

王宗学 编著

# 飞行器控制系统概论

北京航空航天大学出版社

# 飞行器控制系统概论

王宗学 编 著

北京航空航天大学出版社

(京)新登字 166 号

## 内 容 简 介

本书为飞行器控制系统基本知识和基本原理简介的通俗教材。书中着重叙述了飞行器的分类和特点,飞行控制与制导系统的基本原理和组成,飞行器姿态系统仪表及惯性导航系统,大气数据仪表及综合显示系统,飞行控制系统的执行机构以及飞行器的供电系统。

本书内容丰富、新颖,概念清楚,叙述条理,浅显易懂,图文并茂;具有较强的知识性和趣味性,是学习飞行器控制系统入门知识的一本好书。

本书对象为大学低年级学生,也可作为从事飞行器技术的工程技术人员、生产管理干部以及有关青年技术人员学习参考。

## 飞行器控制系统概论

FEIXINGQI KONGZHIXITONG GAILUN

---

王宗学 编 著

责任编辑 王小青

北京航空航天大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

朝阳科普印刷厂印装

787×1092 1/16 印张:11 字数:282千字

1994年5月第一版 1994年5月第一次印刷 印数:3000册

---

ISBN 7-81012-476-5/V · 035 定价:5.45元

# 前 言

飞行控制系统是现代飞行器中不可缺少的重要组成部分。飞行器控制系统的基本知识和基本原理,也是飞行器自动控制有关专业技术人员应当掌握了解的基本内容。本书为航空航天自动控制系各专业学生的限修课程教材。其目的使学生较全面、系统地了解飞行器控制系统的概貌、基本原理、结构组成、发展现状,为今后深入学习打下必要的基础。

本书共分六章。第一章绪论,主要介绍航空航天技术发展简况,我国航空航天事业的概况,飞行器的基本分类和特点以及飞行器控制系统的基本功能和组成。第二章飞行器的控制与导航系统,主要讲述飞机飞行控制系统、导弹制导系统和航天器控制系统的基本原理、结构组成。第三章飞行器姿态系统仪表及惯性导航系统,主要介绍陀螺仪构成原理和特性、飞行器姿态角的测量、角速度的测量、航向系统仪表和惯性导航系统。第四章大气数据仪表及综合显示系统,讲述飞行高度、飞行速度、马赫数和升降速度等各种大气仪表的工作原理和结构组成,较深入详细地介绍大气数据系统和电子综合显示系统的功能、原理和技术现状。第五章飞行控制系统的执行机构,主要对飞行器中常用的电动舵机、气动舵机和液压舵机的性能特点、原理结构和应用情况进行概括论述。第六章飞行器的供电系统,着重介绍飞机电源系统、飞机发电机、二次电源,火箭电源系统,航天器的电源系统以及关于全电飞机的基本概念和关键技术。

本书是在原《飞行器控制与导航概论》讲义的基础上,按照教学计划规定的教学大纲内容编写的。编写中着重从基本概念入手,力求做到通俗、浅显、易懂,但又具有较强的知识性、理论性、趣味性和系统性。编写内容文图并茂,既要阐述清楚各有关专业内容的基本原理知识,又要尽量概括摄入有关的新技术和新动向。通过学习,从而达到对飞行器控制系统有关技术的全面系统的了解。

本书在成书的过程中,得到周秀银副教授、沈颂华副教授不少的支持和协助。全书由北京理工大学杨焕明副教授进行了仔细认真的审查,提出了宝贵的意见和建议。本书的全部图表由梅冰清同志绘制,责任编辑王小青同志为本书的正式出版做了大量、细致的工作。对上述同志在此一并致以真诚的谢意!

限于作者水平,加之编写时间紧促,书中难免存在一些缺点和错误,敬请批评示教。

编 者

1993年10月于北航

# 目 录

## 第一章 绪 论

§ 1.1 航空航天事业发展概况····· (1)	
一、航空发展简况····· (1)	
二、航天发展概况····· (1)	
三、我国的航空航天事业概况····· (2)	
§ 1.2 飞行器的基本分类和特点····· (3)	
一、航空器····· (3)	
二、航天器····· (8)	
三、火箭和导弹····· (13)	
§ 1.3 飞行器控制系统的基本功能和组成····· (20)	
一、简述····· (20)	
二、飞行器控制系统的基本功能和组成····· (21)	
§ 1.4 飞行器控制系统的过去和未来····· (23)	
····· (23)	
思考题····· (24)	

## 第二章 飞行器的飞行控制与制导系统

§ 2.1 飞机飞行控制系统····· (25)	
一、被控对象——飞机的运动特性····· (25)	
二、飞机姿态控制系统····· (29)	
三、飞机飞行轨迹控制系统····· (33)	
四、飞机的下滑着陆控制系统····· (39)	
五、飞机的导航系统····· (46)	
六、直升机的飞行控制系统····· (50)	
七、飞行控制技术的新发展····· (56)	
§ 2.2 导弹制导系统····· (63)	
一、导弹制导系统的功能及组成····· (63)	
二、弹道导弹的制导系统····· (68)	
三、地空导弹制导系统····· (70)	
四、巡航导弹制导系统····· (74)	
§ 2.3 航天器控制系统····· (76)	

一、人造地球卫星控制系统····· (76)	
二、空间探测器的星际航行中的导航和控制····· (81)	
三、航天飞机的飞行控制····· (82)	
思考题····· (88)	

