

方正证券研究所证券研究报告

行业专题报告

行业研究

国防军工行业

2019.12.17/推荐

首席军工分析师：孟祥杰
 执业证书编号：S1220519110009
 TEL：010-68584806
 E-mail：mengxiangjie@foundersec.com

重要数据：

上市公司总家数	69
总股本(亿股)	838.31
销售收入(亿元)	2372.27
利润总额(亿元)	119.79
行业平均 PE	219.46
平均股价(元)	18.80

行业相对指数表现：



数据来源：wind 方正证券研究所

相关研究

《方正军工·高端制造专题一：金属 3D 打印，先进增材制造工艺，航空航天蓝海需求可期》2019.12.01

《拟置入部分飞机整机制造及维修业务资产，看好公司航空业务持续向好发展》2019.11.06

《景气度向上，看好国家智慧海洋建设推动下公司的长期发展》2019.10.31

《三季报业绩较快增长，看好公司设备研制及航空维修业务长期发展》2019.10.31

《三季报业绩超预期增长，持续看好公司装甲车辆业务的长期发展》2019.10.31

请务必阅读最后特别声明与免责条款

碳纤维复合材料应用重视程度加深，技术与资本巩固长期护城河。高模高强、轻量化的碳纤维复合材料逐步发展为国防军工及国民经济重要基础材料。基体树脂的选择、高难度成型技术以及直接对接下游客户的特征，是碳纤维复材企业长期稳固的护城河。下游市场差异化需求决定从性能、成本，到驱动力、天花板均不同，中长期航空航天仍是碳纤维复材实现稳增长且高盈利重要领域。航空航天领域仍存较大空间，中短期内新型高端装备渗透加大为碳纤维复合材料市场增长的主要推动力。

日美巨头掌握国际市场话语权，国内企业处于产能爬坡阶段，大小丝束竞争格局存在显著差异。国际巨头的设备自制、碳纤维及其复材配套生产能力及产能布局靠近市场等优势利于提升其行业话语权。碳纤维行业重资产特性下，不同发展阶段的企业成本结构存在明显差异。外资期间费用率对净利率影响较大，而内资净利率主要受折旧、摊销、利息影响。外资直接人工和原材料占营业成本比重较大，而内资制造费用占比较高，高经营杠杆下建议关注国内企业受订单增加对提升 EBIT 的放大作用。当前国内大小丝束市场竞争格局及驱动因素有较大差异。技术是小丝束主要驱动力，行业内头部具备先发优势及政策支持。大丝束国内直面国际竞争，扩产能、降成本是盈利关键。

海外复盘：(1) 注重竞争格局的稳定性。赫氏、氰特等美国碳纤维复材企业，曾在上世纪末因日本东丽等企业的成本竞争濒于破产。而后美国政府出台行政法令，要求本国军用领域必须使用本土企业的碳纤维复材，帮助赫氏度过其第一次危机。**(2) 强调主营业务赛道的优越性。**赫氏曾因非复材业务、低盈利性的复材产品陷入债务危机，而后积极实施业务重组及经营调整，最近一次为 2007 年剥离欧洲建筑业务聚焦碳纤维产业，中短期内应聚焦高毛利、成本竞争压力较小的高端航空航天领域。**(3) 重视绑定下游客户的关键性。**赫氏航空复材对接军/民航飞机制造客户。军航固有的较强抗周期成为其实现稳增长的依托之一，民航主要受益 09 年后 B787 的批产放量，二者构成 09 年至 18 年赫氏实现其基本 EPS 翻五倍的重要推动力。**(4) 关注产能布局合理化的反馈。**参考东丽产销反馈机制，国内大丝束业务可充分利用地缘优势降成本，即靠近市场需求地布局产能。基于此我们认为，赛道优势突出、供应链稳固、绑定下游客户、积极拓展民用碳纤维经营、主动扩大产能建设的国内企业值得重点关注。建议关注中航高科、光威复材、中简科技。

风险提示：高端装备用产品存在价格调整的风险；重点公司业务重组进展存在不确定性；民用市场存在竞争加剧的可能性。

目录

1	碳纤维——性能优异工业材料，制造全环节技术壁垒高.....	6
2	性能/成本区分高低端市场，高端航空刚需、赛道长且佳.....	11
2.1	商业模式端，市场需求差异下高低端市场驱动力不同.....	11
2.1.1	航空航天高端领域技术为先，中低端市场拓展限制在成本.....	11
2.1.2	原材料与能耗构成碳纤维主要成本，发挥规模优势利于降成本.....	14
2.2	市场空间广，下游市场以 CFRP 为主，因需求差异致天花板有别.....	19
2.2.1	国外航空市场内资短期难进入，战略意义催生国内刚需特征.....	21
2.2.2	风力发电建设刺激碳纤维需求，大丝束契合低成本特性.....	26
2.2.3	汽车轻量化确实是碳纤维长期机遇，但短期发展桎梏于性价比.....	29
2.2.4	体育产业最先实现碳纤维产业化，成本竞争或降低市场毛利.....	32
3	日美巨头主导国际市场，大小丝束竞争格局存在显著差异.....	34
3.1	财务指标看，外企长期技术积淀造就其产品性能与成本控制优势.....	34
3.2	性能与成本差异，致大小丝束在竞争格局存在较大差异.....	37
3.2.1	小丝束：先发优势、产业支持、固有格局，强者恒强或延续.....	39
3.2.2	大丝束：直面国际巨头竞争，扩产能、降成本是竞争关键.....	42
4	海外巨头：技术是基因，产能促成长，政策控环境.....	44
4.1	日本东丽&美国 HEXCEL 全面领先.....	44
4.1.1	正确判断、合理选择市场，绑定客户、并购扩渠道.....	46
4.1.2	产能高效布局降成本，产销反馈机制促发展.....	50
4.1.3	重视各环节技术研发，产品持续领先升级.....	53
4.1.4	赫氏发展得益于碳纤维本土化政策，历次重组聚焦复材经营.....	56
4.2	复盘启示：中短期依托政策聚焦航空，长期完善产业链技术升级.....	59
4.2.1	国内龙头依托政策优势，中短期聚焦国内航空航天.....	59
4.2.2	国内复材尚有拓展空间，联合客户进行系统化开发.....	61
4.2.3	产能及产业链整合、市场战略选择是行业长期发展目标.....	63
5	投资建议&风险提示.....	65

图表目录

图表 1:	碳纤维力学性能出色, 是军民用重要基础材料.....	6
图表 2:	碳纤维在部分性能上不劣于其他主要工业材料.....	6
图表 3:	碳纤维原丝及碳纤维复合材料均是产业链上重要的两个环节.....	7
图表 4:	东丽聚丙烯腈 (PAN) 基碳纤维牌号分类.....	7
图表 5:	我国国家标准与日本东丽性能匹配表.....	7
图表 6:	同级别大丝束部分性能优于小丝束.....	8
图表 7:	国内企业碳纤维纺丝工艺主要以湿法为主.....	8
图表 8:	三代碳纤维技术变迁主要集中在碳纤维微结构和纺丝技术.....	9
图表 9:	碳纤维复合材料种类繁多, 应用广泛.....	10
图表 10:	碳纤维复合材料成型加工过程, 其中成型阶段以及基体树脂为关键要素.....	10
图表 11:	北航研制的大型自动铺带机.....	11
图表 12:	碳纤维预浸料手动铺叠.....	11
图表 13:	碳纤维复材下游不同应用领域的商业模式存在较大差异.....	12
图表 14:	高端市场碳纤维价格明显高于中低端市场.....	12
图表 15:	以中简科技为例高端领域碳纤维价格稳定.....	13
图表 16:	热塑性复材在商业航空器上使用量增加.....	13
图表 17:	国内航空高韧性树脂基复材发展趋势.....	13
图表 18:	中低端碳纤维产品需求强烈.....	14
图表 19:	技术竞争转化为成本竞争.....	14
图表 20:	高能耗与原丝是导致碳纤维复材高成本的主要因素.....	15
图表 21:	规模优势、材料替代、提供转化工艺、整合下游为碳纤维降成本的主要路径.....	15
图表 22:	产量的提高将利于降低多环节成本.....	16
图表 23:	碳纤维具有显著的规模优势.....	16
图表 24:	设备折旧等固定成本高占比表明产量摊薄成本的重要性.....	16
图表 25:	以 PAN 原丝替代材料降低成本.....	17
图表 26:	干喷湿纺通过扩产降低成本.....	17
图表 27:	优化设备降低成本.....	17
图表 28:	实现原丝材料替代可降低成本.....	18
图表 29:	国内销量/理论产能明显落后.....	18
图表 30:	国内企业集中度不断提高.....	18
图表 31:	国外龙头企业大多全产业链覆盖, 集中发展高端领域.....	19
图表 32:	2018 全球碳纤维需求以航空与风电多.....	20
图表 33:	2018 年中国碳复材最大应用领域为体育.....	20
图表 34:	碳纤维在各潜在市场应用的特征差异.....	20
图表 35:	成本降低推动碳纤维应用市场发展.....	21
图表 36:	航空材料历经四代变迁, 碳纤维复合材料在航空航天领域具有较为广阔的应用前景.....	21
图表 37:	军民用飞机上复合材料使用量中占比逐渐提升.....	22
图表 38:	全球航空航天碳纤维需求不断增长.....	22
图表 39:	商用客机与军用飞机占航空需求主导.....	22
图表 40:	F/A-18E/F 战斗机大量使用 CFRP.....	23
图表 41:	美国军机复合材料使用情况.....	23
图表 42:	军费增长为军备建设提供强劲支撑.....	23
图表 43:	中国装备费在国防费中比例不断提高.....	23
图表 44:	B787 机身结构约 50% 为复合材料.....	24
图表 45:	复合材料在商用客机中使用比例提高.....	24
图表 46:	赫氏通过稳定研发投入与下游合作获得更多市场份额.....	24
图表 47:	C919 碳纤维复合材料用量 12%, 对比竞争机型 A320、B737 约 50% 的用量还有很大差距.....	25

图表 48:	国内外复合材料鉴定流程繁琐且漫长.....	25
图表 49:	国产飞机审飞难,耗时长.....	26
图表 50:	风电叶片要求材料轻、强度高、成本低.....	26
图表 51:	支撑梁是叶片中碳纤维应用最多的部位.....	26
图表 52:	GE 预测风轮直径将扩大.....	27
图表 53:	碳层压板比玻璃层压板承压能力强.....	27
图表 54:	高性价比、高弹性市场驱动高风电市场需求.....	27
图表 55:	全球风电市场规模逐步扩大且增速稳定.....	28
图表 56:	2018 年中国风电市场潜在规模巨大.....	28
图表 57:	风电成本低且下降快.....	29
图表 58:	风电中碳纤维比玻璃纤维优惠.....	29
图表 59:	运用碳纤维车身利于提升赛车性能.....	29
图表 60:	汽车重量越小燃油效率越高.....	29
图表 61:	运用碳纤维可显著减轻汽车重量.....	30
图表 62:	轻量化趋势使得汽车复材应用比例增加.....	30
图表 63:	宝马将碳纤维应用于多个车型.....	30
图表 64:	碳纤维复合材料具有性能及减重优势.....	31
图表 65:	碳纤维比铝合金减重大但成本高.....	31
图表 66:	近年汽车与碳纤维制造商合作增加.....	31
图表 67:	碳纤维比铝合金、钢铁减重大但成本高.....	31
图表 68:	碳纤维在新能源汽车上的能源节省效应不显著.....	32
图表 69:	碳纤维在高尔夫球杆上广泛应用.....	32
图表 70:	碳纤维减轻球杆质量,提高击球速度.....	32
图表 71:	高尔夫为体育碳纤维市场最大应用领域.....	33
图表 72:	全球体育休闲碳纤维需求缓慢提升.....	33
图表 73:	体育应用碳纤维市场需求增速逐步放缓.....	33
图表 74:	外企营收规模远大于国内企业.....	34
图表 75:	13-18 年内资预付占比随营收增加下降.....	34
图表 76:	国内外企业应收占流动资产比重差异明显.....	34
图表 77:	从国家重视程度看碳纤维技术升级的难度.....	35
图表 78:	国内外企业毛利率差异较大.....	36
图表 79:	国内外主要碳纤维企业成本差异较大.....	36
图表 80:	国内折旧摊销占营业成本较高.....	36
图表 81:	国内外企业在产能、销量、客户存在较大差异,外资高端居多.....	37
图表 82:	复合材料结构设计与传统材料不同,设计性强是主要特征.....	37
图表 83:	复合材料结构设计与实验流程相较传统材料复杂.....	38
图表 84:	光威复材在碳梁业务中受制于成本控制.....	38
图表 85:	国内三家主要碳纤维公司均有其优势小丝束产品.....	39
图表 86:	头部企业注重研发以持续提升竞争力.....	40
图表 87:	相关公司主要产品与国家政策导向一致,易于承接更多国家项目.....	40
图表 88:	航空用碳纤维业务是头部企业稳定发展的“压舱石”.....	41
图表 89:	碳纤维复材企业多与客户保持紧密合作,国内重点复材设备较为紧缺.....	42
图表 90:	全球大丝束产能相对小丝束产能较小.....	42
图表 91:	同级别大丝束制备技术难度更大.....	43
图表 92:	同级别大丝束部分性能优于小丝束.....	43
图表 93:	国内大丝束新建项目利于发挥各地区区位优势.....	44
图表 94:	全产业链布局利于承接碳梁业务.....	44
图表 95:	东丽深耕材料领域,业务结构较为稳定.....	45

图表 96:	HEXCEL 营收、毛利稳步增长	45
图表 97:	东丽&赫氏碳纤维“有产能、有产量”	46
图表 98:	东丽各发展阶段对市场有不同的把握	47
图表 99:	“另辟蹊径”入行业，“曲线救国”拓市场	47
图表 100:	赫氏高模高强产品几乎覆盖军机 F22，大客户订单稳增	48
图表 101:	国防及商航成为赫氏营收主要推动力	48
图表 102:	商业航空复材业务贡献赫氏主要营收	48
图表 103:	波音 787 机型放量贡献赫氏主要营收且对客户依赖大	49
图表 104:	东丽绑定大客户与技术并购，产业结构与渠道综合拓展	49
图表 105:	赫氏以产能扩张、拓展下游为主导进行整合	50
图表 106:	“母公司”思维下的战略布局，东丽产销反馈机制健全	51
图表 107:	东丽研发集中于本土，致管理费用偏高	51
图表 108:	东丽资产投资占比多年领先国内主要公司	52
图表 109:	我国公司产能仍有很大差距	52
图表 110:	地区产能建设与营收规模相匹配，高效布局	52
图表 111:	HEXCEL 制造厂遍布全球且每一家都通过了质量管理体系认证	53
图表 112:	东丽具有完整的复合材料研发体系，且综合性强，利于快速实现成果研发及应用转化	54
图表 113:	东丽高性能产品覆盖领域广	55
图表 114:	NANAOLLOY®与常规 CFRP 性能比较	55
图表 115:	用于 CFRP 的新型高压釜技术（左） TORAYCA® MX 系列优势（右）	55
图表 116:	产品持续升级，注重价格与性能在多个市场的应用	56
图表 117:	碳纤维“本土化”政策促进赫氏业绩改善	57
图表 118:	赫氏在历史发展时期经历多次业务重组，逐步将经营重心转至航空复材领域	58
图表 119:	高占比的航空用复材业务下，赫氏复材业务营业利润率高于且波动性小于东丽	59
图表 120:	东丽高经营杠杆下业绩波动较大	59
图表 121:	聚焦高盈利航空复材赫氏毛利率改善	59
图表 122:	东丽碳纤维部门折旧占比高于营收占比，可以依靠营收能力强的传统部门资金支持	60
图表 123:	波音 787 全部复材几乎由东丽、赫氏包揽	61
图表 124:	中航复材在国内碳纤维复材技术及设备有领先优势	62
图表 125:	轨道交通复材产业化阶段流程	62
图表 126:	国际巨头大多实现全产业链覆盖（指从 PAN 原丝到复材）	63
图表 127:	国内企业产业链整合或可大幅降低采购成本	63
图表 128:	业务营收受下游景气度影响明显，市场选择应审慎	64

1 碳纤维——性能优异工业材料，制造全环节技术壁垒高

碳纤维是由有机纤维（主要是聚丙烯腈纤维）经碳化及石墨化处理而得到的微晶石墨材料纤维。碳纤维的含碳量在 90% 以上，具有强度高、比模量高（强度为钢铁的 10 倍，质量仅有铝材的一半）、质量轻、耐腐蚀、耐疲劳、热膨胀系数小、耐高低温等优越性能，是军民**用重要基础材料**，应用于航空航天、体育、汽车、建筑及其结构补强等领域。相比传统金属材料，树脂基碳纤维模量高于钛合金等传统工业材料，强度通过设计可达到高强钢水平、明显高于钛合金，在性能和轻量化两方面优势都非常明显。然而碳纤维成本也相对较高，虽然目前在航空航天等高精尖领域已部分取代传统材料，但对力学性能要求相对不高的传统行业则更看重经济效益，传统材料依然为主力军。

图表1：碳纤维力学性能出色，是军民**用重要基础材料**

性能特点	简介
密度小、质量轻	碳纤维的密度为 1.5-2 g/cm ³ ，相当于钢密度的 1/4、铝合金密度的 1/2。
强度、弹性模量高	强度在 3500MPa 以上，比钢大 4-5 倍，弹性回复为 100%，弹性模量在 230GPa 以上。
热膨胀系数小	导热率随温度升高而下降，耐骤冷、急热，即使从几千摄氏度的高温突然降到常温也不会炸裂。
摩擦系数小	具有一定润滑性。
导电性好	25°C 时高模量碳纤维的比电阻为 775 μΩ/cm，高强度碳纤维则为 1500 μΩ/cm
耐高温和低温性好	在 3000°C 非氧化气氛下不融化、不软化，在液氮温度下依旧很柔软，也不脆化。
耐酸性好	对酸呈惰性，能耐浓盐酸、磷酸、硫酸等侵蚀。
其他特性	耐油、抗辐射、抗放射、吸收有毒气体和使中子减速等。

资料来源：新材料在线，方正证券研究所整理

图表2：碳纤维在部分性能上不劣于其他主要工业材料

材料	密度 (g/cm ³)	抗拉强度 (GPa)	拉伸模量 (Gpa)	优点	缺点
铝合金	2.8	0.47	75	制造技术成熟，物理性能良好	成本较高，承载能力、耐高温性较弱
钛合金	4.5	0.96	114	热膨胀系数低，可塑性良好，抗腐蚀，环保	成本较高，比重大
高强钢	7.8	1.08	210	制造技术成熟，耐腐蚀性好，成本低廉	机械性能较弱，强度偏低
碳纤维	1.5-2	2.0-7.0	200-700	力学性能优异，轻量化程度高	成本高，制造工艺复杂难度大
玻璃纤维	2	1.5	42	优秀的绝缘、耐高温、抗腐蚀能力，价格较低	性脆，耐磨性较差

资料来源：《PAN 基碳纤维的生产与应用》，方正证券研究所

全产业链看，制造碳纤维产品的上游原丝端与中游复合材料均是碳纤维产业链的核心环节，整个制造的全环节技术壁垒均高。作为碳纤维的前驱体，高质量的 PAN 原丝是制备高性能碳纤维的前提条件，但其中的聚合、纺丝、碳化、氧化等工艺并非朝夕能够达成，其产业化工艺以及反应装置核心技术是关键。例如据《合成纤维工业》2019 年第 42 卷，碳纤维设备生产技术几乎被国外垄断，且严格限制对华出口，如碳化炉、石墨化炉等关键设备研发滞后。碳纤维一般不是单独使用，而是以复合材料的形式被使用，一般以树脂碳纤维居多。除 PAN 原丝外，碳纤维复合材料设计、制造、评价是碳纤维应用的基础，亦制约着碳纤维产业的发展。碳纤维复合材料中主要成分除碳纤维外，还有树脂基材。碳纤维原丝即 PAN 原丝质量固然重要，但若在

中游复材环节，没有质量与性能突出、产业化规模的树脂基材，以及没有用于配套生产复材的核心设备，碳纤维仍然无法得到大规模的应用。

图表3：碳纤维原丝及碳纤维复合材料均是产业链上重要的两个环节



资料来源：中简科技招股说明书，方正证券研究所

处于上游的碳纤维分类方式较多，但分类依据多为其力学性能。因力学性能差异较大，不同碳纤维的应用领域也有较大差别。(1) 可按照力学性能分为通用性和高性能性，主要根据其强度（反映材料的抗断裂能力）及模量（反映材料抵抗弹性变形的能力）来分类。而碳纤维在应用时多是作为增强材料以利用其优良的力学性能，从而更多的时候是按照力学性能分类。(2) 可按照丝束大小分为小丝束和大丝束，该分类方式易于区分其下游市场。小丝束主要是指24K以下（指碳纤维丝束中单丝数量,1K=1000根），因其性能较为优异，常用于航空航天等领域。大丝束目前常为36K、48K，因其碳纤维粘连、断丝等现象较多，这样会使强度、刚度受影响，所以性能相对较低、分散性也较大。但大丝束碳纤维生产成本较低，故大丝束碳纤维被称为“工业级”碳纤维，主要应用于工业领域，包括汽车、风电等领域。

图表4：东丽聚丙烯腈（PAN）基碳纤维牌号分类

牌号	拉伸强度 (Mpa)	拉伸模量 (Gpa)	断裂伸长率 (%)	体密度 (g/cm3)
T300-3K/12K	3530	230	1.5	1.76
T700S-12K	4900	230	2.1	1.80
T700G-12K	4900	240	2	1.80
T800H-6K/12K	5490	294	1.9	1.81
T800S-24K	5880	294	2	1.80
T1000G-12K	6370	294	2.2	1.80
T1100	6600	324	2	1.79
M35J-6K/12K	4700	343	1.4	1.75
M40-6K/12K	2740	392	0.7	1.81
M40J-6K/12K	4410	377	1.2	1.77
M46J-6K/12K	4210	436	1	1.84
M50J-6K/12K	4120	475	0.8	1.88
M55J-6K	4020	540	0.8	1.91
M60J-3K/12K	3920	588	0.7	1.93

资料来源：中简科技招股说明书，方正证券研究所

图表5：我国国家标准与日本东丽性能匹配表

序号	按力学性能分类	国家标准牌号	日本东丽牌号
1	高强型	GQ3552	T300
2		GQ4522	T700
3	高强中模型	QZ5526	T800
4		QZ6026	T1000
5	高模型	GM3040	M40
6	高强高模型	QM4035	M40J
7		QM4040	M46J
8		QM4045	M50J
9		QM4050	M55J
10		QM4055	M60J

资料来源：中简科技招股说明书，方正证券研究所

图表6: 同级别大丝束部分性能优于小丝束

分类方式	种类	强度	模量	
力学性能	通用级	<1400Mpa	<140Gpa	
	高性能	>2000Gpa	>250Gpa	
丝束大小	种类	碳纤维丝束中单丝数量	性能特点	应用领域
	小丝束	1K、3K、6K、12K、24K	制作板材等结构时，丝束不易展开，导致单层厚度增加，不利于结构设计；大丝束碳纤维粘连、断丝等现象较多，成本低，但实际上制备难度更大	一般使用在航空航天等要求非常高的领域以及高端体育休闲用品，如飞机、导弹、火箭、卫星和高尔夫球拍、网球拍等
	大丝束	36K、48K	加工成结构件时，丝束容易展开，粘连、断丝的现象较少，对产品的强度、刚度影响小，成本较高	主要应用于工业领域，包括：纺织、医药卫生、机电、土木建筑、交通运输和能源

资料来源：新材料在线，中简科技招股书，方正证券研究所

碳纤维制备过程中，质量过关的原丝是产业化的前提。碳纤维的强度显著地依赖于原丝的致密性和微观形态结构，质量过关的原丝是实现产业化的前提，是稳定生产的基础。目前，比较常用的纺丝工艺是湿法纺丝、干湿法（干喷湿纺）纺丝。在致密性方面，干喷湿纺纺丝工艺是高性能碳纤维原丝的主流制备方法，且成本相比于湿法较低。据《PAN 基碳纤维生产成本分析及控制措施》，在同样的纺丝装备及能源消耗条件下，干湿法纺丝的综合产量是湿法纺丝的 2-8 倍，PAN 基碳纤维丝束的生产成本可降低 75%。干喷湿纺中，纺丝液从喷丝孔喷出形成细流后，先经过一段空气层（1-20 厘米），再进入凝固浴，在凝固浴中完成固化，可实现高速纺丝，用于生产高性能的纤维，同时具有干法和湿法的优点。干喷湿纺也是当前国际碳纤维巨头的主要纺丝方法，日本东丽的主流型号 T700、T800、T1000 碳纤维都是采用干喷湿纺制备而成。截止 2018 年，国内企业的碳纤维大部分仍采用湿法纺丝制备，顶尖龙头已成功掌握干喷湿纺工艺。

图表7: 国内企业碳纤维纺丝工艺主要以湿法为主

公司名称	工艺路线	溶剂	纺丝工艺
东丽	一步法	DMSO 溶剂	湿纺/干喷湿纺
帝人	-	ZnCl ₂ 水溶液	湿纺
三菱	-	DMF	湿纺/干喷湿纺
光威复材	一步法	DMSO 溶剂	湿纺/干喷湿纺
恒神股份	一步法	DMSO 溶剂	湿纺/干喷湿纺
中复神鹰	一步法	DMSO 溶剂	干喷湿纺
中简科技	一步法	DMSO 溶剂	湿纺/干喷湿纺
吉林碳谷	两步法	DMAc 纺丝溶剂	湿纺

资料来源：新材料在线，方正证券研究所

碳纤维技术发展至今已经历三代变迁，同时实现高的拉伸强度和弹性模量是目前碳纤维研制过程中的技术难点。近年来日美从两条不同技术路径在第三代碳纤维上取得技术突破，并有望在未来 5-10 年内

实现工业化生产，对于提高战机、武器的作战能力意义重大。东丽利用传统的 PAN 溶液纺丝技术使得碳纤维强度和弹性模量都得到大幅提升，是通过精细控制碳化过程，在纳米尺度上改善碳纤维的微结构，对碳化后纤维中石墨微晶取向、微晶尺寸、缺陷等进行控制。以当前东丽较为先进的碳纤维制品 T1100G 为例，T1100G 的拉伸强度和弹性模量分别为 6.6GPa 和 324GPa，比 T800 提高 12% 以及 10%，正进入产业化阶段。美国佐治亚理工学院从原丝制备工艺入手，利用创新的 PAN 基碳纤维凝胶纺丝技术，通过凝胶把聚合物联结在一起，产生强劲的链内力和微晶取向的定向性，保证在高弹性模量所需的较大微晶尺寸情况下，仍具备高强度，从而将碳纤维拉伸强度提升至 5.5~5.8GPa，拉伸弹性模量达 354~375GPa。

图表8：三代碳纤维技术变迁主要集中在碳纤维微结构和纺丝技术

碳纤维	特征	品名	拉伸强度 (MPa)	拉伸模量 (GPa)	伸长率 (%)	密度 (g/cm ³)	用途	技术变化
一代	低强度、低模量	T300	3530	230	1.5	1.76	航空航天应用领域（逐渐淘汰）	湿法纺丝
		T300B	3530	230	1.5	1.76		
		T400HB	4410	250	1.8	1.8	为航空航天应用而设计（逐渐淘汰）	
二代	高强度、中等模量	T700SC	4900	230	2.1	1.8	各种工业和休闲娱乐用品，包括天然气汽车（NGV）储罐和 SCBA 呼吸罐等压力容器。	干喷湿纺
		T800SC	5880	294	2	1.8	T800H 的一种非常经济的、更高拉伸强度的替代品	干喷湿纺、关键参数、结构优化
		T800HB	5490	294	1.9	1.81	主要用于商用飞机的一级结构，包括垂直鳍和水平稳定器。	
		T830HB	5340	294	1.8	1.81		
		T1000GB	6370	294	2.2	1.8	适用于轻质、高强领域，如航空航天器和卫星的压力容器，以及燃料电池车辆储氢瓶。	碳纤维躯体链结构优化、纺丝液流变性调控、纤维微纳米结构控制等。（eg：聚丙烯腈新型中空碳纤维）
三代	高强度、高模量	T1100GC	6600	324	2	1.79	具有更加优异的加工性能，目前在改进、完善阶段，未工业化生产	日本：纳米级改善碳纤维微结构 美国：PAN 基碳纤维凝胶纺丝技术

资料来源：日本东丽官网，新材料在线，方正证券研究所

中游的碳纤维复合材料以树脂基复合材料（CFRP）为主，占全部碳纤维复合材料市场份额的 90% 以上。复合材料是由两种或两种以上不同性质的材料，通过物理或化学的方法，在宏观上组成具有新性能的材料。各种材料在性能上互相取长补短，产生协同效应，使复合材料的综合性能优于原组成材料以满足各种不同的要求。复合材料根据不同物相在空间上的连续性，可以将其分为基体与增强材料。一般而言，碳纤维不单独应用于下游领域，常作为增强材料形成复合材料。据光威复材招股说明书，碳纤维复合材料以树脂基复合材料（CFRP）为主，占全部碳纤维复合材料市场份额的 90% 以上。在 CFRP 中，受力的是碳纤维，树脂在其中起到粘结的作用。CFRP 以其明显的减重增强的作用而广泛应用于航天航空、体育娱乐用品等领域。换句话说，碳纤维复合材料才是直接接触下游市场的应用形式。

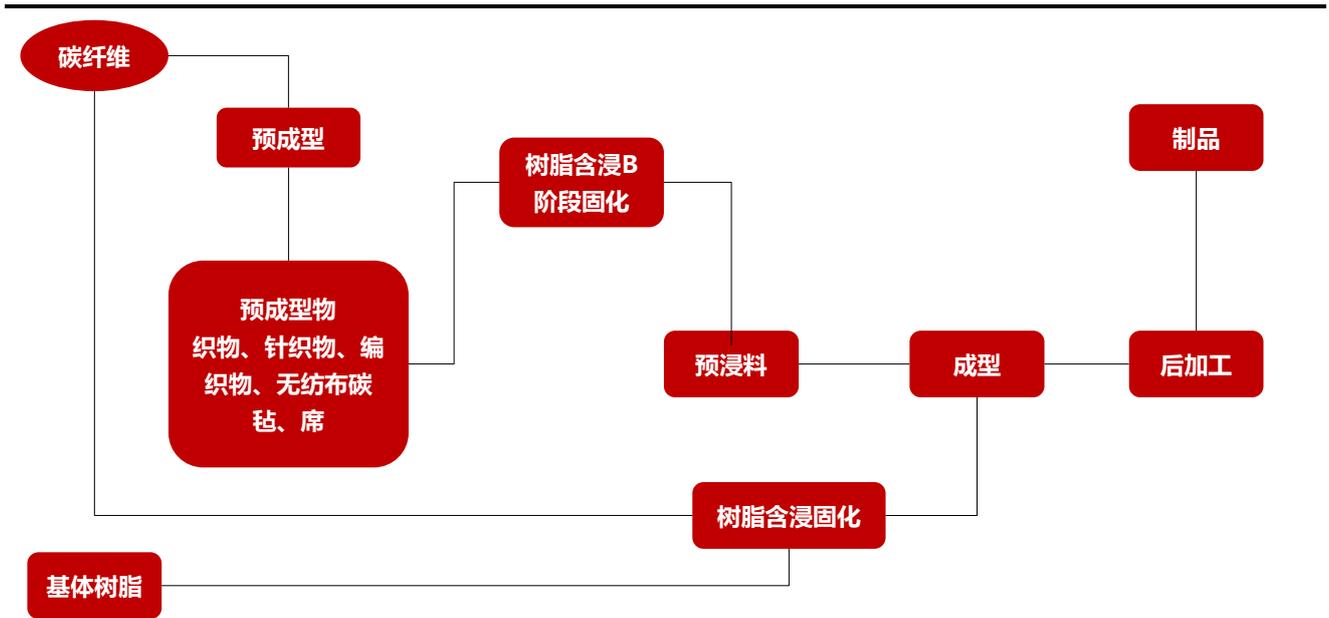
图表9：碳纤维复合材料种类繁多，应用广泛

分类	子分类	特点	应用领域
树脂基复合材料 (CFRP)	热固性树脂 (TS)	强度、刚度高；酚醛树脂基耐热性好	宇宙飞行器外表面防热层及火箭喷嘴（酚醛树脂基）、航空航天结构材料（环氧树脂基）、钓鱼竿、建筑补强等
	热塑性树脂 (TP)	耐湿热、强韧、优良的成型加工性	
碳/碳复合材料 (C/C)	由碳纤维及其制品（碳布等）增强的复合材料	低密度、耐烧蚀、抗热震、高导热、低膨胀、摩擦磨损性能优异	导弹弹头、固体火箭发动机喷管、航天飞机、飞机刹车盘、人工骨骼等
金属基复合材料 (CFRM)	铜、铝、镍、钢	高比强度、高比模量、优异的疲劳强度	宇航结构材料、汽车、铁道、机械等
陶瓷基复合材料 (CFRM)	-	改善韧性、提高机械冲击/热冲击性	发动机高温部件等
橡胶基复合材料 (CFRR)	-	改善热疲劳性、提高使用寿命	管材、耐磨衬轮、特殊密封件等

