

中航证券金融研究所
 分析师：李欣
 证券执业证书号：S0640515070001
 研究助理：魏永
 证券执业证书号：S0640116080051
 邮箱：weiy1@avicsec.com

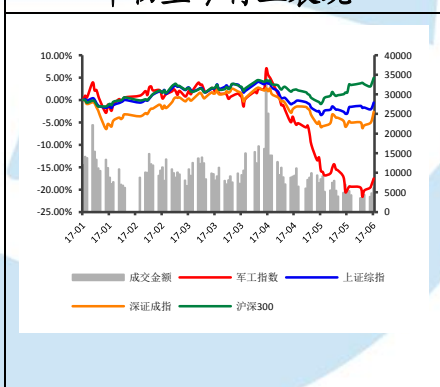
军用飞机产业链深度报告： 作战类飞机加速列装，支援类飞机补偿发展

行业分类：国防军工

2017 年 06 月 07 日

| | |
|-----------|---------|
| 行业投资评级 | 中性 |
| 中航军工指数 | 1225.94 |
| 2017 年涨跌幅 | -16.78% |
| 基础数据 | |
| 上证指数 | 0.14% |
| 深证成指 | -1.49% |
| 沪深 300 | 5.73% |
| 创业板指 | -8.32% |
| PE | 77.03 |
| PB | 3.16 |
| ROE (%) | 2.68 |
| 资产负债率 (%) | 57.90 |

年初至今行业表现



➤ 投资要点

- **作战类飞机加速列装，支援类飞机补偿发展。**新中国航空工业经过 60 年的艰苦创业，取得了举世瞩目的成就，形成了完备的军用飞机谱系，但是我国军用飞机总体实力与发达国家相比还存在差距、亟待提升。目前我国在快速研制各种新型战斗飞机和各种支援飞机，未来几年将是军用飞机的加速批产期，战略空军和强军梦将助力军机产业跨越式发展。下一阶段，中国军用飞机的主要发展方向为以 J-20 为代表的第五代战斗机、以 J-15 为代表的舰载机、以 Z-20 为代表的 10 吨级通用型直升机和以 Y-20 为代表的大型军用运输机的大量列装。另外其他的支援类飞机，比如预警机、侦察机、加油机和教练机等以前没有重点关注的机种也将得到补偿性发展。
- **未来 15 年我国军用飞机的采购量将超过 12000 亿元。**我们预计未来 2016-2030 年中国军用飞机的采购将达到 3280 架，其中四代机 600 架，五代机 300 架，武装直升机 1500 架，下一代隐形战略轰炸机 20 架，先进的军用运输机、各类特种飞机、教练机和大型加油机分别为 300 架、130 架、300 架、30 架。新机采购市场空间将达到 12060 亿元，平均每年约 800 亿元。
- **投资建议：**从产业链的角度来看，航空材料、航电系统和机电系统以及航空发动机未来将随着军用飞机的大量列装而不断发展壮大，整机总装和飞机零部件制造等产业也将具有持续的高成长性。建议重点关注三条投资主线：一是处于金字塔顶端的整机集成商，从目前的发展情况来看，整机集成商在未来相当长的时间里将持续具备行业垄断地位，是我军军用飞机加速列装的最大受益者；二是军用飞机配套类系统供应商，特别是动力系统、机电系统和航电系统供应商，它们长期与系统级制造商形成战略合作，在军用飞机产业链中占据一席之地；三是业绩成长好、盈利能力强的飞机零部件制造商。

股市有风险 入市须谨慎

中航证券金融研究所发布

证券研究报告

请务必阅读正文后的免责条款部分

联系地址：深圳市深南大道3024号航空大厦29楼
 公司网址：www.avicsec.com
 联系电话：0755-83692635
 传真：0755-83688539

目 录

| | |
|----------------------------|----|
| 一、军用飞机的定义、分类及发展现状..... | 6 |
| （一）军用飞机的定义及分类..... | 6 |
| （二）世界军用飞机的发展历程及性能特点..... | 9 |
| 二、世界主要国家军用飞机实力对比及发展趋势..... | 33 |
| （一）世界主要国家军用飞机技术和实力对比..... | 33 |
| （二）现阶段我国军用飞机发展情况..... | 41 |
| 三、我国军用飞机产业链发展情况..... | 43 |
| （一）军用飞机的关键制造技术及发展现状..... | 43 |
| （二）军用飞机产业链相关公司梳理..... | 56 |
| 四、我国军用飞机市场空间预测..... | 59 |

图 表 目 录

| | |
|-------------------------------------|----|
| 图表 1: 军用飞机的主要类型 | 6 |
| 图表 2: 美国《空军》杂志提出的战斗机五代划分方法..... | 10 |
| 图表 3: 战斗机发展历程 | 11 |
| 图表 4: 全球主要第四代半战斗机性能参数对比..... | 12 |
| 图表 5: 全球第五代战斗机性能参数对比 | 13 |
| 图表 6: 美国 E-2D 鹰眼预警机系统组成..... | 15 |
| 图表 7: 预警机的分类 | 15 |
| 图表 8: 预警机功能演化 | 16 |
| 图表 9: 侦察机的分类 | 17 |
| 图表 10: 侦察机未来发展趋势 | 18 |
| 图表 11: 各国远程海上巡逻机性能指标对比..... | 19 |
| 图表 12: 各国中近程海上巡逻机性能指标对比..... | 19 |
| 图表 13: 电子战飞机的分类 | 20 |
| 图表 14: 美军电子战飞机 EA-18G 任务载荷示意图 | 21 |
| 图表 15: 美海军电子战飞机发展现状 | 21 |
| 图表 16: 电子战飞机未来发展趋势 | 22 |
| 图表 17: 军用运输机的分类 | 23 |
| 图表 18: 全球主要军用运输机性能参数对比..... | 24 |
| 图表 19: 军用运输机未来发展趋势 | 25 |
| 图表 20: 空中加油的主要方式 | 27 |
| 图表 21: 全球主要空中加油机性能参数对比..... | 28 |
| 图表 22: 武装直升机的特点及功能 | 28 |
| 图表 23: 直升机发展历程 | 29 |
| 图表 24: 武装直升机未来发展趋势 | 30 |
| 图表 25: 教练机的分类 | 31 |
| 图表 26: 教练机的发展历程 | 32 |
| 图表 27: 教练机发展趋势 | 32 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 图表 28: 近年来世界军费支出情况 | 33 |
| 图表 29: 2016 年世界各主要国家军费占比..... | 34 |
| 图表 30: 中美两国近年来军费支出情况..... | 35 |
| 图表 31: 世界各主要国家近年来军费支出占 GDP 比重..... | 35 |
| 图表 32: 世界各主要国家 2016 年军用飞机数量及占比..... | 35 |
| 图表 33: 中美俄印四国 2016 年各种军用飞机数量对比..... | 36 |
| 图表 34: 2016 年中美俄日印以六国主要装备的战斗机..... | 37 |
| 图表 35: 2016 年中美俄主要装备的轰炸机..... | 37 |
| 图表 36: 2016 年中美俄主要装备的特种飞机..... | 38 |
| 图表 37: 2016 年中美俄主要装备的先进军用运输机..... | 39 |
| 图表 38: 2016 年中美俄主要装备的先进空中加油机..... | 39 |
| 图表 39: 2016 年中美主要装备的先进武装直升机..... | 40 |
| 图表 40: 中美主要装备的教练机 | 40 |
| 图表 41: 2016 年中国海陆空三军装备的各类型军用飞机..... | 41 |
| 图表 42: 军用飞机的构造 | 44 |
| 图表 43: 军用飞机制造相关环节 | 45 |
| 图表 44: 基于 MBD 的飞机数字化制造技术应用系统 | 46 |
| 图表 45: 航空制造企业 MBD 技术应用路线图 | 46 |
| 图表 46: 商用航空发动机高压压气机第一级整体叶盘..... | 48 |
| 图表 47: 新一代综合航电系统关键技术..... | 50 |
| 图表 48: 美军“宝石柱”系统结构 | 51 |
| 图表 49: 美军“宝石台”的系统结构 | 51 |
| 图表 50: 国外机电系统综合发展历程 | 52 |
| 图表 51: 机电系统能量综合发展脉络 | 53 |
| 图表 52: 柔性工装关键技术 | 54 |
| 图表 53: 多点阵真空吸盘式柔性工装 | 55 |
| 图表 54: 波音 787 总装 | 55 |
| 图表 55: 柔性工艺装备发展趋势 | 56 |
| 图表 56: 军用飞机（固定翼和直升机）制造相关公司及厂所梳理..... | 57 |

| | |
|-------------------------------------------------|----|
| 图表 57：军用飞机制造相关上市公司梳理（数据截至 2017 年 6 月 6 日） | 58 |
| 图表 58：各军种发展战略和目标 | 60 |
| 图表 59：东海防空识别区 | 60 |
| 图表 60：未来 15 年中国军用飞机采购数量预测..... | 61 |
| 图表 61：我国 2016~2030 年军用飞机采购费用预测（亿元） | 62 |



一、军用飞机的定义、分类及发展现状

（一）军用飞机的定义及分类

军用飞机是直接参加战斗、保障战斗行动和军事训练的飞机总称，是航空兵的主要技术装备。根据 Flight Global 军用飞机主要分为战斗机、特种飞机、加油机、运输机、武装直升机和教练机六种类型。

在军用飞机中，战斗机是装备数量最多、应用最广、发展最快的机种，也是一个国家军队空中力量的核心，对于战时夺取制空权、确保空中战役的胜利具有至关重要的作用。在作战支援飞机方面，特种飞机、加油机、运输机等的发展广受重视，主要为歼击机、强击机、轰炸机等作战飞机提供各种技术支援。

另外，随着高新技术在武器装备上的广泛应用，无人机的研制取得了突破性的进展，并在几场局部战争中频频亮相，屡立战功，受到各国军界人士的高度赞誉。可以预言：在 21 世纪战场上，人们将面临日益增多的无人机，军用无人机将会重塑 21 世纪的作战模式。我们会在另外的深度报告中详细介绍。

图表 1：军用飞机的主要类型

| 主要类型 | 主要机型 | 用途及性能 | 典型飞机图片 |
|------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 战斗机 | F-22、J-10、J-15、J-20、Su-27、Su-33、MG-29 | 歼击机 ，主要是指用于在空中消灭敌机和其他飞航式空袭兵器的军用飞机，主要任务是与敌方歼击机进行空战，夺取空中优势（制空权）。其次是拦截敌方轰炸机、强击机和巡航导弹，还可携带一定数量的对地攻击武器，执行对地攻击任务。 |  |
| | A-10、Q-5、Su-25 | 强击机 ，是作战飞机的一种，也叫攻击机，主要用于从低空、超低空突击敌战术或浅近战役纵深内的目标，直接支援地面部队作战。强击机的特点是具有良好的低空和超低空稳定性和操纵性；良好的下视界，便于搜索地面小型隐蔽目标，有威力强大的对地攻击武器。 |  |

| | | | |
|------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 特种飞机 | H-6、TU-95、 Tu-160、B-1、 B-2、B-52 | 轰炸机 ，是一座空中堡垒，除了投常规炸弹外，它还能投掷核弹、核巡航导弹或发射空对地导弹，分为轻型轰炸机、中型轰炸机和重型轰炸机三种类型，具有突击力强、航程远、载弹量大、机动性高等特点，是航空兵实施空中突击的主要机种。 |  |
| | JH-7、J16、 Su-30、F-15E、 Su-24、 SU-34、 F/A18-E/F | 歼击轰炸机 ，是一种兼有歼击机与轻型轰炸机特点的作战飞机，也可以叫“战斗轰炸机”或者“战斗攻击机”，主要用于突击敌战役战术纵深内的地面、水面目标，并具有空战能力的飞机。歼击轰炸机的载弹量比轰炸机要低，但是具有歼击机功能，所以被各国军队大量装备。 |  |
| | FC-1、 F-16C/D、 F-35、J-31、 Su-35 | 多用途战斗机 ，就是在原有空战基础上加上对地攻击能力，以及能执行截击、制空、护航、对地攻击、反舰以及侦察等多项任务的战斗机。多用途战斗机拥有较强的均衡作战能力，是未来各个国家研制的主流。 |  |
| | E-2、E-3、A50、 KJ-2000、 KJ-200、Ka-31 | 预警机（AEW） ，即空中指挥预警飞机，是指拥有整套远程警戒雷达系统，用于搜索、监视空中或海上目标，指挥并可引导己方飞机执行作战任务的飞机。 |  |

| | | | |
|------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| | E-8、RC-12、MC-12W、RC-26B、An-30、Il-20/22、Challenger 870、Y-8 | 侦察机 (Recce) , 是专门用于从空中进行侦察、获取情报的军用飞机, 是现代战争中的主要侦察工具之一, 可分为战略侦察机和战术侦察机。一般不携带武器, 主要依靠其高速性能和加装电子对抗装备来提高其生存能力。 |  |
| | P-8A、P-3C、Il-38、Tu-142、737、Y-8 | 海上巡逻机 (MPA) 的基本任务主要可以分为三个类别, 即海上监视、与水面舰艇作战和反潜战。海上巡逻机能够使用光电系统和海上监视雷达对大面积的海域实行监控, 还能够使用标准的甚高频/超高频无线电或者数据链通信, 或者通过卫星通信将这些传感器收集到的信息与其他用户, 比如海岸警卫队的船只, 海军、陆地或者海上的执法机构共享。 |  |
| | EC-130、EA-6B、EA-18G、Tu-204、Y-8、Tu-154 | 专用电子战飞机 (EW) , 是指专门执行电子战任务、不带或少带其他攻击武器的特种飞机。根据主要任务, 专用电子战飞机可分为电子侦察飞机、电子干扰飞机和携带反辐射导弹的反雷达飞机。 |  |
| 运输机 | C-17、C/LC-130H、C-130J、An-26、Il-76、Y-7、Y-8、Y-9、Y-20 | 运输机 , 是一种用于空运兵员、武器装备、并能空投伞兵和军用装备的军用飞机, 它具有在复杂气候条件下飞行和比较简易的机场上起降的能力, 有的还装有自卫的武器及电子干扰设备。军用运输机使用性质分为战术和战略两种, 按航程分为中程及远程, 按载重可以分为中型和重型。 |  |

| | | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 加油机 | KC-46A、 Il-78、 KC-135R/T | 空中加油机 ，主要是指给飞行中的飞机及直升机补加燃料的飞机，大多由大型运输机或战略轰炸机改装而成，亦有舰载空中加油机、隐身加油机，其作用可使受油机增大航程，延长续航时间，增加有效载重，以提高航空兵的作战能力。 |  |
| 武装直升机 | AH-64、 CH-47、S-70、 Mi-8/17、 Mi-24/35、 Ka-27、Z-8、 Z-9、Z-10、 Z-11、Z-19 | 武装直升机 ，是装有武器、为执行作战任务而研制的直升机。分为普通武装直升机、隐身直升机与高速武装直升机。武装直升机可分为专用型和多用型两大类。专用型机身窄长，作战能力较强；多用型除可用来执行攻击任务外，还可用于运输、机降等任务。 |  |
| 教练机 | T-6、T-38、 H120、JJ-7、 JL-8、JL-9、 L-15 | 教练机 ，是训练飞行员从最初级的飞行技术到能够单独飞行与完成指定工作的特殊机种。常见的教练机分类方式有两种，分别是两级与三级制。两级制区分为初级与高级教练机，三级制为初级、中级与高级教练机。 |  |

数据来源：World Air Forces 2017、Wikipedia、互联网，中航证券金融研究所

（二）世界军用飞机的发展历程及性能特点

1. 战斗机未来向全隐身、超视距作战方向发展

世界战斗机发展迅猛，第六代战斗机正在研制中。回顾世界航空发展史，最先进的航空技术一般都首先用于战斗机上，同时各国对先进战斗机技术的需求对世界航空技术的整体进步也起着重要的牵引作用，因此可以说战斗机代表着航空科技发展的前沿。第二次世界大战结束后，随着喷气发动机、电子计算机和新型材料等技术的迅速发展，战斗机的发展进入了超声速阶段。自 20 世纪 50 年代初第一代超声速战斗机问世以来，经过近百年的发展，战斗机发动机的推力显著增大，推重比逐步提高，燃油消耗率明显降低，可探测信号大大减弱，战斗机的速度由亚声速提高到超声速，又由超声速提高到超声速巡航，同时机动性、敏捷性、可靠性、耐久性等也显著提高，航程大大延长，全寿命期费用明显降低。特别是美国，基于国家

战略、国防战略和领域规划，坚持技术研究长远规划与短期/专项计划并行实施，实现了技术水平的快速提高；坚持不断吸取成功经验和失败教训，产品研制得到科学与快速发展，目前以 F-22/F119 和 F-35/F135 为标志的第 5 代战斗机/发动机达到了世界领先水平，第 6 战斗机/发动机正在筹划之中。根据《光电与控制》资料显示，早在 2009 年俄罗斯的 T-50 试验机首飞之前，美国空军空中作战司令部就已经提出了开始研制替代现役 F-22 战斗机的第六代战斗机后继机计划，并且探讨了下一代战机可能采用的多种高新技术：高超声速技术；新一代大推力、高推重比、变循环组合发动机技术；全频谱隐身能力；多任务平台的多传感器信息融合、资源共享的网络化通信技术；人工智能无人机控制技术等。美军在继续维持绝对制空权、保持在航空方面的绝对的非对称优势的同时，还将向控制太空方向发展，建立天基作战平台，实现空军的航空航天一体化，最终获取制空权和制天权。

美俄都趋于采用战斗机五代划分法。根据《光电与控制》资料显示，国际航空界通常将第二次世界大战后到目前作战飞机的发展分为 4 个阶段，也称为四代。在 21 世纪初，美国改变过去的四代划法，将第二次世界大战后期出现的喷气式飞机作为第一代，第二次世界大战后到目前作战飞机的发展仍和以前的划分原则一样分为四代，将原第一到第四代变为第二到第五代，其内涵不变。而俄罗斯的五代分法基本上是在美国原四代分法的基础上，在第二代和第三代之间增加了米格-23 和 F-14 机翼可变的作战飞机作为它的第三代，则美国原四代分法的第三、第四代成为俄罗斯划代的第四、第五代。因此按照五分法，我国的歼-10、美国的 F-16、F/A-18、F-15、俄罗斯的苏-27、米格-29 等属于第四代，美国的 F-22 和 F-35 和我国的 J20 为当前世界先进的作战飞机，为第五代。俄罗斯的第五代战机 T-50 刚刚进入首飞，预计五年后可形成作战能力。第五代战机的主要性能为：很好的隐身能力、超声速巡航、超机动能力和敏捷性、高度综合的航空电子综合系统和武器内埋等。根据 Wikipedia，第六代战斗机是一种诸多大国已经进入概念提案研制阶段的战斗机，其在隐形战机的基础上更加强化了隐形能力和诸多光电航电装置，以及节约成本费用，尤其是经济性好、智能辅助技术、无人机协同等等，将是一种资讯化战场下的武器。

图表 2：美国《空军》杂志提出的战斗机五代划分方法



| | 标志性特点 | 典型战机 |
|---------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| 第 1 代 | 喷气推进 | F-80、德国 Me262 |
| 第 2 代 | 后掠翼、测距雷达、红外导弹 | F-86、MiG-15 |
| 第 3 代 | 超声速、脉冲雷达、能超视距攻击 | F-105、F-4、MiG-17、MiG-21 |
| 第 4 代 | PD 雷达、高机动性、下视下射导弹 | F-15、F-16、“幻影”2000、MiG-29 |
| 第 4+代 | 高敏捷性、传感器融合、低信号特征 | 欧洲战斗机“台风”、Su-30、新型 F-16 和 F/A-18、“阵风” |
| 第 4++代 | 有源电扫相控阵雷达、信号特征更低或者采用有源(波形对消)隐身，部分具有超声速巡航能力 | Su-35、F-15SE |

| | | |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 第 5 代 | 带武器内埋的全方位隐身、超高敏捷性、全传感器融合、综合化航电系统、部分或全部的超声速巡航能力 | F-22、F-35 (T-50、J-20) |
| (第 6 代) | 超级隐身能力，在全部飞行包线高效(从亚音速到多马赫)、可能具有“变形”能力、灵巧蒙皮、高度联网、超高灵敏传感器、可选有人或无人驾驶、定向能武器 | —— |

数据来源:《电光与控制》, 中航证券金融研究所

图表 3: 战斗机发展历程

| 代际 | 时间 | 特点 | 飞机特性 | 典型机型 | 典型飞机图片 |
|-----|------------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 第一代 | 20 世纪 30 ~ 40 年代 | 试验性飞机 | 第一代战斗机主要是一些试验型飞机，并未打算直接投入作战。由于采用了新式喷气发动机其作战能力比使用涡轮螺旋桨发动机的飞机有了显著提高，其外形与使用涡轮螺旋桨驱动的战斗机有些相似之处，如采用直机翼，带机炮，雷达还仅在特殊的夜间战斗机上装备。 | 德国 Me 262、英国“流星”、苏联米格 15、和米格 17、美国 P-80 和 F-86 等 |  |
| 第二代 | 20 世纪 50~60 年代 | 采用后掠翼 | 第二代战斗机采用了许多新技术，比如开始使用制导导弹进行视距外攻击，雷达也作为标准配置。出现了新的外形设计，如后掠翼、三角翼、变后掠翼以及按面积律设计的机身等，采用后掠翼的战机飞行速度终于突破了声障。这一时期的一个重要特点是出现了战斗轰炸机(如 F-105 和苏-7)和截击机(英国“闪电”和 F-104)。 | 美国 F-100、F-8、F-11、苏联米格-21、米格-19、英国“闪电”等 |  |
| 第三代 | 20 世纪 70 年代 | 超声速 | 第三代战斗机航空技术发展日趋成熟，过引入性能更好的导弹、雷达和其他航电系统来获得更强的作战能力。基于大量制导导弹的实战使用经验，设计人员重新肯定了近距离格斗在空战中的地位，机炮再次成为标配，而机动性也再一次成为优先考虑的设计因素。 | 苏联的米格-23、米格-25、苏-15、苏 7，法国的“幻影”III，英国的“鹞”以及美国的 F-4、F-111 等。 |  |
| 第四代 | 20 世纪 70~80 年代 | 高机动性能 | 第四代战斗机的设计是超视距作战和近距离格斗并重。电传控制和放宽静稳定性设计被广泛采用。多用途战斗机变得非常流行，此时的战斗机即使是专门为某一任务而设计的飞机也具有了多用途能力。 | 苏联的米格-29、米格-31、苏-27，法国“幻影”2000，英国的“狂风”，以及美国的 F-14、F-15 和 F/A-18 等。 |  |

| | | | | | |
|------|----------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 第四代半 | 20 世纪 80~90 年代 | 有限隐身 | 随着航空技术的快速发展还可划分出一类四代半战机。四代半战斗机主要是现役的最新战斗机，其特点是气动技术没有任何新进展，而是随着微芯片和半导体技术的迅猛发展，航电和其他飞行电子系统进行了多项改进，并采用了有限的隐身构型。 | 欧洲"台风"，瑞典 JAS-39，俄罗斯米格-35、苏-30/-33/-34/-35/-37，美国的 F-15E、F-16、F/A-18E/F 等 |  |
| 第五代 | 21 世纪初至今 | 低可探测性和超声速巡航 | 第五代战斗机是目前发展的最先进的一代战斗机，飞机采用内置武器的隐身设计，同时还带有能降低飞行员工作载荷、提高其状态感知的综合航电系统，其特点有超声速巡航、低可探测性、使用维护简便等。 | 美国的 F-22 和 F-35 |  |

