

2022年8月12日



中航证券有限公司
AVIC SECURITIES CO., LTD.

战鹰心脏，工业之花——军用航空发动机产业深度报告

行业评级：增持

分析师：魏永

证券执业证书号：S0640520030002

邮箱：weiy@avicsec.com

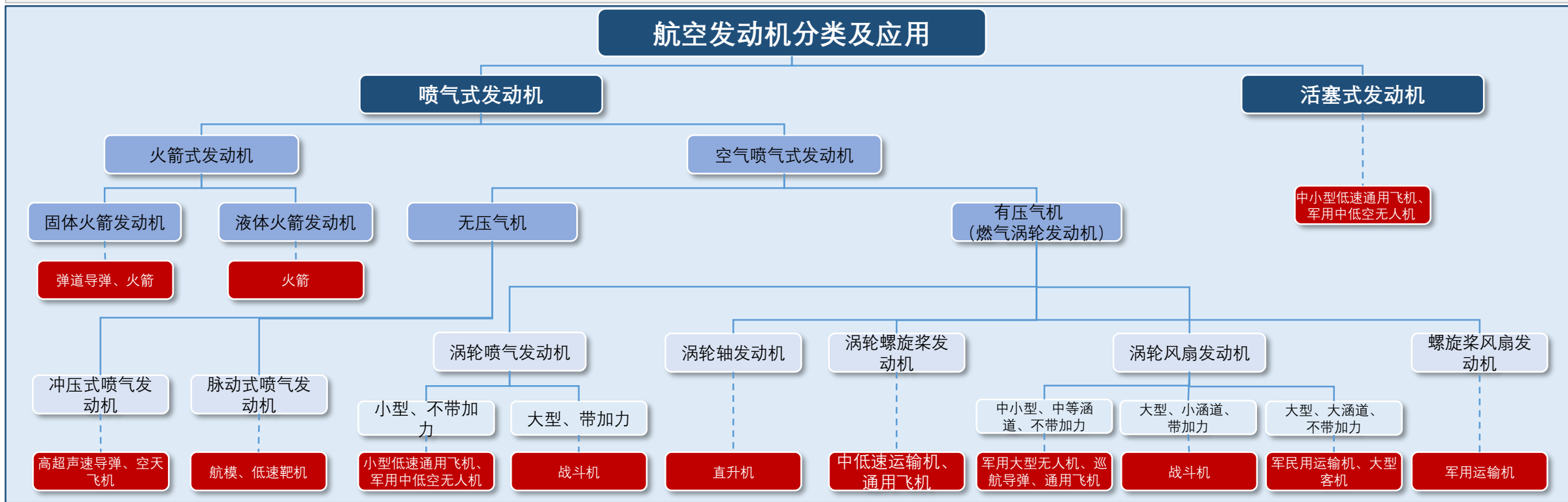
研究助理：杨天昊

证券执业证书号：S0640121080012

邮箱：yangth@avicsec.com

航空发动机的概念和分类

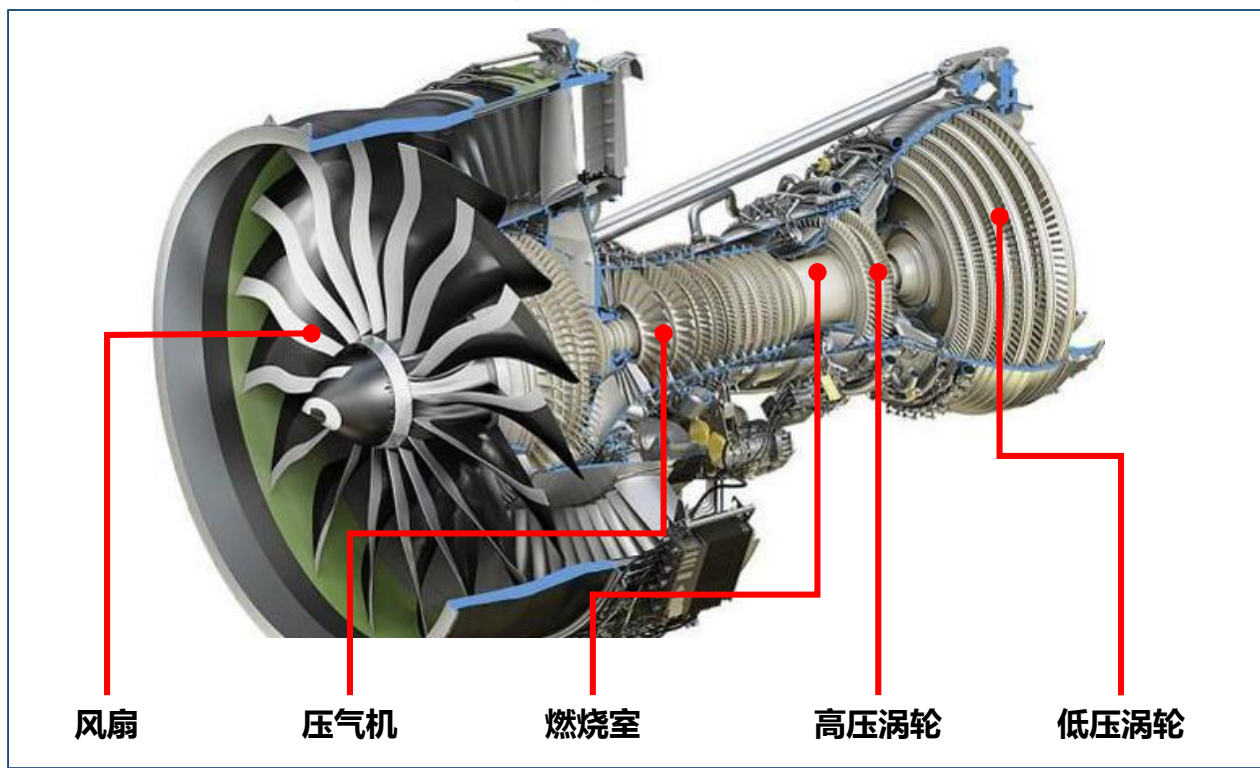
航空发动机是飞机的“心脏”，通过将化学能转化为燃气的热能为飞机提供飞行动力，在高温、高压、高转速等恶劣环境条件下长期反复使用的高度复杂和精密的热力机械装置，被誉为“工业皇冠上的明珠”。航空发动机产业是关系国家安全、经济建设和科技发展的战略产业，其发展水平已经成为衡量一个国家军事装备水平、科技实力和综合国力的重要标志，具有极高的军事价值、经济价值和政治价值。自1903年问世至今一百多年以来，航空发动机经历了两个主要发展时期，1903年至1945年为活塞式发动机统治时期，1945年至今是喷气式发动机时代。在喷气式发动机时代，航空上广泛应用的是有压气机空气喷气式发动机。在压气机空气喷气式发动机中，压气机是用燃烧室后的燃气涡轮来驱动，因此这类发动机又称为燃气涡轮发动机。按燃气发生器出口燃气可用能量利用方式的不同，燃气涡轮发动机分为涡轮喷气、涡轮风扇、涡轮螺旋桨、涡轮轴和螺旋桨风扇发动机。



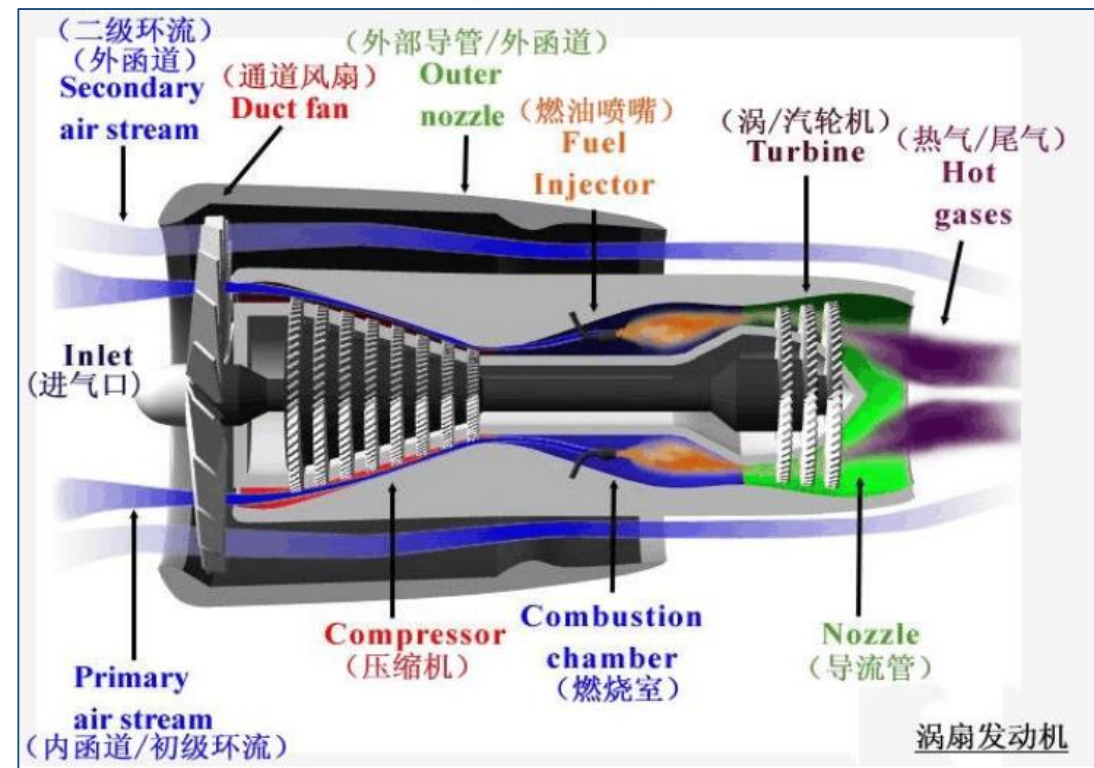
航空发动机的概念和分类

涡轮风扇发动机是当前航空发动机的主流。涡扇发动机由于其推力大、推进效率高、耗油率低等特点，广泛应用于战斗机、运输机、客机、无人机，占比在95%以上，是目前最为广泛的航空发动机。涡扇发动机内部结构主要由风扇、压气机、燃烧室、涡轮和尾喷管等部件组成。其工作原理为：外界空气进入发动机后，由风扇叶片进行初步压缩，压缩后的空气一部分进入外涵道高速排出，产生巨大推力。另一部分则进入内涵道，由压气机叶片进一步压缩后送至燃烧室。增压后的空气在燃烧室中与燃料混合加热，产生高温、高压燃气推动涡轮叶片高速旋转以带动压气机，随后气流经涡轮出口进入尾喷管，在此过程中压力降低、速度增加，从而产生反作用力，推动飞机前进。

