

国防军工行业

新·材料：探航空锻造企业商业模式、格局壁垒、崛起演变

分析师：孟祥杰



SAC 执业证号：S0260521040002

SFC CE.no: BRF275



mengxiangjie@gf.com.cn

核心观点：

- **商业模式：**类晶圆代工商业模式下解决主机厂需求痛点，研发费用前置并具有技术可拓展性带来的强范围经济，其核心壁垒取决于对锻造工艺的理解。基于对基础制造业认知及对商业模式本质的理解，我们建立两个衡量规模驱动模式的核心指标——生产人员人均产值及单位机器设备产值，可观察到航空钛合金产业链呈现倒V型人均创利及盈利特征，其中上游材料产值规模扩大的核心驱动力在于设备，繁杂且多环节的生产链或是导致材料环节生产规模经济相对较弱的本质原因之一，而机加环节规模的扩大需要设备与人员持续的双重投入，整体呈现相对弱范围经济特征。与上下游不同，中游锻件环节的制造工艺环节相对精简、潜在的高产能利用率提升空间以及强范围经济特征，则推动其“人”、“物”两大主要生产要素获得充分利用，呈现较强的比较优势。
- **格局壁垒：**热工艺的不可检测性、供应链切入时间窗口性、高产能瓶颈设备需求及供给的有限性决定航空中游模锻件的高集中度格局。锻件公司同时具有热变形（即锻造）及热处理工艺，而热工艺难点在于其不可检测性，决定前期高研发投入及后期引入下游供应链的长时间。锻造（含热处理）工艺过程不可检测性，决定了经验壁垒的重要性及格局塑造的基本动力。“**下游装备推动、上游材料创新、中游锻造配合**”，是航空锻造环节竞争格局塑造的根本动力。先进飞机的迭代需要上游钛合金等材料的同步创新，与此同时提高钛合金构件的综合性能需要同步创新热加工工艺作为配合。在此背景下，对于新兴航空锻造企业，其**最容易切入供应链的时期往往是下游新装备牵引新材料的研发期**。大型模锻件企业，主要为发展国内大型飞机国家支持所驱动，因单台大型模锻液压机潜在产能瓶颈较大，决定了设备需求及供给的有限性，进而间接决定了航空大型模锻件高集中度格局。
- **崛起演变：**需求限定下航空锻件企业的**增长思维源自自由外向内战略及扩张边界，PCC“五举措”实现高经济利润值得思考**。军工行业下游需求的限定性是竞争壁垒稳固的内在催化剂，但需求的限定性亦具有“双刃剑”特征，下游需求具有有限性特征的企业往往成为黑天鹅事件下首当其冲的对象。复盘美国军工企业各时期经营战略，采用“**整合重组核心**”战略的公司整体表现更好，回顾美国重点航空锻造企业发展史，航空锻件格局演变可体现为大型模锻企业与中小型锻件供应商的合并、大型模锻企业为提高重点金属原材料可控积极拓展上游、积极拓展下游含热处理检测及机加环节，并朝材料-锻造/铸件-机加全环节航空结构件供应商寡头发展。强者PCC，其系统化并购与剥离、资源再分配、资本支出、生产力改进、差异化提升等为其实现高经济利润关键。
- **投资建议：**建议关注国内航空锻造龙头企业**中航重机、三角防务、航宇科技**。
- **风险提示：**下游装备的生产及交付不及预期；新进入者冲击的风险；产品质量下滑导致的供应链稳定性风险等。

相关研究：

国防军工行业:配置性需求渐高，基本面改善为核心驱动

2021-07-18

国防军工行业:关注度持续上升，趋势性配置机会

2021-07-11

国防军工行业:需求向上，业绩决定趋势性机会不变

2021-07-04

识别风险，发现价值

请务必阅读末页的免责声明

本报告联系人：吴坤其 020-59136728 wukunqi@gf.com.cn



重点公司估值和财务分析表

股票简称	股票代码	货币	最新 收盘价	最近 报告日期	评级	合理价值 (元/股)	EPS(元)		PE(x)		EV/EBITDA(x)		ROE(%)	
							2021E	2022E	2021E	2022E	2021E	2022E	2021E	2022E
中航重机	600765.SH	CNY	23.73	2021/06/28	增持	22.31	0.56	0.70	42.54	33.68	20.90	17.38	8.00	9.00
三角防务	300775.SZ	CNY	40.35	2021/05/23	增持	56.25	0.94	1.27	42.93	31.77	36.55	27.05	19.00	19.90

数据来源: Wind、广发证券发展研究中心 (注: 中航重机于 2021 年 6 月 25 日完成定增增发, 上表中中航重机合理价值、2021E/22E 的 EPS 及 PE 均为基于增发后新股本重新计算所得 (2021 年 6 月 28 日外发报告的合理价值为 24.97 元), 合理估值维持不变)

备注: 表中估值指标按照最新收盘价计算



目录索引

一、如何分析航空锻造行业的商业模式及比较优势.....	6
(一) 航空钛合金产业链：如何理解倒V型人均创利及盈利驱动的差异.....	6
(二) 受限繁杂流程上游材料规模经济较弱，下游机加范围经济较弱.....	8
(三) 中游锻造行业商业模式：类晶圆代工模式下解决主机厂需求痛点.....	12
(四) 锻造比较优势：研发费用前置及技术可拓展性带来的强范围经济.....	14
二、如何总结航空中游锻造壁垒：热工艺的不可检测性.....	19
(一) 改变钛合金力学性能关键：调整合金成分配比、改变热加工工艺.....	19
(二) 热工艺的不可检测性决定研发高投入及引入下游供应链的长时间.....	22
三、如何认知航空锻造环节竞争格局塑造的根本动力.....	25
四、如何思考航空锻造行业未来的格局演变及发展.....	28
(一) 稀缺性及国家支持：前期设备高投入及高技术下多需要国家支持.....	28
(二) 稳格局及有限玩家：设备的有限性及与下游密切关系决定稳格局.....	33
五、如何理解需求限定下航空锻件企业的增长思维.....	34
(一) 理论基础：构建增长型思维的关键在于由外向内战略及扩张边界.....	34
(二) 增长实例：三优势、二趋势、五举措助企业跨越“毛绒背”瓶颈.....	37
(三) 复盘：体系化及强强联合，大型模锻厂与中小型企业合并为趋势.....	40
六、投资建议.....	43
七、风险提示.....	43



图表索引

图 1: 航空产业链分环节典型企业人均创收 (万元/人)	6
图 2: 航空产业链分环节典型企业人均创利 (万元/人)	6
图 3: 商业模式是实现增长的主要路径	7
图 4: 航空钛合金产业链生产人员人均产值	7
图 5: 航空钛合金产业链单位机器设备产值	7
图 6: 航空钛合金产业链分环节公司产值指标 (不同指标在 2020 年数值与 2018 年数值的比值)	8
图 7: 2020 年西部超导的机器设备、人员与产值等相较 2018 年比值	9
图 8: 西部超导产品生产流程	9
图 9: 西部超导生产流程需要多款专用型设备	9
图 10: 西部超导在单位机器设备产值递减的情况下, 人均产值稳中有升	10
图 11: 2020 年爱乐达的机器设备、人员与产值相较 2018 年比值	11
图 12: 不同公司的人工成本/营业成本比重差异较大	11
图 13: 不同机械加工方式对于钛合金棒材的疲劳极限有较大影响	11
图 14: 晶圆代工属于半导体两种商业模式中分工模式的其中一环	12
图 15: 技术节点的缩小需要更大规模的设备投入	13
图 16: 晶圆代工重资产属性较为突出	13
图 17: 锻造行业本质的商业模式是基于先进工艺赚加工的钱	14
图 18: 钛合金产业链典型企业 2020 年人均产值及单位机器产值与 2018 年比值情况对比	14
图 19: 钛合金产业链典型企业 2020 年产值、生产人员和机器设备与 2018 年比值情况对比	14
图 20: 相比上游材料厂西部超导, 三角防务工艺环节相对精简同时所需设备较少	15
图 21: 西部超导 2017-20 年产能利用率及设备产值	17
图 22: 爱乐达 2018-20 年产能利用率及设备产值	17
图 23: 三角防务 2017-20 年产能利用率及设备产值	17
图 24: 截至 2020 年末三角防务主要生产设备	17
图 25: 三角防务营业成本中低折旧费用占比或反映中游锻造环节的规模经济特征不明显	18
图 26: 运输机一般作为载机改型为多型号的特种机等	19
图 27: 三角防务的核心技术具有强范围经济特征	19
图 28: 三角防务的在研技术具有强范围经济特征	19
图 29: 材料成分-工艺-组织-性能关系四要素图	20
图 30: 新型结构钛合金材料系列的先进性评价	21
图 31: 航空锻造主要企业多具备锻造+热处理核心工艺	22
图 32: 锻造及热处理为三角防务的核心专利之一	22
图 33: 热变形+热处理为航空中游锻造环节的核心工艺	22
图 34: 热工艺环节的核心技术壁垒源自其不可检测性	23



图 35: 控制其他参数不变, 在不同温度下 TC4-DT 的应力应变关系存在差异	24
图 36: 超声波检测作为无损检测的典型常用来进行钛合金锻件检测	25
图 37: “下游装备推动、上游材料创新、中游锻造配合”为航空锻造格局塑造的根本驱动力	25
图 38: 飞机设计方法的发展推动钛合金材料向综合高性能方向发展	26
图 39: 新型热加工工艺在我国集中主干钛合金上的应用情况	27
图 40: 国外飞机的迭代需要材料工艺的配合	27
图 41: 不同的热处理工艺对于同一材料的影响较大	27
图 42: 航空高端装备的模锻件大型化为发展趋势之一	28
图 43: 国家对锻造行业的重视起始于下游装备的需求	29
图 44: 800MN 大型模锻液压机的建设完成需要产学研等多方支持	30
图 45: 三角防务及其前身在 2007-2018 年间累计收到政府项目拨款超 9000 万元	31
图 46: 美俄法的大型模锻液压机建造历史较为久远	32
图 47: 美国大型模锻液压机建设同样也由国家支持所推动	32
图 48: F-15 累计交付量庞大, 威曼高登设备潜在产能空间充足	33
图 49: 当前威曼高登为全球领先的锻件供应商之一	34
图 50: 德勤咨询将美国国防工业 20 余年战略总结为七类	35
图 51: 军费上升时期采取“进行重大投资”、“重组业务布局”的公司整体表现更为良好	35
图 52: 定义增长型企业: 通过由外向内的战略, 扩张企业的边界	36
图 53: 仅有约不到五分之一的公司创造了一定的经济利润	37
图 54: 行业经济利润分布也呈幂次分布	38
图 55: 行业对公司经济利润贡献 50%	38
图 56: 10 年内仅有 8% 企业实现向上移动	39
图 57: 公司能够到达顶端概率取决于最初位置	39
图 58: 在“举措”上的成就助 PCC 向上移动	40
图 59: PCC 的系统化并购助其提升经济利润	40
图 60: 以美国航空锻件格局为例, 实现垂直化整合为其主要发展趋势	40
图 61: 中小型锻件公司与大型锻件公司合并是美国及全球主要趋势	41
图 62: 美国航空航天锻造龙头在历史上积极实施垂直化整合战略	42
表 1: 截至 2018 年西部超导及其控股子公司拥有的主要设备	15



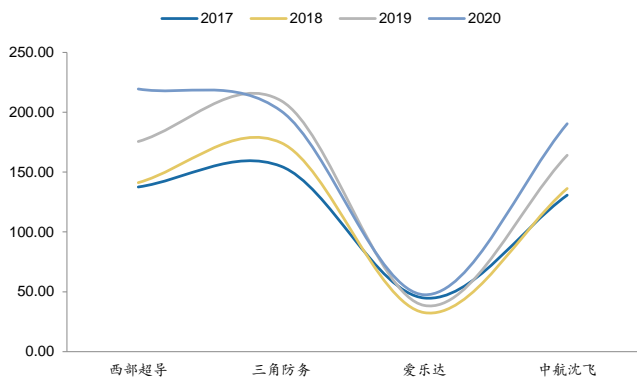
一、如何分析航空锻造行业的商业模式及比较优势

我们选取钛合金产业链典型企业为研究样本，以期从多视角审视上下游不同环节的企业经营驱动力的本质差异。

（一）航空钛合金产业链：如何理解倒∨型人均创利及盈利驱动的差异

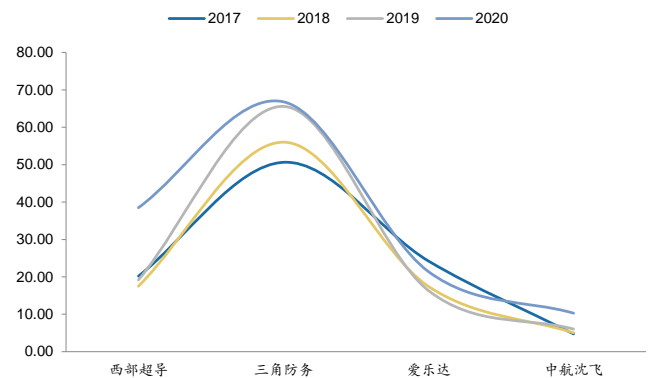
航空钛合金产业链上不同环节人均创收差异较大，上游材料、中游锻件及终端主机厂领先，但人均创利从上游至下游呈现倒∨型。综合考虑军品收入占比及配套的核心地位，我们选取航空钛合金产业链主要环节的四家典型公司，分别是西部超导、三角防务、爱乐达、中航沈飞四家进行分析，核心是从财务指标探讨不同环节盈利驱动的差异。计算四家企业2017-2020年四年人均创收均值，西部超导、三角防务、爱乐达、中航沈飞四家企业分别为168.42、184.93、40.86、155.36万元/人，上游材料、中游锻件及终端主机厂的人均创收领先，并且差异较小，或反映对应产品的高价值属性。但从人均创利看，四家企业2017-2020年均值分别为23.85、59.76、19.84、6.54万元/人，呈现倒∨型的形态分布，与传统认知的微笑曲线（上游及下游盈利能力领先）具有显著差异。

图1：航空产业链分环节典型企业人均创收（万元/人）



数据来源：wind，广发证券发展研究中心（计算公式：某一年度人均创收等于同年主营业务收入除以公司员工总数）

图2：航空产业链分环节典型企业人均创利（万元/人）

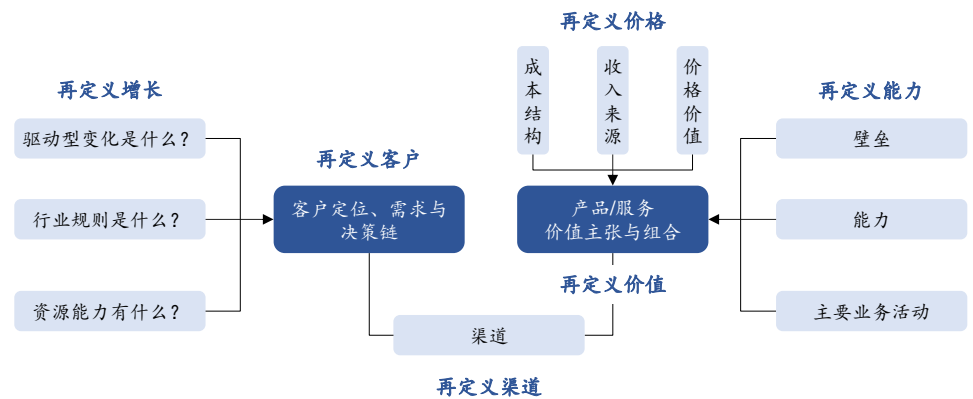


数据来源：wind，广发证券发展研究中心（计算公式：某一年度人均创利等于同年净利润除以公司员工总数）

我们认为，商业模式的基本定义在于企业如何利用现有资源去创造价值，而现有资源从形态上可划分为人、财、物三大类，本质上企业家需要统筹三大类资源以实现增长，具体的增长路径为企业如何赚钱、赚多少钱的关键所在。参考《清华管理评论》2020年8月20日公众号发布的《商业模式的现代思维与创新路劲》（唐德森，陈劲），商业模式是企业实现盈利、价值成长和基业长青的基础，是由多个相互依存、互为补充的资源要素组成的整体结构，构建商业模式是为了实现企业价值的最大化，核心能力和资源整合是商业模式价值实现的关键影响因素。



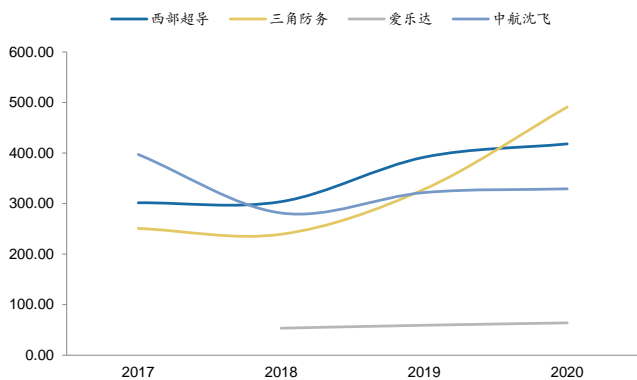
图3：商业模式是实现增长的主要路径



数据来源：《商业模式思考的逻辑》（夏惊鸣，清华管理评论，2019年）广发证券发展研究中心

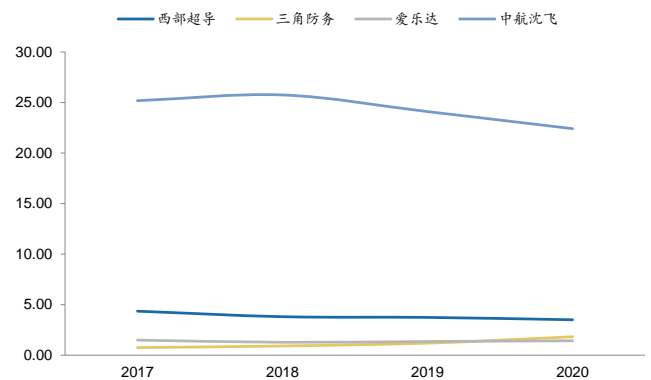
基于对基础制造业的认知及对商业模式本质的理解，我们建立两个衡量盈利驱动模式的核心指标——生产人员人均产值及单位机器设备产值，可观察到产业链不同环节企业的数值及增长率存在较大差异。考虑到企业存在存货结转及下游客户确认收入节奏存在差异，我们将年度产值定义为本年度的营业成本与年末存货中剔除原材料部分的账面价值之和。基于此，“生产人员人均产值”我们定义为该年度的产值除以公司该年度年初及年末生产人员数量的均值，“单位机器设备产值”定义为该年度的产值除以公司该年度年初及年末机器设备账面价值的均值。观察到，2018-2020年中下游企业生产人员人均产值保持相对稳定趋势，而西部超导、三角防务增长较为迅速，而其中三角防务接近翻倍。在单位机器设备产值方面，中下游企业保持相对平稳趋势，如爱乐达2017年、2020年分别为1.49、1.42，中航沈飞分别为25.18、22.41，为四家企业最高值；西部超导逐年递减，从4.34下降至3.51，降幅最大。而三角防务逐年增长并实现翻倍以上涨幅，从0.75增长至1.82。

