

为什么持续看好高温合金赛道？

华泰研究

2022年10月17日 | 中国内地

专题研究

风好正是扬帆时，关注高温合金优质赛道

在华泰军工组 2022.9.15 报告《航空发动机：国之重器，万里鹏程》中，我们强调了航空发动机板块短、中、长期及后市场的四大投资逻辑，而高温合金是航空发动机的刚需材料，产业链自下而上各阶段备库需求会逐级放大企业业绩弹性，对于中上游材料端具有放大效应。在航发板块年初至今普遍回撤的情况下，高温合金标的 23 年 PEG 均在 1 附近，部分标的低于 0.5，处于较低水平。若未来一段时间镍价恢复至供需关系下的理性水平，高温合金成本端压力有望明显缓解，22Q4 有望迎来估值拐点，2023 年随着产业链受镍价影响逐步消除，板块有望迎来盈利拐点，相关标的或面临较好投资机遇。

需求与产能共振，高温合金迎来黄金机遇

高温合金主要应用于涡轮叶片、涡轮盘、燃烧室、压气机盘、机匣、环形件、尾喷管及紧固件等部件，是航天航空战略性新兴产业的关键战略材料。需求端：1) 前装市场：航发热端的必选材料，中长期内技术可替代性较弱；2) 后市场：高温合金为耗材中的耗材，维修更换频次为航发产业链之最；3) Pipeline 持续拓展：一代发动机一代高温合金，多谱系深度绑定核心装备。供给端：1) 国产替代：强调自主可控，海外供应商市场化涨价或倒逼替代进程加速；2) 行业进入集中扩产期：军工行业以销定产，或前瞻性反映景气度提升预期；3) 格局稳固：行业准入壁垒与技术壁垒牵引多寡格局。

核心工艺壁垒各不相同，寻找高温合金的“矛”

我们分别定量和定性地探讨产业链核心赋能环节。定量方面，锻件环节所产生的价值量略高于变形高温合金熔炼环节，该环节增值约为上游原材料电解镍的 2.2 倍。而精密铸件环节的价值量相对更大，该环节增值额约为上游原材料电解镍的 22.7 倍，或反映该环节技术高门槛。定性方面，我们认为变形高温合金技术端核心壁垒在于二/三联工艺熔炼环节；而铸造高温合金，尤其是单晶高温合金的核心壁垒端不在母合金熔炼，而在于单晶铸造。对单晶高温合金核心的探讨离不开单晶合金零件的合格率。质量合格的单晶合金零件在需要高纯度母合金的同时，更需要成熟的定向凝固工艺。

高温合金耗材属性凸显，支撑长远需求

据我们测算，从 2021~2030 中国军用航空发动机维修市场总规模为 9662 亿元人民币，2021-2030 年新装发动机市场规模为 4877 亿元，2021-2030 年我国军用航发市场累计为 14539.16 亿元，年均超千亿。据前瞻产业研究院发布的研究数据，发动机占军用飞机成本的 25%，材料成本占发动机成本的 50%，而高温合金占材料成本约 35%。据此测算，2021~2030 年我国军用航发用高温合金总市场约为 2544.35 亿元，年均市场超 250 亿元。

我国高温合金产业链梳理

国内高温合金产业链包括上游母合金冶炼、中游零部件毛坯件成形以及下游成品零部件加工、零部件组装和设备总装。产业链上游企业包括抚顺特钢、钢研高纳、图南股份、隆达股份、西部超导、中航上大等。产业链中游企业较多且各有所长，包括航材股份、钢研高纳、图南股份、中科院金属所、万泽股份、中航重机、派克新材、航宇科技、应流股份、三角防务等。产业链下游企业从事成品零部件加工、零部件组装和设备总装业务。

风险提示：国产发动机研制进度不及预期风险；行业竞争加剧风险；原材料价格波动风险。

航天军工

增持（维持）

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

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

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

行业走势图



资料来源：Wind，华泰研究

正文目录

报告核心观点：高温合金，精选赛道优中选优	3
航发关键战略物资，“上行效应”释放高温合金业绩弹性	3
板块当前主要矛盾：镍价下行与价格传导为两大变量	6
需求与产能共振，高温合金迎来黄金机遇	11
高温合金：为高温而生，国防关键战略物资	11
需求端：前端列装必选材料+后端高替换率耗材，多谱系共振释放稳定需求	13
1) 前装市场：航发热端的必选材料，中长期内技术可替代性较弱	13
2) 后市场：高温合金为耗材中的耗材，维修更换频次为航发产业链之最	17
3) Pipeline 持续拓展：一代发动机一代高温合金，多谱系深度绑定核心装备	19
供给端：国产替代加速+行业进入集中扩产期，高技术壁垒牵引多寡格局	21
1) 国产替代：强调自主可控，海外供应商市场化涨价或倒逼替代进程加速	21
2) 行业进入集中扩产期：军工行业以销定产，或前瞻性反映景气度提升预期	22
3) 格局稳固：行业准入壁垒与技术壁垒牵引多寡格局	24
核心工艺壁垒各不相同，如何寻找高温合金的“矛”	28
定量：从镍原料增值角度探究高温合金赋能环节	28
定性：如何定义高温合金的“技术壁垒”	30
变形高温合金：熔炼环节工艺为核心壁垒	30
铸造高温合金：单晶铸造为工艺最难点	32
市场空间：耗材属性凸显，支撑长远需求	34
相关企业梳理	38
西部超导（688122 CH）	38
抚顺特钢（600399 CH）	39
钢研高纳（300034 CH）	40
图南股份（300855 CH）	41
隆达股份（688231 CH）	42
风险提示	44

报告核心观点：高温合金，精选赛道优中选优

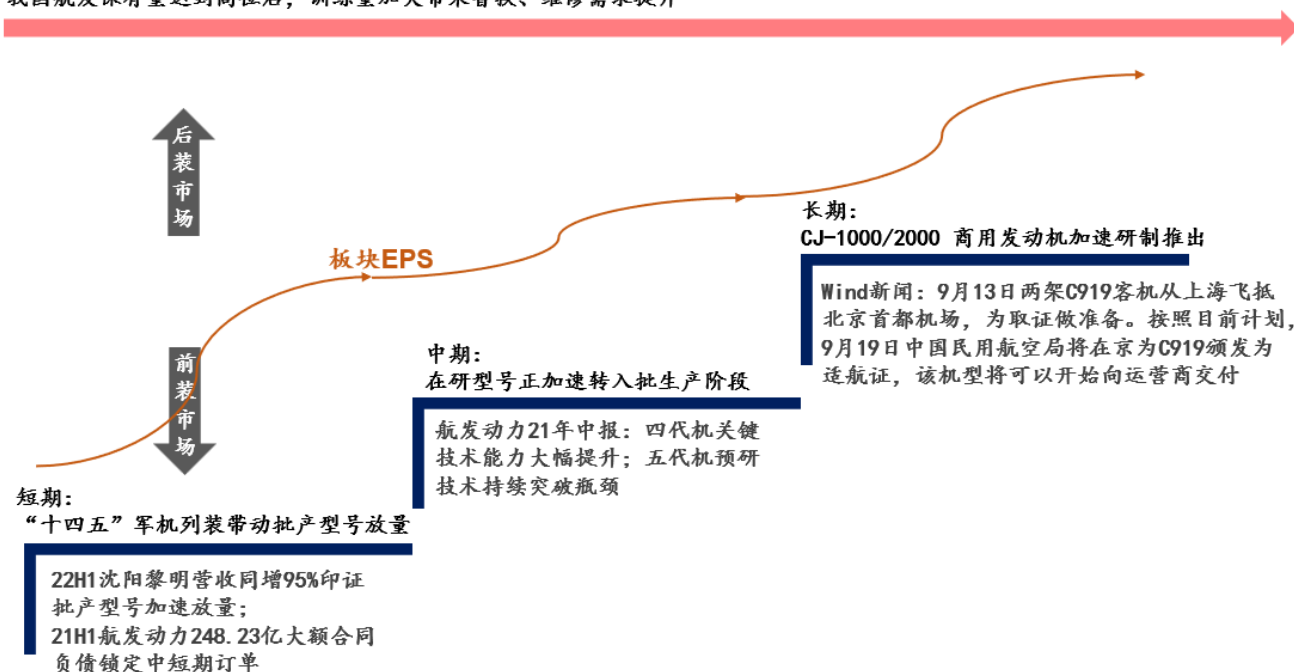
航发关键战略物资，“上行效应”释放高温合金业绩弹性

航空发动机赛道的长期业绩弹性与结构性β行情在军工整体板块中异军突起。在华泰军工组 2022.9.15 发布的报告《航空发动机：国之重器，万里鹏程》中，我们强调了航空发动机板块四大投资逻辑，即：**1) 短期**：“十四五”军机列装带动批产型号（WS-10）放量，航发动力大额预收款锁定中短期订单；**2) 中期**：我国四代发动机关键技术能力大幅提升，五代机预研技术持续突破瓶颈，在研型号正加速转入批生产阶段；**3) 长期**：航空发动机先军后民，CJ-1000、CJ-2000 商用发动机加速研制推出，驱动远期行业持续高景气度；**4) 后市场**：广阔后市场铸造航空发动机坡长雪厚赛道，我国航发保有量达到高位后训练量加大带来替换、维修需求提升。

图表1：航空发动机板块投资逻辑

后市场：

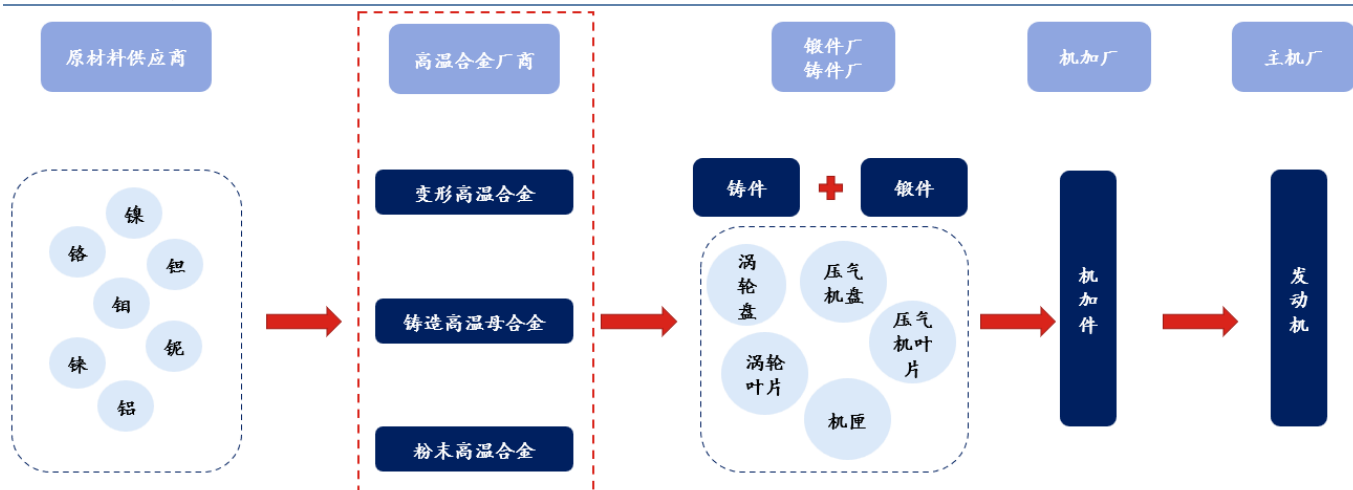
我国航发保有量达到高位后，训练量加大带来替换、维修需求提升



资料来源：航发动力公告，Wind，华泰研究

高温合金是航空发动机的关键战略物资，有望成为航发赛道优中选优的细分领域。提高航空发动机性能、实现航空发动机的全面国产化已然成为国家层面的迫切任务。通过材料的升级换代满足工作温度的需求是提升发动机推重比的本质手段，可以认为高温合金是决定航空发动机性能的核心瓶颈之一，是国产航空发动机实现量产的先决条件。高温合金生产企业处于航发产业链中上游，通过将镍、钴、钼、铌等金属原料熔炼为合金后交付至锻造/铸造厂，是产业链承上启下的关键环节。

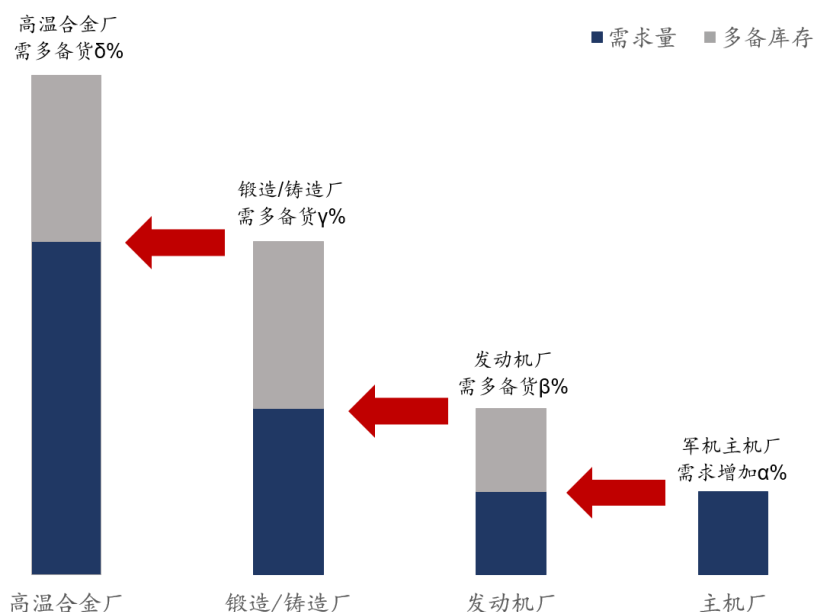
图表2：高温合金产业链情况



资料来源：隆达股份招股说明书，华泰研究

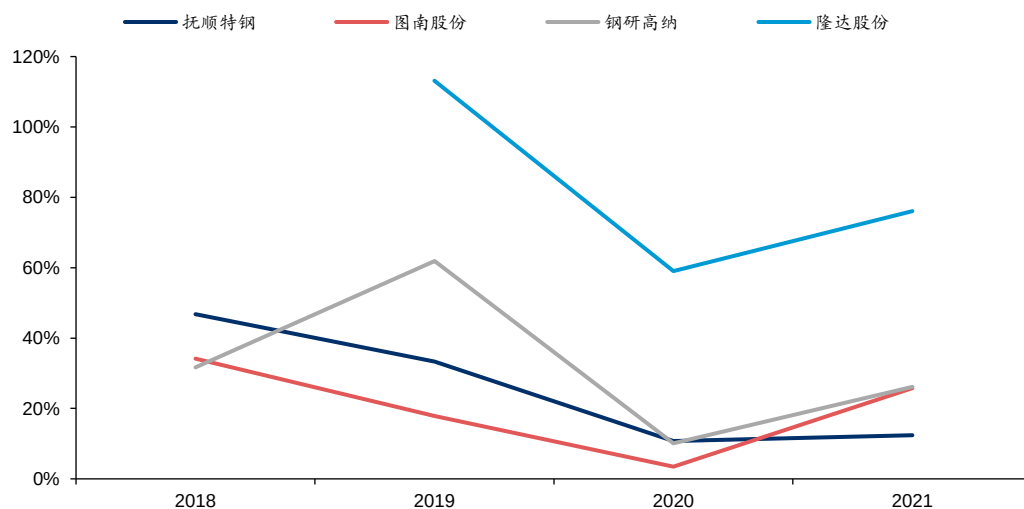
“上行效应”使得上游高温合金端需求弹性大于中下游。产业链自下而上各阶段备库需求会逐级放大企业业绩弹性，对于中上游材料端具有放大效应。假设军机主机厂需求增长 $\alpha\%$ ，那么发动机厂在满足 $\alpha\%$ 之外，仍需多备 $\beta\%$ 的库存。而锻造/铸造厂在满足发动机厂新增的 $(\alpha+\beta)\%$ 的需求外，需多备 $\gamma\%$ 的库存，上行效应在最终作用到高温合金厂时，高温合金厂产量增加 $(\alpha+\beta+\gamma+\delta)\%$ ，可以看出备库需求使得上游需求弹性大于中游，中游需求弹性大于下游。

图表3：上行效应使得高温合金需求弹性大于中下游



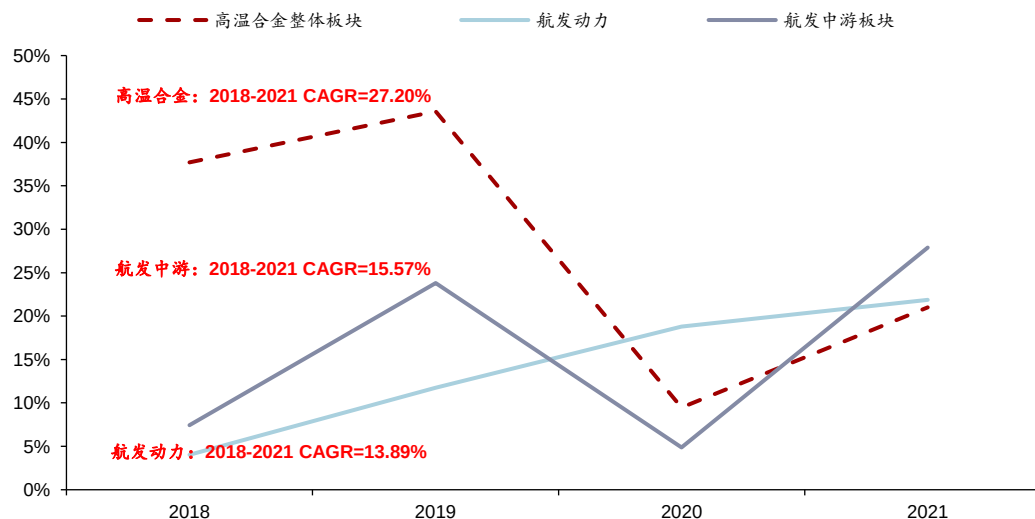
资料来源：华泰研究

长期维度看，相关上市公司的高温合金产品收入增速会显著高于中下游增速。钢研高纳 2018-2021 年高温合金业务相关收入 CAGR 为 31.17%，抚顺特钢 2018-2021 年高温合金业务相关收入 CAGR 为 24.94%，图南股份 2018-2021 年高温合金业务相关收入 CAGR 为 19.77%，隆达股份 2019-2021 年高温合金业务相关收入 CAGR 为 81.39%。我们根据《航空发动机：国之重器，万里鹏程》（2022.9.15 发布）报告中的产业链拆分方法，将航发上游的高温合金企业做整体分析并与航发中下游板块对比，2018-2021 年高温合金板块收入 CAGR 为 27.20%，高于航发中游板块（15.57%）与下游总装（13.89%）。

图表4：高温合金上市公司相关业务营收增速情况


注：抚顺特钢选取高温合金业务收入；图南股份选取铸造高温合金制品+变形高温合金制品业务收入；钢研高纳选取有色金属冶炼及压延加工业务收入；隆达股份选取高温耐蚀合金业务收入

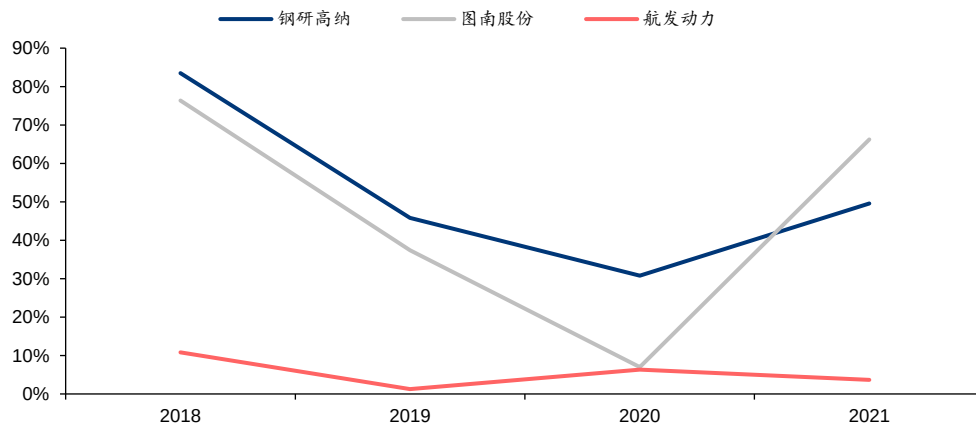
资料来源：Wind，华泰研究

图表5：高温合金板块收入增速高于中下游


注：由于隆达股份缺失 2017 年基数数据，故高温合金板块选取抚顺特钢、钢研高纳、图南股份做整体分析

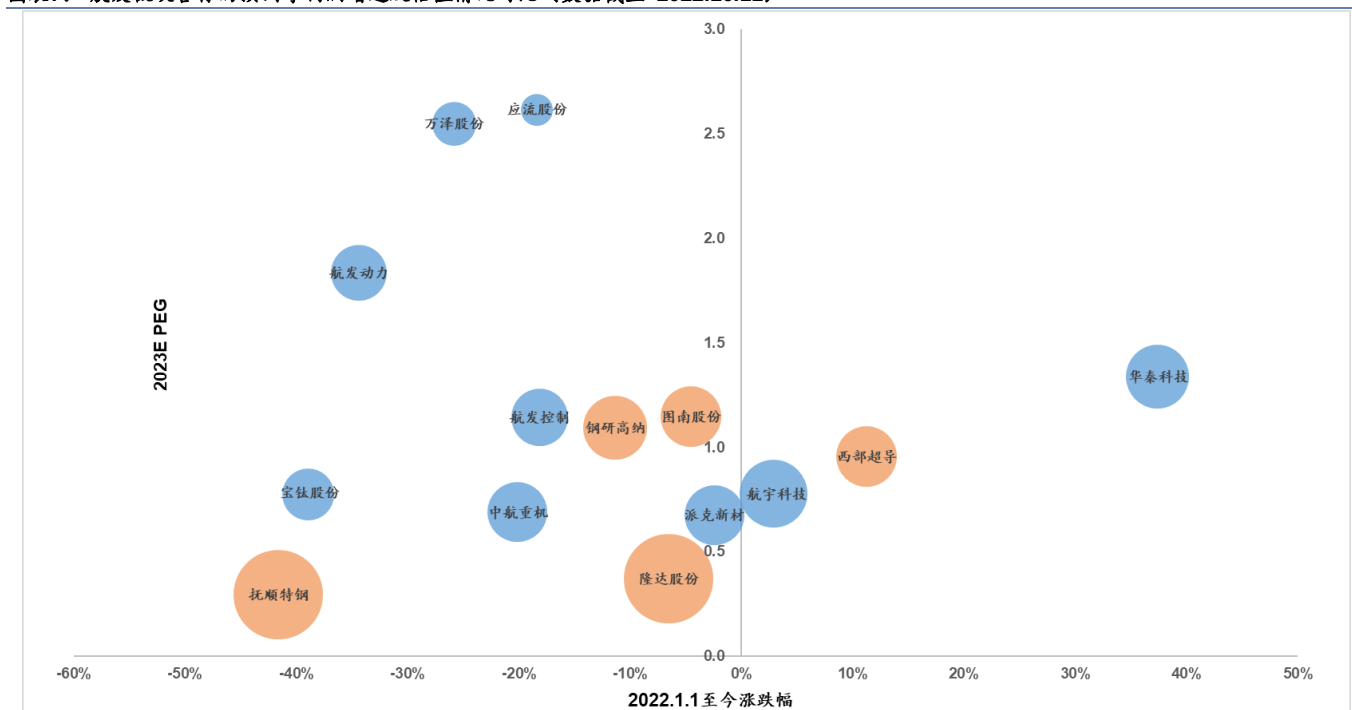
资料来源：Wind，华泰研究

高温合金材料企业盈利弹性有望强于下游总装环节。利润增速方面，由于航发链条下游主机厂以国企为主，而上游新材料民营企业占比相对更高，因此经营管理和降本增效能力更优，催生盈利释放节奏和幅度更为亮眼。图南股份、钢研高纳 2018-2021 年归母净利润 CAGR 分别为 37.37%、51.83%，而航发动力 2018-2021 年归母净利润 CAGR 仅 6.08%，突显出上游原材料的盈利弹性强于下游总装厂。

