

★★ 未来军事家 ★★

学识丛书(之六)

WEILAIJUNSHIJIA XUESHICONGSHU

总主编◎卜延军 唐复全

# 军事科技

军事革命的开路先锋

JUNSHIGEMINGDEKAILUXIANFENG

金永吉 王道伟 ◎主编



蓝天出版社  
Blue Sky Press

丛书总主编 卜延军 唐复全

丛书副总主编 汪维余 马保民 王道伟 武 静

---

未 来 军 事 家 学 识 丛 书 （之六）

# 军事科技：军事革命的开路先锋

蓝天出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

军事科技：军事革命的开路先锋 / 金永吉，王道伟主编. —北京：  
蓝天出版社，2011. 1

(未来军事家学识丛书 / 卜延军，唐复全总主编)

ISBN 978 - 7 - 5094 - 0534 - 5

I. ①军… II. ①金…②王… III. ①军事技术 - 世界 IV. ①E9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 264319 号

主 编：金永吉 王道伟  
责任编辑：陈学建 梅广才  
封面设计：李晓晔

---

出版发行：蓝天出版社

地 址：北京市复兴路 14 号

邮 编：100843

电 话：010 - 66987132 (编辑) 010 - 66983715 (发行)

经 销：全国新华书店

印 刷 者：中煤涿州制图印刷厂北京分厂

---

开 本：787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张：20.25

字 数：512 千字

---

版 次：2011 年 4 月第 1 版

印 次：2011 年 4 月北京第 1 次印刷

印 数：1 ~ 4000 册

定 价：36.00 元

编辑室电话：010 - 66987132 民线，0201 - 987132 军线

订购热线：010 - 66985193 民线，0201 - 985193 军线

# 总 序

“江山代有人才出，各领风骚数百年”。每个时代都必然会出现属于这个时代的军事家。那么，未来军事家将从哪里诞生呢？我们在翘首！我们在呼唤！

世界著名军事家拿破仑曾经说过：“每一个士兵的背囊里都有一根元帅杖。”细细地品味这句名言，说得多么的好啊！它告诉我们：每一位将帅都不是天生的，都是从士兵或基层军官成长起来的；同时，任何一个士兵，都有可能通过自己的努力而一步步地获得晋升——从尉官到校官、从校官到将官，甚至荣膺元帅。

我们看到，拿破仑自己就是出生于科西嘉的一户破落贵族家庭，从一名律师的儿子，在接受了一定的军事理论教育之后，先是被任命为炮兵少尉，继而中尉、上尉，在土伦战役中一举成名并被破格晋升为准将，再后来，一步步地成为法国的最高统帅。而拿破仑旗下的元帅之中，据说，著名的内伊元帅是一名普通箍桶匠的儿子，拉纳元帅是一名普通士兵的儿子，而以勇敢著称的勒费弗尔元帅则曾是一个目不识丁的士兵……历数古今中外的著名将帅或军事家——吕望、曹刿、孙武、吴起、田忌、孙臆、韩信、李广、曹操、诸葛亮、周瑜、祖逖、拓跋焘、李世民、李存勖、狄青、岳飞、成吉思汗、朱元璋、戚继光、努尔哈赤、郑成功、毛泽东、朱德、彭德怀、刘伯承，亚历山大、汉尼拔、恺撒、古斯塔夫、苏沃洛夫、库图佐夫、克劳塞维茨、恩格斯、福煦、麦克阿瑟、朱可夫，等等等等，——这些灿若星辰的军事翘楚，又有哪一位天生就是将帅或军事家的呢？不论他们是出身官宦商贾之家，还是出身布衣贫民之室，也不论他们曾受训于著名军事院校，还是博古通今自学成才，更不论他们是文官还是武将或是文武兼备，他们都共同地经受了一定的军事理论和相关知识的熏陶、特别是经历了战争或军事实践的锤炼，于是才有了一个由低级军阶到高级军阶的发展进步历程。

