百年科技丛书

蓝天铸春秋
——航空科技

徐德康　编著

北京理工大学出版社
·北京·

丛书编委会：

孟东明
陈祖甲
黄天祥
张江民
张式贤

本书作者：

徐德康

《百年科技丛书》

神剑搏苍穹——航天科技

蓝天铸春秋——航空科技

微粒爆惊雷——核能科技

绿色奏鸣曲——农业科技

基因探奥秘——生物科技

飞轮载世界——汽车科技

版权专有　侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

蓝天铸春秋 航空科技/徐德康编著. —北京 北京理工大学出版社,2002.1
(百年科技丛书)
ISBN 7-81045-874-4

Ⅰ.蓝… Ⅱ.徐… Ⅲ.航空-技术史-世界 Ⅳ.V2-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 086981 号

出版发行/北京理工大学出版社
社　　址/北京市海淀区中关村南大街 5 号
邮　　编/100081
电　　话/(010)68914775(办公室)　68459850(传真)　68912824(发行部)
网　　址/http://www.bitpress.com.cn
电子邮箱/chiefedit@bitpress.com.cn
经　　销/全国各地新华书店
印　　刷/河北省涿州市星河印刷厂
开　　本/850 毫米×1168 毫米　1/32
印　　张/11.375
字　　数/285 千字
版　　次/2002 年 1 月第 1 版　2002 年 1 月第 1 次印刷　版式设计/刘恢银
印　　数/1～5000 册　　责任校对/郑兴玉
定　　价/16.00 元　　责任印制/刘京凤

图书出现印装质量问题,本社负责调换

序

路甬祥

在人类历史中特别是自工业革命以来，科学技术已成为认识世界和改造世界的巨大力量，已成为工农业生产的重要推动力。进入20世纪以后，科学技术愈益显示出其“第一生产力”的功能，科技创新已成为人类文明进步的强大动力和基石。

20世纪自然科学发展中有代表性的或里程碑式的工作有：

量子理论和相对论的创立与发展，堪称20世纪最伟大的科学革命。

DNA双螺旋结构模型的建立，宣告人类在揭示生命遗传的奥秘方面迈出了具有里程碑意义的一步。

信息理论的发展为通信技术、跨国经营、全球金融乃至现代经济和社会学研究等准备了理论基础。

大陆漂移学说和地球板块构造理论是20世纪地球科学中最伟大的成就。

新的宇宙演化观念的建立堪称20世纪宇宙科学的里程碑。

……

综观上述科学进程，我们不难发现，科学的重大突破往往基于传统理论与新发现的现象和实验结果以及新理论之间基本矛盾的解决，或源于对传统理论的思想解放和充满自信。同时，观测和实验手段的革新、发明往往为新的科学发现和理论创新提供新的实验依据。

20世纪也是技术革命的世纪，在百年历史进程中，我们可以列举出无数改变了人类命运和生活方式的技术飞跃：

伴随着世界工业化的进程,新的能源技术发展迅速,能源结构发生重大调整。由于汽油机(1883年)和柴油机(1892年)的发明,交通运输得以迅速发展,因此促进了石油需求飞速增长,从而导致了新油田的大规模开发。至1974年石油已在世界能源结构比例中占据54%,并成为最重要的合成化工原料。

1942年12月,芝加哥建成世界上第一座可控的链式核裂变反应装置,宣告了人类利用核能时代的开始。如今,核技术在能源、农业、医学、工业、环保等方面的应用获得了迅速发展。

自20世纪上半叶开始的人工合成高分子材料的出现,以及各种类型复合材料的问世,改变了19世纪以来人类对以木材、皮革、混凝土为代表的结构材料的依赖,为人类生产和生活提供了丰富多彩的物质材料基础。

自从1946年2月第一台计算机投入运行和后来以硅材料为代表的微电子、光电子功能材料的发明和应用以来,人类一步步迈进了信息时代的大门。如今以互联网为代表的信息化浪潮已经极大地改变了我们的生活。

在1903年美国莱特兄弟制造的人类历史上第一架带发动机的载人飞机在美国北卡罗来纳升空后的近百年中,人类发明了喷气发动机,制造了多用途的飞机、火箭和载人宇宙飞船,并在1969年成功地登上了月球。

维生素的发现、胰岛素的分离与人工合成以及青霉素功能的发现等一系列医学、生物和基因技术的发展,使人类的平均寿命在20世纪内得到了大幅度的提高,并形成了颇具规模的生物高技术产业。

……

上述技术飞跃的一个显著的特点是:现代高技术的发展往往源于基础研究的重大突破,但也离不开社会需求和市场的巨大推动。如原子弹与氢弹的研制成功,既来源于20世纪以来核物理基础研究的创新成就,同时也是反法西斯战争强力推动的结果;电子计算

机的发明与迅速推广离不开数学、物理等基础研究成果，但军事和民用市场需求的推动也不可忽视。

因此，20世纪一些重大科技突破导致规模产业化过程大大缩短。晶体管和激光从发明到产业化都只用了2年，从原子弹爆炸到第一座核电站的建成也只不过9年时间。

但是科技的发展并非如此快捷和顺利。20世纪人类在科技领域的不少误区使不少人仍然在困惑和迷茫中逡巡。20世纪之初就误入歧途的“永动机”，如今仍让不少科技工作者殚精竭虑。“水变油”、“信息茶”等伪科学仍然占有一定市场，不能不引起人类的警惕。

另一方面，科技也是一把双刃剑，它既可以造福人类，也可以危害人类；它可以使人类文明获得巨大的进步，也可以被用来制造毁灭性武器、破坏生态环境和导致资源枯竭。

要解决这些矛盾，不仅需要科学精神与人文精神的融合，更需要自然科学、工程科学与社会科学的结合。只有这样，人类才能与大自然和谐共处，妥善把握人类社会自身发展的未来。

如今，当人类踏着21世纪的台阶，步入千年的交点时，深情地回眸便成了极具重要意义的事情。为此，这套《百年科技丛书》深入浅出地讲解了20世纪人类科技领域的经验和教训，也为人类描绘未来多姿多彩的生活提供了思维脉络，是一套难得的科普读物。

（本文作者为中国科学院院士、中国工程院院士、中国科学院院长）

目录

梦想成真

与鸟共舞的向往 ……（1）
腾空而起 ……（13）
横空出世 ……（24）
插翅蓝天 ……（37）

呼啸声声

牛刀小试 ……（55）
山雨欲来 ……（63）
血与火的洗礼 ……（78）
突破音速 ……（86）
百‘机’争鸣 ……（115）
追求完美 ……（129）

空中彩虹

出水芙蓉 ……（145）
天马行空 ……（169）
新盟主的诞生 ……（187）
少壮派的崛起 ……（200）
另一道风景线 ……（212）
世界越来越小 ……（218）
为了更舒适、更安全 ……（232）

腾飞的‘竹蜻蜓’

破茧成蛾 ……（239）
彩蝶纷飞 ……（258）
低空猎鹰 ……（290）
花开民用 ……（302）
冲破束缚 ……（307）

■《百年科技丛书》
■ 国家重点图书
■ 北京科普创作出版专项资金 资助
■ 北京科技记者编辑协会 策划

翱翔在21世纪的蓝天

新世纪的航空高科技 …… (319)
颤动的鬼怪 …… (325)
飘忽的黑蝙蝠 …… (327)
空中“小折刀” …… (328)
凶悍的“猛禽” …… (330)
联合攻击战斗机 …… (333)
米格1.42 …… (336)
苏霍依的“金鹰” …… (338)
X-45A和“飞马” …… (340)
激光攻击飞机 …… (343)
“超翱翔” …… (345)
蓝天星级宾馆 …… (348)
音速巡航者 …… (350)

梦想成真

与鸟共舞的向往

人类能够在蓝天自由地翱翔，虽是近百年来才得以实现的现实，但是希望在蓝天展翅高飞，可以说是人类诞生以来一直梦牵魂萦的美好向往。

自古以来，当人类看到在天空飞翔的鸟儿时就会想入非非地渴望自己也能飞上广袤的天空自由翱翔。尽管在古代中西方之间几乎没有什么社会与文化的交流，但是在中国和世界各国的古代文献和原始文化中都留下了大量的关于飞行的神话和传说的记载。可见，对飞行的理想与渴望是全人类共同的追求。

飘飘欲飞

在中国古代神话传说中，“神”都有能在天地间来去自由的本领，在许多古代民间传说中则出现了许多在天地间飞来飞去的故事。如牛郎织女故事中的七仙女下凡，嫦娥奔月故事中的嫦娥奔月等。

在古代关于舜帝的传说中说到舜在受到其继母迫害，准备将他烧死在谷仓顶上时，舜得到了一件由天女赠送的鸟形彩纹披风。当谷仓着火时，舜穿着披风滑翔而下，逃离了熊熊大火。这个故事被收入到许多外国文献中，认为这是人类第一次关于降落伞使用的想象。舜也被认为是人类第一个传说中乘降落伞下降的人。

《封神演义》里有个雷震子，他肋下生翅，能在空中自由来去，强

烈地反映出人们幻想升空的强烈愿望。

到公元9—23年间的王莽时期，据传有一个人用鸟翎编成一对大翅膀，绑在身上，靠双臂扑动从高处跃下，居然滑翔了数百步之远。这是人类最早人力飞行的记载。

在《山海经》的记载中，关于飞行的传说就更为离奇了，说有个羽民国的国民身上生有翅膀，虽可以飞但飞不远；有个三苗国的国民胳肢窝下也有翅膀但不能飞；还特别说在北方有个奇肱国，其国民能造飞车，可乘风远行等等。

飞车之梦

在古典名著《镜花缘》的九十四回里，作者还对飞车作了进一步的想象，描述它是一种高半人、长四尺、宽二尺，四面装着指南针，车后有木舵，有三把钥匙，一把管起飞，一把管飞行，一把管降落，车正面有个小帆，如遇顺风，把帆扯起，飞车的速度迅速加快。书中还说，飞车的车身用柳木作框架，蒙上绫绡，车周围布满大小铜轮，将起飞钥匙插入，各种铜轮开始旋转，转眼间，飞车就离地数尺，上升到十余丈高后就直向西去了……这种飞车与现代飞机的外形是如此相似，确实是作者天才的想象。

更令人惊奇的，据说在清代有一个民间艺人徐正明还真的动手制造过飞车，被记载在徐灏先所著的《香山小志》中。

书中记载这位能工巧匠被《山海经》关于飞车的故事所触动，突发奇想要制作一种飞车，从此废寝忘食，反复修改图纸，自己动手，边做边改，改动上百余次仍一往无前，花掉了所有积蓄也无怨无悔，到了实在揭不开锅时才到城里打工，赚得钱回家后照干不误，如此断续十余年终于将飞车造成。

这个飞车的外形像个躺椅，下有机关，用齿轮传动，人坐在椅上，用两脚连续蹬踏两块踏板，机轮快速旋转，飞车疾驶向前，可离地数尺，在河面上越过。

这位徐正明工匠认为，他的飞车经改进后可以升至楼屋之上，

可越太湖面上50里，可惜年事已高，壮志未酬身先亡。其妻子因他一生都花在造车上，致使终生劳苦不堪，一气之下将飞车斧劈成柴，填进了灶堂，一项伟大的发明（如果真是有的话）也就付之一炬了。

虽然从现代技术来看，靠“蹬踏”实现飞行几乎是不可能，故事的真实性也无法考证，但还是有人把徐正明说成是“世界飞车第一人”，而把他的飞车说成是“世界上最早的飞车”。

在清末毛祥麟所著的《墨余录》中也记载了有一个姓王的巧匠制造了带翅膀的飞车，车内有机轮，转动后飞车升降自如，车上还装有风帆，通过风可产生向前的动力。书上还描述这种飞车“渡山越岭，轻若飞燕，日行四里，飞行高度越高，速度也越快”。如真的如此，可算得上当今的飞机了。

木鸟传奇

如果说以上的传说过于离奇，但中国古代关于制造木鸟的记载应当说还是有一定可信度的，其中最为有名的是墨子造木鸢和鲁班（传说他姓公输名般）造木鸟。

在《韩非子·储左上》中记载墨子花了三年的功夫做成了一只木鸢（外形像鹰的木鸟），但据说在试飞的当日就被摔坏了，也不知这种木鸟是以什么动力飞行的，到底飞了多远？

在《墨子·鲁问》中记载有鲁班听到墨子造了一个木鸢，也造了一个木鹊，造成后据称飞了三天，鲁班还自以为比墨

在《墨子·鲁问》一书中记载了鲁班曾经造了一个木鸢和一个木鹊，据称还飞行了三天

子技术更高一筹。

在汉朝以后的书籍里关于这两人造木鸟的记载更多，也更为离奇。在唐代一些传说中，鲁班造的木鸟已相当大，上面可以坐人，上下自如，鲁班还坐着这种木鸟到宋城上空进行侦察。这也许是人类最早想到的飞行器可以用作军事侦察的记载吧！

在《后汉书·张衡传》也记载了汉代张衡也造过一种木鸟，靠着鸟肚中的一种机械可以飞数里之远，当然，这也是不可能的。

直上青云

如果说木鸟的传说更多是反映了中国古代劳动人民对于鸟飞行的一种向往或寄托，那么风筝的发明则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。它不仅在中国古代的记载里已反映出风筝在侦察和测量等军事应用方面起到了很大的作用，而且风筝被传到西方后，它的滑翔原理成了飞机空气动力学的最有价值的飞行机理之一，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。

在中国，风筝的发明大约有2 000多年的历史了。

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。

是否能造出能载人的风筝，很难相信，但发明风筝用作传信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。这种手段直到如今我们向台湾同胞进行宣传攻势时还被多次采用过。

唐代之前，我国的风筝还都称为纸鸢或风鸢，并都以丝、绸、竹为原料，由于那时都为军用，数量不多，价格也相对较高，所以没有被广泛流传。到了唐代，有人把竹笛系在风筝上，在空中能发出古筝的响声，称谓也开始变成“风筝”。到宋代后，风筝开始在民间流行，材料也改用价格低廉的纸和竹了。

经过千百年的演进，中国的风筝制作已达到很高的水平，不仅造形多种多样，既有巨型的“龙”形风筝，又有微型的“蝶”形风筝，还有特种造型会发出光和声响的娱乐风筝等，观赏性极强。

风筝不仅有很好的军事用途和娱乐用途，它也是一种科学工具，不仅莱特兄弟等用它作为发明飞机的启蒙试验工具，美国著名的物理学家富兰克林在一个雷雨交加的夏天，通过高放在空中的风筝将雷电引到他自制的充电器上，完成了震惊世界的“捕捉天电”的试验，并以此发明了至今还在为人类造福的避雷针。

云中灯笼和竹蜻蜓

中国古代对人类飞行史还有两个伟大的贡献是“孔明灯”和“竹蜻蜓”，前者是热气球的鼻祖，后者则是最早体现了直升机的飞行原理。

中国古代关于孔明灯的记载很少，它也不是孔明发明的。

据说在五代时（公元907—960年）有一个莘七娘随夫出征时，用竹和纸做成一个方形灯笼，底盘用桦脂油点燃后，随着灯笼内空气变热，灯笼就可扶摇直上，升到空中用于联络信号，因而当时把这种灯称作“七娘灯”。

以后对这种灯有许多叫法，如飞灯、天灯、云灯、云球等，后来由于孔明对这种灯的军事应用很为出名，为作纪念逐渐习惯称为“孔明灯”了。

由于孔明灯的升空原理与500年以后出现的热气球几乎完全一样，所以许多外国文献里也都认为中国是最早知道用热空气获得热气球升力原理的国家。

关于竹蜻蜓的发明年代和过程已无从查考，据称它最早是从中国的扇子（夏禹时代）和人力轮式风扇（汉代）演变而来。在西方1940年出版的《直升机故事》（作者为弗朗西斯）中说，在耶稣基督降生之前中国已经有一种用陀螺（即竹蜻蜓）实现飞行的机械了。

在中国真正有据可查的关于竹蜻蜓的记载是在公元265—420

年晋朝葛洪所著的《抱朴子·杂应》一书中，说用一种类似竹蜻蜓原理的机构制造的一种飞车可以垂直升空。

以上记载都缺乏可靠的依据，但竹蜻蜓对世界航空发展的贡献是举世公认的。据称，早在热气球发明之前，竹蜻蜓就作为玩具传到了欧洲，但它的奇妙的垂直升空原理被欧洲人看做是一种航空器来进行研究。英国的航空之父乔治·凯利曾亲手仿制了几个竹蜻蜓，最好的可以升空30米之高，使他终生对此十分着迷，他后来提出的一些重要航空原理都来自于竹蜻蜓的启示。

中国古代的其他与航空多少有些相关的东西还有：

箭羽，它体现了物体在空中飞行时如何保持动力稳定的原理；

相风鸟，它是测量空气的风向与风速的最早设计；

船舵，它可以说是飞机方向舵的雏形；

走马灯，其基本原理与现代喷气发动机燃气涡轮原理同出一辙。

西汉时期的“卧褥香炉”，香炉里面装有一种在香炉滚动时香火能始终保持平面的万向支架，其原理与当今飞机上的陀螺仪几乎完全一样。

西汉时期的“卧褥香炉”在滚动时炉面始终保持水平，其万向支架与现代航空陀螺仪完全一样

至于东汉王莽时代有人把羽毛扎在身上滑翔数十米，明、清两代均有记载有人乘伞从高处下降的事例，都是中国古代劳动人民对飞行的一种忘我的追求，而且都要比西方国家对航空探索的时间早得多，只是当时处于封建社会，学术思想大多被看做邪说异

端,新技艺被作为三教九流根本得不到重视,有许多孕育着极有意义的航空发明和技术都只能自生自灭，以一些传说和民间工艺流传下来,倒是这些东西被传到西方后,反而成为西方飞机发明和航空发展的动力。

西方遐想

和中国古代劳动人民一样，西方古代人民也都无法解释鸟类的奇异飞行本领，因而把鸟的飞行蒙上了浓浓的非人力所为的神秘的色彩。比如在古希腊和罗马的神话中,许多众神都长有翅膀,或拥有飞车和飞鹰作为座骑，长着一对小小肉翅的可爱的小天使至今还被人们当作吉祥物。

在《圣经》里也包含着大量有关飞行的故事,其中对耶和华乘坐的飞行器的详尽描写,还被以后一些学者看做是外星人的飞船。

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,反映了人们对鸟飞行的向往。

在阿拉伯有名的传说《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一种向往,至于‘ 神灯 ’中的可飞行百里的巨人实际上是人类希望出现能在空中跨海越山运输飞机的渴望。

飞不动的翅膀

西方流传的神话和传说对在人类中宣传飞行思想和升空理想起到了很好的推动作用,因而在相对开放的西方社会里,随着科学技术的发展和认识的进步，唤起了一批又一批的勇敢的飞行探索者。

早在纪元前就有人利用类似翅膀的器具从高处跳下作飞行的尝试。其中最有名的是公元前852年古英国第九国王布拉德曾制造了一副大翅膀试图从伦敦飞往外城。但是当他戴着翅膀从阿波罗

宫跳下时就急坠地面重伤而亡。西方学者把这次事件认为是有记载的第一位冒险尝试飞行的人，在西方一些航空大事记中也把布拉德试飞身亡作为航空发展史上的一个重大事件。

和中国古代一样，早期在西方也有制造木鸟的记载。公元前3世纪有一位希腊哲学家阿古塔斯，精通数学和机械，也是一位能工巧匠，他就制作过一种能飞的木鸟，据称也成功地进行过飞行，但是究竟这个木鸟是什么结构没有记载。

公元875年有一位物理学家阿巴斯·费尔纳斯将其周身贴满羽毛，身上绑着一对大翅膀在公众面前进行过飞行表演，据记载他在空中不断扑动翅膀，但飞了一段时间后坠地重伤。这位冒险家后来说，他失败的原因是没有像鸟一样装上一个尾巴。

后来还有多人绑着各式各样的翅膀尝试飞行，不是摔死就是重伤。有意思的是所有失败者几乎都把原因归咎于“没有尾巴”，从而有些人就此得出一个结论：要想能像鸟一样飞行，必须完全彻底地模仿鸟的全部形态。

文艺复兴后，科学得到了较大的发展，虽然有人开始对航空学做了一些认真的研究，但更多的还是唤起了冒险家对模仿鸟飞行的更大胆的尝试。这也导致一些科学家集中研究人的飞行能力的开发上。

在18世纪前，还是有许多人一个接一个地把各种鸟的羽毛做成翅膀作飞行尝试，但仍然是非死即伤。其中最有意义的是在1678年法国科学杂志上登载的有一个法国铁匠叫贝斯尼尔自己制造“翅膀”飞行的故事。

这个铁匠作了两对矩形框，蒙上了绸布作为翅膀，一对捆在双臂上，一对绑在双腿上，飞行时同时用双臂和双腿扇动。报道说，贝斯尼尔先从凳子上往下跳，然后一步步升高，从桌子、窗口往下跳，最后从楼顶上往下跳居然越过了几家房顶落到了一家房顶上。据说贝斯尼尔的飞行在当时引起了一定的轰动。这也是描述最详细的人类人力扑翼飞行的记载，但这与其说是扑翼飞行还不如说是

一次成功的滑翔飞行。

许多飞行冒险家用生命作为代价，实际上否定了人类依靠人的肌力作动力实现飞行的可能性，使一些科学家更理性地认真思考应当另辟蹊径去实现飞行的梦想。

17世纪，英国大科学家胡克从力学角度明确指出，利用人的肌肉是不能实现飞行的，为了实现飞行，还需要新的外部动力。意大利的学者波莱里通过对鸟及其翅膀的解剖详细研究后也指出，人类依靠自己的力量进行扑翼飞行是不可能的。

但是，无论是胡克还是波莱里，都没有否认人类还是可以通过外加动力实现扑翼飞行的可能。

实际上现在人们已经十分清楚，鸟能在空中扑翼飞行必须具备三个条件：强劲的肌肉、高效率的心脏和中空轻巧的骨架。人的心脏约占体重的0.5%，而鹰的心脏占体重的8%，小小的蜂鸟心脏占体重的比例高达22%。

人的正常心率约为每分钟70次左右，麻雀在飞行时心脏心率可高达800次左右。

小小的蚊子在每秒钟里翅膀可振动900次，蜜蜂为每秒260次，蜂鸟的自身重量不到3克，但扑翼频率却可达每秒钟50次，因而可以直立地悬停于空中。

随着鸟类自身重量的增加，如果鸟的翅膀放大一倍，那么扑动一次所花费的能量就要增加30倍，所以对于一只1公斤的秃鹰来说，扑翼频率只有每秒3次，而对10公斤的塘鹅来说每秒只能扑动一次半。

对于同一只鸟如果将扑动次数增加一倍，它所要付出的能量至少是自身重量的8倍。因此在长期的生物进化中鸟类为了适应扑翼飞行，已经使骨头变成中间是空的并呈圆锥形，重量既轻强度又大。有一种叫军舰鸟的巨鸟，翅膀展开后可达2米，但它的骨头重量只有0.1公斤。

所以，虽然胡克和波莱里的科学研究大大减少了勇敢冒险者

无谓的牺牲，但是另一方面也激发了许多学者转向研究有动力扑翼飞行器的研究。其中的代表人物，一个是在欧洲文艺复兴前夜出现的英国学者罗吉尔·培根，另一个就是世界文化史上最伟大的人物之一——达·芬奇。

画饼充饥

培根在他的《工艺和自然奥秘》一书中，提出了一种动力飞行器概念。他说："人最终会发明一种可飞行的仪器。这种能飞的仪器中间乘坐一个人，靠一台发动机扑动一对人造翅膀，像鸟扑翼一样向前飞行。"

虽然这种设想相当简单和粗糙，但提出了用动力装置驱动翅膀，可以说是一大进步。这也是人类在20世纪能发明飞机的关键所在，从而在航空史上认为培根是提出动力飞行器的第一人，对航空学做出了重大贡献。

培根还提出一种通过"液体燃烧"使一种"飞船"漂浮在空中并向前飞行的设想，显然这也是"飞艇"的一种最早的概念。可是培根的这些伟大的设想，由于远远超越了当时时代，所以根本得不到重视，也得不到任何反响。

培根终生不得志，他的伟大的著作在他死后几百年（1542年）才得以出版和翻译成通用文字。

被世界上公认的第一位以科学方法和科学知识研究飞行的伟大学者是在培根之后约250年的意大利学者达·芬奇。

出生于1452年的达·芬奇既是著名的艺术家、科学家和工程师，又是航空科学研究的创始人。由于他坚持认为研究鸟的飞行是揭开飞行之谜的正确方法，所以从30岁开始就对鸟的飞行进行了长达20多年的研究。

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，才提出人类是有能力仿制一种机器来模仿鸟的全部运动，并认为鸟的飞行动作可以分解为不

同运动的组合，人类完全可以通过某种机械把这些基本组合运动再现出来。

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，即流动的空气或风对鸟飞行的影响，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，可见达·芬奇的研究具有超时代意义。

达·芬奇把对鸟飞行的长期研究结果写成了《论鸟的飞行》一书。书中记载了达·芬奇对鸟飞行极其详尽的观察与分析，并归纳为七大部分：风的影响、翅膀的扇动方式、飞行惯性的控制、尾巴的作用、引力中心位置的控制、用腿作减速器和利用翅膀操纵。尽管这些飞行原理还有不完善之处，但对人类以后的飞行设计极有帮助，特别对飞行器稳定与控制更有着极大的指导意义。

《论鸟的飞行》中还有许多飞行器的设计草图，包括扑翼机、降落伞和直升机，但投入精力最多的还是达·芬奇基于鸟的模仿而设计的扑翼机。

在达·芬奇设计的第一架扑翼机中，是用人臂、大腿通过弹簧和弓弦来驱动的。他设计的翅膀极为精细，由多根可弯曲的金属连接杆组成，通过一套轮子和连杆，精确地模仿了鸟的扑翼动作。

他的仆人首先用这种扑翼机作了飞行试验，结果摔断了一条腿。以后，达·芬奇还设计过许多扑翼机的扑翼机构，都非常精巧和灵活。

达·芬奇还对降落伞、直升机和热气球有过深入的研究，并对人类飞行器的发展描绘了十分乐观的前景。可惜的是这些研究一直未得以发表，因而人们只知道他是一位伟大的艺术家。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作了大量的极有价值的研究。

在17—18世纪，欧洲航空科学的发展主要处在探索扑翼机的设计与实践阶段，尽管还有些冒险家还在进行一些人力飞行的冒

险，但相比之下，扑翼机的研究还是标志着航空科学的一大进步。

在达·芬奇之后又出现了许多扑翼探索者，如意大利工程师布拉蒂尼曾设计了一架叫“飞龙”的扑翼机，它有一对大翅膀和一个起方向舵作用的尾鳍，通过绳索、轮子和弹簧扇动翅膀。

又如在18世纪中叶，意大利的一名工匠格里玛尔蒂也设计过一架扑翼机，外形与布拉蒂尼的类似，但又增加了轮式起落架、可动尾翼、发条式发动机、鳍骨、可折叠的翅膀等一些新奇的设计。这架扑翼机曾在英国展览，引起不少人兴趣。

较为有名的是德国人梅希尔·鲍尔于1764年设计的“天使之车”。它由一个长方形的水平机翼和在其下面的8组扑翼面组成升力系统，机身用支柱和张线连接，后面有垂直舵面，机身下还有4只轮式起落架，其外形很像一架现代飞机。驱动方式是人站在轮轴中间，用杠杆左右上下启动8组扑翼面。据称由于得不到资助，这种设计的应用没有被实现。

更有意思的是1770年法国人笛弗格设计了一架扑翼机，用羽毛制成了一个翼展近6米的大翅膀，连在长2.5米、宽1.8米的座舱上，内部中空可以容纳一个操纵员，外面有蒙皮。

1772年，笛弗格把这架扑翼机弄到埃塔姆佩的一座高塔上，请了一位农民当驾驶员准备从塔顶上进行试飞。可就在一切准备就绪时，这位农民因为害怕而一逃了之，试飞也未能进行。

从技术角度看，扑翼机的设计对以后航空学的发展没有太大的价值，但是从人类模拟鸟飞行的冒险到扑翼机的“画饼充饥”，使人类也逐渐悟出了一个道理，不仅人是不可能像鸟一样飞到空中的，而且要想把重于空气的东西送到空中也绝对不是靠扑翼这种机械就能实现的，从而使人们的注意力开始转向轻于空气的飞行器上。这也就是为什么热气球诞生后不久就在欧洲掀起了一股热潮，并迅速横跨大西洋传到了美国，而扑翼机也很快销声匿迹了。

腾空而起

虽然中国古代的“孔明灯”可以说是世界上最早的热气球，但是最早借助于热气球实现人类“腾飞”梦想的却是在法国。

载人气球开创了人类航空的新纪元，给人们打开了从空中眺望的新视界。载人气球经过200多年的发展，至今还为人类提供多种服务，从高空物理和气象探测到节日五彩缤纷的玩具与装饰，成为人类不可缺少的重要工具。

热气腾腾

早在公元3世纪，自阿基米德发现浮力定律以来，有人就想到用浮力原理制作气球，其想法就是把一个金属球的内部抽成真空，由此来产生浮升力，可是如何把金属球壳体做得又轻又薄，同时又能经受巨大的空气压力，可能至今我们都无法做到。

既然无法做成抽真空的球，能否在球内灌入比空气轻的气体，使其腾飞呢？

首先想到这一点的却是中国人。

早在2 000年前的中国汉朝的《淮南子》一书中就有“将鸡蛋抽空，在蛋壳内点火将空气加热后，蛋壳就会“飞起来”的记载。这可以说是世界上最早的关于热气球原理的记载。虽然从现在来看，由于蛋壳太小，热空气不能产生足够的浮力。但是，正如在前面提到的，在中国五代时期的莘七娘制成的可以升空的“孔明灯”，可以说是世界上最早的一种“热气球”，可惜的是，当时没有人想到利用这个原理将其做大，错失了实现载人梦想的机会。

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，有一些艺人演示了一种很像中国“孔明灯”的日本灯，纸扎的灯笼在底部有一根蜡烛，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兄弟，哥哥叫约瑟夫·蒙哥尔费，弟弟叫埃蒂纳·蒙哥尔费。他们在此以前一直对轻于空气的气体很感兴趣，也曾多次看着在熊熊火焰上空飘舞的纸片和碎屑而想入非非。这次日本灯的表演使他们感到茅塞顿开，兴奋异常。

从巴黎回到昂诺内家中后，兄弟俩首先制作了一个大纸袋，将口袋的口朝下放在炉子上加热。很快，纸袋升到了屋顶上。接着他们又在屋外用布做了一个口袋，同样将空气加热后，布口袋竟然上升了约20米，于是他们开始了下一个制作更大热气球的计划。

对于他们来说，关键是如何产生大量的、经济的热空气。为此，他们试验了各种燃烧物质：湿稻草、木材、羊毛、旧鞋、甚至腐肉，搞得臭气熏天。但是正是这样，他们的试验惊动了法国科学院。科学院听取了他们的设想后，要求蒙哥尔费兄弟能用实物证明他们的想法。

1783年6月4日，蒙哥尔费兄弟在昂诺内镇的广场上挖了一个大坑，坑内放满了草和羊毛，将它们点燃后，将产生的热气充入到一个直径11米用麻布做成的气球中。随着气球逐渐膨胀，产生的浮力也越来越大，最后为了不让其离开地面，竟然用了8个人才把它拉住。

当气球充满热烟后被放开时，很快向空中飞升，一直达到400多米高空，飞行了约10分钟，最后降落在离广场1.5公里远的地面上。

消息很快传到国王那里，路易十六不仅召见了蒙哥尔费兄弟，还让他们准备在更大的范围内进行表演。

同年9月19日，在巴黎凡尔赛宫前，蒙哥尔费兄弟让一个直径14米、高17米的大气球升到空中。

这个球体共分三层，里面一层是防止漏气的纸，第二层是麻布，外面是一层轻柔的纱布。更令人兴奋的是在气球下面还系着一个用柳条编的吊篮，里面有一只鸡、一只鸭子和一头山羊。

当热气球载着这些“小乘客”冉冉升起时，广场上约13万人和

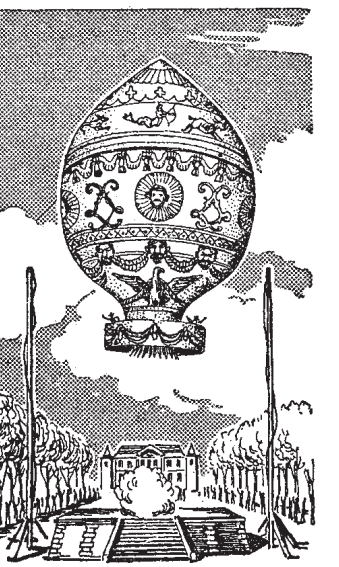
路易十六国王及玛丽皇后都情不自禁地欢呼起来。

这次热气球离地面高度达到了500米以上，飞行了8分钟、3.2公里后，气球和小动物安全降落。路易十六国王大喜，当即宣布，以后的热气球都命名为蒙哥尔费气球。

有了第一次载动物飞行成功经历后，蒙哥尔费兄弟马上开始第一次载人热气球的飞行准备。他们把气球直径加大到15米，高度加大到23米，气球容积约有2 200立方米。在巴黎的米也特堡还专门建造了一座给气球提供热气的热灶，热灶旁高高地打了两根用来系留气球的木柱。

他们在气球表面绘上了皇家徽章和宫殿图案，气球下面还吊着一个回廊式的吊篮，可以让搭载者在回廊内活动，底部中空处还吊着一个火盒，用以一边飞行一边给气球的空气加热，回廊里还准备了一些燃料，可以在中途给火盒添加。

路易十六国王最初不允许用生命去冒险，所以不同意进行载人飞行，后来同意用死囚来进行试验，并答应如果试验成功可以免去他们的死罪，但是路易十六的亲戚法兰德斯侯爵与路易十六国王进行了据理力争，认为人民比罪犯更有资格去遨游天空，“去接近上帝居住的地方”。路易十六



1783年 9月 19日法国蒙哥尔费兄弟制作的热气球、吊篮中放入了羊、鸡和鸭各一只，升空后在空中飘行 8分钟，被公认为世界上第一个热气球。同年 11月 21日，两名法国人，罗齐埃和达尔朗德，乘坐此种气球，在巴黎上空飘行 25分钟，这是人类第一次升空和自由航行

最后只好同意由法国青年科学家罗泽尔和法兰德斯作为这次飞行试验第一批勇士。

经过几次预先性的系留飞行试验以后，首次正式载人升空飞行试验被定于1783年11月15日。

正式飞行那天，天气晴朗，阳光明媚，闻讯而来的群众从四面八方涌向米也特堡，从早晨开始蒙哥尔费兄弟就开始点炉并不断往热灶添加干草和羊毛，浓烟和热气不断涌入巨大的气球中。

下午1点54分，地面操作人员终于解开了系留气球的绳索，气球像脱缰的野马腾空而起，载着罗泽尔和法兰德斯向蓝天飞升，两位勇士不停地向地面人们挥手致意，气球越变越小，越飞越远，终于消失于人们的视野中。

这只华丽而巨大的气球一直上升到900米，飞行了25分钟，最后降落在巴黎的意大利广场上，人类终于实现了几千年来升空的梦想。

空降恶魔

载人气球飞行的成功很快受到法国军界的重视。1789年，法国陆军成立了世界上第一支气球部队，用于法奥战争。

1794年，法国首先在佛罗拉斯战役中，利用系留气球将军官送到空中对敌阵地进行侦察，开创了载人飞行器用于军事目的的先例。

这个气球升到550米以后，军官通过旗语将情况通知地面指挥站。由于居高临下对敌情看得一清二楚，加上敌军根本不知道气球是何物，还以为是上天派下来的怪物，法军轻而易举地取得了胜利。

最早运用气球进行空袭的是在1849年8月22日，当时奥地利正在围攻威尼斯共和国，奥地利军队制作了200多个热气球，每个气球都系上了一颗十几公斤的炸弹，经过预先算好的时间，点燃导火线后，让它们飘向威尼斯城内。但是，奥军是根据地面的风向放飞气球的，却没有估计到空中气流变化的情况，结果这批‘轰炸’气球升到天空后，却掉转方向飘飞回来，把一颗颗炸弹都扔回了奥地利

军队自己的头上。

在美国南北战争期间，热气球被交战双方频频用于空中侦察，北军还专门成立了由气球飞行家组成的别动部队，据说在战争中起到了重要的作用。

在1870年的普法战争中，热气球首先被用于通讯。被普鲁士军队围得水泄不通的巴黎守军和市民为了能及时和法国其他地区取得联系，一些气球飞行员开始驾驶气球飞出巴黎，越过敌包围圈；为了不被普军的步枪射落，气球的飞行高度都保持在900米以上；为了能把外面的消息传回巴黎城内，气球飞行员先把信息带出包围圈外，再让飞鸽带着重要情报飞回城内。

由于气球飞出去后不能再回来，巴黎军民开展了大规模的全民造气球和培训飞行员行动。在长达4个月的围困日子里，巴黎军民共送出载人热气球66只，其中57只成功地飞越了敌人防圈，运出300多万封信件，虽然巴黎军民终因弹尽粮绝最后还是被迫向普鲁士投降，但热气球的成功应用，首次体现了“ 制空权 ”在战争中的重要作用。热气球也从一种探险和娱乐工具变成了一种重要的军事装备了。

在第一次世界大战期间，气球得到了更广泛的使用。德军和法军都在自己阵地上设置了系留和侦察气球，侦察员在气球上用望远镜侦察敌方部队调动情况和大炮轰炸效果。为了能使气球更稳定，气球的形状也从圆球形改成像炸弹外形的柱形，在尾部还加了稳定面。

英国则把气球用于防空。他们把一只只大型系留气球在空中拉起一道道索链，在索链上再悬挂许多小的氢气球，用以阻挡德军的轰炸机向下俯冲轰炸，大大降低了德军轰炸机的轰炸精度。到1918年底，英国在伦敦周围拉起了的气球防线长达82公里。

富号作战行动

在二次世界大战中，气球的侦察作用虽已被侦察机所替代，但

在防空上还是在继续使用，而最有戏剧性的，也是二次大战中惟一一次大规模的气球军事行动，是日本发起的“富号作战行动”。

1942年日本在太平洋战争中节节失利，日本诸岛不断遭到美军飞机的轰炸。由于日本飞机无法超过茫茫的太平洋，为了对美军进行反击，于是萌发了一个用“气球炸弹”轰炸美国领土的计划。

为此，日军经过二年的准备，从1944年11月3日开始向美国一共施放了9 300个气球炸弹。每个气球的直径为10米、容积为500立方米，可以上升到1 000米高空，又能携带一枚30多公斤重的燃烧弹。

为了让这些气球炸弹能越过太平洋，日本专门组成了几个研究所，以及包括诺贝尔奖金获得者在内的科学家研制小组。整个气球装设了用气压计控制的自动沙袋投放装置，当气球下降到一定高度时，气压计就会控制投放1~2个沙袋，使气球上升到预定的飘飞高度，到美国领土时，沙袋会被全部抛光，并降落下来触地爆炸。

但是，9 300个气球中只有285个飘过了太平洋，其中只有200个到达美国，而真正确认爆炸的还不到30个，对美国几乎没造成什么威胁。

在这期间，当美国发现了从日本不断飘来的气球炸弹时，着实紧张了一阵子，多次派出飞机去拦截，还找到了日本的气球发射基地，准备对其进行轰炸，只是随着二次世界大战接近尾声，日本也提前结束了“富号作战行动”。

在以后的几十年时间里，载人气球逐渐退出了军事应用领域，更多的是成为一种体育运动。但无人气球仍被用作一些侦察工具，特别是随着近年来信息战的不断提升，气球又作为重要的信息战工具被启用。

美国军方利用现代化材料配以现代化电子设备制造的探测气球可在高空工作几周或几个月。

这些探测气球可以升到2万米的高空，使用成本不到预警飞机的四分之一，所以工作效率非常高。这些探测气球不仅可有效地监

测2万米高空以下可能通过的隐形武器，也可以作为信息中继站。这种气球的系留索本身就是一根高信息率的光电电缆，因而传递信息量大而可靠，不会受到干扰，也没有电源中断之忧，特别是不用担心雷击之害。

长期悬在2万米高空的气球探测站，可以监视500千米半径范围内的空中活动，气球的红外传感器还可发现移动式导弹是否已经点火或低空巡航导弹是否接通，从而可以在敌方这类武器刚开始飞行不久就能发出警告信号，还可以用装在航空器内的数据链来指挥己方的巡航导弹，直到导弹在飞行的最后几分钟，才由导弹自身接管对武器的终端制导，从而提高其命中的准确性。

越飞越高

热气球把人们带入了广阔的空间，但由于这种载人飞行器要受到制造热气、携带燃料等各种限制，有很多不方便之处，因此人们很快找到一种可以替代热空气的比空气轻的气体——氢气。

在蒙哥尔费兄弟热气球首次升空后不久，法国的一位科学家夏尔教授就把氢气充入了一个丝织品的气囊中，制成了世界上第一个氢气气球。这个氢气球直径为3.7米，重量只有11公斤。

1783年8月27日，夏尔教授在成千上万的巴黎人面前放飞了这个氢气球，气球一直升到900米以上的高空，飘飞了1个小时，降落在24公里以外的农庄上。由于这个氢气球的蒙皮涂有橡胶，散发出刺鼻的硫磺味，当地村民以为它是个从天而降的怪物，开枪打漏了气囊，并将它撕成了碎片。以至于路易十六专门下了一道诏书，通告全国人民以后遇到气球时不许破坏它们。

就在蒙哥尔费兄弟载人热气球升上蓝天后的半个月，即1783年12月1日，夏尔教授和他的助手也乘着他制作的载人氢气球，在4万多巴黎民众面前升到了空中，上升到600米以上的高度，飞行距离也达到了40公里以上。

夏尔教授的氢气球为以后气球技术的发展奠定了基础，因为

它证明了氢气是比热空气更为有效的浮升气体。他制作的氢气球直径只有8.4米，但升空高度却大大超过了直径15米的热气球，只是氢气的制作方法和成本要比热空气高得多，这也不是一般人所能轻易得到的。

由于氢气球的上升高度远超过了热气球，人们开始获得越来越多的高空知识，开始发现不同高度大气层的气压、温度和湿度的不同变化和许多磁、电、声学特性，从而引起人类对大气层更广泛和更深入的研究，更渴望揭开大气层的秘密，于是在相当一段时间里，人们利用惟一能升入高空的氢气球，不断向更高的高空推进。

1862年9月5日，英国气象学家格莱彻尔和他的助手乘载人气球升到了9 000米高空。这是人类第一次飞入高层空间，首先探索到了高层空间的奥秘，他们也为此差一点付出了生命的代价。

气球升空的那天，天气是暴雨和冰雪交加，由于他们的研究是政府资助的，在此之前他们曾两次升空，但都因气球故障而失败，这次政府代表警告他们必须按时升空，如果飞行再失败就要取消他们的研究计划，所以他们不得不冒险升空。

气球在狂风暴雨中摇摇颠颠地上升，两位科学家尽管紧紧抓住缆绳，但仍被晃得左跌右倒。但是，随着高度的增加，几乎快要失去信心的格莱彻尔却惊奇地感觉到云层逐渐变薄，风也在不断变小，气球开始不再激烈摇摆，变得越来越平稳了。

当气压计的指针指向相当于3 000米的气压时，格莱彻尔的眼前竟然云开雾散，阳光普照，头顶上是碧蓝碧蓝的天，浓浓的云层已留在他们的脚下。当气球升到4 500米时，他们发现被雨水打湿的地方都结成了冰，而到6 100米时，温度计指示已到了零下10摄氏度。

但是当气球再继续上升时，高空反应已开始严重威胁到两位科学家。当气球升至8 500米时，53岁的格莱彻尔双眼开始因模糊看不清仪表，当上升9 100米时，格莱彻尔的右手连笔都拿不住了，并很快倒在筐内进入休克状态。他的助手柯克斯韦尔也已感到手臂

火辣辣地发麻，最后还是用牙齿咬住了放气阀门的拉绳，打开了放气阀门，才使气球得以下降。

格莱彻尔和他的助手的这次冒险是人类首次通过实际观察和记录得到的第一手高空大气气象资料，他们的生理反应也引起了医学家们的注意。

1875年4月3日，3名法国人想打破格莱彻尔的升空记录，带着氧气瓶乘坐“天顶”号气球升空，但由于他们都是首次升空，对高空反应适应能力较差，最后其中两人不幸死亡。

航空探险者的遇难引起越来越多的医学家和生理学家的高度重视，从而为以后的高空病医学研究打下了基础。

但是高空的探险活动并没有因为有人遇难而停止。

1902年法国科学家德波尔用无人气球探测器记录的资料提出了把11 000米高度以上的高空称为平流层的概念。他指出，从地面到10 000米高度左右的空气由于受太阳辐射及地面气象的影响，气流上升和下降十分活跃，会形成风、雨、云、雪、雾、雹等各种气象现象，而到11 000米高度以后，气流变得十分平稳，温度也很少变化（约零下50摄氏度），空气稀薄而干燥，没有水气也没有云层，只有耀眼的阳光。

第一个进入这个神秘世界的是美国的一位陆军上尉格瑞，可惜他踏上的是一条不归路。

当他于1927年11月4日带着可以加热的氧气瓶，乘坐一只巨大的氢气球升空后，就不见了踪影。两天后他的气球残骸连同尸体才被发现。从气球上的仪器记录表明，格瑞的气球的最高高度为13 000米。

不久，一位叫莫拉斯的飞行员乘坐“西班牙”号气球飞到11 000高度上也不幸牺牲。这些惨痛的教训告知人们，采用敞开式吊舱的气球是不可能把活人带到平流层的。这个极限人类至今也无法突破。

1931年，德国的一名物理学家皮卡德教授和他的助手设计了

一个用橡皮条密封的吊舱，于5月27日乘坐气球升空，虽然这种吊舱十分简陋，还漏气，但他们还是升到了15 700米的高空，进入了平流层。第二年他们再次升空到达了16 700米的高空。

1934年，皮卡德将吊舱改进为压力舱，由他的孪生兄弟和夫人乘气球升到了17 300米的高空。这也是世界上第一个妇女进入平流层。

由于压力舱的出现，载人气球的上升高度不断被突破，目前的飞行高度记录是美国军官罗斯于1961年5月4日为检验宇航员压力服而创造的，为34 442米。

由于气球是靠空气浮力升空的，而越升到高处，空气越稀薄，气球的直径就要做得越大，现在能升到平流层的气球的直径已经达到三四十米，如果再想升到40 000米高空，气球的直径可能增加到2公里，所以气球究竟能飞得多高，谁也说不清。

越飞越远

在不断追求飞行高度的同时，人们也在追求乘气球飞得更远的记录。

第一个载人热气球的飞行距离为8公里，第一次载人氢气球的飞行距离为400公里，1785年，英国人乘气球飞越了英吉利海峡。

1897年，瑞典3名飞行员组成了“飞鹰”号气球北极探险队，于7月11号乘“飞鹰”号在800米高空以每小时25公里速度向北极飘去，却一去不回，直到33年后（1930年）他们的遗物才被挪威的猎人们在北极圈的白岛上发现。从他们写下的日志中得知他们的气球飞了60多小时后，就撞在了冰块上而坠毁。3名队员步行了两个多月到了白岛，又经过3个多月的拼搏后才英勇牺牲。

从1873年开始，人们开始乘气球进行飞越大西洋的冒险。经过近100年的不断探索和努力，直到1978年8月11日由3名美国飞行家乘坐“双鹰”2号，经过6天6夜的艰苦飞行，从美国的缅因州海岸越过大西洋于8月17日降落到了法国巴黎布歇尔机场100公里以外的

麦田里，实现了百年梦想。这次飞行不仅创造了当时最远距离（500公里）记录，也创造了最长留空时间（137小时）记录，只是当气球要近法国海岸时，3位飞行家已经扔光了气球上几乎所有的东西，如果气球再不能着陆，下一步他们就准备脱掉衣裤了。

这次飞越大西洋的成功在很大程度上也归功于“双鹰”2号气球的制造技术的进步。

最初的气球是用纸、麻和丝织品等制成的。后来又发展为橡胶和塑料气球，而“双鹰”2号的球体是用尼龙和轻质人造橡胶制成的，气球直径为20米、高为30米，球体上部涂成白色，用于白天反射太阳光，保护球内气体不被烤得过热，下半部涂成黑色，用以夜晚从海洋中吸收热量，以保持气球内气体的温度。

气球的吊舱是长方形的，底部做成双船身结构，一旦坠海也可以在海面上漂浮。最为重要的是由于原来使用的氢气很容易与空气混合产生爆炸，所以采用不会自燃、也不会助燃的氦气来替代，使气球变得更安全。“双鹰”2号内部充满了5 000立方米的氦气。

现代气球除了军事应用外，还有许多其他用途，其中最主要的就是气象探测。现在用于气象探测的气球一般都用不载人的气球。

美国空军制造的塑性气象气球可以在16公里高空飞行几天，并把数据通过无线电发报机发回地面。还有一种超高压气球，气球的材料可承受很高的压力，升空后由于内部压力大于外部压力，气球密封性很好，当温度降低时内部气压也大于外部，这样的气球可以飞行几个月之久。

气球也可用于污染监测。由于气球可以长时间停留在空中搜集大气数据，这是其他飞行器难以做到的，同时还可根据气球飘动方向监测污染物质随大气数据散播的情况，此外气球比其他高空探测器成本要相对低一些。

气球也很适宜用于天文观测。当天文学家在地面用望远镜观测天文时，往往受到大气层的水汽、尘埃的影响，而通过在平流层的气球，在平流层观测天文就可以获得比地面清晰得多的行星和

恒星图像。

1959年11月28日，美国第一次在24 700米高空用气球建立了一个天文观察平台——“平流层实验室”4号气球，科学家在气球上用406毫米望远镜和一台摄谱仪拍到了非常清晰的星体照片，并第一次观测到了金星上有水蒸气。1970年3月美国又升空了一个由无线电控制的无人天文观测气球，停留在36 500米高空用以对太阳、火星和天王星观测。

气球现在也被用来进行重要的宇航飞行试验，如把动物放在高空气球上，送到40 000米以上高空去代替人测量宇宙射线的影响。气球还经常被用于对宇航员的太空服、太空舱和地面控制系统进行检验，甚至宇航员乘坐气球升到30 000米以上高空后再跳伞，以检验宇航员在发生紧急情况时能否用降落伞逃生。

气球的其他应用还包括用气球转播无线电和电视节目，建立风力气球电站，向闭塞地带和灾区运送必须物资，做商业广告和开展体育运动等。

气球是人类使用的第一种载人飞行器，经过二百多年的发展已经成为一种经济性很好的多用途飞行器，至今仍然保持着它的活力。

横空出世

气球的诞生，实现了人类腾空的愿望，但气球最大的缺点是它只能随风飘行。所以要乘气球在空中旅行，必须要观风向、计风速，并了解不同高度上气流和云层的变化。

为了能控制气流的方向和增加前进速度，人们也设法作了些改进，如模仿帆船，在气球上安装了风帆和舵面，但由于气球本身就已在气流中飞行，风帆完全不起作用，舵面也很难改变航向。为此人们开始寻求能改进气球飞行的新方法。

空中巨鲸

1784年，法国的罗伯特兄弟建造了一个用人力作动力的鱼形气球，充入氢气，升空后，由吊篮里的人划动一种用绸布绷在木框上的‘布桨’作动力向前移动。但是用人力提供的推力根本无法控制气球的飞行。据说，7个人划了7个小时，鱼形气球才摇摇晃晃地前进了几公里，最后因气囊内部压力太高而爆裂，导致飞行失败。这也是人类历史第一次实际制造飞行船的尝试。

罗伯特飞艇和其他人的一系列失败的教训，证明仅靠人力是很难实现飞艇的可控制飞行的，只有去寻找合适的动力。

19世纪50年代，正是人类第一次产业革命的末期，尽管蒸汽机已被广泛用于工业领域的动力装置，但它们的尺寸和重量，特别是重量功率比都太大，都难以作为飞行器的动力，虽然当时也正在孕育着新的动力革命，但是实际上电动机和内燃机直到30年以后才陆续被投入使用。

可是以蒸汽机为动力的人类第一种可控制的飞艇还是横空出世了。它应归功于法国一名蒸汽机工程师——吉法尔。他制造了当时被称为‘极小’的蒸汽机，重量约160公斤，功率为2.24千瓦。相比之下，他的飞艇却是一个庞然大物，长近44米，最大直径12米，气囊容积约2 500立方米，尾部还有一块三角形风帆，用来操纵方向。

1852年9月24日，这个外形颇似‘雪茄烟’的飞艇从巴黎起飞了，发动机装在用吊索悬挂的吊篮里，带动一套三叶螺旋桨。它以每小时10公里的速度飞行了约28公里。由于操纵系统不完善和动力不足，它无法返回原地而只能在当地降落，创造了世界上可操纵的飞艇的首次飞行。

30年后，第二次技术革命给人们提供了电动机和内燃机两种动力装置，这就大大地推动了飞艇的发展，不仅提高了飞艇的速度，操纵性也随之改善。从19世纪到20世纪初，法国、德国、英国、意大利、挪威、美国都有人从事制造飞艇。

1884年8月9日，法国人雷纳德和克雷布制造的“法兰西”号飞艇首次完成了可控制的圆周飞行，时间为23分钟，圆周的周长为8公里。只是雷纳德用的是直流电动机，由于蓄电池的储电能力有限，航程和速度也很有限。

一个侨居法国的巴西人桑托斯·杜蒙，首次把汽车的内燃机用到了飞艇上。自1899年开始，他一共制造了14艘以汽油发动机为动力的小型飞艇。

1901年10月19日，杜蒙自己驾驶着他的第6个飞艇围绕巴黎的艾菲尔铁塔飞行一圈后在原地安全降落，飞行时间为29分钟，还赢得了12 500法郎的奖金。到他制作第9个飞艇时，结构已经很完善。

杜蒙经常乘坐飞艇到空中漫游，有一次竟然在一个豪华大饭店的前院着陆后，又步入餐厅就餐，引起了轰动。

在杜蒙之前的飞艇都属于“软”式飞艇，也就是它的浮力主体是一个内部充满轻于空气气体的气囊。为保持这种气囊内部维持一定压力，气囊的织物不能漏气、也不能透气。

早期的气囊是在两层棉织物中间夹一层牛肠皮膜，一艘飞艇要用上万头牛的肠皮膜，后来改用在棉布上涂胶，工作量很大，要求反复涂，确保不能有漏涂之处。

这种软气囊不能承受太大的压力，结构刚度也较差，很难承受集中的载荷，所以不能做得太大，体积一般在2 000~2 500立方米，这就大大限制了运载能力和续航时间，一次载人很少在7人以上，所以没有太大的实用价值。

“齐伯林”飞艇的辉煌

从19世纪末到20世纪初，第二次技术革命除了提供了新动力外，又带来了铝合金冶金材料。于是许多人开始研究制造用金属、木材等做成框架，再在表面蒙上蒙布的“硬”式飞艇。

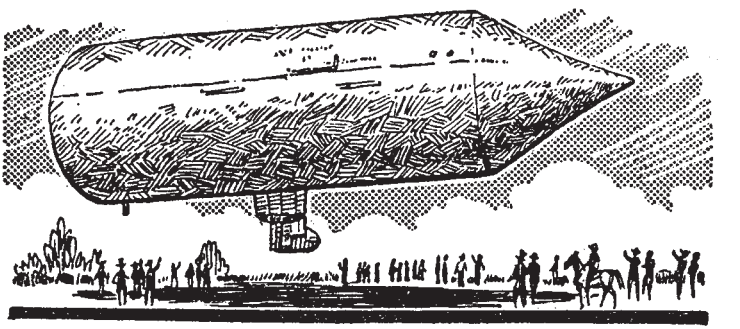
框架由纵梁和连接纵梁的圆形横梁构成，里面有十几个隔框，

每个隔框为一个舱室，每个舱室放置一个充满气体的小气囊，多达十几个。这种结构不仅强度和刚度都较高，可以承受较大的载荷，从而使运载能力大为提高，而且即使其中有几个舱室遭损，也不会引起整个飞艇失去浮力。

有意思的是，在气球和飞艇研制上一直是先驱者的法国却没有在硬式飞艇上继续领先，领导这次被称为飞艇技术上新革命的，是一个悄悄在进行飞艇研制的德国人。这就是著名的齐伯林伯爵。

齐伯林在1896年建立了一个“飞艇飞行推进协会”，由此筹集了一大笔资金后，从1887年开始制造硬式飞艇，并于1900年制成了世界上第一艘真正实用的‘齐伯林’1型（LZ-1）硬式飞艇。

LZ-1型飞艇长度为128米，直径为11.6米，头部为锥形，艇身为



齐柏林制造出第一艘硬式飞艇‘LZ-1’号

圆柱形，因而很像一支铅笔。铝制框架共有17个舱室，每个舱室都放一个充满氢气的气囊，气囊总容积达到11 300立方米，总升力可达127千牛，是软式飞艇的五六倍。

飞艇的方向舵由4块垂直操纵面组成，头部尾部各2块，艇的俯仰姿态由1块可前后移动的100公斤的滑块控制，动力是两台功率为11.8千瓦的活塞式发动机。

1900年7月2日，LZ-1型飞艇首飞，齐伯林和另外4人乘艇飞行，

但由于舵面损坏，飞了18分钟就迫降了。以后LZ-1型又经过了两次修改，并在当年10月17日和24日又进行两次试飞，虽然前一次因为操纵面再次损坏，后一次因为艇身产生弯曲都被迫中断，但人们已经看到了这种新飞艇的发展潜力。

经改进的LZ-2型飞艇于1906年1月17日试飞，采用了功率为63.4千瓦的发动机，飞行速度也增加了一倍，达到了每小时53公里，操纵性也有一定改善，可惜的是当飞艇飞到400米高度时，2台发动机发生故障，飞艇自然降落。

半年以后，LZ-3型飞艇又开始试飞，并取得了完全成功，由于在飞艇尾部安装了4块大水平安定面，飞艇的操纵性大有改善，稳定性也大大提高，飞行持续了4小时，从而引起了德国政府的高度重视，为此拨出了50万马克资助LZ-3型飞艇继续试验。

1907年9月30日，LZ-3型飞艇持续飞行了37小时，航程创造了350公里的飞艇世界记录。这使德国政府大为赏识，决定长期资助齐柏林的研制工作。

1909年，齐柏林创办了世界上第一家民用航空公司——德莱格公司，飞艇正式进入航空运输市场，航空史开始了飞艇时代新篇章。

1910年6月22日，LZ-7型飞艇被命名为“德国”号，成为世界上第一艘被用于商业营运的飞艇，被用于来往于法兰克福、杜塞尔多夫等地的定期客运服务。

该飞艇装有3台功率为88千瓦的发动机，可乘坐20名旅客，平均航速为每小时60公里，在9小时内可飞行700多公里，接着被改进的多种型号的“齐柏林”飞艇也相继投入定期航行。

从1910年到1914年第一次世界大战爆发前，德莱格公司所属的飞艇共飞行了近274万公里，安全载运旅客35 000人次，从而使这种新的运输工具名声大振，迅速在全世界蔓延开来，各国都竞相开始研究和制造飞艇。

到20世纪20年代，飞艇技术有了很大进步，特别是发动机技术

的进步使飞艇的飞行速度和航程都有了很大提高。

“飞艇霸权”之梦

到第一次世界大战爆发前，世界上有7个国家在研究飞艇，有5个国家都制造了飞艇，总数近40艘。其中法国12艘，德国11艘，英国和意大利各6艘，加上俄国4艘，而且这些国家都成立了自己的飞艇部队。因而当1914年7月28日第一次世界大战爆发时，飞艇很快就作为一种新式武器投入了作战。

德国是所有第一次世界大战国家中的“飞艇大国”。早在战争爆发前，德国军方就从齐柏林飞艇上看到了其潜在的军事作用，因而从1913年就开始给齐伯林公司资助，并把所有飞艇编入军方的预备装备。

德国军方早就打算把飞艇用于两个目的，一是准备使用飞艇对敌地面目标进行轰炸，二是用于空中侦察和预警。这也是现代“制空权”概念在当时的理解。当第一次大战爆发后，德军首先把飞艇投入了对敌侦察和轰炸任务。

当时参战的其他国家的飞艇都还是软式飞艇，其中以英国进展最为突出。

英国海军为了对付德国的潜艇，从战争一开始就加紧研制军用软式飞艇，并将软式飞艇技术发展达到战时最高水平。它们研究的N.S.11号飞艇在1918年创造了连续飞行101小时，航程6 400公里的飞行记录。

正是由于软飞艇可以在海上长时间停留，因而英国海军将其有效地用于巡逻，特别是反潜。美国虽然在飞艇研制上起步较晚，但却首先在飞艇上使用了比氢气安全得多的氦气。

战争一爆发，德军很快就对飞艇进行了全副武装，配备了火炮、机炮和炸弹，并加快了飞艇的生产速度，几乎两周可制造一艘飞艇，性能也不断得到提高。

例如1915年春天，齐柏林公司推出的LZ- 38型飞艇，气囊容积

达到了32 000立方米，可以携带2~3吨炸弹，相当于一个轰炸机中队的载弹量。齐柏林从1914年到1918年共制造了88艘军用飞艇。

由于战争开始时，许多国家的防空力量还很薄弱，没有组织起有效的防空武器和火力网，所以飞艇在当时发挥了一定的威力。如在1915年5月31日德国用5艘飞艇轰炸伦敦时，英军在伦敦只有2门80毫米的高炮、5门旧高炮和12个灯光微弱的探照灯，因此遭到严重的损失，市民们纷纷逃离市区，致使英国工业生产一下子下降了六分之一。

在战争初期，飞艇飞行高度在3 000米就被认为是安全线。而且为了更加安全，德国飞艇不断改变战术，从白天改为夜间出动，或利用阴天借着云雾的保护攻击目标。

战争初期德国飞艇非常嚣张，1914年7月战争爆发，8月5日齐伯林飞艇就首次轰炸了德法边境的法国城市列日，1915年1月19日首次轰炸了英格兰东部地区，3月20日又轰炸了巴黎……每次几乎都是胜利而归。

但是德国飞艇的好日子在1916年以后受到了协约国防空战斗机的全面挑战，开始了一场飞艇与防空战斗机的激烈竞争。

1916年英国吸取了伦敦受重创的教训，装备了130架防空战斗机和50门高炮。这一年中德国飞艇就被击落12艘。至1918年，英国防空战斗机增加260架，高炮350门，探照灯620个，为彻底粉碎德国的‘飞艇霸权’梦创造了条件。

由于防空战斗机的升限已大大提高，3 000米高度不再是德国飞艇的安全线，齐柏林飞艇公司新研制了飞行高度更高的飞艇，气囊容积达到了35 800立方米，并减少了噪音，增强了火力，还配备了通信距离可达数千公里的无线电通信设备和能在昼夜导航的无线电罗盘。

经过这些改进后德国飞艇在1916年中获得了短暂的安全期。但很快，协约国的地面防空武器和防空战斗机的高度也突破了4 000米，于是齐柏林公司又生产了气囊容积达5 500立方米的超大

型硬式飞艇，并对装备作了简化，主要用于高空侦察，使飞艇高度达到了6 000米。

协约国也加快了防空战斗机性能的改进，飞机的飞行高度很快也突破了6 000米，德国海军又要求齐伯林公司制造更大飞艇的要求。

1917—1918年，齐柏林公司又建造了4艘气囊容积达68 000立方米的LZ-112型巨型飞艇，飞行高度达到了6 500米，但这时协约国飞机的飞行高度已经突破了8 000米，因此，LZ-112型飞艇在1918年首次出战就被击毁，德国的“飞艇霸权”就此寿终正寝。

这场“飞艇”与“飞机”的较量最后虽然以德国飞艇的彻底“趴下”而结束，但是德国硬式飞艇的运载潜力还是为战后飞艇向空运的发展打下了基础。

登峰造极

第一次世界大战以后，由于飞艇的载重、远程的空运能力大大超过了当时飞机的运输能力，所以各国掀起了飞艇发展的热潮。这一时期可以说是飞艇发展的全盛时期，而且德国的硬式飞艇的概念已被许多国家所接受。在战争末期，英国、法国和日本还瓜分了德国剩余的齐柏林飞艇，也促进了硬式飞艇技术的发展，飞艇的速度越来越快，高度越来越高，飞行距离也越飞越远。

在第一次大战开始时，英国的硬式飞艇技术落后于德国和日本，但战后不久，英国就通过仿制被击伤后迫降在英国的德国LZ-76型飞艇，制造出了两艘巨型飞艇R34，气囊容积为55 000立方米，最大航速为每小时96公里。

1919年7月2日凌晨，R34号飞艇载着30人从英国的福斯特湾起飞，开始了世界上首次载人飞越大西洋的航行。经过4天半（108小时）的飞行，飞艇顺利地在美国长岛米尼奥拉地区的罗斯福机场着陆，比飞机横越大西洋整整早了8年。

战后，英国瓜分到了德国在战争时期制造的两艘高技术水平

的飞艇LZ-109和LZ-113，再次促进了英国飞艇的发展。

1921年，英国制造的R-38号飞艇气囊容积达到了77 600立方米。1924年，英国又制造了当时世界上最大的两艘硬式飞艇R100和R101，气囊容积分别达到了145 850立方米和141 600立方米，都可搭乘上百名乘客和10吨的邮件。

R100内部有3层甲板，R101内部有2层甲板，还设有卧室、餐厅和散步走廊，内部装修十分豪华。两艘飞艇的巡航速度分别为每小时115公里和112公里，航程为5 600公里和4 800公里，代表了英国飞艇技术的巅峰。

美国在战后也加快了硬式飞艇的发展。先是仿英国的R33研制了ZR1号，气囊容积为60 800立方米，由6台194千瓦的发动机为动力，飞行速度每小时107公里，于1923年9月首飞。

到1928年10月，美国生产了两艘比英国R100和R101更大的超巨型飞艇ZR4和ZR5，气囊容积达194 000立方米，动力为8台418千瓦的发动机，最大飞行速度可达每小时128公里，最大飞行距离可达10 000公里，飞艇内可装5架冠蒂斯-霍克飞机。

这一时期除了硬式飞艇技术得到迅速发展外，对飞艇的利用也得到了很大的开拓，其中最著名的是利用飞艇征服北极的创举。

1926年夏天，一艘由意大利人设计和制造的“挪威”号飞艇先是从罗马出发，飞行了7 600公里后到达北极圈内的斯匹次卑尔根岛作为前沿基地。当年5月11日，“挪威”号载着1名驾驶员、1名领航员和“挪威”号设计师开始向北极进发，他们于5月12日深夜到达北极上空，投下了挪威、意大利和美国国旗，于5月13日着降于美国阿拉斯加的泰勒城。

这次探索不仅首次打开从大西洋至太平洋的最短的空中通道，并因为出色地使用了无线电电报、天文罗盘和磁罗盘等航行仪器，为航空史写下了光辉的一页。

战后的德国在飞艇发展上经过短暂的停顿后又东山再起。

1928年，飞艇历史上最有名的“齐伯林伯爵”号飞艇问世。飞艇

长度263米，最大直径30米，气囊容积110 500立方米，装有5台功率为418千瓦柴油发动机和发电站、无线电台等设备。

这艘外形高度足有七八层楼房高的庞然大物内部为双层结构，可容纳40名服务人员，载客20人（远程）或50人（短程）和15吨货物，最大速度为每小时128公里，最大航程17 000公里。

“齐伯林伯爵”号自出世以来就屡建奇功。先是横渡大西洋，后又多次飞往北极，通过南极，其中最有名的是1929年8月15日开始的环球飞行。

它从德国腓特烈港出发，飞越了欧洲大陆和西伯利亚抵达日本东京，然后又越过太平洋飞至洛杉矶，最后又横跨美洲大陆，经纽约、大西洋、阿尔卑斯山于9月4日回到出发地，历时20天（511个小时），航程35 000公里，中间只停了三次。

“齐伯林伯爵”号飞行达到了580次，其中150次通过了北极和南极，总计行程170万公里，运送旅客34 000多人次。

由于齐伯林本人已于1917年逝世，所以“齐伯林伯爵”号的制造与环球飞行的指挥者，实际上是由齐伯林的继承人埃克马博士。在环球飞行成功的鼓舞下，他下决心要制造一艘世界上最先进、最豪华的巨型飞艇。

新飞艇以德国当时的总统“兴登堡”命名，1931年开始制造，虽然经受了世界经济危机的影响，制造工作曾有一段时间停顿，但自希特勒1933年上台后又给以新的支持，航空部拨款200万美元，使“兴登堡”号制造工作得以恢复，并于1936年初完成制造，当年3月4日成功地进行了首飞。

“兴登堡”号（LZ-129）全长245米，直径41米，重约230吨，总气囊容积200 000立方米，投影面积相当于几个足球场。与现代最大的客机波音747相比，“兴登堡”号的长度是其3倍半，直径是其6倍半。

“兴登堡”号使用4台功率为610千瓦的发动机，可搭载75名旅客，航速达到每小时130公里，续航时间200小时。这些都为当时飞艇之最。它内部装修的豪华与设备的舒适也是世界飞艇之首，不亚

于“泰坦尼克”号的豪华客轮。

“兴登堡”号共进行63次商业飞行，共中37次横渡大西洋，总飞行时间达3 088小时，运送旅客3 060人次。

昙花一现

“齐伯林伯爵”号和“兴登堡”号被认为是世界上飞艇技术的顶峰，但在整个航空史上它只是昙花一现。

就在“兴登堡”号出世仅一年之后，在1937年5月6日当它最后一次到达美国新泽西州赫斯特湖着降时，尾部突然起火爆炸，这艘被称为“空中巨鲸”的飞艇在不到一分钟的时间里就在一片火海里化成了一堆废墟，从而给飞艇技术的发展以致命的打击。德国政府下令立即停止“齐伯林伯爵”飞艇的飞行和对飞艇的任何发展工作。当时，另一艘与“兴登堡”号飞艇相似的新飞艇LZ-130型已经出厂，LZ-131也处于研制之中，但统统被打入“冷宫”。

实际上，飞艇的灾难早在20年代进入全盛时期就已开始。

1921年，英国的R-38号飞艇在第4次飞行中就发生艇身着火，艇上44名乘员，包括设计师在内一起遇难，使英国飞艇发展受到沉重打击。

1923年，法国的“底斯米特”号飞艇在地中海上空遇雷击爆炸，乘员52人遇难。

1925年，美国的ZR1飞艇在俄亥俄州遭遇暴风失事。但这些事故都被“齐伯林伯爵”号当时的辉煌所淹没，没有引起人们对飞艇潜在危险的重视。

1930年10月15日，英国的R101号飞艇在首次远航从英国飞往印度的途中，当飞至法国博韦上空时突然因氢气泄漏起火爆炸，艇上的英国航空大臣和民航局长和四十几名旅客遇难，这次事故再次震动了英国朝野，英国政府下决心放弃飞艇的发展，另一艘R100号飞艇也被停飞。

紧接着，美国的ZR4和ZR5两艘飞艇也接连失事。虽然美国的

飞艇使用的是氦气，但其结构仍经受不住海风的袭击，从而止住了美国继续发展飞艇的追求。

“兴登堡”号的灾难性事故充分暴露这种飞行器的许多致命弱点，除了使用的氢气易燃易爆外，飞艇的外形过于臃肿、航速缓慢、操纵困难，而当时的飞机正越来越显示出其速度、高度、机动性的优势，特别是飞艇难以与其相比的安全性，使飞艇在相当长的时期内被全面挤出了航空舞台。

随着1940年4月德国政府下令拆除“齐伯林伯爵”号和LZ-130，用它们的硬铝和钢材用于飞机制造，航空史上曾辉煌一时的飞艇时代也宣告结束。

重出江湖

在飞艇消沉了约三分之一世纪之后，由于飞艇在载运能力和使用成本上仍有飞机无法替代的优势，飞艇于20世纪70年代又有复苏的迹象。这在很大程度上也得益于航空制造技术的高度发展。人们把发展飞机中获得的先进空气动力设计、材料、动力、机载设备成果用于现代飞艇的设计和制造，使飞艇的载重量、寿命、强度、特别是安全性有了全面的提高，飞行品质也有极大改善。

例如，齐伯林后代于1995年10月制造的LZN07型飞艇，采用碳纤维复合材料与铝合金制造的艇身，全长75米，直径14米、装3台发动机，可搭14人，航速为每小时130公里。它于1997年9月试飞成功后一直被用于短途旅游飞行。

荷兰飞艇公司从1996年开始，正在研制一种大型飞艇，名为“千禧导航”。它长为74米，直径为29米，最多可以乘坐230名乘客，最大飞行速度为148公里，可以在空中连续飞行22天。

英国的飞艇技术公司在1997年制造了一种AT-04软式飞艇，气囊采用了一种新材料制造的蒙布，能够在超紫外线环境下使用10年，内部结构为复合材料，可以装14 200立方米的氦气，长度为81米，客舱直接设在飞艇的腹部，可容纳52名乘客。

AT-04软式飞艇的最大巡航速度可达每小时140公里，可以不加油不经停地跨越大西洋航线。如果被改装成军用型，AT-04软式飞艇可以滞空一到两天，远远优于直升机。

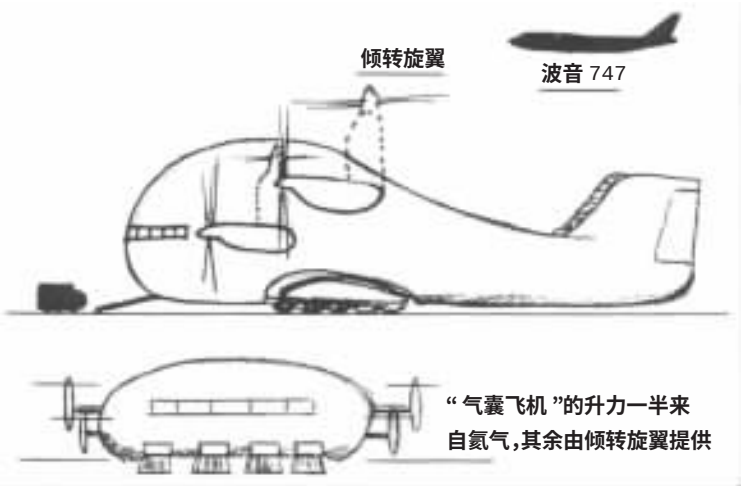
我国在1985年和1986年也相继研制成功了载人热气飞艇，称为“天舟”号。

“天舟”号的长度为36米，直径为13.5米，充以热气的气囊容积为3 100立方米，可载重500公斤，艇体表面为涂以聚胺脂的尼龙织物，艇尾设计有十字形的稳定面，并装有一台31千瓦的航空发动机。“天舟”号的最大速度为每小时35公里，飞行高度为3 000米。

现代飞艇的用途也大为扩展，除了运送重型物资外，还被用于高压线安装，电视摄制、地质考察、森林防火、农业施肥等。

另外，飞艇的潜在军事用途也在被重新开发之中。美国正在研制的一种“气囊飞机”，实际上就是一种半软式飞艇、半飞机式的飞行器。整个机体就是一个大气囊，在纤维蒙皮内装有多个充氦气的气包。

“气囊飞机”没有机翼，但却有4台可以旋转的旋翼-螺旋桨动



“气囊飞机”具有飞艇的载运能力，又有飞机的速度，可以垂直起飞与降落

力系统。在起飞和着陆时,螺旋桨处于垂直位置,整个气囊像直升机一样起飞,一半的升力由螺旋桨提供,另一半升力由氦气气包提供,当它升至空中后,螺旋桨就转到水平位置,整个气囊像普通飞机一样水平飞行。

这种‘气囊飞机’尺寸很大,长度和‘兴登堡’号飞艇差不多,近250米,而宽度则比‘兴登堡’号大得多,近100米,因而有很大的载运空间。

“气囊飞机”既具有飞艇的载运能力(可运送500吨载荷),又具有飞机的速度,可以以每小时230公里速度飞行。典型的飞艇横跨大西洋需4天,但这种‘气囊飞机’可以在不到一天时间里横跨欧洲大陆。它的飞行速度虽然要比现代运输机慢,但它的运输成本却比像波音747那样的大型客机要低很多。

美国贝吉尔公司1997年还推出了一种名副其实的飞艇飞机,它有左右两个飞艇的艇身,中间是一个翼身体,在翼身体上面还装有两台发动机。

艇身是由凯芙拉复合材料和雷达吸波材料制成的多层挤压薄板制成,每个艇身至少有10个独立的充气单元,可容纳14 160立方米的氦气,艇身的外形也被设计为一个升力体,与氦气的浮力共同提供升力。此外,翼身体本身也可提供升力,因而这种飞艇飞机有很大的载运能力,几乎与C- 130相当。.

