

世界民用飞机手册

WORLD AIRLINER HANDBOOK

张庆伟 林左鸣 主编



航空工业出版社

世界民用飞机手册

张庆伟 林左鸣 主编

航空工业出版社

北京

内 容 提 要

《世界民用飞机手册》收录了世界各国正在使用、生产和研制中的民用飞机共94个型号，按座级编排。全书共分4篇：100座以下机型、100～200座机型、200～300座机型、300座以上机型，系统地介绍了它们的研制概况、设计特征及技术数据，特别综述了这些飞机的技术水平和性能特点，从而比较全面地反映了当前民用飞机发展概貌和民机技术的发展历程及最新水平。本书内容丰富、资料翔实、数据可信、图文并茂、特点鲜明，是目前国内第一部集手册与综述于一体的权威性民用飞机参考书。为了读者阅读方便，书后附有名词解释、国外相关公司名录、拉丁文索引、国家（或地区）索引、座位数索引及项目启动时间索引。

本书可作为从事航空科研、民机生产的政府部门与企事业单位的管理人员和研究人员查阅各种民用飞机概况、设计特点和技术发展以及技术数据的工具书，也可作为广大航空爱好者了解各种民用飞机及民机技术发展的科普读物。

图书在版编目 (CIP) 数据

世界民用飞机手册 / 张庆伟, 林左鸣主编. —北京: 航空工业出版社, 2009.5
ISBN 978-7-80243-330-4

I. 世… II. ①张…②林… III. 民用飞机—简介—世界
IV. V271

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 067946 号

世界民用飞机手册 Shijie Minyong Feiji Shouce

航空工业出版社出版发行
(北京市安定门外小关东里 14 号)

发行部电话: 010-64815615 010-64978486

北京盛通印刷股份有限公司印刷
2009年5月第1版
开本: 889×1194 1/16
印数: 1—4000

全国各地新华书店经售
2009年5月第1次印刷
印张: 28.25 字数: 722千字
定价: 298.00元

《世界民用飞机手册》

主 编 张庆伟 林左鸣

副 主 编 吴光辉

执行主编 张晋平

总 审 校 秦福光

审校人员 张钟林 任源博 徐德康 李广义

编写人员 (按姓氏笔画为序)

丁立铭 王 妍 王晓鹤 尹相丽 邓中卫

卢新来 邢晨光 朱彦伶 刘代军 刘亚威

闫 娟 苏海军 李 航 李 清 李广义

杨玉岭 吴 蔚 张 慧 张云阁 张汝玲

张晓英 陈 黎 陈民校 范秋丽 殷云浩

郭红玲 郭建奇 诸葛卉 黄铁山 鲁进军

温 坤 霍 曼 戴海燕

序

2008年5月11日，中国商用飞机有限责任公司在上海正式成立，标志着中国大型客机研制工作已全面启动。这不但是中国航空发展史上的一件大事，而且对于建设创新型国家、实现中华民族的伟大复兴都具有非常深远的意义。60年来数代中国人梦想着坐上自己的大飞机。科技界和全国各界都对航空战线寄予厚望，人们说，中国没有自己的大飞机，死不瞑目。今天，中国在大型客机领域向世界航空科技制高点发起冲击，这是一场伟大的战役，夺取这场战役的胜利将标志中国向科技强国迈出了决定性一步。改革开放以来的实践已经证明，任何轻视自己的能力、难有作为的观点都是没有根据的。

大型客机技术复杂，风险高，难度大，要想在竞争激烈的市场中占有一席之地，必须有坚韧不拔的奋斗精神和精益求精的科学态度。我们是后来者，在改革开放的条件下，不但能站在巨人的肩膀上，开拓前进，还能够针对市场需求，有所创新，有所创造，创出我们自己的特色。

航空工业出版社出版的《世界民用飞机手册》系统地介绍了近100种机型的设计特点和技术数据，概述了飞机特点，还配有大量的图片，形象直观，是一本图文并茂的工具书。它有助于航空科研、生产、管理人员迅速、准确地了解世界民用飞机的最新发展情况，对于制定设计方案、筹划竞争策略也有重要的参考价值。