## 第三章 飞行器姿态系统仪表及惯性导航系统

§ 3.1 陀螺仪及其特性····· (89)	
一、三自由度陀螺仪的基本特性····· (90)	
二、陀螺仪的分类····· (91)	
§ 3.2 飞行器姿态角的测量装置····· (91)	
一、垂直陀螺仪····· (92)	
二、航向陀螺仪····· (93)	
§ 3.3 飞行器角速度的测量····· (94)	
一、角速度陀螺仪的基本组成····· (95)	
二、角速度陀螺的测量原理····· (95)	
三、角速度陀螺仪在飞行器上的安装····· (95)	
§ 3.4 其它惯性测量元件····· (96)	
一、侧滑测量仪····· (96)	
二、加速度计····· (98)	
§ 3.5 飞机航向系统仪表····· (100)	
一、航向和航线····· (100)	
二、仪表罗盘简介····· (102)	
三、航向系统····· (104)	
§ 3.6 惯性导航系统····· (106)	
一、简述····· (106)	
二、平台式惯性导航系统····· (106)	
三、捷联式惯导系统····· (109)	
思考题····· (110)	

## 第四章 大气数据仪表及综合显示系统

§ 4.1 有关大气的基本知识····· (111)	
----------------------------	--

一、大气层·····	(111)		
二、大气的密度、温度和压力 ·····	(112)		
三、大气的密度、温度、压力与高度 的关系·····	(113)		
四、国际标准大气与大气的物理性质 ·····	(114)		
§ 4.2 气压高度表·····	(114)		
一、飞行高度的定义·····	(114)		
二、气压高度表的基本工作原理 ·····	(116)		
三、气压式高度表的使用·····	(117)		
§ 4.3 升降速度表·····	(118)		
一、升降速度表的基本工作原理 ·····	(118)		
二、升降速度表的结构·····	(119)		
§ 4.4 空速表·····	(120)		
一、空速与动压、静压和气温的关系 ·····	(120)		
二、测量指示空速的原理·····	(121)		
三、测量真空速的原理·····	(122)		
§ 4.5 马赫数表·····	(124)		
§ 4.6 攻角传感器·····	(124)		
§ 4.7 大气数据系统·····	(126)		
§ 4.8 电子综合显示系统·····	(129)		
§ 4.9 飞机驾驶舱的大变革·····	(133)		
思考题·····	(137)		
		<b>第五章 飞行控制系统的执行机构</b>	
		§ 5.1 电动舵机·····	(138)
		一、航空电动舵机·····	(138)
		二、几种典型导弹用电动舵机 ·····	(140)
		§ 5.2 气压式舵机·····	(142)
		一、冷气式舵机·····	(142)
		二、燃气式舵机·····	(144)
		§ 5.3 液压式舵机·····	(145)
		一、液压舵机的结构组成·····	(145)
		二、液压舵机的应用·····	(152)
		思考题·····	(157)
		<b>第六章 飞行器电气系统</b>	
		§ 6.1 概述·····	(158)
		§ 6.2 电源系统·····	(160)
		一、飞机电源系统·····	(160)
		二、飞机发电机·····	(163)
		三、航空蓄电池·····	(164)
		四、二次电源·····	(164)
		五、火箭电源系统·····	(165)
		六、航天器电源系统·····	(166)
		§ 6.3 飞行器配电系统·····	(167)
		§ 6.4 关于全电飞机的概念·····	(168)
		思考题·····	(170)
		<b>参考文献</b> ·····	(171)

# 第一章 绪 论

飞行器是航空飞行器和航天飞行器的通称,它是飞行控制系统的控制对象。在学习、了解飞行控制技术时,首先应当对飞行器有所必要的了解。本章主要内容为:航空航天事业发展概况;飞行器的基本分类和特点;飞行器控制系统的基本功能和组成;飞行器控制系统的过去和未来。

## § 1.1 航空航天事业发展概况

航空和航天是崇高而媚人的事业。自古以来人类为翱翔天空、遨游宇宙,经历了漫长而曲折的道路。多少志士人杰为此作出了艰苦卓绝的努力、勇敢无畏的尝试和英勇的牺牲。航空航天事业是人类在认识自然、改造自然进程中最活跃、最有影响的科学领域,也是人类文明高度发展的重要标志。

### 一、 航空发展简况

航空是 20 世纪发展迅速、对人类社会影响巨大的科学技术领域之一。20 世纪初,美国的莱特兄弟(W. Wright, O. Wright)用自己制造的世界公认的第一架飞机,实现了人类首次持续的、有动力的、可操纵的飞行,开创了现代航空的新纪元。

20 世纪上半期相继发生了两次世界大战,战争的需要对航空事业有重大的促进和影响。经过四年的第一次世界大战的锻炼,以飞机为代表的航空事业发生了第一次飞跃:在战争中飞机得到了广泛的应用,出现了各种不同用途的机种。航空工业逐渐形成了独立的工业体系,并且生产了大量的飞机、发动机和飞机辅助设备。二次大战后,飞机的结构、外形、发动机和仪表辅助设备都有了巨大的变革。飞机的速度、飞行高度和航程等重要性能,也都有了很大的提高。40 年代涡轮喷气发动机和喷气式飞机的诞生,为突破音障开辟了道路。歼击机、轰炸机和其它军用飞机都先后喷气化,飞行速度超过了音速,航空事业开始进入了超音速的时代。50 年代不仅出现了两倍音速的 F-104、F-4 和米格-21 高速歼击机,而且在民用航线上也出现了图-104、波音-707、和 DC-8 等大型喷气客机。60 年代除有三倍于音速的战斗机问世外,还出现了变后掠机翼和垂直起落两项航空新技术。七八十年代又发展了一系列机动性好、 $Ma$  数高、机载电子设备先进、火力强大的新型军用战斗机。美国的 F-15、F-16、F-18、原苏联的米格 27、29, 苏 24、27, 法国的幻影 2000 和 4000, 英、德、意联合研制的“狂风”等都属于这一时期优秀机种。隐形技术的应用、战略隐形轰炸机 B-2 和隐形战斗机 F-117A 的出现,把航空技术推向一个新阶段。

