

高温合金：好风凭借力 借势当起飞

报告要点

● 中国处于军工现代化加速阶段。

我们认为，军强才能国富，在国际局势日趋复杂的情况下，中国将加大国防现代化水平的提升。“多年的技术积淀”为中国进入军工现代化加速阶段提供了“技术层面基础”，“国民经济多年良好发展”为之提供了“经济层面基础”，目前中国处于军工现代化的加速阶段。

● 行业呈现强垄断性和稳定性，高壁垒有利于行业龙头长期享受红利。

具有难以替代和优异高温使用性能的高温合金“技术壁垒高、加工工艺难度大、生产控制条件多而复杂”，在航空发动机及燃气轮机应用方面无可替代（高温合金材料占现代航空发动机总重量的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，此外包括机匣、环件、加力燃烧室和尾喷口等部件。高温合金需求占比中航空航天领域约为55%）。我们认为高温合金材料及制品的“质量可靠性、性能稳定性、外观尺寸精确性”等方面极其苛刻的要求使得行业具有较高的进入壁垒，具有强垄断性和稳定性，行业壁垒主要体现在技术壁垒、市场准入壁垒、质量标准壁垒、经验曲线门槛等方面，新进入者面临较高的进入成本和时间成本。“需求确定性”和“订单无法外溢性”使得中国高温合金行业龙头将充分享受行业的高速发展。

● 高温合金行业迎来黄金发展期。下游需求放量，供需缺口将持续扩大。

中国航空发动机进入加速列装期，我们预计未来10年军用航空发动机所需高温合金有望达6万吨，形成总量约180亿左右大额市场。其他方面，地面和舰船用燃气轮机的使用进一步扩张、核电建设的逐步落实、汽车增压器涡轮的装配率进一步提高等因素，共同促进下游应用的放量，2019年中国高温合金行业产量约27600吨，需求量约48222吨。总体上我们预计未来5年行业需求年均增速有望在8%以上，供需缺口将进一步扩大。

● 总体观点：看好高温合金行业的发展趋势和龙头投资机会。

我们认为，中国目前处于军工现代化的加速阶段。随着国家不断加强重点关键技术的突破和自主化，高温合金行业必将伴随着下游航空发动机和燃气轮机的高速发展以及核电建设的逐步落实、汽车增压器涡轮的装配率进一步提高而迎来行业未来7-8年的高速发展期。中国高温合金行业生产厂商主要包括ST抚钢、宝钢特钢、攀钢集团等特钢企业，产品以变形高温合金为主、产能较大；科研单位主要包括钢研高纳、北京航材院、中科院金属所、西部超导等，技术积淀较为深厚，产品种类覆盖较全，钢研高纳产业化能力相对较强；民企主要以应流股份、万泽股份、图南股份等为代表，为市场新入者，但顺应军民融合趋势逐渐占据部分市场份额。

风险提示：

- 1、军品、民品订单不及预期；
- 2、公司募投项目受阻，订单交付能力不足。

有色金属

评级：中性

日期：2021.02.04

分析师 葛军

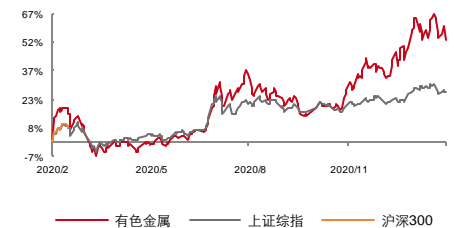
登记编码：S0950519050002

☎：021-61097705

✉：gejun@wkzq.com.cn

行业表现

2021/2/4



资料来源：Wind，聚源

相关研究

- 《2021年新能源汽车产业链投资策略：溢出与涌现》(2021/1/19)
- 《锂想系列12：NIO Day对于上游资源的启示》(2021/1/10)
- 《锂想系列11：摆钟向上、资源为王，重视锂精矿的价格弹性》(2021/1/7)
- 《2021年有色金属行业投资策略》(2020/12/3)
- 《【五矿证券研究所】新能源汽车产业链2021年度投资策略》(2020/12/3)
- 《锂想系列10：澳矿商Altura进入破产接管程序引发锂精矿价格反弹》(2020/11/8)
- 《China Lithium Supply & Demand Dynamics (锂行业发展趋势回顾与展望)》(2020/10/26)
- 《锂想系列9：新周期的新要求，SQM盐湖提锂变革的启示》(2020/10/16)
- 《锂想系列8：关于海外锂资源标的重估的思考》(2020/10/8)
- 《锂想系列7：新的周期起点，再论锂价》(2020/9/21)

内容目录

一 高温合金（superalloy）的超能力	5
1.1 什么是高温合金	5
(1) 高温合金分为多个种类	6
(2) 多种组分相互作用形成高温性能	7
1.2 高温合金技术密集度高 附加值高	7
(1) 产业链中参与者“三足鼎立”	8
(2) 熔炼与热加工为关键工艺	9
(3) 单晶、热障涂层、高效冷却技术为发展趋势	11
(4) 高技术壁垒带来高附加值	14
1.3 航空发动机技术的加速发展对高温合金材料提出更高的性能要求	14
二 好风凭借力	16
2.1 军工现代化加速之风	16
(1) 老旧军机代际、性能落后，亟需换代	17
(2) 新式主战装备陆续定型，亟待放量	18
2.2 “飞发分离”与“两机”专项之风	19
三 供需缺口不断扩大 高温合金企业亟待扩产	22
3.1 下游应用领域广阔 市场空间利润巨大	22
(1) 高温合金——航空航天发动机的应用	23
(2) 高温合金——舰船燃气轮机的应用	25
(3) 高温合金——汽车废气增压器涡轮的应用	26
(4) 高温合金——原子能工业的应用	27
(5) 高温合金——石油化工的应用	27
3.2 中国高温合金起步较晚 产量为明显短板	28
(1) 通用电气（GE）：掌握核心技术，与下游联系紧密	31
(2) 阿勒格尼技术（ATI）：特钢资质，专注航空领域	31
(3) 精密铸件公司（PCC）：铸造业的巅峰	32
(4) ST 抚钢：特钢行业先驱，军工辐射民用	33
(5) 钢研高纳：技术积淀深厚，高温合金专精	33
(6) 应流股份：中国精铸龙头，立足核电航空	34
(7) 万泽股份：转型新入者，产研相结合	34
3.3 质和量均存在缺口 产量难追需求	35
四 展望：行业寡头垄断属性将延续	36
风险提示	37

图表目录

图表 1: 高温合金具有优异的高温高强、抗热腐蚀、耐疲劳、抗氧化性能, 组织结构稳定可靠.....	5
图表 2: 耐高温金属材料的分类.....	5
图表 3: 高温合金可按集体元素、成型方式、强化类型进行分类.....	6
图表 4: 不同高温合金具有不同的使用范围.....	6
图表 5: 高温合金各组分相互作用共筑耐热性能.....	7
图表 6: 高温合金产业链.....	8
图表 7: 中国高温合金主要企业优势产品.....	8
图表 8: 铸造高温合金产业链.....	9
图表 9: 粉末高温合金产业链.....	9
图表 10: 新型高温合金产业链.....	9
图表 11: 高温合金工艺流程图.....	10
图表 12: 高温合金熔炼工艺分为单炼、双联和三联.....	10
图表 13: 相较国外, 中国高温合金杂质含量较高.....	10
图表 14: 不同热加工工艺各有利弊.....	11
图表 15: Ni 基高温合金核心技术演进谱图.....	12
图表 16: 等轴晶、柱状晶、单晶的形成原理.....	12
图表 17: 定向凝固技术的机理.....	12
图表 18: 单晶高温合金加工工艺主要分为籽晶法和选晶法.....	12
图表 19: 不同类型的热障涂层对比.....	13
图表 20: 叶片冷却结构.....	13
图表 21: 气膜冷却发展历程.....	13
图表 22: 高温合金产量虽少, 市场规模却达百亿 (单位: 万吨).....	14
图表 23: 高温合金占航空发动机材料成本的 35%.....	14
图表 24: 美国航空发动机与高温合金发展并驾齐驱.....	14
图表 25: 飞机发动机的更新换代要求涡轮前温度不断提高.....	15
图表 26: 单晶高温合金在涡轮叶片上的应用.....	15
图表 27: 高温合金伴随着航空发动机的更新换代不断发展.....	16
图表 28: 全球国防支出稳步提升 (单位: 百万美元).....	17
图表 29: 中国国防支出逐年创新高 (单位: 亿元).....	17
图表 30: 局势动荡之际, 国防预算与军机量俱增 (单位: 万元、%).....	17
图表 31: 装备费占比提升至 41% (单位: %).....	17
图表 32: 2020 年全球装备军机数量前十的国家 (单位: 架).....	17
图表 33: 中美各机种数量都存在差距 (单位: 架).....	17
图表 34: 中国战斗机代系以三、四代机为主 (单位: 架).....	18
图表 35: 美国战斗机代系以四、五代机为主 (单位: 架).....	18
图表 36: 中美战机机型对比.....	18
图表 37: 新主战装备于 16 年起陆续服役.....	18
图表 38: 2012 年以来航空发动机与燃气轮机研发政策.....	19
图表 39: 国产民用飞机多装配国外航发.....	20
图表 40: 涡扇发动机产品时间表.....	21
图表 41: 民用航空发动机市场份额被几家龙头占据.....	21
图表 42: 中国商发在研的民用航空发动机谱系.....	21
图表 43: 全球高温合金市场规模 (单位: 亿美元).....	22
图表 44: 全球高温合金消费区域分布 (单位: %).....	22
图表 45: 高温合金下游应用广泛.....	22

图表 46: 高温合金 55%供应于航空航天领域.....	23
图表 47: 中国高温合金军用占比高达 80%.....	23
图表 48: 先进航空发动机中关键热端部件（红色部分）为高温合金.....	23
图表 49: 高温合金主要用于四大热端部件.....	23
图表 50: 航空发动机主要零件选材.....	24
图表 51: 2020-2029 年军用飞机需求及市场规模预测.....	24
图表 52: 火箭发动机外观图.....	25
图表 53: 液体火箭发动机构造图.....	25
图表 54: 2020 年世界各国火箭发射次数（单位：次）.....	25
图表 55: 中国每年航天发射次数（单位：次）.....	25
图表 56: 我们预计至 2030 年、2050 年舰船燃气轮机用高温合金需求量约为 6.2 万吨、8.3 万吨.....	26
图表 57: 中国汽车增压涡轮器高温合金每年用量达 2400 吨以上（单位：吨）.....	26
图表 58: 2019 年全球各地区核电消费量（单位：EJ）.....	27
图表 59: 中国已投入运营机组及在建机组.....	27
图表 60: 2010-2021 中国核电设备容量（单位：万千瓦，%）.....	27
图表 61: 2010-2021 年中国在建机组数（单位：座）.....	27
图表 62: 陆地石油开采用高温合金（标注部分）.....	28
图表 63: 海洋石油开采用高温合金（标注部分）.....	28
图表 64: 乙烯裂解炉管.....	28
图表 65: 乙烯产量逐年增加（单位：万吨）.....	28
图表 66: 国外高温合金行业起步早于中国 30 年.....	29
图表 67: 2009 年国际高温合金生产商及其产量（单位：千吨）.....	29
图表 68: 国外高温合金主要生产企业.....	29
图表 69: 美国高温合金生产商分布图.....	30
图表 70: 中国高温合金生产商分布图.....	30
图表 71: GE 公司航空发动机与燃气轮机两架马车并驾齐驱.....	31
图表 72: 公司航空航天与国防领域收入占比较大、略有提升（单位：%）.....	32
图表 73: 公司 HPMC 部门 78%收入来自于航空航天和国防部门.....	32
图表 74: PCC 公司航空板块收入占比逐年增大（单位：%）.....	32
图表 75: 主要客户通用电气的各产品营收占比（单位：%）.....	32
图表 76: PCC 公司的“积累客户”与“收购扩张”两步走战略.....	32
图表 77: ST 抚钢以满足国家特殊钢材需求为己任，有丰富的承担国家重大项目的经验.....	33
图表 78: 钢研高纳产品及下游市场.....	33
图表 79: 应流股份增资顺利，助其扩大产能.....	34
图表 80: 万泽股份以自有资金持续投入高温合金业务.....	35
图表 81: 国产高温合金质量与国际先进水平仍有较大差距.....	35
图表 82: 高温合金供需缺口逐年扩大，40%以上依赖进口（单位：吨）.....	36
图表 83: 2019 年中国高温合金上市企业高温合金业务营收（单位：万元）.....	36
图表 84: 高温合金生产商先后启动扩产项目.....	36
图表 85: 高温合金行业壁垒主要分为五方面.....	37

一 高温合金（superalloy）的超能力

高温合金在高温恶劣环境中仍能保持较高的力学性能，是现代航空发动机、航天器和火箭发动机及舰艇和工业燃气轮机的关键热端部件（如涡轮叶片、导向器叶片、涡轮盘、燃烧室和机匣等）材料，也是核反应堆、化工设备、煤转化技术等方面重要的高温结构材料。作为航空航天“发动机的基石”，其耐热性能的差距是决定中国与国外航空发动机、火箭发动机和燃气轮机性能差距的根本原因。

图表 1：高温合金具有优异的高温高强、抗热腐蚀、耐疲劳、抗氧化性能，组织结构稳定可靠



资料来源：《高温合金材料学》、《镍基高温合金材料的研究进展》，五矿证券研究所

1.1 什么是高温合金

高温合金是指以铁、镍、钴为基，能在 600℃ 以上的高温及一定应力作用下长期工作的一类金属材料，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，其四大要素：耐高温、抗较大应力、表面稳定化和高合金化缺一不可。又被称为热强合金、耐热合金或“超合金”。

金属材料的耐热性包含高温抗氧化性和高温强度两个方面，因此高温合金所强调的不是耐受温度的最高值，而是在较高温度下仍然抗氧化且具有高强度的性质。其他高温性能较好的材料，如碳/碳复合材料，是如今在 1650℃ 以上应用的少数备选材料，最高理论温度更高达 2600℃，但它在温度高于 400℃ 的有氧环境中发生氧化反应，导致材料的性能急剧下降，因此不能应用于长期高温条件的环境中。而高温合金能够在 600℃~1200℃ 的高温下保持极高的强度和硬度以承受较高的载荷，因此被广泛应用于航空、航天发动机，石油钻井零部件，化工裂解炉，舰船燃气轮机等领域。

图表 2：耐高温金属材料的分类

耐高温金属材料	耐热钢	奥氏体耐热钢	500~700℃
		马氏体耐热钢	
		铁素体耐热钢	
		珠光体耐热钢	
	高温合金	-	600~1200℃

资料来源：《耐热钢和高温合金》，五矿证券研究所

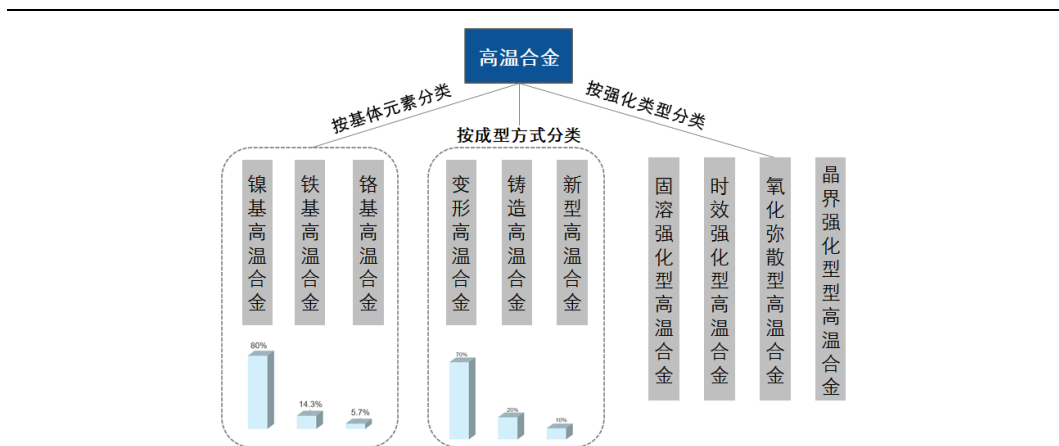
(1) 高温合金分为多个种类

按照合金基体元素的种类分类，高温合金可分为铁基（含铁镍基）、镍基和钴基 3 类。其中，镍基高温合金占到总量的 80%，铁基高温合金占 14.3%，钴基高温合金占 5.7%。

按照合金材料成形方式不同，高温合金可分为变形高温合金、铸造高温合金（包括等轴晶铸造高温合金、定向凝固柱高温合金和单晶高温合金）和新型高温合金（包括粉末高温合金、Ti-Al 系金属间化合物、氧化物弥散强化高温合金、耐蚀高温合金等）3 类。其中，变形高温合金应用范围最广，占比达 70%，铸造高温合金位居其次，占比 20%，新型高温合金仅占 10%。

按照合金强化类型分类，高温合金可分为固溶强化型、时效强化型、弥散强化型和晶界强化型等。

图表 3：高温合金可按集体元素、成型方式、强化类型进行分类



资料来源：《高温合金的分类》 五矿证券研究所

图表 4：不同高温合金具有不同的使用范围

分类方式	类型	主要特点
按基体元素分类	镍基高温合金	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，如涡轮部分涡轮叶片、导向器等
	铁基高温合金	使用温度较低（600~850℃），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
	铬基高温合金	使用温度约 950℃，铸造性和焊接性良好，主要用于做导向器材料，由于钴资源较少、价格昂贵，生产和使用受到限制
按成型方式分类	变形高温合金	变形高温合金是指可以进行热、冷变形加工，工作温度范围 -253~1320℃，具有较高的抗氧化、抗腐蚀性能的一类合金
	铸造高温合金	采用铸造工艺制成零件，具有更宽的成份范围和具有更广阔的应用领域，分为在 -253~950℃使用的等轴晶铸造高温合金、在 950~1100℃使用的定向凝固柱晶和单晶高温合金
	新型高温合金	采用雾化高温合金粉末，经热等静压成型或热等静压后再经锻造成型，粉末冶金高温合金可以满足应力水平较高的发动机的使用要求，是高推重比发动机涡轮盘、压气机盘和涡轮挡板等高温部件的选择材料
按强化类型分类	固溶强化型高温合金	使用温度范围为 900~1300℃，最高抗氧化温度达 1320℃。例：GH128 合金。一般用于制作航空、航天发动机燃烧室、机匣等部件
	时效强化型高温合金	使用温度为 -253~950℃，例：GH4169 合金。一般用于制作

