

第 1 章

飞机的发展及机体结构

航空器是航空活动的载体,飞机是最主要的航空器,它的诞生正式宣告了人类进入航空时代。本章主要介绍航空器的发展历史和航空器的分类,特别是飞机的分类、主要飞机制造厂商以及飞机结构等相关知识。

1.1 航空器和飞机

1.1.1 航空器的诞生和发展

人类的飞行梦想从远古就开始了,在这些梦想中,把飞行作为旅行方式始终是很重要的组成部分。早在中国西汉时期,就曾有人用鸟的羽毛制成翅膀绑在身上,从高台上跳下并滑翔了几百步。公元 13 世纪,旅行家马可·波罗在游历中国的时候,曾亲眼看到有人乘着风筝在空中飞行。人类真正飞上天开始于 1783 年法国蒙哥尔菲兄弟(J. M. Montgolfier, J. E. Montgolfier)制造的热气球载人升空,随后德国人开始用气球运送邮件和乘客,这是民用航空的开始。1852 年在法国出现了人可以操纵的有动力的航空器——飞艇。

航空业真正开始发展是在飞机这种重于空气的航空器出现以后。实际上,重于空气的航空器设想比轻于空气的航空器设想出现得还要早。19 世纪中叶,英国科学家凯利(G. Cayley)和德国科学家李林塔尔(O. Lilienthal)对滑翔机做了大量的研究和实践,李林塔尔为此献出了生命,他和其他一些科学家在空气动力理论、飞机构造的研究和操纵实践方面的贡献为飞机的出现奠定了基础。1903 年,美国的莱特兄弟制造的飞机在北卡罗来纳州腾空而起,尽管只在空中停留了将近 1min,但这被认为是航空新纪元的开始,飞机从此诞生了。

飞机诞生的最初 10 年,主要是发展和研究阶段。1909 年,法国人布莱里奥(Louis Bleriot)成功飞过了 40km 宽的英吉利海峡,开创了历史上第一次国际航行。1914—1918 年的第一次世界大战极大地推动了航空技术的发展。1919 年年初,德国首先开始了国内的民航运输。同年 8 月,英、法开通了定期的空中客运,民用航空的历史正式揭开了。1919—1939 年这 20 年是民用航空初创并发展的年代,民用航空迅速从欧洲发展到北美,然后普及到亚、非、南美各洲,并迅速扩展到全球各地。1933 年,美国人林白(C. A. Lindberg)横越大西洋的飞行成功,把航空由洲内飞行扩展到了洲际飞行。这个年代最具代表性的民航客机是美国的 DC-3,可载客 30 人,航程 2 420km,飞行速度 290km/h。

1939 年,喷气式飞机在德国首次出现。1950 年,世界上第一架涡轮螺旋桨喷气客机——“子爵号”投入使用。1952 年,装配四发涡轮喷气发动机的英国“彗星号”客机在航线上开始使用。随后的两年内,“彗星号”连续三次空中解体,这使喷气式飞机在民航应用上受到了挫折,但喷气式飞机的优越性已经显现出来。在吸取了“彗星号”失败的教训后,人们终于找到了导致“彗星号”失事的原因,并研究出解决方案。1956 年,苏联的图-104 投入航线。1958 年,美国波音公司的 B707 和道格拉斯公司的 DC-8 进入航线,开启了航空的喷气时代。作为喷气式飞机的代表机型,B707 的最大巡航速度可达 900~1 000km/h,航程可达 12 000km,载客 158 人。喷气发动机的重量轻、功率大,可以使飞机造得更大,飞得更快、更远,这为民用航空大发展提供了技术手段。民用喷气式飞机于 1956 年投入服务,民用航空开始进入一个新的阶段。

随着世界经济全球一体化的发展,人类经济活动方式产生了重大变化,也带动了民用航空器市场的多样化。1969 年年底,英、法合制的超音速客机——“协和号”投入航线运营,标志着民用航空器开始朝着高速度方向发展。

1.1.2 航空器分类

航空器根据获得升力方式的不同分为两大类。一类是本身轻于空气,依靠空气的浮力而飘浮于空中的航空器,称为轻于空气的航空器,这一类按照有无动力控制飞行方向分为飞艇和气球。另一类航空器则是本身重于空气,依靠自身与空气之间

的相对运动所产生的空气动力来克服重力而升空,也可以分为非动力驱动和动力驱动两类,但是比较常见的分类方式是按照机翼的形状和安装方式分,分为固定翼航空器、扑翼机、旋翼航空器和倾转旋翼机。按升力方式的航空器分类见图 1-1。

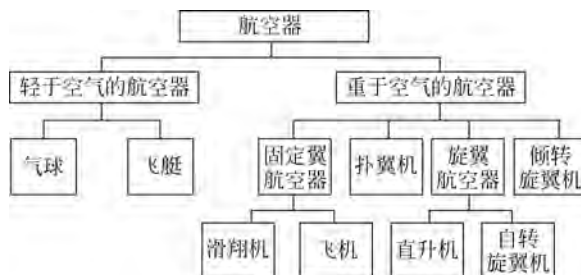


图 1-1 按升力方式的航空器分类

其中飞机是最主要的航空器,它的诞生正式宣告了人类进入航空时代。飞机的特征是带有动力驱动并具有固定机翼,因而有的分类中也把飞机称为固定翼航空器。自从飞机出现以来,人类的航空事业大幅度前进。民用航空器虽然种类很多,但飞机的数量占到 98% 以上。

按航程的远近分类,飞机分为远程飞机、中程飞机和短程飞机。国际上通常的标准是,航程在 3 000km 以下为短程客机,3 000~8 000km 为中程客机,8 000km 以上为远程客机。由于这个界定并不明确,有时把航程在 5 000km 以内的飞机称为中短程客机,5 000km 以上的飞机称为中远程客机。一般来说,飞机航程越远,起飞重量越大,其设备也越先进。

