



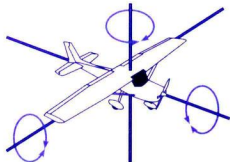
中航工业航空航天教材出版专项

AN  
INTRODUCTION  
TO AVIATION

# 航空概论

刘让贤 晏初宏 主编

凡进军 宋 斌 副主编



航空工业出版社



中航工业航空航天教材出版专项

高等职业技术教育“十二五”规划教材

# 航空概论

刘让贤 晏初宏 主 编  
凡进军 宋 斌 副主编

航空工业出版社

## 内 容 提 要

本书是航空工业出版社组织编写的高等职业技术教育“十二五”规划教材,全书共7章,围绕飞行器飞行原理、航空发动机等核心知识,主要介绍了形形色色的飞机,飞机飞行的原理,发动机,飞机的基本构造,机载设备、机场和空中交通管理,飞行器的发展概况和飞行器有关技术概述等内容。各章后均附有思考题与习题,方便教学和自学。

本书带有较浓厚的科普性质,通过较为翔实的史料、丰富的图画和深入浅出的文字描述,比较系统地介绍了飞行器的发生情景和发展的现状,并展望了飞行器的发展前景,具有较强的知识性、科学性、趣味性和可读性。可作为航空航天职业技术学院、职工大学的飞行器制造工艺、航空发动机装配与试车、飞机制造技术、航空机电设备维修、飞机维修、导弹维修等相关专业的教材。也可供关心航空航天事业、热爱航空航天事业的广大读者阅读参考,还可作为有关航空航天企业员工的自学教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

航空概论/刘让贤,晏初宏主编. --北京:航空工业出版社,2013.7

ISBN 978-7-5165-0163-4

I. 航… II. ①刘… ②晏… III. 航空学 IV. ①V2

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第114713号

## 航 空 概 论 Hangkong 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:010-64815615 010-64978486

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2013年7月第1版

2013年7月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:19.25 字数:480千字

印数:1—3000

定价:35.00元

# 前 言

飞机问世一百多年了，在飞机的发展历程中，这是不平凡的一百年。1903年12月17日，在美国北卡罗来纳州的基蒂霍克，由莱特兄弟制造的世界上第一架有动力、可操纵、重于空气的载人飞行器试飞成功。虽然其留空时间只有短短的12s，飞行距离也只有微不足道的36m，但却标志着人类飞行的梦想变成了现实，开创了航空飞行的新纪元。

应该说航空技术是人类在20世纪取得的最伟大的科学技术成就之一。由于飞机的存在，地球“变小”了。如今在不到一天的时间内，人们就可以飞到地球上的任何一个角落，这对于生活在20世纪以前的人类来说，简直是一个难以想象的人间奇迹。飞机为人类的进步与发展插上了翅膀，将人们的活动范围从陆地、海洋扩展到天空，并且越飞越高、越飞越快、越飞越远，创造了人类历史上的一个又一个辉煌，并对社会生活的各个方面产生了和正在产生着极其巨大的影响。

在航空技术发展的早期，由于缺乏合适的动力，飞机的发明比以蒸汽机的出现为标志的工业革命开始的时间晚了近140年。直到19世纪末、20世纪初，活塞式发动机的发明和应用才终于圆了人类的飞行梦。在20世纪前半叶，装有活塞式发动机的螺旋桨飞机主宰了天空，并在两次世界大战中大显身手，改变了人类的战争模式，同时也推动了民用航空事业的发展；20世纪40年代后，喷气式发动机的出现，使飞机突破声障，实现了超声速飞行，并从此进入了喷气飞行时代；大涵道比涡扇发动机和宽体客机的出现，使得航空运输的成本大大降低，并实现了不着陆越洋飞行。飞行不再是少数冒险家追求刺激的方式，而成为了普通民众不可或缺的交通工具之一。21世纪，航空动力技术呈现加速发展态势，人们将有可能研制出速度达到 $Ma5 \sim Ma10$ 的高超声速飞行器及空天飞机，使人类进入更加经济、安全、快速、便捷的高超声速时代及在大气层、外层空间航行的时代，开创人类航空史上的新纪元。