航空、航天发动机的涡轮盘与叶片等结构件



















按强化类型分类	氧化弥散性高温合金	采用独特的机械合金化（MA）工艺，超细的在高温下具有超稳定的氧化物弥散强化相均匀地分散于合金基体中，而形成的一种特殊的高温合金，目前已实现商业化生产的主要有三种 ODS 合金：MA956 合金、MA754 合金、MA6000 合金
	晶界强化型高温合金	采用独特的机械合金化（MA）工艺，超细的（小于 50nm）在高温下具有超稳定的氧化物弥散强化相均匀地分散于合金基体中，而形成的一种特殊的高温合金

资料来源：中国金属学会高温材料分会，五矿证券研究所

（2）多种组分相互作用形成高温性能

除基体元素（铁、钴、镍）外，高温合金中需加入其他组分起到改善合金性能的作用，比如添加 Ta、Re、W、Mo 等难熔元素以增强其高温稳定性，形成 γ' 、 γ'' 、MC 等增强相；添加稀土元素，可与镍基合金中的氧、硫、磷等生成熔点极高的化合物（稀土氧化物的熔点在 $2000^{\circ}\text{C} \sim 2473^{\circ}\text{C}$ ，稀土硫化物的熔点在 $1973^{\circ}\text{C} \sim 2573^{\circ}\text{C}$ ）等。

图表 5：高温合金各组分相互作用共筑耐热性能

		镍：过渡金属，质硬，具延展性。电子排布 $3d^8 4s^2$ 或 $3d^9 4s^1$ ，密度 8.908 g cm^{-3} ，熔点 1455°C 。大块的镍金属与周围的空气反应缓慢，表面形成了一层带保护性质的氧化物，因此被大量的应用于生产不锈钢。
		钴：过渡金属，电子排布 $3d^7 4s^2$ ，密度 8.9 g cm^{-3} ，熔点 1495°C 。在硬度、抗拉强度、机械加工性能、热力学性质、的电化学行为方面与铁和镍相类似。
		铼：过渡金属，电子排布 $4f^{14} 5d^5 6s^2$ ，密度 21.02 g cm^{-3} ，熔点 1907°C ，是硬度最大的金属。
		钌：过渡金属，电子排布 $3d^7 4s^1$ ，密度 12.02 g cm^{-3} ，熔点 3186°C 。在基体中 Re 形成的短程有序的原子团阻碍位错运动，显著强化合金的强度。单晶高温合金中添加少量 Re，可以使蠕变强度和焊接性能的提高非常显著。
		铪：过渡金属，电子排布 $4f^{14} 5d^2 6s^2$ ，密度 13.31 g cm^{-3} ，熔点 2233°C 。Hf 元素在晶界位置偏聚起到强化晶界的作用。富 Hf 使枝晶间的熔体流动性及浸润性增强，对合金热裂倾向的降低、合金可铸性和焊接性能的提高非常显著。
		钌：轻金属，电子排布 $5s^1$ ，密度 1.532 g cm^{-3} ，熔点 38.89°C 。Ru 可以使合金获得更好的组织稳定性；抗氧化、抗腐蚀和抗蠕变性能明显提高，从而使镍基高温合金具有优异的力学性能和稳定的微观组织结构。
		钇：密度 5.01 g cm^{-3} ，熔点 1522°C 。Y 可以改善合金的应力断裂性能、抗氧化性。通过与其他有害元素的反应形成较少的有害相和形成细枝晶是 Y 掺杂的有益机制。
		硼：电子排布 $2s^2 2p^1$ 密度，熔点 2180°C 。通过降低晶界能使系统的自由能降低，一定含量的 B 显著影响镍基高温合金的持久性能和蠕变性能。
		碳：电子排布，密度 1.8 g cm^{-3} ，熔点 3500°C 。C 的熔入使液态合金的流动性得以提高，其铸造性能得以改善。适量提高 C 含量，合金组织中碳化物分布变得均匀，持久寿命明显提高。

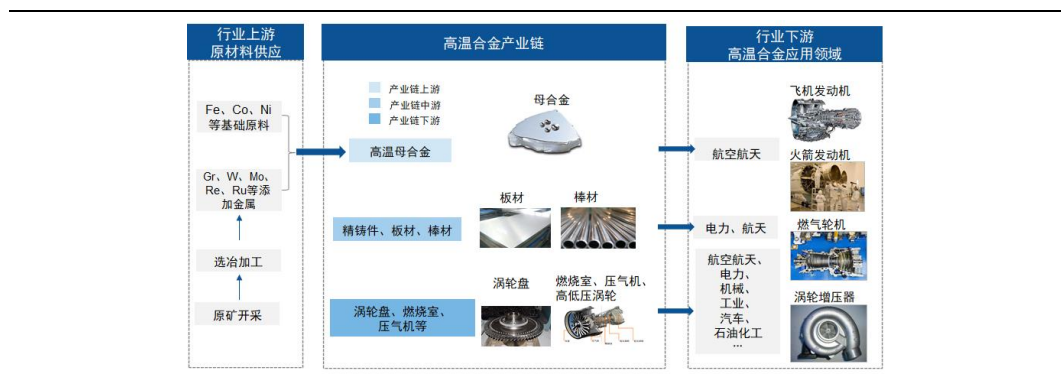
资料来源：《微量元素对镍基高温合金微观组织与力学性能的影响》，五矿证券研究所

1.2 高温合金技术密集度高 附加值高

高温合金行业上游为有色金属矿山企业，下游为航空航天、电力、机械、石油化工、汽车等行业，应用领域广泛。由于高温合金技术复杂，产品多为非标准化，产品类型随下游需求不同进行调整，比如军工领域通常采用合约订购、外协加工的方式定制产品。

高温合金产业链可细分为三个环节：（1）母合金制备。高温合金冶炼是生产高温合金产品的基础，涉及合金含量配比、冶炼过程操控等复杂的工艺技术，技术难度大，如果合金冶炼出现质量问题，则影响后端产品的质量；（2）精铸件、板材、棒材等半成品的制备。采用锻造、机加工、热处理、精铸等技术，可制造形状复杂、尺寸精度高的板材、棒材和精铸件等半产品；（3）涡轮盘、燃烧室、压气机、导向器、调节片等产品，高温合金企业需要开发、设计、生产产品，配备完整的产品设计、质量检测等体系。

图表 6：高温合金产业链



资料来源：图南股份、钢研高纳公司公告，五矿证券研究所

(1) 产业链中参与者“三足鼎立”

高温合金行业参与者包括特钢企业、科研单位、高温合金厂等。特钢企业主要包括 ST 抚钢、宝钢特钢、攀钢集团等，其产能较大，产品以变形高温合金为主；科研单位主要包括钢研高纳、北京航材院、中科院金属所、西部超导等，技术积淀较为深厚，产品种类覆盖较全；民企主要以应流股份、万泽股份、图南股份等为代表，为市场新入者，但顺应军民融合趋势逐渐占据部分市场份额。

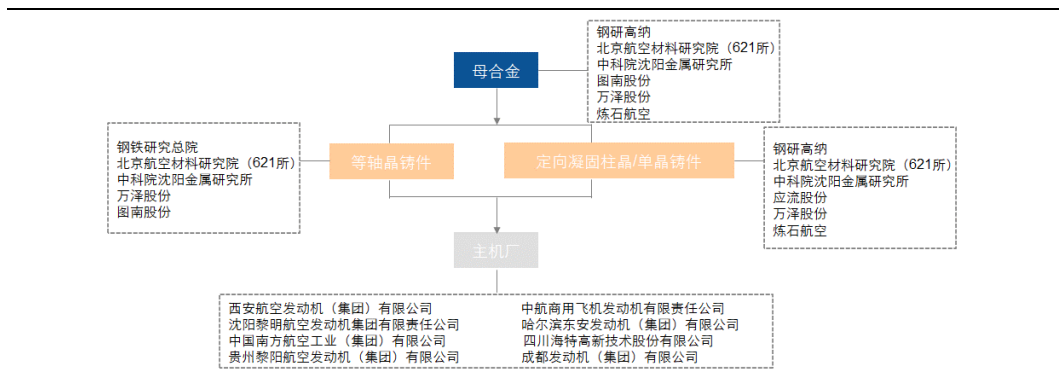
图表 7：中国高温合金主要企业优势产品

	公司名称	优势产品
特钢企业	ST 抚钢	变形高温合金为主，产能规模最大
	宝钢特钢	变形高温合金为主，主要供应民品
	攀钢集团	变形高温合金，主要产品为锻材和轧材
科研单位	北京航空材料研究院（621 所）	技术实力出众，具有高性能材料的小批量生产和高难度重要部件的研制与开发能力，产品覆盖高温合金母合金、铸造高温合金、粉末冶金高温合金等
	中科院金属所	以师昌续院士为首的研究团队，以科研和攻关国家重大项目为主，旗下有新三板公司中科三耐
	西部超导	西北有色金属院旗下，产品覆盖变形、铸造和粉末高温合金母合金等
	钢研高纳	北京钢研院旗下，产品覆盖铸造、变形和新型高温合金
民企	应流股份	年产 20 万件高温合金叶片产能，主要应用于航空发动机和燃气轮机领域，母合金需外购
	万泽股份	精密铸造叶片、粉末冶金涡轮盘、高温合金母合金及合金粉末
	图南股份	铸造、变形高温合金为主
	炼石航空	含铼单晶高温合金
	永兴材料	耐蚀高温合金，成功研发 GH2132 高温合金材料，替代进口，并实现批量供货

资料来源：各公司官网及公告，五矿证券研究所

其中细分领域铸造高温合金的产业链结构中，母合金的制造商主要有钢研高纳、北京航空材料研究院、中科院沈阳金属研究所和图南股份等；按照铸造工艺的不同，又可分为等轴晶铸件和定向凝固柱晶/单晶铸件，分别有不同的生产商，供应给下游的航空发动机主机厂。

图表 8：铸造高温合金产业链



资料来源：各公司官网，五矿证券研究所

细分领域粉末高温合金的产业链结构中，主要包括母合金-制粉-粉末合金盘-主机厂四个环节的参与者。

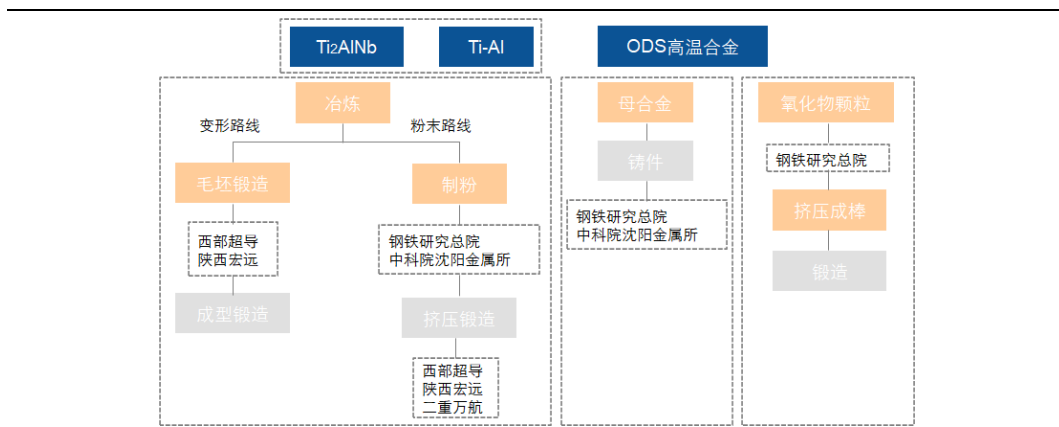
图表 9：粉末高温合金产业链



资料来源：各公司官网，五矿证券研究所

细分领域新型高温合金的产业链中，Ti-Al 合金冶炼后可以分为变形路线和粉末路线；ODS 高温合金则主要有母合金-氧化物颗粒-挤压-锻造几步生产环节。

图表 10：新型高温合金产业链



资料来源：各公司官网，五矿证券研究所

(2) 熔炼与热加工为关键工艺

高温合金生产过程中涉及真空熔炼、热加工、化学检测、探伤、性能检测等诸多技术环节，全部工艺过程包括温度、湿度、压力、电流等几千个参数，产业链长、产品系列多、生产技术复杂，任一环节出现问题，都会严重影响高温合金的性能和质量的稳定，因此需要反复实

验、探索，技术和生产壁垒非常高。

图表 11：高温合金工艺流程图



资料来源：钢研高纳招股说明书，五矿证券研究所

现代工业技术的发展要求高温合金的质量更高、组织更均匀、性能更稳定，能制造更大的零部件。为此必须重视生产工艺的研究，特别是熔炼和热加工生产工艺。

熔炼工序为母合金制备过程中的关键环节，中国外高温合金的熔炼方法包括单炼、双联及三联工艺。

图表 12：高温合金熔炼工艺分为单炼、双联和三联

熔炼方法	熔炼工艺
单炼工艺	AAM（电弧炉熔炼）、AIM（感应炉熔炼）、VIM（真空感应炉熔炼）、VAR（真空电弧熔炼）、ESR（电渣熔炼）、EBM（电子束熔炼）、EBCHR（电子束冷室炉床熔炼）、PAF（等离子电弧炉熔炼）、PIF（等离子感应炉熔炼）
双联工艺	VAR（真空电弧重熔）、VADER（真空电弧双电极重熔）、VIR（双真空熔炼）、NAV（非自耗）、PMV（等离子）、ESR（电渣重熔）、EVR（真空感应加电渣重熔）、NER（非自耗）、PAR（等离子重熔）、EBM（电子束重熔）、VEB 或 VIM+EBCFM（真空感应加电子束）、NEB（非自耗电电极加电子束）
三联工艺	VIM+VAR+ESR、VIM+ESR+VAR、NAV+EBM+VAR

资料来源：《高温合金熔炼工艺讨论》，五矿证券研究所

中国外高温合金的熔炼方法中应用最广泛、最普及的为真空感应炉、真空自耗炉和电渣炉，其中真空感应熔炼（VIM）是熔炼高温合金众多方法中最重要、最有效的方法。

与国外对比，俄罗斯粉末高温合金采用 VIM 或 VIM+VAR 双联熔炼工艺；美国粉末高温合金采用 VIM+ESR+VAR 三联熔炼工艺；而中国粉末高温合金基本采用 VIM 单炼工艺，这是导致中国粉末涡轮盘纯净度尚未达到国外先进水平的主要原因之一。

图表 13：相较国外，中国高温合金杂质含量较高

熔炼工艺	杂质含量
VIR，美国 CM 公司	O、N、S 含量为 1×10^{-6}
VIM（CaO 坩埚）	O、S 含量 $< 10 \times 10^{-6}$ ，N 含量为 10×10^{-6}

国外	EBCHR	O、S 含量为 $(4-5) \times 10^{-6}$ ，N 含量为 $(20-40) \times 10^{-6}$
	VIM+ESR+VAR	-
中国	VIM+EBR	O 含量为 7×10^{-6} ，N 含量为 60×10^{-6}
	VIM+电磁搅拌	S 含量 $< 10 \times 10^{-6}$ ，O 含量 $< 1 \times 10^{-6}$ ，N 含量为 4×10^{-6}
	VIM+VAR	S 含量为 $(10-19) \times 10^{-6}$ ，O 含量为 $(10-19) \times 10^{-6}$ ，N 含量为 52×10^{-6} ，H 含量为 10×10^{-6}
	VIM+ESR	S 含量为 $(8-19) \times 10^{-6}$ ，O 含量为 $(5-9) \times 10^{-6}$
	VIM+VAR+ESR	S 含量为 11×10^{-6} ，O 含量为 24×10^{-6} ，N 含量为 65×10^{-6}
	VIM+VAR+ESR (Ar)	S 含量为 7×10^{-6} ，O 含量为 5×10^{-6} ，N 含量为 53×10^{-6}
	VIM (CaO 坩埚)	S 含量 $< 5 \times 10^{-6}$ ，O 含量 $< 5 \times 10^{-6}$ ，N 含量为 3×10^{-6}

资料来源：《高温合金熔炼工艺讨论》，五矿证券研究所

热加工是在高于再结晶温度的条件下，使金属材料同时产生塑性变形和再结晶的加工方法。热加工通常包括铸造、锻造、焊接、热处理等工艺。

图表 14：不同热加工工艺各有利弊

	方法	优点	缺点
铸造	指通过加热将金属融化成液态，再加入预先制作好的模具中，使其冷却凝固，得到预定的形状	1、复杂性成形快捷 2、尺寸精度高 3、表面粗糙度低	1、铸造组织疏松、晶粒粗大、内部易产生缩孔、缩松、气孔等缺陷； 2、铸造工序多，且难于精确控制，使得铸件质量不够稳定
锻造	利用机械等设备对金属坯料施加压力，使其产生变形，进而获得一定尺寸、形状和功能的加工工艺	1、锻造能消除金属在冶炼过程中产生的铸态疏松等缺陷，优化微观组织结构 2、保存了完整的金属流线，锻件的机械性能一般优于同样材料的铸件	1、不能直接锻制成形状复杂的零件 2、尺寸精度不高 3、需要重型的机器设备和复杂的工模具
焊接	利用加热、高温或者高压的方式实现金属的接合	1、接头的力学性能与使用性能良好； 2、与铆接相比，采用焊接工艺制造的金属结构重量轻，节约原材料，制造周期短，成本低	1、焊接接头的组织和性能与母材相比会发生变化； 2、容易产生焊接裂纹等缺陷； 3、焊接后会产生残余应力与变形

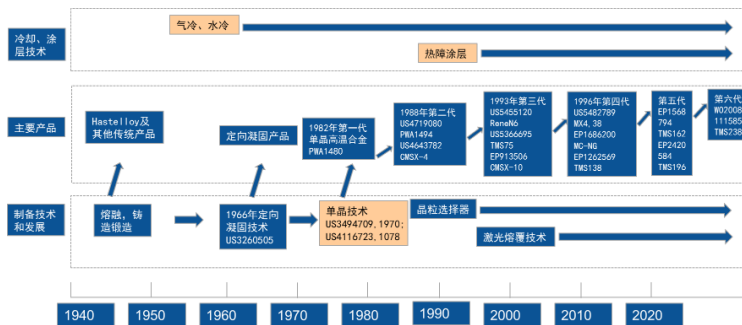
资料来源：《金属材料工艺种类及加工方法探讨》，五矿证券研究所

高温合金由于其复杂、恶劣的工作环境，其加工表面完整性对于其性能的发挥具有非常重要的作用。但是高温合金是典型的难加工材料，其微观强化项硬度高，加工硬化程度严重，并且其具有高抗剪切应力和低导热率，切削区域的切削力和切削温度高，在加工过程中经常出现加工表面质量低、刀具破损非常严重等问题。在一般切削条件下，高温合金表层会产生硬化层、残余应力、白层、黑层、晶粒变形层等过大的问题。因此热加工是高温合金生产加工过程中的关键工艺。