图表6：高温合金相关上市公司盈利弹性强于下游总装厂


注：由于隆达股份业务转型至高温合金较晚，18-19年公司仍处于亏损，而抚顺特钢因内部控制体系重大缺陷造成存货、固定资产、在建工程资产失实，大额存货跌价准备造成了2017-2019年净利润增速失真，故在此只计算了钢研高纳与图南股份
资料来源：Wind，华泰研究

利润增速不减、估值低位，高温合金核心标的高性价比优势凸显。我们根据《航空发动机：国之重器，万里鹏程》（2022.9.15发布）报告中的航发产业链标的，选取14支涵盖行业上中下游的代表企业，测算各标的Wind一致预期的下的2023E归母净利润增速、对应PE、PEG水平。根据统计情况，在航发板块22年至今普遍回撤的情况下，高温合金标的23E净利润整体增速水平较高，抚顺特钢、隆达股份、钢研高纳、图南股份、西部超导23E净利润增速（Wind一致预期）分别为1、2、4、6、7名，且23年PEG均在1附近，部分标的低于0.5，处于低估位置。

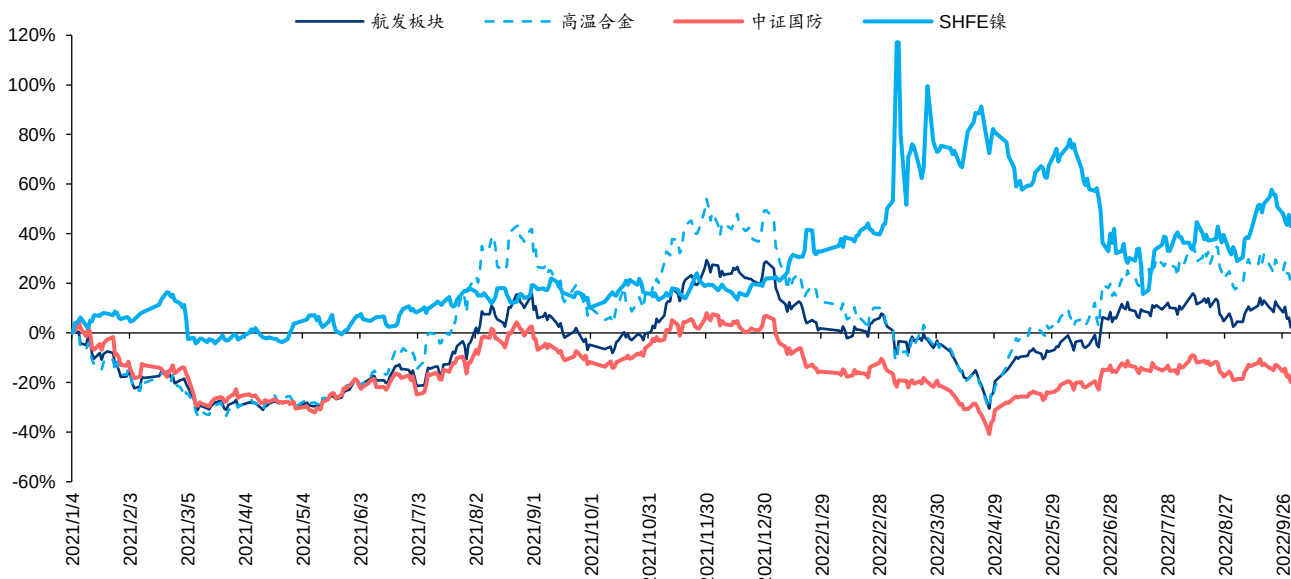
图表7：航发板块各标的预测净利润增速及估值情况对比（数据截至2022.10.11）


注：气泡大小表示各标的23E净利润增速，数据来自于Wind一致预期
资料来源：Wind，华泰研究

板块当前主要矛盾：镍价下行与价格传导为两大变量

由于镍在高温合金成本端占比较高，因此跟踪镍价变化并对企业进行前瞻的成本敏感性分析是当前市场的主要关注点。自今年3月份镍价出现剧烈波动以来，高温合金板块表现与镍价呈现出明显的负相关性，2022.3.1-2022.9.30期间，高温合金板块表现与当日SHFE镍价涨跌幅的相关系数为-0.82。

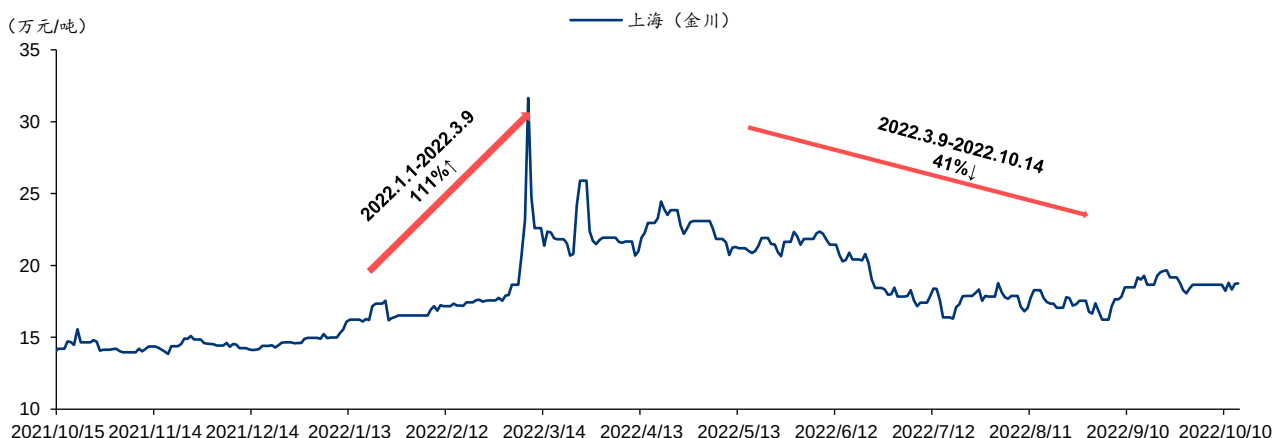
图表8：高温合金板块涨跌情况



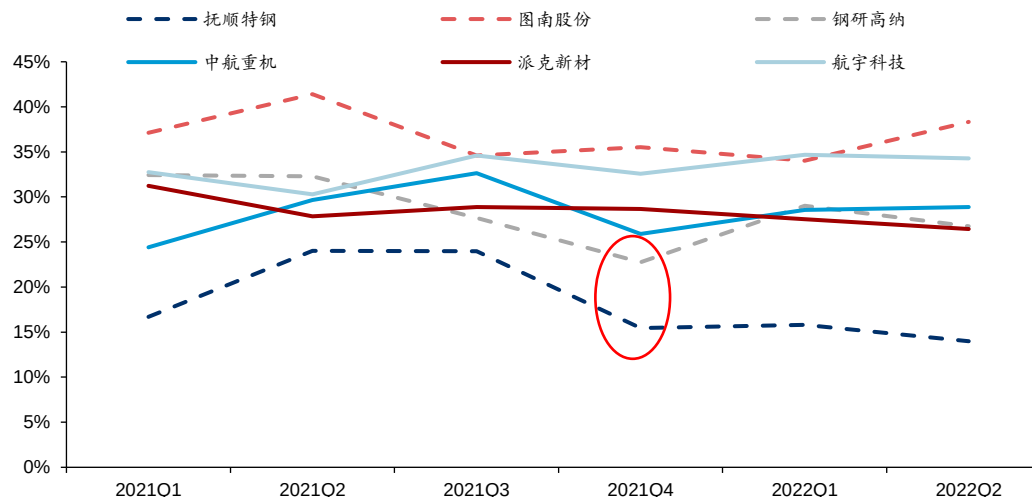
注：由于隆达股份为 2022 年上市新股，短期股价波动较大，故高温合金板块选取抚顺特钢、钢研高纳、图南股份做整体分析
 资料来源：Wind，华泰研究

原材料价格回落，产业链成本压力边际改善。受镍涨价影响，年初至今镍——高温合金——航发铸锻件——航发主机厂产业链盈利能力显著承压，而由于产业链下游的航发主机厂掌握了较高的议价权，而中游锻造厂产业链位置离主机厂更近，因此上游高温合金厂商较难向中下游传导成本压力，以抚顺特钢、钢研高纳为代表的高温合金企业 21Q4 单季度毛利率均出现明显下滑，且至今毛利率仍未恢复至 2021 年初水平。在印尼镍新增项目产量逐步释放的背景下，镍价持续下跌，沪镍价格从 3 月 9 日高点下跌 41% 至 10 月 14 日的 18.76 万/吨，9 月初至今镍价短期持续上涨，主要系欧央行 9 月议息会议宣布加息 75 基点，欧元出现了较大幅度的走强，而美元指数则顺势回落，以美元定价的国际大宗商品迎来了普涨，我们认为属于短期影响。

图表9：电解镍市场价格走势

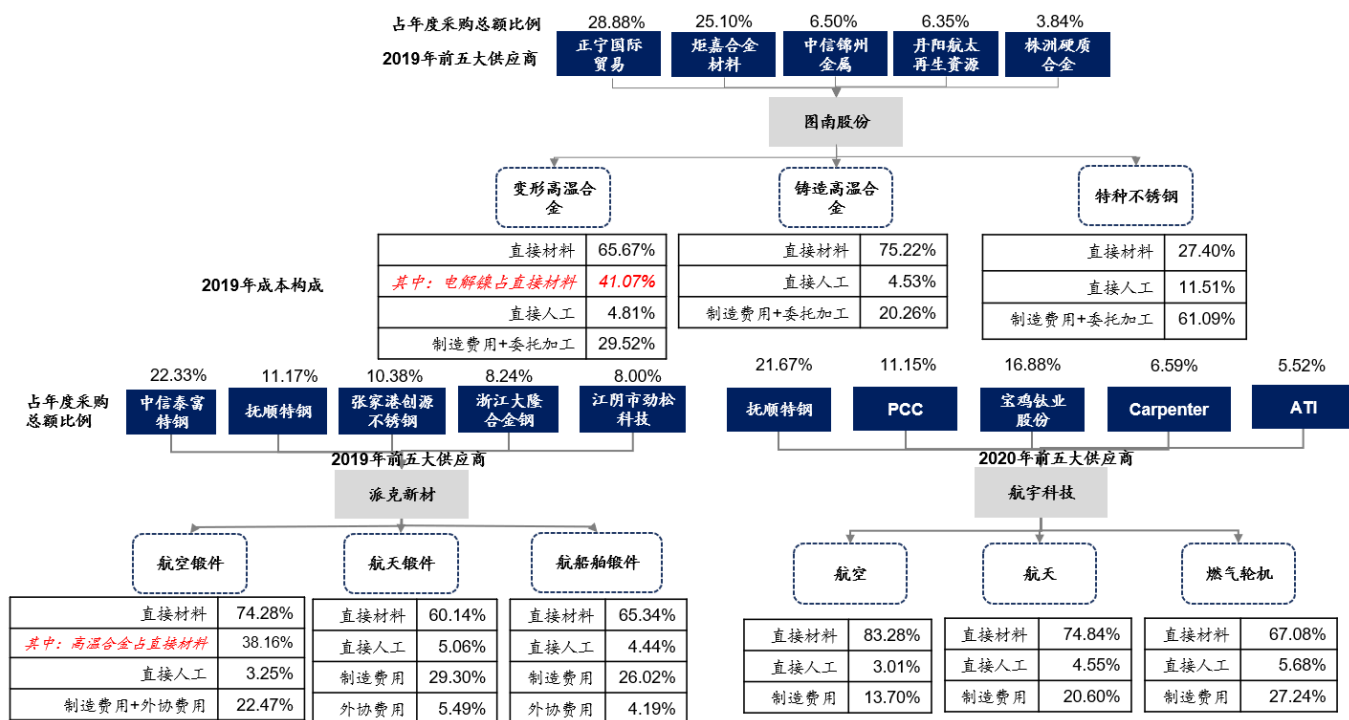


资料来源：百川盈孚，华泰研究

图表10：以抚顺特钢、钢研高纳为代表的高温合金企业 21Q4 单季度毛利率均出现明显下滑


资料来源：Wind，华泰研究

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

图表11：航发中上游企业成本构成梳理


注：考虑到部分企业最新年报并未详细拆分成成本项，我们选取最近的完整数据年份
 资料来源：各公司公告，华泰研究

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

图表12：镍价向中游传导后对上游冶炼企业毛利率影响（pcts）

		镍价变化幅度									
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
镍价向中游传导幅度	10%	-1.73	-3.46	-5.18	-6.91	-8.64	-10.37	-12.10	-13.82	-15.55	-17.28
	20%	-1.54	-3.07	-4.61	-6.14	-7.68	-9.22	-10.75	-12.29	-13.82	-15.36
	30%	-1.34	-2.69	-4.03	-5.38	-6.72	-8.06	-9.41	-10.75	-12.10	-13.44
	40%	-1.15	-2.30	-3.46	-4.61	-5.76	-6.91	-8.06	-9.22	-10.37	-11.52
	50%	-0.96	-1.92	-2.88	-3.84	-4.80	-5.76	-6.72	-7.68	-8.64	-9.60
	60%	-0.77	-1.54	-2.30	-3.07	-3.84	-4.61	-5.38	-6.14	-6.91	-7.68
	70%	-0.58	-1.15	-1.73	-2.30	-2.88	-3.46	-4.03	-4.61	-5.18	-5.76
	80%	-0.38	-0.77	-1.15	-1.54	-1.92	-2.30	-2.69	-3.07	-3.46	-3.84
	90%	-0.19	-0.38	-0.58	-0.77	-0.96	-1.15	-1.34	-1.54	-1.73	-1.92
	100%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

资料来源：抚顺特钢年报，华泰研究预测

图表13：镍价向中游传导后对中游锻造企业毛利率影响（pcts）

		镍价变化幅度									
		10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
镍价向中游传导幅度	10%	-0.10	-0.21	-0.31	-0.42	-0.52	-0.63	-0.73	-0.84	-0.95	-1.05
	20%	-0.21	-0.42	-0.63	-0.84	-1.05	-1.26	-1.47	-1.68	-1.89	-2.10
	30%	-0.31	-0.63	-0.95	-1.26	-1.58	-1.89	-2.21	-2.52	-2.83	-3.15
	40%	-0.42	-0.84	-1.26	-1.68	-2.10	-2.52	-2.94	-3.36	-3.78	-4.20
	50%	-0.52	-1.05	-1.58	-2.10	-2.62	-3.15	-3.68	-4.20	-4.73	-5.25
	60%	-0.63	-1.26	-1.89	-2.52	-3.15	-3.78	-4.41	-5.04	-5.67	-6.30
	70%	-0.73	-1.47	-2.21	-2.94	-3.68	-4.41	-5.14	-5.88	-6.61	-7.35
	80%	-0.84	-1.68	-2.52	-3.36	-4.20	-5.04	-5.88	-6.72	-7.56	-8.40
	90%	-0.95	-1.89	-2.83	-3.78	-4.73	-5.67	-6.61	-7.56	-8.51	-9.45
	100%	-1.05	-2.10	-3.15	-4.20	-5.25	-6.30	-7.35	-8.40	-9.45	-10.50

资料来源：中航重机年报，航宇科技年报，派克新材年报，华泰研究预测

我们对抚顺特钢、钢研高纳、西部超导及图南股份进行电解镍成本敏感性分析，最终测算出电解镍价格的波动对该公司高温合金业务毛利率及公司整体毛利率的影响程度。在具体测算方面，我们使用了四家公司2021年各项分业务及整体的毛利率实际值，同时分别假设：1）各家公司除高温合金以外的其他合金产品镍含量可忽略不计，镍价不影响其毛利率；2）抚顺特钢、西部超导2021年年报中披露了高温合金业务中直接材料占总成本的比例（87.29%/85.25%），图南股份、钢研高纳未披露分业务成本构成，我们采用有色金属冶炼及压延加工行业整体的原材料成本比例（63.20%/63.58%）作为假设值；3）镍占直接材料成本比例方面，我们假设抚顺特钢、西部超导为50%（变形高温合金含镍量较高），图南股份为41.07%（根据招股书中的2019年数据），钢研高纳为32.59%（根据招股书中的2009年数据）。

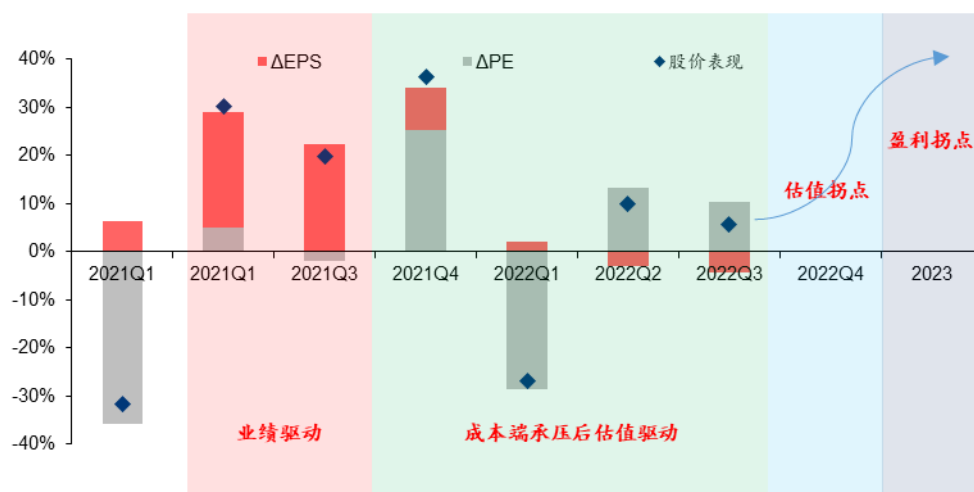
图表14：各高温合金熔炼企业受镍价影响后的毛利率敏感性分析（pcts）

抚顺特钢：										
	镍价变化幅度									
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
高温合金毛利率变动	-1.26	-2.51	-3.76	-5.01	-6.26	-7.51	-8.77	-10.02	-11.27	-12.52
公司整体毛利率变动	-0.22	-0.44	-0.66	-0.88	-1.10	-1.32	-1.54	-1.76	-1.98	-2.20
西部超导：										
	镍价变化幅度									
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
高温合金毛利率变动	-2.05	-4.09	-6.14	-8.18	-10.23	-12.28	-14.32	-16.37	-18.41	-20.46
公司整体毛利率变动	-0.08	-0.15	-0.22	-0.29	-0.36	-0.43	-0.50	-0.57	-0.64	-0.71
图南股份：										
	镍价变化幅度									
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
铸造高温合金毛利率变动	-0.63	-1.27	-1.90	-2.54	-3.17	-3.80	-4.44	-5.07	-5.71	-6.34
变形高温合金毛利率变动	-0.93	-1.87	-2.80	-3.73	-4.66	-5.60	-6.53	-7.46	-8.40	-9.33
公司整体毛利率变动	-0.53	-1.06	-1.59	-2.11	-2.64	-3.17	-3.70	-4.22	-4.75	-5.28
钢研高纳：										
	镍价变化幅度									
	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
铸造高温合金毛利率变动	-0.78	-1.57	-2.35	-3.13	-3.91	-4.70	-5.48	-6.26	-7.04	-7.83
变形高温合金毛利率变动	-0.81	-1.63	-2.44	-3.26	-4.07	-4.89	-5.70	-6.52	-7.33	-8.15
新型高温合金毛利率变动	-0.47	-0.93	-1.40	-1.87	-2.33	-2.80	-3.27	-3.73	-4.20	-4.67
公司整体毛利率变动	-0.74	-1.48	-2.22	-2.96	-3.70	-4.44	-5.18	-5.92	-6.66	-7.40

资料来源：Wind，各公司公告，华泰研究

我们认为，若未来一段时间镍价恢复至正常水平，高温合金企业成本端压力有望得到明显缓解，2022Q4 估值拐点有望出现，叠加航空发动机产业链的高景气，产业链相关标的或面临较好机会，2023 年随着产业链受镍价影响逐步消除，板块有望迎来盈利拐点。

