

2017 年 09 月 20 日

看好

相关研究

证券分析师

宋涛 A0230516070001
songtao@swsresearch.com

研究支持

沈衡 A0230117050016
shenheng@swsresearch.com

联系人

马昕晔
(8621)23297818×7433
maxy@swsresearch.com

新材料系列报告之一：碳纤维

——高性能碳纤维及下游高端工业应用逐步成熟，碳纤维国产化曙光已现

本期投资提示：

- **21 世纪的“黑色黄金”，碳纤维市场空间广阔。**碳纤维轻质及优异的性能使其成为新一代增强纤维，在航空航天、海洋工程、新能源装备、工程机械、交通设施等方面有着广泛的应用，被称为 21 世纪的“黑色黄金”。据赛奥碳纤维技术统计，2011 年全球碳纤维需求量 4.41 万吨，2016 年需求为 7.65 万吨，年复合增速 11.6%，预计到 2020 年需求量将达到 11.20 万吨。而 2016 年全球碳纤维复合材料需求达到 213.4 亿美元，其中树脂基复合材料应用最为广泛，占 69% 的市场份额。
- **全球碳纤维市场外资垄断，国产化替代需求迫切。**2016 年全球碳纤维理论产能 13.9 万吨，东丽、卓尔泰克、西格里、三菱、东邦五家企业产能占全球 58%。我国由于生产技术不稳定，产品一致性差，成本居高不下等原因，2016 年碳纤维理论产能虽然达到 2.4 万吨，但真正有效产出仅 3600 吨左右，产能利用率仅 15%。中国碳纤维需求量由 2011 年 0.93 万吨增长至 2016 年 1.96 万吨，年复合增速 16%，预计到 2020 年将达到 3.08 万吨。目前我国碳纤维 80% 依赖进口，由于碳纤维军民两用的特性，高性能碳纤维国外对国内实行产品和装备双封锁，因此碳纤维国产化需求迫切，同时也是必由之路。
- **国产高性能碳纤维逐渐成熟，结合下游航空航天、汽车轻量化发展趋势，国产化开始起步。**随着近年来国内碳纤维企业的不断发展，生产规模和技术持续提升，以中复神鹰、恒神股份、中安信、光威复材为代表的碳纤维企业已掌握更先进的干喷湿法原丝制备工艺，实现 T700/T800 级高性能碳纤维技术突破，开始逐步进入稳定量产，为高端工业应用提供了产业基础。光威复材、中简科技等企业碳纤维产品已陆续通过漫长的军工认证，进入业绩收获期。未来随着我国航空航天事业的发展以及新能源汽车和风电轻量化需求的日益提升，下游工业应用需求快速增长有望拉动碳纤维国产化进程。
- **投资建议：**作为一种先进的军民两用战略性新兴产业，碳纤维未来必将得到更为广泛的应用。同时碳纤维也代表了我国传统材料向新材料领域转型升级的重要方向，“十三五”期间将得到政府层面更多的产业配套支持，给予行业“看好”评级。随着碳纤维企业的陆续上市，龙头企业在资本市场支持下，发展将进一步加速，同时有望引领国内碳纤维产业健康发展。重点推荐关注全产业链布局的优势企业，首推近期登陆 A 股市场最纯正的碳纤维标的光威复材，重点关注在汽车轻量化领域全面布局，未来碳纤维及复合材料业务有望注入上市公司的康得新（中小盘覆盖），定增切入玻纤/碳纤维复合材料领域的改性塑料企业国恩股份。其余关注 IPO 申请中的碳纤维企业中简科技、新三板企业恒神股份，以及在碳纤维复材领域布局多年的金发科技。
- **风险提示：**下游需求不及预期，高性能碳纤维产能释放不及预期



申万宏源研究微信服务号

投资案件

投资评级与估值

作为一种先进的军民两用战略性新兴材料，碳纤维未来必将得到更为广泛的应用。同时碳纤维也代表了我国传统材料向新材料领域转型升级的重要方向，“十三五”期间将得到政府层面更多的产业配套支持，给予行业“看好”评级。随着碳纤维企业的陆续上市，龙头企业在资本市场支持下，发展将进一步加速，同时有望引领国内碳纤维产业健康发展。重点推荐关注全产业链布局的优势企业，首推近期登陆 A 股市场最纯正的碳纤维标的光威复材，重点关注在汽车轻量化领域全面布局，未来碳纤维及复合材料业务有望注入上市公司的康得新（中小盘覆盖），定增切入玻纤/碳纤维复合材料领域的改性塑料企业国恩股份。其余关注 IPO 申请中的碳纤维企业中简科技、新三板企业恒神股份，以及在碳纤维复材领域布局多年的金发科技。

关键假设点

高性能碳纤维顺利量产，国家军工产业持续投入，军品业务不断放量

有别于大众的认识

市场可能认为碳纤维在国内已发展几十年，一直不见起色，全行业普遍亏损，对行业预期悲观。

我们认为之前国内碳纤维行业由于技术发展相对落后，同时与下游应用存在脱节，导致行业发展缓慢，在国外低端产品向国内低价倾销、高端产品封锁的情况下，行业普遍亏损。随着近年来国内技术逐渐成熟，高性能碳纤维逐步实现国产化量产，同时下游高端工业逐渐起步，航空航天快速发展、大飞机国产化、新能源汽车轻量化需求强烈，上下游逐渐实现接轨，提供了产业发展基础。军工领域部分企业经过了三到五年的漫长认证，目前进入业绩收获期，以光威复材为代表的企业成功上市，中简科技 IPO 申请中，证明了国产碳纤维企业具备盈利能力。我们认为当前碳纤维国产化已迎来行业拐点，未来在资本和国家政策的持续推动下，国产碳纤维行业将景气向上。

股价表现的催化剂

企业获得大额军品订单，碳纤维在汽车轻量化、风电等领域应用比例提升

核心假设风险

下游需求不及预期，高性能碳纤维产能释放不及预期。

目 录

1. 碳纤维：21 世纪的“黑色黄金”	8
2. 材料：全产业链四大环节缺一不可，下游产品附加值提升 9	
2.1 原丝：决定碳纤维质量和成本的关键	9
2.2 碳纤维：预氧化与碳化	12
2.3 中间材料：预浸料是主流	12
2.4 复合材料：树脂基复合材料占比约七成	14
2.5 下游产品大幅增值	16
3. 装备：海外占据绝对优势	16
3.1 氧化碳化设备	17
3.2 复合成型设备	19
4. 市场应用：航空航天、汽车、风电叶片轻量化驱动碳纤维需求增长	21
4.1 航空航天：需求平稳增长	23
4.2 汽车：轻量化大背景下极具发展潜力	24
4.3 风电：大型化是风机叶片发展的必然趋势	27
4.4 体育休闲：增长较为平稳	28
4.5 一般工业领域	29
4.6 碳纤维价格趋势性下降将加快其在成本敏感性行业的应用	30
5. 国内外发展形势：国外企业垄断市场，国产化发展曙光初现	32
5.1 全球市场高度集中，小丝束集中于日本，大丝束集中欧美	32
5.2 国内进口替代空间巨大，国产化趋势正在形成	33
6. 他山之石：全球碳纤维巨头——日本东丽	35
7. 上市公司	38
7.1 光威复材	38

7.2 康得新	39
7.3 国恩股份	39
7.4 金发科技	40
7.5 恒神股份	40
7.6 中简科技	40

图表目录

图 1: PAN 基碳纤维占比超 90%.....	8
图 2: 碳纤维根据性能分为通用型和高性能型.....	8
图 3: 碳纤维及其复合材料生产过程.....	9
图 4: 原丝残留溶剂量越低, 碳纤维拉伸强度越大 (单位: %, GPa)	9
图 5: PAN 原丝生产工艺流程图.....	10
图 6: 原丝生产的工艺方法划分标准.....	10
图 7: 湿法和干喷湿法纺丝示意图	11
图 8: 主要中间体及成型方法	12
图 9: 碳纤维到碳纤维复合材料制品的形式分布及用量情况.....	13
图 10: 树脂基复合材料占碳纤维复合材料市场份额的 69%.....	14
图 11: C/C 复合材料的制造工艺流程图	15
图 12: C/C 复合刹车副.....	15
图 13: 碳纤维生产线设备图.....	17
图 14: DESPATCH 氧化炉采取中央到两端的吹风方式来保证温度和气流均匀.....	17
图 15: Eisenmann 碳化炉	18
图 16: 手工铺层最大好处是树脂和纤维含量可控	19
图 17: 热压罐加压固化后层间结合紧密, 机械强度优	19
图 18: RTM 工艺量产车顶.....	20
图 19: 克莱斯玛菲公司生产的 HP-RTM 生产装置.....	21
图 20: 全球碳纤维市场发展历经四个时期.....	21
图 21: 2016 年全球碳纤维需求 7.65 万吨, 预计 2020 年为 11.2 万吨	22
图 22: 2016 年全球碳纤维应用领域分布	22
图 23: 2016 年中国碳纤维需求 1.96 万吨, 预计 2020 年为 3.08 万吨	22
图 24: 2016 年中国碳纤维需求以休闲体育为主.....	22
图 25: 国外商用飞机碳纤维复合材料应用占比.....	23
图 26: 2016 年航空航天领域商用飞机对碳纤维需求占 70%.....	23
图 27: 2013-2033 全球将新增 36770 架客机.....	24
图 28: 宝马采用碳纤维复合材料的量产车型	25

图 29: 碳纤维复材在宝马汽车零部件的应用比例	25
图 30: 德国 SGL 是宝马碳纤维材料的核心供应商	25
图 31: 预计 2020 年汽车对碳纤维需求量将达到 1.1 万吨.....	26
图 32: 风机机组正朝着大型化发展, 叶片越来越长	27
图 33: 风机叶片长度超过 40m 后采用碳纤维更为经济	27
图 34: 碳纤维在风机叶片中的主要应用部位	27
图 35: 风电新增装机容量仍将平稳增长	28
图 36: 14-18 年风电碳纤维需求复合增速达到 16%	28
图 37: 碳纤维高尔夫球杆	28
图 38: 碳纤维自行车备受专业车手的喜爱	28
图 39: 碳纤维用于建筑物补强	29
图 40: 单个压缩气罐碳纤维用量为 10-20Kg.....	29
图 41: 单线产能超过 1000t 是碳纤维生产的“经济区”	30
图 42: 沥青基碳纤维生产成本更低	30
图 43: 德国 SGL 已经建立起完整的碳纤维产业链	31
图 44: 全球碳纤维产能前十企业 (千吨)	32
图 45: 全球小丝束企业集中在日本	32
图 46: 全球大丝束企业集中在欧美	32
图 47: 碳纤维企业三大梯队.....	33
图 48: 台塑和 Aksa 碳纤维具备价格优势	33
图 49: 国内碳纤维产能前十企业 (千吨)	34
图 50: 日本东丽碳纤维产品	37
图 51: 2011 年后日本东丽碳纤维复合材料业务收入快速增长 (日元)	37
图 52: 2016 年碳纤维复合材料收入占比 8.0%.....	37
图 53: 2011 年后日本东丽碳纤维复合材料业务营业利润快速增长 (日元)	38
图 54: 2016 年碳纤维复合材料营业利润占比 14.2%.....	38
表 1: 碳纤维成本拆分.....	11
表 2: 预氧化和碳化工艺对比	12
表 3: 热固性和热塑性树脂复合材料性能对比.....	14

表 4：碳纤维产业链越到下游附加值越高	16
表 5：碳纤维及复合材料生产主要设备	17
表 6：Eisenmann 的低温碳化炉技术指标	19
表 7：自动化水平的提高降低了制造过程的成本	20
表 8：保守估计 2018 年民用客机对碳纤维需求将增加 6429 吨以上	24
表 9：碳纤维在汽车上的应用实例	26
表 10：采用碳纤维制作风机叶片可以有效降低叶片自重	30
表 11：碳纤维产业政策	34
表 12：国内主要碳纤维企业原丝、碳纤维产能及技术水平	35
表 13：东丽碳纤维发展史	36
表 14：估值表	41

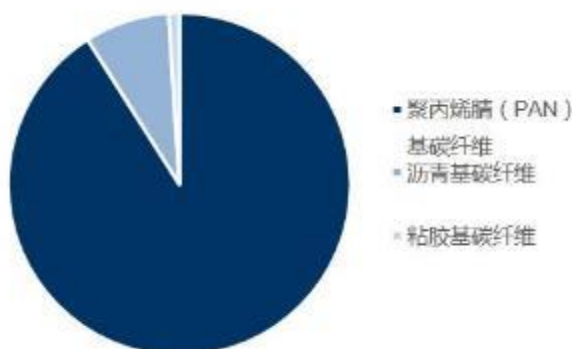
1. 碳纤维：21 世纪的“黑色黄金”

碳纤维是由有机纤维在高温环境下裂解碳化形成碳主链结构，含碳量超过 90% 的无机纤维。碳纤维外柔内刚，质量比金属铝轻，强度高于钢铁，具有耐高温、耐摩擦、导电、导热及耐腐蚀等一般碳素材料特性，同时其外形有显著的各向异性、柔软、可加工成各种织物，沿纤维轴方向表现出很高的强度。碳纤维轻质及优异的性能使其成为新一代增强纤维，在航空航天、海洋工程、新能源装备、工程机械、交通设施等方面有着广泛的应用，被称为 21 世纪的“黑色黄金”。

碳纤维根据原丝种类主要分为聚丙烯腈（PAN）基碳纤维、沥青基碳纤维和粘胶基碳纤维。其中，PAN 基碳纤维由于生产工艺相对简单，产品力学性能优异，用途广泛，自 20 世纪 60 年代问世以来，迅速占据主流地位，占碳纤维总量的 90% 以上，而粘胶基碳纤维占比不足 1%。