（3）单晶、热障涂层、高效冷却技术为发展趋势

制备技术的升级促进产品的更新换代，高温基体性能得到提升，同时热障涂层以及气冷、水冷等辅助技术的发展大幅提升了合金产品的耐高温性能。单晶高温合金、热障涂层与高效冷却技术并重为先进航空发动机涡轮叶片的三大关键科学技术。

图表 15: Ni 基高温合金核心技术演进谱图

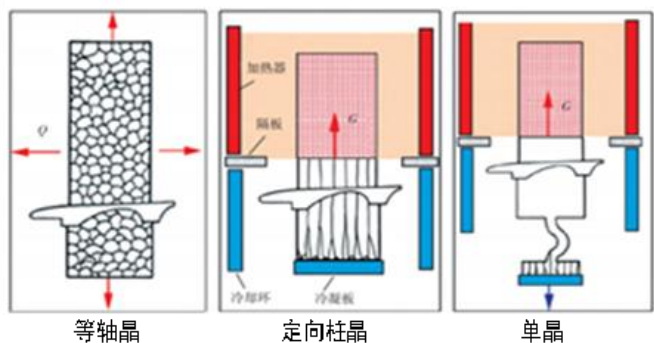


资料来源:《镍基高温合金核心技术发展》, 五矿证券研究所

➤ 单晶高温合金技术

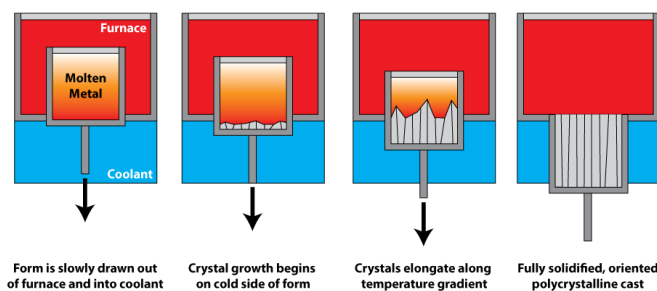
航空发动机是飞机的“心脏”，涡轮叶片是心脏的“主动脉”。涡轮叶片的材质可以分为等轴晶、定向柱晶以及单晶，其中使用单晶高温合金制备的叶片没有晶界，减少了降低熔点的晶界强化元素、提高了合金的初熔温度，能够在较高温度范围进行固溶处理，相比等轴晶和定向柱晶高温合金强度得到大幅提高，其铸造工艺直接决定航空发动机的性能，是一个国家航空工业水平的显著标志之一。

图表 16: 等轴晶、柱状晶、单晶的形成原理



资料来源:《高温合金叶片单晶凝固技术的新发展》五矿证券研究所

图表 17: 定向凝固技术的机理



资料来源: Wikimedia Commons, 五矿证券研究所

自 20 世纪 80 年代 PWA1480 单晶高温合金成功研制，国外单晶高温合金迅猛发展，至 2000 年已研制出第四代单晶合金。中国起步较晚，起先以仿制为主，现已研发出第三代单晶高温合金 DD33、DD9，以及第四代单晶高温合金 DD91、DD15 等。

单晶高温合金加工工艺不断改进，温度梯度和晶体生长速度的控制、选晶器的优化都为制备更优质的单晶高温合金打下基础：

图表 18: 单晶高温合金加工工艺主要分为籽晶法和选晶法

类型	介绍
籽晶法	将籽晶安放在模壳底部，将过热的熔融金属液浇注在籽晶上面，使籽晶部分熔化，再恰当地控制固液界面前沿液体中的温度梯度和晶体的生长速度，金属熔液就会从未被熔化的籽晶部分开始往金属液中生长，并最终形成晶体取向与籽晶相同的单晶。
选晶法	单晶选晶器结构可归纳为四种类型：螺旋型、倾斜型、转折型、缩颈型，当前使用频率最高的为螺旋型选晶器。其原理是利用选晶器的狭窄界面，只允许一个晶粒长出它的顶部，随着晶粒长满整个型腔，得到单晶体。

资料来源:《镍基单晶高温合金的研发进展》, 五矿证券研究所

➤ 热障涂层 (Thermal Barrier Coatings)

热障涂层是指由金属缓冲层（或称金属粘结层）和陶瓷表面涂层组成的双层隔热系统，具备熔点高、热膨胀系数较大、热导率较低的特点。金属缓冲层减少了界面应力，避免陶瓷层的剥落。热障涂层在高温合金叶片和高温燃气之间提供隔热层和抗氧化层，降低金属部件的温度，提高高温合金的工作温度。同时可降低冷却空气需求量而显著改善发动机性能，或在当前使用温度条件下延长部件的使用寿命。

图表 19：不同类型的热障涂层对比

类型	发展现状
热障涂层陶瓷层材料	YSZ 涂层 7%~8% (质量分数) 氧化钇稳定氧化锆 (YSZ) 是目前研究最多、应用最广泛的热障涂层材料
新一代热障涂层陶瓷层材料	在 ZrO ₂ 中掺杂两种或两种以上的稀土氧化物、Gd ₂ O ₃ -Yb ₂ O ₃ -YSZ 涂层等
热障涂层黏结层材料	MCrAlY 黏结层材料 MCrAlY (M: Ni, Co 或 Ni+Co) 的抗氧化和抗热腐蚀的综合性能较好，是目前普遍使用的一种热障涂层黏结层材料。
新一代热障涂层黏结层材料	Ru+Pt、Hf、Dy、Zr、Y 等改性的 NiAl 合金新一代热障涂层黏结层材料可在 1150℃ 以上温度抗高温氧化腐蚀，且与先进的高温合金单晶保持低扩散特性。

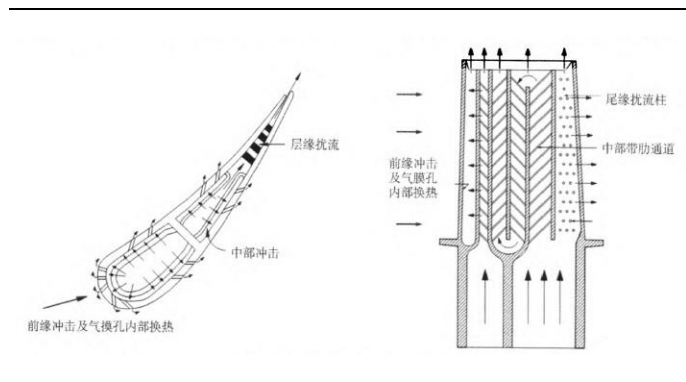
资料来源：《新一代超高温热障涂层研究》，五矿证券研究所

➤ 高效冷却技术

目前冷却技术主要围绕高新的冷却结构和冷却介质开展研究。冷却结构方面采用冲击孔和气膜冷却结构为主；冷却介质方面采用空气、蒸汽等。

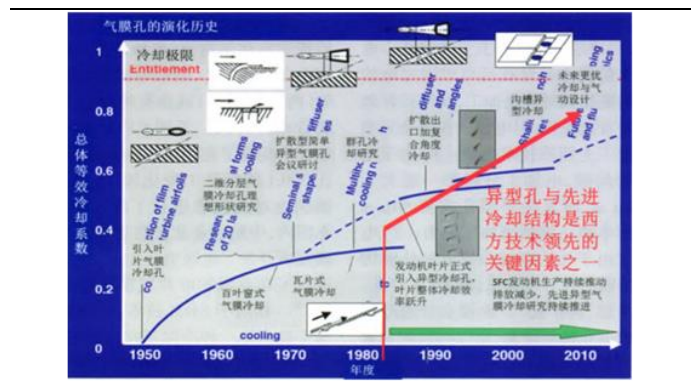
冷却结构：现代涡轮叶片基本冷却方式有气膜冷却、冲击冷却、强化换热冷却等，基本原理是冷气从叶片根部流入，通过带肋壁强化换热的冷却通道对叶片表面进行冷却，一部分冷气通过冲击孔，以冲击冷却的方式对叶片前缘进行冷却后流出，一部分通过气膜孔流出从而在叶片表面形成气膜冷却保护，最后冷却气体经尾缘扰流柱强化换热后从排气缝流出。

图表 20：叶片冷却结构



资料来源：《燃气轮机高温叶片内部冷却技术概述》，五矿证券研究所

图表 21：气膜冷却发展历程



资料来源：《涡轮叶片先进气膜冷却与相关激光打孔技术进展》，五矿证券研究所

冷却介质：基本冷却介质有空气、蒸汽、汽雾等。空气冷却发展最早，应用最为广泛。但用于冷却的空气使得用于燃烧的空气量减少，大大减小涡轮系统的循环热效率和输出功率，因此产生替代空气的其他冷却介质；蒸汽冷却技术以水蒸气作为冷媒对燃气轮机热端部件进行冷却，但由于蒸汽消耗量较大，冷却蒸汽在流动中将消耗较多的可用功率，从而导致系统总效率的减少；汽雾冷却是向蒸汽中添加水雾形成的汽雾两相流来改善蒸汽换热能力，既保证有效的冷却，又提高涡轮系统的整体性能。汽雾冷却与传统空气冷却相比，具备换热系数较高、强化冷却效果好和结构简单的优点。

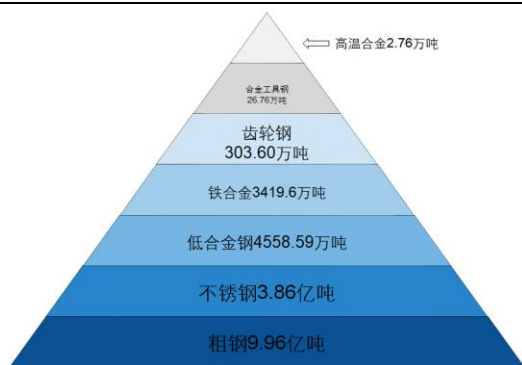
(4) 高技术壁垒带来高附加值

高温合金材料主要应用于高温、高压或腐蚀性极端恶劣条件下，要求材料具备很高的质量可靠性、性能稳定性和尺寸精确性，材料生产加工的技术含量高，能够进入该领域的企业数量有限；高温合金产品的性能稳定性和质量可靠性是用户最先考虑的因素，用户一旦选定供应商后，不会轻易更换；而且较先进入的企业参与行业标准的制订，对于标准的可行性和实施路径有得天独厚的优势。

高温合金产品毛利率高、附加值高。2019年中国高温合金产量不足3万吨，对比其他钢材产品：高温合金产量仅为粗钢的0.028%、不锈钢的0.072%、合金工具钢的10.31%，但市场规模已达百亿。

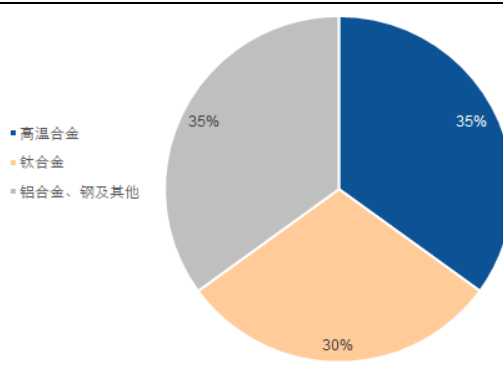
航空发动机使用的原材料主要是高温合金、钛合金和铝合金、钢等，价值占比分别为35%、30%和30%左右，高温合金为价值占比最高的原材料。

图表 22：高温合金产量虽少，市场规模却达百亿（单位：万吨）



资料来源：wind，五矿证券研究所

图表 23：高温合金占航空发动机材料成本的 35%



资料来源：前瞻产业研究院，五矿证券研究所

1.3 航空发动机技术的加速发展对高温合金材料提出更高的性能要求

高温合金的发展史同步于航空发动机的发展史，作为难以取代的热端材料，高温合金耐热性的提高带来更高的涡轮前温度，涡轮前温度每提高 100℃，推力至少增大 10%，因此对于更高推力航空发动机的需求驱使高温合金材料的升级换代。

以美国为例，其始终坚持“一代新材料，一代新型发动机”的理念，航空发动机的换代需求倒逼材料性能的提升，相关政策法规也促使其相辅相成、共同发展：

图表 24：美国航空发动机与高温合金发展并驾齐驱

政策名称	实施年代	相关内容
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
发动机部件改进 (ECI) 计划	1977~1981	推重比 8 发动机改进改型，对材料的使用可靠性进行了深入研究
发动机热端部件技术 (HOST) 计划	1980~1987	F100、F110 发动机改进改型，重点研究了涡轮叶片材料特性和防护涂层
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 一级涡轴发动机预研
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
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
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
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、现金金属基复合材料

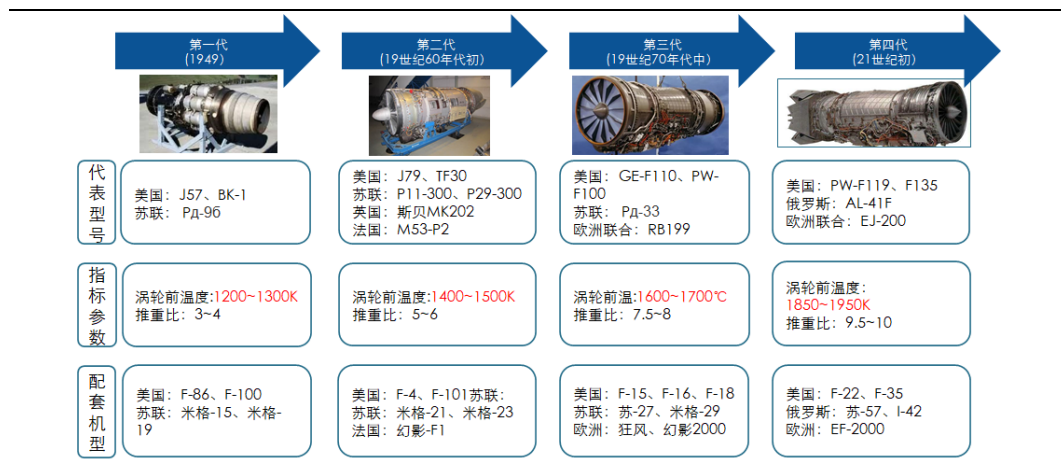
料、革新的粉末材料、先进的粘接技术

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两个重要研究领域
通用经济可承受现金涡轮发动机 (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:《一代新材料,一代新型发动机:航空发动机的发展趋势及其对材料的需求》, 五矿证券研究所

从二战结束到 21 世纪初, 军用喷气战斗机及其动力的发展大致经历四次更新换代, 当前, 列装推重比 10—级先进涡扇发动机的第四代战斗机 (如美国的 F/A-22 和 F-35), 成为美国和部分西方国家, 甚至中国部分周边国家和地区 21 世纪上半叶的主战机型。民用运输机和旅客机的动力也大致经历了四个阶段。

图表 25: 飞机发动机的更新换代要求涡轮前温度不断提高



资料来源:《世界航空动力技术的现状及发展动向》, 五矿证券研究所

航空发动机性能指标的提高推动着新型高温合金的发展, 代表航空发动机关键技术的涡轮叶片所用的高温合金材料从第一代更新至第三代。

图表 26: 单晶高温合金在涡轮叶片上的应用

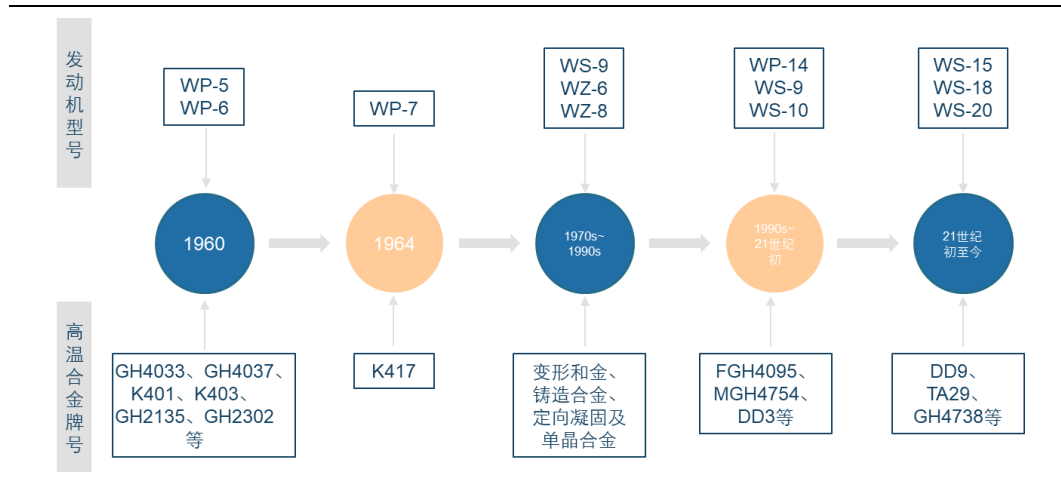
	牌号	发动机型号	应用机型
第一代	PWA 1480	JT9D	波音 747、空客 A300
	CMSX-3	GMA2100	/
	DD3	直升机小发动机涡轮叶片	/
第二代	PWA 1484	PW2000-	B757
		PW4000	A300、A310、A320、A330、B757、B767、B777、A319、A320、A321
		V2500	A319、A320、A321
	Rene N5	GE90	B777、A320
		CFM56-7	B737
		Trent 800	B777
	CMSX-4	RB211	B757
		F119	F22
	CMSX-4ULS(+铟+钇)	Trent 900	A380
DD6	WS-10	J10、J11B	

第三代	CMSX-10K	Trent 1000	B787
	CMSX-10N	Trent XWB	A350
	DD9	WS-10B	歼 10、歼 20

资料来源：新材料在线，五矿证券研究所

中国从 20 世纪 60 年代开始研发 WP-5、WP-6 等发动机起，开始自主研制配套高温合金材料。最初为仿制苏联的 GH4033、GH4037 等牌号，而后新型航空发动机的开发都拉动新牌号高温合金材料的预研工作，发展至今，为 WS-15、WS-18、WS-20 等发动机已研发出第三代单晶高温合金 DD9、DD10 等。

图表 27：高温合金伴随着航空发动机的更新换代不断发展



资料来源：《高温合金在航空发动机领域的应用现状与发展》，五矿证券研究所

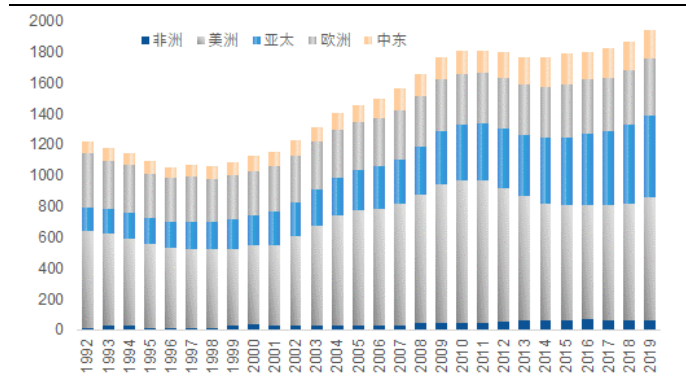
二 好风凭借力

2.1 军工现代化加速之风

2017 年 10 月 18 日，习近平总书记在十九大报告中指出，同国家现代化进程相一致，全面推进军事理论现代化、军队组织形态现代化、军事人员现代化、武器装备现代化，力争到 2035 年基本实现国防和军队现代化，到本世纪中叶把人民军队全面建成世界一流军队。

