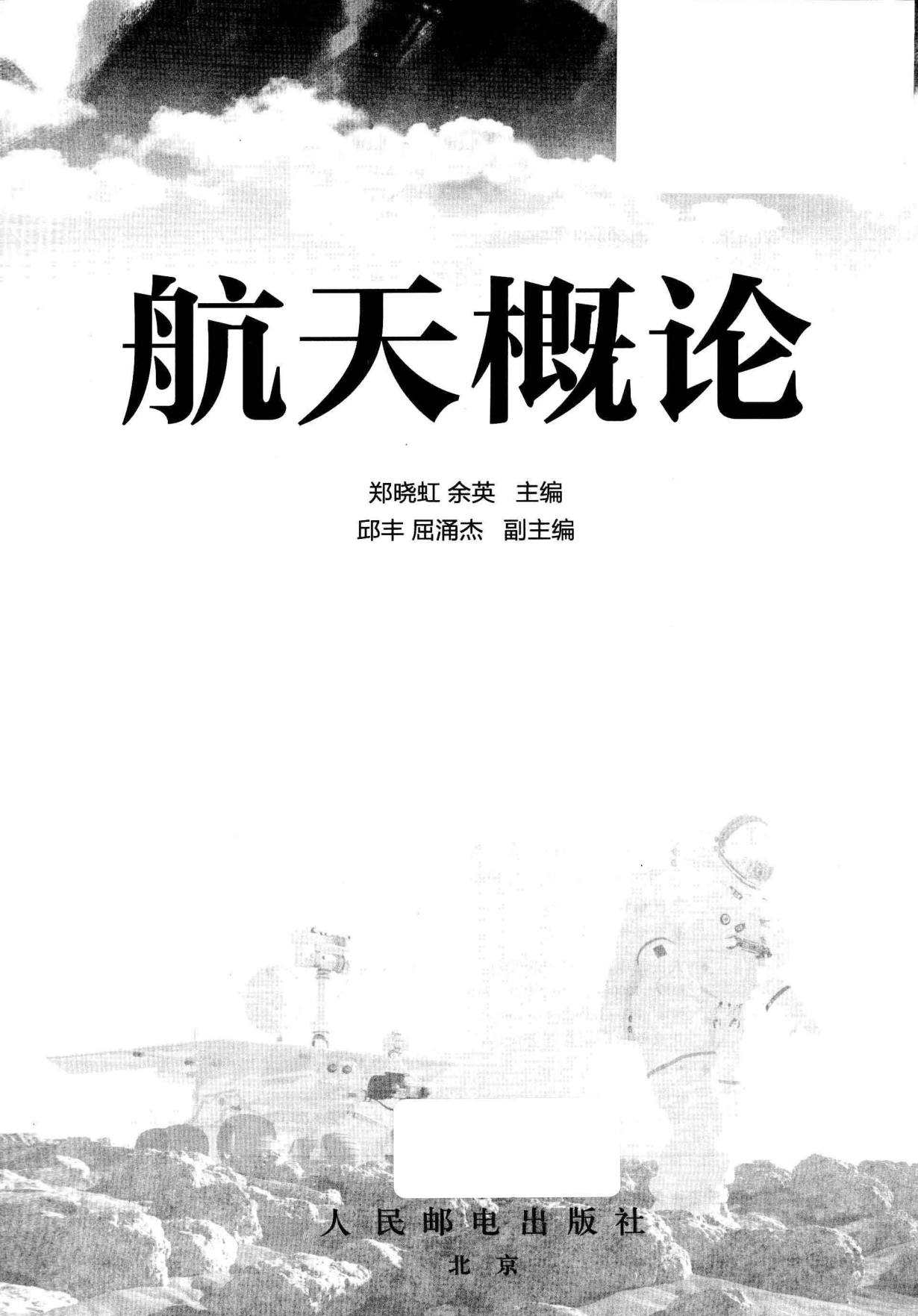




航天概论

郑晓虹 余英 主编
邱丰 屈涌杰 副主编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

航天概论 / 郑晓虹, 余英主编. -- 北京: 人民邮电出版社, 2013.5

ISBN 978-7-115-31602-8

I. ①航… II. ①郑… ②余… III. ①航天—概论
IV. ①V4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第079396号

内 容 提 要

本书可作为大学生思想素质和科学知识教育读本, 共有6章。

本书主要包含有航天基础知识和世界航天发展概况, 运载火箭、人造地球卫星、航天飞机、宇宙飞船、宇宙空间站、空间探测器等航天器的结构与分类、设计特点, 以及在经济和军事上的运用等内容; 还介绍了为航天事业发展做出贡献的中外杰出人物, 以及中国航天从无到有的光辉历程和中国航天企业文化; 最后展望航天未来, 实现人类太空家园梦想。

航 天 概 论

◆ 主 编 郑晓虹 余 英
副 主 编 邱 丰 屈涌杰
责任编辑 王亚娜
执行编辑 蒋 勇

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 14 2013年5月第1版
字数: 213千字 2013年5月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-31602-8

定价: 29.50元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前言

千年飞天梦，今朝一夕成。在举国欢庆航天成就的时刻，作为一名高等职业教育工作者，在二十多年的从教生涯中，发现新时代的职业院校学生对于科普知识，包括航天知识的掌握十分有限。笔者目睹中国航天从发射第一颗人造卫星到嫦娥工程的推进所走过的艰辛历程，深知中国航天从无到有的蜕变靠的是一代又一代航天人无私奉献、勇于攀登的高尚品质，深知中国航天的发展和壮大不仅体现在一个个先进航天器的成功发射，更体现在那历经五十多年沉淀出的具有丰富内涵的航天文化和航天精神。