飞机带来了新的军事文明、新的交通文明和新的时空文明，人类与时间、人类与空间、时间与空间的关系已经，并且还在因飞行而改变。航空技术的每一次进步，都是一次对自然、技术和人类生理与心理极限的挑战。今天，人类对航空技术的探索并未止步，探索未知秘密、追求更大自由的脚步始终没有停歇，而飞机的发展也没有达到尽头。高超声速到底有多快？变体飞机能对未来作战产生何种影响？人类的求知欲望正在与现实需求不断结合，推动着航空技术继续向前发展。更大、更快、更好的飞机将会在新的一百年中不断飞上蓝天，为人类造福。

中国航空工业的起步并不太晚，在中华民国时期就曾试图建立航空工业，但最终只是修理与维护少量的活塞式发动机和飞机。新中国的航空工业从1951年4月17日起步，风雨沧桑、披荆斩棘终于走出了一条不平凡的道路。经过几代航空人艰苦卓绝的奋斗，中国航空工业已经从一株弱小的幼苗，逐渐成长为一棵枝繁叶茂的参天大树。60年来，一代又一代航空人成功研制生产了上万架军用战斗机、轰炸机、侦察机、教练机以及各种民用

支线客机和通用飞机等，为国防现代化和经济建设做出了突出贡献。中国航空工业的60年，是一段艰苦开拓、不断前行、变革求新的光荣历史；是一首报国强军、敬业富民、问道蓝天的恢弘诗篇。几代航空人不断拼搏进取、薪火相传，创造了中国航空工业辉煌的成就。他们的伟大精神承载着航空工业腾飞奋起的光荣与梦想，为后来者树立了典范。

《航空概论》这本带有浓厚科普性质的教科书是为了普及航空航天知识而编写的，通过翔实的史料、丰富的图画和深入浅出的文字描述，系统地介绍了飞行器的产生和发展，并展望了飞行器的前景，具有较强的知识性、科学性、趣味性和可读性，特别适合关心和热爱航空航天事业的青少年读者阅读参考。全书共7章，围绕飞行器飞行原理、航空发动机等核心知识，主要介绍了形形色色的飞机，飞机飞行的原理，发动机、飞机的基本构造，机载设备、机场和空中交通管理，飞行器的发展概况和飞行器有关技术等内容。各章后均附有思考题与习题，方便教学和自学。

本书由刘让贤、晏初宏担任主编，凡进军、宋斌担任副主编，魏强、曹伟、刘浩参加编写。其中，绪论、第1章由张家界航空工业职业技术学院的晏初宏老师编写，第2章由张家界航空工业职业技术学院的刘让贤老师编写，第3章由张家界航空工业职业技术学院的刘让贤、凡进军老师编写，第4章由张家界航空工业职业技术学院的宋斌老师编写，第5章由张家界航空工业职业技术学院的魏强老师编写，第6章由中国航天科工集团第二研究院第二总体设计部的曹伟工程师编写，第7章由广西壮族自治区森林公安局的刘浩编写。全书由刘让贤、晏初宏老师负责统稿和定稿。

本书由张家界航空工业职业技术学院的胡细东副教授担任主审，他对全书提出了许多宝贵的建议和修改意见。另外，张家界航空工业职业技术学院的晏玫、龚素霞老师，在本书的统稿工作中付出了艰辛的劳动。在此，谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，经验不足，书中的缺点和错误在所难免，恳请读者给予批评指正。

编者

# 目 录

0 绪 论 .....	( 1 )
0.1 人类的飞天之梦 .....	( 1 )
0.2 第一次飞上天空的有动力的飞机 .....	( 2 )
0.3 航空与航天的基本内涵 .....	( 3 )
0.4 飞行器的分类 .....	( 4 )
0.5 航空航天发展简史 .....	( 6 )
0.6 飞行环境 .....	( 11 )
习题 .....	( 13 )
第1章 形形色色的飞机 .....	( 16 )
1.1 军用飞机 .....	( 16 )
1.1.1 战斗机 .....	( 16 )
1.1.2 截击机 .....	( 20 )
1.1.3 强击机 .....	( 20 )
1.1.4 轰炸机 .....	( 21 )
1.1.5 战斗轰炸机 .....	( 23 )
1.1.6 反潜机 .....	( 24 )
1.1.7 侦察机 .....	( 24 )
1.1.8 预警机 .....	( 25 )
1.1.9 电子干扰飞机 .....	( 27 )
1.1.10 军用运输机 .....	( 27 )
1.1.11 空中加油机 .....	( 28 )
1.1.12 舰载飞机 .....	( 29 )
1.1.13 教练机 .....	( 29 )
1.2 民用飞机 .....	( 30 )
1.2.1 旅客机 .....	( 30 )
1.2.2 货机 .....	( 34 )
1.2.3 通用飞机 .....	( 34 )
1.2.4 公务机 .....	( 35 )
1.3 无人机 .....	( 35 )
1.3.1 战略侦察无人机 .....	( 35 )
1.3.2 战斗无人机 .....	( 37 )
1.3.3 微型无人机 .....	( 38 )
1.3.4 中国的无人机 .....	( 38 )
1.3.5 无人飞艇 .....	( 38 )