### 二、 航天发展概况

遨游太空是人类自古就有的愿望。古代火箭技术的发展、16 世纪以来科学技术的进步、现代工业的兴起,使人类得以从幻想转向科学的探索。19 世纪末 20 世纪初,一些国家的一批批

航天科学的先驱者，他们就开始研究、解决有关航天的科学理论和工程技术问题，并着手进行火箭的设计和试验。经过大约半个世纪的努力，人类终于把人造地球卫星送入了太空，从而开创了航天的新纪元。自1957年10月第一颗人造地球卫星上天以来，先后有苏联、美国、法国、日本、中国、英国、印度等国家，以及欧洲空间局研制出近百种运载火箭。修建了十多个大型航天器发射中心。设计制造了三千多颗人造地球卫星，一百多个载人飞行器和空间探测器。建立了完善的跟踪和测控系统，地面模拟试验设施和数据处理系统。约有近六十个不同用途的应用卫星系统投入运行。航天站已能在太空持续运行近五年。航天员可以在太空持续工作近300天。美国的航天飞机成功地进行了几十次的飞行，完成了运送和回收卫星的双向运载任务，成为人类沟通地球和太空的理想航天运输工具，使航天活动进入了一个新阶段。已有18个国家的约200名航天员进入了太空，12个人踏上了月球。空间探测器已成功地考察了太阳系的许多行星；实现了在金星和火星上的软着陆；探测了水星、木星、土星；有的还将飞出太阳系，对宇宙进行科学探索。在短短几十年时间里，航天活动促进了国民经济的发展和科学技术的进步，对人类社会生活产生了深远的影响。航天技术成为世界高科技的一个重要组成部分。

### 三、我国的航空航天事业概况

中国是世界文明古国。她在世界航空航天事业的发展过程中起着重要的作用，也占有重要的地位。

中国航空事业的蓬勃发展是在新中国成立后开始的。50年代初我国才刚刚组建起航空工业管理局，成立了飞机、发动机和材料工艺等方面的研究机构。1954年制造出我国第一架教练机（初教-5）。1956年试制成功第一架喷气歼击机（歼-5）。1958年小型多用途的运输机（运-5）投入广泛使用。同年，自行设计制造了初教-6。1959年第一架超音速喷气歼击机歼-6飞上蓝天，实现了我国航空工业从修理到制造、从仿制到自行设计生产的重大转变。60年代初建立了中国航空研究院和一整套的科研、生产和教育机构，全面开始从事飞机、发动机、仪表、电器、附件、电子设备、自动控制和航空武器的设计研究。大力开展了空气动力、结构强度、燃气涡轮、风洞技术、生命保障、材料工艺、导航控制、系统仿真和飞行试验等方面的应用研究。中国的航空工业形成了科研、生产和教育密切结合的完整体系。70年代初，我国生产制造的全天候高速歼击机和低空性能优异的强击机都正式装备了部队，各种新型飞机也日益增多。现在中国已能研制、生产各种型号的歼击机、轰炸机、强击机、直升机、侦察机以及各种型号的战术导弹，为空军、海军提供了军事技术装备，满足了民航事业的部分需要，并向世界上一些国家出口。

中国的航天事业是50年代中期开始的。1956年建立了我国的第一个导弹、火箭研究机构，制定了以火箭和喷气技术为重点的远景发展规划。1958年国家已把制造和发射人造地球卫星列入了国家科学规划，组建了航天研究院，开展了空间物理学和探空火箭的技术研究工作。经过艰苦奋斗，于1960年2月发射成功第一枚探空试验火箭。同年11月又发射成功自制的运载火箭，为中国的航天事业发展奠定了基础。1970年4月24日中国第一颗人造地球卫星“东方红1号”发射成功，使中国继苏、美、法、日之后，成为世界上第五个用自己制造的运载火箭、成功地发射卫星的国家。1971年3月3日中国又成功地发射了第二颗人造地球卫星，它在太空正常工作了八年，向地面发回了各项科学实验数据。1975年11月首次发射成功返回式人造地球卫星，中国成了继美、苏之后的世界上第三个掌握回收技术的国家。1980年5月向南太平洋发射大型运载火箭成功。1981年9月又首次用一枚大型运载火箭把三颗空间物理探测卫



星送入地球轨道。1982年10月从水下潜艇发射运载火箭成功。

我国已拥有了较完备的运载火箭系列。长征一号、二号、三号、四号和风暴一号等多种运载火箭,已成功地发射了以低轨道返回式卫星、高轨道静止通信卫星和中轨道太阳同步气象卫星为主的各类卫星31颗。由我国独立设计、研制、生产的这些运载火箭,相继突破了卫星回收、一箭多星、卫星测控、地球静止通信卫星发射等多项重大关键技术,在火箭技术领域取得了可喜的成就。长征二号捆绑式大推力火箭发射“澳星”成功,表明我国已具备了发射多种不同重量的高、低、中轨道的能力,成为世界上少数几个独立拥有较完备的运载火箭系列的国家之一。长征四号是一种采用常规推进剂的三级火箭,可广泛用于发射大型中、低轨道对地观测卫星,已成功地我国两颗试验气象卫星送入离地面约900公里的太阳同步轨道。长征三号火箭采用先进的液氢、液氧低温高能推进剂,可将1.4吨重的卫星送入离地面3.6万公里的地球同步轨道。长征二号火箭主要用来发射2.5吨以下的各种近地轨道卫星。它已连续发射12颗返回式卫星,创造了卫星回收成功率为百分之百的纪录。航天试验统计资料表明,我国运载火箭的综合技术性能和发射成功率均已达到了国际同类产品先进水平。长征二号捆绑式火箭已投入商业使用,可将我国的近地轨道运载能力提高到9吨左右,可以适应国际航天市场发射大型卫星的需要。我国已先后建成的航天发射场、卫星测控网、通信网等,为各种运载火箭发射提供了可靠的技术保障。我国的航空和航天科研部门正在为建造中国的空间站和天地往返系统——航天飞机而努力。