飞艇飞机既能在空中悬停,又能像飞机一样在空中巡航,巡航速度为每小时140公里,能在空中停留长达14天。它能像直升机那样垂直起降,而燃油消耗率只有同级直升机的一半。

这样,飞艇和飞机被融合成为一种全新的飞行器了。

插翅蓝天

扑翼机的失败及热气球和氢气球的诞生,在相当长一段时间内把人们的兴趣点都转移到了轻于空气的飞行器上,并认为重于

空气的飞行器是绝对无法上天的。

但是，人类插翅飞上蓝天的希望始终没有泯灭，虽然以蒸汽机为动力的飞艇的成功实现了人们能在空中遨游的梦想，但它们毕竟不能像鸟一样在空中翻飞自如，一些航空研究的先驱者继续在探寻一种更理想的飞行器。

“航空之父”

首先打破沉闷局面，重新为重于空气的飞行器呐喊的是英国学者乔治·凯利爵士。

凯利从小就对飞行发生浓厚的兴趣，热气球载人飞行的成功使他决心投入航空研究。

大约在1796年，当时23岁的他的第一项航空研究成果是仿制和改进中国的竹蜻蜓，从中悟出了不少关于螺旋桨的基本工作原理。在他25岁时还根据竹蜻蜓设计了一个直升飞行器并成功地进行了多次飞行。

接着，他为了获得第一手飞行知识，曾对鸟的飞行进行了细致的观察与研究，并悟出了人造飞行器必须设法分别实现升力和推力两种动力的基本原理，并根据研究的体会于1799年设计了一架滑翔机，其外形与现代飞机颇为相似，只是凯利并未完全摆脱扑翼的影响，还是希望用扑翼来作为产生推力的一种方法。

1810年，凯利将他研究成果写成一篇论文“论空中航行”发表在英国的《自然哲学、化学和技艺》杂志上。这篇论文奠定了固定翼飞机和旋翼机的基础，他建立的重于空气飞行器的基本飞行原理和飞机结构布局，被看成是现代航空学诞生的标志。

凯利也因此受到后人的高度评价，甚至被称之为“航空之父”。可以说凯利对航空的研究远远超过了时代，在人类第一架动力飞机上天之前，还没有哪一位航空先驱者对航空的研究能超过他的水平。

但是，令人遗憾的是凯利的研究在当时产生的影响并不大，因

为当时人们还沉浸在热气球与飞艇的热潮中，几乎大多数权威人士都认为再研究飞机这样的飞行器都是死胡同，根本不屑一顾。这对人类航空史的发展是一极大损失，因为在以后近百年里，后来的航空研究先驱者不得不重复凯利早已解决的许多机理研究，使飞机的发展进程至少推迟了几十年。

在早期为实现重于空气飞行器的探索中，从事直升机飞行器的先驱者要比从事固定翼飞机的多，其主要原因是与当时可采用的发动机的重量过大、功率较小，因而许多人认为，重量相对较轻的直升机似乎更容易上天。

意大利的维托利奥·萨尔蒂就曾做了一架试验直升机，用两个互相反向旋转的帆状旋翼，靠一股蒸汽喷流撞击桨叶产生拉力，但没有成功。

实际上，直升机的原理在那时已较为完善，然而由于旋翼系统十分复杂，因而人们在真正解决直升机的飞行与动平衡问题上足足花了近200年的时间，远比固定翼飞机来得长。

在多次直升机的尝试遭到失败后，人们又回过头来把注意力集中于固定翼飞机上。

空中蒸汽车

那时，乔治·凯利的工作已经由另外两个英国工程师威廉姆·塞廖尔·汉森和约翰·斯特林费罗继续进行。汉森设计了一个45米翼展、9米弦长的巨大机翼的单翼飞机，机翼面积达418平方米，飞机机长为26米，还有一个面积为140平方米的大平尾，采用1台20千瓦的蒸汽机，全机重量为1 360公斤，取名为“空中蒸汽车”。

1843年4月，“空中蒸汽车”居然获得了专利，并予正式发表。这是人类历史上第一个重于空气飞行器的发明专利，也是人类最早采用螺旋桨推进的固定翼飞机的方案，其结构外形与现在的设计十分接近，因而在世界航空史上具有重要意义。汉森为了将这个设计变为现实，还曾积极筹措过一个“空中运输公司”，但因得不到广

泛的支援而未能如愿。

后来在斯特林费罗的支持、建议下，他们制作了一个“空气蒸汽车”的7:1的缩比模型试验机，并于1845年6月17日进行了地面试验，但由于模型产生的升力无法支持本身的重量，根本无法离开地面。这次试验失败给了汉森极大的打击，从此他就消失于航空界了。

斯特林费罗在汉森走后继续进行模型试验工作，对飞机模型作了多方面的改进，也进行了几次试验。特别是他在1848年8月在伦敦公园进行的一次动力试飞中，这个模型飞机竟然“飞”了近40米。但这时，一直在孤军奋战的斯特林费罗实在是感到精疲力竭了，因而没有再继续研究。

18年后，他应英国航空学会之邀，为在1868年6月于伦敦举办的世界首次航空展览会制作了2个发动机模型和1个飞机模型。这项工作曾再次激起了他重新制造大型动力飞机的热情，但他毕竟年事已高，又得不到有力的支持，只得不了了之，留下了终身的遗憾。

25个翼面的飞机

在世界航空史上，英国的航空先驱者做出的贡献是功不可没的。不仅在英国涌现出了一些像汉森、斯特林费罗这样一批先驱者，而且英国在1866年成立了世界上第一个航空学会，将汉森和斯特林费罗的研究工作得以继承和发展，将重于空气的飞行器的研究不断推进，使之开始深入人心。

在为早期研究中做出杰出贡献的先驱者中还必须提到弗郎西斯·韦纳姆。

1824年生于英国伦敦的韦纳姆，从小就对机械很着迷，17岁时到一家海军工厂学徒，开始对螺旋桨产生极大兴趣，并在改进蒸汽机和内燃机方面取得了好几项工程设计专利。

1866年，英国航空学会成立后，韦纳姆被选为理事，并成为航

空研究与试验上的领头人之一。当年他发表了一篇题为‘论空中交通和关于重于空气飞行器的支持原理’的论文，集中了他7年多的研究成果，对当时及以后飞机的发展具有很大的指导意义，特别是指出了用双层机翼或双翼飞机替代大面积单机机翼的设想，被当时航空界认为是飞机设计的‘突破’。

韦纳姆还制作了许多极有价值的航空研究设备。特别是他在1871年设计并建造了世界上第一座风洞，开创了空气动力学试验研究的新时代。

后来，比韦纳姆小21岁的另一名航空学会会员霍雷肖·菲利普斯对风洞设备进行了重大改进，并在风洞中进行了极有价值的机翼外形和翼型的试验的研究，为提高机翼的升力效率做出了重大贡献。

菲利普斯还根据他的研究成果于1893年设计了一架左右对称的上下排列各25个翼面的多翼飞机。每个机翼都有弯曲的翼型，弦长只有4厘米，展长为6米，展弦比高达150，但是因为飞机重心太高，结构太脆弱，这架飞机的试飞没有成功。

韦纳姆和菲利普斯的航空研究的理论与试验成果对以后的航空研究有重大影响，包括莱特兄弟都从他们的研究中获得很大教益。

到了19世纪后半叶，一方面由于飞艇的发展已走向越来越庞大和臃肿的不归路，离人们所想像的能像鸟一样飞行的飞行器的初衷越来越远；另一方面由于当时的动力装置实在是太大、太重，根本无法作为飞机的动力，致使一些动力飞机的尝试一再失败，所以一些先驱者干脆就把研究方向转向无动力的滑翔机上。

死而无憾

法国的一位船长让·马利·布利斯是早期对滑翔飞行做出重大贡献的先驱者之一。

1957年，布里斯依照信天翁的外形制造了一架大型滑翔机，机

翼的展长达15米，他自己坐在滑翔机里，让人赶着马车将滑翔机拉至空中，并飘飞了一段距离，但是在他第二次飞行时遇到了下降气流，不仅滑翔机摔坏了，本人也摔断了大腿。后来布里斯又进行了几次滑翔机试验，但因缺乏对机理的研究和足够的试验，都没有成功。

成功地把载人滑翔机飞上天的是德国的一位工程师奥托·李林塔尔。

他和他的弟弟古斯塔夫从研究鸟飞行开始，在1861—1873年期间制造了大量的扑翼机模型，并自己设计了旋臂机，从中得到了许多试验数据。

在积累了相当丰富的经验和数据后，李林塔尔开始设计滑翔机，并决定亲自驾驶这些滑翔机去体验飞行。在1891—1896年之间，他总共进行了2 500多次滑翔飞行，其中最远可达300米，还完成了180度的转弯飞行。

尽管李林塔尔的滑翔机的机构十分简陋，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。

1896年8月9日，李林塔尔在进行他的第11号滑翔机试飞中，大风将滑翔机吹落于地上，受重伤的李林塔尔第二天在医院中死去。据说，他临死前的最后一句话是“牺牲是必须的。”

李林塔尔的牺牲震动了当时还属幼年的航空界，但滑翔机的制造和飞行运动热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，从而为以后有动力飞机的成功打下了基础。

李塔林尔的一名英国学生佩尔策接过了李塔林尔的事业，他指出了老师的设计所存在的种种缺陷，并在1895—1897年期间制造了多架滑翔机。其中最成功的是‘鹰’式滑翔机，其结构比他老师的更为合理，佩尔策用它最远飞行了300米。可是佩尔策太急于把他的滑翔机变成一架动力飞机，为此还在到处寻找合适的轻型发

动机，从而忽视了对他滑翔机的进一步完善与改进。

1899年9月30日，佩尔策在他的最后一次滑翔飞行中，因为尾翼的破裂，飞机机头朝下撞到了地面，佩尔策身受重伤，二天后在医院也离开了人世，年仅33岁。

曾得到李林塔尔亲自指导的美国一名土木工程师奥克塔夫·查纽特，也是一名卓有成就的滑翔机设计师。他不仅从理论上对前人做的航空研究进行了总结，并独创性地阐明了飞机的固有稳定性、操纵性的重要意义，而且将这些理论用于自己的滑翔机的改进。

相比李林塔尔的滑翔机，查纽特不仅制造了用张线和支柱承担的上下两翼矩形机翼结构，使布局更为紧凑，也大大增加了结构稳定性，同时他特别将人为移动身体的操纵方式改为用橡胶绳进行柔性操纵，并把悬挂式驾驶员方式改为坐式，从而大大减轻了驾驶员的工作负担和安全性。

在1896年至1897年间，查纽特共进行了近1 000次的滑翔机飞行，但终因年纪太大，大都是由其助手完成的。

查纽特制造的机翼可以前后移动调整升力中心和带有活动尾翼的双翼滑翔机，对莱特兄弟走向航空之路有极大影响。此外，由于李林塔尔和佩尔策相继献身，使欧洲的航空发展走入低潮，甚至停顿，而查纽特的杰出工作与成就，在某种程度上在美国掀起了航空热，使美国接替了欧洲担负起向飞机发明发起最后冲刺的重任。

最后的铺路者

在莱特兄弟最后成功前的另一位重要铺路人是美国的一位靠顽强自学成名的学者塞缪利·兰利博士。他的一生在科学领域中取得了很高的成就，发表了上百篇著作，在全世界都享有盛名。

兰利从小就对鸟的飞行发生极大兴趣，但直到他52岁（1886年）时才开始认真研究飞行。自己设计了旋臂塔进行了大量空气动力学试验，得到了许多定量的结果。他所提出的升力计算公式到今

天仍然是正确的。

与李林塔尔从滑翔机开始飞行研究不同，兰利是直接通过对动力飞机模型的研究探索飞行的奥秘的。为此，兰利设计和制造了许多橡皮筋动力飞机模型和小蒸汽机发动机飞机模型。

1896年5月6日，兰利制造的5号动力飞机模型飞到了20米的高度，飞行距离达760米，并以螺旋状的方式飞了三圈；当年11月28日，他的6号动力模型飞到了150米高度，飞行留空时间达到了近3个小时。这是历史上第一次重于空气的动力飞行器实现了稳定持续的飞行，在世界航空史上具有重大意义。

兰利完成的动力飞机模型的飞行试验，已经给载人动力飞行器的实现带来了曙光，但兰利本人终因年事已高，准备退出研究，不想再进一步向前冲刺了。

1891年美国与西班牙的战争爆发，美国军方很快想到飞机像气球和飞艇一样存在有很大的军用价值，因此特别要兰利为美国陆军和海军研制一种能用于战争的载人飞机，取名为“空中旅行者”。

在设计“空中旅行者”中，最大的难题是发动机，最后还是由兰利的助手曼利亲自研制，并于1902年完成和试验了一种新型5缸星型水冷式汽油机，功率可达39千瓦，而重量只有86公斤。它不仅在当时是最先进的发动机，而其独特的造型结构在很长时间内为后来的航空活塞汽油机所采用。曼利无疑是航空星型发动机的先驱。

1903年10月7日，“空中旅行者”进行首次飞行试验，由曼利亲自驾驶。这架飞机采用了前后串置的机翼布局，采用弹射起飞方式起飞。

大约在午间12点，发动机点火检查正常后，弹射装置将飞机弹出，但飞机却一个倒栽葱地掉在河里，曼利死里逃生。

一个月后，经过修复的“空中旅行者”再次进行飞行试验，飞机弹射后就遇到一股阵风，机头直往上仰，机尾折断，飞机再次垂直落入水中。

两次试飞失败引起舆论一片哗然，批评与嘲笑如潮涌来，几乎把兰利过去一生伟大的成就都淹没了，使这位在航空界一直被认为是德高望重的权威的自尊心受到了极大的刺伤。

两年后，这位伟大的航空先驱者悄然而逝，享年72岁。但他航空理论设计、试验给后人留下了珍贵的遗产，为人类航空的发展做出了巨大的贡献。

可以告慰的是，在他生命最后弥留时期还是亲眼看到了他为此奋斗半生的航空领域终于有了结果，就在他的“空中旅行者”第二次掉入河里的一周以后，莱特兄弟终于把一架带动力的飞机送上了天。

1903年12月17日

1903年12月17日，这是一个载入史册的日子。这天清晨，天气阴冷，不断的阵风带着刺骨的寒意，在美国北卡罗来纳州的基蒂·霍克的一块空地上，几个身影在晃动着，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。

孤零零的“飞行者”1号静静地停在冷冷清清的场地上，除了一名见证人和几个救生人员和帮手外，没有任何观众。

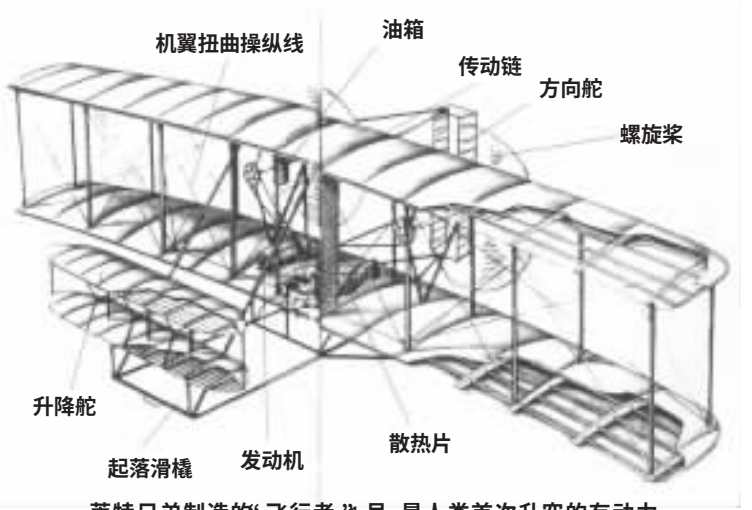
“飞行者”1号尽管体型很庞大，其机翼的翼展达到12.3米，但“身子”却十分单薄。它采用了一个前翼和一个主机翼布局，两副机翼都是双翼结构，用蒙皮木支柱和张线联结而成。

一台4缸水冷式汽油活塞发动机被固定在主机翼下面的一个翼面的上面，这台发动机可以产生9~12千瓦的功率，而重量仅有75公斤。

机翼后面安装着左右各一副双叶螺旋桨，桨叶直径约2.6米，通过链条同发动机相连。

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，



莱特兄弟制造的“飞行者”1号，是人类首次升空的有动力的载人飞机。这标志着人类进入航空飞机新时代的到来

用带轮子的小车拉动和辅助弹射起飞。

飞机的机长约6.3米。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。连同驾驶员在内，飞机的总重量大约为360公斤。

上午11时左右，发动机经过暖机后，莱特兄弟中的弟弟奥维尔·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。

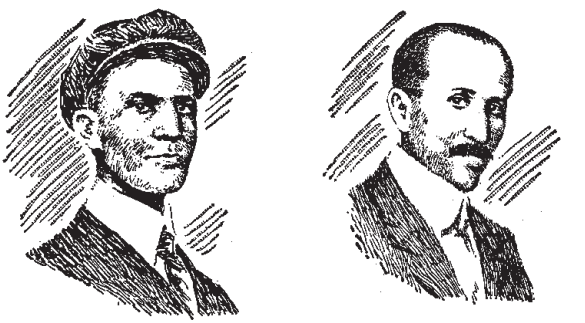
这次飞行的留空时间只有短短的12秒，飞行距离只有微不足道的36米，但它却是人类历史上第一次有动力、载人、持续、稳定和可操纵的重于空气飞行器的首次成功升空并飞行，具有十分伟大的历史意义，标志着人类征服天空的梦想开始变为现实。正是这次

飞行标志着人类进入了航空飞机新时代，从而被世界航空界公认为世界航空世纪的第一日。

这一天莱特兄弟一共进行了4次飞行，在最成功的第4次飞行中，留空时间达到了59秒，飞行距离达到了260米。

莱特兄弟中的哥哥威尔伯自幼身体瘦弱，性格内向，弟弟奥维尔天生好动，性格外向，但两兄弟都极爱好读书，从书中追求新奇事物，浮想联翩，然后两人经常共同制作一些他们自己看起来十分可笑的“发明”，而且正是两兄弟性格上的差异产生了很好的互补效应，两人虽然在年龄上相差4岁，但关系非常融洽，几乎每件事情都是两人一起动手、一起完成，因此他们的每件作品和每一项成果都是两人共同的结晶，包括他们的“飞行者”1号。

作为一位主教的父亲不仅给他们提供了一个小型家庭图书馆，而且从来不干预他们的业余爱好，包括那些在大人眼里很难理解的幼稚行为，从而使莱特兄弟的天分有了充分的发展空间。



制造了人类第一架有动力的载人飞机的莱特兄弟。左为威尔伯·莱特（1867—1912），右为奥维尔·莱特（1871—1948）

两兄弟尽管十分喜好看书，但对学业却很不上心，所以没有受过严格的正规教育，威尔伯甚至连高中都没有上过。他们的自然科学和工程技术知识几乎都是通过自学得到的，然后通过自己的实践变成他们的经验。正是不断动手的实践能力，使两兄弟的主动创

造精神不断得以升华，为他们以后实现飞行的梦想打下了坚实的基础。

两兄弟自幼也对飞行有浓厚的兴趣，经常长时间地观看鸟的飞行。

1878年，父亲给他们带来了一个竹蜻蜓，使当时分别只有11岁和7岁的两兄弟欣喜若狂，并开始自己仿制。不久他们的兴趣又几乎被放风筝所占据，并成为孩子堆里制作和放飞风筝的“专家”。

他们成年后开始了自己的事业，修理和制造“莱特”自行车，此后在相当一段时间内没有接触过飞行研究。

1896年，德国李林塔尔在滑翔机试飞中牺牲的消息震动了航空界，也使莱特兄弟感到震惊，但也由此触发了他们对航空和飞行的兴趣和关注。

与李林塔尔和其他一些先驱者不同的是，莱特兄弟并没有忙于着手设计和制造飞机，而是先收集了大量前人留下的各种航空著作和资料，仔细研究和吸收他们的经验和许多用生命换来的教训，从而使他们一开始就有了较高的起点，避免了走许多弯路。

另一个很重要的特点是，莱特兄弟十分注意将理论知识与试验研究很好的结合起来，尽可能地拿到第一手资料，同时又将理论上升到更加现实的技术指导思想。

他们自己制作的小风洞，通过大量的试验研究与测试为他们的成功打下了坚实的基础，他们还创立了动平衡和操纵理论，正是这些努力确保了“飞行者”1号最终成功地飞上了天空。

莱特兄弟也正是有了正确的研制路线，才使他们能在不到4年的较短的时间内，在前人的基础上取得了远超过前人的成就。

但是，莱特兄弟的成功在美国反应却很冷淡，当时人们对刚刚9天前发生的、名噪一时的兰利博士的“空中旅行者”的失败还记忆犹新，不相信这两个名不见经传的才三十几岁的年轻人会完成历史性的创举，认为这两个从未受过正规教育的弟兄在编造谎言。德国一家杂志还把这一消息称之为“两个美国人的诈骗”。

以后，莱特兄弟又制造了结构更完善和飞行更稳定的“飞行者”2号和“飞行者”3号，并在1908年的8月和9月，分别在法国的拉·芒斯、美国的华盛顿进行了公开飞行表演，都引起了空前的轰动。莱特兄弟的名字开始传遍了五湖四海，飞机也立刻成了公众最热切的话题。

1912年5月30日，威尔伯·莱特因患伤寒病在代顿病死，年仅45岁。奥维尔·莱特继续飞机研究和制造事业，但由于缺少了与哥哥共同创作的激情，再也没有出现惊世之作。奥维尔·莱特于1948年1月30日离开人世，享年77岁。

莱特兄弟俩都未曾结婚，几乎一生都以飞机为伴，并共同开创了航空新时代，他们的名字永远同飞机联系在一起，永久性地留在了人们的心中。

怪才桑托斯·杜蒙

莱特兄弟“飞行者”1号首次成功的消息传到大西洋彼岸后激起了很大反响，尽管许多人在怀疑它的真实性，但对于自李林塔尔遇难后陷入于低谷的欧洲航空界无疑是一种强烈的兴奋剂，大大鼓励和刺激了一批航空先驱者们的信心，从而把有人动力飞机的研究推向了一个新高潮。

这次最先崛起的是曾有着悠久航空研究底蕴的法国。

法国航空界早在美国承认莱特兄弟划时代成就之前，就肯定了“飞行者”1号的伟大意义，并从仿制莱特兄弟的飞机开始，结合本国的技术特点，使其飞机研制的水平很快全面地超过了莱特兄弟，从而使法国的航空技术在第一次大战之前领先于其他国家。

在1905年之前，法国和欧洲其他国家的飞机研制人员几乎都在仿制莱特兄弟的飞机技术，但是都很不成功。

莱特兄弟的最大缺陷是用一副前翼来进行姿态操纵。这种操纵方式使飞机处于固有的不稳定状态。这不仅大大阻碍了飞机性能进一步提高，而且对飞行的操纵技术提出了很高的要求，因而在

那个时期莱特式飞机造成人员伤亡的事故不断发生。

虽然法国的一些航空研究人员认识到了莱特飞机的缺陷，但对飞机本身的设计要素还缺少理论认识，特别是缺少试验积累，因而仿制工作并没有抓住要害。

经过几年的实践，欧洲航空界从他们的前辈凯利和汉森的宝贵遗作中领悟到了许多飞机设计的精髓，从而摆脱了莱特兄弟的设计模式，找到了具有欧洲特色的技术道路。

首先他们完全抛弃了莱特式飞机的固有不稳定的布局模式，继承和发展了凯利开创的用后置尾翼进行飞机操纵的固有稳定技术，同时将莱特兄弟的双翼机发展为盒式风筝式机翼，并放弃一味地用滑翔机研究的道路，而直接进入动力飞机的研制和实用的航空发动机研制等。

有了这些技术基础，法国最先研制出了欧洲第一架动力载人飞机，其设计师就是在19世纪末到20世纪初在欧洲可以说是家喻户晓的，生于巴西在法国从事航空研究的桑托斯·杜蒙。

生于1873年的桑托斯·杜蒙于18岁那年被父亲送到了在当时被认为是技术教育最好的法国。一开始他从事汽车制造工作，很快他的兴趣就转向了飞行，不仅于1898年制作了第一个气球“巴西”号，还亲自乘坐这个气球进行了自由飞行。

接着他又开始自己制造飞艇，在1898年至1905年之间他一共制造了14艘飞艇，其中12艘被改造成实用航空器。

由于他经常驾驶飞艇作出一些惊人的举动，比如在前面谈到的，驾驶飞艇绕埃菲尔铁塔转圈，把飞艇直接降落在餐厅庭院，进入餐厅就餐等，因此桑托斯·杜蒙的活动经常成为当地的轰动性新闻。

1906年，航空界有人称之为杜蒙年，因为他不仅制造了一架直升机（可惜没有成功），又制造了欧洲第一架曾被取名为“捕猎鸟”的飞机。从技术角度看，杜蒙的这架飞机可以说并无太多的创新之处，但却充分反映出杜蒙对飞机设计的一种天分与悟性。

他几乎将当时已出现的飞机设计技术的优点融合在一起。虽然他也采用了类似莱特飞机的前翼操纵形式，但将机翼和前翼都设计成盒式风筝结构，机翼两侧都有一个上反角，甚至还有一对副翼。

整个飞机长近10米，翼展11米，用一台18千瓦的发动机，带动一副直径为2.5米的两叶螺旋桨。

“捕猎鸟”的首次飞行是由杜蒙自己的14号飞艇带到空中放飞的，因此这架飞机以后就被称为“14-比斯”。

1906年，杜蒙驾驶了“14-比斯”进行了首次飞行，虽然只飞了不到10米，其成绩还不如莱特兄弟的首次飞行，但作为欧洲第一架动力载人飞机，意义仍十分重大。

后来杜蒙对飞机不断进行了改进，先后进行了9次飞行。在1906年11月12日进行的第4次飞行中，以6米飞行高度，飞行了21.2秒，距离达到了220米，并创造了被国际航空联合会所承认的第一个直线飞行速度纪录，每小时41.29公里。

1907年，杜蒙开始转向单翼飞机的研制，并于1907年11月研制了一种翼展仅5米的“袖珍”飞机。这架飞机被航空界称之为现代超轻型飞机的“鼻祖”。

1909年3月由杜蒙制造的著名的“蜻蜓”号轻型飞机由他本人驾驶首次试飞，该机翼展稍有加大，为5.6米，采用单机翼、后平尾的固有稳定式布局，机身为三根竹竿构成，机长7.9米，重量118公斤，22千瓦功率的发动机装在机翼中部，采用拉进式螺旋桨和轮式起落架。

应当说“蜻蜓”号设计当时具有很高的水平，在这次试飞中飞行速度竟达到了每小时97公里，并因为创造了高度记录还获得了法国政府的“阿罗修留空奖”。该机在航空史上占有很高的地位。杜蒙也因为“蜻蜓”号被称为“超轻型飞机之父”。

1928年，59岁的桑托斯·杜蒙回到了他的祖国巴西定居，1932年7月23日因为见到飞机被用于战争的杀人工具，在瓜鲁亚愤而自

杀，享年63岁。噩耗传到正在打内战的巴西战场，作战双方都不胜悲哀，自动停战了一天，并于12月21日为这位天才的航空先驱进行了国葬。

继桑托斯·杜蒙之后，法国的航空先驱者更为活跃，特别是路易斯·布雷里奥，可以说他是一位既勤奋又很有天赋的飞机设计师。

激情岁月

早期飞机设计以双翼机居多，人们普遍认为双翼机升力大，安全性好，而布雷里奥是少数几个热衷于单翼机设计的先驱者之一，并形成了自己的设计流派。

布雷里奥是一位十分聪明的飞机设计师，他能从不断改进自己的设计中，不断推出自己的新飞机，颇像现代飞机发展中所使用的“渐改式”设计方法。他的新飞机出台速度很快，一架飞机试飞后，只要发现问题就立即进行改进。

他不仅是个天才飞机设计师，还是个无畏的驾驶员。他经常驾驶自己的飞机进行试飞，经常从摔坏的飞机残骸中爬出来，并很快设计出新的飞机。因而布雷里奥的飞机设计越来越好，也越来越实用。

1908年，英国的《每日邮报》设下了1 000英镑奖金，奖给第一个飞越英法两国间英吉利海峡的飞行员。虽然在当时气球和飞艇都已能很容易地飞越英吉利海峡，但是对还很幼稚的飞机仍然是十分严峻考验，从而引起了全世界人的注目，也吸引了不少飞行家来参加这个极限挑战。

经过几次筛选，最后参加竞赛的只剩下两人，其中一个就是布雷里奥。

另一个是法国飞行家胡伯特·汉姆。但他在1909年7月19日第一次试飞中，当他驾驶着“安东尼特”Ⅳ单翼机从法国卡莱斯起飞飞出海面不到11米时，飞机的发动机就出现了故障，被迫降在海面

上。这样，能飞越海峡的希望实际就只有布雷里奥一个人了。

1909年7月25日凌晨，刮了几天的大风渐渐小了下来，布雷里奥决定在凌晨4点架机飞渡海峡，起飞点是在法国的巴拉斯。

布雷里奥驾驶的是他自己最新设计的“布雷里奥”Ⅺ型拉进式单翼机。飞机的机长8米，翼展7.8米，装一台功率为18千瓦的3缸气冷半星型活塞发动机，机头为一副双叶螺旋桨。

飞机上除了发动机和起落架外，几乎都是白杨木结构，为了减轻飞机重量，飞机的蒙皮竟然用牛皮纸加赛璐涂料制成，因此看上去十分单薄。为防止意外，机身尾部装了1只气囊。

当时人们对这次飞越几乎不抱希望，一是布雷里奥知名度还不是太大，不久之前刚在一次事故中受了伤，这次到海岸观察地形时还拄着拐杖，二是英吉利海峡天气变幻无常，人们无法相信外观如此简陋和单薄的“布雷里奥”Ⅺ能经得住大西洋的大风与巨浪。

凌晨4点25分，布雷里奥驾驶飞机起飞了，刚飞了约10分钟，海面上就起了大雾，不仅看不到对面英国的海岸，连海面都看不见。当时的飞机没有任何导航设备，布雷里奥完全处于孤立无援的茫茫雾海中，几乎是随飞机自己的“意愿”盲目地向前飞行。

据称，当时一些热心的法国同胞还特意到英国的丹佛，挥舞着三色旗指引他飞向目的地。但是当布雷里奥奇迹般地再次能看到英国陆地时，他发现已经大大偏离了航向，最后完全凭着他纯熟的驾驶技巧才把飞机降落在原定的目的地。

整个飞行用了36分钟，飞行距离为41.9公里，是人类第一次用一架完全没有导航设备和保护的情况下完成了国际间的越洋飞行，不仅在航空史上具有重大意义，在科学和军事上也极有价值。

布雷里奥在英法两国都受到了英雄凯旋式的欢迎，他的名字也被载入航空史册。布雷里奥本人也因为飞越成功，为他的飞机带来源源不断的订单，使他成为战前法国最成功的飞机制造商。

在第一次世界大战之前，欧洲航空业得到了很大发展，不仅法国成为惟一拥有十来种不同型号飞机发动机可供使用的国家，而

且还拥有一批性能优良的流线型飞机，英国、俄国、荷兰、德国和意大利也出现了众多知名的飞机设计师。

在美国，莱特兄弟的声望很快就被另一位出身于纽约的自行车、摩托车制造商，格兰·冠蒂斯所超过。相比莱特兄弟，冠蒂斯更敢作敢为，不仅设计和制造飞机，还开办了世界第一家飞行学校。他对水上飞机的设计和使用也做出了特殊的贡献，甚至首次提出了航空母舰设想，被誉为海军航空之父。

到1909年，飞机的设计和制造技术得到了突飞猛进的发展，飞机的各项指标几乎日新月异地得到翻新。

还要特别指出的是我国第一个飞机设计师和飞行家冯如。他于1910年驾驶自己研制的飞机参加了美国旧金山举行的国际航空比赛，并在飞行高度、速度和航程方面因为技压群芳而荣获国际飞行协会颁发的优秀证书。

冯如的飞机飞行高度曾达到210米，飞行速度达到了每小时105公里，飞行距离也达到了32公里，与当时的世界各国先进飞机的性能水平非常接近。

1911年2月，冯如带着助手及两架自己制造的飞机回到中国。令人痛惜的是，在他归国后的第二年，1912年8月25日，在广州燕圹，由他亲自驾驶自制的飞机进行首次飞行中，因操纵系统失灵，飞机自百米高空直坠地面，身受重伤经抢救无效，不幸牺牲，年仅28岁。

1908年以后，航空迅速走向商业化，美国的冠蒂斯、法国的法曼、英国的德·哈维兰等先后成立了飞机制造商，开始成批制造飞机。同时，飞机的潜在的军事价值也受到了各国军方的高度重视，从而为第一次世界大战把飞机推向军用历史舞台创造了充分的条件。

飞机不再是人们实现飞行幻想的工具，开始变成一种全新的杀人武器了。

呼 啸 声 声

由于气球和飞艇在战争中都起到了一定的出奇制胜的作用，因而当飞机崭露头角后也就立刻引起各国政府及军用部门的重视。

早在第一次世界大战爆发之前，许多国家就开始着手武装飞机的研制。1910年，德国开始拨款筹建了军事航空部门，1911年英国建立了皇家飞行队，1912年法国组建了当时世界上最庞大的空军部队，共拥有20多架飞机，1913年美国也组建了专门的航空支队……

从1909年以后到第一次大战爆发前的短短几年内，飞机性能有了很大的提高，飞机制造技术有了很大发展，飞机发动机的功率更大，工作更稳定，功率与重量比也有明显提高，特别是飞机制造商标准化的生产不仅极大地保持了飞机良好而稳定的质量和可靠性，同时也有助于飞机能快速、批量地被生产出来。

到1914年，飞机的最高纪录是：飞行速度达到每小时165公里，飞行高度达到4 870米，飞行距离达到540公里。

牛 刀 小 试

第一次世界大战爆发前，欧洲上空尽管已经战云密布，但谁也没想到会在1914年夏天就突然爆发，各国几乎都还没有作好战争准备，真正意义上的军用飞机还没被制造出来，对于飞机应当怎么被用于作战还没有清晰认识，飞机好像是一个临时抱佛脚的演员，被急匆匆地推上了空中作战舞台。

利剑出鞘

早在 1907 年 12 月 23 日,美国陆军就向莱特兄弟等人提出了一份制造军用侦察飞机的合同,要求这是一种双人侦察飞机,总重 160 公斤,能以每小时 65 公里的速度飞行 125 公里。这被认为是世界上第一次对军用飞机提出技术指标。

事实上，第一次大战爆发后，飞机一开始就是被用于空中侦察。由于相比气球和飞艇,飞机的尺寸要小得多,不易被地面火力击落，速度又快,所以机动性要强得多。同时,飞机还被用于校正炮兵的炮弹落点。

在战争开始后的几个月里，交战双方的侦察机在空中相遇时还颇有中世纪骑士的礼仪,互相不会作出敌对的、特别是企图伤害对方的行为。

但是很快,双方的敌对意识就开始升级。开始时,双方在飞机上用手枪对射,甚至用骑士决斗的方式互相冲撞。1914年9月8日,俄国一名飞行员就驾驶着飞机向奥地利的一架双座侦察机撞去,想用钢管起落架将对方击伤,结果两架飞机被扣在了一起,双双坠地。

不久,步枪、轻机枪就被带上了天,由驾驶员开飞机,侦察员就负责开火，由于没有供飞行员射击的固定式机枪，所以经常以手提、肩扛式射击,或者就把机枪装在活动座上射击。

第一次空战很有戏剧性。它发生在第一次世界大战刚打了三个星期,即1914年8月25日,当时由哈维·凯利中尉率领的英国皇家飞行队第二中队的一个三机小队,发现德国一架“鸽”式机正在对蒙斯南面的法军防线进行侦察。凯利中尉立即向德机靠近,占据了德机方向舵正后方的位置。另两架英机也在德机两侧占据了有利位置。仓皇失措的德国飞行员企图俯冲脱离,但三架英机却死死咬住不放。德国飞行员只得匆匆着陆,并弃机逃走。英机也跟着着陆,但没有找到那个德国飞行员,于是纵火将德机烧毁后,又重新飞回

了基地。

1914年10月5日，法国的一架侦察机发现德国一架双座侦察机正在窥探法军防线，于是就逼近这架德机，并用机枪将其击落。据称这是航空作战史上首次将对方击落的空战。此后人们发现，要取得有效的作战效果，首先要解决在飞机上的武器发射问题，于是战斗机（或称歼击机）的概念由此产生，但一开始由于这种飞机的主要任务是用来赶走对方的飞机，所以最初还都称它为驱逐机。

1915年，有一位很有名的德国飞行员叫里奇特霍芬，曾击落过很多架英法的飞机。当时他把他的空战战术概括为“准确地发现猎物，偷偷地接近它，突然将它置于死地，但决不要单独行动”。这也许可以说是最早的空战理论。颇有戏剧性的是，三年以后，英国飞行员正是利用了里奇特霍芬自己的原则，对他进行了偷袭，并将他击落了。

对于战斗机而言，如果采用推进式发动机，机枪可以装在飞机前面向前扫射，是很利于攻击的。但当时推进式飞机因为机动性太差，很快被淘汰，而采用拉进式螺旋桨的飞机，螺旋桨都装在机头，机枪只能向后扫射，攻击十分不方便，如要改为向前扫射，子弹就会击中螺旋桨。

1915年3月，法国飞机设计师莫拉纳·索尔尼埃和飞行员加罗斯共同研究了在螺旋桨叶片后面安装钢制楔型挡板，用以挡开击中的子弹。4月10日，加罗斯驾驶着这种飞机与德机交战，在不到16天的时间里就击落了5架德国飞机，成为当时著名的王牌飞行员。由他驾驶的莫拉纳·索尔尼埃L型飞机也被认为是第一种可有效进行空战的驱逐机。

在1915年4月18日的一次空战中，加罗斯和他的飞机被德国地面火力所击伤，并在德国阵地上被俘获，这种挡板的秘密被揭开，并很快被其他国家所仿效。

但是这种简单的桨叶保护措施有两大致命缺点：当子弹击中桨叶后会向四周弹开，不仅会伤及飞机，也会伤及飞行员本人；另

外由于子弹撞击螺旋桨的冲击力很大，会使飞机激烈摇晃，损害飞机的结构。

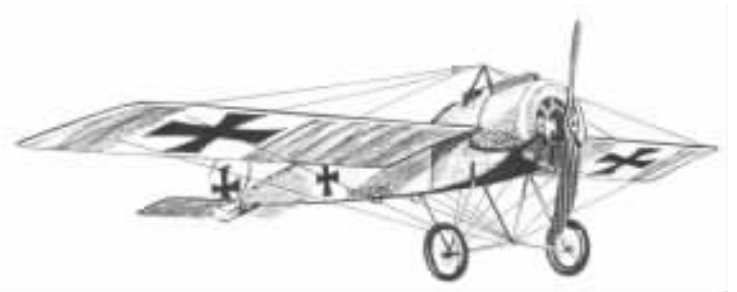
最后，德国请来了当时为他们服务的荷兰飞机设计师安东尼·福克，他花了两天的时间设计出了一种机枪射击协调装置，或者称射击同步装置。这种装置使射出的子弹能和螺旋桨转动保持同步，让子弹始终从转动的桨叶之间穿过。

德国把这种装置在福克公司制造的福克VK上，并把这种飞机命名为福克E1。这就是世界上第一种具有实战价值的战斗机。

福克E1为单机翼布局，机翼翼展比不大，机动性较好，由于机枪装在机头中部，易于瞄准和射击，现在再加上射击同步装置后更是如虎添翼，飞行员由于没有了受子弹伤害的后顾之忧，所以可全力以赴地进行进攻。

1915年7月1日，德国一架福克E1击落了一架法国的莫拉纳飞机，此后，又接二连三地在空战中取胜，使当时航空实力最强的法国空军大惊失色。

一个多月后，性能更好的福克E3战斗机出厂。它仍采用上单翼布局，由一台功率为75千瓦的9缸旋缸式发动机带动一副两叶拉进式螺桨，机长7.3米，翼展9.5米，空重635公斤，最大速度每小时140公里，升限3 700米，续航时间近3个小时，装一挺7.92毫米前机射机枪，由于有了射击同步协调器，作战效果十分突出，给英法飞机造



第一次世界大战初期给协约国飞机带来‘福克灾难’的
德国福克 E3 飞机

成很大损失。福克公司生产了约300架福克E3战斗机，共击落了约1 000架协约国的飞机，其战绩在1916年春天达到了顶峰，在航空史上被称之为“福克灾难”。

直到1916年以后，协约国的飞机也开始装上了射击协调器，一边倒的情况才开始有所转变。

“殷麦曼”机动

由于第一次世界大战爆发之初飞机主要用于侦察，因而飞机的设计主要目标是使飞机飞行尽量平稳，让飞行侦察员能清楚地观察到敌情和拍摄到清晰的照片。

当战斗机投入使用后，飞机的机动性，包括爬升率、转弯速度和转弯半径，飞行速度和俯冲能力变得尤为重要。为了对付德国福克战斗机，其他国家也开始研制性能更好的新战斗机。

英国维克斯公司的F.B.5“枪车”式双翼战斗机是第一次世界大战中第一种名副其实的双座战斗机，它采用装在机后的推进式发动机，装有一挺7.62毫米机枪，有很好的机动性。英国皇家空军正是用这种战斗机击落了当时德国王牌飞行员殷麦曼。

英国索普维斯公司于1916的5月推出的索普维斯“一个半支柱”战斗机，是第一次大战中另一种有名的战斗机之一。它也是双翼、双座式飞机。该机既装有装在前座的固定式机枪，又有装在后座旋转架上的转动式机枪，上下左右都可射击，杀伤力很强。这种飞机与德·哈维兰公司的推进轻型战斗机D.H.2对遏制“福克灾难”起了很大的作用。

法国纽波特飞机公司的纽波特11和12型双翼战斗机由于把机枪装在上面机翼的中部，因子弹在螺旋桨旋转面的上面射出而躲开了螺旋桨，因而杀伤力也很强。

在这些战斗机中，设计师不断提高它们的速度和升限，以提高它们的作战机动性。

英国维克斯公司的“枪车”的最大速度为每小时113公里，升限

为2 700米以上，而纽波特12型的最大速度达到了每小时155公里，升限在4 600米以上。英国布里斯托尔公司生产的布里斯托战斗机飞行速度更是达到了每小时160公里以上。这种战斗机除装有一挺前射固定机枪外，在后座还有两挺活动机枪，加上速度又快，因而也成为德国最难对付的双座战斗机之一。

随着战斗机作战强度的增加，各国飞行员也不断地发展出新的空战战术机动动作。

最先创造空战机动的是德国飞行员马克斯·殷麦曼。他在早期的护航任务中就用他的飞行技术和飞机优良性能主动向对方发动进攻，并发明了以他名字命名的“殷麦曼”机动。

在这种机动中，他先诱使对方从尾后追过来，然后他很快加大发动机功率，通过半斤斗和半滚翻的连续动作，让对方冲过头冲到自己的前面，而自己或迅速占据有利攻击的位置，或改变飞行方向转到敌机后方，咬住对手的尾巴实施攻击。在一段时间内由于英法飞行员不知道殷麦曼在干什么，糊里糊涂就被击落了。

“殷麦曼”机动和其他一些飞行员创造的飞行动作，后来都成为战斗机飞行员飞行技术的重要组成部分，并逐渐发展得越来越复杂和成熟。

德国另一名飞行员伯尔克不仅也创立了许多空战机动，而且还对战斗机之间的作战配合战术进行了许多创新的研究，因而被称为“空战战术之父”。

吃过一些苦头以后，英法空军终于弄清楚了“殷麦曼”机动的奥秘，并进行了针对性的研究，也创造了一些新的机动动作。其中之一为“鱼饵战术”，即先用一架飞机装成上当的样子，从德国飞机的尾后追过去，当德国飞机自以为得计，开始拉半斤斗动作时，埋伏在高空的其他英法飞机突然向这架德机发起攻击，因为这时的德机正在拉斤斗，速度很慢，根本无招架之力。

英法还提出了一种“方格”编队战术，用3~4架飞机编成护航机队，构成一个方形火力网，从而可有效地反击来自各个方向袭击的

德国战斗机。

随着空战变得越来越激烈，飞机设计师在图纸上的竞争也越来越激烈，作战双方不断推出性能越来越好的战斗机，飞行速度突破了每小时200公里，升限达到7 000米，火力也不断加强，有的还装有3挺以上的机枪。

英国的D.H.2和F.E.2D，布里斯托尔F-2B和M.1C，法国的纽波特17/27/28，斯派德SⅦ/SⅧ，以及德国方面的“信天翁”DⅡ，“汉莎·布兰登堡”D1都是当时很有名的战斗机。

在第一次世界大战后期，双方战斗机的性能已经达到了相当高的水平。如英国索普维斯公司“骆驼”战斗机，速度为每小时195公里，升限为5 800米，机动性很好，火力也很强，在投入战斗后，击落敌机1 300架，成为第一次世界大战中击落飞机最多的战斗机。而德国于1918年年初推出的福克DⅧ战斗机，可以说是当时性能最优秀的战斗机。它是这个时期少有的采用了单座单翼悬臂布局的战斗机，最大飞行速度达到每小时200公里，升限为6 000米。

羽翼渐丰

随着作战双方投入飞机数量越来越多，空战的规模也越来越大（在早期的索姆河的战役中，仅协约国一方参战的飞机就达1 480架），战斗机的任务也开始分为专门用来护航和空中格斗的战斗机（或驱逐机）和主要用来对地面目标进行扫射的攻击机（强击机）。

英法是在第一次世界大战中首先把飞机运用于对地攻击的。在索姆河战役中，英法空军用战斗机上的机枪猛烈地扫射了德军地面战壕及小型目标，取得了出奇制胜的效果。

很快，德国也效仿之，成立了专门的对地攻击飞行小队，同时设计了世界上第一种全部用铝合金制造的“容克”式专用对地攻击机。这种飞机不仅突出了低空掠地飞行性能，还在机腹设置了防地面火力的装甲和专门扫射地面的机腹机枪，还带有集束手榴弹和

手抛轻型炸弹。

后来英国索普维斯公司也在“骆驼”战斗机上设计了类似的带机腹装甲的对地攻击机“火怪”。这些飞机都被认为是世界上第一批攻击机。

在第一次世界大战中，发展较快的还有轰炸机。刚开始，各国都是用普通的飞机，由飞行员在空中手投炸弹进行轰炸，尽管杀伤力很小，但给地面部队造成的心理压力很大，因而各国很快都成立了专门的轰炸机中队。

1914年8月3日战争刚爆发，德军就派出飞机用手投炸弹炸了法国城市留内比尔。这被认为是世界上第一次轰炸作战行动，接着法国飞机就在8月12日轰炸了德国占领的法国东北部城市梅斯。双方的轰炸行动开始不断升级，但由于当时的飞机都不是为轰炸而设计的，飞机载弹量很小，飞行距离也很短。

很快，专门用于轰炸的轰炸机就不断涌现出来。第一批轰炸机载弹量都在50公斤左右。而俄国伊戈尔·西科斯基制造的“伊利亚·莫罗梅茨”巨型轰炸机，翼展超过30米，装有4台发动机，5挺活动机枪，可以带450公斤炸弹，但由于目标太大，行动笨拙，很容易受到攻击，于是各国又开始研制新型轰炸机，设计目标是载弹量更大、自卫能力更强、飞行距离更长、速度和升限更高。

到第一次世界大战后期，轰炸机的性能已得到了很大提高。例如英国1917年装备部队的汉德利·佩奇公司的0/100轰炸机，载弹量可达700公斤，续航时间达6个小时，可算是当时的远程轰炸机，到发展到0/400型时，飞机起飞重量为6 060公斤，载弹量达到2 200公斤，最大速度达到每小时157公里，而该公司的V/1500型的载弹量增加到了3 390公斤。

1918年4月1日，英国成立了世界上第一个独立的空军军种——皇家空军。在战争的最后5个月里，英国皇家空军在德国投下了500吨炸弹，给德国战略设施造成了很大损失。

通过第一次世界大战，各国已经确立了在战斗机掩护下以大

规模轰炸机队集中出动夺取制空权的原则。这个原则在第二次世界大战中得到了淋漓尽致的发挥。

当第一次世界大战结束，停战协定签字时，飞机问世还不满15年，但却在战火中迅速得到成长。到1918年，全世界已有了200个专业飞机制造公司和80个发动机制造公司，在5年战争期间生产了近183 700架飞机、235 000台发动机。

在战争期间的绝大多数军用飞机为双翼飞机，到战争后期全金属机身加悬臂单翼飞机开始崭露头角，飞机的设计技术有了台阶性的提高，发动机技术也有突破性进展，驾驶舱由敞开式变为封闭式，起落架也可以收放，飞行速度已达到每小时560公里。航空技术的全面发展为战争后的民用航空的兴起和走向繁荣打下了坚实的基础。

第一次世界大战也是飞机刚诞生后不久就被大规模地用作战争武器，造成了大批人员伤亡，真是人类的一大不幸，而且当时谁也没想到，飞机在第二次世界大战中会给人类带来更大的灾难。

山雨欲来

如果说当第一次世界大战爆发时，军用飞机还只是一个初出茅庐的孩子，被匆匆地推上了作战舞台，那么在第二次世界大战就完全不同了，各国的航空技术已经发展得很成熟。在第一次大战中占主导地位的双翼机，在第二次世界大战中几乎消失，而被单翼机所取代，一批高性能的作战飞机不断涌现，各种军用飞机的数量也已经有相当大的储备。

英、法等欧洲各国虽然看到了新的战争将不可避免，但是对战争的估计和立场却有很大不同，所以在备战战略和水平上存在着很大差异，因而在战争爆发时被德国纳粹抓住了机会，发动了以强大的航空兵为主的闪电战，打得整个欧洲都不知所措。

从炸弹声中猛醒过来的同盟国开始反击后，双方的空中力量

开始了世界上第一次最惨烈的大较量，双方投入的飞机的品种之多、数量之大、活动范围之广，可以说是空前绝后，有时一两天内参战飞机就达近两千架。在攻克柏林的会战中，苏联在第1天就出动飞机1.75万架次，有人把第二次世界大战的空战比喻为铺天盖地的“蝗虫”大战决不为过。空中力量也就从第二次世界大战开始时就确立了不可动摇的地位。

磨刀霍霍

第二次世界大战之所以会爆发的根源在于德国纳粹的兴起与希特勒的掌权。

从1933年开始，希特勒就开始进行征服世界的扩军备战，发展和重组空军是德国扩军备战的重点之一。

第一次世界大战后，凡尔赛条约规定，德国不允许发展军用航空工业，更不允许拥有空军，但希特勒根本无法容忍这些限制，他一方面在国内进行秘密研制和培训飞行员，另一方面派人到国外工作，积累经验和聚集力量。

由于协约国并不太限制德国发展民用航空工业，希特勒正好利用这一点大肆建立规模巨大的航空企业。到1926年巴黎协定取消德国民用飞机生产限制时，德国已经有了五大飞机生产企业。同年，德国建立了实际上由军方控制的德国汉莎航空公司，该公司后来为德国空军提供了大批飞行员。

1935年3月10日，希特勒纳粹政府正式成立了德国空军，当时，拥有近2 000架各式飞机，由于这些飞机大都较陈旧，希特勒下令加快新机研制和采购，特别是大力扩展轰炸机机队，从而大大刺激了德国航空技术的发展，推出了一批优秀的战飞机。其中最著名的是由梅塞施密特公司设计的Me.109单座战斗机（后来改名为Bf.109）。

这种飞机集中了当时空气动力学最新成果和航空最新技术，包括全金属机身、铆接承力蒙皮、增升襟翼、可收放起落架和增压发动机，这种飞机更换一台发动机只要40分钟，而在当时的一架美

国战斗机要更换一台发动机则要花费一天的时间，从而被认为是战斗机设计中的一场革命，是战斗机发展史上的一个典范。

该机的最大速度达到了每小时600公里，升限达1 000米。它是第二次世界大战时德国最优秀的战斗机，也是德国空军的主力战斗机。在战争刚爆发时，这种飞机简直成了主宰天空的惟一霸王，成天像一群蝗虫似的在人们头上呼啸而过。

仅由德国空军第3号王牌飞行员士古恩特·罗尔驾驶的Bf-109就击落了同盟国飞机275架。这种飞机的先进性可见一斑。这种飞机共生产了35 000架，成为第二次世界大战期间生产量最大的战斗机。

梅塞施密特公司还制造了一种Me.110（Bf.110）双座双发战斗机，主要攻击敌方轰炸机，装有4门机炮，1挺机枪，还可携带炸弹作为轰炸机用，但由于这种飞机本身的机动性不如单发战斗机，所以很容易受到攻击，在不列颠战役中损失很大。

德国另一种优秀战斗机是由福克·沃尔沃公司生产的Fw.190单座战斗机，装一台星型活塞发动机，功率为1 270千瓦，最大速度可达到每小时647公里，升限到11 400米，航程超过1 000公里，还在世界上首次采用了座舱盖可抛弃的逃生技术。

该飞机的火力特别强，装有4门机炮，2挺机枪，因而与梅塞施密特的Bf.109并称德国空军的双霸。

在轰炸机方面，在第二次世界大战前德国最好的飞机是德国多尼尔公司基于Do.17飞机发展的Do.217双发中型轰炸机。这种飞机可以载弹4吨，航程达到2 150公里，还有2门机炮、2挺机枪用于

在第二次世界大战中被称为“呼啸斯图卡”的德国容克-87轰炸机

自卫，是同盟国最难对付的轰炸机之一。

容克公司制造的单发容克-87也是德国空军出名的轰炸机。由于这种飞机能以近乎垂直的大角度进行俯冲轰炸，最大俯冲速度可达到每小时600公里，飞机上装有弦簧发声装置，因而在俯冲时发出尖锐的呼啸声，从而给对方造成极大恐慌和心理压力。

在战争初期德国的闪电战中，这种被称为“呼啸斯图卡”的轰炸机，频频进行俯冲式的呼啸轰炸，几乎成了纳粹德国军机的代名词，被看成是“飞行恶魔”的象征。

这种轰炸机在远程轰炸时，航程可超过1 500公里，可以装载近2吨的各种大小的炸弹。它近距作战时可带6挺机枪、2门机炮。

容克公司的另一种双发轰炸机容克-88，其最大起飞重量14.7吨，装2台功率为115千瓦的发动机，最大飞行速度可达到每小时近650公里，最大航程达到2 700公里，载弹量3吨以上，还有4门机炮和1挺机枪，成为德国空军的主力轰炸机。该机在设计时还可以用作截击机、攻击机，但在实际上主要还是作轰炸机使用，并有多种改型。

德国空军惟一的远程轰炸机是亨克尔公司研制的He.177“巨鸟”，装有4台功率为1 100千瓦的发动机，可以载3 500公斤炸弹，飞行航程达到5 500公里。

但是该机的研制工作到战争爆发前还没有完成，加上由于在设计上采用了过于超前的概念，如4台发动机被设计为每侧2台发动机装在一个发动机短舱内，联动驱动一副螺旋桨，因而使用的安全性和可靠性较差，在作战中也没发挥太大的作用。

正是德国空军缺少实用性较好的远程轰炸机，这对后期的失败造成了不可弥补的影响。

除了秘密研制高性能军用飞机外，德国还在暗中加紧飞机的生产，到1939年战争爆发前夕，各型军用飞机已超过了2 500架，到第二年就上升到10 250架，以后几年几乎以每年增加10 000架的速度上升。

在1939年8月开战前，德国空军的作战飞机无论在数量上还是在性能上都已雄居世界首位。

另外，德国的两个盟友，意大利和日本也积极备战，也同时把精力集中在空军的建设上。特别是日本的航空力量发展极快。1933年日本陆军就拥有26个飞行中队，到1941年日本挑起太平洋战争前夕，它已经扩展到150个飞行中队了，同时日本海军在1931年还只有17个飞行中队，到1940年就翻了一番，拥有作战飞机近1 100架，并提出要把飞行中队扩展到132个，飞机总量增加到8 400架。

虎视眈眈

日本开始建立航空兵时的步伐较慢，几乎完全依靠进口飞机或获准制造外国的飞机。但是，他们正是通过对西方战斗机的仿制，很快掌握了飞机设计和生产技术，通过对国外飞机优缺点的详细分析，综合了本国的特点设计和制造出了具有很强的日本特色的战斗机，其研制和生产水平不断得以提高。

其中最有名的是1938年由三菱公司制造的“零”式战斗机。它的出现着实使西方大吃一惊，大大改变了长期以来在西方人眼里“日本航空工业不值一提”的形象。特别使西方震惊的是，一直受到他们嘲笑的日本，制造的飞机在许多方面已经超出了盟国的任何一种飞机。

与西方战斗机不同，“零”式战斗机较小、灵活，既有突出的低空性能，又有很好的空中作战机动性，既能适应舰载海上作战的需要，又能适应陆基作战要求，结构坚固，航程惊人，“零”式的改进型的航程可达3 000

第二次世界大战中曾使美国大吃一惊的日本“零”式战斗机

公里。

这种战斗机在第二次世界大战期间被大量生产。它在偷袭珍珠港、挑起太平洋战争中起到了重要作用。但是这种战斗机和日本其他战斗机一样，空战火力不强，经常在弹尽或受伤后，就撞向敌方飞机和军舰进行自杀性攻击。

日本另一种战斗机是中岛公司研制的Ki.43“隼”式战斗机。1943年基于该机改进的Ki.84‘疾风’式战斗机，被看做是日本战斗机发展的巅峰。

日本的轰炸机也以小见长，并为了适应舰载作战和海上使用的需要，十分重视鱼雷轰炸机和俯冲轰炸机的发展，而且经常是鱼雷、炸弹两用。大部分轰炸机是由爱知公司研制的D3A/D4Y和中岛公司研制的B5N/B6N。这些飞机的生产量很大，也是珍珠港事件的主力轰炸机。

由于日本是一个岛国，他们的武装力量一开始就基于海洋作战的思想发展的，所以把重点放在航空母舰的建设上。还在美英两国的空军和海军为谁来领导军用飞机发展而争吵不休时，日本就以大量的轻小型战斗机和轰炸机装备了强大的航空母舰舰队，而且其力量很快超过了美国和英国，成为当时世界上最强大的航空母舰舰队。

在太平洋战争爆发前，日本已拥有9艘航空母舰，每艘航空母舰通常载有16~21架‘零’式战斗机，18~27架‘爱知’D3A俯冲轰炸机和18~27架B5N鱼雷轰炸机，最多的共载有75架军用飞机。

急起直追

英国是世界上第一个拥有独立空军的国家，到第一次世界大战结束时，英国皇家空军已成为世界上最强大的空中力量。但是在战后，英国一方面处于居功自傲，对皇家空军过于自信，对德国纳粹的崛起抱着不以为然的态度，认为皇家空军有足够的能力对抗德国空军。另一方面英国在一次大战后一直采取了削减军费复兴

国家经济的政策，空军被列入削减之列，因而飞机的研制与发展受到了阻滞。

当时英、法、美国都极力主张要充分利用在第一次世界大战中表现优秀的飞机，所以新飞机研制工作的步伐相当缓慢。国家对航空企业也不给以有力的财政支持，再加上军方在技术上又偏于保守，不鼓励创新的设计，因而在30年代之前英国研制的各种飞机少有变化，而且都以双翼机为基本模式，如由霍克公司设计的“大黄蜂”双翼机和它的改进型“西班牙复仇女神”被认为是当时双翼机设计的顶峰，速度超过了每小时320公里。

到1930年，国际形势发生了变化，战争味道开始变浓以后，英国也开始作出了反应，决定研制新的战斗机，并发布了新战斗机技术指标要求，要求高飞行速度、高巡航速度，高爬升率、大航程和大火力，几乎是全面的提升。

在求新的竞争中，双翼机终于在1934年完全被淘汰出局，一些高性能的单翼机开始陆续面世，其中最有名的是霍克公司的“飓风”战斗机和维克斯公司的“喷火”战斗机。

“飓风”战斗机的设计师就是“大黄蜂”和“西班牙复仇女神”双翼机战斗机的设计师希德尼·卡姆。他是英国最有创造性的飞机设计师之一。虽然从技术角度看，“飓风”战斗机的设计仍然是很传统的，没有采用更多的新技术，但是设计得很完美，倾注了卡姆的丰富经验，被认为是英国第一种真正的飞行员的飞机。

这种全金属的下单翼战斗机，不仅外形流线、美观，而且驾驶起来很平稳，操纵十分舒服。在1936年2月7日首次试飞中，速度就达到了每小时540公里，后来又增加了抗尾旋的腹鳍，大大增强了机动能力。虽然该机的总体性能尚不如德国的Bf.109，但它的低空性能和盘旋性能完善，结构坚固，不仅能与Bf.109一决高低，而且还有更好的耐战伤能力，因而成为英国抗击德军的主力战斗机之一。经改进后“飓风”的速度超过每小时624公里。

与“飓风”战斗机相比，米切尔设计的“喷火”战斗机无论从技

术上和性能上都是更先进的战斗机，并由于采用了众多的新技术，被认为是当时真正意义上的典型现代战斗机。

它采用的新技术包括下单翼结构、全金属承力蒙皮、铆接机身、可收起的起落架、变距螺旋桨和机翼襟翼，机身流线及窄小，仅能容下一名飞行员。

英国的“喷火”战斗机在第二次世界大战中被认为当时最先进的战斗机之一

与德国战斗机相比，米切尔仍显保守，他虽然采用了高机动性的小翼载荷机翼，但由于没有采用可提高飞机低速大迎角机动性的机翼前缘开缝襟翼和可以增加飞机滚转、转弯机动性的机翼后缘升降副翼，所以“喷火”的机动性还是比德国的同类战斗机略差，但却充分继承了英国飞机稳定性好的传统，飞行员在飞行中操纵飞机的负担较轻，可把更多的精力集中于作战。

“喷火”生产型于1938年8月装备英国皇家空军，成为主力战斗机。它在战争中进行了多次改进，飞行速度不断加快，从I型的每小时560公里到F型就达到了每小时630公里，而在1943年推出最新改进型“喷火”的速度达到了每小时750公里。据称该机的后继型“泄火”型的最大速度曾经达到过每小时790公里，可以说已达到了活塞发动机飞机的速度极限了。

“喷火”战斗机装备有8挺7.69毫米机枪，火力很强，在战争爆发后不久，英国还研制了可装有12挺机枪的强火力战斗机“火神”和“台风”。

由于英国皇家空军历来重视轰炸机，所以战斗机所占比重相对较小。在1939年，英国战斗机的总数不到620架，不到轰炸机数量的四分之一，主力战斗机队有14个“飓风”中队和9个“喷火”中队。

相反，在1939年，德国的战斗机数量已达到了1 200架，几乎与轰炸机数量差不多。正因如此，当英国遭到德国的入侵后，空中防

御力量严重不足，少量的“飓风”与“喷火”在大不列颠保卫战之中，不得不面对“蝗虫”般的德国攻击机群，一次又一次地进行十分悲壮惨烈的浴血奋战。

另一方面，英国皇家空军对轰炸机的发展，特别是战略远程轰炸机的优势远大于德国，德国正是缺乏远程战略轰炸机，为它最终的毁灭埋下了一个隐患。

英国皇家空军在30年代的轰炸机都属于轻型轰炸机，而且性能十分优秀，如由布里斯托尔公司研制的“布伦海姆”142双发轰炸机，是基于一种全金属的民用飞机发展而来的，载弹量450公斤。由于构型简洁、气动性能设计极好，所以其速度可达到每小时450公里，比当时英国许多战斗机还快70~80公里。

在第二次世界大战爆发前，英国研制了四种著名的轰炸机。

第一种是维克斯公司研制的“惠灵顿”双发、高单翼、重型远程轰炸机，载弹量2.5吨，机头和机尾都装有带转动塔的2挺机枪，防御性能极好，航程达3 200公里，而且结构强度好，因而一直被使用到战争以后。

第二种是肖特公司于战前推出的“斯特林”4发轰炸机，它是英国真正的重型远程轰炸机，载弹量高达8吨，飞行速度达到每小时450公里，航程3 100公里。

第三种是汉德利·佩奇公司的“哈利法克斯”4发轰炸机，它也是战时英国皇家空军最好的远程重型轰炸机之一。机背中部和机尾都装有带转动塔的机枪。该机载弹量6吨，航程达到4 000公里。

第四种是当时英国皇家空军最大的轰炸机，它是由阿维罗公司研制的4发的“兰开斯特”轰炸机，载弹量达到了10吨，可以挂载10吨重的巨型炸弹，在满载炸弹和7名机组人员时，速度也可达每小时480公里。该机同样装备了重型防御武器，作战损失率是四种轰炸机中最低的一种。

英国拥有很大的飞机生产潜力，生产厂有20家以上，从而为战争期间的空中力量的发展打下了坚实的基础，虽然战争爆发前英

国作战飞机总数只有3 600架，比德国少1 200架，但战争期间发展很快，共生产了各种飞机93 000架以上。

麻木不仁

法国是西方盟国中航空力量最糟糕的国家，尽管法国有悠久的航空发展历史和基础，而且它在第一次世界大战中也曾威名远扬，但在战后却迅速衰退。特别是法国军事领导人的军事观念十分落后，把重点放在阵地战上，建立了号称“攻不破”的马基诺防线，而几乎放弃了对空中力量的建设与发展。

尽管法国在1933年4月1日也成立了空军，但对于其装备改进和发展的重视程度依然没有改善，不仅没有研制新的作战飞机，航空企业也逐步衰减。直到1935年以后，看到了德国和英国都在不断扩充空军，才开始投入力量研制新飞机，但显然为时已晚。

例如由莫拉纳·索尔尼埃公司研制的MS406战斗机，与英国“飓风”战斗机属于同时代水平，也采用了全金属下单翼布局，操纵性和机动性都不错，但飞行速度却要低得多，而且研制进度很慢，到1939年9月才开始制造出来，交到空军手中就已很晚了。

又如在1935年还出现了一种由利奥雷·奥利维埃公司研制的Le 0451双发轰炸机，性能也相当不错，但也没有得到进一步发展。所以当时法国的轰炸机部队还不得不使用在1936年就已停止生产的过时的“布洛赫”210轰炸机。

由于法国航空工业和技术水平远远落后，法国空军的力量显得十分弱小，到德国入侵法国时，法国空军共有飞机不到1 200架，甚至还不如意大利多，而且飞机陈旧，轰炸机大都是“布洛赫”210，Le0451轰炸机只有8架。

正是空中力量不堪一击，法国在德国的狂轰滥炸中显得毫无还手之力，军心涣散，许多飞机在地面上就被德军炸毁，余下的空军力量纷纷逃往北非，法国沦陷后，航空工业就几乎瘫痪了。

隔岸观火

在第一次世界大战后，由于美国把航空的重点放在邮政上，民用航空发展很快，而军用航空却一直在走下坡路，在相当长一段时间内，美国航空兵几乎没有新飞机可以装备，而旧飞机不仅性能不高还事故频频。

直到20世纪30年代以后，特别是1930年罗斯福当选为美国总统后，情况开始有了转变，航空兵的发展受到一定的重视，也开始有了一定的发展经费。

1935年，当希特勒公开宣布建立德国空军后，美国也成立了相对独立的由航空统帅部直接领导的陆军航空兵。但是当时美国军方高级领导人强调美国航空兵的发展战略是防御为主，而且面对希特勒咄咄逼人的战争挑衅，反而明确宣称“将坚决保持中立”。因而在这段时间里，美国的主要力量放在发展战斗机和轻中型轰炸机上，而且飞机生产速度很低，飞机产量很有限，到1938年，航空兵团只有1 200多架新飞机。

到1939年，情况发生了很大变化，一方面罗斯福总统预感到第二次世界大战很快会爆发，而美国也终将会卷入其中，因而下达了扩大航空兵团的指示。与此同时，美国航空委员会提出了“全球防御”的新战略理论，强调要保证美国安全必须建立能跨越大西洋、太平洋和南美洲的战略轰炸机部队，能对美国进行全方位的保护，从而大大促进了美国战略轰炸机的发展。在1940年美国航空兵团得到的1亿美元的新机研制费中，42% 被用于发展重型战略轰炸机。

同时美国航空母舰和海军航空兵也得到继续扩展，但是美国的舰载机的使用仍仅限于海上作战使用，不像日本已经把舰载机的任务扩大到对付陆基飞机，因此美国的舰载作战飞机性能比陆基作战飞机要落后，特别是无法和日本舰载机，如“零”式战斗机的性能相比。当美国最终看清这个问题时，也为时已晚，为此不得不付出沉重代价，足足苦战一年半以后才生产出能与“零”式战斗机

决一雌雄的高性能舰载机。

1940年罗斯福总统提出了每年生产5 000架飞机的振奋人心的计划，加上英国和法国开始不断向美国购买军用飞机，从而大大刺激了美国的航空工业。

特别是自从1941年日本偷袭珍珠港以后，美国的航空力量的发展像是长上了翅膀：1941年12月航空兵力量达到了84个大队，战斗机总数达到3 300架，其他型号飞机达到7 000架，海军航空兵的飞机数量也翻了一番，达到了5 260架。美国军机的年产量达到了约19 500架，到1944年时年产量已猛增到96 000架的最高峰。

第一次世界大战后，美国在很长一段时间以来飞机研制没有取得太大的进展，品种也很少，其主要原因是美国陆军对新战斗机需求不迫切，因而陆军的主力战斗机一直是冠蒂斯公司的P-36“隼”和P-40“鹰”战斗机，这两种战斗机也大量出口到英国和法国。

直到30年代以后，随着战争形势的紧迫，美国战斗机的研制开始呈现百家争鸣的新局面，飞机设计和制造公司从原来的主要以冠蒂斯公司和波音公司两家增加到四五家。战斗机的性能也开始赶上了英德的水平。

比如1937年塞维尔斯基公司（后来改名为共和航空公司）推出的P-35战斗机，创下了当时世界上最快速度纪录（每小时458公里）。

洛克希德公司全面研制的P-38“闪电”双发双垂尾战斗机是第一种在性能上全面超过英德同类飞机的战斗机，速度超过了每小时660公里，升限达到13 400米，带2门机炮4挺机枪，在第二次大战中被认为是最好的战斗机之一，被德国飞行员称之为“双尾魔鬼”。

在第一次世界大战爆发前后美国较为有名的战斗机还有贝尔公司的P-39“空中眼镜蛇”，冠蒂斯公司的P-40“战鹰”和贝尔公司的P47“雷电”。

但是最有特色的还是在1940年以后由北美航空公司研制的P-

51“野马”和诺斯罗普公司研制的“黑寡妇”。这两种后来被证明是非常优秀的战斗机，但一开始却并不是为美国航空兵研制的，而先是由英国皇家空军的要求而研制并订购，后来才被美国航空兵大量订购的。

美国的P-51“野马”战斗机被认为在第二次世界大战中的“后起之秀”

20世纪30年代后期，在“全球防御”战略思想下，美国加大力量研制了几种在第二次世界大战中赫赫有名的远程战略轰炸机。

第一种是波音公司的B-17“飞行堡垒”。它于1939年9月投入使用后，美国成为当时世界上惟一的拥有真正现代远程战略轰炸机的国家。

这种轰炸机装有4台发动机，带有很强的火力，除带有近8吨的炸弹外，还有12挺机枪，1门机炮，航程超过了3 000公里。

由于当时参加投标的其他公司的轰炸机方案都是双发方案，惟有波音公司是四发方案。所以当波音把这种机翼翼展长达31.6米、机长23米的庞然大物首次在公众面前亮相时，引起了很大的轰动，人们都觉得它实在是太大了。为了能生产B-17，波音公司还专门盖了一个当时世界上最大的厂房。

B-17是美国惟一大量生产的轰炸机，从1935—1945年的10年间共生产了各型的B-17约12 725架。1943年9月B-17的最后一种改型B-17G出厂，装有12门机炮，备弹6 380发。

第二种是波音公司基于B-17研制的更大的轰炸机B-29“超级空中堡垒”，其翼展长达43米，载弹量达9吨，升限达到10 000米，采用了特别的翼型和新型的富勒襟翼。该机还是世界上第一种采用遥控动力传动操纵炮塔的飞机。机身上共有4个炮塔，各装2挺12.7毫米的机炮，都由射击员进行遥控。机尾还有2挺机枪和一门20毫

米机炮，后期的B-29全部换为20毫米的机炮。

1945年8月6日和8月9日正是这种B-29“超级空中堡垒”在日本广岛和长崎各投下了一颗原子弹。

美国B-29“超级空中堡垒”轰炸机是第二次世界大战中体形最大、火力最强的军用飞机。1945年8月，正是这种飞机在日本广岛和长崎各投下了一颗原子弹

到太平洋战争爆发前，美国的战斗机已经大大领先于其他国家，研制的重型轰炸机更是无可匹敌，特别是共和航空公司的创始人，一位俄国流亡者塞维尔斯基在美国研制成功了陀螺瞄准具，使空中轰炸摆脱了过去靠估计和运气投放炸弹的方式。这项技术在1938年已臻完善，成为美国的绝密产品——诺登轰炸瞄准具。

1939年第二次世界大战爆发后，美国仍坚持中立不介入，采取隔岸观火的政策，尽管罗斯福也预计美国最终还将被卷入这场战争，但他做梦也没想到，一个小小的日本会在太岁头上动土，在美国毫不察觉的情况下发动了震惊世界的珍珠港偷袭事件，差一点让美国的航空母舰舰队全军覆没。多亏从30年代中期以后美国航空工业的长足发展，使美国在“珍珠港噩梦”醒来时，马上能组织起有效的反击，并最终与同盟国一起战胜了以纳粹德国为首的轴心国联盟。

美国是二次大战中惟一一个自己的国土未受战火蹂躏的国家。这使他战后的航空工业能够迅速崛起，成为世界上航空技术最发达国家，并把这种优势一直保持到现在。

沉迷幻想

和美国一样，苏联同样对希特勒抱有各种幻想，甚至当希特勒大举侵入波兰后，还与希特勒签订了苏德互不侵犯条约。

在十月革命后，苏维埃政府一直重视航空兵的发展，到1928年，航空兵拥有飞机1 100架，但所用的飞机主要从外国进口，80%的飞机购买自法、德、意和英国。

20世纪30年代后，苏联的航空科研和生产能力有了迅速提高，飞机和发动机企业发展到了30个，不仅航空兵飞机数量翻了一番，达到了2 200架，主要靠购买外国飞机的历史也基本结束，飞机设计局从只有波利卡波夫和图波列夫两家设计局扩展到伊留申、米高杨-格里维奇、拉沃契金、苏霍伊、雅克福列夫等飞机设计局和一些发动机设计局，从而出现了一批性能很好的战斗机和轰炸机。

在第二次世界大战开始前，苏联的主力战斗机为伊-15和伊-16，前一种是双翼机，后一种是单翼机。伊-15最大速度为每小时360公里，升限达到了9 000米，还创造过14 575米升限世界纪录。伊-16飞行速度为每小时520公里，航程为820公里。这两种飞机都被大量生产，产量都超过了6 500架。

当时苏联也很重视远程轰炸机的研制，例如伊留申设计局设计的DB-3，即后来的伊尔-4，速度达到了每小时445公里，航程达到4 000公里，载弹量达到1吨，又如图波列夫基于TB-1改进的TB-3轰炸机，于1933年也大批生产。

但在30年代后期，苏联自以为作战飞机居世界领先地位，便放松了发展新型作战飞机的步伐。在西班牙内战时期，苏联战斗机在和德国一些旧飞机作战中取得胜利后，德国很快开始研制新型战斗机，在各方面的性能都超过了苏联，而当苏联意识到自己不足时，却为时已晚。在纳粹德国对苏联进行突然袭击之前，苏联一批新型军用飞机才开始进行研制，许多飞机未等试验结果就匆匆投入生产，因而在苏德战争初期，苏联参战的绝大多数是旧飞机，它

们远不如德国的战斗机和轰炸机，损失惨重，直到1942年以后苏联军用飞机的数量和质量才全面超过德国，终于在1943年初，苏联空军从苏德战场上夺回了制空权。

血与火的洗礼

面对德国和日本不断扩张的航空力量，西方许多国家竟然睁一眼，闭一眼，一次又一次地把希望寄于和平谈判。甚至当1939年9月1日，德国入侵波兰以后，没有一个欧洲国家对此有所准备，也还没有来得及用适当的武器（包括飞机）进行抵抗。

一边倒的天空

1939年9月1日凌晨，德国以容克-87“斯图卡”俯冲轰炸机队为先锋，向波兰发动了闪电战的进攻，由此拉开了第二次世界大战的序幕。

波兰空军的飞机都是服役了3~7年的旧飞机，战斗机和轰炸机都以一个或两个中队为单位，分散在5个陆军集团军中，无法组织起有效的抵抗。

由于无法取得制空权，德国的轰炸机在开始3个星期内几乎是连续不断地对波兰的机场、工厂、通信中心和部队集结地进行狂轰滥炸。尽管波兰空军进行了顽强的抵抗，甚至击退了德军两次大规模的空袭，但毕竟寡不敌众，面对上千架的德国飞机，除了少数逃亡匈牙利或罗马尼亚外，大多数飞行员都壮烈牺牲。

9月25日，华沙再次遭到400多架德军轰炸机的狂轰滥炸，城市在火光中化成废墟，28日这座残破的首都正式投降，波兰沦陷。

在3个星期中波兰损失飞机333架，但是德空军也有285架飞机被击落，几乎有相同数量的飞机被严重击伤而不得不退出作战，迫使希特勒一度暂缓西线行动。

1940年4月9日，德国对丹麦和挪威不宣而战，并首次使用了空

降兵。

凌晨5时30分，德国第一轰炸航空兵第8中队的容克-52运输机运载着第一空降兵团第4连从尤太林机场起飞，约一个半小时后顺利在丹麦奥尔登堡上空伞降。这支伞兵迅速占领了一个机场和两座大桥，兵不血刃地完成了预定目标。

同一天，德军第67航空兵通过伞降占领了挪威的福内布机场和首都奥斯陆。很快，德国以少量的伞兵和步兵部队迅速夺取了挪威和丹麦两国的主要城市，并用容克-52运输机不断地向占领区运送部队和物资，从而首次显示了伞降部队的独特作用。

由于德军快速控制了挪威和丹麦的机场，很快取得了空中优势，因而前来增援的英、法、比军队和驻军基地都受到了德国空军的重创，特别是德国的‘斯图卡’俯冲轰炸机再次显示了威力，对盟国的海上运输舰队几乎是一种毁灭性的打击。最后英法援军不得不在6月初撤出抵抗，德国几乎没费太大的力气就占领了丹麦和挪威。

接着在德国夺取荷兰和比利时的闪击战中，空降部队再次显示了决定性的作用。

同年5月10日凌晨，以伞兵为前导的德军首先夺取了机场和桥梁，进入首都鹿特丹，包围了女王府和荷兰政府，并在这些阵地上，一直坚守到德空军轰炸部队到来。5天后，鹿特丹老城的中心地区在德军轰炸下夷为一片废墟，荷兰宣告投降。5月28日德军利用同样的战术迫使比利时投降。

当时，比利时陡峭的阿尔贝运河两岸遍布防御工事，其难以突破的程度，甚至被称为第二马其诺防线。然而，德国却用滑翔机载运的空降部队，只用一天时间就突破运河防线，并攻占了被称为运河防线“倚天柱”的埃本·埃马尔基地，开辟了空中特种部队作战的先河。

德军为了出奇制胜，在绝对保密的条件下训练了4支完全用滑翔机载运的特种突击分队。战斗打响前，德国用容克-52运输机把

DFS230A滑翔机(每架可运载10名特种部队人员)秘密送到起飞地，然后用滑翔机把首批55名突击先遣队队员送到比利时。

战斗打响时，这些突击队员突然出现在比利时军队面前，猛冲猛打，用炸药包炸毁装甲炮塔和观察哨所，用机枪向比利时士兵猛烈扫射，只用了十分多钟就把比利时军队打得蒙头转向，只能龟缩在工事里完全失去了抵抗能力，从而为德国正规军打开了通向比利时的心脏布鲁塞尔的道路。

荷兰和比利时沦陷后，德国的闪击战的箭头直指法国。也许连希特勒本人都没想到，法国竟然如此不堪一击。由于法国空军过于弱小，根本挡不住德军的闪电进攻，被称之为“攻不破的防线”——马基诺防线很快土崩瓦解。

相反，5月10日德国对法国的进攻打响时，德国空军的“斯图卡”轰炸机对法国的空军基地、指挥所、桥梁等目标进行了接连几天的系统轰炸，把法国士兵炸得惊慌失措，军心混乱。

法国空军虽然也进行过有限的抵抗，但由于力量悬殊太大，损失惨重，更多的飞机都在地面就被炸毁。

没有空中威胁，德军地面机械化部队几乎畅通无阻地进入法国大地，迫使英国作出把33.8万人的英国军队全部撤回本土的决策，这就是著名的敦克尔刻大撤退。

德国空军在这次反撤退行动中首次遇到了英国空军的有力反击，损失达156架(英空军损失100架)。

6月14日，德军开进巴黎，6月18日，英国皇家军全部撤退回英国，1940年6月22日，法国宣告投降。

惨烈的不列颠保卫战

法国投降一个月后，希特勒制订了从海上入侵英国的“海狮计划”，并再次把全部赌注押在空中力量上。希特勒和戈林都深信，仅靠德国空军就能使英国投降，并认为能保证“海狮计划”顺利实施的关键就是先消灭英国空军，夺了制空权，然后支援海军和陆军登

陆作战，从而引发了航空史上极其著名的不列颠之战。

不列颠之战是第二次世界大战中第一场大规模的空中较量。德国投入的作战飞机约2 400架，其中轰炸机近1 300架，主要是容克-87和容克-88多用途轰炸机和亨克尔He-111重型轰炸机，战斗机1 000架，主要是Bf-109和Bf-110。

英国皇家空军在支援法国作战中已损失了1 000架飞机，因而开始投入的飞机数量只有德国空军的一半。空防战斗机只有700架，主力战斗机是“飓风”、“喷火”式和“无畏”三种。而“无畏”战斗机不仅性能落后，又没有向前发射的武器，在不列颠之战开始后不久便撤出了战场。

整个不列颠之战从1940年7月10日开始，10月31日结束，共分为3个阶段，整整打了3个半月。这是一场真正的“蝗虫大战”，每天双方出动的飞机从开始的上百架到后来的上千架，黑压压的一片，如乌云遮日，昏天黑地。每次空战双方损失的飞机，少则几十架，多则几百架。

1940年8月15日，是戈林制定的“鹰攻击”日，其目的是要给英国皇家空军以毁灭性的打击。在“鹰攻击”日的前两天，德国就出动了1 500架飞机，其中护航战斗机就达929架。8月15日攻击达到高潮，德国集中了驻法国、荷兰、比利时、挪威、丹麦的全部空中力量，当天战斗机出动架次达1 200架次，轰炸机出动800架次，从上午到夜晚，空袭连续不断，对英国的机场和防空网进行了地毯式的轰炸。

英国皇家空军出动了29个战斗机中队进行了还击，出动架次近980次，给德国空军以沉重打击，特别是在北路进行轰炸的德国第5集团军的100架轰炸机和34架护航战斗机的战损率达到近20%（约30架），而英机无一损失。仅“鹰攻击”日一天，德军就损失各式飞机75架，英国则只损失28架战斗机。

从9月7日起，希特勒将重点打击英空军主力转移到集中轰炸伦敦，妄图达到“以炸迫降”的目的，不列颠保卫战转到了伦敦上空。

德国每天都要出动1 200架飞机进行大规模空袭,9月15日达到最高潮,伦敦整个城市都在熊熊的烈火之中,甚至连皇宫都不能幸免。英国皇家空军近300架“喷火”和“飓风”战斗机两次升空进行还击,击落德机56架。同一天,英皇家空军的轰炸机还袭击了德国驻法国和比利时的基地。

尽管英皇家空军损失飞机的数量要少于德国损失的飞机,但由于英国的飞机数量本来就处于劣势,因此已经元气大伤,如果不能大量补充,几乎已接近崩溃的边缘。所幸的是,因为英国皇家空军的顽强抵抗,使纳粹德国自出兵以来第一次尝到了失败的苦果,打击了德国空军嚣张的气焰和自信心,所以当希特勒看到连续的空袭并没有打垮英国空军,更没有使英国屈服时,不得不将原定于在9月21日从海上入侵英国的日期推迟,“海狮计划”实际上已经被放弃,不列颠战役以英国的胜利而告终。这大大鼓舞了盟军反纳粹的士气。

在不列颠之战中,英军共击落德机1 700多架,击伤近950架,而英军损失飞机900多架。

铺天盖地

1940年秋,德国“海狮计划”流产之后,希特勒挥师东进,企图在3个月内击败苏联,然后再回过头来打英国。为此,德国在苏联西部边境聚集了作战飞机近7 000架;而苏联认为,苏联已经与德国签订互不侵犯条约,可以高枕无忧了,因而对战争几乎没有什么准备,苏联的航空部队正在进行改装训练,苏联的边境机场也在修建之中。

1941年6月22日凌晨,德国开始入侵苏联,近2 500架各种飞机对苏联西部边境的66个机场进行了全线闪电战轰炸。不到中午,苏联的飞机损失就达1 200架,其中近800架被毁于地面。仅这一天德国空军就击毁了苏联飞机1 800架,其中近1 400架被毁于地面。由于德国空军闪电战,战绩出奇地好,因而德国地面部队也向苏联纵

深地带长驱直入。

在苏联国防委员会下达了反击德国入侵的命令后，苏联空军开始奋起反击，与德国空军进行了拼死的奋战。

苏联上空的制空权几次易手，作战场面悲壮惨烈。

例如在1943年7月5日~8月23日的库尔斯克会战中，德军从本土和法国调来了大量飞机，参战飞机数量达到2 100架，而苏联则集中了2 900架作战飞机，仅在7月5日~12日一个星期内，苏军就出动飞机达800架次，战场上空经常出现200~300架战斗机在相互绞杀。仅在7月5日一天，编队空战就达175次，在这期间，苏联空军消灭德军战机达1 500架，自己损失也近1 000架。

在整个库尔斯克会战期间，苏联空军共出动飞机作战11.6万架次，共击毁德军飞机3 700架，德空军从此再也没能恢复元气，从而给苏联的大反击创造了极为有利的条件。

苏联转入全面反击后，不仅将德军赶出了苏联领土，而且迅速把战火烧向柏林。

在攻克柏林的战役中，苏德双方投入了上千架飞机作最后一搏，仅柏林战役的第一天，苏联就出动17 000架次的飞机。

通过柏林战役，德空军残余力量全部被歼，几千架飞机被缴获，希特勒称霸世界的美梦也彻底破灭了。

在反法西斯战斗中，战略轰炸开始显示出越来越大的作用。例如在1942年5月30日英美联合进行的对德国科隆的“千机大轰炸”中，参加空袭的轰炸机达1 050架，历时90分钟，投弹近1 500吨，其中三分之二是燃烧弹。从这以后，美英组织了多次战略轰炸，对瓦解德国士兵的士气起到了很大的作用。