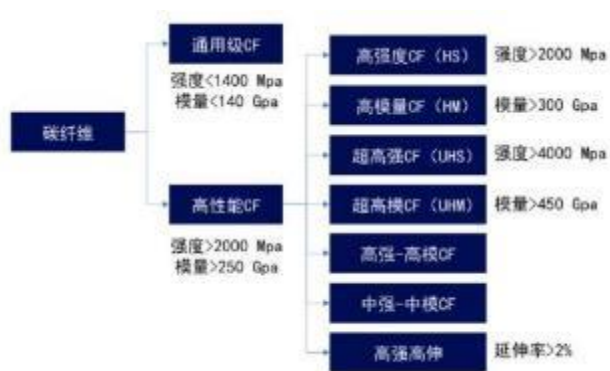
碳纤维根据力学性能可分为通用型和高性能型。通用型碳纤维强度为 1000MPa、模量为 100GPa 左右。高性能型碳纤维又分为高强型（强度 2000MPa、模量 250GPa）和高模型（模量 300GPa 以上）。强度大于 4000MPa 的又称为超高强型；模量大于 450GPa 的称为超高模型。

图 1：PAN 基碳纤维占比超 90%



资料来源：中国化学纤维工业协会，申万宏源研究

图 2：碳纤维根据性能分为通用型和高性能型



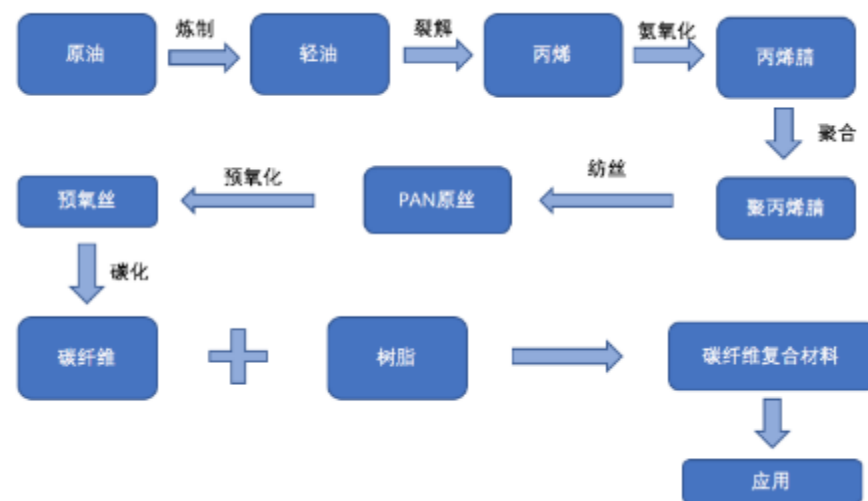
资料来源：中简科技招股说明书，申万宏源研究

碳纤维按用途可分为工业级和宇航级两类，亦称为大丝束和小丝束。通常把 48K 及以上碳纤维称为大丝束碳纤维，包括 60K、120K、360K 和 480K 等。工业级碳纤维应用于不同民用工业，包括纺织、医药卫生、机电、土木建筑、交通运输和能源等。宇航级碳纤维初期以 1K、3K、6K 为主，逐渐发展为 12K 和 24K，主要应用于国防工业和高技术及体育休闲用品（如：飞机、导弹、火箭、卫星和钓鱼杆、高尔夫球杆、网球拍等）。工业级碳纤维性能相对较差，但成本较低，宇航级碳纤维性能优异，成本也相对较高。

2. 材料：全产业链四大环节缺一不可，下游产品附加值提升

碳纤维与玻璃纤维类似，作为增强型纤维材料通常并不单独使用，而是制成终端碳纤维复合材料（CFRP）加以应用。完整的碳纤维产业链包含从一次能源到终端应用的完整制造过程。通常从原油制备丙烯；丙烯经氨氧化后得到丙烯腈，丙烯腈聚合和纺丝之后得到PAN原丝，再经过预氧化、低温和高温碳化后得到碳纤维，并可制成碳纤维织物和碳纤维预浸料，作为生产碳纤维复合材料的原材料；碳纤维经与树脂、陶瓷等材料结合，形成碳纤维复合材料，最后由各种成型工艺得到下游应用需要的最终产品。简单地可以划分为原丝生产、氧化碳化、中间材料和复合四个环节。

图 3：碳纤维及其复合材料生产过程

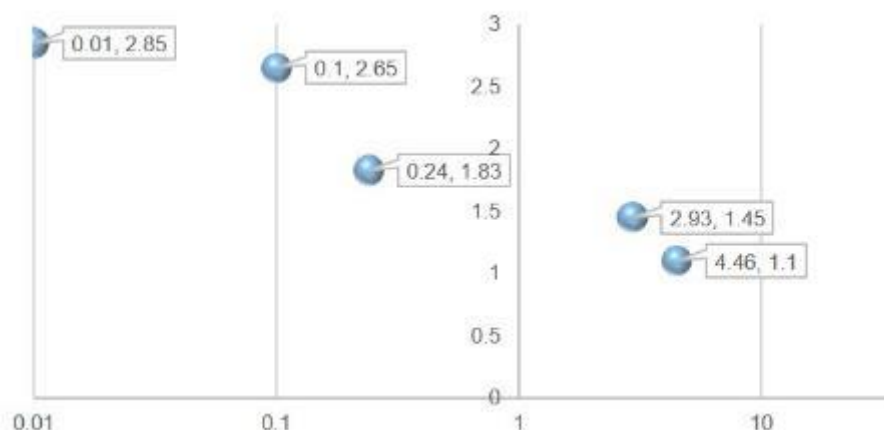


资料来源：中简科技招股说明书，申万宏源研究

2.1 原丝：决定碳纤维质量和成本的关键

PAN原丝是生产高品质碳纤维的技术关键，一般认为碳纤维90%的性能取决于原丝。原丝品质不佳（表面孔洞、沉积、刮伤以及单丝间黏结等），在后续加工中很难消除，从而遗传给碳纤维，造成力学性能下降。

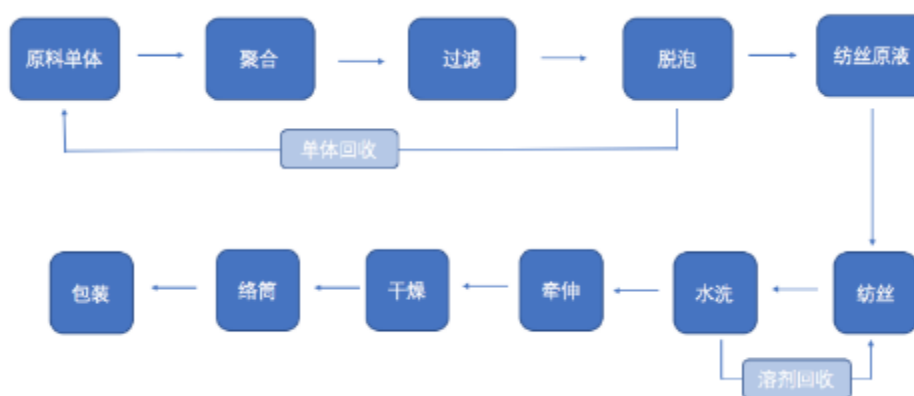
图 4：原丝残留溶剂量越低，碳纤维拉伸强度越大（单位：%、GPa）



资料来源：《PAN 原丝生产过程对碳纤维强度的影响因素》，申万宏源研究

PAN 原丝的生产过程如下：先将丙烯腈单体聚合制成纺丝原液，然后纺丝成型。这个过程按照聚合和纺丝两道工艺的连续性、纺丝时采用的方法以及纺丝溶剂的选择等方面的不同有多种工艺方法。

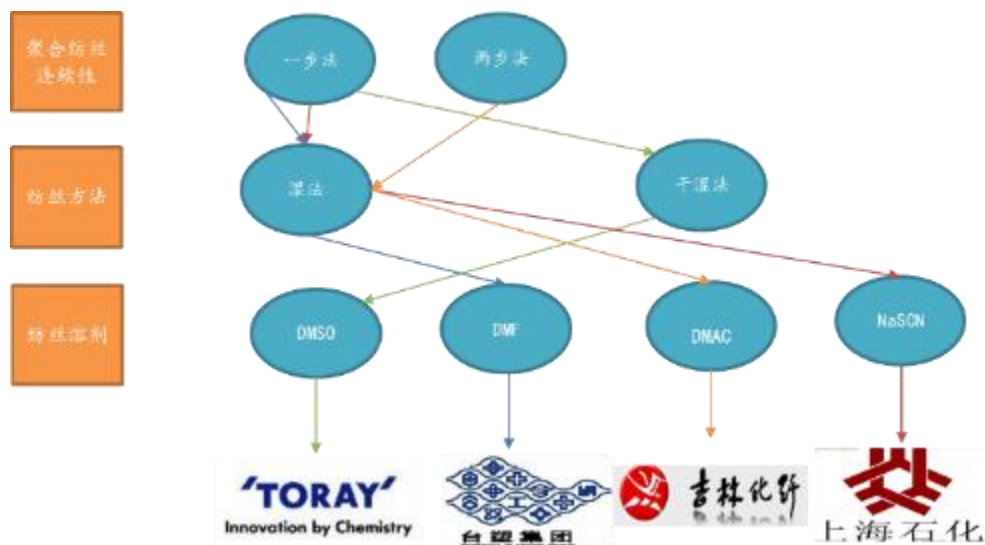
图 5：PAN 原丝生产工艺流程图



资料来源：《PAN 原丝生产过程对碳纤维强度的影响因素》，申万宏源研究

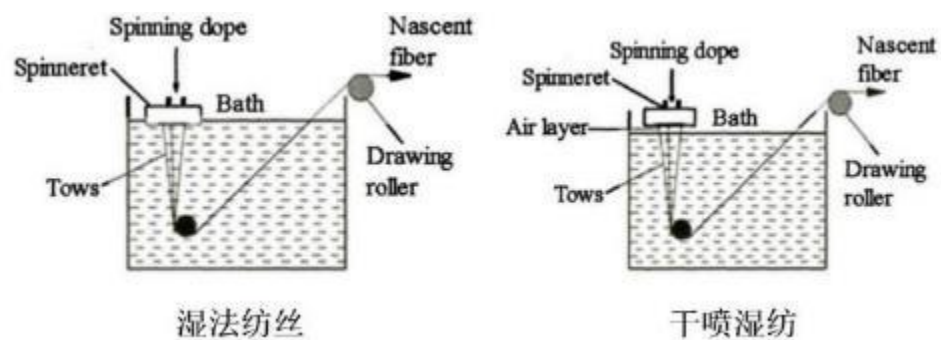
目前 DMSO 为溶剂、湿法纺丝是最为普遍的生产技术。但从发展趋势来看，干喷湿纺工艺有效结合了干法和湿法，在纺丝速度（相比湿纺快 5-10 倍）和原丝性能方面均具有明显优势，使得其正逐步取代湿法纺丝。相比传统的湿法纺丝，干喷湿纺喷丝头不直接浸入凝固浴，喷头温度可独立的精确控制，纺丝液由喷丝板喷出在进入凝固浴之前先经过一段几毫米的空气层，纺丝液在空气层中发生一定的拉伸流动，不仅提高纺丝速度，还有利于大分子链的取向。原丝结构相比直接进入凝固浴更为均匀致密，同时截面也更容易成圆形，从而提高力学性能。我们认为聚合方法和纺丝溶剂的选择会影响原丝的性能并非关键，从国内产品的最大问题即一致性较差来看，纺丝工艺的控制才是稳定生产高性能原丝的关键。

图 6：原丝生产的工艺方法划分标准



资料来源：科学网，申万宏源研究

图 7：湿法和干喷湿法纺丝示意图



资料来源：中国知网，申万宏源研究

原丝不仅决定碳纤维的质量，同时也是碳纤维成本的主要组成部分。理论上每生产 1 kg 碳纤维需要消耗 2 kg 的原丝，原丝占 PAN 基碳纤维成本高达 51% 左右！

表 1：碳纤维成本拆分

工艺	成本 (\$/kg)	成本比
原丝	11.11	51%
氧化	3.40	16%
碳化	5.12	23%
表面上浆	0.82	4%
卷绕	1.35	6%
合计	21.80	100%

资料来源：《碳纤维低成本制备技术》，申万宏源研究

2.2 碳纤维：预氧化与碳化

从原丝到碳纤维要经历两个重要的工艺步骤，即预氧化和碳化。其中预氧化过程既决定碳纤维的质量，又控制着碳纤维的产量。上世纪 60 年代东丽公司开始研制碳纤维时，其预氧化过程长达二十多小时；其后经过不断改进，现在几十分钟即可实现良好预氧化。如果能在保证质量的前提下缩短预氧化时间，整条产线的产量能提高，单位成本将大幅下降。

表 2：预氧化和碳化工艺对比

工艺	热加工温度 (°C)	处理时间 (min)	原丝结构变化	作用
预氧化	200-300	80	PAN 原丝的线型分子链转化为耐热梯形	后续高温加工不断裂，保持纤维形态
碳化	低温碳化 300-800； 高温碳化 1000-1600	2	预氧丝的梯形结构转换为碳纤维的乱层石墨结构	去除 O、N、H 等杂质原子

资料来源：《碳纤维及石墨纤维》，申万宏源研究

PAN 原丝预氧化目的是为了防止原丝在碳化时熔融，通过氧化反应使线性 PAN 大分子发生分子内环化和分子间交联，转变成耐热梯形结构，从而使纤维在高温碳化过程中不熔不燃。预氧丝的碳化一般是在惰性气氛气体保护下先经低温碳化将 N、H、O 等非碳元素在炉内发生反应释放出来，随后经高温碳化形成石墨化结构。预氧化中碳的质量分数约为 60%，经过高温充分裂解碳化脱除大部分杂元素，最终转化为含碳量 90% 以上的高性能碳纤维。

