

证券研究报告—深度报告

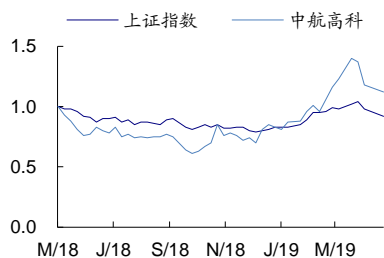
国防军工

航空材料

中航高科(600862)
增持

合理估值: 10.66-13.26 元昨收盘: 9.52 元 (首次评级)

2019年05月22日

一年该股与上证综指走势比较

股票数据

总股本/流通(百万股)	1,393/1,393
总市值/流通(百万元)	13,262/13,262
上证综指/深圳成指	2,906/8,916
12个月最高/最低(元)	12.41/4.69

证券分析师: 骆志伟

电话: 010-88005308

E-MAIL: luozhiwei@guosen.com.cn

证券投资咨询执业资格证书编码: S0980517080004

独立性声明:

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道, 分析逻辑基于本人的职业理解, 通过合理判断并得出结论, 力求客观、公正, 结论不受任何第三方的授意、影响, 特此声明。

深度报告

碳纤维复材核心企业, 受益于军用航空现代化进程

● 公司主营航空新材料业务, 未来房地产相关业务将有序退出

公司主营业务分为三大板块: 航空新材料; 航空智能装备与机床的研发、制造和销售; 房地产建设和销售。2018年, 公司复合材料业务营业收入占比56%, 三年来首次超过房地产业务占比。公司将在保证地产业务三年内可持续稳定经营的基础上研究地产退出路径。

● 军用航空复合材料核心企业, 市场份额较高

目前, 公司在航空级别的高性能碳纤维预浸料及其复合材料、Nomex 蜂窝、高性能树脂等市场均具有较高的市场份额。公司拥有国内最全牌号的先进复合材料树脂和碳纤维预浸料产品, 基本处于行业垄断地位。公司承担了主要军机用预浸料的生产 and 供应, 在航空复合材料军用产品中占有主导地位。

● 顺应产业发展趋势, 市场前景广阔

碳纤维及其复合材料力学性能优异, 被广泛应用于航空航天、汽车工业、医疗和建筑等领域。目前, 航空航天领域所需碳纤维及其复合材料正在向超高强度、高模量发展, 制备工艺也走向低成本化。公司拥有国内顶尖性能产品技术, 并已突破低成本的自动铺丝预浸料技术, 将直接受益于碳纤维产业发展。

我国第四代战斗机歼-20 和歼-31 的复材用量设计目标已达30%左右。随着全军新型装备的发展和换装的不深入, 整个周期中航空复材各类产品市场空间约为2100亿元。

● 投资建议

中航高科作为我国重要的航空装备材料企业, 考虑到碳纤维及其复材在此次全军换装中的需求量带来的公司业绩增幅, 以及军品定价机制改革、院所改制等政策对于公司的利好, 其市盈率水平对比军工核心配套类企业, 考虑到公司的成长性及稀缺性。取PE为41-51x, 按照2019年预计EPS计算, 对应合理估值为10.66-13.26元, 涨幅为11.97-39.29%, 给予“增持”评级。

● 风险提示

全军换装进度可能不及预期, 国内碳纤维实验室技术产业化进度可能不及预期, 以上因素可能导致公司业绩不及预期。

盈利预测和财务指标

	2017	2018	2019E	2020E	2021E
营业收入(百万元)	3,044	2,653	3,051	3,600	4,392
(+/-%)	4.5%	-12.9%	15.0%	18.0%	22.0%
净利润(百万元)	84	304	369	448	558
(+/-%)	13.8%	263.8%	21.3%	21.5%	24.5%
摊薄每股收益(元)	0.06	0.22	0.26	0.32	0.40
EBITMargin	5.5%	18.0%	19.6%	19.9%	20.4%
净资产收益率(ROE)	2.4%	8.0%	9.0%	10.0%	11.4%
市盈率(PE)	158.7	43.6	35.9	29.6	23.8
EV/EBITDA	42.6	27.7	23.9	21.0	17.8
市净率(PB)	3.80	3.49	3.23	2.97	2.70

资料来源: Wind、国信证券经济研究所预测 注: 摊薄每股收益按最新总股本计算

投资摘要

估值与投资建议

公司主营业务为航空新材料，我们预测公司 2019-2021 年公司分别实现营业收入 30.51/33.56/40.27 亿元，同比增长 15%/18%/22%；利润总额 5.83/7.10/8.84 亿元，同比增长 21.21%/21.78%/24.51%；归母净利润 3.69/4.48/5.58 亿元，同比增长 21.38%/21.41%/24.55%。对应 EPS 为 0.26/0.32/0.40 元，对应 PE 为 35.9/29.6/23.8x。考虑到全军机械化建设目标的提出对装备行业的利好，国内航空新材料市场需求不断扩大，以及公司标的的稀缺性，取目标 PE 为 41-51x，按照 2019 年预计 EPS 计算，合理估值为 10.66-13.26 元，涨幅为 11.97-39.29%，给予“增持”评级。

核心假设与逻辑

(1) 公司是军用航空复合材料核心企业，市场份额较高。目前公司在航空级别的 Nomex 蜂窝、航空高性能树脂、碳纤维预浸料及其复合材料等市场均具有较高的市场份额。公司拥有国内最全牌号的先进复合材料树脂和预浸料产品，基本处于行业垄断地位。

公司复合材料业务处于产业链的中下游，产业竞争力强，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。公司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。

随着公司房地产相关业务的有序退出，公司将形成航空新材料、高端智能装备制造双主业共同发展的业务格局。

(2) 碳纤维及其复合材料力学性能优异，被广泛用于航空航天、汽车工业、医疗和建筑等领域。目前，航空航天领域所需碳纤维及其复合材料正在向超高强度、高模量发展，制备工艺也走向低成本化技术的开发和应用。公司拥有国内顶尖性能产品技术，并已突破低成本的自动铺丝预浸料技术，将直接受益于碳纤维复材产业发展。

碳纤维复材用量是衡量航空航天飞行器先进性的重要指标。随着全军新型装备的发展和换装的不断深入，各类航空复材产品市场需求持续扩大。整个周期中，航空复材各类产品市场空间约为 2100 亿元。

与市场的差异之处

相比市场普遍观点，我们更加看好处于碳纤维复材产业链中下游的企业。经过我们分析，处于产业链中下游的企业其实具有更强的产业竞争力，和高附加值产品带来的盈利优势。预浸料、复材等中下游产品的应用场景多样，市场空间广阔，这些优势都是上游基础配套企业所没有的。因此，我们更看好中下游企业的未来发展和成长空间。

股价变化的催化因素

军工企业混合所有制改革措施的实施进度，公司自身业绩的增长，公司自身业务整合。

核心假设或逻辑的主要风险

全军换装进度可能不及预期，国内碳纤维实验室技术产业化进度可能不及预期，以上因素可能导致公司业绩不及预期。

内容目录

估值与投资建议.....	2
核心假设与逻辑.....	2
与市场的差异之处.....	2
股价变化的催化因素.....	2
核心假设或逻辑的主要风险.....	2
估值与投资建议.....	7
绝对估值法不适用于军工行业.....	7
相对估值：10.66-13.26 元.....	8
投资建议.....	9
公司概况与主营业务介绍.....	10
历史沿革.....	10
业务简介.....	11
SWOT 分析：公司战略得当、竞争优势明显.....	12
发展战略.....	12
SWOT 分析.....	12
公司业务分析——航空复材市场份额高，技术水平领先.....	13
核心子公司中航复材主营业务为军用航空复合材料产品配套，市场份额较高.....	13
公司产品技术领先，研发实力雄厚，具有多年工艺技术积累.....	14
公司正加速推进生产园区建设，不断完善生产管理模式，产能持续扩大.....	14
碳纤维及其复合材料制备工艺与技术发展.....	15
PAN 基碳纤维的制备工艺.....	15
我国 PAN 基碳纤维技术发展.....	16
国际 PAN 基碳纤维技术发展.....	17
碳纤维预浸料的制备工艺.....	18
碳纤维复合材料的制备工艺.....	19
国内碳纤维及其复合材料的制备工艺现状.....	21
碳纤维复材性能优异，在航空航天领域应用广泛.....	24
碳纤维复合材料力学性能优异.....	24
碳纤维复合材料在航空航天领域的应用.....	24
全球碳纤维市场需求稳步增长.....	30
全球碳纤维产能分布.....	32
我国碳纤维产能分布.....	34
我国碳纤维市场国产化产品份额逐步提高.....	35
航空航天拉动高性能碳纤维需求高速增长.....	35
未来碳纤维产业发展趋势及市场空间.....	37
盈利预测.....	38
假设前提.....	38
盈利预测结果.....	38
风险提示.....	39
附表：财务预测与估值.....	40
国信证券投资评级.....	41
分析师承诺.....	41
风险提示.....	41

证券投资咨询业务的说明 41

图表目录

图 1: 美国通用动力公司地面系统业务在采购期内的增速变化.....	7
图 2: 美国通用动力公司地面系统业务采购期内收入的变化趋势.....	8
图 3: 军工行业核心 82 家公司平均 PE 及重点公司 PE 变化.....	9
图 4: 2018 年公司各业务营业收入占比 (产品)	10
图 5: 公司股权架构.....	10
图 6: 近四年公司营业收入及增长	11
图 7: 近四年公司归属母公司净利润及增长.....	11
图 8: Nomex 蜂窝芯复合材料实物图.....	13
图 9: 单向碳纤维预浸料实物图.....	13
图 10: 航空市场蜂窝类产品市场份额分布.....	13
图 11: 非航空市场蜂窝类产品市场份额分布	13
图 12: 航空市场树脂类产品市场份额分布.....	13
图 13: 航空市场预浸料类产品市场份额分布.....	13
图 14: 一种心形孔格的柔性蜂窝示意图 (公司 2018 年发明专利)	14
图 15: PAN 基碳纤维生产流程	15
图 16: 高温处理后碳纤维的内部石墨微晶形貌表征图.....	16
图 17: 日本东丽公司碳纤维发展历史关键事件	18
图 18: 热熔浸渍法制膜工艺示意图	18
图 19: 热熔浸渍法预浸工艺示意图	18
图 20: 空客 A350 机翼蒙皮自动铺带设备.....	20
图 21: 自动铺丝设备示意图	20
图 22: 波音 787 各种材料应用部位和比例.....	20
图 23: 采用自动铺丝技术制造的波音 787 机身段.....	21
图 24: 国产大型龙门自动铺带机系统.....	22
图 25: 国产桥式自动铺带机和铺丝机及机械臂式自动铺丝机实物图	22
图 26: 某典型机器人自动铺丝系统实物图.....	23
图 27: 碳纤维复合材料在导弹上的应用示例.....	25
图 28: 碳纤维复合材料在空间平台上的应用示例.....	26
图 29: 某型号卫星承力筒结构	26
图 30: 490N 卫星发动机支架.....	26
图 31: 碳纤维复合材料在运载火箭上的应用示例.....	27
图 32: 先进复合材料在国外军用航空器上的发展历程.....	27
图 33: 美国 X-47A 无人机	29
图 34: 英国“雷神”无人机.....	29
图 35: RAH-66 复合材料使用情况图示.....	30
图 36: NH-90 复合材料应用情况图示	30
图 37: 全球碳纤维市场需求量变化趋势	31
图 38: 2017 全球碳纤维市场需求分布-应用 (千吨)	32
图 39: 2017 全球碳纤维市场需求分布-应用 (百万美元)	32
图 40: 2017 全球碳纤维市场需求分布-产品 (千吨)	32
图 41: 2017 全球碳纤维理论产能-制造商 (千吨)	33
图 42: 全球小丝束碳纤维的市场分布.....	33

图 43: 全球大丝束碳纤维的市场分布.....	33
图 44: 2017 年全球主要生产商碳纤维及复合材料业务营业收入和利润情况.....	33
图 45: 我国聚丙烯腈基碳纤维生产厂家和研究单位分布图	34
图 46: 我国碳纤维理论产能及销售-制造商 (千吨)	34
图 47: 我国碳纤维市场需求量变化趋势	35

表 1: 可比公司估值.....	9
表 2: SWOT 分析.....	12
表 3: 全球碳纤维主要生产企业的原丝制备工艺比较.....	15
表 4: 湿法纺丝与干喷湿纺的主要差异	16
表 5: DMSO 和 HNO ₃ 两种原丝制备的碳纤维性能比较	17
表 6: 国产碳纤维技术突破概览.....	17
表 7: 美国低成本复合材料结构研究开发计划	19
表 8: 碳纤维复合材料主要成型工艺技术、特点及典型应用	19
表 9: 人工/半自动人工铺放与自动铺放成型工艺对比.....	19
表 10: 主要工业材料与碳纤维复合材料特性比较.....	24
表 11: 多种碳纤维复合材料用途及产业应用	24
表 12: 航天器结构用碳纤维力学性能.....	25
表 13: 碳/碳复合材料在美国战略导弹上的应用实例	26
表 14: 复合材料在几种国外军用飞机上的应用	28
表 15: 复合材料在部分国内军用飞机上的应用	28
表 16: 航空飞行器结构用环氧树脂基复合材料比较及应用	28
表 17: F-22 战斗机复合材料应用概况.....	29
表 18: 国外直升机复合材料应用发展历程.....	30
表 19: 不同工业领域需求的碳纤维品种、价格与需求量.....	31
表 20: 2000-2005 年美国国防军工对碳纤维的需求量.....	36
表 21: 不同工业领域碳纤维、预浸料和制品的单价 (元/千克)	37
表 22: 盈利预测假设基础.....	38
表 23: 盈利预测简要结果.....	39

估值与投资建议

绝对估值法不适用于军工行业

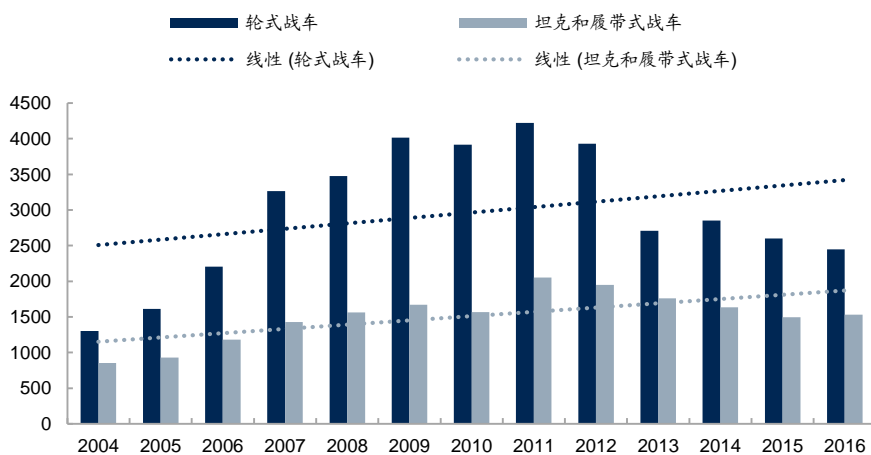
考虑军工行业整体的业务特点，军工行业的市场用户十分单一，为中国人民解放军和外国军队。而军队对于军事装备的采购又是十分计划性的，完全不遵循民用消费产品的采购特点，因此民用消费产品的经济规律不适用于军工行业。就现金流而言，民用消费产品的企业现金流与经济环境、市场需求高度相关，全行业不会受到单一客户的行为的很大影响，这与军工行业相反。

