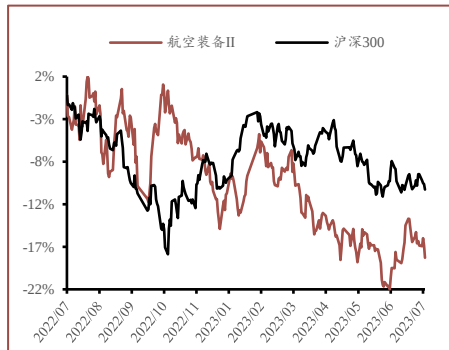


第二架 C919 成功交付，万亿产业链迎风启航

■ 证券研究报告

投资评级:看好(维持)

最近 12 月市场表现


分析师 余炜超

SAC 证书编号: S0160522080002

shewc@ctsec.com

联系人 张飞

zhangfei02@ctsec.com

相关报告

1. 《C919 成功商业首航，大飞机产业链拾级而上》 2023-05-30

国产大飞机开启 1 到 100 征程

核心观点

- ❖ **第二架 C919 成功交付，国产大飞机开启 1 到 100 征程：**2023 年 7 月 14 日，第二架 C919 飞机交付中国东方航空，这是继 2022 年 12 月 9 日首架 C919 交付中国东方航空后的又一架国产大飞机。2023 年 5 月 28 日，首架 C919 顺利完成从上海虹桥机场到北京首都国际机场的航班，随后常态化执飞沪蓉线，至此，国产大飞机顺利完成 0-1 突破，第二架 C919 的顺利交付标志着国产大飞机正式开启 1-100 征程。
- ❖ **近 1200 架订单在手，万亿国产大飞机产业链拾级而上：**根据澎湃新闻报道，截至 2023 年 1 月 12 日，C919 订单数量已接近 1200 架，按照 0.99 亿美元/架的目录价格，订单价值近 1188 亿美元。另外，截至 2022 年底，中国支线客机 ARJ21 共获 25 家客户 690 架订单，按照 3800 万美元/架的目录价格，订单价值 262.2 亿美元，C919 叠加 ARJ21 合计订单近 1450.2 亿美元，按照 7:1 汇率计算，合计近 10151.4 亿人民币，万亿国产商用客机产业链雏形初现。
- ❖ **国产大飞机有望与空客波音竞技于国际市场，年万亿市场有望占据一席之地。**C919 的成功商用，有望带动国产大飞机产业链逐渐步入世界万亿赛道。波音 737MAX 事故前的 2018 年，空客波音合计交付 1606 架商用飞机，全球年交付规模超万亿元。随着国际航空市场逐渐走出疫情及 737MAX 事故低谷，世界商用飞机交付数量有望逐渐恢复甚至超越 2018 年水平。2022 年 12 月 18 日，ARJ21 正式交付印尼翎亚航空，国产商用飞机国际化进程已然起步，随着 C919 市场认可度逐渐增加，中国商用飞机有望稳步进入国际市场，未来世界商用飞机年万亿市场，国产大飞机有望占据一席之地。
- ❖ **投资建议：**根据澎湃新闻报道（2023 年 1 月 12 日《商飞副总经理张玉金：预计 5 年内 C919 年产能将达 150 架》），C919 产能规划有望于 5 年内达到 150 架/年甚至更多。放眼长远，大飞机产业链拥有超额成长性、高度稀缺性的标的或将带来超额收益。具体各细分赛道重点标的如下：

原材料：宝钛股份、西部超导（钛合金）；中航高科、光威复材（复合材料）；钢研高纳、抚顺特钢（高温合金）。

零部件：应流股份、钢研高纳（精密铸造）；中航重机（精密锻造）。

子系统：航发动力（航空发动机）；北摩高科（刹车系统）；中航电子（航电/机电系统）。

主机厂：中航西飞、中航沈飞（机身结构）

❖ **风险提示：**C919 量产不及预期；C919 市场开拓不及预期；零部件国产化推进不及预期。

表 1：重点公司投资评级：

代码	公司	总市值 (亿元)	收盘价 (07.20)	EPS (元)			PE			投资评级
				2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E	
600456	宝钛股份	160.30	33.55	1.17	1.65	2.10	35.04	20.33	15.98	未覆盖
688122	西部超导	334.12	51.43	2.33	2.88	3.75	40.69	17.88	13.72	未覆盖
600862	中航高科	330.01	23.69	0.55	0.71	0.92	40.53	33.19	25.77	未覆盖
300699	光威复材	243.17	29.25	1.80	1.89	2.36	40.14	15.50	12.39	未覆盖
300034	钢研高纳	190.45	24.56	0.70	0.85	1.17	65.34	28.96	20.99	未覆盖
600399	抚顺特钢	201.15	10.20	0.10	0.39	0.56	143.10	25.95	18.33	未覆盖
603308	应流股份	115.18	16.86	0.59	0.77	0.86	36.10	21.90	19.60	增持
600765	中航重机	385.82	26.21	0.82	1.10	1.43	37.91	23.93	18.39	未覆盖
600893	航发动力	1,081.70	40.58	0.48	0.58	0.74	88.08	69.55	55.14	未覆盖
600372	中航电子	736.00	15.21	0.45	0.28	0.34	35.13	53.54	44.33	未覆盖

数据来源：数据，财通证券研究所（备注：应流股份预测数据来自财通证券研究所，其他未覆盖标的预测数据来自 wind 一致预期，数据截至 2023 年 7 月 20 日）

内容目录

1	历时十七载，国产大飞机终迎日出时刻.....	6
2	万亿市场空间广阔，三足鼎立格局有望逐渐形成.....	8
2.1	疫情影响逐渐消散，商用航空市场开启复苏.....	8
2.2	需求端：2022-2041 年，C919 所在细分市场平均年产值或近万亿元.....	10
2.3	供给端：当前双寡头垄断格局，中国商飞未来有望成为第三极.....	13
3	国产大飞机产业链解析.....	16
3.1	国之重器，带飞万亿产业链.....	16
3.2	原材料：九层之台，起于累土.....	18
3.2.1	铝合金：质优价廉，目前仍是主流材料.....	20
3.2.2	钛合金：综合性能优异，飞机增强减重必选.....	22
3.2.3	复合材料：机体减重新材料，金属材料替代者.....	24
3.2.4	高温合金：航发热端核心材料，飞机动力关键支撑.....	29
3.3	机体结构.....	32
3.3.1	精密铸件：减少零件数量，降低生产周期.....	32
3.3.2	锻件：核心承力，机体骨骼.....	33
3.3.3	机械加工.....	36
3.4	分系统.....	36
3.4.1	航空发动机：短期仍需依赖进口，未来国产商用航发可期.....	36
3.4.2	刹车系统：保障安全着陆，耗材属性显著.....	39
3.4.3	航电系统：飞机神经系统，信息化加深背景下持续受益.....	42
3.4.4	机电系统：综合化、多电化、全电化发展趋势明显.....	43
3.4.5	飞机主机厂：多个主机厂参与 C919 项目供应.....	44
4	投资策略：成长赛道选择超额成长，核心赛道挑选卡位核心.....	46
5	风险提示.....	47

图表目录

图 1. 国产大飞机 C919 发展历程.....	6
图 2. 过去 40 年主要国家 GDP 稳步增长	9
图 3. 世界主要国家航空运输量走势与 GDP 相似	9

图 4. 2022 年世界各大地区客公里均出现大幅度提升.....	9
图 5. 全球 2019-2041 年 RPK 及 GDP 增长率预测.....	10
图 6. 2022-2041 全球各类型客机交付量及价值预测	11
图 7. 全球机队 2021-2041 年变化预测（单位：架）	11
图 8. 2022-2041 年预计大型支线客机将为支线客机交付主力（单位：架）	11
图 9. 2022-2041 年预计中型窄体客机将为窄体客机交付主力（单位：架）	12
图 10. 2022-2041 年预计小型宽体客机将为宽体客机交付主力（单位：架）	13
图 11. 1999-2021 年波音空客在民用飞机市场占据绝对垄断地位（单位：架）	14
图 12. ARJ21 首次交付海外	14
图 13. C919 首个商业航班东航 MU9191 在北京首都国际机场平安降落	15
图 14. 大飞机产业链.....	16
图 15. C919 产业链一览.....	17
图 16. 主要民用飞机材料占比.....	19
图 17. C919 机体材料使用一览.....	20
图 18. 国产支线客机 ARJ21 铝材选用方案.....	21
图 19. 美国不同年代飞机钛合金含量.....	23
图 20. 美国不同年代航空发动机钛合金含量.....	23
图 21. 波音 787 复合材料用量占比超 50%.....	25
图 22. 碳纤维示意图.....	26
图 23. 碳纤维织物示意图.....	26
图 24. 高温合金材料发展历程.....	30
图 25. 涡扇发动机中热端部件均采用高温合金材料（红色部分）	30
图 26. 空客 A380 机身锻造件主要位于飞机承力部位.....	34
图 27. 涡喷发动机结构及工作原理.....	37
图 28. 商发公司产品规划.....	37
图 29. 全电刹车与液压刹车系统架构对比.....	39
图 30. 飞机碳刹车盘装置.....	39
图 31. 防滑刹车控制盒.....	40
图 32. 数字式防滑刹车控制模块.....	40
图 33. 民用客机碳碳复合材料刹车盘（副）	41
图 34. 民用客机粉末冶金刹车盘（副）	41
图 35. F22 航空电子系统体系结构	43

表 1. 2022 年中国运营中的飞机类型及国内外型号.....	7
表 2. C919 与 A320NEO 及 B737-10 参数相近但价格更优	8
表 3. C919 三类供应商一览.....	18
表 4. 飞机主要材料性能对比.....	19
表 5. 铝合金的 8 个系列及其特性对比.....	21
表 6. 我国主要相关铝合金企业.....	22
表 7. 我国主要航空钛材生产企业.....	24
表 8. 碳纤维复合材料与 2024 铝合金性能对比.....	25
表 9. 日本东丽产品牌号及力学性能.....	26
表 10. 我国主要碳纤维生产企业.....	27
表 11. 不同类型树脂基体的基本性能.....	28
表 12. 我国主要航空复合材料相关企业.....	29
表 13. 高温合金牌号表示方法.....	31
表 14. 主要高温合金生产企业.....	32
表 15. 中国航空铸造企业.....	33
表 16. 三种锻造工艺对比.....	35
表 17. 国内航空锻造企业格局.....	35
表 18. 我国主要航空机加工上市公司.....	36
表 19. 长江系列民用航空发动机研制进展.....	38
表 20. 我国主要航空发动机主机厂商.....	38
表 21. 部分机型采用碳刹车盘后的减重情况.....	41
表 22. 国内刹车系统相关企业.....	42
表 23. 飞机机电系统子系统.....	44
表 24. 飞机主机厂一览.....	45
表 25. 大飞机产业链重点标的.....	47

1 历时十七载，国产大飞机终迎日出时刻

国产大飞机项目为国家重大科技专项项目，立项十七载终迎日出时刻。2006年2月9日，国务院发布《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》，大型飞机重大专项被确定为16个重大科技专项之一；2008年5月，专注于商用大飞机项目的中国商飞在上海成立；2009年1月，中国商飞正式发布首个单通道客机代号COMAC 919，简称C919；2009年至2015年间，C919机头、前机身、中机身等部段陆续在各大配套厂商下线并交付；2015年11月，C919大型客机首架机在浦东基地正式总装下线；2017年至2022年间，C919完成多架多批次试飞验证；2022年，C919陆续获得型号合格证、生产许可证及单机适航证。2023年5月28日，C919正式顺利完成首次商业飞行；2023年7月14日，第二架C919交付中国东方航空公司。立项十七年后的今天，国产大飞机终于迎来日出时刻。

图1. 国产大飞机 C919 发展历程



数据来源：中国商飞官网，新华网，财通证券研究所

C919 飞机类型为数量占比最高的窄体客机，三大商用客机类型中国已有其二。按照《民航行业发展统计公报》分类，商用客机可以分为支线客机、窄体客机和宽体客机。C919 大型客机是我国首款按照国际通行适航标准自行研制、具有自主知识产权的喷气式干线客机，座级 158-192 座，航程 4075-5555 公里，产品类型为最受市场欢迎的窄体客机。截至目前，我国支线客机 ARJ21 已经安全运营突破 20 万小时步入规模经济运营阶段，C919 已正式投入商业运营，三大类商用客机类型中，除 CRJ929 目前正处于研制状态外，中国已经拥有两大类商用客机型号，匹配中国最主流市场：截至 2022 年 12 月 31 日，C919 所在窄体客机类型占据中国客机数量的 81.81%，ARJ21 所在的支线客机类型占中国客机数量的 6.22%，二者合计 88.03%。

表1.2022 年中国运营中的飞机类型及国内外型号

分类	数量	国内运营主流型号	国产飞机型号	国产飞机备注
宽体客机	472	A330/350、B787 等	CR929(研制中)	国产宽体客机 CR929 目前正处于研制中，截至 2022 年底，已完成首轮需求验证，首批飞机级和系统级需求验证率达 98%。
窄体客机	3225	A318/319/320/321 系列、B737 系列等	C919	2023 年 5 月 28 日成功商业首航，后续将常态化商业运营
支线客机	245	ARJ21、ERJ190/195、CRJ-900 等	ARJ21	2023 年 3 月 18 日，ARJ21 飞机安全运行突破 20 万小时，这标志着 ARJ21 飞机开始从安全顺畅运营全面迈向规模经济运营。
货运飞机	223	B737/747/757, A330 等	ARJ21	目前货运型 ARJ21 已经投入运行，未来 C919 有望加入货运飞机行列。

数据来源：交通运输部《2022 年民航行业发展统计公报》，陈姗姗《国产飞机系列化又一步：ARJ21 货机迎启动用户》，上海市科学技术委员会《2022 上海科技进步报告》，planespotter，中国商飞官网，财通证券研究所（备注：飞机数量时间截至 2022 年 12 月 31 日）

C919 全面对标 A320 和 B737，性能接近但价格更优。C919 产品定位为窄体客机，性能参数与空客最新一代客机 A320 Neo 及波音最新一代窄体客机 B737-10 相近，所用发动机为 CFM 公司提供的 LEAP-1C，与 A320 Neo 及 B737-10 配置航空发动机同属 LEAP 系列，减碳效果显著，与上一代 CFM56 发动机相比，减排 15% 二氧化碳及 50% 氮氧化合物。根据《中国东方航空股份有限公司 2022 年度非公开发行 A 股股票预案》，C919 目录价格为 0.99 亿元，与 A320 Neo 及 B737-10 相比拥有一定优势。

表2.C919 与 A320NEO 及 B737-10 参数相近但价格更优

飞机型号	A320 NEO	B737 MAX 10	C919
厂商	空客	波音	商飞
制造时间	2014 至今	2016 至今	2017 至今
机长(m)	37.57	43.8	38.9
翼展(m)	35.8	35.9	35.81
高度(m)	11.76	12.4	11.95
座位	150-180	188-204	158-192
航程(km)	6300	5740	4075-5555
最大起飞重量(吨)	79.00	89.77	82.06
最大燃油容量(L)	26730	25816	27217
航空发动机	普惠 PW1100G-JM×2 或 CFM LEAP-1A×2	CFM LEAP-1B×2	CFM LEAP-1C×2
售价(亿美元)	1.10(2018 年)	1.35(2019 年)	0.99(2022 年)

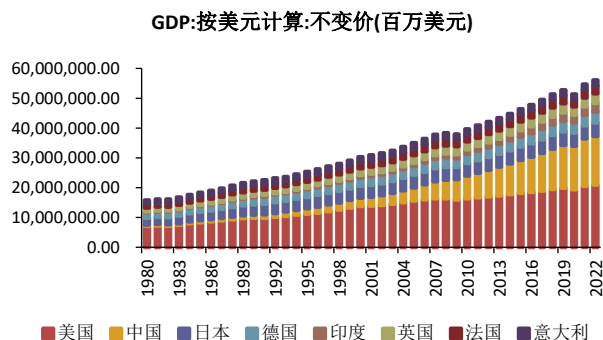
数据来源：中国商飞官网，空客官网，波音官网，东方航空公告，Aero Corner，财通证券研究所