资料来源：光威复材招股说明书，方正证券研究所

碳纤维复合材料的制备难度，一方面在于基体树脂材料的选择，另一方面在于成型技术。基体树脂材料的性能以及相对应的与碳纤维的配套体系，决定的是材料设计环节。但在该环节完成之后，无论制作试样还是量产，都离不开成型以及相关技术，虽然实际上两个环节不能完全分开。成型加工过程赋予材料一定的形态，使之体现出必要的特性，据《PAN基碳纤维的生产与应用》P107称，“这是CFRP制造中最重要的过程”。与此同时，碳纤维复合材料成型中部分技术的成功实现，是碳纤维在商业航空领域得以规模化应用的前提。据《PAN基碳纤维的生产与应用》，用于航空航天领域的CFRP构件此前大多使用预浸料工艺，但是预浸料工艺的成本较高，因预浸料的裁减和铺叠过程是人工成本和工艺时间消耗最大的环节。为改进这一局面，由飞机制造商与材料供应商共同研究开发出来的成型技术——自动铺放技术，达到了通过自动化和高速化完成对大型复合材料部件的成型、提高生产效率、降低生产成本的目的。通常使用铺放成型技术可以比其他的成型工艺减少成本至少30%~50%。正是由于自动铺放成型技术的出现，CFRP在商用客机上的规模化应用才能够成为现实。

图表10：碳纤维复合材料成型加工过程，其中成型阶段以及基体树脂为关键要素



资料来源：《PAN基碳纤维的生产与应用》，方正证券研究所

全球看，对于单向增强材料的自动铺放在上世纪70年代后期已

实现了技术和设备的商业化。目前美国的自动铺带机已经发展到第五代，商品化的先进 ATL 机床结构复杂，此类技术对于国内仍处于封锁状态。另据 2015 年中国航空报《中国新战机材料工艺达国际先进水平提高隐身性能》报道，中航复材材料有限责任公司“在国内率先将数字化下料、激光投影和自动铺带技术应用于型号产品的研制和批量生产，降低了成本，缩短了制造周期，保证了产品的质量稳定性和一致性，缩短了与发达国家的水平差距”。综合来看，国内在基体树脂材料、成型工艺技术方面仍有较大的进步空间。

图表11：北航研制的大型自动铺带机



资料来源：新材料在线，方正证券研究所

图表12：碳纤维预浸料手动铺叠



资料来源：新材料在线，方正证券研究所

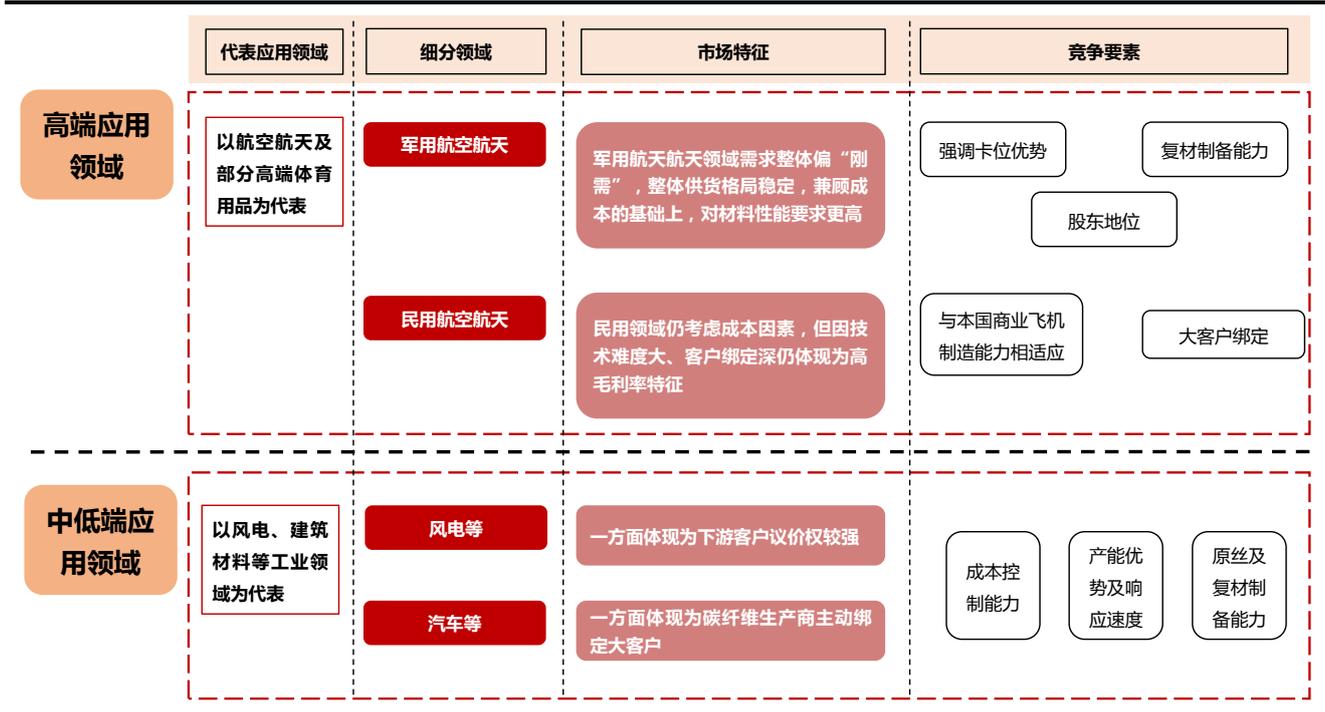
2 性能/成本区分高低端市场，高端航空刚需、赛道长且佳

2.1 商业模式端，市场需求差异下高低端市场驱动力不同

2.1.1 航空航天高端领域技术为先，中低端市场拓展限制在成本

高端市场对碳纤维及其复合材料有高性能要求，尤其在军用航空航天领域，对于国内而言体现为较大程度的“刚需”。具体看，航空航天领域特种用及民航碳纤维商业模式及驱动力存在一定差异。军用航空对性能的要求反映为对碳纤维的偏刚需，而民用航空领域着重考虑直接及间接成本因素。但因技术难度大、客户绑定深仍体现为高毛利率特征。而工业领域逐步倾向于使用大丝束碳纤维，更多体现为中低端的成本竞争层面。成本竞争一方面体现为下游客户议价权较强。在常用的领域如风电、建筑材料等，碳纤维复合材料制造工艺相对简单，且下游风电整机厂商客户较为集中，买家议价权较强，可在碳纤维产业链中的不同环节选定不同供应商。如风电厂商维斯塔斯希望光威复材部分碳纤维从台塑进口，体现对成本以及分散上游供应商集中度的考量。成本竞争的另外一方面常体现为碳纤维生产商主动绑定大客户。碳纤维整体具有显著的规模效应，产量的增加利于提高碳纤维制造商的盈利能力，绑定大客户利于借助其市场需求较为稳定的增长充分发挥规模优势。此外，虽然碳纤维具有较优异性能，但由于多数客户仍出于对“新事物”的担忧，以及碳纤维复合材料的可设计性导致需要与客户进行深度绑定以最大化发挥碳纤维性能，碳纤维应用范围仍然受限。当前多数碳纤维企业正积极与下游客户合作。

图表13: 碳纤维复材下游不同应用领域的商业模式存在较大差异



资料来源：方正证券研究所

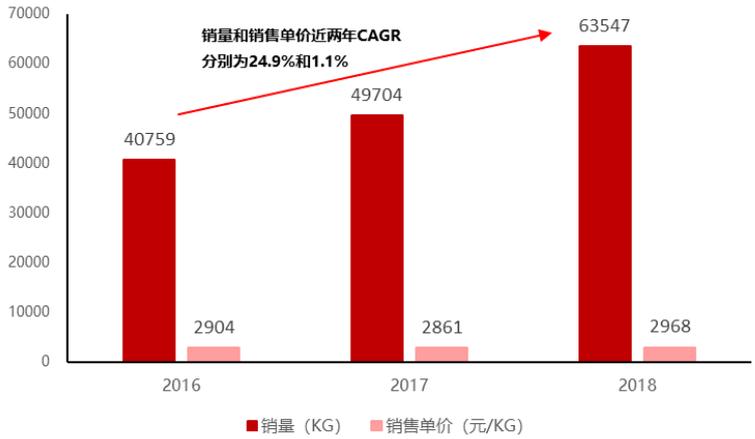
高端航空航天领域，下游用户整体更关注产品性能，产业链供货格局稳定。据2019年7月发表的《解析航空航天领域碳纤维复合材料的实践应用》，“碳纤维的应用极大的提高了我国在航空航天领域武器装备质量……由于国外碳纤维复合材料的研究与发展远远快于我国，无论是从碳纤维复合材料的性能还是从碳纤维复合材料的环保和经济上，我国都远远落后于国外。”对高端航空航天用高端碳纤维复合材料的“刚需”亦体现在我国中航工业等集团公司对相关产业的关注上。据2015年5月新华网新闻，时任中航工业董事长林左鸣在参观中简科技时称，“中航工业对国产碳纤维产品非常支持，并且明确规定成员单位必须使用已达标的国产碳纤维产品”。此外，碳纤维复合材料真正应用于下游常需要根据客户需求进行定制化设计，结合我国国内当前高端航空航天领域对高端碳纤维的“稀缺性”，通常更关心产品的性能，共同体现为低需求弹性。以中简科技为例，中简科技生产的碳纤维及碳纤维织物主要客户为国内大型航空航天企业集团，相关碳纤维产品整体呈现低需求弹性，该公司在2016-2018年碳纤维价格维持平稳。

图表14: 高端市场碳纤维价格明显高于中低端市场

	拉伸强度 (MPa)	拉伸模量 (GPa)	体密度 (g/cm ³)	价格 (元/kg)
T300B-3K	350	230	1.76	550-650
T700SC-12K	4900	230	1.80	145-200
T700SC-12K	4900	230	1.80	145-200
T800HB-12K	5490	294	1.81	1600-2200
T1000GB-12K	6370	294	1.80	2800-3000
M55JB-6K	4020	540	1.91	13000-18000

资料来源：上海九扶新材料科技有限公司，东丽官网，方正证券研究所

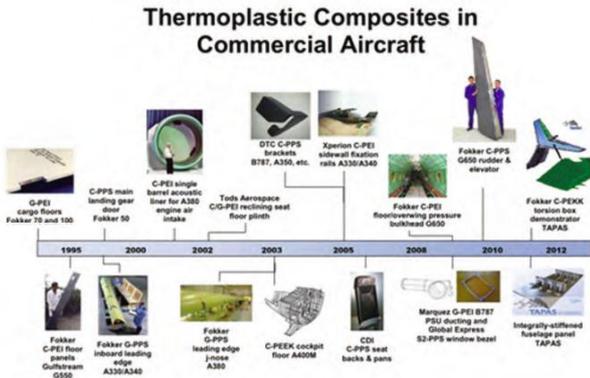
图表15: 以中简科技为例高端领域碳纤维价格稳定



资料来源: 中简科技公司公告, 方正证券研究所

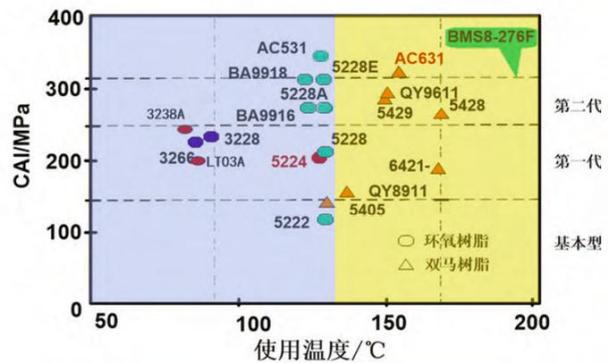
民用航天航空领域,除了技术考量外,成本亦为重要考虑因素。一方面,民用航空由于安全性是首要考量的因素,材料厂商需要在前期进入飞机设计环节,与飞机整机设计商与制造商共同接受适航审查,无形中体现了卡位优势,也加宽了民航产业链碳纤维制造企业护城河。例如,据《PAN基碳纤维的生产与应用》一书,日本东丽T700系列碳纤维的研制,是针对波音公司对民机减重的要求下,对部分承力构件进行轻量化设计的过程中所提出的要求而进行开发的。另一方面,民航制造商因航油价格高昂,达到轻量化目的的需求比其他领域更为强烈。当成本端达到制造成本低于后期节省燃油费用,民用航空领域大规模使用碳纤维复合材料才成为可能。据上文所述,航空用碳纤维预浸料自动铺叠技术的成功商业化,是民航规模化使用碳纤维复合材料的前提。后期随着碳纤维复合材料制备工艺的提升,民用航空上使用比例逐步提高。

图表16: 热塑性复材在商业航空器上使用量增加



资料来源:《航空碳纤维树脂基复合材料的发展现状和趋势》, 方正证券研究所

图表17: 国内航空高韧性树脂基复材发展趋势



资料来源:《航空碳纤维树脂基复合材料的发展现状和趋势》, 方正证券研究所

另一方面,在中低端领域主要集中于工业,其对性价比要求高,继而该市场从开始的技术竞争最终演变为成本竞争,以成本驱动中低端市场发展。由于技术壁垒,国内市场现无法实现规模化、商业化生

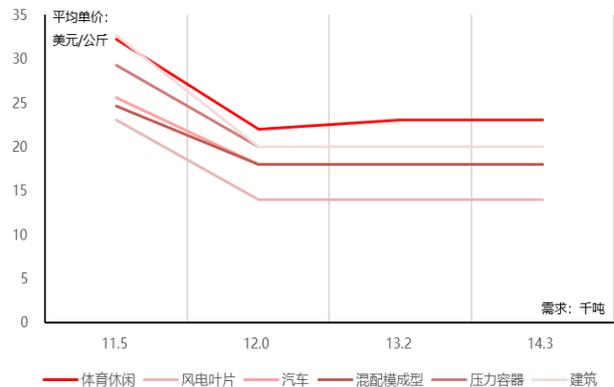
产大丝束碳纤维，大丝束碳纤维制造的核心技术基本上还是被美日垄断把控，但国内企业已逐渐重视大丝束碳纤维领域的产业化。据光威复材 2019 年 7 月发布公告称，拟总投资 20 亿元分三期建设万吨级碳纤维产业化项目，扩大大丝束碳纤维产量。相比于高端市场，中低端市场的碳纤维主要集中在 T300 和 T700 级别中。中低端领域的小丝束市场例如体育休闲技术已成熟，国内外都有生产能力，因而主要关注的是性价比。据赛奥碳纤维技术，2017 年国内碳纤维进口均价 20.319 美元/kg，而国内出口均价 28.617 美元/kg，东丽等外国龙头企业性价比优于国内，从而导致国内不得不降价获得市场份额，在体育休闲市场形成成本竞争。中低端市场需求上升和技术的成熟致产品成本及单价不断下降，体现出下游市场高需求弹性的趋势。

图表18： 中低端碳纤维产品需求强烈

行业	碳纤维品种	2017 年价格(元/kg)	2017 年需求量/t
军机	T300 级小丝束(3K, 6K)	3000	200-300
	T800 级小丝束(6K, 12K)	5000	少量
民机 (国内)	T300 级小丝束	800-1000	10
	T800 级小丝束(6K, 12K)	1500	10
	T800S 级小丝束(12K)	1200	-
航天 (结构)	T300 级小丝束(3K, 6K)	800-1000	5
	T800S 级小丝束(12K)	1200	-
	M 系列高模碳纤维	10000	5
体育休闲	T700S 级小丝束(12K)	140	8000
	T300 级小丝束(12K)	100	4000
建筑补强	T700S 级小丝束(12K)	140	900
	T300 级小丝束(12K)	100	900
风电叶片	T300 级大丝束(≥24K)	80(国外价格)	3000

资料来源：《五论国产碳纤维产业化之路》，方正证券研究所

图表19： 技术竞争转化为成本竞争



资料来源：赛奥碳纤维技术，方正证券研究所

2.1.2 原材料与能耗构成碳纤维主要成本，发挥规模优势利于降成本

从成本结构来看，能耗是成本的决定因素，其次是原材料和设备的资本投入。根据 2016 年发表的《Carbon fiber production costing: a modular approach》，能耗是 PAN 碳纤维总成本中最高的部分，约占 34%。而且碳纤维成本对于能源价格变动最为敏感，能源价格每千瓦时变动 0.01 欧元，每千克碳纤维成本变动 0.83 欧元。其次是前驱体所用原料成本，即丙烯腈、甲基丙烯酸酯、衣康酸，占比约 19%，其中丙烯腈每千克价格变动 0.01 欧元则碳纤维成本每千克变动 0.02 欧元。最后是设备的摊销成本占约 18%。从制备过程来看，氧化碳化过程成本最高，其次是 PAN 原丝生产初期进行聚合和制备涂料的过程。在原丝制备初期聚合和制备涂料过程，由于高成本原材料的投入导致此过程成本约占 25%。在湿法纺丝过程中，由于溶剂回收和热浴导致能耗高，同时溶剂回收装置投资大，此过程成本占比约为 19%。由于氧化碳化过程设备价值量大，设备维修费用较高，此外该过程中炉内温度高且耗费大量惰性气体如氮气等，导致氧化碳化过程耗费每千克 6.57 欧元，占比约为 33%。因而从制备环节看降成本的空间，在碳纤维制备初期主要集中在降低单位原材料成本以及降低纺丝过程中的能耗；而在原丝转化为碳纤维环节，集中在氧化碳化设备自主化研制（相比外购减少折旧以及后期维修费用）、能耗的减少、工业原料的规模化应用。

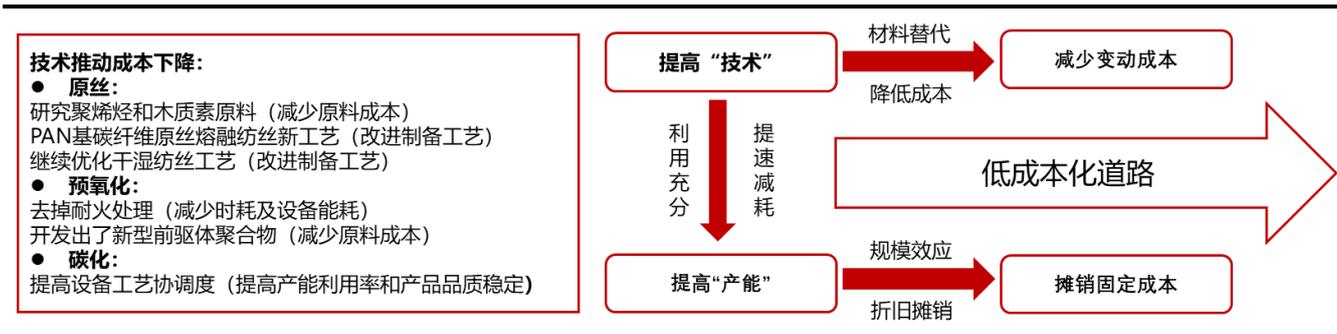
图表20: 高能耗与原丝是导致碳纤维复材高成本的主要因素

一千克碳纤维成本概述 (单位: ERU/kg, %)																				
制备环节	原材料		加工材料		劳动		设备		厂房		能耗		养护		保费		税收		总计	
前驱体	3.76	19.2	0.94	4.8	0.43	2.2	1.38	7	0.11	0.6	3.18	16.2	0.5	2.6	0.08	0.4	0.17	0.9	10.54	53.7
聚合 涂料	3.76	19.2	0.38	2	0.14	0.7	0.34	1.8	0.03	0.2	0	0	0.13	0.6	0.02	0.1	0.04	0.2	4.86	24.7
过滤	-	-	-	-	0.04	0.2	0.07	0.4	0.01	0	0.05	0.3	0.03	0.1	0	0	0.01	0	0.2	1
纺丝	-	-	-	-	0.05	0.3	0.09	0.4	0	0	0.06	0.3	0.03	0.2	0.01	0	0.01	0.1	0.25	1.3
凝固	-	-	0	0	0.05	0.3	0.03	0.2	0	0	0.14	0.7	0.01	0.1	0	0	0	0	0.26	1.3
水洗处理	-	-	0.17	0.9	0.07	0.4	0.58	3	0.03	0.1	2.48	12.6	0.21	1.1	0.03	0.2	0.07	0.4	3.65	18.6
延展	-	-	-	-	0.02	0.1	0.1	0.5	0.01	0.1	0.3	1.5	0.04	0.2	0.01	0	0.01	0.1	0.49	2.5
准备	-	-	0.14	0.7	0.02	0.1	0.03	0.2	0	0	0.01	0	0.01	0.1	0	0	0	0	0.23	1.2
干燥	-	-	-	-	0.02	0.1	0.05	0.3	0	0	0.12	0.6	0.02	0.1	0	0	0.01	0	0.22	1.1
收卷处理	-	-	0.23	1.2	0.02	0.1	0.07	0.4	0.01	0	0.01	0.1	0.03	0.1	0	0	0.01	0	0.38	1.9
前驱体转换	-	-	0.78	4	0.91	4.6	2.2	11.2	0.41	2.1	3.5	17.8	0.87	4.4	0.15	0.7	0.29	1.5	9.1	46.3
预处理	-	-	0	0	0.06	0.3	0.07	0.4	0.03	0.2	0.02	0.1	0.03	0.2	0.01	0	0.01	0.1	0.23	1.2
固化	-	-	-	-	0.28	1.5	0.69	3.5	0.18	0.9	0.75	3.8	0.29	1.5	0.05	0.2	0.1	0.5	2.34	11.9
碳化	-	-	0.58	2.9	0.28	1.5	0.89	4.6	0.06	0.3	1.94	9.9	0.32	1.6	0.05	0.3	0.11	0.5	4.23	21.5
表面处理	-	-	0.02	0.1	0.06	0.3	0.21	1.1	0.05	0.2	0.31	1.6	0.08	0.4	0.01	0.1	0.03	0.1	0.76	3.9
上浆处理	-	-	0.08	0.4	0.06	0.3	0.14	0.7	0.05	0.2	0.32	1.6	0.06	0.3	0.01	0.1	0.02	0.1	0.73	3.7
收卷处理	-	-	0.1	0.5	0.17	0.9	0.21	1.1	0.05	0.2	0.16	0.8	0.08	0.4	0.01	0.1	0.03	0.1	0.8	4.1
总计	3.76	19.2	1.72	8.7	1.33	6.8	3.58	18.2	0.52	2.6	6.68	34	1.37	7	0.23	1.2	0.46	2.3	19.64	100

资料来源: Carbon fiber production costing: a modular approach, 方正证券研究所整理

发挥规模优势是短期降成本的主要路径,寻找性价比高的前驱体(PAN原丝)、提高转化过程中的工艺技术以及垂直整合下游则属于长期降低成本的主要思路。(1)据美国橡树岭国家实验室2011年发表的报告,通过扩大工厂规模和生产线规模可以显著降低成本;(2)寻找原材料替代品,比如以木质素(硬木或软木)作为替代PAN原丝的资源可降低成本;(3)在原丝转化成碳纤维的转化过程,通过使用先进的氧化碳化设备和加工工艺,优化表面处理过程可降低成本;(4)整合下游产业从而减少中间环节成本,比如SGL集团与德国宝马公司共同投资建设低成本碳纤维工厂,以及日本东丽集团、三菱公司也与丰田汽车公司达成合作,希望开发新一代低成本碳纤维复合材料直接运用到下游汽车产业中,减少中间无谓损失以降低最终产品的成本。

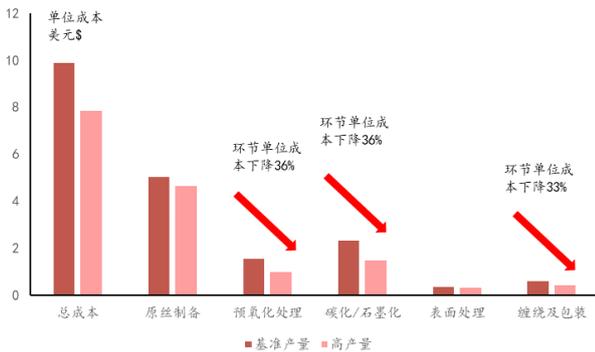
图表21: 规模优势、材料替代、提供转化工艺、整合下游为碳纤维降成本的主要路径



资料来源: 新材料在线, 美国橡树岭国家实验室, 方正证券研究所

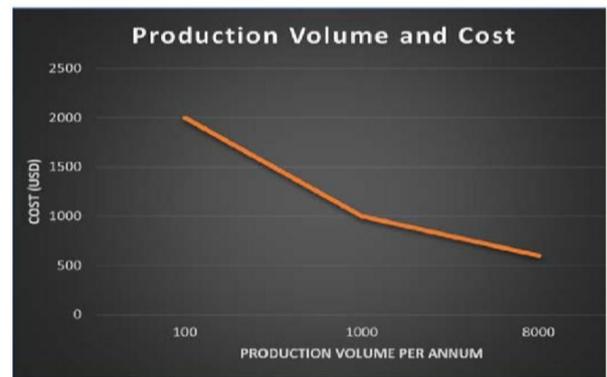
细致看，碳纤维行业具有明显规模效应，扩大生产规模利于降低碳纤维主要制造环节的成本，因此中短期看，在存在一定需求增长空间、产能利用率较低以及产能可扩建的基础上，需求量的增加将降低单位产量的成本。尤其对于部分对价格敏感的领域，成本的降低会反向刺激需求量的增加，形成良性正反馈。美国橡树岭国家实验室 2011 年报告表示，相比于基准产量，碳纤维行业通过扩大产能原丝工序可降低成本 8%，稳定化与氧化降低 36%，碳化石墨化降低 37%，表面整理降低 11%，卷曲与包装降低 33%，其中扩产对氧化碳化高能耗工序降成本效果更为明显。从复合材料来看，得益于扩产降低设备摊销费用，以及碳纤维的成本的降低。

图表22：产量的提高将利于降低多环节成本



资料来源：美国橡树岭国家实验室，方正证券研究所

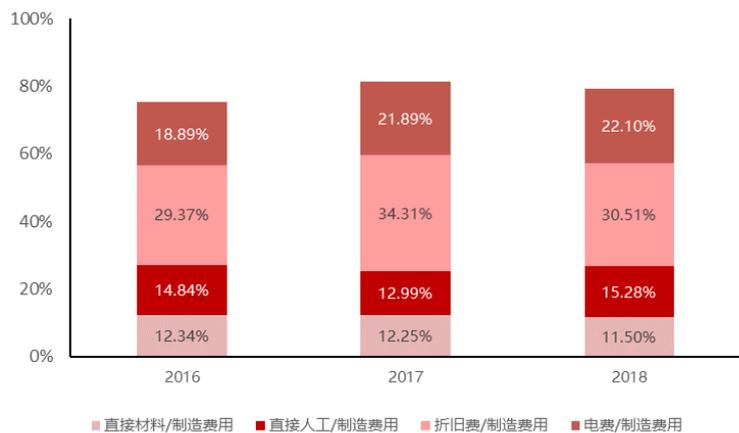
图表23：碳纤维具有显著的规模优势



资料来源：新材料在线，方正证券研究所

以中简科技为例，其主营业务的成本构成中制造费用占比较高，制造费用主要为生产环节的资产折旧与摊销，以及燃料、动力、蒸汽等支出。2016-2018 年制造费用占主营业务成本的比重分别为 70.55%、72.97%和 73.22%。主要原因是碳纤维生产具有占地面积大、设备价值高的特点，各期折旧摊销较大，以及碳纤维生产所需的能源消耗较大，导致制造费用占比较高。因而在短期内，扩大产能、提高产能利用率是降低成本的基本途径。

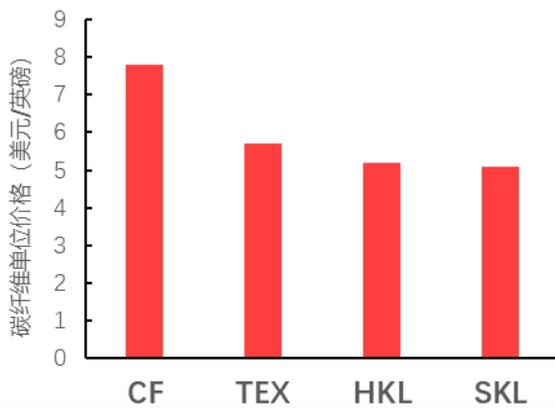
图表24：设备折旧等固定成本高占比表明产量摊薄成本的重要性



资料来源：中简科技招股说明书，方正证券研究所

优化原丝制造工艺可以提高生产效率，缩短工序耗时长度，从而在同样时间内扩大产量降低摊销成本。比较寻找替代原材料的难度，我们认为提高现有工艺技术更是主流趋势，短期看干湿法纺丝仍然是主流但长期来看可能会被 PAN 基碳纤维原丝熔融纺丝工艺等取代。虽然美国的橡树岭国家实验室从 2007 年开始一直致力于寻找低成本的原材料，他们相继开发了聚烯烃和木质素原料的碳纤维前躯体，但由于开发难度大，实现扩产成熟运用还有一定难度。据《PAN 基碳纤维生产成本分析及控制措施》，在同样的纺丝装备及能源消耗条件下，干湿法纺丝的综合产量是湿法纺丝的 2-8 倍，PAN 基碳纤维丝束的生产成本可降低 75%。以中简科技为例，我们测算，当除折旧外的一切费用与产量成比例增长，折旧费暂且保持不变的情况下，全部用干湿法保守估计有望使得单位碳纤维成本下降 15%-27%。此外，美国 ORNL 采用熔纺工艺成功纺制碳纤维原丝，其纺丝速度 1800 m/min，而湿纺工艺的速度仅有 200 m/min，熔纺工艺使得熔纺原丝成本较湿纺原丝成本下降 52%，整体碳纤维成本下降 31%。

