



航空概论

HANGKONG
GAILUN

■ 王细洋 主编

航空工业出版社

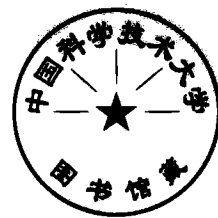


航空概论

主 编：王细洋

编著者：王细洋 江善元

王 云 彭承明



航空工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍飞机飞行原理、飞机主要构造以及机载设备。在飞行原理方面,介绍了空气动力学基础,含流体特性及流体流动的基本规律、低亚声速和跨高声速时的空气动力、飞机的飞行原理与飞机的稳定性和操纵性。在飞机构造方面,介绍了飞机发动机、机身、机翼、尾翼、起落装置和机载设备的原理及构造。另外,还介绍了机场地面保障设施以及飞行器技术的一些发展趋势。本书力图兼顾科普性和一定的理论深度。

本书既可作为高等职业技术学院航空类专科专业教材,也可作为航空高等院校非航空类本科专业教材。同时,可供航空科研院所和企业相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

航空概论/王细洋主编. —北京:航空工业出版社,
2006.8

ISBN 7-80183-746-0

I. 航... II. 王... III. 航空—概论 IV. V2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 079652 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

2006 年 7 月第 1 版

2006 年 7 月第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 10

字数: 251 千字

印数: 1—3000

定价: 15.00 元

前 言

航空技术是人类在认识自然、改造自然过程中,发展最迅速、对人类社会生活影响最大的科学技术领域之一。航空技术是高度综合的现代科学技术,它集中应用了最为先进的工程技术。航空技术也是衡量国家科研实力、国防实力和工业实力的重要指标,直接关系到国计民生。

航空高等职业技术学院普遍设置了本课程。学生学习本课程的目的是了解和掌握航空领域所涉及到的最基本的知识,培养航空意识,以便于后续专业课程的学习。

此外,航空高等院校非直接针对航空技术的本科专业,如机械类、材料类本科专业,为了了解最基本的航空科学技术知识,以便于学习相关的专业课程,并更好地服务于航空事业,作为选修课也开设了该门课程。课时较少,对相关的航空专业理论同样要求不深。

本书主要为满足上述需求而编写。参加本书编写工作的为南昌航空工业学院航空与机械工程学院的教师:王细洋(博士、教授)编写第一、第五、第六章;江善元(副教授)编写第二章;王云(博士、教授)编写第三章;彭承明(副教授)编写第四章。全书由王细洋主编,南英(博士后、教授)主审。

在编写过程中参考了大量的书籍、期刊及相关资料,为避免冗长,书中只列出了主要参考书目,其他资料未能一一列举。在这里,谨向被引用的书刊和资料的作者致以诚挚的谢意。

航空技术所涉及的领域非常广泛,由于编者水平有限,错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 著 者
2006年5月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 飞行器的概念与分类	(1)
一、航空器	(1)
二、航天器	(2)
三、火箭、导弹	(2)
第二节 航空发展简史	(2)
一、远古的神话和传说	(3)
二、气球和飞艇的出现与发展	(3)
三、重于空气的航空器	(5)
四、我国的航空发展史	(7)
第三节 空气的基本性质和大气	(8)
一、空气的基本性质	(8)
二、大气飞行环境	(8)
三、国际标准大气	(10)
第二章 飞机的飞行原理	(11)
第一节 流体基本特性	(11)
一、飞行相对运动原理	(11)
二、流体的连续性假设和状态方程	(11)
三、流体的可压缩性、黏性和传热性	(12)
四、来流马赫数和雷诺数	(13)
五、流体流动现象的观测和描述	(14)
六、流体的模型化	(16)
第二节 流体流动的基本规律	(17)
一、质量守恒与连续方程	(17)
二、伯努利方程	(18)
三、低速、亚声速和超声速管内流体的流动	(18)
四、小扰动波在气流中的传播	(20)
五、马赫波、膨胀波和激波	(21)
第三节 作用在飞机上的空气动力	(22)
一、低、亚声速时飞机上的空气动力	(22)
二、跨声速时飞机上的空气动力	(29)
三、超声速时飞机上的空气动力	(33)
四、风洞的作用和试验要求	(36)

