

航空机载系统：军品增速较高，民品国产化进程加快

一、机电系统产业基本概念及产业链介绍

机电系统制造企业是飞机制造产业链中的子系统承包商，其上游是零部件供应商，其下游客户为飞机制造总承包商或飞机总装公司。从整机成本构成来看，机电系统约占总成本的 15%。上游零部件供应商主要为机电系统制造企业提供机械加工零部件和电子元器件，由原材料公司为零部件供应商提供加工原材料。下游飞机总装公司最终生产整机，包括军用机和民用机，通过销售、租赁等投入使用。在产业链终端，为飞机提供包括维修在内的专业服务的独立维修机构（MRO）。

我国机电系统产业特点主要有三方面：一是市场集中度高；二是典型的军民融合行业；三是生产产能受机械制造性能限制。

二、市场形势：国内军用市场发展增速加快，民用市场潜力巨大

军用机电系统市场受益于国防支出预算与军机装备建设提速，国内军用航空机电市场将进入快速增长期。军用航空机电系统市场由军用战机需求决定，受政府国防支出影响大。我国军用机电系统市场受益于国防支出预算与军机装备建设提速，军用航空机电市场将进入快速增长期。预计未来十年我国军用飞机市场空间为 2000 亿美元，机电系统年均市场空间约为 30 亿美元。

用机电系统受政策支持市场空间广阔，民用航空适航壁垒亟待打破。全球航空客运需求稳定增加，预计未来二十年客运量年复合增长率 4% 左右，未来二十年全球民机机电系统年均市场空间超过 400 亿美元。国内民用机电系统受政策支持：航空机电系统入选为《中国制造 2025》重点发展领域；国产大飞机 C919 未来有望撬动波音空客民机市场蛋糕，带动机电系统打破国外垄断。预计未来二十年国内民机市场超万亿美元，机电系统年均市场空间超 80 亿美元。民用航空器的适航性要求导致很大的进入壁垒。我国通过适航的机载设备中机电系统占比低，核心机电设备寥寥无几。我国机载系统设备适航发展较为落后，中国民航总局颁发的技术标准规定（CTSO）数量较少，机载设备 CTSO 取证飞行试验平台有待完善。

航空装备 II

维持

买入

黎韬扬

litaoyang@csc.com.cn

010-85130418

执业证书编号：S1440516090001

研究助理：王春阳

wangchunyang@csc.com.cn

010-86451182

发布日期：2019 年 03 月 29 日

市场表现



相关研究报告

我国机电系统维修市场稳步增长：军用机电维修年均市场约 30 亿元，并将按军费 8% 的年增长率逐年扩大；民用机电维修年均市场约 32 亿元，预计到 2022 年仍维持 8% 复合增长率。

三、竞争格局：美国在商用机载市场占据主要地位，国内军品市场主要为机载系统公司

国际竞争格局：民用市场美国公司占据主要地位，军用市场各国龙头公司相对垄断。全球航空机电设备制造商约有 1300 家，其中，民用主要生产厂商包括美国的霍尼韦尔、联合技术、派克汉尼汾、伊顿以及德国的利勃海尔 5 家公司。霍尼韦尔和联合技术两大巨头市场份额最大，业务项目覆盖较广，通过民用航空市场及维修市场扩大业务。

国内竞争格局：中航机载系统公司在军工市场处于相对垄断地位。中航机载系统公司在国内军用航空机电市场占据超过 95% 市场，公司航空机电业务覆盖十三大系统。公司有待拓展民用及维修市场扩大板块业务提高板块营收及利润率。机电系统制造商在维修市场具备竞争优势，市场有待进一步开拓，军用飞机维修逐步向 OEM 厂商倾斜，机电系统制造商维修市场存在较大机遇，民用机电维修市场竞争激烈。

四、未来发展趋势：综合化、多电化技术发展，借力政府支持打开民航市场

机电系统将向综合化、多电化、智能化和能量优化方向发展。我国第五代战斗机要满足隐形要求并具有超音速巡航能力、超机动能力和超级信息优势，商用客机现代化进程也逐步加快，这些都对机电系统的重量、体积和可靠性以及在二次能源的产生、传输和利用上的效率提出了更高的要求，传统航空机电系统独立、分散的格局已难以适应，不断推进机电系统向综合化、智能化、多电化和能量优化方向发展，形成对全机能量的全面综合管理和技术支撑。目前，国外已经实现了机电系统能量、功能、物理和控制方面的综合，在综合化方面取得了较大进展，机电系统的综合化也正是发达国家下一代武器装备的重要技术领域。

政策扶持与民机国产化双重作用，外企合作打开民用航空机电系统市场。国家机载重大专项有望推出，涉及金额约 160 亿元。航空机电系统入选为《中国制造 2025》重点发展领域，政策支持助力机电系统技术提升。C919 打开民机市场，带动机电系统打破国外垄断。我国制造商借助外企合资参与 C919 机电系统系统供应，切入民航商业市场。

五、投资机会分析：军民市场空间广阔，关注中航机电投资机会

通过对航空机电系统产业市场和产业形势的分析，我们认为，我国航空机电制造企业发展潜力较大，主要有三方面原因。一是未来两年受益于“十三五”后期航空装备的放量增长以及军机代数的迭代，航空机电系统价值占比有望持续提升，增速有望高于下游增速；二是军用维修市场逐渐向原始设备厂商倾斜，对标国外公司发展历程，国内机电公司有望打开维修市场，有效从规模和利润上提升企业价值；三是中期来看，我国国产大飞机的发展势必加速国内机电企业商用化进程，我国广阔的民用市场为航空机电制造公司带来新的增长点和巨大的市场空间。中航机电作为我国最主要的航空机电制造厂商，深耕军用航空机电产业多年，具备深厚的技术积累，企业战略上持续拓展民用和维修市场，未来增长空间较大，可重点关注。

目录

| | |
|---|----|
| 一、机电系统产业基本概念及产业链介绍 | 1 |
| 1.1 机电系统产业基本概念 | 1 |
| 1.2 机电系统制造产业链 | 8 |
| 1.3 机电系统制造产业特点 | 10 |
| 二、市场形势：军用市场发展增速加快，民用市场潜力巨大..... | 12 |
| 2.1 受益军机装备建设提速，军用航空机电市场将进入快速增长期..... | 12 |
| 2.2 民用机电系统处于起步阶段，未来国产化市场空间广阔..... | 14 |
| 2.3 维修市场稳步增长，原始设备商具有拓展优势..... | 18 |
| 三、竞争格局：美国在商用机载市场占据主要地位，国内军机主要为机载系统公司..... | 19 |
| 3.1 国际竞争格局：美国在民用市场占据主要地位..... | 19 |
| 3.2 国内竞争格局：中航机载系统公司在军工市场处于相对垄断地位..... | 19 |
| 四、未来发展趋势：综合化、多电化技术发展，借力政府支持打开民航市场..... | 22 |
| 4.1 航空机电系统技术发展方向：综合化、多电化..... | 22 |
| 4.2 政策扶持与民机国产化双重作用，打开民用航空机电系统市场..... | 24 |
| 五、投资机会分析：军民市场空间广阔，关注中航机电投资机会..... | 26 |
| 六、风险提示 | 30 |

图目录

| | |
|---|----|
| 图 1: 飞机的组成 | 1 |
| 图 2: 飞机机体 | 1 |
| 图 3: 军用涡轮风扇发动机 | 2 |
| 图 4: 民用涡轮螺旋桨发动机 | 2 |
| 图 5: 电力系统零部件 | 5 |
| 图 6: 电力系统原理图 | 5 |
| 图 7: 燃油系统零部件 | 5 |
| 图 8: 燃油系统原理图 | 5 |
| 图 9: 液压系统零部件 | 6 |
| 图 10: 液压系统结构示意图 | 6 |
| 图 11: 环控系统零部件 | 6 |
| 图 12: 环控系统原理图 | 6 |
| 图 13: 高升力系统零部件 | 7 |
| 图 14: 高升力系统结构示意图 | 7 |
| 图 15: 第二动力系统零部件 | 7 |
| 图 16: 辅助动力系统结构 | 7 |
| 图 17: 防除冰系统及防火系统 | 8 |
| 图 18: 悬挂发射系统及防护救生系统 | 8 |
| 图 19: 机电系统制造产业链 | 9 |
| 图 20: 飞机成本构成 | 9 |
| 图 21: 军机民机成本构成对比 | 9 |
| 图 22: 2010-2018 年美国国防费用支出 | 12 |
| 图 23: 美国军及装备预算与霍尼韦尔军用航空业务营业收入 | 12 |
| 图 24: 2006-2019 年我国国防支出预算及增速 | 13 |
| 图 25: 2017 年全球主要军费支出国家及军费 GDP 占比 | 13 |
| 图 26: 2009-2018 年全球民用航空客运量 | 14 |
| 图 27: 2008-2018 年我国民用飞机数量 | 15 |
| 图 28: 我国适航管理对象 | 16 |
| 图 29: 2008-2017 年 CAAC 发布 CTSO 数量 | 17 |
| 图 30: 我国已获批准的机载设备数量占比 | 17 |
| 图 31: C919 系统及零部件国内外供应商 | 18 |
| 图 32: 民用航空品维修市场（亿元） | 18 |
| 图 33: 霍尼韦尔 2017 年航空板块营业收入分布 | 18 |
| 图 34: 军用飞机维修模式 | 20 |
| 图 35: 民用飞机维修企业分类 | 20 |
| 图 36: 机电系统综合化发展路线图 | 22 |
| 图 37: 中航机电业务分布 | 26 |
| 图 38: 公司近年营业收入及其增速 | 27 |
| 图 39: 公司近年归母净利润及其增速 | 27 |

| | |
|--|----|
| 图 40: 公司 2018 年各业务板块收入及占比 (单位: 亿元) | 27 |
| 图 41: 公司 2012-2018 年整体毛利率水平 | 27 |
| 图 42: 2013-2017 年公司三费费率 | 28 |
| 图 43: 2013-2017 年公司研发投入 | 28 |
| 图 44: 2013-2017 年公司三费费率 | 28 |
| 图 45: 2013-2017 年公司研发投入 | 28 |

表目录

| | |
|---|----|
| 表 1: 航电系统组成 | 2 |
| 表 2: 机电系统各子系统介绍 | 3 |
| 表 3: 2017 年机电系统产业链上市公司业绩情况 | 10 |
| 表 4: 2017 年中美军机数量对比 | 13 |
| 表 5: 国内外民航制造企业对我国未来 20 年民用航空市场的预测 | 15 |
| 表 6: 机载系统适航方式对比 | 16 |
| 表 7: 航空机电系统领域主要企业相关业务情况 | 19 |
| 表 8: 美国空军机电系统综合发展脉络 | 23 |
| 表 9: 《中国制造 2025》机电系统规划 | 24 |
| 表 10: 中航机电盈利预测表 | 29 |

一、机电系统产业基本概念及产业链介绍

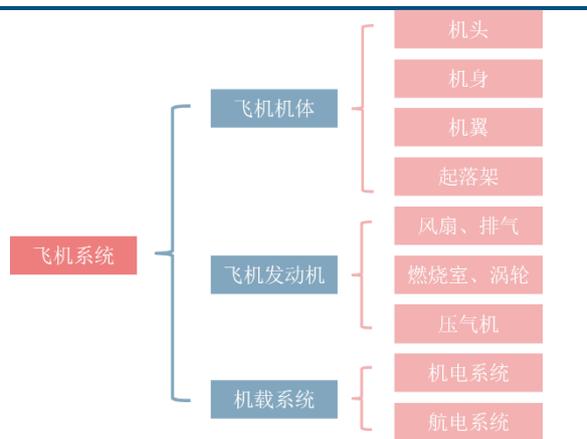
1.1 机电系统产业基本概念

1.1.1 飞机基本构成

飞机由三大组成部分，分别是机体、发动机、机载设备与系统。从事飞机研发、制造的飞机制造业是系统复杂、产业链长、发展潜力巨大的高技术产业，航空水平反映了一个国家的综合实力。经过几十年的发展，我国航空工业经历从小到大，从依赖进口到自行研制，发展到今天能自行研发、制造生产军民飞机及其机体、发动机、机载系统等配套设备，形成专业门类齐全的航空工业体系。

机体是飞机的框架和外壳。主要功用是固定机翼、尾翼、起落架等部件，使之连成一个整体，同时装载人员、货物、燃油及各种设备，机体包括机头、机身、机翼、起落架等；机头位于整个飞机的最前部，包括飞机驾驶舱、雷达舱、前部座舱等；机身用于装载人员、机载设备、燃油、货物等，连接机翼、尾翼和起落架，平衡飞机的各部分载荷。机翼主要用于产生升力，并使飞机具有横侧平衡、稳定性和操作性，包括前缘襟翼、后缘襟翼、副翼等。

图1：飞机的组成



资料来源：中信建投研究发展部

图2：飞机机体

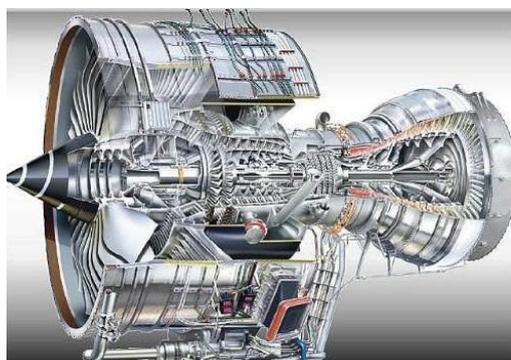


资料来源：百度图片，中信建投研究发展部

飞机发动机是一种高度复杂和精密的热力机械，为航空器提供飞行所需的动力。作为飞机的心脏，航空发动机直接影响飞机的性能、可靠性及经济性。军用飞机发动机主要分为涡轮风扇发动机、涡轮螺旋桨发动机和涡轴发动机；大型民用飞机发动机主要包括涡轮风扇发动机和涡轮螺旋桨发动机。民用飞机发动机相较于军用飞机具有更大的涵道比，发动机粗壮而短、燃油油耗低、工作模式相对单一。