涡扇发动机主要内部结构



涡扇发动机工作原理



目录



一、产业特点——高行业壁垒，长回报周期

1.1 高温、高速、高负荷工作条件，考验现代工业技术极限

1.2 研制周期长、资金投入大、军民通用性强

二、驱动因素——军用飞机放量、实战训练耗损、国产民机突破

2.1 军机加速列装带动航发产业发展

2.2 实战训练耗损加剧打开维修市场

2.3 国产民机突破驱动商发进程

三、发展现状——航发业务逐渐成熟，自主可控大势所趋

3.1 美俄技术领先，我国后起发力

3.2 我国军用航发取得实质进展，下一代产品亟待突破

3.3 竞争格局——整机航发集团为主，中上游逐渐市场化

四、投资策略

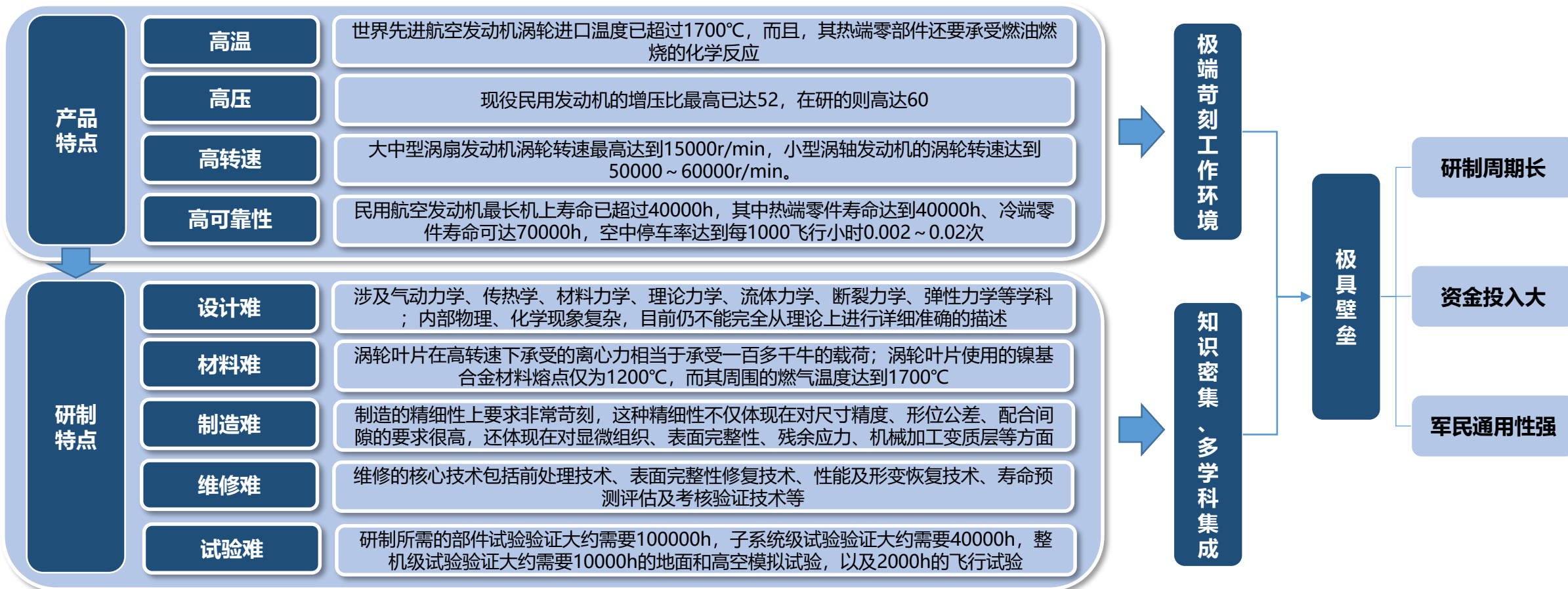
4.1 投资策略

4.2 投资图谱

一、产业特点——高行业壁垒，长回报周期

1.1 高温、高速、高负荷工作条件，考验现代工业技术极限

航空发动机是典型的技术密集型产品，要求重量轻、体积小、使用安全可靠、经济性好，满足在高温、高压、高转速和高负荷等苛刻条件下长期反复工作指标，因而必须设计精巧、加工精密、使用高性能材料部件，其研制是气动、燃烧、传热、控制、机械传动、结构、强度、材料等多种学科或专业综合优化的结果，也与计算机硬件能力、商用和专用设计软件、材料与工艺、测试与试验设备、数据采集与处理能力、科技管理水平等密切相关。航空发动机的超高研发、制造难度，考验现代工业技术极限。**航空发动机是一个高门槛、极具技术壁垒、新手难以进入的尖端技术领域。**

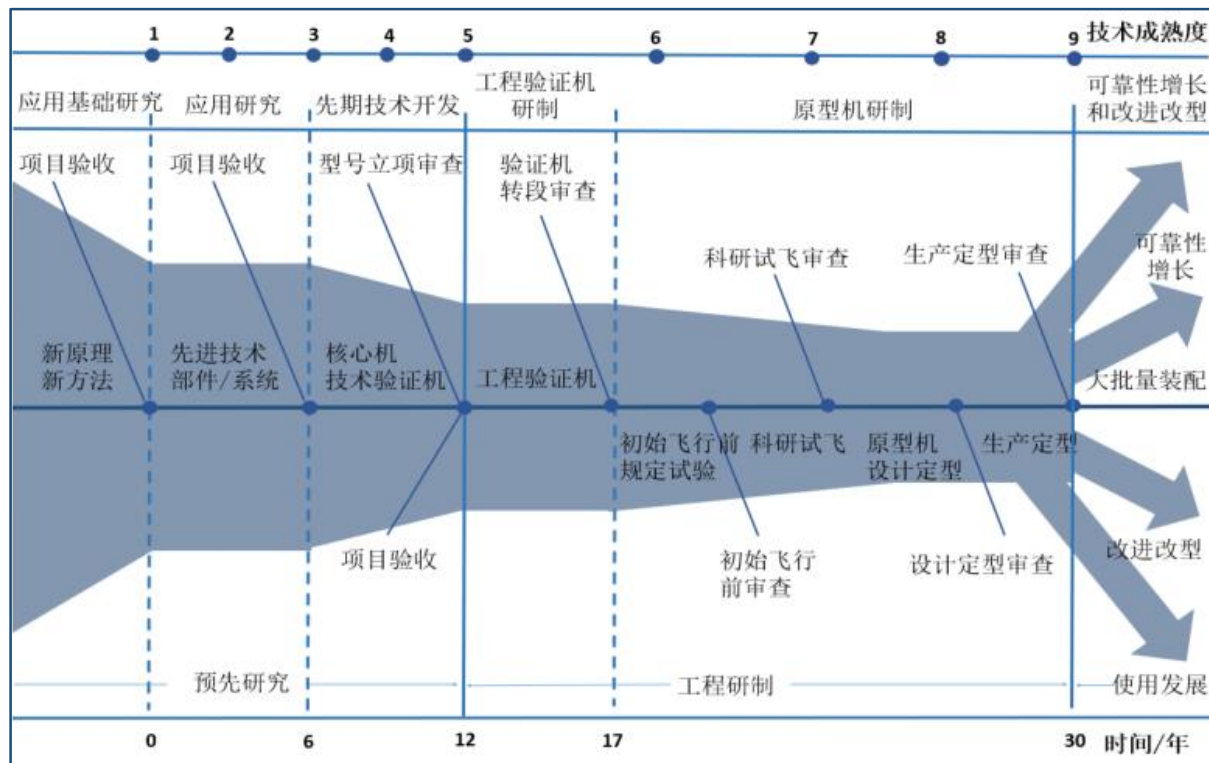


一、产业特点——高行业壁垒，长回报周期

1.2 研制周期长、资金投入大、军民通用性强

研制周期长——航空发动机研制周期长，预研和工程研制阶段长达30年。航空发动机的研发周期包括基础预研、工程验证机研制和改进改型等多个阶段，一般比飞机研制时间长一倍以上。战斗机发动机全新研制周期（从最初的方案设想到全面生产）一般为9-15年。20世纪80年代以来，由于技术领域又取得了重要进展和技术要求的不断提高，国内外发动机研制周期又略有增长，即从型号验证机到设计定型17-19年，第四代发动机研制周期比第三代发动机研制周期明显延长。

航空发动机研制周期



典型战斗机发动机研制周期统计

代次	发动机型号	类型	研制周期
第3代	F100	全新	从1969年JTF22验证机研制到1974年F100-100交付使用共5年 从1969年JTF22验证机研制到1985年F100-220交付使用共16年
	F110	改型	从60年代中期F101发动机研制到1986年F110交付使用历经20年 从1976年设计到1986年投入使用共10年
	F404	全新	从1972年燃气发生器验证到1979年投入生产共8年
	AL-31F	全新	从1976年研制开始到1984年交付空军使用共9年
第3.5代	EJ200	全新	从1982年XG40验证机技术验证到1999年设计定型共17年 从1987年EJ200发动机设计到1999年设计定型共12年
	M88	全新	从1979年验证机设计到1997年投入使用共18年 从1986年研制型发动机设计到1997年投入使用共11年
第4代	F119	全新	从1983年PW5000发动机详细设计到2002年最初使用交付共19年 从1991年工程和制造研制到2002年交付使用共11年
	F135	改型	从1996年方案演示与验证到2011年投入使用共15年

一、产业特点——高行业壁垒，长回报周期

1.2 研制周期长、资金投入大、军民通用性强

资金投入大——现代航空发动机的研发需要动用举国之力完成。 20世纪80年代初，美国军方和航空工业界高层决策部门预测：在叶轮机气动热力学、耐高温轻质材料和新颖结构设计及控制技术等方面已取得和将要取得巨大进步，在保持已经达到的可靠性和耐久性前提下，可以为大幅提高发动机性能提供可靠的技术基础。因此，在1987年，美国空军发起，海军、陆军、国防部先进技术预研计划局、NASA和7家主要发动机制造商参与制订并实施了**综合高性能涡轮发动机技术（IHPTET）预研计划**。