数据来源：中国航空工业发展研究中心，中航证券金融研究所（注：典型飞机图片为典型机型里面标粗的机型图片）

图表 4：全球主要第四代半战斗机性能参数对比

| 型号 | F18F | Su35 | Typhoon | J-10B |
|-----------------------|---------------|--------|-------------------------|--------|
| 生产国家 | 美国 | 俄罗斯 | 法国 | 中国 |
| 生产厂商 | 麦道（97 年被波音收购） | 苏霍伊 | 欧洲战机公司（英、德、意和西班牙 4 国合作） | 航空工业成飞 |
| 造价（百万美元） | 约 54.7 | 45~65 | 98~125 | 约 54 |
| 主要装备地区 | 美国、澳大利亚 | 俄罗斯、中国 | 欧洲 | 中国 |
| 首飞时间 | 1995 年 | 1988 年 | 1994 年 | 2008 年 |
| 入役时间 | 1999 年 | 1995 年 | 2002 年 | 2014 年 |
| 机翼面积（m ² ） | 46.45 | 62.00 | 50.2 | 约 40 |
| 最大航速（Mach） | 1.80 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 作战半径 | 772 | 1580 | 1389 | 1200 |
| 航程（KM） | 2346 | 3600 | 2900 | 3500 |
| 最大起飞重量（t） | 29.938 | 34.500 | 23.50 | 19.277 |
| 推重比 | 0.93 | 0.84 | 1.18 | 1.024 |
| 发动机、乘员数量 | 双发双座 | 单座双发 | 单座或双座双发 | 单座单发 |

| | | | | |
|------------|--------------------------|----------------|-----------------|--------|
| 发动机 | 2× 奇 异 F414-GE-400 涡扇发动机 | 2×AL-35F 涡轮发动机 | 2 × EJ200 涡扇发动机 | AL-31F |
| 发动机推力 (KN) | 62.3 | 83.3 | 60.0 | 76.2 |

数据来源：中国航空工业发展研究中心、Wikipedia，中航证券金融研究所（注：欧洲台风战斗机单价为9000万欧元~1.25亿英镑换算成美元）

图表 5：全球第五代战斗机性能参数对比

| 型号 | F22 | F35 | J20 | T50 |
|------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 生产国家 | 美国 | 美国 | 中国 | 俄罗斯 |
| 生产厂商 | 洛克希德·马丁 | 洛克希德·马丁 | 航空工业成飞 | 苏霍伊 |
| 造价（百万美元） | 150 | 94.6~122.8 | 110 | 130 |
| 主要装备地区 | 美国 | 美、日、韩、澳、土、意、以、英等 | 中国 | 俄罗斯 |
| 首飞时间 | 1997 年 | 2006 年 | 2011 年 | 2010 年 |
| 入役时间 | 2005 年 | 2015 年 | 2017 年 | 预计 2017 年 |
| 机翼面积 (m ²) | 78.04 | 42.7/62.1 | 59.00 | 78.8 |
| 最大航速 (Mach) | 2.25 | 大于 1.60 | 2.50 | 2.71 |
| 作战半径 | 852 | A 型：1,160 公里； B 型：865 公里；C 型：1,170 公里 | 1500~2000 | 1100 |
| 航程 (KM) | 2960 | A 型：大于 2,220 公里；B 型：大于 1,670 公里；C 型：大于 2,220 公里 | 4500~5000 | 3500 |
| 最大起飞重量 (t) | 38.00 | 31.8/27.2 | 36.288 | 37.00 |
| 推重比 | 1.08 | A 型：0.87；B 型：0.9；C 型：0.75 | 0.85 | 1.19/1.41 |
| 发动机、乘员数量 | 单座双发 | 单座单发 | 单座双发 | 单座双发 |
| 发动机 | 2X 普 惠 F119-PW-100 涡扇发动机 | A 型：一具普惠 P&W-F135-100 涡轮风扇引擎；B 型：一具普惠 P&W-F135-600 涡轮风扇引擎和一具劳斯莱斯的升力系 | 2×WS-15 涡扇发动机/ 2×WS-10B 涡扇发动机 | 2×NPO Saturn izdeliye 117 (AL-41F1) (过渡性)；izdeliye30 (2020 后) |

| | | | | |
|---------------|-------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| | | 统 (Rolls-Royce-Lift-System); C 型: 一 具 普 惠 P&W-F-135-400 涡 轮风扇引擎 | | |
| 发动机推力 (KN) | 2X116 | 125 | 2X155/2X140 | 2X93.1/2X107 |

数据来源: 中国航空工业发展研究中心、Wikipedia、中航证券金融研究所 (注: F35A 单价 9460 万美元 (空军); F35B 单价 1.228 亿美元 (海军陆战队); F35C 单价 1.218 亿美元 (海军舰载机))

总之, 在战斗机方面, 目前已经发展到第五代隐形战斗机, 第五代战机的主要性能为: 很好的隐身能力、超声速巡航、超机动能力和敏捷性、高度综合的航空电子综合系统和武器内埋等。技术上, 中国在第四代战斗机和第五代战斗机方面已经达到了美国和俄罗斯的技术高度, 并且在第五代隐形战斗机进展方面超过了俄罗斯。

2. 特种飞机

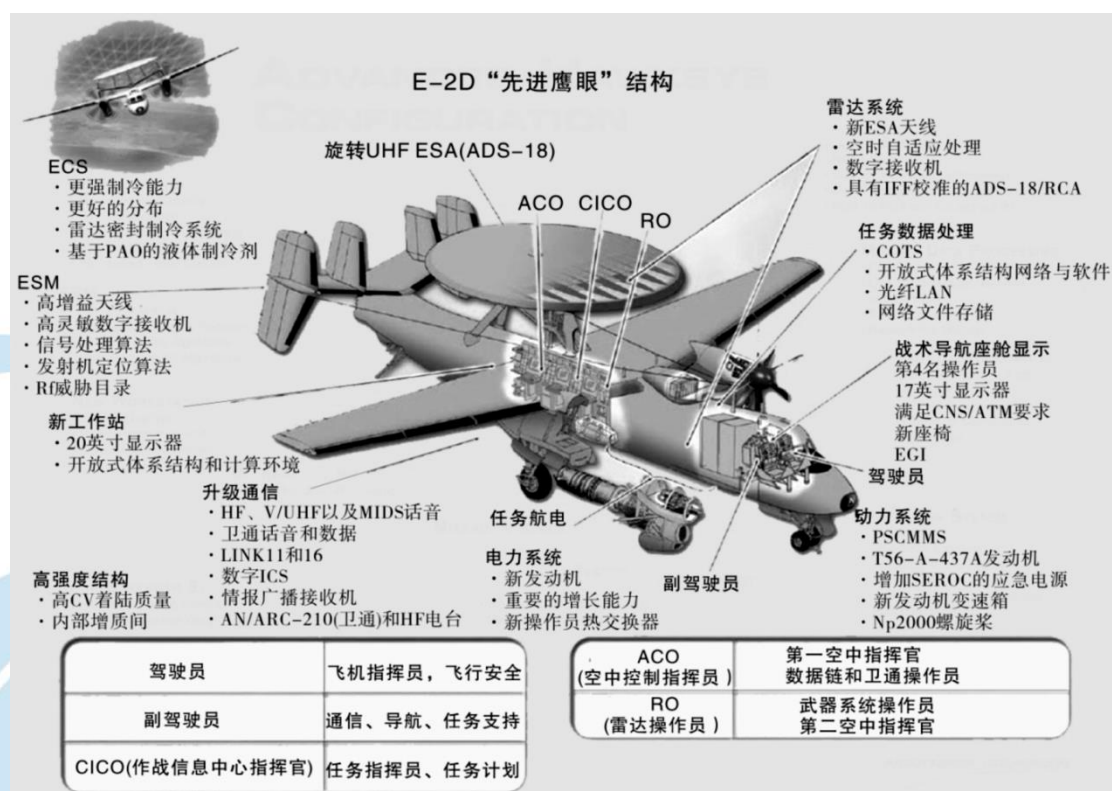
根据 Flight Global 资料显示, 特种飞机主要有空中预警机 (AEW)、海上巡逻机 (MPA)、电子战飞机 (EW) 和侦察机 (Recce)。美国等航空力量先进的国家另外还装备有通讯飞机 (Comms)、电子情报飞机 (ELINT)、救生飞机 (SAR) 和气象侦察飞机 (Weather recce)。

2.1 预警机发展历程、发展现状及未来发展趋势

预警机的定义及功能。预警机主要用于早期预警、指挥控制和作战管理功能, 主要由客机或运输机改装而来。根据《航空科学技术》资料显示, 预警机又称空中预警指挥飞机, 是一种集指挥、控制、通信和情报于一体, 用于搜索、监视空中、地面或海上目标, 并可指挥引导己方飞机执行作战任务的飞机。预警机最初是为了减少雷达的探测盲区, 增大探测范围而研制的。由于受到地球曲率的影响, 功率再大的雷达也只能探测到 30KM~40KM 外低空目标, 这一距离对发现越来越快的攻击机、保护己方目标是远远不够的。二战后不久美国海军率先将警戒雷达安装到飞机上, 以便尽早发现躲在舰载雷达盲区的内低空飞行接近舰队的敌机, 由此诞生了预警机。根据 wikipedia 资料显示, 空中预警机比较常见的是以客机或者是运输机改装而来, 因为这类飞机的内部可使用空间大, 能够安装大量电子与维持运作的电力与冷却设备, 同时也有空间容纳数位雷达操作人员。也有国家以直升机作为载具, 不过这一类的小型空中预警机由于受到载机性能的影响, 效果不如以中大型飞机机体改装而来的机种。由于受到军舰空间的限制, 除美国 E-2 空中预警机外, 预警直升机多用于海军舰队的早期预警, 是目前大多数装备航母国家的重要早期预警手段。

预警机的组成、分类。根据《航空科学技术》资料显示，预警机通常包括机载平台系统、雷达探测系统、通信系统、指挥控制系统、导航系统、数据处理系统、电子对抗系统和敌我识别系统等。其中雷达探测系统是预警机中最核心的部分，其性能的好坏直接影响预警的性能水平，其他部分都为雷达服务。预警机按照功能不同，可以分为战略预警机和战术预警机；按照机载平台的不同，可以分为固定翼预警机和直升机预警机。

图表 6: 美国 E-2D 鹰眼预警机系统组成



数据来源:《电讯技术》2014,中航证券金融研究所

图表 7: 预警机的分类

| 分类依据 | 预警机种类 | 功能 | 特点 | 典型机型 |
|------|--------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| 功能 | 战略预警机 | 除具有战术预警机的功能外,还可担负国土战略防御任务,具有高级空中指挥和控制功能。 | 续航能力强,系统复杂,造价和使用费用高。 | E-3B/C/G, KJ-2000, A50 |
| | 战术预警机 | 在局部战争中探测空中特别是超低空入侵目标,指挥引导己方防空和空中力量。 | 续航能力较弱,控制功能较小,造价和使用费用较低。 | E-2C/D, KJ-200 |
| 机载平台 | 固定翼预警机 | 用于陆基与舰队预警,具备战略与战术预警能力 | 成本较高,预警功能完备 | E-3B/C/G |

| | | | | |
|--|-------|--------------|-----------|-------|
| | 预警直升机 | 主要用于战术层面舰队预警 | 预警灵活，成本较低 | Ka-31 |
|--|-------|--------------|-----------|-------|

数据来源: World Air Forces 2017、Wikipedia、互联网、中航证券金融研究所

预警机发展历程及功能演化。根据《中国电子科学研究院学报》，预警机的发展历程共分为三代。第一代解决雷达装机升空;第二代是增加了指挥控制能力，提高雷达在强杂波中探测能力;第三代开始构建基于预警机的信息化作战体系，具备“系统化、一体化、多元化和小型化”等技术特征。根据《现代电子技术》资料显示，预警机最早由美军在 20 世纪 60 年代中期的越战中用于实战，在此后的多次局部战争特别是近几年高技术局部战争中均发挥了重要作用。预警机在进行预警探测的同时，承担了战斗机控制、引导对地/对海攻击、搜索救援和通信中继等各类作战任务，以预警机为指挥中枢实现多机种协同配合打击，已经成为遂行空中进攻和防空作战的重要手段和战法。同时，随着世界各军事强国空军作战体系的日益完善和执行远程机动作战任务需求的日益紧迫，预警机除了执行指挥控制（引导）任务外，还将全面担负动态战场管理的重要职能，从而成为空中作战体系的核心。

图表 8：预警机功能演化

| 时间 | 标志 | 功能 | 信息 | 典型机型 |
|----------------|-------------|----------------|------------------|-------------|
| 20 世纪 40~60 年代 | 雷达升空 | 预警探测 | 信息产生（情报源） | EC-121/E-1B |
| 20 世纪 60~90 年代 | 雷达/数据链 | 预警探测/指挥控制 | 信息产生/分发 | E-2C/E-3 |
| 21 世纪 | 传感器/通信系统多元化 | 预警探测/指挥控制/战场管理 | 信息产生/收集/融合/分发/应用 | E-2D/海雕预警机 |

数据来源:《现代电子技术》2014，中航证券金融研究所

舰载预警机也是一些发达国家的主要发展方向。舰载机是航母编队的主要攻防力量，而舰载预警机则是舰载机部队的核心。美军每艘航母搭载一个舰载机联队，其中下辖一个舰载预警机中队（4~6 架 E-2C 预警机）。在有战斗威胁的情况下，一般有 4 架战斗机进行战斗巡逻，并且有一架 E-2C 升空。E-2C 在离航母 150~2110 海里远的距离上巡逻。以 E-2C 为核心的战斗巡逻机，可以为航母提供 300Km 以上的防空圈，比大多数反舰导弹的射程远，这就为航母编队提供了可靠的空中保护。在执行攻击任务时，也由 E-2C 进行指挥和引导，进行反舰、对地攻击等作战。E-2C 还担任攻击编队和航母编队之间的通信联络任务。舰载预警机还能够为舰船提供引导，并组织指挥海上搜救活动。因此，我国如果要发展航空母舰，舰载预警机是必需的装备。

预警机的未来发展趋势。在信息化作战攻防体系中，预警机将承担战场管理职能，它能够同其他作战单元进行协同探测，能够根据作战任务协调和管理包括对地监视、电子对抗和其他作战单元在内的信息系统成员，并对打击平台和无人机独立地进行引导或控制。根据《中国电子科学研究院学报》，未来的下一代预警机将是平台+多传感器+网络+战场管理这种形态出现。预警机成为未来体系作战空中核心节点，在提升预警机本平台和预警指挥能力的同时，具备多任务作战能力，通过数据链组网形成空地/舰、空空一体化作战体系，在形成基于信息系统的体系作战能力上发挥核心作用。2030年前，以预警机为核心的空中作战信息系统完成建设，预警机将全面发挥对空预警、指挥控制和战场管理功能，并有可能集成对地监视能力。针对未来信息化作战需求，新一代预警机将具有对第四、第五代机的高探测能力，具备复杂电磁环境下的高抗干扰能力，高的识别能力和高的战场管理能力。

2.2 侦察机的发展历程及发展现状

侦察机的定义及分类。侦察机泛指所有担任情报与资料搜集的军用机种，这些情报与资料包括光学与非光学的讯息与搜集手段，侦查的对象包含作战中的敌人部队，交战中的敌对国家内部或者是其他与本国国家利益有关系的其他国家内部的相关情报。按侦察任务范围，分为战略侦察机和战术侦察机。战略侦察机一般具有航程远和高空、高速飞行性能，用以获取战略情报，多是专门设计的。战术侦察机具有低空、高速飞行性能，用以获取战役战术情报，通常用歼击机改装而成。按机载平台种类，主要分为有人侦察机、无人侦察机、直升机侦察机和侦查飞艇。侦查飞艇是由飞艇及其搭载的侦察载荷所组成的一种空基情报侦察系统，目前主要是美国在使用，大多用于区域监视等任务。

图表 9：侦察机的分类

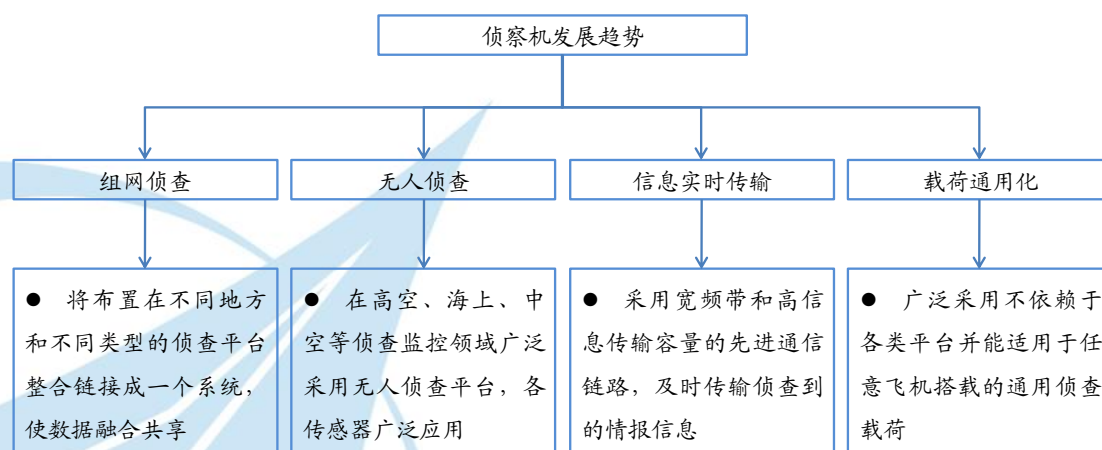
| 分类依据 | 预警机种类 | 功能 | 特点 | 典型机型 |
|------|-------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|
| 侦查范围 | 战略侦察机 | 侦查的情报不仅仅是目标国家或者是地区的军事力量，还包括维持这个军事力量与运作的相关资源的调查与情报搜集。 | 滞空时间与航程的要求都比较高，携带的侦测器材也较为特殊，执行侦测的时间也不限于战争发生前后。 | U-2、SR-71 |
| | 战术侦察机 | 担任近距离或者是接近战场地区的情报搜集工作。 | 由战斗机或者是联络机等较小的军用机种加装侦查设备或者是特别改装而来。 | RF-4C |
| 机载平台 | 有人侦察机 | 为军队提供全天时、全天候的情报支持,提供高精度的战场目标探测和定位能力,能对战场上的雷达信号和通信信号实施有效侦察,提供高价值的战略情报和战术情报。 | 载荷量大、侦察能力强、作用距离远、作战范围广。 | RC-135 |

| | | | |
|-------|---------------------------------------------|--------------------------------|-------|
| 侦察直升机 | 主要用于海军航空母舰海监视侦察,以保护舰队免受敌方导弹、低飞战斗机以及其它舰船的攻击。 | 可以悬停在敌人探测不到的地方进行情报与资料搜集。 | OH-58 |
| 无人侦察机 | 无人驾驶的专门用于从空中获取情报的飞机。 | 具有可昼夜持续侦察的能力,不必考虑飞行员的疲劳和伤亡等问题。 | RQ-4A |

数据来源:《电讯技术》2009, wikipedia、互联网, 中航证券金融研究所

侦察机未来发展趋势。根据《电讯技术》，航空侦察系统未来发展呈现四大趋势:积极发展组网侦察能力、广泛应用无人侦察机、航空侦察情报的实时传输能力、航空侦察载荷的通用化。

图表 10: 侦察机未来发展趋势



数据来源:《电讯技术》2009, 中航证券金融研究所

2.3 海上巡逻机未来将向多用途方向发展

海上巡逻机定义及分类。根据《海洋开发与管理》，国外的海上巡逻机按部署基地分为岸基和舰载两类，按结构分为固定翼巡逻机、直升机和水上飞机三类。大部分岸基固定翼巡逻机起飞重量大、航程远、留空时间长，能携带多种探测设备和大量武器，一直是航空巡逻的主力。海上巡逻机可以担负搜索、警戒、攻击、救援、运输、布雷和目标指示等任务，按作战半径即巡航范围大致有远程、中程、近程之分。远程一般用于远程巡逻，巡航范围可达数千海里，典型代表为美国 P-3C “猎户座”、英国“猎迷”、法国“大西洋”ATL3 等；中程巡航范围也可达 1000n mile 左右，如荷兰的 Fokker-50 “海上执行者”(Maritime Enforcer)、西班牙和印尼合作的 Cn-235；近程则主要用于近海，特别是 200 海里专属经济区的巡逻，巡航范围小，如德国道尼尔的 Do-228、西班牙 CASA 的 C-212 等。实际上，迄今为止除部分机型是专门研制外，许多岸基海上巡逻飞机均由运输机改装而来，这样才有足够空间装载大尺寸等各种搜索设备和武器装备。

海上巡逻机的巡航要求一般是：航程远，以适应远洋作战需求；续航时间长，以保证足够的巡航面积；一般采用亚声速巡航；机上装备搜寻和探测设备，如雷达、声呐、磁探仪、夜视仪及导航定位仪；

配备海面救生仪器，如绞车、橡皮舟、探明灯、急救箱等；军事用途海上巡逻机配备机载武器，如机炮、火箭弹、导弹、鱼雷、水雷、炸弹、照明弹等。

图表 11: 各国远程海上巡逻机性能指标对比

| 名称 | P-3C | P-8A | P-1 | 图-142 | 伊尔 38 | 大西洋 2 | 猎迷 |
|---------------|----------------------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------------------|
| 用途 | 反潜 / 反水面舰 | 反潜 / 反水面舰 | 反潜 / 反水面舰 | 反潜 / 巡逻 | 反潜 / 巡逻 | 反潜 / 巡逻 | 反潜 / 巡逻 |
| 制造商 | 洛马 | 波音 | 川崎重工 | 前苏联图波列夫设计局 | 前苏联伊留申设计局 | 法国达索 | 英国宇航 |
| 动力 / 数量 | T56-A-14AII ison 涡桨发动机 / 4 | CFM56-7 B 涡扇发动机 | F7-10 涡扇发动机 / 4 | HK-12MB 涡桨发动机 / 4 | AN-20M 涡桨发动机 / 4 | RTY-22MK 涡桨发动机 / 2 | RB168-200 “斯贝” MK250 涡扇发动机 / 4 |
| 长度 / m | 35.57 | 39.47 | 38 | 49.50 | 39.60 | 33.63 | 38.63 |
| 翼展 / m | 30.36 | 37.64 | 35.4 | 51.10 | 37.42 | 37.42 | 35 |
| 机高 / m | 10.27 | 12.83 | 12 | 12.12 | 10.16 | 10.89 | 9.08 |
| 最大起飞重量 / kg | 63934 | 85820 | 79700 | 182000 | 63500 | 46200 | 87090 |
| 巡航速度 / kn | 328 | 490 | 450 | 400 | 321 | 最大航速 350 | 最大航速 500 |
| 巡航范围 / n mile | 1346 (3h 战位时间) | 1200 (4h 战位时间) | 最大航程 4320 | 最大航程 6640 | 最大航程 3915 | 最大航程 4860 | 最大航程 4741 |
| 最大巡航高度 / m | 8625 | 12496 | 13520 | 11000 | 11000 | 9145 | 12800 |
| 武器 | 反潜鱼雷、空地、反舰导弹等 | 反潜鱼雷、巡航导弹等 | 空地、反舰导弹等 | 反潜鱼雷等 | 反潜鱼雷等 | 空舰导弹、反潜鱼雷等 | 反潜鱼雷等 |