预氧化工艺在碳纤维成型过程中耗时最长，是决定碳纤维生产效率和能耗成本的关键，也被业内普遍认为是最有潜力提升的环节。

2.3 中间材料：预浸料是主流

碳纤维生产出来后，除了缠绕成型可以直接使用碳纤维外，其余所有工艺都需要先将碳纤维制成中间材料，再与树脂复合成型。几种常见的中间材料有织物、预浸料、SMC 和短纤（颗粒），其中预浸料是最主流的中间材料。不同形态的中间材料与后续的加工方法有着密切关系，比如织物一般采用液压成型（包括 RTM）、预浸料主要采用热压罐成型、SMC 主要采用冲压成型、而短纤或长纤适合用挤压成型。

图 8：主要中间体及成型方法

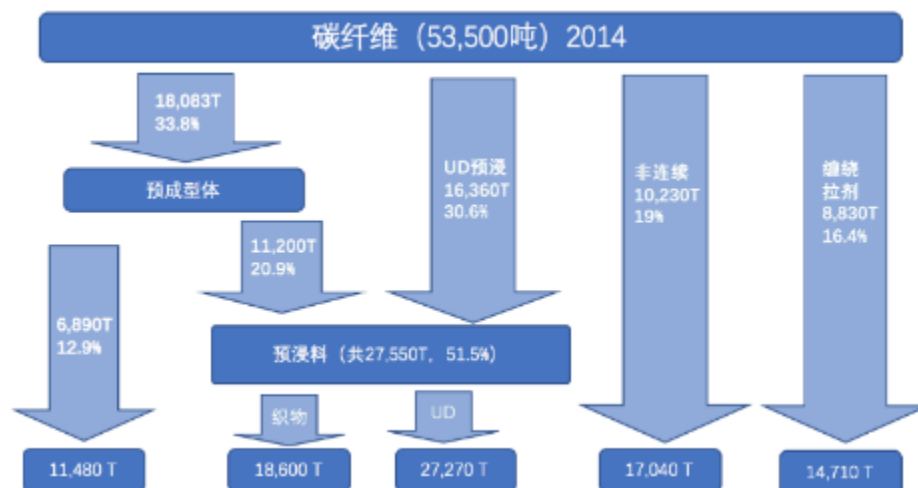


资料来源：材料科学与工程，申万宏源研究

碳纤维织物也称为碳纤维布，可分为单向布、双向布和多轴向三个大类，是碳纤维增强体的一种主要形式，可与树脂搭配直接用于建筑物补强，但更多的应用还是制成预浸料的半固体形式，再制成各种高质量的复合材料。

预浸料是最主流的中材料，2014 年制成这种形式的碳纤维有 27750 吨，占比达到 51.5%，其次是非连续纤维，占比达到 19%。

图 9：碳纤维到碳纤维复合材料制品的形式分布及用量情况

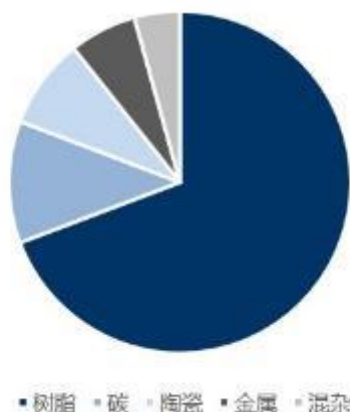


资料来源：材料科学与工程，申万宏源研究

2.4 复合材料：树脂基复合材料占比约七成

根据基体材料的不同，碳纤维复合材料有树脂基、碳基、陶瓷基、金属基等多种形式。根据赛奥碳纤维技术统计，2016 年全球碳纤维复合材料需求达到 213.4 亿美元，其中树脂基复合材料是使用最为广泛的碳纤维复合材料，占据 69% 的市场份额，其次为碳基复合材料，占 12%。

图 10：树脂基复合材料占碳纤维复合材料市场份额的 69%



资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究

碳纤维增强树脂基复合材料 (CFRP)：碳纤维增强树脂复合材料所用树脂基体主要分为两类，一类是热固性树脂，另一类是热塑性树脂。碳纤维增强热塑性塑料具有强度与刚性高、蠕变小、热稳定性高、线膨胀系数小、减摩耐磨、不损伤磨件、阻尼特性优良等特点。碳纤维增强热固性塑料具有强度高、模量高、密度小、减摩耐磨、自润滑、耐腐蚀、耐疲劳、抗蠕变、热膨胀系数小、导热率大，耐水性好等特点。

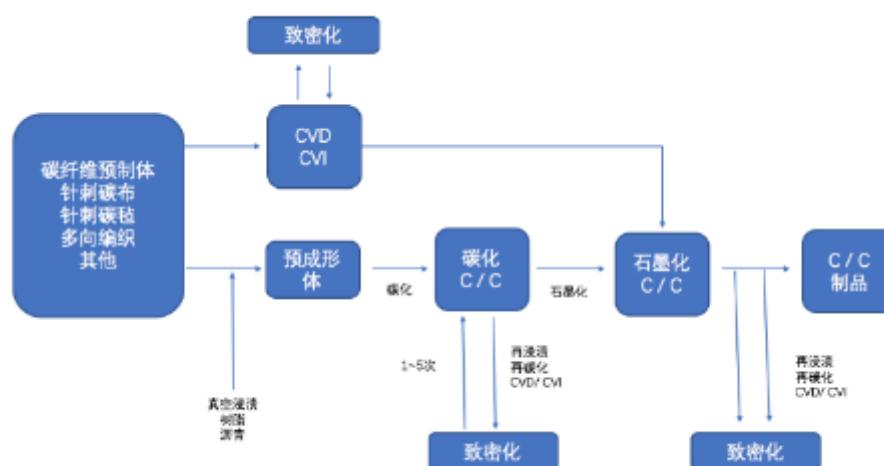
表 3：热固性和热塑性树脂复合材料性能对比

优点		缺点
热固性	良好机械性能，材料成本低，成型工艺选择余地大	韧性差，冲击后压缩强度低，吸水率高，热湿环境中稳定性差
热塑性	成型周期短（物理过程），成型性好，易于回收	加工过程需高温（200℃以上）高压（10-15bar），成本高

资料来源：《碳纤维及石墨纤维》，申万宏源研究

C/C 复合材料: 由碳纤维或织物、编织物等增强碳基复合材料构成, 主要由各类碳组成, 即纤维碳、树脂碳和沉积碳。通常用连续碳纤维长丝深加工预制体或短切碳纤维增强基体作为制造的胚体, 经 CVD、CVI 等方法反复致密化后（1-5 个循环）形成的高比强度和比模量复合材料。

图 11: C/C 复合材料的制造工艺流程图



资料来源：《碳纤维及石墨纤维》，申万宏源研究

C/C 复合材料有两大特点：一是耐高温。在非氧化气氛中可以承受 2000℃以上的高温且维持力学性能不变，在高温氧化环境中也能均匀烧蚀（不会起火燃烧），这些特性使得其在航天飞机、导弹鼻锥和发动机喷管中广泛应用；二是耐磨擦磨损。是目前最好的刹车制动材料，国际上多数大型民用飞机和军用飞机均采用碳/碳复合材料飞机刹车副。

图 12: C/C 复合刹车副



资料来源：博云新材官网，申万宏源研究

碳纤维增强陶瓷基复合材料：用碳纤维增强陶瓷可有效改善韧性，改变陶瓷脆性断裂形态，同时阻止裂纹在陶瓷基体中的迅速传播、扩展，在航空发动机、可重复使用航天飞行器等领域广泛应用。

碳纤维增强金属基复合材料：具有高的比强度和比模量，高的韧性和耐冲击性能。目前碳纤维增强铝、镁基复合材料的制备技术比较成熟。

2.5 下游产品大幅增值

在碳纤维整体产业链中，不同阶段产品价格大幅增值，同一品种原丝的售价约 40 元/公斤，碳纤维约 180 元/公斤，预浸料约 600 元/公斤，民用复合材料约在 1000 元以下/公斤，汽车复合材料约 3000 元/公斤，航空复合材料约 8000 元/公斤，每一级的深加工都有大幅度的增值。

表 4：碳纤维产业链越到下游附加值越高

产业链产品	价格（元/公斤）
原丝	40
碳纤维	180
预浸料	600
民用复合材料	1000
汽车复合材料	3000
航空复合材料	8000

资料来源：恒神股份公开转让书，申万宏源研究

3. 装备：海外占据绝对优势

由于工艺流程十分繁复，碳纤维生产所需设备非常多，但最为关键的有两类，一是从原丝到碳纤维过程中，加热所需的氧化炉和碳化炉，二是后端复合材料成型所需的各种加工设备。

表 5：碳纤维及复合材料生产主要设备

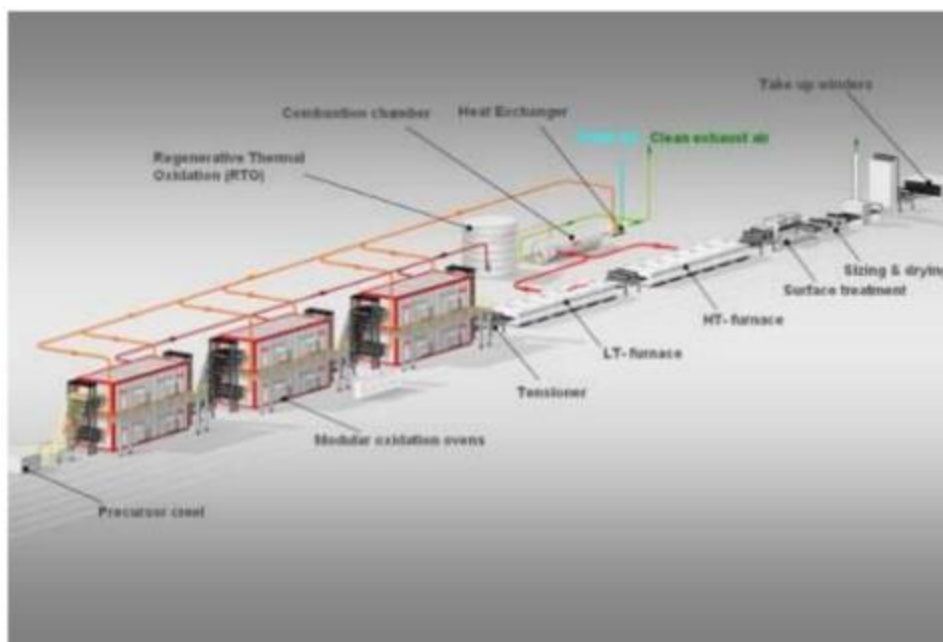
生产产品	生产设备
原丝	聚合釜、纺丝设备
碳纤维	氧化炉、碳化炉
中间材料	编织机
复合材料	拉挤、缠绕、热压罐

资料来源：申万宏源研究

3.1 氧化碳化设备

为满足下游客户的需要以及利润最大化的原则，行业内的龙头企业一般会提供整体生产线的设备和解决方案。

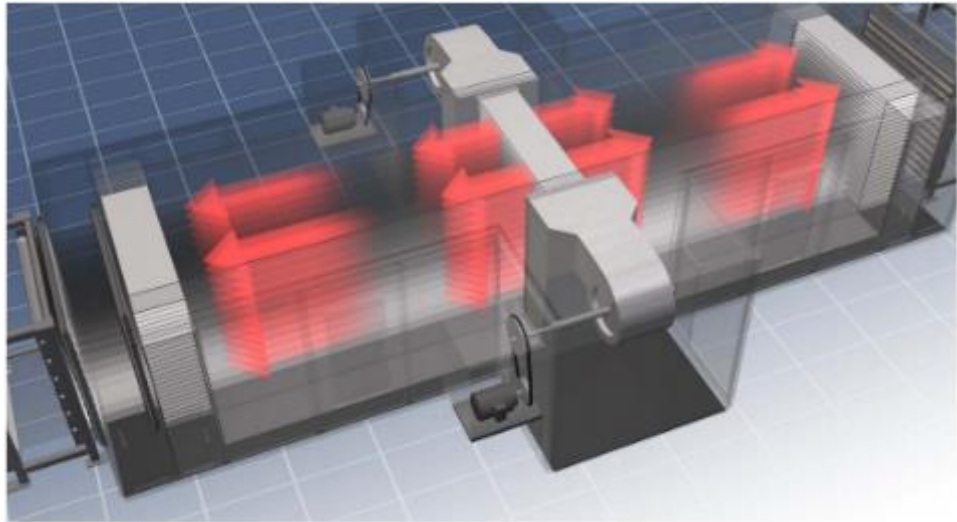
图 13：碳纤维生产线设备图



资料来源：Eisenmann，申万宏源研究

预氧化工艺在碳纤维成型过程中耗时最久，是决定碳纤维生产效率和能耗成本的关键步骤，也被业内普遍认为是最有提升潜力的环节，而氧化炉则是预氧化工艺中最主要的设备。

图 14：DESPATCH 氧化炉采取中央到两端的吹风方式来保证温度和气流均匀



资料来源：DESPATCH，申万宏源研究

合适的氧化炉需要满足以下要求：1.温度和气流稳定（有效加热区域内温差最好不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）；2.单线产量高（由氧化炉体积以及碳纤维在炉体内停留时间有关）；3.能耗成本低。

