

航天技术概论

主 编 刘家骅 李晓敏 郭桂萍

副主编 陈 亮 王 银 马 芸 戚 炎



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

航天技术概论

主 编 刘家骝 李晓敏 郭桂萍
副主编 陈 亮 王 银 马 芸 戚 炎

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

航天技术是现代科学技术中最有影响的技术之一,也是一个国家科技水平的标志和综合国力的体现。本书主要介绍航天技术方面的基础知识和发展概况,内容包括航天技术发展史、中国航天发展历程、航天飞行原理、航天器的构造、航天飞行器动力、载人航天系统、航天技术应用以及目前最新的航天先进技术。本书叙述由浅入深、简明扼要、内容丰富、图文并茂。

本书是航天专业院校的基础教材,也可作为各类专业低年级学生航天课程的入门读物,亦可供从事相关专业及航天爱好者参考。

图书在版编目(CIP)数据

航天技术概论 / 刘家骅, 李晓敏, 郭桂萍主编. --
北京: 北京航空航天大学出版社, 2014. 8
ISBN 978 - 7 - 5124 - 1296 - 5

I. ①航… II. ①刘… ②李… ③郭… III. ①航天—
概论 IV. ①V4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 256920 号

版权所有,侵权必究。

航天技术概论

主 编 刘家骅 李晓敏 郭桂萍
副主编 陈 亮 王 银 马 芸 戚 炎
责任编辑 赵延永

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316524

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:16.25 字数:328 千字

2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷 印数:6 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1296 - 5 定价:30.00 元

序 言

航天,是人类最富伟大创举的科学探索和开发空间资源造福人类的活动之一,是科学技术发展史上的一座里程碑。自1903年俄国科学家齐奥尔科夫斯基创立宇航理论,到1957年10月4日世界上第一颗人造地球卫星升空遨游,人类开始离开地球这个自身长期生息的摇篮进入太空活动,开创了航天新纪元。上世纪的后半叶,航天技术的发展日新月异,突飞猛进,带来人们生产和生活的巨大变化。我国航天科技工业起步于新中国成立之初,沿着自力更生为主,加强国际合作的道路快速前进,取得了举世瞩目的成就,跻身于世界先进行列,为经济发展,社会进步,人民生活水平的提高作出了贡献。

当今,航天这项认识太空和开发利用太空资源的浩大工程,已经与现代社会生活息息相关,渗透到了各行各业和千家万户,将给人类带来无尽的恩惠和效益。航天活动为人类认识宇宙,开发太空资源和经济发展提供了新的活力和技术手段,将有力地促进社会生产力的发展。

正因为如此,人们渴望了解和认识世界和中国航天的状况和进展。随着航天技术的不断发展,航天领域出现了许多新概念、新事物、新知识。对此,不但即将参加航天工作的人士需要了解和掌握,而且更多的读者包括青少年朋友也都希望有所了解和熟悉,而摆在我们面前的这本《航天技术概论》正是为了满足广大读者的需求而问世的。

本书可以说是一部系统、全面描述航天的科普教材,它介绍了世界航天发展史,汇集了中国航天的发展现状和最新成就,反映了中国特色的航天文化和航天精神。书中表现出的中国航天人的核心价值观、企业文化、行为准则、质量观念等诸多方面,为准备投身航天事业的莘莘学子提供了精神食粮,也向社会展示了伟大事业孕育伟大精神、伟大精神推动伟大事业的历程。

四川航天职业技术学院编写的《航天技术概论》,可作为航天类高等职业技术学院学生教材,其他专业的学生也可从中获益;同时也是一本针

对性很强的航天企业新员工入职培训教材,是一本航天高科技普及读物。希望本书能成为把人们带入航天知识宝库的阶梯、通向了解太空的桥梁。

我们推荐《航天技术概论》让它为普及航天科技知识、推进知识的普及、展示航天精神发挥应有的作用。

王礼恒

2014年8月11日

前 言

人类在漫长的社会进步中不断扩展自身的生存空间。人类的活动范围已经从陆地扩展到海洋,从海洋扩展到天空,再从天空扩展至太空。人类活动范围的每一次扩展都是一次伟大的飞跃。