图3：军用涡轮风扇发动机


资料来源：百度图片，中信建投研究发展部

图4：民用涡轮螺旋桨发动机


资料来源：百度图片，中信建投研究发展部

机载设备指在飞机飞行中接收各种信息和指令，进行传递、处理、显示、反馈和控制的设备，用于保证飞行安全，并完成飞行任务。一般而言，机载设备分为航电系统和机电系统。

机电系统是指执行飞行保障功能的飞机系统的总称。主要作用是用于实现飞机机械电力保障功能，它几乎包括飞机上除机体、发动机、武器和航电任务系统之外的所有系统，分布在机身各处，包括燃油系统、液压系统、电源系统、航空电力系统、环境控制系统、防护救生系统、悬挂发射系统、机轮刹车系统、二次动力系统、货运系统、空投空降系统等。

航电系统全称“综合航空电子系统”，用于实现飞机的信息管理和控制。是飞行状态的确定与控制、飞机状态参数测量、人机接口管理、导航及通信等任务保障、作战管理等一系列机载电子装备。军民机均具备的航电系统包括人机交互系统（显示系统、通信系统、数据输入与控制、飞行控制系统）、飞行状态传感器系统（大气数据系统、内部传感器）、导航系统（无线电导航系统、航路推算导航系统）、外部传感器系统（雷达、前视红外传感器）和任务自动化系统（导航系统管理、自动驾驶仪与飞行管理系统、发动机控制与管理、航电系统勤务管理）。其中，人机交互系统、飞行状态传感器系统、导航系统、外部传感器系统属于航电系统功能层，实现航电系统基本或核心功能，任务自动化系统是特定任务层，通过自动工作和管理完成多种任务，减少机组工作量，同时进行更多的飞机监控工作。此外，民航飞机还配备空中交通管制、应答机系统、近低告警系统和威胁告警/防撞系统等，军用飞机配备更多种雷达、导航等作战相关系统设备。

表1：航电系统组成

| 航电系统 | 子系统 | 作用 | 组成/分类 |
|-----------|---------------|---|----------------------------|
| 人机交互系统 | 显示系统 | 提供飞行员和飞机系统之间的可视接口 | 平视显示器、头盔显示器、下视显示器 |
| | 通信系统 | 实现地面基站与飞机之间或飞机与飞机之间的可靠双向通信 | 高频无线电、甚高频无线电、超高频无线电、卫星通信系统 |
| | 数据输入与控制 系统 | 实现指令载入和基于指令的告警 | 键盘、触摸屏、直接语音控制、告警系统 |
| | 飞行控制系统 | 利用自动控制系统，对飞行器构型、飞行姿态和运动参数实施控制，保证飞行器的稳定性和操纵性 | 自动稳定系统、电传飞行控制系统 |
| 飞行状态传感器系统 | 大气数据系统 | 准确提供飞行控制和导航所必需的大气数据量 | 高精度传感器、大气数据处理系统 |
| | 惯性传感器系统 | 测量飞机机体轴向的角运动及线运动，提供姿态和航 | 高精度陀螺仪、加速度计 |

| 航电系统 | 子系统 | 作用 | 组成/分类 |
|---------|--------------|---|--|
| | | 向信息 | |
| 导航系统 | 航路推算导航系统 | 由一个已知的起始位置通过飞行器的速度和航向估计飞行距离，无需外界提供信息而自主导航 | 惯性导航系统 INS、多普勒/航向基准系统、大气数据/航向基准系统 |
| | 定位系统 | 基于卫星或地面发射基地的无线电导航系统，通过机载接收器接收无线电信号后计算得到飞机的位置信息 | GPS、无线电辅助导航系统(VOR/DME 系统、TACAN 系统)、仪表着陆系统 ILS、微波引导着陆系统 MLS |
| 外部传感器系统 | 雷达 | 实现空中警戒、侦察、航行保障、气象观测等，保证准确航行和飞行安全 | 气象雷达、飞行保障雷达、目标探测雷达、侦察雷达、武器控制雷达 |
| | 红外系统 | 观察夜间物体，标示飞机热源定位目标，用于搜索和跟踪 | 前视红外系统、红外搜索跟踪系统 |
| 任务自动化系统 | 导航管理系统 | 包括无线电导航辅助系统的运转及整合所有导航信息源，以提供最精确的飞机位置、地速和轨迹信息 | - |
| | 自动驾驶仪与飞行管理系统 | 维持定高和航向保持基本飞行模式，提供精确的飞机航迹控制，任务包括飞机行计划、控制飞行航迹、飞行包线检测、最少油耗管理等 | - |
| | 发动机控制与管理 | 保证发动机温度、转速和加速度在安全范围内，响应油门杆操作 | - |
| | 航电系统勤务管理 | 实现以自动化为背景、与飞行安全和高效操作密切相关的管理，包括燃油管理、供电系统管理、液压系统管理、座舱压力控制系统、环境控制系统、告警系统、维护与监控系统 | - |

资料来源：中信建投研究发展部

1.1.2 机电系统基本概念

机电系统是指执行飞行保障功能的飞机系统的总称，主要作用是用于实现飞机机械电力保障功能，它几乎包括飞机上除机体、发动机、武器和航电任务系统之外的所有系统，分布在机身各处，包括燃油系统、液压系统、电源系统、航空电力系统、环境控制系统、防护救生系统、悬挂发射系统、机轮刹车系统、二次动力系统、货运系统、空投空降系统等。按照不同的任务重点，机电系统的构成在不同类型飞机上的构成有所区分。

表2：机电系统各子系统介绍

| 子系统 | 作用 | 飞机类型 |
|------|---|----------------|
| 电力系统 | 保证向用电设备，尤其是与飞行安全直接相关的关键设备提供符合要求的电能 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |
| 燃油系统 | 飞机上用于储存燃油，并在一切飞行状态和发动机工作条件下，按照要求的压力和流量连续可靠地向发动机和辅助动力装置供给燃油的系统 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |
| 液压系统 | 以油液为工作介质，靠液压驱动执行机构完成特定操作动作的装置 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |

| 子系统 | 作用 | 飞机类型 |
|---------|---|----------------|
| 环控系统 | 在各种飞行条件下，使座舱或设备舱内空气压力、温度、湿度、洁净度及气流速度等参数适合人体生理卫生要求，保证乘员生命安全舒适或满足机载设备冷却、增压要求的成套设备 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |
| 高升力系统 | 改变机翼弯度和面积，以增加飞机起飞时的升力和降落时的升力及阻力，从而减少飞机起飞和降落的滑跑距离 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |
| 第二动力系统 | 相对于飞机推进动力系统而言，指除主发动机外飞机上能为机载设备提供电源、气源、液压源等辅助及应急能源并能起动主发动机的功能系统 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |
| 防火系统 | 防止飞机发生火灾所采用的全部装置 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |
| 防除冰系统 | 防止飞机表面某些突出部位结冰或在结冰时能有效地除去冰层的设备 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |
| 防护救生系统 | 在飞机不可挽回的情况下，保证乘员迅速离机和安全救生的关键系统 | 战斗机、大型运输机、民用飞机 |
| 悬挂与发射系统 | 以飞机为平台直接完成各类武器弹药等悬挂物的悬挂、运载、投放和发射 | 战斗机 |
| 空降空投系统 | 将货物或人员等精确地投送到指定位置和地点 | 战斗机、大型运输机 |
| 货运系统 | 用于将货物运进或运出飞机，并能在飞机货舱内的预定位置将货物加以固定 | 大型运输机、民用飞机 |
| 客座及客舱设备 | 有舒适的座椅、舷窗、行李架、通道舱门、应急出入口、救生设备、播音系统、娱乐设施等，保证旅客生活的舒适安全，对通风保温、噪声、防火、疏散有很高的要求 | 民用飞机 |

资料来源：中信建投研究发展部

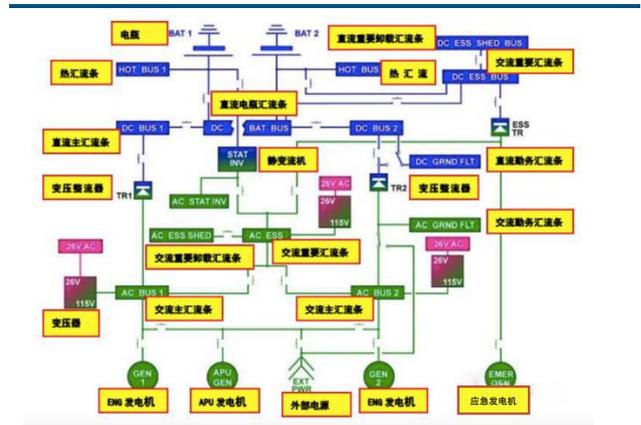
电力系统保证可靠地向用电设备提供符合要求的电能，包括发电系统、配电系统和用电系统。发电系统由交流发电机和发电机控制器组成，整个飞机的电功率输入来源包括飞机主发动机、飞机备用发动机、辅助动力装置发电机、地面电源、备用交流器、冲压空气涡轮发电机。配电系统指从发电机主接触器到负载汇流条之间的电能传输系统，用于将电能传送到用电设备，实现电能的传输与分配，配电系统工作内容包括初级功率分配和保护、功率转换和电能储存、次级功率分配和保护。电力系统的未来发展与“多电飞机”概念相关，试图将飞机更多的动力系统工作通过电力实现，取代传统液压或高压引起，未来飞机将需要产生比现在大很多的电功率。

图5：电力系统零部件



资料来源：中航机电公司官网，中信建投研究发展部

图6：电力系统原理图



资料来源：网络图片，中信建投研究发展部

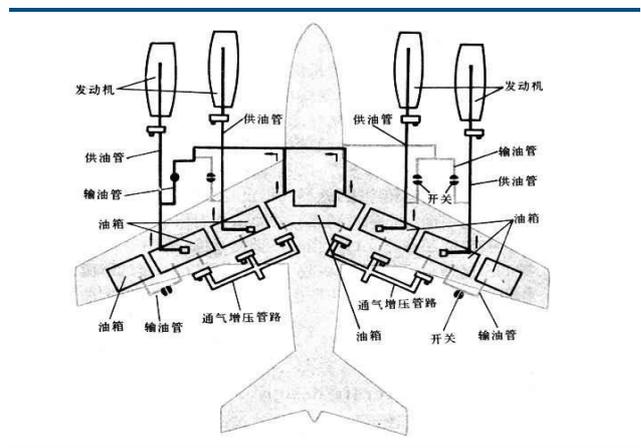
燃油系统是飞机上用于储存燃油，并在一切飞行状态和发动机工作条件下，按照要求的压力和流量连续可靠地向发动机和辅助动力装置供给燃油的系统。燃油系统由大量燃油泵、燃油阀和燃油油量传感器组成，由微处理器统一控制：燃油泵用于燃油箱之间的燃油输送以及帮助燃油增压流向发动机；燃油阀控制外部燃油输送至内部油箱及油箱的压力，关闭阀时切断燃油流量；燃油油量传感器测定飞机内的燃油液面、油量。现代飞机燃油管理系统包含以下全部或部分工作模式：燃油增压、发动机供油、燃油输送、加油 / 放油、燃油储存、通气系统、热沉散热、应急放油、空中加油。燃油系统的主要用途是为飞机提供可靠的燃油，是保证飞行安全必不可少的部分，飞机性能越高燃油系统越复杂。

图7：燃油系统零部件



资料来源：中航机电公司官网，中信建投研究发展部

图8：燃油系统原理图



资料来源：网络图片，中信建投研究发展部

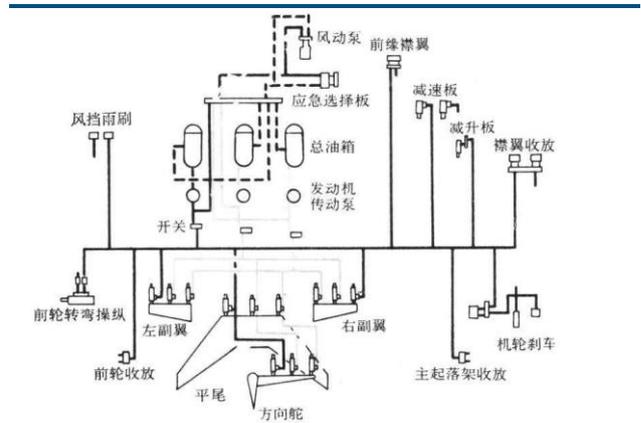
液压系统是以油液为工作介质，靠油压驱动执行机构完成特定操作动作的装置，可分为液压传动系统和液压控制系统。主要包括柱塞泵、液压电动泵等动力元件、液压阀等控制元件和液压油箱等辅助元件，作为飞机飞行控制系统、起落架、刹车、防滑系统等的动力源。液压泵连接在发动机传动机匣上，泵产生的压力液流通过液压管路通往各个作动机构。为提高安全水平，保证单个故障或泄漏不会危及整个系统，一架飞机上装有多套独立的液压系统或者其他辅助动力装置。近些年在液压系统的功能执行以及性能监控越来越多地引入微处理器，开辟液压智能化的进程，未来有些领域正考虑用多电系统取代液动力方式。

图9：液压系统零部件



资料来源：中航机电公司官网，中信建投研究发展部

图10：液压系统结构示意图



资料来源：网络图片，中信建投研究发展部

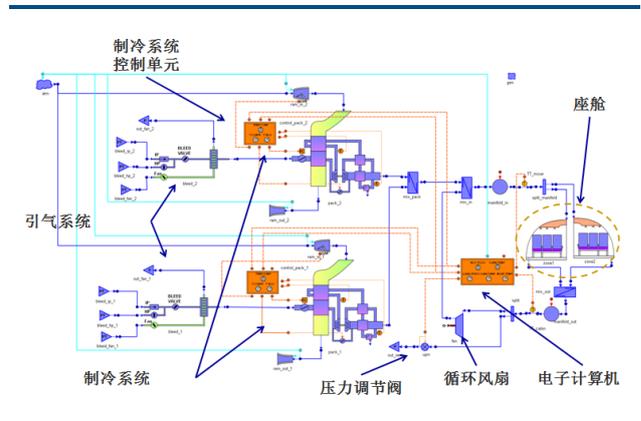
环控系统用于保证飞机内空气的压力、温度、湿度、洁净度及气流速度等参数适合人体生理需求，同时为飞机上电子设备提供正常的工作环境。温度的控制利用制冷子系统和引起系统。通过把热量从热源转移至热沉（散热介质）排出机体之外，分为空气循环式制冷系统和蒸发循环式制冷系统，主要部件为空调循环机和其他空调组件。湿度控制可利用制冷装置安装水分离器收集大滴水滴排出机体，或者利用化学制品如硅胶、分子筛除去空气中的大气体分子和杂质。座舱增压由压力调节阀实现，根据飞机高度调节空气流量控制压力要求值。