第四节 飞机的重心、机体轴和飞机平衡	(40)
一、飞机的重心和机体轴	(40)
二、飞机在作用力互相平衡时的运动	(41)
第五节 飞机的稳定性和操纵性	(41)
一、飞机的纵向 (俯仰) 稳定性	(43)
二、飞机的方向 (航向) 稳定性	(43)
三、飞机的横向 (侧向) 稳定性	(43)
四、飞机的操纵	(45)
第六节 飞机的增升装置	(47)
一、襟翼	(47)
二、前缘襟翼	(48)
三、前缘缝翼	(48)
四、喷气襟翼	(49)
五、边界层控制	(49)
第七节 飞机的起飞、着陆和飞行性能	(49)
一、起飞	(50)
二、着陆	(50)
三、飞行性能	(51)
第八节 飞机的机动飞行	(52)
一、盘旋	(52)
二、俯冲	(52)
三、筋斗	(52)
四、横滚	(53)
五、半筋斗翻转	(53)
六、半滚倒转	(54)
第九节 直升机的飞行原理	(54)
一、直升机概况	(54)
二、直升机旋翼的工作原理	(55)
第三章 发动机	(57)
第一节 发动机概念及分类	(57)
第二节 活塞发动机	(58)
一、往复式活塞发动机	(58)
二、旋转活塞发动机	(61)
第三节 喷气式发动机	(65)
一、燃气涡轮发动机	(66)
二、无压气机式空气喷气发动机	(78)
第四节 直升机用发动机	(80)
一、涡轮轴发动机主要部件	(81)

二、涡轮轴发动机技术发展概况	(83)
第五节 火箭发动机	(85)
一、液体火箭发动机	(85)
二、固体火箭发动机	(88)
二、固—液混合火箭发动机	(91)
第四章 飞机的基本构造	(92)
第一节 飞机结构的基本组成	(92)
一、飞机结构的基本组成及其功用	(92)
二、对飞机结构的基本要求	(93)
第二节 机翼、尾翼及其载荷	(95)
一、机翼载荷	(95)
二、机翼受力构件的基本构造	(96)
三、机翼结构的基本构造形式	(100)
四、尾翼载荷及尾翼结构	(102)
第三节 机身及其载荷	(103)
一、机身载荷	(103)
二、机身受力构件的基本构造	(104)
三、机身结构的基本构造形式	(105)
第四节 起落架	(106)
一、起落架的配置形式	(107)
二、起落架的结构形式	(109)
三、起落架的收放	(111)
四、起落架的缓冲系统	(113)
五、起落架刹车装置	(115)
第五节 直升机基本构造	(116)
一、直升机的种类和布局	(116)
二、直升机的构造特点	(118)
第五章 机载设备	(119)
第一节 航空仪表	(119)
一、飞行器状态参数测量	(119)
二、发动机状态参数测量	(126)
三、电子综合显示器	(128)
第二节 飞机导航技术	(129)
一、概述	(129)
二、无线电导航系统	(129)
第三节 飞机自动控制技术	(133)
一、飞机的自动驾驶和自动驾驶仪	(133)

二、飞机的飞行轨迹控制	(134)
三、电传操纵	(135)
四、现代飞机的综合飞行管理系统	(136)
第四节 其他机载设备	(137)
一、通信设备	(137)
二、雷达设备	(137)
三、飞机电气设备	(138)
四、高空防护设备	(139)
五、救生设备	(140)
六、防冰设备	(142)
第六章 机场、地面保障及航空技术进展	(143)
第一节 机场及地面保障	(143)
一、机场	(143)
二、地面保障	(144)
三、空中交通管理	(144)
第二节 航空技术的进展	(146)
一、军用飞机	(146)
二、民用飞机	(147)
三、微型飞行器	(148)
主要参考文献	(150)

第一章 绪 论

航空是指在地球周围稠密大气层内的航行活动。与之密切相关的航天,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;有人把太阳系内的航行活动称为航天,太阳系外的航行活动称为航宇。