航天梦想产生于遥远的古代,航天技术萌芽于近代,经过航天先辈的不懈努力,航天技术在20世纪50年代之后得以蓬勃发展,日新月异。航天技术以其独有的魅力,一直都吸引着世人的目光,是倍受关注的高新技术,对于国防、科技、文化以及经济均有重大的作用和影响。

地球是人类的摇篮,但是人类不能永远待在摇篮中。航天技术拓宽了人类的视野,给人类提供了走向太空的手段,带来了无限的希望。地球有限的资源已经成为制约人类发展的要素,而太空的无限资源正待人类借力航天技术去开发利用。虽然人类对于太空资源的认识还非常有限,真正利用太空资源更是刚刚起步,但是,空间资源开发在人类日益增长的需求面前逐渐被高度重视,具体开发也已经提上日程。

我国从20世纪50年代中期明确提出发展航天科技,经过50多年的艰苦奋斗,已经跨入了世界航天大国的行列,北斗导航卫星、载人航天工程、月球探测工程,都已成为有目共睹的辉煌成就,体现了我国航天技术的最新水平,也在一定程度上反映了我国的综合国力。

普及航天技术知识是激励学生热爱航天技术的重要手段。本书以航天技术发展脉络为主线,不仅介绍航天技术基础,还把我国航天拼搏精神融汇其中,使广大学生在了解航天技术的同时,能够感受到航天人独有的顽强拼搏精神。本书共8章,以运载火箭和航天器为主要对象,系统介绍了航天技术的基础知识。内容包括航天技术的发展史、中国的航天事业、航天飞行原理、航天器构造、航天飞行器动力、载人航天系统、航天技术应用、航天先进技术等,为读者在有限篇幅内提供航天技术领域的基础知识。

本书可作为航天院校各专业大学生使用的通用教材,也可作为广大航天科技爱好者了解航天科技知识、拓宽科学知识面的一本参考读物。在编著本书过程中,参考了许多专业学者的著作和文章,北京空间科技信息研究所庞之浩研究员审阅了本书的全部内容,并提出了许多重要的修改建议,在此一并示衷心地感谢。限于作者水平,书中不妥之处敬请读者批评指正。

编著者

2014年6月14日

目 录

第 1 章 航天技术发展史	1
1.1 运载火箭	1
1.2 航天器的概念与分类	3
1.2.1 人造地球卫星	3
1.2.2 载人航天器	5
1.2.3 空间探测器	8
1.3 航天探索与航天先驱	10
1.3.1 上古传说	10
1.3.2 古代中国的飞行器器械	12
1.3.3 艰难的探索	15
1.4 人类探索太空的光辉历程	21
1.4.1 人造卫星上天穹	21
1.4.2 载人飞船游太空	23
1.4.3 成功登月留足迹	24
1.4.4 飞船对接在空间	25
1.4.5 笑傲九天建基地	26
1.4.6 航天飞机留青史	28
1.4.7 深空探测创奇迹	31
第 2 章 奋进中的中国航天事业	32
2.1 中国航天事业的起步	32
2.2 中国航天技术发展简史	35
2.2.1 “长征”系列运载火箭	35
2.2.2 “东方红”通信广播卫星系列	43
2.2.3 返回式卫星系列	46
2.2.4 地球资源卫星系列	51
2.2.5 “风云”气象卫星系列	54
2.2.6 科学探测与技术试验卫星	59
2.2.7 “北斗”导航卫星系列	67
2.2.8 载人航天器——“神舟”系列飞船	69

