普通高等教育“十五”国家级规划教材

航空航天推进系统

王春利　编

北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

需要全本请访问 www.ertongbook.com

版权专有　侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

航空航天推进系统/王春利编 .—北京:北京理工大学出版社,2004.6
普通高等教育"十五"国家级规划教材
ISBN 7-5640-0230-1

Ⅰ.航… Ⅱ.王… Ⅲ.①航空发动机-高等学校-教材②航天器-航天推进-系统-高等学校-教材 Ⅳ.①V23②V43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 003631 号

出版发行 / 北京理工大学出版社
社　　址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号
邮　　编 / 100081
电　　话 / (010)68914775(办公室)　68912824(发行部)
网　　址 / http://www.bitpress.com.cn
电子邮箱 / chiefedit@bitpress.com.cn
经　　销 / 全国各地新华书店
印　　刷 / 北京地质印刷厂
开　　本 / 787 毫米×1092 毫米　1/16
印　　张 / 16.75
字　　数 / 392 千字
版　　次 / 2004 年 6 月第 1 版　2004 年 6 月第 1 次印刷
印　　数 / 1~3000 册　　责任校对 / 陈玉梅
定　　价 / 35.00 元　　责任印制 / 刘京凤

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前　言

《航空航天推进系统》一书是经国家教育部审批的普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本教材是根据1997年全国研究生专业目录的调整和1998年全国高等教育本科专业目录的修订精神，为适应拓宽专业、进行教学改革的需要而编写的。本教材内容丰富，系统、全面地介绍了航空航天飞行器各类推进系统，结合各类型推进系统的工程应用与研究，反映当今航空航天推进系统的新技术、新领域和新成果。

本教材可作为航空航天学科中飞行器动力工程、飞行器制造工程和飞行器设计等专业的专业教材，也可作为“航空宇航推进理论与工程”学科的研究生教材。

本书以飞行器各类推进系统为主要内容，包括各种航空发动机、液体运载火箭推进系统、固体运载火箭推进系统、航天器推进系统、火箭导弹的动力系统、火箭冲压发动机和特种火箭发动机等，介绍了它们的工作原理、基本组成、基本特点及性能参数，介绍了它们的发展概况和今后的发展方向。本书在每章后面附有思考题(或练习题)，以利于读者学习并掌握书中的基本内容。

本书在取材方面体现了新颖的特点，在内容编排上体现了全面、系统及重点突出的特点。本书图文并茂、深入浅出、可读性强。每章都有典型实例的应用介绍，以增强读者的学习兴趣和知识内容。

本书由北京理工大学王春利教授编写。作者根据长期从事教学、科研及教材建设工作的成果和经验，参考了国内外近期出版的有关航空航天飞行器推进系统、推进技术等专著和文献资料，完成了本书的编写。本书在编写过程中，既注意到各章内容的独立完整，又考虑到各章之间的内在联系，有利于专业课程的全部或选择性的讲授。

本书在编写过程中，得到单位领导和同事的大力支持与帮助。本书第二章部分内容和概念参考了尚义老师编写的《航空燃气涡轮发动机》一书，只因此文献的出版单位及年限不详，而未列入书中最后的参考文献中，故在此说明并表谢意。

本书由北京航空航天大学宇航学院原院长张振鹏教授主审。张振鹏教授为本书的修改提出了许多宝贵建议，在此表示真诚谢意。

本书的出版应感谢北京理工大学教材科的工作人员、北京理工大学出版社责任编辑，感谢为本书的编写提供资料服务的工作人员。

正值此书完稿之际，喜闻我国自行研制的“神舟”5号载人飞船发射成功并已安全返回，这是中国航天史，也是世界航天史上的一件大事，仅以此书献给热爱航空航天技术和事业的人们。由于作者学术水平有限，书中有不妥之处，敬请读者批评指正。

编　者

2003年10月

目　　录

第一章　绪　论

第一节　航空与航天基本概念……（1）
第二节　航空航天飞行器概述……（2）
一、航空飞行器……（2）
二、航天飞行器……（3）
三、火箭和导弹……（6）
第三节　航空航天飞行器发展简述……（6）
一、航空器发展简述……（6）
二、航天器发展简述……（7）
三、火箭与导弹发展简述……（8）
第四节　航空航天推进系统概述……（9）
一、飞行器推进系统分类……（10）
二、飞行器推进系统的特点与应用……（10）
思 考 题……（11）

第二章　航空飞行器推进系统

第一节　航空发动机的类型及演变……（12）
一、航空发动机主要类型……（12）
二、航空发动机各类型性能特点及演变……（12）
第二节　活塞式航空发动机……（14）
一、发动机基本构成及工作原理……（14）
二、发动机工作过程……（15）
三、发动机辅助系统……（15）
四、活塞式航空发动机的主要性能参数……（16）
第三节　涡轮喷气发动机工作原理与性能参数……（16）
一、涡轮喷气发动机的工作原理……（16）
二、涡轮喷气发动机性能参数及基本要求……（17）
三、涡轮喷气发动机工作特性……（21）
第四节　涡轮喷气发动机部件……（24）
一、进气道……（24）
二、压气机……（27）