那么，欲问未来军事家的成长和出现，会有什么例外吗？回答是：概莫





能外！“问渠哪得清如许，为有源头活水来。”要打造未来的军事家，只能是从“源头”也即从现在着手——学习军事理论、把握相关知识，并在战争或军事实践中增长才干、得以提高。我们的这一观点，或许会引来这样的质疑：在今天相对和平时期，没有实际的烽火硝烟的“战争熔炉”，未来军事家这一“钢铁”何以能够炼就？我们认为：没有别的更好的办法，如果不能直接地从战争中学习战争，那就只有间接地从前人的战争和他人的战争中学习战争。纵观历史，几乎没有哪一个伟大的统帅不曾认真地研读过前人的兵书战策；那些初出茅庐便脱颖而出显出治军才干的传奇人物，也都是因为他们善于借助间接经验的基石，从而为自己建造了战争艺术的金字塔。在人类战争史的长河中，我们的前人或他人所亲历的战争，总是以经验、理论或知识的形式得以传承，在这种传承过程中，前人或他人的东西总是被后人所学习、所扬弃、所超越！过去的、现在的东西，也总是被未来的所替代！

本着这一宗旨和理念，我们为潜在的、可能的未来军事家们，设计并编纂了一套军事理论和相关知识方面的图书，我们很是珍爱地将其取名为“未来军事家学识丛书”，目的就是要为我军年轻的士兵和基层军官，同时也为社会上那些有志青年和广大军事爱好者，提供一套可资学习、了解和借鉴的军事学识方面的书籍。

俗话说，“不想当将军的士兵，不是好士兵”。同理，不想成为军事家的军人或军事爱好者，也不是真正好的军人和爱好者。而要成为一名军事家，也许（仅仅是也许）存在着某种天赋，但绝对离不开后天的军事理论的学习和军事实践的锤炼。该套丛书，针对当代职业军人和广大军事爱好者的特点和兴趣，特别是针对这个群体中广大基层官兵、莘莘学子和社会青年的特点和兴趣，从中外军事历史、军事理论、军事科技、军事文化和战争实践或军事实践等等所汇聚的军事知识海洋中，萃取其精要和“管用”的知识，精心打造了一套军事知识与军事精神的文化大餐，倾力钜献，是以饕之。

该套丛书按相关军事学科和专有知识编成，共15种，包括：1.《兵书精要：军事实践的理性升华》；2.《将帅传略：铁马金戈的战争舞者》；3.《战史精粹：铁血凝成的悲壮乐章》；4.《指挥艺术：作战制胜的有效法宝》；5.《军事谋略：纵横捭阖的诡道秘策》；6.《军事科技：军事革命的开路先锋》；7.《武器装备：提升军力的重要因素》；8.《军事后勤：战争胜败的强力杠杆》；9.《国防建设：生存发展的安全保障》；10.《军事演习：近似实



战的综合训练》；11.《兵要地理：军事活动的天然舞台》；12.《军事制度：军队建设的基本法度》；13.《军事条约：管控兵争的协和约定》；14.《军事文化：文韬武略的历史积淀》；15.《军事檄文：激扬士气的精神号角》。

这套丛书的编纂，我们在坚持科学性、学术性、知识性的前提下，力争注入通俗性、可读性和趣味性的元素。每种图书，均抽取各军事学科和专有知识的基本内容，按一定的内在逻辑排序，并以图文并茂的形式、清新活泼的语言，夹叙夹议，娓娓陈述，同时附加言简意赅的学术性、导读性、总括性、按语性点评，以收画龙点睛之效。