数据来源:《海洋开发与管理》2014, 中航证券金融研究所

图表 12: 各国中近程海上巡逻机性能指标对比

| 名称 | CN-235 | P-99 | ATR-42MP | C-212 | M-28 |
|---------|-----------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| 用途 | 执法 / 运输 / 搜救 | 巡逻 / 反潜 / 反舰 | 巡逻 | 巡逻 | 运输 / 巡逻 |
| 制造商 | 西班牙 EASD Casa 与 印尼 Nurtanio | 巴西航空工业公司 | 法国宇航与意大利阿莱尼亚 | 西班牙 EASD Casa | 波兰 PZL |
| 动力 / 数量 | CTJ-7A 涡桨发动机 / 2 | GMA3007 涡扇发动机 / 4 | PW127E 涡桨发动机 / 2 | GA TPE-33 涡桨发动机 / 2 | TVD-10B 涡桨发动机 / 2 |
| 长度 / m | 21.40 | 27.96 | 39.47 | 16.20 | 13.10 |

| | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 翼展 / m | 25.82 | 20.53 | 37.64 | 20.28 | 22.06 |
| 机高 / m | 8.18 | — | 12.83 | 6.30 | 4.90 |
| 最大起飞重量 / k g | 14400 | 17500 | 18600 | 7700 | 7500 |
| 巡航速度 / k n | 240 | 440 | 最大航速 280 | 最大航速 200 | 180 |
| 巡航范围 / n m i l e | 最大航程 2700 | 最大航程 2840 | 转场航程 2020 | 最大航程 1000 | 最大航程 750 |
| 最大巡航高度 / m | 7620（民用型） | 11278 | 7600 | 7925 | 7620 |
| 武器 | — | 鱼雷、反舰导弹等 | — | — | — |

数据来源：《海洋开发与管理》2014，中航证券金融研究所

海上巡逻机未来将向多用途方向发展。《航空科学技术》显示，近期出现（或即将出现）的新一代海上巡逻机普遍选用了喷气式飞机作为平台，在平台性能实现跨代提升的同时，还配备了近年研制的先进探测设备和反潜武器，其反潜作战能力与上一代同类飞机不可同日而语。与此同时，各国新一代海上巡逻机今后将进一步向多用途方向发展，由侧重传统的海上巡逻和空中反潜任务，转向全面承担反水面舰艇、对地攻击、护航和 ISR 等各种任务。可以预见，这些飞机大量服役后，相关国家海上巡逻机部队的战力将实现质的飞跃，其对海上安全形势所带来的影响，值得我们高度关注。

2.4 电子战飞机

电子战飞机定义及功能。电子战飞机是专门执行电子战的军用飞机，主要有电子侦察机、电战支援机、电子干扰机等不同类型，主要任务有电子收集情报、干扰、反电战、支援和破坏敌方电子设备等。另外电子战飞机的功能也被用在其他机种如反潜机、运输机、轰炸机、直升机、侦察机上，美国等航空力量强国也特别创立专职类别的电子战飞机。根据《舰船电子工程》资料显示，电子战飞机是指专门遂行电子战任务、不带或少带其他攻击武器的特种飞机。根据主要任务，电子侦察、电子干扰和反雷达飞机。

图表 13：电子战飞机的分类

| 电子战种类 | 功能 | 特点 | 机型 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|
| 电子侦察 | 主要用于飞临敌国边境附近或内陆上空，对敌电磁辐射源进行监视、截获、识别、分析、定位和记录，获取有关敌方雷达、通信、武器制导信息，以及电力线和汽车行驶时发出的电磁辐射等情报，供事后分析或实时将数据传送给己方指挥中心和作战部队，为实施电子对抗和其他作战行动提供依据。 | 电子侦察飞机装有多频段、多功能、多用途电子侦察和监视设备。所用的机种有有人驾驶飞机、无人机、直升机等。 | EP-3 |

| | | | |
|------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 电子干扰 | 主要用于遂行电子战支援干扰，压制敌防空系统，以掩护攻击机群实施突防和攻击。 | 装备多频段、大功率雷达和通信噪声干扰机、雷达告警系统、欺骗式干扰和箔条/红外无源干扰物投放器等。 | EC-130H、EA-6B、EA-18G |
| 反雷达 | 主要任务是用反辐射导弹直接摧毁敌地面雷达和杀伤操作人员。 | 是一种压制敌防空火力的“硬杀伤”电子战飞机。主要装载雷达告警接收机/电子战支援系统和反辐射导弹、集束炸弹和空空导弹等，还有自卫用的有源干扰吊舱和无源干扰物投放器。 | EA-18G |

数据来源：《舰船电子工程》2014，中航证券金融研究所

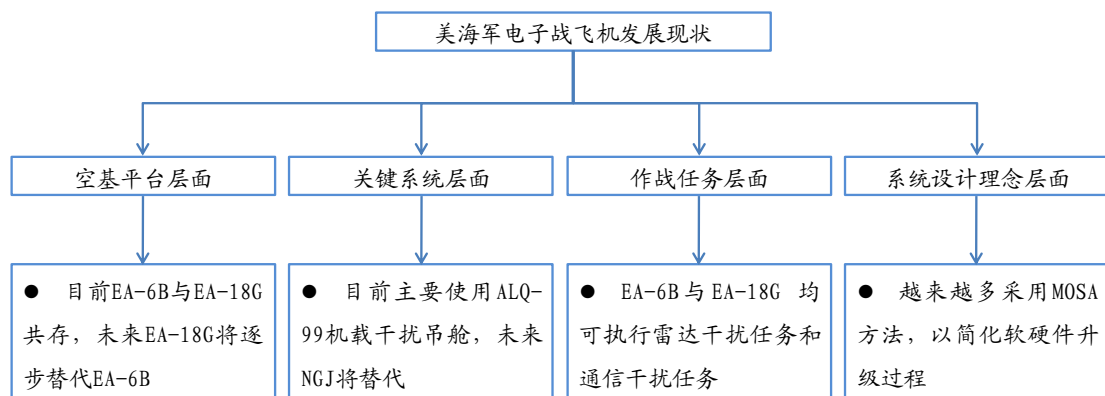
图表 14：美军电子战飞机 EA-18G 任务载荷示意图



数据来源：《电讯技术》2009，中航证券金融研究所

美国现阶段电子战飞机的发展。随着美军军事重心向亚太地区转移，其电子战也发生了深刻的变化。目前美军电子战发展呈现新阶段。根据 Arms & Technology 显示，继 2013 年美军确立了主被动发展模式相结合的综合发挥，2014 年美军主要工作转向了“力保优先发展的重点项目稳固推进”。这些重点项目有的是现有装备升级，有的是新项目，它们主要构成了美军 20~30 年内主要电子战装备体系。相比其它军种，美国海军一直走在前列，美海军空基电子战平台和系统目前主要包括 EA-18G 和 EA-6B 电子战飞机和下一代干扰机 (NGJ)，其中 EA-18G 代表未来，EA-6B 代表现在，而 NGJ 是核心载荷。

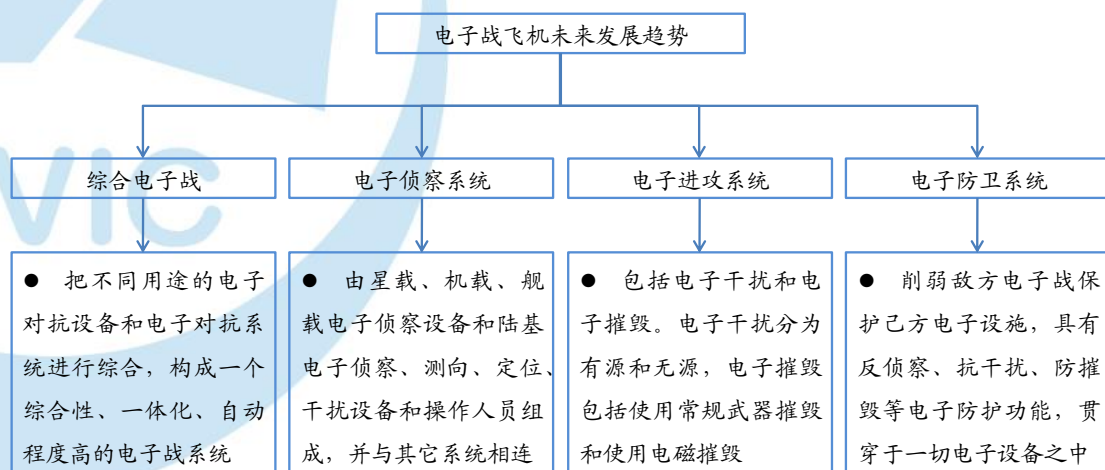
图表 15：美海军电子战飞机发展现状



数据来源: Arms & Technology, 中航证券金融研究所

电子战飞机未来发展趋势。电子战飞机的发展趋势：一是综合电子战；二是发展电子侦察系统；三是发展电子进攻系统；四是发展电子防卫系统。**综合电子战**，是把不同用途的电子对抗设备和电子对抗系统进行综合，构成一个综合性、一体化、自动程度高的电子战系统。**电子侦察系统**，由星载电子、机载、舰载电子侦察设备和陆基电子侦察、测向、定位、干扰设备以及相应的人员组成，并与其它系统密切相连，从而了解敌方电磁威胁、监视敌方各种电磁活动。**电子进攻系统**，包括电子干扰和电子摧毁。电子干扰又分为使用专门发射机发射电磁信号的有源电子干扰和利用材料、器材反射或吸收电磁波的无源电子干扰。电子摧毁又包括使用常规武器摧毁和使用电磁摧毁。**电子防卫系统**是削弱敌方电子战武器的作用，保护己方电子设施的一个分系统，它贯穿于通信、雷达、制导、光电、导航、声纳、计算机等一切电子设备之中，反侦察、抗干扰、防摧毁等均属于电子防护。

图表 16: 电子战飞机未来发展趋势



数据来源: 《舰船电子工程》, 中航证券金融研究所

总之，特种飞机方面，预警机越来越成为未来战争必不可少的空基预警雷达和空中指挥中心以及信息中心，特别是舰载预警机是航空母舰的必须装备；侦察机未来将向组网侦察、无人侦察、信息实时传输和

载荷通用化方向发展；海上巡逻机目前主要有美国的 P-3C 和 P-8A 起飞重量大、航程远、留空时间长，能携带多种探测设备和大量武器，是航空巡逻的主力，未来各国新一代海上巡逻机将进一步向多用途方向发展，由侧重传统的海上巡逻和空中反潜任务，转向全面承担反水面舰艇、对地攻击、护航等各种任务；电子战飞机目前美国等航空力量强国创立了专职类别的电子战飞机，主要执行雷达和通信干扰任务，未来电子战飞机将向综合电子战、电子侦察、电子进攻和电子防卫方向发展。

3. 运输机

军用运输机的定义及分类。根据《国际观察》资料显示，军用运输机一般分为战略运输机和战术运输机。战略运输机是指主要承担远距离、大量兵员和大型武器装备运输任务的军用运输机，这类运输机具有的特点是：载重能力强、航程远，起飞重量一般在 150 吨以上，载重量超过 40 吨，正常装载航程超过 4000 千米，能空降、空投和快速装卸，主要是在远离作战地区的大型/中型机场起降，必要时也可在野战机场起降，美国的 C-5、C-17，俄罗斯的安-22、安-124、安-225、伊尔-76 等都属于这类飞机。另外，像目前欧洲和日本推出的运输机尽管载重不到 40 吨，但也可以归入战略运输机的行列。战术运输机是指主要在战区附近承担近距离运输兵员及物资任务的军用运输机。一般是中小型飞机，起飞重量 60~80 吨，载重量 20 吨左右，可运送 100 多名士兵；航程 3000~4000 千米；主要在前线的中、小型机场起降，有较好的短距起降能力。典型的战术运输机有：美国的 C-130，乌克兰的安-12 和我国的运-8。

图表 17：军用运输机的分类

| 分类 | 功能 | 特点 | 典型机型 |
|-------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 战略运输机 | 主要承担远距离、大量兵员和大型武器装备运输任务的军用运输机。 | 载重能力强、航程远，起飞重量一般在 150 吨以上，载重量超过 40 吨，正常装载航程超过 4000 千米，能空降、空投和快速装卸，主要是在远离作战地区的大型/中型机场起降，必要时也可在野战机场起降。 | C-5、C-17、AN-22、AN-124、AN-225、IL-76、Y-20 |
| 战术运输机 | 在战区附近承担近距离运输兵员及物资任务的军用运输机。 | 一般是中小型飞机，起飞重量 60~80 吨，载重量 20 吨左右，可运送 100 多名士兵；航程 3000~4000 千米；主要在前线的中、小型机场起降，有较好的短距起降能力。 | C-130、AN-12、Y-8 |

数据来源：《国际观察》，中航证券金融研究所

军用运输机的作用。根据《现代商贸工业》资料显示，在瞬息万变的现代化战争中，战争具有突发性强、作战节奏快、作战强度大、时效性高、物资消耗巨大等一系列显著特点，因此要求部队具备更高的迅速反应能力、机动作战水平以及持续作战能力。强大的空中运输力量既是后勤保障的重要手段，也是快速应对危机和构成敌对威胁的重要保证。因此在现代信息化战争中，空中运输力量在整个军事运输体系中具

有很高的战略地位，军事航运能力在某种程度上可以说已经成为决定战争走向的重要因素。具体来看，大型军用运输机主要有三个作用：一是大幅提高部队的战略机动能力，可以快速将部队官兵、武器装备和军用物资等运送到目的地，保证对危险和威胁做出快速反应已形成最大战略威慑。二是能够保证部队的持续作战能力，可以保证部队及时获得物资保障和补充，快速完成对前线的补给保障任务。三是可以执行特种作战以及和平时期执行人道救援。

军用运输机的发展现状。远程战略投送工具是实施战略投送的物质支撑，加强远程战略投送工具建设是世界军事强国的共同关注。正因为大型军用运输机在未来战争中将起到越来越重要的作用，各国越来越重视对这类机型的研制和发展。但是因为这类机型研制技术要求高，研制费用耗资巨大。而且研制和试验周期长，所以当今世界上大型军用运输机的发展很不平衡。美国是拥有大型军用或民用运输机种类数量最多的国家，其大型运输机，代表着当今世界大型运输机的最高发展水平。俄罗斯在大型军用或民用运输机的研制和发展方面，仅次于美国。在美俄之外，欧洲、日本的大运输机很快也会装备部队。据央视新闻报道，2016年7月6日，运-20正式列装我国空军航空兵部队。这种200吨级、大型、多用途运输机，在国际维和、战略投送等方面大幅提升了中国空军作为战略性军种地位和作用。世界各主要国家正在大力发展自己的军用运输机，提升远距离战略投送能力。

根据《国际观察》，目前，美国拥有各型军用运输机2000多架，其中大型军用运输机453架，包括C-5飞机126架、C-17飞机180架、KC-10加油机59架。美国的空中运输能力仅美国机动司令部下属的以上几种大型运输机的运力就可达到每日4167万吨/千米，将来的目标是能够达到每日8770万吨/千米。

俄罗斯拥有大型军用运输机大约为352架，其中安-22飞机25架、安-124飞机26架、安-225飞机1架、伊尔-76系列飞机300架。俄罗斯认为它的空运能力无论是飞机数量还是质量都不能满足要求，而且其所装备的大型运输机均已老旧，希望将来通过换装改进的伊尔-76MF或者新机型来满足需要，估计未来俄罗斯对于这一级别的飞机的需求量为160架左右。

欧洲空客负责开发和生产法国、德国、英国、西班牙、土耳其、比利时和卢森堡7个国家参与的A400M军用运输机。为了适应21世纪部署欧洲快速反应部队执行维和行动的需要，欧洲研制了自己的新一代运输机A400M，在欧洲这种新型运输机的意向采购总数已达到197架。这种研制中的A400M具有相当出色的空投性能，最大单件空投重量达18吨，能连投25件重1吨的货物并能在4.5米高度贴地飞行时连续空投总重为6.35吨的散货。除C-17和更大的运输机外，在所有军用运输机中A400M的空投性能仅次于安-70，而超低空空投性能没有任何一种军用运输机能与之相比。

图表 18：全球主要军用运输机性能参数对比

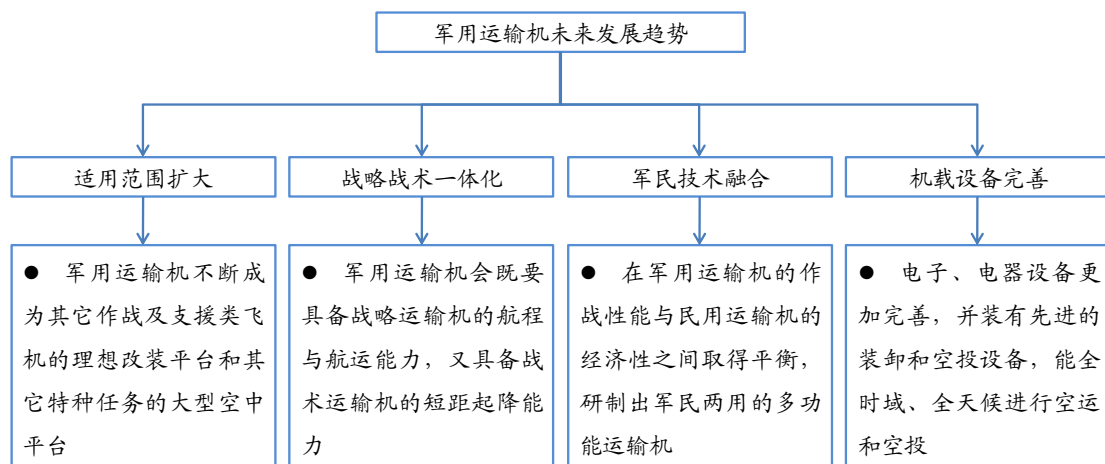
| 型号 | C-5 | C-17 | C-130 | AN-22 | AN-124 | AN-225 | IL-76 | Y-20 |
|-----|-----|------|-------|-------|--------|--------|-------|------|
| 生产国 | 美国 | 美国 | 美国 | 俄罗斯 | 俄罗斯 | 苏联建造 | 俄罗斯 | 中国 |

| 家 | | | | | | (乌克兰所有) | | |
|----------------------|----------------|---------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 首飞时间 | 1968 年 | 1991 年 | 1954 年 | 1965 年 | 1982 年 | 1988 年 | 1971 年 | 2013 年 |
| 入役时间 | 1970 年 | 1993 年 | 1956 年 | 1967 年 | 1986 年 | 1989 年 | 1975 年 | 2016 年 |
| 货仓尺寸 (长 × 宽 × 高) (m) | 37 × 5.8 × 4.1 | 26.83 × 5.49 × 3.76 | 12.5 × 3.05 × 2.75 | 33 × 4.4 × 4.4 | 36 × 6.4 × 3.4 | 43 × 6.4 × 4.4 | 20 × 3.4 × 3.4 | 20 × 4 × 4 |
| 翼展 (m) | 67.89 | 50.29 | 40.41 | 64.40 | 73.30 | 88.40 | 50.45 | 45 |
| 机长 (m) | 75.3 | 53.04 | 29.79 | 57.92 | 69.10 | 84 | 49.59 | 47 |
| 机高 (m) | 19.84 | 16.79 | 11.66 | 12.53 | 21.08 | 18 | 14.76 | 15 |
| 最大起飞重量 (t) | 381 | 265 | 70 | 250 | 405 | 600 | 170 | 220 |
| 最大载重量 (t) | 120 | 77 | 20 | 80 | 150 | 250 | 40 | 66 |
| 巡航速度 (km/h) | 833 | 648 | 602 | 685 | 800~865 | 800~850 | 750~800 | 750~800 |
| 最大航程 (km) | 4440 | 4630 | 7876 | 5000 | 4500 | 15400(燃油航程) | 5000 | 4500 |

数据来源:《政工导刊》2016、Wikipedia、互联网,中航证券金融研究所

军用运输机未来发展趋势。现代作战环境对军用运输机的载重能力、机动性、隐身性以及其它飞行性能要求越来越高,为不断增强航空运输力量,各国政府通过采取研发生产新型运输机、改进升级老旧运输机等一系列措施来提高航空运输能力,并呈现出四点发展趋势:一是军用运输机的使用范围不断扩大,二是竞相发展战略战术一体化军用运输机,三是军民航空运输技术不断深化融合,四是机载设备日趋完善,战场生存能力不断提高。

图表 19: 军用运输机未来发展趋势



数据来源：《现代商贸工业》2015，中航证券金融研究所

总之，军用运输机方面，美国是拥有大型军用或民用运输机种类数量最多的国家，其大型运输机，代表着当今世界大型运输机的最高发展水平。俄罗斯在大型军用或民用运输机的研制和发展方面，仅次于美国。我国军用运输机也已获得突破，2016年运-20正式列装我国空军航空兵部队，大幅提升了中国空军作为战略性军种地位和作用。

4. 加油机

空中加油技术实现远程空中作战。根据《中国经贸导刊》，空中加油就是给飞行中的飞机和直升机补加燃料。在现代战争中空中加油是增大航空飞行器航程和作战半径、延长续航时间及增加载弹量的重要手段，是远程空中作战能力的重要基础。作战半径是衡量战机乃至空军作战能力的重要指标之一。为提高作战半径，通常尽可能地增大飞机的载油量，但由于飞机的“最大载荷系数”和“最大起飞重量”是一定的，所以载油量和载弹量始终是一对矛盾。而空中加油则让这个矛盾迎刃而解。经过一次空中加油轰炸机作战半径可增加25%—30%，战斗机作战半径可增加30%—40%，运输机航程可增加近一倍。如果多次空中加油作战飞机就能“全球到达，全球作战”。同时飞机也可以最大限度地载弹从而提高作战效能。1995年6月2日美国空军3架B-1B战略轰炸机在加油机的空中加油保障下连续飞行30余小时，总航程约4万公里。这是美国空军进行的“环球力量”外场不着陆演习飞行，创造了航空史上迄今为止不着陆飞行的最远纪录，展示了美军全球打击能力。

空中加油的主要方式。根据《航空制造技术》，目前，空中加油方式有软管-锥套式（Hose-and-Drogue，俗称软式）和伸缩套管式（Boom，俗称硬式）两种。**软管-锥套式加油方式**是指以加油吊舱或加油平台作为平台，通过加油吊舱或加油平台放出加油软管，软管末端安装一个锥套（主要包括加油接头和稳定伞），用以在飞行中稳定软管并为受油机插入受油插头提供一个漏斗形对接辅助装置，受油机飞行员操纵飞机使

受油插头与锥套对接，顶开锥套内的活门实现加油的加油方式。软式加油设备主要有加油吊舱（翼下加油吊舱、伙伴加油吊舱）和机身中心线加油平台两类。其中加油吊舱的加油能力一般为 750~2200L/min 之间，机身中心线加油平台的加油能力一般为 2000~2800L/min 之间。此外，也有在硬管上搭接软管-锥套适配器（BDA）的，经地面转换后，可提供软式加油能力。**伸缩套管式加油方式**是指使用一根飞行可控的伸缩式硬质套管，由一名操作员控制其舵面，使硬管处于受油机上方，伸长套管的内管并将加油嘴插入受油机的受油插座的加油方式。

图表 20：空中加油的主要方式

| 加油方式 | 定义 | 优点 | 缺点 |
|------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 软管-锥套式（软式） | 通过加油吊舱或加油平台放出加油软管，软管末端安装一个锥套，受油机飞行员操纵飞机使受油插头与锥套对接，顶开锥套内的活门实现加油的加油方式。 | 可在大型加油机上多点安装多点加油；受油机控制加油过程，不需要专职加油员；可为固定翼、直升机、倾转旋翼机加油。 | 加油速度慢；加油时易受气流扰动影响；对受油机飞行员要求高。 |
| 伸缩套管式（硬式） | 使用一根飞行可控的伸缩式硬质套管，由一名操作员控制其舵面，使硬管处于受油机上方，伸长套管的内管并将加油嘴插入受油机的受油插座的加油方式。 | 加油速度快、效率高；硬管可控性好，抗湍流干扰性强；由加油机控制加油过程。 | 只能单点加油；对加油机飞行员要求高；不能用于舰载机伙伴加油及为直升机、倾转旋翼机加油。 |