美国 DESPATCH 公司在预氧化设备方面积累深厚，目前全球 8 大碳纤维生产商有 5 个在新线上采用 DESPATCH 生产的氧化炉，其生产的最新一代氧化炉，可同时用于生产小丝束（3-12K）和大丝束，单线产量可达 2700 吨。此外，德国的 EISENMANN 凭借多元化、低能耗的产品成为主流的氧化炉供应商之一，截至目前已向全球供应了超过 50 台氧化炉及配套设备。

原丝经氧化后在真空气氛的碳化炉高温处理，脱除掉杂质原子，转换为碳纤维。对碳化炉的要求主要有以下三点：1.温度分布均匀；2.有效加热区域大（提高单线产量）；3.能通过冷凝、过滤、中和等方式高效处理碳化过程中产生的焦油、粉尘、尾气等。

图 15：Eisenmann 碳化炉



资料来源：Eisenmann，申万宏源研究

表 6: Eisenmann 的低温碳化炉技术指标

设备指标	参数
最高炉温	1000℃
炉内横截面温差	±3℃
保护气体	氮气
炉内氧含量	<10ppm
加热功率	1000KW
加热区域	8
炉体尺寸	长度：25m；宽度：6m

资料来源：Eisenmann，申万宏源研究

3.2 复合成型设备

复合材料成型设备与所采用的工艺密切相关。一般而言，当产品量大且尺寸适中时，采用压制成型；量较少且尺寸较大时，采用手铺或拉挤成型。两者之间则可考虑 RTM（树脂传递成型）。

——热压罐成型

热压罐成型技术主要用于高性能航空航天复合材料层压结构的成型，比如飞机舱门、隔板、机翼等等。其基本成型过程是手工将增强材料和树脂（含预浸料）按设计铺层方向和方式逐层铺放到模具上，采用真空袋密封后放入热压罐中，经加压、加热、固化、脱模、修整而获得制品。这种工艺采用的主要设备即为热压罐。

图 16: 手工铺层最大好处是树脂和纤维含量可控



资料来源：Argosy，申万宏源研究

图 17: 热压罐加压固化后层间结合紧密，机械强度优



资料来源：ASC 官网，申万宏源研究

热压罐成型是目前应用最为广泛的工艺，由于纤维和树脂含量可控，制品表面孔隙率低，经高压固化后可以获取高质量的复合材料。热压罐的设计制造商众多，大多采用先进的加热控温系统和计算机控制系统以保障内部工作区域的温度分布均匀。尽管其成本高昂（能耗高、预浸料需低温储藏），但由于产品重复性好、质量稳定而一直沿用。美国 ASC 是

北美最大的热压罐制造商，每年销量超过 40 台。下游客户包括波音(Boeing)、诺斯罗普(Northrop)、洛克希德马丁(Lockheed)、英国宇航系统公司(BAE)等在内的上百家企业，迄今已经累计交付了 300 多台 Econoclave，尺寸从最小的实验室用的 0.3mX0.6m，到最大的用于波音 787 机身及机尾段整体固化成型的世界上最大的 9.14mX23m。

——自动铺带 (ATL) 和自动丝束铺放 (AFP)：自动化技术的巅峰

手工铺层效率低、成本高，属于劳力密集型作业，因此自动化程度较高的 ATL 和 ATP 被先后研发出来。自动铺带由自动铺带机完成，铺带头会根据铺放工件边界轮廓自动完成预浸带的铺放和特定形状位置的切割。自动铺带机的价格在 300-500 万美元之间，成本较高，但相比手工，其制造成本可降低 30%-50%，且生产效率可达手工铺叠的数十倍。

与 ATL 相比，AFP 最大不同在于铺束头可铺放宽度可变的预浸带，适用于几何形状更为复杂的部件。这个领域最为有名的设备制造商是 MAG 公司，主要有三台 AFP 系列设备，分别是 VIPER 1200 CNC、VIPER 4000 和 6000。波音 787 机身即采用了 VIPER 6000。

表 7：自动化水平的提高降低了制造过程的成本

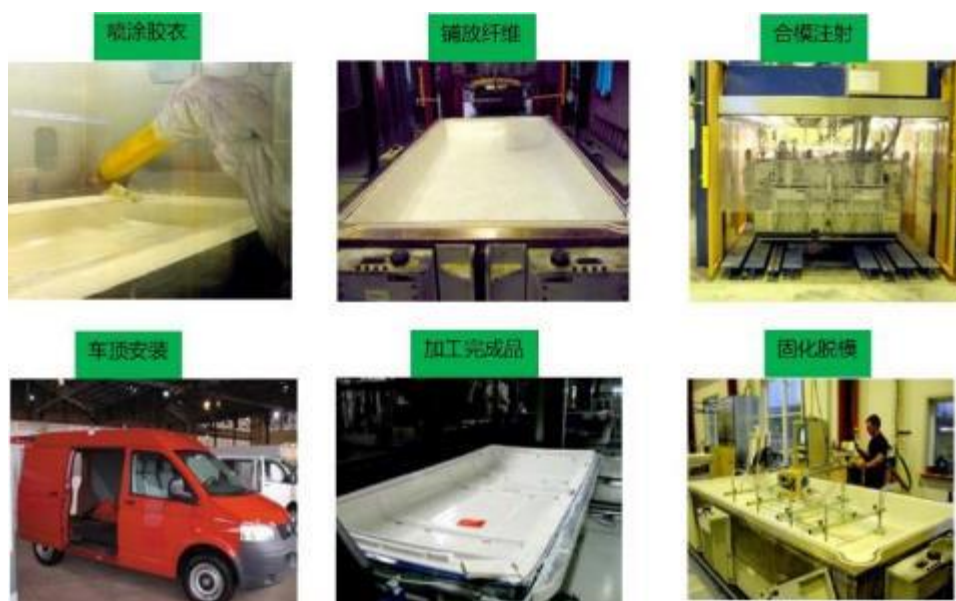
工艺方法	带宽	铺层速率/ (kg·h ⁻¹)	相对成本
手工铺层	≥150	1.1	1.6
自动铺带	≥20	4.5	1.2
自动丝束铺放	≥2.5	6.8	1

资料来源：《航空制造技术》，申万宏源研究

——RTM（树脂传递模塑）

RTM 成型最大的优势在于生产效率，相比热压罐动辄数个甚至数十个小时的加压固化，RTM 的工艺周期通常为 30-60 分钟，而高压 RTM 工艺周期仅约 6 分钟，使得大规模低成本的工业化生产成为可能。航空工业和高端汽车工业都开始采用 RTM 工艺制造结构件。

图 18：RTM 工艺量产车顶



资料来源：Argosy，申万宏源研究

德国加工机械领域的专家迪芬巴赫公司（Dieffenbacher）和克劳斯玛菲公司（KraussMaffei）共同开发了高压树脂传递模塑成型工艺（HP-RTM）的自动化生产线。这条生产系统包括预成型加工、压制过程，以及修整工艺。相比于传统的 RTM 工艺，HP-RTM 工艺减少了树脂注射次数，提高了预制件的浸渍质量，并缩短了成型周期。

图 19：克劳斯玛菲公司生产的 HP-RTM 生产装置

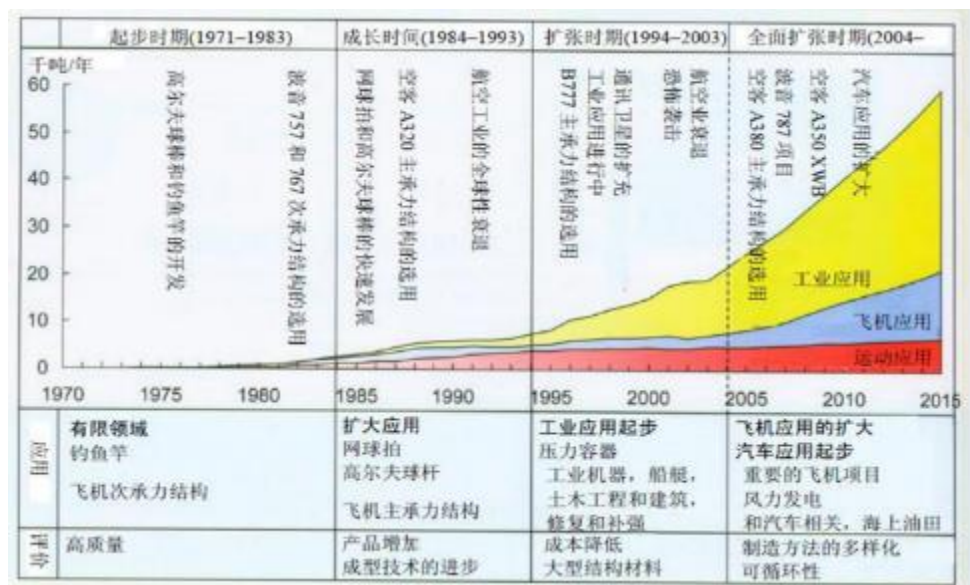


资料来源：KraussMaffei，申万宏源研究

4. 市场应用：航空航天、汽车、风电叶片轻量化驱动碳纤维需求增长

碳纤维复合材料因其轻质及优异的力学性能，已广泛应用于航空航天、体育休闲、汽车、风电叶片、压力容器等领域。按照行业龙头东丽的划分标准，自上世纪 70 年代以来，全球碳纤维市场的发展一共历经了四个时期。目前碳纤维市场正处于应用端的全面扩张时期。

图 20：全球碳纤维市场发展历经四个时期

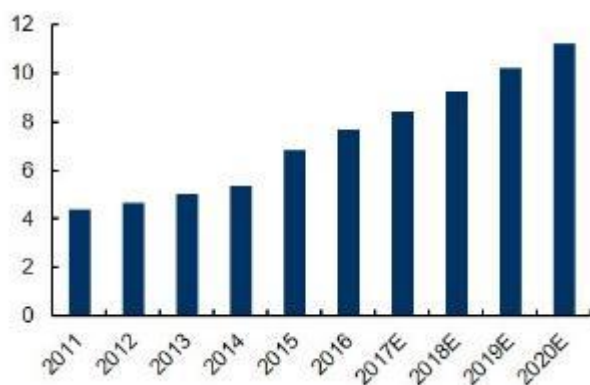


资料来源：2014 年碳纤维复合材料研究报告，申万宏源研究

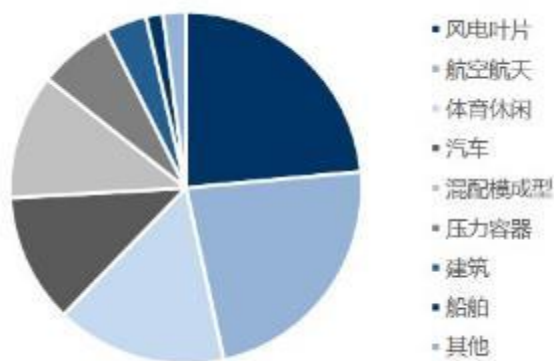
据赛奥碳纤维技术统计，2011 年全球碳纤维需求量 4.41 万吨，2016 年需求为 7.65 万吨，年复合增速 11.6%，预计到 2020 年需求量将达到 11.20 万吨。2016 年全球碳纤维应用领域集中于风电叶片、航空航天、体育休闲、汽车等领域。树脂基碳纤维复合材料市场规模已达到 110.4 亿美元。

图 21：2016 年全球碳纤维需求 7.65 万吨，预计 2020 年为 11.2 万吨

图 22：2016 年全球碳纤维应用领域分布



资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究

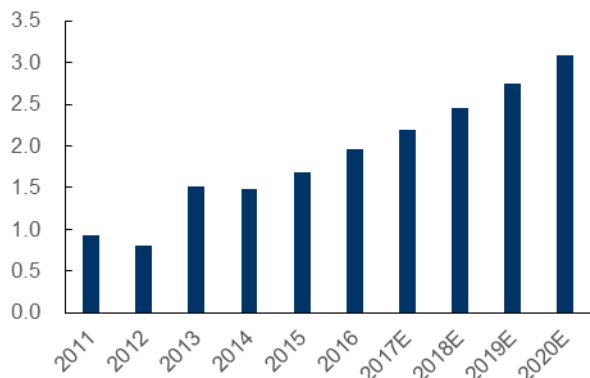


资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究

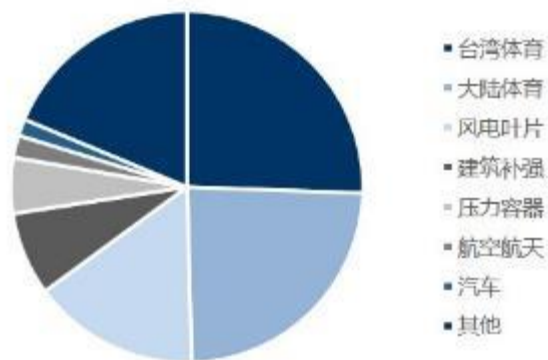
中国碳纤维需求量由 2011 年 0.93 万吨增长至 2016 年 1.96 万吨，年复合增速 16%，预计到 2020 年将达到 3.08 万吨。我国碳纤维下游应用目前仍集中于休闲体育等较为低端的应用领域，航空航天、汽车等高端工业应用占比较低。

图 23：2016 年中国碳纤维需求 1.96 万吨，预计 2020 年为 3.08 万吨

图 24：2016 年中国碳纤维需求以休闲体育为主



资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究



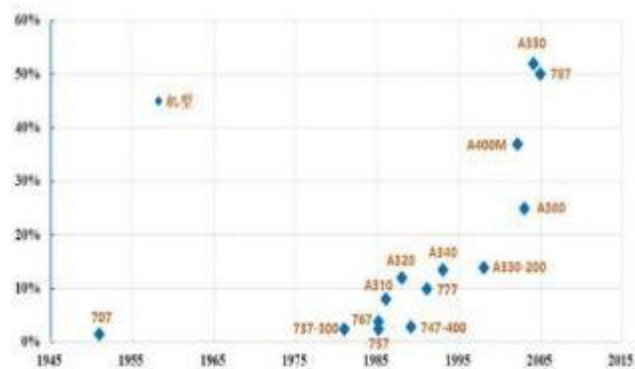
资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究