2.2.9	深空探测和嫦娥工程	78
2.3	中国航天事业的成就	81
2.3.1	火箭和空间综合技术	81
2.3.2	空间应用	82
2.3.3	空间科学研究	83
2.4	中国航天事业的发展与展望	84
2.5	中国独特的航天文化和民族精神	85
2.5.1	航天“三大”精神	85
2.5.2	质量文化	88
2.5.3	创新文化	89
2.5.4	创新人物	92
第3章	航天飞行原理	96
3.1	开普勒定律	96
3.2	宇宙速度	97
3.2.1	第一宇宙速度	97
3.2.2	第二宇宙速度	98
3.2.3	第三宇宙速度	99
3.3	航天飞行器发射轨道	100
3.4	卫星运行轨道	102
3.4.1	圆轨道和椭圆轨道	102
3.4.2	顺行轨道和逆行轨道	103
3.4.3	地球同步轨道	104
3.4.4	太阳同步轨道	105
3.4.5	极轨道	106
3.4.6	回归轨道	107
3.4.7	行星际飞行轨道	107
3.5	航天器的回收	109
3.5.1	航天器回收方式与程序	109
3.5.2	航天器回收系统	110
3.5.3	航天器回收区和着陆场	113
第4章	航天器的构造	115
4.1	卫星的基本结构	115
4.1.1	卫星的结构组成	115
4.1.2	卫星的结构材料	117

4.1.3 卫星稳定构造	118
4.2 载人飞船的基本构造	120
4.3 航天飞机的基本构造	126
4.4 空天飞机的组成和飞行方式	130
4.5 空间站功用和组成	134
4.5.1 空间站的功能和运作原理	134
4.5.2 空间站的组成结构	135
4.6 空间探测器结构	137
第 5 章 航天飞行器动力	141
5.1 化学火箭发动机	142
5.1.1 固体火箭发动机	143
5.1.2 液体火箭发动机	146
5.1.3 固液混合火箭发动机	154
5.2 非化学火箭发动机	156
5.2.1 电火箭发动机	156
5.2.2 核火箭发动机	158
5.2.3 太阳能火箭发动机	159
第 6 章 载人航天系统	161
6.1 发射场系统	161
6.1.1 航天发射场概况	161
6.1.2 航天发射场的组成	162
6.1.3 世界重要航天发射场	164
6.1.4 我国的航天发射场	167
6.2 运载火箭系统	171
6.3 航天员系统	173
6.3.1 航天员的选拔与训练	173
6.3.2 航天员的医学监督与医学保障	176
6.3.3 舱内航天服与舱外航天服的研制	177
6.4 载人飞船系统	179
6.4.1 结构与机构分系统	179
6.4.2 环境控制和生命保障分系统	179
6.4.3 热控制分系统	181
6.4.4 制导导航与控制分系统	181
6.4.5 推进分系统	181

6.4.6	测控与通信分系统	182
6.4.7	数据管理分系统	183
6.4.8	电源分系统	183
6.4.9	返回着陆分系统	183
6.4.10	逃逸救生分系统	184
6.4.11	仪表与照明分系统	184
6.4.12	有效载荷分系统	184
6.4.13	乘员分系统	185
6.5	测控通信系统	186
6.5.1	航天控制中心	186
6.5.2	航天测控站	187
6.6	空间实验室系统	189
6.6.1	基本认识	189
6.6.2	国际空间实验室/站的发展	191
6.6.3	中国空间实验室建设	195
6.7	空间应用系统	197
6.8	着陆场系统	197
第7章	航天技术的应用	201
7.1	航天技术在科学研究上的应用	201
7.1.1	天文观测和深空探测	201
7.1.2	空间物理探测	209
7.1.3	空间生命科学研究	209
7.2	航天技术在军事上的应用	210
7.2.1	军用卫星的种类和用途	210
7.2.2	军用卫星在战争中的应用	212
7.3	航天技术在基础产业建设中的应用	213
7.3.1	在农业现代化建设中的应用	213
7.3.2	卫星通信的应用与空间信息高速公路	215
7.3.3	在交通现代化建设中的应用	216
7.3.4	在能源现代化建设中的应用	218
7.3.5	空间资源的开发利用和空间产业	220
7.4	航天技术在减灾防灾、环境保护和国土资源管理中的应用	221
7.4.1	航天技术在减灾防灾中的应用	221
7.4.2	航天技术在环境保护中的应用	223
7.4.3	航天技术在国土资源管理中的应用	223

