



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

XINBIAN GAOZHI GAOZHUAN
MINHANG GAILUN

新编高职高专 民航概论

< 罗亮生 主编

第二版

中国民航出版社

第二版前言

随着中国民航事业的发展，中国民航在国际上的地位不断提高，在国家经济和社会发展中的作用越来越大。中国民航提出了建设新一代民航运输系统的宏伟目标，明确了从民航大国向民航强国跨越的发展战略目标，民航进入了全面建设时期。对于民航从业人员，尤其是民航专业院校在校生的能力和素质培养方面提出了新的更高的要求。《新编高职高专民航概论》自2009年出版已有五年多时间，由于这些变化，部分内容显得有些过时，新内容需要及时补充。

民航是一个国际化程度和高科技应用程度都比较高的行业。民航业的从业人员，包括在校学生，要热爱民航，必须首先要了解民航、了解航空和民航发展史、了解我国民航事业的概貌；要做好民航的工作，就要熟悉民航各部门的情况、认识民航行业的特殊要求、熟悉常用航空术语及了解民航基本知识，还要树立起民航的总体观念。只有这样，才能适应民航业的需要。

《新编高职高专民航概论》（第二版）概述了航空尤其是民航的发展史，民用航空器的基本概念，飞机和飞行基本原理以及民航运输、机场、空中交通管理与客舱管理等基本知识，适合民航院校、民航企业培训作为专业教材，也适合对民航感兴趣的读者阅读。与上一版相比，本教材结合民航服务对人才的需求，以及高职人才规格对内容进行了重构，以民航旅客服务流程为主线，以民航岗位能力培养为依据，按照各服务接触点的典型工作任务引领理论知识，使学生全面了解基于民航旅客服务过程的相关专业以及岗位群的基础知识与基本技能。同时，本教材删除了部分陈旧、过时的内容，增加了更紧贴现实，更能反映当代世界民航发展趋势的知识。广州民航职业技术学院以《新编高职高专民航概论》教程为基础的“民航概论”课被评为广东省省级精品课。

本教材由广州民航职业技术学院的专家、教授编写，罗亮生教授主编。其中第四章和第五章由通信系宋之涛副教授负责编写，第六章由张晓明副教授负责编写，其他章节由罗亮生教授编写，游婷婷、朱巍巍和赵中义老师参加了第二版修订。广州民航职业技术学院院长吴万敏教授负责全书的审稿。

本书在编写过程中，采用了广州航管中心、南航翔翼飞行模拟中心等单位和网站公布的照片，参考了近期出版的大量书籍和期刊，为避免冗长，书中只列出了主要参

考书。

在这里，谨向以上单位和个人致以诚挚的谢意，尤其感谢中国民航出版社李梅副总编辑的支持，感谢中国民航大学参加编写老师的辛勤工作。

由于编者水平有限，教材中难免存在错漏之处，恳请读者批评指正。

编者
2015年2月

目 录

第二版前言

第一章 绪 论

第一节	民用航空的基本概念	1
第二节	飞行探索和飞机的发明	6
第三节	民用航空的历史和发展	23
第四节	当代中国民航事业	42

第二章 飞机的一般介绍

第一节	飞机的基本构造——机体	51
第二节	飞机的动力装置	59
第三节	飞机机载设备及系统	76
第四节	飞机的设计和生产	95

第三章 飞机飞行原理

第一节	大气的基本性质	101
第二节	流体连续性定理和伯努利定理	111
第三节	飞机飞行的升力和阻力	117
第四节	飞机的飞行控制	125
第五节	民航飞机的飞行性能	136

第四章 机 场

第一节	概述	142
第二节	航空港的构成	147
第三节	机场的管理和运行	158
第四节	机场的地面服务	168

第五节 机场的安全技术检查服务	173
-----------------------	-----

第五章 空中交通管理

第一节 概述	178
第二节 空域管理与空中交通流量管理	180
第三节 飞行规则	187
第四节 空中交通管制服务	195
第五节 航行情报服务	204
第六节 新航行系统	212

第六章 民航运输

第一节 民航运输概况	218
第二节 民航旅客运输业务	223
第三节 民航货物运输业务	245
第四节 航空运输管理体系	256
第五节 航空运输企业	265

第七章 客舱管理

第一节 机组资源管理	273
第二节 客舱设备管理	278
第三节 客舱安全管理	292
第四节 机上急救处置	304

参考文献

第一章 绪 论

第一节 民用航空的基本概念

飞行的渊源可以追溯到公元前发现的阿基米德定律。它假定，当一个物体的重量等于或小于它所排开的液体的重量时，物体就会浮起。两千年后人们才认识到，大气也是一种符合该物理定律的流体。然而，气球的第一次飞行却是在对这个物理定律茫然无知的情况下进行的。

自由气球飞行，实际上就属于民用航空的范畴，是1783年在法国的安纳内开始的。在那里，蒙哥尔菲兄弟放出了第一个热气球。正是从那个历史时刻开始，航空迈出了第一步——从纯粹的梦想到假设、到概念，从失败到最后发展为成熟的现实。

今天的航空已发展为航空制造业、军事航空和民用航空三个相对独立的行业。

航空器制造业也称为航空制造业。航空技术是人类在认识自然、改造自然的过程中，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。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。

军事航空是指为了一定的目的，专门派军事人员操纵航空器的航空活动。

民用航空则是使用航空器从事除了军事性质活动以外的所有的航空活动。

一、飞行器的概念和分类

1. 飞行器

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。飞行器通常可分为三类：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，如气球、飞艇、飞机等。主要在大气层之外的空间飞行的飞行器，称为航天器，例如人造地球卫星、空间站、航天飞机、载人飞船等。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。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，火简单指火箭发动机。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。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。

2. 航空器

按照《中国大百科全书·航空航天卷》的解释，“航空”的定义是“载人或不载人飞行器在地球大气层中的航行活动”，因此，飞在大气层中的飞行器称为航空器，飞到大气层之外的飞行器称为航天器。航空器根据航空的机械构造分为两类，一类为轻于空气的航空器，另一类为重于空气的航空器，见图 1.1。



图 1.1 航空器的机械构造分类

二、民用航空器

1. 民用航空器

1919年，第一次世界大战的战胜国在法国巴黎举行和平会议，讨论并就管理国际航空的规则达成协议，其中就包括对航空器的区分问题。《巴黎公约》第七章第 30 条

规定以下应被认为是国家航空器：

- (1) 军用航空器；
- (2) 专门用于国家部门的航空器，如海关、警察航空器。

其他一切航空器应被认为是民用航空器。所有航空器，除军事、海关、警察航空器外，应作为私有航空器来对待并受本公约所有规定的约束。

我国《民用航空法》明确规定，民用航空器是指除用于执行军事、海关、警察飞行任务外的航空器。从航空的使用性质来区分民用航空器与军用航空器是比较科学的，也比较适合中国的国情。

现阶段，我国有些空运企业担任国内、国际航空运输任务的航空器，虽然作为生产资料的所有权来说，主要为国家所有，但它们执行的任务却是民用的，不属于国家航空器。

2. 民用航空器的特征

- (1) 民用航空器一般是在一国的民用航空当局注册登记；
- (2) 从事旅客、行李、货物和邮件等公共航空运输；
- (3) 在国民经济的某些部门从事公共航空运输以外的航空作业，如工农业、林业、渔业和建筑的作业飞行；
- (4) 从事医疗卫生和采取保健措施；
- (5) 进行气象探测、科学实验等活动；
- (6) 从事教育训练、文化体育等飞行活动；
- (7) 进行救灾抢险等活动。

航空器虽然有多种，但在民用航空中主要使用的是飞机，其他种类的航空器使用较少，所以我们在以后关于民用航空器的讨论中主要针对民用飞机。

三、民用飞机的分类

民用飞机分为用于商业飞行的航线飞机和用于通用航空的通用航空飞机。

1. 航线飞机

航线飞机，也称为运输机，分为运送旅客的客机和专门运送货物的货机，还有由客机改装成的客货混用的运输飞机。全世界的航线飞机在全部民航飞机中只占很小的比例，数量在一万几千架，但航线飞机的吨位大，产值高，由航线飞机的飞行构成了一个世界范围的航空运输网。航线飞机是民用航空运输的主体部分，而其中旅客机又占了大部分，以下对民用飞机的讨论主要以现代的旅客机为主。

旅客机按航程的远近可以分为远程客机、中程客机和短程客机，按国际上通常的标准，航程在 3000 千米以下者为短程客机，3000 千米至 8000 千米为中程客机，在



8000 千米以上者为远程客机。由于这个界定并不明确,有时把航程在 5000 千米以内的飞机称为中短程客机,5000 千米以上者称为中远程客机。一般来说,飞机航程越远,起飞重量越大,设备也越先进。

2. 通用航空飞机

通用航空包括除了进行定期航线飞行外的所有非军事用途的航空活动,内容非常广泛。通用航空使用的全部是小型飞机,起飞重量不超过 50 吨,一般可分为公务机、私人用飞机、农业用飞机、教练机、体育竞赛飞机等。

3. 直升机

直升机属于旋翼航空器,装有大直径的螺旋桨的旋翼作为主要升力来源,能垂直起落。我们知道,飞机要离开地面或在空中飞行,机翼必须产生一个足以克服飞机重量的升力,而这个升力的大小与飞机飞行速度的平方成正比。换句话说,普通飞机如果没有足够的速度,就无法维持在空中的正常飞行。直升机因为有一具或几具旋翼而有所不同。旋翼由发动机带动做旋转运动,产生升力。这个升力的产生却不以直升机本身的飞行速度为先决条件。直升机以动力旋翼作为升力主要来源,这一特点使其既区别于作为主要升力来源但不能垂直起落的旋翼机,又区别于不是以旋翼作为主要升力来源的垂直起落飞机。

四、民用航空的定义和分类

使用各类航空器从事除军事航空外的活动称为民用航空。这个定义明确了民用航空是航空的一部分,同时以“使用”航空器界定了它和航空制造业的界限,用“非军事性质”表明了它和军事航空的不同。民用航空(以下简称民航)分为两个大的组成部分,一个是商业航空,另一个是通用航空。

1. 商业航空

商业航空,也称为航空运输,是指以航空器进行经营性的客货运输的航空活动。它是一种商业活动,以赢利为目的,又是运输活动,这种航空活动是交通运输的一个组成部分,和铁路、公路、水路和管道运输共同组成了国家的交通运输系统。

2. 通用航空

除商业航空外的民用航空部分统称为通用航空,因而通用航空包括多项内容,范围十分广泛。大致可以分为下列几类。

1) 工业航空

包括使用航空器进行与工矿业有关的各种活动，具体的应用有航空摄影、航空遥感、航空物探、航空吊装、石油航空、航空环境监测等，在这些领域中利用了航空的优势，完成了许多以前无法进行的工程。如海上采油，如果没有航空提供的便利交通和后勤服务，很难想象能出现这样一个行业。其他如探矿、摄影等，航空使这些工作的进度加快了几十倍到上百倍。

2) 农业航空

包括为农、林、牧、渔各行业服务的航空活动。其中如森林防火、灭火、撒播农药，都是其他方式无法比拟的。

3) 航空科研和探险活动

包括新技术的验证、新飞机的试飞，以及利用航空器进行的气象天文观测和探险活动。

4) 飞行

指除空军驾驶员外培养各类飞行人员的学校和俱乐部的飞行活动。

5) 航空体育

指用各类航空器开展的体育活动，如跳伞、滑翔机、热气球以及航空模型运动。

6) 公务航空

指大企业和政府高级行政人员使用航空器进行公务活动。跨国公司的出现和企业规模的扩大，使企业自备的公务飞机越来越多，公务航空就成为通用航空中一个独立的部门。

7) 私人航空

指私人拥有航空器进行航空活动。

五、民用航空系统的组成部分

从组织结构看，民用航空由三大部分组成。

1. 政府部门

民用航空业对安全的要求高，涉及国家主权和交往的事务多，要求迅速协调和统一调度，因而几乎各个国家都设立有独立的政府机构来管理民航事务，我国是由中国民用航空局来负责管理民航事务。

2. 民航运输企业

指从事和民航业有关的各类企业，其中最主要的是航空运输企业，即我们常说的



航空公司，它们掌握航空器，从事生产运输，是民航业生产收入的主要来源。其他类型的航空企业，如油料、航材、销售等，都是围绕着运输企业开展活动的。航空公司的业务主要分为两个部分：一部分是航空器的使用（飞行）、维修和管理，另一部分是公司的经营和销售。航空公司必须安全飞行和占有市场才能获得利润。

3. 民航机场

机场是民用航空和整个社会的结合点，也是一个地区的公众服务设施。因此，机场既带有营利的企业性质，同时也带有为地区公众服务的事业性质。世界上大多数机场是地方政府管辖下的半企业性质的机构，主要为航空运输服务的机场称为航空港或空港。

第二节 飞行探索和飞机的发明

飞行，是人类对自身和自然界的一个挑战，也是人类有史以来不断追求的一个夙愿。在古代，人们向往神秘莫测的天际，却上天无路，只能寄托于神话般的幻想，人类征服天空的历史正是从神话传说开始的。

一、飞行神话、传说

古代人类在艰难的生活和生产中，在与大自然的斗争中产生了飞行幻想。空中翱翔的鹰，扑翼飞行的鸟和蝴蝶，甚至天上飘浮的白云，都足以引起人们对飞行的向往，古代种种美丽的神话传说也就此产生。这些飞行神话和传说不仅丰富了古代人类社会的文化，也孕育了后代航空航天技术的萌芽。

在中国古代民间传说中，有许多能在天地间飞来飞去的神仙的故事，如牛郎织女、仙女下凡、嫦娥奔月等。

在古代关于舜帝的传说中，说到舜在受到其继母迫害，将被烧死在谷仓顶上时，他急中生智，抓住两个斗笠从粮仓顶上跳下，逃离了熊熊大火。斗笠兜风，减缓了下降的速度，因此救了舜的性命。这个故事被收入到许多外国文献中，被认为是人类4000年前出现的利用空气阻力的降落伞的雏形。