1.4	直升机	(40)
1.4.1	MD500/530 直升机	(40)
1.4.2	AH-64 “阿帕奇”攻击直升机	(41)
1.4.3	CH-47 “支奴干”运输直升机	(41)
1.4.4	RAH-66 “科曼奇”直升机	(42)
1.4.5	S-80/H-53E 重型直升机	(42)
1.4.6	S-92 双发中型直升机	(42)
1.4.7	俄罗斯研制的直升机	(43)
1.4.8	NH-90 多用途军用直升机	(43)
1.4.9	EH-101 三发多用途直升机	(44)
1.4.10	中国研制生产的武直 10 武装直升机	(45)
1.4.11	V-22 “鱼鹰”倾转旋翼直升机	(45)
1.4.12	贝尔-波音 609 民用倾转旋翼直升机	(46)
1.4.13	直升机加气囊式组合飞艇	(46)
1.4.14	复合式直升机	(46)
1.4.15	气囊飞机	(47)
	习题	(47)
第 2 章	飞机飞行的原理	(50)
2.1	流体流动的基本知识	(50)
2.1.1	飞行相对运动原理	(50)
2.1.2	流体的连续性假设和状态方程	(50)
2.1.3	流体的可压缩性、声速 $c$ 、黏性和传热性	(51)
2.1.4	来流马赫数和来流雷诺数	(53)
2.1.5	流体流动现象的观测和描述	(53)
2.1.6	流体的模型化	(57)
2.2	流体流动的基本规律	(58)
2.2.1	质量守恒与连续方程	(58)
2.2.2	能量方程与伯努利方程	(58)
2.2.3	低速、亚声速和超声速管内流体的流动	(61)
2.2.4	小扰动波在气流中的传播	(62)
2.2.5	马赫波、膨胀波和激波	(63)
2.3	作用在飞机上的空气动力	(65)
2.3.1	飞机机翼的几何外形和参数	(65)
2.3.2	低速、亚声速时飞机上的空气动力	(67)
2.3.3	跨声速时飞机上的空气动力	(73)
2.3.4	超声速时飞机上的空气动力	(79)
2.3.5	风洞的作用和试验要求	(84)
2.4	飞机的重心、机体坐标系和飞机平衡	(88)
2.4.1	飞机的重心	(88)

2.4.2	机体坐标轴系	( 88 )
2.4.3	飞机在作用力相互平衡时的运动	( 89 )
2.5	飞机的稳定性和操纵性	( 90 )
2.5.1	稳定、不稳定与中和稳定	( 90 )
2.5.2	飞机的纵向(俯仰)稳定性	( 92 )
2.5.3	飞机的方向(航向)稳定性	( 92 )
2.5.4	飞机的横向(侧向)稳定性	( 93 )
2.5.5	飞机的操纵	( 94 )
2.6	飞机的增升装置	( 97 )
2.6.1	襟翼	( 97 )
2.6.2	前缘襟翼	( 98 )
2.6.3	前缘缝翼	( 99 )
2.6.4	喷气襟翼	( 100 )
2.6.5	边界层控制	( 100 )
2.7	飞机的飞行性能、起飞和着陆	( 100 )
2.7.1	飞机的飞行性能	( 100 )
2.7.2	起飞和着陆	( 102 )
2.7.3	悬停飞行	( 104 )
2.8	飞机的机动飞行	( 104 )
2.8.1	飞机的盘旋飞行	( 104 )
2.8.2	俯冲飞行	( 105 )
2.8.3	筋斗	( 105 )
2.8.4	横滚	( 105 )
2.8.5	半筋斗翻转	( 106 )
2.8.6	半滚倒转	( 106 )
2.9	直升机的飞行原理	( 106 )
2.9.1	直升机概况	( 106 )
2.9.2	直升机的主要特点	( 107 )
2.9.3	直升机旋翼的工作原理	( 107 )
	习题	( 109 )
<b>第3章</b>	<b>发动机</b>	<b>( 112 )</b>
3.1	发动机的一般概念与发展	( 112 )
3.1.1	发动机的一般概念	( 112 )
3.1.2	航空发动机溯源	( 112 )
3.1.3	航空发动机的发展	( 115 )
3.2	活塞式航空发动机	( 123 )
3.2.1	往复式活塞发动机	( 123 )
3.2.2	昙花一现的旋转汽缸活塞式发动机	( 127 )
3.2.3	旋转活塞发动机	( 128 )



