于载人的航天器主要有三种。即载人飞船、航天飞机和空间站。本节主要对载人飞船作简单介绍。

载人飞船是一个载人的小型航天器,它的构造要比人造卫星的结构复杂得多。载人飞船的构造除了具有类似人造卫星的结构系统、姿态控制、无线电和电源等设备之外,为了保证航天员在飞行过程中正常的生活和工作,还有许多特殊的设施。首先,飞船的座舱要很好地密封,使座舱里保持足够的氧气、一定的压力和适当的温度,同时还要为航天员准备足够的水和食物。此外,飞船上还需要安装类似飞机驾驶员用的那种手控装置、各种飞行显示仪表以及航天员跟地面联络的报话通信设备等等。

载人飞船曾在人类遨游宇宙、突破载人航天方面起到了历史性里程碑作用。前苏联用它为“礼炮号”空间站和“和平号”空间站接送航天员以及运送部分物资。未来载人飞船还将成为空间站和空间基地的轨道救生艇。

1.2.1.1 “东方号”飞船

“东方号”飞船是前苏联最早发射的载人飞船，也是最先把人类送入宇宙空间的飞船。飞船的质量为 4500kg，最长飞行时间可达五天。飞船由座舱和设备舱组成，跟末级运载火箭连在一起工作。

座舱呈球形，可以乘坐一名航天员，航天员坐在弹射座椅上。当飞船座舱返回地球到达低空时，航天员乘坐弹射座椅离开飞船座舱，乘降落伞单独着陆。设备舱在座舱后面呈圆锥形，主要装有电源和姿态控制用的压缩气瓶。“东方号”飞船的结构如图 1.1 所示。

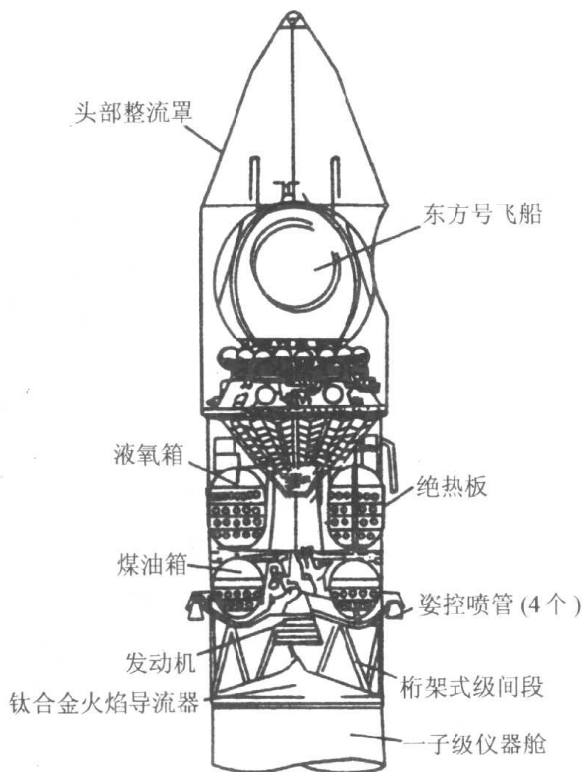


图 1.1 “东方号”火箭二子级与“东方号”飞船