军工行业的现金流的来源主要有两个部分，首先是国家军事预算中的装备费，其次是外国军方通过我国军品外贸公司付的采购费。而这两项虽然在计划采购期内是确定性较强的，但是采购期内由于受到军方自身因素（如军队编制体制改革）的影响，导致在此期间企业现金流出现极大变动，使得绝对估值方法对于计划性极强且现金流状况极易受到单一客户自身因素影响的军工行业不适用。比如，在 2017 和 2018 两年，由于中国人民解放军全军在进行军队编制体制调整，导致多数配套产品的订单暂停执行两年，期间企业的各项生产经营、对外投资均受到了较大影响，军改结束以后，随着装备发展部开始运行，企业订单恢复执行，为了在十三五末期完成十三五期间的装备采购计划，又出现了大幅的新增订货。而在此之后，军方主导的军品定价机制调整，又使得行业的利润分配出现了较大变化。

对于绝对估值方法的企业净利润水平，这是在市场经济的前提下，行业净利率由市场的供需来决定。而对于军工行业来说，供需状况并不是决定行业净利润的原因，而是受到相关的行业政策的影响，尤其是军方的定价机制。目前正处于军品定价机制改革期间，在定价机制改革前后，行业净利润的分配会产生较大的变化，企业产品不在新军品采购目录中的企业的净利润水平将下行，目录内企业将会上行。因此，绝对估值方法不适用于本行业。

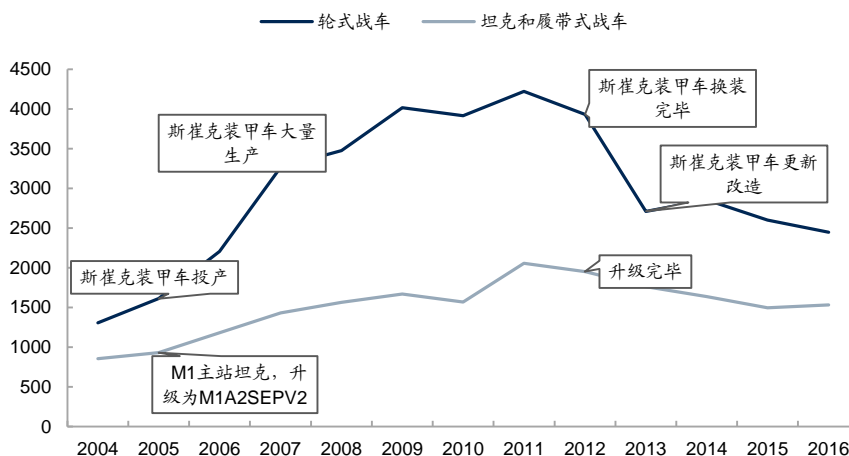
对于绝对估值方法中的永续增长率指标，对于军工行业亦不适用，这是军工行业自身的采购特点及装备更新换代规律所决定的。军工行业的采购计划有自身的计划期，不仅是我国，资本主义制度的美国的军工行业研发和采购也呈现出了极强的计划性，由军方提出相应的装备采购期限及升级计划，企业根据计划组织生产。在不发生战争消耗的情况下，一型装备的服役周期约为 20 年，在此期间内，改进改型需求大于装备的新增需求，所以采购周期尤为重要。因此，也无法提供永续增长率指标，只能提供采购期内的行业增长率指标。

图 1：美国通用动力公司地面系统业务在采购期内的增速变化



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图 2: 美国通用动力公司地面系统业务采购期内收入的变化趋势



资料来源: 公司公告、国信证券经济研究所整理

以美国通用动力公司地面系统业务在采购期内外收入情况为例进行说明。斯崔克系列战车在 2005 年开始投产 (M1128 型), 于 2007 年进入大批量生产阶段, 截止至 2012 年 8 月, 美军已经装备了超过 4187 辆斯崔克系列战车。到 2012 年, 随着美军大批量换装的基本结束。

在从 2007 年至 2012 年大规模换装的 6 年的时间里, 轮式车辆业务平均每年的营业收入约为 40 亿美元 (约合当时 280 亿人民币)。如果从 2005 年斯崔克战车开始生产计算, 轮式业务连续 7 年保持了增长。

美军大规模换装周期结束, 通用动力公司的轮式战车业务的总营业收入开始出现下滑, 由 2012 年的 39.3 亿美元下滑至 2013 年的 27.09 亿美元。因此, 永续增长指标对于军工行业不适用。

综上, 绝对估值方法对于军工行业不适用。

相对估值: 10.66-13.26 元

公司是航空装备材料核心配套企业, 在军工细分行业中属于航空材料, 因此采用相对估值方法时, 将其与军工行业平均估值及材料类和核心配套企业估值进行对比。

军工企业的估值主要包含三部分, 一是市场对于军工企业改革、院所改制等改革措施对于军工企业的影响; 二是企业自身在军品换装周期内收到的军方订单量对于业绩的提升趋势; 三是突发的事件性题材对于军工行业的军品采购量产生的刺激的影响, 如南海危机及朝鲜半岛局势紧张带来的军方订货量的增加。因为目前军工全行业正处于院所改制、军品定价机制改革、决策层推进行业核心资产证券化、全军大规模换装周期之中, 行业自身在进行巨大变革, 因此行业市盈率一直维持在较高水平。

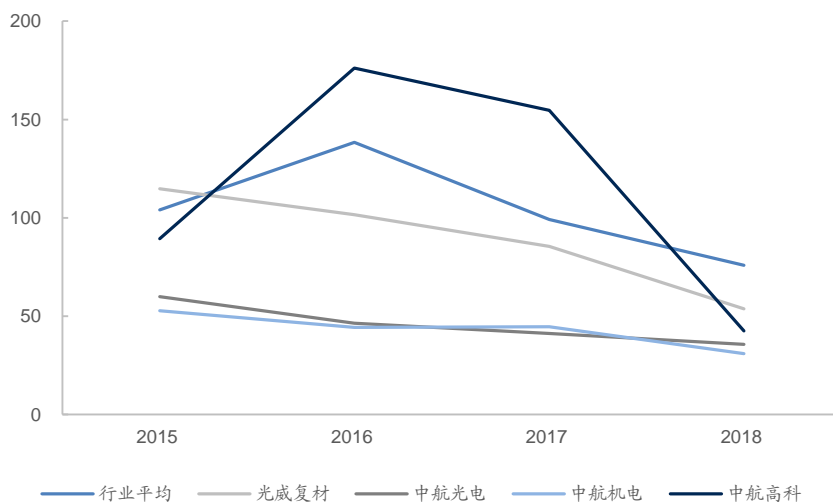
公司可对比的上市公司主要有光威复材、中航光电和中航机电。按照 2019 年的业绩预期, 这些企业的平均估值水平为 33x, 其主要原因是航空类核心配套企业的市盈率较低, 仅为 28x 左右, 而光威复材这一类材料类的企业市盈率较高, 为 42x。中航高科作为我国重要的军用碳纤维复材核心企业, 考虑到碳纤维复材在此次全军换装中的市场空间大于中航光电和中航机电这一类传统航空装备企业, 以及军品定价机制改革、院所改制等政策对于公司的利好, 其市盈率区间应高于中航光电和中航机电。由于公司在航空材料行业的龙头地位, 其市盈率不应低于光威复材。因此, 给予中航高科市盈率范围为 41-51x, 采用 2019 年 EPS, 对应的合理估值区间为 10.66-13.26 元。

表 1: 可比公司估值

证券代码	证券简称	收盘价 2019/5/21	总市值 (亿元)	EPS			PE			投资评级
				2018A	2019E	2020E	2018A	2019E	2020E	
300699.SZ	光威复材	39.31	203.76	1.02	0.93	1.19	38.54	42.27	33.03	买入
002179.SZ	中航光电	33.83	347.82	1.21	1.13	1.40	27.96	29.94	24.16	增持
002013.SZ	中航机电	7.23	260.91	0.23	0.27	0.32	31.43	26.78	22.59	买入
	平均						32.64	32.99	26.60	
600862.SH	中航高科	9.52	132.62	0.22	0.26	0.32	43.62	35.93	29.58	增持

资料来源: Wind、国信证券经济研究所预测

图 3: 军工行业核心 82 家公司平均 PE 及重点公司 PE 变化



资料来源: Wind、国信证券经济研究所整理

投资建议

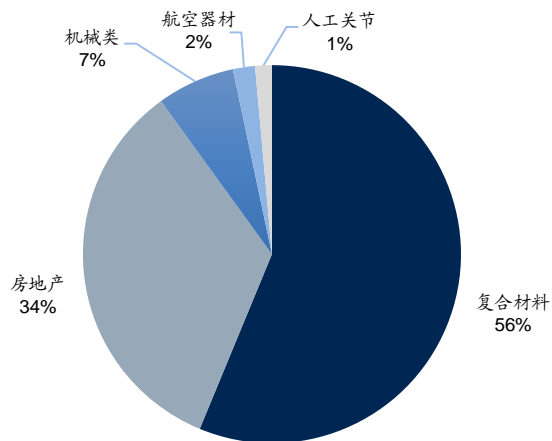
预计公司 2019-2021 年净利润分别为 3.69/4.48/5.58 亿元, 对应 EPS 分别为 0.26/0.32/0.40 元, 对应 PE 分别为 35.9/29.6/23.8x。公司是国内航空装备材料行业龙头公司, 考虑到全军机械化建设目标的提出对装备行业的利好, 国内航空新材料市场需求不断扩大, 公司盈利能力将逐步释放, 给予“增持”评级。

公司概况与主营业务介绍

历史沿革

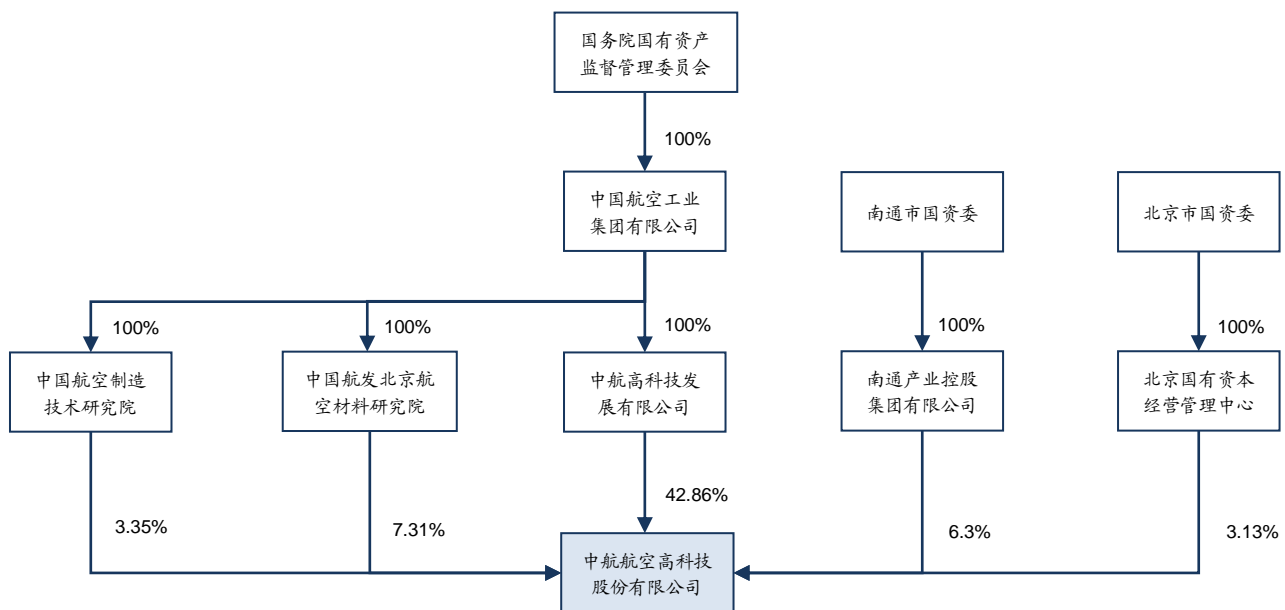
中航航空高科技股份有限公司前身源于 1956 年成立的南通机床厂，是主要从事航空新材料研发生产、高端智能装备研发制造的综合性大型国有控股上市企业。2015 年公司通过重大资产重组，将主营业务延伸至于航空新材料领域，并逐渐取得新材料及装备制造领域的相当规模和行业竞争优势。目前业务涵盖航空新材料、高端智能装备、轨道交通、汽车、医疗器械、装备制造、房地产、创新创业投资等。

图 4：2018 年公司各业务营业收入占比（产品）



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

图 5：公司股权架构



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

业务简介

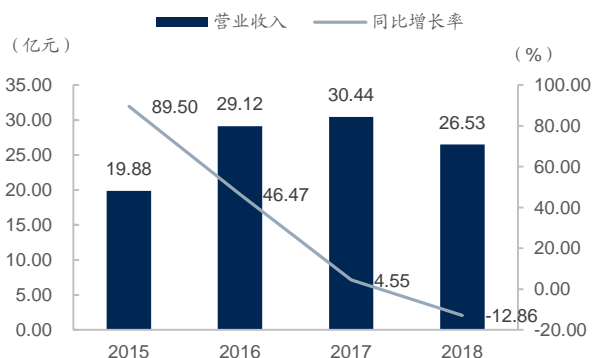
根据 2018 年年报, 公司拥有航空工业复材、优材百慕、优材京航、航智装备、南通机床、江苏致豪等 6 家全资子公司。公司主营业务分为三大板块: 航空新材料; 航空智能装备与机床的研发、制造和销售; 房地产建设和销售。

2018 年公司实现营业收入 26.53 亿元, 同比下降 12.86%; 实现归母净利润 3.04 亿元, 同比增长 263.85%。报告期内, 公司航空新材料业务实现销售收入 15.80 亿元, 同比增长 13.05%; 实现净利润 2.10 亿元, 同比增长 18.79%。其中, 航空工业复材实现销售收入 14.92 亿元, 同比增长 14.17%; 实现净利润 2.15 亿元, 同比增长 28.63%, 较好地完成了全年计划任务。公司机床业务实现销售收入 1.77 亿元, 同比增长 20.31%, 实现利润总额-0.68 亿元, 同比减亏 0.47 亿元, 南通机床实现历史性扭亏为盈, 航智装备全年实现机床销售收入 1.25 亿元, 回笼资金 1.43 亿元。公司房地产业务实现销售收入 8.96 亿元, 回笼资金 9.18 亿元, 实现利润总额 3.73 亿元。