祝愿航空战线全体干部职工在攻克大飞机战役中取得辉煌胜利，祝愿中国的大型客机能够早日翱翔于世界蓝天。

宋健

2009年3月

前言



飞机作为民用运载工具在过去的一个世纪中得到了迅速发展和广泛应用。民用飞机每天都在造福人类。它在运输领域充分施展才能，加快了社会运转速度，改变了人们的时空观，缩短了国与国、人与人之间的距离感。目前民用飞机已成为一些国家的经济发展源泉，并被称为工业之花和技术发展的火车头。在产品方面，航空运输系统对保持国家经济活力、提高公众生活质量和国家安全水平起着至关重要的作用；在技术方面，民用航空技术的发展进步极大地推动了其他领域的协同发展，同时各种先进技术在民用飞机上的成熟应用也连锁带动了一大批相关技术的不断更新。民用飞机所具有的巨大社会效益和经济效益已成为发达国家和发展中国家自行研制本国民用飞机的主要驱动因素。

2006年，值得所有中国人自豪的是，温家宝总理宣布中国要自行研制大型客机，并将研制大型飞机列为建设创新型国家的重大专项和标志性工程，中国人要用自己的双手和智慧制造有国际竞争力的大型客机，这是所有国人倍感兴奋的大事，但也向肩负研制重担的飞机设计人员提出了巨大挑战。面对飞机设计的高技术和复杂性以及世界民用飞机市场及民机技术日新月异的变化，飞机设计人员极其希望迅速了解和掌握世界民用飞机的发展概况和技术特点，以便积累经验和启发设计思路。正如新中国第一位飞机总设计师徐舜寿同志的名言：“设计飞机像做诗一样——熟读唐诗三百首，不会吟诗也会咏；看多了飞机图纸，设计飞机自然就有思路了。”顾诵芬院士在他主编的《飞机总体设计》一书中，明确提出要做好飞机设计，必须查阅大量的飞机资料，并且推荐飞机设计人员要经常翻阅英国

出版的《简氏飞机年鉴》和航空工业出版社出版的《世界飞机手册》。飞机手册真实描述和介绍了飞机的性能水平和发展概况，是积累资料的重要途径。然而截至目前国内尚未出版一本具有权威性的专门介绍民用飞机的手册。为此，我们组织民机技术相关情报研究人员编撰了这本《世界民用飞机手册》，希望弥补此缺憾。也希望这本书为所有关心民用飞机发展的中国人提供一个放眼看世界的极好平台。

在综合考虑时效性和代表性的基础上，本书重点收录了21世纪在役的、在研的用于航线运输的干线、支线飞机，以及大型公务机。此外，为了比较全面地反映民用飞机产品及技术的发展特点，本书还将一些对民机技术发展比较有影响但因各种原因未能成功开发和生产的民用机型收录在内。

本书共收录了94种民用飞机，每一种机型按项目概况、主要型别、设计特征、使用特点、技术数据五部分阐述。“项目概况”重点介绍飞机项目的研制背景、发展概况、投入运营时间、生产量及交付量，研制费用及飞机单价等。“主要型别”概要介绍该机种已发展、正在发展或计划发展的主要改型。“设计特征”介绍飞机的总体布局、动力装置、座舱、起落架、系统与机载设备。“使用特点”重点反映飞机所采用的新技术、所具有的新特点，其成功经验及教训等，以求客观地展现出民机产品及其技术的发展历程和发展趋势。该部分内容是集客观反映和研究于一体的综述性分析，是本书区别于其他手册的最大亮点。“技术数据”包括外形尺寸、内部尺寸、重量及载荷和性能数据等。此外为了增强读者对各种飞机的感性认识，书中为每种机型都配备了数幅反映飞机特征的彩色图片。

本书目录不同于以往手册的目录形式，是按座级编排的，使读者更直观、更有效地查阅。此外，为方便读者以其他方式查阅及深入了解，另增加6项附录用

于特殊名词解释、公司查询和飞机索引：附录1名词解释，对出现在书中的一些专用名词进行注解；附录2列出本书所涉及的主要研制商及设备制造商；附录3按拉丁文排序；附录4按国家（或地区）排序；附录5按座位数从小到大排序；附录6按项目启动时间列出，并附有首架飞机首飞、交付时间及现状。