3.3 喷气式航空发动机 .....	(132)
3.3.1 推力的产生 .....	(132)
3.3.2 燃气涡轮发动机 .....	(134)
3.3.3 无压气机式空气喷气发动机 .....	(155)
3.4 直升机用发动机 .....	(158)
3.4.1 直升机所使用的发动机 .....	(158)
3.4.2 涡轮轴发动机的基本构造 .....	(160)
3.4.3 涡轮轴发动机技术的发展概况 .....	(163)
3.5 火箭发动机 .....	(164)
3.5.1 火箭发动机的主要性能参数 .....	(164)
3.5.2 液体火箭发动机 .....	(165)
3.5.3 固体火箭发动机 .....	(168)
3.5.4 固、液混合火箭发动机 .....	(170)
习题 .....	(171)
<b>第4章 飞机的基本构造</b> .....	<b>(174)</b>
4.1 飞机结构的基本组成 .....	(174)
4.1.1 飞机结构的组成及其功用 .....	(174)
4.1.2 载荷、变形和应力的概念 .....	(175)
4.1.3 对飞机结构的基本要求 .....	(177)
4.2 机翼、尾翼及其载荷 .....	(179)
4.2.1 机翼载荷 .....	(179)
4.2.2 机翼受力构件的基本构造 .....	(180)
4.2.3 机翼结构的基本构造形式 .....	(184)
4.2.4 尾翼载荷及尾翼结构 .....	(186)
4.3 机身及其载荷 .....	(187)
4.3.1 机身载荷 .....	(187)
4.3.2 机身受力构件的基本构造 .....	(188)
4.3.3 机身结构的基本构造形式 .....	(190)
4.4 起落架 .....	(191)
4.4.1 起落架的配置形式 .....	(192)
4.4.2 起落架的结构形式 .....	(194)
4.4.3 起落架的收放 .....	(196)
4.4.4 起落架的缓冲系统 .....	(198)
4.4.5 起落架的刹车装置 .....	(201)
4.5 直升机的基本构造 .....	(203)
4.5.1 直升机的组成 .....	(203)
4.5.2 旋翼的构造 .....	(204)
4.5.3 自动倾斜器 .....	(206)
习题 .....	(207)

<b>第 5 章 机载设备、机场和空中交通管理</b> .....	(209)
5.1 航空仪表 .....	(209)
5.1.1 飞机飞行状态参数测量 .....	(209)
5.1.2 发动机状态参数测量 .....	(217)
5.1.3 电子综合显示器 .....	(219)
5.2 飞机导航技术 .....	(220)
5.2.1 飞机导航技术的一般概念 .....	(220)
5.2.2 仪表导航 .....	(221)
5.2.3 无线电导航 .....	(221)
5.2.4 惯性导航系统 .....	(223)
5.2.5 全球定位系统 (GPS) .....	(224)
5.3 飞机自动控制技术 .....	(225)
5.3.1 飞机的自动驾驶和自动驾驶仪 .....	(225)
5.3.2 飞机的飞行轨迹控制 .....	(226)
5.3.3 电传操纵 .....	(227)
5.3.4 现代飞机的综合飞行管理系统 .....	(227)
5.4 其他机载设备 .....	(228)
5.4.1 通信设备 .....	(228)
5.4.2 雷达设备 .....	(229)
5.4.3 飞机电气设备 .....	(230)
5.4.4 高空防护设备 .....	(230)
5.4.5 救生设备 .....	(232)
5.4.6 防冰设备 .....	(233)
5.5 机场和空中交通管理 .....	(233)
5.5.1 机场 .....	(233)
5.5.2 地面保障 .....	(234)
5.5.3 空中交通管理 .....	(235)
习题 .....	(237)
<b>第 6 章 飞行器的的发展概况</b> .....	(239)
6.1 飞机和直升机 .....	(239)
6.1.1 军用飞机 .....	(239)
6.1.2 民用飞机 .....	(242)
6.1.3 特殊飞机 .....	(243)
6.1.4 直升机 .....	(246)
6.2 导弹 .....	(248)
6.2.1 有翼导弹 .....	(248)
6.2.2 弹道导弹 .....	(254)
6.2.3 反弹道导弹系统 .....	(258)
6.3 航天器 .....	(259)