2 万亿市场空间广阔，三足鼎立格局有望逐渐形成

2.1 疫情影响逐渐消散，商用航空市场开启复苏

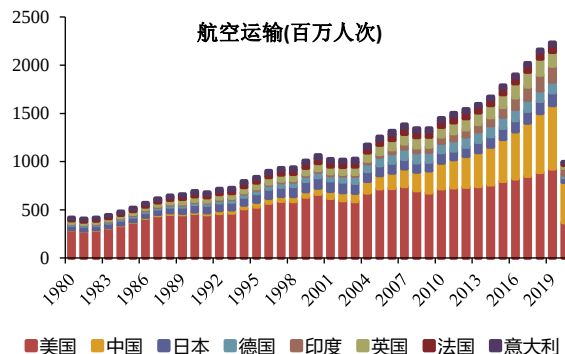
过去数十年世界航空客运人次与 GDP 走势相近但增速略高于 GDP 增速，受疫情影响出现暂时性萎缩。世界航空运输业发展与 GDP 发展水平息息相关，过去四十年，世界主要国家 GDP 总量稳步增长（本文选择 2021 年 GDP 排名前八国家的按美元计算的不变价格 GDP 为例），1980-2019 年，世界 GDP 排名前八国家的不变价格 GDP 总量从 15.78 万亿美元增长至 52.78 万亿美元，年复合增长率 3.14%；同期，该八个国家航空客运人次从 1980 年的 4.18 亿人次增长至 2019 年的 22.35 亿人次，年复合增长率 4.39%，航空客运人次总体走势与 GDP 总量走势相近但增速略高于 GDP 增速。2020 年，受到疫情因素强烈冲击，GDP 排名前 8 国家航空客运人次从 2019 年的 22.35 亿人次下降至 9.96 亿人次。

图2.过去 40 年主要国家 GDP 稳步增长



数据来源:世界银行, 财通证券研究所

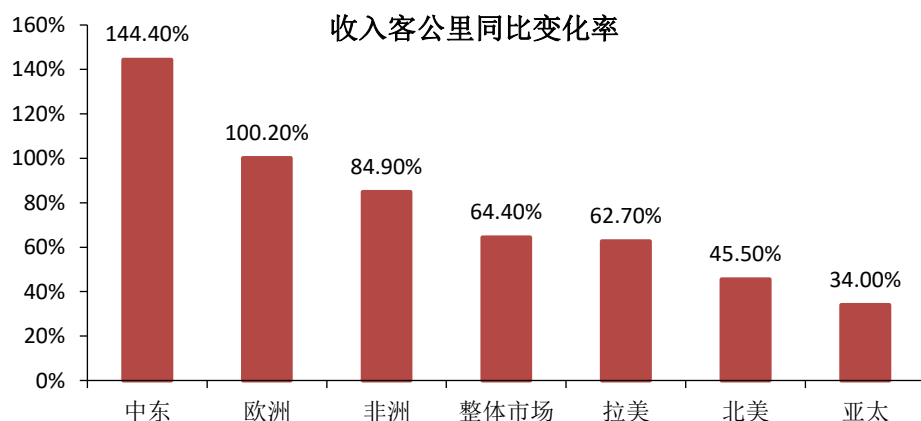
图3.世界主要国家航空运输量走势与 GDP 相似



数据来源: IMF, 财通证券研究所

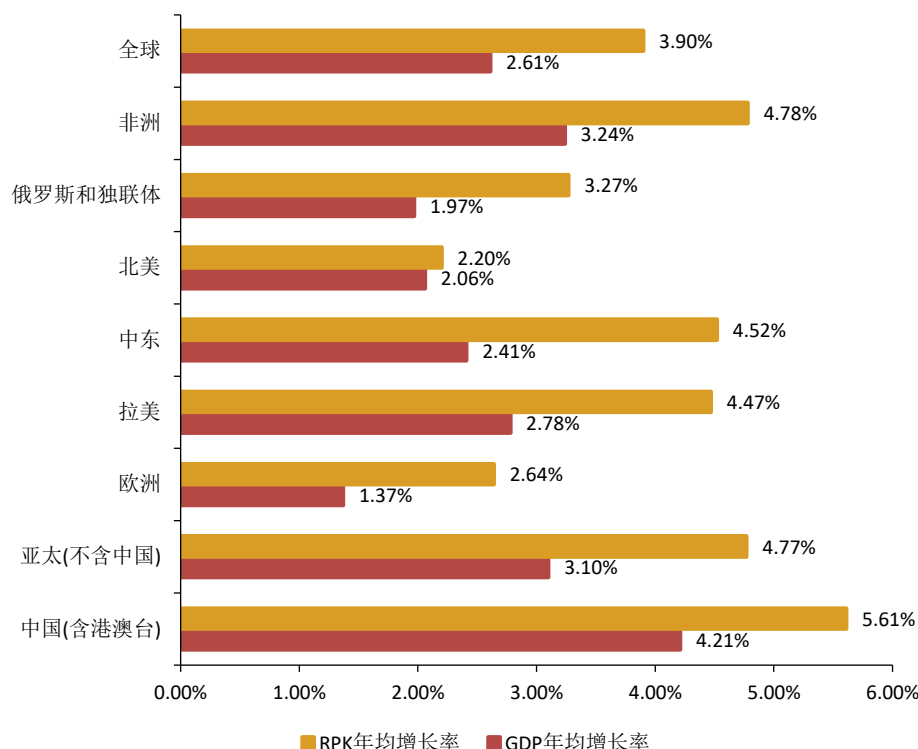
新冠疫情不再是全球突发卫生事件, 全球航空业有望于 2023 年底恢复至疫情前水平。根据联合国官网信息, 世界卫生组织总干事谭德塞于 2023 年 5 月 5 日接受《国际卫生条例(2005)》新冠大流行突发事件委员会第十五次会议的建议, 决定宣布新冠疫情不再构成国际关注的突发公共卫生事件。根据国际航空运输协会(IATA)数据, 2022 年航空客运总量(按照收入客公里计算)相比 2021 年增长 64.4%。全球 2022 年全年客运量为疫情前(2019 年)水平的 68.5%, 2022 年 12 月客运总量比 2021 年同期增长 39.7%, 已恢复至 2019 年 12 月水平的 76.9%。根据联合国官网预测, 世界旅行需求有望在 2023 年恢复到疫情前水平。根据中国商飞预测, 2019-2041 年, 全球航空旅客周转量(RPK)年均增长率有望达到 3.9%。

图4.2022 年世界各大地区客公里均出现大幅度提升



数据来源: IATA, 财通证券研究所

图5.全球 2019-2041 年 RPK 及 GDP 增长率预测

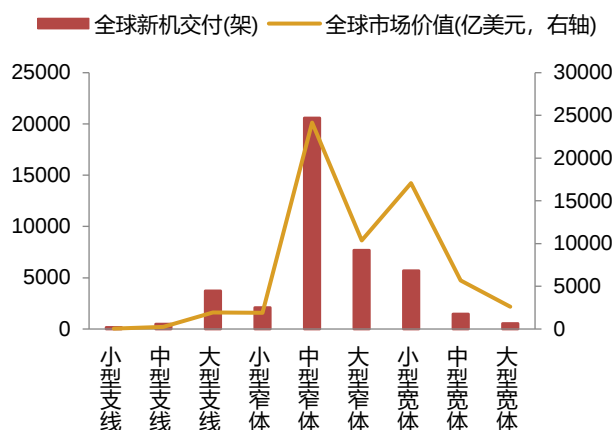


数据来源：中国商飞《中国商飞公司市场预测年报 2022-2041》，财通证券研究所

2.2 需求端：2022-2041 年，C919 所在细分市场平均年产值或近万亿元

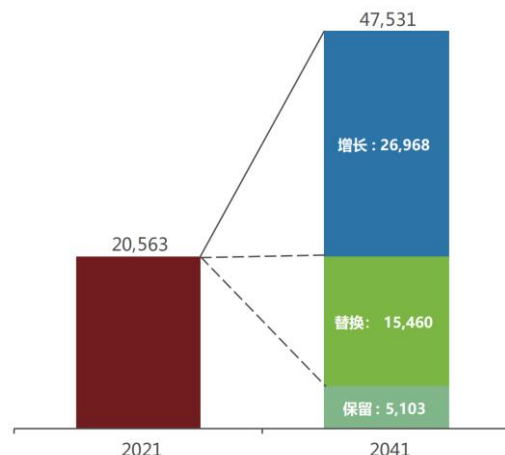
2022-2041 年，全球客运飞机年均交付价值或超过 2 万亿元。根据中国商飞预测，未来二十年，全球航空旅客周转量将以平均每年 3.9% 的速度递增，中国航空旅客周转量将以平均每年 5.6% 的速度增长，到 2041 年，全球航空旅客周转量将是 2021 年的 4.4 倍、2019 年的 2.3 倍。根据中国商飞预测，到 2041 年，预计全球客机机队规模将达到 47531 架，是 2021 年机队（20563 架）的 2.3 倍。未来二十年，预计将有约 42428 架新机交付用于替代退役客机及满足新增航空客运需求，价值约为 6.4 万亿美元（以 2021 年目录价格为基础），按照 7:1 的汇率粗略计算，年均交付价值约为 2.24 万亿元人民币，中国航空公司将接收其中的 9284 架新机，市场价值约 1.47 万亿美元，即年均约 5145 亿元人民币。值得一提的是，C919 作为中型窄体客机，其对应 2022-2041 年全球预计交付量 20587 架，价值 24161 亿美元，其市场空间在九大细分赛道（见图 6）中最为广阔。

图6.2022-2041 全球各类型客机交付量及价值预测



数据来源：中国商飞《中国商飞公司市场预测年报 2022-2041》，财通证券研究所

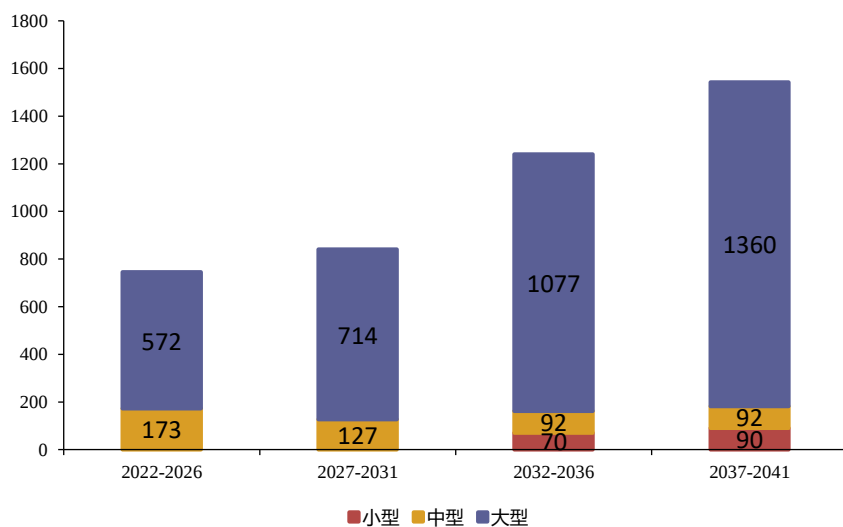
图7.全球机队 2021-2041 年变化预测（单位：架）



数据来源：中国商飞《中国商飞公司市场预测年报 2022-2041》，财通证券研究所

2022-2041 年支线客机交付将以 ARJ21 为代表的大型支线客机为主。截至 2021 年底，涡扇支线客机占全球客机机队比例为 12.2%，根据中国商飞预测，预计到 2041 年这一比例将下降至 10.4%，未来市场需求主要集中在大型涡扇支线客机，2022-2041 年，约有 78% 的现役涡扇支线客机将陆续退役，预计涡扇支线客机的交付量约为 4,367 架，其中 85.3%（约 3723 架）为大型涡扇支线客机，值得一提的是，ARJ21 飞机正是这一分类。目前涡扇支线客机的订单主要集中在大型涡扇支线客机。

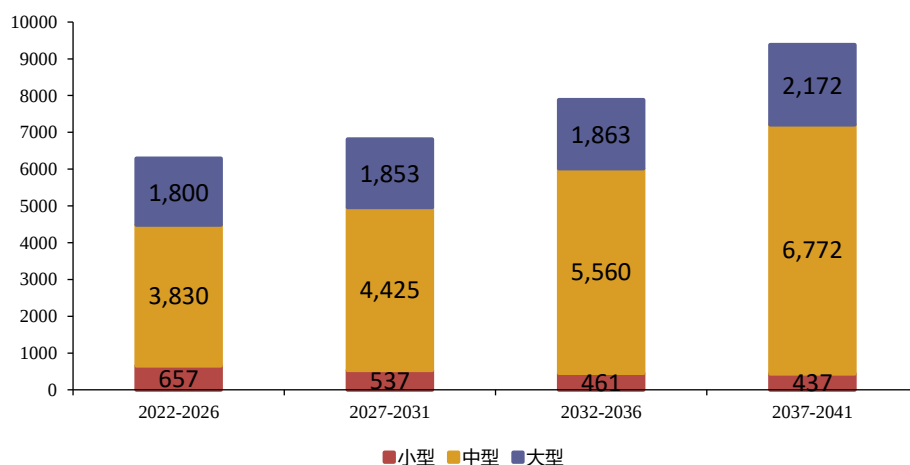
图8.2022-2041 年预计大型支线客机将为支线客机交付主力（单位：架）



数据来源：COMAC，财通证券研究所

2022-2041 年窄体客机平均年交付价值有望超万亿元，其中 C919 所在的中型窄体客机细分赛道市场空间最为广阔。根据中国商飞预测，预计到 2041 年，全球现役机队中约 75% 的单通道喷气客机将被燃油效率更高的全新单通道喷气客机替换。2022-2041 年，中国商飞预计全球将有 30,367 架窄体喷气客机交付运营。2022-2041 年，中国商飞预计小型窄体客机、中型窄体客机和大型窄体客机交付价值将分别为 1890、24161、10377 亿美元，合计 36428 亿美元，按照 7: 1 汇率计算合计 254996 亿人民币，粗略估算平均年产值超过万亿元。C919 作为此中型窄体客机赛道的新兴力量，大有可为。

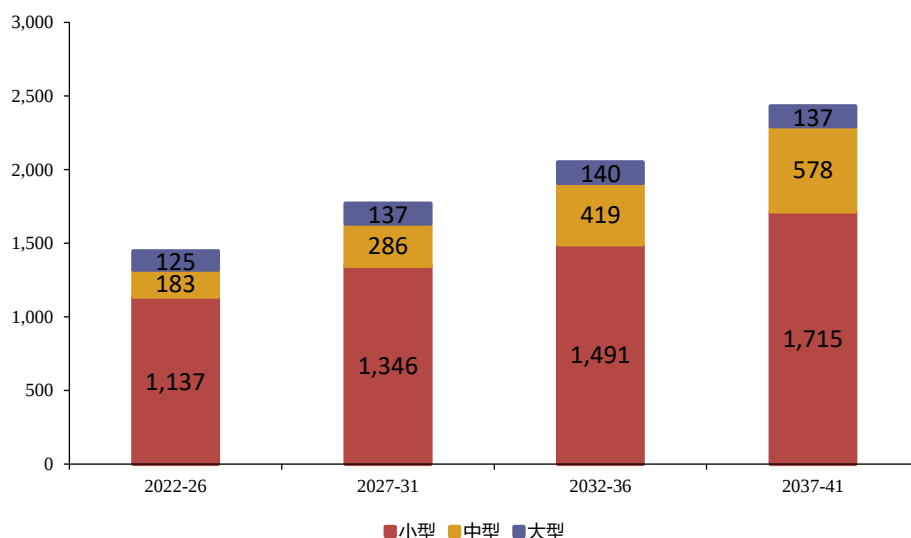
图9.2022-2041 年预计中型窄体客机将为窄体客机交付主力（单位：架）



数据来源：COMAC，财通证券研究所

2022-2041 年宽体客机交付将以小型宽体喷气客机为主。受新冠疫情影响，大量国际航线停飞，大批宽体客机封存，宽体客机退役将因此加快。未来，随着各国边境的重新开放和国际航线的恢复，宽体喷气客机的需求将大幅提升。根据中国商飞预测，2022-2041 年，预计全球将有数量达 7694 架、总价值约 2.5 万亿美元的宽体喷气客机交付运营。其中，约 74% 为小型宽体喷气客机，包括 200-300 座的客机，该类型客机具有很强的运营灵活性和广泛的航线适应性。中国商飞预计宽体喷气客机机队的年均增长率为 4.8%，平均座位数将从 291 座增至 316 座。2022-2041 年，预计约有 72% 的现有宽体机队将被替代。