图 25: 以 PAN 原丝替代材料降低成本



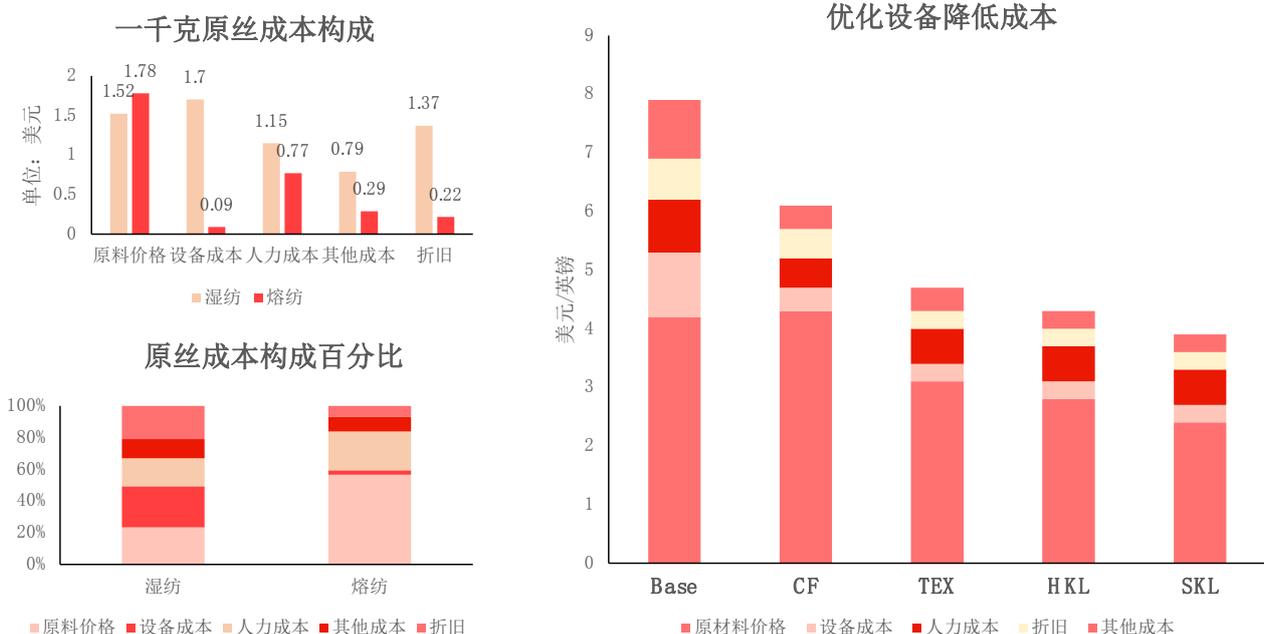
资料来源: 美国橡树岭国家实验室, 方正证券研究所

图 26: 干喷湿纺通过扩产降低成本

	2018	2018-2 倍	2018-8 倍
直接材料(万元)	437.85	875.71	3502.84
直接人工(万元)	582.00	1164.01	4656.05
制造费用(万元)	2788.71	4415.57	14176.60
折旧费(万元)	1161.89	1161.89	1161.89
电费(万元)	841.67	1683.36	6733.44
合计(万元)	3808.56	6455.29	22335.49
产量(KG)	67999.24	136000.00	544000.00
单位材料成本(元/KG)	64.39	64.39	64.39
单位人工成本(元/KG)	85.59	85.59	85.59
单位制造费用(元/KG)	410.11	324.67	260.60
单位成本合计(元/KG)	560.09	474.65	410.58
单位成本增速	与 2018 比	-15%	-27%
产量增速	与 2018 比	100%	700%

资料来源: 中简科技招股说明书, 方正证券研究所

图 27: 优化设备降低成本



资料来源: 美国橡树岭国家实验室, 《碳纤维供求状况与生产成本》, 方正证券研究所

图表28： 实现原丝材料替代可降低成本

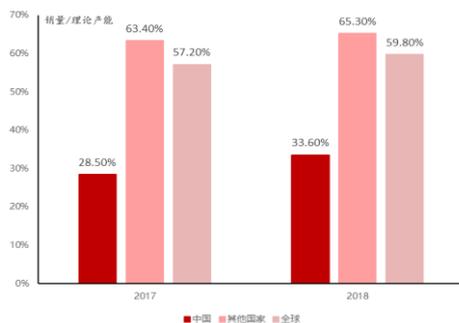
原材料	原丝成本	加工成本	总成本
木质素	1.52	6.27	7.79
聚烯烃	1.57-2.36	-	-
熔纺 PAN	6.3	17.4	23.7
纺织品级 PAN	4.4-13.2	12.25-25.4	16.65-38.6
传统 PAN	11.1	25.15	36.25

资料来源：中科院宁波材料所特种纤维事业部，方正证券研究所（单位：美元/kg）

氧化过程由于耗时长、能耗高导致高成本，长期看可通过探寻新技术以缩短预氧化时长，达到减小能耗降低成本的目的。PAN基原丝预氧化目的是为了防止原丝在碳化时熔融，整个过程耗时较长，温度较高（200℃-300℃），导致预氧化过程的能耗成本较高。现行制造方法的耐火处理中，氧化反应的控制难度较大，无法提高烧制速度导致产品成本居高不下。若在保证质量的前提下通过缩短预氧化时间提高生产线产量，则单位成本将大幅下降。日本新能源及产业技术综合开发机构（NEDO）与东京大学、日本产业技术综合研究所、东丽等通过共同研究，开发出了生产效率提高至现行生产工艺10倍的碳纤维（CF）制造方法。特点是通过省去耐火处理，将以往需要30~60分钟的烧制时间缩短到了约5分钟，同时采用新的低成本材料配套新工艺，用新制造方法制造的碳纤维的拉伸弹性模量为240GPa，拉伸强度为3.5GPa，延伸率达到1.5%，达到东丽通用级碳纤维“T-300”水平。

注重制造设备的自研，提高设备和工艺匹配度从而提高产能利用率来降低成本。碳纤维自研发以来一直被视为高端装备用材料，因此西方国家对我国实行严格的技术和设备禁运。日系公司则通过对碳纤维关键产品和技术禁运，对通用型产品进行低价挤压，从而压制国内碳纤维的研发进展。据赛奥碳纤维技术，2018年我国碳纤维企业的产能利用率在30%左右，低于全球平均水平。由于根本技术问题未得到解决，即使国产碳纤维不断扩产，国内企业集中度不断上升但产能利用率未能得到提高，形成“有产能，无产量”的矛盾局面。到目前为止，我国大多生产设备仍然依靠进口，并且没有配套的工艺与之配合。

图表29： 国内销量/理论产能明显落后



资料来源：赛奥碳纤维技术，方正证券研究所

图表30： 国内企业集中度不断提高

	2015	2016	2017	2018
产能千吨以上	6	6	7	8
产能在500-1000吨之间	6	6	4	4
产能在100-500吨之间	9	9	7	5
产能在100吨以下	3	3	2	2

资料来源：赛奥碳纤维技术（单位是企业存续数量）

与此同时，国外龙头企业大多形成全产业链覆盖，有利于降低成本，而国内企业产业链的各个环节较为分散。由于碳纤维行业具有高资本投入和高技术壁垒，国外龙头企业起步早、技术强，设备、工艺、材料等大多属于自主研发，一般实现从原丝到下游市场全产业链覆盖并形成部分产品内销降低周转成本，并在产品上形成差异化竞争。比如美国赫氏，不仅将其碳纤维外销还进行内部消化，生产出来的碳纤维中大约 70% 用于自身研发的复合材料的制备，而国内企业环节较为分散。据《合成纤维工业》2019 年第 42 卷，碳纤维复合材料设备完全由美国公司垄断，如自动铺丝机、层合固化装备等，上述原因使得我国碳纤维复合材料整体上尚处于起步阶段。国内部分公司虽然具备一定生产复合材料的能力，但相比于全球领先企业，仍然存在一定的差距。

图表 31： 国外龙头企业大多全产业链覆盖，集中发展高端领域

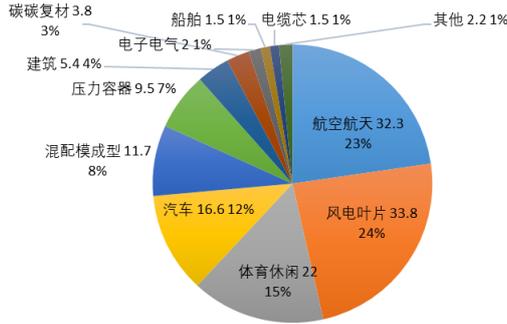
企业名称	产业链位置	主要产品	主要应用领域	市场地位
东丽	全产业链覆盖： 从原丝制备到复合材料制品设计制造整个产业链。	碳纤维和碳纤维复合材料、碳纤维纺织品、塑料和化学制品、环境工程、IT 相关产品、生命科学	航天航空、汽车、体育休闲等	日本东丽在全球碳纤维行业具有绝对领先优势
帝人	中下游： 主要从碳纤维、树脂等中间材料到复合材料制备的非完整产业链	碳纤维、树脂、医药医疗、复合材料等	航天航空、体育休闲等	全球屈指的碳纤维、芳纶纤维制造商之一，同时也是全球领先的聚碳酸酯树脂制造商之一
HEXCEL	全产业链覆盖： 从原丝到碳纤维、增强织物、预浸料、蜂窝芯、树脂系统、胶粘剂和高性能复合材料构件。	航空航天领域的碳纤维及其复合材料；风能领域的蜂窝、胶粘剂等；碳纤维及其增强材料等工业产品	航天航空等	一家全球领先的复合材料公司
SGL	全产业链覆盖： 拥有从碳石墨产品到碳纤维及复合材料在内的完整业务链	粗颗粒石墨、细颗粒石墨、天然膨胀石墨和碳纤维与碳纤维复合材料	汽车领域、石墨、航天航空	全球领先的碳石墨材料以及相关产品的制造商之一
光威复材	全产业链覆盖： 从原丝开始的碳纤维、织物、树脂、高性能预浸料、复合材料制品。	碳纤维及其织物业务、碳梁业务、预浸料业务、复合材料业务	风电叶片、航天航空、体育休闲等	具备碳纤维、碳纤维复合材料生产设备设计制造及生产线建设能力
江苏恒神	全产业链覆盖： 从原丝到碳纤维、树脂、预浸料、粘接剂和复合材料制件设计。	碳纤维及碳纤维织物、碳纤维预浸料、复合材料制件	休闲领域、工业领域、航天航空等	公司国内拥有单线千吨级生产线最多，具备碳纤维产业各环节产品的设计制造、技术服务能力
中航复材	中游： 复合材料及复合材料用原材料、预浸料、蜂窝、结构件产品的研发、销售	树脂、预浸料、蜂窝及芯材、复合材料	轨道交通、休闲体育、民用飞机	国内航空复合材料的龙头企业，主要关注下游特定领域
中简科技	中游： 从事碳纤维及碳纤维织物，高性能碳纤维及相关产品研发、生产、销售和技术服务的高新技术企业	碳纤维和碳纤维织物（军品为主）	航天航空	成功研制综合性能明显优于进口同级别 T700 级碳纤维，填补国内高性能碳纤维空白

资料来源：公司官网，方正证券研究所

2.2 市场空间广，下游市场以 CFRP 为主，因需求差异致天花板有别

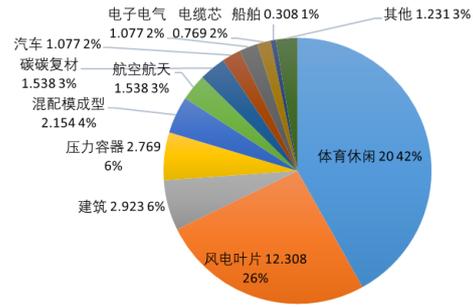
CFRP 应用场景广泛，应用比例提高，市场空间广阔。碳纤维复合材料是指至少有一种增强材料是碳纤维的复合材料，其中最常见的是树脂基碳纤维复合材料（CFRP）。由于 CFRP 比强度、比弹性模量等机械性能，以及耐疲劳性、稳定性等相比传统材料有明显优势，因此在很多领域内对金属材料，尤其是轻质金属材料形成竞争取代的局面。CFRP 应用场景广泛，在航空航天和体育休闲领域率先形成大规模市场，而随着 21 世纪以来碳纤维及其复合材料制造成本不断下降，在汽车制造、风力发电等领域应用比例在不断提高。

图表32： 2018 全球碳纤维需求以航空与风电多



资料来源：《2018 年全球碳纤维复合材料市场报告》，方正证券研究所，单位千吨

图表33： 2018 年中国碳复材最大应用领域为体育



资料来源：《2018 年全球碳纤维复合材料市场报告》，方正证券研究所，单位千吨

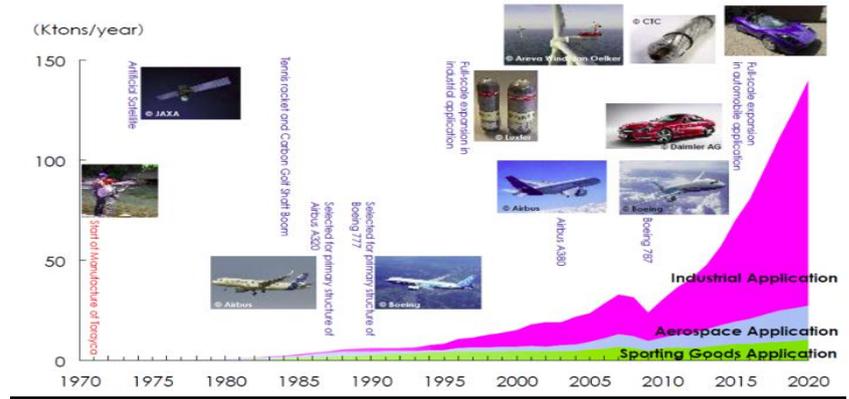
CFRP 下游市场差异化的需求和制造特征使得不同领域碳纤维的性能、成本均有所差异，各个市场的驱动力及潜在天花板也有所不同。KSI 是机械强度单位，表示单位面积上所能承受的压力。按成本效果分类，当碳纤维处在 500-750KSI，即 30-35MSI 时，称其为中性类别，此时需要在材料的成本和表现之间相权衡；当碳纤维处在 250-500KSI，即 <30MSI 时，称其为高量类别，材料对成本比较敏感。中性类别碳纤维可应用于压力容器领域，例如氢气、天然气等的存储；高量类别碳纤维可用于汽车部件，通过减重降低燃料消耗；两种碳纤维还应用于风电叶片、油气管道、电力传输等领域，目前用量受成本和制造方法等多因素制约。

图表34： 碳纤维在各潜在市场应用的特征差异

行业	优点	应用	驱动因素	阻碍因素	当前市场	潜在市场
汽车	减重 10%，节省了 6-7% 的燃料	车身和底盘	拉伸模量；拉伸强度	成本：需要 \$5-7/lb；碳纤维型号；与汽车树脂竞争；加工工艺	<1M lbs/yr	>1B lbs/yr
风能	更长和更有效的叶片设计	叶片和涡轮部件	拉伸模量和强度，减少叶片的偏转	成本；碳纤维的可获取性；抗压强度；碳纤维型号；制造方法	1-10M lbs/yr	100M-1B lbs/yr
石油和天然气	允许深水环境中生产	管道，钻杆，海上作业结构	轻质量，高强度，高硬度，抗腐蚀	成本；碳纤维可获取性；制造方法	<1M lbs/yr	10-100M lbs/yr
电存储和传输	可靠性和能量存储	低质量零 CTE 传输电缆；储能飞轮	热膨胀系数为 0；减重；增加强度	成本；电缆设计；制造过程；树脂兼容性	<1M lbs/yr	10-100M lbs/yr
高压容器	存储容器	氢气和天然气的存储	高强度；减重	成本；一致的力学性能	<1M lbs/yr	1-10B lbs/yr

资料来源：《Low Cost Carbon Fiber Overview》，方正证券研究所

图表35: 成本降低推动碳纤维应用市场发展



资料来源:《Toray's Business Strategy for carbon fiber composite materials》, 方正证券研究所

2.2.1 国外航空市场内资短期难进入, 战略意义催生国内刚需特征

航空材料发展至今历经四代变迁, 复合材料将是未来飞机首选的航空结构主要材料。航空领域从来都是先进材料技术率先应用的大舞台, 从钢铁到铝合金到钛合金到碳纤维等复合材料, 未来碳纤维等复合材料将是时代的主流。第一代航空材料以木、布为主, 由于强度较低, 很快转变为第二代的钢、铝金属结构, 铝合金密度更小, 有利于提高飞机的强度和安全性; 第三代航空材料加入了钛合金材料, 具有高耐热性和更高的强度, 首先被应用于耐高温部件并向其他部件扩展; 第四代和第五代航空材料始于碳纤维的成功制备, 碳纤维复合材料具有高强度、高模量、轻量化的优点, 不断广泛运用于飞机的各个部件并对传统金属实现替代。伴随飞机中复合材料的比重不断扩大, 未来航空材料或将成为碳纤维的时代。

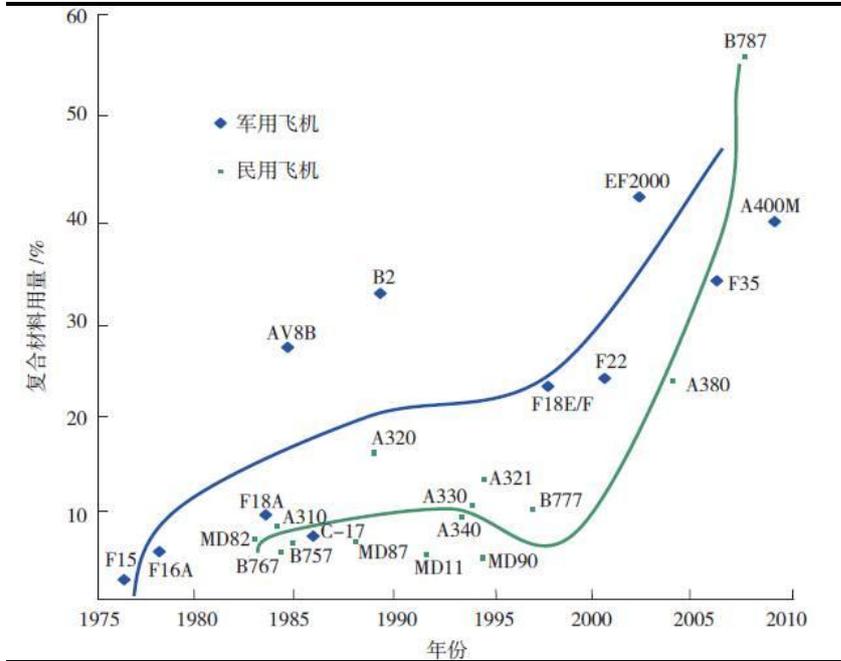
图表36: 航空材料历经四代变迁, 碳纤维复合材料在航空航天领域具有较为广阔的应用前景

航空材料	飞机结构	需求牵引	关键材料	起始时间	终止时间	材料优势	应用部位
一代	木、布结构	飞机初始的制造起步	木、布	1903	1919	轻便简单	早期飞机用木三夹板、木条等来做飞机大梁和飞机骨架, 采用亚麻布做机翼的翼面。
二代	铝、钢结构	提高强度和安全性, 加强载重和航程, 同时减小结构重量	钢铁、铝合金	1920	1949	铝合金的比强度和比刚度与钢相似, 但其密度更低, 在同样的强度水平下可提供截面更厚的材料, 在受压时的抗屈曲能力更佳	钢管代替木材做机身骨架, 用铝合金做蒙皮, 制造出全金属结构飞机。
三代	铝、钢、钛结构	铝合金难以满足先进发动机等零部件工作温度需要	钛合金	1950	1969	钛合金比强度高, 耐腐蚀性好, 耐高温性强, 能够进行各种方式的零件成形、焊接和机械加工	主要是发动机用的高温钛合金和机体用的结构钛合金, 主要被用于飞机的高温部位。
四代	铝、钢、钛、复合材料结构 (以铝为主)	碳纤维等复合材料的发现极大优化了飞机的航空性能	碳纤维等复合材料	1970	21世纪初	高强度、高模量、低比重、耐腐蚀、耐疲劳	第一阶段: 舱门、口盖、整流罩以及襟副翼、方向舵等操纵面。 第二阶段: 受力较大的尾翼部件。 第三阶段: 机翼、机身等主要承力结构。
五代	复合材料、铝、钛、钢 (复合材料为主)	伴随碳纤维等复合材料技术工艺不断提升, 高性能复合材料的使用和替代范围进一步扩大	碳纤维等复合材料	21世纪初	至今	强度、模量进一步提高, 制造工艺适用于更多航空部件的制造	应用比重不断扩大, 部分飞机复合材料比重已达到80%-90%。

资料来源: INTERNATIONALAVIATION, 方正证券研究所

在航空航天领域，CFRP 的轻量高强可以实现增加有效载荷、降低燃油费用的目的，成为了商用客机、军机、导弹和火箭、卫星等飞行器中的关键材料。碳纤维在飞机领域从首次实现应用到现在已经有 30 多年的积累，在品质、成本和供给稳定性方面都取得了长足的发展。21 世纪以来，无论是在单机上所占的比例还是总使用量，CFRP 都显示出了加速扩张的趋势。CFRP 的大范围应用通常是由军用飞机开始引导，民用客机领域则是以空客、波音为领头羊。航空航天领域的应用实例包括：直升机 V-22“鱼鹰”的发动机舱，旋翼，机身蒙皮等部位全部使用复合材料制品，约占机身总重量 50%，通过自动铺丝技术将制造成本降低了约 53%；美国“全球鹰”无人机是目前世界上最先进的无人机，除机身主结构采用铝合金外，其余构件均采用先进复合材料，占总重量 65%；日本 H-IIA 型火箭在固体燃料箱和卫星搭载舱全部实现了 CFRP 化；法国电信一号通信卫星的星体结构中卫星蒙皮等部位采用了东丽 T300 复合碳纤维材料。

图表37：军民用飞机上复合材料使用量中占比逐渐提升



资料来源：新材料在线，方正证券研究所

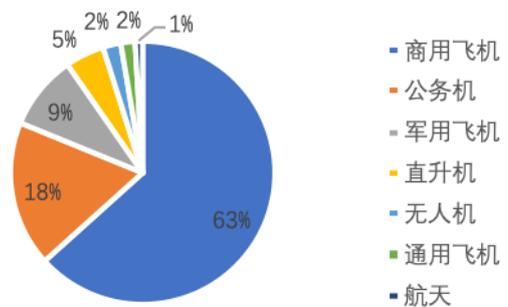
图表38：全球航空航天碳纤维需求不断增长



■ 航空航天碳纤维需求 (吨)

资料来源：《2018 全球碳纤维复合材料市场报告》，方正证券研究所

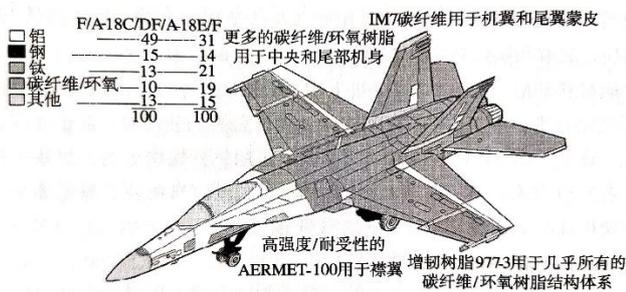
图表39：商用客机与军用飞机占航空需求主导



资料来源：《2018 全球碳纤维复合材料市场报告》，方正证券研究所（按照重量吨划分）

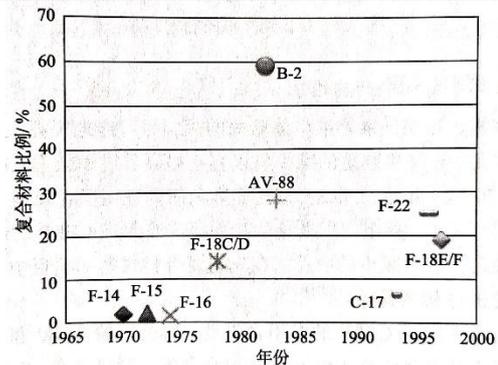
军用飞机自身空重的减少，可以在很大程度上增加其有效载荷和提高飞行速度。以美国鹰式战斗机 F-15 为例，复合材料在该型号上首次实现应用时，重量占比不足 2%，但是到了 F/A-18E/F 战斗机，其比例已经达到了 19%。F-18 的中部和尾部机身以及减速板等附属构造全部使用碳纤维/环氧树脂复合材料，减轻了机身重量，提高了强度、可靠性以及在飞行环境中的耐受性。美国大多数战斗机/歼击机机型复合材料使用比例大都在 30% 以下，从一定程度上反映出复合材料若大规模应用于机翼等主结构，需要进一步提高可靠性。根据《纤维复合材料》和《合成材料老化与应用》，我国战斗机歼-7III 中复合材料用量 2%，歼-10 中 6%，歼-11B 重型战机中机翼、垂直尾翼、水平尾翼等均采用复合材料，占总重量 9%。目前中国军事装备数量仍处于快速发展阶段，在军费稳增长、装备费占国防费比例不断提高和十三五末期军费支出加速的背景下，预计在军机 CFRP 化投入上将有较大提升。

图表40: F/A-18E/F 战斗机大量使用 CFRP



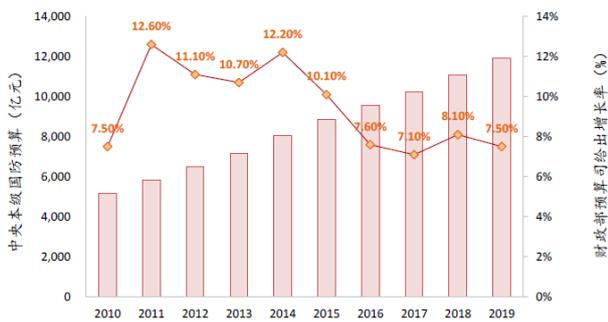
资料来源:《PAN 基碳纤维的生产与应用》，方正证券研究所

图表41: 美国军机复合材料使用情况



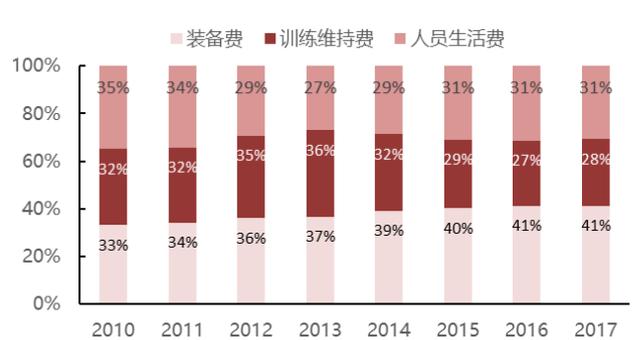
资料来源:《PAN 基碳纤维的生产与应用》，方正证券研究所

图表42: 军费增长为军备建设提供强劲支撑



资料来源:《新时代的国防白皮书》，方正证券研究所

图表43: 中国装备费在国防费中比例不断提高

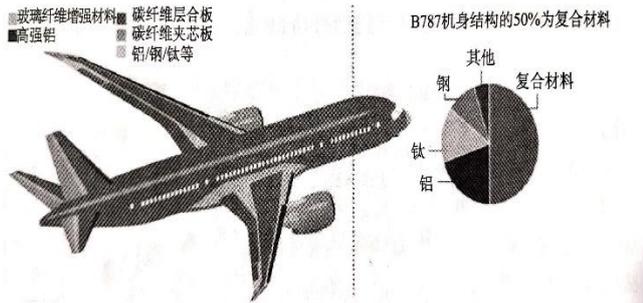


资料来源:《新时代的国防白皮书》，方正证券研究所

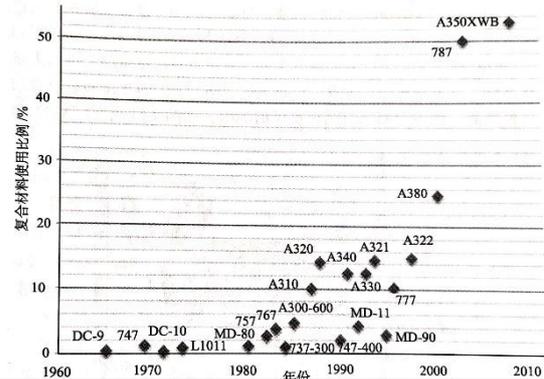
民机上，NASA 研究表明飞机上使用 CFRP 的制造成本不会超过其节省的运行成本。民用飞机在保证乘客乘坐体验的同时，要尽可能地提高飞机的经营效率，飞机空重的减少可以提高燃油效率从而降低直接运行成本。世界领先民用飞机制造商波音和空客在碳纤维应用上引领着行业方向。波音公司 B787 客机机体构造的 50% 使用了碳纤维复合材料，每架约为 35 吨。波音公司在该产品手册中表示，应用碳纤维相比同体积传统材料的飞机减重了 40000 磅，B787 也因此将燃

油效率提高了 20%，减少了 20% 的废气排放。紧接着空客公司对 A350 进行重新设计，将新飞机改名为 A350XWB，其主翼、机身、尾翼全部使用复合材料，占机身重量的 53%。我国民航碳纤维的使用相比于波音和空客仍处于追赶阶段，2012 年 12 月中航工业西飞公司向中国商用飞机有限责任公司交付的 C919 大型客机中央翼、襟翼及运动机构部段是国内首次在民用大型客机主承力结构上使用复合材料。但只有取得了中国民航局、欧洲航空安全局和美国联邦航空管理局的适航证，C919 才能投入国际市场运营，这个过程可能需要持续几年。

图表44: B787 机身结构约 50% 为复合材料



图表45: 复合材料在商用客机中使用比例提升

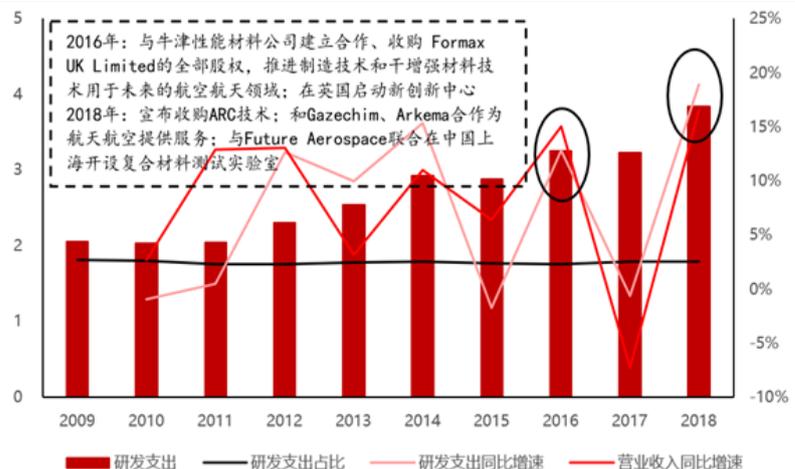


资料来源:《PAN 基碳纤维的生产与应用》, 方正证券研究所

资料来源:《PAN 基碳纤维的生产与应用》, 方正证券研究所

虽然我国航天和军机都已在较大程度上运用了复合材料，但目前 2/3 的复合材料依旧依靠进口，其中基材树脂是自主研发而碳纤维通过各种渠道选配，从而难以在商业航空领域获得适航认证。美国赫氏碳纤维复合材料多年来供应波音空客多机型，如波音 787 等。但国内相关公司起步较晚，在国际民航领域具有领先技术优势的企业较少，且鲜有全产业链覆盖（从原丝到复合材料）的公司。据杨超凡于 2019 年 11 月在《碳纤维复合材料国产化》一文，“研发 ARJ21 支线客机时，还没有意识到碳纤维复合材料的重要作用，复合材料用量仅 2%。到 2008 年 C919 项目一启动，院士、专家就提出，复合材料用量要达到机体重量的 25%。随着项目的进展，复合材料的用量一退再退。原因之一是没有合适的国产复合材料”。

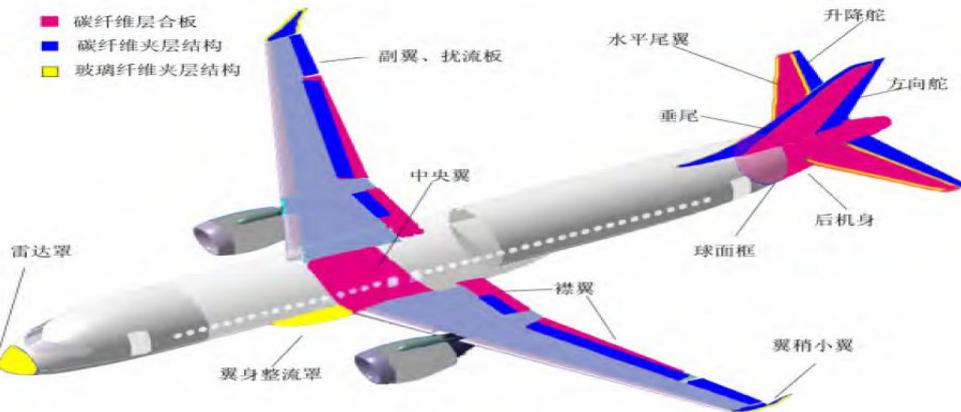
图表46: 赫氏通过稳定研发投入与下游合作获得更多市场份额



资料来源: 公司公告, 方正证券研究所 (单位亿美元)