三、燃烧室 …… (29)
四、涡轮 …… (35)
五、喷管 …… (37)
六、加力燃烧室 …… (40)
七、双轴涡轮喷气发动机 …… (42)
第五节 加力涡轮喷气发动机 …… (43)
一、加力涡轮喷气发动机的工作特点 …… (43)
二、喷液加力 …… (44)
第六节 涡轮喷气发动机辅助系统 …… (44)
一、启动系统 …… (44)
二、燃油系统 …… (45)
三、滑油系统 …… (45)
第七节 涡轮风扇喷气发动机 …… (46)
一、基本工作原理及性能特点 …… (46)
二、涡轮风扇喷气发动机的部件 …… (47)
三、涡轮风扇喷气发动机的特性 …… (49)
第八节 涡轮螺旋桨发动机 …… (50)
一、基本结构形式 …… (50)
二、性能参数 …… (51)
三、过程参数 …… (52)
四、涡轮螺旋桨发动机特性 …… (52)
第九节 涡轮轴发动机 …… (53)
一、基本工作原理及性能参数 …… (53)
二、涡轮轴发动机部件 …… (55)
思 考 题 …… (56)

第三章 火箭发动机基本原理与主要性能参数

第一节 火箭推进系统的分类与定义 …… (58)
一、火箭推进系统的分类 …… (58)
二、火箭推进系统的定义 …… (58)
第二节 基本原理与基本关系式 …… (59)
一、火箭发动机的工作原理 …… (59)
二、理想火箭发动机 …… (59)
三、喷管理论及基本关系式 …… (61)
第三节 火箭发动机的主要性能参数 …… (67)
一、推力 …… (67)
二、推力系数 …… (69)
三、特征速度 …… (70)

需要全本请访问 www.ertongbook.com

四、总冲 …… (71)
五、比冲 …… (72)
六、发动机后效冲量 …… (73)
七、效率 …… (73)
八、推质比 …… (74)
九、推进剂质量混合比 …… (74)
思考题和练习题 …… (75)

第四章　液体火箭推进系统

第一节　液体火箭发动机的特点、分类与应用 …… (77)
一、液体火箭发动机的特点 …… (77)
二、液体火箭发动机的分类 …… (78)
三、液体火箭发动机的应用 …… (78)
第二节　液体火箭推进系统的发展 …… (79)
一、发展简史 …… (79)
二、发展趋势 …… (80)
第三节　液体火箭发动机的工作过程 …… (82)
一、推力室工作过程 …… (82)
二、液体火箭发动机的工作过程 …… (89)
第四节　液体火箭发动机的基本组成 …… (92)
一、推力室 …… (92)
二、涡轮泵 …… (95)
三、燃气发生器 …… (98)
四、阀门与调节器 …… (99)
第五节　液体火箭推进系统 …… (109)
一、推进剂供应系统 …… (109)
二、吹除与预冷系统 …… (111)
三、推进剂贮箱增压系统 …… (113)
四、推进剂利用系统 …… (114)
五、控制力及控制力矩系统 …… (115)
六、导管与发动机机架 …… (116)
第六节　液体火箭推进剂 …… (117)
一、液体推进剂的作用与要求 …… (117)
二、液体推进剂的分类 …… (118)
三、液体推进剂的组元种类 …… (120)
四、液体推进剂的发展简介 …… (121)
第七节　小推力液体火箭推进系统 …… (123)
一、小推力液体火箭推进系统的功能与特点 …… (123)

二、分类 …… (123)
三、小推力液体火箭推进剂供应系统 …… (126)
第八节 液体火箭推进系统典型实例 …… (126)
一、运载火箭第一级液体火箭推进系统 …… (126)
二、运载火箭第三级液体火箭推进系统 …… (129)
三、RD－119 液体火箭发动机 …… (133)
四、MIRA－10K 和 MIRA－10500 液体火箭发动机 …… (134)
五、SSME 液体火箭发动机 …… (136)
思考题 …… (138)

第五章 固体火箭推进系统

第一节 固体火箭推进系统的组成、工作原理与特点 …… (140)
一、固体火箭推进系统的组成 …… (140)
二、固体火箭推进系统的工作原理 …… (141)
三、固体火箭推进系统的特点 …… (141)
第二节 固体火箭发动机的应用与发展 …… (142)
一、固体火箭发动机的应用 …… (142)
二、固体火箭推进技术的发展 …… (143)
三、固体火箭推进技术当前研究方向 …… (144)
第三节 固体火箭发动机的组成与分类 …… (145)
一、固体火箭发动机主要组成 …… (145)
二、固体火箭发动机分类 …… (146)
第四节 固体火箭发动机主要组成结构及其工作原理 …… (147)
一、燃烧室 …… (147)
二、喷管 …… (148)
三、点火装置 …… (151)
第五节 固体推进剂 …… (154)
一、固体推进剂分类及其组成 …… (154)
二、运载火箭与导弹对固体推进剂的要求 …… (158)
第六节 固体推进剂的燃烧特性 …… (160)
一、固体推进剂的燃烧特性 …… (160)
二、固体推进剂的稳态燃烧过程 …… (161)
三、固体推进剂的燃速特性 …… (162)
第七节 固体火箭发动机装药 …… (164)
一、装药药型的分类 …… (165)
二、典型药柱介绍 …… (166)
第八节 固体火箭发动机的内弹道计算 …… (170)
一、内弹道计算任务 …… (170)