2018 年, 公司坚持以科技创新和成果转化为核心, 坚定促进产品转型升级信心, 持续优化管控体系, 促进主业快速发展; 同时增强成本意识, 强化管理, 降本增效。公司发展战略日益清晰, 经营业绩稳步增长, 全年整体运营情况良好。

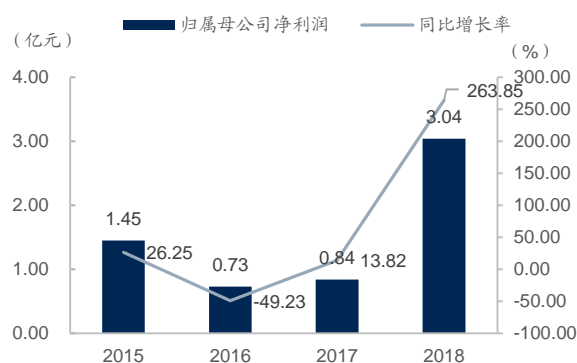
未来, 随着公司房地产相关业务的有序退出, 公司将形成航空新材料、高端智能装备制造双主业共同发展的业务格局。

图 6: 近四年公司营业收入及增长



资料来源: 公司公告, 国信证券经济研究所整理

图 7: 近四年公司归属母公司净利润及增长



资料来源: 公司公告, 国信证券经济研究所整理

SWOT 分析：公司战略得当、竞争优势明显

发展战略

公司主要从事航空新材料、数控机床及航空专用装备制造业务，相关产品主要为满足我国国防事业及民用航空市场的需要。

以五大发展理念为指导，把握科技和产业变革的机遇，按照“一心、两融、三力、五化”战略部署，加大新材料产业技术创新和能力提升，加快装备产业的转型升级，加强各利益相关方的协同，打造世界级的复合材料技术和产业先锋、工业机器人与智能装备制造产业基地。

加强工程化研究和商业模式创新，建立高效技术成果转化和产业化途径，培育新的成长产业。发挥上市公司的平台作用，加强资本运作和资源整合，做大航空材料产业、做强航空制造产业、做优民用新材料产业、做活智能装备产业、做精内部管控体系、做好科技转化平台，实现创新发展、集聚发展、跨越发展，为社会经济繁荣和满足国防装备需求做出贡献。

随着国家军民融合战略的不断推进，航空工业综合性改革和产业结构调整不断深化，为公司主营业务开拓和发展创造了难得的环境和政策机遇。2019 年重点工作将围绕确保完成军品交付和年度经营目标的核心；坚定强军首责，确保军品交付；坚定战略定力，坚持创新驱动和成果转化；坚定改革信心，推动快速发展；坚定聚焦主业，稳步退出地产；坚定管理提升，提高风控水平；坚定从严治党，推进文化融合。

SWOT 分析

表 2: SWOT 分析

优势		弱势	
<ul style="list-style-type: none"> ■ 公司治理结构好 ■ 公司产品受军方客户认可，市场占有率高 ■ 优秀的、富于开拓精神的管理团队 ■ 管理层目标明确、策略行之有效 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 随着公司订单和科研项目的增多，管理人才尚嫌不足 	
机遇		挑战	
<ul style="list-style-type: none"> ■ 军工行业调整给公司兼并扩张带来机遇 ■ 未来相当长的时间内，中国军工行业仍具有广阔的发展前景 ■ 军民融合战略进一步推进，给公司快速发展带来新机会 		<ul style="list-style-type: none"> ■ 行业竞争将越来越激烈 ■ 品牌效应在竞争激烈的目标市场被弱化 ■ 国企混改等改革措施带来的不确定性 	

资料来源：国信证券经济研究所整理

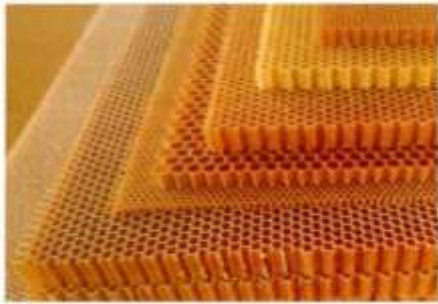
通过 SWOT 分析，我们认为公司竞争优势明显、战略得当。

公司业务分析——航空复材市场份额高，技术水平领先

核心子公司中航复材主营业务为军用航空复合材料产品配套，市场份额较高

2010年，中航复合材料有限公司由中航工业和北京国资委共同出资设立。2015年，公司通过资产重组被注入中航高科。中航复材是我国航空复合材料行业的技术先锋，是集复合材料研发、生产、销售和服务于一体的专业化高科技公司，主要客户为航空工业主机厂和零部件生产单位。

图 8: Nomex 蜂窝芯复合材料实物图



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

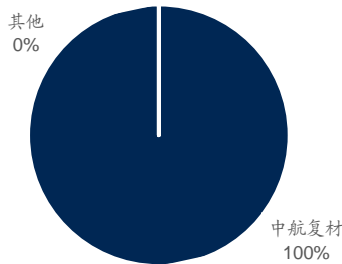
图 9: 单向碳纤维预浸料实物图



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

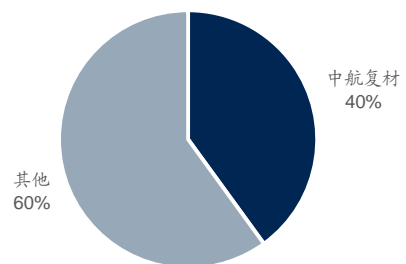
目前公司在航空级别的 Nomex 蜂窝、航空高性能树脂、碳纤维预浸料及其复合材料等市场均具有较高的市场份额。其中，公司年产纸蜂窝可达 4000 立方米，铝蜂窝达 25 吨；树脂及预浸料产品方面，公司可实现标准流程式大规模生产，拥有国内最全牌号的先进复合材料树脂和预浸料产品，目前基本处于行业垄断地位。树脂厂房设计年产量 600 吨，预浸料厂房设计年产量为 150 万平方米。

图 10: 航空市场蜂窝类产品市场份额分布



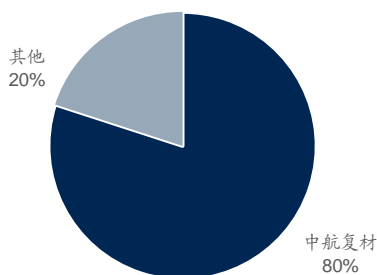
资料来源: 公司公告、国信证券经济研究所整理

图 11: 非航空市场蜂窝类产品市场份额分布



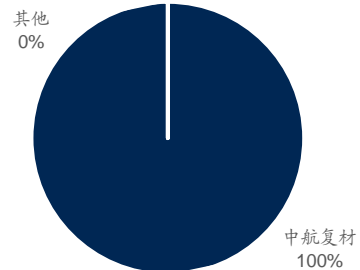
资料来源: 公司公告、国信证券经济研究所整理

图 12: 航空市场树脂类产品市场份额分布



资料来源: 公司公告、国信证券经济研究所整理

图 13: 航空市场预浸料类产品市场份额分布



资料来源: 公司公告、国信证券经济研究所整理

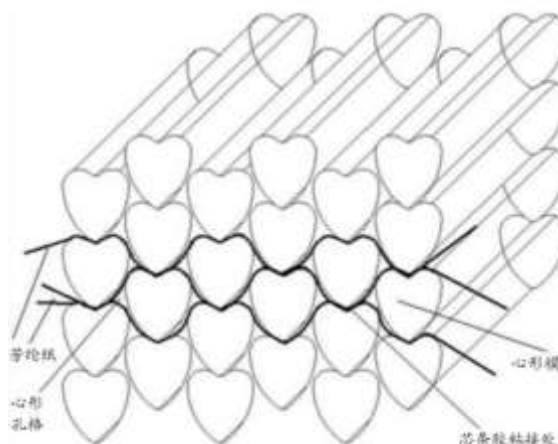
中航复材公司的收入主要来源于树脂及预浸料、蜂窝产品和技术收入，以航空

军品（预浸料）为主。

公司产品技术领先，研发实力雄厚，具有多年工艺技术积累

中航复材继承发扬了中航工业先进航空复合材料坚实的技术基础，在高性能树脂及碳纤维预浸料技术、蜂窝及芯材、高性能复合材料新型结构、树脂基复合材料制造技术等方面均在国内处于领先地位。公司以提高核心竞争力为目标，在大力加强基础研究、应用研究及型号攻关工作的同时，实行了知识产权战略部署和技术创新激励双引擎推进，拥有完全自主知识产权的复合材料数据库，多项关键技术取得重大突破，支撑了多个型号的发展。截至 2018 年底，中航复材共承担总装预研、973 等项目科研任务 100 余项，航空型号任务 20 余项，申请专利合计 190 余项。

图 14：一种心形孔格的柔性蜂窝示意图（公司 2018 年发明专利）



资料来源：国家知识产权局、国信证券经济研究所整理

中航复材共有核心研发技术人员近 50 人，其中部分人员担任过工信部、科技部、国防科工局、军方等国家级项目或课题的负责人，重点型号或产品主管设计师等工作。中航复材现有研究员 26 人、高级工程师 36 人，具有博士学位者 25 人，硕士学位者 72 人。上述人员均为我国航空复合材料行业的资深人员，具有多年的航空复合材料研发、生产经验。

中航复材继承了中航工业多年积累的航空复合材料原材料生产工艺，在工艺技术方面达到了领先水平。

公司正加速推进生产园区建设，不断完善生产管理模式，产能持续扩大

中航复材顺义生产园区一期项目已正式投产一年，二期项目建设加速推进。全园区占地 546 亩，拥有先进的预浸料生产线、树脂生产线和国内唯一的大规格自动化芳纶纸蜂窝生产线，形成了航空复合材料技术开发、原材料生产、工程试制和综合技术服务开展所需试验手段和条件，为提升航空型号复合材料应用水平的提升奠定物质基础和条件。

此外，公司积极面对军品生产交付任务的压力，完善管理模式，加强能力计划平衡和采购、检验环节的资源合理配置，深化 ERP 系统应用，强化供应商管理；并开展提升产品质量稳定性、降低制造成本和提高产品合格率技术攻关，产品质量和生产效率显著提升，保证了生产交付和降本增效任务的完成。

碳纤维及其复合材料制备工艺与技术发展

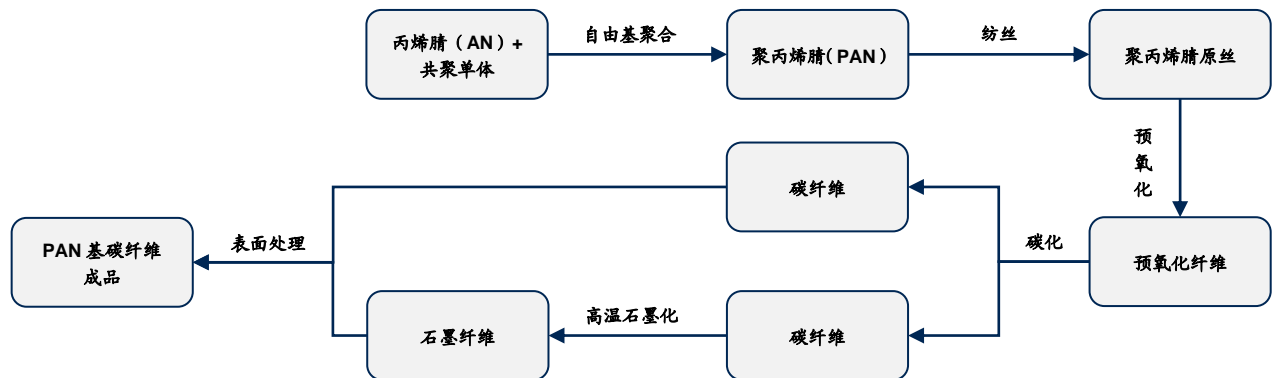
碳纤维是由含碳量较高，在热处理过程中不熔融的人造化学纤维，经热稳定氧化处理、碳化处理及石墨化等工艺制成的。按照原材料不同主要分为聚丙烯腈基(PAN)、沥青基、粘胶基碳纤维三类。PAN 基碳纤维生产工艺相对简单，产品的力学性能优良，用途广泛，因此得到了迅速发展。其产量约占全球碳纤维总量的 90%以上，成为当今碳纤维工业生产的主流。

PAN 基碳纤维的制备工艺

低分子烃气体和氢气在铁或其他过渡金属催化下，经高温热解可以制得碳纤维，但其制备条件十分苛刻，纤维长度短，目前尚无法实现连续长纤维的制备。工业用碳纤维只能通过高分子有机纤维的固相碳化制得。PAN 基碳纤维就是以聚丙烯腈纤维为原料，经过一系列固相化学反应后制得的。

无论是高强型、高模型还是高模高强型 PAN 基碳纤维，其制备工艺主要包括：丙烯腈聚合物溶液制备、PAN 原丝制备、PAN 纤维预氧化即热稳定化、PAN 预氧化纤维碳化（若制备高模量碳纤维还需经过高温石墨化）、表面处理五个阶段。

图 15: PAN 基碳纤维生产流程



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

作为先进复合材料的增强体，碳纤维的形态结构对复合材料的力学性能影响很大，因此纤维表截面形貌结构的调控是碳纤维原丝技术的重要部分。PAN 基碳纤维制备的核心是原丝制备技术，通过纺丝过程中的技术控制，可以调控纤维的截面形状和表面形貌，从复合材料综合性能均衡提升的要求出发，掌握制备非腰形截面原丝技术、科学调控纤维表面结构形貌是极其重要的。

表 3: 全球碳纤维主要生产企业的原丝制备工艺比较

公司名称/ 分类标准	纺丝溶液的 制备工艺	纺丝溶液的 溶剂属性	原丝纺丝工艺
日本东丽	一步法	有机溶剂法	T700S、T800S 和 T1000 采用干湿法，其他品种采用湿法
日本东邦	一步法	无机溶剂法	湿法
美国氰特	一步法	有机溶剂法	湿法
美国赫氏	二步法	无机溶剂法	IM 系列采用干湿法

资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

当前我国 PAN 基碳纤维原丝制备多采用湿法纺丝或干喷湿纺法（干湿法）纺丝工艺。两种方法均可生产出优质 PAN 基碳纤维原丝，但后者更适合纺出高质量原丝。

表 4: 湿法纺丝与干喷湿纺的主要差异

方法	喷丝孔径	纺丝液	牵伸率	纺丝速度	纤维形态
湿法纺丝	小 (0.05-0.07mm)	中、低相对分子质量和中等固质量分数	喷丝后为负牵伸, 一般负牵伸 30%-50%	一般	密度较低, 表面有沟槽
干喷湿纺	大 (0.10-0.30mm)	高相对分子质量、高固质量分数和高粘度	喷丝后为正牵伸, 一般正牵伸 100%-400%	比湿法快 2-8 倍	密度较高, 表面较平滑