在此期间，美英两国动用了全新的重型战略轰炸机，如肖特公司的“斯特林”，汉德利·佩奇公司的“哈利法斯特”Ⅱ，阿弗罗公司的“兰开斯特”1，美国则出动了B-17和B-24轰炸机。

在战斗机方面，各国的设计水平也有很大提高，例如美国在1944年服役的P-51“野马”和英国的“台风”，都采用了“层流翼型”

机翼技术，速度可以达到每小时670公里，成为德空军当时最害怕的两种战斗机。

德国梅塞施密特公司也在1944年5月推出了以火箭为动力的第一种喷气战斗机Me163，其速度达到了每小时900公里以上，装有4门30毫米口径的机炮。以它为基础改进的Me263投入作战后，使盟国的飞机受到很大的威胁。

接着德国阿拉多公司又推出一种以4台喷气发动机为动力的战术轰炸机，采用了增压座舱和弹射座椅技术。

1941年12月7日，日本挑起珍珠港事件后，美国被迫卷入第二次世界大战。

驼峰上的飞虎队

1942年5月—1945年期间，美国为了支援中国的抗日战争，发起了二战期间规模最大、困难最多、影响也是最深远的空运行动。

这次空运行动由美国陆军空运部队和中国民航从印度飞越喜马拉雅山脉向中国内地运送抗战物资，因为喜马拉雅山脉像驼峰一样横在中印边界上，所以整个行动被称之为“驼峰空运”。

驼峰航线的高度大都在6 000~7 000米，活塞式发动机的飞机飞行十分困难，飞机座舱还都没有采用增压技术，飞行员只能带氧气面罩，体力消耗很大，加上航线气象恶劣，地形险恶，还经常会遭到日机拦截，运送任务极为艰苦，但是中美航空兵出色地完成了一次又一次的空运任务。

在3年的空运中，中美航空兵共计运物资72.5万吨，空运人员3.35万人，总飞行时间150万小时，为支援抗日发挥了重要的作用。

为“驼峰空运”保驾护航的就是抗日战争时期赫赫有名的、由美国陈纳德将军率领的“飞虎队”。

“飞虎队”原先都是由美国民间志愿人员组成的飞行部队，因他们的飞机上都画有虎头而得名。

1941年12月，美国军方把“飞虎队”收入美国空军，成立中国空

军特遣部队，仍由陈纳德负责指挥。

当时的“飞虎队”只有不到30架能作战的战斗机和7架B-25C轰炸机，而面对的是拥有500架飞机的日本侵华空军。“飞虎队”所要保护的航线从缅甸到中国境内总共有3 200公里之长，条件极为恶劣。他们除了为“驼峰空运”的航线护航外，还要与日本空军展开力量悬殊的对抗。

1942年7月30日，日军出动120架轰炸机和战斗机，妄图一举歼灭这支特遣部队。中美一方出动10架P-40战斗机与日军浴血奋战，击落15架日军轰炸机。

第二天，不甘心失败的日军又出动轰炸机群夜袭衡阳机场，特遣部队再次予以还击。在敌众我寡的情况下，以损失3架P-40战斗机为代价，击落日机17架。

1942年10月15日，“飞虎队”主动出击，空袭日军驻香港的基地，击毁日军两座船坞，击沉日军一艘油轮和击落日军19架战斗机。

对香港日军的空袭一直坚持到11月底，共打掉日机71架，击毁3艘运输船只和大批军用设施和物资。

最为激烈的空战发生在11月27日。在这次中日大空战中，日机被击落27架，而特遣部队无一损失，是日本在中国遭遇的最惨的一次空战。

但是“飞虎队”的条件却每况愈下，后勤供应严重不足，燃料和武器极度匮乏，甚至连副油箱也短缺，只能用涂鱼胶的竹编油箱来顶替；由于缺少食物和药品，飞行员的健康状况急转直下，不少飞行员还患上了疟疾、黄疸和痢疾，再加上对飞机的维修越来越困难，作战力每况愈下，这支使日军“望虎色变”的“飞虎队”只生存了9个月。

在生死搏斗的9个月中，“飞虎队”以损失16架P-40战斗机为代价，取得了击落日机149架、重创85架的辉煌战绩。

沉重的“小男孩”

1943年年底，美国组建了第20航空兵，装备了最新的B-29“超级空中堡垒”远程重型轰炸机，专门用来轰炸日本腹地。每次出动的B-29轰炸机都在500架以上，进行地毯式轰炸，重创了日本的工业和经济。B-29轰炸机还在日本海域投下水雷，炸毁日本舰只670艘。美国占领了马里亚纳群岛后，在群岛上设立了基地，B-29轰炸机对日本的轰炸开始升级，B-29轰炸机从该基地起飞后，可直飞日本东京等要害地区，往返航程达4 000公里以上，由于B-29轰炸机飞得高，自卫火力强，日本飞机很难截击，更多的日本工业设施和城市被毁，交通陷于瘫痪，严重地打击了日本的士气。

1945年8月6日，一架B-29轰炸机向日本广岛投放了代号为“小男孩”的原子弹，两天后苏联对日宣战；8月9日，B-29轰炸机在日本长崎投入了代号为“胖子”的原子弹；8月14日，美国出动了833架B-29轰炸机对日本发动了规模最大的最后一轮空袭。当日，日本向全世界宣布无条件投降，第二次世界大战就此结束。

第二次世界大战，也是人类自发明飞机以来第一次规模巨大的空中较量。如果说，在第一次世界大战中各国空中力量的运用还处于探索阶段，那么在第二次世界大战中，空中力量已成为决定战争胜负的一个重要因素。因而在第二次世界大战以后，各国也将发展空中力量、研制新一代的军用飞机放在十分突出的地位。

突破音速

第二次世界大战中，各国的飞机设计都在追求速度，不管是战斗机还是轰炸机，飞行速度都越来越快。但是以螺旋桨为动力的飞机的速度达到约每小时700公里时就再也上不去了。

因为螺旋桨要产生拉力一是靠旋转，二是靠桨叶相对与气流的角度（一般称为桨距），角度小了产生的拉力小，角度大了，本身

的阻力就相对较大，要求发动机提供的动力就要加大，螺旋桨的效率就要降低。此外，随着飞机速度的增加，螺旋桨的效率也会持续下降，还会引起机身抖震，操纵失灵，活塞式发动机越来越显示出其局限性。

在二次大战后期，英国和德国曾尝试过一种火箭发动机，但由于工作时间太短，不适宜于作为实用战斗机的动力，于是一种更实用的涡轮喷气式发动机出现了，并在第二次世界大战后期初显身手。

第一种出现在战场上的涡轮喷气飞机是德国的Me.163。这种飞机在1944年夏天的一天突然出现在美国B-29“超级空中堡垒”的机队前，并在转瞬间就带着强烈的轰鸣声从B-29轰炸机编队中穿过，使机群里所有美国飞行员和飞行小组空勤人员大惊失色。

Me.163是一种后掠中单翼喷气飞机，速度可达到每小时900公里，装有4门口径30毫米的机炮，每分钟可爬升1700米，但由于后来军方与制造商之间出现了矛盾，没有投入批量生产。

接着是Me.262双发喷气战斗机，它的飞行速度也达到了每小时805公里，比当时同盟国战斗机要快100公里。这样的速度优势曾使盟国的轰炸机遭受极大损失。

接着英国也推出了格罗斯特公司研制的同盟国参战飞机中惟一的一种双发喷气战斗机“流星”。它的最大速度达到了每小时980公里。

虽然喷气飞机的出现对第二次大战的进程没有产生什么影响，但却宣告了航空史上一个新时代的到来。

喷气双杰

涡轮喷气发动机有两个独立的发明人，先是英国的青年军官弗朗克·惠特尔。他的第一台喷气发动机方案于1930年获得英国专利，1937年4月12日，他制造的第一台喷气发动机进行了试车，但工作不稳定，直到1940年7月，惠特尔才制造出工作稳定的发动机；而

1939年，德国人汉斯·冯·欧海因也独立成功地完成了喷气发动机的研制。

惠特尔在取得涡轮喷气发动机专利后，并未受到有关方面的重视，直到1939年6月，当第二次世界大战已经迫在眉睫时，英国军方终于认识到了惠特尔工作的意义，才决定研制双发动机的喷气式飞机。

在1941年5月的一个黄昏，由英国格罗斯特公司的首席试飞员萨伊尔空军中尉驾驶的由该公司设计的英国第一架喷气飞机试验机E29/39，在一片欢呼声中在布罗克沃斯机场腾空而起，惠特尔十几年的百折不挠的努力终于取得了成果。

但是E29/39只是一架试验机，世界上第一架实用性的喷气式飞机并没有出现在英国，而是在德国，是由一位名叫恩斯特·亨克尔的飞机设计师设计的。

1936年6月15日，由亨克尔设计的He.176火箭动力喷气飞机，由德国著名的试飞员瓦西茨驾驶首飞成功，并创造了当时世界飞行速度纪录。但这种飞机完全是为了破纪录而设计的，飞机外形小而简单，飞行时间也很短，没有实用价值。

1939年春天，亨克尔设计的世界上第一架涡轮喷气飞机He.178制造完工，就在当年的8月29日，瓦西茨又驾驶着He.178划过酷夏的长空，首飞成功，速度达到每小时1 000公里。

1941年4月5日，亨克尔设计的双发喷气飞机He.280又开始试飞。它是德国空军仅有的一种能与盟国相比的远程重型轰炸机。

这三种喷气飞机的首飞时间都比英国的第一架喷气飞机的首飞要早，所以亨克尔被称为喷气飞机设计第一人。亨克尔创建的功绩还包括他设计了可收放起落架的流线型高性能飞机，从而成为现代飞机设计的先驱。

恩斯特·亨克尔于1888年出生于德国南部的一个叫格龙巴赫的小村庄里。

20年后当他成为一名机械工程系的学生时，曾亲眼目睹过齐

伯林的LZ4飞艇遭雷击起火的被烧成灰烬的情景，从中悟出了只有发明重于空气的飞行器才是人类航空事业真正的出路，但在当时这是被人们视为极为可笑的想法。

此后，亨克尔开始研究飞机的原理，并在二年半后，即在1911年的夏天制造出了他自己设计和制造的第一架飞机，其外形基本是参照了莱特兄弟的双翼机模式，只是装上了当时动力最大的戴姆勒发动机。

亨克尔亲自驾驶着这架飞机完成了10次飞行，在第11次飞行中飞机突然坠地被摔成四分五裂，亨克尔自己也受了伤。

亨克尔在家只休息了两个月就又出外谋职，不久在一家航空运输公司担任了飞机设计师。

亨克尔第一项突破性的设计是他于1913年接受了“信天翁”飞机公司聘请为总设计师后设计的一架“信天翁”单翼机。

由于这架飞机去掉了当时盛行的双翼飞机上的张线、支柱、箱式风筝机翼等各种增加阻力的部件，性能十分突出，曾用11分6秒的时间内爬升了455米，引起了当时航空界的轰动，从而使这位当时还只有25岁的年轻设计师名声大振，并引起了当时新建的勃兰登堡飞机公司的重视，力聘他担任该公司的设计组组长。

没过几个月，奥地利的一位百万富翁卡斯蒂格林尼也找到了亨克尔，以极高的薪酬要把他挖到卡斯蒂格林尼自己新建的飞机公司里担任总设计师，但是亨克尔表示因他刚到勃兰登堡公司不适宜离开目前的职位，卡斯蒂格林听后竟然决定将整个勃兰登堡公司全部买下，成立了一个新的汉莎·勃兰登堡飞机公司。

亨克尔被卡斯蒂格林的诚意所感动，全心为汉莎·勃兰登堡飞机公司投入了水上飞机的设计工作，为公司制造出了一系列很有名的军用水上飞机。其中最成功的有勃兰登堡W12，W19和W29。

这些飞机在第一次世界大战时期成为英吉利海峡上空的一支重要威慑力量。其中W29是当时最杰出的双座单翼机之一，速度可达到每小时175公里。

第一次世界大战结束之后，德国军用飞机工业受到限制，汉莎·勃兰登公司也被关闭。亨克尔徘徊了3年之后自己成立了恩斯特·亨克尔公司，专门制造水上运动飞机，并很快成为业内的佼佼者。他设计的水上飞机曾有多架被瑞典和丹麦海军采购。他研制的舰载飞机也被日本海军所采购。

1925年以后，亨克尔的研究重点转向探索性领域。他独创的超流线型的细长机身、椭圆型机翼的全新气动外形为以后高速飞机的发展指引了方向。

1935年，亨克尔遇到了当时正在研究火箭动力装置的布劳恩博士，从而研制出了He.176火箭动力飞机。

He.176机翼很小，翼面积仅有5.4平方米，机身很细，最宽处只有0.61米，但在火箭动力推动下，飞行十分凶猛，飞行速度很快达到了每小时805公里。

1936年，亨克尔在别人介绍下见到了当时还在哥廷根大学做毕业论文的汉斯·冯·欧海因，由于欧海因当时正在研究的涡轮喷气发动机课题与亨克尔对高速飞机的构想十分吻合，因此亨克尔很快与马上要毕业的欧海因签订了研制合同。合同生效日期为1936年4月15日，比英国喷气动力公司成立的时间只晚了一个月。

一年半不到，第一台燃烧氢气的喷气发动机于1937年9月首次运转。二年后第一架装有欧海因涡轮喷气发动机的喷气飞机He.178于1939年8月27日首飞成功。

尽管亨克尔在喷气飞机的发展初期处于领先地位，但他的一些对手，如梅塞施密特、容克和阿拉多不久都超过了他。

亨克尔和他的公司在1945年就销声匿迹。10年后，即1955年亨克尔公司突然又在德国的航空界重出江湖，后来该公司先后成为联合航空技术公司和荷兰福克公司的成员。亨克尔本人于1958年1月30日，在接近70寿辰时与世长辞。

美国捷足先登

1942年以后，希特勒的主要力量已陷于苏联的战场，对英国的压力已大为减轻，英国皇家空军对战斗机的需求不那么迫切了，于是将重点转向喷气战斗机的研制，并要求当时英国最大的航空发动机生产企业接管惠特尔的喷气发动机研制工作。

1943年4月罗-罗公司第一台名为“威兰德”的喷气发动机通过了试车，当年就投入了生产，由它装配的“流星”战斗机于1944年5月交付部队使用。

接着罗-罗公司的优秀设计师们很快便发展出了一系列更先进的发动机，但是英国飞机设计师在飞机布局设计上却出奇地保守。

英国最初的喷气飞机试验机E.28/39是一种直筒形机身飞机。

在1945年，德国从大量的预研方案中已发展出22种外形的喷气飞机，而英国只生产出两种，即格洛斯特公司的“流星”和德哈维公司的“吸血鬼”。

德国的预研飞机方案中已出现了三角翼、后掠翼和变后掠机翼等设计思想先进的布局，而英国的战斗机在1945年之后的10年中还一直在使用平直机翼布局。

更为可笑的是在第二次世界大战结束后，英国航空界竟然对德国的技术进步采取一种视而不见、全部否定的愚蠢的态度，将德国大量的在喷气动力和飞机布局方面取得的成就都贬为不实际的技术和不成熟的思想。所以尽管英国喷气发动机的研制是当时世界领先水平的国家，但喷气飞机的发展却是令人难以置信的缓慢。

1941年初，当美国获得了英国和德国正在研制喷气发动机情报后，马上也活跃了起来。先是由航空咨询委员会建立了以杜兰德为主席的喷气推进委员会，负责代表政府组织喷气发动机研制工作，并很快与美国主要发动机制造商签订了研制合同。

英国在E28/39喷气飞机试飞成功后，美国陆军航空兵参谋长

阿诺德亲自前往观看表演，并很快与英国签订了仿制合同。

1941年10月，当一台惠特尔涡轮喷气发动机被运至美国通用电气公司后，公司以极其秘密的方式对这台发动机进行了“美国式的改造”，并仅仅在28周之后，通用电气公司就在1942年3月制造出了公司自己的发动机I-A。

1942年10月2日，一架装有两台I-A发动机的贝尔XP-59试验机就在加利福尼亚的莫罗克干湖床上进行了首飞。

后来通用电气公司对I-A发动机几经改进，到1944年初，发展的最新型号I-40的性能水平已经跻身于世界先进行列。I-40的生产型定名为J33，被装备于由洛克希德公司设计的P-80“流星”（后来的编号为F-80）上。该机为美国第一代可用于作战的喷气式战斗机，并曾创下了当时从美国东海岸飞到西海岸的4小时13分的最短时间新纪录。

1944年4月，通用电气公司将I-A离心发动机改为轴流式，并于1946年装在了F-84“喷气雷电”战斗机上。

不久，美国在高速飞机气动布局取得了一系列突破性进展，在喷气飞机发展道路上很快超过了英国，并成为世界领先者。

苏联在第二次世界大战期间则把主要精力集中在火箭动力飞机方面。但是在第二次世界大战结束后，苏联瓜分了大量的德国在喷气飞机方面的研究资料、设备和一批很有名的德国飞机设计人才。1940年4月，苏联几乎突然出现在喷气飞机舞台上。

分别装了由苏联通过仿制德国喷气发动机生产的两种喷气发动机的米格-9和雅克-15战斗机试飞成功，并成为苏联空军的首批喷气式战斗机。

1947年，苏联开始仿制英国罗-罗公司的“尼恩”发动机，并于1949年装备了苏联第一代后掠翼战斗机米格-15和伊尔-28轰炸机。

从此以后，苏联用了5年多一点的时间，完成了从仿制向自行研制的过渡。1951年苏联采用自己研制和生产的发动机装备的米

格-17试飞成功。该机的俯冲速度达到了音速的1.14倍。

喷气发动机的发展是航空技术的一场革命，正是有了喷气动力，人类才撞开了超音速时代的大门。

不可逾越的“音障”

尽管第二次世界大战后，喷气飞机的速度已达到每小时900公里，比螺旋桨飞机快了一大截，可人们还是想继续增大速度。然而随着飞机的速度接近音速（在海平面的声音传播速度为每秒340米，或每小时1224公里），人们发现飞机会遇到一面看不见的墙，每当飞机在接近音速时都会感到犹如真的撞到墙一样，速度陡降，机身激烈抖震，飞机好像要散了架似的，飞行员根本无法控制。

1945年6月，英国在试飞DH-106喷气飞机中，当飞行速度接近音速时，飞机当场在空中解体，机毁人亡。当时一位英国科学家说：“音速像是一面难以逾越的障碍墙。”于是人们就把其称之为“音障”。

“音障”从空气动力学机理来讲，就是能量高度集中的强扰动波，或者称为“激波”。

当飞机以亚音速飞行时，飞机对空气的扰动会以波的形式向前传播，就像在水面投入一块石头激起波纹一样，由于传播速度比飞机飞行速度快，所以飞机往前飞行时，扰动波总是先于飞机各自依次向前传去，不会集中在一起；而当飞机以接近音速飞行时，飞机飞行的速度几乎和扰动波一样快，当飞机飞近扰动波时，这些波还没来得及向前传播，于是所有扰动波都被堆积在一起，形成一个能量高度集中的界面，这就是“激波”。如果飞行器要强行穿过这个界面，由于压力的骤增会受到强烈的阻滞和产生强烈的爆炸音，人们称其为“音爆”。

当有一架超音速飞机在头上飞过后，地面上的人们会听到一种短促的雷鸣般的声音，这就是音爆。它不仅产生强烈的噪声，还会对地面建筑产生严重的破坏。

那么，“音障”究竟是否可以逾越呢？

在第二次世界大战期间，由于德国在喷气飞机和火箭飞机领域的研究成果传到美国，给美国以很大的刺激，因而促使美国的一些高级决策人员决心要先于别国实施一项超音速研究飞机的计划。

这项计划的关键是要选择一种强大的动力和尖尖机身的飞机外形。

在动力方面，当时可以选择的有火箭发动机和涡轮喷气发动机两种。

但是，虽然德国和英国已经研制成功了涡轮喷气发动机，并已经装备在第一代喷气军用飞机上投入使用，但这种发动机毕竟还处在幼年期，推力还不足以冲破音障，更何况美国的涡轮喷气发动机的水平更是有限，于是火箭动力成了美国超音速试验机计划的最终选择。

火箭发动机体积小，推力大，自带燃料（氧气剂）能飞得很高，不受大气密度的限制，其缺点是燃料消耗太大，是一般涡轮喷气发动机的10~20倍，但作为短时间的冲破音障的试验研究还是很合适的。

1945年1月15日，美国兰利研究中心提出了研究机方案，这就是有名的XS-1，后来称之为X-1的研究机。当年2月兰利研究中心就与贝尔公司签订了生产3架X-1超音速试验研究机的合同。

X-1的外形很像一枚炮弹，机头尖尖，整个机身流线型极好，驾驶舱与机身完全融为一体，机翼很小、很薄，翼展仅为8.45米，没有后掠，因为美国当时对后掠翼的作用还不了解。

X-1的机长为9.45米，总重5.6吨，而推进剂就占了全机重量的一半，达2.27吨，预计能在空中飞行150秒，为准备冲破音障，飞机设计得十分坚固。

为了节省燃料，X-1先由B-29轰炸机带到空中，投放后，再自行加速爬升到一定高度，然后往下俯冲，以达到超音速。

断肋撞‘南墙”

担任这项试飞任务的试飞员是24岁的查尔斯·耶格尔上尉。他在第二次世界大战中参战61次，击落过敌机13架。

经过几次试验性的适应性试飞后，冲破‘音墙’的日子终于到来了。

1947年10月14日清晨，涂了桔红色的X-1缓缓地被推出，并被仔细地装在了一架B-29的弹舱中。

8点左右，耶格尔上尉迎着明媚的阳光向飞机走来，从他自信的步伐中，谁又能看出他在3天前刚被摔断过两条肋骨呢？

那是个星期四的下午，由于在此以前耶格尔已经在一次试飞中，把X-1飞到了0.955的音速，试飞委员会决定三天后的试飞争取达到0.97的音速，然后下一步就可以向音速冲击了。

耶格尔决定和妻子一起松弛一下。他们先在一家飞行员常去的小饭馆吃了饭，然后决定出去骑一会儿马。

当晚夜色很美，耶格尔和妻子在夜色中骑了半小时马以后，飞奔而回。

不幸的是，当他们回到家时，正好月被云遮，耶格尔没有看清他出来时还是开着的栅门已经被关上，于是他和他的马都剧烈地撞在了栅门上，人被抛到了空中，耶格尔顿时觉得胸部如撕裂般地疼痛，似乎被插进了一把刀子。

耶格尔的妻子要把他直接送到基地医院，但耶格尔坚持要去当地医院，因为他不想让基地知道这次事故，以免影响他星期一的飞行。他的妻子对此感到简直难以相信，一个肋骨可能已被摔断的人怎么还能去飞行？

当当地医院的医生告诉耶格尔至少断了两根肋骨时，他多少有些沮丧。但是他还是找到了他的好朋友，也是这项试飞计划中他的机械员杰克·里德利，要求里德利帮助他坚持完成即将面临的试飞任务。

第二天，耶格尔在里德利陪同下找到了基地试飞的负责人博伊德上校，对他说明了情况，并表示要继续完成这次飞行任务的决心。耶格尔一再强调，因为只有他一个人才是熟悉所有飞行细节的惟一飞行员，所以只有他才能完成这次试飞任务，而且他还一再表示决不能因为他的受伤影响眼看已经快要接近目标的计划。正是耶格尔的坚定不移的决心说服了博伊德，才使这次飞行任务能如期举行。

耶格尔先将头盔放在X-1试验机的座舱里以后，自己带着降落伞登上了B-29母机，只有等B-29爬升到适当高度后，耶格尔才从一张梯子进入X-1试验机。

终于，B-29带着X-1试验机和耶格尔及有关人员缓缓地离开了地面，当B-29飞到3 700米高度时，耶格尔爬向梯子，里德利跟在了后面，尽管在前几次飞行任务中，耶格尔已经爬了很多次，但这次因为胸部的伤痛显得特别费劲。

耶格尔像往常一样将双脚首先滑入机舱在座椅上坐好后，被厚厚包扎的胸部使得他很难伸手去抓住舱盖下的门锁，幸好里德利预先就给他找了一根25厘米的短棍才使他顺利地关好了舱门。

这时耶格尔已充满信心，因为以后的每一动作都只在驾驶杆上了，肋骨的伤痛已经不是大障碍了。

当B-29爬升到7 600米时，B-29与X-1的连接器被断开了，X-1在一瞬间被投放到了空中，耶格尔立刻启动了火箭发动机。为了避免对地面造成太强的音爆，耶格尔决定先把X-1爬升到约11 600米高空，然后再将飞机改为平飞。

飞机开始不断加速，当速度超过0.8音速以后，飞机开始出现强烈的振动。

当速度超过0.94音速时，升降舵失效，耶格尔用水平安定面稳定住了飞机，并点着了第3个火箭燃烧室。

飞机的飞行速度继续增大，0.97音速，0.98音速……随着速度的增加，飞机振动也不断加剧……

突然间，飞机停止了强烈的振动，耶格尔看见速度指示表的指针指出飞机现在的速度为1.04倍音速，而飞机竟然十分平稳地以超过音速的速度飞速地向前。

开始，耶格尔以为这是由于自己肋骨的伤痛引起的幻觉，因为他实在难以想象在冲过“音墙”以后竟然是一条“康庄大道”。

当耶格尔终于把X-1安全地降回地面，看到飞奔而来的里德利和跟在后面的一大群人时，才重新感到了胸部是那么的疼痛。

耶格尔冲破音障飞行的意义是巨大的。

首先，它证明了“音障”不是不可逾越的，而且冲过“音障”也不是人们以前所想象的那么难，那么具有强烈的破坏性。

第二，这次飞行也特别证明了只要能在一瞬间冲过了“音障”，那么以后的超音速飞行将是一条平稳的飞行大道，颇像艾丽斯漫游仙境那样，只要穿过镜子就是另外一个世界了。

X-1越障飞行成功以后，各国对研究超音速飞行器的兴趣大增，涡轮喷气发动机也终于有了用武之地，人类的航空史也由此进入了超音速飞行时代。

耶格尔本人因为是世界上驾驶飞机突破音障的第一人，从而给他带来了堆积如山的奖状、奖章和奖牌，但他本人的生活却几乎没有得到任何改善，他的上司博伊德上校于1949年被升为将军，但耶格尔却没有得到任何升职，他仍作为试飞员与妻子住在离试飞基地65公里的临时房子里，狂风经常会穿过破旧房屋的条条裂缝，发出嘘嘘的呼啸声，冬天屋内的温度都在摄氏零度以下，吃水靠一个风车带动抽水机打水，最近的邻居也离他们有26公里之外。

他惟一得到的物质报酬是在1953年12月12日，当他驾驶一架X-1A飞到了2.44倍音速以后，贝尔公司的经理送给耶格尔妻子一件漂亮的波斯羊皮短大衣，这也是耶格尔一直想送给他妻子的一件礼物。

海浪情结

X-1飞机是用‘硬拼’的方法冲破音障的。由于火箭发动机的使用时间太短，因而人们开始转向利用涡轮喷气发动机作为超音速飞机的动力。

超音速战斗机的出现，除了涡轮喷气发动机技术的进展外，还得益于许多与飞机有关的技术的发展，如航空材料、航空电子、操纵系统，特别是高速空气动力学的突破性进展，其中最主要的是后掠机翼技术和面积律技术。

正如前面描述的，当飞机速度接近音速时就会遇到激波，飞机通过这种激波时，要受到高度稠密的空气的阻滞，一般称之为激波阻力，它将会消耗掉发动机的大量功率，只有当飞机冲过音障后，强激波变为弱激波，激波阻力才会有所下降。

如何通过机翼外形的设计使飞机上尽量避免出现强激波，成为高速飞机设计必须解决的关键问题。后掠机翼就是解决这个问题的一种很巧妙而有效的设计理念。

在第二次世界大战中出现的飞机的机翼几乎都是平直的机翼，即机翼与机身都是正十字形布局，机翼的前缘在前飞时，空气几乎是以与机翼前缘呈90度角垂直地流过机翼。

如果能将机翼的前缘向后斜置一个角度，也就是成为后掠的机翼，情况就会有很大的变化。

这时的气流的流动可以分解为顺着机翼前缘方向和垂直于机翼前缘流动的两个分量。

对于产生机翼的升力来说，平行于机翼前缘的流动分量是无效的，只有垂直于机翼前缘的流动的分量才有效，而这个垂直于机翼的流动分量的速度显然是要小于飞机的飞行速度。也就是说，如果飞机的飞行速度即使接近音速了，但这个垂直分量还远没有达到音速。

换句话说，对于一个直机翼飞机，当飞机飞行速接近音速时，

机翼表面上就会产生激波，而对于一个后掠机翼飞机来说，由于垂直机翼的流动分量还远没有接近音速，机翼表面上还不会产生激波。这样，当平直机翼的飞机因为有了激波阻力已经飞不动时，后掠机翼还可以飞到更高的速度。

另外，由于后掠机翼始终是倾斜的面对气流，因而即使产生了激波，也是斜激波，其强度要比直机翼的正激波弱得多，这就意味着，后掠机翼的飞机在穿过音速时所消耗的发动机功率也要小得多。

正是由于这些原因，后掠机翼后来就成了现代高速飞机和超音速飞机的标准技术，后来出现的三角机翼，机翼可以向前向后转动的变后掠机翼都是在后掠机翼基础上发展起来的。

最早开始揭示出后掠机翼奥秘的是一名叫阿道夫·布斯曼的德国空气动力学家。

布斯曼的童年是在波罗的海海边的洛贝克港渡过的。他经常站在海边观看一艘艘船只从海面驶过，经常会被船头激起的高高排浪和两侧箭形的波迹看得发呆。

青年时期他在德国哥廷根大学深造，专攻高超音速空气动力学，他的指导老师就是世界著名的空气动力学家路德维希·普朗特。正是在普朗特教授指导下，布斯曼的研究工作很有建树，并很快成为超音速空气动力领域的权威之一。

当时人们正在追求飞机飞得更远、更高、更快，这也激发了布斯曼对研制高速飞机的兴趣。1935年他被邀请参加在罗马召开沃尔塔国际科学会议，布斯曼准备的论文就是关于超音速机翼升力方面的研究。

当布斯曼准备这篇论文时，脑海里就不时浮现出童年时他在海边看到的被船头激起的排浪和箭形波迹的情境，猛然地意识到，如果将机翼做成后掠外形时，很可能就会减少超音速对飞行带来的不利影响。

兴奋不已的布斯曼很快将他的设想做成了风洞试验模型，并

在反复的试验中得到了十分肯定的结论。

在沃尔塔大会上,35岁的布斯曼对后掠机翼有利于超音速飞行作了充分的阐述。他的报告犹如一块巨石投进了平静的湖面,震惊了到会的每一位科学家,特别得到了当时美国航空事业的泰斗冯·卡门教授的赞赏,他把布斯曼的论文评为大会的最佳论文。这次会议也因为布斯曼的这篇报告被认为是世界航空发展史上的一块里程碑。

然而,当时由于没有合适的发动机可以作为超音速飞机的动力,人们对后掠翼并没有投入进一步的研究工作,布斯曼的报告也逐渐被大家抛在了脑后。

但是,布斯曼回到德国后就很快组织了一个研究组,加快了后掠翼概念的实用化研究。不久,他们就发现了后掠翼飞机的重要应用价值,特别对军用飞机意义更大。

布斯曼的工作很快引起了德国军方的高度重视,并将这项研究包括研究组都列为绝密对象被保护了起来,布斯曼在世界航空界也似乎一下消失了。

飞燕展翅

德国军方把他们隐蔽在不伦瑞克森林里,并成立了不伦瑞克研究所。布斯曼研究组在这里积累了大量的后掠翼的试验数据。

随着他们的工作越来越深入,德国一些军用飞机制造商也开始表示了越来越大的兴趣,并设计了几种后掠翼战斗机,如梅寒施密施特公司的Me.262喷气战斗机和Me.163火箭飞机,福克·沃尔夫的T.A138后掠翼飞机和容克公司的容克-287轰炸机,但也是由于当时没有合适的喷气发动机,这些工作还只停留在试验阶段。

由于布斯曼的工作是在高度机密的情况下进行的,所以其他国家对此一无所知。

1945年,美国一位空气动力学家罗伯特·琼斯也独立地提出了后掠翼理论,比布斯曼整整晚了十年,但也没有引起美国航空界的

重视。

二战结束时,冯·卡门率领一批美国科学家在不伦瑞克见到了“失踪”近十年的布斯曼,对他的研究成果再次感到震惊。

在这次的考察团中还有一位美国有名的飞机设计师乔治·希瑞尔,当他阅读了布斯曼的研究资料后极为激动,当即向波音公司取得了联系,将他正在设计中的新轰炸机改为后掠机翼,这就是美国第一架后掠翼轰炸机B-47。

布斯曼在英国被拘留了9个月后,被美国聘请到美国国家航空咨询委员会的兰利研究中心工作。

布斯曼在兰利研究中心作为高级顾问工作了15年,1963年转聘到美国科罗拉多大学任教授。在这里,他培养了许多出色的工程师和技术人员。他的研究涉及到航空航天的许多领域。

二战刚结束,苏联也开始大量收集德国的飞机研究成果,布斯曼的一部分资料也被苏联所获得。

苏联设计人员以最快的速度翻阅和消化了这些资料,并很快得出结论:苏联应立刻研制一种全后掠翼战斗机,这就是米格-15。当时设计人员预计这种飞机的速度可以大大超过每小时1 000公里,但遗憾的是当时没有太合适的喷气发动机。

美国人利用布斯曼的资料也很快研制出了F-86“佩刀”后掠翼战斗机,几乎是Me.262的翻版。应当说,当时的苏联人是最大限度地利用了布斯曼的成果,而美国人则是拥有了布斯曼本人。

米格-15和F-86代表着喷气战斗机新时代的开始。这两种飞机后来在朝鲜战场上首次在空中展开了你死我活的较量。

由于苏联当时缺少与米格-15相匹配的发动机,于是收罗了曾在德国从事涡轮喷气发动机方面的人才,开始如火如荼地为米格-15研制合适的动力。

正当研制工作进入攻关阶段时,英国政府却天真地表示愿意向苏联提供英国当时最新式的功率最大的两种喷气发动机,即罗-罗公司的“德温特”5和“尼恩”发动机的样机和图纸。

英国之所以对苏联的工作毫不在意，是因为当时除苏联和美国外其他国家都还没有认识到后掠翼的巨大潜力，英国航空界还把布斯曼的工作认为是一些不切实际的、毫无实用价值的“纸上谈兵”。

1947年，当苏联人打开第一台“尼恩”发动机的包装箱时，惊喜若狂，立即决定将这种发动机投入生产，装在米格-15上，把这种发动机的知识产权问题完全弃之于脑后。

苏联制造的米格-15是世界上第一种后掠翼喷气战斗机，在朝鲜战场上曾使美国空军“谈虎色变”

F-86是美国研制的后掠翼喷气战斗机，在朝鲜战场上与苏联的米格-15展开了生死较量

当年年底，米格-15就飞上了天，成为世界上第一种实用型的后掠翼喷气战斗机。

与此同时，美国研制的后掠翼战斗机F-86“佩刀”也于1949年5月交付空军使用，比米格-15晚了不到一年。

终生无悔

米高杨1905年出生于阿尔明尼亚一个贫苦的农民家庭。20岁那年他应征入伍,1931年转业后被选送到儒科夫斯基空军工程学院学习,5年后毕业。他的毕业设计是一架“飞翼”式的飞机。

1936年毕业后,米高杨被派到一家航空工厂当军代表。苏联当时惟一一个战斗机设计局就设在该厂,设计局的领导人是当时苏联著名的飞机设计师波里卡尔波夫。

由于米高杨对飞机设计的执著,第二年就如愿地被调入该设计局工作,并很快成为波里卡尔波夫最重要的助手,实际上的第二把手。

在设计局里,米高杨认识了另一位天才的设计师古列维奇,由于志同道合,两人结下了深厚的友谊,以后正是他们两人共同撑起了赫赫有名的米高杨设计局,在几十年的合作中,研制了一系列以他们两人名字头一个字母命名的“米格”式飞机。

1937年,波里卡尔波夫设计了一种伊-16战斗机。在西班牙内战中一开始伊-16战斗机表现很好,在对德国的Me.109战斗机的空战中战果显著,但德国人很快对Me.109进行了改进,伊-16损失惨重。

波里卡尔波夫认为伊-16的失败在于机动性不如Me.109,但是米高杨则认为伊-16的高度和速度不够,因此必须设计出在速度和高度能占上风的“高空、高速战斗机”。

“高空、高速”以后也成了米高杨设计局的座右铭。

1939年10月,米高杨与古列维奇设计了一种“高空高速战斗机”并得到了厂方的批准。

而当时波里卡尔波夫正在德国进行考察,当他回国后对这个方案表示了坚决的反对。

由于双方争执不下,厂领导把情况反映到航空工业人民委员会。委员会经过认真考虑后,建议由米高杨和古列维奇单独组建设

计室。正好那个时候,苏联政府决定扩建更多的军用飞机设计局,于是,米高杨设计局于1939年12月正式成立,米高杨出任设计局局长兼总设计师,古列维奇为副总设计师。

在航空界,米高杨与古列维奇被公认为最佳搭档,米高杨作为主帅不断提出新思想,而古列维奇则是军师和冲锋陷阵的主将,把米高杨的新思想变为一个个现实。

一开始,由于米高杨设计室在苏联航空界还很少为人所知,所以工作很不顺利。

米高杨和古列维奇交出的第一个成果是米格-1高空战斗机。该机于1940年4月试飞后不久就创下了每小时652公里的全国纪录。

1940年下半年,米高杨和古列维奇在米格-1基础上改进成米格-3。米格-3在7 800米高空的飞行速度达到了每小时640公里,不论升限和速度都优于其他设计局的战斗机。

但是,米格-3的‘高空、高速’设计思想在当时多少有些超前,由于米格-3的低空低速性能相对较差,因而在卫国战争爆发后,米格-3经常在低空被德国飞机击落,其战绩大大逊于同时代苏联的雅克式和拉式战斗机,最后不得不被迫停产。

在整个卫国战争时期里,虽然米高杨设计局不断地进行新机研制,但几乎都被淘汰。米高杨和古列维奇经常会感到一种英雄无用武之地的压抑感。

但是第二次世界大战后的喷气时代的到来却给他们带来了新的机遇。

在第二次世界大战中,由于苏联的飞机设计工作主要忙于应付战争的需要,忽视了对喷气飞机技术的研究,战争结束后,苏联已发现他们在这方面的工作已明显落后于西方。

于是,苏联政府在1945年2月作出了尽快研制喷气飞机的决定。

因为喷气飞机与米高杨和古列维奇的‘高空、高速’思想完全

吻合，米高杨设计局迅速投入了研究工作。

但他们当时并不了解后掠翼的技术，所以开始设计的米格-9直机翼战斗机并不成功。

不久他们就看到了德国布斯曼所作的关于后掠翼研制的资料，很快就领悟到其中的奥秘。

1947年，米高杨和古列维奇设计出了世界上第一种后掠翼战斗机米格-15。在同年12月30日的首次飞行中米格-15的飞行速度就达到了每小时1 050公里，高度15 000米，其性能远超过了同时期研制的雅克-15和拉-15。米高杨和古列维奇的“高空、高速”的梦想终于变成了现实。米格-15在朝鲜战场上的首次亮相就引起了西方航空界的震惊，也使米高杨设计局一举成名。

米高杨和古列维奇也从米格-15起形成了米格战斗机的独特风格，特别是米高杨设计局设计出了苏联第一种超音速战斗机米格-19，它完全摆脱了德国技术影响，飞机最大速度达到了每小时1 450公里，飞行高度达1 800米。

米格-19的研制成功，不仅标志着苏联已经在喷气技术上赶上了世界领先水平，也使米高杨设计局在苏联国内的其他设计局中脱颖而出，在竞争中逐步走到了名列前茅的位置。

1958年米格-21的研制成功，使米高杨跻身于世界著名飞机设计师的行列。

1967年7月，米格-23变后掠翼战斗机在苏联航空节上首次亮相；1970年，飞行速度可达3倍音速、飞行高度达到30 000米高空的米格-25“双三”战斗机开始装备部队，使米高杨和古列维奇对“高速高空”的追求达到了最高峰。

1971年，米高杨因心脏病一病不起，临终前，他对病床周围来看望他的人们说的最后一句话是：“我还想上班去！”

铁血男儿

由于米格-15是苏联在保密情况下研制的，美国一直不知道，

直到美国战斗机在朝鲜战场上突然发现与他们交战的中国人民志愿军的战鹰具有后掠翼的外形、飞得比箭还要快时，才如梦初醒，舆论哗然，甚至在相当一段时间内，一些西方航空权威还认为这种飞机是出自于德国工程师之手。但是，很快西方就牢牢地记住了米高杨这个名字，并在很长一段时间里把他看成为西方战斗机的客星和主要竞争对手。

米格-15一上战场就显示出比美国和其盟国首批参战的所有战斗机在性能上的优势。

1951年1月21日，中国人民志愿军飞行大队长李汉率领6架米格-15与4架美国F-84在朝鲜安州上空进行了空战，取得了击伤美机1架的开门红。一个星期后，李汉率领8架米格-15再次升空，再次击伤和击落美国空军F-84各1架，这也是志愿军首次击落美空军飞机。美国空军不可一世的气焰受到了沉重的打击，惊呼‘中国在一夜之间就成了空军强国”。

面对志愿军空军的神勇，美国空军紧急将一个F-86A联队调进了朝鲜战场，世界上后掠翼喷气战斗机的首次大较量在朝鲜上空激烈地展开了。

从性能上说，米格-15和F-86几乎不相上下，但米格-15的重量比F-86要轻得多，因而具有更好的爬高性能和机动性能，反差最大的是中国志愿军飞行员与美国飞行员之间的经验和技术水平。

当时参战的美国空军飞行员都有参加过第二次世界大战的丰富经验，不少还是王牌飞行员，飞行技术熟练，临场经验丰富，机队作战也有一整套完善的配合战术。

反之，中国人民志愿军的飞行员都来自陆军。只在航校飞过日制和苏制的活塞式飞机，编入志愿军后在米格-15喷气战斗机上的平均飞行小时还不到22个小时，既没有较高的技术，更谈不上空战经验，因此在初次的几次与F-86的空战中，吃了不少亏。因而，与其说朝鲜战场上是世界首次后掠翼喷气战斗机之间的较量，更确切地说，应是中美两国飞行员之间胆识和意志的较量。

1951年9月12日，志愿军空军第4师50名飞行员、55架米格-15进驻了朝鲜基地。

9月25日，第4师进驻还不到14天，就遇到美国百余架混合机队袭击清川江桥，第4师出动32架飞机迎战，空战极为激烈。由李文模副团长率领的16架飞机在安州上空与20架美机遭遇，第一大队的李永泰队长遭到美国多架F-86的围攻，飞机中弹30余发，受伤56处，但他仍顽强应战并安全返回基地，飞行员刘勇新为掩护长机安全，单机与6架F-86激战，击落其中1架，自己也壮烈牺牲。

在以后的38天中，该师在与美国空军的“绞杀战”中共出动29批508架次，仅双方参战飞机200架以上的大机队群空战就达7次之多，志愿军空军取得了击落20架、击伤10架美空战机的辉煌战绩。

1952年2月10日上午，志愿军第4师奉命起飞两个团34架米格-15飞机，迎战企图轰炸军隅里附近铁路线的美空军机群。在空战中，12团3大队张积慧击落了曾参加过第二次世界大战、有着3 000小时飞行经历的王牌飞行员戴维斯少校，震惊了美国空军界。

在1952年11月和12月两个月内，志愿军空军出动战斗机283批2 463架次，击落美机52架、击伤11架，连美空军也承认，志愿军空军的“战斗力有惊人的提高”。

面对志愿军空军的主动进攻，美军不仅开始配备性能更好的F-86改进型战斗机，并开始在夜间用轰炸机对我方目标进行轰炸。我志愿军空军也装备了一批米格-15改进型，并有针对性地成立了夜航大队和夜间作战指挥所，组织空中与地面防空部队协同作战、一和二线部队配合作战，还乘美大机群活动间隙，继续以小编队打击美机小机群。

1953年4月7日，志愿军空军15师43团年轻飞行员韩德彩将美空军51联队“双料王牌”上尉费席尔驾驶的F-86击落，费席尔跳伞被俘。

费席尔被俘后，一心想会会击落他的志愿军飞行员。当韩德彩走进审问室时，翻译告诉费席尔，这就是击落你的飞行员，年龄还

不到20岁，飞行只有几十个小时，这位王牌飞行员看着韩德彩目瞪口呆，一句话也没说出来。

时隔44年后，即在1997年10月18日晚7时的上海天益宾馆里，这两位对手再次重逢了。这时韩德彩已是南京军区中将司令，费席尔是美国空军退役上校，两位老人拥抱后在大笑中泯去了恩仇，韩将军亲手题写了一个条幅送给费席尔，条幅上写着“着眼未来。”

到1953年上半年，中国人民志愿军空军共击落美空军飞机206架，其中F-86就占了159架。

朝鲜战争是空中力量又一次大较量，美国自始至终把赌注压在美国强大的空中力量上，企图通过控制制空权，全面摧垮中朝人民军队的抵抗力量。

美国在朝鲜战争期间，出动飞机总共104万架次，一天最多时达2 400架，平均每天出动约800架次，总共投弹64万吨，耗资40亿美元。

中国人民志愿军空军先后参战兵力有10个歼击师、2个轰炸机师和3个大队，连同朝鲜人民空军和苏联驻东北边境地区的防空部队的飞机总共只有500多架，共出动26 500架次（只有美空军的2.54%），平均每天出动61架次（只有美空军的7.6%），却严重打击了美空军的嚣张气焰，共击落敌机336架，击伤95架，敌我损失比为1.43:1。

这场战争的结果，美国第一次作为失败者在板门店被迫签订了停战协定。美国空军并没能挽回美军的败局，而中国志愿军空军在战火中迅速成长，出现了一大批技术熟练、经验丰富的飞行员，并形成了中国空军独有的空战战术，使中国空军成为世界上最强大的空军力量之一。

自米格-15和F-86以后，后掠机翼成了喷气高速飞机的设计特点之一，传统的十字机翼机身布局的战斗机很快被淘汰，代之以满天的“飞燕”了。

空中“可口可乐”

机身设计是超音速飞机设计的又一特点。最初的超音速飞机都采用尖尖的机头、细长的圆柱形机身，机身的直径只有长度的十几分之一。

尖尖的机头为的是在机头产生的激波尽可能弱，细长的机身能始终隐藏在机头激波锥面之内，从而减少阻力。

美国在1954年装备的世界上第一种实战型超音速战斗机F-100“超佩刀”战斗机就采用了尖机头布局，飞行速度可以达到每小时1 200公里以上；苏联一开始研制的超音速战斗机米格-21采用的是头部进气道，但在研制米格-23变后掠战斗机时也改用了尖机头、细机身、两侧进气的布局了。

1952年，美国的一位空气动力学家惠特科姆提出了著名的“面积律理论”，使超音速战斗机的设计出现了突破。

理查德·惠特科姆于1921年2月出生在美国的伊利诺斯州，1943年毕业于马萨诸塞州的伍斯特理工学院，随即应聘到美国兰利研究中心工作，1948年被提升为跨音速风洞试验室主任。

惠特利姆具有敏锐的观察力，他善于利用风洞试验结果进行分析。

通过对跨音速流动的反复观察，他认为圆柱形机身的设计在飞机飞行速度接近音速时是很不合理的。因为在机身与机翼的结合区，机身的截面积加上当地机翼的截面积后，就要比无机翼的机身截面积大，流过这段机身的气流在这个区域就会向外扩张，从而就会带来很大的跨音速飞行的阻力。

惠特科姆提出的解决办法也很简单，只要在有机翼的机身段，把机身截面积按照当地机翼的截面面积大小向内扣去一部分，保持沿纵向机身加机翼的面积基本平滑一致。这样，整个机身变成了两头粗中间凹的“可口可乐”瓶的形状。风洞试验证明这种方法减阻效果十分明显。

面积律的发现对飞机顺利突破音障起到了重要的作用，美国在1951年初设计了一架F-102“三角剑”战斗机。它是世界上第一种采用三角机翼的超音速截击机，但在设计时由于面积律还未被发现，所以在1953年首次试飞中，当飞机的速度接近音速时，由于阻力剧增、升力剧降，出现剧烈振动，飞机变得难以驾驶。

惠特科姆的面积律研究报告公布后，设计人员马上对F-102进行了面积律修改，将机身改为“可口可乐”瓶的蜂腰形。

改形后的F-102在1954年11月21日再次试飞，飞机在10 000米高度上加速，迅速通过了音障，并达到了1.2倍音速，飞机既没有振动，也没有其他异常现象，从而该机成为世界上第一种成功应用“面积律”的超音速战斗机。

接着，飞机设计人员在F-102基础上进行了更加“蜂腰”的修改，设计了F-106“三角标枪”。该机在1956年12月26日试飞中，在11 000米高度上飞行速度达到了2.31倍音速。在1959年12月，一架F-106还创造了当时最大平飞速度的世界纪录，达到了每小时2 454公里。

与爱迪生一样，惠特科姆也是一个工作起来不要命的人，经常不分昼夜地呆在实验室里，在最后的关键性试验阶段，干脆带一个帆布床，住在风洞里，还自己亲自动手制作模型，同行们戏称他为“高级钳工”。

惠特科姆是一位创造性极强的空气动力学家，永无止境的探索热忱，使他终生都在追求新的目标。

惠特科姆在“面积律”后又发现了“超临界机翼”，这一发现可以进一步改善飞机的超音速性能，同时又可减少机翼的结构重量；后来，他又创造了“翼梢小翼”，可以明显提高飞机的巡航效率和减少燃油消耗等。

在空气动力领域里，对许多人感到一头雾水的问题，惠特科姆总是能用通俗而又严密的语言把其中的本质描述得十分清楚，有人说惠特科姆终生在和空气交谈，只有他能破解隐藏在空气中的

秘密。

后来，美国空气动力学家又在惠特科姆工作的基础上提出了超音速面积律，“可口可乐”瓶状机身迅速被各国飞机设计人员所采用。我国的歼-8战斗机和轰-6轰炸机都采用了这种蜂腰形的机身。

以后，随着一系列与超音速飞行有关的新技术的飞速发展，超音速军用飞机也如同插上了超音速的翅膀，飞速地得到了发展。

1959年，美国研制了世界上第一种超音速轰炸机B-58“盗贼”。该机采用三角机翼无尾布局，可携带比机身重量大一倍多的燃油，可以飞行8 000公里以上，最大速度可达到2.09倍的音速。

B-58于1959年装备了部队，由于该机航程短，装载武器有较大限制，加上使用费用较高，所以在60年代初就退出了现役，总共生产了116架。

到1959年，美国洛克希德公司应美国空军的要求研制了SR-71战略侦察机，绰号“黑鸟”。该机采用了翼身融合体的无尾布局，飞行速度达到了3.21倍音速，可以称得上是超音速军用飞机中的极品。

烈火金刚

SR-71还是世界上第一架闯过“热障”的军用飞机之一，现在世界上能闯过热障的超音速飞机只有两架，一架是SR-71，另一架是苏联于1959年装备部队的米格-25高空高速截击机。

热障是超音速飞机越过音障以后所遇到的第二个也是更高的障碍。

由于飞机在高速飞行时，飞机蒙皮与空气气流之间产生强烈的摩擦会产生很高的热量，不仅使蒙皮表面的温度急骤升高，还会使机内的温度急骤升高，当飞行速度超过2倍音速时，因摩擦产生的热量之大，不仅飞行员难以忍受，而且会降低金属结构的强度，毁坏机内的仪表和零件，甚至导致燃油沸腾。这就是所谓热障。

飞机在零下5摄氏度的高空进行高速飞行中，当速度达到2倍音速时，机头和机翼前缘的温度可达到100摄氏度，达到2.5倍音速时，会升到200摄氏度。

人能较长时间忍受的温度边界约是40摄氏度，航空仪表和电子系统所能承受的极限温度是150~200摄氏度，飞机的主要结构铝合金的极限工作温度是180~200摄氏度。所以一般把飞行速度达到2.5倍音速作为热障的设计点，要想穿过热障的飞机必须选用特别的结构和材料，并要有可靠的隔热设计。

正因为如此，现在世界上除了SR-71和米格-25以外，其他的超音速飞机的最大速度一般都在2.5倍音速以下。

长期以来，特别在冷战时期，苏联的军用飞机的发展一直把美国作为针锋相对的目标，而美国和其他西方国家也一直都在密切注意苏联军用飞机的发展，通过各种合法和不合法的手段窃取苏联军用飞机的发展情报与一切可以得到的资料。

20世纪60年代末，当美国知道苏联正在研制一种针对SR-71的新型高空高速截击机，其速度也可以闯过“热障”达到2.8~3.0倍音速，其高度可以达到24 000米以上时，十分吃惊。他们不知道苏联究竟采用什么样的先进技术，使飞机达到如此高的性能指标，特别是对米格-25（绰号为“狐蝠”）究竟采用了什么样的秘密结构材料，使飞机能顺利地通过热障，更是摸不着头脑。

在以后几年时间里，美国使出了浑身解数都没有得到更多的有价值的情报。

就在1976年，却发生了轰动世界的一架米格-25从苏联叛逃到西方的事件。

叛逃的“狐蝠”

1976年9月6日，驻扎在苏联远东滨海地区某机场的苏联防空战斗机航空兵团正在进行常规训练，但当训练计划结束时，由别连科上尉驾驶的一架当时苏联最先进的米格-25“狐蝠”战斗机却没

有返回基地。

开始，指挥官认为飞机在训练中坠毁了，基地响起了警报，整个团队开始进行搜寻飞机残骸的行动。

但在寻找工作开始后不久，从日本传来信息，别连科驾驶的飞机已在日本函馆机场着陆。

苏联很快声称，这是一起训练中迷失方向、燃料耗尽被迫在日本降落的事件，要求日本立刻归还人和飞机。

但是日本在米格-25‘狐蝠’着陆后第二天就宣布了对别连科提供政治避难，而且很快连机带人都被‘邀请’到美国去了。

米格-25‘狐蝠’被美国空军用运输机运到了美国后，不顾苏联的再三抗议，立刻集中了20名美国专家对飞机进行了详尽的研究，并将飞机分解为一个个部件，对设备进行了测试分析，特别是对所用材料进行了性能测定，甚至作了破坏性试验，结果使美国人感到意外的是，飞机的结构材料用的是不锈钢，并非是他们所预计的钛合金。

美国人不得不承认，米格-25除了电子系统稍嫌不足外，飞机的综合设计十分出色。

有人说别连科是因不满意苏联空军中飞行事故太多而自己叛逃的，有人则认为是美国中央情报局因为美国长期没有弄清米格-25的秘密而精心策划的，甚至还说别连科在叛逃前不久还与美国间谍头子接了头，商讨了叛逃时间与秘密接头地点。

据称，在别连科的飞行路线图上，他原本打算直接飞到美国在日本的航空基地，来一次神不知鬼不觉的失踪，只是因为碰上了大雾，失去了地标，被迫降落在日本函馆机场，而被蒙在鼓里的日本机场保安人员一下子把事情搞得沸沸扬扬，使整个事情完全曝了光。

由于别连科的叛逃，使苏联花费了上亿卢布对米格-25的设备系统进行了更换。改装以后的飞机称为米格-25M型，后又生产了双座型米格-31。这两种战斗机至今在世界战斗机中仍享有很高的声誉。

超音速战斗机初登战争舞台

从1961年5月—1973年3月，历时12年的越南战争可以说是世界上第一次超音速战斗机之间的较量，美国主要的超音速战斗机有F-104和F-105等，越南人民空军主要使用的超音速战斗机则是苏联制造的米格-21等。

越南战争是美国企图用空中力量取胜而最终再遭失败的又一例证。

在整个越南战争期间，美军出动的固定翼飞机高达100万架次，投入的各种型号的飞机和直升机最多达5 000架，包括当时美国空军最先进的超音速战斗机如F-104"星"、F-100"超佩刀"、F-105"雷公"、F-4"鬼怪"以及F-111战斗轰炸机和B-52"同盟层堡垒"战略轰炸机等，但是却未能阻住越南人民军的最后胜利。

由于越南人民军的航空兵力量很弱，没有发生过太大的空战，较有影响的一次空战是在1972年12月27日，越南人民空军出动米格-21战斗机，击落了美军B-52轰炸机一架。

在越南战争中，美国曾发动了多次"地毯"式狂轰滥炸，在最大的一次轰炸战役中，美军动用了200余架B-52和近千架各种飞机，但一直没有炸断越南人民的交通线，最后还是灰溜溜地退出了战争。

但是越南战争空战实践也表明，超音速的速度在空战中的作用并不太大，很少有一个飞行员在作战飞行中使用过超音速飞行。

在对地攻击任务中，没有一架战斗机（即使是具有超音速飞行能力的战斗机）的速度超过音速，而在空中格斗时，飞机也只有在中等以下速度时才能作激烈的空战机动，因此不管是米格-21，还是F-104这些超音速战斗机的超音速能力几乎都没有用武之地，反而一些高亚音速的战斗机，如米格-19，却表现得十分突出，如鱼得水，驾驭自如。

现代战斗机的设计速度，为了适应现代超视距空战的需要，一

般都在2倍音速左右。

百“机”争鸣

如果说,20世纪军用飞机的发展,在前五六十年是受到了几次战争的推动，在接下来的20年则是受到东西两大军事集团冷战期间军备竞赛的刺激,而冷战结束后,虽然各国军费有一段时期有不同程度的削减,但近几年来,特别是科索沃冲突以后,各国的军费又开始有所上升,新的军备竞赛又开始升级,大量的现代化高科技融入到了现代军用飞机上。

掠动的翅膀

在20世纪50年代到60年代，各国军用飞机设计师似乎特别有灵感。自苏联接连推出了欧洲第一种后掠翼超音速战斗机米格-19和三角翼超音速战斗机米格-21战斗机后，法国达索公司研制了“超神秘”B.2,瑞典研制了两侧进气双三角翼无尾的萨伯J-35“龙”。

60年代初,达索公司推出的“幻影”战斗机,美国麦道公司研制了双座远程超音速舰载战斗机。

1960年,北美公司交付给美国海军A-5A“民团团员”舰载侦察攻击机。该机采用的可变楔型进气道、全动式垂尾和平尾的气动布局，以及装备的多模态雷达和惯导系统都成为以后攻击机设计的样板。

60年代末期出现的最具有革命性的飞机是变后掠机翼飞机和垂直起飞着降飞机。

一架军用飞机,如远程轰炸机,在执行作战任务时要经历从机场起飞、爬升、空防、轰炸、返航、着陆等多个阶段。

超音速后掠机翼对于飞机在高速特别是超音速飞行是非常合适的,但在飞机起飞着陆时,飞行速度相对较小,要求机翼能提供足够大的升力,后掠机翼这时就不是最佳的,相反,直机翼反而更好。

因此，很早以前就有人设想机翼是否能像鸟一样，在起飞着陆时把翅膀张开，在高速飞行时把翅膀向后收起。

但机翼后掠角变化所引起的飞机气动力变化十分复杂，机翼转动的变掠角机构和操纵机构也非常复杂，所以直至60年代初变后掠机翼的理论才较为成熟，而工程设计问题也已基本解决后，美国在1962年才决定在下一个战斗机F-111的研制中采用变后掠翼方案。

经过5年的研制，F-111A于1967年10月开始装备部队，这成为世界上第一种实用的变后掠翼战斗轰炸机，最大飞行速度为2.2倍音速，低空最大速度为1.2倍音速，实用升限为155 000米，作战半径为2 100公里。

一年以后，苏联也研制出了米格-23"鞭挞者"变后掠翼战斗机，接着是欧洲的"狂风"变后掠翼战斗机，以及苏联的图-22M变后掠翼轰炸机等。

F-111和米格-23的机翼后掠角变化是飞行员根据飞行速度的需求用手柄人工控制的，但F-111的后掠角可以从20度到70度之间无级变化，米格-23则只能选择18度、47度和74度三个位置。

而后期的变后掠翼战斗机如法国的"狂风"则采用了自动变后掠翼机构，机翼的后掠角随着飞行速度的变化而自动变化，并始终处于最佳位置。

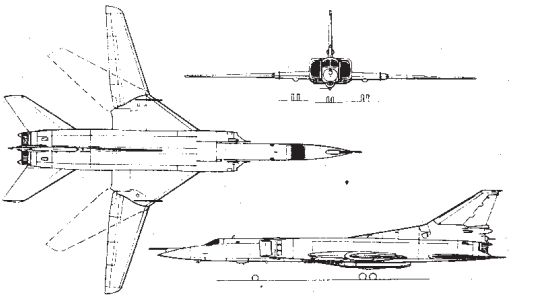
由于机翼掠动机构会使飞机结构重量增重10%以上，因此一般适合于重型运输机，如苏联的图-22M，美国的B-1战略轰炸机。

"逆火"烧起的恐慌

美国对苏联的图-22M一直给予特别的关注，因为美国认为米格-23只是一种变后掠战斗轰炸机，而图-22M将是一种带核弹头的超音速变后掠战略轰炸机，所以得知苏联在研制这种飞机后，就一直在收集这种飞机的点滴信息。

在1992年莫斯科航展和范堡罗航展正式亮相之前，图-22M一

直蒙着一层神秘的面纱，各国航空界对它有各种猜测，一会儿认为它是一种可带核弹头和远程巡航导弹的远程战略轰炸机，一会儿又认为它是一种图-16“獾”和图-22“眼罩”的后继机。



曾使美国耿耿于怀的苏联图-22M“逆火”变后掠翼轰炸机

每次在美苏进行战略武器谈判时，美国总是要求苏联公布图-22M“逆火”的真相，并且非要把它归入战略武器之列。后来，虽然西方集团最终认可图-22M“逆火”确是一种相当于美国FB-111的中程战术轰炸机，但认为图-22M“逆火”的尺寸、作战能力和性能指标远远超过了FB-111，所以西方国家至今仍认为图-22M是俄罗斯武器库中最具威慑力的武器之一。

美国和北约所以对图-22M“逆火”给予特别的关注，还与该机的研制背景有很大关系。

20世纪60年代初，美国宣布要很快发展出SR-71三倍音速的战略侦察机和XB-70战略轰炸机后，苏联立即作了反应，决定要研制能运载远程导弹的超音速载机，并对应XB-70和SR-71也提出了两种方案。

一种是一般机体结构，设计巡航速度大于每小时2 000公里，另一种是特种结构方案，设计速度大于每小时3 000公里，航程在6 000~7 000公里之间。特种结构方案最终因为造价昂贵而被放弃。

一般结构方案就是后来被确认的“逆火”。由于西方对它只是猜测，因而美国咬定它的6 000~7 000公里的航程指标应属于战略武器，认为只要通过空中加油就可从苏联直抵美国，不仅会对美国本土构成威胁，还会对美国的盟国及其美国的海外基地实施战

略攻击，特别会严重妨碍美国和其盟国的海外运输，将迫使美国和北约集团投入更多的军舰与飞机进行护航。

图波列夫设计局在1962年开始研制“逆火”时，西方就很快得到了情报，但一直未能得到它的进一步资料，直到1970年7月美国卫星在喀山地区图波列夫工厂附近上空拍到了一张原型机的照片，犹如夏天里的一把火，使西方集团坐立不安，并很快给它起了个“逆火”的绰号。

从照片上，只能看出“逆火”是个“庞然大物”，有个粗粗的机身，长长的机翼，虽然可以分析出可能采用了变后掠机翼技术，但机身却没有采用超音速飞机使用面积律所要求的“蜂腰机身”，多少令人迷惑不解。

实际上，当时图波列夫设计局对变后掠机翼技术还没太大的把握，因此，第一种原型机的研制重点只是为了探索变后掠机机翼技术和试验新的发动机，对机身没有太在意。

为了降低变后掠翼对飞机压力中心带来大位移的风险，“逆火”机翼实际上采用的是半后掠机翼，也就是机翼内段近三分之一是固定不动的翼套，只有外翼段是可变后掠角的（22~55度）。

“逆火”的初始型，主要用于技术验证，第一架于1970年开始试飞。“逆火”B是真正投入批生产的型号（图-22M2）。与A型相比，它除了加大了翼展外，外形基本上没作太大的改变，但外翼后掠角增加到60度，高空最大速度达到了1.65倍音速。

“逆火”B型于1978年进入部队使用，总共生产了211架，有两个中队还参加了1987—1988年的阿富汗战争。

真正显示出成熟技术、并令美国和北约集团感到威胁的是1977年6月首飞的“逆火”C型（图-22M3）。

它几乎是一种全新的设计，是苏联采用“多阶段发展”新采购方法后引以为豪的成果之一，由于它的航程超过了6 000千米的目标（约6 800千米），因而“逆火”C被美国和西方国家称为先进远程轰炸机。

跃升的“海鹞”

一般军用飞机在起飞和着陆时都要在机场的跑道上滑行很长的距离，所以机场在战争中就成为很重要的袭击目标，只要摧毁了机场，战斗机就不能起飞，变成了一堆废铁。

因此，从50年代后期起，有一些国家就开始想研制一种能垂直起降，或能在很短距离起降的飞机，以减少对机场的依赖性。

世界上第一种实用的由英国研制的可以垂直起降的“海鹞”战斗机

英国是世界上第一个研制出在部队正式使用的垂直或短距离起降战斗机的国家。这种战斗机被称为“鹞”，它于1957年开始研制，1969年正式装备部队。

接着苏联也开始研制出了雅克-38“铁匠”垂直起降战斗机。该机于1976年首次在“基辅”号航空母舰上。

“鹞”式战斗机装有1台“飞马”型喷管可转向的涡轮风扇发动机，有两对喷管置于机身两侧靠近重心的位置上。

当飞机需要垂直起飞时，两对喷管转到朝下方向，发动机喷气流像四根强有力的气柱将飞机平地托起，然后喷管向后方方向转动，让飞机平稳地从垂直升起状态转向平飞状态，最后喷管转至水平向后位置，完全用来提供向前的推力。

当飞机需要下降时，喷管从水平向后位置逐渐转向到向下位置，飞机也从平飞状态逐渐变为悬停状态，然后平稳降落。

飞机的机身前后、机翼两侧还都开有小喷嘴来调节飞机在垂直起降时的姿态。

雅克-38除了有一台带两个可转向喷管的主发动机外，还有两台辅助的升力发动机，除了用来提供飞机垂直起降的向下动力外，还用于飞机姿态的调节。

这种垂直起降的战斗机除了不依赖机场外，还可以在空中进

行低速机动、悬停转向、就地倒退等一般战斗机无法实现的特别机动动作。

此外，由于这种战斗机还可以在中型舰只上起降，不需要依赖航空母舰，从而大大增强了作战灵活性。为此，英国皇家海军于1975年开始将“鹞”改进为“海鹞”并于1979年交付海军使用。

美国在70年代初先向英国购买了一批“鹞”（改名为AV-8A），后来于80年代初又与英国联合改进并发展了第二代“鹞”（英国称为“鹞”Ⅱ，美国称为AV-8B）。苏联也于80年代中把雅克-38改进为雅克-141。

在1982年的马岛战争中，“海鹞”战斗机首次投入实战使用，虽然表现良好，但也暴露出载重远远不够，载弹量少，燃油不够，机载设备也缺东少西，而且当“鹞”这种战斗机在装了所有东西满载起飞时，飞机根本无法实现垂直起飞，只能实现短距起降。

在以后对“鹞”的几次改进中，飞机设计人员不得不承认，在现有的和可以预见的技术条件下，飞机不可能同时获得垂直起降、高速度、大航程和大载重的最佳性能，特别是要想实现垂直起降必须牺牲飞机其他的许多性能，因此现在各国对于发展像“鹞”这类垂直起降战斗机已不是太热心，而是更多地转向短距起降概念的飞机的研究，同时飞机的起降方式也转向更多的新方式，如将直升机的概念引入到固定翼飞机中，出现了旋转机翼或旋转发动机的飞机等。

现代空中力量

自20世纪60年代后，军用飞机品种和技术也有很大的突破，如侦察机技术不仅出现了速度为3倍音速SR-71高速侦察机，也出现了飞行高度超过25 000米的U-2高

飞行速度超过3倍音速的美国SR-71战略侦察机

空侦察机。在军用飞机品种中，预警飞机、电子战飞机等也纷纷成为空中力量不可缺少的一部分。这些特种军用飞机在70年代后以来发生的几次局部战争中都发挥了独特的作用。

在1982年6月9日，以色列对叙利亚进行的贝卡谷地的空袭中，首次体现了电子战飞机的威力。

在这次行动之前，以色列军先出动了波音-707E电子战飞机、装电子对抗设备的F-15、装电子干扰吊舱的F-16、F-4电子干扰机对叙利亚的地对空导弹阵地实施了强烈的电子干扰，然后再对叙导弹基地进行密集攻击，有效地摧毁了这些基地，为后续的空袭扫清了障碍。

1982年4月20日，由阿根廷与英国争夺马尔维纳群岛引发的马岛战争，首次体现了空中、海上、地面、海下同时展开的立体战争，制空权显得更加突出，多兵种联合作战效率得到了充分的体现。

在这次战争中，英国军方出动了多种特种用途飞机，除了首次使用了舰上垂直起降的“海鹞”垂直起降战斗机外，还首次显示了空中加油机的作用。

在20世纪90年代的海湾战争中更是体现了“空—地—天”一体化战争的现代空战特点，空中力量成为决定胜负的重要因素。

海湾战争还揭示了“一机多用”、“一机多型”将是未来作战飞机的发展趋势，这里包含着大量的高科技综合技术、各种现代装备的支援和保障，从而充分体现出未来的战争将是综合性高科技战争的典型特征。

在海湾战争中，多国部队之所以能以极少的人员伤亡赢得了胜利，就是自始至终牢牢掌握着绝对制空权。

为了保持制空权，不仅要有先进的作战飞机，还要有各种配套的特种用途飞机。

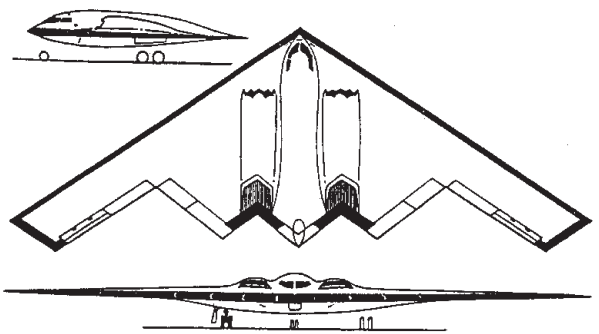
特别要指出的是，在1991年第一次海湾战争中，美国空军首次以F-117A隐身战斗机打头阵。它们在电子战飞机的电子干扰的支援和夜色掩护下，在17日凌晨2点在伊拉克首府巴格达上空投下了

第一枚炸弹，并空袭了总统府、空军司令部、电话电报大楼和通信中心。F-117A攻击机队在整个突防过程中到巴格达上空，均未被伊拉克防空导弹发现，直至第一枚炸弹爆炸40分钟之后，巴格达才进行了灯火管制。

在这次战争中，美国共调用了44架F-117A战斗机，多次执行精确轰炸任务，每次均安全返回基地，无一架损失，显示了隐身技术的独特作战功能。

在1999年4月24日，以美国为首的北约八国联军向南联盟发动的连续78天的轰炸中，美国首次动用了造价21亿美元的B-2A隐身轰炸机。

“飞翼”之梦



外形像黑蝙蝠的美国 B-2 隐身战略轰炸机

B-2A隐身轰炸机最引人注意的是它有像一个巨型黑蝙蝠的外形，整个飞机似乎就只有一个机翼，没有平尾，也没有垂尾，很像“一千零一夜”故事中的“飞毯”，一种外形是三角形的“飞毯”。

其实早在20世纪40年代末，天上就出现过“飞翼”飞机。这种飞机的设计者是名叫约翰·克努森·诺斯罗普的美国设计师。

诺斯罗普1895年11月10日生于美国新泽西州纽瓦克。1916年诺斯罗普进入洛克希德飞机制造公司，公司给他的第一项工作是

设计F-1双发水上飞机的机翼。

1920年，诺斯罗普离开了洛克希德公司，经过几年闯荡后，他于1928年创建了自己的公司。

1930年公司设计出7座的“阿尔法”飞机，这是美国第一种投产的全金属加强蒙皮的客机，曾在环球航空公司投入使用。诺斯罗普研制的另一种XBT-2海上俯冲轰炸机的原型机后来由道格拉斯公司开发成很有名的“无畏”俯冲轰炸机。

1939年，实力强大的道格拉斯公司吞并掉了诺斯罗普公司，诺斯罗普毅然离开了自己原来的公司，又重新创办了一家新的诺斯罗普飞机公司。

新公司的第一个设计是为挪威政府研制N-3PB水上飞机。德国占领挪威后，该机被装备到了英国皇家空军挪威330中队。

1941年公司又设计了P-61“黑寡妇”，这是美国空军第一种夜间战斗机，生产总数达700多架，在太平洋和欧洲战场上广为使用。

诺斯罗普是一位具有创新思想的设计师，在他从事上述各项工作的同时，一种更加先进的飞机设想始终萦绕在心头，那就是“飞翼”。

他认为，“飞翼”的气动力外形干净，机翼所产生的阻力要比常规机翼加机身的飞机阻力要小，因而“飞翼”能比普通外形的飞机飞得更快、更远。为了实现这个想法，诺斯罗普为之努力了几十年。

早在1929年，诺斯罗普就试飞过他设计的第一种“飞翼”，因为经济实力不够，不足以把研究继续下去，因此只好把开发“飞翼”的想法暂时放一放。

到了1939年，新的诺斯罗普飞机公司成立后，因为得到数量不少的军用合同，才使他有可能重新集中精力开发“飞翼”。

为了使设计得到成功，诺斯罗普查阅了大量技术资料，还请来气动力泰斗冯·卡门教授，对大量飞翼模型进行风洞试验和自由飞试验。

为了开发全尺寸“飞翼”，诺斯罗普先用木材和钢管制造了一

个缩比样机N-1M，翼展11.6米，机长5.2米、机高1.5米。1940年7月3日，N-1M在加州贝克干湖进行了首次试飞。

试飞初期，试飞员报告说，飞机离地还不到2米，并且必须保持一个精确的迎角才能飞行，结果又请来冯·卡门教授，通过调整升降副翼的后缘才解决了问题。

尽管N-1M布局有很多优点，但最大的问题是稳定性不好。为了解决这个问题，诺斯罗普在N-1M研制中进行了多项改进，并最终找到一个航向、俯仰稳定性都较好的“飞翼”布局：大后掠角，小上反角，翼梢无下反。

在N-1M的基础上，诺斯罗普又经过改进发展了N-9M。

N-9M在外形上像N-1M，两台发动机全埋在“飞翼”内，使整个飞机显得简洁、流畅。

N-9M系列飞机共制造4架，从1942年12月到1945年上半年，4架飞机进行了大量试飞，为后来研制XB-35“飞翼”轰炸机积累了宝贵的数据。

二战期间，根据军方的要求，诺斯罗普发展了多种“飞翼”方案，有小型战斗机，也有大型轰炸机，后来小型飞翼计划在战争结束时都被取消了，诺斯罗普研制的大型轰炸机“飞翼”方案却获得较大成功。

1941年11月，美国陆军航空队下令研制两架XB-35飞翼轰炸机原型机，准备用它们来轰炸德国，XB-35的翼展为52.5米，最大重量为74.8吨。

1941在进行XB-35方案设计时，该机显得极富希望，预计该机可比普通轰炸机航程远13%~14%，而只需用75%~89%的发动机动力，就能达到与其相当的飞机的速度。

但是XB-35的进展却不尽如人意，直到二次战争结束之后才于1946年6月25日进行了首次试飞。由于当时战争已结束，200架B-35轰炸机的合同自然被取消了，海军也对其失去了兴趣。最后，这种外形奇特的“飞翼”轰炸机只制造了15架。

在试飞中，XB-35性能还是很不错的，不足的是发动机多次出现故障，诺斯罗普由此想搞一种喷气式的飞翼轰炸机，这就是YB-49的起源。

由于换了喷气发动机，YB-49很快就展现了出色的性能，能携带13 608公斤的炸弹飞行8 640公里，巡航速度为每小时644公里。

不幸的是，第二架YB-49于1949年6月5日在试飞时坠毁，机上5名机组人员全部遇难。

这时空军又以标准化为由，取消了原定的30架YB-49的合同，反而与YB-49的竞争对手签订了合同。取消原定的30架YB-49的合同，使多年来怀有热烈期望的航空工业界为之哗然。其中究竟出了什么问题，谁也不知道。满腹郁闷的诺斯罗普很快下令拆毁了已经造好的YB-49飞翼轰炸机。

1952年，年仅57岁的诺斯罗普以健康状况不佳为由提前退休。他的朋友都清楚，是几十年“飞翼”之梦的破灭把他给摧垮了。随后的30年，诺斯罗普一直过着隐居的生活，再不愿和人们讨论“飞翼”的话题。

直到1980年12月，身患重病的诺斯罗普觉得再不能保持沉默了。

他拖着病体专门接受了一次电视采访，在这次采访中诺斯罗普透露了当时他的YB-49飞翼轰炸机合同被取消的真正原因：当时空军对他说，要他同意把他的公司与当时较大的康维尔公司合并，就像当年道格拉斯公司吞并原诺斯罗普公司那样，否则就取消YB-49的合同。诺斯罗普实在不愿让历史重演，坚决拒绝了，但他又不能公开声张，因为他的公司还得依赖空军的其他合同生存下去，于是他只好保持沉默，咽下了YB-49的合同被取消的苦果。

在接受这次电视采访的几个月后，诺斯罗普于1981年2月18日永远离开了人世，享年86岁。

沉寂了近30年的飞翼方案，到了80年代，重现庐山真面目，应该说是诺斯罗普几十年苦心研究飞翼终于结出了硕果。

1978年，美国空军根据战略上的需要，要求各飞机制造公司秘密研制一种隐身战略轰炸机。

1981年10月，一直有飞翼研制情结的诺斯罗普公司理所当然地争取到了这项合同。

1988年11月22日，诺斯罗普公司正式向社会揭开了B-2A隐身轰炸机神秘的面纱。这个没有机身和尾翼的“黑蝙蝠”正是当年诺斯罗普梦寐以求的飞翼。

B-2A隐身轰炸机飞机的机身机翼完全融为一体，平面形状呈现三角翼，前缘后掠角33度，双M形的后缘共设置了8个操纵面，没有垂直尾翼，座舱、动力和武器也都基本或完全埋入机体之内。所有应用的技术和解决操纵性的方法正是在当年XB-35和YB-49上已经试验成功的技术的再现。

从技术上讲，与常规布局的飞机相比，飞翼的稳定性较差，这大概是40年代末飞翼方案下马之后未能获得实用的最主要的原因。几十年过去了，随着现代电子技术的发展，计算机在控制领域的大量应用，放宽静稳定性技术的日臻成熟，终于为飞翼的实用扫清了障碍，B-2A隐身轰炸机也正是在这种背景下获得了成功。

在以美国为首的北约八国联军向南联盟发动空袭的行动中，B-2A隐身轰炸机从美国本土密苏里州的怀特曼空军基地起飞，横跨大西洋，长途奔袭15个小时（中途只在大西洋上空进行一次空中加油），直接抵达南联盟上空，投放了它运载的900公斤炸弹后，又安全返回美国基地，显示了这种高现代化技术的战略威慑力量。

四代“鹰”谱

在分别以美国和苏联为首的东西方两大集团长达40年的“冷战”对立时期，美苏的军备竞赛不仅始终围绕着先进战斗机的研制而重复展开，而且形成了每当美国推出一种新战斗机，苏联很快会推出一种相似的机种与此相抗衡的特点。就像田径赛场上的长跑比赛一样，美国总是跑在第一位置上，而苏联则总是紧跟着美国后

面，几乎一步不拉，从而也带动了其他国家的战斗机水平的发展。

现在无论是评价一个国家军队武器装备水平的高低，还是衡量一个国家航空技术和航空制造水平的上下，其战斗机水平都是首先要评价的指标。

从现在世界航空界公认的观点来看，自从20世纪50年代第一代超音速喷气飞机问世以来，战斗机已经发展到第四代，但从俄罗斯的观点，他们把变后掠翼战斗机米格-23的出现单独列为一代，因而俄罗斯认为现代战斗机已经发展到第五代，而西方国家把米格-23列为第二代技术水平，仍坚持为四代。

20世纪50年代初的第一代典型的战斗机，正如前面已介绍的是美国的F-100"超佩刀"和苏联的米格-19，西方给它的绰号为"农夫"。

这一代战斗机都采用了后掠机翼，最大速度都在1.3~1.5倍音速，有简单的雷达瞄准具，以大口径的航空机枪为主要作战武器，主要作战方式也是以追尾攻击为主的近距格斗。

F-100于1954年投入使用，共生产了2 350架，是越南战争中美空军的战斗机。米格-19于1955年投入使用，总产量超过10 000架。

20世纪50年代末和60年代初的第二代的典型战斗机为美国的F-104"星"、F-4"鬼怪"和苏联的米格-21、米格-23，西方分别给它们的绰号为"鱼窝"和"鞭挞者"。

这一代战斗机的最大飞行速度提高到2倍音速，采用小展强比薄机翼及细长机身等先进气动布局，开始装有独立的航空电子设备系统，具有全天候作战能力，机载武器是近距红外制导空空导弹及中距雷达制导空空导弹加机炮，主要作战方式仍是近距格斗，但有中距导弹拦射能力。