图10.2022-2041 年预计小型宽体客机将为宽体客机交付主力（单位：架）

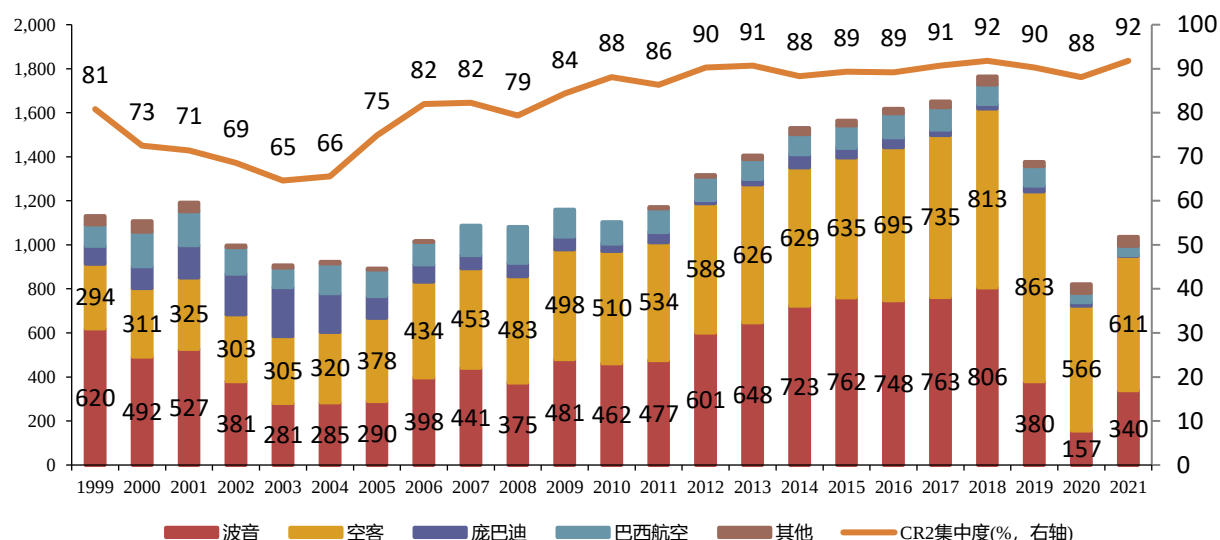


数据来源：COMAC，财通证券研究所

2.3 供给端：当前双寡头垄断格局，中国商飞未来有望成为第三极

当前空客波音处于寡头垄断地位，庞巴迪等厂商只能在支线客机领域占据一定份额。经过长期的产业发展、国家博弈和市场竞争，全球民机产业逐渐形成了波音公司和空客公司“双寡头”垄断格局，2012年以来基本占据全球喷气客机约90%的市场份额，2018年10月和2019年3月，两起坠机事故使得波音最畅销的机型737MAX全球停飞。2020年发生新冠肺炎疫情，全球航空业遭受重创，波音更是深陷泥潭，在与空客的竞争中落于下风，但总体而言，民用飞机市场依旧被空客和波音占据垄断地位，2021年二者市场份额合计达到92%。而市场剩余部分，则被庞巴迪、巴西航空等依靠部分支线客机占据。

图11.1999-2021 年波音空客在民用飞机市场占据绝对垄断地位（单位：架）



数据来源：Statista 《Number of jets added to the global aircraft fleet from 1999 to 2021》，财通证券研究所

ARJ21 已累计交付百架，国际化征程已然开启。ARJ21 新支线飞机是我国首次按照国际民航规章自行研制、具有自主知识产权的中短程新型涡扇支线客机，座级 78-97 座，航程 2225-3700 公里。于 2014 年 12 月 30 日取得中国民航局型号合格证，2017 年 7 月 9 日取得中国民航局生产许可证，截至 2022 年 12 月 29 日，ARJ21 已累计交付 100 架。除了国内航空公司外，ARJ21 还于 2022 年 12 月 28 日首次向海外用户印尼翎亚航空交付了第一架飞机，迈出了 ARJ21 飞机海外运营的第一步。截至 2023 年 3 月 18 日，ARJ21 飞机已安全运行突破 20 万小时，安全运送旅客超 500 万人次。随着 ARJ21 认可度不断提升，其国内外市场份额有望稳步增加。

图12.ARJ21 首次交付海外



数据来源：中国商飞官网，财通证券研究所

C919 商业首航成功,世界干线客机迎来中国制造。2023 年 5 月 28 日 12 时 31 分,由 C919 大型客机执飞的东方航空 MU9191 航班平稳降落在北京首都国际机场,标志着该机圆满完成首个商业航班飞行,正式进入民航市场,开启市场化运营、产业化发展新征程。C919 大型客机是我国首次按照国际通行适航标准自行研制、具有自主知识产权的喷气式干线客机,于 2007 年立项,2017 年首飞,2022 年 9 月完成全部适航审定工作后获中国民用航空局颁发的型号合格证。中国商飞副总经理魏应彪表示,“历经几代人的努力,我国民航运输市场首次拥有了中国自主研发的喷气式干线飞机,大飞机事业已经迈入规模化系列化发展新征程。”

图13.C919 首个商业航班东航 MU9191 在北京首都国际机场平安降落



数据来源:中国商飞官网,财通证券研究所

C919 订单累计已近 1200 架,CRJ929 客机完成首轮需求验证,世界商用客机双寡头格局有望迎来第三极。2023 年 1 月 12 日,上海市人大代表、中国商用飞机有限责任公司党委常委、副总经理张玉金介绍,目前 C919 订单数量已接近 1200 单。此外,根据上海市科学技术委员会发布的《2022 上海科技进步报告》,CRJ929 已完成首轮需求验证,首批飞机级和系统级需求验证率达 98%,并正在持续开展复材机身研制。目前,中国已经完成了支线客机、窄体客机、宽体客机中的支线客机和窄体客机的布局,其中 C919 所在的窄体客机作为市场主流机型,有望助力中国商飞成为世界第三大干线客机制造商,世界民航客波音双寡头格局有望逐渐改变为三足鼎立格局。

C919 成功投入商业运营，国产大飞机产业链迎来黎明时刻。我国民用飞机产业发展相对较为滞后，参与大飞机产业链主要通过国际转包的方式，但总体来看，我国飞机产业链通过国际转包业务空间有限，2022 年，我国航空装备上市公司（申万 II 级）国外总收入合计 97.63 亿元，占其总收入的 4.52%，其中扣除非大飞机外包业务，其通过外包业务参与大飞机产业的收入更少。C919 的成功商业运营，或将带动中国大飞机产业链相关企业在大飞机领域的收入逐渐提升。目前，国内航空装备企业参与 C919 产业链主要通过独自供货或与国外企业成立合资公司供货的方式进行，未来国内航空装备企业在大飞机产业链的参与度有望随着技术成熟度的提升而进一步提高。

图15.C919 产业链一览



数据来源：杨亦静《国产大飞机带动万亿产业链》，各公司公告，财通证券研究所（备注：图中红色字体为中国企业，黑色为外资企业，蓝色为合资企业）

C919 制造采用“主制造商-供应商”模式。由于飞机研发及制造过程中需要大量不同类型技术，且面临着项目开发周期长、风险高、回报周期长的特点，因此由一家公司完成公司的所有结构、系统和零部件的设计制造既不经济，也不现实，因此民用运输机类飞机的设计和生产一般采用“主制造商-供应商”模式，由主机厂和供应商共同合作开发完成。例如波音公司在 787 项目和空客公司在 A380 项目中承担的工作量均约占 20%左右，并由各级供应商协助完成其余工作。作为我国大飞机研制主体单位，中国商飞公司在现有民机项目研制一开始就确定采用“主制造商-供应商”模式：无论 ARJ21 还是 C919 项目，均由供应商来承担机体部段、系统和设备的制造以及子系统集成，中国商飞公司承担总体设计、基体部段总装、

系统及设备安装和部分子系统集成。根据中国商飞官网显示，商飞目前拥有 I 类供应商 39 家，II 类供应商 25 家，III 类供应商 56 家。按照供应商在供应链中的环节，也可以将其分为原材料、零部件、子系统供应商。

表3.C919 三类供应商一览

等级	供应商
I 类	上海航空测控技术研究所、陕西航空电气、中航西安航空计算技术研究所、航空工业南京机电、CFM 国际、唐纳森、菲舍尔、福克、通用电气、霍尼韦尔、利勃海尔、美捷特、穆格、松下电器、派克、柯林斯、赛峰、泰雷兹、加普惠、卓达宇航、上海航空电器、中电科航空电子中航西安飞行自动控制研究所、中航南京金城、昂际航电、四川九洲、西安鸿翔飞控、中航光电、菲舍尔、中航济南特种结构研究所、中航沈飞、中航成飞、中航飞机股份有限公司、中航哈飞、江西昌河、江西洪都、浙江西子、航天海鹰、航天特种材料及工艺技术研究所
II 类	艾蒙凯瑟、北京航空材料研究院、湖北航宇嘉泰、美安、美盾、锐瀚、北京飞航吉达、德里森、伊顿、江苏美龙、乐凯、维斯伯-蒂锐、欧洲航材、华之冠、伍德沃德、赛飞航空线缆、中航飞机起落架、宁波沥高复合材料、成都凯天、武汉航达、泰兴市银鹰、特瑞堡、苏州华瑞腾、苏州鹭翔、西北橡胶塑料研究设计院
III 类	爱励铝业、PPG 航空材料、AEHI、AMI 金属、陕西宏远、迅航、加铝、美铝、艾联、阿美特克、安费诺、雅奇国际、宝鸡钛业、宝武钢特钢、博隆克金属、卡莱尔、凯密特尔、二重万航、DME、Deutsch、东达国际、埃斯特莱、飞而康、抚顺特钢、威索尼克、荣钢材料、贵州航天精工、贵州安大、河南航天精工、ITT 科能、Lisi Aerospace、润贝航材、天津美隆、耐克森、东方蓝天钛金、Peerless Aerospace、普麦凯、Prime Technology、圣戈班、西南铝业、蒂森克虏伯、东丽复合材料、TE Connectivity、傲创电子、伟司科、上海亿威、Shanghai Tram Electronics、冠一航空、赛蒙金属、赛方德驰、厦门飞鹏、塔塔特钢、大连长之琳、汉高、特一新材、苏州美德、耐炜金属

数据来源：中国商飞官网，财通证券研究所

3.2 原材料：九层之台，起于累土

原材料是飞机的基础，对飞机各方面性能有着决定性影响。原材料对飞机制造、认证、使用和维护有着关键性影响，原材料对飞机的影响贯穿整个飞机生命周期，包括但不限于：

- ① 飞机油耗；
- ② 新机购置费用；
- ③ 飞机设计的选择空间；
- ④ 现役飞机结构升级费用；
- ⑤ 航空发动机推力和燃油效率；
- ⑥ 现役飞机及航空发动机维护性；
- ⑦ 飞机性能，如速度、航程、最大载荷等；

⑧ 飞机及航空发动机安全性、可靠性、寿命等性能。

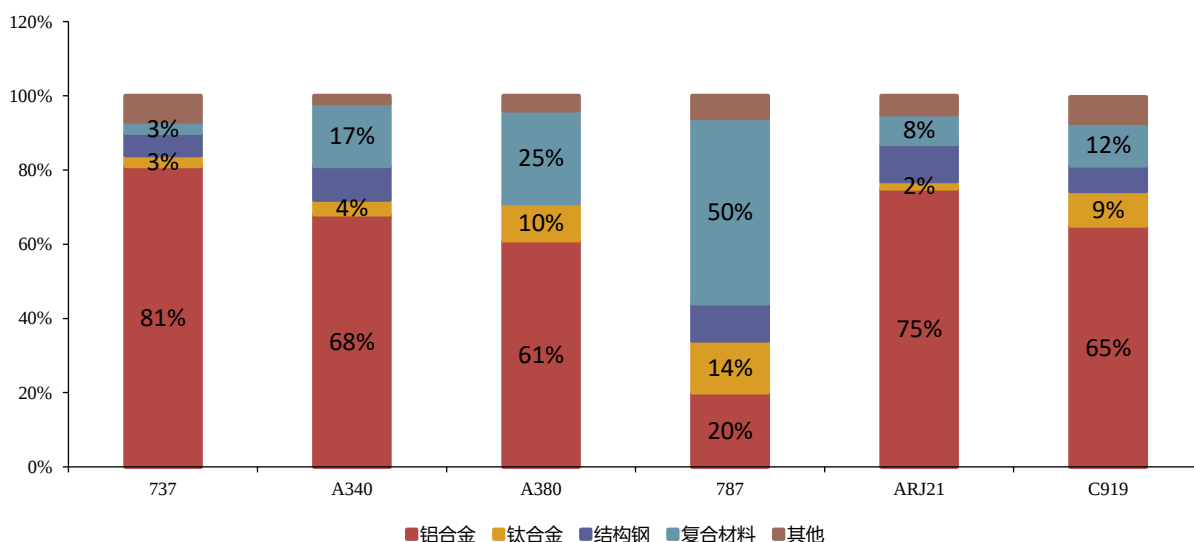
由于飞机的特殊性，其对材料有密度、弹性模量、屈服强度、疲劳性能、抗腐蚀性、耐高温性等诸多方面的严苛要求。这一系列要求使得目前现存的 12 万余种材料中仅有少于 0.05% 的材料适合用在飞机上。目前飞机结构的主流材料为铝合金、钛合金、结构钢和复合材料，此外，高温合金（航发热端部件）、镁合金（早期飞机）、陶瓷基复合材料（先进航发涡轮部件）、雷达吸波材料（先进战机隐身涂层）等材料也在飞机上有一定应用。

表4. 飞机主要材料性能对比

材料	铝合金	钛合金	镁合金	高强度钢	高温合金	碳纤维复合材料
价格	便宜	昂贵	中等	中等	昂贵	昂贵
密度	低	中等	非常低	高	高	非常低
弹性模量	低/中等	中等	低	非常高	中等	高
屈服强度	中等	中等/高	低	非常高	中等	高
断裂强度	中等	高	低/中等	低/中等	中等	低
疲劳强度	低/中等	高	低	中等/高	中等	高
抗腐蚀性	中等	高	低	低/中等	高	非常高
高温蠕变性能	低	中等	低	高	非常高	低
可回收性	高	中等	中等	高	中等	非常低