图4：航空钛合金产业链生产人员人均产值



数据来源：Wind，广发证券发展研究中心（单位，万元/人）

图5：航空钛合金产业链单位机器设备产值

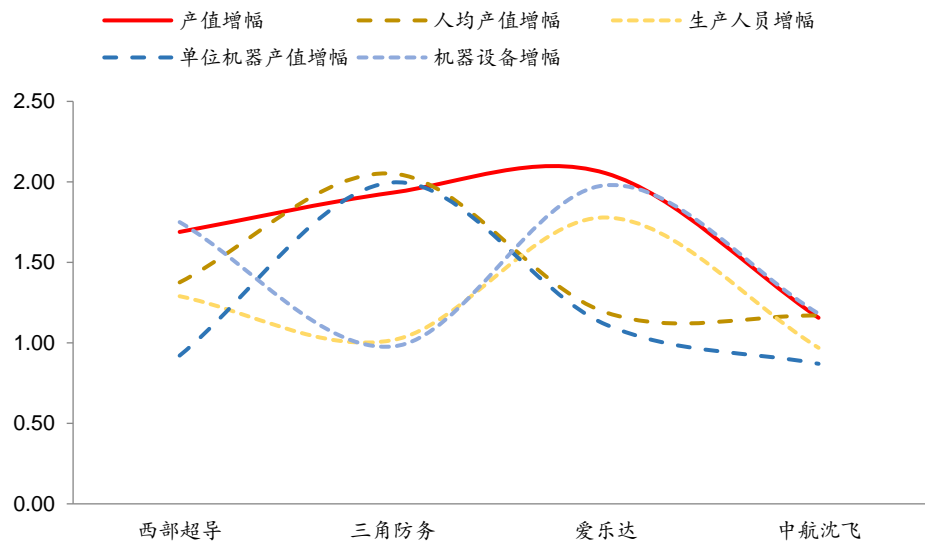


数据来源：Wind，广发证券发展研究中心（无单位，数值表示一元的机器设备会产生多少的产值）



以2018-2020年三个年度为分析期间，观察到产业链不同环节企业的产值核心驱动力存在较大差异。产值方面，2020年西部超导、三角防务、爱乐达和中航沈飞四家企业较2018年分别增长至1.69、1.93、2.05和1.16倍。从企业主要资源“人”角度分析，2018-2020年期间生产人员人均产值分别增长至1.38、2.05、1.19和1.17倍，同期生产人员规模分别增长至1.29、1.02、1.78和0.97倍。从另一主要资源“物”角度分析，2018-2020年单位机器设备产值四家企业分别增长至0.92、2.00、1.11和0.87倍，同期机器设备账面价值分别增长至1.75、0.98、1.98和1.18倍。我们认为，指标间同比增幅大小关系或反映其核心盈利驱动或者是称为规模驱动的主要因素。例如，在人均产值涨幅与产值涨幅接近一致的情况下，若生产人员增幅大幅小于前两者指标，即说明该环节的规模扩大并非“人员驱动”。同理，若单位机器设备产值与产值接近一致的情况下，若设备账面价值增幅小于前两者指标，即说明该环节的规模扩大并非“机器驱动”。此外，人员规模的扩大、设备账面价值的扩大却伴随着人均产值及单位机器产值增幅的下降，或反映该环节存在“规模不经济”特征。基于上述四家公司的军品占比及所处产业链的特性，为了更好的分析航空钛合金产业链环节盈利驱动力差异，我们将其指代为材料、锻件、机加及整机四个环节。

图6：航空钛合金产业链分环节公司产值指标（不同指标在2020年数值与2018年数值的比值）



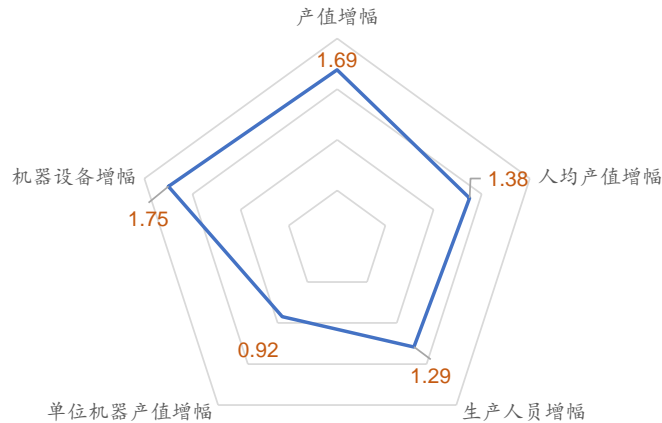
数据来源：wind，广发证券发展研究中心

（二）受限繁杂流程上游材料规模经济较弱，下游机加范围经济较弱

上游材料产值规模扩大的核心驱动力或在于设备，体现为稳定的单位机器设备产值、高于总产值及单位机器设备产值的机器设备投入。2018-20年期间内，西部超导产值增长至1.69倍，单位机器设备产值、机器设备、人均产值、生产人员分别增长至0.92、1.75、1.38和1.29倍，产值增幅与机器设备账面价值增幅接近，单位机器设备产值缩小但接近为1，说明公司实际盈利驱动或来自于设备的持续性投入，需要不断提高的设备投入以满足生产端规模扩大的需求。



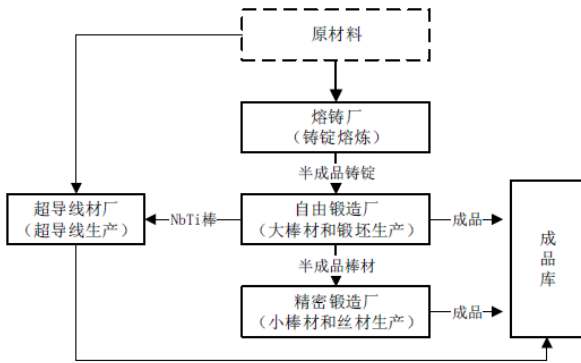
图7：2020年西部超导的机器设备、人员与产值等相较2018年比值



数据来源：wind，广发证券发展研究中心

繁杂且多环节的生产链或是导致材料环节生产规模经济相对较弱的本质原因之一。据西部超导招股书，以大棒材和锻坯的生产流程为例，需要在西部超导内部经过熔铸厂（铸锭熔炼）和自由锻造厂（大棒材和锻坯生产）两个制造厂的加工，并在单个厂内需要多个环节的加工流程，如在熔铸厂需要经过混料、压制电机、焊电极、三次熔炼等工艺，而绝大多数环节需配套不同生产设备，导致各环节的生产瓶颈将会影响最终产值的释放与扩大。

图8：西部超导产品生产流程



数据来源：西部超导招股书，广发证券发展研究中心

图9：西部超导生产流程需要多款专用型设备

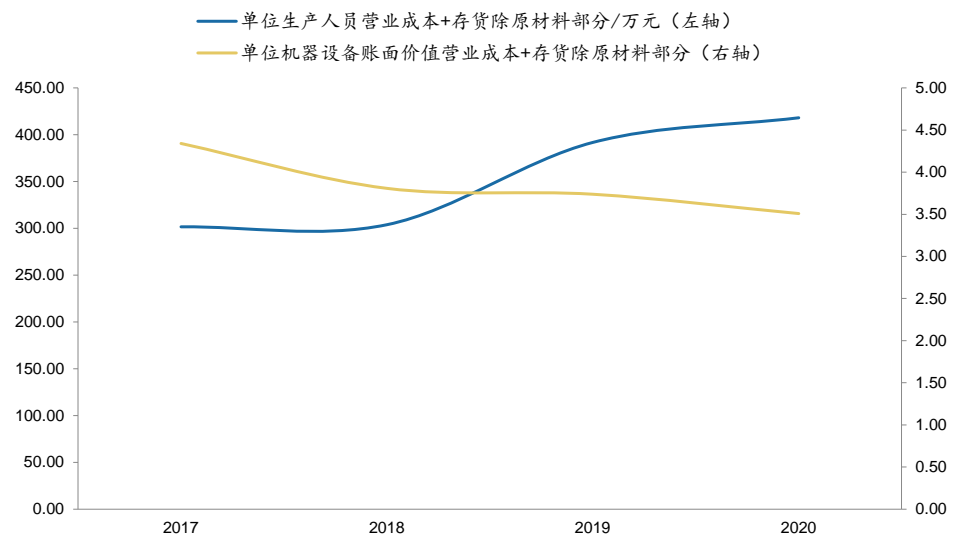
序号	固定资产名称	数量	成新率	所有权人
15	钛及钛合金大直径棒材水浸超声检测系统	1	43.49%	西部超导
16	钛合金冷连轧机	1	84.10%	西部超导
17	真空电子束焊机	1	38.07%	西部超导
18	70T 铜钛/铜钛复合棒材冷拔卷曲机	1	5.00%	西部超导
19	30MN 油压机	1	22.39%	西部超导
20	10KV 高压配电系统	1	23.50%	西部超导
21	巨拉丝机	1	38.76%	西部超导
22	天然气台式锻造加热炉	1	30.34%	西部超导
23	进口八辊拉丝机	1	13.57%	西部超导
24	15m 单室内加热真空退火炉	1	38.21%	西部超导
25	锻造二车间低压配电系统	1	20.31%	西部超导
26	双工位预抽真空等离子焊箱	1	48.95%	西部超导
27	1吨真空电弧炉	1	48.41%	西部超导
28	8吨真空感应炉	1	92.05%	聚能高合
29	保护气氛电渣炉	1	95.23%	聚能高合
30	真空自耗电弧炉	1	95.23%	聚能高合

数据来源：西部超导招股书，广发证券发展研究中心

上游材料端或存在“学习曲线”效应。从单位生产人员产值看，以西部超导为例从2017年的301.72万元，提升至2020年的418.19万元，相比于2017年增长至1.38倍，而同期产值增长至1.69倍。我们认为，单位机器设备产值的逐年下降（从4.34下降至3.51），设备端的规模经济较弱被另一重要的生产要素“人员”的熟练程度提高所部分抵消，如机器设备账面净值从2016年的2.40亿扩张至2020年的6.76亿元，同期生产人员从369人扩张至582人，前者增幅为182%，后者增幅为56%，劳动力这一生产要素在材料的生产过程得到复用。



图10：西部超导在单位机器设备产值递减的情况下，人均产值稳中有升



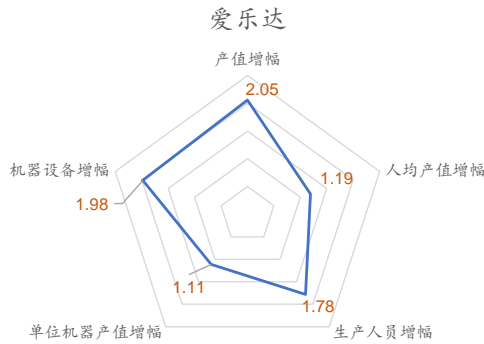
数据来源：wind，广发证券发展研究中心

下游机加重视设备及人员的双重投入。其一，在设备单位产值有限的情况下，营收规模的扩大需要不断投入生产设备，整体体现规模经济相对较弱。对于爱乐达，2017-2020年单位机器设备产值分别为1.49、1.28、1.35和1.42。据公司2021年6月2日《募集说明书》以及2021年4月14日《首次公开发行股票并在创业板上市招股说明书》，公司数控加工产能利用率在2017、2018、2019、2020年的产能利用率分别为62%、72%、86%、87%。从相对增幅看，爱乐达2020年相对于2018年，总产值、机器设备账面价值、单位机器设备产值增值至2.05倍、1.98倍和1.11倍。总产值增速与机器设备账面价值增速接近，但单位机器设备产值小于前两者。

其二，下游机加环节体现为对人员规模的持续性投入。2018-2020年，爱乐达人均产值、生产人员规模增长至1.19倍和1.78倍，后者与爱乐达同期产值增幅接近。从生产成本构成看，下游机加环节的重人力特征体现在高人工成本上。我们选取现金流量表中“支付给职工以及为职工支付的现金”衡量人工成本（权责发生制与收付实现制的差异决定该指标衡量当期发生的人工成本存在一定误差），以“支付给职工以及为职工支付的现金/营业总成本”考量不同环节对于人工投入规模的差异，爱乐达在2017-2020年该指标分别为50.46%、53.08%、45.55%和37.92%，以2020年为例，分别是西部超导、三角防务、中航沈飞3.20倍、4.08倍和3.03倍。

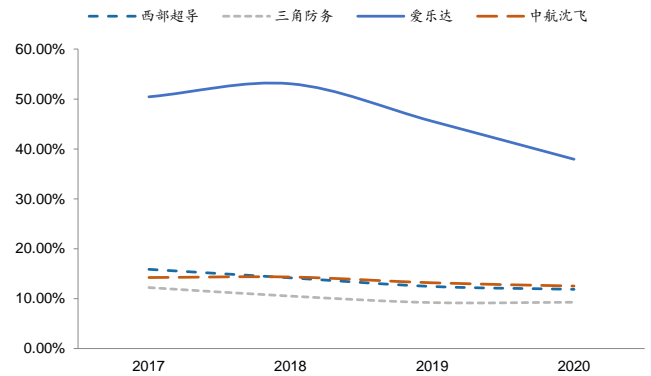


图11:2020年爱乐达的机器设备、人员与产值相较2018年比值



数据来源: wind, 广发证券发展研究中心

图12: 不同公司的人工成本/营业成本比重差异较大



数据来源: wind, 广发证券发展研究中心 (数值=支付给职工以及为职工支付的现金/营业总成本)

在弱范围经济特征下，机加环节规模的扩大需要设备与人员持续的双重投入。从机械加工的生产流程及工艺考虑，机加环节具有典型的弱范围经济特征，**(1) 加工品类繁杂，不同零件的工艺流程有较大差异。**金属材料的机械加工主要包括铣削加工、车削及镗孔、钻孔、攻丝、磨削加工等，加工工艺繁多。**(2) 不同零件均需设定特定的加工工艺。**在实际生产流程中，需要根据不同零件机械加工的特点，首先选择合适的刀具，然后根据工件确定适当的车削参数、工装和切削冷却方法等。如若加工方法和加工参数控制不当，会造成表面完整性的破坏，产生包括表面划伤、表面烧伤、微裂纹、塑性变形等表面缺陷，最终会导致钛合金零件的疲劳性能或抗应力腐蚀性能等使用性能的降低。**(3) 不同金属材料的加工工艺存在较大差别。**例如，钛合金的机加性能与同等强度的较硬钢类似，高切削温度、与刀具发生化学反应及弹性模量较低等，均是钛合金相比于其他金属较难进行机械加工的原因。以上三点共同导致机加环节的弱范围经济，即对于某一机加厂而言，前期在特定加工零件上所积累的工艺经验，在对下一个差异较大的工件进行加工时，需要重新根据加工材料、加工零件形状、加工周期等进行调整。

图13: 不同机械加工方式对于钛合金棒材的疲劳极限有较大影响

表1-6 BT3-1 (TC6) 钛合金 φ16mm 棒材不同表面状态对疲劳极限的影响

机械加工方法	表面粗糙度 Ra/μm	σ_{-1} ($N_f = 2 \times 10^7$ 周) /MPa
机械加工	6.3	300
机械加工	3.2	320
机械加工	1.6	330
机械加工+研磨	0.8	370
机械加工+研磨	0.4	400
机械加工+研磨+抛光	0.2	430
机械加工+研磨+抛光	0.1	480

数据来源:《新型航空高性能钛合金材料技术研究与进展》(朱知寿, 航空工业出版社), 广发证券发展研究中心



(三) 中游锻造行业商业模式：类晶圆代工模式下解决主机厂需求痛点

晶圆代工行业属于半导体商业模式分工环节的一环。半导体行业产业链从上游到下游大体可分为：设计软件（EDA）、设备、材料（晶圆及耗材）、IC设计、代工、封装等。Fabless与IDM厂商负责芯片设计工作，其中IDM厂商是指集成了设计、制造、封装、销售等全流程的厂商，一般是一些科技巨头公司，Fabless厂商相比IDM规模更小，一般只负责芯片设计工作。分工模式（Fabless-Foundry）的出现主要是由于芯片制程工艺的不断发展，工艺研发费用及产线投资升级费用大幅上升，导致一般芯片厂商难以覆盖成本，而 Foundry厂商则是统一对Fabless和IDM的委外订单进行流片，形成规模化生产优势，保证盈利同时不断投资研发新的制程工艺，是摩尔定律的主要推动者。

图14：晶圆代工属于半导体两种商业模式中分工模式的其中一环



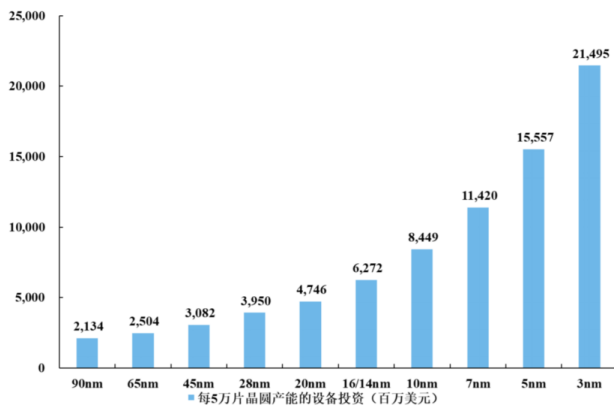
数据来源：艾瑞咨询，广发证券发展研究中心

晶圆代工行业属于典型的重资产行业，其重资产属性来自于以核心制造设备光刻机、刻蚀机等为代表的多型专用设备，而其中先进制程所使用的光刻机多外购自荷兰厂商ASML。据中芯国际招股书，在摩尔定律的推动下，元器件集成度的大幅提高要求集成电路线宽不断缩小，导致生产技术与制造工序愈为复杂，制造成本呈指数级上升趋势。当技术节点向5纳米甚至更小的方向升级时，集成电路的制造需要采用昂贵的极紫外光刻机，或采用多重模板工艺，重复多次薄膜沉积和刻蚀工序以实现更小的线宽，使得薄膜沉积和刻蚀次数显著增加，意味着集成电路制造企业需要投入更多且更先进的光刻机、刻蚀设备和薄膜沉积设备等，造成巨额的设备投入，可以发现晶圆代工厂的典型企业中芯国际、台积电的固定资产占总资产净值比重约在40%以上，致近年来折旧费用占台积电营收规模保持在20%~30%左右、总折旧费用确认为营业成本比例在90%~95%、营业成本中折旧费用占比在40%附近最高达50%。以5纳米制程看，需要向荷兰厂商ASML采购其EUV极紫外线光刻机，而据ASML2020年年报测算，2020年实现31台EUV系统的销售，较2019年增加5台，而新增销售收入16.64亿欧元，预计单台EUV系统价值量在3亿欧元以上，约合人民币22亿元，单台设备的价值量较大。从产业链环节看，光刻机为晶圆代工的上游设备供应商，以台积电为代表的晶圆代工厂基于该设备的基础上自研集成电路制造技术，以期实现将光掩膜上的电路图形，大批量的在晶圆上实现客户所需的



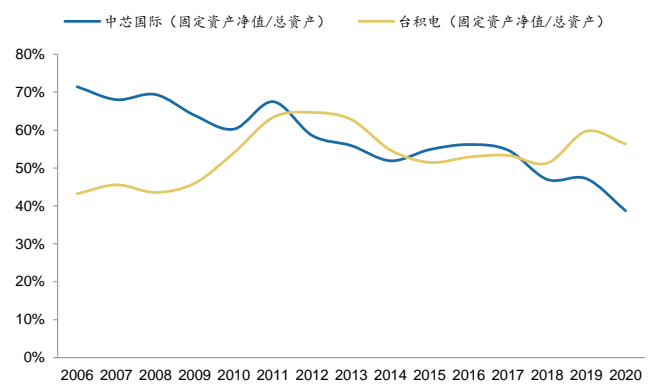
特定集成电路结构。因此，晶圆代工企业的核心竞争壁垒，除了前期高额的资本投入外（主要是设备投入，如中芯国际2020年招股书募投项目之一的12英寸芯片SN1项目的总投资额约为90亿美元，其中73亿美元为生产设备购置及安装费），而考虑核心设备如光刻机、刻蚀机多为外购，因此更核心的壁垒在于基于对设备等理解而自研的工艺控制。