按发动机类型来划分,飞机可以分为活塞式飞机和涡轮式飞机。1958 年以前,航线上主要使用的是活塞式飞机。1958 年以后,喷气式飞机大批量投入使用,而活塞式飞机由于速度慢、效益低,目前只在短航程和飞行训练飞机上使用。涡轮式发动机又可以分为涡轮喷气式、涡轮风扇式和涡轮螺旋桨式。按发动机类型的飞机分类参见图 1-2。



图 1-2 按发动机类型的飞机分类

按机身宽度分类,飞机分为宽体客机和窄体客机。目前宽体客机机身直径在 3.75m 以上,一般外直径 5~6m(16~20ft),座舱通常有多个舱位等级,并且有两条走道,通常一排能够容纳 7~10 个座位。窄体飞机的机身直径在 3.75m 以下,一般外直径在 3~4m(10~13ft)之间,座舱一排一般有 2~6 个座位,设一条走道,亦被称为单通道飞机。

按最大起飞重量分类,5 700kg(12 500lb)以下为小型飞机,用于通用航空(包括一些 20 人以下的载客飞机);5 700kg 以上为大型飞机,用于运输经营。在民航飞机中,最大起飞重量在 5.7~20t 区间内的机型是非常少的,这说明在飞机设计和制造中,大型飞机和小型飞机之间客观上存在着技术上的差异。在民用飞机的设计和制造要求上,对大型飞机和小型飞机的要求有很大不同,各国的民航当局都有不同的规定,大型飞机在中国民航规章中为 CCAR-25 部,而小型飞机则为 CCAR-23 部。

按尾流间隔分类,飞机分为重型飞机[最大起飞重量在 136 000kg(含)以上]、中型飞机[最大起飞重量在 7 000kg(含)以上,136 000kg 以下]和轻型飞机(最大起飞重量在 7 000kg 以下)三类。前后起飞离场的航空器按照重型机、中型机和轻型机的不同类型配备尾流间隔。

按进近类别分类,即:以批准的飞机最大着陆重量、着陆形态下,失速速度的 1.3 倍,飞机分为 A、B、C、D、E 五类。A 类的指示空速小于 169km/h;B 类的指示空速 169km/h 或以上但小于 224km/h;C 类的指示空速 224km/h 或以上但小于 261km/h;D 类的指示空速 261km/h 或以上但小于 307km/h;E 类的指示空速 307km/h 或以上但小于 391km/h。机场在制定起降最低天气标准和进行飞行程序设计时需要用到此种飞机分类。

按照 ICAO(国际民航组织)的规定,我国常见的民用航空器的分类见表 1-1。

表 1-1 民用航空器分类

类别	机 型
A	Y-5, Y-12, Y-11, IL-14, DCH-6, TB20, TB200, Y-10
B	AN-24, Y-7, AN-30, ATR-72, KINGAIR, SAAB340, DASH-8, YAK-42, B-727
C	B707, B737, B757, B767-200, A310, A320, MD-82, A300, A330, A340, MD-80, MD-90, A350
D	B747-400, B747-200, IL-62, B767-300, B787, B777
E	

1.1.3 主要飞机制造厂商

波音公司是全球航空航天业的领袖公司,著名的民用飞机和军用飞机制造商之一,成立于 1916 年 7 月 15 日,由威廉·爱德华·波音创建。20 世纪 60 年代以后,波音公司的主要业务由军用飞机转向民用飞机。1957 年,在 KC-135 空中加油机的基础上研制成功的 B707 是该公司的首架喷气式民用客机,共获得上千架的订单。此后波音公司生产了 B717、B727、B737、B747、B757、B767、B777、B787 等一系列型号,逐步确立了全球主要商用飞机制造商的地位。其中,B737 是在全世界被广泛使用的中短程窄体民航客机。1970 年,B747 宽体客机投入航线。这是民用客机大型化的一个重要标志。B747 一经问世就长期占据了世界最大的远程宽体民航客机的头把交椅,直到 2007 年才被 A380 取代。1995 年,全球最大的双引擎宽体客机 B777 飞机投入运营,B777 具有座舱布局灵活、航程范围大以及不同型号能满足不断变化的市场需求的特点。2009 年 12 月 15 日,波音公司推出的全新机型 B787 实现首飞,该机型大量采用了先进复合材料,可实现超低燃料消耗、较低的污染排放,并打造高效益及舒适的客舱环境。

空中客车(Airbus,简称“空客”)公司是欧洲的一家飞机制造、研发公司,1970 年 12 月成立于法国。A300 是空客公司研制的世界上第一架双发动机宽体客机,亦是空客公司第一款投产的客机(1972 年)。1978 年 7 月,空客公司开始研制 200 座级中短程双通道宽体客机 A310,首架原型机于 1982 年 4 月 3 日进行首飞。1988 年,单通道双发中短程 150 座级客机 A320 系列飞机开始投入运营,这是第一款使用数字电传操纵飞行控制系统的商用飞机,也是第一款放宽静稳定度设计的民航客机。A320 系列的成功打破了美国垄断客机市场的局面,也奠定了空客公司在民航客机市场中的地位。1987 年 4 月,空客公司将 A330 和 A340 两个型号作为一个计划同时上马,两种机型有很大的共同性,有 85%的零部件可以互相通用,采用相似的机身结构,只是长度不同。A350 是空客新世代中大型中至超长程宽体客机系列,以取代 A330、A340 系列机种,是在空客 A330 的基础上进行改进的,主要是为了增加航程和降低运营成本,同时也是为了与全新设计的波音 787 进行竞争。

新舟 60 飞机(英文名称 Modern Ark60,英文缩写为“MA60”)是中国航空工业

第一集团公司下属西安飞机工业(集团)公司在运-7 运输机的基础上研制、生产的 50~60 座级双涡轮螺旋桨支线飞机。新舟 60 飞机是中国首次按照与国际标准接轨的中国民航适航条例 CCAR-25 部进行设计、生产和试飞验证的飞机,在安全性、舒适性、维护性等方面达到或接近世界同类飞机的水平。新舟 60 飞机价格为国外同类飞机的 2/3,直接使用成本比国外同类飞机低 10%~20%。新舟 60 的改进机型新舟 600 于 2008 年首飞。

