

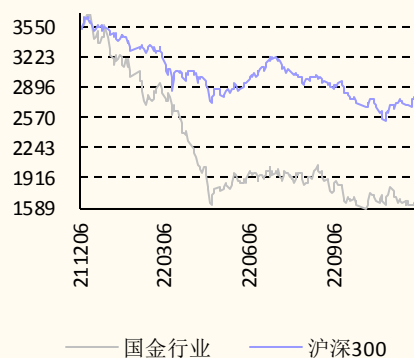
新能源与电力设备组

新能源发电设备行业研究 买入（维持评级）

行业深度研究

市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	18.90
国金新能源发电设备指数	1655
沪深300指数	3871
上证指数	3156
深证成指	11220
中小板综指	11992



5.《风电招标维持高景气，海风玩家增多-风电9月月报》，2022.10.10

姚遥 分析师 SAC 执业编号: S1130512080001
(8621)61357595
yaoy@gjzq.com.cn

胡竞楠 联系人
hujingnan@gjzq.com.cn

龙头集中度将提升，碳梁需求在 2024 年加速 ---风电叶片行业深度研究

行业观点

- 国内风电装机开启长周期景气。随着 2021 年陆风进入平价时代，叠加大型化下产业链协同降本，风电装机正式由周期性走向成长性。我们预计 2022-2025 年国内风电装机分别为 50/80/88/100GW，2023-2025 年装机增速分别为 60%/10%/14%。
- 预计未来整机厂将更多采取“自产+外包”相结合的形式，长期看，整机厂叶片自产比例预计呈下降趋势。整机厂自建叶片的优点主要有：1）在行业高景气阶段，保障叶片供应；2）垂直一体化下可降低其成本；3）建厂可帮助整机企业拿到风资源。而整机厂外包叶片的优点主要有：1）应对行业风险更灵活；2）缩短新型产品推出上市时间。叠加目前风电产业链已成熟，我们预计未来整机厂将更多采取“自产+外包”相结合的形式，长期看，整机厂自产叶片产能占比预计会呈下降趋势。
- 龙头集中度将提升，行业盈利已至低点，2023 年拐点向上趋势明确。中材科技与时代新材是国内风机叶片的主要供应商，2016-2020 年两家市占率长期维持在 40%-45%。2020 年受行业抢装影响，风机吊装规模的大幅上涨带动叶片市场规模快速扩张。据 CWEA 统计，2021/2020 年风电新增吊装分别为 56/54GW，较 2019 年的 27GW 有明显提升。叠加 2021 年原材料价格大幅上涨，叶片厂放弃部分盈利较低订单，20-21 年中材科技和时代新材市占率阶段性下滑，为 40%/35%。我们预计未来随着风电进入平价时代，叠加叶片大型化，行业头部厂商集中度将回升。2021 年由于原材料价格上涨，行业毛利率出现较大回落。目前行业盈利能力已降至最低点，预计随上游原材料价格下降，叶片盈利能力将迎拐点。预计未来叶片行业稳态毛利率为 15%-20%。
- 预计 2024 年起我国风电行业碳纤维用量将迎快速增长。叶片随风机大型化而长度变长，若仍使用玻纤，会带来载荷过大、叶片过重等问题。碳纤维低密度、高强度，若在叶片使用碳梁，可实现风机轻量化、提高发电效率、降低建设成本及后期维护成本、增长寿命，从而降低风电建设全生命周期成本。据美国 Sandia 国家实验室研究预测，10 MW 以上机型将 100%使用碳纤维主梁。1）对于我国陆风机组而言，受制于陆运限制，预计在“十四五”期间内，陆风机组单机容量较难突破 10MW。且目前陆风机组在低中标价驱动下，全生命周期成本已降至较低水平。我们预计陆风中短期内不会大规模应用碳纤维；2）由于海运不存在交通限制，预计未来随技术进步，海风机组将持续大型化。在大兆瓦背景下，出于对叶片长度、叶片强度、机组重量、后期维修成本等因素综合考虑，预计碳梁在海风叶片应用中占比将提升。预计 2024 年起我国风电行业碳纤维用量将迎快速增长。

投资建议

- 推荐叶片龙头中材科技，建议关注叶片龙二时代新材，以及碳纤维相关标的的光威复材、吉林化纤、吉林碳谷。

风险提示

- 原材料价格波动风险，因海上风电政策导致产业投资放缓的风险

内容目录

1、能源转型推动需求增长，风电装机由周期步入成长.....	4
2、叶片行业：盈利能力已至低点，预计龙头市占率将进一步集中	5
2.1 叶片：独立叶片企业与主机厂深度绑定.....	6
2.2 预计龙头集中度将提升，稳态毛利率为 15%-20%.....	9
3、预计碳纤维在叶片上的需求用量将在 2024 年快速增长.....	10
4、个股推荐.....	18
4.1 中材科技	18
4.2 时代新材	18
4.3 光威复材	18
4.4 吉林化纤	18
4.5 吉林碳谷	19
5、风险提示.....	19

图表目录

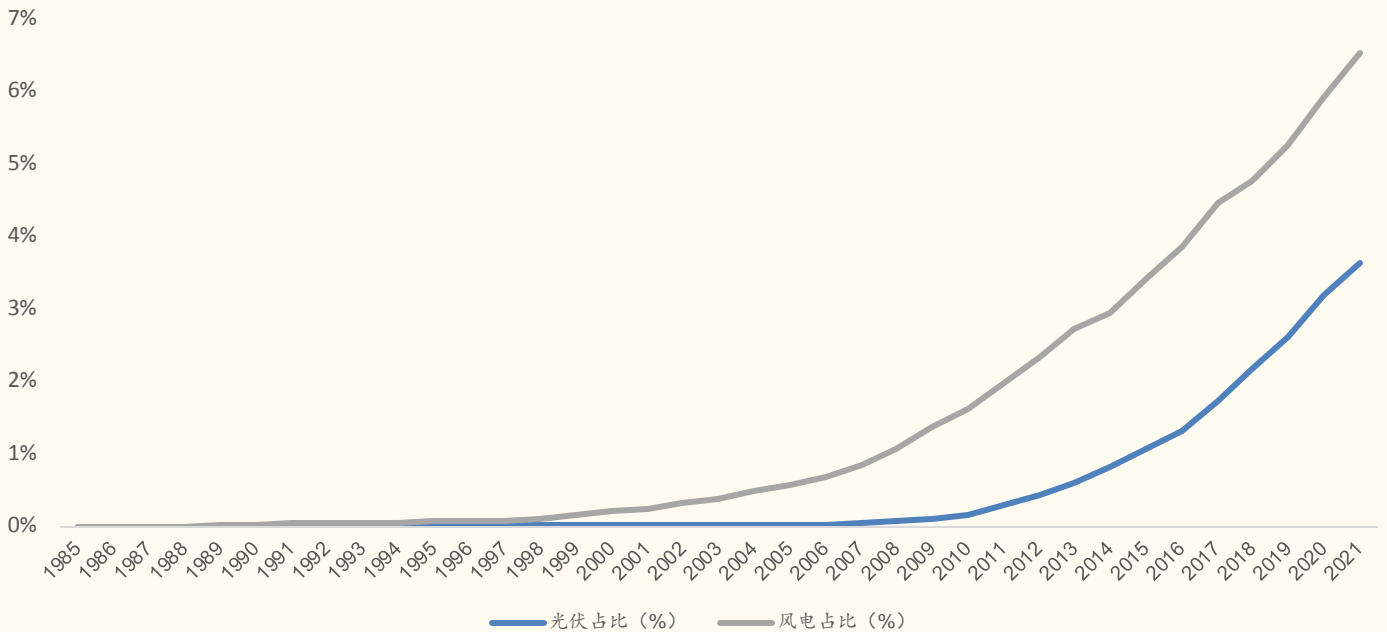
图表 1：1985 年以来光伏和风电占全球发电量的比例.....	4
图表 2：不同能源形式成本对比（USD/kWh）	4
图表 3：国内历史风电新增装机及预测（GW）	5
图表 4：全球风电装机情况（GW）	5
图表 5：风电叶片结构.....	6
图表 6：风力发电机组成本构成.....	6
图表 7：风电叶片行业上下游情况一览.....	6
图表 8：各类风电叶片技术优缺点对比.....	7
图表 9：整机厂叶片产能布局变化.....	7
图表 10：截至 2020 年，不同类型风力叶片制造厂商叶片产能.....	8
图表 11：独立叶片厂商与下游客户供应关系.....	9
图表 12：中材科技、时代新材、艾朗科技前几大客户占比情况（%）	9
图表 13：国内叶片厂商 CR2 市占率情况.....	10
图表 14：各叶片公司营收对比（亿）	10
图表 15：各叶片公司毛利率对比（%）	10
图表 16：2021 全球/中国碳纤维需求结构（%）	11
图表 17：2021 年维斯塔斯全球风机市占率 VS 维斯塔斯风电碳纤维需求占比（%）	11
图表 18：各企业碳纤维叶片布局情况.....	12
图表 19：2021 年我国新增海上风电单机容量分布.....	12
图表 20：国内新增风电机组平均单机容量（MW）	12
图表 21：主流机型单机容量与风轮直径关系图（横轴：单机容量，单位 MW；纵轴：风轮直径，单位米）	13

