

航空发动机：国之重器，万里鹏程

华泰研究

2022年9月15日 | 中国内地

专题研究

航发板块复盘：结构性β行情，市场表现异军突起

我们认为无论从市场认可度以及行业基本面兑现，航空发动机板块都是军工整体行业中异军突起的优质赛道，我们看好航空发动机板块性行情持续。市场表现方面，我们通过绘制航发板块指数发现，21.1.4-22.9.9 航发板块跑赢中证国防指数 22.47pcts。即使在 22 年 1-4 月军工板块受市场风险偏好调整等原因出现大幅下滑，航发板块表现依然坚韧。业绩兑现方面，21Q1 起航发板块净利润增速持续高于行业整体水平，航发板块 22Q1-Q2 归母净利润增速高达 46.11%、26.34%（中信军工板块为 17.18%、4.77%），且 22H1 沈阳黎明营收接近翻倍增长，再度印证当前航发批产型号加速放量。

飞机的“心脏”，四重维度构建坡长雪厚优质赛道

我们认为航空发动机赛道具备壁垒高、市场大、格局清晰等特点，且可从四个维度来看航发赛道的坡长雪厚：①“十四五”军机列装带动批产型号（WS-10）放量，航发动力大额预收款锁定中短期订单；②我国四代发动机关键技术能力大幅提升，五代机预研技术持续突破瓶颈，在研型号正加速转入批量生产阶段；③广阔后市场铸造航空发动机坡长雪厚赛道。按发动机生命周期费用拆分：研发、整机制造、运营维修约为 10%、40%、50%。我国航发保有量达到高位后，训练量加大带来替换、维修需求提升；④航空发动机先军后民，CJ-1000/2000 商用发动机加速研制，驱动远期行业高景气。

“系统综合效益”牵引下铸造高壁垒，高投入下带来高附加值

美国 VAATE 计划中提出了技术能力经济性指标，该指标不仅关注发动机的推重比与油耗，同时还强调研制、生产和维护成本。分析航空发动机的布雷顿热力学循环可以看出，燃烧室中等压加热的温度越高，气体在涡轮前内能越高，在经过涡轮时膨胀做功也越多，进而推动发动机产生更大的推力。因此，动力领域对工作温度要求的提升将带动相关材料的升级换代，其研制难度逐渐增大，所需的研制费用大大提高，而高投入相对应的是其高附加值。航空发动机高技术、寡头垄断下的衍生化发展模式，使得一旦一款成熟的系列产品进入市场，接下来就有望享受 30-50 年的持续稳定盈利。

军民双驱动，需求前景可观

根据前瞻产业研究院、《World Airforces 2021》等相关数据，我们预计 2021-2030 年我国军用航发市场总规模为 11914.64 亿元，年均达 1191.46 亿元，对应 2022-2030 年复合增速约为 25.28%。根据中国商飞公司市场预测年报（2020-2039），预计 2020-2039 年中国将累计交付 8725 架新机，我国国产民用机型市场总规模可达到 13323 亿美元。结合民航飞机成本构成中发动机占比约 22%，按美元汇率为 1: 6.5 计算，我们预估未来 20 年民航发动机市场总规模为 19052.21 亿元，年均近千亿。

军民融合+小核心大协作，产业链自下而上注入活力

2016 年中国航发集团在北京挂牌成立，标志着我国航空发动机产业的“飞发分离”体系正式确立。中国航发集团的成立还有利于保证航空发动机资金的投入，建立完善的发动机预研体系，真正做到“动力先行”，产业链自下而上注入活力。材料端，航空材料既是研制生产航空产品的物质保障，又是航空产品更新换代的技术基础，关注高温合金、钛合金、复合材料业务集中度高的龙头企业；零部件端，建议关注高附加值核心部件风扇、压气机、燃烧室和涡轮铸锻件的投资机会；整机端，“飞发分离”体系确立，主机厂以垄断地位享受航空装备放量带来的高增长。

风险提示：新型装备列装不达预期风险；军品定价机制的不确定性。

航天军工

增持（维持）

研究员

李聪
SAC No. S0570521020001 licong017951@htsc.com
SFC No. BRW518 +(86) 10 6321 1166

研究员

朱雨时
SAC No. S0570521120001 zhuyushi@htsc.com
+(86) 10 6321 1166

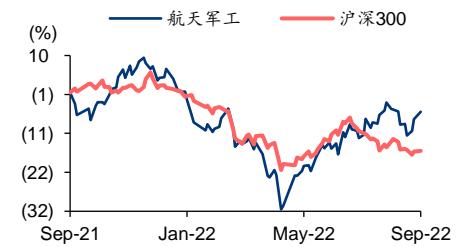
联系人

田莫尤
SAC No. S0570121040043 tianmochong@htsc.com
+(86) 21 2897 2228

[点击查阅华泰证券研究团队介绍和观点](#)



行业走势图



资料来源：Wind, 华泰研究

正文目录

| | |
|--|----|
| 核心要点：壁垒高+市场大+格局清晰，关注坡长雪厚的航发赛道 | 4 |
| 航发板块复盘：结构性 β 行情，市场表现异军突起 | 5 |
| 航发产业链中报回顾：增速领跑整体行业，板块性行情延续 | 8 |
| 壁垒篇：飞机的“心脏”，新材料、新技术协同发展 | 11 |
| 部件拆分：新材料、新技术协同发动机改型 | 13 |
| 风扇：整体叶盘结构及复合材料技术或为发展趋势 | 14 |
| 压气机：多级轴流压气机将向更高压比的方向发展 | 15 |
| 燃烧室：陶瓷基复合材料为关键候选材料 | 16 |
| 涡轮：单晶叶片与冷却技术为主要发展方向 | 17 |
| 航发技术革新的本质：从“推重比”牵引到“系统综合效益”牵引 | 19 |
| 高技术壁垒铸造行业黄金发展期 | 22 |
| 高投入、高回报 | 22 |
| 研制周期长 | 23 |
| 服役周期长+耗材属性明显 | 24 |
| 市场篇：军民双驱动，需求前景可观 | 28 |
| 军机市场：装备列装加速叠加后装维修需求，年均市场超千亿 | 28 |
| 民机市场：C919 交付在即，国产商用航发实现从零到一跨越式突破 | 31 |
| 格局篇：军民融合+小核心大协作，产业链自下而上注入活力 | 33 |
| 中国航空发动机集团成立，“飞发分离”体系正式确立 | 33 |
| 材料端：一代发动机一代材料，航空产品的换代基础 | 36 |
| 高温合金 | 37 |
| 钛合金 | 39 |
| 陶瓷基复合材料 | 42 |
| 隐身材料 | 43 |
| 零部件端：“小核心大协作”下形成百家争鸣格局 | 45 |
| 叶片 | 46 |
| 盘件 | 49 |
| 机匣及其他结构件 | 50 |
| 控制系统：航发控制为龙头 | 51 |
| 产业链相关企业梳理 | 54 |
| 航发动力 (600893 CH) | 54 |
| 西部超导 (688122 CH) | 55 |
| 中航重机 (600765 CH) | 56 |
| 航发控制 (000738 CH) | 57 |
| 抚顺特钢 (600399 CH) | 58 |
| 华泰科技 (688281 CH) | 59 |

| | |
|------------------------|----|
| 钢研高纳 (300034 CH) | 60 |
| 宝钛股份 (600456 CH) | 61 |
| 图南股份 (300855 CH) | 62 |
| 派克新材 (605123 CH) | 63 |
| 应流股份 (603308 CH) | 64 |
| 航宇科技 (600893 CH) | 65 |
| 隆达股份 (688231 CH) | 66 |
| 万泽股份 (000534 CH) | 67 |
| 航发科技 (600391 CH) | 68 |
| 航亚科技 (688510 CH) | 69 |
| 风险提示 | 70 |

核心要点：壁垒高+市场大+格局清晰，关注坡长雪厚的航发赛道

壁垒高：

- 1) **高投入、高回报：**航空发动机研制正朝着更高的综合性能方向发展，其研制难度逐渐增大，所需的研制费用必然大大提高，而与研制过程中的高投入相对应的是高附加值。
- 2) **研制周期长：**根据《基于“结构—材料—工艺”一体化大工程观理念的课程建设研究》（牛序铭，【工业和信息化教育】，2021年6月），全新研制一型跨代航空发动机比全新研制同一代飞机时间长一倍。同时为确保研制的发动机能可靠工作，需对发动机进行大量的主要零部件试验和整机试验，以考核设计、制造与选材等方面是否满足要求。
- 3) **单型号的长服役周期&单台发动机的短寿命期：**航空发动机高技术、寡头垄断下的衍生化发展模式，使得一旦一款成熟的系列产品进入市场，接下来就有望享受30-50年的持续稳定盈利。同时航空发动机工作寿命普遍小于飞机服役期限，以美国五代战斗机F-22为例，在预计服役期限内，至少需要更换4台F119发动机。

市场大：

- 1) **军用市场：**根据前瞻产业研究院、《World Airforces 2021》等相关数据，我们预计2021-2030年我国军用航发市场总规模为11914.64亿元，年均达1191.46亿元，对应2022-2030年复合增速约为25.28%。
- 2) **民用市场：**根据中国商飞公司市场预测年报（2020-2039），2020-2039年中国将累计交付8725架新机，我国国产民用机型市场总规模可达到13323亿美元。结合民航飞机成本构成中发动机占比22%，按美元汇率为1:6.5计算，我们预估未来20年民航发动机市场总规模为19052.21亿元，年均近千亿。

格局清晰：

下游主机厂方面，随着我国航空发动机产业的“飞发分离”体系正式确立，航空发动机将作为独立军工产品进行研发和生产，从此不再受制于飞机，不会出现飞机下马发动机也下马的情况；中游铸锻件方面，受益于“小核心、大协作”格局下航发体系内的需求外溢，集团内部保留核心能力，将重要能力及一般能力充分放开至体系外，民企有望实现从零部件配套向分系统、部装研制生产的价值延伸；上游新材料方面，一代发动机一代新材料，上游材料企业需在新型号发动机预研阶段积极跟研，市场格局较为稳定。

四个维度看航空发动机赛道的持续性：

- 1) **短期：**“十四五”军机列装带动批产型号（WS-10）放量，航发动力大额预收款锁定中短期订单；
- 2) **中期：**我国四代发动机关键技术能力大幅提升，五代机预研技术持续突破瓶颈，在研型号正加速转入批生产阶段；
- 3) **长期：**航空发动机先军后民，CJ-1000、CJ-2000商用发动机加速研制推出，驱动远期行业持续高景气度；
- 4) **后市场：**广阔后市场铸造航空发动机坡长雪厚赛道。按发动机生命周期费用拆分：研发、整机制造、运营维修分别占10%、40%和50%。我国航发保有量达到高位后，训练量加大带来替换、维修需求提升。

产业链梳理：

高温合金：抚顺特钢（600399 CH）、西部超导（688122 CH）、钢研高纳（300034 CH）、图南股份（300855 CH）、隆达股份（688231 CH）等

钛合金：西部超导（688122 CH）、宝钛股份（600456 CH）等

隐身材料：华秦科技（688281 CH）

铸锻件：航亚科技（688510 CH）、应流股份（603308 CH）、万泽股份（000534 CH）、中航重机（600765 CH）、派克新材（605123 CH）、航宇科技（688239 CH）等

整机及分系统：航发动力（600893）、航发控制（000738 CH）、航发科技（600391 CH）等

航发板块复盘：结构性 β 行情，市场表现异军突起

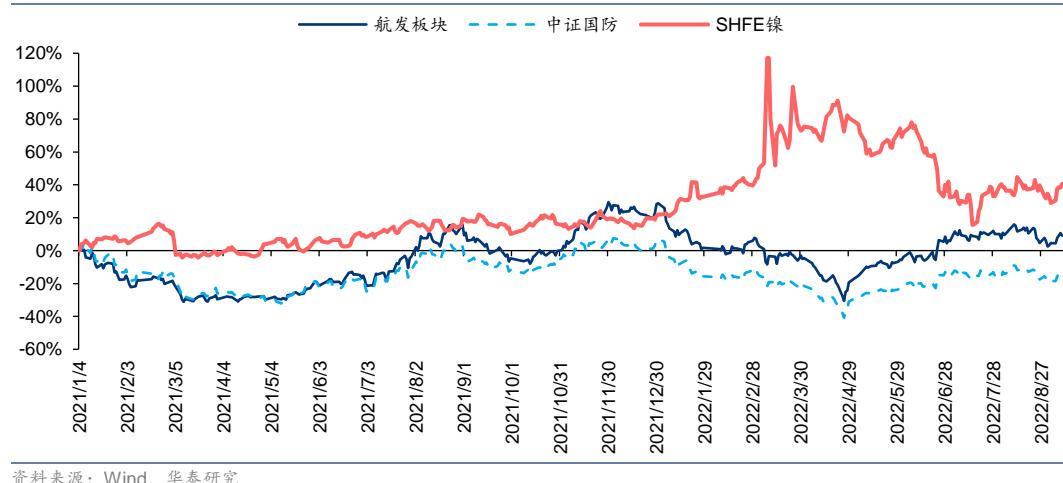
我们以航空发动机板块 16 支核心标的为样本绘制航发板块指数，以每日各标的涨跌幅平均值作为指数涨跌幅，2021.1.4-2022.9.9，航发板块涨幅达 9.13%，跑赢中证国防指数 22.47pcts。即使在 2022 年 1-4 月军工板块受市场风险偏好调整等原因出现大幅下滑，同时航空发动机板块受镍价上涨导致全产业链面临一定成本压力的局面下，航发板块依然跑赢行业，2022.1.4-2022.4.29 航发板块下跌 33.30%，跑赢中证国防指数 1.29pcts。

图表1：航空发动机产业链相关企业梳理

| 下游 | 主机厂 | 航发动力 |
|------|------|------|
| 中间环节 | 分系统 | 航发控制 |
| | 结构加工 | 中航重机 |
| | | 派克新材 |
| | | 应流股份 |
| | | 钢研高纳 |
| 上游 | 新材料 | 航宇科技 |
| | | 航亚科技 |
| | | 万泽股份 |
| | | 航发科技 |
| | | 华秦科技 |
| | | 西部超导 |
| | | 图南股份 |
| | | 抚顺特钢 |
| | | 宝钛股份 |
| | | 隆达股份 |

资料来源：各公司公告，华泰研究

图表2：航空发动机板块涨跌情况

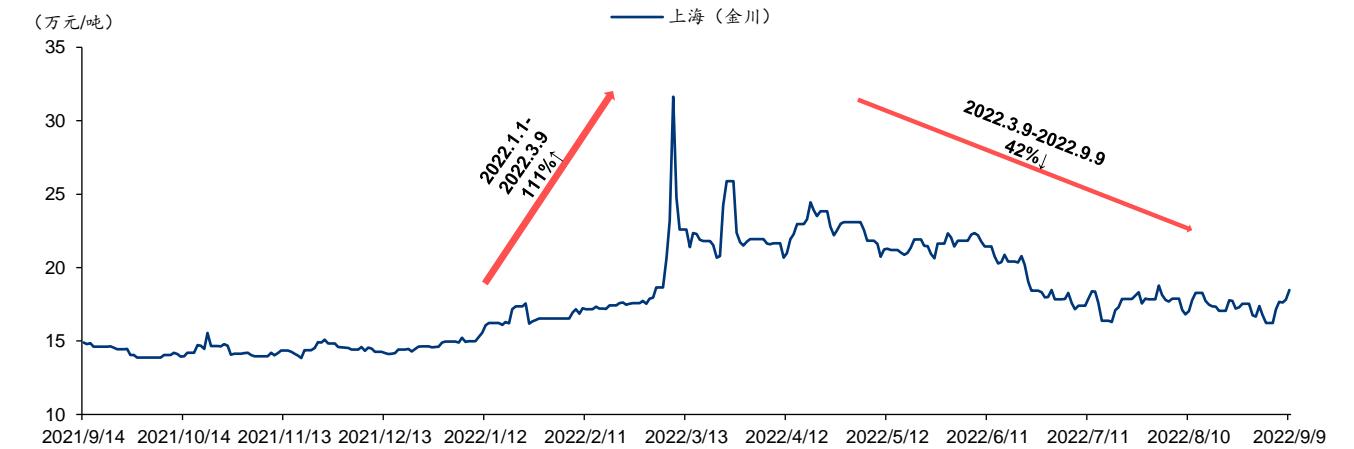


图表3：航发板块相对于中证国防指数超额收益



原材料价格回落，航发产业链成本压力边际改善。受镍涨价影响，年初至今镍——高温合金——航发铸锻件——航发主机厂产业链盈利能力显著承压。在印尼镍新增项目产量逐步释放的背景下，镍价持续下跌，沪镍价格从3月9日高点下跌46.98%至9月1日的16.78万元/吨，9月初至今镍价短期持续上涨，主要系欧央行9月议息会议宣布加息75基点，欧元出现了较大幅度的走强，而美元指数则顺势回落，以美元定价的国际大宗商品迎来了普涨，我们认为属于短期影响；2021年起海绵钛持续涨价，而钛合金为航空发动机冷端部件的核心材料，产业链成本持续上行。目前上游全流程海绵钛企业扩产顺利，同时镁价降幅较大，利好半流程海绵钛企业生产经营。我们认为随着镍、海绵钛价格逐步下跌，航空发动机产业链各环节对应企业或将在22H2成本压力下行阶段业绩加速释放。

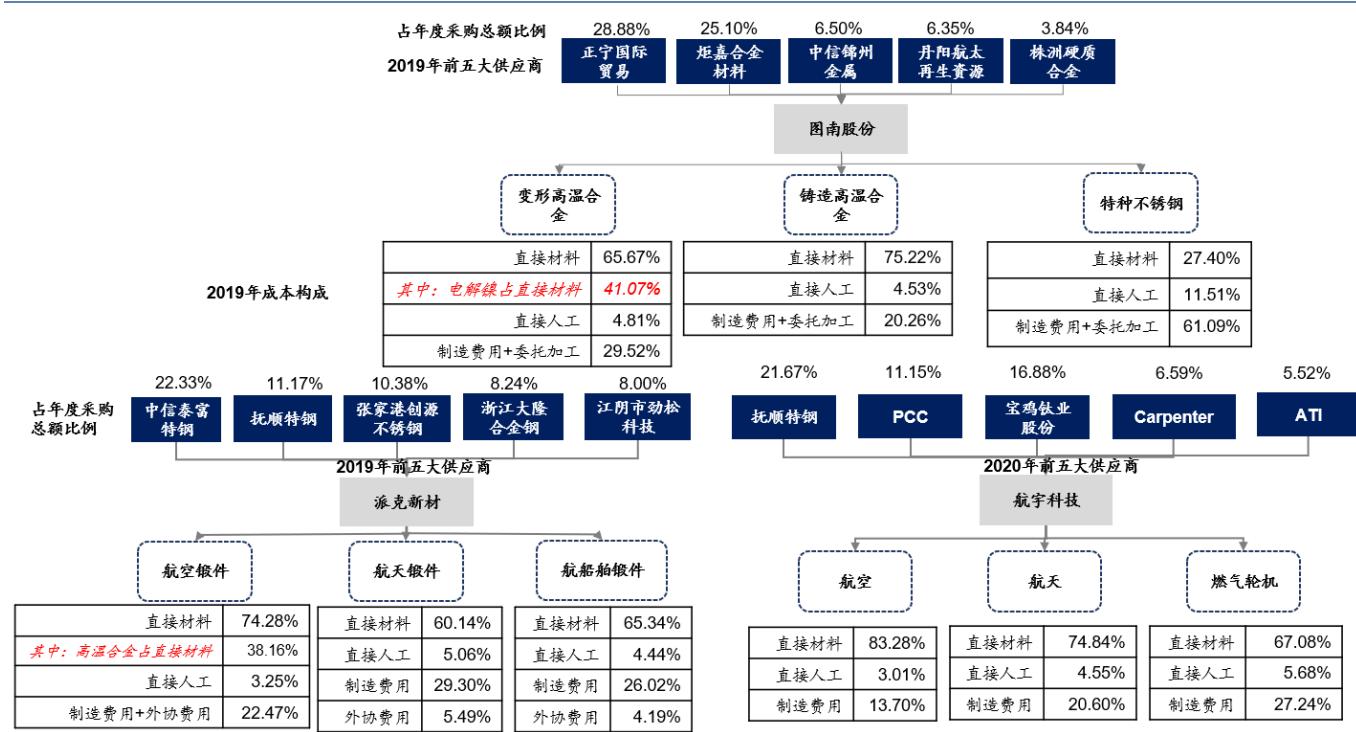
图表4：金属镍市场价格走势



资料来源：百川盈孚，华泰研究

具体看镍价对航发产业链的影响，由于最下游的航发主机厂议价能力强，中游的航发环锻件企业较难将成本压力向下游传导，因此本次镍价上涨主要对产业链中上游产生影响。对于中航重机、派克新材、航宇科技等从事航空发动机环锻件的企业，原材料是公司营业成本的主要组成部分，而原材料中的高温合金是以镍为原料的高端合金，镍价上涨将对产业链造成一定影响。如2019年派克新材航空锻件业务直接材料成本占比为74.28%，其中高温合金占直接材料成本的38.16%；2020年航宇科技航空锻件业务原材料成本占比为83.28%，其中高温合金占原材料成本的66.59%；2021年中航重机航空锻件原材料成本占比为72.26%。

图表5：航发中上游企业成本构成梳理



注：考虑到部分企业最新年报并未详细拆分成本项，我们选取最近的完整数据年份

资料来源：各公司公告，华泰研究

根据华泰军工第十周周报《“妖镍”激化板块行情震荡，关注高温合金产业链投资机会》(2022年3月13日发布)，我们测算了镍价上涨对产业链的影响：若上游企业将电解镍价格通过产品涨价等方式向中游传递，而中游企业的销售价格保持不变，假设上游冶炼企业高温合金产品毛利率为40%（抚顺特钢2021年高温合金业务毛利率为42.65%），假设中游锻造企业毛利率为30%（中航重机、派克新材、航宇科技2021年锻造业务毛利率分别为28.92%、30.71%、32.60%），则镍价涨幅为10%至100%时，对上游高温合金冶炼的毛利率影响为0.00pcts至-17.28pcts，对中游毛坯件锻造的毛利率影响为-0.10pcts至-10.50pcts。

图表6：镍价向中游传导后对上游冶炼企业毛利率影响 (pcts)

| 镍价向中游传导幅度 | 镍价变化幅度 | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| 镍价向中游传导幅度 | 10% | -1.73 | -3.46 | -5.18 | -6.91 | -8.64 | -10.37 | -12.10 | -13.82 | -15.55 |
| | 20% | -1.54 | -3.07 | -4.61 | -6.14 | -7.68 | -9.22 | -10.75 | -12.29 | -13.82 |
| | 30% | -1.34 | -2.69 | -4.03 | -5.38 | -6.72 | -8.06 | -9.41 | -10.75 | -12.10 |
| | 40% | -1.15 | -2.30 | -3.46 | -4.61 | -5.76 | -6.91 | -8.06 | -9.22 | -10.37 |
| | 50% | -0.96 | -1.92 | -2.88 | -3.84 | -4.80 | -5.76 | -6.72 | -7.68 | -8.64 |
| | 60% | -0.77 | -1.54 | -2.30 | -3.07 | -3.84 | -4.61 | -5.38 | -6.14 | -6.91 |
| | 70% | -0.58 | -1.15 | -1.73 | -2.30 | -2.88 | -3.46 | -4.03 | -4.61 | -5.18 |
| | 80% | -0.38 | -0.77 | -1.15 | -1.54 | -1.92 | -2.30 | -2.69 | -3.07 | -3.46 |
| | 90% | -0.19 | -0.38 | -0.58 | -0.77 | -0.96 | -1.15 | -1.34 | -1.54 | -1.73 |
| | 100% | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

资料来源：抚顺特钢年报，华泰研究预测

图表7：镍价向中游传导后对中游锻造企业毛利率影响 (pcts)

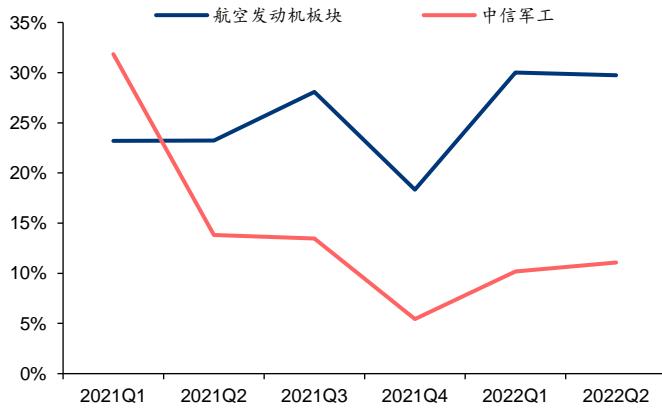
| 镍价向中游传导幅度 | 镍价变化幅度 | | | | | | | | | |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 80% | 90% | 100% |
| 镍价向中游传导幅度 | 10% | -0.10 | -0.21 | -0.31 | -0.42 | -0.52 | -0.63 | -0.73 | -0.84 | -0.95 |
| | 20% | -0.21 | -0.42 | -0.63 | -0.84 | -1.05 | -1.26 | -1.47 | -1.68 | -1.89 |
| | 30% | -0.31 | -0.63 | -0.95 | -1.26 | -1.58 | -1.89 | -2.21 | -2.52 | -2.83 |
| | 40% | -0.42 | -0.84 | -1.26 | -1.68 | -2.10 | -2.52 | -2.94 | -3.36 | -3.78 |
| | 50% | -0.52 | -1.05 | -1.58 | -2.10 | -2.62 | -3.15 | -3.68 | -4.20 | -4.73 |
| | 60% | -0.63 | -1.26 | -1.89 | -2.52 | -3.15 | -3.78 | -4.41 | -5.04 | -5.67 |
| | 70% | -0.73 | -1.47 | -2.21 | -2.94 | -3.68 | -4.41 | -5.14 | -5.88 | -6.61 |
| | 80% | -0.84 | -1.68 | -2.52 | -3.36 | -4.20 | -5.04 | -5.88 | -6.72 | -7.56 |
| | 90% | -0.95 | -1.89 | -2.83 | -3.78 | -4.73 | -5.67 | -6.61 | -7.56 | -8.51 |
| | 100% | -1.05 | -2.10 | -3.15 | -4.20 | -5.25 | -6.30 | -7.35 | -8.40 | -9.45 |

资料来源：中航重机年报，航宇科技年报，派克新材年报，华泰研究预测

航发产业链中报回顾：增速领跑整体行业，板块性行情延续

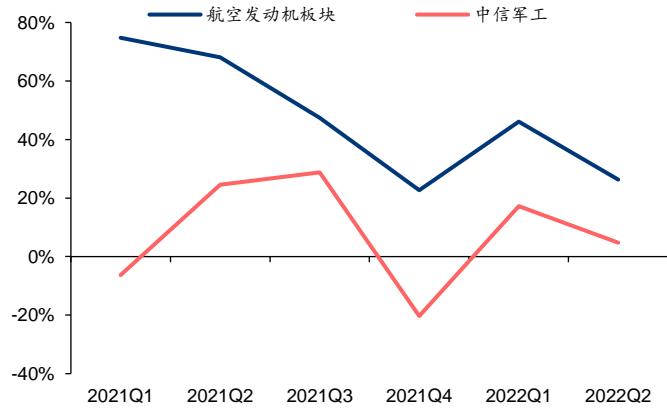
航发产业链业绩增速显著高于行业平均水平。我们以前述 16 家航发产业链企业作为成分股，整体分析产业链的业绩情况。2022H1 航空发动机板块实现营收 384.22 亿元，同比增长 29.86%；2022H1 板块实现归母净利润 34.95 亿元，同比增长 33.14%。单季度看，航发板块 22Q1-22Q2 营收增速分别为 30.01%、29.75%（中信军工板块为 10.18%、11.08%），22Q1-22Q2 归母净利润增速分别为 46.11%、26.34%（中信军工板块为 17.18%、4.77%），航发板块业绩增速持续领跑军工行业。

图表8：航发产业链与中信军工板块单季度营收同比增速情况



注：由于隆达股份、华泰科技缺失历史单季度数据，整体分析时剔除
资料来源：Wind，华泰研究

图表9：航发产业链与中信军工板块单季度归母净利润同比增速情况

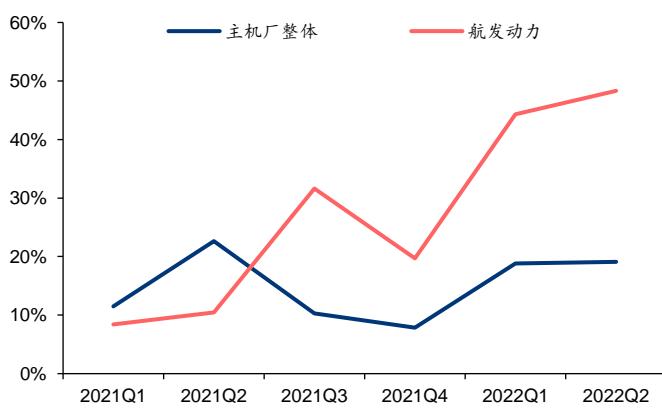


注：由于隆达股份、华泰科技缺失历史单季度数据，整体分析时剔除
资料来源：Wind，华泰研究

在华泰军工团队 2022.9.5 发布的《2022 中报综述，逆流而上，向阳而生》报告中，我们将军工板块分为主机厂、信息化、新材料、配套厂、制造加工五个子板块进行了中报业绩分析。在此我们单独将航空发动机板块进行分析，并类似地将航发动力归类为主机厂，中游结构加工环节对标制造加工+系统配套板块，同时航发新材料可直接类比新材料板块。

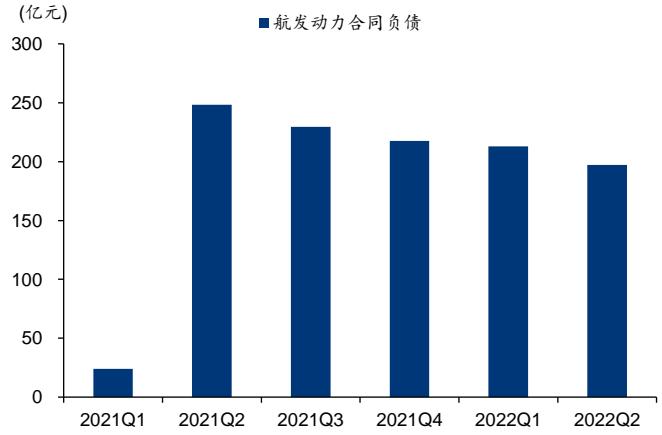
航空发动机主机端营收显著提速，有望前瞻性牵引产业链景气度。自 2021Q3 开始航发整机端（航发动力）的营收增速开始快于整体主机厂，且近两个季度增速差逐步扩大，主机厂为最接近军方的终端需求，航发动力的体量扩张有望同步牵引上游原材料和结构件等关键环节的增长。同时 2021Q2 航发动力 248.23 亿元大额合同负债落地，锁定了行业中短期订单，为产业链整体业绩释放保驾护航。

图表10：航发动力与军工主机厂单季度营收增速对比



资料来源：Wind，华泰研究

图表11：航发动力合同负债情况



资料来源：Wind，华泰研究

批产型号加速放量，22H1 黎明营收同增 95%。航发动力子公司层面，黎明公司主要产品为 WS10 系列发动机，广泛装备我国多款高性能军机，为当下军机列装的爆款型号，22H1 实现营收 95.58 亿元（同比+95.11%），实现利润总额 2.38 亿元（同比+6.92%），黎明公司营收接近翻倍增长，或印证当前我国航空发动机批产型号加速放量；黎阳公司主要产品为三代中推航空发动机等产品，22H1 实现营收 13.06 亿元（同比+6.67%），实现利润总额 1.95 亿元（同比+256.40%）；南方公司主要产品为涡轴航空发动机等产品，22H1 实现营收 29.86 亿元（同比+3.61%），实现利润总额 1.59 亿元（同比+49.94%）。

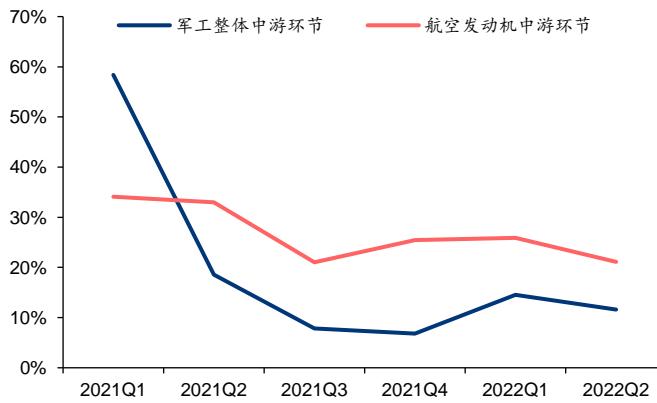
图表12：航发动力各主机厂业绩拆分情况

| | 2015A | 2016A | 2017A | 2018A | 2019A | 2020A | 2021A | 2022H1 |
|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 沈阳黎明-营业收入 | 8,786.80 | 9,971.60 | 11,413.30 | 11,278.50 | 12,564.00 | 15,921.00 | 18,635.40 | 9,557.60 |
| YoY(%) | | 13.48% | 14.46% | -1.18% | 11.40% | 26.72% | 17.05% | 95.11% |
| 沈阳黎明-利润总额 | 644.1 | 421.9 | 426.4 | 518.1 | 497.9 | 476.4 | 562.9 | 238.3 |
| 利润率 | 7.33% | 4.23% | 3.74% | 4.59% | 3.96% | 2.99% | 3.02% | 2.49% |
| 贵州黎阳-营业收入 | 2,773.80 | 2,112.90 | 2,206.90 | 2,184.30 | 2,112.30 | 2,266.60 | 3,019.60 | 1,306.20 |
| YoY(%) | | -23.83% | 4.45% | -1.02% | -3.30% | 7.31% | 33.22% | 6.67% |
| 贵州黎阳-利润总额 | 71.9 | 76.1 | 111 | -52.5 | 14.2 | 89.9 | 56.9 | 195.3 |
| 利润率 | 2.59% | 3.60% | 5.03% | -2.40% | 0.67% | 3.97% | 1.88% | 14.95% |
| 西航-营业收入 | 5,733.50 | 5,774.90 | 6,098.40 | 6,409.90 | 6,739.60 | 6,334.90 | 9,013.80 | 4,111.20 |
| YoY(%) | | 0.72% | 5.60% | 5.11% | 5.14% | -6.00% | 42.29% | 22.90% |
| 西航-利润总额 | 588.9 | 582.8 | 569.9 | 460.9 | 590.3 | 678.6 | 542.4 | 411.3 |
| 利润率 | 10.27% | 10.09% | 9.34% | 7.19% | 8.76% | 10.71% | 6.02% | 10.00% |
| 株洲南方-营业收入 | 3,202.60 | 3,974.10 | 3,845.30 | 4,943.80 | 5,852.70 | 7,190.00 | 8,031.50 | 2,985.50 |
| YoY(%) | | 24.09% | -3.24% | 28.57% | 18.39% | 22.85% | 11.70% | 3.61% |
| 株洲南方-利润总额 | 291.3 | 275.7 | 296.2 | 402.8 | 412.5 | 347.9 | 316.5 | 159.4 |
| 利润率 | 9.10% | 6.94% | 7.70% | 8.15% | 7.05% | 4.84% | 3.94% | 5.34% |

资料来源：航发动力公告，华泰研究

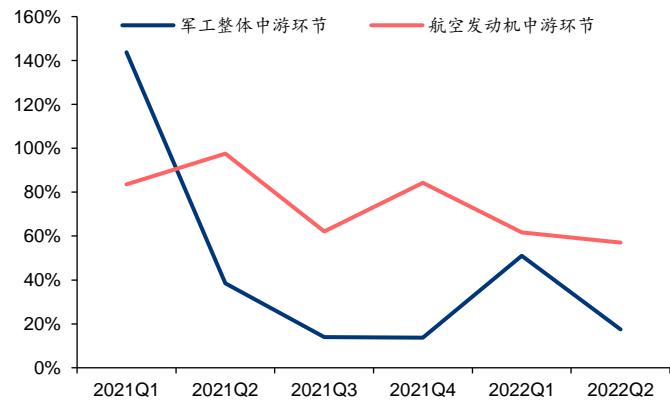
航发中游环节业绩增速自 2021Q2 起持续高于军工整体板块中游环节增速。中游板块规模效应显著，21Q1-22Q2 板块净利润增速持续高于营收增速，得益于以中航重机为代表的中游龙头持续提质增效，同时各家铸造企业深度绑定的航发型号先后进入批量生产期。同时 9 月 13 日派克新材发布三季度预告，2022Q1-Q3 公司预计实现归母净利润 3.51 亿元左右，同比增长 65% 左右；预计实现归母扣非净利润 3.38 亿元左右，同比增加 70% 左右，业绩高增得益于航空、航天行业景气度向好，市场订单量充足。

图表13：航发中游板块与军工整体中游单季度营收增速对比



资料来源：Wind，华泰研究

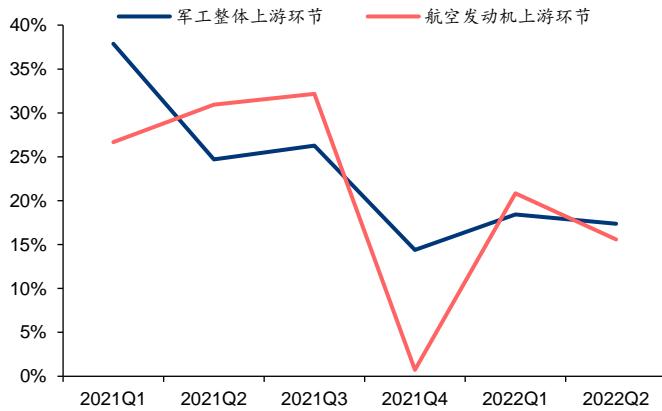
图表14：航发中游板块与军工整体中游单季度归母净利润增速对比



资料来源：Wind，华泰研究

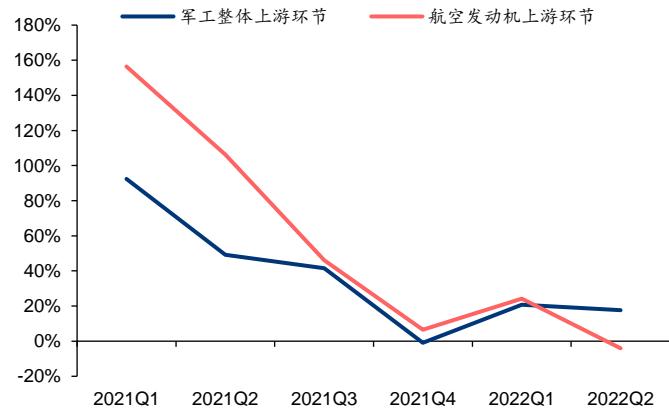
短期波动不改长期成长逻辑，上游环节或迎来反转。受镍价、电费等涨价影响，航发上游高温合金企业自 21Q4 起连续 3 个季度业绩增速位于低位。我们认为备库需求使得产业链上游业绩弹性高于中下游，中长期看，我们预计镍、钴、钼等合金原材料价格终会回落，短期镍价上涨不影响长期基本面，且随着 2022Q3 行业新增产能逐步释放，22Q3 起上游板块业绩有望持续环比向上。