当今世界，属于“一超多强”的格局，随着经济的飞速发展，中国已经成为屹立在东方的大国，但举目四望，在这个国家竞争日益激烈的时代，想要在世界之林屹立不倒，必须依靠科学、必须依靠青年。

梁启超说：少年强则国强。如今，我国高职院校已占据高等教育 50% 份额，大力提升高职学生的科学素质水平必将推动整个民族青年科学素质水平。笔者认为，将航天文化和航天精神与高职院校学生科学素质融合起来，让学生了解航天知识，感悟航天文化，用航天精神激发学生的爱国热忱，唤起学生的奋斗激情，树立正确的人生观、世界观和价值观，推动学生综合素质教育的不断深化和提高。

航天梦圆、科技强国、复兴中华，壮哉我中华少年！

本书由郑晓虹、余英任主编，邱丰、屈涌杰、余春香 3 位老师参与了编写。全书共设 6 章，其中郑晓虹负责第 1 章和第 4 章的编写，邱丰负责第 5 章的编写，余英负责第 2 章的编写，屈涌杰负责第 3 章的编写，余春香负责第 6 章的编写。

本书在编写的过程中，参考了一些航天知识方面的资料，在此谨向其作者表示由衷的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，希望广大读者批评指正。

编者

2013 年 3 月

第 1 章

航天基础知识

本章主要介绍航天的定义、宇宙速度、太空资源、太空轨道等航天基础知识。

1.1 几个基本概念

对于航空和航天的概念很多人并不是很清楚，常常把航空和航天搞错，那么，何为航空，何为航天呢？

我们首先要明白“天空”的意思，空间学上，应该是“天”和“空”。“空”是指离地面有一定高度，但不高于 110km 的范围。110km 是一个国家领空的最高高度，航空器即在此范围；“天”指太空，即地球上 110km 以上空间，110km 是人造卫星航天器等可以运行的最低高度。