6.3.1 航天器的基本系统 .....	(259)
6.3.2 卫星结构 .....	(259)
6.3.3 空间探测器结构 .....	(260)
6.3.4 载人飞船 .....	(261)
6.3.5 空间站 .....	(261)
6.4 火箭 .....	(263)
6.4.1 探空火箭 .....	(263)
6.4.2 运载火箭 .....	(263)
6.5 航天飞机和空天飞机 .....	(267)
6.5.1 航天飞机 .....	(267)
6.5.2 空天飞机 .....	(270)
习题 .....	(271)
<b>第7章 飞行器有关技术概述 .....</b>	<b>(273)</b>
7.1 CAD/CAM 技术 .....	(273)
7.1.1 CAD/CAM 基础知识 .....	(273)
7.1.2 常用的 CAD/CAM 软件 .....	(276)
7.2 主动控制与综合控制技术 .....	(278)
7.2.1 主动控制技术 .....	(278)
7.2.2 综合控制系统 .....	(282)
7.3 隐身技术 .....	(284)
7.3.1 隐身技术的一般概念 .....	(284)
7.3.2 隐身技术原理 .....	(285)
7.3.3 反隐身技术 .....	(287)
7.4 系统工程 .....	(288)
7.4.1 飞行器的可用性 .....	(288)
7.4.2 飞行器的可信性 .....	(290)
7.4.3 能力 .....	(291)
7.4.4 有效性 .....	(291)
7.4.5 寿命周期费用 (LCC) .....	(292)
习题 .....	(293)
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>(295)</b>

# 0 绪 论

## 0.1 人类的飞天之梦

飞向天空，是人类亘古以来的梦想，是古往今来最经久不衰的话题。看到小鸟在空中自由翱翔，人们都会渴望像鸟儿一样飞行。在世界各民族绚丽多彩的神话中，都能找出许多人与鸟比翼齐飞的传说。我国的嫦娥奔月故事反映出人们幻想升空飞行的强烈愿望（如图0-1所示）。还有牛郎织女、七仙女下凡、列子驾风飞行、萧史和弄玉乘龙骑凤上天、孙悟空腾云驾雾一个筋斗十万八千里等神话故事，都充分反映出人们对飞行的遐想和渴望。另外，在古代关于舜帝的传说中，说到舜帝在受其继母迫害、将被烧死在谷仓顶上时，手持斗笠（另一种说法是天女赠送的披风）从空中跳下，逃离了熊熊大火，这被认为是人类使用降落伞的雏形（如图0-2所示）。在《封神演义》里有个叫雷震子的人，是姜太公手下的一员大将，他肋下生翅，能在空中自由地飞来飞去。



图0-1 嫦娥奔月



图0-2 舜帝的斗笠被认为是现代降落伞的雏形

在西方神话中，许多神话人物都长有翅膀，或拥有飞鹰作为坐骑。长着一对小小翅膀的可爱的小天使，至今还被人们当作吉祥物。在古希腊，人们广泛传诵着伊卡洛斯与他父亲一起用羽毛和蜡做了一对翅膀，竟成功地从克里特岛上的监狱里逃出来的故事，勇敢的伊卡洛斯不听父亲的忠告，执意高飞，想接近太阳，结果因他的翅膀被熔化，掉进了大海（如图0-3所示）。在阿拉伯的著名童话小说《一千零一夜》中，有名的“飞毯”就是对直升机飞行器的一种向往，“神灯”中的可飞行数百里的巨人，实际上是人们对能在空中自由翱翔的飞机的渴望。