综合高性能涡轮发动机技术（IHPTET）预研计划的管理体系



美国军方和NASA对IHPTET预研计划的投资覆盖领域

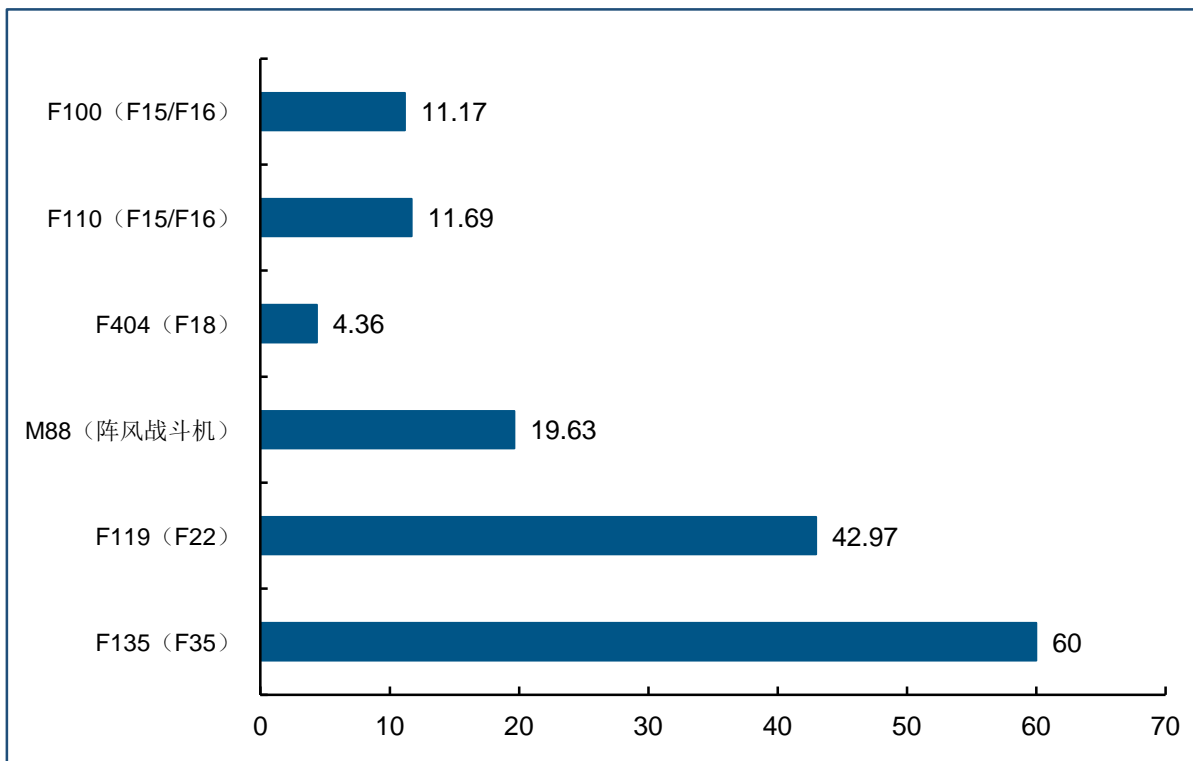
军方军费		NASA和能源部经费		
工业部门经费				
军用特有技术	军用关键技术	共用技术	民用关键技术	民用特有技术
低观测性	弯掠气动技术	先进材料	桨扇-涵道风扇	回热
• 材料	高温涡轮	CFD设计	低污染燃烧	噪声控制
• 喷管	高转速金属基化合物转子	先进控制	多级动力涡轮	多种燃料
• 进气道	变循环	气动/冷却技术	短舱阻力	污染控制
热力循环	稳定性处理	先进轴承	先进齿轮箱	
短寿命发动机	对转技术	轻量化结构/制造	高压比增压级	
推力矢量		先进燃烧		

一、产业特点——高行业壁垒，长回报周期

1.2 研制周期长、资金投入大、军民通用性强

资金投入大——航空发动机的发展是一项复杂的系统工程，技术难度大、研制周期长，需要大量的经费投入。据统计，1950—2000年美国在航空涡轮发动机上的研究和开发投入超过1000亿美元。1988—2017年，美国“综合高性能涡轮发动机技术”（IHPTET）和“通用经济可承受涡轮发动机”（VAATE）两项计划共投入87亿美元。GE、罗罗和赛峰近年来在航空发动机领域的科研投入每年都超过10亿美元。

典型航空发动机研发投入（亿美元）



典型战斗机发动机研制费用统计

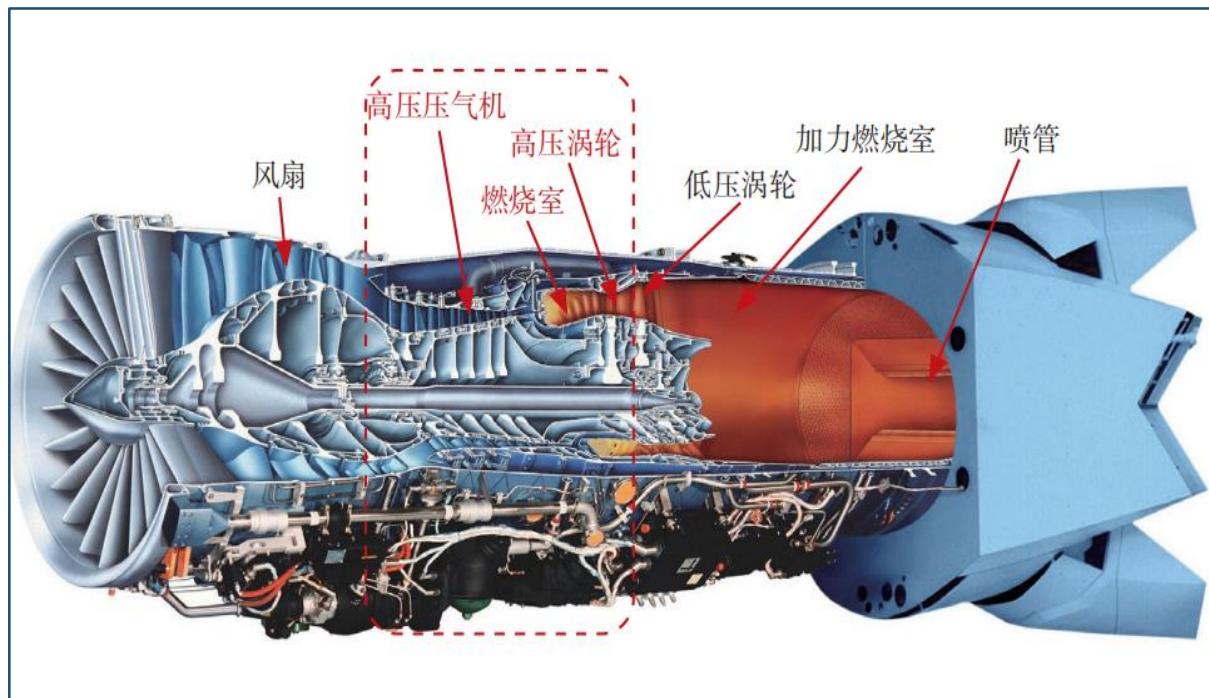
代次	发动机型号	类型	研制周期
第3代	F100	全新	1969-1974年，F100原型发动机研制费用为4.57亿美元；1980-1985年，改进费用6.6亿美元
	F110	改型	F101/B-1发动机研制费用6.21亿美元 F101DFE开始研制到其F110发动机交付使用，5.48亿美元
	F404	全新	YJ101发动机的总研制经费可能高达1亿美元左右 F404发动机全面研制费用为3.36亿美元
第3.5代	M88	全新	M88-2发动机研制费用达17亿美元，工业化费用达2.63亿美元
第4代	F119	全新	进入EMD（工程、制造与发展）阶段前，美国空军投资18.32亿美元；从1991年进入EMD阶段到2001年，追加投资24.65亿美元
	F135	改型	推进系统F135发动机投资为60亿美元

一、产业特点——高行业壁垒，长回报周期

1.2 研制周期长、资金投入大、军民通用性强

军民通用性强——基于核心机系列化研制模式，军民一体化推动航空产业发展。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。据统计，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。高技术、高投入的特点也决定了航空发动机研制的高风险。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。国外从四代机研制开始，普遍采用提前开展技术验证机研究的发展思路，使型号发动机中应用的新技术能得到充分的前期技术验证。美国典型的四代机发动机F119，在预研阶段，以充分的核心机技术验证为基础；进入型号阶段后，核心机上采用同期开展的各项技术验证计划中经验证的成熟技术；设计定型后，以核心机为验证平台，派生发展途径从系列化已逐渐跨越到多用途层面。