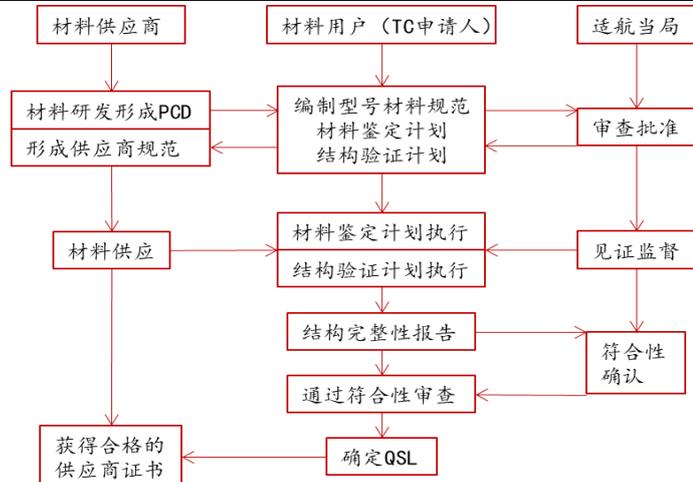
国产飞机造机难审飞更难，国际碳纤维厂商产业链完整，多参与前期技术研发，先发优势下后续厂商难以进入原有供应链。为保障飞机的安全性，适航审定是重中之重。任何厂家生产的任何型号飞机唯有取得适航当局颁发的适航证，并经过运行合格审定或补充审定才能投入运营。**难点一：专业设备短缺。**据科技中国 2017 年 7 月刊杨洋所作《国产大型科技 C919 复合材料发展侧记》，C919 大飞机研制之前，国内各大飞机制造公司少有民用大型复合材料零件生产的自动化设备，如预浸料自动铺带机、热隔膜成型机、大型无损检测设备及标准、大型热压罐等。复合材料的铺贴一般采用人工手铺，稍微大一点的零件即需要几个班组加班加点，制造效率低，产品重复性差。国内航空制造企业必须有计划地采购国外成熟的制造设备，为大型复合材料的研制提供保障。**难点二：复合材料制造的工艺标准和检验标准。**由于复合材料零件由多个国内供应商进行生产，必须编制一套科学的复合材料生产工艺规范使得其具有较高的一致性和可靠性。对于中国商飞来说，仅仅型号合格证（TC）审定就有众多严格试验要去攻克，首飞之后，C919 就开始进入适航取证阶段，而 EASA 必须在 C919 拿到中国民航局的适航证之后，才能进行适航认证。考虑到这是第一架被授权在欧洲飞行的中国喷气式飞机，其适航证取得或花费较多时间。

图表47： C919 碳纤维复合材料用量 12%，对比竞争机型 A320、B737 约 50%的用量还有很大差距



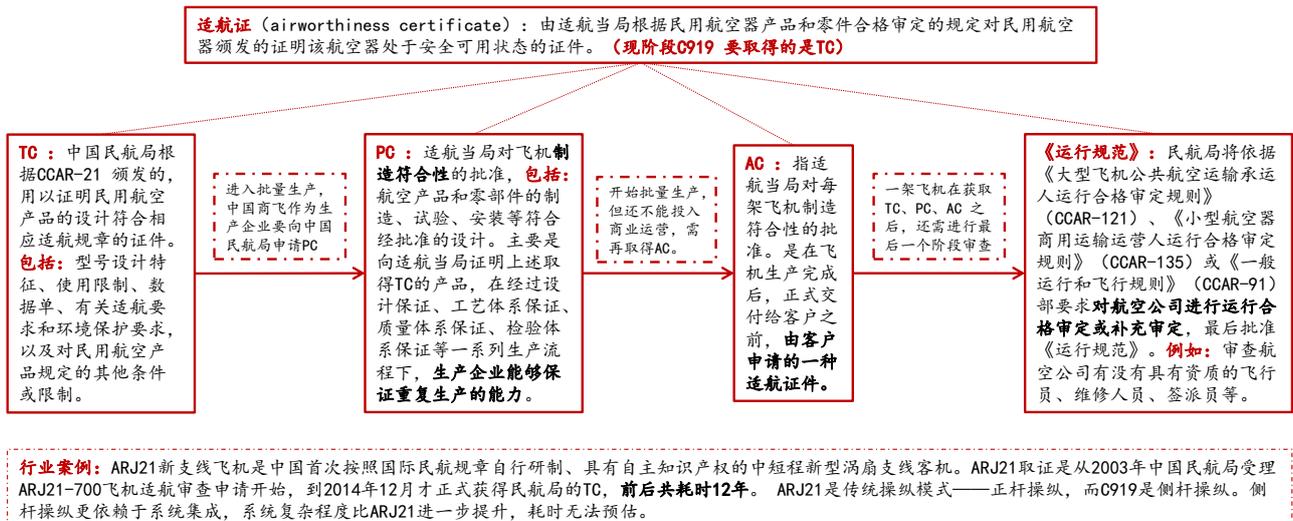
资料来源：《国产大型客机 C919 复合材料发展侧记》，方正证券研究所

图表48： 国内外复合材料鉴定流程繁琐且漫长



资料来源：《复合材料在民机应用中有关适航问题的探讨》，方正证券研究所

图49: 国产飞机审飞难, 耗时长



资料来源:《中国大飞机“智造”瞄准全球市场》, 方正证券研究所

2.2.2 风力发电建设刺激碳纤维需求, 大丝束契合低成本特性

大丝束可较好满足风电叶片对性能和成本的要求。风电叶片对材料有下表所示的几种关键要求, 根据《PAN基碳纤维的生产与应用》CFRP与使用传统玻璃纤维增强材料相比, 可以达到20%-30%的减重效果, 同时刚性和强度更加优异, 通过采用气动效率更高的薄翼型和增加叶片长度, 能提高风能利用率和年发电量, 从而降低综合使用成本。由于大丝束性价比高的优势使得其主要运用于工业风电, 降价放量成为领域的驱动力。目前风电机组正朝着大型化、轻量化的方向发展, 超长的叶片对材料的强度和刚度提出了更高的要求, 使得碳纤维及其复合材料在风电叶片领域使用广泛。

图49: 风电叶片要求材料轻、强度高、成本低

性能要求	具体原因
材料轻	在相同的风速下叶片更容易旋转, 风力转换效率更高
强度和刚度高	在风车高度和叶片直径大型化以提高输出功率和满足中低风速场景的趋势下, 叶片质量随叶片长度立方增加, 由于重力引起的弯曲应力随之增大, 叶片能否满足几十年服役寿命的挑战更加严峻
成本低	只有价格控制在合理范围内, 风电企业实现盈利目的才能实现广泛普及

资料来源:《PAN基碳纤维的生产与应用》, 方正证券研究所

图51: 支撑梁是叶片中碳纤维应用最多的部位

公司	产品规格 /MW	叶片长度 /m	碳纤维使用情况
Vestas	3	44	叶片主支撑梁
LM	5	61.5	支撑梁和外壳
Nordex	5	56	主支撑梁
Rotor	2.5	44	主支撑梁
Gamesa	4.5	62.5	主支撑梁
Siemens	6	75	主支撑梁
GE	3	48.5	主支撑梁
明阳风电	3	58.5	主支撑梁
中材科技	3	56	主支撑梁

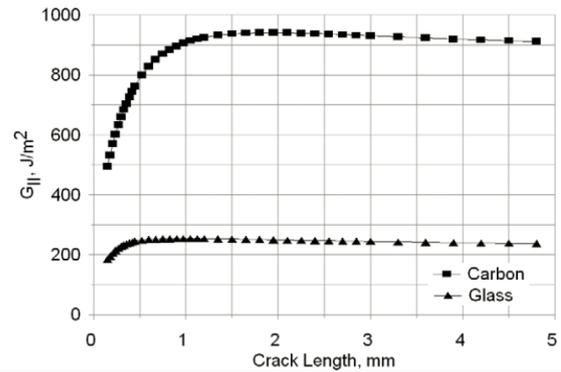
资料来源:《PAN基碳纤维的生产与应用》, 方正证券研究所

图表52: GE 预测风轮直径将扩大



资料来源: GE 官网, 方正证券研究所

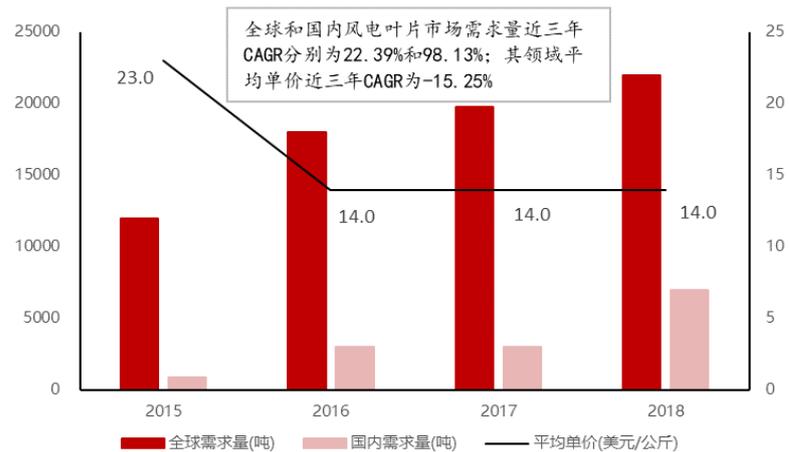
图表53: 碳层压板比玻璃层压板承压能力强



资料来源:《风力叶片结构中的复合材料疲劳问题》, 方正证券研究所

近年来国内主要采用大丝束碳纤维拉挤梁片工艺以降低成本, 大丝束碳纤维及其复合材料价格下降, 叠加需求提升引起风电叶片领域碳纤维用量的急剧增加, 体现出降价放量是风电叶片领域的推动力。例如, 据赛奥碳纤维技术, 相比于 2015 年, 2016 年国内风电叶片领域碳纤维平均价格下降 39%, 同时需求量增加 233%。即叶片复合材料工艺的创新引致成本的持续降低, 叠加对风电清洁能源的需求增加, 使得 2016 的风电对碳纤维的需求增长较快。2015 年以前制造大丝束主要采用预浸料或织物的真空导入, 部分采用小丝束碳纤维, 因此平均价格高一些, 近年来主要采用大丝束碳纤维拉挤梁片, 从而形成了价格下降销量上升的局面。但是由于存在 VESTAS 对其挤板粘接梁帽的低成本复材技术专利保护, 中国现有的预浸料铺放技术或织物灌注技术在成本上难以追赶, 毛利率提升空间有限。

图表54: 高性价比、高弹性市场驱动高风电市场需求



资料来源: 赛奥碳纤维技术, 方正证券研究所

减排压力下世界风电装机量近五年复合年均增长率 13%, 中国是风力发电最大的单一市场。根据联合国环境署 2018 年度排放差距报告, 全球实际减排总量须达到现有的三倍才能实现《巴黎协定》中“把全球平均气温较工业化前水平的升高幅度控制在 2 摄氏度以内”的目标, 风力发电作为一种可再生清洁能源愈发受到重视。2018 年世界新增风电装机容量 51.3GW, 总量达到 591.1GW, 近五年复合年均增长

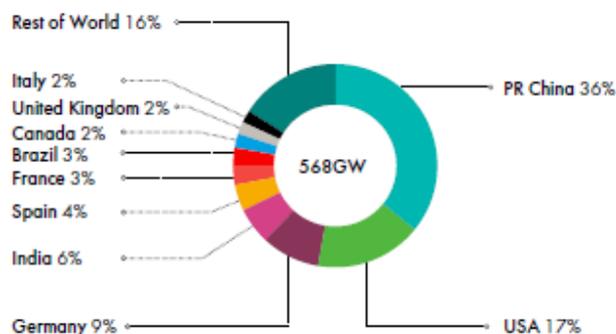
率 13%。其中中国风力发电总量约为 209GW，占全球风力发电总量的 35%，是最大的单一市场。《中国能源发展报告 2018》指出中国 2018 年非化石能源占一次能源消费的比重达到 14.3%，电能占终端能源消费 25.5%。而国家电网 2019 年中工作会提出，预计到 2050 年，我国能源发展将出现“两个 50%”：在能源生产环节，非化石能源占一次能源的比重会超过 50%；在终端消费环节，电能在终端能源消费中的比重会超过 50%。因此我们认为长期来看我国风力发电市场空间较为乐观。《Global Wind Energy Outlook》预测在中等乐观的情况下，到 2020 年年风电总装机量将达到 797GW，2030 年达到 1676GW，2050 年达到 3984GW。按 Vestas 生产能力推测 2020 年风电用碳纤维破百万吨。《一种改进的全球风资源综合评估模型》根据可用陆地海洋面积等因素推测装机量上限，即全球陆地风力发电潜力 557.49PWh，海上风力发电潜力 314.77PWh。根据国际能源网，2018 年 Vestas 风电整机市场份额 20.3%，约 12GW，用 2 万吨碳纤维，结合上文风电市场规模，据此推测 2020 年全球风电用碳纤维需求达到 133 万吨，2030 年达到 279 万吨，2050 年达到 664 万吨。

图表55：全球风电市场规模逐步扩大且增速稳定



资料来源：GWEC Global Wind Report 2018，方正证券研究所

图表56：2018年中国风电市场潜在规模巨大



资料来源：GWEC Global Wind Report 2018，方正证券研究所

应用碳纤维的风力发电综合成本较低，中国企业低成本碳纤维及复材工艺有待加强。风电叶片材料选择上，在 Christopher Monk 报告假设的 500MW 陆上成本模型中，碳纤维材料虽然比传统玻璃纤维材料的初始投入高，但综合其带来的其他效益优势，在 25 年中能节省 33.7 百万欧元。据赛奥碳纤维技术，目前 Vestas 基本掌握了全球最低成本的碳纤维资源（约 13-14 美元/公斤），另外加上 Vestas 专利保护的拉挤板粘接梁帽技术，使得中国现有的预浸料铺放技术和织物灌注技术在成本上难以与之抗衡，因此中国企业面临着碳纤维成本和工艺上的挑战。同时，国家发改委和能源局决定自 2021 年 1 月 1 日开始，新核准的陆上风电项目全面实现平价上网，国家不再补贴，该补贴的取消对业内成本控制能力较弱的企业或将带来消极影响。

图表57: 风电成本低且下降快

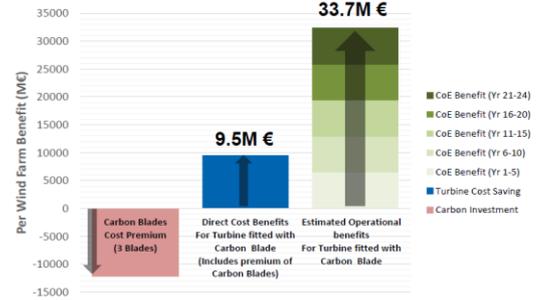
	2014	2016	2020	2025	2030
CCGT	74	77	81	84	86
OCGT	165	169	175	181	184
Nuclear FOAK/NOAK			89	86	77
CCGT with post comb. CCS-FOAK				105	104
Coal-ASC with oxy comb. CCS-FOAK				125	123
Coal-IGCC with CCS-FOAK				156	154
Onshore>5MW UK	93	90	88	86	85
Onshore>5MW E&W	100	96	94	93	91
Biomass conversion	110	109			

资料来源:《Electricity Generation Costs 2013 Department of Energy & Climate change》, 方正证券研究所(单位: £/MWh)

图表58: 风电中碳纤维比玻璃纤维优惠

Reduced CAPEX + Higher Energy Yield = Lower Cost of Energy

- Apply Representative Cost Model to a 500MW Offshore Farm (83 Turbines)
- 33.7M € over 25 year life or 1.3M €/year saving for typical farm



Overall benefit is 43.2M €

资料来源:《Designing for Lowest Cost of Energy making offshore wind competitive》, 方正证券研究所

2.2.3 汽车轻量化确实是碳纤维长期机遇,但短期发展桎梏于性价比

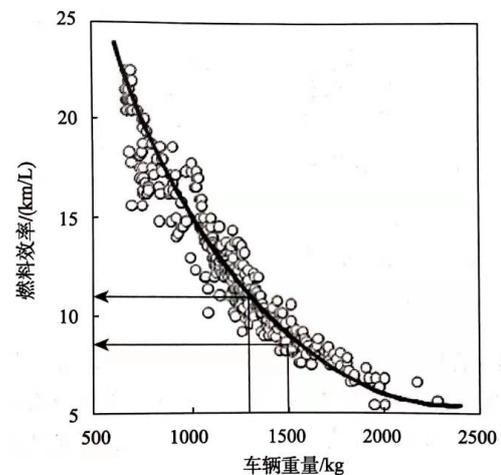
轻量化是赛车和乘用车发展的必然道路。CFRP 应用于汽车领域,可以实现车体大幅度的轻量化;由于材料具有良好的耐冲击性能,提高了乘员的安全性。如在赛车领域,据《PAN 基碳纤维的生产与应用》,对于一般的大奖赛赛道,车体重量每增加 20kg,会使得赛车的单圈成绩下降 0.4s,对 F-1 排位赛而言意味着落后几个身位,而对正赛而言意味着落后半圈。通过大量使用复合材料,赛车的性能得到了显著的提高。在乘用车领域,在应对全球变暖和油价提高背景下,各国对废气排放和燃油效率都提出了要求,如我国《节能减排新能源汽车产业发展规划》要求 2020 年乘用车平均燃料消耗量降低到 5L/百公里。对于最常见的小型乘用车(车身重量 1t-1.5t),200kg 的轻量化就可以提高燃油效率约 2.5km/L。轻量化是国内外汽车厂商应对能源环境挑战的共同选择,也是汽车产业可持续发展的必经之路。

图表59: 运用碳纤维车身利于提升赛车性能

性能改善	具体方式
操纵性、稳定性	采用复合材料提高了车体零部件的刚性,是四个轮胎着地的状态接近理想,通过是驾驶员能方便地直接感受来自地面的输入。
运动性能	随着赛车重量的减轻,降低了赛车的重心和惯性矩、减轻了方向盘的重量、提高了整车的运动力学特性。
冲突安全性	采用比强度和比刚性好的复合材料制作的及其牢固的单壳车身,可以保障驾驶员的生存空间不受侵害,再加上其周围配置的防撞保护,从而能有效地缓解碰撞产生的冲击
车体空气动力特性	由于采用复合材料后,部件容易进行曲面成型、整体加工以及薄壁化,从而为提高赛车的气动力性能在设计上赋予了自由空间
空间效率	赛车采用复合材料后,零部件实现超小化和多功能化,构件实现薄板化和整体化,从而简洁了组装设计,使有限的空间能够有效地利用。

资料来源:《PAN 基碳纤维的生产与应用》, 方正证券研究所

图表60: 汽车重量越小燃油效率越高



资料来源:《PAN 基碳纤维的生产与应用》, 方正证券研究所

图表64: 碳纤维复合材料具有性能及减重优势

项目	密度 (g/cm ³)	比强度	比刚度	能量吸收 (kJ/kg)	较钢材减重
钢	7.85	131	25	22	0%
铝合金	2.8	187	25	25	40%
镁合金	1.79	151	39	38	50%
碳纤维	1.5	938	81	121	60%

资料来源:《战略前沿技术》, 方正证券研究所

图表66: 近年汽车与碳纤维制造商合作增加

汽车制造商	碳纤维制造商	成立年份
BMW	SGL	2010
丰田	东丽	2010
通用汽车	东邦 Tenax/帝人	2011
戴姆勒	东丽	2012
捷豹路虎	Cytac	2012
福特	Dow-Aksa	2015

资料来源:《PAN 基碳纤维的生产与应用》, 方正证券研究所

图表65: 碳纤维比铝合金减重大但成本高

高档轿车/SUV车身结构的价格比较

	总重量 kg	材料成本 €/kg	总成本 €	减重成本 €/kg
钢铁	400 kg	~4 €/kg	1,600 €	-
铝	280 kg (-30%)	~8 €/kg	2,240 €	5,33 €/kg
碳纤维	200 kg (-50%)	~40 €/kg	8,000 €	32 €/kg

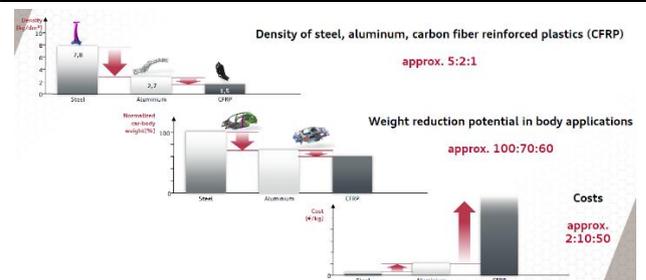
技术突破——
e.g. 原材料价格降低, 提高轻量化潜能

碳纤维	200 kg (-50%)	~15 €/kg	3,000 €	7 €/kg
-----	---------------	----------	---------	--------

资料来源: Arthur D. Little, 专家访谈

资料来源:《After the hype: Where is the carbon car?》, 方正证券研究所

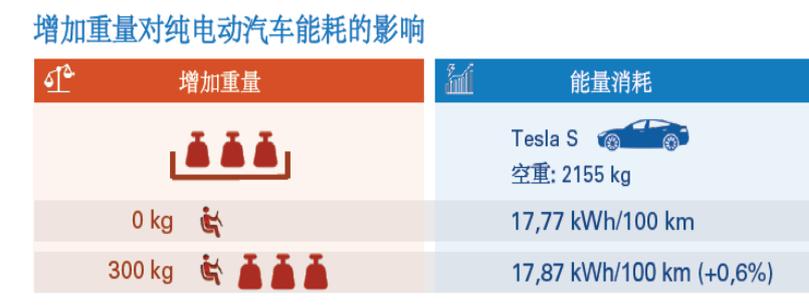
图表67: 碳纤维比铝合金、钢铁减重大但成本高



资料来源:《High Volume Manufacturing of carbon fiber reinforced plastics for body in white》

在未来技术突破使得成本大幅降低以前,我们认为碳纤维在乘用车上难以普及。宝马 i3 在 2013 年推出后,到 2017 年该款车型仍然是市场上唯一真正意义上大规模使用碳纤维、产量在 10000 辆/年的汽车。德国汽车研究中心的研究表明,减重所带来的能源节省效应没有达到预期,除此之外较长的生产周期和较高的成本均限制了车用碳纤维的发展。由于生产周期长和产量低,碳纤维应用范围限制在高端汽车上。据《After the hype: Where is the carbon car?》,由于成本高,如奥迪 A8 的新工艺使得其碳纤维制零件价格下降至 40 欧元/千克,但仍然无法与铝合金在成本方面抗衡。原始设备制造商不会为每辆车额外花费 6000 欧元用于轻质材料,因为这将进一步蚕食利润。需要一项突破性技术才能使碳纤维真正进入具有广泛应用的批量汽车市场。到目前为止,尚不清楚这将是哪种技术以及何时将其准备用于工业应用,但是最近的一些发展值得关注:新版奥迪 A8 CFRP 在应用新的工艺后,汽车重量减少 50%,同时成本控制在高端汽车可接受水平内。

图表68: 碳纤维在新能源汽车上的能源节省效应不显著



资料来源:《After the hype: Where is the carbon car?》, 方正证券研究所

2.2.4 体育产业最先实现碳纤维产业化, 成本竞争或降低市场毛利

体育休闲是国内碳纤维最早规模商用、用量最大的领域, 率先实现了产业化生产。2018年体育休闲市场碳纤维需求主要来自高尔夫、钓鱼竿和自行车, 三者约占体育总需求的72%。据《PAN基碳纤维的生产与应用》, 高尔夫球杆最初由木材制成, 后来发展到不锈钢和铝合金。1972年美国莎士比亚公司和阿尔迪拉公司率先使用CFRP制作球杆, 该材料的球杆扭曲刚性小, 击球方向稳定, 杆体重量减轻还增加了球的飞行距离。CFRP球杆掀起高尔夫运动热潮, 目前年产量约为4000万副。在钓鱼竿上, CFRP材料的应用减轻了竿体的重量, 同时提高了刚性和减振性, 使得钓鱼竿的单手操作变得更加容易, 减轻垂钓者的疲劳, 数十年来市场需求稳定增长。碳纤维在自行车上的应用也较为广泛, 碳纤维车架能使整车重量降低到8kg, 登坡骑行轻松, 同时较强的刚性和冲击吸收能力可以缓解由于路面不平带来的轻微振动, 使骑行过程更为舒适。

图表69: 碳纤维在高尔夫球杆上广泛应用



资料来源: 赛奥碳纤维技术, 方正证券研究所

图表70: 碳纤维减轻球杆质量, 提高击球速度

球杆类型	球杆重量/g	击球头质量/g	握手重量/g	总重量/g	击球速度 (m/s)
标准金属	119	210	45.6	378.6	46.1
轻质金属	86	210	45.6	345.6	47.1
碳纤维	77	210	45.6	336.6	48.1
轻质碳纤维	55	210	45.6	314.6	38.8

资料来源:《碳纤维在体育器材中的应用》, 方正证券研究所

碳纤维在体育用品上的应用场景逐渐拓宽, 各场景需求稳定增长。除了上述高尔夫球杆、钓鱼竿和自行车, CFRP还应用在网球拍、曲棍球杆、滑雪杆、滑翔机、头盔、风筝等体育用品上, 使体育用品轻量化、提升机械性能、改善使用体验。在消费升级和健康生活理念的背景下, 应用场景的拓展和数量的提高将带来此类产品需求的进一步增加。以钓鱼竿需求为例, 根据CBNData联合天猫户外运动发布的《2019天猫垂钓消费趋势白皮书》, 2017年我国休闲渔业接待游客2.2亿人次, 产值达708亿元, 与2010年相比增长235.35%, 预计2020

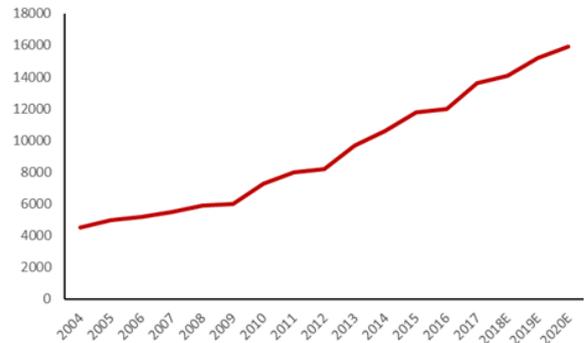
年突破 1100 亿元。垂钓用品消费逐渐趋于专业化、高端化和品质化。消费者购买相关产品的件数和频次也在提高，天猫平台上近两年购买 8 件以上垂钓用品的消费者人数增加近 40%。

图表71： 高尔夫为体育碳纤维市场最大应用领域



资料来源：《2018 全球碳纤维复合材料市场报告》，方正证券研究所

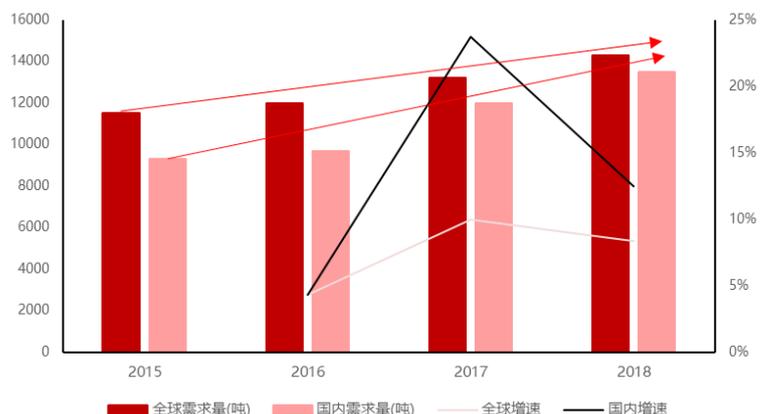
图表72： 全球体育休闲碳纤维需求缓慢提升



资料来源：《2018 全球碳纤维复合材料市场报告》，方正证券研究所；单位：吨

国内低端领域体育休闲市场竞争环境趋于成熟，2018 年需求量占到我国总碳纤维需求量的 43.6%，用量最大且已形成产业化生产。即使国内增长速度大于国际增长速度，但是总体来讲增长速度逐渐下降，且体育休闲领域市场份额在全球来看处于逐渐降低的态势。在休闲市场的细分市场上占比最大的是高尔夫、钓鱼竿和自行车，2018 年三者占比分别为 27.3%，22.4%和 22.4%，而其中近三年复合增速最快的是自行车和滑雪杆，分别为 19%和 59%。体育休闲市场国际竞争激烈，已然从最初的技术竞争转向了成本竞争。在体育休闲领域主要用于民用，所以对于性能要求不是很高，并且这些产品都有一定的可替代性，而国内低端碳纤维产线重复建设率高、同质化严重，主要都是集中在 T300-T700 级别碳纤维生产。据赛奥碳纤维技术发布的报告，2017 年相比于航空航天大多都在 1000 元/kg 以上的价格，体育休闲领域的碳纤维售价仅仅在 100-140 元/kg。就算有能力生产但我们依然进口，很大的一个原因就是价格高，系产能不达标成本高于加过关税后的进口碳纤维成本。从而在高端市场，国外企业对国内进行技术封锁，而在低端市场进行成本竞争。

图表73： 体育应用碳纤维市场需求增速逐步放缓



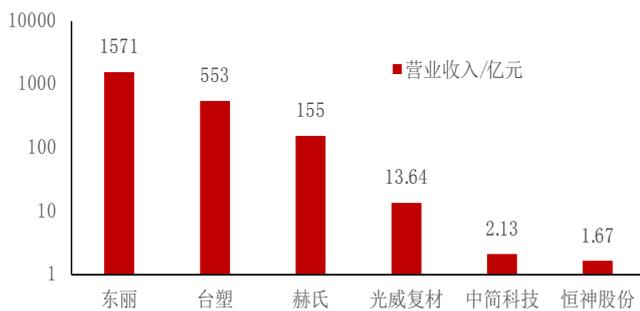
资料来源：赛奥碳纤维技术，方正证券研究所

3 日美巨头主导国际市场，大小丝束竞争格局存在显著差异

3.1 财务指标看，外企长期技术积淀造就其产品性能与成本控制优势

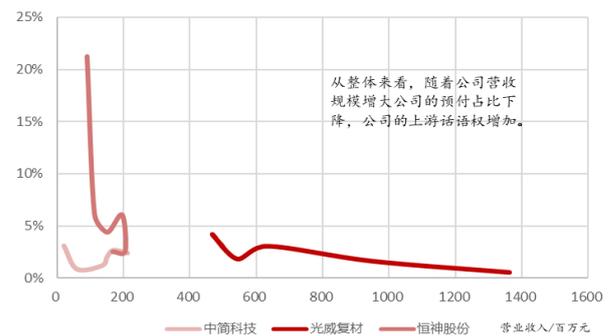
国际巨头营收规模大于国内企业，话语权更强。从上游来看，主要有三方面原因强化企业对上游原料供应商的话语权。其一，碳纤维及其复合材料行业的采购材料主要是丙烯腈、电、氮气和蒸汽、油剂等。电力、蒸汽，采取地区统一定价的方式，通常企业与这类供应商的合作趋于稳定后，话语权会向碳纤维企业一方转移。其二，针对于丙烯腈和油剂等简单的原材料，供应商较多使得企业的置换成本较小从而增加了企业的选购话语权。其三，体量更大的国际巨头由于消费量更大，往往能够强化前两种话语权的转移模式，得到更多的议价优惠。从下游来看，国外巨头营收规模较大，产业链集成度高，只有少数巨头掌握高端碳纤维及碳纤维复合材料的研制能力，使得碳纤维供应商话语权加大，日本公司的应收占流动资产比重一般在 40%左右。国内碳纤维公司话语权较弱，应收占流动资产一般在 60%左右，主要由于国内处于低端领域市场且有来自国外的价格优势压力，且部分企业下游集团公司客户比重较高，相关客户回款特征差异也占用了企业一定的流动性，导致国内顾客议价能力强。