图15：技术节点的缩小需要更大规模的设备投入



数据来源：中芯国际招股书，广发证券发展研究中心

图16：晶圆代工重资产属性较为突出

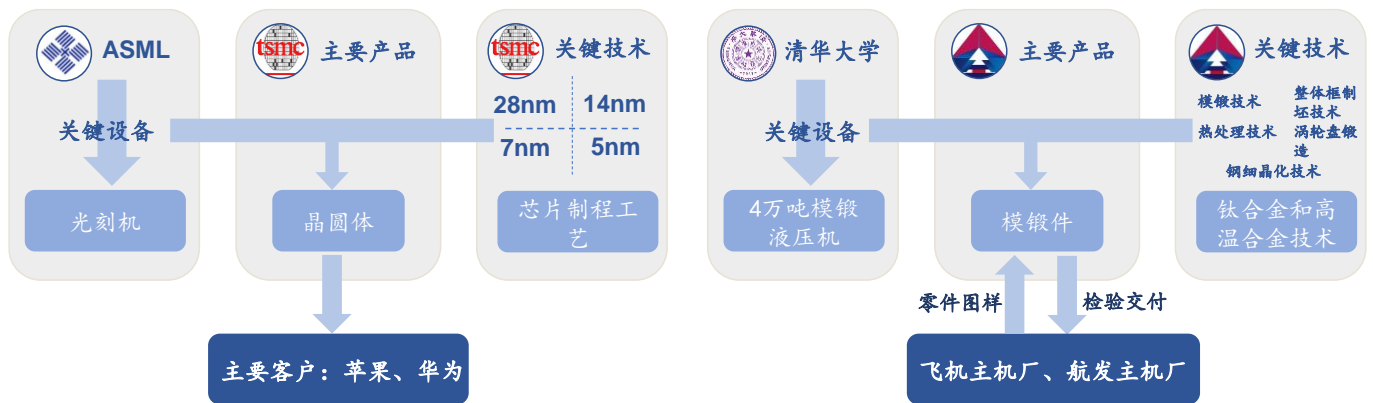


数据来源：wind，彭博，广发证券发展研究中心

从本质上说，类似于晶圆代工，锻造行业依靠其加工工艺赚钱，设备也多为外购，核心壁垒取决于其对锻造工艺的理解。锻造是一种工艺，设备仅是基础，锻造不仅仅是为了获得需要的形状尺寸，也是改善锻件组织和提高性能的关键环节，即锻造工艺决定锻件组织形态，而锻件组织形态直接影响最终产品的力学性能。其中，锻造工艺参数含有多方面，如锻件温度（对锻坯组织性能的影响最为明显）、保温时间、锻造变形量、变形速率和锻后冷却速度等。参考国家知识产权局披露的发明专利申请（申请公布号为CN 110814251 A，申请公布日为2020.02.21），三角防务提出“一种起落架用大型TC18钛合金模锻件的锻造方法”，涉及锻造技术领域，使用该发明生产出来组织力学性能均匀性好，并具备良好表面质量的TC18钛合金模锻件，同时降低了原材料的消耗和零件后期机加工时，能够满足新型运输机起落架关键件对大尺寸、高减重、长寿命和低成本的需求。因此，对于三角防务目前的商业模式，或可简单理解成台积电的晶圆代工模式，核心优势体现在锻造过程的工艺控制【接受主机厂图纸（华为或苹果芯片设计图纸），用清华大学的400MN液压设备（使用ASML的光刻机），做成客户需要的、形状与性能兼顾的锻件产品（制程芯片），并基于设备及长期的工艺积累，与主机厂共同参与高端装备的研发】。



图17：锻造行业本质的商业模式是基于先进工艺赚加工的钱

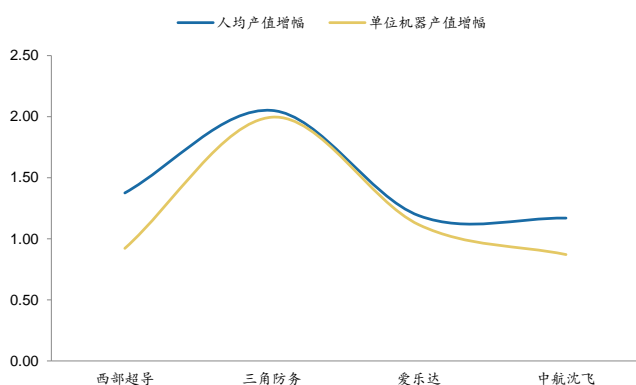


数据来源：三角防务招股书，广发证券发展研究中心

(四) 锻造比较优势：研发费用前置及技术可拓展性带来的强范围经济

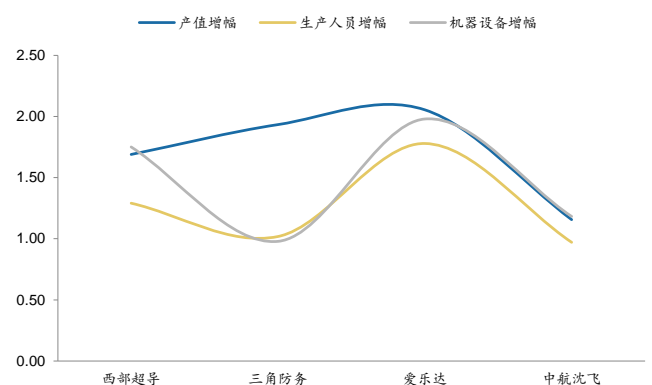
中游锻件典型代表三角防务在2018-2020年扩张产值依靠的是单位机器设备产值及单位生产人员产值的扩大。2018-20年，三角防务产值增长至1.93倍，同期机器设备增幅、生产人员增幅几乎不变，而人均产值、单位机器设备产值增幅与产值增幅接近，即三角防务2018-20年产值的扩大主要依靠设备及人员利用效率的提高，具备强规模经济的特征。从产业链上下游对比看，三角防务的人均产值增幅及单位机器设备产值增幅为钛合金产业链最高，西部超导、三角防务、爱乐达、中航沈飞的2018-20年人均产值增幅分别为38%、105%、19%和17%，三角防务的人均产值增幅明显，其余三者变化较小；四家企业的单位机器设备产值增幅分别为-8%、100%、11%和-13%，从设备利用率看，三角防务不仅最高且与同期人均产值的增幅接近一致，反映其对“人”、“物”两大主要生产要素的充分利用。

图18：钛合金产业链典型企业2020年人均产值及单位机器产值与2018年比值情况对比



数据来源：wind，广发证券发展研究中心

图19：钛合金产业链典型企业2020年产值、生产人员和机器设备与2018年比值情况对比



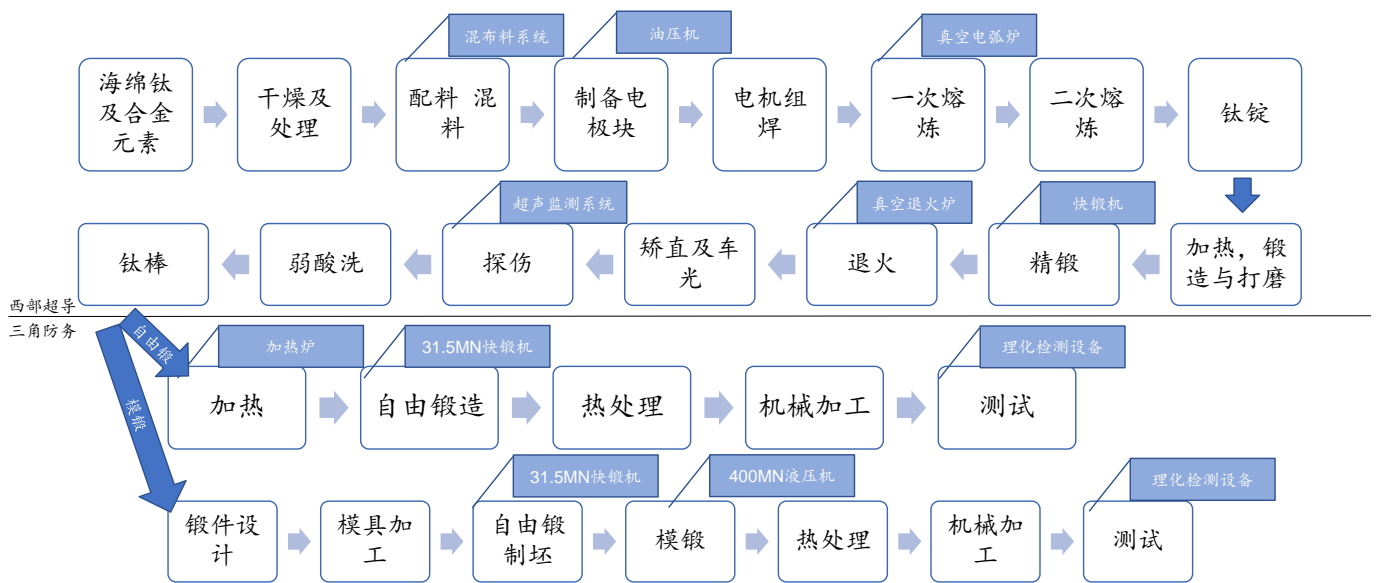
数据来源：广发证券发展研究中心

造成上述原因的本质，我们认为有三，制造工艺环节相对精简、潜在的产能利用率提升空间以及强范围经济特征，而其中相对精简的工艺流程与强范围经济是中游锻造环节最核心的比较优势之一。



其一，中游锻造制造工艺环节相对精简，扩张最终环节的产值的速度及投入或优于上游材料端。例如，对于钛棒的生产流程，需要从海绵钛制成铸锭后，再将铸锭制成棒材；对于前者，需要将海绵钛进行烘干、布料配料、处理、筛分、混料、压制电机、电极焊接、一次熔炼、二次熔炼等多环节制成钛锭；对于后者，将铸锭制成棒材需要经过中断、涂层、加热、打破、精锻、退火等环节才能最终入库，而上述环节所需设备各有差异，即对于上游钛材而言，扩大下游最终产品（以棒材为例）产能规模需要同步扩张各环节设备及一定的人力资源，扩张速度限制于多环节的瓶颈，从“木桶理论”角度看产能的潜在瓶颈受限较大，突破最终环节的产能瓶颈意味着需要更大的资本支出，但环节的复杂程度实际上部分反映其制造的难度及技术壁垒。而对于中游锻造环节，其生产制造过程相对精简。例如，中游锻件厂商在获得上游的钛棒等原材料后，将其在加热炉下料，然后锻造（有自由锻、模锻等工艺，但所需设备单一仅为锻造机），之后经过热处理可形成最终产品，若之后的检测合格则可最终入库。以三角防务为例，截至2018年12月31日，不考虑后续的机加设备，公司主要生产设备包括400MN液压机（原值4.28亿元）、31.5MN快锻液压机（原值0.35亿元）、20台加热炉（原值合计0.14亿元）及22台起重机（原值合计0.13亿元），流程的相对精简及所需的设备的相对单一下，扩充下游最终产能的瓶颈相比于上游材料端会较少。

图20：相比上游材料厂西部超导，三角防务工艺环节相对精简同时所需设备较少



数据来源：西部超导招股书，三角防务招股书，宝鸡西工钛合金制品有限公司官网，广发证券发展研究中心

表1：截至2018年西部超导及其控股子公司拥有的主要设备

序号	固定资产名称	数量	成新率 (%)	所有权人	序号	固定资产名称	数量	成新率 (%)	所有权人	序号	固定资产名称	数量	成新率 (%)	所有权人
1	45MN快锻机	1	44.09	西部超导	10	一厂自制5吨电弧炉	1	55.81	西部超导	20	10KV高压配电系统	1	23.50	西部超导
2	精锻机	1	13.34	西部超导	11	称重混布料系统	1	93.64	西部超导	21	巨拉丝机	1	38.76	西部超导
3	油压机	1	92.08	西部超导	12	混布料系统	1	36.56	西部超导	22	天然气台式锻造加热炉	1	30.34	西部超导



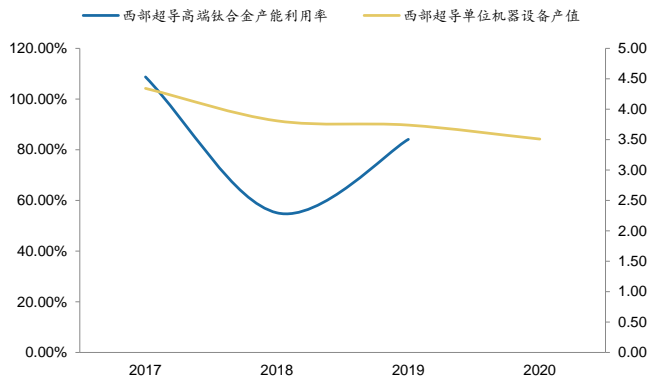
4	真空电 弧炉	1	14.04	西部 超导	13	剥皮机	1	60.34	西部超导	23	进口八模拉 丝机	1	13.57	西部 超导
5	真空电 弧炉 (8吨 炉)	1	26.16	西部 超导	14	高端装备 用钛合金 项目配电 柜组	1	96.83	西部超导	24	15m单室 内加热真空 退火炉	1	38.21	西部 超导
6	8吨电 弧炉	1	45.54	西部 超导	15	钛及钛合 金大直径 棒材水浸 超声检测 系统	1	43.49	西部超导	25	锻造二车间 低压配电系 统	1	20.31	西部 超导
7	5#真空 自耗电 弧炉	1	53.39	西部 超导	16	钛合金冷 连扎机	1	84.10	西部超导	26	双工位预抽 真空等离子 焊箱	1	48.95	西部 超导
8	16MN 快锻机 组	1	22.56	西部 超导	17	真空电子 束焊机	1	38.07	西部超导	27	1吨真空电 弧炉	1	48.41	西部 超导
9	8MN 快锻机	1	37.91	西部 超导	18	70T 钕钛 /铜复合 棒材冷拔 卷曲机	1	5.00	西部超导	28	8吨真空感 应炉	1	92.05	聚能 高合
					19	30MN 油 压机	1	22.39	西部超导	29	保护气氛电 渣炉	1	95.23	聚能 高合
										30	真空自耗电 弧炉	1	95.23	聚能 高合

数据来源：西部超导招股书，广发证券发展研究中心

其二，潜在的产能利用率空间较大。我们认为，一方面，单位机器设备产值趋势的变化（指增加或者降低）背后的主导因素在于其产能利用率，即生产设备的产能利用率决定了单位机器设备的产值是增加还是降低；一方面，单位机器设备产值的绝对值大小背后的主导因素有二，一是该设备所在的生产工序，二是该环节设备的实际产值上限。以西部超导与爱乐达为例，西部超导的高端钛合金材料产能利用率在2017-19年分别是108.75%、55.09%和84.10%，但同期西部超导的单位机器设备产值分别为4.34、3.81和3.74，即一元机器设备的投入产生的产值有限且有所降低；爱乐达方面，公司数控加工产能利用率在2018-20年分别是72%、86%和87%，而同期单位机器设备分别为1.28、1.35和1.42。再如，三角防务的单位机器设备产值与其产能利用率协同性较大，2018-20年公司主要产品的产能利用率分别为57.69%、72.34%和105.01%，同期单位机器设备产值分别为0.91、1.19到1.82。三角防务产品制造流程可精简划分为两个环节，加热及锻压，分别所需要的设备为加热炉及400MN锻压机，因此考虑其产能瓶颈需要单独对二者进行考虑。对于后者，400MN锻压机潜在产值较大。参考《润滑与密封》2012年37期援引《西安晚报》报道，“西安三角航空科技有限责任公司投资建设的400MN大型模锻液压机，是代表这国际大型液压机最先进水平国家重大装备项目，总投资8亿元，预计年产值将超过30亿元。”2020年公司产值（同期营收加上年末存货剔除原材料部分）为7.71亿元，实际的产值空间较大。因此，我们认为，其核心产能瓶颈在于锻压的前述环节所需设备加热炉。而从总价值量考虑，截至2018年末和2020年末，三角防务加热炉设备账面原值分别为1448.43万元和2291.82万元，仅占公司同期期末固定资产的2.46%和4.00%，考虑2018年末单台加热炉原值也仅约为72万元，其投入量有限，后期为扩张产能而增加的资本支出实际较低，且空余产能瓶颈对于公司成本端的压力较小（指相关加热炉投入资产转固后的折旧摊销）。

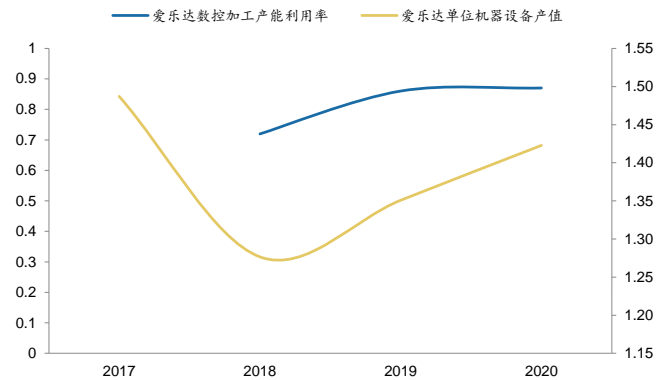


图21：西部超导2017-20年产能利用率及设备产值



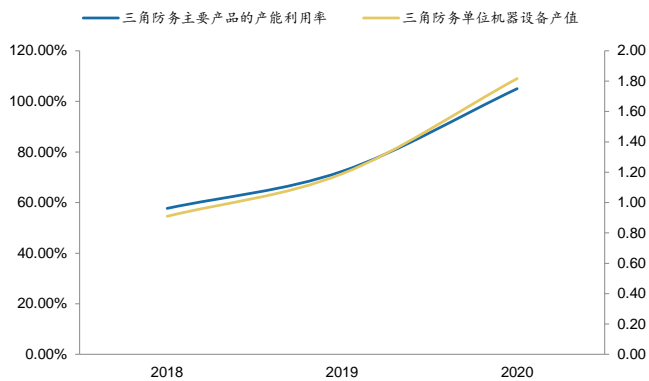
数据来源：wind，西部超导招股书，广发证券发展研究中心

图22：爱乐达2018-20年产能利用率及设备产值



数据来源：wind，爱乐达非公开发行募集说明书（修订版），广发证券发展研究中心

图23：三角防务2017-20年产能利用率及设备产值



数据来源：wind，三角防务2021年5月可转债募集说明书，广发证券发展研究中心

图24：截至2020年末三角防务主要生产设备

单位：万元、%				
序号	设备名称	原值	净值	成新率
1	400MN 液压机设备	42,867.36	32,695.01	76.27
2	31.5MN 快锻压机	3,467.32	2,142.80	61.80
3	铣床设备	2,850.46	1,996.24	70.03
4	加热炉	2,291.82	1,303.09	56.86
5	起重机	1,306.23	536.08	41.04
6	400MN 动力及设施	640.22	408.33	63.78
7	平车	487.63	290.01	59.47
8	切割机	393.08	254.24	64.68
9	碾环机	782.24	584.49	74.72
10	理化检测设备	1,571.02	1,287.86	81.98
11	其他主要设备	573.28	456.81	79.68