第 8 章 航天先进技术	226
8.1 激光推进技术	226
8.2 先进运载火箭技术	228
8.3 新型卫星技术	229
8.4 航天数字化制造技术	231
8.5 航天先进材料技术	233
附录 1 世界航天大事记	235
附录 2 中国航天大事记	241
参考文献	246

第 1 章 航天技术发展史

人类在与大自然斗争的漫长历程中,很早就产生了遨游太空的想法。嫦娥奔月等神话传说,反映了人类向往太空、征服太空、利用太空的美好愿望。苏联 1957 年发射的第一颗人造地球卫星和 1961 年发射的第一艘载人飞船“东方”号,标志着人类空间时代的开始。1969 年,美国发射的“阿波罗 11 号”载人飞船使人类第一次实现登月壮举,1981 年美国成功发射了航天飞机,由此人类进入了航空航天技术发展的新时期。

1.1 运载火箭

火箭是靠火箭发动机喷射工质而产生的反作用力向前推进的飞行器。一般火箭携带的推进剂包括燃烧剂和氧化剂,它可不依靠外界的工质(空气)产生推力,因而既可以在大气层内,也可以在大气层外飞行。根据不同的任务和用途,火箭可以装载不同的有效载荷。当它装载卫星、飞船等各类航天器,承担将航天器送入预定轨道的任务时,就称为运载火箭。运载火箭是把航天器送入太空的主要工具,是航天技术的重要组成部分,但其本身并不是航天器。当火箭装载某些科学仪器,承担探测地球大气层参数的任务时,就称为探空火箭;当火箭装载战斗部,承担作战任务时,就称为火箭武器,其中具有制导控制能力的,称之为导弹。除此外,还可以根据火箭的级数、有无控制、能源的种类对火箭进行分类,如图 1-1 所示。

运载火箭(图 1-2)是由多级火箭组成的航天运输工具,其用途是把人造地球卫星、载人飞船、空间站和空间探测器等有效载荷送入预定轨道。运载火箭一般由 2~4 级组成,每一级都包括箭体结构、推进系统和飞行控制系统;末级有仪器舱,内装制导与控制系统、遥测系统和发射场安全系统;级与级之间靠级间段连接;有效载荷装在仪器舱的上面,外面有整流罩。

许多运载火箭的第一级外围捆绑有助推火箭,又称半级火箭。助推火箭可以是固体火箭,也可以是液体火箭,其数量根据运载能力的需要来选择。火箭推进剂大都采用液体双组元推进剂,如液氧、煤油、四氧化二氮、偏二甲肼、液氧、液氢等。制导系统大都用自主式全惯性制导系统。在专门的发射中心(见 6.1 节)发射。火箭技术指标包括运载能力、入轨精度、对不同质量有效载荷的适应能力和可靠性等。

目前常用的运载火箭按其所用的推进剂可分为固体火箭、液体火箭和固液混合型火箭 3 种类型。如我国的“长征 3 号”运载火箭是一种三级液体火箭;“长征 1 号”运载火箭是一种固液混合型的三级火箭,其第一级、第二级是液体火箭,第三级是固