4.1 航空航天：需求平稳增长

碳纤维在航空航天领域最早用于制造人造卫星的天线和卫星支架，主要利用其重量轻、刚性好的特征。随后碳纤维因其耐热耐疲劳的特性在固体火箭发动机壳体和喷管上也得到了广泛应用。

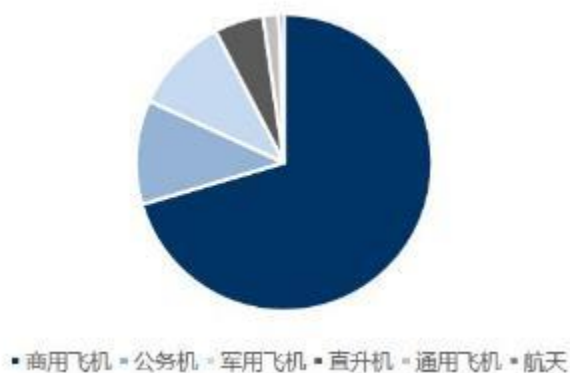
目前来看，民用客机是拉动碳纤维需求增长的主要力量。碳纤维复合材料自 20 世纪 70 年代首次被应用在飞机上的一些二级结构，如整流罩、控制仪表盘和机舱门；近三十年来，随着高性能碳纤维和预浸料-热压罐整体成型工艺的成熟，碳纤维复合材料的使用逐步进入到机翼、机身等受力大、尺寸大的主承力结构中。例如，目前世界最大的客机空客 A380 机身重量的 22% 为碳纤维复合材料，并将其成功应用于机翼与机身主体结构连接处中央翼盒，仅此一项就比铝合金材料减重 1.5 吨，燃油经济性优于竞争机型约 13%，大大降低了运营成本；波音公司的 B787 “梦想飞机”，复合材料应用率达到 50%，是第一个同时采用高性能碳纤维复合材料机翼和机身的大型商用客机；我国国产大型客机中国商飞 C919 的机尾和侧翼也采用了碳纤维复合材料，占整机质量的 12%。

图 25：国外商用飞机碳纤维复合材料应用占比



资料来源：波音和空客网站，申万宏源研究

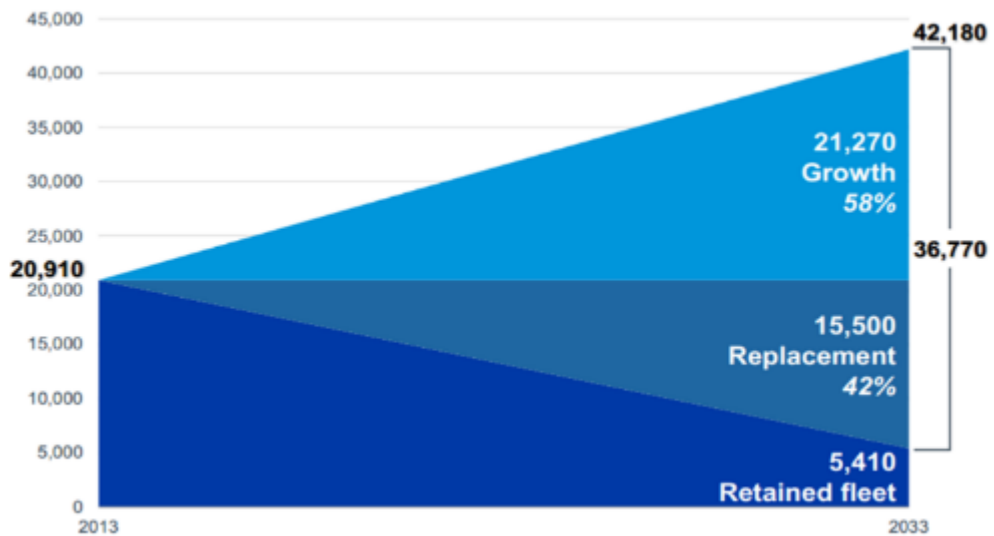
图 26：2016 年航空航天领域商用飞机对碳纤维需求占 70%



资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究

2016 年航空航天领域对碳纤维的需求量达到 1.76 万吨，其中商用飞机的需求占 70%，是目前航空工业中对碳纤维需求最大的市场。根据波音的预测，2014-2033 全球将新增 36770 架客机，其中 42% 来自于已有机型的更换机型，58% 来自于亚洲、北美和欧洲等地区的新增需求。2013-2020 年期间全球对民用客机需求量的年复合增长率为 3.57%。

图 27：2013-2033 全球将新增 36770 架客机



资料来源：Boeing，申万宏源研究

根据预测，2018 年仅波音 777 和 787、空客 A380 和 A350 这四种机型对碳纤维的需求将达到 9185 吨，相比 2016 年增加 2744 吨。因此，仅考虑民用飞机需求增长的部分，全球航空航天领域对碳纤维的需求将由 2013 年的 1.76 万吨增长至 2018 年的 2.03 万吨，年复合增长率为 7.40%。

表 8：保守估计 2018 年民用客机对碳纤维需求将增加 6429 吨以上

	Boeing 777	Boeing 787	Airbus A380	Airbus A350
2016 年交付数量（架）	98	137	28	49
2018 年预测交付数量（架）	100	150	45	100
碳纤维复合材料用量（吨/架）	10	35	35	61.5
碳纤维用量（吨/架）	7	23	23	40
2018 年相比 2013 年新增碳纤维需求（吨）	14	299	391	2040
合计新增碳纤维需求（吨）	2744			

资料来源：申万宏源研究

4.2 汽车：轻量化大背景下极具发展潜力

随着排放标准趋严及低碳生活被人们普遍接受，节能减排已成为汽车工业的重要研究课题。在能源革新有限的情况下，轻量化是解决问题的关键之一。研究显示，汽车整车重

量降低 10%，燃油效率可提高 6%-8%，而汽车整车质量减少 100kg，油耗降低 0.5 L/100 km，加速性能提升 8%-10%，制动距离缩短 2-7 m。碳纤维具有比模量和比强度高、减重潜力大、安全性好等突出优点，是汽车轻量化最佳选择。

在碳纤维汽车轻量化应用领域，德国宝马公司走在世界前列。通过与西格里（SGL）成立碳纤维合资公司，联合开发碳纤维增强复合材料，宝马公司成功将碳纤维大量运用在其量产车款上。2014 年宝马 i3 全碳纤维车身电动车量产，成为第一个大批量使用碳纤维作为车身材料的整车厂商。宝马 i3 整车重量仅为 1195 公斤，相比传统电动车减轻 250-350 公斤，同时具备最高性能的碰撞安全保护，电池容量仅 20kwh，续航里程达 160 公里，比传统电动车续航里程提高 52%。此外，宝马 i8 将碳纤维应用到车身和内饰中，使车身总重控制在 1540 公斤。2015 年 7 月 1 日，全新第六代 BMW 7 系汽车正式投产，这是宝马核心产品中第一款实现将工业制造的碳纤维材料、高强度钢材和铝材完美组合应用到车身的车型。在宝马汽车中有三十多种零部件使用了碳纤维复合材料，分别有：车身、底盘、车顶、车门、头盖、引擎盖、尾翼、压尾翼、中控台、装饰条、仪表盘、传动轴、特殊动力传动系统、座椅、座椅套垫、前扩散器、尾扰流板、后扩散器、后视镜外壳、悬挂臂、前唇、侧裙、侧格栅、车用箱包、导流罩、A 柱、遮阳罩、散热器面罩、侧护板、低位踏板、副保险杠等外部和车身、内饰和外饰配件等系统。

图 28：宝马采用碳纤维复合材料的量产车型



资料来源：艾邦高分子，申万宏源研究

图 29：碳纤维复材在宝马汽车零部件的应用比例



资料来源：艾邦高分子，申万宏源研究

图 30：德国 SGL 是宝马碳纤维材料的核心供应商



资料来源：申万宏源研究

除宝马外，各大知名汽车厂商也纷纷将碳纤维复合材料应用于其车型上。碳纤维复合材料在汽车领域的渗透率正在不断提升。

表 9：碳纤维在汽车上的应用实例

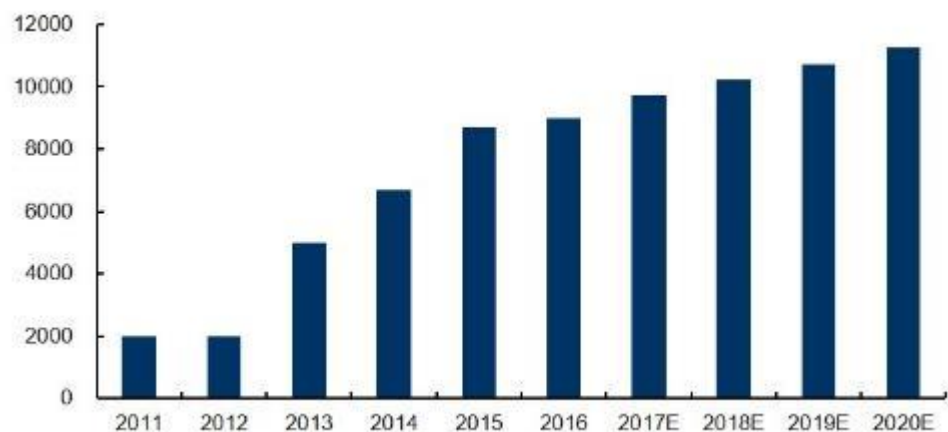
公司	车型	部位
宝马	I3、I8	车厢主体的 life 模块
宝马	Z-9、Z-22	车身
宝马	M3	顶盖和车身
日产	Shyline GT-R	外装（后备箱车盖）
丰田	MARK II	内装
雅马哈	SRC 新概念跑车	底盘
大众	2L 车	车身等
法国 SP	Boxster S	发动机罩盖
Daimler	Dodge Viper	挡板支架系统
SGL Carbon AG	Porsche AG	碳纤维-陶瓷制动盘
通用 GM	载重汽车	传动轴
福特	野马 Shelby GT350R	轮毂

资料来源：纺织导报，申万宏源研究

碳纤维复合材料在国产汽车领域的应用也在逐渐起步，2014 年奇瑞公司和中国科学院合作推出了插电式混合动力车艾瑞泽 7，车身采用碳纤维复合材料，外壳重量减轻 10%，油耗降低 7%，车身总体减重达 40%-60%。2017 年北汽集团与康得复材签订了首个碳纤维部件量产订单，成为中国碳纤维用于汽车轻量化实现量产的开端。北汽集团即将上市的纯电动汽车 ARCFOX-1，其车体的上半部分为康得复材为北汽新能源设计开发的整体成型碳纤维复合材料上车体。

据统计，2016 年汽车领域对碳纤维需求量约 9000 吨，随着对轻量化要求的不断提高，预计到 2020 年汽车对碳纤维需求量有望达到 1.1 万吨。

图 31：预计 2020 年汽车对碳纤维需求量将达到 1.1 万吨

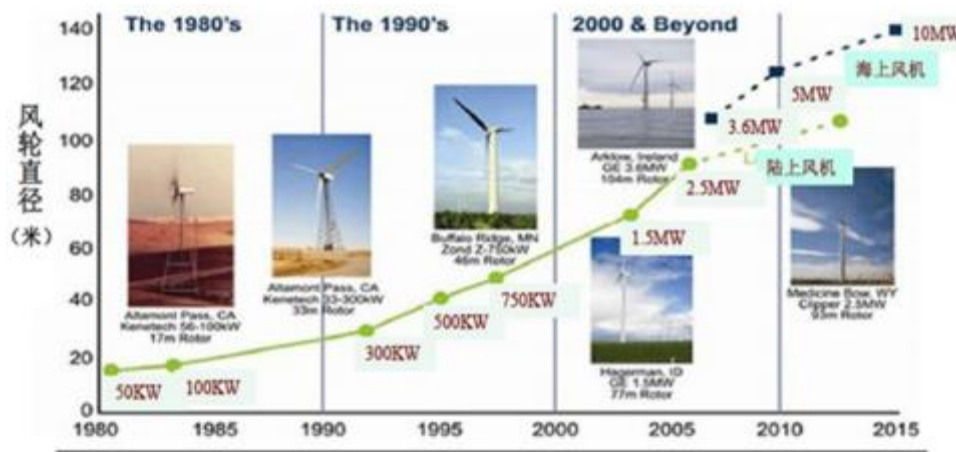


资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究

4.3 风电：大型化是风机叶片发展的必然趋势

风力作为清洁能源的代表之一，先于光伏发电受到全球各国的青睐。自 20 世纪 80 年代商业化发展以来，经历了全球化的高速增长。大风机每千瓦电量的总生产成本，普遍会随着风机的增大而降低。而在备受瞩目的海上风电市场，也要使用功率更大的风机和更长的叶片，用来降低成本、提高效率，因此全球风机大型化的趋势日益明显。