图表15：高温合金板块复盘



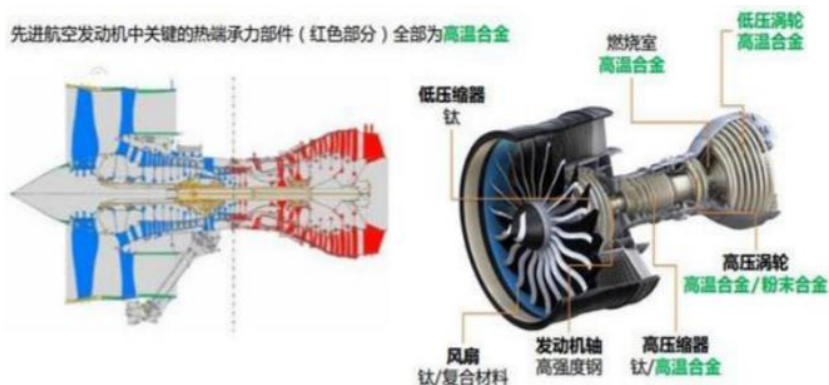
资料来源：Wind，华泰研究预测

需求与产能共振，高温合金迎来黄金机遇

高温合金：为高温而生，国防关键战略物资

高温合金是以铁、镍、钴为基体元素，能在 600°C 以上的高温环境下抗氧化或耐腐蚀，并能在一定应力作用下长期工作的一类金属材料。高温合金不仅有优良的高温强度、良好的抗氧化和耐腐蚀性能，而且还有良好的综合性能，如蠕变性能、疲劳性能、断裂韧性、组织稳定性、工艺性能等，主要应用于涡轮叶片、涡轮盘、燃烧室、压气机盘、机匣、环件、尾喷管及紧固件等部件，是航天航空、能源、船舶等战略性新兴产业的关键战略材料。

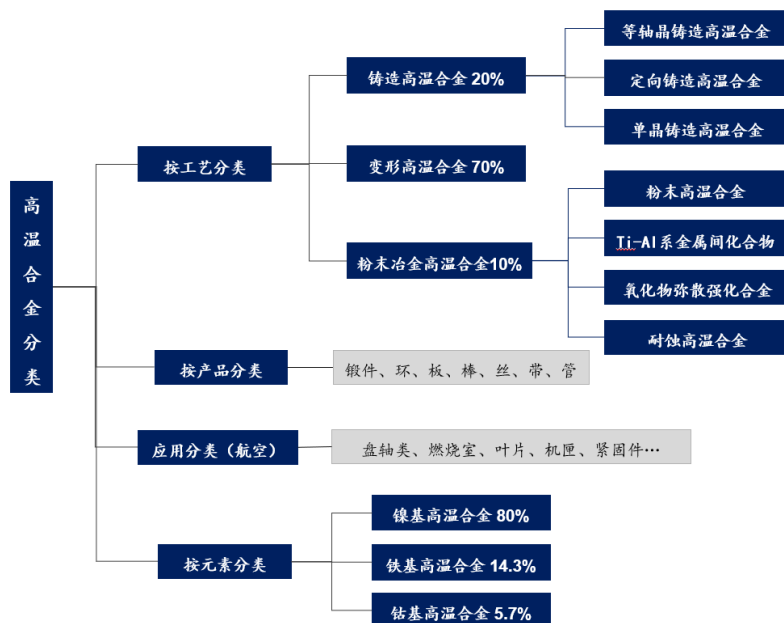
图表16：高温合金在航空发动机上的应用



资料来源：图南股份招股说明书，华泰研究

高温合金主要按基体元素种类以及制造工艺方式进行分类。1) 按基体元素划分：根据《高温合金材料学》(郭建亭，【科学】，2008年4月1日出版)，高温合金按合金的主要元素分为铁基、镍基、钴基高温合金。镍基高温合金占比最高 80%，铁基高温合金占 14.3%，钴基高温合金占 5.7%。2) 按制造工艺方式划分：高温合金可分为变形高温合金、铸造高温合金和新型高温合金，其中变形高温合金合金化程度较低，强化相数量较少，因而热加工塑性较好，可连续生产，市场占比达 70%。铸造高温合金是通过真空重熔直接浇铸成型的高温合金，其特点可以通过铸造工艺直接成型，主要用于制造形状比较复杂的产品，缺点是不适合进行热加工。此外，高温合金不断发展和演变，已发展出粉末高温合金、金属间化合物等新型高温合金。

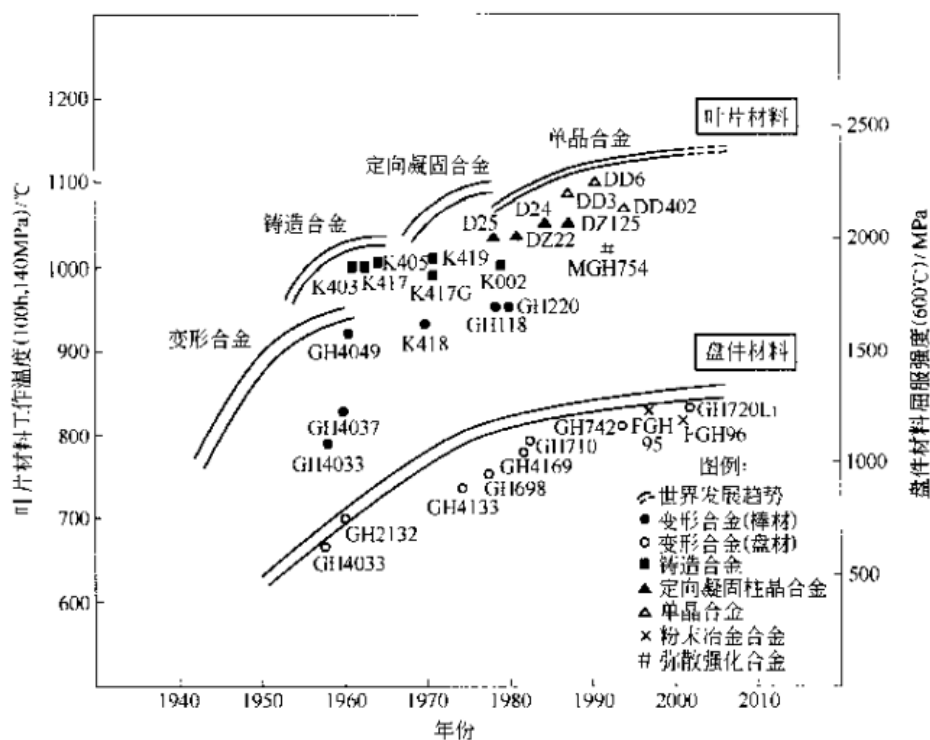
图表17：高温合金的分类



资料来源：《高温合金材料学》(郭建亭，【科学】，2008年4月1日出版)，华泰研究

相对于铁基和钴基高温合金，镍基高温合金在现代工业中使用最广泛，牌号最多，地位也最重要。镍基高温合金是以 Ni-Cr 二元系为基体，加入 Co、Mo 和 W 等固溶强化、沉淀强化和晶界强化元素。目前世界上的高温合金，特别是单晶高温合金材料的发展已经历了 4 代。第 1 代单晶高温合金 PWA1480、ReneN4 等在多种航空发动机上获得广泛应用。20 世纪 80 年代后期以来，以 PWA1484、ReneN5 为代表的第 2 代单晶高温合金叶片也在 CFM56、F100、F110、PW4000 等先进航空发动机上得到大量使用，目前美国的第 2 代单晶高温合金已成熟，并广泛应用在军民航空发动机上。20 世纪 90 年代后期以来，美国研制成功第 3 代单晶高温合金 CMSX-10。之后，GE、P&W 以及 NASA 合作开发了第 4 代单晶高温合金 EPM-102。

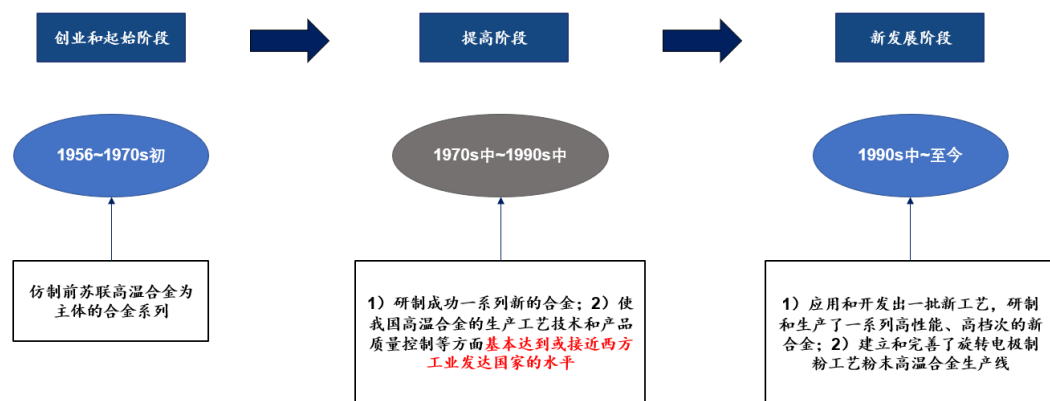
图表18: 世界高温合金(涡轮叶片、盘件)的发展趋势和我国主要合金的研制



资料来源：《中国高温合金 50 年》（师昌绪等，【冶金工业出版社】，2006 年出版），华泰研究

自 1956 年第一炉高温合金 GH3030 试炼成功, 迄今为止, 我国高温合金的研究、生产和应用已经历了 60 多年的发展历程。我国的高温合金从无到有, 从仿制到自主创新, 合金的耐温性能从低到高, 先进工艺得到了应用, 新型材料得以开发, 生产工艺不断改进且产品质量不断提高, 并建立和完善了我国的高温合金体系。我国高温合金制造技术的发展可以分为三个阶段: 第一阶段: 在苏联专家的指导下研制并生产了第一款高温合金 GH3030, 拉开了我国对于高温合金研究和应用的序幕; 第二阶段: 全面引进欧美技术, 改进生产工艺, 研制成功了多种新型的高温合金, 同时, 我国的生产技术及质量把控等方面基本达到或接近西方工业发达国家水平; 第三阶段: 我国自主开发了一系列新工艺, 研制出一系列高性能、高档次的新型高温合金。

图表19：我国高温合金行业发展历程



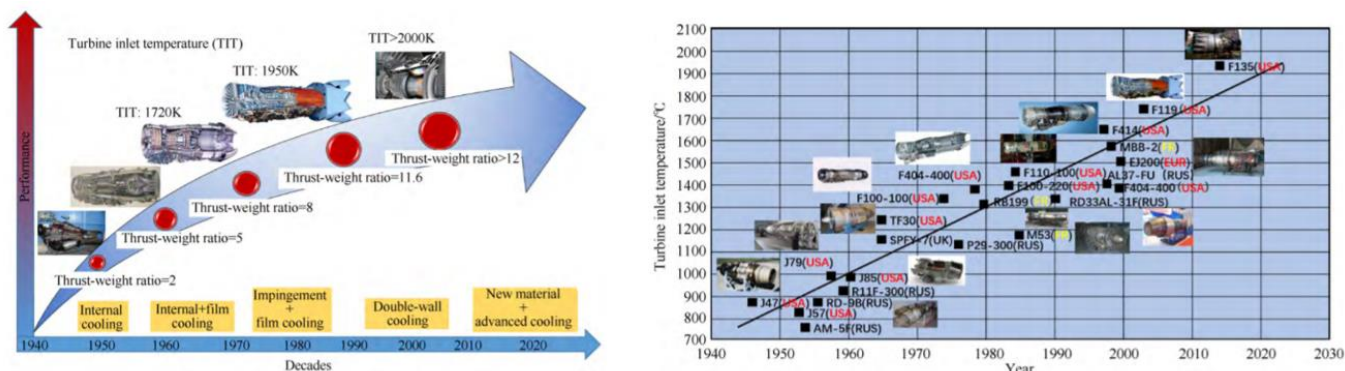
资料来源：《我国高温合金的发展与创新》（师昌绪等，【金属学报】，2010年11月），华泰研究

需求端：前端列装必选材料+后端高替换率耗材，多谱系共振释放稳定需求

1) 前装市场：航发热端的必选材料，中长期内技术可替代性较弱

热端部件是航空发动机推力来源，而高温合金是热端部件的必选材料。以航空发动机为例，推力主要来自外界吸入空气经过和航空煤油混合燃烧之后喷出的高温气体，而冷端部件主要起到进气的作用，工作环境较温和，其中钛合金由于质量更轻而被广泛用在冷端部件。但热端部件由于需要对气流进行高压高热的做功以产生推力，因此其工作环境较为恶劣，一般材料无法满足其性能要求。高温合金材料在航空发动机中主要用于四大热端部件，包括燃烧室、导向器、涡轮叶片和涡轮盘，除此之外还用在机匣、环件、加力燃烧室和尾喷口等部件上。据隆达股份招股书，对于航空发动机零部件，大中型涡扇发动机的涡轮转速可达到 15000r/min、涡轮前温度可达到 1700℃ 以上，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℃，推力增加 15%。在新型的航空发动机中，高温合金用量占发动机总重量的 40%~60% 以上，高温合金主要应用于制造发动机涡轮热端部件，如涡轮盘、涡轮导向叶片、燃烧室和加力燃烧室等主要零部件。

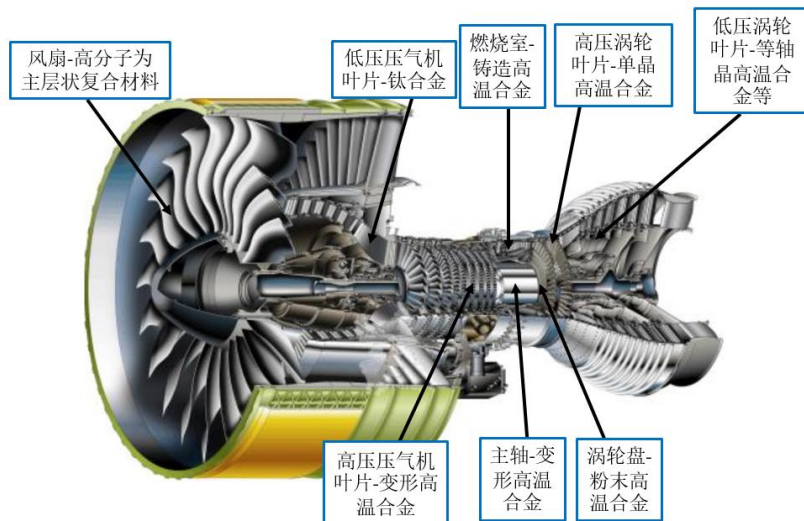
图表20：提高涡轮进口燃气温度可直接提升航空发动机的综合性能



资料来源：《陶瓷基复合材料在航空发动机热端部件应用及热分析研究进展》（杜昆，【推进技术】，2022年2月），华泰研究

两片一盘是指航空发动机中的涡轮叶片、导向器叶片及涡轮盘（加冕齿盘），是整个发动机中性能最高的部件，代表着高温合金的最高工艺和最高要求。在发动机的高压涡轮中，涡轮叶片与导向叶片交错排列，一级导向器紧接燃烧室出口，导向叶片处于高温燃气流包围中，是发动机中温度最高的零件之一，最高温度可达 1150° C，温度高而且不均匀是其工作环境最重要的特点。涡轮叶片尤其是一级涡轮叶片承受着由燃烧室经一级导向叶片流入的高温燃气的冲刷，温度要求也极高，最高温度可达 1100° C，同时处于复杂应力和腐蚀环境中工作。涡轮盘是连接涡轮叶片和涡轮轴的部件，虽然温度要求比涡轮叶片和导向叶片稍低，但是综合性能要求更高。材料须有强度高、疲劳性能优异、断裂韧性高、裂纹扩展速率低等优良性能。

图表21：涡扇发动机主要部件



资料来源：图南股份招股说明书，华泰研究

图表22：两片一盘工作环境苛刻，性能要求极高

两片一盘	涡轮叶片	导向叶片	涡轮盘及冕齿盘
工作状态	1、工作温度高； 2、工作应力复杂； 3、工作环境腐蚀性强；	1、工作温度高且不均匀； 2、承受燃气流引起的机械应力； 3、热腐蚀严重；	1、离心负荷大； 2、热负荷苛刻； 3、承受离心力和热应力的合应力； 4、振动负荷重；
工作温度 (四代发动机为例)	1000-1100° C	750-1060° C	550-750° C (轮缘)
选材要求	1、持久和蠕变强度； 2、低、高周疲劳性能； 3、抗氧化和抗腐蚀性能； 4、长期组织稳定；	1、很高的初熔温度； 2、冷热疲劳性能； 3、抗氧化和抗腐蚀性能； 4、其他力学性能优异；	1、高屈服强度； 2、高、低周疲劳性能； 3、高断裂韧性，低裂纹扩展速率； 4、密度低、导热率高，物理性能优异； 5、长期组织稳定；
主要使用的结构性材料	单晶高温合金，定向晶高温合金	粉末高温合金	

资料来源：《高温合金材料学》（郭建亭，2008年4月，科学出版社），华泰研究

最新发动机的两片一盘的制备，取用的都是最先进的高温合金材料。涡轮叶片和导向叶片的结构性材料以单晶高温合金和定向高温合金为主。由于叶片横截面都很薄，而横截面尺寸越小，蠕变断裂强度就越低，但是定向晶消除了易于形成裂纹的横向晶界，因此持久性能、冷热疲劳性能及薄壁性能大幅提升，而单晶由于消除了一切晶界，性能改善更加明显，蠕变断裂强度降低幅度最小，因此是目前最能满足叶片工作要求的材料。

涡轮叶片：

涡轮工作叶片是涡轮发动机上最关键的构件之一。虽然工作温度比导向叶片要低些，但是受力大而复杂，工作条件恶劣，因此对涡轮叶片材料要求有：高的抗氧化和抗腐蚀能力；高的抗蠕变和持久断裂的能力；良好的机械疲劳和热疲劳性能以及良好的高温和中温综合性能。随着材料研制技术和加工工艺的发展，铸造高温合金逐渐成为涡轮叶片的候选材料。美国从 20 世纪 50 年代后期开始尝试使用铸造高温合金涡轮叶片，前苏联在 60 年代中期应用了铸造涡轮叶片，英国于 70 年代初采用了铸造涡轮叶片。而航空发动机不断追求高推重比，促使国内外自 70 年代以来开始研制新型高温合金，先后研制了定向凝固高温合金、单晶高温合金等具有优异高温性能的新材料，其中单晶高温合金材料成为目前主流的涡轮盘材料。

图表23：国内涡轮叶片随航空发动机代际发展而进步

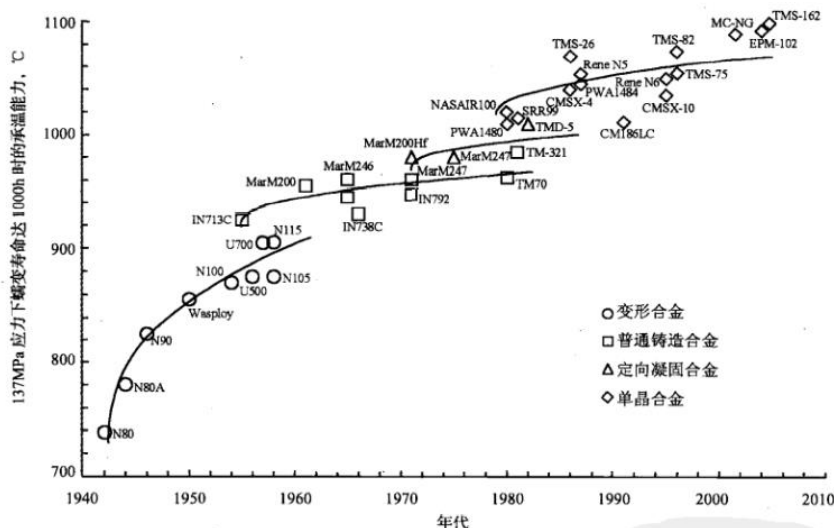
航空发动机代际	发动机	推重比	涡轮叶片承受温度	涡轮叶片选用材料
第一代（20 世纪 40-50 年代）	涡轮喷气发动机	3-4	700-900° C	镍基变形高温合金
第二代（20 世纪 60 年代）	加力式涡轮喷气发动机	5-6	950° C 左右	镍基铸造高温合金
第三代（20 世纪 70-80 年代）	加力涡轮风扇发动机	7-8	960° C 左右	镍基铸造高温合金
第四代（20 世纪 80 年代）	高推重比加力涡扇发动机	9-10	980° C 左右	定向凝固高温合金
第五代（21 世纪初）	变循环涡扇发动机	12-15	1050-1100° C	镍基单晶高温合金

资料来源：《发动中国航发，发动经济动力》（姜疆，2017 年 1 月，新经济导刊），《航空涡轮发动机现状及未来发展综述》（焦华宾，2015 年 12 月，航空制造技术），《高温合金材料学》（郭建亭，2008 年 4 月，科学出版社），华泰研究

单晶高温合金是在等轴晶和定向柱晶高温合金基础上发展起来的一类先进发动机叶片材料。20 世纪 80 年代初期以来，第一代单晶高温合金 PWA1480、ReneN4 等在多种航空发动机上获得广泛应用。80 年代后期以来，以 PWA1484、ReneN5 为代表的第二代单晶高温合金叶片也在 CFM56、F100、F110、PW4000 等先进航空发动机上得到大量使用，目前美国的第二代单晶高温合金已成熟，并广泛应用在军民航空发动机上。90 年代后期以来，美国研制成功第三代单晶高温合金 CMSX-10。之后，GE、P&W 以及 NASA 合作开发了第四代单晶高温合金 EPM-102。法国和英国也分别研制单晶高温合金，并实现了工程应用。近年来，日本又相继成功的研制了承温能力更高的第四、第五、第六代单晶合金 TMS-138、TMS-162、TMS-238 等。

我国的单晶高温合金是由中航工业航材院于 20 世界 80 年代初率先开始研究的，并成功研制出我国第一代单晶高温合金 DD4。90 年代又成功研制了第二代单晶高温合金 DD6，并广泛应用已多种型号的先进航空发动机上。此外，我国的第三代单晶高温合金主要有北京航空材料研究院先进高温结构材料重点实验室研制的 DD9 与 DD10、中国科学院金属研究所高温合金研究部研制的 DD32、DD33、中国科学院金属研究所研制的 DD90；第四代单晶高温合金是由中国科学院金属研究所研制的 DD22；第五代单晶高温合金为陕西炼石有色研制的含铌高温合金材料。这些材料的目前仅限于实验室研发。

图表24：涡轮叶片用高温合金承温能力的提高



资料来源：《高温合金材料科学》（郭建亭，2008 年 4 月，科学出版社），华泰研究

导向叶片：

导向叶片是涡轮发动机上受热冲击最大的零件之一。但由于它是静止的，所受的机械负荷并不大。通常由于应力引起的扭曲、温度剧烈变化引起的裂纹以及过燃引起的烧伤，会使导向叶片在工作中经常出现故障。根据导向叶片工作条件，要求材料具有如下性能：足够的持久强度及良好的热疲劳性能；有较高的抗氧化和抗腐蚀的能力。**铸造高温合金成为了导向叶片的主要制造材料。**美国 Howmet 公司等多采用 IN718C、PWA1472、Rene220 以及 R55 合金作为导向叶片的材料。近年来，由于定向凝固工艺的发展，用定向合金制造导向叶片的工艺也在试制中；此外，FWS10 发动机涡轮导向器后篦齿环制造采用了氧化物弥散强化高温合金。