F-104于1958年投入使用，总产量2 000架，F-4于1961年装备部队，总产量超过了5 000架。

米格-21也是1958年装备部队的，产量也超过5 000架，米格-23是针对美国在1967年推出的F-111后掠翼战斗机而研制的变后掠

翼战斗机，于1970年装备部队，总产量为3 000架。

从飞机吨位比较，F-104与米格-21接近，为8~9吨级，而F-4和米格-23接近，为16~18吨级。在美国空军中F-104和F-4形成“轻-重”搭配，米格-21和米格-23则在苏联空军中形成“轻-重”搭配。

其他国家的第二代战斗机还有法国的“幻影”Ⅲ、“幻影”F1和瑞典的萨伯-37“雷”。

20世纪70—80年代的第三代典型战斗机是美国的F-15“鹰”和F-16“战隼”，苏联是苏-27和米格-29，西方分别给它的绰号为“侧卫”和“支点”。

这一代战斗机的最大飞行速度和飞行高度与第二代战斗机没有太大的区别，但是飞机的空战机动性大大提高，无论是爬升率、盘旋半径、持续转弯率和瞬时转弯率及加速度都比第二代超音速战斗机有大幅度改善。

为了提高飞机的机动性，在飞机气动设计上采用了边条机翼、前缘襟翼和翼身融合体技术，并装有高推重比的发动机。

在作战功能上，飞机装有具有下视和下射功能以及可用于对地攻击的多功能雷达，作用距离可达50~100公里，机载武器增加了中远程空空导弹，因此第三代战斗机既可作近距格斗，还有超视距作战能力，同时还有全向探测和攻击能力。

在美国空军中，F-15和F-16形成了第三代战斗机的“重-轻”搭配和“高-低”搭配，至今仍是美国空军的主力机种。

F-15和苏-27起飞重量都为27~30吨量级，属于第三代战斗机中的重型战斗机，F-16和米格-29的起飞重量则为15~19吨量级，属于轻型战斗机。

其他的第三代战斗机还有美国的F-14“雄猫”、F/A-18“大黄蜂”，法国的“幻影”2000等。

当前正在研制、准备于21世纪初开始装备部队的属于第四代战斗机，典型机种是美国正在进行装备部队前试飞的F-22“猛禽”和正在研制中的“联合攻击战斗机”(JSF)，俄罗斯正在研制中的苏

霍伊设计局的S-37(技术验证机)和米格设计局的米格1.44(技术验证机)。

这一代战斗机的主要特点是具有4S能力,4S为长时间超音速飞行、隐身性、超机动性和敏捷性,以及短距离的起飞着降性能四个英文字母的缩写。

在设计上,飞机将使用更先进的复合材料和合金材料,将装有可改变推力方向的发动机尾喷管(又称矢量推力),机载火控系统可以同时跟踪和攻击多个目标,机载武器将是发射后不管的主动跟踪目标的空空导弹,因此飞机将有全方向、全速度、全天候、大航程、大作战载荷、高生存力等作战能力。

美国空军准备用F-22替代F-15,用JSF来替代F-16,形成新的"高-低"和"轻-重"搭配。

F-22预计于2005—2006年装备部队,每架飞机的单价高达1.3亿美元,而JSF将在2010年以后装备部队,单机价格约在3 500万美元。

由于第四代战斗机的研制和制造费用太高,目前还没有其他国家有计划研制自己的第四代战斗机。但是目前欧洲还有几种已经或很快将装备部队的新战斗机。这些战斗机的总体性能优于第三代战斗机,但又不具备第四代战斗机的全部特点,如不能作长时间的超音速巡航飞行,没有全面隐身性能等,因而称它们为三代半战斗机,主要战斗机有法国的"阵风"、欧洲的"台风"、瑞典的JAS 39"鹰狮"和俄罗斯的苏-27/35/37等。

追求完美

由俄罗斯苏霍伊设计局研制的苏-27战斗机是目前三代半战斗机中的佼佼者,也是使美国和西方国家既佩服又最发怵的俄罗斯战斗机。该飞机设计完美、性能优异,还在多次国际航展上完成了独特的"眼镜蛇"机动动作,技惊四座。每次表演都会引起万众瞩

目,欢声雷动。

也正是苏霍伊设计局在苏-27基础上不断发展出一系列的改装改进型,才使美国不惜投资600多亿美元,顶住来自国内各方面的压力,全力以赴地研制第四代先进战斗机F-22"猛禽"和"联合攻击战斗机"(JSF)。

执著的一生

俄罗斯的苏-27战斗机被公认为是现代战斗机中的佼佼者

苏霍伊设计局的第一任领导人就是苏联著名的飞机设计师巴维尔·奥西波维奇·苏霍伊。他对航空事业执著追求的一生,为苏联留下了许多优秀的飞机,同时,他坎坷的一生也深得苏联人民的尊敬与爱戴。

苏霍伊1895年7月10日生于现在的白俄罗斯一个小乡村里。

1900年,苏霍伊父亲被任命为郭米尔镇铁路小学的校长,全家由此迁到镇上。就在这里父亲办起了家庭图书馆。苏霍伊很小就喜欢读书,把父亲的藏书都读了一遍,晚上,全家就围坐在桌旁,或朗读诗,或阅读家庭自办的杂志《年轻的新一代》。家庭的每一个成员都是这杂志的撰稿人。

他在念小学时就对空中翱翔的老鹰有浓厚的兴趣。苏霍伊上中学四年级的时候第一次看到了飞机,此后制作飞机模型成了他的爱好。

考入莫斯科大学物理数学系以后,苏霍伊开始听当时被称为"俄罗斯航空之父"的尼古来·儒科夫斯基的航空理论基础课,这在很大程度上决定了苏霍伊未来的事业。

由于战争,他中断了学习,被征召入伍,参加了炮兵部队。在前

线他亲身体验到俄国空军的落后，体会到空军的重要性，悄悄地立下志愿今后要一生从事航空事业，首先是战斗机的制造。

十月革命胜利后，他回到家乡。当时那里的生活非常困难，在一次苏霍伊去乡下为家庭买些食品的途中不幸感染了斑疹伤寒，勉强支撑着回到家里。病情刚好一点，又得了猩红热，这严重损害了他的喉咙，他失音了。青少年时代的苏霍伊就显示出有很高的音乐天赋，很喜欢唱歌。这次大病之后，他不但不能唱歌连说话都困难，声音很小，以后则完全嘶哑了。也许正因为这个原因，他一生都沉默寡言。

1920年苏维埃政府决定，大学生可以返校学习。1921年秋，苏霍伊重返莫斯科，进入莫斯科包曼工学院学习。

当时的生活极其艰苦，由于严寒，大学生们蜷缩在大衣里，呵着气，搓着手听儒科夫斯基的讲课。课后，学生们去火车站卸货，去莫斯科河码头干体力活，挣些钱来维持生活。

苏霍伊住在集体宿舍里，房间很小，十分拥挤，有些人只好睡在地板上。

1924年他大学还没有毕业，就开始在中央空气流体动力研究院一面当制图员，一面在当时已十分著名的飞机设计师图波列夫的指导下做毕业设计。

1925年，他通过了题目为‘单座300马力的战斗机’的毕业设计论文答辩，由于他的毕业设计不仅设计新颖，而且表现出扎实的技术基础，给图波列夫留下了深刻的印象，因而毕业后即被留在图波列夫设计所工作，实现了他从事航空的夙愿。

图波列夫十分喜爱这个聪明好学的年轻设计师。在图波列夫引导下，苏霍伊很快展示出了他卓越的才能，参加工作不久就成为设计组长，几年后被升为主管设计师，接着又被提升为副总设计师。

苏霍伊首先承担的工作之一，是设计战斗机伊-4。这是一种全金属战斗机。1927年该飞机试飞时，他才30岁，该机曾作为优秀的

第一线战斗机长时间被部队使用。

苏霍伊在担任主管设计师后首先设计的是AHT-25远程破纪录飞机。1933年6月该机首飞,9月完成10 800公里的飞行。1934年9月该机又创造了飞行13 020公里的世界纪录。1937年6月,契卡洛夫机组还首次驾驶着该机完成了从莫斯科飞越北极到达美国的壮举,全程飞行10 000公里,历时63小时25分钟,轰动了西方航空界。

1939年,由于他表现出的飞机设计才能和出色的业绩,被批准组建独立的苏霍伊设计局,开始了他长达50年的伴随着失败和成功的飞机设计生涯。

新设计局在竞争中得到的第一个任务是设计代号为“伊万诺夫”的远程攻击机。1940年,该机装备部队后被命名为苏-2。这种飞机生产了800多架,在卫国战争中作为强击机和近程轰炸机参加了战斗,成为这个年轻设计局的首项成就。

苏-2的改进型是苏-4。根据飞行员的意见,发动机功率加大了,座舱装入防护装甲,增加了机枪,并很快再次投入战争。

在这一阶段,设计局工作十分紧张,经常是两个型号同时并进,总共设计了不下七种型号,苏-1/苏-2/苏-3/苏-5/苏-6/苏-7/苏-8。

1949年对苏霍伊设计局来说是灾难性的一年,该设计局设计的苏联首架跨音速飞机苏-15截击机在试飞中出现破坏性的颤振,飞行员跳伞但飞机坠毁。

该机的坠毁,不仅使研制工作被迫中断,苏霍伊设计局也下令被撤销。这是苏霍伊一生中经受的最残酷的一次考验。

当时苏霍伊局还在设计速度为一倍音速的苏-17试验战斗机,这一来,已经装配了一半的样机也不得不停下,连图纸也被收了起来。

国防工业部建议苏霍伊改行去搞火箭设计,但被苏霍伊拒绝了。

拒绝意味着无事可干。苏霍伊设计局的人员也要被分散到不

同单位。就在这时，一手把苏霍伊培养起来的图波列夫再次伸出援助之手，决定收容苏霍伊设计局的主要力量，并仍然让他们组成一个小集体在自己的设计局里工作。

苏霍伊再次回到图波列夫设计局，被派往远东的伊尔库斯克工厂，配合图-14的生产。

在工厂里，他承担着设计师、工艺师、生产组织和各种工作。在四年的时间里，苏霍伊与工厂厂长交上了朋友，他们的友谊为以后双方的合作打下了基础。在后来苏霍伊恢复了设计局工作以后，他首先把伊尔库斯克厂的厂长任命为苏霍伊设计局试生产厂的厂长。

1953年5月，苏霍伊设计局被恢复，但一切工作又必须从零开始，为了忘去过去的阴影，苏霍伊把从1953年以后设计的飞机重新编了号。

当在图波列夫局工作的一些老朋友回到他身边时，他首先向大家展示了两种飞机的气动布局总图。一种是前线截击机，一种是拦截歼击机。这使大家非常吃惊，也对苏霍伊的远见表示由衷的敬佩。这表明苏霍伊还在图波列夫局搞轰炸机的时候，就一直在注意北大西洋公约组织空军新飞机的发展趋势，并早就在构思草图。

在那些深受压抑的日子里，苏霍伊不仅没有被打击所摧毁，而是充分利用这段时间孜孜不倦地阅读国外航空书籍、杂志、论文，一刻也没停止过追踪航空理论研究、飞机设计、材料、发动机、电子和武器各个领域的新成果。

从1953年到1958年，苏霍伊设计了总共20多种型号，有8种装备了部队，特别是苏-7对地攻击机和苏-9截击机深受空军的欢迎，大大增强了空军的实力，苏霍伊再次声名鹊起。1957年他第一次获得金星英雄奖章。

由于苏-7还被销往国外12个国家，苏霍伊的名字也在世界上广泛地传了开来。他的改进型苏-7B在空军服役了20年，在超音速喷气时代，苏霍伊以他深思熟虑的设计写下了光辉的一页，充分显

示了他的创新能力。

在这以后，苏霍伊一直站在飞机设计的最前沿，研制了变后掠机翼、两侧进气道、双三角机翼等多种非常规飞机布局，为苏霍伊设计局在以后的飞机设计沉淀了大量的技术储备。

苏霍伊还在高超音速战斗机方面取得了许多技术成果，还设计并制造了一些试验机，达到了苏霍伊飞机设计事业的顶点，只是从60年代起苏联国防部不再把重点放在高超音速战斗机上，苏霍伊的这些技术成果没有发展成型号。

苏霍伊的晚年，仍然坚持一贯的传统，站在科学研究的最前沿来探索未来飞机的设计。在他影响下，70年代和80年代苏霍伊设计局设计出了许多不同布局和不同用途的飞机，苏-27的诞生也正是苏霍伊设计局半个多世纪心血的结晶，堪称世界航空界的一朵奇葩。

苏霍伊一生共设计50种新飞机，其中34种被试飞，11种投入批量生产并装备了部队。

1975年9月苏霍伊与世长辞，享年80岁。

保密下的新纪录

1986年11月的一个晚秋，天刚刚亮。在莫斯科郊外试飞研究院机场的跑道上还留着白霜，天气意外地晴好，能见度“无限远”，就像专门为创纪录而准备的。

在跑道的起点上停着一架淡黄色的飞机。它带着两台发动机，融合的翼身翘着两个大垂尾，内装着雷达天线的机头略向下倾斜。这架外形特异的飞机与以前在这里试飞的飞机外形全然不同。

座舱内试飞员维克多·布加乔夫正在作起飞准备，他今天的使命是要刷新美国保持的爬升率纪录。

10点45分，发动机开始点火，轰鸣声不断增大，先是左发，然后右发。终于，塔台传来了指令：“42起飞！”

飞机经短距离快速滑跑后，大角度向上迅速拉起，试飞员稍稍

“稳住了”飞机，使其不再加大爬升角度，保持飞机预定的轨迹。这一轨迹是经过设计局专家严格计算在模拟训练中校正后确定的，是能够刷新纪录惟一正确的轨迹。

飞机在爬升中加速，然后上仰，机头抬起，直指蓝天。

很快，飞机速度超过了每小时800公里，经纬仪终于读出了需要的高度——3 000米。一项世界纪录诞生了。

在此之前的世界爬升纪录是美国空军少校斯密特于1975年2月16日驾驶F-15A“鹰”创造的。他驾驶的飞机从起动到爬升至3 000米用了27.571秒。该纪录保持了11年多。

现在，初步判读和机载记录仪均表示出布加乔夫爬升至3 000米用了25.4秒，尽管布加乔夫飞行的天气条件稍差，但还是比斯密特的纪录缩短了两秒！

几天后，布加乔夫爬升至6 000米用了37.1秒，9 000米用了47.1秒，12 000米用了58.4秒。

尽管布加乔夫在1986年11月超过了美国人保持的一系列世界纪录，但是因为保密的原因，那时俄罗斯没有公开这一飞机的代号，现在人们都知道，它就是举世闻名的苏-27。

方案多多

苏霍伊设计局研制苏-27是由内部的和外部的两个因素促成的。

内部因素是设计局的传统。苏霍伊设计局曾设计了苏-9、苏-11、苏-15，但是这一系列的飞机没有后继机，而当时的米高杨设计局已按时向防空部队提供了拦截战斗机米格-23，所以，苏霍伊设计局必须搞一个新机种才能与其竞争。

外部因素是，美国正全力以赴地研制争夺制空权的先进战斗机F-15。

设计局一直在考虑，苏联空军应有什么样的战斗机才足以对付美国研制的新一代战斗机。最后的结论是要研制一种单一功能

的专用战斗机，从而促使设计局于1969年秋天开始研制如今众所周知的苏-27。

研制新战斗机最初的那些日日夜夜成了设计局工程师们一生中最值得纪念的日子。因为正是他们把飞机总体的技术构思赋予了图纸，而且最重要的是，这其中有许多设想是出人预料的。

在1970年2月完成的苏-27的第一张总图，相当准确地表达了飞机气动布局和气动力特点：机身和机翼相互间平滑地过渡，形成翼身融合体的升力机身。这种技术决策在设计局的研制工作史上是从未有过的。

升力机身下部安装两个相互独立的发动机短舱，内装进气道和发动机；两个垂尾和比机翼低的平尾安装在发动机短舱的上面；带有向下倾斜并向前伸展的机头，使飞行员有良好的视野。

苏霍伊在苏-27的设计中起了巨大作用，正是他承担了采用航空新科技来设计全新气动布局飞机的责任。

虽然，采用传统布局和先进的通用技术，也可以设计出新歼击机。但是，总设计师精确计算的结果表明，先进布局仍难以补偿由于国产机载电子设备，特别是大直径雷达天线所带来的缺陷。因此，必须在新机设计中采用从未有过的独特的科技决策。

为此，苏霍伊请来了中央航空流动体动力研究院专家参与气动力布局的研究。

苏霍伊还指定了经验丰富的主任设计师契尔年可夫为苏-27的总设计师。

尽管风洞试验中吹风的结果不错，但是，总设计师对飞机结构布局不满意。他认为，潜力还没有充分挖掘出来，飞机的气动布局和受力情况还不完善。

多种可供选择的气动布局方案一个个又被提出，其中第六个被称为“口袋式”。

正如前面讲的布局那样，机身和机翼组成统一的升力机身，两台发动机装在升力机身下方，且相距很近，而其进气道则装进“口

袋”,把它们挤在很小的面积上。前起落架收进进气道限定的空间内。

第七个气动布局的区别是采用带中尖锥的圆形进气道。这一结构也有些问题:不能在空挡内收放主起落架,而圆形进气道的吹风结果却是令人满意的。

一个布局接一个布局地探索,五年内研究了20个气动模型,其中包括数个完整的飞机气动布局和结构布局。

也许,在设计局里,像设计苏-27这样出现大量气动布局方案是从来没有过的。有些人俏皮地称苏-27为“可变气动布局的飞机”。课题组的研制者们委屈地听着这一善意的讽刺。赞成采用传统布局方案的大有人在,也绝不限于苏霍伊设计局。但是,苏霍伊鼓励设计人员坚定自己的信念,稳住阵脚。因为他相信,所选择的道路尽管艰难,但是是正确的。

1975年初,进行了5年的气动布局和结构布局及其部件的研究工作宣告完成。

但是契尔年科夫因病不能再担任总负责人,1975年苏霍伊任命年富力强的米哈依尔·彼得洛维奇·西蒙诺夫担任飞机的总设计师。

推倒重来

随着生产苏-27第一架试验机开始,引出了一连串激动人心的故事。

第一架样机的生产挑选的都是训练有素、经验丰富的生产者。还在绘制苏-27生产图纸阶段,试生产的工艺人员就介入了,特别是焊接人员,因为飞机广泛采用了焊接技术。焊接人员不仅要掌握新工艺,同时还要把它用于第一批样件。

无论在试制厂还是设计局,都在为苏-27进行着战斗,就像在前线一样。首先是为减轻飞机重量而斗争。在通向工厂林荫路的起点,树着醒目的大标语:产品还有500公斤的多余重量!

要去掉这些多余的重量，只能靠采用全新的结构、研制新工艺和使用先进材料。焊接技术和钛合金材料的采用对减轻重量起了最大的作用。用高强度钛合金制造出一系列独一无二的焊接结构。例如，带加强筋的中央翼壁板、机身尾部壁板、发动机的防护装置和60毫米厚的承力框。

仅仅是中央翼壁板就减轻了100多公斤。

西蒙诺夫亲自过问和跟踪壁板的制造质量。强受力件的中央翼由钛合金壁板材焊接而成，正是他本人的创意，这一建议的风险当然是非常大的。

在焊接车间，中央翼壁板安放在托架上，西蒙诺夫脱掉西服，穿着白衬衫蹲在壁板上，亲自察看着焊接质量。

焊接构件终于成功了。共青城的批量生产厂完全掌握了试制厂研究的工艺技术。在研究苏-27焊接构件制造工艺中采用了60多项发明。

第一架试验机被制造了出来，并准备首飞。

第一次上天是1977年5月20日在试飞研究院的机场，由设计局首席试飞员完成的。为了观察和拍摄飞行情况，同时升空的还有另一架伴飞飞机。

在远东共青城的加加林工厂有10架新机投入生产。苏-27的工程师小组来到共青城的生产厂接收飞机，而飞机却只完成70%，基本上还是一个空壳。没有机载设备和发动机，运输用的配件也没做好，使用和维护飞机的地面手段也没有，而飞机试飞的日子已逼近了。

航空部不停地询问工作进展情况，工厂和在共青城的苏霍伊设计局人员共同在拼搏。

在总装车间，完成最终的装配和安装机载设备时，又出现了大量问题。像往常一样，协作单位不能按时提供设备、组件和发动机，试飞还是被推迟了。

随着飞机的研制计划逐渐取得进展，深入到更复杂、更关键的

飞行科目时，也遇到了许多新问题。例如，既没有弄清楚静不稳定飞机的动态操纵特性，也不了解有的时候，人是应付不了这种动态特性的。有一次，试飞员伊留申在作飞机动态性能的科目中，当飞机进入要求状态的边界时，伊留申觉得被“震”了一下，很快就不得不迫降了飞机。

降落以后，他遗憾地告诉主管工程师说没有完成预定的科目。主管工程师问他出了什么事，伊留申用不常有的轻松而幽默地回答：“喏，飞机有点儿飘，我今天不喜欢它，好像有点颠，打寒战还是怎么啦……”

经过了一段时间停试，开始由叶夫根尼·索洛维约夫担任试飞员恢复试飞。大家似乎忘了“打寒战”的经历，当飞机在飞行高度达1 000米，速度每小时1 000公里时，又一次遇到了“震荡”。

索洛维约夫是个勇敢、果断的飞行员。他瞬间把手柄拉向自己，同样又瞬间地把手柄放回原处。但是，飞机具有如此大的动特性，以至在这一瞬间，产生了超乎寻常的过载。这是索洛维约夫始料不及的，在超过三倍的过载作用下，他进入了被称为飞机发散的驾驶状态。

为预防危险，索洛维约夫立即推杆，使飞机平衡，振荡终于过去了，手柄也向前回到原位，这是在极短时间内完成的。但是，这一来却使飞机进入一个大低头，又产生了更大的超过载，接着是第二个发散运动。索洛维约夫再次把手柄拉向自己，飞机在来回的一次比一次大的振荡中终于超过了破坏限度，飞机在空中被解体。

事故，非常沉痛的事故，年富力强的飞机总设计师的心灵受到了严重创伤，头上生出了白发。

总设计师西蒙诺夫明白，必须做出一个重大的决定，对飞机作出重大改动。

一个20条之多的计划被列了出来，包括改变飞机的气动布局，减小飞机横截面面积来综合提高飞机的速度、航程、机动性、降低气动阻力和减轻重量，并用内部油箱增加燃油储备等等。

飞机经过这样的修改后，除了轮胎、主起落架支柱和弹射座椅以外，旧的飞机几乎没剩下什么，这等于全部推倒重来。

西蒙诺夫并向共青城工厂说明情况，马上停止生产，改造全部的工艺装备。与此同时，还要停止发动机的生产，使之适合新的气动布局。

面对这么大的工作量，一些官方单位的院士对西蒙诺夫发出了强烈的攻击："我们的布局是最好的，不需要任何更改，而且也不能更改什么，你的更改只能使飞机更坏。"

在设计局内部也是一样，人们不愿意轻易地否定曾付出大量精力完成的大量工作，更不愿承认第一轮设计的飞机没有能力对付F-15。

为了不再延误时期，西蒙诺夫顶着巨大压力利用他总设计师的权力下达了必须对飞机进行推倒重来的更改命令。

设计更改后批生产和第一架新飞机在1980年便作了飞行试验，但试飞进行得仍很艰难，液压系统出现了许多问题。

1982年在远东共青城的批生产进行得也不顺利，因为原来作好批生产准备的飞机是一种结构，而现在要投产的却是另外的图纸。

所有这些，使一些人丧失了对苏-27的信心，甚至开始议论要终止计划，停止飞机的批生产，只是当时苏联太需要新的防空战斗机，苏-27的研制工作才得以继续。

终于，苏-27的第17号机投入了试飞，并在首批试飞中就经受了全部复杂科目的试验，但在最后又发生了事故，试飞员尼古来·隆道夫尼柯夫把几乎只剩下一个机翼的飞机降落在机场。飞机修好以后又重新投入试飞。

云中"眼镜蛇"

从1985年8月到1987年3月，苏-27完成了大量的重要试飞试验，经受住了战术任务书中规定的最严重的考核。

但一个更大的挑战出现了。

由于具有后重心的飞机很容易进入尾旋，而且进入后就很难改出。这对飞机和飞行员都是一种威胁，因此在设计苏-27中特别注意了尾旋问题，可是风洞试验还是表明，苏-27不能改出尾旋。设计局为此特别警告飞行员不要让飞机进入尾旋。

但是在一次试飞中却出现令人吃惊的情况，从而改变了人们的看法。

当时，试飞员瓦列里·柯特洛夫驾驶一架苏-27在试飞中无意识地进入了尾旋，当飞行员确认飞机进入尾旋状态后，立即向地面指挥中心报告，因为当时人们都认为苏-27是不可能改出尾旋的，于是地面指挥中心命令飞行员“立即跳伞”。

柯特洛夫立即放开了手板，拉紧肩带，两手抓住了弹射座椅的拉手准备跳伞，然而当他再一次抬起头观察态势时，却被当时的情况惊呆了。因为飞机不仅没有进入尾旋，反而平稳地从尾旋中改出了，柯特洛夫立即用手柄让飞机横向摇摆一下，目的是检查一下飞机是否可控。结果飞机完全可控，并最后安全地着陆了。

这样，飞机设计师第一次意外地发现，苏-27是能自动改出尾旋的。

专家们开始集中对苏-27的临界迎角区的特性进行了特别仔细的研究。最后终于搞清楚了，苏-27不仅能改出尾旋，而且在临界状态下飞机仍有可靠的操纵性能，因而可以完成一种现在称之为“眼镜蛇”机动的高难度飞行动作。

1989年3月，苏-27在空中完成了一个前人从未作过的超极限机动动作，就是现在还被人们津津乐道的“眼镜蛇”机动动作。

在一次公开飞行表演中，飞机在万众瞩目下一直以大角度向空中爬升，过了一会儿后，飞机竖直地立起来，成了垂直向上的样子，接着，它开始向后仰，并超过了90度，这时飞机几乎是尾巴朝前的向前飞行，眼看飞机好像要倒下来的一瞬间，飞机又神奇般地向前倾转，从后仰位置逐渐恢复到正常位置，并很快向前冲去……

于是人们亲眼看到了布加乔夫“眼镜蛇”机动的诞生，并为此感到震惊、兴奋和赞叹不已。

1989年6月，设计局专家来到巴黎，迎接苏-27参加这届国际航展。当大家焦急等待着由布加乔夫和夫洛洛夫驾驶两架苏-27飞来时，法国人还以为飞机还需中途加油。其实，当时他们并不知道，苏-27由莫斯科到巴黎的2 300公里航程中，可以中途不着陆直飞目的地。

但是，在飞机到达巴黎第二天所进行的展前飞行演练中，又出现了一件使人震惊的事件。

在飞行员夫洛洛夫驾机腾空开始作斤斗机动中，突然在机场上空袭来了一阵狂风并夹着雷电，当飞机正处于斤斗轨迹最高点时，被一道强烈的闪电击中。

从地面可以看到，苏-27周围是一团蓝色火光。

看来毁机的事故难以避免。因为闪电袭击以后，一部分发射器和导航系统将被击坏，和地面将会失去联系，用不了一秒钟悲惨的事故就会发生。

但是，使地面人员目瞪口呆的是夫洛洛夫竟然奇迹般地像火中再生的凤凰一样，安全地回到了地面。

事后，夫洛洛夫说，他感到了电击，左手准备拉弹射座椅的拉手，但他的直觉告诉自己，飞机还可操纵，于是他继续完成了斤斗，还安全着陆，而大气压力传感器的元件当时已完全熔化了。

第二天，各国的飞机开始相继作飞行表演。美国的F-18飞行迎角不大于35度，而苏-27可飞到120度几乎是发动机朝前的飞行。

这次航展中苏-27的表演引起了西方很大的反响。

创新无止境

苏-27是在丢弃了老一套的刻板的方式，完全采用创新的思想设计的，通过独特的气动布局，诞生了全新的设计和工程思想。

例如，为了增加航程，本来可以采用常规的加副油箱的方法，

但这样会在飞机起飞时失掉飞机的机动性，影响加速和快速投入战斗的能力，因此，苏-27设计人员把全部燃油都储存在飞机内部。

这要归功于采用了翼身融合的气动布局，使机内有了充分的空间。这样一来，航程几乎达到4 000公里。苏-27试验机在一次试飞中经过4次空中加油，不着陆飞了14 000公里，而美国的F-15A飞这样的距离要作8次空中加油。

完美地解决航空中永恒的各种矛盾——重量、航程、速度、机动性，不再是不可能的了。苏霍伊设计局就是用不刻板的模式研制出了如此完美的飞机，可以毫不夸张地说，苏-27是未来飞机的先驱者之一。

早在1982年，当苏-27还像个婴儿，刚刚学会站立的时候，苏霍伊设计局便提出了在这一飞机机头处再加一对小前翼，改进为三个翼面飞机的技术建议书。

1983年，总设计师西蒙诺夫完全同意了气动力部分的改型计划，并且决定制造这种三个翼面的飞机，并把它叫为苏-35。

由于这一决定，使世界上首次出现了“翼身融合体的三翼面飞机”布局，这是对苏-27飞机看起来已不能再改进的布局的又一次突破。

项目的负责人被更换了。1985年，项目的第三代领导人是尼古拉·费道洛维奇·尼基金。他是空气动力工程师，此前一直主管试飞，曾因研制飞机控制系统获得过国家奖金。

制造苏-35试验机的工作迅速地展开了。不久，1988年的夏天首架苏-35完成了首次试飞。从此，日以继夜的试飞计划正式开始了。

苏-35是多用途歼击机，它既有空中拦截能力，又能够攻击敌方纵深处的地面海上目标。机上所装的多功能干扰雷达可发现400公里以内的空中目标，发现200公里以内的地面目标。能同时跟踪15个空中目标，并保证攻击不少于6个空中目标。飞机带有800公斤的外挂武器，挂有14枚导弹。这是目前世界上惟一一种有如此多导

弹的截击机。

现代化的显示装置给予飞行员了解复杂综合电子系统的工作以极大的方便，机截计算机能告诉飞行员在作战的极限情况下和飞行的极限情况下应该采取什么措施。

飞机、发动机、飞控系统、航空电子和武器系统被高度地一体化和综合化了。

新一代的战斗机，苏-35正是这样诞生的。该机参加了1992年英国范堡罗航展。在1995年巴黎航展上，苏-35装上了轴对称矢量喷管进行了飞行表演，这种喷管可以上下偏转用于飞机的超机动飞行。

苏-35是世界上第一架三个翼面气动布局的高机动喷气战斗机，它比美国类似的F-15三翼面试验机早了4年。

现代高科技的飞速发展，如计算机技术和纳米技术等，已将飞机设计人员的创造力发挥提高到一个空前的水平，使军用飞机的发展提升到一个无限广阔空间。在最后一章里你会看到许多新奇的概念正在变为现实，一架翼展长达50多米巨型轰炸机在雷达屏幕上的反射面积比只与一只小鸟相当，一些可以随身携带的只有苍蝇大小的微型飞行器，悄悄地穿堂入室，轻轻地落在一扇窗户上，将里面正在进行的绝密会议的内容，不断地发送给几公里以外的情报人员。

今后，我们在天上还会看到什么呢？

空中彩虹

在20世纪20年代以前，人们就利用硬式飞艇作为惟一能完成长途旅客运输和邮政运输的空中运输工具，但是几把大火和爆炸又把飞艇深深地打入了冷宫。

人类发明飞机的初衷是为了实现飞行的梦想，希望它能提供一种空中交通工具，所以在飞机问世不久后，人们首先进行的就是试着把飞机用于航空邮递和货运。但随着第一次世界大战爆发，在当时技术条件下还十分粗糙的飞机很快变成了一种特别的战争武器，并得到了迅速的发展。直到第一次世界大战结束后，民用航空才重新受到关注和发展，飞机才开始分成军用飞机和民用飞机。

出水芙蓉

第一次世界大战结束时，飞机的速度和运载能力都有很大提高，飞机的数量也猛增了上千倍，从大战前的几十架发展到战后的几万架。各国开始为过剩的飞机和过剩的生产力而发愁。

由于飞机在战争中承担了许多军用运输任务，包括运送军用物资、军事人员和军用邮件，充分展示了飞机运输速度快、效率高等地面交通工具无法比拟的优点，因此各国纷纷从民用航空方面找出路，航空公司像雨后春笋般地冒了出来。

另一方面，各国政府在战争中也充分看到了空中运输的潜力，所以也愿意投资扶助民用航空事业，以便在以后一旦再发生战争时，能把民用航空工业迅速转为军用航空工业。因此，从第一次世界大战结束以后到第二次世界大战爆发之前成为民用航空史上的

第一个黄金时代。

欧洲航空初具规模

到20世纪20年代初期，英国已组建了4家航空公司，开始承担运送旅客业务，到1924年这几家公司联合成为英国海外航空有限公司。

法国政府也设立了主管航空运输的专门机构，负责航空技术的研究、飞机的生产和航空运输保障工作。正是有了政府的支持，法国的民用航空运输很有起色，仅1919年，法国航空公司就进行了2 400次商业飞行，建立了8条航线，每条航线都得到了政府的大力资助。

相反，英国政府对本国民用航空的发展在相当长的一个时期内是袖手旁观的，民航公司不能从政府那里拿到一分钱。直到1921年，英国政府才发现欧洲最重要的伦敦至巴黎的航线已由法国航空公司控制。

这样，一方面，法国政府对经营这一航线的航空公司给予了大笔的资助，另一方面英国航空公司则由于缺少资助面临破产的危险，迫使英国成立了一个“飞越海峡委员会”来处理这个问题，最终决定向经营伦敦—巴黎航线的英国航空公司汉德利·佩奇公司提供25 000英镑的资助。

英国政府终于认识到必须对于极有前途的航空工业给以扶植，否则英国航空工业将难以立足。

由于有了政府的支持，1923年汉德利·佩奇公司在伦敦—巴黎航线上共运送了7 197人次旅客。此外其他一些英国航空公司也投入到伦敦—巴黎航线的运营中来。1924年，这些公司合并成立了帝国航空公司，成为第一家由政府支持、在全国占据垄断地位的航空公司，从而使英国在航空运输业的国际竞争中占有较大的优势。与此同时，英国国内航线也迅速发展，英国各主要城市间都有班机往来飞行。

但需指出的是,在开始几年,英法这些航空公司用的差不多全部是用军用飞机改装的飞机,不是由轰炸机就是由侦察机改装的,只是把敞开式的座舱封闭起来,装了几把座椅,每次载客量一般只有4~5人,最大的飞机也只能坐19名乘客,飞行速度一般也不到每小时200公里,航程也在400~900公里之间。

这些飞机几乎没有导航设备,飞机的飞行全靠驾驶员的经验和技术。座舱也不是密封的,所以飞行高度很低,乘客们还必须穿上厚厚的保暖服。飞机的振动和噪声也很大,几乎谈不上舒适性。

相比之下,德国的民用航空事业却得到了飞速的发展。因为在1919年的《凡尔赛和约》中明令禁止德国发展军用航空,德国政府就全力促进民用航空事业的开展。

在停战以后不到两个月,德国就建立了第一条国内的商业航空线,即从汉堡到阿莫瑞卡。同年2月5日又开通了从柏林到魏玛的航线。采用的是5座的双翼飞机和三翼飞机。从柏林飞到魏玛的航程是192公里,飞行时间是2小时18分钟。

3月1日,柏林—汉堡间的航线开通。4月15日柏林—法兰克福航线开通。仅1919年,德国就开辟了9条商业航线,运送旅客1 574人次。由于德国民众对航空的积极态度,以及企业界的支持和政府的资助,商业航空的效益很高。1920—1921年又增开了许多新的航线,运送了5 500人次的旅客和500吨货物。总航程达100万公里。

德国的航空工业由于不能研制军用飞机,于是就研制民用客机。他们很快就生产出全金属的容克F.13。它可以装载4名旅客,飞行速度为每小时136公里。这种客机是当时欧洲最先进的飞机,到了20世纪20年代中期,德国不仅已建立了密集的国内航线网和通向欧洲各国的航空干线,而且成为世界上独一无二的拥有真正的民用飞机,而不是由军用飞机改装的民用飞机的国家。

F.13的设计师胡果·容克在德国是个很了不起的人物。他除了设计了世界上第一架全金属旅客机F.13以外,还设计了许多有名的军民用飞机,还包括第一架从东向西飞越北大西洋的飞机等。

奇才胡果·容克

胡果·容克于1859年2月3日生于莱茵河畔锐特小镇。1878年，他中学毕业后以半工半读的方式在大学学机械工程。1897年成为阿亨技术大学的热力学教授，开始涉足航空研究领域，并与他的同事建立了空气动力研究中心和一个风洞，从试验中他对飞行原理的研究越来越有兴趣，以至于到1912年辞去了阿亨大学的教学工作，回到德骚专心致志于航空的研究，并开始试制全金属的飞机。在设计F.13之前，容克曾经设计和制造了J.1、J.3等多架全金属飞机，虽然最终都没有投产，但每一种飞机在设计和结构方面都不断有所创新，从而为F.13的成功打下了坚实的基础。

F.13是容克设计生涯中的一个突破，到1923年为止，该机总共生产了322架，飞遍了五大洲。该机成为以后出现的容克运输机的基础。如容克52/3M从1931年以后的25年中总共生产了近5 000架，成为德国航空工业历史上产量最大、出口最广泛的民用运输机，容克的名字也由此享誉全球。

当德国人利用F.13创造了当时1 900公里远程飞行纪录后，当时的《纽约时报》的一篇文章称“所有美国飞机制造商和专家一致认为，德国人在飞机设计上的成就将给航空领域带来一场真正的革命”。

容克一生主张将飞机用于人类的航空运输事业，因而与当时正在得势的纳粹的法西斯政策格格不入。德国军方不仅把容克的德骚工厂收归国有，转为制造军用飞机，也把容克赶出他自己创建的工厂，但仍保留了“容克公司”的名字，所以容克公司以后生产的军用飞机，包括在二次大战中被人们称为“死亡呼啸”的“斯图卡”容克87和容克88俯冲轰炸机和容克本人已经没有关系。

1933年，容克被赶出工厂后，先是隐居在巴伐利亚，不久他在慕尼黑建起一个研究中心，但为了不再被军方利用，他不再研究飞机，转而开发金属建筑。1935年2月3日，在他76岁生日的那天，在家

中与世长辞。

除了德国、法国和英国外，其他欧洲国家也纷纷发展起自己的民航事业，特别是意大利的航空事业发展很快，在20世纪30年代其客运量已仅次于德国和法国，位于欧洲第三位。

民用航空的发展使欧洲各主要城市间都建立了航空运输线，一个遍布欧洲的航线网已形成。根据1930年的统计数据，按照客运量计算欧洲民航最发达的德国，它在1930年的客运量是125 000人次；其次是法国，为55 000人次；第三位是意大利，为40 000人次；第四位是英国，为30 000人次。以后的排名依次为：荷兰、瑞士、瑞典、俄国、捷克、波兰、奥地利、比利时、西班牙、芬兰、匈牙利和南斯拉夫。

欧洲当时的主要航线有31条。各种民航飞机762架。不过这里应当指出的是虽然欧洲民航发展很快，但是几乎所有航空公司都得到政府的补贴。其中客运的补贴是最高的。之所以会出现这种情况，主要原因是由于航空技术尚不够发达，飞机的速度、载客量、载货量和航程都十分有限，很难与地面交通工具竞争。一直到20世纪30年代中期，美国的DC-3客机问世，旅客运输才成为有利可图的事业。

美国航空邮政的崛起

美国跟它的欧洲盟国不同，第一次世界大战后没有大量的剩余轰炸机可以改装成民用运输机。另一方面，美国当时的铁路运输已很发达，而航空客运条件还很差，无论从舒适性、安全性、运载量、甚至速度还都无法与铁路运输竞争，因此美国没有急于发展航空客运，而是把重点放在先开发航空邮政运输上。

1918年美国国会拨专款10万美元建立了华盛顿与纽约间的航空邮路，同年5月15日美国总统威尔逊和夫人出席了航线开通仪式。

大约在上午10点钟，一架冠蒂斯‘詹尼’教练机从华盛顿起飞，

按计划它应当向北飞往费城和纽约，但是飞机一上天飞行员就迷失了方向，向南飞去，幸运的是由纽约起飞的另一架飞机准时到达费城，在费城加油后正点到达了华盛顿。

尽管出了些漏子，美国政府还是宣布邮政试验成功了。因此1918年5月15日就成为了美国航空邮政和美国商业航空的诞生日。

1918年底，邮政部从美国军方手中购买了一些战争剩余下来的飞机，其中包括100架德·哈维兰DH-4型飞机。它可以装载227公斤邮件，成为美国航空邮政的主力机种。

航空邮政飞机这个时期只运送邮件，不搭载旅客，所以对飞机的安全性、可靠性和舒适性的要求都低于旅客机。同时对大载重的飞机的要求也不十分迫切。

虽然航空邮政线路不断开通，但是却无法全线通航。这是因为飞机上没有导航设备，地面没有灯光机场，飞机无法在夜间起降和航行，因此邮件只能在白天由飞机运送，晚间改用火车运输。对此全国上下议论纷纷，特别是国会中许多议员开始抱怨是否值得花那么多钱来建立空中邮政线路。

在各方面沉重的压力下，邮政部准备铤而走险，进行横贯大陆的昼夜飞行试验，在夜间飞行用地面灯火为飞机导航。

1921年2月22日，两架德·哈维兰飞机从旧金山起飞飞往纽约，与此同时，另外两架德·哈维兰飞机从纽约起飞飞往旧金山。

从纽约起飞的两架飞机由于在芝加哥遇到了坏天气而停飞。旧金山的两架飞机早晨4点半起飞，途中一架飞机失事，飞行员丧生。另一架飞机于次日下午4点51分飞抵纽约。

这次飞行的成功改变了社会舆论对航空邮政态度，国会立刻决定拨款125万美元用于航空邮政系统的基本建设。

1922年美国邮政部开始着手建立夜间航行系统，建立夜间机场。在这些夜间机场上建有一座15米高的航标塔，塔上装有一只直径达1米的高度旋转式航标灯，跑道的两侧用颜色作为标志，跑道尽头有一排红色的标志灯。在芝加哥和切尼之间共有289座灯塔、5

个常规机场和34个紧急降落机场。此外在夜间飞机上也装上民用导航灯、着陆灯和带伞照明弹。

1924年7月1日，旧金山和纽约间的航线开通，邮政横跨美国大陆的时间比原先缩短了两到三天。

到1925年，整个航线都建立起了夜间机场和夜间导航灯塔，仅此项，邮政部就投资了55万美元。至此，美国航空邮政的主干线已经建立，基础设施也已具备。航空邮政的地位已经不可动摇了。

征服天堑

当时的飞机已经能飞得很快、很高，但究竟能飞多远，还是一个谜，从而带来了一系列惊心动魄的向飞行距离挑战的冒险飞行。

早在1913年，英国的《每日邮报》就悬赏1万英镑，奖给第一个能驾驶飞机由西向东飞越北大西洋的飞行员，因为如果能够建立这样一条空中走廊，将使欧美两大洲的“距离”大大缩短，从而有望改变两大洲人们传统上只靠轮船来往的历史。

但是，那时的飞机还十分“幼稚”，根本没有能力完成这一壮举。

第一次世界大战结束后，《每日邮报》宣布悬赏仍然有效，这时的飞机的技术也已有了很大进步，因而吸引了许多飞行员向这一奖项冲击。

1919年5月初，12架各种飞机汇聚距欧洲最近的纽芬兰，争做飞越大西洋的第一人和1万英镑的奖金。

5月10日，两名英国飞行员亨利·霍克和麦肯·格里夫驾驶一架索普威斯公司的单发双翼飞机从纽芬兰起飞，但在飞行途中因发动机过热被迫降于海上，幸好被一艘轮船救起。

当日还另有一架飞机参与冲击，但在刚起飞后不久也因为故障而坠毁了。

5月16日，美国海军的3架冠蒂斯公司的NG双翼水上飞机从纽芬兰飞。

这种飞机还专门为飞越大西洋作了改装，机身设计为船身形状，尾翼安装在伸出的尾撑上，翼展很大达38米，装4台利伯蒂发动机。在飞行途中2架相继落水，只剩下由海军少校艾伯·里德为主要驾驶的一架成功地越过了大西洋飞到了葡萄牙的里斯本，但由于他的飞行不是悬赏规定的北大西洋航线，所以虽然这是人类第一次驾驶飞机从西向东横跨大西洋，但没有获得奖金。

一个月以后，即1919年的6月14日，又是两名英国飞行员约翰·阿考克上校和阿瑟·布朗上尉驾驶一架由雅克斯公司的“维梅”轰炸机改装的双翼飞机，从纽芬兰起飞，再次向飞越大西洋冲刺。“维梅”飞机装2台罗-罗发动机，起落架可投弃。

这次飞行异常艰难。首先，由于飞机不是在云层中飞行，就是在午夜飞行，因此无法知道飞机的准确位置，其次是飞行途中不断遇到复杂的气象条件。

飞机在飞行了约11个小时后突然意外地飞入一团厚厚的云层，飞机因失去控制而陷入失速状态，急剧向下坠落，幸好在降落至150米高度时脱离了云层，飞机又重新获得控制，但飞机冲出云层后不久，又遇到雪、冰雹等恶劣气候，机上结满了冰，使飞机重量大增，飞行十分困难，飞行员只好轮流爬出舱外清除飞机顶部的冰雪。接着，飞机由于飞行时间太长而故障不断，首先是通讯系统出问题，然后是发动机排气管失灵，使噪音激增，两位飞行员在震得半聋的轰鸣声中继续作最后的努力……

6月15日格林威治时间上午8点25分，飞机终于飞过爱尔兰海岸，克里夫登市的无线电高塔进入眼帘，阿考克决定着陆。由于着陆地点选在一片沼泽中，所以飞机一头扎在泥里，幸运的是无人受伤。

阿考克和布朗完成的这次驾驶飞机不着陆飞越大西洋的壮举，在空中历时16小时27分钟，飞行距离3 032公里。他们在伦敦受到盛大的欢迎，接受了由丘吉尔首相颁发的《每日邮报》的1万英镑的奖金。后来英国国王又向他们两人授予爵位。他们驾驶的飞机则

陈列于大英博物馆中。

飞机飞越北大西洋后，人们开始向更远的飞行距离挑战。

先是英国的史密斯兄弟于1919年11月12日到12月10日驾驶“维梅”飞机完成了从英国到澳洲的长途飞行，总飞行距离为17 912公里。

接着飞行冒险家又向更危险的另一条10 000公里的伦敦—南非航线挑战。

1920年1月，两名英国飞行员驾驶飞机从伦敦起飞，但飞机在中途坠毁。

1920年2月，南非政府宣布将资助两名南非飞行员——勒内维尔德中校和布兰德少校，完成这一长途飞行。

两人于2月4日起飞，经过11小时的飞行到达海法和汪狄后，由于是在黑暗中紧急着陆而摔坏了飞机，无法继续飞行。

11天后南非政府又送来了一架新的飞机，勒内维尔德和布兰德再次起飞，但是这架飞机只飞行了6 000公里就在南非罗德西亚再次摔毁，两位飞行家只好停下来等待救援。

1920年3月15日，南非政府送来第三架飞机。3月17日二人又上征程，终于于3月20日飞抵目的地——南非的开普敦。两名勇敢的飞行员获得了英王赐予的爵位和南非政府的5 000英镑的奖金。

1923年两名陆军中尉飞行员约翰·麦克里迪和奥克利·凯利驾驶一架陆军福克尔T-2单翼运输机从纽约到加利福尼亚州的圣地亚哥进行了不着陆飞行。

一年以后，陆军又以4架装利伯蒂发动机的道格拉斯公司的DF-2“世界巡航者”大型双翼机进行了环球编队飞行尝试。

这次环球飞行是从1924年4月6日拂晓从美国西雅图华盛顿湖面起飞的，飞行途中历尽艰险，多次遭到恶劣气象，四架飞机中一架撞山坠毁，一架落入大海，最后只有由洛威尔·史密斯中尉和埃里克·尼尔逊中尉驾驶的2架飞机于1924年9月28日回到了西雅图附近的沙角机场。

这次环球飞行共用了175天，实际飞行时间371小时11分，航程44 340公里，平均速度为每小时124.8公里，被当时舆论界称为“航空麦哲伦探险”。

60年以后，1983年5月，一架麦道公司的MD-80“友谊”号双发喷气飞机也完成了一次环球飞行，平均速度为920公里，航程49 600公里，途中没有因为气象恶劣而延误，反映了60年以来航空技术的长足进步。

还在1927年5月21日，美国飞行员林白成功地完成了从纽约至巴黎的单机不着陆飞行，飞行时间为33.5小时，航程5 810公里。林白驾驶的飞机命名为“圣路易斯精神号”。

这是一架为越洋飞行专门设计的飞机。它是一架带撑杆的上单翼飞机，翼展14.02米，机身长8.43米，翼面积为29.64米，总重量为2.38吨。

这架飞机之所以能达到如此大航程，是由于机翼和机身都装满了油，全机载油量1 705升，简直就是一个飞行油箱，不足的是它的座舱设计比较原始，飞行员只有通过折叠望远镜才能看到外面。

林白在抵达巴黎时受到全城人民的热烈欢迎，林白成了世人瞩目的英雄。

事隔两个星期之后，又一名飞行员张伯伦也驾驶飞机成功地飞越了大西洋，而且他的飞行距离超过了林白，深入到了德国境内。

1928年又有两名德国飞行员和一名爱尔兰飞行员驾驶容克飞机从东向西飞越大西洋，从欧洲飞到了美国。

冒险飞行家又把眼光转向了地球的两极。

魂断北极

早在1911年，挪威探险家阿蒙森和四位同伴从南极大陆的罗斯海冰上基地出发，经过了艰难的旅程步行到达了南极，成了世界上踏上南极的第一人。

饱尝探险艰辛和成功喜悦的阿蒙森对着茫茫的南极，许下了一个心愿，有朝一日再去登上北极，成为踏上地球双极的世界第一人。

经过十几年的准备，阿蒙森终于要向他愿望中的目标发起冲击了。但这次向北极的探险既不是地面跋涉，也不是海上航行，而是要从空中飞向北极。

1925年5月20日，在挪威北面的斯匹兹堡根岛上，风暴狂啸不止，一个由6人组成的北极航空探险队和两架飞机在该岛西边的金斯港口整装待发。

已是53岁的阿蒙森就是这个探险队的队长，从他满是皱纹的脸上，很难看出他就是世界上第一个闯入南极的举世闻名的探险家。

现在，阿蒙森最担心的是他的多尼尔公司的“鲸”飞机能否经受得住北极的严寒和风暴，尽管多尼尔公司专门为这次北极探险作了改装，在机壳外面蒙上了防冰块滑伤的硬铝蒙皮，机腹下装了可在冰面上滑行的滑撬，飞机的动力采用前面拉、后面推的双螺旋桨方式，发动机是有名的罗-罗公司的当时最好的发动机。

挪威探险家阿蒙森完成了第一次航空北极探险，最后消失在北极大地中

由于当时人们普遍认为，用那时飞机的水平去作北极航空探险肯定是有去无回，所以没有一个国家的政府和企业愿意出资帮助他们，哪怕是精神上的支持都没有。这两架飞机是他的好朋友，也是这次探险队的副队长埃尔森，费尽口舌说服其当矿山老板的父亲出钱买下的，否则阿蒙森的所有计划都将成泡影。

但是，如果这两架飞机因为经受不住恶劣的条件而失事，阿蒙森破灭的不仅是他自年轻以来的梦想，而将同时失去眼前这5个难

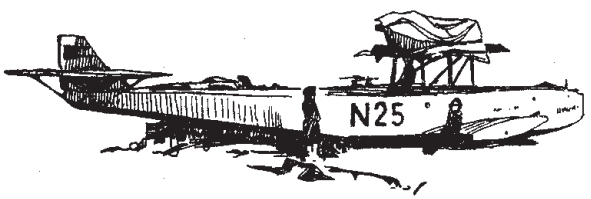
得的挚友和人才,这才是他最为牵挂的心事。

阿蒙森扫了一眼这5位准备与他一起踏上生死之旅的战友们:拉尔森和迪特利希,他们是挪威国内公认的两名优秀飞行员;昂德尔,一个来自海军的优秀机械师;福伊希特,是由多尼尔公司专门派来的发动机工程师;最后是埃尔森,副队长兼摄影师。想到他们即将和自己要踏上一条可能是不归路,不由得皱紧了一下眉梢,但马上恢复了常态,因为这时作为队长的信心是最重要的。

阿蒙森最后检查了一下飞机所带的东西,除了各种探测导航仪器外,还有足够30天的食品,加上人员的重量,飞机已达到了最大载重,因而不得不把约150公斤重的无线电设备留了下来,这就意味着万一飞机被困在茫茫的北冰洋上,那也只好听天由命了,想到此处,阿蒙森又紧了紧眉头。

第二天早晨,天气非常晴朗,探险队在港湾冰面上修的跑道在阳光下耀眼夺目。探险队开始作飞行前的各种准备。

下午5时许,大家爬上了飞机,阿蒙森、拉尔森和福伊希特坐第一架飞机N-25号,埃尔森、昂德尔和迪特利希坐第二架飞机N-24号。



阿蒙森探险队在探险北极时所用的N-25"鲸"飞机

阿蒙森在临上飞机之前对前来送行的航空俱乐部主任说,如果他们14天后还回不来的话,请他务必设法请求海军巡逻队派船到北极圈一带搜寻至少一个半月,一定要找到他们的遗物。

两架飞机先后腾空而起,向着地球的最北端飞去。

飞机一直不停地飞了8个小时,一切看来似乎很顺利,坐在N-

24号飞机的埃尔森测算了一下,他们已经飞了快1 000公里,已经很接近北极了。

突然,昂德尔一把抓住埃尔森,指着前方喊道:“出事了!”

他们看到飞在他们前面的N-25号在急剧地向下盘旋,飞机后面的螺旋桨已经不转了。埃尔森立即让迪特利希马上跟上去,在冰面上着陆。

埃尔森的飞机在着陆时被起伏不平的冰面不断地弹起,当飞机终于停住时,眼前却是一坐十几米的高山把他们与阿蒙森隔开在两边。

当埃尔森三人跳出飞机时,被眼前的大自然景象惊得目瞪口呆,无数形状各异的巨大冰块仿佛像一个个笨拙而又淘气的白色巨人在互相嬉戏,有的是一块压着另一块,有的互相堆起形成一座大冰桥,有的肩抵肩的挤成一座高大的冰山。

但很快,巨大的失望压倒了他们的惊喜,昂德尔检查了飞机以后,确认飞机的发动机已经在着陆时的震动中被彻底毁坏,难以修复了,后机身也破了一个口子。这意味着N-24号飞机必须废弃。

十分沮丧的埃尔森一方面叫昂德尔和迪特利希把飞机上的燃油和设备卸下来,一方面自己向冰山顶上爬去,希望和阿蒙森取得联系。

但当埃尔森爬到山顶时才发现,阿蒙森离他们足有5公里远,任凭他怎么叫唤,打手旗,发信号,没有得到对方任何反应,只能失望地下山。

当天晚上,虽然三个人都已精疲力尽,但是大家在睡袋里都难以入睡,周围不时响起冰块互相撞击、挤轧发出的可怕的巨响。

第二天早晨,埃尔森决定徒步去找阿蒙森。半途中,昂德尔和迪特利希竟然踩了一块薄冰掉到了冰水里。幸好被他们大声呼救声惊动的阿蒙森及时赶到,两人才幸免被淹死。

聚集在一起的6个人很快明白,他们已经身处绝境,N-24号飞机已经被遗弃,N-25号的发动机是不是能修好还没有把握。一来对

发动机的检查结果还不清楚，二来发动机工程师福伊希特患了严重的神经衰弱和雪盲症，工作很困难。

由于N-25飞机上的食品即使严格控制最多也只够4个星期，所以在这个期间如果发动机无法修复，他们都难逃与冰山长眠的厄运。

惟一令他们欣慰的是，他们毕竟来到了北极。埃尔森用六分仪和水平仪测试的结果显示，他们着陆的地点是北纬87度44分，西经10度22分，也就是说离北极正中还只差不到北纬3度，约250公里的距离，如果飞机没有坏，再飞一个小时就能到达了。

于是阿蒙森平静地对大家说："就凭这一点我们这么做也是值得的，我们必须坚持到最后一刻，依靠我们自己的力量来创造奇迹。"

阿蒙森当时作出了决定，如果3个星期飞机还修不好，6个人就可自行决定留下或向格林兰方向步行回去，不是为了能活着回家，而是尽可能把遗物留在离大陆更近一些的地方。在这期间，除修发动机以外，其余探测计划照常进行。说完，阿蒙森伸出了自己的右手，六只手紧紧地握在了一起。

经过彻底检查，幸运的是发动机损坏不是想象的那么严重，带病的福伊希特忘我的抢修终于用了不到一个星期的时间把它修好了。

可是新的问题又来了：冰面上没有可以起飞的跑道。

他们足足花了四天时间在暴风雪中清出一块空地，但还是不能使飞机达到起飞的速度，不是被冰山挡住，就是被冰缝卡住，还白白地耗费了大量的燃油。

幸好，由于冰块本身的翻动，从N-24飞机上卸下的汽油和食品竟然不断向他们靠拢，最后只离他们不到20米，于是他们得到了宝贵的补充。

通过探测，他们在800米之外找到一块500米长的光滑的大浮冰，起飞是足够了，但冰块与他们的营地之间还隔着一道5米多高

的冰山。

接下来几天他们开始拼命地凿冰山，每天工作十几个小时，终于在冰山下开出一条20米宽的冰通道，由于长时间地蹲在地上干活，每个人都累得几乎站不起来。双手也被咸冰水泡肿了。

6月11日，离阿蒙森限定的最后日子不到4天，飞机终于被拉到了平滑的冰面上，大家兴奋地在“机场”上奔跑着。

当他们准备起飞时，突然起了大风，起飞不得不改在第二天。

第二天清晨，风是停了，但是当他们钻出帐篷时，看到整整一夜的大风雪在整个跑道上盖了厚厚一层雪被。

拉尔森把发动机开到最大马力，飞机挪动还不到1米，如果要将这厚厚的雪被扫干净，至少要花一个多星期的时间，何况很可能还会再来一场暴风雪使他们前功尽弃。

面面相觑的6个人真的是感到绝望在即了，突然昂德尔小声地说：“我们能不能把扫雪改为踩雪，雪压结实了，再一冻就可能成为新的跑道！”

6个人兴奋地开始排着队踩起雪来。第二天被踩过的雪面果然被冻得和冰面一样结实，他们更加拼命地踩着雪。

6月14日中午，一条500米长的跑道终于银光闪闪地出现在他们面前。大家极为兴奋地喝完最后一杯咖啡，纷纷爬上了飞机。

N-25飞机怒吼着向前冲去。但是一直到跑道尽头，飞机还是没有飞起来。

“上帝啊，我们完了！”神经衰弱的福伊希特终于受不了了这个打击，绝望地喊了起来。

“再来一次，拉尔森！”其余人大声喊道。

“愚蠢！”阿蒙森大声地止住了他们，眼睛里闪烁出从来没有过的严厉的目光，赶快下去踩雪！”大家很快明白，队长是对的，再要无谓的浪费汽油，飞机即使飞起来也回不了大陆了。

6月15日，当阿蒙森醒来时，帐篷里已空无一人，大家都在外面等他，表情冷漠。因为谁都明白，今天是生死一搏的最后机会，如果

飞机再飞不起来,他们无疑将葬身于此。

“扔掉所有东西,只留下食品、地图和胶卷!”阿蒙森下达了最后的指示。

上午8点左右,拉尔森又一次启动了发动机,其余人几乎都闭上了眼睛等待命运的裁决。

当他们在互相碰撞后再睁开眼睛时,飞机已在了空中,这时谁也没有说话,互相你看看我,我看看你,突然福伊希特大声哭了起来。阿蒙森看到,其余人的眼中都闪烁着晶莹的泪珠。

下午4点多钟,几乎耗尽燃油的N-25号终于在一个不知名的小海湾上着陆了。但等待他们的是一望无际的荒土。

又饥又累的队员们无力地躺在地上,再一次地感到了绝望,只有阿蒙森和埃尔森轮流用望远镜搜索着天空与海面。

终于他们看到了一只捕海豹船进入他们的视线,阿蒙森命令所有人开始喊叫、挥舞红布,但这只船却没有发现他们。

“拉尔森,还有汽油吗,把发动机开到最大马力。”阿蒙森拼着最大力气喊道。

罗-罗公司的发动机用震耳欲聋的轰鸣声燃尽了最后一点汽油,机帆船终于听到了这次绝望吼声,发现了这群已经绝望的探险队员,他们得救了。

在船上他们才得知,人们都以为他们已经死了,所有的北极圈捕船队和苏联破冰船队都收到了挪威政府请求帮助寻找遗体遗物的通知,挪威海军的巡逻舰和飞机也已经在附近搜寻多日了。

6月18日,离他们出发日子还不到一个月,他们回到金斯湾。许多报纸以头版显著位置报道了探险队的惊险历程和这次探险的伟大意义。

正是由于阿蒙森的探险行动,人类第一次飞进了这块310 000平方公里的北极处女地,第一次探测到北冰洋的海深在3 600米以上,澄清了北极区还有新大陆的误说,最重要的是他们的飞行证明,飞机是可以征服北极气候的,它必将成为今后北极探测的重要

工具,北冰洋上空也完全有可能用飞机开辟新的航线。

在首都奥斯陆,他们受到了英雄般的欢迎,哈哥国王亲自接见了他们,为了报答埃尔森说服其父亲买了两架飞机才使这次探险成行的举动,阿蒙森把探险队的首功推给了埃尔森,国王给埃尔森颁发了一枚金质奖章。

1926年5月9日,美国海军中校理查·伯德和驾驶员贝奈特驾驶一架福克F.VⅡ/3M"约瑟芬·福特"号三发单翼飞机,于清晨1点从斯匹兹堡根的金斯湾起飞,上午9点到达了北极上空,在空中盘旋了15分钟确认了正是北极正中位置后返航,于下午4点30分,回到金斯湾,往返距离为2 575公里。

两天后,阿蒙森等人乘了一艘"挪威"号飞艇成功地飞到了北极,终于完成了阿蒙森的全部心愿,他也宣布,就此结束他的探险生涯。

在两年之后,阿蒙森在一次宴会上突然听说一艘"意大利"号科学考察飞艇在赴北极考察中失踪,已经宣布不干的阿蒙森毅然决定组织营救队再赴北极,但是这次却是阿蒙森的不归路,他再也没有回来,永远消失在茫茫的冰天雪地中。

伯德完成北极飞行回到美国后就立刻着手征服南极的飞行。

1929年11月28日下午4点,伯德和3名乘员乘坐福克F.ⅦA/3M"贝奈特"号飞机从鲸湾基地起飞,当飞机接近莫德王后山区时,为了爬升到足够的高度不得不抛下机上的多余物品,包括食品。

在距起飞约10小时以后,他们终于飞到了南极上空,成为从空中飞越南极的第一人。

由于人们对飞机的信心越来越足,下一步的目标瞄准了环球飞行。

1924年4月6日清晨,4架道格拉斯公司"世界巡航者"飞机从华盛顿州的西雅图起飞,进行环球飞行。其中的两架飞机经过175天的飞行,回到了出发地点,航程是41 860公里,另外的两架在途中不幸失事。

环球飞行途经日本、香港、越南、马来西亚、缅甸、印度、波斯、美索不达米亚、土耳其、罗马尼亚、匈牙利、奥地利、法国、英国、冰岛和格陵兰，最后回到西雅图。

绽放的天空

飞行冒险家一次又一次地征服远程的飞行，向航空公司证明了在世界范围内建立商业航线的时机已越来越成熟，各航空公司开始把空运触角不断延伸到世界各大洲，到20世纪30年代中期，一个世界性的航空网，像一条空中彩虹把全球的人类连在一起。

在美国方面，最大的航空公司是泛美航空公司，它成立于1927年3月14日。到1937年泛美公司已建立了世界上最大的航线网，不仅囊括了加勒比地区、南美各太平洋沿岸，而且扩大到了欧洲，可以说泛美公司的飞机飞遍了世界各个地区，当时还没有一家航空公司可以与它匹敌。

欧洲的各大航空公司也在积极地开辟洲际航线。英国的帝国航空公司把自己的航线延伸到印度及南太平洋地区。法国和荷兰航空公司也把触角伸展到亚洲。

激烈的商业竞争，使国际民航运输业迅速得到发展。1929年年底，欧洲到印度的定期航班通航；1933年，欧洲到新加坡的航线通航；1934年，英国帝国航空公司宣布，英联邦所有国家的邮件采用空运；同年德国建立了南大西洋的定期航邮业务，到1953年航线越过了安弟斯山、延伸到圣地亚哥，使欧洲到达太平洋的时间缩短为4天。

洲际民航航线的建立，使世界各大洲的联系加快、加强了，地球开始变得越来越小，飞机在国际间政治、商业中的作用也日益得到增长，飞机在交通运输中的地位也得到了提升。

突飞猛进

洲际航线的迅速发展引来了20世纪30年代的航空黄金时代，飞机的研制飞跃前进，发动机的发展异常突出，飞机的结构不断发

生变化。

首先，由莱特航空公司制造的“旋风”发动机和普惠公司制造的“黄蜂”发动机这两种9缸气冷式星形发动机的出现，大大改变了当时整个航空飞机的面貌。

这种气冷发动机去掉了过去的液冷式发动机所必须的气缸水套、散热器和冷却水，以及与之配套的水管、水泵，大大减轻了发动机的重量，使制造载重量更大、航程更远的飞机得以可能。“旋风”发动机所节省的重量可以使一架普通飞机多装的油量最少能增加300公里以上的航程。

由于气冷式发动机结构简单，维修也更方便，使用也更安全。

接着，飞机开始用胶接木作为主要结构，因为可以使飞机设计得更流线化，减少飞行阻力，增加飞行速度。

采用胶合板做机身外壳和机翼蒙皮，还可以得到非常光滑的外表面，从而进一步减少了飞机的摩擦阻力。

单翼机开始淘汰双翼机，虽然双翼机在机动性和大迎角性能方面仍有其优势，但是两翼之间的支柱和张线不仅安装很麻烦，而且还带来不少阻力，气动专家也发现，双翼机的上下两个机翼之间还会互相抵消各自的升力并增加阻力，一加一的结果远小于二。

为了追求飞机更高的速度，单机翼飞机有着不可替代的优势，并将上单机翼布局发展为下机翼布局。

下单机翼可以使整个机翼上表面和机身保持更顺畅的气流通道，又便于为飞机起落架和机轮提供安放空间，特别适合于宽机轮间距的起落架的设计，从而增加飞机起飞着陆滑跑的稳定性和飞机停放的安全性。

气冷式发动机的一个缺点是由于它一般都要放在机身头部位置，以提供足够的冷空气，但这同时也增大了迎风阻力。

为了解决这个问题，最初是在发动机外面罩上一个整流环，后来美国首创了至今仍使用的发动机整流罩，不仅使整个发动机更加流线型，而且还由于增设了导流板，使空气可以环绕气缸流动，

提高了气冷效率。

飞机的座舱仪表和导航设备也有了很大进展和改善，美国的埃尔默·斯佩里,天才地把陀螺技术用在飞机上,这种装在万向支架上的转子在空中能始终保持一定的方向，从而成为飞行导航仪必不可少的指示器。

在美国政府的支持下，斯佩里和科耳斯曼仪表公司很快生产了一系列重要的飞行仪表：可以向飞行员指示飞机所处飞行高度的人工地平仪；可以随时显示出航向变化的陀螺磁罗盘指示器,这种指示器完全没有了单纯磁罗盘那种晃动；还有地磁感应罗盘,这种罗盘摆脱了飞机上的带有各种铁质器件的影响，也不受震动和地球磁场的干扰。

1932年斯佩里又发明了自动驾驶仪,并使飞行仪表更为完善,包括低高度高度表、转弯侧滑仪,以及用来指示空中航线的无线电波束接受器。这样，飞行员完全摆脱了用目视参照地标方式的飞行，只需依靠驾驶舱内各个仪表的指示就可完成精确的飞行和起飞着陆了。

尽管如此，飞机的发展仍然远远落后于航空公司不断扩展航线的需要。

从1929—1938年美国民用航空已建立了100多条客运航线,但是这些航线平均寿命只有一年左右，原因就是当时的旅客机载客量太小,运输成本高,因而单纯经营客运的公司都亏损严重,根本无钱可赚。

在欧洲,政府给各航空公司以巨额的补贴,航空客运才得以勉强维持；而美国,政府只给航空邮政进行补贴,所以只有同时承包航空邮运的大航空公司能将邮政运输的收入补贴到客运上才能得以生存。

当时客运面临的最大挑战就是舒适性。对于一般的洲际航线飞行一般少则一星期,多则10天,沿途地形复杂、气候多变,飞机的飞行速度太低、航程短、续航能力有限,困难可想而知。

以英国帝国航空公司为例，当时他们在海外航线上最常使用的飞机主要有德·哈维兰公司的D.H.66双翼机和肖特公司的“加尔各答”双翼船体飞机等。

这些飞机的飞行速度约每小时180公里，每飞行400公里左右需着陆加油一次。在20世纪20年代末和30年代初，每班飞机只能飞1 300公里左右，即使飞这样的距离，也意味着每天要在空中飞7个多小时，途中要着陆加油3~4次，每次加油都要多花费约一个小时，因此，每班飞机都要很早就启程，往往到晚上才能结束一天的飞行。

这样，呼唤速度更快，载客量更大，舒适性和安全性更好的新型旅客机已成为各航空公司越来越迫切的要求。

在20世纪20年代末到30年代初，航空公司使用的大多数还是木质飞机，虽然也有些金属飞机，但因造价太高所以还无法和木质结构竞争。

木质飞机最大的缺点是安全性较差。1931年3月31日，一架美国环球航空公司的木质福克型飞机在堪萨斯州坠毁，引起了公众对飞机安全性的关注，也根本动摇了公众对木质飞机的信心。各大航空公司开始纷纷订购全金属飞机，飞机制造商也加快了新型金属飞机的研制，从而引发了世界上第一次飞机制造商之间的龙虎斗。

“盈”者为王

波音公司从1930年开始全金属客机的研制，这就是航空史上著名的波音247型客机。波音247是第一架真正现代的客机。它具有全金属结构和流线型外形，起落架可以收放，采用下单翼结构。机上装有2台功率为410千瓦的发动机。飞机的巡航速度为每小时248公里，航程776公里，载客10人，并可装载181公斤邮件。机上座位舒适，不仅有洗手间，还有1名空中小姐。

波音247于1933年首次试飞成功。由于波音247飞机的乘坐条

件大大改善，且速度比一般客机每小时提高了几十公里，所以很受航空公司的欢迎。仅美国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，它使得波音公司的生产线在一年内都处于饱和状态。

特别要指出，波音247还是在研制过程中首次进行静力破坏试验的飞机，也就是在正式制造之前，按照飞机的结构做了一架样机，然后对主要部件结构加铅块来模拟飞机在飞行中遇到的载荷，铅块的重量一直加到飞机被破坏为止，如果加的重量小于飞机在飞行中可能的最大载荷，所对应的部件或结构就要重新设计，进行加强。

这种试验对于保证飞机飞行的安全极为重要。有一家航空公司的一架波音247飞机在一次因故迫降中，冲出了跑道进入了一片树林，飞机的机翼一连扫倒了几棵大树，而机翼却几乎完好无损。

现在，飞机的静力破坏试验已成了各飞机制造商在飞机研制中的常规项目。

美国环球航空公司在1931年3月的堪萨斯州空难之后，被迫淘汰了所有的木质飞机，先是换用了一批福特公司的3发全金属飞机，这种飞机在当时美国航线上流行一时，但自波音247投入使用以后，福特飞机的性能就显得很不足了。于是为了和联合航空公司竞争，环球公司向各飞机制造公司招标一种新客机。

环球航空公司要求这种新客机仍采用3台发动机，载客量也在10~12人，飞行速度也与波音247差不多，但特别要求新客机的航程应是波音247两倍，能达到1 600公里。

对这个招标最感兴趣的是道格拉斯飞机制造公司。由于该公司规模并不大，缺少订单，财政上正处于危急时期，因此立刻集中了公司的精英，全力以赴，拉开了势在必得的架势。

首先，道格拉斯的设计人员认为环球公司的方案过于保守，三台发动机根本无法同二台发动机的波音247竞争，因此专门设计了一个二台发动机、外形流线型很好的DC-1方案。

两个星期后，道格拉斯公司将方案送到环球公司。环球公司虽然对该方案赞不绝口，但又对二台发动机的安全性深表怀疑，于是环球公司指出，道格拉斯公司应当能证明这种双发飞机万一在一台发动机出现停车情况下也能正常起飞和飞行。这也是世界上第一次由航空公司提出的“单发飞行要求”。

1933年6月22日，DC-1的样机装配完毕，一个星期后进行试飞，各项指标均达到了设计要求，剩下的就是关键的“单发试飞”了。

试飞地点在环球公司使用的海拔最高的温斯洛机场，这里的海拔为1 375米。

为了有个比较，由一架福特飞机和DC-1同时起飞，结果DC-1不仅用一台发动机完成了起飞，而且飞行了380公里，还比同时起飞的3台发动机的福特飞机早15分钟到达了预定降落地点。

环球航空公司尽管对试飞结果极为满意，但表示还是不能签订采购DC-1的合同，因为DC-1毕竟是一种没有经过市场检验的新飞机，而波音247此时已经在航线使用中有出色的表现，因而公司决定还是购买波音247飞机。

失望之极的道格拉斯公司到这时真是感到回天乏术了。

但是，机遇却突然地又出现了，因为波音公司正在为联合航空公司全力以赴地生产第一批波音247飞机，不能按照环球航空公司的时间要求提供飞机，因而一口回绝了环球航空公司的订货要求，环球航空公司不得不转回来与道格拉斯飞机公司签订订购20架DC-1的合同，但是要求将飞机的座位数增加到14个。

尽管只增加两个座位，但机身要加长，发动机功率要增加，等于要重新设计一架新飞机，道格拉斯公司不想放弃这惟一的机会，很快对飞机进行了重新设计，并将飞机命名为DC-2。

不到一年的时间，DC-2在1934年5月11日成功地进行了首飞，环球航空公司也迫不及待地在一个星期后就将该机投入航线试运营，结果很好，环球航空公司把订单增加到了31架。

3个月以后，DC-2参加了一次英国—澳大利亚拉力赛。该机不

仅名列运输组的榜首，它的到达时间仅仅次于速度组的第一名，一下名声大振。

由于DC-2的速度比波音247还快，达到了每小时300公里，航程是波音247的两倍，还比波音247多载4位旅客，许多航空公司纷纷把目光转到了DC-2，DC-2的订单很快大增。订货的用户不仅来自美国，还来自欧洲和亚洲，不仅来自民用航空公司，还来自美国陆军和海军。

这时，波音公司才感到当时回绝环球航空公司的订货是犯下了一个多么严重的错误。为了对付DC-2的挑战，波音公司立刻对波音247作了相应的改进，如更换了功率更大的发动机，对客舱的内部重新进行了装修等，但越改越觉得力不从心了。

虽然通过加大发动机功率可以从速度上和航程上再和DC-2一比高下，但最致命的是DC-2飞机在设计之初就将宽敞的客舱作为设计重点，并为以后的发展留下了可继续扩展的余地，而波音247却对此没有给以足够的重视，因而其结构设计已很难使客舱进一步扩充，这样既不能增加载客量，在客舱内部的宽敞性和舒适性上也难以和DC-2竞争，从而明显处于下风。这个教训是如此深刻和惨痛，从而为波音公司在以后客机发展中采用家族式的理念，提供了永世不忘的依据。

1935年年底，道格拉斯公司根据环球航空公司的要求再次把DC-2加长、加宽，改装为能装载21名乘客的飞机，这就是历史上赫赫有名的DC-3客机。

DC-3的2台发动机的功率增加到1 900千瓦，飞行速度达到每小时330公里，航程比DC-2又加大了一倍，达到了3 400公里，客舱的座椅布局可以根据不同航线的要求进行调整，最少载21人，最多的可载32人，比DC-2增加了一半还多，载客量增加了，飞机的运营成本就可以大大下降，根本改变了航空公司经营客运只亏不赚的局面，航空公司开始走上了不需要补贴就可自我发展的良性循环，因而DC-3获得了来自各方面的赞誉，被称为是世界上第一架能赚

钱的客机。

相反，波音247的命运一落千丈，原来订购波音247客机的航空公司纷纷改订DC-3。到1938年，即DC-3投放市场不到3年的时间里，道格拉斯公司的DC-2和DC-3占了美国客机市场的80%以上。

正是DC-3为航空公司带来了盈利，航空客运量也一直呈直线上升趋势。

DC-3自1935年问世以来，总共生产13 000余架（其中军用型为10 000架），成为航空史上少有的产量突破万架的飞机之一。到目前甚至还可以看到它的身影，最重要的正是DC-3对民用航空运输事业的刺激，使民用航空运输面貌有了根本性的变化。

天马行空

第二次世界大战和第一次世界大战一样推动了飞机技术的发展，从而为大战后民用航空的复苏与繁荣打下了很好的基础，其中最重要的是喷气发动机的问世，它全面提升了整个航空技术的水平，大大加快了民用航空运输的发展势头，地球变得越来越小了。

陨落的“彗星”

第二次世界大战刚结束不久，各国开始忙于修复战争的创伤，民用航空也随之逐渐复苏，但是战争时期的运输机和借用各航空公司的飞机已经不能满足航空运输对更快、更大的需求了，因此各国飞机制造商掀起了研制新客机的热潮，其中发展最快的是美国，而在美国领先的则是道格拉斯公司。

道格拉斯公司自从用DC-3打开天下以后乘胜追击，于1942年推出4台发动机、载客量44人、航程6 000公里的DC-4；1946年推出了载客量107人、航程4 900公里的DC-6；1955年又推出载客量105人、航程高达9 000公里的DC-7，使横跨美国大陆的时间从30年代末的18小时缩短了10个小时，从而牢牢地占据着当时世界航空制

造商的第一把交椅。

美国另一个飞机制造商洛克希德公司也崭露头角，推出了4发的“星座”客机。这种飞机有一个翼展长37米的高效能机翼，优美的流线型机体和独特的三垂尾布局，不仅采用了密封客舱，其速度还比DC-4快一些。

与此同时，美国波音公司也在B-29“超级堡垒”基础上发展了4发的“同温层巡航者”客机。该机也采用了全增压舱，还设有休息室。

道格拉斯的DC-4、DC-6和洛克希德“星座”及波音的“同温层巡航者”在当时并称为“空运四杰”，标志着空中客运进入了一个新时代。

这些4发客机不仅乘坐舒适性有很大改善，又因为都装备了在战争时期研制出来的新型飞行仪表着陆系统和地面控制进场雷达，在坏天气条件下也能够飞行，大大提高了飞行安全性和飞机利用率。

此外，一些经过不断改进的双发客机也开始加入到日益扩展的航线网络中来。天空呈现出欣欣向荣的繁忙景象。

但是，以上所有客机都是采用以活塞发动机带动螺旋桨为动力的，其速度已接近极限，如果要使飞机飞得更快，就必须采用喷气发动机。可是，美国的各航空公司当时都太看重眼前的利益了，面对喷气发动机可能带来的过高费用而畏缩不前，对喷气客机的研制采取一种不以为然的态度，从而让英国捷足先登了。

在这期间，英国先发展了一些涡轮螺旋桨飞机，如维克斯公司的“子爵”号和阿芙罗公司的阿芙罗748。

涡轮螺旋桨飞机是活塞式飞机与喷气式飞机之间的过渡性机种，由于它比活塞式飞机飞得高，可以在气流较平稳的高层气流中飞行（飞行高度约8 000米），加上涡桨飞机的振动也要比活塞飞机小得多，乘坐舒适性有较大的改善。

从20世纪50年代末期起，英国开始研制喷气式客机。

1949年7月，由英国德·哈维兰公司研制的4发中程喷气式客机“彗星”号首航，巡航速度一下提高到每小时800公里，几乎是活塞式飞机的两倍以上，飞行高度也突破了10 000米，可达到12 800米。

在1950年英国举行的范堡罗航展上，“彗星”号飞机以贴着屋顶的高度在会场上空呼啸而过时，引起来宾们阵阵惊喜。

在蔚蓝的天空上，“彗星”号划过一道长长的白色气雾，真像一颗闪亮的彗星划破了长空，这么快的速度，这么高的高度，对当时的人们来说简直是科幻小说才可能见到的怪物，竟然成了眼见的实物，航空界被震动了，“彗星”飞机成为第二次世界大战后欧洲航空工业第一颗闪亮的明星。

“彗星”号在首航后经过近三年的修改，于1952年5月2日开始投入航线运营，由伦敦飞往南非约翰内斯堡，途经罗马、贝鲁特等5个城市。

世界上第一种由英国制造的喷气式客机“彗星”号，曾轰动当时的航空界，但其命运却像“彗星”一样短暂

“彗星”号飞机每次可载44名旅客，可在10 000米高空以每小时800公里的高速度飞行，而乘客坐在增压密封舱里的感觉和低空时一样舒服。英国从此将世界航空运输带进了喷气时代。

公司在“彗星”号后又推出了“彗星”Ⅱ和“彗星”Ⅲ，并接获了来自欧、亚甚至北美的数十架订单，当时世界上还没有任何对手能与它竞争，“彗星”号一枝独秀。

正当英国准备用“彗星”号独霸喷气客机市场，大展宏图之际，噩梦却接连不断地开始了。

1953年5月2日，一架“彗星”号飞机从印度加尔答客机场起飞后不久就突然坠毁，机上42人全部罹难，但是事后，调查人员把事故原因归咎于遇到了加尔各答上空的强季风，从而并没有引起人们的特别关注。