ARJ21 是中航商用飞机有限公司研制的双发动机支线客机,ARJ21 是英文名称“Advanced Regional Jet for the 21st Century”的缩写,意为 21 世纪新一代支线喷气式客机。ARJ21 通过公开征集中文名字而得名“翔凤”。ARJ21 飞机是 70~90 座级的中、短航程涡扇发动机支线客机,拥有基本型、加长型、货机和公务机四种容量不同的机型。ARJ21 飞机是中国第一次完全自主设计并制造的支线客机,采用“异地设计、异地制造”的全新运作机制和管理模式。ARJ21 飞机项目于 2002 年 4 月正式立项,2002 年 9 月,新成立的中航商用飞机有限公司负责运作 ARJ21 项目。起初该机型由中航商用飞机有限公司工程部总体设计。2003 年转由中国一航第一飞机设计研究院负责初步设计和详细设计工作,2003 年 12 月 ARJ21-700 分别在成都、沈阳、西安和上海四家工厂同时开工进行零件制造。2007 年 12 月 21 日 ARJ21-700 在上海飞机制造厂总装下线。2008 年 11 月 28 日首架 ARJ21-700 飞机在上海飞机制造厂试飞,首次飞行 62 分钟后降落,取得成功。

“大型飞机”重大专项是党中央、国务院建设创新型国家,提高我国自主创新能力和增强国家核心竞争力的重大战略决策,是《国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006—2020)》确定的 16 个重大专项之一。成立于 2008 年的中国商用飞机有限责任公司是实施国家“大型飞机”重大专项中大型客机项目的主体,承担了我国首次自主研制的 C919 客机的工程设计任务和技术责任。2015 年 11 月 2 日,C919 大型客机首架机在中国商用飞机有限责任公司总装制造中心浦东基地厂房内正式下线。2017 年 2 月 6 日,C919 完成机载系统安装和主要的静力、系统集成试验,5 月 5 日成功完成首飞。C919 基本型混合级布局 158 座,全经济舱布局 168 座,高密度布局 174 座,标准航程 4 075km,最大航程 5 555km。C919 是中国继运 10 后自主设计、研制的第二种国产大型客机,是中国首款按照最新国际适航标准研制的干线民用飞

机,具有完全自主知识产权。2022年5月14日,编号为B-001J的C919大飞机从浦东机场第4跑道起飞并安全降落,也标志着中国商飞公司即将交付首家用户的首架C919大飞机首次飞行试验圆满完成。2022年9月29日,C919取得了民航局颁发的型号合格证,目前,C919大飞机交付准备工作正在有序推进。我们坚信,通过大飞机项目,中国将跻身国际大型客机市场。

1.2 飞机结构

飞机机体主要由机翼、机身、尾翼和起落架等外部部件组成。飞机结构示意图见图1-3。

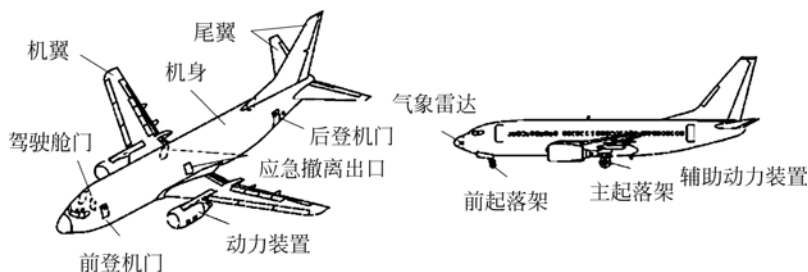


图 1-3 飞机结构示意图

1.2.1 机身

机身是飞机的主体部分,把机翼、尾翼和起落架连在一起。机身包括机头、前机身、中部机身、后部机身和尾部机身。机头装置着驾驶舱,用来控制飞机;前机身、中部机身和后部机身是客舱或货舱,用来装载旅客、货物、燃油和设备;尾部机身和尾翼相连,同时安装有辅助动力装置(auxiliary power unit,APU)。机身基本结构参见图1-4。

机头驾驶舱中装置有各种仪表和操纵装置,以对飞机进行控制。驾驶舱的后部根据要求可以是客舱或货舱。客舱中装载旅客,考虑到旅客的舒适度和安全性,除装有座椅外,还要有通风保暖设备、安全救生设备等。对大型客机来说,客舱座椅可按头等舱、公务舱、经济舱三个等级来安排。航空公司可以根据运营需要把座舱安

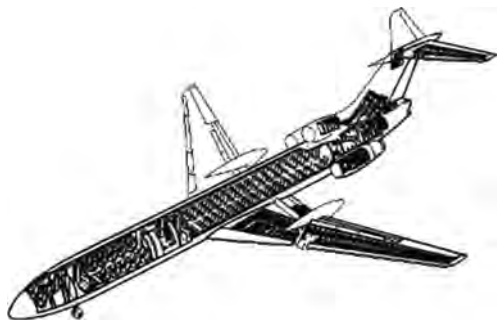


图 1-4 机身基本结构

排成头等舱和经济舱两级布局,也可以全部安排成经济舱以增大旅客运输量。客舱内布置走道、厨房、洗手间等旅客生活需要的空间,根据旅客数量设置相应数量的舱门和窗口以及其他检修、供货的进出口。

客舱的下部通常留出一部分作为装载旅客行李和货物的货舱。货舱的设置要简单得多,有的货舱内装有滑轨、绞盘或起重装置,主要考虑装货的通畅和方便。也有客货型的机舱,机身的前部为客舱,后部为货舱;还有客货转换型机舱,机舱内的隔板和座椅可快速拆装,几个小时内就能把客机改装为货机,或把货机改装为客机。还有专门设计的纯货机,如波音 747F,这种飞机的机身除驾驶舱外,全部都是货舱。为了装卸货物方便,除了机身侧方的舱门外,机头段或机尾段还能设计成可整体打开的形式,让货物从机头和机尾直接进入,有些货机上还备有专用的绞盘或起重机。