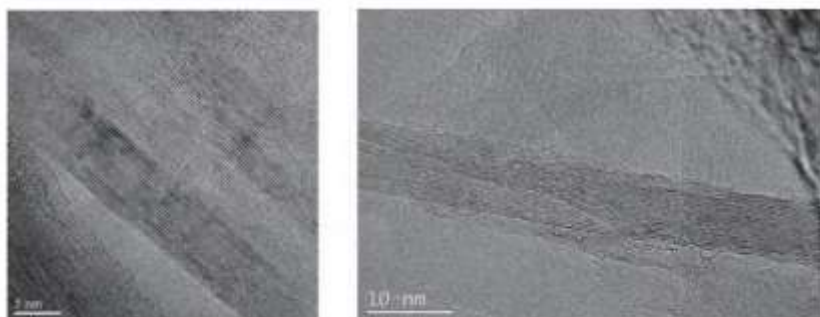
资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

PAN 原丝在温度 200~300℃ 的空气气氛中, 在适当张力下进行热处理, 期间发生一系列物理化学反应, 使纤维中的热塑性线形大分子链转化为非塑性耐热的梯形结构, 形成了碳纤维终极结构的雏形, 也保证纤维在接下来的碳化等高温处理过程中不会产生熔融和燃烧。

制得的预氧化纤维在惰性气氛保护下进行碳化 (300~1600℃) 处理。碳化工艺过程一般包括低温碳化 (一般在 300~800℃) 和高温碳化 (一般为 800~1600℃) 两个部分。在低温碳化阶段, 分子间发生重组, 形成大的网状结构, 纤维内部碳聚集态结构由非晶态向石墨晶态转变, 为纤维形成最终的类石墨结构奠定基础。高温碳化过程中, 碳结构继续重组, 最终成为含碳量大于 90% 的具有乱层石墨结构的纤维材料, 即碳纤维材料。

碳纤维石墨化过程是提高碳纤维模量的关键步骤。在惰性气体保护下, 利用 2000~3000℃ 的高温对 PAN 基碳纤维进一步处理, 脱除剩余的非碳元素, 同时碳原子在一定张力作用下进行石墨层状结构的排列, 由乱层石墨结构逐渐转化为有序的类石墨结构。

图 16: 高温处理后碳纤维的内部石墨微晶形貌表征图



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

经过高温处理的碳纤维和高模纤维, 表面含碳量极高, 表面能低, 考虑到碳纤维制备复合材料的特殊要求, 在该阶段还应关注碳纤维表面结构及其与复合材料基体之间的界面特点, 需要进行纤维的表面处理操作。可以通过电化学氧化法、液相氧化法、气相氧化法、等离子体改性法等方法进行纤维表面处理, 表面处理过程在纤维表面引入大量含氧活性官能团, 从而增加纤维的表面活性, 有利于碳纤维与树脂之间形成良好的界面结合, 从而提高碳纤维复合材料的综合性能。

我国 PAN 基碳纤维技术发展

我国 PAN 基碳纤维研制始于 20 世纪 60 年代中期, 经历了长期低水平徘徊、技术转型和快速发展三个阶段

20 世纪 90 年代中国运行着 3 条 PAN 原丝技术路线: 兰州化纤厂的硫氰酸钠一步法、吉林石化的硝酸 (HNO₃) 一步法和陕西榆次化纤厂的二甲基亚砜 (DMSO) 一步法, 但由于原丝核心技术没有掌握, DMSO 法和硫氰酸钠法原丝技术未能实现碳纤维的连续稳定制备, 碳纤维的性能水平偏低、质量一致性不高, 硝酸

法原丝技术成为那个时期军用国产碳纤维的指定技术。2000 年 DMSO 原丝工艺实现自主创新，2002 年第一条 DMSO 原丝工程化线建成，国产 PAN 基碳纤维技术成功实现了转型升级，国家科技部设立了“863”计划，重点支持国产 PAN 基碳纤维的工程化研究。

表 5: DMSO 和 HNO₃ 两种原丝制备的碳纤维性能比较

实验编号	DMSO 法原丝		HNO ₃ 法原丝	
	抗拉强度 (GPa)	断后延伸率 (%)	抗拉强度 (GPa)	断后延伸率 (%)
1	3.84	1.78	3.31	1.22
2	3.65	1.82	3.25	1.41
3	4.11	1.83	2.83	1.32
4	3.91	1.88	3.34	1.25
5	3.78	1.84	3.10	1.48
平均	3.86	1.83	3.17	1.34
CV %	4.30	2.00	6.60	8.10

资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

DMSO 法和 HNO₃ 法 PAN 原丝经过碳化处理后，DMSO 法原丝制得碳纤维在抗拉强度与断后延伸率方面指标明显好于 HNO₃ 法原丝制得的碳纤维。抗拉强度越大，材料在拉力作用下抵抗破坏的能力越大；断后延伸率主要表征发生永久变形而不至于断裂的性能，越大表示纤维柔软可加工性越好。

2005 年国家试点推行碳纤维制备与应用的“一条龙”管理模式，将需求牵引和服务应用的理念融入到碳纤维制备过程，在中国航天科技集团公司 703 研究所和中国航空工业集团公司沈阳飞机设计研究所（601 所）专家团队的强有力推进下，国产碳纤维制备与应用技术高效快速发展，解决了国防重大装备用国产碳纤维材料的“有无”问题，初步实现了关键材料的自主保障。

目前，我国逐步形成了以二甲基亚砷原丝技术为主体、二甲基乙酰胺和硫氰酸钠原丝技术并存的国产高性能碳纤维原丝制备技术体系，突破了过去 30 多年来国产碳纤维性能不稳定、离散度偏高、勾结强度低等顽疾，实现了国产碳纤维在承力和次承力结构件上的应用。

表 6: 国产碳纤维技术突破概览

产品型号	技术突破
T300	攻克其产业化，应用问题和有无问题，攻克了千吨级国产 T300 级碳纤维的产业化，满足了航空航天等武器装备的应用急需
T700	突破湿喷湿纺和干喷湿纺两种工艺的百吨级国产 T700 级碳纤维的关键制备技术，攻克了千吨级国产 T700 级碳纤维的产业化难点，开发了国产 T700 级碳纤维专用上浆剂以及与之相匹配的高韧性树脂，基本满足了军民领域的应用需求
T800	突破关键制备技术，实现百吨级稳定生产，主体力学性能达到东丽 T800 碳纤维水平
M40、M40J、T1000、M50J、M55J	突破实验室制备技术，具备开展下一代纤维研发的基础
T1100	开始着手开展研发工作

资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

国际 PAN 基碳纤维技术发展

国际 PAN 基碳纤维的技术发展过程大致可以归纳为四个阶段:

第一阶段，20 世纪 60 年代突破了 PAN 基碳纤维的连续制备技术路线，为碳纤维从实验室走向工业化奠定了技术基础；

第二阶段，20 世纪 70 年代实现了强度为 3.0GPa 左右的基本型碳纤维工业化规模生产，推动了碳纤维在国防和工业领域的实用化；

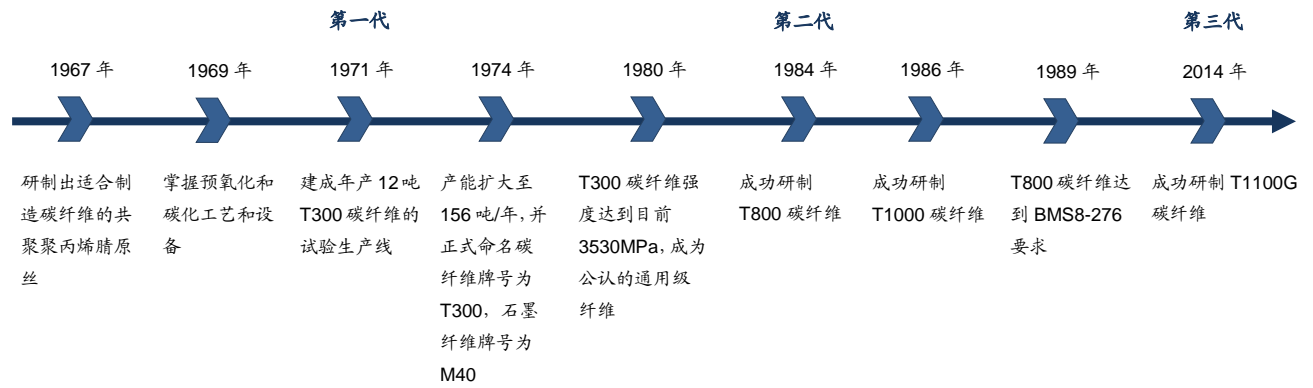
第三阶段，20 世纪 80 年代，拉伸强度为 4.9GPa 的高强型碳纤维以及高强中模碳纤维制备技术取得突破，并在民航领域得到规模化应用；

第四阶段，在 20 世纪 90 年代以超高压气瓶应用为主的需求牵引下，高强中模

型碳纤维实现规模化生产，多种高强高模型碳纤维研发成功。

东丽公司生产的 PAN 基碳纤维无论质量还是产量都居世界前列，代表当今世界最高水平。

图 17: 日本东丽公司碳纤维发展历史关键事件



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

纵观全球, 自 2013 年开始, 为了提高竞争力以及满足更高性能复合材料对碳纤维的要求, 各公司相继推出更高强度的碳纤维, 美国 HEXCEL 的 IM10、东丽的 T1100、三菱的 MR70、东邦的 XMS32, 都是拉伸强度约 7GPa、模量约 320GPa 的超高强度碳纤维。同时, 为适应不断扩展的复合材料应用需求, 针对应用细分市场, 不断开发差异化产品以降低成本提高竞争力, 如东丽的 T720、T830 等型号以及 2017 年推出的 Z600 型号; 干湿法纺丝技术与大丝束技术也越来越受到重视, 其中 50K 级别的大丝束高强连续碳纤维产品已实现工业应用。

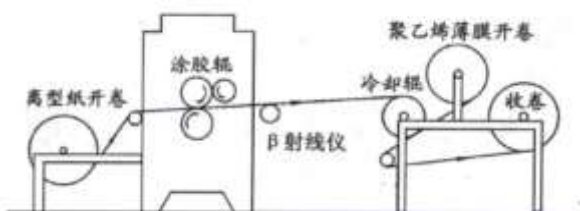
碳纤维预浸料的制备工艺

碳纤维要投入使用, 还需经过预浸料和复合材料成品的制备。预浸料是用树脂基体浸渍定向排列的碳纤维后, 形成的厚度均匀的薄装半成品, 其常用的制备方法有溶液浸渍法和热熔浸渍法。

溶液浸渍法通常采用几种不同配比的热固性树脂和高分子化合物的混合溶液浸渍单向纤维, 并通过辊筒卷绕方法生产, 获得的预浸料渗透性好, 但固化后致密性差、空隙率高、力学性能偏低、生产成本低、对环境也有一定的影响。

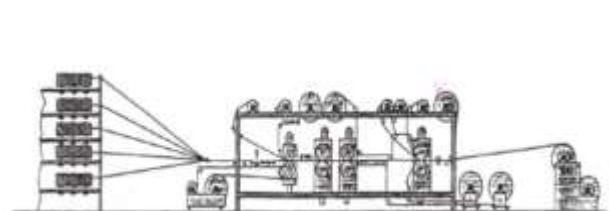
热熔浸渍法也称树脂膜浸渍, 即利用涂胶辊将熔融的树脂涂覆于纤维束, 然后有一组曲面啮合辊将熔融树脂在纤维束之间充分分散, 最后将预浸渍纤维束冷却以获得预浸料。该工艺可使碳纤维排纱平直均匀, 含胶量、长度、厚度都能精确控制, 误差小。除此之外, 它还有纱束之间无间隙、没有挥发物产生这两个优点, 有利于降低产品的孔隙率、也不会对环境造成污染。热熔浸渍法是目前预浸料最常用的的浸渍工艺。该法一般包括制膜和预浸两个工艺步骤。

图 18: 热熔浸渍法制膜工艺示意图



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

图 19: 热熔浸渍法预浸工艺示意图



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

碳纤维复合材料的制备工艺

在过去的 30 多年中,碳纤维复合材料的研究与开发重点放在材料性能和工艺改进上。目前,各种低成本技术的开发和应用是工艺发展的主流,其中的重点是低成本制备技术和制备技术的优化。美国制定并实施了许多低成本复合材料研究开发计划。

表 7: 美国低成本复合材料结构研究开发计划

项目名称	资助者	参加单位	时间	研究目标	主要低成本技术
DMLCC (低成本复合材料设计和制造)	空军	Boeing, MDC, GE, Bell	1997	批量产的 F-22 飞机低成本制造技术研究,比原来复合材料结构成本降低 50 %	RTM (树脂传递模塑) 骨架, 丝束铺放蒙皮, 热铺覆成型的长桁, 热塑性复合材料的特殊工艺 (拉挤、缠绕、编织等)
AFS (先进机身结构)	海军, NASA	-	3 年	以 F/A-18E/F 为对象的主翼/机身, 减重 20%, 降低成本 30%	Dupont 的 LDF 预浸料
ACT (先进复合材料技术)	NASA	Boeing	10 年	开发低成本材料、分析技术、发展新设计、新制造方法, 比金属结构减重 25%	职务预成型体, RTM, 粉末预浸料, 混编丝束预浸料, 网状纤维预成型体, 3D 编织, 缝合等
ATCAS (先进复合材料飞机结构)	NASA	Boeing, MDC	-	以宽体民机机身作为研究对象, 开发轻质低成本复合材料机构	-

资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

碳纤维复合材料的成型方法包括热压罐成型、纤维缠绕成型、RTM (树脂传递模塑)、模压成型、自动铺放成型、注射成型、拉挤成型等工艺。

表 8: 碳纤维复合材料主要成型工艺技术、特点及典型应用

成型工艺技术	成型特点	典型应用
热压罐/真空袋	用于制造各种大尺寸、形状和结构复杂的复合材料构件	整体厚壁板、加筋壁板、卫星承力筒、天线、遮光罩、蜂窝夹层结构板
纤维缠绕	用于制造各种复合材料管材、旋转体形状复合材料构件	天线支撑杆、桁条、太阳翼连接架
RTM	用于制造各种精度要求高、内外表面光滑的复合材料构件	490N 发动机支架接头、高性能机头雷达罩
模压	用于制造尺寸精准、表面光洁、无毛边中小型复合材料构件	连接架方管、法兰、镜筒加强筋
自动铺放	用于制造大尺寸和复杂机身构件	S 形进气道、大曲率机头、中机身翼身融合体蒙皮直至带窗口的曲面

资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

其中自动铺放成型技术不仅能有效降低生产成本、提高生产效率,而且可以对铺放工艺参数进行精确控制,铺放程序一旦固化,便可重复操作,保证了复合材料构件质量的可靠性和稳定性,经济效益显著。