近年来，由于定向凝固工艺的发展，导向叶片也逐渐使用定向凝固柱晶。低成本，高性能的 DZ404 定向凝固合金及低成本、低密度、高熔点的 JG4006 定向凝固合金均在一些新机中作导向器叶片，取得良好效果。DZ640M 是钴基定向合金，目前在 FWS10 发动机上作高压导向片。

图表25：我国导向叶片用定向柱晶合金及应用

合金	使用温度/°C	发动机	应用
DZ404	1050	推重比为 6 的涡轮喷气发动机	一级涡轮导向叶片
DZ640M	1050	推重比为 8 的涡轮风扇发动机	高压涡轮导向叶片
JG4006	1100	推重比为 6 的涡轮喷气发动机	二级导向叶片
JG4010	1150	推重比为 10 的涡轮风扇发动机	高压涡轮导向叶片

资料来源：《高温合金材料科学》（郭建亭，2008 年 4 月，科学出版社），华泰研究

国外导向叶片除了定向柱晶，还采用了第一代和第二代单晶高温合金。单晶高温合金消除了一切晶界，性能改善更加明显，使用温度较定向凝固柱晶合金提高约 30° C。

图表26：国外导向叶片用单晶高温合金

合金牌号	合金代次	国别	发动机型号
AM1	1	法国	M-88-2
PWA1480	1	美国	F100-PW-100/229
PWA1483	1	德国	V94.3A
PWA1484	2	美国	F100-PW-200/299
ReneN5	2	美国	F404-GE-400
CMSX-4	2	美国	AE301X

资料来源：《高温合金材料科学》（郭建亭，2008 年 4 月，科学出版社），华泰研究

涡轮盘：

涡轮盘在工作中受热不均，盘的轮缘部位比中心部位承受较高的温度，产生很大的热应力。榫齿部位承受最大的离心力，所受的应力更为复杂。为此对涡轮盘材料要求有：合金应具有高的屈服强度和蠕变强度；良好的冷热和抗机械疲劳性能；线膨胀系数要小，无缺口敏感性，较高的低周疲劳性能。

图表27： 涡轮盘发展代次一览

涡轮盘代次	第一代	第二代	第三代 (1960-1980)	第四代 (1980-2000)	第五代 (2000-至今)
主要结构性材料	珠光体耐热钢、马氏体型耐热不锈钢	铁基变形高温合金	第一代粉末合金，铁基及镍基变形高温合金	第二代粉末合金，高合金化镍基难变形高温合金	第三代粉末合金，CMC，金属间化合物
外国合金代表	/	Alloy 16-25-6	Rene 95， IN100， U720	Rene 88DT， N18	RR1000， Rene 104， Alloy 10， LSHR
国产合金代表	/	/	FGH4095	FGH4096	FGH4098
典型航空发动机	燃气轮机	J47 等早期发动机	F110， F101， CFM56	F414， GE90	Trent 1000， GEnx， GP7200
涡轮前温度/K	1150K	1250-1400K	1600-1750K	1850-1950K	2250-2350K
涡轮盘工作温度/°C	550° C	600° C	650° C	750° C	750-950° C
推重比	3-4	5-6	7-8	9-10	12-15

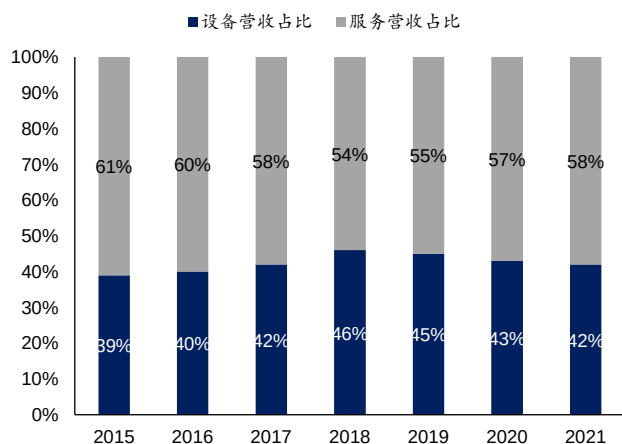
资料来源：《高温合金材料学》（郭建亭，2008年4月，科学出版社），华泰研究

粉末高温合金是现代高性能发动机涡轮盘的必选材料。1965年发展了高纯预合金粉末技术。美国 P&W 公司首先开创了粉末高温合金盘件用于航空发动机的先河。1972 年 IN100 粉末高温合金涡轮盘用于 F100 发动机上，开启了粉末高温合金的实际应用阶段。我国的粉末高温合金的研究起步于 20 世纪 70 年代后期，在后续的发展过程中，根据国家型号需求，陆续开展了 FGH95 合金，FGH96 合金，FGH97 合金，FGH98 合金和 FGH91 合金的研制。其中 FGH95 是目前强度最高的粉末高温合金，最高使用温度 650°C，主要用于制备发动机的涡轮盘挡板以及直升机用涡轮盘。

2) 后市场：高温合金为耗材中的耗材，维修更换频次为航发产业链之最

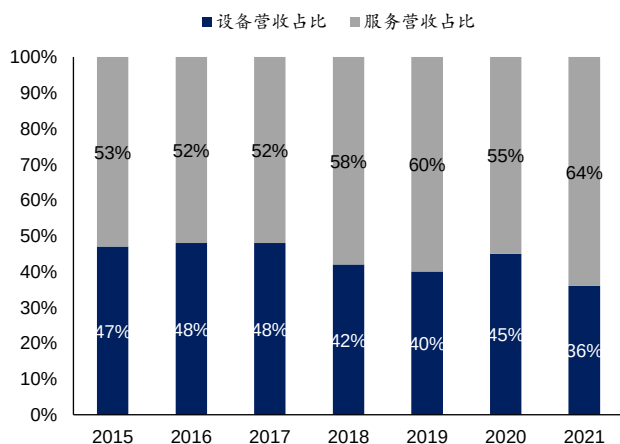
由于武器系统服役的时间更长，维护费用在发动机整个生命周期内的总费用占比越来越大。相对于航发新机采购价值，航发维修市场天花板更高，2015-2021 年罗罗公司的军、民用航发的售后服务（包括维修、服务等费用）营收占比均超过 50%。

图表28： 罗罗公司军用航空发动机原始设备和售后服务营收占比



资料来源：罗罗公司年报，华泰研究

图表29： 罗罗公司民用航空发动机原始设备和售后服务营收占比

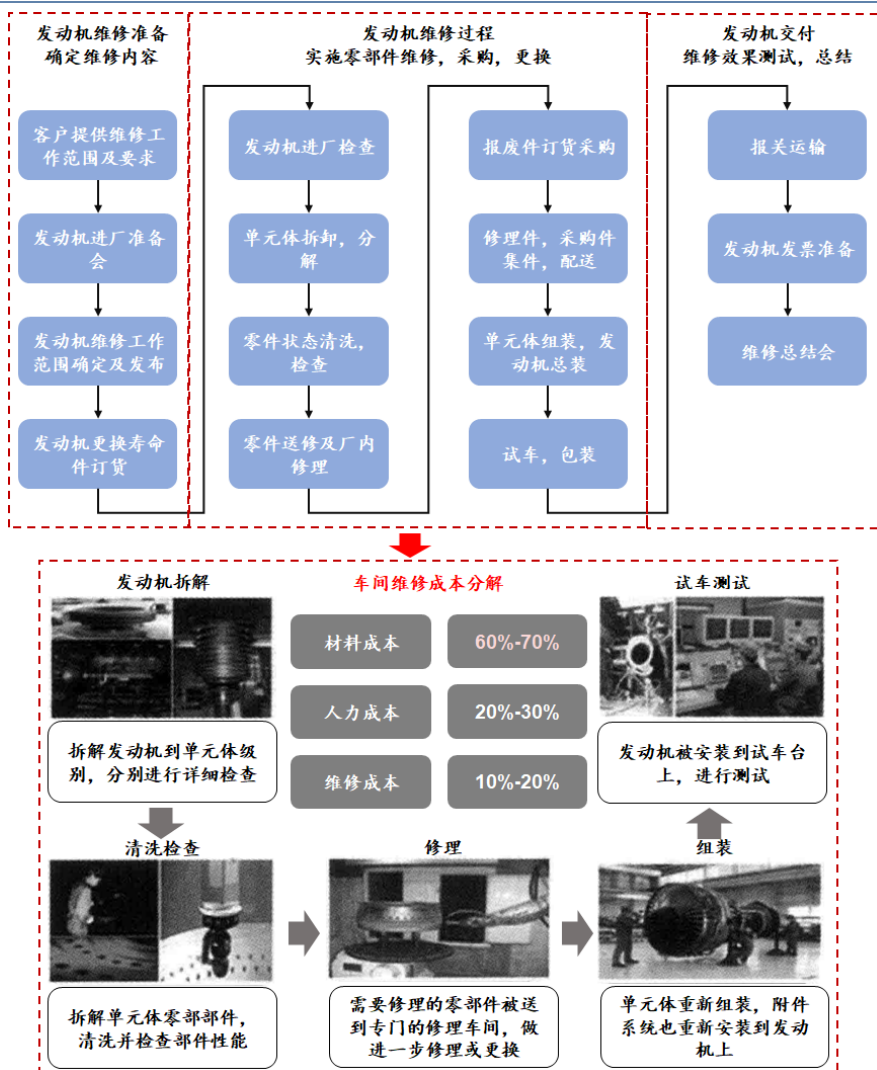


资料来源：罗罗公司年报，华泰研究

由高温合金等材料制成的热端部组件构成了航空发动机主要的维修市场。根据《航空及发动机构造与维修管理》（蔡景等，【北京航空航天大学出版社】，2015），航空发动机维修工作根据其内容的不同可以分为：**1）航线维修和定期检修；2）返厂大修**。其中，返厂大修涉及发动机的拆解，以及轴、盘等转子部件的更换或修理，返厂大修主要包括**性能恢复和时寿件更换两大部分**。在经历长时间运行后，发动机的状态会下降，这时就需要对其进行修理，理论上来说，通过返厂大修后，发动机能够完全恢复其原有的可靠性，能够继续执行另一个大修周期的任务。

（1）性能恢复：高温、腐蚀及疲劳造成的零部件损伤，最终引起核心机性能衰退。随着发动机在役时间的增长，EGT（排气温度）逐渐升高，同时零部件的磨损和疲劳逐渐加重，进一步加速发动机性能衰退。考虑到零部件的材料和性能，OEM（原始设备制造商）会确定一个 EGT 上限，一旦达到就要求发动机进行车间维修以恢复发动机的性能。进行发动机性能恢复，通常需要拆解核心机，并详细检查气路部件（叶片等）的状况，进行必要的修理或更换。在发动机车间维修期间，通常服务通告 SB（Service Bulletin）和适航指令 AD（Airworthiness Directive）会一并执行；**（2）时寿件更换：**压气机和涡轮盘的鼓盘、轴或轮盘通常具有固定的寿命，一旦达到寿命，不管其状况如何均需要更换。发动机维修成本大约占整个飞机维修成本的 35%~40%，其中车间维修的零部件修理或更换成本占了大部分，有 60%~70%。

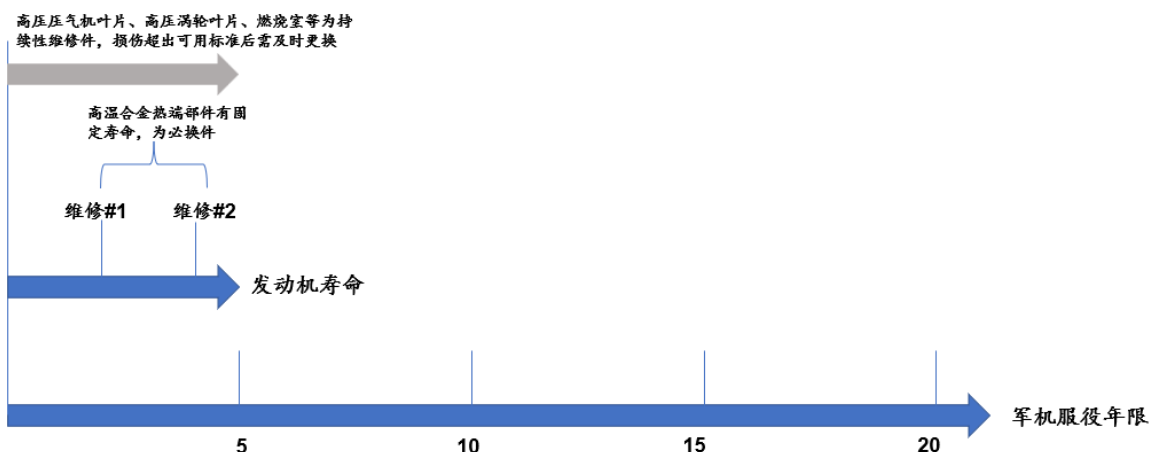
图表30：航空发动机维修过程与成本分解



资料来源：《浅谈航空发动机维修》（付泽军，【内燃机与配件】，2022年3月），《航空发动机构造与维修管理》（蔡景等，【北京航空航天大学出版社】，2015年），华泰研究

根据《浅析航空发动机视情维修在 MRO 的应用》(薛成,【航空维修与工程】,2022 年 7 月),包括但不限于下列发动机进厂维修工作范围可认为是持续性发动机维修:1) 风扇机匣的更换;2) 高压压气机叶片的更换;3) 高压涡轮叶片的更换;4) 燃烧室的更换;而高压压气机叶片、高压涡轮叶片和燃烧室的主要材料均为高温合金,侧面印证了高温合金为航空发动机的主要损耗材料。因此从维修频次来看,高温合金热端部件>发动机整体>军机。

图表31: 高温合金为航空发动机主要耗材



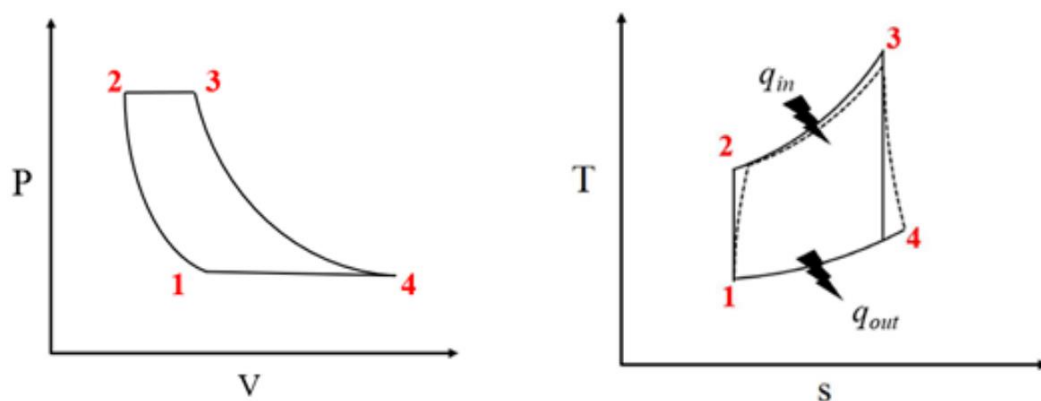
资料来源:《浅谈航空发动机维修》(付泽军,【内燃机与配件】,2022 年 3 月),《航空发动机构造与维修管理》(蔡景等,【北京航空航天大学出版社】,2015 年),Air Force Magazine,《In-line Oil Debris Monitor For Aircraft Engine Condition Assessment》(JL. Miller,【IEEE】,2000 年),华泰研究

3) Pipeline 持续拓展:一代发动机一代高温合金,多谱系深度绑定核心装备

根据隆达股份招股说明书,航空发动机的迭代路径首先是“动力先行”,即航空发动机以飞机/飞行器的发展需求为牵引,提前 5-8 年发展;其次是“材料先行”,即研发一个新材料,制造成零件并装到航空发动机上大约需要 30 年。

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

图表32: 航空发动机布雷顿循环工作示意图



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

军机的换代伴随着高温合金的升级。第一代涡喷发动机的核心材料是变形高温合金，核心材料工作温度 650° C，到第四代的涡扇发动机，核心材料工作温度已经达到了 1200° C，采用了单晶高温合金。历代军机的换代一直伴随着发动机核心材料——高温合金的升级。高温合金的升级需要研发的支持。在航空工业的发展需求牵引下，中国高温合金先后研制出了变形、铸造、等轴晶、定向凝固柱晶和单晶合金体系。上述高温合金的相继问世，不断地推动航空工业向前发展。

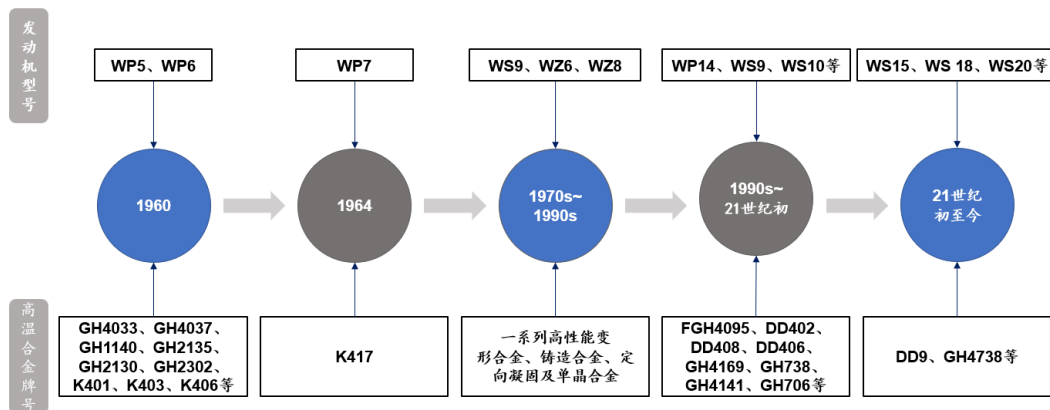
图表33：军机发动机与其对应核心材料

序号	发动机	装备飞机	装备时间	核心材料	使用温度
第一代	涡轮喷气发动机如： J57,BK-1	F-86,F-100,米格 15，米格 -19	40 年代末	变形高温合金 Incoloy901	650° 以下
第二代	加力涡轮喷气和涡轮风 扇发动机，如：J79,TF30	F-4,F-104,米格-21，米格 -23，幻影-F1	60 年代初	变形高温合金 U500 A286	870° 以下
第三代	涡轮风扇发动机 如:F100,F110,F104	F-15,F-16,F-18，米格-29， 苏-27，幻影-2000，狂风	70 年代中	第一代单晶合金 PWA1480 ReneN4SRR99AM-3	1040°C以下工作的 涡轮叶片和 1100°C 工作的导向叶片
第四代	涡轮风扇发动机 如:F119,EJ200	F-22,JSF,EF2000	21 世纪初	第二代单晶合金 CMSX-4 第三代单晶合金 CMSX-10	1200° C

资料来源：《世界航空动力技术的现状及发展动向》（刘大响，2002 年 2 月，北京航空航天大学学报），《高温合金材料学》（郭建亭，2008 年 4 月，科学出版社），华泰研究

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。

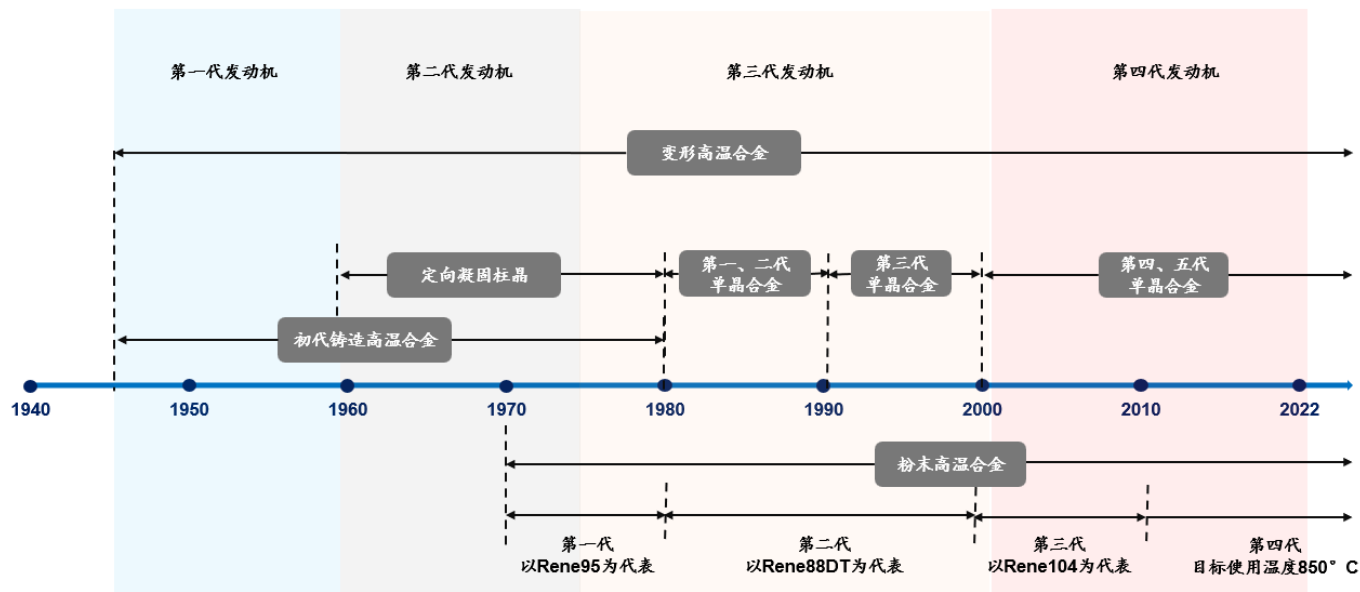
图表34：高温合金伴随着航空发动机的更新换代不断发展



资料来源：《高温合金在航空发动机领域的应用现状与发展》（秦琴等，【工具技术】，2015 年 9 月），华泰研究

根据《铸造高温合金与纯净化熔炼技术发展现状》（张业欣等，【金属材料及冶金工程】，2015 年 8 月），《粉末高温合金研究进展》（张义文等，【中国材料进展】，2013 年 1 月），《世界航空动力技术的现状及发展动向》（刘大响，2002 年 2 月，北京航空航天大学学报），《高温合金材料学》（郭建亭，2008 年 4 月，科学出版社），航空发动机与高温合金的代次发展相互交错，时间节点有一定差异，其中变形高温合金贯穿发动机全代次发展，根据《惯性摩擦焊在商用航空发动机中的应用与研究现状》（张露等，【焊接工艺】，2022 年 5 月），随着航空发动机性能的提高，高温合金的用量不断增加，变形高温合金的“量升”逻辑凸显。而铸造高温合金经历了等轴晶→定向凝固柱晶→单晶合金的代次发展，粉末高温合金历经四代，两者充分享受了随着技术工艺的提升而带来的“价提”逻辑。

