

绪 论

本章关键词

干线飞机(trunk line aircraft)

爬升速度(climb speed)

失速速度(stall speed)

支线飞机(regional aircraft)

巡航速度(cruising speed)

国际航空协会(IATA)

互联网资料

<http://cdmd.cnki.com.cn/Article/CDMD-10036-2006062951.htm>

<http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-HKGJ199906027.htm>

http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hkxjs201305019.aspx

<http://www.cnki.com.cn/Article/CJFDTOTAL-FHLX198603009.htm>

航空技术在第一次世界大战中获得迅速发展。虽然战争是航空技术得到普遍应用的最早领域,但是推动航空技术发展的持久动力在于它在商业领域中的应用。两次世界大战期间,民用航空得到第一次长足的发展。其原因除商业上的吸引力和时机已经成熟外,还有一点是因为一些政府看到飞机的军事潜力而试图通过发展民用航空为军事航空发展积蓄力量,这在德国表现得尤为明显。通过两次世界大战之间 20 年的发展,航空技术真正确立了它在民用和军用历史舞台上的作用。

喷气技术的诞生促进了民用航空技术新时代的到来,新式喷气式客机的出现使地球变小了。飞机虽未能使汽车、火车和轮船变得过时,但它已是现代文明不可缺少的交通工具。在现代民航飞机领域中美国到目前为止仍占有统治地位,其中又以波音公司最为显赫。但欧洲的空中客车(简称空客)公司正对美国飞机制造厂商构成威胁。

飞机是高度综合的现代科学技术的体现。100 多年来,作为航空技术的重要代表,飞机随着科学技术的进步取得了很大的发展,而航空技术不断提高的新要求也对其他科学技术的发展起了促进、推动作用。在现代飞机上,综合运用了大量基础科学、应用科学和工程技术的最新成就,包括力学、材料学、电子技术、计算机技术、喷气推进技术、自动控制理论和技术以及制造工艺等各个方面的成果,实际上现代飞机已经成为先进而复杂的工程系统。

由动力装置产生前进推力,由固定机翼产生升力,在大气层中飞行的重于空气的航空器统称为飞机。无动力装置的滑翔机、以旋翼作为主要升力的直升机以及在大气层外飞行的航天飞机都不属于飞机的范围。



1.1 现代民航客机的诞生

飞机按用途可分为军用飞机以及民用飞机两大类。军用飞机指各种军事用途涉及的飞机,如歼击机(战斗机)、截击机、歼击轰炸机、强击机(攻击机)、轰炸机、侦察机、预警机、军用运输机以及舰载机等。民用飞机则泛指一切非军事用途的飞机,有旅客机、货机、公务机、农业机、救护机以及实验研究机等。其中旅客机、货机和客货两用机又统称为民用运输机。现代运输机具有快速、舒适、安全可靠等优点,能在两地之间完成最短距离的航行。

1.1.1 民用飞机的概述

用于运输旅客的民用飞机简称客机。按航程可分为远程、中程、短程客机;根据最大起飞质量将其分为重型、中型、轻型客机;按服务的航线性质可分为干线客机和支线客机;按机身直径和座位布置,大型客机又可分为窄机身和宽机身两种。窄机身客机每排座位在 6 座以下,中间设有一个通道;而宽机身客机每排座位在 7 座以上,中间设置两个通道。

1949 年英国的第一架涡轮螺旋桨客机“子爵”号投入航线,其飞行速度为 550km/h;1952 年 5 月,世界上第一架采用涡轮喷气发动机作为动力的旅客机——英国的 DH10“彗星”号,开办了伦敦至南非的旅客营运业务,开创了喷气客机的新时代,其外形如图 1.1-1 所示。



图 1.1-1 英国“彗星”号旅客机

20 世纪 70 年代初高涵道比涡轮风扇发动机研制成功后,民用航空领域相继出现了美国的波音 747、DC-10、L-1011,苏联的伊尔-86,欧洲的空客 A300 等大型宽体机身远程客机。该类型的客机增加了客运量,提高了营运的经济性,使载客数百人的越洋商业飞行成为现实。20 世纪 80 年代,美国的波音 757,欧洲空客的 A310、A320 等先进客机广泛采用超临界翼型、加大机翼展弦比、增大机翼相对厚度、减轻结构质量等多项技术措施,降低了使用成本,提高了飞机的运营效率。图 1.1-2 是欧洲空客 A320 的宽体客机。

20 世纪 90 年代,美国的波音 777,欧洲空客的 A330、A340,俄罗斯的伊尔-96 等干线客机进一步增大了发动机的涵道比,增大推力减少噪声,并大量使用复合材料减轻质量,大大降低飞机的直接使用成本,图 1.1-3 是波音和空客的干线客机。



图 1.1-2 欧洲空客 A320 宽体客机



(a) 波音777客机



(b) 欧洲空客A340客机

图 1.1-3 波音和空客的干线客机

1. 干线飞机

干线飞机一般指 100 座以上,航程大于 3 000km 的民航班机,目前世界上有 800 多家能提供定期航班的航空公司,拥有 1.2 万多架干线飞机,其中大多都是涡轮风扇飞机,预计到 2021 年干线飞机将达到 2 万多架。

经过激烈的竞争,当今世界的干线飞机市场基本被波音和空中客车两家公司所垄断,其中波音公司占有大约 60% 的市场份额。俄罗斯图波列夫和伊留申设计局所设计的大型干线飞机,其市场主体主要局限于俄罗斯以及独联体范围内。我国目前还没有自己设计的干线飞机在航线上飞行。2010 年 11 月 16 日国产的 C919 大型客机展示样机在珠海航展上首次亮相,代表了我国大型客机的发展与进步。实际上,在 1970 年 8 月我国就开始自行研制了运 10 客机,该机型曾 7 次飞越世界屋脊西藏拉萨,其外形如图 1.1-4 所示。



图 1.1-4 运 10 客机

民用干线飞机的未来发展趋势是进一步系列化以及更大、更快、更舒适。一方面波音和空客两大公司已形成了 100 多座到 400 多座的系列客机,并还在持续不断地进行改进。另一方面,空客公司研制的 A380 这种目前世界上最大的客机,已经开始交付客户并进行正常航线的运行。其载客能力是 550 人,座单位千米营运成本比 B747 飞机减小了 15%~20%,该飞机如图 1.1-5 所示。