航空技术是人类在认识自然、改造自然过程中,发展最迅速、对人类社会生活影响最大的科学技术领域之一。航空技术是高度综合的现代科学技术,需要应用科学技术领域的最新成就,这些科学技术领域包括力学、热力学、材料工程、制造工程、电子技术、自动控制理论和技术、计算机技术、喷气推进技术等。航空技术是衡量一个国家科学技术水平、国防力量和综合实力的重要标志。

第一节 飞行器的概念与分类

在地球大气层内或大气层之外的空间(太空)飞行的器械统称为飞行器。通常飞行器可分为三类:航空器、航天器、火箭和导弹。

一、航空器

在大气层内飞行的飞行器称为航空器。任何航空器都需要产生升力以克服自身重力才能升空飞行。按照产生升力的基本原理,可将航空器分为两类,即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)和靠航空器与空气相对运动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)。

1. 轻于空气的航空器

轻于空气的航空器包括气球和飞艇。其主体是一个气囊,其中充以密度小于外界空气密度的气体(如氢气、氦气或热空气)。由于气球所排开的空气重量大于气球本身的重量,故能够产生静浮力,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、螺旋桨、安定面和操纵面,飞行路线可以控制。

2. 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。固定翼航空器包括飞机和滑翔机,由固定的机翼产生升力。旋翼航空器包括直升机和旋翼机,由旋转的机翼产生升力。此外还有一种模拟鸟类飞行的扑翼机,很早就被航空先驱们所探索,但至今尚未取得载人飞行的成功。

飞机是最主要的、应用范围最广的航空器,其特点是装有提供拉力或推力的动力装置、产生升力的固定机翼、控制飞行姿态的操纵面。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,一般由弹射或拖曳升空,然后靠有利的气流(如上升气流)或通过降低高度(位能转变为动能)来继续飞行。有些滑翔机装有小型

发动机（称为动力滑翔机），主要是为了在滑翔飞行前获得初始高度。

飞机按用途可分为军用飞机和民用飞机两大类。军用飞机是按各种军事用途设计的飞机，主要包括歼击机（战斗机）、截击机、歼击轰炸机、强击机（攻击机）、轰炸机、反潜机、侦察机、预警机、电子干扰机、军用运输机、空中加油机和舰载飞机等。民用飞机泛指一切非军事用途的飞机，包括旅客机、货机、公务机、农业机、体育运动机、救护机和试验研究机等。

以动力驱动的旋翼作为主要升力来源，能垂直起降的重于空气的航空器称为直升机。旋翼机与直升机比较相似，主要区别在于，前者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）相对气流吹动旋翼转动产生升力。直升机装有一副或几副类似于大直径螺旋桨的旋翼，它安装在机体上方近于铅垂的旋翼轴上，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又可产生向前、向后、向左或向右的水平分力，因此，直升机既能垂直上升下降、空中悬停，又能向前后左右任一方向飞行。直升机可以在狭小的场地上垂直起飞和降落，无需跑道。

二、航天器

航天器是指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。航天器在运载火箭的推动下获得必要的速度进入太空，然后在引力作用下完成与天体类似的轨迹运动。装在航天器上的发动机可提供轨道修正或改变运行姿态所需的动力。在地面发射航天器或者当航天器返回地面时，都要经过大气层。

航天器可以分为无人航天器与载人航天器。无人航天器按是否绕地球运行又可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。我国发射的“神舟”系列飞船为载人飞船，这标志着我国已成为世界上第三个独立掌握载人航天技术的国家。

三、火箭、导弹

靠火箭发动机提供推进力的飞行器，称为火箭，它可以在大气层内飞行，也可以在大气层外飞行。它不靠空气静浮力，也不靠空气动力，而是靠火箭发动机的推力升空。有时，火箭单指火箭发动机。依靠制导系统控制其飞行轨迹的飞行武器，称为导弹。导弹有主要在大气层之外飞行的弹道导弹和装有翼面在大气层之内飞行的地空导弹、巡航导弹、空空导弹等。有翼导弹在飞行原理上，甚至在结构上与飞机极为相似。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。每类导弹都可以按用途或射程大小再予以细分。导弹与火箭通常只能使用一次，人们往往把它们归为一类。