图表35：航空发动机与高温合金代次发展时间轴



资料来源：《铸造高温合金与纯净化熔炼技术发展现状》（张业欣等，【金属材料及冶金工程】，2015年8月），《粉末高温合金研究进展》（张义文等，【中国材料进展】，2013年1月），《世界航空动力技术的现状及发展动向》（刘大响，2002年2月，北京航空航天大学学报），《高温合金材料科学》（郭建亭，2008年4月，科学出版社），华泰研究

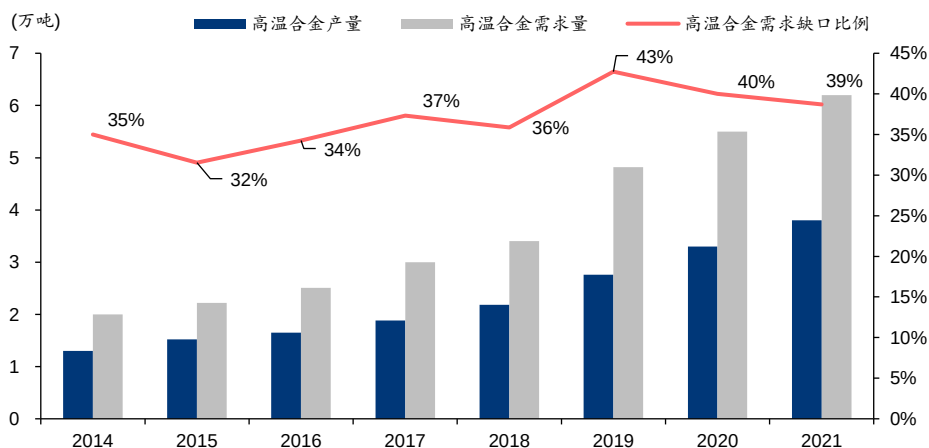
供给端：国产替代加速+行业进入集中扩产期，高技术壁垒牵引多寡格局

1) 国产替代：强调自主可控，海外供应商市场化涨价或倒逼替代进程加速

根据隆达股份 2021.9.27 公告《发行人及保荐机构回复意见》，我国变形高温合金长期大量依赖进口。以变形高温合金中使用量最大的 GH4169 合金（对标国外 IN718 合金）为例，盘件用 GH4169 合金大规格棒材（直径≥200mm）进口率超过 60%，主要系国产 GH4169 合金在冶金缺陷概率、成分一致性、组织均匀性和性能稳定性等方面较进口合金存在一定的差距。由于变形高温合金进口率较高且主要从美国生产企业进口，因此给我国先进装备的研制进度和批产交付带来了较大的隐患。在这个产业背景下，一定生产规模的转动件用大规格 GH4169 合金的质量控制水平可以反映变形高温合金生产商的技术水平。

根据智研咨询数据，2014-2021 年，国内高温合金总需求从约 2 万吨增加至 6.2 万吨、供给从 1.3 万吨增加至 3.8 万吨。虽然国内高温合金供给大幅增长，但是从供需差距来看，高温合金供需矛盾仍未明显改善，我国高温合金需求缺口比例（（需求-供给）/需求）从 2014 年的 35% 增加至 2021 年的 39%。进口替代是国内高温合金行业面临的首要问题之一。

图表36：我国高温合金供需情况

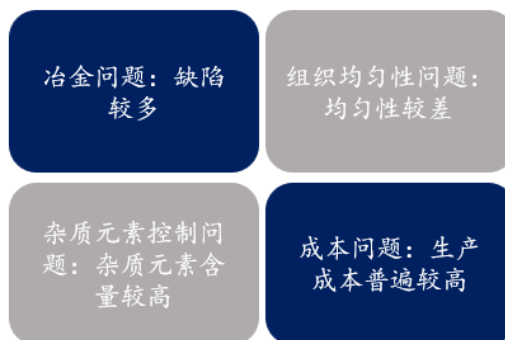


注：需求缺口比例计算公式为（需求量-供给量）/需求量

资料来源：观研报告，智研咨询，华泰研究

与进口高温合金相比，我国高温合金主要存在以下几个方面的不足：1) 冶金问题：国内生产的高温合金冶金缺陷较多，主要表现为黑斑、白斑、碳化物偏聚等；2) 组织均匀性问题：国内高温合金棒材的组织均匀性较差，主要体现为边芯部晶粒度极差过大；3) 杂质元素控制问题：国内生产的高温合金产品杂质元素(如硫元素)含量较高，导致材料的强度和使用寿命较低；4) 成本问题：国内生产高温合金返回料利用率偏低，导致生产成本普遍偏高。

图表37：我国高温合金相比进口高温合金的不足之处



资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

海外供应商市场化涨价幅度过高或倒逼替代进程加速。在国际镍价短期涨幅较大的背景下，海外高温合金企业采取了完全市场化定价政策，海外高温合金企业 Special Metals 的 INCONEL 718 合金每磅已涨价 7.37 美元，假设 INCONEL718（对标国内 GH4169 合金）2021 年出厂价为 35 美元/公斤，则海外企业较 2021 年涨价幅度高达 46%，考虑到进口关税后或已不具备价格优势。

图表38：Special Metals 高温合金涨价情况

	7.22	8.22	9.22
INCONEL alloy 702	\$10.50	\$8.39	\$8.52
INCONEL alloy 706	\$6.78	\$5.53	\$5.60
INCONEL alloy 718	\$8.94	\$7.27	\$7.37
UDIMET alloy 720	\$14.00	\$11.29	\$10.62
INCONEL alloy 721	\$9.72	\$7.79	\$7.89
INCONEL alloy 725	\$10.08	\$8.23	\$8.21
INCONEL alloy 740	\$14.88	\$11.93	\$11.00

注：表中数值为每磅高温合金涨价的绝对值

资料来源：Special Metals 官网，华泰研究

2) 行业进入集中扩产期：军工行业以销定产，或前瞻性反映景气度提升预期

2022-2024 年为国内主要高温合金企业集中扩产期。国内主要高温合金企业如抚顺特钢、钢研高纳、图南股份、西部超导和隆达股份在 2020~2022 年集中开始建设产能扩张和研究基地项目，按照项目 1~3 年的建设规划，2022~2024 年，这批集中扩产的项目有望在中短期内落地生产。高温合金企业处于航空发动机及飞机关键结构件上游环节，产能扩张节奏或反映板块需求景气度的提升预期。我们认为，由于武器装备的研制与扩产具有较强的计划性，军工行业通常为以销定产，因此企业产能会根据未来订单需求而进行调整。高温合金企业的集中扩产，充分表明行业景气度旺盛情况，同时也为相关标的乃至所在行业的后续增长空间起到了参考作用。

图表39：高温合金企业扩产情况

公司	项目	方式	建设期	开工	投产	备注	预计形成收益
抚顺特钢	均质高强度大规格高温合金、超高强度钢工程化建设项目	自有资金	3 年	2020 年	2022 年 6 月	/	/
	锻造厂新建 70MN 快锻机技术改造工程	自有资金	3 年	2020 年	2022 年初	/	/
	高温合金、高强度钢产业化技术改造项目(1 期)	自有资金	3 年	2020 年	2022 年年底	/	/
	锻造厂新建 22MN 精锻机生产线及附属设施	自有资金		2022 年 10 月	2024 年上半年	/	/
	实林公司新建高合金小棒材生产线及附属设施	自有资金		2021 年 4 月	2023 年 12 月	精整部分 2024 年 1 月开始建设，2024 年 12 月投产	/
	抚顺特钢节能环保技术改造项目	自有资金		2021 年 4 月	2022 年 12 月	/	/
	进一步提升军品产能技术改造项目		2 年	2022 年 3 月	2023 年 5 月	3 台 2023 年 5 月投产，1 台 2023 年 12 月投产	/
	连轧厂提升产能技术改造项目		2 年	2022 年 3 月	2023 年 12 月	/	/
	第三炼钢厂新建 12 台保护气氛电渣炉技术改造项目		2 年	2022 年 3 月	2023 年 1 月	/	/
	第三炼钢厂新建 8 台电渣炉技术改造项目		2 年	2022 年 3 月	2022 年 12 月	/	/
图南股份	年产 1,000 吨超纯净高性能高温合金材料建设项目	ipo 募集	24 个月	2020 年 8 月	2022 年 12 月 31 日	/	销售收入 1.91 亿元
	年产 3,300 件复杂薄壁高温合金结构件建设项目	ipo 募集	30 个月	2020 年 7 月	2022 年 12 月 31 日	/	销售收入 1.30 亿元
	企业研发中心建设项目	ipo 募集	24 个月	2020 年 8 月	2022 年 12 月 31 日	/	/
	沈阳图南航空用中小零部件自动化加工生产线项目		3 年	2021 年 7 月	/	/	/
钢研高纳	青岛市产业基地项目	自有基金、银行贷款		2020 年	2021 年 7 月底	/	/
	霍尼韦尔高温合金铸件项目			2020 年	2022 年	/	/
	铝（镁）合金扩建项目			2016 年	/	/	/
	钛合金生产专线			2020 年	2022 年	/	/
	铝镁钛轻质合金精铸件	金融机构贷款		2020 年	2021 年 7 月	/	/
	青岛新力通新厂（北区）建设项目	自有基金、银行贷款	15 个月	2020 年	2021 年 7 月底	达产期 5 年	/
西部超导	高温合金铸造生产线改造			2018 年	/	/	/
	航空航天用高性能金属材料产业化项目	向特定对象发行	36 个月	2021 年	2024 年 12 月	/	/
	高性能超导线材产业化项目	向特定对象发行	24 个月	2021 年	2023 年 12 月	/	/
	超导创新研究院项目	向特定对象发行	36 个月	2021 年	2024 年 12 月	/	/
	超导产业创新中心	向特定对象发行	36 个月	2021 年	2024 年 12 月	/	/
	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘项目	ipo 募集	24 个月	2019 年	2023 年 1 月 22 日	投资进度较慢；原计划 2021 年 7 月 22 日达到预定可使用状态	/
万泽股份	先进高温合金材料与构件制造建设项目	非公开发行	18 个月	2020 年	/	/	销售收入 12.36 亿元，净利润 1.92 亿元
隆达股份	新增年产 1 万吨航空级高温合金的技术改造项目	ipo 募集	3 年	2021 年	/	第四年投产，第六年达产	/
	新建研发中心项目	ipo 募集	3 年	2021 年	/	/	/
应流股份	航空产业园项目		5 年	2017 年 2 月 12 日	/	/	/
	高温合金叶片精密铸造项目		2 年	2019 年	2021 年四季度	/	本项目税后财务内部收益率 18.12%，税后投资回收期 6.51 年

资料来源：各公司公告，华泰研究

免责声明和披露以及分析师声明是报告的一部分，请务必一起阅读。

图表40：高温合金板块各公司扩产时间轴

[illegible]

资料来源：各公司公告，华泰研究

3) 格局稳固：行业准入壁垒与技术壁垒牵引多寡格局

高温合金整个行业具有较为明显的寡头特征，复杂的在线工艺决定了其成材率低、生产周期长，具有极高的技术壁垒。同时，该行业无论是军品还是民品均涉及到产品认证问题，为该行业构筑了天然的进入壁垒。

1) 技术壁垒：高温合金产品的技术含量较高，铸造加工的工艺较为复杂，大型高温合金铸造生产企业均同时是合金材料研发的主体，材料科学研究和先进铸造技术相辅相成。新产品从开始研发至最终实现销售需要经过论证、研制、定型等系列过程。因此高温合金等先进金属材料领域存在着较高的技术壁垒。

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

图表41：国内高温合金相关企业涉及业务范围

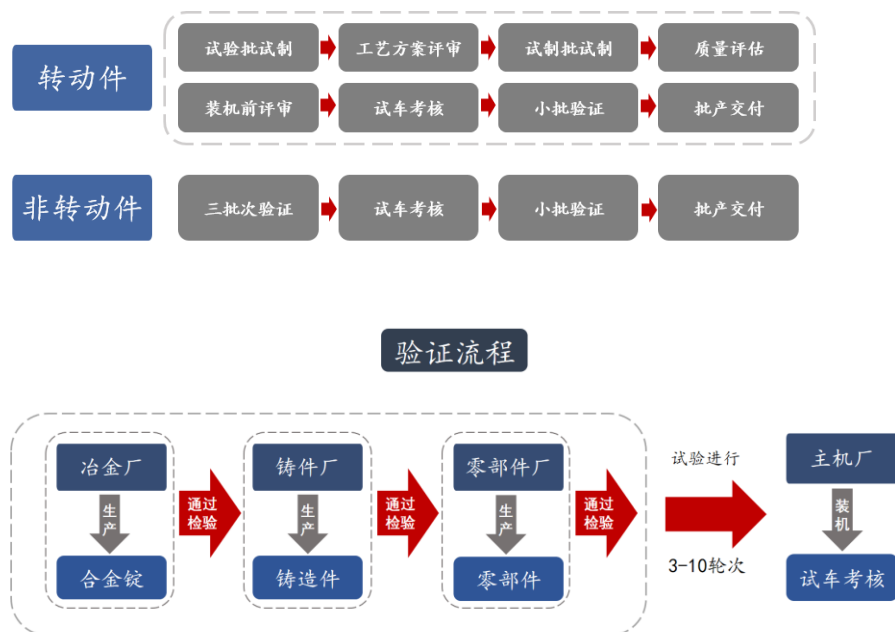
代码	变形高温合金		铸造高温合金		新型高温合金
	熔炼	加工	熔炼	铸造	
图南股份 300855 CH		√	√	√	粉末高温合金、氧化物弥散 (ODS) 高温合金、单晶高温合金
钢研高纳 300034 CH		√	√	√	粉末高温合金、氧化物弥散 (ODS) 高温合金
万泽股份 000534 CH				√	粉末高温合金、单晶高温合金、定向凝固柱晶
抚顺特钢 600399 CH	√	√	√		变形高温合金
西部超导 688122 CH	√		√		变形高温合金、粉末高温合金

资料来源：各公司官网，各公司年报，华泰研究

2) 市场先入壁垒: 高温合金的下游用户对供应商选择有严格的评定程序, 供应商的变更存在较高的技术风险和不确定因素。因此, 在产品质量稳定的前提下, 用户在选定合格供应商后通常不会轻易更换。同时, 航空发动机产品的研制均需经过立项、方案论证、工程研制、定型等阶段, 根据现行武器装备采购体制, 通过定型批准的产品才可实现批量销售。

如果一个高温合金厂商欲成为某牌号军用高温合金的供应商，尤其是转动件高温合金，则需经过一个时长较久的验证过程。首先需将试制样品交付国内主要锻造厂并接受其检验。锻件由零部件厂检验合格后再加工成零部件。根据隆达股份招股说明书，以上各阶段检验由主机厂主导，这一检验流程可能要进行 3-10 轮次，即冶金厂提供 3-10 批合金锭给锻造厂进行制作锻件，通过各层检验，最后制成合格零部件。只有按照现行工艺以上各个环节成品全都合格，才有被可能纳入军方的体系。

图表42：高温合金市场准入壁垒较高



资料来源：隆达股份招股说明书，华泰研究

对于非转动件的高温合金，验证流程相对简易一些，大多只需进行 3 批次验证，即冶金厂提供 3-10 批合金锭给锻造厂进行制作锻件，通过各层检验，最后制成合格零部件。待各轮次检验完成之后，要进行试车考核，这是整个验证考核流程最关键的一环。采用冶金厂交付的合金锭所生产加工的零件需与其他零件组合配套成部件，才能在主机厂的航空发动机试车台上开展试车考核，而我国目前主机厂的试车台数量有限。因此，何时开展试车考的不确定性较大，这成为整个考核验证流程中最难预期的环节。

3) 行业准入壁垒：国家对武器装备科研生产活动实行许可管理，未取得许可不得从事相应生产活动。从事军品相关生产活动必须通过严格审查并取得军工资质。这些准入资质要求严格，且考察周期较长，需要企业具备较强的研发、管理和质量控制能力。

4) 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了较高的要求。

5) 资金壁垒：随着高温合金等先进金属材料技术的不断进步，对于企业的生产设备提出了更高的要求。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。同时新产品的认证周期相对较长，这也对企业的流动资金提出了一定的要求。

图表43：高温合金企业部分生产设备

公司名称	对应项目	供应商	设备名	设备用途
隆达股份	铸造高温合金母合金	美国康萨克	2.5T 真空感应熔炼炉	生产
		德国赛默飞	辉光发电质谱仪	检测
	变形高温合金	美国康萨克	8T 真空感应熔炼炉（一阶段）	生产
			8T 真空自耗熔炼炉（一阶段&二阶段）	生产
			8T 保护气氛电渣炉（二阶段）	生产
		应达工业（上海）	8T 真空感应熔炼炉（一阶段）	生产
			8T 真空电弧重熔炉（一阶段）	生产
			8T 保护气氛电渣炉（一阶段&二阶段）	生产
			8T 真空自耗炉（二阶段）	生产
			真空感应熔炼炉	生产
			10T 保护气氛电渣炉（二阶段）	生产
		德国新北尔康普	45MN/50MN 高速自由锻机	生产
			45MN/50MN 两柱上压式高速自由锻机	生产
		以色列 EEM	高精度加热炉	生产
		德国施拉格	热处理炉	生产
		格拉玛机械制造	8T/15T 锻造操作机	生产
			8T 装取料机	取料
		沈阳东博热工	精密铸造炉	生产
			10KG 精密铸造炉	生产
			真空高压气淬炉	生产
		GE（通用电气）	棒材水浸分区探伤设备	检测
			水浸式超声波自动 C 扫描系统	检测
		江苏新江南炉业科技	室内燃气加热炉	生产
		合智熔炼装备	真空感应熔炼炉	生产
	高温合金材料研发试验、检测验证中心	N/A	真空感应熔炼炉	生产试制
		N/A	感应退火炉	生产试制
		N/A	直读光谱仪	检测
		N/A	X 射线荧光光谱仪（AxiosMax 荧光光谱仪）	检测
		N/A	电感耦合等离子体质谱仪	检测
		N/A	氧氮氢分析仪	检测
抚顺特钢	“四位一体”合金钢短流程生产体系	N/A	30T 电炉	高质量共模具钢、高温合金
		N/A	30/60T 双工位 VHD/VOD 炉外精炼炉	高质量共模具钢、高温合金
		N/A	850 精轧机	高质量共模具钢、高温合金
		N/A	650 轧机	高质量共模具钢、高温合金
		N/A	3T 锻机	高质量共模具钢、高温合金
	板材公司	N/A	热轧板机	合结板、不锈钢板、高温合金和高速工具钢板
		N/A	冷轧板机	合结板、不锈钢板、高温合金和高速工具钢板
	高强度大规模合金、超高强度钢工程化建设项目	N/A	30T 真空自耗炉	高温合金、高强度钢
		N/A	30T 真空感应炉	高温合金、高强度钢
		N/A	12T 真空感应炉	高温合金、高强度钢
		N/A	1T 真空感应炉	高温合金、高强度钢
		N/A	200KG 真空感应炉	高温合金、高强度钢
		N/A	12T 真空自耗炉	高温合金、高强度钢
		N/A		
西部超导	高温合金项目	N/A	智能布料系统	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	真空感应熔炼炉	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	中间合金电极压制机组	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	保护气氛电渣炉	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	真空自耗电弧炉	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	小型真空自耗电弧炉	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	锯床	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	铸锭扒皮车床	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	天然气退火炉	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	锻造加热炉	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	高温合金热变形快锻机组	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	X 射线荧光光谱仪	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	吊车（小型起重机）	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘

		N/A	起重机	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		N/A	叉车	发动机用高性能高温合金材料及粉末盘
		德国 ALD 公司 & 奥地利 8 吨保护气氛电渣炉 (1 台)		高性能高温合金铸锭的电渣重熔和精炼
		INTECO 公司		
		德国 SMS 公司	63/80MN 快锻机组	高性能高温合金棒材
		N/A	炼钢设备 A (2 台)	高温合金、特种不锈钢、其它合金制品
图南股份	已投入使用生产设备	N/A	1T 中频炉 (1 台)	高温合金、特种不锈钢、其它合金制品
		N/A	3.5T 中频炉 (1 台)	高温合金、特种不锈钢、其它合金制品
		N/A	炼钢设备 D (1 台)	高温合金、特种不锈钢、其它合金制品
		N/A	冶炼设备 (28 台)	超纯净高性能高温合金
年产 1000T 超纯净高性能	高温合金材料建设项目	N/A	热处理设备 (9 台)	超纯净高性能高温合金
		N/A	轧制及拉拔设备 (2 台)	超纯净高性能高温合金
(在建)		N/A	精整处理设备 (8 台)	超纯净高性能高温合金
		N/A	金属切割设备 (3 台)	超纯净高性能高温合金
		N/A	检测设备 (8 台)	超纯净高性能高温合金
		N/A	蜡模制备 (22 台)	复杂薄壁高温合金结构件
年产 3300 件复杂薄壁高	温合金结构建设项目 (在	N/A	制壳设备 (76 台)	复杂薄壁高温合金结构件
		N/A	熔炼浇注设备 (3 台)	复杂薄壁高温合金结构件
建)		N/A	后清理设备 (11 台)	复杂薄壁高温合金结构件
		N/A	焊接修补设备 (2 台)	复杂薄壁高温合金结构件
		N/A	热处理设备 (48 台)	复杂薄壁高温合金结构件
		N/A	检测设备 (12 台)	复杂薄壁高温合金结构件
企业研发中心建设项目	(在建)	N/A	真空浇注炉 (1 台)	航空用超纯净镍基高温合金真空熔炼技术
		N/A	真空定向浇注炉 (1 台)	航空用超纯净镍基高温合金真空熔炼技术
		N/A	模壳烘烤炉 (1 台)	航空用超纯净镍基高温合金真空熔炼技术
		N/A	ICP-AES (1 台)	航空用超纯净镍基高温合金真空熔炼技术
		N/A	辉光质谱仪 (1 台)	航空用超纯净镍基高温合金真空熔炼技术
		N/A	碳硫分析仪 (1 台)	航空用超纯净镍基高温合金真空熔炼技术
		N/A	氧氮氢分析仪 (1 台)	航空用超纯净镍基高温合金真空熔炼技术
		N/A	多元素快速分析仪 (硅酸盐分析) (1 台)	熔模精密铸造新材料新工艺开发
		N/A	脱蜡釜 (1 台)	熔模精密铸造新材料新工艺开发
		N/A	淋砂机 (面层) (1 台)	熔模精密铸造新材料新工艺开发
		N/A	紫外线荧光灯 (2 台)	熔模精密铸造新材料新工艺开发
		N/A	选择性激光熔融设备	选择性激光熔融成型技术的研发
		N/A	持久蠕变试验机	紧固件用高温合金棒、丝材进口替代项目

