

建筑材料

2022年01月11日

风电等新能源势起，碳纤维前景广阔

——行业深度报告

投资评级：看好（首次）

张绪成（分析师）

薛磊（联系人）

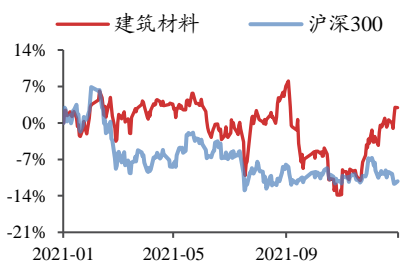
zhangxucheng@kysec.cn

xueleilei@kysec.cn

证书编号：S0790520020003

证书编号：S0790121120050

行业走势图



数据来源：聚源

相关研究报告

● “材料之王”碳纤维各项性能优势显著，适用于诸多领域

碳纤维具有出色的力学性能和化学稳定性，强度高（强度约为钢的10倍）、模量高、密度小（密度为钢的1/5、铝合金的1/2）造就其轻量化的特点。除此之外，碳纤维还具备耐腐蚀、耐疲劳、热膨胀系数小、耐高温、电及热导性高等特点。因为碳纤维拥有超群的综合性能，被誉为“材料之王”。作为现代工业中不可或缺的高科技新型材料，碳纤维被广泛应用于航空航天、新能源装备、汽车、体育用品、交通运输、工程器械、医疗器械、建筑及其结构补强等领域。

● “双碳”背景下，风电、储氢瓶及光伏高速发展驱动碳纤维需求高增

从需求结构来看，2020年我国碳纤维下游需求主要来源于风电叶片以及体育休闲，需求量分别为2、1.46万吨。从需求增速来看，碳碳复材、风电叶片及压力容器这三个领域的需求增速排在前列，同比增速分别为150%、44.93%、33.33%。

“碳中和”顶层设计政策落地，清洁能源发展力度加码，风电、氢能、光伏均迎来发展机遇，将是我国碳纤维需求高速成长的主要驱动力。**风电叶片**：全球海上风电装机规模持续高速增长，叠加 Vestas 拉挤碳板工艺将于2022年7月到期，工艺将会迅速普及，双重利好打开碳纤维需求成长空间。根据《2020全球碳纤维复合材料市场报告》，预计2025年全球风电叶片碳纤维需求量达到9.3万吨，2021-2025年CAGR为25%。**储氢瓶**：各地方政府陆续出台支持氢能产业发展的政策，氢燃料电池汽车是氢能产业下游最重要的示范应用。随着国内IV型瓶技术的突破，将会被广泛应用于氢燃料电池汽车。在燃料电池汽车示范应用政策的推动下，我国氢燃料电池汽车保有量将会逐步增加，从而带动碳纤维需求的大幅提升。根据《2020全球碳纤维复合材料市场报告》，预计2025年全球压力容器碳纤维需求量将达到2.19万吨，2021-2025年CAGR为20%。**碳碳复材**：随着光伏新增装机规模的增长，硅片的需求逐年上升，截至2020年单晶炉的投料量相较于2016年实现翻倍增长，坩埚尺寸也从原来的16-20英寸提高到现在的32-36英寸。坩埚容量的提升对于材料的承载性要求也更高，碳基复材抗折强度超过150MPa，能够承载更大重量，保证了生产安全性，更加契合热场大型化的发展趋势。根据《2020全球碳纤维复合材料市场报告》，预计2025年碳碳复材碳纤维需求量将达到1.86万吨，2021-2025年CAGR为30%。

● 国内企业在技术上取得突破，碳纤维国产替代未来可期

欧美日企业很早就开始研发碳纤维技术，并将技术与产业发展相融合，具备先发优势，占据很大一部分的市场份额，对高端碳纤维的市场更是形成了垄断。由于碳纤维具备战略属性，叠加地缘政治紧张，国外对于碳纤维有一定的限制封锁，随着国内碳纤维企业在生产工艺上取得突破，同时下游需求高速增长，国产替代具备广阔空间。**受益标的**：（1）具备大丝束全套技术的企业：上海石化；（2）国内碳纤维原丝龙头：吉林碳谷、吉林化纤；（3）国内碳纤维生产线整线供应和整线解决方案的企业：精功科技；（4）国内碳纤维龙头：中复神鹰、光威复材、中简科技。

● **风险提示**：海上风电装机不及预期；国内碳纤维企业产能扩建、投产进度不及预期；拉挤工艺研发进度不及预期；原材料价格大幅波动。

目 录

1、碳纤维综合性能超群，被誉为“材料之王”	4
2、需求端：双碳政策刺激下游需求，市场空间具有扩张前景	6
2.1、国内需求结构有别于海外，新能源将是主要驱动力	6
2.2、风电领域：海上风电迎机遇，未来增长空间广阔	8
2.2.1、碳中和顶层设计政策落地，清洁能源发展力度加码	8
2.2.2、全球风电蓬勃发展，海上风电装机量持续高增	11
2.2.3、风电叶片趋于大型化，轻量化需求驱动碳纤维发展	13
2.3、储氢瓶：氢能行业发展带动储氢瓶碳纤维的需求增长	18
2.4、热场材料：光伏发展带动碳碳复材高速增长，对碳纤维有海量需求	20
3、供给端：国内企业技术突破扩建产能，国产替代空间可期	23
3.1、国外企业占据高端产能，国内企业正在奋力	23
3.2、技术取得突破，为碳纤维国产替代奠定基础	25
3.2.1、原丝：碳纤维的核心原材料，直接决定其各项性能指标	25
3.2.2、碳丝：受制于核心生产设备，国内碳纤维在稳定性方面稍有欠缺	28
3.3、下游需求高增，国产碳纤维迎来历史机遇	28
4、投资建议	30
5、风险提示	31

图表目录

图 1：碳纤维综合性能优异，适用于诸多领域	4
图 2：全球角度来看，2020 年碳纤维主要应用领域是风电叶片	7
图 3：在疫情冲击下，2020 年需求同比增速依然为正，展现出碳纤维市场的韧性	7
图 4：2020 年我国碳纤维下游需求主要集中在风电叶片和体育休闲领域	7
图 5：近五年来，我国碳纤维需求保持高速增长，2020 年同比增速高达 28.97%	7
图 6：大型清洁能源基地主要分布于“三北”和西部地区	9
图 7：2020 年全球风电累计装机达 743GW	11
图 8：2020 年单年新增装机突破历史新高，达 93GW	11
图 9：随着陆上富风区逐渐饱和，全球范围的海上风电装机量高速增长	12
图 10：截至 2021 年 11 月我国风电累计装机达 305GW	12
图 11：2021 年 1-11 月国内风电新增装机 24.7GW	12
图 12：截至 2020 年，中国海上风电累计装机规模位列全球第二，达 9.9GW	13
图 13：2020 年中国海上新增装机量已经超越欧洲，占全球海风新增的一半	13
图 14：风电机组占陆上风电建设成本的 70%	13
图 15：风电机组仅占海上风电建设成本的 30%-40%	13
图 16：海上、陆上风电新增机组呈现大型化趋势（MW）	14
图 17：扫风面积与发电量成正比，扫风面积增加一倍可以带来 30%的度电成本降幅	16
图 18：单机功率的提升需要配套更长的风电叶片	16
图 19：碳纤维应用在风电领域的主要工艺	17
图 20：风电叶片大梁采用碳纤维拉挤梁片	17
图 21：未来全球海上风电新增装机预计将逐步放量	18
图 22：全球风电叶片碳纤维需求有望迎来快速增长	18
图 23：丰田 Mirai 汽车采用 75MPa 的 IV 型储氢瓶	20

图 24:	氢燃料电池汽车的推广或将带动碳纤维需求提升	20
图 25:	碳碳复材主要应用于热场部件, 包括坩埚、保温筒、导流筒等	20
图 26:	全球光伏行业高速发展, 新增装机逐年递增	21
图 27:	硅片产量逐年新高, 2021 年预计产出 181GW	21
图 28:	随着坩埚制作工艺、拉棒技术的提升, 单晶炉投料量预计仍有增长空间	22
图 29:	未来光伏新增装机规模预计会持续增长 (GW)	23
图 30:	碳碳热场的高速增长或将带动碳纤维需求的提升	23
图 31:	截至 2020 年碳纤维行业主要市场份额被海外企业占据	24
图 32:	截至 2020 年, 日本东丽收购卓尔泰克, 总产能位列全球第一	24
图 33:	欧美日企业早在上世纪 60 年代开始研发碳纤维, 工艺逐渐成熟, 垄断高性能碳纤维市场	24
图 34:	中国碳纤维行业的发展在上世纪 90 年代出现停滞, 直到新世纪初才开始恢复发展	25
图 35:	碳纤维产业链相对来讲比较长, 各环节均有一定的壁垒	25
图 36:	在清洁室的高度防尘环境下纺制的原丝制造成碳纤维之后拉抗强度最好	26
图 37:	碳纤维原丝的生产工艺包括聚合、制胶、纺丝三个环节	27
图 38:	碳纤维原丝需要经过预氧化、碳化制成碳纤维	28
图 39:	2020 年中国大陆碳纤维运行产能位列全球第二	29
图 40:	当前我国碳纤维以进口为主, 但国产碳纤维需求增速远超进口增速, 说明国内企业在碳纤维生产方面取得突破	29
.....		
表 1:	相较于传统材料, 碳纤维性能具有明显优势	4
表 2:	以聚丙烯腈为原丝制成的碳纤维占据市场主流, 品质优于其他品种	5
表 3:	在应用时碳纤维多是作为增强材料, 主要是看重其优异的力学性能	5
表 4:	应用领域对于性能的要求以及价格的敏感度决定了其使用的丝束类型	6
表 5:	政策助力行业长期发展	8
表 6:	大型清洁能源基地主要是结合储能一体化	9
表 7:	各地方政府在其“十四五”规划中布局规划大基地项目	10
表 8:	全国已有超过 46.34GW 风光大基地项目开工建设	11
表 9:	Vestas V112 相比 V82 原材料用量下降 10% 左右	14
表 10:	风机功率提升速度大于零部件用量增加速度	15
表 11:	单机功率提升至 4.5MW 时, 全投资 IRR 提高 2.4%, 资本金提升 9.25%	15
表 12:	氢能储运主要分为气态储运、液态储运、固态储运及有机液体储运等四种方式	19
表 13:	III、IV 型瓶用碳纤维进行全缠绕, 提升强度的同时能够减轻整体重量	19
表 14:	碳基复材各项指标均优于石墨材料, 是热场材料的最优选择	21
表 15:	碳基复材逐步替代等静压石墨, 渗透率大幅提高	22
表 16:	原丝的质量直接决定了碳丝的性能	26
表 17:	湿法纺丝和干喷湿纺存在较大差异	27
表 18:	部分国内企业在碳纤维生产技术方面取得了重大突破, 国产替代可期	27
表 19:	由于下游需求高增, 我国众多企业着手开展碳纤维原丝、碳纤维及复合材料的产能扩建	30
表 20:	受益标的估值信息表	30

1、碳纤维综合性能超群，被誉为“材料之王”

碳纤维是一种含碳量在 90% 以上的碳主链结构无机纤维，通过高温分解法去除碳以外绝大多数元素，由有机纤维（聚丙烯腈基（PAN）、沥青基、粘胶基纤维等）在 1000℃ 高温以上的惰性气体中裂解碳化制成，其中全球 90% 以上的碳纤维是由 PAN 制成。碳纤维具有出色的力学性能和化学稳定性，强度高（强度约为钢的 10 倍）、模量高、密度小（密度为钢的 1/5、铝合金的 1/2）造就其轻量化的特点。除此之外，碳纤维还具备耐腐蚀、耐疲劳、热膨胀系数小、耐高温、电及热导性高等特点。因为碳纤维拥有超群的综合性能，被誉为“材料之王”和“黑色黄金”。作为现代工业中不可或缺的高科技新型材料，碳纤维被广泛应用于航空航天、新能源装备、汽车、体育用品、交通运输、工程器械、医疗器械、建筑及其结构补强等领域。

表1：相较于传统材料，碳纤维性能具有明显优势

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

资料来源：《PAN 基碳纤维的生产与应用》、开源证券研究所

图1：碳纤维综合性能优异，适用于诸多领域



资料来源：中简科技招股说明书

碳纤维有诸多分类标准，通常按照原丝类型、力学性能、丝束大小这三种维度进行分类。

- **按照原丝类型分类：**（1）沥青基碳纤维：以沥青为原料，提高沥青的使用价值，尺寸稳定性好。沥青基碳纤维与氰酸酯树脂制成的复合材料热膨胀系数小，可以用作人造卫星材料或其他精密材料；（2）粘胶基碳纤维：由含纤维素的粘胶纤维组成，石墨化程度低、导热系数小，适合作为隔热材

料；（3）聚丙烯腈基碳纤维：以聚丙烯腈（PAN）为原料，是所有碳纤维中用途最广、用量最大、性能最好的品种。聚丙烯腈碳纤维占据主流地位，其产量占碳纤维总产量的90%以上。

表2: 以聚丙烯腈为原丝制成的碳纤维占据市场主流，品质优于其他品种

分类	优势	劣势	应用现状
沥青基	原料来源丰富 碳化收率高	原料调制复杂 产品性能较低	目前规模较小
粘胶基	高耐高温性	碳化收率低，技术难度大，设备复杂，成本高	主要用于耐烧蚀材料及隔热材料
聚丙烯腈（PAN）基	成品品质优异 工艺较简单	丙烯腈纯度要求较高	已经成为碳纤维主流

资料来源：光威复材招股说明书、开源证券研究所

- **按照力学性能分为通用型和高性能型：**（1）通用型碳纤维强度一般在1000MPa、模量一般在100GPa左右；（2）高性能型碳纤维还可以细分成高强型、高模量型、超高强度及超高模型。拉伸强度及模量是国际碳纤维的主要分类标准，行业内一般采用日本东丽（TORAY）分类法，而全国纤维增强塑料标准化技术委员会在2020年正式发布了我国的碳纤维分类标准。