表 9: 人工/半自动人工铺放与自动铺放成型工艺对比

对比项目	人工/半自动人工铺放	自动铺放
劳动量	劳动量大,强度高	劳动量 (人时) 减少 40%以上
生产率	0.5~1.2kg/h	10~30kg/h, 提高 5~20 倍
利用率	浪费率 25%以上	浪费率仅 2%~10%
制造精度	±3mm	1.2~1.5mm
制造质量	一致性差,质量不稳定	一致性好,质量稳定
适用范围	小批量,小型、简单构件	大批量,大型、复杂构件

资料来源: 中航工业制造所、国信证券经济研究所整理

自动铺放成型又包括自动铺带和自动铺丝技术。自动铺带技术解决了飞机小曲率机翼、尾翼等翼面类结构的制造问题,将飞机的复合材料用量提升到结构重量的 25%左右;自动铺丝技术解决了大曲率机头、中机身、后机身等复杂机身结构的制造问题,将飞机的复合材料用量提升到机体结构重量的 50%左右。

20 世纪 80 年代美国航空制造商大量应用自动铺带技术,生产 B-1、B-2 轰炸机的大型复合材料结构, F-22 战斗机机翼, C-17 运输机的水平安定面蒙皮, 全球鹰 RQ-4B 大展弦比机翼, 波音 777 飞机机翼、水平和垂直安定面蒙皮, 空客 A350 机翼等。

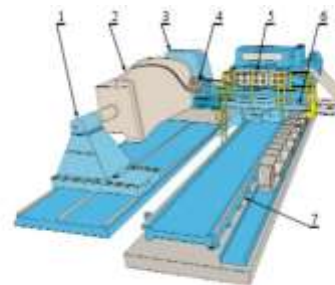
图 20: 空客 A350 机翼蒙皮自动铺带设备



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

自动铺丝技术近年来发展迅猛,其工艺原理是由铺丝头将多束预浸丝束在柔性压辊下集束成带后,按照计算机规划的路径进行铺放。预浸丝束窄带在铺放过程可实现单独控制、并可进行转弯,具有较强的曲面适应能力,不仅可以铺放凹面、凸面,还可以实现开口、补强等变厚铺层,纤维角度偏差更小,生产效率更高。

图 21: 自动铺丝设备示意图

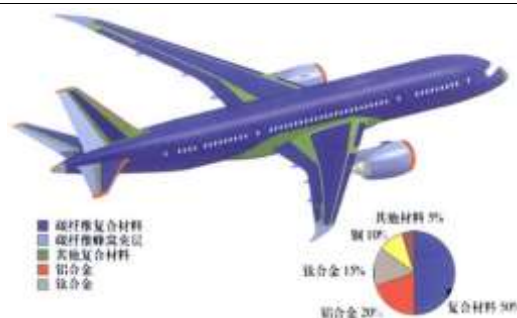


1-尾架; 2-模具; 3-主轴箱; 4-铺丝头; 5-纱架系统; 6-小车; 7-导轨

资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

民机方面波音 787 和空客 A350 的机身结构已全部采用自动铺放技术进行制造。军机方面 F-22、F-35 飞机的翼身融合体、进气道等大曲率复合材料零件,已采用该技术进行生产。高端的自动铺丝设备是国外军机制造的重要专用装备,具有重要的战略意义。

图 22: 波音 787 各种材料应用部位和比例



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

波音直升机公司率先应用自动铺丝技术研制了 V-22 倾转旋翼飞机的整体后机身。原有后机身由 9 块手工铺叠的壁板装配构成，改为整体铺放后，减少了 34% 的固定件、53% 的工时，废品率降低了 90%。在第四代战斗机的典型应用包括 S 形进气道和中机身翼身融合体蒙皮（F-35）。在商用飞机方面有 Premier I 和霍克商务机的机身部件、大型客机波音 747 及波音 767 客机的发动机进气道整流罩试验件和波音 787 机身则全部采用复合材料自动铺丝技术分段整体制造等。

图 23：采用自动铺丝技术制造的波音 787 机身段



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

基于碳纤维复合材料整体成型工艺，开展飞机结构一体化设计，可减少飞机结构的零件种类、数量，缩短制造装配生产周期，进而降低飞机的制造成本。如美国 F-35 战斗机垂尾主承力盒段，制件前缘长 3.65m，重约 90kg，其加筋采用编织体，再和蒙皮制作成整体结构，利用 RTM（树脂传递模塑成型）整体成型技术，其零件数从原来的 13 个变为 1 个，减少紧固件 1 000 多个，降低成本 60%。又如美国第四代重型战斗机 F-22，采用 RTM 整体成型工艺制造的包括高温环氧树脂和双马树脂基复合材料制件约 400 件，占复合材料结构质量 25%，采用这项技术后比原设计节省开支 2.5 亿美元。该机型中典型的 RTM 成型复合材料主承力结构件是机翼主承力正弦波梁（每架飞机有 46 根），采用 IM7/5250-4RTM 双马复合材料体系。

国内碳纤维及其复合材料的制备工艺现状

我国飞行器制造亟待解决低成本、高效率、大型化、模块化等共性问题，例如：大型整流罩及壳体结构的整体成型、模块化零/组件结构的高效制造、批量化复合材料产品的成本控制等关键技术，同样要求进一步拓展低成本、高质量、高效率的非热压罐成型工艺方法。

我国对纤维自动铺放技术的研究开展时间不长，起步基点较低。不过，国内各科研单位和航空企业通过近几年的国际合作、集成创新，合力开展多项复合材料自动铺带机和自动铺丝机的工程化研制，已经实现从依靠进口设备到成功自主研发的跨越式发展。

北京航空制造工程研究所为加快自动铺带技术在航空工业的应用进程，于 2009 年引进法国 FOREST-LINE 两步法铺带系统，消化吸收再创新后开发出大型自动铺带机系统和具有自主知识产权的铺带数控编程系统，并形成成套自动铺带制造技术，目前已经用于多种飞机构件研制与批量产生。

图 24: 国产大型龙门自动铺带机系统



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

2015年,航空工业制造院、中航复材公司联合国内的科研力量,集智攻关,共同开发大型龙门铺丝装备,突破了多轴联动控制技术、大跨度轻质高刚性横梁结构设计与制造、曲面铺放路径规划及仿真技术等多项关键技术,研制了国内首台工程化应用级别的大型自动丝束铺放设备。设备X向行程30米,Y向行程6.5米,能实现最多32束预浸丝束的高效铺叠。该设备是国内目前唯一可以完成大尺寸复合材料机身壁板研制的高端专用装备,为我国大型飞机的研制提供了强力技术保障。

图 25: 国产桥式自动铺带机和铺丝机及机械臂式自动铺丝机实物图



资料来源: 航空碳纤维树脂基复合材料的发展现状和趋势、国信证券经济研究所整理

自动铺丝技术对于铺丝材料的尺寸要求很高。其所用材料为宽3.2mm、6.35mm、12.7mm不等的纤维窄带,窄带的宽度精度要求达到 $\pm 0.125\text{mm}$ 的偏差,这种精度偏差对于软材料来说很难实现。中航复材通过大量的技术调研和工艺试验,制定了采用精密分切工艺制备预浸丝束的工艺方案。该方法通过分切宽幅预浸料,制备长度连续的预浸丝束。利用该方法所制备的预浸丝粘性、宽度均匀性等技术指标完全满足自动铺丝工艺要求。目前,公司已经完成了多种牌号的预浸丝束的制备,并开展了工艺验证和应用研究。

2017年初,某机身壁板试验件,也是目前国内制造的最大尺寸的自动铺丝复合材料结构,在中航复材公司成功下线。中航复材铺丝团队从材料的工艺适用性、设备的结构适用性、铺丝轨迹规划等多个方向开展攻关,并结合前期的技术积累,最终突破了变厚结构铺丝轨迹规划、铺丝路径优化、工艺参数优化等多项关键技术,实现了制件的高质量高效率铺放。五年时间,从早期的复杂进气道结构铺丝制造技术研究,到中型机身曲板的成型,再到今天的大型曲板的交付,铺丝团队攻克了一个又一个难关。

图 26: 某典型机器人自动铺丝系统实物图



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

中航复材在自动铺丝技术方面从无到有，从弱到强。目前，拥有大型龙门铺丝设备，机器人铺丝设备，未来还将补充大型卧式铺丝设备等先进自动化铺丝制造装备和技术，将满足国内外多种尺寸和结构的复合材料构件的自动化铺放。

碳纤维复材性能优异，在航空航天领域应用广泛

碳纤维复合材料力学性能优异

碳纤维是含碳量高于 95% 的高分子纤维新材料，具有低密度、高强度、耐高温、高化学稳定性、抗疲劳、耐摩擦等优异的基本物理及化学性能，并有高振动衰减性，良好的导电导热性能、电磁屏蔽性能以及较低的热膨胀系数等特性，可称新材料之王。同传统的玻璃纤维相比，碳纤维的杨氏模量（指表征在弹性限度内物质材料抗拉或抗压的物理量）是其 3 倍多。

同钛、钢、铝等金属材料相比，碳纤维具有强度大、模量高、密度低、耐超高温和超低温、化学性质稳定、导电性能好、线膨胀系数小等特点。

碳纤维一般不单独使用，而是以复合材料的形式被使用。碳纤维复合材料是由有机高分子基体材料与碳纤维经过特殊成型工艺复合而成的具有两相或两相以上结构的材料。碳纤维经过树脂固化变成新的复合材料，受力的是碳纤维，树脂在其中起到粘接的用途。这就好比钢筋混凝土，钢筋来承受力量，而混凝土的作用则是传力黏结，起到保护钢筋的效果。

表 10: 主要工业材料与碳纤维复合材料特性比较

材料	密度 (g/cm ³)	抗拉强度 (x10 ³ MPa)	弹性模量 (x10 ⁵ MPa)	比强度 (x10 ⁶ m ² /s ²)	比模量 (x10 ⁸ m ² /s ²)
铝合金	2.80	0.47	0.75	0.17	0.26
钛合金	4.50	0.96	1.14	0.21	0.25
玻璃钢	2.00	1.06	0.40	0.53	0.20
碳纤维 I 环氧复合材料	1.60	1.07	2.40	0.67	1.50
碳纤维 II 环氧复合材料	1.45	1.50	1.40	1.03	0.97

资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

碳纤维复合材料具有复合效应和多功能兼容等特点，以及高比强度、比刚度、可设计性强、耐疲劳、耐腐蚀、可整体成型等优点，可被用于制造关键结构零部件，因此被广泛用于航空航天、汽车工业、医疗和建筑等领域。

表 11: 多种碳纤维复合材料用途及产业应用

种类	用途	产业应用
纤维丝束	高温隔热材料	电子、汽车、飞机、原子能
复合材料	碳纤维增强树脂 (CFRP)	密封材料 功能材料 (滑动、导电、耐腐蚀材料)
	碳纤维增强碳 (CFRC)	结构材料 (主要较高模量的一次、二次结构用材)
	碳纤维增强金属 (CFRM)	烧蚀材料 摩擦材料
	碳纤维增强水泥 (CFRC)	碳、石墨材料
		有关电池的基材 建筑、土木材料
		化学、石油工业、石油、汽车 电子、电工、机械、宇航、飞机、化学 运动器材、飞机、宇航、电工、医疗 汽车、铁道、飞机、机械 钢铁、电工 电力、汽车 船舶、住宅建设

资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

碳纤维复合材料在航空航天领域的应用

碳纤维及其复合材料由于优异的物理与化学性能，最早应用于航空航天及国防领域，如军用飞机、无人战斗机、大型客机及导弹、火箭、人造卫星等。

首先得到应用的是航天领域，碳纤维是现代宇航工业的物质基础，具有不可替代性。美国等发达国家先后研发出了酚醛基碳纤维耐热复合材料、耐高温碳纤维复合材料等一系列的产品，碳纤维复合材料在其中主要应用于受力和耐热的部位。比如，火箭发动机的外壳和喷管、火箭箭体等结构。随后，航空领域也开始应用碳纤维复合材料，首先主要用于军用飞机的非受力的部分，如舵面、整流罩等。后来，也用于大的承力部位，如机身、机翼等。

随着技术和制造工艺逐步走向成熟，碳纤维复合材料获得了大量的工程应用，

已经发展成为目前最重要的航空航天结构材料，其用量已成为衡量航空航天飞行器先进性的重要指标之一。

碳纤维首先被用于航空航天方面是在 20 世纪七八十年代，但是运用的范围很小，量也非常小，直到进入 20 世纪 90 年代中期，第三代航空装备和载人航天项目开始实施的时候，碳纤维复合材料才得到了更多运用。但由于国内缺少材料，需要依靠国外进口。直到 2008 年，我国启动大飞机项目，碳纤维复合材料的生产在国内才有了快速发展的趋势。虽然我国对于碳纤维复合材料的研究和利用与国外还有差距，但是我国的追赶速度和发展非常快，预计再过十几年，我国就可以赶上国外的研究和运用程度。

航天领域

碳纤维复合材料是目前航天器结构应用范围最广、技术成熟度最高的材料，同时也是实现航天器结构轻量化、多功能化的关键材料。

在国际航天领域，欧、美等先进国家航天飞行器结构系统正朝着全复合材料化方向发展，旨在进一步突出结构减重的应用目标，例如：火箭和导弹部分壳体结构、压力容器与低温贮箱、航天飞行器结构部段、卫星天线及镜体结构等已经实现全复合材料整体制造，我国未来航天飞行器制造亟待解决低成本、高效率、大型化、模块化等共性问题，例如：大型整流罩及壳体结构的整体成型、模块化零/组件结构的高效制造、批量化复合材料产品的成本控制等关键技术，同样要求进一步拓展低成本、高质量、高效率的非热压罐成型工艺方法。

航天器结构用碳纤维主要为 PAN 基碳纤维，以高强中模、高强高模为主。

表 12: 航天器结构用碳纤维力学性能

碳纤维牌号	每束纤维根数	抗拉强度 (MPa)	抗拉模量 (GPa)	伸长率 (%)	线密度 (g/km)	密度 (g/cm ³)
T300	3000	3530	230	1.5	198	1.76
T300J	3000	4210	230	1.8	196	1.78
T700S	12000	4900	230	2.1	400	1.80
M40J	6000	4410	377	1.2	225	1.77
M46J	6000	4210	436	1.0	223	1.84
M55J	6000	4020	540	0.8	218	1.91
M60J	3000	3920	588	0.7	100	1.94
BHM3	3000	3100	400	0.7	183	1.82