数据来源：《航空制造技术》2016，中航证券金融研究所

空中加油机的发展现状。根据《中国经贸导刊》，1933 年苏联第一次进行 T B-3 轰炸机为 P-5 侦察机加油。1934 年英国成功进行了轰炸机空中加油。20 世纪 40 年代中期英国研制成功插头锥套式加油设备，1949 年美国研制成功伸缩管式加油设备，才使空中加油走向了实际应用。1949 年 10 月安装这种设备的 KB-29P 加油机完成首次空中加油。从此航空装备大家族又增添了加油机这个重要成员，并在局部战争中走上战场，展示了其重要价值。根据《中国经贸导刊》，目前世界上 20 多个国家的空军装备 10 多个型号加油机，总数量超过 1000 余架，受油机超过 11000 架。但能够自行研制生产加油机的国家只有美国、俄罗斯、英国、法国（空中客车公司）和中国，加油机平台则大多利用军用运输机、民用客机或轰炸机进行改装。在役的加油机型号主要有美国 KC-10A “补充者”、KC-135 “同温层油船”和 MC-130P “战斗影子”，俄罗斯伊尔-78，中国轰油-6 等。KC-10A 是世界上最大的加油机，总载油量达 161.5 吨，加油作业半径 3540 公里，可供油 90 余吨，装有一套主管 8 米、套管 6 米合计 14 米的伸缩管式加油设备和两套 Mk32A 型插头锥套式软管加油设备吊舱，同时能为 3 架战斗机加油。KC-135 加油机的生产数量高达 724 架，位居世界第一，参与过美军越南战争、海湾战争、科索沃战争、阿富汗战争、伊拉克战争、利比亚战争等历次局

部战争。美国空军正在换装新一代 KC-46A 加油机，俄罗斯在试验伊尔-96 加油机，澳大利亚和沙特阿拉伯等采购欧洲空客公司改装的 A330 型加油机。

图表 21: 全球主要空中加油机性能参数对比

| 型号 | KC-135 | KC-10 | KC-767 | A330MRTT | IL-78 | HY-6 |
|--------------|--------|----------------|-----------------|----------|---------|------|
| 生产国家 | 美国 | 美国 | 美国 | 欧洲 | 俄罗斯 | 中国 |
| 首飞时间 | 1956 | 1980 | 2005 | 2010 | 1984 | 1991 |
| 入役时间 | 1957 | 1981 | 2011 | 2011 | 1987 | 1997 |
| 改装平台 | B-707 | DC-10-30C F | B-767-200 ER | A330 | IL-76MD | H-6 |
| 加油方式 | 硬式、软式 | 硬式、软式 | 硬式、软式 | 硬式、软式 | 软式 | 软式 |
| 最大供油量 (t) | 68 | 90 | 92 | 110 | 65 | 18.5 |

数据来源:《交通与运输》2015, Wikipedia, 互联网, 中航证券金融研究所

总之，加油机方面，美国和欧洲的加油机供油量大，且同时具备硬式和软式两种加油方式，俄罗斯的 IL-78 加油机目前只具备软式加油方式，中国只有少量的由轰-6 改装的供油量少的 HY-6 和 3 架从乌克兰引进的 IL-78。

5. 武装直升机

武装直升机的性能特点。根据《舰船电子工程》，武装直升机是装有武器、为执行作战任务而研制的直升机，作为一种超低空火力平台，其强大的火力与特殊的超低空飞行和高机动性能的有机结合，使之成为继火炮、坦克、飞机和导弹之后又一种重要的常规武器。在近几年局部战争中，武装直升机都发挥了重要的作用。武装直升机可分为专用型和多用型两大类。专用型机身窄长，作战能力较强；多用型除可用来执行攻击任务外，还可用于运输、机降等任务。根据百度百科，直升机主要由机体和升力（含旋翼和尾桨）、动力、传动三大系统以及机载飞行设备等组成。旋翼一般由涡轮轴发动机或活塞式发动机通过由传动轴及减速器等组成的机械传动系统来驱动，也可由桨尖喷气产生的反作用力来驱动。分为常规直升机与倾转旋翼机、高速直升机、隐形直升机。按大小则分轻型直升机、中型直升机、重型直升机。直升机的最大时速可达 300km/h 以上，俯冲极限速度近 400km/h,实用升限可达 6000 米（世界纪录为 12450m），一般航程可达 600~800km 左右。携带机内、外副油箱转场航程可达 2000km 以上。根据不同的需要直升机有不同的起飞重量。当前世界上投入使用重型直升机最大的是俄罗斯的米-26(最大起飞重量达 56t,有效载荷 20t)。当前实际应用的是机械驱动式的单旋翼直升机及双旋翼直升机，其中又以单旋翼直升机数量最多。

图表 22: 武装直升机的特点及功能

| 特点 | 功能 | 作战目标 | 主要技术特征 |
|----|----|------|--------|
|----|----|------|--------|

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1、飞行最大时速可超过 300km/h; 2、反应灵活, 机动性好; 3、能贴地飞行, 隐蔽性好, 生存力强; 4、机载武器的杀伤威力大; | 1、可携带多种武器, 攻击多种目标; 2、载弹量大, 攻击火力强; 3、不受地形限制, 机动性好; 4、隐蔽性好, 突袭性强; 5、视野开阔, 具有良好的侦察能力; 6、发应迅速, 协同作战; | 1、反坦克及装甲目标; 2、近距离火力支援; 3、为运输和战勤护卫; 4、争夺超低空制空权; 5、攻击海上目标; | 1、采用先进复合材料旋翼系统, 先进的桨叶翼型, 甚至采用多种翼型; 2、机身与起落架采用适坠性设计, 具有良好的坠毁生存能力, 并具有一定的隐身能力; 3、采用大功率、先进的全权数字控制的发动机, 能在不利气象条件下遂行军事任务; 4、采用综合显示、任务计算机、高速数据总线 and 先进火控集成系统, 配备有高级的红外、激光和电子对抗设备, 生存性高 5、配备各种先进的任务设备和武器装备, 包括探测、侦察、识别、引导、定位等设备和各类攻击与防御武器 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

数据来源:《舰船电子工程》2014、《舰船电子工程》2012, 中航证券金融研究所

直升机发展现状。根据《航空制造技术》, 世界直升机目前处于第三代和第四代并存发展的阶段, 第三代直升机采用玻璃钢复合材料桨叶, 带弹性轴承的无铰桨毂, 机体次要结构采用复合材料, 半综合航电系统。代表性型号有 S-70/UH-60 “黑鹰”、AH-64 “阿帕奇”、米-28、SA-365 “海豚”等。第四代直升机采用先进复合材料桨叶, 三维变化的先进翼型, 桨叶寿命无限, 无轴承或球柔性桨毂, 机体主次结构都大量采用复合材料, 高度综合化的航电系统。代表性型号有 AH-64D、“虎”、卡-52、NH90、EH101、S-92、V-22 等。这些直升机在全世界各个领域, 尤其是军事领域得到了广泛的应用, 在一系列局部战争中取得了不菲的成绩。但是, 也暴露出很多问题, 如伊拉克战争表明, 直升机飞行速度慢、飞行高度低是被击落的重要原因。现在军用直升机的作战任务和制空要求具有更大的范围, 尤其在战场突袭、反潜方面, 航程远才能完成各种战术要求。现代战争中进攻和防守的转化快, 多点突击的“空中蛙跳”战术使穿插战术有了质的飞越, 这都要求直升机必须具有远航程的能力。另外, 近几场局部战争也检验表明, 当代直升机可靠性、复杂环境适应性、抗坠毁性、自身防护以及与其他武器装备联合作战等方面的能力还不能完全满足作战要求。

图表 23: 直升机发展历程

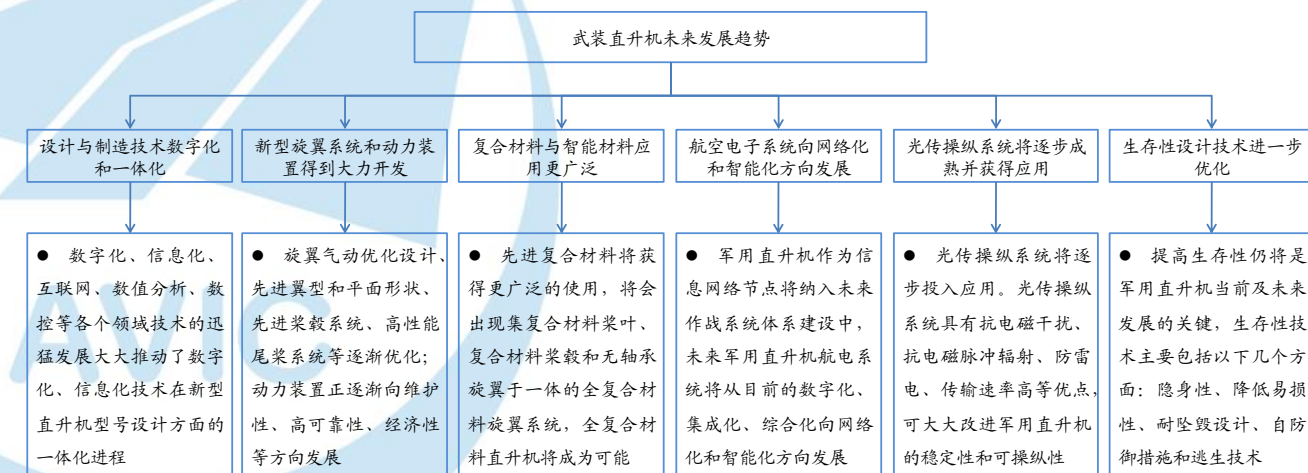
| 直升机分代 | 发展时间 | 技术特点 | 最大平飞速度 | 振动水平 | 噪声水平 | 典型机型 |
|--------|----------------|--------------------------------------------------------------------|---------|-------|-------|------------------------|
| 第一代直升机 | 20 世纪 30~60 年代 | 安装活塞式发动机; 金属/木质混合式旋翼桨叶; 机体为由钢管焊接成的伤架式或铝合金半硬壳式结构; 装有简易的仪表和电子设备。 | 200km/h | 0.20g | 110dB | 贝尔-47、米-4、FW-61、S-51 |
| 第二代直升机 | 20 世纪 60~70 年代 | 安装了第一代涡轮轴式发动机; 全金属桨叶与金属铰接式桨毂构成的旋翼; 机体主要仍为铝合金半硬壳结构; 开始采用最初的集成微电子设备。 | 250km/h | 0.15g | 100dB | S-61、贝尔-209、米-6、BO-105 |

| | | | | | | |
|--------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------|------|------------------------------------|
| 第三代直升机 | 20 世纪 70~80 年代 | 安装第二代涡轴发动机；全复合材料桨叶及带有弹性元件的桨毂构成的旋翼；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。 | 300km/h | 0.10g | 90dB | UH-60 、 AH-60 、 SA-365、ka-50 |
| 第四代直升机 | 20 世纪 90~至今 | 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叶，无轴承或弹性较式等新型桨毂；机体结构大部分或全部使用复合材料；操纵系统改为电纵；机载电子设备采用数据总线、综合现示和任务管理；先进的飞行控制、通信导航系统。 | 315km/h | 0.05g | 80dB | RAH-66 、 S-92、NH-90、 EH-101 |

数据来源：《南京航空航天大学学报》2015、互联网，中航证券金融研究所

武装直升机发展趋势。根据《军事文摘》，对军用直升机而言，大力提高生存性和作战效能，是其追求的最高目标，军用直升机技术未来的发展将围绕这个核心目标。概括起来，国外军用直升机技术发展呈现以下趋势：设计与制造技术数字化和一体化、新型旋翼系统得到大力开发、复合材料与智能材料应用更广泛、航空电子系统向网络化和智能化方向发展、光传操纵系统将逐步成熟并获得应用、生存性设计技术进一步优化、动力装置技术大大提高、新构型技术研究日益深入。

图表 24：武装直升机未来发展趋势



数据来源：《军事文摘》2015，中航证券金融研究所

总之，武装直升机方面，世界直升机目前处于第三代和第四代并存发展的阶段，第三代直升机采用玻璃钢复合材料桨叶，带弹性轴承的无铰桨毂，机体次要结构采用复合材料，半综合航电系统，代表性型号有美国的 S-70/UH-60（黑鹰）和 AH-64（阿帕奇）。第四代直升机采用先进复合材料桨叶，三维变化的先进翼型，桨叶寿命无限，无轴承或球柔性桨毂，机体主次结构都大量采用复合材料，高度综合化的航电系

统，代表性型号有 AH-64D（阿帕奇）和 V-22（鱼鹰）等。未来直升机将通过设计与制造技术数字化和一体化、新型旋翼系统得到大力开发、复合材料与智能材料应用更广泛、航空电子系统向网络化和智能化方向发展、光传操纵系统将逐步成熟等方式，大力提高生存性和作战效能。

6. 教练机

教练机的定义及分类。根据 wikipedia，教练机是训练飞行员从最初级的飞行技术到能够单独飞行与完成指定工作的特殊机种。无论是操作民用或者是军用飞机的飞行员都需要经过一些相同的训练程序，使用类似的教练机完成基础飞行课程。教练机最基本的需求是提供不具备飞行技能与经验的人一个学习的工具，因此教练机必须满足操作简单与不容易失去控制这两个基本条件。这一类教练机通常也称为初级教练机。由于教练机是以飞行训练为目的，绝大多数的教练机以双座居多。部分具备飞行训练功能的飞机可以是由一般的飞机加装另外一套设备之后，担任飞行训练的任务。常见的教练机分类方式有两种，分别是两级与三级制。两级制区分为初级与高级教练机。三级制为初级、中级与高级教练机。

图表 25：教练机的分类

| 分类 | 定义 | 特点 |
|-------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 初级教练机 | 初级教练机是没有飞行经验与技术的新手初次接受训练的机种，操作简单，不容易失去控制是初级教练机共通的特性。 | 几乎所有的初级教练机都是螺旋桨推进，速度较低的机种。两级制的训练在初级课程完成之后，就会决定操作的机种是单发动机或者是多发动机而分配到不同的训练单位。 |
| 中级教练机 | 中级教练机是三级制当中提供较高难度的飞行训练用的机种。使用者已经具备基本的飞行技术和一些经验，能够接受更为复杂的飞行训练课程。 | 中级教练机的性能需求接近初级教练机，但是运动性能要求较高，有些教练机并且具备携带武器的能力。 |
| 高级教练机 | 高级教练机是军用飞行员基本训练的最后阶段，完成高级教练机的训练之后就会分配到部队，飞行现役的机种。 | 高级教练机多半是喷射动力，以协助飞行员，尤其是将要操作战斗用机种的飞行员熟悉喷射动力飞机的特性。如果是分配操作多发动机的机型，譬如运输机，高级教练机也会采用类似的多发动机机种，协助飞行员适应不同的操作环境。负责训练战斗用机种的高级教练机需要具备携带某些武器的能力，有些国家甚至会以高级教练机兼负作战任务，譬如反游击、密接支持或者是空中巡逻等。 |

数据来源：wikipedia，中航证券金融研究所

教练机的发展现状。主战飞机的不断更新换代，对飞行员能力需求也持续提出了更高的要求，也引领着教练机向着更高的水平发展，老旧的教练机不断被新型教练机取代。目前国际范围内，随着四代机的普及，高级教练机正掀起第三次发展浪潮，新一代高级教练机的装备已成为趋势，而相应基础教练机、筛选/初级教练机也在进行人机界面、航电系统等方面的升级更新，以更好的向上衔接。飞行教育训练发展要遵

循飞行员成长规律，要与国家的军事战略、经济实力、教育体制，以及空军使命任务、装备水平和培训对象基本素质等因素相适应。在当前航空武器装备越来越先进，越来越昂贵，能源越来越紧缺，人力资源越来越宝贵的情况下，如何在追求高质量、高效益的同时降低成本，做到飞行员培训的“好、快、省”，构建合适的教练机体制至关重要。

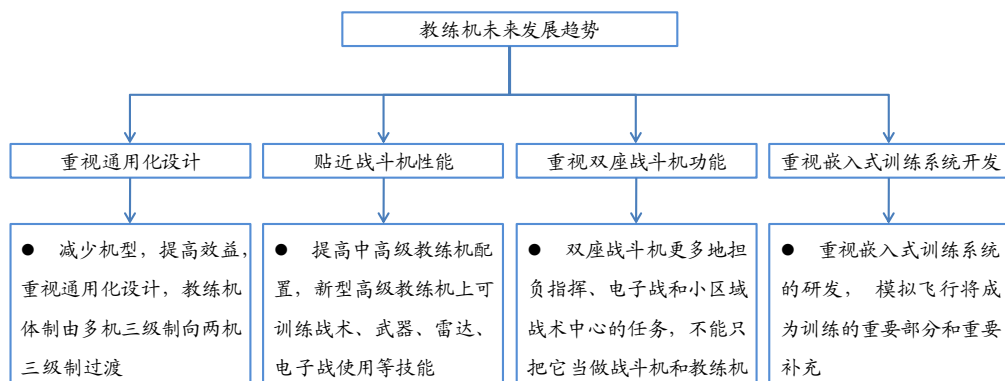
图表 26：教练机的发展历程

| 发展阶段 | 发展时间 | 发展特点 | 典型机型 |
|------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| 第一阶段 | 20 世纪 40~60 年代 | 早期主要由在役喷气式战斗机改双座型而成，后来逐渐开始探索针对喷气式飞机飞行训练专门设计教练机。这一阶段的喷气式教练机针对机械操纵系统和分立仪表判读进行高速喷气式飞机飞行技术的教学，在螺旋桨教练机和高速喷气式战斗机间起到性能衔接的作用，减少飞行训练跨度，提高训练安全性，减少淘汰率。 | T-33、T37、T38 |
| 第二阶段 | 20 世纪 70~80 年代 | 各国开始专门设计具有较高训练效能的，能够承担教练/作战一体化任务的喷气式教练机。这些基础/高级教练机主要用于加强战斗技术训练，着力提高训练效能。各国军方都对这些教练机提出了教练/作战一体化的要求，并强调模拟器是实际飞行训练的有效补充，同时各国还基于这些教练机开始构建更合理、更科学的训练体制。 | MB-399 、L-39、L-59、K-8 |
| 第三阶段 | 20 世纪 90 年代~至今 | 为在满足主战装备不断提高的训练要求的同时，降低整个战斗机飞行员训练体制的训练成本，一些国家开始发展新一代高级教练机，并增添了新的使用要求，如面向未来主战装备培养人才的优良教学功能和环境、教练/作战/保规模一体化使用需求等。 | 雅克 130、T-50 、M346、L-15 |

数据来源：《教练机》2012，中航证券金融研究所

教练机未来发展趋势。根据《教练机》，教练机发展的主流趋势首先是既有先进战斗机的机动性，又有教练机的低速安全操纵性，其次是低成本复现先进战斗机的系统功能。针对前者，当高级教练机具有与作战飞机相似的飞行性能和机动性时，就可以加深学员对训练任务、乃至未来作战任务的了解。针对后者，先进战斗机的系统功能很多需要高性能机载设备的支持，但是高级教练机是有可能做到低成本的。因为，机载系统数字化以后，非常多的信息对飞行员体现为数字、符号、声音、提示灯光等，这些都可以通过专门的嵌入式训练计算机进行想定模拟，还能与数字综合航电系统进行系统级整合，进一步减少成本和占用空间。

图表 27：教练机发展趋势



数据来源：《教练机》2012，中航证券金融研究所

总之，教练机方面，目前随着四代机的普及，四代机用高级教练机的装备已成为趋势，而相应基础教练机也在进行人机界面、航电系统等方面的升级更新，以更好的向上衔接。未来教练机发展的主流趋势首先是既有先进战斗机的机动性，又有教练机的低速安全操纵性。

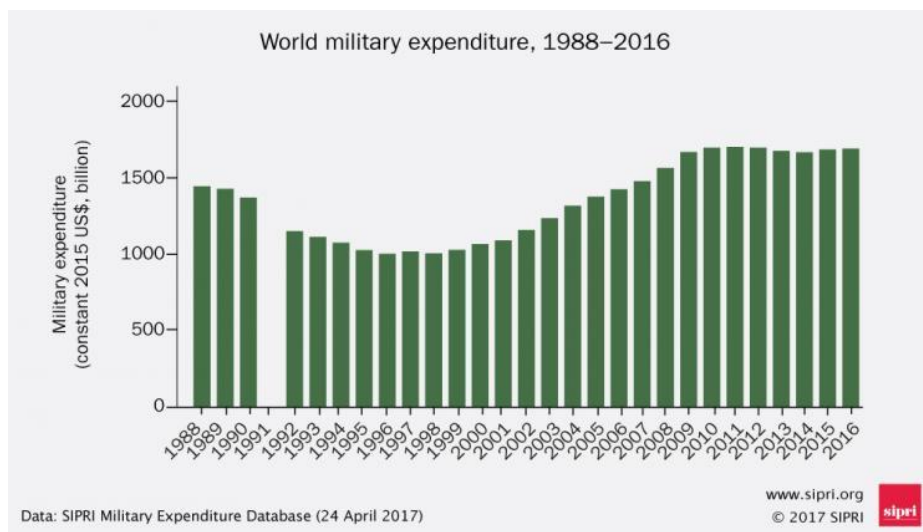
二、世界主要国家军用飞机实力对比及发展趋势

（一）世界主要国家军用飞机技术和实力对比

1. 世界主要国家军费开支情况

根据斯德哥尔摩和平研究所数据显示，自 20 世纪 90 年代至 2010 年以来全球军费连续攀升，这是因为美国由于两伊战争、阿富汗战争等军费连续增加，而美国军费占全球军费的 30% 以上，所以导致全球军费上升。自 2010 年以来全球军费平稳增长，这主要是由于全球经济下行，美国军费小幅调整。但是自 2017 年特朗普上台以来，美国国防预算提高 10%，增加约 540 亿美元。同时特朗普号召北约国家，如果北约国家的军费支出不能达到国内生产总值 2% 的标准，美国是否有必要减少对欧盟国家的承诺。我们预计未来 1~2 年，世界军费支出将会迎来又一轮的增长周期。