二、燃烧室中的燃气流动与压强变化 …… (171)
三、燃烧室压强－时间曲线的简化计算 …… (172)
第九节　固体火箭推力矢量控制装置 …… (174)
一、固体火箭推力矢量控制装置的分类与要求 …… (174)
二、典型推力矢量控制装置 …… (177)
第十节　固体火箭推力终止装置 …… (187)
一、推力终止装置与分类 …… (187)
二、反向喷管推力终止装置 …… (187)
第十一节　点火安全保险装置 …… (189)
一、电安全保险装置 …… (189)
二、机械式安全保险装置 …… (190)
第十二节　固体推进剂燃气发生器 …… (192)
一、固体推进剂燃气发生器的特点 …… (192)
二、固体燃气发生器的应用 …… (193)
三、导弹弹射用固体燃气发生器 …… (194)
四、气源式燃气发生器 …… (196)
第十三节　固体火箭发动机应用举例 …… (196)
一、战术导弹固体火箭发动机 …… (196)
二、战略导弹固体火箭发动机 …… (198)
三、航天运载固体火箭发动机 …… (201)
四、航天器固体火箭发动机 …… (203)
思 考 题 …… (203)

第六章　组合发动机与混合发动机

第一节　火箭冲压发动机 …… (205)
一、基本组成及作用 …… (205)
二、火箭冲压发动机分类 …… (206)
第二节　火箭冲压发动机的主要性能参数 …… (206)
一、有效推力 F_{ef} …… (207)
二、推力系数 …… (209)
第三节　整体式火箭冲压发动机 …… (209)
一、整体式冲压发动机 …… (209)
二、整体式固体火箭冲压发动机 …… (210)
三、整体式固体火箭冲压发动机典型结构方案举例 …… (212)
第四节　贫氧固体推进剂 …… (214)
一、贫氧固体推进剂的特点 …… (214)
二、贫氧固体推进剂组分的选择 …… (215)
第五节　火箭冲压发动机的发展与展望 …… (216)

第六节　混合火箭发动机……（217）
思 考 题……（218）

第七章　特种火箭推进系统

第一节　电火箭推进系统……（219）
一、电火箭推进系统的原理与分类……（220）
二、电热式电火箭推进系统……（220）
三、静电式电火箭推进系统……（224）
四、电磁式电火箭推进系统……（226）
五、电火箭推进技术的研究与发展……（227）
第二节　核火箭推进系统……（228）
第三节　太阳能火箭推进系统……（231）
思 考 题……（233）

附　　录

附表 1　1999 年 7～12 月世界有关国家或公司发射成功的航天器……（234）
附表 2　中国长征系列运载火箭发射航天器记录(截至 2003 年 10 月)……（240）
附表 3　国内外几种运载火箭推进系统使用的液体火箭发动机的主要性能参数……（242）
附表 4　国内外几种典型的航天运载器姿态控制液体火箭发动机的主要性能参数……（245）
附表 5　国外运载火箭使用的几种固体火箭发动机……（246）
附表 6　中国运载火箭使用的几种固体火箭发动机……（251）
附表 7　几种型号固液混合发动机……（252）
附表 8　国内外部分电火箭发动机主要性能及结构参数……（253）
参考文献……（255）

第一章　绪　　论

航空与航天技术是现代科学技术中发展最快的高新技术之一，也是20世纪人类认识自然、征服自然并探索太空过程中最有成就的科学技术领域。它将人类活动的领域扩展到太空，使人类认识自然、利用宇宙空间资源的能力发生了质的飞跃。当今，人类已进入21世纪，可以预料，人类在探索宇宙奥秘、和平开发利用宇宙空间、造福全人类的事业将会有更多的奇迹出现，航空航天技术将会取得更加辉煌的成就。

航空航天推进系统是航空航天飞行器的动力装置。它是航空航天飞行器的重要组成部分，通常简称发动机。推进系统不仅保障飞行器的正常飞行，而且还为飞行器的姿态控制、轨道转移、位置保持、空间对接以及返回地面等活动提供动力。飞行器的性能在很大程度上取决于推进系统的性能。

第一节　航空与航天基本概念

航空航天是指一切航空和航天活动的总称。航空航天技术既指进行航空与航天活动所涉及的科学技术，又指研制航空与航天飞行器所涉及的科学技术，通常习惯称为航空航天。航空是指在大气层内的空间飞行活动，而航天是指在大气层外的近地空间飞行、行星际空间的航行、飞往月球或大行星的航行以及飞出太阳系的航行。

显然，航天飞行主要活动范围是在大气层之外的空间中。但是，航天飞行器的起飞和返回地面的降落过程又都要经过大气层。所以，从科学技术上看，航空与航天是密切相联系的，有时是难以区分开的，当然其飞行的空间范围还是有区别的。

航空航天技术是高度综合的现代科学技术，综合应用了20世纪许多新兴的基础科学与应用科学，综合应用了工程技术的最新成果。力学、热力学、材料学、电子技术、自动控制理论与技术、计算机技术、喷气推进技术以及机械制造技术等科学技术的进步都对航空航天科学与技术的进步和发展产生了巨大的促进作用，而且在应用中又产生了一些新的学科，形成了当今时代具有完整体系的综合性学科与工程技术。就航天技术而言，它主要包括喷气推进技术、火箭制导与控制、航天器轨道控制、航天器姿态控制、航天器热控制、航天器电源、遥测遥感技术、生命保障、火箭设计与制造技术、航天器设计及制造技术、航天器的试验、飞行器环境模拟、航天器返回、航天器信息获取与处理、航天系统工程等。