## § 1.2 飞行器的基本分类和特点

飞行器是指人创造出来的能在大气层内或大气层外空间飞行的器械的总称。目前飞行器的种类很多,各有其特点,按照不同的飞行环境和飞行原理一般分为航空器、航天器、火箭和导弹三大类。

### 一、航空器

航空器是指能在大气层内进行可控飞行的各种飞行器。任何航空器都必须产生一个大于自身重力向上的力,才能升入空中。由于产生上升力的基本原理不同,航空器可分为轻于空气的航空器和重于空气的航空器两大类。依据构造特点又可详分如下:

1. 轻于空气的航空器
  - 气球
  - 气艇
2. 重于空气的航空器
  - 固定翼航空器——飞机/滑翔机
  - 旋翼航空器——直升机/旋翼机
  - 扑翼机(又称振翼机)

下面对几种主要航空器的功能特点和结构组成略加介绍。

#### 1. 气球和气艇

气球和气艇是主要的轻于空气的航空器。它们的升空和飞行是靠空气的浮力或静力,和船漂浮在水上一样,都遵循阿基米德原理:浸没在流体中的物体受到包围它流体的一种浮力作

用,其浮力的大小等于该物体所排出的同体积流体的重量。

气球由气囊和吊篮(吊舱)组成,分为热气球和氢气球(氦气球),主要用于高空探测和科学实验研究,如图 1.2-1 所示。气球为无动力装置、不能进行控制的轻于空气的航空器。

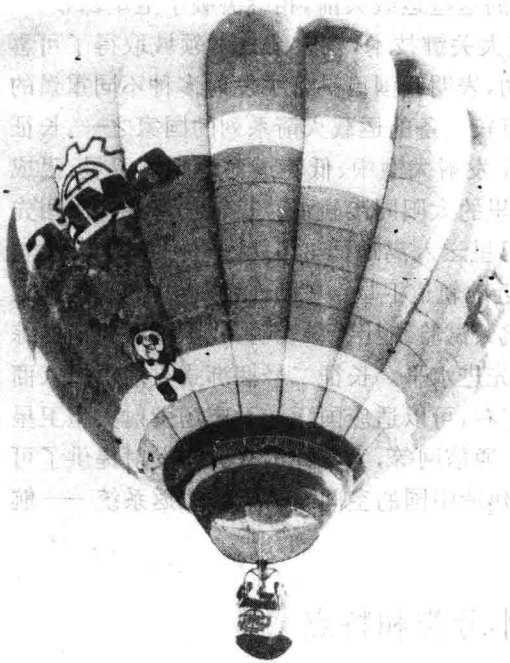


图 1.2-1 气球

气艇又称可操纵气球,它由巨大的流线艇体、吊舱、超稳定控制作用的尾面和推进装置四部分组成,如图 1.2-2 所示。它主要是用来作运输、旅游和航空运动。

## 2. 飞机

飞机是主要的、应用范围最广的重于空气的航空器。飞机具有机身、机翼、动力装置、起落架和稳定操纵机构等几个主要部分,如图 1.2-3。机身是飞机的躯体,它将机翼、尾翼、动力装置、起落架等部件连成一个整体,构成飞机。机身主要用来装载乘员、旅客、武器、货物和机载设备。机翼是飞机产生升力的主要部件,以支持飞机在空中飞行。稳定操纵机构包括水平尾翼、垂直尾翼、副翼、升降舵、方向舵等几个主要部件,它用来维持飞机在空中飞行中的稳定和平衡,控制飞机的姿态和方向。起落架用于支撑飞机和进行起飞、着陆时的滑跑。动力装置使飞机上产生推力或拉力、推动飞机前