本书编者多渠道收集、整理并分析了国内外的权威信息资料，所引用的信息资料截止到2008年12月。

经过半年多的努力，《世界民用飞机手册》终于要和大家见面了。在此感谢全体编写人员、审校人员和出版人员。并承原国务委员、第九届全国政协副主席、中国工程院主席团名誉主席、著名科学家宋健院士作序，特此致谢。

为了能够尽快投入使用，本书的编写出版时间安排非常紧张，书中难免会有疏漏和不足，欢迎大家批评指正。

张永伟 林

2009年4月



说不尽的精彩



——世界民用飞机发展与展望



1903年12月17日，美国莱特兄弟制造的历史上第一架带有动力的载人飞机“飞行者”1号试飞成功，把人类飞行的梦想变成了现实。从此，民用飞机给人类的进步和发展插上了飞翔的翅膀，将人们的活动范围从陆地、海洋扩展到天空，并逐步成为国民经济发展和人民生活不可或缺的交通工具，极大地改变了人们的时空观。今天，数以万计、不同大小和不同种类的民用飞机翱翔在蓝天中，成为蓝天白云之间一道亮丽的风景线，在蓝天上演绎着说不尽的精彩。

一、民用飞机发展历程

飞机发明之初，主要用于体育运动和娱乐活动。1910年前后，人们开始尝试用飞机进行空中运输。但直到第一次世界大战硝烟散尽后，飞机才开始广泛投入商用航空客货运输并出现真正意义上的民用客机。第二次世界大战后，民用飞机迎来了快速发展的黄金时期，飞机设计、研发、制造技术不断创新。20世纪50年代，具有划时代意义的喷气飞机问世，随后的几十年，民用喷气飞机一直引领着现代民用飞机发展的潮流。

1. 干线飞机

干线飞机一般是指客座数大于100、满载航程大于3000km的大型客货运输机。按航程划分，现在通常把满载航程大于6000km的干线飞机称为中远程干线飞机，国际航线上大多采用这类飞机；把满载航程小于5000km的干线飞机称为中短程干线飞机，一般多用于地区航线和国内航线。干线飞机是民用飞机市场的主体，

民用航空运输90%以上的客、货周转量都是由干线飞机完成的。干线飞机处于民用飞机产业的高端，具有经济价值高、技术难度大、综合性强等特点。

目前，大型客机市场通过优胜劣汰的残酷竞争，全球市场几乎被美国波音公司和欧洲空中客车公司（空客公司）这两大航空巨头垄断，其产品已形成了各自的系列，全方位地覆盖着不同的市场需求，而且通过系列化和通用化发展，取得了很大的竞争优势。

自20世纪50年代初喷气飞机问世以来，基本每隔10多年就会有一批具备不同技术特点的干线飞机问世，今天第五代飞机已在发展之中。虽然这五代喷气干线飞机在速度上没有很大的提高，粗看起来外形变化也不大，但是每代飞机都具有鲜明的技术特征，每一代飞机之间都取得了很大的技术进步。

第一代喷气干线飞机于20世纪50年代投入航线运营，代表机型有美国的波音707、DC-8和苏联的图-104等客机。其主要技术特点是采用涡轮喷气（涡喷）发动机作为动力装置和使

罗斯的图-204以及伊尔-96为代表。空客公司最新机型A380的工程研制工作始于90年代中期，2000年年底项目正式启动，于2007年10月投入运营。第四代飞机机翼进一步加大展弦比或加装翼梢小翼来提高巡航效率；在动力装置上采用推力大、耗油率低、停车率低、污染小、噪声低的涵道比为7~9的先进高涵道比涡扇发动机；在机体结构上广泛采用轻型结构材料，加大复合材料



用量，波音777和A380的复合材料用量占总结构重量的比重分别达到12%和25%，远高于过去机型3%的复合材料用量，较大幅度地减少了飞机的结构重量；客舱宽敞舒适；驾驶舱为双人驾驶体制，使用电传操纵系统，用先进液晶平板显示器代替过去飞机上的阴极射线管（CRT）显示器，所有主要的飞行、导航及发动机信息数据都显示在6块大型屏幕上，大大减轻了驾驶员的工作负荷。