航空航天技术与其他科学技术，如通信、导航、遥感、测绘、探测等技术在航空航天技术的结合与应用中，相互渗透与交叉，又产生了一些新的学科，从而扩大了航空航天技术的应用范围。目前，航空航天技术已广泛应用到科学研究、军事活动及国民经济众多领域中，产生了十分显著的经济和社会效益。

航空航天技术在军事方面应用十分广泛，如航空航天侦察、导弹预警、卫星监视、军事卫星导航、军事卫星测地、军事卫星气象观测等技术都有重要的军事意义。这些技术极大地丰富了军事科学的内容，对武器发展及军事战略研究产生了深远的影响。

第二节　航空航天飞行器概述

飞行器是指在大气层内或大气层外空间(含环绕地球空间、行星和行星际空间)飞行的器械。飞行器可分为航空飞行器、航天飞行器、火箭和导弹。

一、航空飞行器

在大气层内飞行的飞行器称为航空飞行器,简称航空器,如气球、气艇、直升机、飞机等。它们是靠空气的静浮力或空气相对运动产生的空气动力升空飞行。所以,按照产生升力的基本原理,可将航空器分为两类,即靠空气静浮力升空飞行的航空器(轻于空气的航空器)和靠空气相对运动产生空气动力升空飞行的航空器(重于空气的航空器)。航空器的分类见图 1-1 所示。

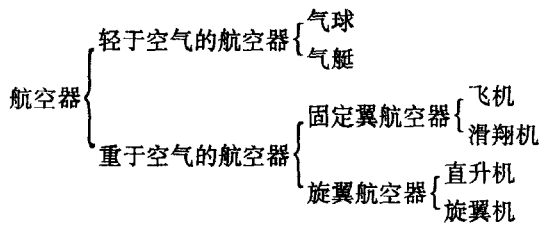


图 1-1　航空器分类

1. 轻于空气的航空器

轻于空气的航空器有气球和气艇。其主要结构是一个气囊,在这种容器内充填轻于空气的气体,如热空气、氢或氦,靠外界周围空气的静浮力克服航空器自身的重力而升空。气球本身并无动力装置,升空后随风飘移或用绳索系留,飘浮在一定的空间位置;而气艇是有动力装置的,可以操纵飞行。

2. 重于空气的航空器

重于空气的航空器有飞机、滑翔机、直升机及旋翼机。它们是靠自身的翼面与空气的相对运动产生的空气动力而升空,当然它们的运动必须依靠动力。这类航空器的动力装置有的是自身携带的,有的是靠外界动力装置。

重于空气的航空器通常分为固定翼航空器和旋翼航空器两类。固定翼航空器包括飞机和滑翔机,旋翼航空器包括直升机和旋翼机。它们当中,飞机、直升机和旋翼机都有动力装置,只是滑翔机本身无动力装置。

航空器在民用和军用方面,其主体是飞机,其次是直升机。飞机自身装有动力装置,并有固定机翼和操纵系统,由动力装置产生推力,机翼可产生升力,操纵系统可控制飞机的机动飞行。滑翔机在飞行原理和机体构造形式上与飞机基本相似,但是它没有动力装置和推进器。它必须另外提供动力,如弹射或拖拽来升空,从而获得初始高度和飞行速度,由机翼产生升力进行滑翔。它还可以操纵,利用上升气流实现爬升,或靠自重向下滑翔。

直升机是依靠自身具有的动力装置带动螺旋桨与空气相对运动而产生升力及前进的拉力。至于旋翼机,它与直升机的区别是它的旋翼没有动力直接驱动,只是靠自身前进时相对于空气产生的气动力吹动旋翼转动,从而产生升力。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

3. 飞机的分类

因为下一章讲述的航空发动机，都是应用于飞机的动力装置，为此，本节对飞机分类稍作介绍。

大家知道，飞机是航空飞行器的主体。它的飞行是靠动力装置产生推力(拉力)。飞机在国民经济和军事上起着非常重要的作用。按照用途、推进系统、机身构造形式、机翼形状及尾翼形式的不同，飞机可分为许多类型。

例如，按用途飞机分为民用机和军用机两类。民用机主要指民航的客机、货机，农业用的播种、施肥、灭虫等飞机，以及科学试验研究专用机，体育运动、公务专用机等。而军用机则更是多种多样，如大家熟悉的歼击机、强击机、轰炸机、反潜机、侦察机、空中加油机、电子对抗机及军事教练机等。

又比如按推进系统不同，飞机有螺旋桨式和喷气式等等，在此不再一一介绍。

在此值得一提的是太阳能飞机，它的能源是太阳能，而推进装置是螺旋桨，作为航空器的新型推进系统还是很吸引世人关注的。太阳能飞机出现在 20 世纪末期。它是一种无人驾驶的螺旋桨飞机。美国航天局(NASA)经过多年的研究，到目前为止已有 4 种型号太阳能无人机问世。它们分别是："探索者"、"探索者 +"、"百人队长"和"太阳神"。1993 年"探索者"进行了首次飞行。这 4 种太阳能飞机仍处于试验飞行阶段。但我们相信，太阳能飞机将成为航空航天飞行器大家庭中的新成员。它的用途广泛，可用于科学观测、可作为人造卫星的补充、可执行监视空中目标、探测风暴、探测水障碍和寻找成片油田等任务，当然更可用于军事侦察任务。