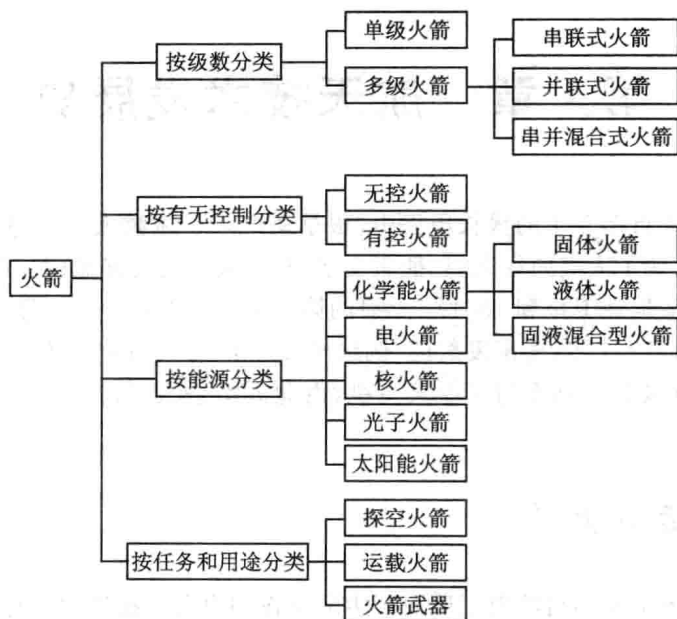


图 1-1 火箭分类

体火箭；美国的“飞马座”空射运载火箭则是一种三级固体火箭。

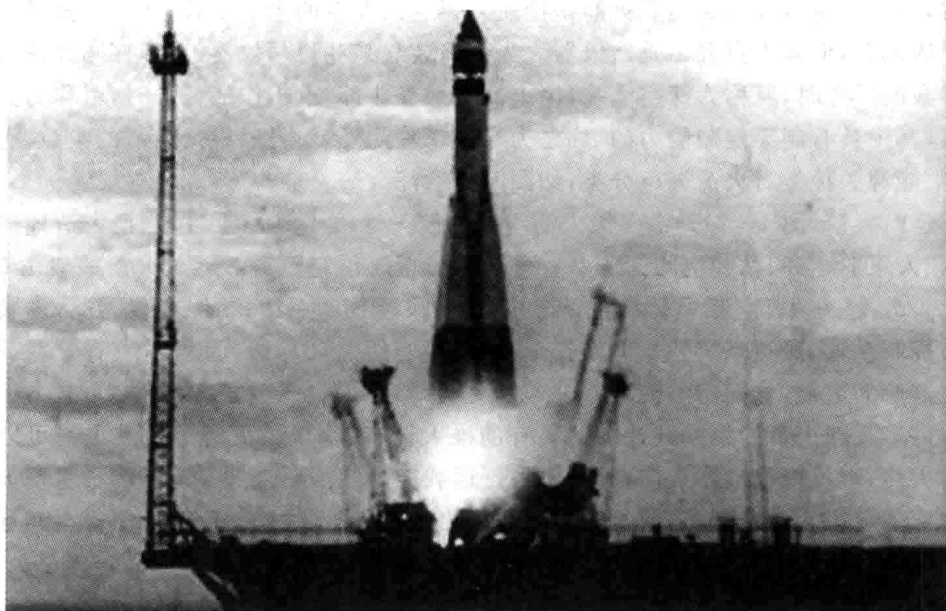


图 1-2 苏联“卫星号”运载火箭发射第一颗人造地球卫星

1.2 航天器的概念与分类

航天器是指在稠密大气层之外环绕地球,或在行星际空间、恒星际空间,基本上按照天体力学规律运行的各种飞行器,又称空间飞行器。航天器可以分为无人航天器与载人航天器。无人航天器按围绕地球运行和脱离地球引力运行又可分为人造地球卫星和空间探测器两类。载人航天器又可分为载人飞船、空间站和航天飞机,如图1-3所示。我国2003年发射的“神舟5号”飞船为载人飞船。