图表 22: 碳纤维、玻纤物理特性对比图.....	13
图表 23: 碳纤维与玻璃纤维在风电叶片的优劣势对比.....	14
图表 24: 美国 Sandia 国家实验室预测 10MW 以上的机型 100%需要使用碳纤维主梁.....	14
图表 25: 截至 10 月, 2022 年陆上风电不同容量机组招标占比.....	15
图表 26: 不同风机价格、发电小时下风电场 IRR 水平 (横轴风机价格, 单位元/KW; 纵轴发电小时数, 单位小时)	15
表 27: 应用玻纤主梁 VS 应用碳纤主梁风机毛利率对比.....	16
图表 28: 不同全玻风机毛利率、碳纤维价格下, 应用碳梁叶片的风机毛利率 (横轴全玻风机毛利率, 单位%; 纵轴碳纤维价格, 单位元/千克)	16
图表 29: 2021 年应用碳纤维叶片的海风项目	17
图表 30: 截至 10 月, 2022 年海上风电不同容量机组招标占比.....	17
图表 31: 国内风电碳纤维需求.....	18

1、能源转型推动需求增长，风电装机由周期步入成长

- 光伏风电占全球发电量比例稳步提升。光伏风电行业近年快速发展，2021年光伏、风电占全球发电量的比例仅为 3.6%、6.5%，同比分别增加 0.4PCT、0.6PCT，能源转型处于起步阶段，未来发展潜力巨大。

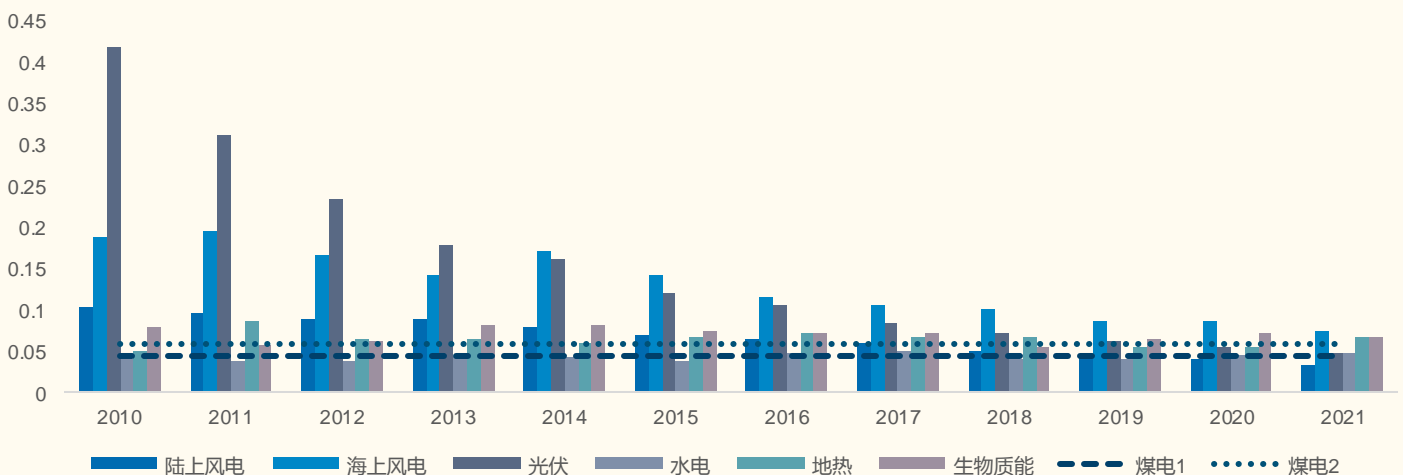
图表 1：1985 年以来光伏和风电占全球发电量的比例



来源：BP，国金证券研究所

- 陆上风电为全球成本最低的能源形式。2010 年-2021 年光伏和陆上风电成本下降速度分别为 88.5%、67.6%。2021 年陆上风电成本仅为 0.033USD/KWh，低于其他所有能源形式的度电成本。

图表 2：不同能源形式成本对比 (USD/kWh)

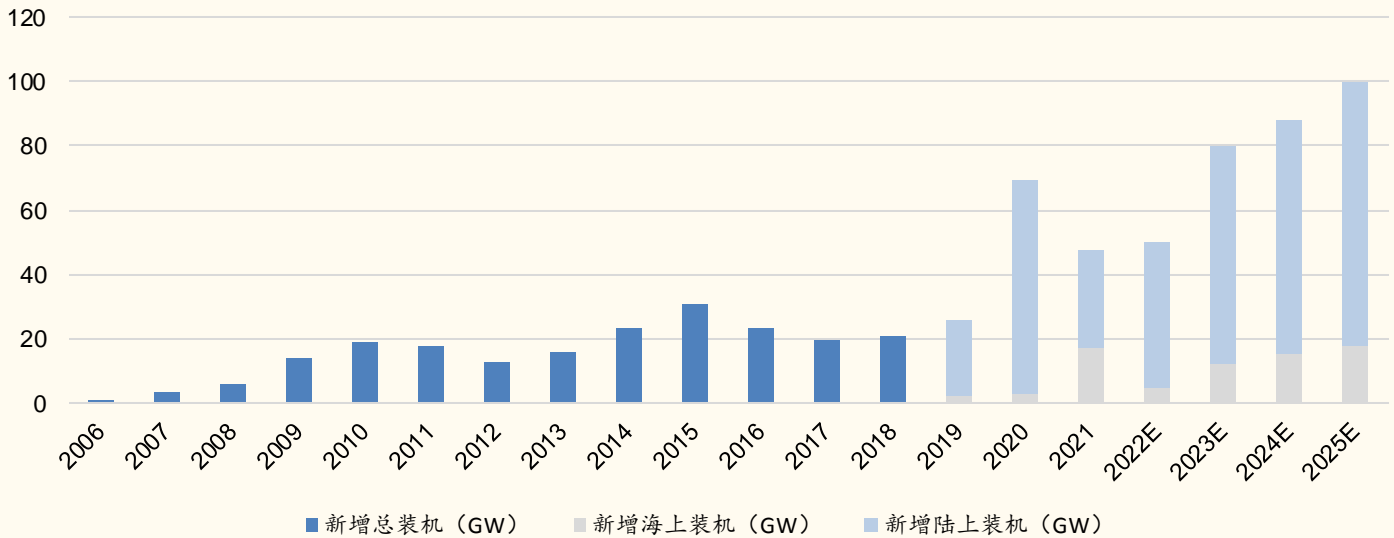


来源：IRENA，国金证券研究所

- 国内风电装机开启长周期景气。2010、2015、2020 年为国内风电三次抢装。随着 2021 年陆风进入平价时代，叠加大型化下产业链协同降本，风电装机正式由周期性走向成长性。据我们统计，截至 10 月末，2022 年总共招标 79.8GW，我们预计 2022 年风电招标规模将达 80-100GW。由于

上一年招标规模可预示着下一年装机水平，我们预计明年国内风电装机为 80GW。据我们统计，各省“十四五”期间风电总装机规划达 290GW。根据现有招标水平以及“十四五”风电规划，在中性预期下，我们预计 2022-2025 年国内风电装机分别为 50/80/88/100GW，2023-2025 年装机增速分别为 60%/10%/14%。

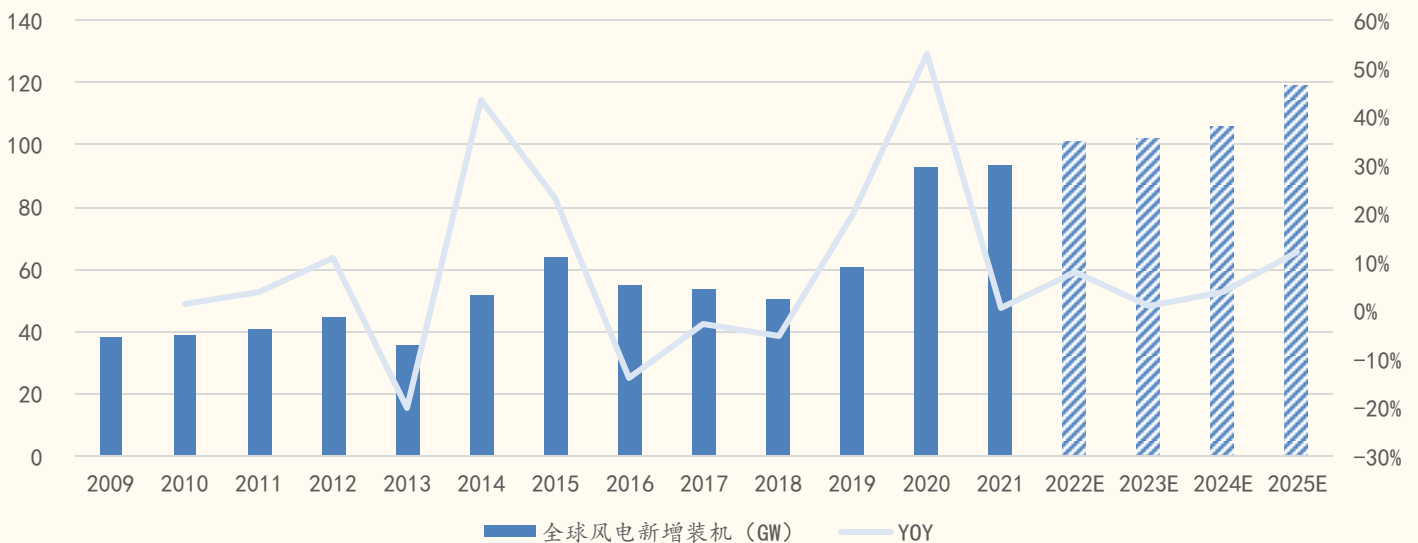
图表 3: 国内历史风电新增装机及预测 (GW)