数据来源：Adrian P. Mouritz 《Introduction to aerospace materials》，财通证券研究所

图16. 主要民用飞机材料占比



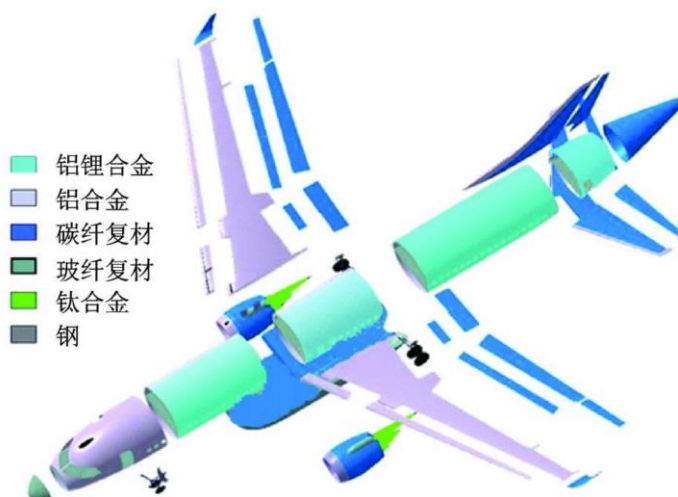
数据来源：Adrian P. Mouritz 《Introduction to aerospace materials》，财通证券研究所

铝合金仍旧是国产民用飞机的主要原材料，钛合金及复合材料用量占比明显提升。

铝合金以其低廉的价格，较高的比强度成为了传统飞机的主要结构材料，如目前

波音 737 机型铝合金重量占比达到 81%，ARJ21 和 C919 铝合金重量占比分别为 75%和 65%。然而随着材料技术的不断进步和对飞机性能要求的提高，钛合金及复合材料以其更好的性能开始在新型飞机上占据更多的重量占比，从 ARJ21 到 C919，钛合金用量占比从 2%提升至 9%，复合材料占比从 8%提升至 12%。

图17.C919 机体材料使用一览



数据来源：吴光辉《大飞机引领先进材料发展》，财通证券研究所

3.2.1 铝合金：质优价廉，目前仍是主流材料

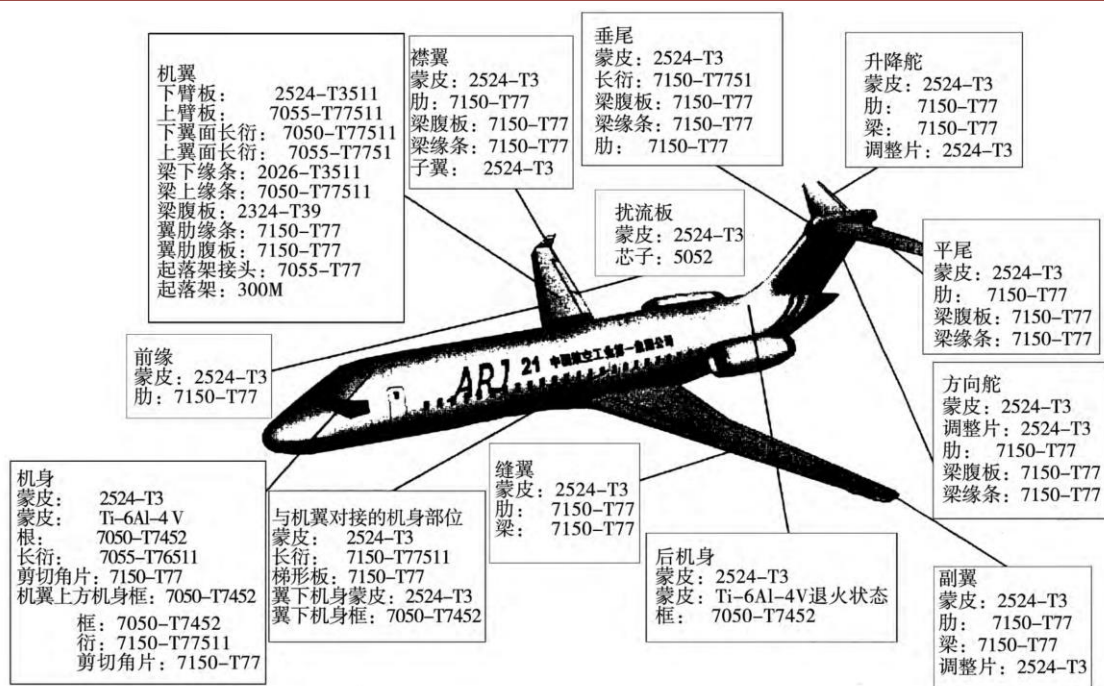
根据工艺，铝合金可分为铸造铝合金、冷处理变形铝合金和热处理变形铝合金，飞机上主要使用热处理变形铝合金。目前，国际上有 500 种以上的铝合金，根据合金成分，处理工艺等差异，国际合金命名系统（IADS）对铝合金进行了命名，如 MNXY，其中 M 代表系列，目前划分了 8 个系列；N 代表铝合金处理次数；后两位数字 XY 仅对 1XXX 系列铝合金有意义，表示其纯度，例如，1200 铝的最低纯度为 99.00%，1145 铝的纯度至少为 99.45%，而对于 2XXX-8XXX 系列铝合金，后两位数字 XY 没有明确意义，仅用于区分系列中的不同合金。铝合金的热处理状态可以分为 F、O、H、W、T 等五类，目前，飞机上主要使用的铝合金为高强度的 2XXX 系（2024、2224、2324、2424、2524 等）和超高强度的 7XXX 系（7075、7475、7050、7150、7055、7085 等），热处理状态多为 T 类。我国典型国产飞机 ARJ21 及 C919 选材均以铝合金为主，铝制零部件质量分别占飞机结构质量的 75%和 65%。

表5.铝合金的8个系列及其特性对比

系列	主合金成分	时效硬化	简介
1XXX	铝>99%	无	纯度最高的铝合金，屈服强度低，疲劳性能低，延展性好，不适合用在飞机中。
2XXX	铜	有	强度高、抗疲劳、韧性好。适合用于机身蒙皮、机翼下面板和操纵面。
3XXX	锰	无	屈服强度低于 200MPa，因此极少被用在飞机上。
4XXX	硅	含镁时有	在飞机上使用较少，因为铝基体中会形成脆性的硅相，降低延展性和断裂韧性。
5XXX	镁	无	镁在铝中形成坚硬的铝化镁，提高了合金的强度，这些析出相的形成和生长不能通过热处理控制，因此不具有时效硬化性。可用于飞机翼肋、翼尖、加强肋、油箱、管道和框架。
6XXX	镁+硅	有	广泛用于非航空航天部件，如建筑、轨道车、船体、船舶上层建筑，并越来越多地用于汽车部件。由于其较低的断裂韧性很少用于飞机。
7XXX	锌	有	强度一般比 2XXX 系合金高，常被用于承载比 2XXX 系合金部件更高应力的飞机结构，如上翼面、桅杆、桁条、框架、压力舱壁和载重舱等。
8XXX	其他(包括锂)	多数有	不能根据其化学成分分类到 1XXX 到 7XXX 系列中的任何一个的铝合金被分配到 8XXX 系列。其中的铝锂合金密度低、弹性模量高、比刚度高、疲劳性能好、耐腐蚀，取代常规铝合金后，质量可减轻 10%~20%，刚度提高 15%~20%。

数据来源：Adrian P. Mouritz 《Introduction to aerospace materials》，财通证券研究所

图18. 国产支线客机 ARJ21 铝材选用方案



数据来源：王祝堂《铝材在国产大飞机上的应用》，财通证券研究所

C919 大飞机选用了大量的传统铝合金,第三代铝-锂合金的应用是一大亮点。C919 的前机身、中机身、中后机身、机头与机翼的结构件几乎全用高性能传统铝合金 2XXX 系与 7XXX 系制造，而 C919 前机身蒙皮、机头蒙皮、中机身蒙皮、中后

机身蒙皮、前机身长桁、机头长桁、中机身长桁与地板梁、支柱、座椅导轨等部件均用铝-锂合金制造。在铝合金中，每添加 1% 锂，可使其密度下降 3%，弹性模量提高 6%，铝锂合金密度更低，弹性模量、比强度、比刚度、抗疲劳等参数更好，因此成为了未来铝合金的重点发展方向，由于其在减重、控制风险、加工和维修方面的显著优势，铝锂合金有望同时成为钛合金和复合材料的有利竞争材料。

表6. 我国主要相关铝合金企业

公司	2022 年营收(亿元)	简介
中国铝业	2,909.88	公司是中国有色金属行业的龙头企业，综合实力位居全球铝行业前列，中国铝业集团制造股份有限公司所属西南铝、东轻、西北铝承担了 C919 主要研制生产任务，目前，公司可供国产民机用铝材品种的比例已达 52%。
南山铝业	349.51	公司是国内唯一一家同时为波音、空客、中商飞等主机厂同时供货的企业，供货产品成熟稳定，在质量、价格和交期方面均具备较强竞争力，充分得到飞机制造企业的认可。

数据来源：，各公司公告，余欣未《中国铝产业的发展现状及展望》，财通证券研究所

国内航空铝合金供应商主要有中国铝业和南山铝业。我国 C919 从成功首飞到完成取证试飞，中铝高端制造所属西南铝、东轻、西北铝承担了主要研制生产任务。目前，中铝可供国产民机用铝材品种的比例已达 52%。此外，南山铝业也积极布局航空用铝材，依托国产大飞机 C919 项目的实施，公司加大对航空板研发力度，积极推进产品认证工作，是国内唯一一家同时为波音、空客、中商飞等主机厂同时供货的企业，供货产品成熟稳定，在质量、价格和交期方面均具备较强竞争力。

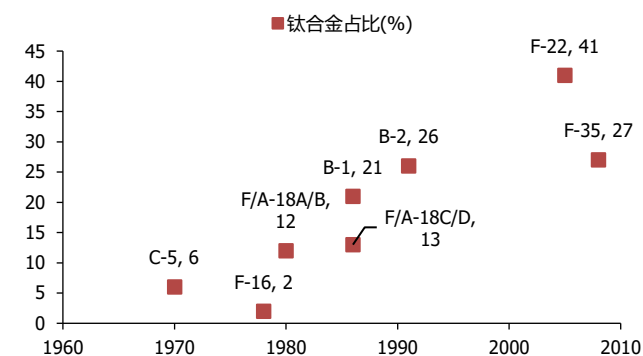
3.2.2 钛合金：综合性能优异，飞机增强减重必选

钛及钛合金具有良好的综合性能，在多种环境中具有优良的抗腐蚀性能，在飞机上得到了广泛应用。早期，钛及钛合金主要用于承受发动机热影响的非承力构件，以后逐渐转向制造承力构件，以减轻重量、提高结构效率和可靠性、延长使用寿命。目前，国外第三代超音速战斗机钛合金用量已占机体结构重量的 25% 左右，波音 777 钛用量达到飞机空载重量的 8.5% 左右，国内飞机上也得到了一定的应用。钛在飞机上的应用逐年稳定增长，其主要原因是：

- ① **可以代替钢以减轻重量。**如用 Ti-6Al-4V 代替 30CrMnSiA 钢，可以减重 20% 左右。
- ② **可以提高使用温度。**由于铝合金使用温度受到限制，高于此温度时采用钛合金更适宜。

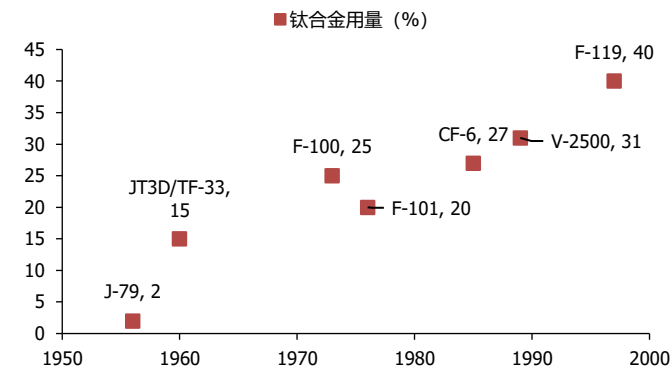
- ③ 可以提高结构效率。当结构载荷比较高,采用铝合金又受到结构空间限制时,强度较高的钛合金则是较理想的材料。
- ④ 钛合金具有优良的耐腐蚀性,使它在腐蚀严重区域得以大量应用。同时,由于碳纤维复合材料的应用,为防止电偶腐蚀,也使钛合金的应用日渐增加。

图19.美国不同年代飞机钛合金含量



数据来源:曹春晓《航空用钛合金的发展概况》,财通证券研究所

图20.美国不同年代航空发动机钛合金含量



数据来源:曹春晓《航空用钛合金的发展概况》,财通证券研究所

随着钛合金优异性能的不断凸显和加工工艺的不断成熟,钛合金被越来越多用在飞机和航发中。以美军机为例,其1978服役的第三代主力战机F16钛合金含量仅有2%,而其下一代战斗机F22则一举增加至41%。其第三代战斗机主力航空发动机F-100钛合金含量为25%,而其下一代战斗机发动机F-119钛合金含量则高达40%。这种趋势在我国军用飞机上也较为明显,我国歼-8、歼-10、歼-20钛合金含量分别为2%、4%、20%,增长趋势明显,在民用飞机上钛合金含量也由ARJ21的2%增长至C919的9.3%,增量显著。

表7. 我国主要航空钛材生产企业

公司	2022 年钛产品 营收(亿元)	2022 年钛产 品毛利率	简介
宝钛股份	60.38(钛产品)	21.80%	公司采用国际先进水平的技术标准和质量体系, 获得通过了美国波音公司、法国宇航公司、空中客车公司、英国罗罗公司、欧洲宇航工业协会和美国 RMI 等多家国际知名公司的质量体系和产品认证, 囊括了进入世界航空航天等高端应用领域所有的通行证, 并成为国际第三方质量见证机构以及分析检测基地, 此外, 公司为中国商飞的 III 类供应商之一。
西部超导	32.09(钛合金)	43.29%	公司作为国内高端钛合金棒、丝材的主要供应商之一, 制备工艺和质量过程控制技术的研究成果丰硕, 自主建立了一套内控技术标准体系, 实现了多种高端钛合金的完全国产化, 填补了多项战机、舰船等用关键材料的国内空白, 产品的“高均匀性、高纯净性、高稳定性”处于国内领先水平, 推动了诸多钛合金材料技术标准的升级。此外, 公司已经参与 C919 大飞机的研制以及部分材料供应。
西部材料	16.39(钛制品)	19.40%	公司钛锆材加工产业保持高端民用市场的竞争优势, 继续扩大在军工领域的市场份额, 航空、航天用薄板已实现多规格钛合金板材的批量稳定化生产。

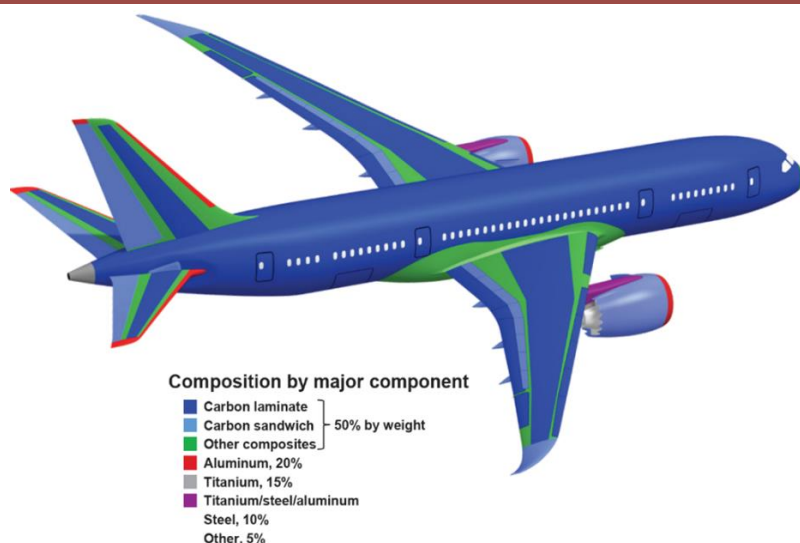
数据来源: 各公司公告, , 财通证券研究所

目前, 我国主要生产航空用钛合金的企业主要为宝钛股份、西部超导和西部材料。其中, 宝钛股份是我国钛材生产龙头企业, 与波音、空客、罗罗等国际航空巨头合作紧密, 是中国商飞的 III 类供应商。西部超导主营高端钛材、超导线材和高温合金三种业务, 其高端钛材主要面向军用飞机领域, 毛利率显著高于行业均值, 此外根据《西部超导材料科技股份有限公司投资者关系活动记录表 2023.5.16》所述, 公司参与了 C919 大飞机的研制以及部分材料供应, 未来将进一步拓展与相关企业和单位在大飞机相关业务上的合作。西部材料是我国稀有材料加工企业, 其航空、航天用薄板已经实现多规格钛合金板材的批量稳定化生产。