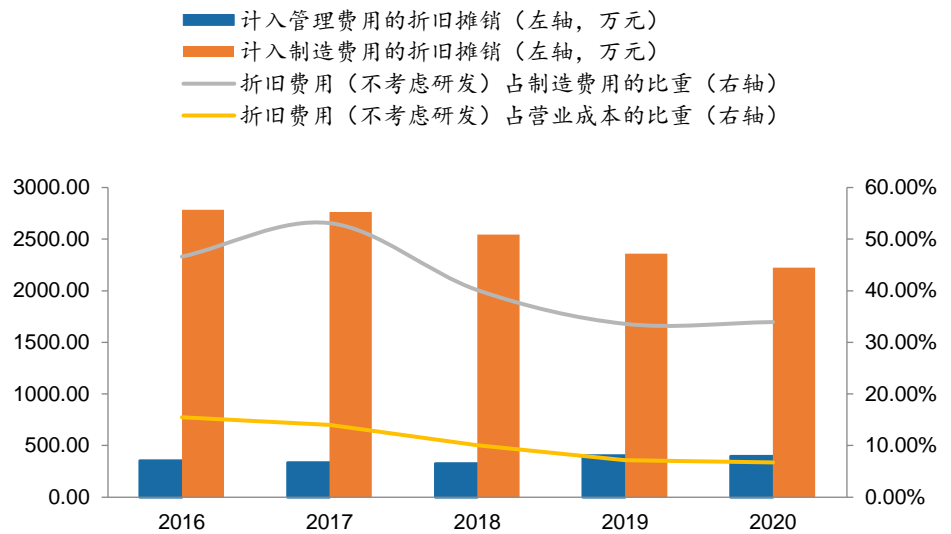
注：成新率=净值/原值

数据来源：三角防务2021年5月可转债募集说明书，广发证券发展研究中心

其三，中游锻造环节具有强范围经济特征。相比于下游机加和终端的整机厂环节，中游锻造环节的一个显著特征/优势在于其范围经济性，以及研发费用的前置性特征突出，并最终反映为边际利润的增加。范围经济不同于规模经济，前者指的是当同时生产两种产品的费用低于分别生产每种产品所需的成本的总和时，所存在的状况被称为范围经济。此处，若将产品从研发环节到制造环节的成本纳入为生产产品所需费用时，我们认为中游锻造或具有较强的范围经济。从营业成本端考虑，三角防务作为中游锻造的典型企业，其2016-20年间直接材料、直接人工、制造费用占同期营业成本比重的均值分别为72.58%、2.25%和25.18%，制造费用占比较低，且在不考虑研发及销售费用的悲观假设下，计入制造费用的折旧摊销占制造费用比重的均值为41.46%，基于此计算营业成本中折旧费用占比均值仅为10.44%，即中游锻造行业的静态规模经济效益较弱。



图25：三角防务营业成本中低折旧费用占比或反映中游锻造环节的规模经济特征不明显

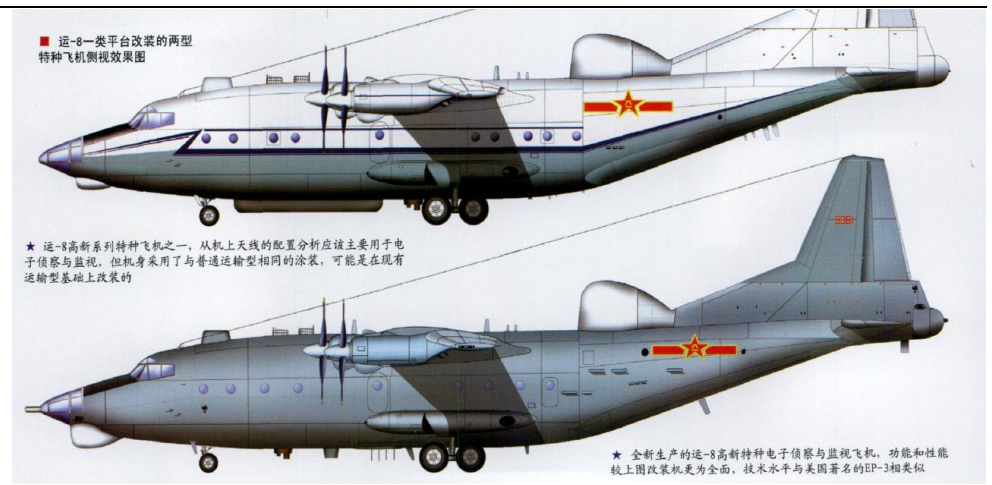


数据来源：wind，广发证券发展研究中心（注：此处不考虑计入研发费用、研发支出，以及存货在产品、产成品、发出商品的折旧摊销费用，可能会导致上述两条曲线的实际值被低估）

在此情况下，中游锻件行业的研发费用的前置性及下游应用产品的可拓展性决定了其具有比较优势——强范围经济性。从工艺环节看，中游锻造的目的在于改变钛合金铸锭的铸态组织、获得所需要的显微组织类型、达到规定的超声波探伤验收条件、获得模锻产品前的组织均匀化、保证制坯或模锻成形性能等。从这个角度考虑，对于不同的合金类型，包括低强度、中强度高韧性、高强高韧、超高强度、超高强韧等牌号的合金，对于中游锻造厂仅需理解如何将这牌号的钛合金锻压成需要的显微组织即可。而当锻造厂掌握某一牌号钛合金的锻造工艺后，对于下游处于同一代、同一类型、相近部位的飞机结构件需求，锻造厂较为容易将其工艺进行“复制”以期满足客户要求，这从根本上决定了中游锻造环节的边际投入递减。以运输机为例，参考2015年12月中国航空工业发展研究中心经济管理所周恒发表的《全球军用运输机市场研究》，运输机作为载机平台，常常可以改作多种特种飞机，比如预警机、电子战飞机、加油机、反潜机等。一般而言机体结构变动较小，改型的主要方式是嵌入不同类型的机电或者航电设备。此外，三角防务对相关专利表述或也可反映中游锻造环节的强范围经济优势。如三角防务招股书P190所描述公司在研技术之一“某近β型钛合金锻造技术”，其研发过程表述为“针对多型直升机型号对旋翼系统钛合金锻件的需求，2017年公司开始立项进行该β型钛合金锻造技术研发”，并在“应用效果”处称“该技术将应用于所有在研新型号直升机旋翼系统中央件、连接件等锻件的生产”。例如，在三角防务招股书P186页处的“已经成熟应用的非专利技术”之一“某钛合金锻造及热处理技术”的“对应产品”为“某钛合金大型机身、起落架结构件”，“应用效果”为“该技术应用在了大型运输机和某新型预警机等型号机身和起落架钛合金锻件的生产中，目前各项锻件正在批量供货”。以三角防务此类专利描述为例，掌握某一牌号或某类型钛合金锻造及热处理工艺后，能够较易拓展到同一类型的机型，甚至是同一机型的不同部位上，范围经济性体现较为突出。



图26：运输机一般作为载机改型为多型号的特种机等



数据来源：《海陆空天惯性世界》2010年第4期《百变运-8 兼谈国内特种飞机的发展趋势》，广发证券发展研究中心

图27：三角防务的核心技术具有强范围经济特征

某钛合金锻造及热处理技术	自主技术	某钛合金大型机身、起落架结构件	2013-2014	针对大型运输机对钛合金机身、起落架锻件的需求，2013年公司开始立项进行该项目的技术研发；2014年，完成了工艺评审，形成了全套工艺技术。	李辉：技术负责人	该技术应用在了大型运输机和某新型预警机等型号机身和起落架钛合金锻件的生产中，目前各项锻件正在批量供货。
--------------	------	-----------------	-----------	---	----------	---

数据来源：三角防务招股书，广发证券发展研究中心

图28：三角防务的在研技术具有强范围经济特征

某近β型钛合金锻造技术	自主技术	多型直升机旋翼系统锻件	2017-2019年	针对多型直升机型号对旋翼系统钛合金锻件的需求，2017年公司开始立项进行该β型钛合金锻造技术研发。	刘保亮：技术负责人	该技术将应用于所有在研新型号直升机旋翼系统中央件、连接件等锻件的生产。
-------------	------	-------------	------------	---	-----------	-------------------------------------

数据来源：三角防务招股书，广发证券发展研究中心

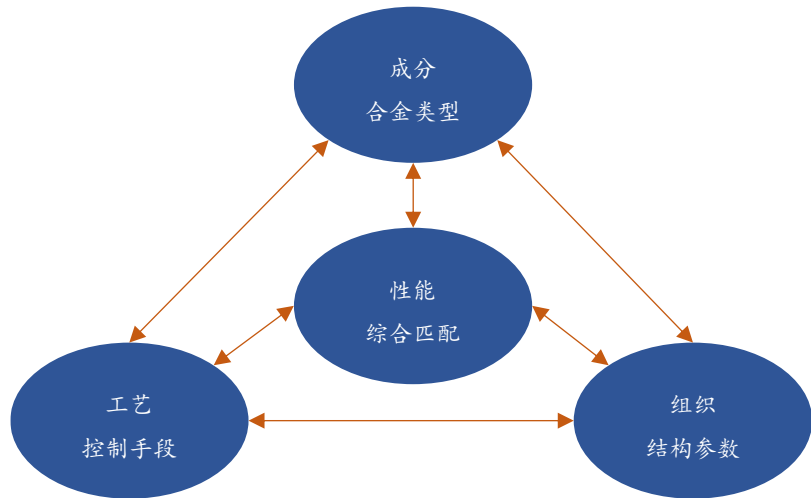
二、如何总结航空中游锻造壁垒：热工艺的不可检测性

（一）改变钛合金力学性能关键：调整合金成分配比、改变热加工工艺

合成金属材料四要素，成分、工艺、组织和性能。在合金的成分、工艺、组织和性能四要素的相互关系中，成分决定着合金的类型，工艺决定合金的显微组织，而组织决定合金的性能。通过调整合金成分配比以及改变热加工工艺，可以在较大范围内调整钛合金的力学性能，实现强度、塑性、韧性和疲劳性能等的综合匹配。具体看，下游航空装备真正所需求的是钛及其合金的力学性能满足一定要求，而影响其性能的因素繁多，但最主要的有四点，合金成分（合金化手段）、显微组织类型与参数（锻造与热处理手段）、晶体学结构（形变与相变手段）、表面状态（后期的完整性加工与表面强化手段）等。



图29：材料成分-工艺-组织-性能关系四要素图



数据来源：航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，广发证券发展研究中心

调整合金成分配比及调整合金化手段，是确保新型高性能钛合金的基本性能水平、是为后续的工艺实现强韧化提供必要的材料基础。例如，通过合金化手段，实现新型钛合金的熔炼净化（如TD4-DT）、固溶强化（如Ti45Nb）、时效析出强化（如TB8）和综合强韧化（如TC21）等目标，在材料合金化方面首先确保了新型高性能钛合金的基本性能水平。参考航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，以TC4-DT钛合金为例，通过合金的熔炼纯净化设计，降低普通Ti-6AL-4V合金的O、N、H、C等间隙元素含量和Fe等其他杂质元素含量，在合金强度降低不多的情况下可比传统Ti-6AL-4V的 K_{Ic} （断裂韧性）提高约30%以上，且可降低裂纹扩展速率（ da/dN ），从而发展了中强、高韧、损伤容限型钛合金TC4-DT，目前该合金已成为我国新一代飞机的主干钛合金材料之一。例如，据西部超导招股书P167“发行人的技术水平与特点”处指出，“公司开发的高强、中强损伤容限钛合金TC21、TC4-DT产品填补了国内空白，成为我国多个新型航空重点装备的主干关键材料，相关技术获得了国家科学技术进步二等奖”。



图30：新型结构钛合金材料系列的先进性评价

材料牌号	主要性能指标先进性						
	评价项目	韧性		损伤容限	焊接性	腐蚀性能	疲劳强度
		α_{ku} / (kJ/m ²)	K_{Ic} / (MPa√m)	da/dN 或门槛值等	焊接系数	腐蚀速率	σ_D /MPa
TA18 管材	指标/达到水平	≥500 实测 814	—	—	焊接系数 ≥0.95	与 TC4 合金相当	343 (R = -1, K _t = 1, 旋转疲劳 N _f = 10 ⁷ 周)
	评价	国内先进	—	—	国内先进	国内先进	国内先进
TC2 板材、管材	指标/达到水平	实测 588	—	—	焊接系数 ≥0.95 实测与 母材相当	与纯钛相当	250 (R = 0.1, K _t = 1, N _f = 10 ⁷)
	评价	国际先进	—	—	国内先进	国内先进	国内先进
TC4 锻件、厚板	指标/达到水平	450 ~ 550	≥50	当 R = 0.1, ΔK = 11MPa√m 时 da/dN 为 >1.5 × 10 ⁻⁴ mm/周, 门槛值 ΔK _{th} = 2.67MPa√m	焊接系数 ≥0.90	海水腐蚀和应力 腐蚀 K _{ISCC} 等 性能较好	539 (R = 0.1, K _t = 1, N _f = 10 ⁷ 周)
	评价	国内先进	国内先进	国内先进	国内先进	国内先进	国内领先
TC4 - DT 锻件	指标/达到水平	500 ~ 650	≥90	当 R = 0.1, ΔK = 11MPa√m 时 da/dN 为 1 × 10 ⁻⁵ mm/周, 门槛 值 ΔK _{th} = 6.8MPa√m	焊接系数 ≥0.95	海水腐蚀 和应力腐 蚀 K _{ISCC} 等 性能比 TC4 好	513 (R = 0.1, K _t = 1, N _f = 10 ⁷ 周)
	评价	国内领先	国际先进	国际先进	国际先进	国际先进	国内领先

数据来源：航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，广发证券发展研究中心

钛及其合金的显微组织决定其性能，而采取不同的热加工工艺可以得到具有不同性能的显微组织。钛合金的性能是由其微观组织形态所决定的，不同的微观组织形态与不同的力学性能之间相互对应，合金的微观组织形态取决于合金的化学成分、变形工艺和热处理规范。而对于化学成分已经确定的合金，要想得到期望的微观组织和力学性能，就只能通过热变形和热处理来达到目的，可统称为“热工艺”。具体看，在材料创新的基础上进一步运用工艺创新，是提高钛合金构件综合性能的重要途径。在加工工艺方面，主要是通过热工艺途径即热变形和热处理等手段获得所需的显微组织和组织参数。例如在航空领域，飞机上使用的钛合金构件大都需要经过热变形加工工序。高温变形时，钛合金的显微组织发生改变，而在不同的热变形条件下合金显微组织存在差异，且通过热处理工艺亦可调控最终的显微组织，并达到调控材料性能的目的，使其满足相关的标准要求。以TC4-DT为例，据《TC4-DT钛合金热加工工艺研究》（刘洋，2017年5月）作为我国自主研制的损伤容限型钛合金，用其制造的大型航空构件主要通过模锻成型并配合适当的热处理获得良好的组织与性能。因此，作为影响最终产品性能的核心环节，多数锻件公司多同时具有热变形（即锻造）及热处理工艺。



图31：航空锻造主要企业多具备锻造+热处理核心工艺

序号	企业名称	简介
1	中航重机	中航重机股份有限公司隶属中国航空工业集团公司，以航空技术为基础，建立了锻铸、液压、新能源投资三大业务发展平台，积极发展高端宇航锻铸造业务、高端液压系统业务、高端散热系统业务，新能源投资业务以大力发展风力发电和垃圾焚烧发电等为主业，辅以新能源相关领域关键技术和产业的投资。公司产品大量应用于国内外航空航天、新能源、工程机械等领域，成为了中国具有较强竞争力的高端装备基础制造企业之一。
2	中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司	中国第二重型机械集团德阳万航模锻有限责任公司是中国机械工业集团下属中国二重集团公司的全资子公司。公司装备有800MN 模锻液压机，以研制生产航空锻件为主导产品，产品覆盖航空、航天、能源、舰船动力、铁路、汽车、起重等国民经济的重要行业。公司具备各类大型模锻件、大型模具的制造能力以及模锻件的粗加工和成套机械产品的生产能力，并可完成各种类型的热处理和表面处理工艺。

数据来源：三角防务招股书，广发证券发展研究中心

图32：锻造及热处理为三角防务的核心专利之一

某钛合金锻造及热处理技术	自主技术	某钛合金大型机身、起落架结构件	2013-2014	针对大型运输机对钛合金机身、起落架锻件的需求，2013年公司开始立项进行该项目的技术研发；2014年，完成了工艺评审，形成了全套工艺技术。	李辉：技术负责人	该技术应用在了大型运输机和某新型预警机等型号机身和起落架钛合金锻件的生产中，目前各项锻件正在批量供货。
--------------	------	-----------------	-----------	---	----------	---

数据来源：三角防务招股书，广发证券发展研究中心

图33：热变形+热处理为航空中游锻造环节的核心工艺



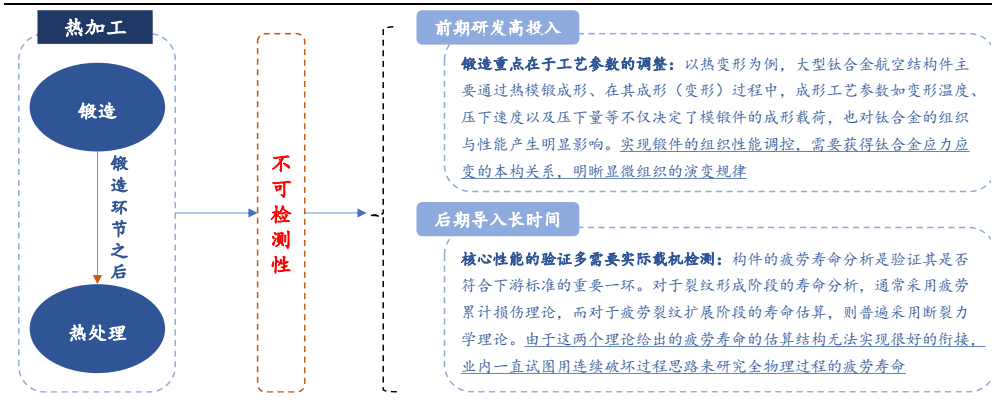
数据来源：三角防务招股书，广发证券发展研究中心

(二) 热工艺的不可检测性决定研发高投入及引入下游供应链的长时间

锻造与锻后热处理同属于热工艺，而热工艺的核心壁垒在于不可检测性，具体表现在热工艺最终产成品制成前，绝大多数环节（包括工艺参数的调整）的实际影响难以检测，同时考虑下游航空高端装备对于性能及安全的双重高严格标准，锻造产成品核心性能如疲劳寿命等多需要实际的载机试验才能得以检测，上述两点共同决定航空中游锻造领域（含锻造及锻后热处理双环节）的前期高研发投入及后期引入下游供应链需要较长时间。