图表15：航发上游板块与军工整体上游单季度营收增速对比



资料来源：Wind, 华泰研究

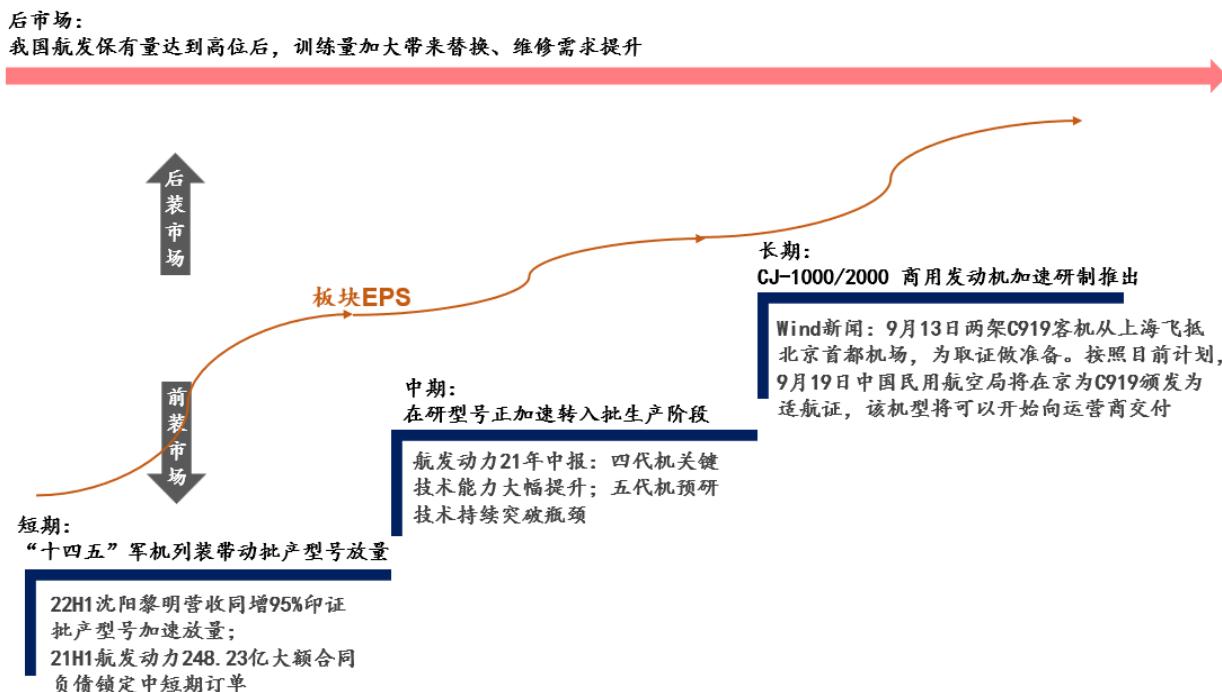
图表16：航发上游板块与军工整体上游单季度归母净利润增速对比



资料来源：Wind, 华泰研究

我们看好航空发动机板块性行情持续。四重逻辑构成坡长雪厚优质赛道，航空发动机板块增长有望提速。①短期：“十四五”军机列装带动批产型号放量，航发动力大额预收款锁定中短期订单；②中期：我国四代发动机关键技术研发能力大幅提升，五代机预研技术持续突破瓶颈，在研型号正加速转入批生产阶段；③长期：航空发动机先军后民，CJ-1000、CJ-2000 商用发动机加速研制推出，驱动远期行业持续高景气度；④后市场：我国航发保有量达到高位后，训练量加大带来替换、维修需求提升。

图表17：航空发动机板块投资逻辑



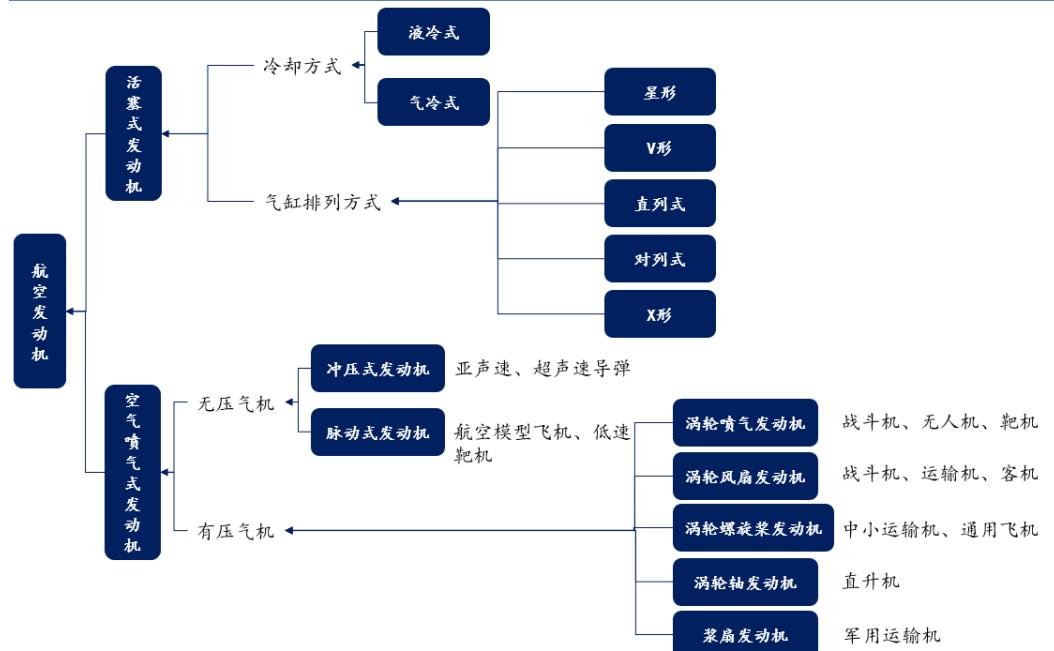
资料来源：航发动力公告, Wind, 华泰研究

壁垒篇：飞机的“心脏”，新材料、新技术协同发展

航空发动机是技术先进国家基础性战略产业。航空发动机是高温、高压、高转速而又要求重量轻、可靠性高、寿命长、可重复使用、经济性好的高科技产品，研制难度很大。航空发动机是以材料和机械制造等为基础的多学科交叉融合的结晶，它以先进性和复杂性成为一个国家科技水平、军事实力和综合国力的重要标志之一，被誉为“现代工业皇冠上的明珠”。

航空发动机简单可以分为两大类，活塞式发动机和空气喷气式发动机。航空活塞式发动机是依靠活塞在气缸中的往复运动使气体工质完成热力循环，将燃料的化学能转化为机械能的热力机械，它与一般汽车用的活塞式发动机在结构和原理上基本相同，都是由曲轴、两岸、活塞、气缸、进气阀、排气阀等组成。航空空气喷气式发动机中，经过压缩的空气与燃料（通常为航空煤油）的混合物燃烧后产生高温、高压燃气，在发动机的尾喷管中膨胀，以高速喷出，从而产生反作用推力。流进发动机的空气可以是由专门的压气机进行压缩，也可以利用高速流进发动机的空气制止而产生高压来达到，因此空气喷气式发动机可以分为无压气机和有压气机两类。

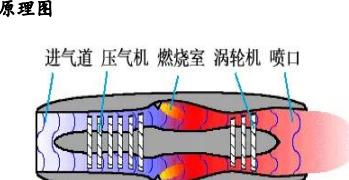
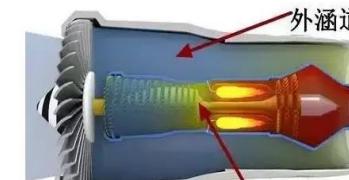
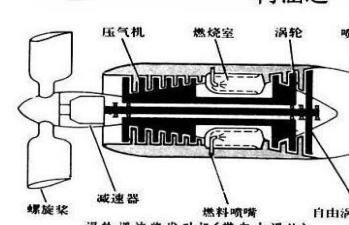
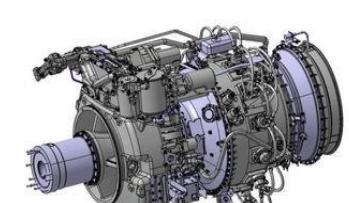
图表18：航空发动机分类



资料来源：《对我国军用航空发动机发展的思考》（张思和，【航空发动机】，2002年8月），华泰研究

目前，航空燃气涡轮发动机的主要分类为：燃气涡轮喷气发动机（涡喷发动机），燃气涡轮风扇发动机（涡扇发动机），燃气涡轮轴发动机（涡轴发动机）以及燃气涡轮螺旋桨发动机（涡桨发动机）。

图表19：涡轮发动机的分类

| 类型 | 简介 | 原理图 | 优势 | 劣势 |
|----------|--|--|---------|----------|
| 涡轮喷气发动机 | 由进气道、压气机、燃烧室、涡轮和尾喷管组成，战斗机的涡轮和尾喷管间还有加力燃烧室。通常用作高速飞机的动力，但油耗比涡轮风扇发动机高。 |  | 推力大 | 油耗高、寿命短 |
| 涡轮风扇发动机 | 涡扇发动机分为内涵道和外涵道，内涵道原理与单纯的涡喷发动机无异，称为核心机。由核心机流出的燃气中的可用能量，一部分用于带动低压涡轮以驱动风扇，一部分在喷管中用以加速喷出的燃气。广泛地运用于客机、运输机等。 |  | 推力大，油耗低 | 制造成本高 |
| 涡轮螺旋桨发动机 | 涡轮螺旋桨喷气发动机，简称涡桨发动机。涡桨发动机的本质类似于涡喷发动机接上一个减速器，并带动外部的螺旋桨。涡桨发动机通常用在小型或低速的亚音速飞机上。 |  | 油耗低 | 速度受限 |
| 涡轮轴发动机 | 由涡轮风扇发动机的原理演变而来，将风扇变成了直升机的旋翼。主要用在直升机和垂直短距起落飞机上。 |  | 油耗低 | 速度受限 |
| 桨扇发动机 | 介于涡扇发动机和涡桨发动机之间的一种发动机，可视作没有外涵道的涡扇发动机。经济性好，但噪声大，因此目前基本只有军用运输机在使用。 |  | 油耗低 | 速度受限，噪声大 |

资料来源：《发动中国航发，发动经济动力》（姜疆，2017年3月，新经济导刊），《航空涡轮发动机现状及未来发展综述》（焦华宾等，2015年12月，航空制造技术），华泰研究

第一代涡扇发动机出现在20世纪40-50年代，以英国的康维发动机、美国的JT3D发动机为代表，推重比在2左右；第二代涡扇发动机出现在20世纪60年代，以英国的斯贝MK202和美国的TF30发动机为代表，推重比在5左右；第三代涡扇发动机出现在20世纪70-80年代，以美国的F100、欧洲的RB199和苏联的AL-31F发动机为代表，推重比在8左右；第四代涡扇发动机出现在20世纪90年代，以美国的F119和欧洲的EJ200发动机为代表，推重比在10以上；第五代涡扇发动机出现在21世纪初，以美国的F135和英、美联合研制的F136发动机为代表，推重比为12-13。未来航空发动机推重比将不断提高，根据《航空涡轮发动机现状及未来发展综述》（焦华宾等，2015年12月，航空制造技术），美国已经开启第6代航空发动机的研发，预计推重比将达到16-18。

图表20：国际航空发动机划分

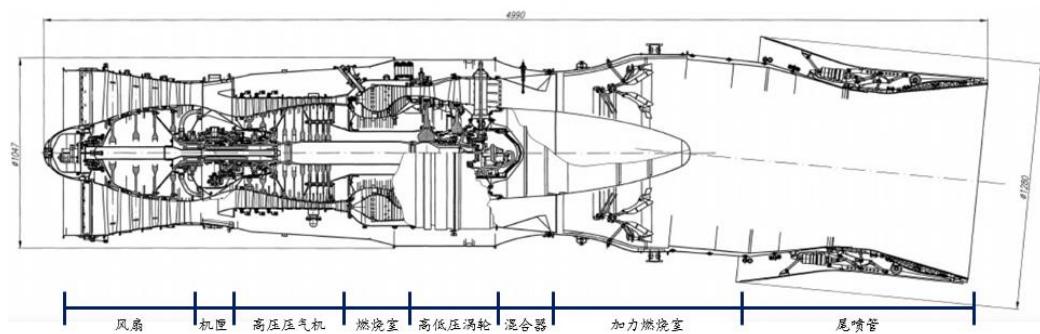
| 航空发动机代际划分 | 发动机 | 技术参数 | 对应的代表型号 |
|------------------|----------------|--|--|
| 第一代（20世纪40-50年代） | 涡轮喷气发动机 | 推重比2左右，涡轮前燃气温度1200-1300K | J57、BK-1、JT3D |
| 第二代（20世纪60年代） | 加力式涡轮喷气发动机 | 推重比5-6，涡轮前燃气温度1400-1550K | J79、TF30、SpeyMK202、M53-P2和P29-300 |
| 第三代（20世纪70-80年代） | 加力涡轮风扇发动机 | 推重比7-8，涡轮前温度1600-1800K | 美国的F100、F404、F110、西欧的RB119、法国的M-88、前苏联的PJI-33和AJI-31 |
| 第四代（20世纪90年代） | 高推重比加力涡扇发动机 | 推重比10以上，通道比0.2-0.4，增压比26-35，F119、F120、EJ200、F135、F136、AL-41F 涡轮进口温度1800-2000K | |
| 第五代（21世纪初） | 变循环涡扇发动机 | 推重比12-13，涡轮前温度超过2000K | 以美国的F135发动机和英、美联合研制的F136发动机为代表 |
| 第六代 | 美国开始预研并取得阶段性成果 | 推重比16-18 | 将可能用于美军新型制空战斗机或改装F-35战斗机 |
| 第七代 | 预研已经开始 | - | - |

资料来源：《发动中国航发，发动经济动力》（姜疆，2017年3月，新经济导刊），《航空涡轮发动机现状及未来发展综述》（焦华宾等，2015年12月，航空制造技术），华泰研究

部件拆分：新材料、新技术协同发动机改型

航空涡轮发动机主要由风扇、压气机、燃烧室、涡轮和尾喷管组成。从进气装置进入的空气在压气机中被压缩后，进入燃烧室并与喷入的燃油混合燃烧，生成高温高压燃气。燃气在膨胀过程中驱动涡轮作高速旋转，将部分能量转变为涡轮功。涡轮带动压气机旋转不断吸进空气并进行压缩，使发动机能连续工作。压气机、燃烧室和涡轮被称为核心机，在运行过程中，该部分将受到温度、压力和转速方面最苛刻条件的影响。因此，核心机将以更快的速度劣化，可能在每次大修时进行维修、更换，以恢复失去的性能。

图表21：航空发动机纵剖视图



资料来源：《航空发动机及其部件工作原理》（高双林，【北京航空航天大学出版】，2019年1月），华泰研究

对于战斗机发动机，其外涵道很小，有加力燃烧室，因此，风扇、外机匣的价值占比较低，但加力燃烧室、控制系统占比高；对于运输机发动机（客运、货运、军用），外涵道大，无加力燃烧室，因此，风扇、外机匣的价值占比高，控制系统占比较低；直升机发动机中，控制系统、减速机构的占比较高。

图表22：航空发动机部件价值拆分（%）

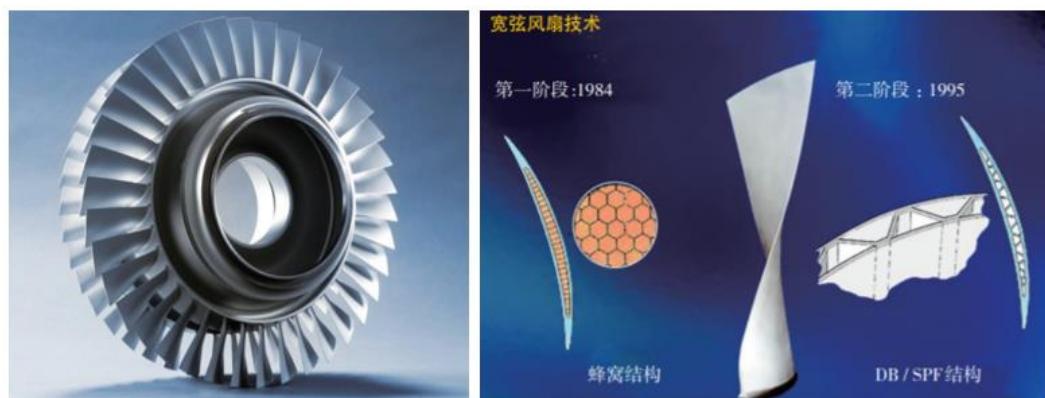
| 发动机部件及系统 | J79-17 | F100 | F101 | TF39(运输机) | GE发动机 | T700 (直升机) |
|----------|--------|------|------|-----------|-----------------------|--------------|
| 风扇 | 无 | 6.3 | 7.9 | 19.4 | 14.6 | 无 |
| 压气机 | 29 | 18.7 | 9.8 | 10.9 | 4.7 (低压) 11.8 (高压) | 3.8 |
| 燃烧室 | 2.8 | 3.1 | 4.3 | 3.3 | 4.4 | 8.1 |
| 高压涡轮 | 16.2 | 10.4 | 14.3 | 11.8 | 14 | 12.5 |
| 低压涡轮 | 无 | 5.1 | 7.5 | 13.2 | 16.7 | 9.8 |
| 加力燃烧室和喷管 | 13.4 | 26 | 22.7 | 无 | 无 | 无 |
| 机匣和外部结构 | 6.5 | 7.8 | 7.3 | 15.9 | 15 | 9.4 |
| 控制系统和附件 | 16.5 | 11.5 | 14.3 | 3.8 | 11.4 | 22.5 |
| 轴承和传动 | 5.9 | 3.1 | 2.6 | 5.2 | 3.5 | 8.3 |
| 其他和装配 | 9.7 | 8 | 9.3 | 16.5 | 2.8 | 25.6 (含减速装置) |
| 合计 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

资料来源：前瞻产业研究院《航空发动机成本占整机制造成本的 30%》(2014.1.17)，华泰研究

风扇：整体叶盘结构及复合材料技术或为发展趋势

目前，小涵道比发动机大多基于 20 世纪 60~80 年代的产品系列发展衍生而来，发动机的涵道比整体呈降低趋势，压缩系统的总压比提高趋势较为缓慢，高压压气机的压比基本保持在 5~7:1，因此需要通过提高风扇压比来增加压缩部件的总压比。目前，以 F119 为代表的小涵道比涡扇发动机基本都采用 3 级风扇，压比在 5:1 左右。小涵道比涡扇发动机的风扇除了采用宽弦空心叶片和复合材料技术，通常还采用整体叶盘结构。整体叶盘不仅减轻质量效果显著，同时对性能和结构可靠性也有所提升，美国 F119、F135 和 EJ200 发动机风扇和压气机转子都采用了整体叶盘结构。

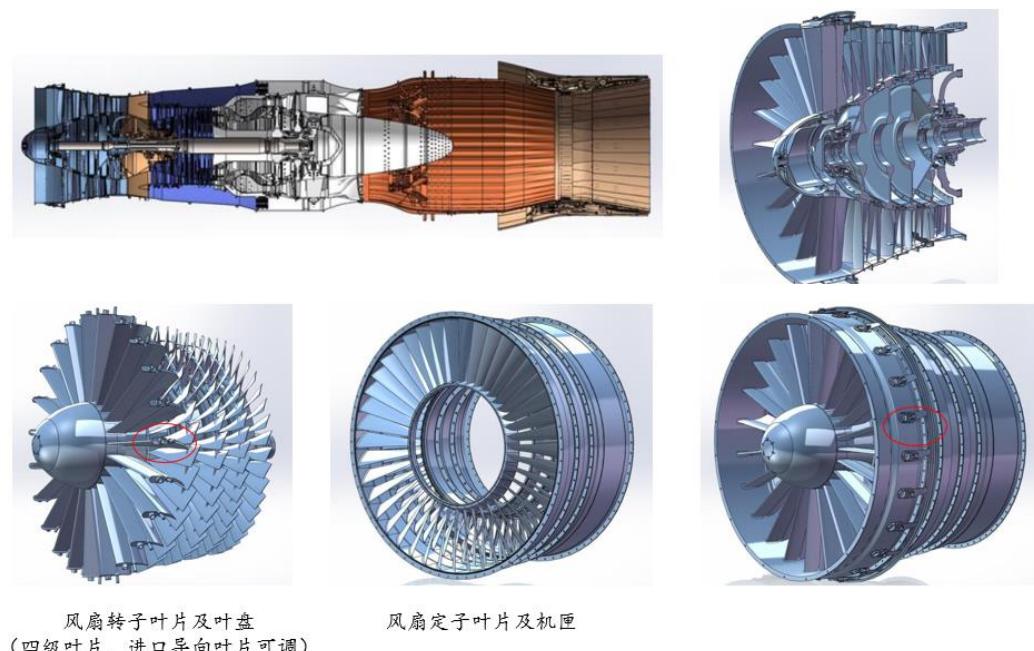
图表23：发动机结构：风扇



资料来源：《航空发动机风扇/压气机技术发展趋势》(温泉等, 【航空动力】，2020 年第 2 期)，华泰研究

树脂基复合材料风扇叶片是实现高性能宽弦风扇叶片推广应用的途径之一。根据《航空发动机风扇/压气机技术发展趋势》(温泉等, 【航空动力】，2020 年第 2 期)，20 世纪 90 年代，GE 公司吸取 GE36 UDF 发动机的研制经验，成功地开发了 GE90 发动机树脂基复合材料风扇转子叶片。该叶片的叶身和叶根由 IM7 中长碳纤维与增强的 8551-7 环氧树脂组成的称为“大力神”的 8551-7/IM7 复合材料制成一体。叶片的压力面涂覆聚氨酯防腐层，叶身的吸力面涂覆一般的聚氨酯涂层。为了提高叶片的抗大鸟撞击能力，在叶片前缘胶粘钛合金薄片；为了避免工作中复合材料叶片脱层，在叶尖与后缘处采用 Kevlar 细线缝合。采用该材料和工艺，不但明显减轻了风扇叶片本身的质量，还减轻了其包容系统、盘以及整个转子系统的质量，具备成本低、抗振、抗颤振性能好、抗损伤能力强等效果。

图表24：发动机结构：风扇



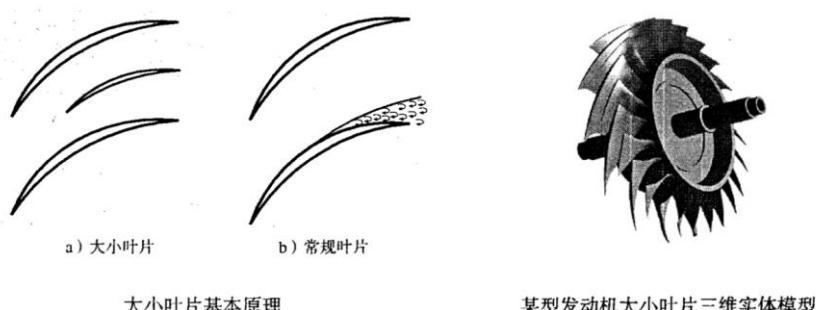
资料来源：《航空发动机风扇/压气机技术发展趋势》（温泉等，【航空动力】，2020年第2期），华泰研究

压气机：多级轴流压气机将向更高压比的方向发展

随着发动机更高推重比的发展需求，多级轴流压气机将向更高压比的方向发展。目前，大涵道比涡扇发动机的压缩部件总压比从 25~30:1 提升到了 50:1，由于其风扇部件的压比略有降低趋势，因此其增压级/中压压气机和高压压气机需要提高压比来满足高总压比的要求，目前 GE9X 发动机的 11 级高压压气机压比达到了 27:1。对于多级轴流压气机，级间匹配问题增加了流动复杂性，提高了压气机设计难度，往往需要经过多轮迭代才能满足设计要求。美国 GE 公司和普惠公司同时进行了 E³ 发动机研制，最终 GE 公司用 3 年时间经过多轮迭代设计与大量试验验证才满足设计需求。GE 公司形成的 E³ 发动机高压压气机技术，为后续 GE 公司高压压气机设计提供了技术支撑。GE90 发动机的高压压气机就是将 E³ 的高压压气机按流量放大，实现了 10 级压比 23:1，平均级压比达到 1.368:1，是当时平均级压比最高的民用发动机高压压气机。

航空发动机压气机大小叶片技术是轴流压气机设计的一项前沿核心技术，它在常规叶片通道的后部加入一片小叶片，可抑制甚至消除大弯度叶片叶背气流分离，又可避免常规叶片造成叶片槽道前部气流堵塞，在保持高效率、高气动稳定性的条件下具有比常规方案高得多的加功增压能力。

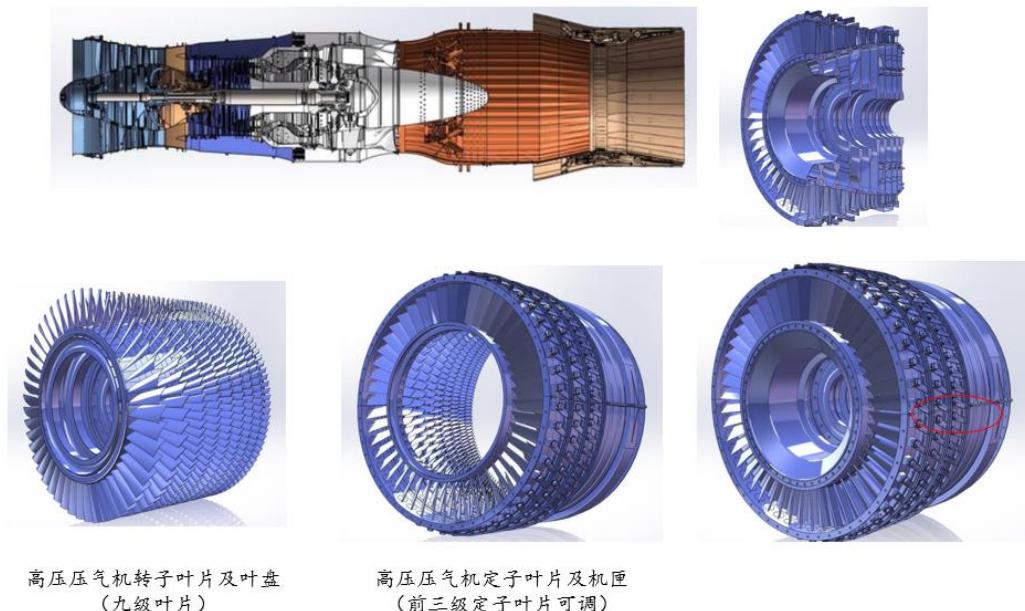
图表25：大小叶片示意图



资料来源：《航空发动机压气机大小叶片技术》（王东艺等，【海军航空工程学院学报】，2005年3月），华泰研究

目前普遍作为压气机盘和叶片材料的钛合金耐高温能力最高是 600°C 。随着压气机压比及出口温度的增加，在压气机的后几级也逐步采用了耐热钢和镍基高温合金。今后，随着压气机总压比的进一步提高，压气机的出口温度将继续提高，预计推重比 $15\sim20$ 的发动机压气机出口温度可达 760°C ，而目前的钛合金和镍合金已经难以满足这一温度要求。最近，国外粉末冶金镍合金全盘工艺取得了一定进展，通过增加难溶金属和更好地控制晶粒尺寸，已经发展了一种可使压气机排气温度升高 $40\sim70^{\circ}\text{C}$ 的新型盘合金。国外正在发展用于压气机叶片的聚合物复合材料，这种材料可使压气机叶片比钛合金轻 $30\%\sim50\%$ 。并且还研制一种阻燃钛合金，它将使压气机后面级的钛叶片取代铜叶片或镍叶片，可进一步减轻压气机的重量。

图表26：发动机结构：高压压气机



高压压气机转子叶片及叶盘
(九级叶片)

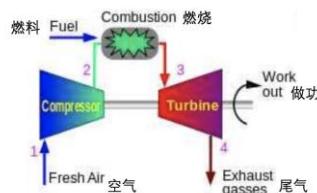
高压压气机定子叶片及机匣
(前三级定子叶片可调)

资料来源：《航空发动机压气机大小叶片技术》（王东艺等，【海军航空工程学院学报】，2005年3月），华泰研究

燃烧室：陶瓷基复合材料为关键候选材料

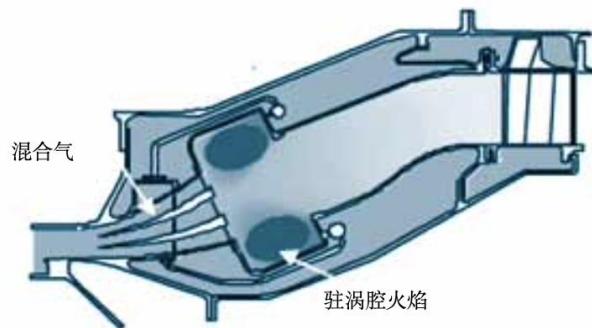
航空发动机的燃烧室位于压气机和涡轮之间，发动机工作时，在燃烧室供入燃料，与高压空气混合，形成可燃混合气，进行充分的燃烧，以提高气流温度，并在涡轮和喷管中膨胀做功。随着发动机的改进改型和新研，美国空军研究实验室和 GE 公司发展研究了驻涡燃烧组织技术，驻涡燃烧室是一种利用燃烧室内驻涡腔实现火焰稳定的创新型燃烧组织方案，具有在宽广的工作范围内性能稳定、地面/空中点火能量强、燃烧效率高、长度短、结构简单等特点。此项技术对燃烧室温升的提高、稳定工作范围的扩展、燃烧室耐久性的提高和排放的降低等方面产生较大推动，可以满足未来军用小涵道比发动机更高推重比、更低耗油率、更高机动性等要求。

图表27：发动机结构：燃烧室



资料来源：航亚科技招股说明书，华泰研究

图表28：驻涡燃烧室结构

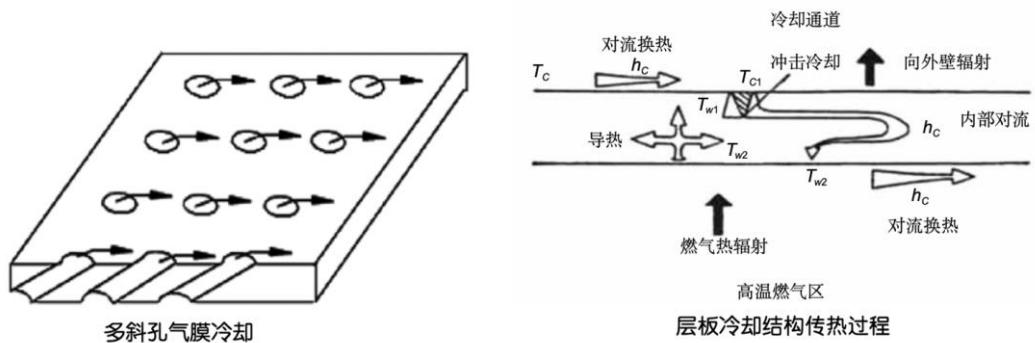


资料来源：《先进军用航空发动机燃烧室关键设计技术》（丁伟等，【航空科学技术】，2014年4月），华泰研究

为了使燃烧室在高温升、高热容条件下同时具有较高可靠性、耐久性和较低寿命期成本，一方面可以采用先进的火焰筒复合冷却和结构设计技术，另一方面可以开发耐温更高的材料。近年来各航空发动机公司主要通过第一种途径来提高火焰筒的耐温能力，比较先进的有多斜孔气膜冷却火焰筒、多孔层板火焰筒等。材料方面，由于陶瓷基复合材料、碳-碳复合材料的耐高温能力，它们仍然被视为未来发动机燃烧室最具潜力的关键候选技术。

多斜孔气膜冷却的原理是模仿发汗冷却的方法在火焰筒壁面上打出大量的发散小孔，隔离高温燃气与火焰筒壁面。与常规缝槽气膜冷却形式相比，多斜孔气膜冷却可节约 40% 的冷却气量，综合冷却效率可达 0.9。层板冷却结构的火焰筒壁温比较均匀，温度应力较小。可以有效提高燃烧室火焰筒的结构强度和寿命；层板冷却需要的冷却空气量少，能够有效缓解高温升燃烧室冷却空气量少的矛盾，大幅提高涡轮前温度和改善出口温度分布，从而提高航空发动机的推重比。

图表29：先进的火焰筒复合冷却技术示意图



资料来源：《先进军用航空发动机燃烧室关键设计技术》（丁伟等，2014年4月，航空科学技术），华泰研究

涡轮：单晶叶片与冷却技术为主要发展方向

航空发动机推力的提高很大程度上依赖于涡轮前总温 T_{3^*} 的提高。根据《航空发动机涡轮叶片冷却技术综述》（赖建和，【新型工业化】，2021年11月）， T_{3^*} 每提高 55°C，在发动机尺寸不变的条件下，发动机推力约可提高 10%。当代使用的航空发动机涡轮前温度已超过 2000K，应对高温所带来的问题主要有两个解决方法：(1) 提高材料的耐热性，发展高性能耐热合金，制造单晶叶片；(2) 采用先进的冷却技术，以少量的冷却空气获得更高的降温效果。其中材料的改善占 40%，冷却技术占 60%。

图表30：发动机结构：涡轮

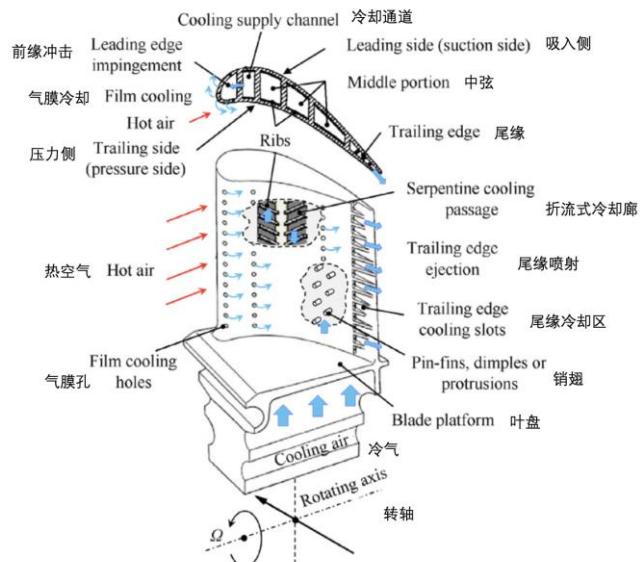


资料来源：《航空发动机及其部件工作原理》（高双林，【北京航空航天大学出版】，2019年1月），华泰研究

涡轮材料现已采用定向共晶合金、超单晶合金、机械合金化高温合金，近期发展方向是人工纤维增强高温合金、定向再结晶氧化物弥散强化合金以及新的能承受高温的材料，如金属间化合物及复合材料，碳-碳复合材料，陶瓷和陶瓷基复合材料。

先进的冷却技术可使高温部件承受更高的工作温度，使发动机寿命更长、可靠性更高。现阶段，航空发动机研究领域在涡轮叶片冷却方式的研究上已经做了不同程度的试验，并将涡轮叶片冷却方式主要划分为以下几种，分别为：冲击冷却、扰流柱冷却、带肋冷却、气膜冷却、双层壁冷却等，并且采用复合冷却的方式。

图表31：典型涡轮叶片内部冷却系统



资料来源：《A review of recent studies on rotating internalcooling for gas turbine blades》（Kirttayoth YERANEE 等，【Chinese Journal of Aeroautics】，2020年9月），华泰研究

图表32：发动机结构拆分

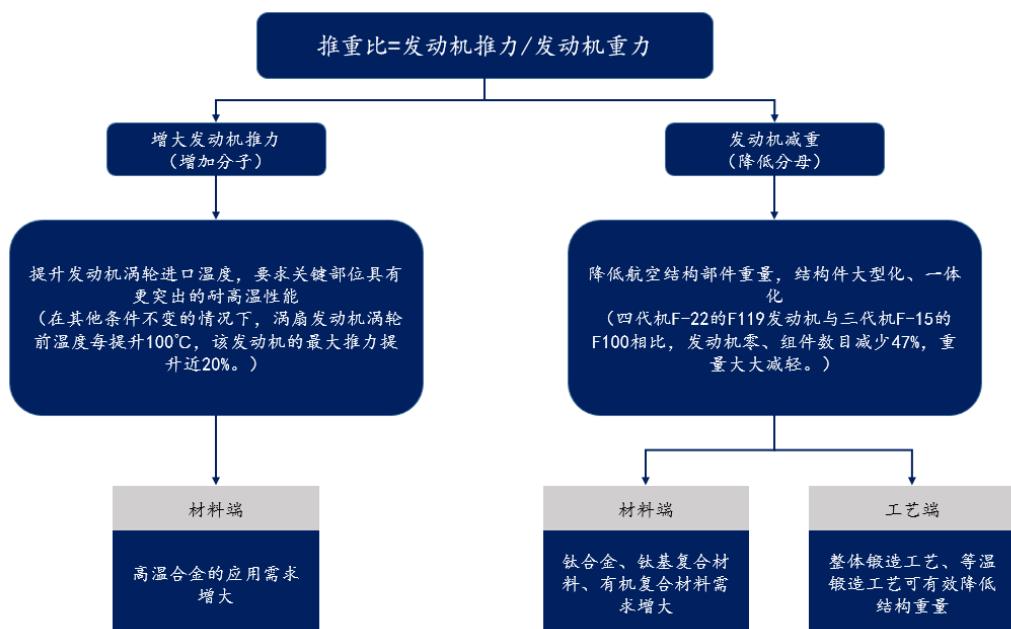
| 部件 | 结构 | 材料 | 工艺 |
|----------|---------|-------------|--------|
| 盘类 | 风扇盘 | 钛合金 | 锻造 |
| | 高压压气机盘 | 变形高温合金 | 锻造 |
| | 高压涡轮盘 | 粉末高温合金 | 粉末冶金 |
| | 低压涡轮盘 | 变形高温合金 | 锻造 |
| 叶片类 | 风扇叶片 | 钛合金、树脂基复合材料 | 锻造 |
| | 高压压气机叶片 | 变形高温合金 | 锻造 |
| | 高压涡轮叶片 | 铸造高温合金 | 定向凝固单晶 |
| | 低压涡轮叶片 | 铸造高温合金 | 铸造 |
| 机匣类 | 风扇机匣 | 钛合金、树脂基复合材料 | 锻造 |
| | 高压压气机机匣 | 变形高温合金 | 锻造 |
| | 涡轮机匣 | 变形高温合金 | 锻造 |
| | 中介机匣 | 钛合金 | 铸造 |
| | 涡轮后机匣 | 铸造高温合金 | 铸造 |
| 轴类 | 风扇轴 | 钛合金 | 锻造 |
| | 压气机轴 | 变形高温合金 | 锻造 |
| | 涡轮轴 | 变形高温合金 | 锻造 |
| 燃烧室 | | 变形高温合金 | 锻造+钣金 |
| 加力燃烧室及喷管 | | 变形高温合金 | 锻造 |