3.2.3 复合材料: 机体减重新材料, 金属材料替代者

先进复合材料在飞机上应用的用量多少和部位, 已成为衡量飞机结构先进性的重要指标。随着对飞机结构重量、隐身性能、节能减排要求的不断提高, 越来越多军民用飞机开始提高机体结构中的复合材料占比。军用飞机中复合材料占比由 F-18 的 9% 提升至 F22 的 35%, 民用飞机中复合材料占比由波音 737 的 3% 提升至波音 787 惊人的 50%。大量复合材料的应用也带来了飞机显著的减重减排效果, 例如, 波音 787 比同等体型的金属机体飞机轻大约 20%, 减少耗油量约 20%, 节约每座公里成本约 10%。

图21.波音 787 复合材料用量占比超 50%



数据来源：中国民用航空网，财通证券研究所

与传统机体材料铝合金相比，复合材料拥有诸多更加优异的性能。其密度仅为 2024 铝合金的约 59.26%，比模量和比强度分别为 2024 铝合金的 2.73 和 2 倍，抗疲劳性能约为 2024 铝合金的 3 倍，导热系数和热膨胀系数仅为铝合金的不足 10%，同时拥有远好于铝合金的耐腐蚀性能。此外，复合材料在整体成型方面拥有金属结构不可比拟的优势，通常情况下，组装占据机体制造约 50% 的成本，复合材料的使用将大幅减少零部件数量和紧固件数量，如铝合金制中型飞机机身筒大约需要 1500 个板材和近 50000 个紧固件，而同样大小的复合材料机身筒由于板件数量更少，因此仅需要 3000 个紧固件。这一系列特性决定了未来在航空领域，复合材料将形成对铝合金结构零部件的不可逆转的替代。

表8.碳纤维复合材料与 2024 铝合金性能对比

	碳纤维复合材料	2024 铝合金
密度 (g cm^{-3})	1.6	2.7
比模量, E/r ($\text{MPa m}^3 \text{ kg}^{-1}$)	71	26
比强度, s/r ($\text{MPa m}^3 \text{ kg}^{-1}$)	0.4	0.2
抗疲劳强度(百万次载荷循环的耐受应力)	极限强度的 70-80%	极限强度的 20-35%
耐腐蚀性能	极好	一般
导热系数($\text{W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$)	20	250
热膨胀系数(K^{-1})	$2 * 10^{-6}$	$22 * 10^{-6}$

数据来源：Adrian P. Mouritz 《Introduction to aerospace materials》，财通证券研究所

飞机机体结构所用复合材料多为碳纤维树脂基复合材料。复合材料按照基体材料可以分为树脂基复材、金属基复材和陶瓷基复材；按照增强纤维可以分为碳纤维、碳化硅纤维、玻璃纤维等。为减轻机体重量，碳纤维树脂基复合材料被大量应用于机体结构中，在部分先进航空发动机中，碳纤维复合材料也被应用于风扇叶片和风扇机匣中，此外，陶瓷基复合材料在航空发动机涡轮部件也开始有一定应用。

图22.碳纤维示意图



数据来源：光威复材官网，财通证券研究所

图23.碳纤维织物示意图



数据来源：光威复材官网，财通证券研究所

碳纤维具备出色的力学性能和化学稳定性，在目前已大量生产的高性能纤维中具有最高的比强度和比模量。碳纤维是由聚丙烯腈（或沥青、粘胶）等有机纤维在高温环境下裂解碳化形成的含碳量高于 90% 的碳主链结构无机纤维，具有质轻、高强度、高模量、导电、导热、耐腐蚀、耐疲劳、耐高温、膨胀系数小等一系列其他材料所不可替代的优良性能。碳纤维因其优异的力学性能作为增强材料而广泛应用，因此业内主要采用力学性能进行分类，业内分类主要采用日本东丽的牌号，并以此为基础确定自身的牌号及级别。

表9.日本东丽产品牌号及力学性能

东丽产品牌号	拉伸强度 (MPa)	拉伸模量 (Gpa)	拉伸断裂度 (%)	体密度 (g/cm ³)
T300	3,530	230	1.5	1.76
T700S	4,900	230	2.1	1.8
T800S	5,880	294	2	1.8
T1000G	6,370	294	2.2	1.8
T1100G	7,000	324	2	1.79
M35J	4,510、4,700	343	1.3	1.75
M40J	4,400	377	1.2	1.77
M50J	4,120	475	0.9	1.88
M55J	4,020	540	0.8	1.91
M60J	3,820	588	0.7	1.93

数据来源：中复神鹰招股说明书，财通证券研究所

国外碳纤维企业发展较早，研发实力、技术水平雄厚，但近年来国内碳纤维企业成长迅速，已经涌现出中复神鹰、光威复材、中简科技、恒神股份等具有竞争力的碳纤维企业。从全球范围来看，碳纤维核心生产技术主要集中在美国和日本等少数几个国家，从研发实力、技术水平、销售规模等方面综合考虑，主要的境外碳纤维企业包括日本东丽（TORAY）、日本东邦（TOHO）、日本三菱丽阳（MITSUBISHI）、美国赫氏（HEXCEL）、美国卓尔泰克（ZOLTEK）、德国西格里（SGL）等。随着国内碳纤维技术的不断进步和行业景气度提升，我国中复神鹰、光威复材、中简科技、恒神股份等碳纤维企业成长迅速。

表10. 我国主要碳纤维生产企业

	2022 年碳纤维及其织物营收(亿元)	2022 年碳纤维及其织物毛利率	简介
中复神鹰	19.8	47.85%	公司自 2006 年进入碳纤维行业，逐步形成了以 T700 级、T800 级干喷湿纺产品为主，覆盖高强、高模中强、高模高强等不同类别的高性能碳纤维布局。2018 年 1 月，公司“干喷湿纺千吨级高强/百吨级中模碳纤维产业化关键技术及应用”成果荣获 2017 年度国家科学技术进步一等奖，为国内碳纤维领域唯一获得该项殊荣的企业。
光威复材	13.86	66.31%	光威复材碳纤维及碳纤维织物目前由其全资子公司威海拓展纤维有限公司生产，主要产品包括 T300、T700、T800、T1000、M40J、M55J 级等系列化的碳纤维、经编织物和机织物等，主要用于航空航天、风力发电领域。
恒神股份	6.32	32.89%	公司产品型号包括高强碳纤维如：HF20 系列（T300 级）、HF30 系列（T700 级）、HF40 系列（T800 级）、HF50 系列（T1000 级）及高强高模 HM 系列。产品规格包括：1K、3K、6K、12K、24K 和 50K 等。产品可应用于航空航天、民用航空、新能源、轨道交通、海洋工程、工程机械、体育休闲等领域。
中简科技	7.86	76.08%	中简科技专注于高性能碳纤维产品的研发和生产，致力于完成高性能碳纤维国产化目标，产品主要应用于航空航天领域，主要客户为国内航空航天领域所属企业，各项指标参数要求较高，在航空航天装备论证阶段即对碳纤维各项指标予以确定。中简科技已实现 ZT7 系列（高于 T700 级）高性能碳纤维产品在国家航空航天关键装备的稳定批量应用。

数据来源：，各公司公告，各公司官网，财通证券研究所

预浸料是复合材料的重要中间材料，具有强度高、密度小等特点。预浸料（Prepreg）是把基体（Matrix）浸渍在强化纤维（Reinforced Fiber）中制成的预浸片材产品，是复合材料的中间材料。碳纤维预浸料的强度可以达到钢材的 6-12 倍，密度只有钢材四分之一，具有可塑性好，成型容易，便于加工，耐腐蚀，寿命长等特点。预浸料所用基体主要有有环氧、酚醛、双马来酰亚胺、热塑性、聚酰亚胺、氰酸脂等。

表11.不同类型树脂基体的基本性能

树脂	固化温度(°C)	工作温度(°C)	工艺性能	流动性	湿热力学性能	断裂韧性	阻燃性
环氧	121--177	177	优	低--高	差	良	差
酚醛	170	200	优	中--高	差	差	优
双马	230	250	稍差	低--高	良	差	优
热塑性	300--400	252	差	低	优	优	优

数据来源：陶家祥《碳纤维预浸料性能与固化工艺研究》，财通证券研究所

预浸料的制备主要有溶液法和热熔法，但由于溶液法工艺中树脂含量难以控制，且存在污染环境的问题，实际生产中多采用热熔法生产工艺。热熔法工艺是在一定的温度和压力下，把相应的纤维或织物和符合要求的树脂胶膜经过热熔浸胶机进行热压浸渍，形成的材料就是热熔预浸料。热熔法工艺分为两步：涂膜过程和复合过程。涂膜过程是将树脂放在胶槽中在一定的温度下熔融，然后由涂胶辊将树脂涂在离型纸上，之后铺覆 PE 膜收卷，供复合使用。复合过程是用树脂浸渍纤维或织物，即将树脂膜和纤维或织物在一定的压力和温度下叠合，使树脂充分浸渍纤维或织物，形成“三明治结构”。

与碳纤维产业格局类似，美日等国家在预浸料市场仍然占据较大优势，但国内相关企业也取得了长足进步。日本三菱丽阳、美国赫氏、美国卓尔泰克等公司拥有数十年预浸料产业历史，产品广泛应用于航空航天等高端领域。国内以中航高科为代表的企业通过长期研发，也获得了显著进步，目前中航高科已成功入选中国商飞 CR929 前机身工作包唯一供应商。

表12. 我国主要航空复合材料相关企业

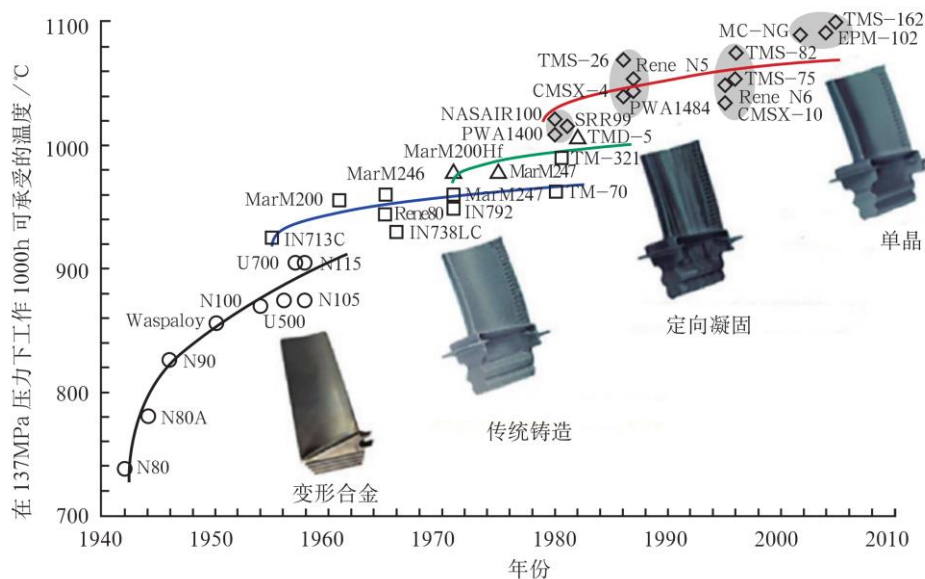
公司	2022 年预浸料营收(亿元)	2022 年预浸料毛利率	简介
中航高科	42.63(新材料产品)	30.87%(新材料产品)	公司旗下中航复材是国内预浸料龙头企业，目前已成功入选中国商飞 CR929 前机身工作包唯一供应商，突破 13 米长大尺寸、双曲度长桁自动化成型工艺技术，并通过中国商飞的设备和工艺鉴定；开展上壁板长桁 PPV（试生产鉴定）工作和上壁板 PPM（试生产制造）工作，按进度完成 CR929 前机身研发攻关任务。协同开展 C919 项目尾翼优化设计，配合完成了垂直安定面详细设计工作。
光威复材	3.00	36.38%	公司成功开发并向客户交付风电预浸料之后，又开发出无人机预浸料和适用大型自动铺贴装备使用的预浸丝/带等产品，开发的阻燃预浸料顺利通过商飞 PCD 审核并获得 PCD 预批准。
恒神股份	4.43	49.78%	公司重点开发并持续优化了民用航空用适合手铺、自动铺带、自动铺丝工艺的 EH918 系列预浸料、中温固化 OOA 材料、阻燃预浸料、高压气瓶用丝束预浸料、高端休闲市场用预浸料等新产品，面向风电领域完成了风电用经编织物和碳玻混织物的开发；面向无人机领域完成了中温增韧预浸料的开发，并形成规模化应用；面向光伏、体育休闲等领域完成了相关织物和预浸料的开发，并持续推进在应用端的工艺验证和供应认证。
天宜上佳	5.85(碳基复材)	51.87%	公司根据碳纤维不同应用场景性能及功能需求，对预浸料开展配方优化及工艺升级，并取得重大突破，掌握中温环氧体系、高温环氧体系、双马树脂体系等多个核心树脂配方，产品已通过各项性能测试验证。天仁道和拥有热压罐、模压、缠绕、RTM 等多种成型设备及技术，企业影响力在行业稳步提升。

数据来源：，各公司公告，财通证券研究所

3.2.4 高温合金：航发热端核心材料，飞机动力关键支撑

高温合金是航空发动机热端部件核心原材料，其性能决定航空发动机推力上限。提升航空发动机推力最有效的方式之一是提高涡轮前温度，而高温合金的性能决定了航空发动机涡轮前温度极限，在航空发动机涡轮和风扇设计水平相同的前提下，涡轮前温度每提高 100 摄氏度，推力增加 15%。喷气式飞机时代，高温合金耐受温度（在 137MPa 下工作 1000h 可承受的温度）提高了 50%以上，高温合金耐热性的提高（以及其他航发技术的提升）促进了航发性能的巨大提升：在过去的 20 年，燃气涡轮发动机推力平均增加了约 60%，但燃料消耗下降了 15-20%。

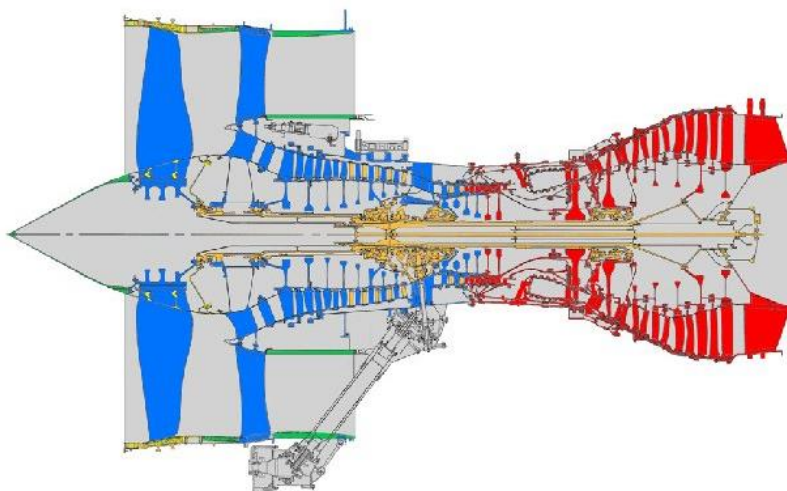
图24. 高温合金材料发展历程



数据来源：杨功显《重型燃气轮机热端部件材料发展现状及趋势》，财通证券研究所

航空发动机内部工作环境恶劣，自高压压气机后均处于高温高压状态，因此高温合金使用占比高达40%-60%。航空发动机中气体经过高压压气机后进入燃烧室，燃烧室工作温度高达1500-2000℃，之后，高温燃气经过高低压涡轮做功后由尾喷口喷出，因此，航空发动机自高压压气机后的部分均处于高温高压工作环境中，在此环境中，则必须用耐高温、抗腐蚀、疲劳性能优异的高温合金。