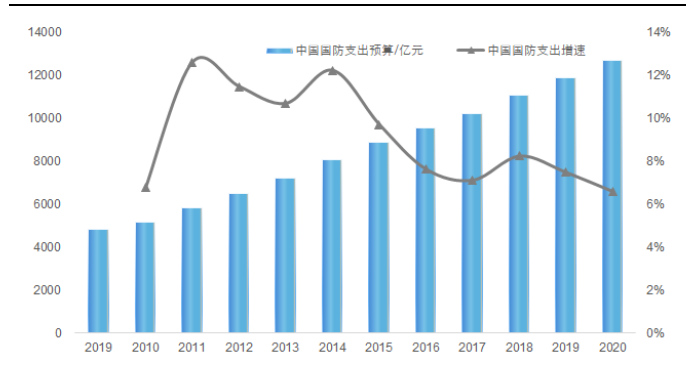
据 SIPRI 统计，全球国防支出总额自 2014 年起稳步增长。美洲一直为国防支出最多的地区，美国《2020 财年国防授权法案》通过的国防支出高达 7380 亿美元（增速约 2.8%）；面对复杂多变的国际局势和摩擦升级的外围环境，中国国防支出也逐年创新高。根据财政部发布的《关于 2019 年中央和地方预算执行情况与 2020 年中央和地方预算草案的报告》，2020 年中国国防预算 12680 亿元（增速约 6.6%），2011 至 2017 年间，国防费中装备费占比已提升至 41%，大力拉动先进装备的列装和旧装备的更新换代。

图表 28: 全球国防支出稳步提升 (单位: 百万美元)



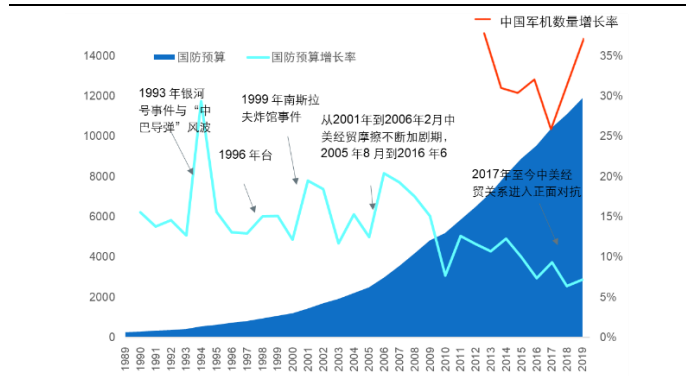
资料来源: SIPRI, 五矿证券研究所

图表 29: 中国国防支出逐年创新高 (单位: 亿元)



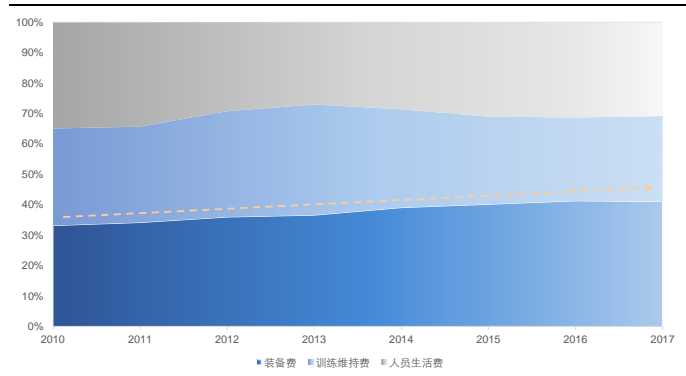
资料来源: wind、财政部, 五矿证券研究所

图表 30: 局势动荡之际, 国防预算与军机量俱增 (单位: 万元、%)



资料来源: 《新时代的中国国防》《World Air Forces 2020》, 五矿证券研究所

图表 31: 装备费占比提升至 41% (单位: %)

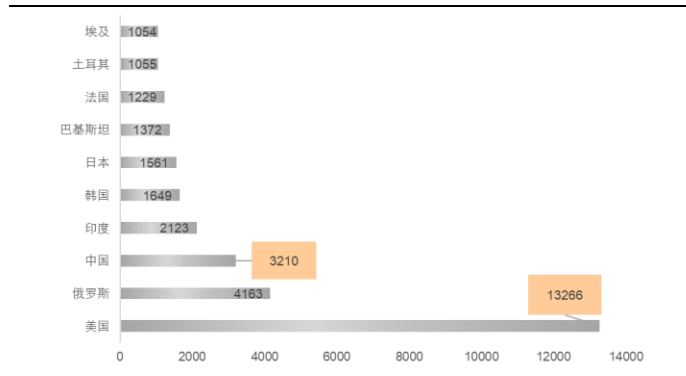


资料来源: 《新时代的中国国防》, 五矿证券研究所

(1) 老旧军机代际、性能落后, 亟需换代

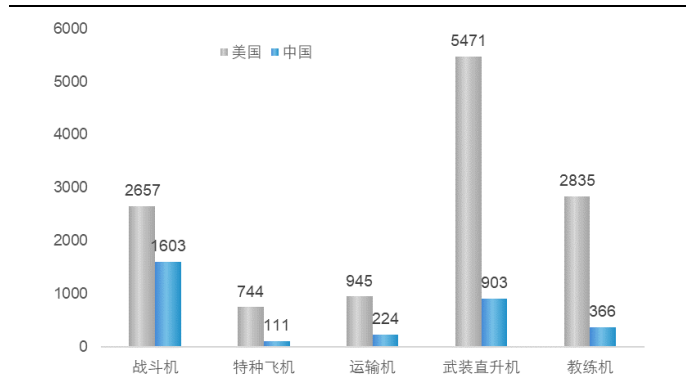
从军机保有量来看, 中国已经成为世界前三的空军力量, 3210 架的数量仅次于美国和俄罗斯。从军机性能和战斗力来考量, 现役飞机机型较为老旧, 数量亦与美俄差距较大。在中国加强国防建设, 尤其是加快海空军实力建设的背景下, 新式战机的国产化替代将带来巨大的市场空间。

图表 32: 2020 年全球装备军机数量前十的国家 (单位: 架)



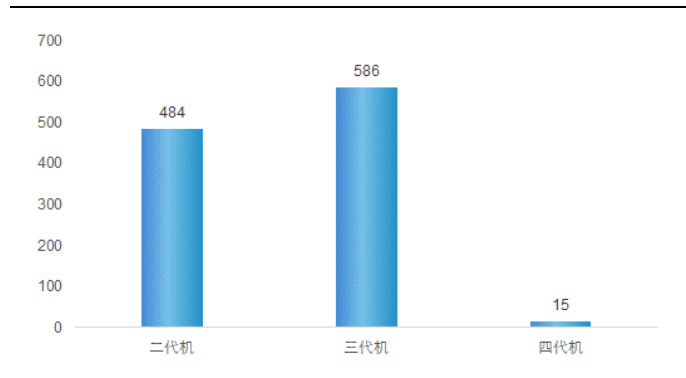
资料来源: 《World Air Forces 2020》, 五矿证券研究所

图表 33: 中美各机种数量都存在差距 (单位: 架)

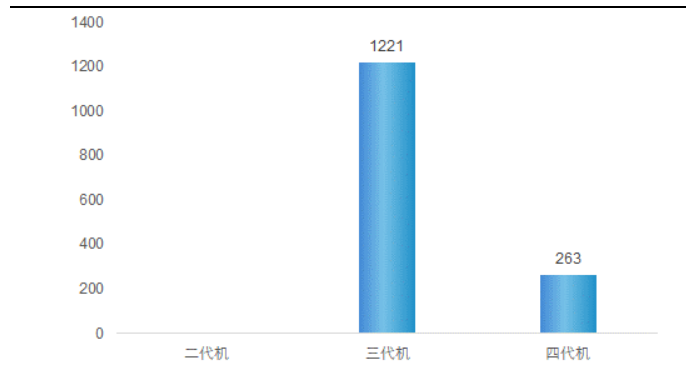


资料来源: 《World Air Forces 2020》, 五矿证券研究所

根据《World Air Forces 2020》统计, 美国战斗机主要以三代机 (F-15 系列 431 架、F-16 系列 790 架)与四代机 (F-22 系列 177 架、F-35A 系列 86 架) 为主, 自 21 世纪初起战斗机的增量即主要来自三代机和四代机; 未来中国随着歼-10C、歼-16、歼-20 等一系列三代半或四代的新机型的批量交付, 现有的二、三代机亦将逐步更新换代为三、四代机。

图表 34: 中国战斗机代系以三、四代机为主 (单位: 架)


资料来源: 《World Air Forces 2020》, 五矿证券研究所

图表 35: 美国战斗机代系以四、五代机为主 (单位: 架)


资料来源: 《World Air Forces 2020》, 五矿证券研究所

图表 36: 中美战机机型对比

CHINA			UNITED STATES		
People's Liberation Army Air Force			United States Air Force		
Type	Active	Ordered	Type	Active	Ordered
Combat aircraft			Combat aircraft		
H-6	120		A-10C	287	
J-7	388		AC-130J	11	
J-8	96		AC-130U/W	20	
J-10	235		B-1B	59	
J-11/16/Su-27/30/35	351		B-2	19	
J-20	15		B-21		100*
JH-7	69		B-52H	74	
Q-5	118		F-15C/E	431	
			F-16C	790	
			F-22	177	
			F-35A	86	18+1,537*

资料来源: 《World Air Forces 2020》, 五矿证券研究所

(2) 新式主战装备陆续定型, 亟待放量

歼 16 于 2016 年开始服役, 作为三代半战机成为填补中国战机空缺的主力;

运 20 于 2016 年服役, 将逐渐担负起部队大部分战略、战术运输任务;

歼 20 作为最新四代战机, 已于 2017 年服役, 将成为空军战机的核心力量;

同时, 军改后各军种对于新式装备的需求非常旺盛, 改革阵痛自 17 年底开始逐步消除, 并呈现一定的订单补偿效应; 基于国家安全重大战略需要, 中国 2018 年军机数量增长率为 2.74%, 2019 年为 4.97%, 增速较快, 航空发动机充分享受量增红利。

图表 37: 新主战装备于 16 年起陆续服役

配套机型	配套航发	首飞时间	服役时间
歼 20	WS-15	2011 年	2017 年
运 20	WS-18/WS-20	2013 年	2016 年
直 20	WZ-10	2013 年	2019 年
歼 15	WS-10	2009 年	2013 年
轰 6K/KH	WS-18/WS-20	-	-
歼 16	WS-10	2011 年	2016 年
歼 10C	WS-10	-	-

资料来源: 新华网、人民网、环球网, 五矿证券研究所

2.2 “飞发分离”与“两机”专项之风

材料性能是决定飞机性能的关键因素。现代大飞机原材料的选取是安全性、经济性、技术水平综合评估的结果。一架飞机的性能改进有 2/3 来自于材料性能的改进，材料的先进性在相当程度上决定整架飞机的性能。因此高温合金的自主可控和加大研发是大势所趋。

“两机”计划开启及航发集团成立开启中国航空发动机产业“飞发分离”新局面。当前，世界上能够独立研制载人飞机的国家有 15 个，但是能够独立研制先进航空发动机、建立完整产业链的国家只有美国、英国、法国、俄罗斯和中国。为了加快中国航空发动机产业发展，2016 年，中国开启“两机”专项政策，同时成立中国航空发动机集团公司，将航空发动机与整机剥离开，使其不再受制于整机的研制工作。为国产航空发动机发展提供体制和资金保障，注入强劲动力。

图表 38：2012 年以来航空发动机与燃气轮机研发政策

时间	政策	相关内容
2012	国务院	批准设立“航空发动机与燃气轮机”国家科技重大专项（“两机专项”），成立专家委员会对专项实施方案开展论证。
2013.2	《高端装备制造业“十二五”发展规划》	建立和完善航空发动机创新发展的工业体系，突破大型客机发动机关键技术，增强创新能力，加快新型航空发动机研制，开展大客户商用发动机验证机研制，到 2015 年完成中法合作中等功率涡轴发动机的研制，建立发动机总装生产线和实现批量交付。
2013.5	《民用航空工业中长期规划（2013-2020）》	民用飞机产业化实现重大跨越，C919 大型客机完成研制、生产和交付，ARJ21 涡扇支线飞机、新舟涡桨支线飞机实现产业化，大型灭火和水土救援飞机、直十五中型直升机、高端公务机、中等功率涡轴发动机等重点产品完成研制并投放市场。
2015.3	《2015 政府工作报告》	首次写入政府报告，要实施航空发动机、燃气轮机等重大项目，把一批新兴产业培育成主导产业。
2016.3	《“十三五”规划》	加快突破新一代信息通信、新能源、新材料、航空航天、生物医药、智能制造等领域核心技术。
2016.5	《中国制造 2025》	大力推动重点领域突破发展，聚焦新一代信息技术产业、高档数控机床和机器人、航空航天装备等十大重点领域；
2016.5	《关于促进通用航空业发展的指导意见》	到 2020 年，建成 500 个以上通用机场，通用航空器达到 50000 架以上，年飞行量 200 万小时以上，培育一批具有市场竞争力的通用航空企业。
2016 下半年	两机专项正式启动	“十三五”期间，中国将推动大型客机发动机、先进直升机发动机、重型燃气轮机等产品研制，初步建立航空发动机及燃气轮机自主创新的基础研究、技术与产品研发和产业体系。
2016.11	《战略新兴产业“十三五”规划》	到 2020 年，民用大型客机、新型支线飞机完成取证交付，航空发动机研制实现重大突破，产业配套和示范运营体系基本建立；发展 1000 千瓦级涡轴发动机和 5000 千瓦级涡桨发动机，满足国产系列化直升机和中型运输机动力需求
2016.12	《中国民用航空发展第十三个五年规划》	“十三五”时期，中国通用机场将达到 500 个以上，通用航空器达到 5000 架以上。
2017.4	《“十三五”先进制造技术领域科技创新专项规划》	重点任务包括掌握钛合金、高温合金铸件精密铸造技术、铸锻件近净成形与精准成形工艺
2017.11	《增强制造业核心竞争力三年行动计划（2018-2020）》	加快先进金属及非金属关键材料产业化，重点发展汽车用超高强度板及零部件用钢，高铁关键零部件用钢，高性能硅钢，发动机用高温合金材料等

2017.12	《增强制造业三年行动计划关键技术产业化实施方案》	重点发展汽车用超高强钢板及零部件用钢，高铁关键零部件用钢，高性能硅钢，发动机用高温合金材料等
2018.5	《2018年工业转型升级资金工作指南》	关键基础材料重点支持航空航天标准件高温合金材料等
2019.4	《产业结构调整指导目录（2019年本，征求意见稿）》	钢铁行业中鼓励发展高温合金，机械行业中鼓励发展燃起轮机高温部件（300MW以上重型燃机用转子锻件、大型高温合金轮盘、叶片等）及控制系统
2020.09	《关于扩大战略性新兴产业投资培育壮大新增长点增长极的指导意见》	围绕保障大飞机等重点领域产业链供应链稳定，加快在高温合金等领域实现突破。
2020.10	《面向2035的新材料强国战略研究》	指出关键战略材料发展方向包括先进变形、粉末、单晶高温合金，先进黑色耐热合金，先进黑色耐蚀合金，特种铝镁钛合金等

资料来源：国务院及相关部委公告，五矿证券研究所

➤ 军用航空发动机已由仿制走向自主研发：

航发集团下属航空发动机生产厂商主要有西安航发、沈阳黎明、株洲南方、贵州黎阳等，主要生产配备于军用飞机的涡扇、涡轴、涡桨发动机。其中，歼-10、歼-20、运-20等主力战机、主力运输机使用的WS-10、WS-15、WS-20发动机主要由西安航空和沈阳黎明负责研发、生产。

➤ 民用航空发动机从零起步，任重道远

不同于军用航空发动机自1960s起步，自2009年中国航发商发成立才正式开启了中国民用航空发动机自主研发的进程。中国目前主要有两款大飞机在研：C919和CRJ929，其中C919对标的是欧洲空客A320neo系列，波音737MAX系列等；CRJ929对标的是波音787飞机和空客A350系列飞机。

由于民用领域对发动机的安全可靠、经济性、续航性要求更高，且中国民用航空发动机技术积淀薄弱，因此前期国产民航大多选配国外发动机。

图表 39：国产民用飞机多装配国外航发

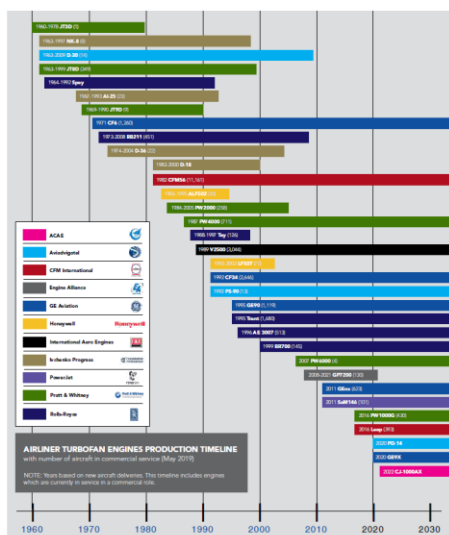
飞机型号	发动机型号	发动机生产商
“新舟”60/600	PW127J	普惠
“新舟”700	PW150C	普惠
ARJ21	CF34-10A	GE
C919	LEAP-1C	CFM
AC313	PT6B-67B	普惠
AC352	WZ16	中法合作
AG600	WJ6C	中国航发
运-12	PT6A-10/11/27/65B	普惠
运-5B	ASZ-62IR	波兰卡利什发动机制造厂
“小鹰”500	CD-155	德国大陆公司

资料来源：环球网、中国民用航空网，五矿证券研究所

但是航空发动机经济回报较高：民用航空发动机大多使用时间较长，可达 30~50 年；据日本通产省测算，按照产品单位质量创造的价值计算如果轮船为 1、则汽车为 9、计算机为 300、飞机为 800，航空发动机高达 1400。