资料来源：《航空发动机及其部件工作原理》（高双林，【北京航空航天大学出版】，2019年1月），华泰研究

航发技术革新的本质：从“推重比”牵引到“系统综合效益”牵引

推重比是衡量战斗机发动机性能水平和工作能力的一个综合指标。提高推重比的主要实现路径为：1) 提高发动机推力（提高分子）；2) 降低发动机自重（降低分母）。

图表33：高推重比的实现路径



资料来源：《航空发动机涡轮叶片冷却技术综述》（赖建和，【新型工业化】，2021年11月），华泰研究

美国综合高性能涡轮发动机技术(IHPTET)计划的主要目标是采用渐进式发展计划，使军用涡扇发动机推重比翻番。根据《Contact stress in dovetail attachments: finite element modeling》(Sinclair G B, Cormier N G, Griffin J H, et al, 【Journal of Engineering for Gas Turbines and Power】，2002, 124: 182—189.)，IHPTET的长远目标是性能翻番，即将战斗机用发动机的推重比相较于YF119初始设计值提高一倍。

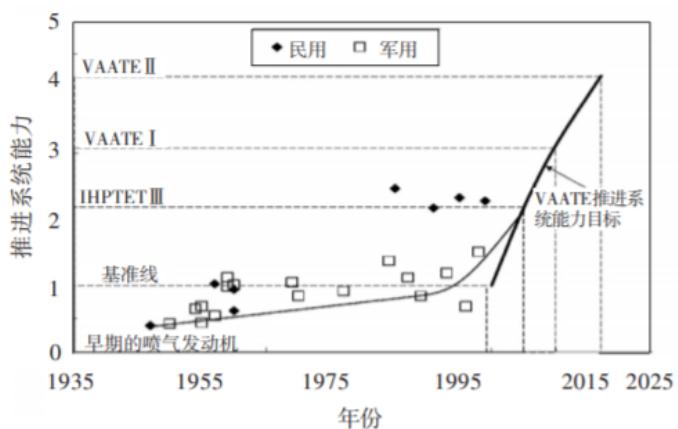
图表34: IHPTET 计划各阶段目标

| | 第 I 阶段 (1993 年) | 第 II 阶段 (1997 年) | 第 III 阶段 (2005 年) | 最终结果 (2005 年) |
|-------------|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 涡扇/涡喷发动机推重比 | +30% (推重比达 10.4) | +60% (推重比达 12.8) | +100% (推重比达 16.0) | +70% (推重比达 13.6) |

资料来源:《Contact stress in dovetail attachments: finite element modeling》(Sinclair G B, Cormier N G, Griffin J H, et al, 『Journal of Engineering for Gas Turbines and Power』, 2002, 124: 182—189.), 华泰研究

IHPTET 计划的后继计划——多用途、经济可承受的先进涡轮发动机(**VAATE**)计划,集中关注多用途核心机、智能发动机与耐久性三大领域。其旨在通过开发多用途发动机技术,验证其经济性,并将先进的涡轮发动机技术转化应用在型号产品上,以获得革新的性能改进。**VAATE** 计划中提出了技术能力经济性指标,该指标不仅关注发动机的推重比与油耗,同时还强调研制、生产和维护成本。这反映美国在推进系统技术指导思路上发生了重要变化:改变了 **IHPTET** 计划中主要以推重比和耗油率为主的评价体系,采用经济可承受性作为评价标准,强调向系统综合要效益。

图表35: 大型涡扇发动机的推进系统能力



资料来源:《航空发动机推重比技术指标研究》(孟令勇等,『燃气涡轮试验与研究』,2016年4月),华泰研究

不同机型的推重比要求存在差异性。军民用发动机在性能、环境性、低可探测性、可靠性、维护性、成本等各方面的要求都不尽相同。战斗机用发动机通常是小涵道比、高单位推力发动机,强调发动机截面面积小和推重比高;而运输机用大涵道比发动机单位推力小和低耗油率比推重比或截面面积都重要。有人超声速战斗机要求高机动性以实现空对空作战,因此会十分强调高推重比。而高空长航时无人机(HALE UAV)则要求极长耐久力,对机动性要求低,因此耗油率是主要考虑因素。

图表36: 推进系统要求与飞机要求

| 推进系统要求性能 | 亚声速有人战斗机 | 隐身亚声速攻击 UAV | 隐身多任务武装 UAV | 高空长航时监视 UAV | 高级军用教练机 | 隐身巡航导弹 |
|----------|----------|-------------|-------------|-------------|---------|--------|
| 低推重比 | L | M | M | H | L | M |
| 高推重比 | H | M | M | L | M | L |
| 高 T1 | H | H | M | L | M | M |
| 高起飞功率 | M | M | M | H | L | L |
| 高空工作 | M | M | M | H | M | M |
| 机动性 | H | M | M | L | H | L |

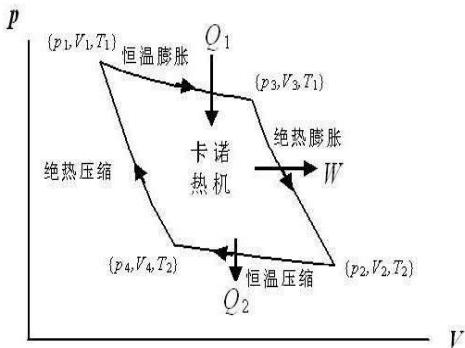
注:图中 H、M、L 分别表示要求的高、中、低;

资料来源:《航空发动机推重比技术指标研究》(孟令勇等,『燃气涡轮试验与研究』,2016年4月),华泰研究

推重比的提升与发动机热端材料性能密不可分。现代涡轮喷气发动机的结构由进气道、压气机、燃烧室、涡轮和尾喷管组成,战斗机的涡轮和尾喷管间还有加力燃烧室。涡轮喷气发动机仍属于热机的一种,就必须遵循热机的做功原则:在高压下输入能量,低压下释放能量。因此,从产生输出能量的原理上讲,喷气式发动机和活塞式发动机是相同的,都需要有进气、加压、燃烧和排气这四个阶段,不同的是,在活塞式发动机中这 4 个阶段是分时依次进行的,但在喷气发动机中则是连续进行的。

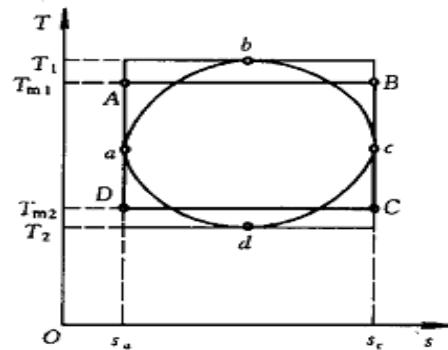
热力学第二定律指出所有热机的热效率均有一个上限值。热效率的上限和热机输入热的温度（热源温度）及热机的环境温度（冷源温度）有关。我们可以用卡诺循环来表示理想的热机循环热效率。在卡诺循环中，当吸热量为 Q_1 ，放热量为 Q_2 时，循环所作净功为 $W_0=Q_1-Q_2$ ，根据卡诺循环的热熵曲线可得卡诺循环的热效率为： $\eta=1-T_2/T_1$ ，由此可以看出，热机的输入热源温度 T_1 越高，热机工作效率越高。

图表37：热机卡诺循环压力-体积曲线



资料来源：《热工学》（蒋汉文等，【高等教育出版社出版】，1984年4月），华泰研究

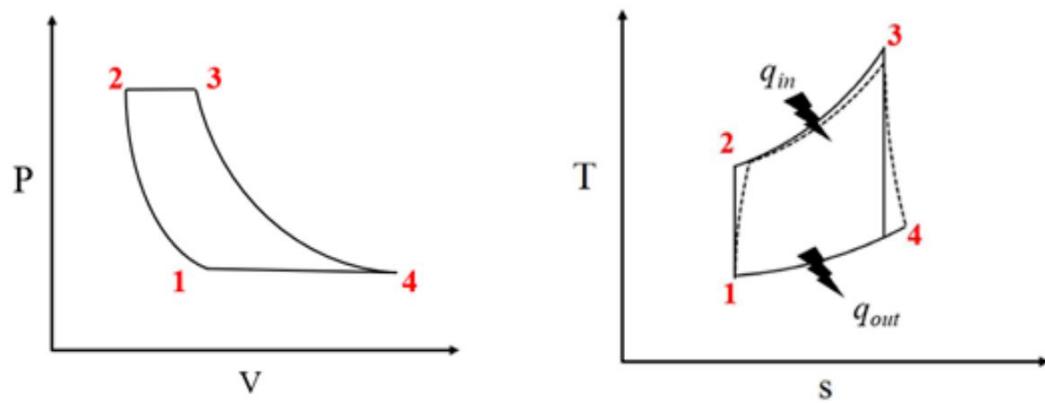
图表38：热机卡诺循环热熵曲线



资料来源：《热工学》（蒋汉文等，【高等教育出版社出版】，1984年4月），华泰研究

航空发动机工作过程中的热力学循环为布雷顿循环。就喷气式发动机而言，初始状态1表示大气气体状态，气体经由进气道被吸入压气机压缩的过程是1-2的等熵压缩过程，理想情况下在这个阶段，空气的总熵不变，气体受压缩作用使得温度上升。气体从点2到点3是在燃烧室中进行等压加热。经过燃烧室加热后高温气体经过涡轮等熵膨胀（对应3-4的循环阶段），在这个过程中推动涡轮做功，自身内能下降温度降低。分析布雷顿热力学循环可以看出，3点的温度越高，气体在涡轮前内能越高，在经过涡轮时膨胀做功也越多，进而推动发动机产生更大的推力。这一点的温度也叫涡轮前温度，是航空发动机的重要设计参数，目前喷气发动机普遍能到1400K以上，一些战斗机搭载的发动机涡轮前温度能到2000K左右，对发动机热端材料及冷却系统设计提出了挑战。因此，动力领域对工作温度要求的提升将带动相关材料的升级换代。

图表39：航空发动机布雷顿循环工作示意图



资料来源：《热工学》（蒋汉文等，【高等教育出版社出版】，1984年4月），华泰研究

图表40：航空燃气涡轮发动机不断涌现的新技术

| 年代 | 1940-1959 | 1959-1969 | 1969-1979 | 1980-1999 | 2000-2020 |
|------|--------------|------------|-------------|---------------------|-----------------|
| 机种 | 涡喷、涡桨、涡轴 | 涡喷、涡桨、涡轴 | 涡喷、涡桨、涡轴、涡扇 | 涡喷、涡桨、涡轴、涡扇 | 涡喷、涡桨、涡轴、涡扇 |
| 结构 | 轴流式压气机、加力燃烧室 | 环管燃烧室、可调喷管 | 三转子结构、环形燃烧室 | 宽弦叶片、空心叶片、整体叶盘、矢量喷管 | 无盘转子、多点燃油喷管 |
| 技术进展 | | | | | |
| 材料 | 高温不锈钢、钛合金 | 镍基合金 | 低温复材 | 单晶材料、低应力陶瓷 | 高温复材、金属间化合物 |
| 工艺 | 锻造、机加、抛光 | 复合加工、自动化加工 | 粉末冶金、高速切削 | 定向结晶铸造、超塑成形、电化学加工 | 陶芯成型、3D 打印、绿色加工 |

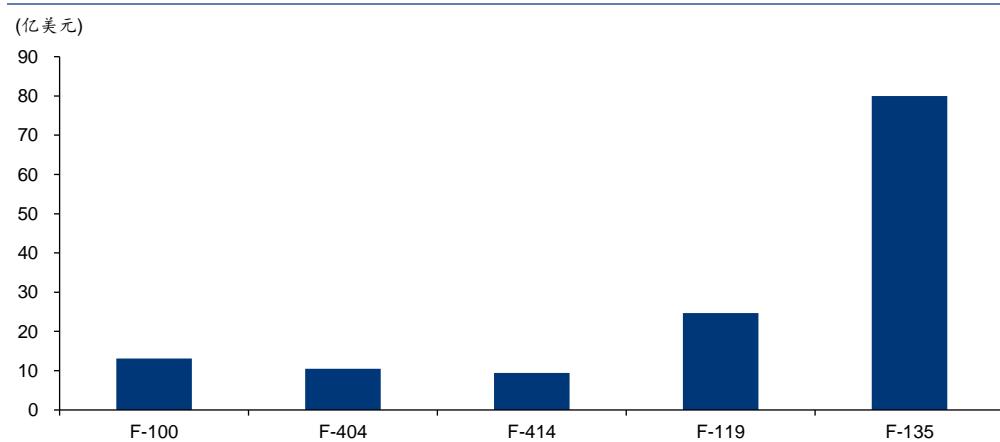
资料来源：《航空发动机科学技术的发展与创新》（王强等，【科技导报】，2021年2月），华泰研究

高技术壁垒铸造行业黄金发展期

高投入、高回报

航空发动机研制正朝着不断追求更高的综合性能的方向发展，其研制难度逐渐增大，所需的研制费用必然大大提高。根据《航空发动机研制降低费用、缩短周期技术综述》（李华文等，【航空发动机】，2006年4月），国外80年代水平的各类航空发动机的研制经费一般需5-20亿美元。美国在1988~2005年期间实施的IHPTET计划中共投入50亿美元，在后来的VAATE计划中15年内共投入37亿美元。

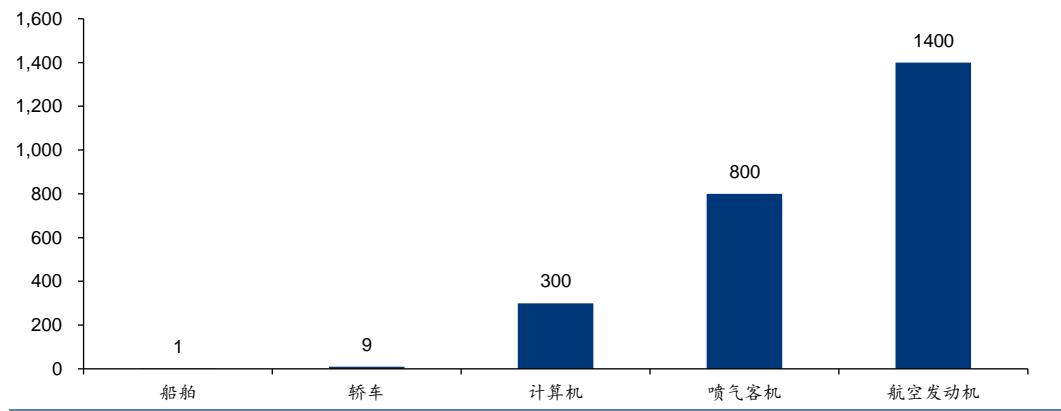
图表41：美国几种发动机的研制费用



资料来源：《航空发动机研制降低费用、缩短周期技术综述》（李华文等，【航空发动机】，2006年4月），《猛禽与闪电之心——F119、F135发动机》（火心2000，【航空世界】，2016年8月），华泰研究

与航空发动机研制过程中的高投入相对应的是高附加值。根据日本通产省统计，航空发动机的单位重量创造价值是1400，远远超过了船舶、汽车、电视、计算机等。三大航空发动机企业的研发投入和稳定的毛利率水平也可以部分反应航空发动机产业的高投入和高回报的特点。

图表42：产品单位重量创造的相对价值



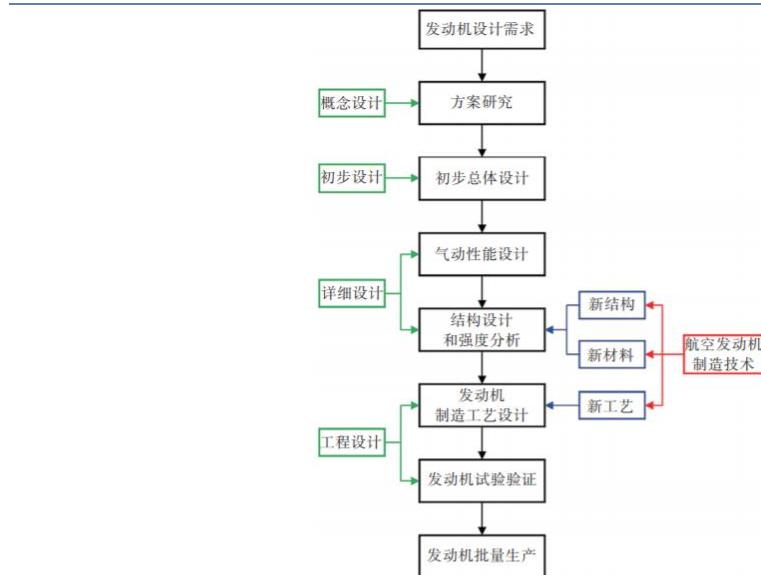
注：以船舶的单位重量创造价值定义为 1，图中的数字绝对值代表相较船舶创造价值的倍数

资料来源：《航空发动机科学技术的发展与创新》（王强等，【科技导报】，2021 年 2 月），华泰研究

研制周期长

全新研制一型跨代航空发动机比全新研制同一代飞机时间长一倍。根据《基于“结构—材料—工艺”一体化大工程观理念的课程建设研究》（牛序铭，【工业和信息化教育】，2021 年 6 月），飞机研制周期一般为 8 年左右，而高性能的航空发动机研制周期长达 15~20 年的时间（其中包括预先研究）。GE 公司的经典三代涡扇发动机 F110 由成熟的 F110 核心机发展而来，其研制也耗费了 6 年的时间。我国第一台自主设计研发的涡喷发动机“昆仑”耗费了整整 15 年的时间；第三代军用大推力涡扇发动机“太行”的研制花费了 18 年之久。

图表43：航空发动机研制流程



资料来源：《基于“结构—材料—工艺”一体化大工程观理念的课程建设研究》（牛序铭，【工业和信息化教育】，2021 年 6 月），华泰研究

图表44: F119 发动机发展历程中的几个重要里程碑

| 时间 | 事件 |
|-------------|------------------------|
| 1983年9月30日 | ATF用发动机签订研制合同 |
| 1985年9月 | XF119零部件加工 |
| 1986年4月 | 首台XF119(FX601)上台架试车 |
| 1987年末 | 飞机提出需增加发动机推力 |
| 1989年1月 | 首台用于飞机评定的YF119上台机试车 |
| 1990年1月30日 | YF-22/YF119首飞 |
| 1990年8月27日 | YF-23/YF119首飞 |
| 1990年9月18日 | 装YF119的YF-23进行第一次超声速巡航 |
| 1990年10月30日 | 装YF119的YF-22进行第一次超声速巡航 |
| 1990年12月 | 装YF119的YF-22进行第一次推力换向 |
| 1991年4月23日 | 美国空军选中YF-22/YF119 |
| 1991年8月3日 | 签订EMD合同 |
| 1997年9月7日 | 装F119发动机的F-22战斗机首飞 |

资料来源:《猛禽与闪电之心——F119、F135发动机》(火心2000,【航空世界】),2016年8月),华泰研究

图表45: 美国军用发动机技术改革相关国防文件

| 序号 | 计划名称 | 实施年代 | 备注 |
|----|------------------------|-----------|---|
| 1 | 航空航天推进计划 | 1959~ | 推重比6~8发动机预研,材料为重要专项之一。 |
| 2 | 发动机部件改进(ECI)计划 | 1977~1981 | 推重比8发动机改进型,对材料的使用可靠性进行了深入研究。 |
| 3 | 发动机热端部件技术(HOST)计划 | 1980~1987 | F100、F110发动机改进型,重点研究了涡轮叶片的材料特性和防护涂层 |
| 4 | 综合高性能涡轮发动机技术(IHPTET)计划 | 1988~2005 | 新一代推重比12~15一级涡扇/功重比11~12一级涡轴发动机预研。 |
| 5 | 先进高温发动机材料技术计划(HITEMP) | 1989~2005 | 对先进复合材料的可行性验证、结构分析模型的证实及试验方法的研究。包括金属间化合物、陶瓷、高分子复合材料等。 |
| 6 | 先期概念技术演示验证计划(ACTD) | 1995~2005 | F119涡扇发动机/PW207涡轴发动机研制,侧重于材料与制造技术的工程化研究。 |
| 7 | 极高效的发动机技术(UEET)计划 | 2000~2005 | 面向GENX涡扇发动机、AE1107涡轴发动机研制,材料为七个子课题之一。 |
| 8 | 先进航空发动机材料(ADAM)计划 | 2003~ | 研究下一代发动机用单晶合金、轻质量高温软磁材料、先进金属基复合材料、革新的粉末材料、先进的粘接技术。 |
| 9 | 下一代制造技术计划(NGMTI) | 2004~2008 | 金属加工制造和复合材料加工制造是其中两个重要研究领域。 |
| 10 | 通用经济可承受先进涡轮发动机(VAATE) | 2006~2017 | 面向新一代推重比15~20一级涡扇/功重比12~15一级涡轴发动机预研,强调军民共用技术。材料作为四个研究计划的重点技术支持小组之一。 |

资料来源:《航空发动机科学技术的发展与创新》(王强等,【科技导报】),2021年2月),华泰研究

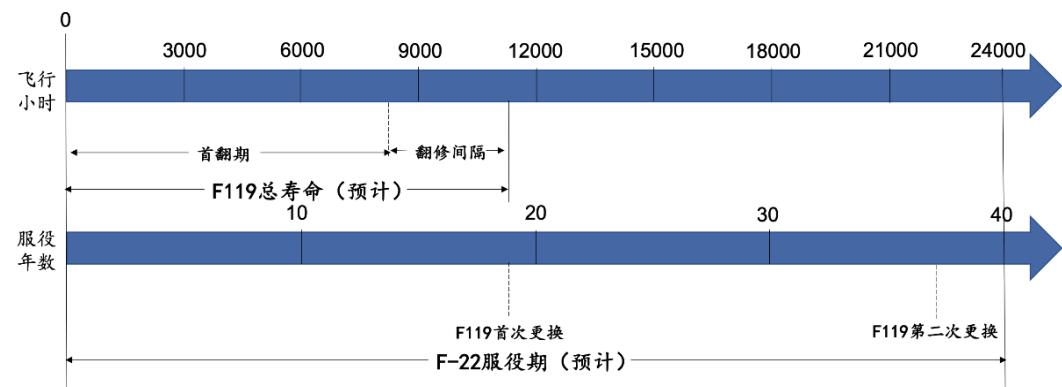
航空发动机的试验验证十分严苛。为确保研制的发动机能可靠工作,需对发动机进行大量的主要零部件试验和整机试验,以考核设计、制造与选材等方面是否满足要求。同时通过试验,还能暴露出原设计中的不足并予以改进,以不断提高发动机的性能与可靠性。试验工作越多、越深入,发动机的可靠性就越有保证。为此,在发展一种发动机时,需进行大量部件与整机试验,一般须用10~20台发动机进行大约一万余小时整机试验,十万余小时的部件与附件试验。普惠公司的PW4000第1种系列发动机(即风扇直径为94寸的系列发动机)在定型(1986年6月定型)前为取得适航证共进行过75项试验,其中包括:24项发动机整机试验、19项试验器上的主要零件试验、32项部件试验,另外还有两个飞机飞行试验计划。地面试车中用了6台发动机,飞行试验用了5台发动机,即为定型用的发动机共11台,另外还有3台发动机在定型后继续进行“定型后加速循环试验”(PACER)。

服役周期长+耗材属性明显

航空发动机寿命的衡量一般按照小时数或循环数来计算。飞机完成一次从起飞到着陆的过程,被称为发动机完成一次工作循环。发动机每工作一个循环,就经历了从启动到高速运转再到关闭的过程,这意味着许多部件受力经历了从零到最大再到零,长此以往,材料就会出现疲劳。航空发动机工作寿命往往由材料的疲劳性决定,疲劳性是指使用中因受各种应力的反复作用而产生疲劳,使制品的物理机械性能逐渐变坏,产生裂口、生热、剥离、破坏等,以致最后丧失使用价值的性能,因此具有耗材属性。

当前航空发动机工作寿命普遍小于飞机服役期限。根据美国国防部数据，以五代战斗机 F-22 为例，其发动机为 F119 涡轮风扇发动机，发动机总寿命超过 10000 小时。目前美国空军的飞行员每人每年的训练时间为 300 小时，如果每一架单座战机都配备 2 名飞行员，F-22 每年在空中的飞行时间是 600 小时，则每 18 年需要更换一次发动机。F-22 的预期服役时长为至少 40 年，并且 F-22 采用双发动机设计，那么在预计服役期限内，至少需要更换 4 台 F119 发动机。

图表46：航空发动机工作寿命与飞机服役期限图解（以 F119 发动机与 F-22 战斗机为例）

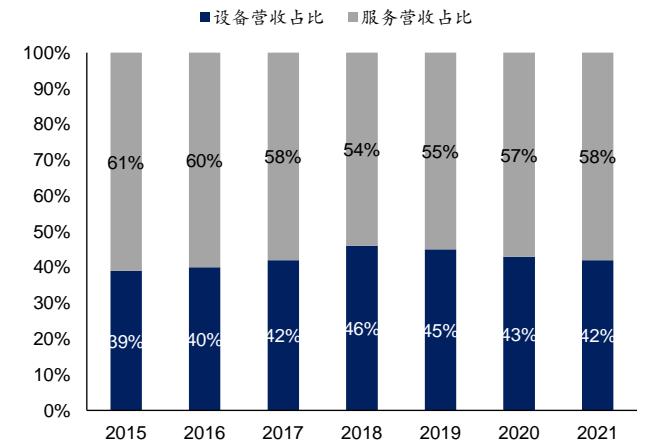


注：图中 F119 发动机总寿命按 11000 小时计，翻修间隔按 3000 小时计。首翻期与翻修间隔期分别是装备整机的首次大修期限和后续大修间隔期限。

资料来源：Air Force Magazine, 《In-line Oil Debris Monitor For Aircraft Engine Condition Assessment》(JL. Miller, [IEEE], 2000 年)，华泰研究

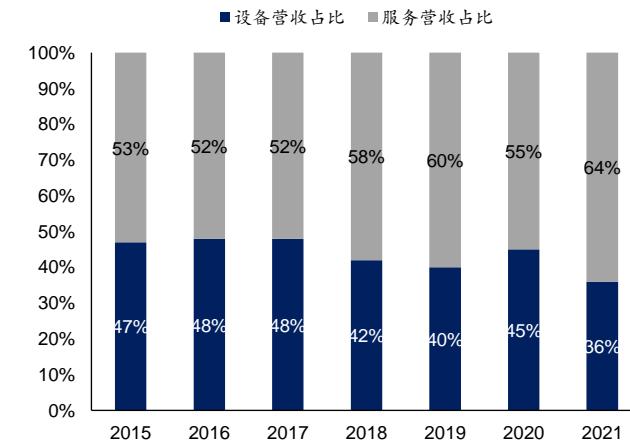
由于武器系统服役的时间更长，维护费用在发动机整个生命周期内的总费用占比越来越大。相对于航发新机采购价值，航发维修市场天花板更高，2015-2021 年罗罗公司的军、民用航发的售后服务（包括维修、服务等费用）营收占比均超过 50%。

图表47：罗罗公司军用航空发动机原始设备和售后服务营收占比



资料来源：罗罗公司年报，华泰研究

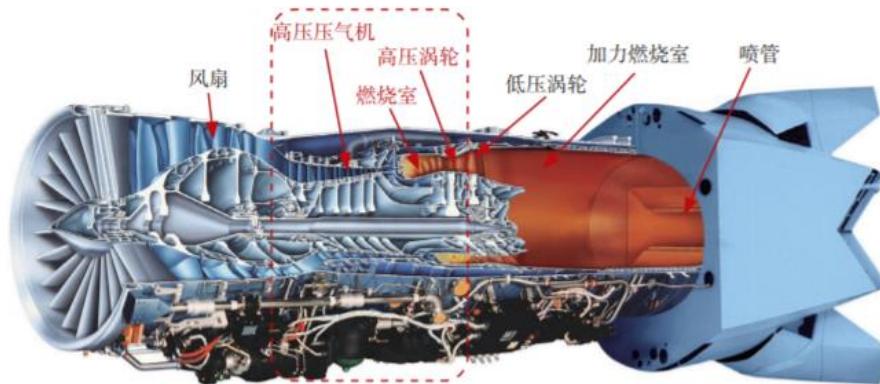
图表48：罗罗公司民用航空发动机原始设备和售后服务营收占比



资料来源：罗罗公司年报，华泰研究

基于高风险的特点，各航空发动机巨头纷纷倾向于基于自身技术特点走出一条航空发动机产品的系列化、衍生化发展道路。由高压压气机、燃烧室和高压涡轮组成的发动机核心机，包括了推进系统中温度最高、压力最大、转速最高的组件，其成本和周期在发动机研制中占比重大，是发动机研制主要难点和关键技术最集中的部分。发动机研制过程中发生的 80% 以上的技术问题都与核心机密切相关。

图表49：美国 F119 发动机的核心机



资料来源：《核心机技术发展研究》（韩玉琪等，【航空动力】，2021年2月），华泰研究

核心机衍生发展发动机产品的主要方式有以下几种：

一是核心机不动，改低压部件，例如 F101 发动机与 F110-GE-100 发动机。F110-GE-100 发动机的风扇是 F404 发动机风扇的比例放大；核心机与 F101 发动机的基本相同，为了适应直径减小的风扇流路，少量改动了高压压气机静子的作动系统、放气系统、燃油管路和燃烧室机匣的后部构件；低压涡轮以 F101 发动机的低压涡轮为基础重新设计；加力燃烧室是 F101 发动机燃烧室的缩小型，喷管基于 F101 和 F404 发动机的喷管改型。

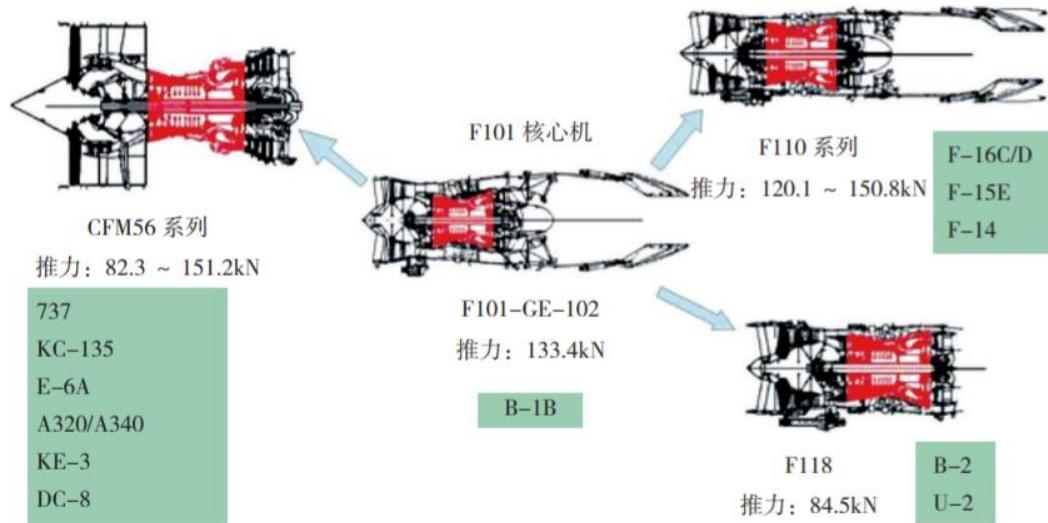
二是改变流道件或者改变高压轴转速，例如 F110-GE-100 发动机与 F110-GE-129 发动机。F110-GE-129 发动机继承了 F110-GE-100 发动机 81% 的零部件；使用新材料，提高了涡轮进口温度和转子速度，增大了涡轮压力；采用改进性能的全权限数字式电子控制（FADEC）系统，代替了模拟式电子控制器和机械 - 液压式控制器。

三是核心机加减级。增加级数的如 F100-PW-220 发动机与 F100-PW-229 发动机，将 9 级高压压气机的前 4 级改成 5 级，增大了流量。减少级数的如 GE90-76B 发动机与 GE90-90B 发动机，GE90-90B 发动机按照三维气动力技术设计高压压气机叶片，并取消了第 10 级，总级数减少为 9 级。

四是核心机按比例缩放。例如，英国罗罗公司的遄达 800 发动机与遄达 900 发动机。遄达 900 发动机高压压气机是遄达 800 按 90% 比例的缩小型；遄达 900 高压涡轮几何尺寸基本与遄达 800 相同，高压涡轮的转速比遄达 800 高。

航空发动机高技术、寡头垄断下的衍生化发展模式，确保了一旦以一款成熟的产品进入市场，接下来就有望享受 **30-50 年的持续稳定盈利**。采用衍生化的发展路线，一是可以继承原始机型的优点；二是降低新技术台阶的跨度，从而节省经费、缩短周期、降低风险。美国 GE 基于 F101 核心机衍生发展出一系列、满足不同场景使用要求的发动机产品。其中的 CFM56 更是成为了民用航空发动机界的传奇，迄今为止持续运营近 40 年。

图表50: F101 核心机的衍生系列化发展



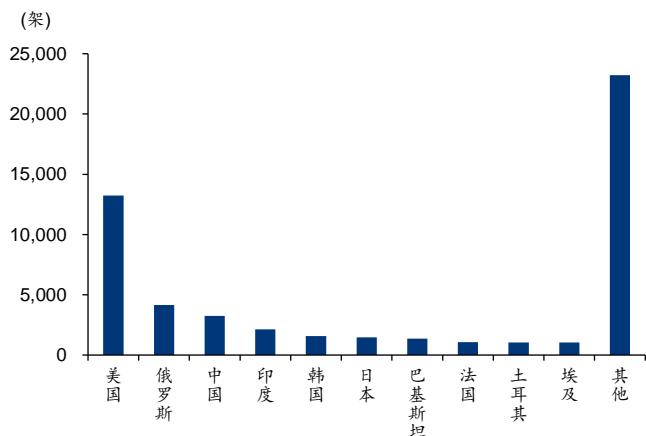
资料来源: 《核心机技术发展研究》(韩玉琪等, 【航空动力】), 2021年2月), 华泰研究

市场篇：军民双驱动，需求前景可观

军机市场：装备列装加速叠加后装维修需求，年均市场超千亿

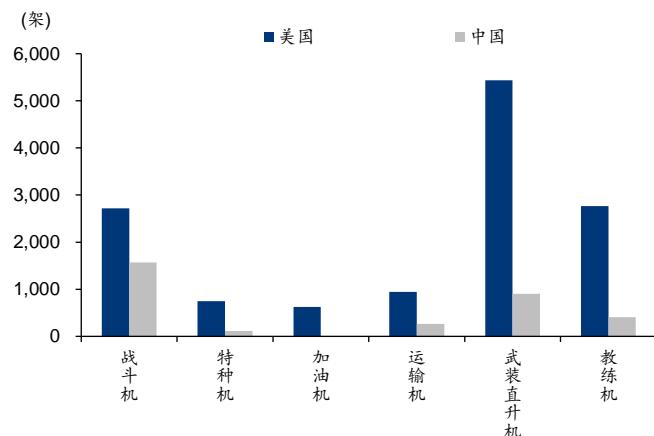
我国军机在数量上与美国存在较大差距，总量提升需求显著。军用飞机是直接参加战斗、保障战斗行动和军事训练的飞机的总称，是航空兵的主要技术装备。据《World Air Forces 2021》统计，美国现役军机总数为 13232 架，在全球现役军机中占比为 25%，而我国现役军机总数为 3260 架，在全球现役军机中占比仅为 6%。按各个细分机型来看，战斗机是我国军机中的主力军，总数为 1571 架，但数量不到美国同期的 60%，且其他机型的数量都远落后于美国，我国未来军机总量提升需求显著。

图表51：各国现役军机数量（架）



资料来源：《World Air Forces 2021》，华泰研究

图表52：中美现役军用飞机数量对比（架）



资料来源：《World Air Forces 2021》，华泰研究

除军机数量外，我国军机在先进性上也与美国有较大差距，预计两国军机质和量的差异将驱动军机规模扩张和产品升级。美国现役歼击机以三代机和四代机相结合，数量分别为 1778 架和 374 架；而我国现役歼击机依然以二代机和三代机为主，数量分别为 561 架和 620 架，四代机则仅有 19 架在役。我国军机目前处于更新换代的关键时期，预计未来老旧机型将逐渐退役，新型战机将加速列装；特种飞机、运输机等军机也将有较大幅度的数量增长及更新换代的需要。

我国空军目前正在向战略空军转型，未来 10 年带来军机需求规模约 1.95 万亿元。当前我国军用飞机正处于更新换代的关键时期，未来 10 年现有绝大部分老旧机型将退役，歼-10、歼-11、歼-15、歼-16 和歼-20 等将成为空中装备主力，新一代先进机型也将有一定规模列装，运输机、轰炸机、预警机及无人机等军机也将有较大幅度的数量增长及更新换代需要。假设 2021-2030 年二代机全部替换为三代机，且战斗规模按机种结构达到美国的 1/2，我们预计未来十年中国军机将有 1.95 万亿元的市场空间。根据《World Air Forces 2021》，2020 年我国共有歼-10、歼-11、歼-15、歼-16 系列战机 620 架，歼-20 系列战机 19 架，作战支援飞机 115 架，大型运输机 264 架，武装直升机 405 架，通用运输直升机 902 架，结合前瞻产业研究院对 2021-2030 年中国军机需求规模及市场空间预测情况，2030 年市场规模将达到 19508 亿元。

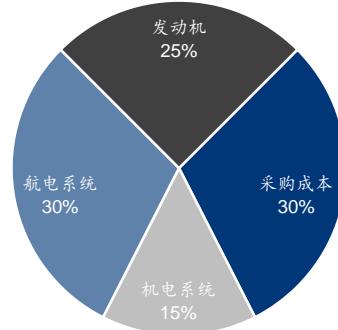
图表53：2021E-2030E 中国军机需求规模及市场空间预测情况

| 分类 | 机种 | 飞机数量 (架) | 单价 (亿元) | 空间 (亿元) |
|-------|-----------|----------|---------|---------|
| 固定翼飞机 | 歼-10/歼-11 | 800 | 2.1 | 1680 |
| | 歼-10C | 400 | 3.5 | 1400 |
| | 歼-15 | 240 | 4.2 | 1008 |
| | 歼-16 | 600 | 3.5 | 2100 |
| | 歼-20 | 800 | 10 | 8000 |
| | 作战支援飞机 | 300 | 2.8 | 840 |
| | 大型运输机 | 200 | 12 | 2400 |
| | 武装直升机 | 600 | 1.3 | 780 |
| | 直升机 | 通用运输直升机 | 1000 | 1.3 |
| 合计 | | / | / | 19508 |

资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

据前瞻产业研究院发布的研究数据，发动机占军用飞机成本的 25%，综合以上数据，我们预测 2021-2030 年新装发动机市场累计规模达到 4877 亿元，年均 487.7 亿元。

图表54：2014 年军用飞机成本拆分

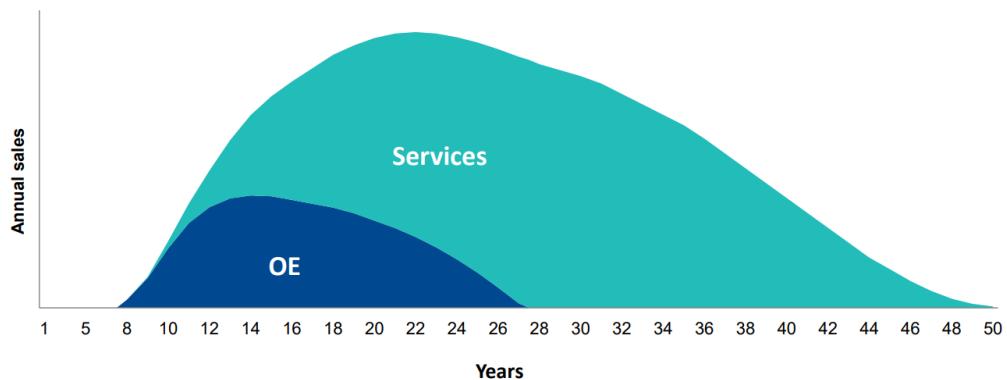


资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

广阔后市场铸造航空发动机坡长雪厚赛道。根据英国罗罗公司 2014 年 6 月 19 日投资者简报，航空发动机售后服务收入至少是新机销售收入的 4 倍。

图表55：航空发动机售后服务收入至少是新机销售收入的 4 倍

Typical programme life cycle
Services revenue is at least 4 times net OE selling price