第二节 航空发展简史

与漫长的人类文明史相比，200余年的航空发展史只能算是历史长河中短暂的一

瞬。人类实现了飞行的愿望，是20世纪最伟大的科技成就之一，而且只有很少几项科学技术成果能与之媲美。

一、远古的神话和传说

自古以来，人们就怀有对飞行的渴望。中国古代流传的嫦娥奔月等神话，生动地反映了我国古代人们凌空飞行的愿望。《山海经》有对奇肱国飞车的描述（图1-1），据说商汤时期，只有一只胳膊的奇肱国人，造出了飞车，能顺风日行万里。

据历史文献记载，远在两千多年前的春秋战国时期，巧匠鲁班和学者墨翟都曾研究和制作过能飞的木鸢，开始了征服天空的探索。《淮南子·齐俗训》有“鲁班、墨子以木为鸢而飞之，三日不集”的记载。汉朝王莽时期，有人用鸟翎做成两翼，飞了数百步之远，这可能是人类历史上飞行的第一次勇敢的尝试。世界各国也有类似的模拟鸟类飞行的传说和活动。

古希腊神话中的达罗斯父子，用蜡和羽毛制作了能飞翔的翅膀，为的是逃出米诺斯国王对他们的禁锢。结果，欣喜若狂的儿子伊卡洛斯不听劝告，越飞越高，最终因蜡被太阳的光热所熔化，不幸掉入汪洋中。阿拉伯神话中的波斯地毯、古条顿传说中魏兰所拥有的飞行马甲、古波斯国王卡考斯的摩托飞车、斯堪的纳维亚神话中能工巧匠韦兰用铁锻打的能飞的金属羽衣，都反映了古人对飞行的想象和渴望。16世纪初，意大利著名画家和学者达·芬奇曾经设计过一种由人带动而扑动两翼的飞行器。限于当时的生产力水平和科学技术水平，不可能使飞行由幻想变成现实。

一直到17世纪，人们经过长期深入的研究，发现同鸟的肌肉发出的动力相比，人的手臂和腿所能发出的动力，相对来说要小得多，所以不能靠扑扇着人造翅膀飞行。

二、气球和飞艇的出现与发展

我国五代时期，曾出现过热空气气球的雏形——“孔明灯”，将之升入空中，作为战争联络的信号。宋代苏轼著、陈继儒校的《物类相感记》里，有一段鸡蛋能飞的记载：“鸡子开小窍，去黄白，了入露水，又以油纸糊了。日中晒之，可以自升起，离地三四尺。”20世纪60年代初，我国物理学家洪震寰作了试验，将鸡蛋去壳留衣，测量尺寸和重量，经过计算，知道蛋衣内充满了热空气甚至氮气，都不能浮升。但这不是理论错误，而是尺寸问题。如果把蛋的尺寸放大千百倍，就可得到能够浮升的热气球。



图1-1 《山海经》中的奇肱国飞车

1670年,意大利修道士德·拉纳才绘制出气球设想图(见图1-2),即用4个直径各为6.1m的真空铜箔薄壁圆球,吊起一具船形吊舱,以悬浮在空中。但他忽略了一件事,那就是薄铜皮的真空圆球一定会被外部大气的压力所压瘪,因而是不能成功飞行的。

1783年6月5日,法国蒙哥尔费兄弟用气球充以热烟,制成了世界上第一个自由气球,并作了升空表演。同年8月,法国物理学家查尔斯鉴于热空气的上升力量不如氢气,制成了世界上第一个氢气球。同年11月,两个法国人乘热气球上升到900m高,腾空20多分钟,随风飘移约10km,揭开了人类飞行的序幕。

1852年,法国人吉法尔在气球上装一台三马力蒸汽机带动螺旋桨的推进装置,制成了世界上第一个可操纵飞艇(见图1-3)。它可以根据人的意志按选定的方向飞行,不再单纯随风飘移。



图1-2 德·拉纳才绘制的“真空球”