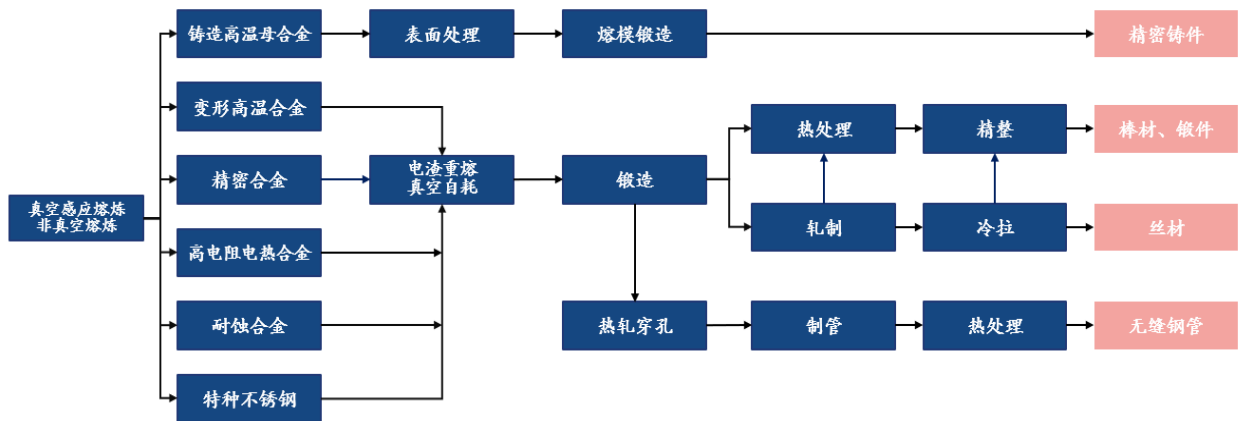
资料来源：抚顺特钢公告，图南股份招股说明书，西部超导招股说明书，隆达股份招股说明书，华泰研究

核心工艺壁垒各不相同，如何寻找高温合金的“矛”

变形高温合金产品是对铸锭进行开坯、锻造、轧制、挤压、拉拔、冲压和特殊的热处理技术，以获得不同形状和尺寸的各种锻件与零件。制品通常包括板材、棒材和涡轮盘等高温合金制品。

铸造高温合金是指可以或只能用铸造方法成型零件的一类高温合金，具有合金化程度高、成分范围高、应用领域广阔等特点。其工艺流程较为复杂，包括精选、组装和熔炼等多个步骤，复杂的工艺流程也使产品更加精细化。该类合金广泛应用于制造航空、航天、能源等领域高端装备核心热部件的高温母合金、精铸件以及高温合金叶片等。

图表44：高温合金生产工艺流程图



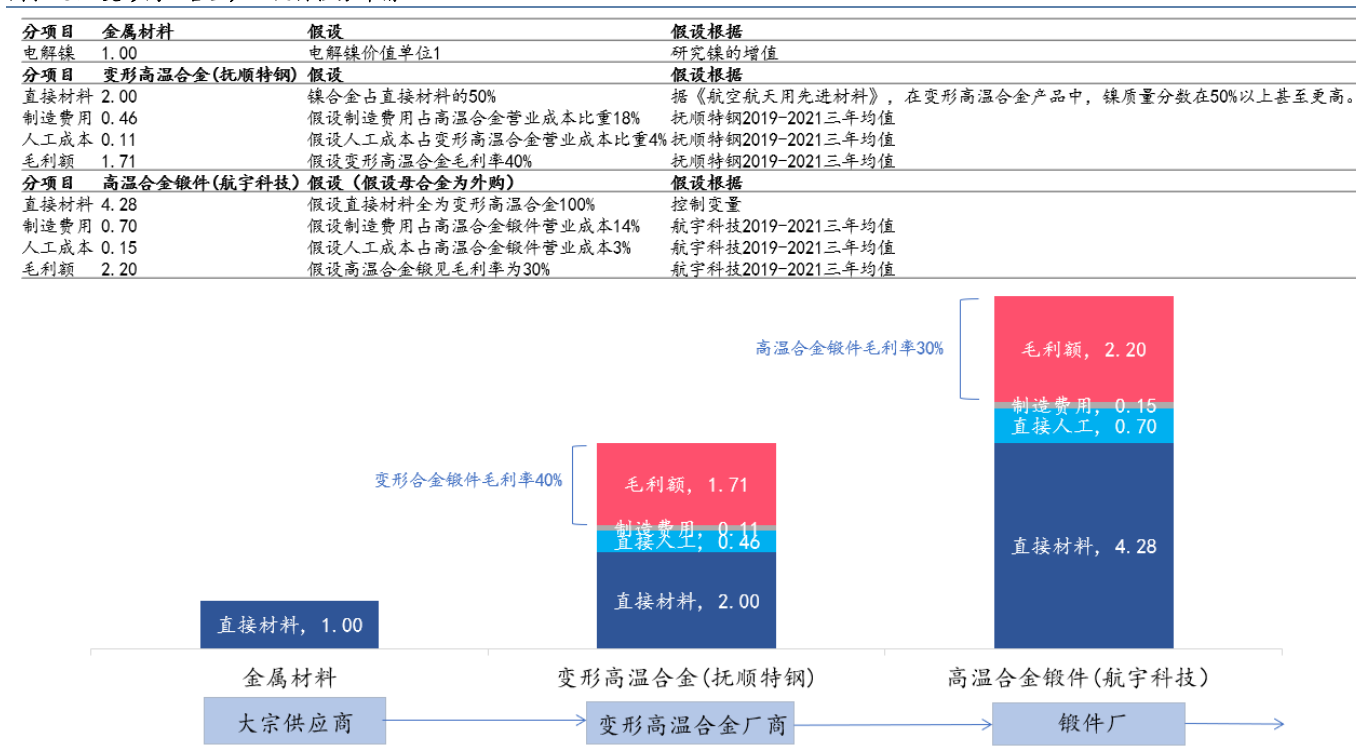
资料来源：图南股份招股说明书，华泰研究

定量：从镍原料增值角度探究高温合金赋能环节

从电解镍原材料起步，看高温合金产业链各环节的增值分布情况，我们认为对于变形高温合金，熔炼环节与锻造环节增值价值量接近；而对于铸造高温合金，精密铸件环节的增值额度显著高于铸造高温合金母合金熔炼环节。我们假设：1) 上游原材料电解镍的单位价值为 1；2) 变形高温锻造与铸造高温合金铸造环节的母合金均为外购，以控制熔炼环节的收入等于锻铸造环节的材料成本；3) 锻铸造环节的材料成本全部为高温合金，以聚焦于电解镍为起点的高温合金链增值额，不考虑其他合金产品；4) 对于变形高温合金，熔炼环节的成本构成与毛利率选取抚顺特钢 2019-2021 年高温合金业务三年平均值，锻造环节的成本构成与毛利率选取航宇科技 2019-2021 年航空锻件业务三年平均值；5) 由于数据可得性，对于铸造高温合金，熔炼环节的成本构成与毛利率选取图南股份 2017-2019 年铸造高温母合金业务三年平均值，铸造环节的成本构成与毛利率选取图南股份 2017-2019 年精密铸件业务三年平均值。

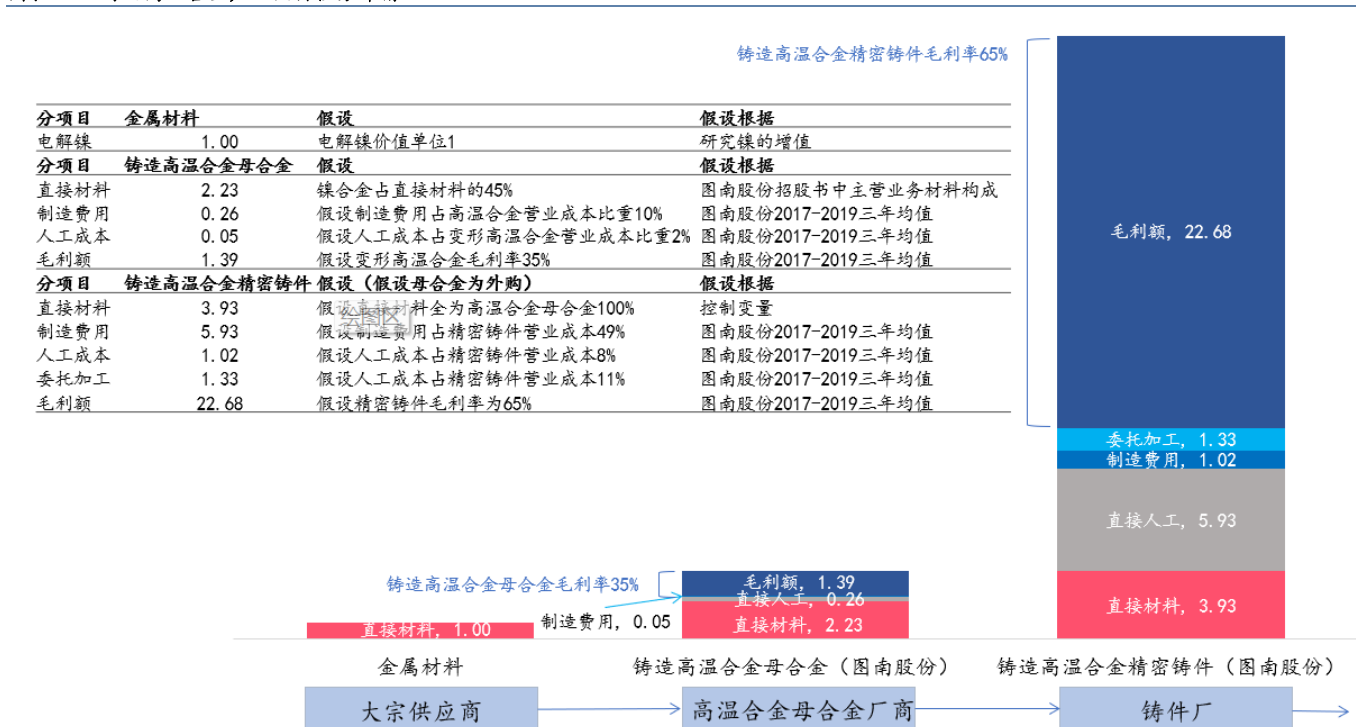
经测算，锻件环节所产生的价值量略微高于变形高温合金熔炼环节，该环节增值为上游原材料电解镍的 2.2 倍。精密铸件环节所产生的价值量相对更大，该环节增值额度约为上游原材料电解镍的 22.7 倍，或反映该环节技术高门槛。

图表45：变形高温合金产业链价值分布情况



资料来源：抚顺特钢年报，航宇科技年报，华泰研究

图表46：铸造高温合金产业链价值分布情况



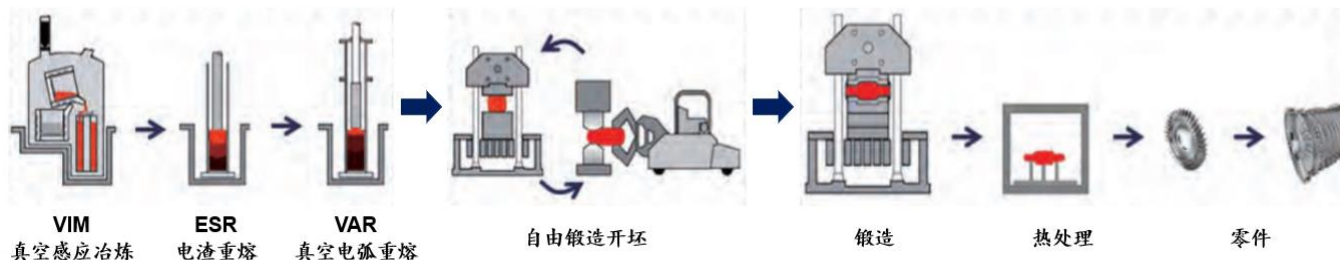
资料来源：图南股份招股说明书，图南股份年报，华泰研究

定性：如何定义高温合金的“技术壁垒”

变形高温合金：熔炼环节工艺为核心壁垒

变形高温合金核心壁垒在于原料冶炼环节。任何一款高温合金具备工业应用价值的基本前提是，能够应用真空感应冶炼（VIM）+电渣重熔（ESR）+真空电弧重熔（VAR）三联冶炼工艺制备大尺寸铸锭/母合金，并经过特定的成形工艺完成成形并对微观组织进行特定调控，最终将合金锭制备为大规格棒/盘/环等标准件材料。各类高温合金的制备从原料冶炼到不同的成形工艺均有很高的工艺壁垒，工艺的进步很大程度依赖于反复试验的边际参数优化、重型加工设备的打造和人工经验的积累。

图表47：变形高温合金铸件的标准制备工艺流程



资料来源：《变形高温合金盘材及其制备技术研究进展》（张北江等，【金属学报】，2019年9月），华泰研究

图表48：国内外高温合金熔炼设备知名制造厂家

国家	厂家名	设备名	国内客户
中国	锦州航星真空设备	真空感应炉、煤粉炉	航材院、钢铁研究院
	沈阳真空技术研究所	真空感应炉、真空自耗炉	中科院金属所、航材院
	宝鸡精达稀有金属设备	真空自耗炉	航材院、钢铁研究院
	沈阳东大冶金	电渣炉、真空感应炉	宝武钢铁集团、航材院
	合智熔炼装备	真空感应炉、电渣炉、真空自耗炉	中科院金属所、航材院
	爱力德欣安真空设备（苏州）	真空感应炉、电渣炉、真空自耗炉	宝钢、抚顺特钢、航材院
	应达工业(上海)	真空感应炉、电渣炉、真空自耗炉、热处理炉	抚顺特钢、重庆材料研究院、大冶特钢、金川集团、永兴材料
德国	爱力德欣安真空设备	真空感应炉、电渣炉、真空自耗炉、电子束炉、热处理炉	抚顺特钢、宝钢、中航上大、攀长钢、航材院、钢铁研究院
美国	应达集团	真空感应炉、电渣炉、真空自耗炉、热处理炉	抚顺特钢、宝钢、攀长钢、航材院、无锡隆达
	RETECH	电子束冷床炉	航材院
澳大利亚	奥地利固泰克(INTECO)	真空感应炉、电渣炉、真空自耗炉	抚顺特钢、太钢集团

资料来源：《变形高温合金纯净熔炼设备及工艺研究进展》（张勇等，【材料导报】，2018年5月），华泰研究

我国已经开展高温合金三联纯净熔炼的研究工作，以 GH4169 合金为例，结果表明，与双真空熔炼（VIM+VAR）工艺相比，三联熔炼中因制备的 ESR 电极锭无缩孔，组织致密，纯净度高，使得 VAR 重熔过程的工艺稳定性显著提高，降低“掉块”概率，减少了 VAR 锭中的宏观缺陷，并且进一步改善了碳化物分布的均匀性与热塑性。表 9 为三联熔炼各工序中 GH4169 合金锭中的成分对比，可以看出三联工艺的优点，电渣过程提纯降 S，自耗过程降低 N 含量。

图表49：VIM 工艺、VIM+ESR 工艺及 VIM+ESR+VAR 三联工艺所得 GH4169 合金锭成分（质量分数，%）对比

工艺过程	C	Al	Ti	Nb	O	N	S
VIM	0.025	0.62	1.02	5.33	0.0017	0.0067	0.0015
VIM+ESR	0.026	0.54	1.01	5.31	0.0004	0.0068	0.0003
VIM+ESR+VAR	0.026	0.55	1.02	5.32	0.0004	0.0058	0.0003

资料来源：《GH4169 合金 VIM+ESR+VAR 三联冶炼工艺及其冶金质量》（陈国胜等，【宝钢技术】，2012 年 1 月），华泰研究

真空感应炉是当前高温合金主流熔炼方法的第一步，真空感应炉的产能直接影响高温合金的产能，当前我国高温合金生产的主要瓶颈是真空感应炉产能不足，按照真空感应炉产量进行产能估计具有较高的准确性。根据《真空感应炉年生产能力测算》（张菽浪，【特钢技术】，2017年1月），真空感应炉年生产能力P年（真空感应炉年生产能力，吨/年）=P小时（真空感应炉小时生产能力，吨/年）*τ实际（实际工作小时，小时）；τ实际=τ日历（全年时间，此处取8760小时）*（1-τ总维（总的维修时间占全年比重，此处取30%））=8760*70%=6132小时。根据《高温合金材料学》（郭建亭，【科学】，2008年4月1日出版）中记录的6T真空感应炉制备G4698合金的熔炼时间为13小时，据此推算一年熔炼的炉数。

图表50：GH4698高温合金的真空感应炉熔炼流程

时间/h:min	功率/kW	熔炼室真空度/Pa	工艺
17:06	0	25E3	开炉
17:08	0	25E3	第1斗料
17:09	700	25E3	熔炼
17:20	0	25E3	第2斗料
17:21	800	25E3	熔炼
18:50	0	6E2	第3斗料
18:51	900	6E2	熔炼
19:40	0	5E2	第4斗料
19:41	900	5E2	熔炼
20:50	0	5E2	第5斗料
20:51	900	5E2	熔炼
22:35	0	60	全熔，测温 1500° C
22:36	300	60	精炼
1:50	0	3	测温 1530° C
1:51	300	3	熔炼
2:00	600	3	第6斗料
2:01	220	3	熔炼
5:15	0	3	第7斗料
5:16	300	3	精炼
5:21	0	25E3	充氩气
5:22	300	25E3	精炼
5:35	0	25E3	测温 1440° C
			精炼
5:45	0	25E3	测温 1500° C
5:46	300	25E3	精炼
5:50	0	25E3	第8斗料
5:51	220	25E3	精炼
5:57	300	25E3	浇注
6:07	0	25E3	停炉

资料来源：《高温合金材料学·中册·制备工艺》（郭建亭，【科学】，2008年4月1日出版），华泰研究

真空感应炉熔炼的铸锭，在随后的加工过程中损失掉30%的自身重量，用于随后真空电弧炉重熔的年产铸锭—电极的熔炼工段的成材率约为80%左右，

图表51：变形高温合金熔炼产能估算

炉型	吨位 (吨)	P小时 (吨/小时)	τ实际 (小时)	P年 (吨/年)	金属机械加工后 铸锭重量 (吨/年)	70%按照二联工艺继续熔炼 (吨/年, 成材率 70%)	30%按照三联工艺继续熔炼 (吨/年, 成材率 80%)	铸锭总产量 (吨/年)	锻造成材量 (吨/年)
真空感应炉	1.2	0.09	7008	646.89	452.82	221.88	108.68	330.56	231.39
	2.0	0.15	7008	1078.15	754.71	369.81	181.13	550.94	385.66
	3.0	0.23	7008	1617.23	1132.06	554.71	271.69	826.40	578.48
	6.0	0.46	7008	3234.46	2264.12	1109.42	543.39	1652.81	1156.97
	8.0	0.62	7008	4312.62	3018.83	1479.23	724.52	2203.75	1542.62
	12.0	0.92	7008	6468.92	4528.25	2218.84	1086.78	3305.62	2313.93
	20.0	1.54	7008	10781.54	7547.08	3698.07	1811.30	5509.37	3856.56
	30.0	2.31	7008	16172.31	11320.62	5547.10	2716.95	8264.05	5784.83

资料来源：《真空感应炉年生产能力测算》（张菽浪，【特钢技术】，2017年1月），《高温合金材料学·中册·制备工艺》（郭建亭，【科学】，2008年4月1日出版），华泰研究

以隆达股份为例：根据隆达股份招股说明书，截至 2020 年 12 月 31 日，隆达股份主要熔炼设备为 1 台 2.5 吨康萨克真空感应炉、1 台 8 吨康萨克真空感应炉。根据估算，隆达股份现有产能 2892 吨，与公司公告中的 3000 吨现有产能基本相符。

再以西部超导为例：截至 2019 年 12 月 31 日，西部超导主要熔炼设备为 1 台 8 吨真空感应炉、1 台 3 吨真空感应炉。根据估算，西部超导当时产能 2947 吨，与公司公告中的 2600 吨产能基本相符。

图表 52：隆达股份、西部超导高温合金产能测算情况

公司	真空感应炉 吨位 (吨)	P 小时 (吨/小时)	τ 实际 (小时)	P 年 (吨/年)	金属机械加工后 铸锭重量 (吨/年)	70%按照二联工艺继续熔炼 (吨/年, 成材率 70%)	30%按照三联工艺继续熔炼 (吨/年, 成材率 80%)	铸锭总产量 (吨/年)
隆达股份	2.5	0.19	7008	1347.69	943.38	462.26	226.41	688.67
	8.0	0.62	7008	4312.62	3018.83	1479.23	724.52	2203.75
合计 (估算)								2892.42
合计 (实际)								3000.00
偏差								-3.59%
西部超导	3.0	0.23	7008	1617.23	1132.06	633.95	169.81	803.76
	8.0	0.62	7008	4312.62	3018.83	1690.55	452.82	2143.37
合计 (估算)								2947.13
合计 (实际)								2600.00
偏差								13.35%