图25. 涡扇发动机中热端部件均采用高温合金材料（红色部分）



数据来源：剑桥大学官网，财通证券研究所

按照制造工艺，高温合金可以分为变形高温合金、铸造高温合金和粉末高温合金。其中变形高温合金热加工塑性较好，使用占比高达 70%，被广泛应用于航空发动机高压涡轮盘、主燃烧室等部件中；铸造高温合金可以细分为等轴晶铸造高温合金、定向凝固柱晶高温合金和单晶高温合金，铸造高温合金强度高，常被用于涡轮叶片等承受高温高压零部件中，使用占比约为 20%；粉末高温合金采用液态金属雾化或高能球磨机制粉，晶粒细小，成分和组织均匀，显著改善了热加工性能，常被使用在涡轮盘中，占比约为 10%。不同基体、工艺和强化方式形成了复杂的高温合金体系，我国高温合金牌号的命名采用字母加阿拉伯数字相结合的方法表示，以合金成型方式、基体元素和强化方式、合金编号的顺序构建了完整体系。

表13.高温合金牌号表示方法

字母前缀	表示		分类号	表示		合金编号
	高温合金分类			基体元素	强化方式	
GH	变形高温合金		1	铁基或铁镍基（镍 小于 50%）	固溶强化	三位阿拉伯数字； 不足 3 位用“0”补 齐； “0”位于分类号与编 号之间
			2		时效强化	
			3	镍基	固溶强化	
			4		时效强化	
			5	钴基	固溶强化	
			6		时效强化	
			7	铬基	固溶强化	
			8		时效强化	
K	铸造高温 合金	等轴晶铸造高温合金	1	钛铝系金属间化合物高温合金		铸造高温合金：—— （一般）两位阿拉伯 数字； 其他高温合金：—— 同变形（GH）高温合 金
DZ		定向凝固柱晶高温合金	2	铁基或铁镍基（镍小于 50%）		
DD		单晶高温合金	4	镍基		
FGH	粉末冶金高温合金		6	钴基		
MGH	弥散强化高温合金		8	铬基		
JG	金属间化合物高温合金					

数据来源：王琳《我国高温合金标准体系现状与发展》，财通证券研究所

目前，我国高温合金产业链已经形成了完备的从研发到生产应用的高温合金产业链。从产业链纵向来看，我国多数高温合金厂商不仅主导了高温合金冶炼，还深度参与了高温合金的研发设计和下游的高温合金零部件制造，如钢研高纳、图南股份、西部超导、中科三耐等，这些厂商通过布局产业链上下游，保持了长期的技术和客户优势。

表14. 主要高温合金生产企业

公司	2022 年高温合金营收(亿元)	2022 年高温合金毛利率	简介
抚顺特钢	16.19	27.77%	公司于 1956 年成功冶炼出我国第一炉高温合金 GH3030, 是我国最早的高温合金企业。目前, 公司已经掌握高温合金和耐蚀合金核心生产技术, 产品涵盖锻材、锻件、轧材、冷热轧板材、冷拔材等 800 多种规格, 并按照用户要求提供特定交付状态的产品, 产品具有稳定的实物质量和良好的市场信誉度。
钢研高纳	17.32(铸造) 6.94(变形) 3.99(新型)	26.28%(铸造) 19.51%(变形) 46.04%(新型)	公司是我国高温合金及轻质合金领域技术水平最为先进、生产种类最为齐全的企业之一, 是国内航空、航天、兵器、舰船和核电等行业重要的研发生产基地。自 1958 年以来, 公司共研制各类高温合金 120 余种。其中, 变形高温合金 90 余种, 粉末高温合金 10 余种, 均占全国该类型合金 80% 以上。最新出版《中国高温合金手册》收录的 201 个牌号中, 公司及其前身牵头研发 114 种, 占总牌号数量的 56%。
图南股份	4.75(铸造) 3.19(变形)	46.35%(铸造) 25.18%(变形)	公司拥有先进的特种冶炼、精密铸造、制管等装备, 建立了特种熔炼、锻造、热轧、轧拔、铸造的全产业链生产流程, 自主生产高温合金、精密合金、特种不锈钢等高性能特种合金材料, 并通过冷、热加工工艺, 形成了棒材、丝材、管材、铸件等较完整的产品结构, 是国内少数能同时批量化生产变形高温合金、铸造高温合金(母合金、精密铸件)产品的企业之一。
西部超导	1.81	3.29%	公司作为国内高性能高温合金材料的新兴供应商之一, 陆续承担了国内重点国防装备用多个高温合金材料的研制任务。多个牌号高温合金大规格棒材获得某型航空发动机用料供货资格; 多个重点型号航空发动机高温合金材料已经通过了某型号发动机的长试考核, 具备了供货资格, 已开始供货; 高温合金铸锭纯净化熔炼控制技术显著提升, 实现重大冶金缺陷“零发生”。
隆达股份	5.31	23.34%	尽管公司进入高温合金领域时间相对较晚, 第一期铸造高温合金母合金生产线于 2015 年建设并于 2017 年投产, 第二期变形高温合金生产线于 2018 年建设并于 2020 年末试产, 但公司依托专业的研发和管理团队、国际一流的制造装备、国内先进的生产技术和检测技术, 已经成为国内高温合金领域的重要一员, 是我国工业强基工程之航空发动机和燃气轮机耐高温叶片“一条龙”应用计划的示范企业, 牵头承担或参与多项高温合金领域国家重大项目, 包括 2 项国家重大科技专项项目。

数据来源: , 各公司公告, 财通证券研究所

3.3 机体结构

机体结构根据毛坯件工艺可以大致分为铸件、锻件和钣金件, 后续处理工艺分为机械加工和表面处理等。此外, 增材制造技术未来有望在机体结构件中占据一定比重。

3.3.1 精密铸件: 减少零件数量, 降低生产周期

铸件的可一次性成型复杂结构和整体刚性好等特点, 使其在飞机结构件中的应用地位无可替代。自 20 世纪 90 年代开始, 国际上一些跨世纪的高性能空中优势歼击机开始采用许多大型复杂薄壁整体精铸的钛合金异形结构件以减轻重量, 提高

结构效率，降低制造成本和生产周期，同时改善结构可靠性，提高机体寿命。如美国的 V-22 运输机采用 3 个钛合金整体精铸件和 32 个紧固件替代过去的 43 个铝合金锻件和 536 个紧固件制成的组件，大幅降低了结构重量，降低制造成本 30%，缩短制造周期 62%。根据原材料，可以分为铝合金铸件、钛合金铸件、高温合金铸件等。

我国航空领域铸造厂商主要有钢研高纳、中航重机、应流股份、万泽股份、图南股份、北京航空材料研究院（621 所）、航发主机厂旗下铸造厂等。其中钢研高纳、图南股份、北京航空材料研究院同时还是高温合金等原材料的供应企业，与下游铸造零部件间协同效应显著。

表15. 中国航空铸造企业

公司	简介
钢研高纳	精铸件产品有小型涡喷、涡扇发动机整铸涡轮转子、导向器类铸件；大型涡扇发动机结构件；商用大涵道比涡扇发动机机匣结构件。
应流股份	公司批量向 GE 供应 LEAP 系列航空发动机热端机匣，并荣获 GE 航空 2022 年度精益供应商奖。此外，公司还承接多款小型发动机涡轮叶片、叶盘、叶轮、导向器等供应任务，承担某型号重型燃气轮机高温合金透平叶片国产化研制重任，并取得了实质订单；为海外客户生产的某型重型燃机叶片进入批量化生产阶段。
万泽股份	已掌握精密铸造叶片核心技术，并成功使用自主研发的镍基高温母合金试制出高品质的等轴、定向及单晶涡轮叶片，相关产品已应用于航空发动机、燃气轮机航天动力、机车动力等产业。
图南股份	公司在国内率先实现直径大于 1,000mm、壁厚小于 2mm 的大型高温合金精铸件批量生产，铸件尺寸精度高、加工余量小、壁厚薄，形成了为航空发动机制造企业稳定供货的能力。
航材股份	公司拥有高温合金熔铸和公司钛合金精密铸造两个铸造事业部，其中高温合金熔铸事业部拥有完整的铸造、粉末、变形等高温合金研发体系和生产制造体系。钛合金熔铸事业部拥有钛合金及钛铝合金材料设计及制备，同时发展了钛铝合金定向凝固、钛合金和钛铝合金粉末冶金精确成型技术，建立了铸造钛合金研制体系、型壳材料与工艺体系。

数据来源：各公司官网，各公司公告，财通证券研究所

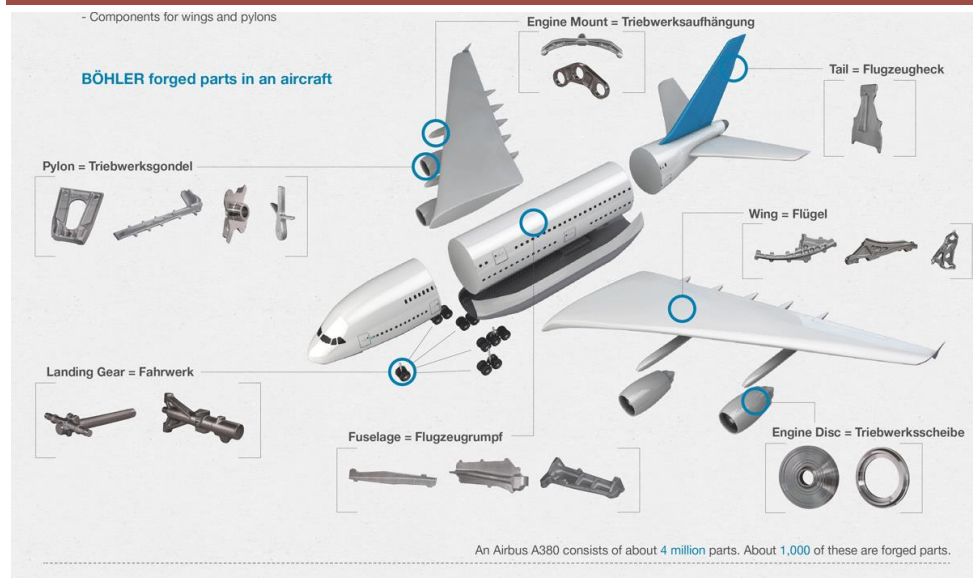
3.3.2 锻件：核心承力，机体骨骼

锻造技术主要用于制造飞机机身结构、发动机转动件和起落架等主承力件。锻造是在加压设备及工（模）具的作用下，使坯料或铸锭产生局部或全部的塑性变形，以获得一定几何尺寸、形状的零件（或毛坯）并改善其组织和性能的加工方法。由锻件制成的零件质量约占飞机机体结构总质量的 20-35%，占发动机结构总质量的 30-45%，是决定飞机和发动机性能、可靠性、寿命及经济型的重要因素之一。锻件在飞机机身上有着广泛的应用，如发动机机架、门框架、机身承力框架、机翼框架、接头重要承力部位。

先进锻压技术可使飞机减轻重量，增大航程，带来巨大的经济效益。采用大型整体锻件可以几十甚至几百公斤地减轻飞机重量，如波音 747 飞机起落架梁改用 4.5 万吨水压机模锻地钛合金整体梁后，每架飞机采用四根类似的梁可以减重 113.5 千克，安 22 运输机机身采用 20 个大型隔框锻件，减少 800 种零件，减轻飞机重量

1 吨，减少机械加工工时 15-20%。先进锻压技术，尤其是大型锻件的制造技术，已经成为衡量一个国家航空工业水平的重要标志。

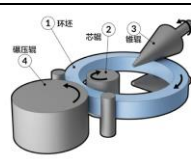
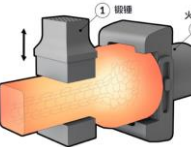
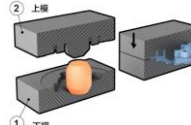
图26. 空客 A380 机身锻造件主要位于飞机承力部位



数据来源：voestalpine，财通证券研究所

根据锻件的尺寸和形状，采用的工装模具结构和锻造设备不同，锻造主要可以分为自由锻、模锻、辗环等。飞机机身中大锻件、发动机盘类零部件多采用模锻加工工艺，发动机各类环类零部件主要采用辗环加工工艺，而各类中小零部件可以采用自由锻方式加工。根据证券导报《中航重机：华丽转身整机制造商 钢筋铁骨锻造者》，飞机中锻件价值占比约为 6-9%，航发中锻件价值占比约为 15-20%。目前，国内锻造业务企业主要有中航重机、三角防务、派克新材、航宇科技、德阳万航和西南铝业等公司。

表16.三种锻造工艺对比

锻造工艺名称	工艺简介	工艺特点	工艺示意图
辗环(环形轧制)	借助辗环机使环件产生连续局部塑性变形,进而实现壁厚减小、直径扩大、截面轮廓成形	工具是旋转的,变形是连续的,辗压扩孔时一般压下量较小,故具有表面变形的特征	
自由锻	用简单的通用性工具,或在锻造设备的上、下砧之间直接对坯料施加外力,使坯料产生变形而获得所需的几何形状及内部质量。	以生产批量不大的锻件为主,采用锻锤、液压机等锻造设备对坯料进行成形加工,以获得合格锻件。	
模锻	金属坯料在具有一定形状的锻模膛内受压变形而获得锻件	一般用于生产重量不大、批量较大的零件。	

数据来源:派克新材招股说明书,财通证券研究所

表17.国内航空锻造企业格局

公司	2022 年锻造收入(亿元)	2022 年锻造毛利	简介
中航重机	84.34	28.31%	公司旗下的贵州安大在高温合金、钛合金、粉末高温合金、不锈钢、铝合金等新材料、新工艺、新技术的锻造领域具备国内领先优势;另一子公司陕西宏远在高温合金、钛合金锻造技术、等温锻模具设计与制造、等温锻技术开发等领域具备国内领先优势。
三角防务	16.94(模锻) 1.07(自由锻)	47.71% 17.92%	公司是一家由民营资本、国有资本共同组建的大型专业化股份制军工锻造企业,参与了国内主要新研制机型的大型模锻件研制任务,并承担了大型运输机和新一代战机所有中大型模锻件的研制生产任务,已形成稳定的批量生产能力。
派克新材	9.96(航空航天锻件)	45.03%	公司始终专注于锻造行业,现已掌握了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。此外公司产品已覆盖现役及在研阶段的多个型号航空发动机。
航宇科技	10.86(航空锻件)	33.19%	贵州航宇成立于 2006 年 9 月,是一家专门从事先进锻压技术应用研究与工程化应用的研发型专业化锻造企业。公司主要产品为各种金属材料的环形件和自由锻件,主要面向航空、航天、兵器、核工业、电力、船舶、高速列车、石油化工等行业。
德阳万航	-	-	公司是中国第二重型机械集团全资子公司,在大型航空模锻件产品的锻造设计、技术工艺、热处理、理化检验及模具加工制造方面处于国内领先水平,公司先后研发了铝合金、钛合金及超强结构钢等多种材料大型复杂锻件的锻造方法,实现了 6.5m 大型轴类模锻、2.5m 直径圆形模锻件及单重 100 吨大型模具的制造,在国防建设中发挥着不可替代的作用。
西南铝业	-	-	西南铝业成立于 2000 年 12 月 18 日,是中国铝业公司铝加工板块的核心企业,主要产品包括铝合金模锻件、自由锻件、压铸件、铝焊管、铝锂合金、高温合金、彩色涂层铝板等产品。西南铝业是我国高精尖铝材研发生产和出口的“核心基地”,也是我国航空航天及国防军工重要材料研发中心之一。