图11：环控系统零部件



资料来源：中航机电公司官网，中信建投研究发展部

图12：环控系统原理图



资料来源：网络图片，中信建投研究发展部

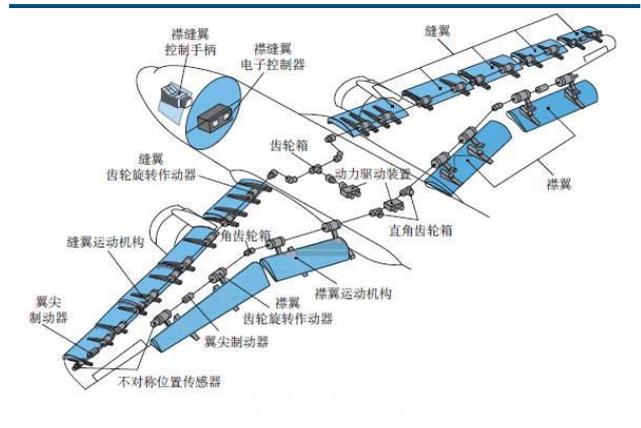
高升力系统是集机械传动、液压、检测和控制等技术于一体的综合性系统，主要用于飞机起飞与着陆，避免过长的飞机起飞和滑跑距离。高升力系统由翼面作动子系统、机械传动子系统、动力驱动子系统、控制和监控子系统、故障保护子系统和传感器子系统等组成，通过在机翼前缘配置缝翼、在机翼后缘配置襟翼，控制缝翼和襟翼往下展开到不同的卡位，来改变机翼弯度和面积，以增加飞机起飞时的升力和降落时的升力及阻力，从而减少飞机起飞和降落的滑跑距离。高升力系统是集机械传动、液压、检测和控制等技术于一体的综合性系统，从驾驶杆到翼面的完整位置闭环控制系统，由襟缝翼电子控制单元进行信号处理和功能控制，通过总线与飞机航电系统和主飞控系统等其他系统互联。

图13: 高升力系统零部件



资料来源：中航机电公司官网，中信建投研究发展部

图14: 高升力系统结构示意图



资料来源：网络图片，中信建投研究发展部

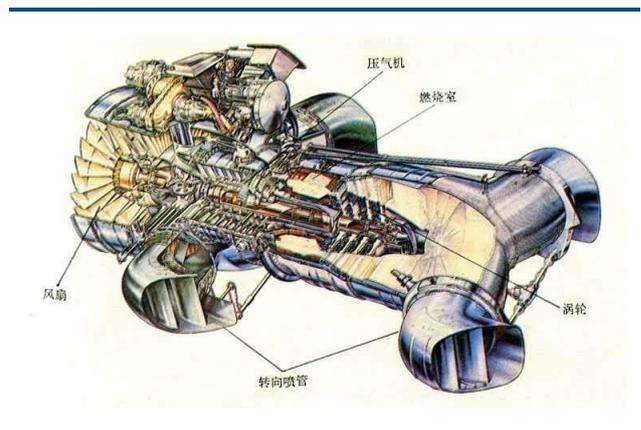
第二动力系统是独立于主发动机的动力系统，提供气、电、液及轴功率，具有启动主发动机、提供空调系统所需气源、提供液压能、提供辅助功率和应急功率，并使发电机、液压泵等机电部件布置更加合理。第二动力系统是一种小型的涡轮发动机，包括辅助动力装置(APU)、应急动力装置(EPU)、综合动力装置(IPU)等动力装置。APU 在飞机起飞和着陆，发动机功率全部用于加速和爬升，由 APU 提供所需电源和气源，飞行过程中 APU 能随时启动保证飞行安全，APU 是通过一个自由涡轮或由转轴驱动的负荷压气机产生飞机所需电能、液压能、气源。EPU 是在应急情况下为飞机提供应急电能和液压能，以 H70 (胖 70) 为燃料利用涡轮动力装置提供动力。APU 和 EPU 由燃烧室、涡轮、齿轮箱、发电机和液压泵组成。IPU 是集 APU 和 EPU 功能于一体的动力装置，有两种结构模式：一是将 EPU 与 APU 综合，共享一个齿轮箱驱动同一液压泵和发电机；二是共用一个燃烧室和涡轮。

图15: 第二动力系统零部件



资料来源：中航机电公司官网，中信建投研究发展部

图16: 辅助动力系统结构



资料来源：网络图片，中信建投研究发展部

防除冰系统是防止飞机表面某些突出部位结冰或在结冰时能有效地除去冰层的设备，如机翼和尾翼前缘，或在螺旋桨前缘、进气道前缘以及驾驶舱风档玻璃上结冰，严重时会使飞行发生危险，在易于结冰的部位应安装防冰设备。防除冰方法有：液体除冰（向防冰表面供给防冰液）、电热防冰（通电产生热量，用于较小部件防冰，如风挡、排水口等）、气热除冰（加热引气，用于机翼除冰）。

防火系统指防止飞机发生火灾所采用的全部装置，主要有三方面：一是通过结构选材防火，选择机舱内装

饰使用阻燃材料；二是火警告示系统，在客舱和发动机舱内装置火警探测器；三是灭火系统，直接扑灭机舱、发动机舱和设备舱中火焰的装置。

悬挂与发射系统是指飞机挂载各类型机载武器装备的配套装置，主要功能是以飞机为平台、直接完成各类武器弹药等悬挂物的悬挂、运载、投放和发射运用，结构可分为挂弹钩、挂弹架、发射装置及发射器等。

防护救生系统是在飞机不可挽回的情况下，保证乘员迅速离机和安全救生的关键系统，航空救生系统包括弹射座椅、伞系统、个体防护装备、供氧系统和救生物品等。

图17：防除冰系统及防火系统



资料来源：中航机电公司官网，中信建投研究发展部

图18：悬挂发射系统及防护救生系统



资料来源：网络图片，中信建投研究发展部

空降空投系统用于将货物或人员等精确地投送到指定位置和地点。空降空投方式分伞降、伞降、机降：伞降将从飞机直接投下；伞降是人员或货物从飞机上用降落伞降落于地面；机降是人员、装备物资乘载运输机或直升机直接降落于地面。空降空投系统是将人员或物品从飞机上安全投放至地面的整套设备，包括机上传送系统、牵引伞系统、主伞系统、货台、空投容器、脱离装置、着陆缓冲装置和防翻装置等。

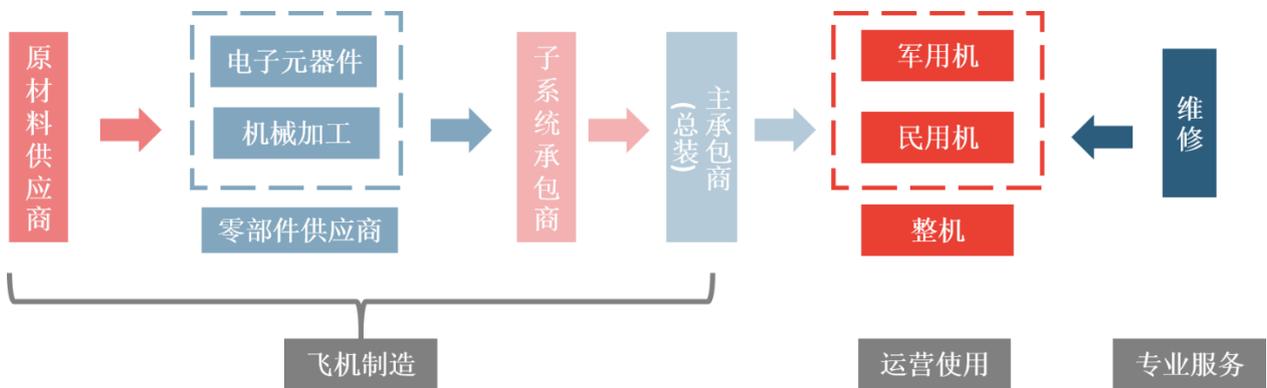
货运系统用于将货物运进或运出飞机，并能在飞机货舱内的预定位置将货物加以固定。货运系统由货仓管理控制系统、动力驱动装置、传输滚棒、滚珠托盘、侧向 / 横向导轨等组成，实现可集装单元在货舱内自动传输及空运过程中可靠限动。

客座及客舱设备保证旅客生活的舒适安全，包括舒适的座椅、舷窗、行李架、通道舱门、应急出入口、救生设备、播音系统、娱乐设施等，对通风保温、噪声、防火、疏散有很高的要求。

1.2 机电系统制造产业链

机电系统制造企业是飞机制造产业链中的子系统承包商，其上游是零部件供应商，其下游客户为飞机制造总承包商或飞机总装公司。上游零部件供应商主要为机电系统制造企业提供机械加工零部件和电子元器件，由原材料公司为零部件供应商提供加工原材料。下游飞机总装公司最终生产整机，包括军用机和民用机，通过销售、租赁等投入使用。在产业链终端，为飞机提供包括维修在内的专业服务的独立维修机构（MRO）。目前，国内机电系统制造企业也积极向产业链下游延伸，承接专业维修业务，由单一制造向生产、维修一体化转型。

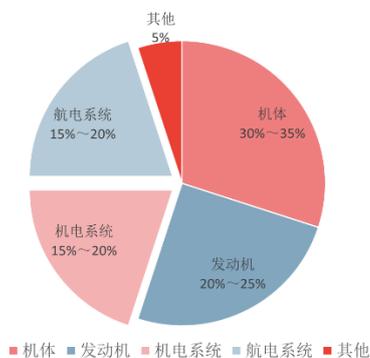
图19：机电系统制造产业链



资料来源：中信建投研究发展部

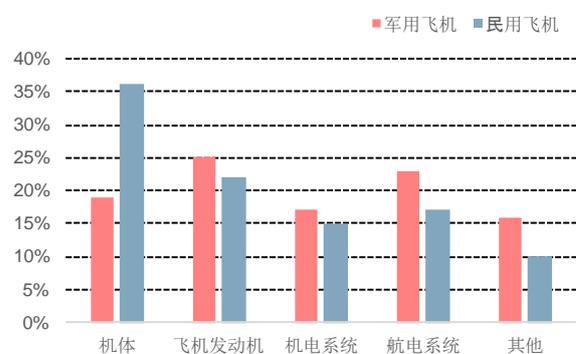
从整机成本构成来看，机电系统约占总成本的15%。飞机主要由机体、机载设备、航空发动机组成，价值组成占比大约为机体30%-35%、航空发动机20%-25%、机载设备30%-40%，标准杆、飞机内饰、武器装备等其它部分占5-10%左右，其中机载设备还可以分为航电系统和机电系统，其价值占比大约为5:5到6:4。军用飞机和民用飞机因需求不同，成本构成略有差异：民用飞机机体成本较高，超过35%，而军机机体成本不到20%；军机发动机成本25%略高于民机的22%；对于机载系统而言，军机成本占比近40%，高于民机的32%，主要是军机对于航电系统的要求明显高于民机，军机对机电设备的投入也略高于民机，但二者基本均为15%左右；在其他部分，民机内饰造价较高，而军机携带昂贵装备武器。

图20：飞机成本构成



资料来源：中信建投研究发展部

图21：军机民机成本构成对比



资料来源：中信建投研究发展部

从产业链业绩来看，机电系统公司毛利率在30%左右，高于下游整机厂，但是低于上游零部件厂商。中航机电等公司毛利率为31.56%，略高于国外主要机载系统公司；新兴装备的毛利率为84.25%，主要由于其产品为以伺服控制技术为核心的机载设备，技术含量较高。

表3：2017年机电系统产业链上市公司业绩情况

| 产业链 | 上市公司 | 具体业务 | 航空相关业务营业收入 (百万) | 占总收入比重 | 相关业务营业成本 (百万) | 相关业务营业毛利率 |
|---------------|------|---|--------------------|--------|---------------|-----------|
| 上游 零部件供应商 | 洪都航空 | 教练机、强击机、无人机等零部件研发、制造和销售 | 204.23 | 8.07% | 173.48 | 15.06% |
| | 爱乐达 | 从事飞机结构零部件及发动机零件的生产 | 134.31 | 98.78% | 36.1 | 73.12% |
| | 驰达飞机 | 从事航空零部件加工制造 | 98.01 | 91.10% | 43.62 | 55.94% |
| 中游 机电系统承包商 | 中航机电 | 覆盖航空机电系统业务范围,包括各机载飞行控制子系统的研发、制造和销售 | 5445.89 | 58.99% | 3727.22 | 31.56% |
| | 新兴装备 | 直升机机载悬挂/发射装置的研发、生产、销售 | 226.22 | 73.78% | 35.64 | 84.25% |
| | 霍尼韦尔 | 涉及军民用飞机机电系统的生产,包括电力系统、环控系统、辅助动力系统、内部照明系统等 | \$14779 | 36.46% | \$10320 | 30.17% |
| | 联合技术 | 涉及军民用飞机机电系统的生产,包括电力系统、高升力系统、救生系统、内部照明系统、客舱设备等 | \$14691 | 24.08% | \$10838 | 26.23% |
| 下游 飞机总装 | 中航飞机 | 军民用大中型飞机整机及航空零部件、航材、地随设备的研发、生成和销售 | 30374.72 | 97.75% | 28133.66 | 7.38% |
| | 中直股份 | 直升机制造,核心产品包括直9、直11、AC313等型号直升机及其零部件 | 11831.6 | 98.26% | 10009.33 | 15.40% |
| | 中航沈飞 | 航空产品制造,包括航空防务装备和民用航空产品,核心产品为歼击机和民机零部件 | 18095.01 | 93.00% | 16360.72 | 9.58% |
| | 中国商飞 | 实施国家大型飞机重大专项中大型客机项目的主体,从事大飞机及相关产品的科研、生产、试验试飞 | 5235.57 | 92.31% | 4886.88 | 6.66% |
| 终端 维修机构 | 海特高新 | 包括飞机整机维修、部附件维修、发动机维修三个业务方向 | 252.60 | 59.29% | 156.68 | 37.97% |
| | 航新科技 | 飞机机载部附件维修和航空服务业务 | 245.25 | 51.81% | 144.10 | 41.24% |