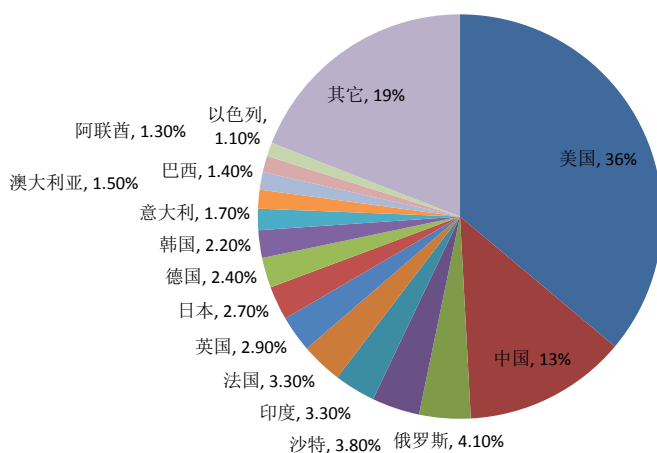
图表 28：近年来世界军费支出情况



数据来源: SIPRI, 中航证券金融研究所

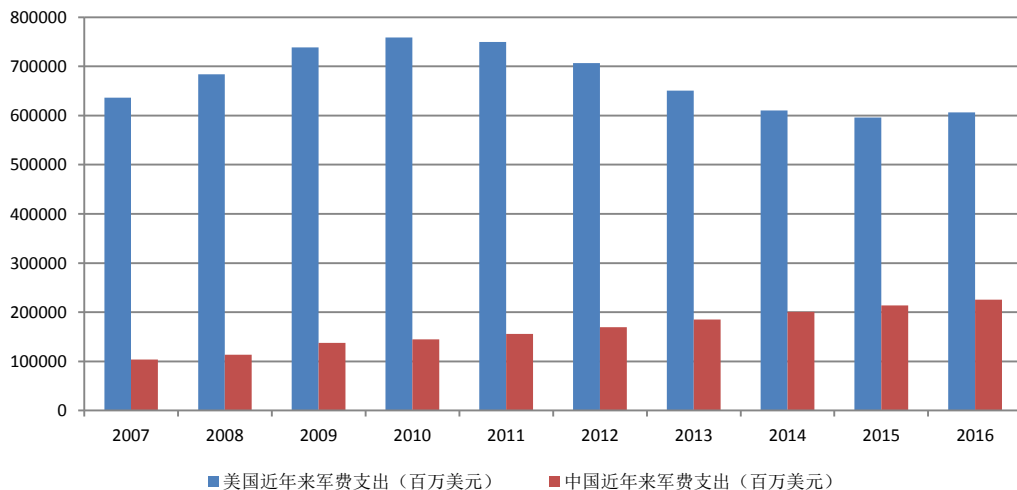
从全球军费的角度看,我国军费占 GDP 比重低于世界平均水平,仍有巨大增长空间。根据斯德哥尔摩和平研究院数据资料统计,就军费占 GDP 的比重来看,近二十几年中国军费占 GDP 比重始终保持在 2% 之间,远低于世界其他发达国家的水平。在 2016 年两会期间,我国公布了 2016 年国防预算,较去年增长 7.6%。2017 年两会期间公布 2017 年国防预算约 1 万亿元人民币,增长 7% 左右。根据《2010 年中国的国防》白皮书披露,中国国防费主要由人员生活费、训练维持费和装备费 3 部分组成,各部分大体各占三分之一。未来随着最高决策层对武器装备建设和军事训练实战化水平的持续高度关注,再加上军民融合深度发展和军改裁军 30 万目标的逐步完成,将大大降低非战斗人员方面的支出需求,使国防军费支出向训练维持费和装备费方向倾斜。

图表 29: 2016 年世界各主要国家军费占比



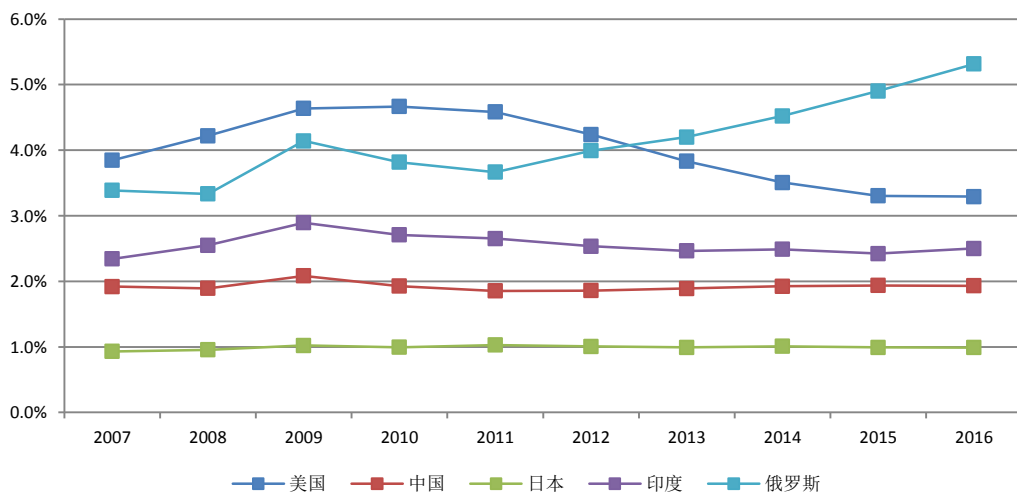
数据来源: SIPRI, 中航证券金融研究所

图表 30：中美两国近年来军费支出情况



数据来源：SIPRI，中航证券金融研究所

图表 31：世界各主要国家近年来军费支出占 GDP 比重

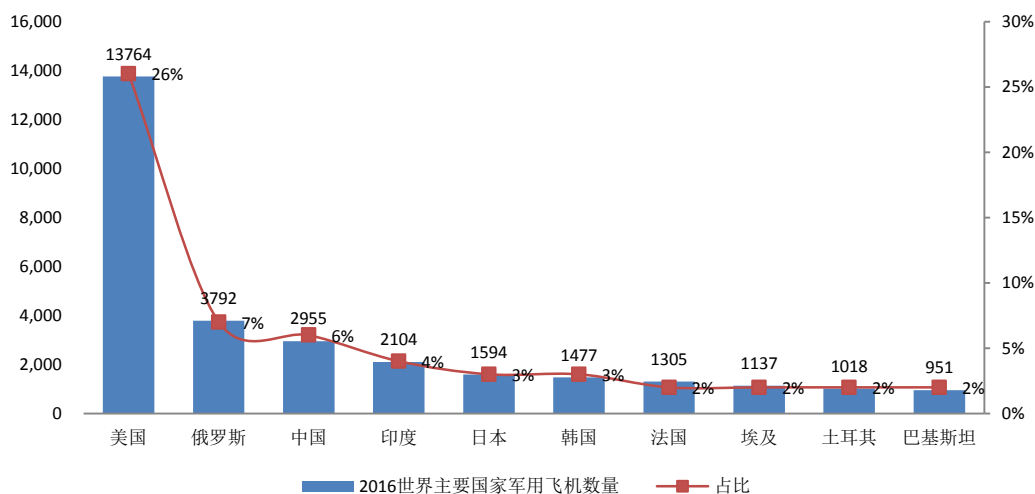


数据来源：SIPRI，中航证券金融研究所

2. 世界各主要国家军用飞机实力对比

我国军用飞机在数量上约为美国的四分之一。根据 WORLD AIR FORCES 2017 数据显示，美国 2016 年军用飞机装备了 13764 架，数量约为排在第 2 位到第 8 位 7 个国家军用飞机的总和。我国军用飞机在数量上与美国相比差距明显，总量不足美国的四分之一。

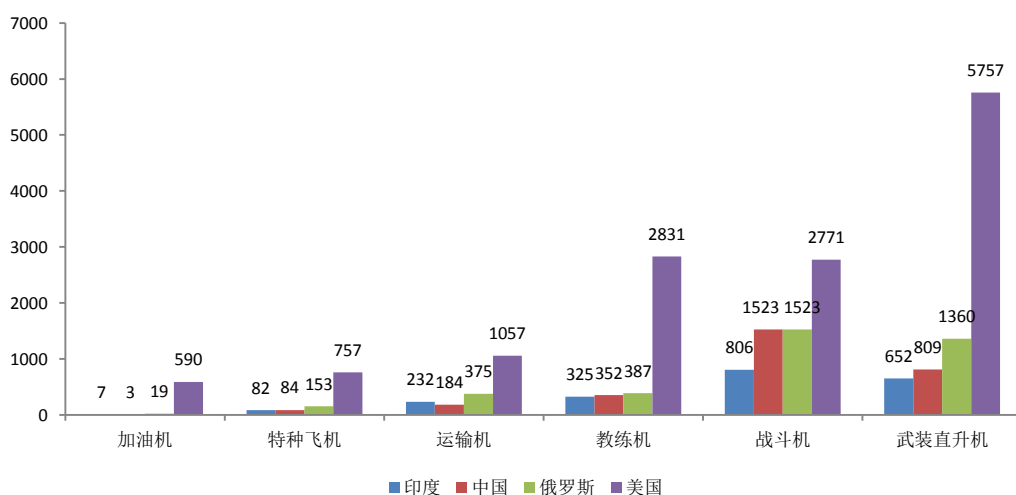
图表 32：世界各主要国家 2016 年军用飞机数量及占比



数据来源: WORLD AIR FORCES 2017, 中航证券金融研究所

具体来看, 2016 年中国装备战斗机数量为 1523 架, 远远少于美国的 2771 架; 装备特种飞机的数量为 84 架, 远远少于美国的 757 架、俄罗斯的 153 架、日本的 128 架; 装备加油机的数量为 3 架, 远远少于美国的 590 架; 装备运输机的数量为 184 架, 远远少于美国的 1057 架、俄罗斯的 375 架、印度的 232 架; 装备武装直升机的数量为 809 架, 远远少于美国的 5757 架、俄罗斯的 1360 架; 装备教练机的数量为 352 架, 远远少于美国的 2831 架、日本的 447 架。

图表 33: 中美俄印四国 2016 年各种军用飞机数量对比

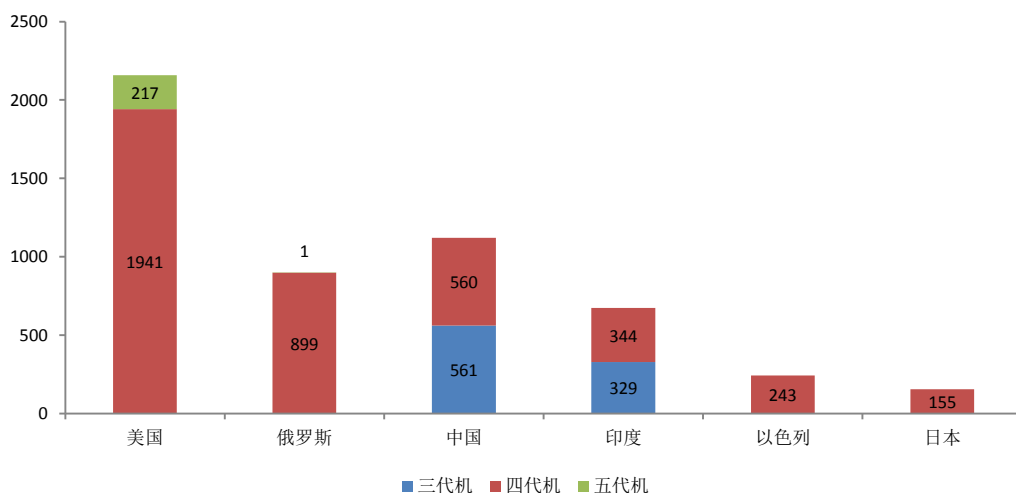


数据来源: WORLD AIR FORCES 2017, 中航证券金融研究所

我国军用飞机在质量上与美国差距明显。战斗机方面, 与美俄相比, 我国战斗机质量处于明显劣势, J7、8 等三代机仍占到我国战斗机数量的一半, 而俄罗斯基本以四代机为主, 美国更是四代机和五代机为绝对主力。我国现役的 J10、J11 等第四代战斗机 560 架, J7、J8 等第三代战斗机 561 架。美国现役第四代

机战斗机 1941 架、第五代战斗机 217 架，未来陆海空三军和海军陆战队还将采购大量的 F35 战斗机；俄罗斯现役第四代战斗机 899 架，第五代战斗机 T50 未来也将大批量产。

图表 34：2016 年中美俄日印以六国主要装备的战斗机



数据来源：WORLD AIR FORCES 2017，中航证券金融研究所

在轰炸机方面，中国是目前世界上少数几个拥有战略航空兵的国家之一。事实上，也可以说目前世界上仅有俄罗斯及美国拥有这种力量，因为中国仅拥有最新改装而成的轰-6K 轰炸机，轰-6K 在最大航程、最大作战半径、机载武器等部分技术指标方面与美俄两国的战略轰炸机仍然存在一定差距。

图表 35：2016 年中美俄主要装备的轰炸机

| 机型 | 研制国家 | 服役时间 | 最大起飞重量 (t) | 空重 (t) | 最大航程 (Km) | 单价 (亿美元) | 现役数量 (架) | 机载武器 |
|--------|------|--------|------------|--------|-----------|-----------|----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| H-6K | 中国 | 2011 年 | 75.8 | 37.2 | 9000 | 0.16 | 约 150 | 6 枚长剑-10 远程巡航导弹等 |
| B-2 | 美国 | 1997 年 | 170.6 | 71.7 | 11100 | 24 | 20 | 80 枚 500 磅 Mk-82 低阻力通用炸弹；36 枚 750 磅集束炸弹；16 枚 2,000 磅等级炸弹；16 枚 B61 或 B83 型核武器等 |
| B-52 | | 1955 年 | 220 | 83.2 | 16232 | 0.05~0.14 | 75 | 机炮、多枚空对地导弹、多种炸弹、B-61 自由落体式核弹、B-83 核弹等 |
| B1-B | | 1985 年 | 216.4 | 87.1 | 11998 | 2.83 | 约 60 | 多枚通用炸弹、空地导弹、反舰导弹、多枚 B-61 自由落体式核弹等 |
| Tu-160 | 俄罗斯 | 1987 年 | 275 | 118 | 12300 | 1 | 16 | 巡航导弹、短距攻击导弹、核弹、常规炸弹和鱼雷等多种武器 |
| Tu-95 | | 1956 年 | 188 | 90 | 15000 | — | 42 | 巡航导弹、反舰导弹、核弹、常规炸弹等 |
| Tu-22M | | 1972 年 | 126 | 58 | 7000 | 0.3~0.5 | 69 | 空地导弹、攻击导弹、自由落体炸弹等 |

数据来源：WORLD AIR FORCES 2017、wikipedia，中航证券金融研究所

我国特种飞机在种类、数量和先进性上与美国差距明显。中国 2016 年现役特种飞机数量约为美国的 1/9。具体预警机方面，美国装备了大量最先进的 E-2D 鹰眼预警机，中国装备的少量 KJ-2000 和 KJ-200

在数据处理、探测半径和跟踪目标方面和美军先进的预警机相比差距明显。根据《中国电子科学院学报》，美军最新型的 E-2D 鹰眼预警机采用了空间-时间自适应处理技术、数字式接收机、固态大功率发射机，对地杂波和干扰的抑制能力更强，可以探测和跟踪小目标以及巡航导弹等。采用机械+电子扫描，对 360° 空域无空隙监测的同时，可以对重点空域或目标重点观测。根据 WORLD AIR FORCES 2017 资料显示，其他特种飞机比如海上巡逻机、侦察机和电子战飞机方面，中国只装备了少量的由其他平台改装的机型高；而美军除了装备了大量自主研发的先进的巡逻机、侦察机和电子战飞机以外（比如 P-8A、P-3C 海上巡逻机、U-2S 侦察机、EA-18G 电子战飞机），还装备了大量用于搜救、气象侦查和电子情报搜集的特种飞机（比如 HC-130J、WC-130J 和 RC-135S/U/V/W）。

图表 36：2016 年中美俄主要装备的特种飞机

| 预警机（AEW） | | | 海上巡逻机（MPA） | | |
|------------|----------------|----|------------|---------|-----|
| 装备国家 | 主要机型 | 数量 | 装备国家 | 主要机型 | 数量 |
| 中国 | KJ200 | 15 | 中国 | Y-8 | 5 |
| | KJ2000 | 4 | | 737 | 2 |
| | Ka-31 | 9 | 俄罗斯 | Tu-142 | 24 |
| 俄罗斯 | A50 | 14 | | Il-38 | 20 |
| 美国 | E-3B/C/G | 30 | 美国 | P-8A | 53 |
| | E-2C/D | 74 | | P-3C | 78 |
| 侦察机（Recce） | | | 电子战飞机（EW） | | |
| 装备国家 | 主要机型 | 数量 | 装备国家 | 主要机型 | 数量 |
| 中国 | Challenger 870 | 16 | 中国 | An-30 | 4 |
| | Y-8 | 21 | | Y-8 | 17 |
| 俄罗斯 | AN-30 | 35 | | Tu-154 | 7 |
| | Il-20/22 | 22 | 俄罗斯 | Il-22 | 2 |
| 美国 | E-8C | 17 | | Tu-204 | 4 |
| | Beechjet T1A | 89 | 美国 | EC-130H | 14 |
| | U-2S | 27 | | EC-130J | 7 |
| | RC-26B | 21 | | EA-6B | 21 |
| | U-28A/B | 35 | | EA-18G | 113 |
| | MC/RC-12 | 22 | — | — | — |

数据来源：WORLD AIR FORCES 2017，中航证券金融研究所

我国军用运输机在运载能力和数量上与美军和俄军差距明显。美军装备的 C-5 战略运输机的运输能力是我国最新研制的运 20 的两倍。同时美军还装备了 230 架 C-17 运输机，C-17 运输机的最大起飞重量和最大载重量均高于运 20 运输机。根据《发明与创新》资料显示，C-5 “银河”运输机是美国迄今为止体型最大的飞机，为贴近战场需求，C-5 运用一种免装卸结构，机头罩和尾舱门均可打开，车辆从机尾驶入装载，

从机头驶出卸载。C-17“环球霸王”运输机能在长度较短的土质跑道上起飞和降落。作为世界上唯一可同时承担战略和战术任务的军用运输机，C-17深受美国军方青睐。据统计，从2006年开始，C-17共空投了8.4万多个包裹和近6万吨的货物，成为美国空军执行任务效率最高的空中机动平台。俄罗斯的IL-76和AN-124也是军用运输机里面的明星机型。作为世界上最成功的一款战略运输机，至今已有30多个国家使用过或正在使用伊尔-76，950多架的总产量在全球军用运输机中遥遥领先。伊尔-76可在俄罗斯境内设备不全或设施简陋的机场起飞，并能适应近极地地区的严寒气候和高加索地区气温多变的环境。世界上第二大军用运输机安-124“鲁斯兰”是俄罗斯航空领域标榜于世的另一张重要名片。它的最大起飞重量达405吨，最大载重150吨，尺寸、载重均超过同等级别的C-5“银河”运输机，堪称“空中巨无霸”。2016年我国运-20的列装为提升空军战略投送能力打下坚实的基础，从根本上解决以往战略投送能力不足的问题。

图表 37：2016 年中美俄主要装备的先进军用运输机

| 装备国家 | 美国 | | | 俄罗斯 | | | 中国 | |
|------------------------|----------------|-------------------------|------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 型号 | C-5 | C-17 | C-130 | AN-22 | AN-124 | IL-76 | IL-76 | Y-20 |
| 装备数量 | 43 | 230 | 127 | 6 | 3 | 93 | 20 | 2 |
| 货仓尺寸 (长×宽×高) (m) | 37×5.8 ×4.1 | 26.83× 5.49× 3.76 | 12.5× 3.05× 2.75 | 33× 4.4× 4.4 | 36×6.4 ×3.4 | 20×3.4 ×3.4 | 20×3.4 ×3.4 | 20×4 ×4 |
| 最大起飞 重量(t)) | 381 | 265 | 70 | 250 | 405 | 170 | 170 | 220 |
| 最大载重 量(t) | 120 | 77 | 20 | 80 | 150 | 40 | 40 | 66 |
| 最大航程 (km) | 4440 | 4630 | 7876 | 5000 | 4500 | 5000 | 5000 | 4500 |

数据来源：WORLD AIR FORCES 2017、《政工导刊》2016、Wikipedia、互联网，中航证券金融研究所

我国现役空中加油机主要靠引进，C919和Y-20未来将成为我军加油机国产改装平台。根据《坦克装甲车辆 新军事》资料显示，中国的加油机除了2014年3月从乌克兰购买的三架伊尔-78空中加油机以外，还有少量的由H-6改装而来的HY-6加油机。而美国装备了数百架供油量与IL-78相当的空中加油机。美军还有57架MC-130，用于专用于执行隐蔽渗透、空降侦查、掩护撤离、支援地面特种部队作战以及为执行特种作战任务的直升机/转翼机提供空中加油支援。不过，虽然我国目前加油机数量缺乏，但是2016年正式服役的国产运-20重型运输机以及2017年成功首飞的C919大型客机，都是比较理想的可供改装加油机的平台，它们都具备改装成大型加油机的一切条件。

图表 38：2016 年中美俄主要装备的先进空中加油机

| 装备国家 | 美国 | | | 俄罗斯 | 中国 |
|------|--------|-------|--------|-------|-------|
| 型号 | KC-135 | KC-10 | KC-130 | IL-78 | IL-78 |

| | | | | | |
|-----------|-------|----------------|-------|---------|---------|
| 装备数量 | 398 | 59 | 76 | 19 | 3 |
| 改装平台 | B-707 | DC-10-30 CF | C-130 | IL-76MD | IL-76MD |
| 加油方式 | 硬式、软式 | 硬式、软式 | 软式 | 软式 | 软式 |
| 最大供油量 (t) | 68 | 90 | 23.6 | 65 | 65 |

数据来源: WORLD AIR FORCES 2017、《交通与运输》2015、Wikipedia、互联网, 中航证券金融研究所

我国武装直升机的数量少, 型号不完整, 缺少 10 吨级通用直升机和重型运输直升机。目前我国武装直升机的发展与美国相比差距很大: 从整体上看, 我国目前武装直升机的数量与美国仍存在明显的差距, 其数量不足美军的 1/7; 从直升机具体型号上看, 我国的军用直升机的型号仍不完整, 具体体现在 10 吨级通用直升机以及重型运输直升机等方面。因此, 我国武装直升机的列装需求和研制需求都是非常迫切的。

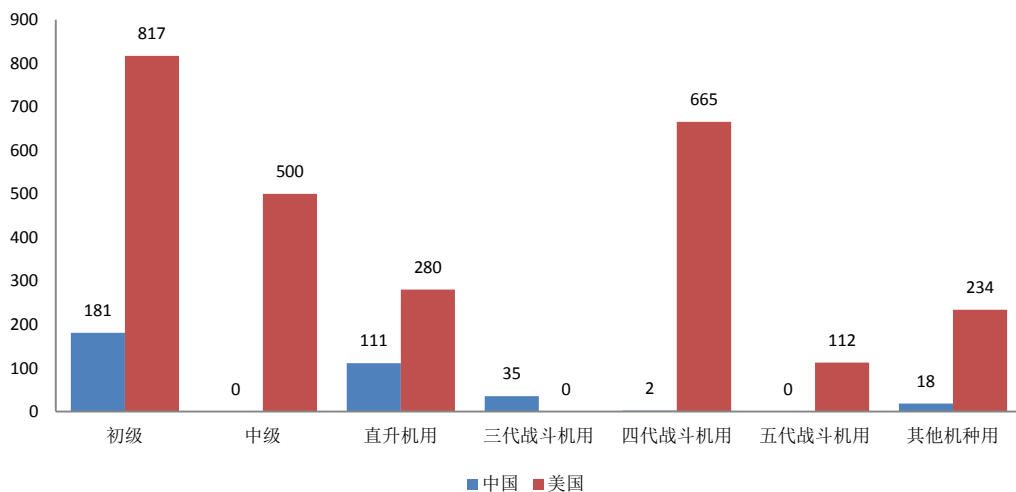
图表 39: 2016 年中美主要装备的先进武装直升机

| 类型 | 美国 | | | 中国 | | |
|-------|-----------------|------|-------------|----------------|-----|---------|
| | 型号 | 数量 | 起飞重量 (t) | 型号 | 数量 | 起飞重量(t) |
| 攻击直升机 | AH-64D/E | 792 | 10.4 | Z-10 | 101 | 7 |
| | AH-1W/Z | 155 | 6.7 | Z-19 | 105 | 4.5 |
| 通用直升机 | UH-60 | 2832 | 11.1 | Ka27/28 | 18 | 12.6 |
| | UH-1H/N/Y | 222 | 4.3/4.8/8.4 | Z-9 | 92 | 4 |
| | UH-72A | 349 | 3.6 | Z-11 | 46 | 2.2 |
| 运输直升机 | CH-47D/F/MH-47G | 508 | 23 | Z-8 | 51 | 13 |
| | MV-22/CV-22 | 279 | 27.4 | S70 (UH-60) | 23 | 11.1 |
| | CH-53E | 144 | 19.1 | Mi-8/17/171 | 239 | 13 |
| 侦查直升机 | OH-58A/C/D | 397 | 2.4 | Z-18 | 13 | 2 |