古代神话小说《封神演义》里有一个神名叫雷震子，他肋下生翅，能在空中自由来去。这个故事反映出人们幻想升空的强烈愿望。

据传在公元9—23年的王莽时期，有一个人用鸟翎编成一对大翅膀，绑在身上，居然滑翔了数百步之远。这是人类最早的实现人力飞行的记载。



图 1.2 舜帝的传说



图1.3 王莽时期的“飞人”

图 1.4 古希腊神话中
伊卡洛斯的飞行

在古希腊和古罗马的神话中，众神都长有翅膀，或拥有飞车和飞鹰作为坐骑，至于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。在希腊，人们还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忠告，执意高飞，想接近太阳，结果强烈的阳光熔化了粘合翅膀的蜡，他掉进了大海。

《圣经》里详尽描写的耶和华乘坐的飞行器，还被以后一些学者看作是外星人的飞船。在中世纪成书的北欧神话集《埃达》里，讲述了有个铁匠造了一套可以穿在身上的飞行翅膀，穿了这种飞行服后可以顶着风升高，顺着风下降，反映了人们对像鸟一样飞行的向往。

在阿拉伯著名的故事集《一千零一夜》中，也有许多飞行的神话，其中有名的“飞毯”是对直升机飞行器的向往；至于“神灯”中的可飞行百里的巨毯，实际上是人们对能在空中跨海越山飞行的渴望。

二、飞机的“始祖”——风筝

风筝是我国在两千多年前的西汉时代的发明。风筝的飞行原理与滑翔飞机和固定翼飞机的飞行原理相同，所不同的是固定翼飞机多了推进系统。英国的航空权威性著



图 1.5 古代的风筝

风筝被传到西方后，它的滑翔原理成为飞机空气动力学的最有价值的飞行原理之一，莱特兄弟就是从研究和试验风筝开始，悟出了飞机飞行的一些基本规则，最终成功地发明了飞机。

作《航空发展史》（*History of Aviation*, London, 1972）也确认风筝起源于中国。风筝是中国劳动人民对人类实现飞行梦想的最杰出的贡献之一，它被传到西方后，许多航空先驱者的发明行动就是从研究和试验风筝开始的。

相传最早的风筝是出自楚汉相争时的韩信之手。当韩信把项羽围困在垓下以后，就做了一个很大的纸鸢，让身材轻巧的张良坐在其上，高唱楚歌，瓦解楚军军心。

在那个时代就能够造出载人的风筝，让人难以置信，但风筝用作传言之用是完全有可能的。在以后的许多记载里，风筝主要的军事用途就是传递书信和宣传品。



图 1.6 这幅中国人放风筝的画刊登在 1840 年的英国的一本书上

现在，在一些国家的博物馆里，还展示有中国的风筝，英国的博物馆还把风筝称之为“中国的第五大发明”。

风筝在性质上是一种重于空气的飞行器。风筝产生升力的原理是：当迎面的风吹到倾斜的动力面上，产生一个向后、向上的空气动力，地面上的牵引克服一部分向后的阻力和一部分向上的升力，余下一部分向上的升力支持风筝的重量，使它上升，而余下的一部分拉力则使风筝向前飞翔。

风筝与人类飞行探索有着密切的关系。中国的风筝具有良好的空气动力性能，它向人们证明，除了像飞鸟、昆虫那种扑翼的方式以外，采用合理的拉力和升力分开的固定翼面，也可以实现飞行。19世纪中期以后，人们逐渐将注意力集中到固定翼飞行器的研究上。1804年，英国的凯利曾用风筝作为机翼制成一架滑翔机，用绳牵引起飞。俄国的莫扎伊斯基和飞机发明人美国的莱特兄弟，也都曾用放风筝的方法来研究他们的飞机。

中国的筒形风筝发展为盒形风筝，成为双翼飞机的雏形。英籍美国人科迪模仿风筝的形状，制成英国第一架双翼飞机。沙雁风筝的翅膀已经采用了弧形剖面、椭圆形翼尖，从空气动力学的观点看这些都是性能较好的机翼所具有的特征。因此，我们也可以这么讲：风筝是飞机的“始祖”。

三、热气球的鼻祖——“孔明灯”

“孔明灯”的升空原理与800年以后出现的热气球几乎完全一样，许多外国文献认为中国是最早知道利用热空气获得升力原理的国家。



图 1.7 莘七娘的松脂灯

中国古代的“孔明灯”，被公认为是热气球的鼻祖。据说在五代时（公元907—960年），有一个叫莘七娘的女子随夫出征，用竹和纸做成一方形灯笼，底盘用松脂油点燃后，随着灯笼内空气变热，灯笼就可扶摇直上，用作联络信号。这种灯当时被称作“松脂灯”，在四川则

被称为“孔明灯”，这是为了纪念诸葛亮的功绩。

18世纪初，中国的“孔明灯”逐渐流传到了西方。1782年，在法国巴黎的一次博览会上，有一些艺人表演了一种很像中国“孔明灯”的日本灯，将灯笼底部的蜡烛点燃后，灯笼就慢慢地升到了空中。

当时在观灯的人群中有一对法国的蒙哥尔菲兄弟，这次日本灯的表演使他们兴奋异常。从巴黎回到昂诺内家中后，兄弟俩先将一个大纸袋的口朝下罩在炉子上加热。很快，纸袋升到了屋顶上。接着他们又用布做了一个口袋，同样将空气加热后，布口袋竟然上升了约20米。

1783年，蒙哥尔菲兄弟制造的热气球实现了人类几千年来真正升空的梦想。



图 1.8 蒙哥尔菲的热气球

四、航空先知——达·芬奇

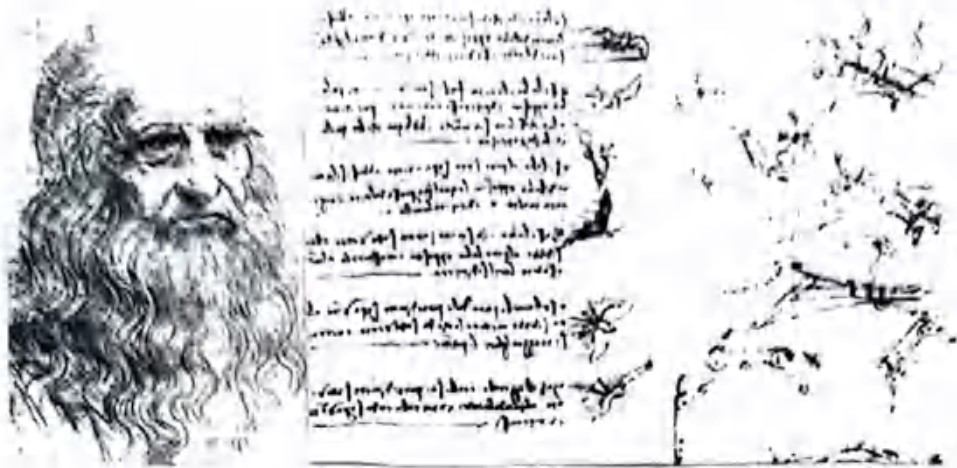


图 1.9 达·芬奇和他的手稿

在航空史的记载中，第一个以科学的态度研究鸟类飞行，并设计出人力扑翼机草图的，是达·芬奇（1452—1519）。他观察了鸟类的飞行，发现气流越快，升力越大。根据这些发现，他在 1505 年写成了《论鸟的飞行》一文，并绘制了扑翼飞行机的草图。他设想通过人力向后下方扑动双翼来实现飞行。

他的人力扑翼机没有飞起来，后来的研究证明，也不可能飞起来。

与前人不同，达·芬奇是先通过对鸟飞行的观察、解剖和试验，对鸟的飞行原理有了深刻的认识后，才提出人类有能力仿制一种机器来模仿鸟的全部运动。

达·芬奇对飞行问题研究的另一重大贡献是，他认为在研究鸟的飞行的同时，还必须研究鸟飞行的环境，即流动的空气对鸟飞行的影响，而空气的运动特性还可以通过水的流动来模拟研究。实际上，现代空气动力学的许多原理就是通过“风洞”和“水洞”得到的。

达·芬奇的航空学研究可以分成三大部分。前面所讲的是关于飞行的理论和原理，第二大部分是关于飞行的稳定和控制，第三大部分是飞行器设计。他设计过扑翼机、降落伞和直升机，但投入精力最多的是扑翼机。达·芬奇大约在 1485 年设计了第一架扑翼机，1487 年画出了设计草图。

在达·芬奇的研究手稿中，还画有降落伞的草图，其外形呈四棱锥

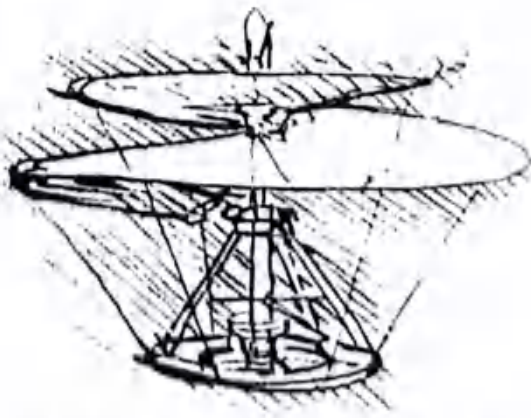


图 1.10 达·芬奇的直升机草图

形，像一座小金字塔。许多航空史家还把达·芬奇看做直升机的发明者，并认为这是他对航空学的真正贡献。在一张草图上，他画出了一个直升机设计图，它的主要部件是一个螺旋面，其几何图形相当于桨叶旋转与前进合成运动画出的曲面，两端面间的夹角约 540° 。中间一个直轴，上面缠绕弹簧来驱动螺旋面旋转。谈到这个设计时他指出：“我觉得，如果这个带螺旋的装置能很好地制造，那么螺旋就会高速旋转，并在空中画出螺旋线来，然后升入空中。”这段论述表明，达·芬奇在历史上第一次阐述了直升机原理。

1519年，达·芬奇在去世前，把自己的全部手稿赠给了他最得意的门生。此后，这些手稿一直被束之高阁，他的研究成果没能对飞机的发明起到应有的作用。直到20世纪20年代，人们才发现他还是一位航空科学的开创者，早在500年前他就对航空科学做了大量的极有价值的研究。

五、航空先导——从气球到飞艇

18世纪后期，西方的研究者在研究扑翼飞行失败后，转而研制轻于空气的飞行器——气球。气球是轻于空气的飞行器，比重于空气的飞行器——飞机早一百多年问世，在飞机之前成为人类征服天空的先导。

中国早在五代时期就使用过原始的热气球——“孔明灯”，历史上还出现过各种轻于空气飞行器的其他设想和尝试，但首次制造成功轻于空气的航空器气球的是法国人蒙哥尔菲兄弟。

1. 热气球飞行成功

法国人蒙哥尔菲兄弟——哥哥约瑟夫·米歇尔·蒙哥尔菲和弟弟雅克·艾蒂尔·蒙哥尔菲的功绩在于研制出世界上第一个热空气气球。兄弟二人用麻布和纸制成一个直径达10米的热空气气球，以燃烧湿稻草和碎羊毛产生的热空气充满气球，经过实验和多次改进，于1783年6月4日在昂诺内省首次升空，轰动全国。1783年9月19日，蒙哥尔菲兄弟奉命为国王路易十六表演，他们在气球下吊了一个笼子，里面放了绵羊、公鸡和鸭子，升到450米高，在8分钟里飞出3200米远并降落在小树林中，这是人类飞行前用动物所做的搭乘实验飞行！这只热气球被公认为世界上第一个热空气气球。

1783年11月21日，法国人罗齐埃和达尔朗德乘坐蒙哥尔菲制造的热气球，在巴黎上空飘行了25分钟，最后平安降落在距起飞地约9千米远处，这是人类航空器进行



图 1.11 蒙哥尔菲兄弟的热气球

的第一次空中航行。

1908年，清政府军队虽然还在使用着长枪短矛，但在维新派的推动下，新军成立了三支气球队，这也就是中国最原始的空军。

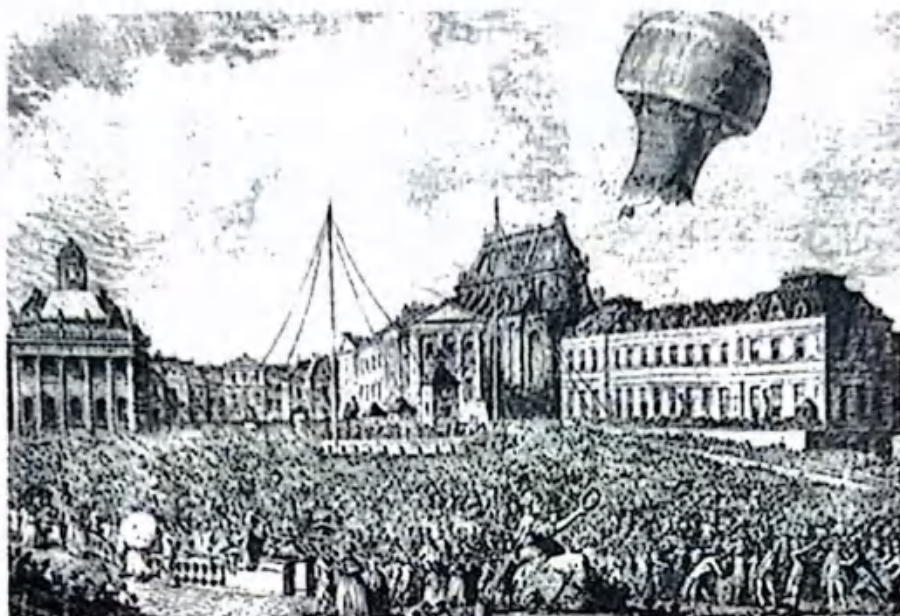


图 1.12 1783年9月19日，蒙哥尔菲兄弟为国王路易十六首次举行动物飞行表演



图 1.13 清军气球队在“太湖秋操”演习现场

2. 氢气球及其应用

蒙哥尔菲气球的出现引起了法国科学院的注意，法国科学家查里认识到，对于提供升力来说，氢气比热空气更为有效。于是他用涂以橡胶的绸布制成了一个氢气球，史称查里气球。1783年12月1日，查里和罗伯特乘氢气球在空中飘行了50千米，留空时间超过2小时，实现了首次氢气球载人飞行。