来源: CWEA, 能源局, 国金证券研究所

- 全球风电由周期步入成长。2021 年全球风电新增装机 93.6GW，与 2020 年基本保持持平。据 GWEC 预计，2022-2025 年全球风电总装机为 101/102/106/119GW，年复合增速 6%，其中海风装机为 9/13/14/25GW，年复合增速 41%。由于全球风电装机预测具有一定不确定性，GWEC 保守预计下，2023 年陆风装机 90GW，相较 2022 年陆风装机 92GW，出现小幅下滑，但仍不改长周期风电装机持稳增长的态势。

图表 4: 全球风电装机情况 (GW)



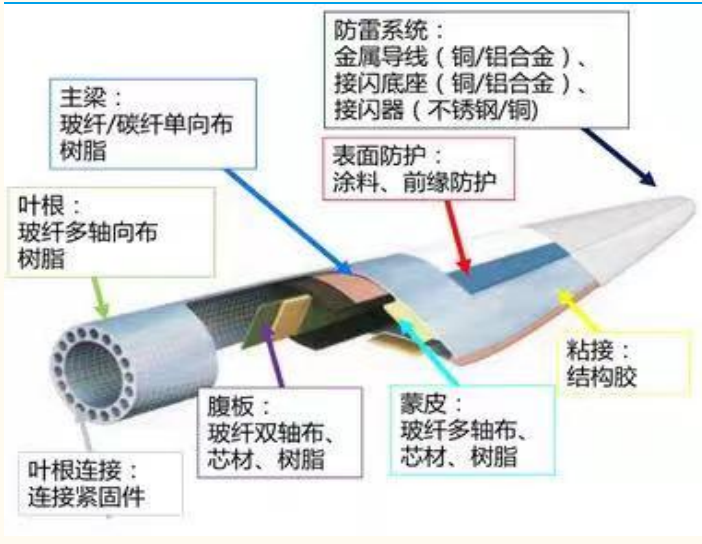
来源: GWEC, 国金证券研究所

2、叶片行业：盈利能力已至低点，预计龙头市占率将进一步集中

2.1 叶片：独立叶片企业与主机厂深度绑定

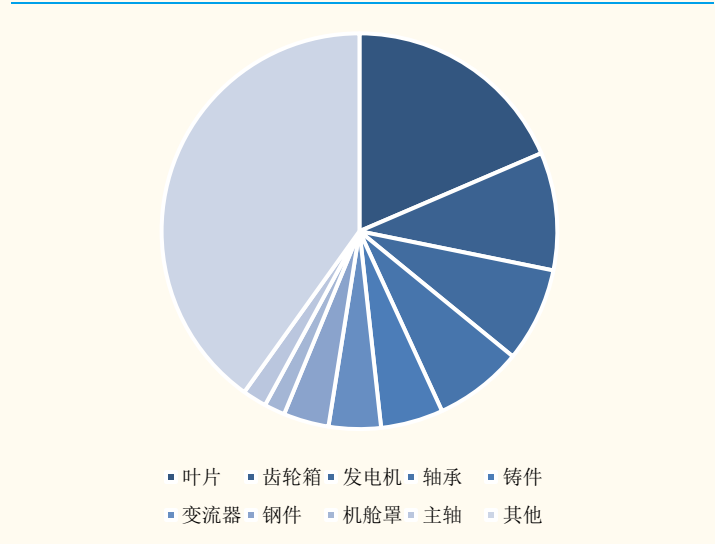
- 风电叶片是一个复合材料制成的薄壳结构，一般由外壳、腹板和主梁三部分组成，复合材料在整个风电叶片中的重量一般占到 90%以上。以电气风电 2020 年双馈风机采购成本为例，叶片占风机价值量占比约为 18.6%。

图表 5：风电叶片结构



来源：环氧评论，国金证券研究所

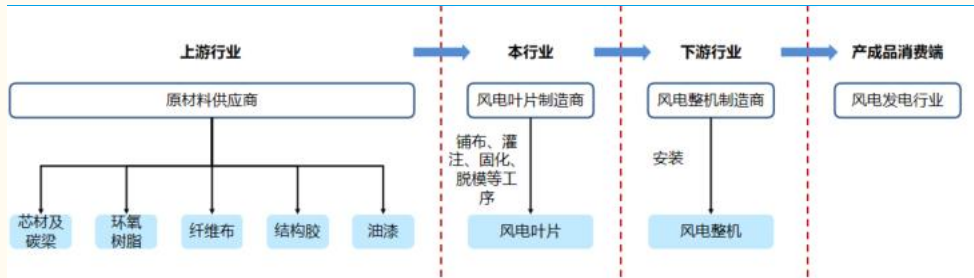
图表 6：风力发电机组成本构成



来源：电气风电招股说明书，国金证券研究所

- 风电叶片行业产业链由上至下可依次分为上游原材料、中游叶片以及下游风机整机环节。叶片生产主流技术工艺路线有：真空灌注成型工艺、预浸料铺放工艺、拉挤工艺。由于拉挤工艺质量更稳定，目前多用于主梁制造中。而叶片除主梁外，其他部分多呈不规则形，较难采用拉挤工艺，多以真空灌注为主。

图表 7：风电叶片行业上下游情况一览



来源：艾朗科技招股说明书，国金证券研究所

图表 8: 各类风电叶片技术优缺点对比

工艺类型	优点	缺点	现状
手糊工艺	不必受加热及压力影响, 成本较低, 可用于低成本制造大型、形状复杂制品	产品质量对工人的操作熟练程度及环境条件依赖性较大, 生产效率低、产品质量波动大、废品率较高。手糊工艺往往还会伴有大量有害物质和溶剂的释放, 有一定的环境污染	目前主要用于叶片合模前后的前尾缘湿法处理
模压成型工艺	纤维含量高、孔隙率低、生产周期短、精确的尺寸公差及良好的表面形状, 适用于生产简单的复合材料制品	模具投入成本高, 不适合具有复杂几何形状的叶片	目前大型叶片基本不采用此工艺
预浸料铺放工艺	在生产过程中纤维增强材料排列完好, 可以制造低纤维缺陷以及性能优异的部件	成本较高	广泛应用于航空业中
拉挤工艺	具有纤维剪含量高, 质量稳定, 易于自动化, 适合大批量生产	仅适用于生产具有相同断面形状, 连续成型制品的生产中	由于大型叶片的三维几何弯扭结构, 该工艺主要用在主梁上
纤维缠绕工艺	能够控制纤维张力、生产速度及缠绕角度等变量, 制造不同尺寸及厚度的部件	在叶片纵向不能进行缠绕, 长度方向纤维的缺乏使叶片在高拉伸和弯曲载荷下容易产生问题。另外, 纤维缠绕产生的粗糙外表面可能会影响叶片的空气动力学性能, 必须进行表面处理。最后, 芯模及计算机控制成本很大	该工艺很少使用
树脂传递模塑 (RTM)	对工人的技术和环境的要求远远低于手糊工艺并可有效地控制产品质量	模具设备非常昂贵, 很难预测模具内树脂流动状况, 容易产生缺陷	采用闭模成型工艺, 特别适宜一次成型整体的风力发电机叶片 (纤维、夹芯和接头等可一次模腔中共成型), 而无需二次黏接
真空灌注成型工艺	与 RTM 相比, 节约时间, 挥发物非常少, 工艺操作简单, 模具成本大大降低。相对于手糊工艺, 相同铺层下的成型产品拉伸强度提高 20%以上	自动化程度低于 RTM	目前大型风电叶片制造的理想工艺

来源: 艾朗科技招股说明书, 国金证券研究所

- 叶片制造商主要分为独立风力叶片制造商和配套风力叶片制造的整机厂商两种。在风电行业发展初期, 整机厂配套叶片产能为主流模式。据 GWEC 统计, 自从 2006 年以来, 考虑风电行业景气周期变化+降低供应链复杂度等因素, 整机厂配套叶片制造的占比逐渐下降。截至 2020 年, 全球共有 15 家风机厂配套叶片产能, 占总叶片产能比约达 30%。