图34：热工艺环节的核心技术壁垒源自其不可检测性

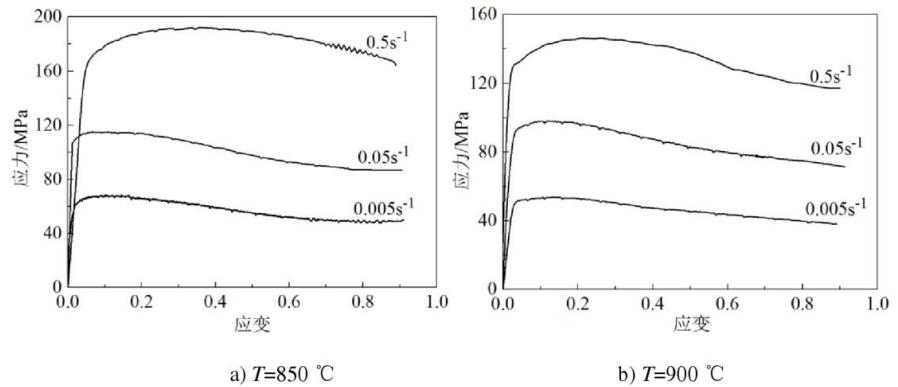


数据来源：航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，广发证券发展研究中心

锻造及热处理过程的参数控制为技术核心，而由于其制造过程中的不可检测性决定其前期需要高额研发投入及试验件材料投入等。参考航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，在热工艺环节中，以热变形为例，大型钛合金结构件主要通过热模锻成形，在其成形（变形）过程中，成形工艺参数如变形温度、压下速度以及压下量等不仅决定了模锻件的成形载荷，也对钛合金的组织与性能产生明显影响，因此如若实现锻件的组织性能调控，需要获得钛合金应力应变的本构关系，明晰显微组织的演变规律。例如，参考《TC4-DT钛合金热加工工艺研究》（刘洋，2017年5月），在钛合金构件成形的实际生产中，通常先利用有限元软件对锻件进行三维数值模拟，研究不同成形工艺对锻件成型的影响，并根据模拟结构优化成形工艺，从而提高产品质量。参数的模拟最终仍需要落实到实际生产中进行验证，而多参数影响的不可控以及多变量之间的交叉影响因素均需要到多次的实际试验，中游锻造厂商难以对锻造和热处理环节的每一次参数调整后的锻坯性能进行检测。具体看，参考三角防务作为申请人的发明专利《一种大型钛合金中央件的锻造成形方法》（申请号为201810535929.2，申请时间为2018.05.30），不可检测性体现在生产环节中，如在大型钛合金中央件锻后热处理工艺为——锻件在电路中760℃加热保温120min后出炉淬火，淬火转移时间小于30s；在电炉中520℃保温500min后出炉空冷，而每个环节的连续性及每个环节不同环境参数的处理，均使得难以或几乎不可能控制及检测制造环节每一环节，因此中游锻造（含锻造及锻后热处理）前期需要大额的研发投入及试验件材料投入等。



图35：控制其他参数不变，在不同温度下TC4-DT的应力应变关系存在差异



数据来源：《TC4-DT 钛合金热加工工艺研究》（刘洋，2017年5月），广发证券发展研究中心

锻件成品（指热处理后成品）疲劳寿命分析是下游检验其是否为合格品的关键环节，当前多使用理论模拟及超声检测等技术手段完成，但考虑下游高端装备对性能及安全性的双重高标准，在下游实际导入产品时常多需要一定时间的疲劳试验。参考航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，在构件疲劳寿命分析中，通常将疲劳过程分为疲劳裂纹形成和疲劳裂纹扩展两个阶段，对于裂纹形成阶段的寿命分析，通常采用疲劳累计损伤理论，而对于疲劳裂纹扩展阶段的寿命估算，则普遍采用断裂力学理论。而由于这两个理论给出的疲劳寿命估算结果无法实现很好的衔接，业内一直试图使用连续破坏过程思路来研究全物理过程的疲劳寿命，而破坏性过程所需的时间或相对较长。此外，在钛合金锻件质量检验及控制方面，超声检测是检出钛合金各类缺陷的最有效手段。据《锻造与冲压》2020年第15期《我国航空钛合材料及锻件的研究与发展》（上），大部分锻件生产商建立了适用于轴对称的发动机盘类锻件水浸超声检测装置，可实现锻件的自动化和数字化超声检车，并通过与接触法探伤相互配合使用，提高缺陷的检出能力。锻件内部的裂纹、气孔、缩孔等缺陷可采用无损检测进行，而锻件内部的宏观组织则需通过解剖随机抽出的某个锻件典型的截面进行观察与分析，但考虑到下游对于结构件性能及安全性的双重高标准，对于新供应商的锻件产品通过解剖随机抽出截面难以保障其实际的使用性能，因此将产品导入成熟供应链或需要一定时间的载机试验等，所需的时间周期或相对较长。



图36：超声波检测作为无损检测的典型常用来进行钛合金锻件检测

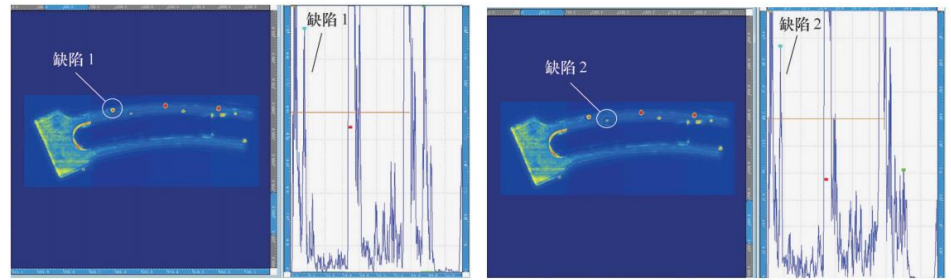


图3 试块区域1内缺陷1的A扫描图形和C扫描图像

图4 试块区域1内缺陷2的A扫描图形和C扫描图像

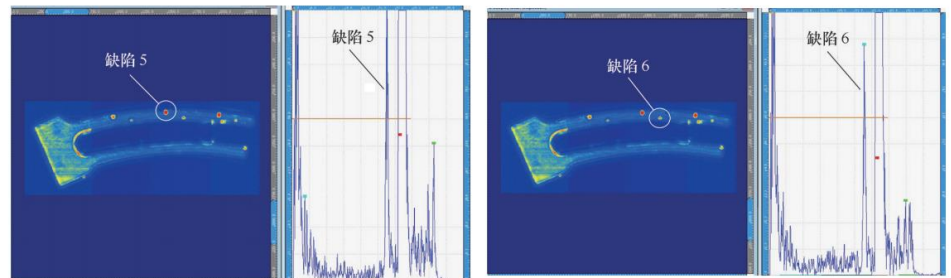


图5 试块区域3内缺陷5的A扫描图形和C扫描图像

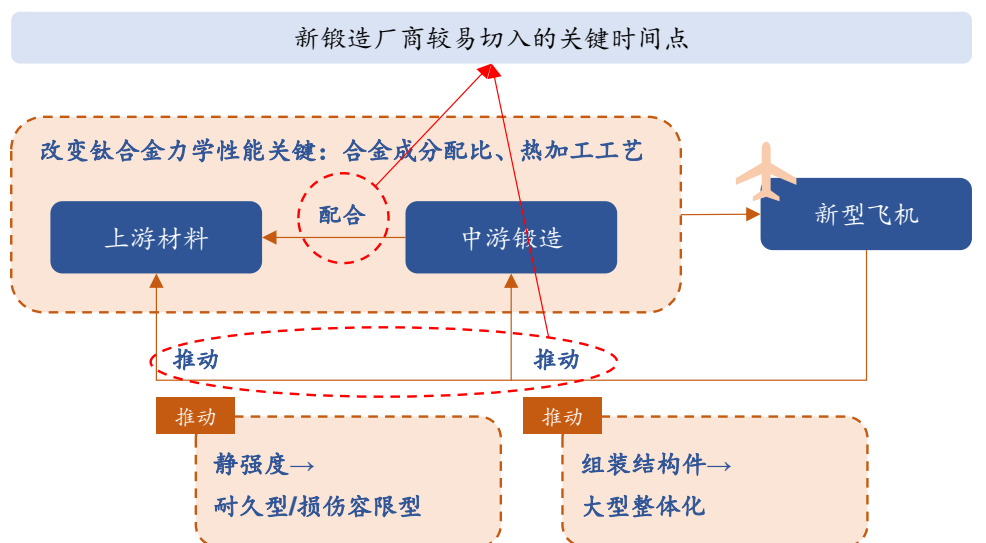
图6 试块区域3内缺陷6的A扫描图形和C扫描图像

数据来源：《复杂形状钛合金锻件超声波检测试验》（李征，2019），广发证券发展研究中心

三、如何认知航空锻造环节竞争格局塑造的根本动力

在国家支持推动下，航空钛合金锻造行业格局演变的核心驱动力可总结为“下游装备推动、上游材料创新、中游锻造配合”。具体表现为下游装备需求变化牵引上游钛合金牌号的发展，而由于以锻造及热处理环节为代表的热工艺是钛合金显微组织形成的重要环节，在新装备牵引新材料的研发期，是新兴锻造厂商能够较易切入的“关键时间窗口”，因此体现为“中游锻造配合”。

图37：“下游装备推动、上游材料创新、中游锻造配合”为航空锻造格局塑造的根本驱动力

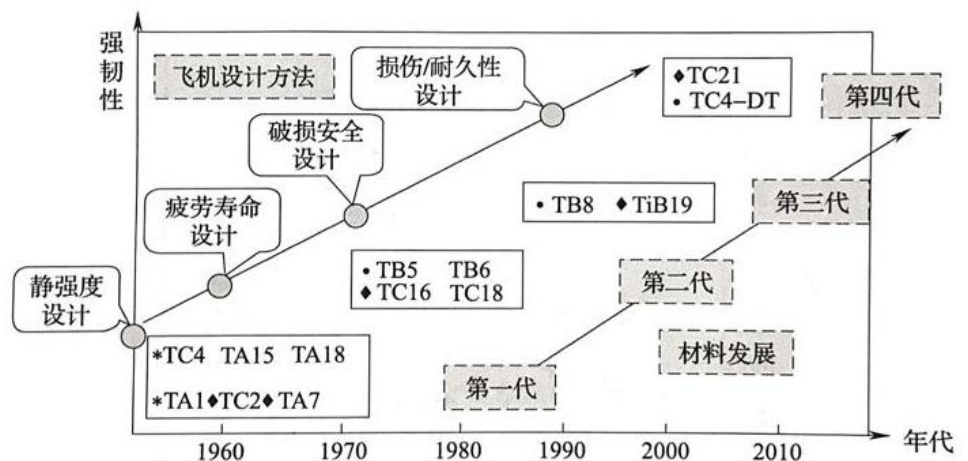


数据来源：广发证券发展研究中心



飞机设计方法的发展推动上游钛合金材料也随之向高性能方向发展，体现为下游装备推动+上游材料创新。随着飞机设计由静强度（指结构在常温条件下承受载荷的能力）发展到耐久性/损伤容限型设计等，钛合金材料也从追求单一高性能到追求综合高性能方向发展，以满足飞机的长寿命与高减重的设计需求。参考航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，钛合金的应用水平是衡量飞机选材先进程度的重要标志之一，是影响飞机作战能力的重要因素，“十五”以前，我国钛合金在第三代军机上的用量普遍在5%以下，而国外同期的F-35和F-22等第四代飞机上的钛合金用量已达38.8%，钛合金整体构件最大投影面积达5.53m²，而且损伤容限型钛合金已得到成熟应用。例如，新一代飞机和高性能航空发动机对轻质高强材料提出更苛刻的综合高性能要求，如基本要求强韧性匹配和强塑性匹配，在使用性能方面要求高疲劳性能与损伤容限性能匹配、疲劳性能与蠕变-持久性能匹配。例如据西部超导2019/6/24招股书P133，“2005年以来随着我国新型战机计划启动，更高的战机性能对航空用结构钛合金提出了苛刻要求，当时此类钛合金尚属于国内空白产品。”

图38：飞机设计方法的发展推动钛合金材料向综合高性能方向发展



数据来源：航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，广发证券发展研究中心

在创新发展材料的基础上，提高钛合金构件的综合高性能需要配合以热加工工艺为代表的工艺创新，体现为“中游锻造配合”。理论层面，热工艺（含热变形与热处理）是获得所需显微组织类型和组织参数的必要环节，研制和发展新型高性能钛合金材料技术，需要依据合金设计与下游应用目标，结合具体合金类型、组织和强度水平等细节特点，综合应用新型合金化设计方法和综合强韧手段，同时运用材料创新与工艺创新，设计显微组织类型与组织参数，建立组织参数控制的工艺路线与技术，才能最终实现下游装备所需求的新型钛合金材料的综合高性能目标。实际应用层面，大量采用损伤容限型钛合金是新一代飞机实现高减重、长寿命和高可靠性的重要保障。参考航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，仍以TC4-DT（我国新型飞机主干中强度高损伤容限型钛合金材料之一）为例，为了获得高损伤容限性能，单纯依靠纯净化手段难以实现理想的强度-塑性-韧性的最



佳综合匹配关系（西部超导核心技术之一，全称为“钛合金铸锭纯净化熔炼技术”），需要采用合理的锻造工艺、新型β热处理工艺及实施控制措施来获得细小的显微组织，降低超声波探伤杂波水平，并最终通过锻造工艺获得性能均匀的锻件组织。随着新一代飞机采用损伤容限设计，提出钛合金应进一步满足飞机长寿命、高减重的使用需求，钛合金的β热处理工艺才得以推广应用。以美国军机为例，美国在Ti-6-22-22S钛合金（TC21）的基础上，通过采用三重β热处理工艺发展了高强度损伤容限型钛合金，并将其用做F-22飞机下龙骨翼弦等的重要承力构件。对于高强度的Ti-6-22-22S钛合金来说，采用普通β热处理工艺获得的片层组织，合金塑性的降低程度较大，对大型锻件或厚截面锻件，甚至降低到不可接受的地步。所以，对高强度的损伤容限型钛合金来说，必须提出综合高性能要求相适应的新型β热加工工艺技术，以便在不降低塑性的同时，获得高的损伤容限性能。

图39：新型热加工工艺在我国集中主干钛合金上的应用情况

主导工艺	应用的材料	应用的部件
准β锻造工艺	TC21	新一代飞机主承力框、关键承力梁、起落架部件、电子束焊接构件等
	TC18	飞机承力框和承力梁、起落架部件、电子束焊接构件等
	TC6	飞机承力接头部件等
近β锻造工艺	TC11、TC17	发动机用盘锻件零件
准β热处理工艺	TC4-DT	新一代飞机主承力框、关键承力梁、电子束焊接构件等
BRCT热处理	TC11	某飞机主承力梁试验件
普通β热处理	Ti-6Al-4V ELI	大型客机承力梁构件
常规锻造/热处理工艺	TC4、TA15等	钛合金棒材，常规应用的钛合金承力部件

数据来源：航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术与发展》，广发证券发展研究中心

图40：国外飞机的迭代需要材料工艺的配合

年代	设计方法	飞机发展	需求目标	典型应用
20世纪50年代	静强度设计	第二代军机	超声速	美F-4E“鬼怪”战斗机（Ma2.27），开始应用6%钛合金，要求在中温下具有高强度
20世纪60-70年代	疲劳寿命设计和破损安全设计	第三代军机、第二代民机	疲劳寿命、断裂和裂纹扩展等综合性能需求	美国F-15、F-16等军机和民机上大量应用Ti-6Al-4V中强度和Ti-10-2-3高强度钛合金材料
20世纪80年代	损伤容限设计	第三代和第三代半军机、第三代民机	损伤容限性能和腐蚀环境综合寿命	欧美国家在F-117、C-17、波音747-波音777等飞机上承力梁、轴和起落架等部件上采用大量的钛合金整体锻件
20世纪90年代至今	耐久性/损伤容限设计	第四代军机、第四代民机、在研民机	损伤容限性能和腐蚀环境综合寿命	美第四代飞机F-22采用38.8%钛合金、F-35飞机上采用27%钛合金，其中绝大部分采用损伤容限型钛合金制造大型整体框及运用先进焊接技术，实现减重达182kg。A380也采用经β退火的Ti-6Al-4V ELI制造机翼承力构件。

数据来源：航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术与发展》，广发证券发展研究中心

图41：不同的热处理工艺对于同一材料的影响较大

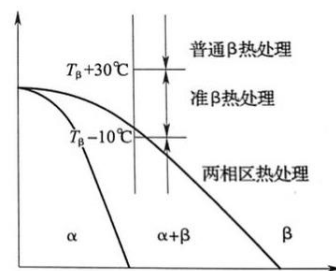


图4-12 TC4-DT钛合金准β热处理工艺示意图

数据来源：航空工业出版社《新型航空高性能钛合金材料技术与发展》，广发证券发展研究中心

此外，从减重、提高性能及降低成本方面考虑，新型飞机结构件的大型化突破也需要中游锻造环节的“配合”。（1）提高性能驱动航空结构件的大型化发展。为提高航空钛合金产品的整体性能，大型模锻件在航空锻件中所占的比例及其单件尺寸越来越大。主要原因在于，由大量中小零件组合的构件和自由锻等毛坯制成的整体零件会存在铆接孔，而这是应力的主要来源，小型组装锻件在组装连接处会产生较大的应力，在实际应用中会不断产生磨损，在高温环境中疲劳和蠕变现象会被放



大，造成裂纹甚至破断，从而影响性能和使用，因而更大模锻件具有更高的强度。

(2) 减重及降低成本的要求驱动结构件的整体化发展。据《大型航空模锻件的生产现状及发展趋势》(李蓬川, 2011)，例如在安-22运输机机身采用了20个B95合金大型隔框整体模锻件，共减少了800个零件，减轻飞机机体重量1000kg，减少机械加工工时15%~20%。而在该趋势下，需要中游锻造厂商配合以大型模锻液压机，当压机吨位较小、自动化程度较低时，多导致飞机大型承力框梁类构件大多采用焊接结构，无法实现整体化，无法很好的满足新型飞机对航空构件高综合性能、高可靠性和长寿命的要求，此处同样体现“中游锻造配合”。

图42：航空高端装备的模锻件大型化为发展趋势之一

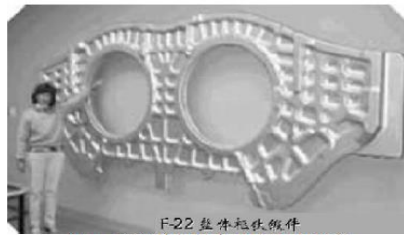


图1 F-22 战机身 Ti-6Al-4V 隔框
(美国, 450 MN 水压机模锻)
Figure 1 Ti-6Al-4V bulkhead in F-22 fighter plane body
(America, 450 MN hydraulic press die forging)

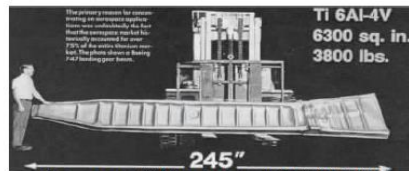


图2 B-747 客机 Ti-6Al-4V 主起落架支撑梁



图5 A380 飞机 Ti-10V-2Fe-3Al 起落架壁板
(俄罗斯, 750 MN 水压机模锻)
Figure 5 Ti-10V-2Fe-3Al under carriage wall panel of
A380 airplane (Russia, 750 MN hydraulic press die forging)



图6 上萨尔达冶金生产联合公司生产的钛合金产品
Figure 6 Titanium alloy products of VSMPO Company

数据来源：《大型航空模锻件的生产现状及发展趋势》(李蓬川, 2011)，广发证券发展研究中心

四、如何思考航空锻造行业未来的格局演变及发展

(一) 稀缺性及国家支持：前期设备高投入及高技术下多需要国家支持

1. 以国内为例，航空锻造企业尤其是大型模锻件企业，主要为发展国内大型飞机的国家支持所驱动。

作为配套新一代飞机及大型飞机锻造项目的建设多依靠于国家支持的推动。参考航空工业出版社2013年出版的《新型航空高性能钛合金材料技术研究与发展》，该书指出，“因受我国装备制造能力的限制，我国钛合金整体锻件的最大投影面积只有1m²左右，与国外先进国家锻件最大投影面积5.53m²相距甚远，目前成熟应用的模锻压力机最大吨位只有1万吨左右，尽管我国正在装备2万吨等温锻设备、3.35万吨摩擦压力机、4万吨模锻压力机、8万吨模锻压力机等大型装备，但仍需要在大型模锻件生产条件保障、模锻工艺、制坯技术、大型模具与配套工装夹具等方面开展系统的工程化应用研究，以便尽快达到钛合金大型整体构件稳定批量供货的能力”，尽管工艺是核心，但前期装备的投入为航空锻造尤其是大型锻造行业的决定性门槛。参考中央人民政府网摘录的“《辉煌中国》第二集：创新活力”全文解说词(http://www.gov.cn/xinwen/2017-09/22/content_5227353.htm)，2014年习近平总