图表 74: 外企营收规模远大于国内企业



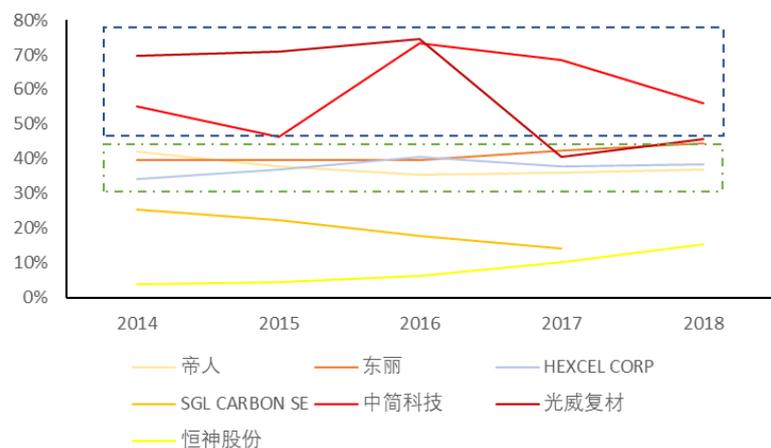
资料来源: wind, 方正证券研究所 (2018 年数据)

图表 75: 13-18 年内资预付占比随营收增加下降



资料来源: wind, 方正证券研究所 (预付占总资产)

图表 76: 国内外企业应收占流动资产比重差异明显



资料来源: wind, 方正证券研究所

国际巨头在核心技术上领先较大，形成了产品性能和成本控制两方面优势。从产品性能来看，国际巨头高性能碳纤维产品长期领先国内，国内企业处于追赶阶段。例如国外巨头东丽在 1971 年就研发并能稳定生产 T300 型碳纤维，国内直到 2000 年以后才有中复神鹰、光威复材等企业能够生产类似性能的产品。从生产成本来看，碳纤维生产设备能否稳定高效运行是决定产线成本的关键因素。引述经济日报《中国高性能碳纤维技术打破国际长期垄断》的报道：“整个碳纤维的生产，从前到后，中间控制的有三千多个工艺点，每一个工艺点都要进行严格稳定的控制，哪个工艺点参数发生了变动，碳纤维质量马上就不行了。”国外巨头拥有较为成熟的制造技术，能够自行研发改进相关生产设备，较好地适配生产工艺并加快产品迭代，配合生产的规模效应，能够较大降低成本，在中低端产品领域压缩了我国碳纤维企业生存空间。相比之下，国内大部分企业没有生产设备的设计、研发能力，通过复杂管制手续，用高昂代价购买的相关设备，在性能上不如巨头自研设备，在工艺上与自身工艺匹配度较差，且难以调整优化，导致生产成本居高不下。

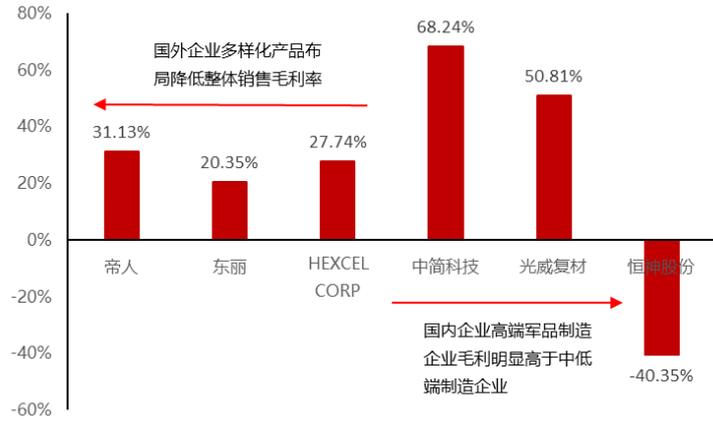
图表 77： 从国家重视程度看碳纤维技术升级的难度



资料来源：中复神鹰公司官网，方正证券研究所

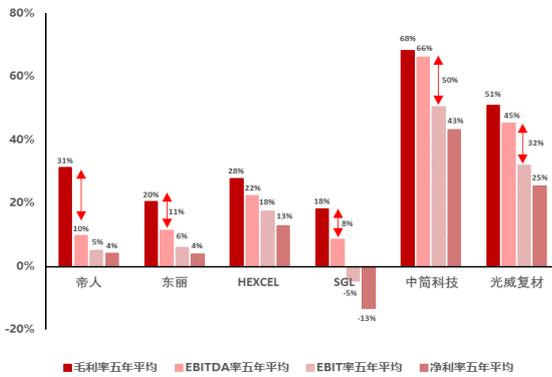
国际巨头处于企业发展成熟阶段，国内企业处于早期产能爬坡阶段，因此内外资总营业成本结构差异较大。外资期间费用率对净利率的影响较大，而内资则是折旧、摊销、利息、税费等对净利率影响较大。对于国外企业，直接人工和直接材料占营业成本占比较大，而国内企业营业成本构成中制造费用占比较高。比如中简科技高性能碳纤维产品成本构成中制造费用占比较高，约占各年度平均成本的 70% 以上。以 2018 年为例，中简科技主营业务成本中，折旧费占制造费用比重达 42%，占营业成本达 30.51%，高于直接材料占比 11.50% 近 20pct。主要原因是碳纤维的生产本身具有占地面积大、设备价值高的特点，从而各期折旧摊销较大。同时由于设备和技术工艺不及国外，产量上升不及预期，不能很好减少单位产品的折旧和摊销。此外，国内企业 EBITDA 较高的主要原因是由于营业外收入较高。

图表78: 国内外企业毛利率差异较大



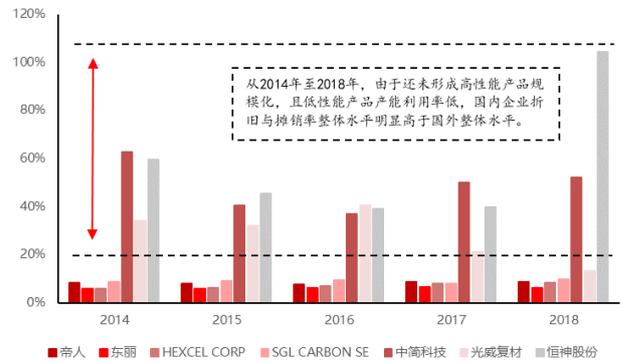
资料来源: 公司官网, 公司年报, 方正证券研究所

图表79: 国内外主要碳纤维企业成本差异较大



资料来源: wind, 方正证券研究所

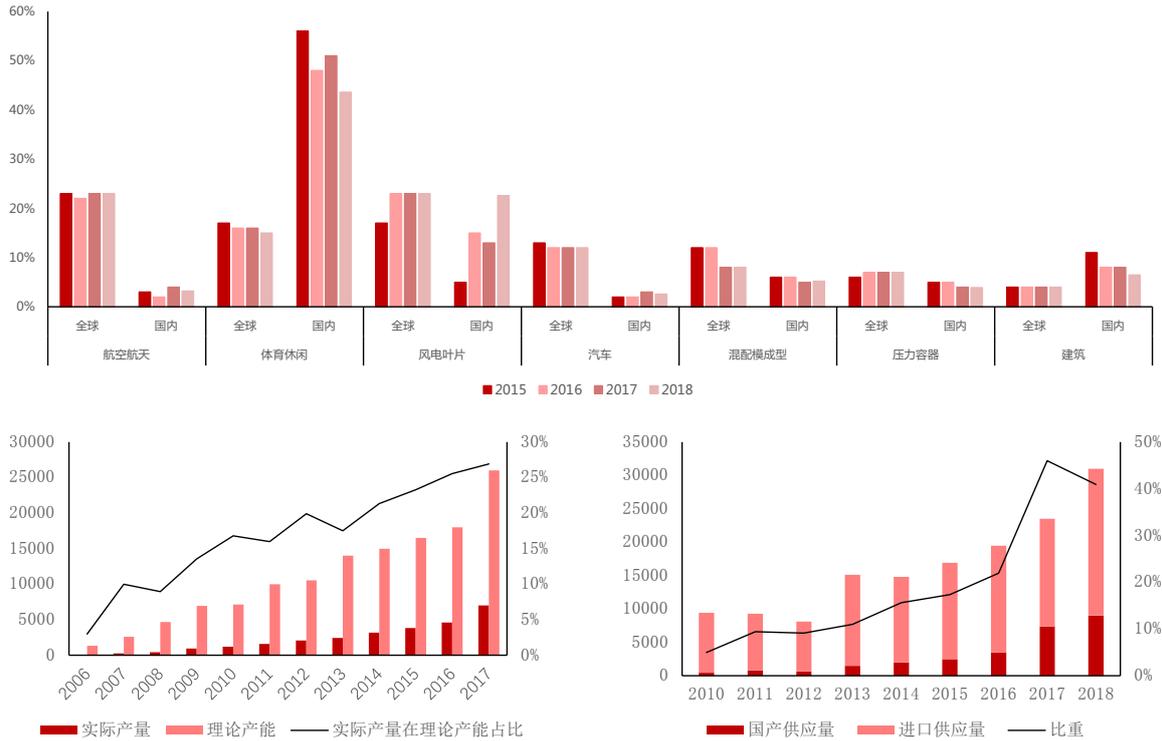
图表80: 国内折旧摊销占营业成本较高



资料来源: wind, 方正证券研究所

国内企业产能相对国际平均水平, 呈现三多三少态势: 低端产能多, 高端产能少; 理论产能多, 实际销量少; 市场需求多, 国产供应少。(1) 产能分布看, 国际碳纤维产能主要集中在航空航天等高端领域, 我国碳纤维产能主要集中在体育休闲等低端领域, 低端产能相对饱和。(2) 产能产量看, 2018年我国碳纤维实际销量和理论产能之比约28.5%, 国际平均水平为59.8%, 去除中国因素其他国家约65.3%, 我国实际碳纤维的生产销售与理论产能之间有较大差距。(3) 供需关系看, 国内有效产量不能满足整体需求, 需要大量进口。三多三少特点并非孤立形成, 产能错配、外部压力、产线技术稳定性低等是主要原因, 产能销量矛盾、供应需求矛盾是结果。产能错配导致低端碳纤维市场饱和, 高端产能建设不足。国外巨头在民用领域直接和国内企业竞争, 形成较大外部压力。同时国内企业自身生产线水平有限, 无法长期稳定运行, 或是生产成本偏高, 导致国内实际产量与销量偏低, 国内需求依赖大量进口。

图表81: 国内外企业在产能、销量、客户存在较大差异, 外资高端居多



资料来源: wind, 方正证券研究所 (注: 最上图某一柱状表示该年该细分市场在全球/国内市场的需求份额; 某年全球/国内各领域市场需求份额之和不等于 100%, 系图中已省略部分市场份额占比较小的领域; 单位: 吨)

3.2 性能与成本差异, 致大小丝束在竞争格局存在较大差异

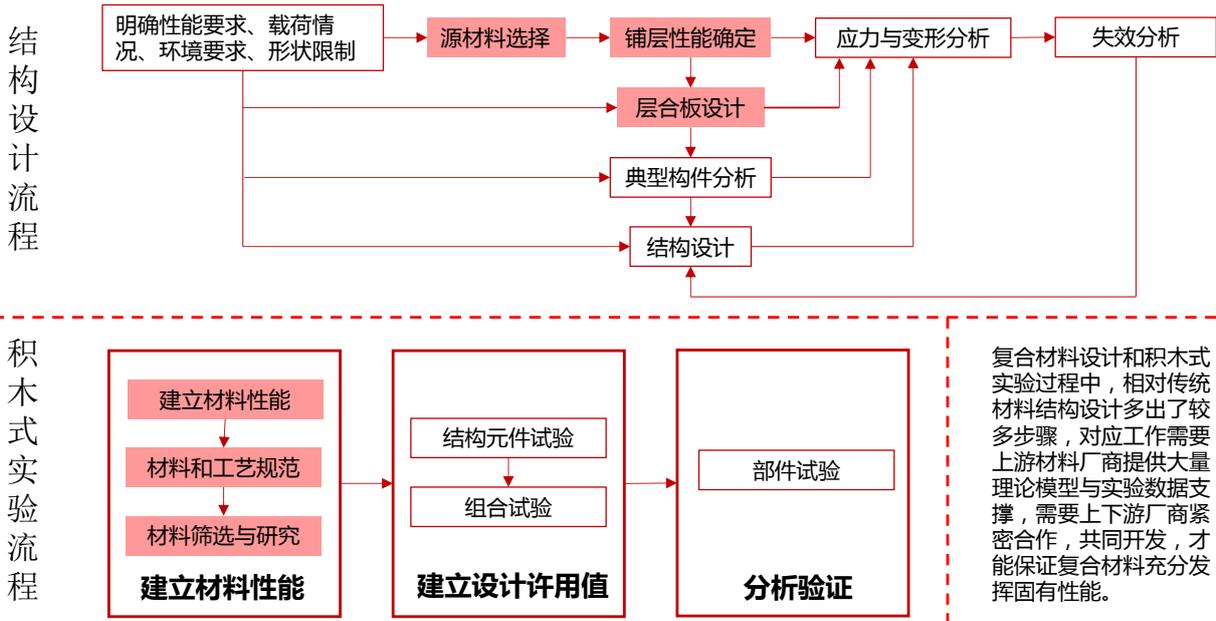
大丝束、小丝束碳纤维有四大相同特质: 重资产、高投入、上下游协同设计, 合作关系不易变更。前两点商业模式部分中已经说明, 后两点则是碳纤维行业相对传统材料行业的主要区别。大丝束碳纤维和小丝束碳纤维都属于复合材料大类, 复合材料的最大特征是产品可设计性强, 下游组件的开发难度较高, 作为复合材料基体和增强体的树脂和碳纤维需要有系统的数据支撑, 因此处于上游的碳纤维生产商和处于下游的结构件生产商一般需要协同设计。同时, 一旦合作关系建立, 由于产品设计测试流程较长, 也不会轻易更换。

图表82: 复合材料结构设计与传统材料不同, 设计性强是主要特征

复合材料结构设计特点	具体解释
复合材料具有较高设计性	我们可以像设计结构件一样, 通过选择组分及其组成情况, 设计我们所需性能的复合材料
复合材料和结构件一一对应	没有离开结构物、作为原材料单独研发出来的复合材料。每一种复合材料都针对特定结构物, 根据特定结构物的特性设计要求制造出来
复合材料和结构件同时完成	制造复合材料的过程一般就是在制造结构件的过程, 二者不存在先后关系, 一般不会先制作复合材料后制作结构件
复合材料设计缺乏规范性	不同于传统材料设计有大量参考手册与性能指标要求, 复合材料当前设计规范较少, 需要实际测试实验

资料来源: 《复合材料结构设计的基本观念》, 方正证券研究所

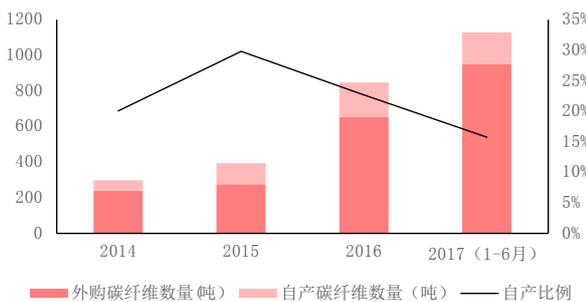
图表83: 复合材料结构设计与实验流程相较传统材料复杂



资料来源:《复合材料结构设计》, 方正证券研究所

小丝束和大丝束碳纤维在相同特质的基础上，在外部竞争压力与内部驱动因素上有明显的不同。小丝束碳纤维当前情况为：国内刚需、国外军用禁运、国内外技术差距大，主要驱动因素是技术。小丝束碳纤维相对大丝束碳纤维应用更加广泛，体育、建筑补强、汽车、航空航天等领域均可以使用小丝束。其中航空航天用小丝束对可靠性、稳定性要求更为严苛，但受到国外出口限制。我国的碳纤维产能主要集中于小丝束领域，但以低端产能为主。大丝束碳纤维当前情况为：直接与国际巨头竞争，综合考虑产品性能、制造成本、下游渠道。大丝束产品以风电、汽车、建筑加强等工业，国内企业需要直接与国外相关公司展开竞争。同时，由于国内过去一段时间对大丝束产品认识不到位，国内大丝束产品的工业应用相比小丝束较晚，且从技术难度上比较大丝束不亚于小丝束的研制。综合小丝束和大丝束产品，当前国内碳纤维行业的主要竞争格局可以概括为“2+2”竞争格局，即两家小丝束企业光威复材和中简科技，两家综合性企业中复神鹰和恒神股份。（2019年光威复材已披露将在包头建成大丝束碳纤维产线）

图表84: 光威复材在碳梁业务中受制于成本控制



光威复材存在大量外购的原因	
渠道原因	新增风电业务下游厂商规定必须使用台塑产特定型号碳纤维，部分新增民品处于习惯性下游厂商要求使用原品牌材料
成本原因	公司生产预浸料使用产品为外购“干湿法工艺”生产的T700级碳纤维，公司自己使用“湿喷湿纺”效率仅为干湿法1/5.
军品专线专用	军品生产订单要求专线专用，多余产能无法用于民品生产

资料来源: 光威复材招股说明书, 方正证券研究所

3.2.1 小丝束：先发优势、产业支持、固有格局，强者恒强或延续

国内小丝束碳纤维主要聚焦填补国内高性能产品空白，产品技术性能指标是核心驱动力，头部企业容易将先发优势转换为产品卡位优势。国外巨头如日本东丽、美国赫氏已建立不同强度、不同模量的完整产品序列，产品质量成熟稳定且性能不断迭代改进。国内碳纤维产业仍然处于初级阶段，光威复材稳定量产 T300 级碳纤维，中简科技稳定量产 T700 级碳纤维。中简科技和光威复材的共同特征是较早进入小丝束领域，在进入行业初期便有先发优势。中简科技技术班底为中科院 T700 碳纤维团队，拥有 T700 技术上的先发优势；光威复材是中国第一家民营碳纤维生产企业，进入领域后深耕 T300 工程化相关技术，拥有时间上的先发优势。两家头部企业利用先发优势，成功填补相应产品的国内空白，成为对应产品的稳定供应商。如光威复材 T300 型碳纤维稳定供应超过 10 年，与下游客户建立牢固供应关系。因此，相关企业通过产品的稳定供应，当前已经形成了相应产品的卡位优势，其他企业想进入相关领域难度增加。

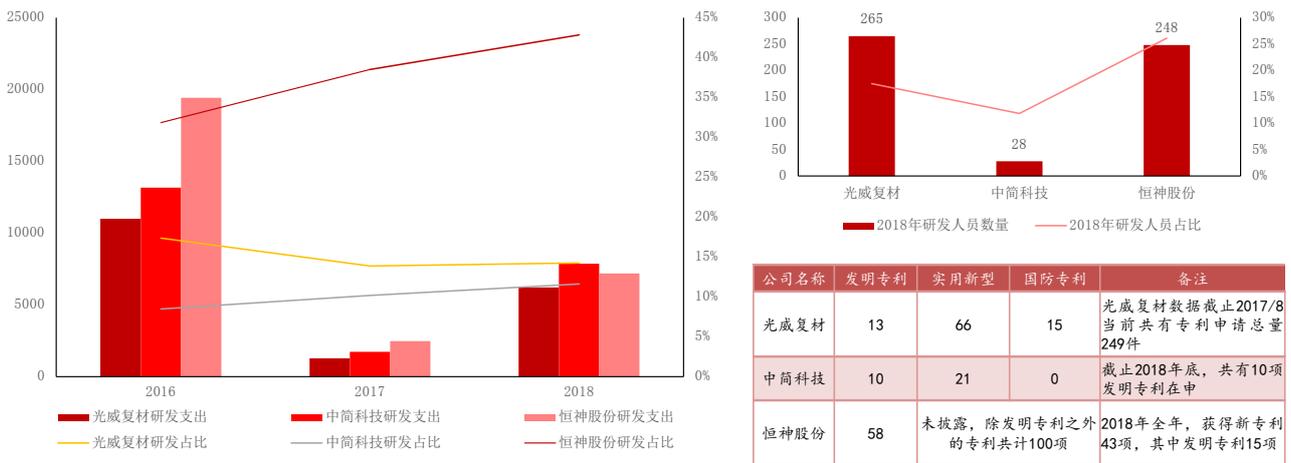
图表 85：国内三家主要碳纤维公司均有其优势小丝束产品

东丽产品	拉伸强度 (MP)	拉伸强度 (MP)	拉伸模量 (Gpa)	光威复材	中简科技	恒神股份
T300/T300B	GQ3522	3530	230	湿法工艺，稳定供货近十年，主要产品	/	技术成熟，产品性能和稳定性通过了航空鉴定，已批量供应
T400HB	/	4410	450	/	/	/
T700SC	GQ4522	4900	230	2016 年底已小批量试生产，生产的 TZ700S 碳纤维通过了航天某型号地面试验	全面应用于航空航天领域，公司已成为批量稳定供货商	可多批次生产
T800SC	QZ5526	5880	294	湿纺国产 T800H 碳纤维在某型号实现首飞，预示着 T800H 一条龙项目取得标志性进展	通过了科技部取样评价，产品性能达到科技部“863”项目指标	稳定生产，掌握了干喷湿纺原丝生产工艺，为降低碳纤维的生产和应用成本提供支撑
T800HB	/	5490	294		5490	294.00
T1000GB	QZ6026	6370	294	突破关键技术，产品性能经第三方检测，与国外同级别产品水平相当	已通过第三方取样和北京航空航天大学检测	/
M35JB	/	4510	343		/	/
M40JB	QM4035	4400	377	经过第三方权威机构检测，各项指标达到 M40J 水平，已掌握了 M40J 级碳纤维工程化生产的关键设备与技术	具备稳定生产能力	M 系列产品在 T800 产品基础上自主研发
M46JB	QM4040	4020	436	/	/	/
M50JB	QM4045	4120	420	/	/	/
M55J/M55JB	QM4050	4020	540	承担国家科技部“863”计划项目，通过中期验收。	通过北京航空航天大学检测，通过科技部验收	/
M60JB	QM4055	3820	588	/	通过北京航空航天大学检测	/
M30SC	/	5490	294	/	/	/

资料来源：公司公告，方正证券研究所

研究源于数据 39 研究创造价值

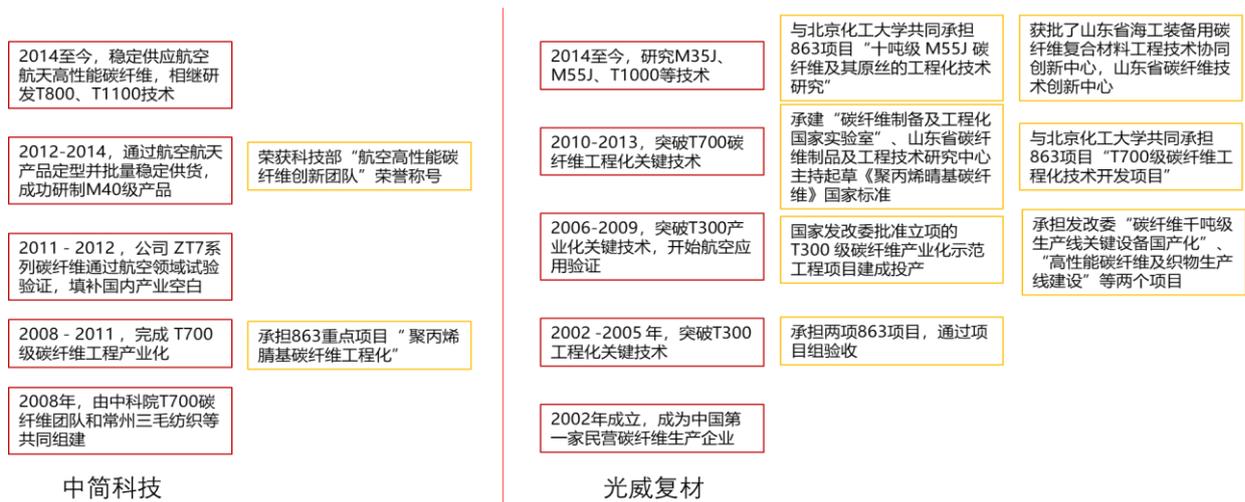
图表86: 头部企业注重研发以持续提升竞争力



资料来源: 公司公告, 方正证券研究所

小丝束碳纤维重资产、高投入、国内外差距大的行业特质, 使得外部支持成为影响企业长期发展的关键因素。拥有特定先发优势的相关企业, 往往能够参与更多国家或地方层面的研发项目, 获得更多的科研补贴, 进而确定技术上更多的优势。从市场层面来看, 头部的上市公司相对非上市公司拥有更多的资金优势, 便于产能扩张与产业延伸, 形成正向反馈, 不断从资本市场获得更多支持。因此, 从项目承接和资本市场层面来看, 头部企业都将获得更多卡位优势, 未来碳纤维领域或出现强者愈强的竞争格局。

图表87: 相关公司主要产品与国家政策导向一致, 易于承接更多国家项目



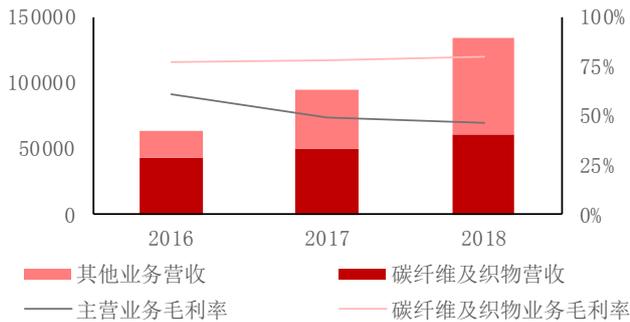
资料来源: 公司公告, 公司官网, 方正证券研究所

航空航天用碳纤维材料是头部企业生存与发展的基石, 未来竞争格局或将保持稳定。国外高性能高端航空航天碳纤维产品的封锁, 也是国内相关公司的重大机遇。头部企业中, 中航高科、中简科技、光威复材都对航空航天高端装备业务有较大的依赖。航空航天业务由于自身对可靠性、安全性的高要求, 高性能碳纤维产品的应用需要碳纤维制造企业与下游厂商紧密合作, 一旦下游产品批量生产, 在一定时

期内上游碳纤维无法轻易取代，成为企业稳定发展的“压舱石”。尤其针对于军用航空航天领域，碳纤维复合材料的头部特征更为明显。据上文，碳纤维复合材料除原丝制备难度大外，与基体树脂的结合从工艺及设备上也较大难关。中航复材作为国内航空工业集团下属单位，因需求的紧迫性长期得到诸多外部的人力资本及资金投入，护城河较为稳固，目前也已基本主导了国内高端碳纤维复合材料领域。

图表88： 航空用碳纤维业务是头部企业稳定发展的“压舱石”

光威复材碳纤维及织物主要用于航空航天领域



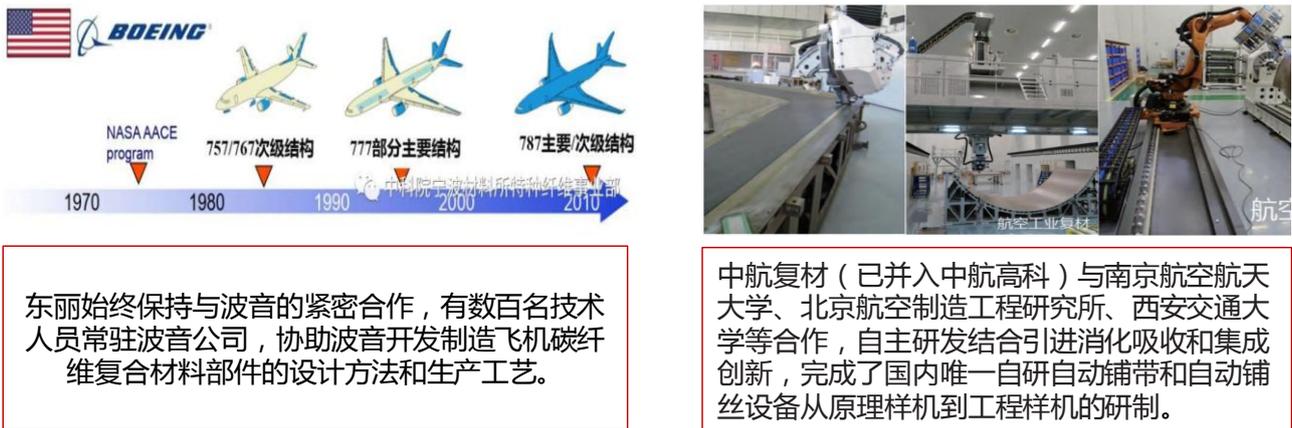
中简科技碳纤维及织物大部分用于航空航天



资料来源：《航空碳纤维树脂基复合材料的发展现状和趋势》，公司官网，方正证券研究所（左轴单位均为万元）

我国航空用碳纤维产业与国外存在显著不同：航空央企集团多有对应复合材料研发与制造子公司，上游碳纤维企业难以延伸至航空用复合材料，全产业链布局公司无法在航空航天领域获得更多竞争优势。国外巨头如东丽等，具有全产业链布局，从碳纤维上游的原丝生产、中游的碳纤维和织物、下游的航空航天用碳纤维复合材料等都有对应生产能力。但是国内企业涉及下游复合材料业务的较少，主要原因在于下游存在技术成熟、实力雄厚的航空类央企下属复合材料公司。最典型的如中航高科，其通过中航复材的资产注入，继承了中航工业集团的复合材料设计能力与过往经验积累，在航空用碳纤维预浸料、复合材料组件等方面具有强大的竞争力。因此上游碳纤维制造企业一般作为碳纤维材料供应商，难以将产业链延伸到航空用复合材料领域。引述中航高科2018年年报：“碳纤维等原材料上游产业主要集中在威海拓展、中简科技、江苏恒神等民营企业；下游市场基本被航空工业、中国商飞、中国航发商发等国有企业所占领。航空工业集团的复合材料处于产业链的中下游，体系完善，凭借数十年的基础研究和应用牵引，在我国复合材料技术创新领域占有重要地位，航空工业复材承担了主要军机用预浸料的生产和供应，在航空复合材料军用产品中占有主导地位。”

图表89: 碳纤维复材企业多与客户保持紧密合作, 国内重点复材设备较为紧缺

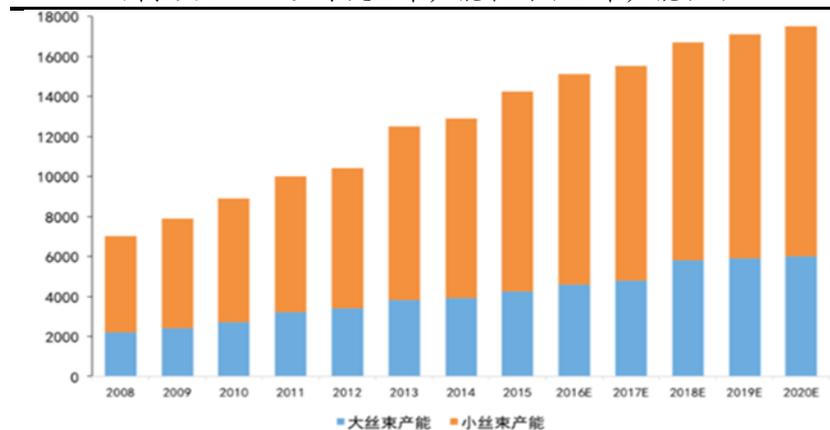


资料来源: 中科院宁波材料所特种纤维事业部, 公司官网, 方正证券研究所

3.2.2 大丝束: 直面国际巨头竞争, 扩产能、降成本是竞争关键

大丝束碳纤维的制备难度较大, 从而导致目前全球大丝束碳纤维产量低于小丝束碳纤维。据《大丝束碳纤维应用研究》, 大丝束碳纤维应用的主要技术问题是在制造预浸料时, 因丝束较粗不宜展开, 导致单层厚度增加, 不利于设计调整铺层。2014年, 全球 PAN 基碳纤维产能约为 12.8 万吨, 其中小丝束碳纤维约占 72%, 大丝束碳纤维约占 28%。就工业所用大丝束生产而言, 国内外生产能力差距较大, 我国大丝束大部分依靠进口。大丝束市场, 日本企业所有的市场份额占全球产能的 24%, 美日两国合计能够有全球 76% 的大丝束生产能力。

图表90: 全球大丝束产能相对小丝束产能较小



资料来源: 中简科技招股说明书, 方正证券研究所 (单位: 吨)