图 1.2-2 气艇

进。它包括发动机及其相关的附件和系统。动力装置是飞机的心脏。现代飞机上应用最多的是涡轮风扇发动机、涡轮喷气发动机和涡轮螺旋桨发动机。

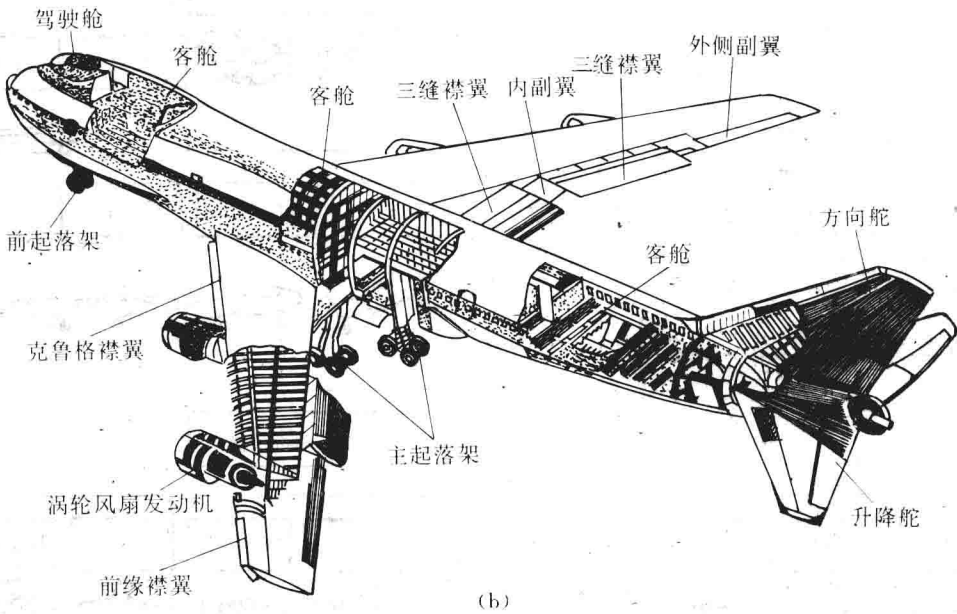
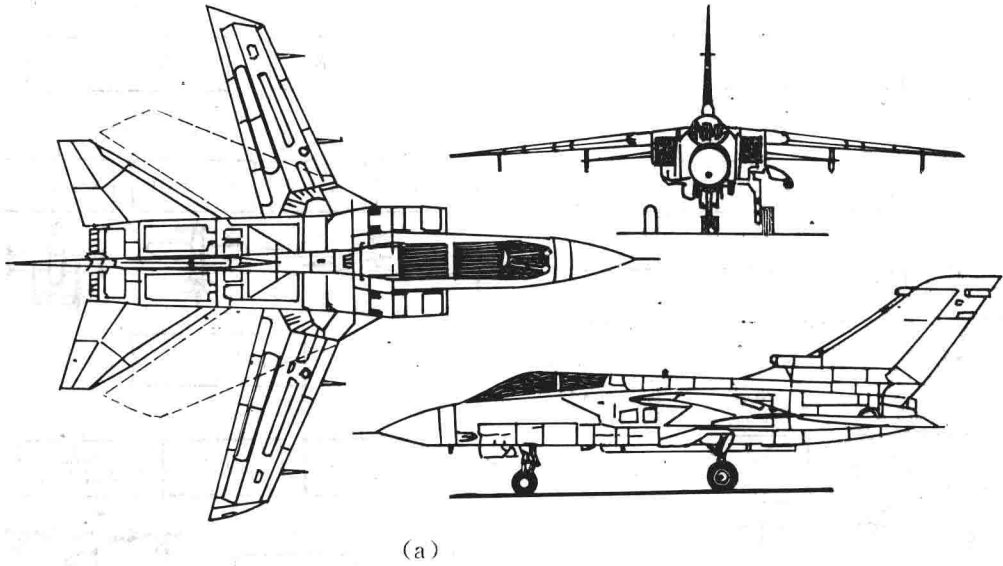


图 1.2-3 飞机

(a) “狂风”变后掠翼战斗机三面图 (b) 宽机身旅客机(波音 747)结构图

图 1.2-4 是飞机按组成部件的外形、数目和相对位置的不同来划分类型的。现代飞机按照其功用可分为军用飞机、民用飞机和科学研究飞机三大类。在军用机中包括歼击机(战斗机)、轰炸机(攻击机)、军用运输机、侦察机、预警机、电子对抗机、反潜机、空中加油机和救护机等。

