



我们只解答不一般的问题
讲述军事科技的真相

别告诉我 你懂军事

《深度军事》编委会◎编著



战 机 篇

清华大学出版社





别告诉我 你懂军事

《深度军事》编委会◎编著



（**战机篇**）

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书采用问答的形式对战机的相关知识进行讲解，书中精心收录了读者广为关注的百余个热门问题，涵盖战机构造、机载武器、动力装置、电子设备、作战战术、后勤保障等多个方面，对每个问题都进行了专业、准确和细致的解答。为了帮助读者理解复杂的军事知识，并增强图书的趣味性和观赏性，书中还配有丰富而精美的示意图和鉴赏图以及生动有趣的小知识。

本书内容结构严谨，分析讲解透彻，图片精美丰富，适合广大军事爱好者阅读和收藏，也可以作为青少年的科普读物。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

别告诉我你懂军事·战机篇 / 《深度军事》编委会编著. —北京：清华大学出版社，2019
(新军迷系列丛书)

ISBN 978-7-302-51567-8

I . ①别… II . ①深… III . ①军用飞机—图解 IV . ①E92-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第257178号

责任编辑：李玉萍

封面设计：李 坤

责任校对：张彦彬

责任印制：丛怀宇

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>，<http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦A座 邮 编：100084

社总机：010-62770175 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：北京亿浓世纪彩色印刷有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：146mm×210mm 印 张：9.75 字 数：218千字

版 次：2019年1月第1版 印 次：2019年1月第1次印刷

定 价：49.80元

产品编号：079147-01

前言

1903年12月17日，美国莱特兄弟首次试飞了完全受控、依靠自身动力、机身比空气重、持续滞空不落地的飞机，也就是世界上第一架飞机“飞行者一号”。这架飞机就像一把神奇的钥匙，打开了新时代的大门，人类的交通、经济、生产和日常生活迎来了巨大的改变。

时至今日，飞机已经成为现代文明不可缺少的运载工具。错综复杂的空中航线把世界各国连接起来，为人们提供了既方便又迅速的客运条件。对于现代人来说，早晨还在北京，下午已毫无倦意地出现在千里之外的另一座城市，这已经是非常简单的事了。然而，习惯并不意味着了解，飞机是高技术含量的产物，飞机的设计和制造都有着常人难以想象的困难，尤其是飞机中的佼佼者——战机。

战机是军用作战飞机的统称，它们是空军的主要作战装备，也是一个国家航空工业实力的重要体现。各类战机使战争由平面发展到立体空间，对战略战术和军队组成等产生了重大影响。对于普通人来说，战机是强大而神秘的军事装备，很少有机会能一睹真容，但这并不能阻止许多人对战机产生浓厚的兴趣。复合材料主要用在军用飞机的哪些部位？战斗机的轮胎与汽车轮胎有何区别？水上飞机淡出军事舞台的原因是什么？军用飞机是否会像民航飞机一样安装“黑匣子”？世界各国空军如何处理退役飞机？许多人都曾有过这样一些疑惑，却无从获得解答。

针对这种情况，本书特意采用问答的形式对战机的相关知识进行讲解，书中精心收录了读者广为关注的百余个热门问题，涵盖战机构造、机载武器、动力装置、电子设备、作战战术、后勤保障等多个方面，每

个问题都进行了专业、准确和细致的解答。为了帮助读者理解复杂的军事知识，并增强图书的趣味性和观赏性，书中还配有丰富而精美的示意图和鉴赏图，以及生动有趣的小知识。

本书是真正面向军事爱好者的基础图书，特别适合作为广大军事爱好者的参考资料和青少年朋友的入门读物。全书由资深军事团队编写，力求内容的全面性、趣味性和观赏性。本书由《深度军事》编委会创作，参与本书编写的人员有阳晓瑜、陈利华、高丽秋、龚川、何海涛、贺强、胡姝婷、黄启华、黎安芝、黎琪、黎绍文、卢刚、罗于华等。对于广大资深军事爱好者，以及有意了解国防军事知识的青少年，本书不失为最有价值的科普读物。希望读者朋友们能够通过阅读本书，循序渐进地提高自己的军事素养。