图 0-3 伊卡洛斯掉进了大海

## 0.2 第一次飞上天空的有动力的飞机

人类为了实现飞行的梦想，从探索鸟类飞行的奥秘到驾驶飞机在空中飞行，经历了一个漫长而又曲折的过程。第一架有动力、可操纵的载人飞机是由美国的莱特兄弟设计和制造的。1903年12月17日是一个值得永远纪念的日子，美国的莱特兄弟自己动手设计、由弟弟奥维尔·莱特驾驶的“飞行者”1号，在北卡罗来纳州的基蒂霍克实现了第一次有动力、稳定、可操纵的持续飞行（12s）。随后，由哥哥威尔伯·莱特驾驶的第4次飞行，在空中持续了59s，飞行距离260m。虽然只是短短的时间和微不足道的距离，却使人类渴望了几千年的飞向天空的梦想变为现实，开创了人类现代航空的新纪元。

如图0-4所示，“飞行者”1号是一架普通双翼飞机。飞机长6.5m，翼展12.3m，机翼面积 $47.4\text{m}^2$ ，起飞重量<sup>①</sup>340kg。它采用了鸭式布局，一副前翼和一副主机翼都是双翼结构，前翼兼作升降舵，两个方向舵装在机身后面。一台12hp<sup>②</sup>的活塞式汽油发动机装在下机翼中间偏右的部位，用链条带动两副推进式螺旋桨。螺旋桨直径为2.59m，分别安装在驾驶员位置的两侧。机身骨架和机翼用枞木和布制成，上下机翼之间用支撑柱加强。最初人是趴在下部机翼上驾驶，1908年改成坐式，1912年将滑橇改成带机轮的起落架。

在莱特兄弟实现首次有动力飞行后的第六年，即1909年9月21日，在美国加利福尼亚州奥克兰市郊外的皮德蒙特山附近，被孙中山称为不可多得之奇才的旅美华人冯如亲自驾驶自己设计制造的有动力的飞机，成功地首次飞上蓝天。他被誉为中国第一个飞行家（如图0-5所示）。

一年后，冯如再接再厉，又制造了一架双翼机，并于1910年10—12月在奥克兰进行了多次飞行表演，均获得成功，受到孙中山先生和旅美华侨的赞许，并获得美国国际航空学会颁发的甲等飞行员证书。1911年2月，冯如怀着报效祖国的心愿，与助手朱竹泉等人带着两架自制的飞机回国。当时冯如带回国的两架飞机中，一架翼展8.9m，弦长1.37m，采用一台功率为30hp的活塞式发动机，螺旋桨转速为1200r/min；另一架为双翼鸭式布局飞机，发动机功率为75hp，采用推进式螺旋桨。

① 本书所提“重量”均为“质量”概念，单位为kg等。

② 1hp = 745.7W。

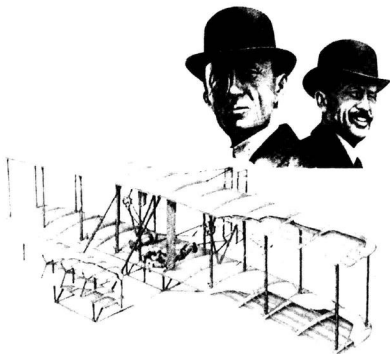


图 0-4 “飞行者” 1 号和莱特兄弟



图 0-5 冯如和他设计制造的飞机

### 0.3 航空与航天的基本内涵

航空航天技术是 20 世纪人类在认识自然和改造自然的过程中最活跃、发展最迅速、对人类社会生活最有影响的科学技术之一，也是表征一个国家科学技术水平的重要标志之一。

航空是指在地球周围稠密的大气层内的航行活动。航天是指在大气层之外的近地空间、行星际空间、行星附近以及恒星际空间的航行活动。但是，在地面发射航天飞行器或者当航天飞行器返回地面时，都要经过大气层，特别是水平起降的航天飞机，虽然主要活