需要说明的是，这套丛书的编纂过程，实际上也是我们每位参与者向前人和他人学习、借鉴、创新的过程。虽然我们已在每本书之后按学界的惯例注明了主要参考文献及其出处，以示我们对被参考者及其作品的尊重，但那还不足以表达我们对他们的感谢之情，在此，我们全体编者特向这些老师们表示深深的谢意，因为我们深知我们是站在老师们的肩膀上才得以成就这套丛书的。同时，这套丛书的编纂和出版，也得益于相关领导、专家、学者的宏观指导和具体建议，特别是得到了蓝天出版社金永吉社长、胡耀武副社长、陈学建编审等同志的大力指导，也得到了各书责任编辑认真的编辑加工，还有各书责任校对默默无闻的辛勤劳作。在此，我们也深深地向他们表示感谢。我们的真诚谢意既溢于言表，同时又深感无以言表。

现在，这套丛书承载着我们的编纂宗旨和理念，承载着各位编者的心血和汗水，承载着我们的前人和他人的辛勤和劳作，也承载着相关领导、专家、学者的嘱咐和希望，终于与读者朋友们见面了。亲爱的读者朋友们，你们是这套丛书的最终也是最高的评判者，我们全体编者一定恭听你们的宝贵意见，以使其更加完善，进而，更好地服务于全民国防观念的提升，更好地服务于高素质军事人才队伍的打造，更好地服务于当代革命军人战斗精神的培育，更好地服务于和谐社会、小康社会的建设。

付梓之际，是为总序。

丛书全体编者  
2011年2月

# 目 录



<b>第一章 军事航空航天技术</b> .....	<b>1</b>
空中加油技术：战机万里奔袭的动力 .....	1
超音速技术：战斗机突破音障 .....	4
主动控制技术：超级“眼镜蛇”动作的后盾 .....	7
垂直/短距起降技术：像直升机一样升降的战斗机 .....	10
起飞助动技术：战斗机的起飞跳板 .....	12
地形跟随与回避技术：复杂地形上空超低空飞行的领航员 .....	13
地效飞行技术：揭秘“里海怪物” .....	14
无人机技术：空战中“零伤亡”的神话 .....	16
飞行记录技术：认识战斗机的黑匣子 .....	19
敌我识别技术：防止自相残杀 .....	20
抗荷技术：飞行员的特制服装 .....	23
逃生技术：飞行员缘何炸不死 .....	25
轨道轰炸技术：真正能够全球到达的“轰炸机” .....	27
反卫星技术：卫星折翼 .....	28
导航技术：茫茫空间不再迷路 .....	32
空间站技术：太空军事“基地” .....	35
气象卫星技术：为“天神”脾性把脉 .....	37
航天测绘技术：传统军事地形测绘的颠覆 .....	40
导弹突防技术：导弹防御系统的崩溃 .....	42
动能拦截技术：弹道导弹新“杀手” .....	46
火箭技术：航天器升空的推手 .....	48
航天测控技术：飞行中的航天器任“人”摆布 .....	50
海上航天发射技术：漂浮的航天发射场 .....	53





<b>第二章 军事侦察监视技术</b> .....	<b>56</b>
照相侦察技术：太空“千里眼” .....	56
电子侦察技术：太空“顺风耳” .....	59
预警技术：太空“烽火台” .....	62
地面预警雷达技术：太过敏感的“龟甲” .....	64
激光探测技术：激光雷达独到之处.....	65
雷达规避技术：认识雷达的“盲区” .....	67
相控阵技术：雷达发展史上的里程碑.....	69
合成孔径技术：飞行器的“鹰眼” .....	72
雷达侦察技术：反雷达.....	75
水声探测技术：令“水下幽灵”现身 .....	77
红外侦察技术：现代“火眼金睛” .....	81
激光照相技术：激光也能照相.....	83
增强现实技术：潜艇“利眼” .....	84
传感器技术：陆战场上的“暗哨” .....	87
无源探测技术：F-117A 不败神话的破灭 .....	90
步兵夜视技术：士兵为黑夜而生的“鹰眼” .....	93
吊舱夜视技术：战机深夜中的“火眼金睛” .....	97
机载战术侦察技术：战斗机也能搞侦察.....	98
地下探测技术：探测地下工事的雷达 .....	100
无人侦察机技术：难以防范的“空中尖刀” .....	103
<b>第三章 军事通信技术</b> .....	<b>106</b>
超长波通信技术：与深海潜艇对话 .....	106
蓝绿激光通信技术：对潜通信新主力 .....	108
短波通信技术：现代战场中的“神行太保” .....	110
微波通信技术：现代通信的主力军 .....	113
超短波通信技术：“遥控”飞机 .....	115
软件无线电台技术：无线通信的革命 .....	118
宽带全球通信技术：揭秘“宽带全球通信卫星” .....	120
流星余迹突发通信技术：可以传话的流星 .....	122