1.2.2 机翼

机翼是飞机升力的主要来源,它是飞机必不可缺的一部分,机翼除了提供升力外,还可作为油箱和起落架舱的安放位置,并可以吊装发动机。

1. 机翼的平面形状

现在的民航飞机采用的大多是单机翼。单机翼又根据机翼在机身上的安装位置分为上单翼、中单翼和下单翼,根据形状有平直机翼、梯形机翼、椭圆机翼、后掠机翼、三角机翼等,安装形式也有上反角机翼、下反角机翼之别。机翼形状和配置参见图 1-5。

上单翼布局,干扰阻力小,有很好的向下视野,机身离地面近,便于货物的装运,

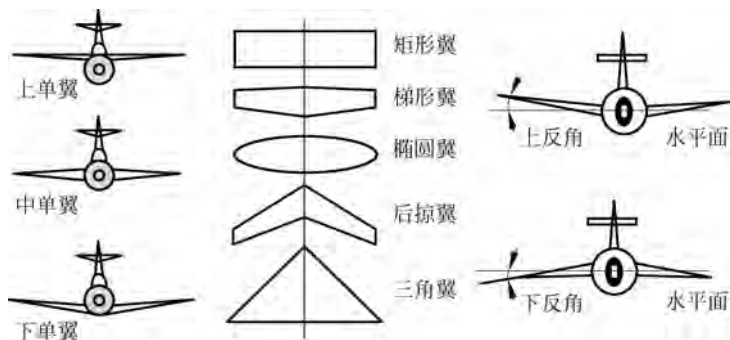


图 1-5 机翼形状和配置

发动机可以安装得离地面较高,免受地面飞起的沙石的损害,因而大部分军用运输机和使用螺旋桨动力装置的运输飞机都采用这种布局。中单翼飞机的气动外形是最好的,但因为大型飞机的翼梁要从机身内穿过,使客舱容积受到严重影响,因而在民航飞机中不采用这种布局形式。下单翼飞机的机翼离地面近,起落架可以做得短些,两个主起落架之间距离较宽,增加了降落的稳定性,起落架很容易在翼下的起落架舱收放,从而减轻了重量。此外发动机和机翼离地面较近,做维修工作方便。下单翼飞机的翼梁在机身下部,机舱空间不受影响。因此,目前的民航运输机大部分为下单翼飞机。

机翼前缘同机身轴线的垂直线之间的夹角称为掠角,如果向后,这个夹角称为后掠角,有后掠角的机翼称为后掠翼,掠角为 0° 的称为平直机翼。后掠翼有利于飞机的稳定性,也有利于提高飞机的飞行速度。机翼装在机身上的角度,称为安装角,是机翼与水平线所成的角度,安装角向上的称为上反角,向下的称为下反角。一般下单翼的飞机都具有一定的上反角,而上单翼飞机通常有一定的下反角,以保证有适当的侧向稳定性。

2. 机翼的操纵面

机翼的前缘和后缘加装了很多改善或控制飞机气动力性能的装置,这些装置包括副翼、襟翼、缝翼和扰流板。机翼上的操纵面参见图 1-6。

副翼一般安装在机翼翼尖后缘外侧,有些大型飞机的副翼分内侧和外侧两部分,它可以上下偏转,用来操纵飞机的滚转。大型飞机在高速飞行时避免过大的舵面效应造成操纵过量,所以高速飞行时只使用内侧副翼,而在低速飞行时又要保证

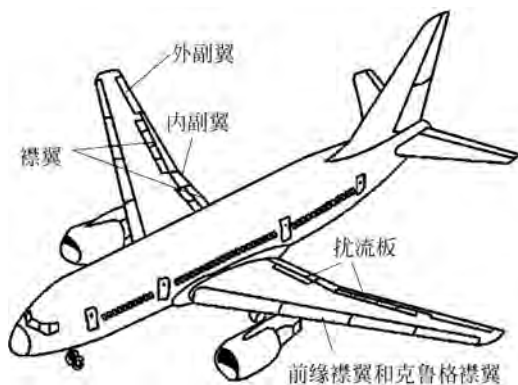


图 1-6 机翼上的操纵面

良好的机动性,所以在低速时使用外侧副翼。

为了在起飞、着陆和在强扰流中飞行时增大机翼的升力,现代飞机采用了各种类型的沿机翼后缘的增升装置,最常见的就是后缘襟翼。装在机翼后缘的一种可动翼面,一般左右襟翼各有一块或两块,可向下偏转或(和)向后(前)滑动,其基本效用是当襟翼下放时,升力明显增大,但阻力也会同时增大。有些飞机在机翼的前缘安装有前缘襟翼。后缘襟翼和前缘襟翼参见图 1-7 和图 1-8。

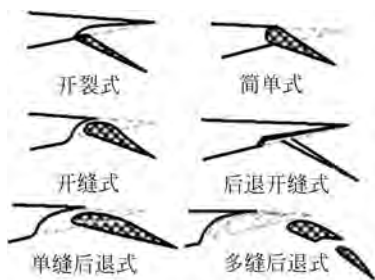


图 1-7 后缘襟翼

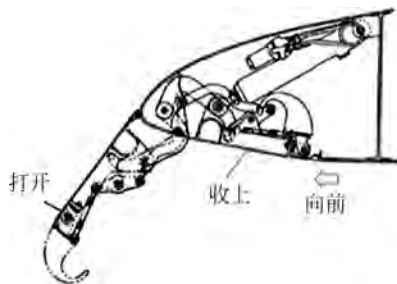


图 1-8 前缘襟翼

前缘缝翼也是一种增升装置,是安装在机翼前缘的一段或者几段狭长小翼。缝翼向前移动时在机翼前部出现了一道缝隙,这将使气流由翼下流到机翼的上表面,使得上表面的气流加速,同时消除了上表面后部形成的大部分气流旋涡,使升力增加,并加大迎角,从而可以进一步提高升力。参见图 1-9。