资料来源: 公司年报, 中信建投研究发展部

1.3 机电系统制造产业特点

我国机电系统产业特点主要有三方面：一是市场集中度高；二是典型的军民融合行业；三是生产产能受机械制造性能限制。

一是市场集中度较高，民用市场主要集中在美国机载系统巨头公司中。机电产品由于其特殊的产品特性使其产业集中度高。一方面机电产品具有细分品类多，涉猎范围广，军品具有小批量多批次的特点；另一方面设计复杂度高，专业性强、技术含量高。因此需要大量的前期投入，以及较大的规模效应才能形成盈利。国内外机载系统的集中度都非常高，全球民用市场主要集中在美国少数几家公司中，而我国军用机电系统95%以上的市场份额来自于中航机电。

二是典型的军民融合领域，民用市场空间广阔。在机电系统领域，85%以上的军事核心技术同时也是民用关键技术，美国80%以上生产军用航空品的企业同时也在生产民用航空品，如典型的美国联合技术公司、帕克公司、利勃海尔公司，都是军民结合发展，突破军用品技术壁垒的同时直接向民用航空品市场蔓延。此外，可基于航空核心能力进行非航空领域的产业拓展，如航空座椅、客舱系统向大交通领域延伸拓展，为铁路交通、汽车等提供座椅、客舱设施；机载液压系统向汽车领域，发展汽车系统中汽车转向、汽车传动；航空环控技术向制冷设备，研发变频空调压缩机发展等等。国外机电系统制造企业大多军民结合发展成熟，我国机电系统制造企业正处于向航空和非航空领域拓展民品市场的军民融合阶段。

三是机电系统制造产业属于技术含量较高的机械加工行业，发展受机械制造特点限制，供给难以满足需求。机械制造业具有以离散为主、流程为辅、装配为重点的特点，设备制造的生产方式一般为由单独的零部件组成最终产成品，属于典型的离散型工业。生产过程中各部件制造周期长短不一、产品加工工艺路线杂乱、资源产品调配复杂，因此根据产品需求设计生产工艺来布置生产线灵活度低，并且需要层层检验和安全验证才能投入使用，导致产品生产制造的时间漫长，所以适应市场的能力弱。在一型飞机中，航空机电系统的研制周期一般占飞机研制周期的三分之一以上。同时，机械加工的准确性为机械制造的质量保证提出挑战。在实际机械加工过程中，零部件的外形几何参数与理论状态下的外形几何参数必定产生不同程度的误差，零部件表面也会形成不同的粗糙度，随着研发水平的提高对机械加工的质量要求越来越高，加工误差不可避免，只能通过一些技术及工艺上的措施来控制加工零部件的误差在一定允许的范围内，这很大程度上限制了机械制造产品的质量和生产率。因机械制造行业零散性、生产线灵活度差、适应市场能力弱、质量和产率受限的限制，国内机电系统制造商面对大量订单时表现力不从心，订单积压问题较为严重，机电系统市场供不应求。

二、市场形势：军用市场发展增速加快，民用市场潜力巨大

2.1 受益军机装备建设提速，军用航空机电市场将进入快速增长期

2.1.1 军用机电系统市场与政府国防支出与军机装备建设周期相关

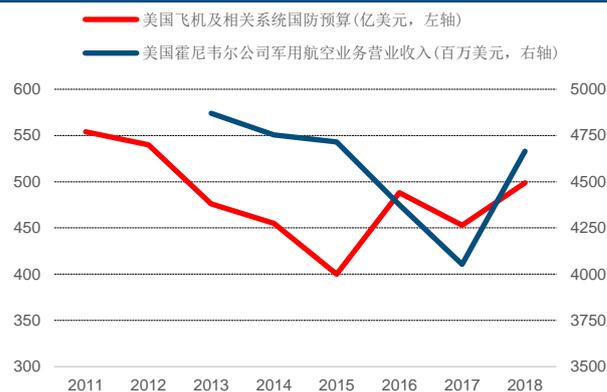
从国际上来看，军用航空机电系统市场由军用战机需求决定，受美国国防军费支出。美国军用航空水平处于国际领先，2018 财年美国国防支出 6220 亿美元，处于世界首位。自 2011 年起，美国国防支出持续减少，直到 2015 年触底反弹，重新进入军费扩张周期。美国极其重视其航空军力的发展，在武器系统采办预算中飞机采购占总金额的 40%，飞机及相关系统预算（包括购买与研发）共计 499 亿美元，占 2018 财年全部军费的 8%。机电系统制造商美国霍尼韦尔公司在机电系统市场占据龙头地位，其军用航空业务板块与美国政府合作紧密。2013-2018 年，霍尼韦尔公司军用航空业务板块营业收入变化趋势与 2011-2016 年美国飞机及相关系统国防支出变化相近，由于生产周期的原因霍尼韦尔军用航空营业收入变化滞后美国军费变化 2 年左右。

图22：2010-2018 年美国国防费用支出



资料来源：瑞典斯德哥尔摩国际和平研究所，中信建投研究发展部

图23：美国军及装备预算与霍尼韦尔军用航空业务营业收入



资料来源：中信建投研究发展部

2.1.2 我国军用机电系统市场：“十三五”后期军工市场放量，军用航空机电市场将进入快速增长期

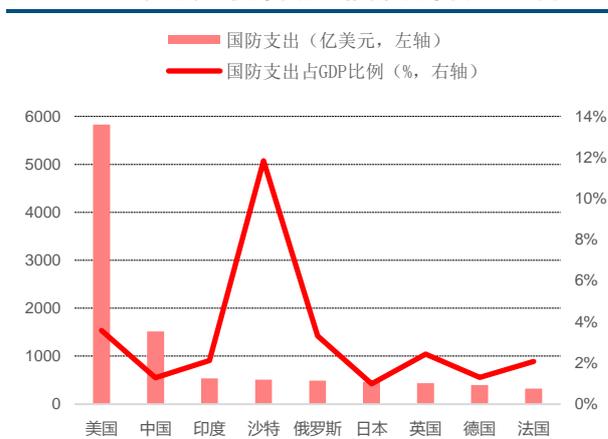
外部国防需求叠加内部政策推动，我国国防支出预算持续增加。我国与周边国家领土海洋权益争端持续发酵，中印洞朗对峙事件导致中印军事战略互信降低，朝核问题愈演愈烈，美国构建“印太战略”并通过南海问题遏制中国，我国周边安全局势日趋复杂。2017 年，十九大报告指出“确保到 2020 年基本实现机械化，信息化建设取得重大进展，战略能力有大的提升，力争到 2035 年基本实现国防和军队现代化，到本世纪中叶把人民军队全面建成世界一流军队。”2016 年 11 月，经习近平主席批准，中央军委印发《加强实战化军事训练暂行规定》。我们认为，在建设世界一流军队和实战化训练的新要求下，军队对于装备建设的需求将持续增长，在满足外部国防需求和内部政策推动下，我国国防支出预算将维持较高水平增长。

图24：2006-2019年我国国防支出预算及增速



资料来源：财政部，中信建投研究发展部

图25：2017年全球主要军费支出国家及军费 GDP 占比



资料来源：中商产业研究院，中信建投研究发展部

目前我国军机装备与美国仍有较大差距，装备建设急需提速。与美国相比，我国军机绝对数量不足，结构存在较为严重的代差问题。根据《World air forces2018》，2017年全球军用飞机共有53545架，美国、俄罗斯和中国位列前三，分别有13407架、3906架和3036架军机，但中国军机总数仅为美国的22.64%，绝对数量依旧不足。在细分机型方面，我国歼击机数量不到美国数量的一半，并且二代机数量占比将近一半，而美国已基本全面淘汰二代机，目前以三代机为主，辅以一定数量的四代机，相比之下，中国战斗机在结构上存在较为严重的代差问题。此外，我国运输机、特种作战机、武装直升机和教练机等数量也仅为美国的10%左右，而且我国加油机仅有3架，大型运输机仅有24架，相比作战机，加油机和大型运输机数量差距悬殊，缺乏作战支援能力和远程投送能力。

表4：2017年中美军机数量对比

| 类型 | 中国 | | 美国 | |
|-------|------------------------------|--------|----------------|--------|
| | 分类 | 数量 (架) | 分类 | 数量 (架) |
| 战斗机 | 二代机 J-7、J-8 | 561 | 二代机 | - |
| | 三代机 J-10/11/15/16、Su27/30/35 | 562 | 三代机 F-15/16/18 | 2122 |
| | 四代机 J-20 | 2 | 四代机 F-22/35 | 231 |
| | 合计 | 1125 | 合计 | 2353 |
| 攻击机 | - | 402 | - | 477 |
| 特种飞机 | - | 83 | - | 827 |
| 加油机 | - | 3 | - | 512 |
| 运输机 | - | 185 | - | 953 |
| 武装直升机 | - | 884 | - | 5427 |
| 教练机 | - | 354 | - | 2857 |

资料来源：WorldAirForce2018，中信建投研究发展部

预计未来十年我国军用飞机市场空间为2000亿美元，机电系统年均市场空间约为30亿美元。在外部国防需求与内部政策推动及军机装备建设亟待提速的背景下，我国军用航空装备现代化进程将不断加速。在2020年以前，我国将逐步淘汰二代机，开始以三代机为主体，并向四代机转变，三代、四代战机将陆续迎来不同程度

的批量交付。预计未来十年，我国新增战斗机数量约为 1500 架，三代机与四代机比例约为 2:1，市场空间约为 1000 亿美元。新增大型运输机及特种作战飞机约 200 架，教练机及其他机型新增约 400 架，军用直升机新增约 2000 架，军用飞机总的市场空间约为 2000 亿美元，按照机电系统价值占比 15% 计算，机电系统在军机方面的年均市场空间约为 30 亿美元。若随着三代半、四代机的占比提高，机电系统综合化、集成化发展，机电系统占比提高到 18%，则市场空间进一步提高。

受航空装备现代化进程加速和“十三五”后期军改放量影响，预计我国军用航空机电设备市场年增长率超过 15%。我国国防支出由人员生活费、活动维持费和装备费组成，大致平均各占三分之一。受到军改影响，近两年我国军队武器装备采购受到很大的抑制，武器装备预算执行率只有 20-25%，项目多处于停滞状态。随着军改的推进，军队整体体制架构基本完成，人员逐步到位，军方订单会逐步释放。随着我国航空装备不断更新换代，预计未来我国军用航空机电设备市场年增长率超过 15%。

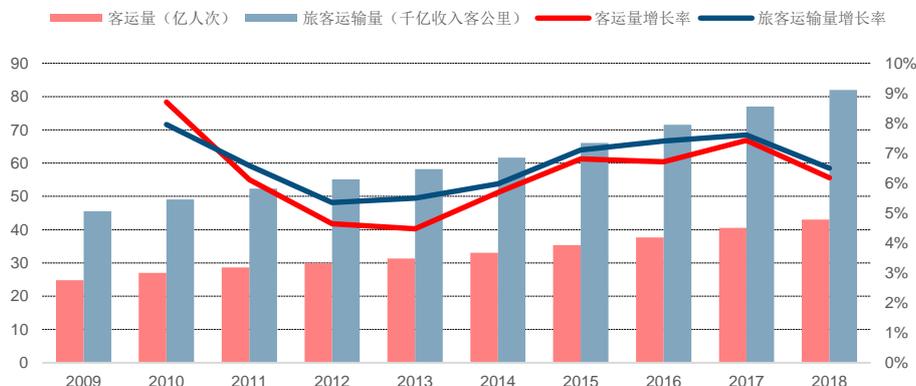
2.2 民用机电系统处于起步阶段，未来国产化市场空间广阔

2.2.1 下游全球航空客运需求稳定增加

全球航空客运需求稳定增加，预计未来二十年客运量年复合增长率 4% 左右。近十年来全球民用航空客运量呈现稳定增长趋势，客运量年复合增长率 6.3%，旅客运输量（RPK）年复合增长率 6.8%。根据国际航协发布的《未来 20 年航空客运预期报告》显示，按照目前的行业发展趋势，2037 年，全球航空客运量将翻倍增长，达到 82 亿人次，客运需求年复合增长率将达到 3.5%，行业重心正加速东移。空中客车公司发布的《未来 20 年（2018-2037 年）全球市场预测》，全球航空客运量（RPK）年均增长率为 4.4%。

预计未来二十年全球民机机电系统年均市场空间超过 400 亿美元。根据中国商飞公司发布《中国商飞公司 2017-2036 年民用飞机市场预测年报》和空中客车公司预测，未来二十年，基于全球经济保持约 2.8% 的增长速度，全球旅客周转量（RPK）将以平均每年 4.4% 的速度递增，全球的客运机队规模将增长超过一倍，各座级喷气客机的交付量将达到 43013 架，价值约 5.78 万亿美元，用于替代退役客机和支持机队的发展。其中，涡扇支线客机的交付量约为 5255 架，价值超过 2423 亿美元；单通道喷气客机交付量将达到 28,718 架，价值达 2.83 万亿美元；双通道喷气客机交付量将达 9,040 架，总价值约 2.72 万亿美元。按机电系统 15% 的价值占比计算，未来全球民机机电系统年均市场空间超过 400 亿美元。