美国F119发动机及其核心机



美国主要的验证核心机发展情况

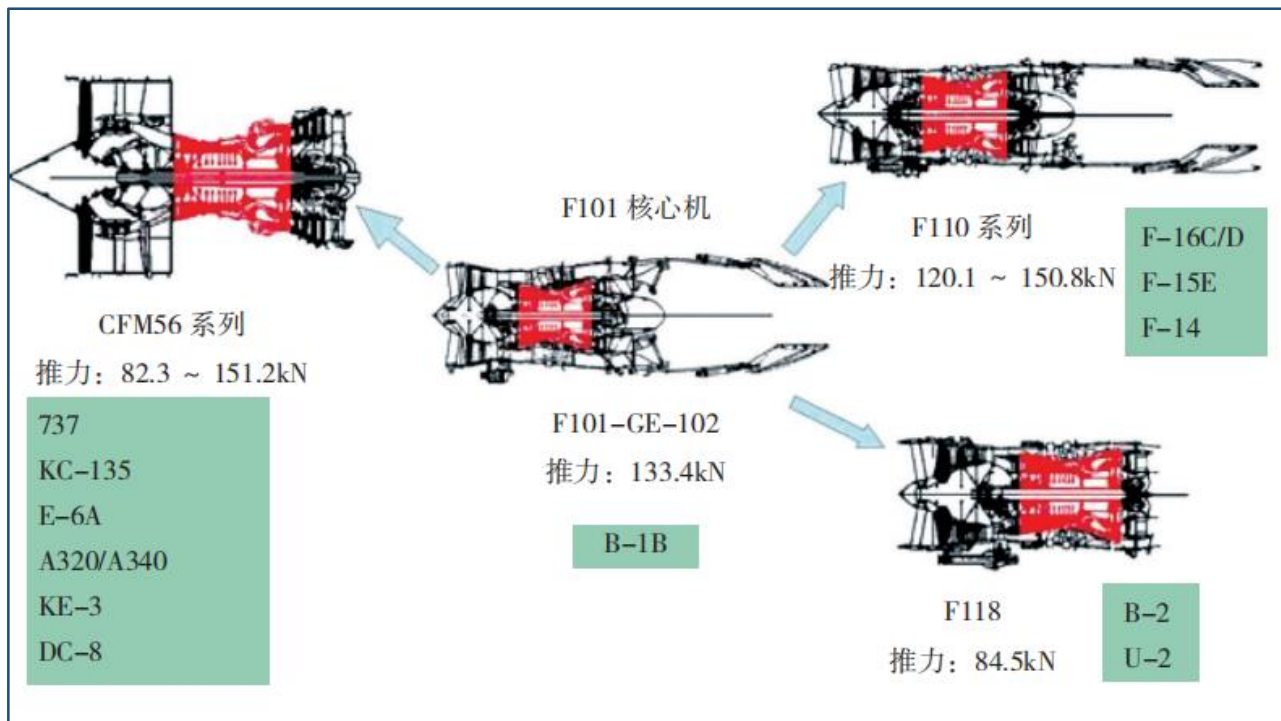
代次	GE航空集团		惠普公司	
	验证核心机	验证发动机	验证核心机	验证发动机
第1代	X370	GE1	STF200的核心机	STF200
第2代	GE14的核心机	GE14	JTF22的核心机	JTF22
第3代	GE23的核心机	GE23	PW685	PW690
第4代	GE29的核心机	GE29	的核心机	PW699
第5代	XTC-45	GE37 (XTE-45)	XTC-65	XTE-65
第6代	XTC-76	XTE-76	XTC-66	XTE-66
第7代	XTC-77	XTE-77	XTC-67	XTE-67
第8代	VAATE第1阶段			
第9代	VAATE第2阶段			
第10代	VAATE第3阶段			

一、产业特点——高行业壁垒，长回报周期

1.2 研制周期长、资金投入大、军民通用性强

军民通用性强——基于核心机系列化研制模式，军民一体化推动航空产业发展。在产品研发中，可采用在核心机平台上验证过的新技术来改进已有型号，满足新的需求；也可选择合适的验证核心机平台研制型号核心机，进而衍生发展系列发动机，满足广泛的动力需求。国20世纪70年代后投入使用的先进航空发动机都是这一技术途径的产物，例如，F119基于XTC-65核心机，F100基于JTF-22的核心机。**GE航空集团将经过充分考验和鉴定的F101发动机作为通用核心机，改型研制了多型发动机。F110发动机配装F-15和F-16飞机使用，发展了F118发动机配装B-2远程轰炸机，改进改型发展了CFM56发动机。其中，CFM56发动机是民用航空发动机界的传奇，迄今为止累计交付超过30000台，累计飞行超过10亿h，自1979年取得适航证以来，共衍生发展出CFM56-2、CFM56-3、CFM56-5、CFM56-7等4个系列、20多个改型。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系列产品进入市场，接下来就有望长期的持续稳定盈利，其间面临的竞争威胁小，制造商可以安心收获技术和产业带来的收益。**

F101核心机的衍生系列化发展



CFM56发动机在民用航空飞机中的应用

飞机制造商	机型	发动机选项1	发动机选项2	发动机选项3
空客	A318	CFM-56-5B	PW6000	/
	A319/A320/A321	CFM-56-5B	V2500	/
	A319neo/A320neo/A321neo	Leap	PW1100G	/
波音	737-300/400/500	CFM-56-3B	/	/
	737NG (-600/700/800/900)	CFM-56-7B	/	/
	737Max (-7/8/9)	Leap	/	/
中国商飞	C919	Leap-1C	CJ-1000AX	

2.1 军机加速列装带动航发产业快速发展

军用飞机加速列装带动批产型号放量、新型号密集定型、国产替代加速——为实现强军备战目标，“十四五”以来，我国武器装备发展由以往的“研制、定型或小批量生产阶段”发展到批量生产阶段，特别是军用飞机、军用无人机加速发展不断列装上量。从运-20到歼-20，再到直-20，这些年我国航空工业领域“20家族”不断壮大，各种机型相继研制成功并体系化发展。随着军用飞机型号升级和新机型加速列装对新型航空发动机提出了新需求，军用航发产品线愈发丰富，众多产品将陆续定型批产。同时随着国产军用航发技术逐渐成熟，航发国产化率也将持续提升。

我国重点军用飞机加速列装带动军用航发需求上量

型号	首飞/官方披露时间	列装时间	研制单位	发动机	飞机简介	图示
运-20	2013年首架原型机首飞	2016年首装交付、正式服役	中航西飞	D-30KP-2/WS18/WS20	新一代军用大型运输机	
歼-16	2011年首飞	2016年11月正式批量部署	中航沈飞	WS10	基于歼-11系列战机发展而来的新型第三代多用途双座歼击轰炸机	
歼-20	2011年首飞	2018年正式列装	航空工业成飞	WS10	高隐身性、高态势感知、高机动性等能力的隐形第五代制空战斗机	
直-20	2013年首飞	2019年在70年国庆阅兵式上首次公开亮相	中直股份	涡轴10	10吨级通用战术直升机	
攻击-11 (利剑)	2013年首飞	2019年在70年国庆阅兵式上首次公开亮相	沈阳飞机设计研究所设计、航空工业洪都公司制造	XX涡扇发动机	隐身无人攻击机	

2.2 实战训练耗损加剧打开维修市场

实战化训练加速军机航空发动机损耗，驱动航发维修市场加速发展。航空发动机经过维修的寿命占总寿命的2/3以上，维修是航空发动机全生命周期内的重要阶段，是保证航空武器装备快速恢复战斗力、有效遂行战术技术训练任务的重要环节。而航空发动机从全寿命周期角度可以划分为产品研发、生产制造、运营维护三个阶段。根据相关研究，使用维修阶段的成本占整个航空发动机全寿命周期成本的比例高达50%。由于航空发动机具有耗材属性，需进行定期维修，大修数次后会强制报废。自2016年中央军委颁发《加强实战化军事训练暂行规定》以来，各军航空兵部队训练质量得到有效提升，训练频率、强度明显提高。随着军队实战化训练推进，我军航空兵年飞行时间或进一步增大，从而导致航空发动机耗损加速，为军用航发提供大量维修市场需求。

我军加强针对性对抗性训练，实战化训练要求不断提升

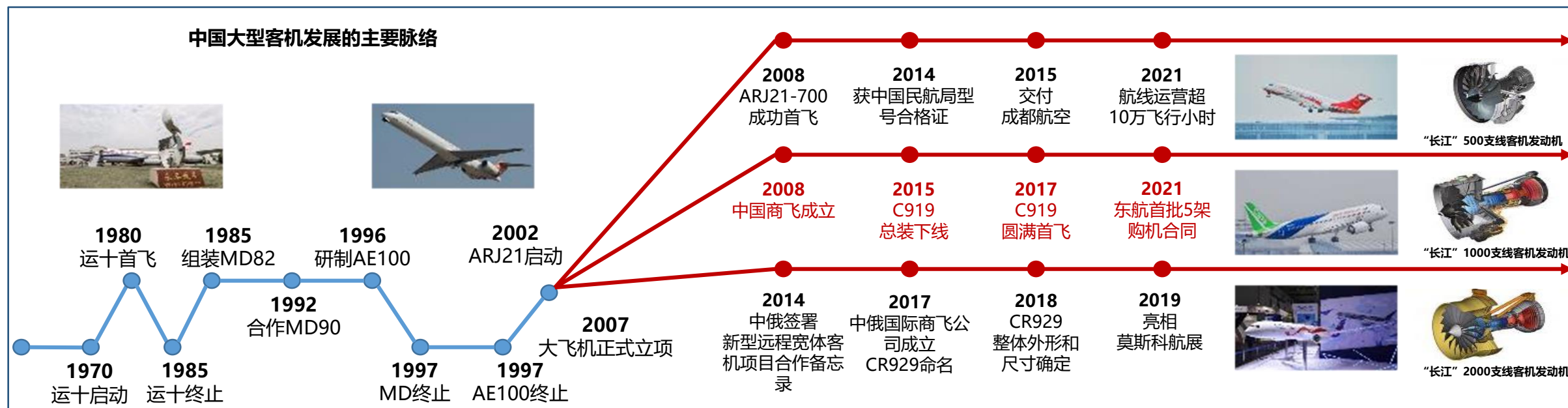
时间	主要事件/内容
2016年11月	经习近平主席批准，中央军委印发《加强实战化军事训练暂行规定》，对落实实战化军事训练提出刚性措施、作出硬性规范。《规定》强调实战化军事训练是从实战需要出发从难从严进行的训练，是军事训练的基本要求，是推进训练与实战达到一体化的重要保证，要求全军必须把实战化贯穿渗透于军事训练全过程各领域。
2017年11月	11月3日，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席、军委联指总指挥习近平视察军委联合作战指挥中心，表明新一届军委贯彻落实党的十九大精神、推动全军各项工作向能打仗、打胜仗聚焦的鲜明态度。
2018年1月	1月3日上午，中央军委隆重举行2018年开训动员大会，中共中央总书记、国家主席、中央军委主席习近平向全军发布训令。