目录

Port01 理论篇 1

- NO.1 复合材料是不是衡量军用飞机先进性的重要标志? ...2
- NO.2 复合材料主要用在军用飞机的哪些部位?5
- NO.3 军用飞机如何调节座舱温度?7
- NO.4 军用飞机如何为机载设备供电?11
- NO.5 现役垂直起降战斗机很少的原因是什么? 15
- NO.6 军用飞机的起落架有哪些类型? 19
- NO.7 后三点式起落架在喷气时代被淘汰的原因是什么? 22
- NO.8 战斗机的轮胎与汽车轮胎有何区别? 26
- NO.9 军用飞机使用的喷气式发动机有哪些类型? 28
- NO.10 军用飞机不使用核动力的原因是什么? 31
- NO.11 军用飞机如何防范雷电伤害? 34
- NO.12 军用飞机在冬季如何进行除防冰作业? 37
- NO.13 航天飞机返回地球需要克服哪些技术难题? 40
- NO.14 航天飞机需要配备运输机的原因是什么? 43
- NO.15 研发高超音速飞机需要克服哪些技术难题? 46
- NO.16 水上飞机淡出军事舞台的原因是什么? 49

NO.17	喷气式战斗机的分代标准是什么？	52
NO.18	玻璃座舱如何提升战斗机的作战效率？	56
NO.19	制造战斗机座舱盖的原材料是不是玻璃？	59
NO.20	没有雨刮器的战斗机如何清除座舱盖的雨雾？	63
NO.21	头盔显示器与头盔瞄准器相比有何优点？	66
NO.22	军用飞机的弹射座椅能不能完全保证飞行员的安全？	69
NO.23	电传操纵系统与机械操纵系统相比有何优势？	71
NO.24	军用飞机是否会像民航飞机一样安装“黑匣子”？ ..	74
NO.25	喷气式飞机的进气道有哪些类型？	77
NO.26	可变后掠翼战斗机越来越少的原因是什么？	80
NO.27	战斗机采用鸭式布局有何利弊？	83
NO.28	无尾三角翼飞机在作战性能上有何优势？	85
NO.29	上单翼飞机和下单翼飞机有何区别？	88
NO.30	双座战机串列布局与并列布局有何区别？	91
NO.31	战斗机有没有必要配备登机梯？	93
NO.32	战机如何通过外形设计减少雷达反射截面积？	95
NO.33	战机使用的雷达隐身材料有哪些类型？	99
NO.34	战机如何实现红外隐身？	103
NO.35	战机如何实现可见光隐身？	105
NO.36	锯齿形尾喷管如何提高战机的隐身性能？	107
NO.37	隐身战斗机的内置弹仓有何设计难点？	110
NO.38	现代战斗机的涂装颜色有何讲究？	112

NO.39	战斗机发动机比轰炸机发动机更难制造的原因是什么?	115
NO.40	变循环发动机与传统涡扇发动机相比有何优势?	118
NO.41	单发战斗机与双发战斗机有何区别?	119
NO.42	双发战斗机极少将发动机上下排列的原因是什么? ..	122
NO.43	战斗机的超音速巡航能力有何作用?	124
NO.44	现代战斗机可以携带多少燃油?	127
NO.45	战斗机的保形油箱与常规副油箱相比有何优点?	131
NO.46	战机的油箱如何实现安全防爆?	134
NO.47	美国允许出口 F-35 却禁止出口 F-22 的原因是什么? ..	137
NO.48	同样用于对地作战的攻击机和战斗轰炸机有何区别? ..	139
NO.49	美国 B-52 “同温层堡垒” 战略轰炸机长盛不衰的原因.. 是什么?	142
NO.50	美国 B-2 “幽灵” 隐身战略轰炸机有何先进之处? ..	145
NO.51	侦察卫星能不能完全取代有人侦察机的功能?	148
NO.52	研发大型军用运输机需要克服哪些技术难题?	151
NO.53	军用运输机大多采用 T 形尾翼的原因是什么?	154
NO.54	倾转旋翼机与传统飞行器相比有何优势?	156
NO.55	研发空中预警机需要克服哪些技术难题?	160
NO.56	陆基预警机和舰载预警机有何区别?	164
NO.57	陆基预警机载机大多选择民航客机而不是军用运输机.. 的原因是什么?	166
NO.58	双旋翼直升机与单旋翼带尾桨直升机有何区别?	169

NO.59	军用无人机有哪些发射方式?	173
NO.60	军用无人机如何实现远距离遥控?	176
NO.61	军用无人机有哪些回收方式?	179
NO.62	战斗机无人化需要克服哪些技术难题?	182
NO.63	地效飞行器迟迟未能大范围应用的原因是什么?	186
NO.64	世界各国空军如何处理退役飞机?	190