3. 飞艇的发明

气球只能在空中随风飘荡而不能控制前进的方向，于是带有动力并可以操纵的气球——飞艇应运而生。飞艇是重于空气航空器发展的必然结果。

1852年，法国人吉法尔终于制成了第一艘部分可操纵的飞艇。该飞艇呈雪茄烟形，长44米，最大直径12米，用一台2.2千瓦的蒸汽机做动力装置，驱动一副3叶螺旋桨，并设有方向舵，人员和发动机均装在吊舱内。1852年9月24日，吉法尔驾驶这艘飞艇由巴黎飞到特拉普，航程为28千米。这是人类历史上飞艇第一次成功载人飞行。

早期的飞艇都是软式或半硬式结构。19世纪末铝问世后，开始用铝做骨架，用薄铝板做气囊的外壳，制成了硬式飞艇。1900年，德国齐伯林的硬式飞艇完善了操纵系统，才使飞艇成为第一种空中交通工具。

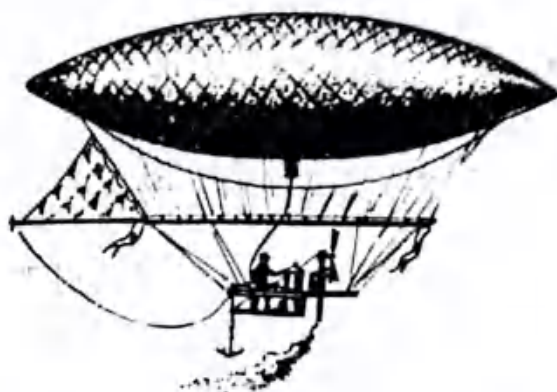


图 1.14 吉法尔的第一艘飞艇

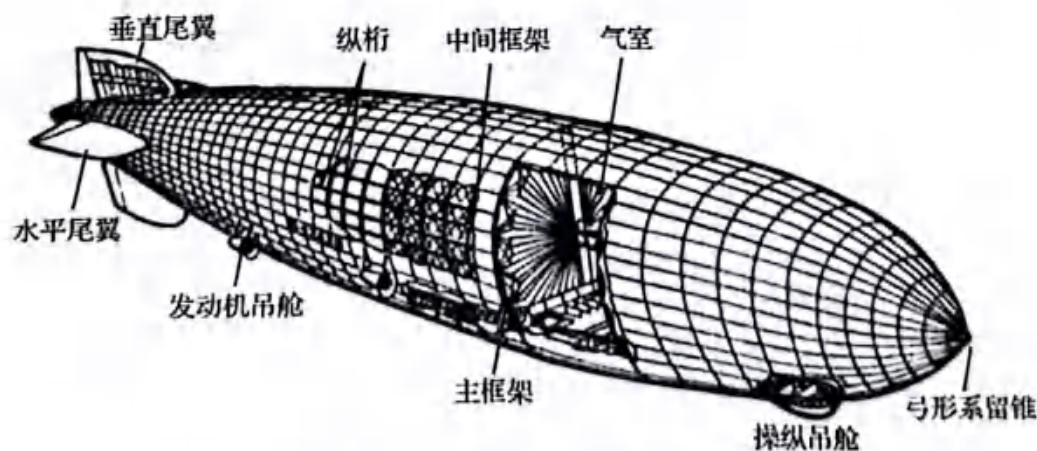


图 1.15 硬式飞艇构造图

19 世纪末至 20 世纪初，是飞艇发展的全盛时期，德国的齐伯林伯爵在这方面获得的成就最大。1894 年，他完成了硬式结构飞艇的设计，于 1900 年制成 LZ-1 号飞艇，



图 1.16 “兴登堡”号飞艇爆炸现场

长 128 米，气囊容积为 11300 立方米。1909 年，齐伯林创设了德国航空运输有限公司，以飞艇作为运输工具。1910 年 6 月 22 日，开始用 LZ-7 号齐伯林飞艇在法兰克福、巴登和杜塞尔多夫之间做载客定期飞行。

第一次世界大战后，齐伯林公司又先后制造了两艘巨型飞艇，“齐伯林伯爵”号和“兴登堡”号，在欧洲到南美和美国的商业航线上飞行。1937 年 5 月 6 日，“兴登堡”号从德国飞往美国时，在美国新泽西州赫斯特湖上空，飞艇尾

部突然起火，迅速蔓延全艇，36 名乘客遇难，飞艇的商业飞行从此结束了。

20 世纪 70 年代以后，有的国家又开始利用现代科学技术研制新型的充氦飞艇，用于林区集运木材、油田巡逻和吊运大型设备等，但起色不大。

六、航空先驱——从滑翔机到飞机

1. 航空先驱

就在飞机发明前夜，许多航空精英曾为研制人类第一架飞机进行过终生努力，甚至献出了自己的生命。

英国科学家凯利在 1849 年用滑翔机载着一名男孩从山坡上向下滑翔成功。四年后，又载着他战战兢兢的马车夫滑翔飘飞过一个峡谷。

1842 年，英国人亨森设计的“空中蒸汽汽车”飞机申请到“重于空气的飞行器”的专利。

1882 年夏，俄国军官莫扎伊斯基的“飞机”交由士兵驾驶，在彼得堡市进行了有名的飞行尝试，但只属于“幼稚的跳跃飞行”。



图 1.17 凯利在 1853 年就用这样的滑翔机命令他的马车夫飘过峡谷

1884年，莫扎伊斯基设计制造了一架单翼机，并做过试飞。早年的莫扎伊斯基曾对鸟类和船用螺旋桨进行过仔细研究，萌发了发明载人飞行器的念头，他曾用3匹马拉着马车飞跑，车上的人高举两只大风筝，以此做飞行尝试。他设计的单翼机具有机身、尾翼、四轮起落架，2台英国制造的蒸汽发动机和5副螺旋桨，发动机的功率为7.35千瓦，飞机的翼展为22.8米，翼弦为14.20米，机长23米，总重934千克，载一名驾驶员的同时还可以载几名乘客。莫扎伊斯基的单翼机获得专利权，并在彼得堡附近的红村做过试飞，但只能跃飞20~30米的距离。

1890年，法国电气工程师克里门特·阿代尔设计制造了一架蝙蝠式飞机，取名为“风神”，于当年10月9日在阿美韦里斯从平地起飞，高度约20厘米，飞越距离约50米，然后摔下。1897年，阿代尔又设计制造了“飞机”号飞机，与“风神”号外形相似，装有2台蒸汽机，每台20马力，带动2副螺旋桨，其翼展为16米，总重达400千克。“飞机”号也做了几次短暂的跳跃飞行，未能持续飞行，其原因可能是：阿代尔的飞机未能解决操纵稳定问题；发动机的重量太大；从仿生角度出发，采用蝙蝠翼扑动的方式，所以未能成功。1897年，他的3号机在巴黎数次“跃离地面”飘飞，后因军方撤销资助而作罢。

就在莱特发明飞机前夕，1903年的10月7日和12月8日，美国人兰利的“空中旅行者”号飞机两次在波托马克河一条游船的顶棚上做过不载人弹射试飞，可惜均因与发射架相磕碰而坠河。据后人分析，如再坚持一下，兰利很可能成为飞机第一发明人！

在莱特兄弟1903年历史性飞行之前的10年中，一个生于法国的美国土木工程师查纽特研制并试飞了当时世界上最先进的飞行器，他的双翼滑翔机是

当时世界上所有飞行器中的工程杰作，是20世纪现代飞机的基础。他的助手赫林等人成为有经验的滑翔机驾驶员，突破了当时所有重于空气飞行器的飞行纪录。

德国工程师、滑翔飞行家奥托·李林达尔（O. Lilienthal）是世界上成功地把载人滑翔机飞上天的第一人。



图 1.18 兰利的“空中旅行者”号飞机



图 1.19 李林达尔的滑翔机

李林达尔自幼酷爱飞行，少年时代的李林达尔曾进行过扑翼飞行试验，长期观察研究鸟的飞行规律，并用自制的仪器验证观察的结果。他认识到扑翼飞行的不现实性，转向固定翼滑翔机的研究和试验，并与其弟古斯塔夫合作，于 1891 年制成一架弓形翼面的滑翔机，成功进行了滑翔飞行，飞行距离超过 30 米。李林达尔经过反复试验，证实了当时许多人使用的平板翼面完全不适合飞行，只能像鸟儿那样的拱形翼面才适用于飞行，而且能大大节约动力。这个发现是当时航空技术的重大突破。此后几年间他共制造了 18 种滑翔机，并亲自飞行了 2500 多次，其中最远可达 300 米，还完成了 180° 的转弯飞行，被人们称为“蝙蝠侠”。

1896 年 8 月 9 日清晨，李林达尔在滑翔飞行中失事牺牲，年仅 48 岁。

李林达尔的牺牲震动了当时还属幼年的航空界，但滑翔机制造和飞行运动的热潮却因此在全世界扩散开来，英国、美国……到处都有人在制造和飞行滑翔机。尽管李林达尔的滑翔机结构十分简陋，必须通过自身身体的移动来操纵飞机的运动，但它却是世界上第一种可操纵的飞行器，从而为 7 年以后有动力飞机的成功打下了坚实基础。

2. 飞机的发明

飞机发明人是美国的莱特（Wright）兄弟，哥哥威尔伯·莱特，弟弟奥维尔·莱特。兄弟俩在家乡俄亥俄州代顿仅读完中学课程，就开始从事自行车修理制造业。兄弟二人自幼对飞行怀有浓厚的兴趣，曾潜心观察和研究鸟的飞行，制作风筝和竹蜻蜓，阅读有关飞行试验的新闻和报道。莱特兄弟刻苦钻研李林达尔的著作和当时能找到的其他有关飞行试验的书籍，综合前人一百多年的探索工作，并依据自己的研究成果，研制出“飞行者”号飞机首先试飞成功，开创了人类航空新时代。

1903 年 12 月 17 日，这是一个载入史册的日子。在美国北卡罗来纳州的一块空地上，莱特兄弟正在准备对他们制造的“飞行者 1 号”进行第一次试飞。

上午 11 时左右，发动机经过暖机后，弟弟奥维尔·莱特在飞机上俯伏就位。发动机启动后，飞机开始向前滑动，由于不时有大风迎面吹来，哥哥威尔伯·莱特用一只手扶着飞机的翼尖跟着向前跑，不让飞机有太大的晃动。滑行速度越来越快了，威尔伯·莱特不得不放开了手，“飞行者 1 号”终于晃晃悠悠地升到了空中。



图 1.20 莱特兄弟

这次飞行留空只有短短的不到 1 分钟的时间，飞行距离只有微不足道的 36.6 米，但它却是人类历史上有动力、载人、持续、稳定和可操纵的重于空气飞行器首次成功升空并飞行，具有十分伟大的历史意义，标志着人类征服天空的梦想开始变为现实，从而被世界航空界公认为世界航空世纪的新纪元。

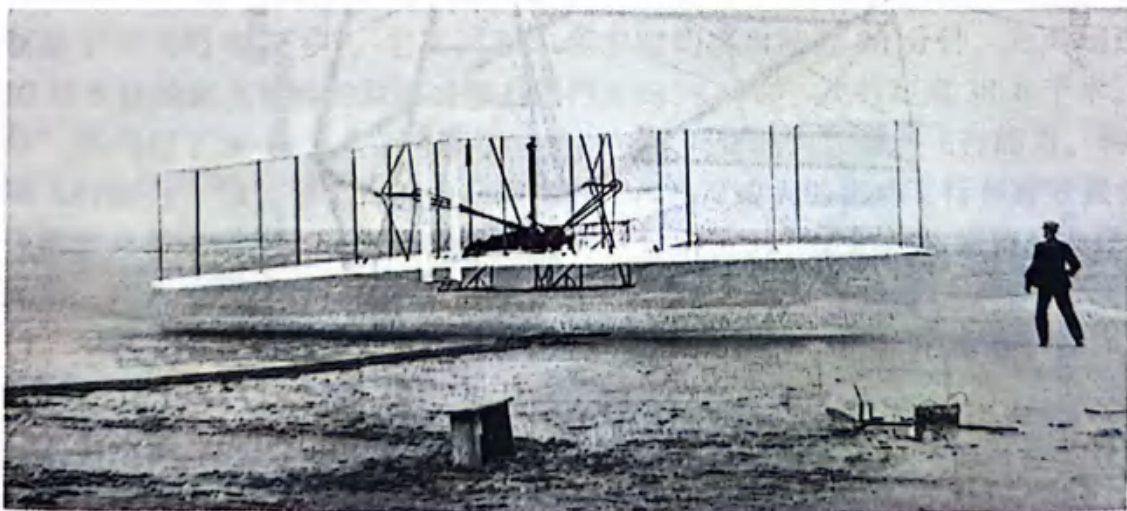


图 1.21 “飞行者 1 号”的飞行

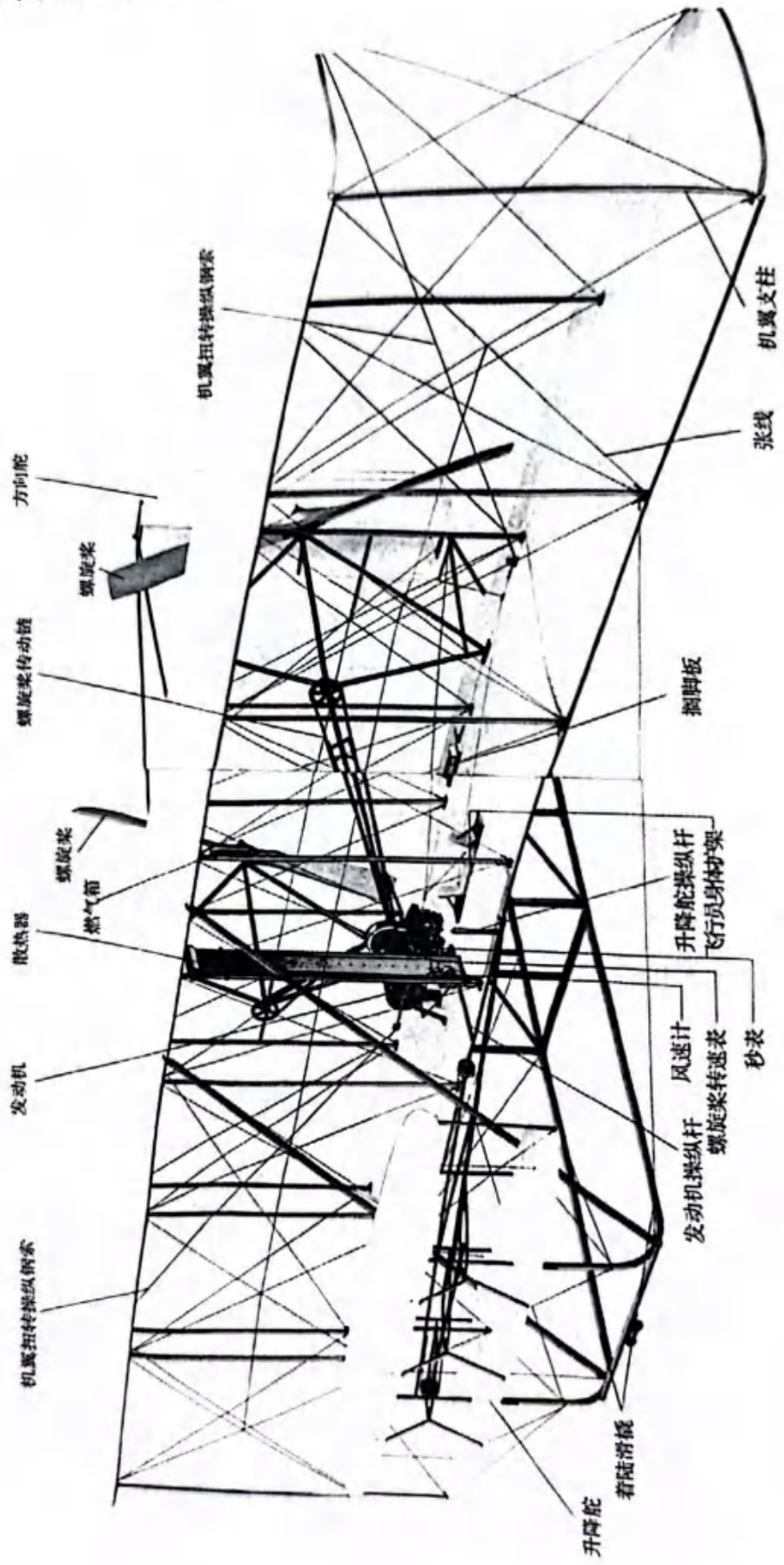


图1.22 “飞行者1号”结构图

“飞行者1号”采用了一副前翼和一副主机翼，并且都是双翼结构，用蒙皮木支柱和张线联结而成。一台汽油活塞发动机被固定在主机翼下面的一个翼面之上，机翼后面安装着左右各一副双叶螺旋桨，机尾是一个双翼结构的方向舵，用来操纵飞机的方向，而飞机上下运动则由前翼来操纵。飞机没有起落架和机轮，只有滑橇。起飞时飞机装在滑轨上，用带轮子的小车拉动和辅助弹射起飞。驾驶员俯伏在主机翼的下机翼中间拉动操纵绳索的手柄操纵飞机。飞机翼展达12.3米，翼面积47.4平方米，机长6.43米，连同驾驶员在内总重约360千克。发动机由莱特自行车公司技师查理·泰勒设计制造，它能够发出9千瓦的功率。



图 1.23 莱特俯卧在机翼上完成了历史性创举

1904年1—5月，莱特兄弟制造了“飞行者2号”飞机，性能有了很大提高。1905年又制造了“飞行者3号”。它在试验中留空时间多次超过20分钟，距离超过30千米，10月5日的试飞取得的最好成绩是飞行时间38分钟，飞行距离38.6千米。“飞行者3号”共飞行了50次，全面考察了飞机的重复起降能力、倾斜飞行能力、转弯和完全圆周飞行能力、“8”字飞行能力。能进行这些难度较大的机动飞行和有效操纵表明，这架飞机已具备实用性，因此被看做是第一架实用飞机。威尔伯·莱特和奥维尔·莱特两兄弟，在人类航空史上有三大贡献：

(1) 首次在有动力的飞机上，完成持续和可操纵的飞行，并降落于起飞的地面（1903年12月17日）。

(2) 首次制造成功实用的动力飞机，用它可以完成起飞、直线飞行、转弯和“8”字盘旋等飞行动作，并能安全地着陆（1905年秋）。

(3) 首次制造和试飞了可以载乘客的实用飞机（1908年）。

3. 中国近代航空先驱——冯如

中国是世界文明古国，中国古代的飞行技艺被认为是现代飞行的启蒙，对航空器的产生起到了重要作用。1840年鸦片战争后，西方航空知识传入中国，清朝政府也派留学生出国学习航空、购买气球和飞机，旅居海外的中国人也有人设计和制造飞艇和飞机，一时出现了不少为祖国航空事业奋斗的先行者。



图 1.24 冯如

冯如（1883—1912）是中国最早的飞机设计师和飞行家，1883年12月15日出生于广东省恩平县，幼时赴美，在旧金山和纽约做工，刻苦钻研工艺技术。美国莱特兄弟1903年发明试飞成功第一架飞机，1904年日俄两国为争夺在中国的利益而在中国领土上打仗，这两件事对冯如影响触动很大，他立志研究制造飞机，用以加强中国国力，振兴中华。1907年秋，冯如得到当地华侨的资助，在旧金山奥克兰设厂研制飞机，1909年正式成立广东飞行器公司，冯如任总工程师。公司于当年便投入制造飞机，并于9月21日在奥克兰的派德蒙特试飞成功。

1910年10月至12月，冯如在奥克兰进行飞行表演大获成功，并得到孙中山先生和旅美华侨的赞许，同时获得美国国际航空学会颁发的甲等飞行员证书。1911年2月，冯如谢绝美国多方的聘任，带着助手及两架飞机回到中国。辛亥革命后，冯如被广东革命军政府委任为飞行队长。1912年8月25日，冯如在广州燕塘飞行表演中失事牺牲，遗体安葬在黄花岗，被追授为陆军少将，并立碑纪念，被尊为“中国始创飞行大家”。

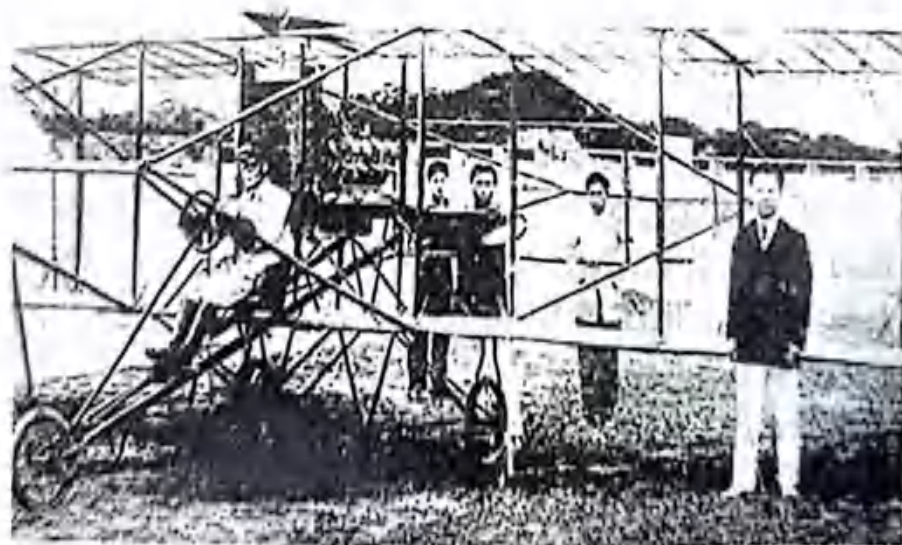


图 1.25 冯如和他制造的飞机

七、航空的发展——从活塞飞机到喷气飞机的出现

1. 军事航空的兴起

飞机出现后很快被用于战争，20 世纪的两 次世界大战使飞机得到了迅速的发展。战争的需要反过来促进航空工业的发展，飞机的研究、设计、制造和使用都有了明确的分工，并且形成了独立的产业部门和独立的军种——空军。

在 1911 年的意土战争中，意大利首先利用飞机进行侦察，这是飞机用于战争之始。随后各交战国也都使用了飞机。20 世纪的第一次世界大战使空军成长为一支重要的军事力量。

在第二次世界大战中，空军更显示出举足轻重的作用。从第一次世界大战到第二次世界大战，航空工业已形成独立的产业部门，并且建立航空研究机构，使飞机的外形、结构和机载设备更加完善。

第一次世界大战初期，各战备国约有飞机 1500 架，而到战争末期，各国在 前线作战的军用机达到



图 1.26 第一次世界大战中比利时飞机空中巡逻

8000 多架。四年中，交战双方用于作战的飞机有十几万架之多。欧洲航空先驱法国在协约国中占领导地位，第一次世界大战中法国生产的飞机总数达到 51000 架。英国在战争期间生产了 55000 架各种型号的飞机，达到了每月生产飞机 3500 架的最高生产水平。德国是法、英两大强国的主要对手，在战争期间生产的各型飞机总数为 48537 架。意大利和奥地利也是直接对抗国，到战争结束时意大利也生产了 11986 架飞机。“战争是军用机的催生婆”的说法一点也不过分。

2. 从活塞飞机到喷气飞机

1) 喷气式飞机的诞生和发展

战争促进飞机性能迅速提高，飞机的速度从 16 千米/小时提高到 755 千米/小时，达到了活塞式飞机当时的速度极限。在活塞式发动机的发展受到限制后，产生了一种新的动力装置——喷气发动机。它具有重量轻、推力大的优点，装在飞机上可以大大提高飞行速度。1939 年 8 月 27 日，德国人首先试飞成功装有喷气发动机的 He-178 型飞机，随后苏联、美国也相继制造出米格-15 和 eF-80、F-86 等型号的第一批喷气式飞

机，并投入朝鲜战争。



图 1.27 1939 年 8 月 27 日，德国人首先试飞成功装有喷气发动机的 He-178 型飞机

2) 突破声障

声速指在海平面上气温为 0°C 时，声音在空气中的传播速度约为 340 米/秒。当飞机时速接近声速时，由于产生激波，飞机的性能急剧变化，操纵困难，这称为声障。

突破声障，成为航空界的难题。



图 1.28 美国的“X-1”火箭动力研究机和飞行员

喷气式飞机出现以后，速度很快增加到 900 千米/小时以上，当飞行速度进一步增加到接近声速时，声障形成，飞机突然出现异常，阻力剧增，升力下降，飞机失控，而且翼面出现剧烈抖振，甚至导致机毁人亡。

为实现超声速飞行，首先必须突破声障，为此各国都致力于高速气动理论的研究，并对飞机的外形做了很大的改进，如采用大后掠角翼、尖薄翼型、尖头、细长流线机身如蜂腰机身等减阻措施，取得了显著成效。1947 年，美国的火箭动力研究机“X-1”首先突破声障。1953 年，美国第一架实用型超声速战斗机 F-100 型问世，随后苏联也出现米格-19 型超声速战斗机。从此，航空技术跨入超声速领域，实现了超声速飞行。

3) 克服热障

喷气式飞机突破声障实现超声速飞行后，随着速度进一步提高，高速气流的摩擦会使飞机表面温度升高，当飞行速度超过音速的 2.5 倍时，飞机表面的温度可以升到 300°C ，超过了铝合金材料的极限工作温度，飞机结构的强度和刚度急剧下降，气动外形破坏，危及飞行安全。这种因气动加热而引起的危险障碍，称为“热障”。克服热障的办法是采用耐高温的材料，如不锈钢、钛合金等，美国的 SR-71 型飞机，93% 的机体表面都采用钛合金，顺利越过了热障，飞行速度超过了声速 3.3 倍。

第三节 民用航空的历史和发展

一、民用航空的萌芽

1903年12月17日美国的莱特兄弟发明飞机后，不到10年的时间内，试图使飞机应用于航空运输的努力就已经开始了。

首次飞机货运飞行是在1910年11月7日，美国飞行员菲利普·帕马利受莫尔豪斯貂皮公司的委托，驾驶莱特B型双翼机，将一批丝织品从代顿运往哥伦布。这可以算作第一次飞机货运。



图 1.29 1910年11月美国飞行员
驾驶莱特飞机第一次货运飞行



图 1.30 1911年2月首次飞机邮政飞行

首次飞机邮政飞行是在1911年2月22日（一说20日），英国皇家海军中校温德哈姆请法国飞行员亨利·佩凯驾机，把一批信件从印度的阿拉哈巴德市带往奈尼·章克申。每封信附加航空邮费约合2.5便士。

首次飞机航班飞行是在1914年1月1日，美国著名长途飞行员托尼·贾纳斯驾驶“伯努瓦”号水上飞机，载一名乘客，开始从圣彼得斯堡到坦帕的第一次航班飞行。航线全长31千米，航行时间约20分钟。在第一次世界大战前，这些用简陋的飞机进行的航空客运尝试，多少都带有异想天开或是在炫耀飞行员“绝活儿”的意味。在第一次世界大战后，随着航空技术的成熟，民用航空才迅速发展起来。

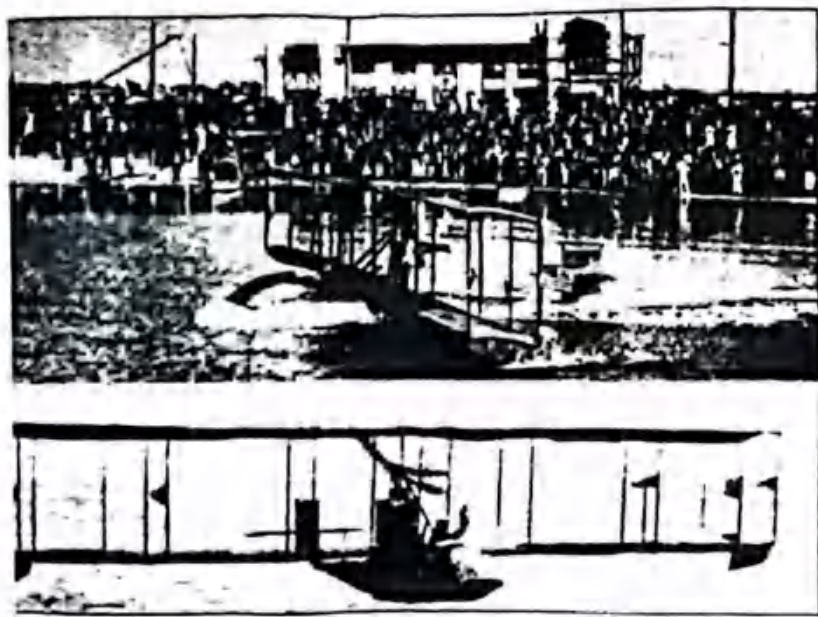


图 1.31 1914 年 1 月 1 日，美国飞行员托尼·贾纳斯驾驶“伯努瓦”水上飞机，载一名乘客，开始了第一次航班飞行

二、民航飞机的出现

1914 年，第一次世界大战爆发之前，在英国出版的一本名为《飞行》（*Aeroplane*）的书上，作者写道：“飞机将首先使欧洲，而后使全球联结在一起；国与国之间将成为紧密无间的近邻。最终将证明对天空的征服是人类最伟大和最值得骄傲的业绩——穿梭于世界范围的空中航路，将会像跨越国界的铁路一样方便。”这一段精辟预言，经过四年多的第一次世界大战之后，开始变为现实。

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。例如，1910 年至 1911 年，英国、法国和意大利进行了航空邮递运输的试验。1910 年 6 月，德国首次用硬式飞艇开辟客运航空线。1914 年 1 月 1 日，美国飞行员托尼·贾纳斯驾驶“伯努瓦”号水上飞机，载一名乘客，做第一次航班飞行。1914 年第一次世界大战爆发，大部分民用航空飞行都被迫停了下来。各国的航空技术力量都集中起来为战争服务。但是反过来，战争又使得大量的人力和物力集中到航空领域，短短的四年间，航空技术有了突飞猛进的发展。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、飞行速度有了很大提高。飞机生产能力也大大增长，由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，欧洲和美国的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近基本建成。战后的1919年，各工业发达国家都开始走上了建立民航产业的历程。20世纪20年代初，欧洲各国创办的航空公司犹如雨后春笋般出现。英国建立了4条航线，而法国，同类公司有5家之多。1921年，苏联已开始了不定期航班飞行。

1914—1918年的第一次世界大战，极大地推动了航空技术的发展，这一阶段飞机几乎没有用于非军事用途。战争结束后，欧洲各强国政府极力支持民用航空的发展，在1919年的巴黎和会上，法国政府就建议草拟一个航空公约作为巴黎和约的一部分，后来有38个国家签署了这一条约，被称为《巴黎公约》，这是世界上第一部国家间的航空法。1919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。随后欧洲的几个航空公司组建了国际航空运输协会（International Air Transport Association, IATA），这个协会的目的是促进国际航空的发展和使乘客感到方便。不久就在欧洲建立起联系各国的航空网，1919年是民用航空正式开始的一年。



图 1.32 法国的“哥利亚”轰炸机改装成的载客客机

从1919年到1939年这二十年间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、拉美各洲，迅速扩展到全球各地，我国也在1921年开始建立了第一条航线。

民航开始使用的飞机大多是由军用飞机改装而成的。如英国的D. H. 4型轰炸机，将射击员座舱封闭后，再加上两把相对而坐的椅子，就变成了伦敦至巴黎航线上的民航客机。法国的“哥利亚”（Goliath）双翼、重型轰炸机，也被改装成为载客12~20人的客机，并投入到巴黎至伦敦和布鲁塞尔的航线。

第一次世界大战结束时，德国是唯一拥有专门设计的民航飞机的国家。他们生产

的容克斯 (Junkers) F13 (官方命名为 D.1) 型飞机是世界上第一种全金属结构的民航飞机, 装有 1 台 185 马力 (138 千瓦) 的 BMW 型发动机, 可以乘载 4 名乘客, 飞行速度 140 千米/小时。到 1923 年, 该机共生产 322 架。



图 1.33 容克斯 F13 型飞机是世界上第一种全金属结构的民航飞机

1930 年, 波音公司已经开始研制全金属客机, 这就是航空史上著名的波音 247 型客机。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型外观, 起落架可以收放, 采用下单翼结构。机上装有两台功率为 410 千瓦的发动机, 巡航速度 248 千米/小时, 航程 766 千米, 载客 10 人, 并可装载 181 千克的邮件。机上座位舒



图 1.34 波音 247 型客机

适, 设有洗手间, 还有一名空中小姐。波音 247 于 1933 年首次试飞成功。由于机上乘坐条件大大改善, 且速度较一般客机提高了几十千米/小时, 所以很受航空公司欢迎, 共售出 70 架, 仅联合航空公司一家就订购了 60 架。这笔当时世界上最大的客机交易, 使波音公司

的生产线在一年内都处于饱和状, 无暇应付其他公司订货, 因而引出了一个强大的竞争对手——DC 系列飞机。

从 1933 年 7 月 1 日开始, DC-1 进行了为期 6 个月的试飞, 各项指标均达到了要求, 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。这足以证明 DC-1 是一架好飞机。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 型飞机, 拒绝了环球公司的订货要求。在这种情况下, 环球公司买下了试飞的 DC-1, 并订货 20 架, 但要求将座位数

增加到14个。这个改进的飞机就是DC-2。它的机身比DC-1略长，发动机功率增加到每台567千瓦，航程仍为1600千米，巡航速度略低于DC-1，为300千米/小时。

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。1935年底，道格拉斯公司把DC-2加长加宽，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895千瓦的发动机，巡航速度达到331千米/小时，航程为3400千米。载容量根据不同飞行距离和舒适程度可按21到28人布置，最多时可达32人。由于载容量较DC-2增加了50%，从而大大降低了按每座公里计算的运行成本，一举改变了航空公司经营客运亏损的局面，使民用航空客运业务可以不需补贴就能独立发展。这是民用航空确立自己在商业上的地位的关键一步，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。”



图 1.35 DC-3 是第一架使客运也能赚钱的飞机

1938年后，DC-3成为美国航空公司干线运输的主力机种。道格拉斯公司飞机占领了美国客机市场的80%以上。客运成本的降低，刺激了美国航空客运的发展。航空客运量自1937年后直线上升：1939年达到300万人次，1940年达到400万人次。可以毫不夸张地说，DC-3的问世是民用航空史上的一个重要的里程碑。DC-3自1935年问世以来，共生产了13000余架，是历史上产量最高的民航机种，在民航史上的地位也是空前的。它不但使民航终于在世界范围内确立了地位和声誉，还通过建立立体化交通运输体系使世界面貌发生了根本性变化。

三、第二次世界大战后民航运输进入喷气机时代

第二次世界大战的结束，带来民用航空运输的兴旺发达。1946年，全球空运旅客达1800万人次，其中2/3是美国国内航空公司运送的。第二次世界大战时期遍布世界各地的大型机场为战后民航的迅速发展创造了条件，特别是喷气发动机的出现和应用，为民航客机喷气化奠定了基础。

喷气飞机早在1939年便诞生了。第二次世界大战末期和战后不久，英、美、苏等国就将喷气战斗机和喷气轰炸机推向了实用化。那么，喷气发动机能否用于民航客机呢？喷气发动机的故乡英国给出了答案。英国德·哈维兰公司研制的“彗星”号喷气

客机表明，喷气发动机不仅可以用于客机，而且还能带来革命性的变化：飞行速度更快、飞行高度更高、乘坐更加舒适；航程更远、载容量更大。喷气式民航机投入使用是民航技术的一次飞跃，不仅使民航飞机的速度提高了一倍，而且使飞行高度提高到11千米左右的平流层，增加了安全性和舒适性。



图 1.36 第一架喷气式民航客机“彗星”号

1949年7月27日，英国就试飞成功第一架喷气式民航客机“彗星”（Comet）号。不过，在1953年5月2日至1954年4月8日之间，投入使用的“彗星”飞机接连发生事故。一架在印度加尔各答起飞后坠毁，另两架在地中海上空飞行时神秘地失踪。后来的调查发现：喷气式客机的密封机舱在飞行高度变化时，不断受到增压和减压而产生金属材料疲劳效应，最终导致空中解体。

几次重大事故虽然没有葬送喷气式客机，但却彻底毁掉了德·哈维兰公司。到20世纪50年代末，公司因缺少订货而难以为继，于是不得不宣布“投降”。1959年12月17日，德·哈维兰公司与霍克·希德利公司达成了合并协议。从此，德·哈维兰公司的名字在英国消失了。

苏联制造成功的第一架喷气式客机是著名的图波列夫设计局研制的图104客机。它是在中程轰炸机图16的基础上改进而成的。1954年开始制造，1955年6月17日第一次试飞成功，1956年9月投入航线使用，成为20世纪50年代末60年代初苏联民航的主力干线客机。图104装有两台涡轮喷气发动机，可以搭载旅客50人。与“彗星”号相比，图104有许多不足，如耗油率高、机内装修差、起降性能不好等等。

美国波音公司的波音707客机被公认为是商业上最成功的干线喷气式客机，它使喷气式客机真正得到了全世界的承认。这倒并非是波音在技术上比“彗星”号和图104有什么根本的不同，而是由于它在每个技术细节上都做得相当成功，从而形成了综合的优势。1954年7月15日，波音707（编号367-80）原型机试飞成功。它装有4台喷气发动机，航程5800千米，载客105名。

1958年美国的波音707和DC-8进入航线后，喷气航空的新时代开始了。作为喷气航空的代表机种，波音707的速度为每小时900~1000千米，航程可达12000千米，运载乘客158人。这就使得民用航空由一个国家或一个大陆内的少量人使用的运输手段，成为一个全球性的大众化的运输行业。这极大地促进了全球的交通发展，也使航空运输成为国际运输的主要部分和国内运输的重要成分。



图 1.37 波音 707 飞机

喷气飞机进入民航，使得全球民航业发生了变化。首先，对于航空公司来说，由于喷气飞机的出现，远程、大众化和廉价的航空运输成为可能，在巨大的需求和利润驱使下，航空公司积极地开拓市场，参与国际竞争。在发达国家出现了大量航空公司，并最终形成了数十个大型的航空公司。发展中国家也把参与国际航空市场作为国家尊严和地位的象征，全力支持国家航空公司的发展，民航事业一片繁荣。其次，对于机场系统来说，由于喷气飞机的尺寸、重量、噪声带来的问题，旧的机场已不适合使用，于是，改造旧机场，适应喷气机，兴建新机场，满足不断增大的客流、货流，成为一个不间断的过程。时至今日，这个潮流仍在继续。第三，对航空管理系统的各部分来说，从空中交通管制到航路建设、航行情报，都要紧跟喷气时代的速度和容量，因而整个系统都进行着改造和更新。总之，1958年开始的民用飞机喷气时代是民航发展的一个新的阶段，它标志着民航进入了全球大众化运输的新时代。

四、民用航空器的发展

1. 干线客机

现代民用旅客机一般分为干线客机和支线客机两大类。干线客机一般指客座数大于100、满载航程大于3000千米以上的大型客机。按航程划分，现在常把满载航程大于6000~7000千米的称为中远程干线客机，航行于国际航线上的多是这类飞机；把满载航程在5000千米以下的称为中短程干线客机，航行于国内各大城市之间的多是这类飞机。到目前为止，民航干线客机已发展到第五代，其主要情况如表1-1所列。

表 1-1 20 世纪民用喷气式干线客机特点

分代	开始投入使用时间 (年代)	主要技术特点	典型机型
第一代	50	<ul style="list-style-type: none"> · 使用涡轮喷气式发动机 · 使用后掠翼 	波音 707, DC-8, 图 104
第二代	60	<ul style="list-style-type: none"> · 采用低涵道比涡扇发动机 · 降低油耗, 提高经济性 · 发展了不同座位档次 (100~180 座) 系列型号 	波音 727, 波音 737, DC-9, “三叉戟”, 图 154
第三代	70	<ul style="list-style-type: none"> · 采用高涵道比大推力涡扇发动机 · 双过道宽体机身, 载客量扩大到 300~500 人 · 降低油耗和使用成本 	波音 747, DC-10, 空客 300B, 伊尔 86
第四代	80	<ul style="list-style-type: none"> · 采用改进的高涵道比涡扇发动机 · 采用超临界翼型机翼、减小后掠角、增加展弦比和相对厚度等措施提高客机巡航气动效率 · 采用新型铝合金材料减轻结构质量 	波音 757, 波音 767, 空客 310, 空客 320, 图 204, 及第二代客机的改进型, 如波音 737-300、737-400、737-500 等
第五代	90	<ul style="list-style-type: none"> · 采用多种空气动力学措施改善飞行性能 · 采用推力大、油耗少、停车率低、污染少、噪声低的先进高涵道比 (7~9) 涡扇发动机 · 采用宽体机身, 载客多, 客舱宽敞舒适 	波音 777, 空客 330, 空客 340, 伊尔 96

注: 选自宋笔锋主编的《航空航天技术概论》。

以下介绍几种著名的民航干线客机。

1) 波音 707——四发中远程客机

波音 707 最初的原型机称为“367-80”, 是 1954 年试飞的, 在翼下短舱里装 4 台喷气发动机, 每台推力 44.4 千牛, 速度达到 930 千米/小时。波音 707 于 1957 年 12 月 20



图 1.38 波音 707

日首次试飞, 1958 年 10 月 26 日投入航线使用。它是美国第一种实用的喷气式客机, 给美国民用航空带来一次革命性的变化, 把洲际旅行的时间几乎缩短了一半。由于喷气飞机没有了螺旋桨造成的机身震动, 加上能飞得更高, 使旅客在旅行途中的舒适程度大大提高。截至 1991 年停产, 各型波音 707 (包括军用改型) 一共生产了 1010 架, 在美国国内外共有 64 个用户。我国民航也是波音 707 的用户。

2) 波音 737——双涡扇短程客机

波音 737——双涡扇短程客机

波音 737 飞机是波音公司生产的双发中短程运输机, 被称为世界航空史上最成功



图 1.39 波音 737

的民航客机。在获得德国汉莎航空公司 10 架启动订单后，波音 737 飞机于 1964 年 5 月开始研制，1967 年 4 月原型机试飞，12 月取得适航证，1968 年 2 月投入航线运营。它的平均客座数为 120~170，巡航高度 11000 米（新一代波音 737 有更高的巡航高度），商务载重 16 吨，最大速度 0.82~0.84 马赫。

3) 波音 747——四涡扇宽体远程客机

波音 747 型客机是四发宽体远程客机，是世界上目前营运的最大的民航客机之一，载

客最多可达 500 人。1965 年开始研制，1970 年投入航线运营。它拥有 4 台马力强劲的涡轮风扇发动机。中国国际航空公司使用波音 747-200/400 型投入其在各大洲的国际航线上。400 型是 SP/200 型的改进型，1988 年开始投入运营，该机型广泛使用复合材料和铝合金，耗油降低了 12%。波音 747 的巡航高度为 13700 米，最大载油量 134 吨，商载 90 吨，最大速度 0.88 马赫，航程 13000 千



图 1.40 波音 747

米，它被各国国际航空公司广泛运营在跨洋航线上。

4) 波音 757——双涡扇中程客机

波音 757 飞机 1983 年投入使用，载客 178~205 人，全经济舱为 139 座，最大起飞重量 104 吨，航程 2220~4240 千米。

5) 波音 767——双涡扇中程客机

波音 767 飞机 1982 年 9 月加入航线，载客 181~245 人，最大起飞重量 136 吨，最大航程 4000~9000 千米。



图 1.41 波音 757



图 1.42 波音 767

千米), 波音 777-200LR (远程型) 的最大航程为 8865 海里 (16417 千米)。

7) MD-82——双涡扇短程客机

MD-82 是 MD-80 飞机系列中 80 型的改进型, 是现属于波音公司的麦道飞机公司 DC-9 飞机发展来的中短程飞机, 与波音 737、空客 320 属于同一级别。1985 年, 中美合作在上海飞



图 1.44 MD-82

波音 787 梦想飞机。在三级客舱布局下, 波音 787-8 和波音 787-9 梦想飞机可载客 217 至 257 人, 航程分别可达 15700 千米 (8500 海里) 和 15400 千米 (8300 海里)。波音 787 系列飞机的另一成员——波音 787-3, 在两级客舱布局下, 预计载客 289 人, 航程范围可达 6500 千米 (3500 海里)。波音 787 的飞行速度达到 0.85 马赫, 可以同当今最快的宽体飞机相媲美。波音 787 于 2006 年开始生产, 2007 年进行首飞, 2008 年取得适航证, 开始正式交付并投入运营。

6) 波音 777——双涡扇远程客机

波音 777 是业界技术最先进的飞机之一, 采用三级客舱布局时可搭载 301 至 368 名乘客。波音 777-200 的最大航程为 5210 海里 (9649



图 1.43 波音 777

机公司生产了 25 架交付民航使用。它拥有两台喷气发动机, 客座 147 ~ 172 个, 巡航高度 11300 米, 载油 17 吨。

8) 波音 787——中远程客机

2005 年 1 月 28 日, 波音公司为其民用飞机集团的最新飞机——波音 7E7 梦想飞机确定了正式的机型代号——波音 787。自此, 该飞机被称为



图 1.45 波音 787

9) 空客 300——双涡扇中程客机

空客 300 飞机是欧洲空中客车飞机工业公司研制的双发宽体运输机。原型机 1969



图 1.46 空客 300

年开始研制，1972 年开始交付使用。它包括很多衍生的型号，有客机、货机和客货两用机。我国主要使用空客 300-600 型，它可提供 278 个客座，巡航高度 12300 米，航程 7800 千米，商载 37 吨。

空中客车故事的起源可以追溯到 20 世纪 60 年代中期，法、德两国飞机制造商在巴黎航展会晤，组

成一个联合工作组讨论研制一种 200 座中短程客机的可能性。他们一起考虑过多种方案，最终达成协议：组建一个合资财团，联合研制一种 200~300 座的客机。机身大部分在德国制造，机翼由英国霍克·希德利公司负责，荷兰福克公司制造水平尾翼，而飞机的总装由法国南方航空公司在图鲁兹完成。在 1969 年 5 月 29 日签订合同之后 3 年零 5 个月，第一架空客 300 按预定进度和预算实现了首飞。

10) 空客 320——双涡扇中短程客机

空客 320 飞机是空客公司的双发中短程飞机，是世界上第一种采用电传操纵系统的民用飞机。客舱宽敞舒适，是最受欢迎的 150 座级的飞机之一。1989 年开始交付使用，可以提供客座 150~180 个，巡航高度 11000 米，航程 5300 千米，载油 19 吨。



图 1.47 空客 320

空客问世的 30 年，正是在航空领域应用计算机和复合材料等高新技术获得飞速发展的 30 年，特别是计算机，不论用作飞机本身的

硬件或是作为研制、生产和使用飞机的手段，都发挥了无可替代的作用。

空客 320 系列是世界上 30 年来同类飞机中唯一采用全新设计的机型，也是世界上第一种全面使用电传操纵系统的亚声速客机。通过采用近 30 年来最新的科技成果，空客 320 满足了航空公司提出的改善旅客舒适程度、降低运营成本的要求。

11) 空客 310——双涡扇中短程客机

空客 310 飞机是空客公司在空客 300 的基础上研制的中短程客机，目前在与波音 757、767 争夺市场。1983 年开始运营。最大客座 204 个，航程 8400 千米，巡航高度 12300 米，载油 54 吨。



12) 空客 380——全新四发远程客机

2000年12月19日,空中客车公司正式宣布启动空客380项目,在设计空客380时,空中客车公司几乎使用了所有可以应用的新技术,除了设计更先进的机翼外,在飞机结构上大量采用碳纤维增强塑料和全新的玻璃纤维—金属夹层板轻质材料,高压的液压系统和激光束焊接先进工艺技术等,使空客380的座英里成本比目前效率最高的飞机还低15%~20%。空中客车公司认为空客380将是人类有史以来所设想的最宽敞、最富效益的民用客机。



图 1.48 空客 310

这种“巨无霸”客机最大起飞重

量达500吨以上,机舱内分三层,底下一层为货舱,上面两层为客舱,舱内可以配备



图 1.49 空客 380

全躺式个性化的豪华座椅、豪华酒吧、宽敞的淋浴室、小型图书馆、会议室、休闲娱乐室和免税商店等,体现了21世纪“以人为本”的全新空中旅行新理念。空客380的系列化从基本型的客机开始,按三个舱位布局,空客380-800可容纳555名旅客,航程可达14800千米(8000海里)。其货机型号,空客380-800F可以在10400千米(5600海里)的航程上载

运150吨的商载。飞行速度达到0.85~0.89马赫。

2. 支线客机

支线客机是指客座数通常在100以下,航行于中心城市与小城市(镇)及小城市与小城市之间的飞机。其航段距离一般在1000千米之下。支线客机有各种不同的座级:10~30座级的小支线客机,40~60座级的中支线客机,70~100座级的大支线客机。各航空公司可以根据不同航线的距离和客源情况,选择最佳机型。

航空支线是航空运输网的重要组成部分,它把中心城市来自干线客机(或其他运输工具)的客流运往各小城市和边远城镇,或把边远城镇和中小城市的旅客运往有干线飞机机场的中心城市。

从世界范围看,航空运输呈不断增长的趋势,导致航线和机场拥挤问题日益突出,由于新建或扩建机场都受到用地紧张、环境保护等因素的限制,支线飞机研制出现大

型化的趋势。长期以来，支线飞机以涡轮螺旋桨飞机为主，但是随着枢纽机场越来越拥挤，不少支线航空公司开始开辟越来越多的绕过枢纽机场的城市与城市之间的“点到点”的直接航线服务，推动了“航程更远、速度更快、乘坐更舒适”的喷气支线飞机的发展，但是面对国际油价不断飙升的趋势，耗油率低的涡轮螺旋桨支线飞机仍然有一定的市场。

支线飞机有其自身的特点。支线飞机航线相对较短，起降频繁，所以要求其有更好的起飞、爬升性能和耐用能力；由于经常要使用一些跑道条件不好、设备不齐全的机场，所以要求其有较好的环境适应性和自我保障能力，例如要携带足够的燃油、自备登机梯和辅助动力装置等。

以下介绍几种著名的支线客机。

1) 英国宇航公司 146/Avro RJ——四涡扇短程支线喷气客机

英国宇航公司新研制的 RJ 系列支线客机，包括多种型号，70 座的 RJ70、85 座的 RJ85、100 座的 RJ100 等。



图 1.50 RJ 系列支线客机

2) 庞巴迪 CRJ 100/200——双涡扇支线客机

加拿大庞巴迪宇航集团的庞巴迪 CRJ 100/200 由“挑战者”商务喷气机改进而成。1991 年首次试飞，1992 年投入运营。CRJ200ER 载客 50 人，最大速度 0.81 马赫，航程 3000 千米。



图 1.51 庞巴迪 CRJ 系列支线客机

3) ERJ145——双涡扇支线客机

ERJ145 由巴西航空工业公司研制生产，1995 年试飞，1996 年投入航空运营。ERJ145ER 载客 50 人，最大速度 0.81 马赫，航程 2963 千米。截止到 2006 年 6 月 30 日，巴西航空工业公司向全世界客户交



图 1.52 ERJ145 支线客机

付的 ERJ145 飞机已经达到 858 架。巴西航空工业公司的这两种商业飞机系列产品——



图 1.53 运 7 支线客机

ERJ145 和 E-喷气飞机系列，目前正在为全世界 43 个国家里的 70 多家航空公司提供服务。

4) 运 7——双发涡桨支线客机

运 7 是西安飞机工业公司研制生产的双发涡桨支线运输机，1986 年 4 月正式投入客运，打破了外国飞机垄断中国民航客运的局面。改进的运 7-100 型

除装置新设备外，增加了翼梢小翼，可以满足在复杂气象条件下起飞、航行和进场着陆的要求。

5) 新舟 60 飞机——双发涡桨支线客机

新舟 60 飞机由西安飞机工业公司生产，是西飞公司在运 7-200A 机型的基础上生产的。它是我国首次严格按照国际标准的中国民航适航 CCAR25 部进行设计、生产和试飞验证的飞机。



图 1.54 新舟 60 支线客机

6) ARJ21-700 飞机

ARJ21-700 是中国制造的具有自主知识产权的新一代民用客机。ARJ21-700 是 70~



图 1.55 ARJ21 支线客机

100 座级的中短程涡扇支线客机。ARJ21-700 基本型标准的满客航程 2225 千米，巡航马赫数 0.7~0.8，最大飞行速度 0.8 马赫。飞机于 2008 年首飞，2014 年底获得中国民航局颁发飞机型号合格证，2015 年 3 月开始进行航线演示飞行。

3. 通用航空飞机

通用航空包括除了进行定期航线飞行外的所有非军事用途的航空活动，内容非常广泛。通用航空使用的

全部是小型飞机，起飞重量不超过 50 吨，一般可分为公务机、私人用飞机、农业

用机、教练机、体育竞赛飞机等。



图 1.56 赛斯纳 560 “奖状” V 双发涡扇公务机

起飞重量最大可达 30 吨，最大航程在 5000 千米以上，它的飞行性能和客机相近，有的可载客 20 人，也可做运输经营之用。这种公务机和客机间的界线就不很明显了。如“奖状”和“隼”系列公务机。

2) 农业机

专门为农、林、牧、渔业服务的飞机，这类飞机有些是专门设计的，还有一些是由多用途飞机经改装而成的。这类飞机一般是单发机的小型飞机，飞行速度在 400 千米/小时以下，飞机的仪表设备比较简单，但结构强度较高，具有良好的低空飞行性能，如我国国产运 5 飞机等。



图 1.57 运 5 单活塞多用途农业机



图 1.58 国产“K8”高级教练机

教练机培训经初级教练机培训合格后要求进一步掌握航线飞机驾驶技术的飞行人员，一般是双发，机上的仪表设备与飞行性能与公务机相近，如赛斯纳和 K8 教研机。

4) 多用途轻型飞机

这类飞机包括了用于空中游览、救护、短途运输、家庭使用、空中摄影、体育运动、个人娱乐等类飞机。起飞重量不超过 5 吨，最小的包括只有几百公斤的超轻型飞机。“小鹰 500”是我国首款能够提供给私人使用的商用、公务型四座飞机。

1) 公务机

是指为政府的高级官员和企业的经理人员进行公务或商务活动使用的小型飞机，也称为行政用机或商务机，公务机的载客量一般不超过 15 人，起飞重量在 10 吨以下。近年来由于跨国公司和国际交往的发展，有些公司和政府要员要远距离旅行，目前豪华、远距公务机其

3) 教练机

用于培养飞行人员，至少有两个座位。初级教练机用于训练学员掌握初级飞行技术，这种飞机通常只有一个发动机，结构简单，易于操纵，学员经培训后，可到通用航空的小型飞机上做飞行员。高级教



图 1.59 “小鹰 500”

4. 直升机

直升机属于旋翼航空器，装有大直径的螺旋桨的旋翼作为主要升力来源，能垂直起落。直升机以动力旋翼作为升力主要来源，这一特点使其既区别作为主要升力来源但不能垂直起落的旋翼机，又区别于不是以旋翼作为主要升力来源的垂直起落飞机。

直升机的特点有以下三点。

首先，直升机可以垂直起飞和降落。

所以直升机既不要像普通飞机那样——必须在专用的机场、长长的跑道上加速滑跑一段距离，达到相当的速度之后才能离地升空，也不需要像普通飞机那样——着陆后在跑道上减速滑行一定距离才能停住。使用直升机是最方便、最经济的。同时，直升机的这一特点，使它能承担起普通飞机和其他交通工具无法完成的许多特殊任务，在使用中显示出它的特殊功能。