进入21世纪，以波音787和空客A350XWB为代表的第五代干线飞机出现在世人面前。这一代飞机非常强调客舱的舒适性；采用先进计算流体力学设计，融合式翼梢小翼的三维一体化机翼提高了飞机的空气动力性能和巡航效率；在动力装置上采用推力大、耗油率低、环保的涵道比为9~11的先进高涵道比涡扇发动机，燃油消耗比同类型现役飞机低20%以上；最显著的技术特点是在机体结构上大量采用复合材料，波音787和A350XWB飞机的复合材料用量分别占飞机总结构重量的50%和52%，远高于以前大型干线飞机的用量（目前最高水平在25%左右），显著地降低了飞机的结构重

量，提高了飞机的维修性，改善了乘客的舒适性；采用开放式结构的中央计算机取代传统的数十条独立总线，控制整个飞机的航电和通用系统，提高了飞机系统的可靠性；首次采用了电刹车系统，将环控系统由传统的发动机引气系统驱动改为电驱动；采用更大尺寸的双屏液晶平板显示器，并采用垂直状态显示模式以显示飞机航迹的相关数据，可以加入增强视景系统和三维合成视景系统，进一步减轻了驾驶员的工作负荷。

2. 支线飞机

支线飞机是指100座以下、航行于中心城市与中小型城市或者中小型城市之间的客货运输机，其航程一般在3000km以下。如果按照支线飞机座位数的多少划分，目前世界各国航空公司使用的支线飞机可分为小型支线飞机（10~30座）、中型支线飞机（40~60座）和大型支线飞机（70座以上）；如果按照采用的动力装置划分，支线飞机可分为涡扇支线飞机和涡轮螺旋桨（涡桨）支线飞机。

应该指出，近年来随着航空运输的发展，



支线飞机与干线飞机的界限越来越模糊，支线飞机的座位数、舒适性越来越接近干线飞机，有些支线飞机的最大座位数已经大大超过100座。但是这些飞机脱胎于大型支线飞机，因此我们仍然将这类飞机归属于支线飞机的范畴。从20世纪60年代至今，支线飞机已经发展了3代。

70年代末期以前投入航线运营的支线飞机被称为第一代支线飞机，以美国的DC-3、康维尔440，荷兰的F.27、F.28“伙伴”，英国的BAe超748、肖特330，加拿大的DHC-6、“冲锋”7，苏联的安-24、雅克-40，日本的YS-11，西班牙的C-212等机型为代表。这些支线飞机是为满足初期支线航空运输的急需而发展的，大部分是中小型涡桨飞机，有的则是从干线航线上淘汰下来的活塞式飞机。

80年代开始投入航线运营的支线飞机被称为第二代支线飞机，以英国的肖特360和ATP、加拿大的“冲锋”8、荷兰的福克50、瑞典的萨伯340、法国和意大利的ATR42、西班牙和印度尼西亚的CN-235以及巴西的EMB-120等为代表。这一代飞机大部分由第一代飞机改进改型发展而来，小部分是新设计的。其主要技术特点是：在设计规范上全面按适航标准进行设计；在气动外形上虽然仍沿用大展弦比、大相对厚度的梯形直机翼，但把原来的低速层流

翼型改为高升力、超临界、后加载等先进翼型；在结构上采用新材料，把复合材料的用量由5%提高到10%；在动力装置方面，换装第二代小型涡桨发动机和噪声小、效率高的螺旋桨，使飞机的燃油消耗下降10%~30%，加上维修性能的改善，使直接使用成本比第一代飞机下降10%左右；在机载航电设备方面也有很大改进，30座以上的飞机都采用了先进的电子显示系统，并装有气象雷达。机载航电设备的改进大大提高了第二代支线飞机的安全性和可靠性。

第一、第二代支线飞机其实都是由短程运输机“转型”而来的，真正为支线航空开发的支线飞机从第三代开始。90年代投入使用的支线飞机被称为第三代支线飞机，以加拿大的“冲锋”8-300/400、CRJ100，法国和意大利合作的ATR72，瑞典的萨伯2000，德国的多尼尔328，巴西的ERJ-145系列，印度尼西亚的N-250，英国的“喷气流”41及BAe.146NRA等为代表。这一代支线飞机的主要特点是：多数型号是在第二代支线飞机基础上把机身加长或缩短，以满足不同座级的需求；在机翼上采用低阻翼尖或翼梢小翼；结构上大量采用铝锂合金等先进材料，复合材料用量达到近20%；在动力装置上采用功重比（发动机功率与其重力之比）比第二代支线飞机更高、耗油率更低的涡桨发动机和高速螺旋桨，以提高巡航速