在 1981 年召开的国际宇航联合会第 32 届大会上，陆地、海洋、大气层和外层空间分别被称为人类的第一、第二、第三和第四环境。陆、海、空、天是人类活动的四大疆域。陆地为地球表面未被海水浸没的部分，属于第一环境；海洋为地球表面广大的连续海水水体，属于第二环境；大气层指地表以外包围地球的气体。这种气体在距地表数千千米的高层上仍有极少量存在。按照距地球高度划分通常把 100~120km 以下的大气层称为稠密大气层，也称为大气环境或人类的第三环境；而 100~120km 以上地球稠密大气层之外的广阔的空间区域，简称空间或外空，又称为宇宙空间或太空，也是人类的第四环境，它是随着航天技术的诞生而出现的。

2 ▶ 航天概论

1.1.1 航空

航空狭义上是载人或非载人的飞行器在大气层中的航行活动,广义上是指进行航空活动所必需的科学,同时也泛指研究开发航空器所涉及的各种技术。

人类早就萌发了上天飞行的强烈愿望,这些可从古代的传说中得知,如中国嫦娥奔月的传说。到了19世纪,许多人制造出一些不用发动机的滑翔机来飞行,1783年11月21日,孟格菲兄弟所设计的热气球进行了第一次载人飞行实验,实现了人类自古以来便有像鸟儿一样翱翔天空的梦想。1903年12月17日,美国人莱特兄弟成功试飞人类第一架重于空气、带有动力、受控并可持续滞空的飞机,开启了现代航空的新纪元。21世纪的航空是最活跃和最具影响力的科学技术领域,该领域取得的重要成就标志着人类文明的发展水平,也体现着一个国家的综合国力及科学技术的水平。

20世纪20年代至30年代是航空史上的一大进步,如1927年查尔斯·林德伯格开着“圣路易精神号”成功横渡大西洋。而当时最成功的飞机便是道格拉斯公司的DC-3,它的高载客量令航空公司有利可图,为航空史写下新的一页。而在第二次世界大战期间,不少城市都兴建了机场。战争令航空科技进步,而世界上首枚火箭和喷射机也是在战争时期开发的。

第二次世界大战后,航空界出现了巨大转变,不少飞机用作商业或私人用途,大量退役战机机师和军机投入民航服务。在20世纪50年代,德·哈维兰公司所制造的彗星飞机成为了首架民航喷射机,而波音707则成为首款被广泛使用的民航喷射机。在1969年首款大量投入服务的超音速和谐式客机首航,它的飞行速度高达2马赫,比一般民航机快一倍,成为当时最快的空中交通工具之一。



2004年6月21日,太空船1号成为首架能飞上太空的私人飞机,为航空业界开拓一个新的市场。太空船一号和航天飞机不同,它是先由另一架飞机“白色骑士”载上高空后才开始自行飞行。太空船一号的速度还不能超过第一宇宙速度,因此无法进入地球同步轨道。

1.1.2 航天

航天就是人类借助载人或不载人的航天器冲出地球大气层到太空中活动,又

称空间飞行或宇宙航行。航天活动的主要目的是探索、开发和利用太空以及地球以外的天体。人们把人造卫星、载人飞船、空间站和空间探测器等称为航天器或空间飞行器。就广义范围而言,航天即包括环绕地球的运行、飞往月球或其他行星的航行、行星际空间的航行。航天的关键在于航天器应达到足够的速度,克服或摆脱地球引力,飞出太阳系的航行还要摆脱太阳引力。第一、第二、第三宇宙速度是航天所需的3个特征速度。几十年来,在探索太空的征程中,航天技术得到了快速发展,人类发射成功了用于科学研究和应用为目的的各类航天器5000多颗,这些航天器的升空,加深了对太空的了解,促进了社会发展和科技进步,航天技术是人类20世纪最伟大的技术成果之一。

航天器按执行的使命不同分为两大类,一是人造地球卫星和空间探测器等无人航天器,二是载人飞船、空间站、航天飞机等载人航天器。在整个航天工程大系统中,航天器是主要组成部分或核心部分,航天工程中还包含其他配套部分,如运载火箭、测控通信、发射场等。