缝翼闭合时,在大迎角下发生气流分离,旋涡很多;缝翼打开时,旋涡很少,恢复

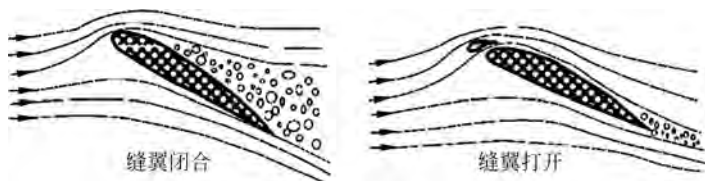


图 1-9 前缘缝翼打开时,气流分离被推迟

了空气的平滑流动;襟翼和缝翼同为增升装置,一般用于起飞和着陆阶段,以便获得较大的升力。

扰流板(图 1-10)是铰接在翼面上表面的板,它只能向上打开,起到增加阻力的作用。在空中,当机翼两侧的扰流板均打开时,增加机翼上的阻力,同时减少升力,使飞机能在空中迅速降低速度;当一侧的扰流板打开时,它的作用和副翼类似,使一侧的阻力上升,使飞机侧倾。在飞机接地后打开,使飞机压紧地面,以空气动力制动飞机。



图 1-10 扰流板

3. 机翼的结构

机翼的结构由翼梁和桁条作为纵向骨架,翼肋做横向骨架,整个骨架外面蒙上蒙皮构成了机翼。参见图 1-11。翼梁承担着机翼上主要的作用力,桁条嵌在翼肋上以支持蒙皮,翼肋则保持着机翼的翼型,并支持着蒙皮承受空气动力,机翼根部和机身的接头承受着巨大的应力,因而这一部分要特别地坚固。机翼内部的空间,除了安装机翼表面上各种附加翼面的操纵装置外,它的主要部分经密封后,作为存储燃油的油箱,大型喷气客机机翼上的燃油载量占全机燃油的 20%~25%,不少飞机起落架舱安置在机翼中,有些飞机的发动机装在机翼上。大部分客机的发动机吊装在机翼下。

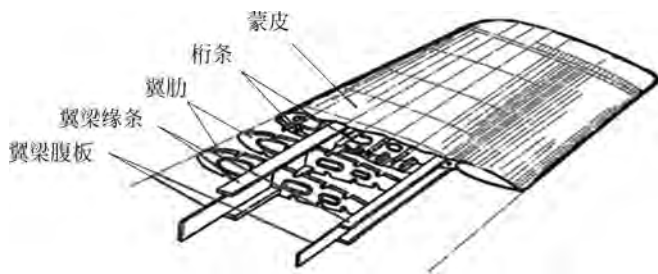


图 1-11 机翼结构

1.2.3 尾翼

尾翼安装在飞机后部,起稳定和操纵飞机的作用。尾翼结构一般也是由梁肋、桁条和蒙皮组成,其构成方法与机翼相似。尾翼一般分为垂直尾翼和水平尾翼。尾翼结构参见图 1-12。

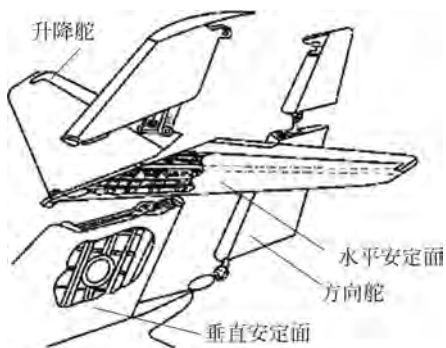


图 1-12 尾翼结构

1. 水平尾翼

水平尾翼用来控制飞机的俯仰操纵和维持飞机纵向稳定性。一般来说,水平尾翼由固定的水平安定面和可偏转的升降舵组成。其中前半部分固定不动的为水平安定面,铰接在安定面后面、可通过操纵实现上下偏转的为升降舵。

当飞机在空中平飞时,常常会受到各种上升气流或者侧向风的影响,此时飞机的航行姿态就会发生改变,飞机会围绕重心偏航、俯仰以及滚转。飞机的水平安定面就能够使飞机在俯仰方向上具有静稳定性。当飞机水平飞行时,水平安定面不会对飞机产生额外的力矩;而当飞机受到扰动抬头时,作用在水平安定面上的气动力

就会产生一个使飞机低头的力矩,使飞机恢复到水平飞行姿态;同样,如果飞机低头,则水平安定面产生的力矩就会使飞机抬头,直至恢复水平飞行为止。为了确保飞机具有静稳定性,飞机的重心和飞机的气动中心不在一个位置,气动中心在飞机重心的后面。当飞机在纵向上存在不平衡力矩时,平尾产生的负升力来进行平衡。由于平尾距重心较远,只要用很小的平尾升力就能使飞机保持力矩平衡。大型飞机上,为了提高平尾的平衡能力,水平安定面在飞行中可以缓慢改变安装角,称为可调式水平安定面。

升降舵是水平尾翼中可操纵的翼面部分,其作用是对飞机进行俯仰操纵。当需要飞机抬头向上飞行时,驾驶员就会操纵升降舵向上偏转,此时升降舵所受到的气动力就会产生一个抬头的力矩,飞机就抬头向上。反之,如果驾驶员操纵升降舵向下偏转,飞机就会在气动力矩的作用下低头。