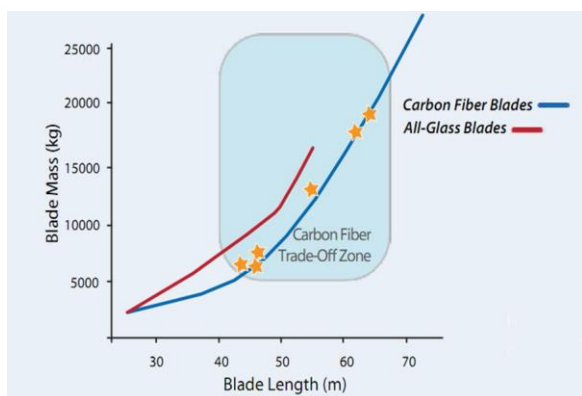
图 32：风机机组正朝着大型化发展，叶片越来越长



资料来源：中国产业信息网，申万宏源研究

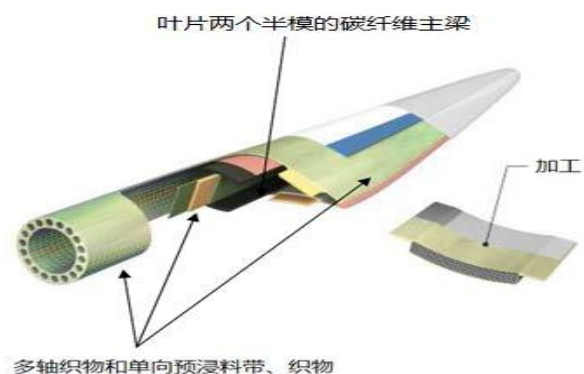
出于经济性考虑，当前主流的叶片为玻璃钢材质，而碳纤维风机叶片与现在主流的玻璃纤维叶片相比，在满足刚度和强度要求的条件下，重量要轻上 30%以上。根据测算，当风机叶片长度超过 40 米时，考虑到材料用量、劳动力、运输和安装等方面成本的下降采用碳纤维制作叶片相比玻纤更为经济。

图 33：风机叶片长度超过 40m 后采用碳纤维更为经济



资料来源：GWEC，申万宏源研究

图 34：碳纤维在风机叶片中的主要应用部位



资料来源：CEIC，申万宏源研究

国外主要叶片制造厂家，如 VESTAS，GEMESA-SIEMENS，NORTEX，GE 和 LX，已采用碳纤维材料制造叶片，例如丹麦 LM 公司 61.5m 长的 5MW 风机叶片中，在横梁和翼缘等要求

较高的部位使用碳纤维作为增强材料，单片叶片质量 17.7 t；Vestas 在为 V90 型 3.0MW 风机配套的 44m 系列叶片主梁上使用了碳纤维，叶片自重只有 6t，与 V80 型 2MW、39m 叶片自重一样。

根据 GWEC 的预测，全球风电新增装机容量将从 2014 年的 47GW 增加到 2018 年的 64GW，假设碳纤维在风机叶片中的渗透率每年提升 1 个百分点（14 年为 12%），对应碳纤维的需求到 2018 年将达到 2.05 万吨，14-18 年复合增长率为 16%。

图 35：风电新增装机容量仍将平稳增长



资料来源：GWEC，申万宏源研究

图 36：14-18 年风电碳纤维需求复合增速达到 16%



资料来源：申万宏源研究

4.4 体育休闲：增长较为平稳

碳纤维复合材料在高尔夫球杆、球拍、雪橇、滑雪板、曲棍球棒、钓鱼竿和自行车等体育休闲产品中广泛应用。据估计，全球每年的高尔夫球棒的产量约为 3400 万付，消耗碳纤维 2000 吨左右，主要产自美国、中国、日本和中国台湾省；全球碳纤维钓鱼竿的产量约为每年 2000 万付，消耗碳纤维 2000 吨左右；网球拍框架的市场容量约为每年 600 万付，需要碳纤维 700 吨左右。碳纤维在其他体育项目的应用还包括冰球棍、划船、赛艇、冲浪器械等。总体而言，体育休闲业对碳纤维有着稳定的需求，我们预测未来将维持 3% 的年均增长率。

图 37：碳纤维高尔夫球杆

图 38：碳纤维自行车备受专业车手的喜爱



资料来源：无锡威盛碳纤维，申万宏源研究



资料来源：京东网，申万宏源研究

4.5 一般工业领域

碳纤维在一般工业领域的应用十分广泛，包括建筑物补强；沿海油气田、深海油田的钻井平台以及压力容器等等。由于碳纤维在一般工业领域下游比较分散，我们粗略假设碳纤维在一般工业领域的复合增长率为 5%，则到 2018 年一般工业领域对碳纤维需求将达到 18500 吨（2014 年为 14500 吨）。

图 39：碳纤维用于建筑物补强



资料来源：Toray，申万宏源研究

图 40：单个压缩气罐碳纤维用量为 10-20Kg



资料来源：Toray，申万宏源研究

4.6 碳纤维价格趋势性下降将加快其在成本敏感性行业的应用

碳纤维成本的下降对于扩大其下游应用而言十分重要，以碳纤维在汽车上的应用为例。

影响碳纤维在汽车上大规模应用的主要障碍还是成本过高。对碳纤维在汽车上应用的经济性进行简单测算（仅考虑原材料端的成本，不考虑加工、设备等费用）：假设每辆汽车采用 100Kg 的碳纤维来代替铝合金（150Kg），每辆汽车每年行驶里程 2 万公里，按 7 元/kg（97#汽油）价格计算，如果碳纤维的价格能下降至 9 美元/kg（行业龙头 Toray 的 T700 级别碳纤维价格约 22 美元/Kg），其经济性将与铝合金不相上下。

表 10：采用碳纤维制作风机叶片可以有效降低叶片自重

碳纤维单位价格 (美元/Kg)	采用碳纤维 重量	铝合金对应 重量	原材料端多出 的费用(元)	年均行驶里程 (万公里)	节省汽油 (公斤)	97#汽油油价 (元/千克)	燃油端节省 的费用
20	100	150	7600	2	30	7	210
15			4200				
12			2160				
9			120			10	300

资料来源：申万宏源研究，铝合金价格采用美铝 6 系铝合金市场价格（40 元/kg），汇率按 1 美元=6.8 元人民币计

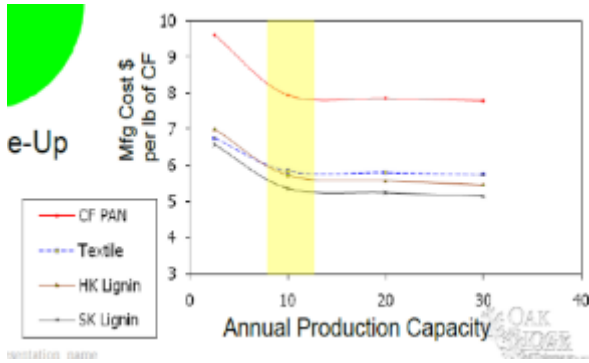
目前行业内公司和研究机构都在试图降低碳纤维的成本，方法主要依靠 3 条路径：规模效应、原丝材料、整合产业链。

规模效应：碳纤维生产线需要长周期连续稳定生产运行，生产过程中能耗和设备折旧等固定成本高，因此单条产线产能越高，摊销成本越低。同等效率下，单线年产 1000t 的生产线与年产 100t 的生产线产品单位成本相比，每吨降低约 3 成。但这种规模效应也存在边际递减效应。产能规模超过 1000t 以后，生产成本仍能下降，但作用已然不大。

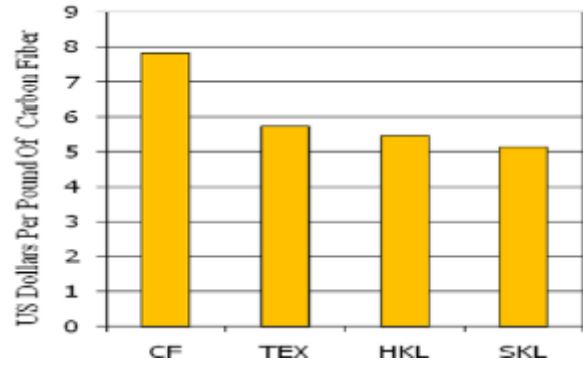
原丝材料：80%以上碳纤维原材料采用腈纶纤维制造，但由于腈纶纤维价格较高导致碳纤维成本居高不下。相比 PAN 基，用沥青基制作的碳纤维成本可以下降 30-40%，目前市场上主要是日本的 MRC 采用沥青基碳纤维。

图 41：单线产能超过 1000t 是碳纤维生产的“经济区”

图 42：沥青基碳纤维生产成本更低



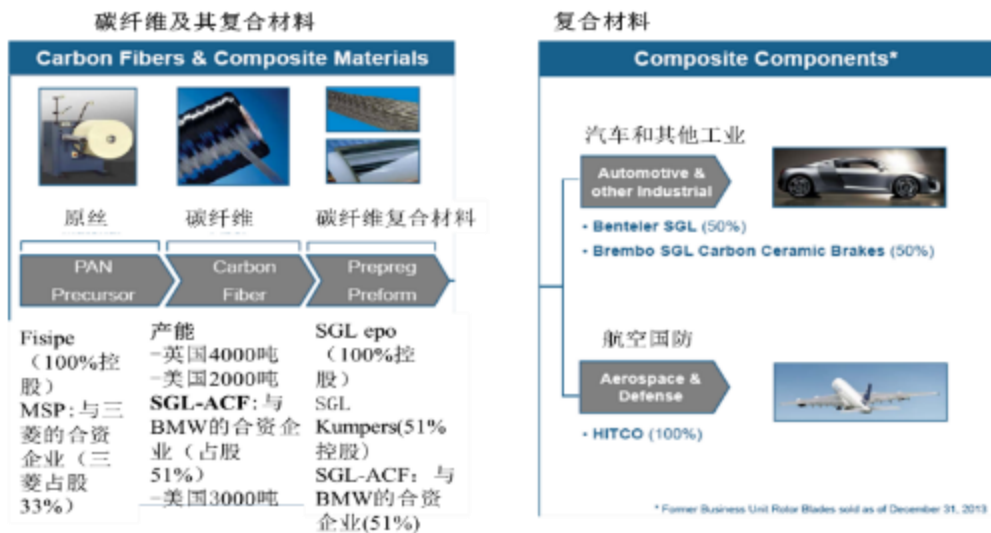
资料来源：ORNL，申万宏源研究



资料来源：ORNL，申万宏源研究

整合产业链：观察海外的碳纤维龙头企业我们发现，垂直整合产业链是十分普遍的做法。我们认为，产业链一体化的优势不仅在于保障原材料供应、提高产品一致性；更重要的意义是提高运转效率，降低整个生产过程的生产成本。

图 43：德国 SGL 已经建立起完整的碳纤维产业链



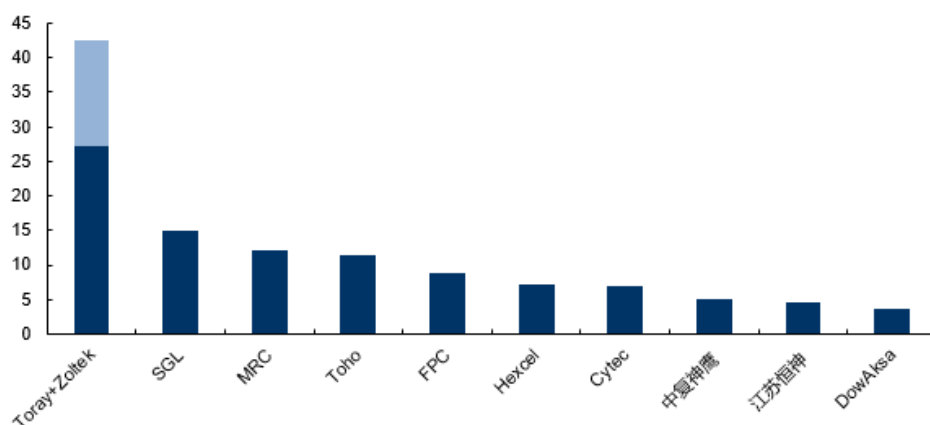
资料来源：SGL，申万宏源研究

5. 国内外发展形势：国外企业垄断市场，国产化发展曙光初现

5.1 全球市场高度集中，小丝束集中于日本，大丝束集中欧美

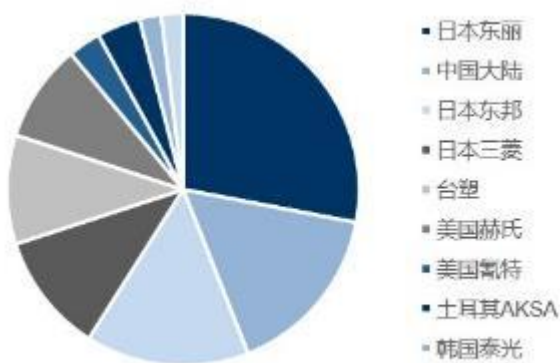
全球碳纤维产能集中于日本和欧美等地区，呈现高度集中的特征。2016 年全球碳纤维理论产能 13.9 万吨，小丝束产能主要集中于亚洲，尤其是日本企业，而大丝束产能主要集中于欧美国家。Toray（东丽）、Zoltek（卓尔泰克）、SGL（西格里）、MRC（三菱）、Toho（东邦）五家企业合计产能 8.1 万吨，占全球总产能的 58%。其中日本东丽在收购美国卓尔泰克后总产能达到 4.3 万吨，占全球 31%，并且同时拥有全球最大的小丝束和大丝束碳纤维产能，是名副其实的全球龙头企业。

图 44：全球碳纤维产能前十企业（千吨）



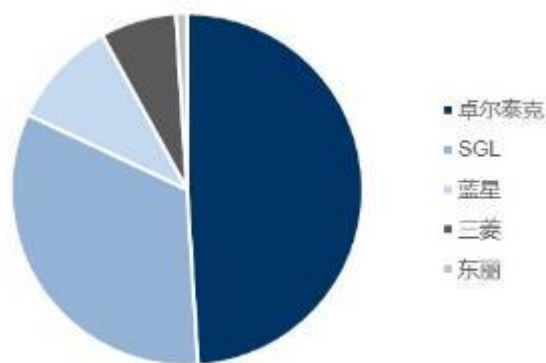
资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究