资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

碳纤维复合材料被广泛应用于导弹、空间平台和运载火箭等航天领域。

在导弹方面，主要应用于制造弹体整流罩、复合支架、仪器舱、诱饵舱和发射筒等主/次承力结构部件。

图 27: 碳纤维复合材料在导弹上的应用示例



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

在碳纤维复合材料家族中，碳/碳复合材料是制造洲际弹道导弹的鼻锥、发动机喷管和壳体的最好选材，且已实用化。这是因为它不仅具有优异的热力学性能，而且在烧蚀过程中烧蚀率低、烧蚀均匀和烧蚀对称，保持了良好的气动外形。特别是在重返大气层时，由-160℃急骤绝热压缩、气动加热到 1 700℃左右，靠其出类拔萃的耐烧蚀和隔热性能，使其表面热流流向内部的热量仅为总热量的 1%-10%左右，从而使弹头安然无恙并准确击中目标。同时，由于它质量轻，可有效提高射程，或增加有效载荷，减质量效果十分显著。

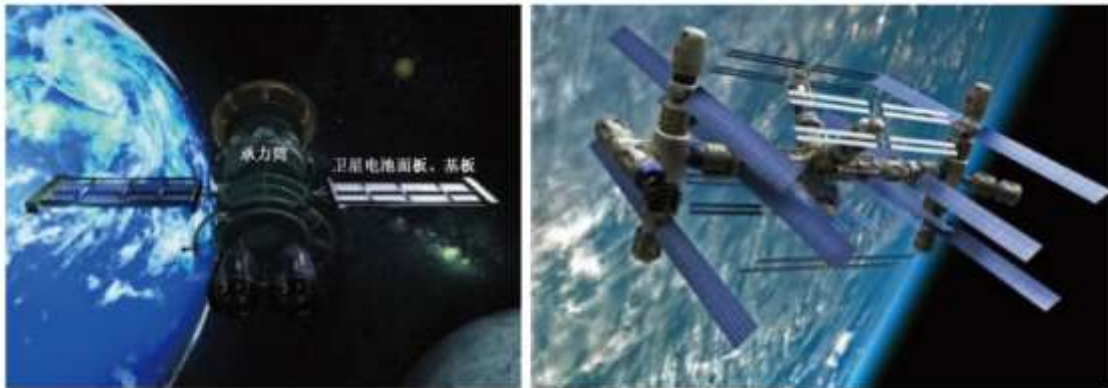
表 13: 碳/碳复合材料在美国战略导弹上的应用实例

导弹型号	使用部位	材料结构	使用军种
民兵 III	MK-12A 鼻锥	细编穿刺碳/碳复合材料	空军
MX	MK-12A 鼻锥	3D 碳/碳复合材料或细编穿刺品	空军
	发动机喷管喉衬	3D 碳/碳复合材料	空军
SICBM	MK-12A 鼻锥	3D 碳/碳复合材料或细编穿刺品	空军
	发动机喷管喉衬	3D 碳/碳复合材料	空军
三叉戟 I 型	MK-5 鼻锥	3D 或 4D 碳/碳复合材料	海军
	发动机喷管喉衬	3D 碳/碳复合材料	海军
卫兵	反弹道导弹鼻锥	3D 碳/碳复合材料	陆军

资料来源：碳纤维在国防军工领域中的应用、国信证券经济研究所整理

在空间平台方面，碳纤维复合材料可确保结构变形小、承载力大、抗辐射、耐老化和空间环境耐受性良好，主要用于制造卫星和空间站的承力筒、蜂窝面板、基板、相机镜筒和抛物面天线等结构部件。

图 28: 碳纤维复合材料在空间平台上的应用示例



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

图 29: 某型号卫星承力筒结构



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

图 30: 490N 卫星发动机支架



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

在运载火箭方面，主要应用于制造箭体整流罩、仪器舱、壳体、级间段、发动机喷管喉衬等部件。火箭发动机的绝热壳体的第三代材料均选用碳纤维复合材料。碳/碳复合材料能耐 1800℃以上的高温，有良好的耐燃蚀性和抗热震能力，

比强度高，热膨胀系数小，可应用于发动机喷管喉衬等。

图 31: 碳纤维复合材料在运载火箭上的应用示例



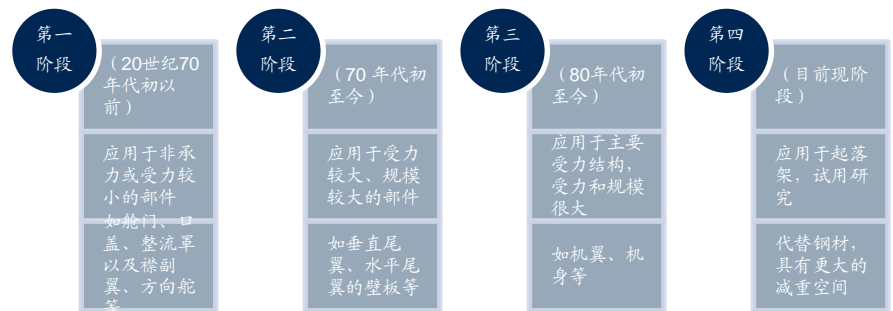
资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

目前，碳纤维复合材料在航天器上的应用已日臻成熟，是实现航天器轻量化、小型化和高性能化不可或缺的关键材料。欧、美等先进国家航天飞行器结构系统正朝着全复合材料化方向发展，旨在进一步突出结构减重的应用目标。火箭和导弹部分壳体结构、压力容器与低温贮箱、航天飞行器结构部段、卫星天线及镜体结构等已经实现全复合材料整体制造。

航空领域

先进复合材料在军用航空飞行器上的发展历程主要经历了四个阶段。大致上，是由非受力结构向受力结构应用复合材料的发展过程。

图 32: 先进复合材料在国外军用航空器上的发展历程



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

美国麦道飞机公司于 1976 年率先研制出 F-18 战斗机的复合材料机翼，将复合材料用量提高至 13%，F-18 于 1982 年服役。此后该公司又将复合材料用于美国海军陆战队从 1983 年服役至今的 AV-8B 改型“鹞”式战斗机的机翼和前机身上，全机所用碳纤维复合材料的质量约占飞机结构总质量的 26%，使整机减重 9%，有效载荷比 AV-8A 飞机增加了一倍。

此后世界各国研制的高性能军机机翼一级的部件已几乎都是复合材料的了，机身也不同程度地采用了复合材料。目前军机上复合材料用量占结构总重的 20%-50%左右不等。针对未来第四代战斗机结构质量系数 27%-28%的设计目标，复合材料构件的用量必将再次提升。

表 14: 复合材料在几种国外军用飞机上的应用

型号	国别	首飞时间	复材用量	应用部位
阵风 (Rafale)	法国	1986	30%	垂尾、机翼、机身
F-22	美国	1997	26%	机翼、前中机身、垂尾、平尾及大轴
台风 (EF-2000)	英/德/意/西	1994	40%	机翼、前中机身、垂尾、前翼
F-35	美国	2006	36%	机翼、机身、垂尾、平尾、进气道

资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

复合材料在国内军用飞机的设计研究工作起步并不算晚,自 20 世纪 60 年代末 70 年代初起,国内相关单位相关科研人员就着手于将先进复合材料应用于国内战斗机上。近年来,国产碳纤维复合材料技术进步较快,应用范围也快速扩大。

表 15: 复合材料在部分国内军用飞机上的应用

机型	首飞时间	复材用量	应用部位
强-5	1965	1-2%	垂尾、前机身
歼-8 I	1985	1%	垂尾
歼-8 III	1993	2%	垂尾、前机身
歼-8 II	1984	5%	机翼承力结构验证
歼-10	1998	6%	垂尾、鸭翼、襟副翼
歼-11B	2003	9.6%	机翼、平尾、垂尾、减速板
歼-20	2011	20%	机翼、起落架局部、蒙皮局部

资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

我国军机碳纤维使用率从个位数不断向两位数攀升。我国歼-8 和歼-10A 早期批次碳纤维使用比例仅为个位数,歼-10A 后续批次机型在雷达罩、前机身、副襟翼、垂尾等次承力结构部分均批量使用了碳纤维复合材料,歼-10BC 则在主机翼壁板大面积使用碳纤维材料,歼-11B、歼-11BS 及 L-15 均使用了碳纤维垂直尾翼部件,而歼-11B 还率先将机翼铝合金壁板改用全碳纤维制造,全机大量采用碳纤维,整机重量减重 780 公斤。我国成功研制的 C919 大型民用飞机,复合材料用量为 12%。最新研制成功的四代战机复合材料用量有了较明显的突破,占到整机结构的 20%左右,并且将目标用量增加至 29%,将超过美国的 F-22 的复合材料用量水平。

根据航空结构复合材料的应用特点,按照材料的耐温级别来区分,航空碳纤维复合材料可分为中温、中高温和高温应用,主要对应的有环氧、双马、聚酰亚胺树脂基体等热固性树脂和热塑性树脂基体。

环氧树脂是树脂基复合材料最常用的树脂基体,具有工艺性能好、耐腐蚀、耐温较好(使用温度小于 150℃)、韧性好等特点,广泛应用于大型飞机、直升飞机、通用航空和歼击机等飞行器。尤其是在对材料的耐温等级要求不太高的结构中,基本以环氧树脂基复合材料为主。

表 16: 航空飞行器结构用环氧树脂基复合材料比较及应用

材料名称	固化温度	成型周期	使用温度		国外主要应用
			湿态	干态	
中温固化环氧树脂基复合材料	120~150℃	短	70℃以下	90℃以下	直升机和通用航空
高温固化环氧树脂基复合材料	150℃以上	长	100~130℃以下	150℃以下	大型飞机和低超音速歼击机承力结构

资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

高温固化环氧树脂基复合材料经历了标准韧性、中等韧性、高韧性和超高韧性树脂基体的发展过程。分析发现,第三代高韧性复合材料主要应用于大型民机主承力结构和发动机叶片等对抗冲击韧性较高的结构中,而即便是在 F-22、F-35 这类新一代军用飞机中仍然采用 977-3、8552 等第一代或第二代韧性复合材料。

美国 F-22 战斗机在机翼、机身等主承力结构上大量采用高强中模 IM7 碳纤维

和高韧性 5250-4 双马树脂的高性能复合材料，其结构用量达 24.2%，获得了良好的减重效益。

表 17: F-22 战斗机复合材料应用概况

部位	零件名称	材料牌号
前机身	雷达罩	S-2/XU71787 氰酸酯复合材料
	蒙皮及边条	IM7/5250-4
	隔框	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
	弹舱门帽形筋	IM7/PR500RTM
后机身	上蒙皮	IM7/5250-4
机翼	蒙皮	IM7/5250-4
	中梁	IM7/5250-4RTM
	后梁	IM7/5250-4RTM
	活动翼面	IM7/5250-4 蜂窝夹层复合材料
垂直尾翼	蒙皮及支架	IM7/5250-4
	梁及肋	碳纤维 RTM 环氧复合材料
水平尾翼	枢轴	IM7/5250-4 丝束铺放
	蒙皮	IM7/5250-4
	芯材	铝蜂窝
进气道	蒙皮	IM7/977-3
座舱	骨架、地板、加强肋	IM7/PR500RTM

资料来源：航空碳纤维树脂基复合材料的发展现状和趋势、国信证券经济研究所整理

国外最新的民机波音 787 和空客 A350 复合材料结构用量达 50%以上，其中广泛采用 PAN 基碳纤维复合材料。

复合材料的出现使无人机的减重要求得以实现。无人机具有低成本、轻结构、高机动、大过载、长航程、高隐身、低使用寿命、长储存寿命的鲜明技术特点，这些特点决定了其对减重有迫切的需求。各种无人机上复合材料的用量较大，一般在 50%-80%之间，有的甚至全结构均使用复合材料。此外，设计人员应用复合材料还能够实现传统金属材料所难以企及的空气动力学设计，如超声速飞行的前掠翼飞机。

2003 年，诺斯罗普·格鲁曼公司为美国海军研制的 X-47A “飞马”无人攻击机，是一架翼身高度融合且无垂尾的无人机。整个机体除一些接头采用铝合金外，几乎全部采用先进复合材料。机体结构由四部分组成，沿机体中心线上、下各两大部分，典型地发挥了复合材料大面积整体成型的优点，是一款真正意义上的全复合材料无人机。

图 33: 美国 X-47A 无人机



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

图 34: 英国“雷神”无人机



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

2010 年，英国 BAE 系统公司推出了“雷神”高科技隐形无人机。整个机身除主梁和发动机机舱使用金属材料外，其它部分均由碳纤维和石墨等先进复合材料构成。该机造价超过 2.5 亿美元。

近几十年来，几乎所有直升机结构都开展了复合材料的应用研究，并且大部分取得了成功。世界上最先进的专用武装直升机 RAH-66 机身结构及旋翼系统均大量采用复合材料，其机体结构大部分采用先进的碳纤维/环氧、芳纶/环氧和蜂窝芯材，占机体结构质量分数的 54%。全复合材料机体直升机的典型代表——NH-90 的复合材料用量占质量分数的 95%，仅动力舱平台及其隔板采用金属件，其余全部采用碳纤维复合材料、芳纶复合材料和 NOMEX 蜂窝芯材。与全金属结构相比，零件数量减少 20%，质量减轻 15%，生产成本降低 10%。

图 35: RAH-66 复合材料使用情况图示



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

图 36: NH-90 复合材料应用情况图示



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

表 18: 国外直升机复合材料应用发展历程

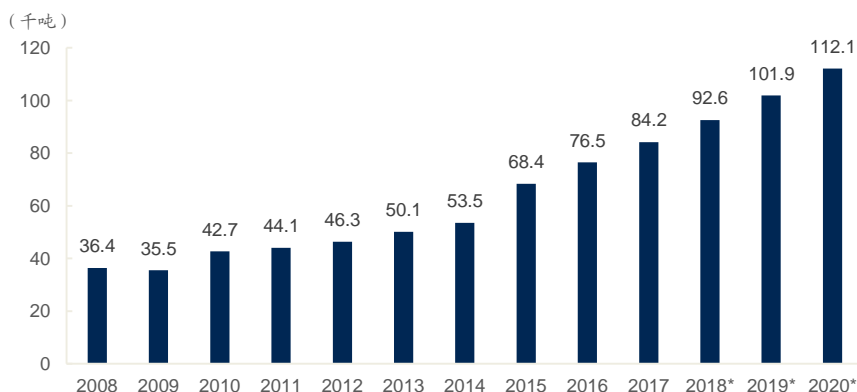
年代	应用趋势	主要材料体系	应用实例
1950 年代	应用于直升机整流罩、管道和其它次要结构 (特别是复杂曲面部分的结构)	玻璃纤维增强复合材料	美国 YH-23 的蒙皮、H-24 中机身夹层蒙皮的面板、贝尔 47 座舱罩蒙皮、UH-1 的机头罩口盖、尾部整流罩和油箱壁的面板。1956 年, 美国研制了第一副用玻璃纤维增强的复合材料桨叶
1960 年代	直升机上的应用多限于次结构, 但在主承力结构上的应用也跨出了一大步, 旋翼桨叶的设计已明确地朝着全复合材料结构方向发展	玻璃纤维和碳纤维增强复合材料	超黄蜂尾梁整流罩和浮筒上罩等用玻璃钢制成, H-53 玻璃钢驾驶舱, H-43B 桨叶、S-61 碳纤维复合材料尾梁、CH-47 的全碳纤维复合材料先进桨叶等
1970 年代	复合材料迅猛发展的 10 年。直升机在旋翼系统和机体结构开始大量使用复合材料	玻璃纤维、碳纤维和芳纶增强复合材料	BO-105 装上了第一付投入使用的全玻璃钢桨叶; 法国研制成 AS-350 和 SA-365 的复合材料"星形柔性"桨毂; S-76 采用复合材料无轴承柔性尾梁; BO-105 采用全复合材料尾梁
1980 年代	复合材料在直升机旋翼和机身大部分结构上的应用达到了相当成熟的地步	玻璃纤维、碳纤维和芳纶增强复合材料	探索性地研究了集复合材料旋翼桨叶和复合材料桨毂的无轴承旋翼概念于一体的复合材料旋翼系统。同时, 贝尔 D-292、西科斯基 S-75、波音-360 及 MBB 公司的 BK-117 全复合材料机身直升机相继试飞
1990 年代以后	复合材料在直升机上的应用产生了质的飞跃, 复合材料用量已成为衡量直升机结构先进性的重要标志	碳纤维、玻璃纤维和芳纶增强复合材料, 铝基复合材, 陶瓷基复合材料	RAH-66 机身、旋翼系统、传动系统等大量采用先进复合材料。EC120 直升机旋翼系统的桨毂夹板、EC135 的自动倾斜器等均采用铝基复合材料。武装直升机采用防弹复合材料装甲