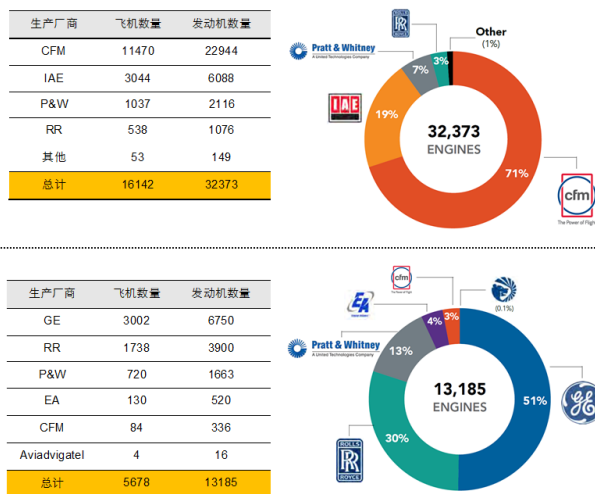
而目前民用航发市场主要由几家全球头部企业分割，中国尚未有一席之地。目前几乎所有窄体客机都选配 CFM 国际的 CFM56 或 LEAP 系列发动机；宽体客机则主要选配 GE 公司的 GE90、GE9X 和 GENx 发动机及 RR 的 Trent 系列发动机。

图表 40：涡扇发动机产品时间表



资料来源：《commercial engines 2019》，五矿证券研究所

图表 41：民用航空发动机市场份额被几家龙头占据



资料来源：《commercial engines 2019》，五矿证券研究所

中国商发成立后，拉开了中国民用航空发动机自主研发的序幕。国产民用飞机 C919、CR929、ARJ21 等都有望配备国产发动机。在中美贸易摩擦不断、2020 年 2 月传出断供 LEAP-1C 发动机的背景下，应着力突围发动机“卡脖子”问题，重视供应链风险。民用航空发动机的自主可控势在必行。

图表 42：中国商发在研的民用航空发动机谱系

序号	1	2	3	4	5
发动机型号	CJ-1000	CJ-2000-	CJ-500	AES-100	AEP-500
配套机型	C919	CR929	新 ARJ21	民用直升机	涡桨支线客机、中型货运飞机
进度	2018 年首台点火，核心机正在进行关键技术攻关和技术验证；2020 年累计试车 46 次；2025 年完成型号研制，2025 年投入商业运营	正在进行关键技术攻关和技术验证	已经完成概念方案设计，未来将根据 ARJ21 新支线飞机的改型计划而适时启动	2018 年首台发动机试制和验证；2024 年左右完成适航认证	按计划 2020 年首台验证机试制和试验，2028 年完成适航认证

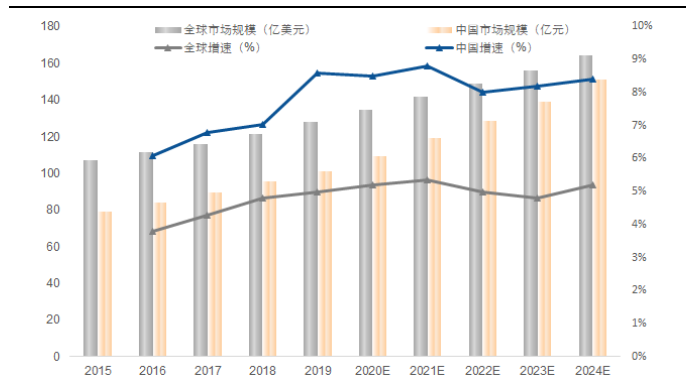
资料来源：《无动力，难远航-中国航空发动机产业发展回顾》，五矿证券研究所

三 供需缺口不断扩大 高温合金企业亟待扩产

3.1 下游应用领域广阔 市场空间利润巨大

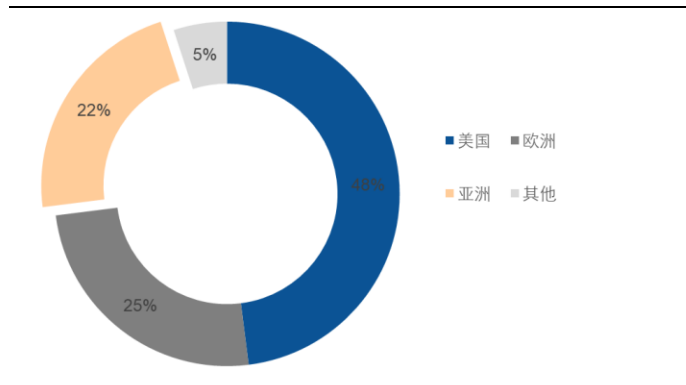
全球高温合金市场规模不断扩大，且增速加快，根据前瞻产业研究院统计数据，全球每年消费高温合金材料约 30 万吨，2018 年市场规模达到 121.63 亿美元，之后增速突破 5%。就消费区域来看，美国高温合金消耗量占比 48%，为高温合金最大、最成熟市场；欧洲消费量占 25%，为第二大消费区域；亚洲占 22%，随着下游关联行业的扩容，各国都将增加对高温合金的需求量，且最大的增量来自中国。我们预测中国高温合金行业未来 5 年的 CAGR 达 8% 以上，至 2024 年市场规模接近 150 亿元。

图表 43：全球高温合金市场规模（单位：亿美元）



资料来源：前瞻产业研究院，五矿证券研究所

图表 44：全球高温合金消费区域分布（单位：%）



资料来源：前瞻产业研究院，五矿证券研究所

从下游应用来看，高温合金主要应用于航空航天领域，且由于其优良的耐高温、耐腐蚀、抗疲劳等性能，逐步拓展到电力、原子能、汽车、冶金、玻璃制造等工业领域，广泛的应用领域大大扩展了对高温合金的需求。

图表 45：高温合金下游应用广泛

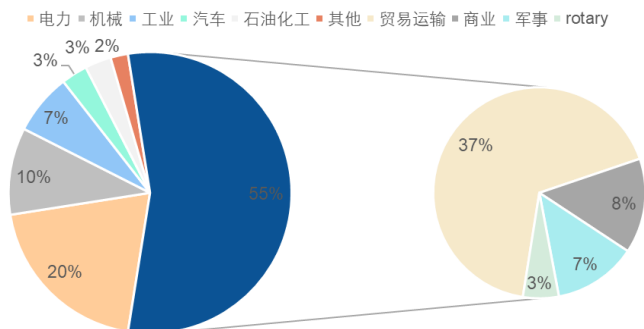


资料来源：图南股份公司公告，五矿证券研究所整理

航空航天领域对高温合金的需求占比约为 55%，其次为电力和机械，需求占比分别为 20%、10%，另外工业领域占比 7%，汽车、石油和其他领域占比分别为 3%、3%和 2%。

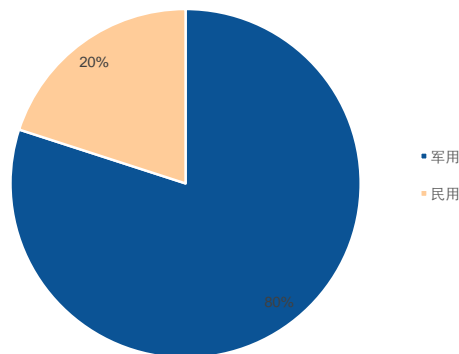
中国高温合金军用占比高达 80%，主要供应于航空航天领域。伴随着航空航天产业的发展，中国已经建立起自己的高温合金体系，从而形成一定的产业规模。

图表 46: 高温合金 55%供应于航空航天领域



资料来源: 前瞻产业研究院, 五矿证券研究所

图表 47: 中国高温合金军用占比高达 80%

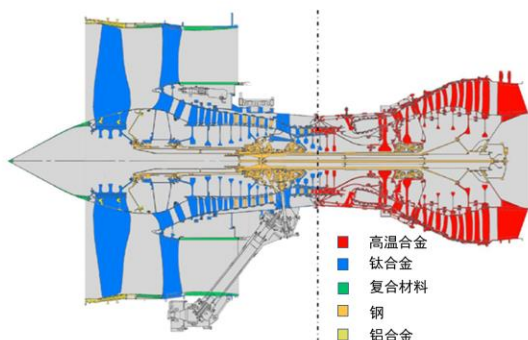


资料来源: Roskill, 五矿证券研究所

(1) 高温合金——航空航天发动机的应用

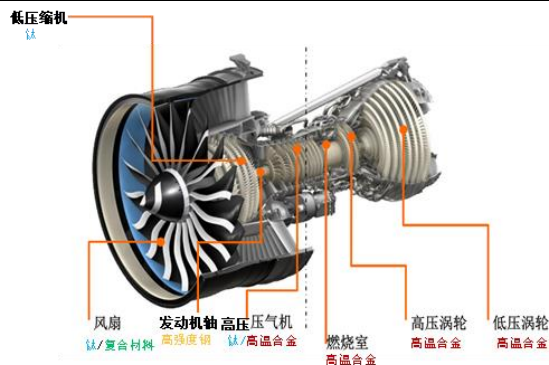
高温合金从诞生起就用于航空发动机, 在现代航空发动机中, 高温合金材料的用量占发动机总重量的 40%~60%, 主要用于四大热端部件: 燃烧室、导向器、涡轮叶片和涡轮盘, 此外, 还用于机匣、环件、加力燃烧室和尾喷口等部件。

图表 48: 先进航空发动机中关键热端部件 (红色部分) 为高温合金



资料来源: 钢研高纳公司公告, 五矿证券研究所

图表 49: 高温合金主要用于四大热端部件



资料来源: 钢研高纳公司公告, 五矿证券研究所

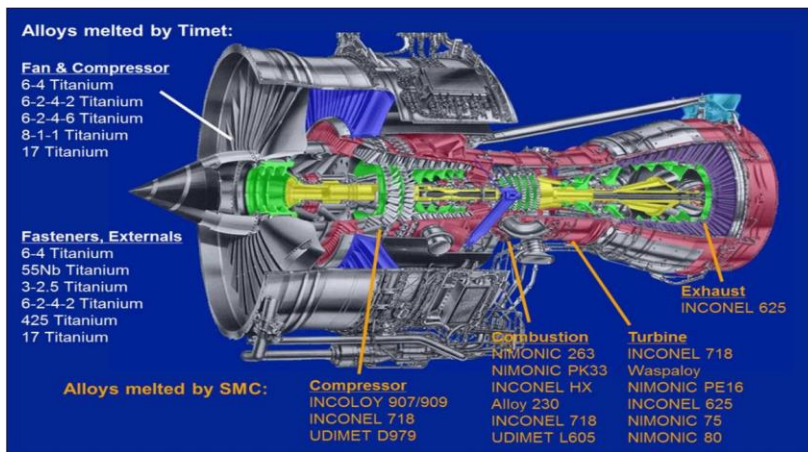
燃烧室: 燃烧室内产生的燃气温度在 1500~2000℃ 之间, 燃烧筒合金材料承受温度达 800~900℃ 以上, 局部可达 1100℃。除耐高温外, 还要求材料具有抗氧化性能、抗热腐蚀性能和良好的冷热疲劳性能。燃烧室使用的材料以镍基或钴基高温合金为主, 常用 Haynes 188 钴基高温合金 (三代战斗机 F100)、Hastelloy X 镍基高温合金 (三代战斗机 F110、F404 和 F414)、新的燃烧室结构 (四代战斗机 F119 和 F135 采用浮动壁结构、F136 发动机采用 Lamilloy 结构) 和涂敷热障涂层的高温合金 (五代战斗机)。

导向器: 导向器是调整从燃烧室出来的燃气流动方向的部件, 是航空发动机上承受热冲击最大的零件, 材料工作温度最高可达 1100℃ 以上, 但叶片承受的机械负荷不大。根据导向器工作条件, 要求材料具有较好的持久强度及热疲劳性能、较高的抗氧化和抗腐蚀的能力。导向器的主要材料为铸造高温合金, 常用 IN718C、PWA1472、Rene220、R55 等型号高温合金; 此外, WS10 发动机涡轮导向器后篦齿环制造采用氧化物弥散强化高温合金。

涡轮盘: 涡轮盘在四大热端部件中所占质量最大。工作中受热不均, 轮缘温度达 550-750℃, 而轮心温度只有 300℃ 左右。榫齿部位承受最大的离心力, 所受的应力更为复杂。为此要求涡轮盘材料具有高屈服强度和蠕变强度、良好的抗机械疲劳性能和较小的线膨胀系数等。用于涡轮盘制造的材料主要是粉末冶金高温合金, 例如 IN100 粉末高温合金 (F100 发动机) 和中国常用的 FGH95、GFH96、FGH97、FGH98、FGH91 合金。

涡轮叶片：涡轮叶片是航空发动机中工作条件最恶劣也是最关键的部件，由于其处于温度最高、应力最复杂、环境最恶劣的部位而被列为第一关键件。涡轮叶片材料大多也是精密铸造镍基高温合金，目前已经发展了五代单晶合金。涡轮叶片其结构与材料的不断改进成为航空发动机性能提升的关键因素之一。常用第三代单晶高温合金 CMSX-10，第四代单晶高温合金 EPM-102，近年来日本又相继成功的研制出承温能力更高的第四、五、六代单晶合金 TMS-138,TMS-162,TMS-238 等。

图表 50：航空发动机主要零件选材



资料来源：《Oxidation of TBC coated Ni based superalloys and γ -Ti/Al for land-based engines》，五矿证券研究所

- 军机高温合金需求测算——结合中美战机现状实力对比，以及国家对军用飞机发展的政策支持，我们做出以下预测：

图表 51：2020-2029 年军用飞机需求及市场规模预测

类型	机种及发动机数	代数	预计数量（架）	发动机型号	发动机数量（台）
固定翼飞机	歼-10C (1)	三代	略	WS-10B	略
	歼-11 (2)	三代半	略	WS-10B	略
	歼 16 (2)	三代半	略	WS-10B	略
	歼-20 (2)	四代	略	WS-10B	略
	作战支援飞机 (2-4)	-	略	\	略
直升机	运-20 (2)	-	略	WS-18	略
	武装直升机 (2)	-	略	WZ-16	略
	通用/运输直升机 (2)	-	略	WS-18	略
总计	-	-	略	-	略

资料来源：Flight Global，五矿证券研究所预测

- 民机高温合金需求测算——基于中国民用航空发动机自主可控战略的驱动

空客公司预测 2019-2038 年间客运和货运飞机的需求量可达 39210 架，其中旧机替换量占 36%，新机增长量占 64%，总价值约 4.9 万亿。亚太地区需求占比为 42%，达 16540 架。

波音公司预测，近年来中国的航空运输量增长率（RPK）可达 5.5%。受疫情影响，波音下调了全球市场预测，但仍然预测未来 20 年中国将成为飞机交付量最多的国家，达到 8600 架；

中国商飞预测未来二十年将有 8725 架飞机交付中国市场，届时中国航空市场将拥有 9641 架客机，其中单通道喷气客机 6521 架，双通道喷气客机 2174 架，喷气支线客机 946 架。

我们预测 2020-2039 年间中国新增民机数量约 8500 架，目前主流民用飞机配备的发动机数量为 2-4 台，基于平均每架民航飞机配备 3 台发动机的假设估计，未来二十年将新增约 2.5w 台发动机，预计民机发动机所需高温合金共计约 16~18 万吨。

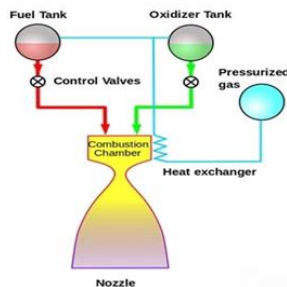
➤ 高温合金——航天发动机的应用

图表 52: 火箭发动机外观图



资料来源: Sputniknews, 五矿证券研究所

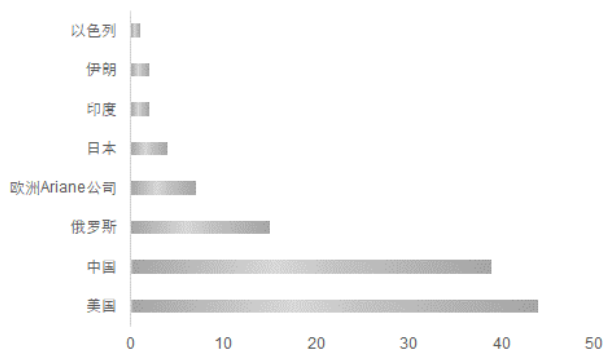
图表 53: 液体火箭发动机构造图



资料来源: Wikimedia Commons, 五矿证券研究所

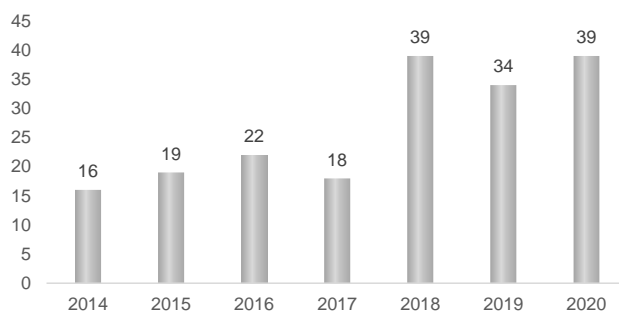
液体火箭发动机中涡轮泵和燃烧室是液体火箭发动机的关键部件，主要使用高温合金材料，如 GH1040、GH2028A、GH4196、GH4141、GH4586 等。

图表 54: 2020 年世界各国火箭发射次数 (单位: 次)



资料来源: Spaceflightfans, 五矿证券研究所

图表 55: 中国每年航天发射次数 (单位: 次)



资料来源: 航天爱好者网, 五矿证券研究所

2020 年，美国为火箭发射次数最多的国家，共计发射 44 次，其中成功 40 次。中国发射次数居第二位，共计 39 次，且自 2018 年以来，中国火箭年发射次数均超过 30 次，我们预测中国今后数年将进入太空探索、火箭发射的高峰时期。

如今中国航天产业的发展对高温合金提出了持续的需求。中国未来主力运载火箭长征七号芯一级采用 2 台 YF-100 发动机，芯二级采用 4 台 YF-115 发动机，助推器配置 4 台 YF-100 发动机；长征八号芯一级采用 2 台 YF-100 发动机，芯二级采用 2 台 YF-75 发动机，助推器配置 2 台 YF-100 发动机。YF-100 发动机自重 1.9 吨，YF-115 发动机自重约 0.23 吨，YF-75 发动机自重 0.245 吨。火箭推力室质量占发动机质量的 24~40%、涡轮泵占 20~26%、燃烧室占 1.2~3.3%，共计约 60%，即每枚长征七号运载火箭所用高温合金部件质量约为 3.42 吨，每枚长征八号运载火箭所用高温合金部件质量约为 2.85 吨。假设平均每年航天发射长征七号 25 次、长征八号 10 次，预计未来 10 年中国火箭发动机用高温合金需求达 1200 吨。