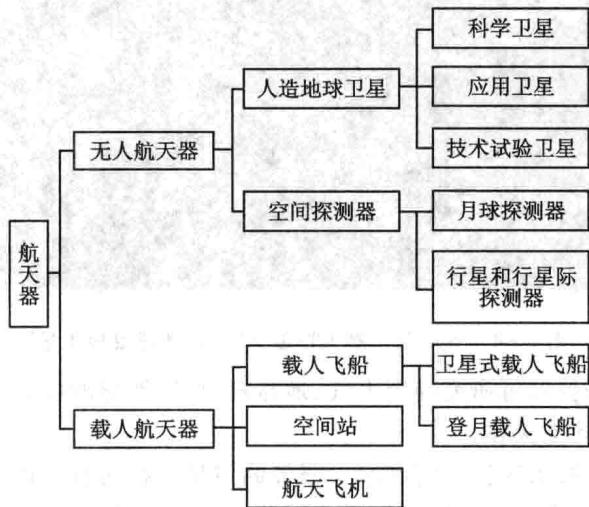


图 1-3 航天器分类

1.2.1 人造地球卫星

人造地球卫星是环绕地球在空间轨道上运行(至少一圈)的无人航天器,简称人造卫星。人造卫星是发射数量最多、用途最广、发展最快的航天器。人造卫星发射数量占航天器发射总数的90%以上。完整的卫星工程系统通常由人造卫星、运载器、航天器发射场、航天控制和数据采集网以及用户台(站、网)组成。人造卫星和用户台(站、网)组成卫星应用系统,如卫星通信系统、卫星导航系统和卫星空间探测系统等。1957年10月4日苏联发射了世界上第一颗人造地球卫星“人造地球卫星1号”(图1-4)。

人造卫星按运行轨道区分为低轨道卫星、中高轨道卫星、地球同步卫星、地球静止卫星、太阳同步卫星、大椭圆轨道卫星和极轨道卫星。人们更多地是按用途把人造卫星分为科学卫星、应用卫星和技术试验卫星。

科学卫星是用于科学探测和研究的卫星,主要包括空间物理探测卫星和天文卫星。科学卫星使用的仪器包括望远镜、光谱仪、盖革计数器、电离计、压力测量仪和磁

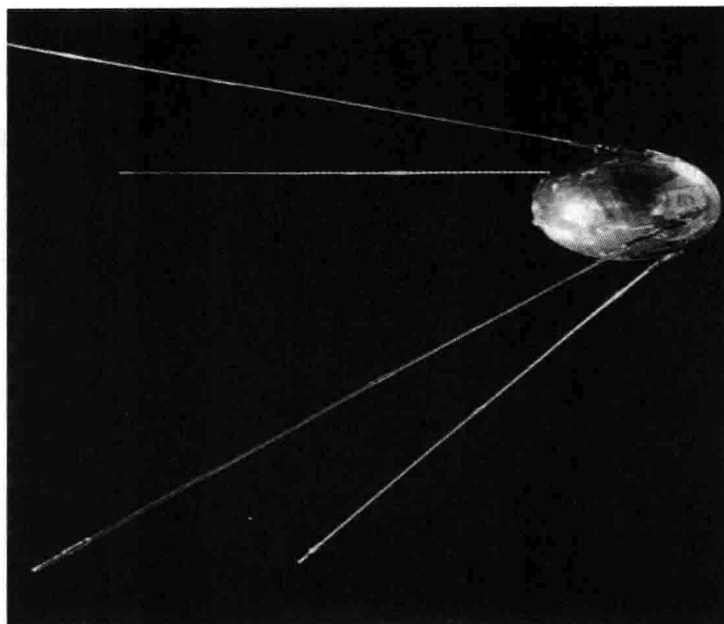


图 1-4 苏联第一颗人造卫星“人造地球卫星 1 号”