资料来源：英国罗罗公司投资者简报，华泰研究

按发动机生命周期费用拆分：研发、整机制造、运营维修分别占 10%、40%和 50%。航空发动机全寿命周期要经历研发制造、采购、使用维护三个阶段。研发阶段分为设计、试验、发动机制造、管理等环节。在全寿命周期中，研发制造、采购、维护的比例分别为 10%、40%、50%左右。一台民用大涵道发动机使用寿命约 25 年，平均每 5 年进行一次大修，发动机维修即对发动机部件进行检测、修理、排故、翻修及改装等，在全寿命周期中维修费用约占 50%，与发动机本身的价值相当。考虑到“全面聚焦备战打仗”背景下训练量所增加，以及军用航空发动机本身性能要求较高，工作环境较恶劣，因此我们预估军用航空使用寿命约 5 年，5 年使用寿命内维修 2 次。

图表56：航空发动机产品成本构成分解表

| 全寿命周期阶段 | 各阶段成本构成 | 目标成本占比 (%) | 全寿命周期成本占比 (%) |
|------------|--------------|------------|---------------|
| 研发阶段 (10%) | 应用基础 | 4 | 0.4 |
| | 先进部件 | 26 | 2.6 |
| | 技术验证机 | 10 | 1 |
| | 工程发展 | 10 | 1 |
| | 型号验证机 | 50 | 5 |
| 制造阶段 (40%) | 原材料费用 | 50 | 20 |
| | 劳动力费用 | 25 | 10 |
| | 其他 | 25 | 10 |
| 维护阶段 (50%) | 发动机管理 | 3 | 1.5 |
| | 外场更换周转件 | 9 | 4.5 |
| | 备用发动机 | 5 | 2.5 |
| | 航线维修 | 10 | 5 |
| | 发动机修理 | 22 | 11 |
| | 零备件航材 | 51 | 25.5 |

资料来源：目标成本管理在航空发动机产业链上的应用与创新（徐英鹏等，【中国管理会计】，2020 年第二期），华泰研究

美国军用飞机保有量是我国的 4 倍以上，**我国军用飞机总量提升空间大。**结合《World Airforces 2021》，根据目前我国军用飞机的结构，我们测算截至 2020 年航空发动机保有量约为 9600 台，对标美国的军用飞机 1.3 万台保有量水平，航空发动机保有量须达到 3.8 万台。

图表57：2020 年中国现役航空发动机保有量约为 9600 台

| 飞机数量 | 发动机数量 | 装备所需发动机数量 (2: 1 备件) | 单价/亿元 | 市场空间/亿元 |
|-------|-------|---------------------|-------|---------|
| 战斗机 | 1571 | 2 | 4713 | 0.4 |
| 特种飞机 | 115 | 4 | 690 | 0.4 |
| 空中加油机 | 3 | 4 | 18 | 0.5 |
| 运输机 | 264 | 4 | 1584 | 0.5 |
| 战斗直升机 | 902 | 1 | 1353 | 0.5 |
| 训练机 | 405 | 2 | 1215 | 0.5 |
| 总数 | 3260 | - | 9573 | - |

资料来源：《World Air Forces 2021》，华泰研究

图表58：2020 年美国现役航空发动机保有量为 3.8 万台

| 飞机数量 | 发动机数量 | 装备所需发动机数量 (2: 1 备件) | 单价/亿元 | 市场空间/亿元 |
|-------|-------|---------------------|-------|---------|
| 战斗机 | 2717 | 2 | 8151 | 0.4 |
| 特种飞机 | 749 | 4 | 4494 | 0.4 |
| 空中加油机 | 625 | 4 | 3750 | 0.5 |
| 运输机 | 941 | 4 | 5646 | 0.5 |
| 战斗直升机 | 5434 | 1 | 8151 | 0.5 |
| 训练机 | 2766 | 2 | 8298 | 0.5 |
| 总数 | 13232 | - | 38490 | 17980.5 |

资料来源：《World Air Forces 2021》，华泰研究

考虑到军队的保密措施，我国战斗机实际数量或略高于《World Airforces 2021》保有量数据，我们预计到 2030 年，三代机与四代机的保有量预计在 3000 架左右，其中单发三代半机约 2000 架，双发四代机约 1000 架。根据中国产业信息网预测，2019 年军用飞机整机采购成本和生命周期内维修成本的比例接近 1:1，我们假设：①目前存量飞机截止 2030 年平均换发 2 次且每次换发周期中经历 2 次维修，共 4 次大修；②考虑到存量飞机旧机型占比较高，多数战机服役期满后直接报废无须换发维修，我们假设存量飞机仅 30% 需要大修；③至 2030 年增量飞机平均换发 0.5 次：以 5 年换发 1 次计算，2025 年及之前列装的飞机到 2030 年需换发 1 次，2025-2030 年列装的飞机到 2030 年无需换发，假设新增飞机按匀速增加，则平均换发次数为 $1/2*1+1/2*0=0.5$ 次，每次换发周期中经历 2 次维修，平均约 1 次大修；④各类型飞机单价参考国外同类型单价，发动机占军用飞机成本的 25%；⑤发动机采购费和维护保养费按照 1:1 预估；⑥考虑换发发动机来自于备发，因此不再单独考虑备发数。

据此测算，从 2021~2030 中国军用航空发动机维修市场总规模为 9662.16 亿元人民币，结合上文对 2021-2030 年新装发动机市场总规模 4877 亿元的预测，2021-2030 年我国军用航发市场累计为 14539.16 亿元，年均超千亿。

2021 年，我国主要航空主机厂中，沈飞、西飞、陕飞、洪都主要资产均已上市，直升机业务中零部件资产已上市，哈飞和昌飞的总装资产未上市，另外成飞、贵飞也还未实现上市，通过横向对比，预计上述主机厂 2021 年总收入在 1766.68 亿元左右，考虑到西飞、沈飞、成飞之间有一定的互相配套关系，此外各主机厂还有一部分维修业务，故在总收入的基础上乘以 80%，则航空装备采购费用在 1413.34 亿左右。根据前瞻产业研究院发布的研究数据，发动机占军用飞机成本的 25%，则对应我国 2021 年航空发动机的市场达到 353.34 亿元。根据上文预测 2021-2030 年中国军用航空发动机维修市场总规模为 14539.16 亿元，则对应 2022-2030 年我国军用航发市场规模复合增速约为 29.29%。

图表59：我国 2021 年军用航空主机厂总收入测算（单位：亿元）

| 主机厂 | 中航西飞 | 中航沈飞 | 洪都航空 | 中航直升机 | 成飞 | 贵飞 | 合计 | 合计*80% |
|-----|--------|--------|-------|--------|--------|-------|---------|---------|
| 收入 | 327.00 | 340.88 | 72.14 | 176.66 | 780.00 | 70.00 | 1766.68 | 1413.34 |

注：中航直升机收入为中航科工年报中直升机业务数据，成飞、贵飞收入为预测数据

资料来源：Wind，各公司公告，华泰研究预测

民航市场：C919 交付在即，国产商用航发实现从零到一跨越式突破

全球客机市场空间广阔，中国及亚太地区交付预计快速增长。根据中国商飞公司市场预测年报（2020-2039），2019 年全球喷气式机队共有客机共 23856 架。从全球历史交付量而言，以空客为主的欧洲市场和以波音为主的北美市场占总市场的份额较大，分别占比全球总份额的 20.27% 和 27.99%。中国和亚太地区（除中国）分别占比 16.62% 和 16.02%，中国已成为亚太地区接近半数以上的客机交付国家。预计 2020-2039 年中国及亚太地区将在民航领域快速发展，占据全球约 41.6% 的客机交付量。

图表60：2020-2039 全球各地区历史和预测的客机交付量（架）

| | 2000-2019 历史交付量 | 占比 | 2020-2039 预计交付量 | 占比 |
|---------|-----------------|--------|-----------------|--------|
| 中国 | 3836 | 16.62% | 8725 | 21.46% |
| 亚太地区 | 3699 | 16.02% | 8193 | 20.15% |
| 北美地区 | 6461 | 27.99% | 7542 | 18.55% |
| 欧洲 | 4680 | 20.27% | 7907 | 19.44% |
| 拉美地区 | 1342 | 5.81% | 2836 | 6.97% |
| 中东地区 | 1244 | 5.39% | 2441 | 6.00% |
| 俄罗斯和独联体 | 1051 | 4.55% | 1554 | 3.82% |
| 非洲 | 770 | 3.34% | 1466 | 3.61% |
| 总计 | 23083 | 100% | 40664 | 100% |

资料来源：中国商飞公司市场预测年报（2020-2039），华泰研究

未来 20 年，民用客机全球市场空间将达万亿级别。据中国商飞预测，2020-2039 年全球将有 40664 架新机交付，价值约 5.96 万亿美元，用于替代和支持机队的发展。其中，涡扇支线客机交付量为 4318 架，价值约为 0.23 万亿美元；单通道喷气客机交付量为 29127 架，其占交付总量三分之二以上，价值约为 3.44 万亿美元；双通道喷气客机交付量将达 7219 架，总价值约为 2.30 万亿美元。到 2039 年，预计全球客机机队规模将达 44400 架，是现有机队的 1.86 倍。

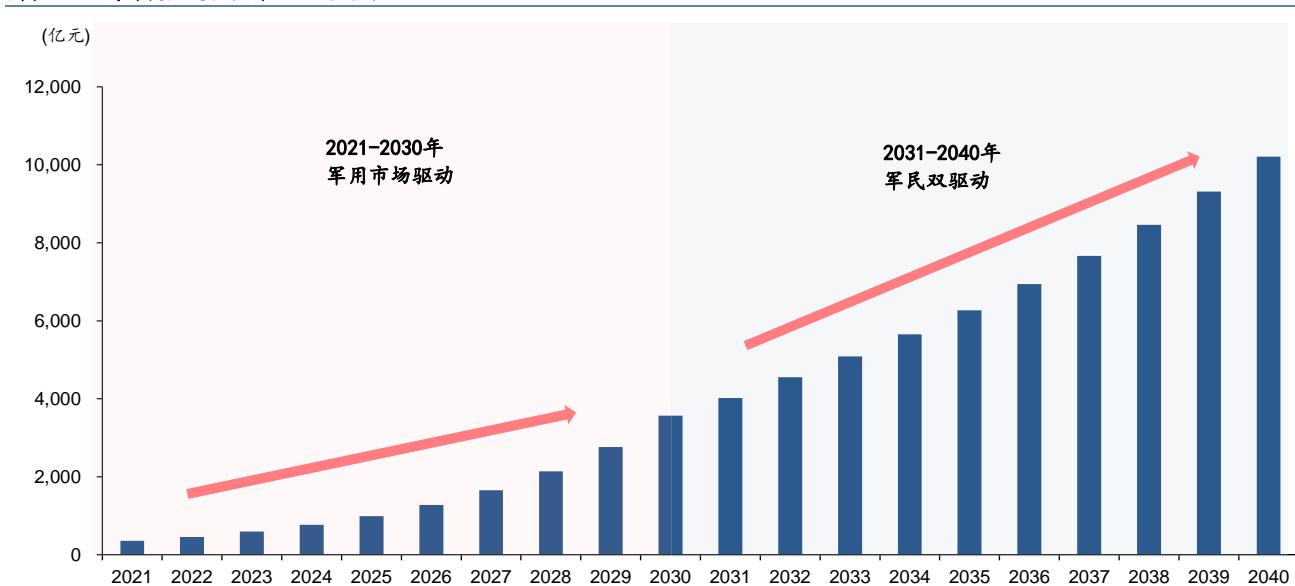
面对波音、空客公司高度占据市场的既有格局，受益于本土较大的需求空间，预计未来 C919、ARJ21 等机型将保持一定的追赶态势。根据中国商飞公司市场预测年报（2020-2039），预计 2020-2039 年中国将累计交付 8725 架新机，其中双通道客机占 21.41%，共计 1868 架；单通道客机占比高达 68.05%，共计 5937 架；余下 10.54% 为 920 架支线客机。2020-2039 年，我国国产民用机型市场总规模可达到 13323 亿美元。结合民航飞机成本构成中发动机占比 22%，按美元汇率为 1: 6.5 计算，我们预估未来 20 年民航发动机市场总规模为 19052.21 亿元，年均接近千亿。

图表61：2020-2039 年全球和中国各类型客机交付量和价值预测

| | | 全球 | | 中国 | |
|-----------|--------|----------|-----------|----------|-----------|
| | | 新机交付量（架） | 市场价值（亿美元） | 新机交付量（架） | 市场价值（亿美元） |
| 涡扇支线客机 | 50 座级 | 150 | 45 | 0 | 0 |
| | 70 座级 | 351 | 175 | 0 | 0 |
| | 90 座级 | 3817 | 2038 | 920 | 491 |
| 涡扇支线客机合计 | | 4318 | 2258 | 920 | 491 |
| 单通道喷气客机 | 120 座级 | 1432 | 1374 | 113 | 108 |
| | 160 座级 | 20016 | 23025 | 4620 | 5315 |
| | 200 座级 | 7679 | 9947 | 1204 | 1560 |
| 单通道喷气客机合计 | | 29127 | 34346 | 5937 | 6983 |
| 双通道喷气客机 | 250 座级 | 5555 | 16664 | 1406 | 4218 |
| | 350 座级 | 1164 | 4000 | 427 | 1467 |
| | 400 座级 | 500 | 2348 | 35 | 164 |
| 双通道喷气客机合计 | | 7219 | 23012 | 1868 | 5849 |
| 总计 | | 40664 | 59616 | 8725 | 13323 |

资料来源：中国商飞《民用飞机市场预测年报（2020-2039）》，华泰研究

图表62：我国航空发动机行业规模预测



注：假设 2031 年起军用航发市场以 10% 增速稳定增长，国产商用航发在国产民机的渗透率由 2031 年的 10% 逐步提升至 2040 年的 100%

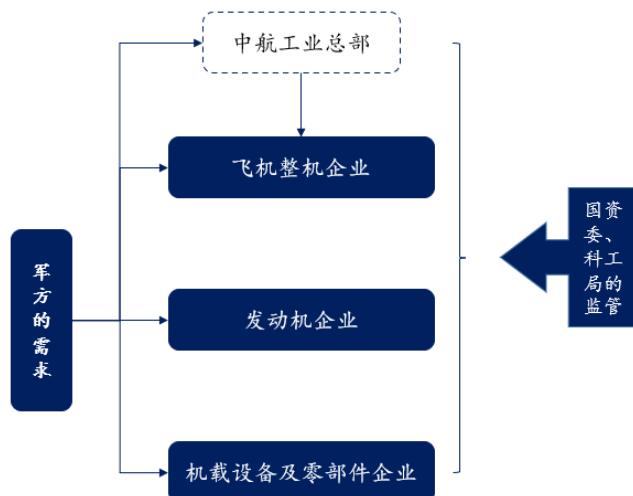
资料来源：《World Airforces 2021》，前瞻产业研究院，中国商飞《民用飞机市场预测年报（2020-2039）》，华泰研究预测

格局篇：军民融合+小核心大协作，产业链自下而上注入活力

中国航空发动机集团成立，“飞发分离”体系正式确立

相比各国尤其是美欧飞发分离、横向竞争的结构，中国航空工业现行体制明显不同。现存的中国航空工业体系来自1993年由航空（航天）部转型的中国航空工业总公司（中航总）。中航总在1999年国内五大军工行业的拆分竞争中分为中国一航、二航，后于2008年再次合并，改名为中航工业。2016年航发集团成立前，中航工业体系由总部、下属飞机厂所、发动机厂所、以及各种机载设备厂所构成。总部对旗下企业发挥领导协调作用，而各下属企业之间也存在广泛的上下游联系。在体系之外，中航工业体系接受政府（国资委、工信部国防科工局）监管，以满足军方军用航空装备需求为核心基本职能。

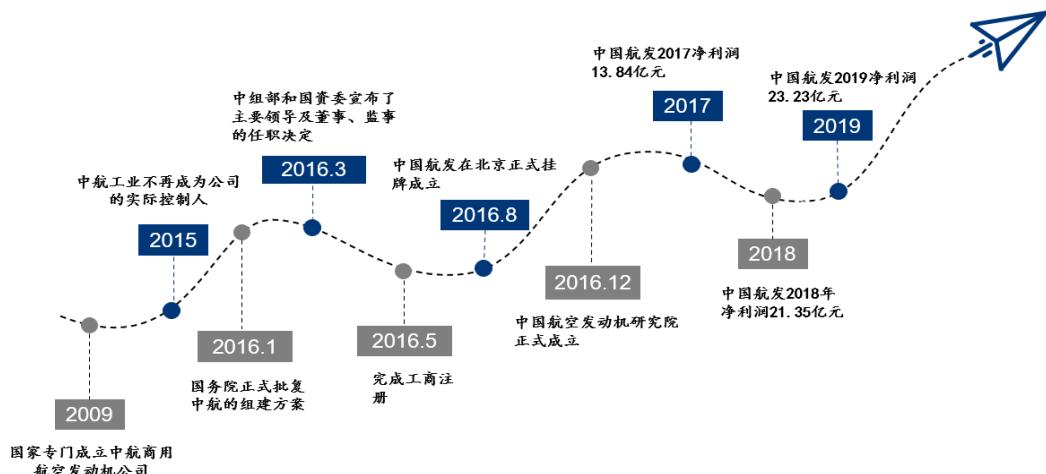
图表63：航发集团分离前，军方需求引领以及政府监管下的中航工业体系



资料来源：《中国航空发动机产业为什么需要竞争导向的改革——国际比较的视角》（张进，【经济资料译丛】，2015年3月），华泰研究

“飞发分离”体系正式确立，“动力先行”指日可待。2016年8月，中国航发集团在北京挂牌成立，成为我国第十二家军工集团，这标志着我国航空发动机产业的“飞发分离”体系正式确立，航空发动机将作为独立军工产品进行研发和生产，从此不再受制于飞机，不会出现飞机下马发动机也下马的情况。中国航发集团的成立还有利于保证航空发动机资金的投入，集中资本，集中人才，集中力量，建立完善的发动机预研体系，真正做到“动力先行”。

图表64：航发集团发展历程



资料来源：航发集团官网，华泰研究

免责声明和披露以及分析师声明是报告的一部分，请务必一起阅读。

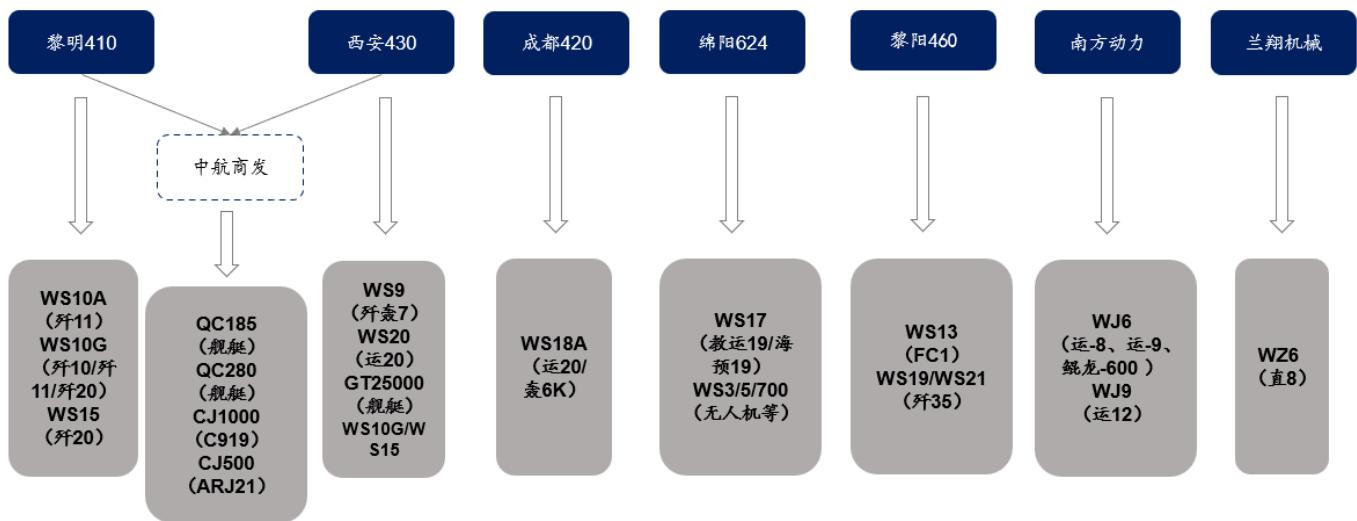
图表65：飞发分离与联合生产两种研制模式的比较

| 制度 | 代表国家 | 特点 | 优点 | 缺点 |
|------|------|----------------------------|-----------------------|----------------------|
| 飞发分离 | 美国 | 飞机企业与发动机企业分离，互不隶属 | 有利于发动机企业储备技术，满足更广泛的需求 | 资源闲置 |
| 联合生产 | 前苏联 | 飞机企业与发动机企业不分离，飞机型号在先，发动机在后 | 不易发生资源闲置 | 不利于发动机企业储备技术，研制机会成本大 |

资料来源：《航空发动机生产过程设计制造协同研究与应用》（郭荣飞等，【内燃机与配件】，2020年5月），华泰研究

航发集团下属四所七厂是我国航发产业主要整机生产力量。我国航空发动机产业绝大部分集中在中国航发集团内。传统的主机研制生产单位主要包括中国航发旗下的4家研究所（606所、608所、624所和贵发所）和黎明（410厂）、西航（430厂）、黎阳、南方、成发（420厂）、东安和兰翔7家生产厂，企业的产品主要包括中、大型涡扇、涡喷发动机，是中国目前以及将来很长时间内主力机以及大型民机依赖的动力。

图表66：中国航空发动机层面主要企业及其产品



注：410、430有关箭头不代表对上海中航商发出资，而是作为后者发动机产品的承制方

资料来源：《中国航空发动机产业为什么需要竞争导向的改革——国际比较的视角》（张进，【经济资料译丛】，2015年3月），华泰研究

军用维修以军方维修厂及主机厂为主，民用维修以OEM厂和民航投资企业为主。军用发动机维修包括解放军修理厂、主机厂航发动力旗下山西维修、贵州维修，民用维修以珠海摩天宇、四川斯奈克玛等OEM厂家合资企业及北京飞机维修工程有限公司等民航投资企业。

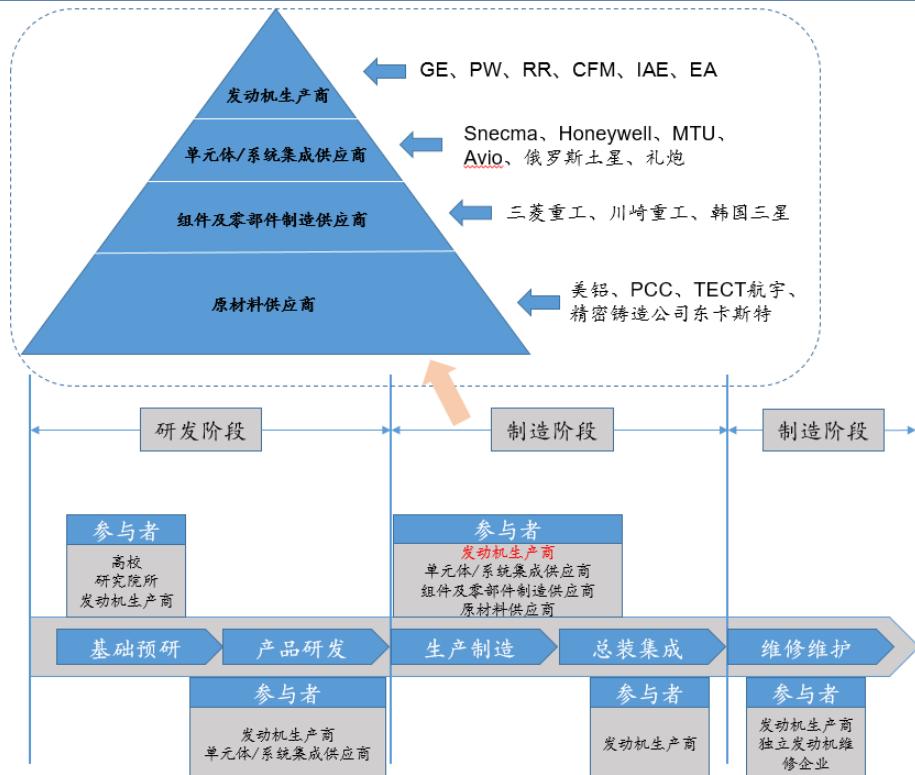
图表67：航空发动机维修主要参与主体

| 类型 | 公司 | 修理厂 |
|------------|---------------------|---|
| 军用维修 | 解放军第 57XX 厂 | 军方修理厂，负责各种机型飞机整修、航空发动机修理等 |
| | 航发动力 | 中国航发贵州航空发动机维修有限公司(5707 厂)、中国航发山西航空发动机维修有限责任公司(5716 厂)、中国航发吉林航空发动机维修有限责任公司 (5711 厂) 和贵州凯阳航空发动机有限公司 |
| 第三方维修企业 | 海特高新 | 国内现代飞机设备维修规模最大、维修设备最全、用户覆盖面最广的航空维修企业，主要从事航空机载设备的检测、维护、修理及支线飞机、直升机及公务机中小型发动机的维修等 |
| | 航新科技 | 覆盖民用航空、军用航空，主营业务涵盖航空维修保障，航空资产管理、机载设备研制，测试设备研制，大数据分析应用、飞机加改装，业务遍及全球 |
| | 武汉航达 | 我国规模最大、能力范围最广的飞机附件维修企业之一，范围涉及 Boeing、Airbus、DORNIER、CRJ、ERJ、俄制飞机等多种机型的各个系列 |
| OEM 厂家合资企业 | 珠海保税区摩天宇航空发动机维修有限公司 | 南方航空和摩天宇航空发动机公司的合资公司，提供民用燃空器发动机的修理、翻修、维动机维护以及各种辅助服务，并提供工程支持、安装和拆卸飞机发动机的技术支持，以及为修理翻修和维护服务而提供的飞机发动机和部件的租赁 |
| | 四川斯奈克玛航空发动机维修有限公司 | 中国国航和法国斯奈克玛航空发动机公司的合资公司，致力于 CFM56 发动机维修和修理 |
| | 厦门太古飞机维修工程有限公司 | 由六家公司合资兴办的大型民用飞机维修企业，大修及改装能力涵盖波音 737/747/757/767/777，空客 330/340 及麦道 MD11 机型 |
| 民航投资企业 | 北京飞机维修工程有限公司 | 由中国国航控股，建于北京首都国际机场，主营业务覆盖为国内外用户维护，维修和翻新飞机和发动机，包括辅助动力装置利附件 |
| | 广州飞机维工程有限公司 | 由南方航空控股，建广州白云机场北区，为中外航空公司提供各种维修服务、包括各种飞机检查、修理、飞机翻新、喷漆、内部装修；提供地面设备的服务及维修和加工、制造 |
| | 中国东方航空工程技术公司 | 由东方航空控股，经营范围包括维修航空器机体、动力装置、除整台发动机螺旋桨以外的航空器部件 |

资料来源：中国航空新闻网，华泰研究

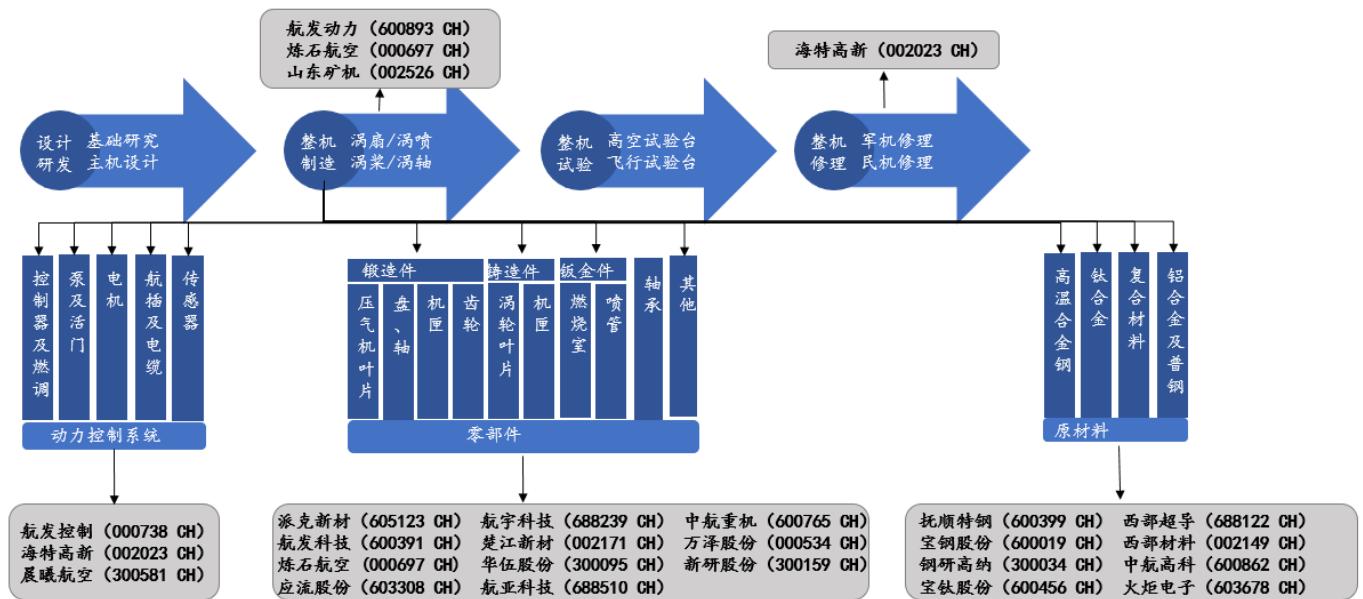
现代航空发动机产业市场容量大、产业链条长，整个产业链上聚集了众多的企业和机构，主要有处于核心地位的发动机原始设备制造商，如美国的 GE 和 P&W 公司、英国的 R&R 公司，以及它们之间通过风险和收益共享伙伴形式成立的利益共同体，如 CFM 公司 (SNECMA 与 GE 的合资公司)、IAE 公司 (R&R 与 P&W 的合资公司) 以及 EA 公司 (GE 与 P&W 的合资公司)，以及数量众多的发动机单元体/系统集成供应商，组件及零部件制造供应商，原材料供应商，如俄罗斯的土星公司和礼炮公司、法国的 SNECMA、美国的 Honeywell、德国的 MTU、意大利的 AVIO 公司、日本的三菱重工和川崎重工、韩国的三星科技公司等，它们构成了产业链的主体。除此之外，一些从事航空发动机相关基础技术和应用技术研究的高校、科研院所会根据产业发展趋势和发动机制造商的需求开展技术研发，来参与到产业链当中。

图表68：国际航空发动机市场金字塔格局



资料来源：《中国航空发动机产业为什么需要竞争导向的改革——国际比较的视角》（张进，【经济资料译丛】，2015年3月），华泰研究

图表69：航空发动机产业链梳理



资料来源：各公司公告，华泰研究

材料端：一代发动机一代材料，航空产品的换代基础

航空发动机是在高温、高压、高速旋转的恶劣环境条件下长期可靠工作的复杂热力机械，在各类武器装备中，航空发动机对材料和制造技术的依存度最为突出，航空发动机高转速、高温的苛刻使用条件和长寿命、高可靠性的工作要求，把对材料和制造技术的要求逼到了极限。材料和工艺技术的发展促进了发动机更新换代，如：第一、二代发动机的主要结构件均为金属材料，第三代发动机开始应用复合材料及先进的工艺技术，第四代发动机广泛应用复合材料及先进的工艺技术，充分体现了一代新材料、一代新型发动机的特点。

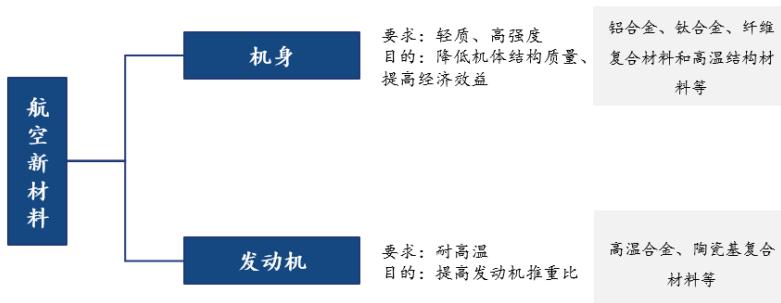
图表70：航空发动机主要材料类型

| 材料类型 | 材料特点 | 使用部位 |
|---------|--|--|
| 铝合金 | 比模量与比强度高、耐腐蚀性能好、加工性能好、成本低廉，不耐高温 | 发动机舱、风扇机匣、承载壁板 |
| 高强度钢 | 具有很高的抗拉强度和足够的韧性，有良好的焊接性和成形性，重量大 | 发动机轴、机匣、喷管、轴承和传动系统 |
| 钛合金 | 密度较低，强度高，抗腐蚀性好，可以在 350~450°C 以下长期使用 | 风扇增压级及压气机叶片、盘 |
| 高温合金 | 能在 600°C 以上的高温及一定应力作用下长期工作，具有优异的高温强度、良好的抗氧化和抗热腐蚀性能、良好的疲劳性能、断裂韧性等综合性能，又被称为“超合金” | 压气机后面级叶片、燃烧室、涡轮叶片、涡轮盘、机匣、环件、加力燃烧室和尾喷口等 |
| 复合材料及其他 | 运用先进的材料制备技术将不同性质的材料组分优化组合而成的新材料，可以根据不同的使用场景研制不同成分的复合材料以满足发动机不同部位的需求 | 风扇叶片、机匣、燃烧室、涡轮叶片 |

资料来源：《航空发动机用耐高温材料的研究进展》（张鹏等，【材料导报】，2014 年 11 月），华泰研究

航空材料既是研制生产航空产品的物质保障，又是航空产品更新换代的技术基础。材料在航空工业及航空产品的发展中占有极其重要的地位和作用。进入 21 世纪，航空材料正朝着高性能化、高功能化、多功能化、结构功能一体化、复合化、智能化、低成本以及与环境相容化的方向发展。

图表71：航空新材料在机身和发动机上的应用

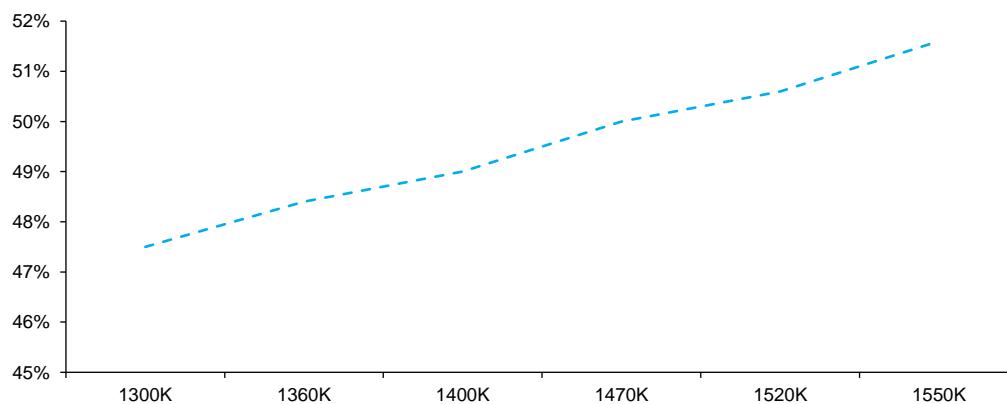


资料来源：《航空航天材料发展现状及前景》（唐见茂，2013 年 4 月，航天器环境工程），华泰研究

高温合金

航空发动机涡轮入口温度需要不断提高。喷口温度从 1300K 提升到 1610K 时，涡轮输出效率可从 46.40% 提升到 51.60%。这要求发动机材料的升级换代，同时原来那些可以使用合金钢的零件，如压气机盘和叶片等，也需要使用高温合金。

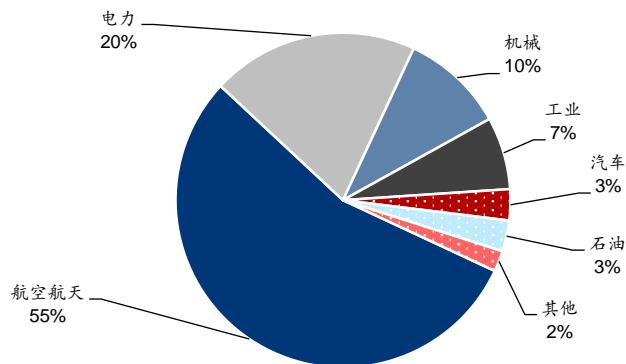
图表72：涡轮入口温度越高，理论输出效率越高



资料来源：《Thermal Impact of Operating Conditions on the Performance of a Combined Cycle Gas Turbine》（Thamir K. Ibrahim 等，2012 年 8 月，Applied Research and Technology），华泰研究

传统钢铁在 300 摄氏度以上会软化，无法适应高温环境。为了追求更高的能量转化效率，热机动力领域需要的工作温度越来越高。高温合金因此孕育而生，在 600 摄氏度以上的高温环境中还可以稳定工作，并且技术不断进步。

图表73：2019年我国高温合金下游消费量结构



资料来源：前瞻产业研究院《2021年中国高温合金市场供需现状及发展前景分析》（2021.9.15），华泰研究

高温合金按合金的主要元素分为铁基高温合金、镍基。根据智研咨询，2018年以产品工艺区分，镍基高温合金产量占比为80%，铁基高温合金产量占比14.3%，钴基高温合金产量占比5.7%。

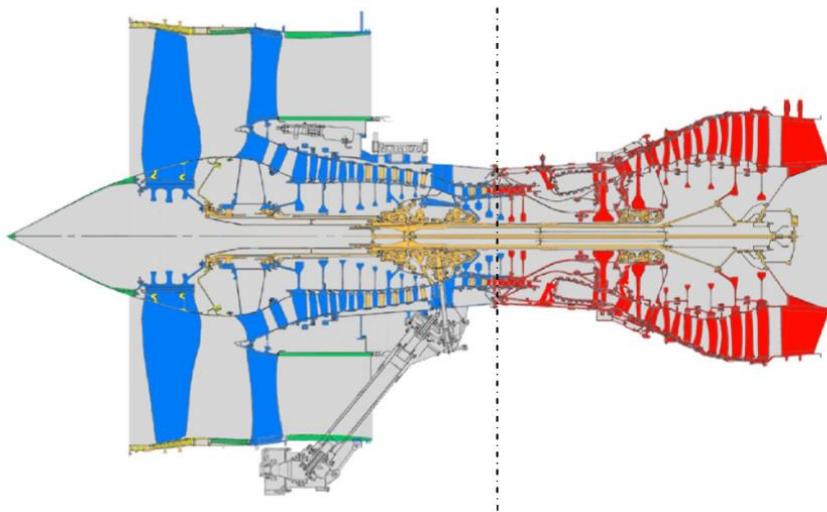
图表74：高温合金分类

| 分类标准 | 种类 | 材料特性 |
|------|--------|---|
| 基体元素 | 铁基高温合金 | 又称耐热合金钢，耐热合金钢按其正火要求可分为马氏体、奥氏体、珠光体、铁素体耐热钢等。使用温度较低（600~850°C），一般用于发动机中工作温度较低的部位，如涡轮盘、机匣和轴等零件。 |
| | 镍基高温合金 | 使用温度最高（约1000°C），广泛用于制造航空喷气发动机、各种工业燃气轮机的最热端零件，如涡轮部分工作叶片、导向叶片、涡轮等。 |
| | 钴基高温合金 | 使用温度约950°C，具有良好的铸造性和焊接性，主要用于做导向叶片材料，该合金由于钴资源较少而价格昂贵。 |