第二个特点是，直升机可以在一定的高度内悬停在空中，同时还能够定点悬停转向。这也是一般飞机所无法与它媲美的。

第三个特点是，直升机不仅能向前飞行，还能向后、向左、向右和任意方向飞行。这也是一般飞机所望尘莫及的。从这个角度上来讲，直升机是十分灵活机动的。

但是，直升机也还有不少欠缺。例如，直升机的飞行速度不高，振动较大，载重效率（指有效载重量与直升机总重之比）较低，操纵比较困难等。直升机虽然有这些缺点，但又不能被其他飞机取而代之，反而受到人们的普遍重视而得到迅速的发展，在国防建设和国民经济的各个领域里起着很大的作用。

在军事方面，直升机可用于运送兵员和装备，侦察敌方炮位，战地救护伤员，居高临下攻击坦克地面机动部队等，还可以用于海上布雷、反潜、卫星打捞（导弹发射试验回收）等。

在民用方面，直升机可用于运输旅客、货物和邮件；抢险救灾；运送急救病人或医护人员；空降或空投；森林防火；勘察地形和探矿；农业上喷洒农药除虫和施肥等；在海上，可用于海上油田、海上打捞、侦察鱼群和救生等；在建筑施工中，用于吊运重型机器、建筑器材；还可用于架设或修理高压线路。

我们以单旋翼带尾桨的直升机为例，直升机主要由旋翼、尾桨、机身、起落装置、动力装置等组成。

- 旋翼：桨叶（2~8片）、桨毂、附件
- 尾桨：桨叶（2~5片）、桨毂、附件
- 机身：前机身、尾梁、垂直尾翼（尾锥）
- 动力装置：活塞式或涡轮轴式发动机
- 起落装置：轮式或雪橇式

操纵系统：总距杆（油门变距杆）、周期变距杆、脚蹬

现代直升机的种类形式繁多，分类方法也很多。比如，按用途可分为军用直升机、民用直升机及多用途直升机等，按起飞重量可分为轻型直升机、中型直升机、重型直升机及超重型直升机等。但最常见的分类方法是按旋翼反作用扭矩的平衡方式来分类的。旋翼由发动机带动旋转时，周围空气以反作用扭矩作用于旋翼，并使机体逆向转动。为了平衡反作用扭矩，在构造上就出现了不同形式的直升机。

1) 单旋翼直升机

带尾桨（尾部抗扭螺旋桨或风扇）的单旋翼直升机常称为单旋翼直升机。如图 1.60 所示，这是一架装有一具旋翼和一具尾桨的直升机。尾桨或风扇是用来平衡旋翼产生的反作用扭矩。这种形式在构造上较为简单，尾桨要消耗一定的功率。



图 1.60 国产 Z-9 单旋翼直升机



图 1.61 俄罗斯 KA-502，共轴式双旋翼直升机

2) 共轴式双旋翼直升机

简称为共轴式直升机，其外形如图 1.61 所示。它的两具旋翼分别安置在同心的外套轴和内轴上，由发动机带动后做同转速反方向旋转，由于转速相等、转向相反，所以两具旋翼产生的反作用扭矩互相抵消，因此它无需尾桨了。

3) 双旋翼纵列式直升机

其外形见图 1.62，它的两具旋

翼分别安置在机身前后两端上。为了使直升机前进飞行时，后端旋翼尽量不在已被前端旋翼所扰乱的紊流区内工作，通常后端的一具旋翼要高于前端的旋翼。由于两具旋翼转速相同，方向相反，故反作用扭矩也得到平衡。

4) 双旋翼横列式直升机

其外形如图 1.63 所示。它的两



图 1.62 波音 CH-47 “支奴干”，双旋翼纵列式直升机



图 1.63 米-12 直升机, 双旋翼横列式直升机

5. 超声速客机

喷气式客机趋于成熟后, 人们又把注意力放到超声速客机身上。如果民航客机能够实现超声速飞行, 将使飞机速度提高两倍以上, 大大缩短长途飞行的时间。但是超声速客机的命运并不像亚声速客机那样一帆风顺。经过了近 20 年的努力, 目前只有两种超声速客机曾经在航线上使用, 这就是英法联合研制的“协和”号和苏联的“图 144”客机。

1) “协和”号超声速旅客机

“协和”号超声速旅客机 1976 年 1 月正式投入航线, 最大飞行速度 2.04 马赫, 载客 128~144 人, 最大航程 6580 千米, 2003 年停飞。



图 1.65 “协和”号超声速旅客机

具旋翼是左右对称安置在机身两侧的机翼上。两具旋翼也是转速相等方向相反, 反作用扭矩被互相抵消。

5) 单旋翼无尾桨式直升机

单旋翼无尾桨式直升机用反扭尾梁代替常规尾桨。尾梁右下侧开有缝隙, 尾梁内的增压空气从缝隙中流出, 并随旋翼下洗流沿尾梁表面向下流出, 形成环流控制, 从而为平衡旋翼扭提供侧力。如图 1.64 所示。



图 1.64 MD 无尾桨直升机

航空界很早就酝酿研制超声速客机, 但真正付诸行动是从 20 世纪 60 年代初英、法联合研制“协和”号开始的。1962 年, 英、法两国签订了一个重要协议: 约定两国政府为研制超声速客机提供经费。经过 13 年的努力, 1976 年 1 月 21 日, “协和”号飞机终于正式投入航线运营。

“协和”号的亮相确实引起了全世界的轰动。它那优雅而细长的机身, 可以活动的尖尖的像鸟嘴似的机



图 1.66 “协和”号超声速旅客机

头，圆滑曲线的三角机翼，被当时舆论认为是“力量和美学”的完美结合。

遗憾的是，由于存在经济性和环境保护问题，第一代超声速客机无法迅速普及，二十多年来“协和”号在英、法两国总共只有 13 架在服役。

2000 年 7 月 25 日，法航一架“协和”号飞机从巴黎戴高乐机场起飞不到 2 分

钟就失事坠毁，造成机上和地面 114 人遇难。这次事故后，英航和法航在 2003 年 10 月底决定让“协和”号飞机退出航线飞行。

2) 图 144 超声速旅客机

苏联于 1962 年开始研制图 144，其航速与“协和”号相当，1968 年首飞，1975 年试运营。1977 年 11 月开始客运，但因一些严重的技术问题未能解决，且运营效果不佳，1978 年 6 月即停止客运。1980 年停产，共生产 13 架。1984 年完全退出航线。



图 1.67 图 144 超声速旅客机

“协和”号和图 144 两机，作为超声速运输机投入运营是不成功的，但在技术上有着重大突破，为以后研制超声速运输机积累了大量资料和经验。

超声速客机经过如此的风风雨雨，到目前还不能说已有了光明的前景。尽管美国和欧洲都有计划要研制新一代的超声速客机，但是它们是否可以在经济性上与亚声速飞机相竞争，在环境保护上不遭反对，在航程上达到 8000 千米，都还是未知数。不少专家对超声速客机持乐观态度，他们认为，“协和”号是 20 世纪 60 年代的技术代表，以现在的技术水平，要达到“协和”的性能，飞机的重量可以减少一半，油耗也可以减少一半。美国航空航天局在进行 21 世纪飞行器预测的时候，把超声速客机列在了其中，他们认为在 21 世纪有能力发展出拥有更大的运载能力、更大的航程和低于亚声速飞机运行成本的超声速客机。20 世纪 90 年代后期，欧洲、俄罗斯和美国都提出了新的第二代超声速客机研制计划。



第四节 当代中国民航事业

中华人民共和国成立后,1949年11月2日,中国民用航空局成立,揭开了中国民航事业发展的新篇章。从这一天开始,新中国民航迎着共和国的朝阳起飞,从无到有,由小到大,由弱到强,经历了不平凡的发展历程。特别是1978年十一届三中全会以来,中国民航事业在航空运输、通用航空、机群更新、机场建设、航线布局、航行保障、飞行安全、人才培养等方面都持续快速发展,取得了令人瞩目的成就。民航事业的发展依赖于国家的经济发展,也与党中央、国务院的直接领导和支持密不可分,更是几代民航干部职工励精图治、团结奋斗的结果,为祖国建设事业书写了壮丽的篇章。

一、新中国民航的建立(1949)

1. 成立民用航空局

1949年11月2日,中共中央做出建立民航事业的决定,同时决定在人民革命军事委员会下设立民用航空局。1950年1月20日,革命军事委员会民航局改称为军委民用航空局,简称民航局。

2. “两航”起义

1949年11月9日,国民党政府所属的中国航空公司总经理刘敬宜、中央航空公司总经理陈卓林代表两公司4000余名员工在香港宣布起义,接受中央人民政府的领导,并于当日率12架飞机北飞北京、天津成功。载有刘敬宜、陈卓林等人的央航康维尔



图 1.68 “两航”起义的一架 C-47 型运输机

240 型飞机降落北京,其余 11 架飞机飞到天津机场。“两航”起义北飞后,共有 1717 名“两航”起义员工及 2427 名眷属复员回内地,抢运回国设备及器材万余件(箱)。但是“两航”留港的 71 架飞机及其他资产,被国民党当局“销售”给美国人陈纳德等人,陈纳德等人随即又转卖给美国民用航空运输有限公司。

“两航”起义的成功震惊中外,意义重大,影响深远。“两

航”起义北飞的飞机，特别是回归祖国的人员、器材、设备等，为新中国民航事业及航空工业发展打下了重要的人才、物质基础，并成为相当一段时间内一支主要的技术业务骨干力量，促进了新中国民航事业的建设进程。

3. 中苏民航公司的成立及早期航线网

1950年3月27日，中苏两国共同签订《关于创办中苏民用航空股份有限公司的协定》，7月1日，中苏民航公司正式成立，开辟北京至赤塔（经沈阳和哈尔滨）、北京至阿拉木图（经西安、兰州和乌鲁木齐）、北京至伊尔库茨克（经乌兰巴托）三条国际航线，使用飞机为里2型。中苏民航公司的成立，不但打破了西方对中国对外航空交通的封锁，还为新中国民航建立了一套科学的管理方法，配套了比较完善的技术装备，培训了一批技术干部和业务人员。1954年12月，公司关闭，苏方股份转交中国。1952年7月，新中国第一个国营航空运输企业中国人民航空公司在天津成立，虽然经营业务有所发展，但只存在了11个月就被撤销了。总的来看，新中国民航初创时，仅有30多架小型飞机，年旅客运输量仅1万人次，运输总周转量仅157万吨公里，基础是相当薄弱的。

4. 第一个“五年计划”时期的民用航空

“一五”时期民航的基本任务是争取满足国家生产、商品交流和政治文化日益发展对航空运输的需要；在经济上争取少赔、不赔而逐渐达到稍有盈余。

第一个“五年计划”期间，初步建立起以北京为中心的连接全国各主要城市的国内航线网，开辟了4条国内主要干线：北京—齐齐哈尔，北京—广州，北京—上海，北京—武汉—南京—上海。以后又增加了上海—重庆。

在“一五”计划期间，通用航空在工农业生产和基本建设中初步显示出其特殊作用，服务范围有防火护林、航空摄影、航空探矿、防治农作物病虫害、抢险救灾等。

二、新中国民航事业在探索中不断发展（1949—1978）

新中国成立之后，面临着复杂多变的国内外形势和连续不断的政治运动。另外，民航管理领导体制也几经改变，1954年11月10日，国务院通知“中央人民政府人民革命军事委员会民用航空局”更名为“中国民用航空局”，直属国务院领导；1958年2月，国务院通知中国民用航空局划归交通部领导；1962年4月，第二届全国人民代表大会常委会第53次会议决定“交通部民用航空总局”改称为“中国民用航空总局”，由交通部属局改为国务院直属局；1969年11月，国务院、中央军委决定把民航划归中国人民解放军建制，成为空军的组成部分，各项制度按军队的制度执行。

由于方方面面的原因，中国民航事业在发展中比较曲折，速度较慢，到1978年，航空旅客运输量才有231万人次，运输总周转量仅有3亿吨公里，在世界民航运输组织成员国中排名第37位。



三、改革开放十年，民用航空迅猛发展（1978—1988）

中共十一届三中全会以后，中国民航执行改革开放的方针政策，在航空运输、通用航空、机群更新、机场建设、适航管理、航线布局、航行保障、飞行安全、人才培养等方面都取得了很大的成绩，开创了我国民航发展史崭新的局面。1980年3月5日，中国政府决定民航脱离军队建制，把中国民航局从隶属于空军改为国务院机构，实行企业化管理，这是中国民航历史上民航管理体制重大改革的开始。但是，在1987年以前，中国民航局仍政企合一，既是主管民航事务的政府部门，又是以“中国民航（CAAC）”名义直接经营航空运输、通用航空业务的全国性企业。1980年，全民航只有140架运输机，且多数是20世纪50年代或40年代生产制造的苏制伊尔14、里2型飞机，载客量仅20多人或40人，载客量100人以上的大中型飞机只有17架；机场只有79个。1980年，中国民航全年旅客运输量仅343万人次，全年运输总周转量4.29亿吨公里，居新加坡、印度、菲律宾、印尼等国之后，列世界民航第35位。

但在1980年之后，中国民航事业的发展速度得到迅速提高，表现为：

1. 民航机群更新速度加快

1980年，中国民航购买了波音747SP型宽体客机。1983年，波音747-200、波音737、MD-80型客机到货。1985年至1987年，中国民航又相继购买波音767、波音757、空中客车310、图154等型号飞机一百多架，标志着中国民航在拥有运输飞机方面达到了国际民航的先进水平。至1987年底，中国民航已拥有各型号生产用飞机402架，其中起飞全重60吨以上的运输机104架。

2. 机场建设速度加快

为适应新购置的大量新型运输飞机和航空运输业务日益发展的需要，中国民航在全国范围内加快了机场建设。

3. 新成立了一批航空运输企业

为发挥中央部门和地方政府兴办航空运输的积极性，中国民航鼓励和支持各航空公司的创建。

4. 航空运输业务量大幅度提高

至1987年，中国民航共开辟航线327条，通航里程387102千米，比1978年增长1.6倍。“航线的增加和航班的增多，加速了航空运输业务量的不断上升，1987年航空运输总周转量达到20.2亿吨公里，旅客运输量和货物邮件运输量为1310万人次和29.87万吨，分别比1978年增长了5.8倍、4.6倍和3.6倍”。

