

机械工程概论

曹国强 编著

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

本书系统地介绍了机械工程的相关基础知识和应用,以及最新发展状况。全书共计7章,主要内容包括:机械工程基本概念,机械工程服务的领域与种类,机械发展与社会发展的关系,以及我国机械工业的发展现状;航空航天技术的基本知识、飞行器的结构,以及我国航空航天事业的发展;机械加工技术的一般方法和特种方法,以及现代设计方法,21世纪先进生产制造与管理模式,如精良生产、敏捷制造、虚拟制造等的概念和内涵及应用;最后本书对机械工程密切相关的学科——机电一体化技术进行了论述,较为重点地论述了电机控制技术和可编程序控制器。

本书可作为高等学校机械工程学科相关专业本科生的基础教材,也可作为其他专业师生和相关工程技术人员学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程概论/曹国强编著. —北京:航空工业出版社,
2008.2

ISBN 978 - 7 - 80243 - 096 - 9

I. 机… II. 曹… III. 机械工程 IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 014750 号

机械工程概论

Jixie Gongcheng Gailun

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里 14 号 100029)

发行部电话: 010 - 64919539 010 - 64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2008年2月第1版

2008年2月第1次印刷

开本:787 × 1092 1/16

印张:9.75

字数:230千字

印数:1—4500

定价:18.00元

前 言

本教材是供机械工程学科相关专业本科生学习用的教材，也是一本用系统工程方法论对学生进行知识与素质教育于一体的教科书，全书共分7章。第1章介绍了机械工程的基本概念、机械工程服务的领域与种类、机械发展与社会发展的关系，以及我国机械工业的发展现状；第2章介绍了航空航天技术的基本知识、飞行器的结构，以及我国航空航天事业的发展；第3~第5章介绍了机械加工技术的一般方法和特种方法，以及现代设计方法，使同学们对机械产品的设计和制造过程有一个较为全面的了解和认识；第6章介绍了21世纪先进生产制造与管理模式，如精良生产、敏捷制造、虚拟制造等的基本概念和内涵及应用；第7章介绍了与机械工程密切相关的学科——机电一体化技术，较为重点地论述了电机控制技术和可编程序控制器。读者通过对本教材的学习，对机械工程及相关领域的知识有一个较为全面的认识，为进一步学习专业知识奠定一个良好的基础。

本书由沈阳航空工业学院曹国强、高霁、庞丽君、包明宇、李景奎编著，全书由曹国强统编定稿。本书在编写过程中得到了机电工程学院很多教师的支持和帮助，在此表示诚挚的感谢！

书中参考并引用了许多专家、学者的研究成果，谨致谢意！

机械工程学科是一门蓬勃发展的传统学科，涉及的知识面非常广泛，应用的领域众多，加之编者水平有限，编写中难免有欠妥之处，恳请广大读者多提宝贵意见。

编者
2007年12月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 机械发展与社会发展的关系	(1)
1.2 机械工程基本概念	(2)
1.3 机械工程服务领域与种类	(4)
1.4 我国机械工业的发展	(6)
第 2 章 航空航天技术	(10)
2.1 概论	(10)
2.2 我国的航空航天工业	(28)
2.3 飞行器结构	(37)
第 3 章 机械加工技术	(51)
3.1 一般加工方法	(51)
3.2 特种加工方法	(64)
第 4 章 先进制造技术	(72)
4.1 计算机辅助设计与制造	(72)
4.2 数控技术	(80)
4.3 柔性制造系统	(88)
4.4 计算机集成制造系统	(91)
第 5 章 现代设计方法	(95)
5.1 传统设计与现代设计	(95)
5.2 有限元分析	(98)
5.3 优化设计	(104)
5.4 可靠性设计	(109)
5.5 智能设计	(114)
5.6 并行设计	(116)
第 6 章 21 世纪先进生产制造与管理模式	(121)
6.1 概述	(121)

6.2 精良生产.....	(123)
6.3 敏捷制造.....	(125)
6.4 虚拟制造.....	(129)
6.5 其他先进生产与管理方式.....	(133)
第7章 机电一体化技术	(138)
7.1 概述.....	(138)
7.2 电机控制技术.....	(140)
7.3 可编程序控制器.....	(144)
参考文献	(148)

第 1 章 绪 论

1.1 机械发展与社会发展的关系

1.1.1 机械是社会生产和服务的五大要素

制造是人类最古老的生产活动，人类成为“现代人”的标志是制造工具。从制造简单工具演化到制造由多个零件、部件组成的现代机械，经历了漫长的过程。人类发展的历史证明，社会生产创造着人类的社会物质文明，推动了人类社会的发展。据统计，发达国家 60% ~ 70% 的财富来源于制造业生产的产品，而制造业的主要支柱是机械。

机械工程是以有关的自然科学和技术科学为理论基础，结合生产实践中积累的技术经验，研究和解决在开发、设计、制造、安装、运用和修理各种机械中的全部理论和实际问题的一门应用学科。

机械是现代社会进行生产和服务的五大要素（即人、资金、能量、材料和机械）之一，并且能量和材料的生产还必须有机机械的参与。任何现代产业和工程领域都需要应用机械，例如，农业、林业、矿山等需要农业机械、林业机械、矿山机械；冶金和化学工业需要冶金机械、化工机械；纺织和食品加工工业需要纺织机械、食品加工机械；房屋建筑和道路、桥梁、水利等工程需要工程机械；电力工业需要动力机械；交通运输业需要各种车辆、船舶、飞机等；各种商品的计量、包装、储存、装卸需要各种相应的工作机械。就是人们的日常生活，也越来越多地应用了各种机械，如汽车、自行车、缝纫机、钟表、照相机、洗衣机、冰箱、空调机和吸尘器，等等。

1.1.2 决定人类命运的五次革命

在人类历史的长河中，发生了几次决定人类命运的大革命。

第一次革命发生在大约 200 万年前，由于自然条件的突然变化，生活在树上的类人猿被迫到陆地上觅食，为了和各种野兽抗争，他们学会了用天然的木棍和石块——天然工具保卫自己，并用之猎取食物。使用天然工具，锻炼了他们的大脑和手指。

第二次革命发生在大约 50 万年前，古猿人学会了制造和使用简单的木制和石制工具从事劳动，继而发现了火，并学会了钻木取火。烘熟的食物不仅让古猿人感到好吃，而且利于吸收，同时也为提高他们的体力和脑力创造了条件，使古猿人的生活质量有了改善和提高。使用工具，携带食物，甚至“拖儿带女”都需要他们的前肢从支撑行走中解脱出来，于是他们从地上站立起来，开启了从古猿到古人类的新纪元。

第三次革命发生在大约 15000 年前，古人类学会了制作和使用简单的机械，开始了农耕与畜牧。此后，大约 5000 年前，古人类进入新石器时代。4000 年前，发现金属，并学会了冶炼技术。金属器械逐步取代了石制、骨制的器械。约 2000 年前，发现了铁金属，进入铁器时代，各种复杂的工具和简单机械相继发明出来。

第四次革命发生在 1750 ~ 1850 年，蒸汽机的发明导致了一场工业革命。1760 年，在英国格拉斯哥大学工作的瓦特经过 10 余年的努力和不断改进，在爱丁堡制造出第一台蒸汽机。1804 年英国人特莱维茨克发明并制造出第一台蒸汽机车。1830 年在法国修筑了从圣亚田到里昂的铁路。蒸汽机车与铁路的普及，促进了西方工业生产的发展，促进了西方的机械文明，奠定了现代工业的基础。

战争的爆发与持续，加速了枪炮等武器的研制和生产。欧洲战争、英美战争、南北战争、掠夺印第安人土地战争以及第一次世界大战等战事不断，对兵器的配件要求导致了互换性的问世。良好的互换性又必须有高精度的测量工具和加工机床来保证，因此，19 世纪的机床和测量工具的发明与革新进展很快。同时，钢铁工业也获得很快发展。

第五次革命是计算机的发明导致了一场现代工业革命。计算机正在改变人类传统的生活方式和工作方式。

当前世界正在进行着一场新的技术革命，以集成电路为中心的微电子技术的广泛应用给社会生活和工业结构带来了巨大的影响。机械工程与电子工程结合诞生了“机电一体化”的复合技术，使机械设备的结构、功能和制造技术等提高到一个新的水平。机械学、微电子学和信息科学三者的有机结合，构成了一种优化技术，应用这种技术制造出来的机械产品结构简单、轻巧、省力和高效率，并部分代替了人脑的功能，即实现了人工智能。机电一体化产品必将成为今后机械产品发展的主流。

1.2 机械工程基本概念

机械工程的基本概念主要包括机械、机器、机构、零件、部件、构件。

1.2.1 机械

机械是指机器与机构的总称。机器是人类经过长期生产实践创造出来的重要工具，它的作用是实现能量转换或完成有用的机械功，用以减轻或代替人的劳动。例如，在生产实践和日常生活中广泛使用的各类机床、电动机、内燃机、起重机、汽车、拖拉机、缝纫机、洗衣机等都是机器。图 1-1 所示为内燃机。

机器是执行机械运动的装置，用来变换或传递能量、物料与信息。尽管机器品种繁多，形式多样，用途各异，但都具有如下特征。

(1) 都是人为的各种实物的组合体。

(2) 组成机器的各种实物间具有确定的相对运动。

(3) 可代替或减轻人的劳动，有效地完成机械功或能量转换。

凡具备上述三特征的实物组合体，均称为机器。

所谓机构，也是各种实物的组合体，实物间具有确定的相对运动，即符合机器的前两个特征。如图1-1所示，机架（汽缸）1和齿轮7、8等组成齿轮机构；机架（汽缸）1、凸轮轴6和汽阀推杆5组成凸轮机构。

机构主要用来传递和变换运动，而机器主要用来传递和转换能量。从结构和运动学的角度来分析，机器与机构之间并无区别。

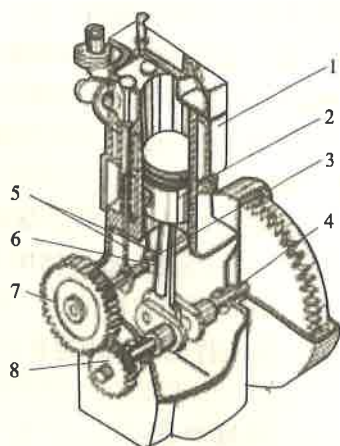


图1-1 内燃机

- 1—汽缸；2—活塞；3—连杆；4—曲轴；
5—汽阀推杆；6—凸轮轴；7—大齿轮；
8—小齿轮

1.2.2 零件与部件

机器是由若干个不同零件组装而成的，零件是组成机器的基本要素，即机器的最小制造单元。各种机器经常用到的零件称为通用零件，如螺钉、螺母、轴、齿轮、弹簧等。在特定的机器中才会用到的零件称为专用零件，如汽轮机中的叶片，起重机的吊钩，内燃机中的曲轴、连杆、活塞等。