图 1－2 所示为"百人队长"太阳能飞机。太阳能飞机能长时间、长距离飞行，飞行高度可达 20 000 m 以上，而目前能在此高度飞行的飞机并不多，只有美国的"U—2"高空侦察机、前苏联"M—55"高空侦察机、美国"SR—71"侦察机，以及前不久因失事停飞的"协和"号客机。

"太阳神"号太阳能飞机是 1999 年出厂的。它的外形尺寸达到创纪录的水平，其翼展达 75 m，飞机的结构全部采用碳纤维复合材料。

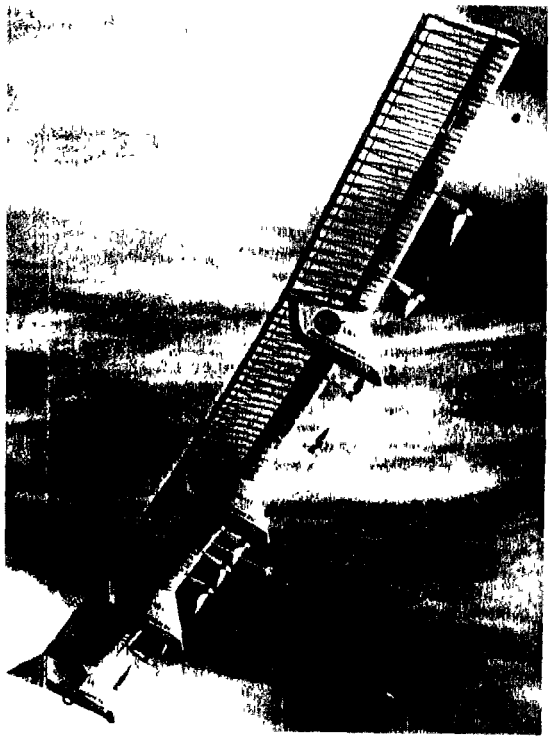


图 1－2 "百人队长"太阳能飞机

二、航天飞行器

航天飞行器简称航天器，是指在地球大气层以外的宇宙空间(包括地球近地空间、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类飞行器，也叫空间飞行器。

目前的科学技术发展水平，航天器已发展到太阳系外运行。事实上，航天器系统是一个大系统，由若干专门系统组成，而航天器是执行航天任务的主体。航天器的出现，使人类活动范围从地球大气层扩展

到广阔无垠的宇宙空间，使人类认识自然和改造自然的能力发生了质的飞跃，对社会经济、军事、科学技术的发展产生了深远和重大影响。

1. 航天器的作用

航天器的作用包括以下内容：

① 环绕地球运行的航天器可以充分利用它相对地球的高远位置来观测地球，可以迅速和大量获取来自地球大气、海洋、陆地的各种自然信息和社会信息，直接服务于军事侦察、海洋监视、导弹预警、核爆炸探测、气象观测、环境监测和资源考察等任务。

② 环绕地球的航天器可作为空间无线电中继站，用于包括军事通信在内的全球通信、广播、电视。

③ 航天器作为空间基准点，可以为陆、海、空三军的导弹、舰船、飞机及部队调动和民用商船、飞机、车辆进行导航定位，可以为军事测绘部门提供大地测量基准。

④ 在航天器上可以有效利用太空的微重力、高真空、超低温、强辐射等特殊环境进行科学研究，开辟新的工业生产。

⑤ 航天器能摆脱大气层的屏障，接收来自宇宙天体的各种电磁辐射信息，实现全波段天文观测。

⑥ 航天器在近地空间飞行或在月球、行星际空间飞行，能实现对空间环境的直接探测或对月球和行星的就近考察及取样工作。此外，载人航天器由于有人工作，能充分发挥人的独特作用，对于提高空间侦察、空间防御、空间截击和空间作战指挥等效果都有巨大的潜在意义。

2. 航天器的分类

航天器可分为无人航天器和载人航天器。无人航天器包括人造地球卫星、空间平台和空间探测器等；载人航天器包括载人飞船、载人太空实验室、空间站、航天飞机和空天飞机等。航天器的分类见图 1－3 所示。

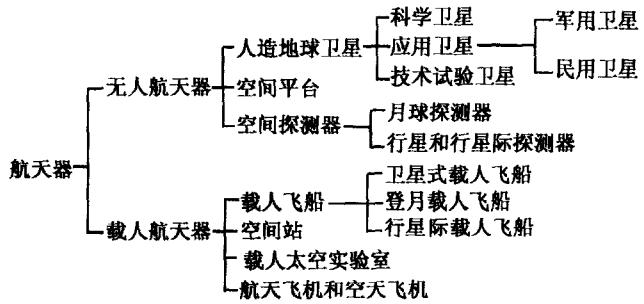


图 1－3　航天器分类

(1) 人造地球卫星

人造地球卫星简称人造卫星。它是由运载火箭发射运送到一定高度，并获得必要的速度(达到 7.9 km/s 时)，沿一定的轨道环绕地球运行，基本上按天体力学规律运行的一种航天器。