图 1.1-5 空中客车 A380 飞机

20 世纪 60 年代,英、法两国联合研制的“协和”超音速客机是为数不多的以超音速作为巡航速度的民用客机。虽然该客机飞行速度快,但是由于其油耗大、载客量少、经济性能差,加上噪声大,对环境有一定污染,因此很多国家都限制了其降落,因而仅生产了 15 架,航线也较少,就退出了民用航空的舞台。“协和”号飞机外形如图 1.1-6 所示。

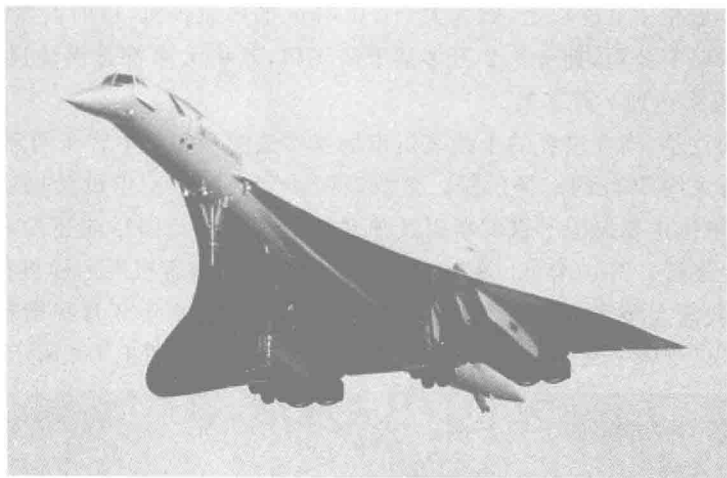


图 1.1-6 协和号超音速客机

俄罗斯的超音速客机图-144 的总体启动布局与“协和”号飞机十分相似,图-144 飞机由于 1978 年一起机毁人亡的事故而导致生产计划的中断,其前后总共生产了 17 架,其外形如图 1.1-7 所示。



图 1.1-7 图-144 超音速客机

2. 支线飞机

支线飞机是指 100 座以下的民航客机,该机型主要用于完成旅客量较小的航线运行。早期的支线客机多用涡轮螺旋桨发动机作为动力,20 世纪 90 年代以来,部分支线客机也开始采用高涵道比的涡轮风扇发动机作为动力运行。

世界支线飞机有两个主要的发展趋势,一个是大型化,目前支线客机的座位数量普遍在 50~90 座;另一个是涡轮风扇化,由于涡轮风扇飞机具有速度快、噪声低、航程远、舒适性好等特点,加上其价格与涡轮螺旋桨发动机相差无几,因此涡轮风扇发动机将逐步取代涡轮螺旋桨发动机。

我国自行研制的支线飞机主要有运 7 飞机和“新舟 60”飞机。运 7 飞机有 52 座,采用了我国生产的 WJ5A 涡轮螺旋桨发动机。“新舟 60”安装有 50~60 个座位,其采用普惠的 PW127J 涡轮螺旋桨发动机作为动力。进入 21 世纪之后,我国自行研制了 ARJ21 飞机,如图 1.1-8 所示。ARJ21 飞机是 70~90 座级的中短程涡轮风扇支线飞机,其拥有支线飞机中显著的宽、静机身,达到与干线飞机客舱同等的舒适性。



图 1.1-8 中国自主研发的 ARJ21 飞机



1.1.2 飞机的飞行性能、起飞和着陆

飞机的基本飞行状态是等速直线平飞,除此之外飞机还需要完成变速和曲线飞行。水平等速直线飞行、等速直线爬升以及等速直线下降都属于等速直线飞行。而起飞和着陆飞行、等高度和等速度盘旋飞行、盘旋上升飞行等都属于变速和曲线飞行。

评价飞机的飞行性能指标较多,主要是最大平飞速度、升限、航程以及续航时间。其中飞机最大平飞速度是指飞机在水平直线飞行状态下,在一定飞行距离内(一般应不小于3km),发动机推力为最大状态下,飞机所能够达到的最大平稳飞行速度。通常飞机不能以最大平飞速度完成长时间的飞行,因为此时飞机油耗较大,而且发动机容易损坏并且将缩短发动机的使用寿命。因此飞机一般以比较省油的经济巡航速度飞行。

飞机的第二个性能指标是升限,升限是飞机上升所能够达到的最大高度。升限是一架飞机能够飞多高的一个重要指标,影响升限的主要因素是发动机的高空性能。飞机的垂直上升速度随高度的增加迅速减小,通常规定对应于垂直上升速度减小到5m/s时的最大平飞飞行高度,称为“使用静升限”。对应于垂直上升速度减小到零的最大平飞飞行高度,称为绝对升限。此时飞机已经达到了飞机的最大高度。现代民航飞机的升限是14 000m。

飞机的第三个性能指标是航程,在载油量一定的情况下,飞机以巡航速度所能够飞越的最大距离称为航程。所谓巡航速度是指飞机在发动机每千米消耗燃油量最小的情况下的飞行速度。飞机的航程远,表示飞机的飞行能力大,对于民用客机而言,意味着可以把客、货运到更远的地方,而减少中途停留加油的次数。

飞机的第四个指标是续航时间,续航时间是指飞机一次加油,在空中所能够持续飞行的时间。该指标与飞机的飞行速度、飞行高度、发动机工作状态等多种参数有关。合理选择飞行参数,使得飞机在单位时间内所消耗的燃油最少,飞机就能获得最长的续航时间。常见的民航客机飞行速度如表1.1-1所示。

表 1.1-1 民用飞机的基本性能数据

机 型	飞行速度/(km/h)	航程/km	最大燃油量/L
波音 737	785	6 038	26 035
波音 747	940	13 450	216 840
波音 757	800	7 240	42 680
波音 767	850	12 330	90 916
空客 A300	639	7 500	62 000
空客 A320	900	5 000	23 860
空客 A340	1 050	13 900	194 880