表3: 在应用时碳纤维多是作为增强材料，主要是看重其优异的力学性能

按力学性能分类	国家标准牌号	日本东丽牌号	拉伸强度	拉伸模量
			MPa	Gpa
高强型（GQ）	GQ3522	T300	3500~4500	220~260
	GQ4522	T400/T700	4500~5500	220~260
	QZ4526	M35J	4500~5000	260~350
高强中模型（QZ）	QZ5026	T800HB	5000~5500	260~350
	QZ5526	T800SC	5500~6000	260~350
	QZ6026	T1000	6000~6500	260~350
	QZ6526	T1100	6500~7000	260~350
	QZ7026	T1100	7000~7500	260~350
高模型（GM）	GM3035	-	3000~3500	350~400
	QM5535	-	5500~7000	350~400
	QM4035	M40J	4000~5500	350~400
	QM4040	M46J	4000~5500	400~450
高强高模型（QM）	QM4045	M50J	4000~5500	450~500
	QM4050	M55J	4000~5500	500~550
	QM3555	M60J	3500~4000	550~600
	QM3560	-	3500~4000	600~650
	QM3565	-	3500~4000	650~700

资料来源：《聚丙烯腈基碳纤维》（GB/T 26752-2020）、东丽官网、开源证券研究所

- **按照丝束大小分类：**碳纤维可以按照每束含有的纤维数量来划分成小丝束和大丝束。单束纤维数量通常在48K以上的是大丝束碳纤维（1K意味着1束碳纤维

含有 1000 根丝), 因为性能及制备成本相对较低, 也被称为工业级碳纤维, 包括 48K、50K、60K、80K 等, 主要应用于纺织、医药卫生、机电、土木建筑、交通运输和能源等领域; 小丝束碳纤维工艺要求严格, 综合性能更为优异, 但生产成本较高, 也被称为宇航级碳纤维, 一般包括 1K、3K、6K、12K 和 24K 等产品, 主要应用领域包括国防工业、高技术以及体育休闲用品, 如飞机、卫星、高尔夫球杆等。

表4: 应用领域对于性能的要求以及价格的敏感度决定了其使用的丝束类型

应用领域	强度 Gpa	丝束类型	类比牌号	备注
飞机	>3.5	小丝束/中小丝束	T300/T700/T800	主要应用于机身、机翼、整流罩、地板、地板梁等
军工	>3.5	小丝束/中小丝束	T300 以上	运用于装备的不同部位
汽车	>3.5	小丝束-大丝束	T300-T700	主要运用于车身、底盘、保险杠、电池、氢气燃料罐头、等
风电	>3.5	大丝束	T300 以上	主要运用于叶片、梁
轨道交通	>3.5	大丝束	T300 以上	主要为车体
建筑	>3.5	小丝束-大丝束	T300 以上	应用于大型建筑物, 增加建筑物的强度、耐腐蚀性
体育	>3.5	小丝束-大丝束	T300 以上	高于高档体育器材

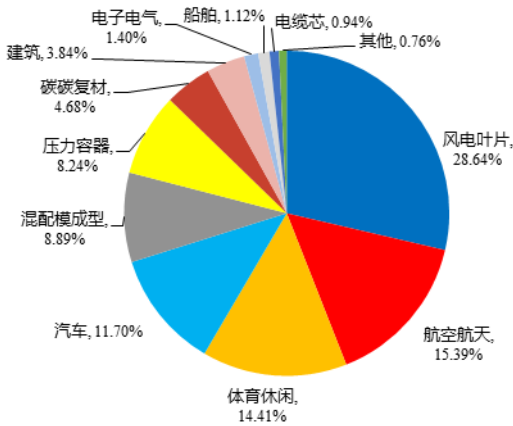
资料来源: 吉林碳谷招股说明书、开源证券研究所

2、需求端：双碳政策刺激下游需求，市场空间具有扩张前景

2.1、国内需求结构有别于海外，新能源将是主要驱动力

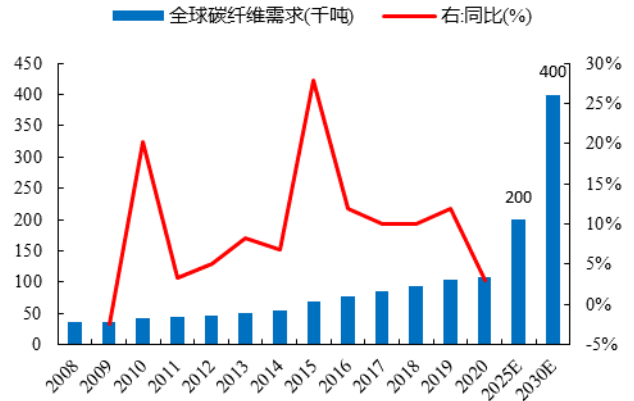
从全球的角度来看, 2020 年全球碳纤维需求总量为 10.69 万吨, 风电叶片、航空航天及体育休闲为碳纤维需求量前三的应用领域, 需求量分别为 3.06、1.65、15.4 万吨。2020 年初, 全球范围内爆发新冠疫情, 对实体经济产生了巨大冲击, 民用航空首当其中。由于疫情影响, 航空公司受到重挫, 考虑到未来近几年旅客数量急剧减少, 随即减少飞机的订单数量, 直接导致碳纤维航空复材的需求急剧下滑, 同比增速为-30%。与此同时, 风电叶片、压力容器、碳碳复合材料(单晶硅热场材料)等应用领域不受疫情的影响, 依然保持了高速增长, 同比增速为 20%、19%、79%。总的来说, 在航空航天、体育休闲等传统应用领域受到疫情影响导致需求大幅下滑之时, 凭借风电叶片、压力容器、碳碳复材等领域的高速增长, 2020 年全球碳纤维需求总量同比增速依然为正, 达到了 3%。未来随着疫情影响边际减弱, 下游需求将会全面开花, 行业空间具有扩张前景, 根据广州赛奥碳纤维《2020 全球碳纤维复合材料市场报告》, 2025 年全球碳纤维需求量预计将会达到 20 万吨, 2020 年-2025 年 CAGR 为 13.36%。

图2: 全球角度来看, 2020年碳纤维主要应用领域是风电叶片



数据来源: 广东赛奥碳纤维、开源证券研究所

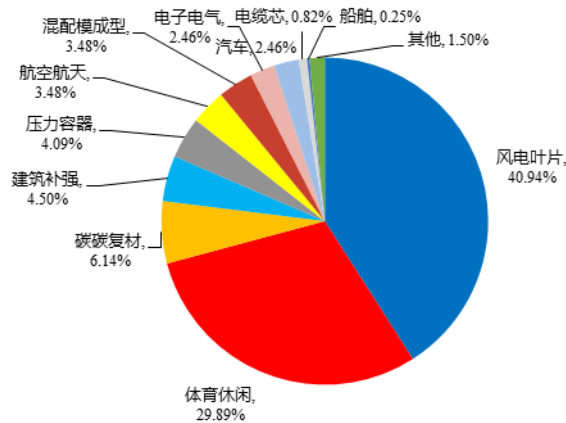
图3: 在疫情冲击下, 2020年需求同比增速依然为正, 展现出碳纤维市场的韧性



数据来源: 广东赛奥碳纤维、开源证券研究所

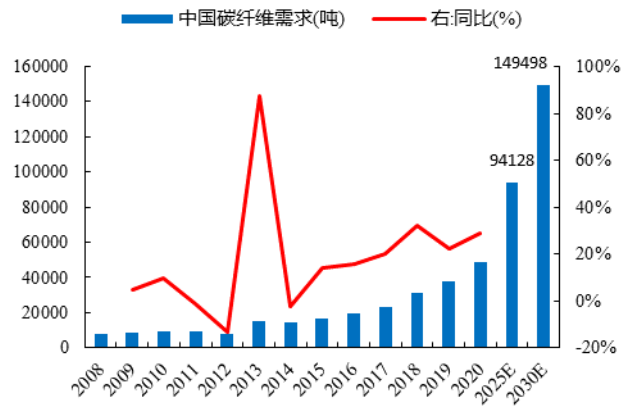
从我国的角度来看, 2020年我国碳纤维需求总量为4.9万吨, 同比增速高达28.97%。尽管2020年年初, 全球都陷入新冠疫情爆发的恐慌当中, 但凭借行之有效的管理措施, 中国率先摆脱疫情, 各项生产经营活动有序恢复, 从而保证了碳纤维下游需求的稳定增长。细分需求结构来看, 2020年我国碳纤维下游需求主要来源于风电叶片以及体育休闲, 需求量分别为2、1.46万吨, 其中风电叶片领域的需求增速达到了44.93%, 贡献主要需求增量。在“2030年碳达峰、2060年碳中和”的“双碳”背景下, 国家将采取强有力的政策, 着手优化能源结构, 提高清洁能源的比重。风电、氢能、光伏均迎来发展机遇, 叶片对于轻量化的要求将是碳纤维需求的关键引擎。由于西方国家加强了高端碳纤维及生产设备对我国的限制, 我国碳纤维在航空航天领域的应用占比仅为3.48%, 现如今民用碳纤维需求高增将会积极推动国内企业实现制造工艺和生产设备的自主化, 进而为今后具备生产高端碳纤维的能力创造先决条件。根据广东赛奥碳纤维《2020全球碳纤维复合材料市场报告》, 2025年中国碳纤维需求总量预计将会达到9.4万吨, 2021年-2025年CAGR为14%, 其中国产供应量将会达到4.6万吨, 2021年-2025年CAGR为20%。

图4: 2020年我国碳纤维下游需求主要集中在风电叶片和体育休闲领域



数据来源: 广东赛奥碳纤维、开源证券研究所

图5: 近五年以来, 我国碳纤维需求保持高速增长, 2020年同比增速高达28.97%



数据来源: 广东赛奥碳纤维、开源证券研究所

2.2、风电领域：海上风电迎机遇，未来增长空间广阔

2.2.1、碳中和顶层设计政策落地，清洁能源发展力度加码

碳达峰具体行动方案出台，清洁能源长期发展目标明确。双碳目标发布以来，关于碳达峰的各种具体政策持续出台，风光等清洁能源长远发展目标明确。2021年10月24日，中共中央、国务院正式印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，要求（1）到2025年，非化石能源消费比重达到20%左右；（2）到2030年，非化石能源消费比重达到25%左右，风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上；（3）到2060年，非化石能源消费比重达到80%以上。2021年10月26日，国务院关于印发《2030年前碳达峰行动方案的通知》，提出坚持陆海并重，推动风电协调快速发展，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地；推进退役风电机组叶片等新兴产业废物循环利用，以及“海上风电+海洋牧场”等低碳农业模式。

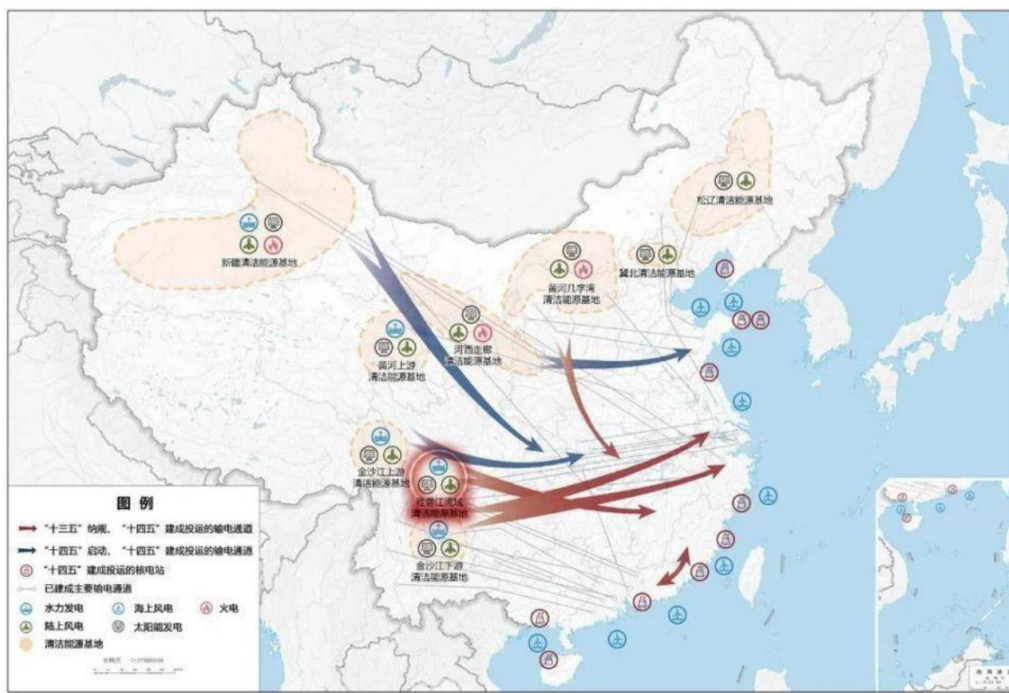
表5：政策助力行业长期发展

时间	部门	文件名	内容
2021年5月11日	国家能源局	《关于2021年风电、光伏发电开发建设有关事项的通知》	提出2021年，全国风电、光伏发电发电量占全社会用电量的比重达到11%左右，确保2025年非化石能源消费占一次能源消费的比重达到20%左右；以非水电最低消纳责任权重为引导制定规模目标。
2021年5月21日	国家发改委	《关于2021年可再生能源电力消纳责任权重及有关工作的通知》	2021年起，每年初发布各省权重，同时印发当年和次年消纳责任权重。
2021年10月20日	国家能源局	《关于积极推动新能源发电项目能并尽并、多发满发有关工作的通知》	提出请各电网企业按照“能并尽并”，“多发满发”原则；并且加大统筹协调力度，加快风电、光伏发电项目配套接网工程建设
2021年10月24日	中共中央、国务院	《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	要求到2025年，非化石能源消费比重达到20%左右；到2030年，非化石能源消费比重达到25%左右，风电、太阳能发电总装机容量达到12亿千瓦以上；到2060年，非化石能源消费比重达到80%以上。
2021年10月26日	国务院	《2030年前碳达峰行动方案的通知》	提出坚持陆海并重，推动风电协调快速发展，完善海上风电产业链，鼓励建设海上风电基地；推进退役风电机组叶片等新兴产业废物循环利用，以及“海上风电+海洋牧场”等低碳农业模式。