有线通信技术：电磁战中的通信主力 .....	125
空间通信技术：“天籁”之音 .....	128
图像通信技术：图像缘何能够传播 .....	130
<b>第四章 精确制导技术 .....</b>	<b>134</b>
炸弹制导技术：轰炸的革命 .....	134
红外制导技术：空空导弹的引路者 .....	137
匹配制导技术：巡航导弹凭什么识路 .....	141
增程技术：防区外发射 .....	142
有线制导技术：拖着长长尾巴的导弹 .....	147
卫星导航技术：为导弹引路 .....	149
惯导技术：不怕干扰的导弹 .....	151
<b>第五章 电子对抗技术 .....</b>	<b>154</b>
烟幕干扰技术：战场的有效屏障 .....	154
GPS 干扰技术：精确定位不准了 .....	156
反辐射导弹技术：雷达的“克星” .....	159
抗反辐射技术：阻击反辐射导弹 .....	163
高功率微波技术：不怕反辐射导弹的雷达 .....	166
电磁脉冲技术：电子设备“终结者” .....	167
反隐形技术：隐形飞机的冤家对头 .....	170
迷彩伪装技术：特战队员画花脸不是为了扮酷 .....	172
舰艇隐身技术：“看不见”的舰艇 .....	174
红外隐身技术：现代战场存活术 .....	176
全息雷达检测技术：呵护隐形飞机 .....	179
等离子体技术：飞机隐身新招法 .....	180
遥感技术：地（水）雷的神经 .....	182
人体隐形技术：战场“隐身衣” .....	185
激光通信技术：更安全的通信 .....	187
光电子干扰技术：光电设备杀手 .....	189
水声干扰技术：搅乱海底 .....	192
电子干扰技术：扰乱电磁波 .....	194





网络对抗技术：网络空间展开的较量 .....	197
计算机病毒技术：此病毒非彼病毒 .....	201
“黑客”技术：网络战中的特种部队 .....	205
通信干扰弹技术：电子对抗中的利器 .....	207
<b>第六章 军事核生化技术 .....</b>	<b>210</b>
激光核聚变技术：干净的氢弹 .....	210
原子弹技术：探解蘑菇云的形成 .....	211
炮射原子弹技术：消失的另类 .....	213
原子弹小型化技术：警惕原子武器的实战化 .....	216
疾病传播技术：惨无人道的生物武器 .....	219
现代生物技术：引领武器装备大变革 .....	221
遗传工程技术：催生基因武器 .....	224
化工技术：合法的化学武器 .....	226
防生化等离子体技术：彻底摧毁生化战剂 .....	230
<b>第七章 军事工程技术 .....</b>	<b>232</b>
红外伪装工程技术：红外侦察也无可奈何 .....	232
植被伪装技术：千方百计融入大自然 .....	234
防弹遮弹技术：摧不垮的工事 .....	236
火箭爆破技术：扫雷破障急先锋 .....	239
扫雷新技术：各显神通 .....	241
<b>第八章 军事新概念技术 .....</b>	<b>245</b>
高功率微波技术：全能的高功率微波 .....	245
激光武器技术：战争中的新锐 .....	247
激光测量技术：无形尺子 .....	250
仿生技术：展示生物特性与功能的“杀手” .....	254
动能技术：极速杀手 .....	257
<b>第九章 军事新材料技术 .....</b>	<b>261</b>
纳米材料技术：新材料革命的领军者 .....	261
隐身材料技术：让雷达波有去无回 .....	264
超导技术：揭秘超导材料 .....	267