数据来源: WORLD AIR FORCES 2017、Wikipedia, 中航证券金融研究所

我国在教练机的研制上严重滞后, 数量少、型号不完整。我国在初级教练机、直升机教练机、四代机教练机和其他支援类飞机教练机的数量上严重不足。“能打仗、打胜仗”成为以习近平为总书记的中央军委新时期的军事建设目标, 成为解放军的作战方针, 因此实战化训练成为常态, 未来越来越多的初中级教练机、直升机教练机、第四代战斗机教练机等机型会快速装备部队。而随着我国空军从“国土防空”到“空天一体、攻防兼备”的战略空军转型, 未来随四代机、五代机、军用运输机、预警机、加油机、轰炸机和武装直升机等作战飞机和支援飞机数量的增长, 我军将大量研制和装备成本低廉且性能先进的高级教练机。

图表 40: 中美主要装备的教练机



数据来源: WORLD AIR FORCES 2017, 中航证券金融研究所

(二) 现阶段我国军用飞机发展情况

军用飞机各机型在未来都有很大的发展空间。战斗机、特种飞机、大型运输机、空中加油机、武装直升机和教练机等各机型列装都有望大幅增长。

战斗机方面，战斗机数量上接近美国的一半，与俄罗斯持平，但是战斗机在型号上主要是以 J7、J8、J10、J11 等三代机与四代机为主，三代机与四代机各占二分之一，五代机研制试验试飞工作正在按计划推进，未来将会逐步量产。美国列装的主要是 F15、F16、F18、F22、F35 等四代机和五代机，俄罗斯列装的主要是 Su27、Su30 等四代机。我国战斗机产业经过 60 年的积累和发展，从引进模仿，到联合开发，再到独立研究自主制造，取得了令人瞩目的成就。特别是 2014 年和 2016 年先后亮相的 FC-31 “鹞鹰”战斗机和 J-20 战斗机，标志着我国战斗机装备进入第五代。在技术水平上，我国第四代战斗机与美俄接近同一水平，第五代隐形战斗机的进展已经超过了俄罗斯。在格局上，目前我国已经形成了三代机为主，四代机加速列装替换，五代机开始登上历史舞台的基本局面。

图表 41：2016 年中国海陆空三军装备的各类型军用飞机

| 空军 | | | 海军 | | | 陆军 | | |
|------------------------|------|------|------------------------|------|------|-------------|------|------|
| 型号 | 装备数量 | 订单数量 | 型号 | 装备数量 | 订单数量 | 型号 | 装备数量 | 订单数量 |
| 战斗机 | | | 战斗机 | | | 运输机 | | |
| H-6 | 120 | | H-6 | 30 | | Y-7 | 7 | |
| J-7 | 388 | | J-7 | 30 | | Y-8 | 3 | |
| J-8 | 96 | | J-8 | 47 | | 直升机 | | |
| J-10 | 237 | | J-10 | 25 | | MI-8/17/171 | 239 | |
| J-11/Su-27/30/35 | 272 | 24 | J-15/Su-27/30 | 26 | 50 | S-70 | 23 | |
| JH-7 | 70 | | JH-7 | 34 | | Z-8 | 51 | |
| Q-5 | 118 | | Q-5 | 30 | | Z-9 | 92 | |
| 特种飞机 | | | 特种飞机 | | | Z-10 | 101 | 18 |
| 737 (MPA) | 2 | | Challenger 870 (Recce) | 2 | | Z-11 | 46 | |
| An-30 (EW) | 4 | | Ka-31 (AEW) | 9 | | Z-19 | 105 | 15 |
| Challenger 870 (Recce) | 5 | | SH-5 (SAR) | 3 | | 教练机 | | |
| H-76 (ASOI) (AEW) | 1 | | Y-7 (SAR) | 1 | | H120 | 93 | 57 |
| IL-76 (KI-2000) (AEW) | 4 | | Y-8 (KI-200) (AEW) | 8 | | H125/AS350 | 1 | |
| Tu-154 (EW) | 7 | | Y-8 (MPA) | 5 | | | | |
| Y-8 (KI-200) (AEW) | 7 | | Y-8 (Recce) | 8 | | | | |
| Y-8 (EW) | 17 | | Z-18 (AEW) | 1 | | | | |
| 加油机 | | | 运输机 | | | | | |
| IL-78 | 3 | | Y-7 | 17 | | | | |
| 运输机 | | | Y-8 | 12 | | | | |
| IL-76 | 20 | | 直升机 | | | | | |
| MA60 | 9 | | AS365/565 | 6 | | | | |
| Tu-154 | 4 | | Ka-27 | 1 | | | | |
| Y-7 | 43 | | Ka-28 | 17 | | | | |
| Y-8 | 60 | | Z-8 | 27 | | | | |
| Y-9 | 7 | | Z-9 | 29 | | | | |
| Y-20 | 2 | | Z-18 | 2 | | | | |
| 直升机 | | | 教练机 | | | | | |
| MI-8/17/171 | 16 | | JL-6 | 14 | | | | |
| Z-8 | 34 | | JL-8 | 11 | | | | |
| Z-9 | 20 | | JL-9 | 2 | | | | |
| 教练机 | | | MI-8 | 8 | | | | |
| JL-7 | 35 | | Y-7 | 5 | | | | |
| JL-8 | 170 | | | | | | | |
| Y-7 | 13 | | | | | | | |

注释：
 MPA: 海上巡逻机
 EW: 电子战飞机
 Recce: 侦察机
 AEW: 预警机

数据来源: WORLD AIR FORCES 2017, 中航证券金融研究所

特种飞机方面, 主要包括空中预警机、海上巡逻机、侦查机和电子战飞机等机型, 这些军用特种飞机大多是在运输机的基础上改装而成。中国特种飞机的数量和类型少, Y-20 和 C919 的服役和首飞让中国有了很好的改装平台, 未来中国会相应的增加特种飞机的类型和数量, 并且在雷达等配套设备方面也会有很大的空间。

军用运输机方面, 根据 WORLD AIR FORCES, 近年来, 我国运输机数量逐年增加, 但规模仍远小于美国和俄罗斯, 2017 年我国军用运输机的数量不足美国的 1/5, 甚至少于同是发展中国家、领土面积相似的印度。在质量上, 中国运输机机型主要以 Y-7、Y-8 为主等战术型中小型运输机。虽然我国与美国军事全球布局的战略不同, 但是随着我国空军由“国土防空”向“空天一体、攻防兼备”的战略空军转型, 未来为满足我国广阔国土上快速机动作战需求和应对周边紧张局势, 运输机尤其是大型运输机数量严重不足,

有很大的提升空间。2016 年 7 月，运-20 交付，根据 WORLD AIR FORCES，2016 年我国战略运输机仅有 20 架从俄罗斯购买的 II-76 和 2 架运-20。未来运-20 将逐渐量产，大量列装。

空中加油机方面，空中加油机大多数由大型运输机和战略轰炸机改装而成。国内之前不能自己生产大型运输机，加油机主要是由 H-6 改装的 HY-6 加油机和引进乌克兰的 3 架 IL-78 加油机，因此大型加油机数量极少。美国拥有的大型加油机数量有 450 架左右，这与与其全球军事布局作战半径大有关，也是其航空制造业发达的重要体现。我国待运-20 大型运输机成熟后，为满足战略空军的需要，应该也会改装大量的大型加油机。另外，**在加油方式上**，根据《坦克装甲车辆 新军事》目前中国海空军只有“探头-锥套”的软式加油系统。从世界发展潮流看，软式和硬式加油系统各有千秋，中小型飞机更适合前者，而采用后者的必须是大型飞机。鉴于两者各有技战术优势与不足，如果将两者结合起来，就可以取长补短。事实上，中国引进的伊尔-78 大型加油机已经具备了可以同时为三架小型战术飞机加油的三点式加油能力，若未来中国发展出同时安装硬式和软式两种加油系统，兼顾了两种加油方式，可以迅速提高一次出航的使用效率。未来随着大型指挥保障飞机的入列，引进硬管式加油系统是势在必行。

武装直升机方面，美国军队由于重视高机动性，武装直升机数量庞大，约为中国的 7 倍。中国和美国面积都是九百多万平方公里，陆地和海上边境线较长，机动性好的武装直升机发展空间巨大。从直升机具体型号上看，我国的军用直升机的型号仍不完整，具体体现在 10 吨级通用直升机以及重型运输直升机等方面。未来我军将会加紧研制 10 吨级通用直升机以及重型运输直升机。

教练机方面，美国由于各类型军机数量庞大，因此教练机数量也相当庞大，但我国在教练机的研制上严重滞后，数量少、型号不完整，在初级教练机、直升机教练机、四代机教练机和其他支援类飞机教练机的数量上严重不足，五代机还未有突破，与我国国力和军力严重不匹配，未来在教练机的各型号的研制开发上将会大大加强。

综合来看，我国军用飞机总体实力与我国国力和军力严重不相符、亟待提升，目前我国在快速研制各种新型战斗飞机和各种支援飞机，未来几年将是军用飞机的加速批产期，战略空军和强军梦将助力军机产业跨越式发展。

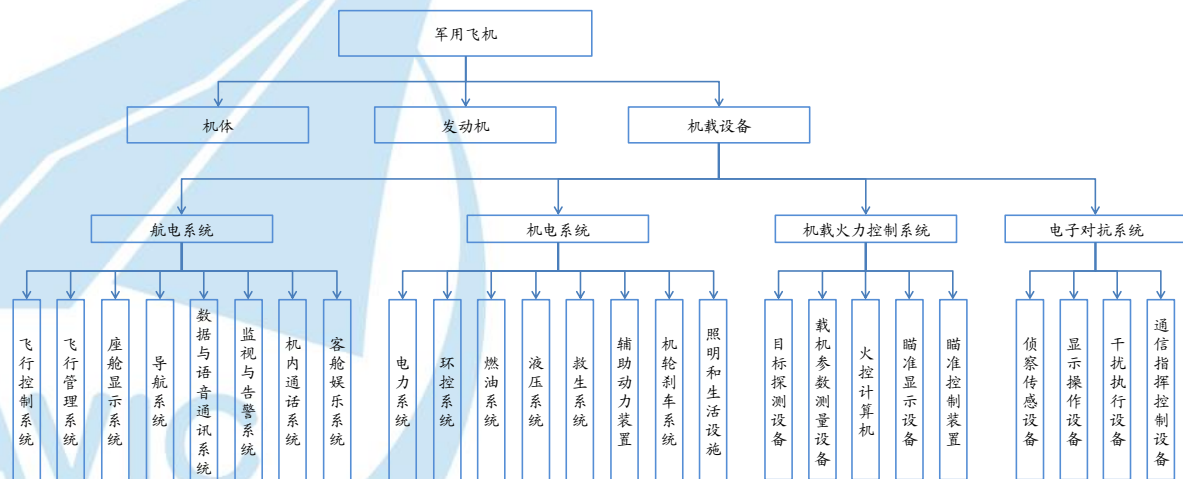
三、我国军用飞机产业链发展情况

（一）军用飞机的关键制造技术及发展现状

按通常的定义，飞机可分为飞机机体、发动机及机载设备三大部分。根据《航空制造技术》，飞机机载设备主要由航电设备/系统和机电设备/系统两大部分组成，航电系统主要包括飞行控制、飞行管理、座舱显示、导航、数据与语音通讯、监视与告警、机内通话、客舱娱乐等主要功能系统；机电系统主要包括

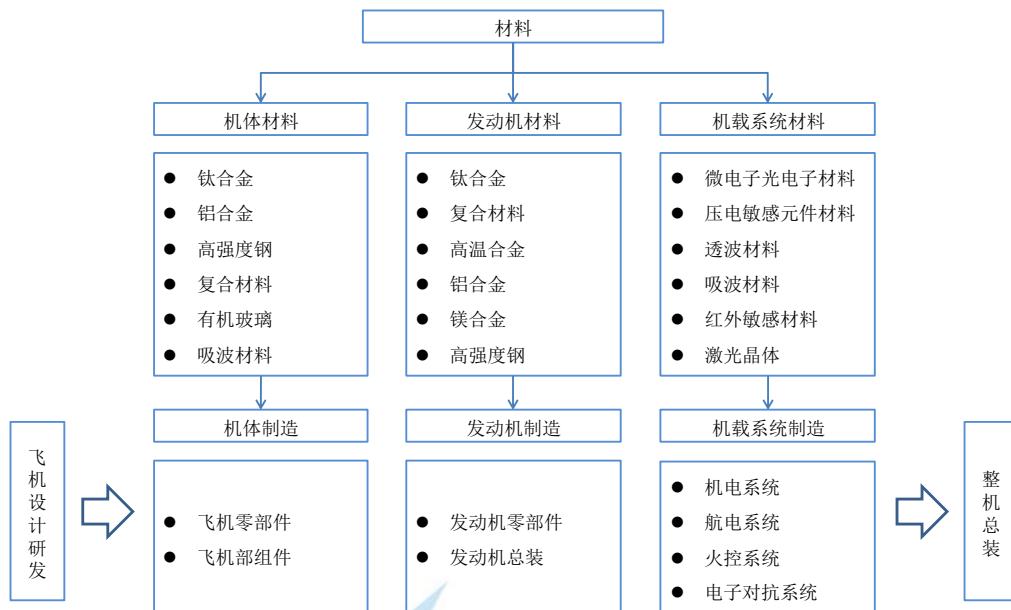
电力系统、环控系统、燃油系统、液压系统、救生系统、辅助动力装置、机轮刹车系统、照明和生活设施等功能系统。而军用飞机机载系统除了航电系统和机电系统以外，还装备有机载火力控制系统和电子对抗系统。航空制造业是高端装备业的先锋，其技术水平和生产能力更能体现一个国家制造业的实力。它具有明显的产业关联效应，带动了诸多相关产业发展，直接和间接地促进了国民经济快速发展。根据《北航学报》和《天津大学学报》，航空制造业价值链的构成包括五部分：研发、部件制造、整机组装、销售和服务。**研发环节**是航空产品的技术设计阶段，投资额高且研发周期长，是航空制造业的核心环节，是一个技术含量特别高、非常复杂的系统工程。航空产品的开发需要几亿甚至几十亿美元的投资，开发周期也比较长；**部件制造环节**也就是飞机各个部件的生产，包括机体制造、发动机制造和机载设备制造等方面；**整机组装**是在研发设计成果的指导下，根据用户需求，优选各种技术和产品将机身、机翼和尾翼组装起来，将发动机、飞行仪表、通讯、领航等子系统连接成为一个完整可靠的经济和有效整体，并使之能彼此协调工作，发挥整体优势，达到整体性能最优，最终完成测试和试飞等检测环节，一般由飞机制造商来完成；航空产品通过销售环节最终交付给航空公司、运输公司、其他企业或个人；服务环节包括维修、咨询、培训等，涉及的企业范围较广、类型较多。

图表 42：军用飞机的构造



数据来源：《航空制造技术》2009、互联网，中航证券金融研究所

图表 43: 军用飞机制造相关环节



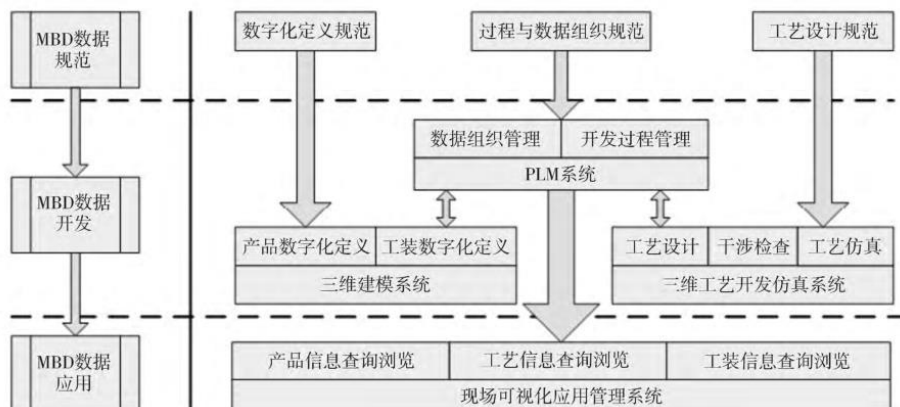
数据来源:《航天器环境工程》2013、百度百科、中航证券金融研究所

1. 飞机制造关键技术及发展现状

基于 MBD 技术在航空制造领域的研究与应用现状。根据《航空制造技术》，基于模型的定义（Model-Based Definition, MBD）技术是将产品的所有相关设计定义、工艺描述、属性和管理等信息都附着在产品三维模型中的先进数字化定义方法。该方法能够将产品研制过程中的设计、制造、检验、装配等信息集成在综合的三维模型中，从而使之成为承载产品研制过程的唯一数据源。MBD 的出现有效解决了传统二维工程图在现代产品设计制造过程中所面临的复杂产品信息表达与传递困难、产品数据管理繁琐、工程更改难以贯彻等问题，为设计制造过程的集成提供了基于唯一数据源的有效解决方案。MBD 是飞机设计制造数字化技术发展的新阶段和总趋势，采用 MBD 技术体系将为航空制造带来管理上和效率上的飞跃。在 MBD 的技术体系中，MBD 数据集内容包含设计、工艺、制造、检验等各部门的信息。在数据管理系统和研制管理体系的控制下，各职能人员可以在 1 个产品模型上协同工作，提高了设计效率，同时也提高了产品的可制造性。

航空制造领域是 MBD 技术的重点应用领域之一，国外航空制造领域以波音、空客为代表，已建立了较为完备的 MBD 技术体系。目前 MBD 技术在空客公司和波音公司已经得到实际全面应用和推广。实际上，美国机械工程师协会早在 1997 年就在波音公司的协助下开始有关 MBD 标准的研究和制定工作，并于 2003 年使之成为美国国家标准（ASMEY 14.41-2003），随后 CAD 软件公司把此标准设计到工程软件中。波音公司在 2004 年开始在 787 客机的设计和制造中全面应用 MBD 技术。

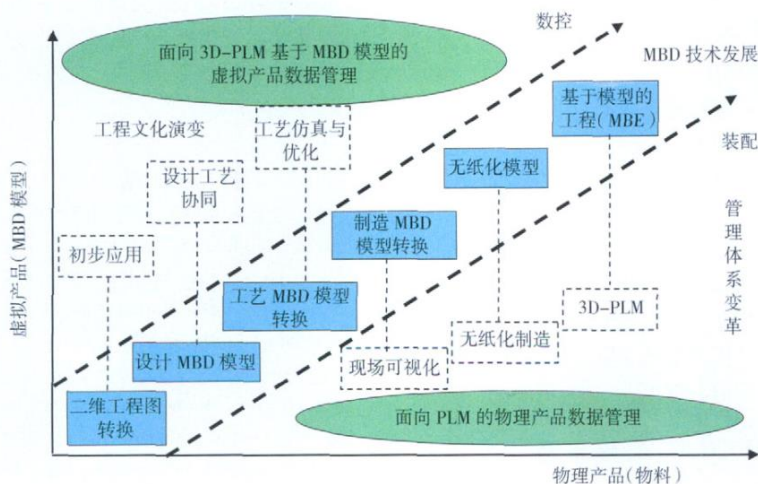
图表 44：基于 MBD 的飞机数字化制造技术应用系统



数据来源：《西安航空学院学报》2015，中航证券金融研究所

当前，我国航空制造业的数字化技术应用发展迅速，MBD 技术的引入和工程实践也已开展多年，并且三维数字化设计和 MBD 技术在产品设计中已得到了成功深入的应用，这对下游的航空制造企业提出了新的迫切要求。建立适应我国航空制造企业的 MBD 技术应用推广路线和技术体系，使得 MBD 数字化模型贯穿于整个产品生命周期的数字化制造过程中，建立基于 MBD 模型的数字化设计制造一体化集成应用体系，达到无图纸、无纸质工作指令的三维数字化集成制造，是缩短产品研制周期，提高产品质量，保证产品研制节点的迫切需求。

图表 45：航空制造企业 MBD 技术应用路线图



数据来源：《航空制造技术》2013，中航证券金融研究所

我国航空数字化制造技术飞速发展。根据《中国航空科学技术发展报告》，在新支线飞机 ARJ-21 的研制过程中，航空工业各飞机设计所、飞机制造厂充分发挥数字化异地设计/制造的优势，开展了设计/制造并行工程，全机设计 100% 采用 CATIA 三维数字化定义、数字化预装配和数字化样机，并在 ARJ-21 飞机

导管研制中应用了数字化制造技术。在其他各重点军民机型号研制中，也大规模地采用了全过程、全机级的航空数字化技术，促进了组织管理模式、协同工作模式和产品数据控制模式的变革，极大地提高了工作效率、缩短了生产周期。同时，随着计算机和数控加工技术的发展，传统以模拟量传递的实物标工协调法被数字量传递为基础的数字化协调法代替，缩短了型号研制周期，提高了产品质量。目前国家正大力推动航空发动机制造业的数字化进程，在关键零部件工艺设计、工装设计及数控加工中取得了明显的成效，推动了航空发动机制造业由传统的研制与生产模式向精益模式的转变

2. 发动机制造关键技术及发展现状

发动机制造关键技术。根据《航空制造技术》，推重比、功重比的高低是衡量和评价航空发动机先进性与否的最重要的技术指标。为了追求发动机推重比达到 10 以上，航空发动机在大幅度提高发动机涡轮前温度的同时，还不断使用新材料、推出新结构以降低航空发动机零部件重量。这为发动机制造提出了更高的技术要求，促进了航空发动机制造新技术源源不断地涌现和发展。为研制高性能航空发动机所开发的一系列关键制造技术将成为或已经成为先进制造技术发展的方向。目前，航空发动机的关键制造技术主要有：单晶涡轮叶片制造技术、整体叶盘高效高精度低成本加工技术、空心叶片制造技术、高端轴承制造技术和粉末涡轮盘制造技术以及复合材料制造技术等。

单晶涡轮叶片制造技术。现代航空发动机涡轮前温度大大提升，F119 发动机涡轮前温度高达 1900~2050K，传统工艺铸造的涡轮叶片根本无法承受如此高的温度，甚至会被熔化，无法有效地工作。单晶涡轮叶片成功解决了推重比 10 一级发动机涡轮叶片耐高温的问题，单晶涡轮叶片优异的耐高温性能主要取决于整个叶片只有一个晶体，从而消除了等轴晶和定向结晶叶片多晶体结构造成晶界间在高温性能方面的缺陷。单晶涡轮叶片是目前航空发动机所有零件中制造工序最多、周期最长、合格率最低、国外封锁和垄断最为严格的发动机零件。制造单晶涡轮叶片的工序包括压芯、修芯、型芯烧结、型芯检验、型芯与外型模具的匹配、蜡模压注、蜡模 X 光检验、蜡模壁厚检测、蜡模修整、蜡模组合、引晶系统系统及浇冒口组合、涂料撒砂、壳型干燥、壳型脱蜡、壳型焙烧、叶片浇注、单晶凝固、清壳吹砂、初检、荧光检查、脱芯、打磨、弦宽测量、叶片 X 光检查、X 光底片检查、型面检查、精修叶片、叶片壁厚检测、终检等制造环节。除此之外，还必须完成涡轮叶片精铸模具设计和制造工作。单晶涡轮叶片，目前世界上只有美国、俄罗斯、英国、法国、中国等少数几个国家能够制造。近年来，国内在单晶涡轮叶片制造中也取得了较大的进步，研制了推重比 10 一级发动机单晶涡轮叶片并批量生产了高功重比涡轴发动机单晶涡轮叶片。

整体叶盘高效高精度低成本加工技术。自整体叶盘在高性能航空发动机上应用以来，整体叶盘制造技术一直在发展和提升，目前整体叶盘加工的工艺方法主要有以下 5 种：失蜡精密铸造整体叶盘、电子束焊