资料来源: 航空碳纤维树脂基复合材料的发展现状和趋势、国信证券经济研究所整理

全球碳纤维市场需求稳步增长

随着碳纤维及碳纤维复合材料在航空航天 (包含军工)、风电叶片和汽车领域的应用不断加深, 全球碳纤维整体市场需求量近十年来基本保持 10%-12% 的增长率。

图 37: 全球碳纤维市场需求量变化趋势



资料来源: CNKI、国信证券经济研究所整理

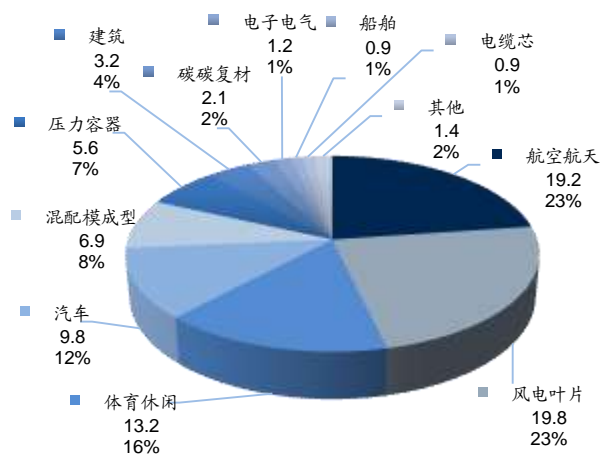
从全球范围来看,若以需求量(质量)为度量标准,航空航天行业所需碳纤维约占整体市场需求的四分之一;若以市场空间(金额)为度量标准,航空航天行业约占整体市场的一半。这是因为航空航天行业所需求的碳纤维及其复合材料产品技术和质量均要求较高,因而造价水平高。

表 19: 不同工业领域需求的碳纤维品种、价格与需求量

行业	碳纤维品种	碳纤维生产线类别	2017 年价格 (元/千克)	2017 年需求量 (吨)	2022 年后预计需求量 (吨)
军机	T300 级小丝束 (3K, 6K)	湿法小丝束	3000	200-300	300-400
	T800 级小丝束 (6K, 12K)	湿法小丝束	5000	少量	100
民机 (国内)	T300 级小丝束 (3K, 6K, 12K)	湿法小丝束	800-1000	10	50
	T800S 级小丝束 (6K, 12K)	湿法小丝束	1500	10	20
	T800S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	1200	-	30
通飞无人机	T300 级小丝束 (3K, 6K, 12K)	湿法小丝束	500	30	200
	T700S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	500	10	100
	T800S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	600	-	10
航天 (缠绕)	T700S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	200-300	50	100
	T300 级小丝束 (3K, 6K)	湿法小丝束	800-1000	5	5
航天 (结构)	T800S 级小丝束 (12K)	湿法小丝束	1200	-	5
	M 系列高模碳纤维	-	10000	5	10
	T700S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	200-300	100	200
武器装备	T300 级小丝束 (12K)	湿法小丝束	200-300	100	200
	T700S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	140	8000	10000
体育休闲	T300 级小丝束 (12K)	湿法小丝束	100	4000	6000
	T700S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	140	900	1500
建筑补强	T300 级小丝束 (12K)	湿法小丝束	100	900	1500
	T300 级大丝束 (≥24K)	湿法大丝束	80 (国外价格)	3000	20000
风电叶片	T300 级小丝束 (12K)	湿法小丝束	100	300	-
	T700S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	140	300	-
	T300 级大丝束 (≥24K)	湿法大丝束	80	-	-
压力容器	T700S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	140	1000	5000
电缆芯	700S 级小丝束 (12K)	干法小丝束	140	400	800

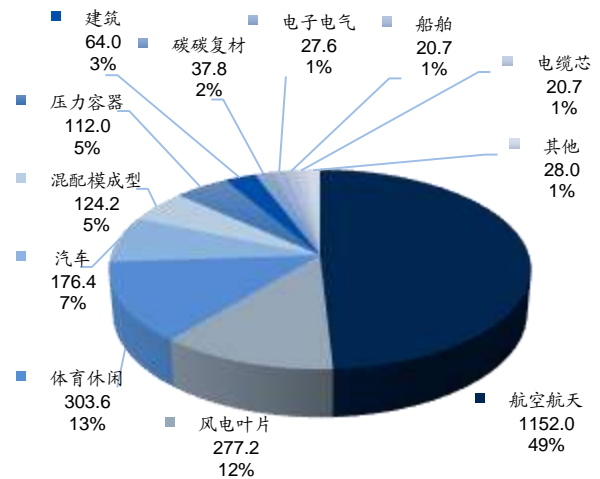
资料来源: 从国产碳纤维的处境谈碳纤维“全产业链”、国信证券经济研究所整理

图 38: 2017 全球碳纤维市场需求分布-应用 (千吨)



资料来源: 2017全球碳纤维复合材料市场报告、国信证券经济研究所整理

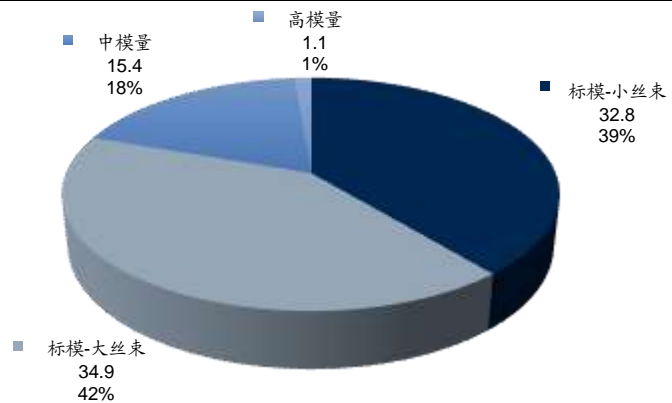
图 39: 2017 全球碳纤维市场需求分布-应用 (百万美元)



资料来源: 2017 全球碳纤维复合材料市场报告、国信证券经济研究所整理

根据碳纤维的拉伸模量区分, 有标准模量 (230GPa-265GPa)、中等模量 (270Gpa-315GPa) 和高模量 (315GPa 以上) 三种类型。小丝束碳纤维指 1K-24K (含) 根碳纤维为一束, 大丝束指大于 24K 根为一束。

图 40: 2017 全球碳纤维市场需求分布-产品 (千吨)

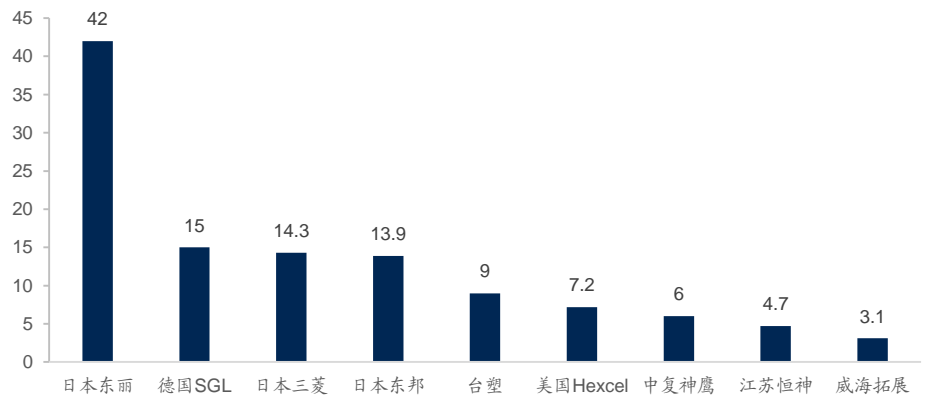


资料来源: 2017 全球碳纤维复合材料市场报告、国信证券经济研究所整理

全球碳纤维产能分布

全球范围内拥有 PAN 原丝、PAN 基碳纤维、织物、预浸料、单向预浸带、片材至复合材料制品全套产业链的企业主要有日本的东丽 (Toray)、东邦 (Toho)、三菱 (MRC), 以及依靠欧美航空航天市场健康发展的美国 Hexcel 和 Cytec 公司, 和依靠强大工业创新体系的德国 SGL 公司。随着中国在碳纤维领域投入的不断增大, 中国碳纤维产量占世界份额也不断提高。

图 41: 2017 全球碳纤维理论产能-制造商 (千吨)

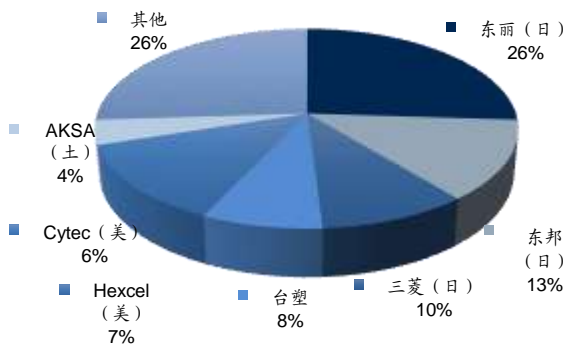


资料来源: 2017 全球碳纤维复合材料市场报告、国信证券经济研究所整理

目前日本三大巨头的碳纤维产量约占全球 70%-80%，市场垄断地位在增强。其中东丽公司生产的碳纤维，无论品质、产量还是品种均居世界前列。2017 年，东丽公司通过整合美国 Zoltek 的低成本优势与本土的高性能优势，开发了低成本、小丝束碳纤维 Z600。SGL 公司推出中模量大丝束的型号，剑指航空航天市场。

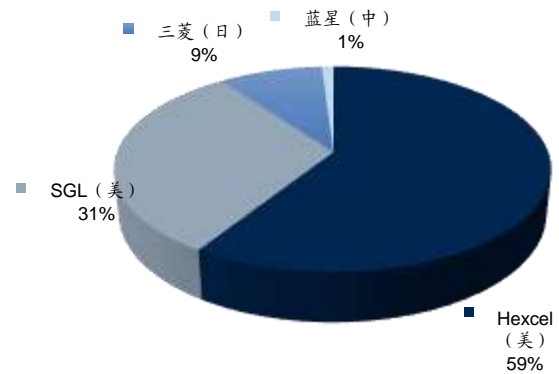
2018 年全球碳纤维总产能 135 千吨，呈日本、美国、德国、中国四极分布，中国发展迅速。

图 42: 全球小丝束碳纤维的市场分布



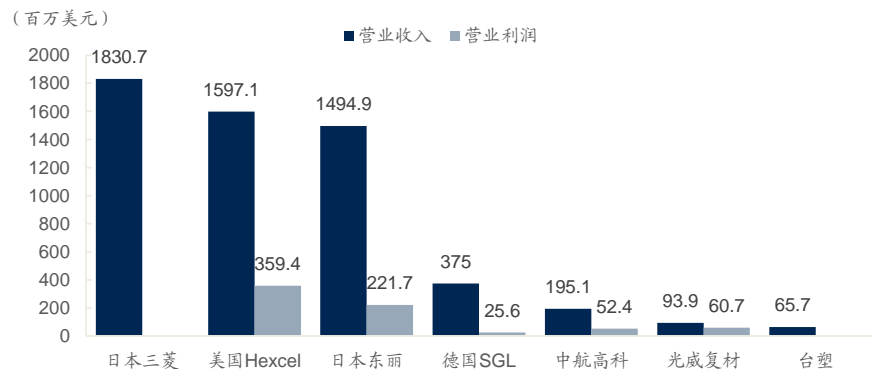
资料来源: PAN 基碳纤维的国内外发展现状及趋势、国信证券经济研究所整理

图 43: 全球大丝束碳纤维的市场分布



资料来源: PAN 基碳纤维的国内外发展现状及趋势、国信证券经济研究所整理

图 44: 2017 年全球主要生产商碳纤维及复合材料业务营业收入和利润情况

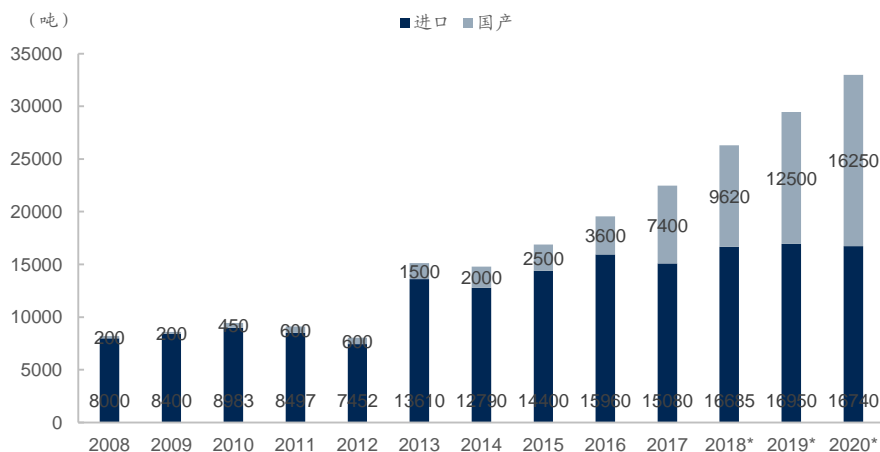


资料来源: Wind、Bloomberg、国信证券经济研究所整理

我国碳纤维市场国产化产品份额逐步提高

我国碳纤维产品国产化水平也在稳步提高。2016 年及以前仍需大量依靠进口产品，2017 和 2018 年国产碳纤维产品向稳定性、高端化方向发展，产量逐步跟上，占国内市场的三分之一。各种信息显示：到 2020 年之前，中国的市场需求旺盛，多年难遇的满负荷生产会极大地提升品质的稳定性，有望在 2020 年实现与进口纤维平分市场的格局，摆脱理论产能远大于实际销售的尴尬境地。