资料来源：中国产业信息网，华泰研究

高温合金是航空发动机的关键材料。根据钢研高纳（300034 CH）招股说明书，高温合金从诞生起就用于航空发动机，是制造航空航天发动机的重要材料。发动机的性能水平在很大程度上取决于高温合金材料的性能水平。在现代航空发动机中，高温合金材料的用量占发动机总重量的40%~60%，主要用于四大热端部件：燃烧室、导向器、涡轮叶片和涡轮盘，此外，还用于机匣、环件、加力燃烧室和尾喷口等部件。

图表75：先进航空发动机中关键的热端承力部件（图中红色部分）全部为高温合金



资料来源：钢研高纳招股说明书，华泰研究

我国高温合金产业目前处于成长期，产业链企业未来发展空间广阔。我国高温合金生产企业数量有限，生产水平与美国、俄罗斯等国有较大差距，但近些年在产能与产值上皆有明显提升，炼石航空、西部超导等多家公司高温合金产能项目在建设投产中。

图表76：我国主要高温合金企业与2021年设计产能

| 企业 | 代码 | 设计产能/吨 | 主要高温合金产品 |
|---------|-----------|--------|--------------------------|
| 抚顺特钢 | 600399 CH | 5000 | 变形高温合金 |
| 西部超导 | 688122 CH | 2600 | 高性能高温合金铸锭、变形高温合金 |
| 钢研高纳 | 300034 CH | 2350 | 铸造、变形、高型高温合金 |
| 宝钢特钢 | 600019 CH | 1500 | 大型高温合金盘锻件 |
| 攀长钢 | 未上市 | 1500 | 变形高温合金 |
| 图南股份 | 300855 CH | 1445 | 铸造高温合金、变形高温合金 |
| 齐齐哈尔特钢厂 | 未上市 | 1200 | 变形高温合金 |
| 中科院金属所 | 未上市 | 1000 | 铸造、变形、定向凝固以及单晶高温合金 |
| 北京航材院 | 未上市 | 800 | 铸造高温合金、粉末高温合金、金属间化合物高温合金 |
| 中科三耐 | 未上市 | 400 | 铸造高温合金、燃气轮机叶片 |
| 万泽股份 | 000534 CH | 200 | 高温合金粉末、叶片 |
| 应流股份 | 603308 CH | 300 | 高温合金零部件 |
| 炼石航空 | 000697 CH | 80 | 含铼高温合金 |

资料来源：智研咨询，各公司官网，华泰研究

军用高温合金处于持续升级中，研发能力是高温合金企业的立足之本。以抚顺特钢，钢研高纳为首的国内老牌高温合金企业科研根基扎实。其中，抚顺特钢的变形高温合金市场和技术优势明显，而钢研高纳铸造高温合金国内顶尖、研发能力卓越。以万泽股份为代表的新兴高温合金企业，业务覆盖面广，同时也注重新型高温合金的研发。

图表77：国内高温合金相关企业涉及业务范围

| 公司 | 变形高温合金 | | 铸造高温合金 | | |
|----------------|--------|----|--------|----|------------------------------|
| | 熔炼 | 加工 | 熔炼 | 铸造 | 新型高温合金 |
| 图南股份 300855 CH | √ | √ | √ | √ | 粉末高温合金、氧化物弥散（ODS）高温合金、单晶高温合金 |
| 钢研高纳 300034 CH | | √ | √ | √ | 粉末高温合金、氧化物弥散（ODS）高温合金 |
| 万泽股份 000534 CH | | √ | | √ | 粉末高温合金、单晶高温合金、定向凝固柱晶 |
| 抚顺特钢 600399 CH | √ | √ | √ | | 变形高温合金 |
| 西部超导 688122 CH | √ | √ | √ | | 变形高温合金、粉末高温合金 |

资料来源：各公司官网，各公司年报，华泰研究

钛合金

航空飞机发动机部件要求在高温下具有很好的持久强度、瞬时强度、耐热性能、组织稳定性、高温蠕变抗力。 β 型钛合金在高温下，合金的耐热性能和蠕变抗力都大大下降，不能很好的应用在航空飞机发动机上。 α 型钛合金在高温下具有良好的持久性能和蠕变抗力，适合在高温工作环境下使用。

对于航空飞机发动机来说，推重比越高，代表其性能越好。镍基高温合金虽然可以提供很好的高温性能，但其推重比与钛合金相比较低。航空飞机发动机使用钛合金材料，可以兼顾优异高温性能和高推重比。根据《航空用钛合金研究进展》（金和喜，【中国有色金属学报】，2015年2月），钛合金材料在国外先进飞机航空发动机上的用量占其总重量的25%-40%，并且随着技术的发展，钛合金材料用量越来越多。例如第三代航空飞机发动机的钛合金材料用量为25%，第4代航空飞机发动机的钛合金材料用量为40%。

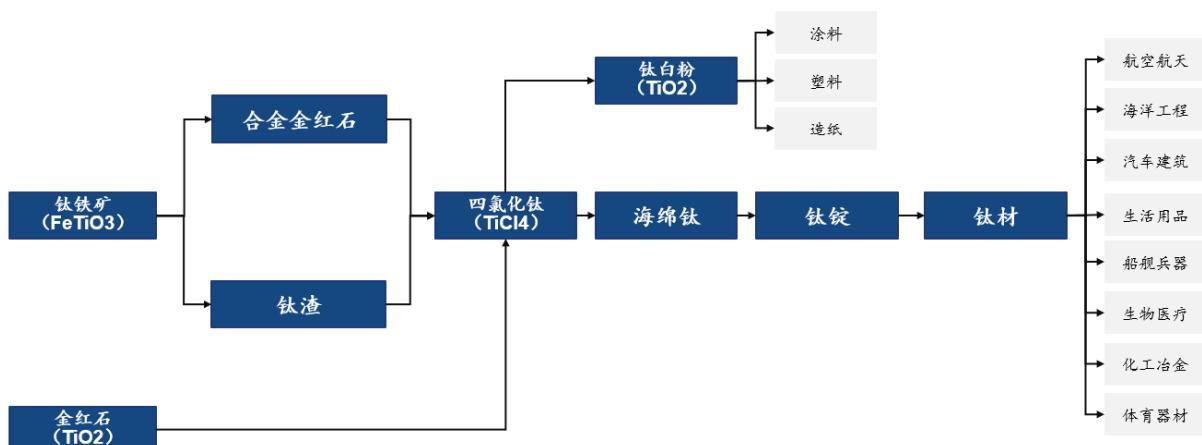
图表78：各国飞机发动机用钛合金

| 国家 | 350° C | 400° C | 450° C | 500° C | 550° C | 600° C | 650° C | 阻燃钛合金 |
|-------|--------|---------|--------|---------|----------|---------|-----------------------------|-------|
| 中国 | TC4 | TC16 | TA11 | TC11 | TA12 | Ti60 | TD3 (Ti3Al) | Ti40 |
| | | TC17 | | TA7 | | | Ti2AlNb | |
| | | | | TA15 | | | | |
| 俄罗斯 | BT6 | BT3-1 | BT8M | BT9 | BT25 | BT18y | - | BTT-1 |
| | BT22 | | | BT20 | | BT36 | | BTT-3 |
| 欧洲与美国 | Ti-64 | Ti-6246 | IMI679 | IMI685 | Ti-6242S | IMI834 | Ti-25Al-10Nb-3V-1Mo Alloy-C | |
| | IMI550 | Ti-811 | | Ti-6242 | IMI829 | Ti-1100 | | |
| | | | Ti-17 | | | | | |

资料来源：《航空用钛合金研究进展》（金和喜，【中国有色金属学报】，2015年2月），华泰研究

钛产业链主要分为有色金属和化工涂料两条，有色金属链为：钛精矿→四氯化钛→海绵钛→钛锭/钛合金→钛材，化工涂料链为：钛精矿→四氯化钛→钛白粉。两个领域上游共用钛铁矿、金红石等资源。

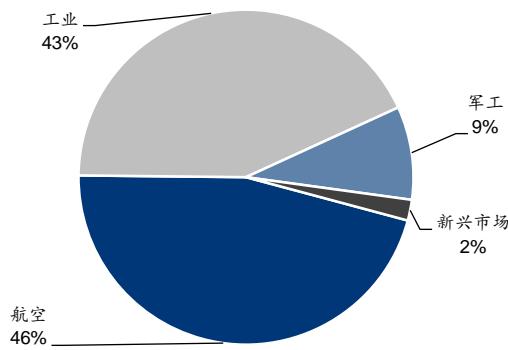
图表79：钛金属产业链



资料来源：西部超导招股说明书，华泰研究

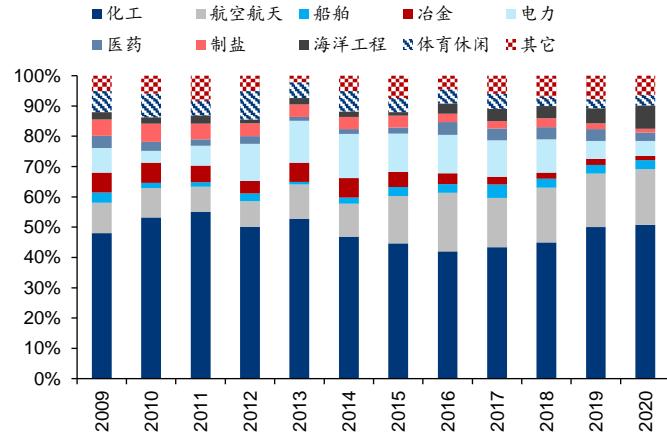
全球钛材消费量与航空航天业的发展息息相关。自2000年以来，我国钛材需求主要集中在中低端的石油化工领域，随着2016年中国“十三五”规划的制定以及国防军队现代化的“三步走”战略的更新，航空航天领域用钛量不断提升。对于军用钛材而言，由于军工行业的特殊性，需接受国防科工局监管，采用严格的行政许可制度，对产品质量的要求更苛刻，在钛材“高均匀性、高纯净性、高稳定性”方面提出更高的要求。2020年中国钛材总消费量达6.9万吨，其中航空航天用钛量约为1.2万吨，占总消费量的17%。我们认为，虽然近年来中国航空航天、船舶制造、海洋工程等高端用钛占比持续优化，但是与全球钛材需求结构相比，高端用钛占比依旧偏低，未来增量空间广阔。

图表80：2019年全球钛合金下游产量需求结构



资料来源：智研咨询，华泰研究

图表81：近年来中国传统钛材销量占比下降，高端钛材销量占比提升

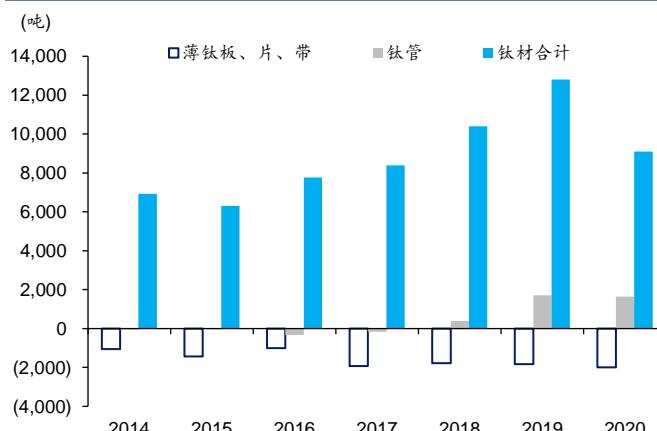


资料来源：中国有色金属工业协会钛锆铪分会，华泰研究

中国钛工业在第一个五年计划时期的 1954 年开始起步，先后建设以遵义钛厂为代表的 10 余家海绵钛生产单位、以宝鸡有色加工厂为代表的数家钛材加工单位，同时也形成以北京有色研究总院、西北有色金属研究院为代表的科研力量，也因此成为继美国、苏联和日本之后的第四个具有完整钛工业体系的国家。如今中国已成为名副其实的钛工业大国，但还不是钛工业强国。高端钛材的研发能力尚不成熟，高低端钛材的供需处于结构性失衡的状态。

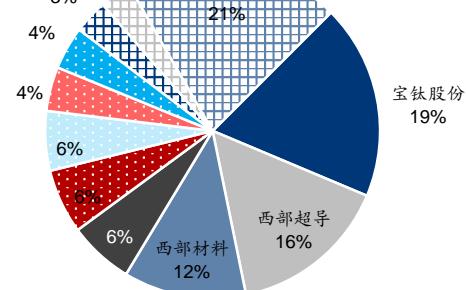
2021 年起中国“十四五”规划和军队现代化建设正式进入加速期，航空航天、军工装备等高端领域用钛大幅提升，2020 年中国钛材总产量为 9.7 万吨，同比增长 29%。从产品组成上来看，板材为主要产品，产量达 5.8 万吨，同比增加 47%，占据钛材产量的 59%。从供给结构来看，中国钛材制造企业呈现一超多强的局面。“一超”为中国钛企龙头宝钛股份 (600456 CH)，“多强”包括西部超导 (688122 CH)、西部材料 (002149 CH) 等公司。虽然中国高端钛材制造能力近年来高速发展，但仍无法完全满足下游军品钛材的旺盛需求，部分钛材仍需从乌克兰、哈萨克斯坦等国进口。

图表82：我国各类钛材净出口情况



资料来源：中国有色金属工业协会钛锆铪分会，华泰研究

图表83：2020年中国钛材制造企业产量格局



资料来源：中国有色金属工业协会钛锆铪分会，华泰研究

图表84: 2009-2020年我国各类钛材产量

| | 板材 | | 棒材 | | 管材 | | 锻件 | | 丝材 | | 铸件 | | 其他 | |
|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | 产量 | 占比 | 产量 | 占比 | 产量 | 占比 | 产量 | 占比 | 产量 | 占比 | 产量 | 占比 | 产量 | 占比 |
| | (吨) | (%) | (吨) | (%) | (吨) | (%) | (吨) | (%) | (吨) | (%) | (吨) | (%) | (吨) | (%) |
| 2009 | 12067 | 48.3 | 5136 | 20.6 | 5869 | 23.5 | 536 | 2.1 | 82 | 0.3 | 443 | 1.8 | 833 | 3.3 |
| 2010 | 21056 | 54.9 | 6386 | 16.7 | 8767 | 22.9 | 847 | 2.2 | 119 | 0.3 | 513 | 1.3 | 635 | 1.7 |
| 2011 | 30028 | 58.9 | 8258 | 16.2 | 9285 | 18.2 | 2181 | 4.3 | 196 | 0.4 | 501 | 1 | 513 | 1 |
| 2012 | 25993 | 50.4 | 9998 | 19.4 | 8296 | 16.1 | 4100 | 8 | 95 | 0.2 | 690 | 1.3 | 2385 | 4.6 |
| 2013 | 23371 | 52.6 | 8901 | 20 | 8024 | 18.1 | 1987 | 4.5 | 239 | 0.5 | 607 | 1.4 | 502 | 1.1 |
| 2014 | 27683 | 55.7 | 9010 | 18.1 | 9898 | 20 | 1431 | 2.9 | 482 | 1 | 553 | 1.1 | 465 | 1 |
| 2015 | 22746 | 46.8 | 10847 | 22.3 | 6399 | 13.2 | 4248 | 8.7 | 444 | 0.9 | 1632 | 3.3 | 2330 | 4.8 |
| 2016 | 26914 | 54.4 | 11128 | 22.5 | 6856 | 13.8 | 2999 | 6.1 | 234 | 0.5 | 699 | 1.4 | 653 | 1.3 |
| 2017 | 30531 | 55.1 | 9838 | 17.8 | 8604 | 15.5 | 4083 | 7.4 | 720 | 1.3 | 417 | 0.7 | 1211 | 2.2 |
| 2018 | 35725 | 56.3 | 10322 | 16.3 | 7483 | 11.8 | 4477 | 7.1 | 863 | 1.4 | 708 | 1.1 | 3818 | 6 |
| 2019 | 39060 | 51.9 | 13297 | 17.7 | 10150 | 13.5 | 5277 | 7 | 773 | 1 | 782 | 1 | 5926 | 7.9 |
| 2020 | 57609 | 59.4 | 15547 | 16 | 9488 | 9.8 | 5660 | 5.8 | 1198 | 1.2 | 936 | 1 | 6591 | 6.8 |

资料来源: 中国有色金属工业协会钛锆铪分会, 华泰研究

图表85: 我国主要钛合金企业与2020年实际产能

| 企业 | 代码 | 产能/吨 | 主要产品 |
|------|-----------|-------|-----------------------------|
| 宝钛股份 | 600456 CH | 22714 | 钛及钛合金板、带、箔、管、棒、线、锻件、铸件等加工材料 |
| 西部材料 | 002149 CH | 5299 | 钛及钛合金加工材料 |
| 西部超导 | 688122 CH | 4877 | 以钛合金棒材为主, 同时包括丝材、锻坯等 |

资料来源: 各公司公告, 华泰研究

陶瓷基复合材料

陶瓷具有耐高温、耐氧化、硬度高、密度小、比强度高、抗蠕变性能好等特点, 缺点是塑性差, 特别是在机械冲击或热冲击作用下, 容易失效开裂。为了解决这些问题, 材料工作者研发出连续纤维增强陶瓷基复合材料, 这种材料通过陶瓷或碳纤维增强, 能够使裂纹在基体开裂过程中发生偏转, 或者通过纤维拔出、断裂等方式来消耗形变能, 从而提高材料的塑韧性。目前处于研发或应用的连续纤维增强陶瓷基复合材料主要有碳纤维/碳化硅基(C/SiC)、碳纤维/氮化硅基($\text{C}/\text{Si}_3\text{N}_4$)、碳化硅纤维/碳化硅基(SiC/SiC)、碳化硅纤维/氧化铝基($\text{SiC}/\text{Al}_2\text{O}_3$)、碳纤维/氧化铝基($\text{C}/\text{Al}_2\text{O}_3$)等。

图表86: 一些典型陶瓷基复合材料的性能

| 材料 (基体/增强物) | 抗弯强度 (Mpa) | | 室温 - (Mpa ^{1/2}) | 高温 - (Mpa ^{1/2}) | 宣温断裂韧性 - (Mpa ^{1/2}) |
|--|------------|---------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | 室温 | 高温 | | | |
| $\text{Si}_3\text{N}_4/20\text{vol\%SiC}$ | 500 | - | - | - | 12.0 |
| $\text{Si}_3\text{N}_4/10\text{wt\%SiC}$ | 1068 | 386 (1300° C) | - | - | 9.4 |
| $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiC}$ 短切纤维 | 900 | - | - | - | 20.0 |
| $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiC}$ 纳米颗粒 | 1550 | - | - | - | 7.5 |
| SiC/SiC | 501 | 271 (1200° C) | - | - | 6.0 |
| $\text{SiC}/25\text{wt\%TiC}$ | 580 | - | - | - | 6.5 |
| $\text{SiC}/15\text{vol\%ZrB}_2$ | 560 | - | - | - | 6.5 |
| $\text{SiC}/\text{Si}_3\text{N}_4$ | 930 | - | - | - | 7.0 |
| $\text{SiC}/33\text{wt\%TiC-33\text{wt\%TiB}_2}$ | 970 | - | - | - | 5.9 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ 短切纤维 | 800 | - | - | - | 8.7 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiC}$ 纳米颗粒 | 1520 | - | - | - | 4.8 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Si}_3\text{N}_4$ 纳米颗粒 | 850 | - | - | - | 4.7 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiC}$ | 940 | - | - | - | 4.0 |
| $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{YAG}$ | 373 | 198 (1650° C) | - | - | 4.0 |
| 莫来石/ ZrO_2 - SiC | 500 | - | - | - | 6.1 |
| Y-TZP/20% SiC | 1050 | - | - | - | 8.0 |
| $\text{ZrO}_2/30\text{vol\%SiC}$ | 650 | 400 (1000° C) | - | - | 12.0 |

资料来源:《高温结构陶瓷基复合材料的研究现状与展望》(周洋等,【硅酸盐通报】), 2001年第4期, 华泰研究

目前各大航空发动机制造商正积极推进连续纤维增强陶瓷基复合材料在航空发动机上的应用。如法国斯奈克玛公司生产的连续纤维增强陶瓷基复合材料的调节片、封严片等部件已经装机使用。英国罗罗公司则计划在未来航空发动机涡轮盘、涡轮叶片、高压压气机叶片、机匣、燃烧室、尾喷管等部件均采用陶瓷基复合材料。陶瓷具有耐高温、耐氧化、硬度高、密度小、比强度高、抗蠕变性能好等特点。目前处于研发或应用的连续纤维增强陶瓷基复合材料主要有碳纤维/碳化硅基 (C/SiC)、碳纤维/氮化硅基 (C/Si₃N₄)、碳化硅纤维/碳化硅基 (SiC/SiC)、碳化硅纤维/氧化铝基 (SiC/Al₂O₃)、碳纤维/氧化铝基 (C/Al₂O₃) 等。目前各大航空发动机制造商正积极推进连续纤维增强陶瓷基复合材料在航空发动机上的应用。如法国斯奈克玛公司生产的连续纤维增强陶瓷基复合材料的调节片、封严片等部件已经装机使用。英国罗罗公司则计划在未来航空发动机涡轮盘、涡轮叶片、高压压气机叶片、机匣、燃烧室、尾喷管等部件均采用陶瓷基复合材料。

图表87：陶瓷基复合材料在航空发动机上的应用

| 材料体系 | 发动机型号 | 应用部位 | 效果 |
|----------|-------------|------------------|---|
| SiC 复合材料 | M88-2 | 外调节片 | 于 2002 年开始投入批生产，在国际上首次实现了陶瓷基复合材料在发动机上的应用 |
| | F119 | 矢量喷管内壁板和外壁板 | 有效减重，从而解决飞机重心后移问题 |
| | F414 | 燃烧室 | 能够提供较大的温升，较长的寿命，需要的冷却空气较少 |
| | F100 | 密封片 | 累计工作时间 1300h, 1200°C/100h, 减重 60%。SiCf/SiC 材料比金属密封片具有更好的抗热机械疲劳性能 |
| | F100-PW-229 | 密封片 | 在 Pratt&Whitney (FL) 和 Arnold (TN) 空军基地进行了 600h 以上的地面试车试验，并在 2005 年和 2006 年通过 F-16 和 F-15E 试飞试验 |
| | XTC77/1 | 燃烧室火焰筒，高压涡轮静子叶片 | 改进了热力和应力分析；质量减轻，冷却空气量减少 |
| | XTC97 | 燃烧室 | 在目标油气比下获得了较小的分布因子 |
| | F110 | 调节片 | 累计工作时间 500h, 1200°C/100h, 增加推力 35%。取样性能测试结果表明，SiCf/SiC 无明显损伤 |
| SiCf/SiC | XTC76/3 | 燃烧室火焰筒 | 火焰筒壁可以承受 1589K 温度 |
| | XTE76/1 | 低压涡轮静子叶片 | 提高了强度和耐久性，明显减少了冷却空气需要量 |
| | EJ200 | 燃烧室、火焰稳定器和尾喷管调节片 | 通过了军用发动机试验台、军用验证发动机的严格审定，在高温高压燃气下未受损伤 |
| | F136 | 涡轮 3 级导向叶片 | 耐温能力可达 1200，重量仅有镍合金的 1/3。可能是陶瓷基复合材料在喷气发动机热端部件上得到的首次商业应用 |
| CMC | Trent | 尾椎 | 截至 2013 年 1 月，运行 73h，未有热或结构应力问题发生 |
| | Leap-X | 低压涡轮导向叶片 | 质量仅为传统材料的 1/2 甚至更轻，但可以耐 1200°C 以上的高温，并且不需要冷却，易于加工 |

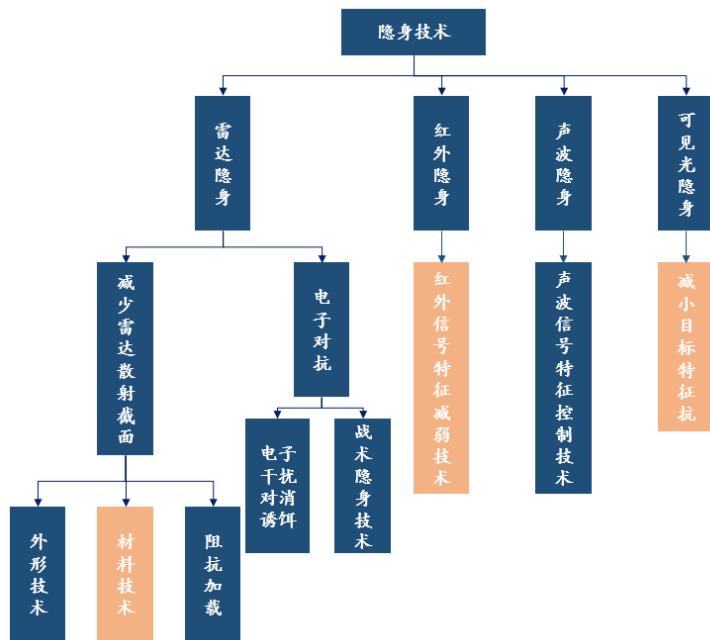
资料来源：《新一代发动机高温材料—陶瓷基复合材料的制备、性能及应用》(焦健等,【先进高温材料】，2014年第7期)，华泰研究

火炬电子国内唯一一家从事陶瓷基复合材料业务的上市公司。公司新材料板块主营产品为 CASAS-300 高性能特种陶瓷材料，由子公司立亚新材实施，立亚化学是原材料供应基地，提供高性能陶瓷材料的先驱体。“CASAS-300 特种陶瓷材料产业化项目”实施主体立亚新材已获得特种领域相关资质，截至 2019 年底，已完成建设三条生产线，另外三条生产线已完成纺丝、交联工序调试工作，但热解炉、热处理炉生产和交付周期较长，相关设备受供应商产能排期影响，交付时间延后。公司公告将项目延期至 2020 年 9 月。立亚化学作为高性能陶瓷材料的先驱体 (PCS) 产业化基地，已全面完成主体建设、设备安装、调试、试生产方案、环境、安全应急预案申报等一系列前置工作，2020 年已计划试投产。

隐身材料

隐身技术是通过控制和降低武器装备的特征信号，使其难以被探测、识别、跟踪和攻击的技术。武器装备的隐身能力可以通过外形设计和使用隐身材料来实现。外形设计是通过武器装备的外形设计尽量降低其雷达散射截面，但因受到战术技术指标和环境条件的限制，进行理想设计有相当大的难度，因此开展隐身材料的研究成为隐身技术的关键。

图表88：隐身技术的分类



注：棕色方框为隐身材料技术领域

资料来源：《隐身材料》（张玉龙等，【化学工业出版社】，2018年2月出版），华泰研究

隐身材料可在不改变外形、气动特征的前提下，大大减小目标信号特征。隐身材料按照针对的探测技术分类，可以分为雷达隐身、红外隐身、激光隐身及多频谱隐身等。根据《多频段隐身材料的研究现状与进展》（徐国跃等，【航空科学技术】，2022年1月），当前战场上高技术探测器中，雷达探测占60%，红外探测占30%，因此隐身材料的主要研究集中于这两个领域。对于飞行器而言，发动机后腔体及其内部件和边缘等产生的雷达散射信号、后腔体及其热端部件和尾喷流等产生的红外辐射信号占整个飞机尾部方向特征信号的95%，因此通常会采用外形设计叠加多重隐身涂层。

图表89：隐身材料的分类

| 隐身材料分类 | 特征 |
|---------|---|
| 雷达隐身材料 | 通过有效地吸收入射雷达波从而使目标雷达散射截面（RCS）显著缩减，按照使用形式可分为涂覆型吸波材料和结构型吸波材料。 |
| 红外隐身材料 | 通过降低目标表面红外辐射特征为目的，使得红外成像探测无法识别目标体，按照途径，可以分为改变物体的红外辐射特性，即控制物体表面发射率和改变物体红外辐射强度，即控制物体表面温度，缩小目标与背景温差。 |
| 激光隐身材料 | 降低目标表面的反射系数，减小激光探测器的回波功率，降低激光探测器的性能。透射材料是让激光透过目标表面而无反射；导光材料是使入射到目标表面的激光传输到其它方向减少直接反射回波；吸收材料对激光的吸收率大，反射率小，达到隐身的目的。 |
| 多频谱隐身材料 | 在多频段、多手段探测下，具有多重隐身功能或宽频段隐身功能，常见的有雷达/红外减容隐身、可见光/红外减容隐身等。 |

资料来源：华泰科技招股说明书，华泰研究

“隐身时代”来临，新一代先进装备均采用了隐身技术。军机方面：根据《武器装备隐身材料的发展现状及趋势》（贾爱珍等，【科技展望】，2016年12月），F-117A隐身攻击战斗机、F-22、F-35先进战斗机以及B-2隐身战略轰炸机均采用了最先进的隐身技术；发动机方面：根据《航空发动机隐身技术分析与论述》（邓洪伟等，【航空科学技术】，2017年10月），四代战斗机及未来的隐身飞机对发动机提出了较高的隐身指标要求。而发动机后腔体及其内部件和边缘等产生的雷达散射信号、后腔体及其热端部件和尾喷流等产生的红外辐射信号占整个飞机尾部方向特征信号的95%以上。

图表90：典型隐身措施应用难点及代价

| 序号 | 隐身措施 | 应用对象 | 代价 | 风险 |
|----|------------|--------------|----------------|---------------------------|
| 1 | S弯进气道 | 战斗机、轰炸机、无人机 | 重量大、气动损失 | 超声速气动损失加大、加工制造难度大 |
| 2 | 风扇雷达修形 | F119/F135发动机 | 气动损失、结构改动 | 结构改动风险大，需兼顾防冰 |
| 3 | 一体化隐身加力燃烧室 | F119发动机 | 加力效率降低、损失加力推力 | 结构复杂，与整机匹配和加工难度大 |
| 4 | 二维矢量喷管 | F119发动机 | 重量大、需引冷却气，降低推力 | 结构复杂，与整机匹配和加工难度大、与飞机匹配难度大 |
| 5 | S弯二维喷管 | B-2飞机发动机 | 重量大，发动机安装复杂 | 与飞机后机身匹配难度大、推力损失大 |
| 6 | 锯齿修形轴对称喷管 | F135发动机 | 引冷却气、隐身效果一般 | 风险较小 |
| 7 | 隐身涂层材料 | 广泛应用 | 增重 | 脱落、氧化、烧蚀等 |
| 8 | 飞机后机身遮挡及冷却 | F-22A等 | 增重、提供冷却气 | 一体化设计难度大、控制风险大 |

资料来源：《航空发动机隐身技术分析与论述》（邓洪伟等，【航空科学技术】，2017年10月），华泰研究

华泰科技是国内极少数能够全面覆盖从常温、中温到高温的隐身材料设计研发及生产的企业，在中高温领域技术优势明显，产业化优势突出。目前，公司产品已在多军种、多型号装备实现装机应用。鉴于军工行业较为稳定的产品配套关系，以及后续的产品日常维护与维修、技术改进和升级、更新换代、备件采购中对供应商存在一定的技术和产品依赖，且公司产品已对客户形成批量供应。

图表91：华泰科技主要竞争对手状况

| 细分行业 | 公司名称 | 证券代码 | 主要情况介绍 | 主要产品 |
|------|------------|-----------|--|----------------------------------|
| | 光启技术 | 002625 CH | 主要从事超材料前沿技术研究及尖端装备超材料方案提供和产品生产：目前已实现量产，为超材料细分领域龙头企业 | 超材料功能结构、超材料高性能电磁罩、超材料高性能天线 |
| 隐身材料 | 成都佳驰科技 | 未上市 | 主要从事电磁辐射功能材料与结构的设计、测试、分析及制造 | 常温隐身材料：吸波贴片、吸波胶板、功能涂层、吸波泡沫、吸波蜂窝等 |
| | 扬州斯帕克 | 未上市 | 主要从事新式被服、装备装具产品的研发和制造 | 伪装网、伪装衣、吉利服、野外野营旅游产品 |
| 伪装材料 | 中强科技 | 未上市 | 主要从事防多波段侦察隐身结构功能一体化材料、雷达吸收波材料和数码迷彩隐身材料等军用隐身伪装材料、武器装备的研发、生产、销售和技术服务 | 隐身伪装涂料与隐身伪装遮障 |
| | 湖南博翔新材料 | 未上市 | 主要从事碳化硅纤维及其复合材料、军用吸波材料、高导热绝缘材料等产品的研发与销售 | 吸波材料、导热绝缘材料 |
| | 中涂化工（上海） | 未上市 | 主要从事高性能涂料及稀释剂和溶剂的研发和生产 | |
| | 佐敦涂料（张家港） | 未上市 | 主要从事工业、民用及海洋船舶涂料的生产 | |
| | PPG 涂料（天津） | 未上市 | 主要从事涂料、平板玻璃、长玻璃纤维、工业和专业化学品的生产及经营 | |
| | 天津灯塔涂料 | 未上市 | 主要从事各类涂料的生产与加工 | |
| 防护材料 | 湖南湘江涂料 | 未上市 | 主要从事各类涂料、树脂的研究制造 | 工业涂料、重防腐涂料、汽车涂料、轨道交通涂料、航空涂料、建筑涂料 |
| | 武汉双虎涂料 | 未上市 | 主要从事各类涂料的生产与加工 | |
| | 西北永新涂料 | 未上市 | 主要从事涂料、树脂、精细化工、金属包装物等产品的研发、生产、销售和施工 | |

资料来源：华泰科技招股说明书，华泰研究

零部件端：“小核心大协作”下形成百家争鸣格局

以涡扇发动机为例，气流从涡扇发动机通过的顺序依次为进气道→风扇→压气机→燃烧室→涡轮→尾喷口，其中最主要的部件有风扇、压气机、燃烧室和涡轮。航空发动机主要部件的组成零件按其功能可以分为叶片、轮盘、轴、齿轮和机匣等。零件按毛坯提供方式可以分为锻件、铸件和钣金件等，锻造和铸造是两大最主要的制造工艺。

图表92：涡扇发动机主要部件的组成零件及工艺

| 主要部件 | 零件 | 制造、加工工艺 |
|------|-------|-------------------|
| 风扇 | 风扇叶片 | 锻造、扩散连接、超塑成型、数控加工 |
| | 机匣 | 锻造 |
| | 风扇轴 | 锻造 |
| | 封严环 | 钣金制造 |
| 压气机 | 压气机叶片 | 锻造、扩散连接、超塑成型、数控加工 |
| | 轮盘 | 锻造 |
| | 机匣 | 锻造 |
| 燃烧室 | 火焰筒 | 铸造或锻造 |
| | 机匣 | 锻造 |
| | 高温区零件 | 铸造 |
| 涡轮 | 涡轮叶片 | 铸造、机加工 |
| | 涡轮盘 | 锻造 |
| | 机匣 | 锻造 |

资料来源：航空发动机关键部件结构及制造工艺的发展（赵明等，【航空制造技术】，2015年第12期），航空发动机叶片关键制造技术研究进展（刘维伟，【航空制造技术】，2016年第21期），华泰研究

锻件是指通过对金属坯料进行锻造变形而得到的工件或毛坯。利用对金属坯料施加压力，使其产生塑形变形，可改变其机械性能。目前航空发动机的零部件锻件毛坯占毛坯总重量的一半以上，航空发动机的风扇和压气机叶片、盘、轴、齿轮和部分机匣零件采用锻造工艺。目前航空发动机锻件领域，英美德日走在世界前列，依托高端技术，占据着国际高端市场，国内企业实力相对薄弱，以中航重机为主导，占据国内航空锻造市场60%的份额。铸造可生产形状复杂的零件，在航空发动机上铸件主要用于叶片和机匣等部位。

图表93：锻造：施加压力产生塑性变形



资料来源：中国锻压协会，华泰研究

图表94：铸造：将液体金属浇铸到与零件形状相适应的铸造空腔



资料来源：中国锻压协会，华泰研究

叶片

叶片是发动机的重要部件之一，由于叶片形状复杂、尺寸跨度大、受力恶劣、承载大，并且需要在高温、高压和高转速的工况下运转，使得叶片的质量在很大程度上决定了飞机发动机的性能和质量。发动机中叶片按照功能分类可以分为压气机（风扇）叶片和涡轮叶片。

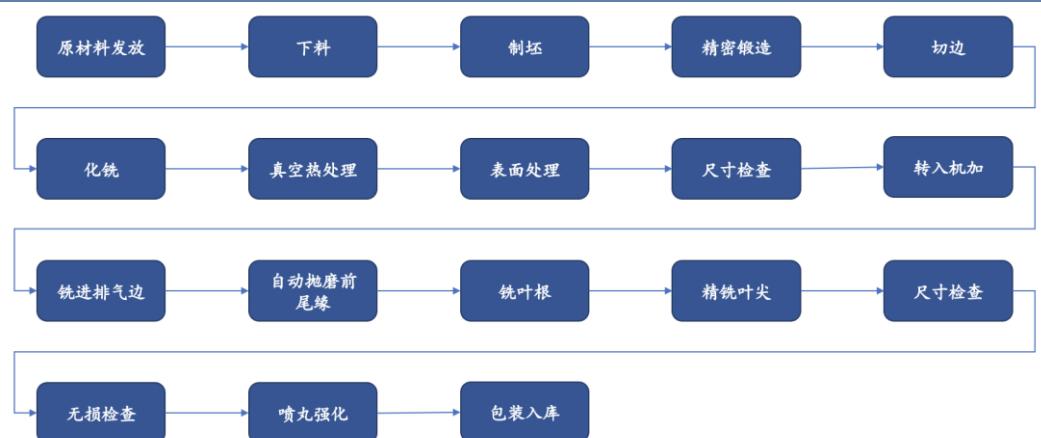
图表95：发动机叶片分类

| 按功能功能分类 | 按工作状态细分 | 按气流温度场细分 |
|-----------|--------------------------------|--------------------|
| 压气机（风扇）叶片 | 压气机转子叶片（工作叶片） 压气机静子叶片（整流叶片） | 低压压气机叶片 高压压气机叶片 |
| 涡轮叶片 | 涡轮工作叶片 涡轮导向叶片 | 高压涡轮叶片 低压涡轮叶片 |

资料来源：航空发动机叶片关键制造技术研究（郑娟，【设备管理与维修】，2019（24），华泰研究

压气机叶片决定了总增压比，即发动机对空气流动的压缩程度，提高发动机的增压比可以提高航空发动机的压缩效率和燃烧效率。压气机叶片从原材料到成品包装入库需要经过制坯、精密锻造、切边、真空热处理、表面处理、尺寸检查等 18 个步骤。