相对小丝束碳纤维, 大丝束产品应用领域对性能要求不高, 尽管大丝束生产难度更大, 但是小丝束生产工艺能够成为大丝束生产工艺有效参考, 小丝束头部企业容易进入大丝束相关领域。当前大丝束产品的主要应用领域包括建筑补强、风电、汽车等领域。建筑补强, 以 T300 型大丝束产品为主; 风电、汽车等领域, T300、T700 均有使用。单从产品性能来看, 国内小丝束碳纤维产品性能已可覆盖同类型大丝束产品, 因此大丝束产品对产品性能要求不高。但大丝束产品的生产技术相对小丝束产品难度更高, 但成本低。据《材料导报》2016 年 9

月刊宋燕利等人所作一文《面向汽车轻量化应用的碳纤维复合材料关键技术》，大丝束碳纤维制备属于低成本生产技术，其售价只有小丝束碳纤维的 50%~60%，性价比（单位价格的强度、模量、比强度和比模量）远高于小丝束碳纤维。如德国 SGL 集团生产的 C30T050 的大丝束碳纤维，性能与 T300 相当，而成本只有其四分之一。然而由于大丝束碳纤维存在丝束较大，易于聚集，展纱效果不好等问题，造成树脂在大丝束碳纤维中的浸润性较差，单丝中易产生孔隙等制造缺陷。同时，展纱过程中易于出现乱纱和断纱，导致力学性能分散性较大，增大了大丝束碳纤维的制造难度。目前，国内外正在开发大丝束碳纤维薄层化技术减少缺陷的产生，提升产品的质量。但是，小丝束碳纤维的生产流程与大丝束碳纤维的生产流程类似，主要生产过程的反应原理、温度控制等方面有相通之处。因此，国内能够稳定供应 T300、T700 级别碳纤维的小丝束碳纤维产品供应商，更容易进入大丝束相关领域。

图表91： 同级别大丝束制备技术难度更大

大丝束制备难关	难点
无明确的标准和健全的体系，研发难	相比小丝束，在原丝、聚合、预氧化、碳化等多个系统环节，大丝束碳纤维的制备技术难度都更大。例如，若生产的是 1k、3k 的小丝束碳纤维，一个喷丝板上有 1000 个、3000 个孔，但如果生产的是 48k 大丝束碳纤维，一个喷丝板上会有 48000 个孔，难度明显加大
CV 值的稳定	若生产 3k 小丝束碳纤维，要求一个喷丝板上的 3000 个孔里喷出来的每根丝的均匀度一致，这相对容易；但如果是生产 48k 大丝束碳纤维，要求一个喷丝板上的 48000 个孔里喷出来的每根丝的均匀度都保持一致，基数成倍增加，难度也相应极大
毛丝问题	毛丝问题通常伴随着纺丝过程一直存在，企业需要将毛丝的占比控制在合理范围内。如果是生产 1k 的碳纤维，按照 1% 的毛丝占比，会出 10 根毛丝，这看上去并不明显；但如果是生产 48k 碳纤维，按照同样的毛丝占比，将会出现 400 多根毛丝，会使毛丝看上去较为明显。因此，如何控制好大丝束碳纤维的毛丝占比是个大难题，目前国际上也没有这方面的标准
碳化环节	大丝束碳纤维原丝生产出来后，在碳化环节还将面临不少新挑战。比如，毛丝的问题在原丝上体现得可能并不明显，但在碳化环节有可能会凸显出来，因为在碳化环节会发生剧烈的化学反应，有可能会造成纤维分子结构中的某些键断裂等现象发生

资料来源：新材料在线，方正证券研究所

图表92： 同级别大丝束部分性能优于小丝束

性能特点	大丝束 (PANEX35)	小丝束 (T300)
拉伸强度/Mpa	3800	3530
拉伸模量/Gpa	242	230
密度/g/cm3	1.81	1.76
级别	工业级	宇航级
特点	制作板材等结构时，丝束不宜展开，导致单层厚度增加，不利于结构设计；大丝束碳纤维粘连、断丝等现象更多，影响强度、刚度等性能，性能的分散性较大；成本较低	加工成结构件时，丝束容易展开，粘连、断丝的现象少，对产品强度、刚度影响小，成本较高
应用领域	工业领域：纺织、医药卫生、机电、土木建筑、交通运输和能源等。	航空航天等要求较高的领域以及高端体育休闲用品：飞机、导弹、火箭、卫星和渔具、高尔夫球杆等

资料来源：新材料在线，方正证券研究所

大丝束产品要求直面国外竞争，在性能达标的情况下，主要是成本驱动，区位优势成为需要考量的主要影响因素。碳纤维的重工业行业属性，导致土地、能源、原材料、运输等生产要素对成本影响较大。小丝束碳纤维主要用于军事用途，对成本不敏感，因此厂区位置不是重要考量因素。但是大丝束碳纤维对成本敏感，厂区位置、当地支持能够极大影响生产成本，因此区位优势成为主要竞争力。

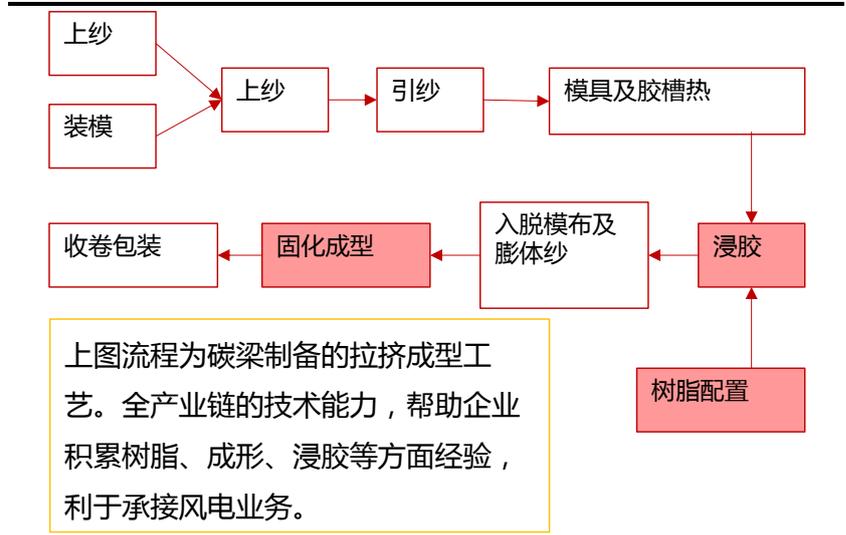
图表93： 国内大丝束新建项目利于发挥各地区区位优势

公司	项目名称	主要优势
光威复材	内蒙古包头市九原工业园区万吨级大丝束碳纤维项目	包头当地钢铁产业发达，电、天然气、蒸汽等配套比较齐全，包头工厂的电费价格相对威海工厂下降 55%以上，将大大提高单位产品的成本优势
中复神鹰	青海西宁 2 万吨碳纤维及原丝配套项目	西宁有独特原材料区位优势，西宁市政府将全力支持该项目建设，西宁地区工业用电价格较低，能够显著降低碳纤维产品成本
康得新	山东荣成 6.6 万吨高性能碳纤维项目	山东省政府通过政府引导基金和各项政策，全力支持项目推进和打造；恒丰银行与康得新进行投资联动，建立 100 亿元产业基金
精功集团	吉林 8000 吨大丝束碳纤维项目	依托吉林化纤碳谷公司碳纤维原丝生产优势，以及精功集团复合材料优势，实现产业链上下贯通，节省原丝运输成本

资料来源：公司公告，公司官网，方正证券研究所

大丝束碳纤维领域看好下游扩展，下游竞争格局与小丝束不同。目前，阻碍碳纤维材料大规模应用的主要问题在于上游高性能碳纤维产能的不足、下游相关企业复合材料设计、应用技术储备不够等。同时，全产业链布局企业有碳纤维预浸料、碳纤维制品的加工经验，方便承接相关业务，能够进一步加强与下游加工制造企业的深度合作。如光威复材与维塔斯的合作，光威复材直接向维塔斯提供碳纤维进一步深加工后的风电碳梁产品，二者的合作促进了光威复材近年民用碳纤维业务营收的快速增长。

图表94： 全产业链布局利于承接碳梁业务



资料来源：公司公告，公司官网，方正证券研究所

4 海外巨头：技术是基因，产能促成长，政策控环境

4.1 日本东丽&美国 HEXCEL 全面领先

日本东丽（TORAY）株式会社是目前碳纤维产量的全球领导者。东丽株式会社成立于 1926 年，是世界著名的以有机合成、高分子化学、生物化学为核心技术的高科技跨国企业，在全球 19 个国家和地区拥有 200 家附属和相关企业。1971 年，东丽开始生产并销售 TORAYCA 碳纤维。目前，公司碳纤维业务已获得波音、空中客车、

研究源于数据 44 研究创造价值

SpaceX 等航空航天领域大客户订单，并仍在逐步扩大产能布局。据 2018 财年数据，公司营收达 215.48 亿美元，纤维与纺织品占 40.78%，高性能化学品 36.37%，环境与工程 10.79%，碳纤维复合材料占 9.38%。其中，碳纤维复合材料业务包含碳纤维、预浸料、碳纤维织物、聚丙烯腈基碳纤维复合材料，以及树脂基碳纤维复合材料（CFRP）的全产业链产品生产。据中简科技招股书及《2017 全球碳纤维复合材料市场报告》，东丽在全球小丝束市场占 26%，2017 年碳纤维产能达 42 千吨（含 Zoltek），产销均为全球领先。

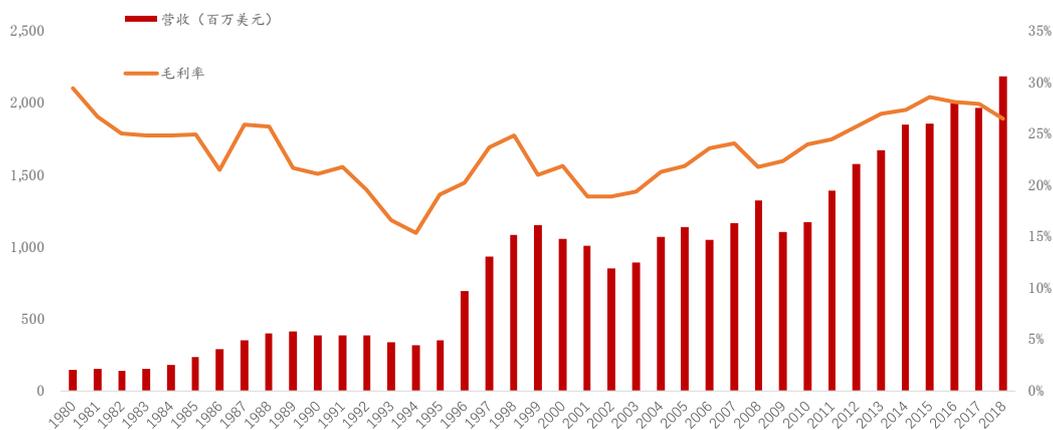
图表95：东丽深耕材料领域，业务结构较为稳定



资料来源：彭博，方正证券研究所

碳纤维复合材料起始于赫氏的 HexTow® 碳纤维，是世界上航空航天和工业应用的优质碳纤维。赫氏（HEXCEL）公司于 1946 年成立，1980 年在纽约证券交易所上市，是碳纤维的领先生产商，在航天项目中拥有超过 45 年的经验，认证最广泛，是第一家开发金属胶粘剂、规模化生产蜂窝并将其商业化、帮助研发了第一批用于风力叶片的预浸料的行业领先公司。2008 年，赫氏赢得了其历史上最大的合同，为空客 A350 XWB 提供主结构预浸料-碳纤维和配方树脂的结合。2018 年，公司销售额增长超过 10% 达 21.89 亿美元。其中商用航空增长 8%，航天国防增长 7% 达 3.7 亿美元，工业领域受风电需求刺激增长近 30% 达 2.94 亿美元。

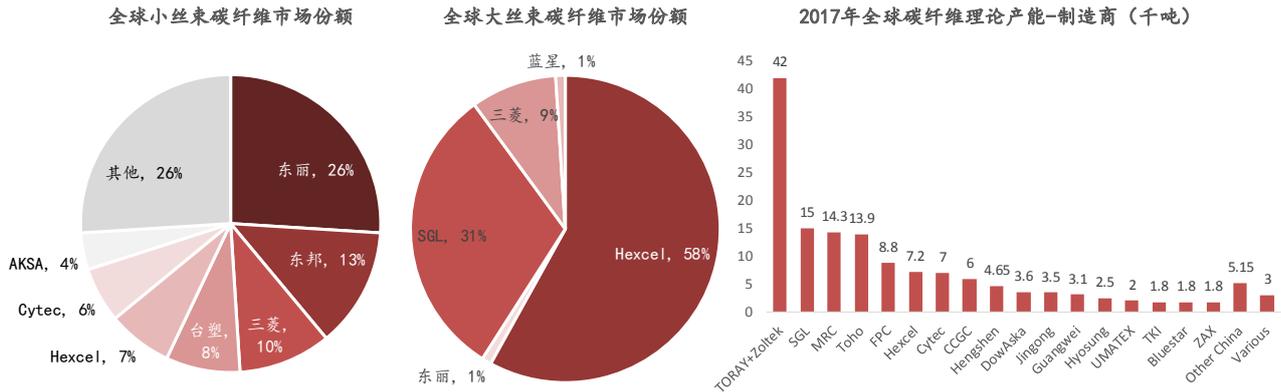
图表96：HEXCEL 营收、毛利稳步增长



资料来源：Wind，公司官网，方正证券研究所整理

国际巨头产销量均领先，产能利用率充足。目前全球碳纤维市场被日本东丽、东邦、三菱丽阳及美国赫氏几个主要公司垄断。据 2019 年中简科技招股说明书，小丝束市场东丽市场份额达 49%，大丝束市场美国赫氏占 58%，处于明显主导地位。东丽和赫氏都有预浸料、织物、短切纤维、夹层材料等中间成型物，产业链完整，生产线全面覆盖，可直接为客户提供量身定制的复合材料解决方案和产品。同时具备相关设备生产能力，生产质量稳定，易于解决碳纤维产品与树脂匹配性问题。因此，国际巨头产能利用率较高，既有产能又有产量。

图表 97: 东丽&赫氏碳纤维“有产能、有产量”



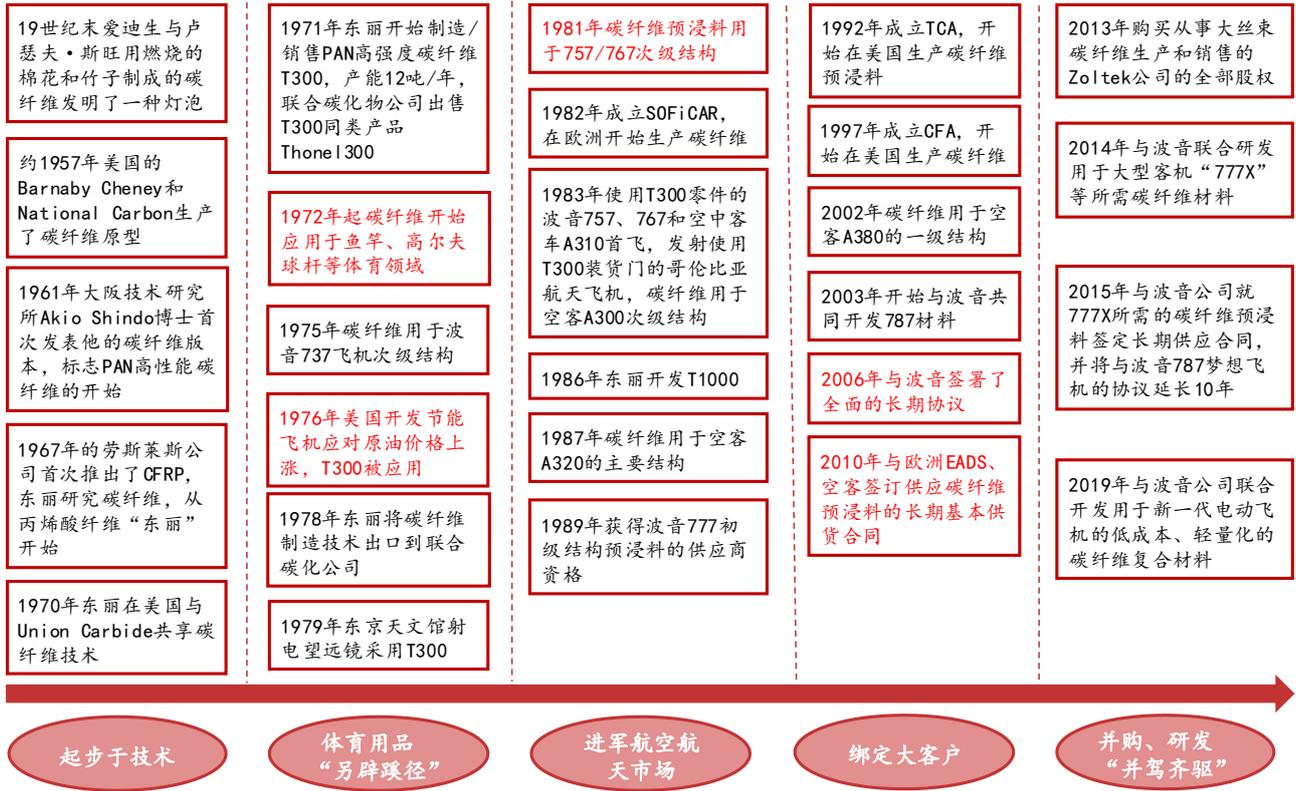
资料来源：《中简科技招股说明书》，《2017 年全球碳纤维复合材料市场报告》，方正证券研究所

4.1.1 正确判断、合理选择市场，绑定客户、并购扩渠道

除了要准确把握碳纤维市场发展机遇外，东丽、赫氏在企业不同成长阶段根据自身特点合理布局市场。东丽与赫氏在进入碳纤维业务之初都面对较大的航空航天市场空间，但由于缺乏欧美军工合作伙伴，东丽选择从体育领域进军，而赫氏依靠美国军工集团支持顺利进入军用航空航天领域。在后期发展中，二者也根据自己的技术优势和客户渠道选择了不同市场路径：东丽全面覆盖航空航天、体育、一般工业领域，进行多层次市场竞争；而赫氏由军工业务进入行业，着重发展民航、航天国防高毛利领域，锁定大客户。

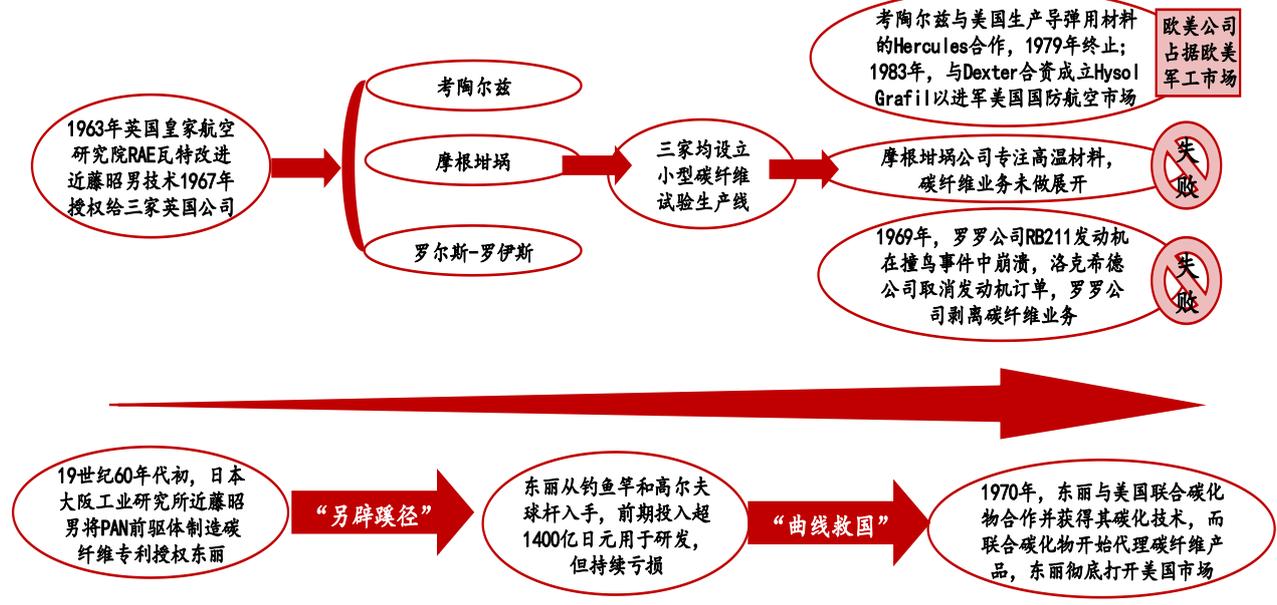
(1) **把握市场、加强大客户合作：善于把握市场机会，绑定大客户是东丽成长的关键手段。**20 世纪 60 年代，碳纤维兴起初期，英国皇家航空研究所在日本近藤昭男技术基础上进行改进，并授权给考陶尔兹、摩根坭坩、罗尔斯-罗伊斯三家公司。之后，罗罗公司飞机发动机因撞鸟事故失去洛克希德公司订单，摩根坭坩并未进一步开展碳纤维业务，由考陶尔兹等欧美公司主导美国军工碳纤维市场，日本等国企业很难进入。因此，东丽转而由无人问津的体育用品碳纤维市场做起，并与美国联合碳化物公司达成合作，打开了东丽在美国的市场。积累了一定的技术和口碑之后，陆续与波音、空客等大客户达成合作，进入民航市场。自 2010 年起，汽车市场为降低成本、满足环保标准开始使用碳纤维复合材料，公司相继与戴姆勒、丰田合作共同开发碳纤维结构件。其中，与丰田的合作是全球首次将 CFRTP（碳纤维增强热塑性塑料）用于汽车结构件，公司又一次率先进入新领域。

图表98：东丽各发展阶段对市场有不同的把握



资料来源：TORAYCA®官网，方正证券研究所整理

图表99：“另辟蹊径”入行业，“曲线救国”拓市场



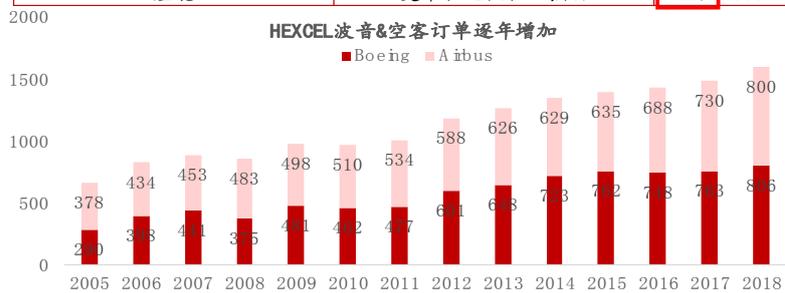
资料来源：新闻摘自搜狐网，方正证券研究所整理

类似的，美国赫氏（Hexcel）作为美国碳纤维领先供应商，同样得益于稳定的客户源——美国军方、波音&空客。从全球碳纤维产业的现状看，航空航天和国防工业是碳纤维最重要的应用领域之一。据赛奥碳纤维技术公司发布的《2018年全球碳纤维复合材料市场报告》，航空航天领域碳纤维需求量2018年达21千吨，占全行业需求总量的

23%，但价值量达 12.60 亿美元，占全行业的 49%。赫氏的发展主要得益于军民用航空航天碳纤维复合材料的需求增长。美国军机 F22 机身碳纤维复材几乎由赫氏产品全覆盖，且波音和空客等民航订单逐年增加（赫氏是波音 787 复合材料主要供应商）。赫氏商业航空与国防领域复合材料营业收入从 2001 年的 4.78 亿美元，增加至 2018 年的 14.76 亿美元，两大领域在该期间内累计贡献营收占公司总营收的比重达 59.89%。由此可见，在某些领域绑定大客户不仅能够打开市场，还能进一步锁定市场份额。

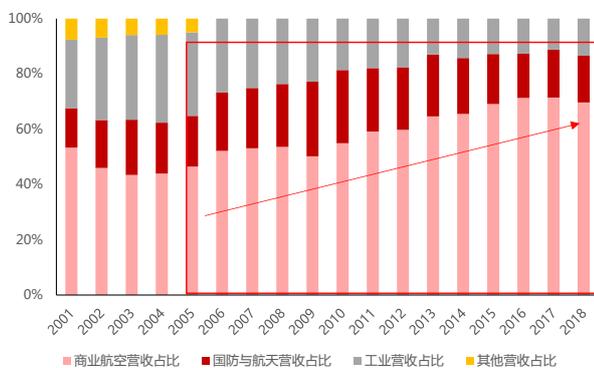
图表100： 赫氏高模高强产品几乎覆盖军机 F22，大客户订单稳增

美军机F22部位	零件名称	材料
前机身	蒙皮及边条	IM7/5250-4
	隔框及框架	IM7/PR500RTM
	油箱框架	IM7/PR500RTM
	电子设备及侧阵列舱门	IM7/APC-2
中机身	蒙皮	IM7/5250-4
	弹舱门蒙皮	IM7/APC-2
	弹舱门帽衫加强件	IM7/PR500RTM
后机身	上蒙皮	IM7/5250-4
	蒙皮	IM7/5250-4
机翼	中介梁	IM7/5250-4RTM
		IM7/5250-4
	操纵面	蒙皮+非金属蜂窝芯
垂直尾翼	蒙皮及支架	IM7/5250-4
水平尾翼	枢轴	IM7/5250-4丝束铺放
	蒙皮	IM7/5250-4
进气道	蒙皮	IM7/977-3
座舱	支架、地板、加强肋	IM7/PR500RTM



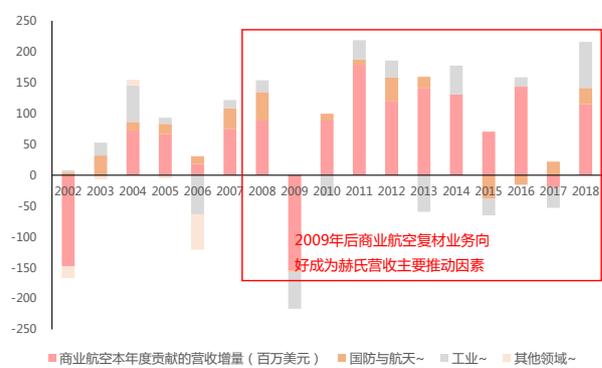
资料来源：公司年报，方正证券研究所

图表101： 国防及商航成为赫氏营收主要推动力



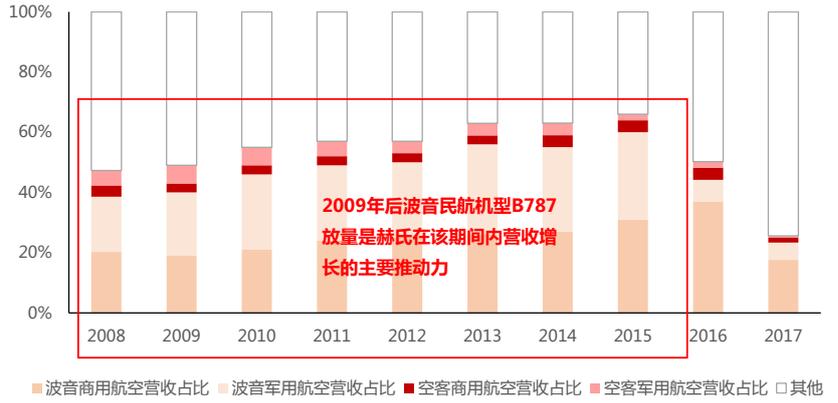
资料来源：Bloomberg，方正证券研究所

图表102： 商业航空复材业务贡献赫氏主要营收



资料来源：Bloomberg，方正证券研究所

图表103: 波音 787 机型放量贡献赫氏主要营收且对客户依赖大



资料来源: Bloomberg, 方正证券研究所

(2) 垂直整合完善产业链, 横向拓展分销渠道, 吸收产业链新技术, 实现高效布局, 是国际巨头全面推进国际市场的重要方法。东丽与赫氏的并购逻辑不完全相同, 但都由并购及拓展战略从技术、产业链、渠道、产能等多方面受益。东丽民用事业覆盖较广, 主要进行产能布局、绑定大客户: 先后收购 ACE、PCC、CIT 等各国制造和分销商, 同时, 通过建立专门的汽车中心 (AMC), 建立自有的碳纤维原料 (前驱体) 工厂等, 或收购处于产业链某环节的领先制造商 (如 TCAC 预浸料制造商等), 实现碳纤维全产业链生产和供应。而主要从事航空航天用复材的赫氏主要以产能扩张、拓宽下游为主导整合相关资产: 如赫氏曾在 2011、2012、2015 年间多次进行产能扩张, 并于 1972 年收购世界第二大纺织厂 Pierre Genin&Cie, 将焦点转到复合材料(碳纤维) 和电子元器件等新兴领域; 2009 年新收购的工厂在科罗拉多温莎动工, 主要面向美国风电行业生产碳纤维预浸料和其他复合材料。

图表104: 东丽绑定大客户与技术并购, 产业结构与渠道综合拓展

与大客户共同开发, 合作稳定, 容易进入新兴市场并形成渠道壁垒

垂直整合提高技术, 横向整合扩大产能, 打开全球市场

时间	对象	内容
2008	东丽收购 ACE advanced Composite Engineering GmbH	ACE 是碳纤维增强塑料制品的制造商和分销商
2008.6	-	公司成立汽车中心 (AMC)
2009.4	-	成立碳纤维增强塑料产品技术与应用开发中心 (ACC)
2010.4	东丽与戴姆勒	共同开发 CFRP 材料汽车零部件用于奔驰车型
2010.5	东丽与欧洲宇航防务集团 (EADS)	签署长期基础供货协议, 至 2025 年主要为空中客车 (Airbus) 提供用于飞机的碳纤维预浸料
2011	成立欧洲无迹碳纤维复合材料有限公司 (EACC)	与戴姆勒公司共同推动市场和应用的的发展
2013.4	成立东丽碳魔有限公司和卡姆魔 (泰国) 有限公司	通过收购 DOME 集团的股份, 加强和提升垂直整合供应链
2013.7	东丽宣布收购 Plasan Carbon Composites (PCC)	PCC 采用东丽美国的快速固化热固性树脂预浸料, 通过对 PCC 的资本参与, 完成了东丽的汽车供应链, 东丽能够确保为美国汽车制造商提供分销渠道
2013.9	东丽收购 Zoltek 全部股份	东丽进军大丝束业务, 并通过 Zoltek 在匈牙利、墨西哥的工厂促进大丝束的应用和需求发展
2014	东丽与丰田	丰田燃料电池汽车 MIRAI 采用东丽 CFRTP (碳纤维增强热塑性塑料), 是全球首次将 CFRTP 用于汽车结构件
2014.1	东丽 (美国)	引入一个高性能设备, 用于生产飞机和汽车应用的高附加值预浸料, 于 2016 年 1 月开始生产
2014.9	子公司 Toray Carbon Fibers Europe SA (CFE)	CFE 建成新的碳纤维原料 (前驱体) 工厂, 进行综合生产, 将日本进口的材料转换为自已工厂生产的前体, 提高成本竞争力
2014.11	东丽与波音公司签署协议备忘录	将为波音 787 Dreamliner 提供预浸料的协议延期, 以为新生产的 777X 提供碳纤维用于机翼
2015.1	东丽接管意大利 Saati 工厂资产作为全资子公司 Composite Materials (Italy) Srl (CIT)	进一步加强东丽集团在欧洲的碳纤维复合材料业务的结构
2016.2	Carbon Magic (泰国) 有限公司 (CMTH) 落成	CMTH 是为了满足其产品的市场需求, 产品不仅适用于高端汽车和摩托车, 还适用于飞机, 火车, 轮椅和轮椅等新领域
2016.4	东丽与六角林肯公司	签订共同开发协议, 对拟在日本生产和销售用于汽车的碳纤维增强高压氢气瓶的拟议合资企业进行业务可行性研究
2017.2	东丽新建工厂	引进最先进的设备, 生产用于燃料电池堆电池基板的碳纸
2017.3	赛峰集团与东丽公司	签署购买高性能复合材料的主合同, 专门用于制造新一代飞机设备零件
2017.6	东丽与意大利航空航天高端应用领导者 Avio SpA	签署十年协议, 东丽长期应用于火箭发动机壳体的碳纤维
2018.3	-	东丽宣布成功开发用于 CFRP 的新型高压釜技术, 制造尺寸精确的零件并节省能源
2018.4	Zoltek	决定提高 ZLT 的大丝束碳纤维生产能力, 将匈牙利工厂的产能从每年 10000 吨提高 50% 至 15000 吨
2018.7	东丽与荷兰 KTC	收购 KTC 子公司 TCAC (预浸料制造), 同时是热塑性树脂的碳纤维中间材料的全球领先公司
2018.11	-	东丽宣布已开发同时实现更高的拉伸强度和拉伸模量的 TORAYCA® MX 系列
2019.4	-	为飞机主要结构部件开发创新的预浸料, 该预浸料可以实现 CFRP 成型品, 而无需用高压釜