图26：2009-2018 年全球民用航空客运量

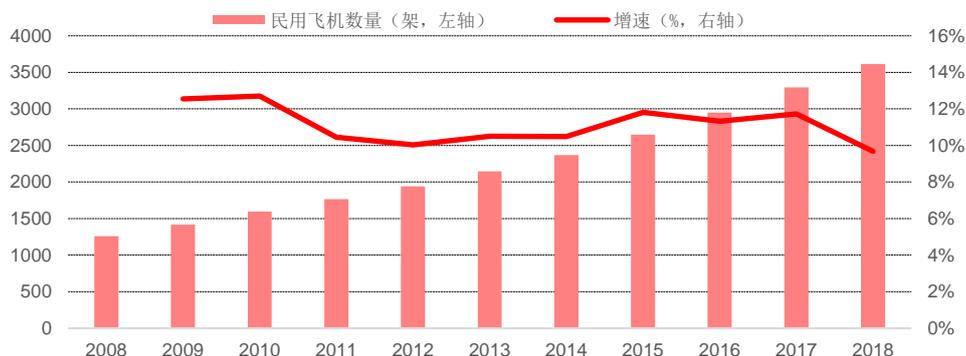


资料来源：国际民用航空组织（ICAO），中信建投研究发展部

2.2.2 国内民机市场未来市场空间广阔

预计未来二十年国内民机市场超万亿美元，机电系统年均市场空间超 80 亿美元。当前，中国已经成为仅次于美国的全球第二大民用飞机市场，截止 2018 年底国内民用客机数量为 3615 架，近十年来增长率维持在 10% 左右。根据中国商飞和波音对未来二十年中国民用飞机市场预测，未来二十年民用客机需求增速有所下降，年复合增长率约为 5.47%。2017-2036 年，中国合计接收新民用客机超过 8500 架，总价值超过 1 万亿美元。航空机电系统是保障民用飞机各项功能发挥的基础和必备条件，民用航空市场规模的扩大将带动机电系统业务增长，按机电系统 15% 的价值占比，未来我国民机机电系统年均市场空间为 80 亿美元。

图27：2008-2018 年我国民用飞机数量



资料来源：中国民用航空局，中信建投研究发展部

表5：国内外民航制造企业对我国未来 20 年民用航空市场的预测

| 预测的公司 | 预测区间 | 飞机类型 | 全球需求量 | 价值 (亿美元) | 中国需求量 | 中国市场价值量 (亿美元) |
|-------|-----------|---------|-------|----------|-------|---------------|
| 中国商飞 | 2017-2036 | 涡扇支线客机 | 5255 | 2423 | 1097 | 12104 |
| | | 单通道喷气客机 | 28718 | 28300 | 5475 | |
| | | 双通道喷气客机 | 9040 | 27200 | 2003 | |
| 波音 | 2017-2036 | 支线喷气机 | 2370 | 1100 | 150 | 10900 |
| | | 单通道 | 29530 | 31800 | 5420 | |
| | | 小型宽体 | 5050 | 13400 | 940 | |
| | | 中型/大型宽体 | 3160 | 11600 | 550 | |
| | | 宽体货机 | 920 | 2600 | 180 | |

资料来源：中国商飞《2017-2036 年民用飞机市场预测年报》，波音《当前市场展望》，中信建投证券研究发展部

2.2.3 国产大飞机将有力助推我国机电系统发展

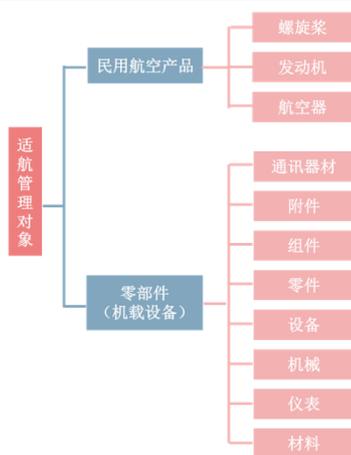
民用航空器的适航性要求十分严格，导致其进入壁垒较高。民用航空器的适航性是航空器及其子系统和零部件的整体性能和操纵性能在预期运行环境和使用限制下的安全性和物理完整性，要求航空器始终处于保持其型号设计的安全运行状态。适航标准是为了实现民用航空器的适航性而制定的最低安全标准，中国目前的适航标准是《中国民用航空规章》(CCAR)，基本要求各种原因形成的致命事故发生率低于每 10^7 飞行小时一次，对安全性的要求远高于军用航空器。各主权国家都有专门的航空安全机构进行适航认证：中国的民用航空局 (CAAC)、美国的联邦航空局 (FAA)、欧盟的欧洲航空安全局 (EASA)。在国际上，因其影响力最大，美国和欧盟的适航标准成为国际民航业事实上的准入标准。目前，CAAC 已经和美国接轨，大部分标准参照美国 FAA 的法规和标准制

定。

对民用飞机每个部分都进行不同的适航管理，其中对机载设备适航管理方式与其他民用航空产品相比差别较大。按我国和美国适航当局的分类，**适航管理的对象可以分为民用航空产品和零部件**。其中民用航空产品主要包括民用航空器、发动机和螺旋桨。零部件主要是指任何用于民用航空产品或者拟在民用航空产品上使用和安装的材料、仪表、机械、设备、零件、部件、组件、附件、通信器材等等。**民用航空产品适航管理称为“三证管理”**，包括：对民机型号设计批准的“型号合格证（TC）”、对民机型号生产批准的“生产许可证（PC）”和飞机投入航线运行之前适航当局颁发的单机“适航证（AC）”。**机载设备属于零部件，适用的主要适航方式为三种：“技术标准规定项目批准书”（TSOA）、“零部件制造人批准书”（PMA）、“随航空器型号合格审定一起批准”（“随机批准”）。**

技术标准规定项目批准书（TSOA）是一种单独批准的方式，适合于有单独适航要求即“技术标准规定”（TSO）的机载设备。TSOA 包括设计批准和生产批准，不包括安装批准，对已获得 TSOA 的设备若要装到某特定型号的航空器上，在装机前还要获得装机批准。TSOA 适航审定活动较为严格，取得 TSOA 的产品设备获得极大的市场认可度，同时取得 TSOA 的产品可以用于不同型号的航空器，因此其市场竞争能力较强。**零部件制造人批准书（PMA）**也属单独批准的方式，适用于供安装在已获得“型号合格证”（TC）或“补充型号合格证”（STC）的航空器上，作为加装、改装或更换用的项目，PMA 包括设计、生产和安装批准，一般作为加装或改装件向飞机运营商和维修单位销售需要经过 PMA 适航审定。**随机批准**的设备随航空器一起进行试航审定，不能以单独的型号销往市场，只能随该航空器配套销售，包括设计、生产和安装批准，随机批准用于没有技术标准规定（TSO）的机载设备，在进行适航验证时可能会要求其进行试飞实验，若研制单位无法自行完成也可先采取随机批准为之后获取 TSOA 奠定基础。

图28：我国适航管理对象



资料来源：中信建投研究发展部

表6：机载系统适航方式对比

| | TSOA | PMA | 随机批准 |
|----------------|-------------------|--|---------------------------------|
| 适用范围 | 有单独适航要求 TSO 的机载设备 | 欲安装在已获得型号合格证(TC)的航空器上，作为加装、改装或更换用的机载设备 | 没有技术标准规定(TSO)的机载设备，随航空器一起进行试航审定 |
| 审定标准 | CTSO | 航空器上取代设备相应的技术标准 | 研制合同中规定的技术标准 |
| 申请人及责任人 | 设备制造人 | 设备制造人 | 航空器制造人 |

请参阅最后一页的重要声明

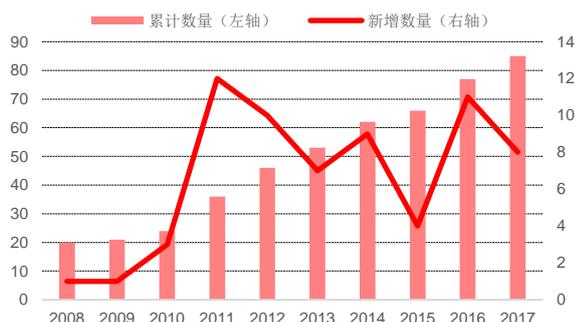
| | TSOA | PMA | 随机批准 |
|------|-------------|-------------|----------|
| 批准内容 | 涉及批准 | 涉及批准 | 涉及批准 |
| | 生产批准 | 生产批准 | 生产批准 |
| | | 安装批准 | 安装批准 |
| 销售方式 | 以设备型号单独对外销售 | 以设备型号单独对外销售 | 随航空器配套销售 |

资料来源：中信建投证券研究发展部

我国航空技术商用化程度与美国等存在巨大差距。中国技术标准规定（CTSO）是中国民航总局（CAAC）设定的机载成品系统必须达到的最低适航要求和最低安全标准，对应美国 TS0。美国民机机载设备的适航发展国际领先，1988 年 TS0 达 105 项，到 2017 年底，美国 FAA 已对 20 大类颁布了 160 多份 TS0，累计对 2000 多件零部件颁发了 TSOA 证书。而我国民机机载设备的取证工作起步较晚，1992 年中国民航局发布第一份 CTSO，截止到 2017 年底正式颁发生效的 CTSO 有 85 份，其中有四分之一涉及机电系统。从 1992 年颁布第一份 CTSO 到 2008 年共计颁发 20 份 CTSO，2011 年后，CTSO 的颁发数量增速明显增加，年平均增加 10 份左右，机载设备的适航取证需求日益增长。截止 2018 年 7 月，中国民航局共为 175 项机载设备或零部件颁发了 CTSOA 证书，另有 20 项机载设备或零部件获得 FAA 颁发的 TSOA 证书。

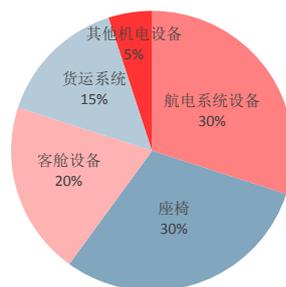
我国通过适航的机载设备中机电系统占比低，核心机电设备寥寥无几。在 CAAC 颁发的 175 份 CTSOA 证书中，机电系统设备约占 70%，航电系统设备占剩余的 30%。机电系统设备的 70% 占比中，座椅占 30%、客舱设施（地毯、餐车、救生衣等）占 20%、货运集装箱占 15%、其余机电系统（仅涉及电力系统和刹车系统）占 5%。获得 TSOA 的 20 个项目全部限于客舱、座椅、货运设备。我国制造商获得的 CTSOA 和 TSOA 分类占比中可以看出，除极少数电力系统和刹车系统装备，几乎都集中于客舱、座椅、货运设备，而液压系统、燃油系统、环控系统、辅助动力系统等高技术含量机电系统尚未有国内制造商产品通过适航审核，我国民用航空机电系统制造业在核心部件上缺乏达到适航要求的能力，存在市场空白。

图29：2008-2017 年 CAAC 发布 CTSO 数量



资料来源：中国民用航空总局，中信建投研究发展部

图30：我国已获批准的机载设备数量占比

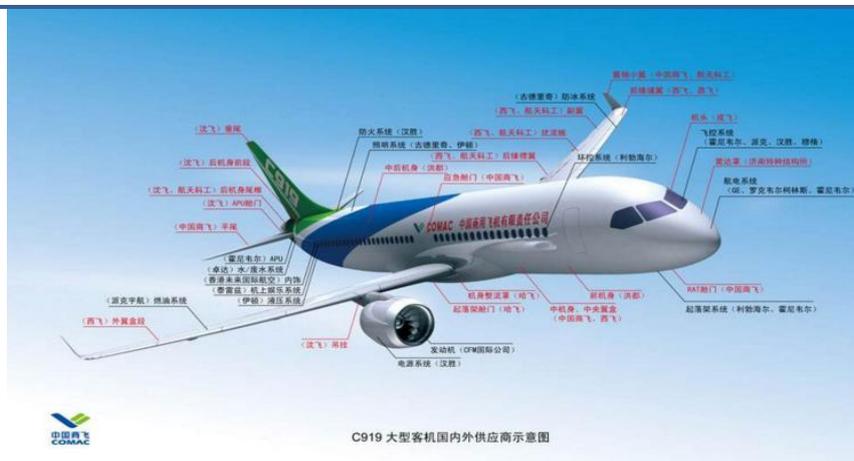


资料来源：中国民用航空总局，中信建投研究发展部

C919 未来有望撬动波音空客民机市场蛋糕，带动机电系统打破国外垄断。目前，我国民机国产化水平依旧较低，民用航空市场基本由空客和波音形成双垄断格局。但随着 C919 首飞成功，截至 2018 年 2 月，已累积获得 815 架订单，C919 将直接与空客 A320 和波音 737 进行竞争，有望撬动民机市场蛋糕。目前国产航空机电系统在民航领域占比较低，机电产品大多依赖国外进口。C919 项目中我国机电系统供应商通过与国外公司合资或合作参与该机型液压系统、燃油系统、空气管理系统、电源系统、高升力系统等核心机电设备研制任务，提高专业技术，逐步打入民用航空品市场，推进国产化率提高进程。2018 年 8 月 1 日宣布的 C919 大飞机主起落架关键锻件国产化的全部实现为机电系统打破国外垄断带来新希望，未来民用航空机电系统的国产化进程将在民

机国产化的带动下逐渐加快。

图31：C919 系统及零部件国内外供应商



资料来源：中国商飞官网，中信建投研究发展部

2.3 维修市场稳步增长，原始设备商具有拓展优势

我国机电系统维修市场稳步增长。机电系统维修不需要建造大型机库或试车台，行业门槛低于发动机维修，国内涉及机载设备维修机构占有所有维修单位的 40% 左右。国内飞机送修市场中，机电系统送修价值达到 25%-30%。近几年每年航空类军费约 110 亿，维修占 10% 左右，按机电系统送修价值占比计算，我国军用机电维修年均市场约 30 亿元，并将按军费 8% 的年增长率逐年扩大。随着中国航空运输业蓬勃发展，中国已成为全球增长最快的民航维修市场。2016 年国内民用航空品维修市场 120 亿元，近十年来年复合增长率 10%，按机电系统送修价值占比计算，我国民用机电维修年均市场约 32 亿元，预计到 2022 年仍维持 8% 复合增长率。

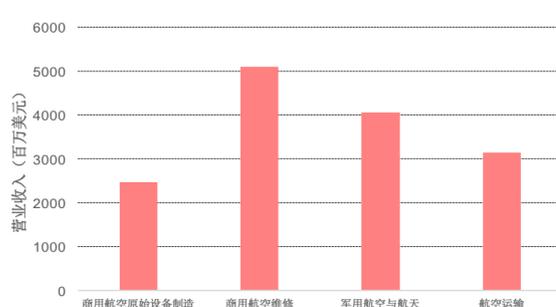
国外原始设备厂商维修业务发展较好。原始设备制造商掌握核心技术，在发展维修业务具有天然优势。国外主要厂商霍尼韦尔等在提供备件的同事承接维修业务，航空产品维修业务营业收入甚至超过航空产品制造业，美国霍尼韦尔公司 2017 年商用航空原始设备制造营业收入为 24.75 亿美元，商用航空维修营业收入 51.03 亿美元，占整个航空板块营收的三分之一。