然而在1954年1月10日，又一架“彗星”号飞机从罗马起飞开往埃及开罗的途中，在地中海上空约10 000米的高空突然爆炸解体，机上旅客和机组人员与飞机碎片全部葬于大海。

英国皇家海军从地中海打捞到了这架飞机的残片，在打捞中还首次使用了水下电视探测技术。

所有“彗星”号飞机被停飞，由于对残骸的分析没有发现有致命的设计问题，飞机于当年3月又恢复了飞行，可是两个星期后，在4月1日，又一架“彗星”号飞机从罗马起飞后不久在地中海上空爆炸解体。

接连三次发生的空中爆炸，全世界为之震动。

“彗星”号飞机采用了当时最好的制造材料与技术，在制造中经过严格的试验和检验，质量比所有当时使用的飞机都要好，而且失事的三架飞机都已经过二三千小时的飞行检验，没有发现任何事故迹象，系统和部件都处于最佳使用状态。

究竟是什么力量把它撕得粉碎？各种猜测接踵而来，有的说是高空遇到了急流，有的还以此推测有高空“暗洞”，也不乏有人大肆宣扬一种神秘的力量等等。

所有的“彗星”号飞机都再次被勒令停飞，英国优秀的科学家和工程师都被集中在一起对几千块碎片进行各种试验和分析。

终于，爆炸的原因被查清楚了，它是由在飞机增压舱内的方形舷窗处的机身蒙皮出现的一条细裂缝引起的。而这个裂缝不是由于材料本身的强度不够，而是由于飞机在反复起飞和降落中，机身蒙皮在受到反复的增压和减压压差的载荷下，不断地来回弯曲变形而产生的。

这就是人们后来弄清楚的“疲劳破坏”。从这以后，飞机设计学

中专门增加了一个新学科——“疲劳学”。

当英国工程师们找出了事故原因，并对“彗星”号进行了针对性的改进后重新出山时，天空已经改换了新的霸主，“彗星”号经过几年的惨淡经营以后不得不悄然地退出空中舞台。

“蓝色比尔”

尽管这一时期苏联和法国等国家也都研制出了一批性能优良的喷气客机，但真正得到当时世界上公认、商业上最为成功的是美国波音公司的波音707客机。

波音公司诞生于如诗如画的美国东海岸的长青之城——西雅图。

公司的创始人就是一生充满传奇色彩的威廉·爱德华·波音。

威廉·波音于1881年10月10日出生于美国密执安州的底特律，威廉·波音的父亲是德国人，母亲是越南人。

威廉·波音8岁那年父亲就撒手人寰，不久母亲又改嫁了，波音开始独自闯荡人生。

1903年，就在莱特兄弟发明了人类第一架飞机时，威廉·波音在华盛顿州合坤镇继承了父业，经营木材生意，生意开展得红红火火，如果没有以后一系列的机缘，威廉·波音很可能就此成为一个很有生意头脑的木材商了。

1910年，威廉·波音兴致勃勃地参观了在洛杉矶附近举行的一次国际航空大赛，在那里他第一次看见了飞机，从此以后他的身心就被航空深深的吸引了，只要一有机会就出去看各种飞行比赛和航空表演。

1915年7月4日，威廉·波音第一次坐上了飞机，那是一架冠蒂斯水上飞机，一开始波音被第一次能腾云驾雾而激动不已，但很快就被飞机激烈的颠簸搞得疲惫不堪，从这以后，威廉·波音已暗下决心，一定要自己设计一架比这架飞机好得多的飞机。

1915年威廉·波音到知名飞行家马丁开办的飞行学校学习飞

行技术，学成以后还买了一架马丁水上飞机公司的一架水上飞机飞回自己的住处，但在降落时摔坏了浮筒，由于当时没有零件可更换，飞机视同报废，从而更坚定了威廉·波音要自己制造飞机的决心。

威廉·波音在住处普吉特湾附近租了一间简陋的厂棚，请他一位当海军军官的好朋友韦斯福特当工程师，并雇了20多位工人，开始制造出了第一架飞机。

这架飞机为水上飞机，称为B & W，是以波音和韦斯福特的名字的第一个字母命名，它还有一个昵称叫“蓝色比尔”。

波音亲自驾驶着“蓝色比尔”在西雅图联合湖上空掀起了千顷碧波。从这一天开始，威廉·波音就将他的名字和蓝天联在了一起。

韦斯福特不久就奉命调离，波音不得不另招工程师。这时，一名中国工程师应召而来，他的名字叫王助。

王助1893年生于北京，1909年先被清政府派到英国伦敦阿姆斯特朗技术学校学习，1915年又到美国波士顿麻省理工学院航空工程系深造，获得科学硕士学位后就投身于威廉·波音刚创建的公司。

1916年7月15日，波音新建的公司正式成立，取名为“太平洋飞机制造公司”，王助成为公司的工程师。

当时公司的条件极为简陋，所谓工厂充其量只是一个船坞，运输工具仅仅只有一辆大货车。

不久，第一次世界大战爆发，海军很需要一批水上飞机。

王助的第一个任务就是设计一种C型的水上飞机，结果大获成功，公司获得一批价值575万美元的订单。威廉·波音用这笔资金大大扩展了公司的规模，并重新改名为“波音航空公司”。

1917年，王助因故辞职回到了中国，威廉·波音又从华盛顿州大学招聘了两位年轻人，克莱尔·艾吉维特和菲尔·约翰逊，这两人在波音公司以后的30年里一直是公司的顶梁柱。

战争给公司带来了机遇，但战争结束后因军方订单的撤销，公

司也很快陷入了绝境。

1920年，波音公司损失了30万美元，公司的命运危在旦夕。威廉·波音开始另辟蹊径。

1925年，美国国会通过了航空邮政法案，威廉·波音立即成立了波音空运公司，利用波音母公司的飞机从事航空邮运业务，不仅赚到了大量的钱，又推动了波音公司的飞机生产，终于渡过了难关。

航空运输事业的复苏，也刺激了波音公司对新飞机的研制。

首先，在艾吉维特的主持下，波音公司推出了波音80型三发双翼飞机，它可载12个沙发座椅，每个座椅都有一盏照明灯，机舱是密封的，有暖气和冷热水设备。这也是波音公司最后一款双翼机。

波音80飞机最大的功绩就是在飞机原有12个座位之外特意增加了一个供航线服务员乘坐的第13个座位。

1928年，美国西方航空公司首先在飞机上雇用了“空中少爷”，但效果不太理想。

1930年5月15日，波音80飞机上出现了世界上第一个“空中小姐”。

从此，这个做法很快被其他航空公司所仿效，女性的微笑和周到的服务赢得了广大乘客的欢迎。时至今日，“空姐”已成为了民航客机不可缺少的机组成员。

艾吉维特最出色的成果是他研制了被航空界称为世界上第一种真正的现代客机，波音247。该机在1933年世界博览会上引起了轰动，从而使波音公司名噪一时。

1928年以后，波音公司进入了迅速发展时期，很快占有了全美邮件和旅客空运30%的市场，堪称为一方的航空霸主。

这时，一个庞大的合并行动开始了，由波音公司、波音空运公司和普拉特·惠特尼发动机公司合并成了“联合航空运输企业公司”，成为一个集飞机制造、发动机制造、航空邮运与客运于一体的一个托拉斯性质的航空界的巨人。

联合航空运输企业公司的大旗一树，便展示了无限的风光，营运的第一年便已获利830万美元，流动资产总值超过270万美元。波音的“波音飞机王国”之梦已在一步步走向现实。

1929年10月24日，美国遭遇了可怕的“黑色星期四”，股市大崩盘，股票狂跌，一大批中小公司都纷纷倒闭，只有联合航空运输企业却依然是中流砥柱，财源滚滚而来。

但是一心只想搞技术与实业的威廉·波音对政治却一窍不通，更不知道政治场上的险恶。

1934年，美国政府以整顿美国航空运输为由，公布了“空邮法案”，对航空运输和飞机制造公司抛出了好几个紧箍咒，其中有一个就是飞机和发动机制造商不能与航空公司有任何联系，这样就从根本上推倒了联合航空运输企业公司。这个由波音公司、波音航空公司和普惠发动机公司组成的联合体也变成了一堆废墟。

波音公司再次回到了起点，“波音飞机王国之梦”也随之彻底破灭了。

波音公司从它的鼎盛期，一下子滑入了最低层，在西雅图的工厂掀起了一股解雇潮，1 700位工人猛然被减少到不足700人，剩下的人还必须“半工半薪”，一半人在工厂上班，一半人在家休息，两个星期轮换一次。

工程师们也被减员减薪，尽管如此，公司到年底仍有26.7万美元的赤字。

为“波音王国”操劳了近18年的威廉·波音感到了彻底的绝望，决定脱离他一手创建的公司，将自己手上全部波音公司的股票抛售一空。

1934年，威廉·波音却意外地获得了一枚航空界的最高成就奖——格金汉奖章，但这一切都来得太晚，威廉·波音不再想为航空拼搏，悄悄地隐退于山林与海天之中。

1956年9月28日，威廉·波音驾驶着他自己的私人快艇在海面上游弋时，突然心脏病发作，魂归云天，享年75岁。

在这段时间里，没有了威廉·波音的波音公司却冲破了乌云压城欲摧的黑暗日子，重新飞上了蓝天。

临危受命

由于克莱尔·艾吉维特研制波音247的业绩，1939年艾吉维特被选为波音公司董事会主席。就在威廉·波音隐退不久，空军与波音公司签订了一个研制一种远程重型轰炸机的合同，给压得喘不过气来的波音公司带来了一线曙光。

由波音公司设计和制造的B-17“飞行堡垒”和B-29“超级堡垒”成为第二次世界大战最著名的二种重型远程轰炸机。

但是，随着战争的结束，B-17和B-29的订单也马上被取消了，波音公司又一次步入了荆棘丛生之地。

正在这时，新一任的主管威廉·阿伦上任了。他是艾吉维特从一大批公司精英中挑选出来的。

威廉·阿伦一直是波音公司的一位律师，从未涉足过飞机的设计和制造领域，可以说对于航空工业完全是一个门外汉，因而当董事会主席艾吉维特向董事会力荐阿伦出任总裁时，不仅许多人感到意外，连阿伦本人也觉得难以置信。

他对艾吉维特说：“我既不是航空工程师，又不是飞行员，更不是财经专家，我的全部业务就是一个律师，要我这样一个外行来管理科技人员高度集中的波音公司，不是天大的玩笑吗？”

艾吉维特拍了拍他的肩膀，笑着说：“我相信你一定会干好的。”

董事会在艾吉维特的坚持下通过了对阿伦出任总裁的任命。

1945年3月，威廉·阿伦正式上任了，当时他只有45岁，许多人都预测他干不了几年就会知难而退，但他却一直干到了70岁，掌管了波音将近四分之一个世纪。

阿伦上任的第一仗就是在国会听证会上，对向波音公司发难的议员为波音公司的信誉进行声辩。在这次听证会上，阿伦充分发

挥了他长期从事律师工作的职业功底，滔滔不绝、声情并茂的雄辩不仅改变了一些议员对波音公司的成见，赢得了国会对波音公司的尊重，也因为他捍卫了波音公司的利益而得到了全公司员工的信赖。

从这以后，阿伦不仅带领波音公司走出了困境，还从一个高峰走向了另一个高峰，这时人们也从内心佩服艾吉维特的独特眼光与智慧。

阿伦上任以后，波音公司由于军品的骤减再次陷于危机。几次因军品带来的大起大落教训使艾吉维特和阿伦深切感到一个公司要生存必须学会两条腿走路，要同时发展军品和民品业务，才能确保在战时和和平时期都能生存和发展，而且对已经有了坚实军品基础的波音公司必须在民机市场上杀开一条血路。

当时美国民机制造业的老大是事业如日中天的道格拉斯公司，该公司的DC系列客机，几乎扼杀了曾经辉煌一时的波音247的生机，占领了美国客机市场的80%以上。

突破口在哪里呢？

阿伦的第一记重拳是将在第二次世界大战中出了名的“B-29超级堡垒”改进为波音377“同温层巡航者”。

阿伦明确地对设计人员下达了指示：在波音377的设计中“一切要以旅客为中心”，即现在所说的“以人为本”。这个思想一直被深刻地体现在波音以后研制的所有波音客机中。

波音377“同温层巡航者”的主客舱可容纳60名旅客，每张座椅都可以向后斜靠，下层机舱有休息室，并有鸡尾酒廊，尾部还特别开设了一间所谓“密月间”。整个飞机豪华、宽敞、舒适，飞行速度也是同类飞机中最快的，比道格拉斯公司的DC-6每小时还快30公里。

“同温层巡航者”的出现虽然未能从根本上动摇道格拉斯在航空市场的老大地位，该机总共只生产了55架，但却显示了波音公司的巨大潜力，特别是波音377体现的“以人为本”的设计思想，使整个航空界为之耳目一新，对世界以后客机的设计带来了深远的影响。

美国泛美航空公司成为波音377的第一家客户。该公司于1949年把该机用在了北大西洋航线上。公司还特别雇用了航线经过地区的当地年轻姑娘,穿上各自的民族服装作为“空中小姐”,形成了当时航空客运中一道靓丽的风景线。

借“机”下蛋

1950年,威兼·阿伦和预研飞机设计组组长梅纳德·彭内尔出席了两年一度的英国范堡罗航展。在这届航展上,最耀眼的明星就是英国德·哈维兰公司刚刚推出的“彗星”号喷气客机。

正当在场观众欢声雷动对“彗星”号赞口不绝之时,阿伦转过头来对彭内尔说,我们能不能造出比“彗星”号更好的飞机?

彭内尔毫不犹疑地对阿伦说:“完全可以。”

1952年4月22日,就在“彗星”号投入航线试运营不久,波音公司在西雅图总部召开了一次非同寻常的会议。

会议主席为艾吉维特,主持人为阿伦。这次会议决定了波音历史上一项重大的战略转程,要从研制军机转向“要用民用客机打天下”。

会议最后阿伦宣布,波音公司立即启动研制一种全新的喷气客机,客机的编号为707。

这个编号据称来自于在707原来的机翼设计。在最初设计方案中机翼后掠角取为45度,这个角度的正弦和余弦值都为0.707,由此得名,尽管后来的设计将机翼的后掠角改为35度。

这是波音公司的第一次“赌博”。

按一般规律,要启动一项大型民用飞机计划,首先要从预订单中筹措到足够的启动资金,而当时由于各大航空公司已经为买新的螺旋桨客机耗尽了资金,没有剩余资金来关注新喷气计划,银行也不愿意对当时并不看好的喷气客机提供贷款。波音公司完全是自筹资金来研制波音707。

这的确是一次铤而走险。因为这笔资金大约要1 600万美元,几

乎占了波音全部资产的四分之一，所以如果波音707搞出来以后没有市场，波音公司就不得不宣布破产。

为了使计划不引起竞争对手特别是道格拉斯公司的注意，以免刺激对手提前采取相应的对策，阿伦采用了一种借“机”下蛋的办法，将707的原型机取了一个367-80的军用代号，给外界造成一种为空军研制新军用运输机的假象，实际上是双管齐下，军民两种型号同时进行。

由于波音公司已经有了研制喷气轰炸机B-47“同温层喷气”的基础，所以将其转换为民用型可以说是轻车熟路。

但是，阿伦指示飞机设计人员，要么不干，要干就应是最好的，载客量要最大，速度要最快，使用性能要最好，而且还应最安全。

为了将喷气发动机带来的噪声扰民问题减至最小，设计人员想尽办法在发动机上特别设计了一种噪声吸收装置。

为了使降落的滑跑距离尽可能短，设计人员与发动机公司共同发明了“哈壳形”的反推力装置。

为了使飞机在飞行中绝对不出意外事故，专门设计了两层玻璃夹一层乙烯基化学物质“钢化玻璃”，并特别用一门加农炮发射一只“死鸟”模拟飞行中被鸟撞后的情况，检验这种“钢化玻璃”驾驶舱能否经受得住相对速度高达每小时800公里的鸟的“撞击”。

正当707原型机正在紧罗密鼓地装配时，“彗星”号爆炸的消息传来。

设计人员马上对707的结构进行了针对“疲劳”问题的重新核检，幸好设计人员在用材问题上没有发现漏洞，特别707采用的是圆形舷窗，比“彗星”号的方型舷窗在受力上要合理得多，707还是按时出厂了。

1954年5月15日，对于波音公司来说是个大喜的日子，首架367-80（即707）披着红纱缓缓地滑出了总装车间的大门，全厂的工人蜂拥在它的身旁。

突然，人群开始拼命鼓起掌来，因为他们在贵宾中看到了一位

白发老人，他就是波音公司的创始人威廉·波音。今天，已过70岁古稀之年的波音，携同妻子一起来到庆典现场。

早已身退山林海天的老波音，心魂仍一直系着波音公司的每一步足迹，今天当他看见在阳光下闪着金光的707庞大的躯体时，不由得热泪盈眶，他从707的身上真正感到了昔日的“波音王国”理想已经不再是梦了。

威廉·阿伦来到波音夫妇身边，满怀深情地说：“夫人，请您为它祝福吧！”

激动万分的波音夫人贝莎高举起一瓶香槟酒向707飞机鼻上敲去，酒花四溅，欢声雷动，波音公司的第一架喷气飞机带着波音夫妇的祈祷诞生了。

1954年7月15日，波音707进行了首飞，尽管其技术上与“彗星”号没有根本性的不同，但由于设计人员从飞机内部到外部的每个细节都考虑得非常细致，所以综合优势明显胜于“彗星”号，波音公司从上到下都非常满意。

航空“灰姑娘”传奇

但是新飞机搞出来了是一回事，在市场上有没有销路是另一回事，特别是民用产品，不仅要靠新，而且还要取决于“品牌”和厂家的“威望”。显然在这两方面波音都没有优势。

在当时航空公司的心中，波音一直是有名的军用飞机制造商，波音公司民用飞机在市场上占的份额很少，大家更信赖的还是道格拉斯公司，甚至洛克希德公司。

因此，波音707在市场上几乎没人喝彩，反倒是美国空军看到了这种飞机的潜力，把喷气空中加油机的订单给了波音公司，使公司多少摆脱了些财政上的困境。367-80很快被改成了KC-135加油机，并很快成为美国空中加油机的主力机种，总共生产了820多架。

但KC-135的成功，不是艾吉维特和阿伦“要用民用飞机打天下”的初衷。

1955年7月，波音公司得到了美国空军的许可，在KC-135基础上正式推出波音707客机。

波音707市场推销的致命弱点是既没有完整的销售网，又没有完整的销售策略，反过来道格拉斯公司已经在民机市场上建立起一整套销售网络和较成熟的销售策略。

为针对波音707，道格拉斯也启动了全新的DC-80喷气飞机计划，尽管波音707已经飞上了天，而DC-8还在图纸上，但是道格拉斯在宣传上却大肆宣传DC-8比波音707载客量更多，舒适性更好，机舱宽大，舷窗更大，飞行更平稳。

道格拉斯的宣传口号是“稍等一下，可以买到更好的飞机”，这对航空公司极有吸引力。

由于各航空公司手头资金有限，所以对喷气客机的采购都表现了前所未有的谨慎和挑剔。

联合航空公司的老板在仔细参观了波音707以后，最后还是选择了道格拉斯公司的DC-8，理由是DC-8的座位比波音707多，所以宁可再等一年，也要DC-8。因而在1955年联合航空公司的订货会上波音公司彻底输给了DC-8。

和波音公司关系一直不错的泛美航空公司原来订购了“彗星”号飞机，“彗星”号出事后应当是顺其自然地转向波音707，但当该公司当家人了解到波音707的动力还不足以不经停地横贯美国大陆，更不能飞越大西洋以后，又犹豫了。

阿伦亲自率领一个推销小组到泛美游说，希望能拿到至少150架的订单，但最后只争取到泛美公司象征性的20架订单，而泛美公司给DC-8首批订单却有25架。

阿伦刚回公司不久，泛美公司就又打电话给阿伦，20架波音707只是一个过渡性的机种，以后他的首选机种还是DC-8。

阿伦受到了很大震动。他叫来了与波音707计划有关的领导与设计和制造人员，决定要对波音707进行大改，把707加长、加宽，不仅要搞出不逊于DC-8的707，还要搞出一种具有洲际飞行能力的

707。

第一种型号称为波音707-102,可载客181人,第二种型号称为波音707-320,可载客189人。

波音707改动的信息刚一传出,就吸引了各国航空公司的注意力。先是美国航空公司订购了32架,1955年,又接到了泛美航空公司的订单。由于泛美公司在航空界是一个举足轻重的公司,所以马上就带动了一大批航空公司的行动,法国航空公司、德国航空公司、萨伯纳航空公司的订单相继而来。

正当波音707销售市场捷报频传时,道格拉斯DC-8喷气客机也出厂了,并于1958年5月成功地进行了首飞,从而和波音707再次展开了一场势均力敌的空中较量。

1959年10月10日,一架波音707-320首次完成了从纽约不经停直飞伦敦的飞行,泛美航空公司用707-320建立了世界上第一家环球客运运营航线。波音707开始站住了脚。

但是,一场千钧一发的空难几乎断送了波音707的全部前程。

在泛美航空公司开通越洋航线不久,一架从法国巴黎飞往美国纽约的波音707-320,在飞越大西洋的途中突然失控,飞机从10 000米高空直往下冲,一直掉到离地约2 000米时才被飞行员稳住,飞机很快迫降在芬兰的甘德机场。

一场机毁人亡的空难侥幸地避免了,机上117位乘客受到了一场生死一瞬间的惊吓,但最后还是得救了,但飞机的水平尾翼受到了严重损坏。

这次事故原因很快查清,是飞机在高速巡航时,副驾驶员无意之中碰到了"升力抑制器"开关,使机头突然下坠造成飞机失控。

但是波音707飞机从10 000米直接坠至2 000米的过程中,所经受的载荷几乎是设计载荷的二倍,而飞机结构却很好地经受住了这种超乎寻常的超载荷,显示了波音707结构超常的坚固性,这在航空界反到成为一段佳话,受到广泛的赞誉。

对于艾吉维特、阿伦等波音公司的上层领导人来说,波音707

的这次事故无疑使他们受到了一次急上急下的惊吓，因为如果这次波音707在事故中坠毁，那么损失的将不只是一架飞机，而是整个波音公司的命运，刚刚投入运营的波音707将像当年“慧星”号一样被封杀，波音公司也难有东山再起的机会。

人们常说“大难不死，必有后福”，不仅波音707的订单很快超过了DC-8，而且更令人振奋的是，1959年5月12日，白宫通知波音公司，波音707-320被选为总统专用飞机。

在此以前，美国总统座机都选用的是螺旋桨飞机，罗斯福总统的座机是道格拉斯的DC-4，杜鲁门总统的是DC-6，艾森豪威尔当时的座机是洛克希德公司的“星座”。国务卿杜勒斯认为航空进入喷气时代，总统的座机也理应换为喷气飞机。

经过全面的比较，空军最终选定了波音707-320。除了波音707-320综合性能优于其他竞争对手之外，波音707-320经过生死考验的超寻常牢固结构和制造质量成为入选的关键因素。

1962年10月10日，一架波音公司为白宫专门订做的由波音707-320改装的“空军一号”降落在安德鲁空军基地，正式作为总统专机启用，飞机的机腹是蔚蓝色的，机背是乳白色的，至此，波音707在蓝天白云中成为一颗耀眼的新星，成为民用航空史上最有传奇色彩的“灰姑娘”。

梅开二度

波音707的成功使波音公司终于打破了道格拉斯飞机公司对民用机市场几十年的垄断，为实现波音公司“用民用飞机打天下”的目标迈出了重要的一步，尽管波音公司的实力还只能在道格拉斯、洛克希德公司之后，屈居第三。

波音707投入市场后虽然显示出很好的营运潜力，但在初期阶段还很难给波音公司带来盈利，连设计成本能否收回都很难说。另一方面，由于波音公司正在进行向民用飞机的战略转移，在一系列军用项目中却节节失利。

波音公司制造的波音 707 一开始倍受冷落，但后来成为最受欢迎的民用飞机，并被选用作为美国总统的座机“空军一号”，成为民用航空史上最有传奇色彩的“灰姑娘”

正在这时，预研飞机设计组的首席助理工程师杰克·斯坦纳向阿伦提出了一项波音727中、远程喷气客机计划，以支援波音707扩大市场占有份额。

计划一提出，在波音公司引来一大片反对声：一是，波音727将会直接挤占707的市场；二是当时喷气客机市场已经有许多新飞机，波音727根本不可能再有新作为；第三点也是最重要的，波音公司当时没有财力再启动一个新项目。

为了让董事会认识到波音727将是最好的喷气客机，斯坦纳几乎日以继夜地进行着方案论证工作，他在办公室配了两位秘书，一位白天上班，一位从下午到深夜，自己则甩掉了所有的家务事，连走路都心不旁骛、目不斜视，满脑子想的全是波音727。

阿伦在办公室里听完斯坦纳的汇报后，以战略家的眼光表示了对波音727计划的赞同与支持。他确信，波音727将是最棒的。

经过斯坦纳的“上窜下跳”和阿伦的坚决支持，波音公司董事会终于同意了波音计划，但是有一个十分苛刻的条件，必须由斯坦纳本人去说服当时美国航空公司中的“四大天王”：联合航空公司、泛美航空公司、环球航空公司和东方航空公司中，至少有两家答应购买波音727以后，这项计划才能正式启动。

斯坦纳不得不带着公文包开始更为艰苦的游说。

结果是，环球航空公司由于财政困难，连已经购买波音707所

欠的钱都可能还不起，不可能再购买波音727了；泛美航空公司已决定订购洛克希德公司的飞机，没有钱再买波音的飞机；东方航空公司指出，波音727采用4台发动机，耗油量太大，经济上不合算，他们更愿意购买双发的飞机，还必须能在1 480米的跑道上作短距离起降；联合航空公司则指出，飞机要能用在丹佛的高原机场上，必须采用4台发动机，与东方航空公司的要求竟然完全相悖。

客户就是上帝，波音727必须按照上帝的意愿进行修改。

首先，为了同时满足东方航空公司2台发动机和联合航空公司4台发动机的矛盾要求，斯坦纳采取了一个3台发动机的折衷方案，并经过反复比较，把3台发动机的位置都从机翼移到了飞机尾部，这不仅可以降低客舱内的噪声，而且还可以减少飞机的阻力。

为了能满足短距起飞的要求，工程师比尔·库克专门设计了一套极有创造性的增升系统，在机翼上采用了后缘三缝襟翼和前缘缝翼，这是世界上第一种在机翼前后缘都采用增升装置的客机，使727很好地满足了东方航空公司的要求。

727飞机还采用了独特的T形尾翼设计，也就是飞机的平尾不像大部分飞机一样放在垂直尾翼的根部，而是放在了垂直尾翼的顶部。

“T”形尾翼可允许机翼在起飞降落时打开机翼的扰流片，使平尾能避开机翼尾流干扰，不会产生飞机振动。

为了增加飞机飞行的灵活性，斯坦纳三顾茅庐请出了已经退休的油压操纵系统设计专家设计了波音727的全套油压系统，使727的操纵性能比707有了台阶性的提高。

1960年2月，斯坦纳拿着全部更新的方案再次走进了波音公司董事会会议室。

董事会很快为727开了绿灯，拨出了1.3亿美元作投产基金，也就是说727可以不做原型机，直接制造生产型，但是，董事会要求斯坦纳在年底前拿到至少100架飞机的订单。

这一次威廉·阿伦亲自参加了推销小组，敲开了一家又一家的

航空公司大门,开始又一轮的游说。

经过几乎跑断腿的努力,东方航空公司答应订购40架,联合航空公司也订了40架,并有20架的意向订单。

阿伦终于在董事会上拍板定音,波音727开始投入生产了。

1963年2月,波音727开始进行试飞,结果是出其地好,速度比设计快了近每小时80公里,耗油量反而减少了33%,载重能力增加了10%,凡是飞过波音727的试飞员都对该机的驾驶品质赞不绝口,更重要的是波音727增升装置完全能在纽约的拉瓜迪亚机场不到1 480米的跑道上轻松起降。

兴奋不已的阿伦再也坐不住了,他亲自带着推销组旋风般地访问了26个国家,44个城市,订单如雪片地跟在阿伦身后滚滚而来,波音727成了当时市场上的抢手货。

波音727是在1964年2月投入航线运营后,又推出了727-100型和727-200型,原来的市场预测是销售300架,到1984年该机退出生产线之前竟一共售出了1 831架。

波音707和波音727梅开两度,在航空市场上树起了“波音品牌”。这为下一个波音737短程喷气客机市场起到了很好的宣传作用。从1965年第一架波音737问世以来,在头30年就销出了4 000架,成为世界上销售量最多的客机,为波音公司撑起了半壁江山。

羽翼已经丰满的波音公司决心要冲击市场老大的地位,发起了一场民用航空史上最大的一次孤注一掷的赌博。这场赌博差一点又把波音拖到了倾家荡产的边缘。

新盟主的诞生

20世纪60年代中期,客机生产厂商和各大航空公司对民航的前景纷纷看好。他们都预测民航客机年需求量的增长率在15%以上。人们普遍认为,要适应这一发展必须制造一种大型宽体客机,从而引发了一场惊心动魄的为争夺盟主的搏斗。

孤注一掷

1965年波音公司投标军用运输机C-5A。C-5A是一种比当时任何运输机都大出一倍的飞机，尽管波音公司的备选方案是无懈可击的，但是由于要价实在太高了，因此输给了洛克希德公司，这是波音公司在军用飞机项目的又一次挫折。

当波音公司察觉到C-5A难以获胜时，当机立断地把C-5A的准备计划转成一个民用机计划，一种当时世界最大的巨无霸客机，这就是波音747。

波音公司的新计划立即得到了泛美航空公司的响应，签下了购买25架波音747的合同，价值5.5亿美元，这在当时是一笔空前的大交易。

在泛美带动下，其他一些航空公司也接着跟进，很快达到了波音公司预计的计划启动需要的最少订单——50架。

但是，这么大的飞机，无论在当时还是在现在看都是一场空前的“豪赌”，除了要制造前所未有的巨型飞机外，还要建造一幢世界上最大的厂房，占地就达2 000亩，厂房内有40个足球场那么大。

波音公司对整个747计划预计的投资为7.5亿美元，相当于公司当年全部资产的净值，而为建造747的厂房就花去了2亿。除此以外，波音公司还要建造通向厂房的铁路，运送飞机部件的特种运输车等，更不用说还要为制造747引进全新的巨型生产线。

为了筹措资金，阿伦不得不变卖公司的一些其他业务，如燃气轮机分部。

波音747计划的另一关键是选择发动机，波音707发动机的推力是85千牛左右，而波音747要使用的高涵道比的发动机至少要提供180~200千牛的推力。

按照惯例，客机的发动机都有航空公司自己来选择，但是这一次则不同，所有的航空公司对747所用的高涵道比发动机都一无所知，因此甘愿听凭波音公司决定。

当时如果从技术实力出发，首选的发动机制造商应为通用电气公司。通用电气公司当时在高涵道比技术和温度控制技术方面处于领先地位，而通用电气公司还承担了C-5A发动机的研制工作，波音公司当然希望能将C-5A的发动机技术直接移植到747上来，可是在1965—1966年，通用电气公司的任务十分饱满，无力再进行新发动机的研制工作。

通用电气公司的退却，使得英国罗尔斯-罗伊斯公司跃跃欲试。从20世纪50年代起，罗-罗公司就想打入美国市场。这次罗-罗公司提出了一种远远领先于通用电气公司发动机的设计方案。为此波音公司几次组团到英国考察，最后的结论是，罗-罗公司根本无法实现自己的设计。

通用电气公司和罗-罗公司退出竞争之后，波音公司只有转向普拉特·惠特尼公司。而普拉特·惠特尼公司也正由于在C-5A发动机的竞争中输给了通用电气公司，正急于找到新项目，所以双方一拍即合。

这样，波音公司、泛美航空公司和普惠发动机公司就被捆绑在一起，共同陷入风险巨大的赌博之中。

困兽犹斗

波音747的最大问题是这种飞机实在太大了。

尽管在20世纪70年代初期，航空公司的理念就是“越大越好”，似乎装人越多就越能赚钱，但是飞机的设计必须遵循“平方-立方”法则，即一架飞机要加大时，其总体尺寸按放大倍数的平方增加，而重量则按立方增加。

泛美公司在与波音签订协议前就要求波音要将747原尺寸再加长2米，以增加两排座位、一个厕所和存放空间。

几年后，泛美公司领导参观747样机时，同意将飞机的驾驶舱移至机身上部，但却坚持要把腾出的空间改成旅客服务间和酒吧，用一架螺旋梯与头等舱相通，这样一来飞机不得不又增加了约

2 000公斤。

在签订协议时，泛美航空公司与波音商定波音747的起飞在300吨以内，普惠公司也承担了提供单台推力182千牛的发动机，并承诺在波音747交付3年内将推力提高到200千牛。

然而飞机计划外的增重使其最大重量迅速超过了原定值，到1967年已达到309吨，而且趋势有增无减，整个计划由此乱了套。

泛美原先要求747能载客400人，能在10 600米高度上飞越9 700公里距离，但重量上的陡增迫使泛美同意将高度降到10 000米。然而，波音很快发现309吨还打不住，想要满足即使是泛美降低了要求的技术条件，747至少需322吨，因而182千牛推力的发动机显然是满足不了要求，至少要加到200千牛，即相当于普惠公司答应的飞机交付3年后的承诺。

经过一系列紧急磋商，泛美航空公司、波音公司和普惠公司集中到两个补救方案上。一是由泛美航空公司和普惠公司提出的，将计划推迟半年，以给修改发动机留下时间；二是由波音公司提出的，进度不变，从现有发动机中挤出更多推力。

波音公司认为机体的研制已开始，拖延半年将会使公司损失2.5亿美元。波音公司威胁普惠公司说，如果坚持推迟计划，波音公司将被迫放弃747计划。他们知道，发动机制造商花在新产品上的钱比飞机制造商更早更快，747一旦被搁置，普惠公司的损失将是更严重的。果然不出波音公司所料，普惠公司接受了波音公司的方案。

不过事后证明，这一方案几乎是灾难性的。

普惠公司由于无法在现有发动机中获得更多的推力，只有提高发动机的工作温度，由于温度的提高，747在试飞几个月后，发动机出现了变形，结果使发动机的推力进一步降低，油耗进一步加大。

这一问题使波音公司、泛美公司、普惠公司之间陷入激烈的争吵。他们互相指责，波音公司指责泛美航空公司的超重要求和普惠

公司的发动机设计，泛美航空公司指责波音公司的总体设计有问题，普惠公司则埋怨飞机重量已大大超过发动机的设计能力。

尽管争吵不休，1968年9月30日波音公司仍然举行了盛大的第一架波音747出厂典礼。

波音747真是一架名副其实的“巨无霸”，它所携带的油料足够一辆普通运输车用70年，每年行使1.6万公里，飞机装满油以后的重量达340吨。飞机所用的电缆线连起来足有130公里长。波音747的工程图纸多达75 000张，共有500多万个零件，美国50个州中有48个州在为波音747制造零件。

但是，表面的风光后面却是计划过于庞大又不顾一切地上马带来的一片混乱：零件短缺、资金不足、人员培训跟不上。

最棘手的还是发动机。747试飞过程中，共用了87台发动机，其中60台完全报废。有一段时间4架试飞的747中只有1架能起飞升空。波音747的初航是1970年1月21日，当飞机刚滑行到跑道时，其中一台发动机就开始过热。

747交付泛美公司使用后，发动机经常在空中停车，尽管没有发生重大事故，但是大大影响了使用效率，使泛美公司不堪重负，成本大增。

1971年，泛美航空公司亏损达5 000万美元。但是泛美航空公司这时已为747计划投资了10亿美元，显然这个时候别无选择，只能与波音公司共存亡了。

波音公司这时的境况更惨，发动机的困扰使747不能及时交付，而飞机不能及时交付就得不到贷款。整个公司的运行已经成为问题。

由于股票大跌、资金缺口太大，公司不得不大肆举债，而当时银行借贷利率接近10%，达到了自30年代以来的最高值，举债无疑是饮鸩止渴。

市场经济的衰退，民机市场的萎缩，使波音公司从1969年开始后的3年没再接到747的一笔订单，而这个期间又是747的生产高峰

期，结果库存大量积压，仅1970年初就有30多架747趴在停机坪上。

波音其他飞机订单也急减，甚至出现连续17个月一架波音飞机也卖不出去的凄惨局面。公司离跨台只剩一步之遥。

挥泪断臂

1968年4月29日接任董事长的阿诺德·威尔逊也感到死神已经扼住了他的咽喉。这一年威尔逊才45岁。

威尔逊出生于美国中西部的一个中产阶级家庭，先后读过依阿华州大学和加利福尼亚理工大学，学习机械制造和航空工程，毕业后担任过陆军航空队的队长，有一次在滑雪运动中不慎摔断了腿骨，离开了军队，于1947年进入波音。

威尔逊在波音先是参加了B-52轰炸机的设计，在工作中表现出来的决断能力深得比尔·艾伦的赏识。当艾吉维特离休后，威廉·阿伦升为董事会主席，提名威尔逊接任了董事长。

威尔逊生活极为简朴。他住的房子是40多年前买的旧房子，尽管作为波音公司高级职员可以搬到豪宅群聚地区，但他和妻子坚持在小房子里度过了大半辈子。

威尔逊的车子是一辆除喇叭不响外、哪儿都响的老牌福特车。

威尔逊的办公室也特别寒酸，完全不符合一个大公司董事长的身份。房间里面仅有一张桌子、一把椅子、一个沙发，地毯已经磨损得寸毛全无。

威尔逊平时很少穿西装，夏天穿一件普通的长袖衬衫，冬天则穿一件圆领的绒线衣，特别是脚上长年穿着一双陈旧的‘破鞋”。

但威尔逊的最大特点就是敢于迎击最严峻的挑战，面对扼住他咽喉的死神，他会以惊人的毅力反去卡住死神的咽喉。

痛定思痛的威尔逊与阿伦经过仔细策划后，决定对波音公司来一次大刀阔斧的大改革。从减产和改进管理系统到制订更好的库存跟踪系统和控制系统，采取一系列降低成本和提高效率及其他一些有长远意义的举措，这其中最为重要和最果断的举措是大

裁员。

1968年中期，波音在西雅图的雇员数量达到了高峰，有101 000人以上，威尔逊决心要裁去一大半。

其他公司裁员都是从基层人员开始，层层往上裁减，但威尔逊这次却从上层往下砍，管理人员裁减的人数甚至比工人还多。

留下来的职员也大幅减薪，从主席、董事长一直到工人，无一幸免。阿伦降为年薪5万美元，威尔逊自己也减去了25%，年薪为2.5万美元。

到1973年，公司的雇员一下降到了37 000人。

波音的危机波及到西雅图整个经济，公司关门，工厂倒闭，大批人员流向其他城市，城市一下变得万户空门，路边的广告牌写着："最后一个离开西雅图的人，请别忘了关灯！"

波音747的发动机还是没有出现解决的曙光，被内外压力弄得心力交瘁的威尔逊终于倒下了。

在从华盛顿返回西雅图的飞机上，威尔逊突然觉得胸口一阵疼痛，眼前一片发黑，一下子倒在了座位下面。

这是一架西北航空公司的飞机，机组人员将飞机紧急迫降，很快把威尔逊送进了医院，医院诊断为心脏病卒死，死神又一次扼住了他的咽喉。

但是，威尔逊顽强的生命力终于使他又一次地战胜了死神。

几天过去了，威尔逊从一场大劫中站了起来。当阿伦听到威尔逊脱离危险时，十分激动，特别给西北航空公司打了电话对他们及时把威尔逊送到医院表示了感谢。

当威尔逊战胜死神逐渐恢复过来时，波音公司也挺过了最艰难的日子。

苦尽甘来

经过改革和种种节约措施后，公司的效率高多了，人员减少了一大半，事情也照样能办成，像过去那样多的劳力既无必要也不需

要,即使在生产高峰期也是如此。

一项调查表明,过去一个典型的波音工人的工作,26%的时间是花在工作上,其余时间几乎都耗在找工具、找零件及杂七杂八的事情上。波音公司经过对工具和零件系统的重新布局和安排,仅此一项就使工人的实际工作时间增加到70%。

特别是普惠公司终于使其发动机达到了中等效率的性能,从而使747稳住了阵脚,开始变成了"摇钱树"。

到了1978年,民机市场出现了短期的回升,民机需求量也开始增加,而波音公司这时已经能用5年前所需劳动力的四分之一来生产747,从而一跃成为世界航空航天工业公司中生产效率最高的公司。

随着747发动机效率的不断提高和各航空公司为747配套的地面设备的不断完善,747成为航线中最可靠、效率高和安全的客机之一。初期的旅客对747因延误导致各种麻烦的厌恶情绪已发生根本的变化。747在世界民机市场中的地位越来越牢固,它售出的总数几乎相当DC-10和L-1011销售数的总和,显然主宰了远程飞机市场。

几乎跌至深渊的波音747经受风暴的洗礼后像火中再生的凤凰焕发出无限生机。在以后的30年中,它创造了好几个世界之最:飞得最远、飞行距离最长的定期航班、载客量最多。

1985年波音公司推出了波音747最先进的改型波音747-400,吸收了大量的科技成果,并在机翼两侧加上了十分引人注目的向上翘起的翼梢小翼,使航程增加了3%;使用了先进铝合金,使机翼重量减少了2.7吨,起落架重量减少816公斤,采用了双人制驾驶舱,改善了飞机驾驶舱环境,节省了机组成本。该机最大起飞重量可达394吨,运载412名乘客时的最大航程可达13 500公里。

1993年9月10日,第1 000架波音747出厂。在1983年时,每架波音747的价格为6 600~9 000万美元,而现今的波音747-400每架售价已达1.2亿~1.5亿美元。

波音747被选为新的总统座机，替代了曾经为8位美国总统服务过的波音707。

波音747用它超常的飞行距离把地球相隔万里的人们拉在了一起，全世界变成了一个地球村。经过波音747磨难的波音公司比过去更有自信和自诩了，在以后的747与737之间插入了波音757和767，使波音公司的飞机形成了一个大家族，而它在美国的另外两个对手却在相互苦斗中开始走下坡路，并最终消失在民机舞台上。

一个家族公司的沉没

自从20世纪30年代以来，道格拉斯公司一直依靠一系列的螺旋桨飞机支配着民机市场。然而在喷气时代到来时，道格拉斯公司却在研制远程喷气客机的巨额投资面前犹豫不决。尽管他们一度靠DC-8喷气式客机与波音707相抗衡，但由于未将精力集中于此，最终未能超过波音707。

1959年波音公司盈利3 700万美元，而道格拉斯公司则亏损5 900万美元。两家公司的地位已发生根本性的转变。

尽管当时道格拉斯公司仍然还得到航空公司的信任，但却没能拿出新的更先进的产品来证明自己的潜力。

道格拉斯公司与波音公司在机构上还有一个最大的不同就是，道格拉斯是一个家族式经营的公司。

该公司创建于1920年，创办人是原马丁飞机制造公司的总工程师唐纳德·道格拉斯，他在公司里一直拥有说一不二的权力。

事实证明这种经营方式很难适应现代客机市场的瞬息万变的形势。由于每一种新飞机的推出所需要的投资越来越巨大，而家族式公司的每一项投资都会涉及全家族的利益，在面临着用全部家产作赌注时，往往会缩手缩脚而下不了决心。

其次，公司创办者的优秀素质不一定传给他的下一代。事实上，1957年接任总裁的小道格拉斯，无论从才能、办事效率，还是和航空公司的关系都不及他的父亲。

1960年波音公司推出高度成功的727飞机，又一次打破了均势。道格拉斯则推出DC-9客机应战，由于其优良的性能，也赢得了不少客户，给困难重重的道格拉斯公司带来了一线转机。

这时小道格拉斯又作出一个决定，要用DC-8的加长型向波音707挑战。

客观地讲，DC-8加长是一架性能很好的飞机，但它的挑战却未能成功。

首先是时机不好，那时波音公司的747计划几乎吸引了航空公司的全部注意力，其次小道格拉斯又作出了一个错误决策，他决定同时上马三个改型方案，而不是把财力集中于一个型号。

这对财力已经十分紧张的道格拉斯公司来说是难以负担的。结果一项本来是不错的项目变成了不切实际的挥霍行动。它不仅造成了研制成本的提高、速度放慢，而且引起了管理上的混乱，还连带了其他产品，特别是使得销售势头很旺的DC-9飞机生产速度也减慢了。

由于不能按时拿到飞机，航空公司开始怨声载道，有的甚至诉诸法律，使得道格拉斯公司不得不付出巨额赔偿。更令人难以理解的是，道格拉斯公司在此时不仅不马上收缩战线，反而又增加了DC-9的三个改型计划，小道格拉斯一直沉浸于DC-9的供不应求和DC-8加长型即将出台的盲目乐观之中而不能自拔，既没能预计到飞机的成本将会很快上涨到无法控制的地步，又没有采取严格的财务紧缩措施。

1966年，飞机的制造成本上涨到难以控制的程度，道格拉斯公司面临着严重的财政困难。到了年底，银行界对道格拉斯公司完全失去了信心，破产已是在所难免。公司的承保人提出必须将道格拉斯公司与其他公司合并。

1967年1月13日，麦克唐纳公司买下了道格拉斯公司的30万股股票，宣布兼并道格拉斯公司，成立了麦克唐纳·道格拉斯公司，简称为麦道公司。

麦克唐纳公司是詹姆斯·麦克唐纳在1939年创建的，是一个比道格拉斯更强的家族式营运公司，当时在军机研制方面具有很强的实力，是美国当时首屈一指的国防承包商，美国空军和海军的一些主要军用飞机都出自该公司。

麦克唐纳公司合并了道格拉斯公司以后，用军用飞机方面的设计技术和生产经验，设计和制造了一批在质量上可以说顶尖的客机，但该公司几乎没有民用飞机经营经验，而是把他们在军用飞机的一套管理和经营经验也几乎不加改造地搬到了民用飞机计划发展上，家族式经营方式弊端再次显露出与民机市场的不适应，销售业绩一直不佳，很快被欧洲的空中客车集团挤到了老三的位置。

特别是当冷战结束后，军品市场急剧萎缩时，公司的民机计划同样遭到了致命的打击，一系列挫折使该公司债台高筑，最后这个具有76年历史的老牌公司实在顶不住了，不得不卷旗收兵，于1996年投入到波音公司的麾下。

鹬蚌相争

当时对麦道公司合并道格拉斯公司感到最为遗憾的还是洛克希德公司。开始该公司对合并并不感兴趣，尽管曾作过努力，但态度很不积极。然而，洛克希德的总裁霍顿很快认识到这是他一生中最大的错误之一，因为如果能实现洛克希德与道格拉斯的合并，以后就不会出现导致两败俱伤的L-1011与DC-10之间的两相残杀了。

洛克希德公司从1966年开始研制三台发动机的宽体客机L-1011以后，1967年新成立的麦道公司开始也加入了竞争，提出了DC-10的方案。

各大航空公司总裁不断地开会磋商，企图在DC-10和L-1011之间做出选择。

从飞机本身来比较，大部分公司倾向于洛克希德公司的L-1011，但是由于洛克希德公司是第一次研制大型喷气客机，而且安装的是英国罗-罗公司的发动机，许多美国的航空公司对欧洲厂商

有一种天然的敌意，所以对全部由美国制造商制造的道格拉斯公司的DC-10更有着一种亲和力。用一些航空公司领导人的话来说就是“我们选择的是公司而不是飞机。”加上过去道格拉斯公司在民机方面技术的实力和威望，使得许多航空公司对麦道另眼相看。

最后的结果是DC-10与L-1011打了个平手。一部分公司采用麦道的DC-10，另一部分公司则采用洛克希德公司的L-1011，加上当时正在研制的波音747宽体客机，市场上就等于充斥着三种巨型客机，从而航空公司不得不喝下由自己酿成的苦酒。

麦道公司的DC-10虽然挤进了民机市场，但是它并不走运。1975年5月25日美国航空公司的一架DC-10在芝加哥坠毁，机上273人全部遇难。美国联邦航空局下令所有DC-10停飞，并吊销了DC-10的适航证。这是第二次世界大战以后美国联邦航空局采取的最为严厉的措施。

芝加哥空难使公众对DC-10信心陡降，许多航空公司取消了订货，一些没有DC-10的公司也借机进行宣传，以没有DC-10来招徕顾客。这样一来拥有DC-10的公司受到很大损失，而损失最大的当然还是生产厂家麦道公司。

对DC-10事故的调查，成为喷气时代最详尽的事故调查。调查结果却非常出人意料，飞机的坠毁不是飞机本身的制造质量，而是因为维修不当使发动机与飞机连接的法兰盘出现裂缝，导致发动机在飞行中突然脱落，同时拉坏了飞机一些操纵系统所致。

DC-10的飞机本身的声誉虽然得到了恢复，但它以后的飞行纪录仍然很糟糕，每1 000小时的灾难性事故几乎达到2次。专家们认为DC-10之所以事故率高，主要问题在管理上，麦克唐纳公司兼并道格拉斯公司后，不熟悉商用飞机的经营之道，从而使DC-10在维护保养等技术规程的制定上缺乏精益求精的严肃认真态度，从而大大削弱了公司在民机市场上的竞争力。

与此同时，洛克希德公司也遇到了与波音公司波音747危机十分类似的局面。

为L-1011提供发动机的英国罗-罗公司,和普惠公司当时向波音公司承诺的一样,答应在三年之内向洛克希德交付与L-1011匹配的性能先进的发动机。

这种发动机比当时的普惠公司和通用电气公司的同级发动机要领先半代,因而如果能与L-1011结合,就会使L-1011成为一种十分优秀的发动机。

但是罗-罗公司也和普惠公司当年那样,承诺要比兑现的多,公司在发动机中所采用的先进技术在试验中一次又一次地遭到挫折,结果使发动机最后的重量反而超过了普惠发动机。

到1969年终,罗-罗公司负债累累,新发动机的研制费直线上升,亏损1.15亿美元。当时伦敦的一家著名会计事务所提出一份审计报告认为,新发动机项目费用将为原估算的两倍,生产一台发动机的价格将比原定的84万美元高出26.4万。这意味着公司至少还需筹集1.44亿美元的资金才能兑现为洛克希德公司提供544台发动机的合同。

到了1971年1月下旬,罗-罗公司的领导已对形势感到绝望,几天后董事会决定寻求破产清理。当此消息告知洛克希德公司时,正被自身的财政危机搞得焦头烂额的麦道公司的总裁霍顿犹如五雷轰顶,极为震惊。

当时麦道公司在L-1011上投资约10亿美元,已耗尽了它能向银行信贷的额度,6家航空公司也为订购L-1011预付了2亿多美元,因而罗-罗公司若宣布破产无疑也把洛克希德公司逼到了破产的边缘。

尽管后来在美英双方政府的干预下,两家公司都勉强渡过了难关,但洛克希德公司和麦·道公司都元气大伤,其实力已难以和波音公司相匹敌。

波音公司终于登上了世界最大民用飞机制造商的老大的地位。

由于在长期与麦道DC-10的苦斗中难以摆脱财务困境,1984年

洛克希德公司在交付了最后一架L-1011后，便彻底退出了民用飞机的生产，美国的民用飞机制造商也从三足鼎立变成两雄相争。

但是麦道公司也在与洛克希德L-1011的争斗中大伤了元气。该公司自推出DC-10之后，再也没有推出能与波音公司一代又一代新产品相竞争的产品。

1997年，麦道最终因缺乏竞争力，以及在军机竞争中一再受挫而债台高筑，被波音兼并。

波音公司虽然成为美国惟一的民用飞机制造商，并在全世界称霸近30年，占全世界民机市场份额最高时达80%以上，但它却怎么也没有想到，欧洲一个它从来没放在眼里的新星正在升起，居然会很快成长为一个强劲的对手，直接挑战波音在世界的霸权地位。

少壮派的崛起

从技术和经济实力看，西欧各国并不比美国差，可惜的是，西欧各国在航空工业的发展上犹如一盘散沙，互相没有一个共同的规划，对市场也没有一个统一的认识，在喷气飞机发展上各自推出自己的飞机，如法国的“快帆”，英国的“三叉戟”、BAC-111。

这三种喷气客机几乎在同一时期、以同样载客量、差不多航程在同一个市场内互相争斗，三种飞机总共才生产了约625架，因而每一种飞机谁都没有形成规模效应，根本形不成与美国飞机制造商竞争的实力。

改变散沙局面

从20世纪50年代起直到70年代末，西欧各国在航空技术上几乎完全依赖于美国，法国的军用飞机有70%来自美国，而德国和意大利则100%依赖于美国。

第二次世界大战以后，欧洲的航空工业与美国的差距逐渐拉开，特别是英国的“彗星”号飞机的昙花一现，使欧洲航空工业的形

象受到致命的打击。

虽然“彗星”号制造厂商德·哈维兰公司针对金属疲劳问题对飞机结构作了全面改进，但航空公司已对其失去了信心。

英国政府在1955年为皇家空军订购了3架“彗星”Ⅱ，试图挽救德·哈维兰公司，公司还在1958年9月发展了性能更好的“彗星”Ⅳ，并且卖出了20架给英国海外航空公司，但财政上的困难最后还是迫使德·哈维兰公司被并入了英国另一家霍克·西德利飞机制造公司。

而美国航空工业却趁着“彗星”号飞机失败之际，在喷气飞机方面很快超过了曾经领先一时的英国。

虽然在此期间，英国康维尔飞机公司也推出了4发喷气飞机康维尔880，但在市场上根本无法与美国的波音和道格拉斯公司的产品竞争。

德国的飞机设计技术在历史上一直处于领先地位，但是在第二次世界大战以后，直到1955年，盟国禁止德国从事有关任何喷气飞机方面的研究工作，从而进入了潜伏期。

具有优良航空发展传统的法国开始成为欧洲航空工业的领头羊。

1936年法国将全国的飞机制造工业进行了国有化，按地理区域分成六家公司，1944年又合并调整为一个北方飞机公司，一个南方飞机公司。

法国民航飞机的生产主要由南方飞机公司负责。该公司在1957年推出了“快帆”双发喷气飞机，发动机装在机身尾部两侧。

它是世界上第一种采用发动机尾吊布局的民用客机，由于发动机离机翼很远，所以客舱内噪声相对较低，在航空公司界口碑很好。

“快帆”装的是英国罗-罗公司的阿芙罗发动机，因此是英法在航空工业上的第一次合作，并为两国在以后超音速飞机“协和”号上的合作打下了基础。

第二次世界大战以后，西欧各国虽然与美国一直是盟友，不管是在冷战期间与以苏联为首东欧集团的对峙中，还是在冷战后的世界政治和军事舞台上，都紧跟在美国后面，但是在经济上，西欧与美国的对立情绪却与日俱增，可以说合作远小于竞争。

到20世纪60年代晚期，一些欧洲工业界的有识之士一针见血地指出，美国航空工业的崛起在于形成了规模经济，而欧洲要想与美国抗衡必须要将欧洲的工业力量联合起来形成规模生产。

欧洲“空中客车”工业集团成立的背景，就是企图建立一个欧洲跨国联合企业，以便能打破美国航空工业独霸航空工业的局势。

促成这个集团成立的，有两个关键人物，一个是法国的亨利·齐格勒将军，另一个是罗歇·贝泰耶。

亨利·齐格勒在二战期间颇受戴高乐的器重，战后被委派于法国战后复兴部，专门负责重建法国的飞机制造工业。

当齐格勒到美国波音、道格拉斯等工厂参观后，深深感到了欧洲没有一个国家特别是法国，能够单独与美国航空工业抗衡。因此他坚信，只有欧洲各国联手才有前途，但是因为他的看法与政府部门的一些高级官员相左而愤然辞职。

齐格勒非常热衷于航空，在年轻时就被认为是很专业的航空专家。1946年出任战后法国航空公司第一任总裁，1955年出任布雷盖飞机公司总裁。

1967年布雷盖飞机公司被并入达索公司后，法国政府于1968年7月31日指派齐格勒出任南方飞机公司总裁。1970年，南方飞机公司与北方飞机公司、导弹发动机公司合并为法国航空公司，齐格勒出任总裁。

在南方飞机公司里，他为挽救“协和”号飞机，四处游说，当他后来成为空中客车公司总裁后，又不遗余力地为公司的生存奔走呼号，成为为欧洲航空工业腾飞而奋斗的斗士。罗歇·贝泰耶比齐格勒年轻一些，受欧洲联盟的影响也比贝泰耶更大，与齐格勒不同的是他长期从事技术工作，称自己是一个“职业工程师”，先后在南

方飞机公司担任飞行主任、导弹卫星部项目经理和飞行工程师，参与过英国德·哈维兰公司的“慧星”号客机的研制工作，还有与德国、意大利等国合作的经验。正是有了与西欧各国共同工作的经历，使他坚信只有将欧洲各国各自的国力联合起来，否则是无法与美国工业竞争的。

空中客车公司成立后，他一直是公司的顶梁柱，在他退休前一直是公司的总裁。

建起欧洲堡垒

在齐格勒和贝泰耶等人的极力推动与游说下，欧洲各国开始了进行各种合作的尝试。

1964年，南方飞机公司与英国飞机公司多次就共同合作研发一种200座级的双发BAC311客机计划进行了可行性讨论。

同时，英国的霍克·西德利公司、法国布雷盖公司和北方飞机公司也在共同讨论一种250座级的双发HBN.100客机计划。

碰巧的是，法国和德国7家公司组成了“空中客车研究团”，企图对各公司在新一代客机方面的研究进行整合。

鉴于以上组合的力量过于分散，1966年，法、英、德三国政府决定对各公司的力量进行集中，法国由南方飞机公司牵头，英国由西德利公司牵头，德国由“空中客车”研究组牵头。三方代表决定，共同研制一种以HBN.100为基础的300座级的新客机，并正式取名为“空中客车”300，即A300。1967年5月，A300计划被法、英、德三国政府正式批准，并任命贝泰耶为A300项目技术总监。

实事求是的贝泰耶认为A300飞机对市场的分析过于乐观，载客量300人不仅太大，而且该机只能选用罗-罗公司的一种发动机，风险也太大。因为当时，罗-罗公司正在为美国洛克希德公司的L-1011“三星”客机研制新发动机，无论从财力还是精力都很难全力以赴地再研制一种新发动机，万一新发动机不能按时交付，A300就成为有史以来最大的死铁鸟了。

在贝泰耶的说服下，计划组将A300缩成为200~250座级，因为重量减轻了，可选用的发动机也从原来的一种变成为三种，风险性大大降低了。

1968年5月，法国出现了全国性的工潮，承担A300计划主要厂商之一的南方飞机公司的工人是参加工潮的第一支劳动大军，为了稳住这个公司，戴高乐政府派齐格勒去主管这个公司。

正在这时，英国又来了个釜底抽薪。一是英国对A300的设计方案一直很不满意，二是英国把合作的重点转向了与美国联手，加上因为罗-罗公司一直在为洛克希德公司研制新发动机，法国和德国都怀疑罗-罗公司能否按时为A300交付新发动机，因而在法、德、英三国政府代表会议上，以二票对一票决定在A300上选用美国发动机，怒气冲冲的英国当即宣布退出“空中客车”计划。

英国的退出，给“空中客车”计划带来了危机，由于机翼是飞机设计中最富有挑战性和繁重的任务，而在机翼技术上，其他西欧国家不能与英国相比，德国和法国都无法胜任，因而原定由英国霍克·西德利公司来负责设计和制造“空中客车”的机翼，如果失去霍克·西德利公司，后果是难以设想的。由于英国的退出，德国所承诺的份额已从最初的20%上升到了50%，所以对“空中客车”的前景更为担忧，于是德国作出了一个大胆也是很聪明的决定，由它来资助霍克·西德利公司以私人投资公司的身份继续承担机翼的设计，资助额为2.5亿马克（约7 000万美元）。这样，在1969年5月29日，德国与法国正式签署了两国以对等伙伴关系正式启动空中客车A300的计划，德国的多家公司联合成立了“空中客车德国公司”，法国的南方飞机公司和北方飞机公司合并成立了“空中客车法国公司”。不久，荷兰福克公司也加入空中客车计划，三国于1970年12月8日正式成立了空中客车工业集团。

西班牙航空制造公司于1971年加入到空中客车工业集团，英国到1979年1月重新回到空中客车工业集团。这样，一个由西欧主要工业国家组成的跨国联合集团开始了与美国航空工业进行竞争

的艰难历程。

如果没有一个强有力的领导，几个独立性很强的欧洲伙伴要以一个多国合作计划的方式去发展一种全新的运输机是很难获得成功的。正是由来自法国南方航空工业公司的亨利·齐格勒成为空中客车集团的首任总裁，罗歇·贝泰耶担任了集团的总经理和执行副总裁，才使公司渡过了最艰难的日子，形成了现在的气候。

其他早期有影响的人物还有担任德国空中客车主席的德国巴伐利亚州州长弗朗斯·斯特劳斯，以及德国空中客车负责销售和生产的高级副总裁费利克斯·克拉赫特。

但是空中客车工业集团不是一个实体的公司，集团本身没有自有资本，新产品发展计划的经费都由各成员国分摊，利润也按各成员国的投资比例和承担的工作份额来分配。

各成员国的产品制造计划和工作份额分配都在集团统一领导下进行，但是要发展新的计划和制定总预算则要由各成员国的政府共同商定。

集团本身不承担风险，既不盈利也不交税，因而对内和对外的运作方式十分灵活。

美国飞机制造公司对空中客车工业集团的成立并不在意，尽管美国公司的驻欧经理一直向他们的母公司提出警告，法国和联邦德国不久就会造出与美国竞争的飞机，但是美国公司根本不担心欧洲的‘空中客车’会影响到他们客机的销售。麦道公司甚至还同意把用于DC-10上的发动机短舱出售给空中客车公司。

在飞机部件中，短舱是最难设计的部件之一，为了能和机翼发动机合理地匹配，要涉及复杂的结构和气动力问题，因为‘空中客车’和麦道公司的DC-10都选用了通用电气的发动机，麦道公司的这个决定无疑是帮了空中客车公司的大忙，节省了大量的时间与金钱。

第一个“孩子”

经过许多挫折，第一架A300B1原型机终于在1972年9月28日正式出厂，10月28日进行了首飞，正好离法德双方签署空中客车工业集团协议整三年。

因为A300是空中客车公司成立后的第一种产品，所以这一天也成为欧洲民用航空工业合作的一个里程碑。

为了研制A300飞机虽然花了整整5年的时间，但它毕竟证明了西欧多国组成的集团也能制造和装配大型客机。

“空中客车”的一些大部件，包括英国制造的机翼，都是由“超古比”巨型货机空运到法国图鲁兹完成总装、试飞及由客户验收的。

法国航空公司1971年11月成为A300的第一个用户。当时它有6架正式订货和另外6架意向订货。紧接着在1973年5月，德国汉莎航空公司正式订购了3架并意向订购了4架。

1974年5月首架飞机在法国航空投入营运。

之后，羽翼未丰的空中客车工业集团进入了极为糟糕的一个时期。16个月过去了，却无一架新订货，仅有一架是将意向订货转为正式订货。

1977年1月，与美国西方航空公司的谈判的失败，更增添了集团的不安。

西方航空公司的经理们后来承认，他们在星期一已经决定要购买A300，但到了星期五就改变了主意。

A300是在1974年交付使用的。到1978年以前共生产了54架，其中34架交付使用，另外16架停放在工厂跑道上无人问津。

许多工业观察家预言，空中客车工业集团用不了多久就会夭折。他们说“空中客车”计划将崩溃，由该集团建立的欧洲合作框架将散架。

那些日子里流传着这样一个“戏言”，不要错过驶出图鲁兹的

最后一班火车。看来A300的命运将比欧洲其他喷气客机的下场更惨。

但是,美国的飞机制造商并没有抓住这个时机,尽快地搞出一种双发的宽体客机,把A300完全挤出民机市场。

当时美国的民航市场十分疲软,绝大多数航空公司的资金严重短缺,波音公司正陷于财政危机,而麦道公司与洛克希德正在进行L-1011与DC-10的苦斗,从而给了空中客车集团一个喘息的机会。

到1978年春天,空中客车的机会突然来了。

由于燃油价格猛涨,市场上急需一种容量大、省油的客机,而当时只有双发的A300B可以满足这一要求,于是A300B的订单猛增。

首先是美国东方航空公司主席兼总裁弗兰克·博尔曼在他们机队现代化计划中把A300列入了竞争之列。与此同时,泰国航空公司正式订购了2架A300,并意向订购2架。

随后,又有了几个大突破。1977年5月美国东方航空公司宣布,决定租赁4架加程型的A300B4。由于该航空公司对A300的性能十分满意,因而在1978年订购了23架,并意向订购9架。

1979年一系列的销售合同接踵而至,订购数量上升到133架,意向订购88架。到1979年底,已有32家客户订购了总数256架A300,81架已在14个用户投入营运。

空中客车集团在美国市场上取得的突破性进展,使波音感到极大的威胁。

波音除了全力向东方航空公司推销它的产品,坚决不让"空中客车"挤入美国市场外,还希望把英国纳入自己团伙,以此打入欧洲市场。

与此同时,波音推出了一个针对A300的新型号波音757。

波音公司想让罗-罗公司为波音757提供发动机,让英国宇航公司制造机翼。这个计划若能实现,英国的三家主要国营航空制造

A300 是欧洲空中客车公司成立后第一个“孩子”。但自它诞生后很长时间无人喝彩，由于世界燃油的危机，却使它马上成为民用飞机市场的抢手货，空中客车公司也由此走上了与美国波音公司的争霸道路

公司将通力合作于研制一种美国的飞机，波音既可扼住空中客车集团的气势，又可使自身有更坚挺的实力。

这时，英国飞机公司与霍克·西德利公司已合并为一家强大的英国宇航公司。该公司对波音的计划十分欢迎，认为加入支配民航市场的波音集团，不仅可以打入世界市场，特别可以挤入美国市场，而且还可从波音学到一些有效的研究民机的方法。

然而波音的态度又使他们十分不满。因为在谈判中，波音并未提出与英国宇航公司建立对等伙伴式的合作关系，只要求它成为一个小伙计，负责波音757机翼的细节设计和制造。

这同时还意味着波音把最大的风险推给了他们，因为波音757机翼是惟一的全新部件，不仅要耗费巨额研制费，而且还要大量投资让工人们学会生产新的零部件；而波音757的机身只是波音707机身稍加改型，成本显然低得多。

当时英国宇航公司若能得到波音另一个新机型波音767的主要部件的承包任务，或许还会乐意和波音合作，但波音却把这些工作分包给了意大利和日本，从而使英国宇航公司下决心抵制卷入波音757，站到了在当时英国一股极力主张亲波音的强流的对立面，回到了空中客车集团。

从这以后，空中客车工业集团的发展很快，在世界各地的市场

都有了突破性进展,不仅把麦道公司挤到了世界第三的位置,还直接挑战波音老大的位置。

在这以前,波音公司一直保持着任何一个竞争者都望尘莫及的地位。而现在,他们的飞机产品,特别是一些最新推出的型号,都直接受到了来自空中客车工业集团产品的挑战,如以A300为基础改型的A310,座级与757接近,性能与767相差无几,与波音公司争夺民机市场同一空缺。竞争的激烈程度几乎和前述的L-1011与DC-10之争不相上下。

波音公司一直设法不让A310进入美国民机市场。同样,空中客车工业集团也竭力阻挠西欧各国购买波音飞机。

空中客车工业集团在1979年出售的宽体机身客机比美国任一个制造商都多。1980年又是如此。

以后,波音与空中客车的生死搏斗又蔓延到欧洲和美国以外的市场上。

在这部分市场上,各型的‘空中客车’销路也很好,使这家联营公司在世界各地的客户几乎和波音公司一样广泛。

西欧人的成功给人们的印象越来越深刻,使美国航空界也越来越感到意外。

挑战霸主

和波音公司相比,空中客车工业集团的历史要短得多,经验和在世界的影响也有一定的差距,但经过30年的发展,空中客车工业公司在世界航空界已树立了其独特的‘少壮派’形象。

在这期间,经过了波音747磨难的波音,给人的表面印象仍和过去一样自信和自诩,也未削弱领导人继续冒险的决心,公司一如既往地不断推出其系列新产品,从最大的747到最小的737,又插进了757和767。

然而,从某种意义上说,波音的一些做法已有了些实质性的变化。首先,它在决策对某个新计划押宝时,不像过去那样热衷于对

新技术的响应，在投产一种像波音747那种风险极大的新项目时，变得保守或稳重得多了。

波音公司在很长一段时间内畅销的飞机仍限于一些如波音707、727、737和747这一类型号，在美国以外的市场上并不畅销。

和逐渐趋于谨慎和保守的波音公司有所不同，空中客车工业公司在其客机发展中不断引进“首次”新技术，如1974年推出了世界第一种双发宽体客机A300，并在该机上首次采用了自动风切变保护和数字式自动飞行系统等技术，在1983年推出的A310上首次采用了带有集中式电子监控系统的先进座舱显示系统和翼梢小翼，在1985年推出的A320上首次采用了侧驾驶杆和电传操纵技术，在1993年又首创了用一个计划推出两种飞机的A3330/A340新机计划。

当空中客车工业公司别出心裁地宣布用这种“服装套裁”式的计划同时启动两种新机型时，许多人还不太理解，而后来的市场反映表明，这种“套裁”大大增强了对市场反应的灵活性，说明当时的决策是很有预见的，并且确实给波音公司带来了压力。

空中客车公司制造的客机以其技术先进、各型号通用性强，享誉世界民用航空界，A340-600是该公司飞机家族中最新的一种型号

波音公司为了扭转“保守”的形象，于1990年10月正式启动了一种全新的300座级的波音777双发远程客机。

这种飞机采用了目前民航客机上所采用的全部最新技术，包括超临界机翼、复合材料、高度综合化的航空电子设备、人机工程的内装修和现代化的机上娱乐设施。

当你走进波音777的驾驶舱时，看不到传统飞机驾驶舱密密麻

麻的驾驶仪表，而只有几块光洁的彩色显示屏（从而被称为“玻璃驾驶舱”）。飞机的操纵也不是传统的机械传动系统，而完全采用电信号（称为电传操纵）。

波音777还是世界上第一种“无图纸”设计和制造的客机。它所有的设计都是在计算机上完成的，每一个部件和系统都在计算机上进行了“装配”，确保互相不会受干扰。

这些工作在传统上必须制造一个飞机的全尺寸木制模型，把所有部件按一比一的尺寸一个个地放进去试，就是这样，当一架样机制造出来以后还是会发现许多问题。

波音777零部件的设计和制造也都是由计算机完成和控制，并直接输入到数控机床加工完成，整个设计和制造过程没有一张图纸，而最后的装配十分顺利，样机几乎没有发现什么问题，很快就投入试飞。

波音公司的波音 777 是当前世界上最先进的民用客机，也是世界民用飞机上第一种“无图纸”设计、制造和装配的飞机

而对空中客车公司来说，该公司产品的一个很大的特点是，各种产品之间的高度通用性。目前空中客车的客机产品已完成了从公务机、100座级到600座级共12种飞机的完整系列。这12种飞机有着十分突出的家族通用性：全都采用面向21世纪的技术标准，除了A318/A319/A320/A321为单通道窄体机身与其余都为双通道宽体机身的差别外，12种飞机都采用了电传、侧操纵杆技术，相同的驾驶舱布局，相同的操纵特性，因而每种飞机的驾驶员都可以无需进行转机培训直接驾驶其他任何一种飞机。

这种高度通用性给拥有空客多种机型的航空公司带来许多好处，不仅增加了运力调度的灵活性，也增加了机组使用的灵活性，还可节约机组训练成本和使用成本。这种通用性同样也增加了维修灵活性和备件储存灵活性和节约了两者的成本。

面对空中客车咄咄逼人之势，波音公司在1996年12月以133亿美元并购了业绩不断下降的麦道公司。至此，世界上只剩下两家大型客机制造商了。

但是这次合并没有挡住“少壮派”空中客车工业集团扩大市场份额的步伐。到1999年，空中客车公司在全世界民用客机市场上所占有的份额已很接近波音公司的份额了，在有些市场段还超过了波音公司，空中客车工业集团正在一步一步地向与波音公司平分世界市场的目标前进。

现在，空中客车公司已经把公司的体制从原来的“经济利益集团”改为一个独立的“一体化公司”，既独立于各国的政府，也和各伙伴公司的母公司脱了钩，从而大大增强公司的竞争能力和对市场的反应能力。

同时，公司已经在2000年正式宣布，启动500~600座级的超大型客机A380计划，决心把被波音公司垄断了近30年的大型客机市场夺到手。

另一道风景线

在干线飞机大步发展的同时，支线飞机和通用航空飞机也有了长足的进步。

民用飞机按其用途可分为航班飞机和通用航空飞机两大类。航班飞机又可以按载运对象分为旅客机、货机和客货两用飞机。

民用飞机还可按飞行速度大小分为亚音速飞机、超音速飞机和高超音速飞机；也可按飞行的航线分为干线飞机和支线飞机，按飞行航程的长短分为远程飞机、中程飞机和短程飞机；也可按飞机

客舱分为宽机身客机和窄机身客机。

目前较普遍的按民用飞机载客量多少可分为：10~30座的小型支线飞机，40~60座的中型支线飞机，70~100座的大型支线飞机；100~150座小型干线飞机，180~250座中型干线飞机，300~450座的大型干线飞机和500座以上超大型客机。

异军突起

支线民用飞机一般被定义为100座以下的短程航线飞机，但根据实际经营情况各国的定义也略有不同，如美国运输部把年营业额少于1亿美元的航空公司使用的飞机称作支线飞机，而我国民航局在2000年8月21日发出的通知，规定70座以下的航班飞机为支线飞机。

世界上一些传统的支线飞机制造商长期以来只从事70座以下的支线飞机的生产，但自喷气支线飞机投入使用以后，一些支线飞机商也开始把他们的支线飞机的座级扩展到90~100座，甚至110座，而一些传统的干线飞机制造商如波音和空中客车却在不断推出座级为100座以下的民用飞机。两类原来不同级别的飞机制造商交汇在100座级市场，成为世界民用飞机市场的一道新风景线。

支线航空运输业的兴起始于20世纪80年代一些国家对航空运输的放松管制，许多运营地区性航线的支线航空公司大量涌现，专门为许多被大型航空公司放弃服务的中小城镇提供空运服务，和为枢纽机场提供集中和分散乘客的运营，成为现代“枢纽-辐射”式航空运输网络的重要组成部分。

相对大型民用飞机，支线民用飞机的使用要灵活得多，特别对于一些山多、水多、地面交通不便的边远地区，以及不适宜建造大型机场的地区，支线飞机占据着独有的优势。

长期以来，支线飞机“以小见长”，并以涡轮螺旋桨飞机为主。

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直接航线服务，人们对

支线飞机的要求也越来越高，从而推动了“航程远、速度快、乘坐舒适”的喷气支线飞机的发展。

喷气支线飞机于20世纪90年代崭露头角，以后一直保持上升趋势，到1999年其订货量和交付量都超过了涡桨支线飞机，世界上许多传统的涡桨支线飞机制造商或宣告停产，或转向喷气支线飞机，只有一两家支线制造商还在生产涡轮螺旋桨支线飞机。

这本身也反映了支线民用飞机技术的进步。由于涡桨飞机的噪声和振动致使乘坐舒适性远不能和喷气飞机相比，再加上航空技术的进步，涡桨飞机的价格也没有太大的优势。虽然对于一些机场条件受限制的航线，涡桨支线飞机还是一种重要的交通工具，但还是会越来越受到喷气支线飞机（甚至受到喷气公务机）的冲击。

相比大型民用飞机，支线飞机的技术要相对简单些，但也有其自身的特点。比如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，如要携带足够的燃油、自备登机梯和辅助动力装置等。

通用航空飞机是指定期航班飞机以外的所有飞机，因而种类繁多、用途各异、数量极大，总的来说可分为公务机和工农业用各种专用飞机两大类。

通常，公务飞机是指政府、公司要员、甚至个人拥有的专用飞机或包租的飞机，根据特定的需要确定航线，载客量从两三人到几十人不等。

由于用公务机旅行航线直达、省时、效率高、机动性强、不受航班飞行时间的约束以及隐私性强，很受政要和公务人员的欢迎。公务飞机不仅设备先进，而且内部装饰也相对豪华、舒适，被称为空中办公室，有些公务机制造商还推出了专门迎合富贵显要人员乘坐的豪华喷气公务机。

在很长一段时间内，由于公务飞机花费和代价较高，使相当一

部分一般企业和工薪阶层望而却步。但自20世纪80年代中期推出一种由几家公司或几个人共同购买一架飞机，再由专业公务飞行公司统一管理、统一服务的所谓‘部分拥有’概念后，大大降低了公务飞行的使用成本，公务飞行得到迅速普及和发展。

现在公务喷气机还在向超远程和快速方向发展，湾流公司的“湾流”Ⅴ和庞巴迪公司的‘环球快车’的航程已超过12 000公里，赛斯纳公司的‘奖状’Ⅹ速度已接近音速。一些公司已在酝酿超音速公务喷气机了。

小肯尼迪失踪之谜

通用航空飞机类型十分广泛，包括了除航班飞机以外的所有飞机，主要有公务飞机、农用飞机、勘探飞机、运动飞机和游览飞机等。

农、渔业用飞机可广泛用于播种、喷撒农药、除草、渔汛观察、赤潮监视、牧业管理、护林防火和灭火等。

工业用飞机广泛用于油田开发、管道巡视、空中摄影、航空测量、航空绘图、航空勘探，以及边防巡逻和边防缉私等。

在国外通用航空的飞机中相当一部分是私人飞机，还有大量由私人公司制造、私人培训学校和私人承建的机场。这些飞机品种五花八门、技术水平参差不齐，其中以活塞式飞机居多，而且80% 以上为单发飞机，事故率相对较高。

从20世纪90年代开始，美国航空工业和FAA开始实施一项‘高级通用航空运输试验’计划，目的是向通用航空提供新的飞机、航空电子设备和发动机，使通用航空飞机更廉价、更易于飞行和更安全。

美国现在是通用航空最发达的国家，私人驾驶执照和私人飞机十分普及，起飞也十分平常，只需要当地机场允许，无需通过航空管理部门即可以随时起降，有时飞机起飞后才向航管部门联系，有时根本不联系，因而一旦出事故后寻找也很困难。

美国1999年7月17日所有媒体的头条新闻是：美国前总统肯尼迪之子小约翰·肯尼迪驾驶的一架小型飞机失踪，最后被确定坠毁于大西洋。

关于该机失事的真正原因还是一个谜，但目前更多的分析认为是一起人为因素造成的事故。

小肯尼迪是在5年前才开始学习飞行，他在佛罗里达州一所飞行驾驶学校上课，并于1998春获得飞行驾驶执照，他曾无比骄傲地向朋友炫耀，说自己有资格当私人飞行员了。

但一位也具有飞行执照的朋友当时就觉得他想得太简单，曾告诉他，上若干小时课考个执照，与成为合格的飞行员完全是两回事。

据说，一直不赞成小肯尼迪学飞行的妻子从来不肯乘坐他驾驶的飞机，顶多陪他去机场看看他飞行。但不知为什么这回卡洛琳却鬼使神差地上了丈夫的飞机，还带上自己的姐姐。

小肯尼迪的私人飞机是出事十周前才买的二手货。

这是一架1996年出厂的派帕公司的“萨拉托加”PA-32。这种飞机以操纵性良好著称，在同类小型飞机中很热门，而且在此以前还从来没有出过故障（因而这次事故的机械故障原因基本可以排除）。

这类飞机装有一台225千瓦功率的莱康明公司造的活塞发动机，有6个座位，最大飞行速度为每小时306公里，飞行使用高度约4 700米，航程1 370公里。

然而，飞机本身的好坏虽然是安全的一个重要因素，更重要的还有人的驾驶技术与经验。小肯尼迪还是一个比较“嫩”的新飞行员，尤其缺乏夜间飞行经验，虽然当日当地的天气晴朗，但由于天气炎热，在晚间近海处有水汽蒸发而形成薄雾。

当时有位原计划与小肯尼迪差不多时间从同一机场起飞的飞行员就取消了他的飞行，因为他在日落后观察周围时，发现用肉眼无法看到远处山脉轮廓，说明能见度不够好，因此决定不飞了。

与大型民用或军用飞机相比，为降低成本，小型低速民用飞机通常不装备先进的导航系统。驾驶小飞机就像开汽车一样全凭目视，因此能见度差或外界气候不佳显然使危险性大增。

7月16日（即星期五）晚，小约翰·肯尼迪准备驾机回老家参加堂妹劳瑞次日的婚礼。

晚上8时38分太阳刚落山时分，小肯尼迪驾驶他自己的私人小飞机从新泽西州一个机场起飞，同机还有他33岁的妻子卡洛琳·贝赛·肯尼迪，及卡洛琳的姐姐萝伦·贝塞。

他沿纽约的长岛向东北飞行，预计在9点50分左右降落在麻州南面著名的旅游岛屿观莎葡萄园，让大姨子萝伦下机，然后夫妇俩再飞到对岸麻州鳕鱼角的海亚尼与家人团聚。

肯尼迪家派到机场去接他们的人等到11点多还不见小肯尼迪的飞机降落。

午夜过后的2点多钟，肯尼迪家人向驻鳕鱼角的海岸警卫队询问飞机是否误点，经查对发现，飞机约在午夜后1时40分左右在马莎葡萄园西南方从联邦航管局的雷达屏幕上消失了。

后来根据雷达记录，人们搞清了小肯尼迪最后的飞行轨迹：

7月16日晚8时38分，小肯尼迪从新泽西州埃塞克斯郡机场起飞；

9时39分，在离马莎葡萄园机场32公里的海面上空，其飞机从1600米高度骤降到660米；

6分钟以后，它开始右转并爬升到780米高度；

9时40分20秒，在右转之后，飞机又下降到660米，并继续以每分钟1 500米的速度坠落，这个速度是正常降落速度的10倍；

9秒钟后，飞机高度已降至480米；

9时40分34秒是飞机在雷达屏幕上显现的最后一瞬，其高度是330米，位置距马莎葡萄园西南海岸14公里。据估计，飞机是陷入了“墓地螺旋”而失控并高速坠海。

目前不少行家估计关于小肯尼迪失事的原因，很可能是因为

小肯尼迪在能见度较差的夜晚飞行时出现了“失去方向感”(这是较‘嫩’的飞行员常出的毛病),把地面灯光或海面映像当成星空,把薄雾当成白云,从而感觉上下倒置,造成了本想升天却下坠的错误。