1.1.3 宇航

宇航是指人类借助宇宙航行器,冲出太阳系在银河系活动,是在恒星际空间的飞行,现在尚处于探索阶段。如以冥王星的轨道作为太阳系的边界,太阳系的半径约为60亿km。除太阳外,离地球最近的恒星——半人马座“比邻星”的距离为4.22光年(1光年等于 9.46×10^{12} km),约合40万亿km,相当于地球到太阳之间距离的27万倍,其他恒星和星系的距离则更远。人们现在所能观测到的宇宙范围约为100亿光年。用现代火箭技术所能达到的速度(20km/s左右)可以飞出太阳系,但不能实现恒星际航行。因为以这个速度航行到最近的恒星“比邻星”约需65000年,到天狼星约需13万年。航天器只有达到接近光速的速度,恒星际航行才有实际意义。要使航天器接近光速,必须把火箭的喷气速度提高到接近光速的水平。现阶段航天中使用的化学火箭发动机、核火箭发动机和电火箭发动机的喷气速度只有光速的几分之一。

设想中的有可能用于未来恒星际航行的推进系统的有3个。①脉动式核聚变发动机:把核燃料做成很多细小的颗粒——“微型氢弹”,用激光或粒子束加热到极高温度,引起微型氢弹爆炸,产生冲击波和粒子流,使其向一定方向喷射,产生反作用推力。逐个点燃“微型氢弹”可获得脉动式的持续推力。②星际冲压式发动机:在恒星际航天器前面装一个巨大的收集器,在航行中不断吸入星际空间的氢,利用氢的同位素氘为核聚变发动机提供燃料。但是这样的收集器据计算

4 ▶ 航天概论

直径将达到数千千米。有人设想在航天器前面造成一个大范围的人工磁场,形成无形的收集器,用磁力线捕获星际空间的氢离子。③光子火箭发动机:根据著名的爱因斯坦质能公式:能量=质量 $\times$ (光速)²,利用物质和反物质相互作用,其质量全部湮灭而转化为光能。使质子与反质子在发动机中进行反应产生光子流,光子流以光的速度从火箭喷管喷出,产生反作用力,推动火箭前进,这就是光子火箭原理。光子火箭的设想早在1953年就提出来了,但是反物质的产生、储存和使用,发动机的设计和控制,以及大面积反射镜的制造都不是短时期内所能解决的问题。

根据爱因斯坦狭义相对论,在以接近光速飞行的航天器上,时间的进程远比地球上慢,这个效应称为时间延缓效应。设 T 是航天器上的时间, T_e 是地球上的时间, v 是航天器的速度, c 是光速,则有关系式: $T = T_e \times \sqrt{1 - (v/c)^2}$ 。例如,当 $v=0.9c$ 时, $T=0.436T_e$;当 $v=0.999\ 9995c$ 时,按照这个效应航天器上的时间仅为地球上时间的千分之一。这样一来就有可能在人的寿命期限内完成一次往返遥远恒星天体的恒星际航行。

1.1.4 航天技术

航天技术,又称空间技术,系指探索、开发和利用太空以及地球以外天体的综合性工程技术,航天器技术是航天技术(空间技术)的主要组成部分或核心部分,航天技术(空间技术)的作用、地位主要通过航天器技术来实现,可以说,没有航天器就无法完成航天任务。

航天器技术的发展,给人类提供了新的知识与方法,正在改变人们的生产方式、生活方式和思维方式。在近半个世纪的时间里,航天器技术的发展与进步,极大地丰富了人类的知识宝库,改变了过去基于地面所形成的许多传统观念,进而把人类新视野伸展到宇宙新的深处。全社会从航天器技术的应用及其技术转移中所获得的效益也是十分显著的。空间技术的发展推动了科学技术整个体系的进步。世界上几乎没有什么其他的工程技术,会像空间技术工程那样牵动公众的热情,激起广泛的关注和参与精神,几乎没有什么其他的工程技术可以对社会产生广泛而持久的影响力。