Port02 实战篇 193

NO.65	战机带弹着陆或着舰有何风险?	194
NO.66	拥有超视距攻击武器的战斗机安装机炮有何作用?	197
NO.67	战斗机不能加装武器攻击来袭导弹的原因是什么?	200
NO.68	战斗机只向前方而不向后方发射导弹的原因是什么?	203
NO.69	战斗机如何利用干扰弹摆脱导弹的攻击?	205
NO.70	战斗机能够倒飞的原因是什么?	208
NO.71	现代化战斗机撞上飞鸟的后果有多严重?	211
NO.72	战斗机编队飞行有何实际意义?	213
NO.73	战斗机双机编队中长机和僚机有何区别?	216
NO.74	战斗机的过失速机动在实战中有何作用?	218
NO.75	战斗机实行高低搭配的原因是什么?	221
NO.76	美国 A-10 “雷电 II” 攻击机被称为“坦克杀手”的原.. 因是什么?	226
NO.77	美国 AC-130 空中炮艇在现代战争中有多大作用?	228
NO.78	现代战争中战略轰炸机还有没有存在的必要?	231

NO.79	国际组织呼吁禁止使用集束炸弹的原因是什么？	234
NO.80	战略轰炸机携带的核弹在太空爆炸有何后果？	237
NO.81	美国“炸弹之母”和俄罗斯“炸弹之父”的威力有多大？	239
NO.82	地毯式轰炸战术在强调精确制导的现代战争中是否已 .. 经过时？	242
NO.83	美国 SR-71 “黑鸟” 侦察机如何解决持续超音速飞行... 时的高温问题？	245
NO.84	大型军用运输机在现代化战争中有何作用？	248
NO.85	军用运输机如何进行空投作业？	250
NO.86	美国最新一代倾转旋翼机 V-280 有何先进之处？	253
NO.87	预警机如何探测隐身战斗机？	256
NO.88	空中加油机如何为飞行中的飞机加油？	258
NO.89	军用飞机空中放油的原因是什么？	261
NO.90	电子战飞机如何执行电子战任务？	264
NO.91	反潜巡逻机如何执行反潜任务？	268
NO.92	军用教练机能不能参加实战？	271
NO.93	美国总统专机“空军一号”有何特别之处？	274
NO.94	飞行速度相对较慢的武装直升机在喷气机时代有何作用？	277
NO.95	直升机在反潜作战中有何优势？	280
NO.96	经常低空飞行的武装直升机如何提高生存能力？	282
NO.97	武装直升机是否具备击落战斗机的能力？	285

NO.98	美国 UH-60 “黑鹰” 直升机不爱装舱门的原因是什么？	288
NO.99	美国和俄罗斯的直升机飞行员救生系统有何区别？ ...	290
NO.100	军用无人机如何提高生存能力？	293
NO.101	美国 RQ-4 “全球鹰” 无人机如何执行侦察任务？	295
NO.102	无人机 “蜂群” 战术需要使用哪些先进技术？	298



Part 01

理论篇



战机是直接参加战斗、保障战斗行动和军事训练的飞机的总称，是航空兵的主要技术装备。主要包括：战斗机、攻击机、轰炸机、战斗轰炸机、侦察机、预警机、反潜巡逻机、电子作战飞机、运输机、空中加油机、教练机、武装直升机、无人机等。战机大量用于作战，使战争由平面发展到立体空间，对战略战术和军队组成等产生了重大影响。

本章精心挑选了军事论坛、贴吧、社区、公众号等平台上的数十个涉及战机设计和制造的热门问题，这些问题的关注度极高，相关知识较为复杂，其中不乏一些脑洞大开、争议较大的问题。本章针对这些焦点问题进行了专业、准确和细致的解答，以客观的态度、权威的资料来解决争议，为军事爱好者释疑解惑。

NO.1 复合材料是不是衡量军用飞机先进性的重要标志？

复合材料（Composite Materials）是由两种或两种以上不同性能、不同形态的材料，通过复合工艺组合而成的新型材料。复合材料既能保持原材料的主要性能，又能通过复合效应与协同效应获得单一原材料不具备的性能，克服单一材料的缺点，从而满足各种不同的需求。

复合材料的分类

复合材料包含基体（Matrix）和增强材料（Reinforcement）两个部分。基体材料主要起到包裹、支撑和保护增强材料的作用；增强材料是复合材料的关键，分布在基体材料中起到提高增强基体材料性能的作用，如提高强度、韧度及耐热性等，增强材料与基体间存在明显不同。

复合材料可以根据基体材料类别、增强材料形态、复合材料功能的不同进行分类。按基体材料类别，复合材料可分为金属基、有机非金属基与无机非金属基，如树脂基、铝基、钛基复合材料等；按增强材料形态，复合材料可分为纤维增强、颗粒增强、短纤维增强、片状增强等，如纳米碳管、碳纤维复合材料等；按材料功能，复合材料可分为结构复合材料、功能复合材料及智能复合材料，如导电复合材料、光导纤维、形状记忆合金等。

目前，复合材料正成为各类航空以及国防装备的关键材料，其用量已成为衡量军用装备先进性的重要标志。美国国防部在 2025 年国防材料发展预测中提到，只有复合材料能够将耐高温、高强度、高模量的指标在现有基础上同时提高 25% 以上。