数据来源: , 各公司公告, 财通证券研究所

3.3.3 机械加工

飞机大部分结构件在装配前需要经过一定的机械加工过程方可满足尺寸、精度需要。机械加工是大部分零部件成型前的最后一道工序，其大大增加了零部件精细程度，使部件基本达到装配要求。近年来，飞机结构件的整体设计原理越来越得到重视，这使得机械加工的需求不断增加。整体结构件加工的共同点使毛坯的金属切除量在 80% 以上，对新式战斗机来说甚至高达 95%，复杂的加工路径不仅增加了制造成本，更增加了制造风险，细微的失误将导致机械加工前功尽弃，对于不少的零部件，必须用 5 轴联动的数控机床才能加工。目前国内从事飞机结构机械加工的企业主要有爱乐达和飞机主机厂。

表 18. 我国主要航空机加工上市公司

公司	简介
爱乐达	公司现有受托加工产品主要包括飞机登机门、应急门、扰流片、副翼、机轮舱、地板梁、方向舵等部件的肋、梁、接头、支座、框等 1,200 余项零件，涉及多个军机机型以及波音 B737、B747-8、B767、空客 A320、A340、中国商飞 C919、ARJ21 等民机机型。
中航沈飞	公司建立了以数字化技术为主导的制造体系，在大型结构件数控加工、仿真技术应用、复合材料加工、钣金及导管制造、飞机系统制造、多项特种工艺方面拥有领先的技术优势，实现了飞机制造的跨代发展。
洪都航空	公司具有完整的生产制造体系，制造工艺、技术门类齐全；拥有数千台（套）具有国际国内先进水平的专业加工设备，实现了飞机数字化设计与制造技术的广泛结合应用，在航空产品的数控加工、钣金成型、工装模具设计与制造、飞机部装和总装等方面，具有较强的研发制造能力。

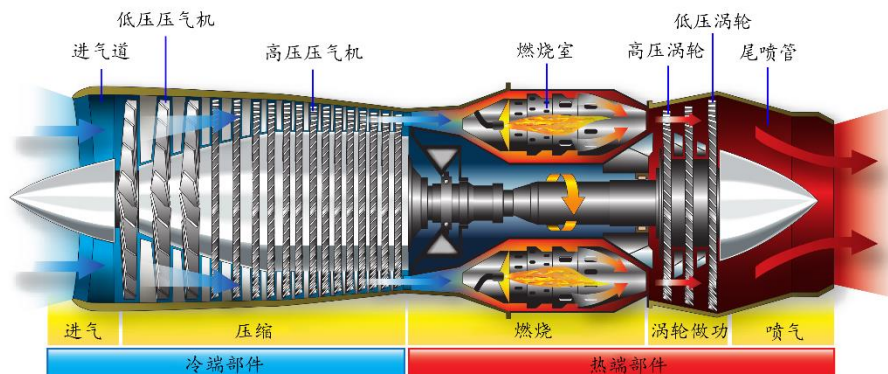
数据来源：各公司公告，爱乐达官网，财通证券研究所

3.4 分系统

3.4.1 航空发动机：短期仍需依赖进口，未来国产商用航发可期

航空发动机是飞机的动力来源，依靠吸入空气后燃烧并排除高速空气流推动飞机前进。以典型的涡喷发动机为例，其主要部件可以分为进气道、低压压气机、高压压气机、燃烧室、高压涡轮、低压涡轮和尾喷管。工作时，空气经进气道进入，经过低压压气机和高压压气机压缩后进入燃烧室，在燃烧室内与燃油喷雾混合后燃烧形成高温燃气，高温燃气先后通过高低压涡轮，并对高低压涡轮做功，高低压涡轮分别带动高低压压气机继续压缩空气，而做功后的燃气则经过尾喷管喷出，喷出的高速燃气推动飞机持续稳定飞行。

图27.涡喷发动机结构及工作原理



数据来源: DOT《Airplane Flying Handbook》, 财通证券研究所

短期内国产商用飞机仍需依赖 LEAP 系列航空发动机, 未来有望配备国产商用航空发动机。目前 C919 飞机配置 CFM 公司的 LEAP-1C 航空发动机, 该发动机与 A320neo 以及 B737 max 所用航空发动机同属 LEAP 系列, 性能相近, 而 ARJ21 飞机使用 GE 公司提供的 CF34 作为动力。根据中国商发规划, 未来将会推出 CJ500 系列航发以装备 ARJ21 飞机, 推出 CJ1000 航空发动机以满足 C919 航发需求, 推出 CJ2000 以满足 CRJ929 飞机航发需求。

图28.商发公司产品规划



数据来源: 中国商发《“长江”系列发动机取得阶段性进展》, 财通证券研究所

航发商发是我国研制民用航空发动机企业, 主要在研产品有 CJ1000 和 CJ2000。航发商发共规划了三个产品系列为中国商飞的飞机产品配套: 一是 160 座窄体客机发动机 CJ1000, 配装 C919 大型客机; 二是 280 座宽体客机发动机 CJ2000, 配装 CRJ929 宽体客机; 三是 110~130 座的新支线发动机 CJ500, 配装 ARJ21 支线客

机的改进型。目前，CJ1000/2000 均处于紧锣密鼓的研制当中。未来民用航发取证完成将标志着我国大型客机航空发动机国产替代之路正式开启。

表19.长江系列民用航空发动机研制进展

型号	时间	事件
CJ1000	2013 年	CJ1000AX 验证机通过概念设计评审
	2016 年	CJ1000AX 验证机通过初步设计评审，转入详细设计阶段
	2017 年	CJ1000AX 首台整机完成装配，标志着我国首个民用大涵道比涡扇发动机整机验证平台正式建成
	2018 年	首台 CJ1000AX 发动机完成点火试验，核心机实现了 100%稳定运转
CJ2000	2020 年 3 月	国产 CJ-2000 发动机核心机 C2XC-101 点火成功，在后续测试中达到了 100.6%转速。
	2020 年 8 月	CJ-2000 发动机研发进入整机装配阶段。

数据来源：中国商发《“长江”系列发动机取得阶段性进展》，瑞证网，澎湃新闻，财通证券研究所

航发动力是国内唯一能够研制涡喷、涡扇、涡轴、涡桨、活塞等全谱系军用航发的企业，是中国航发旗下的航空动力整体上市唯一平台。公司的主要产品和服务由航空发动机及燃气轮机整机、部件，维修保障服务以及航空发动机零部件出口转包等。从产业链所处位置看，航空发动机及衍生产品覆盖全产业链，包括研制、生产、试验、销售、维修保障五大环节；外贸出口转包业务处于产业链中游，以生产制造为主，参与国际部分新型民用航空发动机零部件试制工作。目前，公司正不断提升国产商用航空动力的研发制造水平，积极参与国产商用（民用）发动机研制，未来有望在国产商用航空发动机产业链中扮演重要角色。

航发动力旗下拥有四个航空发动机主机厂：西航集团、黎明公司、黎阳动力、南方公司。四个公司产品涵盖我国主要军用航空发动机型号，具备各类型航空发动机生产能力，此外，我国生产航空发动机的企业还有航发商发、成发公司、常州兰翔机械厂等。

表20. 我国主要航空发动机主机厂商

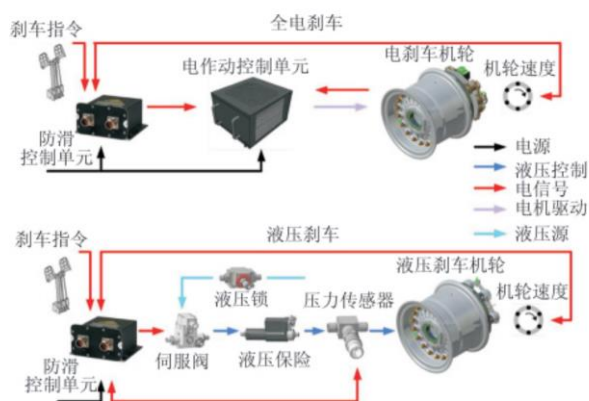
公司	主要产品	2022 年营收（亿元）
西航集团（430 厂）	涡喷 8/9，涡扇 10/20	105.93
黎明公司（410 厂）	涡喷 5/6/7/14、涡扇 10	213.36
南方公司（331 厂）	涡轴 8/9/10/11/16、涡桨 5/6/9/10	72.59
黎阳动力（460 厂）	涡喷 7/13、涡扇 13	54.9
成发公司（420 厂）	涡喷 13、涡扇 18	-
常州兰翔机械（370 厂）	涡轴 6	-
哈尔滨东安（120 厂）	涡轴 5、涡桨 5	-
航发商发	CJ1000、CJ2000	-

数据来源：，各公司公告，财通证券研究所

3.4.2 刹车系统：保障安全着陆，耗材属性显著

刹车系统是影响飞机起降安全的关键子系统之一。刹车系统位于飞机主起落架机轮内部，在飞机着陆后需要配合减速伞或反推力装置将飞机在有限的跑道距离上减速至指定速度。目前，主流的刹车系统有液压刹车系统和全电刹车系统，而全电刹车系统由于诸多优势正在形成对液压刹车系统的逐步替代。直接促使飞机减速的刹车部件为刹车盘，目前，碳刹车盘正在以密度小、强度高、热学及摩擦磨损性能优异等特点逐步成为飞机摩擦盘的发展方向。

图29.全电刹车与液压刹车系统架构对比



数据来源：谢彦《飞机全电刹车系统的发展与关键技术研究》，财通证券研究所

图30.飞机碳刹车盘装置



数据来源：程皓《C/C 复合材料在制动系统的应用及发展》，财通证券研究所

飞机刹车控制系统是以防滑控制算法技术、伺服阀控制技术、传感器控制技术等为核心的高技术产品，全电刹车控制系统是未来重要发展方向。飞机刹车控制系统主要由控制盒/控制模块、伺服阀、速度传感器、指令传感器、液压电磁阀、减压活门、梭形活门和换向阀等组成，具有刹车效率高、跑道自适应性能好及安全可靠高等特点。飞机刹车控制系统接受飞行员的刹车指令，提供匹配的刹车制动力，以缩短刹车距离。近年来，全电刹车控制系统已经开始投入使用。

图31.防滑刹车控制盒



数据来源：北摩高科招股说明书，财通证券研究所

图32.数字式防滑刹车控制模块



数据来源：北摩高科招股说明书，财通证券研究所

刹车装置是以结构强度、液压作动系统、气压作动系统、摩擦材料科学技术为基础的刹车制动类产品。刹车装置主要由汽缸座、活塞组件、刹车盘、刹车壳体组成。汽缸座与刹车系统管路连接，为刹车装置提供作动力；活塞组件通过汽缸座液压、气压推力的作用向前作动伸出，为刹车盘提供轴向刹车推力；刹车盘由动盘、静盘、承压盘、压紧盘组成，盘间摩擦产生摩擦力矩实现刹车；刹车壳体在刹车时与刹车盘配合产生反向扭矩，阻止机轮组件滚动。

从刹车盘材料来看，C/C 刹车盘正以诸多优势取代粉末冶金刹车盘。C/C 复合材料是用碳纤维增强碳机体的一种复合材料，具有密度低、比强度高、比模量高、热膨胀系数小以及优异的热震和摩擦磨损性能。碳刹车盘密度为 1.75-1.80g/cm³ 左右，与金属刹车相比，可节省 40%左右的结构重量，刹车力矩平稳，刹车时噪声小，飞机性能改进明显。

图33.民用客机碳碳复合材料刹车盘（副）



数据来源：北摩高科招股说明书，财通证券研究所

图34.民用客机粉末冶金刹车盘（副）



数据来源：北摩高科招股说明书，财通证券研究所

表21.部分机型采用碳刹车盘后的减重情况

机型	每架飞机刹车机轮数	采用碳刹车后每架飞机减重/千克
B747	16	635
B757	8	270
B767	8	408
A300-600	8	590
A330/340	8	998
A310	8	499
A 型军机	2	32
B 型军机	4	140

数据来源：程皓《C/C 复合材料在制动系统的应用及发展》，财通证券研究所

目前，我国军用飞机刹车控制系统及机轮的制造商主力为北摩高科及西安航空制动科技有限公司。北摩高科前身为 1961 年成立的北京摩擦厂，以刹车盘为基础，目前已逐步布局飞机机轮、刹车控制系统和起落架着陆系统，已经逐渐成为系统供应商。西安制动隶属于航空工业集团，是我国航空机轮、轮胎进出口、刹车材料鉴定检测及试验单位，是中国民航总局认可的中国航空机轮刹车实验中心。

在民用航空领域，欧美发达国家在技术上拥有先发优势，其产品较为成熟，具有较强的竞争力。国际市场，主导者是美国 Honeywell、B.F. Goodrich、法国的 Messier-Bugatti、英国的 Dunlop 四家企业。国内市场，较大型飞机刹车控制系统及机轮、刹车盘（副）生产商除北摩高科以外，有西安制动、博云新材、优材百慕、西安超码等企业。我国公司经过多年的投入和积累，在产品技术方面不断取得突破的同时，凭借高质量、相对优惠的价格正在逐渐替代国外同类产品。

表22.国内刹车系统相关企业

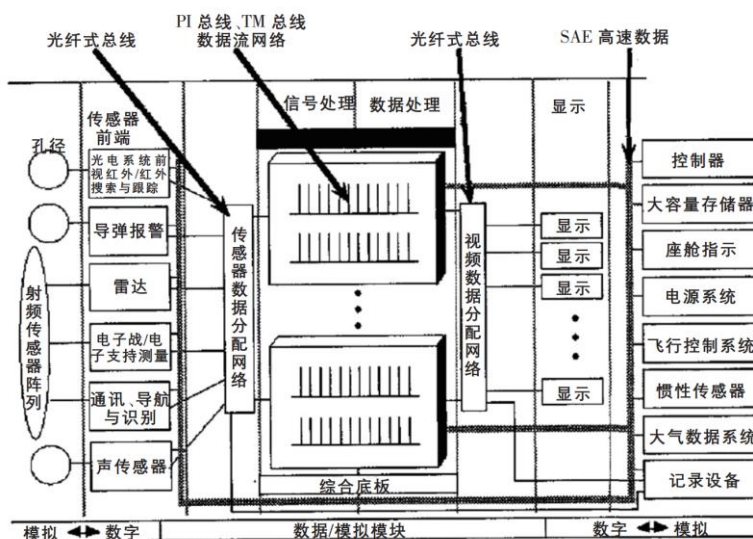
公司名称	业务内容	公司概况
博云新材	飞机机轮刹车系统、飞机刹车材料、航天用炭/炭复合材料、高性能硬质合金材料、稀有金属粉体材料	成立于 1994 年的民营航空产品配套公司，产品涉及航空、航天、铁路、汽车、冶金、化工等领域。多种机型航空刹车副应用于军民用飞机上，部分产品还出口东南亚、俄罗斯等国，公司的碳刹车产品技术被成功应用于 C919 大型飞机，该产品能够满足 C919 大飞机的性能要求，2017 年 5 月，装载有博云技术碳刹车产品的 C919 飞机圆满完成首飞任务，2022 年 8 月完成全部适航取证试飞，9 月获得中国民用航空局颁发的型号合格证。
北摩高科	飞机刹车控制系统、机轮、刹车盘(副)	公司前身为成立于 1961 年的北京摩擦厂。公司以刹车盘(副)为基础，逐步向飞机机轮、刹车控制系统、起落架着陆全系统延伸，并朝着集成化和智能化的方向发展，2021 年公司正式完成起落架着陆系统的交付，实现了从零部件供应商、材料供应商向系统供应商、整体方案解决商的跨越式转变。
优材百慕	民航刹车制动产品、轨道车辆制动产品及特种车辆制动产品	隶属于航空工业集团控股的上市公司—中航高科，产品涉及民航刹车制动产品、轨道车辆制动产品及特种车辆制动产品等。