度和改善飞机经济性，有的则换装涡扇发动机（如ERJ-145）或发展新的涡扇支线飞机（如CRJ100/200飞机）来提高支线飞机的巡航速度；第三代涡扇支线飞机的燃油消耗比第二代涡扇支线飞机下降了10%以上；第三代支线飞机的航电设备进一步改进，可在IV类气象条件下进近着陆。

进入21世纪，一批新的喷气支线飞机陆续投入使用，它们是加拿大的CRJ700/900、巴西的EMBRAER170/190系列；此外，俄罗斯的“超级喷气”100、中国的ARJ21和加拿大的CRJ1000飞机将在未来的1~2年中投入运营。这些飞机具有第三代喷气支线飞机的主要技术特点，也应属于第三代支线飞机。这些飞机在结构上继续加大先进金属材料和复合材料的用量，以减轻结构重量，并采用了燃油经济性更好的新型涡扇发动机。EMBRAER170/190系列飞机采用了双气泡形的机身截面，增大了客舱空间，并首家将电传操纵驾驶系统引入支线飞机。新世纪投入运营的喷气支线飞机均为70座以上的大运力支线飞机，并且更加注重飞机的通用性、经济性、维修性、环保性以及舒适性。

二、民用飞机发展展望

近年来，航空技术的飞速发展及世界经济的稳步推进为民用飞机提供了良好的发展空间，无论是干线飞机还是支线飞机的订货都大幅上升；然而，与此同时，油价的巨幅震荡、噪声和排放标准限制的加强、对飞机经济性和舒适性要求的不断提高，使民用飞机面临巨大的挑战。

为了在未来激烈的市场竞争中得到生存与发展，保持在民用飞机领域的全球领导地位，美欧等民用飞机强国提出了多项民用航空发展计划，积极研究新一代民用飞机采用的技术，以便继续引领世界民用飞机的发展方向。近两年，美国和欧洲先后出台的涉及民用航空发展的计划包括：美国国家航空研究与发展计划、美国国家航空航天局（NASA）的《民用航空技术十年发展规划：未来的基础》以及欧洲的“清洁天空”联合技术创新计划等。

美国国家航空研究与发展计划按照近期



(小于5年)、中期(5~10年)和远期(大于10年)3个时段,制定了相应的目标,提出了3代新飞机的设想。在这项计划中,“N”代表2008年进入服役的目前一代飞机(波音787作为代表),并且定义了3代新飞机:“N+1”是下一代常规构型飞机,定于2015年前后投入使用;“N+2”是先进构型飞机,2020~2025年投入使用;“N+3”是大幅改进的飞机,2030~2035年投入使用。相比于目前的波音737,该计划要求“N+1”飞机的耗油率降低33%，“N+2”飞机耗油率降低40%，“N+3”飞机耗油率降低70%。其他的远期目标是,使“N+3”飞机的噪声比国际民用航空组织(ICAO)第四阶段噪声限制标准降低62dB,污染排放比航空环境保护委员会第二级标准(CAEP 2)减少80%。美国NASA的《民用航空技术十年发展规划:未来的基础》报告则要求:未来十年美国的民用航空研究与技术须有助于达到4个高度优先的战略目标:提高容量、提高安全性和可靠性、提高效率 and 性能、降低能耗和环境影响。

与此同时,欧盟正式启动了“清洁天空”联合技术创新计划。这项计划是迄今为

止欧洲规模最大、也最具挑战性的计划,计划的研制成果将会颠覆现在飞机设计和航空运输的理念,目的是满足2020年具有挑战性的环境保护目标,即飞机的 NO_x 排放量减少80%;感觉噪声降低50%;通过大幅度减少燃油消耗将 CO_2 排放减少50%,同时在整个飞机制造业推行绿色设计、绿色制造、绿色维修和绿色产品寿命周期的“绿色工程”概念。目前欧洲的主要大学、研究机构和航空企业正在6个研究方向上开展工作,分别是:开发主动机翼技术和新飞机布局的智能固定翼飞机验证机研究、绿色支线验证机研究、绿色旋翼验证机研究、绿色发动机验证机研究,开发和验证全电飞机设备和系统结构的绿色运行系统验证机研究,以及开发并验证绿色设计及产品的生态设计研究。此外,欧盟还提出了对未来航空运输产生革命性影响的6个新概念计划,它们是:巡航飞机/输送飞机远程运输系统、地面辅助起飞和着陆电源系统、个人空中运输系统、新的动力系统、全球空中交通系统和先进机场系统。