军事纺织技术：特种军服 .....	270
冲击波防护材料技术：防雷防爆战斗军靴 .....	273
<b>第十章 其他军事技术 .....</b>	<b>277</b>
金属风暴技术：火力革命领军者 .....	277
智能技术：神奇的物质 .....	281
超空泡技术：高速鱼雷的诞生 .....	285
气象武器技术：战争中的“呼风唤雨”术 .....	289
弹头侵彻技术：动于九地之下 .....	293
拐弯射击武器技术：城市巷战隐蔽杀手 .....	298
综合集成技术：打造未来士兵系统 .....	301
拦截技术：导弹能打导弹 .....	305
<b>参考文献 .....</b>	<b>310</b>



# 第一章 军事航空航天技术

## 空中加油技术：战机万里奔袭的动力

1986年，美军的F-111E机群，先后经过6次空中加油，绕道大西洋，往返11000公里，历时16小时，完成了空袭利比亚的作战任务，使人们真正见识到了美军“无远不达”、“全球作战”的能力。空中加油机及相关技术一下子引起了全世界人们的关注。

那么空中加油技术的发展起源是什么呢？殊不知，空中加油技术起源于一次近乎疯狂的冒险行动。1921年一天，美国人威利·梅伊把一个装有5加仑航空汽油的罐子绑在背上，从一架飞行中的“林肯”型飞机的机翼上，爬到另一架飞行中的“珍妮”JN-24飞机的机翼上，并移动到机身的发动机旁，将油罐中的航空汽油倒进发动机的燃料箱里，从而成功地完成了世界上第一次空中加油，开始了人类对空中加油技术的开发。当然，这一次空中加油还不算是真正意义上的空中加油，但毕竟是开启了空中加油的时代，随后的1923年，美国陆军的一架单引擎DH-4B飞机，在飞行中由另一架同型飞机，用人工操作，以软管自流的方式进行两次加油，这才是人类历史上真正意义上的空中加油。20世纪30~40年代，英、美先后研制成插头锥套式加油设备。40年代末，美国研制成伸缩式加油设备。装有这种设备的加油机都是在第二次世界大战后，才大量装备部队的。

空中加油技术一经产生，便迅速在实战中得到了广泛的应用，并取得了不菲的战绩。上面所提及的美军空袭利比亚就是个典型的空中加油技术应用，另外，在越南战争、海湾战争、科索沃战争中空中加油技术也获得了广泛的应用。其中越南战争是实战中大规模实施空中加油的开端，从战争爆发到停战的9年零2个月时间内，美军的172架KC-135加油机共起飞194687架次，进行空中加油813878次，共加燃油410万吨；海湾战争是近些年来实施空中加油最多的一次战争行动，整个战争期间，仅美军就投入加油机308架，共

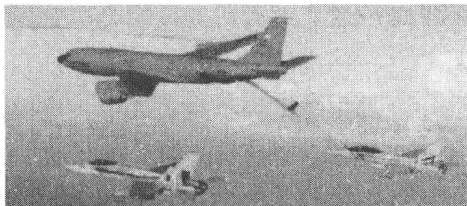




完成了5.1万次空中加油任务；科索沃战争中，北约出动240架空中加油机，共实施了1.4万次空中加油，美国的B-2轰炸机由其本土起飞实施30多个小时的远程奔袭完全倚仗的就是空中加油。