资料来源：国家能源局、国家发改委、中国政府网、开源证券研究所

大基地项目规划，托底风光行业发展。“十四五”期间规划九大清洁能源基地和五大海上风电基地，2021年3月公布的《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》提出，要建设九大清洁能源基地和五大海上风电基地。九大清洁能源基地包括金沙江上游、金沙江下游、雅砻江流域、黄河上游、黄河几字湾、河西走廊、新疆、冀北、松辽等清洁能源基地；五大海上风电基地为广东、福建、浙江、江苏、山东等海上风电基地。大基地建设规划将成为“十四五”期间风光新增装机的重要源头。

图6: 大型清洁能源基地主要分布于“三北”和西部地区



资料来源: 国家发改委

表6: 大型清洁能源基地主要是结合储能一体化

基地类型	基地名称	省份
风光储一体化基地	松辽清洁能源基地	黑龙江、吉林、辽宁
	冀北清洁能源基地	河北北部
风光火储一体化基地	黄河几字弯清洁能源基地	内蒙古、宁夏
	河西走廊清洁能源基地	甘肃
	黄河上游清洁能源基地	青海
风光水储一体化基地	金沙江上游清洁能源基地	四川
	雅砻江流域清洁能源基地	贵州
	金沙江下游清洁能源基地	云南
风光水火储一体化基地	新疆清洁能源基地	新疆
海上风电基地	广东海上风电基地	广东
	福建海上风电基地	福建
	浙江海上风电基地	浙江
	江苏海上风电基地	江苏
	山东海上风电基地	山东

资料来源: 中国政府网、solarzoom、开源证券研究所

大基地拉开序幕，百万、千万千瓦基地项目浮出水面。目前九大清洁能源基地和五大海上风电基地所涉及的相关省份均已出台“十四五”期间风电和光伏的规划，不少地区规划了百万千瓦乃至千万的新能源大基地项目。根据北极星太阳能光伏网统计，目前各省（区/市）规划百万千瓦大基地项目 46 个，千万千瓦大基地项目 41 个。

表7: 各地方政府在其“十四五”规划中布局规划大基地项目

基地	地区	“十四五”规划
松辽清洁能源基地	辽宁	大力推动清洁能源建设, 其中风电 3.3GW, 光伏 1.5GW。
	黑龙江	“十四五”时期将启动三大千万千瓦级别能源基地的规划建设: 哈尔滨、绥化综合能源基地; 齐齐哈尔、大庆可再生能源综合应用示范基地; 东部高比例可再生能源外送基地。
	吉林	2025 年新能源装机达 30GW, 2030 年新能源装机达 60GW。推进“陆上风光三峡”、“吉电南送”特高压通道等重大能源项目建设。
冀北清洁能源基地	河北	推进张家口市可再生能源示范区, 张承百万千瓦风电基地和张家口、承德、唐山、沧州、沿太行山区光伏发电应用基地建设。“十四五”期间新增风电、光伏项目规模 20.26GW、32.10GW。
黄河几字弯清洁能源基地	宁夏	建设红寺堡、盐池、中宁、宁东等百万千瓦级光伏基地和贺兰山、麻黄山、香山平价风电基地。“十四五”期间新增 14GW 光伏项目、4.5GW 风电项目。
	内蒙古	“十四五”期间新能源新增并网规模 50GW。
河西走廊清洁能源基地	甘肃	推进酒泉千万千瓦级风电基地、金张武千万千瓦级风光电基地、白银复合型能源基地建设。“十四五”期间风电、光伏总规模新增 26.45GW。
黄河上游清洁能源基地	青海	瞄准 2030 年全省风电、光伏装机 100GW, 清洁能源装机超 140GW 目标, 目前批复了 42GW 的清洁能源多能互补项目。
新疆清洁能源基地	新疆	建成准东千万千瓦级新能源基地、推进建设哈密北千万千瓦级新能源基地和南疆环塔里木千万千瓦级清洁能源供应保障区。
金沙江上游清洁能源基地	四川	建设金沙江上游、金沙江下游、雅砻江流域、大渡河中上游四个风光水一体化可再生能源开发基地, 到 2025 年底, 建成光伏、风电装机容量各 10GW。
雅砻江流域清洁能源基地	贵州	建设毕节、六盘水、安顺、黔西南、黔南等百万千瓦级光伏基地, 到 2025 年发电装机突破 1 亿千瓦。
金沙江下游清洁能源基地	云南	“十四五”期间规划建设 31 个新能源基地, 装机规模为 10.9GW; 建设金沙江下游、澜沧江中下游、红河流域“风光水储一体化”基地以及“风光火储一体化”示范项目新能源装机共 15GW。
广东海上风电基地	广东	“十四五”期间, 粤东千万千瓦级海上风电基地开工建设 1200 万千瓦, 其中建成投产 600 万千瓦; 粤西千万千瓦级海上风电基地开工建设 1000 万千瓦, 其中建成投产 500 万千瓦。
福建海上风电基地	福建	规划福州、漳州、莆田、宁德和平潭所辖海域 17 个风电场, 总规模 13.30GW; 到 2030 年底海上风电装机规模达 3GW。
浙江海上风电基地	浙江	“十四五”期间光伏新增装机 12GW, 其中分布式 5GW, 集中式 7GW; 风电新增装机 4.5GW, 主要为海上风电。
江苏海上风电基地	江苏	“十四五”期间风电装机新增 11GW, 其中海上风电装机新增 8GW; 光伏发电新增 9GW; 到 2025 年底, 风电总装机达 26GW, 光伏总装机达 26GW。
山东海上风电基地	山东	开发渤中、半岛北、半岛南三大片区海上风电资源, 重点打造千万千瓦级海上风电基地, 鲁北盐碱滩涂地风光储一体化基地, 到 2025 年底可再生能源发电装机达 85GW, 其中风电装机达 25GW。

资料来源: solarzoom、开源证券研究所

首批 100GW 风光大基地项目有序开工建设, 预计风光各占一半。2021 年 10 月 12 日, 习总书记在《生物多样性公约》第十五次缔约方大会领导人峰会上的讲话提出, 中国将大力发展可再生能源, 在沙漠、戈壁、荒漠地区加快规划建设大型风电光伏基地项目。目前, 首批 100GW 风光大基地项目已经有序开工, 预计风光各占一半。根据北极星太阳能光伏网统计, 自 2021 年 10 月中旬以来, 全国已有超过 46.34GW 风光大基地项目陆续开工建设, 已公布的总投资达 2068 亿元。

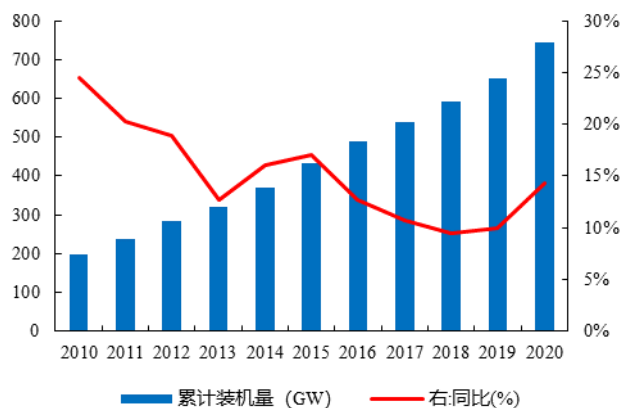
表8: 全国已有超过 46.34GW 风光大基地项目开工建设

省份	开工时间	基地名称	装机规模(万千瓦)	计划投资(亿元)
青海	10月15日	青海海南、海西新能源基地	1090	650
甘肃	10月15日	甘肃省新能源基地项目	1285	700
	10月15日	“陇电入鲁”配套新能源基地首批白银110万千瓦项目	110	
内蒙古	10月16日	蒙西基地库布其200万千瓦光伏治沙项目	200	120
	10月20日	内蒙古大唐托克托200万千瓦外送项目	200	120
	10月25日	金沙江下游大型风电光伏基地(云南侧)	43	
云南	10月下旬	澜沧江流域国家级“风光水储”一体化基地(部分开工)	16	
	11月2日	丽江市2021年第四季度重点项目(新能源+绿氢)	280	
	11月2日	国投大朝山西林业光伏发电项目	30	
宁夏	10月20日	国能宁夏电力公司200万千瓦光伏项目	200	100
安徽	10月22日	阜阳南部120万千瓦风光电项目	120	
广西	10月25日	横州260万千瓦风光储一体化大型基地示范项目	260	128
山东	10月28日	鲁北盐碱滩涂千万千瓦风光储一体化基地	200	90
陕西	10月31日	延安市四季度重点项目暨大型风电光伏基地		
	11月12日	国家大型风电光伏基地陕西省项目	300	160
山西	11月2日	晋中市昔阳300万千瓦风光储一体化新能源基地	300	
吉林	10月28日	吉林“陆上风光三峡”工程		

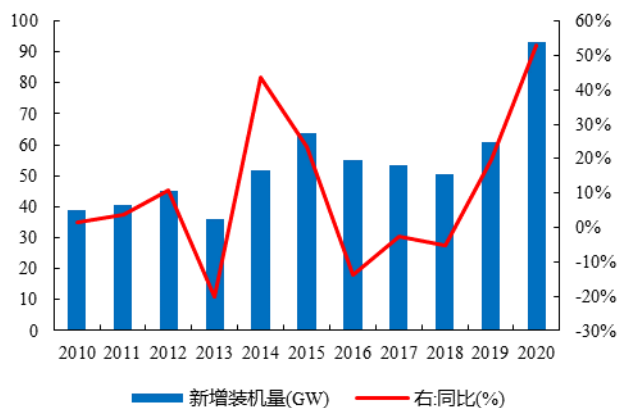
资料来源: 北极星太阳能光伏网、开源证券研究所

2.2.2、全球风电蓬勃发展, 海上风电装机量持续高增

全球风电累计装机规模稳步增长, 海上风电始终维持高速增长。根据全球风能理事会(GWEC)发布的数据, 过去十年间全球风电累计装机规模由2010年的198GW增长至2020年的743GW, CAGR为14%。其中陆上风电累计装机规模为707GW。2020年, 全球风电新增装机规模93GW, 同比增长54%, 新增装机规模创历史新高。近年来, 随着陆上富风区域的逐渐饱和, 海上风电发展迅速, 一直维持较高增速。截至2020年末, 全球海上风电累计装机规模达35GW, 2016-2020年CAGR为24%。

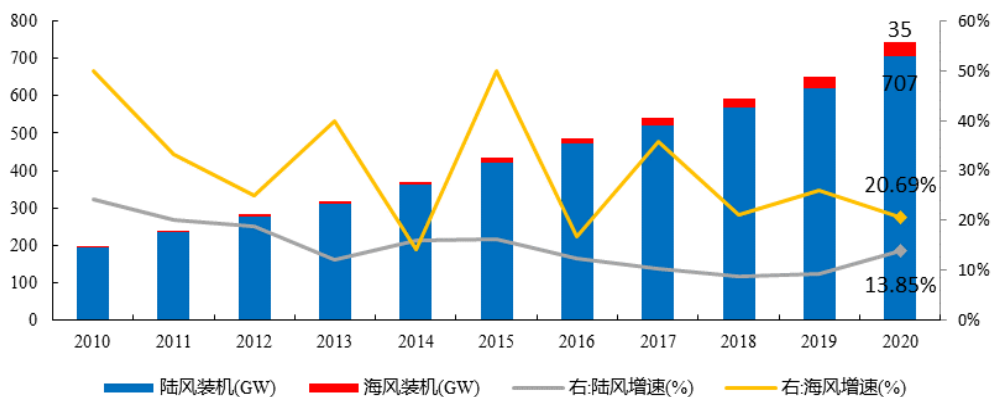
图7: 2020年全球风电累计装机达743GW


数据来源: GWEC、开源证券研究所

图8: 2020年当年新增装机突破历史新高, 达93GW


数据来源: GWEC、开源证券研究所

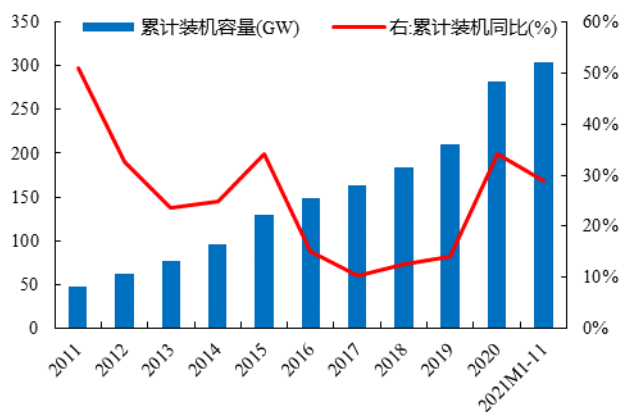
图9: 随着陆上富风区逐渐饱和, 全球范围的海上风电装机量高速增长



数据来源: GWEC、开源证券研究所

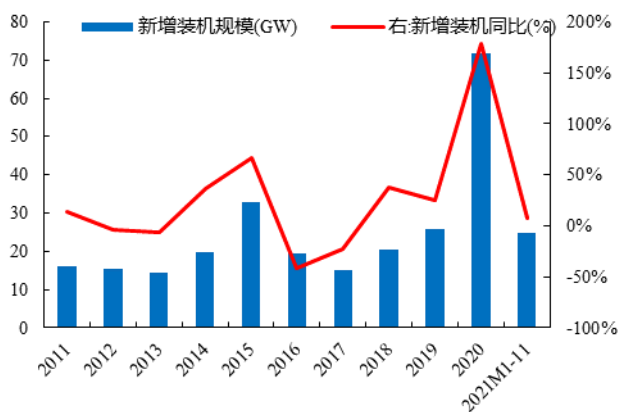
我国风电累计装机规模稳步增长, 海上风电势头迅猛后来居上。根据国家能源局数据, 截至2021年11月, 我国风电累计装机规模为305GW, 2011-2020年的CAGR为22%。经历了2020年陆上风电抢装行情之后, 2021年风电新增装机速度有所放缓。根据国家能源局数据, 2021年1-11月我国风电新增装机容量24.7GW, 同比增长8%。虽然我国海上风电起步较晚, 但近五年来发展势头迅猛, 每年新增装机量都持续刷新记录, 2020年的装机量更是超越欧洲, 占全球新增总量的50.4%。根据国家能源局数据, 截至2021年6月底, 我国海上风电总装机量突破11GW, 与陆上风电一样, 跃居全球首位。