图表96：压气机叶片工艺流程



资料来源：航亚科技招股说明书，华泰研究

竞争格局：涡扇发动机风扇叶片、压气机低压级叶片所用的空心叶片、复合材料叶片对材料及制造工艺的要求较高，国内起步相对较晚，目前国际市场仍以欧美企业为主导。GE、赛峰、罗罗、普惠等国际航空发动机巨头均拥有直属工厂，或与合作公司成立合资工厂。但随着中国锻造技术的不断提升，国产锻造叶片具备全球竞争力。从成本角度考虑，国际航空发动机巨头加大了对中国锻造叶片的采购力度，航发动力、航亚科技、无锡透平等公司先后获得锻造叶片大单，锻造叶片产业正向中国转移。

图表97：全球主要航空发动机风扇/压气机叶片生产企业

| 公司 | 代码 | 2021 年营业收入 | 企业情况 |
|----------------|-----------|----------------|---|
| GE (航空部门) | GE US | 213.10 亿美元 | 发动机叶片业务划分在 GE 公司航空部门中，航空部门的业务包括军民用发动机整机及部件等。公司在美国、加拿大、意大利、新加坡拥有多家风扇叶片及压气机叶片工厂，例如 Bromont/Rutland GE，并与法国赛峰公司成立 CFAN 合资公司，生产复合材料风扇叶片。 |
| 赛峰 (航空航天推进部门) | SAF FP | 74.39 亿欧元 | 赛峰公司的航空航天推进部门生产发动机整机及零部件，在法国、美国、墨西哥拥有多家风扇叶片及压气机叶片工厂，并与美国普惠公司成立 CFAN 合资公司。 |
| 罗罗 | RRU TH | 112.18 亿英镑 | 罗罗公司下设 4 个部门：民用航空航天、能源系统、国防和 ITP AERO，都涉及发动机业务。在英国、新加坡均设有风扇叶片及压气机叶片工厂。 |
| 普惠 | TRX US | 182 亿美元 | 在美国、加拿大、新加坡拥有多家风扇叶片及压气机叶片工厂，例如 Blade Technology (BTL)、PCI、AutoAir 等。 |
| GKN Aerospace | GKN LN | 25 亿英镑 | 德国 GKN 集团航空航天分部，独立航空结构件供应商，可提供涡扇发动机风扇叶片、压气机叶片及其它发动机结构件。 |
| LISI Aerospace | 未上市 | 5.58 亿欧元 | 美国 LISI 集团航空航天分部，是全球航空航天紧固件和结构组件制造专家，在法国、波兰等国拥有叶片专业化工厂，主要向赛峰等提供叶片。 |
| 航发动力 | 600893 CH | 341.02 亿元 | 拥有国内最大的叶片生产线，建立了亚洲规模领先的精密锻造、精密铸造、表面处理生产线，子公司西安安泰主要生产不锈钢及钛合金压气机叶片、汽轮机叶片。 |
| 航亚科技 | 688510 CH | 2.74 亿元 (航空行业) | 主要供应航空发动机压气机叶片，19-25 年，赛峰集团将向公司采购超过 400 万片航空发动机压气机叶片，涵盖 LEAP-X、CF34、PP20 等 16 个系列产品，总价约 10 亿元人民币；与中国航发商发形成了长期合作关系，较好地完成了中国航发商发 CJ2000 压气机 4 级低压转子叶片的研制交付。 |
| 无锡透平 | 2345 HK | / | 服务于国内外主流航空发动机公司，为航空发动机提供风扇叶片、导向叶片、压气机叶片锻件及成品，以及涡轮叶片成品加工。 |

资料来源：各公司官网、年报，Bloomberg，华泰研究

涡轮叶片需要在高温高压的环境下工作，是涡扇发动机中制造难度最高的叶片。高温高压燃气在涡轮中膨胀做工，推动涡轮高速旋转以带动压气机，气流经涡轮出口进入尾喷管，压力降低，速度增加，最后排出发动机，产生动力。涡轮叶片的结构和材料的选用是提高航空发动机性能的关键。20世纪50年代，第二代发动机主要使用实心涡轮叶片，随着结构和材料的升级逐渐开始使用更为先进的空心涡轮叶片，第五代发动机F135已经采用双层壁超冷/铸冷涡轮叶片。涡轮叶片一般采用高温合金或钛铝合金，通过精密铸造加工而成余量小、质量高的叶片毛坯。随着发动机性能的提升，高压涡轮叶片逐步发展到了定向结晶和单晶材料叶片。定向结晶是在熔模铸造造型壳中使熔融合金沿着与热流相反的方向结晶凝固的一种铸造工艺，采用这种工艺成形的涡轮叶片具有很高的抗热疲劳和抗热冲击性。

图表98：各代军用航空发动机的涡轮叶片情况

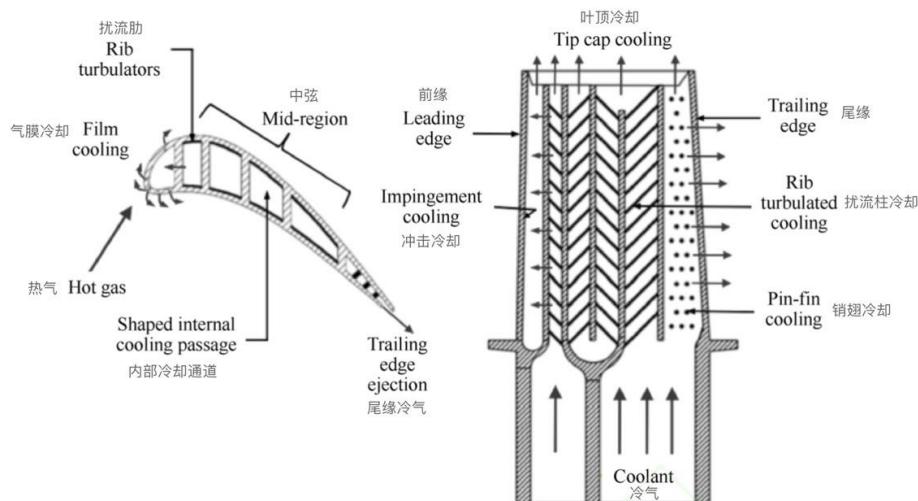
| 代别 | 涡轮叶片结构 | 涡轮叶片材料 |
|-----|--------------|----------------|
| 第一代 | 实心叶片 | 高温不锈钢 |
| 第二代 | 实心叶片 | 定向合金和高温合金 |
| 第三代 | 气膜冷却空心涡轮叶片 | 第一代单晶和定向合金 |
| 第四代 | 复合冷却空心叶片 | 第二代单晶合金 |
| 第五代 | 双层壁超冷/铸冷涡轮叶片 | 金属间化合物、第三代单晶合金 |

资料来源：航空发动机关键部件结构及制造工艺的发展（赵明等，【航空制造技术】，2015年第12期），华泰研究

航空发动机热量过高这一现象不仅仅容易导致其出现损坏，从而影响到飞机的正常飞行，甚至也会导致航空燃油温度过高，从而引发爆炸。为避免此类现象的出现，进而更好地保障飞机中乘客或飞行员的生命健康安全，工程师在航空发动机中加强了对涡轮叶片冷却技术的应用。通过对该项技术进行应用不仅仅可以有效避免航空发动机出现运行温度过高的现象，同时更可以进一步提升航空发动机的性能。在同等条件下采用涡轮叶片冷却技术能够更好地提高航空发动机的冷却效果，保障航空发动机的正常运行，确保航天飞机的安全运行。

涡轮叶片可以分为前缘、中弦、尾缘三块区域。前缘冷却结构一般由冲击冷却和气膜冷却组成，通常情况下，两者使用同一个冷却通道。中弦冷却结构通常由内部强化对流冷却和外部气膜冷却组成。尾缘冷却结构内部重点在于凸起、凹坑以及销翅参数等，外部使用气膜冷却。各冷却结构复合随着3D打印技术的成熟将成为未来的发展趋势。

图表99：叶片复合冷却结构



资料来源：Recent Studies in Turbine Blade Internal Cooling (Je-Chin H.等，【Heat Transfer Research】，2010, 40 (8)），华泰研究

竞争格局：历史上长期被欧美企业垄断，近年国内企业实现突破。高性能、长寿命的涡轮精铸叶片均由欧美企业提供，GE、赛峰、罗罗、普惠等国际航空发动机巨头均有直属涡轮叶片工厂，Precision Castparts公司是最大的独立涡轮叶片供应商。俄罗斯的涡轮叶片可满足性能需求，但在使用寿命和经济性上远不如欧美产品。

国内企业进步显著，航发精铸、应流股份等多家公司涡轮叶片实现突破，发展空间较大。经过多年发展，国内涡轮叶片技术进步显著，其中，航发精铸实现涡轮叶片的稳定供应，叶片性能和寿命不断提升，是国内最主要的涡轮叶片供应商；应流股份、江苏永瀚、万泽股份实现技术突破，成功进入中国航发的供应商序列。目前该细分赛道因单晶涡轮叶片精铸技术的高技术壁垒，各上市公司前期均进行了大量的技术研发投入，虽然目前相关业务在各自营业收入中的占比暂时还较低，但随着相关研发投资项目的实施，精铸业务即将或已初步进入收获期。

图表100：全球主要航空发动机涡轮叶片生产企业

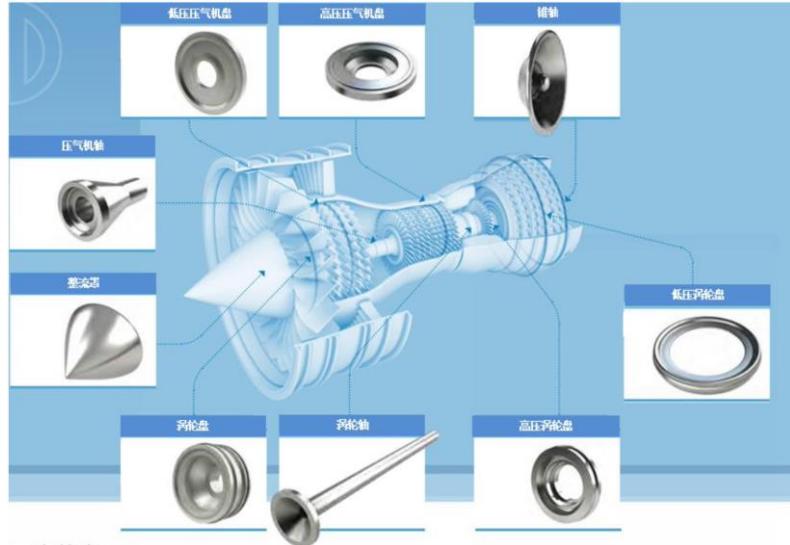
| 公司 | 代码 | 2021年营业收入 | 企业情况 |
|---------------------|-----------|-----------------|--|
| GE (航空部门) | GE US | 213.10亿美元 | 发动机叶片业务划分在GE公司航空部门中，航空部门的业务包括军民用发动机整机及部件等。公司在美国设有涡扇发动机叶片工厂。 |
| 赛峰(航空航天推进部门) | SAF FP | 74.39亿欧元 | 赛峰公司的航空航天推进部门生产发动机整机及零部件，在法国设有涡扇发动机叶片工厂。 |
| 罗罗 | RRU TH | 112.18亿英镑 | 罗罗公司下设4个部门：民用航空航天、能源系统、国防和ITP AERO，都涉及发动机业务。在英国设有涡扇发动机叶片工厂。 |
| 普惠 | TRX US | 182亿美元 | 在美国设有涡扇发动机叶片工厂。 |
| Precision Castparts | OHNO US | 65亿美元 | 最大的独立涡轮叶片供应商。 |
| 航发动力 | 600893 CH | 341.02亿元 | 子公司西安航发精铸、沈阳航发精铸、贵阳航发精铸等负责为公司生产精铸叶片。 |
| 应流股份 | 603308 CH | 20.4亿元 | 公司生产的高温合金叶片、机匣等产品应用于不同类型燃气轮机和多个型号航空发动机，在国内为多个型号航空发动机和燃气轮机配套，是中国航发集团以外为航空发动机配套的极少数企业之一。 |
| 江苏永瀚 | 未上市 | 企业选择不公示 | 主要产品为航空发动机、燃气轮机用等轴、定向、单晶高温合金涡轮叶片及热端部件。 |
| 万泽股份 | 000534 CH | 9362万元(制造业) | 主要产品为高温合金母合金、高温合金粉末、精密铸造叶片，也从事其他行业。 |
| 炼石航空 | 000697 CH | 7824万元(发动机叶片产品) | 控股子公司成都航宇累计承接预研、在研、在役重点机型复杂单晶叶片的研发及生产任务10余项。 |

资料来源：各公司官网、年报，Bloomberg, Fortune, 华泰研究

盘件

航空发动机中的涡轮盘、压气机盘也是十分重要的转子部件。盘环件是航空发动机中工作条件最为苛刻和重要的零部件之一，承受着复杂的循环热载荷及机械载荷。盘环件受力状态十分复杂，不同部位所受温度、载荷、介质作用都不相同。如涡轮盘材料性能的主要要求有：高屈服强度和塑性、足够的蠕变和持久强度、高疲劳抗力、高的低循环疲劳性能、低的裂纹扩展速率、低缺口敏感性、低线膨胀系数、高导热系数、良好的加工工艺性能等。

图表101：航空发动机主要盘类件



资料来源：三角防务首次公开发行招股说明书，华泰研究

竞争格局： 盘环件主要采用锻造工艺。国内从事盘环件锻造的企业主要有中航重机、派克新材、三角防务、航亚科技，其中以中航重机为航空锻造领域绝对龙头。

图表102：国内主要锻造类盘环件生产企业

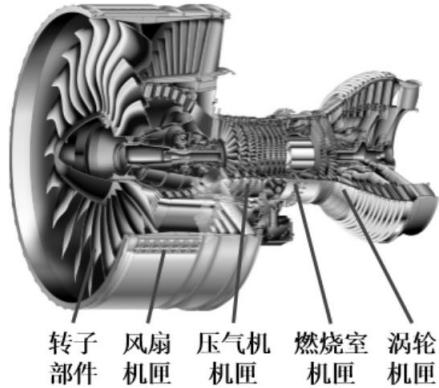
| 公司 | 代码 | 2021 年锻造产品营业收入 | 企业情况 |
|------|-----------|----------------|--|
| 中航重机 | 600765 CH | 65.84 亿元 | 公司主要生产机翼锻件、发动机盘轴类环形锻件等，针对航空航天、电力、船舶、铁路等市场。 |
| 派克新材 | 605123 CH | 15.52 亿元 | 公司主要生产环形锻件、自由锻件、精密模锻件，针对航空航天、船舶、电力、石化市场。 |
| 三角防务 | 300775 CH | 11.48 亿元 | 公司主要生产飞机机身、发动机盘类件，针对航空航天、船舶市场。 |
| 航亚科技 | 688510 CH | 2.74 亿元 | 公司主要生产压气机叶片、盘轴类件、医疗骨科锻件，针对航空、医疗器械市场。 |

资料来源：Wind，华泰研究

机匣及其他结构件

机匣是航空发动机上的主要承力零件，为发动机承受载荷和包容的关键零件，属于典型的薄壁结构零件。其主要作用为：保护发动机核心机、给装在外部的发动机部件如燃油泵、滑油泵、发电机和齿轮箱等以及管路等提供支撑、内侧和转子组件一起构成空气流通通道。机匣按功能进行分类包括风扇机匣、外涵机匣、中介机匣、压气机机匣、燃烧室机匣、轴承机匣、涡轮机匣、附件机匣等。

图表103：发动机中主要部件机匣



资料来源：航空发动机零部件精密制造技术（贾丽等，【科技创新与应用】，2018年30期），华泰研究

其他结构件主要包括轴承、齿轮箱、燃烧室零组件、密封封严装置等，加工方式多采用锻造、少数采用钣金成型。主要参与企业包括航发科技、华伍股份、新研股份，航发科技为其中龙头。

图表104：国内主要机匣及其他结构件生产企业

| 公司 | 代码 | 2021年航空产品营业收入 | 企业情况 |
|------|-----------|---------------|---------------------------------|
| 航发科技 | 600391 CH | 34.23亿元 | 公司主要生产机匣、叶片、钣金、轴类产品等。 |
| 华伍股份 | 300095 CH | 1.80亿元 | 公司主要生产发动机反推、机匣等。 |
| 新研股份 | 300159 CH | 5.12亿元 | 公司主要生产航空航天飞行器结构件、航空发动机和燃气轮机结构件。 |

资料来源：Wind, 华泰研究

除军工集团旗下的企业外，当前民营企业主要从零部件切入航空发动机领域，且多为同国际巨头合作，许多企业利用灵活的机制，引进国际知名专家队伍，定制国际先进的专业化设备，在高温合金材料制备、精密铸造、叶片机加等方面承担了多项航空发动机和燃气轮机科研生产任务。

图表105：国内航空发动机零部件主要生产企业

| 企业名称 | 股票代码 | 企业简介 |
|------|-----------|--|
| 中航重机 | 600765 CH | 中航工业旗下上市公司，下属两家子公司安大锻造和宏远锻造从事锻件生产，为国内航空发动机提供优质模锻件、环轧件、盘锻件、轴锻件等。 |
| 航宇科技 | 688239 CH | 环形锻件精确轧制、自由锻造、热处理及机械加工。 |
| 楚江新材 | 002171 CH | 航空发动机制造用碳材料加工装备、真空热处理装备、粉末冶金装备、雾化制粉装备及粉末冶金材料 |
| 钢研高纳 | 300034 CH | 部分难变形高温合金和粉末冶金盘等高端锻件生产。 |
| 航发科技 | 600391 CH | 主要承接国际知名航空发动机公司的委托加工业务，以及国内航空发动机零部件的研制生产。 |
| 新研股份 | 300159 CH | 航空发动机燃烧室、喷管、机匣、叶片、整体叶片、叶盘、安装环、导流管等结构件生产。 |
| 华伍股份 | 300095 CH | 航空装备、航空零组件、发动机机匣及反推装置工装设计制造及零组件生产。 |
| 航亚科技 | 688510 CH | 公司业务以压气机叶片为主，包含转动作及结构件、医疗骨科植入锻件等高性能零部件。国外批量供应赛峰、GE 等龙头，国内全面参与多个发动机型号的研发。 |

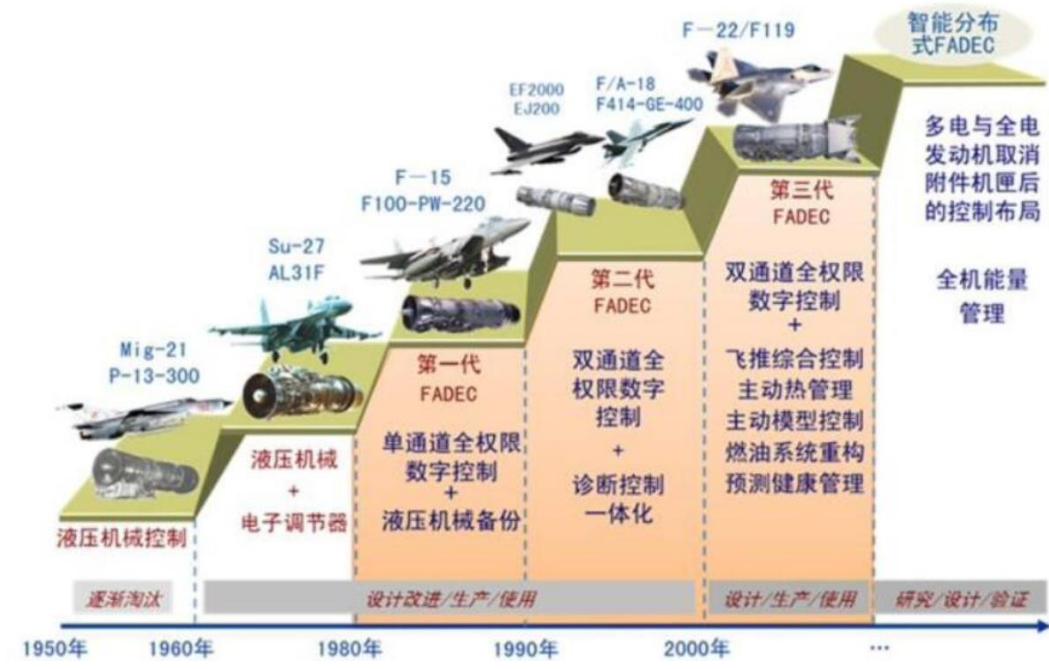
资料来源：各公司公告，华泰研究

控制系统：航发控制为龙头

航空发动机分系统包括控制系统、空气系统、机械系统、短舱系统等。其中，**航空发动机控制系统是发动机的神经和大脑**，起着把飞机操纵人员指令传输给发动机、并根据操纵指令精确调节相关运动机构以使得发动机实现操作意图的功能，对于航空发动机正常稳定工作发挥着至关重要的作用。

发动机控制技术从 20 世纪 50 年代简单的液压机械控制，发展到现代的全权限数字电子控制技术，并向智能/分布式控制方向发展。

图表106：航空发动机控制技术发展历程



资料来源：航空发动机控制系统发展概述（孙志岩，【测控技术】，2019年第38卷第6期），华泰研究

随着航空发动机技术的发展，发动机控制承担的任务越来越多，包括燃油流量控制、空气质量流量控制、涡轮间隙控制、冷却控制、涡桨/涡轴发动机控制和超声速飞机控制。

图表107：发动机控制任务及内容

| 任务 | 内容 |
|------------|---|
| 燃油流量控制 | 根据发动机的不同状态，包括起动、加速、稳态、减速、反推等，将清洁的、无蒸气的、经过增压的、计量好的燃油供给燃烧室。 |
| 空气质量流量控制 | 对流经发动机的空气质量流量进行控制，以保证压气机工作的稳定性。 |
| 涡轮间隙控制 | 控制高压涡轮，甚至包括低压涡轮的转子叶片和机匣之间的间隙，以保证在各个工作状态下间隙为最佳，减少漏气损失，提高发动机性能。 |
| 冷却控制 | 一是燃、滑油温度的管理，保证滑油的充分散热及燃油既不结冰又不过热。根据燃油、滑油温度的情况，决定各个热交换器的工作方式。二是以最少的引气量，控制发动机部件的冷却，同时提高发动机性能。 |
| 涡桨/涡轴发动机控制 | 包括螺旋桨调速器、动力涡轮转速调节器、多发动机负载匹配控制等。 |
| 超声速飞机控制 | 超声速飞机所配备的发动机进气道和尾喷口面积控制，以保证各部件相互之间匹配工作。 |

资料来源：百度百科，华泰研究

竞争格局：我国从事航空发动机控制系统研制生产的企业主要有航发控制、晨曦航空、海特高新、航新科技、中航机电等。其中航发控制背靠我国航空发动机控制领域唯一的军工科研院所中国航发控制系统研究所，实力雄厚、产品型号齐全，公司在国内航空发动机控制系统细分领域处于龙头地位。

图表108：国内航空发动机动力控制系统生产企业

| 公司 | 代码 | 2021年营业收入 | 企业情况 |
|------|-----------|-----------|---|
| 航发控制 | 000738 CH | 41.57亿元 | 发动机控制系统及产品的营收占比为85.03%，约为29.75亿元。 |
| 晨曦航空 | 300581 CH | 2.24亿元 | 主营产品有航空发动机电子系统、航空惯性导航产品、无人机。 |
| 海特高新 | 002023 CH | 8.41亿元 | 主要从事航空机载设备及支线飞机、直升机、公务机发动机维修，航空技术及软件开发，航空机载及测试设备研发制造。 |
| 航新科技 | 300424 CH | 11.60亿元 | 主营产品机载设备、机载设备加改装、机载设备维修、检测设备等。 |

资料来源：Wind，华泰研究

动力控制系统其他部件如电缆、传感器、电机、元器件等方面，军工股上市公司有中航机电、湘电股份、航天电器、中航光电，民营企业上市公司有火炬电子、高华科技，军民协同推动产业发展。

图表109：国内航空发动机动力控制系统及部件主要生产企业

| 企业名称 | 股票代码 | 企业简介 |
|------|-----------|--|
| 航发控制 | 000738 CH | 航发集团旗下上市公司，主要经营业务为航空发动机控制系统及衍生产品的研制、生产、修理和销售。 |
| 海特高新 | 002023 CH | 我国现代飞机机载设备维修规模最大、维修设备最全、用户覆盖面最广的航空维修企业，也是中国第一家综合航空技术服务类上市公司。 |
| 晨曦航空 | 300581 CH | 主营业务导航、测控与控制技术和系统、光电传感及系统。 |
| 中航机电 | 002013 CH | 航空工业旗下航空机电系统业务的专业化整合和产业化发展平台，公司旗下子公司林泉电机从事微特电机业务。 |
| 湘电股份 | 600416 CH | 主营业务大中型高效节能电机、大型矿山成套装备、船舶电力控制+推进系统、城市轨道交通电机电控系统。 |
| 火炬电子 | 603678 CH | 公司经营范围包括研究、开发、制造、检测、销售各类型高科技新型电子元器件等。 |

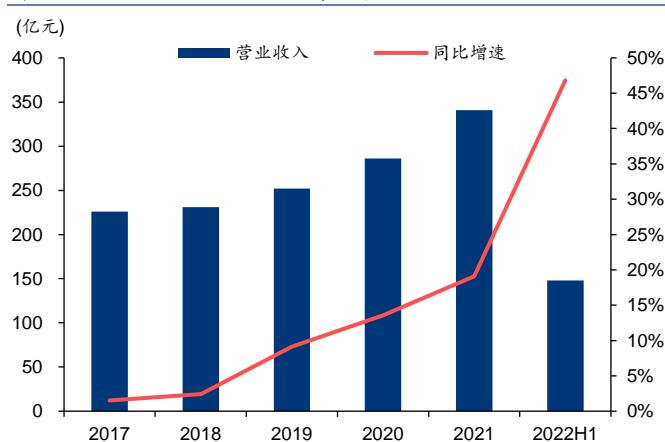
资料来源：各公司公告，华泰研究

产业链相关企业梳理

航发动力 (600893 CH)

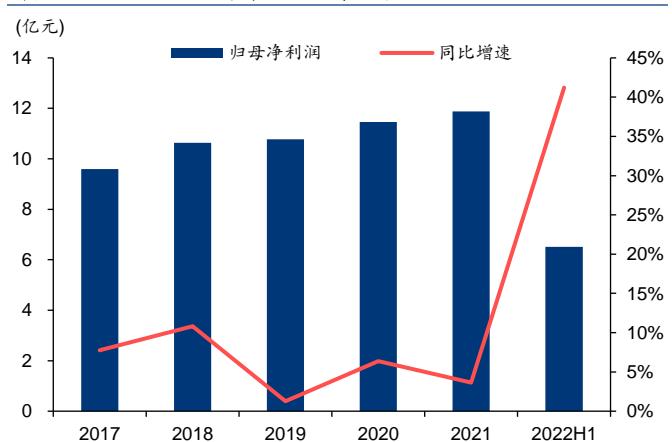
航发动力成立于1993年，是国内唯一具备涡喷、涡扇、涡轴、涡桨、活塞全种类军用航空发动机生产制造能力的大型航空发动机制造基地企业，为三代主战机发动机的国内唯一供应商。公司前身是吉林华润生化股份有限公司，其于2008年通过第一次重组借壳上市，并于2014年通过第二次重组成为我国最大的航空发动机及衍生产品生产制造维修基地。2017年，公司正式变更为“中国航发动力股份有限公司”，公司业务包括航空发动机及衍生产品（覆盖研制、生产、试验、销售、维修保障五大环节）、外贸转包生产（国际新型民用航空发动机零部件试制等）及非航空产品三大板块。

图表110：航发动力营业收入及同比增速



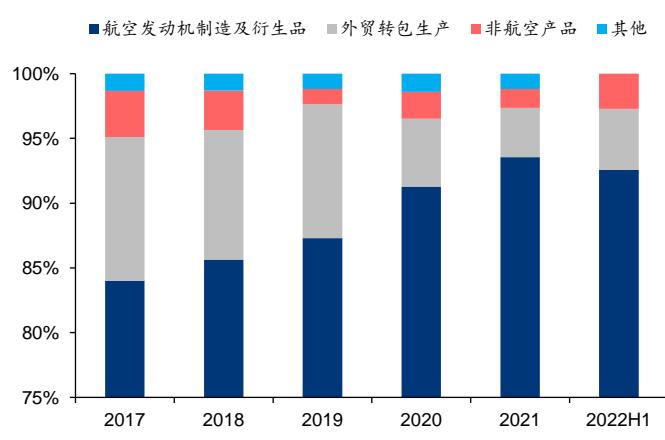
资料来源：Wind, 华泰研究

图表111：航发动力归母净利润及同比增速



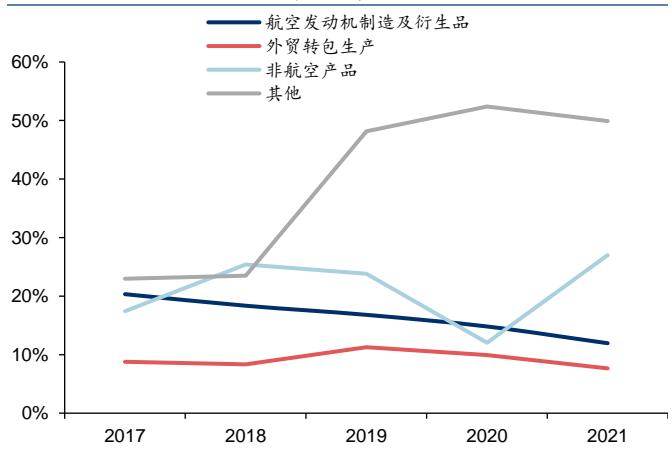
资料来源：Wind, 华泰研究

图表112：航发动力各主营业务营业收入占比



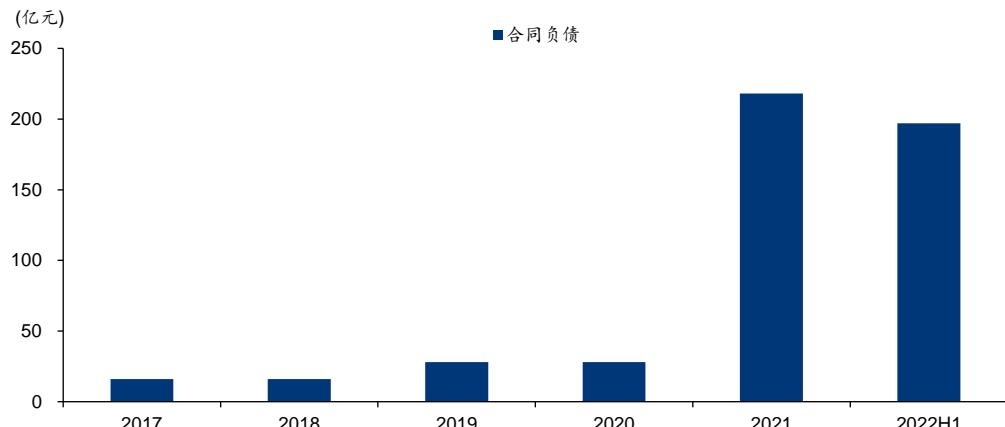
资料来源：Wind, 华泰研究

图表113：航发动力各主营业务毛利率



资料来源：Wind, 华泰研究

图表114: 航发动力合同情况



资料来源: Wind, 华泰研究

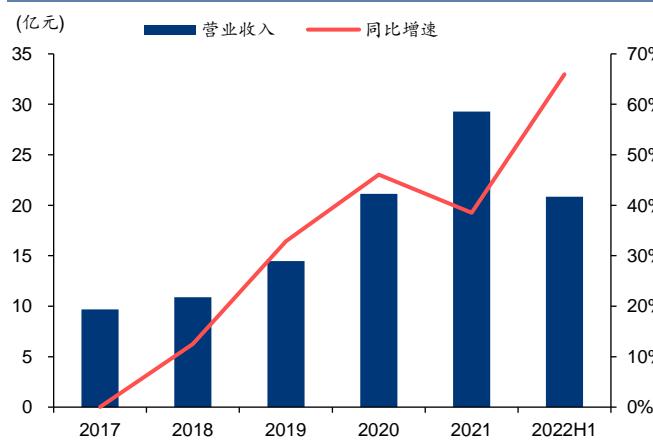
公司业绩呈稳步上升趋势。营业收入从 2017 年的 225.55 亿元增加至 2021 年的 341.02 亿元, 2018-2021 年的 CAGR 为 10.89%; 归母净利润则从 2017 年 9.60 亿元增加至 2021 年的 11.88 亿元, 2018-2021 年的 CAGR 为 5.47%。其中, 航空发动机制造及衍生品的营收占比逐年上升, 从 2017 年的 84.00% 增加至 2021 年的 93.55%; 外贸转包生产业务营收占比逐年下降; 非航空业务和其他业务的营收占比保持稳定。除了非航空业务和其他业务的毛利率在 2020 至 2021 年期间有一定的上升之外, 航空发动机制造及衍生品业务的毛利率维持在 15.00% 至 20.00% 的水平, 外贸转包生产业务的毛利率则维持在 8.00% 至 10.00% 的水平。

2022H1 公司实现营收 148.06 亿元 (+46.83%), 归母净利润 6.51 亿元 (+41.21%), 综合毛利率为 11.68% (-5.85pcts)。其中, 综合毛利率的下滑是由于公司产品结构的调整, 新产品占比增加。2022H1 公司合同负债为 197.08 亿元, 同比下降 20.61%, 主要是货品交付导致部分客户预付款的抵消, 但合同负债依然维持在较高水平, 预示公司订单数量饱满。

西部超导 (688122 CH)

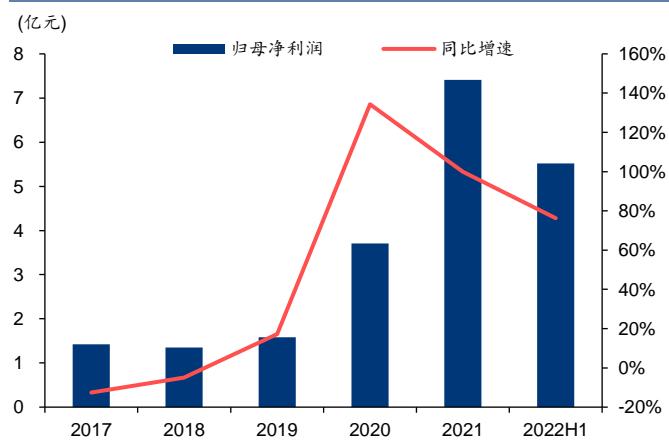
西部超导正式设立于 2003 年, 是目前国内唯一实现低温超导线材商业化生产的企业, 也是目前国际上唯一的铌钛(NbTi)锭棒及线材全流程生产企业, 主要从事高端钛合金材料和低温超导材料的研发、生产和销售。公司拥有钛合金、超导线材、高性能高温合金材料三大主营业务, 所生产的高端钛材产品广泛应用于航空航天领域。公司为我国新型战机、运输机钛合金材料的主要供应商之一。

图表115: 西部超导营业收入及同比增速



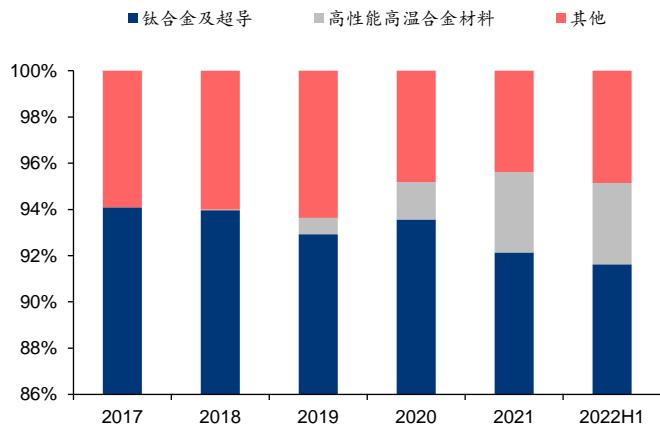
资料来源: Wind, 华泰研究

图表116: 西部超导归母净利润及同比增速



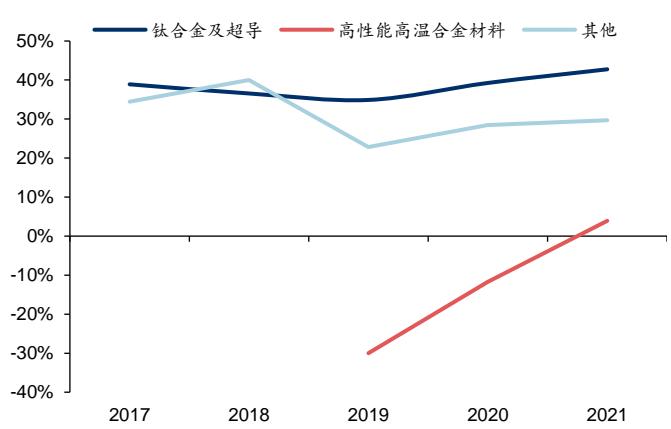
资料来源: Wind, 华泰研究

图表117：西部超导主营业务营业收入占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表118：西部超导主营业务毛利率



资料来源：Wind, 华泰研究

公司业绩增长速度可观，钛合金及超导板块盈利能力较强。收入端，公司营业收入从2017年9.67亿元增长至29.27亿元，2018-2021年的CAGR为31.90%。2018年以前，钛合金及超导业务为公司营收占比最大的主营业务，2019年开始，公司新增高性能合金材料业务，该业务营收占比逐年增加。利润端，归母净利润从2017年的1.42亿元增长至2021年的7.41亿元，2018-2021年的CAGR为51.14%。其中，钛合金及超导业务毛利率呈总体上升趋势，高性能高温合金材料从2021年开始扭亏为盈。此外，2022H1公司实现营业收入20.84亿元(+65.95%)，归母净利润5.52亿元(+76.27%)。其中，2022H1公司高端钛合金业务实现营业收入16.60亿元(+60.41%)，高温合金业务实现营业收入0.73亿元(+42.19%)，超导业务实现营业收入2.50亿元(+137.30%)，三大业务并驾齐驱，推动公司业绩的持续增长。

中航重机 (600765 CH)

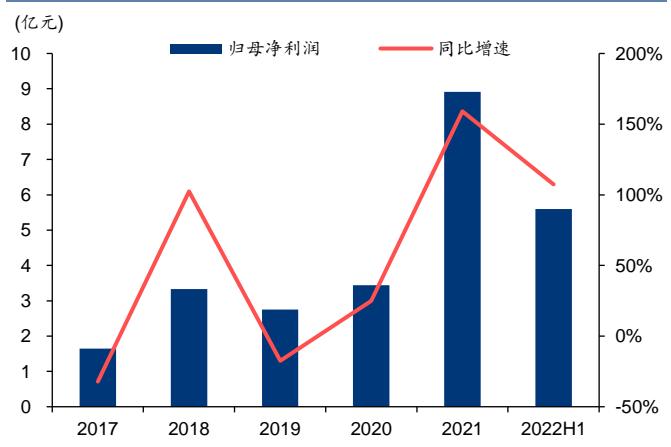
中航重机正式设立于1996年，为“中国航空工业第一股”。公司以航空技术为基础，建立了锻铸、液压、新能源投资三大业务发展平台，形成了高端宇航锻铸造业务、高端液压系统业务、高端散热系统业务、中小型燃机成套业务四大主营业务。公司产品广泛应用于国内外军民航空航天、新能源、工程机械等领域。