图 45：全球小丝束企业集中在日本



资料来源：新材料在线，申万宏源研究

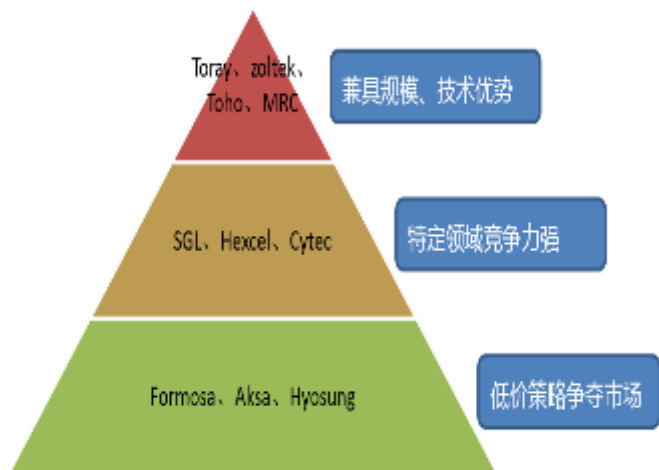
图 46：全球大丝束企业集中在欧美



资料来源：新材料在线，申万宏源研究

全球碳纤维企业大致可分为三个梯队：首先是兼具规模和技术优势的企业，Toray、Toho 等为典型代表；其次是在特定领域具备较强竞争力的企业，比如 SGL 在汽车领域，Cytec 在航空航天领域；再其次则是具备成本优势的企业，比如 Formosa、Aksa、韩国晓星等。

图 47：碳纤维企业三大梯队



资料来源：申万宏源研究

图 48：台塑和 Aksa 碳纤维具备价格优势

生产企业	型号	报价（美元）
日本东邦	HTS40-12K	19
	STS40-24K	18
日本三菱	TR50S	19
	TR330(50K)	19
日本东丽	T700SC-12K	22
	T800H-12K	120-140(紧缺)
台塑	TC36-12K	17
	TC35-12K	15
	TC35-48K	16
AKSA	A42-12K	15
	A42-24K	14
	A42-48K(50K)	13

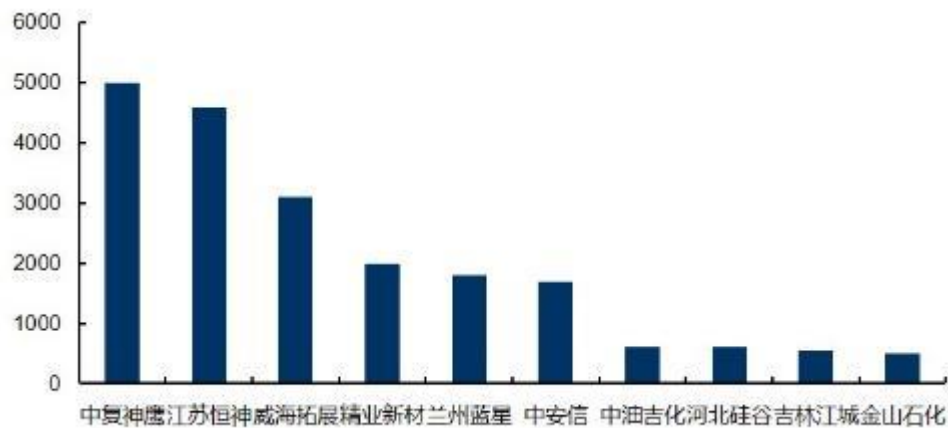
资料来源：中国化学纤维工业协会，申万宏源研究

对比 2016 年碳纤维 7.6 万吨需求量，全球将近一般的产能闲置，主要是由于碳纤维的下游对质量要求非常高，具备技术和规模优势的企业更容易占领市场，因此市场基本被前五大企业占据。随着航空航天、汽车、风电等应用的发展给碳纤维提供了新的需求动力，碳纤维龙头企业仍在积极地扩建产能。2016 年东丽的 6000 吨扩产产能已经建成，并宣布将 ZOLTEK 的产能扩大到 20000 吨；SGL 在美国的第三期的 3000 吨完成，CYTEC 的 3000 吨扩产完成；韩国晓星增加一条 500 吨的生产线，并宣布到 2020 年建成 14500 吨碳纤维的宏伟扩产计划。而其他企业由于技术和规模原因，只能在低端市场竞争，大多处于亏损状态，经营难以长期维持，因此碳纤维市场集中度正在进一步提升。

5.2 国内进口替代空间巨大，国产化趋势正在形成

我国碳纤维研发始于上世纪 60 年代，几乎和日美同时起步，但由于种种原因，相关研发项目被叫停。而日美等国对核心技术的垄断与封锁，使我国碳纤维生产技术和装备水平整体落后于国外，无法满足国家重大装备等高端领域的需求。2016 年我国碳纤维理论产能约 2.4 万吨，然而真正有效产出仅 3600 吨左右，产能利用率仅 15% 左右，进口依赖度超过 80%。这主要是由于一方面碳纤维生产工艺流程长，单条生产线控制点超过 1000 个，各类参数间关联度极大，生产线启动往往需要 10 天以上产品质量才能稳定下来，这些因素对企业产品稳定性构成极大挑战，国内碳纤维公司目前遇到的普遍问题也在于产品一致性差，稳定性还有待提高；另一方面国内碳纤维大部分是小丝束，单条线产能仅有百吨级，规模效应无法发挥，导致国产碳纤维成本甚至高于国外的市场售价，行业普遍处于亏损状态。

图 49：国内碳纤维产能前十企业（千吨）



资料来源：赛奥碳纤维技术，申万宏源研究

政策持续引导国内碳纤维发展。由于碳纤维是军民两用新材料，属于技术密集型和政治敏感的关键材料。T700 级以上碳纤维由于在国防军工领域具有重要应用，国外对国内采取严格的军事禁运管理。因此高性能碳纤维的国产自主化生产是唯一途径。近年来国家持续发布相关政策推动碳纤维健康有序发展，并且开始为碳纤维产业配套专项扶持基金，2014 年 4 月，由中简科技发展有限公司领衔的 T700/T800 碳纤维及其复合材料研发、产业化及在航空领域的示范应用项目，被国家发改委、财政部和工信部列为 2013 年国家新材料研发及产业化专项项目，并将获得 8000 万元资金扶持。2016 年 8 月江苏恒神股份有限公司与国家工业和信息化部签订协议，获得国家专项配套扶持资金 4181 万元，建设碳纤维复合材料试验公共服务平台国家工程。

表 11：碳纤维产业政策

时间	政策	内容
2016	《“十三五”国家战略性新兴产业发展加强新材料产业上下游协作配套规划》	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。
2016	《石化和化学工业发展规划（2016-2020 年）》	加快发展高性能碳纤维及复合材料，重点突破高强碳纤维低成本、连续稳定、规模化生产技术，加快高强中模、高强高模级碳纤维产业化突破。
2015	《中国制造 2025》	2020 年国产高强碳纤维及其复合材料技术成熟度达到 9 级，实现在汽车、高技术轮船等领域的规模应用；2025 年，国产高强中模、高模高强碳纤维及其复合材料技术成熟度达到 9 级；力争在 2025 年前，结合国产大飞机的研发进程，航空用碳纤维复合材料部分关键部件取得 CAAC/FAA/EASA 等适航认证。
2013	《加快推进碳纤维行业发展行动计划》	保障国家重大工程需求；扩大工业领域应用；提升服务民生能力
2012	《新材料产业“十二五”发展规划》	加强高强、高强中模、高模和高强高模碳纤维系列品种攻关，实现千吨级装置稳定运转，提高产业化水平，扩大产品应用范围。

资料来源：申万宏源研究

技术逐渐突破，应用领域逐步走向高端。此前国内碳纤维产业化主要为 T300 级别，主要应用于低端体育休闲等领域；近年来随着技术的不断突破，以中复神鹰、恒神股份、中

安信为代表的企业已形成千吨级 T700 生产线，产品进入应用考核阶段，低成本干喷湿纺 T700 级碳纤维已经实现规模化生产，T700 级以上碳纤维技术也已成功攻克，为碳纤维高端工业化应用提供了基础。大丝束方面，由吉林化纤集团、浙江精功集团和绍兴众富控股共同出资组建合资公司投资 18 亿元，在吉林规划 1.2 万吨/年大丝束碳纤维生产项目，此次项目一期规划 2000 吨/年大丝束碳纤维产能，计划将于 2017 年 10 月 1 日建成投产，届时有望填补国内大丝束碳纤维空白。在复合材料应用领域，开始逐渐走上高端工业领域。北汽集团即将上市的纯电动汽车 ARCFOX-1，其车体的上半部分为康得复材为北汽新能源设计开发的整体成型碳纤维复合材料上车体，开创了国内新能源汽车碳纤维复合材料轻量化部件应用的先河。精功集团属下的复合材料公司为中国航天科工集团的快舟十一固体运载火箭提供的发动机整体壳体，在地面试车成功。

表 12：国内主要碳纤维企业原丝、碳纤维产能及技术水平

企业	原丝产能（吨）	碳纤维产能（吨）	技术水平
中复神鹰	13000	5500	T700/T800
江苏恒神	12000	5000	T700/T800
中安信	5000	1700	T700/T800
威海拓展	5500	2600	T700/T800
上海石化	1500	500	T300/T400
中简科技	1600	200	T700/T800
吉林化纤	8000	200	T700
		（与精功集团合作建设 1.2 万吨大丝束生产线）	
方大江城		500	T300/T400

资料来源：公司公告，申万宏源研究

随着我国高端碳纤维技术的不断突破以及生产向规模化和稳定化发展，企业布局逐渐向高附加值的下游应用领域延伸，我国碳纤维行业将逐步实现进口替代，企业盈利能力有望逐步恢复，市场走向良性健康的发展道路。

6. 他山之石：全球碳纤维巨头——日本东丽

东丽成立于 1926 年 1 月，以生产合成纤维起家，其中包括用于生产碳纤维的 PAN 原丝。20 世纪 60 年代，东丽在获取近藤昭男的专利技术后开始研究碳纤维，并于 1971 年建成了一个小型试验工厂，当年实现碳纤维 Toraca T300 的量产，产能 12 吨/年。

当时欧洲和美国的碳纤维厂商已经将航空领域市场占领，几乎没有日本公司的立足之地。日本企业的碳纤维首先瞄准了体育休闲用品市场，东丽的第一款碳纤维产品是钓鱼竿。体育用品市场的需求带动了东丽碳纤维业务发展，市场份额开始扩大，公司扩产至 156 吨/年。然而在盈利方面却始终不尽人意，东丽在碳纤维事业上花了超过 1400 亿日元从事研究开发，一直都是处于亏损状态。

在持续亏损的压力下，东丽公司始终没有放弃碳纤维业务。1970 年，东丽与联合碳化物公司签署合作协议，获得联合碳化物公司的碳化技术。联合碳化物公司代理东丽的碳纤维产品，T300 成为美国最畅销的碳纤维。合作到期后，东丽开始自由在美国销售碳纤维。

1975 年，东丽的碳纤维应用在波音 737 的次承力部件。自此，东丽与波音两家公司开始了超长期合作。1990 年，一种新的高强高模碳纤维预浸料在波音 777 飞机的主承力部件上获得应用。同时，东丽公司还获得了欧洲空客公司的认可。法国政府在 1982 年建立起自己的碳纤维工厂 Soficar，东丽拥有其 35% 的股份。1987 年，东丽的 T300 获准在空客 A320 主承力部件中应用。

为加强与合作，东丽直接在美国投资建厂。预浸料工厂设在美国华盛顿州西部港口塔科马港，碳纤维工厂设在阿拉巴马州的迪凯特。

随着产能的释放，碳纤维价格下降刺激了消费需求，出现新兴市场包括风力发电和汽车改装。2011 年，东丽与戴姆勒公司建合资工厂来生产碳纤维部件。2011 年开始公司进入了稳定的盈利期，仅向波音一家的销售额，到 2021 年预计就可达到 1 万亿日元。

发展至今，东丽公司已形成碳纤维-碳纤维织物-预浸料-复合材料制品完整的纵向一体化产业链，其碳纤维业务遍及全球，主要有日本、美国、欧洲和韩国四个生产基地。其碳纤维主要应用于航空领域，绑定飞机制造商。此外在工业领域同样应用广泛，包括压力舱以及风电叶片，汽车上的传动轴和汽车尾翼，桥墩和甲板的修补和加固。