图10: 截至2021年11月我国风电累计装机达305GW



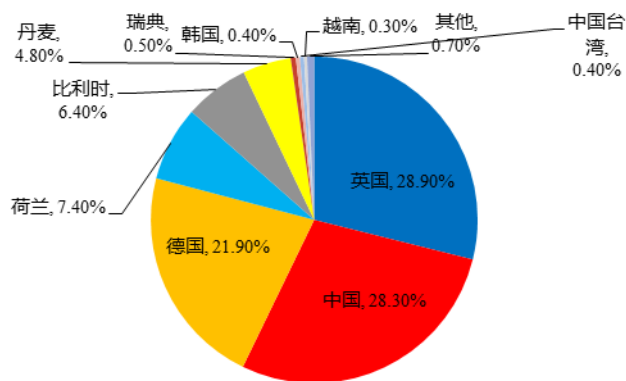
数据来源: 国家能源局、开源证券研究所

图11: 2021年1-11月国内风电新增装机24.7GW



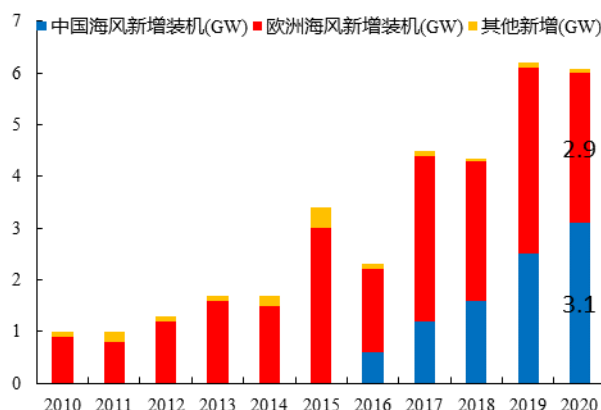
数据来源: 国家能源局、开源证券研究所

图12: 截至 2020 年, 中国海上风电累计装机规模位列全球第二, 达 9.9GW



数据来源: GWEC、开源证券研究所

图13: 2020 年中国海上新增装机量已经超越欧洲, 占全球海风新增的一半

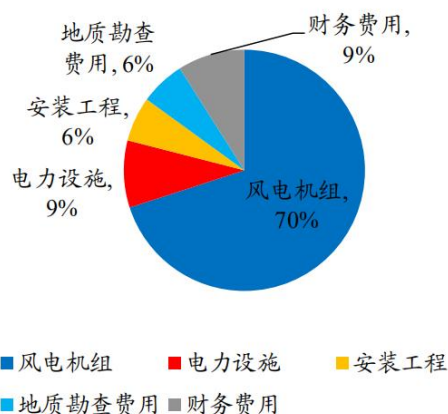


数据来源: GWEC、开源证券研究所

2.2.3、风电叶片趋于大型化, 轻量化需求驱动碳纤维发展

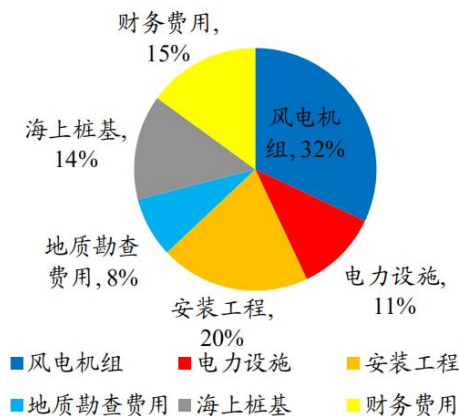
风机的大型化是未来发展的趋势。风电项目建设成本主要来源于风电机组、电力设施和安装工程等环节。根据北极星电力网数据, 风电机组、电力设施和安装工程占陆上风电建设成本的 85%、占海上风电建设成本的 63%。陆上风电建设成本中风电机组占 70-80%, 因此风电机组降本是推动陆上风电项目建设成本降低的关键。海上风电由于其安装和桩基建设的复杂性, 使得风电机组成本只占 30%左右, 而安装和桩基共占 30-40%。因而, 风电机组、安装工程和桩基建设三方面同时降本才能有效推动海上风电项目建设成本降低。由于中央不再对海上风电进行补贴, 降低风电成本及提高经济性势在必行。根据财政部、国家发改委、国家能源局在 2020 年 1 月发布的《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》, 自 2020 年起新增的海上风电项目将不再纳入中央财政补贴范围之内, 而存量项目需要在 2021 年 12 月 31 日前完成全部机组并网才能享受补贴。

图14: 风电机组占陆上风电建设成本的 70%

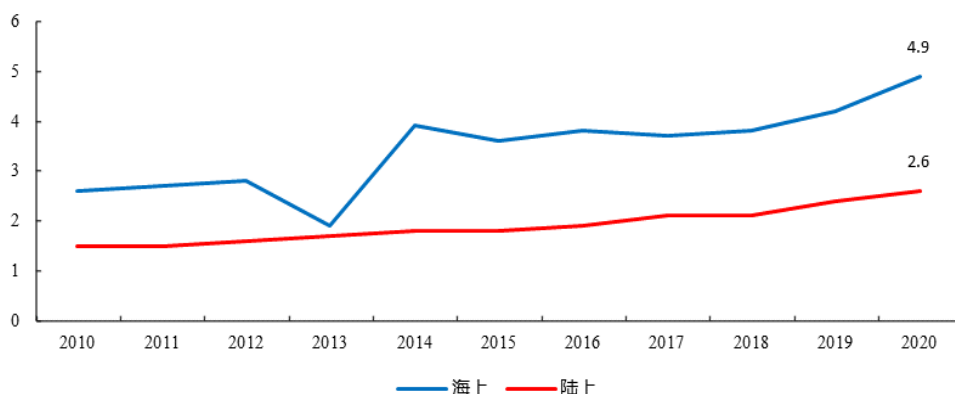


数据来源: 北极星电力网、开源证券研究所

图15: 风电机组仅占海上风电建设成本的 30%-40%



数据来源: 北极星电力网、开源证券研究所

图16: 海上、陆上风电新增机组呈现大型化趋势 (MW)


数据来源: CWEA、开源证券研究所

风机大型化是风电长期降本的有效途径。风电机组功率大型化主要从三方面推动风电长期降本: (1) 降低风机单瓦制造成本; (2) 降低风电场建设成本; (3) 提高风机利用小时数和发电效率, 增加发电量, 从而降低度电成本。

(1) 降低单瓦制造成本: 制造大功率风机时, 功率增加速度要大于零部件用量的增加速度, 从而单瓦成本随着功率的提升而下降。此外, 目前整机企业采用平台化、模块化设计理念, 不同型号的风机许多零部件可以通用, 这样还可以带来规模化降本。例如 Vestas V112 机型相比 V82 机型功率提升了 82%, 而整体材料用量反而下降了 9.7%; 明阳智能 MySE5.0-166 机型相比 MySE2.5-121 机型功率提升了 1 倍, 而关键部件提升只有 20-45%。

表9: Vestas V112 相比 V82 原材料用量下降 10%左右

机型	Vestas V82	Gamesa G8X	Vestas V80	Vestas V112
功率 (MW)	1.65	2	2	3
钢材 (kg/kW)	96.3	82.3	104.7	81.7
玻纤/树脂/塑料 (kg/kW)	18.2	11.1	12.3	16.3
铁/铸铁 (kg/kW)	17.8	16.3	10.3	21.9
铜 (kg/kW)	1.8	1.8	1.4	1.6
铝 (kg/kW)	1.9	0	0.8	1.1
合计 (kg/kW)	135.9	111.4	129.6	122.7
相对 Vestas V82 材料用量变化幅度	/	-18.03%	-4.64%	-9.71%
塔高 (m)	78	67	78	84
叶片直接 (m)	82	80	80	112

数据来源: 《Understanding wind turbine price trends in the U.S. over the past decade》、开源证券研究所

表10: 风机功率提升速度大于零部件用量增加速度

机型	MySE2.5-121	MySE3.0-135	MySE4.0-145	MySE4.0-156	MySE5.0-166	5.0MW 机型相对 2.5MW 机型变化幅度
功率 (MW)	2.5	3	4	4	5	100%
叶轮直径 (m)	121	135	145	156	166	37.19%
叶片重量 (t)	14	14.5	19.7	19.8	20.1	43.57%
叶轮重量 (t)	78	87	106.1	106.4	108.8	39.49%
机舱重量 (t)	83	85	99	99	128.6	54.94%
塔架高度 (m)	85	90	90	100	105	23.53%

数据来源: 明阳智能官网、开源证券研究所

(2) 降低风电场建设成本: 在满足风场总体装机规模的情况下, 风机数量与单机功率成反比。尽管单机功率提升会导致风电机组的成本略有上升, 但是风电机组的成本只占整个风场成本的 40%, 如果风机数量能够减少, 可以有效降低建设成本, 包括平台基础、安装施工等。根据《平价时代风电项目投资特点与趋势》中的数据, 当风机功率由 2.0MW 提升 4.5MW 时, 风电项目静态投资成本降低 14.5%, LCOE 下降 13.6%, 全投资 IRR 增加 2.4pct。

表11: 单机功率提升至 4.5MW 时, 全投资 IRR 提高 2.4%, 资本金提升 9.25%

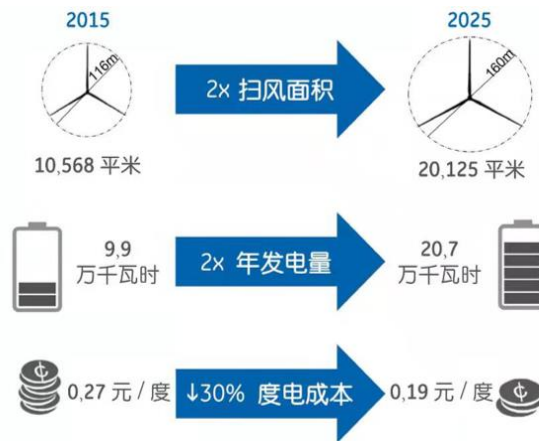
单机容量 (MW)	台数	项目容量 (MW)	静态投资 (元/千瓦)	全投资 IRR	资本金 IRR	LCOE (元/千瓦时)
2.0	50	100	6449	9.28%	18.24%	0.3451
2.2	45	99	6375	9.45%	18.85%	0.3414
2.3	43	99	6279	9.67%	19.66%	0.3366
2.5	40	100	6221	9.82%	20.19%	0.3336
3.0	33	99	6073	10.18%	21.54%	0.3262
4.0	25	100	5767	10.97%	24.63%	0.3108
4.5	22	99	5517	11.68%	27.49%	0.2983

数据来源: 《平价时代风电项目投资特点与趋势》、开源证券研究所

注: 徐燕鹏. 平价时代风电项目投资特点与趋势[J]. 风能, 2021(03):74-78.

(3) 提升发电效率: 通过增加叶片的长度来扩大受风面积, 捕捉更多的风能。在同等风速下, 风机发电量与受风面积成正比。根据 GE《2025 中国风电度电成本》, 扫风面积增加一倍, 可以提高一倍的发电量, 使得度电成本下降 30%。同时, 扫风面积的提升使得超低风速资源也具备了开发价值, 尤其是现在陆上富风区域逐渐饱和和叠加海上风场天气变幻无常, 捕捉低风速资源能够有效提升风力发电的经济性。

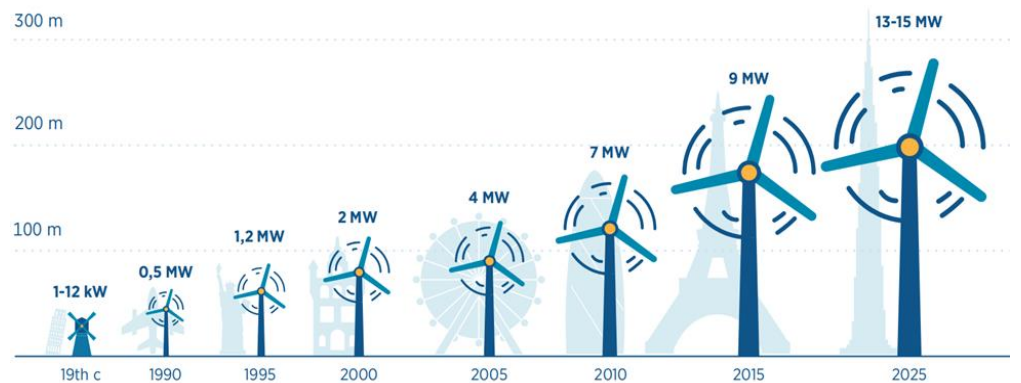
图17: 扫风面积与发电量成正比, 扫风面积增加一倍可以带来 30%的度电成本降幅



资料来源: GE《2025 中国风电度电成本》

叶片大型化对复合材料提出了更高标准, 碳纤维能够满足其要求。近年来, 为了提高风电的经济性, 风电机组单机功率呈上涨态势, 而风电叶片长度与风机功率成正比。大型化风机对于叶片提出了更高的要求, 而碳纤维材料能够满足大型化所需轻量化、高强度、高模量的要求。传统的玻璃纤维叶片在长度超过一定阈值之后, 质量过大导致性能降低, 出现共振扭转等问题。相较于玻纤, 碳纤维的密度小 30%, 强度大 40%, 模量高 3-8 倍。高性能碳纤维复合材料受到平面的冲击力时, 内部纵横交错的碳纤维丝能够有效地分散受力, 避免破裂的发生。兼顾强度、刚度的同时, 材料密度越小单位体积质量越轻。根据中复神鹰招股说明书, 在满足刚度和强度的前提下, 碳纤维比玻璃钢叶片质量轻 30%以上; 当前风轮直径已突破 120m, 叶片重量达 18 吨, 采用碳纤维的 120m 风轮叶片可以有效减少总体自重达 38%, 成本下降 14%, 从而保证风电机组的运行状态和转换效率。