2. 垂直尾翼

垂直尾翼起保持飞机的航向平衡、稳定和操纵作用,原理与平尾相似。垂尾翼面的前半部分通常是固定的,称为垂直安定面,后半部分铰接在安定面后部,可操纵偏转,称为方向舵。

飞机的垂直安定面的作用是使飞机在偏航方向上(即飞机左转或右转)具有静稳定性。垂直安定面是垂直尾翼中的固定翼面部分,当飞机沿直线作近似匀速直线运动飞行时,垂直安定面不会对飞机产生额外的力矩,但当飞机受到气流的扰动,机头偏向左或右时,此时作用在垂直安定面上的气动力就会产生一个与偏转方向相反的力矩,使飞机恢复到原来的飞行姿态。而且一般来说,飞机偏航得越厉害,垂直安定面所产生的恢复力矩就越大。

方向舵是垂直尾翼中可操纵的翼面部分,其作用是对飞机进行偏航操纵。方向舵的操纵原理与升降舵类似,当飞机需要左转飞行时,驾驶员就会操纵方向舵向左偏转,此时方向舵所受到的气动力就会产生一个使机头向左偏转的力矩,飞机的航向也随之改变。同样,如果驾驶员操纵方向舵向右偏转,飞机的机头就会在气动力矩的作用下向右转。方向舵操纵系统中可装阻尼器,以制止飞机在高空高速飞行中出现的偏航摇摆现象。

1.2.4 起落架

民用飞机绝大多数是在陆上起飞、着陆的,使用机轮式起落架,只有极少数水上飞机使用浮筒式或船身式起落装置,这里只介绍机轮式起落架。起落架的作用是在地面上支撑飞机并保证飞机在起飞、滑跑和在地面上移动的运动功能,它除了承受着飞机停放时的重力和运动时的动载荷外,还承受着着陆时很大的冲击载荷,它影响着飞机起降时的性能和安全。目前民航飞机起落架的配置主要有前三点式和后三点式。起落架配置形式见图 1-13。

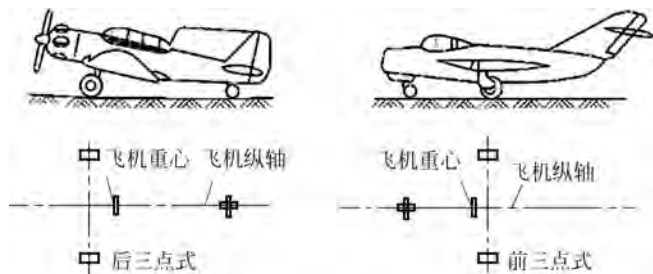


图 1-13 起落架配置形式

前三点式是指主要的承重起落架(主起落架)在重心之后,机头装前起落架;后三点式则是主起落架在重心之前,尾部装尾轮或后起落架。通用航空用的小型活塞式飞机多用后三点式,它的优点是构造简单,发动机安装方便,在起、降时迎角大,从而增大升力,缩短了滑跑距离;它的缺点是在飞机速度增大时,稳定性不好,特别是飞机着陆或中断起飞制动时,由于惯性作用,飞机会向前倒立。前三点式稳定性好同时发动机轴线基本与地面平行,对于喷气发动机来说可以避免炽热的喷气流喷向地面,因而大型高速飞机的起落架都采用前三点式布局。

现代飞机的起落架具有收放、减震、制动和转弯几个功能。通用航空中的很多小型飞机由于速度不高,为了减轻重量和降低成本采用固定的不收起的起落架,不设起落架舱。现代航线飞机的速度都比較快,为了减少空气阻力,都采用了可收放式起落架。起落架的收放装置通常都是通过液压作动筒实现的,有些轻型飞机采用气压或电动收放。起落架还有一套独立的紧急收放系统,在紧急情况时,起落架可不依靠飞机的动力放下。

起落架的减震功能由轮胎和减震器实现,轮胎按所充气分为高压轮胎(0.6~1MPa)、中压轮胎(0.3~0.6MPa)和低压轮胎(0.2~0.3MPa)。低压轮胎减震效果最好,对跑道要求低可吸收震动能量的30%以上,但体积大,一般用于支线飞机和适于低标准机场飞行的飞机。现代大型飞机都使用高压轮胎。小型飞机上使用弹簧减震器,大型飞机一般都使用油气减震器。它的作用是飞机着陆时使活塞杆向上,使液体上升压缩空气,同时液体经小孔流入活塞,当活塞杆停止向上时,气体膨胀,液体回流,使活塞杆向下,这样反复运动,使冲击能量消耗在液体流动的摩擦和气体的膨胀压缩上,从而达到减震的效果。

飞机的地面制动装置是刹车盘。刹车盘装在主起落架机轮的轮毂内,其由一组随机轮转动的刹车片和一组固定在轮轴上的固定刹车片组成,每一片动片对应一片定片,两者之间有一定间隙。在制动时通过活塞使定片压在转动片上,使机轮停止转动。刹车只在地面才起作用,方向舵只在高速时起作用,驾驶员通过脚蹬来进行控制,当脚蹬在高位时控制方向舵,当脚蹬踩到下部时控制刹车。

民航飞机主要采用前三点式起落架,而前三点式飞机的转弯主要靠前轮来执行。前轮转弯由液压系统的作动筒和刹车转弯控制装置控制。刹车转弯控制装置可以通过机长和副驾驶转弯手轮以及方向舵脚蹬来实施,操纵前起落架产生偏转,保证飞机地面运动的方向控制。对于某些重型飞机,为减小飞机转弯时主起落架所受侧向载荷,减小因主轮侧滑而造成的轮胎刮擦损伤,其主起落架也可以转弯。主起落架转弯还可以减小飞机转弯半径,减小操纵飞机转弯时的力。

1.2.5 动力装置

动力装置是指为飞机飞行提供动力的整个系统,包括发动机、螺旋桨及其他附件,而其中最主要的部分是发动机,也称为飞机的心脏,是制造业皇冠上的明珠。发动机的构造复杂,自成系统,它独立于机体,成为飞机的一个主要部分。发动机制造商和飞机的机体制造商是分开的,如我们熟知的波音公司和空客公司是机体制造商,同时负责飞机的总体组装,普惠、通用和罗·罗等公司是专门的发动机制造商,在维护工作和执照中也分为机体和动力装置两个不同的工种。