资料来源: 公司官网, 方正证券研究所

图表 105: 赫氏以产能扩张、拓展下游为主导进行整合

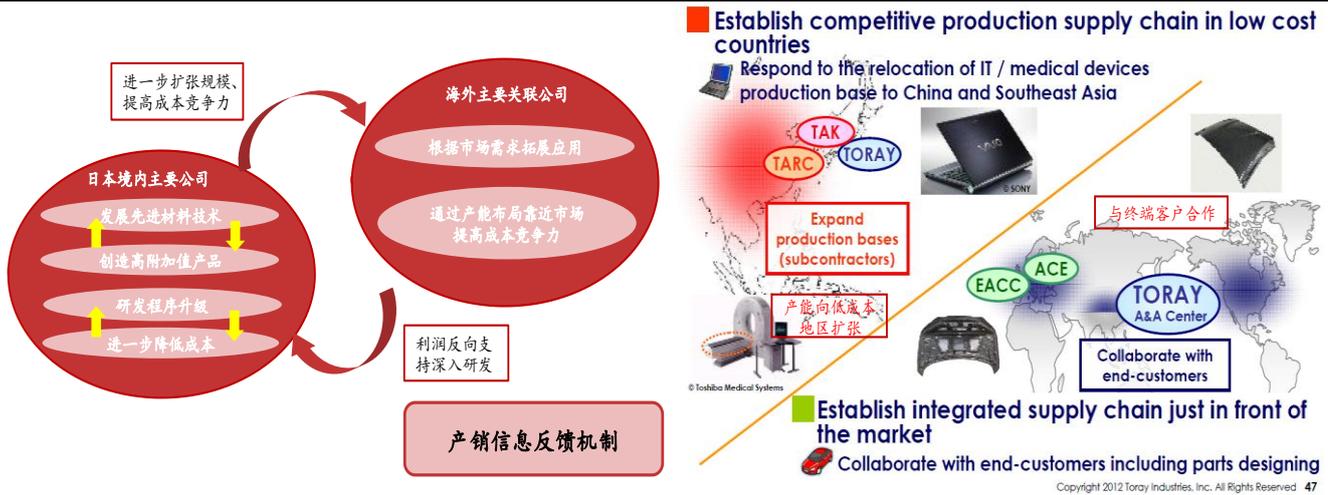
1948: 获得首个来自 Wright-Paterson 空军基地的航空材料司令部的合同, 制造用于军用飞机雷达天线罩的蜂窝研究和开发材料、方法和设备, 9月公司成立	1974: 建造五轴数控蜂窝雕刻机, 使得赫氏能够开始提供复杂的轮廓零件, 如F-15 战斗机	2003: 在法国莱萨韦尼埃启动新生产单元, 完全致力于碳纤维编织以及多轴和预成型操作	2012: 德国施塔德预浸料厂扩建; 西班牙帕拉预浸料厂产能翻倍	2018: 与未来航空公司联手在上海开设复合材料试验室。和 Gazechim 联合为航空航天、国防和工业市场提供配套服务, 在法国正式开设新工厂; 宣布收购 Arc Technologies 的计划
1949: 低价竞标为B-36轰炸机机翼提供燃料电池支持面板	1977: 通过收购 Tower Scientific 进入医疗领域	2005: 空客推出首架 A380, Hexcel 是 A380 主要供应商	2013: 波音和 Hexcel 在马来西亚的合资工厂扩张 40%	2019: 收购 Arc Technologies, 开放和 Arkema 在法国 Les Aveires 的联合研发实验室, 宣布上海 FAHCCT 实验室正式开放, Hexam™ 添加剂制造业经波音公司批准用于商用飞机平台
1961: 因军费削减造成销售下滑, 退出不盈利业务	1980: 受经济衰退的影响, 将业务重点放在其核心复合材料业务中, 退出滑雪板和医疗等产品线; 纽交所上市收购 Stevens-Genin 进入欧洲市场	2007: 德国施塔德开办预浸料厂并宣布在中国建预浸料厂计划	2014: 宣布扩大碳纤维产能计划, 在法国鲁西荣增加新的前驱体和碳纤维生产线, 在杜克斯福德工厂奠基新的 600 万英镑的研发设施	
1965: 美国参与越战推动 Hexcel 军事销售, 临时机场的着陆垫使用 Hexcel 的铝蜂窝材; 亚利桑那州卡萨格兰德新工厂开始运营	1986: 为“旅行者”号机头罩、负载门和机翼提供材料在亚利桑那州钱德勒建设生产工厂, 以支持公司 B-2 轰炸机项目和其他计划	2008: 获得历史最大合同, 为空客 A350 XWB 的主要结构提供碳纤维预浸料; 在盐湖城添额外的碳纤维生产能力, 在西班牙伊列斯卡斯建立其第一家欧洲碳纤维厂; 在法国南特启动航空预浸料厂; 在中国天津, 建设工厂为风能供应预浸料	2015: 法国鲁西荣新碳纤维厂奠基, 宣布附近编织和预浸料工厂的产能扩张	
1967: 在比利时韦尔肯拉特启动第一个海外工厂	1993: 重组债务失败, 依照《破产法》自愿申请破产保护	2009: 新收购的工厂在科罗拉多温莎动工, 主要面向美国风电行业生产预浸料和其他复合材料	2017: 推出 HEXPLY®M77HF 环氧预浸料和 HEXTOW® IM5 碳纤维, roussillon 碳纤维生产线投入运行; 收购了法国 Structil SA 公司; 维斯塔斯风力系统扩大了与 HEXCEL 现有的供应协议; 联合技术航空系统公司的飞机结构业务与 Hexcel 公司的合同延长; 收购牛津性能材料公司的航天与国防业务; 宣布在其 Decatur 工厂进行 2 亿美元的扩建	
1968: 为减轻对军事销售的依赖, 收购了其主要供应商 Coast Manufacturing, 包括它的三个制造厂巩固其在非军事领域的地位	1996: 规模扩大一倍以上, 收购 Ciba-Geigy 的复合材料业务; 购买 Hercule 的复合材料业务, 获取关键的航空产品资格和重要的碳纤维生产能力	2011: 在犹他州盐湖城的工厂投产两条新碳纤维生产线使 Hexcel 的全球碳纤维产量增加至 1600 万磅的额定产能		
1969: 阿波罗 11 号用赫氏制造的蜂窝脚踏垫登陆月球	1997: 收购 Fiberite 的卫星预浸料生产线以及 Fiberite 专有预浸料技术的免版税许可			
1971: 赫氏生产滑雪板				
1972: 收购世界第二大纺织厂 pierre Genin & Cie, 将焦点转到复合材料和电子器件等新兴领域				

资料来源: 公司官网, 方正证券研究所

4.1.2 产能高效布局降成本, 产销反馈机制促发展

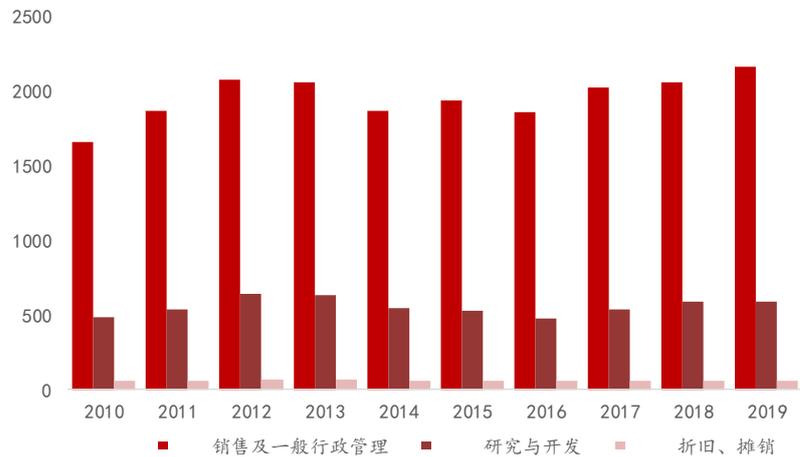
总体战略上, 东丽将研发布局国内, 锁定技术优势; 产能布局低成本地区或靠近市场, 降低成本; 与客户密切互动, 形成产销反馈机制。在东丽公布的“AP-G 2019 中期管理计划”中, 明确提出, 公司的战略是依靠境内公司发展技术、创造高附加值产品, 同时向海外扩张规模、绑定客户, 在全球市场所获利润将重新用于支持本部研发, 进行产品升级、降低成本, 从而进一步实现扩张。公司将生产线向中国、东南亚等生产成本相对较低的地区布局, 同时, 也在欧洲等主要客户市场前建立了完整的供应链。这种战略导致东丽母公司的管理费用较高, 但也与日本制造业的“母工厂”思维相契合。结合 IFRS 国际会计准则对于 G&A (general and administrative expense) 的规定, 包括租金、保险费或归属于公司管理层的薪酬和福利以及任何法律人员也被归类为一般和管理费用。据中国社会科学院工业经济研究所研究员杨超所作《日本制造业如何全球布局》一文, 日本制造业在战后发展时期, 通过在本土保留承载核心竞争能力的产业、培育和发展“母工厂”。在产业布局上, 本土生产磨合型产品, 日本企业通过对该类产品的控制, 保持高端制造业技术竞争力, 留在国内进行一体化封装生产并实行技术封锁; 在生产要素布局上, 保留高附加值环节, 转移低附加值环节; 在研发中心布局上, 集中在欧美投资, 获取东道国逆向技术溢出, 弥补基础研发的薄弱环节。

图表106: “母公司”思维下的战略布局, 东丽产销反馈机制健全



资料来源: 东丽“AP-G 2019 中期管理计划”, 方正证券研究所

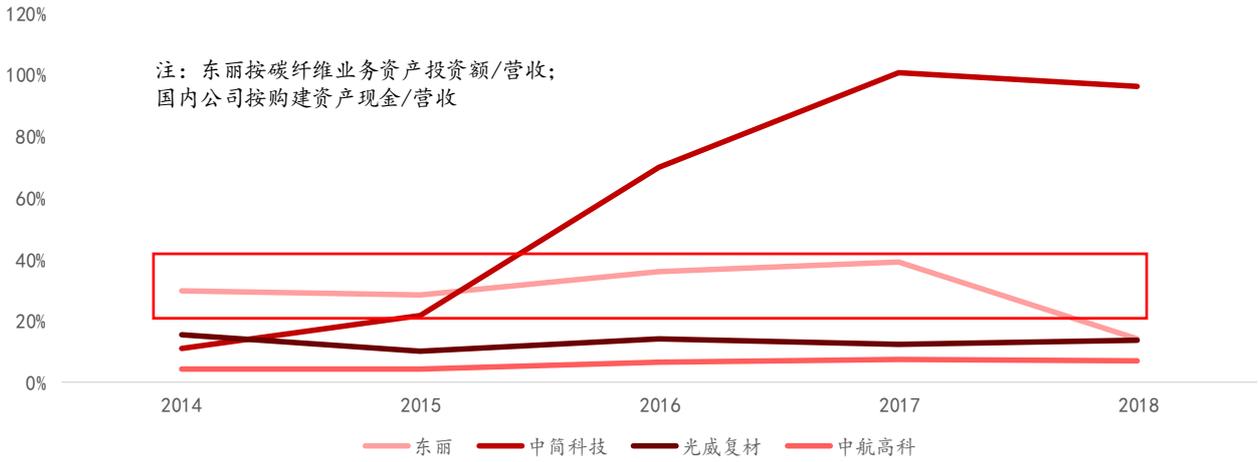
图表107: 东丽研发集中于本土, 致管理费用偏高



资料来源: 彭博, 方正证券研究所 (注: 单位百万美元)

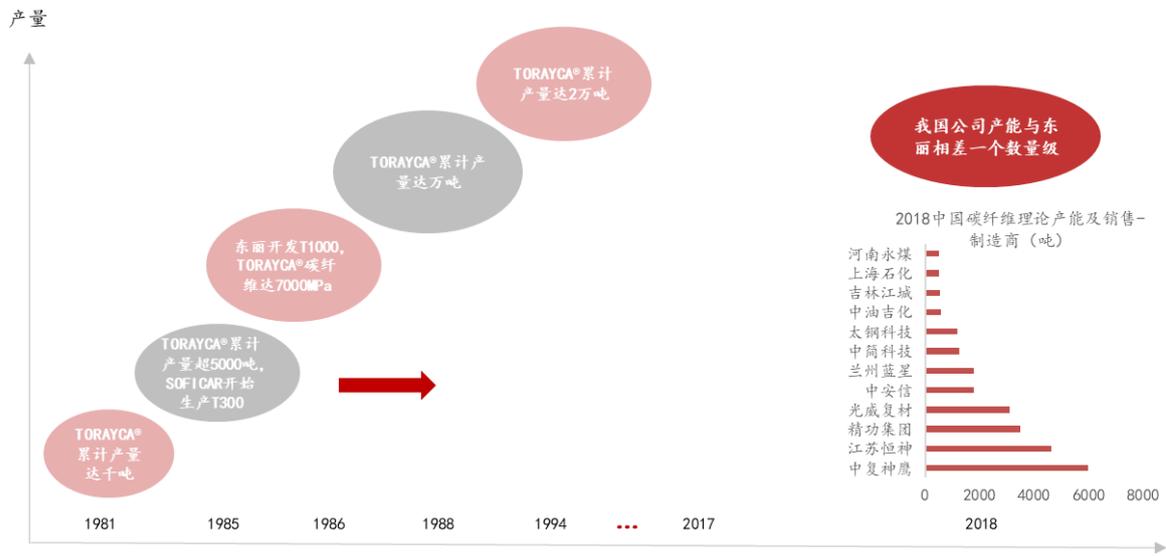
产能投入高、布局全面, 多年领先国内公司水平; 生产线靠近市场, 有效降低成本。2018年前, 东丽的资产投资占营收的比例多年领先国内主要公司, 注重产能投入是其优势之一, 国内公司或需要进一步提高产能投入。同时, 东丽产量在1981年已达千吨。2018年, 通过扩大匈牙利工厂的运营, 子公司卓尔泰克(Zoltek)将把该工厂的生产能力提高50%, 达到每年生产15000吨, 这将使Zoltek的PX35碳纤维的全球生产能力提高到每年生产25000吨, 并于2020年开始生产。而2018年, 我国仍有相关公司产能不足千吨, 且国内没有万吨级的生产线, 此外国内还存在“有产能没产量”等问题。而相比之下, 东丽在各个国家和地区的产能建设投入与相应营收占比及趋势非常接近, 可以看出, 生产线布局靠近市场是创收的关键手段之一。同时, 产线与市场接近可以降低运输、汇率波动、关税等成本。

图表108: 东丽资产投资占比多年领先国内主要公司



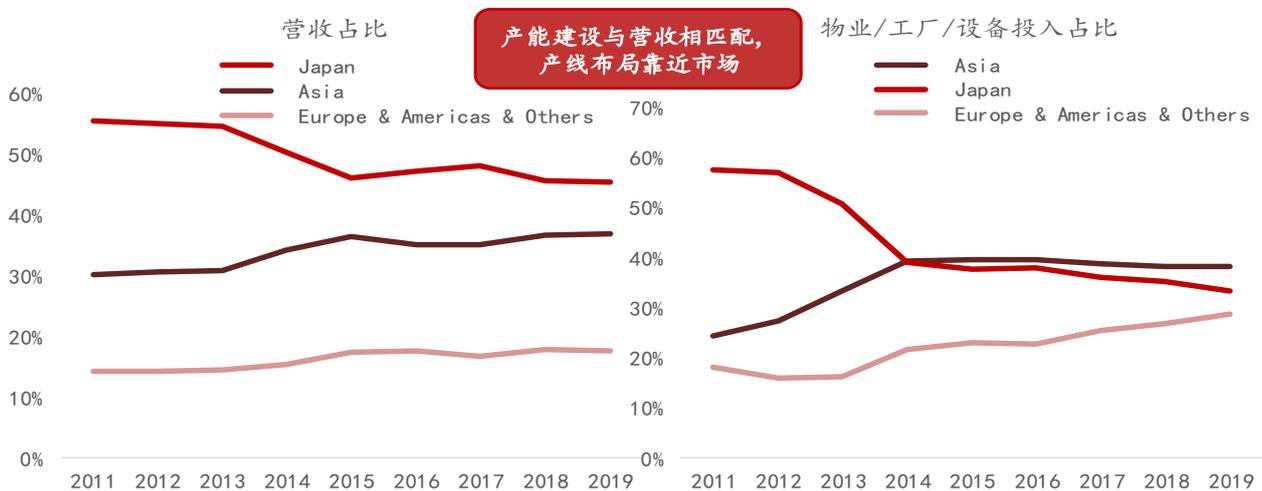
资料来源: wind, 公司官网, 方正证券研究所

图表109: 我国公司产能仍有很大差距



资料来源: Wind, 公司官网, 《2017全球碳纤维复合材料市场报告》, 方正证券研究所整理

图表110: 地区产能建设与营收规模相匹配, 高效布局



资料来源: 彭博, 方正证券研究所

4.1.3 重视各环节技术研发，产品持续领先升级

(1) 抢先建立技术壁垒：东丽、赫氏碳纤维业务迅速发展，得益于较早进入碳纤维技术链，并持续推动行业技术发展，确立行业标准。1961 年日本 PAN 基碳纤维研制成功，东丽在 1971 年便开始制造并销售 T300 高强度碳纤维，根据官网数据，当时产能为 12 吨/年，为当时世界上最大产能。东丽在碳纤维技术发展进程中常常先行一步，虽然我国已于 2011 年颁布了《聚丙烯腈（PAN）基碳纤维国家标准（GB/T26752-2011）》，但日本东丽在全球碳纤维行业具有绝对领先优势，国内一般采用日本东丽标准进行分类。碳纤维复合材料起始于赫氏的 HexTow® 碳纤维，是世界上航空航天和工业应用的首选碳纤维。

图表111： HEXCEL 制造厂遍布全球且每一家都通过了质量管理体系认证

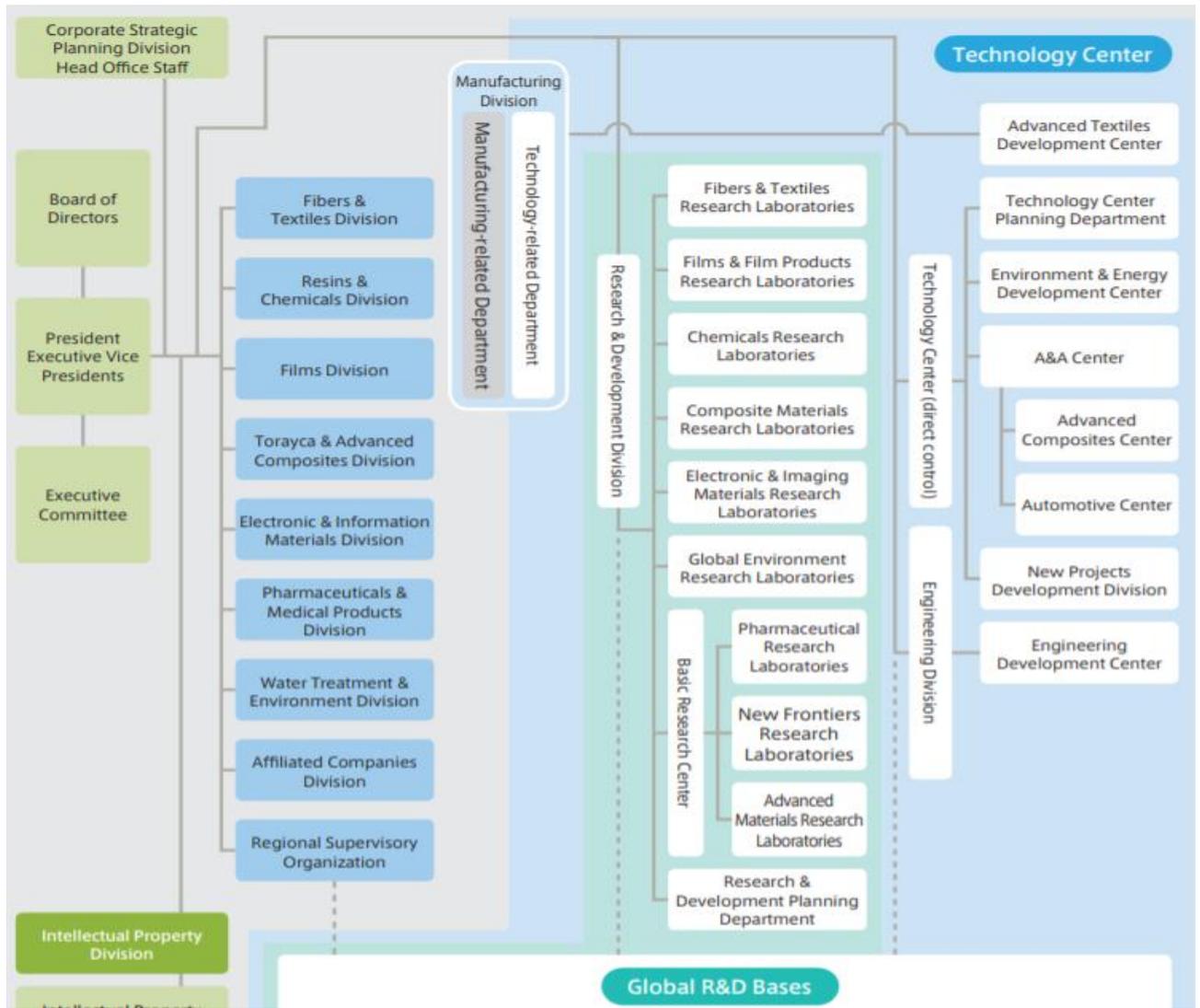
认证	地点	产品
AS/EN9100	美国/摩洛哥/英国/德国/西班牙/法国/比利时	热固性、TP 和复合材料，工程核芯，RTM 树脂，HexMC®，碳纤维前驱体，蜂窝，胶粘剂，预浸料，树脂薄膜，研究与开发，增材制造，碳纤维，复合材料结构和组件，增强材料，玻璃织物、碳、混合和合成纤维，胶粘剂，拉挤件
ISO14001	美国/法国/英国/德国/奥地利/西班牙/中国：天津	工程核芯，蜂窝，预浸料，RTM 树脂，HexMC®，蜂窝，胶粘剂，树脂薄膜，研究与开发，多轴向增强材料，增强材料，复合材料、聚氨酯体系，HexFIT®，玻璃纤维复合材料的制造
ISO45001	奥地利	预浸料、复合材料、聚氨酯体系，HexFIT®
ISO9001	美国/摩洛哥/法国/英国/德国/西班牙/奥地利/比利时/中国：天津	热固性、TP 和复合材料，工程核芯，蜂窝，预浸料，RTM 树脂，HexMC®，研究与开发，胶粘剂，树脂薄膜，研究与开发，碳纤维，复合材料结构和组件，多轴向增强材料，增强材料，复合材料、聚氨酯体系，HexFIT®，玻璃织物、碳、混合和合成纤维，玻璃纤维复合材料的制造，胶粘剂，拉挤件
NADCAP	美国/摩洛哥/法国/英国/德国/西班牙/比利时	工程核芯，蜂窝，预浸料，RTM 树脂，HexMC®，胶粘剂，树脂薄膜，研究与开发，增材制造，碳纤维，复合材料结构和组件
OHSAS18001	法国/英国/法国/中国：天津	预浸料，RTM 树脂，HexMC®，多轴向增强材料，增强材料，玻璃纤维复合材料的制造
OTHERS	法国/英国/德国/奥地利	预浸料，RTM 树脂，HexMC®，蜂窝，胶粘剂，树脂薄膜，研究与开发，复合材料、聚氨酯体系，HexFIT®

资料来源：公司官网，方正证券研究所整理

(2) 长期关注研发，持续产品升级，是巨头保持长期市场竞争力的卓越成长基因。东丽碳纤维业务的成长始于对技术的钻研，在拓展市场后，社长日觉昭广仍然强调坚持实业技术路线的升级。①注重研发人员培养：据东丽 2018 年报，目前东丽研发人员约有 4000 名，其中日本占七成，海外占三成。而东丽母公司只有 7585 名员工，国内关联公司员工 10563 名，由此，粗略估算其国内研发人员占比约 15.4%，光威复材 2018 年研发人员占比 17.50%，中简科技 11.86%。②研发投入稳定：为了确保研发投入，研究和开发费用不受经济波动影响，一直呈现稳步增长态势。2017 年到 2019 年的 3 年内，东丽将计划投入共 2200 亿日元以上的研发经费，每年大概投入 3% 的销售收入到研发中。据东丽官网，从 2014 年度起 3 年间公司投入 1800 亿日元研发费用，其中 50% 分配给绿色创新相关业务，作为绿色创新相关业务（含用于飞机、汽车、风力、压力容器等的碳纤维业务及锂电池分离器）的主项，碳纤维复合材料相关业务直接受益。③东丽坚持推进横向整合研究：东丽内部有纤维研究所、薄膜研究所、复合材

料研究所等并在其之上成立单独的技术中心，进行横向整合研究，从而形成强大研发合力。

图表 112： 东丽具有完整的复合材料研发体系，且综合性强，利于快速实现成果研发及应用转化

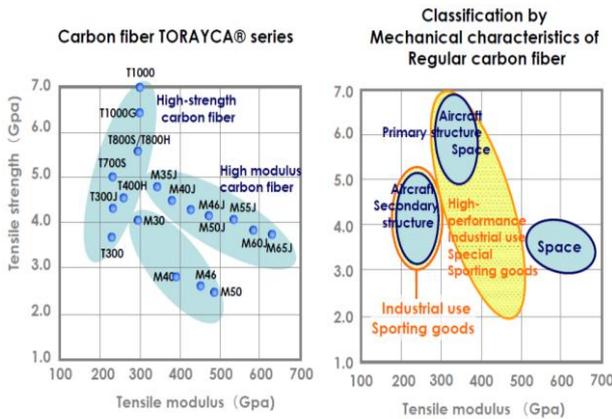


资料来源：公司官网，方正证券研究所

碳纤维及碳纤维复合材料相关技术水平全球领先，产业链完整，有效降低成本。（1）**技术领先且全面**：伴随着领域的扩展和技术的革新，东丽的 T 系列、M 系列、MX 系列产品已经几乎可以覆盖碳纤维的全部现有领域，并且性能优越。（2）**先进技术降成本**：根据东丽官网，2018 年东丽成功开发用于 CFRP 的新型高压釜（高温高压炉）技术——据零件的形状和尺寸，使用传统的高压釜和烤箱等为飞机制造大型 CFRP 零件大约需要 9 个小时，而新技术有望将制造时间减少到大约 4 个小时；与传统的制造方法相比，由于不需要压力和加热介质（如加热的空气），该技术可节省约 50% 的能源；由于改进的制造尺寸精度，还有望在组装过程中节省使用垫片的时间。同样在 2018 年，东丽宣布已开发同时实现更高的拉伸强度和拉伸模量的 TORAYCA® MX 系列，该系列使用的 NANAOLLOY® 纳米合金技术是 Toray 专有的创新微结构控制技术，与传统材料相比，它可以通过在纳米级上精细分散多种聚合物来实现显著的性能增强；这项技术生产的聚合物材料具有高性能和功能性，而在常规微米级别（相当于百万分之一米的研究源于数据 54 研究创造价值

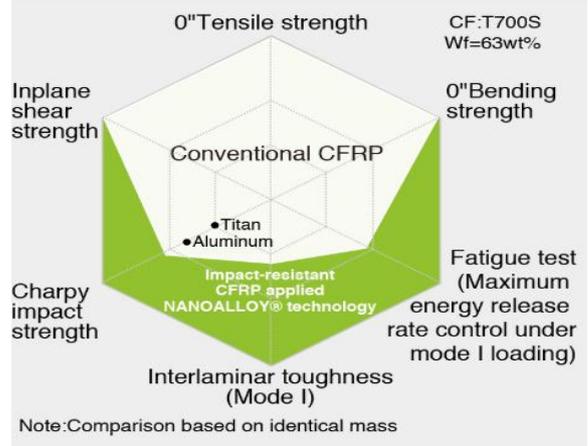
尺寸)的合金中是无法实现的,基本专利以及主要制造和应用专利仅由 Toray 拥有。(3)上游自研匹配客户需求:赫氏 HexTow® 碳纤维是通过聚丙烯腈(PAN)前体进行一系列连续的精确控制加工工序而成。暴露在极高温下,前体发生变化,通过氧化和碳化获得高强度重量比和高刚度重量比;接下来的表面处理和后处理工艺改进了纤维的粘合及操作工艺。这样的碳纤维比钢强度高,比铝轻却与钛的刚度相同。针对客户不同需求,赫氏采用自主研发的处理剂如 G、GP 和 GS 对碳纤维进行后处理。HexTow® 碳纤维使用两步专有工艺生产,使产出的碳纤维具有很高的强度和模量。

图表113: 东丽高性能产品覆盖领域广



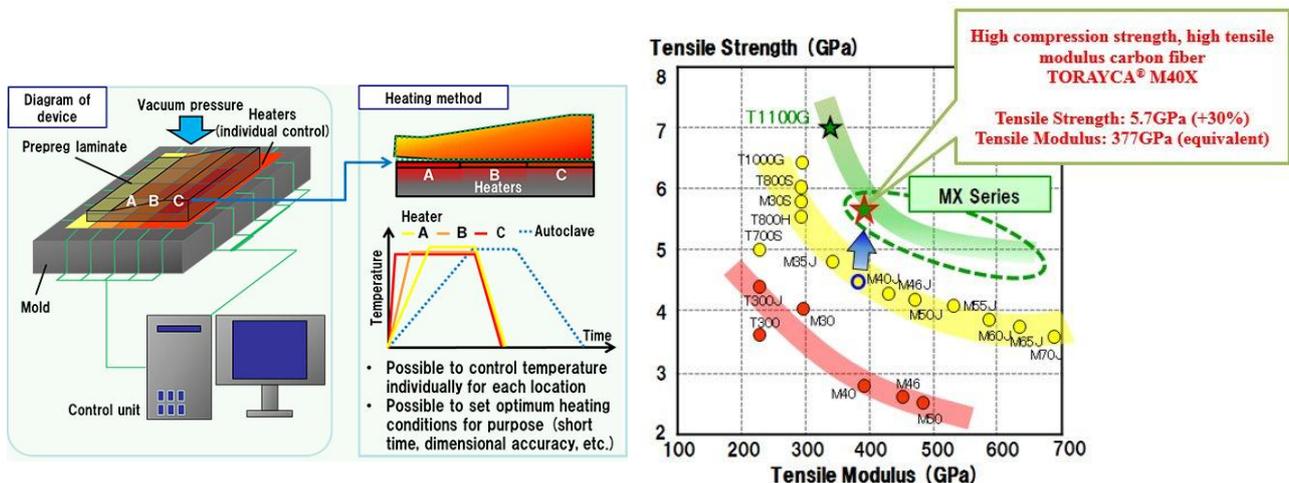
资料来源: 公司官网, 方正证券研究所

图表114: NANAOLLOY®与常规 CFRP 性能比较



资料来源: 公司官网, 方正证券研究所

图表115: 用于 CFRP 的新型高压釜技术 (左) TORAYCA® MX 系列优势 (右)