按其用途可分为：

① 科学卫星：用于科学探测和研究；

② 应用卫星：直接用于国民经济、军事服务的人造卫星，如通信卫星、气象卫星、侦察卫星、导航卫星、测地卫星、地球资源卫星等；

③ 技术试验卫星：用于技术试验研究。

图 1－4 为我国“风云二号”同步气象卫星，图 1－5 为我国“实践一号”科学探测和技术试验卫星。

(2) 空间探测器

它是用于对地球、行星和行星际空间进行探测的航天器，目前已发展到对太阳系以外的宇宙空间的探测。

(3) 载人航天器

按照飞行、工作方式和发展阶段它可分为载人飞船、载人太空实验室、空间站、航天飞机和空天飞机。

① 载人飞船：它包括卫星式载人飞船和登月载人飞船等。它能提供宇航员在大气外层空间的生活和工作条件，并能返回地面。载人飞船可以单独执行航天任务，也可以作为往返于地面和航天空间站之间的“渡船”。

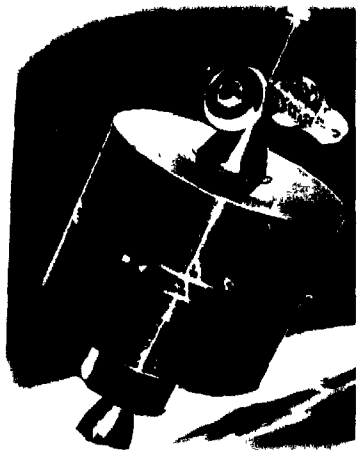


图 1－4 “风云二号”同步气象卫星

② 载人太空实验室：它是从研制成功的“载人飞船”到“空间站”研制成功之前的一个过渡阶段使用的载人航天器，如美国的“天空实验室”、欧洲航天局的“空间实验室”都属于此类。载人太空实验室与空间站的主要区别在于是否具有补给能力。空间站在寿命期内需要并能够补充物资、推进剂和更换设备；而载人太空实验室在寿命期内基本上不补充物资和更换设备，即它的寿命短、规模小，技术也较空间站简单，只具备一定的试验条件，而不具备生产条件，但比卫星及载人飞船要高级得多。

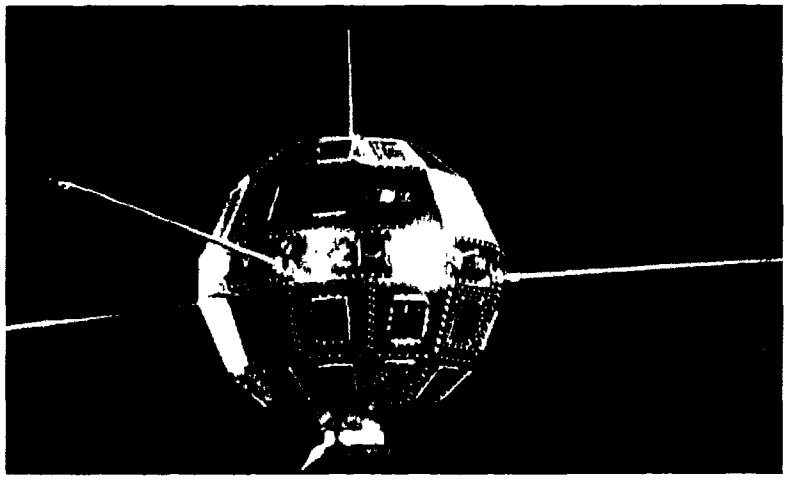


图 1－5 “实践一号”科学探测和技术试验卫星

③ 空间站：它是可供多名航天员长期居住生活和工作的航天器。它的运行原理与载人飞船类似。载人飞船只能一次使用，寿命短；而空间站规模大，寿命长，至少 5 年左右，有的已达 10 年以上。

④ 航天飞机和空天飞机：航天飞机是可以重复使用、往返于地面和近地轨道之间运送有效载荷或在轨道上完成规定活动的航天器。它靠运载器发射入轨，自身带翼，返回地面时能像滑翔机那样在机场跑道上水平着陆。因此，航天飞机是航空器与航天器结合、运载器与航天器

结合的新一代航天器。凡是装有空气发动机，在发射上升或返回地面的过程中利用空气作推进剂，可以在机场上着陆并可重复使用的带翼的航天器或运载器，称为航空航天飞机，简称空天飞机。

三、火箭和导弹

火箭一词是指以火箭发动机为动力的飞行器。火箭发动机自身携带推进剂，包括燃料和氧化剂，靠推进剂燃烧从喷管高速喷出工质产生反作用力，产生推力，使飞行器在空中飞行。它不依赖于大气中的空气作为推进剂组元。因此，它可以在大气层内飞行，也可在大气层外飞行。

以火箭发动机为动力的飞行器按用途分类，可分为无控火箭、探空火箭和运载火箭。运载火箭是带有航天器（如人造卫星、载人飞船、空间探测器等）并将航天器运送到预定轨道的可控火箭。