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%

2.3 国产民机突破驱动商发进程

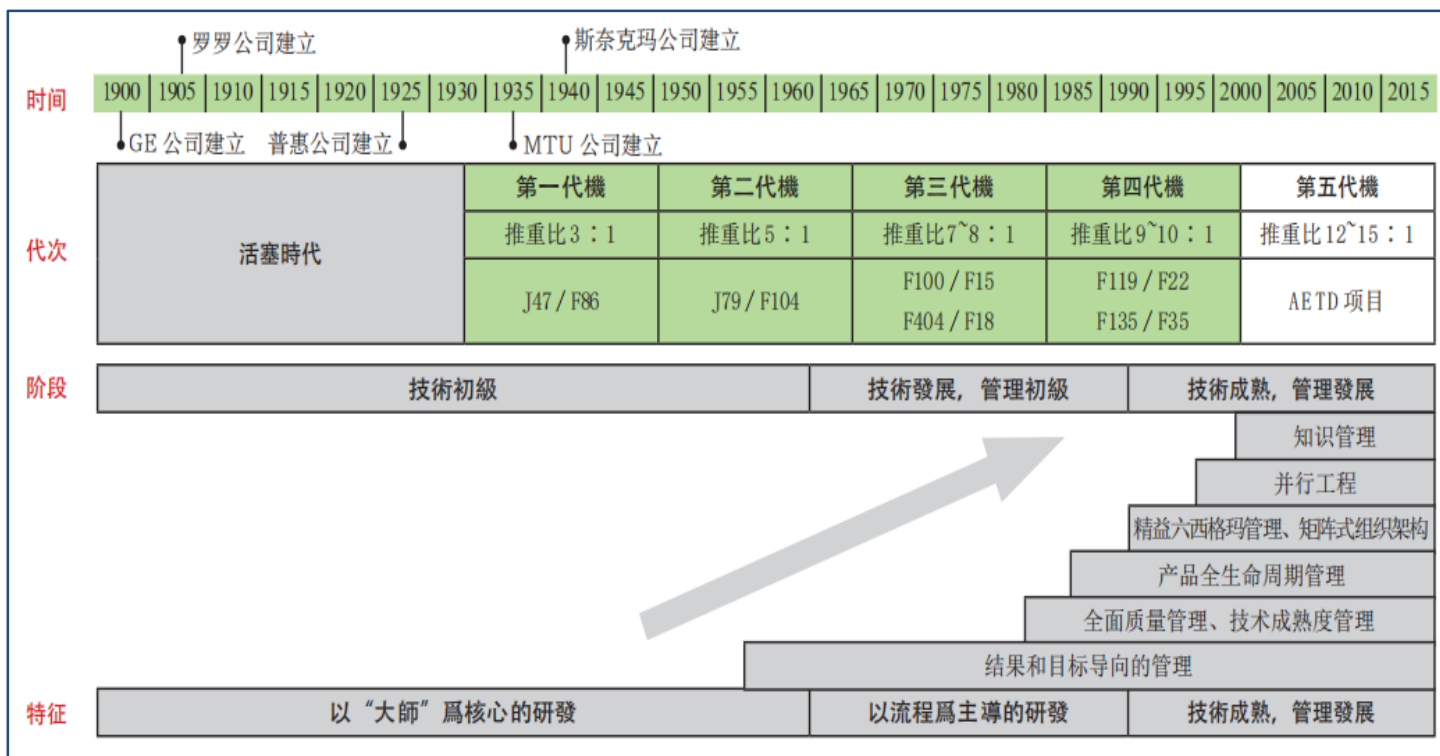
我国通过支线飞机型号研制、窄体干线飞机产业发展、宽体飞机拓展形成全系列产品三部曲，构建完整的研发体系和产品谱系，探索独具特色的商用飞机发展路径。通过ARJ21飞机的研制，我国第一次走完了喷气客机设计、制造、试验、试飞、批产、交付、运营全过程，掌握了民用喷气运输类飞机研制核心技术，填补了我国自主研发喷气运输类飞机全程实践的空白，实现了我国民用飞机集成创新能力的大幅度提升，为C919大飞机的发展积累了非常宝贵的经验。特别是ARJ21飞机的适航取证实践，让中国商飞真正完整而全面地理解和实践民用飞机型号合格审定全过程，因此C919后续进程将明显提速。工信部近期表示，C919大飞机取得重大突破，即将取证交付。目前C919飞机采用的是CFM国际公司研制的LEAP-1C发动机，我国商用航空发动机与世界领先水平还有较大差距，产品还处于研制阶段。伴随民用大飞机事业的发展，中国航发商发应运而生，是民用大涵道比涡扇发动机研发的总师单位和总承制单位。中国航发商发国产民用发动机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“长江”1000，配装C919大型客机；二是280座宽体客机发动机“长江”2000，配装CRJ929宽体客机；三是110-130座的新支线发动机“长江”500，配装ARJ21支线客机的改进型。



3.1 美俄技术领先，我国后起发力

军用航空发动机最重要的技术指标是推重比，对于大推力航空发动机，按照推重比大小一般可分为四代，第一代推重比在3-4、第二代5-6、第三代7.5-8、第四代9.5-10。当前在役战斗机发动机以第二代、第三代为主，具备三代主流航空发动机研制和生产能力的国家主要是美、俄、英、法、中五大常任理事国。第四代军用航空发动机目前的参与者仅美、俄、中三国，进入实际服役状态的型号仅美国的F119、F135及俄罗斯的AL-41F。其中美国的技术和研究进展遥遥领先，其F119发动机在1997年起即开始装备F-22战斗机，俄罗斯的AL-41F发动机约在2017年前后首飞，中国的四代发动机还尚未见研制成功。目前，第四代航空发动机装备数量总体还较少，但其作为接下来各大国空军力量进一步提升的必然选择，将随着F-35、F-22、歼20、苏-57等第四代战机的批量列装而逐渐成为未来军用航空发动机市场的重心。

航空发动机行业发展历程



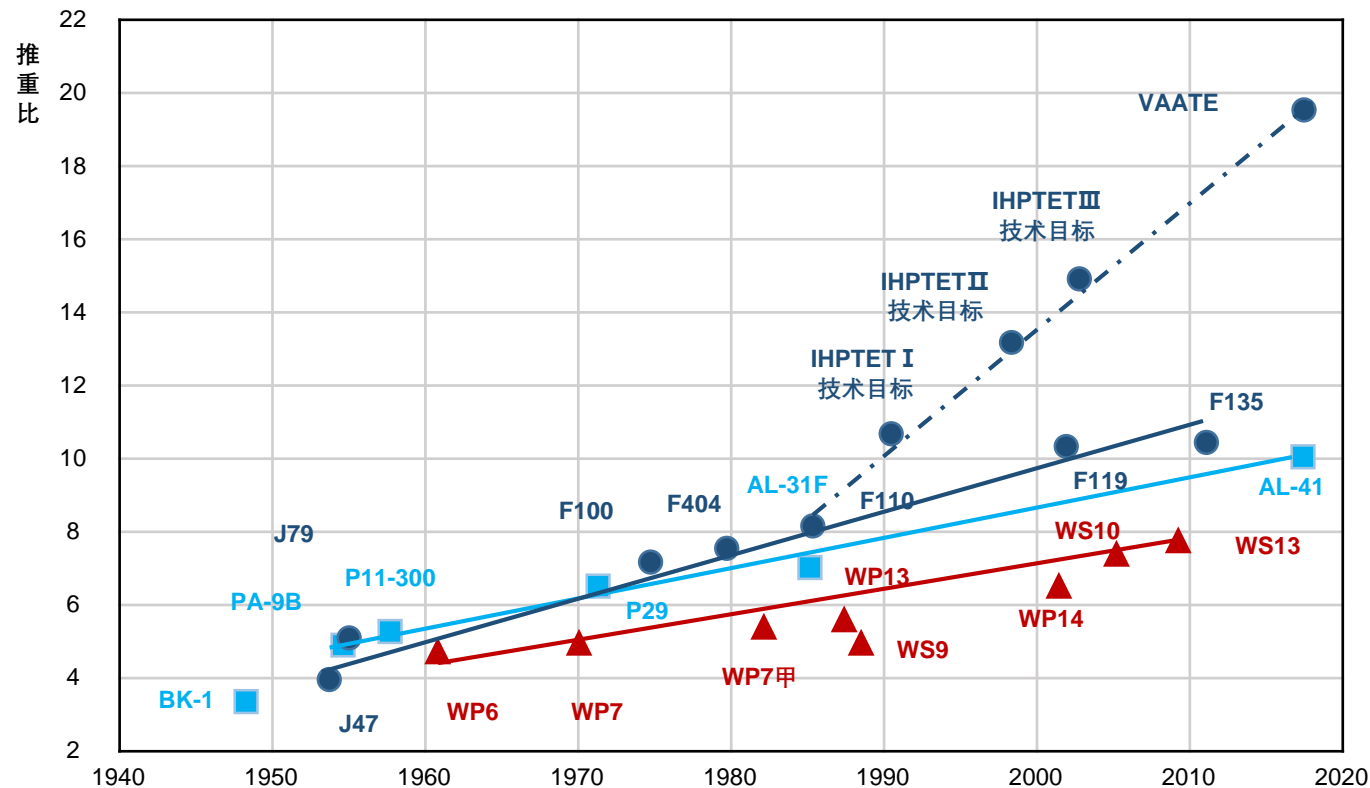
国外主要先进军用航空发动机性能参数

研制单位	发动机型号	主要装备飞机	涡轮前温度/K	最大推力 kN	推重比	总压比
法国	M88-2	阵风	1850	75	8.5	24.5
英国	EJ-200	台风	1477 (°C)	90	10	26
俄罗斯	RD-33/93	米格29	1540	81.40	7.87	21.7
俄罗斯	AL-31FN	苏-27	1665	122.6	7.14	23.8
美国	F110-132	F-16	1700	151.8	9.5	43
俄罗斯	AL-41	苏-57	-	180	10	29.4
美国	F119	F22	1973	155.68	大于10	26 (35)
美国	F135-100	F35	1810	181	10.5	30

3.2我国军用航发取得实质进展，下一代产品亟待突破

当今世界能够独立研制航空发动机并形成产业规模的也仅仅有中美俄英法等国家，军用航空发动机被美俄英主导。我国由于航空发动机研制起步较晚，目前军用航空发动机进展较民用航空发动机更快，但仍落后于美英法等国家，而俄罗斯航空工业发展长期以军用为主，民用航空发展失衡，故在民用航空发动机方面也相对落后。小涵道比加力涡扇发动机兼具亚音速巡航低油耗和超音速机动性的特点，适合作为战斗机动力，以推重比为主要发展指标。根据战斗机的性能，现役及在研的战斗机的代数可以分为五代，与之对应的航空发动机也被划分为五代。当前，发达国家装备主战机型是第三代战斗机，未来将逐步过渡到四代战机。