那么，空中加油是怎么实现的呢？空中加油通常由运输机或轰炸机加装空中加油设备改装而成的。空中加油机的加油设备装在机身尾部或机翼下的吊舱内，由飞行员或加油员操纵。储油箱则分组安装在机身、机翼内。加油设备主要有插头锥套式和伸缩管式两种。有的空中加油机在伸缩管的末端加装软管锥套系统。插头锥套加油设备，又称软管加油系统，主要由输油软管卷盘装置、压力供油机构和电控指示装置等组成，软管长度视机型而定，一般为16~30米，软管末端有锥套，其外形呈伞状，内有加油接头。受油机的受油管（口）装在机头或机身背部。进行空中加油时，加油机在受油机的前上方飞行，由飞行员或加油员打开输油管卷盘的锁定机构，伸出锥套，锥套受气流作用而展开，将输油软管拖出。与此同时，受油机飞行员调整飞行速度、航向和高度，待受油管插进锥套内时，油路自动接通，开始加油。插头锥套式设备，在一架加油机上可装数套，能同时给几架飞机加油。伸缩管式加油设备，又称硬管加油系统。主要由伸缩管、压力加油机构和电控指示监控装置组成。伸缩管包括主管和套管，主管外壁装有升降索和稳定舵。伸缩管式加油设备一般装在加油机机身尾部下方。空中加油时，加油机利用升降索放下伸缩管，稳定舵在气流作用下，将伸缩管沿垂直方向和水平方向稳定在一定的空间范围内，套管从主管内伸出。与此同时，受油机占好有利位置，完成对接，开始加油。这种设备对受油机保持规定位置要求较低，但同一时间内只能给一架飞机加油。装伸缩管式加油设备的加油机，也可在机翼下加装软管加油系统吊舱。

空中加油是一个复杂的过程，加油的程序一般有四个阶段。（1）会合。空中加油机与受油机的会合有四种方式。一是同航线会合，就是加油机和受油机在同一航线上的某处进行会合；二是定时会合，要求加油机和受油机定出加油协调要求和特定会合时间，按时在指定空域



空中加油机为飞行中的战机加油

会合；三是对飞会合，就是两架飞机正面飞行，相互靠拢，然后受油机按加油机前进方向作 $180^{\circ}$ 转弯，把航向转到加油机方向，并在前方约5千米处做好加油准备；四是待机会合，就是由空中预警机与加油机、受油机进行通信联络，向加油机发出航向和速度指令，同时引导受油机与加油机会合，直到受油机飞行员能用雷达或目视发现加油机为止，然后，受油机再进入受油位置，无论采用何种方式，受油机均应比加油机高度低60米。

(2) 对接。对接是空中加油的关键环节，必须严格按照技术要求和操作程序进行。受油机带弹时，应采取严格的安全措施。受油机带有射击武器时，更要注意安全，除加油和通话开关外，飞行员不得触及其他电子开关。

(3) 加油。加油时装在吊舱内的燃油泵将加油箱内的燃油经输油管输往受油机机箱，加油机上的加油控制板能随时将输出的油量及加油压力和其他加油附件的工作情况显示出来。受油机上各油箱的附件情况也在一定位置上显示出来。加油时受油机与加油机的高度、速度和相对位置都必须严格保持不变。当受油机加进一部分燃油后，飞机重量就会增加，而加油机重量又会减轻，两机必须随时调整飞行的速度和姿态，以保证顺利实施加油。

(4) 分离。分离是空中加油的最后一个程序，受油机受油完毕后，各油箱加油开关自动关闭，加油结束信号灯亮，受油机减速脱离退出加油。加油机由于加油管中燃油停止流动，这时吊舱的相应机构控制油泵停止工作，并在座舱的加油控制板上显示，由传动机构收回加油管。

经过近90年的研究和实践，空中加油技术日益成熟与完善，应用范围也越来越广泛。空中加油机从活塞式飞机发展到涡轮螺旋桨飞机，继而发展为喷气式飞机；加油机供油量从数千升增加到10万多升。受油机遍及歼击机、攻击机、轰炸机、预警机、巡逻机、运输机、侦察机和直升机等机种。目前，世界上有20多个国家拥有空中加油机，共装备10余种型号的加油机1000余架，装有受油装置的飞机约11000多架。目前，典型的空中加油机有美国的KC-130、KC-135、KC-10A，英国的VC-10和俄罗斯的“伊尔-76”等。这些加油机在21世纪初仍将发挥重要作用。同时，美、英、法、俄等国不断利用技术优势，开展多边、多国合作，集中力量研制新型加油机。