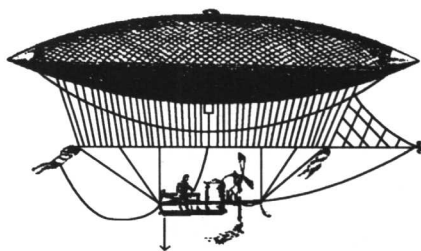


图1-3 第一个可操纵飞艇

19世纪末出现了有实用价值的飞艇。德国的齐柏林制成了硬式飞艇(见图1-4),用汽油发动机作为动力,性能比其他的飞艇好,装载量也大,不久在军事和交通运输上得到了应用。20世纪最初的30年是飞艇的全盛时期。飞艇的研究、制造和应用,已在全球许多地方得到了发展。1929年夏,超豪华级巨型飞艇LZ-127“齐柏林伯爵”号完成了载客状态下的首次环球飞行,此次壮举比民航飞机的环球飞行早了12年。比“齐柏林伯爵”号更为巨大的“兴登堡”号飞艇全长248m,庞大的飞艇吊舱内设有酒吧、餐厅、卧室、厨房、吸烟室以及散步走廊,甚至还配置了一架大三脚钢琴。到1937年4月底,“兴登堡”号安全往返于大西洋上空56次,成为联系欧美大陆之间的主要空中运输工具。1937年5月6日,由于氢气被电火花引爆造成“兴登堡”号爆炸,造成97名乘员中35人的死亡,也宣告了航空史上飞艇时代的结束。

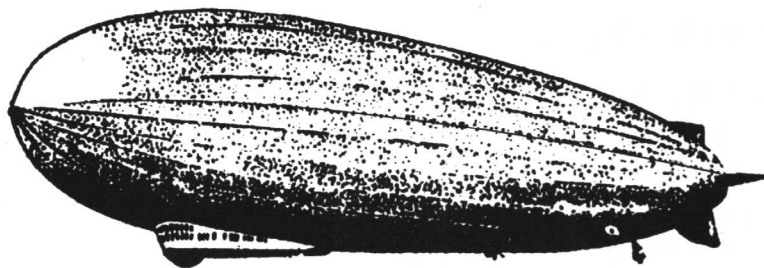


图1-4 齐柏林式硬式飞艇

到了 20 世纪 70 年代,许多国家又应用新材料等先进技术研制新的飞艇,用于在森林里搬运木材、架设输电铁塔和钻探设备,以及用于在建筑工地上吊装大型构件等工作。

三、重于空气的航空器

人类关于飞行的许多探索和尝试是从模仿鸟类的飞行开始的。轻于空气的航空器的出现,激励着人们以更大的热情,继续从研究鸟类飞行着手,发明重于空气的航空器。但关键问题首先是如何获得升力;其次是解决稳定、操纵问题;最后是解决动力问题。

1857~1891 年,出现了无动力的滑翔机,人们通过滑翔来研究升力和阻力的产生和变化规律,探索稳定性和操纵性的问题,为实现动力飞行奠定了技术基础。德国的李林达尔研究滑翔机 20 多年,从 1891 年到 1896 年的 5 年间,就作了 2000 多次的滑翔飞行(图 1-5)。他在掌握稳定性和操纵性方面获得了丰富的经验。他留下的著作,使后来的研究者获得很大教益。1896 年,他在一次滑翔飞行中失事去世。

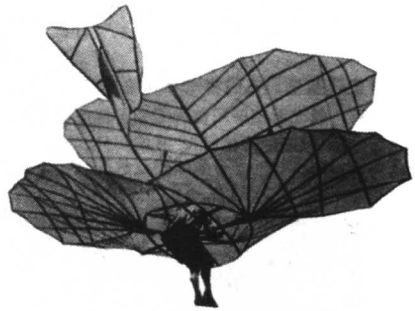


图 1-5 李林达尔作滑翔飞行

19 世纪末,蒸汽机和内燃机的先后出现,为航空器由滑翔机向飞机的进展创造了动力条件。蒸汽机首先应用在轮船和火车上,也曾有人把它装在飞机上进行试验,但终因重量大、功率小而失败。

美国自行车技师莱特兄弟吸取了前人有关滑翔机的研究成果,自制滑翔机进行实际飞行。经过 1000 多次的滑翔试验,初步掌握了操纵滑翔机的方法。在此基础上,他们在滑翔机上装了一台自制的 8.8kW 的水冷四缸活塞汽油发动机,带动两副推进螺旋桨,制成了首架飞机——“飞行者”1 号。1903 年 12 月 17 日试飞成功,飞过 260m 的距离,相对空气的速度为 48km/h(对地速度 16km/h),留空时间 59s。莱特兄弟的飞行成功,开创了动力飞行的新纪元(图 1-6)。