动在大气层之外的空间中，但其起飞和降落过程与飞机极为相似，从而兼有航空器和航天器的特点。所以，从科学技术上看，航空与航天不仅是紧密联系的，有时甚至是难以区分的。航空航天技术，既指进行航空航天活动所涉及的科学技术，又指研制航空航天飞行器所涉及的科学技术。

航空航天技术是高度综合的现代科学技术，综合运用了基础科学和应用科学的最新成就，以及工程技术的最新成果。力学、热力学、材料学、电子技术、自动控制理论和技术、计算机技术、喷气推进技术以及制造工艺等科学技术的进步，都对航空航天技术的进步和发展具有重要的作用。现代科学技术在航空航天领域的应用中相互交叉、渗透，产生了一些新的学科；航空航天技术在发展中提出的新要求，又促进了这些学科的发展。

航空航天技术的发展与军事应用密切相关，其取得的巨大成就对国民经济和社会生活都产生了重大影响。航空航天技术用于军事，使军事装备和军事技术发生了根本性的变化，使战争从平面向立体转化，战争的格局由此发生了巨大的变化。飞机可以在战争中执行拦截、侦察、轰炸、攻击、预警、反潜、电子干扰以及运输、空降等任务。同时，民用航空的发展也改变了交通运输的结构，为人们提供了一种快速、方便、舒适、安全的交通运输方式。飞机和直升机还广泛应用于农业作业、森林防火、大地测量、地质勘探，以及在高空中进行的各种科学技术研究。

航天技术与其他科学技术相结合，开拓了许多崭新的技术领域。卫星通信已成为现代传递信息的重要手段；卫星广播可以对广大地区的公众直接进行电视广播；卫星导航引起了导航技术的重大变化，实现了全球、全天候、高精度的导航定位；气象卫星、地球资源卫星给人类带来的利益更加显著。环绕地球运行的航天站（空间站）、航天飞机、行星际空间探测器和行星探测器等，成为人类认识自然、改造自然的先进工具。

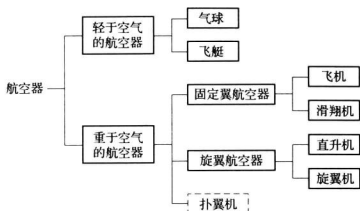
### 0.4 飞行器的分类

在地球大气层内或大气层之外的空间（含环地球空间、行星际空间、恒星际空间、星系际空间）飞行的器械，统称为飞行器。通常，飞行器可分为三大类：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；在大气层之外的空间飞行的飞行器，称为航天器；依靠制导系统控制其飞行轨迹的飞行武器，称为导弹；利用热气流高速向后喷出产生的反作用力向前运动的喷气推进装置，称为火箭。

#### (1) 航空器

任何航空器都需要产生升力来克服自身的重力，才能升空飞行。按照产生升力的基本原理，可将航空器分为两大类：一是靠空气静浮力升空飞行的航空器（习惯上称为轻于空气的航空器），二是靠航空器与空气相对运动而产生空气动力升空飞行的航空器（习惯上称为重于空气的航空器），如图 0-6 所示。

(a) 轻于空气的航空器：轻于空气的航空器包括气球和飞艇，其主体都是一个气囊，其中充以密度小于外界空气密度的气体（如热空气、氢气或氦气等），由于气球所排开的空气所受重力大于气球本身的重力，故产生静浮力使气球升空。气球没有动力装置，升空后只能随风飘动或被系留在固定位置上。飞艇装有发动机和螺旋桨、安定面和操纵面以及装载人或物的吊舱，飞行路线可以控制。

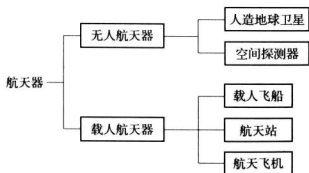


(b) 重于空气的航空器：重于空气的航空器，是靠自身与空气相对运动而产生的升力升空飞行的。这种航空器主要有固定翼航空器和旋翼航空器两类，固定翼航空器包括飞机和滑翔机，旋翼航空器包括直升机和旋翼机。除了这两种航空器之外，还有一种为许多工程师和航空爱好者探索研究至今尚未成功的、模拟鸟类飞行的扑翼机。