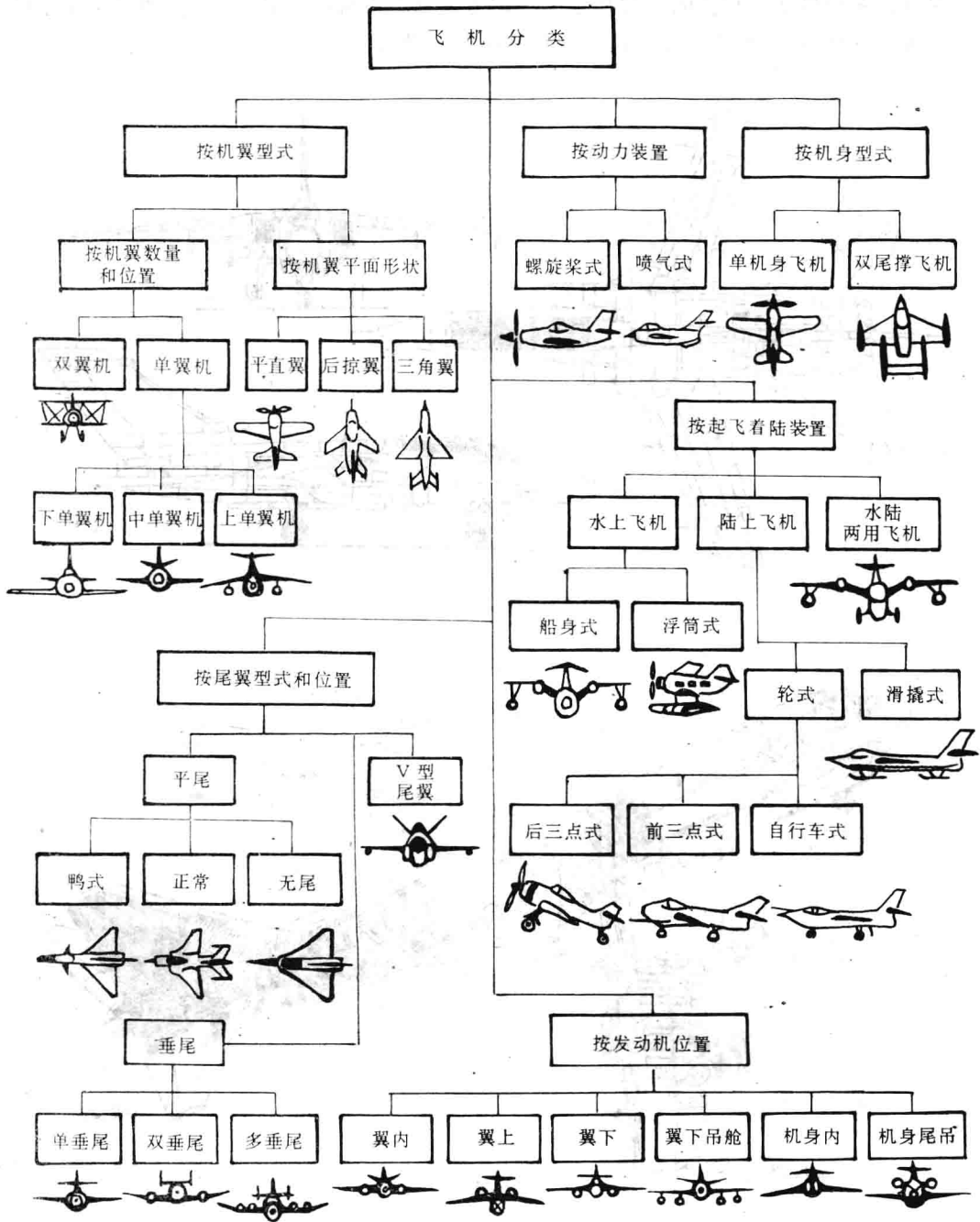


图 1.2-4 飞机分类

军用机的类型繁多、发展最迅速，新技术应用也最快。民用机主要包括民航客运机、货运机、农业机、林业机、体育运动机和各种多用途的轻小型飞机。在现代科技高速发展的今天，民航客运

飞机已成为国际、国内重要的,不可缺少的交通运输工具。高速、大容量、安全可靠、经济舒适是民用航空飞机的重要技术指标。数字化、自动化和综合化的新技术应用,也是民用航空发展水平的标志。

### 3. 直升机

直升机是以动力装置驱动旋翼作为主要升力来源、能垂直起落的旋翼航空器。直升机由机身、旋翼、尾桨、动力装置和起落架等主要部分组成,见图 1.2-5。旋翼安装在机体上方铅垂旋翼轴上,由动力装置驱动,能在静止空气和相对气流中产生向上的升力。旋翼受自动倾斜器操纵,可以产生升力大小和前、后、左、右水平分力的变化,实现直升机上下、前后和左右的运动,



图 1.2-5 直升机

使直升机既能上升下降、空中悬停,又能向前后左右任一方向飞行。它可以在狭小场地上垂直起飞和降落而无需跑道。它能在难以通行的地区活动,能运载比它本身体积大得多的货物。因此,直升机是当今世界上唯一能从地球的这一点任意飞到另一点的航空器。

直升机的应用几乎遍及军用和民用的各个领域。在军用方面,可用于通信联络、侦察巡逻、炮兵校射、后勤支援、空降登陆、反潜扫雷、对地攻击、战场救护、空中指挥等方面。在民用中,可用于短途运输、医护救灾、森林防火、地质勘探、空中摄影、吊装设备、交通指挥、科学考察等方面。近年来武装直升机越来越受到人们的青睐。特别在海湾战争之后,一些现代化的武装直升机,不仅速度大,而且有机枪、机炮、火箭、导弹等装备齐全的武器系统,有较高的机动性、反应灵活、能贴地飞行(高度在10米以下)。它装有装甲防护、采用了防坠毁结构、有较强的生存力。它的外形尺寸较小,噪声低,采用了减少反光,减少红外辐射和防雷达探测等隐身技术,有较好的隐蔽性。这种直升机能全天候飞行并有夜视能力。在沙漠、丛林、山地和各种复杂地形条件下表现出极为突出的作战能力,引起了各国的重视。

## 二、航天器

航空和航天的分界线是地球的大气层。在地球以外的宇宙空间、基本上按照天体力学的规律运行的各类飞行器叫作航天器,又称空间飞行器。

航天器在空间运行的方式分为三种:环绕地球运行、飞离地球运行和飞离太阳系运行。从地球发射的航天器,要想克服地球引力能在空间绕地球运行,必须借用于强大的运载推动工具获得足够大的初始速度。能使航天器(如人造地球卫星)环绕地球运行的速度称为第一宇宙速度。在地球表面绕行的第一宇宙速度约为7.9公里/秒。航天器要想在空间某预定地点脱离地球进入星际运行、而成为人造行星,则它必须具有一个脱离地球引力的速度,该速度称为第二宇宙速度。第二宇宙速度约为11.2公里/秒,是第一宇宙速度的 $\sqrt{2}$ 倍。从而可以看出,发射一颗同样重量的人造行星,要比发射一颗人造地球卫星需要更大推力的运载工具。如果要使航天器飞离太阳系进入宇宙空间航行,它必须具有脱离太阳系的速度。地球上物体飞出太阳系,相对地心的最小速度称为第三宇宙速度,其大小约为16.6公里/秒。

### 1. 航天器分类:

通常航天器可分为人造地球卫星、空间探测器和载人航天器三类。若按照航天器的功用和飞行方式可划分如下:

- 人造地球卫星:科学卫星、应用卫星、技术试验卫星。
- 空间探测器:月球探测器、行星探测器、星际探测器。
- 载人航天器:
  - 载人飞船:卫星式载人飞船,登月载人飞船;
  - 航天站;
  - 航天飞机。

### 2. 主要航天器简介:

#### (1) 人造地球卫星

人造地球卫星是空间轨道上环绕地球运行(至少一圈)的无人航天器。它是当前发射最多、用途最广、发展最快的航天器之一。人造卫星发射数量约为航天器发射总量的90%以上。一个完整的卫星工程系统包括人造卫星、运载器、发射场、航天控制和数据采集网,以及用户台(站、

网)。卫星本体一般由专用系统和保障系统两部分组成。卫星专用系统与其所执行的任务有关,大致包括探测仪、遥感仪器和转发设备等三类。保障系统主要包括:结构系统、热控系统、电源系统、无线电测控系统、姿态控制系统和轨道控制系统等。人造卫星用户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。