中、美、俄军用航空发动机发展对比



军用小涵道比涡扇发动机发展历程

	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代
飞机特征	高空高速近程格斗能力	装有火控系统和用导弹格斗	超视距远程打击作战能力	雷达不可探测的隐身能力	全频全向隐身、超级巡航能力
最大飞行速度	Ma<1	2<Ma<3	1.78<Ma<2.35	1.6<Ma<2.5	Ma>2
发动机特征	轴流式、加力涡喷	加力涡扇	加力涡扇	加力涡扇	自适应变循环发动机
推重比	2-4	5-6	7-10	10	15
涡轮前温度(K)	1200-1300	1400-1500	1600-1750	1800-2050	2000-2250
典型欧美飞机	F-86、米格-15	F-4M/K、F-111、F-14A	F-15、F-16、米格-29、苏-27、幻影2000、台风、阵风	F-22、F-35、T-50	F-X、FA-XX
典型欧美发动机	J-47、J-48、RD-10、RD-20	J-79、R-11、埃汶300、阿塔9C/K、MK202、TF30	F100、F110、RB199、RD-33、AL-31F、M53、RM12、EJ200、M88	F119、F135、117	-
典型中国飞机	歼-6	歼-7、歼-8	歼-10、FC-1枭龙	歼-20	-
典型中国发动机	涡喷-6	涡喷-7、涡喷-13	涡扇-10、涡扇-13	涡扇-15 (研制中)	-



3.2我国军用航发取得实质进展，下一代产品亟待突破

军用大涵道比涡扇发动机多用于运输机、预警机、轰炸机和加油机等，推力范围覆盖100-500kN。为降低技术风险，提高可靠性，考虑到军民用发动机技术通用性强的特点，军用大型飞机动力装置普遍采用成熟的大涵道比涡扇发动机。如在伊尔-76MF军用运输机，选用了已经在伊尔-96和图214客机上使用验证的PS-90A-76发动机。涡轴发动机在性能、结构和使用要求等方面发展成为满足直升机需要的最佳动力装置。第一代涡轴发动机是20世纪50年代研制，并于60年代开始服役，目前现役直升机多采用第三代涡轴发动机，少数采用第四代。现在技术特点为功重比显著提高，改善了军用直升机的机动性能；耗油率明显降低，使军用直升机获得更远的航程和续航时间；增加了防砂装置和红外抑制措施，提高了生存能力；开始采用全权限电子控制系统，有利于减轻机重和减轻驾驶员的操纵工作负荷。

军用大涵道比涡扇发动机发展历程

单台起飞推力(kN)	<200	200-300	>300
涵道比	4.6-6.0	4.8-5.6	5.0
巡航油耗率/kg·(kW·h) ⁻¹	0.574-0.683	0.587-0.663	0.573
起飞质量/t	152-279	204-392	230
典型欧美飞机	E-3、E-6、伊尔-76MF、C-17	E-10A、E-4B、安-124	A330-200MRTT 空中加油机
典型欧美发动机	CFM56-2、PS-90A-76、F117-PW-100	CF6-80C2、PW4062、CF6-50E2、D18T	Trent-772B
典型中国飞机	轰-6、运-20	-	-
典型中国发动机	涡扇-18、 涡扇-20 (在研)	-	-

军用涡轴发动机发展历程

项目及代数	第一代	第二代	第三代	第四代
起飞耗油率/kg·(kW·h) ⁻¹	0.4-0.6	0.3-0.4	0.26-0.3	0.26-0.28
功率质量比/kW·kg ⁻¹	2-3	3-5	5-6	6-7
总增压比	4-6	5-10	10-15	15-20
涡轮进口温度/K	900-1100	1100-1300	1300-1500	1400-1600
典型欧美飞机	UH-1	AS-565、米-8	AH-64、北极星	EC-665、NH90
典型欧美发动机	T53	阿赫耶1C49、TV2-117A	T700GE701、TM333	T80、MTR390、RTM332
典型中国飞机	-	直-6、直-8	直-9、直-10	直-20
典型中国发动机	-	涡轴-5、涡轴-6	涡轴8、涡轴-9	涡轴-10 (在研)、 涡轴-11 (在研)、 涡轴-16 (在研)

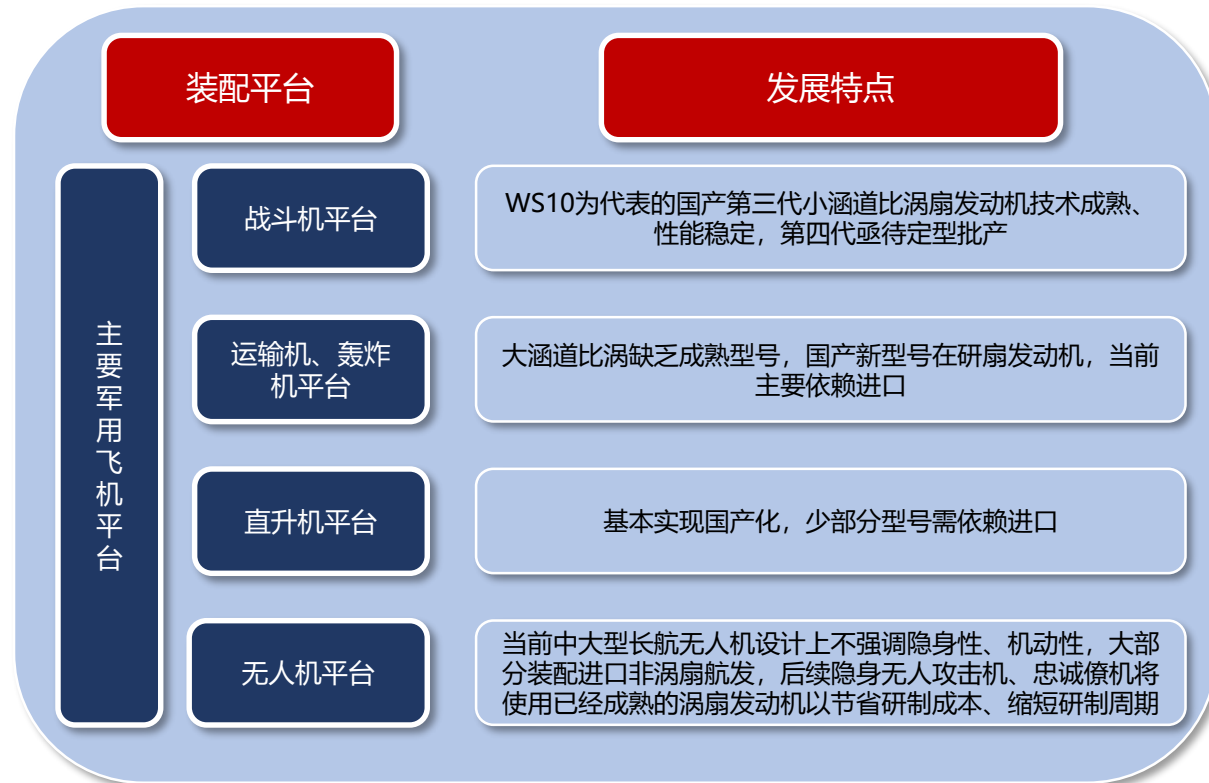
3.2我国军用航发取得实质进展，下一代产品亟待突破定型

经过六十多年的发展，我国已建立了相对完整的发动机研制生产体系，具备了涡喷、涡桨、涡扇、涡轴等发动机的系列研制生产能力。从具体类型来看，涡喷发动机、涡桨发动机已相对成熟、完全实现国产化；装配在直升机上的涡轴发动机基本实现国产化，仅少部分型号需要进口；以WS-10为代表的小涵道比涡扇发动机技术成熟、性能稳定，已大量装配我国第三代战斗机平台，仅有少量三代机仍使用进口发动机，用于四代机的涡扇发动机仍在研制中；用于运输机和轰炸机的大涵道比涡扇发动机暂时缺少成熟型号，仍然依赖进口，属于目前明显的短板。

按发动机类型我国军用航空发动机发展现状

发动机类型	机型	主要型号	我国发展情况
涡喷	战斗机 轰炸机	WP-13/14	完全国产化，主要应用于二代机和轰炸机，已逐步被涡扇发动机取代
涡桨	运输机	-	完全国产化
涡轴	直升机	WZ-6/8/16	基本实现国产化，少部分型号需依赖进口
小涵道比涡扇	战斗机	WS-10/13/15	以太行发动机为代表的三代机较为成熟，性能接近进口发动机，四代机发动机尚在研制中
大涵道比涡扇	运输机 轰炸机	WS18/20	缺乏成熟型号，国产新型号在研，当前主要依赖进口发动机，为我国主要短板之一