人类走出地球后发现,太空中有高远的位置资源、高真空和微重力环境资源、强宇宙粒子射线辐射资源、月球及其他天体资源、太阳能资源等丰富的资源。以和平开发与利用太空资源为宗旨的空间事业,是造福于人类的伟大壮举。航天器技术的发展,使人类社会进步和对地球与宇宙的认识升华到一个崭新的阶段,为

人类社会的发展进步提供了腾飞的载体。

航天技术又称空间技术。它是探索、开发和利用太空以及地球以外天体的综合性工程，也是高度综合的现代科学技术。航天技术集中应用了 20 世纪力学、热力学、材料学、医学、电子技术、自动控制、喷气推进、计算机、真空技术、制造工艺等技术成果。人类进入太空的过程是依靠航天器来实现的。航天器技术的发展水平依赖于人类科学技术的最新成果，而航天技术反过来又促进了科学技术的发展。

1.2 宇宙速度

人类要发射人造地球卫星或飞行器，就要摆脱地球的强大引力，怎样才能离开地球呢？这就需要运载飞行器、人造地球卫星的航天飞机或运载火箭的速度达到一定的标准——宇宙速度。所谓宇宙速度就是从地球表面发射飞行器，飞行器环绕地球、脱离地球或飞出太阳系所需要的最小速度。

最初，当人们在探索航天途径时，为了估计克服地球引力、太阳引力所需要的最小能量，引入了 3 个宇宙速度的概念。后来，随着科学技术发展和人类对太空的进一步探索，科学家还估算了第四和第五宇宙速度。

1.2.1 第一宇宙速度

人类的航天活动，并不是一味地要逃离地球。特别是当前的应用航天器，需要绕地球飞行，即让航天器围绕地球作圆周运动。众所周知，必须始终有一个力作用在航天器上，其大小等于该航天器运行线速度的平方乘以其质量再除以公转半径，即 $F=mv^2/R$ 。在这里，正好可以利用地球的引力。因为地球对物体的引力，正好与物体作曲线运动的离心力方向相反。经过计算，在地面上，物体的运动速度达到 7.9km/s 时，它所产生的离心力，正好与地球对它的引力相等。

第一宇宙速度（又称环绕速度）是指要使航天器绕地球旋转而不掉落到地面的最低发射速度。当物体具有 7.9km/s 的速度运动就和地球的引力相平衡，就不落回地面而环绕地球作匀速圆周运动，因此又叫环绕速度。它是航天器沿地球表面作圆周运动时必须具备的速度。如图 1-1 所示。

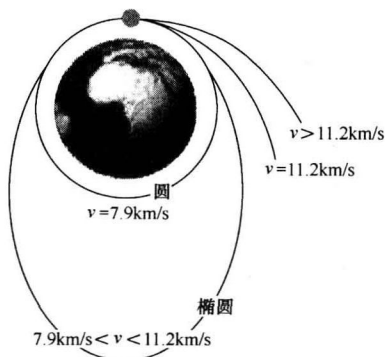


图 1-1 第一宇宙速度

1.2.2 第二宇宙速度

第二宇宙速度(又称脱离速度)是指航天器如欲飞离地球而不再返回的最低的发射速度。当物体(航天器)飞行速度达到 11.2km/s 时,就可以摆脱地球引力的束缚,飞离地球进入环绕太阳运行的轨道,不再绕地球运行,因此该速度又叫做脱离速度。各种行星探测器的起始飞行速度都高于第二宇宙速度。

1.2.3 第三宇宙速度

第三宇宙速度(又称逃逸速度)是指物体脱离太阳的引力,飞出太阳系相对地心的最小速度,大小为 16.7km/s 。地面上的物体在充分利用地球公转速度情况下再获得这一速度后可沿双曲线轨道飞离地球。当它到达距地心 93 万千米处,便被认为已经脱离地球引力,以后就在太阳引力作用下运动。这个物体相对太阳的轨道是一条抛物线,最后会脱离太阳引力场飞出太阳系。