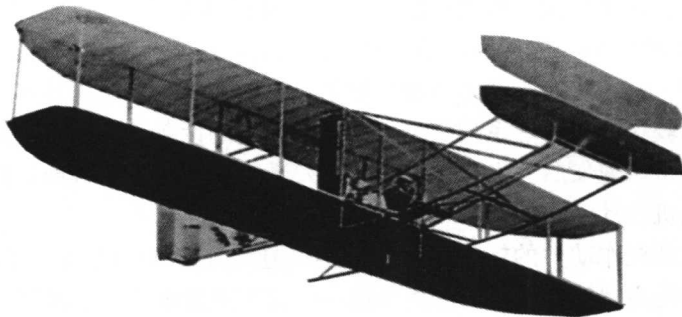


图 1-6 莱特兄弟的飞机

尽管当时飞机已经能够飞行,但从理论上仍不能圆满解释机翼为什么能够产生升力,飞机的结构和设备也极其简陋,飞行事故经常发生。因此,如何改进飞机飞行性能和操纵性能,保证空中安全等,就成为一系列迫切需要解决的问题。

旅美华侨冯如,于1910年独立设计、制造了飞机,并亲自驾驶参加了当时在美国旧金山举行的各国飞行家的飞行比赛,取得了优异的成绩,为我国在早期世界航空史上赢得了很高的声誉。他于1911年回国,在广州作飞行表演时不幸失事牺牲(图1-7)。

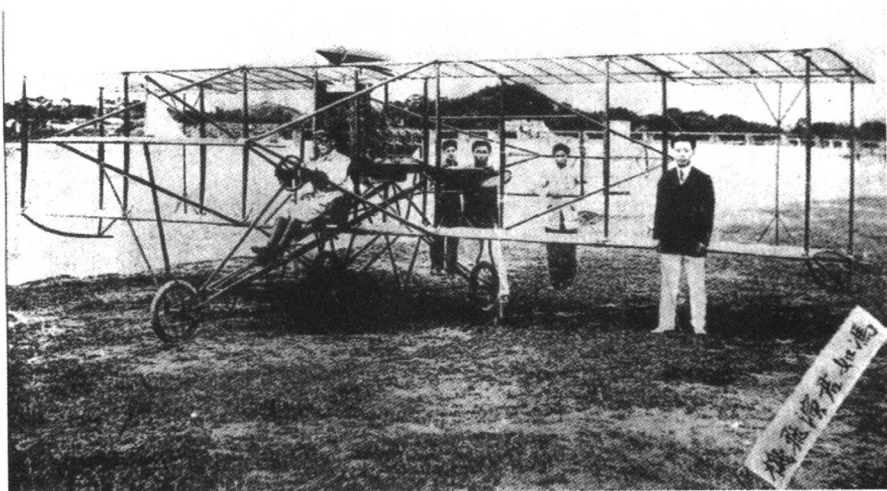


图1-7 冯如和他制造的飞机(坐在飞机上的是冯如)

1914年爆发了第一次世界大战,飞机首先被用于侦察。敌对双方的侦察机在空中相遇时,驾驶员用自卫手枪进行射击,于是出现了早期的空战。后来由于战争的需要,又出现了带武器的“驱逐机”、“轰炸机”和“强击机”。

第一次世界大战促进了航空科学技术和航空工业的发展。战后,飞机逐渐从军用转为民用。各国开始设计和制造专用的运输机。航空业务由起初的邮递发展到客货运输。1919年开始,已有几条定期的国际航线。战后还出现了创造飞行高度、速度、航程和续航世界纪录的航空竞赛热潮,一些专为破纪录而制造的飞机相继问世。