强计等。借助这些仪器可研究高层大气、地球辐射带、地球磁层、宇宙线、太阳辐射和极光,观测太阳和其他天体。

应用卫星是直接为国民经济和军事服务的卫星。在所有人造地球卫星中其种类最多,发射数量也最多。应用卫星按用途可分为通信卫星、气象卫星、侦察卫星、导航卫星、测地卫星、地球资源卫星、截击卫星和多用途卫星等。按其是否专门用于军事目的又可分为军用卫星和民用卫星,有许多应用卫星都是军民兼用的。应用卫星主要有三大用途:①无线电信号中继,这类卫星发展很快,有国际通信卫星、国内通信卫星、军用通信卫星、海事卫星、广播卫星、跟踪和数据中继卫星和搜索营救卫星。②对地观测平台,这类卫星有气象卫星、地球资源卫星、侦察卫星,统称为对地观测卫星。在这些卫星上装有对地观测的从紫外光到远红外光各种波长的遥感仪器或其他探测仪器,收集来自陆地、海洋、大气的各种频段的电磁波,从中提取有用的信息,分析、判断、识别被测物体的性质和所处的状态。③导航定位基准,这类卫星有导航卫星、测地卫星等。在这些卫星上装有光信标灯、激光反射器和无线电信标机、应答机等。

技术试验卫星是进行新技术试验或为应用卫星进行试验的卫星。航天技术中的新原理、新技术、新方案、新仪器设备 and 新材料往往需要在轨道上进行试验,试验成功后才投入使用。这类卫星数量较少,但试验内容广泛,如重力梯度稳定试验,电火箭试验,生物对空间环境适应性的试验,载人飞船生命保障系统和返回系统的验证试验,交会对接试验,无线电新频段的传输试验,新传感器的飞行试验和轨道上的截击

试验等。

1.2.2 载人航天器

1. 宇宙飞船

宇宙飞船是一种运送航天员或者货物到达太空并返回的一次性使用航天器。它能基本保证航天员在太空短期生活并进行一定的工作。运行时间一般是数天到半个月,一般乘2~3名航天员。我国的“神舟”系列飞船是载人的宇宙飞船,即载人飞船。我国今后还将研制货运飞船。

世界上第一艘载人飞船是苏联的“东方1号”宇宙飞船,如图1-5所示。它由两个舱组成,上面的是密封载人舱,又称航天员座舱。这是一个直径为2.3 m的球体。舱内设有保障航天员生活的环境控制与生命保障系统,以及控制飞船姿态的姿态控制系统、测量飞船飞行轨道的信标系统、着陆用的降落伞回收系统和着陆用的弹射座椅系统。另一个舱是设备舱,长3.1 m,直径为2.58 m。设备舱内有使载人舱脱离飞行轨道返回地面的制动火箭、供应电能的电池、储气的气瓶、喷嘴等系统。“东方1号”宇宙飞船总质量约为4 700 kg。

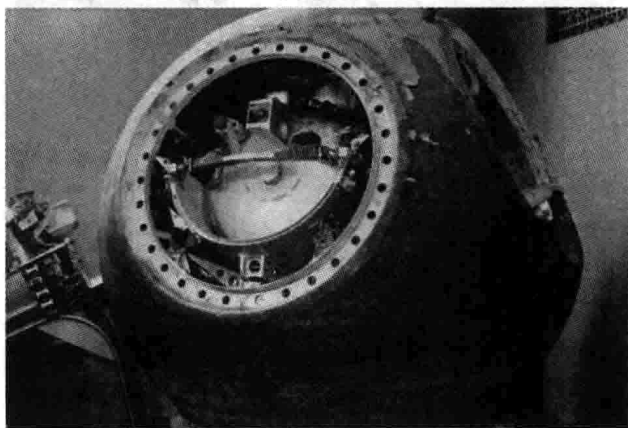


图1-5 苏联的“东方1号”宇宙飞船返回舱

2. 空间站

空间站是一种在近地轨道长时间运行,可供多名航天员在其中生活工作和巡访的载人航天器。小型空间站可一次发射完成,较大型的空间站可分批发射组件,在太空中对接而成。空间站中有人能够生活的一切设施,能进行天地往返。

空间站结构特点是体积比较大,在轨道飞行时间较长,有多种功能,能开展的太空科研项目也多而广。空间站的基本组成是以一个载人生活舱为主体,再加上有不同用途的舱段,如工作实验舱、科学仪器舱等。空间站外部必须装有太阳能电池板和对接舱口,以保证站内电能供应和实现与其他航天器的对接。