1.2.4 第四宇宙速度

第四宇宙速度是指冲出银河系的最低的发射速度。由于人类对银河系的了解尚在进行中,它的精确质量和半径尚未清楚。因此,飞出银河系的第四宇宙速度的数值只能估算为 $110\sim 220\text{km/s}$ 。目前,人类还没能实现第四宇宙速度。

1.2.5 第五宇宙速度

第五宇宙速度是指航天器从地球发射飞出本星系群的最小速度。由于本星系群的半径、质量都还未有精确的数据,所以无法计算第五宇宙速度确切的数值大小。目前,科学家估计第五宇宙速度为 $1\,500\sim 2\,250\text{km/s}$ 。飞行器要达到这个速度,按现在科学技术的发展水平来预测需要几百年,也许更长。

1.3 航天学

航天学又称星际航行学,是研究航天基本原理、指导航天工程实践的一门自成体系的综合性技术科学,是航天系统,特别是航天器和航天运输系统设计、制造、试验、发射、运行、返回、控制、管理、使用等航天技术的理论基础。航天学是多种基础科学和技术科学在航天工程实践的应用中发展起来的。

航天学的主要分支学科有航天动力学、空气动力学、火箭结构分析、航天器结构分析、航天热物理学、火箭推进原理、燃烧学、航天材料学、火箭制造工艺

学、航天器制造工艺学、飞行控制和导航理论、空间电子学、飞行器环境模拟理论、航天医学、航天系统工程学等。

1.4 太空环境及资源

从现代的眼光来看，太空有无可替代的资源。这些资源包括航天器（卫星、飞船、空间站）相对地球表面的高位置资源，航天器中的微重力环境资源，太空的高真空、高洁净、高能粒子辐射和大范围高低温变化的环境资源。

1.4.1 空间高位置资源

航天器居高临下俯瞰全球，在军事上和民用上都有无可比拟的优势。早在1945年英国科幻小说家阿瑟·克拉克就预言，在地球赤道上空放置3颗地球同步定点卫星就可进行全球通信，如图1-2所示。随着航天技术的发展，地球变得越来越小，人类可以把全球作为一个整体来观察和利用。具有了这种太空高位置，人类文明就前进了一大步。

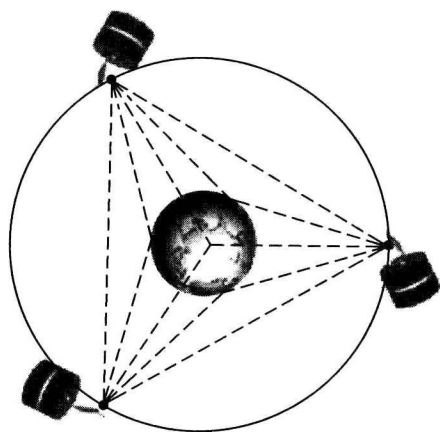


图1-2 3颗地球同步定点卫星

1.4.2 航天器内微重力环境资源

征服宇宙是人类永恒的梦想。随着国际空间站的建成，太空假期也成了最前卫的旅程。但在做一切准备之前，首先来学习一个名词：微重力状态。

当一切物体在进行航天飞行时，它们的重量都不见了，这种现象称为“失重”。其实完全失重是一种理想的情况，在实际的航天飞行中，航天器除受引力作用外，不时还会受到一些非引力的外力作用。例如，在地球附近有残余大气的阻力，太阳光的辐射压力，进入有大气的行星时也有大气对它的作用力。根据牛顿第二定律，力对物体作用的结果，是使物体获得加速度。航天器在引力场中飞行时，受到的非引力的力一般都很小，产生的加速度也很小。这种非引力加速度通常只有地面重力加速度的万分之一或更小。为了与正常的重力对比，我们就把这种微加速度现象叫做“微重力”。其实，航天器即使只受到引力作用，它的内部实际上也存在微重力，这是因为航天器不是一个质点，而是一个具有一定尺寸的物体。