飞机的起飞和着陆是两个重要的飞行状态,此时飞机都在完成变速运动。并且,飞机在起飞和着陆时都有失速的现象发生,因此有必要研究与飞机起飞和着陆有关的失速飞行速度。例如,在飞机着陆飞行过程中,飞机在尚未着地滑跑之前(称为飘飞),飞机的飞行速度越小,飞行越安全。为了维持飞机升力近似等于重力,要求飞行时的升力 C_L 越大越好,防止失速现象的发生。当升力等于重力时,以升力 $C_{L,MAX}$ 飞行的飞行速度可以转换为飞机的失速飞行速度 V_S 。

飞机起飞是一种加速运动,飞机从起飞线开始滑跑到离地点之间一直在加速。起飞距



离是指从起飞线开始一直到离地,爬升到离开地面高度为 $h=25\text{m}$ 时所需要的地面距离的总和。飞机在起飞的过程中,在地面滑跑时作用在飞机上的力系如图 1.1-9 所示。飞机在起飞准备时其阻力和升力都等于零;随着滑跑速度的增加,阻力和升力也跟着增大,当滑跑速度大于飞机的失速速度 V_s 的 10% 时,飞机开始抬头,此时飞机迎角增加,升力很快超过重力,于是飞机开始离开地面,结束滑跑阶段然后开始转入爬升。当等速爬升到 25m 高度后,结束飞机的起飞过程。

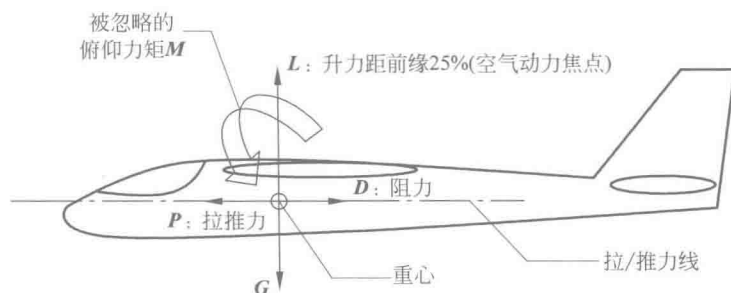


图 1.1-9 飞机起飞作用力示意图

飞机的着陆是一个减速的飞行过程,其与飞机的起飞过程正好相反。一般来说,着陆过程可以分为五个阶段:下滑、拉平、平飞减速、飘落触地以及着陆滑跑。着陆过程飞越的地面距离总和叫做着陆距离。飞机从 $h=25\text{m}$ 高度转入着陆下滑状态,在接近地面时,飞行员使飞机抬头,拉平飞机,则飞机开始转入平飞减速状态,随着飞机的飞行速度不断减小,迎角不断增大,此时飞机升力 C_L 不断增大,最理想的状态是触地瞬间的飞机升力等于飞机重力,从而飞机垂直速度等于零。但是在实际的飞行过程中,由于在着陆状态时飞机受到较多因素的影响,使得飞机在触地瞬间升力小于重力,飞机向下坠落,其垂直速度不等于零,此时,飞机和地面发生撞击,这就是飞机飘飞落地的飞行状态。飞机飘落几轮触地瞬间的水平速度称为着陆速度(又称为接地速度),它接近于飞机的失速速度 V_s 。着陆速度越小,着陆滑跑距离越短,飞行安全性就越高。

在第一次世界大战以前,欧洲已经进行了一些民用航空飞行的试验。1910 年 8 月 10 日,英国进行了航空邮递运输的试验。1911 年 2 月 18 日,法国进行了航空邮递试验。1911 年 9 月 19 日,意大利也进行航空邮递飞行试验。1910 年 6 月,德国首次用硬式飞艇开辟客运航空线。1911 年 7 月 4 日,英国飞行员进行了第一次航空货运飞行。1914 年第一次世界大战爆发,一方面大部分民用航空飞行被迫叫停,各国航空技术力量都集中起来为战争服务,但另一方面战争又使大量的人力和物力集中至航空领域,短短四年间,航空技术获得了突飞猛进的发展。在战前,飞机可以说尚处在实验阶段,但当战争结束时,飞机已成为现代战争中不可缺少的武器,它的运载能力、飞行速度都有了很大提高。飞机生产能力也极大增长,从战前的每年几十架达到战后的数千架甚至上万架。

第一次世界大战结束后,新生的航空工业遇到了第一次打击。一方面是战时遗留下来的大量的军用飞机;另一方面是战时形成的大量的过剩的生产能力。过剩危机使欧洲航空事业陷入了困境。正是在这个时候,欧洲和美国航空企业和飞行员开始了民用航线的开辟工作。经过几年的努力,遍布欧美的空中航线网已基本建成。由于当时的飞机较小,航空客运业普遍亏损,欧洲国家只能靠政府补贴经营航空客运,而美国则依靠航空邮政收入补贴客



运。此时新型客机的问世已成为航空客运发展的关键。航空公司和飞机制造商经过近 10 年的经营,能清楚地预见,一旦有合适的客机,航空旅客运输将比邮运更加有利可图。于是潜在的市场力量引导着飞机向大载客量、高速度和更舒适的方向发展。早在 1925 年,福特汽车公司的飞机制造部就推出了最有代表性的现代客机的雏型——全金属、三发动机的 11 座福特型客机。1927 年经过改进座位数增加到 14 个,航程为 912km,飞行速度为 170km/h,但福特型客机不具备流线形外型,机舱内部也很狭窄。当时美国各航空公司使用的客机以木质为主,全金属飞机在性能上并无优势,且由于全金属结构使飞机造价较高,所以很难与木质结构飞机竞争。然而,木质结构飞机有一个致命的弱点——安全性较差,正是安全性使全金属飞机成为客机发展的主流。