图表 9: 整机厂叶片产能布局变化

公司	发展
维斯塔斯	Vestas 目前在九个国家拥有叶片生产基地。Vestas 曾主要自主生产大部分陆风叶片, 但是由于丹麦等这些国家制造业水平和工资水平较高, 所以公司缩减其内部叶片生产产能, 并开始把叶片外包给独立叶片供应商。
西门子歌美飒	SGRE 目前在九个国家拥有叶片生产基地。公司最新的陆上风电供应链战略是优化其制造运营, 降低供应链的复杂性, 并每年将第三方外包量增加 5%以上。在新战略下, SGRE 计划保持其自身叶片生产能力和陆上风电外包量的比例为 55:45。对于海上风电, 该公司决定将叶片生产保留在公司内部。
金风	2010 年底, 为确保其叶片的供应和质量, 金风公司从 GCL 引进了两个叶片生产设施。在 2011 年出现运营亏损后, 2012 年, 金风将其在这两家叶片工厂的 100%股权出售给中材科技。
Enercon	Enercon 过去垂直整合水平在全球十大风机主机厂中是最高的。但是在 2018 年德国陆上风电市场衰退后, 公司调整了战略。2018 年, Enercon 与 TPI 签署了多年叶片供应协议。2020 年, Enercon 与印度叶片供应商签订合同, 并表示将不再在德国生产叶片。此外, Enercon 陆续关闭及出售其在巴西的叶片工厂。
恩德	公司致力于利用低成本城市, 在所有核心市场实现成本效益供应, 并最终实现公司内部生产和外包给第三方的战略平衡。2019 年公司外包占其叶片需求的三分之二。

来源: GWEC, 国金证券研究所

图表 10: 截至 2020 年, 不同类型风力叶片制造厂商叶片产能

序号	类型	具体公司	产能 (MW)	覆盖需求比例 (%)	是否能生产海风叶片
1	国外风电整机厂商	维斯塔斯	10420	85%	是
2		西门子-歌美飒	8900	85%	是
3		爱纳康	2000	80%	否
4		The Nordex Group	2500	30%	否
5		VENSY	300	100%	否
6		EWT	200	100%	否
7		MAPNA	100	100%	否
8		Suzlon	3600	100%	否
9		INOX	1600	100%	否
10	国外独立叶片制造厂商	艾尔姆 (LM)	12000-14000		是
11		迪皮埃 (TPI)	15000-18000		否
12		Molded Fiber Glass (MFG)	1000		否
13		Tecsis Technology	5000		否
14		Aeris	4000-5000		否
15	国内风电整机厂商	联合动力	1000	50%	否
16		明阳智能	4500	80%	是
17		东方电气	1500	100%	是
18		三一重能	2000	100%	否
19		远景能源	400	5%	否
20	国内独立叶片制造厂商	中材科技	10000		是
21		中复连众	6000		是
22		时代新材	10000		是
23		艾郎科技	9000		是
24		中科宇能	5000		是
25		吉林重通成飞	4500		是
26		洛阳双瑞	4500		是
27		天顺风能	3000		是
28		上海玻璃钢研究院	1400		是

来源: GWEC, 国金证券研究所 (艾尔姆 (LM) 虽已被 GE 收购, 但是考虑其依旧为其他其他整机厂商提供叶片, 因此, 将他视为独立叶片制造商)

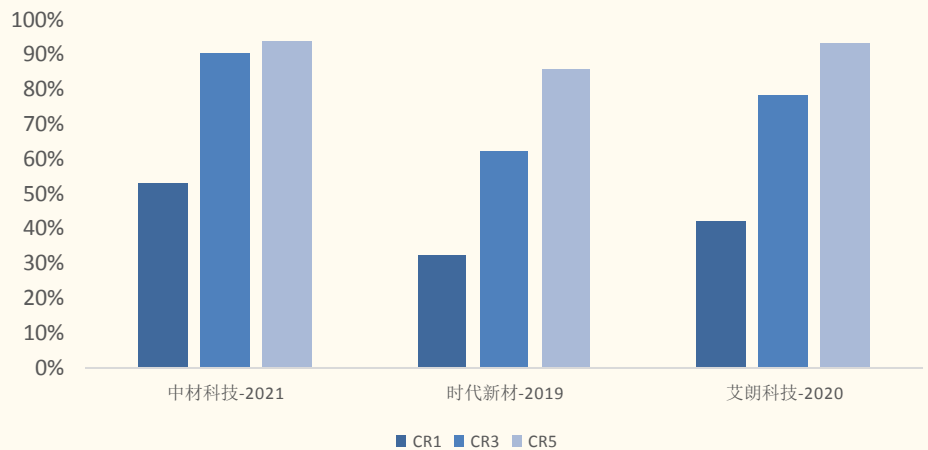
- 预计未来整机厂将更多采取“自产+外包”相结合的形式, 长期看, 整机厂叶片自产比例预计呈下降趋势。从历史经验上看, 整机厂多在行业景气上行阶段, 开始自建叶片产能, 例如远景在 2020 年国内陆风抢装年布局叶片产能; 而在景气下行阶段, 关停叶片产能, 例如 ENCORE 在 2018 年德国风电市场衰退后, 调整了其垂直供应链策略。整机厂自建叶片的优点主要有: 1) 在行业高景气阶段, 保障其叶片产能; 2) 垂直一体化下可降低其成本; 3) 建厂可帮助整机企业拿到风资源。而整机厂外包叶片的优点主要有: 1) 应对行业风险更灵活; 2) 缩短新型产品推出上市时间。叠加目前风电产业链已成熟, 我们预计未来整机厂将更多采取“自产+外包”相结合的形式, 长期看, 整机厂自产叶片产能占比预计会呈下降趋势。
- 独立叶片企业与主机厂深度绑定。由于叶片具有定制化属性, 独立叶片企业通常与主机厂有较深度绑定。国内产能排名前三的独立叶片企业的前三大客户营收占比均达到较高水平。据各家公司最新公告披露, 2021 年中材科技前三大客户占比达 90%, 其中金风科技为第一大客户, 占比达 53%; 2019 年时代新材前三大客户占比达 63%; 2020 年艾朗科技前三大客户占比达 78%。

图表 11: 独立叶片厂商与下游客户供应关系

供应商	维斯塔斯	西门子-歌美飒	金风科技	GE	远景能源	明阳智能	恩德集团	爱纳康	运达股份	东方电气
自产	★	★			☆	★	★	★		★
艾尔姆 (LM)		☆	★	★	★			☆		
迪皮埃 (TPI)	★	★		★			★	★		
AERIS	★			☆				☆		
中材科技			★	☆	★				★	
时代新材	☆				★		☆		★	
中科宇能			★						★	
艾郎科技	★	☆	★		☆					
重通成飞			☆			★			☆	
洛阳双瑞			☆							
天顺风能					★					

来源: 国金证券研究所 (主要供应商: ★; 小型供应商业: ☆)

图表 12: 中材科技、时代新材、艾朗科技前几大客户占比情况 (%)

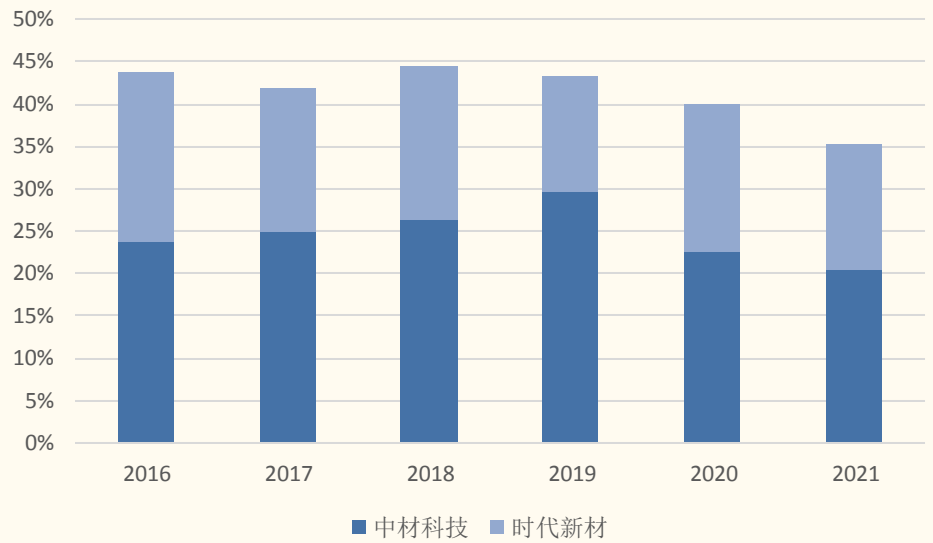


来源: 公司公告, 国金证券研究所

2.2 预计龙头集中度将提升, 稳态毛利率为 15%-20%

- 中材科技与时代新材是国内风机叶片的主要供应商, 2016-2020 年两家市占率长期维持在 40%-45%。2020 年受行业抢装影响, 风机吊装规模的大幅上涨带动叶片市场规模快速扩张。据 CWEA 统计, 2021/2020 年风电新增吊装分别为 56/54GW, 较 2019 年的 27GW 有明显提升。叠加 2021 年原材料价格大幅上涨, 叶片厂放弃部分盈利较低订单, 20-21 年中材科技和时代新材市占率阶段性下滑, 为 40%/ 35%。我们预计未来随着风电进入平价时代, 叠加叶片大型化, 行业头部厂商集中度将回升。