目前民用航空发动机主要有两种类型,活塞式发动机和喷气式发动机,根据目前

的发动机使用情况,火箭发动机更广泛应用于航天领域,我们只介绍民用航空飞机应用的两大类发动机,即活塞式发动机与带压气机和涡轮的喷气式发动机。航空发动机分类见图 1-14。

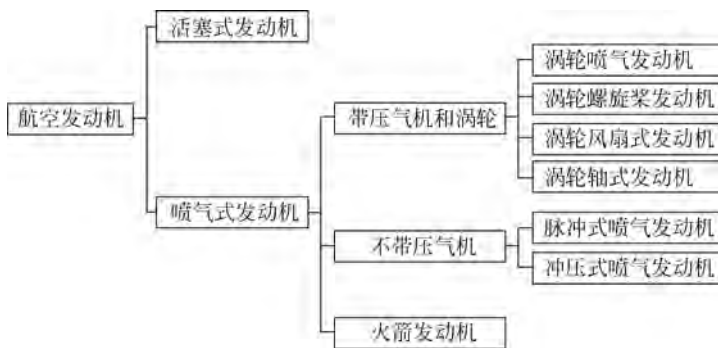


图 1-14 航空发动机分类

1. 活塞式发动机

早期飞机通常使用活塞式发动机作为动力,其中又以四冲程活塞式发动机为主。这类发动机的工作原理主要为吸入空气,与燃油混合后点燃膨胀,驱动活塞往复运动,再转化为驱动轴的旋转输出。活塞式发动机的工作原理与汽车发动机类似,其基本构件是汽缸、活塞曲轴和连杆。汽油在汽缸中燃烧,形成高温气体,气体膨胀做功,推动活塞在汽缸中向下运动,活塞带动连杆,连杆连在曲轴上,使曲轴转动,曲轴继续转动,使活塞又向上移动,然后,再开始点火,使活塞再向下运动,这样往复不断,就把汽油燃烧的热能转化为曲轴转动的机械能,这就是活塞式发动机最基本的工作原理。为实现这一过程,发动机的动作由四个过程构成一个循环,

我们称这个过程为冲程。发动机每进行一次循环,活塞往复两次,经过四个冲程,因此这种发动机被称作四冲程发动机,也被称作往复式发动机。在调控机构的调控下,一个循环接着一个循环地工作下去,发动机就连续工作了。四个冲程的活塞式发动机工作示意图见图 1-15。

活塞式发动机若用单个汽缸,功率是不够的,因为汽缸通常受材料强度的限制,不能做得太大,且一个汽缸的工作也不均衡,会使震动很大。因此,发动机都做成多汽缸的,多汽缸的工作时间错开就使得震动变得均匀,功率越大,汽缸就越多。一般航空发动机都在 5 缸以上,最多 28 缸,功率达到 4 000Ps(马力)。人们将多个活塞发

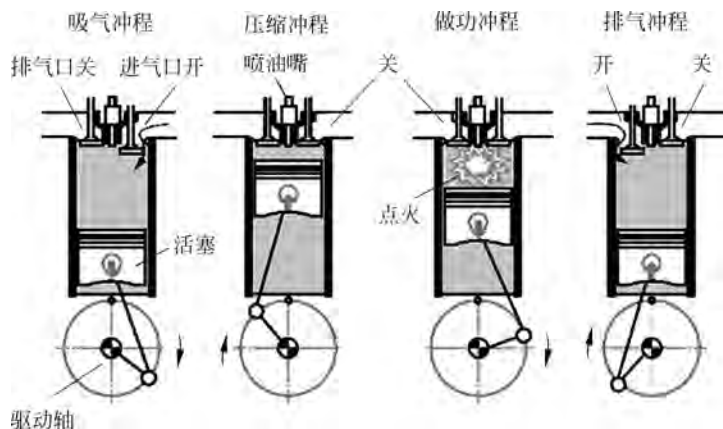


图 1-15 四个冲程的活塞式发动机工作示意图

动机并联在一起,组成星形或 V 形活塞式发动机。

2. 喷气式发动机

由于螺旋桨在高速飞行时的缺点及活塞发动机在降低重量马力比上已接近了极限,因而人们为了提高飞机飞行速度,在动力装置上进行了一次革新。1930 年,英国人弗兰克·惠特尔获得了燃气涡轮发动机专利,这是第一个具有实用性的喷气发动机设计。1939 年世界上第一架喷气式飞机在德国试飞,使飞机的动力装置出现了一个新纪元,也使人类进入了喷气机时代。

喷气发动机既转换能量又产生推力,它本身就是一个推进系统。喷气发动机和活塞式发动机一样通过燃油在发动机内部的燃烧使燃料的化学能转变为机械能,利用反作用力把气体排向后方产生推力,但二者有本质的区别。螺旋桨产生推力是由于螺旋桨的旋转,把外界的空气推向后方,空气动力对螺旋桨产生的反作用力,使飞机前进。而喷气式发动机产生的推力则是由发动机内的气体燃烧膨胀向后排,在发动机内部产生的反作用力,使整个发动机受到向前的推力。具体见图 1-16。



图 1-16 螺旋桨的拉力和喷气推力的产生

民航喷气式发动机的主要类型有涡轮喷气发动机、涡轮风扇发动机、涡轮螺旋桨发动机和涡轮轴发动机,其中最基本的形式是涡轮喷气发动机,它由进气道、压气机、燃烧室、涡轮和尾喷管几个部分组成。首先,气体从进气道进入,相当于进气冲程;空气经过旋转的压缩机被压缩,相当于压气冲程;气体在燃烧室点燃,气体膨胀通过涡轮,使涡轮转动,涡轮带动压气机,相当于工作冲程;最后,燃烧的高温气体从尾喷管排出,相当于排气冲程。这与活塞式发动机不同:一是活塞发动机所有的工作都是在一个空间——汽缸内完成的;而涡轮喷气发动机的工作是在不同的空间中完成的,吸气在进气道,压缩在压气机,燃烧(点火)在燃烧室,排气在尾喷管。二是活塞发动机的做功是周期性的,一个循环工作一次;而涡轮发动机的做功是连续的,因而工作比较平稳,震动较小。三是活塞式发动机的功率输出只由曲轴的转动完成;而涡轮发动机的做功分为两个部分,一个部分是涡轮的转动,它除带动压气机转动外,也可以带动功率轴做功,另一部分是由喷出的气体直接产生推力做功。喷气式发动机的组成见图 1-17。