展望未来,世界民用飞机呈现出以下发展趋势。



1. 传统亚声速民用飞机主要优化现有设计

对民用飞机制造商来说，未来传统亚声速民用飞机的发展更多的将是改进现有设计，目的是使民用飞机用更少的油，飞得更高、更远，更好地达到安全性、经济性、舒适性和环保性目标。他们的才能将大多用在降低民用飞机的生产成本和运营成本上，同时使这些飞机噪声更小、排放更低。简而言之，在未来20~25年中，传统亚声速民用飞机的发展主旋律是渐进式的改进，而不是革命性的创新。为满足未来市场需求，会有新的设计产生，但新设计的民用飞机也许与今天在机场上使用的飞机相比不会有多少改观。尽管如此，新型发动机、新型航空电子系统结构、新型结构材料、新型生产工艺、数字通信、新的经营理念、环境要求和正在发展中的市场仍将对未来世界民用飞机的变化产生较大的影响。

(1) 干线飞机将向超高效方向发展

目前世界干线航空运输市场使用的全部是亚声速飞机。亚声速干线飞机的一大发展趋势是超高效。超高效有两层含义：一层含义是以更低的成本获得比现在使用的飞机更多的经济效益，要实现这一目标需要采用先进的气动技术、高效的发动机和先进的结构与材料技术等；另一层含义是通过推出新型高效的运输机，提高整个航空运输系统的效率。为了提高运输系统的效率，未来干线飞机可能会更加多样化，实现不同座级的飞机尺寸（100~200座、200~350座和350座以上）与不同航程（短程、中程和远程）的多种组合。

(2) 支线飞机的主流将“喷气化”

支线喷气飞机舒适性强，速度较快，航程较远，经济性不断提高，在使用成本上与涡桨飞机的差距已经越来越小，能够与“低端的”干线飞机“无缝连接”，上述因素使支线喷气机在支线飞机市场占据了上风，体现出支线飞

机主流“喷气化”的趋势，而且这种趋势正在不断强化。这一趋势将促使支线飞机向大型化方向发展，目前支线飞机的平均座位数正从50~70座级向70~100座级推进。此外，“喷气化”的趋势还促使支线飞机“干线化”，其显著特点之一就是支线飞机的舒适性越来越接近干线飞机。但是涡桨支线飞机也并非没有用武之地，未来燃油价格的上涨将进一步推动对涡桨飞机的需求，特别是在距离较短、航站密度大和往返经济欠发达地区的航线上。

2. 新一代超声速民用飞机将面世

速度一直是航空界追求的目标之一。目前，乘客从美洲到亚洲等洲际飞行一般需要10h以上的飞行时间，而人们希望洲际飞行的时间能够缩减到6h以下，特别是相当一批高层人物、政府要员、商务人士都希望提高远程旅行的效率，解决办法之一就是乘坐超声速飞机。可以说，如果出现一种经济上可行，又满足环保要求的超声速民用飞机，那么很有可能将有相当一部分亚声速运输机被挤出国际空运市场。

在世界航空史上，只有法英联合研制的“协和”号超声速客机有较长的商业运营历史，但最终由于经济上的失败已经退出历史舞台。尽管如此，人类对超声速民用飞机的探索一直没有停止，世界航空发达国家如美国、俄罗斯、日本和欧洲的其他一些国家等正在就未来超声速民用飞机的推进、导航、环境污染等问题加紧研究，为发展第二代超声速运输机做技术准备。美欧对可能装载200~300名乘客、马赫数(Ma)在2.0~2.5、符合欧美严格的噪声标准的第二代超声速运输机的研究仍在进行之中，而几种尺寸较小的超声速公务机已经进入试飞阶段。