通常,针对私人市场开发制造的小型飞机,并不装有大型民航的‘黑匣子’,因而查明事故原因也较困难。虽然飞机上还是会装有信号发生装置,出事后会发出电子信号以便于搜寻,但信号强度和发送时间都有限。

小肯尼迪的飞机也有信号装置,但可能因为飞机落入了30多米深的海底,发出的信号无法被海面和空中的搜索船只及飞机探获。

据报道,近几年来,美国平均一年内小飞机失事就有近两千起,其中造成恶性伤亡事故的有三四百起,在美国的报纸上常能见到小飞机失事的报道,比较有名的是几年前有位9岁的小女孩立志要驾飞机环绕世界一圈,一时间曾被传为佳话,但没多久女孩却在一起飞机失事中壮志未酬身先亡。

这些小飞机事故因为涉及人员少,就如同普通车祸一般很快被人遗忘。但小肯尼迪的这次事故要不是当事人出自名门,也不会有这么大的影响。

这次坠机事件提醒人们,当世界在向现代文明迈进时,更该提前预防‘现代文明灾害’,在保护天空环境清洁的同时(据说小肯尼迪的雾霭是空气污染作怪),也要保持空中交通的井然有序。

世界越来越小

喷气式客机趋于成熟后,人们又把注意力放到超音速客机身上。如果民航客机能够实现超音速飞行,将使飞机速度提高两倍以上,大大缩短长途飞行的时间。

但是超音速客机的命运并不像亚音速客机那样一帆风顺。经

过了近20年的努力,目前只有两种超音速客机曾在航线上使用过。这就是英法联合研制的“协和”号和苏联的图-144客机。

但是在2000年7月25日,一架法国航空公司的“协和”号发生了震惊世界的空难,给超音速客机的前途又蒙上了一层阴影。

惊世之作

“协和”号超音速运输机的研制始于1962年,当时实际上有三个型号的超音速客机投入研制,除“协和”号外,还有美国波音公司的2707-300和苏联的图-144。

那个时代可以说是世界航空航天事业的一个黄金时期。由于东西方冷战的影响,各国都在展示自己在航空航天工业方面的实力,并展开了激烈的竞争。

苏联首先发射了载人(加加林)宇宙飞船,接着美国发射了世界第一个登月飞船“阿波罗”。它们都在世界航空航天史上写下了光辉一章。

相比之下只有欧洲没有这种“惊人之举”,这就促使担纲“协和”号研制的法国和英国两国政府决心不惜一切代价也要拿下这个项目。

最早研制超音速客机的是英国的布里斯托尔公司,为此英国也一直自认为在该领域是独步全球,根本没把法国看在眼里。但是法国的达索公司在1961年巴黎航展上展出了一种4发的超音速客机模型“超快帆”,不得不使英国对法国刮目相看,表示愿意同法国以平等伙伴的身份开展合作,以共同承担这种研制费用极高的超音速客机计划。

两国于1962年11月14日正式签订了合作研制、平均分担费用的研制协议,新机正式命名为“协和”号,飞行速度为2.2倍的音速。

“协和”号飞机的机体研制由改组后的英国飞机公司和法国国营宇航公司共同进行。发动机由英国罗-罗公司和法国国营航空发动机公司共同研制。

最初的计划是研制两架原型机，研制费1.5亿英镑。1966年英法双方决定扩大研制规模，增加两架预生产型和两架供静力试验和疲劳试验用机体，研制费增加到5亿英镑。

“协和”号飞机的两架原型机于1965年初开始制造，1967年底分别在法国的图鲁兹和英国的菲尔顿工厂出厂，于1969年初开始试飞。

1971年底和1972年初两架生产型也交付并投入试飞。1976年1月“协和”号投入航线飞行，到此为止，英法政府已经投资了8亿英镑，比原预算超出了3亿英镑。

“协和”号飞机的设计主导思想是，以20世纪50年代所达到的技术水平为主，不过多采用新技术，赶在美苏之前实现超音速民航飞行。“协和”号设计的巡航速度是2倍到2.5倍音速。

飞机采用了下单翼结构，机体的主要材料为铝合金，仅在某些承受高温的特殊部位，如升降副翼、发动机短舱等处用钛合金和不锈钢。

飞机的机身为细长形，机头是活动的可以下垂，机翼为具有复杂弯度和扭转的三角翼，前缘为S形，4台加力式涡轮喷气发动机两两并列在外翼下侧，飞机没有增升装置和平尾。

“协和斯基”功未成命先亡

当苏联已获悉美国和西欧都在准备研制超音速客机后，仓促上马了一种称为图-144的超音速客机研制计划，由图波列夫设计局担纲。

由于图-144的外形与“协和”号十分相似，当时又发生了苏联驻英使馆人员窃取“协和”号资料被大批驱逐，因此航空界的专家们普遍怀疑图-144是抄袭“协和”号的，并戏称图-144为“协和斯基”。

图-144与“协和”号一样采用下单翼结构，具有狭长的三角翼、无平尾和可下垂的机头，4台发动机也分别下挂在机翼下侧。

图-144的巡航速度为2.35倍音速，最大航程6 500公里，载客140人，图-144的设计方案于1965年9月在苏联公开展出。

1968年12月，第一架原型机制成并进行了试飞，创下了一项世界纪录。

经过大约一年的试飞，图-144进行了重大的改动，1973年投入批生产，据称图-144共生产了30架。

1973年6月3日，图-144在参加巴黎国际航空展览会的飞行表演时突然坠毁，机上人员全部遇难。

根据当时的报道，参展的这架图-144飞机已经试飞过100余次，总飞行时间已有300小时。

在本届航展上，该机共要进行两次飞行表演，而且都是在“协和”号表演之后进行。第一次飞行表演是在6月2日是为专业人员表演的，6月3日则是为35万观众表演。

在这次飞行表演中，这架图-144作了3次穿场飞行，在作第三次穿场飞行后，飞机按计划接着表演了低空、低速飞行，飞行高度约100米。

当时飞机已经放下了起落架，垂下了机头，并打开了前翼操纵面，像一只大鸟一样从机场上空掠过，然后开始爬升。

当飞机爬升到1 500米时，突然机头低下来，机翼左侧出现闪光。在场观看的一些有经验的驾驶员惊呼道：“飞机出事了！”

当飞机的俯冲角被拉平到45度时，左翼断裂，飞机翻了个身，随后整个飞机在空中肢解。

飞机坠落在距机场几公里外的村庄，砸死了几个人，毁坏了15家农宅，6名机上人员全部死亡。

事故后，法国有关部门组织了调查，前苏联方面有8人参加。对事故的原因作出了各种推测，如前操纵面失速、发动机熄火等。

图-144的坠毁是超音速客机第一次发生的重大事故，这一事故使苏联推迟了图-144交付民航使用的时间。

1976年12月，图-144开始在国内航线上使用，主要是用来进行

货运和邮运。

1977年11月，图-144于莫斯科到阿拉木图的航线上定期运载旅客，大约在百余次飞行之后，又因发生事故而暂停了飞行。

1979年苏联生产出了图-144的改进型图-144D，采用涡轮风扇发动机，它在经济性、噪音等方面都有很大改进，于1981年投入航线使用。但后来因前苏联民航当局认为运行收益不大，没有继续使用，图-144实际上已退出空运舞台。

而美国政府因为波音公司对超音速飞机的技术要求定得过高，研制出现反复，于是撤销了对波音公司的经费支持，整个计划不得不放弃。

至此，“协和”号作为世界上惟一的超音速客机堂堂正正地步入世界航空舞台，该机于1969年开始原型机试飞，1975年取得英法两国的型号合格证，1976年1月21日正式投入运营。

独领风骚

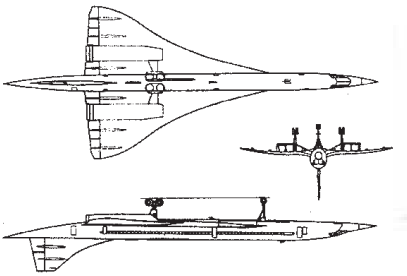
“协和”号的亮相，引起了世界航空界的轰动。

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。

它不仅像一只美丽而洁白的天鹅，而且从任何一个角度观看“协和”号都会得到不同的美的享受。

“协和”号的设计至今仍被航空界称之为飞机设计史上的最伟大的杰作。尽管“协和”号的设计主导思想是基于五六十年代所能达到的技术水平，但它的技术成就却对超音速航空飞行器的设计和以后航空事业的发展产生了巨大的影响，特别是它设计的大后掠，S形前缘，三角无尾的“涡升力”机翼被称为飞机空气动力学的一次革命性的进展，成为以后超音速飞机设计的典范。

它的可活动的机头大大改善了飞行员在飞机起降时的视野，一直为人们所津津乐道，它在起降时用来改善起降操纵性的可以



英法联合制造的“协和”号超音速客机被称之为“力量与美学”的结合，尽管在2000年7月25日发生了一次震惊世界的空难，但人们并没有因此停止“超音速”的步伐

伸出的一对小翼，更被认为是神来之笔。

目前世界上还没有哪一种民航喷气客机能够像“协和”号那样载重11吨，无需空中加油，连续超音速飞行3小时。

1976—1986年，“协和”号累计飞行时数超过了15 000小时。

“协和”号的出现，使欧洲到美国的飞行时间缩短了一半。这尤使政要人员、商务巨头、大牌明星、模特欣喜若狂。

他们现在可以用金钱来买到时间、买到商机、买到健康与美丽。

例如，从伦敦飞往纽约，“协和”号的时速是每小时2 150千米，整段航线只需3.5个小时。

两地之间有5个小时的时差，若自西向东飞，从伦敦上午10点出发，到纽约时才8点多，还来得及赶上9点开始的会议和洽谈活动。

现在越来越多的歌星、时装模特儿以及他们的经纪人喜欢乘“协和”号。

他们从伦敦出发，坐下午7点的航班，到纽约还赶得上晚场的演出，对他们来说，就像“打的”一样快捷方便。

据说，乘坐“协和”号次数最多的是一家石油公司的主管，他每

年几乎都要乘“协和”号往返70多次。

对于医学界更是因为“协和”号带来的快速,拯救了许多要人的生命。

不仅欧洲的首脑出门以“协和”号为豪,就连美国的前总统布什只要有机会就一定要把它的座机停放在“协和”号旁边才感到心情舒畅。

英国航空公司每年还专门为女王安排一次免费的乘坐“协和”号的空中巡游。

欧洲人把“协和”号看成他们的“天之骄子”。在他们眼中“协和”号的成就不亚于加加林和“阿波罗”。

许多欧洲人把有生之年能坐一次“协和”号作为人生追求的目标之一。

在“7.25”空难的人员中就有一对花甲“新婚”夫妇,倾其所有,为的就是要在“协和”号上度过他们人生惟一一次生死时速的蜜月,没有想到这个愿望竟变成了他们永远不会醒来的噩梦。

在“7.25”空难前,“协和”号安全飞行了25年,它一直被称为世界上最安全的飞机。即使在空难后,许多手持下一班“协和”号航班的乘客仍表示还会继续坐下去。

20世纪90年代末,法英两国实际上已经批准了法航与英航将“协和”号的使用寿命从原来的6 700次延长到8 500次的延寿改进计划。这意味着如果没有“7.25”空难,“协和”号将可以使用到2007—2010年,继续在超音速运输机市场“独领风骚”。

对于“协和”号25年无对手的形势,美国前国务卿基辛格一直耿耿于怀。他一直认为美国当时放弃波音的超音速客机计划实在是个错误,而现在美国NASA再次放弃下一代超音速客机计划同样是个错误。

他还对美国政府出于政治原因禁止美国政界要员乘坐“协和”号更是大为不满,因为这样使他有生之年无法享受到“超音速飞行的快感”。

忍辱负重

尽管“协和”号的成就是伟大的，在技术上也的确是成功的，但它在商业上也确有不尽如人意的地方，存在着三大弱点。

首先，“协和”号耗油量太大，经济性差，加上它的高研制和生产成本，票价比普通客机的头等舱还高出25%。伦敦—纽约的往返票价约10 000美元，这使普通乘客望而却步。

由于耗油率高，飞机起飞时每分钟要消耗1.5吨燃油，所以飞机上要载大量的燃油（100多吨），限制了载客量（100人），而且也限制了其航程（不到6 500公里），只能飞越大西洋而不能飞越太平洋，无法充分发挥超音速飞行优势。

其二是噪声太大。由于“协和”号飞机外形适用于超音速飞行，不适于低速，特别是在起飞和降落阶段。所以“协和”号起飞降落时要依靠强大的动力，4台发动机的起飞推力达到670千牛以上，而同样起飞重量的波音767-300，两台发动机的起飞推力只有530千牛。

“协和”号的噪声不仅超过了FAA规定的小于108分贝的标准，达到了近120分贝，而且起飞速度和进场速度也要比普通客机大30%左右。

美国和一些国家就是以噪声太大为理由拒绝“协和”号进入本国领土，尽管美国后来达成了协议只允许“协和”号限量地进入纽约，但它一直也是美国向欧洲讨价还价的一个砝码。

例如有一段时间欧洲提出禁止美国一些噪声超过标准的老飞机进入欧洲机场，美国就以停止“协和”号进入纽约进行威胁。

噪声问题成为“协和”号的致命伤。原来“协和”号销售人员至少可卖出200架“协和”号，但就是由于噪声问题和经济性差，以美国为首的许多航空公司都取消了订货合同，最后只生产了16架，投入运营的只有14架（英航和法航各7架）。

第三是环保压力。“协和”号在超音速飞行时会产生强烈的音爆，这不仅会给地面人们带来难以接受的噪声，还会对地面建筑造

成冲击波破坏。因此,各国要求“协和”号在陆地上只能用亚音速的速度飞行,只有在越洋时才能使用超音速速度,这就限制了“协和”号的使用范围。

“协和”号的超音速飞行高度达到18 000米,已经进入了同温层。这时,“协和”号的排放物会对臭氧层造成直接的破坏,因此在“协和”号投入营运以来一直受到环保组织和相当一部分公众的反对,甚至抗议。随着人们对环保的呼声越来越高,停运“协和”号的压力也越来越大。

“协和”号尽管已经运营了25年,但它的疲劳寿命为20 000次起降,设计使用寿命为6 700次,因而从其设计寿命讲它还只是“人到中年”。

发生空难的这架“协和”号飞机目前只飞了不到4 000次起降,所以当英国航空公司前一段时间发现有几架“协和”号的机翼上出现裂纹后,并没有停飞的意思。

现在的问题是,余下的“协和”号飞机的维修工作压力极大,因为飞机已在1976年停产,飞机的备件已经越来越少。为此,英航和法航都各自停飞了一架“协和”号飞机,专门用来作为其他飞机的“备件库”。

尽管英法两个航空公司花了很大力气,但“协和”号的险情仍然时有发生。

最典型的是1998年10月8日,英航的一架“协和”号,以2倍音速、16 000米飞行高度从伦敦飞向纽约的越洋飞行中,下方向舵竟然掉了一块。

当时驾驶员只是感觉到飞机尾部出现了反常的噪声,紧接着飞机似乎被“重重敲了一下”,驾驶员当即采用了“仪表飞行规则”飞行,使飞机安全到达了肯尼迪机场,机组和乘客也没有受伤。

事后检查发现,下方向舵因为舵面转轴的下部脱落,40% 的下方向舵被刮走了,机组人员被吓出一身冷汗。

其他的事故隐患,包括轮胎爆裂、机翼裂缝以及起落架收放故

障,发动机反推力装置故障等也已出现多次。

因而‘协和’号今后要继续飞行,如果不能找到解决备件短缺的合理办法,进一步强化维修力量,还是会出问题的。

该机毕竟是基于五六十年代的技术水平,例如这次空难中由于驾驶舱落后,驾驶员未能及早发现机尾起火就是一例,而且该机在超音速飞行中要经受比普通客机高得多的受力载荷和热载荷。据称‘协和’号在超音速飞行时飞机受到加热会膨胀,有些缝隙受热后会加宽到可以放进一本厚书。

生死两分钟

2000年7月25日下午,法国当地时间4时44分,一架法国航空公司编号为4590的‘协和’号飞机,从巴黎戴高乐机场起飞不到二分钟就拖着长长的火焰,向左一偏几乎垂直地撞到了机场附近一个小镇的一家旅馆中,机上109名乘客和机组人员以及地面5人不幸遇难,成为航行史上又一次令全世界都为之震惊的一场噩梦。

空难发生后,法国迅速派出400多名救援人员和直升机赶赴现场进行灭火救援,法国总理若斯潘亲自坐阵指挥。

在死亡的114人中,96人是赶往纽约乘坐豪华游轮去加勒比海度假的德国人。他们的施罗德总理用沉重的语调说:“整个德国感到震惊!德国不知所措!”

他取消了当天晚上的所有活动,推迟了原定第二天开始的休假。

刚刚在日本开完八国首脑会议回到巴黎的法国总统希拉克和美国总统克林顿也都表达了对这次空难的悲痛之情。

希拉克的专机在进入停机坪之前还曾为这架正进入起飞前滑行的‘协和’号让过道,想不到刚飞上天就出事了。

这次‘协和’号悲剧的震撼力远远超过了这次空难本身,它表明‘协和’号自1976年投入使用以来25年未出一次飞行事故的辉煌业绩已经结束,也使国际舆论界对这种世界上惟一进行商业运营

的超音速客机能否继续飞行给予了特别的关注。

这架编号4590的“协和”客机是1976年6月交付给法国航空公司的，1980年10月23日开始运行，到出事时为止已经服役20年，累计飞行每天一个航时，3 978次起降，几乎是每天一个航班。该机在去年9月刚刚进行过大修，2000年4月28日又进行全面的检查。

在出事的前一天，即7月24日它完成了纽约至巴黎的飞行后，机长就报告左边的2号发动机的反推力装置有故障，但当时没有备件更换。

在25日起飞前，尽管按航空公司飞行技术部门的意见，认为一个发动机的反推力装置故障不会影响飞行安全，符合制造公司的飞行手册，飞机可以带故障飞行，但是机长却坚持要更换，为此飞机的起飞被迫延误了近一小时。

当时在候机楼的乘客对此十分不满，本来乘坐“协和”号就是为了省时间，全部飞行只有3个多小时，在机场就延误了1小时，很划不来。

谁料想，飞机滑跑加速后刚刚通过所说的“决策速度”时（在“决策速度”之前机长可以停止起飞程序，飞机可以安全停在跑道上，通过“决策速度”后，机长即使停止起飞程序，飞机将在巨大惯性力下冲出跑道，也会造成事故），塔台空管人员发现左侧机尾有火光和黑烟。

据一些目击者说，飞机在滑跑途中已经着火，但由于“协和”号驾驶舱是以仪表为主的旧一代通信设备，如果发动机本身的仪表不显示反常情况，驾驶员是不可能发现机尾有火焰的，所以当空管人员通知机长着火时，飞机已经冲过“决策速度”离开了地面，不可能停止起飞程序了。

对于正常的民用飞机在过了“决策速度”发现故障后，飞机可以在“抬头速度”前找出并排除故障，或返回机场，但是这架“协和”号却再也没有这种机会，火焰和黑烟越来越浓，机长报告不仅2号发动机已经失火，1号发动机也已经停止工作，即整个飞机的左侧

已经没有动力，飞机在右侧动力推动下出现激烈的左偏，已完全失控，从留下的照片和目击现场看，这架飞机一直在以60米左右的高度平飞，没有一点抬头的迹象。

以后，这架“协和”号像一个垂危挣扎的临死者一样，痛苦地抬起头，下沉向左滚转后一下掉到了离机场65公里以远的一个小旅馆上。

事后一位曾开过“协和”号的前机长和有经验的空管人员含着热泪说，4590“协和”号的机长克里斯蒂安·马蒂实在是了不起，在那种死亡时刻，他还是拼命地使飞机掉在郊外，如按原来的航迹，飞机很可能冲入市中心，其后果就更不堪设想了。

飞机为什么会着火，人们首先想到的是发动机故障，但据有经验的人士分析，特别是那位驾驶过“协和”号的前机长说，他从来没有看到有那么浓烈的火焰和黑烟，即使在做飞机着火模拟试验时火也没有那么大，最大可能是油箱爆裂。因为一架“协和”号每次起飞要带100多吨燃油，而且是在刚起飞状态，大部分燃油还没用上，油箱破裂后果可想而知。

那么油箱是怎么破裂的？分析调查人员较为统一的看法是飞机在滑跑后先是轮胎爆裂，机轮的金属碎片像炮弹似的打破了机翼和机翼上的油箱，造成燃油大量泄漏起火。

据后来的调查报告说，在跑道上发现了一块约40厘米长的与飞机没有关系的金属碎片（事后查明是从另一架飞机上掉下来的），正是这块金属片使轮胎爆裂，再打坏机翼油箱的。

还将超音速

随着事故调查结果的逐渐明朗，“协和”号飞机的安全性改装与试验也在紧锣密鼓之中，但是“协和”号飞机欲重返蓝天，还需重新获得适航证。

“协和”号空难事故调查办公室认为，2000年“7.25”空难事故的原因已基本查明，其主要原因是美国大陆航空公司的一架DC-10飞

机上掉落的零件引起“协和”号飞机轮胎爆炸，油箱被击穿后漏出的燃油起火燃烧并爆炸。

最新的调查报告还表明，飞机左机翼上方起火后又导致发动机丧失动力，并危及飞机控制面。因此，若想飞机重新上天，关键在于能否防止这类火灾的发生。

为此，英、法两家拥有“协和”号飞机的航空公司已经着手进行一系列工程试验和试飞，力求做到即便油箱击穿，也不会发生快速漏油现象。

具体的做法是在飞机机翼油箱中的翼肋之间安装100~150块凯夫拉/橡胶复合材料板，其形状根据机翼油箱的具体位置而定，大小约在1.2~1.8米长，0.3~0.4米宽，它可以使燃油外漏速率从每秒100升降低到1升，此项安全改进计划据称耗资2 500万美元。

经过多方的努力，经过安全改进的“协和”号已经通过了民航部门的审查，于2001年11月重上蓝天，恢复了商业飞行。

“协和”号的空难正在使各国重新考虑研制下一代超音速客机计划。

以现在的技术水平再来设计“协和”这种星级超音速客机，机体重量至少可节省一半，发动机耗油率也可下降一半。

其实欧洲和美国飞机制造商早就在探讨新超音速飞机的方案，这种方案每次可载运250名旅客，航程8 000~10 000公里，完全可满足跨越太平洋的需要。坐这种飞机，北京飞往纽约的时间将从现在的14小时缩短到5小时，北京至巴黎的时间从现在的近15个小时缩短到7个小时，票价也许比现在的普通客票高10%。

但是，现在欧洲已经放慢了对新一代超音速客机的研制，美国干脆已经明确表态暂时放弃这个计划。首要的原因是面临太大的环保压力，如果噪声、音爆和污染排放得不到彻底解决，再好的超音速飞机只能纸上谈兵。

再则是经济效益，据专家估计研制一种新一代超音速客机的研制费至少200亿美元，其中三分之一用来研制发动机。这么大的

风险，任何一家公司，甚至一个国家都难以承担。研制出来后如果还是像“协和”号那样，只能卖出去几架，那谁又愿意来投资呢？

前几年美国制造商的态度曾十分积极，因为他们预计今后的世界将向高节奏发展。高节奏的商务活动，高节奏的政府活动和高节奏的社会活动，会使越来越多的人愿意用金钱买时间，超音速客机的市场似乎很大。

但后来又觉得这种高节奏社会要能发展到“花钱不眨眼”的水平，看来还为时很远，毕竟在这个世界上任何时候都是缺钱的人多，富得流油的人少，所以认为前景并不看好，而决定先放一下。

欧洲人为了保持“协和”号创下的荣誉，一直表示不会把下一代超音速客机的领先权交给美国人，而表示出更大的决心和信心，欧洲还成立了一个专门的委员会来领导和协调这项计划的进展。

但是空中客车公司已决定正式启动可每次运载500人的A380超大型客机。这项计划的投资高达120亿美元，如何再去筹集高达200亿美元的超音速客机的研制资金呢？

一个有力无心，一个有心无力，所以人们普遍认为至少2020年前不会再有新一代的超音速客机出现。

但是最近美国又以研制超音速军用飞机的名目，重新立项，并已明确它将同时衍生出一种民用的超音速飞机。

目前，更现实的小型超音速公务喷气飞机将会在不远的将来穿梭大洋两岸。

法国的达索公司、美国的湾流公司都已经得出了各自的方案。这种可以载客8名左右的超音速公务喷气机将会在很大程度上满足希望用金钱买时间的富贵和显要人物的需要。

它们的技术将比“协和”号要先进得多，最重要的是其风险要小得多，所以不论是达索公司，还是湾流公司，甚至包括日本航空界也都在实实在在地考虑如何尽早推出这种新的超音速喷气公务机，决不只是说说而已。

“协和”号的空难不会挡住人们对速度的追求，世界也将因为

飞机的速度越来越快而变得越来越小。

为了更舒适、更安全

现在，世界上除了英国航空公司和法国航空公司营运不到12架“协和”号超音速民用飞机外，所有正在营运的民用飞机都是亚音速飞机，而其中大部分又都是喷气飞机。这种民用飞机无论其设计还是使用都已十分成熟，而且经过近60年的不断发展，无论其安全性和飞行性能都有了台阶性的进展。莱特兄弟制造的世界上第一架飞机“飞行者”一号连驾驶员在内的总重量只有360公斤，而空中客车的A380的起飞总重量将达到600吨，可见科技进步之巨大。

四两拨千斤

空气动力学在提高飞机性能的进程中一直起到四两拨千斤的神奇作用，飞机上已经采用和正在研究中的一些看似很小的设计却使飞机面貌为之一新。

如果把一根筷子插到油瓶里，再拉出筷子后，筷子表面就被“粘”上了一层油。同样，空气流过机翼表面后，也会在机翼表面上留下薄薄的一层“气”，称之为空气附面层。

空气动力学研究表明，飞机在飞行中机翼上产生的摩擦力，主要由这个附面层与机翼表面的相对运动产生。研究还表明，附面层刚开始表现为很规则的层流运动，它和机翼表面产生的摩擦阻力也较小，但在流过一定距离后层流附面层会突然变成一种无规则的紊流运动，而这种紊流附面层与机翼表面产生的摩擦力就要大得多。

层流控制技术，就是使流经机翼上气流的附面层尽可能保持层流附面层，以及延迟它向紊流附面层的转变。

通过机翼外形的设计来保持层流附面层，叫自然层流控制技术。现代民用客机通过外形的设计，可以使机翼上下表面、尾翼、机

身等主要部位的层流附面层的范围维持在60%~80%，从而使摩擦阻力减小40%，相当于飞机的总阻力可减小8%。

但是自然层流控制对机翼表面要求很高，而且仅适合于较为理想的飞行条件，外部环境或飞行条件变化就很容易使层流附面层变为紊流附面层。

通过一些机械的手段保持层流附面层，叫主动层流控制技术。现在的主要手段是在机翼表面开上亿个小孔，然后在机翼内部加装一个吸气泵，将气流的附面层“吸除”。

这种方法虽然不受飞行条件的限制，但机构复杂，而且机翼小孔易堵塞难清洗。所以现代飞机气动研究人员还在研究用部分自然层流控制和部分主动层流控制技术的混合层流控制技术。

空气动力研究认为，紊流附面层之所以产生较大摩擦力的主要原因是由紊流附面层内部的极不规则的旋涡运动产生的，所以如果设法使飞机上那些很难产生层流附面层部位（如机身）的紊流附面层变为较为有序的小涡流动，或干脆将其“扫”离机体表面，就可以大为减小紊流摩擦阻力。

“浅槽薄膜”就是一种很有效的方法。

这种方法是在薄膜上加工有无数个细小而精致的顺气流的浅槽，浅槽与浅槽之间形成一个个小肋，将这种薄膜贴在层流附面层最可能变成紊流附面层的区域处，就能帮助紊流附面层运动的有序化，从而减小紊流摩擦阻力，小肋的高度约为0.05毫米。

还有一种可设置在前机身上的称为“涡破碎器”的装置。

它很像一个小直机翼，因而在气流流过后会在两端卷起一对小涡卷将后面的紊流附面层“扫”离机体表面，从而可减小紊流摩擦阻力。现在空中客车公司和波音公司都在用飞机进行实际使用飞行试验，希望能减小10%以上的紊流摩擦阻力。

飞机飞行速度达到音速时会产生激波，即使是亚音速飞机在高速飞行时，在机翼上的某些区域也会达到音速而产生局部激波，在空气动力学上把它称为飞机飞行达到了“临界”状态，所对应的

飞行速度称为“临界飞行速度”,在这时飞机的阻力特性表现出突然的陡升。

第一代喷气飞机通过使用后掠翼和尖前缘的薄翼型成功地提高了飞机的临界飞行速度。在1967年又出现了重大的突破,出现了一种称之为“超临界翼型”,并很快被许多亚音速飞机的机翼设计所应用。

这种翼型不仅可以推迟飞机飞行时临界状态的出现,延缓在机翼上的激波强度,甚至可以使飞机以0.95倍音速速度飞行时也没有激波,从而大大减少了飞机的波阻,而且它的厚度要比常规翼型大得多,从而可以大大减轻结构重量,而把机翼的展弦比做得更大些,这又进一步增加了升阻比。

据统计,超临界翼型使飞机阻力和油耗减小了8%,直接运营费用降低了3%。现在飞机设计人员正在设计更完善的超临界翼型。

通过改变民用飞机机翼梢的设计,提高飞机的飞行效率一直为飞机气动设计人员所重视。

常见的一种设计是在机翼两端加了一个垂直的“小机翼”,有的与机翼端交叉,有的在机翼梢直接向上翘起,并有一定的偏斜和扭转,一般称之为翼梢小翼。

它一方面大大减少了一般机翼在翼梢由翼尖涡引起的能量损失,这相当于增大了机翼的有效面积,另一方面它本身在气流中会产生一个向前的分力和一个侧向力,前者可用来减小飞机的阻力。

使用情况表明,设计得当的翼梢小翼可使飞机总阻力减小1.5%。因而已被多种飞机采用,就连空中客车公司的超大型客机也将采用“飞箭”外形的翼梢小翼。

还有一种设计是将民用飞机机翼两端的直线翼梢设计成后掠的斜切翼梢,同样可起到改善机翼的升阻特性,而结构上比翼梢小翼要简单得多,波音公司在其波音767-ER上首次采用了这种设计,因为效果较好,准备推广到其他飞机上采用。

健康的心脏

作为民用飞机动力的推进装置(发动机)一直是亚音速民用飞机不断得以发展的重要因素。发动机技术的发展不仅是为了提高推力,而且要使它更经济,更‘健康”,即更环保,更低的噪声和更少的排气污染等。

与第一代民用喷气飞机相比,现代民用飞机的耗油率已经下降了60%,其中主要是发动机的改进。

从早期的涡喷发动机到现在的大涵道比涡扇发动机,耗油率下降了45%。20世纪70年代以后,大涵道比涡扇发动机本身的耗油率下降了16%。

如果把早期的JT3D涡喷发动机的耗油率设为1.00,那么,小涵道比的JT3D涡扇发动机的耗油率就已降到了0.85,而现代的大涵道比的JT3D涡扇发动机的耗油率只有0.64了。

现在许多国家都推出了各种针对未来发动机的研究计划,如美国的综合高性能涡轮发动机技术计划,德国的3E发动机计划,其中耗油率降低的目标是20%~40%。

耗油率的降低,使民用飞机的直接运营成本大为降低,飞机也可以飞得更远。

第一代喷气民用飞机所有发动机的单台推力为60~80千牛,20世纪70年代的宽机身民用飞机所用的大涵道比涡扇发动机的单台推力为180千牛,到80年代又发展到220~270千牛,90年代中期投入使用的远程双发民用飞机所用的发动机的单台推力已发展到400~445千牛。而一些研制中的发动机的地面试验推力已接近500千牛。

推力的增加,一方面可以把民用飞机设计得越来越大,另一方面可大大提高民用飞机的运载能力,带来可观的经济效应。

自60年代以来,民用飞机的噪声已降低了75%,排放的二氧化碳和氮氧化合物分别减少了80%和30%。

由于民用飞机的噪声和排气污染的主要根源是发动机,因而

世界上主要的发动机制造商都把降低发动机的噪声和污染排放作为攻关项目之一。

一些国家正在致力于研究环保型发动机，通过改进燃烧室和高效率的涡轮机，使氧化氮排放物减少70%以上。通过主动噪声控制技术和新型低噪声尾喷管的研究，降低喷气噪声20分贝以上。

近20年来，基于计算流体力学的三维气动力设计技术已经大大提高，并将进一步提高发动机的设计能力。例如用三维气动力设计的风扇叶片，外形奇特（如宽弦长弯刀形）、气动效率高、尺寸精确、长度短、重量轻，并可同时结合机械特性，具有良好的抗鸟撞性。新材料，包括钛合金为基础的复合材料、陶瓷为基础的金属材料、硅碳加强的钛合金、钛铝化合物、镍基合金等的应用进一步推进了发动机的性能。电子系统越来越多地取代传统的轴承和滑油系统，可节省越来越多的燃油。

今后发动机将可以做得更大，风扇直径可从现在的2.5米增大到3米；涵道比更高，可从现在的5~6增大到7~9；推力也将更大，从现在的300千牛增大到500千牛以上。

自由飞行

现代民用飞机技术发展最快的一个领域是航空电子设备，并正在向数字化、综合化和小型化发展，从而使民用飞机的驾驶员工作负荷大为减轻，直接使用费用大为降低，安全性大为提高。

在现代民用飞机的驾驶舱里已经见不到旧一代飞机驾驶舱的密密麻麻的机械式仪表，而代之以简单明快的阴极射线管电子显示屏，因而被称为“玻璃驾驶舱”。

飞行中所需的所有信息几乎都可从显示屏上随时读出，从而大大减轻了驾驶员工作负荷。有人甚至认为，随着信息综合技术和微电子技术的进一步发展，从理论上讲民用飞机将可实现单人机组，甚至无人驾驶。到那时，飞机虽然还会配备驾驶员，但是仅作为“备份”用于紧急情况。

现代民用飞机将依靠“导航卫星定时和测距全球定位系统”，实现以卫星导航为主、机载惯性导航系统为辅的精确四维导航能力(方位加时间)，使飞行员有能力在越来越密集的空域实现所谓“自由飞”飞行，即由飞行员根据空中交通情况和气象条件自行选定最佳航路抵达目的地，这不仅减少燃油和飞行时间，而且可保证最大的飞行安全和航班正点率。

机场空管人员只需将飞行航迹直接传送到飞机的飞行管理系统，无需进行全程监控。飞机飞行中的系统工作将由自诊断系统进行监测，如某系统出现故障，不仅可立即将其隔离，而且可对整个系统实施重构，并通知飞行员，所以整个飞行管理系统将成为名副其实的‘飞行员助手’。

国际飞行安全基金会提供的民用飞机事故报告表明，飞机在起飞或着陆时为事故多发阶段，占事故总数的49.1%，而这些事故中又以人的因素为主要原因，与人相关的直接与间接原因占到了90%以上。在人为因素事故中又以所谓‘可控飞行撞地’事故居多，在1996年公布的统计数据中，因这类事故造成的死亡人数为各类事故之首。

“可控飞行撞地”事故是指飞机本身没有任何故障，飞行也处于完全可控状态，但由于驾驶员的疏忽，或得不到及时警告，或对地形地貌判断失误造成飞机撞地，也就是说这类事故是可以避免的。

自20世纪70年代中期，美国FAA规定民用飞机必须强制装备近地告警系统。

这种系统在飞机接近地面时会向驾驶员发出音响警告，提醒驾驶员将飞机拉到安全飞行高度。事实证明自安装近地告警系统以后，可控飞行撞地的事故率已明显下降，但仍然时有发生。

经过对民用喷气机的事故调查表明，以前所装的近地告警系统在飞机接近地面时对飞行员的警告太晚或反应不当占了41%以上，而飞机按规定着陆，但没有得到警告的占了78%，说明近地告警

系统缺乏飞机遇到地形冲突时的提前报警功能，或者飞机在进场中当飞机已放下起落架、襟翼时，近地告警系统理解驾驶员已经发现跑道而不再提供近地告警。

事实上，在如碰到恶劣天气时，驾驶员还是可能将复杂地形(如小山)误认为是跑道，结果酿成事故。

1997年8月6日一架大韩航空公司的波音747在日本关岛国际机场进场途中撞到了200多米高的小山上，机上227人全部罹难就是一个典型例子。

为此，航空电子生产厂家在近地告警系统基础上研制了“增强型近地告警系统”，增加了系统的前视地形告警能力，可对前方航路潜在的地形冲突提前40~60秒发出“注意”报警后，在20~30秒之前发出“警告”报警。

该系统还增加了地形显示能力，涵盖了88%的地球陆地地形数据，包括了全球15 000个机场周围的地形数据，在飞机进场时可向驾驶员显示实际地形和告警。

现在大部分大型民用飞机已安装了增强型近地告警系统，增强型近地告警系统也还在继续改进，如加入障碍数据库，以便飞机在遇到建筑物、高塔等高大物体时给出提前告警。

民用飞机不仅是目前所有交通工具中最安全的，而且今后会越来越舒适、越来越安全。

民用飞机自出现以来对人类的生活带来了深刻的影响，它改变了人类交往的时空观，世界也因此变得越来越小。但是，2001年9月11日，一批恐怖分子劫持了几架民用飞机在美国纽约和华盛顿制造了震惊世界的大惨案，其影响远远超过了惨案本身，因为它实际上向全世界表明，即使是民用飞机，一旦掌握在恐怖分子手里，就是一颗威力无比的巨型炸弹。

腾飞的“竹蜻蜓”

直升机的概念最早可追溯到中国古代的竹蜻蜓。据有据可查的历史记载,在晋朝葛洪所著的《抱朴子》一书中就描绘了通过旋转的竹蜻蜓垂直升空的情景,体现了可以通过旋转的螺旋桨产生垂直的向上拉力,实现垂直起降的直升机的基本原理。

在西方,早在15世纪的1475年,达·芬奇就画出了一个直升机的方案图,被航空界认为是世界上第一种直升机草图。可惜的是达·芬奇并未将自己的研究和论文对外发表,他的天才科学思想和伟大的航空成果一直不为人所知。

一直过了200年以后,即到了18世纪末,拿破仑军队侵入了佛罗伦萨,将达·芬奇的遗物送回法国,达·芬奇的手稿方见天日,但是由于在当时公众眼里,达·芬奇是一位伟大的艺术家,所以航空界根本没想到在达·芬奇的手稿中还会有航空研究成果,所以达·芬奇的航空成果还是不为人知。

到了20世纪20年代,即又过了200多年,人们才发现了达·芬奇的伟大航空奠基工作,但是这时的人类在航空,包括直升机方面已经有了突破性进展,达·芬奇的手稿就只成了珍贵的文物。

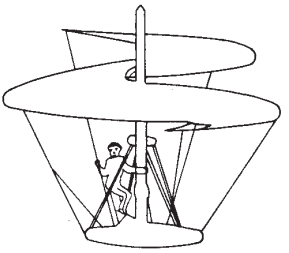
破茧成蛾

当人类于1903年发明飞机后,飞机很快就被用于战争和民用航空运输并发展极为迅速,但直升机从公元前3世纪至带机械动力的直升机出现,却历时2 200多年,经历了人类科学发展史上少有的曲折。

跳跃式的前进

在达·芬奇画出的直升机设计图上，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，两个端面间的夹角约540度，中间是一个直轴，上面缠绕着弹簧来驱动螺旋面旋转。

过了270年后，俄国伟大的科学家与发明家米哈依·罗蒙诺索夫在1754年设想并制作了一个当时被称为“腾空机”的直升机机械模型。



世界著名的艺术家、科学家和工程师达·芬奇，还是一位航空科学研究的创始人，提出了不少航空飞行器的设想。他画的旋翼被认为是世界上第一种直升机草图

据文字记载，这个机械是被悬挂在一条支在两个滑车上的绳索上，绳索的另一端挂着与它的平衡砝码，下面装了普通钟表的弹簧，只要弹簧一上紧，弹簧力就会带动上部的叶片在水平面上转动，机械就腾空而起了。据称罗蒙诺索夫还用这个模型带了一支温度计上了天。

1843年，英国的伯恩试制了一架以发条为动力的直升机飞行器模型。18世纪后期，法国的波克顿也曾实际设计过直升机。它包括两副螺旋桨，一个用于支撑，一个用于平衡，螺旋桨由人力驱动。

进入19世纪，英国航空之父乔治·凯利从科学的角度研究过竹蜻蜓的飞行原理，并且画出了具有四个旋翼的垂直飞行器，不过他没有将其制造出来。

当时由于没有合适的动力装置，因此这些研究都不能产生持续的动力，所以那时的直升机设计和模型都是靠人或靠别的短暂作用的冲击力将模型推向空中，靠模型的旋翼旋转产生短暂的举力在空中支持一段时间，然后落地，空中停留时间很短。

阻碍直升机迟迟不能诞生的有三只拦路虎：要能产生能够提升起包括发动机和自身重量及结构重量的升力或举力；要能够平衡旋翼旋转时产生的转动力矩；要能实现对直升机飞行时的控制。

在很长一段时间内，人类正是在逐步解决了这三个关键问题后，直升机才有了突破性进展。

蒸汽机的出现为航空事业带来了生机，也为直升机带来了一线希望，虽然蒸汽机在本质上并不适合飞行器的动力。

1842年，英国的菲利普斯制造出了第一架采用持续动力装置驱动器的直升机。据说这架小直升机在试验时上升了大约15米，并还持续飞行了几百米的距离。但由于没有控制飞行的手段，所以其飞行是失控的，仅飞行一次就摔坏了。此后，又有不少探索者致力于这种以蒸汽机为动力的直升机的研制。

19世纪，众多的动力飞行器研制的失败，使人们越来越认识到蒸汽机用作航空动力具有先天的缺陷。它不仅功率/重量比太低，而且其性能大幅度提高的可能性很有限。直到1876年德国人奥托发明了四冲程内燃机，才使发动机的功率/重量比达到了一个合乎航空要求的值，为直升机乃至各种重于空气飞行器的发明提供了动力保证。这样，动力技术问题就初步得到了解决。

早期的旋翼多采用两片桨叶，也有采用三片桨叶的。直升机桨叶最多的是旅居西班牙的阿根廷人马·德·佩斯克拉于1924年制造的直升机。它有两副旋翼，每副旋翼三片桨叶。

早期设计的直升机的桨叶数目虽不是很多，但花样很多，原因是除了没有合适的动力装置外，更主要的是人们对桨叶产生升力的机理以及对升力的计算还没有准确的概念。

在直升机诞生以后的相当长时间内，桨叶的材料一直是木质，其结构也是木质结构，后来由于材料及制造工艺的发展，才出现了金属桨叶、玻璃钢桨叶以及现在普遍采用的复合材料桨叶。

旋翼桨叶与桨毂的连接方式，最早采用的是刚性连接，但这种结构容易使桨叶在根部发生折断。这个问题曾是直升机实用化发

展的一个重大障碍。直至后来西班牙人切尔瓦发明了铰接桨叶才解决了这个问题。

直升机旋翼的翼型问题是早期发展的难点，原因在于当时对旋翼的升力还不是很理解。这个问题的解决主要靠空气动力学理论的发展。

直到20世纪，一批科学家建立起比较完善的空气动力升力理论，并开展了大量试验后，设计家们才逐渐弄清了，直升机旋翼的工作实际上与飞机螺旋桨的工作出自同样的原理，从而使直升机研制者可以直接采用空气动力学者已经为螺旋桨提供的现成的翼型。

这样，第一个关键技术就基本上有了眉目了。

旋转的旋翼对空气的作用由于空气对旋翼的反作用，就形成了一个与旋翼旋转方向相反的作用力矩，这就是所谓的直升机力矩平衡问题。

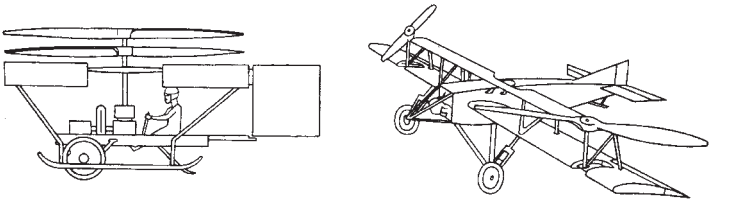
直升机最常见的力矩平衡形式就是采用单旋翼加尾桨，通过尾桨的旋转来抵消主翼旋转产生的力矩。

这种单旋翼的布局形式最早出现于1874年，是由德国的阿赫班奇设计的。这架直升机还是用蒸汽机作为动力，用一个主旋翼产生升力，用一个推进式螺旋桨产生推力，用一个尾桨平衡主旋翼的力矩，但是还设有方向舵用来控制直升机的航向。

还有些直升机研究的先驱者还采用多个旋翼布局，通过不同的旋翼以相互反方向旋转产生互相抵消的力矩。起初的设计采用的旋翼曾经有三四个，但经过不断的实践后，只有双旋翼布局被保留了下来，并出现了纵列双旋翼、横列双旋翼和共轴双旋翼布局形式的直升机。

这样第二个关键技术也初步得到了解决。

1906年法国直升机设计师保罗·科尔尼研制出的世界上第一架有热动力、能载人离开地面的直升机，就是采用了纵列式双旋翼布局。



20世纪初人们希望通过设计多个旋翼来解决扭矩的平衡问题。图左为双桨共轴式,图右为双桨横列式

这架直升机有两副旋翼,旋翼直径为6米,一前一后安装在承力支架上,传动带长约20米,传动机构使用了滚珠轴承,每副旋翼有两片桨叶,桨叶用钢管制成,外面包着带橡胶的绸布。

旋翼安装在一个大型钢制滑轮上,滑轮上有传动带,桨叶的偏角是可调的。推进和操纵力矩是通过两个平面,或者叫做倾斜面来获得,它们被装在从旋翼轴突出来的支座上。旋翼产生的向下气流作用到这两个平面上,提供了水平推力,而平面角度则决定飞行速度和方向。

这架直升机的主构架是一根大口径的钢管,从侧面看呈V字形,由钢索系紧并与6个辅助构件连接在一起。飞行员座椅和发动机安装在V形构架的中心,两边靠近中间的位置上各有一对独立安装的机轮,前后排列。

它的动力装置是一台水冷式安托瓦内特发动机,冷却用水装在发动机前面的冰箱里,汽油装在飞行员身后的油箱里,发动机上方有一个润滑油箱,飞行员座椅下方装有蓄电池和点火线圈。

这架直升机的最初试验是在1907年11月13日,试飞时由于直升机振动太大,驾驶员很难操纵,只好用绳子拴在地面上,作了离地30厘米、留空20秒的飞行。此后又进行了多次改进,试飞终于得以成功。

这架直升机是“人力直升机”进入“带热机械动力直升机”的重要转折点,它标志着直升机的发展进入了新阶段。

横列式布局的直升机是1904年由法国人雷纳德设计的。这种直升机在机体横向一边设置了一个旋翼，通过相互反方向的旋转来达到力矩的相互抵消。由于这种排列使直升机操纵变得很困难，以后很少有人采用。

雷纳德还被人们认为是旋翼挥舞铰接技术发明人。所谓挥舞铰接就是桨叶与桨毂采用铰接方式，但是这种技术在直升机上的真正使用还是在1919年以后由西班牙的切尔瓦发展的旋翼机上。

共轴直升机是在一根轴上，上下串列了二个旋翼系统，互相相反旋转。切尔瓦于1920年制造的C-1号旋翼机就采用了共轴式旋翼的布局。通过两个旋翼互相反向旋转产生的力矩得以平衡。C-1号还设计了升降舵和方向舵及副翼。但在试飞时没有成功。切尔瓦在1923年又制造了C-4号旋翼机，并成功地进行了试飞。

以后曾经还有不少直升机先驱者试制过共轴直升机布局，但最后只有苏联的卡莫夫成功了，他自1947年设计出卡-8直升机以后，推出了一系列卡氏直升机，共轴布局直升机成了卡莫夫设计局的独家产品。

由于三个关键问题都初步得以解决，许多航空设计人员在切尔瓦旋翼机成功的基础上，开始研制实用性的直升机。

被认为世界上第一架带机械动力、具有正常操纵性能、真正实用的直升机是德国著名飞机设计师海因利希·福克设计的FW-61并列双旋翼单座载人直升机。

FW-61于1936年6月26日首次试飞，成功地飞行了28秒。接着，1937年6月，由飞行员埃瓦尔德·罗尔夫斯驾驶FW-61创造了122.35公里的直升机闭合航空距离纪录，1小时20分钟留空时间纪录，升空高度3 427米纪录和每小时122公里的飞行速度纪录。

1938年，德国著名女飞行员汉娜·赖奇曾驾驶FW-61在柏林德国宫进行飞行表演。

1939年，福克公司研制的FW-282小型直升机成功地投入小规模的应用，从而大大推动了世界直升机事业的发展。

终于，被称为“现代直升机之父”、美籍俄国人飞机设计师、事业家伊戈尔·西科斯基闪亮登场了。

开山鼻祖

伊戈尔·西科斯基，1889年5月25日生于俄国基辅，他从小就沉迷于航空，尤其对达·芬奇所画的直升机和从中国传来的竹蜻蜓特别感兴趣。

据说，1900年，11岁的西科斯基做了一个梦，梦中他看见自己在有舒适座椅的和镶木板的座舱中向后走去，奇怪的响声和震动表明，他所坐的既不是火车，也不是轮船，他好奇地向窗外望去，发现在他下方竟是浩瀚的海洋和葱绿的大地，惊奇的他不由自主地大叫起来，梦也一下子醒了。不过这个飞翔之梦从此深深地印在了他的脑海中。

1903—1908年，西科斯基先后就读于彼德堡海军学校和基辅工业学院。虽然当时这些学校并没有开设航空课程，但西科斯基在图书馆里阅读了不少有关航空的书籍，其中三个人的经历对他印象极深，这对伊戈尔·西科斯基圆他的航空梦来说具有特别重要的意义。他们是法国人莱芒·阿德尔，第一个乘机械动力飞行器短暂（几秒钟）飞离地面的人；英国人海勒姆·马克西姆，他设计的飞行器也曾经飞离地面几秒钟；德国人奥托·利连索尔，他首先使用滑翔器做试验，同时自学了驾驶技术，做了2 000多次飞行，于1896年8月坠地身亡。利连索尔的杰出业绩当时激励了不少人，其中有在俄亥俄州制造自行车的两个美国人，即举世闻名的莱特兄弟。

1908年8月，莱特兄弟驾机到巴黎，当时西科斯基正和父亲一道在德国度假，当他从报纸上读到莱特兄弟在法国飞行表演的报道并看到照片时，儿时的梦幻突然再度出现在他的脑海，他决定应该设法学习飞行。为此，西科斯基千方百计说服家人送他到巴黎去学习航空。

1909年1月，西科斯基只身来到巴黎，那年他才20岁。

20世纪初的巴黎是世界航空活动的中心，但当时的航空既不是科学也不是工业，而是一种“艺术”和梦想。

有人制造出了几十架外形古怪而又漂亮的飞机，但这些飞机大都没离开过地面，只有少数几架能够在田野上跃升约30厘米高，飞行几秒钟。然而，对每一次飞行无论多么短暂，西科斯基都要仔细观察，从不漏过。

西科斯基决定自己动手制造“会飞的机器”。

1909年5月回到俄罗斯后，西科斯基开始了他的第一个飞行器研制项目，也是他最喜欢的直升机项目。

1909年7月，他设计完成了第一架共轴式双旋翼直升机。

该机装一台功率11千瓦的安萨尼发动机，它具有现代直升机的很多特点。

西科斯基将这架直升机起动后，轰鸣声震耳欲聋，场上尘土飞扬，飞机激烈抖动，但是由于升力不够，所以它未能升空。

1910年春，西科斯基又制造出第二架直升机，由于受当时发动机和飞行理论水平的限制，最终也未能获得成功。数次尝试失败后，西科斯基转而开始研制固定翼飞机，岂料，这一转就是30年。

1909—1917年间，西科斯基共设计研制了25种飞机、两种直升机、3种滑橇式飞机和一种航空发动机，成为俄罗斯航空工业的奠基人之一。

1917年十月革命后，西科斯基移居法国，后又乘船横渡大西洋来到美国。

世界公认的直升机的“开山鼻祖”伊戈尔·西科斯基，对世界直升机的发展做出了杰出的贡献

到美国后，西科斯基又在极端困难的条件下，以800美元现金和别人空口答应但没有落实的2 000美元成立了一个公司。

公司研制的第一架飞机就是S-29A，经过试飞后，十分成功，于是西科斯基将S-29A投入包机飞行，使西科斯基的公司维持了下来。

此后，西科斯基又研制出了S-38双引发水陆两用飞机，并被当时出现的许多航空公司购买。这种飞机飞遍了加勒比海地区、南美洲和世界其他很多地方，共生产了100多架，这在当时是令人赞叹不已的事。

1931年秋天，西科斯基飞机公司向泛美航空公司交付了第一架S-42四发水上飞机。

在飞机正式交付时，西科斯基沿着驾驶舱向后走，来到没有乘客的客舱，然后停住脚步。他惊奇地站在那里，那灯光，那振动，那噪声，是如此地熟悉。突然，他吃惊地意识到，这就是他30多年前在儿时梦中看到的那个座舱。S-42在当时还创下几项世界纪录。

1937年，西科斯基制造了自己的最后一架固定翼飞机，S-44船身式水上飞机。

在第二次世界大战中，它主要用于跨大西洋的不间断飞行，其中有一架创下了当时飞越大西洋的最快纪录——14小时17分钟，并保持了数年之久。

20世纪30年代中期，虽然飞机有了长足的发展，但飞机需要有机场，需要有跑道，有许多不便之处，因而可以随时垂直起飞降落的直升机再次受到了人们的关注，这也重新燃起了西科斯基对30年前未完成的直升机事业的激情，于是从1938年又开始了他创造生涯中的第三次“飞跃”。

1939年，西科斯基开始制造一架采用单旋翼和一个小尾桨布局的直升机样机。

1939年9月14日，西科斯基爬进这架样机的座舱，进行了第一次“跳跃”飞行，样机曾在离地二三米的空中平稳地悬停了约10秒

钟，然后轻巧地降落回地面。总体上看，这架样机的稳定性和操纵性十分有限，但它却是世界上第一架真正实现升空的直升机，在航空史上翻开了新的一章。

到1941年，西科斯基根据对前一架样机的试验和分析结果制造出了VS-300直升机。该机装有3个尾桨，操纵系统也进行了重大改进，因而整个直升机的飞行性能、操纵性都有了很大的改善。后来该机还创造了当时1小时32分的留空时间的世界纪录。

VS-300的成功使西科斯基成为世界上第一位用实际产品证明单旋翼布局直升机比其他布局更有优势的设计师，这种布局到目前为止依然是世界上直升机的主流。

1942年4月，西科斯基根据VS-300试验研制与改进经验，推出了VS-300的改进型VS-316，并进行了公开表演。

该机采用双座布局，又名S-47。凭借该机的良好性能，公司很快就拿到了美国陆军的大批订单，其军队编号为R-4。

R-4主旋翼直径11.5米，最大重量1 152千克，使用一台136千瓦的活塞发动机，巡航速度为每小时109公里，航程为320公里，升限为1 524米。它能垂直起降、悬停、前飞、后飞、侧飞以及无动力自转下降等，完全具备了现代直升机的飞行特点。

第一架R-4于1942年5月交付美国陆军使用，并是第二次世界大战中同盟国用于前线的惟一一种直升机。

继S-47之后，西科斯基又推出了S-48、S-49，S-51、S-52、S-53和S-59轻型直升机。

1949年公司在用S-54进行了长时间的试验之后推出了3.5吨的S-55，1953年又拿出重达14吨的S-56，从而证明了用单旋翼布局能够制造出各种重量级直升机的可能性。

S-55也是世界上第一种能飞越大西洋的直升机，而在采用活塞式发动机的直升机中，S-56是尺寸最大、载重最大，而且速度也是最快的。在S-56动力系统的基础上，西科斯基稍晚又制造出了试验型S-60起重直升机。

西科斯基在退休前制造的最后一架直升机是于1958年首飞的S-58，其性能要优于同时代的所有直升机，被专家们看做是这一代直升机的代表作。

在20世纪40—50年代，西科斯基制造出了那个时代所有种类的单旋翼布局直升机：轻型通信直升机，多用途直升机，轻型、中型、重型运输直升机，起重直升机。

由西科斯基领导的公司也一直是举世公认的世界直升机制造业的“老大”，在西科斯基活着的时候，他被人们称为“1号直升机驾驶员”。西科斯基一生共获得80多种荣誉证书。

1958年，西科斯基退休，但西科斯基公司由于其强大的科技储备以及西科斯基不断地为公司提出的建议，使西科斯基飞机公司在60年代初成功地制造出了第二代直升机：S-61、S-62、S-64、S-65和S-67。自西科斯基到美国以后，在他的领导和参与下，共制造出17种飞机和18种直升机。

1972年12月26日，西科斯基在美国康涅狄格州伊顿市逝世，享年84岁。他传奇般的一生正如他所说的一句话：“人类征服天空发明飞行器是最令人引为自豪的伟大成就，而这成就起源于人类的一个梦想，最后通过人类自己使这个梦想得以实现。”伊戈尔·西科斯基实现了自己的梦想。

壮志未酬

还在1943年，西科斯基公司带着一架R-4直升机到中国昆明进行了飞行表演，引起了极大轰动，在如潮的观众中，有一个人特别激动，他就是当时昆明飞机制造厂的厂长朱家仁。

1900年，朱家仁出生于湖南省汉寿县，从小在苏州长大，1920年赴美国留学，主攻航空技术，1926年从麻省理工学院航空工程系毕业，次年回国，在上海虹桥飞机厂任工程技术人员。从此，他热衷于飞行器的设计和制造，矢志不移。

朱家仁的父亲与山东省主席陈调元友情甚笃。1930年春，朱家

仁提出想制造飞机的愿望，得到了陈调元的支持，并给了两万元的资助，接着又取得了南京航空署的准许，从此朱家仁开始研制飞机。

朱家仁自己完成了飞机的图纸设计，又从美国买来了“旋风”式发动机和其他一些器材，开始自己制造飞机，但后因时局变化没有搞成。

此后，朱家仁从上海飞机厂调到杭州航空署任补给科长，但是，他放弃了科长职位，甘当一个负责材料管理的科员，为的是能把精力花在制造飞机上。

在杭州，朱家仁先利用闲余时间在家里造些小零件，再行组装。后来，因家里地方狭小，难以施展工作，于是又把家搬到了苏州。

陈调元资助的经费很快用完后，朱家仁把自己的工资都贴了进去，但是还远不够，朱家仁的夫人又把陪嫁的首饰陆续变卖以作补贴，才使制造飞机的工作得以为继。

到1937年春，朱家仁的飞机终于制造完成。这是一架双座双翼飞机，取名为“苏州”号。

“苏州”号飞机飞行成功后，朱家仁的名字很快在航空界传开了。接着他被调往洛阳担任空军第三修理厂厂长。可是上任一个多月后，全面抗战开始了。1941年，他又奉命调到昆明空军第一飞机制造厂任厂长，主持研制“研驱零”飞机。

1943年，“研驱零”飞机制造完成，并进行了空中试飞，可惜在降落时，因左轮先着地而使飞机翻转失事。从此，研制工作停顿下来，“研驱零”没有能继续搞下去，十分可惜。

朱家仁看了R-4直升机的飞行表演后，思绪万千，难道中国人就不能自己制造直升机吗？

此后，他精心砥砺，刻苦钻研，探索直升机飞行的奥秘。

1944年，朱家仁开始研制直升机。他研制的第一架载人直升机——“蜂鸟”甲型，仅花了一年时间就完成了。这是一架共轴反转

的双旋翼直升机。

朱家仁接着于1947年又制造成了“蜂鸟”乙型直升机。这架直升机与前一架的外形相同，也采用共轴反转的双旋翼设计。机上装一台92千瓦的“金纳”B-5型发动机。按设计要求，直升机的巡航速度可达到每小时112公里，最大飞行速度达到每小时136公里，悬停升限910米，航程219公里。

正当“蜂鸟”乙型直升机准备全面试飞之际，已临全国解放前夕。朱家仁奉命调往台中第三飞机制造厂任职，试制工作不得不停止。

朱家仁到台湾后，仍念念不忘制造直升机。他参阅了许多国外的直升机资料，随即开始研制全尺寸纵列双旋翼直升机。经过一年半努力，终于在1951年制成了CJC-3“飞行香蕉”直升机。

1952年底，第一架CJC-3直升机制造完成，可惜的是在1953年8月的飞行试验中出了事故。

又经过三年的研究、试验和改进，终于在1955年8月，朱家仁制成了CJC-3A型直升机。

直升机空重680公斤，总重930公斤，巡航速度每小时136公里，最大飞行速度每小时180公里，升限366米，航程216公里。

1956年3月9日，CJC-3A直升机进行了自由飞行试验，直升机升降、悬停和原地转动都很方便，操纵自如。

正在这个时候，台湾当局给朱家仁规定的研究期限已满，停止了给朱家仁的经费支持，CJC-3A直升机的试飞改进工作也无法继续下去，朱家仁的多年心血付之东流。此后，人们再也没有听到朱家仁研制直升机的消息。

到1975年，当朱家仁退休在家后，又开始研制小型气垫飞行器。经过四年终于研制成功，以后赠送给了台湾逢甲大学航空系。

1980年，朱家仁家迁往美国后，还雄心勃勃想搞太阳能飞机。这时的他已是八旬老翁，显然已力不从心了。

1985年7月11日，朱家仁先生在美国病故，享年85岁。这位一生

致力于航空研制，不图名利、埋头苦干的航空斗士，因为历史条件的限制，才干没有能得到充分发挥，最终未能实现自己航空报国的理想。

让美国人心服口服

世界上在单旋翼直升机发展方面，惟一能与西科斯基叫板的是比他年轻20岁的苏联著名直升机设计师米里和他的米里设计局。

苏联著名直升机设计师米里设计的许多直升机连美国直升机界都自叹不如

米哈伊尔·列昂季耶维奇·米里，1909年11月9日生于俄罗斯的伊尔库茨克。

他1931年毕业于诺沃切尔卡斯克航空学院，毕业后就到中央流体动力研究院从事旋翼机研究工作，以后转入直升机的研究，1945年被任命为研究院直升机部实验室主任。

1947年12月，38岁的米里受命组建米里直升机设计局，从他担任第一任总设计师直到1970年病逝的23年中，米里领导设计局共研制出9个直升机型号：米-1，米-2，米-4，米-6，米-8，米-10，米-12，米-14和米-24。

设计局刚建立时，条件非常简陋，连固定的办公地点也没有，一会儿迁到这里，一会儿又迁到那里，最后迁到了雷宾斯克街。

在这里，米里开始研究他的第一种直升机米-1。这是一种三桨叶的直升机。

1948年米-1研制成功，1950年投入批生产并交付部队使用。米-1是苏联第一种投入批生产的直升机，也标志着苏联开始有了

自己的直升机制造业。

1951年斯大林要求研制一种12座的运输直升机供部队使用。

米里接到任务后，带领设计师们日夜奋战，仅用一年时间就研制出部队急需的米-4直升机，额定载荷1 200公斤，可载16名武装战士。

米-4直升机1953年投入批生产，并大量装备部队。米-4在载重量和速度方面有7项打破当时的直升机世界纪录并在国际航展上获得金奖。米-4直升机连续生产14年，有40多种改型，销往世界34个国家。

1954年6月，米里接受研制重型空降运输直升机的任务。3年后编号为米-6的直升机首次试飞，同年10月，米-6在试飞过程中创造了载重12吨、升高2 432米的世界纪录，比当时美国最大直升机S-56创造的纪录提高一倍。

1964年，米-6开始大量使用，特别是在寒冷地区的一系列重大建设项目中发挥了重要作用。

从1957年到1964年，米-6共创造最大速度和载重5、10、20吨升高等16项世界纪录，荣获以西科斯基命名的世界大奖。1965年，米-6首次在巴黎航展露面，被各国航空界视为直升机发展的重大里程碑。

米-6的研制成功是苏联直升机制造业的一个巨大飞跃。同米-1相比，米-6在许多方面都迈上了新台阶：由涡轴发动机取代了以前的活塞发动机，并且由双发取代了以前的单发；直升机的起飞重量比米-1增大16倍，达到42吨，是60年代中期以前世界上最大的单旋翼直升机；其飞行时速首次超过每小时300公里。

米里在米-6的基础上研制出起重直升机米-10。在1961年土希诺的空中检阅期间，米-10把一座地质勘察队的房子运到了机场，并以装载25吨货物上升到2 800米的高度创造出一个新的世界纪录。

在米-6和米-10大型直升机完成之后，米里研制出了一种采用

涡轮轴发动机的中轻型直升机米-2。

1961年9月，米-2轻型直升机首次试飞，这是第一种专为民用设计的直升机。

1962年9月，能运送28名旅客、装涡轮轴发动机的米-8首次试飞。

米-8的设计非常成功，发动机重量仅35公斤，而同样功率的活塞发动机重量达1 070公斤。米-8生产了1 200多架，其中不少出口到国外。1965—1969年期间，米-8创造了7项世界纪录。

在这期间，一些有机会参观过苏联直升机的美国专家对米里直升机技术成就深表惊讶。他们认为，苏联的米-8直升机在总体布局、飞行品质和舒适程度等方面都超过了美国的S-61直升机。

美国专家们也承认，美国当时还没有与米-8和米-10机这两种型号相匹敌的重型直升机。米-6的最大起飞重量为42 500公斤，而米-10的起飞重量为43 000公斤。当时，这也是世界上吨位最大的直升机。

接着米里设计局于1969年8月又研制出巨型直升机米-12，再次使航空界感到震惊。

该机以装载40吨以上、飞行高度在2 200米以上而再次刷新世界纪录，在当时的巴黎航空博览会上独领风骚。美国著名直升机公司的代表承认，面对米-12直升机取得的工程技术成就，美国只能甘拜下风。

米里领导研制的最后一个型号是武装直升机米-24A。

1967年，已是58岁的米里拖着病弱的身体向苏联军方最高领导层提交了一份建议书，提出了研制专用武装直升机的设想。

这是米里研究军用直升机多年心血的结晶，也是他对苏联军队武器装备如何发展的肺腑之言。

然而，在当时的苏军最高司令部中，陈旧保守思想占着统治地位。那些高级将领们更喜欢传统的作战武器，比如战斗机、轰炸机、坦克等，对直升机在战争中的作用简直不屑一顾。

当时的国防部长马林诺夫斯基就对直升机作战持否定态度。由于他的手下科尔帕克奇将军就是在一次乘坐米-4直升机失事身亡，对此马林诺夫斯基非常伤心，并从此对直升机简直产生了厌恶感，只要有人提出在战场上使用直升机作战，他就坚决反对。

反对势力认为，在现代化战场上，根本不会有直升机的生存空间。在他们看来，直升机的飞行速度那么低，仅是超音速战斗机飞行速度的十分之一；所携带的武器口径那么小，仅是坦克武器口径的十分之一；装甲的厚度也只有坦克厚度的二十五分之一，直升机怎么能跟坦克对抗，又如何能跟战斗机周旋？由于不少高级将领都随声附和马林诺夫斯基的看法，从而掀起一片反对把直升机用于作战的讨伐浪潮。

米里坚信自己的意见是正确的。他认为，军方高层领导持否定态度是旧习惯势力作怪，是对战斗直升机这种新生作战武器缺乏深刻的了解。于是，米里决定对军方展开宣传攻势。

他先找人把武装直升机在未来战场上的作用、作战特点及其生存力画成连环画，以美国在越南战场上使用直升机的实例，用图解方式加以说明，然后又组成一个班子，带着这些画到部队去游说，还把许多高级将领请到他们设计局参观，向他们宣传直升机在战场上的作用。

米里还用米-4直升机挂上机枪、火箭弹和反坦克导弹进行试验，取得了大量宝贵的经验。

在此基础上，米里提出了一种既能对地作战，又能运送一个作战小分队的武装运输直升机的研制方案。

精诚所致，金石为开，米里的努力终于有了回报。首先，苏联国防部第一副部长格列奇科元帅被米里说服了，对米里的精辟论断大为赞赏。格列奇科元帅还开玩笑地对米里说：“总设计师大人，您把这个特殊军事问题都研究完了，那还要我们这些人干什么，您还是留一点东西让我们这些军事专家研究研究吧！”

接着中央科研所的莫洛特科夫将军也表示坚决支持米里，并

帮助米里在军中游说。在他们的帮助下,米里终于获得了制定技术方案的任务。

1968年5月,军方下达了研制武装直升机的任务。米里领导他的设计局仅用一年时间就成功研制出了米-24A武装运输直升机,并于1969年9月19日成功地进行了首次试飞。

该直升机采用并列双座驾驶舱,驾驶舱后面是宽大的运兵舱,可载8名全副武装的士兵,机上可携带机枪、火箭、导弹等武器,成为一种武装/运兵直升机。

米-24填补了苏军专用武装直升机的空白,是米里一生诸多贡献中最为精彩的一笔,米里也成为苏联武装直升机事业的开拓者和创始人。

1970年1月31日,米里在莫斯科逝世,享年61岁。

米里设计局制造的米-24'母鹿'武装直升机被西方国家认为是最难对付的武器装备之一

苏联直升机界一颗耀眼的巨星陨落了,全世界航空界都为此震惊。1961年米里被授予直升机特级设计师称号,一生曾3次荣获列宁勋章。米里逝世后,为了纪念他生前对发展直升机事业的功绩,设计局继续以米里名字命名。今天,世界各地大约有30 000架直升机冠以他的名字,数量之多可能是全球之最。

青出于蓝

在过去的大约半个世纪中,直升机在技术上经历了几项重大的突破性进展,从技术特征来看,大体可以分为四代:

从第一架可以正式飞行的直升机问世至20世纪60年代初期,

是第一代直升机发展的阶段。这一代直升机的主要技术特征是：以活塞式发动机为动力；旋翼桨叶为金属/木质混合式；机体为由钢管焊接成的桁架式或铝合金半硬壳式结构；装有简易的仪表和电子设备；直升机最大平飞速度约每小时200公里，全机振动水平和噪声水平均较高，典型的机型如米-4、贝尔47等。

从60年代初期到70年代中期，为第二代直升机阶段。这一代直升机的主要技术特征是：动力为第一代涡轮轴式发动机；旋翼采用全金属桨叶与金属铰接式桨毂结构；机体主要仍为铝合金半硬壳式结构；开始装有最初的集成微电子设备。直升机的最大平飞速度约每小时250公里，振动水平和噪声水平有所降低。典型的机型有米-8、“超黄蜂”等。

从70年代中期至80年代末，属于第三代直升机阶段。这一代直升机主要技术特征是：动力为第二代涡轴发动机；旋翼由全复合材料桨叶及带有弹性元件的桨毂构成；机体结构部分使用复合材料；采用大规模集成电路的电子设备和较先进的飞行控制系统。直升机的最大飞行速度约每小时300公里，振动和噪声又进一步得到控制。典型的机型有“海豚”、“山猫”、“黑鹰”、“阿帕奇”等。

从90年代以来，直升机技术发展进入第四代，也是当今最先进的一代。这一代直升机的主要技术特征包括：安装第三代涡轴发动机；装有进一步优化设计的翼型、桨尖和先进的复合材料旋翼桨叶；采用无轴承或弹性铰式等新型桨毂；机体结构大部分或全部使用复合材料；操纵系统改为电传操纵；机载电子设备采用数据总线、综合显示和任务管理，以及先进的飞行控制、通过导航等系统。直升机的最大平飞速度约为每小时315公里，振动和噪声已得到良好的控制，还有很好的隐身性能。典型的机型有“科曼奇”、NH-90等。

当今世界各地已有数万架直升机在使用，应用于众多领域，表明直升机的发展不久将从实用期进入技术上成熟期，随后将是应用上的普及期，预计再过几十年的发展，直升机将会像今日的汽车

那样，以技术上的成熟来提供安全、高效、方便的服务，达到应用上的普及。

彩 蝶 纷 飞

由于直升机具有飞机所不具备的特殊能力，如悬停、垂直起飞、倒飞等等，其军事应用潜力和价值十分明显，因此直升机刚进入试制阶段就引起了军事家们的高度重视。

不断突破

20世纪40年代初，德国就使用直升机在近海地区进行侦察。第二次世界大战末期，德国还研制了最早装备武器系统的直升机，准备用于对地攻击。

西科斯基公司在1942年研制了XR-4直升机以后，军方就订购了30多架，用于执行观察和空中救护任务的试验。英国也曾订购这种直升机，主要在直升机训练学校试用。

第二次世界大战以后，直升机获得了更多的试验机会。1946年，美国开始用直升机进行航空邮政试验，取得了成功。1947年5月，洛杉矶航空公司获得了美国民航局颁发的临时许可证，允许其开办定期航空邮政业务。在头三年中，该公司用S-51直升机运送了5 900吨邮件，飞行时间达20万个小时。英国还最早尝试把直升机用于航空客运业务。1950年6月1日，英国欧洲航空公司用韦斯特兰公司仿制的S-51直升机用于加的夫到利物浦的航线上，正式运送了第一批旅客。

朝鲜战争时期，美国首次使用直升机担任战术空运任务，在高空战斗机掩护下，频繁深入前线，运送兵员、物资或承担营救任务，还经常派出直升机对朝鲜进行纵深小分队机降作战。

20世纪50年代中期，法国在阿尔及利亚战场首次把直升机作为武器载机，执行轰炸和扫射任务。在此期间，美国及欧洲许多国

家广泛开展了直升机用于作战的研究与试验，包括对地攻击、侦察、反坦克、支援、营救。

20世纪50年代以前，各国研制的直升机无一例外都采用活塞式发动机。这种发动机除了存在噪音高、振动大、功率重量比和功率体积比都很小、操纵困难、调节系统复杂等严重问题外，最大的缺点是速度太低，航程也太短，所以各国在50年代初开始投入大量精力探索先进的直升机发动机。

在喷气发动机诞生之初，英国在第二次世界大战期间，率先研制成功了涡轮螺旋桨发动机。与喷气发动机相比，其不同点是燃烧室燃气不直接从喷管喷出产生推力，而是带动后面的涡轮和前面的压气机高速旋转，同时通过减速器带动前面的螺旋桨旋转。

与活塞发动机相比，涡轮螺旋桨发动机设计结构简单、部件少、可靠性高、使用范围广、震动小、操纵简单、启动容易、翻修寿命长；功率重量比和功率体积比都大幅度提高；油耗大大降低，功率大。活塞发动机功率最大不超过3 000千瓦，而涡轮螺旋桨发动机的功率可达上万千瓦。

由于有涡轮螺旋桨发动机的成果，直升机用的涡轮轴发动机研制进展很快，它具有涡轮螺旋桨发动机的全部优点。1950年，美国波音直升机公司发动机部最早试验成功了涡轮轴发动机，并于1951年成功地安装在直升机上。

由于涡轮发动机的突出优点，50年代初美国及欧洲有许多公司都研制这种发动机，其中美法两国早期取得的成就最大。

西科基斯公司采用这种发动机于1954年研制成功世界上第一种涡轮轴式直升机S-59。法国宇航公司利用这种发动机研制了有名的“云雀”Ⅱ式直升机，于1955年试飞成功。它在50年代中期多次打破直升机世界纪录，飞行速度接近每小时300公里，并曾创造10 911米的飞行高度纪录。

美国康莱明公司在1952年应美国陆军要求，研制了T53涡轮轴发动机。这是世界上第一种生产型发动机，也是美国应用最广的发

动机之一。该发动机是为陆军野战直升机设计的,在环境与维护方面设想了各种恶劣的条件,并且要求结构简单可靠。它安装于美国AH-1G“眼镜蛇”反坦克直升机上,这是美国60年代中期为应付越南战场的急需而研制的第一代反坦克武装直升机。

1955年,通用电气公司应美国海军的要求,开始为重型直升机研制轴功率高达2 100千瓦的T64涡轮发动机,并在设计时将低油耗放在首位,取得很大成效,是当时美国耗油率最低的涡轮发动机。

除美法两国外,苏联、英国等在50年代中后期也都研制成功了直升机专用的涡轮轴发动机。

由于有涡轮轴发动机提供动力保证,直升机技术获得迅速发展,主要体现在:先进的旋翼气动设计技术,旋翼桨毂向无轴承式过渡,尾桨结构发生重要变化,复合材料的广泛使用,倾转旋翼概念的突破以及其他新概念研究进展和验证等方面。

旋翼是直升机最关键部件。近年来,一些国家发展一系列变弯度桨叶翼型,从而取代了过去普遍采用的对称桨叶翼型。根据后掠机翼能有效推迟压缩性这一原理,一些直升机设计人员通过将旋桨叶外段后掠,改善了前行桨叶的桨尖特性。美国的S-76、UH-60、AH-64等直升机应用了这一设计原理后,不仅提高了飞行品质,同时也改善了直升机前飞时的速度稳定性和悬停性能。

单旋翼直升机为了平衡旋转扭矩,必须安装尾桨。传统的直升机尾桨直径较大,安装较低,向外较突出,因而容易引起飞行事故或造成地面人员伤害。从50年代起,科研人员先后就尾桨结构布局形式进行了新的研究与探索。

法国在20世纪70年代研制的‘海豚’直升机,将尾桨嵌在直升机垂尾的下部分,形成了所说的涵道尾桨。它克服了常规尾桨的诸多缺点,提高了尾桨的效率,由于尾桨不再突出在外面,所以地面安全性有了很大的改善。

美国麦道直升机公司还在80年代研制了一种没有机械尾桨的直升机MD 520,它是靠从尾部吹出的一股气流来平衡旋翼的力

矩。这种气动尾桨的直升机不但提高了飞行性能和地面安全性，而且噪声也大大下降。

复合材料由于重量轻、弹性强度好、疲劳寿命长，因而在直升机上得到非常广泛的应用。在60年代中期，已经出现了玻璃钢复合材料桨叶，其寿命比金属桨叶提高了3倍，重量大大减轻，维护也十分方便。

20世纪到70年代中期，桨叶已改用新型复合材料，寿命达到无限期水平。与此同时，复合材料也在直升机结构材料中大量运用。这些材料包括碳纤维、玻璃钢、蜂窝夹层、玻璃纤维、合成树脂、芳伦纤维等。它们可以按机身设计要求，加工成复杂的整体形状，不仅重量轻、部件少，而且安装、拆卸维护非常方便。80年代中期，美国波音直升机公司还研制出了世界上最大的全复合材料直升机波音369。

广泛采用复合材料的结果是使直升机重量大大下降，结构重量减轻25%，总重减少15%，制造成本下降了50%。

除了旋翼和发动机这两个关键方面的重大进展之外，航空电子系统迅速发展也为直升机的发展做出了重要贡献，包括信息、显示、任务管理、故障监测、增控增稳、火力控制等各系统，对提高直升机的使用效能和飞行安全的改善起着重要作用。这方面的技术进步目前仍在迅速发展之中。

直升机技术的发展换来了直升机性能的大幅度提高。目前，起飞重量最大的直升机是苏联的米里在1969年研制成功的米-12。它采用4台功率为4 850千瓦的发动机，起飞重量高达115.7吨，载重35.5吨。

该机从机身两侧的双水平旋翼尖端算起的翼展达67米，机身长37米，机高12.5米。总重115.7吨，载重35.5吨，最大平飞速度每小时260公里，最大巡航速度每小时240公里，实用升限3 500米，航程500公里。1969年8月6日曾创造过载重40.2吨爬升到2 255米的世界纪录。

该机1965年开始设计，1969年2月12日首次试飞。米-12能运载安-22大型运输机所能运载的火箭和其他重型货物。驾驶舱振动小，执行任务时不需要专用的地面设备。

目前，载重量最大的直升机也是米里在1977年研制的米-26，它曾创造了载重56.769吨的世界纪录。1982年2月3日，该机将重量56.8吨的物体提升至2 000米高空，创下该载重下的最高纪录。这个载重量超过了米-26的最大设计载重量。虽然如此，飞行速度仍能保持每小时295公里。

米-26是70年代初开始设计的，是世界上最重的生产型直升机，也是世界上第一个成功地采用8叶主螺旋桨的直升机。

目前世界上爬升最高的直升机是法国宇航公司生产的SA315B“美洲驼”单发轻型多用途直升机。它是根据印度军方的要求设计制造的用在山区飞行的一种直升机。

1969年，“美洲驼”在世界屋脊喜马拉雅山作飞行表演时，曾载着2名乘员在7 500米高山上实现了起飞降落。1972年6月，这架直升机在法国伊斯特试飞中心做飞行表演时，又创造了起飞25分钟后爬升至12 442米高度的绝对飞行高度纪录，这个纪录一直保持至今。