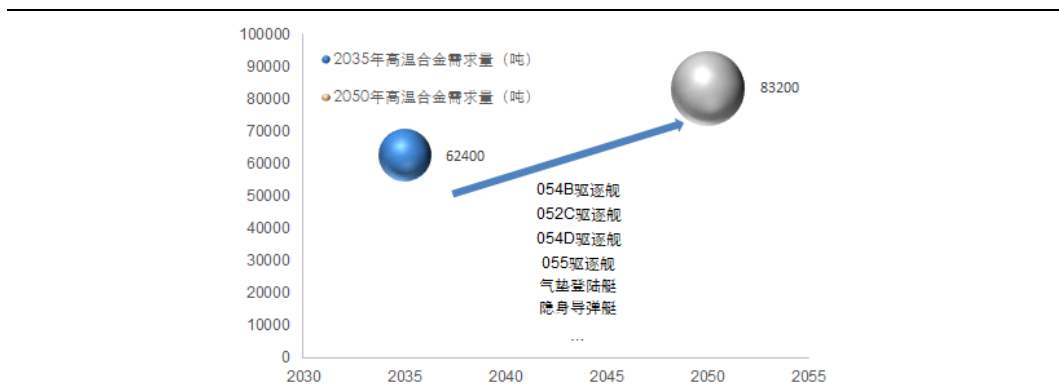
(2) 高温合金——舰船燃气轮机的应用

舰船燃气轮机是高温合金的另一个主要用途，包括四大部分：空气压缩机、燃烧室、叶轮系统及齿轮减速器。喷射到叶轮上的气体温度高达 1300℃，因此叶轮系统需要选用高温合金材

料。

自 1954 年 10 月从苏联获得第一批两艘 6607 型（鞍山级）驱逐舰至今，中国海军共计入役装备过 10 型 54 艘驱逐舰，其中现役 8 型 33 艘，为中国人民解放军海军主要水面作战力量；此外，截至 2019 年 3 月，中国在役 64 艘护卫舰。我们认为借势航母舰队构建及舰船更新换代的势头，我军舰艇未来或仍将继续处于快速建造期，预计到 2035 年将部署 3 个航母编队、3 个两栖攻击/登陆编队和 3 个近海防御舰队，2050 年将部署成 4 个航母编队、4 个两栖攻击/登陆编队和 4 个近海防御舰队的作战体系，预计至 2035 年对高温合金的需求量约为 6.2 万吨、2050 年对高温合金的需求量约为 8.3 万吨。

图表 56：我们预计至 2030 年、2050 年舰船燃气轮机用高温合金需求量约为 6.2 万吨、8.3 万吨

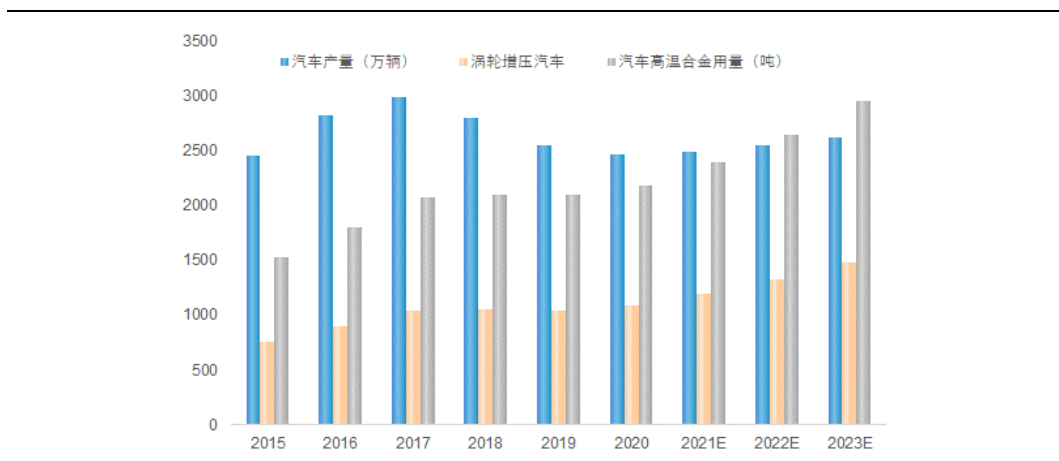


资料来源：央视网，五矿证券研究所预测

(3) 高温合金——汽车废气增压器涡轮的应用

汽车废气增压器涡轮也是高温合金材料的重要应用领域。废气涡轮增压器主要由涡轮机和压气机等构成。将发动机排出的废气引入涡轮机，利用废气的能量推动涡轮机旋转，由此驱动与涡轮同轴的压气机实现增压。目前，国外的重型柴油机增压器配置率 100%，中小型柴油机也在不断地增大其配置比例，如英、美、法等国家已达 80% 左右。目前，中国涡轮增压器生产厂家所采用的涡轮叶轮多为镍基高温合金涡轮叶轮。

图表 57：中国汽车增压涡轮器高温合金每年用量达 2400 吨以上（单位：吨）



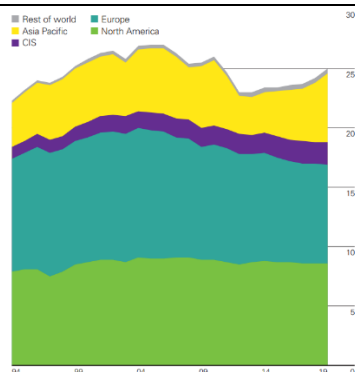
资料来源：wind、《全球涡轮增压市场预测》，五矿证券研究所

根据霍尼韦尔发布的《全球涡轮增压市场预测》报告，预计到 2021 年，装配有涡轮增压器的汽车的市占率将增至 48%。我们预测涡轮增压器汽车市占率 CAGR 为 8.4%，涡轮增压汽车将自 2015 年 762 万辆增至 2021 年约 1200 万辆，根据每万辆汽车涡轮增压器高温合金用量约为 2w 吨，高温合金需求量约为 2400 吨。

(4) 高温合金——原子能工业的应用

2019 年全球核电消费量（按投入当量计算）增长 3.2%，是 2004 年以来增速最快的一年，远高于过去十年的平均水平（-0.7%）。与 2018 年一样，中国的增幅居世界首位，且 0.5EJ 的增幅也是中国有史以来最大的一年。

图表 58：2019 年全球各地区核电消费量（单位：EJ）



资料来源：《Statistical Review of World Energy 2020》，五矿证券研究所

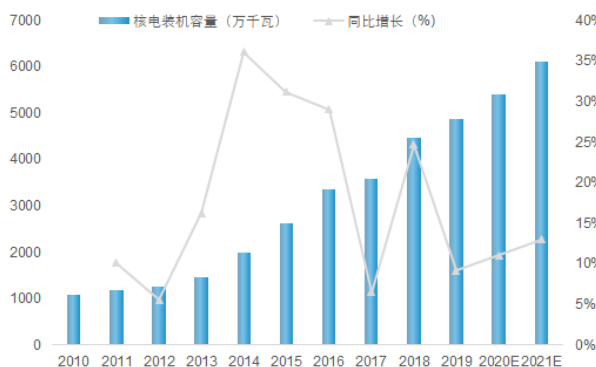
图表 59：中国已投入运营机组及在建机组



资料来源：国家核安全局，五矿证券研究所

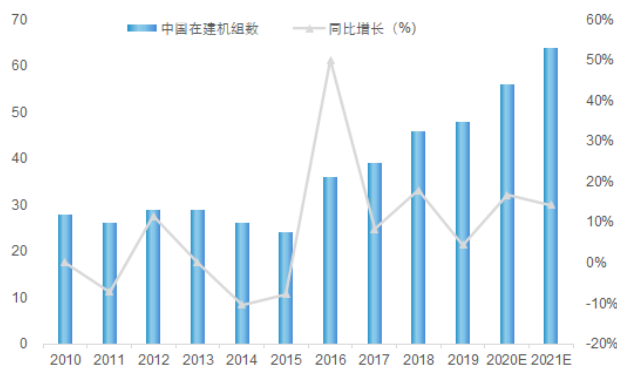
原子能工业使用的高温合金包括：燃料元件包壳材料、结构材料和燃料棒定位格架，高温气体炉热交换器等，均是其他材料难以代替的。

图表 60：2010-2021 中国核电设备容量（单位：万千瓦，%）



资料来源：国家能源局，五矿证券研究所

图表 61：2010-2021 年中国在建机组数（单位：座）



资料来源：wind，五矿证券研究所

2019 全年中国新投产 2 台核电机组，在运机组达到 47 台，装机容量达 4874 万千瓦，核电发电设备容量占中国总发电量的 2.42%。按照每年核电设备容量新增约 600 万千瓦计算，大约需建设 10 座 60 万千瓦级核电站。正常一座 60 万千瓦的核电站需用蒸发器“U”形传热管 100 吨，加上大量的堆内构件用不锈钢精密管和控制棒、核燃料包套管等，共计需要各类核级用管 600 多吨，则每年核电领域高温合金需求总量约 6000 吨。

(5) 高温合金——石油化工的应用

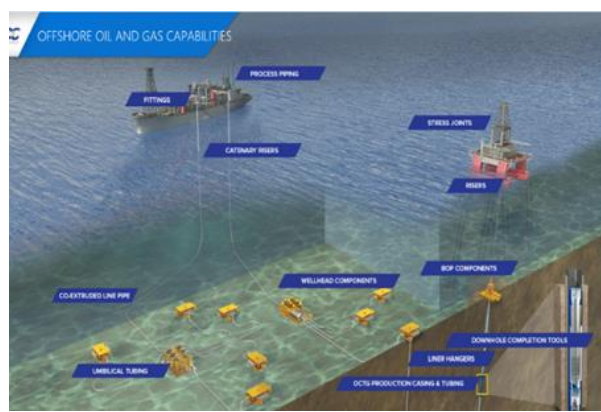
美国从 70 年代开始，逐渐将航空领域的高温合金转移到油气开采领域中应用。苏伦贝谢、哈里伯顿等大公司，每年采购高温合金的量非常高。在石油和天然气开采，特别是深井开采中，钻具处于 4~150℃的酸性环境中，加之二氧化硫、硫化氢和泥沙等存在，必须使用耐腐蚀耐磨高温合金。中国中石油、中石化大多采用不锈钢等材料，高温合金的普及度较低，高温合金具有仍有较大替代空间。如下图所示，所有标注部分美国用的都是高温合金。

图表 62: 陆地石油开采用高温合金 (标注部分)



资料来源: PCC 公司官网, 五矿证券研究所

图表 63: 海洋石油开采用高温合金 (标注部分)



资料来源: PCC 公司官网, 五矿证券研究所

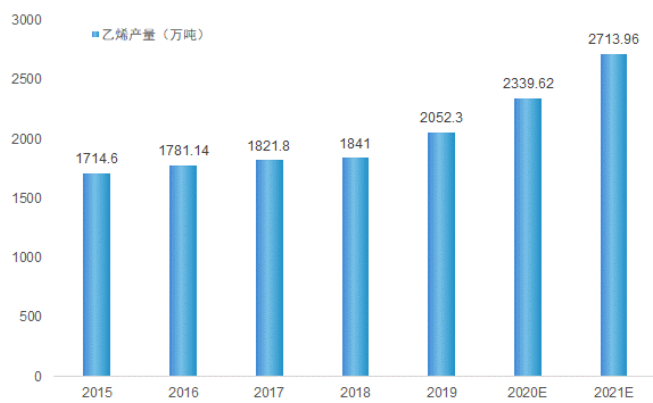
石油化工产品的生产加工过程中, 会用到加热炉、煤气(油)发生炉、干馏炉、裂解炉、转化炉、脱氢炉、制氢炉等, 内部结构包括辐射室、对流室、余热回收系统、燃烧器和通风系统等多个组分。比如乙烯制备过程中使用的裂解炉管使用温度达 1000~1100℃, 大量应用高温合金材料, 随着乙烯等化工产品产量的逐步增加, 高温合金的需求量也水涨船高。

图表 64: 乙烯裂解炉管



资料来源: 中国腐蚀与防护网, 五矿证券研究所

图表 65: 乙烯产量逐年增加 (单位: 万吨)



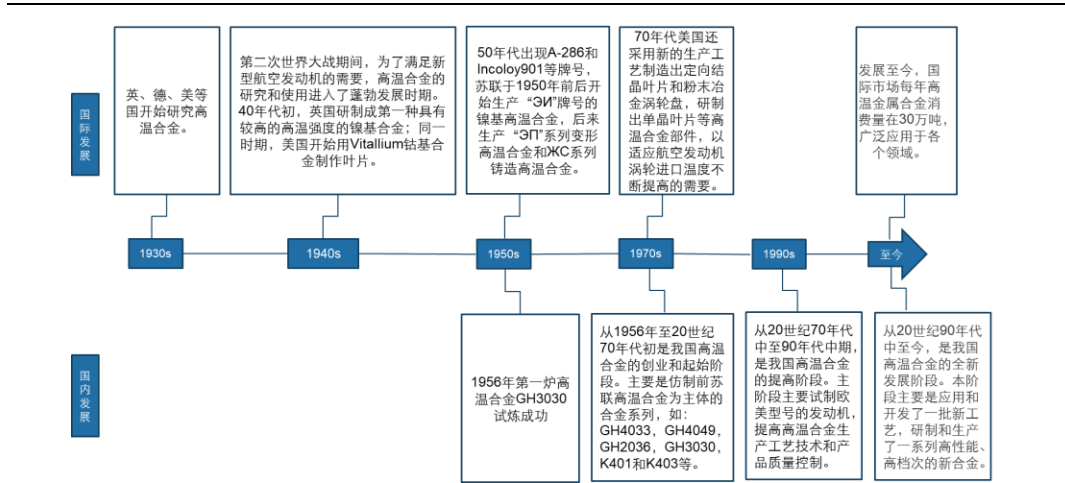
资料来源: wind, 五矿证券研究所

3.2 中国高温合金起步较晚 产量为明显短板

回顾中国外高温合金生产商的发展历史, 国际著名高温合金生产商均有着悠久历史的技术积淀, 且与下游产业合作密切。中国高温合金虽起步较晚, 但是生产商不断提高研发投入、扩大产能, 在政策护航、投入加大、技术突破的关键时期, 当实现借势爆发。

早在 20 世纪 30 年代, 英国、德国、美国就开始研究高温合金。二战时期, 高温合金的研制进入高速发展时期, 镍基、钴基、铁基高温合金纷纷研制成功并大量应用; 中国自 1956 年第一炉高温合金 GH3030 试炼成功起, 其研究、生产和应用已历经 60 年, 根据 2012 年出版的《中国高温合金手册》, 列入高温合金牌号 205 个, 中国成为继美、英、俄后第四个拥有自主高温合金体系的国家, 使中国航空发动机的生产和发展逐渐突破高温合金材料的瓶颈。

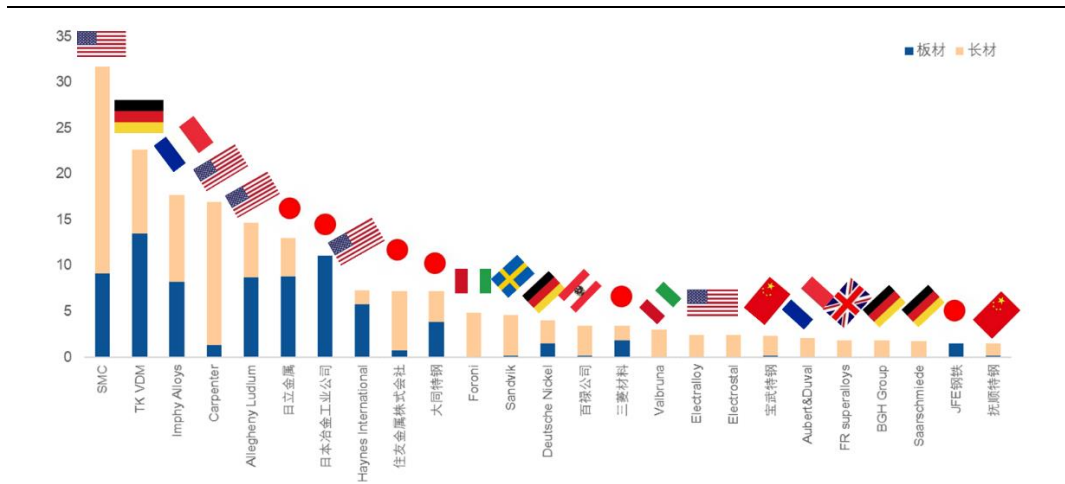
图表 66：国外高温合金行业起步早于中国 30 年



资料来源：《高温合金在中国的发展与现状》，五矿证券研究所

据 SMC 统计，2009 年世界高温合金总产量约 25 万吨/年，其中 SMC 公司长材产量世界第一，占比 18%；板材产量世界第三，占比 11%。而中国的高温合金生产商起步较晚，产能较低，排名靠后。

图表 67：2009 年国际高温合金生产商及其产量（单位：千吨）



资料来源：中国报告网，五矿证券研究所

国外生产高温合金的企业大致分为两类：以通用电气、罗罗、普惠等为代表的同时生产航空发动机的企业，产业链长，高温合金是其产业链的一个环节；以阿勒格尼技术（ATI）、精密铸件公司（PCC）、日本制铁等为代表的特钢企业，产品为特种不锈钢、钛合金等多种特钢产品，高温合金是其产品的一个组分。

图表 68：国外高温合金主要生产企业

企业类型	国家	公司	产品系列	产品、业务范围
航空发动机公司	美国	通用电气公司	Rene	医疗、航空、发电、可再生能源、石油、天然气、数字、互联、运输、金融
	美国	普拉特-惠特尼公司	Waspaloy	军民航空发动机及空间推进装置设计、制造和维护
	英国	罗尔斯-罗伊斯公司	SRR	民用、军用航空发动机、MTU 品牌高速发动机，船舶设计和系统集成、供应电力和推进设备供应，海事设备，核电仪