【点评】空中加油技术，有效地增大了飞机的航程、作战半径，延长了留空时间、大大提高了航空兵的远程作战能力，已经成为战略型空军的主要标志。

### 超音速技术：战斗机突破音障

1947年，美国空军试飞员查尔斯·爱尔伍德·耶格尔驾驶一架美国贝尔XS-1型火箭发动机飞机，进行了第一次超音速飞行，飞行速度达到1078.23公里/小时。美国目前第五代战机F/A-22巡航速度达到了1.78马赫，最大飞行速度更是达到了2.1马赫。飞机为什么会飞得这么快呢？其背后的支撑实际上是飞机推进技术和气动力布局技术。

传统的战斗机，也就是以活塞式发动机为动力的战斗机，通过螺旋桨产生推力的飞机，当速度达到750公里/小时后，要想进一步提高速度是不可能的。难题就是遇到了音障。音障就是物体运动达到音速时，会在运动方向上产生激波，激波会使飞行物体的气动力特性发生变化，成为飞行的新的阻力。要想使飞机的飞行速度有更大的提高，达到音速和超音速，首先就要突破活塞式发动机和螺旋桨的极限，突破音障的要求。喷气式发动机应运而生，使得飞机的发展进入喷气式时代。喷气发动机以燃气的高速喷射为飞机的飞行提供动力。与旧的推进装置相比，喷气发动机不仅结构简单，而且效率更高。它省略了活塞式发动机必不可少的众多汽缸和活塞，也省略了复杂的传动装置，减少了能量转换过程中的环节，减少了能量的损耗，比旧的推进装置有着更大的推重比。使用喷气发动机后，不再需要螺旋桨，也就从根本上克服了螺旋桨推进达到音速时碰到的激波问题，从此，笨重的螺旋桨开始从飞机动力装置上逐步被淘汰，飞机发展到今天，除了极少量特殊用途的飞机外，已经见不到用螺旋桨推进的飞机了。

喷气发动机有两大类，一类是空气喷气发动机，一类是火箭喷气发动机。这两类发动机的工作原理相同，都是通过喷射燃气产生推力。德国在第二次世界大战后期，曾在飞机上使用过这两类发动机。它们各有特点，空气喷气发动机工作时离不开氧，要借助于大气，其工作时间较长；火箭喷气发动机工作时不需要氧，可以在空气稀薄的高空工作，但其工作时间较短。直到今天，飞机仍然使用的是这两类发动机，只是性能不断得到改进和提高。1939

年，德国的 He178 飞机试飞成功。成为世界上第一架喷气式飞机。1945 年，装有两台喷气发动机的英国“流星”式飞机的飞行速度达到 976 公里/小时，创造了当时的世界纪录。1950 年，在朝鲜战争中，美国的 F-86A“佩刀”式飞机与苏联的米格-15 飞机，进行了人类历史上的首次喷气式飞机之间的空战。

同时，为突破音障，还需要不断改进飞机旧的气动力布局，改变飞机旧的机翼外形。机翼是飞机的主要部件，其基本功能是使飞机获得飞行所必需的升力。早期的机翼是平直机翼，机翼的前缘与机身的纵轴几乎呈垂直状态。1945 年，英国研制了一种安装了当时最先进的喷气发动机的飞机，其平飞速度达到 976 公里/小时，从高空俯冲时达到 1120 公里/小时，接近音速。但没过多久，两架飞机先后在空中解体。研究后发现，当飞机飞行速度接近音速时，在机翼上会产生激波，使机翼上的空气压力发生变化，气流变得非常紊乱，致使飞机抖动，出现诸如机翼下沉、机头向下栽或在爬高时自动上仰等症状，使得飞机难以控制，当飞机不受操纵地作自动俯冲时，俯冲增速形成的负载，超过飞机所能承受的强度，从而使飞机解体。机翼上产生激波后，飞机的阻力也会急剧增加。仅靠发动机的改进，不能消除激波，也很难使飞机突破音速，要克服音障，还必须改进机翼。进入喷气式时代以后，为了适应突破音障的需要，机翼经历了从平直翼到后掠翼又到三角翼再到可变翼的发展过程。