不仅如此，1971年5月在一次营救飞行中，“美洲驼”在珠穆朗玛峰南侧海拔7 010.4米处进行了着陆，创造了世界上有记载的直升机最高着陆地点的纪录。

目前航程最远的直升机是美国的“印第安种小马”OH-6A轻型直升机，它于1966年创造了直线飞行3 561公里的纪录。这个纪录一直保持至今。

这种直升机能够比其他直升机飞得远的主要原因是，它的体重轻，肚子大。它自重只有557千克，而装油量却多达590千克。该直升机1966年3~4月间共创造了23项世界纪录。

“印第安种小马”是由美国休斯公司设计制造的，1961年开始设计，1966年9月开始在美国陆军服役，共生产1 434架，在越南战争

中首次投入使用。

“印第安种小马”的主要设计特点为：旋翼直径8.03米，尾桨直径1.30米，机长9.24米，机高2.48米，巡航速度每小时216公里，最大爬升率每分钟560米，实用升限4 815米，悬停高度2 595米，正常航程611公里。

在过去30多年间，直升机的探险活动也普遍展开，先后进行了不着陆飞越大西洋、空中加油飞越太平洋、北极探险以及环球飞行等。

直升机第一次不着陆横跨大西洋是1967年由美国空军第48航空航天搜索和救护中队的两架西科斯基公司HH-3E完成的，起点是美国纽约。1967年5月30日起飞，经过30小时36分钟飞行，6月1日到达巴黎参加航空展览会。这次飞行的航程为6 872公里，2架直升机共在空中加油9次。

世界上第一个单人直升机飞抵北极是澳大利亚迪克·史密斯，时间是1987年4月28日。

史密斯在1982—1983年期间，曾驾驶“喷气突击队员”直升机完成一次单人直升机环球飞行，随后便开始准备直升机单人飞抵北极。

为了加大航程，史密斯在直升机上加装了辅助油箱，使载油量从350升增至900升，使航程由650公里增加到1 660公里。最后把直升机用船运到加拿大温哥华，从那里出发到北极。

1986年4月7日，史密斯先后两次试图驾机飞抵北极，但因机载设备在寒冷条件下失灵和着陆点冰层破裂等原因，都未成功。1987年4月，史密斯第三次闯北极，终获成功。这次的飞行路线是：温哥华—洛奈夫—雷索卢特—尤里卡—沃德·弯特岛—北极。

直升机第一次不着陆横跨太平洋飞行是1970年8月22日，是由两架西科斯基公司HH-53C完成的。这两架直升机飞行了14 484公里，途中由洛克希德公司KC-130“大力士”加油机进行了空中加油。

世界上首次双人驾驶直升机进行环球飞行的是美国得克萨斯

州达拉斯的罗斯·小皮罗特和杰伊科本。他们于1982年9月1日至30日，驾驶贝尔-206“得克萨斯精神”号直升机，起点和终点都是得克萨斯州达拉斯。这次环球飞行还创造了国际航空联合会承认的该级直升机环球飞行平均速度纪录，为每小时56.97公里。

世界上首次单人驾驶直升机进行环球飞行的是澳大利亚百万富翁迪克·史密斯。1982年8月5日，他驾驶“远程突击队员”Ⅰ型直升机从美国得克萨斯州思堡的贝尔直升机公司试验场起飞，于1983年7月22日返回原地，共飞越56 765公里。

各展风采

经过几十年的发展，现代直升机的型号已发展得五花八门。在直升机的发展中，美国、苏联、英国曾长时间处于领先地位。70年代以后，法国后来居上，以其品种多样、性能高、技术先进，在国际市场上占据着重要地位，到80年代初，法国已经占领了大约1/3的国际直升机市场。1993年法德两国联合成立了欧洲直升机公司，无论从产品的数量、型号品种及营业额都已成为世界第一号直升机制造商。

在直升机制造业中出现了一批著名的直升机研究制造公司，这些公司在长期发展直升机的探索中都形成了各自的风格和特色。

现代直升机已经分为单旋翼加尾桨和双旋翼两大流派。目前世界上制造单旋翼直升机的除了美国的西科斯基公司和俄罗斯米里设计局外，比较出名的还有美国的麦道直升机公司、贝尔直升机公司、欧洲直升机公司、英国韦斯特兰公司和意大利的阿古斯塔公司。

美国麦道直升机公司最早是从休斯直升机公司演进而来，1996年又并入波音，成为波音直升机公司，对外仍常使用麦道直升机公司的名字。

麦道直升机公司长期以来以设计军用直升机见长，其中最有

名的是AH-64“阿帕奇”武装直升机。

AH-64“阿帕奇”直升机是美国目前在使用中最先进的，具有全天候、昼夜作战能力的武装直升机。它代表了美国80年代航空工业的技术水平，也是当今世界上技术最先进、火力最强大、价格最昂贵的武装直升机。

该机既可用于反坦克作战，又可用于攻击敌直升机、低空飞机和其他目标。其最显著的特点是，能够在白天、夜间以及能见度有限的条件下，确定敌装甲车辆和其他目标的位置，同它们交战并予以摧毁。

美国制造的AH-64“阿帕奇”武装直升机
被认为是当今最先进的军用直升机

美国在20世纪60年代中期根据越南战争的教训，首先研制了AH-1“休伊眼镜蛇”武装直升机，并在越南战场上大量使用。接着，前苏联于20世纪60年代末期研制了米-24“母鹿”专用武装直升机，并迅速扩散到阿富汗、越南、阿尔及利亚、安哥拉、古巴和印度等许多国家，该机许多方面都要比AH-1略胜一筹。

针对这种形势，美国陆军于1972年11月提出了“先进攻击直升机”计划，要求新研制的武装直升机具有20世纪80年代技术水平，能够在很恶劣的条件下昼夜执行反坦克任务，并具有较强的战斗力和火力，还应有很好的救生和生存能力。

当时参加该计划竞争的有美国贝尔公司和休斯公司，到了1976年5月两个公司分别制造了一架试飞原型机进行竞争。同年12月，美国陆军选中了休斯公司的方案，并给该机的军用编号为AH-

64，绰号为“阿帕奇”。由于该机采用了很多新技术，美国陆军经过了六年的试用，到1982年3月才正式投入批生产。

“阿帕奇”投入使用后，表现突出，在1985年4月4日，一架“阿帕奇”带着4个外挂油箱完成了1 900公里的不停顿飞行，显示了良好的远程自主作战能力。

1991年，美国陆军已建立了24个“阿帕奇”作战大队，到1994年美国陆军共购买了800多架“阿帕奇”。

“阿帕奇”直升机的总体布局为4桨叶的全铰接旋翼系统，桨叶后掠并能够折叠。有两副双桨叶的尾桨，尾梁可向左折叠，有悬臂式短翼和平尾。旋翼和机身均能抗住一发12.7毫米口径穿甲弹或一发23毫米口径爆破弹的攻击。

座舱座椅采用纵列式，以减小机身阻力并具有良好的视界。驾驶员在后座，副驾驶员兼射手在前座。

“阿帕奇”直升机的武器系统有1门“链”式机炮、16枚“海尔法”反坦克导弹，4枚“毒刺”空对空导弹，4个70毫米直径的火箭发射筒，每个发射筒内装19枚火箭弹。

“阿帕奇”直升机的主要技术指标为：机长17.8米，机高4.7米，旋翼直径14.6米，最大速度为每小时365公里，垂直爬升速度为每秒4.32米，最长续航时间为3.15小时，最大起飞重量为9.5吨，最大外挂的重量771公斤，有良好的贴地飞行能力。

AH-64是美国陆军当前最先进的武装直升机，也是当前世界上火力最强，综合作战能力最强的武装直升机。

1989年12月，11架AH-64A“阿帕奇”在巴拿马冲突中首次被用于作战，表现出色。在1991年海湾战争中更是被作为对地攻击的主要空中力量使用，总共有近300架AH-64直升机执行了反坦克、攻击前沿阵地和为机降、运输、救护、直升机护航等多种任务，甚至还出现了多次用AH-64直接抓获俘虏的情景，显示了该机对地面部队的威慑力。

在1994年第二次海湾战争中，美国再次在伊拉克周围部署了

“阿帕奇”武装直升机作为一种威慑力量。

2000年北约对南联盟的空袭行动中，由于长时间的轰炸没有使南联盟屈服，4月5日美国派遣第一批AH-64“阿帕奇”武装直升机到达阿尔巴尼亚，想利用该机在过去几次战斗中显示的威慑力向南联盟施加心理压力。

但是，刚刚到达阿尔巴尼亚的这些“阿帕奇”，在4月26日一次夜间例行训练中，其中一架突然坠毁，两名飞行员死里逃生。5月4日，又一架“阿帕奇”在训练中空中爆炸，机毁人亡，从而暴露了“阿帕奇”的另外一面。

“阿帕奇”确有不少弱点。首先，由于它不是一种独立的武器系统，要作好战斗准备需要一支庞大的保障队伍。据称，美国这次为完成把24架“阿帕奇”部署到阿尔巴尼亚，动用了近3 000名支援队伍，包括修建掩蔽物、守卫机场，对直升机本身和军械的维修。

早在1990年，美军中就有人指出，在战争时期要花很大力气和很长时间才能让“阿帕奇”作好战斗准备，而要使保障工作一切到位，所花时间还要更长。这次派遣的AH-64A“阿帕奇”机队原本就驻扎在德国军事基地，但到达阿尔巴尼亚居然用了3个星期，而其中1架在途中还出了机械故障不得不留在了意大利，所以到阿的只有23架。仅仅运输所有的人、直升机、装备的运输机就高达200架次，加上阿尔巴尼亚机场已被难民挤满，混乱不堪，装备即使运到也难以马上投入装配和使用。

其次，该机虽然性能好，但耗油量大、零备件耗损也大。

美国贝尔直升机公司也是世界上的直升机大户之一。该公司的双桨叶的贝尔212系列和四桨叶贝尔412系列直升机在许多国家到处可见。

贝尔公司的AH-1“休伊眼镜蛇”是美军的第一种专用武装直升机。

它于1965年3月开始被研制，1965年9月首次试飞，1967年6月开始交付。主要型别有最初生产型AH-1G“休伊眼镜蛇”，改进的

海军型AH-1Q“海眼镜蛇”,改装的临时反坦克型AH-1R“休伊眼镜蛇”,以及四种现代化型。

AH-L武装直升机在总体布局上都类似于民用型的贝尔214直升机,但可携带8枚“陶”式或“海尔法”式反坦克导弹,或2个70毫米的火箭发射筒,或2个20毫米的机炮吊舱,或2枚“响尾蛇”导弹。其主要特点为:机长17.7米、机高4.3米,旋翼直径14.63米,最大起飞重量6.69吨,最大有效载荷2.065吨,最大平飞速度每小时282公里。

法国和德国都是欧洲的直升机工业强国。追溯历史,两国在直升机发展历程中都有过重要贡献。法国的布雷盖兄弟曾设计出第一种有人驾驶的直升机,并在1907年9月19日首次离开地面;当年11月13日另一位法国人科努也驾驶自己的直升机升空20秒。世界上第一种用于军事目的的直升机则是德国人弗莱特纳尔研制的FL282,1942年投入使用。

法德两国的直升机研制也有很多独到之处。法国直升机公司以研制轻中型直升机见长,生产了一系列世界上声誉极佳的轻中型直升机。如“云雀”、“小羚羊”、“松鼠”、“超美洲豹”、“超黄蜂”等,特别是在70年代中期推出的尾桨嵌在垂尾中的“海豚”涵道尾桨直升机更是在世界上独树一帜。德国MBB直升机公司在合并之前主要生产轻型直升机。

1992年,法国宇航公司下属的直升机分公司和德国原MBB公司的直升机分公司达成协议,把各自的直升机业务改组成一家合资公司,这就是欧洲直升机公司。这次合并也被认为是欧洲航空、航天和防务工业在联合中迈出了领先的一步,经过七年的运作,证明这种强强联合的形式,给双方乃至整个欧洲都带来了好处。

欧直公司的产品范围极宽,从轻型单发直升机、轻型双发直升机、中型直升机到中重型直升机。目前,欧直公司还正在与俄罗斯直升机厂商讨进一步开发150吨重的米-38重型直升机,并即将投产“虎”武装直升机。现在,世界上没有一家直升机制造商产品的范围能与欧直公司相比。

目前欧直公司已成为世界主要直升机供应商之一，也是全世界最大的直升机出口商，有130个国家的1 700个用户正在使用11 000多架的欧直公司直升机。

20世纪80年代初，法国和德国两国国防部为对付苏联庞大的坦克装甲部队对西欧构成的重大威胁，一致商定共同研制“虎”式武装直升机，以装备两国陆军。

德国选择了单一的反坦克型，法国则要求有反坦克型和火力支援型两种型号。

80年代末到90年代初，随着华约组织解散、苏联解体、冷战结束，耗资巨大的“虎”直升机计划也就失去了继续存在和发展的前提，然而海湾战争的暴发却救了“虎”一命。

海湾战争中，法国陆军航空兵作为多国部队的一部分也到了伊科边境。他们亲眼目睹了美国的AH-64“阿帕奇”攻击直升机，横扫伊军坦克部队和各种纵深目标，为陆战部队的速战速决清场开道的场景。

与美国人的“阿帕奇”相比，法国的“小羚羊”等武装直升机几乎不能与其相提并论，这就促使法国陆军航空兵决心继续研制“虎”直升机，尤其是“虎”直升机的火力支援型。

“虎”也采用了串列式双座直升机，但驾驶员在前，射击员在后，与美国同类直升机的布局正好相反。

“虎”在设计上突出了高速、敏捷和精确的操纵品质。由于采用了全天候、昼夜使用的自动航空电子系统，机组人员工作负荷大为减轻，加上采用最新型的远程、无源瞄准系统和武装系统，大大提高了“虎”的作战效率。

“虎”武装直升机的平均任务重量为5.4吨，最大总重为6吨，速度每小时270公里，一次任务续航时间为3小时，火力圈外作战距离超过7~8公里，为了使机体结构重量最小，80%的结构采用了复合材料。

“虎”的另一个特点是装了全复合材料轴承的4桨叶无铰旋翼

系统，旋翼直径2.7米，桨叶扭力直接传送到刚性桨毂上，增强了机动性，改善了维修性，战场抗损伤性和生存性也大为提高。

“虎”上装备了经改进的数字式自动飞行控制系统，进一步增强了直升机的敏捷性和扩大了飞行包线，包括在4 000米高度上的飞行速度达到每小时270公里，侧飞速度可达到每小时130公里。

相比之下，代表80年代初期美国直升机技术水平的“阿帕奇”直升机与其相比，技术水平已显得落后了。在研制“虎”直升机时，设计人员已清醒地意识到减少红外和雷达信号特征的重要性，因此“虎”采用了全复合材料机身，空机重量只有3吨多，红外和雷达隐身效果比“阿帕奇”要好得多。不仅如此，“虎”的使用灵活性也强于“阿帕奇”，具有明显的多用途性。

欧直公司还在与意大利、荷兰联合研制一种里外结构100%采用复合材料最新一代的9吨级多用途海上和战术运输直升机NH 90。该直升机的速度为每小时298公里，航程880~950公里，能执行多种任务，包括反潜、攻击水面目标、海上救援、防空、空中补给、兵员运输（14~20人）、医疗疏散及特种作战任务。NH 90目前有舰载型和陆基型两种型别。

欧直公司与中国航空技术进出口公司和新加坡宇航技术公司联合研制的EC-120单发轻型5座民用直升机，已成为世界上最好销售的轻型直升机之一。

在这项合作计划中，中航技总公司占了24%的份额，主要负责复合材料机身框架；新加坡技术航宇国际公司占15%，主要生产机上的所有风挡玻璃；欧直公司占了61%，负责桨叶、旋翼传动件、尾桨和发动机。

由于EC-120B的多用途特性，它已被开发出多种型号，包括旅客型、行政型、医疗急救型等。

英国韦斯特兰公司是英国军方的主要直升机供应商，曾生产了“海王”反潜直升机，“山猫”反坦克武装直升机等著名的直升机。

1977年，英国国防部对一系列新型反潜直升机进行了研究后，

于1978年决定在韦斯特兰公司原WC3H反潜直升机的基础上研制新型反潜直升机。恰好意大利海军对发展本国新型反潜直升机与英国皇家海军有相似的要求，于是在1980年，英意两国政府决定由英国的韦斯特兰公司和意大利的阿古斯特公司联合研究EH-101新型反潜武装直升机，以满足两国海军对新型反潜直升机的要求。

EH-101直升机现有三种型号。

第一种型号是EH-101“灰背隼”海军型，它可以完全自主地进行全天候飞行，能在陆上、大小船舶和油井平台上起降，其主要任务是反潜、反舰监视和跟踪、反水面舰只、两栖作战、搜索和营救等。

第二种型号为EH-101“直升机航班”商用型，它可载3名机组人员和30名乘客，航程可达1 019公里。

第三种型号是EH-101军用型，用于战术运输和后勤支援，可载6吨货物或35名全副武装的士兵。

EH-101直升机的机长为22.6米，机高6.65米，旋翼直径18.6米，空重7.12吨，最大起飞重量13.5吨，最大平飞速度每小时309公里，航程1 019公里。

在双旋翼流派中，目前只剩下三种机型发展得比较成熟：美国波音直升机公司的前后纵列式双旋翼“支奴干”，美国凯门公司的横列交叉式双旋翼K-MAX“空中起重机”和俄罗斯卡莫夫设计局的共轴式双旋翼的卡氏系列直升机。

美国波音直升机公司设在美国东部著名历史古城——费城，200多年前就在这里敲响了震撼了全美洲的“自由钟”的钟声。该钟声曾激励了成千上万的美国人民走上了为争取自由和独立而奋斗的道路。以后，“自由钟”成了美国人民开创奋发精神的象征。

20世纪40年代初，一个叫皮亚塞金·弗兰克的年轻工程师和另几个青年在费城组织了一个“P·V工程研讨小组”，它就是现在波音直升机公司的发轫。

该小组设计并制造了被认为是美国第二架公开飞行的直升机

PV-2，接着又为海军研制了一架被叫做“狗舰”的PV-3。1946年该组织正式改名为“皮亚塞金直升机公司”，并于当年11月设计并制造了世界上第一架纵列双旋翼10座运输直升机“飞行香蕉”。从此以后，这种外形很像香蕉的直升机就成了该公司的象征。

1947年8月15日公司完成第一批生产型飞机，先后在美国海军、海军陆战队、海岸警卫队和空军服役。

1966年，波音直升机公司开始研制波音114中型多用途军用直升机，美国陆军编号为CH-47“支奴干”。它成为世界上使用最广泛的纵列双旋翼直升机。

对于单旋翼直升机来说，为确保安全，尾桨必须置于旋翼转动平面之外，因而总有一个相当长的尾梁。而尾梁的空间除放置尾桨操纵装置外没有别的用处。这就形成单旋翼直升机机体很长、机舱很短的缺陷。

纵列双旋翼直升机是两副旋翼前后排列，通常后旋翼高于前旋翼，避免互相影响，两副旋翼转速相等、旋转方向相反，因而互相产生相反的扭矩彼此抵消。

“支奴干”双旋翼直升机不仅不需要尾桨，而且通过前后旋翼转动平面部分重叠的布局，使机身段空间得以充分利用。加之旋翼转动平面高（一般离地5.8米），地面装卸的安全性和可接近性都要比因受尾桨安全区（一般离地高度在2.4米）限制的单旋翼直升机好。

单旋翼直升机一般需用10%~15%的总功率来驱动尾桨，以抵消旋翼扭矩，而双旋翼的全部功率都可用来起重与飞行，提高了功率/重量比。另外在相同的起重能力下，双旋翼的直径比单旋翼的小，因而减少了占地面积，降低了对应急着陆场地的要求，加之人员和货物可以从后舱门出入，增加了使用灵活性。

由于纵列的两副旋翼都能产生升力，因而直升机的升力调整范围和重心的操纵范围都比单旋翼直升机的大得多。

双旋翼另一特点是比单旋翼有更强的抗逆风、侧风、顺风的能

力。这是由于双旋翼直升机相当于双支点悬吊的重力体，且前后旋翼都具有较强的控制能力，其稳定性显然要比单支点悬吊的单旋翼直升机好得多。

其他的直升机公司过去也曾设计和制造过纵列双旋翼式的直升机，但后来都陆续放弃了，只有波音直升机公司成功地将它发展了40年之久，一直坚持到现在，总共向国内外交付了近2 500架各种纵列双旋翼直升机。

共轴交响乐

共轴式双旋翼直升机的旋翼系统，是由装在同一旋翼轴上的上下两副旋转方向相反的旋翼构成的。由于两副旋翼的扭矩可以相互平衡，因此也不需要单旋翼直升机那种尾桨。这种直升机的结构更紧凑，操纵更方便。

20世纪初，很多著名的设计师都曾尝试过共轴式双旋翼直升机的设计，如当时还在俄罗斯当工程师的伊戈尔·西科斯基曾试图制造这种直升机，法国著名的设计师路易·布列格在战前也制造过这种直升机，但这些设计师都觉得共轴式双旋翼直升机在结构上过于复杂，没有前途，又都放弃了。只有俄罗斯的尼古拉·伊里奇·卡莫夫把研制共轴式双旋翼直升机作为自己终身奋斗的目标，百折不挠，最终取得了很大的成功。现在，卡氏共轴式双旋翼直升机已成为直升机大家庭中极富生命力的一员。

尼古拉·伊里奇·卡莫夫，1902年出生于俄罗斯的伊尔库茨克，与米里是同乡。卡莫夫出生时不幸肩部受了伤，此后，右手发育不正常，比左手短。

卡莫夫的童年是在动乱中度过的，开始是日俄战争，接着就是1905—1907年的革命。

5年后，尼古拉·伊里奇·卡莫夫在伊尔库茨克商学校学习。毕业时，荣获金质奖章。1918年，16岁的卡莫夫以第二名的成绩考入托姆斯克工学院机械系。

在一次回家度假时，他看到了几架停在冰上的蒙着亚麻布的木制双翼机。这些双翼机是从英国武装干涉者那里缴获的。由于在这以前，尼古拉只是从报纸和杂志上知道有飞机，从未见过真飞机，因此使他兴奋不已，他一心想尽快着手研究这些飞机，弄清飞行器技术。从这以后，他立下了终生的愿望——一定要成为航空家，就是自己不能飞，成为飞机设计师也行。

卡莫夫在托姆斯克工学院学习期间，积极参加了学校里的航空小组，从中受到了航空启蒙教育。大约从大学三年级起，卡莫夫开始独立研究空气动力学和航空材料学。为了弄清制造工艺，了解航空制造业的情况，1923年，卡莫夫来到莫斯科，进入了一家航空工厂。他用了3年时间，了解了航空制造的全过程。

正好在这时，有人邀请他到苏联著名的航空设计师德米特里·帕夫洛维奇·格里弋罗维奇的设计局工作，正是在这里，卡莫夫开始了自己的第一架旋翼机的研制。

在格里弋罗维奇设计局，卡莫夫结识了刚从基辅技术学校毕业的斯克尔任斯基，这对卡莫夫后来旋翼机的研制起了重要作用。第一架旋翼机就是他们二人合作研制的。在这期间他还结识了前来实习的新契尔卡塞技术学校的大学生，他就是后来著名的单翼旋翼直升机设计师米哈伊尔·米里。

在没有任何可借鉴的设计资料和制造方法的情况下，他们仅用3个月就完成了第一架旋翼机的研制。卡莫夫承担了旋翼桨毂、旋翼横向操纵和起落架的计算，以及图纸设计的工作。斯克尔任斯基设计了桨叶、机翼，改进了动力装置。这架旋翼机以“卡斯克尔”（卡莫夫和斯克尔任斯基姓氏的第一个字母的组合）命名。

这架旋翼机一露面就引起了人们的惊奇。它有一个大旋翼和两个小机翼，像一个放倒的风车。经过数次挫折之后，“卡斯克尔”终于在1929年9月25日试飞成功。几经改进以后，“卡斯克尔”的飞行时间达到了2分15秒，速度每小时60公里。卡莫夫通过“卡斯克尔”的研制，也越来越清楚地认识到，直升机和旋翼机在国防任务

中有其独特的作用。

经彼德·伊诺维奇·巴拉诺夫举荐，卡莫夫于1931年来到中央空气流体动力研究所。在这里卡莫夫又见到了斯科尔任斯基和米里。

1931年卡莫夫在科技会议上报告了他根据海军要求而设计的新旋翼机，由于设计别出心裁，有趣、新颖，而且技术完善，受到了与会者的一致赞扬。

新旋翼机起名阿-7，将作为侦察、通讯和火炮校正机。

阿-7是一架具有3片桨叶旋翼的有翼飞行器。机身上有驾驶舱和观察舱两个座舱。为了便于观察和射击，尾部做得非常窄小，桨叶可以折叠，在运输和在机库、舰船上存放都极为方便。

旋翼桨毂是阿-7结构中非常重要的部分。它与众不同，简单得令人羡慕。旋翼机重2 230公斤，装一台空气冷却发动机。

阿-7的射击武器包括位于旋翼机前部的机枪，配有一个装500发子弹的弹箱，后部另有一挺杰格佳列夫转盘机枪。在旋翼机下部设有4个挂点，共可挂6枚炸弹，以后还在阿-7上发射了火箭弹。

1937年，阿-7改进型飞机生产出厂。在卫国战争中，这些旋翼机从林中不大的空地起飞，完成侦察、火炮校正，给游击队员们提供反敌宣传材料、药品和弹药等各种任务。

1940年3月21日，有关方面通过论证决定兴建旋翼机厂，同时任命尼古拉·伊里奇·卡莫夫为该厂总设计师、厂长。

由于直升机的兴起，老式旋翼机失去竞争力，所以，研制工作没有开展起来，1943年旋翼设计局宣布解散。

1945年卡莫夫在对各种布局的直升机进行对比研究之后，开始了共轴式双旋翼直升机的设计。

世界上惟一成功设计共轴双旋翼直升机的设计师卡莫夫

战后,卡莫夫在中央空气流体动力学研究所新技术局工作。在那里,他组成了一个小组,开始了第一架共轴式双旋翼直升机卡-8的研制。卡-8直升机不仅解决了共轴式双旋翼系统的工作能力问题,而且它的全木质旋翼桨叶,以及操纵、总桨距和差动桨距等机构都是独一无二的,这为卡莫夫后来在这一领域中的工作奠定了基础。

不久斯大林观看了卡-8直升机飞行表演,对卡莫夫在共轴式双旋翼直升机研究中取得的成绩表示祝贺,海军元帅库兹涅夫也对共轴式双旋翼直升机很感兴趣,并建议组建共轴式双旋翼直升机设计局。就这样,由卡莫夫领导的专门生产共轴式双旋翼直升机的尼古拉·伊里奇·卡莫夫直升机设计局于1948年正式成立了。

卡莫夫设计局成立之后,鉴于共轴式双旋翼直升机有独特的结构紧凑,外形尺寸小,很便于在军舰上使用等特点,决定以为海军研制舰载直升机作为主要发展方针。

卡莫夫先后推出的卡-10、卡-15、卡-18等型号都是舰载直升机,因此取得了舰上使用的丰富经验。

20世纪60年代卡莫夫领导设计局研制成功卡-25,其起飞重量7.5吨,携带了吊放式声纳,磁异探测器、反潜鱼雷或深水炸弹。这是前苏联成功的反潜直升机。卡-25大量投产,成为海军舰载反潜直升机的主力机种。

与此同时,卡莫夫又为苏联国民经济各部门研制了低成本的多用途直升机卡-26。该直升机装上客舱能够运客,装上农用设备可以进行农药、化肥喷撒作业,装上专用平台,可以运货。

卡莫夫除了以研制共轴双旋翼直升机为主以外,也对其他形式直升机进行了有益的探索。

1973年11月卡莫夫逝世,享年71岁。他的学生和助手谢尔盖·维克多维奇·米哈耶夫于1974年继任总设计师,一直到现在。

米哈耶夫继承了卡莫夫的传统,继续领导设计局发展共轴双旋翼直升机技术,并把这种独特的直升机系列不断向前推进。与此

同时，又大胆解放思想，吸取西方的先进技术用于自己的型号中。

卡莫夫领导研制的卡-25已经是一种很不错的舰载反潜直升机，但是其载重量和效率并不是很令人满意。米哈耶夫领导设计局对卡-25进行了现代化改型，研制出新型舰载直升机卡-27。同卡-25相比，卡-27载重量提高2倍，效率提高5倍。现在，卡-27成为俄罗斯海军主要的舰载反潜直升机机种。

米哈耶夫不满足于仅让直升机在海上执行作战任务，还想让卡莫夫设计局的直升机能在陆上作战。

卡莫夫设计的卡-50“黑鲨”共轴双旋翼武装直升机被公认为最有特色的武装直升机

他在卡-27的基础上进行改型，研制出能进行陆战的卡-29。20世纪80年代，又在卡-29的基础上研制成功著名的战斗直升机卡-50“黑鲨”。这种战斗直升机的许多新颖特点令全世界的军事专家耳目一新。

它是世界上第一种共轴双旋翼武装直升机，又是世界上第一种带弹射救生系统的武装直升机，也是世界上第一种单驾驶布局的武装直升机。

卡-50出现以后，受到普遍好评。但是军方对其单驾驶能否胜任贴地飞行执行搜索和攻击目标的任务还有疑虑。另外，又为卡-50不能夜战感到遗憾。

米哈耶夫听到这些反映以后，立即调整计划，很快研制了能够执行夜间作战任务的并列双座武装直升机卡-52“短吻鳄”。

强者之歌

1939年，西科斯基的VS-300首次飞行成功后，掀起了世界直升机研究热，西科斯基也作为直升机界的开山鼻祖，在国际上声誉日隆，只要是西科斯基提出的发展计划，不仅可得到众多公司的一呼百应，金融界也心甘情愿地为他的投资计划一掷千金。

1943年，西科斯基带着他的VS-300到美国康涅狄格州斯特福沼泽地上进行表演，在观看飞行表演的观众中有一年仅24岁的年轻人受到了特别的鼓舞。

这就是当时已是在汉密尔顿标准公司的直升机空气动力部的研究人员查尔斯·凯门。

凯门现年80有余，是目前世界直升机界第一代元老中惟一还健在的、著名的横列式交叉旋转双旋翼直升机的创始者。这种直升机至今还独步直升机界，展示出它

世界直升机界第一代元老之一，查尔斯·凯门设计的横列式、交叉旋转双翼直升机至今独步全球，其一生充满传奇色彩

独特的魅力。

凯门童年时是想当一名飞行员，但在他8岁时被告知，因为在4岁做扁桃体切除手术时引起了严重的耳部感染，一只耳朵的听力已完全丧失了，所以当飞行员的梦想也彻底被粉碎了。

凯门的母亲以她独特的洞察力鼓励他通过设计飞行器来实现自己的理想，并坚持凯门要在学校里学好每一门科目，从数学、经济学、英语到公共演讲。

在凯门上中学的时候，就用轻木材、棉纸、明胶水制作飞机模型，多次参加当地航空俱乐部举办的模型飞机竞赛，并创造了多项俱乐部纪录。

凯门尽管一只耳朵失聪，但却从小就显示出有很高的音乐天赋。他酷爱吉他，几乎和对航空的酷爱有着同样的程度。

有一次，当时著名的汤米·多尔西乐队到市里巡回演出，在第一次演奏会上，凯门和本地一些音乐爱好者也被邀请到台上同台演出。

演出的曲子是《现在没人爱我》。演出之后，多尔西本人向凯门提出，要求他能成为乐队一名吉他手，报酬为每周75美元。这在当时可以说是个天文数字，使凯门大出意外，但是凯门告诉西多尔，他要考虑一下，第二天再给他回音。

在回家路上，凯门开始了激烈的思想斗争。但经过再三考虑，他还是选择了与飞机设计为伍，拒绝了这个诱惑。虽然凯门自信，如果他走上音乐之路，他肯定会成为一个赫赫有名的吉他手，但他的梦想是在天上。

凯门在天主教大学以优异的成绩毕业，他的成绩是他所在的工程班上的第一名。

在大学里他遇到了到美国躲避希特勒大屠杀的德国空气动力学家蒙克博士。

蒙克博士在美国以设计变密度风洞而闻名。这种设备对翼型理论的发展和航空工业的许多研究作出了不可估量的贡献。

在一次蒙克博士的课上，讨论的是关于轻于空气的飞艇的前景。当时的背景正是在赫斯特湖发生“兴登堡”号飞艇事故之前，但却是在美国飞艇“阿伦”号和“梅肯”号以及其他一些飞艇发生事故之后。德国人当时已经乘飞艇完成了环球飞行，走在了世界的前列。

当时还是一个低年级的血气方刚的学生凯门，以多少有点自鸣得意的声调向蒙克博士提出了一个问题：“蒙克博士，为什么德国人会在飞艇方面取得那样的成功，而美国人却那样的不成功？”凯门期待着蒙克博士能介绍一下两国在结构工程设计原理方面存在的差异。

但蒙克博士回答却出乎凯门的意外：“凯门先生，我可以回答你的是，美国人训练他们的飞行员时，只是强调在紧急情况下应做什么，而德国人却对他们的飞行员强调如何来避免紧急情况的发生。”

这个答案使凯门深感惭愧，他明白了美国人由于不了解气象特点，一次又一次地飞进了恶劣气象环境，由于脆弱的飞艇因承受不了这种气象环境，导致了一起又一起事故。而德国人则已经成为气象专家，因而他们知道以高超的技巧来避免进入风暴。蒙克博士的话几乎成了凯门工作的座右铭，使他在以后的不论是学习还是研究工作中，都要把每件事情弄个一清二楚才罢休。

凯门修完航空学位后，进入了汉密顿公司，到空气动力学部的螺旋桨性能组工作。因为汉密尔顿公司正在考虑为西科斯基公司制造直升机部件，作为气动研究人员被允许观看西科斯基VS-300的飞行表演。

在VS-300离地的一瞬间，凯门很快意识到直升机一定会填补航空领域的空白，他下决心一定要成为开辟这个领域的先锋战士。

凯门将自己对螺旋桨的认识与应用设想写了一篇论文，于1943年7月发表在当地的一家科技杂志上，引起了汉密尔顿公司的注意。当时汉密尔顿公司正好与西科斯基签订了合作协议，还专门

成立了新空气动力学部，于是凯门被选为该部的主任，参与西科斯基的直升机设计工作。

就是在这段工作中，凯门萌发了一种横向并列、相互交叉反向旋转的双旋翼新概念，但这对汉尔顿公司和西科斯基的联合公司来说几乎是天方夜谭。一来凯门当时还是个24岁的小主任，二来西科斯基正全身心地投入单旋翼加尾桨的直升机研究，对这种横列双旋翼布局根本不屑一顾。

凯门经过反复计算，确认他的方案是切实可行的，但光是纸面的构思和分析是远远不够的，他决心自己动手做一个模型。

由于当时正在二战期间，许多材料和部件对于一个平民是弄不到的，凯门要想自己组装一个试验机械几乎是不可能的。

在一个偶然的机会里，凯门认识了一个在军事生产委员会中专门负责给试验室分配优先权的负责人，通过他凯门买到了可以安装和试验新旋翼系统的试验装置的钢材。

接着，凯门从废旧汽车堆积场买了一辆价值50美元的1933年的庞蒂亚克车的发动机和框架、一辆旧道奇卡车的后部、一块从一位哈特福德木材交易商那里弄来的厚云杉板和一台浴室磅秤以后，就开始在西哈特福德的一个地下室和车库里工作，根据自己的构思建造旋翼系统的试验装置。

利用几个月的周末的反复装拆、试验，整个系统终于装配好了，操纵性能很好，试验结果与计算结果完全相符，甚至还要好那么一点。

充满自信的凯门决心向汉密尔顿公司和联合飞机公司提出他的构思，希望公司能给他提供一个场地和一些资源。

凯门写了一份报告，冒冒失失地送交给工程部经理厄尔·马丁。等了很长一段时间后，最终被允许走进了马丁的豪华办公室。

叼着香烟、眯着眼睛的马丁很不耐烦地听完了凯门对自己的构想的介绍后，对他说：“查利，我们联合飞机公司有自己的发明家，他的名字是伊弋尔·西科斯基，我们不需要另一个发明家。”

受到极大伤害的凯门几乎未加思索地进行了回击："你的意思是，我已经和联合飞机公司订了合同，就不能再有我自己的概念和设想？如果是这样，我现在就宣布，我退出这个合同，我不再想为西科斯基干活，我要做我自己的事。"

在等级森严的汉密尔顿公司内，第一次有一个年轻工程师用这样的口气和部门经理说话，香烟从马丁嘴上掉了下来，瞪大了眼睛，半天说不出话来。

凯门在联合飞机公司作为空气动力学工作者的5年生活就在几秒钟内结束了。然而，凯门公司也就是在这同样的几秒之内变为了现实，正是马丁的瞧不起激怒了凯门，迫使凯门最终下决心走上了自己的路。

离开马丁办公室以后，怒气未消的凯门遇到了联合飞机公司研究部主任考德威尔，他当时是小有名气的可控桨距螺旋桨的发明者，凯门向他谈了要离开联合飞机公司自己要创立公司的想法。

考德威尔的表情变得非常严肃，他沉默了一会后对凯门说："查利，如果你认为你的成功可以依靠你是一名工程师和一些设想，那就错了，除了当一名好工程师之外，更重要的是当你受到打击和挫折时，仍能继续思考和创造。"

考德威尔这番话给凯门留下了深刻的印象。

1945年12月12日，凯门公司终于开业了，当时公司所有的一切就是凯门关于双旋翼机的设想、价值5 000美元的试验装置和器材，两个好朋友各投1 000美元的开业资金。

凯门把公司的前景比作一片雷区，如果穿过去了就可能成功，如果穿不过去，那么连人和公司都将被炸得粉碎。

公司的主要业务就是继续进行全尺寸旋翼试验工作。由于没有了汉密尔顿和联合飞机公司的管束，凯门作为公司的创办人和董事长，全身心地投入了自己的事业。

初期的试验条件是极其简陋的。在旋翼旋转时，凯门自己充当"转速表"在那里计数。在旋翼第一次起动时，桨叶的转速刚达到每

分钟40转，就发生了可怕的颤振，桨叶挥舞的振幅几乎达到了1.2米，幸好没有把试验装置震散架。

经过6个月的调整，完全靠凯门自己的直觉，终于使旋翼的转速提高到每分钟200转。

由于要为新公司推销股票和寻找新的投资者，凯门和他的几个低工资雇员每周都要工作80~90小时。

被凯门请来的第一个有兴趣的投资者是波士顿集团的新企业公司。

凯门把旋翼系统试验装置推出来之后，在底盘上放了一杯水。

当旋翼转动起来后，水面的振动几乎觉察不出来，这给客人留下了深刻的印象，一下子对凯门公司有了信心。

凯门设计的是一种称之为带“伺服襟翼”的旋翼系统，直到现在这个系统在直升机工业界还是十分独特的。被接在桨叶上的一片小小的襟翼，能对桨叶的旋转进行全面的控制，特别是保证桨叶旋转的稳定性十分有效。在以后曾有不少直升机公司想模仿这种设计，但都没有成功，所以这种“伺服襟翼”成了凯门的一项独有的技术奥秘。

1946年10月，新企业集团公司的主要领导与凯门公司成员会谈时，凯门提出希望公司能投资10万美元，当时新企业公司的副总裁比尔斯几乎从椅子上跳了起来，气吁吁地对凯门说：“我的天哪，你有什么道理这样做？”

最后讨论结果是，新企业公司答应投资10万美元，但条件是凯门公司必须让当时被称为K-125的旋翼试验机能飞起来，在飞起来之前，新企业集团先投资3.6万美元，待K-125“飞”起来后再投余下的6.4万。

首次飞行的最晚日期是1947年1月5日。

年轻的凯门当时不了解实际投资和周期都会比原先预计的要翻一番。3.6万美元在3个月中就如流水地花完，凯门公司的雇员甚至不得不放弃工资。

凯门公司的总部设在哈特福德北面布雷德利飞机场的旧木结构体育馆内。第一架K-125试验型直升机就在这里组装。

随着资金迅速减少和最后期限不断临近，凯门和他的雇员们不得不每周工作7天，业余时间极少。“在受到打击和挫折时，必须继续思考和创造。”在这段时间里，考德威尔的忠告对凯门起了重要的作用。

1月15日到了，资本也几乎耗尽。

K-125首飞的那天，黎明的天空灰白、阴冷、寂静，气温在零度以下，天上还下着雨夹雪，道路表面的雨水又转成了冰，非常滑。

尽管这一天是最后日期，但凯门对K-125的旋翼能否转动起来还没有把握，更不用说K-125能否“飞”起来了。

K-125的两个旋翼是通过一个齿轮组合在一起的，启动后两个旋翼互相向相反方向旋转，很像一个打蛋器。

到了上午9点，K-125旋翼机被推到了空地上，地面上撒着一层煤渣以防滑动。但发动机启动后，旋翼并没有转起来，而且由于离合器的啮合和松开的冲击，桨叶几乎从根部被撕裂。

到了中午，雨夹雪转为了小雨，温度虽有所上升，但所有人员都浑身湿透，冰冷彻骨，即使回到体育馆的室内，还止不住地发抖，没有人知道下一步怎么干。

凯门决定在离合器中使用更硬的弹簧。到下午4点，K-125重新被推到空地上，但天气温度又下降了，地面又结了冰，当北风吹到脸上时，像剃须刀刮割一样，连凯门在内的在场人员几乎都要哭叫起来。

旋翼终于开始转动了，离合器工作也很正常，在一分钟内达到了足以产生升力的转速。由于这只是一次动力试验，所以操纵杆没有放在产生升力的位置上。

凯门把K-125的机轮用绳子系在地面上，准备进行“飞行”试验。K-125只要能离开地面，那怕是几厘米，也算是“飞”起来了，因为新企业集团的合同中并没有规定离地的高度。

临近黄昏时,天气变得阴暗起来,所有人都集中到了K-125的周围。但是发动机启动后,旋翼竟然又纹丝不动了,原来桨叶从尖部到根部都结了一层冰,。

经过对离合器几次的啮合又放开后,冰块突然向四面八方撒落下来,幸好没有人被击中。

旋翼终于开始转动,并越转越快。凯门在每个机轮旁都派了一个人,察看K-125是否离地。

坐在K-125的操纵台上的是原来在西科斯基公司当试飞员的杰克·罗杰,现在他是这次“飞行”的操纵员。当他加大功率、拉上操纵杆时,前轮被抬起来了,但主轮却没有离地,K-125还是没有“飞”起来。

罗杰松开了操纵杆把前轮放了下来。天色已经很黑了,大家也都觉得没什么希望了。

凯门思考片刻后,对旋翼和伺服襟翼作了调整,准备作最后一搏。他让各轮子前的观察人员打开电筒观察机轮离地情况。尽管这样工作是相当危险的,但他们已经没有退路。

凯门拍了拍罗杰的肩膀说:“再飞一次吧,成不成就是它了。”

随着发动机的轰鸣,旋翼的转速不断加快。

“前轮抬起来了!”“右轮离地了!”“左轮离地了!”

K-125终于“飞”起来了。

所有人都呼喊着、跳跃着,凯门的脸上流满了泪水和雨水。

“杰克再来一次,舒勒,量一下离地多高。”

当舒勒测完离地高度为15厘米时,夜色已完全吞没了已浑身湿透的在场的所有人。大家已经精疲力尽了,尽管都在喊着,但说不出任何话来。

尽管只有15厘米,但也算是一次真正的“飞行”。这时,凯门体会到了在这个世界上只有极少数人才能体会到的,在完成了一件几乎已不可能完成任务后的激情。当夜,凯门彻夜未眠。

第二天新企业公司和凯门公司的董事们再次相聚,罗杰再次

“飞”起了K-125，操纵力极轻，只要用手指就可进行操纵，升空后十分稳定。

新企业公司终于确认，这是一次真正的突破，直截了当对凯门说：“什么时候来一个真正的飞行表演？”

新企业集团支付了余下的6.4万美元，并把K-125的自由飞行日期定在了这一年的耶稣受难日。

K-125的研制工作加速了，飞行试验更频繁了，直升机越来越轻便、敏捷。

正式飞行表演的那天，天空晴朗，阳光明媚，暖洋洋的，当地新闻记者以及公司全体董事和镇上要人都来到了现场。

表演超出了每个人的期望。这架样子奇特的K-125挥舞着“打蛋器”从原地拔地而起后，一下升到了15米，又下降到离地只有3米的高度，原地作了左右两个方向的360度的旋转，接着是侧飞、后飞和后转弯，低空几个“8”字飞行，最后以近每小时100公里的速度穿场而过，使观众眼花缭乱，惊讶不已。

但是直升机试制出来是一回事，要能推到市场上是另一回事，加上美国颁布了新的直升机安全飞行条例，对直升机的销售提出了一系列严格的规定，不仅使凯门公司失去了包括新企业集团的一批潜在客户，而且也大大增加了公司业务的开业资金。像凯门这样新开业的公司要取得完全的商业许可证，至少要筹措到50万美元的资金。

凯门决定将K-125先发展成一种农用作业直升机K-190，这样可以降低取得许可证的费用，只是产品出来后不允许作商务飞行。

尽管K-190的研制十分成功，但仍然没有订货，当时人们对直升机还是没有太大的信心，更不用说像凯门这种与西科斯基权威生产的直升机样子十分不同的双向横列交叉双旋翼直升机。

为了得到公众的认可，凯门公司在1947—1948年利用星期日频频举行飞行特技表演。

凯门的母亲为了支持儿子的事业，多次登上由凯门驾驶的

K-190直升机在空中飞行，以示这种直升机的安全性。

在每次飞行表演后，公司推销员在人群中努力地把公司股票一元接一元地卖掉，凯门公司的职员兜里也塞满了股票，凯门只将有限的现金付给工程师作薪金，自己也分文不取。

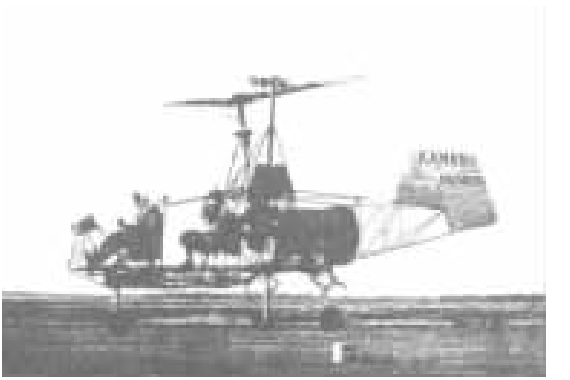
到了10月11日，寒冷的冬季到了，气候阻止了飞行表演。没有了现金来源，公司眼看又要山穷水尽了，但是凯门身上似乎有一种火一样的力量把职工们团结在一起，没有人发牢骚和抱怨，没有人离开公司，职员们完全是靠着对凯门本人和对凯门直升机的信念，互相鼓励，苦苦挣扎，同心同德地度过了难熬的冬天。

这时《生活杂志》上刊登了一篇长篇特写，介绍了凯门和他的K-125和K-190的发展历程和盛大的星期日飞行表演。

在这篇文章中还特别介绍了一名未经培训的家庭妇女安·格里在经过不到25分钟的现场指导后，就能驾驶着K-125机升空的故事。凯门公司开始扬名全国。

接着，在美国的新闻影片上播放了K-190飞行表演的现场情况。凯门公司的股票迅速上扬，从而使凯门公司度过了危机。

1949年4月，K-190获得了商用合格证，不久与K-190有相似布



为了宣传自己的产品，凯门的母亲亲自乘坐由凯门自己驾驶的K-190直升机进行飞行表演

局的单台发动机的直升机K-225也获得了合格证,它们终于可以在市场上进行销售了,凯门公司终于又恢复了活力。

20世纪50年代末期,凯门公司的独特设计思想和制造技术为军方所注意。60年代初该公司为海军发展了至今还在服役的SH2"海妖"反潜/营救直升机(为便于舰载使用,改为单旋翼);为空军研制了HH-43"哈斯基"双旋翼布局的坠毁营救直升机,并同时分别为海军陆战队和海军派生了HOK-1和HUK-1两种改型。

凯门的直升机还创造了直升机飞行"最安全"的纪录,其事故率甚至低于美国空军的固定翼飞机,而且在所发生事故中没有一次是因为旋翼系统故障所引起的。

由于凯门公司制造的全复合材料桨叶采用了独特的三余度传力路线,抗战伤性能极好,并设计有专用的野外"补贴块",战伤维修很简便,引起了军方的注意。陆军专门指定在贝尔制造的AH-1"眼镜蛇"上也使用凯门公司的桨叶,海军在CH-46"海上骑士"也用了凯门的桨叶部件。现在日本、以色列和韩国也都在向该公司购买桨叶,装在本国制造的直升机上。

凯门的伺服襟翼桨叶控制系统,由于不需要一般直升机必不可少的又复杂又重的液压和机械伺服系统,不仅改善了直升机性能(贝尔的AH-1装上凯门桨叶后,性能提高了6%,时速增加了24~30公里,疲劳寿命也增加了一倍),而且噪音与振动明显比一般直升机低,这又直接改善了直升机最令人头疼的乘坐品质和疲劳寿命问题,所以不少厂商甚至陆军都想研制一种类似的控制方式,但至今还没有一家成功。

凯门公司至今已发展成为年盈利近9亿美元的综合高技术生产和服务公司。公司的许多专利产品已被许多重要航空工业厂商所使用,如公司用自己研制的特种复合材料制造的专用于各种航空器和舰船的军用轴承,这种轴承以其无需润滑、无限寿命而享誉工业界。

又如,该公司研制的特制的柔性轴节,可使两个无需精确定位

的转轴在任何速度下都能“同心”转动，因而被广泛用于各种机械传动系统中。

凯门公司的产品已涉足军用界的许多先进计划，在民用界凯门公司还是波音和空中客车公司的长期供应商之一。

20世纪80年代末期，随着冷战的结束，世界各国都开始把重点转向发展国民经济上，市场的需要也把重点从军品转向民品上。凯门看准了这个机遇，自筹资金研制了完全针对民用直升机市场的K-MAX“空中起重机”多用途起重直升机。

凯门对这种直升机的要求是：“有效、泼辣、简单、可靠、使用成本低、用途广泛、操作方便、环境适应性强”。因此，自K-MAX第一架原型机于1991年年底首飞以来，很快就引起许多客户的兴趣。

该机在美国杰弗森国家林场进行的为期5天的现场伐木表演，在800~900米高度上，连续地装载和卸载，最大吊载甚至超过了自身的重量，达到了3 000公斤，总共运载原木约250 000板英尺（注：1板英尺相当于面积为0.09平方米、厚2.54厘米的木材），显示了优越的实用性和很高的效率，受到观摩代表的一致称赞，甚至军方代表看完表演后也表示很有兴趣将其发展成一种军用派生型。

由凯门设计的K-MAX民用直升机提吊的重量甚至可以超过K-MAX直升机自身的重量

凯门还把他的业务

发展到航天领域，公司也改称为凯门航空航天公司。

此外凯门还把业务拓展到非航空领域，特别是凯门用公司的生产技术和凯门自己对音乐的天分，生产了一种叫“ Ovaiton ”吉他，它很快成了世界吉他手的梦幻产品，至今在全世界销量第一，也算是圆了凯门少年时期的音乐梦。

凯门还和他的夫人创办了世界第一流的盲人引路狗慈善事业。

凯门先生一生诸多的惊人之举，他所发展和开创的使同行们瞠目结舌的许多产品和事业，使他的一生充满了传奇色彩，至今还被人们津津乐道。

低空猎鹰

回顾直升机发展的历史，它作为一种飞行器的问世首先也不是为了战斗的目的。但是，20世纪30年代末期实用的直升机诞生前后，正值战争烽火蔓延，不久就爆发了第二次世界大战。在这次战争期间，就有人想把直升机用到战斗中去，例如德国把“ 龙 ”式直升机加装了机枪，但由于技术不成熟，并没有在战斗中使用。仅美军有极少量的R4直升机配备到航空母舰上，用于救护落水的飞行员，可以说是直升机在军事应用的初步尝试。从这以后，加装了武器的直升机就被很快地用于各次战争中。

在军用直升机行列中，武装直升机也称为攻击直升机，它是一种可在树梢高度进行贴地作战的超低空火力平台，其强大火力与特殊机动能力的有机结合，可有效地对各种地面目标和超低空实施精确打击，在现代战争中具有不可取代的地位与作用，被人们称之为“ 低空猎鹰 ”，或“ 空中骑兵 ”，或“ 坦克杀手 ”。

“ 小家伙 ”

20世纪在50年代的朝鲜战争期间，直升机作为具有救援、战地

救护和向用其他手段难以到达的地区运送军用物资的军事价值，才真正开始被军方认识和利用。

1951年9月19日，美军用12架H-19直升机向难以通行的山地要点运送了288名士兵和8吨弹药。士兵们利用绳梯下到地面，向预定地点突然发起攻击，很快完成了战斗任务。

同年10月11日，美军再次使用12架H-19直升机在6个小时内向前线运送了一个海军陆战队营，大约1 000人，有效地支援了战斗。这种探索性地用直升机实施空中机动作战的可行性，使美军指挥部初步认识到直升机在战斗中能发挥更大的作用，因此在朝鲜战场上投入使用的直升机逐步增多，从1950年的500架增至战争结束前的1 000余架。

从1955年开始，美国在一项名为‘小家伙’的计划下，进行了在直升机上加武器的一系列试验。

开始所用的武器是反坦克火箭。这种武器原是为时速高达数百公里的固定翼作战飞机设计的，试验证明，它并不适于装在轻型直升机上使用。

“小家伙”计划被停止了，但美国陆军航空学校校长赫顿等人在私下继续进行试验。

试验用的直升机为贝尔H-13E。它安装了两挺口径为7.6毫米的机枪和两枚80毫米的直径反坦克火箭，并于1956年春进行了发射试验。试验开始，飞行员首先操纵直升机升空，并在较低高度上悬停，然后在前飞时进行了火箭发射。试验表明，火箭能沿直线飞行，且弹着点偏差不大。

同年6月27日，赫顿写信给陆军司令，建议用武器装备直升机来建立一支特遣队。赫顿的建议在得到批准后，于1956年7月5日，用装备有两挺12.6毫米的口径的AN-M2机枪和4枚‘厄利肯’火箭，进行了首次正式武器试验发射。试验非常成功。

后来的试验使用了更大的直升机，并有了较完善的武器系统。到1957年中，该特遣队就有了10架直升机：6架H-13、2架H-21、1架

H-25和1架H-19。当时，特遣队被临时命名为“空中骑兵排”，成员已达到27人。“空中骑兵排”后来又改为空中战斗侦察连。

1958年春，在得克萨斯州的布利斯堡，试验的武装直升机进行了一次有重要意义的表演。表演地处沙漠，由于沙漠地区中午气温太高，直升机起飞和悬停都有很大困难，加上直升机也没有隐蔽之处，这无疑是对武装直升机的前途的一次考验。

观看表演的宾客离表演直升机约4.8公里。表演开始后，他们看到这些直升机忽而下降进入洼地，忽而升起飞越高地，时隐时现，并在低高度进行了机枪扫射和发射火箭表演。此外，较大的运输直升机还进行了运送两栖突击队的表演，宾客们都看呆了。表演获得极大成功。

虽然武装直升机的试验表演取得了巨大成功，但在研制过程中，由于机上的武器系统都是临时凑合的，对直升机进行的改造并不很合适，所以也发生了一些事故。还有几次直升机在飞行中撞到了树上，驾驶舱玻璃被完全撞碎。

为防止直升机飞行中与电线、树木相撞等事故，有一位名叫查利·布拉迈耶的飞行员，曾把一张开的大剪刀焊到他的H-21直升机的前起落架上，以利用这把剪刀剪断较小的树枝或电线。这就是直升机撞线保护系统的早期例子，这种保护系统现在已成为许多军用直升机和民用直升机的标准装备。

1958年8月，空中战斗侦察连将法国制造的SS-10导弹安装在H-13H直升机进行了发射试验，使直升机第一次具有了真正的反坦克能力。

经过4年的试验和专题研究之后，美国国防部终于在1960年5月批准了美国陆军直升机加装武器的正式要求。根据武装直升机的作战试验，美国陆军在1962年夏天提出了建立空中骑兵旅、空中运输旅和空中突击师的建议。1963年2月，成立了试验性质的第11空中突击师，并在后来重新命名为第一空中骑兵师，该部队于1965年8月被部署到越南。

越南战争把直升机军事应用推到了史无前例的规模。越南山区丛林密布、水网交错，是地面部队难以机动的战场，但却成了直升机纵横驰骋的疆场。

美军在越南推行的所谓“特种战争”，实际上就是“直升机战争”。投入使用的直升机高达4 000余架，用运输直升机大规模地实施空中机动作战；用武装直升机护航及对地火力支援；用各类战勤直升机实施侦察、校射、指挥、通信、运输、救护等任务，一昼夜出动直升机的最高强度达15 000架次。

当时的战事评论员曾这样描述越战中的直升机：不论在什么地方，不论白天还是黑夜，不管下雨还是雷电，好天气也罢，坏天气也罢，一天24小时都能看到直升机的身影或是听到直升机飞行的轰鸣声。

据统计，从1962年的1月至1970年2月的8年间，美陆军直升机共出动了2 550万架次，飞行900万小时，输送了约285万人和35万吨装备和物资。

正是美国投放的数千架军用直升机在越南战争中所发挥的重要作用，开创了武装直升机大量投放战场的先河，为专用武装直升机的迅速发展和广泛应用打下了良好的技术和战术使用基础。

当然，精良的装备还是改变不了美国陷入泥潭而不能自拔、最终失败的下场。

茁壮成长

自20世纪50年代的半个多世纪以来，军用直升机从越南战争中的初试锋芒，经历了60—70年代在中东战争中的反坦克作战、80年代初的英阿马岛之战中的攻潜、攻舰作战和两伊战争中的武装直升机空战，以及90年代初海湾战争中武装直升机作为空中机动平台对付坦克装甲集群作战时的出色表现，已经使武装直升机的重要军事作用在实战中得到了充分的实践验证。

不仅如此，武装直升机在战场上的成功应用，不仅成为美军提

出空地一体化战争理论的重要装备基础，而且在美国陆军提出的在21世纪初组建一支数字化作战部队的新计划中，也具有举足轻重的地位。

从60年代开始，一批批在技术上、性能上不断呈现飞跃性发展的先进武装直升机相继问世。如苏联70年代初研制的米-24、80年代研制的米-28和今天的卡-50、卡-52等；欧洲60年代末的“云雀”军用型，70年代的“超美洲豹”、“黑豹”、“山猫”以及80年代的A-129“猫鼬”和“虎”武装直升机等。

美国则是军用直升机设计、生产和使用的大户，先后研制了不少令世界瞩目的先进军用直升机，较为著名的有70年代的“黑鹰”，自其服役之后的20多年来，已经几经改进改型，目前仍在世界上众多国家的军中服役；80年代素有当代武装直升机战斗力最强、性能最先进之称的AH-64“阿帕奇”，以及具有90年代世界最先进技术水平的RAH-66“科曼奇”，该机无论在隐身设计程度，复合材料的大量应用，还是在机载设备的现代化水平上更是前所未有。

近年来，俄、欧、美三个军事巨头都仍在继续积极推进下一世纪新型武装直升机计划的发展进程。此外，像日本、印度等亚洲国家也都在努力加强各自武装直升机的发展。

低空斗士

现代武装直升机可携带反坦克导弹、航炮、火箭、机枪、空空导弹以及炸弹、地雷、鱼雷、水雷等武器，这些武器具有不同形式、口径、射程和威力。武器的发射方式、射程和威力更是五花八门、各具特色，可用以攻击地面、水面和空中的点状或面状目标，软目标或硬目标，包括坦克、装甲车辆、雷达站、炮兵阵地、通信枢纽、前沿哨所、简易工事、滩头阵地、水面舰船、水下潜艇、地面有生力量以及低空飞行目标等。

现代武装直升机不仅携带武器种类多，而且载弹量大。如在两伊战争和阿富汗战争中大量使用的米-24武装直升机，机头装1挺4

管12.7毫米机枪，备弹量1 500发，短翼翼尖可挂4枚反坦克导弹，短翼下4个挂架可挂4个57毫米火箭发射器，共装火箭128枚。如不挂火箭则可挂1 500千克炸弹。

直升机特有的飞行特点是可在野外未经任何准备的场地起降，能在空中稳定悬停，不受地表、地物限制，可敏捷地改变航线、飞行高度、速度和姿态。因此可在战区的任一指定地点迅速集中或展开，可选择有利的地点或状态，对敌进行攻击或作机动规避，这是任何其他地面和空中的武器装备无法比拟的。

在现代立体战争中，武装直升机大多在150米以下空间活动，基于提高攻击的突然性和自身生存力的需要，武装直升机从战场前沿基地出航时高度往往在100米以下，而且临近战区则采用贴地飞行，即利用地形在离地10米以下的高度隐蔽机动，发现目标后突然发起攻击。

这样的接敌方式，难以被雷达、红外光学系统和目视等侦察手段发现和跟踪，往往会使敌方猝不及防。现代先进武装直升机有夜视、夜瞄装置，更可以在夜幕和其他能见度低的条件下迅速接近和攻击目标，更增加了攻击的突然性。

武装直升机在云层高度低、水平能见度差等条件下都可进行有效的作战活动，可在不同的高度、方位观察，装备有优良的电子、光学侦察设备的直升机也可在昼、夜间发现和攻击数公里远的目标。武装直升机相对地面各种武器有时间上的快速性和空间上飞越地面障碍的高度机动性，可以快速集中、机动和指定地点作战，巧妙地活动于整个战场；充分利用靠近前沿的加油装弹点及时补给，对敌实施持续的空中火力攻击，遇到不利情况时，可随时迅速后撤。

在现代立体战争中固定翼作战飞机的飞行高度不能太低，而直升机的飞行速度可在0~300公里左右，高度在0~150米左右，正好填补了这个空挡。

夺取超低空制空权，是现代武装直升机又一重要使命。

飞行“树梢高度”,具有很强火力而又灵活机动的武装直升机,对地面部队构成的威胁很大。而实战表明,对付敌方武装直升机最有效的武器还是己方的武装直升机。实际上在几次规模较大的局部战争中,由于作战双方都大量使用直升机,狭路相逢,直升机之间短兵相接的空战随时可能发生,如在1979年的两伊、中东等战争中,就发生过28次武装直升机之间或直升机与固定翼作战飞机的空战。

1983年2月至1984年3月的14个月中,伊朗频繁向伊拉克发动了代号为“曙光”的行动。

1983年9月14日,在“曙光”2号攻势行动中,发生了航空史上前所未有的直升机空战。伊拉克用苏制米-24D武装直升机上的12.7毫米口径机枪射击,几分钟内击落了一架伊朗的美制AH-IJ武装直升机,揭开了直升机空战史上新的一页。

其实,直升机空战的战术研究训练在美国和西欧开始得很早。美国海军陆战队在70年代末就成立了第一海军航空兵战术中队,开始了直升机空战训练。那些经过严格训练的海军直升机飞行员又成为教员,帮助陆军航空兵直升机空战训练。

他们利用高级直升机飞行模拟器,把S-55直升机进行改装,模拟苏联米-24直升机,进行空战战术研究与训练。

1999年在英国召开的一次直升机空战战术技术研讨会上,对直升机空战的特点、战斗方式、战术运用、人员训练、空战直升机及其武器系统的研制等进行了广泛的讨论和交流,十几个国家的军事领导人、直升机专家和战斗人员踊跃到会,盛况空前,他们声称:“直升机空战的时代已经到来。”

武装直升机的局限性主要有作战半径较短,对战区前沿补给和战场维修要求高,购置和使用费用较高,空地勤人员要经过专门训练等。

经过近40年来多次现代局部战争,包括越南、中东、两伊战争和海湾战争的考验,充分证明武装直升机是反坦克和装甲车辆目

标最有效的装备之一。各国的武装力量中,都把武装直升机列为反坦克火力配系的要素之一。

在近、中、远距离的反坦克火力配系中,武装直升机主要承担4 000米以外的远程攻击任务,在远离前沿的纵深地带进行反坦克及装甲目标战斗中特别是在机动作战条件下,对敌纵深内运动的机械化师、装甲师来说,打掉其硬目标,就在很大程度上削弱其战斗力。

战火奇兵

在越南战争以后的历次战争中直升机发挥了短兵相接的重要作用。

在长达10年的阿富汗战争中,苏联大量使用了米-24直升机,给对方造成很大威胁,其中用于空中支援任务的飞行小时,占所有直升机飞行小时的15%~17%。

在海湾战争中,美军的‘阿帕奇’直升机首先揭开了“沙漠风暴”的序幕,利用夜间突袭摧毁了伊拉克的雷达站,为空袭巴格达开辟了“黑色安全走廊”,并在作战的全过程中始终紧密配合部队行动。

1991年1月17日,美军对伊军实施大规模空袭前的22分钟,8架“阿帕奇”攻击直升机从750公里外的基地起飞,发射了3枚‘海尔法’导弹,导弹沿着对方地面雷达波束,直飞伊拉克西部的两个地面雷达站,不到2分钟,就摧毁了它,从而为空袭部队提供了安全走廊,保证了空袭成功。在这之后,又一架AH-64‘阿帕奇’攻击直升机摧毁了伊军23辆坦克。

在海湾战争期间,多国部队共派出直升机2 000多架,摧毁伊军坦克3 700辆。其中AH-64就占274架,为美国陆军装备的一半。该机在战争中共飞行18 700多小时,任务完成率超过90%,摧毁了伊军大量坦克、卡车和装甲车辆。

武装直升机的重要使命之一,就是对己方的运输直升机和其

他各种战斗勤务直升机实施空中掩护，以对付来自空中和地面对自己运输和战勤直升机构成的威胁，使其顺利执行任务。

如果用固定翼战斗机护航，因其与直升机速度、高度相差太大，往往难以直接协同和配合行动，而用武装直升机来对付敌方武装直升机和低速飞机，则是较合理的选择。

担任护航任务的武装直升机，不但能够伴随着掩护的直升机编队共同行动，而且具有较强的与敌低空飞机、直升机作战的能力，不但可对敌方地面武器实施攻击，予以先行摧毁或作火力压制，而且能与敌直升机、低空飞机格斗，以及消灭可能对己方直升机造成威胁的目标。

在美军的空地一体战中，侦察任务由包括直升机在内的特遣分队来完成，并特别配备由武装直升机进行护卫。

在海湾战争的“沙漠军刀”行动中，美军第18军一次出动以运输直升机为主的300多架直升机，进行了被称为军事史上直升机最大规模的作战行动，而在前面护航的就是AH-64“阿帕奇”武装直升机。

在2001年10月美英对阿富汗的攻击中，除了连续不断地空袭外，还派出了用“黑鹰”直升机载运的特种部队，深入到塔里班部队的内地进行袭击，但由于当地复杂的气象与地形，有两架直升机坠毁。

掠海战鹰

舰载或沿岸基地上的武装直升机担负的重要使命是攻击敌方水面舰艇、潜艇以及其他海上目标；攻击临近海面飞行的敌方直升机及其他飞行物，夺取超低空制空权；配合舰艇编队登陆或海岸防御部队，攻击敌方滩头阵地或登陆艇，并执行火力支援任务。

武装直升机垂直起降所需场地小，便于在舰艇上使用和岛屿上起降，具有良好的机动性，可携带多种武器攻击不同目标，执行多种作战任务，特别是在登陆作战中，武装直升机不受海洋阻隔和

水文气象限制，可及时迅速地为登陆部队或海岸防御部队提供火力支援。

武装直升机在海战中作战的有效性，在英阿马岛战争和海湾战争中得到充分证明。马岛战争中，英军的‘黄蜂’直升机发射AS12反舰导弹攻击阿根廷的‘圣菲’号潜艇，使其搁浅丧失了作战能力；“山猫”直升机发射4枚‘海上大鸥’反舰导弹，击沉阿根廷的一艘巡洋舰。

海湾战争的一次行动中，英国海军多架‘山猫’直升机共发射了26枚‘海上大鸥’反舰导弹，击沉伊拉克快艇5艘，击伤12艘。

直升机反潜还是立体反潜系中一个重要组成部分，与其他反潜兵器比较有明显的优越性。

直升机速度远高于反潜舰和潜艇，又机动灵活，既可在短时间内搜索大面积海区，又可快速飞向潜艇游弋的海域，不失时机对目标进行搜索、跟踪和攻击，以完成应召反潜任务。

现代潜艇配有性能先进的声纳系统，能探索较远距离的反潜舰艇或潜艇发出的机械噪声，而潜艇却很难发现反潜直升机，特别是使用被动探测器材时，更不易被潜艇发现。而且反潜直升机在执行探测任务时不会因自身的噪声干扰深测效果，因而既能提高探测潜艇位置的准确性，又便于在潜艇上空实施突然攻击。

直升机可在搜索区使用声学和非声学多种探测设备，如吊放声纳游标、磁异探测仪、红外探测仪等，实施对潜艇的搜索，尤其使用吊放声纳时，可将声纳放入人温跃层（该层没有噪声干扰）以下，增大了声纳的作用距离，有效地发挥声纳性能，从而提高了发现目标的概率。

由于直升机能挂载多种攻潜武器，且又能隐蔽接近目标实施突然攻击，无论是投放反潜鱼雷，还是投放深水炸弹，散布小，命中精度高。

现代潜艇虽然能携带反潜导弹、鱼雷或巡航导弹，但这些武器只能打击水面舰艇和岸上目标，对反潜直升机不能构成威胁。

舰载反潜直升机可借助载舰的续航力，随载舰到远方海域担负反潜任务，从而有效地增加了反潜作战半径。

但是舰载反潜直升机受气象和海情的制约较大，一般5级以上海情就较难执行任务；另外也易受来自空中的袭击等。

多功能化

进入20世纪90年代以来，世界各国对武装直升机的发展给予了极大的关注。从发展趋势看，随着直升机技术的发展、武器火控系统性能的提高，以及最新微电子技术的应用，武装直升机将发展成为一种完整、独立、具有高度机动能力的多功能的武器系统。

所谓多功能直升机就是既有对地攻击能力，又有空战能力和侦察探测能力的直升机。这种设计思想要求直升机从基本型研制开始就需要考虑同时兼顾其他任务的要求，这样既可降低研制费用，又可缩短研制周期。

美国新研制的隐身武装直升机RAH-66“科曼奇”，就同时考虑了武装侦察、反坦克、对地攻击和空战等多方面的作战需要，而派生出多种型号，即武装侦察型、攻击型和空战型等。

俄罗斯的卡-50“黑鲨”、卡-50M“夜鲨”和卡-52“短吻鳄”也是俄罗斯系列战斗直升机，从武装侦察型、反坦克型/对地攻击型和空战型等多方面考虑设计的。

德国和法国联合研制的“虎”式直升机也有反坦克型和战斗支援型。意大利研制的A-129也有反坦克型和空战型。

武装直升机作为一种战争武器，既要有很强的攻击能力，又必须具有在恶劣的战场环境下的高生存能力，包括防控探测性、机动规避、易损性、抗坠毁机体和抗战伤能力。

许多国家已经或正研制各种新材料和应用各种新技术，以提高直升机的抗弹击能力。如用陶瓷材料和复合材料等新式装甲防护材料，可极大提高直升机的抗弹伤能力；采用多余度设计，当其中一套不能工作时，其余的系统仍可继续工作。

为了使直升机在遭到极大破坏的情况下仍能生存，未来直升机将更广泛地采用‘跪’式吸能起落架、抗坠毁座椅、防弹自密封抗坠毁油箱等抗坠毁吸能材料。

21世纪的‘科曼奇’

更隐蔽，是未来直升机提高自身生存力最有效的手段。美国RAH-66‘科曼奇’是世界上第一种隐身直升机。它的雷达反射截面积仅为普通直升机的1%，加上雷达干扰器，从而可使敌方深测基本失灵。

RAH-66还是一种最‘冷’的直升机，它把红外抑制技术综合运用到机体中，使排气温度降低，从而保护直升机不受热寻的导弹攻击。

RAH-66采用纵列式座舱，机身细长，武器内藏，起落架可收起，座舱采用平板玻璃，能有效地减少阳光漫射，全机表面采用暗色的无反光涂料，以减少直升机的反光强度，这些都有利于对目视隐身。

另外，RAH-66采用了5片桨叶旋翼，实验证明5桨叶被目视探测的机会，比采用2片桨叶的直升机减少85%左右。还采用了新式尾桨、减少了桨叶间的气动干扰，大大降低了尾桨部分的噪声，可降低噪声60%。

未来的直升机武器的有效载重量更大，挂载的武器种类更多，武器的精确度更高，以增强攻击的火力，提高武器的效能。RAH-66的机体虽然不大，空机重量只有3 500公斤，但机内武器舱和短翼武器挂架就能带约1 600公斤的导弹、火箭，达到了机体重量的一半。RAH-66装有先进的航空电子设备，具有在昼夜及恶劣气象条件下深测作战的能力。

与AH-64‘阿帕奇’直升机相比，RAH-66‘科曼奇’直升机发现目标的距离可增加40%。

在对地攻击中，力求在敌地面火力范围之外先行攻击。现在直

升机装备的新型反坦克导弹的射程已从原来的3~4公里增加到5~10公里。在提高破甲威力的同时,特别着重发展导弹‘发射后不管’的主动搜寻目标制导技术,这样可以减少发射导弹后直升机的暴露时间。

未来战场严酷的作战环境,复杂的气象条件,长时间贴地飞行,多种任务管理,对现代武装直升机的航空电子系统提出了越来越高的要求,因此,美、俄和西欧等国家十分重视航空电子系统的发展,并逐步实现了系统高度综合和自动化。

RAH-66的航空电子系统也代表了发展潮流,它配备有三条数据总线,从而加快了数据传输能力,此外它还采用了三余度数字式飞行控制系统,具有超低空增稳和自动驾驶功能,从而大大改善了飞行人员的工作环境,减轻了飞行人员的负担,同时也有利于提高武装直升机的作战能力。

为适应未来战场环境,像RAH-66这类现代武装直升机将真正具有24小时全天候飞行和作战能力,而且还能在核武器、生化武器及各种电磁威胁的环境下作战。

花开民用

和固定翼飞机不同,直升机在二战期间没有得到广泛的应用,民用直升机的发展更是缓慢,直至1946年3月,美国贝尔-47才成为第一架获得商业飞行适航的民用直升机。

20世纪50年代,几乎所有的民用直升机均直接采用军用直升机机型,由于直接使用军用机型的经济性差和其自身技术不成熟等原因,很难带来直升机商业应用的成功,因而在长达20年的时间里,民用直升机的发展一直未见太大的起色。

军事需求促进了直升机技术的加速发展,自然也给民用直升机带来巨大益处,特别是在4~5座小型直升机采用涡轮轴发动机后,开拓了民用直升机在商业应用的新前景。

从陆地到海洋

美国贝尔公司在1965年竞标军机失败后，开始研制民用型贝尔206，1966年1月实现首飞，10月取得适航证，1967年交付使用。

美国的希勒公司也于1965年开始研制民用型FH-1100，1966年生产出首架生产型。而此时原美国的休斯公司则在OH-6A的基础上推出民用型休斯500，1968年交付使用。

这几种直升机的军改民用型的生产量都很大，并积累了丰富的使用经验。军方发展新型号促进了直升机技术的发展，从而帮助民用直升机技术的提高；而民用直升机在严格的使用条件下积累的经验，又促进了军用直升机技术的发展。

20世纪70年代，面对民用市场需求而专门设计的多种直升机开始出现，如适合海上石油开发的西科斯基公司的S-76、法国航宇公司的“海豚”、贝尔公司的贝尔212等直升机相继问世。小型4~5座装涡轴发动机的直升机开始作为公务机，2~3座装活塞发动机且外形美观、内设精致的小直升机出现在私用飞机市场上。

这样，民用直升机从直接使用军用机型的第一代、由军用机型改型的第二代，发展到完全按民用要求设计研制的第三代，其飞行性能、使用维护性能、经济性、可靠性、舒适性等技术经济指标都有很大进步。直升机也像轿车一样漂亮、豪华、不再是外露的桁架结构加上一个有机玻璃泡的外观。乘坐直升机也不再是猎奇，而是出于公务、商务等多方面的需要。民用直升机的发展进入到一个新时期。

早期的直升机在商业应用方面，主要有两大障碍：一是常有很不舒服的振动和较大的噪声，这在作军用时尚可忍受，但对于民用载客飞行则是一重大缺点；二是环境保护者对这种不符合现代环境要求的现象给以特别的关注和批评，此外就是经济性问题。

到60年代，随着人类经济活动向海洋扩展，这种情况就有所变化，由于用直升机往来于海上平台能比其他运输工具有更多的优

点，如除了能节省时间外，还有可靠性高、可提供应急服务、人员在旅途中也较舒适，所以更受用户的欢迎。这些因素的综合，还使得招募在艰苦的海上平台上从事钻探作业员工的工作变得容易些，而这些最后都能转化成用户的经济效益。因此，虽然直升机价格不菲，但业主仍乐于使用。

进入70年代，困扰民用直升机商业应用的上述两大难题得到解决，带来了民用直升机使用大发展。

在此期间不仅形成了少数任务稳定的大直升机营运公司，还有大量经营情况多变的小直升机营运公司出现在竞争舞台上，形成民用直升机应用的繁荣局面。

营救别动队

直升机自投入使用以来，就以固定翼飞机无法比拟的灵活飞行优势，在灾难搜索和营救方面起到了独特的作用和强大的威力。现在在世界各地，直升机的搜索和营救工作一直都十分繁忙。

1940年早期，当西科斯基创建了他的第一架直升机时，他就意识到了直升机在营救方面的潜力。

搜索营救直升机首先出现于部队，主要营救军人，特别是营救坠落飞机的飞行员。但很快，基于人道主义也用于民用营救。如英国的搜索营救直升机在营救非军人方面非常出名（特别是海滨度假区），而美国海岸警卫队从不把海岸警卫队看做军队部门。美国的商用直升机允许进行非军方的搜索营救。

美国海岸警卫队的直升机每年都要进行成千上万次搜索营救任务，已成为美国海岸警卫队最重要的任务之一。每年，他们大约要进行60 000次营救，营救约4 000人。加拿大政府于1999年订购了15架“鸬鹚”搜索营救直升机。“鸬鹚”是欧洲直升机公司制造的，经过严格的性能技术评估后，“鸬鹚”的性能甚至超出了搜索营救直升机的要求，即使是在最恶劣的气候下，无论白天还是夜晚都可以飞行。由于“鸬鹚”采用了现代技术，特别适宜远程的搜索与营救。

英国是世界上为数不多的几个由私人进行搜索与营救活动的国家。许多年来,由柏林斯顿直升机公司为海岸警卫队进行的搜索与营救活动提供直升机。

柏林斯顿于1999年开始增加了许多设备来加强S-61的夜间的搜索与营救能力。如:机载计算机,全球定位系统接收器,远红外照相系统和多普勒雷达。通过这些设备确定最佳搜索方式,增大了寻找到生存者的机会。如远红外照相系统是通过人体发热来找寻搜索范围,这种方法在寒冷的海水里是最有效的。又如通过自动飞行控制系统,可对直升机的自动悬停进行控制。

澳大利亚海洋安全机构还把前澳空军的搜索营救任务划给了在首都的营救合作中心,对在澳搜索营救区域内的搜索与营救的民间活动负责。合作中心约有60人,一天24小时运转,使用最新的灾难卫星传播系统。灾难预报的主要来源是:紧急事件位置指示传播信号,紧急事件定位传送装置,个人位置信号系统,使用国际卫星帮助系统。

冰岛海岸防卫队的AS 332L-1“超级美洲豹”和AS 365N-2“海豚”进行海洋搜索,同时,AS-350B“松鼠”协助以上两个机型进行搜索营救。1985年冰岛的海洋和内陆营救比例为50:50,现在由于内陆旅游业的发展,比例为30:70,内陆营救超出海洋营救。

尽管冰岛海岸警卫队的直升机不能在极寒冷条件下及夜间飞行,但每年仍飞行大约600小时,完成100多次营救任务。在工作时间内,冰岛海岸警卫队可在接到灾难呼救后15分钟内作出反应,其任务半径大约560公里,工作时间大约为30分钟。

在北海挪威负责的地区,采用了M-ADS系统来操纵直升机,该系统是一个小而轻的普通记数卫星通讯数据连接系统。挪威民用航空管理局用M-ADS来限制领域内所有的商业直升机。该系统采用卫星系统进行直升机和地面的联系。在卫星系统覆盖领域范围内,M-ADS可遍布全球。在北纬80度,直升机仍工作很好。通过使用不同的地面卫星工作站,经过标准的地面远程通讯网络可把灾难

信息传送给空中交通管理局或其他M- ADS的使用者。

1995年神户大地震，城市里所有营救系统都瘫痪了，这时通讯问题亟待解决，而营救工作开始前，日本的直升机已经在停机坪上等待了几天，但由于没人告诉他们应当怎么行动。事后，日本政府对直升机未能及时对神户地震采取及时的营救行动进行了公开道歉，并承诺将立即加强对紧急状态下的搜索营救能力。

由于有了这次教训，日本东京都市警察特别引进了第一架EH 101搜索和营救直升机，作为万一遭受到严重地震时，在拥挤的城市里，该机就成为东京都市警察进行营救和紧急事件处理的主要工具，平时EH 101主要用来巡视东京、东京湾和一个岛屿。

突破在未来

航空界认为，固定翼飞机的技术发展已趋向成熟，而直升机仍有巨大的尚待开发的潜力，如果投入足够的力量的话，可能会取得突飞猛进的发展。在未来15年内民用直升机设计可能会有突破性的进展。