图18: 单机功率的提升需要配套更长的风电叶片



资料来源: IRENA

全球风电巨头 Vestas 专利即将到期, 碳纤维渗透率有望进一步提高。风电叶片主梁所用碳纤维有预浸料、真空灌注、拉挤成型三种工艺。前两种工艺缺点较为明显, 成本高且效率低: 预浸料长期储存需要冷冻环境, 额外增加了叶片的生产成本;

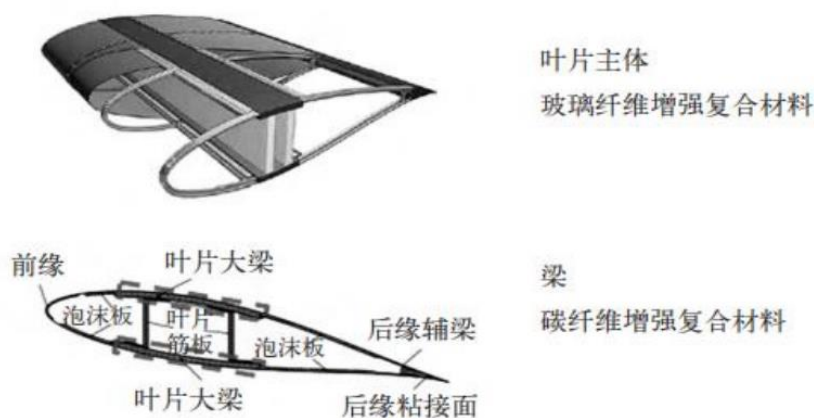
真空灌注是闭模成型工艺，准备工作繁琐，而且真空程度对于材料质量有很大影响。在 2016 年，Vestas 在拉挤碳梁工艺上取得突破，这种工艺的优点为：（1）通过拉挤工艺的生产方式有效提高了纤维体积含量，减轻了主体承载部分的质量；（2）通过标准件的生产模式有效提高了生产效率，保证产品性能的一致性和稳定性；（3）降低了运输成本和最后组装整体成型的生产成本；（4）预浸料和织物都有一定的边角废料，拉挤梁片及整体灌注极少。采用这种设计和工艺制造的碳纤维主梁，兆瓦级的叶片均可使用，扩展了碳纤维的使用范围。Vestas 在 2002 年 7 月向中国、丹麦、欧洲等国家或国际性知识产权局申请了以碳纤维条为主要材料生产风电叶片的相关专利，限制了其他企业使用碳纤维主梁制作叶片。根据 2019 年《国产碳纤维在风电叶片产业中的机会》，维斯塔斯（Vestas）在风电叶片碳纤维领域市占率超过 80%。国内外厂商现已加速布局拉挤法工艺，待专利于 2022 年 7 月到期之后，工艺将会迅速普及，带动风电叶片用碳纤维的成本下降，进而推动渗透率进一步提高。

图19：碳纤维应用在风电领域的主要工艺

	大克重预浸料	碳纤维织物	加固碳板
工艺	压力袋	真空导入	拉挤成型
部位	蒙皮、梁帽、叶根	梁帽	梁帽

资料来源：沈真《国产碳纤维在风电叶片产业中的机会——七论国产碳纤维产业化之路》

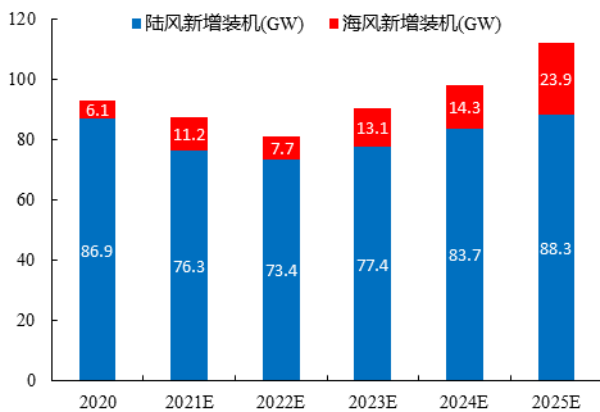
图20：风电叶片大梁采用碳纤维拉挤梁片



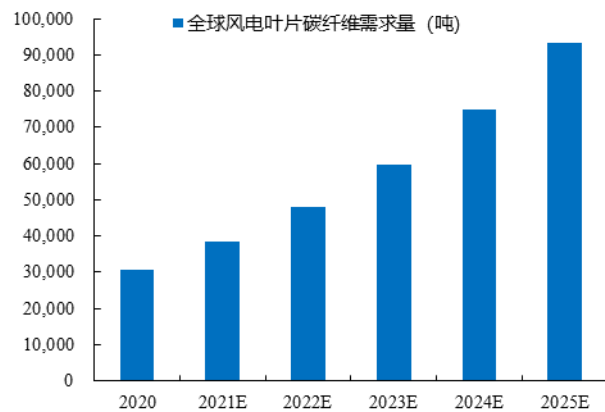
资料来源：沈真《国产碳纤维在风电叶片产业中的机会——七论国产碳纤维产业化之路》

风电装机规模叠加碳纤维渗透率的提升，大丝束需求量有望迎来高速增长。在“双碳”背景下，风电已经成为全球重点发展领域。根据伍德麦肯兹《2020 年全球

风机整机市场份额及未来展望》和广州赛奥《2020 全球碳纤维复合材料市场报告》，2020 年全球新增风电装机容量 103GW，风电叶片用碳纤维的需求量为 3.06 万吨，意味着 1GW 风电装机需要约 297 吨碳纤维。根据中国巨石的数据，1GW 风电装机需用玻纤 1 万吨，可得当前碳纤维渗透率仅为 3% 左右。未来随着拉挤工艺的普及，碳纤维渗透率逐步提高，越来越多的叶片将会使用拉挤碳梁，风电机组单机功率有望进一步提高，海风新增装机将会迎来放量。根据 GWEC 预测，未来中国海上风电蓬勃发展有望带动全球海上风电新增装机量大幅上涨，预计到 2025 年，全球海上风电新增装机规模达 23.9GW，2021-2025 年 CAGR 为 31%。根据广州赛奥碳纤维《2020 全球碳纤维复合材料市场报告》，预计 2025 年全球风电叶片碳纤维需求量达到 9.3 万吨，2021-2025 年 CAGR 为 25%。

图21：未来全球海上风电新增装机预计将逐步放量


数据来源：GWEC、开源证券研究所

图22：全球风电叶片碳纤维需求有望迎来快速增长


数据来源：广州赛奥《2020 全球碳纤维复合材料市场报告》、开源证券研究所

2.3、储氢瓶：氢能行业发展带动储氢瓶碳纤维的需求增长

氢能的储运根据氢或储氢材料形态的不同主要分为气态储运、液态储运、固态储运及有机液体储运等四种方式：（1）气态储运，主要包括近距离运输的高压长管拖车以及长距离运输的管道运输，其中管道运输适用于大规模氢气运输；（2）液态储运，低温液态储氢是将氢气冷冻至零下 252.72℃ 以变为液体加注到绝热容器中进行储运，储运工具主要为用于长距离、大规模运输的液氢槽罐车；（3）固态储运，是以金属氢化物、化学氢化物或纳米材料等作为储氢载体，通过化学吸附和物理吸附的方式进行氢储运，对储运工具并无特殊要求；（4）有机液体储运，是通过加氢反应将氢气固定到芳香族有机化合物并形成稳定的氢有机化合物液体，最终以液体槽罐车进行储运。

高压气态储氢是目前国内主流的储氢方式。在主要的氢储运技术中，最成熟的是高压气态储运，也是现阶段国内最主要的氢储运方式。气态储运常温即可实现快速充放氢，成本较低，因此得到广泛应用，但储氢量较低，且对高压储氢罐存在较高的技术要求。另一方面，管道运输是实现氢气大规模、长距离运输的重要方式，能耗小且成本较低。但类似于天然气管网系统建设，输氢管道建设所需一次性投资较大，基建成本高昂且建设周期较长。相较于欧美国家已相对成熟的输氢管网系统，中国输氢管道建设仍处于起步阶段。而在现有的天然气管网系统中混入氢气是初期

管道输氢的主要探索方向。

表12: 氢能储运主要分为气态储运、液态储运、固态储运及有机液体储运等四种方式

储运方式	运输工具	压力	载氢量	体积储氢 密度	质量储氢 密度	成本	能耗	经济距离	适用场景
单位		MP	kg/车	kg/m ³	wt%	元/kg	kWh/kg	km	
气态储运	长管拖车	20	300-400	14.5	1.1	2.02	1-1.3	<=150	城市内配送
	管道	1-4	-	3.2	-	0.3	0.2	>=500	国际、跨城市与城市内配送
液态储运	液氢槽罐车	0.6	7000	64	14	12.25	15	>=200	国际、规模化、长距离
固体储运	货车	4	300-400	50	1.2	-	10-13.3	<=150	-
有机液体储运	槽罐车	常压	2000	40-50	4	15	-	>=200	国际、规模化、长距离

资料来源: 中国氢能联盟、开源证券研究所

国产 IV 型瓶技术取得突破, 将带动碳纤维需求提升。高压氢气瓶主要分为四个型号: (1) I 型全金属气瓶, (2) II 型金属内胆纤维环向缠绕气瓶, (3) III 型金属内胆纤维全缠绕气瓶, (4) IV 型非金属内胆纤维全缠绕气瓶。其中, I 型、II 型气瓶由于质量过大、储氢密度低, 难以满足氢燃料电池汽车的储氢需求, 主要用于工业、加氢站等固定地点用途。而 III 型、IV 型气瓶采用了纤维全缠绕的方式, 具有质量轻、储氢密度高、安全性高等优点, 已经被广泛应用于车载领域。目前, 国内主要采用 III 型储氢瓶 (35MPa), 相较于国际主流的 IV 型 70MPa 高压储氢瓶仍存在一定的技术差距, 但在 2020 年末我国国产 IV 型瓶技术取得了重大突破。沈阳斯林达安科新技术有限公司生产的 70MPa 氢气瓶, 已经通过型式检验, 各项参数均满足《车用压缩氢气塑料内胆碳纤维全缠绕气瓶》国家标准, 成为国内首家 IV 型瓶通过技术评审的企业。相同体积下, 压力与储氢量成正比, IV 型瓶成为氢燃料电池汽车的首选储氢瓶, 续航里程可以有效提高。根据中科院宁波材料所特种纤维事业部的数据, 氢能商用车携带 4 个储氢瓶, 单个储氢瓶碳纤维用量约 80Kg; 乘用车携带 2 个储氢瓶, 单瓶碳纤维用量为 37.5kg。在燃料电池汽车示范应用政策的推动下, 我国氢燃料电池汽车保有量将会逐步增加, 从而带动碳纤维需求的大幅提升。根据广州赛奥碳纤维《2020 全球碳纤维复合材料市场报告》, 预计 2025 年全球压力容器碳纤维需求量将达到 2.19 万吨, 2021-2025 年 CAGR 为 20%。

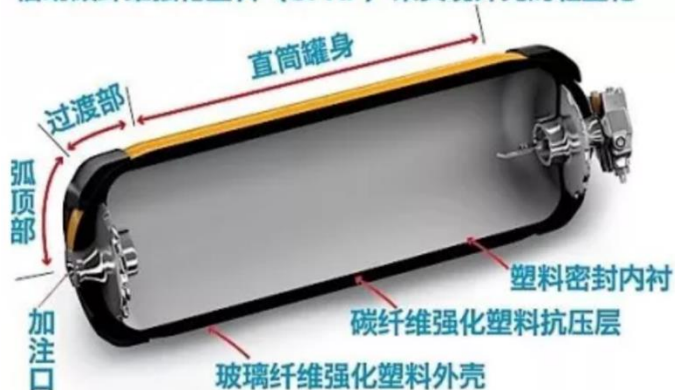
表13: III、IV 型瓶用碳纤维进行全缠绕, 提升强度的同时能够减轻整体重量

型号	I	II	III	IV
制作工艺	纯钢质金属	钢质内胆, 纤维缠绕	铝内胆, 纤维缠绕	塑料内胆, 纤维缠绕
工作压力 (MPa)	17.5-20	26.3-30	30-70	70 以上
介质相容性	有氢脆性、有腐蚀性	有氢脆性、有腐蚀性	有氢脆性、有腐蚀性	有氢脆性、有腐蚀性
产品重容比 (Kg/L)	0.9-1.3	0.6-0.95	0.35-1	0.3-0.8
使用寿命	15 年	15 年	15-20 年	15-20 年
储氢密度 (%)	14.28-17.23	14.28-17.23	40.4	48.8
应用情况	工业、加氢站等固定地点应用	工业、加氢站等固定地点应用	车载应用	车载应用