图32：民用航空品维修市场（亿元）



资料来源：中信建投研究发展部

图33：霍尼韦尔 2017 年航空板块营业收入分布



资料来源：霍尼韦尔公司年报，中信建投研究发展部

三、竞争格局：美国在商用机载市场占据主要地位，国内军品市场主要为机载系统公司

3.1 国际竞争格局：美国在民用市场占据主要地位

美国是飞机的诞生地，但美国航空技术曾长期落后于欧洲，直到二战后才一跃而领先于世界，至今依然雄踞世界航空技术之巅。20 世纪初，美国的工业和科技基础还不及欧洲老牌强国，莱特兄弟发明飞机后不久，欧洲占据航空技术的领先地位。在第一次世界大战中，美军不多的飞机都是欧洲设计。20 世纪 20-30 年代，欧洲航空技术继续领先，尤以德国和英国为突出。二战期间，新型美国战斗机通过战时高效集中生产标准化的飞机追赶世界航空技术先进水平。二战结束时，德国和英国的喷气技术引发了一场航空技术的革命，但德国在这场革命方兴未艾的时候就早早离开了舞台，英国由于国力衰竭，也无力倾力推进航空技术的前沿，美国在膨胀的经济实力和缴获的德国技术的推动下，在先进航空技术上走在了最前面。战时生产使美国航空工业摆脱了战前的作坊式经营和一盘散沙的单兵作战形式，而成为科学管理、分工协作的大企业，形成分散协调的网络式整体。战后美国巨大的经济实力支持，加上政府工业界在航空技术前沿的高效合作，美国航空工业转入了系统对抗的时代，在研发上和将新技术转化为新产品上达到高效。二战后，美国民机产业以军用战机为蓝本，在军机技术的基础上创新促进民用航空的发展，美国飞机制造商大多军民兼顾，通过技术优势迅速取得了民航市场的竞争优势。

民用市场美国公司占据主要地位，军用市场各国龙头公司相对垄断。全球航空机电设备制造商约有 1300 家，其中，民用主要生产厂商包括美国的霍尼韦尔、联合技术、派克汉尼汾、伊顿以及德国的利勃海尔 5 家公司。2017 年航空业务营业收入和毛利率均最高的霍尼韦尔公司，营业收入为 147.79 亿美元，毛利率 36.46%，其航空业务收入构成中，一半以上（75.78 亿美元）来自于民用航空品，而民用航空品营收中超过三分之二（51.03 亿美元）来自于民用航空品维修。联合技术 2017 年营业收入 146.91 亿美元，毛利率 26.23%，仅次于霍尼韦尔，其航空业务板块中原始设备制造（OEM）占比为 53%，售后市场零件和服务占比为 47%。从军品占比来看，霍尼韦尔民用航空业务占比达 37%。军用航空机电系统由各国本土龙头企业主要承担，如美国军用航空机电系统有霍尼韦尔、联合技术等企业，我国有中航机载公司。

表7：航空机电系统领域主要企业相关业务情况

| | 航空板块营业收入 (百万美元) | 航空板块 毛利率 | 航空业务 占比 | 主要产品 |
|-------|--------------------|-------------|------------|--|
| 霍尼韦尔 | 14779 | 30.17% | 36.46% | 辅助动力系统、环境控制系统、电力系统、座椅及客舱设施、防护系统 |
| 联合技术 | 14691 | 26.23% | 24.55% | 电力系统、环境控制系统、防火系统、防除冰系统、防护系统、座椅及客舱设施、货运系统 |
| 派克汉尼汾 | 2285 | 14.80% | 18.99% | 电力系统、液压系统、燃油系统 |
| 伊顿 | 1744 | 19.04% | 8.50% | 液压系统、燃油系统 |
| 利勃海尔 | 1544 | - | - | 环境控制系统、防除冰系统、液压系统 |

资料来源：公司年报，中信建投研究发展部

3.2 国内竞争格局：中航机载系统公司在军工市场处于相对垄断地位

3.2.1 中航机载系统公司垄断军机市场，民用及维修市场有待拓展

中航机载系统公司在国内军用航空机电市场占据相对垄断地位。中航机载系统公司中国航空工业集团有限公司军工行业核心子公司之一，公司航空机电业务覆盖十三大系统，是我国军用航空机电设备多项重要系统的国内唯一供应商。中航机载系统公司充分利用背靠实际控制人航空工业的优势，同主机厂形成长期紧密合作，实现先一步沟通、快一步研制及全流程跟踪等独有竞争优势，在当前军用航空机电产品市场，中航机载系统公司占据相对垄断地位，预计未来还将保持相对垄断优势。

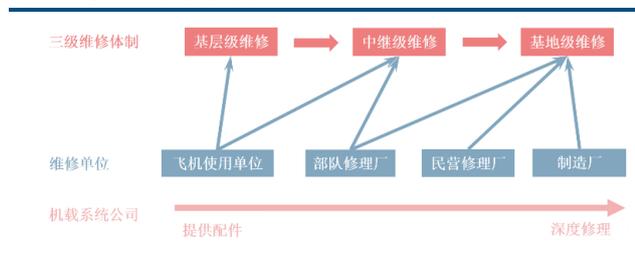
中航机载系统公司有待拓展民用及维修市场扩大板块业务提高板块营收及利润率。2018 年航空机电业务营业收入达到 54.46 亿元，主要来源于军用航空品制造，由于缺乏民品及维修业务支撑，板块营收小于国外巨头；航空业务毛利率为 31.56%，航空业务占比 58.99%，航空业务占比高于国外龙头企业，通过打开民品及维修市场，利润率有望进一步提高。

3.2.2 国内机电维修竞争格局：军用飞机维修逐步向 OEM 厂商倾斜，机电系统制造商维修市场存在较大机遇

目前，国内外大多军用飞机都采用以基层级、中继级和基地级为代表的三级维修体制。基层级维修是直接使用飞机的单位对其编制内装备所进行的维修。主要承担飞机的日常维护、保养和一般保障勤务、检查和排除故障、调整和校正，机件的更换、小修、以及周期性工作，主要由飞机使用单位自行负责。中继级维修是在某一个地区范围内，为直接保障训练、战斗的需要对航空装备所进行的维修，相比基层级有较高的维修能力，承担基层级所不能完成的维修工作，主要包括飞机及其设备、机件的中修、大修，部分零件的修配和制作，系统、设备的测试和校验，改装，以及较大的周期性工作。基地级维修是由后方固定设施所进行的维修，主要承担航空装备的大修，翻修和飞机较复杂的改装，零备件制造等，可以是修理厂或生产厂，能提供修理所需要的生产设备、测试设备，并配有高水平的人员现场维修。

对应三级维修体制我国军机维修主要由三类主体承担。目前来看，军机修理业务由三方提供：部队修理（包括飞机使用单位和部队修理厂）、民营修理厂和制造厂。对于中航机电等 OEM 生产厂商来说，主要的服务方式包括提供备件和深度修理。目前机电系统公司的维修工作大多属于产品售后服务的一个组成部分，主要包括两种服务方式，第一种方式是提供备件、LRU（外场可更换单元）和 SRU（车间可更换单元），这部分基本上采用军品订货的渠道，第二种方式是对现场、部队修理厂返修的产品进行深度修理。并且，各成员单位的业务范围基本局限于自己的专业技术范围之内，可扩展的专业范围空间不大。

图34：军用飞机维修模式



资料来源：中信建投研究发展部

图35：民用飞机维修企业分类



资料来源：中信建投研究发展部

民用飞机维修企业类型多样，竞争激烈。民用飞机维修机构分为独立维修机构(MRO)和非独立维修机构。非独立维修机构包括航空公司或运营商下属的维修机构和飞机、发动机或部件制造商下属的维修机构，航空公司或运营商下属的维修机构只接受航空公司或运营商委托的维修业务，飞机、发动机或部件制造商下属维修机

构的业务主要属于售后服务范畴，部分承接非售后性维修工作。独立维修机构分为综合型和专业型。国内综合 MRO 有与外国合资的北京飞机维修有限公司（AMECO）、广州飞机维修有限公司（GAMECO）、厦门太古飞机工程有限公司（TAECO）、山东太古飞机工程有限公司（STAECO）以及民营企业上海科技宇航有限公司（STARCO）等。专业型维修机构各有侧重，主要分为飞机、发动机和部件维修机构三种，其中深圳汉莎、北京华瑞、海特、航新、航达涉及机电系统维修业务。

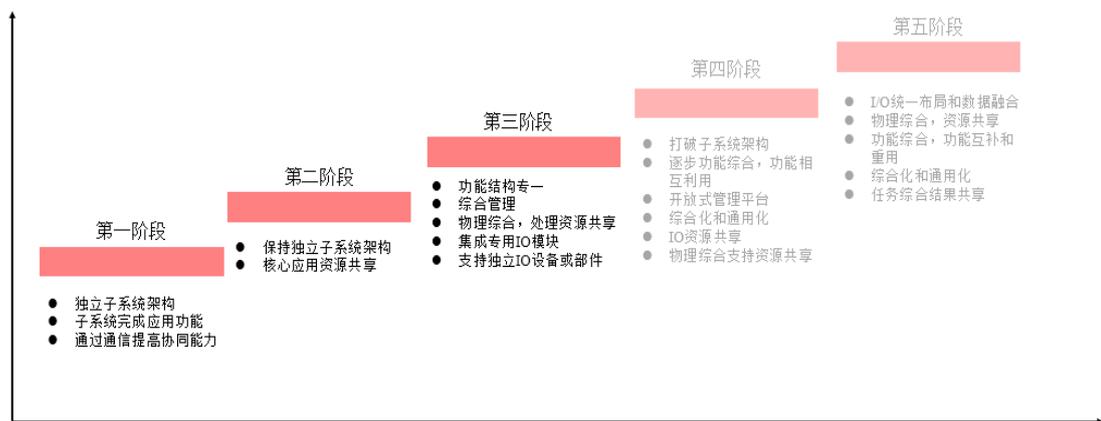
军用飞机维修逐步向 OEM 厂商倾斜，机电系统制造商维修市场存在较大机遇。2018 年起军用航空品维修正逐渐由部队维修厂向原始设备厂商转移，成为军用机电制造商开拓维修市场的有利契机。OEM 对自身及行业内产品技术掌握程度高于其他任何维修机构，提供最为可靠的维修服务。民用航空业存在适航要求门槛，机电系统制造商在获准批量生产时已具备适航认证资格，对于生产时已满足适航要求的机型可以容易获得“零部件制造人批准书”（PMA），适航经验也为其在新型号航空器上维修加装适航提供坚实基础，降低民航维修服务业务成本。机电系统制造商在民航维修市场相较于其竞争对手，航空公司下属维修机构和其他独立维修机构，在技术和成本上具备很强的竞争优势。

四、未来发展趋势：综合化、多电化技术发展，借力政府支持打开民航市场

4.1 航空机电系统技术发展方向：综合化、多电化

机电系统将向综合化、多电化、智能化和能量优化方向发展。我国第五代战斗机要满足隐形要求并具有超音速巡航能力、超机动能力和超级信息优势，商用客机现代化进程也逐步加快，这些都对机电系统的重量、体积和可靠性以及在二次能源的产生、传输和利用上的效率提出了更高的要求，传统航空机电系统独立、分散的格局已难以适应，不断推进机电系统向综合化、智能化、多电化和能量优化方向发展，形成对全机能量的全面综合管理和技术支撑。目前，国外已经实现了机电系统能量、功能、物理和控制方面的综合，在综合化方面取得了较大进展，机电系统的综合化也正是发达国家下一代武器装备的重要技术领域。

图36：机电系统综合化发展路线图



资料来源：《航空机电系统综合技术发展》，中信建投研究发展部

美国空军率先开展一系列机电系统综合研究计划。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。

机电系统综合发展重点有：机电综合管理技术、自适应动力与热管理系统技术、高性能电作动技术以及燃油热管理系统。

(1) 机电综合管理技术是以综合控制性能最优为设计理念，开展机电综合管理系统需求分析，进行基于模型的机电综合管理系统顶层设计与仿真技术研究，提出机电综合管理系统总体要求、系统体系结构、关键功能/部件初步需求，构建机电综合管理系统设计以及验证评估环境。随着机电系统的综合化发展，机电综合管理朝

着智能化方向发展，并在更高层次上与飞行控制、发动机管理、任务系统进行一体化设计。

(2) **动力与热管理系统(PTMS)**把辅助动力、环境控制统组合成一个系统，对涡轮机械系统和电力管理系统作了集成，把辅助动力装置、应急动力装置、闭式空气循环环境控制系统和开关磁阻启动/发电机综合在一个轴上，同一涡轮既可以提供动力又可以提供冷却，从而减轻重量、缩小体积、提高可靠性。PTMS 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，目前已成功应用于 F35 战机。**自适应动力与热管理系统(APTMS)**源于动力与热管理系统(PTMS)，APTMS 作为下一代动力与热管理系统，最大特点是具有自适应性，可根据不同工况调整其工作模式，自动选择最佳动力源和热沉源，从而到达整体效率最高、成本最低的目的。在 APTMS 中，引气不再是唯一的动力源，闲置电功率也被当作动力源使用。APTMS 处于冷却模式时，向飞机航电设备提供的电功率很小，系统有大量闲置电功率，因此 APTMS 智能地让电机转为使用闲置电功率驱动系统，减少了燃油的消耗，提高了飞机能量利用率。

(3) **高性能电作动技术(HPEAS)**是实现能量优化飞机的关键子系统之一。其核心部件机电作动器(EMA)与传统液压作动器相比具有绝对优势。关键技术包括：减轻功率和重量要求的金属氧化物半导体控制技术；实现电动环控系统、冷却风扇和燃油泵的脉宽调制电动机变速控制技术及微处理机技术；具有容错能力的机电作动器和电静液作动器，以及高压直流稀土永磁无刷电机和开关磁阻电机等。