导弹是以火箭发动机或其他喷气发动机为动力，由制导系统控制其飞行且带有战斗部的飞行器。按飞行特点，导弹可分为飞航式导弹、弹道式导弹；按发射和攻击目标导弹可分为地地导弹、地空导弹、空空导弹、空地导弹、舰舰导弹、舰空导弹、潜地导弹、反坦克导弹等；按射程和战术技术可分为战术导弹和战略导弹。

第三节　航空航天飞行器发展简述

自古以来，人类就向往着升空飞行，遨游太空，国内外出现了许多先驱人物，勇敢探索飞行的奥秘，为人类实现飞行提供了宝贵的经验和教训。自然科学理论、科学技术及工业生产的发展，促进了航空航天技术的发展。

一、航空器发展简述

航空技术的发展史要以飞机的发展为代表。人类关于飞行的许多探索和试验是从模仿鸟类的飞翔开始的，中外历史文献中都记载着人类用羽毛制成翅膀来尝试飞行的记录，但这些尝试都没有获得成功。19 世纪初，英国的 G·凯利提出了重于空气的航空器的理论，阐明了利用固定翼产生升力和利用不同翼面控制飞行的设计概念。他制造了第一架滑翔机进行试飞。他的重要著作《关于空中的航行》为后人对航空器的研制提供了重要理论指导和设计经验。

得到世人公认的是美国的莱特兄弟，他们在先驱者德国的李林达尔滑翔活动的基础上，首先制造了具有操纵性能的滑翔机，经过上千次的飞行试验，得到了大量的空气动力数据，终于在 1903 年制造了“飞行者一号”飞机。飞机上装有 8.8 kW 水冷式 4 缸活塞式发动机来驱动螺旋桨，这就是人类第一架飞机升空飞行成功。从此，直到第二次世界大战结束前，飞机的发动机基本上都是活塞式的。飞机靠发动机带动螺旋桨产生拉力而飞行。经过几十年的发展，活塞式发动机技术愈加完善，功率可达 2 940 kW，装有这种发动机的飞机，其速度最大可达到 750 km/h，可以说达到了极限。

因此，活塞式发动机的功率和螺旋桨的效率已不适应飞机的速度再继续增大，为了克服进一步提高飞行速度带来的障碍，即所谓“音障”，在第二次世界大战后，出现了喷气发动机。此后的军用飞机，基本上都是喷气式，到了 20 世纪中期，随着喷气式飞机的超音速飞行，人类又

相继解决了超音速飞行出现的“热障”问题，即由于长时间高速飞行产生的气动加热而导致结构材料性能下降的问题。这一问题通过研制新型的质轻且耐高温的材料及新型结构而得到解决。

民用飞机使用喷气发动机较晚，直到20世纪50年代以后，出现了多种型号的喷气式客机。我国航空器的发展也取得了巨大成就，从1954年制造的我国第一架飞机首次飞行成功至今，半个多世纪以来，我国的航空工业从无到有，从小到大，从维修到仿制，到如今已经能够独立设计制造先进的歼—8战斗机、大型喷气运输机和客机，目前与国外合作，为波音飞机生产重要部件。

二、航天器发展简述

1957年，前苏联第一颗人造地球卫星发射成功，揭开了人类航天活动的序幕。航天事业的先驱者俄国的齐奥尔科夫斯基最先从理论上证明了利用多级火箭可以克服地球引力而升入太空。他建立了火箭运动的基本数学方程，并肯定了用液体火箭作为航天器的动力装置。美国的戈达德提出火箭飞行的飞行原理，并导出了脱离地球引力所需的7.9 km/s第一宇宙速度。1926年，德国的奥伯特研究火箭飞行的数学理论，提出了许多关于火箭构造和飞行的新概念，从而为航天技术的发展奠定了基础。

继前苏联开创人类航天新纪元之后，美国在1958年发射了人造卫星。此后，法国、日本、中国、英国等国家也先后用各自研制的运载火箭成功发射了各自的第一颗人造卫星。

人造卫星发射成功之后，人类开始向行星及行星际空间的航天飞行发展。从1959年开始，美国、前苏联发射了许多月球探测器，以环绕月球飞行、硬着陆、软着陆等对月球进行科学考察，此外还对金星、火星、水星、木星、土星及行星际空间和彗星进行探测。其中美国发射的“先驱者”10号在1973年12月飞近木星，行程1×10^9 km，向地球发回木星和木星卫星的照片300幅。它利用木星引力场加速飞向土星，又借助土星引力场加速，于1986年6月飞越冥王星平均轨道，成为第一个飞出太阳系的航天器。

1971年，前苏联发射世界上第一个空间站“礼炮号”1号，截至1987年共发射7个“礼炮号”空间站，1986年成功发射“和平号”空间站。1973年美国发射“天空试验室”，1981年4月美国的世界第一架航天飞机“哥伦比亚”号试飞成功。1988年11月前苏联首次发射“暴风雪”号航天飞机。目前，由美国、日本、加拿大、俄罗斯共同研制的“阿尔法”号国际空间站，预计在本世纪初建成。

我国的航天技术经过30多年的发展，依靠自己的力量，已建成具有世界水平、举世瞩目的航天工业体系，航天技术已跻身世界航天大国的行列。从1970年4月24日用我国自行设计研制的“长征一号”运载火箭成功发射中国第一颗人造卫星——“东方红一号”开始，截至2000年底，我国已成功发射48颗不同类型的人造卫星，其中包括科学卫星、气象卫星、导航卫星和通信卫星等。