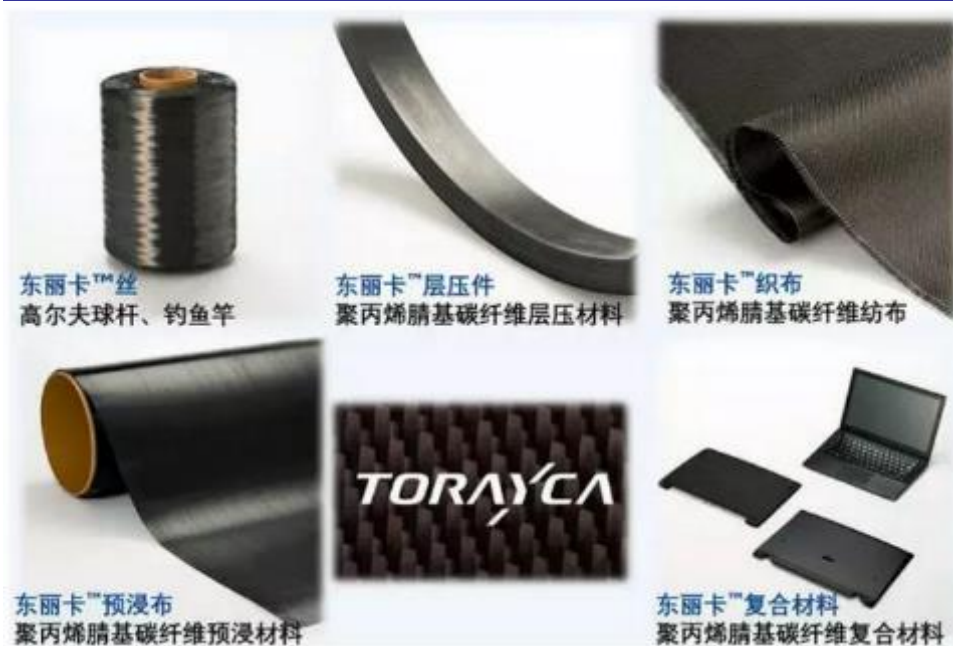
表 13：东丽碳纤维发展史

年份	事件
1962	利用民用腈纶开始研制 PAN 基碳纤维，质量不佳失去市场
1967-1969	重新研制碳纤维，具备生产高性能碳纤维的工艺和设备
1971	工业化生产 PAN 基碳纤维（12 吨/年），牌号为 T300
1974	碳纤维钓竿、高尔夫球棒迅速发展，公司扩产 156 吨/年
1980	美国波音公司提出高强高模碳纤维的需求
1982	采用 T300 制成零件的波音 757,767,以及空客 A310 完成首飞
1984	研制成功高强中模碳纤维 T800
1986	研制成功高强中模碳纤维 T1000
1987	T300 获准在空客 A320 主承力部件中应用。
1989	研制成功高模中强碳纤维 M60
1990	波音 777 认定使用 T800H 制成的预浸布 P2302-19
1992	研制成功高模中强碳纤维 M70J，杨氏模量高达 690GPa
2010	与空客签署了碳纤维预浸料长期供应协议
2011	与戴姆勒公司共同建立了一个合资工厂，生产碳纤维部件。
2013	收购美国第一大大丝束生厂商 Zoltek
2014	成功研制高强中模碳纤维 T1100G；获得波音 1 万亿日元碳纤维订单，将在 10 多年里向波音的现有机型和下一代大型客机“777X”的主机翼部分独家供货。
2015	与美国贝尔直升机签署碳纤维预浸料供给协议，期限在 10 年以上；
2016	宣布向美国 Space X 提供火箭及航天器用的碳纤维

资料来源：申万宏源研究

2016 年东丽公司小丝束碳纤维产能 2.7 万吨。公司在 2013 年收购美国第一大大丝束生厂商 Zoltek，2016 年 Zoltek 大丝束产能 1.6 万吨。公司碳纤维合计总产能达到 4.3 万吨，占全球 31%，并且同时拥有全球最大的小丝束和大丝束碳纤维产能，成为名副其实的全球龙头企业。

图 50：日本东丽碳纤维产品

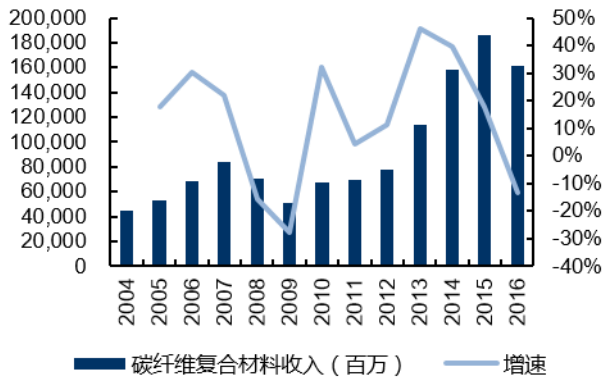


资料来源：新材料在线，申万宏源研究

日本东丽公司碳纤维业务自 2011 年以来进入高速增长期，2011-2015 年营业收入复合增长率 28%，营业利润复合增长率 47%。2016 年虽然有所下滑，但经济效益仍然明显。2016 年东丽碳纤维复合材料业务收入 1616 亿日元（约 98 亿人民币），占总营收 8.0%；营业利润 240 亿日元（约 15 亿人民币），占总营业利润的 14.2%。

图 51：2011 年后日本东丽碳纤维复合材料业务收入快速增长（日元）

图 52：2016 年碳纤维复合材料收入占比 8.0%



资料来源：Bloomberg，申万宏源研究

图 53：2011 年后日本东丽碳纤维复合材料业务营业利润快速增长（日元）



资料来源：Bloomberg，申万宏源研究



资料来源：Bloomberg，申万宏源研究

图 54：2016 年碳纤维复合材料营业利润占比 14.2%



资料来源：Bloomberg，申万宏源研究

7. 上市公司

7.1 光威复材

公司专业从事碳纤维及碳纤维复合材料的研发、生产与销售，拥有碳纤维行业的全产业链布局，产品范围从原丝、碳纤维、织物、预浸料到复合材料、碳纤维制品。公司于 2017 年 9 月 1 日在深交所成功上市，成为 A 股市场最纯正的碳纤维企业。目前公司拥有年产 176 吨 T300 碳纤维的生产能力。募投新增 2000 吨/年的 T700S 和 T800S 以及 20 吨/年的高强高模碳纤维。

公司碳纤维及织物主要面向军工企业，毛利率高达 75% 以上，碳纤维预浸料则主要用于民用领域，下游客户包括渔具、体育休闲、民用航空、游艇、电子通讯等，毛利率相对较低。凭借不断放量的军工订单，公司业绩持续增长，2016 年营业收入为 6.3 亿元，归母净利润 2.0 亿元，2017 年上半年归母净利润实现 1.5 亿元。

未来随着新型军品对碳纤维需求的放量以及公司在风电产品领域的拓展，公司业绩有望维持快速增长。

7.2 康得新

康得新是预涂膜和光学膜全球龙头企业，与股东康得集团在上市公司体外积极布局碳纤维-新能源汽车轻量化全产业链生态化平台。

康得集团旗下中安信科技有限公司一期年产 5000 吨原丝，1700 吨碳丝项目已于 2016 年投产，目前运行良好，所生产的碳纤维达到 T700/T800 标准，远期将形成年产 15000 吨原丝、5100 吨碳丝的高性能碳纤维的产能规模。

上市公司参股（18%）的康得复合材料有限责任公司总投资 30 亿，年产 5 万件车身，总计 150 万件新能源电动车碳纤维部件于 2016 年四季度投产。康得复材已与北汽集团签订了首个汽车碳纤维部件量产项目量产订单。

此外上市公司在欧洲成立 KDX 欧洲复合材料研发中心、KDX 雷丁汽车轻量化设计中心，并与 GFG 公司建立合作，为国内碳纤维新能源汽车应用提供设计方案。

7.3 国恩股份

国恩股份主要产品为改性塑料粒子及改性塑料粒子深加工后的各种改性塑料制品等，在家电领域客户优势突出，国内外知名品牌客户主要有海信、海尔、美的、长虹、冠捷、LG、创维、三星、澳柯玛等。随着产能的释放和客户的不断开拓，公司业绩有望保持 50% 以上的高速增长。

公司于 2017 年 1 月 20 日成立青岛国恩复合材料有限公司，并拟通过非公开发行不超过 4,000 万股（含 4,000 万股），集资金总额不超过 75,000 万元（包括发行费用），用于先进高分子复合材料项目。项目建成并达产后，将形成年产先进高分子复合材料及制品近四万吨的生产能力，具体产品包括：SMC 纤维（玻纤）材料、SMC 纤维（碳纤）材料、连续纤维增强热塑性材料 CFRT、3000mm 专用复合板、3D 碳纤维预成型专用产品、3D 玻纤预成型专用产品、SMC 模压制品（玻纤）和 SMC 模压制品（碳纤）等，其中：SMC 材料及其 SMC 模压制品可应用于风力发电、航空航天、新能源汽车、轨道交通等市场领域；连续纤维增强热塑性材料 CFRT 可应用于轨道交通车辆的车厢地板、内衬板、顶板、汽车内外饰件、轮船装饰板、耐压管道结构层、航空用轻质高强要求的部件等产品市场；3000mm 专用复合板可应用于集装箱内衬板、顶板、箱板，公路护栏等产品市场；3D 碳纤维（玻纤）预成型专用产品可应用于生产高性能复杂产品，在航空航天、汽车轻量化，高性能结构件等领域具有广泛市场。公司复合材料技术来源于国恩控股通过下属子公司青岛保成国际碳纤维科技发展有限公司收购的德国 Compositence GmbH80% 的股权，Compositence 已经开发出用于加工、处理连续纤维的创新自动化系统，拥有多种材料处理能力，可适用于所有成熟的碳基原材料，此外还可以为纤维复合元件的全自动、可升级、低成本流水线生产提供

高度纯熟的技术与服务。公司实际控制人、国恩控股及保成国际已承诺在 Compositence 具备置入上市公司条件时无条件同意将 Compositence 置入上市公司体系内。

该项目建设期为 30 个月，完全达产后，预计每年可实现销售收入 12.8 亿元，年均利润总额为 1.8 亿元，年均净利润为 1.4 亿元。目前公司主要利用现有设备和技术进行小批量试制，如汽车充电桩、健身器材等领域产品，部分样品已向特锐德等客户送审使用，后续订单有望持续落地。

7.4 金发科技

金发科技是一家主营化工新材料的国家级创新型企业，是亚洲改性塑料的龙头企业，下游主要面向汽车和家电领域。

子公司广州金发碳纤维新材料发展有限公司从事碳纤维复合材料业务，目前公司碳纤维复合材料已成功应用于无人机制造，同时公司开发的热塑性复合材料公路护栏在广东省清远市进行了推广试验，并已通过了专家组的评审和验收。

目前碳纤维复合材料业务占公司收入份额尚小，但增长迅速，预计今年有望扭亏为盈。

7.5 恒神股份

江苏恒神股份有限公司为新三板挂牌公司，主营业务为国产高性能碳纤维、增强增韧树脂及先进复合材料的研发、生产、销售和售后服务，是国内唯一一家拥有自原丝、碳纤维、上浆剂、织物、树脂、预浸料到复合材料制品的全产业链企业。

公司具有碳纤维产能 5000 吨/年，在民航、高铁、磁悬浮及军工等领域具有多个项目储备，由于项目研发投入较大，且认证周期较长，目前尚未形成规模生产，公司长期处于亏损状态。2016 年公司营业收入 1.95 亿，归母净利润亏损 2.27 亿。未来随着项目认证通过，公司产品有望实现量产，盈利能力有望改善。

7.6 中简科技

中简科技是国内少数从事高性能碳纤维及相关产品研发、生产、销售和技术服务并实现盈利的企业，目前处于 IPO 排队中。

公司生产的高性能碳纤维已通过航空航天型号验证，是国内大型航空航天企业集团的主要供应商。根据招股说明书披露，公司 2015 年营业收入 1.36 亿，归母净利润 0.47 亿，产品毛利率高达 65.9%。公司目前仅有一条 150 吨/年（12K）或 50 吨/年（3K）高性能碳纤维生产线，满足已定型的航空航天型号应用，公司将通过 IPO 募投 1000 吨/年 T700 级碳纤维扩建项目。

表 14：估值表

股票代码	简称	总市值 (亿元)	总股本 (亿)	股价 (2017/9/19)	EPS				PE			
					16A	17E	18E	19E	16A	17E	18E	19E
300699	光威复材	187	3.68	50.85	0.72	0.84	1.14	1.40		61	45	36
002450*	康得新	771	35.37	21.80	0.59	0.77	1.03	1.33	37	28	21	16
002768*	国恩股份	60	2.40	25.10	0.55	0.85	1.25	1.61	57	29	20	15
600143	金发科技	163	27.17	6.01	0.29	0.27	0.36	0.44	27	22	17	14

资料来源：申万宏源研究，*为申万研究报告预测，其余为 Wind 一致性预期

信息披露

证券分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

与公司有关的信息披露

本公司隶属于申万宏源证券有限公司。本公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可，资格证书编号为：ZX0065。本公司关联机构在法律许可情况下可能持有或交易本报告提到的投资标的，还可能为或争取为这些标的提供投资银行服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。客户可通过 compliance@swsresearch.com 索取有关披露资料或登录 www.swsresearch.com 信息披露栏目查询从业人员资质情况、静默期安排及其他有关的信息披露。

机构销售团队联系人

上海	陈陶	021-23297221	18930809221	chentao@swsresearch.com
北京	李丹	010-66500610	18930809610	lidan@swsresearch.com
深圳	胡洁云	021-23297247	13916685683	hujy@swsresearch.com

股票投资评级说明

证券的投资评级：

以报告日后的6个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

买入 (Buy)	：相对强于市场表现20%以上；
增持 (Outperform)	：相对强于市场表现5%~20%；
中性 (Neutral)	：相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
减持 (Underperform)	：相对弱于市场表现5%以下。

行业的投资评级：

以报告日后的6个月内，行业相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

看好 (Overweight)	：行业超越整体市场表现；
中性 (Neutral)	：行业与整体市场表现基本持平；
看淡 (Underweight)	：行业弱于整体市场表现。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。申银万国使用自己的行业分类体系，如果您对我们的行业分类有兴趣，可以向我们的销售员索取。

本报告采用的基准指数：沪深300指数

法律声明

本报告仅供上海申银万国证券研究所有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司 <http://www.swsresearch.com> 网站刊载的完整报告为准，本公司并接受客户的后续问询。本报告首页列示的联系人，除非另有说明，仅作为本公司就本报告与客户的联络人，承担联络工作，不从事任何证券投资咨询服务业务。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为作出投资决策的惟一因素。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本公司特别提示，本公司不会与任何客户以任何形式分享证券投资收益或分担证券投资损失，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。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司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。市场有风险，投资需谨慎。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告的版权归本公司所有，属于非公开资料。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。