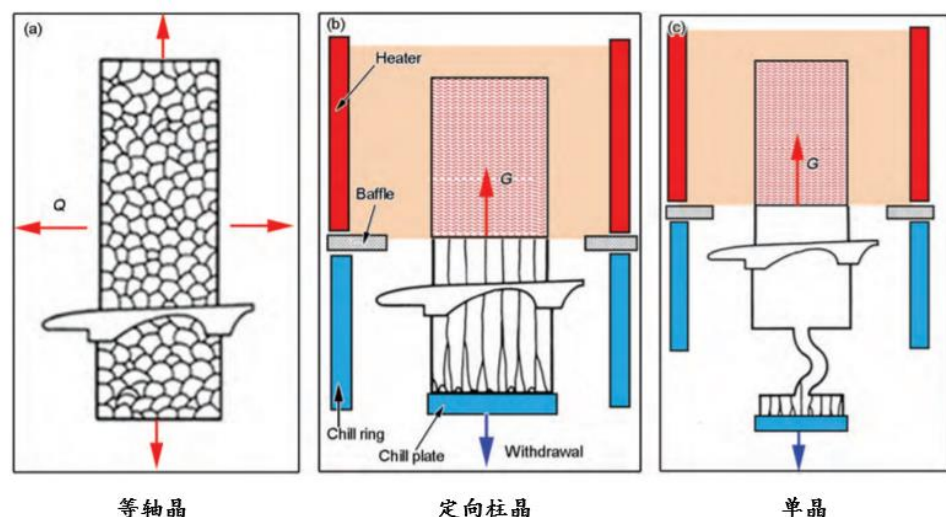
资料来源：各公司公告，各公司招股说明书，华泰研究

铸造高温合金：单晶铸造为工艺最难点

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。

采用定向凝固工艺消除所有晶界的高温合金称为单晶高温合金。金属是由一个一个晶体组成。晶界是金属内部各种畸变、缺陷和杂质聚集的地带，晶界在常温下强度高于晶体内部，但高温时易产生滑移。当高温下晶界强度下降高于晶体内部时，金属强度会下降。早期用精密铸造工艺制成的高温合金叶片为等轴晶组织，组织基体被杂乱无序的晶界切割，这些晶界在高温工况下为薄弱部位，使叶片性能被严重减弱。定向柱晶叶片消除了与主应力轴垂直的横向晶界，性能大大提高，而单晶叶片的组织中消除了所有的晶界，使叶片高温性能实现了最佳化。目前，几乎所有先进发动机都已采用了单晶合金涡轮叶片或导向叶片。

图表 53：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》（马德新，【金属学报】，2015 年 10 月），华泰研究

对单晶高温合金最核心的探讨离不开单晶合金零件的合格率。质量合格的单晶合金零件需要具备：1) 纯度较高的母合金；2) 成熟的定向凝固工艺。

铸造高温合金母合金的纯洁度直接影响铸件的合格率。母合金中含有的 N、O 以及其他的杂质元素 S、P 等，会形成非金属夹杂物如 Al_2O_3 、(TiTa)CN、(TiTa) xS 等，这些夹杂物会成为核心，在单晶零件凝固过程中发展成为晶粒缺陷，如雀斑、高角度晶界、迷路晶等。根据《高温合金材料学·下册·高温合金材料与工程应用》(郭建亭，【科学出版社】，2009 年)，我国生产单晶高温合金的母合金，为保证化学成分控制准确和高纯洁度，采取如下技术措施：①采用优质原材料；②真空感应熔炼时，坩埚等与金属接触的物体保持高纯净度；③严格控制精炼温度和精炼时间及高真空等参数，尤其在低碳情况下，要达到低的氮、氧含量，需要独特的真空冶炼来保证；④采用双频熔炼技术及高质量的过滤技术。

图表54：航空发动机和燃气轮机耐高温叶片“一条龙”应用计划示范企业

序号	产业链环节	航空发动机叶片	燃气轮机叶片
1	上游原材料	镍	金川集团股份有限公司 (补链)
		钼	宁夏东方钨业股份有限公司
		铌	中铌新材料有限公司
		铬	中信锦州金属股份有限公司
		涂层原材料	北京矿冶科技集团有限公司 (补链)
		石英玻璃粉	连云港龙新石英高新技术有限公司 (补链)
		白刚玉	山东鲁信四砂泰山磨料有限公司 (补链)
		硅溶胶	航天材料及工艺研究所 (补链)
2	关键设备制造	苏州振湖电炉有限公司	苏州振湖电炉有限公司
3	高性能涡轮叶片合金开发	中国航发北京航空材料研究院	中国航发北京航空材料研究院 沈阳中科三耐新材料股份有限公司
4	高纯净度母合金制备	中国航发北京航空材料研究院 北京钢研高纳科技股份有限公司	中国航发北京航空材料研究院 江苏隆达超合金航材有限公司
5	涡轮叶片精密铸造	中国航发北京航空材料研究院	中国航发北京航空材料研究院 江苏永翰特种合金技术有限公司
6	涡轮叶片机加	无锡透平叶片有限公司 安徽应流集团霍山铸造有限公司	无锡透平叶片有限公司 四川绵竹鑫坤机械制造有限公司
7	涡轮叶片制孔	无锡透平叶片有限公司	无锡透平叶片有限公司
8	涡轮叶片焊接	中国航发北京航空材料研究院	无锡透平叶片有限公司
9	涡轮叶片热障涂层	中国航发北京航空材料研究院	中国航发北京航空材料研究院
10	下游应用	中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司 (补链)	东方电气集团东方汽轮机有限公司 (补链)

资料来源：工信部，华泰研究

我们认为铸造高温合金，尤其是单晶高温合金的核心壁垒端不在母合金熔炼，而在于单晶铸造。世界上到目前为止一直在用传统的 Bridgman 方式生产高温合金定向或单晶叶片，其特点是将浇注后的模壳从炉子的热区穿过辐射挡板进入冷区。这种凝固技术具有设备结构简单、工艺稳定可靠等优点，已经相当成熟，特别适合航空发动机叶片等小型铸件。但是这种工艺和设备的缺点也很明显，如辐射传热效率太低、热区与冷区之间不能有效隔热等，这对于小型铸件问题尚不严重，但对于重型燃机叶片，由于铸件尺寸大，模壳厚，使得散热尤其困难，凝固过程漫长而复杂，难以得到有效控制。利用液态金属冷却 (liquid metal cooling, LMC) 法用液体对流散热来替代原来的辐射散热，虽然从总体上能提高铸件冷却速率，但并不能满足铸件各处对凝固条件的不同需求，所以 LMC 法的研发主要应用于大型叶片的定向凝固而不是单晶制备。

图表55：几种定向凝固工艺的特点

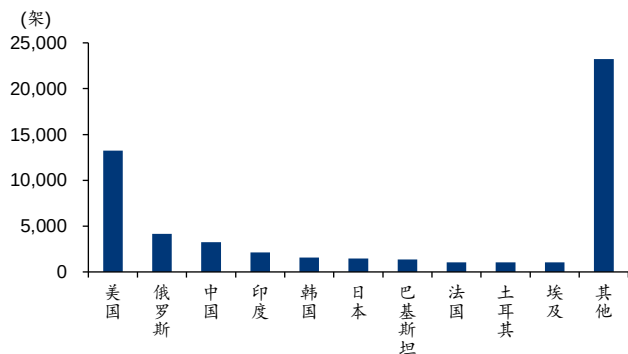
工艺	优点	缺点	温度梯度	工业过程中的一次枝晶间距	
				温度梯度估计值	(μm)
高速凝固工艺 (HRS)	操作简单、技术成熟	阴影效应、温度梯度随着铸件尺寸增大而减小	1	0.6	400-600
气冷工艺 (GCC)	温度梯度高、受铸件尺寸影响小	阴影效应、操作复杂	1.7	1.5	320
液态金属冷却工艺 (LMC-Sn)	温度梯度高、受铸件尺寸影响小	铸件污染、操作复杂	1.45	1.5	220-350
液态金属冷却工艺 (LMC-Al)	温度梯度较高、受铸件尺寸影响小	铸件污染、操作复杂	1	1	360
液态床冷却 (FBC)	温度梯度高、受铸件尺寸影响小	合金及设备污染、操作复杂	-	-	330

资料来源：《镍基单晶高温合金的研发进展》(张健等，【金属学报】，2019 年 9 月)，华泰研究

市场空间：耗材属性凸显，支撑长远需求

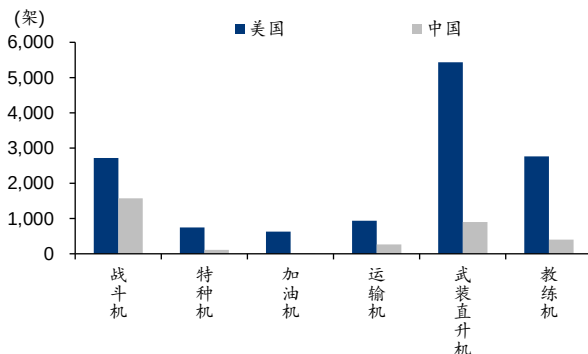
我国军机在数量上与美国存在较大差距，总量提升需求显著。军用飞机是直接参加战斗、保障战斗行动和军事训练的飞机的总称，是航空兵的主要技术装备。据《World Air Forces 2021》统计，美国现役军机总数为 13232 架，在全球现役军机中占比为 25%，而我国现役军机总数为 3260 架，在全球现役军机中占比仅为 6%。按各个细分机型来看，战斗机是我国军机中的主力军，总数为 1571 架，但数量不到美国同期的 60%，且其他机型的数量都远落后于美国，我国未来军机总量提升需求显著。

图表56：各国现役军机数量（架）



资料来源：《World Air Forces 2021》，华泰研究

图表57：中美现役军用飞机数量对比（架）



资料来源：《World Air Forces 2021》，华泰研究

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

我国空军目前正在向战略空军转型，未来 10 年带来军机需求规模约 1.95 万亿元。当前我国军用飞机正处于更新换代的关键时期，未来 10 年现有绝大部分老旧机型将退役，三代、四代机等将成为空中装备主力，新一代先进机型也将有一定规模列装，运输机、轰炸机、预警机及无人机等军机也将有较大幅度的数量增长及更新换代需要。假设 2021-2030 年二代机全部替换为三代机，且战斗规模按机种结构达到美国的 1/2，我们预计未来十年中国军机将有 1.95 万亿元的市场空间，结合前瞻产业研究院对 2021-2030 年中国军机需求规模及市场空间预测情况，2030 年市场规模将达到 19508 亿元。

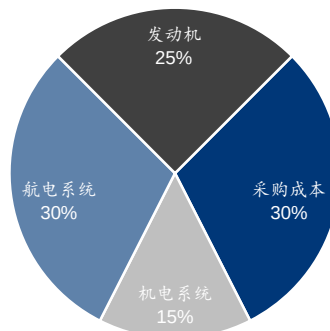
图表58：2021E-2030E 中国军机需求规模及市场空间预测情况

分类	机种	飞机数量（架）	单价（亿元）	空间（亿元）
固定翼飞机	轻型三代机	800	2.1	1680
	出口三代机	400	3.5	1400
	舰载三代机	240	4.2	1008
	重型三代机	600	3.5	2100
	重型四代机	800	10	8000
	作战支援飞机	300	2.8	840
	大型运输机	200	12	2400
	武装直升机	600	1.3	780
直升机	通用运输直升机	1000	1.3	1300
合计		/	/	19508

资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

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

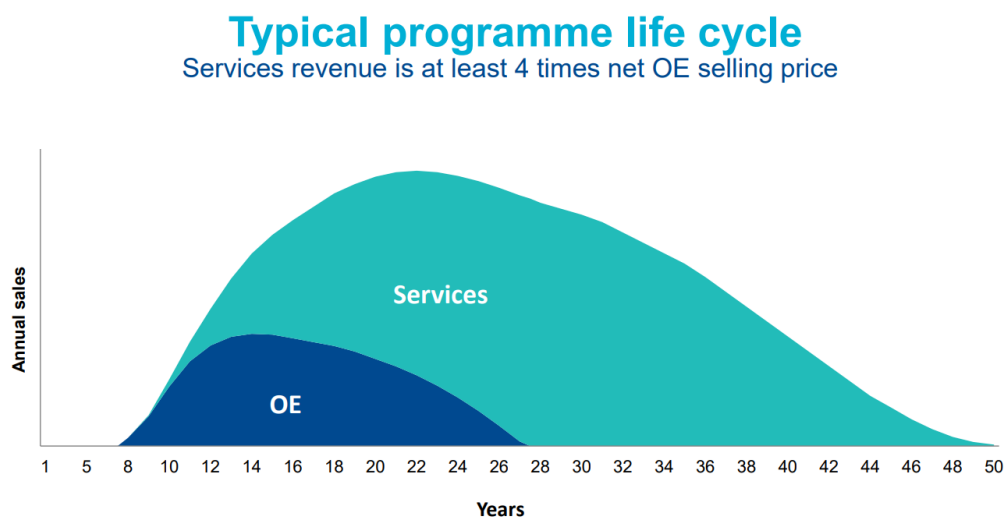
图表59：2014 年军用飞机成本拆分



资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

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

图表60：航空发动机售后服务收入至少是新机销售收入的 4 倍



资料来源：英国罗罗公司投资者简报，华泰研究

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

图表61：航空发动机产品成本构成分解表

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

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

美国军用飞机保有量是我国的 4 倍以上，我国军用飞机总量提升空间大。结合《World Airforces 2021》，按照目前我国军用飞机构成测算，截至 2020 年航空发动机保有量为 9600 台，对标美国的军用飞机 1.3 万台保有量水平，航空发动机保有量须达到 3.8 万台。

图表62：2020 年中国现役航空发动机保有量为 9600 台

	飞机数量	发动机数量	装备所需发动机数量 (2:1 备件)	单价/亿元	市场空间/亿元
战斗机	1571	2	4713	0.4	1885.2
特种飞机	115	4	690	0.4	276
空中加油机	3	4	18	0.5	9
运输机	264	4	1584	0.5	792
战斗直升机	902	1	1353	0.5	676.5
训练机	405	2	1215	0.5	607.5
总数	3260	-	9573	-	4246.2

资料来源：《World Air Forces 2021》，华泰研究

图表63：2020 年美国现役航空发动机保有量为 3.8 万台

	飞机数量	发动机数量	装备所需发动机数量 (2:1 备件)	单价/亿元	市场空间、亿元
战斗机	2717	2	8151	0.4	3260.4
特种飞机	749	4	4494	0.4	1797.6
空中加油机	625	4	3750	0.5	1875
运输机	941	4	5646	0.5	2823
战斗直升机	5434	1	8151	0.5	4075.5
训练机	2766	2	8298	0.5	4149
总数	13232	-	38490	-	17980.5

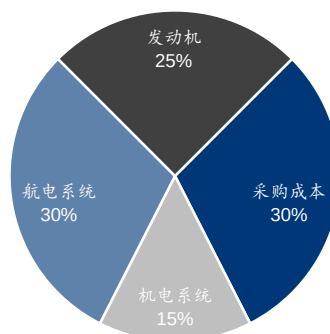
资料来源：《World Air Forces 2021》，华泰研究

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

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

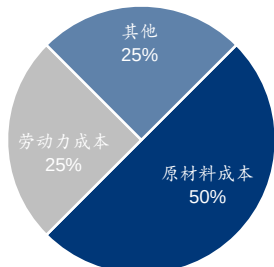
据前瞻产业研究院发布的研究数据，发动机占军用飞机成本的 25%，材料成本占发动机成本的 50%，而高温合金占材料成本约 35%。据此测算，2021~2030 年我国军用航发用高温合金总市场约为 2544.35 亿元，年均市场超 250 亿元。

图表64：2020 年军用飞机成本拆分



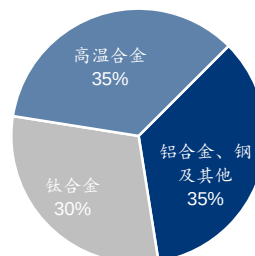
资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

图表65：2020 年航空发动机制造成本拆分



资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

图表66：2020 年航空发动机原料成本拆分

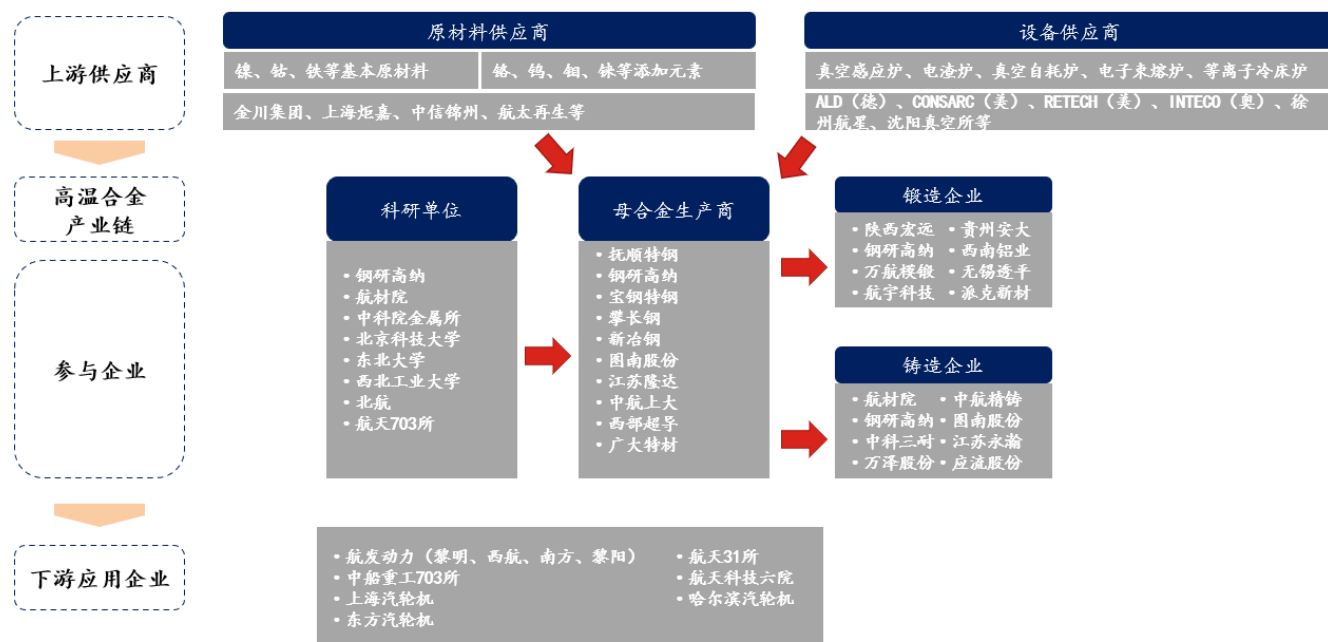


资料来源：前瞻产业研究院，华泰研究

相关企业梳理

高温合金产业链呈现上游母合金供给以抚顺特钢为主、下游零部件需求以航发应用为主的**两端集中的格局**。国内高温合金产业链包括上游母合金冶炼、中游零部件毛坯件成形（包括重熔铸造、锻造、粉末冶金等工艺）以及下游成品零部件加工、零部件组装和设备总装。产业链中游，根据毛坯件成形工艺不同，分为铸造、锻造、粉末冶金以及其他高温合金热加工。产业链下游企业从事成品零部件加工、零部件组装和设备总装业务。国内航发高温合金成品零部件加工市场壁垒高，以中国航发集团下属主机厂为主。

图表67：高温合金产业链相关企业梳理

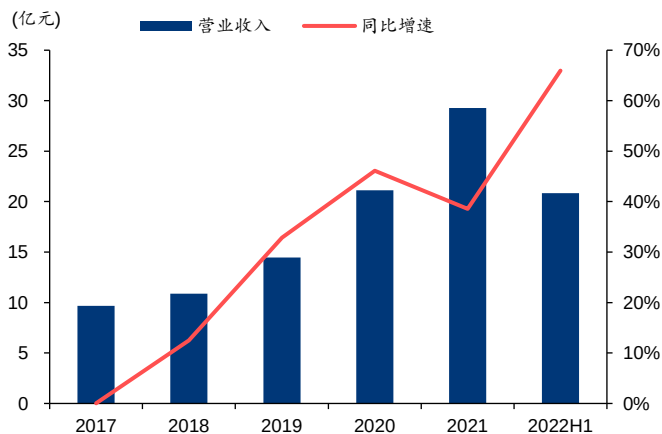


资料来源：华泰研究

西部超导（688122 CH）

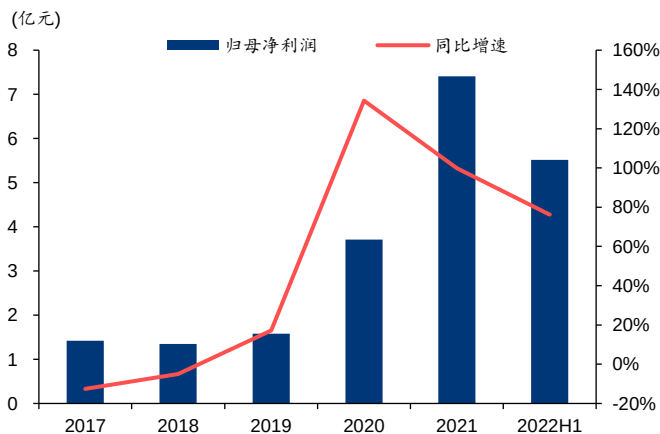
西部超导正式设立于2003年，是目前国内唯一实现低温超导线材商业化生产的企业，也是目前国际上唯一的铌钛(NbTi)锭棒及线材全流程生产企业，主要从事高端钛合金材料和低温超导材料的研发、生产和销售。公司拥有钛合金、超导线材、高性能高温合金材料三大主营业务，所生产的高端钛材产品广泛应用于航空航天领域。公司为我国新型战机、运输机钛合金材料的主要供应商之一。