1931 年 3 月 31 日,一架美国环球航空公司的福克型客机在堪萨斯州坠毁。本来这只是当时经常发生的事故中的一件而已,但由于遇难者中有一位闻名全美的橄榄球教练,因而引起举国震动,全国上下一致指责环球航空公司和它的木质客机。这次空难从根本上动摇了公众对木质飞机的信心,各大航空公司纷纷转向订购福特全金属客机,飞机制造商们加快了研制新型全金属客机的步伐。而波音公司已于 1930 年开始研制全金属客机,就是航空史上著名的,于 1933 年首次试飞成功的波音 247 客机。波音 247 是第一架真正现代意义上的客机,它具有全金属结构和流线形外型,起落架可以收放,采用下单翼结构;机上装有两台功率为 410kW 的发动机,巡航速度为 248km/h,航程为 7 766km,载客 10 人,并可装载 181kg 邮件;机上座位舒适,设有洗手间,还有一名空中小姐。由于机上乘坐条件大大改善,且速度较一般客机每小时提高了几十千米,很受航空公司欢迎,仅联合航空公司一家就订购了 60 架,价值 400 万美元。这是当时世界上最大的一笔客机交易,它使波音公司的生产线在一年内都处于饱和状态,无暇应付其他公司订货。由此为波音公司引出了一个强大的竞争对手——DC 系列飞机。环球航空公司在 1931 年的空难后,被迫淘汰所有木质客机,换用福特型全金属客机。但福特客机的性能明显低于波音 247,于是环球公司向各飞机制造商发信,招标设计新客机。

1932 年 8 月 2 日,道格拉斯公司的总裁道格拉斯(D. W. Douglas)收到环球航空公司的招标信,信中对新客机的设计提出要求:全金属结构,装三个发动机,载客 12 人,航程 1 600km,飞行速度在 230~250km/h 之间,装有最先进的电子设备。道格拉斯公司当时规模并不大,历史上曾为邮政部设计制造过邮政飞机。当时道格拉斯公司由于缺少订货,财政上正处于危急时刻,环球公司的招标信无疑是雪中送炭。道格拉斯迅速召集技术人员研究新飞机的设计方案,他们认为环球公司提出的设计要求不过是福特式客机改进型,根本无法与波音 247 竞争。为此他们根据波音 247 的设计要求提出一个新的方案。新方案与波音 247 类似,只装两台发动机,外形呈流线形,起落架可收放,其他指标与环球公司的要求一致,显然这架飞机如果成功将超过波音 247。两星期后,道格拉斯公司把方案送到位于纽约的环球航空公司总部。对于该方案环球公司的领导人赞叹不已,但对两台发动机方案表示怀疑。于是环球公司向道格拉斯公司提出了一个十分苛刻的条件,即新飞机能在环球公司的所有机场上用一个发动机起飞。道格拉斯公司考虑再三接受了这个条件。

1932 年 9 月 20 日,道格拉斯公司正式与环球航空公司签订合同。1933 年 6 月 22 日,新飞机的样机装配完毕,命名为 DC-1。该机长 18.3m,翼展 25.9m,机身两侧各有一台 530kW 发动机,巡航速度 320km/h,航程 1 600km;机体呈流线形,机舱内部舒适,还加装了



隔音装置和暖气系统。1933年7月1日开始,DC-1进行了为期6个月的试飞,各项指标均达到要求。最后一项试验就是单发动机起飞,试验地点选在海拔1375m的温斯洛,这是环球公司海拔最高的机场。试验结果是DC-1不仅能顺利用单发动机起飞,而且只用一台发动机飞行了380km,比同行的福特式客机提早15min到达预定的降落地点。DC-1取得了巨大的成功,特别是单发起飞、飞行和降落在当时是罕见的,足以证明DC-1是一架杰出的飞机。然而面对DC-1的卓越表现,环球公司却举棋不定,原因是波音247此时已经投入航线,效果很好。环球公司倾向于首先订购一批波音247飞机。但是,波音公司由于正忙于为联合航空公司生产波音247飞机,拒绝了环球公司的订货要求,环球公司只能全力以赴支持DC-1的研制与生产。环球公司买下了试飞的DC-1,并订货20架,但要求将座位数增加至14个。道格拉斯公司的工程师们发现,虽然只增加了2名乘客,但工作量几乎等于设计一架新飞机,新飞机的型号就是DC-2。它的机身比DC-1略长,发动机功率增加至每台567kW,航程仍为1600km,巡航速度略低于DC-1,为300km/h。

1934年5月11日,DC-2首次试飞成功,5月19日便投入航线运营。由于性能优异,环球航空公司增加订货至31架。在1934年下半年举行的英国—澳大利亚拉力赛中,DC-2在运输机组名列榜首,令人更为惊讶的是它到达时间仅次于速度组的第一名,DC-2具有载客量大和速度快的综合优势。优良的性能使DC-2订货大增,订货不仅来自美国国内,也来自欧洲和亚洲。美国陆军和海军也订购了63架作为军用运输机。1935年底,道格拉斯公司应美洲航空公司的要求把DC-2加长加宽,使之成为拥有14个卧铺的夜班飞机,命名为DST(意为道格拉斯卧铺运输机),然而这种夜班卧铺型并不受欢迎。于是,道格拉斯公司将卧铺取消,改装为21个座位。这种拥有21个座位的飞机就是民用飞机历史上赫赫有名的DC-3客机。DC-3装有两台功率为895kW的发动机,巡航速度达到331km/h,航程为3400km。载客量根据不同飞行距离和舒适程度可按21~28人布置,最多时可达32人。由于载客量较DC-2增加了50%,极大地降低了按每座千米计算的运行成本,一举改变航空公司经营客运亏损的局面,使民用航空客运业务不需补贴就能独立发展。这是民用航空确立自己商业地位的关键一步。正如美洲航空公司总裁所说:“DC-3是第一架使客运也能赚钱的飞机。”DC-3的出现使波音247等客机受到致命打击。1937年初,一直以波音247客机为主的联合航空公司也向道格拉斯公司订购了15架DC-3客机。1938年后,DC-3成为美国航空公司干线运输的主力机种。

1.1.3 飞机的主要组成部分以及功用

飞机的主要组成部件包括有机翼、尾翼、机身、起落架、飞机操纵系统、飞机动力装置和机载设备。其中机翼是飞机产生升力的部分。通常在机翼上有用于横向操纵的副翼和扰流板,机翼的前后缘部分还设有各种形式的襟翼和用于增加升力或者改变机翼升力特性的缝翼等功能性部件,以提高飞机的起飞和着陆或机动性能。机翼上通常安装有起落架、发动机等其他部件,而机翼内部空间常用于收藏起落架,放置一些小型设备或存储燃油。

尾翼通常位于飞机的尾部,分为水平尾翼和垂直尾翼两部分。个别飞机的尾翼设计成V形,称为V形尾翼,此类尾翼可以兼顾纵向以及横向稳定性能和操纵性能。一般水平尾翼由水平安定面和升降舵组成,垂直尾翼由垂直安定面和方向舵组成。在超音速飞机上,为



提高飞机的纵向操纵性能,通常将水平尾翼做成整体式(不分水平安定面和升降舵),可以操纵偏转,称为全动平尾。有的飞机上(主要是变后掠翼飞机)还将全动水平尾翼设计成差动偏转,带方向舵的垂直尾翼能够满足超音速飞行时的航向操纵要求,所以较少采用全动垂直尾翼。

机身处于飞机的中央,主要用于容纳人员、货物或者其他载重和设备,各类其他部件也需与机身相连。早期的飞机机身较多采用连接型结构,为了减少阻力,现代飞机机身发展成流线外形,并用以容纳货物、人员和设备等体积较大的载重物。

起落架是飞机起飞、着陆滑跑和在地面停放、滑行中支撑飞机的机械设备。一般由承力支柱、减震器、带刹车的机轮和收放机构组成。在低速飞机上用不可收放的固定式起落架以减轻质量,在支柱和机轮上有时安装整流罩以减少飞机阻力。

操纵系统包括驾驶杆(盘)、脚蹬、拉杆、摇臂或者钢索、滑轮等。驾驶杆(盘)控制飞机升降舵(或全动水平尾翼)和副翼、脚蹬控制方向舵。为改善操纵性能和稳定性,现代飞机操纵系统中还配备有各种助力系统(液压的或者电动的),增稳装置和自动驾驶仪等各类设备。

动力装置包括产生推力的发动机和保证发动机正常工作所需要的各类附件和系统,其中包括发动机的启动、操纵、固定、燃油、滑油、散热、防火、灭火、进气和排气等装置或系统。

机载设备包括飞行仪表、通信、导航、环境控制、生命保障、能源供给等设备,以及与飞机用途有关的一些机载设备,如客舱生活服务设备等。

1.2 飞机系统及 ATA 编号

航空,是人类 20 世纪所取得的最重大的科技成就之一。民用航空领域首先应用于交通运输。100 年来,随着科技的不断发展,作为载人空中飞行工具的民用运输机也发生了巨大的变化。从 20 世纪初发明飞机至今,民用客机尺寸越来越大,从最初只能载客 4~10 人发展到今天 400~500 人;速度越来越快,从最初每小时几十千米到今天的 2 000 多千米;旅客越来越舒适,从最初的乘飞机被看作是一种冒险的、有刺激性的运动到今天作为大众普遍采用的运输方式。

现代民航飞机已经成为一个复杂的大型系统,由许许多多的分系统、子系统和子子系统组成,为了便于这种大型系统的使用、维护和技术保障工作,需要对其各级系统资料或标准手册制定一个简单、统一的数字化编码标准。这个标准要有足够的灵活性,允许手册内容的扩充,以便于技术手册的发展及应用。由此产生了用于飞机系统划分和编号的国际航空协会(ATA)100 规范。

1996 年,美国国防部以国际航空运输协会规范 ATA100 作为飞机系统的划分基础,结合军用飞机复杂的实际情况进行改进,颁布了军用飞机各级系统的编号方式——MIL-STD-1808A(System Subsystem Sub-Subsystem Numbering),规范了军用飞机系统的划分和编号要求。2003 年,我国也颁布 GJB 4588—2003 飞机系统划分和编码,规范我国新型号军用飞机系统的划分。

对飞机系统进行划分和编号是对飞机资料进行统一编排、交叉索引和查询的基础,飞机



系统划分及编号是飞机资料之间的纽带。因此,飞机系统划分是飞机资料有机组织的基础和重要的标准。欧美大量的飞机技术资料都按照飞机系统划分进行统一编排,资料体系完整、统一。遵循飞机系统划分和编号标准对整套飞机资料进行统一编排,飞机总体单位和各系统研制单位按照编号细化飞机系统、明确系统的各级层次关系,并进行相关资料的编写。这样才能顺利地对飞机资料进行电子化和信息化管理。在缺乏统一考虑和定位的情况下,对数目众多的飞机资料不进行统一编号,容易导致编号的重复和混乱,而且计算机对这样的数据无法进行处理,更谈不上信息化管理,导致资料管理和飞机管理工作的低效和混乱。只有统筹安排,规则清晰,计算机才能对大量的资料进行电子化处理,为信息化的飞机管理系统提供合理的信息,提高飞机使用、维护和管理效率。

由此可见,对飞机系统划分和编号的意义并不只在于标准本身,而在于把相关的飞机资料根据飞机系统划分进行统一的编排,将有序的资料进行电子化和信息化处理,形成信息丰富、合理的信息化的飞机管理系统,将对新型号飞机资料的规范化、标准化、电子化和信息化有极大的推进作用;通过信息化飞机管理系统来管理和处理大量的数据,将提高我国航空设计、制造、使用和维修的管理水平和效率,提高综合保障能力。同样,编号系统也有助于飞行员对于飞机系统的理解与分类,在关键时刻帮助飞行员寻找有用信息的检索。

1.2.1 编号的表现形式和基本原则

1. 飞机系统编号的表现形式

飞机系统的编号通常由 3 个元素构成,从内容上分,是指章、节、主题;从系统上分,则是指系统、子系统、单元。其表现形式如图 1.2-1 所示:

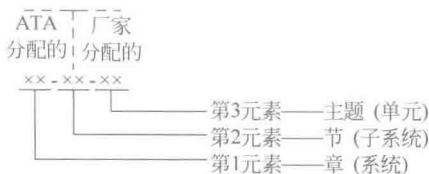


图 1.2-1 飞机系统编号的表现形式

飞机系统技术资料按章划分、并按章分组;每一组和章都有编号来定位,飞机组的定义如表 1.2-1 所示。按飞机的主要功能和系统把手册分章,各章代表整架飞机的功能划分;子系统与单元划分为节和主题,以提供各系统的有关子系统和单元的信息;每章、节、主题都会分配 1 个编号。3 个元素的编号(××-××-××)已定位到主题编号(ASN),可以让用户定位到章中较大范围的单个功能项目上。3 个编码元素中的每个编码元素都由两位数字组成,如 74-21-12,解释如下:

- (1) 第一个编码元素代表章或系统,如 74 代表点火系统;
- (2) 第二个编码元素代表节或子系统,如 21 代表高温分布,第四位数字用 1~9 来代表子系统;
- (3) 第三个编码元素代表子节或单元,可以使用 01~99 的数字。



表 1.2-1 飞机组的定义

组	系统/章范围	定 义
飞机总体	5~18	整个操作装置(包括尺寸和面积、提升和支撑、校平和称量、拖曳和滑行、停泊和系留、必要的布告、维护、防腐、无损检测、地面设备、仪器等)
机身系统	20~49	除了动力装置成套设备以外的所有机身系统
飞机结构	50~57	飞机结构
螺旋桨/转子	60~67	除了螺旋桨/转子防冰系统以外的整个螺旋桨/转子系统
动力装置	70~84	通过排气或螺旋桨产生推力的整个动力装置(不包括发电机、机舱增压器等,它们包括在各自相应的系统中)
其他	91	图表
	92	多路数据传输系统
	93	监视系统
	94	武器系统
	95	机组人员应急离机和安全系统
	96	导弹、无人飞机和遥控系统
	97	视频记录系统
	98	气象和大气探测系统
	99	电子战系统

章的编号(第一个元素)和节的编码(第二个元素)的第一位数字是按 ATA100 规范分配的。对整章都适用的资料,第二、第三编码元素都用 0 表示,章号再加上“-00-00”,例如 22-00-00(自动飞行)代表这一章的总体轮廓描述。

节的编码(第二个元素)的第二位数字和主题的编号(第三个元素)由飞机厂家根据飞机系统划分的层次关系自定义。

2. 飞机系统编号的原则

1) 章(系统)的编号

一般依据 ATA 规则编译的飞机资料结构如表 1.2-1 所示。飞机的数据按照第一元素系统(章)的内容来区分,当技术数据以手册格式提供时,系统在出版物中就按章编制索引。系统是相互关联的元器件的组合,它们在一起可执行特定的功能。按此定义,每个系统都包括有基本元器件、仪器、机械控制装置以及与系统有关的电和液压单元。

当动力源(电、气动或液压)服务于一个组件或一个功能系统时,该动力源就包括在它服务的组件或系统中,例如:给应急出口灯电路提供电压的电池、提供应急制动压力的液压源等。

当两个或两个以上的系统由一个动力源(电、气动、液压或真空等)提供服务时,该动力源将分别在合适的章中单独讨论,例如:给空调系统和发动机启动器服务的气动系统。

2) 节(子系统)的编号

第二元素节的第一位数字可对系统类别进一步细分。在手册中,子系统是以一章中的节与子系统识别号来确定的。

在大多数章中,适当地使用第二个元素的第一位数字就足以区分。当两个或两个以上子系统或子子系统相互关联或集成,如自动驾驶和飞行制导系统的组合,导致在逻辑上和实



际上不能区分对待时,就应将这两个系统组合到一个公共的子系统或子子系统中,并分配主要子系统或子子系统的章节号。

为简便起见,第二个元素使用的子系统和子子系统的名称通常只指“系统”,例如:一个皮托管静态“系统”是导航系统(34)的子系统,也是飞行环境数据子系统(34-10)的子子系统。子系统和子子系统主要用于区分编号中第二个元素的第一和第二位数字。

3) 节(子子系统)的编号

有些系统包含十分复杂的子系统,这些子系统需要进一步细分为子子系统。为了满足要求,则要使用第二元素节的第二位数字,如 34-51-03 中,-51 是导航系统中定位子系统的 DME 子子系统;-03 可能是放大器,即 DME 子子系统的一个单元。

当子系统十分复杂,需要区分到子子系统级时,则子系统标记的使用必须局限在整个子系统的讨论范围内,例如:有关定位子系统的总体范围内的资料,必须局限在 34~50 中,并要求第三个元素为 0(34-50-00)。

只有当第二个元素的第二位分配了非零数字时,才可能标识子子系统。另外,第二元素的第二个数字还可用作连接子系统和单元(模块)的标识。

4) 主题(单元)的编号

第三个元素主题(单元)号由制造厂分配,这是飞机系统划分中层次最多的区分号,可识别系统/子系统/子子系统中的某个单元。

1.2.2 飞机系统划分和编号在工程上的运用

飞机系统划分是有机组织飞机资料的线索,欧美和俄罗斯以飞机章节-主题为主进行编排的相关飞机资料如图 1.2-2、图 1.2-3 所示,Ch 代表章、Se 代表节、Su 代表主题。

可以看出,欧美飞机资料由于采用了飞机系统划分统一的标准体系来定位整个飞机资料的编制,因此,该编制具有依据飞机系统划分来统一规划和编排的明显特征。这种内在联系紧密、具有统一索引的资料体系极大地方便了飞机资料的管理、查阅、运用和电子化、信息化。下面结合排除故障工作场景,说明部分手册之间正常的交互索引关系。

假如在飞行时看到“APU 火警探测器第一个回路故障”的状态信息,为了报告这个故障,根据关键词“APU 火警探测器”进行搜索,可以从《FRM-故障报告手册》中查找这个故障现象所对应的故障代码;为 261 161 01。根据故障编码规则可知其对应章节号为 26-1×。