目前许多国家对发展超声速公务机表现出越来越大的兴趣。原因是对于超声速公务机



来说，机场噪声、声爆和高空污染排放相对较小。而且如果超声速公务机成功必定会推动大型超声速飞机的研制。预计在不久的将来，第二代超声速民用飞机技术将会日趋成熟，超声速公务机可能会在2020年以后投入使用，而超声速运输机在2030年以后投入商业运营的可能性较大。目前，超声速飞机面临着诸多挑战，其中包括：高效、经济可行、环境可接受的气动布局；同时满足亚声速和超声速飞行包线范围内推力要求的高效、耐久、维修性强的发动机；以及低声爆设计技术等。此外，超声速运输机适合的飞行高度在16000m以上，因此还要考虑辐射对机组和乘客的潜在危害，以及飞机排放物对地球臭氧层的不利影响。

3. 新概念运输机探索研究将不断深入

新概念飞行器与传统飞行器相比，在设计思路、气动布局和飞行原理方面存在显著的差别，具有创新性和探索性。目前，一些富于开

拓精神的飞机制造商正在考虑未来很有前景的新概念运输机方案，其中包括翼身融合体（飞翼）、倾转旋翼机等方案。

(1) 飞翼飞行器

飞翼是未来飞行器发展的焦点之一，美国波音公司和欧洲的多家航空工业公司都提出了飞翼布局的客机方案。飞翼的最大好处是可以使空气动力效率改善30%以上。这种改善主要来自于飞机重量和气动载荷沿着整个机体得到最佳分布，使整个机体（机翼加机身）都是一个升力体。这种升力体客机几乎消除了常规飞机的机翼-机身干扰阻力，同时大大减小了飞机的诱导阻力，又大大增加了机体的内部空间。这种布局不再是常规客机一成不变的由机身载客、机翼提供升力的使用方式，使飞行器无论从气动力上还是从使用效率上都得到了最大程度的发挥。旅客走进客舱看到的不再是现在客机的那种长长的通道式座椅布局，而是“剧院式”座椅布局。





近年来，美国NASA和波音公司都开展了深入的飞翼飞行器研究。NASA早在2005年就在全尺寸风洞中试验了飞翼5%缩比模型的自由飞特性，内容包括在低速飞行包线边缘（无发动机条件）的稳定性和操纵性能评估。现在，NASA正在针对未来空中运输设想方案中各种布局的优点，在持续不断的系统研究基础上，考虑飞翼的改进，诸如引入混合层流控制和埋入式发动机等先进技术，以进一步发挥飞翼设计的更大潜力。波音公司则在2006年5月4日正式公开了两架翼展为6.4m的X-48B原型机缩比模型分别用于风洞试验和飞行试验的信息。2007年7月20日，X-48B技术验证机在加利福尼亚州爱德华空军基地首飞。随后，研究人员将把X-48B关注的重点转向低噪声特性。

此外，剑桥-麻省理工学院联合研究所（CMI）最近提出了SAX-40翼身融合体静音飞机方案。SAX-40机长44m，翼展67.5m，最大起飞重量150000kg。巡航速度 $Ma0.8$ ，航程9250km；动力系统为3台发动机组成的“Granta-3401”发动机组，每台发动机有3个直径1.2m、由核心机驱动的风扇，使其涵道比为18.3。飞机计划于2025年投入运营，载客215

人，在机场周边的加权平均噪声水平为63dB，低于公路交通噪声水平，累积噪声水平比ICAO第四阶段噪声限制标准低75dB。在燃油消耗方面，SAX-40的每客燃油消耗量设计值约为波音787的80%。

另外，欧洲空客公司、法国航空航天研究院/德国航空航天中心和俄罗斯等都开展了飞翼布局的研究，从而反映出世界航空强国都非常看好飞翼飞行器的潜力，从而正在推动飞翼技术的不断突破，使这个概念正在不断趋于成熟。

（2）倾转旋翼机

倾转旋翼机属于直升机/固定翼螺旋桨转换式的组合设计构型飞行器。它将直升机和固定翼螺旋桨飞机两者之间不能替代的性能特点集于一身，基本上解决了直升机飞行速度难以继续提升的难题，弥补了固定翼飞机无法垂直起降的缺憾。从整个运输系统来看，这种构型的飞行器具有更好的竞争性，能够满足用户的要求。目前，V-22已经在军事领域获得了应用，未来民用倾转旋翼机必将在民用航空舞台上扮演重要的角色。

倾转旋翼机在技术上现在还有很多有待进一步发展、改进的地方，在应用技术方面还明