图表119：中航重机营业收入及同比增速



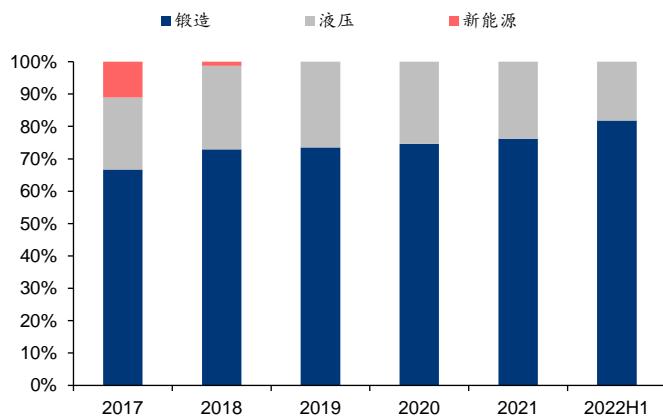
资料来源：Wind, 华泰研究

图表120：中航重机归母净利润及同比增速



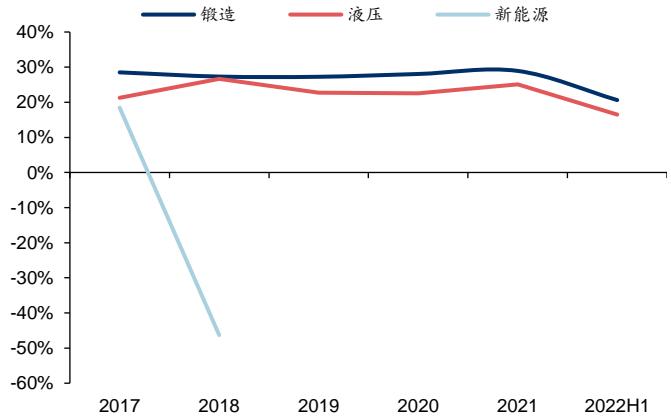
资料来源：Wind, 华泰研究

图表121：中航重机主营业务营收占比（按应用行业分）



资料来源：Wind, 华泰研究

图表122：中航重机主营业务毛利率（按应用行业分）



资料来源：Wind, 华泰研究

专注锻造领域，营业绩效稳定。营收端，公司聚焦主业、提质增效，经营规模稳步提升，2017-2021年公司营收规模由56.63亿元增长至87.90亿元，2021年公司营收同比增速达到31.23%；利润端，公司聚焦核心主业，加强成本控制能力，2018年公司逐步摆脱低效资产及计提存货跌价带来的业绩拖累，2021年实现归母净利润8.91亿元，同比增长159.05%。2018年剥离新能源业务后，公司核心战略围绕锻造业务开展，2019-2021年锻造业务营收占比分别为71.73%、73.17%、74.90%，毛利占比分别为74.71%、77.03%、76.47%。据2021年报，航空锻造业务三家子公司宏远、安大、景航国内市场份额稳步提升。此外，2022H1公司实现营业收入50.77亿元(+14.60%)，归母净利润5.60亿元，(+107.40%)。其中，2022H1业绩大幅提升的原因是公司锻造业务占比扩大，业务结构进一步优化，且公司在原有订单基础上，积极开辟新流水及新产品、新市场，推动公司市占率提升。

航发控制（000738 CH）

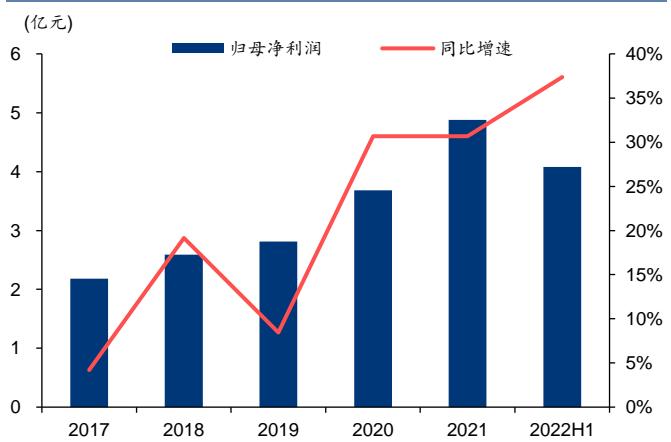
航发控制设立于1997年，前身为南方摩托股份有限公司，其为我国唯一一家集航空发动机控制系统研制、生产、试验、销售、维保等环节于一身的企业，具备控制、机械、液压、电子等多专业综合研发能力，拥有丰富的航空发动机控制系统各类燃油泵及调节器等产品的研制生产能力，以及复杂壳体加工、精密偶件加工、齿轮加工等机械制造关键技术。公司的三大主营业务为航空发动机控制系统及部件业务、国际合作业务、和非航产品业务，产品广泛应用于航空、航天、兵器等领域。公司下设4家全资子公司，其分别为西控科技、贵州红林、北京航科和长春控制。

图表123：航发控制营业收入及同比增速



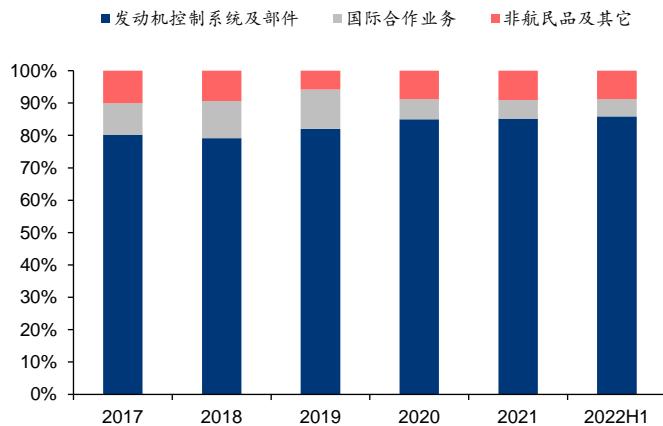
资料来源：Wind, 华泰研究

图表124：航发控制归母净利润及同比增速



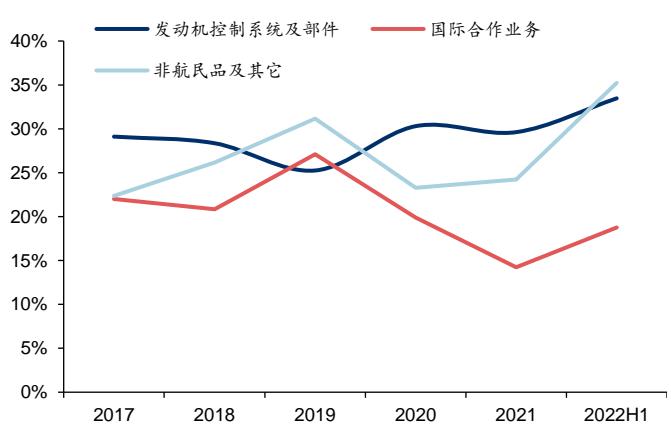
资料来源：Wind, 华泰研究

图表125：航发控制主营业务营业收入占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表126：航发控制主营业务毛利率



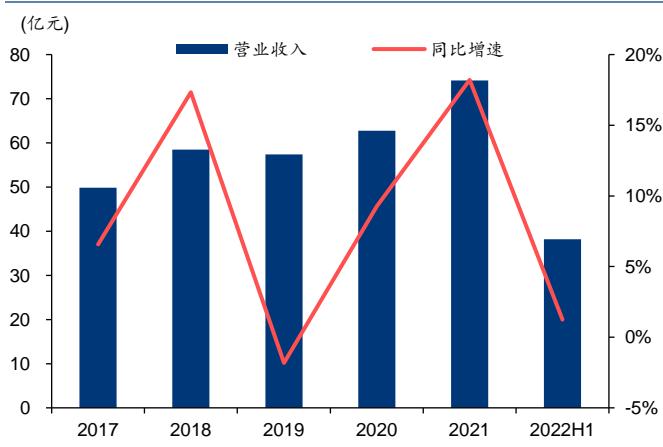
资料来源：Wind, 华泰研究

航发业务助推业绩持续稳定高速增长。收入端，受益于下游军用航空装备高景气，公司营业收入从2017年的25.53亿元增加至41.57亿元，2018-2021年的CAGR为12.96%。其中，营收占比从2017年的80.10%增加至2021年的85.18%的发动机控制系统及部件业务，其营收从2017年的20.45亿元增加至2021年的35.40亿元，2018-2021年的CAGR为14.70%，超过公司总营业收入的年复合增速，是公司营收增长的主要推动力。利润端，公司归母净利润从2017年的2.18亿元增加至2021年的4.88亿元，2018-2021年的CAGR为22.32%。2019年，受原材料成本增加和制造费用增加的影响，发动机控制系统及部件业务的毛利率有较大幅度的下滑，进而大幅减缓了当期归母净利润的增速。毛利率水平方面，发动机控制系统及部件业务的毛利相对稳定；国际合作业务受近两年波音737Max停飞、新冠疫情、以及部分国际合作订单取消或延后的影响，2019年至2021年呈总体下降趋势，2021年随着国际新冠疫情的逐渐缓和，毛利率有一定回升；非航民品及其它业务一方面未实现规模效应，另一方面受新冠疫情的影响，毛利率从2019年的27.10%持续下滑至2021年的14.23%。此外，2022H1公司实现营业收入25.48亿元(+25.71%)，归母净利润4.08亿元(+37.37%)，综合毛利率为32.84%(-2.79pcts)。其中，2022H1公司营收和归母净利润的增长主要受益于航空发动机的加速放量；公司综合毛利率的下降则主要是受到原材料、能源价格等波动，以及产品升级换代中质量损失和成本费用波动的影响。

抚顺特钢（600399 CH）

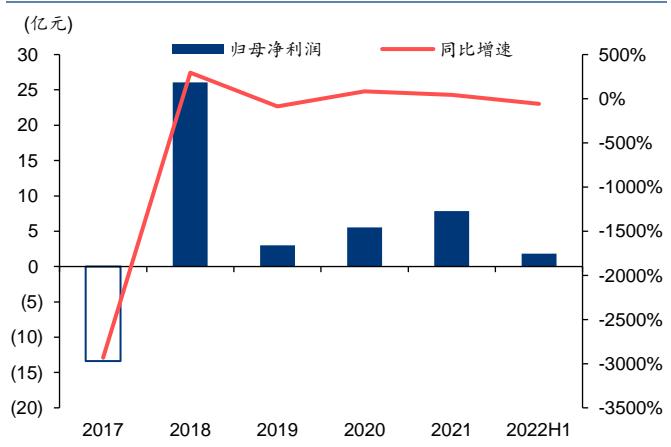
抚顺特钢设立于1999年，于2002年成功上市，是中国重要的国防军工、航空航天等高科技领域特殊钢材料的生产研发基地。公司以特殊钢和合金材料的研发制造为主营业务，生产合金结构钢、不锈钢、高温合金钢、合金工具钢四类主营产品，其产品广泛应用于机械、汽车、军工、化工等行业。此外，公司旗下设有7个子公司，1个联营企业。

图表127：抚顺特钢营业收入及同比增速



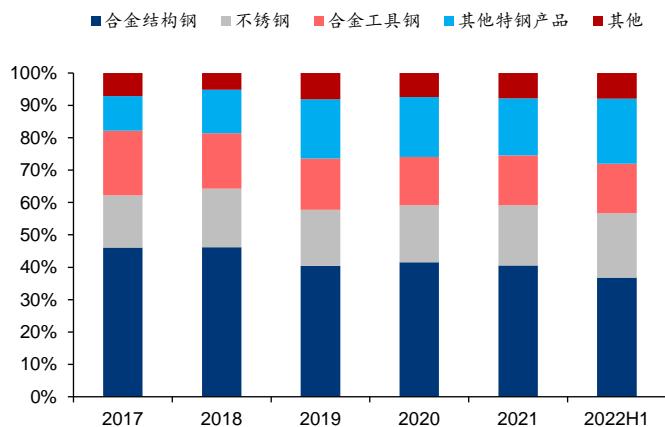
资料来源：Wind, 华泰研究

图表128：抚顺特钢归母净利润及同比增速



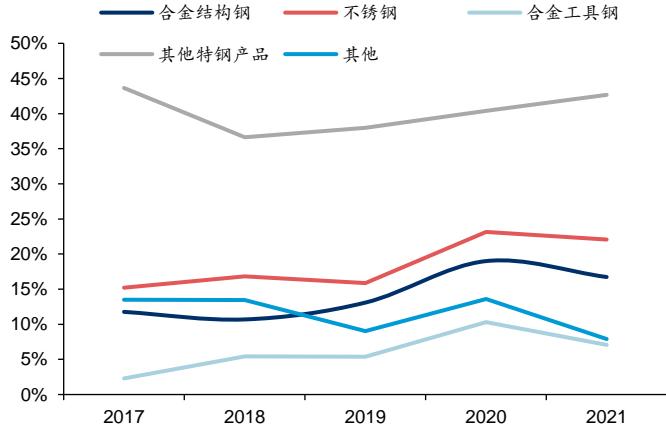
资料来源：Wind, 华泰研究

图表129: 抚顺特钢主营业务营业收入占比



资料来源: Wind, 华泰研究

图表130: 抚顺特钢主营业务毛利率



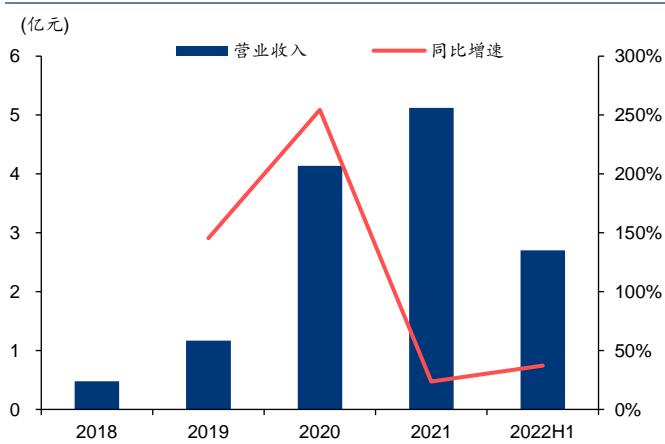
资料来源: Wind, 华泰研究

高附加值业务增长可期。收入端, 公司营业收入从 2017 年的 49.84 亿元增长至 21 年的 74.14 亿元, 2018-2021 年的 CAGR 为 10.44%, 营收同比增速波动较大。其中, 合金结构钢、不锈钢营收占比相对稳定, 合金工具钢营收占比呈总体下降趋势, 以高温合金钢为代表的其它特钢产品的营收占比则呈逐年上升趋势。利润端, 公司 2018 年实现扭亏为盈后公司净利润稳健增长, 2021 年实现归母净利润/扣非归母净利润 7.83/6.85 亿元, 同比 +42.02%/+34.33。此外, 2022H1 公司实现营业收入 38.15 亿元 (+1.24%), 归母净利润 1.83 亿元 (-57.50%)。2022H1 公司业绩的下滑是由于镍钴等原材料价格的上涨, 以及公司无法完全将原材料价格上涨增加的成本转移至下游用户。

华泰科技 (688281 CH)

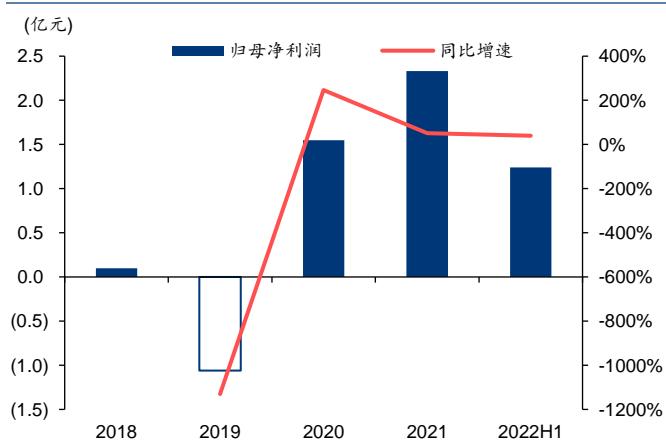
华泰科技成立于 1992 年, 是国内极少数能够覆盖全温段隐身材料业务的高新技术企业。公司从 1992 年开始进行企业改制和产品预研, 于 2012 年开始进行武器装备的装机验证, 2016 年实现产品的初步产业化, 2019 年进入全面批产阶段, 2022 年 3 月上市科创板。此外, 公司下设一个全资子公司, 拥有特种功能材料产品和特种功能材料技术服务两大主营业务, 主要生产隐身材料, 伪装材料, 和防护材料三类产品。现阶段, 公司已形成耐温隐身涂层材料、防腐隐身涂层材料及隐身复合材料等多系列产品, 并实现了多军种、多型号装备的装机应用。

图表131: 华泰科技营业收入及同比增速



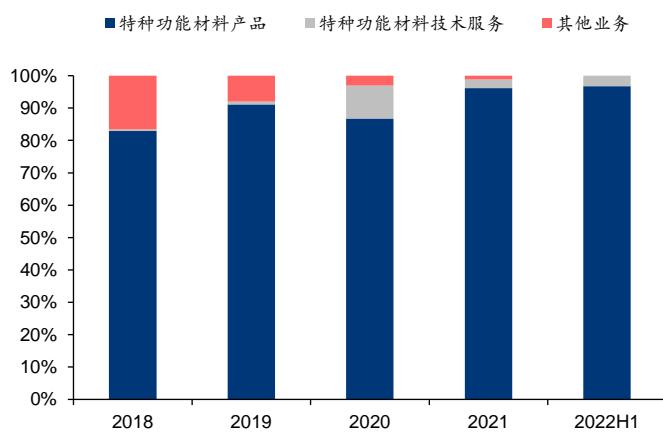
资料来源: Wind, 华泰研究

图表132: 华泰科技归母净利润及同比增速



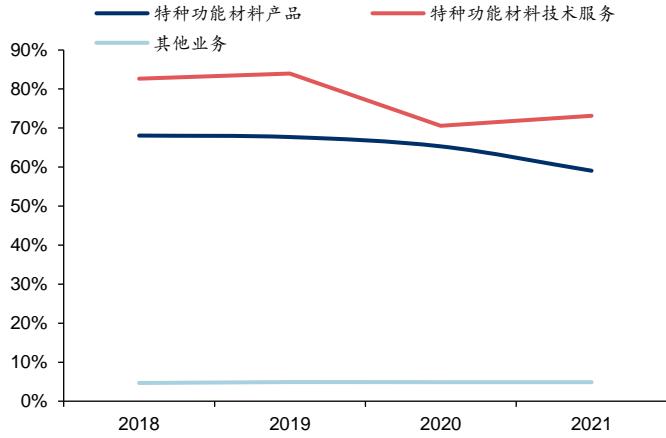
资料来源: Wind, 华泰研究

图表133: 华泰科技主营业务营业收入占比



资料来源: Wind, 华泰研究

图表134: 华泰科技主营业务毛利率



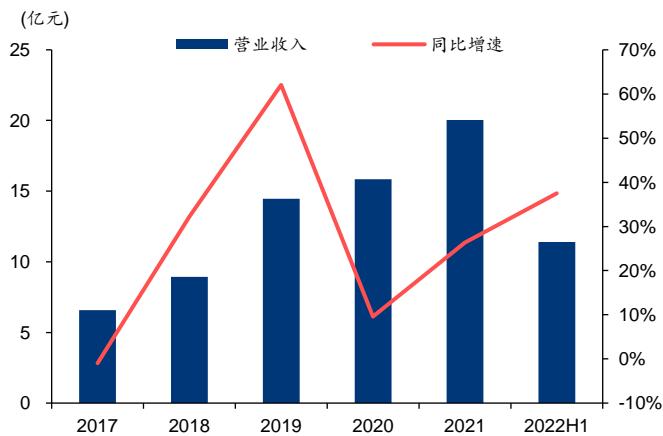
资料来源: Wind, 华泰研究

高毛利水平的特种功能材料业务占据主导, 助推公司业绩可持续增长。公司营业收入从2018年的0.48亿元增加至2021年的5.12亿元, 2019-2021年的CAGR为120.13%; 归母净利润从2018年的0.10亿元增长至2021年的2.33亿元, 2019-2021年的CAGR为185.62%。其中, 特种功能材料产品和特种功能材料技术服务别维持在70.00%和60.00%以上的高毛利率水平。主营业务构成中, 特种功能材料产品营收占比稳定, 维持在80.00%以上。此外, 2022H1,公司实现营业收入2.70亿元(+37.30%), 归母净利润1.20亿元(+39.6%), 综合毛利率为58.3%(+0.67pcts), 2022H1业绩和综合毛利水平的增长主要受益于下游需求增加、隐身材料批产产品和伪装材料批产和收入规模的扩大。

钢研高纳 (300034 CH)

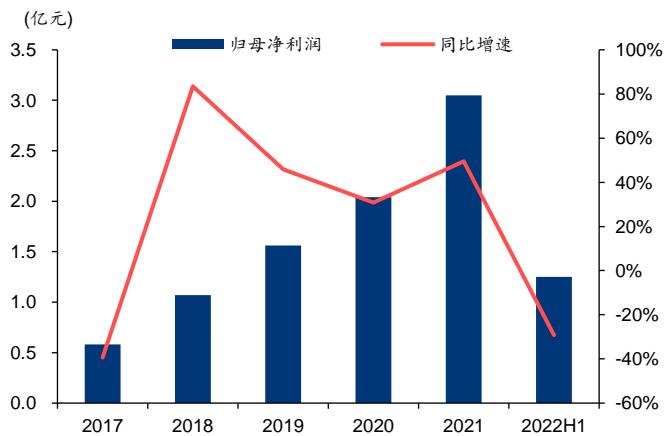
钢研高纳成立于2002年, 是专业从事航空航天高温合金材料研发、生产和销售的高新科技企业, 为国内航空航天用高温合金的重要生产基地, 也是国内电力工业用高温合金的重要供应商。公司定位于高端和新型高温合金领域, 具体包含铸造高温合金、变形高温合金、新型高温合金三大主营业务。公司拥有年产超千吨航空航天用高温合金母合金的能力、以及航天发动机用精铸件的能力, 在变形高温合金盘锻件和汽轮机叶片防护片方面具有先进的生产技术, 具有制造先进航空发动机亟需的粉末高温合金和ODS合金的生产技术和能力。此外, 公司下设3个子公司, 4个联营企业。

图表135: 钢研高纳营业收入及同比增速



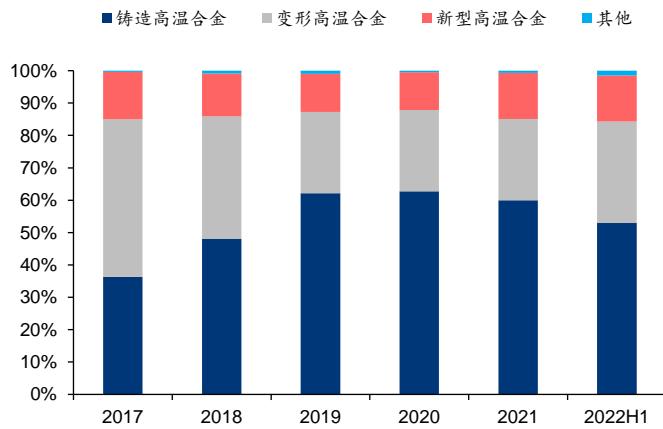
资料来源: Wind, 华泰研究

图表136: 钢研高纳归母净利润及同比增速



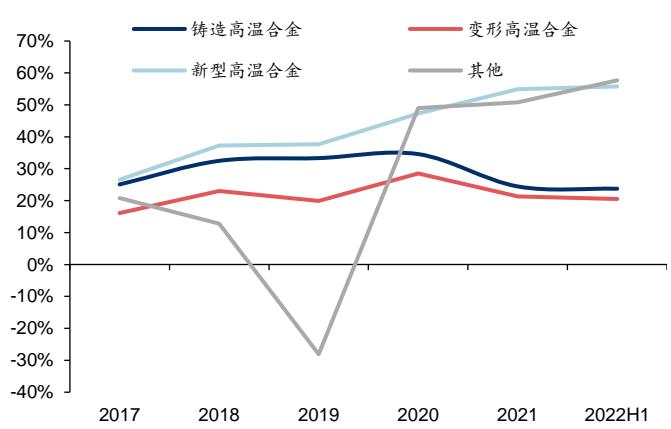
资料来源: Wind, 华泰研究

图表137: 钢研高纳主营业务营业收入占比



资料来源: Wind, 华泰研究

图表138: 钢研高纳主营业务毛利率



资料来源: Wind, 华泰研究

传统高温合金占据主导, 新型高温合金引领业绩增长。收入端, 企业营收增长稳定, 从 2017 年的 6.75 亿元增加至 2021 年的 20.03 亿元, 2018-2021 年的 CAGR 为 31.25%; 其中, 以铸造高温合金和变形高温合金为代表的传统高温合金占据主导。铸造高温合金营收占比呈总体上升趋势, 变形高温合金营收占比呈逐年下降趋势, 新型高温合金和其他业务的营收占比则相对稳定。利润端, 公司归母净利润从 2017 年的 0.58 亿元增加至 2021 年的 3.05 亿元, 2018-2021 年的 CAGR 为 51.43%。毛利率水平方面, 铸造高温合金和变形高温合金的毛利率较为稳定, 分别保持在 30.00% 和 20.00% 左右的水平, 新型高温合金毛利率水平较高, 从 2017 年的 26.00% 增涨至 2021 年的 55.00%。此外, 2022H1 公司实现营业收入 11.41 亿元 (+37.53%), 归母净利润 1.25 亿元 (-29.22%)。其中, 2022H1 营收的增长主要受益于销售规模扩大, 以及变形/新型合金的大幅增长; 归母净利润达下滑则主要有镍等产品原材料的价格上涨导致。

宝钛股份 (600456 CH)

公司成立于 1999 年, 前身为宝鸡钛业股份有限公司, 公司股票于 2002 年在上海证券交易所挂牌交易。公司是中国最大的钛及钛合金生产、科研基地, 是国家高新技术企业。公司主要从事钛及钛合金的生产、加工和销售, 拥有国际先进、完善的钛材生产体系, 主要产品为各种规格的钛及钛合金板、带、箔、管、棒、线、锻件、铸件等加工材和各种金属复合材产品。现阶段, 公司已形成了成熟的购、产、销一体的生产经营模式。

图表139: 宝钛股份营业收入及同比增速



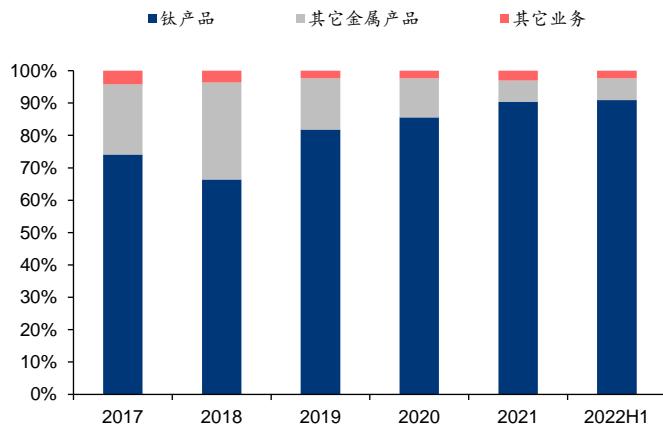
资料来源: Wind, 华泰研究

图表140: 宝钛股份归母净利润及同比增速



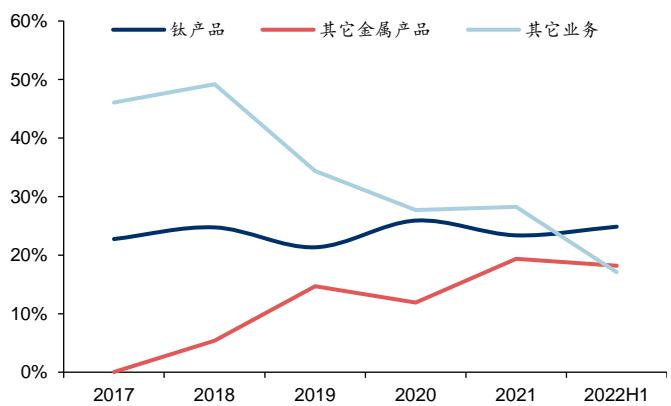
资料来源: Wind, 华泰研究

图表141：宝钛股份主营业务营业收入占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表142：宝钛股份主营业务毛利率



资料来源：Wind, 华泰研究

下游行业长期高景气度助推宝钛驶入成长快车道。收入端，受益于下游高景气，2017年-2021年，公司营收从28.76亿元增加至52.46亿元，2018-2021年CAGR为16.21%。其中，钛产品为公司营收增长的主要驱动力，钛产品营收从2017年的21.31亿元增长至2021年的47.43亿元，2018-2021年的CAGR为22.41%，2021年钛产品的营收占比高达90.41%（+16.34pcts）。利润端，公司归母净利润增长幅度较大，2017年-2021年，公司归母净利润从0.21亿元增长至5.60亿元，2018-2021年的CAGR为127.24%。公司归母净利润的增长主要受益于军工航钛产品占比的提升以及新钛材产线的成功投产，投产的实现提高了钛产品的综合毛利率，2017年-2021年，公司钛产品毛利率从22.75%增加至23.38%（+0.63pcts）。此外，由于下游军工产品持续放量，以及2021年新钛材产线的全面投产，公司2022H1的业绩依然保持高增长态势。公司2022H1实现营业收入33.78亿元，同比+18.92%；实现归母净利润3.58亿元，同比+28.75%

图南股份（300855 CH）

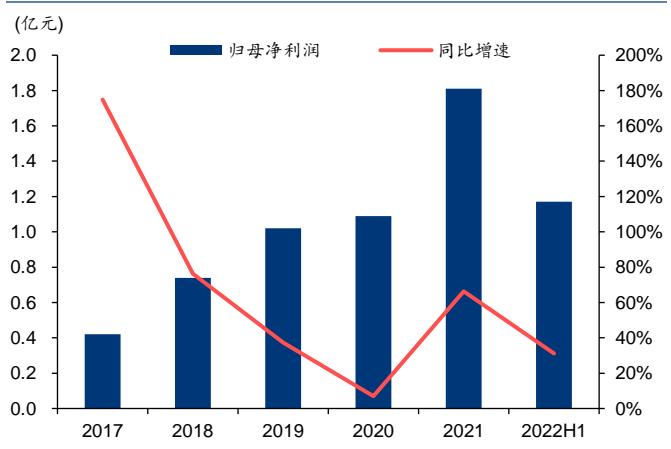
图南股份成立于1991年，前身是丹阳市精密合金厂，2015年正式变更为江苏图南合金股份有限公司，是专业从事高温合金、耐蚀合金、精密合金等特种合金及其制品研发与生产的高新技术企业。高温合金方面，公司实现了高温合金中O、S元素含量小于10ppm的超纯净高温合金产业化生产，形成了30多个品种合金材料及多规格铸件制品的完整产品结构；精密合金方面，公司的大型复杂薄壁精密铸件在国内率先采用国际先进近净型铸造技术，产品精度和尺寸规格国内领先，成型方式和最大产品规格生产能力填补了国内空白。公司下设一家全资子公司，主营业务具体可划分为铸造高温合金、变形高温合金、其他合金制品、特种不锈钢、和其他业务五类。

图表143：图南股份营业收入及同比增速



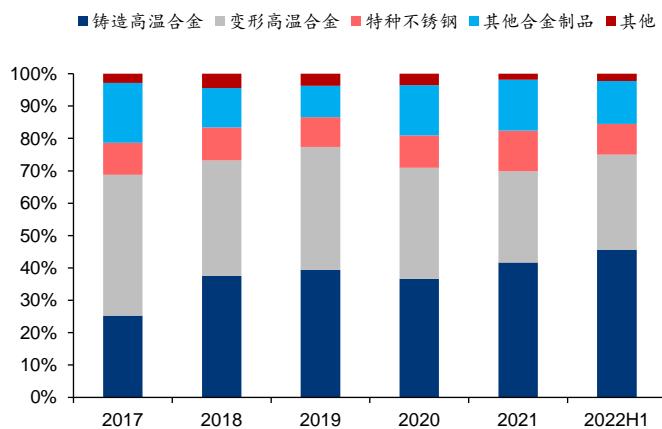
资料来源：Wind, 华泰研究

图表144：图南股份归母净利润及同比增速



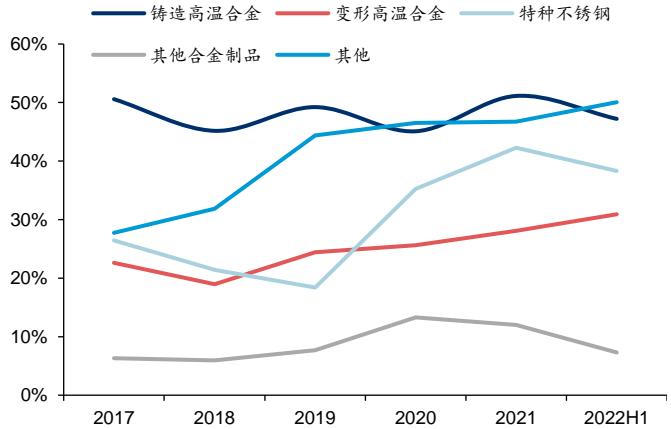
资料来源：Wind, 华泰研究

图表145：图南股份主营业务营收占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表146：图南股份主营业务毛利率



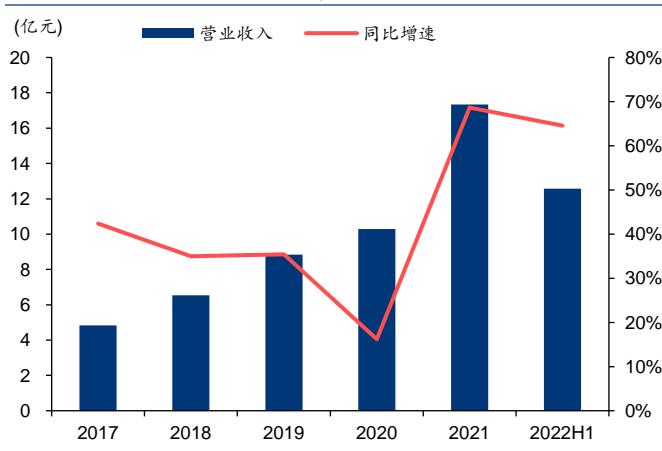
资料来源：Wind, 华泰研究

各业务毛利率总体呈上升趋势，盈利能力稳步增强。公司营业收入从2017年的3.45亿元增长至2021年的6.98亿元，2018-2021年的CAGR为19.26%；归母净利润从2017年的0.42亿元增长至1.81亿元，2018-2021年的CAGR为44.08%。公司铸造高温合金产品主要为军品订单，毛利率相对较高，铸造高温合金产品中精密铸件主要为大型高温合金复杂薄壁精密铸件，产品生产工艺及产品附加值较高。近年来得益于铸造高温合金收入占比提升及公司规模效应凸显，公司毛利率水平持续提升，由2017年的27.20%提至2021年的37.31%。此外，2022H1公司实现营业收入与4.61亿元(+32.7%)，归母净利润1.17亿元(+31.24%)，2022H1的业绩增长主要受益于公司业务结构优化调整，具有高附加值的铸造高温合金营收占比持续提升。

派克新材（605123 CH）

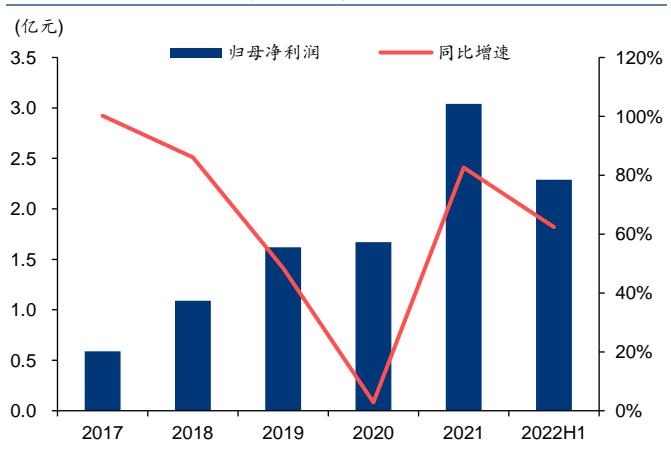
派克新材成立于2006年，是一家专业从事金属锻件研发、生产和销售的高新技术企业。公司专注于锻造行业，已掌握异形截面环件整体精密轧制技术、特种环件轧制技术、超大直径环件轧制技术等多项核心技术，可供应航空、航天、舰船等高端领域环形锻件。根据产品应用领域划分，公司具体包括船舶锻件、电力锻件、航空锻件、航天锻件、石化锻件和其他锻件六大主营业务。

图表147：派克新材营业收入及同比增速



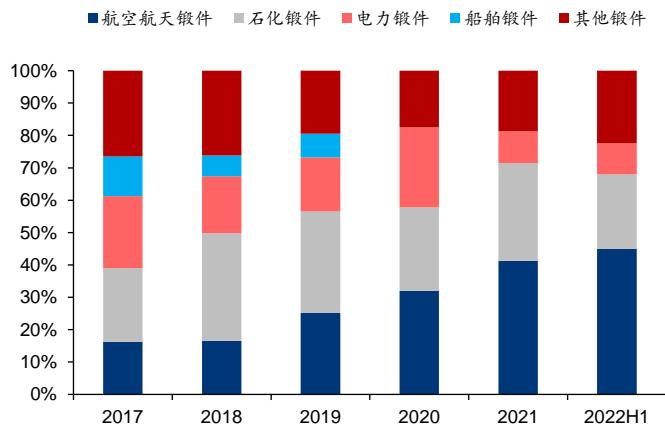
资料来源：Wind, 华泰研究

图表148：派克新材归母净利润及同比增速



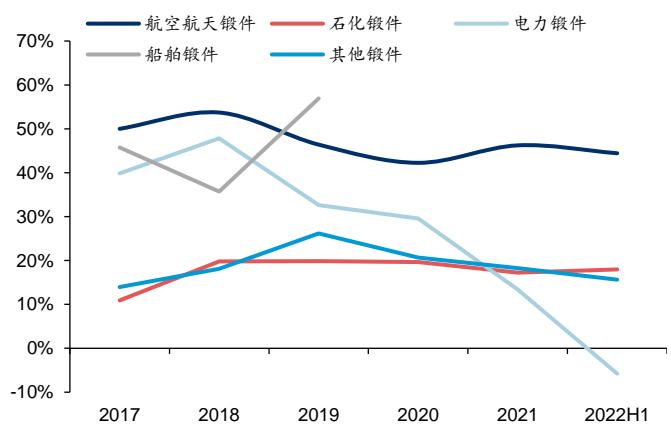
资料来源：Wind, 华泰研究

图表149：派克新材主营业务营收占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表150：派克新材主营业务毛利率