为了排除这个故障,需要查找《FIM-故障隔离手册》,根据故障代码可以找到多个排故工作号,其中一个工作号为“26-15-00-810-811,26-10130,APU 火警探测器第一回路的下回路短路”,假定用户选择这个工作号进行排故,需要参考“26-15-00-810-811”工作号,用户应该翻到该手册的第 26 章 15 节找到这个工作号。由于该手册是按照章节号来编排的,因此,十分容易找到。在“26-15-00-810-811”排故工作的描述中,要求操作者参考工作号 AMM TASK 26-15-01-000-801 和 AMM TASK 26-15-01-400-801 进行 APU 火警探测元件的拆卸和安装。如要知道上述工作的具体内容,用户需进一步参考《AMM-飞机维护手册》,根据工作号来查找。由于该手册和工作号都是按照章节号来编排的,所以用户可以直接翻到该手册的第 26 章 15 节 01 主题的拆卸、安装部分找到以上工作号所对应的详细说明,其中有 APU 火警探测器安装的简单示意图。如果需要查看详细的件号,则需要根据《AMM-飞机维护手册》中的图与《AIPC-飞机图解零件目录》中的图的对应关系,进入该目录所对应的图

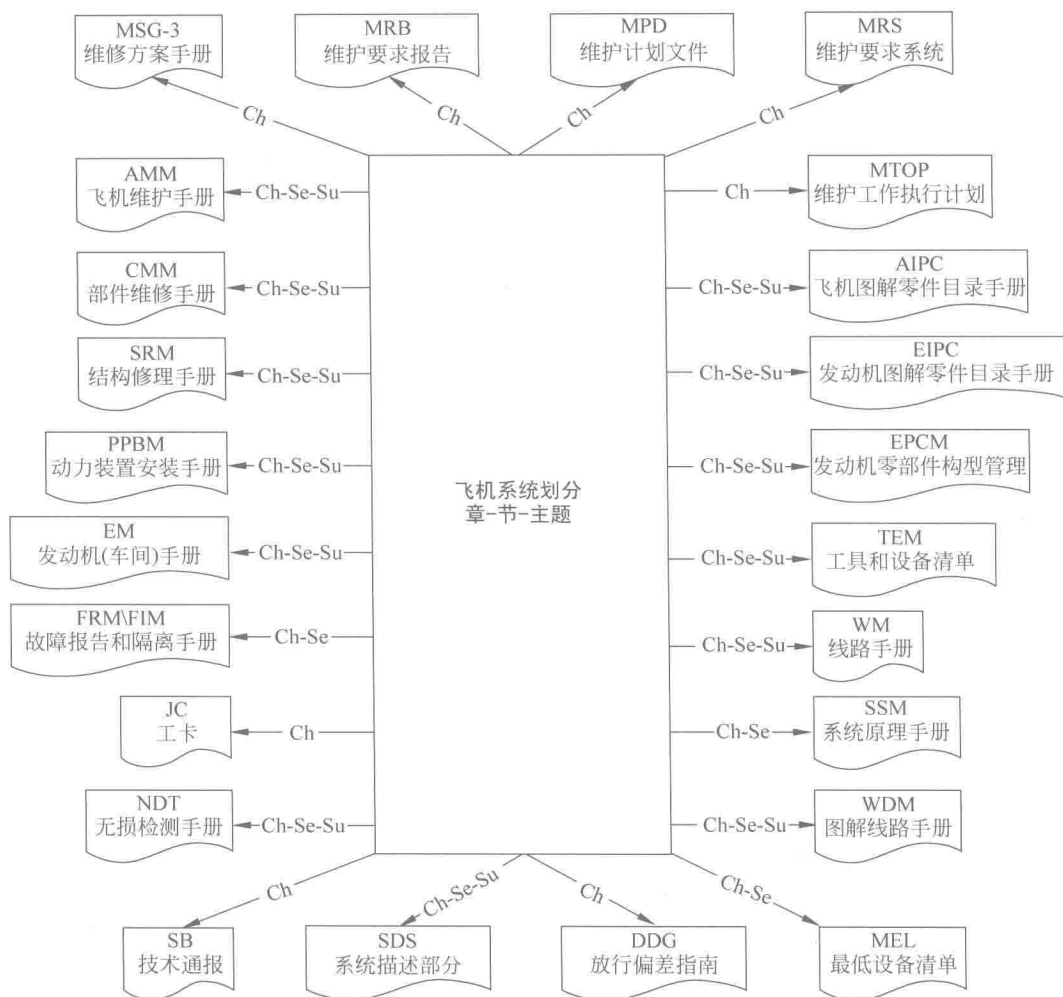
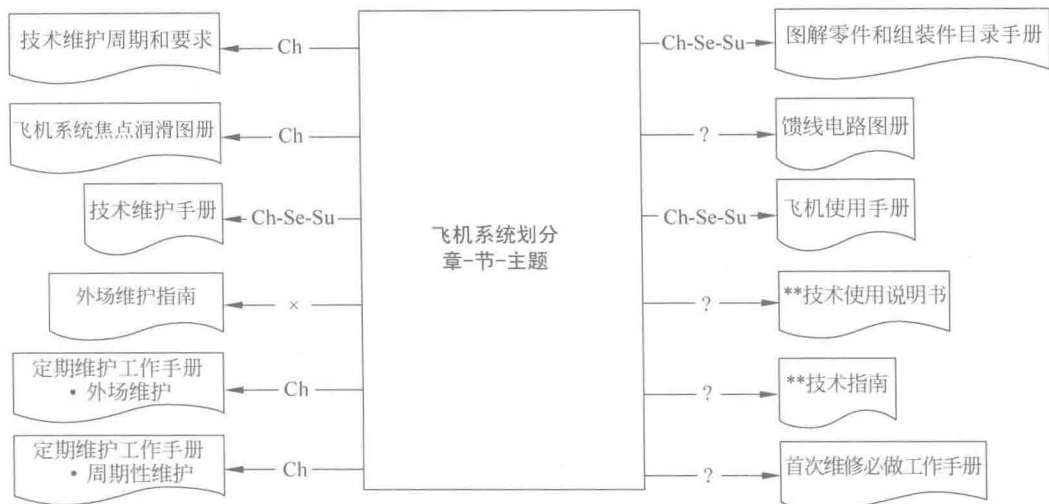


图 1.2-2 欧美飞机资料中以章-节-主题为主进行编排的飞机资料

中去查找件号。例如：上例中，与示意图对应的是图 26-15-0150。该目录是根据章节号来编排的，则翻到第 26 章 15 节 01 主题下找图 50 即可。

实际上，欧美航空公司在进行飞机的维护时，并不需要一一翻阅这些手册，只要根据飞机系统划分章节号在计算机上点击就能了解所需的信息。当然，图 1.2-2 只是突出地表明各个手册中的章节号关联情况，并没有包含上述手册之间的全部关联内容，电子化后各个手册之间的实际关联内容远比图 1.2-2 复杂。