在航空史上,将第一次世界大战结束到第二次世界大战爆发间的20年,称为航空黄金年代。在这20年间,先后问世的航空新技术有:硬壳式轻型合金结构、悬臂单翼、可收放式起落架、密封座舱、动力传动的炮架、襟翼、可变桨距螺旋桨、发动机增压器以及包括自动驾驶仪在内的一系列供飞行和导航使用的设备等。为了改进飞机性能,空气动力学理论获得飞速发展。飞机结构、航空发动机都取得重大进展。这些科学技术成果很快反映到飞机设计上。

用活塞式发动机作动力的螺旋桨飞机,当时速大于700km以后,再用增大活塞式发动机的功率和提高螺旋桨效率的办法来进一步提高速度则受到了限制。当飞行速度接近声速时,由于机翼上气动压力中心的变化,引起飞机稳定性和操纵性方面的新问题,从而为进一步提高飞行速度带来了障碍,当时人们称之为“声障”。突破“声障”首先

要求发动机提供足够的推力，涡轮喷气发动机的出现，解决了这一问题。1939年在德国试飞成功了最早的喷气式飞机 He-178。在第二次世界大战末期，有少量喷气式飞机参加了空战，但未能发挥多大作用，直到战后才获得迅速发展。

第二次世界大战后，通过对跨声速、超声速空气动力学的气动弹性力学方面的研究，解决了超声速飞机设计的一系列问题。20世纪50年代初期，出现了超声速的军用飞机，到60年代，有些飞机的最大速度已达声速的3倍左右。这时又遇到“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的下降。解决“热障”问题的途径主要是研制重量轻、耐高温的新材料和新型结构。

四、我国的航空发展史

可以认为，我国的航空工业是新中国成立后才真正建立起来的。1949年11月人民空军的建立和1950年10月开始的抗美援朝战争，加速了创建航空工业的进程。1953年开始的第一个五年计划把航空工业列为国家重点建设项目，当时，苏联曾对中国航空工业的建设提供了技术援助。1954年7月，新中国生产的第一架飞机——初教5试飞成功。紧接着，1956年又试制成功国产第一架喷气歼击机——歼5。1957~1958年，试制成功多用途运输机——运5和自行设计的初级教练机——初教6。1959年超声速喷气式歼击机——歼6又试飞成功。

在1998年11月的珠海航展上，我国自主研发的双发双座超声速全天候歼击轰炸机——歼轰7（或称 FBC-1、“飞豹”）首次公开亮相，它能够进行战役纵深攻击、海上和地面目标攻击。在1999年10月1日，“飞豹”战机编队参加了国庆50周年阅兵式，飞过天安门广场。

中国航空工业从修理到制造以及走向自行设计，由生产活塞式发动机的飞机到掌握喷气式飞机制造技术，仅用了7~8年的时间。目前，我国已能生产各种类型的军用飞机，以及中小型民用飞机。航空技术处于世界前列。

需要指出的是，我国飞机设计与制造技术与世界最先进国家相比，仍有一定差距。我国尚不能自主设计制造大型客机（虽然曾经制造出运10运输机）；在军用飞机的某些关键技术方面，还有许多问题需要解决。

在50余年的航空奋斗史上，有许多经验和教训需要吸取。最重要的一条就是要走自主创新之路。



图1-8 歼5歼击机



图1-9 初教6教练机



图 1-10 我国自主研发的双发双座超声速全天候歼击轰炸机——歼轰 7

第三节 空气的基本性质和大气

不论是轻于空气的飞行器还是重于空气的飞行器，都要在大气层中飞行。航天器在发射和返回地球时，也要通过大气层。大气层包围着地球，并随地球旋转着。从地面以上，随着高度的增加，大气密度、压力、温度和声速也在变化着。

一、空气的基本性质

空气是由不同成分的气体分子所组成的。这些分子不停地、无规则地运动着，分子之间有着很大的自由距离。分子以不同的运动速度向不同方向运动，并且互相碰撞，它们的动能以热能和压力的形式表现出来。空气按体积计算，氮气约占 78%，氧气约占 21%，其余为二氧化碳、氢、氫、氦、氩等气体。