失重现象看到或知道的人不少,但是微重力环境是一种很有价值的资源,知道的人可能就不多了。众所周知,在地球上,任何物体都受到重力作用,生产过程、物理现象、化学变化、生命生理活动都不可避免地要受到重力的影响。在地球上,重力给材料加工制造带来许多不良影响,如重的沉在下面,轻的浮在上面,使材料质地不匀,产生分层现象。又如,加温时,冷暖空气因为比重不同会产生对流,因而难以生产出高质量的晶体。

但在空间站,在航天飞机、人造卫星等航天器的微重力环境中,生产过程和生命活动都不受重力影响(或影响甚微),这样就能够生产出地球上无法生产的新材料、新产品,培育出地球上没有的新物种。例如,在微重力状态下,没有重的下沉、轻的上浮现象和冷热空气的对流,因而可生产出质地均匀纯净的新材料、晶体和新药物;在微重力状态下,冶炼不需要容器,因而可避免高温冶炼给材料带来杂质和污染;在微重力状态下,液态重金属的表面张力很大,因而能够生产出非常标准的球体如滚珠等;微重力状态对生物的生长发育有明显的促进作用,能培育出优良物种。

1.4.3 太空高真空、高洁净、高能粒子辐射、大范围高低温变化环境

太空是一个真空的空间,也是一个真空、低温、太阳发射极强的严酷环境。对人类征服太空来说是一个严峻的挑战。

在距离地面 50km 以内的空间里,集中了大气中 99.9% 的气体。同时,随着高度的增加、大气密度的下降,大气压也在逐渐降低。有数据显示,离地表高度 100km 左右的大气压只有地面上的大气压的百万分之一。

如果空气中没有大气,那究竟有哪些东西呢?太空是不是空的呢?答案是否定的。在宇宙中的氢和氧慢慢凝聚成团,形成了星系和恒星。恒星中心的氢和氧依次发生核聚变,又产生了氢、氧、碳等比较重的元素。在恒星死亡时,剩下的大部分氢和氧以及氢、氧、碳等元素便散布在太空中。

在太空中,不仅有宇宙大爆炸时留下的辐射,还有各种天体向外辐射出的电磁波,许多天体还向外辐射高能粒子,形成宇宙射线。例如,人们把太阳上发生耀斑时所发射出的高能带电粒子流称为太阳粒子辐射。将它辐射出的射电波、红外光、可见光、紫外线、X 射线等统称为电磁辐射。许多天体都有磁场,可以俘获高能带电粒子,并因此形成辐射很强的辐射带,如地球的上空就有内、外两个辐射带。由此可见,太空还是一个强辐射环境。

一直以来,在人们对宇宙的不断探索中,许多人都有一个疑问,那就是太空的温度到底是多少呢?实际上,太空本身是没有温度的,它所表现出来的只是太空中物体的温度。通过对宇宙微波背景辐射的研究证明,太空的平均温度为 -273°C 。当航天器在太空真空中飞行时,没有空气传热和散热,所以受到阳光直射的一面,温度可高达 100°C 以上,而背阴面,温度则可能低至 $-200^{\circ}\text{C}\sim-100^{\circ}\text{C}$ 。

这些环境与微重力环境结合起来的综合环境,对特殊材料的制备,完美晶体的生长,生物工程及药品的制备和提纯,高质量冶炼等都可获得地面上难以得到的结果。

由于在太空中大气极度稀薄,对电磁波的全频谱辐射的吸收、折射、散射基本上不存在,因而是天文观测的理想环境,由此出现了太空望远镜和空间天文学这门新学科。

1.5 太空轨道

在太空中运行的飞行器都有自己的特定轨道,这就是太空轨道。从1957年起,已有数千颗人造地球卫星进入了围绕地球运行的轨道中。在一般情况下,不同的卫星使用不同的轨道。