下面以俄罗斯伊尔 76 飞机为例，说明俄罗斯的飞机资料体系。如图 1.2-3 所示，俄罗斯的飞机资料也依据飞机系统的划分进行编排，例如：《技术维护手册》是一本完整介绍飞机所有系统的手册，严格按照章-节-主题进行介绍。但是俄罗斯的资料并没有站在整个资料统一编排的高度上彻底进行统一编排，并且俄罗斯的飞机系统划分军用标准和欧美的标准（大多按照 ATA-100 标准和美军标）不一致，因此，造成有些手册本可以按章-节-主题编号进行描述却没有做到，而有些手册却又执行欧美标准，把两个体系混在一起，没有做到统一编排。



注: *——代表某一系统或部件;
 x——可以建立联系但是没有联系;
 ?——与章-节-主题有联系, 但是使用的是ATA标准的章-节-主题号

图 1.2-3 俄罗斯飞机资料体系中以章节-主题有关的飞机资料

在我国已进行的飞机资料编制工作中,也没有站在一个统一编排的高度来统一编制飞机资料,甚至飞机的相关单位各有一套不太科学的体系,手册之间没有建立联系,各个手册分工不明确,内容混杂在一起。这些复杂因素使我们在学习欧美先进技术的过程中存在一些片面的理解和混淆,使飞机资料缺乏统一的编制,这种状态给信息化的飞机跟踪管理(包括使用和维护)工作带来很多的问题和困难。

由此可见,欧美飞机资料编制的体制十分完善,俄罗斯的飞机资料体制还不完善,而我国飞机资料的编制体系则处于混乱状态。信息化飞机跟踪管理是现代航空技术发展的必然要求和趋势,因此,需要统一编排飞机资料体系,向规范化的欧美标准靠拢,让中国的民用飞机走出国门,有所作为。

本章小结

用于运输旅客的民用飞机简称客机。按航程可分为远程、中程、短程客机;根据最大起飞质量将其分为重型、中型、轻型客机;按服务的航线性质可分为干线客机和支线客机;按机身直径和座位布置,大型客机又可分为窄机身和宽机身两种。窄机身客机每排座位在6座以下,中间设有一个通道;而宽机身客机每排座位在7座以上,中间设置两个通道。

飞机的基本飞行状态是等速直线平飞,除此之外飞机还需要完成变速和曲线飞行。水平等速直线飞行、等速直线爬升以及等速直线下降都属于等速直线飞行。而起飞和着陆飞行、等高度和等速度盘旋飞行、盘旋上升飞行灯都属于变速和曲线飞行。评价飞机的飞行性能指标较多,主要是最大平飞速度、升限、航程以及续航时间。

飞机的主要组成部件包括有机翼、尾翼、机身、起落架、飞机操纵系统、飞机动力装置和机载设备。其中机翼是飞机产生升力的部分。通常在机翼上有用于横向操纵的副翼和扰流

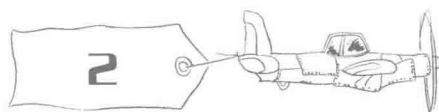


板,机翼的前后缘部分还设有各种形式的襟翼和用于增加升力或者改变机翼升力特性的缝翼等功能性部件,以提高飞机的起飞和着陆或机动性能。机翼上通常安装有起落架、发动机等其他部件,而机翼内部空间常用于收藏起落架,放置一些小型设备或存储燃油。

现代民航飞机已经成为一个复杂的大型系统,由许许多多的分系统、子系统和子子系统组成,为了便于这种大型系统的使用、维护和技术保障工作,需要对其各级系统资料或标准手册制定一个简单、统一的数字化编码标准。这个标准要有足够的灵活性,允许手册内容的扩充,以便于技术手册的发展及应用。由此产生了用于飞机系统划分和编号的国际航空协会(ATA)100 规范。

复习与思考

1. 什么是干线飞机? 其与支线飞机有什么区别?
2. 飞机的主要结构组成部件是什么?
3. ATA 系统的主要表现形式是什么?



航空器电源

本章关键词

交流电源(AC)

直流电源(DC)

航空电池(aeronautical cell)

恒速恒频交流电源(integrated drive generator)

发电机控制组件(generator control unit)

电源分配(power supply distribution)

互联网资料

http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_hljkjxx201103045.aspx

http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsjz201307012.aspx

<http://www.freepatentsonline.com/4252035.html>

http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_njhkht199905001.aspx

http://wenku.baidu.com/link?url=cCyzARPP2WBU6TdGq_bk33skDce0foRAfpYw-Y4XNYVWuAJgW6CzL1TbDq4JFHqysStfPgY9XcIfQjLvnygFBI-OdpxwpIcYsc7dPUBc4N8_

http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_njhkht199905001.aspx

随着传统操纵系统向电传操纵系统发展,电力电子系统在飞机上的应用越来越广泛。现代民用飞机内有大量机载设备,其中大部分是利用电能进行工作的,称为用电设备。飞机上的用电设备按其功用可分为发动机和飞机的操纵控制设备——例如发动机的起动、喷油、点火设备,发动机推力或转速控制设备,飞机仪表、飞行控制、导航、通信和燃油供给设备,起落架收放和舱门启闭设备等;机上人员生活和工作所需设备——例如座舱环境控制系统、照明与加温设备、氧气设备、安全与救生设备等;完成飞行任务所需的设备——例如客舱照明设备和厨房设备等。

航空电源系统为飞机上的用电设备提供电力保障,飞机上的电源系统可以实现发电、传输以及分配等多种作用。飞机电源可以分为交流电源和直流电源两类,用于满足不同用电设备的不同需求。同时,飞机电源系统还具有保护以及应急转换功能。当飞机上的主要发电设备出现故障或者不工作的情况时,系统可以自动切换至备用电源,防止重要的用电设备的电力缺失,保证飞机的飞行安全。