书记在考察C919制造基地时指出，“我们这个国家也是最大的飞机市场，每年的话要成百上千亿的都花在这个买飞机上，过去那个逻辑是造不如买、买不如租，我们现在要花更多的钱来研制，制造自己的飞机，形成我们独立的自主的这种能力”。因此，据《我国重型装备自主设计创新工程800MN液压机的设计情况》（杨古川，2015年），2006年我国把研制和发展大型飞机确定为16项重大科技专项，将800MN大型模锻液压机作为大飞机研发项目的配套工程启动实施。2007年11月，国家发展和改革委员会根据中国工程院咨询项目组《发展我国大型锻压装备研究》咨询报告，批复同意中国二重建设800MN大型模锻液压机工程建设工作，或综合体现为作为配套新一代飞机及大型飞机的锻造项目依靠于国家支持的推动。

图43：国家对锻造行业的重视起始于下游装备的需求



数据来源：中华人民共和国中央人民政府网，广发证券发展研究中心

大型模锻液压机的高投入及高难度研发技术的实现，往往需要在国家支持的推动下才能顺利发展。参考中华人民共和国中央人民政府网2013年6月新闻（http://www.gov.cn/jrzq/2013-06/07/content_2421634.htm），“长期以来，世界范围内仅美国、俄罗斯、法国三国拥有400MN以上级大型模锻压机。我国某些关键大型模锻件不得不依赖进口，不仅价格昂贵，而且“受制于人”，严重制约了航空航天、石油、化工、船舶等领域顶级装备制造及行业发展。”但研发及制造大型模锻液压机难度较大，参考《我国重型装备自主设计创新工程800MN液压机的设计情况》（杨古川，2015年），不同于常规重型装备的制造过程，800MN液压机必须一次达到设计使用要求，否则会带来巨大的经济损失及不良影响，在800MN压机机械本体大型零件一旦在生产中出现则问题则需要返工，只是压机拆卸和重新安装的时间就需要12个月，费用上亿元，同时不包括停产造成的经济损失，并且需要本体遵循“无限寿命”的设计原则进行建造。由于其较高的设计制造难度，在项目的实施中，中国二重通过重大专项的支持，与国内10余所重点高校和顶级科研院所联手，组成国家



级攻关团队，对各个课题难关进行逐一击破，并在2012年4月成功热负荷试车一次成功。例如，C919起落架必须承受载重70吨以上的飞机落地瞬间的冲击力，而需要生产如此巨大的高强度钢部件，需要依赖这台8万吨的模锻液压机以生产C919的主起落架外筒。

图44：800MN大型模锻液压机的建设完成需要产学研等多方支持

科技成果登记表

(应用技术类成果)

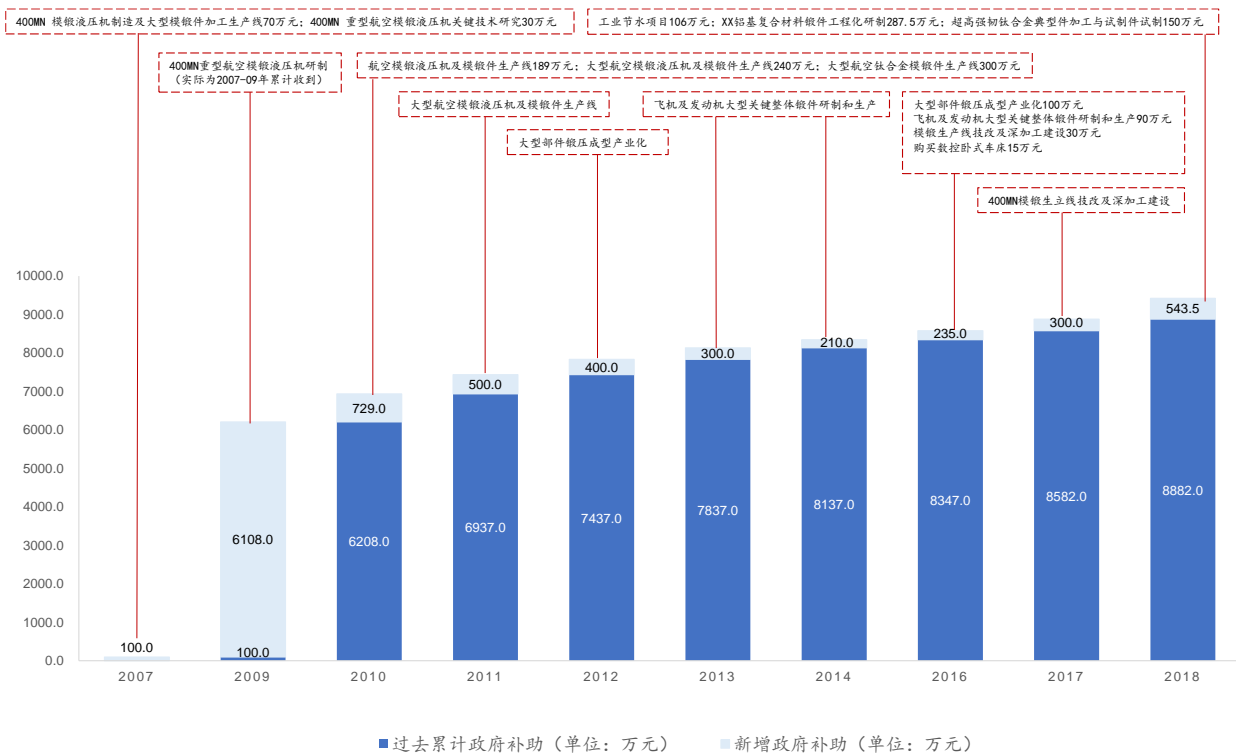
一、成果概况			
1. 成果名称	800MN 大型模锻压机研制		
2. 关键词	①模锻压机	②锻压设备	③型模
3. 成果类别	应用技术	4. 成果体现形式	新装备
5. 成果属性	原始性创新	6. 成果所处阶段	成熟应用阶段
7. 成果水平	国际领先	8. 转让范围	允许出口
9. 研究形式	与院校，所合作	10. 所属高新技术领域	光机电一体化
11. 主要应用行业	制造业		
12. 学科分类	①460.25	②	
13. 中图分类	①TG315.4		
14. 研究起始日期	2007-12	15. 研究终止日期	2012-04
16. 批准登记日期	2014-06-05		

数据来源：《800MN 大型模锻压机研制》(专利，成果完成人为陈晓慈等，第一完成单位为中国第二重型机械集团公司)，广发证券发展研究中心

相比较于国企，资本实力相对欠缺的民企发展大型航空锻造业，也需要国家支持。以三角防务为例，据三角防务招股书披露，不完全统计下，从2007-2018年间累计收到中央部委或者当地政府部门下发的超9000万元的项目支持拨款等，例如根据2008年科学技术部下发的《关于十一五国家科技支撑计划400MN重型航空模锻压机研制等项目的批复》，公司于2007-09年合计收到“400MN重型航空模锻压机研制”项目拨款6108万元，该项政府补助按固定资产使用年限（30年）摊销。



图45：三角防务及其前身在2007-2018年间累计收到政府项目拨款超9000万元



数据来源：三角防务招股书，广发证券发展研究中心

2. 复盘美国，在下游战机研发需求下，政府基于二战战利品为相关企业研制大型模锻机。

美苏大型模锻压机的发展源自于德国战败后缴获的“战利品”。参考《航空工业模锻装备的应用及其发展趋势》（曾凡昌，2014年）一文，在第二次世界大战前，德国因战争需要成功于1934年建造70MN模锻水压机用于生产铝合金航空模锻件，为其发挥空战优势发挥较大作用。美国在二战期间层建造百余台中小型模锻和挤压水压机，但其中最大的仅为50MN，用于生产如B-17、B-25、B-29轰炸机铝合金锻件，大型模锻水压机的缺乏导致战时大型模锻件供应不足。二战结束后，美国和前苏联认识到重型模锻压机对其国防建设，尤其是对航空工业建设的重要战略作用，作为战争赔偿款分别从德国拆走万吨级模锻水压机，并且苏联俘获德国的水压机设计师为其服务。参考《Dedication Program National Historic Mechanical engineering landmark》（The American Society of Mechanical Engineers, 1983），1945年德国建设的全球最大的330MN模锻液压机被苏联获得，美国则拆卸了德国建造的两台165MN模锻液压机回国。



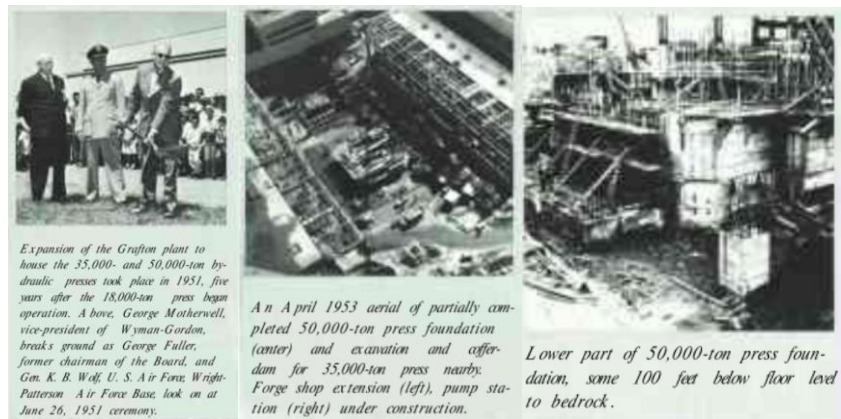
图46：美俄法的大型模锻液压机建造历史较为久远



数据来源：广发证券发展研究中心

对超音速航空以及在朝鲜战争中对发展及生产新型战机的兴趣，催生美国政府投入大型模锻液压机的建造，并将所建造的大型模锻液压机平均分给两家传统航空锻件供应商经营。在德国战败后，美国战争委员会对在美国发展类似于德国的大型模锻机设施产生兴趣，1944年决定在美国马萨诸萨州的北格拉夫顿建造180MN的液压机，该液压机由美国梅斯塔机器公司承保建造，而因美国威曼高登公司自1883年开始专门从事飞机锻件的设计与制造而被美国战争委员会选择经营该液压机。在德国缴获的液压机回国后，美国战争委员会为建造更大、强度更高的飞机锻件，由当初主导德国“赔偿款”模锻液压机项目的美国空军中将K. B. Wolfe领导并启动一项称为“美国空军重型模锻压力机项目”（Air Force Heavy Press Program），并让洛伊维建筑公司在美国设计和制造350MN和500MN各两台，并于1955年建成。350MN和500MN各两台分别放置在美国铝业公司的克利夫兰工厂和威曼高登的格拉夫顿工厂，作为美国大型锻件的唯二供应商。

图47：美国大型模锻液压机建设同样也由国家支持所推动



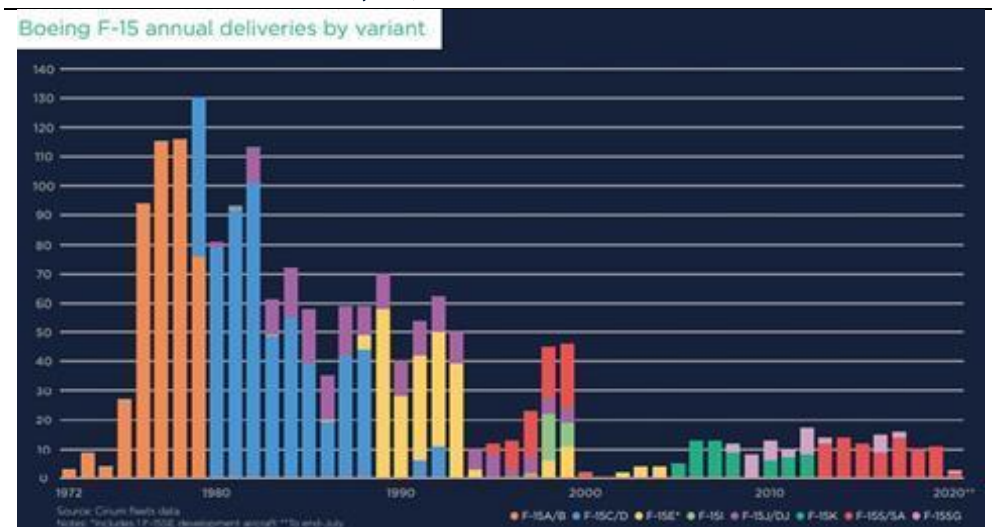
数据来源：《Dedication Program National Historic Mechanical engineering landmark》
(The American Society of Mechanical Engineers, 1983)，广发证券发展研究中心



(二) 稳格局及有限玩家：设备的有限性及与下游密切关系决定稳格局

因单台大型模锻液压机潜在产能瓶颈较大，决定了设备需求及供给的有限性，进而间接决定了航空大型模锻件的高集中度格局。据《航空工业模锻装备的应用及其发展趋势》（曾凡昌，2014年）一文，截至20世纪末，全世界共有万吨以上的模锻水压机30余台，其中美国、前苏联各占10余台，约占全球总台数和总吨位的70%左右，以上大型锻压装备所生产的大型整体模锻件使得美国、苏联、法国（前苏联层于20世纪70年代为法国制造完成一台650MN的多向模锻水压机，并安装于法国专门从事航空航天高性能冶金加工的Aubert&Duval公司）在航空航天方面位于世界领先水平。因设备潜在产能较大，截至到20世纪末近40余年时间内美国也仅有50年代建造的两台500MN级设备，设备的需求性有限。以威曼高登公司为例，据Funding Universe网站对于威曼高登的公司介绍，20世纪开发的F-14和F-15战斗机增加的钛锻造发动机部件和机身机构部件也多为威曼高登公司所提供，而仅F-15自1974年首架量产型交付美空军使用以来40余年时间内总生产数量达1200架，20世纪60年代威曼高登中标波音747主起落架系统的支撑梁，截至2013年波音747已生产千架，单台大型模锻液压机的产能空间较大。

图48：F-15累计交付量庞大，威曼高登设备潜在产能空间充足



数据来源：Flightglobal，广发证券发展研究中心

在与下游主机厂长期的配套关系下，锻件供应商格局较为稳固。以美国为例，据上文所述，(1)从单个供应商看，以威曼高登为例，该公司于1883年成立，一开始运营以自行车踏板、链轮和主轴等金融零件，以及铁路车辆的自动耦合器以及其他交通工具的主轴，尚未涉及航空。第一次世界大战开始时，威曼高登开始与美国政府签订合同，为飞机发动机签订锻件。通过该合同切入后，凭借优良技术及迅速的生产服务，威曼高登几乎为第一次世界大战期间内美军使用的所有飞机制造了各种发动机和机身锻件，并到20世纪30年代，威曼高登已与商用和军用飞机的制造商建立了密切联系。在第二次世界大战时，威曼高登几乎与所有美国飞机制造商签订合同，在战争期间每架战斗中的飞机几乎都包括由其锻造的发动机部件、曲轴、结构性机身部件、螺旋桨机构或起落架部件。作为世界少有的掌握钛合金锻造技术、第一个商业开发“热处理”科学的公司，在50年代中期为B-52轰炸机、波音707和KC-135运输机提供发动机钛合金锻造部件。基于此，威曼高登在50年代时被美国空军选作350MN和500MN两台大型模锻液压机的两家供应商之一，并应美国空军






的要求积极参与诸多机型的预研，如SR-71侦察机（远程高空高速战略侦察机）、F-14与F-15等，此类新机型多采用钛合金等先进部件。截止至今，威曼高登公司也仍为美国航空航天结构件的主供应商之一。（2）从行业格局看，格局仍然较为稳定，自上世纪50年代中期美国空军授予威曼高登以及美国铝业两家公司各两台大型模锻液压机（350MN和500MN）至今，并无其他企业参与大型航空锻件竞争，我们考虑与其高投入、高技术、与下游主机厂长期合作关系稳固相关。

图49：当前威曼高登为全球领先的锻件供应商之一

A leader in the manufacture of high technology forgings for customers around the world.

With more than a century of success, McWilliams Forge is ready to quote, design, manufacture, and deliver components to your lean requirements plan, cost-effectively and on time.

 <p>Products</p> <p>Our products include Impression die forgings (up to 750 lbs. and 48" diameter), Aerospace, Power Generation, Nuclear, and Medical applications.</p> <p>Learn More</p>	 <p>Capabilities</p> <p>Our capabilities include Supply Complete, Design CAD/CAM, Modeling, Forging, Heat Treatment, Destructive and NonDestructive Testing, and Machining.</p> <p>Learn More</p>	 <p>About</p> <p>From its beginnings as a blacksmith shop in 1880, McWilliams Forge has survived by providing quality products that meet and exceed the needs of its customers.</p> <p>Learn More</p>
---	--	---

数据来源：威曼高登公司官网，广发证券发展研究中心

五、如何理解需求限定下航空锻件企业的增长思维

以军工行业为例，下游需求的限定性往往成为竞争壁垒稳固的内在催化剂之一。例如上文，如高端锻件集中于航空航天市场，客户需求方单一且往往强调产品的高可靠性，牵引严格的供应审核流程，下游客户对产品供应链稳固性要求内在催化了中上游供应商竞争格局的稳定性。但我们强调，需求的限定性具有“双刃剑”特征，从长期看在增长性单一、客户结构简单的背景下，下游需求具有限定性特征的企业往往成为黑天鹅事件下首当其冲的对象。因此如何实现破局，以实现持续增长，往往成为制造业，尤其是高端装备领域供应商必须面对的难题之一。基于此，我们尝试从理论及实际案例双重角度，尝试理解在需求限定下航空锻件企业实现可持续、可加速增长思维的破局关键。

（一）理论基础：构建增长型思维的关键在于由外向内战略及扩张边界

复盘美国军工企业各时期经营战略，并不是所有企业都能很好的把握行业增长机遇成就伟大。参考Deloitte 2016年《The next era of aerospace and defense: How to outperform in an environment of innovative disruption》一文，美国航空航天和国防工业很大一部分公司表现不佳。在过去25年，尽管行业环境、结构和市场需求发生了重大变化，但25%至50%以上的A&D公司坚持“坚持到底”的战略和商业模式。与那些调整战略和商业模式，以更好地适应不断变化的环境和市场需求的公司相比，这些公司表现得更差。研究发现，适应行业变化的A&D公司的表现比不适应变化的公司高出7倍。Deloitte分析90年代初以来的A&D公司（将美国上市公司中军品收入超过40%的公司为统计样本），在近20年的时间里将这些公司的经营战略分