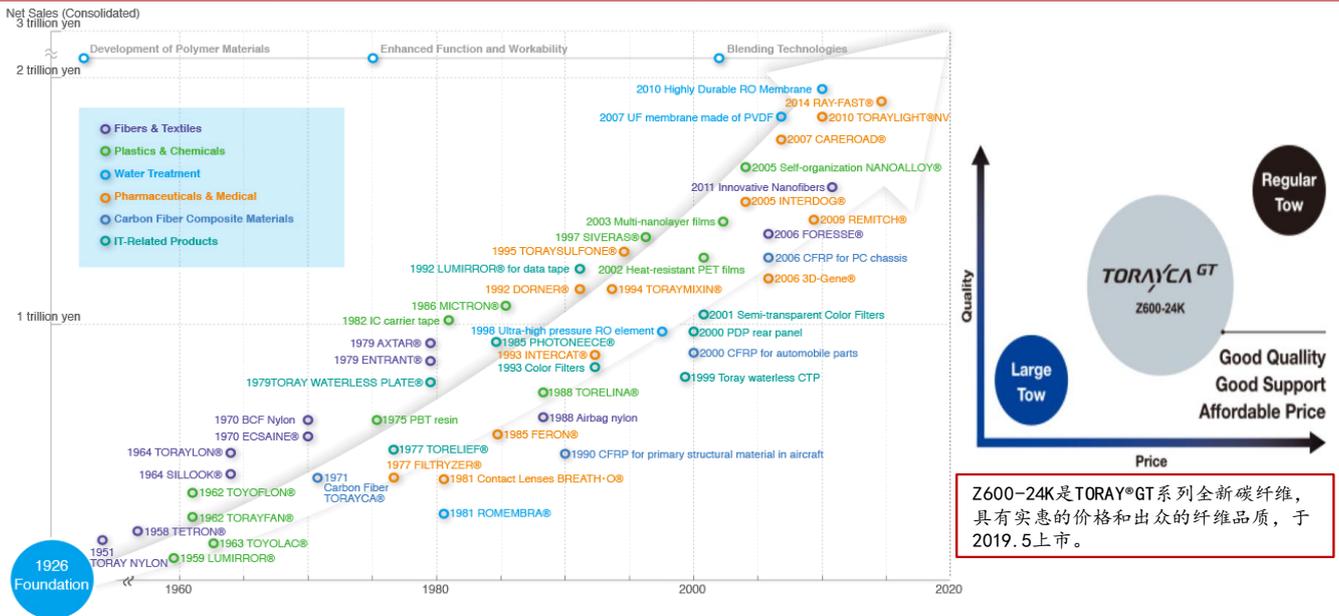


资料来源: 公司官网, 方正证券研究所

产品更新换代快, 性价比高, 不断提升在各领域的竞争力。目前, 东丽已开发出 T1100G 高强度、高模量产品, 应用于高端体育、航空航天等高利润行业。同时, 除了性能普通、价格偏低的大丝束产品及性能较好、价格昂贵的常规丝束产品之外, 2019 年, 东丽上市的 Z600-24K 是 TORAY®GT 系列全新碳纤维, 该系列同时具有实惠的价格和出众的纤维品质, 或将冲击中端市场。

图表116: 产品持续升级, 注重价格与性能在多个市场的应用

产品型号	特点	典型应用
T1100G	高强度/高模量	飞机基本结构/商业火箭/体育用品
T1000G	高强度/中等模量	商业火箭/体育用品
T800S	高强度/中等模量	飞机基本结构/体育用品
T700S	高强度/标准模量	飞机基本结构/一般工业/体育用品
T300	标准模量	飞机二级结构/一般工业/体育用品



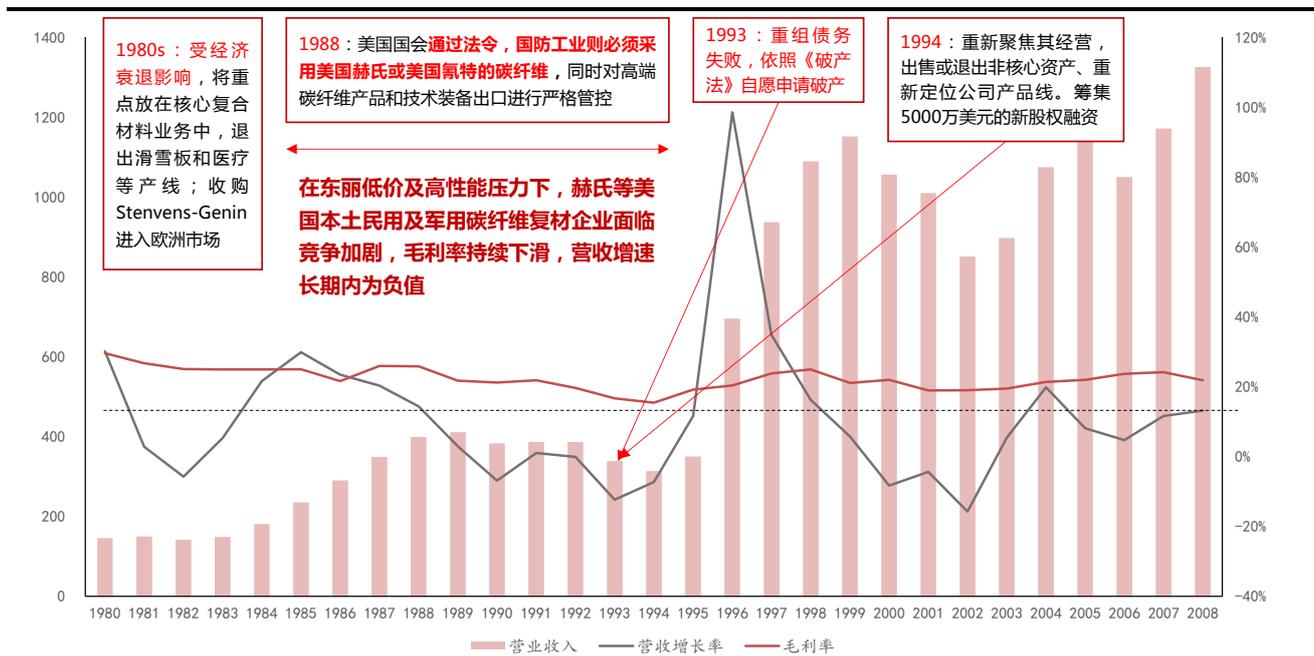
资料来源: 公司官网, 方正证券研究所

4.1.4 赫氏发展得益于碳纤维本土化政策, 历次重组聚焦复材经营

碳纤维行业重资产运营、竞争领域多维、行业标准严苛, 公司在成长初期, 必须依靠政策优惠和规范获得资金支持, 维持竞争环境暂时稳定。(1) 东丽: 日本环保相关政策, 推动碳纤维行业发展。日本政府高度重视高性能 PAN 基碳纤维及能源和环境友好相关技术开发, 在包括“能源基本计划”、“经济成长战略大纲”、“京都议定书”等多项基本政策中, 均将此作为战略项目, 并给予人力、经费上的支持; 日本经济产业省提出了“节省能源技术研究开发方案”。(2) 美国: 赫氏发展得益于美国国防部制定的碳纤维本土化政策。美国从 20 世纪 70 年代先后赞助执行了飞行能效 (Aircraft Energy Efficiency, ACEE) 计划、先进复合材料技术 (Advanced Composite Technology, ACT) 计划和低成本复合材料计划等, 最终目的在于提供在制造成本上有竞争力的复合材料机翼和机身的制造技术。公司发展前期主要围绕国防军工领域, 后因军费削减进行整改, 退出不盈利的项目, 逐步进军商用。上世纪八十年代, 美国的几个碳纤维公司均采用外部治理模式, 但由于碳纤维作为国家特殊的战略物资材料, 受日本东丽等公司的制约, 美国碳纤维企业均濒临倒闭。美国国防部适时推出碳纤维等关键材料本土化的国家战略。1988 年, 美国国会通过法令: 军用碳纤维所用聚丙烯腈原丝要逐步实现自给, 国防工业所需的重要材料都必须立足于本国生产, 波音可以使用日本东丽的碳纤维, 国防工业则必须采用赫氏或美国氩特的碳纤维, 同时对高端碳纤维产品和技术装备出口进行

严格管控。由此扶持了赫氏、美国氰特等本土碳纤维企业的发展，最终摆脱了对日本碳纤维的依赖。

图表117： 碳纤维“本土化”政策促进赫氏业绩改善



资料来源：公司年报，方正证券研究所整理

赫氏历次重组后聚焦航空复合材料主业，整体盈利能力逐步增强，为2009年后民航市场大发展带动公司业绩提升奠定坚实基础。2009年至今，是赫氏自1980s上市后保持较快速且稳定发展的最佳时期，2009-2018年10年间赫氏EPS（基本）从0.58美元增至3.15美元，此期间主要受益于军航稳增长、民航大发展的市场需求。但在此前，赫氏曾进行多次业务重组，如1994年出售或退出非核心资产、2002年裁员超30%、2007年剥离欧美以建筑业务和美国电子等，以集中企业资本于碳纤维、复合材料及蜂窝材料等，尤其以航空用为主。债务的改善，资产效率的提升，叠加复合材料本身具有的高经营杠杆特性等（固定资产折旧摊销等固定成本占比高，EBIT变化相比于营业收入等订单变化更为敏感），在2009年以来民航市场逐步向好与军航稳支撑下，赫氏公司的净利润相比其营业收入实现了更大幅度的增长，2018年全年营业收入、净利润较2009年度增长97.52%、378.15%。

图表118: 赫氏在历史发展时期经历多次业务重组, 逐步将经营重心转至航空复材领域



资料来源: 公司年报, 方正证券研究所整理

高航空复材业务占比下, 赫氏复材业务营业利润率波动性小于东丽。长时间维度看, 东丽整体毛利率在 2004 年之前(除 1997 财年外), 均高于赫氏。而赫氏在经历多次重组调整经营重心后, 毛利率稳中有升, 在 2004 年后逐渐优于东丽。此外, 由于赫氏航空占比大, 相比于体育、风电等民品, 航空配套关系的稳固、飞机型号放量周期长等原因, 赫氏的复材业务毛利率在 2007 年后超过东丽并稳中有升。同时, 航空复材业务相比于其他消费级产品波动性较小, 不易受到全球金融危机等广泛性事件影响即抗周期性较为突出(其中军用更为明显)。例如, 2009 年因金融危机影响, 东丽碳纤维复合材料业务营业收入较 2008 财年减少 27.98% (据东丽年报称主要是受体育等市场需求萎靡影响), 营业利润降幅扩大至负值, 从 2008 年财年的 84 亿日元减少至 -62 亿日元。相比之下, 赫氏 2009 年营业收入增速仅降至 -16.35%, 其中分领域看商业航空、工业、航天及国防营收增速分别为 -27.51%、-18.59%、-6.53%, 军用抗周期性突出。据上文, 碳纤维原丝端相比于复材结构件折旧费用更高, 较高的固定成本以及经营杠杆下, 营收的下滑将加大对业绩的消极影响。基于此, 虽然同期内赫氏与东丽营收增速均有较大幅度下滑, 但对东丽业绩端的消极影响因经营杠杆因素而加大, 其碳纤维复材业务营业利润直接降为负值。

图表119: 高占比的航空用复材业务下, 赫氏复材业务营业利润率高于且波动性小于东丽



资料来源: 公司年报, Bloomberg, 方正证券研究所整理

图表120: 东丽高经营杠杆下业绩波动较大



资料来源: Bloomberg, 方正证券研究所; 注: 经营杠杆 $\approx (EBIT + \text{折旧摊销}) / EBIT$

图表121: 聚焦高盈利航空复材赫氏毛利率改善



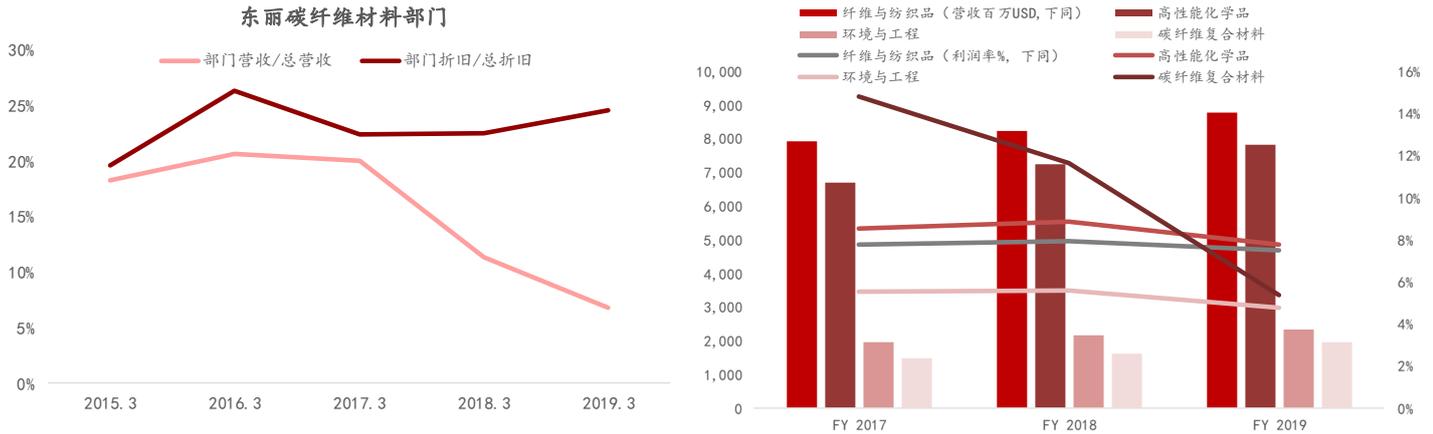
资料来源: Bloomberg, 方正证券研究所

4.2 复盘启示: 中短期依托政策聚焦航空, 长期完善产业链技术升级

4.2.1 国内龙头依托政策优势, 中短期聚焦国内航空航天

碳纤维行业是重资产运营、高研发投入行业, 需要强有力的资金、政策支持。东丽作为行业龙头, 碳纤维部门的折旧占总折旧达 20% 以上, 而营收占比却低于 20%。然而, 东丽起身于纤维及纺织品, 深耕材料行业, 碳纤维业务占比不大, 多依靠传统纤维及纺织品、高性能化学品等高营收业务资金支撑。而我国碳纤维材料企业业务结构比较简单, 营收规模不足, 必须依靠外部资金支持; 同时, 高端技术及设备受到国际禁运, 参照美国“本土化”政策对赫氏的扶持, 行业政策需要适当向保护国内企业竞争环境倾斜。由此, 东丽、赫氏已进入研发投入稳定阶段, 维持研发费用率在 2-3%, 然而国内企业研发费用率可达 10% 以上, 若能较长时间维持足够研发费用, 或有望逐步在技术上获得突破。

图表122: 东丽碳纤维部门折旧占比高于营收占比, 可以依靠营收能力强的传统部门资金支持



资料来源: 公司官网, 彭博, 方正证券研究所整理

技术封锁、大客户绑定等多项壁垒将在中短期内限制国内企业发展国际民航事业, 中低端市场成本竞争激烈, 绑定国内航空航天大客户打开市场是关键。根据《2018 全球碳纤维复合材料市场报告》, 碳纤维材料在航空航天业务的需求仍在不断扩大。然而由于航空航天对碳纤维材料有定制化需求, 需要企业从设计开始与客户一起研发, 并且对碳纤维和树脂等基材的复合质量有很高的要求。国内企业已错失绑定波音、空客等国际民航大客户已有型号的机会, 同时由于国际中低端市场已经开始成本竞争, 国内技术无法迅速降成本, 因此需要瞄准国内民航大客户。虽然民用飞机在国际市场中竞争激烈, 但中国民航大学航空运输经济研究所所长李晓津认为, “来自波音、空客的压力固然不容小觑, 但 C919 的出现为降低中国民航业对波音、空客等飞机制造巨头的依赖性提供了更多可能”。中航复材第三代高韧性双马树脂复合材料, 已突破了一系列的关键技术, 在先进飞机上得到了广泛应用;高韧性环氧预浸料已在 ARJ21、C919、蛟龙 600 等民机上开展相关技术研究和材料试航取证工作。

图表123: 波音 787 全部复材几乎由东丽、赫氏包揽

部件	材料	供应商	制造商
尾翼主承力结构	3900系预浸带 (T800S)	东丽	
非增压后机身蒙皮及桁条	3900系预浸带 (T800S)	东丽	沃特公司
部分中机身段	3900系预浸带 (T800S)	东丽	阿莱尼亚宇航公司
中机身段、后机身舱隔框	3900系预浸带 (T800S)	东丽	川崎重工
前机身段	3900系预浸带 (T800S)	东丽	势必瑞航空系统公司
中央翼盒	3900系预浸带 (T800S)	东丽	富士重工
主翼及翼盒蒙皮、桁条及梁	3900系预浸带 (T800S)	东丽	三菱重工
货舱门及检查口盖	3900系预浸带 (T800S)	东丽	瑞典萨伯航空结构公司
客舱门	3900系预浸带 (T800S)	东丽	法国LatecCore公司
平尾、垂尾、机翼、机身	IM6、IM7、IM8碳纤维	赫氏	
大型窗框承力结构	HexMC	赫氏	东丽&赫氏承包了几乎所有 所有的B787结构复材
某些窗框	HexPlyAS4碳纤维预浸带 (AS4/8552)	赫氏	
机翼后缘零件	HexForce织物	赫氏	德哈维兰公司
机翼前缘结构	HexWeb蜂窝组装置件	赫氏	势必瑞航空系统公司
客舱及货舱地板	碳蒙皮夹层壁板, 非金属芯子	赫氏	
机翼蒙皮层合板	—	—	美国Flow International公司
表面增光膜	—	—	氟特
后压力隔框	树脂	—	欧洲宇航防务集团

资料来源: 公司年报, 方正证券研究所整理

4.2.2 国内复材尚有拓展空间, 联合客户进行系统化开发

近几年我国碳纤维技术有了一定发展, 但与之配套的碳纤维复合材料技术仍有待提高, 国内缺乏能够自主生产与碳纤维配套的基材树脂的企业。首先, 树脂基碳纤维复材开始主要用于高档体育器材和军品, 特别是用于军品的材料和技术, 西方对我国严格封锁。其次, 我国碳纤维企业与碳纤维复材企业更多是分别发展。目前我国国内鲜有能够研发、生产与自己碳纤维相匹配的基材树脂的企业, 缺乏研发与碳纤维匹配基材树脂和浆料的团队, 且核心复材制造设备仍受到技术限制。但在复材技术和设备方面, 国内部分企业如中航复材在自动化铺放工艺的工程化应用方面取得了较大进展; 完成了国产预浸带制备、铺带工艺等系列研究与相关工程化应用验证, 已将自动铺带用于新型飞机的机翼复合材料壁板; 针对民机尾翼、机翼等课题需求, 完成了尾翼平尾蒙皮、机翼蒙皮的系列研究与验证试验。说明我国这方面短板有望较快弥补, 拓展复材市场已有一定的技术基础。

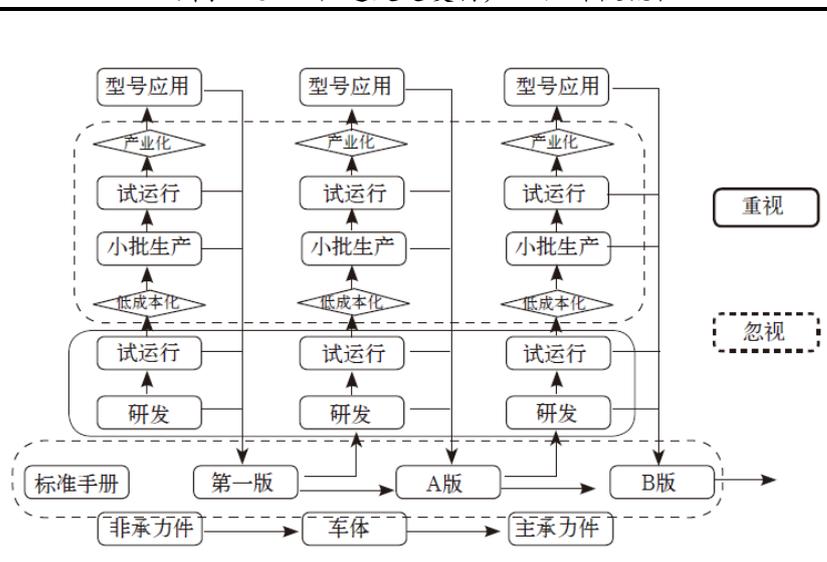
图表124： 中航复材在国内碳纤维复材技术及设备有领先优势

技术及设备	进程
手工铺叠自动化	航空用先进复合材料构件大部分仍在使用手工铺叠，预浸料自动下料机和激光投影仪两种关键设备大多需要进口
自动铺带机	中航复材的厂区高跨净化间内，国内最先进的大型自动铺带设备——1台30米×6.5米铺带机，具备了32丝束铺放能力，可实现大型复合材料构件的铺放
自动铺丝机	与自动铺带机类似，国内最先进的1台30米×6.5米铺丝机也装备了中航复材，正结合某民机（推测为ARJ21/C919）课题，开展自动铺丝技术的研究和工程验证
整体成型技术	在成型设备方面，中航复材厂房内容的热压罐区，拥有9台先进热压罐设备；在技术储备上，在部分相关关键技术上也已经达到世界先进水平

资料来源：新材料在线，方正证券研究所

国内碳纤维复材短期内技术难赶超，成本竞争优势弱，但其可设计性决定了潜在客户仍有发掘空间。我国碳纤维技术比国际水平落后多年，同时，面对国际产品竞争比较充分的中低端市场，国内企业短期内难以在已有客户和市场中取得技术和成本优势，必须主动将国内的行业“蛋糕”做大。传统材料在出厂后性能比较固定，客户可以不参与前期设计，而碳纤维复材的可设计性决定了客户必须在产品研发期进入，并且客户设计需求不同或将决定生产的投入和布局。此外，碳纤维复材应用领域仍有拓宽的空间，并且国内许多客户可能尚未意识到自身产品有用碳纤维替代的可行性，这就需要碳纤维企业主动与客户合作，从零开始绑定客户、开发产品，在实现某个工业领域复合材料产品批量化生产的同时实现国产碳纤维产业化，使得获得稳定的长期盈利。例如，东丽为了与戴姆勒共同开发CFRP汽车零件成立了欧洲先进碳纤维复合材料有限公司（EACC）；国内的恒神股份与长春轨道客车股份有限公司共同研发的国际上首个19m长全碳纤维复合材料地铁车厢，为国内轨道交通复材结构的产业化提供了基础。

图表125： 轨道交通复材产业化阶段流程



资料来源：《轨道交通复合材料产业化之路》，方正证券研究所

4.2.3 产能及产业链整合、市场战略选择是行业长期发展目标

我国目前企业主要产品在产业链位置上比较割裂，此类模式不利于降低成本以及提高碳纤维复材综合质量，长期来看，产业链合作、整合是全行业发展的关键。国际巨头几乎都拥有从原材料到复合材料全产业链生产能力，并且充分利用自身产能降低成本、匹配产品，如赫氏的 PAN 前驱体 100% 内部销售，赫氏、东丽的碳纤维材料完全利用自产。而国内光威复材等企业，产业链比较完整，但原材料等部分仍需外购，且主要销售产品是预浸料等中游产品。类似的，中航复材碳纤维主要从光威、中简等购买，自身主要进行复材生产。碳纤维原丝占成本的 51%，中下游利润并不高。此外国内企业大客户多为军工或民航企业，定制化需求及行业标准高，对产业进行整合促使上下游合作，才能提高产品适配性。

图表126: 国际巨头大多实现全产业链覆盖（指从 PAN 原丝到复材）

	PAN前驱体	碳纤维	预浸料	其他 中间体	半成品
赫氏	√100% 内销	√2/3内销；纯 销售商	√	√从Cytec购 买粘合剂	√
Cytec (已被收购)	业务已 剥离	√80%内销；纯 采购商	√	√无蜂窝	
东丽	√	√纯销售商	√	√无编织物及 蜂窝	√
东邦	√只在日本 垂直整合	√纯销售商	√	√	√

资料来源：公司官网，Cowen and Company，方正证券研究所

图表127: 国内企业产业链整合或可大幅降低采购成本

碳纤维成本构成			中航高科各供应商占同期原材料采购总额比例			
工艺	成本（美元/kg）	成本比	供应商	2013	2014	2015Q1-3
原丝	11.11	51%	威海拓展纤维有限公司	31.79%	43.19%	57.78%
氧化	3.4	16%	中航工业集团及所属企业	17.75%	14.03%	2.22%
碳化	5.12	23%	中简科技发展有限公司	3.26%	5.38%	17.92%
表面上浆	0.82	4%				
卷绕	1.35	6%				
合计	21.8	100%				

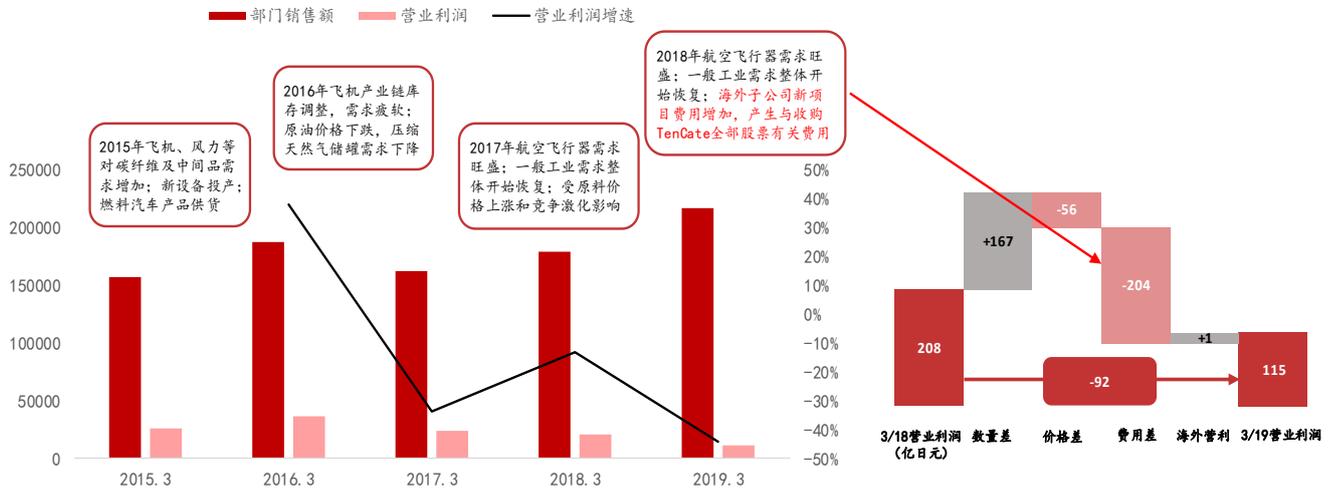
资料来源：《碳纤维企业如何跨过高成本这道坎》，wind，方正证券研究所整理

中短期国内企业应聚焦国内航空航天，但体育、风力、汽车等市场仍有长足发展空间，长期来看，市场战略布局会影响可持续发展。碳纤维产线的定制化、重资产性决定了碳纤维企业受下游景气度影响明显：如东丽在 2016-2018 年持续受到原材料价格和下游产业需求、价格竞争影响，营业利润持续下降；东丽、赫氏多年间民航业务受空

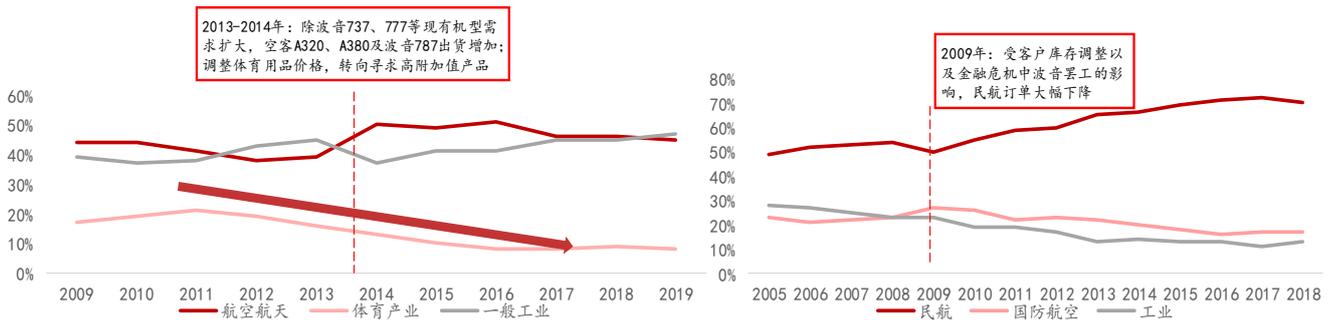
研究源于数据 63 研究创造价值

容、波音订单影响明显；东丽体育产品销售额比例收缩至8%左右，转向寻求更高附加值的产品；赫氏民航订单增加，工业部分受到挤压至10%左右。因此，国内企业在市场选择时要与自身产能、技术结构相匹配，同时密切关注行业景气度影响因素。

图表128： 业务营收受下游景气度影响明显，市场选择应审慎



(1) 体育市场价格竞争激烈，国际巨头转向寻求高附加值产品；(2) 东丽向汽车等工业领域扩张；(3) 民航需求稳定增长，东丽及赫氏高毛利业务整体占比升高



资料来源：上市公司官网及年报，方正证券研究所整理（左上图左轴单位：百万日元）

5 投资建议&风险提示

海外复盘及启示：(1) 注重竞争格局的稳定性。赫氏、氰特等美国碳纤维复材企业，曾在上世纪末因日本东丽等企业的成本竞争濒于破产。而后美国政府出台行政法令，要求本国军用领域必须使用本土企业的碳纤维复材，帮助赫氏度过其第一次危机。**(2) 强调主营业务赛道的优越性。**赫氏曾因非复材业务、低盈利性的复材产品陷入债务危机，而后积极实施业务重组及经营调整，最近一次为 2007 年剥离欧洲建筑业务聚焦碳纤维产业，中短期内应聚焦高毛利、成本竞争压力较小的高端航空航天领域。**(3) 重视绑定下游客户的关键性。**赫氏航空复材对接军/民航飞机制造客户。军航固有的较强抗周期性成为其实现稳增长的依托之一，民航主要受益 09 年后 B787 的批产放量，二者构成 09 年至 18 年赫氏实现其基本 EPS 翻五倍的重要推动力。**(4) 关注产能布局合理化的反馈。**参考东丽产销反馈机制，国内大丝束业务可充分利用地缘优势降成本，即靠近市场需求地布局产能。**基于此我们认为，赛道优势突出、供应链稳固、绑定下游客户、积极拓展民用碳纤维经营、主动扩大产能建设的国内企业值得重点关注。建议关注中航高科、光威复材、中简科技。**

风险提示：高端装备用产品存在价格调整的风险；重点公司业务重组进展存在不确定性；民用市场存在竞争加剧的可能性。

(感谢实习生吴坤其，曹一凡，韩颖，林传卿，褚鸽，张宇翔，张鑫对本报告的帮助)

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，保证报告所采用的数据和信息均来自公开合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响。研究报告对所涉及的证券或发行人的评价是分析师本人通过财务分析预测、数量化方法、或行业比较分析所得出的结论，但使用以上信息和分析方法存在局限性。特此声明。

免责声明

方正证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司客户使用。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离制度控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。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，并注明出处为“方正证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

公司投资评级的说明：

强烈推荐：分析师预测未来半年公司股价有20%以上的涨幅；

推荐：分析师预测未来半年公司股价有10%以上的涨幅；

中性：分析师预测未来半年公司股价在-10%和10%之间波动；

减持：分析师预测未来半年公司股价有10%以上的跌幅。

行业投资评级的说明：

推荐：分析师预测未来半年行业表现强于沪深300指数；

中性：分析师预测未来半年行业表现与沪深300指数持平；

减持：分析师预测未来半年行业表现弱于沪深300指数。

	北京	上海	深圳	长沙
地址：	北京市西城区阜外大街甲34号方正证券大厦8楼(100037)	上海市浦东新区浦东南路360号新上海国际大厦36楼(200120)	深圳市福田区深南大道4013号兴业银行大厦201(418000)	长沙市芙蓉中路二段200号华侨国际大厦24楼(410015)
网址：	http://www.foundersc.com	http://www.foundersc.com	http://www.foundersc.com	http://www.foundersc.com
E-mail：	yjzx@foundersc.com	yjzx@foundersc.com	yjzx@foundersc.com	yjzx@foundersc.com