资料来源: 中科院宁波材料所特种纤维事业部、开源证券研究所

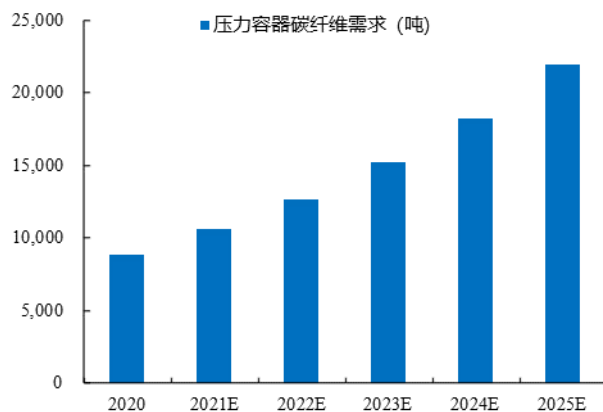
图23: 丰田 Mirai 汽车采用 75MPa 的 IV 型储氢瓶

借助碳纤维增强塑料 (CFRP) 来实现外壳的轻量化



资料来源: 丰田汽车

图24: 氢燃料电池汽车的推广或将带动碳纤维需求提升

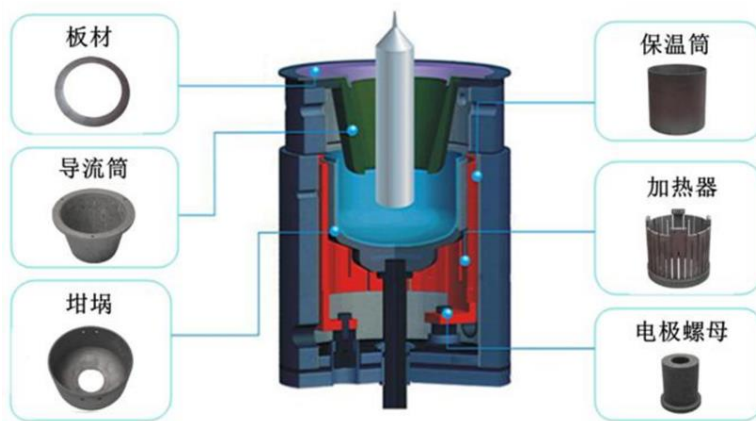


数据来源: 广州赛奥《2020 全球碳纤维复合材料市场报告》、开源证券研究所

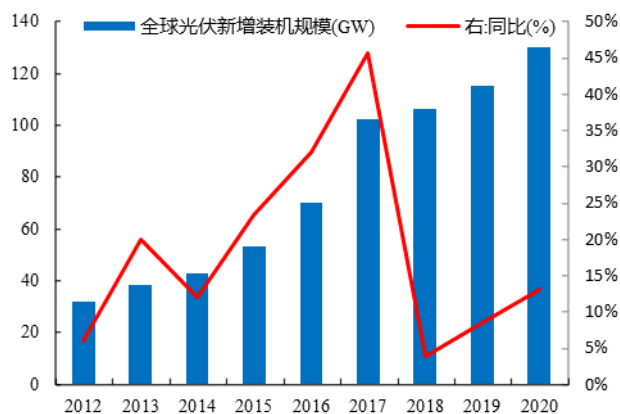
2.4、热场材料: 光伏发展带动碳碳复材高速增长, 对碳纤维有海量需求

碳碳复材是碳纤维及其织物增强的碳基体复合材料, 除了继承碳纤维的高性能以外, 还具备抗热冲击性能好、尺寸稳定性高等优点, 力学特性随着温度升高而增大, 是目前唯一能在 2200℃ 以上保持高温强度的复合材料, 主要应用于刹车盘、航天部件以及热场部件三个领域。近年来, 前两个应用领域发展平稳, 热场部件的需求则是受到光伏行业高速发展的拉动。

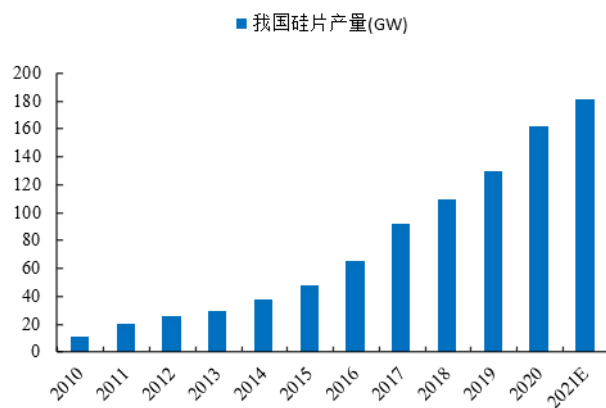
图25: 碳碳复材主要应用于热场部件, 包括坩埚、保温筒、导流筒等



资料来源: 金博股份招股说明书

图26: 全球光伏行业高速发展, 新增装机逐年递增


数据来源: CPIA、开源证券研究所

图27: 硅片产量逐年新高, 2021年预计产出181GW


数据来源: CPIA、开源证券研究所

碳基复材性能优于石墨, 能够契合光伏发展趋势。热场是硅片拉晶过程中的耗材, 主要用于单晶硅炉内的坩埚、导流筒、保温筒、加热器等部件。为融化硅料, 需要温度达到 1600℃ 以上, 要求热场材料要有较好的耐热性能, 因此长期以来热场材料都以等静压石墨为主, 碳基复材为辅。随着光伏新增装机规模的增长, 硅片的需求逐年上升, 单晶炉的投料量也从 2016 年的 300kg 提升至 2020 年的 1900kg, 坩埚尺寸也从原来的 16-20 英寸提高到现在的 32-36 英寸。坩埚容量的提升对于材料的承载性要求也更高, 等静压石墨是由石墨颗粒压制成型的脆性材料, 而碳基复材抗折强度超过 150MPa, 能够承载更大重量, 保证了生产安全性, 同时使用寿命也更长, 更加契合热场大型化的发展趋势。随着坩埚制作工艺、拉棒技术的提升, 单晶炉投料量仍具备成长空间, 碳碳热场则是硅片企业必须的生产设备。

表14: 碳基复材各项指标均优于石墨材料, 是热场材料的最优选择

指标	金博股份	西格里	东洋碳素
原材料	碳基复合材料	等静压石墨	等静压石墨
抗折强度 (MPa)	≥ 150	45-50	38-60
导热系数(W/(m*K))	7.9	100	80-140
灰分 (ppm)	85	<200	<200

资料来源: 金博股份招股说明书、开源证券研究所

图28: 随着坩埚制作工艺、拉棒技术的提升, 单晶炉投料量预计仍有增长空间

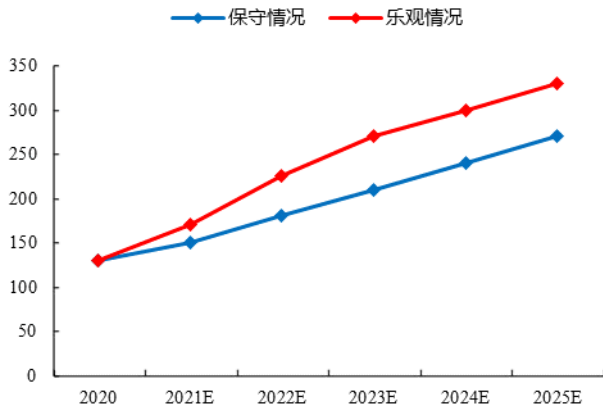

数据来源: CPIA、开源证券研究所

国产碳基复材逐步替代进口高纯度石墨, 光伏持续高增将带动碳纤维需求大幅提升。早期, 国内硅片企业的热场材料主要依靠从德国西格里、日本东洋碳素进口高纯、高强等静压石墨, 不仅供货周期长, 而且成本较高。2016年伊始, 金博股份和西安超码等企业实现了碳基复材的低成本、规模化生产, 国内硅片企业逐步转向使用国产碳碳热场。根据金博股份的招股说明书, 碳基复材渗透率从2010年的10%以下提高至2019年的50%以上。“碳中和”时代来临, 光伏发电作为清洁能源, 是全球重点发展的领域, 未来光伏新增装机规模预计维持较高的增速, 硅片企业对碳碳热场的需求有望继续高速增长。根据《2020全球碳纤维复合材料市场报告》, 预计2025年碳碳复材碳纤维需求量将达到1.86万吨, 2021-2025年CAGR为30%。

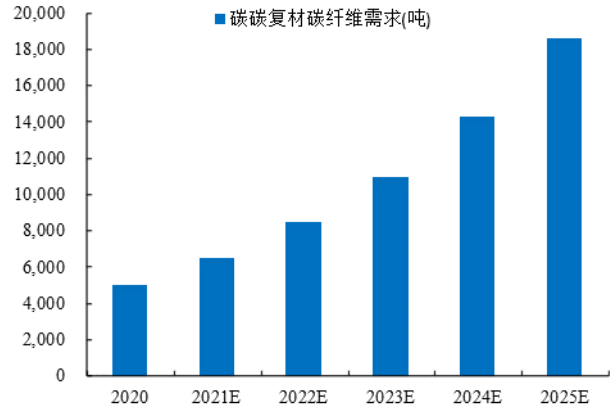
表15: 碳基复材逐步替代等静压石墨, 渗透率大幅提高

年份	2010年		2016年		2019年	
	碳基复材	等静压石墨	碳基复材	等静压石墨	碳基复材	等静压石墨
坩埚	<10%	>90%	>50%	<50%	>85%	<15%
导流筒	<10%	>90%	<30%	>70%	>55%	<45%
保温筒	<10%	>90%	<30%	>70%	>45%	<55%
加热器	<1%	>99%	<3%	>97%	<5%	>95%
其他	<5%	>95%	<20%	>80%	<35%	>65%

资料来源: 金博股份招股说明书、开源证券研究所

图29：未来光伏新增装机规模预计会持续增长（GW）


数据来源：CPIA、开源证券研究所

图30：碳碳热场的高速增长或将带动碳纤维需求的提升


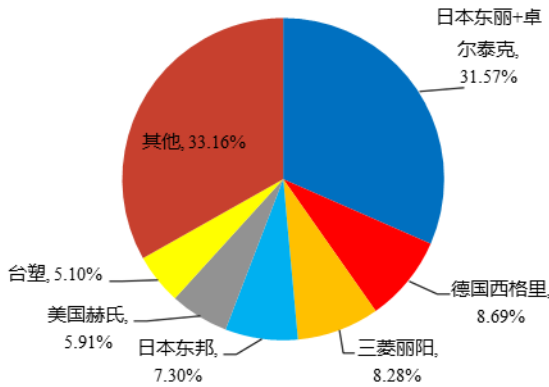
数据来源：广州赛奥碳纤维、开源证券研究所

3、供给端：国内企业技术突破扩建产能，国产替代空间可期

3.1、国外企业占据高端产能，国内企业正在奋力

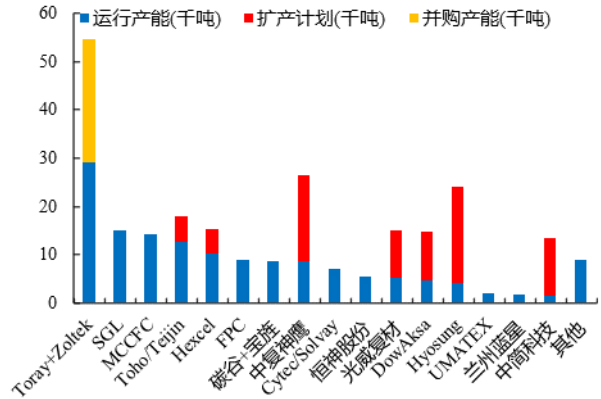
欧美日企业具有先发优势，碳纤维生产工艺已非常成熟。1959年日本大阪工业试验所成功发明了PAN基碳纤维的制备技术，由此揭开了全球碳纤维产业发展的序幕。国际上PAN基碳纤维的生产于上世纪60年开始起步，日本、英国是最先开启实验室研发碳纤维，而美国于当时专注攻克粘胶基碳纤维，所以在此方面发展稍晚一步。进入70年代，日、英、美三国企业开始频繁合作，开始工程化技术的研发以及应用领域的开拓，成功将碳纤维应用在高尔夫球杆、钓鱼竿等方面，同时碳纤维复合材料在航天航空结构上也取得突破，还实现了批量生产。90年代开始，碳纤维产业发展提速，行业正式进入了工业化时代，单线产能突破千吨/年。日本东丽公司作为行业翘楚，早在当时就基本完成了现有绝大部分产品型号的研发和生产，包括初期的T300、中期的T800和T1000、末期的M60J。进入21世纪之后，碳纤维的应用不再仅限于军工和宇航，风电、汽车等领域的应用也在不断扩大。总的来说，由于欧美日企业很早就开始研发碳纤维技术，并将技术与产业发展相融合，具备先发优势，占据很大一部分的市场份额，对高端碳纤维的市场更是形成了垄断。目前，世界碳纤维技术主要由日本企业掌握，其生产的碳纤维无论是质量还是数量均处于世界领先地位。日本的三家碳纤维企业（东丽、东邦、三菱）占据全球PAN基碳纤维约50%的市场份额，日本东丽则是全球高性能碳纤维的龙头企业。