接整体叶盘、电化学加工整体叶盘、线性摩擦焊整体叶盘和五坐标数控机床加工整体叶盘等工艺方法。五坐标数控机床加工整体叶盘工艺方法是国内航空发动机整体叶盘制造中技术研究开展的最早、工程应用面最宽、技术成熟度较高的叶盘制造工艺方法。其中，插铣开槽加工工艺、对称螺旋铣削叶型精铣加工工艺、叶片前后缘加工误差补偿技术和整体叶盘叶型自适应加工工艺技术是该技术发展和应用的关键。国外 T700 发动机、BR715 发动机增压级、EJ200 发动机的整体叶盘使用此加工方法加工制造，我国 CJ1000A、WS500 等航空发动机整体叶盘也是采用五坐标数控加工技术制造。整体叶盘技术的应用推动了发动机零件结构整体化技术的发展，带鼓筒叶盘、带轴叶盘、盘片鼓筒轴组合叶盘、带箍闭式叶盘、整流器静子环叶盘和两级或多级叶盘组合的串列式整体叶盘结构在新型航空发动机研制中陆续得到应用；整体叶盘的功能结构在轴流叶盘、离心叶轮的基础上，发展了大小叶片结构叶盘、斜流转子叶盘。

图表 46：商用航空发动机高压压气机第一级整体叶盘



数据来源：《航空制造技术》2015，中航证券金融研究所

空心叶片制造技术。涡扇发动机的风扇远离燃烧室，热负荷低，但先进航空发动机对其气动效能的要求和防外物打伤的能力在不断提升。高性能航空发动机风扇均采用宽弦、无凸肩、空心风扇叶片。罗·罗公司研制的三角形桁架结构的空心风扇叶片是对原蜂窝夹芯叶片的改进，罗·罗公司称其为第二代空心风扇叶片，其工艺是采用超塑成形/扩散连接（SPF/DB）组合工艺方法，将 3 层钛合金板制成宽弦空心风扇叶片，叶片空心部位呈三角形桁架结构，该结构叶片已经在波音 777 和 A330 飞机的“遑达”发动机上使用。我国三角形桁架结构的空心风扇叶片制造技术也取得突破，但要满足工程化应用还需开展大量的强度、振动、疲劳试验和工艺优化研究工作。

高端轴承制造技术。轴承是航空发动机的关键零部件之一，轴承在以每分钟上万转高速长时间运转的同时，还要承受发动机转子高速旋转所产生的巨大离心力和各种形式的挤压应力、摩擦与超高温作用。轴承的质量和性能直接影响到发动机性能、寿命、可靠性和飞行安全。高端轴承的研制和生产与接触力学、润滑理论、摩擦学等学科交叉及疲劳与破坏、热处理与材料组织等基础研究密切相关，同时还必须解决设

计、材料、制造、制造装备、检测与试验、油脂及润滑等环节大量的技术难题。目前，高端轴承的研发、制造与销售基本上被铁姆肯、NSK、SKF、FAG 等西方国家的轴承制造企业垄断。我国航空发动机制造技术落后，国内轴承制造企业的生产能力和研制水平，在短期根本无法提供适合先进航空发动机使用的高端轴承。轴承已成为我国航空发动机研发中难以翻越的“珠穆朗玛峰”，极大制约了我国高性能航空发动机的发展。

粉末涡轮盘制造技术。航空发动机涡轮盘承受着高温和高应力的叠加作用，工作条件苛刻，制备工艺复杂，技术难度大，成为我国发动机发展的难点之一。基于粉末高温合金具有优异的综合力学性能和良好的冷热工艺性能等优点，国外高性能航空发动机上广泛使用粉末涡轮盘。粉末涡轮盘的制造包括材料研制、母合金熔炼、粉末制备与处理、热等静压、等温锻造、热处理，以及高精度检测与评价等一系列关键制造技术，它承载着先进航空发动机制造不可或缺的关键制造技术。国外粉末涡轮盘研究的趋势为在涡轮盘使用性能上从高强型涡轮盘向耐损伤型涡轮盘发展、制粉工艺向超纯净细粉方向发展，成型工艺在采用热等静压成型工艺的同时，还发展挤压成型工艺、等温锻成型工艺。国内，北京航空材料研究院已研制了多种航空发动机粉末涡轮盘，解决了先进航空发动机粉末涡轮盘的关键制造技术难题，但粉末涡轮盘工程化制造问题还未彻底解决。

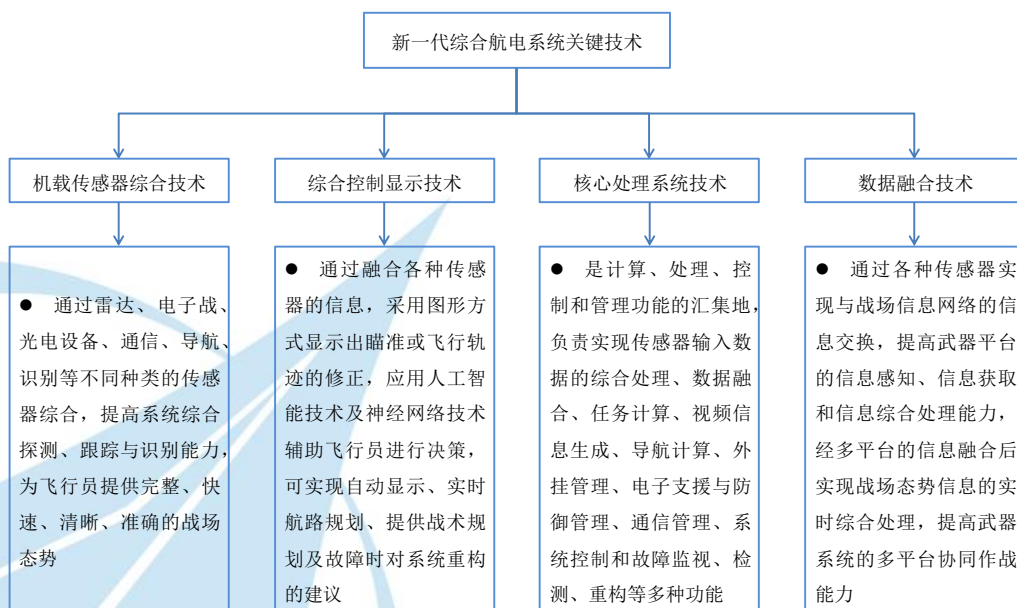
复合材料制造技术。复合材料技术已在高性能航空发动机上取得广泛的应用，为研制 LEAP 发动机的需要，斯耐克玛公司采用三维编制树脂转移模塑（RTM）工艺技术，加工制造了复合材料风扇机匣和复合材料风扇叶片，RTM 技术制造的 LEAP 发动机零件，不但强度高，而且质量只有相同结构钛合金部件质量的一半。在研制 F119 发动机过程中，普惠公司研制连续 SiC 纤维增强钛基复合材料宽弦风扇叶片。该类复合材料叶片具有刚度高、质量轻、耐撞击等性能，被称为第三代宽弦风扇叶片。F119 涡扇发动机 3 级风扇转子全部采用此材料制造。国内，复合材料制造技术也在航空发动机零部件制造中应用，熔体自生型 TiB₂ 颗粒增强铝基复合材料风扇叶片取得了较大的进展，但 TiB₂ 颗粒增强铝基复合材料风扇叶片高效加工、加工表面强化、抗疲劳性能和防外物打伤技术等是实现该材料风扇叶片工程应用研究的重点和难点。

发动机性能的提高主要依赖于结构和材料的发展，而结构和材料的发展又与制造工艺具有密切的联系。从航空推进技术的发展历程来看，发动机关键部件的结构及材料使用趋向于整体化、轻质化。美国的 IHPTET 计划也明确指出，未来高性能航空发动机将大量使用复合材料一体化结构，如钛基复合材料宽弦风扇叶片、整体叶盘/叶环、陶瓷基复合材料火焰筒等，而整体化结构的设计和加工技术一直都是航空工程亟待突破的关键问题。我国对发动机的研究起步较晚，生产设备落后，与国外差距较大，在结构设计与制造工艺方面又处于劣势，因此，我们必须重视基础学科的研究，加强制造工艺的发展，重视设计-材料-工艺密切配合，实现新一代高性能航空发动机的研制成功。

3. 新一代综合航电系统的发展及应用

根据《航空精密制造技术》，航空电子系统是现代战斗机的一个重要组成部分，其性能和技术水平的高低直接决定和影响现代战斗机的作战性能。以现代信息技术为核心的综合化航空电子系统已成为提高现代武器装备战斗力的倍增器。可以说，没有高性能的综合航空电子系统，就没有高性能的战斗机。新一代综合航电系统发展的关键技术主要包括：机载传感器综合技术、综合控制显示技术、核心处理系统(CIP)技术和数据融合技术等。

图表 47：新一代综合航电系统关键技术

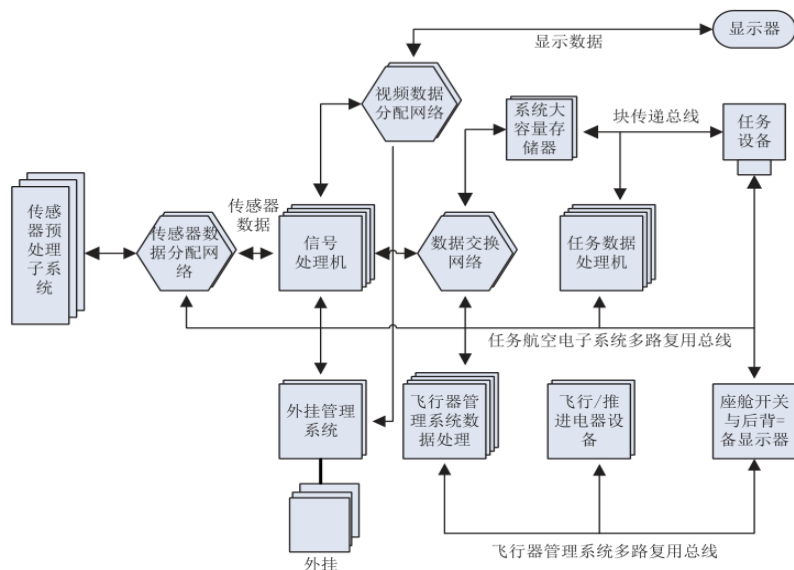


数据来源：《航空精密制造技术》2016，中航证券金融研究所

综合航电系统国内外发展现状。美国于 80 年代初提出的“宝石柱”(Pave Pillar)计划，是美国第四代战斗机综合航电系统的基础，F-22 飞机直接应用了“宝石柱”的成果，其航空电子系统具有“宝石柱”的风格，它以高速数据总线、超高速集成电路(VHSIC)和通用模块为基础，进一步改进了第三代战斗机航空电子的系统结构，并提高了航空电子系统的综合化程度。继“宝石柱”之后，美国又于 90 年代提出了功能更为完善、性能更为优良、综合程度更高的“宝石台”(Pave Pace)计划。“宝石台”结构的主要改进体现在以下三个方面。一是采用了综合核心处理机(ICP)技术；二是“宝石台”系统具有更大的综合范围和更高的综合程度，实现了综合传感器(RF/EO)系统、综合飞行器管理系统、综合外挂系统；三是使用了综合的座舱/驾驶员与飞机接口，减轻了驾驶员的负担，同时提供威胁、目标、地形/地貌、战术协同、飞机完好状况的全面情况。国内于 70 年代末开始跟踪研究航空电子综合技术，在“七五”、“八五”期间，在突破数据总线、座舱综合显示控制、机载计算机、机载软件等关键技术基础上，完成了我国第一代航空电子综合系统的验证试飞，并将研究成果和系统综合技术直接应用于现役飞机改进改型中。目前我国在研的第三

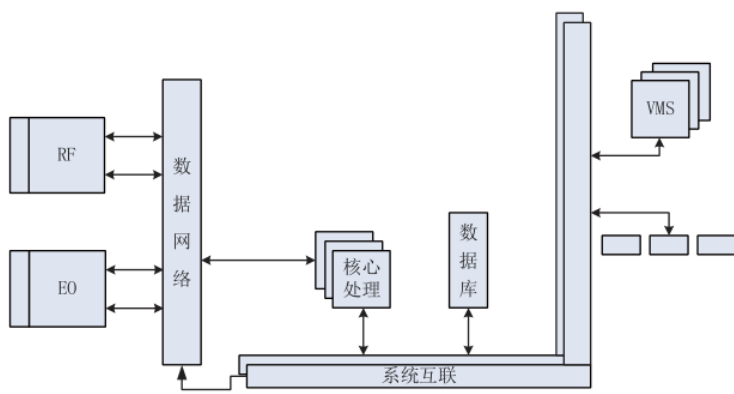
代战斗机广泛采用了集中分布式的综合航空电子系统，水平与国外的战斗机如 F-15、F-16 等飞机的综合航空电子水平大体相当，采用的系统结构略优于国外同类水平。近年来，我国开展了模块化、功能分区、数据综合的综合航空电子系统预研。目前，我国正在开展面向未来的新一代综合航空电子系统研究，以适应新的形势要求和满足新一代军机发展的需求。

图表 48：美军“宝石柱”系统结构



数据来源：《航空精密制造技术》2016，中航证券金融研究所

图表 49：美军“宝石台”的系统结构



数据来源：《航空精密制造技术》2016，中航证券金融研究所

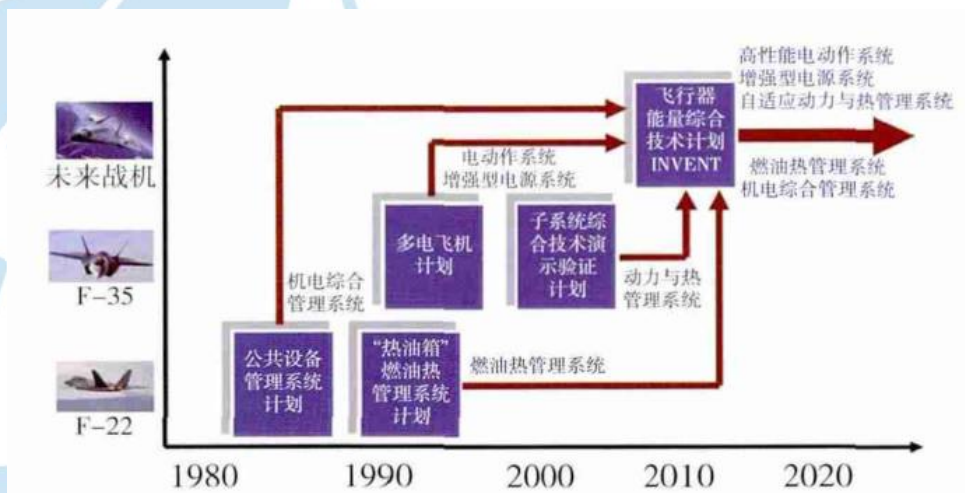
为了提高我国综合航空电子技术的水平，缩小与国外先进技术的差距，我国新一代综合航电系统的性能指标、技术水平应在我国目前先进战斗机的水平上全面、大幅提高，未来的航空电子将向更加综合化、模块化、通用化、智能化的方向发展。

4. 航空机电系统综合技术的发展及应用

根据《航空精密制造技术》，航空机电系统是通过机、电、气、液等各种二次能源的产生、传输、转换，利用飞机的相关信息，采取一定的作功方式，完成各种飞行保障功能，是实现人机融合、全面发挥飞机综合作战效能的重要保障和核心载体，与机体结构、动力系统和航空电子系统一样，是飞机不可或缺的基本功能系统，各自发挥着不可替代的重要作用。目前，国外机电系统在综合化方面已经取得了明显进展，国外实现了机电系统能量、功能、物理和控制方面的综合，机电系统的综合意味着各个系统不再是独立运行，而应是交叉关联的，复杂程度极高，是从量变到质变的转换。

国外机电系统综合技术发展历程。随着飞机的现代化进程，要求机电系统在二次能源的产生、传输和利用上更为高效，同时又要保证机电系统重量轻，体积小，系统性能、可靠性和维护性高。为此，美国空军从 20 世纪 80 年代开始以能量为主线实施了一系列机电系统综合研究计划：首先从机电系统控制入手，开展了公共设备管理系统（UMS）计划，实现机电系统控制层面的综合；进而从热管理和二次能源优化方面入手，相继开展了“热油箱”燃油热管理计划、多电飞机（MEA）计划、子系统综合技术演示验证计划，实现子系统级功能综合；目前又着眼于下一代高能武器装备的整机能量管理需求，开展了飞行器能量综合技术（INVENT）计划和能量优化飞机（EOA）计划，实现飞机能量综合与优化。这些研究计划不仅在时间上具有连续性，在研究内容上也具备继承性。

图表 50：国外机电系统综合发展历程



数据来源：《航空精密制造技术》2016，中航证券金融研究所

国外军用飞机机电系统综合技术应用现状。F-22 战斗机中应用的燃油热管理系统通过环控系统的液冷热交换器、液压系统热交换器和润滑系统热交换器等，利用燃油作为整机热载荷的热沉，从而实现对机电系统的燃油热管理，减小了系统重量，提高了整个飞机性能。F-22 以综合飞机子系统控制器（IVSC）为

顶层、公共设备控制处理器（UCP）为底层，共同构成了机电综合管理系统的两级结构。IVSC 根据飞机总的输入状态，通过 UCP 向各机电系统发出命令和信息，各机电系统响应 IVSC 的命令和信息执行动作，但与 IVSC 无直接的通讯联系；UCP 实现对各机电系统的基本控制功能。F-35 战斗机是第一个采用多电技术的战斗机，具有综合化、多电化特征的系统包括分布式供电系统、动力与热管理系统（核心为组合动力包 T/EMM）、风扇函道散热器、内置起动发电机、电液作动器（EHA）、电储能器等，其中组合动力包、电液作动器、风扇函道散热器等都是首次应用。动力与热管理系统实现了辅助动力系统、应急动力系统、环境控制系统、燃油系统、电源系统等飞机机电功能子系统的综合化，组合动力包将辅助动力/应急动力装置的压气机、涡轮、环境控制系统的涡轮和开关磁阻启动/发电机综合在一个轴上，由磁轴承支撑，转子转速为 61000r/min，从而减轻了重量，缩小了体积，提高了可靠性，这种动力热管理系统对涡轮机械系统和电力管理系统作了集成。取消了用于提供维修电源和冷却的地面保障车辆，能够在整个飞行包线内为主发动机提供起动电源，为飞机提供冷却，并在主系统发生故障时提供应急电源。

图表 51：机电系统能量综合发展脉络

| 飞机 | 四代机 | 五代机 F-22 | F-35 | 能量优化飞机 |
|----------|----------|-------------|------------|------------------------|
| 能量功能系统 | 多能源体制 | 多能源体制 | 多电体制 | 多电体制 |
| | 环控系统 | 环控系统 | 动力与热管理系统 | 自适应动力与热管理系统 |
| | 液压系统 | 液压系统 | 电作动系统 | 高性能电作动系统 |
| | 燃油系统 | 燃油系统 | 燃油热管理系统 | 燃油热管理系统 |
| | 电源系统 | 电源系统 | 电源系统 | 增强型电源系统 |
| 能量管理 | 二动力系统 | 二动力系统 | | 能量信息采集处理 |
| | 能量信息采集处理 | 能量信息采集处理 | 能量信息采集处理 | 能量功能系统控制 |
| | 能量功能系统控制 | 能量功能系统控制 | 能量功能系统控制 | 能量信息认知评估 |
| 管理系统体系结构 | 分立式 | 分布式 | VMS 架构下分布式 | 能量优化决策制定 VMS 架构下分布式 |

数据来源：《航空精密制造技术》2016，中航证券金融研究所

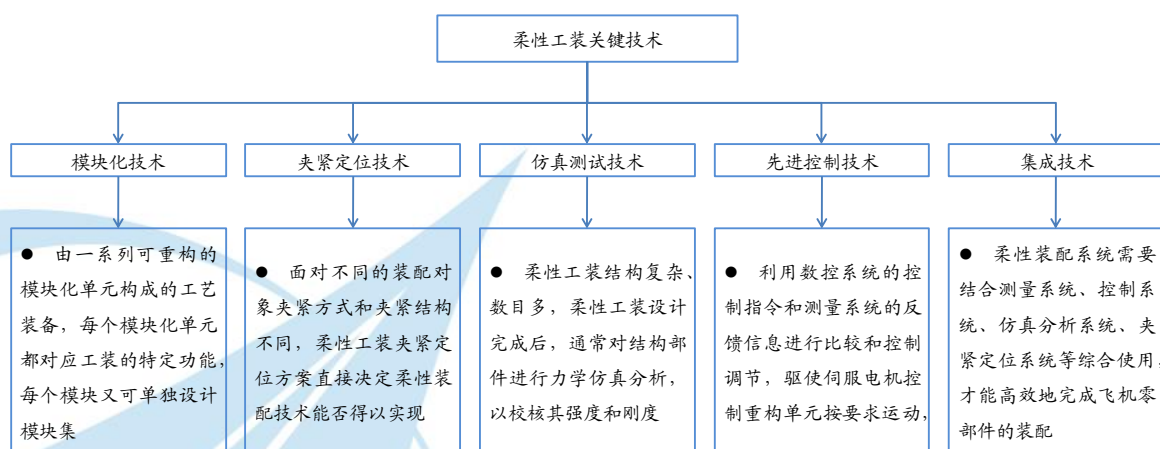
根据《中国航空科学技术发展报告》，目前，我国在多电飞机先进供技术、电气系统关键技术、多电系统故障诊断、电气负载管理研究、电源系统负载稳定性等方面开展了一系列研究，也开展了部分地面试验和飞行试验，验证了部分技术的成熟程度和可用性，证实了机电作动器取代液压作动器对飞机整体性能提升的贡献，为我国新一代飞行器多电化提供了初步基础。

5. 数字化柔性装配技术的发展及应用

柔性装配及其关键技术。数字化装配技术的发展历程始于波音公司，波音公司最先尝试并探讨了改变传统装配方法的途径：首先在工装设计中采用基于装配孔的骨架定位装配技术简化工装，之后应用柔性工

装实现柔性化装配，然后在柔性工装基础上增加自动化设备集成为自动化装配系统，最终形成移动生产线，使飞机的装配技术发生了革命性的变化。柔性工装技术是基于产品数字量尺寸的协调体系，利用可重组的模块化、数字化、自动化工装系统，可以免除或减少设计和制造各种零部件装配的专用固定型架、夹具。因此，通过应用柔性工装可以缩短飞机装配的制造时间，以提高质量，并减少工装数目，实现“一型多用”的制造模式。现代柔性工装已不单单是简单的刚性结构工装，而是集成了数字化控制、现代设计方法学、先进测量、结构优化与仿真等各类技术的综合型工装。柔性工装关键技术的攻关已成为飞机工装领域的重要研究内容，主要包括：模块化技术、夹紧定位技术仿真测试技术、先进控制技术和集成技术等。

图表 52：柔性工装关键技术



数据来源：《航空制造技术》2013，中航证券金融研究所

国内外柔性装配技术发展现状。根据《航空制造技术》，国外飞机装配技术发展迅速，大部分航空企业已经着手开发并应用了柔性技术，以波音和空客两大国际民用飞机制造公司为代表，均已广泛采用柔性工艺工装。国外柔性工装典型结构主要有3种形式：多点真空吸盘式柔性工装、行列式结构柔性装配工装和自动化对接装配系统。国内大部分制造厂在飞机装配过程中仍广泛采用传统的刚性结构专用工装。在飞机生产线上，由于飞机外形的复杂性，不同机型或同一机型不同结构的工艺装备必然有所不同，采用传统工装形式，工装数目多，成本高，研制周期长。同时，采用模拟量传输模式协调飞机装配，自动化程度低，数字化水平弱，飞机装配的精度和效率难以保证。近年来，许多大型生产制造企业、研究所及科研院校在组件、部件装配方面的柔性工装上做了大量研究，如沈飞公司研究并工程化的翼身整体结构后段数字化柔性装配系统，该柔性工装平台采用分体式结构，通过改变支撑骨架高度或增加、更换辅助骨架梁等形式可重构定位单元，实现同族机型设计和改型产品的装配要求。西北工业大学设计的一套部件级数字化柔性工装系统则利用模块化的柱式结构，在伺服电机的驱动下，完成了X、Y、Z3个方向的运动，实现了某机型4种型号襟翼产品的定位。北京航空航天大学 and 沈飞公司合作，设计了一种可重构调形单元，并在此

