



# 世界飞机手册

## 2011

《世界飞机手册》编写组 编

航空工业出版社

北京

## 内 容 提 要

本手册收录了世界各个国家和地区正在使用或正在研制的战斗机/攻击机、轰炸机、特种飞机、教练机、加油机、运输机、公务机、通用飞机、直升机和无人机系统等 10 个大类航空器、454 个机型,介绍了各机型的编号与名称、研制厂商和供应商、研制生产、主要改进改型、成本费用和装备使用等方面的基本情况,描述了其总体及各部件与分系统方面的主要特点,给出了其外形及内部尺寸、重量与载重和飞行性能等数据。书后还附有航空发动机、机载雷达、机载光电/红外传感器、机载武器、主要相关厂商等附录。

本手册由航空专业人员编写,内容丰富、描述准确、图文并茂,全面反映了当前各类航空器的发展状况和技术水平,可供航空器规划、管理、科研、生产、使用和教育等部门人员查阅之用;对于广大航空爱好者来说,也是一部了解各类航空器、增长航空知识的重要读物。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

世界飞机手册. 2011/《世界飞机手册》编写组编

—北京:航空工业出版社,2011.11

ISBN 978-7-80243-806-4

I. ①世… II. ①世… III. ①飞机—世界—技术手册  
IV. ①V271-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 153528 号

责任编辑:李 燕 傅一凡 装帧设计:王 楠

世界飞机手册 2011  
Shijie Feiji Shouce 2011

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

2011 年 11 月第 1 版

2011 年 11 月第 1 次印刷

开本:880×1230 1/16

印张:91.75

字数:3810 千字

印数:1—5000

定价:798.00 元

## 《世界飞机手册》编委会

主 任 王英杰  
副 主 任 廖全旺 殷云浩  
委 员 霍 曼 刘景刚 赵群力 张云阁 徐争鸣 黄培生 张广林  
张 洋 马 旭

## 《世界飞机手册》编写组

主 编 张 洋  
主 审 张钟林

编写人员 (以姓氏笔画为序)

于 琦	王 妍	王 睿	王传胜	王咏梅	王晓鹤	尹相丽
尹常琦	邓中卫	艾 尔	卢新来	邢晨光	朱良成	朱家强
任晓华	刘代军	刘亚威	闫 娟	许 赟	许鑫家	孙友师
苏海军	李 昊	李 航	李 崇	李 清	李 淼	杨 娟
杨 婧	杨 敏	杨玉岭	杨筱华	吴 蔚	何 凡	宋述杰
张 华	张 慧	张汝玲	张红霞	张丽星	张晋平	陈 伟
陈 黎	陈民校	陈宣友	范秋丽	赵新生	晏武英	徐永晖
郭建奇	郭道平	黄 涛	黄铁山	曹喜金	程文渊	诸葛卉
鲁进军	温 坤	谢文娇	褚世永	廖孟豪	谭健美	

# 梦想、创造与辉煌——写给新的航空百年

湛蓝而深邃的天空为人类提供了一个极尽想象的世界、一处超越自我的空间。有史以来，人类一直渴望着能如飞鸟一般飞翔，在空中乘风来去、视通万里、一日千里。古代中国嫦娥奔月的传说、古阿拉伯飞毯飞车的故事、古希腊带翼骏马的神话，都是人类飞天梦想的生动寄托。经过千百年来无数次的勇敢尝试，终于在1903年12月17日，美国的莱特兄弟用他们自己设计制造的“飞行者一号”飞机，完成了人类历史上首次有动力、可操纵的飞行器载人持续飞行，航空辉煌的历史也从此发端。经过100多年的坎坷探索，航空走过了一条不断实现自我超越的发展之路，给人类社会带来了极其巨大和非常深刻的改变！

飞机的诞生，以及它在诞生之后短短100多年间的蓬勃发展、取得远胜往昔千年的辉煌，既得益于三次工业革命的丰硕成果，也推动着社会和科技的快速飞跃。

飞机的最初发明，便是第二次工业革命之后，人们尝试利用工业技术实现千百年飞翔梦想的必然结果——19世纪末，滑翔机和内燃机技术均已实用化，两者的结合便是飞机。在飞机诞生之后，人们又不断运用最新的科学技术发展更好的飞机，并通过工业化生产大规模制造飞机，使飞机不断进步并得到大量应用。第一次世界大战在飞机诞生仅11年后就爆发了，它的爆发使襁褓中的世界航空工业得到了迅速发展，战争期间各交战国一共生产了20多万架飞机。当时奠定的美欧主导世界航空工业的格局延续至今，并开始给人类的生产生活和战争形态带来巨大而深刻的改变。

第一次世界大战结束后，飞机用于战争的潜力已经显露无遗，主要航空强国政府对于航空技术的发展给予了巨大支持。与此同时，早期大量的航空冒险活动、创纪录飞行风潮以及各种飞行竞赛活动，使得航空意识深入人心；早期的民用航空完成了从邮政运输为主向旅客运输为主的转变。在良好的外部环境和飞速发展的航空技术共同支撑下，20世纪30年代堪称航空史上的黄金时代，并为第二次世界大战时期航空技术的成熟奠定了基础——全金属结构、悬臂式机翼、大功率活塞发动机、变距螺旋桨、封闭式座舱、自动驾驶仪、可收放式起落架等一系列技术的出现和运用，大大提升了飞机的性能。第二次世界大战期间，美国、英国、德国、苏联、日本五国共生产了超过70万架飞机，并在此期间完成了雷达和涡喷发动机分别用于飞机的革命。第二次世界大战后期，空中力量开始作为一支独立的战略力量登上历史舞台，美英对德国工业基地以及美国对日本本土的战略轰炸摧毁了两国仅余的战争潜力。而1948~1949年的柏林空运则将这一力量推上了新的高峰——高峰期每天空运量高达12000t，空中力量在显示了西方世界的决心与实力，并震慑住苏联的同时，也开启了冷战的先声。空中力量取代海军成为战争中的决定性力量，其影响力上升至政治与世界格局层面；与之对应，一个国家工业水平和国力的标志也由海军的战列舰变为高性能的作战飞机。

航空技术涉及流体力学、固体力学、计算数学、热物理、化学、电子、自动控制等众多门类的基

础科学和工程技术，牵引和推动着基础材料、电子信息、先进制造等诸多领域的科技创新，始终处于世界科学技术发展的先导位置。从第二次世界大战结束到现在的 60 多年间，航空技术实现了从亚声速到两倍甚至三倍声速、从高空高速到高隐身高机动、从空中格斗到超视距作战、从地毯式轰炸到精确打击、从单一任务到多任务的跨越，正在实现着从空中优势向空、天、信息优势的跨越。航空业的每一次重大科技进步，都带动着相关学科和技术向前发展，并引发整个社会科技水平的全面提升。