数据来源：各公司公告，财通证券研究所

3.4.3 航电系统：飞机神经系统，信息化加深背景下持续受益

航电系统之于飞机正如神经系统之于人类，其性能和技术水平直接决定和影响着现代飞机的作战效能/飞行效能。航空电子系统指安装在飞机上或悬挂在飞机上的所有电子和机电系统及子系统（含硬件和软件）。包括完成任务所需的传感器、信号与数据处理与管理、显示器等一系列子系统的综合，子系统诸如：通信导航识别、惯性导航、显示与控制、任务管理、雷达、电子战、大气数据系统等。航空电子系统可分为通用航空电子系统和任务航空电子系统两部分。前者是飞机为完成正常飞行任务所必须装备的电子系统，包括无线电通信系统、导航系统、飞行控制系统；后者是飞机为完成某种特定任务而装备的电子系统，包括火力控制系统、侦察监视系统、电子战系统、数传系统。

图35.F22 航空电子系统体系结构



数据来源：王庆伟《新一代军用飞机航空电子系统发展趋势与发展现状》，财通证券研究所

随着航空电子系统的不断综合化复杂化，其在飞机机体中的价值占比也逐渐提升。20世纪50年代飞机上的航空电子设备在飞机总成本占比不足10%，但到21世纪初，随着航空电子系统的不断增强，F-22、F-35、EF2000等飞机的航空电子系统成本占比已经提升至40%。目前，我国处于第二代战斗机加速淘汰，四代战机逐渐放量的阶段，更加综合化的航空电子设备意味着航空电子系统增速将高于飞机整体增速。

国内航空电子供应商主要为中航电子和四川九洲。中航电子是航空工业旗下航空电子系统的专业化整合和产业化发展平台，产品型号覆盖绝大多数型号军机，此外，公司旗下多家子公司成为了C919项目配套供应商，在涡桨客机MA700、水陆两栖飞机AG600以及通用飞机和民用直升机上也进行了配套，配套产品从设备级向系统级稳步迈进。四川九洲主要产品有频率源、无线电接收机、射频微波放大器、数字信号处理、射频微波控制器件、毫米波产品及微波无源产品等。产品在军用领域主要用于雷达、通信、电子对抗等国防信息化装备。

3.4.4 机电系统：综合化、多电化、全电化发展趋势明显

飞机机电系统是飞机上执行飞行保障功能的系统总称。机电系统与航空电子系统相比，最大区别在于传输物质的不同，航电系统传输各类信息，而机电系统则传递能量以实现飞机的基本功能。飞机机电系统包括飞机环境控制系统、飞机燃油系统、飞机液压系统、飞机电源系统、飞机辅助动力系统等。

表23.飞机机电系统子系统

子系统	简介
电力系统	保证向用电设备，尤其是与飞行安全直接相关的关键设备提供符合要求的电能的系统。
燃油系统	飞机上用于储存燃油，并在一切飞行状态和发动机工作条件下，按照要求的压力和流量连续可靠地向发动机和辅助动力装置供给燃油的系统。
液压系统	提供液压能，保证起落架收放、机轮刹车、发动机喷口调节和各种舵面等操纵功能的实现。
环境控制系统	除保障飞行员和其他乘员安全舒适外，还为机上电子设备提供正常的工作环境。
高升力系统	改变机翼弯度和面积，以增加飞机起飞时的升力和降落时的升力及阻力，从而减少飞机起飞和降落的滑跑距离。
第二动力系统	除主发动机外飞机上能为机载设备提供电源、气源、液压源等辅助及应急能源并能启动主发动机的功能系统。
空降空投系统	确保空降人员/装备安全离机、进入战区，实现垂直打击的重要保障。
悬挂发射系统	飞机与机载武器之间的连接，与机载火控系统配合，承担导弹、机载炸弹等悬挂物的运载及投射功能。
货物运输系统	用于提高物资的装卸效率。
防护救生系统	保证现代高速作战飞机飞行员正常工作和作战训练，并能在飞机不可挽回的情况下，保证乘员迅速离机和安全救生不可缺少的关键系统。
氧气系统	为飞行员飞行或应急离机时提供所需氧气。
防火除冰系统	用于消除飞机各部件的结冰以及防火。

数据来源：立鼎产业研究院，财通证券研究所

随着飞机性能的不断提高，机电系统所承担的飞行保障任务越来越重，传统机电系统正从各自独立发展快速向机电综合方向发展。现役飞机中机电系统各自独立发展，可维护性差、故障率高、效率低的缺点明显，随着机电系统所承担的飞行保障任务越来越重，传统机电系统已经难以适应机体需要，而机电系统朝综合化方向发展已经成为一个重要趋势。

中航机电是国内航空机电系统的龙头企业，目前已经与中航电子合并。中航机电作为航空机电业务的专业化整合平台，陆续开展了 12 家航空机电企业的资产整合，通过资产注入和管理，其航空军品业务收入由 2013 年的 24.45 亿元增长至 2021 年的 111.63 亿元，公司航空主业占比从 36% 增长至 74.46%。公司参与了 C919、蛟龙 600、MA700、长江系列发动机等多种机型机载产品的研制工作，龙头地位凸显。

3.4.5 飞机主机厂：多个主机厂参与 C919 项目供应

我国军用飞机主机厂分工明确，多数主机厂深度参与大飞机项目。目前我国的飞机主机厂在数量上以军用飞机为主，其中中航沈飞、中航成飞（中航电测）以歼击机为主，中航西飞以轰炸机、运输机、预警机等飞机为主，中直股份以直升机为主，洪都航空以教练机为主，中无人机和航天彩虹以无人机为主，形成了完整的军用飞机整机厂布局。同时，多数主机厂依靠多年的技术研发优势，已深度参

与 C919 供应体系，如中航西飞承担了机体结构中设计最为复杂、制造难度最大的部件——机翼、中机身（中央翼）等 6 个工作包的研制任务，任务量约占整个机体结构的 50%，中航沈飞承担 C919 飞机后机身前段及 ARJ21 飞机 EWIS 优化批产构型等。

表24.飞机主机厂一览

厂商	主要产品	简介	2022 年营收(亿元)	2022 年归母净利润(亿元)
中航沈飞	歼 8、歼 11、歼 15、歼 16、歼 35、C919 机身部件等	公司是中国“中国战机第一股”。公司研制生产的我国第一代舰载机歼 15 飞机，使我国航空武器装备实现了陆基向海基的重大突破；研制生产的国产四代战斗机鹞鹰飞机，使我国成为世界上第二个能够同时研制两款四代战斗机的国家。	415.98	23.05
中航西飞	歼轰 7、轰 6、运 7/8/9/20、空警 200/500、C919 机翼、中机身等	公司是我国主要的大中型运输机、轰炸机、特种飞机等飞机产品的制造商，是我国最大的运输机研制生产基地，是新舟系列飞机、C919 大型客机、ARJ21 支线飞机、AG600 飞机以及国外民用飞机的重要零部件供应商。	376.60	5.23
中直股份	直 8/9/10/11/18/19/20、运 12、BZK-005、	中直股份是国内直升机制造业中规模最大、产值最高、产品系列最全的主力军，现有核心产品既涉及直升机零部件制造业务，又涵盖民用直升机整机、航空转包生产及客户化服务，构建了系统与集成级的解决方案优势。	194.73	3.87
洪都航空	初教 6、K8、L15	公司是国内唯一同时具备初、中、高级教练机全谱系产品的研制开发和生产制造能力的企业。	72.51	1.41
中无人机	翼龙-1/2/3	公司是专注于大型固定翼长航时无人机系统成体系、多场景、全寿命的整体解决方案提供商，产品主要包括翼龙-1、翼龙-1D、翼龙-2 等大型固定翼长航时无人机系统，具备长航时、全自主多种控制模式、多种复合侦察手段、多种载荷武器集成、精确侦察与打击能力和全面灵活的支持保障能力。	27.73	3.70
贵飞	歼教 9、翔龙、BZK-007	公司主要航空产品有歼教 7、歼教 9 系列飞机和系列无人机；鹞鹰等多型民用无人机已投入批量生产。	-	-
成飞	歼 10、歼 20	成飞在军机方面，研制生产了歼 5、歼 7、枭龙、歼 10、歼 20 等系列飞机数千架，歼-10 飞机荣获国家科技进步奖特等奖；国外军机用户达十多个国家。在民机方面，与成飞民机公司一道承担了大型客机 C919、新支线客机 ARJ21、大型水陆两栖飞机 AG600 机头的研制生产；目前，公司正处于与中航电测资产重组中。	-	-
中国商飞	ARJ21、C919、CRJ929	中国商飞是实施国家大型飞机重大专项中大型客机项目的主体，也是统筹干线飞机和支线飞机发展、实现我国民用飞机产业化的主要载体，主要从事民用飞机及相关产品的科研、生产、试验试飞，从事民用飞机销售及服务、租赁和运营等相关业务。	-	-

数据来源：，各公司官网，各公司公告，财通证券研究所

4 投资策略：成长赛道选择超额成长，核心赛道挑选卡位核心

C919 正式迈入 1-100 征程，国产大飞机产业链高速增长时代有望开启。2023 年 7 月 14 日交付的 C919 标志着其正式迈入 1-100 征程，本次交付距离首架 C919 交付时间相差 7 个月，随着 C919 产能逐渐增加，年交付数量有望逐渐增加。根据澎湃新闻报道（2023 年 1 月 12 日《商飞副总经理张玉金：预计 5 年内 C919 年产能将达 150 架》），C919 产能规划有望于 5 年内达到 150 架/年甚至更多，国产大飞机产业链有望迎来高速增长时代。

放眼长远，大飞机产业链拥有超额成长性、高度稀缺性的标的或将带来超额收益。具体各细分赛道重点标的如下：

原材料：行业的成长带动上游原材料需求扩张，而新一代飞机中占比提升，国产化率提升的材料有望获得超额成长。

钛合金：新飞机及航空发动机中重量占比均有所提升，超额成长属性显著。
建议关注：**宝钛股份、西部超导**。

复合材料：大飞机有望带动高端复合材料用量提升，此外军用飞机亦有望进一步提升高端复合材料需求量，新一代飞机中复合材料占比的进一步提高有望使得复合材料享受超额成长性。建议关注：**中航高科、光威复材**。

高温合金：飞机生命周期内，航空发动机子系统拥有数倍于飞机整机的采购数量，因此大量使用高温合金的航空发动机热端部件将带来更高的高温合金需求。建议关注：**钢研高纳、抚顺特钢**。

零部件：精密铸造、锻造企业作为不可或缺的环节以及较高的技术壁垒，有望享受大飞机行业成长机会。

精密铸造：航空发动机铸造叶片壁垒极高，拥有供应资质的厂商有望深度受益。建议关注：**应流股份、钢研高纳**。

锻造：行业技术壁垒较高，龙头企业依靠市占率有望获得持续性确定收益。
建议关注：**中航重机**。

子系统：航空发动机价值量占据飞机总体价值量的约 20-25%，当前 C919 航空发动机采用 CFM 公司的 LEAP 系列航空发动机，未来国产 CJ1000 航空发动机有望解决国产民用航空发动机缺位问题；刹车系统拥有一定的耗材属性，使用寿命与起降次数正相关，航空业逐渐恢复背景下，刹车系统有望获得超额成长；机载设备占据飞机价值的 25-30%，目前 C919 航电系统、飞控系统、通信导航系统等主

要外包给外国企业或合资公司，未来国产化率的提升有望进一步提高此部分子系统产业链的成长性。

航空发动机：C919 航空发动机目前全部由 CFM 公司提供，未来 CJ1000 航空发动机有望实现一定程度上的国产替代。此外，在军用领域，由于飞行任务差异，绝大多数军用飞机生命周期内需要多次更换航发，导致航发拥有更高的成长性。建议关注：**航发动力**。

刹车系统：刹车系统寿命取决于起降次数，航空产业逐渐恢复背景下，飞机起降次数将显著提升。建议关注：**北摩高科**。

航电/机电系统：信息化加深、机电系统综合化、全电化的背景下，价值占比有望进一步提高，中航电子吸收合并中航机电稀缺度进一步提高，此外，目前国内厂商在 C919 航电机电系统中参与度相对较低，未来国产化程度提高有望进一步提升其成长性。建议关注：**中航电子**。

整机系统：主机厂分工明确，特定机型对应主机厂较为单一，造就主机厂的较高稀缺性。建议关注：**中航西飞、中航沈飞**。

表25.大飞机产业链重点标的

产业链环节	细分环节	公司	市值(亿元)	归母净利润(百万元)			PE			投资评级
				2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E	
原材料	钛合金	宝钛股份	160.29	5.57	7.88	10.03	28.77	20.35	15.98	未覆盖
		西部超导	334.12	10.80	13.82	17.57	30.94	24.18	19.02	未覆盖
	复合材料	中航高科	330.01	7.65	10.12	13.06	43.12	32.63	25.28	未覆盖
		光威复材	243.17	9.34	11.28	13.79	26.03	21.56	17.64	未覆盖
		中简科技	180.31	5.96	7.78	9.36	30.28	23.18	19.26	未覆盖
	高温合金	钢研高纳	190.45	3.37	4.65	6.36	56.60	40.99	29.94	未覆盖
		抚顺特钢	201.15	1.97	7.34	10.52	102.36	27.39	19.13	未覆盖
零部件	锻件	中航重机	385.82	12.02	16.08	20.90	32.10	23.99	18.46	未覆盖
		三角防务	173.91	6.25	8.66	11.36	27.84	20.07	15.30	未覆盖
	铸件	应流股份	115.18	4.02	5.28	5.84	28.67	21.81	19.72	增持
子系统	航空发动机	航发动力	1,081.70	12.68	15.69	19.71	85.32	68.94	54.87	未覆盖
	刹车系统	北摩高科	139.94	3.14	5.03	6.57	44.58	27.80	21.30	未覆盖
	航电/机电系统	中航电子	736.00	8.72	12.23	14.85	84.41	60.19	49.56	未覆盖
整机	机身	中航西飞	710.46	5.23	10.49	14.47	135.75	67.74	49.10	未覆盖
		中航沈飞	1,223.26	23.05	29.00	36.46	53.07	42.18	33.55	未覆盖

数据来源：，财通证券研究所（应流股份预测数据来自财通证券研究所，其他未覆盖标的预测数据来自 wind 一致预期，市值数据为 2023 年 7 月 20 日数据）

5 风险提示

C919 量产不及预期风险：当前 C919 仍处于小批量生产阶段，产业链配套并未成熟，产能爬坡及零部件可靠性提升均需要一定时间，未来可能产生量产不及预期的风险。

C919 市场开拓不及预期：在国际市场上，波音和空客已经垄断大飞机行业数十年，C919 受到国际客户的认可需要一定时间。

零部件国产化推进不及预期：C919 中仍有相当部分产品为国外供应，未来国内供应商提升技术水平至对应国际先进供应商水平需要一定时间，此过程受挫可能导致零部件国产化进度不及预期。

信息披露**● 分析师承诺**

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，并注册为证券分析师，具备专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解。本报告清晰地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，作者也不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

● 资质声明

财通证券股份有限公司具备中国证券监督管理委员会许可的证券投资咨询业务资格。

● 公司评级

买入：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于 10%；

增持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在 5%~10%之间；

中性：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间；

减持：相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%；

无评级：由于我们无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使我们无法给出明确的投资评级。

● 行业评级

看好：相对表现优于同期相关证券市场代表性指数；

中性：相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平；

看淡：相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数。

● 免责声明

财通证券股份有限公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司不保证该等信息的准确性、完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的邀请或向他人作出邀请。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本公司通过信息隔离墙对可能存在利益冲突的业务部门或关联机构之间的信息流动进行控制。因此，客户应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告仅作为客户作出投资决策和公司投资顾问为客户提供投资建议的参考。客户应当独立作出投资决策，而基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前应咨询所在证券机构投资顾问和服务人员的意见；

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。