未来民用直升机舱内噪声将从目前的88~95分贝下降到80分贝以下，与固定翼舱内噪声水平相当；外部噪声也要比目前国际民航组织规定的标准低10分贝。

目前民用直升客机的公里成本为固定飞机的10倍，10年内将要降低一半。

未来民用直升机将具备不受气象条件限制的全天候飞行能力，使之能在零能见度条件下飞行，这对参与救援工作特别重要。为此正在加强卫星导航技术、快速扫描激光束探测障碍物、旋转天线合成孔径雷达等项技术的研究。

未来民用直升机的巡航速度，预计可达每小时500公里以上。

冲破束缚

自二次世界大战以来，虽然直升机技术有了很大的进展，如采用了涡轮发动机、发展了新的旋翼翼型和结构工艺等，但从总体布局来看却没有多大的变化。直至20世纪60年代后期出现了武装直升机，对直升机提出了诸如增大飞行速度、提高机动性能等许多新的要求以后，研究人员才开始探索有关直升机的新概念和新技术。经过十多年的努力和反复筛选，得到了一些突破性的进展。现在国外已出现了不少采用各种新技术的布局新颖而性能优异的直升机，展示了直升机发展的广阔前景。

跃起的“鱼鹰”

未来的直升机不仅其布局与现在的大相径庭，而且其功能也将进一步与固定翼飞机相融合，以至必须使用新的名称、定义和概念了。

“倾转旋翼机”就是新概念直升机之一。

这种“倾转旋翼机”是在固定翼飞机机翼的两端，各装有一副可在水平位置与垂直之间来回转动的旋翼。当“倾转旋翼机”需要起飞降落时，旋翼就处于垂直向上的位置，“倾转旋翼机”就相当于双旋翼横列式直升机，当需要水平飞行时旋翼就转到水平位置，“倾转旋翼机”就相当于固定翼飞机，可以进行高速远程飞行，巡航速度可达每小时600公里。

显然这种“倾转旋翼机”已经突破了传统直升机的传统概念，和固定翼飞机融合成一种既具有直升机垂直起落特性，又具有固定翼快速飞行特性的新飞行器了。

倾转旋翼机的发展并非一帆风顺，在过去的半个世纪里，总共研制过43种不同的型号，但多数以失败而告终。只有贝尔直升机公司成功地研制出了XV-3，XV-15及V-22系列倾转旋翼机。

1951年，贝尔直升机公司在空军的支持下开始研制XV-3倾转旋翼机。当时，美国一家飞机公司已开发出一种轻型旋转旋翼机“1G”模型，但该机由于旋翼系统的机械故障，试飞未能获得成功。

贝尔直升机公司采用“1G”模型的设计思想，研制出两架XV-3原型机。原型机的机身9.3米，旋翼直径7米，翼展16米，全机总重量约为2 218公斤。在XV-3上还设置了向下弹射的飞行员弹射椅系统。

XV-3的第一架原型机于1955年8月进行了首次飞行试验，但这次飞行仅试验了垂直升降模式。两个月后，该机坠毁，未能完成从直升机飞行模式向飞机飞行模式转换的飞行。

XV-3的第二架原型机于1958年12月12日在爱德华空军基地首飞，6天后，该机的两副旋翼实现了从直升机飞行模式向飞机飞行模式转换的转换飞行，整个转换过程仅需10秒钟。该旋翼机的飞机模式的飞行最大速度为每小时213公里，小角度俯冲速度为每小时287公里。

由于XV-3采用的横列式旋翼尚存在着不稳定性，飞机的性能受到了许多限制，果然在1965年第二架原型机在风洞实验中，旋翼与机身脱离，在风洞中解体。但是XV-3轻型倾转旋翼机的成功飞行试验，毕竟证实了倾转旋翼机的概念具有强大的生命力，因而引起了美国航空航天局的关注。

1972年，美国航空航天局和陆军决定开发一项全新的、以涡轴发动机驱动的XV-15倾转旋翼机计划，投资4 000万美元。波音和贝尔公司分别提出了设计方案。经过全面评估后，贝尔公司于1973年获得此项合同。

贝尔直升机公司生产的第一架XV-15原型机，于1977年5月在得克萨斯州的阿林机场完成首次悬停试验，并作了3个小时的短暂飞行，第二架原型机1979年4月23日进行首次悬停试验，7月24日完成了直升机模式和飞机模式的相互转换飞行。

XV-15飞机在短距起落时的最大起飞重量为6 804公斤，水平

飞行速度为每小时555公里，最大俯冲速度为每小时639公里。滑行速度为每小时46公里，滑行距离为61米，飞机不仅能悬停，并能以74公里/小时的速度作后退飞行。

1981年，第一架XV-15原型机在巴黎航展上展出，并连续11天进行了飞行表演，给观众和世界直升机界留下了深刻印象。正是XV-15飞机在此次航展上创造性的表演，促使了后来的V-22计划的诞生。

1986年，美政府实施了“多军种先进垂直起落飞机”计划，先是由美国陆军全面负责计划的实施。不久，由于资金问题，陆军退出了计划，转而由海军负责。

该计划取名为V-22，绰号为“鱼鹰”。由贝尔和波音直升机公司联合研制。

第一架原机于1988年5月出厂，1989年3月首飞，同年9月实现了模式转换飞行，但美国国防部取消了生产合同。主要原因是国防部认为，当时的“鱼鹰”还不具备生产条件，原型机存在许多设计缺陷，例如，它的座舱设施在遇到紧急情况时，不能及时、有效地为飞行员提供关键信息，座舱内的仪表布局也与常规布局不一样等等，不适于马上装备部队。

1992年6月，V-22和第四架原型机在维吉尼亚州失事，事故调查表明，飞机在模式转化飞行时，发动机发生了故障，不是倾转旋翼概念的错误，所以设计人员通过发动机设计的改进和增加保护措施，剩下两架原型机继续进行飞行试验。

1995年，已退役的第二架V-22原型机与保留下来的XV-15参加了当年的巴黎航展。这架由贝尔和波音合作研制的V-22倾转旋翼机在航展上再次大出风头，赢得众多厂商的青睐。

V-22的空机重量为14 433公斤，机长17.5米，机高为6.4米，俯冲速度为每小时556公里，作战航程大于853公里，由于采用了低转速、大功率的涡轴发动机，因而噪音很低，这对军用、民用都很有价值。

V-22的良好性能引起了美国各军种的极大兴趣，纷纷订货，并

提出了各自不同的设计要求。

海军陆战队型号为MV-22A，要求能以每小时463公里的速度飞行，执行3 700公里作战半径的战斗任务，能运输24名全副武装的陆战队士兵，有4 540公斤的外挂重量的能力。

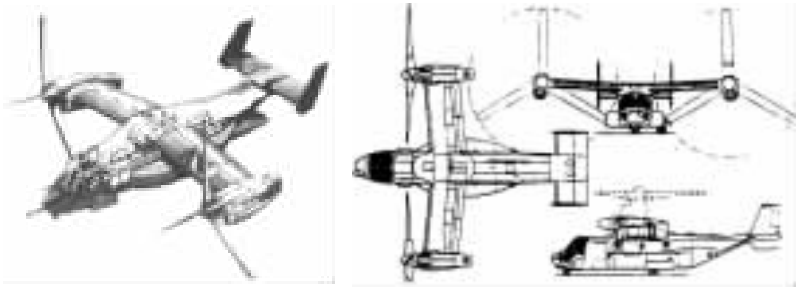
海军型号为HV-22A，要求能以463公里的速度飞行，执行852公里作战半径的战斗、搜索和救援任务。海军还提出一种反潜型，SV-22。

空军型号为CV-22A，用它为特种作战部队提供新的全球范围的作战能力，要求能在任务半径为1 297公里的范围内运输12名特种兵，或能在每小时463公里的速度下，运送1 300公斤物资的情况下飞行1 297公里。

美国陆军则以海军陆战队的型号为标准，改为比较适用陆上的作战型，用来执行多种战斗运输任务。

1998年9月，V-22进入生产型开发阶段。生产型V-22比原型机作了许多改进，包括 ;仪表板、操作杆、起落架定位装置等，并使用了铝机舱的结构。

1999年2月，贝尔公司开始在阿马里洛工厂总装首架海军用的生产型MV-22倾旋翼机。同年5月，首架生产型MV-22交付美国海军陆战队。美国海军已经建立了第一支拥有12架MV-22倾转旋翼机作战中队。



美国 V-22 倾转旋翼机将直升机和固定翼飞机
两种飞行方式结合在一起

V-22的研制过程也不是一帆风顺的，V-22一共研制了10架原型机，并进行了各种试验。到2000年年底，它已出现过4次坠毁事故，总共死亡30人。但事故本身并没有阻止美国继续发展V-22，并将其尽快装备到各军种的计划。

美国贝尔直升机公司在军用V-22成熟技术的基础上，还与意大利阿古塔公司合作研制了民用的BA 609倾转旋翼机。在研制中，由于采用了V-22没有使用过的快速与廉价的制造工艺，所以制造时间减少了一半，制造费用也大幅度降低。

这种6至9座的7吨级民用倾转旋翼机刚投入市场就显示了很强的竞争力，现在已有来自18个国家的80多架订货。

由于V-22研制的成功和良好的市场前景，贝尔直升机公司又在研制大型四旋翼的倾转旋翼机，以满足军民用的要求。

倾转四旋翼飞机比倾转双旋翼飞机尺寸更大，相当于C-130运输机，装载可达20吨，可在几百米跑道上起飞

这种倾转旋翼机有前后两个机翼，每个机翼两端各装有两台发动机和两副旋翼。前翼翼展为15.7米，后翼翼展为22.9米，前后机翼展不同，是为了避免前旋翼尾流对后旋翼的影响，机身宽3.66米，与C-130运输机的机身宽度差不多。

它能装运90名士兵或8个标准集装箱。它的有效载荷为19 000公斤，是V-22的2倍，内部容积是V-22的8倍，以短距起落方式起落时，可载重13 600公斤，飞行1 800公里。

为了提高倾转旋翼机悬停和巡航飞行时的效率，美国波音公司正在研究在倾旋翼机桨叶中采用“智能”材料，如压电动器和形状记忆合金，以使桨叶能根据不同飞行方式，达到扭转最佳化，可以使V-22倾转旋翼机有效载荷增加400公斤或航程增加130公里。

美国西科斯基公司还在为倾转旋翼机研制可变直径旋翼，其旋翼桨叶可以伸长和缩短，以适应不同的飞行方式，如在悬停时桨叶可以伸长，旋翼直径变大，在前飞时桨叶则缩短，旋翼直径变小。

研究表明，如果V-22的每片桨叶伸长50%，则有效率载荷提高35%，把它换算成燃油载量，则其航程可增加70%至100%。

美国在倾转旋翼机方面的成功极大地激励了欧洲的同行们，他们也提出了一个“欧洲倾转旋翼机”计划。这种设计方案与美国的V-22和BA 609那种采用发动机与旋翼全部倾转的方案不同。这就是它们从垂直飞行过渡到水平飞行，或从水平飞行过渡到垂直飞行时，只转动发动机短舱前面的旋翼部分，而发动机仍保留在水平位置不动。这样，发动机不必为自身的倾转运动进行修改，机翼结构设计也简单。

“欧洲倾转旋翼机”为19座10吨级，巡航速度每小时556公里，航程约1 500公里。

一个以意大利阿古斯塔公司为主的欧洲联合研究小组，还提出了一种20座倾转旋翼机方案，其特点是机翼外段随发动机短舱和旋翼一起倾转，而内段机翼是固定的。

该机作悬停与垂直飞行时，旋翼下洗气流不会打击在固定的水平机翼上，升力效率可提高约12%。这样，在设计时，便可减小旋翼尺寸，或者使巡航速度增加到每小时650公里。这种旋翼机又能按固定翼飞机滑跑方式起落，不过机翼外段要向上倾转7度，以增加桨尖离地高度。预计在21世纪，倾转旋翼机将全面投入使用，并将继续得到发展。

飞翔的‘超蛙’

与倾转旋翼异曲同工的是‘倾转机翼-旋翼机’,即飞机作直升机模式和飞机模式的相互转换飞行时,机翼与旋翼一起旋转。

20世纪60年代,加拿大研制了CL-84‘倾转机翼-旋翼机’,美国研制了XC-142‘倾转机翼-旋翼机’。这两种都是方案验证机,由于技术原因都没有发展成生产型。

90年代,日本公司提出了TW-68‘倾转机翼-旋翼机’方案,装了4台发动机和2副旋翼,现仍处于方案研制阶段。

早期的‘倾转机翼-旋翼机’,如XC-142,在低速时会遇到尾部失速,为了解决这种横向操纵问题,就需要安装尾桨。对此,美国波音公司提出了不需要尾桨的改进方案,即‘无尾高级战术运输机’方案,该机的绰号为‘超蛙’。

美国波音公司研制的‘超蛙’倾转机翼运输机,其载运能力和飞行能力都要远胜于当今的运输机

实际上,在这种飞行器上体现出的直升机和旋翼机特点都不明显了,可以说是一种新概念直升机的远亲。该机采用左右侧反向旋转的旋翼和分裂式襟翼与副翼进行横向操纵,既没有尾翼,也没有尾桨,是一种无尾的倾转机翼-旋翼机。

但该机不像加拿大的CL-84那样,能真正做90度的垂直起飞

和着陆，而是一种能运载30吨重物的超短距起落的运输机。它能在简易机场的180米长的临时跑道上起降，起飞离地速度只有每小时80公里，而C-130J运输机的起飞速度为每小时200公里，起飞滑跑距离约1 000米。

“超蛙”在起飞降落时，机翼只向上倾转42度，以增加起降时的升力。

“超蛙”装有4台大功率涡桨发动机，它们通过交叉轴与旋翼相连，任何一台发动机均可通过交叉轴驱动旋翼旋转，增加了飞行的安全性。

“超蛙”的机长为25米，机翼翼展为7.5米，比C-130J略小，但最大起飞重量为270吨，是C-130J运输机的3倍，在满载时，航程可达到3 300公里，和C-130J差不多。波音公司正在用该机以7%的缩比模型进行飞行试验，如果经费充足，有望在2011年研制成功。

梦幻组合

直升机与固定翼机的进一步结合是复合式直升机和组合式直升机，这两种直升机都是在直升机布局上再加一个固定机翼和专门用于平飞的发动机。前者的旋翼在飞行中始终是转动的，而后者的旋翼在平飞时则是被锁定的。

复合式直升机在前飞时，旋翼继续保持旋转状态，但由固定机翼产生的升力和由水平发动机产生的推力可减小旋翼上的载荷，从而可以降低旋翼转速，于是推迟了后行桨叶的失速和减轻了前行桨叶上的压缩性效应。

未来的飞机将把直升机和固定翼飞机完美地结合在一起

这种复合式直升机的速度可提高到每小时445公里，实用升限达6 096米，而且航程也有增大。另外，还能降低旋翼振动和疲劳载荷，大大减少直升机使用费用。

1957年，英国费尔雷公司研制出了“罗托达因”民用复合式直升机。该机巡航速度为每小时370公里，最大航程为1 127公里。该机曾引起英国民用航空公司、英国空军和美国空军的极大兴趣，但由于桨尖喷气噪音太大，加之进入市场的时机不对，以及费尔雷公司体制改变，没有继续进行改进和投入生产。

1967年，美国还研制了AH-56“夏安”武装直升机，也是复合式直升机。该机最大平飞速度每小时393公里，最大航程为1 730公里。但由于该机设计要求过高，致使研制费用大幅度增加，加上美国陆军战术思想的改变，所以研制计划于1969年撤消，最终未能投入生产。

虽然复合式直升机至今没有投入生产和实际使用，但人们一直没有放弃对这种直升机的深索。随着重量轻的复合材料、较高效率的推力转向涵道尾桨和现代飞行操纵装置的出现，复合式直升机的研制最近又再次引起了人们的注意。

几十年来，一直从事复合式直升机研究的美国皮亚塞基公司，在60年代试飞了它的第一种轴传动“涵道尾桨”复合式直升机验证机，目前该机已被用于美国海军先进技术验证计划的研究，准备把西科斯基公司的CH-60直升机改装成复合式直升机。

美国海军实施此项计划的目的，是为提高CH 60扫雷直升机的升力，以使该机在拖曳扫雷筏任务中，能具有拖曳2 700公斤的能力。美国海军还打算用机翼和推力换向涵道尾桨对SH-60海上巡逻直升机和HH-60搜索与救援直升机进行复合式直升机修改，提高飞行速度，缩短救援运送时间。而且，修改成功后，还可增加机翼油箱，从而延长直升机巡逻、搜救的留空时间。

皮亚塞基公司也在对美国海军陆战队的AH-1W攻击直升机作复合式修改，除了想提高AH-1W直升机的飞行速度和改善其贴地

飞行的操纵性能外，还可使AH-1W具有独特的俯仰能力。

常规直升机的前飞，完全是由旋翼前倾所形成的升力分量来驱动飞行的，所以常规直升机经常要通过低头来增加升力，机头下俯越大，升力的前飞分量也越大，速度就快。

经过复合式修改的AH-1W直升机则可以不需要通过低头来增加升力。这样，AH-1W就可以在长时间内，在不必低头的情况下，保持较高的前飞速度，这对空战或飞越山顶作战都是十分有利的。

组合式直升机在起飞，着陆及悬停时，以直升机飞行方式飞行，即靠旋翼升力飞行，而在前飞时则完全以固定翼飞机的飞行方式飞行，这时旋翼被固定在某一位置，或收藏到机身内部。有的旋翼则可转向，以便作为产生拉力的螺旋桨，在推进装置的驱动下依靠机翼以固定翼飞机的飞行方式飞行，组合式直升机的前飞速度，一般在每小时600公里至800公里，甚至可以以超音速的速度飞行。

为了解决旋翼停转时从直升机飞行方式向固定翼飞机飞行方式平稳过渡的问题，美国波音公司最近在研制一种“前翼—旋翼—机翼”直升机方案。

这种方案有两片大弦长桨叶的旋翼，无尾桨，在前机身两侧有前置机翼，后机身上有翼展较大的水平尾翼翼，动力装置为一台涡轮风扇发动机。

“前翼—旋翼—机翼”直升机是三种飞行模式的组合：桨叶叶尖喷气旋翼的直升机；旋翼在飞行中逐渐固定的直升机（类似X-机翼）；三翼面固定机翼飞机。

在起飞时，发动机的排气流通过管道从旋翼桨叶的梢部喷出，驱动旋翼旋转，同时，气流也被引导到尾部两侧的喷嘴喷出，以控制飞行方向。

“前翼—旋翼—机翼”直升机没有反扭矩的尾桨，旋翼的扭矩和飞机旋转方向由后机身的一些小推力喷管控制。

起飞后，随着飞行速度的增加，旋翼上的升力逐渐被转移到前置机翼和水平尾翼上。这时前置机翼上的襟翼被打开以增加升力。

当飞行时速达到185至220公里时，发动机混合气流就被导向直升机尾部，并由喷口排出，从而产生前飞推力。此时，旋翼转速将减慢，然后停转并锁住，旋翼就成为与机身成90度的一副固定机翼，在飞行中提供一部分升力，前置机翼上的襟翼也收回，整个飞行器就完全以固定翼飞机的方式飞行。这种旋翼直升机的最大速度达到每小时700公里。

“前翼—旋翼—机翼”直升机的优点是两种飞行方式转换过渡平稳、没有减速器、方向操纵机构和尾桨，结构简单、重量轻、效率高。

现在波音公司正在美国国防部预研局的合同下，正在研制一种无人驾驶的“前翼—旋翼—机翼”直升机（绰号“蜻蜓”），用于拓展垂直起飞飞行器的性能包线。这种“前翼—旋翼—机翼”直升机验证机重量约1 100公斤，动力为一台低涵道比发动机。

起飞后，“蜻蜓”组合式直升机像常规直升机一样，边垂直升空边加速，当速度达到每小时110公里时，开始向固定翼飞机飞行模式过渡，发动机排气流逐渐被引向常规的尾喷管，飞机的速度也从每小时110公里时逐渐增加到每小时220公里。这时前翼和尾翼的舵面同时下偏以提供升力，而旋翼将逐渐通过阻尼器逐渐停止旋转，到飞机的速度达到每小时220公里时，旋翼完全被锁定，此时的旋翼变成了一个正常的固定机翼，承担了飞机飞行所需的大部分升力。前翼和尾翼的舵面也回到正常位置。

“前翼—旋翼—机翼”直升机和以前研制的X- 机翼相比，其最大优点是，它是一种简单的直升机（没有尾桨）和简单的固定机翼飞机的组合，而且过渡飞行十分方便，纯旋翼本身又是纯机翼，全部推力由常规涡扇发动机提供。

“前翼—旋翼—机翼”直升机目前的尺寸和性能可以使这种无人飞行器的平飞速度可以接近高亚音速水平，其重量完全可以演进成更大吨位的飞行器，可以设计成一种11吨级的武装攻击飞机和一些运输机。

英国威斯特兰公司也在发起一种先进的组合直升机技术验证机研制计划。

该机将以威斯特兰公司研制的‘山猫’直升机为基础，在其上安装机翼和改进的发动机。与原‘山猫’直升机相比，该机的前飞速度提高50%，达到每小时470公里；飞行高度达到6 100米；升阻比提高25%~50%；有效载荷和航程比提高20%，并且寿命成本降低10%~20%。

可以预见，在新的世纪里，直升机必将会冲破传统设计框框的束缚，向更高、更远、更快腾飞。

翱翔在21世纪的蓝天

新世纪全球经济一体化的特定环境，为飞机的发展提出了新的要求。各种与航空相关技术的发展，又为新航空飞行器登上历史舞台奠定了雄厚的基础。军用飞机将向更快、更高、更远、更灵活发展，而民用飞机将向更有效、更经济、更安全、更环保方向发展，21世纪的天空将呈现出五彩缤纷的繁荣景象。

新世纪的航空高科技

新世纪航空技术的主要特征是将各单项技术进行高度综合化、一体化、信息化和智能化。

通过海湾战争，人们普遍认识到高技术战争是体系与体系的对抗，因此，每一个航空器都只是一个高层次母系统中的一个小部分，在功能上要考虑到它在母系统中的作用，在使用上还要依赖整个母系统的支援，所以传统上依靠一种武器单打独斗就能获胜的局面已永久性地成为了历史。

例如，现代战斗机在作战中，需要了解全方位、全高度、全时间环境内的信息，尽管现代战斗机的机载设备已经非常先进，但所能得到的信息仍是十分有限的，所以必须依靠三军通用战术信息分配系统，由这个母系统来统一接收、处理和分配各种信息源，再有选择性地传送给有关战斗机。

现代化的综合技术，已使过去仅限于一定领域的局部功能的综合，发展到多领域、多功能的综合。例如，现代隐身技术的出现就把气动外形、操纵面、吸波材料与结构、发动机尾喷管进行综合设

计，智能蒙皮技术不仅打破了原机载设备各自独立的系统，还将电子设备与飞机结构融合在了一起。

下一代战斗机的气动布局将充分利用涡流升力来实现最大的升阻比，因而大后掠前缘尖锐的三角机翼、大前缘边条、涡襟翼、机翼和机身的融合体布局将成为主流布局，在前机身加设小前翼的不稳定布局可大大提高飞机操纵的灵活性，也将很受欢迎。

为了配合先进气动布局的进展，目前空气动力学者正在开展新气动布局机理的多方面的研究，并有望在本世纪取得理论上的突破，使包括涡升力在内的非定常空气动力研究更为完善，气动效率将有台阶性的提高。

21世纪最有革命性的战斗机布局将是无尾战斗机，既可以没有平尾，也可以没有垂尾。

虽然早在20世纪40年代，就有一些公司设计过一些无尾的飞机，如诺斯罗谱的YB-49大型试验轰炸机，但是直至目前世界上真正成功、并能投入实际使用的无尾军用飞机惟有美国空军研制的B-2隐身轰炸机，但是这种飞翼布局的设计目的主要是为了获得更好的隐身特性。

如果一架战斗机能实现无尾布局，其好处将大大超过无尾对轰炸机带来的好处。

首先是它将明显减少战斗机的重量。一般说来，因为尾部离飞机重心最远，所以尾部重量减少1公斤对飞机的影响相当于机体其他部位重量减少2公斤，而尾部重量要占到全机最大起飞重量的6%~7%。

没有“尾巴”的战斗机已是现代战斗机的一个很有前景的发展方向

此外，因为取消了尾部，全机的重量分布将更趋

合理地转移到沿机翼翼展分布，从而可减少机翼的弯曲载荷，使结构重量进一步减轻。

无尾飞机另一个好处是可明显减少飞机的气动阻力。与常规布局的飞机相比，无尾战斗机的外形阻力可减少60% 以上。

对于一架给定尺寸的飞机，低阻力和低重量的组合可以大大增加航程，对于一架给定航程的飞机则可以减小飞机尺寸和提高隐身性能，这将使飞机设计得更小、更轻、油耗更低，同时飞机的每公斤制造成本也将因为取消尾部的重量而大大降低。

飞机取消了尾部，同时也减少了操纵面、作动器和液压系统，从而也减低了维修性和具有更低的寿命周期成本。

正是这种无尾战斗机具有结构重量轻、气动阻力小、隐身性能好等诸多优点，从而会带来战斗机设计上的革命。无尾战斗机的发展前景主要将取决于电传或光传操纵技术、新操纵面形式以及矢量推力技术的进展。

下一代民用飞机将打破一个世纪以来机翼加机身的传统的主流模式。在这种模式中，机翼和机身的功能是分开的，机翼主要用来产生升力，机身主要用来载人和载货，而新的民用飞机布局将机翼机身融合为一体，从而产生很高的气动和使用效率。在这种布局中，机翼同时也用来载人和装货，机身同样会产生升力。

配合飞机布局进展，高效率发动机在新世纪也将有突破性的发展，具有推力大、耗油率低、环保性好、结构简单、维修方便等特点。

美国正在实施综合高性能涡轮发动机技术计划，目的是建立研制推重比为20的发动机的技术基础，耗油率和成本相应地下降30% ，更远的目标则是达到推重比为30的发动机技术。

此外，各种形式的高超音速推进系统也在研制之中，其中包括用于各种高超音速航空器的超音速通流涡扇发动机、超燃冲压发动机的脉冲爆震发动机等。

脉冲爆震发动机是一种利用脉冲式爆震波产生推力的新概念

发动机，发动机一般由进气道、爆震室和尾喷管组成，一个工作循环包括进气、喷油、点火、燃烧（含爆震波的生成和传播）及排气、燃料所生成的快速重复的冲击波便产生了脉冲推力，频率为100~120赫兹。

新一代的战斗机都将要有隐身性能。

隐身技术发展到现在这一代，已经从过去的以牺牲飞机的气动性能为代价，发展到今天的使隐身性能和机动性能得到较好的统一，同时隐身技术正向着低成本、易维护的方向发展。

从隐身手段来看，过去主要采用隐身外形、隐身材料、隐身结构等技术。最近有资料报道俄罗斯正设法采用在飞机机体周围布设等离子发生器，在飞行中释放等离子气体的方法实现飞机的隐身，此外还能够减少飞机的飞行阻力，可谓一举两得。更有吸引力的是，这种方法对飞机的外形没有特殊的要求，所以不但不影响隐身飞机的机动性，而且还可以把没有隐身外形的现有飞机改装成隐身飞机。

在结构材料上，新一代飞机除了将使用更多的复合材料外，还将更多地选用钛合金和铝锂合金。

21世纪航空材料将向高性能、多功能、复合化、智能化、低成本和高环境适应性的方向发展。继复合材料之后，飞机结构材料的下一技术发展阶段很可能是智能结构材料阶段，不仅将改变飞机的制造、维修和飞行控制方式，而且将极大地提高飞机的工作效率和一体化程度。

在21世纪，飞机制造过程将实现计算机智能化控制，即实现全数值传递的无图纸化、计算机控制自动化、网络化、柔性化和集成化；制造系统的柔性、敏捷性和对市场的应变能力将有显著提高；快速响应制造技术和计算机智能化工艺过程仿真与控制技术将得到迅速的发展。这些将成为占主导地位的关键制造技术。

20世纪90年代以来，微机电系统技术迅猛发展，被预言为是继超大规模集成电路之后能使新世纪产生革命性变化的技术，并被

国际公认为21世纪提高军事能力的十分重要的技术。该技术也将对现代和未来航空技术的发展产生重大的影响。

微机电系统技术是微电路和微机械按功能要求在芯片上集成的一个独立的智能系统,主要由传感器、制动器、电源、信号处理和控制电路组成。其结构特征尺寸为微米级至纳米级,整个系统的体积为1立方毫米级或更小,并具有精度高、能耗低、响应快、可靠性高、易于更换、制造成本低廉等显著特点。

将微机电系统嵌入机翼和发动机叶片表面,以及飞机结构件中,制成智能结构,它可随时"感觉到"环境的参数变化,并迅速作出响应,实现自我诊断、自我适应和自我修复等功能;利用微机电系统技术的微光学平台可用于飞机的敌我识别系统、显示装置和光纤开关;微机电系统技术的发展还将产生新概念航空器,用微机电系统构成的智能蒙皮可获得附加的空气动力学性能,产生无活动面的飞机;在微型无人机领域,微机电系统技术也有广阔的应用前景。

与微机电技术有密切关系的纳米技术在21世纪中将会在航空领域得到充分的利用。目前纳米材料的重点放在纳米尺度下物理、化学性质的改进上,具体包括:纳米尺度下电子及原子的交互作用,不改变化学成分条件下诸如磁化、电容量、催化性能的控制,高强度复合材料,高效能源材料等。

纳米隐身材料已从实验室进入工程化阶段。据悉,美国一公司已研制出"超黑色"纳米吸波材料,其厚度只有几微米,对雷达波的吸收能力可达99%。

美国波音飞机公司为研制中的两架F-22战斗机开发了新隐身涂层,将吸收材料加入到聚氧酯面漆中用机器人喷在飞机表面上,据称该涂层有吸收多波雷达波的功效,同时有抗红外武器攻击能力。

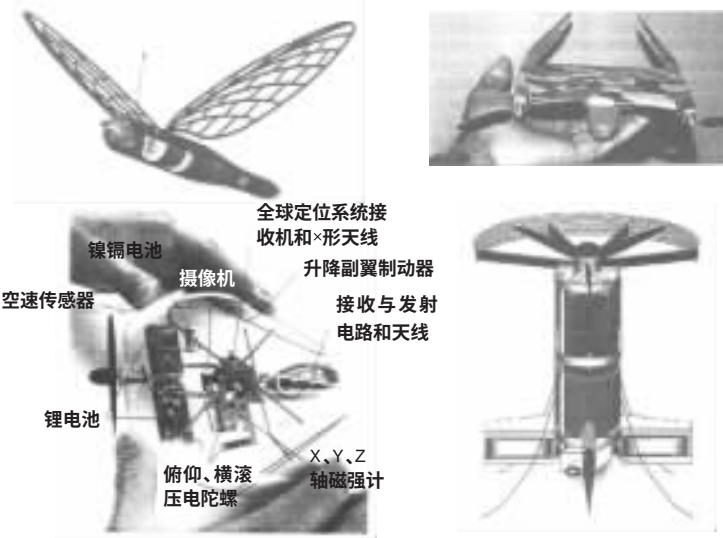
武器专家预计,随着纳米技术的飞跃发展,5年内第一批由微型武器组成的"微型军"将诞生并服役,10年内可望大规模部署,届时未来战争将可能由数不清的、具有各种功能的袖珍武器称雄天下。

“间谍草”是一种看似小草的微型探测器，其内装有敏感的超微电子侦察仪器、照相机和感应器，可侦测出百米以远的坦克、车辆等出动时产生的震动和声音，能自动定位、定向和进行移动，绕过各种障碍物。

如苍蝇般大小的机器既可由飞机、火炮和步兵武器投放，也可由人工放置在敌人信息系统和武器系统附近，大批机器“苍蝇”可在某地区形成高效侦察监视网，大大提高战场信息获取量，如再在它上面装上某种极小的弹头，“苍蝇”会变成“蜇人的马蜂”。

日前，德国已制造出一架只有黄蜂大小的直升机，重量不到0.5克，能升空130毫米，其发动机只有削尖了的铅笔尖大，但转速可达每分钟10万次。

微型间谍飞行器长约15厘米，能持续飞行一小时，航程可达16公里，它能够在建筑物中飞行或附着在设备上，一般雷达难以发



微型飞行器将打开飞行器军事应用的新天地。图中给出了正在研制中的扑翼式的很像蜻蜓的“微船”(左上)，固定翼式的“掌中宝”(右上)，圆盘式的“微点”(左下)和直升机式的“克里卜里”(右下)各种微型飞行器形式

现。它可在黑夜拍摄出清晰的红外照片,并将敌目标告知己方导弹发射基地,指引导弹实施攻击。

微型攻击机器人将会是形状各异、大小不等,大的像鞋盒,小的则如硬币,可执行排雷、攻击破坏敌方电子系统和搜索情报信息等任务。

纳米卫星由于体积小、重量轻,可用一枚小型运载火箭发射千百颗,按不同轨道组成卫星网,即可监视地球上的每一个角落,使战场更加透明。

由于纳米武器装备所用材料少,成本极其低廉,纳米级战争将不仅成为全新样式的战争,而且还是十足的低消耗战争。

颤动的鬼怪

F-117A被认为是世界上第一种真正具有隐身性能的战斗机,从技术上它也是第一代隐身战机的典型代表。

F-117A的总体形状像个锥形四面体,上表面由多个小平面拼成,既没有连续的大平面,也没有曲面,用以把入射的雷达波分解成多方向飘忽不定的弱反射。飞机的移动又使这些信号变得更随机性,使接收机上无法形成足够稳定而断续的信息,从而被称为“颤动的鬼怪”。

F-117A的俯视平面图外形由18条直线组成,并按4个主方向排列,机翼和平尾的前缘和它们的后缘、机翼和平尾的翼梢、翼梢后段和后机身的两侧,互相之间的夹角度相等或相差很小,而且起落架舱门的前缘及发动机舱的前缘锯齿也形成差不多的角度,以使入射雷达波的反射方向减至最少。

F-117A的机身顶部和发动机进气道也与机翼前缘平行,每侧发动机的排气口分别与相对一侧机翼的后缘平行,机身侧面与发动机舱侧平行。

隐身设计中最困难的座舱,也被融合于多面体外形的总体设

计中，为使一些细部的回波信号也尽可能保持在主波束内，驾驶舱盖的一些边角线，起落架及发动机舱门的前后缘，机头红外探测器舱和武器舱门的边缘均被设计成锯齿形，其角度也分别与不同的主波速反射线平行。

由小平面和粗骨架构成的舱盖代替了传统的视野开阔的气泡式座舱。整个座舱仅能容下一个驾驶员，采用视野较差的多面体座舱，是隐身与性能之间的折衷，因此F-117A不适合进行复杂的空战机动，如紧咬目标的尾追，它必须依靠隐身特性隐蔽地接近目标，发动突然性的攻击，所以它的主要任务是进行有效的低空隐身突防，对敌心脏区重点目标，如司令部、地空导弹阵地等进行突袭。

F-117A机身头部前视红外探测舱及前轮舱门前的下视红外探测舱均罩有网状格栅。这些是由能减弱雷达波引起的电场电阻尼材料制成，几乎不反射雷达波。格栅的网眼比雷达波波长小得多，可防雷达，但允许红外线穿过。驾驶舱风挡也采用了这种材料镀膜。因为单从驾驶舱头盔处反射的雷达波比整个机身的还要大，探测器舱周围的紧固件四周涂有一种电阻密封剂。

F-117A发动机的排气口为大的宽高比的扁形二元喷管，既有利于热气流的快速耗散，又有较好的噪声抑制特性。在白天飞行中，地面人员很难听到发动机的声音。

F-117A的平面布局并非完全出自空气动力的考虑。如前缘后掠角远大于亚音速飞行所需的极限角45度，达到了67~68度，外翼是可拆卸的，中心机体的宽度约5.3米，总翼展约13米，机长约19米。

F-117A在结构上主要的材料是铝，外面涂以吸波涂料。F-117A的最大起飞重量约20吨，燕尾形平尾各有一个全动方向舵，每个机翼上有两段襟副翼，在发动机舱之间的双室武器舱可并排容纳2枚900公斤的激光制导导弹等。

F-117A的雷达反射截面很小，机头水平方位或方向仅0.001~0.01平方米，相当于一只麻雀的大小。

F-117A的隐身特性允许它在敌防区内任意高度上飞行，无需

进行地形跟踪低空飞行来躲避敌方雷达的探测，不像常规战斗机那样在实施地面攻击时采取以躲避敌地面火力为主，以主动攻击为辅的战术。因而它比常规战斗机更适于攻击地面目标。

F-117A可在约7 600米高度接近目标，实施攻击时，为保证精度，下降到离地600~900米的高度。F-117A的投放武器大多在水平直线飞行时进行，而不像常规战斗机，须实施低空地表跟踪飞行，投弹后再急跃脱离机动。

在海湾战争中有44架F-117A参战，共出动1 271架次，攻击了巴格达95%的重点目标，而本身无一损伤，成为引人注目的高技术武器系统。

飘忽的黑蝙蝠

B-2A隐身轰炸机是在航空技术得到进一步发展，采用了被认为是第二代隐身技术设计的隐身飞机。

B-2A总长为21米，略大于F-15，翼展为52.4米，几乎和B-52一样，外形很像一只大黑蝙蝠，航程大，比B-1大20%~26%，而燃油效率几乎高50%。

飞机表面没有采用F-117A多面体散射设计，而是用光滑的曲面将入射波散射为全方位的微弱信号，并用深灰色无光泽的涂料来减小视觉特征。

B-2A由于采用了“飞翼”布局，机体上没有一个垂直表面，其平面投影外形由12条直线构成，所有直线间的夹角几乎都为112度，而且进气道上唇的锯齿，附面层隔板前缘的锯齿，前后轮舱门前后缘斜度，发动机舱和武器舱等口盖的前后缘锯齿的角度也几乎为112度，显示了比F-117A更少的反射方向。

B-2A的驾驶舱并没有放置在视野最佳的机头顶部，而是和进气口移到较后的位置，包括发动机排气口利用机翼屏蔽来自下方的雷达波，通过降低机身中部来弥补视野的不足。

B-2A大部分结构采用了复合材料，一些必须的金属件也都严密地覆盖了吸波涂料，各部件的加工精度和装配精度都达到了极高的水平。

B-2A轰炸机的吸波材料采用了一种性能更好的高极性聚合物，其能力比铁氧体吸波材料强，可吸收80%的各种微波能量，其重量仅为铁氧体的1/10。

B-2A的机身和机翼蒙皮是一种蜂窝型雷达吸波结构，浸渍有碳粉或含有其他损耗吸波物质的树脂，以多层透波蒙皮作面层，蒙皮与蜂窝芯之间嵌入电阻片，在高空飞行时，B-2A使用了含有特种燃料添加剂，使在稀薄空气中引起烟雾凝结的排放颗粒最小。

B-2A在机翼前缘、进气道前缘和内壁等能产生高摩擦热的部位，涂敷了新的吸波材料，具有高吸热特性。

B-2A的升力面面积很大，达465平方米，诱导阻力很小，气动效率极高，升阻比比B-1B高50%，起飞着陆滑跑距离约1 500米，这对如此大尺寸的飞机可算是很短的。

B-2A的飞机虽然很大但操纵品质很像一架战斗机，杆力轻，加速性极好。B-2A的雷达测试试验表明，地面雷达站一直未能捕获，即使在雷达站正上方12 000米高空，肉眼可清楚地看到，但雷达仍测不出。

每架B-2A的价格为20亿美元。该机在科索沃冲突中首次被使用，在2001年10月美国发动对阿富汗的空袭中，再次被使用。

空中“小折刀”

最近，美国《大众科学》杂志又披露了一个令世界航空界眼睛发亮的消息，即美国诺斯罗普·格鲁门公司可能正在进行一个鲜为人知的、被冠以“小折刀”绰号的秘密隐身飞行器研究计划。

从该杂志所披露的该机的图片来分析，它很可能综合利用了近年来美国发展研究中的众多航空新技术研究成果。从该机前视

和侧视图中,显示出它与现代常规飞行器最大的不同在于:采用了没有垂尾的结构设计布局,它将对于提高飞机的隐身性能和减轻飞机结构重量有重要的作用。

采用了可变机翼掠角设计技术。虽然可变机翼掠角设计现在已是一种成熟的技术,但从"小折刀"的分解图来看,它的可变机翼掠角设计却与以前的可变后掠翼飞机布局有很大不同。现役的所有变后掠翼布局飞机的机翼转轴是装在机身的前中部,机翼是通过向后转动改变后掠角的,而"小折刀"的机翼转轴却是装在机身后部翼根处,机翼是通过向前转动改变后掠角的,整个过程很像一个能开启到90度的折叠刀,机翼的位置可以从直机翼布局开始,向前转动成为前掠翼布局,并最终完全与机身并拢,形成一个小展弦比、带前缘折角的高超音速大后掠布局飞机。因此,飞机大部分处于一种前掠翼布局。

鉴于前掠翼飞机布局所具有的良好的机动性和抗失速飞行性能,这种飞机会明显增强战斗机的近距格斗机动性和躲避导弹攻击的高机动能力。美国航空航天局早在20多年前就开始着手前掠翼技术的研究工作,并在20世纪80年代初生产了两架代号为X-29的前掠翼布局的技术验证机。尽管NASA后来成功地用一架代号为X-29的前掠翼技术验证机进行了多年、数百次的飞行试验,但苦于前掠翼技术对综合飞行控制技术要求比较高,加上美国在后来的新技术战斗机研究计划中更强调低技术风险和研究

美国正在秘密研制的"小折刀"隐身飞机,它的机翼可以从直机翼、前掠机翼变化到大后掠的小三角机翼

成本，因此在后来的F-22A和JSF战斗机计划中均没有实际采用这种前掠翼技术。今天，得益于多年前掠翼技术验证机成功的飞行试验经验和现代更加先进和不断成熟的先进综合控制技术的发展，已经为发展实用性的前掠翼布局飞机提供了良好的技术基础。但“小折刀”上用的可变前掠翼布局设计并没有单纯照搬X-29所用的前掠翼技术，它是一种综合利用直机翼、前掠翼、变掠翼、大后掠翼、无尾、推力矢量、隐身等各种当代最前沿航空技术的合成设计。

这种集各种现代先进航空技术为一体的新一代飞机设计，是世界军用航空应用和制造界大力倡导多用途战斗机的一个产物。这种设计集稳定布局和非稳定设计布局为一身，兼顾超音速、亚音速飞行性能，同时又具有在机翼定位在前掠位置时的高机动性，将为美国新一代多用途战斗机又提供了一种令人耳目一新的方案。

凶悍的“猛禽”

F-22A，绰号“猛禽”，是美国空军21世纪的一张王牌。美国空军认为，F-22A“猛禽”是目前世界现役和即将服役的战斗机中性能最好、作战能力最强的空中优势战斗机，并声称它对于确保美国在21世纪继续保持空中霸主的优势具有重要的意义。

F-22A“猛禽”无论在设计还是制造上都代表了当今最先进的军用航空技术水平，在机体结构上广泛使用了复合材料，最新的金属和合金材料，包括可焊和可铸的钛合金，以及用于起落架的特种高温钢。

美国制造的F-22“猛禽”战斗机将是美国空军21世纪的主力战斗机

F-22A“猛禽”战斗机的“大脑”是一对中央处理

器,和一套高度综合化的航空电子系统。与传统的通信与导航设备如全球定位系统、仪表着陆系统等不同,

F-22A“猛禽”中央处理器内本身就包含66个相互独立的工作模块,可以起到通信/导航/识别系统的各种作用。F-22A“猛禽”的中央处理器不仅能够重新编程,还可以在其中某些模块有故障时互相接管,同时它还是雷达与电子战系统的处理器。

F-22A的驾驶舱也是高度现代化的,主要显示器是一个宽角度平视显示器,可以提供水平30度、垂直25度的视野,主要仪表板为6个彩色液晶多功能显示器和装在遮光罩下的一个综合操纵板。

F-22A的距离探测性能主要依靠机载雷达和先进的电子对抗/电子支援系统,这些系统都是被动地探测、识别和分析敌方雷达的辐射,因而隐蔽性很好。F-22A将最大程度地利用来自机外信息源,如其他战斗机、空中预警机上获得必要的信息,然后依靠F-22A“猛禽”上高度一体化的显示器、传感器和机载计算机,对所有收集的信息进行快速处理和比较,迅速对不同目标作出不同反应,确定攻击优先权和精确的武器攻击方式。

与现役其他超音速战斗机不同,F-22A“猛禽”可在发动机不开加力情况下作长时间的超音速巡航飞行,而其他战斗机必须在发动机打开加力情况下才能作短暂的超音速飞行,而且耗油也很大。超音速巡航对于高速突防、快速通过敌防空区是十分有用的,并可大大提高空中发射导弹的初始速度,使空射武器没有空速限制,这在双方迎头相遇的超视距空战中尤为重要。

F-22A“猛禽”的超音速巡航能力主要归功于它强有力的发动机推力和飞机气动外形很低的超音速阻力。

F-22A“猛禽”还被称为是目前世界上惟一一种真正全隐身的战斗机,这也是美国长期以来进行一系列“黑色”计划的结晶。

F-22“猛禽”外形设计中,充分利用了平板外形和尖锐边缘的隐身设计技巧,在特别边缘和一些表面的接缝处都使用了吸波材料,特别对于一些需要经常打开的舱盖和口盖上作了精心的隐身保护,

使这些口盖在关上时或者可以自行密封,或用吸波材料密封。

欧洲的一些战斗机的隐身设计重点放在了“正前方隐身”,也就是正面飞来的敌机很难用雷达探测到它们,而F-22A“猛禽”则是全方位隐身的,而且据称尽管F-22A“猛禽”飞机的尺寸较大,但雷达反射截面比欧洲的“台风”和法国的“阵风”战斗机都要小得多。

由于现代战斗机还装备有除探测雷达信号以外的其他探测手段,所以F-22A“猛禽”同时还有很好的“红外”隐身和“热”隐身设计。

在F-22A“猛禽”表面涂有红外吸收涂层,采用二元偏平式尾喷管,发动机的尾焰可以很快耗散在大气中,但正如前述F-22A“猛禽”自身并没有装红外搜索和探测系统。

F-22A的致命弱点是其飞机尺寸大(它是目前世界战斗机中尺寸最大的),所以,“目视"隐身很差,即在目视范围内更容易被对方用眼睛看到。这也是美空军目前装备的F-15的缺点。许多F-15飞行员都因为自己在很远的距离就被对方用肉眼看到而愤愤不已,正因为如此,F-15有一绰号叫“飞行网球场”。由此可以推测,在目视范围的近距格斗中,F-22“猛禽”不仅没有隐身的优势,而且很容易成为众矢之的。

F-22A“猛禽”有主武器舱和侧武器舱。位于机腹的主武器舱可装4枚AIM-12空空导弹或6枚AIM-120C先进中距空空导弹,而在进气道壁两侧武器舱可各挂一枚AIM-9空空导弹或AIM-9X“响尾蛇”近距空空导弹。

由于美国空军希望F-22A“猛禽”也应有一定的对地攻击能力,所以还在考虑让F-22A能加挂品种更多的武器和增加载弹数量。经改装后F-22A“猛禽”的主武器舱可以同时挂载两枚450公斤的全球卫星定位系统制导对地攻击武器和两枚AIM-120C空空导弹,还打算在每个机翼下增加1~2个挂点,用以在执行不需要隐身的任务情况下加挂更多的武器。

美国空军曾用全副武装的苏-27作为假敌进行了模拟空战,据

称，在F-22A“猛禽”与苏-27的10次一对一空战中，胜算可达9次以上，欧洲战斗机与苏-27的对抗是10战8胜，而在F-15与苏-27的对抗中则是输多胜少。

联合攻击战斗机

“联合攻击战斗机”(JSF)是美国空军、海军、海军陆战队和英国皇家空军和海军计划在21世纪装备部队的全新一代轻型隐身型攻击战斗机。在美国，军方希望JSF能和F-22形成高低搭配；在英国，军方则希望用JSF来替代即将退役的“鹞”和“海鹞”垂直起降战斗机。

尽管美国防部明确规定在JSF上将不采用未成熟的全新技术，但是JSF仍被认为将是21世纪世界上最先进的战斗机，而且从目前情况来看不会有第二个国家(俄罗斯可能除外)会花费这么大的精力和财力再去研制这类战斗机，因而JSF将有很大的出口潜力。目前已有澳大利亚、比利时、以色列、新加坡、法国、德国、西班牙、瑞典、荷兰、土耳其等都表示对该机感兴趣。

由于自从军用飞机问世以来，战斗机的价格以每10年翻四番的比例增长，2005年即将装备的F-22单机价格已达到近1.8亿美元。如果今后战斗机的价格还按此速度增长，那么到2054年，美国一年的全部国防预算也许只能买一架战斗机，这种趋势使美国国防部将“成本”单独作为一个指标，提出了“可买得起”概念，也就是说，今后发展的新武器必须符合“可买得起”的原则，这也是计划竞争中最重要的指标。

“可买得起”不仅仅是指低成本，它是个比值，是装备性能与成本的比值，这个比值越高越好，而且这个比值的竞争伸缩性很大，对战斗机的发展具体体现在“更快、更好、更省钱”的要求上。

为了满足“可买得起”新要求，美国国防部提出：每个制造商研制的JSF不能只满足一个军种的要求，而是要同时满足各军种的不

同要求，而且单机成本要控制在2 800万至3 800万美元之间，制造商不仅要在一个基本型上衍生出三种型号，一种是空军用的常规起降型，一种是海军用的舰载型，一种是海军陆战队用的垂直起降型，而且这三种型号必须在一条生产线上生产，在飞机上研制虽不采用任何不成熟的新技术，所有的设备都应当是现有的，或是可以在市场上买到的。

同时，三种型号的零备件、设备、生产和后勤保障性能的通用性也要在80% 以上。

1966年11月，方案竞争揭晓，由波音和洛克希德·马丁两家公司进行“验证机竞争”。

波音公司提出的方案称为X-32，采用了大三角机翼，大下巴颌式进气口和侧向武器舱的布局。机翼有很大的厚度，可以内装8 600公斤的燃油，比尺寸类似的F-16可多装三倍的燃油。机翼是用多梁支撑的上下两块热型性复合材料压制而成，所以不仅重量轻、成本低，而且还有很好的抗战伤性能。

波音X-32的垂直起降型在垂直起降时所需的升力是用专门的升力发动机来提供的，但由于美国海军对舰载型飞机尺寸的要求，JSF不能太宽和太长，所以升力喷管必须放在飞机的重心上，这就限定了发动机位置必须很靠前，所以就很难采用分叉式两侧进气道，结果就采用了目前这种进气口略向前掠的颌式进气道布局，位置正好在驾驶舱下面。

美国波音公司的联合攻击战斗机，其特点有一个令人注目的“大下巴”

X-32厚厚的机身很适宜设置两侧武器舱，容积大、易于装卸，舱盖可以在目标的另一侧打开，隐身

性较好。

由于到1997后期，JSF的要求出现了重大变动，波音公司对X-32 JSF方案也作了很大的改动，三角机翼改成了后掠机翼，机翼前缘后掠角55度，后缘掠角也从原来的前缘20度改成了后掠20度，颌下进气口也从原来的前掠改成了略向后掠，在驾驶舱附近增加了辅助进气口。

洛克希德·马丁公司提出的方案称X-35，它通过前升力风扇产生一部分垂直升力和飞机尾矢量喷管共同完成短距起飞—平飞—垂直降落飞行的设计，这种布局的主要优点是增强了悬停时的功率，减少了对地面或甲板的损害，并能保持有效的超音速飞行气动布局，因为只要将驱动升力风扇的联接轴脱开，升力风扇就不再工作，飞机完全成为一种典型的超音速战斗机。

美国海军提出，JSF舰载型的着陆速度每小时252~263公里，着陆重量约18.6吨，迎角为11.5度。为了使重量不致于增加太多，洛克希德·马丁公司不得不对舰载型飞机的翼梢大做文章，将机翼向翼梢延伸出一块，并在延伸部分增加了副翼。

常规起降型和短距飞垂直着降型的机翼翼展为10.7米，舰载型为13.1米（折叠后为9.13米），机翼面积前两者为42.7平方米，后者为57.6平方米。

美国洛克希德·马丁公司提出的联合攻击战斗机设计方案

X-35A(即常规起降型)的空重为11吨，舰载型可能是13.5吨。

洛克希德·马丁公司将在JSF飞机的蒙皮上用一种新的3M聚合物薄膜代替涂漆，这项技术可使一架飞机在全寿命使用范围内节约300公斤的涂料,这种薄膜现已在S-2和F-16上成功地试用。

X-35A采用的是两侧进气道的布局,并设计了一种新的独特的单块复合材料进气道，没有一个紧固件,不仅减轻了重量,同时也大大减少了零件数量。

与波音公司更有创新意识的X-32相比,X-35似乎更为传统,但洛克希德·马丁公司在设计和制造F-22和F-117上显示了深厚的功力和较为成功的设计、制造和维护经验。

经过5年激烈的竞争,美国国防部于2001年10月26日宣布洛克希德·马丁公司的X-35获胜,进入下一步工程发展阶段。合同总价值高达2 000亿美元。

根据整个计划安排到2008年第一批（13架)JSF将交付给美国海军陆战队和美国空军。2009年将向美国空军交付约30架第二批次JSF，到2010年将向美国海军和英国交付约54架第三批次的JSF,以后可能在2011年交付86架,2012年交付115架,2013年交付166架。

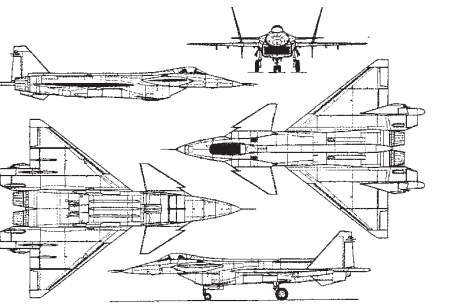
米格1.42

俄罗斯米格设计局研制的米格1.42飞机（又被称为1.44和MFI),被认为是俄罗斯下一代先进战斗机技术验证机,它是完全针对美国F-22"猛禽"研制的。据米格设计局称,其性能相当于,或在某些地方甚至超过了F-22"猛禽"。

它和F-22"猛禽"一样都有推力矢量控制系统,但F-22"猛禽"采用的是二元推力矢量喷气口,而1.42采用了可上下、横向各方向都可以偏转的三元推力矢量喷口，因而具有更全面的大迎角超机动能力。

米格1.42采用了由留里卡设计局研制的大推重比涡扇发动机，使飞机和F-22“猛禽”一样具有不加力超音速巡航能力，但米格1.42估计的最大速度为2.6倍音速，要大于F-22，此外米格1.42将比F-22有更大的航程。

米格1.42同样考虑了隐身设计，如发动机的进气道采用了雷达耗散涂层和S形管道以对压缩机进行屏蔽；对其他容易被雷达探测的部件也进行了专门的屏蔽处理；前翼、机翼和机身结构广泛采用了碳纤维和聚合物材料，约占飞机结构材料的3%，其余35%为铝-锂合金，30%为钢合金，5%为玻璃和橡胶。



俄罗斯针对美国F-22研制的米格1.42先进战斗机技术验证机

但从飞机外形看，F-22“猛禽”体现了气动与隐身性能的较好的折衷，而米格1.42显然主要着眼于它的气动性能。有一对几乎垂直的双立尾和面积不小的两块鳍片、尖锐的前翼锯齿和硕大的机腹进气道，这些都是强烈的雷达反射源，仅靠材料和吸波涂层是很难“隐身”的，所以俄罗斯正在寻求新的隐身技术，如在飞机的某些部位放置一些等离子发生器，在飞机飞行中这些等离子发生器会在飞机表面释放出一层等离子流，这不仅可大大减少飞机的阻力，还有“惊人”的吸收雷达波的功能，从而达到使飞机隐身的目的。

米格1.42还将采用据称是带有相控阵天线的第五代脉冲多普勒雷达，可以同时攻击20个目标和具有很有效的超视距空战能力。另外，俄罗斯还在为米格1.42研制新一代远程空空/空面“发射后不管”制导导弹。该机还有12~14个外挂点，可以加挂俄空军目前正在使用的任一种导弹或炸弹，因而据称，米格1.42有更强的对地功击

能力。

米格1.42仍保留有一门机内30毫米机炮用于近距空战。而且由于米格1.42采用了带全动前翼、大三角机翼的不稳定非常规布局，其大迎角的飞行性能应当比采用常规布局的F-22“猛禽”更好。

米格1.42还是俄罗斯战斗机设计史上首次采用了由全动前翼-大三角机翼-双立尾构成的鸭式布局战斗机。

米格1.42的气动布局还有许多独有特色。它的翼身虽然不是十分光滑的融合体，但从机头到机身呈现出光滑的升力体曲线外形；前翼的前缘内侧有一个锯齿，它会产生强烈的涡流替代前缘边条涡的作用。在立尾内侧的机翼后缘，设计人员还精心设计了一对操纵面，这些措施肯定会对飞机的大迎角气动性能起到十分关键的作用。

米格1.42的大三角机翼更有其特色，直前缘的后掠角约40~45度，并左右各有3个操纵面，机翼后缘左右也有3个操纵面，如果再计及前翼和立尾的“方向舵”，总共有16个操纵面，因而米格1.42的机翼具有“任务自适应”功能，即通过电传操纵和各操纵面的调整，对应不同的任务直接给出性能最佳的机翼“构型”。

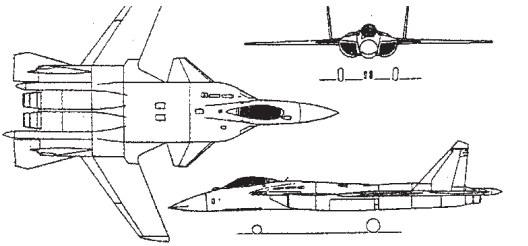
莫斯科时间2000年2月29日11时25分，米格1.42从莫斯科郊外茹科夫斯基市格罗莫夫试飞院机场的跑道上呼啸着腾空而起，实现了首飞。飞机爬升到1 000米的高度，以每小时500~600公里的时速绕机场转了两圈，然后于11时43分安全着陆。这次飞行虽然仅持续了短短的18分钟，但它的意义却非同寻常，它标志着俄罗斯在新一代战斗机研制方面，已经从地面试验进入到了空中飞行技术验证的关键阶段。

苏霍依的“金鹰”

“金鹰”是俄罗斯苏霍伊设计局自筹资金研制的下一代先进战斗机前掠翼技术验证机，其目的是为了和米格1.42争夺俄罗斯下一

代先进战斗机计划。

和米格1.42一样，S-37也采用了前翼-机翼-尾翼的三翼面布局，但1.42采用的是常规后掠翼，而S-37却采用了前掠的机翼。



俄罗斯针对美国F-22研制的苏霍伊S-37前掠机翼技术验证机

前掠外形的军用飞机最早出现在20世纪40年代，第一种前掠翼气飞机是德国容客设计的容克-287轰炸机，二战胜利后，两架德国的前掠翼试验飞机被作为战利品运到了苏联。

苏联经过对前掠翼战斗机特性的研究发现，一般后掠机翼上的空气动力常常受到机翼翼梢的流场的影响，很容易发生分离并向机翼内侧蔓延，使机翼使用效率受到限制，成为导致机翼升力下降的主要因素，而前掠翼的翼梢就不存在这个问题，不仅机翼升力较大，还可以维持到较大的迎角。

另外，在大迎角状态下，后掠机翼的副翼经常因为翼梢流场被破坏而失效。前掠翼的副翼即使在机翼其他部分流场变坏的情况下仍能有效工作，所以这种气动布局可大大增加飞机在大迎角和低速飞行时的机动性。

前掠翼比后掠翼有更小的阻力，有利于改善飞机的超音速巡航性能，提高航程和改善飞机的起降特性，但其主要问题是必须采用全新的材料和制造工艺抑制飞机机翼随着迎角增加而出现的“结构发散”问题。

美国对前掠翼布局也给予充分的肯定，认为这种布局有利于机翼与机身更好地融合，并优化了机翼和前翼上的压力分布。美国专家还认为，如果在F-16上采用前翼布局，转弯率可提高14%，活动半径增加34%，而起降距离可减少35%。美国当时的格鲁门公司

在80年代也制造了一架X-29前翼技术试验飞机，做了一系列试验。

S-37“金鹰”前掠机翼结构的90%采用了复合材料，机头雷达罩有一个略微扁平的截面，但机头要短于苏-27/35/37的头部，从而改善了飞行员的前视和下视的视野，采用了半圆固定进气道，装在短而宽的机身两侧前边条的下面。两个相隔较远而略向外倾的垂尾形状、尺寸和苏-27类似，尾部的尾撑为两个大雷达罩，分别装有后视雷达和电子对抗系统。

S-37“金鹰”前掠机翼的前掠角为20度，前翼上装有前缘缝翼，还有后缘襟翼和副翼。主起落架和苏-33一样。

S-37的发动机也带有推力矢量喷管。

S-37有机内武器舱，可加挂新的紧凑型中程导弹如AA-12和短程格斗弹AA-11，在左侧前边条的上面还装有一门30毫米机炮。

S-37有突出的“超机动”能力，可维持在迎角大于90度以上的稳定性和操纵性。

S-37在隐身性能上虽然也采取了一定的措施，如在结构设计时给以一定考虑和对一些部件进行了吸波涂层处理，但是相对飞机性能来说是放在第二位的。

俄罗斯把S-37和米格1.42都只称为是用来发展和优化下一代新战斗机一些新概念技术（包括飞机的设计和结构）的试验机，现在还不具备对付美国F-22先进战斗机的基础。俄真正相当于F-22的新一代战斗机预计要在2015年才能出现。

X-45A 和“飞马”

21世纪的作战模式将由于无人战斗机的出现而彻底改变，甚至有可能把未来的激烈空战演变成坐在计算机屏幕前的一场“游戏”，参战人员只需按下鼠标键，就可摧毁千里之外的建筑、设施、装备……

无人战斗机在执行攻击敌方空防设施的任务中，并不要求它

有完全的自主能力，可以通过卫星、具有目标探测系统的F-16和RC-135飞机上的雷达协助无人战斗机捕获到所攻击目标的雷达特征信号。

无人战斗机并不关心从哪一个位置去接近目标，它只需要知道目标所在的坐标，到达攻击位置，并发射武器对其进行攻击。另外，它同样也不关心操纵它的人员是在飞机上、地面上还是在舰船上。

操纵这种无人战斗机的人员虽然不是真的在驾驶飞机，但是他必须时刻注意他的无人战斗机会遇到的各种突然的威胁，从而决定是否需要对这些威胁进行反击。

无人战斗机除执行各种有人驾驶的一些作战任务外，还能用来防御和拦截敌方的战略巡航导弹，这需要无人战斗机能长时间地留空巡逻，并监视敌方导弹的发射。此外，无人战斗机还能执行接近目标区的观察和侦察任务。

由波音公司研制的X-45无人战斗机验证机，已于2000年9月27日在波音公司的圣·路易斯工厂首次向公众展示。这种大尺寸的无人作战飞机的机翼翼展略大于F-16，但机身长度只有F-16的一半。整个无人机系统共包括3个组成部分：机体本身、储存箱与保障设备和地面控制台。地面控制台由一台计算机、一个键盘、一个鼠标和两个上下安装的48厘米（19英寸）显示器组成，上面的显示器用于显示飞机的战术环境，下面的用来显示飞机的系统状态，目标情况以及外挂配置等数据。

X-45A采用蝙蝠翼式机体布局，体积较大，尽管机体高度只有2米多，但翼展却达10.3米，机长8米。该机的空重为3 629公斤，最大起飞重量为6 804公斤，有效载重1 360公斤。飞机上所有操纵系统均采用电驱动方式。

X-45A的机翼由泡沫芯和石墨-环氧材料蒙皮制成，制作时先将泡沫用蒙皮材料裹起来。然后涂注树脂成型，这种制造工艺常用来制造冲浪板，因此成本低廉，机翼能拆卸。机翼可从机身上拆下，

一起存放在储存箱内，存放时间可长达20年，使用时，只需要30分钟就可将机翼安装到飞机上。

美国波音公司为美国空军研制的 X-45A 无人战斗机

该机的动力装置为一台无加力的F124涡扇发动机，发动机上还安装了矩形二元推力矢量喷管，对于无尾飞机来说，采用推力矢量技术可以减少操纵飞机的舵面偏转量，有利提高寿命，而且在没有推力矢量的情况下，飞机也可以操纵。

X-45在机身的两侧设计了两个武器舱。武器舱可以携带450公斤的联合直接攻击弹，也可安装一个多用途挂弹架，挂装多种武器，包括6枚110公斤的炸弹，小型空射诱饵弹和低成本的自主攻击系统，武器重新配挂需要30分钟。

这种无人攻击机的航程达1 200千米，包括在目标上空作战30分钟。美国空军要求这种无人机能够存放20年，而且每5年进行一次分解演习。为此，促使波音公司专门设计了一种密封的、湿度和温度可调控的存储箱。存储箱的长×宽×高分别为6.1米×4.6米×1.8米。

这种用玻璃纤维包裹蜂窝芯结构做成的存储箱上安装了几个接口。通过这些接口，可检测里面存放的飞机，维护人员可以掌握存储箱内的情况，必要时还可向箱内的飞机装载新的飞行任务数据。

洛克希德·马丁公司研制的隐身无人攻击机几何尺寸相对较小。它可以被挂在有人驾驶飞机的机翼下，到接近攻击目标时再从空中投放，机上携带1~2枚小型炸弹，攻击的目标主要是防空阵地上的雷达、控制车辆和导弹发射架等。

在波音公司公开展示了X-45无人战斗机不久，诺斯罗普·格鲁门公司也向外界透露了它为美国海军发展的“飞马”无人攻击机。

美国诺斯罗普·格鲁门公司为美国海军研制的X-47A“飞马”无人战斗机

“飞马”是一种奇特的飞行器，从外形上看像一个风筝，更像一块钻石。它没有尾翼，也没有方向舵，只有一对巨大的后掠机翼，而且机翼后缘的前掠角很大，达到30度。它有6个飞行控制面，用以提供垂直稳定性，其中有4个是嵌入控制面，2个在机体上部，2个在机体下部，这样的设置比分段方向舵的雷达反射面小。

从外形上看，“飞马”有一定的隐身能力。不仅如此，诺斯罗普·格鲁门公司还进行了一些特别的隐身设计，如进气道的设计使压气机正面的红外信号极小，飞机的6个飞行控制面的位置设计可以保证雷达反射面集中在严格限制的范围内等。

“飞马”是一架全复合材料飞机，主要结构可分为四个部分，即沿机体中心线上、下各两部分，它采用一台JT15D-5C涡扇发动机，发动机进气道位于机体的前上方，飞机的设计过载达到3%，机内有2个武器舱，每个舱可放1枚454公斤炸弹。

“飞马”现在的机长为8.5米，翼展为8.47米，起飞重量为2 500公斤。

激光攻击飞机

美国空军正在与以波音公司为首的一个研制集团一起，共同发展一种激光攻击飞机，专门以激光为武器攻击地面和空中目标。

这种飞机称AL-1,将用波音747-400货机改装,机上装有高能激光武器。

传统的激光器只有百分之几的效率，而为激光飞机研制的机载化学氧碘激光器已能达到百分之几十的效率，因而激光器的体积较小,可以只带少量的产生激光的化合物,或在带相等化合物的情况下可增加激光射击次数。

化学氧碘激光器采用模块式结构，要增大功率只需要加模块的个数，已经研制出来的样机已能在数秒钟内输出数百千瓦的功率,而在激光飞机原型内将带6枚模块,在实用飞机中将带14个。

激光攻击机另一个技术关键是需要有一套复杂的瞄准系统来跟踪和瞄准目标，并补偿激光武器与目标之间的大气对激光造成的畸变,因为这会影响激光在目标上瞄准和聚焦。

目标瞄准和跟踪系统首先用红外搜索跟踪装置探测导弹目标的排气火焰,接着用1.06微米波长多激光束照射目标,而由通过主望远镜观察的高分辨率红外传感器成像,提供精确跟踪数据,主望远镜光学装置还用来引导信标激光和高能杀伤光束。

机载激光武器的优点是射击速度快,因而不需要提前量,激光束的指向比较灵活,可在短时间内对多个目标进行攻击,更重要的是发射一次激光只需消耗很少的化合物,因而成本很低。AL-1激光飞机发射一次激光攻击目标只需1 000美元。

AL-1激光飞机可在12 200米以上的高空作战。每架AL-1采用其机上所带的产生激光的化合物,预计将能实施30次、每次5秒时间的激光射击,攻击距离可达400公里或更远。

机载激光武器主要用来打敌方的战区弹道导弹，它对发射战区导弹的敌方的另一威胁是，被它击中的导弹在发射导弹的国家里摧毁,这将是对抗采用化学、生物或放射性战斗部的导弹的特别有力的威慑因素。

美国国防部计划人员把AL-1机队看做是对付弹道导弹4个防御层次中的一个。第一个层次是由攻击飞机和巡航导弹攻击准备

发射、还没发射的对美国构成威胁的导弹；第二个层次由机载激光武器攻击来袭导弹在发射后的前80~140秒飞行期间的目标；第三个层次由远程拦截导弹，如海军的“高层次”导弹将攻击剩下的一些在飞行中途的导弹；最后的层次将由终端防御武器，如陆军的“爱国者”和PAC-3导弹摧毁前两个层次未能成功拦截的剩下的敌方导弹。

美国空军将要研究的AL-1的另一些功能是保护E-3、RC-135“铆钉接头”和E-8等高价值飞机和保护防御巡航导弹的攻击，以及用其上的传感器对整个战场进行空中监视。

美国防部计划人员还认为，激光飞机还有反卫星的能力，它将成为进行信息战的一个基本组成部分，这在未来战争中很关键。

从美国所进行的一些试验看，AL-1激光器在照射和跟踪以约每秒990米飞行的弹道导弹时，能在大于22.5公里距离处照射住目标并对它实施跟踪，直至它达到约50公里的距离，硬件试验同时证明系统能发出的能量和功率足够可以用来击穿几百公里远的薄蒙皮和液体燃料弹道导弹。

“超翱翔”

美国劳伦斯·利弗莫尔国家试验室的工程人员已向美国军方高级官员提出了一种在大气层上面“跳跃”飞行的超音速飞行器方案，当它作为轰炸机使用时，可在2小时内将武器投入到地球表面上的任一地点。

这种名为“超翱翔”的飞行器采用乘波外形，同时还可作为双级轨道发射器中的第一级。

美国空军对“超翱翔”表示了极大的兴趣，希望将它发展成为一种能全球到达的攻击飞行器，它可以从3 000米跑道的机场上以常规方式水平起飞，并迅速加速到10倍音速，同时爬升到40 000米高空，然后关闭它所装的组合循环火箭发动机，进入一个周期性“跳跃”式

的巡航飞行轨迹。这个航迹的最高点（波峰）的飞行高度约为60 000米，最低点（波谷）在35 000~40 000米。

“超翱翔”是一种可在大气层的顶层中“跳跃”飞行的超音速飞行器，可作为洲际运输机或轰炸机

所谓“跳跃”飞行，是指飞行器在每一个周期的“低谷”段，发动机通过短暂点火（约20秒），使飞行器跃升到下一个周期的“波峰”然后下滑到“波谷”，发动机再次短暂点火。由于这个航迹的“波谷”段处于大气层，所以使用的是空气发动机。

这种周期性的“跳跃”飞行使“超翱翔”可以在大气层的顶层中“钻进钻出”，既可以在大气层内的飞行有效使用空气发动机，又可以利用跨大气层段的飞行有效地增加飞行距离。

一般来说，它在2.5个周期内的飞越距离可达1 000公里以上，成为一种十分有效的高空中机动能力的军用运输机。

衡量飞机的“空中机动”能力的主要标准是：对于给定时间和目的能载运多少作战物资和在作战开始几天后能够集中多少作战物资。“超翱翔”因为速度快，载运量大，可多次起飞，所以比一架典型的亚音速运输机每天可多运10倍的有效载荷至12 000公里远的目的地。

作为超音速跨大气层飞行的轰炸机，“超翱翔”的飞行速度可达到10倍音速，可以载运45吨的武器，任务半径可超过10 000公里，不仅可以投放穿透性很强的高爆破武器，也可投放动能能量武器。

以10倍音速的速度飞行，“超翱翔”可在不到2小时的时间内飞到20 000公里之外，因而可以对全球进行快速的远程攻击。由于它有很快的速度，很高的高度和远距的机动性，从而有很强的生存能力。

“超翱翔”的另一重要用途是可以作为重复使用的航天发射飞

行器的第一级运载飞行器。它可以沿着航天器轨道以高超音速爬升,在接近第一级轨道顶点时,将更高级的航天飞行器和有效载荷送入第二级轨道(低地球轨道),然后由更高级的航天飞行器自行点火,把有效载荷送入太空。“超翱翔”可自行返回地面,以常规方式着陆。

当几架“超翱翔”飞行器编成一个小机队时,它们可以执行多种军事任务:全球到达、侦察,快速将装备送入太空,同时可作为多种研究发展计划的飞行平台。由于这种飞行器可以在常规军用机场起飞着陆,不会受到航天飞行器发射场或空军基地使用上的限制。

从技术上讲,“超翱翔”取得了几项重大的技术突破,如更好的飞行性能、更低的重力载荷、更有效的气动热保护管理和更低的技术风险,所以比以往一些跨大气层飞行器方案要优秀得多。

“超翱翔”所采用的关键技术之一是采用了一种高升阻比的乘波气动外形,机翼和机身进行了高度融合,巧妙地利用机体下表面外形对发动机流场进行了有效的控制。另外,它使用了可重复使用的热保护材料以及轨迹制导、导航和飞行控制系统,所以对它的要求比其他高超音速飞行器的要求低得多。

在高超音速飞行器设计史上,“热保护”常常是设计的最大障碍之一,但是“超翱翔”的气动加热问题要比以往的其他超音速飞行器小得多。首先是“超翱翔”三分之二的时间是在大气层之外飞行,这时不仅不会有气动加热,还可通过辐射将机体热量散发掉,所以虽然它仍要进行热保护,但其要求比其他飞行器低得多。“超翱翔”的机翼和进气道前缘以及头锥经受的温度最高,约1 650摄氏度。

“超翱翔”的另一关键技术是采用了组合循环火箭发动机,它是将3种不同功能的发动机组合成一个发动机,因此比一般的多循环动力装置简单得多。随着飞行速度和高度的增加,它通过转换开关,使发动机从低速涵道或推进火箭模式转到冲压和超音速冲压

喷气机模式，然后再转到纯火箭。

这种发动机的推重比可达到20~30，使用速度从0一直到10倍音速，而且重量很轻，有很好的比冲。在仅作军用运输或轰炸机执行全球到达和攻击任务时，发动机只需用到超音速冲压发动机的模式，不需要用火箭，从而既可节约燃料，又可使气动加热减至最小。

蓝天星级宾馆

现在世界航空运输的客运量（人·公里，即乘运总人次×飞行总公里数）已达近2万亿（人·公里）。航空界人士预测，以后每10年还将以1万亿（人·公里）的速度增加，即到2020年要达到4万亿（人·公里），因而现在正在使用的客机的10 000架的总数将要翻一番。这不仅会给全世界的机场造成很大压力，也大大增加了空中交通的密度，空中事故率很可能也要增加。这一趋势使一些民用飞机制造商正在推动民用飞机在向超大型化发展，通过增加飞机每次的载客量来缓解空运的压力。

2000年12月19日，欧洲空中客车工业公司宣布，它将正式启动A380超大型客机计划。

这种“巨无霸”客机最大起飞重量达500吨以上，机身高度近10米，足有四五层楼房那么高，机身内分三层，底下一层为货舱，上下两层为客舱，机内设有卧室、包间、会议室、酒吧，对于乘客来说，可以在飞机上享受高水准的各种客舱服务：收发电子邮件、交互式电子游戏、上因特网冲浪、下载电影或音乐，几乎相当于一个空中星级宾馆。这就意味着，传统的民用客机的客舱就是地毯加门帘的理念已经发生了根本性的转变，A380系列的基本型客机A380-800的三级客舱布局可载客555人，航程达到15 100公里。全货机型A380-800F的商载为150吨，航程为10 400公里。

A380系列飞机还包括加长型的656座的A380-900和缩短型的

480座的A380-700。

全新的A380飞机将最大限度地保持与现有空客系列飞机的通用性，在符合最新、最严格的审定要求的前提下，采用现代技术，使其运营成本比目前正在使用的最大的飞机低15%~20%，航程增加10%~20%。

A380因为其明显降低的噪声和低耗油量，使它为机场及机场附近的居民提供更好的环境条件。A380将成为惟一能满足伦敦希思罗机场严格的夜间噪声标准的宽体飞机。而且这种飞机可以使每位乘客每飞行100公里可省油3升。

空中客车公司已基本确定了一种将A380的部件从各伙伴公司运往总装生产线的新的运输方法。现有空中客车飞机的部件是由“大白鲸”穿梭于各国之间，将部件运往总装基地图卢兹或者汉堡。而这一回，由于A380部件的尺寸大，无法装进“大白鲸”，空中客车将采用地面和海上交通运输方式。通过驳船、海轮和大卡车运至图卢兹新建成的总装生产线。按目前的计划，A380将于2004年首飞，估计A380的第一批部件将于2003年年底运抵图鲁兹。

与竞争机型相比，A380的空间使用面积增加49%，而座位数仅增加三分之一，这将为每位乘客提供更多的空间和舒适性，充分体现出21世纪空运“以人为本”的新理念。除此之外，A380投入运营时不需要增加新的基础设施，不需对机场作重大的改造。

A380将带给航空公司的是一种结构重量轻、油耗低，从设计到维护与空客其他电传操纵飞机的操作基本相同，而运力却大得多的飞机。同时还可以从中体会到运营经济性和易于维修的新特点。

空中客车公司研制的A380超大型民用客机，一次可运载550~600名乘客，起飞重量高达500吨，它将成为民用客机中名副其实的巨无霸

A380的正式推出，不仅代表了一种超大

型飞机的诞生，而且是它代表航空技术惊人的发展。想当年，莱特兄第的第一架飞机“飞行者一号”连驾驶员在内的总重量也只有360公斤，而现在人类已经能把500多吨重的庞然大物送上天了。

音速巡航者

在对待21世纪客机市场上究竟需要什么样的新飞机，波音与空中客车公司有着不同的理念。波音公司认为，空中客车提出用超大型飞机来解决世界空运问题不是21世纪民用飞机发展的目标，而是应当发展飞得更快的远程飞机，只有为乘客提供可以避开拥挤的枢纽机场的点到点的直飞服务，才会使空中运输变得更有效。正是出于这种理念，波音公司在很长的一段时间里对新一代超音速客机的研制投入了大量的精力，并取得了许多重要的成果。

现在波音公司正在推出一种接近音速的高速新客机，称为“音速巡航者”。它将集更快、更远、更高、更舒适、更安全、更环保六大特点于一身。

新飞机的速度将达到声音速度的0.95倍以上，飞行高度在13 700米以上，航程将达16 700公里。

从波音公司公布的方案外形可以看出“音速巡航者”的布局将突破45年来大型运输机的主流布局模式。它将采用细长机身，带根部翼套的双三角大机翼加前翼，后置两台发动机和几乎与发动机结为一体的双垂尾布局。

“音速巡航者”采用根弦很长的翼套，既保证了机翼有充裕的装油空间，又保证了机翼具有小厚度/弦长比的特点，从而可减小高速飞行的阻力。

一般跨音速飞机的机身都要通过面积律修成“蜂腰”外形来减少跨音速波阻，但由于“音速巡航者”的机翼是设置在后面，所以面积律修形可以通过后机身的自然收缩来实现。

翼套本身的大后掠角可以使“音速巡航者”的高速气动阻力进

一步减小。

美国波音公司研制的“音速巡航者”的速度为0.95倍音速，从北京到纽约的飞行时间可以缩短在10小时之内

作为远程飞机，能带多少油量很重要。对于“音速巡航者”来说，由于大翼套的机翼空间足够大，所以带多少燃油都不成问题。

据估计，飞机即使在最大起飞重量下，机翼油箱都不用装满。但是由于“音速巡航者”的机翼设置在飞机的后部，机翼油箱离重心较远，因而随着燃油在飞行中不断被消耗，会引起重心较大的飘移，所以飞机将通过计算机系统来进行重心管理。

“音速巡航者”的双垂尾多少有些小，离重心的距离又不够远，将采用全动形式，很可能还会有像SR-71那种主动偏航功能。问题在于必须仔细避免机翼翼套的涡流打到垂尾上，否则会引起讨厌的结构振动问题。

波音公司声称“音速巡航者”的噪声将满足第四阶段的噪声限制要求，因而可以突破许多城市对飞机不许在宵禁时间起降的规定。这对远程航线特别重要，因为要选择两端的城市都不在宵禁限制之内的航线是很有限的。

“音速巡航者”不仅可直接爬升到巡航高度，而且它爬升到13 700米高度的时间比现有客机爬升到10 600米高度所用的时间还要少。

只是这种小翼载机翼加前翼的飞机对大气紊流比较敏感，会造成乘坐品质的下降，但在3 700米高空的气流本身已经很平稳，再

加上飞机上的阵风减轻系统，所以乘坐品质不会下降。

“音速巡航者”的长长的直筒机身，为以后发展加长型或缩短型带来很大的方便。

新飞机的适用范围将会很大。波音公司估计最初可用于跨大西洋航线，进一步将可用于跨太平洋等中远程航线，也不排除可以用于短程航线。

由于新飞机几乎以音速的速度飞行，所以每4 800公里的航程的飞行时间将比现有客机快1个小时。这样许多远程航线将可以提速，如北京到纽约的飞行时间至少可以减少3~4个小时。

未来——随着“音速巡航者”的出现，世界将变得更小了！