特钢及零 部件公司				器设备供应
	日本	IHI		航空发动机、军舰
	俄罗斯	联合航空公司	Gatorize	战斗机、特种钢材
	美国	西屋制动	Discaloy	电子产品、照明产品、特种钢材等
	美国	阿勒格尼技术公司 (ATI)		钛合金、镍钴基合金和超级合金
	日本	日本制铁		厚板、薄板、线棒材、建材、钢管，铁 路汽车和机械部件，钛和特种不锈钢
	日本	日本神户制钢公司		高强度钢板，药芯焊丝，无镀铜实芯焊 丝，汽车用板材
	日本	JFE 钢铁株式会社		造船用新钢板、建筑用钢板、桥梁建设 用钢板、建筑机械和产业机械用钢板、 压力容器用高强度钢板、管线用钢板
	美国	佳能穆斯克贡公司	CMSX	熔模铸造用特种合金，优质镍钴基真空 感应熔炼、精炼，镍钴基合金
	美国	海恩斯公司	Haynes/ Hastelloy	航空航天合金，高性能镍钴基平板、板 卷，无缝和焊接管、板、丝、棒等
	美国	特种金属公司 (SMC)	Inconel/Udmit	锻造镍合金、镍焊接耗材、高性能镍钴 合金板材、无缝管材
	美国	马丁-玛丽埃塔公司 (与洛克希德公司合 并)	Mar-M	建材、钢材
	美国	标准压制钢公司	Multiphare	汽车、航空航天和工业领域特种紧固件 和紧固系统；超合金和陶瓷芯
	美国	惠特克公司	REP	金属产品、航空航天零部件等
	美国	国际因科合金公司 (被特殊金属收购)	Inconel	镍合金、铬镍铁合金
	美国	宇宙-独眼巨人钢公司 (被 ATI 收购)	Unitemp	不锈钢棒材、线材和棒材
	美国	豪梅特公司	Vitallium	高温合金，钛/铝合金等发动机零部件
	加拿大	国际镍公司		镍合金

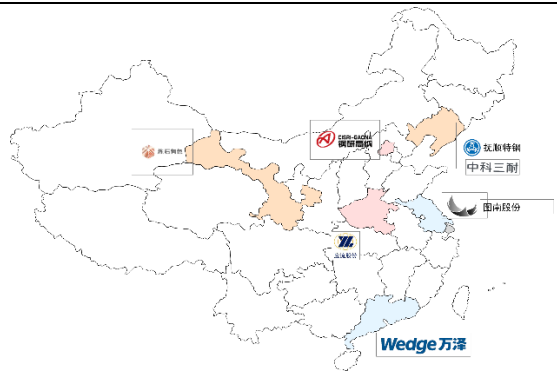
资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 69：美国高温合金生产商分布图



资料来源：各公司官网，五矿证券研究所

图表 70：中国高温合金生产商分布图



资料来源：各公司官网，五矿证券研究所

(1) 通用电气 (GE): 掌握核心技术, 与下游联系紧密

美国通用电气公司 (GE) 是一家多元化公司, 产品覆盖范围广泛。GE 生产的高温合金主要供应于航空领域和发电领域。公司将全球知识和技术经验共享融合, 以多维度的经验积累、全集团的资源调度与整合, 促进航空与发电两方业务相互借鉴、共同发展。

图表 71: GE 公司航空发动机与燃气轮机两架马车并驾齐驱



资料来源: GE 公司官网, 五矿证券研究所

技术积累深厚, 重视研发与保护: GE 早在 1940s 就开始研究高温合金并进行商业化的尝试, 经过近八十年, GE 在技术上已经有很强的积累, 至 2019 年, GE 在高温合金领域已拥有 1752 项专利。从技术布局上来看, GE 的高温合金相关专利基本覆盖产业链的各个环节, 其中合金表面处理和焊接方面的专利数量分列前两位; 从应用领域布局上来看, 航空航天和交通领域数量较多。此外, GE 的高温合金核心技术严格对外保密, 以技术为壁垒, 捍卫自身的市场地位。

与下游巨头合作紧密, 形成产业链互动: 对于高温合金生产企业而言, 通过与下游巨头紧密合作, 不仅可以获取稳定订单、抢占市场份额、构筑进入壁垒, 还可以通过与下游巨头合作研发, 形成产业链互动。首先 GE 与美国政府合作紧密, 1941 年, 应美国政府的要求, GE 开始制造美国第一台喷气式航空发动机; 1942 年 10 月 1 日, 以 GE I-A 型发动机为动力的美国首架喷气式飞机贝尔 XP-59A 成功首飞, 美国进入喷气式动力的新纪元。此后, GE 抓住时机再接再厉, 在 I-A 型发动机基础上发展出 J-33、J-35 等型号的发动机; 1971 年 GE 法国 SNECMA 公司合作成立 CFM 国际发动机公司, 先后与美国波音公司、法国空客、德国汉莎航空公司和加拿大航空公司合作, 为其军用或民用飞机研发、装配发动机。

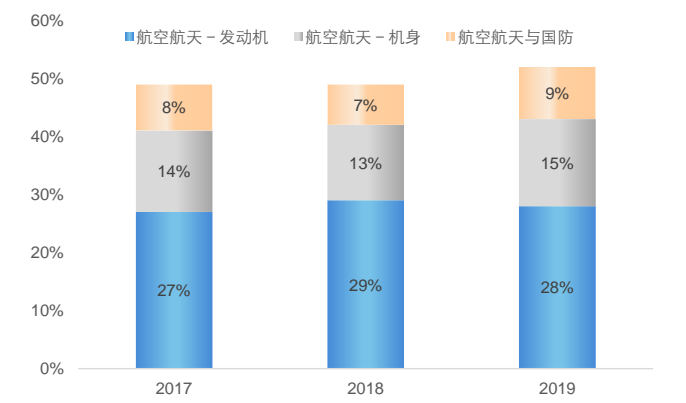
合资合作, 巩固龙头地位: GE 在发动机领域有三家以 50:50 股权结构成立的合作企业: 一是与法国赛峰集团合作的 CFMI, 这是国际合作的典范; 二是与普惠合作的发动机联盟 (EA), 成功切入空客 A380 市场, 用了 20 年的时间占据 55% 的市场份额, 竞争对手是罗罗的 Trent 900, 属于“强强联手”; 三是与本田航空合资创建 GE-本田航空发动机有限责任公司, 主力产品为 HF120 小型涡扇发动机, 弥补其在小型涡扇发动机领域竞争力弱的短板。

(2) 阿勒格尼技术 (ATI): 特钢资质, 专注航空领域

航空航天领域为主要市场, 供应下游巨头优质客户: 2017 年、2018 年、2019 年公司航空航天与国防领域的收入分别占到总营收的 49%、49%、52%。这部分产品的需求主要受商业航空航天周期的推动, 公司在该业务领域的客户群包括波音公司、空客公司、庞巴迪航空航天公司、巴西航空工业公司、通用电气公司旗下的 GE 航空公司、罗尔斯罗伊斯公司、普拉特惠特尼公司、斯奈克玛 (CFM 集团) 以及制造喷气发动机的各种合资企业。

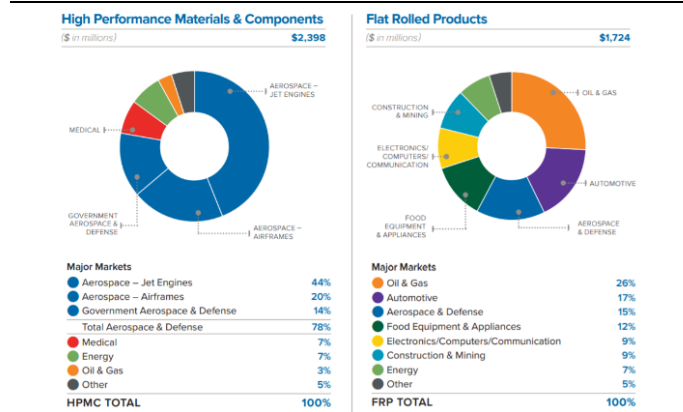
分部门来看, 公司高性能材料和组件 (HPMC) 部门和扁平轧制产品 (FRP) 部门 2019 年营收占比分别为 58% 和 42%。HPMC 部门年收入的 78%、FRP 部门的 15% 来自航空航天和国防市场。

图表 72: 公司航空航天与国防领域收入占比较大、略有提升 (单位: %)



资料来源: ATI 公司公告, 五矿证券研究所

图表 73: 公司 HPMC 部门 78%收入来自于航空航天和国防部门

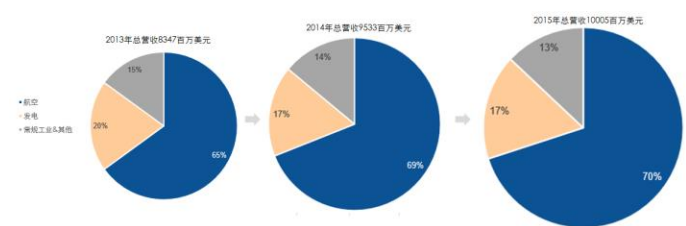


资料来源: ATI 公司公告, 五矿证券研究所

(3) 精密铸件公司 (PCC): 铸造业的巅峰

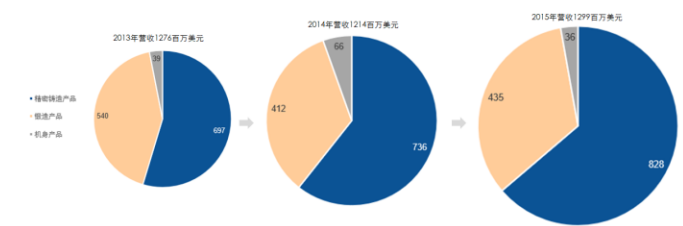
创始于 1953 年的 Precision Castparts Corp. (精密铸件公司) 是熔模铸件、锻件、高性能合金以及紧固件、金属部件的领先厂商, 位于 Oregon 州的 Portland 地区, 其产品广泛应用于航空、国防、发电以及工业领域。据公司 2015 年 10K 表数据显示, 其业务部门主要包括: 精密铸件产品 (占收入的 25%)、精密锻件产品 (占收入的 43%) 以及飞机机身产品 (占收入的 32%)。终端市场来看, 公司收入约 70%来自航空相关行业, 17%来自发电行业, 13%来自于工业部门。

图表 74: PCC 公司航空板块收入占比逐年增大 (单位: %)



资料来源: PCC 公司公告, 五矿证券研究所

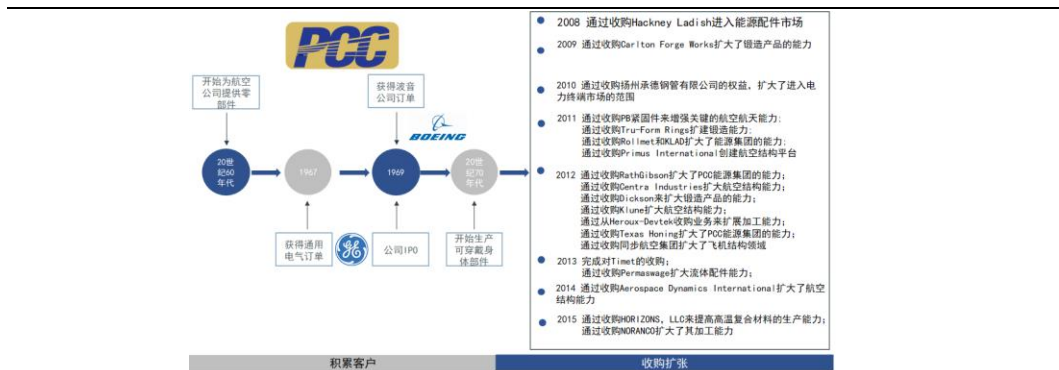
图表 75: 主要客户通用电气的各产品营收占比 (单位: %)



资料来源: PCC 公司公告, 五矿证券研究所

PCC 在 1970s 前就积累了诸如 GE (通用电气)、波音等优质客户, 1980s 起开始收购整合、扩张业务版图。其收购范围既包括垂直的上下游企业, 也包括横向的临近市场。其中 PCC 于 2006 年收购特殊金属公司 (SMC), SMC 公司注册的高温合金牌号有 Inconel、Incoloy、Monel、Nimonic 和 Udimet, 从此高温合金产品也纳入 PCP 的行业版图。

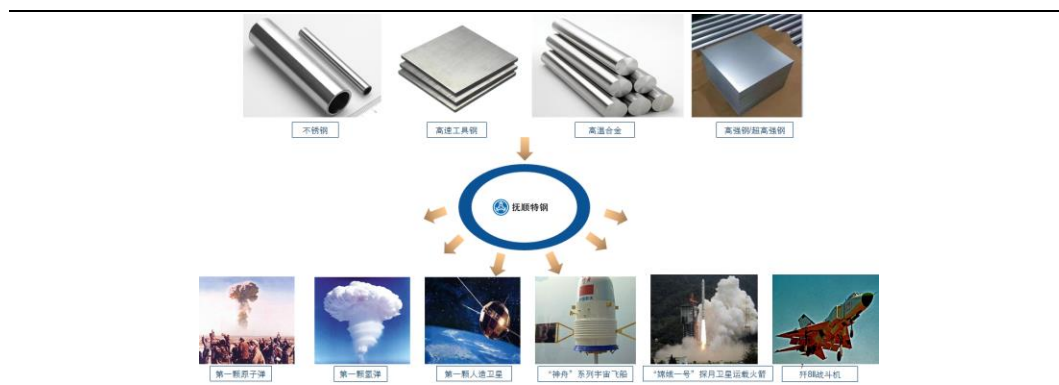
图表 76: PCC 公司的“积累客户”与“收购扩张”两步走战略



资料来源: PCC 公司官网, 五矿证券研究所

(4) ST 抚钢：特钢行业先驱，军工辐射民用

图表 77：ST 抚钢以满足国家特殊钢材材料需求为己任，有丰富的承担国家重大项目的经验



资料来源：ST 抚钢公司官网，五矿证券研究所

坚持“特钢更特”发展理念，始终坚持为军工服务。从中国第一颗原子弹、第一颗氢弹、第一颗人造卫星、第一枚导弹到各类中程远程运载火箭，从中国“神舟”系列载人飞船到“嫦娥”探月卫星，从中国第一代国产战斗机到当代最先进的战斗机，多种核心和关键特殊钢材料均由 ST 抚钢提供。且公司产业链不断延伸，覆盖核电、高铁等民用领域。

高温合金与超高强度钢市占率高，产能扩张可期。公司以“三高一特”（高温合金、超高强度钢、高档工模具钢、特种不锈钢）为核心产品。目前，公司高温合金和超高强度钢在航空航天市场占有率分别高达 80%和 95%以上；且 2020-2022 年投资 7.9 亿元，新增一台 30 吨真空感应炉和一台 30 吨真空自耗炉及其附属设施，一台 70MN 快锻机、60 吨操作机、20 吨无轨车，一台 12 吨真空感应炉、一台 200kg 真空感应炉及其附属设施，四台 12 吨真空自耗炉和一台 6 吨真空自耗炉及其附属设施。

改制重组，焕发新生。公司控股股东从地方国资变更为沙钢集团，机制更为灵活，公司业绩也于改组后（2018 年）转亏为盈。沙钢集团主要产品为汽车用钢、机械工程用钢、轨道交通用钢、能源用钢、船用锚链钢、矿用钢、扁钢及特冶锻坯等八大类特钢，产品用于汽车、铁路、机车、造船、机械等行业。与 ST 抚钢军民两域优势互补，两翼齐驱。

(5) 钢研高纳：技术积淀深厚，高温合金专精

作为行业先入者，公司兼具研发实力与产业化规模。与特钢企业相比，公司研发优势毋庸置疑，产品技术中国领先；与中科院沈阳金属研究所和北京航空材料研究院相比，公司的产业化规模优势同样明显。

高温合金品类齐全，主攻高端产品。钢研高纳公司的主要产品包括铸造合金制品、变形合金制品、粉末合金制品、特种合金制品、高纯高强特种合金制品。公司产品种类齐全，具有生产中国 80%以上牌号高温合金的技术和能力，在航天发动机精铸件领域市场占有率 90%以上；在汽轮机叶片防护片司太立合金、ODS 合金、铝钛合金、燃气轮机涡轮盘等多种前沿高端及新型高温合金产品领域，公司研发、生产优势明显，多种产品处于独家供应地位。

图表 78：钢研高纳产品及下游市场

产品系列	产品	主要市场
铸造高温合金制品	高温合金母合金；精密铸造合金制品；高温合金叶片；高温合金离心铸管及静态铸件	航空、航天、石油化工、冶金
变形高温合金制品	高温合金盘锻件；高温合金棒材；高温合	航空、航天、舰船、石化、电力、模具

金板材、带材；高温合金管材；高温合金丝材；燃烧室用高温合金环件；高均质涡轮盘；司太立耐磨制品；热作模具钢无硫（NOS）系列制品；塑料模具钢超洁镜（GY）系列制品；高速钢必硬（MBH）系列

新型高温合金制品	高品质球形金属粉末；热等静压合金制件；粉末高温合金锻件；氧化物弥散强化系列制品；低膨胀、紧固件制品；核用镍基合金制品；耐玻璃腐蚀制品；多孔泡沫材料制品；高温高压耐磨圆盘阀；液压泵密封件；油泵轴承；摩擦片；CNG 燃机气门座；磁控溅射系列靶材；热障涂层用 MCrAlY 型电弧镀膜靶材；高温耐磨焊丝	航空、航天、电子、核电、建材
----------	--	----------------

资料来源：钢研高纳公司年报，五矿证券研究所

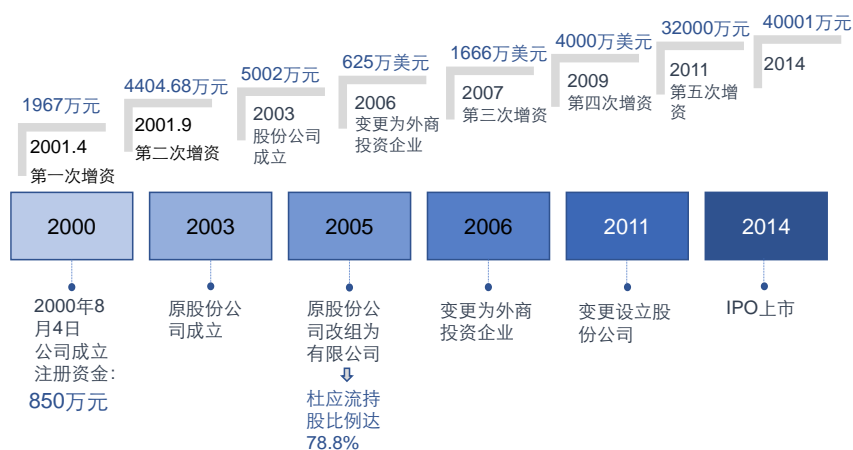
注资收购，拓宽市场占有率，深化产业链协同效应。公司完成收购青岛新力通后，业务领域拓展到石化领域用管材和各类合金炉管等业务，成为新的利润增长点。

（6）应流股份：中国精铸龙头，立足核电航空

对标 PCC，未来成长空间巨大。公司是专用设备零部件生产领域内的领先企业，主要产品为泵及阀门零件、机械装备构件，逐步扩展到核能新材料和两机业务板块。精铸业务成长平滑，客户资源深厚，产品出口以欧美为主的各个国家、近百家客户，包括通用电气、艾默生、西门子等十余家世界 500 强企业，是可与 PCC 对标的中国精铸龙头，成长空间巨大。