人造卫星按其用途可分为科学卫星、应用卫星和技术试验卫星。科学卫星主要用于科学探测和研究,如空间物理探测卫星、天文科学卫星等。它借助于望远镜、光谱仪、盖革计数器、电离计、压力测量仪、磁强计等仪器对高层大气、地球辐射带、地球磁层、宇宙线、太阳辐射、极光以及太阳和其他天体进行探测研究。科学试验卫星主要用来对航天技术中的新原理、新技术、新方案、新材料等进行试验研究。如重力梯度稳定试验、生物对空间环境适应性试验、载人航天器生命保障系统和返回系统的验证性试验、交会对接技术试验、新传感器空中飞行试验以及轨道拦截技术试验等。

应用卫星是直接为国民经济和军事服务的卫星,其种类最多,发射的数量也最多。按其用途可分为通信卫星、气象卫星、导航卫星、侦察卫星、测地卫星、地球资源卫星和截击卫星等。

通信卫星是应用最广的卫星之一,它以反射或转发无线电信号,实现卫星通信地球站之间或地球站与航天器之间的通信。通信卫星是各类卫星通信系统或卫星广播系统的空间部分。一个静止通信卫星大约能覆盖地球表面的40%,使覆盖区内的任何海上、地面、空中的地球站间能同时相互通信。在赤道上空,等间隔地分布3个静止通信卫星,就可以实现除两极部分地区外的全球通信,如图1.2-6。中国1984年4月8日用“长征”3号(CZ-3)三级液体火箭发射了第一颗试验通信卫星“东方红”2号,以后又相继发射了“东方红”3号和“亚洲”1号通信卫星,它们用于电话、电报、电视和广播的传输,构成卫星通信和电视广播系统。图1.2-7为卫星电视广播通信系统示意图。

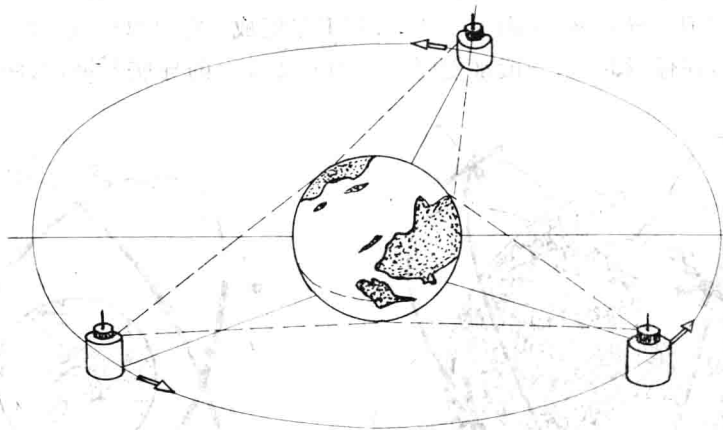


图 1.2-6 全球卫星通信

导航卫星是专为地面、海洋、空中和空间用户导航定位的人造地球卫星。为给导航用户提供定位基准,卫星上必须装备为用户提供导航定位信息的专用系统,它包括高稳定度时钟、遥测接收机、导航电文存储器(或计算机)、播发导航信号的双频发射机和定向天线组成。导航卫

星必须进行姿态控制,使发射导航信号的定向天线对地定向,同时还要进行轨道控制,以实现轨道捕获、轨道保持和各卫星间的相位控制。为提高全球覆盖的导航能力,必须由多个导航卫

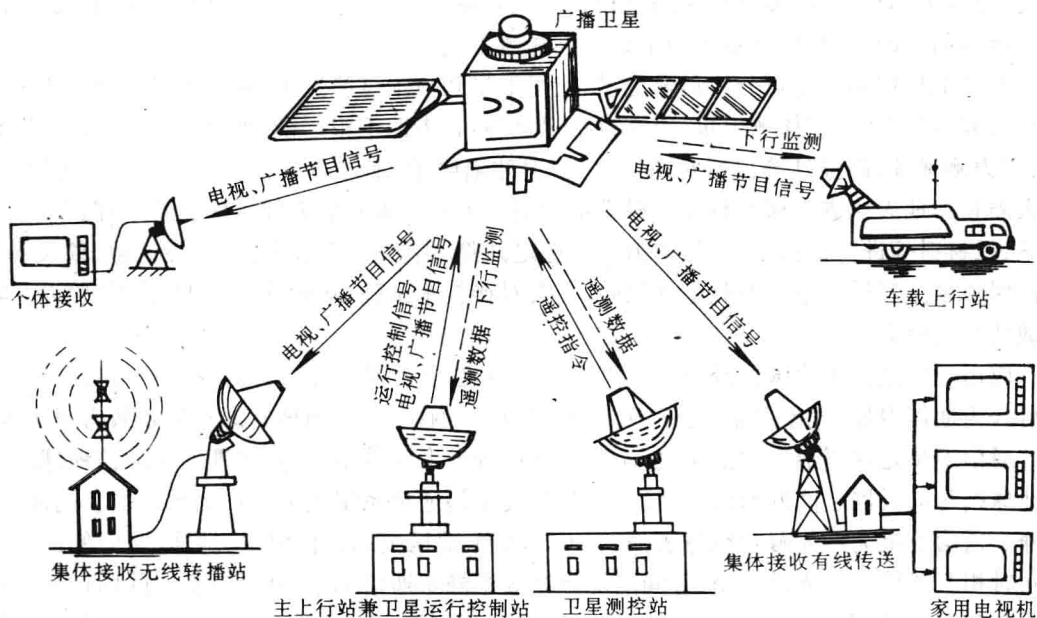


图 1.2-7 卫星电视广播系统示意图

星组成空间导航网,亦称导航星座。图 1.2-8 是由 4~5 颗导航卫星构成的低轨道多普勒导航卫星星座,它可以保证全球任何地方的用户能在平均间隔 1.5 小时左右利用卫星定一次位。图 1.2-9 为中高轨道卫星导航网,它由 10~20 多颗卫星组成。它可以保证全球任何地方、或近地空间的任何用户,在任意时刻,一般都能同时看到 6 颗以上的导航卫星,以便从中选择 4 颗卫