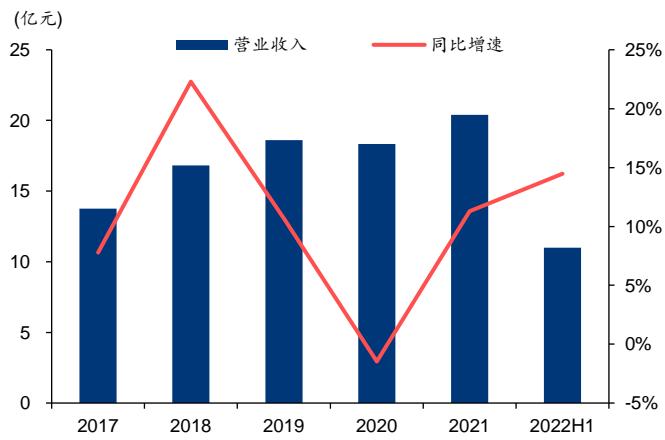
资料来源：Wind, 华泰研究

收入端，公司营业收入从 2017 年的 4.84 亿元增加至 2021 年的 17.33 亿元，2018-2021 年的 CAGR 为 37.56%；其中，航空航天锻件业务的营收占比逐年提高，从 2017 年的 16.00% 增加至 2021 年的 41.00%。利润端，公司归母净利润从 2017 年的 0.59 亿元增长至 2021 年的 3.04 亿元，2018-2021 年的 CAGR 为 50.66%。从收入结构来看，2021 年公司实现收入 17.33 亿元，其中航空航天锻件营收占比最多，为 41.32%，其次为石化锻件和电力锻件，占比分别为 30.12%、9.92%；从毛利润结构来看，2021 年公司实现毛利润 5.02 亿元，其中航空航天锻件占比最大，合计 65.94%，其次为石化和电力锻件，占比分别为 17.93%、4.58%。2022H1 公司实现营收 12.57 亿元（+64.56%），归母净利 2.29 亿元（+62.35%）。

应流股份（603308 CH）

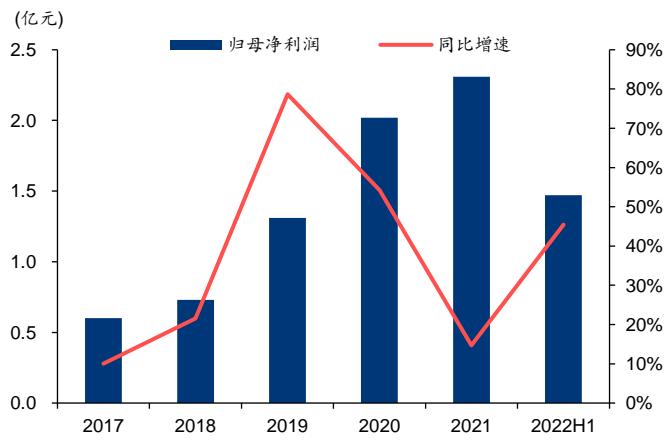
公司于 2000 年 8 月成立，成立之初主要从事铸钢件的生产销售。公司自 2015 年起在“两机”领域持续投入，公司“两机”业务包括航空发动机高温合金叶片、机匣，航天动力高温合金结构件，燃气轮机动叶片、静叶片、喷嘴环等高温合金热端部件；目前公司已进入 GE、西门子、霍尼韦尔、中国航发、中国重燃等知名客户的供应体系。

图表151：应流股份营业收入及同比增速



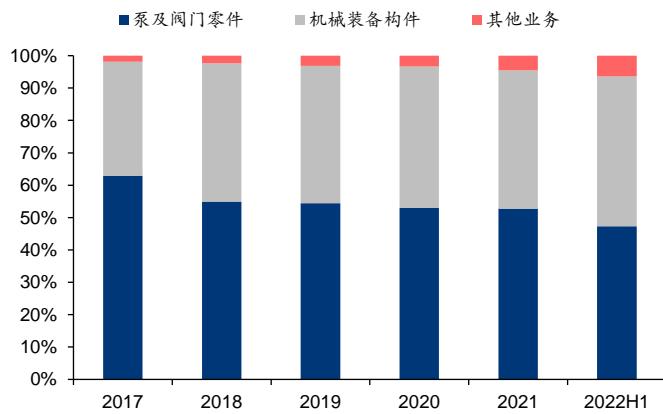
资料来源：Wind, 华泰研究

图表152：应流股份归母净利润及同比增速



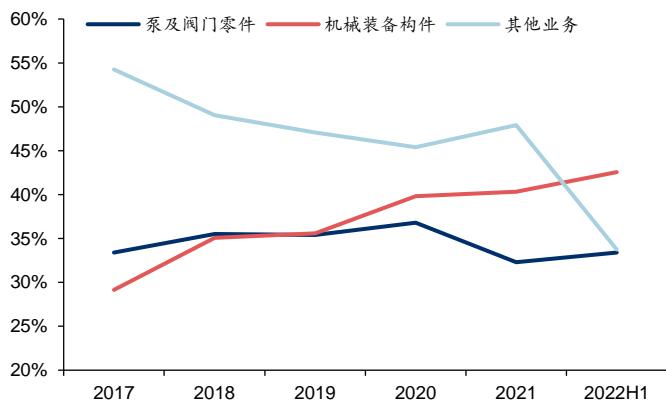
资料来源：Wind, 华泰研究

图表153: 应流股份主营业务营业收入占比



资料来源: Wind, 华泰研究

图表154: 应流股份主营业务毛利率



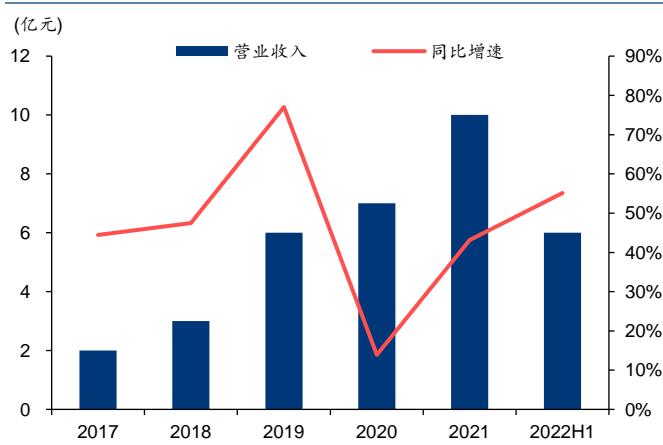
资料来源: Wind, 华泰研究

近年公司“两机”业务快速发展，带动公司收入进入新台阶。2017 年以来，公司“两机”业务布局逐渐收获成效，实现收入快速增长，从而带动公司收入进入新台阶，2018-2021 年公司营收 CAGR 达到 10.37%。受益于公司高毛利率的“两机”业务收入占比提升以及重资产投入进入收获期产生的规模效应，公司利润端实现了快速增长，2018-2021 年公司归母净利润 CAGR 达到 40.08%。2022H1 公司实现营收 11.00 亿元，同比+14.46%，实现归母净利润 1.47 亿元，同比+45.42%。2022H1 公司营业收入稳健增长，其中航空航天新材料及零部件在去年高增长的基础上业务持续放量，收入 3.01 亿元，同比+41.00%，收入占比 27.33%，同比提升 5.16pcts，核能新材料及零部件及高端装备零部件保持平稳运行。

航宇科技 (600893 CH)

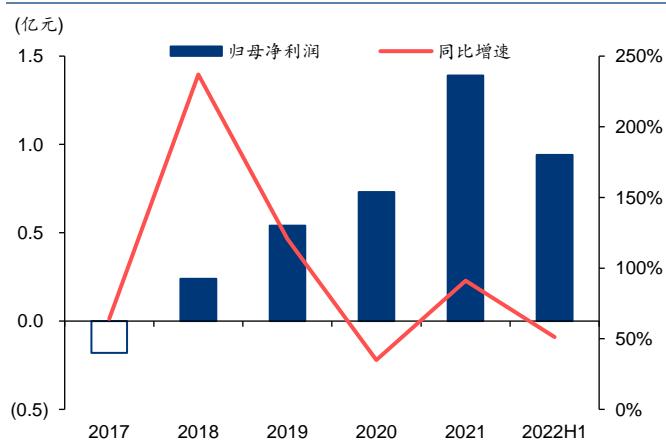
公司成立于 2006 年，前身为贵州航宇科技发展有限公司，是我国国产航空发动机环形锻件的主研制单位之一，也是全球商用航空发动机机匣及环形锻件在亚太地区的主要供应商之一。公司拥有 GE 航空、普惠(P&W)、赛峰(SAFRAN)、罗罗(RR)、霍尼韦尔(Honeywell)、MTU、柯林斯航空(Collins)等航空发动机客户的供应商资质。公司下设一个全资子公司，拥有航空锻件、航天锻件、能源锻件、燃气轮机锻件和其他锻件五类主营业务。

图表155: 航宇科技营业收入及同比增速



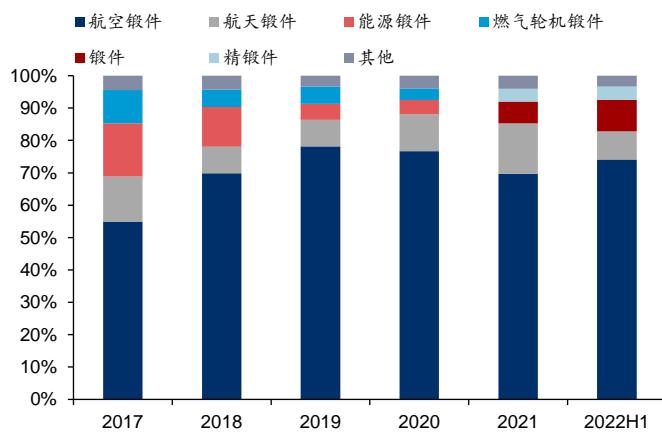
资料来源: Wind, 华泰研究

图表156: 航宇科技归母净利润及同比增速



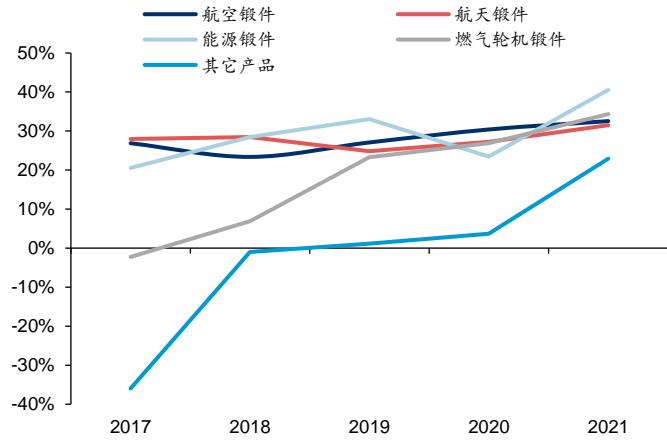
资料来源: Wind, 华泰研究

图表157：航宇科技主营业务营业收入占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表158：航宇科技主营业务毛利率



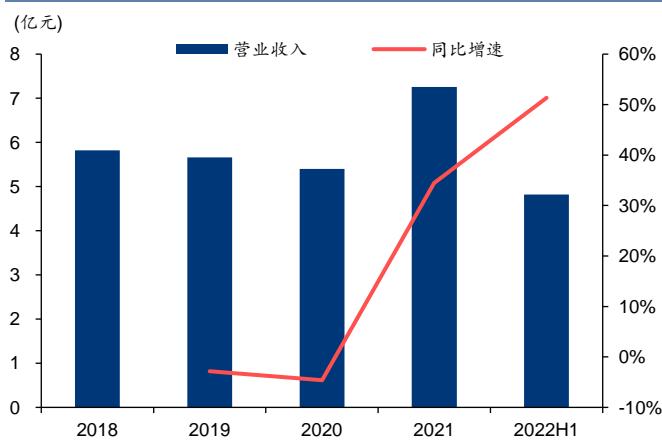
资料来源：Wind, 华泰研究

聚焦航空航天业务，盈利能力逐年提升。公司营业收入从2017年的2.26亿元快速增长至2021年的9.60亿元，2018-2021年的CAGR为49.53%；归母净利润从2017年的-0.18亿元增加至2021年的1.39亿元，实现扭亏为盈。航空锻件和航天锻件是公司占比最高的主营业务，两者总营收占比逐年上升。毛利率方面，得益于规模效益显现以及高附加值产品占比提升，各项业务的毛利率均总体呈上升趋势，盈利能力不断增强。此外，2022H1，公司实现营业收入6.23亿元(+55.09%)，归母净利润0.94亿元(+51.27%)，综合毛利率为34.48%(+2.98pcts)。其中，2022H1业绩的增长是由于下游航空发动机行业和能源装备领域需求的持续放量；综合毛利率的增长则受益于公司生产效率和成本管控能力的提高。

隆达股份（688231 CH）

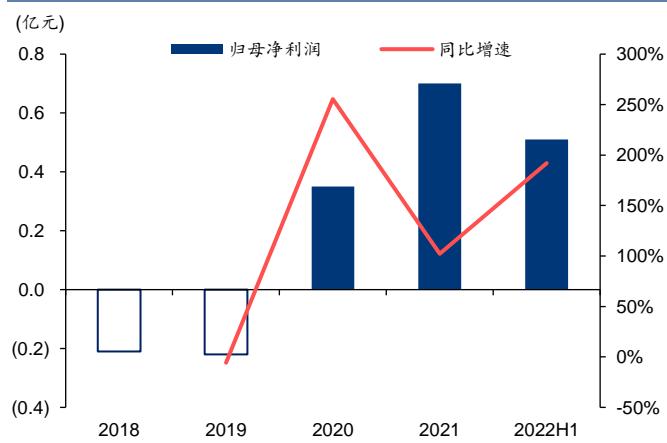
公司成立于2004年，2015年开始加大对高温合金业务的战略投资，2020年11月变更为股份公司。在合金管材领域，公司自主研发了大型舰船用高强耐蚀铜合金无缝管制造技术和高铁贯通地线用铜合金无缝盘管制造技术；在高温合金领域，公司自2015年先后建成铸造高温合金生产线和变形高温合金生产线，掌握先进的“真空感应+电渣重熔+真空自耗”三联熔炼工艺，技术处于国内先进水平。

图表159：隆达股份营业收入及同比增速



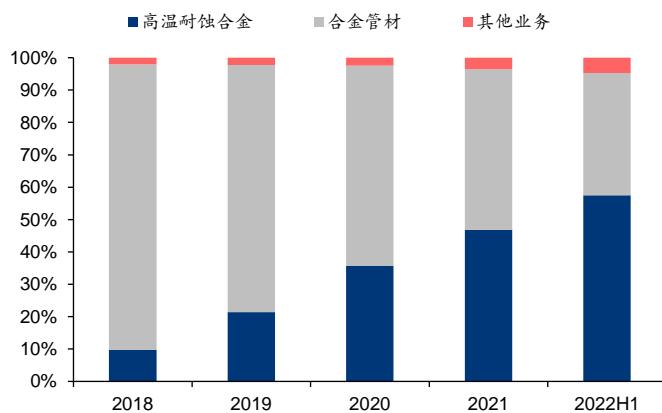
资料来源：Wind, 华泰研究

图表160：隆达股份归母净利润及同比增速



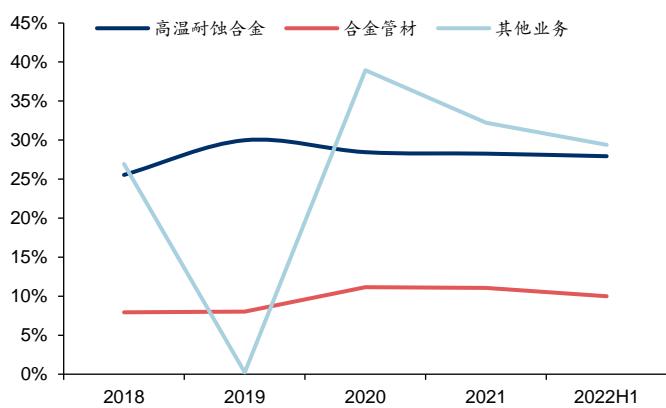
资料来源：Wind, 华泰研究

图表161：隆达股份主营业务营业收入占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表162：隆达股份主营业务毛利率



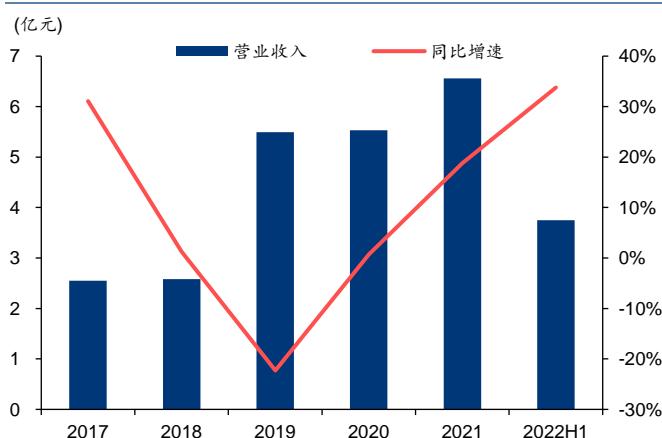
资料来源：Wind, 华泰研究

近年来公司调整战略方向和重心，集中资源发展高温合金、积极收缩合金管材业务。铸造高温合金母合金的首期生产线于2017年投产，变形高温合金生产线于2020年末开始试产，因涉足高温合金领域的时间较短且高温合金业务投资较大，故公司2018年至2020年收入规模略有下降。2021年，航空航天和能源领域（燃机）需求旺盛，公司高温合金业务快速增长，实现销售收入3.06亿元，同比+66.08%，带动公司营业收入大幅回升。2022H1公司实现收入4.82亿元，同比增长51.34%；归母净利润达0.51亿元，同比增长192.00%。

万泽股份（000534 CH）

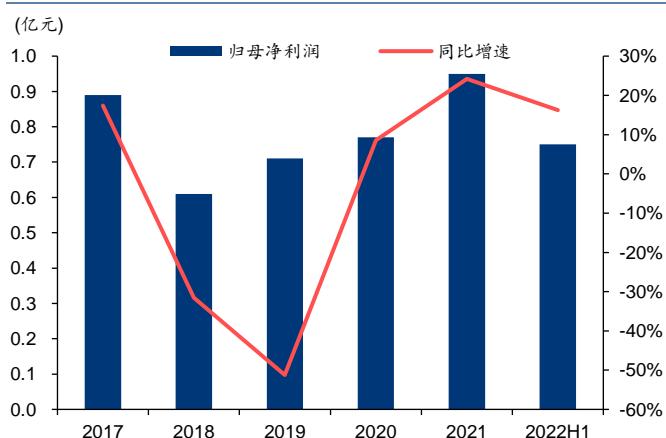
公司于2019年3月完成重大资产置换，以持有的常州万泽天海置业有限公司100%股权、北京市万泽碧轩房地产开发有限公司69%股权置换控股股东及其关联企业持有的优质医药资产内蒙古双奇药业股份有限公司100%股权。此次重大资产置换完成后，公司的主营业务变更为微生态制剂、高温合金及其制品的研发、生产及销售。公司已成功建立了超高纯度高温合金熔炼核心技术体系，并完成多项关键技术的开发，同时与国内部分科研院所和企业建立了合作关系。公司已掌握高温母合金与叶片制造的先进技术，成功制备了精密铸造叶片、铸造等轴晶叶片及粉末涡轮盘等样品，各方面性能表现优异。

图表163：万泽股份营业收入及同比增速



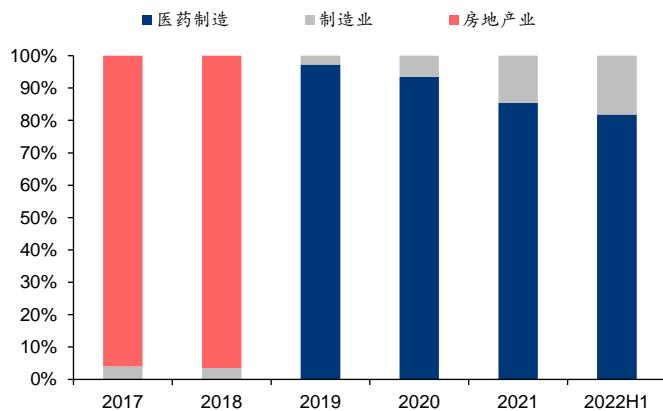
资料来源：Wind, 华泰研究

图表164：万泽股份归母净利润及同比增速



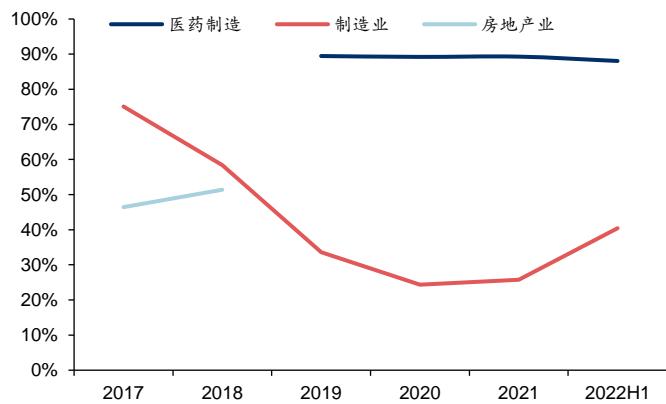
资料来源：Wind, 华泰研究

图表165：万泽股份主营业务营业收入占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表166：万泽股份主营业务毛利率



资料来源：Wind, 华泰研究

2019 年度公司以持有的常州万泽天海 100% 股权以及北京万泽碧轩 69% 股权置换内蒙双奇 100% 股权，本年度将内蒙双奇（包括子公司深圳市新万泽医药有限公司、内蒙古双奇生物技术有限公司）纳入合并范围，并对 2018 年进行追溯调整。2019 年，在全球经济增速放缓背景下，公司实现营业收入 5.49 亿元，同比下降 22.9%；实现归母净利润 0.71 亿元，同比下降 51.23%。2021 年公司实现营业收入 6.56 亿元，同比增长 18.77%，实现归母净利润 0.95 亿元，同比增长 24.20%。2022H1 公司高温合金业务高增长，军品业务进入收获期，公司实现营收 3.75 亿元，同比增长 33.78%，实现归母净利润 0.75 亿元，同比增长 16.25%。

航发科技 (600391 CH)

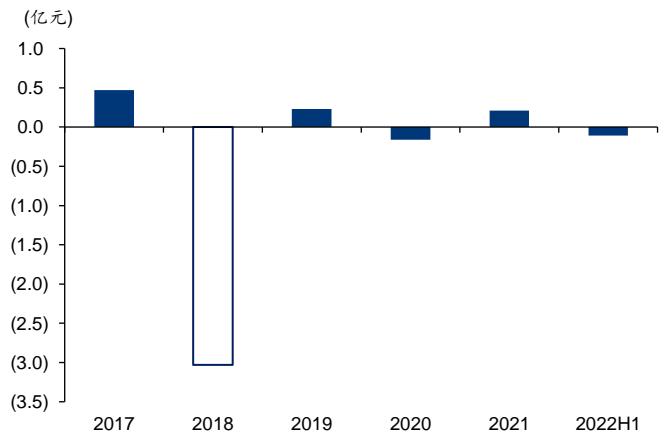
公司正式成立于 1999 年 12 月 28 日，为中国航发成都发动机集团有限公司作为主要发起人，联合中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司、北京航空航天大学、中国燃气涡轮研究院、成都航空职业技术学院五家单位，并以发起方式设立的股份有限公司。公司在长期航空发动机研制，以及与国际知名航空企业合作过程中，掌握了国际先进的航空发动机关键零部件制造技术，具有了“国家企业技术中心、专业化加工制造平台、航空制造关键技术”三位一体的核心竞争力，具备了航空发动机研制、生产、试验和试车能力。其“国家企业技术中心”涵盖了国家级理化检测中心、国防二级区域计量站、四川省院士(专家)工作站，是技术创新的核心平台。公司与 GE、RR、HON 等国际知名企业建立了长期合作关系，逐渐成为民用航空发动机、燃气轮机制造领域的国际合作重要供应商。

图表167：航发科技营业收入及同比增速



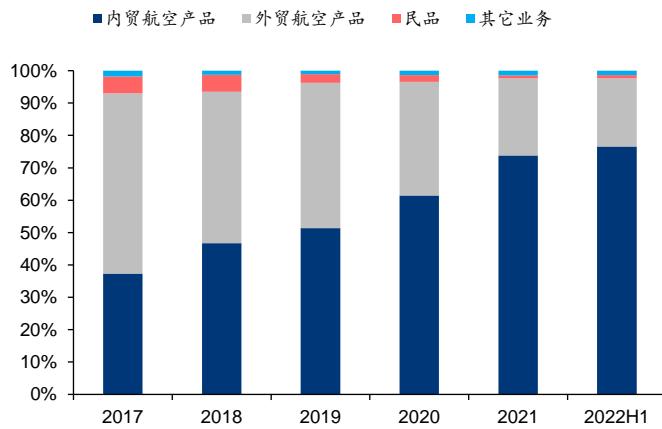
资料来源：Wind, 华泰研究

图表168：航发科技归母净利润及同比增速



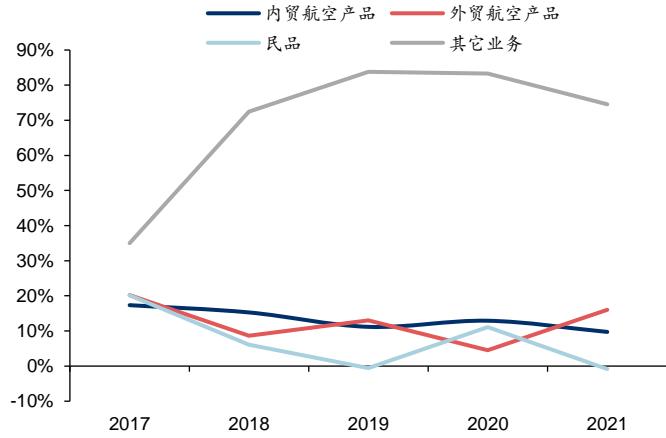
资料来源：Wind, 华泰研究

图表169: 航发科技主营业务营业收入占比



资料来源: Wind, 华泰研究

图表170: 航发科技主营业务毛利率



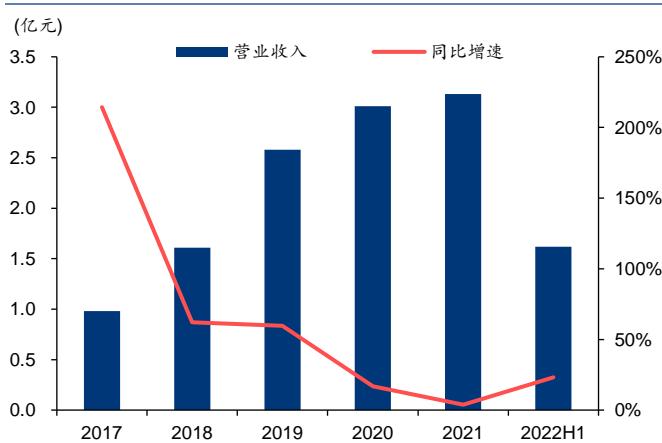
资料来源: Wind, 华泰研究

产品结构调整助推公司业绩扭亏为盈。收入端, 受益于内贸业务国产化替代的趋势, 以及外贸业务的高端化转型, 公司营收稳步增长。2017年-2021年, 公司营业收入从22.59亿元增长至35.05亿元, 2018-2021年的CAGR为11.61%。其中, 内贸业务占比稳步上升, 2021年内贸航空产品营收占比为73.84%(+36.51pcts); 外贸业务占比逐渐收缩, 2021年外贸航空产品营收占比为23.83%(-31.90pcts)。利润端, 公司归母净利润水平相对稳定, 2018年和2020年归母净利润的大幅下滑分别由产品毛利率下降以及新冠疫情导致。2021年, 公司成功扭亏为盈, 实现归母净利润0.21亿元。毛利率方面, 由于内贸航空发动机处于批产的初级阶段, 规模效应尚未实行, 内贸航空产品毛利率相对较低; 外贸航空产品则由于外贸产品逐步向高价值附加型的高端产品转型, 故毛利率不断提升。此外, 2022H1, 公司实现营业收入15.94亿元(+8.71%), 实现归母净利润-0.11亿元(-80.05%), 归母净利润的下降主要是由于相对低附加值的内贸航空产品营收占比的增加。

航亚科技 (688510 CH)

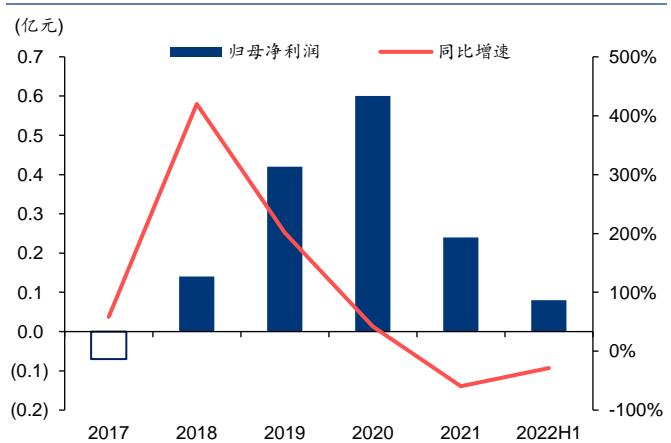
航亚科技成立于2013年, 是一家专注于航空发动机关键零部件及医疗骨科植入锻件研发、生产及销售的公司。2013年成立以来公司专注于精锻压气机叶片的制造, 2016年开展LEAP发动机压气机叶片产业化项目, 以此为契机打开国外民航市场和国内军用发动机零部件市场。

图表171: 航亚科技营业收入及同比增速



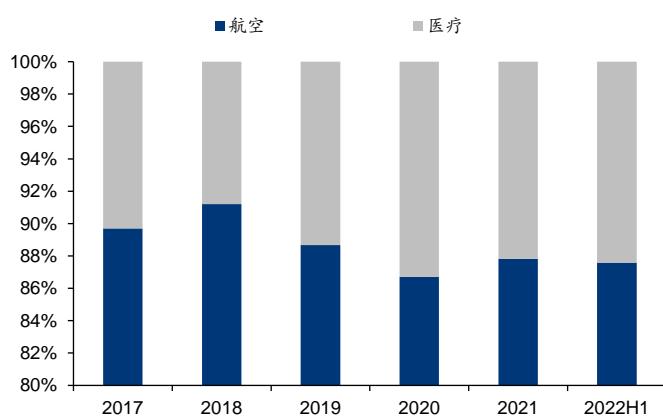
资料来源: Wind, 华泰研究

图表172: 航亚科技归母净利润及同比增速



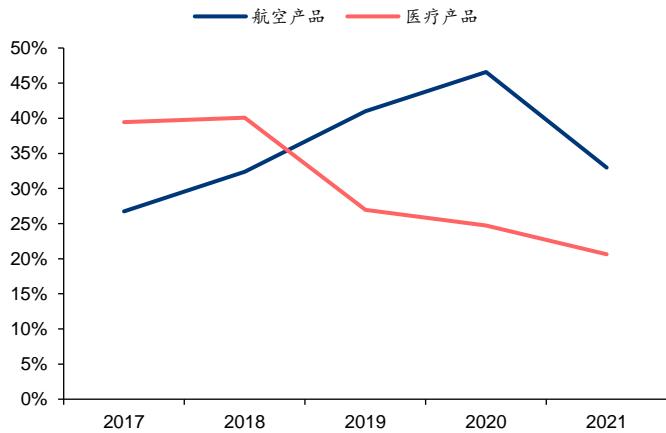
资料来源: Wind, 华泰研究

图表173：航亚科技主营业务营业收入占比



资料来源：Wind, 华泰研究

图表174：航亚科技主营业务毛利率



资料来源：Wind, 华泰研究

近年来国家持续关注航发产业链的国产替代，国产大飞机发动机项目也在持续推进。同时17年后赛峰压气机叶片订单进入量产阶段，公司先后参与GE、罗罗外涵道导流叶片和压气机转子叶片的研发和生产。公司2021年实现营收3.13亿元，同比+3.82%，实现归母净利润0.24亿元，同比-59.48%，2022H1公司实现营收1.62亿元，同比+23.07%，实现归母净利润0.08亿元，同比-28.40%，主要是因为疫情影响，国内市场产品交付结构变化，医疗骨科集中采购等诸多因素。

风险提示

新型装备列装不达预期风险。受国家宏观政策影响，国防军队预算费用及装备费用不及预期，将对新型主战型号带来实际需求数不及预期的风险。

军品定价机制的不确定性。军品定价直接决定了军工企业的盈利能力，军品定价机制的具体情况较难跟踪。

免责声明

分析师声明

本人，李聪、朱雨时，兹证明本报告所表达的观点准确地反映了分析师对标的证券或发行人的个人意见；彼以往、现在或未来并无就其研究报告所提供的具体建议或所表达的意见直接或间接收取任何报酬。

一般声明及披露

本报告由华泰证券股份有限公司（已具备中国证监会批准的证券投资咨询业务资格，以下简称“本公司”）制作。本报告所载资料是仅供接收人的严格保密资料。本报告仅供本公司及其客户和其关联机构使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户提供。

本报告基于本公司认为可靠的信息编制，但本公司及其关联机构（以下统称为“华泰”）对该等信息的准确性和完整性不作任何保证。

本报告所载的意见、评估及预测仅反映报告发布当日的观点和判断。在不同时期，华泰可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。以往表现并不能指引未来，未来回报并不能得到保证，并存在损失本金的可能。华泰不保证本报告所含信息保持在最新状态。华泰对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本公司不是 FINRA 的注册会员，其研究分析师亦没有注册为 FINRA 的研究分析师/不具有 FINRA 分析师的注册资格。

华泰力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供参考，不构成购买或出售所述证券的要约或招揽。该等观点、建议并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对客户私人投资建议。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，华泰及作者均不承担任何法律责任。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。

除非另行说明，本报告中所引用的关于业绩的数据代表过往表现，过往的业绩表现不应作为日后回报的预示。华泰不承诺也不保证任何预示的回报会得以实现，分析中所做的预测可能是基于相应的假设，任何假设的变化可能会显著影响所预测的回报。

华泰及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。在法律许可的情况下，华泰可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，为该公司提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务或向该公司招揽业务。

华泰的销售人员、交易人员或其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。华泰没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。华泰的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。投资者应当考虑到华泰及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一信赖依据。有关该方面的具体披露请参照本报告尾部。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布的机构或人员，也并非意图发送、发布给因可得到、使用本报告的行为而使华泰违反或受制于当地法律或监管规则的机构或人员。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人（无论整份或部分）等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并需在使用前获取独立的法律意见，以确定该引用、刊发符合当地适用法规的要求，同时注明出处为“华泰证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

中国香港

本报告由华泰证券股份有限公司制作，在香港由华泰金融控股（香港）有限公司向符合《证券及期货条例》及其附属法律规定的机构投资者和专业投资者的客户进行分发。华泰金融控股（香港）有限公司受香港证券及期货事务监察委员会监管，是华泰国际金融控股有限公司的全资子公司，后者为华泰证券股份有限公司的全资子公司。在香港获得本报告的人员若有任何有关本报告的问题，请与华泰金融控股（香港）有限公司联系。

香港-重要监管披露

- 华泰金融控股（香港）有限公司的雇员或其关联人士没有担任本报告中提及的公司或发行人的高级人员。
- 有关重要的披露信息，请参见华泰金融控股（香港）有限公司的网页 https://www.htsc.com.hk/stock_disclosure 其他信息请参见下方“美国-重要监管披露”。

美国

在美国本报告由华泰证券（美国）有限公司向符合美国监管规定的机构投资者进行发表与分发。华泰证券（美国）有限公司是美国注册经纪商和美国金融业监管局（FINRA）的注册会员。对于其在美国分发的研究报告，华泰证券（美国）有限公司根据《1934年证券交易法》（修订版）第15a-6条规定以及美国证券交易委员会人员解释，对本研究报告内容负责。华泰证券（美国）有限公司联营公司的分析师不具有美国金融监管（FINRA）分析师的注册资格，可能不属于华泰证券（美国）有限公司的关联人员，因此可能不受FINRA关于分析师与标的公司沟通、公开露面和所持交易证券的限制。华泰证券（美国）有限公司是华泰国际金融控股有限公司的全资子公司，后者为华泰证券股份有限公司的全资子公司。任何直接从华泰证券（美国）有限公司收到此报告并希望就本报告所述任何证券进行交易的人士，应通过华泰证券（美国）有限公司进行交易。

美国-重要监管披露

- 分析师李聪、朱雨时本人及相关人士并不担任本报告所提及的标的证券或发行人的高级人员、董事或顾问。分析师及相关人士与本报告所提及的标的证券或发行人并无任何相关财务利益。本披露中所提及的“相关人士”包括FINRA定义下分析师的家庭成员。分析师根据华泰证券的整体收入和盈利能力获得薪酬，包括源自公司投资银行业务的收入。
- 华泰证券股份有限公司、其子公司和/或其联营公司，及/或不时会以自身或代理形式向客户出售及购买华泰证券研究所覆盖公司的证券/衍生工具，包括股票及债券（包括衍生品）。华泰证券研究所覆盖公司的证券/衍生工具，包括股票及债券（包括衍生品）。
- 华泰证券股份有限公司、其子公司和/或其联营公司，及/或其高级管理层、董事和雇员可能会持有本报告中所提到的任何证券（或任何相关投资）头寸，并可能不时进行增持或减持该证券（或投资）。因此，投资者应该意识到可能存在利益冲突。

评级说明

投资评级基于分析师对报告发布日后6至12个月内行业或公司回报潜力（含此期间的股息回报）相对基准表现的预期（A股市场基准为沪深300指数，香港市场基准为恒生指数，美国市场基准为标普500指数），具体如下：

行业评级

增持：预计行业股票指数超越基准
中性：预计行业股票指数基本与基准持平
减持：预计行业股票指数明显弱于基准

公司评级

买入：预计股价超越基准15%以上
增持：预计股价超越基准5%~15%
持有：预计股价相对基准波动在-15%~5%之间
卖出：预计股价弱于基准15%以上
暂停评级：已暂停评级、目标价及预测，以遵守适用法规及/或公司政策
无评级：股票不在常规研究覆盖范围内。投资者不应期待华泰提供该等证券及/或公司相关的持续或补充信息

法律实体披露

中国: 华泰证券股份有限公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格, 经营许可证编号为: 91320000704041011J
香港: 华泰金融控股(香港)有限公司具有香港证监会核准的“就证券提供意见”业务资格, 经营许可证编号为: AOK809
美国: 华泰证券(美国)有限公司为美国金融业监管局(FINRA)成员, 具有在美国开展经纪交易商业务的资格, 经营业务许可编号为: CRD#:298809/SEC#:8-70231

华泰证券股份有限公司

南京

南京市建邺区江东中路 228 号华泰证券广场 1 号楼/邮政编码: 210019

电话: 86 25 83389999/传真: 86 25 83387521
 电子邮件: ht-rd@htsc.com

深圳

深圳市福田区益田路 5999 号基金大厦 10 楼/邮政编码: 518017
 电话: 86 755 82493932/传真: 86 755 82492062
 电子邮件: ht-rd@htsc.com

华泰金融控股(香港)有限公司

香港中环皇后大道中 99 号中环中心 58 楼 5808-12 室
 电话: +852-3658-6000/传真: +852-2169-0770
 电子邮件: research@htsc.com
<http://www.htsc.com.hk>

华泰证券(美国)有限公司

美国纽约哈德逊城市广场 10 号 41 楼 (纽约 10001)
 电话: +212-763-8160/传真: +917-725-9702
 电子邮件: Huatai@htsc-us.com
<http://www.htsc-us.com>

©版权所有 2022 年华泰证券股份有限公司