图表68：西部超导营业收入及同比增速



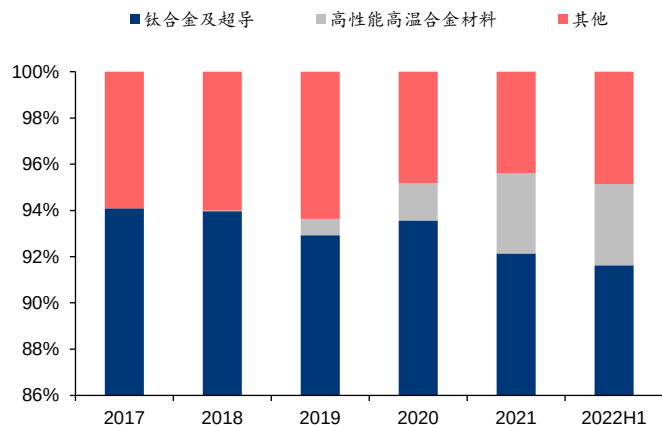
资料来源：Wind，华泰研究

图表69：西部超导归母净利润及同比增速



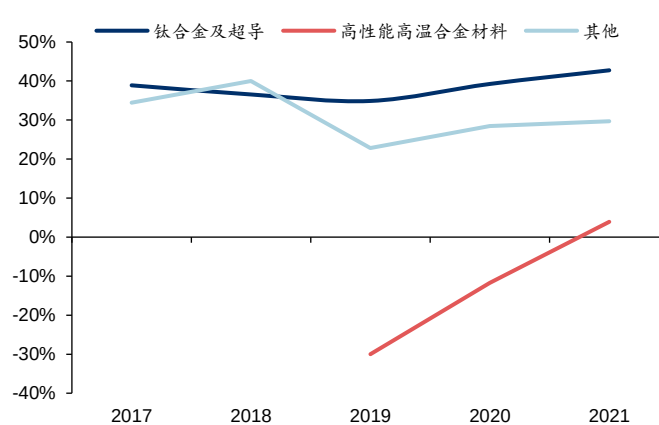
资料来源：Wind，华泰研究

图表70：西部超导主营业务营业收入占比



资料来源：Wind，华泰研究

图表71：西部超导主营业务毛利率



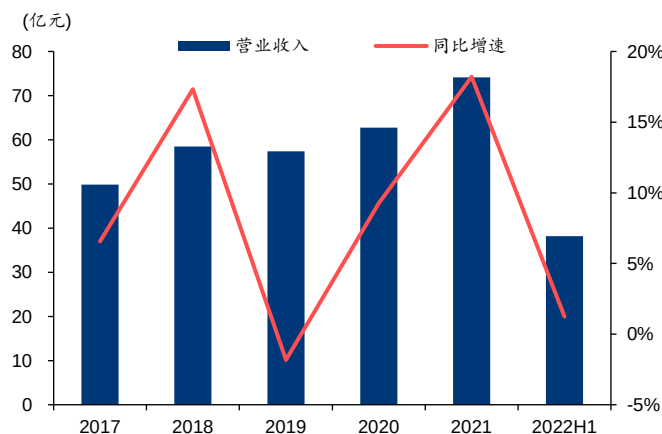
资料来源：Wind，华泰研究

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

抚顺特钢（600399 CH）

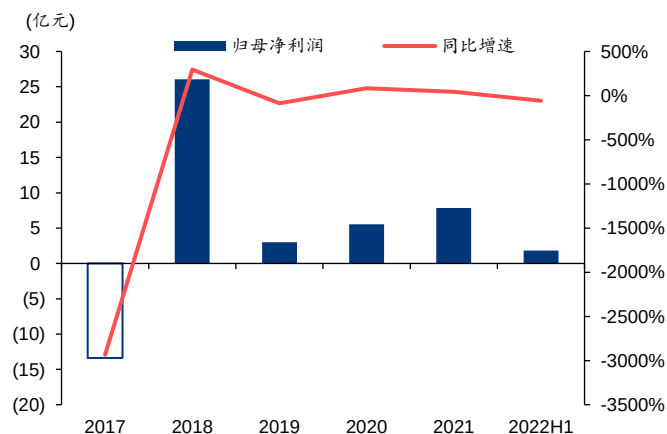
抚顺特钢设立于1999年，于2002年成功上市，是中国重要的国防军工、航空航天等高科技领域特殊钢材料的生产研发基地。公司以特殊钢和合金材料的研发制造为主营业务，生产合金结构钢、不锈钢、高温合金钢、合金工具钢四类主营产品，其产品广泛应用于机械、汽车、军工、化工等行业。此外，公司旗下设有7个子公司，1个联营企业。

图表72：抚顺特钢营业收入及同比增速



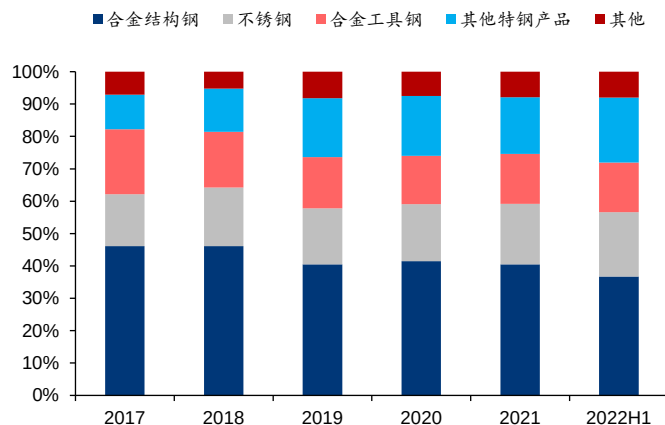
资料来源：Wind，华泰研究

图表73：抚顺特钢归母净利润及同比增速



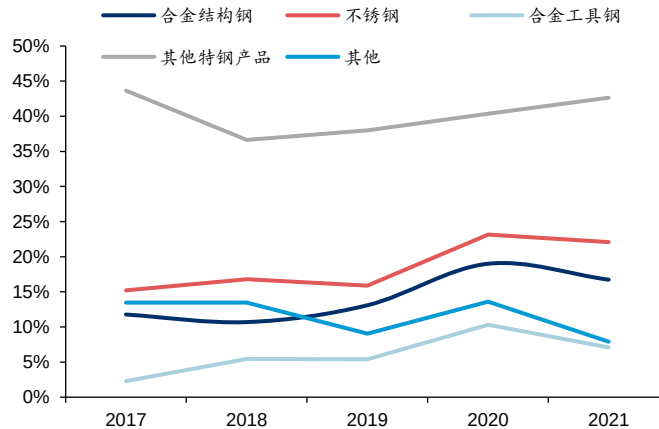
资料来源：Wind，华泰研究

图表74：抚顺特钢主营业务营业收入占比



资料来源：Wind，华泰研究

图表75：抚顺特钢主营业务毛利率



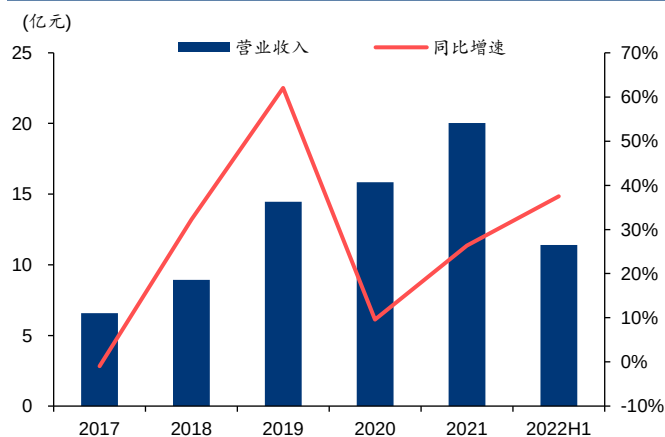
资料来源：Wind，华泰研究

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

钢研高纳（300034 CH）

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

图表76：钢研高纳营业收入及同比增速



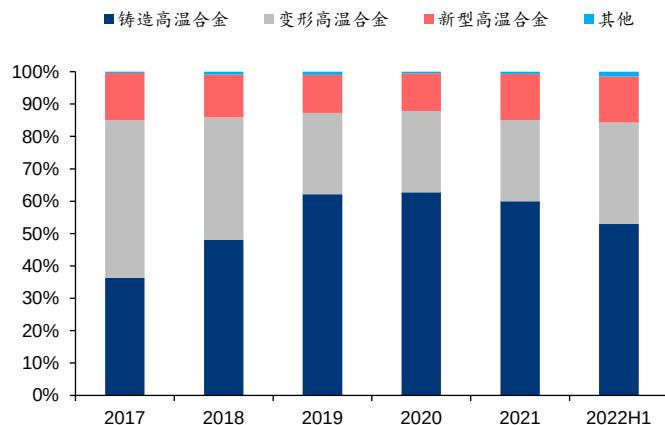
资料来源：Wind，华泰研究

图表77：钢研高纳归母净利润及同比增速



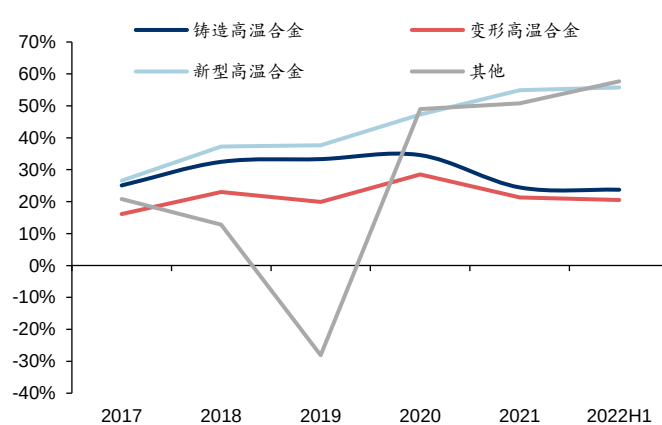
资料来源：Wind，华泰研究

图表78：钢研高纳主营业务营业收入占比



资料来源：Wind，华泰研究

图表79：钢研高纳主营业务毛利率



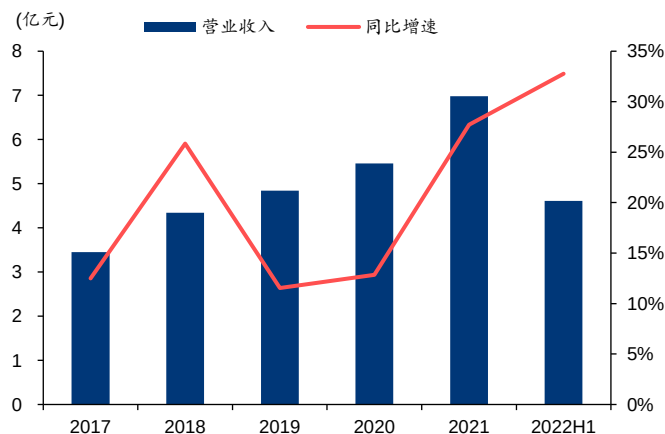
资料来源：Wind，华泰研究

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

图南股份（300855 CH）

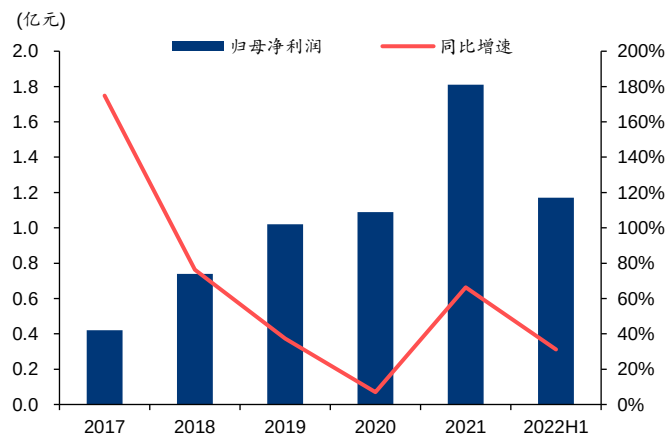
图南股份成立于1991年，前身是丹阳市精密合金厂，2015年正式变更为江苏图南合金股份有限公司，是专业从事高温合金、耐蚀合金、精密合金等特种合金及其制品研发与生产的高新技术企业。高温合金方面，公司实现了高温合金中O、S元素含量小于10ppm的超纯净高温合金产业化生产，形成了30多个品种合金材料及多规格铸件制品的完整产品结构；精密合金方面，公司的大型复杂薄壁精密铸件在国内率先采用国际先进近净型铸造技术，产品精度和尺寸规格国内领先，成型方式和最大产品规格生产能力填补了国内空白。公司下设一家全资子公司，主营业务具体可划分为铸造高温合金、变形高温合金、其他合金制品、特种不锈钢、和其他业务五类。

图表80：图南股份营业收入及同比增速



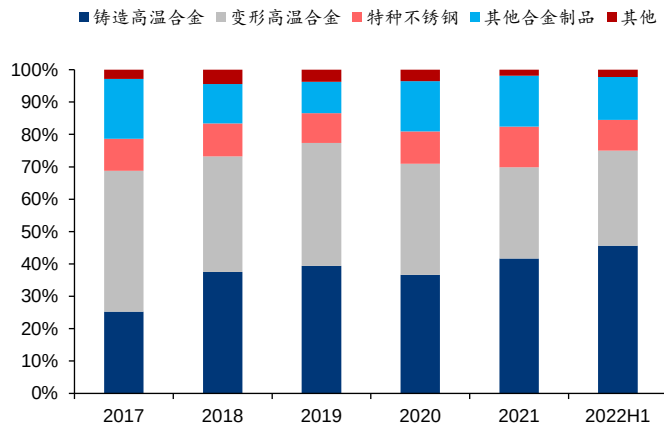
资料来源：Wind，华泰研究

图表81：图南股份归母净利润及同比增速



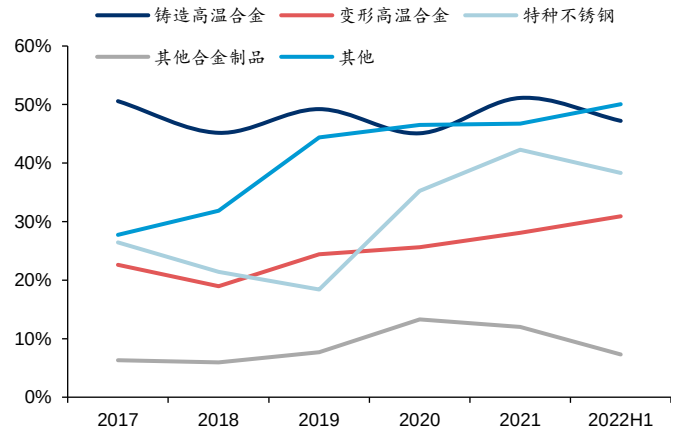
资料来源：Wind，华泰研究

图表82：图南股份主营业务营收占比



资料来源：Wind，华泰研究

图表83：图南股份主营业务毛利率



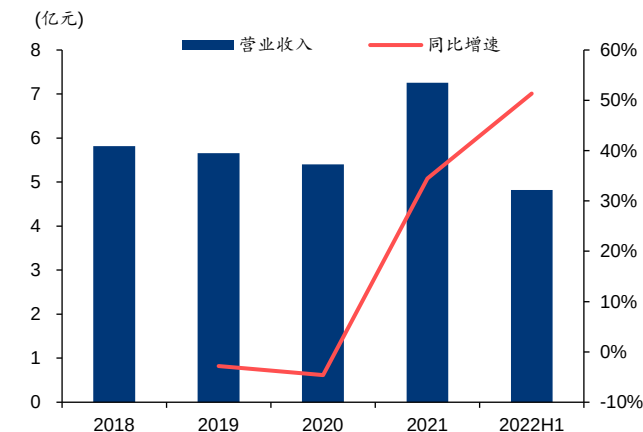
资料来源：Wind，华泰研究

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

隆达股份 (688231 CH)

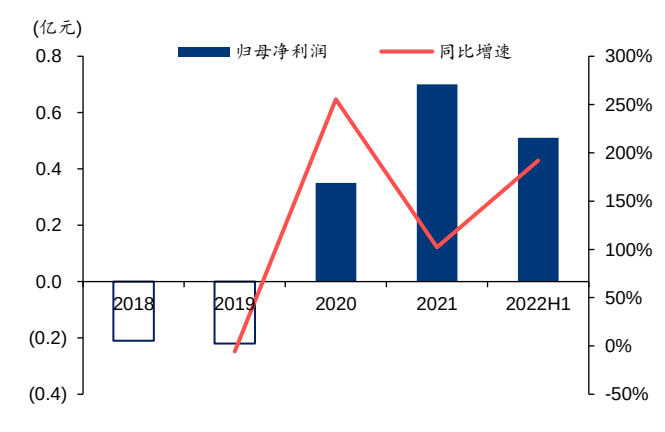
公司成立于 2004 年，2015 年开始加大对高温合金业务的战略投资，2020 年 11 月变更为股份公司。在合金管材领域，公司自主研发了大型舰船用高强耐蚀铜合金无缝管制造技术和高铁贯通地线用铜合金无缝盘管制造技术；在高温合金领域，公司自 2015 年先后建成铸造高温合金生产线和变形高温合金生产线，掌握先进的“真空感应+电渣重熔+真空自耗”三联熔炼工艺，技术处于国内先进水平。

图表84：隆达股份营业收入及同比增速



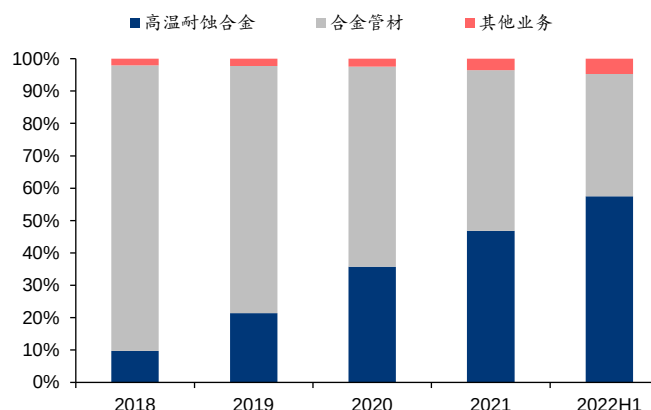
资料来源：Wind，华泰研究

图表85：隆达股份归母净利润及同比增速



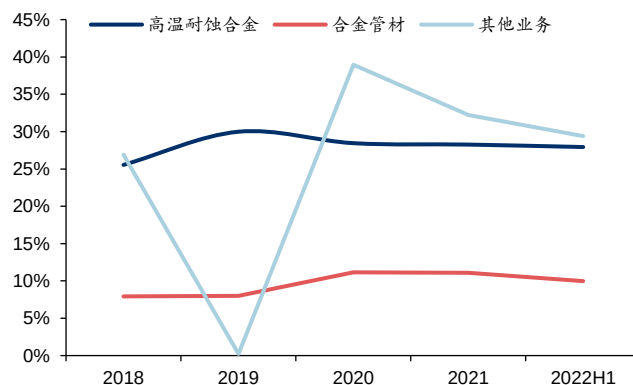
资料来源：Wind，华泰研究

图表86：隆达股份主营业务营业收入占比



资料来源：Wind，华泰研究

图表87：隆达股份主营业务毛利率



资料来源：Wind，华泰研究

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

图表88：报告提及公司列表

公司	代码	公司	代码
航材院	未上市	应达集团	未上市
抚顺特钢	600399 CH	RETECH	未上市
钢铁研究院	未上市	INTECO	0186261D KS
中科院金属所	未上市	西部超导	688122 CH
宝武集团	未上市	东方钨业	000962 CH
大冶特钢	000708 CH	中钵新材料	未上市
重庆材料研究院	未上市	中信锦州金属	未上市
金川集团	未上市	矿冶科技	未上市
永兴材料	002756 CH	龙新石英	未上市
中航上大	未上市	鲁信四砂泰山磨料	未上市
攀长钢	未上市	苏州振湖电炉	未上市
隆达股份	未上市	无锡透平	未上市
太钢集团	未上市	应流股份	603308 CH
锦州航星	未上市	航发动力	600893 CH
沈阳真空所	未上市	钢研高纳	300034 CH
宝鸡精达	未上市	图南股份	300855 CH
东大中冶冶金	未上市	中国铝业	601600 CH
合智熔炼装备	未上市	重庆钢铁	601005 CH
爱力德欣安真空设备	未上市	罗罗	RRU TH
万泽股份	000534 CH	航太再生	未上市
上海炬嘉	未上市	宝钢特钢	600019 CH
中航上大	未上市	广大特材	688186 CH
中科三耐	1385836D CH	江苏永瀚	未上市

资料来源：Bloomberg，华泰研究

风险提示

国产发动机研制进度不及预期风险。航发发动机被誉为“皇冠上的明珠”，工艺技术要求非常高，若中国未能紧跟新技术发展，或新技术研制进程较慢，则将有可能影响高温合金的需求增长。

行业竞争加剧风险。国内从业企业间属于竞合关系，直接竞争较少，但随着国家产业政策的调整开放，国内企业积极寻求突破技术、资金、规模等壁垒，将会使高温合金行业竞争加剧。

原材料价格波动风险。高温合金主要原材料为电解镍、金属钴、金属铬等金属材料，其价格的波动对行业原材料的采购价格具有较大影响。如果未来原材料价格持续上升，产品成本上升，而产品售价无法及时相应调整，将会对行业毛利率和经营业绩造成不利影响。

免责声明

分析师声明

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

一般声明及披露

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

中国香港

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

香港-重要监管披露

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

美国

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

美国-重要监管披露

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

评级说明

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

行业评级

增持：预计行业股票指数超越基准

中性：预计行业股票指数基本与基准持平

减持：预计行业股票指数明显弱于基准

公司评级

买入：预计股价超越基准 15% 以上

增持：预计股价超越基准 5%~15%

持有：预计股价相对基准波动在-15%~5%之间

卖出：预计股价弱于基准 15% 以上

暂停评级：已暂停评级、目标价及预测，以遵守适用法规及/或公司政策

无评级：股票不在常规研究覆盖范围内。投资者不应期待华泰提供该等证券及/或公司相关的持续或补充信息

法律实体披露

中国: 华泰证券股份有限公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格, 经营许可证编号为: 91320000704041011J

香港: 华泰金融控股(香港)有限公司具有香港证监会核准的“就证券提供意见”业务资格, 经营许可证编号为: AOK809

美国: 华泰证券(美国)有限公司为美国金融业监管局(FINRA)成员, 具有在美国开展经纪交易商业业务的资格, 经营业务许可编号为: CRD#:298809/SEC#:8-70231

华泰证券股份有限公司**南京**

南京市建邺区江东中路228号华泰证券广场1号楼/邮政编码: 210019

电话: 86 25 83389999/传真: 86 25 83387521

电子邮件: ht-rd@htsc.com

深圳

深圳市福田区益田路5999号基金大厦10楼/邮政编码: 518017

电话: 86 755 82493932/传真: 86 755 82492062

电子邮件: ht-rd@htsc.com

北京

北京市西城区太平桥大街丰盛胡同28号太平洋保险大厦A座18层/

邮政编码: 100032

电话: 86 10 63211166/传真: 86 10 63211275

电子邮件: ht-rd@htsc.com

上海

上海市浦东新区东方路18号保利广场E栋23楼/邮政编码: 200120

电话: 86 21 28972098/传真: 86 21 28972068

电子邮件: ht-rd@htsc.com

华泰金融控股(香港)有限公司

香港中环皇后大道中99号中环中心58楼5808-12室

电话: +852-3658-6000/传真: +852-2169-0770

电子邮件: research@htsc.com

<http://www.htsc.com.hk>

华泰证券(美国)有限公司

美国纽约公园大道280号21楼东(纽约10017)

电话: +212-763-8160/传真: +917-725-9702

电子邮件: Huatai@htsc-us.com

<http://www.htsc-us.com>

©版权所有2022年华泰证券股份有限公司