(4) **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-35 战斗机是第一个采用多电技术的战斗机，具有综合化、多电化特征的机电系统。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、风扇函道散热器、内置起动发电机、电液作动器、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、电力系统等飞机机电功能子系统的综合化，减轻重量，缩小体积，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，同时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。

表8：美国空军机电系统综合发展脉络

| 飞机 | 三代机 | 四代机 | | 能量优化飞机 |
|----------|--|--|--------------------------------------|---|
| | | F-22 | F-35 | |
| | 多能源体制 | 多能源体制 | 多电体制 | 多电体制 |
| 能量功能系统 | 环境控制系统 液压系统 燃油系统 电力系统 第二动力系统 | 环境控制系统 液压系统 燃油系统 电力系统 第二动力系统 | 动力与热管理系统 电作动系统 燃油热管理系统 电力系统 | 自适应动力与热管理系统 高性能电作动系统 燃油热管理系统 增强型电力系统 |
| 能量管理 | 能量信息采集系统 能量功能系统控制 | 能量信息采集系统 能量功能系统控制 | 能量信息采集系统 能量功能系统控制 | 能量信息采集系统 能量功能系统控制 能量信息认知评估 能量优化决策制定 |
| 管理系统体系结构 | 分立式 | 分立式 | 飞行器管理系统框架下的分立式 | 飞行器管理系统框架下的分立式 |

资料来源：《航空机电系统综合技术发展》，中信建投研究发展部

A380 采用基于飞机总线网络架构下的综合机电系统，是第一个采用多电技术的客机。A380 飞机是第一个采用多电技术的客机，总发电功率是 910kVA，采用液压作动器、电液作动器和电备份液压作动器的组合方案，使飞机的设计更为简单，地面保障设备减少，飞机性能大为提高。A380 是第一个采用固态功率控制的辅助配电系统和集成安全监视系统的民用飞机。此外，A380 还采用由霍尼韦尔公司和希斯帕诺苏泽公司合作研制的以电为动力的推理反向作动器系统。A380 是基于飞机总线网络架构下的机电系统综合，但是其综合方式特点主要还是以系统功能为原则，各个机电系统相对独立，采用航电综合化网络互联作为传输的中枢。

B787 是商用大型喷气式飞机中的第一款近乎的“全电飞机”。波音 787 采用具有开创性的多电技术使飞机结构发生了根本性变化，它们包括：首次启用了电刹车系统，将环控系统由传统的发动机引气系统驱动改为电驱动，取消了发动机气压起动系统等功能子系统，机翼防冰采用电加热系统，大多数液压作动器的动力靠电力提供。B787 堪称商用大型喷气式飞机中的第一种近乎的“全电飞机”，其机电综合管理系统具有较高的信息融合量，采用开放式结构的中央计算机而不是传统的数十个独立的总线，控制整个飞机的航空电子和通用系统；服务于公共核心资源解算系统，并以此可与任务管理、座舱、飞控/推进系统等飞机

机电系统未来将向综合化、多电化方向发展，机电系统占比有望提升。在国际市场上，军用飞机、民用飞机都在展开机电系统综合化、多电化技术革新，我国 C919 国产大飞机的总承包商中国商飞也专门多电综合研究部门，可以说，全电飞机是未来任何飞机机型的研发蓝图。未来随着机电系统技术的不断进步，有望打破传统机电系统各自独立的格局，向系统综合化，功能齐全化的方向发展，机电系统的价值占比有望进一步提升至 20%-25% 左右。

4.2 政策扶持与民机国产化双重作用，打开民用航空机电系统市场

国家机载重大专项资金投入将超百亿元。机载重大专项已处于研究中，涉及金额约 160 亿元。机载专项是继大飞机专项、两机专项后的又一个国家专项投入，旨在加速我国机载设备产业的发展。中航机载系统有限公司正式成立，该公司由隶属于中国航空工业集团有限公司的中航机电系统有限公司以及中航航空电子系统有限公司合并而来，成立机载公司的原因之一就是为了使机载重大专项有一个明确的承载主体。机载系统公司成立后，机载重大专项的推出将进一步从资金和政策层面加大对机载产业发展的扶持。

航空机电系统入选为《中国制造 2025》重点发展领域，政策支持助力机电系统技术提升。由于航空机电系统对战斗机性能具有重要意义，对液压传动技术、高性能传感器技术和精密机械制造技术等中国制造业技术也具有推动作用，我国出台了较多相关政策对机电系统进行大力支持。《中国制造 2025》重点领域发展路线图指出，我国将重点发展航空机载设备与系统技术，重点产品包括航电系统、飞控系统和机电系统。按照路线图设定的目标，2020 年初步建立“系统、设备和器件”三个层次的航空设备与系统配套体系；建立长期、稳固、高质量和可信赖的航空材料和元器件配套体系和完整的产业链。到 2025 年实现国内干、支线飞机机载产品市场占有率 30%；通用飞机机载产品市场占有率 50%；在关键航空机载设备与系统领域培养若干个系统级供应商；实现航空材料和元器件自主保障。航空机电系统入选为《中国制造 2025》重点发展领域，其技术发展或将获得国家重大专项支持，预计我国会加大对航空机电技术的研发投入，机电产业有望迎来战略发展期。

表9：《中国制造 2025》机电系统规划

| 机电系统 | 2020 年 | 2025 年 | 2030 年 |
|---------|-------------------|-------------|-------------------------|
| 主飞行控制系统 | 具备主动控制功能，掌握主动测杆技术 | 部分操纵面采用电作动器 | 实现主飞控、自动飞行、高升力一体化系统综合能力 |

| 机电系统 | 2020 年 | 2025 年 | 2030 年 |
|--------|----------------------|------------------------------|-----------------|
| 高升力系统 | 先进高升力系统装备国产干、支线客机 | 实现分布式高升力系统 | 研发自适应高升力系统 |
| 液压系统 | 实现基于 35MPa 的高压系统设计 | 实现分布式液压系统国人民用飞机应用 | - |
| 电力系统 | 实现 115V、宽变频交流电源系统 | 具备分布式自动配电功能，单通道功率等级大于 250KVA | 实现智能配电技术 |
| 环控系统 | 实现三轮升压式除水制冷系统装备国产运输机 | 掌握四轮式环控系统技术 | 完成电动环控系统研制及装机应用 |
| 辅助动力系统 | 具备起动、发电一体化功能 | 多电型组合动力装置装机应用 | 热管理型组合动力装置装机应用 |
| 客舱设备 | 掌握水、废水系统压力供水、真空冲洗技术 | 实现水、废水系统在民机上装机应用 | - |
| 货运系统 | 集装式货运系统 | 滑撬式货运系统 | - |

资料来源:《中国制造 2025》, 中信建投研究发展部

C919 打开民机市场，带动机电系统打破国外垄断。目前，我国民机国产化水平依旧较低，民用航空市场基本由空客和波音形成双垄断格局。但随着 C919 首飞成功，截至 2018 年 2 月，已累积获得 815 架订单。目前国产航空机电系统在民航领域占比较低，机电产品大多依赖国外进口，2018 年 8 月 1 日宣布的 C919 大飞机主起落架关键锻件国产化的全部实现为机电系统打破国外垄断带来新希望，未来民用航空机电系统的国产化进程将在民机国产化的带动下逐渐加快。

我国制造商借助外企合资参与 C919 机电系统供应，切入民航商业市场。中航机电借助 C919 项目建立了民机项目组织管理体系，组建了电源、高升力等系统工作团队，包括中航机电与汉胜合资成立的西安中航汉胜为 C919 提供电源系统，庆安集团和美国穆格公司合作研制高升力系统。陕航电气近年不断加强与 UTAS、GE 航空、霍尼韦尔、穆格和赛峰等国际知名企业的合作，签订了“新舟”700 项目合作意向书，正式成为一次配电系统供应商。通过与美国联合技术航空系统公司（UTAS）合资组建西安中航汉胜航空电力系统有限公司，成为 C919 项目电源系统工作包的中方牵头单位，参与 C919 飞机电源系统研制与生产。2015 年，陕航电气通过收购美国联合技术公司转让的 65% 股权，使原参股的厦门汉胜合资公司正式成为全资子公司，并更名为厦门中航秦岭宇航有限公司，打造了具有国际竞争力的发电机核心部件深度维修和整体维修的民航维修平台。庆安公司与德国 TechSAT 公司、法国 Nexeya 公司签订战略合作备忘录，主要针对机载系统，尤其是包括飞控系统、作动系统、舱门与滑梯系统在内的机电系统进行研发合作，提升公司航空产品研制和技术研究效率，为未来发展奠定技术。

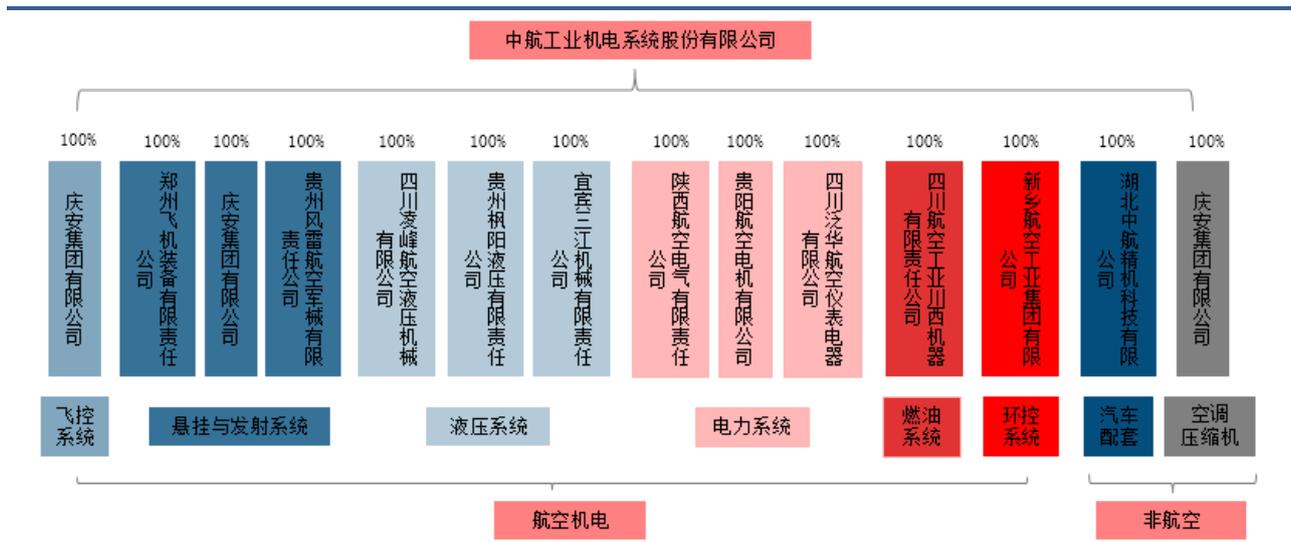
五、投资机会分析：军民市场空间广阔，关注中航机电投资机会

通过对航空机电系统产业市场和产业形势的分析，我们认为，我国航空机电制造企业发展潜力较大，主要有三方面原因。一是未来两年受益于“十三五”后期航空装备的放量增长以及军机代数的迭代，航空机电系统价值占比有望持续提升，增速有望高于下游增速；二是军用维修市场逐渐向原始设备厂商倾斜，对标国外公司发展历程，国内机电公司有望打开维修市场，有效从规模和利润上提升企业价值；三是中期来看，我国国产大飞机的发展势必加速国内机电企业商用化进程，我国广阔的民用市场为航空机电制造公司带来新的增长点和巨大的市场空间。中航机电作为我国最主要的航空机电制造厂商，深耕军用航空机电产业多年，具备深厚的技术积累，企业战略上持续拓展民用和维修市场，未来增长空间较大，可重点关注。

中航机电：军用航空机电系统龙头，业绩高速增长可期

中航工业机电系统股份有限公司（以下简称中航机电或公司）是中国航空工业集团有限公司军工行业核心子公司之一，是我国军用航空机电设备多项重要系统的国内唯一供应商。目前，公司业务按大类划分为航空板块和非航空板块，以航空机电业务为主，汽车配套和空调压缩机业务为辅。航空板块涵盖电力系统、燃油系统、液压系统等十三大系统。

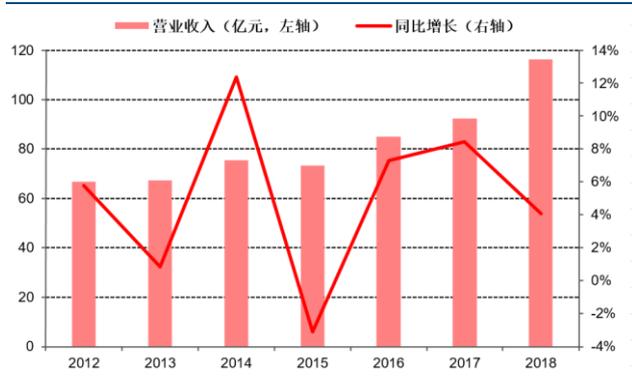
图37：中航机电业务分布



资料来源：公司年报，中信建投研究发展部

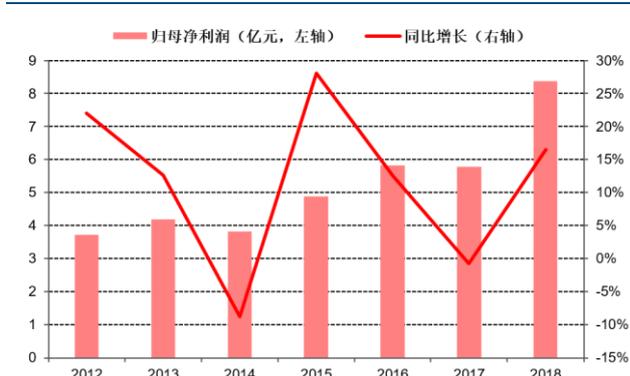
公司营收稳步增长，扣非净利润持续提高。2018年公司实现营业收入116.37亿元，完成年度计划的105.79%，同比增长4.08%；实现归属于上市公司股东的净利润为8.37亿元，同比增长16.49%。公司预计，2019年全年实现营业收入123亿元，实现利润总额11.56亿元。