类为7类，并探讨遵循哪些战略的公司能够实现更高的股东回报。

图50：德勤咨询将美国国防工业20余年战略总结为七类

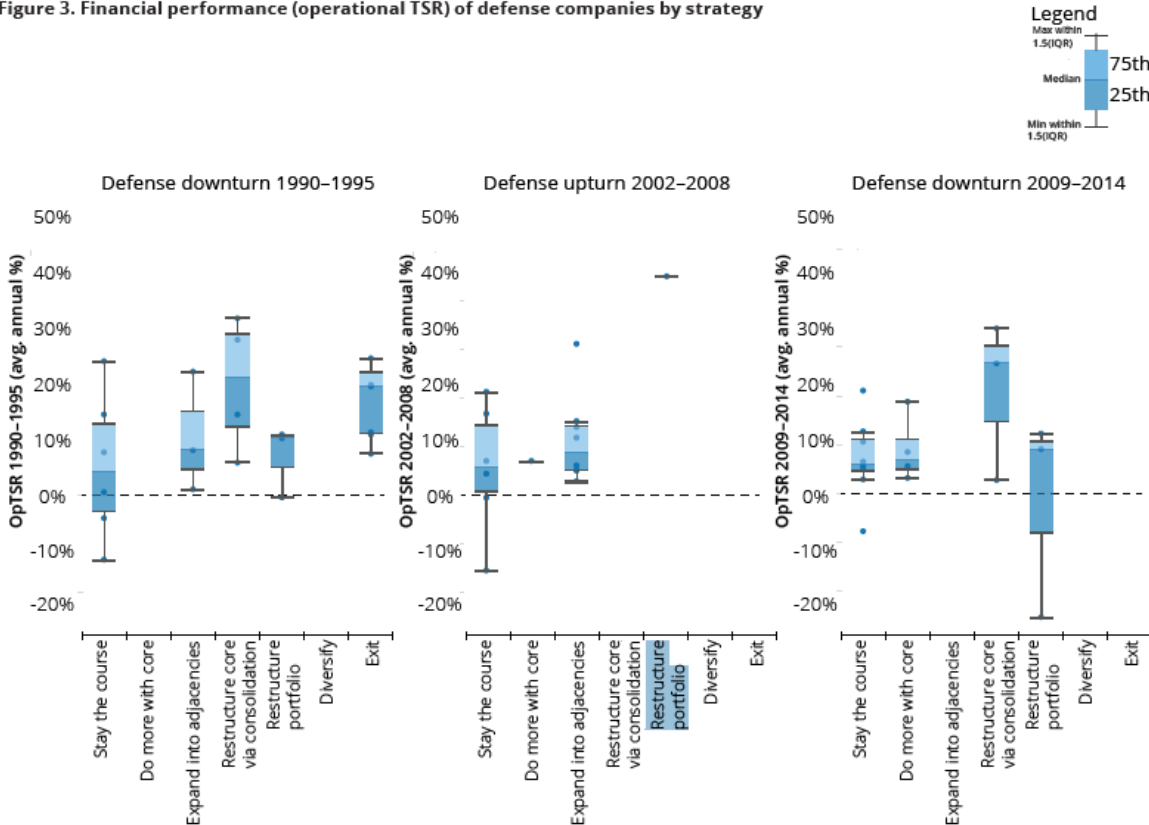


数据来源：《The next era of aerospace and defense: How to outperform in an environment of innovative disruption》，广发证券发展研究中心

在军费变化的不同时期，采取不同战略的美国军工企业股权回报率存在明显差异。以股东总回报(TSR)衡量，在2016年前两次国防预算低迷期间，采用“整合重组核心”战略的公司往往表现最好（即通过重大整合消除行业过剩产能）。将投资组合调整到更具吸引力的细分市场的公司也表现不错（即采取战略5，重组业务布局），但它们的下行风险更高。如果时机把握得当，退出国防市场的公司表现良好。但那些并未采取任何策略等待军费低迷消退的公司表现最差。而在军费上升期，样本内多数公司表现均良好，但采取“进行重大投资”、“重组业务布局”的公司整体表现更为良好。

图51：军费上升时期采取“进行重大投资”、“重组业务布局”的公司整体表现更为良好

Figure 3. Financial performance (operational TSR) of defense companies by strategy



数据来源：《The next era of aerospace and defense: How to outperform in an environment of innovative disruption》，广发证券发展研究中心，注：横轴表示的七种策略从左往右分别对应上图的策略1到策略7



理论层面上，构建增长型思维的企业路径有二：通过由外向内的战略，扩张企业的边界。本处参考全球著名管理咨询大师拉姆·查兰对于企业获取可持续增长基因的认识（原文为《清华管理评论》杂志2019年10月刊），并借鉴其持续的增长路径象限。（1）**转换思维，构建由外向内的思维方式**。传统竞争者对于增长的理解更多基于自身优势出发，如核心技术、品牌粘性和独特影响等，按照公司→客户→最终使用者的路径思考经营重点，缺陷在于该路径是在用现有思维去思考未来。而构建由外向内的思维方式，企业经营者关注的是客户本身，即按照最终使用者→客户→公司的路径关注需求。对需求的关注意味着公司需时刻思考最终使用者的实际需求，考虑需求何时发生改变，经营者如何能更好适应改变的需求，经营者是否能创造新的需求。结合L3发展路径，公司起始于信息化建设初期，近年伴随美军电子战概念的升级逐步拓展多个新兴市场领域，践行了从战争环境变化（最终使用者）→军方客户需求（客户）→公司自身体系化的军工电子布局（公司核心竞争力）的思维方式。（2）**强调扩张企业边界**。该路径强调三步骤：从外部寻找环境中存在的不确定性、定义由不确定性为现有客户或新客户所创造的需求、将这些需求与公司优势相匹配。

图52：定义增长型企业：通过由外向内的战略，扩张企业的边界

新的需求 需求 现有的需求	D	C
	满足现有客户的新需求，这通常是在一个成熟的市场中实现突破的最迅速的方法。比如原来销售硬件设备的公司，发现大量的客户存在相关的服务需求，于是公司组建了一个服务团队，将服务卖给原有的客户，开辟了服务市场	科技通常是满足新客户的新需求的驱动力。类似于多元化，比如惠普公司进入相邻的细分市场——从打印机到电脑，再到传真机
	A	B
	用现有的需求满足现有的客户。不断地重新细分市场，学会以创新的方式来满足需求的同时保持降低成本。比如宝洁公司、吉列公司等	用现有的需求满足创造新客户。比如小米开发印度、非洲等市场，戴尔最开始向企业客户销售电脑，随后扩展到消费者市场
	现有的客户	新的客户

数据来源：《清华管理评论》杂志 2019 年 10 月刊，广发证券发展研究中心

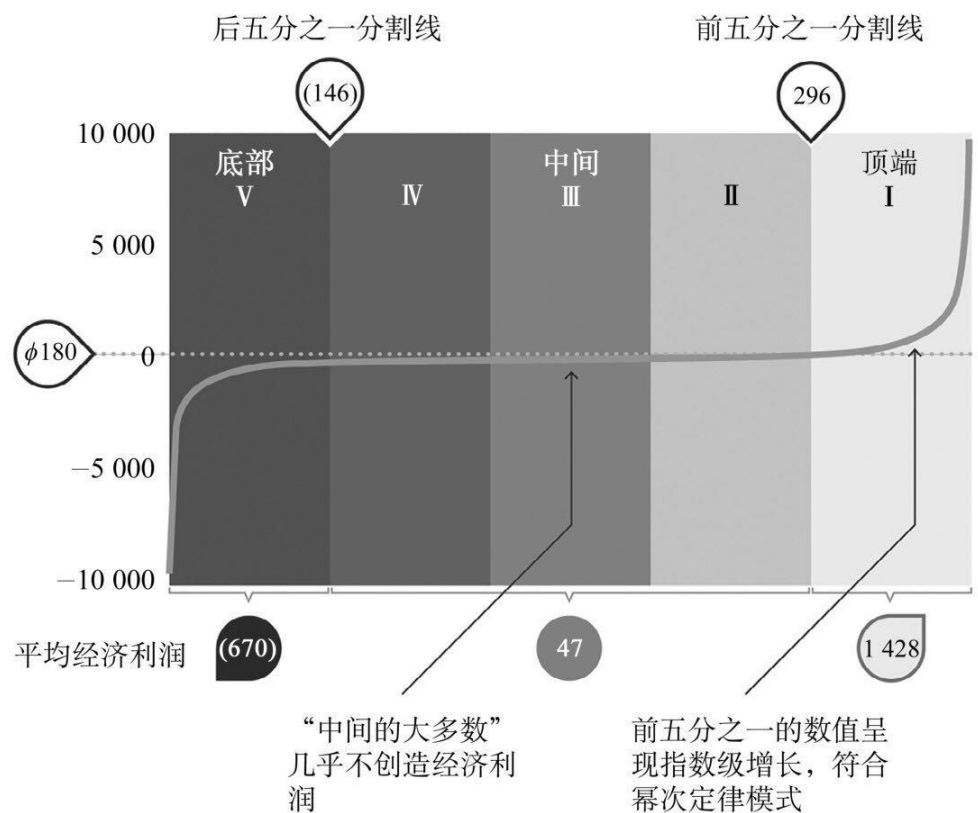


(二) 增长实例：三优势、二趋势、五举措助企业跨越“毛绒背”瓶颈

基于微观经济学从本质上说，企业战略的核心是“战胜市场”，即要对抗完全有效市场将经济剩余归零的力量。基于此，经济利润（全称Economic Value Added，简称EVA，中文可称为经济增加值、经济附加值或者经济利润，即扣除资本成本后的总利润）衡量的便是这样“对抗”的成效。EVA具体公式可理解为将公司经过会计调整后的经营利润减去资本所必要报酬（成本）后的企业当年所创造的价值。EVA作为经济利润的定义最早由1890年经济学家阿尔弗雷德马歇尔所提出——企业利润减去股东资本后所剩余的部分。基于经济利润思想并参考大样本数据研究，可以发现对于绝大多数企业几乎没有创造经济利润。参考麦肯锡咨询2018年发表一书《Strategy beyond the hockey stick—people, probabilities, and big moves to beat the odds》，该书统计了全球2010-2014年2393家营收最高的非金融公司的绩效数据，并估算每家公司的平均经济利润，按照从高到低的顺序进行排列以显示每家公司在这5年内的平均经济利润。结果显示，该曲线复合幂次定律，即头部公司与尾部公司差距巨大，而中间企业经济利润曲线平坦，中间企业几乎没有创造经济利润，而顶端公司的平均经济利润为中间公司的30倍。排名前40的公司年度经济利润总额高达2830亿美元，超过样本2392家公司总额（4170亿美元）一半。

图53：仅有约不到五分之一的公司创造了一定的经济利润

平均每家公司每年的经济利润 2010年—2014年
百万美元,总数 = 2 393¹



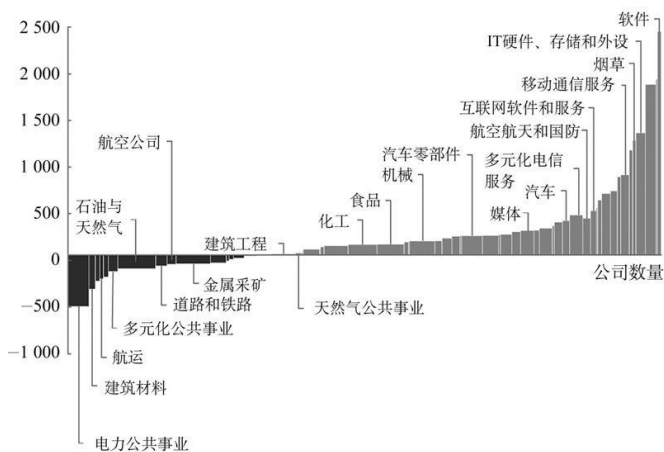
数据来源：《Strategy beyond the hockey stick—people, probabilities, and big moves to beat the odds》，广发证券发展研究中心



研究发现公司所创造的经济利润在曲线上的位置大约有50%源自行业因素，因此强调“进军什么行业”是关键战略选择之一。麦肯锡研究发现，不同行业的经济利润表现也遵循经济利润曲线，头部公司与尾部差距巨大，同时绝大多数行业几乎不创造经济利润。例如，研究对象中有12家烟草公司，其中有9家进入全行业的前1/5，而公共事业、交通运输、建筑材料公司主要位于后五分之一。此外，优秀行业里的普通公司所创造的经济利润也大于一般行业的优秀公司。例如印度制药公司Sun Pharmaceuticals经济利润为4.24亿美元，都能在化工企业中排名前五分之一、在食品公司中排名前10%。航空公司的平均经济利润亏损9900万美元，但航空航天和国防领域供应商的平均经济利润达到4.53亿美元，行业差距明显，但航空航天与国防仍是经济利润总额为正值且排名靠前的行业。若以10年为维度，对于最初始于经济利润曲线中部的公司而言，仅有8%左右的公司实现从中部移动到前1/5。麦肯锡咨询对比统计该样本2000-2004年实现的经济利润与2010-2014年数据，研究发现仅有8%的企业实现从经济利润曲线的中部移动到顶端，而78%保持不变、14%在曲线上的位置向下移动。

图54：行业经济利润分布也呈幂次分布

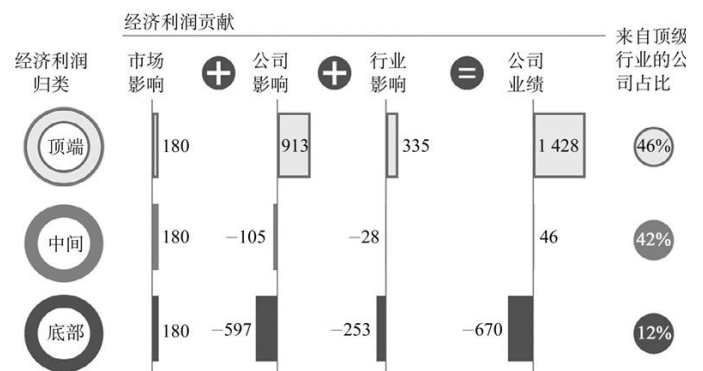
每个行业内企业的年度平均经济利润，2010年—2014年
百万美元，总数=2 393



数据来源：《Strategy beyond the hockey stick—people, probabilities, and big moves to beat the odds》，广发证券发展研究中心

图55：行业对公司经济利润贡献50%

年度平均经济利润，2010年—2014年
百万美元，总数=2 393

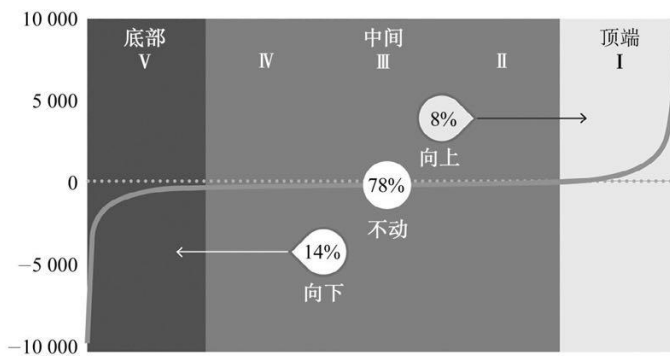


数据来源：《Strategy beyond the hockey stick—people, probabilities, and big moves to beat the odds》，广发证券发展研究中心



图56：10年内仅有8%企业实现向上移动

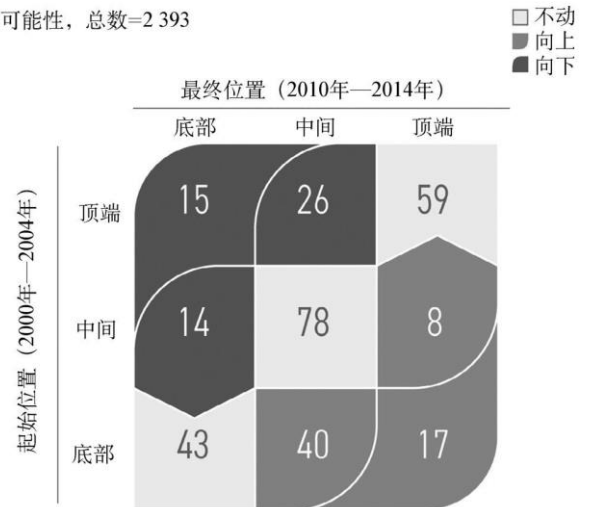
公司百分比
总数=从中间三组开始的1 435家公司



数据来源：《Strategy beyond the hockey stick—people, probabilities, and big moves to beat the odds》，广发证券发展研究中心

图57：公司能够到达顶端概率取决于最初位置

百分比可能性，总数=2 393

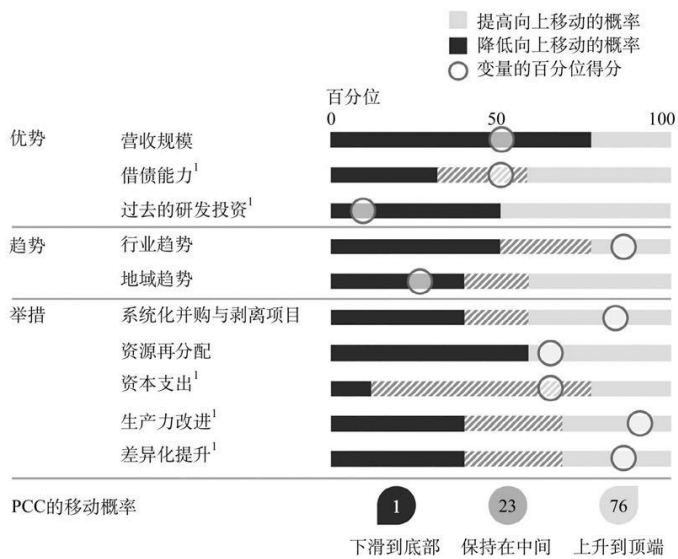


数据来源：《Strategy beyond the hockey stick—people, probabilities, and big moves to beat the odds》，广发证券发展研究中心

以航空航天与国防公司PCC为例，该公司十年内的股东回报总额复合增长率达到27%。对于公司如何提升自己的经济利润，麦肯锡总计出了10个重要变量，将其分为三大类——优势（营收规模、借债能力、过去的研发投资）、趋势（行业趋势、地域趋势）、举措（系统化并购与剥离、资源再分配、资本支出、生产力改进、差异化提升）。在用模型对样本2393家企业进行回测时发现，在预测企业10年间在经济利润曲线上的移动时，按照他们在10年是处于顶端、中间还是底部做出的预测，其准确率达到86%。PCC（精密飞机零部件制造商）在2000-2004年的平均年度经济利润为26亿美元，而到2010-2014年其年均经济利润达到540亿美元，并且PCC是航空航天与国防类样本中唯一实现这样惊人提升的公司。通过复盘及量化其措施，麦肯锡研究发现，除了行业因素外，PCC在“举措”5个变量里的重要行动提高了PCC在经济利润曲线向上移动的概率。例如，积极实施系统化并购与剥离资产，并且循序渐进的进行。PCC在十年内在航空航天与电力市场进行了大量高金额交易，如2013年斥资6亿美元收购航空航天流体配件制造商Permaswage SAS，同时剥离自己的Primus Composites业务；2014年收购航空航天高速加工运营公司Aerospace Dynamics。并且，PCC还将61%的资本支出分配给三大主要部门实现生产力和利润的翻番，在将劳动生产力实现翻倍的同时，成功将费用率降低3%、总利润率从27%提升至35%。

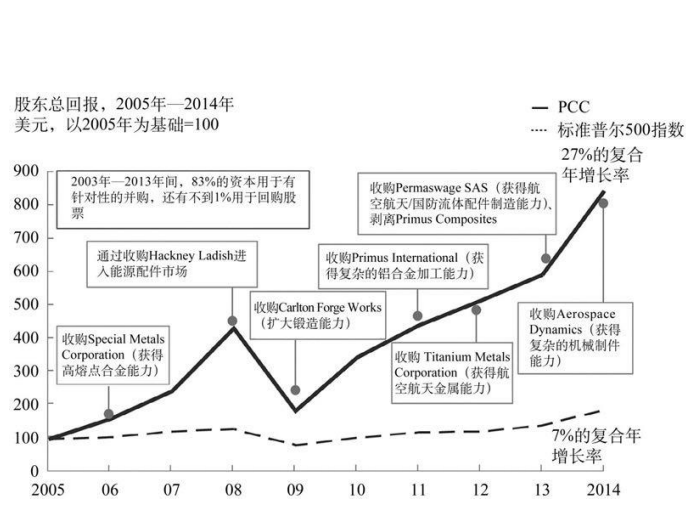


图58：在“举措”上的成就助PCC向上移动



数据来源：《Strategy beyond the hockey stick—people, probabilities, and big moves to beat the odds》，广发证券发展研究中心