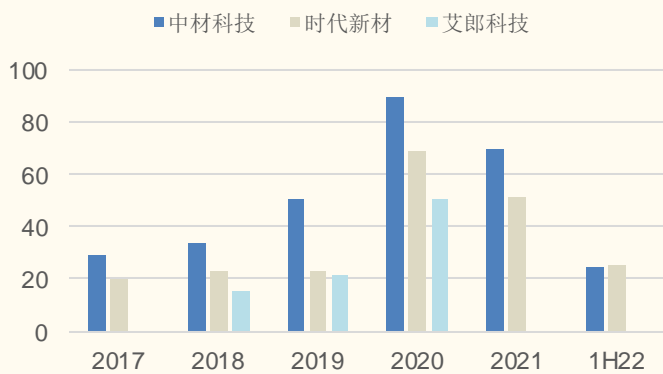
图表 13: 国内叶片厂商 CR2 市占率情况



来源: 公司公告, CWEC, 国金证券研究所

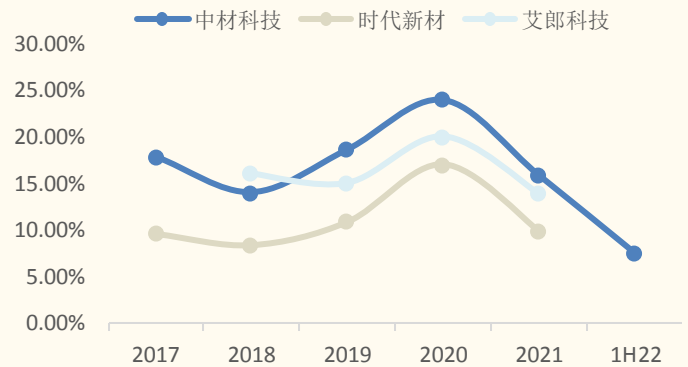
- 受益于行业需求增长, 叶片厂商近五年营收快速增长。中材科技、时代新材 2017-2021 年叶片营收年复合增速达 24%、26%。2020 年是风电行业的抢装年, 行业毛利率处于阶段性高位; 2021 年由于原材料价格上涨, 行业毛利率出现较大回落。目前行业盈利能力已降至最低点, 预计随上游原材料价格下降, 叶片盈利能力将迎拐点。预计未来叶片行业稳态毛利率为 15%-20%。

图表 14: 各叶片公司营收对比 (亿)



来源: Wind, 国金证券研究所

图表 15: 各叶片公司毛利率对比 (%)

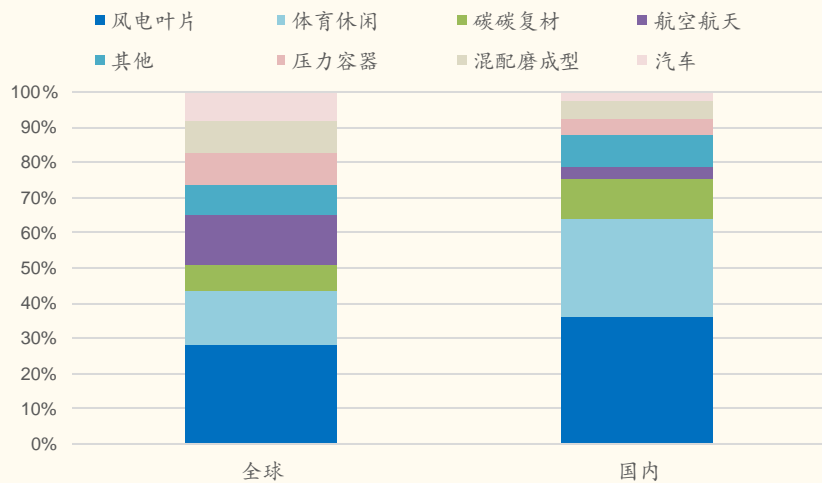


来源: Wind, 国金证券研究所 (2021 年艾郎科技毛利率采用 1H21 数据)

3、预计碳纤维在叶片上的需求用量将在 2024 年快速增长

- 碳纤维是由有机纤维 (主要是聚丙烯腈纤维) 经碳化及石墨化处理而得到的微晶石墨材料纤维, 含碳量在 90% 以上, 具备出色的力学性能和化学稳定性。与玻璃纤维相比, 碳纤维的比模量和比强度均大幅增加, 其模量比玻纤高 3~8 倍、比重约小 30%。风电领域是碳纤维下游应用的主要来源, 2021 年风电领域碳纤维需求占全球、国内总需求的 28%、36%。

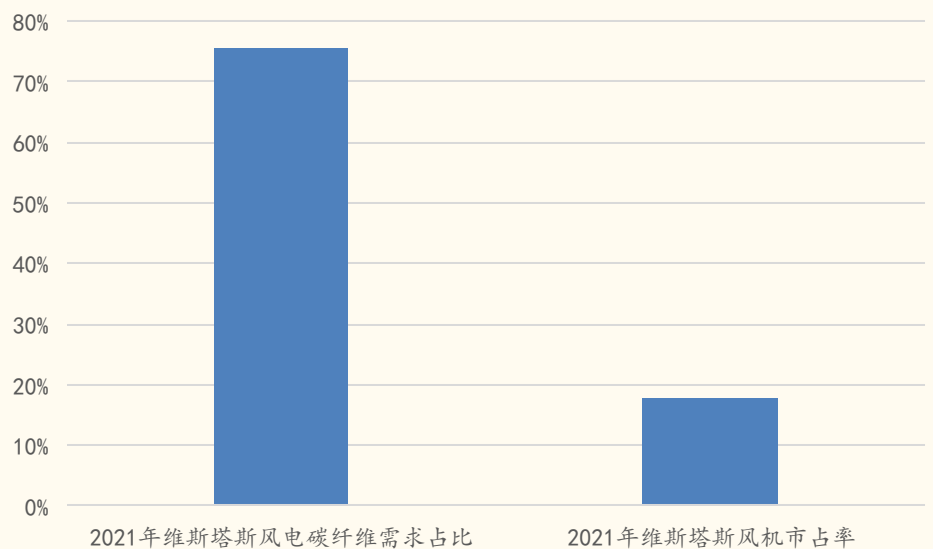
图表 16: 2021 全球/中国碳纤维需求结构 (%)



来源:《2021 全球碳纤维复合材料市场报告》。国金证券研究所

- 2002 年维斯塔斯首次在叶片中应用碳纤维。同年，维斯塔斯向各国提交碳梁专利申请。受专利保护，全球仅维斯塔斯在叶片上有碳纤维的大规模应用。根据《2021 年全球碳纤维复合材料市场报告》可知，2021 年风电行业碳纤维需求量大约在 3.3 万吨，其中维斯塔斯的需求可达 2.5 万吨，占比约达 76%。

图表 17: 2021 年维斯塔斯全球风机市占率 VS 维斯塔斯风电碳纤维需求占比 (%)



来源:《2021 全球碳纤维复合材料市场报告》，GWEC，国金证券研究所

- 2022 年 7 月，维斯塔斯碳梁专利到期。在专利未到期前，国内外就有企业对碳纤维在叶片上的应用进行提前布局。以 2021 年风电碳纤维需求为例，国内企业占比约达 14%，除维斯塔斯外其他海外企业占比约达 11%，该需求主要用于碳纤维在叶片上的研发、试制。预计在专利到期后，风电碳纤维需求将出现一定程度的提高。

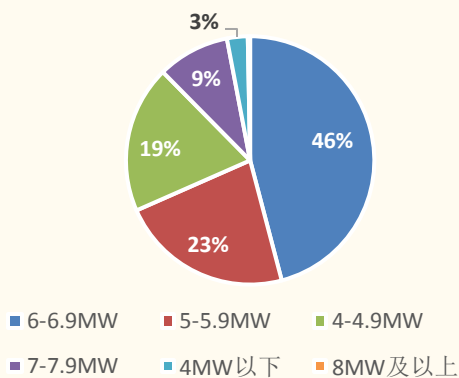
图表 18: 各企业碳纤维叶片布局情况

时间	企业	事件
2017年8月	中船重工	H171 叶片吊装, 叶片长度 83.6 米, 采用碳纤维, 运用于中国海装 H171-5MW 机型上。
2020年4月	东方电气	B900A 叶片下线, 叶片长度 91 米, 主梁帽采用碳纤维, 运用于东方电气 DEW-D7000-186 和 10MW-B900A 机型上。
2020年5月	时代新材	EN161 叶片下线, 叶片长度 80 米, 由时代新材和远景能源合作研制, 主梁采用碳纤维, 运用于远景能源 EN-161/5.2MW 机型上。
2020年9月	中材科技	推出 90 米长叶片, 主梁采用碳纤维。
2021年7月	明阳智能	MySE11-99A1 叶片下线, 叶片长度 99 米, 主梁采用碳玻混合材料, 运用于明阳智能 11MW 机型上。
2021年9月	上海电气	S102 叶片下线, 叶片长度 102 米, 主梁采用碳纤维。
2021年11月	东方电气	B1030A 叶片下线, 叶片长度 103 米, 主梁采用碳纤维, 运用于东方电气 11MW 机型上。
2022年5月	三一重能	FB99067 叶片下线, 叶片长度 99 米, 采用碳纤维。
2022年6月	明阳智能	推出 111.5 米长叶片, 叶片使用碳玻混合材料。
2022年7月	上海电气	S112 叶片下线, 叶片长度 112 米, 主梁采用碳纤维。
2022年9月	时代新材	海风 1 号叶片下线, 叶片长度 110 米, 采用碳玻混合材料。

来源: 各大公司官网, 国金证券研究所

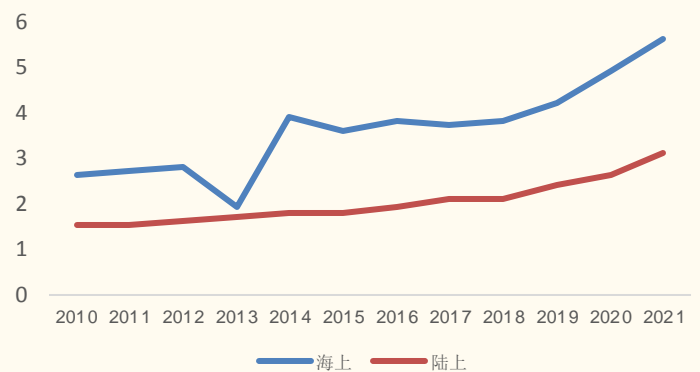
- 我国风电大型化趋势明显。根据 CWEA 统计可知, 2021 年国内新增海上风电平均单机容量达 5.6MW, 其中新增单机容量主要为 6-6.9MW, 占比达 46%; 国内新增陆上风电平均单机容量达 3.1MW。

图表 19: 2021 年我国新增海上风电单机容量分布



来源: CEWA, 国金证券研究所

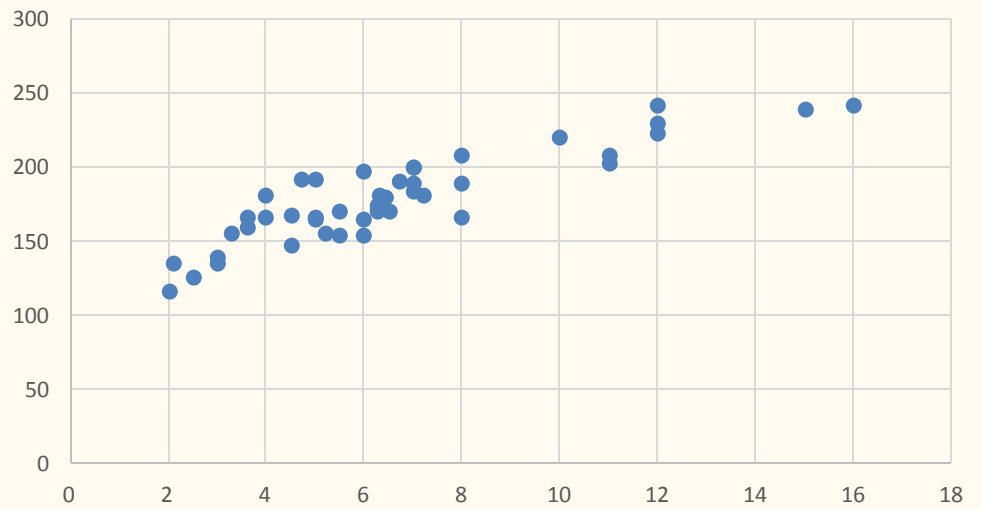
图表 20: 国内新增风电机组平均单机容量 (MW)



来源: CWEA, 国金证券研究所

- 据各整机企业披露的机型数据可知, 风轮直径与机组容量可近似呈线性关系, 叶片长度随机组大型化而增长。

图表 21: 主流机型单机容量与风轮直径关系图 (横轴: 单机容量, 单位 MW; 纵轴: 风轮直径, 单位米)



来源: 各公司官网, 国金证券研究所

- 叶片长度增加, 会使: 1) 叶根受到的荷载增加, 使叶根疲劳失效, 并且使风轮在摆动方向受到较大荷载, 导致扭转变形; 2) 叶片重量增加, 导致荷载上升, 增加主梁帽层间失效的风险。若重量的增加大于刚度增加, 叶片还易发生共振, 破坏结构。因此随叶片大型化, 使用高刚性、高比强度、高比弹性模量的材料制造决定叶片刚性的主梁至关重要。传统叶片制造材料玻璃纤维较难满足这些要求, 而碳纤维密度更低、强度更高, 是风电叶片大型化、轻量化的首选材料。

图表 22: 碳纤维、玻纤物理特性对比图

物理特性	碳纤维	玻纤
密度/(g*cm ⁻³)	1.7-2.2	2.5-2.6
弹性模量/GPa	230-600	72.5-75.5
抗拉强度/MPa	3500-6000	3100-3800
断裂伸长率/%	1.3-2.0	2.7-3.0
比强度 MPa/(g*cm ⁻³)	2375	1353

来源: 《连续玄武岩纤维与碳纤维、芳纶、玻璃纤维的对比及其特性概述》, 国金证券研究所

- 若在叶片使用碳梁, 可以降低风电建设全生命周期成本, 降低 LCOE: 1) 实现风机轻量化。据中复神鹰招股说明书披露, 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。叶片减重后, 将降低风机载荷, 驱动塔筒、机舱等传动链其他环节同步减重, 实现风机整体轻量化; 2) 提高发电效率。若应用碳纤维, 可以在实现叶片长度更长的前提下, 满足重量、强度等性能要求, 使风机输出功率更平滑均匀, 增加发电效率; 3) 降低建设成本及后期维护成本。叶片减重带动风机轻量化后可降低风机运输、吊装成本。由于碳纤维耐腐蚀、耐极端气候, 后期维护成本也可降低; 4) 增长寿命。考虑碳纤维材料具有较高抗疲劳性, 使用碳纤维可延长叶片寿命。

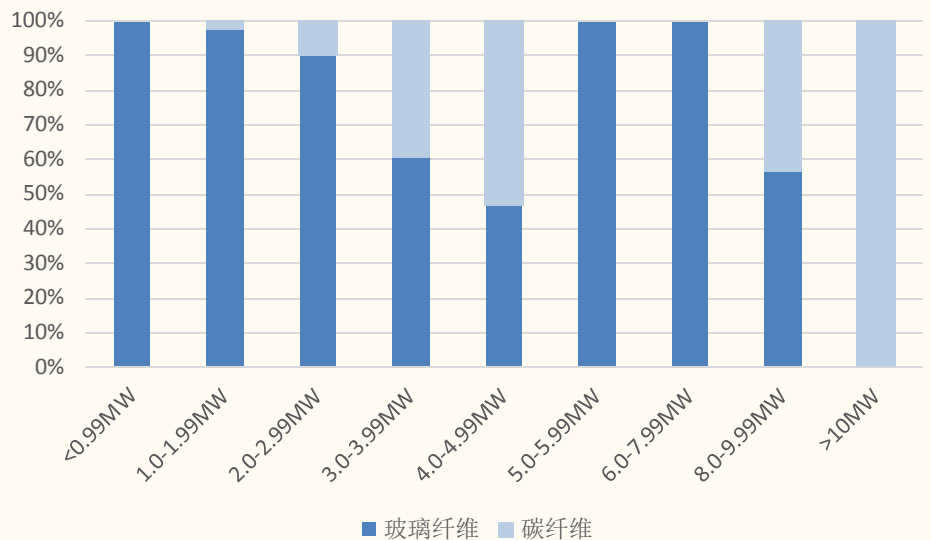
图表 23: 碳纤维与玻璃纤维在风电叶片的优劣势对比

	优点	缺点
碳纤维	1) 提高叶片刚度, 减轻叶片质量 2) 风机的输出功率更加平滑均衡, 提高风能利用率 3) 提高叶片对恶劣环境的适应性 4) 降低风电叶片的制造和运输成本	1) 价格昂贵 2) 产能较小, 无法大规模使用
玻璃纤维	1) 性价比高, 相较于传统材料性能优秀 2) 产能较大, 可实现量产 3) 价格便宜	1) 与碳纤维相比较重 2) 拉伸强度较碳纤维较差

来源:《复合材料及碳纤维在风电叶片中的应用现状》, 国金证券研究所

- 根据美国 Sandia 国家实验室 2016-2017 年的研究预测, 2021 年碳纤维主梁叶片主要应用在 3-5 MW 和 8-10 MW 功率的机型上, 其中 10 MW 以上机型 100%使用碳纤维主梁。根据发电功率与叶片长度的计算公式, $P = 0.5\rho\pi r^2 v^3 C_p$, 可知, 当空气密度为 ρ 在 1.29m/s, 风速 v 在 10m/s, 风能利用效率 C_p 在 0.48 时, 10MW 功率机组对应叶片长度在 101 米。

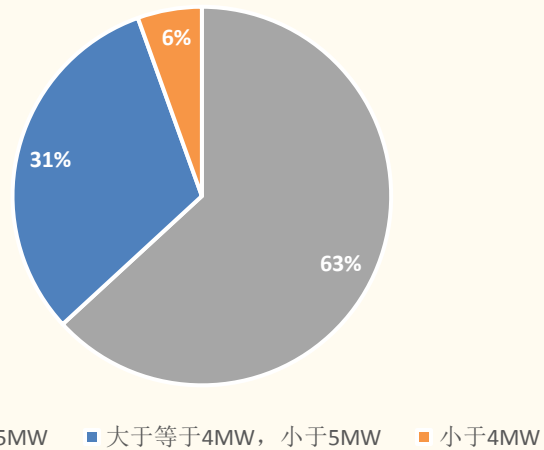
图表 24: 美国 Sandia 国家实验室预测 10MW 以上的机型 100%需要使用碳纤维主梁



来源: Sandia 国家实验室, 国金证券研究所

- 若碳纤维保持现有价格, 预计陆风中短期内不会大规模应用碳纤维: 1) 截至目前, 已下线的最长陆风机组叶片为三一重能的 FB99067 型叶片, 长度达 99 米, 采用全碳主梁, 也是目前国内下线的少数碳纤陆风叶片之一。据我们统计, 今年招标的陆风机组容量大多要求大于 5MW, 相较于 2021 年交付单机容量 3.1MW, 大型化趋势明显。受制于陆路运输限制, 预计在“十四五”期间内, 陆风机组单机容量较难突破 10MW。

图表 25: 截至 10 月, 2022 年陆上风电不同容量机组招标占比



来源: 中国招标投标公共服务平台, 国金证券研究所

- 若碳纤维保持现有价格, 预计陆风中短期内不会大规模应用碳纤维: 2) 目前陆风招标价格集中在 1700-2000 元/KW, 若按照陆风机组建设成本 5000 元/KW、电价 0.36 元/KWh、年利用小时数 2246 小时、贷款比例 70% 计算, LCOE 成本仅为 0.28 元/KWh, IRR 可达 21%。目前陆风机组在低中标价驱动下, 全生命周期成本已降至较低水平。

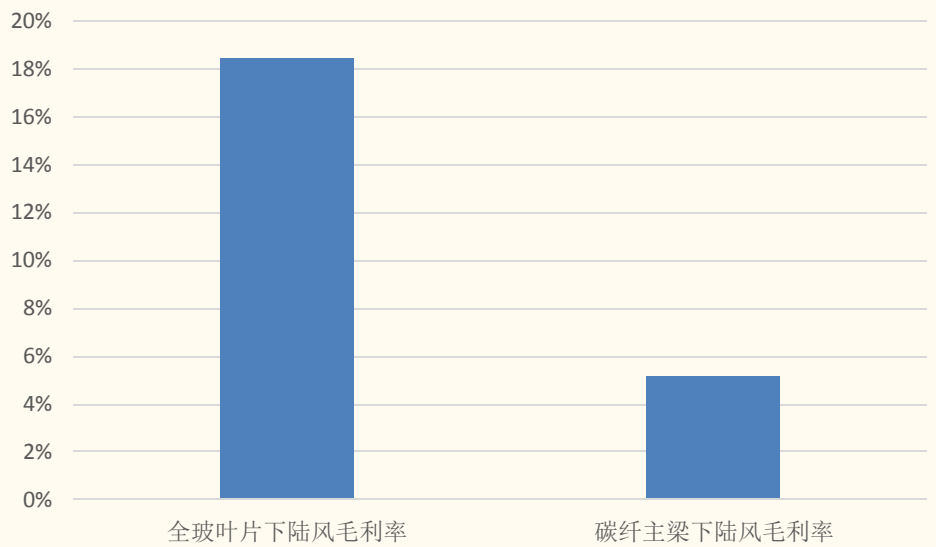
图表 26: 不同风机价格、发电小时下风电场 IRR 水平 (横轴风机价格, 单位元/KW; 纵轴发电小时数, 单位小时)

风电场 IRR 水平		风机价格 (元/KW)					
		1500	1600	1700	1800	1900	2000
发电小时数 (小时)	2000	19%	18%	17%	16%	15%	14%
	2200	23%	22%	21%	20%	19%	18%
	2400	28%	27%	26%	25%	24%	23%
	2600	33%	32%	31%	29%	28%	27%
	2800	38%	37%	35%	34%	33%	31%
	3000	43%	42%	40%	39%	37%	36%

来源: 国金证券研究所

- 若碳纤维保持现有价格, 预计陆风中短期内不会大规模应用碳纤维: 3) 以运达股份 1H22 财报数据为参考, 当陆风机组不含税价格在 9.2 百万/台时, 毛利率在 18.4%。参照电气风电招股说明书, 叶片在风机中成本占比约为 19%, 参照《复合材料结构设计对风电叶片成本的影响》可知, 单轴向玻纤布 (碳纤维替代部分) 在风电叶片中成本占比约达 14%。若简单假设碳纤维在单支叶片上的用量为 3 吨, 当前碳纤维价格为 157 元/千克, 当陆风机组应用碳梁后, 毛利率将下降至 5%, 不具有性价比。

图表 27: 应用玻纤主梁 VS 应用碳纤主梁风机毛利率对比



来源: 公司公告, 国金证券研究所

- 若碳纤维价格降至 100 元/千克, 在陆风机组上应用碳纤维或具有性价比。当陆风机组不含税价格与毛利率仍维持在 9.2 百万/台、18.4% 时, 当碳纤维价格降至 100 元/千克时, 应用碳梁替换玻纤的风机毛利率可达 10%, 考虑应用碳纤维带来的全生命周期成本的下降, 或具有性价比。

图表 28: 不同全玻风机毛利率、碳纤维价格下, 应用碳梁叶片的风机毛利率 (横轴全玻风机毛利率, 单位%; 纵轴碳纤维价格, 单位元/千克)

应用碳梁替换玻纤的风机 毛利率 (%)	全玻风机毛利率 (%)							
	18%	17%	16%	15%	14%	13%	12%	
60	14%	13%	12%	11%	10%	9%	8%	
70	13%	12%	11%	10%	9%	8%	7%	
80	12%	11%	10%	9%	8%	7%	6%	
90	11%	10%	9%	8%	7%	6%	5%	
100	10%	9%	8%	7%	6%	5%	4%	
110	9%	8%	7%	6%	5%	4%	4%	
120	8%	7%	6%	5%	4%	4%	3%	
130	7%	6%	5%	4%	3%	3%	2%	
140	6%	5%	4%	3%	3%	2%	1%	
150	5%	4%	3%	3%	2%	1%	0%	

来源: 国金证券研究所

- 据我们不完全统计, 2021 年并网的海风机组中, 应用碳纤维叶片的容量达 2.9GW, 共有 474 台, 渗透率达 18%。在海风机组上, 碳纤维叶片的应用已经初具规模。

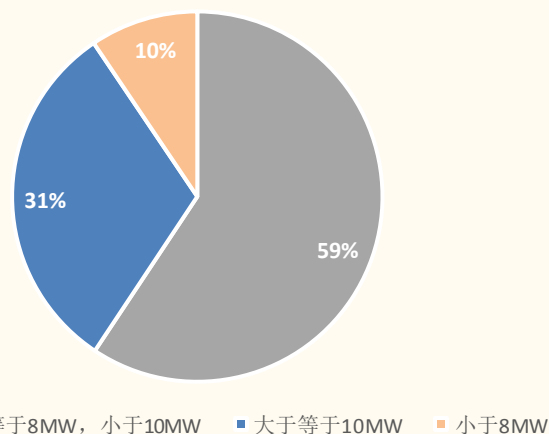
图表 29: 2021 年应用碳纤维叶片的海风项目

省份	项目	项目容量(MW)	整机企业	机型	应用碳纤维风机台数
浙江	玉环一期海上风电项目	301	东方电气	DEW-D7000-186	22
广东	珠海桂山海上风电场示范项目	56	东方电气	DEW-D7000-186	8
广东	阳江沙扒四期海上风电项目	301	东方电气	DEW-D7000-186	43
福建	长乐外海海上风电场 A 区项目	100	东方电气	10MW-B900A	10
福建	长乐外海海上风电场 C 区项目 (第二批)	200	东方电气	10MW-B900A	20
山东	山东半岛南 3 号海上风电项目	301.6	远景能源	EN-161/5.2MW	58
山东	山东半岛南 4 号海上风电项目	301.6	远景能源	EN-161/5.2MW	58
江苏	如东 H2 海上风电项目	350	中国海装	H171-5MW	70
江苏	如东 H3 海上风电项目	400	中国海装	H171-5MW	25
江苏	如东 H8 海上风电项目	300	中国海装	H171-5MW	40
江苏	如东 H13、H15 海上风电项目	350	中国海装	H171-5MW	70
辽宁	大连市庄河海上风电场址 I (100MW)项目	98.8	明阳智能	MySE5.2-166	19
广东	珠海桂山海上风电场示范项目	34.1	明阳智能	MySE8.3-180	1
广东	阳江青州三 500 兆瓦海上风电 项目	500	明阳智能	MySE8.3-180	30