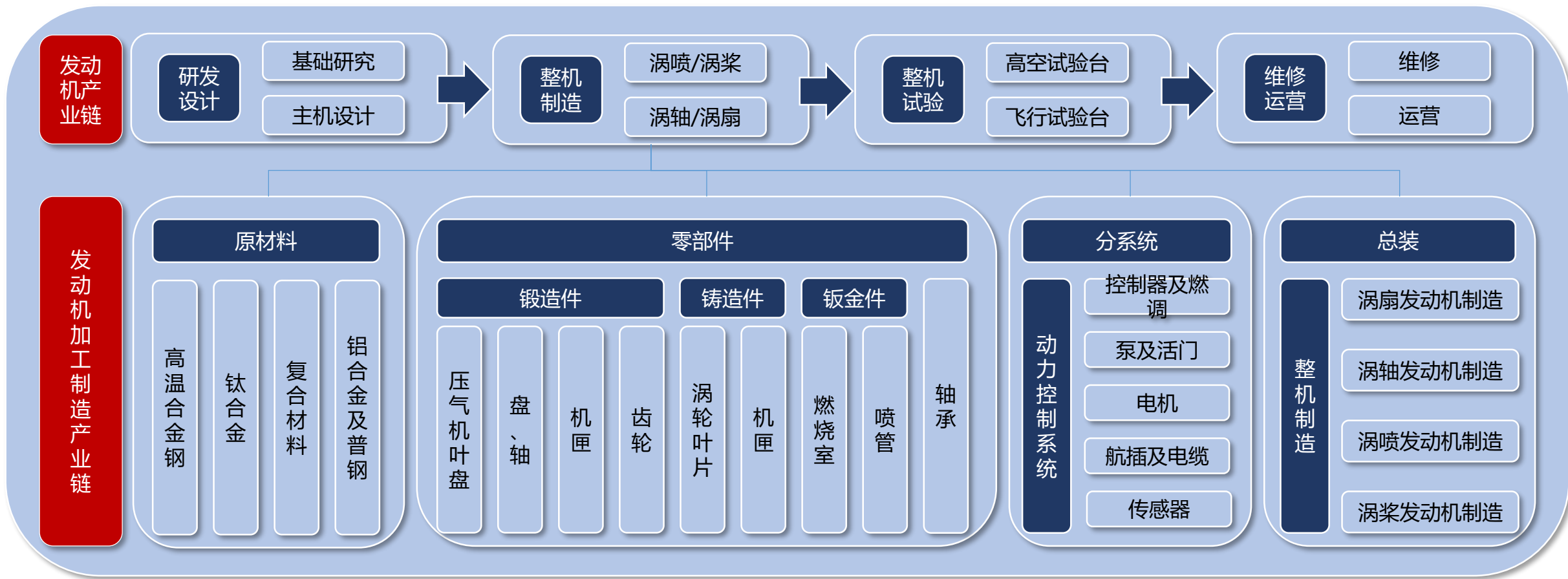
按军用飞机类型我国军用航空发动机发展现状



三、发展现状——航发业务逐渐成熟，自主可控大势所趋

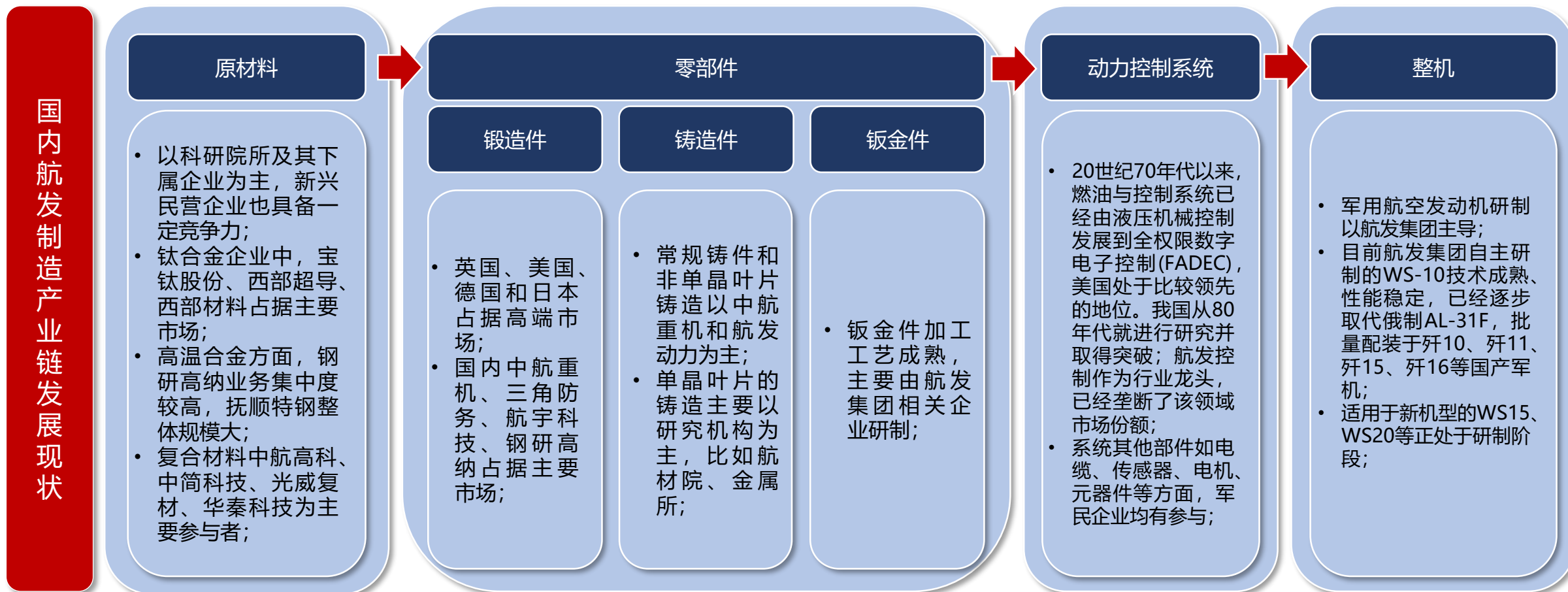
3.3 竞争格局——整机航发集团为主，中上游逐渐市场化

航发产业链主要由设计研发、加工制造、试验和运营维修四大环节构成。同时航空发动机加工制造产业链可分为4个层次：发动机主承包商、子系统供应商、小部件及零组件供应商、原材料供应商。发动机主承包商负责为飞机提供完整的发动机或动力装置，具有研制、生产发动机整机的能力，负责发动机设计、总装、市场开发、销售以及售后服务；子系统供应商具备发动机大部件/组件和关键分系统的研发和制造能力，通过与主承包商建立风险合作关系，在关键分系统和部件设计方面具备核心竞争力，这类供应商生产大型复杂分系统和重要结构件；我国目前已基本建立了完整的航空发动机研制和生产体系。



3.3 竞争格局——整机航发集团为主，中上游逐渐市场化

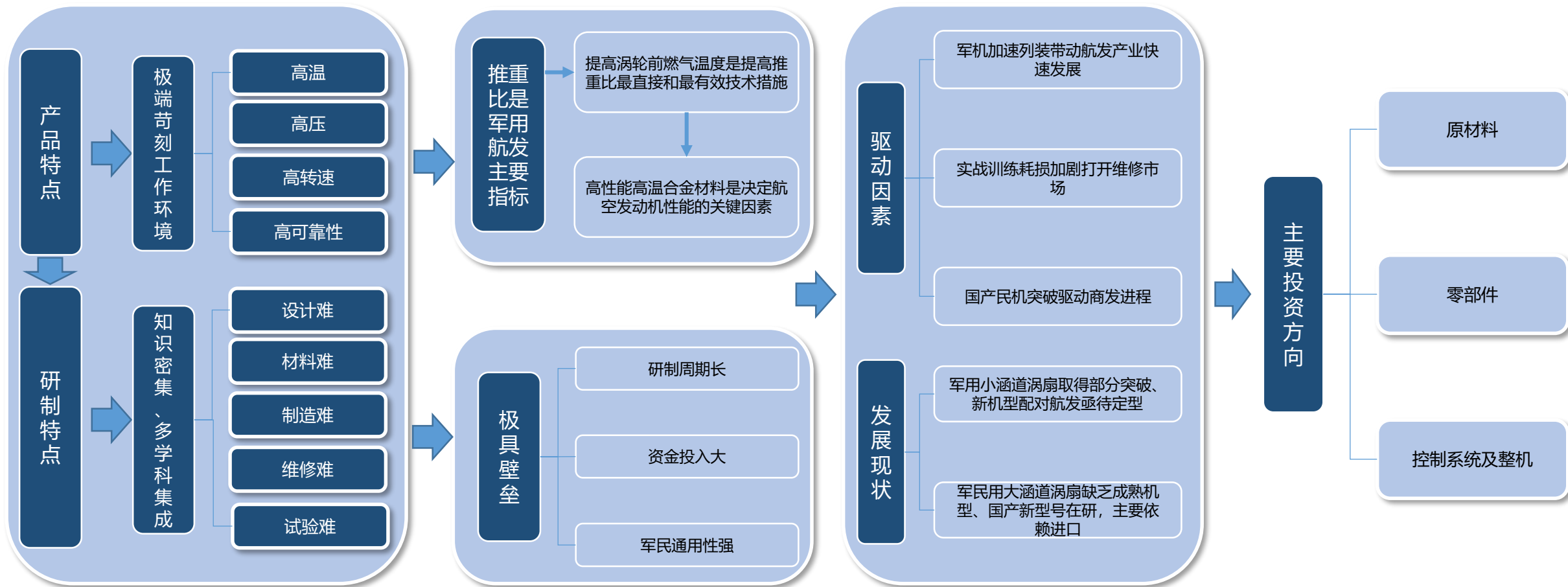
作为主战装备的核心，自主可控和国产替代是发动机发展的必由之路。从国内航发产业链来看，上游原材料主要涉及钛合金、高温合金和复合材料等，以航发集团下属科研院所和企业为主，新兴民营企业如宝钛股份、西部超导、钢研高纳、抚顺特钢等均具备很强的竞争力。零部件的机加环节，英美等西方国家占据高端市场，锻造件方面以中航重机、三角防务等占据主要市场份额，非单晶叶片以航发动力为主，难度最大的单晶叶片环节仍以航材院等研究所为主。整机和动力控制系统以中国航发集团处于绝对领导地位。