图59：PCC的系统化并购助其提升经济利润

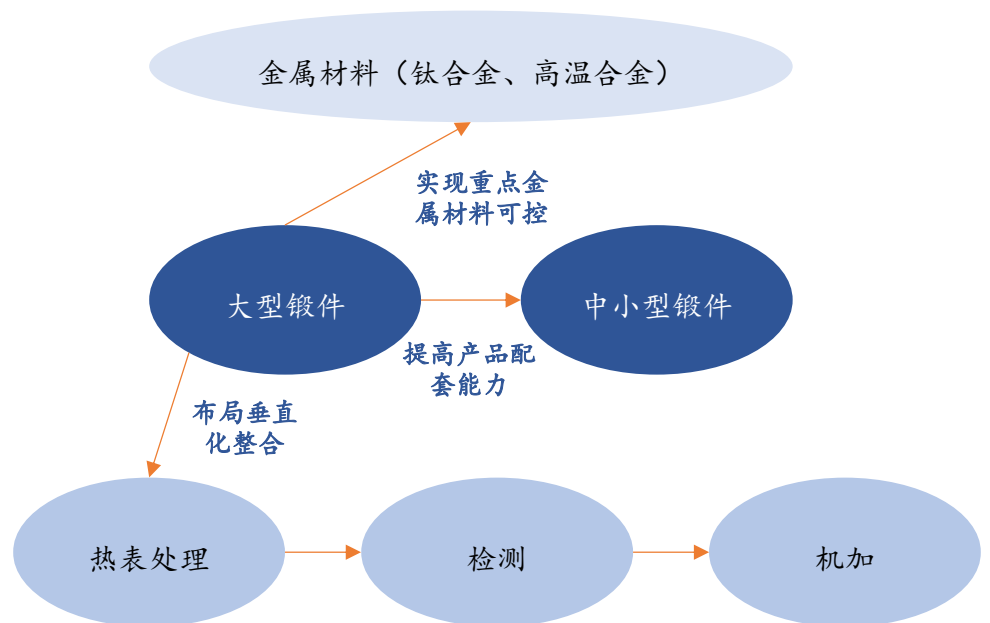


数据来源：《Strategy beyond the hockey stick—people, probabilities, and big moves to beat the odds》，广发证券发展研究中心

（三）复盘：体系化及强强联合，大型模锻厂与中小型企业合并为趋势

复盘美国，航空锻件格局体现为大型模锻企业与中小型企业供应商的合并、大型模锻企业为提高重点金属原材料可控积极拓展上游、积极拓展下游含热处理检测及机加环节，并朝材料-锻造/铸件-机加全环节航空结构件供应商寡头发展。

图60：以美国航空锻件格局为例，实现垂直化整合为其主要发展趋势

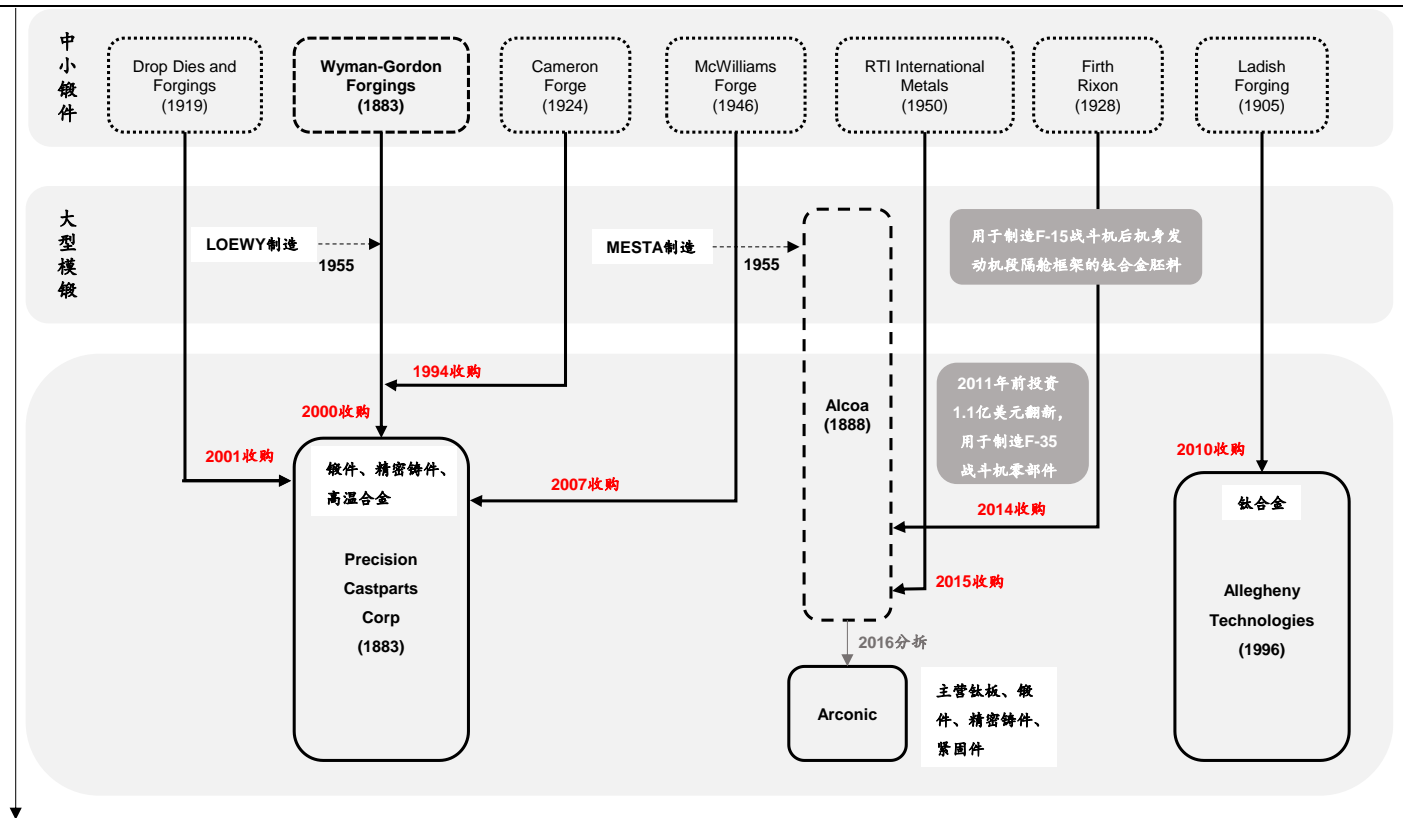


数据来源：广发证券发展研究中心



参考二战后全球航空锻件竞争格局演变，相比于具备大型锻件制造能力的企业，中小型航空锻件厂商数量相对较多，但供应时间均较长，体现行业的高壁垒特征。例如，美国航空中小型锻件公司含Drop Dies and Forgings（1919年成立，现已为Precision Castparts Corp.子公司）、Cameron（1924年成立，现已为Precision Castparts Corp.子公司）、McWilliams Forge（1946年成立，现已为Precision Castparts Corp.子公司）、RTI International Metals（1950年成立，现已为Arconic子公司）、Firth Rixon（1928年成立，现已为Arconic子公司）、Ladish Forging（1905年成立，现已为Allegheny Technologies子公司）。以Ladish Forging为例，该公司是Ladish Co., Inc. 是喷气发动机和其他航空航天和工业应用的高强度锻件供应商。该公司于1905年成立，在二战年代，ladish公司开始为美军的B-26轰炸机、发动机轴箱等提供锻件。长期看，以美国主要企业为例，锻件行业头部大型企业基于扩大市场份额或加强系统配套能力等需要收购中小锻件企业。在1950s相继获得美国政府主导建设的大型模锻液压机的两家公司——威曼高登和美国铝业——出于扩大市场份额或加强自身锻件系统配套能力等目的，相继并购国内甚至是全球中小型的航空锻件企业。例如，威曼高登于1994年收购1924年成立的Cameron Forge中小型锻件公司，美国铝业（Alcoa）于2014年、2015年分别收购Firth Rixon和RIT International Metals等。

图61：中小型锻件公司与大型锻件公司合并是美国及全球主要趋势



数据来源：《Dedication Program National Historic Mechanical engineering landmark》（The American Society of Mechanical Engineers, 1983），维基百科，Funding Universe，广发证券发展研究中心

复盘美国大型锻件巨头威曼高登历史，结论有三：（1）通过并购或自建实现上游重要金属材料可控，如钛合金、高温合金等，利于降低营业周期及提高经营效率。



据Funding Universe网站对于威曼高登的公司介绍，在1970s末期，威曼高登收到来自商用飞机制造商约280种型号飞机提供锻造钛合金的需求，不久下游市场对钛合金锻件的需求量激增。但上游海绵钛及熔炼机的生产商对未来钛合金需求的增长持怀疑态度，拒绝为威曼高登公司增加产能，导致公司上游原材料的采购受限，部分影响公司下游产品的交付节奏。基于此，在1980s初期，威曼高登以1200万美元收购了位于华盛顿州摩西湖的International Titanium, Inc.的多数股权，并采用彼时先进技术生产海绵钛。其后公司继续积极实施其垂直整合战略。如耗资1100万美元在马萨诸塞州米尔伯里建造了一个全新的航空航天合金中心，使得公司具备熔炼和合金化从International Titanium, Inc.交付的海绵钛，并将该设施建设在公司工厂附近，上述举措为威曼高登提供接近一半其所需的钛锭。至此，公司掌握了生产钛合金锻件的大部分关键技术，包括海绵钛制造、熔炼、合金化以及锻造工艺。特种合金方面，威曼高登与P&W、澳大利亚Western Aerospace成立公司以加工镍基高温合金，继续向上游拓展。在原材料实现可控的背景下，下游客户因为“相信”其具备不间断提供钛锻件供应的能力，客户订单开始增加。**(2) 积极拓展中小型锻件企业以增强系统配套能力。**90年代初期，威曼高登决定收购Cooper Industries的Cameron Forged Products Division，该合并使得威曼高登成为美国一家庞大的钛合金锻造生产商。**(3) 积极补充热处理和机加等能力所需设备或产线。**为更好服务于下游客户，除锻多型造设备外，威曼高登还补充含数控机床、扫描检测仪、超声波罐、二维矩阵零件制作等设备或能力。在次要服务上，威曼高登同时也为下游客户提供通过机械除锈、轮磨和/或化学清洗和钝化去除锻造氧化皮等热处理服务，例如自1984年以来公司飞机零件的FPI流程已获得NADCAP-PRI 的批准。**(4) 航空航天市场金属材料、锻件、铸件实现一体化是长期发展趋势。**2000年，PCC以7.84亿美元收购威曼高登，为当时PCC成立以来最大的收购案、2016退市前的第三大收购案，实现航空航天铸件与锻件一体化生产。此后，PCC为继续实施威曼高登的垂直整合战略，2007年收购Special Metals公司补充其高温镍基合金且合并至威曼高登部门（合并后称为Forge部门）、2012年收购Titanium公司进一步补充钛合金生产制造能力。

图62：美国航空航天锻造龙头在历史上积极实施垂直化整合战略



数据来源：Funding Universe, PCC 官网, 广发证券发展研究中心



六、投资建议

建议关注航空航天锻造行业的强壁垒及长期高成长性。我们认为，在航空钛合金产业链内，中游锻造相比较于上游材料、下游机加等，其比较优势源自研发费用前置及技术可拓展性带来的强范围经济。从底层技术及下游装备需求出发，改变钛合金力学性能的关键在于调整合金成分配比以及改变热加工工艺，而热加工工艺的不可检测性决定了研发的高投入以及新供应商产品引入下游供应链的长时间，这构成航空中游锻造企业的核心壁垒。基于上述理解并结合国内情况，我们认为，在国家支持推动下，航空钛合金锻造行业格局演变的核心驱动力可总结为“下游装备推动、上游材料创新、中游锻造配合”，而在新装备牵引新材料的研发期，是新兴锻造厂商能够较易切入的“关键时间窗口”。对未来竞争格局的演变的思考为产业投资的核心，结合国内情况并重点复盘美国航空锻造的格局演变，我们总结为三点，稀缺性及国家支持、稳格局及有限玩家、体系化及强强联合。复盘美国重点航空锻造企业的发展史，航空锻件格局演变规律可体现为大型模锻企业与中小型锻件供应商的合并、大型模锻企业为提高重点金属原材料可控积极拓展上游、积极拓展下游含热处理检测及机加环节，并朝材料-锻造/铸件-机加全环节航空结构件供应商寡头发展。航空高端装备需求的限定性是投资者重点讨论并担忧的事项之一。我们认为下游需求的限定性为竞争壁垒稳固的内在催化剂之一。但我们强调，需求的限定性具有“双刃剑”特征，从长期看在增长性单一、客户结构简单的背景下，下游需求具有限定性特征的企业往往成为黑天鹅事件下首当其冲的对象。因此如何实现破局，以实现持续增长，往往成为制造业，尤其是高端装备领域供应商必须面对的难题之一。理论层面上，企业构建增长型思维的路径有二，转换思维构建由外向内的思维方式强调扩张企业边界。基于微观经济学，从本质上说企业战略的核心是“战胜市场”，即要对抗完全有效市场将经济剩余归零的力量。通过复盘PCC，其系统化并购与剥离、资源再分配、资本支出、生产力改进、差异化提升等为其实现高经济利润关键。标的层面建议关注中航重机、三角防务、航宇科技。

七、风险提示

（一）重点装备列装需求及交付不及预期

军工行业买方以军方客户为主导，且越往下游军工企业的垄断性越为明显，部分规模较小企业或配套装备型号较少，若此类型号生产及需求计划发生改变，则对相关企业影响较大。

（二）新进入者对竞争格局冲击的风险

当前锻造行业竞争格局较为稳固，但不排除部分企业凭借更大的资本、研发、人才投入进入现有供应链的可能性，有可能压缩现有竞争者的规模或利润空间。

（三）产品质量下滑导致的供应链稳定性风险

军工行业下游客户对于产品性能及可靠性要求严格，若产品质量因企业原因发生下滑，有可能会对公司现有供应链的稳定性产生较大的消极影响。





广发军工行业研究小组

孟祥杰：首席分析师，清华大学机械工程博士、哈佛大学访问学者，航天科工实业背景，曾任方正证券军工首席分析师，主要从事军工信息化、新材料及军工高端制造领域研究。

吴坤其：研究助理，对外经济贸易大学精算本科、金融学硕士，曾任方正证券军工研究员，主要覆盖军工新材料、军工电子。

广发证券—行业投资评级说明

- 买入：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 10% 以上。
- 持有：预期未来 12 个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-10%~+10%。
- 卖出：预期未来 12 个月内，股价表现弱于大盘 10% 以上。

广发证券—公司投资评级说明

- 买入：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 15% 以上。
- 增持：预期未来 12 个月内，股价表现强于大盘 5%-15%。
- 持有：预期未来 12 个月内，股价相对大盘的变动幅度介于-5%~+5%。
- 卖出：预期未来 12 个月内，股价表现弱于大盘 5% 以上。

联系我们

	广州市	深圳市	北京市	上海市	香港
地址	广州市天河区马场路 26 号广发证券大厦 35 楼	深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 31 层	北京市西城区月坛北 街 2 号月坛大厦 18 层	上海市浦东新区南泉 北路 429 号泰康保险 大厦 37 楼	香港德辅道中 189 号 李宝椿大厦 29 及 30 楼
邮政编码	510627	518026	100045	200120	-
客服邮箱	gfzqyf@gf.com.cn				

法律主体声明

本报告由广发证券股份有限公司或其关联机构制作，广发证券股份有限公司及其关联机构以下统称为“广发证券”。本报告的分销依据不同国家、地区的法律、法规和监管要求由广发证券于该国家或地区的具有相关合法合规经营资质的子公司/经营机构完成。

广发证券股份有限公司具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，接受中国证监会监管，负责本报告于中国（港澳台地区除外）的分销。

广发证券（香港）经纪有限公司具备香港证监会批复的就证券提供意见（4 号牌照）的牌照，接受香港证监会监管，负责本报告于中国香港地区的分销。

本报告署名研究人员所持中国证券业协会注册分析师资质信息和香港证监会批复的牌照信息已于署名研究人员姓名处披露。

重要声明

广发证券股份有限公司及其关联机构可能与本报告中提及的公司寻求或正在建立业务关系，因此，投资者应当考虑广发证券股份有限公司及其关联机构因可能存在的潜在利益冲突而对本报告的独立性产生影响。投资者不应仅依据本报告内容作出任何投资决策。投资者应自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或者口头承诺均为无效。

本报告署名研究人员、联系人（以下均简称“研究人员”）针对本报告中相关公司或证券的研究分析内容，在此声明：（1）本报告的全部分析结论、研究观点均精确反映研究人员于本报告发出当日的关于相关公司或证券的所有个人观点，并不代表广发证券的立场；（2）研究人员的部分或全部的报酬无论在过去、现在还是将来均不会与本报告所述特定分析结论、研究观点具有直接或间接的联系。

研究人员制作本报告的报酬标准依据研究质量、客户评价、工作量等多种因素确定，其影响因素亦包括广发证券的整体经营收入，该等经营收入部分来源于广发证券的投资银行类业务。



本报告仅面向经广发证券授权使用的客户/特定合作机构发送，不对外公开发布，只有接收人才可以使用，且对于接收人而言具有保密义务。广发证券并不因相关人员通过其他途径收到或阅读本报告而视其为广发证券的客户。在特定国家或地区传播或者发布本报告可能违反当地法律，广发证券并未采取任何行动以允许于该等国家或地区传播或者分销本报告。

本报告所提及证券可能不被允许在某些国家或地区内出售。请注意，投资涉及风险，证券价格可能会波动，因此投资回报可能会有所变化，过去的业绩并不保证未来的表现。本报告的内容、观点或建议并未考虑任何个别客户的具体投资目标、财务状况和特殊需求，不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的投资建议。本报告发送给某客户是基于该客户被认为有能力独立评估投资风险、独立行使投资决策并独立承担相应风险。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被广发证券认为可靠，但广发证券不对其准确性、完整性做出任何保证。报告内容仅供参考，报告中的信息或所表达观点不构成所涉证券买卖的出价或询价。广发证券不对因使用本报告的内容而引致的损失承担任何责任，除非法律法规有明确规定。客户不应以本报告取代其独立判断或仅根据本报告做出决策，如有需要，应先咨询专业意见。

广发证券可发出其它与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告。本报告反映研究人员的不同观点、见解及分析方法，并不代表广发证券的立场。广发证券的销售人员、交易员或其他专业人士可能以书面或口头形式，向其客户或自营交易部门提供与本报告观点相反的市场评论或交易策略，广发证券的自营交易部门亦可能会有与本报告观点不一致，甚至相反的投资策略。报告所载资料、意见及推测仅反映研究人员于发出本报告当日的判断，可随时更改且无需另行通告。广发证券或其证券研究报告业务的相关董事、高级职员、分析师和员工可能拥有本报告所提及证券的权益。在阅读本报告时，收件人应了解相关的权益披露（若有）。

本研究报告可能包括和/或描述/呈列期货合约价格的事实历史信息（“信息”）。请注意此信息仅供用作组成我们的研究方法/分析中的部分论点/依据/证据，以支持我们对所述相关行业/公司的观点的结论。在任何情况下，它并不（明示或暗示）与香港证监会第5类受规管活动（就期货合约提供意见）有关联或构成此活动。

权益披露

(1) 广发证券（香港）跟本研究报告所述公司在过去12个月内并没有任何投资银行业务的关系。

版权声明

未经广发证券事先书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复制、刊登、转载和引用，否则由此造成的一切不良后果及法律责任由私自翻版、复制、刊登、转载和引用者承担。