为了独立制造、独立装配和运输、使用上方便，常把机械中为完成同一功能的一组零件组合在一起，形成一个协同工作的整体，如减速器、离合器和电机转子等。这种为完成同一功能而在结构上组合在一起的协同工作的零件总体，称为部件。

1.2.3 构件

组成机构的各个相对运动的实体称为构件。它可以是单一的整体，如图1-2(a)

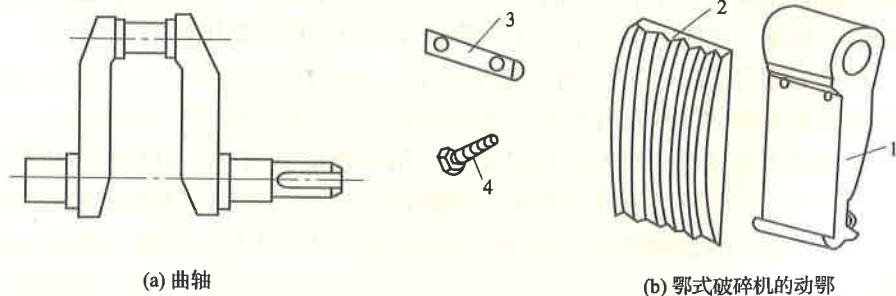


图1-2 构件

- 1—动鄂体；2—动翻板；3—压板；4—螺钉

所示的内燃机曲轴；也可以是多个零件的刚性连接，如图 1-2 (b) 所示鄂式破碎机的动鄂，就是由动鄂体 1 和动翻板 2 用压板 3 和螺钉 4 固定在一体的。

构件按其运动性质可分为三类：

(1) 固定件（机架）是用来支撑活动构件的构件。如图 1-1 中的汽缸，用以支撑活塞、曲轴等。

(2) 主动件（原动件）驱动力所作用的构件，或者说带动其他构件运动的构件，如图 1-1 中的活塞，受气体压力推动，从而带动连杆和曲轴。

(3) 从动件随主动件的运动而运动的构件，如图 1-1 中的连杆、曲轴。任何机构必须有一个构件相对作固定件，在活动构件中至少有一个是主动件。

1.2.4 其他概念

(1) 设备：生产或生活中所需要的各种器械用品，如用于加工产品零件的机床设备；用于各类试验、测试、分析的仪器仪表设备等。

(2) 装备：为生产、军事、生活等配备的设备、装置、器材乃至技术力量等。如为军队配备的武器、军装、夜视镜、雷达等为军事装备；为机械制造配备的工具、夹具、量具等为工艺装备；为发电、冶金、石化、汽车生产配备的重大装备；为微电子、光电子制造、微机电系统和生物工程等配备的新型的高技术装备等。在通常情况下，人们把设备与装备等同使用。

1.3 机械工程服务领域与种类

1.3.1 机械工程的服务领域

机械工程的服务领域广阔而多面，凡是使用机械、工具，以至能源和材料生产的部门，无不需机械的服务。概括说来，现代机械工程有五大服务领域。

(1) 研制和提供能量转换机械，包括将热能、化学能、原子能、电能、流体压力能和天然机械能转换为适合于应用的机械能的各种动力机械，以及将机械能转换为所需的其他能量（电能、热能、流体压力能、势能等）的能量转换机械。

(2) 研制和提供用于生产各种产品的机械，包括应用于第一产业的农、林、牧、渔业机械和矿山机械，以及应用于第二产业的各种重工业机械和轻工业机械。

(3) 研制和提供从事各种服务的机械，包括交通运输机械，物料搬运机械，办公机械，医疗器械，通风、采暖和空调设备，除尘、净化、消声等环境保护设备等。

(4) 研制和提供家庭和个人生活中应用的机械，如洗衣机、冰箱、钟表、照相机、运动器械等。

(5) 研制和提供各种机械武器。

不论服务于哪一领域，机械工程的工作内容基本相同，按其工作性质可分为六个

方面。

(1) 建立和发展可以实际和直接地应用于机械工程的工程理论基础, 主要包括: 研究力和运动的工程力学及流体力学; 研究金属和非金属材料的性能及其应用的工程材料学; 研究材料在外力作用下的应力、应变等的材料力学; 研究热能产生、传导和转换的燃烧学、传热学和热力学; 研究摩擦、磨损和润滑的摩擦学; 研究机械中各构件间的相对运动的机构学; 研究各类有独立功能的机械元件的工作原理、结构、设计和计算的机械原理及机械零件学; 研究金属和非金属的成形及切削加工的金属工艺学与非金属工艺学等。

(2) 研究、设计和发展新的机械产品, 不断改进现有机械产品和生产新一代机械产品, 以适应当前和将来的需要。这方面包括: 调研和预测社会对机械产品新的要求; 探索应用机械工程和其他工程技术中出现的新理论、新技术、新材料、新工艺, 进行必要的新产品试验、试制、改进、评价、鉴定和定型; 分析正在试用的和正式使用的机械存在的缺点、问题和失效情况, 并寻求解决措施。

(3) 机械产品的生产包括: 生产设施的规划和实现; 生产计划的制定和生产调度; 编制和贯彻制造工艺; 设计和制造工具、模具; 确定劳动定额和材料定额; 组织加工、装配、试车和包装发运; 对产品质量进行有效的控制。

(4) 机械制造企业的经营和管理。机械一般是由许多具有独特的成形、加工过程的精密零件组装而成的复杂的制品, 生产批量有单件和小批, 也有中批、大批和大量生产。销售对象遍及全部产业和个人、家庭, 而且销售量在社会经济状况的影响下可能出现很大的波动。因此, 机械制造企业的管理和经营特别复杂和困难。企业的生产管理、规划和经营等的研究也多始于机械工业。生产工程、工业工程等在被成为独立学科之前, 都曾曾是机械工程的分支。

(5) 机械产品的应用, 包括选择、订购、验收、安装、调整、操作、维护、修理和改造各产业所使用的机械和成套机械装备, 以保证机械产品在长期使用中的可靠性和经济性。

(6) 研究机械产品在制造过程中, 尤其是在使用中所产生的环境污染和自然资源过度耗费方面的问题及其处理措施。这是现代机械工程的一项特别重要的任务, 而且其重要性与日俱增。

1.3.2 机械的种类

当今, 机械已广泛地进入到人类活动的几乎一切领域, 从简单小巧的剃须刀到复杂庞大的航天飞机, 门类繁多, 结构不同, 用途各异, 分类的方法也有多种类别。如按功能可分为动力机械、物料搬运机械、粉碎机械等; 按服务的产业可分为农业机械、矿山机械、纺织机械等; 按工作原理可分为热力机械、流体机械、仿生机械等。相同的工作原理, 相同的功能或服务于同一产业的机械有相同的问题和特点, 因而机械又出现了各种各样不同的分类体系。但是, 这些按不同方面分成的多种机械类型往往互相交叉、互相重叠。如船用汽轮机是动力机械,

也是热力机械、流体机械和涡轮（旧译透平）机械，它属于船用动力装置，可能也属于核动力装置。研究合理分类有知识意义，但在实用中没有太大的价值。考虑到分类的科学性和通用性，以及科学原理应用于多个行业的共性，这里采用混合分类法，具体分类见表 1-1。

表 1-1 机械的种类

动力机械	原动机	热力发动机（柴油机、汽油机、煤气机）、燃气轮机、风力机、水力机等。 电动机、电动液压机等
工艺类机械	机床	车床、铣床、刨床、磨床、钻床、拉床、锯床、镗床，以及电火花、超声波、激光、电解加工等特种机床
	压力加工机械	锻锤、压力机、冲压设备、轧机等
	铸造焊接机械	造型机、焊接机、切割机
	热处理设备	各种热处理装置及热处理成套设备
	起重机械	起重机、吊车等
	交通运输机械	火车、汽车、电车、摩托车、自行车及船舶等
	化工机械	化工反应设备、物料输送设备、分离设备、橡胶机械、塑料机械等
产业机械	农业机械	耕作机械、水井钻机、种植机械、植保机械、施肥机械、农田排灌机械、饲料加工机械、农产品加工机械等
	林业机械	营林机械、油锯、伐区作业联合机、林业起重机等
	矿山机械	采矿机械、石油钻采机械、选矿机械
	纺织机械	纺纱机械、织选机械、染整机械等
	工程机械	推土机、挖土机等
	建筑机械	混凝土机等
	食品机械	粮食机械、食品加工机械、饮料机械、乳制品加工机械、包装机械、肉类加工机械等
	轻工机械	烟草机械、印刷机械、文体用品机械等
	航空航天机械	飞机、导弹、火箭、卫星、航天飞机、宇宙飞船等
其他机械	信息机械（计算机、打印机、复印机等），仿生机械，机器人等	

1.4 我国机械工业的发展

机械工业在国民经济中居于主导地位，是工业体系的核心部门，也是建设社会主义物质技术基础的强大支柱。发展机械工业是实现现代化的重要环节之一。没有发达的机械工业，就没有农业、国防和科学技术的现代化。在国民经济技术改造中，机械工业是一个重大关键。