滑翔机在飞行原理与构造形式上与飞机基本相同，只是它没有动力装置和推进装置，一般由弹射或拖曳升空，然后靠有利的气流（如上升气流）或降低高度（势能转变为动能）继续飞行。旋翼机与直升机的区别是，旋翼机的旋翼没有动力直接驱动，而靠自身前进时（前进的动力由动力装置提供）的相对气流吹动旋翼转动而产生升力。

## (2) 航天器

航天器是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。与自然天体不同，航天器可以按照人的意志，改变其运行轨道。如图 0-7 所示，航天器可以分为无人航天器和载人航天器。无人航天器可以按照是否环绕地球运行分为人造地球卫星和空间探测器；载人航天器又可分为载人飞船、航天站（又称空间站）和航天飞机。



(a) 无人航天器：包括人造地球卫星和空间探测器。

人造地球卫星，简称人造卫星，是由运载火箭发射到一定高度，获得必要的速度，基本上按天体力学规律沿一定轨道环绕地球运行的一种航天器。人造卫星按其用途可分为用于科学研究的科学卫星，直接为国民经济和军事服务的应用卫星，以及进行航天技术试验的技术试验卫星等。它们还可按用途再加以细分，例如应用卫星可分为通信卫星、气象卫



星和侦察卫星等。

空间探测器，又称为深空探测器，是对月球、行星和行星际空间进行探测的航天器。目前，已发明了可以探测太阳系之外的宇宙空间的探测器。

(b) 载人航天器：载人航天器按照飞行和工作情况，可分为载人飞船、航天站（又称空间站）和航天飞机。

①载人飞船有卫星式载人飞船和登月载人飞船。它们为航天员提供在外层空间生活和工作的条件，并能安全返回地面。载人飞船可以独立进行航天活动，也可以作为往返于地面和航天站（或月球）之间的“渡船”。

②航天站是可供多名航天员长期工作和生活的航天器。它的运行原理与环绕地球的卫星式载人飞船类似，其主要区别是，卫星式载人飞船运行的时间很短，一般仅能使用一次后就很快返回地面。

③航天飞机是可以重复使用、往返于地面和近地轨道之间以运送有效载荷或在轨道上完成规定活动的航天器。航天飞机一般可以设计成飞机形式，由运载火箭送入轨道，返回地面时可像飞机那样着陆。目前，正在探索像飞机那样水平起飞、水平着陆的航天飞机（又称空天飞机）。

### (3) 火箭和导弹

在许多文献中，火箭一词有时既指火箭发动机又指以火箭发动机为动力的飞行器。如指火箭发动机，可按能源分为化学火箭、核火箭和电火箭；如指以火箭发动机为动力的飞行器，可按用途分为无控火箭弹、探空火箭和运载火箭等。

导弹是由制导系统控制其飞行轨迹的飞行武器，其特点是带有战斗部。按导弹飞行特点可分为弹道导弹、巡航导弹和可做高机动飞行的导弹（如地空导弹、空空导弹等）三大类。导弹的动力装置可以是火箭发动机，也可以是涡轮喷气发动机或冲压发动机。每一类导弹，还可以按用途或射程大小再予以细分。

## 0.5 航空航天发展简史

碧空万里，浩瀚无垠，神秘莫测，令人神往。自古以来，人类就怀有飞行的愿望，这可以由许多关于腾云驾雾的神话和传说中表达出来。但是在社会生产力低下的年代，这种愿望是难以实现的。不过，许多先驱人物的勇敢探索，为人类实现飞行提供了有益的经验教训。特别是18世纪的工业革命，推动了科学技术的发展，从而为人类实现飞行提供了条件。

### (1) 航空发展简史

(a) 轻于空气的航空器：利用空气静浮力升空，在技术上是比较容易实现的。中国在10世纪初期，就出现了类似于热气球的“孔明灯”，当时将其升入空中作为战争中的联络信号。18世纪末期，法国的蒙哥尔费兄弟制成了热气球，载上一些动物升空飞行了8min后安全降落。1783年10月15日，罗齐埃乘热气球上升到26m的高度，飞行了4.5min。同年11月21日，罗齐埃和达兰德斯又乘热气球，在约1000m的高度用25min飞行了约12km，这是人类乘航空器进行的首次飞行。随后，法国的物理学家查理制成了用丝绸做气囊充以氢气的气球，升空915m，飘行了约25km后降落。后来他又制造了一