图31: 截至 2020 年碳纤维行业主要市场份额被海外企业占据



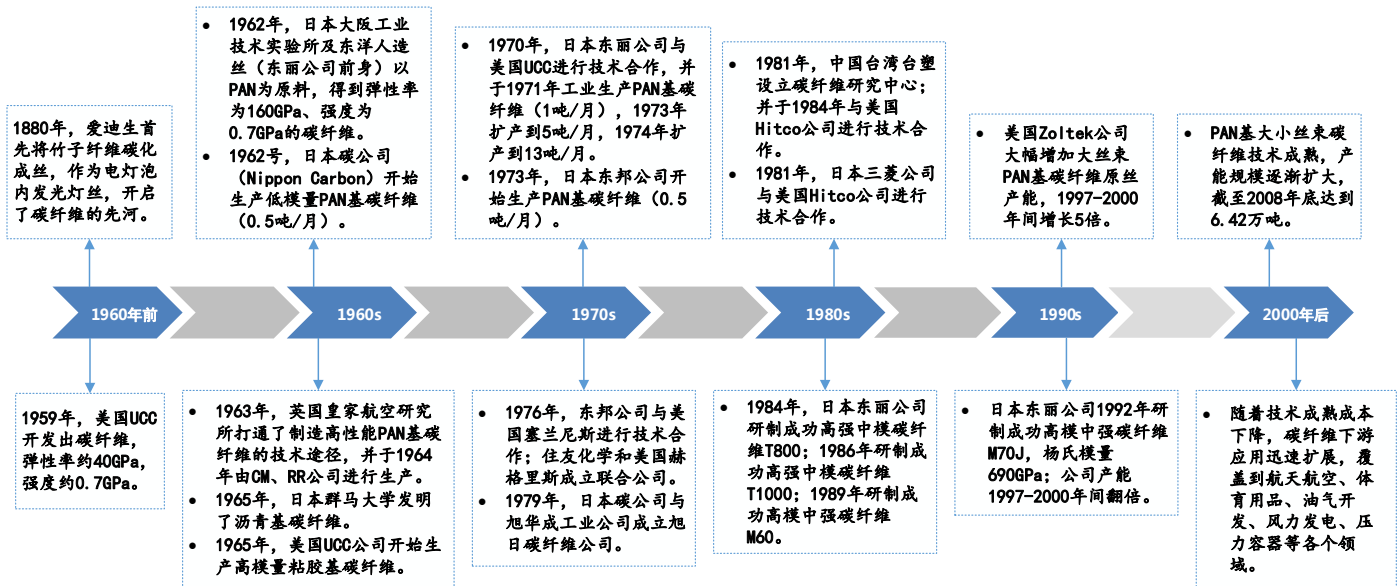
数据来源: 广州赛奥碳纤维、开源证券研究所

图32: 截至 2020 年, 日本东丽收购卓尔泰克, 总产能位列全球第一



数据来源: 广州赛奥碳纤维、开源证券研究所

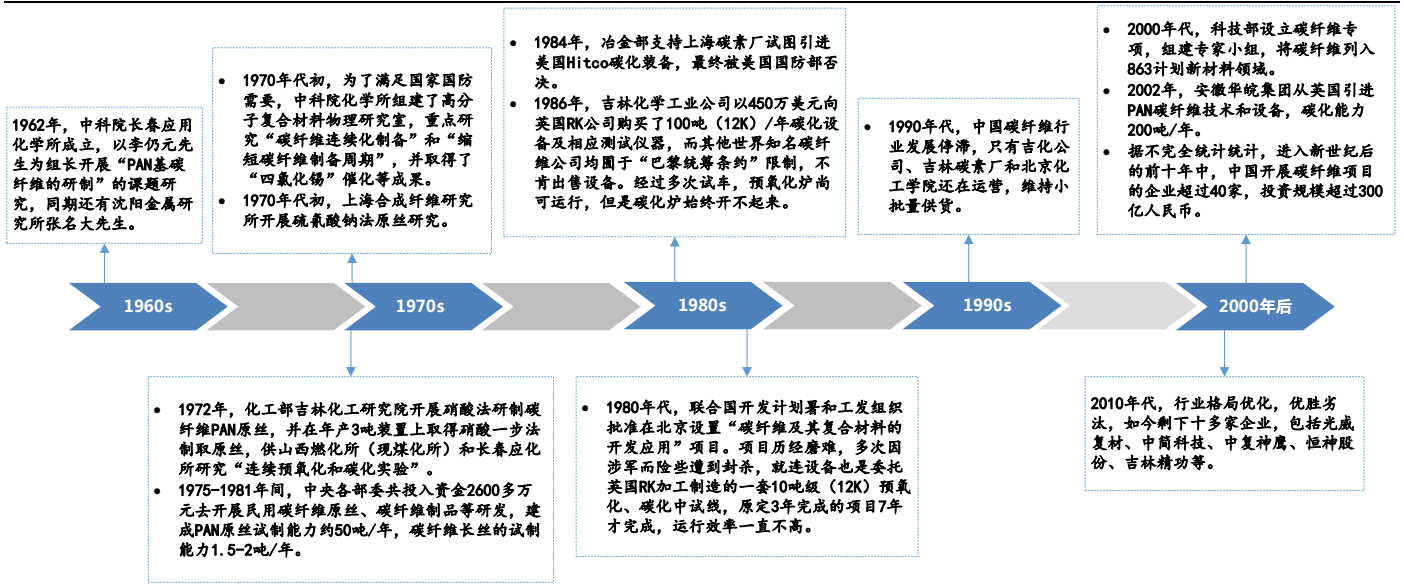
图33: 欧美日企业早在上世纪 60 年代开始研发碳纤维, 工艺逐渐成熟, 垄断高性能碳纤维市场



资料来源: 光威复材招股说明书、开源证券研究所

国内发展稍有停滞, 如今积极发展有望缩小差距。我国 PAN 基碳纤维的研究可以追溯到 1962 年, 与日本同时起步。由于国外知名碳纤维企业囿于“巴黎统筹条约”的限制, 不愿出售相关的生产设备, 仅有英国 RK 公司愿意出售极小产量的中试线, 中国碳纤维行业于上世纪 90 年代一直处于停滞状态, 直到进入新世纪之后, 科技部设立碳纤维专项, 将碳纤维列入 863 计划新材料领域, 才算是恢复发展。2008 年, 以国有企业为主的大量工业企业涌入碳纤维行业, 但大多企业在一些关键技术上毫无突破, 生产线运行效率较低且产品质量不稳定。2010 年开始, 碳纤维行业格局发生优化, 优胜劣汰, 从原先的 40 多家企业减少到了十多家企业。随着下游应用的拓展, 碳纤维的需求逐步提升, 倒逼上游企业开始大力发展, 一些企业在工业级大丝束碳纤维的生产工艺上取得突破, 具备产业链自主化能力的产品类型。

图34: 中国碳纤维行业的发展在上世纪 90 年代出现停滞, 直到新世纪初才开始恢复发展

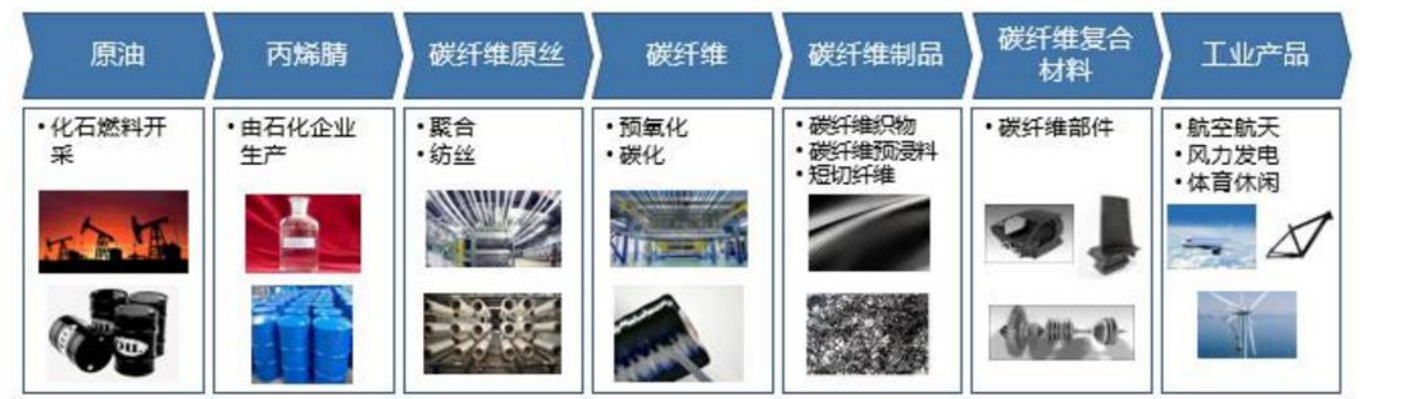


资料来源: 广州赛奥碳纤维、开源证券研究所

3.2、技术取得突破, 为碳纤维国产替代奠定基础

完整的碳纤维产业链包含从原油到终端应用的制造过程。上游企业从石油、天然气等化石燃料中制取丙烯, 并经过氨氧化得到丙烯腈。丙烯腈通过聚合制成纺丝原液, 然后纺丝成型得到聚丙烯腈(PAN)原丝。原丝需要经过多段氧化炉制成预氧丝, 随后在氮气的保护下经过低温和高温碳化后得到碳纤维。碳纤维可以制成碳纤维织物和碳纤维预浸料, 也可以与树脂、陶瓷等材料相结合制成碳纤维复合材料, 最后由各种成型工艺得到下游应用需要的最终成品。

图35: 碳纤维产业链相对来讲比较长, 各环节均有一定的壁垒



资料来源: 吉林碳谷招股说明书

3.2.1、原丝: 碳纤维的核心原材料, 直接决定其各项性能指标

原丝制备是碳纤维产业链的核心环节。碳纤维原丝的质量和成本很大程度上决定了碳纤维的性能和成本, PAN原丝需要经过预氧化、碳化转化成碳纤维, 这是一个复杂的过程, 碳纤维的缺陷主要源于各环节的误差, 其中90%的缺陷是从原丝遗

传而来。如果原丝的分子结构和聚集态结构存在不同程度的缺陷，将会对碳纤维的质量和性能造成严重的影响。碳纤维的强度显著依赖于原丝的微观形态结构及致密性，线密度越低，原丝中存在的缺陷越少，提高均一性有助于获取高强度的碳纤维。

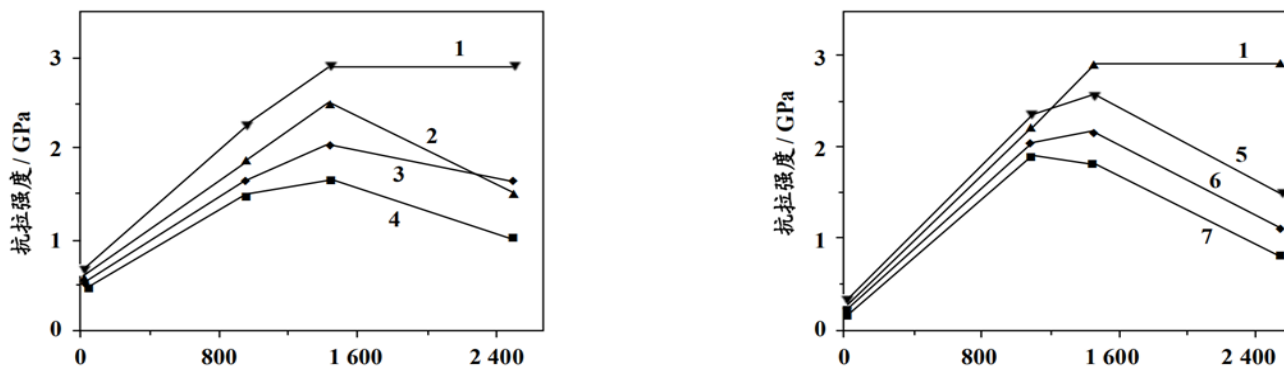
表16: 原丝的质量直接决定了碳丝的性能

参数指标	原丝 A	原丝 B	参数指标	碳丝 A	碳丝 B
线密度(dtex)	1.26	1.08	体密度(g/cm ³)	1.754	1.761
声速取向因子	0.853	0.904	线密度(g/m)	0.0575	0.0543
结晶度(%)	40.7	44.7	结晶度(%)	49.6	56.5
断裂伸长(%)	22.8	15.4	拉伸强度(Gpa)	2.59	2.71
强度(cNdtex-1)	7	7.8	碳元素含量(%)	92.66	93.22

数据来源：《PAN 原丝性能对比及对碳纤维性能的影响研究》、开源证券研究所

注：侯爱玲,陈惠芳.PAN 原丝性能对比及对碳纤维性能的影响研究[J].化工新型材料,2005(07):4-6.

图36: 在清洁室的高度防尘环境下纺制的原丝制造成碳纤维之后拉抗强度最好



1 - 过滤与清洁室；2 - 过滤与普通室；3 - 未过滤与清洁室；4 - 未过滤与普通室；5 - 炭黑污染；6 - SiO₂ 污染；7 - Fe₂O₃ 污染

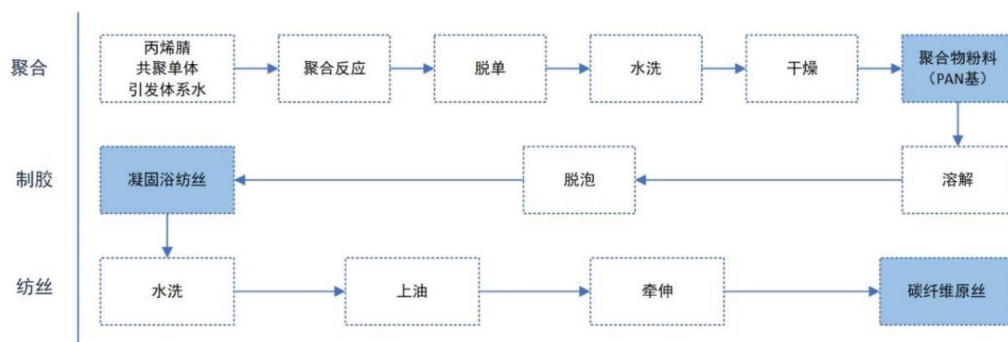
资料来源：《PAN 原丝性能对碳纤维强度影响的探讨》

注：孙金峰,陈杰,刘伟凌,朱伟平,吴永兴.PAN 原丝性能对碳纤维强度影响的探讨[J].高科技纤维与应用,2006(02):37-41+46.