1.4.1 中国机械工业发展的历史

中国是世界上机械发展最早的国家之一。采矿与冶炼技术比欧洲早 1000 多年。我们的祖先曾有过造纸术、印刷术、指南针和火药四大发明。古代机械发明、使用和发展以及水力、风力代替人力和畜力远远领先于世界水平；采用批量生产的陶器、先进的农桑以及丝绸织物与技艺，通过丝绸之路源源不断流入西方。古老的东方文明为人类历史的进步作出过卓越的贡献。然而中国古代的能工巧匠们不重视发明后器械的绘图工作，发明创造者或因不会文字，或因社会的不重视，影响了机械制造业的发展。加之 14 世纪以后，长期的封建社会统治限制了生产力和科学技术的发展。一个具有讽刺意义的事例是对近 2000 年中国机械史的最好写照：早在公元前 400 ~ 前 200 年，中国就有了“刻漏”计时器，并出现了铜制棘轮，公元 235 年马钧发明了齿轮传动指南针车，此后到 1350 年意大利人才制成齿轮传动的机械钟，而直到 1915 年，中国才建起了第一家钟厂。鸦片战争中由于西方国家入侵，中国沦为半殖民地半封建社会，侵略与奴役更加束缚了工业发展。直到 1865 年曾国藩等创办了江南制造总局（1953 年更名为江南造船厂），才打破了历经五个多世纪的沉寂，开始了中国近代机械工业史。政府设立了 10 多家军工厂，用以修造枪支、弹簧，“汉阳造”步枪就是中国自己的名牌。民族工业主要以船舷、纺织缂丝、农产品加工、动力机械、车床等为主。然而，由于清政府的腐败、日本的入侵，继之国民党政府发动的内战等，民族工业受到了巨大的打击。据 1948 年统计，上海 1200 多家机械厂中，能开工的只有 10%，半停产达 80%，停业的 5% 以上，中国的机械工业远远落后于西方工业发达国家。

新中国建立后，1950 ~ 1952 年的三年经济恢复时期，我国对机械工业进行了改组和改建工作，并着手筹建重大项目，大型的太原重型机器厂、哈尔滨电机厂亦在此期间建成并投产。1952 年工业产值比 1949 年增长了 3.9 倍。机械工业对恢复国民经济和支持抗美援朝战争起到了重大的作用。

第一个五年计划（1953 ~ 1957 年）期间，在对原有工厂开展整顿和技术改造的同时，新建了一批大型骨干企业，引进新技术和试制新产品，并初步建立了机械科学研究和人才培养基地。这一阶段国民经济所需装备自给率达到 62%，苏联拟建 156 项工程所需装备国内供应比例按重量^①计达 52%，按金额计为 46%。这为整个机械工业的发展奠定了基础。

1958 年以后，尽管经历了“大跃进”的失误、“三年自然灾害”的影响、“文化大革命”的冲击，机械工业仍然坚持发展，产品数量、质量和成套水平都有较大提高。机械工业已成为一个具有一定规模和水平、门类比较齐全的工业部门。

1977 年“文革”结束后，机械工业贯彻“调整、改革、整顿、提高”的方针，加强产品质量管理，扩大服务领域。调整企业结构，加强科学研究，加速技术引进，扩大

① 本书中的“重量”均指“质量”（mass），单位为千克（kg）等。

产品出口，扩大企业自主权，机械工业走上了稳步发展的道路。

1.4.2 中国机械工业发展的现状与前景

经过半个多世纪的努力，我国机械工业已经逐步发展成为具有一定综合实力的制造业，初步确立了在国民经济中的支柱地位。“八五”期间，党的十四大明确提出要把机械工业、汽车工业建成国民经济的支柱产业。

按照这一战略要求，原机械工业部会同原国家计划委员会制定了《机械工业振兴纲要》，经国务院批准颁布实施，要求到2010年基本实现机械工业的振兴，使之成为国民经济的支柱产业。“九五”初期，原机械工业部按照党的十四届五中全会精神，制定了着重打好“三大战役”的战略方针，即：质量翻身战役，再塑机械产品的良好形象；组织结构优化战役，实现资产的合理配置；开发能力提高战役，全面提高产品的技术含量和创新能力。

“九五”期间，机械工业取得了长足的发展。突出表现在机械工业产值在全国工业中的比重超过25%，生产保持稳定增长，为国民经济提供了大量可靠装备；先进制造技术得到广泛采用，同时在高新技术产业化方面取得重大进展；研制和制造重大、精密、成套装备的能力显著提高；全方位、多层次的对外开放格局基本形成，机械行业产品出口的迅速增长有力地支持了机械工业乃至全国经济的发展；体制改革取得突破性进展，市场机制已在机械工业发展中起主导作用，以建立现代企业制度为目标的国有企业改革稳步推进，民营企业、乡镇企业成为机械工业发展的新兴力量。

从目前国民经济发展的总体态势和机械工业的增长潜力看，机械工业发展既面临挑战，又有许多机遇。主要行业走势大体如下。

农机行业：由于国家继续加强对农业的投入和农产品收购的顺价政策实行，预计大型农机产品生产降幅将明显减小，农业运输机械将保持适度增长，一些小型、专用农机具市场需求将保持平稳。

工程机械行业：预计随着国家对铁道、公路、机场、码头和城市公用基础设施等项目投资力度的加强，国内对工程机械产品的市场需求有所改善。

仪器仪表行业：预计投资类仪表的市场需求会有所好转，受住房制度改革的推动，预计各种水表、电表需求将逐渐趋稳，光学仪器和消费类仪表将能够继续保持目前的增长态势。

石化通用行业：从主要产品情况看，石油钻采、炼油化工设备保持一定增长。从目前相关行业发展前景看，石化通用行业情况转机较大，生产增长会有所恢复，尤其是国家加大对年产30万吨及以上合成氨、48万吨及以上尿素、30万吨及以上乙烯成套设备等的技术改造会促进需求的平稳增长。

电工电器行业：从目前电工行业经济运行状况看，行业经济形势将进一步趋好，尤其是国家决定新建电厂和改造老厂所需的60万千瓦以下的火电机组将采用国产设备。加强中低压凝汽式机组、老机组和重点主力机组，3年内停运和报废1000万千瓦中低压小火电机组。集中资金加快电网（特别是城市电网和农村电网）的建设与改造等措

施,无疑会促进电工行业的发展。

回顾历史,展望未来中国机械工业的发展,我们不难看到,中国机械行业得到了前所未有的高速发展。21世纪,世界机械工业进入前所未有的高速发展阶段,特别是作为有“世界工厂”之称的中国,机械行业更是迅猛发展。在向机械行业提供了新的机遇的同时,也向我们提出的新的挑战。机械行业涉及面相当广泛,如工程、建筑、汽车、船舶、电子、石化、电力、电气、仪器仪表、物流、医疗、饮食、环保、纺织,等等,涉及到一个国家的国计民生的方方面面,是国家支柱性的重要行业,对上述行业的发展和影响也起着至关重要的作用。

第 2 章 航空航天技术

2.1 概论

2.1.1 航空航天的基本概念

人类为了扩大社会生产,必然要开拓新的活动空间。从陆地到海洋,从海洋到大气层,再到宇宙空间就是这样一个人类逐渐扩展活动范围的过程。航空航天是人类拓展大气层和宇宙空间的产物。经过 100 多年的快速发展,航空航天已经成为 21 世纪最活跃和最有影响的科学技术领域,该领域取得的重大成就标志着人类文明的高度发展,也标志着一个国家科学技术的先进水平。

2.1.1.1 航空

航空是指载人或不载人的航空器在地球大气层中的航行活动。航空必须具备空气介质和克服航空器自身重力的升力,大部分航空器还要有产生相对于空气运动所需的推力。

翱翔天空是人类很久以来的梦想。但直到 18 世纪后期热气球在欧洲成功升空,这一愿望才得以实现。20 世纪初期飞机的出现,开创了现代航空的新篇章。空气动力学是航空技术的科学基础,航空技术的每一项成就都离不开空气动力学的进展。

航空按其使用方向有军用航空和民用航空之分。

军用航空泛指用于军事目的的一切航空活动,主要包括作战、侦察、运输、警戒、训练和联络救生等。在现代高技术战争中,夺取制空权是取得战争胜利的重要手段,也是军用航空的主要活动。军用航空活动主要由军用飞机来完成,军用飞机可分为作战飞机和作战支援飞机两大类。典型的作战飞机有战斗机(又称歼击机)、攻击机(又称强击机)、战斗轰炸机、反潜机、战术和战略轰炸机等。作战支援飞机包括军用运输机、预警指挥机、电子战飞机、空中加油机、侦察机、通信联络机和军用教练机等。除固定翼飞机外,直升机在对地攻击、侦察、运输、通信联络、搜索救援以及反潜等方面也发挥着巨大的作用,已成为现代军队,特别是陆军的重要武器装备。

民用航空泛指利用各类航空器为国民经济服务的非军事性飞行活动。根据不同的飞行目的,民用航空分为商业航空和通用航空两大类。商业航空指在国内和国际航线上的商业性客、货(邮)运输,这类运输服务主要由国内和国际干线客机、货机或客货两用飞机以及国内支线运输机完成。通用航空系指用于公务、工业、农林牧副渔业、地质勘探、遥感遥测、公安、气象、环保、救护、通勤、体育和观光游览等方面的飞行活动。通用飞机主要有公务机、农林机、轻型多用途飞机、巡逻救护机、体育运动机和私

人飞机等。直升机在近海石油勘探、海陆紧急救援、短途交通运输和空中起吊作业中也发挥着独特的作用。

2.1.1.2 航天

航天是指载人或不载人的航天器在地球大气层之外的航行活动，又称空间飞行或宇宙航行。航天的实现必须使航天器克服或摆脱地球的引力，若想飞出太阳系，还要摆脱太阳引力。从地球表面发射的航天器，环绕地球、脱离地球和飞出太阳系所需的最小速度，分别称为第一、第二和第三宇宙速度，是航天所需的三个特征速度。我国著名科学家钱学森认为，人类飞行活动可以分为两个阶段，即航空、航天和航宇。他认为航空是在大气层中活动，航天是飞出地球大气层在太阳系内活动，而航宇则是飞出太阳系到广袤无垠的宇宙中去航行。

遨游宇宙是人类在征服自然的过程中产生的愿望。20世纪40年代初期，大型液体火箭的成功发射奠定了现代航天技术的基础。约20年后，苏联航天员加加林乘“东方”1号飞船进入太空，人类终于实现了遨游太空的伟大理想。火箭推进技术是航天技术的核心。航天实际上也有军用和民用之分，但世界各国在宣传自己的航天事业时都主要强调其商业或民用潜力。

占领和控制近地宇宙空间已经成为军事大国争夺军事优势的新焦点。在美国、俄罗斯等国已发射的航天器中，具有军事用途的超过70%。用于军事目的的航天器可分为三类：军用卫星系统、反卫星系统和军事载人航天系统。军用卫星主要分通信卫星、气象卫星和侦察（间谍）卫星三种。反卫星系统包括反卫星卫星、定向能武器和动能武器。激光武器、粒子束武器和射频武器等属于定向能武器；动能导弹、电磁炮和电热弹等属于动能武器的范畴。军事载人航天系统分为空间站、飞船和航天飞机、空天飞机等。空间站可用作空间侦察与监视平台、空间武器试验基地、天基国家指挥所、未来天军作战基地等。20世纪80年代美国提出的所谓“星球大战”计划就是以永久性载人空间站为空间基地而部署的。