二、大气飞行环境

大气层的底界是地面，而顶界则没有明显的自然界限。如果以空气密度接近于星际气体密度的高度来作为顶界的话，这一高度约为 2000 ~ 3000km。大气的各种特性沿铅垂方向上的差异非常显著，例如空气密度和压力都随高度的增加而减小。在 10km 高度，空气密度只相当于海平面空气密度的 1/3，压力约为海平面压力的 1/4；在 100km 高空，空气密度只是地面附近空气密度的百万分之零点四，其压力只是地面附近空气压力的百万分之零点三。

以大气中温度随高度的分布为主要依据，可将大气层划分为对流层、平流层、中间层、电离层和散逸层五个层次。航空器的飞行环境是对流层和平流层。

1. 对流层

大气中最低的一层为对流层，它的底界是地面，顶界则随纬度和季节而变化。对流层中，气温随高度的增加而降低。

对流层的厚度，在低纬度地区平均为 16 ~ 18km，中纬度地区平均为 10 ~ 12km，高纬度地区平均为 8 ~ 9km。夏季由于气温高，厚度要比冬季大。每天早、午、晚的气温变化也同样影响对流层的厚度。对流层集中了全部大气质量的 3/4 和几乎全部的水汽，

这主要是地球引力作用的缘故。对流层是天气变化最复杂的层次，飞行中所遇到的各种重要天气变化几乎都出现在这一层中。

2. 平流层

平流层位于对流层之上，顶界扩展到 50 ~ 55km。在平流层内，随着高度的增加，起初气温保持不变（为 190K）或者略有升高；到 20 ~ 30km 以上，气温升高很快；到了平流层顶，气温升至 270 ~ 290K。平流层的这种气温分布特征同它受地面影响较小和存在大量臭氧有关。过去常称这一层为“同温层”，实际上这指的是平流层的下部。平流层中空气沿铅垂方向的运动较弱，因而气流比较平稳，能见度较好。

平流层内水蒸气极少，通常没有雨、云、雾、雪、雹等天气现象。空气没有上、下对流，所以没有垂直方向的风，只有水平方向的风，而且风向稳定。这是因为高空的空气稀薄，运动时摩擦力小，当大气层的空气随着地球自转时，上层的空气会出现滞后现象，这样相对地面来说，就形成水平方向的风。这一层晴空万里，气流平稳，空气阻力小，对飞行有利。尤其是现代喷气式客机多在 11 ~ 12km 的平流层底层飞行，十分平稳。

平流层的空气稀薄，所包含的大气质量约占整个大气质量的 1/4 左右。

3. 中间层

中间层从 50 ~ 55km 伸展到 80 ~ 85km 高度，这一层的特点是：随着高度的增加，气温下降，空气在铅垂方向有相当强烈的运动，这一层顶部的气温可低至 160 ~ 190K。中间层空气非常稀薄，质量只占大气质量的 1/3000。

4. 电离层

电离层从中间层顶延伸到 800km 高空。这一层的空气密度极小，在 700km 厚的范围内只占大气质量的 0.5%，声波已难以传播。

电离层中的空气处于高度电离状态，也就是说，由于太阳辐射的各种射线和宇宙线使大气中的氮、氧分子电离成为离子和自由电子，带有很强的导电性，能吸收、反射和折射无线电波。正因为有了电离层，某些频率的无线电波可以沿地球的曲面传送。

由于电离层中含有的很多宇宙尘能吸收太阳热量，并且空气在电离时也释放出很多热量，所以温度很高，并随着高度的增加而增加。因此，电离层也称为热层或暖层。

电离层的温度虽然高，但是空气极为稀薄，传给飞行器的热量极少，影响不大。这时，飞行器的表面温度只取决于吸收太阳辐射热的多少。因此，在空气极其稀薄的情况下，温度已失去一般的意义。

5. 散逸层

散逸层又称外大气层，位于热层之上，是地球大气的最外层。此处空气极其稀薄，又远离地面，受地球引力较小，因而大气分子不断地向星际空间逃逸。

在了解了大气层的构造以后，再归纳一下气温、气压和密度随高度变化的规律。

在对流层内，随着高度的增加，气温随之降低；在平流层内，随着高度的增加，起初气温保持在 -56.5℃，到 20 ~ 30km 高度之后，气温升高很快；到了平流层顶，气温升至 0 ~ 20℃，飞机的飞行活动大多在这个高度内。