图 47：我国碳纤维市场需求量变化趋势



资料来源：CNKI、国信证券经济研究所整理

基于碳纤维材料的国家战略需求以及国际技术封锁的紧迫形势，我国已将其列为重点支持的新兴产业的核心技术之一。2015 年 10 月，工信部正式公布了《中国制造 2025 重点领域技术路线图》，将“高性能纤维及其复合材料”作为关键战略材料，2020 年的目标为“国产碳纤维复合材料满足大飞机等重要装备的技术要求”。2016 年 11 月，国务院印发《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》明确指出加强新材料产业上下游协作配套，在碳纤维复合材料等领域开展协同应用试点示范，搭建协同应用平台。2017 年 1 月，工信部、发改委、科技部、财政部联合制定《新材料产业发展指南》，提出到 2020 年，“在碳纤维复合材料、高品质特殊钢、先进轻合金材料等领域实现 70 种以上重点新材料产业化及应用，建成与我国新材料产业发展水平相匹配的工艺装备保障体系。”

航空航天拉动高性能碳纤维需求高速增长

2011 年以来，全球航空航天领域对于碳纤维的需求量不断增长；2017 年，全球航空航天碳纤维需求量为 19.2 千吨，同比增长 9.1%；预计到 2023 年，全球航空航天领域对碳纤维的需求量有望超过 30 千吨，航空航天碳纤维应用前景广阔，并且国防事业用碳纤维将占航空航天领域用碳纤维的主要部分。

早在 2001 年美国国防军工对碳纤维的需求量就已达 180 吨。2000-2005 年，美国国防部军工产品中，空军所占份额最大。空军对碳纤维的需求占国防部对总碳纤维需求的 54.8%；海军则占 29.1%；陆军占 13.6%；多兵种占 2.5%。可见空军是碳纤维的主要用户，海军则其次，陆军对碳纤维用得比较少。

表 20: 2000-2005 年美国国防军工对碳纤维的需求量

兵种	武器装备	碳纤维需求量 (千克)						合计
		2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	
空军	B-1	225	225	225	225	225	225	1350
	B-2	225	225	225	225	225	225	1350
	C-17	92000	92000	99000	106000	71000	57000	517000
	JASSM	0	0	8720	11480	28690	41310	90200
	UCAV	0	0	2450	0	3670	3670	9790
	F-16(US)	530	530	0	0	790	790	2640
	F-16(FMS)	3160	3160	6320	6320	5520	5520	30000
	F-22	21420	30600	39780	70380	82620	97920	342720
	F-117	45	45	45	45	45	45	270
	共计	117605	126785	156765	194675	192785	206705	995320
海军	AH-1Z	70	0	135	0	270	405	880
	H-1Y	0	0	135	0	270	270	675
	V-22	28970	23700	23700	28970	39500	39500	184340
	F/A-18E/F	28960	43440	52120	65280	74600	74600	339000
	T-45	550	520	220	300	300	300	2190
	共计	58550	67660	76310	94550	114940	115075	527085
陆军	Commanche	0	0	0	1980	1980	3300	7260
	THAAD	0	0	0	630	630	630	1890
	Tank Ammo	3440	4600	114800	23000	46000	46000	237840
	共计	3440	4600	114800	25610	48610	49930	246990
多兵种	JSF	0	0	6430	12860	12860	12860	45010
	共计	0	0	6430	12860	12860	12860	45010
国防部总计		179595	198985	354305	327645	369195	384570	1814405

资料来源: 碳纤维在美国国防军工上的应用、国信证券经济研究所整理

近期美国公布了其 2020 财年军费预算, 同比增长 4.7%, 由于其军费基数大, 因此这个涨幅依然相当可观。根据美国国防预算公告, 其 2020 财年将增加 78 架 F-35 战机 (112 亿美元) 和 24 架 F/A-18E/F 超级大黄蜂 (20 亿美元) 的投资。这些新型战机的增加将带来碳纤维国防需求的可预期增长。

2019 年, 我国军费同比增长 7.5%, 符合市场之前的预期。这说明行业的基本面情况持续向上。我国第四代战机歼-20 和歼-31 均有较高的复合材料用量, 军费开支的上涨意味着各类新型战机等应用碳纤维及其复合材料的装备将得到进一步发展, 碳纤维市场需求进一步持续扩大。

各类箭弹类武器由于在军改期间受到影响最大, 且部队训练向实战化转变, 训练中的实弹消耗量增多, 因此该类产品的市场需求增速较高, 碳纤维及其复合材料也将受益于十三五末期的换装进度加快。

未来碳纤维产业发展趋势及市场空间

开发超高性能产品及降低常规品种的生产成本是未来碳纤维的发展趋势。目前，美国、日本等研发的高性能碳纤维强度可达 9GPa 以上，主要面向国防军工。与此同时，德国、美国和日本等均成立了相关机构开展低成本碳纤维工艺的研究。总体上看，碳纤维的需求依然集中在航空航天、工业用途和体育休闲三大市场。未来随着航空航天、汽车工业、风力发电、高压容器等产业需求的进一步增长，碳纤维的应用领域及其产能将继续扩大。

国内目前已建成的碳纤维生产线产能达 3 万吨/年，随着碳纤维及其复合材料在军民两用的不断加深，市场需求不断扩大，产能将得到充分释放。

表 21：不同工业领域碳纤维、预浸料和制品的单价（元/千克）

领域	碳纤维品种	碳纤维	预浸料	制品
军用航空（结构件）	T300（3K，6K）	3000	5000-7000	10000-15000
	T800（6K，12K）			
民用航空（国内）	T300（3K，6K，12K）	-	2500-3000	8000-10000
	T800（6K，12K）			
军用无人机	T300（3K，6K，12K）	-	1500-2500	5000-8000
通用飞机和无人机	T300（1K，3K，6K，12K）	-	800-1000	2000-3000
	T700S（12K）			
武器装备（缠绕用）	T700S（12K）	250-300	-	-
	T700S（12K）	80-140	120-200	500-1000
T300（12K）				
风电叶片梁板	T300（≥24K）	80	-	150
体育休闲	T700S（12K）	80-140	120-200	300-500
	T300（12K）			

资料来源：从国产碳纤维的处境谈碳纤维“全产业链”、国信证券经济研究所整理

军用方面，碳纤维及其复合材料的应用以航空航天装备制造为主。航空航天国防事业所需复材的性能要求高，制造工艺复杂，因此价位水平较高，市场空间巨大。按照上表的碳纤维预浸料和制品的价格，我们认为 2019 年军用方面碳纤维复材制品的平均价格水平约为 13000 元/Kg。随着全军换装进度加快，新型装备复材用量不断提高，我们预计在整个换装周期，军用碳纤维及其复合材料的市场空间约为 800 亿元。

民用方面，碳纤维及其复合材料的应用以民用航空、风电叶片、体育休闲和汽车工业为主。民用航空的碳纤维复材性能和工艺要求均略低于军用，价格水平也稍低一些，约为 9000 元/Kg，预估市场空间约为 400 亿元。风电叶片、体育休闲和汽车工业所需碳纤维的价格水平普遍较低，但是用量较大，同时考虑到汽车工业市场需求快速上升，我们预估三个行业的碳纤维及其复材市场空间分别为 300 亿元，200 亿元和 400 亿元。

总体上看，在未来一段时间内，碳纤维及其复合材料产业拥有良好的发展前景和市场空间，预估整体市场空间约为 2100 亿元。

盈利预测

假设前提

预计公司未来仍将以航空复合材料、机械类产品、航空器材、人工关节和房地产业务五大板块为主，其中核心业务为复合材料业务和机械类业务（航空智能装备制造），同时公司计划在三年内有序退出房地产业务。据此，我们对公司的细分业务板块进行如下拆分和预测。

表 22：盈利预测假设基础

	2018	2019E	2020E	2021E
复合材料				
营业收入（亿元）	14.92	20.89	28.01	38.19
同比增速	14.15%	40.00%	34.10%	36.35%
营业成本（亿元）	10.52	13.80	17.53	23.38
毛利（亿元）	4.40	7.09	10.48	14.81
毛利率	29.52%	33.92%	37.42%	38.78%
房地产				
营业收入（亿元）	8.96	6.43	4.15	1.05
同比增速	-40.23%	-28.20%	-35.50%	-74.70%
营业成本（亿元）	4.21	2.99	2.14	0.64
毛利（亿元）	4.75	3.44	2.01	0.41
毛利率	53.03%	53.54%	48.49%	38.93%
机械类				
营业收入（亿元）	1.77	2.32	2.97	3.77
同比增速	20.41%	31%	28%	27%
营业成本（亿元）	1.76	2.16	2.68	3.34
毛利（亿元）	0.01	0.15	0.29	0.43
毛利率	0.47%	6.64%	9.70%	11.34%
航空器材				
营业收入（亿元）	0.50	0.44	0.40	0.38
同比增速	-13.79%	-12%	-9%	-4%
营业成本（亿元）	0.33	0.34	0.35	0.35
毛利（亿元）	0.17	0.10	0.05	0.03
毛利率	33.63%	23.50%	13.41%	8.90%
人工关节				
营业收入（亿元）	0.38	0.43	0.47	0.52
同比增速	15.15%	12%	10%	11%
营业成本（亿元）	0.22	0.23	0.24	0.26
毛利（亿元）	0.16	0.19	0.23	0.26
毛利率	41.13%	45.72%	49.18%	49.64%
营业总收入				
营业收入（亿元）	26.53	30.51	36.00	43.92
同比增速	-12.86%	15.0%	18.0%	22.0%
营业成本（亿元）	17.04	19.52	22.93	27.98
营业成本/营业收	64.23%	63.98%	63.70%	63.71%
毛利（亿元）	9.49	10.99	13.07	15.94
毛利率	35.76%	36.0%	36.3%	36.3%

资料来源：Wind、国信证券经济研究所预测

盈利预测结果

根据以上假设，我们得出以下盈利预测结果。

表 23: 盈利预测简要结果

利润表 (百万元)	2018	2019E	2020E	2021E
营业收入	2653	3051	3600	4392
营业成本	1704	1952	2293	2798
营业税金及附加	94	101	115	149
销售费用	63	76	94	119
管理费用	252	259	302	365
财务费用	0	0	0	0
投资收益	15	28	23	22
资产减值及公允价值变动	(52)	(45)	(38)	(38)
其他收益	(25)	(64)	(80)	(67)
营业利润	478	581	700	879
营业外净收支	3	3	10	5
利润总额	481	584	710	884
所得税费用	120	145	178	221
少数股东损益	57	69	84	105
归属于母公司净利润	304	369	448	558

资料来源: Wind、国信证券经济研究所预测

风险提示

全军换装进度可能不及预期, 国内碳纤维实验室技术产业化进度可能不及预期, 以上因素可能导致公司业绩不及预期。

附表：财务预测与估值

资产负债表 (百万元)					利润表 (百万元)				
	2018	2019E	2020E	2021E		2018	2019E	2020E	2021E
现金及现金等价物	922	758	829	836	营业收入	2653	3051	3600	4392
应收款项	1216	1422	1557	1987	营业成本	1704	1952	2293	2798
存货净额	2873	3620	4388	5074	营业税金及附加	94	101	115	149
其他流动资产	149	101	79	101	销售费用	63	76	94	119
流动资产合计	5160	5900	6853	7998	管理费用	252	259	302	365
固定资产	1261	1116	977	837	财务费用	0	0	0	0
无形资产及其他	460	442	423	405	投资收益	15	28	23	22
投资性房地产	650	650	650	650	资产减值及公允价值变动	(52)	(45)	(38)	(38)
长期股权投资	151	162	187	203	其他收入	(25)	(64)	(80)	(67)
资产总计	7682	8270	9090	10092	营业利润	478	581	700	879
短期借款及交易性金融负债	351	566	871	1214	营业外净收支	3	3	10	5
应付款项	1858	1826	1939	2315	利润总额	481	584	710	884
其他流动负债	1085	1216	1302	1162	所得税费用	120	145	178	221
流动负债合计	3294	3609	4112	4691	少数股东损益	57	69	84	105
长期借款及应付债券	250	252	253	254	归属于母公司净利润	304	369	448	558
其他长期负债	307	207	97	(12)					
长期负债合计	557	458	349	241	现金流量表 (百万元)				
负债合计	3851	4067	4461	4932	净利润	304	369	448	558
少数股东权益	35	94	161	245	资产减值准备	(81)	(7)	(6)	(7)
股东权益	3796	4109	4468	4915	折旧摊销	140	129	129	129
负债和股东权益总计	7682	8270	9090	10092	公允价值变动损失	52	45	38	38
					财务费用	0	(0)	0	0
关键财务与估值指标					营运资本变动	(1322)	(911)	(800)	(1017)
每股收益	0.22	0.26	0.32	0.40	其它	127	66	74	91
每股红利	0.04	0.04	0.06	0.08	经营活动现金流	(780)	(310)	(117)	(207)
每股净资产	2.72	2.95	3.21	3.53	资本开支	4	(4)	(3)	(2)
ROIC	11%	11%	11%	12%	其它投资现金流	0	0	0	0
ROE	8%	9%	10%	11%	投资活动现金流	(7)	(15)	(28)	(18)
毛利率	36%	36%	36%	36%	权益性融资	10	0	0	0
EBIT Margin	18%	20%	20%	20%	负债净变化	190	2	1	1
EBITDA Margin	23%	24%	23%	23%	支付股利、利息	(59)	(55)	(90)	(112)
收入增长	-13%	15%	18%	22%	其它融资现金流	75	215	304	343
净利润增长率	264%	21%	21%	25%	融资活动现金流	346	161	216	232
资产负债率	51%	50%	51%	51%	现金净变动	(441)	(164)	71	7
息率	0.4%	0.4%	0.7%	0.8%	货币资金的期初余额	1363	922	758	829
P/E	43.6	35.9	29.6	23.8	货币资金的期末余额	922	758	829	836
P/B	3.5	3.2	3.0	2.7	企业自由现金流	(820)	(338)	(137)	(218)
EV/EBITDA	27.7	23.9	21.0	17.8	权益自由现金流	(556)	(122)	169	125

资料来源: Wind、国信证券经济研究所预测

国信证券投资评级

类别	级别	定义
股票 投资评级	买入	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 20%以上
	增持	预计 6 个月内，股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	预计 6 个月内，股价表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	卖出	预计 6 个月内，股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	超配	预计 6 个月内，行业指数表现优于市场指数 10%以上
	中性	预计 6 个月内，行业指数表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	低配	预计 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 10%以上

分析师承诺

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于本人的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

风险提示

本报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有，仅供我公司客户使用。未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。

证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市罗湖区红岭中路 1012 号国信证券大厦 18 层
邮编：518001 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 楼
邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层
邮编：100032