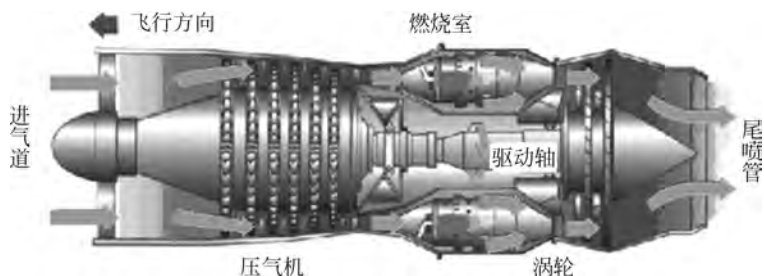


图 1-17 喷气式发动机的组成

3. 辅助动力装置

在大中型飞机上和大型直升机上,为了减少对地面(机场)供电设备的依赖,都装有独立的动力装置,称为辅助动力装置(auxiliary power unit, APU)。APU 的作用是向飞机独立地提供电力和压缩空气。飞机在地面上,由 APU 来启动主发动机,从而不需依靠地面电、气源车来发动飞机;飞机在地面时,APU 提供电力和压缩空气,保证客舱和驾驶舱内的照明和空调;飞机起飞时,使发动机功率全部用于地面加速和爬升,改善了起飞性能;降落后,仍由 APU 供应电力照明和空调,使主发动机提早关闭,从而节省了燃油,降低机场噪声。通常在飞机爬升到一定高度(5 000m 以下)辅助动力装置关闭。但在飞行中当主发动机空中停车时,APU 可在一定高度(一般为

10 000m 以下)的高空中及时启动,为发动机重新启动提供动力。具体见图 1-18。

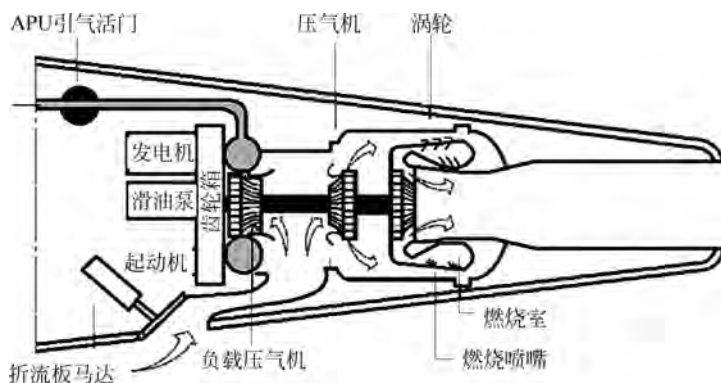


图 1-18 辅助动力装置

辅助动力装置的核心部分是一个小型涡轮发动机,大部分是专门设计的,也有一部分由涡桨发动机改装而成,一般装在机身最后段的尾椎之内,在机身上方垂尾附近开有进气口,排气直接由尾椎后端的排气口排出。发动机前端除正常压气机外,装有一个负载压气机,它向机身前部的空调组件输送高温的压缩空气,以保证机舱的空调系统工作,同时还带动一个发电机,可以向飞电网送出 115V、400Hz 的三相电流。APU 有单独的启动电动机,由单独的电池供电,有独立的附加齿轮箱、润滑系统、冷却系统和防火装置。它的燃油来自飞机上总的燃油系统。现代化的大中型客机上,APU 是保证发动机空中停车后再启动的主要装备,它直接影响飞行安全。APU 又是保证飞机停在地面时客舱舒适的必要条件,这会影响旅客对乘机机型的选择。因此 APU 成为飞机上一个重要的、不可或缺的系统。

习 题

一、简答题

1. 根据获得升力方式的不同,航空器分类情况是怎样的?
2. 按照进近类别,飞机如何分类,分类的具体标准是什么?
3. 简单介绍一下 C919 机型的基本情况。
4. 简述 APU 的功能作用。

二、填空题

1. 飞机机体主要由_____、_____、_____、_____等外部部件组成。
2. 现在的民航飞机采用的大多是单机翼。单机翼又根据机翼在机身上的安装位置分为_____、_____和_____。
3. 机翼的前缘和后缘加装了很多改善或控制飞机气动力性能的装置,这些装置包括_____、_____、_____和_____。
4. 机翼两侧的_____均打开时,增加机翼上的阻力,同时减少升力,使飞机能在空中迅速降低速度;当一侧的_____打开时,使一侧的阻力上升,使飞机侧倾。在飞机接地后打开,使飞机压紧地面,以空气动力制动飞机。
5. 水平尾翼由固定的_____和可偏转的_____组成;垂直尾翼由固定的_____和可偏转的_____组成。
6. 目前民航飞机起落架的配置主要有_____和_____。大型高速飞机的起落架都采用_____布局,主要的承重起落架(主起落架)在重心之后。
7. 目前民用航空发动机主要有两种类型:_____、_____。
8. 带压气机和涡轮的喷气式发动机一般有以下 4 种: _____、_____
_____, _____、_____。
9. 四冲程活塞式发动机工作过程包括: _____、_____
_____, _____。其中做功冲程的作用是_____。
10. 涡轮喷气发动机由_____, _____、_____, _____、_____, _____几个部分组成。

自 测 题