产业链延伸，价值链延伸。公司产品除传统业务板块石油天然气设备零件、工程和矿山机械零部件外，亦延伸至高端装备业务，包括核能新材料及零部件、航空航天新材料及零部件、其他高端设备零部件等，其中主要应用高温合金的核能新材料及零部件和航空航天新材料及零部件的毛利率高达 40% 以上。

图表 79：应流股份增资顺利，助其扩大产能



资料来源：应流股份公司公告，五矿证券研究所

（7）万泽股份：转型新入者，产研相结合

公司分别设立万泽中南研究院、深汕万泽精密铸造和上海万泽精密铸造分公司，以自有资金持续投入高温合金业务合计 12.85 亿元：

图表 80: 万泽股份以自有资金持续投入高温合金业务

	定位及目标	已投入情况
万泽中南研究院	核心技术的基础研发平台, 通过自主研发为产业化奠定技术基础。与业内建立前期研发合作关系, 积累行业资源。	截至 2019 年 9 月 30 日, 万泽中南研究院已累计投入超过 2.86 亿元, 包括: 已投资超过 1.29 亿元用于建设试验厂房及购置实验设备; 已投入 3688.98 万元用于引进核心技术团队; 其他研发支出 1.20 亿元。
深汕万泽精密铸造	高温合金母合金、高温合金粉末、粉末冶金高压涡轮盘、精密铸造叶片的产业化生产, 以及产业化过程中的工程工艺研发	截至 2019 年 9 月 30 日, 公司已累计使用自有资金 3.36 亿元用于本次募投项目工程建设、设备购置及安装。
上海万泽精密铸造	高温合金等轴晶叶片等产品的产业化生产, 以及产业化过程中的工程工艺研发	截至 2019 年 9 月 30 日, 公司已累计使用自有资金 6.63 亿元用于工程建设、设备购置及安装。

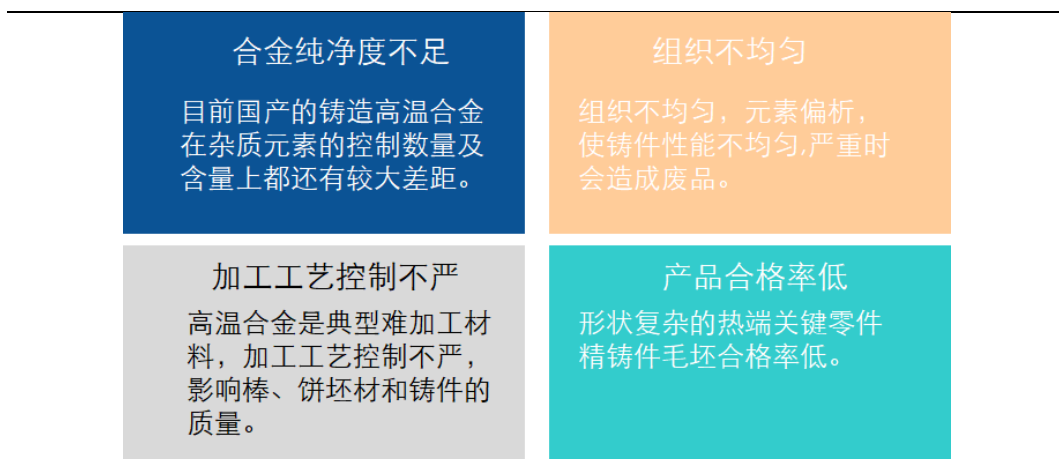
资料来源: 万泽股份公司公告, 五矿证券研究所

募投项目新建年产超纯高温母合金 1,500 吨、涡轮盘 300 对、高温合金粉末 350 吨生产线, 公司预计 2021 年达产。

3.3 质和量均存在缺口 产量难追需求

“质”: 国产高温合金在合金纯净度、组织均匀度、加工工艺控制和产品合格率等方面与美国、俄罗斯等国的产品仍存在差距, 这些差距使得中国厂商主要集中在中低端产品的制造上, 高端产品产能不足, 仍然依赖于进口。随着中国研制更高性能的航空航天发动机, 需要研发耐热性能更好的高温合金与之配套。中国高温合金企业一方面需要加大研发投入、提高研发能力, 另一方面还需要升级生产装备, 为生产更高品质高温合金材料打下基础。以 ST 抚钢、钢研高纳为代表的部分企业, 持续在科研创新和生产工艺上取得突破, 已有部分产品可以替代进口, 预期整个行业也会向高端化的方向发展。

图表 81: 国产高温合金质量与国际先进水平仍有较大差距

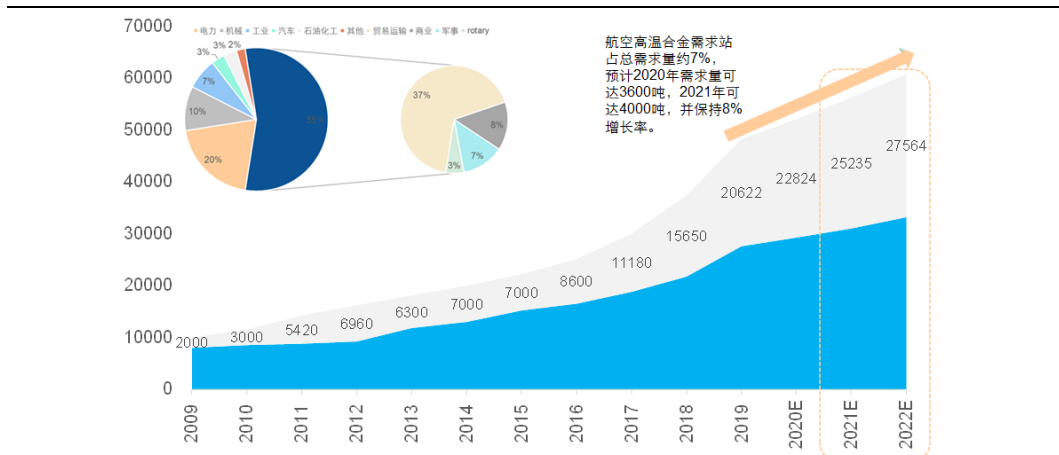


资料来源: CNKI, 五矿证券研究所

“量”: 目前中国高温合金生产企业产能有限, 供给与需求之间存在较大缺口, 燃气轮机与核电等高端民用领域的高温合金仍主要依赖进口。

2019 年, 中国高温合金产量为 27600 吨, 但需求量达 48222 吨, 产量远不及需求。我们认为, 基于军工现代化加速推进、“十四五”期间对于国防建设的更高要求, 中国高温合金的消费量将快速提升。又由于高温合金的技术门槛较高, 增产扩能的周期长、难度大, 短期内产量的增速难及需求, 供需缺口或将进一步扩大。

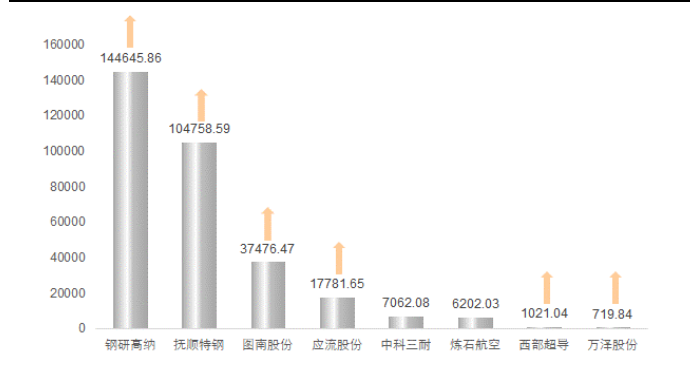
图表 82：高温合金供需缺口逐年扩大，40%以上依赖进口（单位：吨）



资料来源：智研咨询，五矿证券研究所

中国高温合金生产厂商中，据 2019 年营收情况来看，钢研高纳、ST 抚钢、图南股份分居前三，亦有西部超导、应流股份等公司正积极建设募投项目，新增高温合金产品产能，助推业绩释放。

图表 83：2019 年中国高温合金上市企业高温合金业务营收（单位：万元）



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

图表 84：高温合金生产商先后启动扩产项目



资料来源：各公司公告，五矿证券研究所

四 展望：行业寡头垄断属性将延续

高温合金立足航空，短期军工长期民用。高温合金当前最重要的应用市场为航空发动机领域，短期内适逢中国军用新型号航空发动机批量列装期，新机型牵引高温合金需求量增速提升，未来 5-10 年内基于存量发动机数量的增加，还会迎来后续的换发和维修高峰期，高温合金需求的稳定性得到双重保障；长期来看，中国民用航空发动机自主可控为大势所趋，民用航空业市场空间巨大。

航空发动机领域多使用高端高温合金，对高温合金生产商的技术水平、加工设备、资质认证及资金储备等都提出较高的要求。

高温合金行业具有强垄断性和稳定性，行业龙头将长期享受行业壁垒带来的红利。其行业壁垒主要体现在技术壁垒、市场准入壁垒、质量标准壁垒、累验曲线门槛等方面，新进入者面临较高的进入成本和时间成本。由于行业特殊属性的存在，无论从国外经验还是中国高温合金细分市场和主要参与者上，可以看出该行业呈现寡头垄断属性，每个国家仅有 1-2 家寡头厂商。并且先进入者已经具有较为成熟的生产技术和工艺，多已与军工企业签订合同、成为

稳定供应商，并且参与行业标准的制定，为自身平稳发展创造良好的条件。因此高温合金行业龙头或将率先且长期享受行业壁垒带来的红利。

图表 85：高温合金行业壁垒主要分为五方面

壁垒	分析
技术壁垒	高温合金产品对质量可靠性、性能稳定性、产品尺寸精确性都有着非常严格的要求，只有具有很高技术储备和研发实力的企业才能进入领域
市场先入壁垒	客户转换供应商的成本高，特别是航空领域用户对产品的实用程序严格又复杂，一旦选定供应商后就不会轻易更换
质量标准壁垒	高温合金的加工工艺复杂，用其制造的零件使用工况恶劣，在应用的安全性方面又有其特殊要求，必须严格控制高温合金材料及其产品的工艺规程和建立与健全质量保障体系，所以进入该行业的企业需要有一套完整的质量控制体系和检测体系，才能够满足用户的质量要求。
生产组织能力壁垒	高温合金等先进金属材料的生产工序复杂、加工周期长，且具有多品种、小批量的生产特点，要获得高质量的产品，需要对整个生产过程进行精细化的管理，这对企业的人员配置、生产组织、工序管理能力都提出较高的要求。
资金壁垒	企业需要投入较高成本进行先进生产设备的购置，从而提升工艺水平以达到客户需求。同时，先进金属材料产品的研发也需要持续的资金投入，而新产品的认证周期相对较长，这也对企业的流动资金提出一定的要求。

资料来源：钢研高纳公司公告，五矿证券研究所

风险提示

军品、民品订单不及预期；

公司募投项目受阻，订单交付能力不足；

分析师声明

作者在中国证券业协会登记为证券投资咨询(分析师),以勤勉的职业态度,独立、客观地出具本报告。作者保证:(i)本报告所采用的数据均来自合规渠道;(ii)本报告分析逻辑基于作者的职业理解,并清晰准确地反映了作者的研究观点;(iii)本报告结论不受任何第三方的授意或影响;(iv)不存在任何利益冲突;(v)英文版翻译与中文版有所歧义,以中文版报告为准;特此声明。

投资评级说明

投资建议的评级标准		评级	说明
报告中投资建议所涉及的评级分为股票评级和行业评级(另有说明的除外)。评级标准为报告发布日后6到12个月内的相对市场表现,也即以报告发布日后的6到12个月内的公司股价(或行业指数)相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中:A股市场以沪深300指数为基准;香港市场以恒生指数为基准;美国市场以纳斯达克综合指数或标普500指数为基准。	股票评级	买入	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在20%及以上;
		增持	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于5%~20%之间;
		持有	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报介于-10%~5%之间;
		卖出	预期个股相对同期相关证券市场代表性指数的回报在-10%及以下;
		无评级	预期对于个股未来6个月市场表现与基准指数相比无明确观点。
	行业评级	看好	预期行业整体回报高于基准指数整体水平10%以上;
		中性	预期行业整体回报介于基准指数整体水平-10%~10%之间;
		看淡	预期行业整体回报低于基准指数整体水平-10%以下。

一般声明

五矿证券有限公司(以下简称“本公司”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本公司不会因接收人收到本报告即视其为客户,本报告仅在相关法律许可的情况下发放,并仅为提供信息而发放,概不构成任何广告。本报告的版权仅为本公司所有,未经本公司书面许可,任何机构和个人不得以任何形式对本研究报告的任何部分以任何方式制作任何形式的翻版、复制或再次分发给任何其他人。如引用须联络五矿证券研究所获得许可后,再注明出处为五矿证券研究所,且不得对本报告进行有悖原意的删节和修改。在刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的同时,也应注明本报告的发布人和发布日期及提示使用证券研究报告的风险。若未经授权刊载或者转发本报告的,本公司将保留向其追究法律责任的权利。若本公司以外的其他机构(以下简称“该机构”)发送本报告,则由该机构独自为此发送行为负责。

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的价格、价值及投资收入或将产生波动;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;本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时,本公司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。

本报告的作者是基于独立、客观、公正和审慎的原则制作本研究报告。本报告的信息均来源于公开资料,本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证,也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正,但文中的观点、结论和建议仅供参考,不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。在任何情况下,报告中的信息或意见不构成对任何人的投资建议,投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下,本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利,不与投资者分享投资收益,也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。本公司及作者在自身所知范围内,与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

五矿证券版权所有。保留一切权利。

特别声明

在法律许可的情况下,五矿证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易,也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此,投资者应当考虑到五矿证券及/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一参考依据。

联系我们

上海	深圳	北京
地址:上海市浦东新区东方路69号裕景国际商务广场A座2208室 邮编:200120	地址:深圳市福田区金田路4028号荣超经贸中心48F 邮编:518035	地址:北京市海淀区首体南路9号4楼603室 邮编:100037

Analyst Certification

The research analyst is primarily responsible for the content of this report, in whole or in part. The analyst has the Securities Investment Advisory Certification granted by the Securities Association of China. Besides, the analyst independently and objectively issues this report holding a diligent attitude. We hereby declare that (1) all the data used herein is gathered from legitimate sources; (2) the research is based on analyst's professional understanding, and accurately reflects his/her views; (3) the analyst has not been placed under any undue influence or intervention from a third party in compiling this report; (4) there is no conflict of interest; (5) in case of ambiguity due to the translation of the report, the original version in Chinese shall prevail.

Investment Rating Definitions

	Ratings	Definitions
The rating criteria of investment recommendations The ratings contained herein are classified into company ratings and sector ratings (unless otherwise stated). The rating criteria is the relative market performance between 6 and 12 months after the report's date of issue, i.e. based on the range of rise and fall of the company's stock price (or industry index) compared to the benchmark index. Specifically, the CSI 300 Index is the benchmark index of the A-share market. The Hang Seng Index is the benchmark index of the HK market. The NASDAQ Composite Index or the S&P 500 Index is the benchmark index of the U.S. market.	BUY	Stock return is expected to outperform the benchmark index by more than 20%;
	ACCUMULATE	Stock relative performance is expected to range between 5% and 20%;
	HOLD	Stock relative performance is expected to range between -10% and 5%;
	SELL	Stock return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%;
	NOT RATED	No clear view of the stock relative performance over the next 6 months.
Sector Ratings	POSITIVE	Overall sector return is expected to outperform the benchmark index by more than 10%;
	NEUTRAL	Overall sector expected relative performance ranges between -10% and 10%;
	CAUTIOUS	Overall sector return is expected to underperform the benchmark index by more than 10%.

General Disclaimer

Minmetals Securities Co., Ltd. (or "the company") is licensed to carry on securities investment advisory business by the China Securities Regulatory Commission. The Company will not deem any person as its client notwithstanding his/her receipt of this report. The report is issued only under permit of relevant laws and regulations, solely for the purpose of providing information. The report should not be used or considered as an offer or the solicitation of an offer to sell, buy or subscribe for securities or other financial instruments. The information presented in the report is under the copyright of the company. Without the written permission of the company, none of the institutions or individuals shall duplicate, copy, or redistribute any part of this report, in any form, to any other institutions or individuals. The party who quotes the report should contact the company directly to request permission, specify the source as Equity Research Department of Minmetals Securities, and should not make any change to the information in a manner contrary to the original intention. The party who re-publishes or forwards the research report or part of the report shall indicate the issuer, the date of issue, and the risk of using the report. Otherwise, the company will reserve its right to taking legal action. If any other institution (or "this institution") redistributes this report, this institution will be solely responsible for its redistribution. The information, opinions, and inferences herein only reflect the judgment of the company on the date of issue. Prices, values as well as the returns of securities or the underlying assets herein may fluctuate. At different periods, the company may issue reports with inconsistent information, opinions, and inferences, and does not guarantee the information contained herein is kept up to date. Meanwhile, the information contained herein is subject to change without any prior notice. Investors should pay attention to the updates or modifications. The analyst wrote the report based on principles of independence, objectivity, fairness, and prudence. Information contained herein was obtained from publicly available sources. However, the company makes no warranty of accuracy or completeness of information, and does not guarantee the information and recommendations contained do not change. The company strives to be objective and fair in the report's content. However, opinions, conclusions, and recommendations herein are only for reference, and do not contain any certain judgments about the changes in the stock price or the market. Under no circumstance shall the information contained or opinions expressed herein form investment recommendations to anyone. The company or analysts have no responsibility for any investment decision based on this report. Neither the company, nor its employees, or affiliates shall guarantee any certain return, share any profits with investors, and be liable to any investors for any losses caused by use of the content herein. The company and its analysts, to the extent of their awareness, have no conflict of interest which is required to be disclosed, or taken restrictive or silent measures by the laws with the stock evaluated or recommended in this report.

Minmetals Securities Co. Ltd. 2019. All rights reserved.

Special Disclaimer

Permitted by laws, Minmetals Securities Co., Ltd. may hold and trade the securities of companies mentioned herein, and may provide or seek to provide investment banking, financial consulting, financial products, and other financial services for these companies. Therefore, investors should be aware that Minmetals Securities Co., Ltd. or other related parties may have potential conflicts of interest which may affect the objectivity of the report. Investors should not make investment decisions solely based on this report.

Contact us

Shanghai

Address: Room 2208, 22F, Block A, Eton Place, No.69 Dongfang Road, Pudong New District, Shanghai
 Postcode: 200120

Shenzhen

Address: 48F, Rong Chao Trading Center, No.4028 Jintian Road, Futian District, Shenzhen
 Postcode: 518035

Beijing

Address: Room 603, 4F, No.9 Shoutinan Road, Haidian District, Beijing
 Postcode: 100037