来源: 中国招标投标公共服务平台, 国金证券研究所

- 截至目前, 已并网的最长海风机组为电气风电的 EW8.5-230, 叶片长度达 112 米, 采用碳纤维与玻纤混合材料。据我们统计, 今年招标的海风机组容量集中在 8-10MW, 并有部分海风项目开始招标 10MW+机型。由于海运不存在交通限制, 预计未来随技术进步, 海风机组将持续大型化。在大兆瓦背景下, 出于对叶片长度、叶片强度、机组重量、后期维修成本等因素综合考虑, 预计碳梁在海风叶片应用中占比将进一步提升。

图表 30: 截至 10 月, 2022 年海上风电不同容量机组招标占比



来源: 中国招标投标公共服务平台, 国金证券研究所

- 随海风大型化快速发展, 预计碳纤维在叶片中的应用也将迎来快速增长。据我们测算, 2022-2025 年国内风电碳纤维叶片总需求用量在 2325 吨、7797 吨、15064 吨、28997 吨, 预计 2024 年起碳纤维用量将迎快速增长。

图表 31: 国内风电碳纤维需求

	2021	2022E	2023E	2024E	2025E
陆风新增装机 (GW)	41	45	68	73	82
平均单机容量 (MW)	3.1	4.55	5.8	6.3	6.8
陆风新增台数 (台)	13368	9890	11724	11587	12059
碳梁渗透率 (%)	0.0%	0.2%	0.5%	1.0%	1.5%
应用碳梁陆风台数 (台)	0	20	59	116	181
陆风机组叶片重量 (吨/支)	17	20	23	25	27
单支叶片碳纤维应用占比	18%	18%	18%	18%	18%
单台碳纤维用量 (吨/台)	9	11	12	14	15
陆风碳纤维总用量 (吨)	0	216	728	1564	2637
海风新增装机 (GW)	14	5	12	15	18
平均单机容量 (MW)	5.6	6.8	8.8	10.8	11.8
海风新增台数 (台)	2586	735	1364	1389	1525
碳梁渗透率 (%)	18%	20%	30%	50%	80%
应用碳梁海风台数 (台)	474	145	409	694	1220
海风机组叶片重量 (吨/支)	20	27	32	36	40
单支叶片碳纤维应用占比	18%	18%	18%	18%	18%
单台碳纤维用量 (吨/台)	11	15	17	19	22
海风碳纤维总用量 (吨)	5119	2109	7069	13500	26359
新增风电装机碳纤维需求量 (吨)	5119	2325	7797	15064	28997

来源: CWEA, 国金证券研究所

4、个股推荐

4.1 中材科技

- 公司全资子公司中材叶片是专业的风电叶片设计、研发、制造和服务提供商。中材叶片拥有完全独立自主设计研发能力, 为客户提供定制化的风电叶片设计和技术服务, 目前拥有全系列九十余款产品, 适用于不同运行环境。作为国内风电叶片行业领军企业, 目前具备年产 12GW 以上风电叶片生产能力, 凭借强大的研发和技术优势, 协同战略客户加大预研新产品, 快速迭代大型号产品, 推出 Sinoma84.3、Sinoma93.2 等 90 米级别型号产品, 迅速抢占市场份额, 全面提升产品竞争力。

4.2 时代新材

- 公司风电叶片规模位居国内第二, 是全球少数具备聚氨酯叶片批量制造能力的企业, 其风电风机弹性减振产品销售规模和市场占有率位居国内第一。2022 上半年风电产品市场完成销售收入 25.42 亿元, 市场占有率继续保持了国内第二的行业地位。公司自主研发的 TMT110A 海上叶片首次采用碳纤维拉挤板, 可较大幅度的降低叶片和整机载荷, 降低项目成本。同时公司深入推进“双海战略”, 通过国内客户配套出口、国外客户深入合作等模式, 不断提高在双海市场的开拓能力和市场竞争力。目前看来公司市场空间广阔, 创新能力强。

4.3 光威复材

- 公司以碳纤维制备及工程化国家工程实验室和山东省碳纤维技术创新中心、国家级企业技术中心为支撑, 业务涵盖碳纤维、经编织物和机织物、系列化的树脂体系、各种预浸料、复合材料构件和产品的的设计开发、装备制造、检测(CNAS/DIAC 认证国家和国防实验室)等上下游, 依托在碳纤维领域的全产业链布局, 成为复合材料业务的系统方案提供商。在碳纤维渗透率不断提高的背景下公司成长空间广阔。

4.4 吉林化纤

- 公司参股 49%的子公司吉林宝旌于 2019 年成功试车大丝束碳纤维#2 号线, 标志着国内大丝束碳纤维的规模化量产。吉林宝旌主要从事大丝束、低成本碳纤维的研发、生产和销售, 一直保持满产满销状态。另外公司全资子公司吉林凯美克筹建的 600 吨小丝束碳纤维生产线, 已在上半年末全部建成并达产。同时公司通过非公开发行的募集资金已到位, 正在建设年产 1-2 万吨碳纤维复材拉挤板项目, 深入向碳纤维市场迈进。公司采用直销为主经销为辅的模式, 有效聚集了全产业链的力量, 后疫情时代产销率处于行业之首。

4.5 吉林碳谷

- 公司在 2021 年的国内碳纤维原丝销量达到 3.26 万吨, 占到了国内碳纤维原丝消耗的近一半, 市场份额一家独大。国内较多碳纤维企业直接、间接使用公司碳纤维原丝, 包括光威复材、国兴碳纤、恒神股份、精工系列公司等。公司于 2022 年募集资金用于建设年产 15 万吨碳纤维原丝项目以及碳纤维原丝及相关制品研发检测中心项目, 充分提升原丝的生产效率、优化原丝生产成本, 推动国产碳纤维在民用领域弯道超车, 且前者为国家发改委 2022 年先进制造业支持项目, 进一步提升了公司的核心竞争力。

5、风险提示

- 原材料价格波动风险。铜、铝是电线电缆行业最重要的原材料, 其价格的大幅波动将直接影响线缆企业的利润情况, 东方电缆虽然已执行了主要原材料的套期保值, 极端情况下可能导致企业大幅亏损。
- 因海上风电政策导致产业投资放缓的风险。虽然近几年海上风电产业的技术不断进步, 规模效应增加, 有效降低了投资成本, 但目前海上风电尚未能达到平价上网, 因此不排除因政策调整而可能影响国内海上风电发展节奏以及对海缆的需求, 行业增速一定程度上存在不确定因素

公司投资评级的说明：

买入：预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 15%以上；
增持：预期未来 6-12 个月内上涨幅度在 5%-15%；
中性：预期未来 6-12 个月内变动幅度在 -5%-5%；
减持：预期未来 6-12 个月内下跌幅度在 5%以上。

行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
增持：预期未来 3-6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%-15%；
中性：预期未来 3-6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%-5%；
减持：预期未来 3-6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明:

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准,已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”(以下简称“国金证券”)所有,未经事先书面授权,任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发,或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发,需注明出处为“国金证券股份有限公司”,且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料,但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告反映撰写研究人员的不同设想、见解及分析方法,故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致,国金证券不对使用本报告所包含的材料产生的任何直接或间接损失或与此有关的其他任何损失承担任何责任。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断,在不作事先通知的情况下,可能会随时调整,亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与国金证券其它业务部门、单位或附属机构在制作类似的其他材料时所给出的意见不同或者相反。

本报告仅为参考之用,在任何地区均不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告提及的任何证券或金融工具均可能含有重大的风险,可能不易变卖以及不适合所有投资者。本报告所提及的证券或金融工具的价格、价值及收益可能会受汇率影响而波动。过往的业绩并不能代表未来的表现。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突,而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品,使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员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。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议,国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保,在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下,国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易,并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告并非意图发送、发布给在当地法律或监管规则下不允许向其发送、发布该研究报告的人员。国金证券并不因收件人收到本报告而视其为国金证券的客户。本报告对于收件人而言属高度机密,只有符合条件的收件人才能使用。根据《证券期货投资者适当性管理办法》,本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于C3级(含C3级)的投资者使用;本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要,不应被视为对特定客户关于特定证券或金融工具的建议或策略。对于本报告中提及的任何证券或金融工具,本报告的收件人须保持自身的独立判断。使用国金证券研究报告进行投资,遭受任何损失,国金证券不承担相关法律责任。

若国金证券以外的任何机构或个人发送本报告,则由该机构或个人为此发送行为承担全部责任。本报告不构成国金证券向发送本报告机构或个人的收件人提供投资建议,国金证券不为此承担任何责任。

此报告仅限于中国境内使用。国金证券版权所有,保留一切权利。

上海

电话: 021-60753903

传真: 021-61038200

邮箱: researchsh@gjzq.com.cn

邮编: 201204

地址: 上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 7 楼

北京

电话: 010-66216979

传真: 010-66216793

邮箱: researchbj@gjzq.com.cn

邮编: 100053

地址: 中国北京西城区长椿街 3 号 4 层

深圳

电话: 0755-83831378

传真: 0755-83830558

邮箱: researchsz@gjzq.com.cn

邮编: 518000

地址: 中国深圳市福田区中心四路 1-1 号

嘉里建设广场 T3-2402