航天的民用潜力也非常巨大。空间物理探测、空间天文探测、卫星气象观测、卫星海洋观测、卫星广播通信、卫星导航、遥感考古、太空旅游和地外生命探索等都是航天的重要应用领域。微重力环境下完成的各种化学、物理和生物实验成果是航天为人类文明与进步所做的直接贡献。

2.1.1.3 航空与航天的联系

航天不同于航空，航天器是在极高的真空宇宙空间以类似于自然天体的运动规律飞行。但航天器的发射和回收都要经过大气层，这就使航空航天之间产生了必然的联系。尤其是水平降落的航天飞机和研究中的水平起降的空天飞机，它们的起飞和降落过程和飞机非常相似，兼有航空与航天的特点。航空航天一词，既蕴藏着进行航空航天活动必需的科学，又包含了研制航空航天飞行器所涉及的各种技术。从科学技术的角度看，航空与航天之间是紧密联系的。

航空航天技术是高度综合的现代科学技术。力学、热力学和材料学是航空航天的科学基础；电子技术、自动控制技术、计算机技术、喷气推进技术和制造工艺技术对航空航天的进步发挥了重要作用；医学、真空技术和低温技术的发展促进了航天的发展。上

述科学技术在航空和航天的应用上相互交叉、渗透，产生了一些新的学科，使航空和航天科学技术形成了完整的体系。

航空航天的发展都与其军事应用密切相关，人类在该领域取得的巨大成就也对国民经济和社会生活产生了重大影响，甚至改变了世界的面貌。航空航天科学技术已成为牵动其他高新技术发展的动力之一，航空航天工业仍然是国民经济建设和发展中的阳光产业，航空航天产品是附加值很高的高新技术产品。

2.1.2 飞行器的分类、构成与功用

在地球大气层内、外飞行的器械称为飞行器。按照飞行器不同的飞行环境和工作方式，可以把飞行器分为两类：航空器、航天器，火箭和导弹。在大气层内飞行的飞行器称为航空器，航空器靠空气的静浮力或靠空气相对运动产生的空气动力升空飞行；主要在大气层外空间飞行的飞行器称为航天器，航天器在运载火箭的推动下获得必要的速度进入大气层外空间，然后在引力作用下完成类似于天体的轨道运动。火箭是以火箭发动机为动力而升空，可以在大气层内或大气层外飞行的飞行器；导弹是一种飞行武器，弹体带有战斗部，依靠制导系统控制其飞行轨迹。从动力装置和飞行范围看，火箭和大部分导弹更接近于航天器。

2.1.2.1 航空器

任何航空器要升到空中，都必须产生一个能克服自身重力的向上的力，这个力叫做升力。航空器要在空中长时间自由地飞行，还必须具有动力装置产生推力或拉力来克服前进的阻力。根据产生升力的不同基本原理，航空器分为轻于同体积空气的航空器和重于同体积空气的航空器两大类。前者靠空气的静浮力升空，又称浮空器；后者靠与空气相对运动产生升力升空。按照不同的构造特点，航空器还可进一步细分，如图 2-1 所示。

(1) 轻于空气的航空器

轻于空气的航空器包括气球和飞艇，它们是早期出现的航空器。

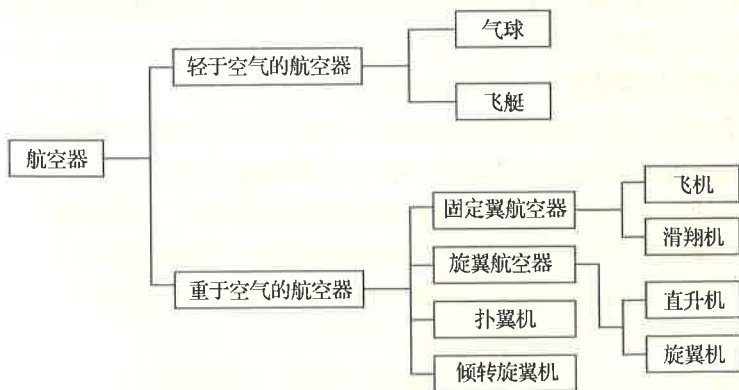


图 2-1 航空器的分类

气球一般无推进装置，主体为气囊。气囊下面通常有吊篮或吊舱。按照气囊内所充气体的种类，气球可分为热气球、氢气球和氦气球等。按气球升空后有无系留装置可分为自由气球和系留气球两类。气囊一般用浸胶织物或塑料薄膜等柔性材料制造而成，必须具有足够的强度和气密性。气囊的功用是充装密度比空气小的气体，使气球在空气中产生浮力而升空。气囊下面的吊篮或吊舱一般由轻质材料制成，用于放置仪器设备或乘坐人员。气球可用于气象、空间和地面探测、通信中继、体育或休闲运动等领域，也可用于军事侦察和监视。

飞艇安装有推进装置，可控制飞行。根据结构形式的不同，飞艇可分为软式、硬式和半硬式三种。飞艇一般由艇体、尾面、吊舱和推进装置等部分组成。艇体的外形呈流线型以减小航行时的阻力，内部充以密度比空气小的氢气或氦气，以产生浮力使飞艇升空。软式和半硬式飞艇的艇体形状靠气囊内的气体压力维持。飞艇的尾面包括安定面和操纵面，用来控制和保持飞艇的航向、俯仰和稳定。吊舱位于艇体的下方，通常采用骨架蒙皮式结构，用于人员乘坐、装载货物或压舱物、安装仪表设备和发动机等。飞艇的推进装置一般由发动机、减速器和螺旋桨构成。通过改变艇体内的气体量，抛掉压舱物，利用艇体和尾面的升力，或者改变推力或拉力的方向，均可控制飞艇上升和下降。飞艇曾经广泛用于海上巡逻、反潜、远程轰炸和兵力空运。随着飞机的出现，飞艇的功用转变为商业运输，在现代广告业发挥着重要作用。

(2) 重于空气的航空器

重于空气的航空器靠自身与空气相对运动产生的空气动力升空飞行。常见的这类航空器主要包括固定翼和旋转翼两类，另外还有像鸟飞行一样的扑翼机和新近出现的倾转旋翼机。

a. 固定翼航空器

固定翼航空器包括飞机和滑翔机。

飞机是指由动力装置产生前进推力或拉力，由固定机翼产生升力，在大气层内飞行的重于空气的航空器。飞机由机体结构和功能系统组成。由于飞机的发动机不同，又有喷气飞机和螺旋桨飞机之分。

飞机机体结构通常包括机翼、机身、尾翼和起落架，如果发动机不安装在机身内，那么发动机短舱也属于机体结构的一部分。机翼是飞机产生升力的部件，机翼后缘有可操纵的活动面，外面的活动面叫做副翼，用于控制飞机的横向运动；靠近机身的活动面称为襟翼，用于增加起飞着陆时的升力。机翼内部通常装有油箱，机翼下面可外挂副油箱或各种武器，部分飞机的起落架和发动机也安装在机翼下。机身用来装载人员、货物、设备、燃料和武器等，也是飞机其他结构部件的安装基础。尾翼是平衡、稳定和操纵飞机飞行姿态的部件，通常包括垂直尾翼（垂尾）和水平尾翼（平尾）两部分。方向舵位于垂直尾翼后部，用于控制飞机的航向运动；位于水平尾翼后部的升降舵或全动式水平尾翼，用于控制飞机的俯仰运动。起落架由支柱、缓冲器、刹车装置、机轮和收放机构组成，用于飞机停放、滑行、起飞和着陆滑跑。

飞机的功能系统一般包括动力装置、燃油系统、操纵系统、液压冷气系统、人机环境工程系统、电气系统、通信导航与敌我识别系统、军械和火力控制系统等。飞机动力

装置的核心是发动机，用于产生飞机前进的动力，以克服飞机与空气相对运动时产生的阻力。现代飞机一般采用喷气发动机或活塞发动机。

滑翔机是指没有动力装置的重于空气的固定翼航空器。滑翔机可由飞机拖曳起飞，也可用汽车等其他装置牵引起飞。动力滑翔机装有小型辅助发动机，不需外力牵引就可以自行起飞，但滑翔时必须关闭动力装置。无风情况下，滑翔机在下滑飞行中依靠自身重力的分量获得前进动力，这种损失高度的无动力下滑飞行称为滑翔。如存在上升气流，滑翔机就可以实现平飞或升高，称为翱翔。滑翔和翱翔是滑翔机的基本飞行方式。现代滑翔机主要用于体育运动。滑翔机一般由狭长的机翼、光滑细长的机身及尾翼组成。

b. 旋翼航空器

旋翼航空器包括直升机与旋翼机。

直升机是指以航空发动机驱动旋翼旋转作为升力和推进力来源，能在大气中垂直起降及悬停，并能进行前飞、后飞、侧飞和定点回旋等可控飞行的重于空气的航空器。直升机由机身、起落架、动力装置、旋翼系统、操纵系统和其他机载设备组成。机身与飞机机身类似，用于装载人员、货物、武器和设备等。轻型直升机一般采用滑橇式起落架，多数直升机采用轮式起落架。直升机动力装置一般采用涡轮轴发动机或活塞发动机，用于驱动旋翼旋转，以产生升力与控制直升机飞行姿态的分力。按照旋翼反作用扭矩的平衡方式，直升机可分为四种形式：单旋翼带尾桨式直升机、双旋翼共轴式直升机、双旋翼纵列式直升机和双旋翼横列式直升机。直升机的应用几乎已经遍及军用和民用各个领域，武装直升机已经成为现代战场上的“坦克杀手”。但与飞机相比，直升机速度慢，航程短，使用成本较高。

旋翼机是一种利用前飞时的相对气流吹动旋翼自转以产生升力的旋翼航空器，全称自转旋翼机。旋翼机和直升机在外形上有些相似，但它的旋翼不是由动力装置驱动，而是前进时在空气动力作用下像风车那样自行旋转，产生升力。旋翼机无须安装尾桨，如图 2-2 所示。旋翼机的前进动力由动力装置直接提供，它不能垂直上升，也不能悬停，必须像飞机一样滑跑加速才能起飞。旋翼机结构较简单，一般用于风景区游览或体育活动。



图 2-2 旋翼机

c. 扑翼机

扑翼机是指机翼能像鸟和昆虫翅膀那样上下扑动的重于空气的航空器，又称振翼机。扑动的机翼既产生升力，又产生向前的推进力。但是扑翼产生升力和推进力的机理

十分复杂，其空气动力规律至今未被人们完全掌握。到现在为止，有实用价值的扑翼机还处于研制阶段。在已有的扑翼机设计方案中，有的形如蝙蝠，具有薄膜似的扑动翼面；有的装有带缝隙和阀门的扑动翼，类似于鸟的翅膀。扑翼机方案是微型航空器的一种可选布局形式。

d. 倾转旋翼机

倾转旋翼机是一种同时具有旋翼和固定翼，并在机翼两侧翼梢处各装有一套可在水平与垂直位置之间转动的旋翼倾转系统组件的飞机。旋翼倾转系统处于垂直位置时，倾转旋翼机相当于横列式直升机，可垂直起降，并能完成直升机的其他飞行动作；旋翼倾转系统处于水平位置时，则相当于固定翼螺旋桨飞机。所以有人把这种飞机称为“直升飞机”。现在世界上唯一有实用价值的倾转旋翼机是美国贝尔公司研制的 V-22，如图 2-3 所示。倾转旋翼机不需要跑道就可以起飞，已经受到广泛的关注，相信它将成为一种重要的军民用运输工具。



图 2-3 倾转旋翼机

2.1.2.2 航天器

航天器是指在地球大气层以外的宇宙空间基本按照天体力学的规律运动的各类飞行器，又称空间飞行器。与自然天体不同的是，航天器可以在人的控制下改变其运行轨道或回收。航天器为了完成航天任务，还必须具备发射场、运载器、航天测控和数据采集系统、用户台站以及回收设施。航天器分为无人航天器和载人航天器。按照各自的用途和结构形式，航天器还可进一步细分，如图 2-4 所示。

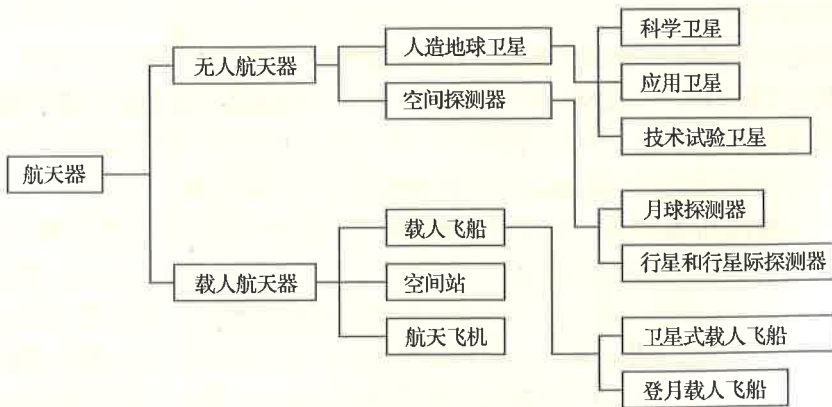


图 2-4 航天器的分类

(1) 无人航天器

根据是否环绕地球运行,无人航天器分为人造地球卫星和空间探测器。

a. 人造地球卫星

人造地球卫星是数量最多的航天器。人造地球卫星一般由有效载荷和平台组成。有效载荷是指卫星上用于直接实现卫星的应用目的或科研任务的仪器设备,平台则是为保证有效载荷正常工作而为其服务的所有保障系统。卫星的有效载荷可以根据卫星的任务变化加以更换,平台一般保持不变。

按照卫星的用途,可分为科学卫星、应用卫星和技术试验卫星。科学卫星用于科学探测和研究,主要包括空间物理探测卫星和天文卫星等。直接为国民经济、军事和文化教育服务的人造地球卫星称为应用卫星,主要有通信及广播卫星、气象卫星、测地卫星、地球资源卫星、导航卫星和侦察卫星等,还有专门军事用途的截击卫星,部分卫星还具有多种功能。技术试验卫星是对航天领域中的各种新原理、新技术、新系统、新设备以及新材料等进行在轨试验的卫星。多数情况下,科学卫星也兼有技术试验功能。

b. 空间探测器

空间探测器是指对月球和月球以远的天体和空间进行探测的无人探测器,也称深空探测器。探测器的基本构造与一般人造地球卫星差不多,不同的是探测器携带有用于观测天体的各种先进观测仪器。

一般空间探测器的主要目的是了解太阳的起源、演变和现状;通过对太阳系内各主要行星的比较,进一步认识地球环境的形成和演变;了解太阳系的变化历史以及探索生命的起源和演变。专门用于对月球进行探测的叫做月球探测器,其他统称为行星和行星际探测器。月球是人类进行空间探测的首选目标,世界上多个发达国家向月球发射了探测器,并进行了月球实地考察。

(2) 载人航天器

载人航天器是人类在太空进行各种探测、试验、研究、军事和生产活动所乘坐的航天器,与无人航天器的主要不同是载人航天器具有生命保障系统。目前的载人航天器主要分为载人飞船、空间站和航天飞机三大类。

a. 载人飞船

载人飞船是载乘航天员的航天器,又称宇宙飞船。按照运行方式的不同,目前已发射成功的载人飞船分为卫星式载人飞船和登月载人飞船两类,前者载人绕低地球轨道飞行,后者载运登月航天员。苏联(俄罗斯)和美国成功实现了多次载人飞行和登月计划。在21世纪,人类还可望实现登上火星的载人飞行。美国的“阿波罗”计划是人类第一次登上月球的伟大工程。我国于2003年10月15日成功发射了第一艘载人飞船——“神舟”5号。飞船绕地球运行14圈后,于10月16日安全着陆。航天员杨利伟成为第一名飞入太空的中国人。“神舟”5号飞船由轨道舱、返回舱和推进舱组成。轨道舱是航天员生活和工作的地方;返回舱是飞船的指挥控制中心,航天员乘坐它升空和返回地面;推进舱为飞船的飞行和返回提供能源和动力。载人飞船的附加用途是为空间站接送航天员或运送货物。

b. 空间站

空间站是航天员在太空轨道上生活和工作的基地, 又称轨道站或航天站。空间站一般采用模块化设计, 分段送入轨道组装。空间站发射时不载人, 也不载人返回地面, 航天员和货物的运送由飞船或航天飞机完成。空间站的功能可以根据任务要求而变更或扩大, 弥补了其他航天器功能单一的不足。

c. 航天飞机

航天飞机是世界上第一种也是目前唯一一种可重复使用的航天运载器, 还是一种多用途的载人航天器。20世纪七八十年代, 美国、苏联、法国和日本等国先后开展了航天飞机研制计划, 但只有美国的航天飞机投入使用。航天飞机由一个轨道器、二个固体火箭助推器和一个大型外挂贮箱(储箱)组成, 可以把质量达23000kg的有效载荷送入低地球轨道。航天飞机提供了在空间进行短期科学试验的手段, 有许多国家的航天员参加了航天飞机的飞行。

2.1.2.3 火箭和导弹

火箭和导弹是一类特殊的飞行器, 它们在大气层内和大气层外均可飞行, 但一般只能使用一次。

(1) 火箭

火箭是靠火箭发动机提供推进力的飞行器。火箭发动机自身携带全部推进剂, 不依赖空气或其他工作介质产生推力。由于使用的能源不同, 火箭可分为化学火箭、核火箭和电火箭。化学火箭又分为固体火箭、液体火箭和混合推进剂火箭。火箭按照用途可分为无控火箭弹、探空火箭和运载火箭。火箭的基本组成部分有推进系统、箭体结构和有效载荷。推进系统是火箭飞行的动力源; 箭体结构的作用是装载火箭的所有部件, 使之成为一个整体; 有效载荷是火箭所要运送的物体。军用火箭的有效载荷是战斗部; 科学研究火箭的有效载荷是各种仪器; 运载火箭的有效载荷则是各种航天器。

(2) 导弹

导弹是一种飞行武器, 它依靠制导系统来控制其飞行轨迹, 目的是把高爆弹头或核弹头送到打击目标附近引爆, 并摧毁目标。导弹的种类繁多, 分类方法各异。根据作战使命, 导弹可分为战略导弹和战术导弹。按照发射点和目标的相对位置, 导弹可分为地地导弹、地空导弹、空空导弹和空地导弹四类, 其中地地导弹的内涵比较丰富, 包括了从地面、地下、水面和水下发射的导弹, 攻击目标也有地面、水面和水下之分。根据弹道特征还可分为弹道导弹和巡航导弹。一般把射程超过8000km的导弹称为洲际导弹。

导弹通常由战斗部、弹体、动力装置和制导系统组成。战斗部又叫弹头, 是用于毁伤目标的专用装置; 弹体是把导弹各部件连接起来的支撑结构; 动力装置是导弹飞行的动力源; 制导系统用于控制导弹的飞行方向、姿态、高度和速度, 引导导弹或弹头准确地飞向目标。

2.1.3 航空航天发展概况

自古以来, 人类看到天空中飞翔的鸟儿, 就会幻想自己也能飞上广袤的天空自由翱翔。受当时科学技术发展的制约, 人类飞向天空的愿望无法实现, 于是就把这种理想寄

托于神话和传说。古代的中国、希腊、罗马、埃及和印度等国家创造了许多关于飞行的美妙神话故事，至今仍在流传。在我国流传极广的牛郎织女、嫦娥奔月等就是这些故事中的代表。

18 世纪产业革命推动了科学技术的发展，为人类实现飞行奠定了基础。20 世纪初期开始，航空航天进入了飞速的发展时期，已经取得了非常辉煌的成就。

2.1.3.1 航空器发展概况

中国的风筝是航空器的始祖，在中国大约有 2000 年的历史。相传最早的风筝出自楚汉相争时的韩信之手，并有两种传说。唐代的传说是：当韩信把项羽围困在垓下后，就做了一个很大的风筝，让身材轻巧的张良坐在其上，高唱楚歌，以瓦解楚军军心；宋代的传说是：韩信利用风筝测量距离，想用地道战法攻进未央宫。不过风筝载着张良飞上天，在当时技术水平较低条件下，不可能实现。风筝传到西方后，它的滑翔原理成了飞机空气动力学方面最有价值的飞行机理之一。

几千年来，我国劳动人民在实现飞行这一美好愿望的努力中有过许多重要的创造。在风筝出现之前，春秋战国时期的墨子和公输般曾制造过能飞的木鸟。五代时期出现的孔明灯，又叫松脂灯，被看成是现代热气球的雏形。东晋时代创造了名为“竹蜻蜓”的玩具，其飞行原理和今天的直升机非常类似。

在国外，人们对飞行也在不断进行尝试。在中世纪的欧洲，曾经有人企图用羽毛制成翅膀飞行，这种模仿鸟的飞行活动一直持续到 17 世纪。文艺复兴时期，意大利艺术家和科学家达·芬奇科学地研究了飞行问题，把对鸟飞行的长期研究结果写成了《论鸟的飞行》一书。后人根据此书和他的一些别的手稿，公认他为航空科学的先知。17 世纪后期，意大利另一位科学家研究了人类肌肉与飞行的关系，指出人类肌肉的力量还不足以像鸟那样振动翅膀做长时间的有效飞行，这个结论宣告像鸟一样的扑翼飞行的失败。不过人类付出的这些努力为最终实现飞行积累了宝贵的知识和经验。

(1) 气球和飞艇的发展

经过长期的探索，人们终于依靠比空气轻的航空器迈出了成功升空飞行的坚实的第一步。18 世纪中期，工业革命使轻而结实的纺织品成为可制造气球的优质材料。1783 年 6 月 4 日，法国的蒙哥尔费兄弟用纸和麻布制成的热气球完成了成功的升空表演。他们在地面燃烧湿草和羊毛，冒出的热烟充满气球并使气球内的空气受热，热空气的密度小于气球外的冷空气，从而达到气球升空的目的。后来人们制造出氢气气球，取得了更好的升空效果。

蒙氏兄弟的热气球升空引起了当时许多科学家的重视。1783 年 11 月 21 日，两个法国人乘坐蒙哥尔费气球，在 1000m 高的空中飞行了 25min，完成了人类首次乘坐航空器飞行的伟大壮举。1783 年 12 月 1 日，两名法国人乘坐氢气球，在巴黎升空进行了自由飞行。1887 年 8 月 22 日，天津武备学堂教师华蘅芳制造的中国第一个氢气球在天津升空。但最初的气球是一种没有操纵装置的航空器，只能随风漂流，使用很不方便。

1852 年，法国人 H. 吉法尔在气球上安装了一台功率约为 2237W 的蒸汽机，用来带动一个三叶螺旋桨，使其成为第一个可以操纵的气球，这就是最早的飞艇。同年 9 月 24 日，他驾驶这艘飞艇从巴黎飞到特拉普斯，航程 28km，完成了飞艇历史上的首次载

人飞行。

1899年,德国人F. von 齐伯林设计并制造了第一艘硬式飞艇。这艘飞艇采用汽油为燃料的内燃机为动力,带动螺旋桨推动飞艇前进,大大提高了飞艇的飞行速度。它具有圆柱形的艇身,长128m,直径11.58m,内充氢气;艇下有两个吊舱,可乘5人。1900年7月2日,该艇在德国首飞成功,在300m高度飞行了15km。齐伯林飞艇很快成为具有实用价值的航空器,在民用运输以及轰炸、巡逻和侦察等军事用途方面发挥了作用。

(2) 飞机的发展

气球和飞艇的成功,为人类设计和制造飞机积累了丰富经验。人们逐渐意识到,要使飞机能够成功飞行,必须解决它的升力、动力和稳定操纵问题。19世纪初,英国人G. 凯利首先提出利用固定机翼产生升力和利用不同的翼面控制并推进飞机的设计概念。为验证该理论的有效性,他于1849年制造了第一架滑翔机,并进行了试飞。关于飞机的动力和稳定操纵问题,当时存在两种观点:有人主张先解决飞机的动力问题,因为那时蒸汽机的效率不高,难以实现飞机的动力飞行;另外一些人主张先解决飞机的稳定操纵问题,试图先通过滑翔机获得这方面的知识,然后在滑翔机上安装发动机。1883年,效率较高的汽油内燃机问世,为飞机的动力飞行提供了条件。支持上述前一种观点的美国科学家S. P. 兰利设计了内燃机为动力的飞机,但试飞均告失败,原因是没有解决飞机的稳定操纵问题。支持另一种观点的德国人O. 李林达尔与他的弟弟合作,于1891年制成一架滑翔机,成功地飞行了30m的距离,后来他们又制造出多架单翼和双翼滑翔机,不幸的是,在5年后的一次飞行试验中,李林达尔因滑翔机失事而遇难。

19世纪末,美国人莱特兄弟潜心钻研李林达尔的著作和他的实践经验,采取先利用滑翔机获得飞机稳定操纵的知识,再安装发动机实现飞机的动力飞行。他们通过风洞试验,纠正了前人的一些错误。仅在1903年,哥俩就制作了200多个不同形状的机翼模型,进行了上千次的风洞试验。通过大量的试验,他们发现了增加升力的原理,认识到飞机的平衡、上升和转弯可通过偏转舵面来实现,还发现了保持飞机横侧稳定的方法,从而基本解决了飞机的稳定操纵问题,奠定了飞机飞行原理的理论基础。

1900~1903年,莱特兄弟制造了3架滑翔机,进行了近千次滑翔飞行。他们在第三架滑翔机的基础上,安装了一台内燃机,带动两个二叶推进式螺旋桨。这架飞机被命名为“飞行者”1号。1903年12月17日,弟弟奥维尔·莱特驾驶“飞行者”1号进行了试飞,当天共飞行了4次,其中最长一次在接近1min的时间里飞行了260m的距离。这是人类历史上第一次持续而有控制的动力飞行,莱特兄弟的名字从此永远同飞机联系在一起。

莱特兄弟发明飞机之后,飞机不断发展。1909年7月25日,法国人L. 布莱里奥驾驶自己设计的一架单翼飞机飞越了英吉利海峡,从法国飞到了英国。1910年3月28日,法国人H. 法布尔又成功地把飞机的使用范围从陆地扩大到水面,试飞成功世界上第一架水上飞机。1913年,俄国人I. 西科斯基成功地研制了装有4台发动机的大型飞机,并于同年8月2日首飞成功。短短几年间,飞机的性能有了很大提高。到1913年,飞行速度已达200km/h,续航时间超过13h,飞行高度达到6500m。

1911年10月23日,也就是在意大利和土耳其之间为争夺奥斯曼帝国的北部非洲

省份爆发战争还不到一个月的时候，意大利人 C. 皮亚扎上尉驾驶布莱里奥 XI 型飞机，从利比亚沙漠边缘飞往迪黎波里与阿齐齐亚之间的土耳其军队上空侦察了 1h，拉开了飞机参战的序幕。当年 11 月 1 日，意军 G. 加沃蒂少尉驾驶“鸽”式飞机飞往土军阵地，投下了 4 枚 2kg 重的手榴弹，开创了用飞机轰炸杀伤敌军的历史。

第一次世界大战中，飞机作为一种新式武器系统得到了充分肯定和广泛应用，并奠定了现代立体作战的基础。飞机在大战中也得到了很大的发展，除战斗机（二次大战前称驱逐机）、轰炸机、攻击机和侦察机外，还出现了舰载飞机。战争期间生产飞机超过 18 万架，全世界飞机工厂达到 200 个，配套发动机制造厂 80 家，初步形成了具有一定规模的航空产业。这期间的飞机结构一般为钢管焊接骨架加布或木制蒙皮，布局形式大多为双翼机。同战前相比，飞机性能和发动机功率都有较大提高。

第一次世界大战后，军用飞机的发展骤然停止，大量军机被闲置，发展民用航空的时机到来了。民用航空是从空邮开始的。随后在 1919 年 2 月 5 日，德国开通世界上第一条定期客运航线，每天在柏林和魏玛之间运送旅客。同年，英国和法国相继建立了国际定期航线，早期的航空运输网基本形成。1919 年 6 月 15 日，德国推出的一种全金属下单翼民航飞机容克斯 F-13 首飞成功，可载 4 名乘客和 2 名空勤人员。1919 年 12 月 4 日，英国研制的由双发轰炸机改型的旅客机 HP. W. 8 首飞成功，该机的生产型 HP. W. 8b 能载 12 名旅客。

第一次世界大战后到第二次世界大战（二次大战）爆发这段时期，军用飞机产量减少，民用飞机得到发展，航空科学技术也取得了很大进步。航空活塞发动机的性能迅速改善，发动机功率和功率重量比都成倍提高，耗油率明显下降，寿命大大延长，螺旋桨效率和螺旋桨技术都有较大进步。

在飞机构型方面，逐渐从双翼向单翼过渡。双翼主要出于增大机翼面积和结构强度方面的考虑，但在增大升力的同时，阻力也在增大。随着发动机技术和材料技术的进步，单翼布局飞机逐步取代双翼飞机。早期飞机的起落架都是固定的，在飞行中产生很大的气动阻力，随着飞机液压和冷气系统的进步，实现了飞机起落架可以在飞行时收起，起飞着陆时放下，使飞机飞行速度大大提高。第二次世界大战前，飞机最大速度达到 500km/h，升限达 7000m，航程 3000km 以上，轰炸机载弹量超过 2000kg。

第二次世界大战使航空科学技术和航空工业提升了一个大台阶。战争中，飞机在夺取制空权、实施战略轰炸、战场攻击、侦察和空运等方面发挥了巨大作用。飞机生产量远远超过第一次世界大战的水平，到战争后期，美国、苏联、德国和英国的飞机年产量总和超过 20 万架，整个战争期间各国生产的飞机总数约 100 万架。飞机的种类也越来越多，参战的战斗机有防空战斗机、制空战斗机、护航战斗机和舰载战斗机等；轰炸机除轻、中和重型轰炸机外，还有专门的鱼雷轰炸机；攻击机也有陆基和舰载之分。此外，还出现了反潜机、侦察机、通信联络机和各种类型的运输机。

第二次世界大战中，有许多著名的飞机问世。战斗机有英国的“飓风”、“喷火”，德国的 Me-109，美国的 P-47、P-51，苏联的拉-5、雅克-9，日本的“零”式飞机等。轰炸机有苏联的伊尔-4、图-2，英国的“兰开斯特”，德国的容克 Ju-88、Ju-87，美国的 B-17、B-25 和 B-29 等。其中 B-29 是当时载弹量最大、航程最远

的重型轰炸机，可载弹 4000kg，航程 5300km，最大速度为 600km/h，B-29 于 1945 年 8 月 6 日和 9 日，分别向日本的广岛和长崎投放了原子弹。

第二次世界大战后期，以活塞式发动机为动力的螺旋桨（螺桨）飞机的最大速度达到了 780km/h，几乎达到了这种飞机的速度极限，通过提高螺旋桨转速来增大飞行速度已经非常困难，喷气发动机在这种情况下便应运而生。早在 20 世纪 30 年代初期，喷气发动机的发明专利就已经注册。1939 年 8 月 27 日，德国试飞成功世界上第一架装有涡轮喷气（涡喷）发动机的 He-178 飞机。1941 年 5 月 15 日，英国研制的涡轮喷气式飞机 E.28/39 首飞成功。但喷气技术均处于早期阶段，还不成熟，所以喷气飞机在第二次世界大战中的作用并不明显。1945 年第二次世界大战即将结束时，美国的 F-80 喷气式战斗机开始交付使用，最大速度达 935km/h。随后不久，苏联也研制成功雅克-15 和米格-9 喷气战斗机。这些飞机都是直机翼布局。到 1950 年，美国和苏联利用从德国缴获的后掠翼飞机资料，分别研制出第一种后掠翼战斗机 F-86 和米格-15，使飞机的速度突破了 1000km/h。

20 世纪四五十年代，喷气式飞机迅速发展。随着高速空气动力学理论和飞机设计技术的进步，1947 年 10 月 14 日美国 X-1 研究机首次突破了“声障”。随后出现了第一代超声速战斗机，其中的典型型号有美国的 F-100 和苏联的米格-19。这期间出现了一批高亚声速的喷气式客机、运输机和轰炸机。代表机型有美国波音公司的波音 707 客机、B-47 和 B-52 轰炸机，苏联的图-16 轰炸机等。

随着飞机飞行速度的提高，飞机与空气的摩擦热成了考验飞机结构的重大问题。材料技术的发展克服了这一问题，在 20 世纪 60 年代，出现了克服“热障”的、飞行速度超过 3 倍声速的战斗机和侦察机，它们是苏联的米格-25 战斗机和美国的 SR-71 高空侦察机。这两种飞机成了迄今为止飞得最快的固定翼航空器。在这期间，美国出现了第一种实用的变后掠战斗轰炸机 F-111，英国出现了第一种实用的垂直起降飞机，即“鹞”式战斗机。苏联的雅克-38 垂直起降舰载战斗机也在这一时期研制成功。与此同时，各种高亚声速干线客机成为国内和国际航线上的主力飞机。

20 世纪 70 年代开始，随着主动控制技术和推重比 8 一级的涡轮风扇（涡扇）发动机的应用，出现了具备高机动性的第三代战斗机，如美国的 F-15、F-16、F-18 战斗机，苏联的米格-29、苏-27 战斗机等。波音 747 这样的大型宽机身民用客机开始成为国际航线上的主力。目前世界上仅有的两种超声速运输机——苏联的图-144 和英法合作研制的“协和”号飞机也在这期间投入运营。

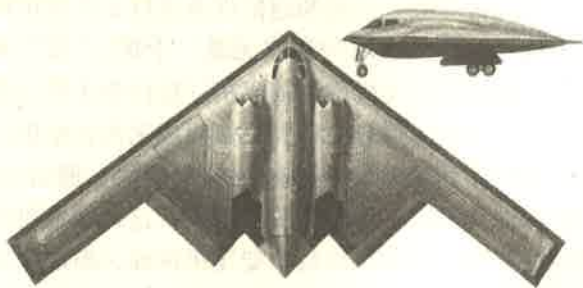


图 2-5 B-2 隐身轰炸机

隐身飞机出现于20世纪80年代,第一个实用型号是美国的F-117战斗轰炸机。随着隐身技术的成熟,美国的B-2隐身轰炸机(如图2-5所示)和F-22隐身战斗机在20世纪90年代研制成功。伴随着推重比10一级的涡扇发动机和先进综合航空电子(航电)系统的应用,使具有隐身能力、超声速巡航、过失速机动和超视距攻击能力的F-22战斗机成为现在唯一的第四代战斗机。喷气式战斗机(我国习惯称歼击机)的更新换代代表了航空技术的发展历程。以米格-15、F-100和米格-19为代表的第一代战斗机,主要特征为高亚声速或低超声速,后掠翼,配装涡喷发动机,带航炮和空空火箭,后期装备第一代空空导弹和机载雷达。第二代战斗机于20世纪60年代装备部队,代表机型有F-4、米格-21和“幻影”Ⅲ等,采用小展弦比薄机翼和带加力的涡喷发动机,飞行速度达到2倍声速,用第二代空空导弹取代了空空火箭和第一代空空导弹,配装有晶体管雷达的火控系统。20世纪70年代中期出现了以F-15、F-16、米格-29、苏-27和“幻影”2000等机型为代表的第三代战斗机,它们一般采用边条翼、前缘襟翼、翼身融合等先进气动布局以及电传操纵和主动控制技术,配装涡轮风扇发动机,具有高的亚声速机动性,配备多管速射航炮和先进的中距和近距格斗导弹,一般装有脉冲多普勒雷达和全天候火控系统,具有多目标跟踪和攻击能力,平视显示器和多功能显示器为主要的座舱仪表。第三代战斗机在突出中、低空机动性的同时,可靠性、维修性和战斗生存性得到很大改善。作为第四代战斗机的代表,F-22是洛克希德·马丁公司研制的空中优势战斗机,它以F-15、F-16和F-117为基础,综合使用了隐身、航电、材料、发动机和气动设计方面的最新技术成果发展而成,是一种全面的先进的战术战斗机。

在飞机的发展进程中,还出现了一些特种用途飞机,如空中预警系统飞机(预警机)、反潜机、电子干扰机、侦察机和空中加油机等。

预警机装有远距离搜索雷达和相应的数据处理和通信设备,用于搜索、监视空中和海上目标,是战斗机的支援飞机,主要有美国的E-3和俄罗斯的A-50等型号。1975年首飞的E-3由波音707飞机改装而成,机身上装有一个直径9m的盘状雷达天线罩。在伊尔-76飞机上改装而成的A-50预警机在20世纪80年代初研制成功。

反潜任务可由舰载反潜机和直升机完成,陆基的反潜机也发挥重要作用。美国的P-3、英国的“猎迷”、俄罗斯的伊尔-38和日本的P-2J都是广泛使用的陆基巡逻反潜机。

通过专门的电子干扰设备对敌方雷达和通信设备进行干扰的军用飞机称为电子干扰机或电子战飞机。电子战飞机有“有源”和“无源”干扰、“软”和“硬”杀伤之分。

专门用于搜集敌方军事情报的飞机称为侦察机。按任务不同,分为战略侦察机和战术侦察机。根据有人、无人驾驶还可分为有人侦察机或无人侦察机。

空中加油机是可以在空中为其他飞机进行加油的飞机,通常由大型运输机改装而成。空中加油机有两种加油方式:一种为插头锥管式,这种加油机可同时给2架或3架飞机加油;另一种是伸缩管式,一次只能给1架飞机加油,但加油速度较快。

(3) 直升机的发展

中国古代的“竹蜻蜓”玩具体现了现代直升机的基本原理。从设计概念来说,15

世纪意大利艺术家达·芬奇的画是世界上最早的直升机设计方案图。20世纪初,直升机的发展进入了探索时期。直升机升空后要实现可控的稳定飞行,首先必须解决旋翼旋转引起的反扭矩问题。因此早期的直升机多数采用多旋翼方案。今天的共轴双桨直升机也出现在这一时期的设计方案中,这些早期方案中另一个存活下来的是纵列双旋翼式直升机。

俄国人B. 尤利耶夫另辟蹊径,提出用尾桨来平衡反扭矩的方案,并于1911年制造出验证机,同年他还发明了可使旋翼桨距发生周期性变化的自动倾斜器。这种单旋翼加尾桨布局的直升机成为现在最流行的形式,占世界直升机总数的95%以上。由于当时发动机效率不高,旋翼和控制技术过于原始,所以虽然有某些直升机试验机实现了短距离的飞行,但离实用还有较大差距。不过这些探索对直升机的成功研制积累了宝贵的经验。

第一架可正常操纵的载人直升机是德国的Fa-61,1936年6月26日试飞成功。到20世纪30年代末,法国、美国和苏联都有直升机试飞成功,并迅速达到实用的程度。

涡轮轴(涡轴)发动机、复合材料桨叶和新型桨毂的应用,使直升机在20世纪后半叶在军事和国民经济领域发挥了重要作用。

半个世纪以来,直升机的发展也经历了四代。20世纪60年代前出现的直升机为第一代,典型代表有苏联的米-4和美国的贝尔-47,最大速度200km/h,噪声水平高。第二代直升机出现于20世纪70年代中期前,有苏联的米-8、法国的“超黄蜂”等,最大速度250km/h,噪声有所下降。第三代直升机的典型机型有法国的“海豚”、美国的“黑鹰”和“阿帕奇”等,出现在20世纪90年代前,最大飞行速度达到300km/h,噪声进一步得到控制。此后出现了第四代直升机,飞行速度超过300km/h,噪声得到了较好控制,典型型号有北约组织的NH90,美国已停止研制的“科曼奇”隐身武装直升机也应属于第四代。

2.1.3.2 航天器发展概况

运载火箭是航天器发展的基础。19世纪末到20世纪初,涌现出许多富于探索精神的航天先驱者。俄国的K. 齐奥尔科夫斯基首次阐述了利用多级火箭克服地球引力实现宇宙航行的构想,并提出了许多相关的理论。

如今他的许多预见已经变成了现实。美国的R. 戈达德建立了火箭运动的基本数学原理,并导出火箭脱离地球引力所需的7.8km/s的第一宇宙速度。他潜心研究液体火箭,成为液体火箭的创始人。出生于罗马尼亚的H. 奥伯特,提出空间火箭点火的理论和脱离地球引力的方法,主持设计了火箭发动机,开创了欧洲火箭的先河。德国的W. von 布劳恩领导研制成功V-2火箭。虽然V-2火箭在战争中的角色并不光彩,但它在技术上却使人类的飞天梦向前迈进了一大步,成为现代大型火箭的鼻祖,构筑了航天史上的重要里程碑。这些先驱们的工作为航天技术的发展奠定了坚实基础。

第二次世界大战结束以后,苏联和美国都通过仿制V-2火箭建立自己的火箭和导弹工业。一些有远见的政治家和科学家已经认识到,利用V-2的技术成果,一方面可以发展洲际导弹,建立军事威慑力量;另一方面可以发射人造地球卫星,有效地开展空间科学研究。

苏联的卫星研制和发射一直在政府支持下秘密地进行着。1946年，苏联成立了火箭科学研究院，到1948年，卫星运载工具的理论问题基本解决。1954年召开的地球物理学国际会议决定，1957年下半年到1958年底为国际地球物理年，建议有关国家在此期间发射人造地球卫星。从此，美苏两国都开始着手实施各自的卫星发射计划。

1957年10月4日，世界上第一颗人造地球卫星从苏联的领土上成功发射，这颗卫星正常工作了3个月，在此期间人们可以从广播中听到它从太空发出的无线电信号。一个月后，苏联又宣称，载着一只小狗的第二颗人造地球卫星发射成功。

苏联的创举引起美国朝野的哗然，为摆脱落后局面，美国决定采用陆军的“轨道器计划”迅速把卫星送上天。1958年1月31日，用由布劳恩设计的“丘比特”C火箭把美国第一颗人造地球卫星“探险者”1号送进了太空。

继苏美之后，法国、日本、中国、英国、欧洲航天局和印度都用自己研制的火箭成功发射了各自的人造地球卫星。早期的人造地球卫星主要具有一种象征意义，没有实用价值。20世纪60年代中期，人们开始重视开发具有经济效益和社会效益的应用卫星，人造地球卫星的发展从探索试验阶段进入实用阶段。通信卫星是人类最先使用的应用卫星，至2002年12月，全世界已成功发射民用通信卫星371颗，为人们的日常生活服务。另外，对地观测卫星在气象预报、自然灾害预测等方面发挥着重要作用。通过出租车上的GPS装置等形式，导航卫星的作用已经进入了普通民众的生活。

从1958年起，人类就开始了空间探测活动。空间探测从地球的邻居月球开始，然后到太阳系的各个行星和卫星。早期进行空间探测的国家主要是苏联和美国。从1958年开始的18年间，苏联和美国共向月球发射了81个探测器，成功了59个。苏联的探月过程为拍摄拍照、软着陆、钻孔取样、带回月球的土壤和岩石，并完成月球车在月球上的行驶。美国在对月球的探测中，先后执行了“徘徊者”、“勘探者”和“月球轨道环行器”计划，最后完成了“阿波罗”飞船载人登月的伟大创举。

对太阳系各行星的探测始于20世纪60年代初。苏联的探测器主要有“金星”号、“火星”号和“探测器”号。“金星”号一共发射了16个，其中10个在金星软着陆；“火星”号共发射了7个，其中3个绕火星飞行，4个飞越火星；“探测器”号共发射了8个，分别探测了金星、火星、月球和月地空间。美国的探测器比较多，主要有“先驱者”号、“水手”号、“海盗”号、“旅行者”号、“伽利略”号、“麦哲伦”号和“尤里西斯”号等，探测的范围也比苏联大，涉及金星、木星、水星、火星、土星、天王星、海王星和太阳等。其中“先驱者”10号和11号于1986年6月飞过了冥王星的轨道，向太阳系外飞去。“先驱者”10号飞出太阳系后，美国科学家曾于2002年3月2日成功地同它进行了通信联系，当时它离地球已有约 1.19×10^{10} km。这是人类首次与飞出太阳系以外的飞行器实现通信。从1996年开始，美国、俄罗斯和欧洲航天局又开始了对火星的新一轮探测。美国制定了“火星生命计划”，确定在1996~2005年，每隔26个月发射2个火星探测器，以揭晓火星上是否存在生命。1996年11月7日和同年12月4日发射的“火星探路者”探测器，是该计划的第一组探测器，它于1997年7月4日在火星的阿瑞斯谷地登陆，并用其携带的“索杰纳”火星车在火星上实地考察，获得很大成功。2003年是火星探测的热门年份，先后有3个火星探测器发射升空：6月2

日欧洲航天局发射了“火星快车”；6月10日和7月8日，美国发射了“火星漫游者”A和B。它们是一对探测火星的“孪生兄弟”，分别携带“勇气”号和“机遇”号火星车，分别于2004年1月4日和25日成功降落到火星表面。

载人飞船和航天飞机是实现载人航天的工具。1961年4月12日，苏联航天员加加林乘坐“东方”1号载人飞船实现了轨道飞行，开辟了人类航天的新篇章。此前，苏联发射了5艘不载人试验飞船。到1970年，苏联完成了早期的载人环地球轨道飞行计划。共发射各种飞船16艘，把25名航天员送入地球轨道，还完成了太空行走、飞船对接和航天员移乘等复杂动作。1971年4月19日，苏联发射了第一个“礼炮”号空间站。1986年2月20日，苏联发射了第三代空间站，即“和平”号空间站。它是世界上第一个长期性、多功能的载人空间站。1999年8月28日起，俄罗斯接管的该空间站进入无人自动飞行状态。2001年3月23日，“和平”号完成历史使命，平安坠落在南太平洋预定海域。

加加林实现人类太空航行后，美国实施了“水星”和“双子座”载人飞行计划。截至1966年，已经把24名航天员送上太空，也实现了太空行走和飞船对接。迄今为止，载人航天最激动人心的篇章应是“阿波罗”登月。1969年7月20日，“阿波罗”11号飞船首次把两名航天员N. 阿姆斯特朗和A. 奥尔德林送上了月球表面。在他们之后，美国又进行6次载人月球飞行，共有12名航天员涉足月球表面。美国在1973年5月14日发射了试验性空间站“天空实验室”，与此同时开始研制可重复使用的航天飞机，作为天地往返运输系统与空间站配套。1981年4月12日，世界上第一架航天飞机“哥伦比亚”号试飞成功，随后又成功研制了“挑战者”号、“发现”号、“亚特兰蒂斯”号和“奋进”号共5架航天飞机。1986年1月28日，“挑战者”号发射升空不久即爆炸，7名航天员全部殉难，这次悲剧致使航天飞机暂停飞行32个月。2003年美国当地时间2月1日，载有7名航天员的“哥伦比亚”号航天飞机结束任务返回地球，在着陆前16min发生意外，航天飞机解体坠毁，机上航天员全部殉难。至此，美国的5架航天飞机共进行了107次太空飞行。苏联也于1988年11月15日成功发射了“暴风雪”号航天飞机，由于政治和经济方面的原因，“暴风雪”号进行了3.5h绕地球两周的不载人首航后，载人飞行计划被无限期搁置。

截至2003年10月，美国、俄罗斯（包括苏联时期）和中国共进行过242次载人航天飞行，有954人次进入太空。航天员在太空飞行时间最长的记录，由俄罗斯的C. 阿夫杰耶夫保持，他3次进入“和平”号空间站工作，累计747天。单次太空飞行持续时间最长的记录，则由俄罗斯航天员B. 波利亚科夫保持，他于1994年1月8日至1995年3月22日，在“和平”号空间站上工作长达438天。

冷战结束后，美国和俄罗斯从各自利益出发，同意在空间技术上合作，联合建立新型空间站，这就是“国际空间站”。已有美国、俄国、加拿大、日本、巴西及11个欧洲航天局成员国共16个国家参与建设。它将是迄今规模最大的航天工程，也是世界上第一个国际合作建设的空间站。1998年11月20日，俄罗斯用“质子”号运载火箭发射了美国委托俄罗斯制造的“曙光”多功能货舱，揭开了国际空间站建设的序幕。随

后又陆续发射了“团结”节点舱、“恒星”服务舱等空间站的部件和构件，它们在空间轨道上进行组装组合。国际空间站全部建成后总质量约 400t，将有两个足球场大，其中供航天员生活和工作的空间，相当于两架波音 747 宽体客机旅客舱的容积。该站计划 2007 年建成，但由于资金、技术等原因被拖延。

2.1.4 航空航天在国防和经济建设中的地位与作用

航空航天技术的发展与军事应用联系紧密，相互促进。航空武器装备是空军武器装备的重要组成部分。现代航空武器装备包括战斗机、战斗轰炸机、强击机、轰炸机、预警机、电子战飞机、军用运输机、军用无人机、武装直升机、空中加油机和机载武器等，航空武器装备的作用是对敌空中力量进行空战，夺取和捍卫制空权；对敌人地面、海面军事目标进行攻击；执行侦察、通信和预警指挥任务、空中电子战任务以及各种战斗支援和保障任务。航空武器装备是空军战斗力的物质基础。两次世界大战以及其间发生的局部战争，初步显示了空中力量对战争的重大影响。朝鲜战争是喷气式战斗机的第一次大规模作战使用，空战和空中打击在较大程度上影响了战争的进程和结局。越南战争后期，美军使用包括 B-52 在内的各种作战飞机对越南北方的政治、经济和军事目标进行了“地毯式”轰炸，给越南北方造成了巨大损失，实现了美国的所谓体面撤退。在 1967 年 6 月的第三次中东战争中，以色列空军在 3h 内使埃及空军几乎全军覆没，同时还严重打击了叙利亚、约旦和伊拉克的空军目标，在短短的 6 天内就达到了其预定的战略目标。英阿马岛战争和 1986 年美国对利比亚实施的“外科手术式”空中打击，都进一步确立了空中力量在现代战争中的重要地位。1991 年的海湾战争是现代高技术局部战争的标志，空中战争的雏形在这次战争中第一次展现出来。在 42 天的战争中，以美国为首的联军对伊拉克的空中打击占了 38 天，基本上靠空中作战就达到了取胜的目的。8 年后的科索沃战争中，以美国为首的北约仍然选用了空中打击方案，历时 79 天的战争完全由空中力量进行，使得科索沃战争成为第一次真正意义上的空中战争。这次战争具有一些新特点：无人驾驶飞机被大规模使用，为提高空中打击效果发挥了积极的作用；准精确和精确制导武器占据了总投弹量的绝大部分。“9·11”事件后，美国发动了针对阿富汗塔利班政府的反恐战争，依然是借助空中打击力量。这次战争中，无人驾驶飞机第一次向目标发射了武器，标志着无人航空作战平台的概念已经进入了实战阶段。2003 年美国对伊拉克的战争，还是以隐身战斗机和远程巡航导弹轰炸巴格达郊区的军事和政治目标拉开战争的序幕。

现代高技术局部战争中，随着战争目标朝着政治化方向发展，空中力量对战争进程和结局的影响越来越大。未来的战争势必围绕空中打击来进行，谁拥有更强大的空军，谁将在未来战争中取得主动权。

卫星侦察具有面积大、速度快、可定期或连续监视一个地区、不受国界和地理条件限制等优点，已成为当今作战指挥系统和战略武器系统的重要组成部分。军用通信卫星、军用导航卫星、军用测地卫星和军用气象卫星都可直接应用于军事。由侦察卫星、