后掠翼。机翼的前缘与飞机的纵轴线形成小于 90 度的夹角，整个机翼向后倾斜，使飞机看起来像只飞行的燕子，且后掠角超过 25 度。25 度是后掠翼与平直翼的区别拐点。后掠翼能有效延缓翼面局部音速气流的产生，减小飞行阻力的作用。飞行阻力作用于后掠机翼时会被分解。第二次世界大战期间，德国在后掠翼的研究方面就已经取得相当成就。德国战败后，这方面的材料为苏联所获，1947 年，他们将后掠翼技术用在了米格-15 上，随后，美国也在 F-86“佩刀”式上使用了后掠翼技术，使它们的飞行速度均达到了 1050 公里/小时左右。

三角翼。随着飞行速度的不断提高，机翼的后掠角也不断增大，当机翼后掠角增大到 55~60 度时，后掠翼便演变成了三角翼，也就是机翼前缘为大后掠角，后缘基本平直的机翼。三角翼的出现，满足了飞行速度从亚音速到





超音速的发展需要。其气动力方面的优势是当飞行速度从亚音速过渡到超音速时，机翼的压力中心变化较小，超音速飞行的阻力也较小，有利于超音速飞行。在结构方面，由于三角翼的根弦较长，与后掠翼相比，在相对厚度相同的条件下，三角翼根部的绝对厚度较大，对结构受力和内部空间的利用比较有利。机翼与机身通常采用多点连接的方式，以起到加强的作用。苏联的米格-21、美国的 F-4 和中国的歼-8 II 都是三角翼飞机。

可变翼。机翼的后掠角可以调整变化，与不变翼相区别。适应提高飞行速度，减小飞行阻力的需要，机翼的后掠角越来越大，但其升力却越来越小，起飞时往往要滑行很长的距离才能离地。满足了高速飞行的需要，但却使低速的飞行性能越来越差。为了使超音速飞机的高速性能和低速性能能够得到兼顾，产生了可变翼技术。机翼掠角可以根据高速飞行和低速飞行的不同需要而加以调整。高速飞行时，使用大后掠角，这时飞机的阻力小，加速性能好，抗阵风能力强；低速飞行或者起降时，使用小后掠角，机翼展弦比大，飞机的续航时间长，经济性好，升力大，起降安全。可变翼技术从 20 世纪 40 年代开始研究，其机理并不复杂，关键是要有一套安全可靠的传动机构。直到 20 世纪 60 年代后，该技术才开始走向成熟，并逐步在军用飞机上被采用。自从 1964 年世界上第一架实用的可变翼飞机 F-111 出现以后，先后有 10 多种可变后掠翼飞机相继问世，如 F-14、米格-23、苏-24 和“狂风”等。

当前，在三角翼的基础上还出现了机身融合的设计趋向。机身一体化使得飞机从外形上看，已经没有了传统的机身机翼之分。这种设计思想适应了飞行速度更快（达到音速的 3 倍）、隐形、扩大飞机的可利用空间等新的需要。美国 20 世纪 60 年代研制成功的 RS-71 高空超音速侦察机就开始采用机身融合技术，F-16 也从机身融合技术中得到益处，近年来出现的 F-117 隐形飞机已和传统的飞机外形大不相同，而 A-12 舰载攻击机看起来已经完全没有了机身，成为一个三角机翼，从而被称为“飞翼”式飞机了。由于推进技术的革命、机翼气动力学研究和改进，飞行速度终于突破了音障。

【点评】超音速技术，可以使现代战机迅速接近目标，攻击后迅速脱离，可以把敌机拦截在更远的空域，还可以对敌实施多次攻击，就连一般的防空导弹对其也是“撵不上”。