5. 通用航空的应用范围不断扩大，业务量得到较大增长

生产范围除继续保持航空遥感、航空摄影、航空物探、航空护林、航空播种和航空化学作业外，主要增加了陆上和海上石油勘探服务及空中游览等项目。组建了一个工业航空服务公司、两个直升机公司和14个为农林业服务的飞行大队和独立中队，拥有15个型号的通用航空飞机238架。

6. 加速了技术力量的培训

中国民航根据形势需要，将1963年成立的民航机械专科学校改为中国民用航空学院（1981年8月），将中国民航飞行专科学校（原空军第十四航空学校）改为中国民航飞行学院。1984年8月，以中国民航干部学校为基础组建中国民航管理干部学院，同时在全国民航范围内设立十多所中等专科学校、技工学校和中等职业专科学校。自1977年到1987年，民航各类院校共培养各类空、地勤技术人员8802名，相当于全民航1987年职工总数的14.2%，基本满足了民航发展需要。

四、全面实现企业化改革，中国成为世界民航大国（1988—2002）

1987年1月，国务院批准同意中国民用航空局上报的《民航系统管理体制改革的方案和实施步骤的报告》，1987年4月正式实施。方案主要原则是政企分开，简政放权。一方面是把原政企合一的地区管理局中的政府职责部分从中分离出来，组建专一的行政机构——民航地区管理局；把其中各类属于企业或事业性质的单位独立出来，组成实体，使其成为具有法人资格的自主经营、自负盈亏、自我发展、自我约束的经营管理单位，如组建航空公司、机场公司、航空油料公司等。

第一步改革的主要内容是组建了六个国有骨干航空公司，实行自主经营、自负盈亏、平等竞争。这六个国家骨干航空公司是：中国国际航空公司、中国东方航空公司、中国南方航空公司、中国西南航空公司、中国西北航空公司、中国北方航空公司。此外，以经营通用航空业务为主、兼营航空运输业务的中国通用航空公司于1989年7月成立。在组建骨干航空公司的同时组建了民航华北、华东、中南、西南、西北和东北六个地区管理局以及北京首都机场、上海虹桥机场、广州白云机场、成都双流机场、西安西关机场和沈阳桃仙机场。六个地区管理局是管理地区民航事务的政府部门，领导管理各民航省（区、市）局和机场。除此之外，中国民航空中交通管理局、中国航空油料总公司及地区公司、中国民航乌鲁木齐管理局、中国航空结算中心、中国民航计算机中心等单位也相继成立。全民航政企分开的新的管理体制和格局逐步形成。

国家社会经济的发展和民航体制改革的进行，推动着中国民航进入一个新的发展时期，据统计，自1988年后，中国民航航空运输总周转量在相当长的一段时间内保持着20%左右的年递增量，这种发展速度在世界上是少有的。中国民航在世界的排名位



次,由1978年的第37位上升为1991年的第15位,到2002年底则上升为第5位(165亿吨公里),旅客运输量(85947万人次)为世界第4位,货物运输量(202万吨)为世界第6位(本统计未含中国香港、中国澳门及中国台湾地区的数字)。

中国民航在这一时期的发展,不仅体现在速度和数量上,还体现在发展质量上。

(1) 中国民航运输机队实现了与国际民航最先进技术的同步发展,在世界各国民航业中居于先进地位。中国民航大量引进国际上先进的空中客车和波音飞机,到2002年底,中国民航飞机总数1095架,运输飞机占602架,其中525架为现代化大型客机,技术新,机龄短,经济性能好,在很大程度上提高了飞行的安全性、舒适性和经济性。机队可提供座位数9.7万个,提供商载吨位1.2万吨,分别比1978年增加10倍和15倍。

(2) 机场及配套设施的数量和质量得到进一步发展。为满足日益发展的航空运输需要及适应新型客机起降要求,中国民航加大了机场投资建设力度。据统计,1988年至2002年,共新建沈阳桃仙、武汉天河、桂林两江、上海浦东等近40个大型机场,改建扩建了近60个大型机场,同时还建设和改造了一大批小型机场。到2002年底,全国开通航线的民用运输机场143个,可以起降波音737型以上飞机的机场108个(其中含起降波音747大型飞机的机场27个)。中国所有的省会、直辖市、自治区首府(不含台湾)及沿海开放城市和主要旅游城市都拥有了设施较齐全的民用机场,一些边远地区也拥有了相应规模的民用机场。

(3) 航线扩展迅速,布局日趋合理。1988年之后,因为改革开放政策的需要和多家航空公司成立后出现竞争局面,中国民航加快了航线扩展的步伐。国内航线的增加表现为五个方面,一是形成了以北京、上海、广州、成都、西安、沈阳、乌鲁木齐七个大城市为中心的区域性辐射航线网络;二是省会、自治区首府和直辖市之间航线大幅度增加;三是通航桂林、青岛、杭州等旅游城市的新航线增多;四是沿海城市如大连、海口、烟台、厦门、汕头间的航线网络加速扩展;五是少数民族地区的航线继续得到增加。在国际航线和地区航线的开辟方面,继续增加通航地点,使中国民航的国际通航进入新的发展阶段。据统计,2002年中国国内航线已达1015条,通航城市130个。国际航线161条,通航32个国家和67个城市,并有42个国家的65家航空公司通航中国26个城市。通航港澳地区航线44条,均比1987年有数倍的增长发展。

五、中国由民航大国向民航强国的战略转变(2002—2008年)

中国疆域辽阔,人口众多,资源丰富,非常适合发展民用航空。中共十六大之后,中国已进入全面建设快速增长时期,国家实施的西部大开发战略,我国加入WTO,对外开放进一步全方位扩大,与世界各国在政治、经济、科技、文化等方面的联系日益紧密。以上这些因素,对民用航空提出不断增长的巨大需求。中国民航发展的前景十分广阔。通过几十年的建设和发展,中国已成为世界民航大国。

这一阶段横跨“十五”和“十一五”规划,中国民航仍保持高速发展的态势。在

此期间，中国民航明确提出并认真落实建设民航强国的战略构想，牢牢抓住发展这个第一要务，大力推进改革开放，运输能力、综合实力和国际地位显著提高。

1. 航空运输大幅增长

2008 年全行业航空运输总周转量、旅客运输量和货邮运输量达到 374 亿吨公里、1.92 亿人次和 403 万吨，分别比 2002 年增长 126.7%、123.4% 和 99.5%，平均增长率达到 18.1%、17.6% 和 14.2%，比“九五”时期（1996—2000）增长率高出 6.9、12 和 0.2 个百分点。

2. 机场建设全面开展

截止到 2008 年，我国境内民用航空通航机场共有 158 个（不含香港和澳门），其中定期航班通航机场 152 个，定期航班通航城市 150 个。相比于 2002 年，通航机场增加了 17 个，定期航班通航机场增加了 13 个，通航城市增加了 20 个。虽然机场的数量与美国等航空大国相比仍有欠缺，但一大批军民合用机场得到改建，同时扩建了一批机场，以适应我国经济高速发展的需要。

3. 体制改革重塑格局

“十五”期间，中国民航完成了新一轮的体制改革。原中国民航总局直属的航空公司和服务保障企业联合重组，成立了 6 个集团公司，其资产和人员交由国务院国有资产管理委员会管理。除北京首都国际机场和西藏区内机场以外，中国民航总局直属的其他机场全部移交地方政府管理。与此同时，原来“民航总局—地区管理局—省（区、市）局”三级行业管理体制改革为“民航总局—地区管理局”两级管理体制，设华北、华东、中南、西南、西北、东北和新疆 7 个民航地区管理局。撤销了民航各省（区、市）局，组建了 26 个民航安全监督管理办公室，代表民航地区管理局，负责所辖地域内的安全监管和市场监管。

4. 航空市场政策适当放宽

放宽市场准入，2002 年开始，中国民航允许民营资本投资经营航空公司，随后，奥凯、春秋、鹰联等民营运输航空公司投入运营；放松了航线准入、航班安排和设置运营基地的管制；放松了价格管制，航空公司以政府确定的基准价为基础，在上浮 25%、下浮 45% 的幅度内自主确定价格；并规定了对旅游航线、多种运输方式竞争激烈的短途航线和独家经营航线，完全实行市场价格。通过一系列的政策改革，中国民航初步建立了符合社会主义市场经济要求，并与国际接轨的新的行业管理体制和运行机制。



5. 通用航空快速发展

2008年,全行业通用航空完成作业飞行11.9万小时,通航的作业时间、从业飞行员、飞行器数量一直处于稳步增长中。通用航空的业务范围也渐渐普及到各行各业,服务于工业、农业、林业、石油等行业,作业项目达十大类100多个。2008年,在“5·12”特大地震灾害的救援行动中,通用航空更是发挥了其机动灵活的特点,再次掀起了重视通航、发展通航的热潮。

2008年,根据国务院机构改革方案,在原交通部的基础上,整合原交通部、中国民用航空总局的职责,建设部的指导城市客运的职责,成立了新的交通运输部,而中国民用航空总局也更名为中国民用航空局。

六、全面推进建设民航强国战略(2008年至今)

在2008年的全国民航工作会议上,中国民用航空局正式提出了全面推进建设民航强国的战略构想。现在,我国已成为名副其实的民航大国,具备了实现由“大”向“强”跨越的内在条件。

(1) 全面建设小康社会奋斗目标,为民航业跨越式发展提供了沃土。未来十几年,我国将进入消费结构快速升级时代。据世界旅游组织预测,到2015年,我国将成为全球第一大入境旅游接待国、第四大出境旅游客源国。这将为我国民航发展提供庞大的消费群体和广阔的市场空间。

(2) 科学发展观,为民航业提供了新的发展契机。我国正加快转变经济发展方式,努力扩大内需。特别是不断优化经济结构,推动产业升级,制造业将向高端化方向发展;建立现代产业体系,服务业比重将进一步上升,这些使民航业成为最直接的受益者。

(3) 构建社会主义和谐社会,为民航业营造了新的良好发展环境。逐步缩小城乡、区域发展差距,形成合理的收入分配格局,有利于开发新的市场、普及航空运输服务、缩小民航区域发展差距。我国综合国力的提高、财政收入的高速增长,各级财政支出结构由经济建设型财政向公共型财政转变,各级政府有能力推动公共服务的均等化,将进一步加大对包括民航在内的基础设施建设的投入。

(4) 建设创新型国家,为民航业实现可持续发展提供了有力的科技支持。不断提高自主创新能力,尤其是航空工业科技成果的不断问世,国产大飞机项目、北斗二代卫星导航系统的上马,将有力地推动民航业相关领域创新,实现科技突破,为民航业提供具有竞争力的运输工具和配套系统,并将进一步促进民航业提高效率、降低成本。

根据国民经济和社会发展以及参与国际竞争的需要,中国民航局确定了三大战略,即持续安全战略、大众化战略、全球化战略,并把实施这三大战略作为推进民航强国建设的突破口。

(1) 实施持续安全战略, 就是始终把安全工作放在第一位, 通过强化职责, 提升素质, 完善法规, 改进监管, 改善设施装备, 提高管理水平, 使中国民航百万飞行小时事故率保持在航空界、政府和公众可接受的范围以内, 实现持续安全发展。

(2) 实施大众化战略, 就是使民航从提供高端性消费向满足大众经济型消费扩展, 让社会大众能够享受到安全、便捷、经济的航空客货运服务, 提高民航服务的覆盖能力, 实现“县县通、及时达”。

(3) 实施全球化战略, 就是要充分利用全球化市场、全球化资源, 重点加大力度“走出去”, 使更多航班飞出去, 构筑全球航线网络; 更多资金投出去, 形成国际竞争海外桥头堡; 更多标准打出去, 扩大国际影响力, 为国家对外经济贸易政策和国际政治交往的总体战略服务。通过扩大和深化开放, 加强与民航发达国家的交流与合作, 把更多好的东西“引进来”。

实现民航强国有八个主要标志:

(1) 要实现航空运输总周转量世界排名在前 3 位, 国际旅客运输周转量世界排名在前 10 位, 要在国家综合运输体系中所占比重有大幅度提高;

(2) 要建立以轮辐式结构为主、轮辐式结构与城市对式结构并存互补的航线网络, 并建成一个以上的机场为亚太地区的航空枢纽, 建成若干个全国性或区域性航空枢纽, 有三个以上的机场旅客吞吐量世界排名进入前 25 位;

(3) 要使航空运输企业国际竞争力大幅度提升, 有三到四家航空公司营业收入在世界排名前 20 位;

(4) 要建成现代化的空中交通管理系统, 其技术设备、服务手段和管理水平达到世界先进水平, 空域资源得到充分有效的利用;

(5) 要建成适应民航可持续发展需要的科技引进、消化、开发和创新体系, 全面掌握并能适度开发航空运输高新技术, 实现民航运行和管理的信息;

(6) 要建成多层次、全方位、系统化的人力资源开发体系, 人员整体数量和素质基本适应民航增长和科技进步的需要;

(7) 要建成完备的既符合国际通行规则又符合中国民航实际的法律法规体系, 行业依法行政和依法经营得到全面落实;

(8) 要逐步增强航空安全综合保障能力, 航空安全水平接近民航发达国家的水平。

2011 年, 北京首都机场完成旅客吞吐量 0.79 亿人次, 位列亚洲第一, 世界第二; 上海浦东机场完成货邮吞吐量 308.5 万吨, 位列世界第三。我国的民用通航机场数量也达到了 180 个, 并着重发展机场密度较低的西部地区。

思考题:

1. 简述飞行器的概念和航空器的分类。
2. 简述民用航空器的定义和分类。



3. 简述中国古代航空器对航空器发明的贡献。
4. 简述莱特兄弟飞机的发明。
5. 简述飞机发展的三个重要历史阶段。
6. 简述干线客机和支线客机的区别。
7. 简述直升机的作用和分类。
8. 我国实现民航强国的 8 个主要标志是什么?