由于卫星的功能有所不同,因此它们的轨道也各不相同。一般情况下,卫星的运行轨道可以分为顺行轨道、逆行轨道、同步轨道和极地轨道4种类型,如图1-3所示。

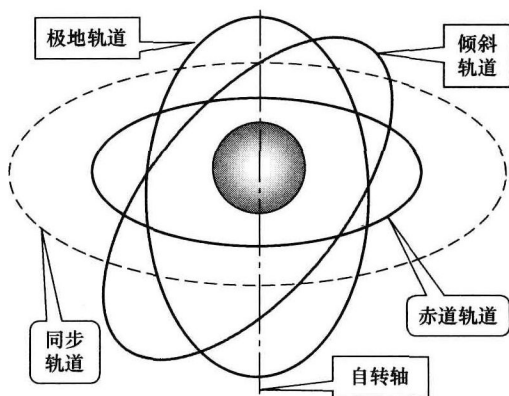


图 1-3 卫星的运行轨道

1.5.1 顺行轨道

顺行轨道的特点是轨道倾角即轨道平面与地球赤道平面的夹角小于 90° 。在这种轨道上运行的卫星,绝大多数离地面较近,高度仅为数百千米,故又将其称为近地轨道。我国地处北半球,要把卫星送入这种轨道,运载火箭要朝东南方向发射,这样能够利用地球自西向东自转的部分速度,从而可以节约火箭的能量。地球自转速度可以通过赤道自转速度、发射方位角和发射点地理纬度计算出来。

不难想象,在赤道上朝着正东方向发射卫星,可利用的速度最大,纬度越高能用的速度越小。

我国用长征一号、风暴一号两种运载火箭发射的 8 颗科学技术试验卫星,用长征二号、二号丙、二号丁 3 种运载火箭发射的 17 颗返回式遥感卫星以及用长征二号 F 运载火箭发射的神舟号试验飞船,都是用顺行轨道。它们都是从酒泉发射中心起飞被送入近地轨道运行的。通过长征三号顺行轨道甲运载火箭发射的 1 颗北斗导航试验卫星也是采用顺行轨道。

1.5.2 逆行轨道

逆行轨道的特征是轨道倾角大于 90° 。欲把卫星送入这种轨道运行,运载火箭需要朝西南方向发射。不仅无法利用地球自转的部分速度,而且还要付出额外能量克服地球自转。因此,除了太阳同步轨道外,一般都不利用这类轨道。

由于地球表面不是理想的球形,其重力分布也不均匀,使卫星轨道平面在惯性空间中不断变动。具体地说,地球赤道部分有些鼓胀,对卫星产生了额外的吸引力,给轨道平面附加了 1 个力矩,使轨道平面慢慢进动,进动方向与轨道倾角有关。当轨道倾角大于 90° 时,力矩是逆时针方向,轨道平面由西向东进动。适当调整卫星的轨道高度、倾角和形状,可使卫星轨道平面的进动角速度每天东进 0.9856° ,恰好等于地球绕太阳公转的日平均角速度,这就是应用价值极大的圆形太阳同步轨道。

在太阳同步轨道上运行的卫星,可在相同的时间和光照条件下观察卫星云层和地面目标。气象、资源、侦察等应用卫星大多采用这类轨道。我国用长征四号火箭发射的 2 颗风云一号气象卫星和 2 颗测量大气密度的地球卫星,用长征四号 2 火箭发射的 1 颗风云一号气象卫星、1 颗中国和巴西合制的资源一号卫星、1 颗中国资源二号卫星、1 颗实践五号科学试验卫星,都采用这种轨道。它们都是从太原发射中心升空的。长四乙火箭在发射资源一号卫星时,还用 1 箭双星的方式把 1 颗巴西小型科学应用卫星送入太阳同步轨道。

1.5.3 赤道轨道

赤道轨道的特点是轨道倾角为 0° ,卫星在赤道上空运行。这种轨道有无数条,但其中的一条地球静止轨道具有特殊的重要地位。由于卫星飞行速度随距地面的高度而变化,轨道越高,速度越小,环绕周期越长,故由计算可知,当其在赤道上空 35 786km 高的圆形轨道上由西向东运行 1 周的时间,恰好是 23 小时