基础上提出了数控柔性多点装配型架的柔性工艺装备。西北工业大学研制了一套机身壁板类组件装配工装，设计了相关承载立柱，采用真空吸盘定位和专用定位器夹持，通过伺服电机控制调整，完成了多种壁板的装配。从现有技术成果来看，国内柔性工装技术水平与国外技术相比差距还很大，缺乏自主研发能力，工装结构单一，大部分仅实现局部柔性化，数字化程度低，尚难满足柔性化生产的需要。

图表 53：多点阵真空吸盘式柔性工装



数据来源：《航空制造技术》2013，中航证券金融研究所

图表 54：波音 787 总装

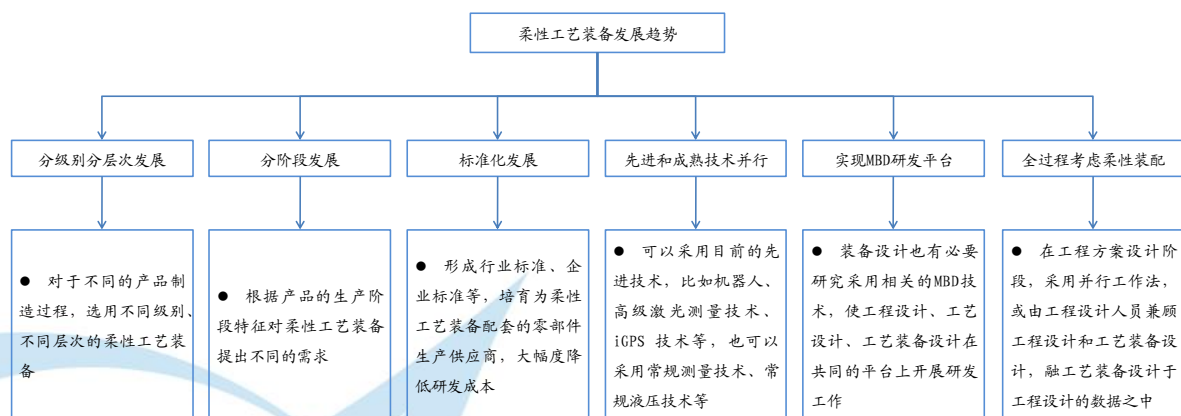


数据来源：《航空制造技术》2013，中航证券金融研究所

柔性工艺装备发展趋势。根据《航空制造技术》，柔性工艺装备因其适应性、可重构性、短周期性、

易活动性等特点必定会在航空制造行业内得到越来越普遍的应用。但其结构复杂性、技术复合性、专业继承性、操作高难度性、成本难控性以及研发艰难等固有的特点又限制了其快速发展。因此，为了充分发挥柔性工艺装备的优势，尽量回避其不足，在未来的发展中，有以下发展趋势：柔性工艺装备分级别分层次发展、柔性工艺装备分阶段发展、柔性工艺装备设计和制造向标准化方向发展、柔性工艺装备应用先进技术和成熟技术并行、柔性工艺装备实现 MBD 研发平台和在工程设计过程中，全面考虑柔性工艺装备设计。

图表 55：柔性工艺装备发展趋势



数据来源：《航空制造技术》2013，中航证券金融研究所

（二）军用飞机产业链相关公司梳理

根据《北航学报》，航空制造业价值链上的企业又可以分为三个层级：上游的航材供应商(主要包括原材料供应商、发动机制造商以及其他航材供应商)，中游的航空制造企业和航空维修企业，以及位于下游的飞机制造企业和航空公司。与军用飞机制造相关的厂所主要有航空材料供应商、从事军用飞机设计研发的科研院所、军用飞机部组件及系统制造企业和军用飞机整机总装企业。

机身原材料和发动机原材料以及非金属材料主要由一些科研院所和上市公司承担：中国航发北京航空材料研究院（621 所）、中国科学院金属所主要承担机身和发动机用高温合金和钛合金的研制；钢研高纳和万泽股份主要承担发动机用高温合金的研制；西部材料、西部超导和宝钛股份主要承担机身和发动机用钛及钛合金的研制；博云新材主要承担飞机刹车副材料和飞机机轮刹车系统的研制；抚顺特钢主要承担机身和发动机用高温合金和高强钢的研制；非金属材料主要由中航高科和中航三鑫提供。

军用飞机设计研发主要是由航空工业集团下辖的研究所承担：第一飞机设计研究院主要承担轰炸机和军用运输机的设计研发；沈飞设计研究所（601 所）主要承担歼击机和舰载机的设计研发；成飞设计研究所（611 所）主要承担 J10 和 J20 等新型多用途战斗机的设计研发；南昌飞机设计研究所（650 所）主要承担教练机的设计研发；中国直升机设计研究所（602 所）主要承担直升机的设计研发。

图表 56：军用飞机（固定翼和直升机）制造相关公司及厂所梳理



数据来源：Wind、各公司官网，中航证券金融研究所

军用飞机机体制造以及总装主要是由航空工业集团旗下的几大传统的主机厂承担，另外一些飞机结构件和电子零部件也有一些上市公司提供：航空工业沈飞（注入中航黑豹）主要承担歼击机和舰载机的整机总装和飞机部组件研制；航空工业西飞（注入中航飞机）主要承担轰炸机和军用运输机的整机总装和飞机部组件研制；航空工业成飞主要承担 J-10 和 J-20 等新型多用途战斗机的整机总装和飞机部组件研制；洪都航空和航空工业贵飞主要承担教练机的整机总装和飞机部组件研制；中直股份、航空工业昌飞和航空工业哈飞主要承担直升机的整机总装和飞机部组件研制；航空工业陕飞主要承担运输机的整机总装和飞机部组件研制；另外生产飞机结构件的还有鹏起科技、新研股份、三角防务、中航重机、应流股份、利君股份和华伍股份等上市公司；生产飞机电子零部件的主要有中航光电、航天电器、振华科技、中航电测、宝胜股份、全信股份和金信诺等上市公司。

军用飞机机载设备主要由航空工业旗下的中航电子、中航机电、航空工业雷达所 607 所、航空工业光电所 613 所、航空工业自控所 618 所、航空工业计算机所 631 所承担，另外还有四创电子、国睿科技、烽火电子、航天电子、航新科技、四川九洲、光电股份和景嘉微等上市公司。

航空发动机研制主要由中国航发旗下的航发动力、航发控制和航发科技三家上市公司和航发空天发动机研究院承担，另外还有未注入上市公司的从事中型及大型涡扇及涡喷发动机研发的沈阳黎明 606 所、从事直升机涡轴发动机研发的株洲航空动力机械 608 所、从事航空动力推进技术的初始开发及认证测试的四川江油燃气轮机 624 所、从事低推力及中推力涡扇及涡喷发动机研发的贵航发动机 649 所和从事轻型燃气轮机开发的中国轻型燃气轮机开发中心。

图表 57：军用飞机制造相关上市公司梳理（数据截至 2017 年 6 月 6 日）

| 名称 | 代码 | 2016 营业收入 (亿元) | 2016 归母净利润 (亿元) | PE | 涉及业务 |
|------|-----------|-------------------|--------------------|----------|------------------------|
| 钢研高纳 | 300034.SZ | 6.81 | 0.96 | 69.39 | 发动机原材料（高温合金） |
| 万泽股份 | 000534.SZ | 1.95 | 0.76 | 75.53 | 发动机原材料（高温合金） |
| 西部材料 | 002149.SZ | 12.13 | 0.21 | 193.70 | 机身原材料、发动机原材料（钛合金） |
| 西部超导 | 831628.OC | 9.67 | 1.62 | 45.14 | 机身原材料、发动机原材料（钛合金） |
| 宝钛股份 | 600456.SH | 25.10 | 0.37 | 155.98 | 发动机原材料、机身原材料（钛合金） |
| 博云新材 | 002297.SZ | 5.15 | 0.06 | 470.75 | 飞机刹车副材料、飞机机轮刹车系统 |
| 抚顺特钢 | 600399.SH | 46.78 | 1.11 | 80.75 | 机身原材料、发动机原材料（高温合金和高强钢） |
| 中航三鑫 | 002163.SZ | 44.83 | 0.09 | -754.45 | 航空玻璃深加工 |
| 中航高科 | 600862.SH | 29.12 | 0.73 | 87.82 | 航空复合材料 |
| 中航黑豹 | 600760.SH | 11.54 | 0.28 | 237.79 | 整机总装（战斗机、舰载机）、飞机部组件研制 |
| 中航飞机 | 000768.SZ | 261.22 | 4.13 | 129.09 | 整机总装（运输机、轰炸机）、飞机部组件研制 |
| 洪都航空 | 600316.SH | 36.80 | 0.11 | 1,245.91 | 整机总装（教练机）、飞机部组件研制 |
| 中直股份 | 600038.SH | 125.22 | 4.39 | 54.41 | 整机总装（直升机）、飞机部组件研制 |
| 航发动力 | 600893.SH | 222.17 | 8.91 | 54.76 | 航空发动机总装、发动机零部件研制 |
| 航发控制 | 000738.SZ | 25.04 | 2.09 | 102.82 | 航空发动机控制系统研制 |
| 航发科技 | 600391.SH | 21.26 | 0.43 | 218.66 | 航空发动机零部件及航空轴承研制 |
| 四创电子 | 600990.SH | 30.46 | 1.29 | 74.92 | 航电系统（空管雷达，一次雷达为主） |
| 国睿科技 | 600562.SH | 12.58 | 2.28 | 54.18 | 航电系统（空管雷达，二次雷达为主） |
| 中航电子 | 600372.SH | 69.59 | 4.60 | 69.38 | 航电系统 |

| | | | | | |
|------|-----------|--------|------|--------|-----------------------|
| 景嘉微 | 300474.SZ | 2.78 | 1.05 | 87.00 | 图形显控和小型专用化雷达 |
| 光电股份 | 600184.SH | 22.11 | 0.30 | 305.15 | 航电系统（光电信息装备） |
| 烽火电子 | 000561.SZ | 11.19 | 0.88 | 74.45 | 航电系统（机载通信设备） |
| 航天电子 | 600879.SH | 115.48 | 4.78 | 38.81 | 航电系统（惯性导航） |
| 航新科技 | 300424.SZ | 4.25 | 0.60 | 106.07 | 航电系统（飞参及语音记录系统等） |
| 四川九洲 | 000801.SZ | 39.16 | 1.91 | 43.74 | 航电系统（空管监视与通信系统等） |
| 中航机电 | 002013.SZ | 85.12 | 5.83 | 40.16 | 机电系统 |
| 鹏起科技 | 600614.SH | 23.27 | 0.92 | 156.58 | 钛及钛合金金属铸造、精密机械加工和激光焊接 |
| 新研股份 | 300159.SZ | 17.91 | 2.51 | 86.22 | 飞机及航空发动机零部件研制 |
| 三角防务 | 836582.OC | 2.98 | 0.60 | 59.17 | 飞机及航空发动机锻件研制 |
| 中航重机 | 600765.SH | 53.69 | 2.42 | 42.76 | 飞机及航空发动机锻件研制 |
| 应流股份 | 603308.SH | 12.75 | 0.55 | 93.33 | 航空发动机零部件研制 |
| 利君股份 | 002651.SZ | 4.62 | 0.96 | 83.10 | 航空零件及工装设计制造 |
| 华伍股份 | 300095.SZ | 5.94 | 0.46 | 95.37 | 航空发动机零部件研制 |
| 航天电器 | 002025.SZ | 22.56 | 2.61 | 39.71 | 光电连接器 |
| 振华科技 | 000733.SZ | 65.89 | 1.82 | 36.03 | 电子元器件 |
| 中航光电 | 002179.SZ | 58.55 | 7.34 | 30.35 | 光电连接器 |
| 宝胜股份 | 600973.SH | 151.27 | 2.66 | 24.16 | 电线电缆 |
| 中航电测 | 300114.SZ | 10.86 | 1.03 | 72.54 | 测量控制类业务和机载配电业务 |
| 金信诺 | 300252.SZ | 20.16 | 1.95 | 48.47 | 光电连接器 |
| 全信股份 | 300447.SZ | 4.18 | 0.91 | 61.85 | 高端传输线缆、光电传输系统 |

数据来源：Wind，中航证券金融研究所

四、我国军用飞机市场空间预测

国防政策推动空军攻防兼备发展。武器装备是军队现代化的重要标志，我军日益重视军事装备现代化建设。2014年12月3日至4日，全军装备工作会议在北京召开。中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平在会上发表重要讲话，习近平强调：“必须把装备建设放在国际战略格局和国家安全形势深刻变化的大背景下来认识和筹划，放在实现“两个一百年”奋斗目标、实现中华民族伟大复兴中国梦的历史进程中来认识和筹划，放在国防和军队现代化建设优先发展的战略位置来抓。当前和今后一个时期是我军装备建设的战略机遇期，也是实现跨越式发展的关键时期。一定要增强使命意识，抓住机遇，鼓足干劲，把装备建设搞得更好一些、更快一些。”在军费整体增速随GDP增速下行的大背景下，军工行业各细分领域也会出现结构性分化，特别是空军作为优先发展的战略军种，空军装备是国防采购的重点领域，未来将

以大力列装和研发高技术武器装备为重点，合理分配资源，保持重点关键领域的投资和创新，积极打造成为一支国家可以依靠的重要战略武装力量。

图表 58：各军种发展战略和目标

| | 陆军 | 海军 | 空军 | 第二炮兵 |
|------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------|
| 战略要求 | 机动作战 立体攻防 | 近海防御 远海护卫 | 空天一体 攻防兼备 | 精干有效 核常兼备 |
| 发展目标 | 实现区域防卫型向全域机动型转变 | 实现近海防御型向近海防御与远海护卫型结合转变 | 实现国土防空型向攻防兼备型转变 | 加快推进信息化转型 |

数据来源：2015《中国的军事战略》白皮书，中航证券金融研究所

图表 59：东海防空识别区



数据来源：互联网，中航证券金融研究所

2013 年 11 月 23 日，中国政府郑重发布划设东海防空识别区声明，当天发布规则，并于当天生效。因为我国划设的东海防空识别区与日本防空识别区存在大面积重合、与韩国防空识别区也存在小面积的重合，自识别区划设以来就遭到美、日等国的强烈反应。此后美、日、韩飞机接连闯入东海识别区，中国军队均派出战机进行了全程监视、识别和有效管控。目前我国空军对东海防空识别区和南海的战斗巡逻都已经常态化。这些训练不仅推动了空军在远海区域的实战化训练，还显示了空军的战略性质改变：从原本专注于国土防空性质的防御型空军，向“空天一体、攻防兼备”的战略空军转型，构建适应信息化作战需要的空天防御力量体系。

未来海陆空三军对军用飞机的采购将迎来快速增长期。2015 中国国防白皮书《中国的军事战略》披露：陆军按照机动作战、立体攻防的战略要求，实现区域防卫型向全域机动型转变；海军按照近海防御、远海护卫的战略要求，逐步实现近海防御型向近海防御与远海护卫型结合转变；空军按照空天一体、攻防兼备的战略要求，实现国土防空型向攻防兼备型转变。未来，我军陆军对武装直升机，空军对战略轰炸机、隐形战斗机、特种飞机、军用运输机、加油机和教练机，海军对舰载机的采购将迎来快速增长期。下一阶段中国军用飞机的主要发展方向为以 J-20 为代表的第五代战斗机、以 J-15 为代表的舰载机、以 Z-20 为代表的 10 吨级通用型直升机和以 Y-20 为代表的大型军用运输机的大量列装。另外其他的支援类飞机，比如预警机、侦察机、加油机和教练机等以前没有重点关注的机种也将得到补偿性发展。其研制单位航空工业集团旗下的研究院所、上市公司以及上游的航材供应商、以及与特种飞机信息化产业有关的中电科等相关单位将受益军用飞机的研制和大量列装。

未来 15 年我国军用飞机的采购量将超过 10000 亿元。四代机方面，预计未来四代机将完全替代 500 架左右的三代机，再加上 100 架左右的舰载机，保守估计未来 15 年四代机的采购量为 600 架；五代机方面，对标美国 F-35，根据 wikipedia F-35 自 2006 年 12 月到 2017 年 1 月近 10 年产量 200 架，预计未来 15 年我国五代机采购量 300 架；轰-6K 方面，根据新浪军事报道，预计未来 15 年我国空军和海军将采购大约 100 架左右轰-6K；轰-20 方面，根据 WORLD AIR FORCES 2017 对标美国 B-2 轰炸机数量，预计未来 15 年我国隐形战略轰炸机采购量 20 架；根据 WORLD AIR FORCES 2017 对标美国特种飞机、加油机、运输机、武装直升机和教练机的数量，再加上我国的军费预算和大致产能，预计未来 15 年我国采购先进的军用运输机、各类特种飞机、教练机和大型加油机分别为 300 架、130 架、300 架、30 架。我们预计未来 2016~2030 年中国军用飞机的采购将达到 3280 架，新机采购市场空间将达到 12060 亿元，平均每年约 800 亿元。

图表 60：未来 15 年中国军用飞机采购数量预测

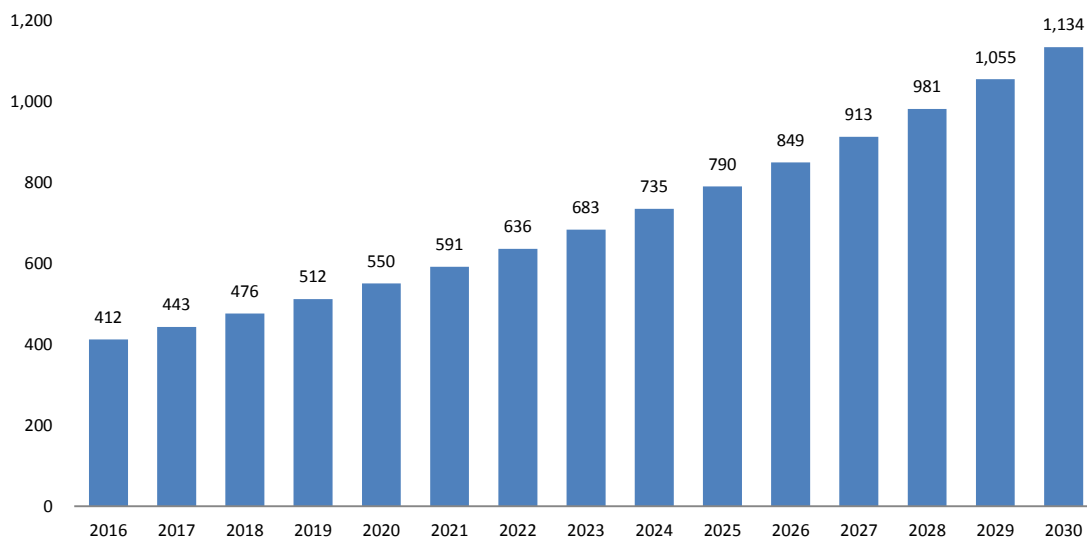
| 飞机种类 | 系列 | 2016~2030 采购数量 | 平均造价（亿元） | 市场空间（亿元） |
|-------|-------|----------------|----------|----------|
| 战斗机 | 四代机 | 600 | 3 | 1800 |
| | 五代机 | 300 | 7 | 2100 |
| | 轰-6K | 100 | 3 | 300 |
| | 轰-20 | 20 | 20 | 400 |
| 特种飞机 | 预警机 | 30 | 20 | 600 |
| | 侦察机 | 20 | 15 | 300 |
| | 电子战飞机 | 30 | 5 | 150 |
| | 海上巡逻机 | 50 | 1 | 50 |
| 加油机 | | 30 | 2 | 60 |
| 运输机 | | 300 | 15 | 4500 |
| 武装直升机 | | 1500 | 1 | 1500 |

| | | | |
|-----|------|---|-------|
| 教练机 | 300 | 1 | 300 |
| 合计 | 3280 | — | 12060 |

数据来源：中航证券金融研究所

根据《2010 年中国的国防》白皮书披露，装备费占中国国防费约三分之一。2015 年我国国防支出为 9189.0 亿元，2016 年国防预算同比增长 7.6%，则 2016 年国防支出约为 9887.4 亿元。按照装备费用占比 1/3 估算，装备费规模为 3295.8 亿元。而军用飞机装备是当前我军装备开支的主要方向之一，我们保守估计军用飞机装备占比在 1/4 以上，那么 2016 年军用飞机装备费用规模至少为 823.9 亿元。我们预计军用飞机每年的采购费用和维修费用 1: 1，那么 2016 年军用飞机采购费用约为 412 亿元。由于 2017 年国防预算同比增长 7% 左右，我们预计未来 2016~2030 年军用飞机采购费年均增长率维持在 7.5%，那么 2016~2030 年军用飞机的采购费用合计约 10760 亿元。这一数据与我们图表 60 的预测结果基本一致。

图表 61：我国 2016~2030 年军用飞机采购费用预测（亿元）



数据来源：WORLD AIR FORCES 2017，中航证券金融研究所

投资建议：从产业链的角度来看，航空材料、航电系统和机电系统以及航空发动机未来将随着军用飞机的大量列装而不断发展壮大，整机总装和飞机零部件制造等产业也将具有持续的高成长性。建议重点关注三条投资主线：一是处于金字塔顶端的整机集成商，从目前的发展情况来看，整机集成商在未来相当长的时间里将持续具备行业垄断地位，是我军军用飞机加速列装的最大受益者；二是军用飞机配套类系统供应商，特别是动力系统、机电系统和航电系统供应商，它们长期与系统级制造商形成战略合作，在军用飞机产业链中占据一席之地；三是业绩成长好、盈利能力强的飞机零部件制造商。

投资评级定义

我们设定的上市公司投资评级如下：

- 买入：预计未来六个月总回报超过综合指数增长水平，股价绝对值将会上涨。
持有：预计未来六个月总回报与综合指数增长相若，股价绝对值通常会上涨。
卖出：预计未来六个月总回报将低于综合指数增长水平，股价将不会上涨。

我们设定的行业投资评级如下：

- 增持：预计未来六个月行业增长水平高于中国国民经济增长水平。
中性：预计未来六个月行业增长水平与中国国民经济增长水平相若。
减持：预计未来六个月行业增长水平低于中国国民经济增长水平。

我们所定义的综合指数，是指该股票所在交易市场的综合指数，如果是在深圳挂牌上市的，则以深圳综合指数的涨跌幅作为参考基准，如果是在上海挂牌上市的，则以上海综合指数的涨跌幅作为参考基准。而我们所指的中国国民经济增长水平是以国家统计局所公布的国民生产总值的增长率作为参考基准。

分析师简介

李欣，SAC 执业证书号：S0640515070001，分析师，从事军工行业研究。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。

风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

免责声明：

本报告并非针对或意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则此报告中的材料的版权属于中航证券。未经中航证券事先书面授权，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本给予任何其他人。

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作查照只用，并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而中航证券不会因接受本报告而视他们为其客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性，而中航证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。并不能依靠本报告以取代行使独立判断。中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映分析员的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易，向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意，及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所根据的研究或分析。