图38：公司近年营业收入及其增速



资料来源：中信建投研究发展部

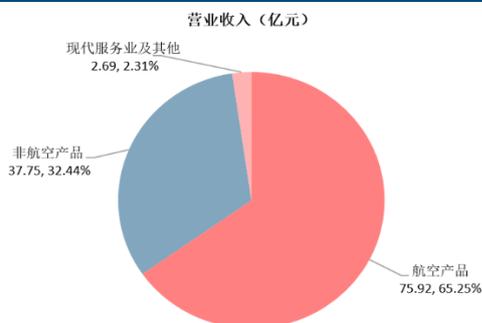
图39：公司近年归母净利润及其增速



资料来源：中信建投研究发展部

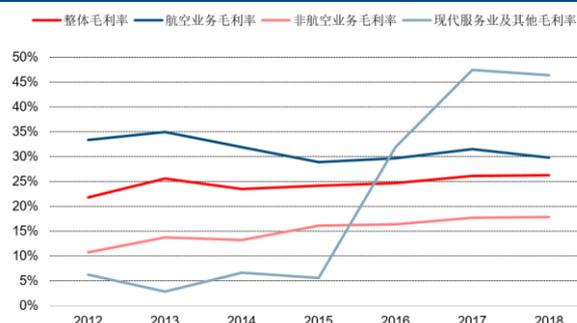
非主营业务继续压缩，整体毛利率水平达历史高位。公司业务包括航空产业、非航空产品、现代服务业及其他三大板块，其营收占比分别为 65.24%、32.44%、2.32%。航空产业为公司业绩的主要支撑，全年实现收入 75.92 亿元，同比增长 6.86%，其中，军用航空与防务全年实现收入 72.83 亿元，较 2017 年 67.32 亿元增长 8.17%；民用航空实现销售收入 3.49 亿元，较 2017 年 3.87 亿元下降 9.66%；航空业务毛利率维持在 30%左右，明显高于非航空业务，盈利能力稳定。非航制造业 18 年全年实现收入 37.75 亿元，同比下降 0.87%，毛利率小幅提升至 17.84%。公司持续实行“瘦身健体”，非主业务不断压缩，业务结构逐渐以航空为绝对主导倾斜，18 年整体毛利率升至 26.29%，达到近年最高水平。预计未来公司将进一步聚焦航空主业，提升盈利能力。

图40：公司 2018 年各业务板块收入及占比（单位：亿元）



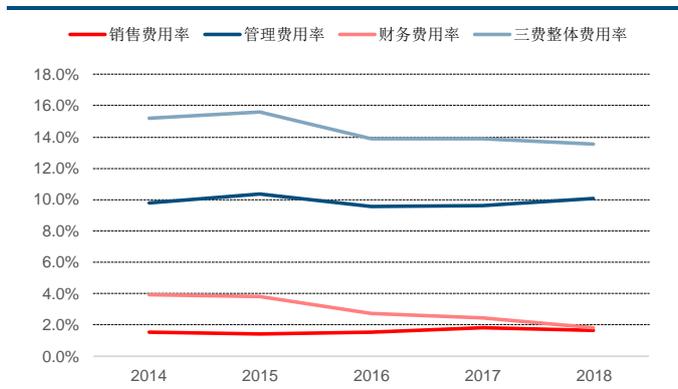
资料来源：中信建投研究发展部

图41：公司 2012-2018 年整体毛利率水平

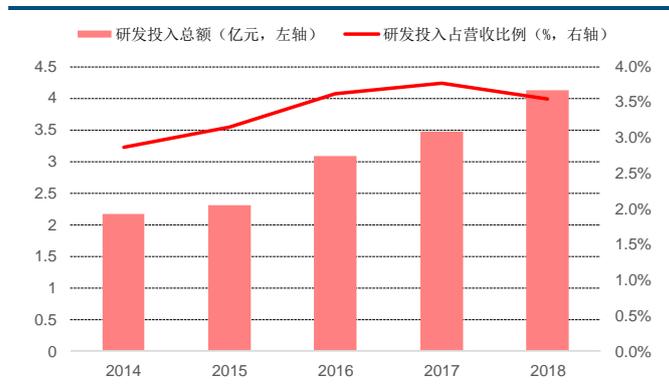


资料来源：中信建投研究发展部

公司三费占营收比重小幅下降，研发投入逐年上涨。公司三费整体费用占营业收入比重近年有所降低，总体维持在 14%左右。销售费用同比增长 5.67%；管理费用同比增长 9%；财务费用同比大幅下降 20%。公司研发投入逐年上涨，其中 2016 年增速加快，2018 年研发投入总额为 4.13 亿元，同比增长 18.68%，占营业收入的 3.55%，预计随着机载专项的投入，未来公司的研发费用仍将持续提升。

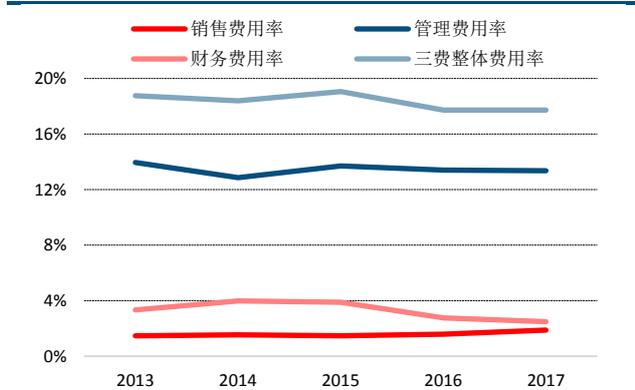
图42：2013-2017 年公司三费费率


资料来源：公司年报，中信建投研究发展部

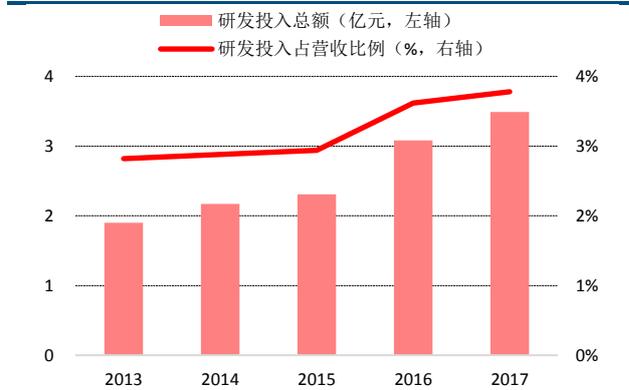
图43：2013-2017 年公司研发投入


资料来源：公司年报，中信建投研究发展部

公司三费费率有所降低，研发投入逐年上涨。公司三费整体费用率近两年有所降低，维持在 17.72% 左右。销售费用率一直处于较低水平，近两年略有增加；管理费用率略有降低，近两年维持在 13.4% 左右；财务费用率在 2014 年因发行公司债券而有所增加，近两年也呈下降趋势。公司研发投入逐年上涨，2016 年增速加快，2017 年研发投入总额为 3.49 亿元，同比增长 13.31%，占营业收入的 3.78%，增长了 0.16 个百分点，研发投入为公司增长带来动力。

图44：2013-2017 年公司三费费率


资料来源：公司年报，中信建投研究发展部

图45：2013-2017 年公司研发投入


资料来源：公司年报，中信建投研究发展部

中航机电在军用航空机电市场占据相对垄断地位。中航机电充分利用背靠实际控制人航空工业的优势，同配套主机厂形成长期紧密合作，实现先一步沟通、快一步研制及全流程跟踪等独有竞争优势，在当前军用航空机电产品市场，中航机电占据相对垄断地位，预计未来还将保持相对垄断优势。由于缺乏民用飞机机载系统生产经验，目前国产大飞机 C919 机载系统的核心供应商仍然为国外企业，公司作为子供应商参与 C919 机电系统配套。对标国外机载龙头公司，公司民用航空市场挖掘价值巨大。

未来公司将进一步聚焦航空机电主业，积极向产业下游维修业务拓展。一方面，中航机电控股股东机电公司与航电公司筹划整合，加强航空板块协同作用。另一方面，积极拓展下游维修市场，扩大公司增长空间。

调整托管范围，纳入南京中心研究所。按照业务协同以及对业绩的更高要求为原则，公司近期调整了托管范围，减少了 7 家托管公司，增加了 1 家南京中心。通过这次调整，机载系统相关的 2 家科研院所南京中心（609

所)和中国航空救生研究所(610 所)均为上市公司托管。纳入托管后,会将进一步提高业务协同水平,并有望纳入上市公司体内。近4年公司已经收购了4家托管公司,公司作为唯一的航空机电产业的资本运作平台,未来将仍然有相关公司注入预期。

我们认为,公司是军用机电系统龙头,未来随着军机放量业绩高速增长可期。公司积极拓展民用和维修保障市场,为业绩持续增长扩宽空间。预计公司2019年至2021年归母净利润分别为9.33亿元、10.62亿元、12.19元,同比增长分别为11.49%、13.80%、14.79%,相应18年至20年EPS分别为0.26、0.29、0.34元,对应当前股价PE分别为30.00倍、26.90倍、22.49倍,维持买入评级。

表10: 中航机电盈利预测表

| | 2018A | 2019E | 2020E | 2021E |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| 营业收入(亿元) | 116.75 | 128.91 | 143.23 | 159.57 |
| 同比(%) | 4.42% | 10.78% | 11.11% | 11.41% |
| 净利润(亿元) | 8.37 | 9.33 | 10.62 | 12.19 |
| 同比(%) | 16.48% | 11.49% | 13.80% | 14.79% |
| EPS(元) | 0.23 | 0.26 | 0.29 | 0.34 |
| P/E | 33.91 | 30.00 | 26.90 | 22.94 |

资料来源: 中信建投研究发展部, PE 对应3月28日收盘价

六、风险提示

- 1、全球经济持续低迷
- 2、全球国防支出不及预期
- 3、民用航空机电系统国产化率不及预期

分析师介绍

黎韬扬：北京大学硕士，军工行业首席分析师。2015-2017 年新财富军工行业第一名团队核心成员，2015-2016 年水晶球军工行业第一名团队核心成员，2017 年水晶球军工行业第二名，2015-2016 年 Wind 军工行业第一名团队核心成员，2017 年 Wind 军工行业第二名，2016 年保险资管最受欢迎分析师第一名团队核心成员，2017 年保险资管最受欢迎分析师第二名。

研究助理

王春阳：清华大学工商管理硕士，上海交通大学船舶与海洋工程学士，3 年船舶单位工作经验。2018 年加入中信建投军工团队。

研究服务

保险组

张博 010-85130905 zhangbo@csc.com.cn
郭洁 -85130212 guojie@csc.com.cn
郭畅 010-65608482 guochang@csc.com.cn
张勇 010-86451312 zhangyongzgs@csc.com.cn
高思雨 010-8513-0491 gaosiyu@csc.com.cn
张宇 010-86451497 zhangyuyf@csc.com.cn

北京公募组

朱燕 85156403 zhuyan@csc.com.cn
任师蕙 010-8515-9274 renshihui@csc.com.cn
黄杉 010-85156350 huangshan@csc.com.cn
赵倩 010-85159313 zhaoqian@csc.com.cn
杨济谦 010-86451442 yangjiqian@csc.com.cn
杨洁 010-86451428 yangjiezs@csc.com.cn

创新业务组

高雪 -64172825 gaoxue@csc.com.cn
杨曦 -85130968 yangxi@csc.com.cn
黄谦 010-86451493 huangqian@csc.com.cn
王罡 021-68821600-11 wanggangbj@csc.com.cn

上海销售组

李祉瑶 010-85130464 lizhiyao@csc.com.cn
黄方禅 021-68821615 huangfangchan@csc.com.cn
戴悦放 021-68821617 daiyuefang@csc.com.cn
翁起帆 021-68821600 wengqifan@csc.com.cn
李星星 021-68821600-859 lixingxing@csc.com.cn
范亚楠 021-68821600-857 fanyanan@csc.com.cn
李绮绮 021-68821867 liqiqi@csc.com.cn
薛皎 021-68821600 xuejiao@csc.com.cn
许敏 021-68821600-828 xuminzgs@csc.com.cn

深广销售组

张苗苗 020-38381071 zhangmiaomiao@csc.com.cn
许舒枫 0755-23953843 xushufeng@csc.com.cn
程一天 0755-82521369 chengyitian@csc.com.cn
曹莹 0755-82521369 caoyingzgs@csc.com.cn
廖成涛 0755-22663051 liaochengtao@csc.com.cn
陈培楷 020-38381989 chenpeikai@csc.com.cn

评级说明

以上证指数或者深证综指的涨跌幅为基准。

买入：未来 6 个月内相对超出市场表现 15% 以上；

增持：未来 6 个月内相对超出市场表现 5—15%；

中性：未来 6 个月内相对市场表现在-5—5% 之间；

减持：未来 6 个月内相对弱于市场表现 5—15%；

卖出：未来 6 个月内相对弱于市场表现 15% 以上。

重要声明

本报告仅供本公司的客户使用，本公司不会仅因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证本报告所包含的信息或建议在本报告发出后不会发生任何变更，且本报告中的资料、意见和预测均仅反映本报告发布时的资料、意见和预测，可能在随后会作出调整。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不构成投资者在投资、法律、会计或税务等方面的最终操作建议。本公司不就报告中的内容对投资者作出的最终操作建议做任何担保，没有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。投资者应自主作出投资决策并自行承担投资风险，据本报告做出的任何决策与本公司和本报告作者无关。

在法律允许的情况下，本公司及其关联机构可能会持有本报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或类似的金融服务。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布本报告。任何机构和个人如引用、刊发本报告，须同时注明出处为中信建投证券研究发展部，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和/或修改。

本公司具备证券投资咨询业务资格，且本文作者为在中国证券业协会登记注册的证券分析师，以勤勉尽责的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰地反映了作者的研究观点。本文作者不曾也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

股市有风险，入市需谨慎。

中信建投证券研究发展部

北京

东城区朝内大街 2 号凯恒中心 B
座 12 层（邮编：100010）
电话：(8610) 8513-0588
传真：(8610) 6560-8446

上海

浦东新区浦东南路 528 号上海证券大
厦北塔 22 楼 2201 室（邮编：200120）
电话：(8621) 6882-1612
传真：(8621) 6882-1622

深圳

福田区益田路 6003 号荣超商务中心
B 座 22 层（邮编：518035）
电话：(0755) 8252-1369
传真：(0755) 2395-3859