四、投资策略

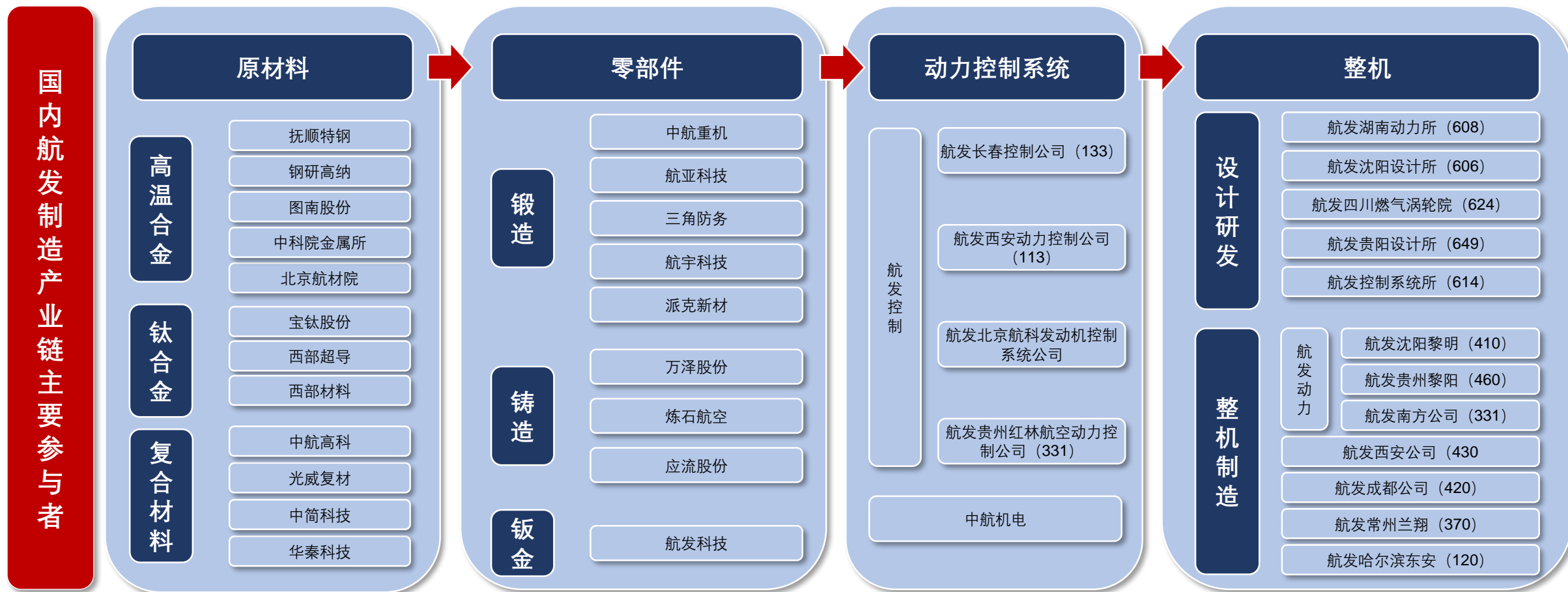
4.1 投资策略

航空发动机是决定航空武器装备性能的根本，也是工作环境最极端苛刻的分系统，其研制周期长、研发投入大、涉及多学科集成并具有很强的军民通用性。目前，军用小涵道比发动机已取得部分突破，新机型迫切需求新型号发动机定型；军民用大涵道比发动机暂时依赖进口，国产新型号正在加速研制。未来较长一段时间，航空发动机将充分受益于军机加速列装、实战训练损耗和国产民机突破等多重利好驱动，从产业链维度建议重点关注原材料、零部件、控制系统和整机的投资机会。



4.2 投资图谱

航空发动机相关上市公司主要集中在产业链中上游，下游整机制造和控制系统，建议重点关注航发动力和航发控制；上游原材料是发动机的基础，也最能反映航发产业链的高景气度，特别是高温合金、钛合金和复合材料等，建议关注抚顺特钢、钢研高纳、宝钛股份、西部超导和华秦科技；航发机加环节主要涉及锻造、铸造和钣金，建议关注技术实力雄厚、业绩确定性强的标的，如三角防务、航宇科技等。



4.2 投资图谱——主要上市公司（2021年年报，时间截至2022.8.4）

产业链	证券简称	证券代码	产品（服务）类型	营业收入（亿元）	归母净利润（亿元）	研发支出占收入比例	销售毛利率	销售净利率	员工总数	总市值（亿元）	市盈率 PE-LYR	年初至今涨跌幅	
原材料	高温合金	抚顺特钢	600399.SH	高温合金、超高强度钢、特冶不锈钢	74.14	7.83	4.17%	20.10%	10.57%	6900	363.85	46.45	-26.85%
		钢研高纳	300034.SZ	航空航天用高温合金母合金	20.03	3.05	10.50%	28.18%	16.47%	1565	232.68	76.39	-16.39%
		图南股份	300855.SZ	航空用高品质高温合金、特种不锈钢无缝管材	6.98	1.81	6.41%	37.31%	25.98%	520	145.24	80.09	0.64%
	钛合金	宝钛股份	600456.SH	钛及钛合金加工材	52.46	5.60	3.11%	23.27%	11.91%	4406	269.99	48.19	-23.40%
		西部超导	688122.SH	高端钛合金材料和低温超导材料	29.27	7.41	6.00%	40.83%	25.46%	1131	476.16	64.22	8.91%
		西部材料	002149.SZ	钛材、金属复合材料、稀贵金属材料等	23.95	1.33	5.03%	23.05%	7.33%	1688	72.74	54.67	-19.82%
	复合材料	中航高科	600862.SH	航空碳纤维预浸料	38.08	5.91	4.53%	30.07%	15.53%	1598	364.84	61.69	-27.75%
		光威复材	300699.SZ	碳纤维预浸料、碳纤维复合材料	26.07	7.58	8.91%	44.42%	29.00%	1988	365.85	48.24	-17.33%
		中简科技	300777.SZ	高端、高性能型碳纤维产品	4.12	2.01	10.80%	77.08%	48.88%	263	209.06	103.87	-24.88%
		华秦科技	688281.SH	隐身材料及伪装材料	5.12	2.33	10.19%	58.81%	45.55%	221	303.33	130.09	78.94%

4.2 投资图谱——主要上市公司（2021年年报，时间截至2022.8.4）（续）

产业链	证券简称	证券代码	产品（服务）类型	营业收入（亿元）	归母净利润（亿元）	研发支出占收入比例	销售毛利率	销售净利率	员工总数	总市值（亿元）	市盈率 PE-LYR	年初至今涨跌幅	
零部件	锻造	中航重机	600765.SH	高端宇航锻铸造、高端液压系统	87.90	8.91	3.94%	28.33%	11.00%	6629	486.30	54.60	-8.97%
		航亚科技	688510.SH	航空发动机压气机叶片、转动件及结构件	3.13	0.24	16.40%	31.67%	7.73%	439	50.26	207.06	-35.01%
		三角防务	300775.SZ	飞机机身结构件、航空发动机盘件	11.72	4.12	4.91%	46.66%	35.17%	388	238.56	57.86	-7.91%
		航宇科技	688239.SH	航空发动机环形锻件	9.60	1.39	5.07%	32.60%	14.48%	438	100.24	72.15	2.90%
		派克新材	605123.SH	航空发动机环形锻件	17.33	3.04	4.55%	29.00%	17.54%	687	140.40	46.17	-8.68%
	铸造	万泽股份	000534.SZ	航空发动机叶片，高温母合金	6.56	0.95	18.07%	79.36%	13.54%	1038	71.94	75.49	-20.79%
		炼石航空	000697.SZ	高温合金叶片	9.86	-5.55	0.90%	8.49%	-56.35%	1949	57.42	-10.35	-4.06%
		应流股份	603308.SH	航空发动机高温合金热端部件	20.40	2.31	15.69%	36.44%	10.35%	5023	117.84	50.97	-22.80%
	钣金	航发科技	600391.SH	航空发动机及燃气轮机零部件	35.05	0.21	1.92%	12.09%	1.33%	4276	65.76	308.95	-30.50%
动力控制系统	航发控制	000738.SZ	航空发动机控制系统及部件	41.57	4.88	3.65%	28.24%	12.39%	7294	361.02	74.04	-8.45%	
	中航机电	002013.SZ	航空机电系统	149.92	12.71	9.49%	24.41%	9.01%	29118	461.13	36.28	-35.07%	
整机	航发动力	600893.SH	军民用航空发动机整机及部件	341.02	11.88	1.89%	12.49%	3.61%	34195	1407.43	118.51	-17.64%	

核心观点

- **航空发动机产业进入壁垒高，核心机序列化研制模式铸就长坡厚雪赛道。**航空发动机是决定航空武器装备性能的根本，也是工作环境最极端苛刻的分系统，其研制周期长、研发投入大、涉及多学科集成，是一个高门槛、极具技术壁垒、新手难以进入的尖端技术领域。同时航空发动机也是工业部门目前附加值最高的高端制造业，其基于核心机序列化的研制模式，不但可以军民一体化应用，而且产品红利期长，是典型的长坡厚雪赛道。
- **军用飞机加速列装带动批产型号放量、下游高性能需求驱动航发代际升级、实战化训练加速维修换发等多因素驱动行业快速发展。**
“十四五”以来，我国军用飞机型号升级和新机型加速列装对新型航空发动机提出了新需求，军用航发产品线愈发丰富，众多产品将陆续定型批产，随着国产军用航发技术逐渐成熟，国产化率同步提升。同时，鉴于航空发动机的耗材属性，随着实战化训练渐成常态，军用航发损耗加速，驱动航空发动机维修和换发需求。
- **航发产业链竞争格局稳定，整机航发集团为主，中上游逐渐市场化。**目前，军用小涵道比发动机已取得部分突破，新机型迫切需求新型号发动机定型；军民用大涵道比发动机暂时依赖进口，国产新型号正在加速研制。从国内航发产业链来看，整机和动力控制系统以中国航发集团处于绝对领导地位，上游原材料及零部件以航发集团下属科研院所和企业以及其他国资上市企业为主，但随着军民融合加速，新兴民营企业渗透率不断提升。
- **投资策略：坚定看好航空发动机产业链投资机会，建议重点关注航发产业链各环节龙头企业。**鉴于航空发动机行业的高门槛和高技术壁垒以及较为稳定的竞争格局特性，建议重点关注各环节的龙头企业，推荐总装和分系统领域的航发动力和航发控制，零部件领域的三角防务、航发科技、航宇科技、航亚科技、派克新材等，原材料领域的抚顺特钢、钢研高纳、图南股份、西部超导等。

- 局部疫情反复对航空发动机产业链造成影响
- 下游需求不及预期
- 技术研发不及预期
- 汇率波动风险对航空发动机出口造成影响

分析师简介

魏永

SAC执业证书号：S0640520030002，中航证券研究所军工行业联席首席分析师，北京航空航天大学机械工程专业硕士。先后就职于中航光电科技股份有限公司、航天科技集团航天电子技术研究院，熟悉武器装备科研生产管理和国防科技工业产业投融资业务。曾担任长江证券研究所军工组组长，对航空航天、军工电子、无人机、新材料等领域有深度研究。

我们设定的上市公司投资评级如下：

买入	：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅10%以上。
持有	：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅-10%-10%之间
卖出	：未来六个月的投资收益相对沪深300指数跌幅10%以上。

我们设定的行业投资评级如下：

增持	：未来六个月行业增长水平高于同期沪深300指数。
中性	：未来六个月行业增长水平与同期沪深300指数相若。
减持	：未来六个月行业增长水平低于同期沪深300指数。

分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

免责声明

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

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

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代替行使独立判断。在不同时期，中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

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