航空工业素有“工业之花”之称，具有附加值高、产业链长、辐射面宽等特点，对于促进国民经济发展，推动产业结构升级具有重要作用。民用飞机在活塞动力时代早期主要是作为邮政运输使用，随着技术的进步，出现了飞行速度更快的单翼民用飞机；此后，民用飞机越造越大，至活塞动力时代后期，民用客机已能够执行跨大西洋定期航班；20 世纪 50 年代，涡喷发动机的使用使民用客机进入了喷气时代；60 年代，低涵道比涡扇发动机的使用降低了民用飞机的耗油率，改善了民用飞机的经济性；70 年代初，高涵道比涡扇发动机的使用进一步降低了民用飞机的耗油率，宽体飞机的出现增加了民用飞机的载客量。随着航空科学技术的不断发展，民用飞机的安全性、经济性、舒适性和环保性不断提升，民航市场的商业价值也由此不断扩大，并以其高效、便捷的优势提高了人类社会的运行效率，2010 年全球航空运输旅客数达 24.39 亿人次，货运量达 4360 万吨。此外，技术的发展也使得私人飞行的冒险色彩越来越淡，第二次世界大战后大量高性能私人飞机面世，航空运动逐渐进入公众视野，并开始成为人们生活的一部分。与此同时，通用航空也逐渐成为人们出行的一种重要选择，部分代替了航线飞机和汽车，并逐渐在工农业生产等方面发挥出重要作用。直升机则利用其垂直起降的特性，在野外失踪 / 受伤人员搜救、海难以及重大灾害救援等突发事件的处置中发挥了越来越大的作用。航空在提高社会运行效率的同时，也使人们的生活更加安全、丰富而幸福。

回望自由飞翔的千年梦想，回首创造奇迹的航空百年，可以看到有了创新冒险推动、社会文化引导、政策制度扶持、资本力量支撑和产业体系培育，人类才在历史长河中真正创造出了自由飞翔的神奇史话，真正书写下了航空飞行的辉煌篇章。

在航空新百年的伊始，人类自由飞翔的梦想依然如祖先们一样强烈，只是目光更高、更远。展望未来，航空仍将是一个由梦想、冒险与创新推动的行业，并将不断有资本和人才投身其中，从而给人们带来新的惊喜与回报。我们坚信，只要这梦想继续得到助力，航空新百年必将是又一个书写奇迹的世纪；一旦这梦想找寻到新的入口，航空新百年还将是另一个创造历史的百年！

又一个航空百年。又一轮沧桑巨变。



2011 年 10 月

# 前 言

《世界飞机手册》自1982年出版以来,一直深受航空行业人员及广大航空爱好者的喜爱。近10年来,随着航空产品市场和航空科学技术的不断发展,世界飞机及航空器的发展情况已发生了很大的变化,为此,我们再次启动了《世界飞机手册》(2011)的编写工作,在《世界飞机手册》(2000)的基础上全面增补和更新世界各个国家和地区主要飞机及航空器的基本情况,以满足读者们的迫切需要。

本手册主要收录了2000~2008年间世界各个国家和地区正在使用或研制的航空器。对于2000年版及更早版本已收录且2000年之后没有进一步发展的机型,原则上不再收录。全书分为战斗机/攻击机、轰炸机、特种飞机、教练机、加油机、运输机、公务机、通用飞机、直升机、无人机系统和附录11个部分,共收录10个大类、454个机型,其中近一半为新增机型。

本手册的内容组织方式与2000年版基本相同,主要变化是:增加了加油机类;将农业飞机合并到通用飞机;将无人机改称无人机系统。附录包括主要航空发动机,机载雷达,机载光电/红外传感器,机载武器数据,本手册涉及的主要厂商名录、机型名称及其译名对照表以及拉丁字母索引等,其中机载光电/红外传感器数据和主要厂商名录均为新增。

多数机型的情况介绍仍按三大部分安排:概况部分介绍飞机用途、编号命名、研制厂商、设计要求、研制过程、改进改型、成本费用、装备使用等情况;设计特点部分介绍总体特征及各部件与分系统的情况;技术数据部分给出了外形及内部尺寸、重量与载重和飞行性能等数据。新增机型的情况介绍基本上均为全新编写,保留机型则做了全面更新。大多数机型都配有典型外形图片及三面图。

为了便于不同行业、不同需求的读者参考,本手册在机型情况介绍中全面采用了标准化的内容结构,其主要特点是:扩展了对概况部分的介绍,将概况部分分为基本描述、编号与名称、研制厂商和供应商、研制生产和装备使用(对军用飞机及航空器)等进行分述,并适当强化了对产业、成本费用和使用情况的介绍;根据航空科学技术的发展情况,对设计特点部分的分述内容安排进行了适当调整,主要是新增了飞控,将系统和机载设备分别改为机电和航电;根据航空器的类别,在设计特点部分采用不同的描述结构,如战斗机/攻击机的介绍一般分为总体特征、机身、机翼、尾翼、起落架、动力装置、座舱、飞控、机电、航电和武器等,直升机的介绍一般分为总体特征、旋翼系统、传统系统、动力装置、机身、着陆装置、驾驶舱与运载舱、飞控、机电、航电等,无人机系统的介绍一般分为系统组成、平台机体、动力装置、任务载荷、起飞与回收、制导与控制等。

为了完成本手册的编写,中国航空工业发展研究中心组织了数十人参与编写和审校,中航出版传媒有限责任公司也组织了有力人员进行编审。本手册是所有参与人员本着严谨求实、精益求精的原则,群策群力、奋力拼搏的结果。在此,向所有对本手册给予关心、支持和付出辛勤劳动的人员表示衷心的感谢!

限于水平,本手册难免会存在错误和不足之处,欢迎广大读者批评指正。

主编 张洋  
2011年9月

# 空气中的舞者——现代航空器发展纵横谈

自1903年12月17日美国莱特兄弟完成人类历史上首次有动力、可操纵的重于空气的飞行器持续飞行以来，现代航空器的发展已走过了100多年的历史。在这短短的100多年之中，不仅传统的航空科学技术取得了巨大的发展，以自动控制和电子信息为代表的各种新科学技术也在航空器上得到了广泛的应用。在科学技术的有力推动下，人类不仅发展出了种类极为繁多、用途非常广泛的各类航空器，也发展出了能力逐渐拓展、性能不断提升的多代航空器。时至今日，各种综合应用了多项先进科学技术的高性能航空器已在人类的生产生活和军事行动中得到极为广泛的运用，不仅极为深刻地影响和改变了人类的生产生活和战争形态，同时也为每一个普通人实现自由飞翔的梦想提供了理想的翅膀。可以说，今天的航空器已经成为名副其实的“空气中的舞者”，能够在天空中轻松优雅、自在如常地飞翔。

按照基本用途的不同，现代航空器可以分为军用航空器、民用航空器和科研航空器三大类。其中，军用航空器和民用航空器是现代航空器最主要的组成部分，两者既有显著的差别，又有密切的联系。军用航空器的发展需求主要来自保卫国家安全和维护国家利益的需要，在性能要求上首先强调高杀伤力和高生存力，多由国家投资发展，并往往率先应用各种新的科学技术；民用航空器的发展需求主要来自满足人类生产生活的需要，在性能要求上首先强调安全性和经济性，其发展资金来源可多元化，在新的科学技术应用方面通常要保守一些。另一方面，军用和民用航空工业都是航空工业的重要组成部分，不少航空企事业单位都同时从事着军用和民用航空科技及产品的开发、研制与生产工作，有多种航空器可以方便地实现军民通用，军用和民用航空器的一些关键技术也具有通用性。

按照飞行原理的不同，军用航空器可分为军用飞机和军用直升机两大类，民用航空器也可分为民用飞机和民用直升机两大类。从飞行包线和飞行性能来看，军用飞机与民用飞机可能差别很大，但军用直升机和民用直升机通常比较接近。另外，无人机系统在最近的十几年中取得了突飞猛进的发展，它将有人驾驶航空器的组成元素进行了分解和重组，其发展趋势和潜在影响值得特别关注。

## 一、现代军用飞机的发展

在莱特兄弟的“飞行者一号”完成首飞之后的短短几年内，美国、法国、意大利、英国和德国等就纷纷建立了军事航空队。在第一次世界大战爆发之前，飞机已先后被用于侦察和轰炸。1914年爆发的第一次世界大战不仅极大地促进了军用飞机的发展，也拓宽了军用飞机的使命任务。1918年战争结束后，军用飞机的最大速度、实用升限和续航时间与战争爆发前相比，均已提高一倍以上，而军用飞机的数量则增长了260倍以上！在战争期间，军用飞机承担的主要使命任务包括侦察、攻击（支援地面部队作战）、空战和战略轰炸，专用军用飞机的种类也从战前单一的侦察机发展到侦察机、轰炸机、驱逐机（后发展成战斗机）和攻击机等多个机种。军用飞机的巨大价值在第一次世界大战中首次得到了全面展现，其专业化、系列化发展也自此开始起步。

由于军用飞机在战争中显示了巨大的作用，军用航空技术在第一次世界大战结束之后、第二次世界大战爆发之前得到了飞跃性的发展，出现了一系列技术创新。此间，军用航空工业体系也开始形成，出现了生产机载



武器和瞄准装置、导航设备和通信设备等机载设备的专门企业。1939 ~ 1945 年的第二次世界大战更进一步促进了军用飞机的发展，特别是战略轰炸机和喷气式飞机的出现，使军用飞机的载弹量、作战半径、续航时间、最大速度、实用升限等性能再次大幅度提高；机载雷达的实用化，则开创了电子信息技术用于军用飞机的新纪元。在第二次世界大战期间，军用飞机承担的重要使命任务又增加了空运、空降、反潜和电子战，预警机也在战争末期开始出现。战争结束之后，尽管军事航空兵在军队中的地位仍然低于陆军地面部队，但是苏联的强击机（攻击机）在欧洲的东线战场上证明了它对坦克装甲车辆具有占绝对优势的杀伤能力，英美的战略轰炸机也在欧洲的西线战场上证明了它对工业基础设施具有大规模摧毁能力。而在海上，以各种军用飞机为武器的航空母舰击败了战列舰，宣告了海军发展史上“大炮巨舰”主义的彻底终结，由航空母舰及其所搭载的军用飞机称霸海洋的时代也自此到来。

第二次世界大战结束之后不久，世界进入了冷战时期。美国和苏联这两个超级大国竞相发展军用航空科技，不断掀起军用飞机发展的新高潮。此间出现了加油机和对地监视与攻击指挥飞机等新机种，原有的机种也持续得到完善或不断更新换代。在朝鲜战争、越南战争和中东战争中，军用飞机都被大量使用，其作用越来越突出，但还没有发展到最终决定战争胜负的程度。在 1991 年的海湾战争中，以美国为首的多国部队出动了数千架军用飞机，通过持续 38 天的空中作战行动，给当时拥有世界第四大陆军、装备有超过 1 万辆坦克装甲车辆的伊拉克军队造成了毁灭性打击，多国部队也得以在地面战争开始后仅用 4 天就结束了整个战争。可以说，是空中力量决定了海湾战争的最终胜负，而军用飞机是多国部队取得完胜的关键。此后，在科索沃战争、阿富汗战争、伊拉克战争和利比亚战争中，空中力量又进一步展现了其独立实施战役和决定战役胜负的能力，军用飞机在武器装备体系中的地位也随之得到了极大的提高。

时至今日，军用飞机已成为现代战争中首当其冲、全程使用、能力多样、决胜战局的武器装备。按照用途的不同，现代军用飞机可分为作战飞机和作战支援飞机两大类。其中，作战飞机主要包括以空中目标为主要作战对象的战斗机和以地面目标为主要作战对象的攻击机、轰炸机和战斗轰炸机；作战支援飞机主要包括以提供信息支援为主要使命任务的特种飞机、以提供飞行员训练为主要使命任务的教练机、以提供后勤保障支援为主要使命任务的军用运输机和加油机。

## 战斗机

战斗机（又称歼击机）是现代空中力量遂行战役战术作战行动的主要机种，其主要的使命任务是空战，主要运用目的是夺取制空权、保卫高价值的空中或地面装备及设施、捍卫领空主权等。随着军事需求的变化和航空科学技术的发展，战斗机被赋予的使命任务也越来越多，今天的先进战斗机已能执行除战略轰炸和部分支援保障任务之外几乎所有的作战任务。

自第二次世界大战结束至今，喷气式战斗机已发展了四代。第一代战斗机的飞行速度为高亚声速或低超声速，主要特点是采用后掠的机翼和推重比 4 一级的涡喷发动机，飞行速度和高度比第二次世界大战时期的螺旋桨战斗机有了明显的提高。这一代战斗机还采用带有液压助力器的飞行操纵系统，采用了少量简单的分立式航空电子设备，有些还安装了功能简单的雷达，所使用的武器主要是航炮或航空机枪，有些配备了从尾后攻击敌机的近距空空导弹。这一代战斗机的最大飞行速度一般为 0.8 ~ 1.4 倍声速，实用升限一般为 12000 ~ 16000m。美国的 F-86 和 F-100，苏联的米格-15、米格-17 和米格-19 等是这一代战斗机的典型代表。

第二代战斗机继续突出追求更大的飞行速度和高度，其最大飞行速度不低于 2 倍声速，实用升限一般不低于 17000m。这一代战斗机的主要特点是：采用小展弦比的三角翼或后掠梯形翼，或变后掠翼，并参照跨声速面积律来控制机体横截面积的纵向分布；采用推重比 6 一级的涡喷发动机和可调式进气道；广泛采用液压助力飞行操纵系统，有些采用了控制增稳系统。这一代战斗机的航空电子设备比第一代战斗机完善和复杂了许多，多

数装备了雷达，并开始配装火控系统；武器除了航炮和从尾后攻击敌机的近距弹外，多数还装备了可迎头攻击敌机的拦射空空导弹。这一代战斗机最大机动过载可达 $+7 \sim +8$ ，但能进行大过载机动飞行的包线很有限，空战推重比约为0.8，最大可用迎角一般不超过 $20^\circ$ 。美国的F-104和F-4，苏联的米格-21和米格-23，法国的“幻影”Ⅲ是这一代战斗机的典型代表。另外，通过“一机多型”的发展途径，这一代战斗机在多用途发展方面取得了很大的突破，有不少型号的改型具有较强的对地（海）攻击能力（包括核攻击能力），有的还能执行战术侦察任务。

第三代战斗机是目前正在服役的主力战斗机，其飞行速度和高度与第二代战斗机相比没有提高，但突出了亚、跨声速的机动飞行性能，主要型号在高空高速飞行能力和亚、跨声速机动飞行性能方面取得了较好的平衡，并具有了大迎角飞行能力和较高的敏捷性。这一代战斗机的主要特点是：通过边条翼、鸭翼、涡流发生器等多种手段利用涡升力，并采用中弧面弯扭的机翼、机动襟翼等来兼顾和提高各种飞行速度下的性能；机体结构具有较高的效率和较长的寿命，设计寿命普遍可达3000~4000飞行小时，后期型可达6000飞行小时；广泛采用推重比8一级的涡扇发动机；广泛采用电传操纵系统和主动控制技术，在亚声速状态具有中立稳定性或静不稳定性；后期型开始采用综合火力/飞行/推力控制技术，并对机电设备进行综合管理。这一代战斗机广泛采用“集中控制、分布处理、分散显示”的联合式航空电子系统，后期型还在一定程度上实现了“分布控制、集中处理、融合显示”；配装多功能脉冲多普勒雷达，后期型还配装或换装无源或有源相控阵雷达；武器除了航炮外，最初配装具有攻击高机动目标能力的半主动雷达制导中距弹和基本可以全向攻击的近距弹，后又全面换装采用主动雷达导引头的复合制导中距弹，并开始换装具有更好的离轴攻击和全向攻击能力的近距弹。这一代战斗机的最大飞行速度一般为1.8~2.5倍声速，实用升限一般不低于15000m，空战重量下的推重比一般大于1，最大机动过载范围 $+8 \sim +9$ ，最大可用迎角多为 $20^\circ \sim 30^\circ$ 。美国的F-15、F-16和F/A-18，俄罗斯的米格-29和苏-27、欧洲的“台风”、法国的“幻影”2000和“阵风”、瑞典的JAS-39等是这一代战斗机现役机型中的典型代表。这一代战斗机最初也主要是通过“一机多型”的方式来拓展用途和提高效能，但后来更多地是通过对基本平台按不同批次或性能标准升级来实现，其重点是对航空电子系统和武器系统进行渐进升级，实现了“一代平台、几代航（空）电（子）”和“一机多能”，使得同一架飞机可以根据需要，执行空战、对地（海）攻击和侦察等多种不同的任务，有的双座型飞机还能执行随队支援干扰和编队指挥引导等任务。

第四代战斗机已经装备部队，其主要特点是具有低可观测性（隐身能力）和超声速巡航能力，且超声速和亚、跨声速飞行性能更加均衡，并具有超大迎角/过失速机动飞行能力和高敏捷性。这一代战斗机的主要特点是：采用低可观测/气动综合设计的外形布局；机体结构具有高的效率和长的寿命，设计寿命可达8000飞行小时；采用推重比10一级的涡扇发动机；全面采用了数字式电传飞控系统和综合火力/飞行/推力控制技术；采用综合化的机电系统；有些在设计上全面考虑了信息交换要求，可更好地满足网络中心战的需要。这一代战斗机采用“分布控制、集中处理、融合显示”的综合式航空电子系统和有源相控阵雷达，武器除了航炮外，目前采用带有主动雷达导引头的复合制导中远距弹和基本可以全向攻击的近距弹。这一代战斗机在设计时就充分考虑了未来渐进升级的需要，保证了飞机便于升级和具有比较充分的升级余地。随着新技术的引入，这一代战斗机（以及部分第三代战斗机）的雷达将开始具有电子攻击、通信等非传统功能，并将配装可实现他机制导和射击低雷达截面积目标的中远距弹、可通过数据链实现射后锁定的近距弹、兼具近距/中远距空战能力的双射程弹、兼具空战和防空压制/对地攻击能力的双任务弹，还可能配装防御性或进攻性的电磁能毁伤武器（高能微波武器和激光炮）。这一代战斗机的最大飞行速度一般为1.6~2倍声速，空战重量下和正常起飞重量下的推重比都大于1，最大可用迎角可达 $-60^\circ \sim +60^\circ$ ，最大机动过载范围 $-3 \sim +9$ ，并且在作战状态下（带弹时），在1.5倍声速左右的最大稳定盘旋过载可达 $+6 \sim +7$ 。美国的F-22是目前唯一已服役的第四代战斗机，美国联合其他国家正在研制的F-35和俄罗斯正在研制的前线航空兵的未来飞机（PAK FA）也是典型的第四代战斗机。

在国外，对于战斗机的划代，美国长期以来采用四代划分法，而苏联 / 俄罗斯采用的是五代划分法（将米格-21 和 F-104 划为第二代，将米格-23 和 F-4 划为第三代）。美国从 2005 年开始也全面采用了五代划分法，其中一种大致是在前述四代划分法的基础上增加一代，将第二次世界大战末期诞生的最早的喷气式战斗机，如 Me 262、“流星”、F-80 等划为第一代；还有一种是把 F-104 与 F-4 分开，把它们分别划为第二代和第三代，使前述四代划分法中的第三代和第四代均提升一代。但不管采用哪种划分法，现在美国 F-15、F-16、F/A-18 等战斗机都由原来的第三代变为第四代，而 F-22 和 F-35 则由第四代变为第五代，这与运用苏联 / 俄罗斯的五代划分法的结果一致。

近年来，国外又开始探讨第五代战斗机（按传统的划分法划分，若按俄罗斯标准和美国新标准则为第六代）。综合航空科学技术的发展和国外的探讨情况来看，第五代战斗机可能将具有以下主要特点：与同型机和其他作战飞机（包括无人机）高度一体化的编队协同空战能力，能够按照最优策略实施大机群协同空战；高度的多源传感器综合与融合能力；配装基于新的半导体技术、具有更大功率的有源相控阵雷达，能够在远距离上发现和跟踪第四代战斗机；具有比第四代战斗机更好的低可观测性和更大的航程 / 作战半径；可以采用有人或无人驾驶，并在无人驾驶型上实现人体所不能承受的敏捷性和机动性；可以配装激光炮等。按照国外的设想，第五代战斗机有可能在 2025 ~ 2030 年投入使用，并将一直服役到 2050 年之后。

展望更加长远的未来，随着航空科学技术的发展和人类迈向空天步伐的加快，空中力量的空战任务将真正拓展为空天作战任务。除了配装反导反卫导弹的战斗机和配装高能激光炮的大型飞机之外，一些新类型的作战飞行器可能会出现在争夺空域及天域控制权的战争舞台上。预计这些飞行器将包括临近空间作战飞行器、空间机动飞行器和空间作战飞行器。未来的战斗机将与这些飞行器以及能够参与空天作战的陆基、舰基和潜基武器装备一起，共同组成某种全新的空天作战体系。

## 攻击机、轰炸机和战斗轰炸机

攻击机（又称强击机）、轰炸机和战斗轰炸机的主要使命任务都是对地（海）攻击，主要运用目的是摧毁敌地面（海面）的攻防能力或潜力。其中，攻击机和战斗轰炸机主要用来执行战术战役级的使命任务，轰炸机主要用来执行战略战役级的使命任务。

攻击机主要用来执行近距离空中支援和空中遮断任务，还可用来执行反舰、布雷等任务。近距离空中支援任务的主要目的是在敌我双方相互接触的战场上摧毁或杀伤敌方作战装备和有生力量，属于战场攻击任务的一部分；空中遮断任务的主要目的是在战场后方摧毁或迟滞敌方作战装备和有生力量，从而削弱敌方的战场作战能力，属于孤立战场或纵深遮断任务的一部分。执行近距离空中支援任务时，攻击机的主要打击目标是战场上的敌方坦克装甲车辆、炮兵阵地及装备、各种火力点、士兵或武装人员，在执行任务的过程中需要与临近的己方部队进行火力和运动方面的密切协同；执行空中遮断任务时，攻击机的主要打击目标是战场后方的机场、交通要道要点、物资供应站、兵力集结点、运动中的敌军部队、战役战术弹道导弹发射车和远程火炮系统等，其出击距离相对较远，一般需要使用重型攻击机，并且在执行任务的过程中通常不需要与战场上的己方部队进行密切协同。

现役的攻击机型号主要有美国的 A-10、俄罗斯的苏-25、英国和法国的“美洲虎”、巴西和意大利的 A-1/AMX 等，部分中、高级教练机也可作为轻型攻击机使用。除了攻击机之外，当前国外用来执行近距离空中支援和空中遮断任务的航空器还包括多功能战斗机、察打一体无人机系统、攻击直升机和武装运输机（俗称“炮艇机”），而轰炸机也因其具有的独特优势，在某些战场环境下成为执行这些任务的重要装备。自 2000 年以来，国内外均未再单独研制新的专用攻击机型号，而是利用现代化的航空电子设备和机载武器，对现有的攻击机进行升级改造，或者在教练机的基础上改型发展出轻型攻击机，典型的例子如美国将 A-10 改进为 A-10C，俄罗斯将苏-25 改进为苏-25SM 和苏-25UBM，捷克在 L-59 教练机的基础上研制了 L-159A 等。值得注意的是，为了满足不

规则战争、低烈度战争和反恐维稳等作战行动的需要,由螺旋桨飞机发展而来的“战场飞机”(螺旋桨轻型攻击机)在国外重新得到了关注和发展。

展望未来,今后各国的攻击机将主要由升级改进后的现役攻击机和由教练机发展而来的攻击机组成,而无人攻击机的发展也值得特别关注。它们将与多功能战斗机、察打一体无人机系统、攻击直升机、武装运输机和轰炸机一起,共同完成未来的近距离空中支援和空中遮断等任务。

轰炸机主要用来执行战略轰炸任务,近年来也用来执行持久近距离空中支援等任务。轰炸机的发展经历了一个渐进的过程。早期轰炸机的载弹量、航程和续航时间远远比不上当代的轰炸机,但它的这三项性能通常总是同一时期各类作战飞机中的翘楚。在各种军用飞机中,轰炸机能够对敌方实施最具摧毁性的打击,也能够对基本清除防空系统威胁后的战场实施最强有力的控制,因此被视为进攻性空中力量的标志性装备。在可以预见的将来,轰炸机仍将是唯一能将强大的远程精确打击和持久的战场控制能力很好地结合在一起的空军装备。

在冷战时期,轰炸机的战略威慑能力主要从两方面体现,首先是作为“三位一体”核力量的空基组成部分,具有对敌方实施核打击的能力;其次是载弹量突出,具有对敌方实施大规模常规轰炸的能力。随着轰炸机越来越多地被用于常规作战,以及军事强国日益重视作战行动的精确性和效费比,轰炸机战略威慑作用的内涵也在发生变化。目前,轰炸机的核威慑作用继续得到保持,同时在保持大规模常规轰炸能力的基础上,具备了以下能力:发射巡航导弹,在开战之初对战略目标实施战略打击;实施远程奔袭,在突破防空系统之后对重要目标实施临空打击;利用久航优势,在战场上空长时间待机以打击时间敏感目标;以及利用载重优势,搭载大量精确制导弹药在一次出击中对重要目标进行饱和连续打击或精确摧毁大量目标。

现役的轰炸机型号主要有美国的B-2A、B-1B和B-52H以及俄罗斯的图-160、图-95MS和图-22M,1997年形成作战能力的B-2A是其中最“年轻”的型号。对现有的轰炸机进行升级改进是当前轰炸机发展的主流,而改进内容几乎都集中在航空电子现代化和综合新的武器这两个方面。由于轰炸机具有重要的作用和较大的改进空间,现有的轰炸机还将服役很长时间,例如美国计划使B-2A、B-1B和B-52H分别服役到2058年、2047年和2044年。确实如此的话,B-52H的服役时间将达到80多年,创下人类航空史上作战飞机服役时间最长的纪录。

为了满足未来作战的需要,美国和俄罗斯都已着手研究新型轰炸机。美国的新型轰炸机被称为下一代轰炸机(NGB)或远程打击飞机(LRSA),已经在美国国防部立项,计划在2025年左右形成作战能力;俄罗斯的新型轰炸机被称为远程航空兵的未来飞机(PAK DA),有可能在2025~2030年服役。美国已经对它的新型轰炸机进行了十多年的探讨,现在已经把它定位为下一代远程打击(NGLRS)系统中的核心装备。从已经公布的情况来看,该机将是一种可选有人/无人驾驶、具有良好的信息交换能力和全向低可观测性、具有承担核打击任务潜力的轰炸机,将与一种或更多同样具有全向低可观测性的无人机编组,综合利用低可观测性和电子战手段突破未来的防空系统,完成突防打击重要目标、待机打击时敏目标、空中电子攻击、情报/监视/侦察、目标指示和战斗毁伤评估等多种任务。俄罗斯PAK DA的关键技术研究工作已从2009年正式开始,预计它将是一种具有低可观测性的远程轰炸机。

战斗轰炸机主要用来执行空中遮断任务。这类飞机通常具有与战斗机接近的最大飞行速度和限制过载,最大飞行速度一般超过1.5倍声速,限制过载一般不低于+7。这类飞机还把近距弹作为典型外挂布局中的武器之一,有的还能使用中距弹,因此空战能力要比攻击机和轰炸机强得多,具备了空战自卫和与敌方战斗机进行对抗的能力。现役的战斗轰炸机型号主要有俄罗斯的苏-24和苏-34,英国、德国和意大利的“狂风”以及中国的歼轰7。从2006年年底才开始交付部队的苏-34是其中最新的型号。目前,各国战斗轰炸机的主要发展方向也是利用先进的航空电子设备和新的机载武器,对现有的型号进行升级改进,例如英国和意大利都已经对“狂风”进行了多个阶段的升级,俄罗斯也在将苏-24升级为苏-24M2。另外,有些国家主要利用双座远程多功能战斗机来执

行空中遮断任务，目前这类飞机的型号主要有美国的 F-15E 和俄罗斯的苏-30M。与战斗轰炸机相比，这些双座多功能战斗机的主要特点是具有更强的空战能力，还可以用来执行防空和制空作战任务。

## 特种飞机

特种飞机的主要使命任务是预警探测、指挥引导、信息对抗和情报支援保障，主要机种包括预警指挥机、电子战飞机、侦察机、海上巡逻机和反潜机等。特种飞机的主要运用目的是为己方的行动提供 C<sup>4</sup>ISR 支援，并通过信息对抗等手段破坏和干扰敌方的行动。有的特种飞机还能在执行信息对抗或情报支援保障任务的同时，使用自身搭载的武器摧毁所发现的目标，例如电子战飞机可发射反辐射导弹等武器摧毁敌方雷达站和有源干扰设备，一些海上巡逻机和反潜机可发射空舰导弹摧毁所发现的水面舰艇，或投放反潜鱼雷摧毁所发现的潜艇等。

预警指挥机主要用来执行预警探测、指挥引导、通信中继等任务。它通常由运输机改装发展而来，主要特点是装有由远距搜索雷达、电子监视设备、数据处理设备、敌我识别设备、通信导航设备、指挥引导设备等组成的任务系统。受到技术条件的限制，早期的预警机不具备指挥引导能力，只能把空情信息发送到地面指挥所或航空母舰，再由地面指挥所或航空母舰来完成空战指挥引导。随着信息技术的不断发展，越来越多的预警机具备了指挥引导能力，由预警机发展成预警指挥机，但仍有一些预警机因采用的平台较小、难以容纳相关的设备和人员而不具备指挥引导能力。一般来说，由大型运输机改装而来的预警指挥机的任务能力比由中小型运输机改装而来的预警指挥机要强一些。

预警指挥机在现代空战中起着举足轻重的作用。例如在海湾战争中，美国空军 90% 以上的空战战果都是在其 E-3A 预警指挥机的协助下完成的。目前，预警机/预警指挥机的型号主要有美国的 E-3、E-2、E-767 和波音 737 预警指挥机，俄罗斯的 A-50，瑞典的 S 100B、S 100D 和萨伯 2000 预警指挥机，中国的空警 2000 和空警 200，巴西的 R-99A（其任务系统由瑞典研制），以色列的“白尾海雕”等。这些型号中只有 E-2 采用了新研制的平台，其他都是由运输机改装发展而来。目前，越来越多的国家正在积极引进或研制预警指挥机，已经列装预警指挥机的国家也对现有飞机的升级改进或更新换代给予了高度重视。总的来看，提高互联互通和指挥引导能力、引入采用新技术的远距搜索雷达和其他任务传感器、引入多传感器数据综合与融合能力和提高战斗识别能力，是今后预警指挥机发展的主要方向。其中，先进的有源相控阵雷达系统已经成为当前和未来预警指挥机首选的任务传感器，而且用于预警指挥机的这类雷达通常采取了多种措施来提高对低雷达截面积目标的发现和跟踪能力。

电子战飞机主要用来执行信息对抗任务。它通常由作战飞机（战斗机、攻击机、轰炸机和战斗轰炸机）或运输机改装发展而来，主要特点是装有宽频带的电磁侦察接收与干扰设备，有些还可以使用反辐射导弹等武器来打击目标。由作战飞机改装而来的电子战飞机通常用来执行随队支援干扰或近距支援干扰任务，它需要与作战飞机编队，伴随作战飞机编队前进，在目标区上空或目标区附近上空，通过施放电磁干扰为作战飞机编队开辟走廊或提供掩护，并在必要时使用反辐射导弹等武器摧毁危及作战飞机编队安全的敌方辐射源。由运输机改装而来的电子战飞机通常用来执行远距支援干扰或特殊的电子战任务，一般不与作战飞机编队，通常在敌方的防空火力射程之外飞行，对敌方通信系统和雷达系统实施干扰，有些还能入侵敌方的通信网络。

电子战飞机是现代战争中夺取制电磁权和信息优势的重要装备，具有非常重要的作用。美国现役的电子战飞机型号主要包括 EA-6B、EA-18G 和 EC-130H，它们分别由 A-6 攻击机、F/A-18F 战斗机和 C-130H 运输机改装发展而来，其中 EA-6B 和 EA-18G 主要用来执行随队支援干扰和近距支援干扰任务，EC-130H 则主要用来执行针对通信系统的远距支援干扰。EA-6B 和 EA-18G 不仅可对各种频段的雷达进行干扰，还具有通信监听和通信干扰能力，并且都能够使用反辐射导弹摧毁敌方的雷达等辐射源；EC-130H 不仅可用来对通信系统进行干扰，还已经具有入侵和攻击战役战术通信网络的能力。

明显的覆盖范围优势。美国已经列装的“全球鹰”就是一种战略战役侦察无人机,其飞行高度接近临近空间低层,今后将用来取代有人驾驶的 U-2S 侦察机。

海上巡逻机和反潜机用来执行海上监视与侦察、巡逻警戒、反舰和反潜等任务,可视为兼具侦察能力和打击能力的海上侦察机。它除了配装雷达、电子支援设备、光电/红外传感器、声学传感器、磁异常探测设备等传感器和相关的任务处理系统之外,还可使用深水炸弹、航空鱼雷、空舰导弹等武器对潜艇或水面舰艇进行攻击。目前,国外高端海上巡逻机和反潜机的主要型号有美国的 P-3C 和 P-8A,俄罗斯的伊尔-38 和图-142,欧洲的 CN-235MP 和 CN-235 MPA,意大利的 ATR 42 MP 和 ATR 72 ASW 及日本的 P-1。其中只有 P-1 采用了新研制的平台,其他都是由运输机或者轰炸机改装发展而来;除了 ATR 42 MP 目前暂不用于反潜之外,其他型号都兼有海上巡逻和反潜功能。除了这些型号之外,国外还有多型由通用飞机改装发展而来的海上巡逻机。近年来,国外积极推进海上巡逻机和反潜机的升级改进或更新换代,显示了国外对强化海洋控制、保卫领海安全、维护海洋权益和加强海洋管理的高度重视。总的来看,随着各国日益重视海洋和新兴国家的经济继续得到发展,海上巡逻机和反潜机的发展也将得到重视,装备这种飞机的国家和地区将会越来越多。

## 教练机

教练机的主要使命任务是训练飞行员的飞行技能和战斗技能。它一般采用串列双座布局,后座是教员座位,前座是学员座位。前、后座舱采用相同的仪表板和操纵设备,教员和学员的操纵设备是联动的,以便教员能够随时监控学员的操纵动作,并及时纠正学员的错误。

按照承担训练任务的等级差异,教练机可分为初级教练机、中级教练机(基础教练机)、高级教练机和同型教练机四类。初级教练机主要供初学者体验飞行并掌握一些初级的驾驶技术,通过考察学员适应飞行的能力,从中筛选出有培养前途的学员;中级教练机主要用于飞行学员的基本驾驶技术训练;高级教练机主要用于飞行员高级驾驶技术训练和部分战术训练;同型教练机一般是在单座型作战飞机的基础上改装发展而来的,主要用于某个型号战斗机飞行员的全面战术训练,与前几类教练机的发展没有直接的关系。有的教练机同时用于两个阶段的飞行训练,因此被称为初/中级教练机或中/高级教练机。总的来说,从初级飞行训练直到同型教练机飞行训练,始终是一个淘汰选优的过程;按照初级教练机、初/中级教练机、中级教练机、中/高级教练机、高级教练机、同型教练机这样的顺序,教练机的最大飞行速度是逐渐增加的。另外,在不同的国家或不同的军兵种中,由于训练体制不同,同一型号的教练机所执行的训练任务也可能有所不同,即:某种型号的教练机可能被一个国家用作中/高级教练机,但被另一个国家用作高级教练机;可能被海军航空兵用作初/中级教练机,但又被空军用作中级教练机。

目前的初级教练机和初/中级教练机多为螺旋桨飞机,典型型号有中国的初教 6、意大利的 SF-260、日本的 T-7 等。其中,初教 6 和 SF-260 配装活塞发动机,T-7 配装涡桨发动机。在多数国家,初级教练机和初/中级教练机也被称为飞行学员筛选机,但是在飞行运动和通用航空高度发达的国家,可以采取其他方式完成筛选。例如,对于没有获得私人飞行执照的学员,美军是通过入门飞行选拔课程来完成筛选,在此期间使用的是钻石飞机工业公司或赛斯纳飞机公司的轻型通用飞机,而不是专门研制的初级教练机或初/中级教练机。

目前的中级教练机和中/高级教练机既有喷气式飞机,也有螺旋桨飞机,主要型号有中国的基教 8/K8,巴西的 EMB-312 和 EMB-314,捷克的 L-39、L-59 和 L-139,瑞士的 PC-7、PC-9 和 PC-21,美国的 T-6 和 T-45C,意大利的 M-311 和 MB-339,韩国的 KT-1,日本的 T-4,俄罗斯的米格-AT 等。其中,EMB-312、EMB-314、PC-7、PC-9、PC-21、T-6 和 KT-1 均配装涡桨发动机,其他型号除了 MB-339 是配装涡喷发动机之外,均配装涡扇发动机。在目前的教练机市场上,这类教练机是主力产品,其中中国的基教 8/K8 飞机在近 10 年中占据了这类机种出口贸易总额的 70% 以上。

达 600t，最大有效载重达 250t，是当今世界上最大的运输机；安-124 的最大起飞重量达到 400 多吨，最大有效载重达 150t，是当今世界上最大的批量生产型飞机。战术运输机多在战区附近或战区以内承担近距离运输任务，动力装置一般采用涡桨发动机，具有较好的短距起降能力，目前的主要型号有美国的 C-130，欧洲的 A400M 和 CN-235，意大利的 C-27J，乌克兰的安-70（采用桨扇发动机），中国的运 8，日本的 C-2（采用涡扇发动机）等。其中，A400M、安-70 和 C-2 的最大起飞重量都超过了 120t，最大有效载重都超过了 35t，是战术运输机中的高端产品。

军用运输机还能为其他多种军用飞机的发展提供很好的平台。在军用运输机的基础上，不但可以改装发展出预警指挥机、电子战飞机、侦察机和加油机，还可以改装发展出攻击机（炮艇机）、激光攻击飞机、心理战飞机、雷达和航空电子试验台、航空发动机空中试车台、临近空间或轨道飞行器发射平台等军用飞机或试验平台等，这在国外都已经有了实例。另外，在研制军用运输机的过程中发展一些关键技术还可用于民用运输机的研制。总之，无论是从战时还是平时考虑，无论从基本价值还是应用拓展来看，军用运输机特别是大中型军用运输机对于空中力量和航空工业来说都具有非常重要的意义。

展望未来，国外军用运输机在近期内的重点仍将是升级改进和改型发展，其中升级改进的重点是更换动力装置和航空电子系统，同时增强自防御能力；改型发展的重点则是大幅度提升任务效能，或改变和拓展基本平台的使命任务范围。远期，随着新一代动力装置和新概念布局的应用研究取得突破，预计将出现采用全新总体布局、具有某些独特能力、性能指标明显提升的军用运输机——它们可能采用翼身融合体（BWB）、连接翼、吊舱式双机身等新的总体布局，配装新一代涡扇、桨扇或涡桨发动机，经济性和载重系数等指标将明显提升，甚至可能出现具有垂直起降能力的战术运输机。

由于大多数作战飞机（战斗机、攻击机和战斗轰炸机）的远航和久航能力比较有限，加油机便成为拓展其打击距离和延长其任务时间不可或缺的重要装备；对于一些舰载作战飞机来说，加油机还使之能够携带更多的弹药起飞，在空中再进行加油，解决由于舰上起飞对起飞重量的限制导致的载弹量与载油量之间的平衡问题；轰炸机和一些由大中型运输机改装发展而来的支援保障飞机（如预警指挥机等特种飞机）虽然具有较好的远航和久航能力，但在实际作战中同样可能需要空中加油支援。因此，加油机堪称是提高现代空中力量远程和持久作战能力的“力量倍增器”。

加油机多由大中型运输机改装发展而来，有的也由轰炸机改装而来，前者可用于加油的燃油重量通常比后者要大得多。目前加油机的主要型号有美国的 KC-10、KC-135、KC-130 和 KC-767，欧洲的 A310 和 A330 多用途加油机 / 运输机（MRTT），俄罗斯的伊尔-78，中国的轰油 6 等。除了轰油 6 是由轰炸机改装发展而来之外，其余型号都是由大中型运输机改装发展而来。多数型号的加油机采用软管-锥套式加油系统（软管式），从加油机伸出的软管头部带有锥套，与受油机伸出的受油探管结合后进行输油，其特点是容易实现多点加油（1 架加油机可同时为 2 架或 3 架受油机加油），但输油速度较慢；美国空军的加油机均装有伸缩套管加油系统（硬管式），从加油机伸出的硬管直接插入受油机上部的输油阀门中，其特点是输油速度较快，但目前的加油机在仅采用这种方式时，不能同时为多架受油机加油。有的加油机可同时安装软管式和硬管式加油系统，以便为不同受油方式的受油机供油。另外，由于大中型专用加油机很难上舰，因此舰载作战飞机需要重视伙伴加油能力，即舰载作战飞机携带多个大容量副油箱和软管-锥套式加油吊舱，在离航空母舰不太远的距离上，为其他离舰 / 返舰的作战飞机提供空中加油。在 2000 年以来的实际作战行动中，美国的 F/A-18F 战斗机、法国的“阵风”M 战斗机和“超级军旗”攻击机等舰载作战飞机都曾作为伙伴加油机使用。

总的来看，加油机在当前和未来的发展重点集中在以下几个方面：第一，对现役的老化加油机全面更新换代，例如澳大利亚和英国都已开始用 A330 MRTT 来取代现役的加油机，美国空军已经选择 KC-46A（在波音 767 民用运输机的基础上改装发展而来）来取代部分 KC-135，美国海军陆战队正在使用 KC-130J 来取代 KC-130F 等；

第二，对部分现有的加油机进行升级改进，其主要目标是满足新的空中交通管制要求和提高自防御能力；第三，引入新的加油技术，其中最典型的是引入全电操纵并具有自动突风减载控制功能的伸缩套管；第四，为加油机引入新的支援保障功能，其中最主要的是通信中继。

## 二、现代民用飞机的发展

民用飞机包括民用运输机和通用飞机，也有着悠久的历史。在莱特兄弟的“飞行者一号”完成首飞之后不久，美国、法国和英国的一些飞行家们就使用各种固定翼飞机，频繁地在北美和欧洲进行飞行表演。1914年，美国佛罗里达州用固定翼飞机开通了世界上第一条定期商业运输航班，民航运输的时代由此发端。但随后第一次世界大战爆发，主要工业国家都把对航空的注意力集中到了军用飞机上，民用飞机的发展基本停滞。

在第一次世界大战结束之后、第二次世界大战爆发之前，民用飞机取得了较大的发展。1919年，德国和法国分别开通了欧洲第一条国内定期民航航线和世界上第一条国际定期民航客运航线。此间，除了民航客运和邮政航空得到发展之外，通用航空也蓬勃兴起，其内容已涵盖了探险飞行、表演飞行、农林作业飞行、航空救助救援飞行、公务飞行、私人飞行和飞行训练。在20世纪20年代，以荷兰福克公司为代表的欧洲民用飞机研制厂商处于世界领先地位，其一系列优秀的民用飞机创造了不少当时的远程飞行纪录，还开创了三发民用飞机的新潮流。但从30年代开始，美国逐步取得了民用飞机研制的领先地位，其波音公司先后研制了波音247和波音307等民用飞机，道格拉斯公司也先后研制了DC-1和DC-3民用客机。其中，1933年完成首飞的波音247被认为第一种现代民航飞机，1938年完成首飞的波音307则是世界上第一种采用增压座舱的航线飞机。

1939～1945年的第二次世界大战再一次使民用飞机的发展陷入徘徊不前的境地。战争结束之后，民用飞机的发展得到恢复，此后因没有爆发世界大战，加之世界经济的蓬勃发展和航空科学技术的不断进步，民用飞机进入了大发展时期。20世纪50年代，有多型采用涡桨发动机或涡喷发动机的民用运输机投入航线飞行，其中1958年投入运营的波音707飞机取得了巨大成功，开启了民用运输机发展的新时代。通用飞机也在两次世界大战之间出现第一次发展高潮之后，在20世纪50年代迎来了新的发展高潮。自60年代至今，除了传统工业国家继续大力发展民用飞机之外，加拿大、巴西等一些国家也开始发展民用飞机。欧洲国家则联合组建了空中客车工业公司（2001年7月更名为空中客车公司），与美国的民用飞机制造商展开竞争，奠定了当今世界民用航空工业的基本格局。

时至今日，民用飞机已成为必不可少的重要交通工具。民用运输机每年的客运量达到了20多亿人次，货运量超过4300万吨。通用飞机（包括从事通用航空运输的直升机）的数量达到了35万架左右，占民用飞机总数的98%，在更广泛的领域为人类的生产生活服务。总之，民用飞机具有巨大的社会价值和经济价值，已成为发展国民经济和便利人民生活不可缺少的重要工具。

### 民用运输机

民用运输机是指用于客、货运输的商用运输机，可分为干线运输机和支线运输机两大类。干线运输机一般是指典型客舱布局下的客座数超过100个、满载航程超过3000km的民用运输机，支线运输机一般是指典型客舱布局下的客座数低于100个、满载航程不超过3000km的民用运输机。

干线运输机通常又可分为中远程干线运输机和中短程干线运输机。满载航程超过6000km的被称为中远程干线运输机，否则被称为中短程干线运输机。需要飞越多个国家或地区的国际航线大多采用中远程干线运输机，国内大城市之间的航线和地区性国际航线则多采用中短程干线运输机。干线运输机是民用运输机市场的主体，全球民航运输业每年完成的客、货周转量中，有90%以上都是由干线运输机完成的。干线运输机对于安全性、



过了2万架。

从国外的使用情况来看，多用途飞机的主要用途仍是中短途客/货运输。由于它通常具有较大的内部空间和简易机场起降能力，因此可以执行小型包裹/货物运输、搜索与救援等任务。有些多用途飞机被改装为专业作业飞机，或发展了专业作业飞机改型。许多多用途飞机还有军用改型，承担了大量的伞兵训练、通信联络、空降空投、监视侦察等军事任务。例如，中国的运5B飞机就有农林飞机改型和部队跳伞改型，法国的F406飞机有地图测绘/地质勘察改型、边境巡逻改型、陆地/海上侦察改型和通信情报/图像情报侦察改型等。总之，多用途飞机的使用灵活性高，用途广泛，其生产、改进和研制活动始终比较活跃。

家用/运动飞机是指主要用于私人旅行和运动飞行的通用飞机，其特点是轻、小，包括驾驶员在内的乘员数量不超过5名。除了主要用于私人旅行和运动飞行（例如航空运动和特技飞行）之外，这类飞机也被广泛用于飞行训练，还可用于公务出行、旅游观光和巡逻执法，部分型号还发展了军用特种飞机改型。这类飞机的特点是：通常配装1台活塞发动机或1台涡轮桨发动机，仅有少数机型采用双发设计，例如奥地利的DA-42“双子星”，多采用并列座椅（1排2座或2排2座），也有一些采用串列座椅，还有些只有1个座椅（例如某些特技飞机）。考虑到飞行训练（包括私人驾驶飞行训练和民航飞行员初级飞行训练）这一重要市场的要求，近年来这类飞机也开始采用自动驾驶仪、先进的航空电子设备和与民用运输机类似的人机接口，有的型号还配装了一体化航电系统，例如近年来推出的赛斯纳172“天鹰”及赛斯纳182“天巷”的新改型均采用了美国高明公司的G1000航电系统。目前绝大多数家用/运动飞机主要由金属材料制成，但一些较新的型号已经开始采用全复合材料机体。

由于技术门槛较低，家用/运动飞机的厂商和机型都非常多。厂商中既包括像美国赛斯纳飞机公司和俄罗斯苏霍伊股份公司这样拥有成批生产能力和多型著名产品的大公司（其中赛斯纳飞机公司是世界上最大的家用/运动飞机制造商），也包括一些只制造简易飞机散件供用户自行组装的小企业，国外还有不少个人也制造这类飞机。这类飞机发展的最大特点与品牌轿车类似：只要某个型号得到用户的充分认可，便可以连续生产数十年，其间不断改进，但外形布局基本不会发生变化。例如，赛斯纳172“天鹰”和赛斯纳182“天巷”这两种著名的型号都早在1956年就投放市场，至今仍在生产和改进，前者的总产量已超过4万架，是世界航空史上生产数量最多的飞机；后者的产量也已经超过了2万架。由此可见，家用/运动飞机的市场容量和生产规模远远超过了其他通用飞机，而且容易培养出相对比较固定的用户群体，未来其研制、生产、改进、销售和保障等活动仍将非常活跃。

### 三、直升机的发展

直升机是利用旋翼桨叶提供升力、推进力和操纵力的航空器，与其他航空器相比，其主要优势是能够垂直起降、空中悬停和侧向直飞，也因此能在狭小的场地、舰船甲板和平坦的屋顶起降，能够贴地飞行和在复杂的地形环境中飞行，能够在复杂地形下采用单轮接地的方式“着陆”，能够实施吊运和垂直投送等。按照总体布局的不同，直升机大致可以分为单旋翼式、双旋翼式和新概念三大类。单旋翼直升机又可分为单旋翼带尾桨和单旋翼不带尾桨两类，其中前者利用尾桨旋转产生的推力绕主旋翼轴形成的力矩来平衡主旋翼的扭矩，后者利用尾梁排气产生的推力绕主旋翼轴形成的力矩来平衡主旋翼的扭矩。双旋翼直升机又可分为纵列式、横列式和共轴式三大类，其两副旋翼的尺寸和载荷大小相同，所产生扭矩的大小相等、方向相反，因此不再需要尾桨或尾梁排气来平衡扭矩。纵列式双旋翼直升机的旋翼一前一后布置于机身上部，两副旋翼的桨盘部分一般有部分重叠，并且后旋翼在垂直方向上高于前旋翼；横列式双旋翼直升机的旋翼一左一右地布置于机体上部；共轴式直升机的旋翼一上一下安装在同一旋翼轴上，两副旋翼的桨盘完全重叠。

新概念直升机多为复合布局的直升机，一般结合了直升机与飞机的特点，设计目标主要是在保持传统直升