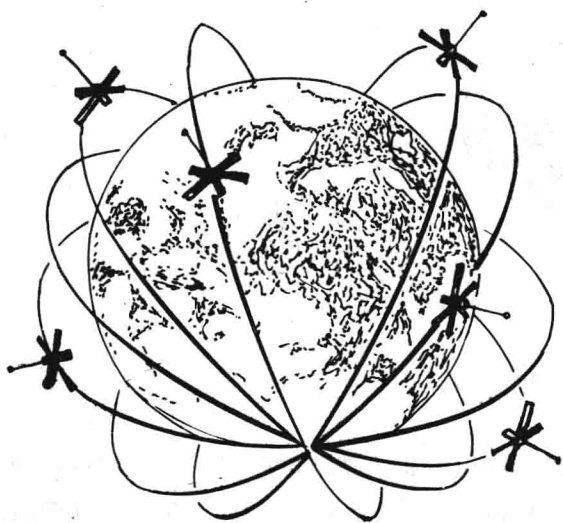


图 1.2-8 低轨道卫星导航网

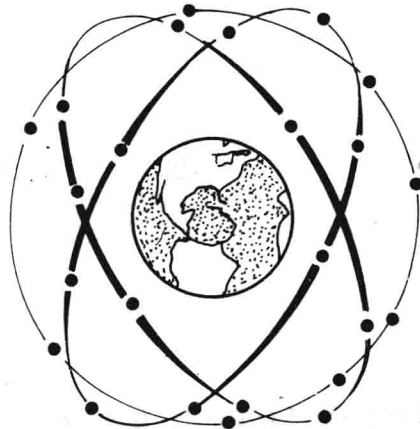


图 1.2-9 中高轨道卫星导航网



星进行连续实时的三维定位和测速。

### (2) 载人飞船

载人飞船是用来保障航天员在外层空间生活、工作以执行航天任务并能返回地面的航天器,又称宇宙飞船。它的运行时间有限,仅能一次使用的返回型载人航天器,分为卫星式载人飞船和登月载人飞船。苏联的“联盟”号飞船和美国的“阿波罗”号登月飞船是载人飞船的典型代表。

载人飞船一般由乘员返回座舱、轨道舱、服务舱、对接舱和应急救生装置等部分组成,如图 1.2-10 所示。为了保证人员能进入太空和安全返回地面,载人飞船应具有以下主要系统:结构系统,姿态控制系统,轨道控制系统,无线电测控系统,电源系统,返回着陆系统,生命保障系统,仪表照明系统和应急救生系统等。登月飞船还应有登月舱。返回舱是载人飞船的核心舱段,它是飞船上升和返回时航天员乘座的舱段,也是整个飞船的控制中心。

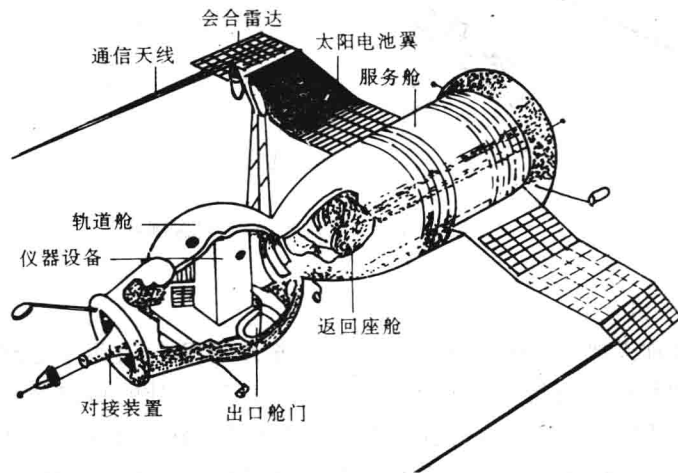


图 1.2-10 载人飞船

### (3) 空间探测器

空间探测器又称深空探测器,包括月球探测器、行星探测器和行星际探测器。它属于无人航天器,用来对月球和月球以远的天体和空间进行科学探测。各种行星际探测器分别用来探测金星、火星、水星、木星和土星,以及行星际空间和恒星。美国的“旅行者”号探测器是典型空间探测器之一。探测器为环状十边形结构,如图 1.2-11 所示。装有直径 3.7 米的大型高增益天线,用 3 台放射性同位素热电发生器作为电源。探测器由本身的计算机进行控制。

“旅行者”2 号和 1 号分别于 1977 年 8 月和 9 月发射。“旅行者”1 号于 1979 年 3 月 5 日越过木星,对木星进行探测并发回探测结果。1980 年 11 月飞近土星,发回土星环的照片。“旅行者”2 号于 1979 年 7 月 9 日飞近木星,拍摄了木星大红斑照片,并拍摄了木星周围木卫星的大量照片。1981 年 8 月 26 日它飞近土星,观测了土星、土星环,发现了新的土星卫星。至 1982 年底它拍摄了木星、土星、土星环等 3.2 万多幅照片。“旅行者”2 号 1986 年 1 月飞近天王星,1989 年 8 月飞近海王星。

空间探测器飞离地球几十万到几亿公里,入轨时的速度和方向稍有偏差,到达目标行星时就会出现极大的偏差。如火星探测器入轨时速度误差为 1 米/秒(大约是飞行速度的万分之