我国一直把航天事业作为国家整体发展战略的重要组成部分。从1992年正式启动载人航天工程，1999年“神舟一号”飞船发射成功到2002年12月30日“神舟四号”飞船发射成功，短短三年时间，“神舟”连续4次遨游太空，创下了我国航天史上的奇迹。“神舟五号”载人飞船在2003年10月15日成功发射并顺利返回，几千年来的中国飞天梦终于实现了。图1-6为“长征二号F”火箭发射“神舟”号飞船。附录中的附表1列出了1999年7~12月世界有关国家

或公司发射成功的航天器。1999 年 7～12 月，世界有关国家或公司共进行 38 次成功发射，入轨航天器 68 个，其中俄罗斯 10 次，美国 21 次，中国发射 2 次，包括本国航天器 3 个，别国 1 个。截至 1999 年底，世界各国共进行航天器发射 4 049 次，入轨航天器 5 263个。可以看出，航天技术在 20 世纪末已取得了空前的飞跃发展。现今，人类已进入 21 世纪，航天技术将会出现更辉煌的成就，人类征服宇宙空间的活动更加频繁。

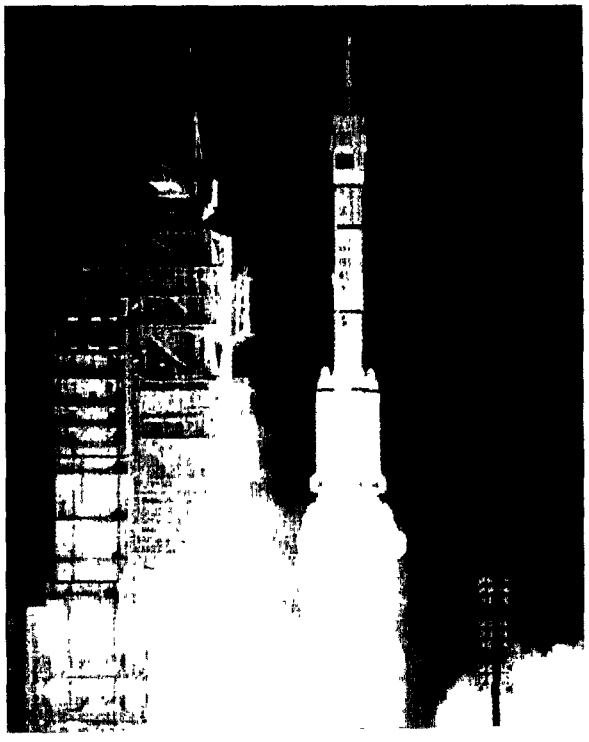


图 1-6 “长征二号 F”火箭发射“神舟”飞船

据报道，2002 年中国在空间领域取得了骄人的成就，下一步将开发新一代无毒、无污染、高性能和低成本的运载火箭，重点开发大容量、高性能、长寿命的广播通信卫星，并进一步开展日地系统整体行为的空间物理研究。附录中的附表 2 列出了中国用“长征”系列运载火箭发射航天器的记录（截至 2003 年 10 月）。

三、火箭与导弹发展简述

火箭起源于中国。火药是中国古代四大发明之一。火药的发明与使用，为火箭的发明创造了条件。在我国南宋时期，大约公元 12 世纪中叶，出现了军事使用的火箭，这是世界上最早出现的固体燃料火箭。到了明代初期，军用火箭已经相当完善且应用于战场。明代初期的兵书《火龙神器阵法》和明代晚期的兵书《武备志》等有关文献，都详细记载了中国古代火箭的制作与使用情况。在《武备志》中记载了 20 多种固体火药火箭，其中“火龙出水”火箭是历史上最早的二级火箭雏形，这说明当时中国的固体火药火箭技术已经达到相当高的水平。

公元 13 世纪元兵西征，使古代火箭技术经过阿拉伯人传入欧洲，随后又传入印度。19 世纪初期，印军在抗英战争中使用了火箭，19 世纪中期英军进攻丹麦时，共发射了 4 万枚火箭。此后，丹麦和俄国等国家也相继将火箭用于军事。

现代火箭技术的发展，是从 20 世纪初期开始。1903 年俄国的 K·E·齐奥尔科夫斯基提出了制造大型液体火箭的设想和设计原理，液体火箭技术开始兴起。1926 年，美国的火箭专家、物理学家 R·H·戈达德试飞了第一枚无控液体火箭。1944 年，德国首次将有控的、用液体火箭发动机推进的“V—2”火箭用于第二次世界大战。此时，苏军使用了固体推进剂的“卡秋沙”火箭。第二次世界大战后，前苏联和美国的火箭都是在德国“V—2”火箭基础上发展起来的，并相继研制出包括洲际弹道导弹在内的各种火箭武器。这段时期，液体火箭推进技术被广泛用于各类型火箭和导弹上。尽管液体火箭技术问世较固体火箭技术晚得多，但在现代火箭发展历史中，液体火箭要比固体火箭技术发展快得多，而且理论研究也相当全面和成熟。

但是随着固体推进剂双基药的出现，20 世纪 30 年代后，固体火箭推进技术也有较快的发

需要全本请访问 www.ertongbook.com