复合材料的特点

复合材料之所以能发挥如此重要的作用，主要是因为它具有以下突出特点。

第一，各向异性和材料可设计性。这是复合材料最大的特点。复合材料的性能取决于基体、增强体和其含量、铺设方式。复合材料的力学性能及热、光、防腐、抗老化等性能都可以按照使用要求和环境条件，通过组分材料的选择和匹配以及界面控制等手段，对复合材料进行合理的设计，可用最少的材料满足设计要求，有效地发挥材料的作用。

第二，整体成型。复合材料的构件与材料是同时形成的，具有复合材料的组分材料在复合的同时也形成了结构，一般不再对复合材料进行加工。因此复合材料的整体性好，可大幅度减少零部件和连接件数量，降低成本、缩短加工周期、提高可靠性。

第三，比强度、比模量高。飞机结构上主要使用的复合材料以碳纤维树脂基复合材料为主，它具有很高的比强度和比模量。比强度和比模量是材料强度和弹性模量与密度的比值，比强度和比模量是真正体现材料性能优劣的参数，意味着较少的材料能承受更高的载荷。先进的复合材料比强度可以高出铝合金 6 ~ 10 倍，比模量高出 4 倍，先进复合材料的应用能大幅降低飞机的结构重量。

作为一项新兴的材料技术，复合材料首先在军用飞机上得到应用。复合材料的发展对航空装备的发展有着重要意义。军用飞机性能一半取决于设计，另一半取决于材料。材料的优劣对速度、高度、航程、机动性、隐



采用了少量复合材料的美国空军 F-16 “战隼” 战斗机

身性、服役寿命、安全可靠、可维修性等性能具有重大影响。据统计，飞机减重中有 70% 是由航空材料技术进步贡献的。



法国空军“幻影 2000”战斗机使用的复合材料比例为 7% 左右



瑞典空军 JAS 39“鹰狮”战斗机的机体有 25% 由碳纤维复合材料制成



NO.2 复合材料主要用在军用飞机的哪些部位？

自飞机诞生以来，其材料结构先后经历了四个发展阶段，复合材料的广泛使用使其正在迈入第五阶段。这五个阶段为：第一阶段（1903 ~ 1919年），木、布结构；第二阶段（1920 ~ 1949年），铝、钢结构；第三阶段（1950 ~ 1969年），铝、钛、钢结构；第四阶段（1970 ~ 21世纪初），铝、钛、钢、复合材料结构（以铝为主）；第五阶段（21世纪初至今）：复合材料、铝、钛、钢结构（以复合材料为主）。

20世纪60年代，玻璃纤维增强复合材料首先开始应用于飞机的整流罩、襟副翼中。此时，复合材料力学性能还相对较低，应用复合材料制造的飞机零部件尺寸小、受力水平小。20世纪60年代后期，碳纤维/环氧树脂复合材料开始应用于飞机结构上。例如，美国F-14“雄猫”战斗机于1971年开始将碳纤维增强环氧树脂复合材料应用在平尾上。



F-14“雄猫”战斗机机体结构中有20%复合材料

20世纪70年代中期，诞生了以碳纤维为增强体的高性能复合材料，开启了复合材料在军用飞机上的大规模应用。碳纤维增强复合材料具有卓越高比强度、高比模量、耐腐蚀、耐疲劳性能，非常适合航空装备需求。军用飞机的垂尾、平尾等受力较大、尺寸较大的部件开始逐步使用碳纤维增强复合材料，如F-15“鹰”式战斗机（美国）、F-16“战隼”战斗机（美国）、F/A-18“大黄蜂”战斗/攻击机（美国）、米格-29“支点”战斗机（苏联）、“幻影2000”战斗机（法国）等军用飞机的复合材料尾翼、垂尾。从20世纪70



年代至今，欧美国家的军用飞机尾翼已经全部采用复合材料。采用复合材料的平尾、垂尾一般占飞机全部结构重量的5%~7%。



F-15“鹰”式战斗机



米格-29“支点”战斗机

在尾翼进入复合材料时代后，复合材料的应用开始向军用飞机的机翼、机身等结构受力大、尺寸大的主要构件发展。1976年，美国麦克唐纳·道格拉斯公司率先研制了F/A-18“大黄蜂”战斗/攻击机的复合材料机翼，并于1983年正式服役，把复合材料用量提高到13%。此后，各国所研制的军用飞机的机翼也几乎全部采用了复合材料，如AV-8B“海鹞II”攻击机（美国）、B-2“幽灵”轰炸机（美国）、F-22“猛禽”战斗机（美国）、F/A-18E/F“超级大黄蜂”战斗/攻击机（美国）、F-35“闪电II”战斗机（美国）、“阵