原丝制备的技术壁垒和工艺差别主要在纺丝环节。碳纤维原丝的工艺主要包含聚合、制胶、纺丝三个过程。经过长期的技术研究与工程化实践，碳纤维行业主要形成了两种纺丝工艺：湿法纺丝和干喷湿法纺丝。干喷湿纺和湿法纺丝这两种工艺存在较大差异：(1)湿法纺丝更适合制备大丝束：高温的纺丝液从喷丝头出来之后，直接进入了温度较低的溶剂里会更容易冷却和凝固下来，凝固之后更利于大丝束的纺丝，但在凝固之后还需要进行拉伸，表面容易起皮，所以大丝束碳纤维的强度相较于小丝束会差一些。(2)干喷湿纺工艺有效结合了干法和湿法，在纺丝速度和原丝性能方面均具有明显优势，适合制备小丝束：相较于湿法纺丝，干喷湿纺的喷丝头不会直接浸入凝固浴，喷头温度可以独立精准控制，纺丝液由喷丝版喷出之后在进入凝固浴前会经过一段空气层，纺丝液在空气层中会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。干喷湿纺制成的原丝结构相较于湿纺工艺更为均匀致密，截面更容易圆滑，从而提高力学性能。干喷湿纺工艺的难度较大，目前世界上也仅有少部分企业掌握了该工艺，并且已经生产出了成熟的系列产品。

国际上日本东丽和美国赫氏率先实现了干喷湿纺工艺的突破，而国内中复神鹰于2013年取得突破，恒神股份于2014年建成干喷湿纺的生产线，光威复材于2019年通过了T700级别碳纤维干喷湿纺产业化制备项目的鉴定，发展速度较快，未来可期。

图37: 碳纤维原丝的生产工艺包括聚合、制胶、纺丝三个环节



资料来源：吉林碳谷招股说明书

表17: 湿法纺丝和干喷湿纺存在较大差异

项目	湿法纺丝	干喷湿纺
喷丝孔直径	小, 0.05-0.075mm	大, 0.1-0.3mm
纺丝液	中、低分子量和固含量	高分子量, 高固含量, 高粘度
牵伸率	喷丝后为负牵伸, 一般负率 20%-50%	喷丝后为正牵伸, 一般正率 100%-400%
纺速	纺丝速度慢, 一般 80m/min 左右	纺丝速度快, 可在 300m/min 左右
纤维	纤维表面有沟槽, 体密度一般	纤维表面光亮平滑, 纤维致密, 密度较高
纺丝温度	纺丝温度较高, 一般为 50-70 度	纺丝温度较低, 一般为 40-45 度

资料来源：光威复材招股说明书、开源证券研究所

表18: 部分国内企业在碳纤维生产技术方面取得了重大突破, 国产替代可期

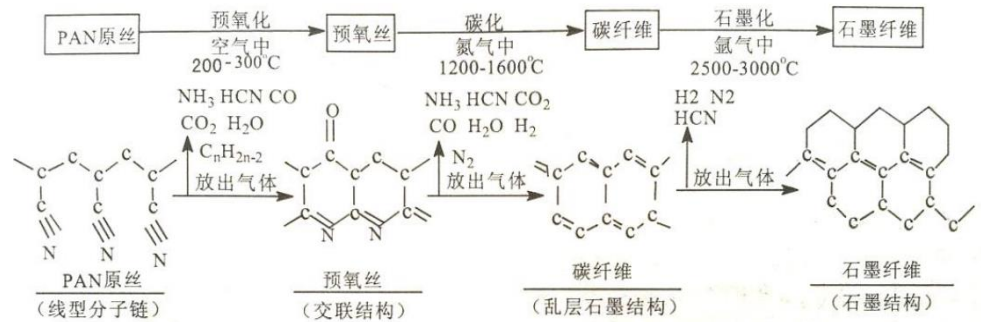
年份	机构	技术进展
2013	中简科技	研制出高模型 M40J 级石墨纤维
2015	中简科技	研制出 ZT9 系列 (T1000、T1100 级别)
2016	中科院	率先实现国产 M55J 制备技术的重大突破, 于同年 9 月进行技术验证, 获取高强高模碳纤维 (拉伸强度 4.15GPa, 585GPa)
2017	中简科技	实现 M55J 和 M60J 高强高模碳纤维制备技术的突破, 后续进行工程化、规模化验证
2017	中复神鹰	实现干喷湿纺千吨级 SYT55 (T800 级别) 产业级技术
2018	吉林碳谷	实现 48K 碳纤维原丝聚合、纺丝工艺技术的突破, 开发出千吨级 48K 碳纤维原丝技术包, 生产出的 48K 碳纤维拉伸强度达到 4000MPa, 拉伸模量达到 240GPa
2018	上海石化	实现大丝束碳纤维的聚合、纺丝、氧化碳化工艺技术的突破, 开发出千吨级 PAN 基 48K 碳纤维成套技术工艺包的技术基础, 后续试制出 48K 碳纤维且成功实现工艺流程的贯通
2019	中复神鹰	实现 T1100 级别碳纤维聚合技术的突破, 聚合物分子量和聚合液性能达到目标
2020	兰州蓝星	突破 50K 碳纤维产品, 建成 50K 大丝束碳纤维的千吨级生产线。单线原丝产能达 4000 吨、碳纤维产能达 1500 吨, 产品性能达到 GQ3522 水平, 可以满足碳纤维预浸料的制备要求

资料来源：各公司公告、开源证券研究所

3.2.2、碳丝：受制于核心生产设备，国内碳纤维在稳定性方面稍有欠缺

碳化环节壁垒较高，国产核心装备与世界领先水平仍有差距。碳纤维原丝经过多段氧化炉在空气气氛下反应得到预氧丝；预氧丝在氮气保护下，分别经过低温碳化、高温碳化得到碳丝；随后经表面处理后进行上浆，最后烘干得到碳纤维成品。预氧化是原丝到碳纤维过程中比较重要且耗时较长的一个阶段，在预氧化过程中，温度是重要的影响因素，期间发生的环化、脱氢、芳构化、氧化、交联等反应可导致热氧稳定化纤维共轭梯形结构的形成，保证其在后续高温炭化过程中不会熔融，对最终碳纤维的结构形成和性能起着决定性的作用。一般预氧化时间短，外表皮层结构较薄；时间加长之后皮层会逐渐加厚。热风循环系统是工业预氧化炉中最具技术含量的部分，该系统能够直接形成预氧化炉内部的等温区域，对炉体内部工作空间的温度均匀性起到了决定性的作用。原丝预氧化是一个放热的过程，在预氧化过程中会伴随大量热量的产生，如果热量不能及时转移散发出去，会造成蓄热和局部过热，从而影响纤维的氧化均一性，甚至会造成纤维烧断或起火燃烧。当前，我国企业制造的预氧化炉在相关指标方面与国际领先水平有着不小的差距，这也是制约我国高性能碳纤维发展的主要原因。

图38：碳纤维原丝需要经过预氧化、碳化制成碳纤维



资料来源：光威复材招股说明书

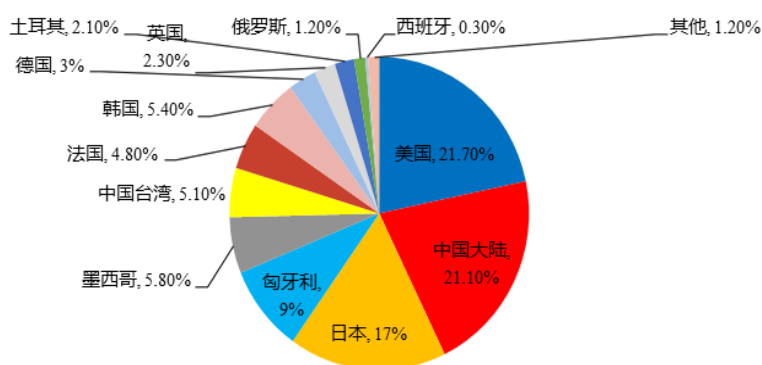
部分企业实现突破，碳纤维国产替代可期。碳纤维的制备工艺流程复杂，涉及的工艺参数较多，掌握这些工艺参数往往需要经过长时间的积累。碳纤维属于战略物资，国外对中国有一定程度的封锁，氧化炉和碳化炉很难从国外知名企业直接购买，尤其是军工领域。随着我国在碳纤维领域取得突破，包括精功科技在高质量的碳纤维整线设备实现自主生产，国外对我国生产工业级（民用）碳纤维的企业不再实施封锁禁售。根据精功科技公告，公司向吉林国兴碳纤维有限公司出售4条2500吨的生产线，售价共计6.5亿元。由此可见，国内企业已经具备生产千吨级的碳纤维整线设备，而且相较于进口设备，国产设备成本更低，未来民用碳纤维国产替代化有望加速。

3.3、下游需求高增，国产碳纤维迎来历史机遇

中国运行产能迅速攀升，未来碳纤维国产率有望逐步提高。2020年，全球碳纤维运行产能为17.17万吨，同比增长10.81%。其中，中国大陆碳纤维运行产能为3.62万吨，同比增长34.64%，增速明显快于全球，以至于中国大陆运行产能已经升至全

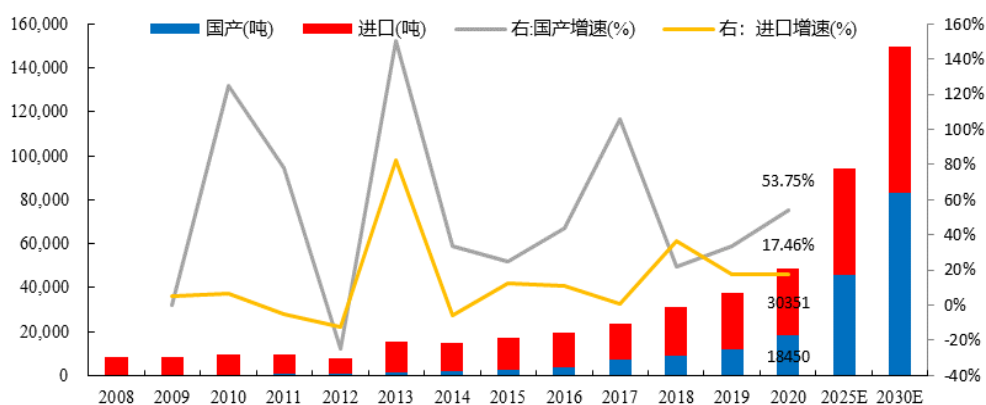
球第二位。细分供应来源来看，2020年国产碳纤维供应量为1.85万吨，进口碳纤维3.04万吨，同比增速分别为53.75%、17.46%。虽然当前我国碳纤维主要依靠进口，但是国产碳纤维连续三年保持了20%以上的增长速度，直观说明国内碳纤维企业在生产方面取得了不小的进步。中国碳纤维需求结构与全球相比有着明显差异，风电叶片领域贡献主要需求。在国内“双碳”背景下，国家大力发展清洁能源，风力发电、氢燃料电池汽车、光伏等领域对碳纤维有着海量需求，随着国内企业产能的扩展和制品质量的提升，未来碳纤维国产率将会稳步提升。以大丝束碳纤维为切入点，国内企业将会对碳纤维生产工艺愈发娴熟和理解，假以时日或将在高性能碳纤维上取得突破，碳纤维国产替代空间广阔。

图39：2020年中国大陆碳纤维运行产能位列全球第二



数据来源：广州赛奥《2020全球碳纤维复合材料市场报告》、开源证券研究所

图40：当前我国碳纤维以进口为主，但国产碳纤维需求增速远超进口增速，说明国内企业在碳纤维生产方面取得突破



数据来源：广州赛奥《2020全球碳纤维复合材料市场报告》、开源证券研究所

表19: 由于下游需求高增, 我国众多企业着手开展碳纤维原丝、碳纤维及复合材料的产能扩建

公司	日期	内容
中复神鹰	2019年2月	宣布投资50亿元在西宁进行2万吨产能扩建, 2020年已经完成4000吨。
光威复材	2019年7月	宣布投资20亿元在包头建设万吨级碳纤维产业化项目
上海石化	2020年3月	宣布投资35亿元, 建设2.4万吨原丝、1.2万吨大丝束碳纤维项目
新创碳谷	2020年11月	宣布投资50亿元, 建设年产3.6万吨的大丝束碳纤维及高性能碳纤维复合材料结构件项目
杭州超探	2020年12月	宣布投资32亿元, 建设1万吨高性能碳纤维及碳碳复合材料等项目
广东金辉	2020年12月	宣布投资30亿元, 建设具备年产碳纤维原丝5万吨、碳纤维2万吨、碳纤维复合材料4万吨的生产基地
宝武集团	2020年12月	与绍兴柯桥签约, 正式接手精功碳纤维产业项目
吉林化纤	2021年2月	宣布在“十四五”期间完成20万吨原丝、6万吨碳纤维、1万吨复合材料的扩产
新疆隆炬	2021年3月	计划投资60亿元, 建设年产5万吨碳纤维碳化项目
国泰大成	2021年3月	宣布规划年产2.5万吨原丝以及1万吨碳纤维、碳纤维织物、复合材料的研发和生产园
吉林化纤	2021年11月	拟定增募资不超过12亿元, 用于建设1.2万吨碳纤维复合材料项目和偿还银行贷款, 项目总投资预计14.6亿元, 项目产品主要用于风电叶片的生产, 运用路径为碳纤维-拉挤成型-碳板

资料来源: 广州赛奥、各公司公告、开源证券研究所

4、投资建议

全球风电叶片对碳纤维需求大幅增长, 同时国际风电叶片代工由欧洲转向国内, 导致2020年国内风电叶片碳纤维需求量达到2万吨, 同比增幅达45%, 需求占比达40.94%。氢能、光伏享受“碳中和”政策红利, 继续维持高速增长态势, 对于碳纤维的需求居高不下。国内上海石化、吉林化纤、光威复材、吉林碳谷等企业纷纷布局大丝束碳纤维产能, 精功科技则是国内唯一一家能够提供千吨级大丝束碳纤维生产线整线的厂商, 均有望受益于风电叶片大型化趋势带来的大丝束碳纤维渗透率提升。**受益标的: 上海石化、吉林碳谷、吉林化纤、精功科技、光威复材、中简科技。**

表20: 受益标的估值信息表

证券代码	证券简称	评级	总市值 (亿元)			归母净利润 (亿元)			PE			PB
			2022/1/10	2021E	2022E	2023E	2021E	2022E	2023E	2022/1/10		
600688.SH	上海石化	未评级	472	31.1	37.9	38.8	15.2	12.4	12.2	1.56		
836077.BJ	吉林碳谷	未评级	173	2.6	4.2	6.0	66.9	40.7	28.7	0.00		
000420.SZ	吉林化纤	未评级	110	0.4	1.4	4.6	301.2	76.9	24.0	3.61		
002006.SZ	精功科技	未评级	110	0.0	0.0	0.0	184.1	58.8	26.3	1.8		
300699.SZ	光威复材	买入	394	8.0	10.3	12.9	242.6	67.8	25.1	2.7		
300777.SZ	中简科技	未评级	229	3.1	5.0	7.0	213.3	63.3	25.7	2.3		

数据来源: Wind、开源证券研究所

注: 盈利、估值数据来自于Wind一致预期

5、风险提示

- 海上风电项目进展不及预期
- 国内碳纤维企业产能扩建、投产进度不及预期
- 拉挤工艺研发进度不及预期
- 原材料价格大幅波动

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R3（中风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C3、C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。

因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5% ~ 20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在 - 5% ~ + 5%之间波动；
	减持（underperform）	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡（underperform）	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的 6~12 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中 A 股基准指数为沪深 300 指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普 500 或纳斯达克综合指数。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。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于机密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，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金融工具的邀请或向人做出邀请。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，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。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。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做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。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。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。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座16层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn