

2022年中国风电叶片行业概览

Overview of China's wind turbine blade industry in 2022

概览标签：风力发电、可再生能源、新能源

报告主要作者：孙博文

2022/09



报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施，追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

摘要

01

政策助力，确定了短期内可再生能源发电增量目标以及风力发电为主要发电增量的规划

- 2022年6月国家发展改革委、国家能源局等九部门近日联合印发的《“十四五”可再生能源发展规划》明确提出，以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快建设黄河上游、河西走廊等七大陆上新能源基地；重点建设山东半岛、长三角、闽南等五大海上风电基地集群；重点部署城镇屋顶光伏行动、“光伏+”综合利用行动等九大行动。。

02

风力发电机叶片是风力发电机中最基础和最关键的部件，按材料区分可分为木质叶片、钢梁玻璃纤维叶片、铝合金等弦长挤压成型叶片、玻璃钢叶片以及碳纤维复合叶片

- 现阶段玻璃钢叶片为市场主流叶片，碳纤维复合叶片因其高昂的原材料价格，还未实现大规模应用，但其凭借自身优异的物理性能将成为风电叶片发展趋势之一。

03

风力发电产业链上游为原材料供应商（包括玻璃纤维、碳纤维、树脂基体和芯材供应商），中游为风电叶片生产商，下游为风电整机生产商

- 风电叶片成本基本取决于上游原材料价格。叶片制造业原材料成本占比达75%以上属于成本导向型行业。原材料价格对叶片的制造成本和销售价格具有决定性的作用。未来风电叶片的降本增效也将依靠原材料及叶片制作工艺上的技术革新

04

海上风电是未来风电行业发展趋势之一，也将成为中游风电叶片行业市场需求主要增量之一

- 海上风电与陆上风电相比，存在稳定性高、风速大、易消纳的特点。离岸海上风速通常比沿岸高出20%，且相比陆上很少有静风期，发电时间更长。因此海上风电具备未来大规模发展的前景，从而促使风电叶片获得新的需求增量。

政策助力，风电叶片有望收获需求新增量——

2022年6月发布的《“十四五”可再生能源发展规划》要求大规模开发风电等可再生能源，到2025年，可再生能源年发电量达到3.3万亿千瓦时左右。“十四五”期间，可再生能源发电增量在全社会用电量增量中的占比超过50%，风电和太阳能发电实现翻倍。现阶段陆上风电现已平价，海上风电可能成为风电叶片需求新增量。未来风力发电机高功效的需求，也将推动风电叶片大尺寸化。分段式叶片以及碳纤维叶片也将成为未来风电叶片发展趋势。

目录 CONTENTS

◆ 第一章：行业综述	04
• 风力发电发展回顾	05
• 风力发电原理	06
• 风电叶片定义和分类	07
◆ 第二章：行业背景	08
• 中国电力生产结构	09
• 中国风电相关政策	10
◆ 第三章：产业链介绍	11
• 风力发电产业链简介	12
• 上游	13
• 中游	17
• 下游	20
◆ 第四章：市场规模	21
• 风电叶片市场规模	22
• 驱动因素	23
• 制约因素	24
◆ 第五章：发展趋势	25
◆ 第六章：重点关注企业（中材科技）	30
• 中材科技发展历程	31
• 中材科技公司核心优势	32
◆ 方法论	33
◆ 法律声明	34

第一部分：行业综述

主要观点：

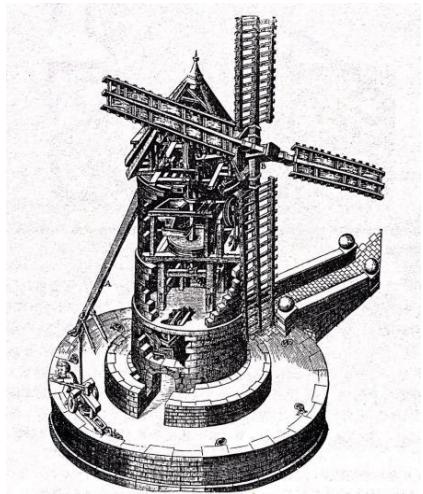
- 风电技术是从12世纪的风力机起源，直到19世纪末才出现第一台风力发电机，又经过长达半个多世纪的研究和发展，风力发电机才逐渐演变成现在的三叶片、上风向、失速调节型风机。
- 风电工作原理主要是将风的动能转变成齿轮箱中轮轴的机械能最后通过发电机转换成电能，风电叶片是风力发电设备中最核心的零部件之一，也是影响风力发电效率的重要因素之一
- 风力发电机叶片是风力发电机中最基础和最关键的部件，按材料区分可分为木质叶片、钢梁玻璃纤维叶片、铝合金等弦长挤压成型叶片、玻璃钢叶片以及碳纤维复合叶片
- 中国电力总生产量大幅提升；同时，光伏发电、风力发电等可再生能源发电占比逐年提高；中国风力发电占比从2008年的0.38%提升至2021年的7.83%
- 2022年6月发布的《“十四五”可再生能源发展规划》要求大规模开发风电等可再生能源，到2025年，可再生能源年发电量达到3.3万亿千瓦时左右；风电将成为主要发电增量之一。

风力发电发展回顾

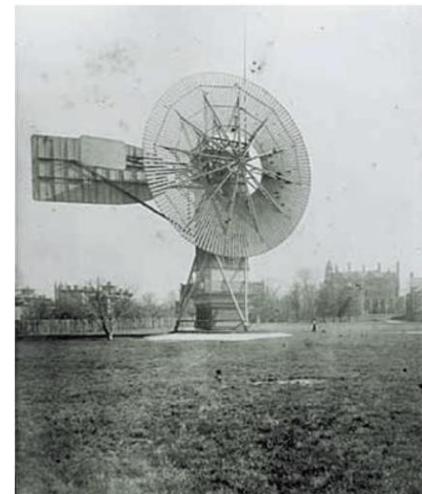
- 风电技术是从12世纪的风力机起源，直到19世纪末才出现第一台风力发电机，又经过长达半个多世纪的研究和发展，风力发电机才逐渐演变成现在的三叶片、上风向、失速调节型风机。

风力发电发展回顾

12世纪



1888年



1908年



1960s



- 在12世纪的欧洲，风车的利用和发展较为迅速，并出现了第一台水平轴风力机。那时人们利用风车作为机械动力源，用于提水、碾磨谷物等。

- 1888年，第一台实现风能转化为电能的风机才由美国人Charles Brush发明出来，功率为12kW，叶轮直径为17m。

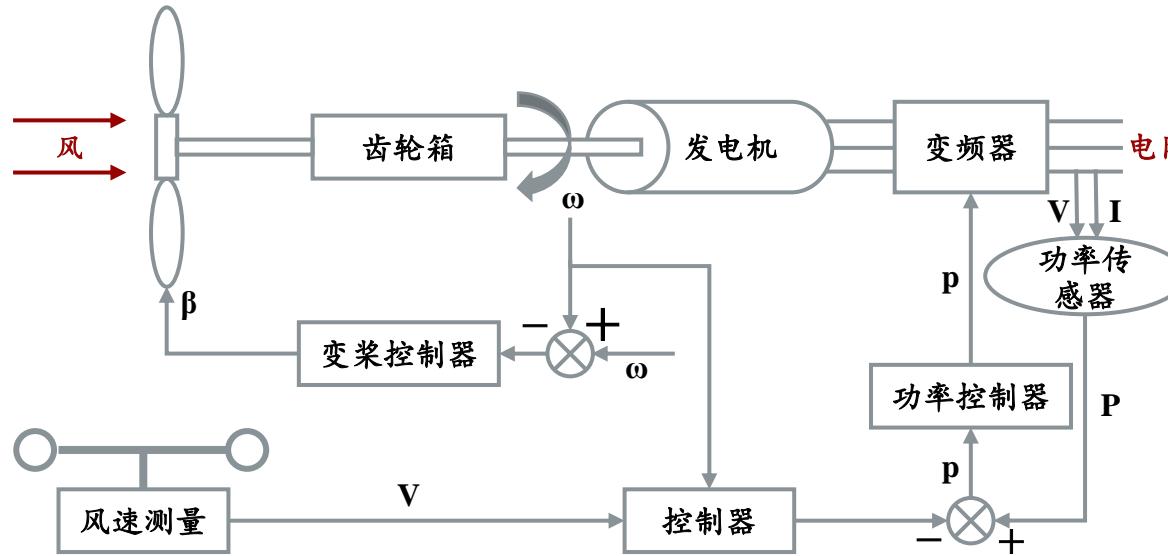
- 1908年，首批较为成熟的商业化风机在丹麦诞生并得到初步推广，单机容量为20-35kW。

- 20世纪60年代，现代风机的雏形“丹麦范式”基本确定，为三叶片、上风向、失速调节型风机。

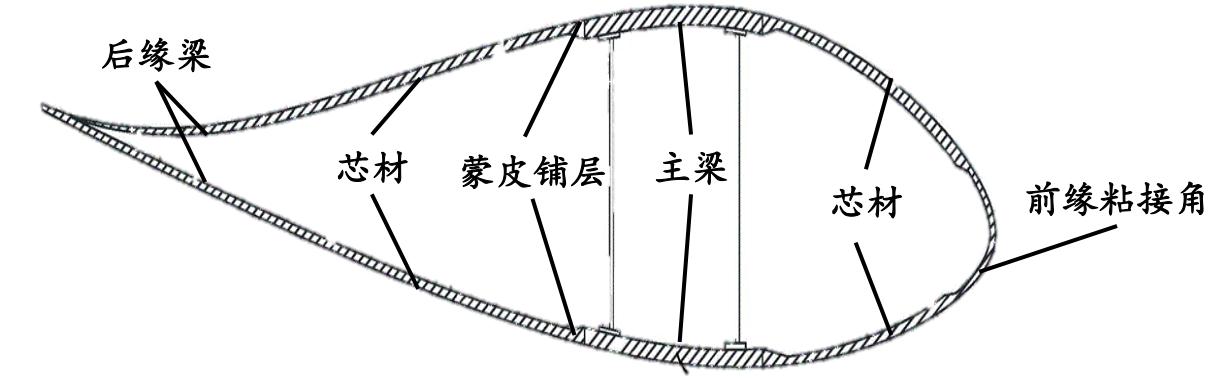
风力发电原理

- 风电工作原理主要是将风的动能转变成齿轮箱中轮轴的机械能最后通过发电机转换成电能，风电叶片是风力发电设备中最核心的零部件之一，也是影响风力发电效率的重要因素之一

风力发电原理



风力发电叶片结构



□ 风力发电机工作原理就是通过叶轮将风能转变为机械转距(风轮转动惯量)，通过主轴传动链，经过齿轮箱增速到异步发电机的转速后，通过励磁变流器励磁而将发电机的定子电能并入电网。如果超过发电机同步转速，转子也处于发电状态，通过变流器向电网馈电。

□ 风机的控制系统要根据风速、风向对系统加以控制，在稳定的电压和频率下运行，自动地并网和脱网，因此风速测量仪器所收集的数据对于风力发电机非常重要。
(备注：途中 β 指的是风电叶片的角度， ω 指的是齿轮箱转速，V指的是电压，I指的是电流，P指的是功率)

□ 叶片是风力发电设备最核心的零部件之一，对于风力发电效率有着举足轻重的影响，为提高发电效率，风电叶片要求外型设计具备密度轻、强度高、韧性强的特点，风电叶片使用的结构和材料也和其发电效率有极强关联。

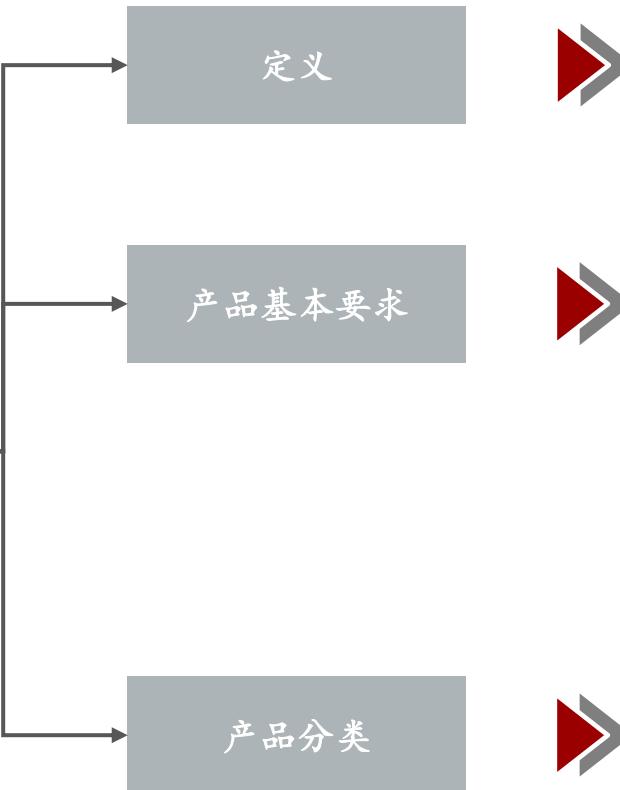
□ 风电叶片结构包括主梁系统、上下蒙皮、叶根增强层等：主梁系统包括主梁与腹板，主梁负责主要承载，提供叶片刚度即抗弯和抗扭能。腹板负责支撑截面结构，预制后粘接在主梁上；蒙皮形成叶片气动外形用于捕捉风能，通常在形成主梁结构后，上下蒙皮通过前、后缘与主梁结构粘接成为叶片；叶根增强层将主梁上载荷传递到主机处。

风电叶片定义和分类

- 风力发电机叶片是风力发电机中最基础和最关键的部件，按材料区分可分为木质叶片、钢梁玻璃纤维叶片、铝合金等弦长挤压成型叶片、玻璃钢叶片以及碳纤维复合叶片

风电叶片的定义和分类

风电叶片



第二部分：行业背景

主要观点：

- 中国电力总生产量大幅提升；同时，光伏发电、风力发电等可再生能源发电占比逐年提高；中国风力发电占比从2008年的0.38%提升至2021年的7.83%
- 2022年6月发布的《“十四五”可再生能源发展规划》要求大规模开发风电等可再生能源，到2025年，可再生能源年发电量达到3.3万亿千瓦时左右；风电将成为主要发电增量之一。

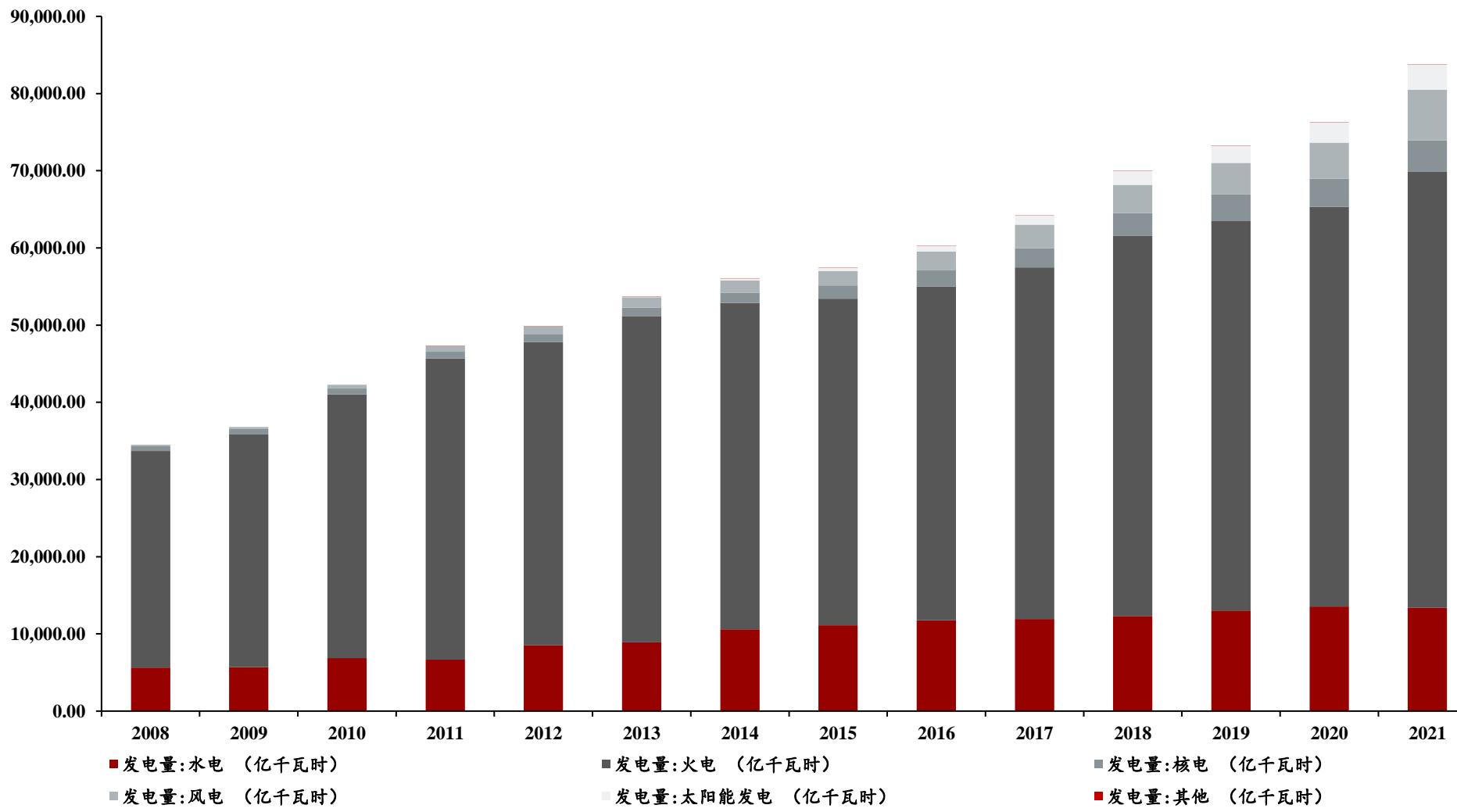


中国电力生产结构

- 中国电力总生产量大幅提升；同时，光伏发电、风力发电等可再生能源发电占比逐年提高；中国风力发电占比从2008年的0.38%提升至2021年的7.83%

中国电力生产结构仍以火电为主，新能源发电占比逐渐增多

头豹洞察：



来源：Choice、头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo



头豹
LeadLeo

400-072-5588

- 中国电力生产总量从2008年的34,088.4亿千瓦时上升至2021年的**83,768亿千瓦时**。
- 中国火力发电产生的电力总量从2008年的28,029.97亿千瓦时上升至2021年的56,463亿千瓦时，但是其发电占比正逐年下降；2008年火力发电占总发电量的81.23%，到2021年火力发电仅占比总发电量的**67.4%**。
- 与之同时，水力、风力、太阳能发电量均实现了更大程度的突破，新能源正在快速发展。2008年中国风力发电生产的电能为130.79亿千瓦时，占比总发电量0.38%，到2021年中国风力发电生产的电能已经达到**6,556亿千瓦时**，占比总发电量**7.83%**。中国新能源发电的快速发展是实现2030年碳达峰、2060年碳中和的必要因素。

中国风电相关政策

- 2022年6月发布的《“十四五”可再生能源发展规划》要求大规模开发风电等可再生能源，到2025年，可再生能源年发电量达到3.3万亿千瓦时左右；风电将成为主要发电增量之一。

中国风电相关政策

发布日期	名称	主要内容
2022.06	《“十四五”可再生能源发展规划》	大规模开发风电等可再生能源，到2025年，可再生能源年发电量达到3.3万亿千瓦时左右。“十四五”期间，可再生能源发电增量在全社会用电量增量中的占比超过50%，风电和太阳能发电实现翻倍。
2022.03	《“十四五”现代能源体系规划》	全面推进风电发电大规模开发和高质量发展。在风能资源资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续整装开发条件、符合区域生态环境保护等要求的地区，有序推进风电集中式开发，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电基地项目建设。鼓励建设海上风电基地，推进海上风电向深水远岸区域布局。
2022.02	《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》	推动构建以清洁低碳能源为主体的能源供应体系。以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快推进大型风电、光伏发电基地建设，探索建立送受两端协同为新能源电力输送提供调节的机制，支持新能源电力能建尽建、能并尽并、能发尽发。符合条件的海上风电等可再生能源项目可按规定申请减免海域使用费用。
2022.01	《加快农村能源转型发展助力乡村振兴的实施意见》	到2025年，拟建成一批农村能源绿色低碳试点，风电、太阳能、生物质能、地热能等占农村能源的比重持续提升，农村电网保障能力进一步增强，分布式可再生能源发展壮大，绿色低碳新模式新业态得到广泛应用，新能源产业成为农村经济的重要补充和农民增收的重要渠道，绿色、多元的农村能源体系加快形成。
2021.12	《关于组织拟纳入第二批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光基地项目的通知》	要求各省级能源主管部门于12月15日前向国家发展改革委运行局，国家能源局新能源司、电力司报送第二批项目清单；《通知》提出，落实项目业主、用地、环评、并网消纳等条件，已核准(备案)且能够在2022年开工建设，原则上能在2023年内建成并网，部分受外部条件制约的项目应能在2024年建成并网。要统筹基地项目和配套电网工程，同步规划、同步建设、同步投运。
2021.12	《风电场改造升级和退役管理办法》征求意见稿	本办法适用于境内和管辖海域的所有风电场，鼓励并网运行超过15年的风电场开展改造升级和退役
2021.06	《国家发展改革委关于2021年新能源上网电价政策有关事项的通知》	2021年起，对新备案集中式光伏电站、工商业分布式光伏项目和新核准陆上风电项目，中央财政不再补贴，实行平价上网；新建项目上网电价，按当地燃煤发电基准价执行；新建项目可自愿通过参与市场化交易形成上网电价，以更好体现光伏发电、风电的绿色电力价值；新核准（备案）海上风电项目、光热发电项目上网电价由当地省级价格主管部门制定，具备条件的可通过竞争性配置方式形成，上网电价高于当地燃煤发电基准价的，基准价以内的部分由电网企业结算；鼓励各地出台针对性扶持政策，支持光伏发电、陆上风电、海上风电等新能源产业持续健康发展。

来源：公开资料、头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo

第三部分：产业链介绍

主要观点：

- 风力发电产业链上游为原材料供应商（包括玻璃纤维、碳纤维、树脂基体和芯材供应商），中游为风电叶片生产商，下游为风电整机生产商
- 玻璃纤维是风电叶片主梁的核心原材料，其拉伸模量的提高对于风电叶片大尺寸化起到促进作用，现阶段制造工艺纯熟且其拉伸模量基本满足风电叶片刚度需求，因此短期内不会被碳纤维替代。碳纤维目前因为单价高昂的原因无法成为风电叶片主梁的核心原材料，预计未来随着碳纤维国产化的推进，使得碳纤维实现低成本应用，2025年碳纤维在风电叶片领域的需求可达9.3万吨。
- 传统的叶片成型工艺有各自的优缺点但是逐渐被淘汰，现阶段拉挤工艺凭借其高效率、高质量、低成本的特点逐渐成为市场主流帮助风电叶片实现降本增效
- 风电叶片主要成本为原材料成本，原材料成本占比总成本约75%，未来为实现风电叶片的降本增效，优化材料是最直接的途径
- 风电叶片为高技术壁垒行业，且随着下游风电整机更高的功率需求，风电叶片进入门槛飞速提升，目前风电行业产能最高的企业为中材科技和时代新材分别有10,000MW的年产能，行业CR5为68%有进一步提升的趋势
- 2010、2015、2020年为风电三次抢装。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

风力叶片产业链简介

- 风力发电产业链上游为原材料供应商（包括玻璃纤维、碳纤维、树脂基体和芯材供应商），中游为风电叶片生产商，下游为风电整机生产商

风力叶片产业链图谱



来源：公开资料，头豹研究院编辑整理

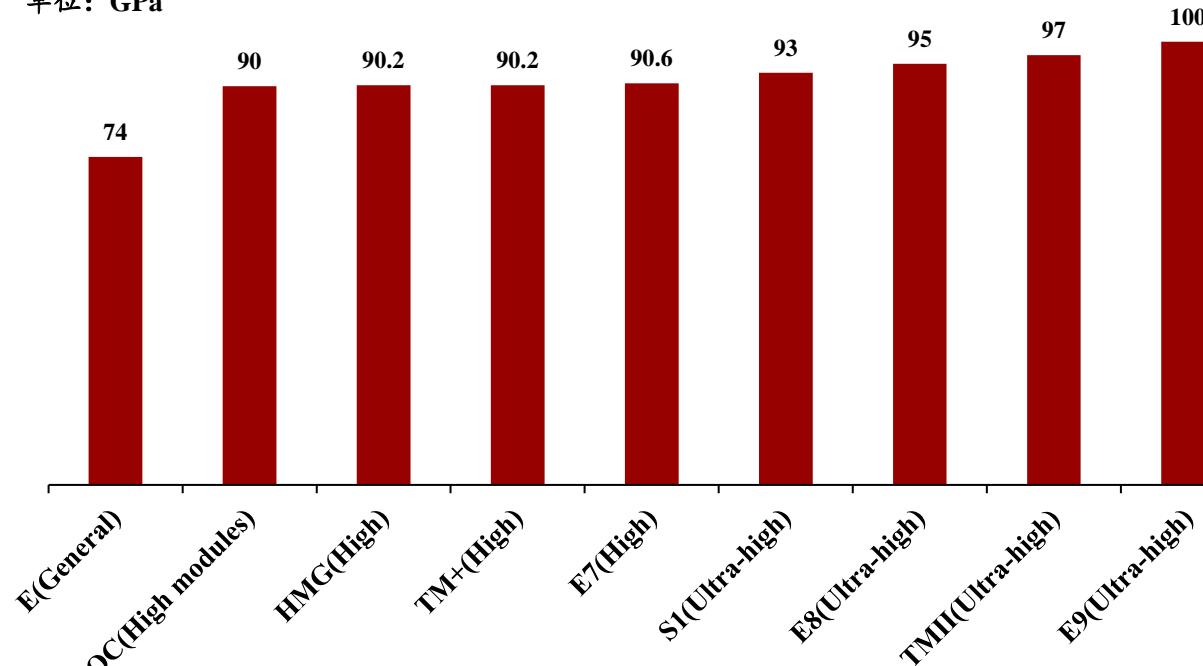
©2022 LeadLeo

上游——玻璃纤维

- 玻璃纤维是风电叶片主梁的核心原材料，其拉伸模量的提高对于风电叶片大尺寸化起到促进作用，现阶段制造工艺纯熟且其拉伸模量基本满足风电叶片刚度需求，因此短期内不会被碳纤维替代

玻璃纤维主要型号及其拉伸模量

单位：GPa



风电叶片用玻璃纤维的主要型号

生产厂商	第一代	第二代	第三代	第四代
中国巨石	E6	E7	E8	E9
国际复材	TM	TM+	TMII	-
泰山玻纤	TCR	HMG	S-1 HM	THM-1
OCV	WS2000	WS3000	WS4000	-

来源：《复合材料在大型风电叶片上的应用与发展》，公开资料，头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo



头豹
400-072-5588

www.leadleo.com

中国风电叶片用玻璃纤维主要公司产能

公司	产能
中国巨石	玻纤产能约 200万吨 ，全球第一，全球市占率23%，国内市占率34%，在建产能约 46万吨
中材科技	公司玻纤年产能近 110万吨 ，全球市占率11%
山东玻纤	2021年产能 36万吨 ，2022年设计产能 41万吨 ，2025年实现国内产能达到 62万吨 左右
长海股份	2021年产能 30万吨 ，2021年5月公告拟建 60万吨 高性能玻纤产能

头豹洞察：

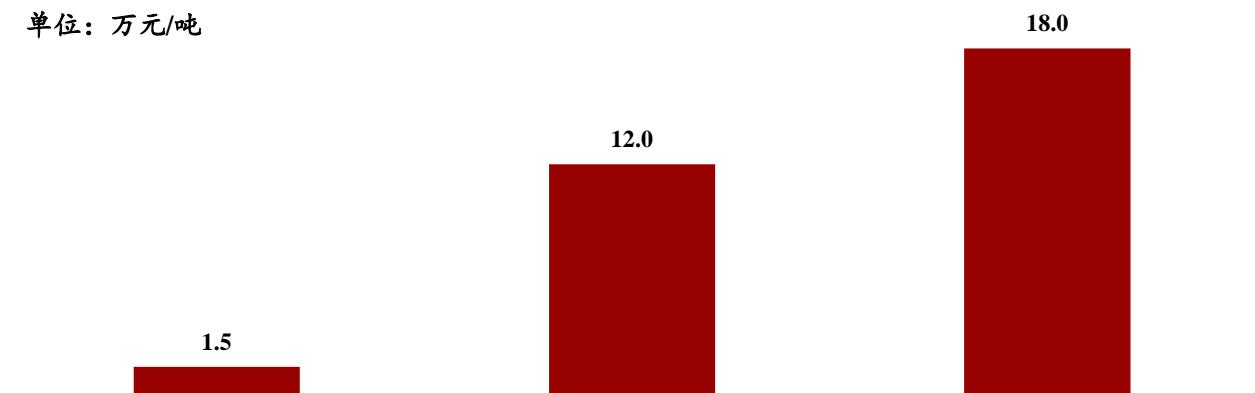
- 玻璃纤维增强复合材料是指用玻璃纤维作为增强纤维材料，不饱和聚酯、环氧树脂与酚醛树脂作为基体材料，具备强度高、重量轻、耐老化的特点。该材料也是目前是风电叶片主梁的主要原材料。
- 增强纤维的拉伸模量是影响叶片变形的关键因素之一，拉伸模量的增加对叶片刚度提升巨大，近十年玻纤生产企业持续创新每一代产品的拉伸模量提升都接近10%，对风电叶片大型化的发展起到了促进作用。
- 玻璃纤维经过多年发展现阶段工艺成熟，我们认为玻璃纤维在短期内仍然是风电叶片主梁的主要原材料。未来随着风电叶片尺寸进一步增加，对风电叶片的刚度提出更高要求时，碳纤维复合材料才可能在风电叶片领域中对玻璃纤维材料实现替代。

上游——碳纤维

- 碳纤维目前因为单价高昂的原因无法成为风电叶片主梁的核心原材料，预计未来随着碳纤维国产化的推进，使得碳纤维实现低成本应用，2025年碳纤维在风电叶片领域的需求可达9.3万吨

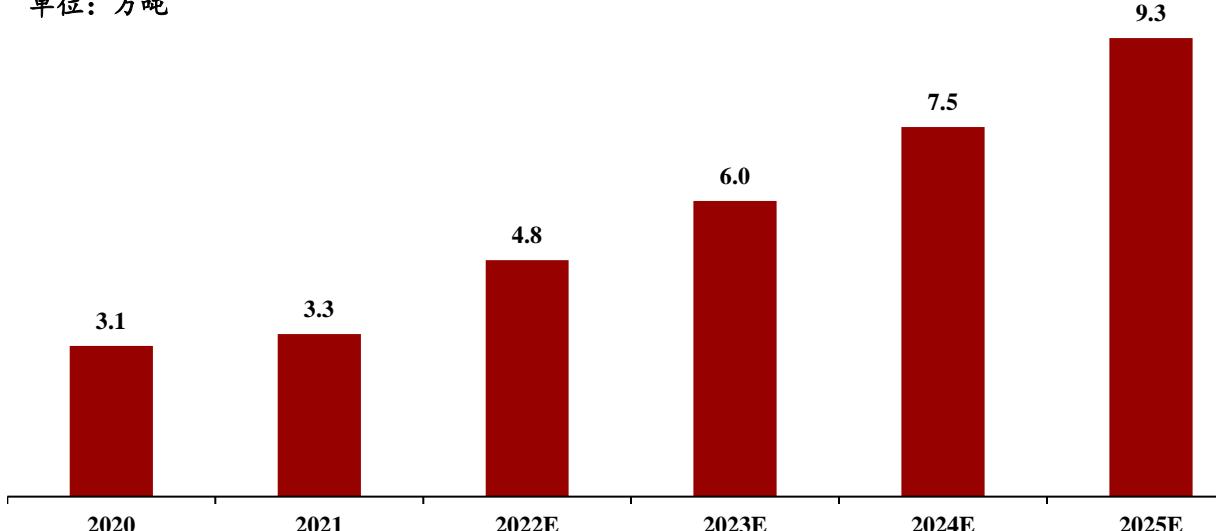
风电叶片用玻纤织物以及碳纤维织物价格对比

单位：万元/吨



风电叶片对于碳纤维需求量的发展趋势预测

单位：万吨



中国风电叶片用碳纤维主要公司产能

公司	产能
吉林化纤	子公司吉林宝旌（49%）可年产 8500吨 大丝束碳纤维，2023年规划 1.2万吨 产能。全资子公司凯美克具有 600吨 小丝束碳纤维产能，当前已投300吨，预计2022年再投300吨
光威复材	目前碳纤维产能 3,855吨 ，另有内蒙古包头在建产能 4,000吨 预计2022年年中投产
中简科技	目前小丝束碳纤维产能 350吨 ，2021年8月定增20亿元建设碳纤维，完全投产后公司碳纤维产能可达 1,500吨
长海股份	目前拥有 1,500吨/年 碳纤维产能，在建 1.2万吨/年 48K大丝束碳纤维项目，未来将以碳纤维产业为转型新引擎，配套聚酯、聚烯烃、弹性体、碳五等一系列下游精细化工新材料

头豹洞察：

- 碳纤维现阶段在风电叶片领域中暂时不能对玻璃纤维进行大规模替代，因为其单价高昂，现阶段风电叶片使用的碳纤维织物单价为18万元/吨、玻璃纤维织物单价仅为1.5万元/吨。在风力发电行业整体降本增效的发展趋势下，碳纤维目前还无法成为最核心的叶片主梁材料
- 未来随着碳纤维国产化推进，叶片材料、结构设计与生产工艺相互配合，使得碳纤维实现低成本应用，届时碳纤维在风电叶片领域中的需求将实现爆发式增长，预计2025年碳纤维在风电叶片领域中的需求量为9.3万吨。

来源：《复合材料在大型风电叶片上的应用与发展》，公开资料，头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo



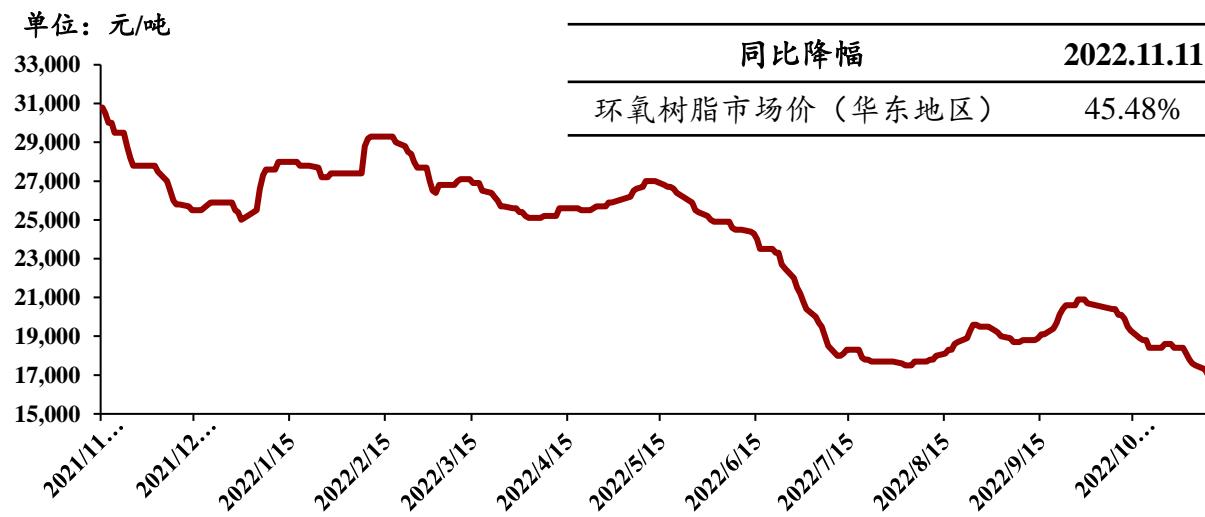
头豹 400-072-5588
LeadLeo

www.leadleo.com

上游——树脂基体

- 树脂基体在风电叶片中起到粘结、支持、保护增强材料和传递载荷的作用，是风电叶片成本占比较大的一部分，目前环氧树脂市场价格大幅下降，对于风电叶片的降本增效起到促进作用

环氧树脂市场价（华东地区）



可替代环氧树脂的其他材料或方案

类型	主要优点
聚氨酯材料	黏度低、灌注和固化速度快、成本相对较低
DCPD 树脂	密度低、成本低、可实现风电叶片减重、降低成本和提高灌注效率
热塑性树脂	密度小、强度高、抗冲击性好且兼备可循环使用、产品可熔融再加工、可焊接的特点
碳纤维增强配合乙烯基树脂	工艺性好，能满足机械力学性能、抗疲劳性、刚度等各项性能指标的设计要求
生物质材料配合环氧树脂	环保性好、刚度高、稳定性好、低温阻尼好、材料可再生、成本低、环氧树脂用量相对较小、固化过程中材料收缩小、加工过程所需时间较少

中国环氧树脂主要公司产能

公司	产能
中国石化	2021年2月，通过对液体环氧树脂生产装置的升级改造，公司液体双酚A环氧树脂产能从2万吨/年提升到5万吨/年
中化国际	公司现有17万吨液体环氧树脂，2022年6月投产16万吨液体及2万吨固体环氧树脂
上纬新材	2019年公司在国内风电叶片专用环氧树脂市占率为13%，现有17.2万吨/年风电树脂产能，新增风电树脂产能2万吨于2022年6月建成投产
宏昌电子	公司现有环氧树脂总产能15.5万吨/年，规划拟建设14万吨产能

头豹观察：

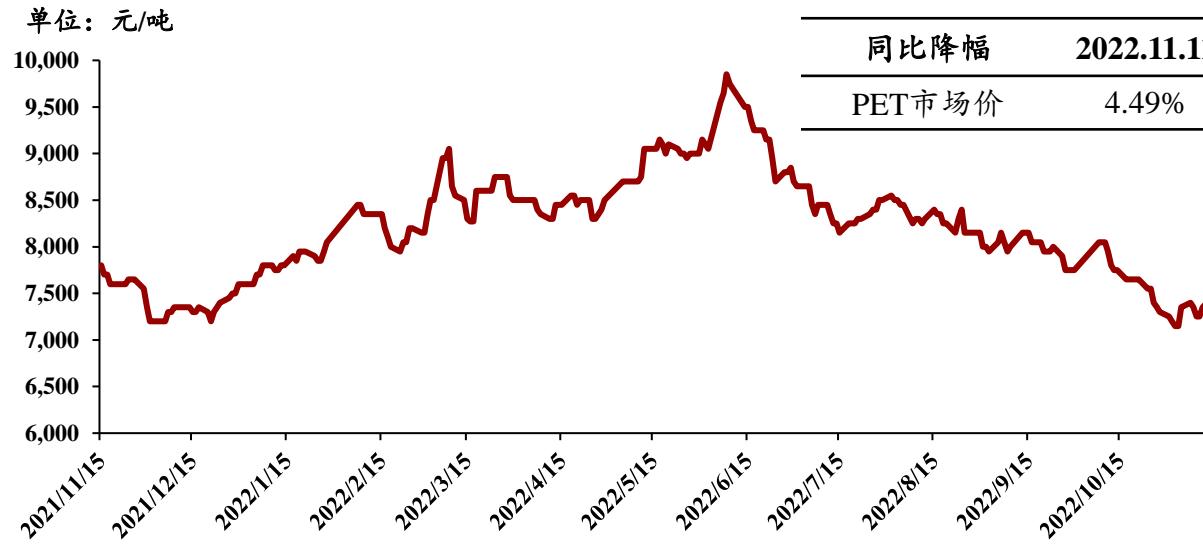
- 树脂基体材料在风电叶片中起到粘结、支持、保护增强材料和传递载荷的作用，对于树脂的凝固速度和成本有较高要求。目前，环氧树脂凭借良好的力学性能、耐化学腐蚀性和尺寸稳定性成为现阶段大型风电叶片的首选树脂。
- 2022年11月环氧树脂市场价格为16,900元/吨，同比去年下降45.48%。树脂价格的下降，对于风电叶片的制造成本的下降起到了极大的促进作用。也为风电叶片大型化起到了推动作用。
- 目前有部分材料或方案可对环氧树脂实现替代，但因各自还存在不同程度的缺陷均未在风电叶片行业中实现大规模实装。

来源：Choice，头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo

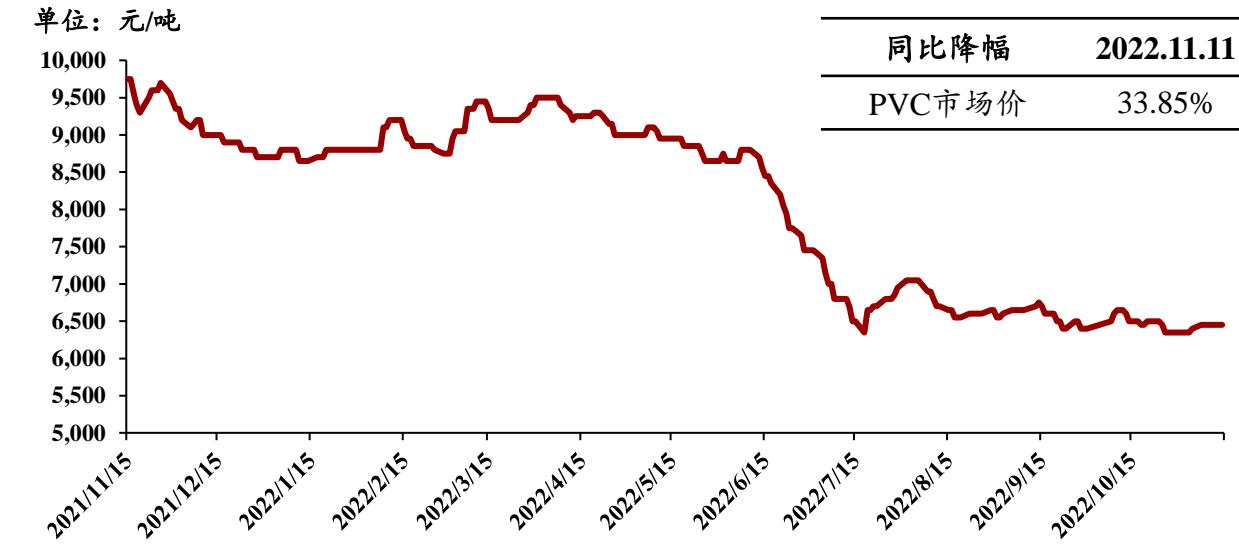
- 现阶段主流的风电叶片芯材原材料为巴沙木和PVC泡沫，未来PET泡沫可以凭借稳定的市场供应以及成本低的优势，可对巴沙木以及PVC泡沫实现替代

PET市场价



中国风电芯材原材料

PVC市场价



头豹观察:

材料	材料特点
巴沙木	巴沙木又名轻木，是现阶段最主要的风电芯材原材料。巴沙木主要优点为材质不易变形，强度适中，柔性适中，但其主要产地不在中国，且产业链长，生产周期长，导致供应可能会出现卡脖子的情况
PET	PET属于已经成熟的工业化产品，而且现阶段PET已经完全实现了国产化，在供应方面得到了保障。PET材料耐温性优秀，可减少运行过程中叶片温度上升的问题，且PET材料是可回收材料相比其他材料更加环保

来源: Choice, 头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo



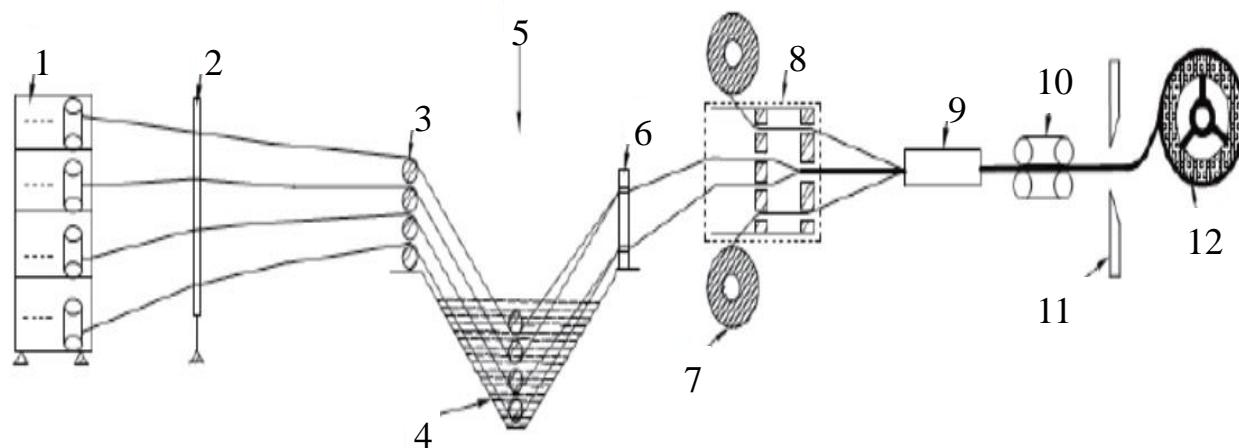
头豹
400-072-5588

www.leadleo.com

中游——风电叶片（制造工艺）

- 传统的叶片成型工艺有各自的优缺点但是逐渐被淘汰，现阶段拉挤工艺凭借其高效率、高质量、低成本的特点逐渐成为市场主流帮助风电叶片实现降本增效

风电叶片拉挤工艺示意图



风电叶片各成型工艺比较

工艺名称	特点	优点	缺点
湿法手糊成型工艺	手工操作，适合生产小批量，质量均匀性要求低的复合材料制品	成本低	含胶量不均匀、容易裂变、断裂和叶片变形、环境污染严重
预浸料成型工艺	综合性能优越，适于制造大型的厚复合材料部件	制品厚度均匀、空隙率低、表面光滑平整	成本高
真空导入成型工艺	主要依赖工艺参数，较少依赖工人技术水平，产品质量易于保证	污染小、质量稳定、生产效率高	-

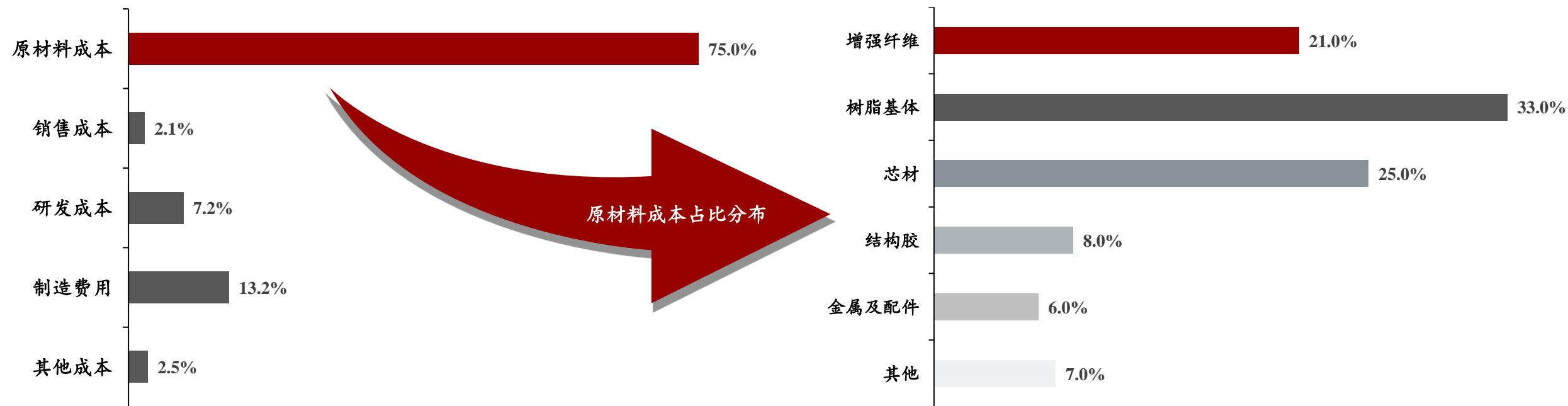
头豹洞察：

- 目前叶片制造工艺中，因VESTAS的专利保护原因，碳纤维制造风电叶片的发展受到了一定程度的限制，随着VESTAS专利到期，国内碳纤维风电叶片的应用有望加速发展。
- 2015年之前主流的叶片成型工艺为湿法手糊成型工艺、预浸料成型工艺、真空导入成型工艺分别有各自的优缺点，但是现阶段拉挤成型工艺逐渐成为主流。拉挤成型工艺可以减少工序，相应减少模具的投入。与灌注工艺相比，拉挤的树脂含量更低，可以使叶片重量下降3%左右，起到一定的降本增效的作用。

中游——风电叶片（成本构成）

- 风电叶片主要成本为原材料成本，原材料成本占比总成本约75%，未来为实现风电叶片的降本增效，优化材料是最直接的途径

国内风电叶片成本分布



头豹洞察：

- 风电叶片的主要成本为原材料成本占比约为**75%**、研发成本占比总成本**7.2%**、制造费用占比总成本**13.2%**。
- 原材料成本中占比较大的主要是增强纤维、树脂基体、芯材和结构胶，他们的成本占比分别为**21%、33%、25%和8%**。
- 其中增强纤维和树脂为叶片主梁材料，组合构成纤维增强复合材料。主梁也是风电叶片最主要的构成部分，因此我们认为未来为了实现风电叶片的降本增效，优化材料是最直接的途径。如上图所示若风电叶片原材料价格（特别是在成本占比较高的增强纤维、树脂集体和芯材中）出现下调，风电叶片的制造成本也会随之出现明显下调。

来源：公开资料，头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo

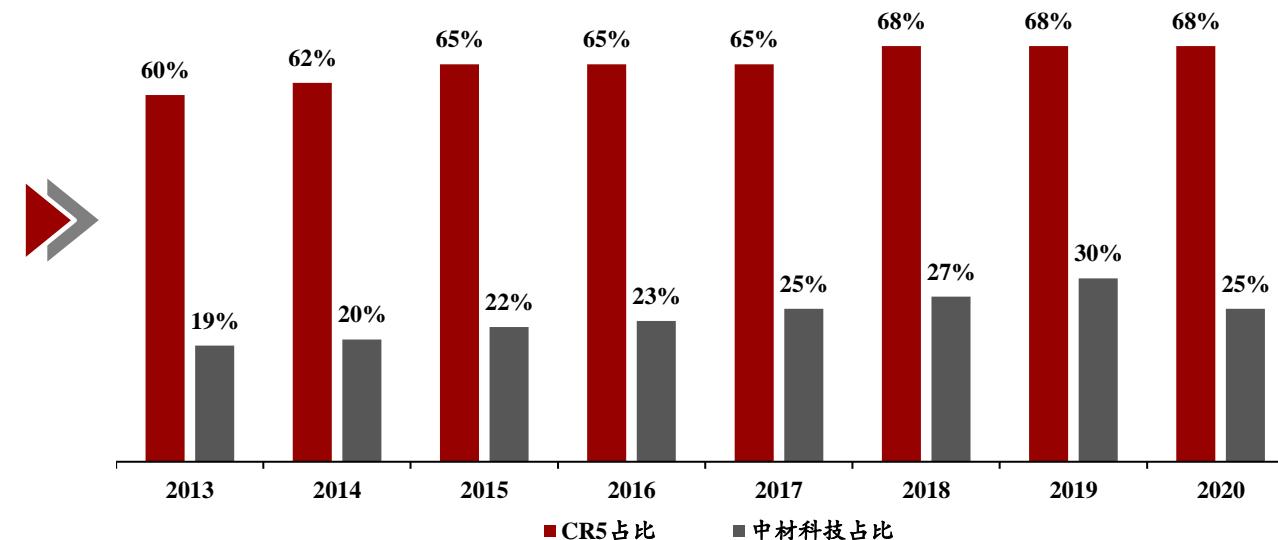
中游——风电叶片（竞争格局）

- 风电叶片为高技术壁垒行业，且随着下游风电整机更高的功率需求，风电叶片进入门槛飞速提升，目前风电行业产能最高的企业为中材科技和时代新材分别有10,000MW的年产能，行业CR5为68%有进一步提升的趋势

国内各风电叶片生产厂商的产能

排名	公司名称	生产基地	产能 (MW/年)
1	中材科技风电叶片股份有限公司	7	10,000
2	株洲时代新材料科技股份有限公司	6	10,000
3	艾朗科技股份有限公司	5	9,000
4	中国复合材料集团有限公司	8	6,000
5	中科宇能科技发展有限公司	5	5,000
6	洛阳双瑞特种装备有限公司	8	4,500
7	吉林重通成飞新材料股份有限公司	5	4,500
8	天顺风能（苏州）股份有限公司	3	3,000
9	上海玻璃钢研究院有限公司	-	1,400
10	江苏九鼎新材料股份有限公司	-	-

国内风电叶片市场竞争格局



头豹洞察：

- 当前风机功率的提升对叶片大型化提出了更高的要求，而大型化和智能化叶片的生产有较高技术壁垒。高技术壁垒叠加叶片迭代速度不断加快的趋势下，国内叶片头部企业市占率不断攀升。
- 风电叶片生产与下游风电整机厂关系密切，叶片厂商需要与客户形成深度合作关系，以便可以迅速了解客户需求，配合自身研发设计优势进行产品更新升级，对技术及市场的变化优先其他叶片制造商做出反应，因此大大加重了行业新进入者的难度。
- 目前风电叶片行业CR5为68%，中材科技为龙头企业拥有25%的市场占有率。预计未来风电叶片行业CR5将进一步提升。
- 从产能而论，中材科技与时代新材为风电叶片龙头企业分别有10,000MW的年产能

来源：公开资料，头豹研究院编辑整理

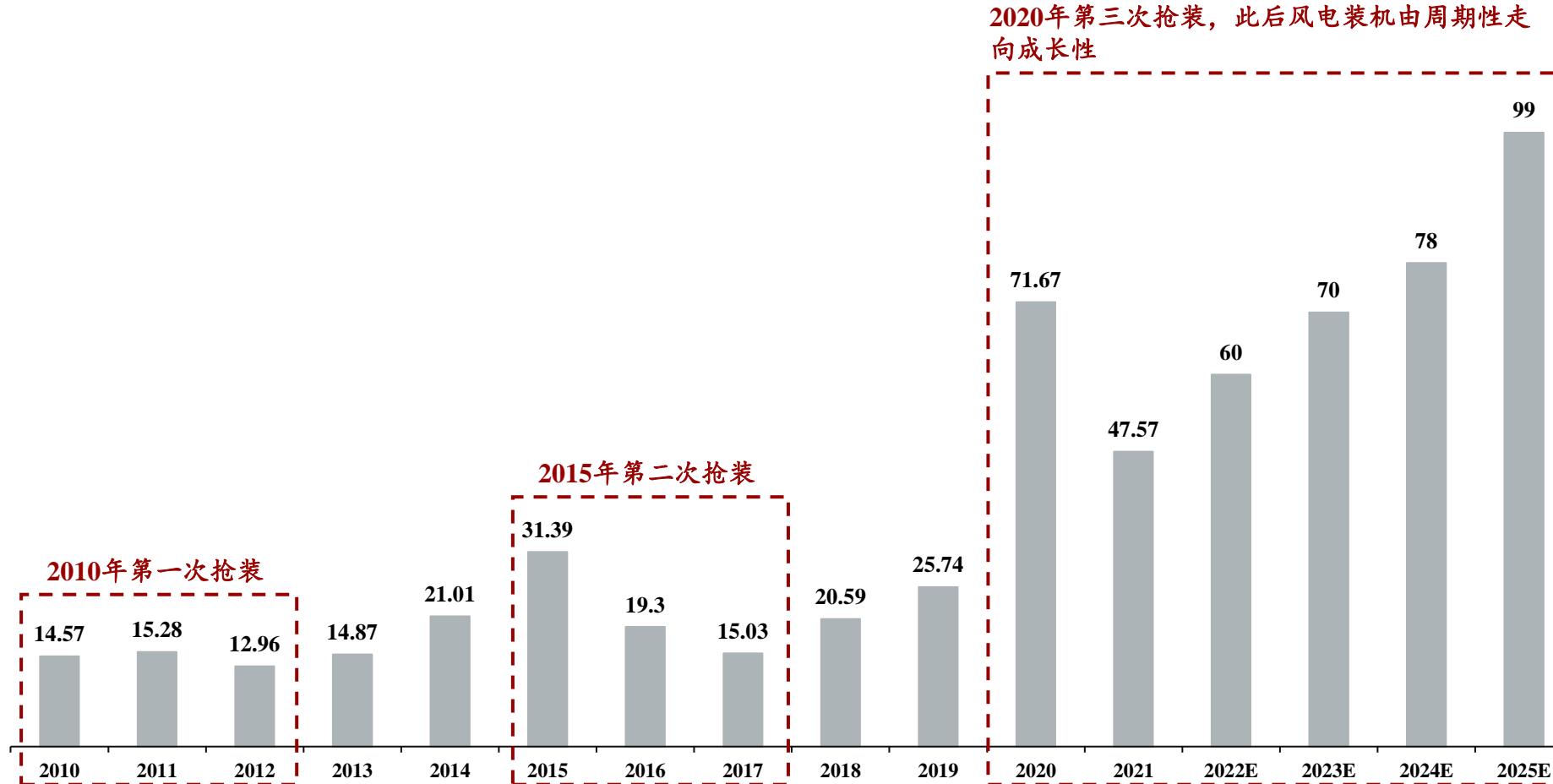
©2022 LeadLeo

下游——风力发电新增装机容量

- 2010、2015、2020年为风电三次抢装。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

预计2025年中国风力发电新增装机容量达到99GW

单位：GW



来源：Wind，头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo

头豹洞察：

- 我国风力发电发展经过3次抢装潮。第一次风力发电抢装潮发生在2010年。2010年中国风力发电新增容量达到14.57GW，同比2009年上涨49.77%。
- 第二次风力发电抢装潮发生在2015年。受2016年风电上网电价下调影响，投资商抢装较明显，带动风机设备出货量增加。2015年中国风力发电新增容量达31.39GW，同比2014年上涨49.42%。
- 随着风力发电全面平价时代的到来。中国第三次风力发电抢装潮发生在2020年。2020年中国风力发电新增容量达71.67GW，同比2019年上涨180.40%。
- 未来中国风力发电新增装机容量将平稳增长；预计2025年中国新增装机容量将达99GW。

第四部分：市场规模

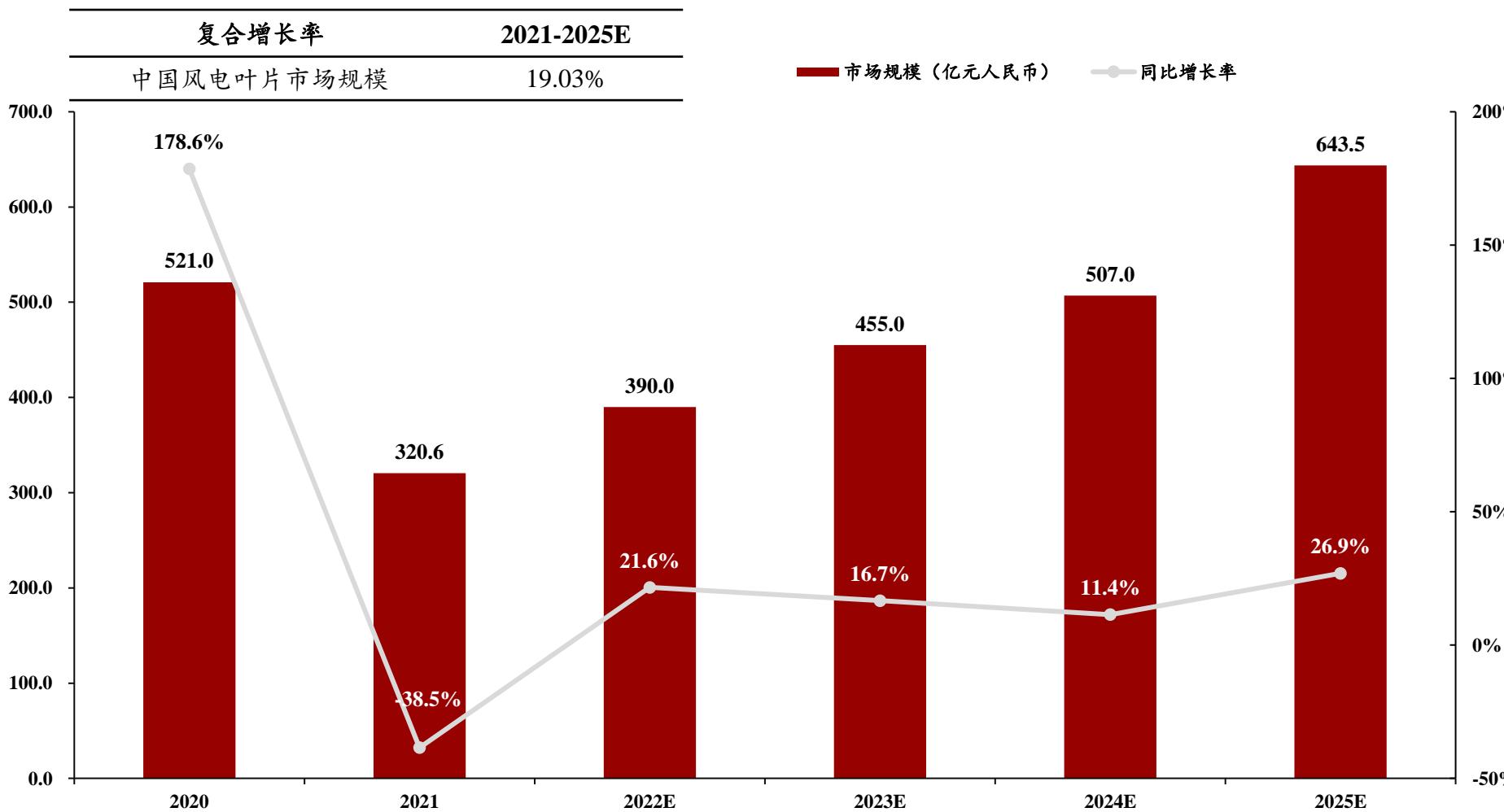
主要观点：

- 2021年中国风电叶片市场规模同比下降38.5%，为20年风电抢装潮后市场回冷所致，预计2025年中国风电叶片市场规模可达643.5亿元，2021年至2025年复合增长率为19.03%
- 中国风电叶片发展主要驱动因素为中国具备广阔的潜在市场空间，中国政府积极出台相关政策鼓励产业链下游企业开发沙戈荒大基地、海上基地以及分散式风电，中游叶片企业因此将获得更广阔的市场
- 未来风电叶片大尺寸化，需大规模采用大丝束碳纤维作为核心部件的原材料。中国碳纤维制造技术及产品的落后可能成为中国风电叶片行业发展的制约因素

风电叶片市场规模

- 2021年中国风电叶片市场规模同比下降38.5%，为20年风电抢装潮后市场回冷所致，预计2025年中国风电叶片市场规模可达643.5亿元，2021年至2025年复合增长率为19.03%

预计2025年中国风电叶片市场规模可达643.5亿元



头豹洞察：

- 2021年中国风电叶片市场规模达320.6亿元人民币，同比2020年下降38.5%，我们认为21年中国风电叶片市场规模的下降是因为20风电整机抢装潮过后的正常市场现象。
- 我国是世界上最大的能源需求国之一，工业持续发展加速能源需求增长背景下，叠加目前国内“3060”双碳目标的影响，能源结构改变势在必行，政策主导下，风力发电新增装机量的提升为大势所趋。
- 预计2025年，在风电叶片平均市场价格保持65万元/MW的情况下，中国风电叶片的市场规模可达643.5亿元人民币。2021年至2025年中国风电叶片市场规模复合增长率可达19.03%。

来源：Wind，头豹研究院编辑整理

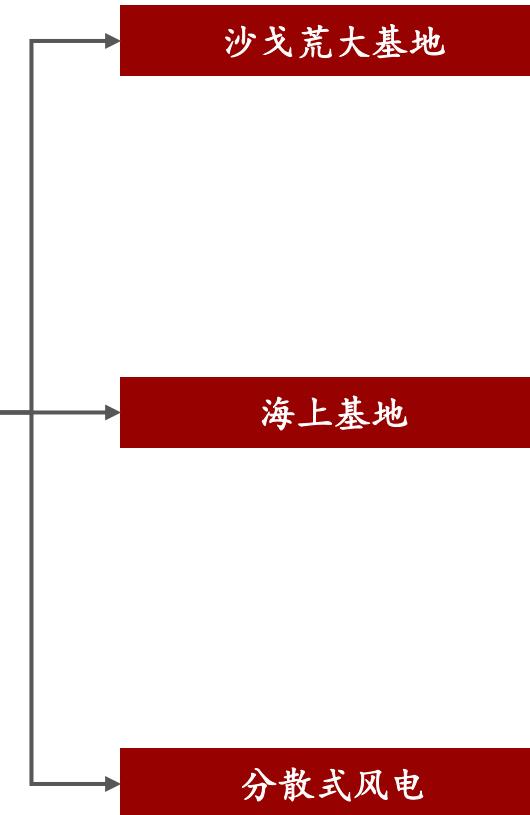
©2022 LeadLeo

驱动因素——广阔的市场空间

- 中国风电叶片发展主要驱动因素为中国具备广阔的潜在市场空间，中国政府积极出台相关政策鼓励产业链下游企业开发沙戈荒大基地、海上基地以及分散式风电，中游叶片企业因此将获得更广阔的市场

中国风电潜在巨大市场空间为中国风电叶片行业驱动因素

风力发电三大市场空间



相关政策

- 2021年11月，国家能源局、国家发改委印发《第一批以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电、光伏基地建设项目清单的通知》，第一批风光大基地规划97GW，投产时间为2022-2023年。
- 2022年02月，国家能源局、国家发改委发布关于印发《以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地规划布局方案》，第二批风光大基地规划455GW。目前项目清单以印发。

相关政策

- 广东：2018年底前核准并在2022-2024年全容量并网的海上风电项目分别享受1500元、1000元和500元/kW的建设补贴。
- 山东：对于2022-2024年建成并网的海上风电项目，分别给予800元、500元和300元/kW 的建设补贴，补贴规模分别不超过2GW、3.4GW和1.6GW。
- 浙江：通过竞争性配置补贴，2022-2025年分年度装机总容量分别不超过0.5GW、1GW、1.5GW、1GW。
- 上海：2019-2021年期间全容量并网；近海，期间安装在海上的风电场将获得5年每千瓦时0.1元的补贴；深远海另行研究决定。

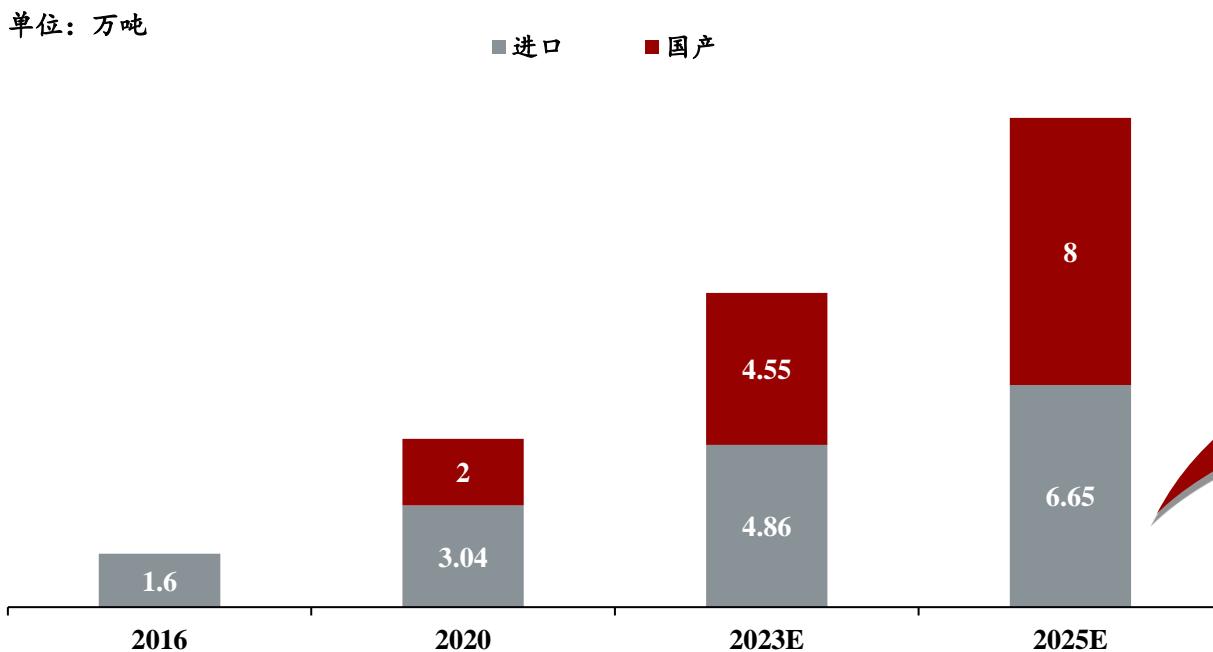
相关政策

- 2022年5月，《乡村建设行动实施方案》提出实施乡村清洁能源建设工程，发展太阳能、风能、水能、地热能、生物质能等清洁能源，结合乡村振兴战略，实施风电下乡“整县推进”。
- 根据中国风能委测算，全国69万个行政村，其中10万个村可以200m²零散土地用于风电装机，即可有1000GW的容量空间

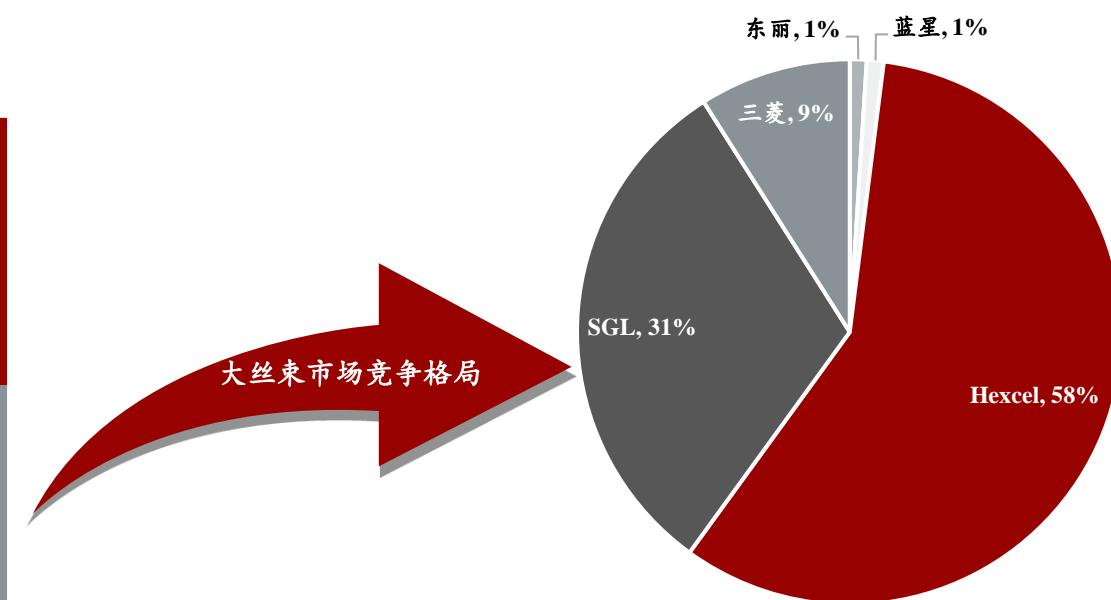
制约因素——广阔的市场空间

- 未来风电叶片大尺寸化，需大规模采用大丝束碳纤维作为核心部件的原材料。中国碳纤维制造技术及产品的落后可能成为中国风电叶片行业发展的制约因素

中国碳纤维需求结构



全球大丝束碳纤维市场竞争格局



头豹洞察：

- 现阶段中国碳纤维大量依赖海外进口产品，即便近年来中国碳纤维行业得到长足发展，在高端领域的应用上，中国仍无法摆脱对于进口碳纤维的依赖。
- 大丝束碳纤维主要应用于工业领域，包括：纺织、医药、卫生、机电、土木建筑、交通运输和能源等。2020年，在大丝束碳纤维的领域中，美国赫氏为全球主要的大丝束供应商，占据了58%的全球市场份额，其次是占比31%的德国SGL，和占比9%的日本三菱，其他企业仅占剩余的2%。
- 未来风电叶片大尺寸化，需大规模采用大丝束碳纤维作为核心部件的原材料。中国碳纤维制造技术及产品的落后可能成为中国风电叶片行业发展的制约因素。

第五部分：发展趋势

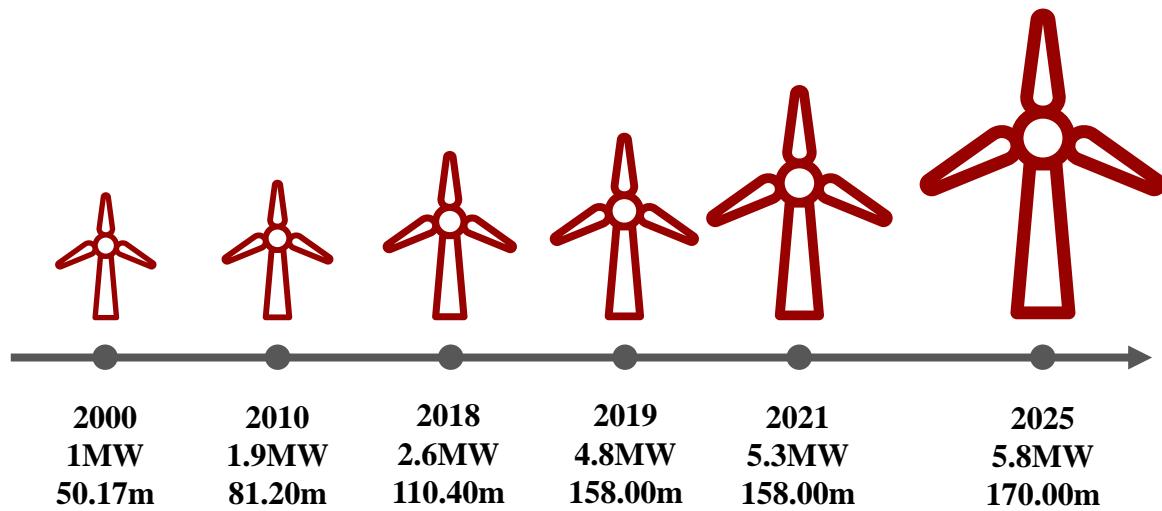
主要观点：

- 风电机组大型化是未来风电的发展趋势，更长的叶片能捕捉更多的风能，大幅增加发电量；同时大型化风机可减少风机点位，大幅减少设备的运营维护成本
- 随着风机大功率化的趋势，风机制造对于叶片长度的要求也越来越高，为提高运输及制造效率，叶片制造企业正在尝试研制分段叶片
- 现阶段为风电装机成长性拐点，陆风正式进入平价时代，2021 年起，对新核准陆上风电项目，中央财政不再补贴，实行平价上网，因此下游整机厂将更关注风电整机的降本增效，从而推动叶片厂商追寻低成本制造
- 凭借相关政策支持、发电技术特点匹配未来可持续发展路径、拥有巨大的开发潜能；海上风电将成为未来中国风电装机新增量，因此风电厂商也将逐步转型推出更多的海上风电叶片以适应未来市场变化

发展趋势——整机大型化

- 风电机组大型化是未来风电的发展趋势，更长的叶片能捕捉更多的风能，大幅增加发电量；同时大型化风机可减少风机点位，大幅减少设备的运营维护成本

中国新增的风电机组近年来平均风轮直径不断增加



近期国内成功下线的百米及以上风机叶片

时间	长度(m)	制造方	适用机型
8月30日	123	中复连众	16MW海上风机
8月26日	112	上海玻璃钢研究院	电气风电海神平台EW8.X-230 机组
7月15日	115.5	明阳智能	明阳智能大兆瓦抗台风型海上风机
6月26日	97	中材科技	运达股份5-6MW 陆上风机
6月15日	108.5	东方电气	东方电气9-10MW 海上风机
5月9日	99	三一重能	三一重能陆上风机
5月7日	110	中复连众	运达股份8-10MW 海上风机

来源：公开资料，头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo

风电机组大型化核心优势



度电成本优势

- 风电整机度电成本主要由产品全生命周期总发电量和产品全生命周期总成本构成。
- 大型化的风电机组可以促使产品全生命周期总发电量大幅增加。
- 在风电场能的风机点位会随着大型化的趋势逐渐减少，大幅减少了设备的人工成本、维护成本以及报废成本，从而减少了全生命周期的总成本。

叶尖延长对机组经济性影响

	原始机组	叶片延长后机组
机组功率 (MW)	1.5	1.5
叶片长度 (m)	40.3	42.1
理论年发电量 (兆瓦时)	5706	5970
上网电价 (元/kwh)	0.5	0.5
年收益 (万元)	285.3	298.5
回本周期 (年)		3



头豹
LeadLeo

400-072-5588

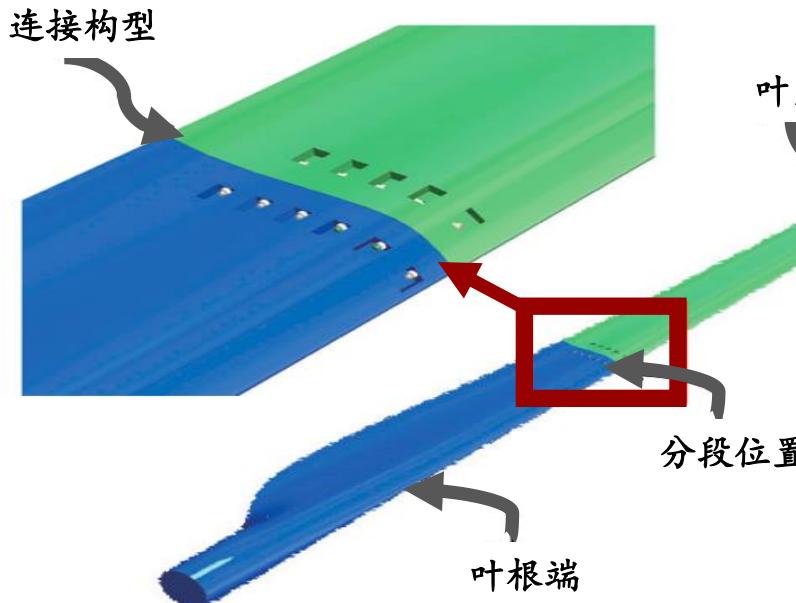
26

www.leadleo.com

发展趋势——分段叶片

- 随着风机大功率化的趋势，风机制造对于叶片长度的要求也越来越高，为提高运输及制造效率，叶片制造企业正在尝试研制分段叶片

分段叶片连接示意图



定义：分段式风电叶片由相互独立的两个或多个部分组成，相邻的组件通过胶接或者机械连接成为一个整体来实现叶片的气动和结构功能的一种叶片



优点：可以作为超大尺寸叶片运输困难问题的解决方案，超大型叶片在生产过程中难免会遇到因小部分质量不达标而报废整一条叶片的问题，以及制造模具刚度，加工精度都要跟高的要求，分段式叶片可以很好的解决这些制造问题，降低制造成本



攻克方向：连接的引入会不可避免地增加叶片的质量，引起结构刚度的不连续变化；叶片结构特征的变化会进一步影响其在外载荷下动态响应特性和气动性能，因此分段式叶片的连接方案是未来主要攻克方向

头豹洞察：

- 分段式风电叶片由相互独立的两个或多个部分组成，相邻的组件通过胶接或者机械连接成为一个整体来实现叶片的气动和结构功能。
- 超长叶片对其模具刚度、加工精度、翻转机构的载重都提出了很高的要求，同时大型叶片表面积大、局部复合材料铺层很厚，这对现有的叶片成型工艺提出了严峻的挑战，稍有不慎，整个叶片面临报废的风险，同时在运输方面，世界各国铁路、公路管理部门对运载货物的长度、高度等都有一定的限制，大型风电叶片长度为几十米甚至超过百米属于，超出了大部分交通运输管理部门的限制，给叶片运输带来了很大的麻烦。但是分段式叶片可以做为这两个问题的解决方案，加速推动大功率风电整机的发展。
- 现阶段分段式叶片主要攻克方向是连接部位的技术方案，目前有六种连接方式包括T型螺栓、预埋螺栓套（双法兰）、预埋螺栓套（双头螺柱）、梁帽桥连、管式连接、胶接。从成本、可靠性、生产效率、气动等因素考虑T型螺栓连接和管式连接构造具有较优的综合性能。

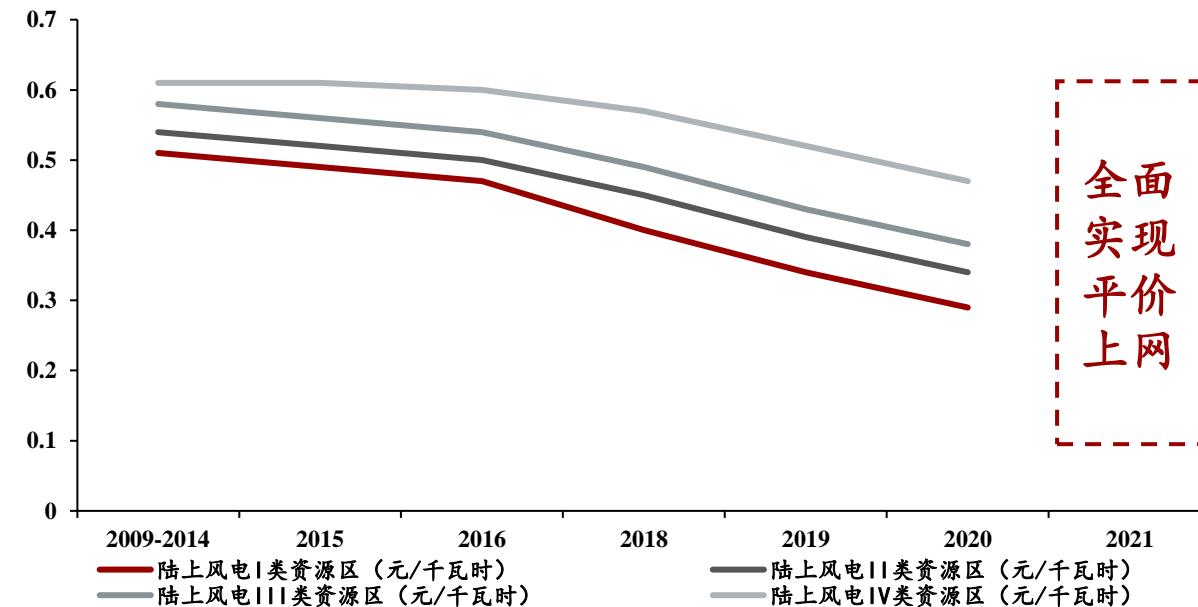
来源：公开资料，头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo

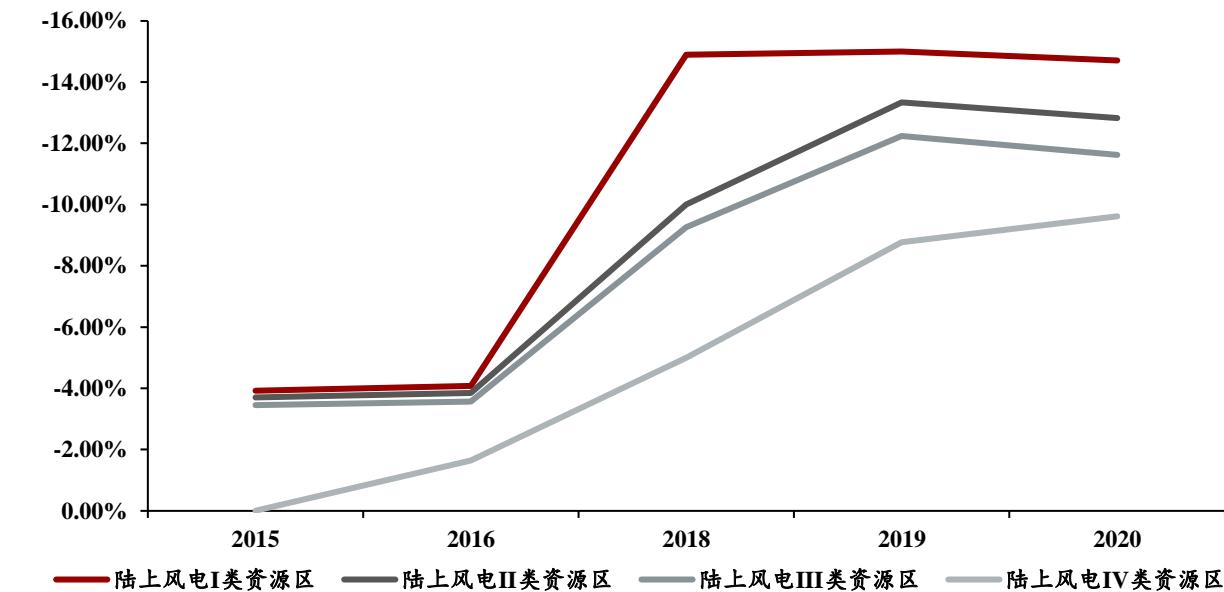
发展趋势——平价时代

- 现阶段为风电装机成长性拐点，陆风正式进入平价时代，2021年起，对新核准陆上风电项目，中央财政不再补贴，实行平价上网，因此下游整机厂将更关注风电整机的降本增效，从而推动叶片厂商追寻低成本制造

风电上网电价已进入全面平价时代



陆上风电上网降幅逐年增长



头豹洞察：

- 现阶段为风电装机成长性拐点，陆风正式进入平价时代。2021年起，对新核准陆上风电项目，中央财政不再补贴，实行平价上网。
- 根据国家发改委政策性文件（发改价格【2014】3008号、发改价格【2015】3044号、发改价格【2016】2729号、发改价格【2019】882号、发改价格【2021】833号）中国陆上风电上网价格不断下降，降幅逐年增长，最终于2021年实现平价上网。
- 在平价上网时代，风电整机制造厂商将更关注风电整机的降本增效，从而推动中上游个零部件整体追寻降低成本的新技术路径，风电叶片作为风电整机占比最大的零部件之一，降低生产成本将成为未来最主要的技术发展趋势。

来源：公开资料，头豹研究院编辑整理

©2022 LeadLeo

发展趋势——海上风电

- 凭借相关政策支持、发电技术特点匹配未来可持续发展路径、拥有巨大的开发潜能；海上风电将成为未来中国风电叶片需求新增量，因此风电机厂商也将逐步转型推出更多的海上风电叶片以适应未来市场变化

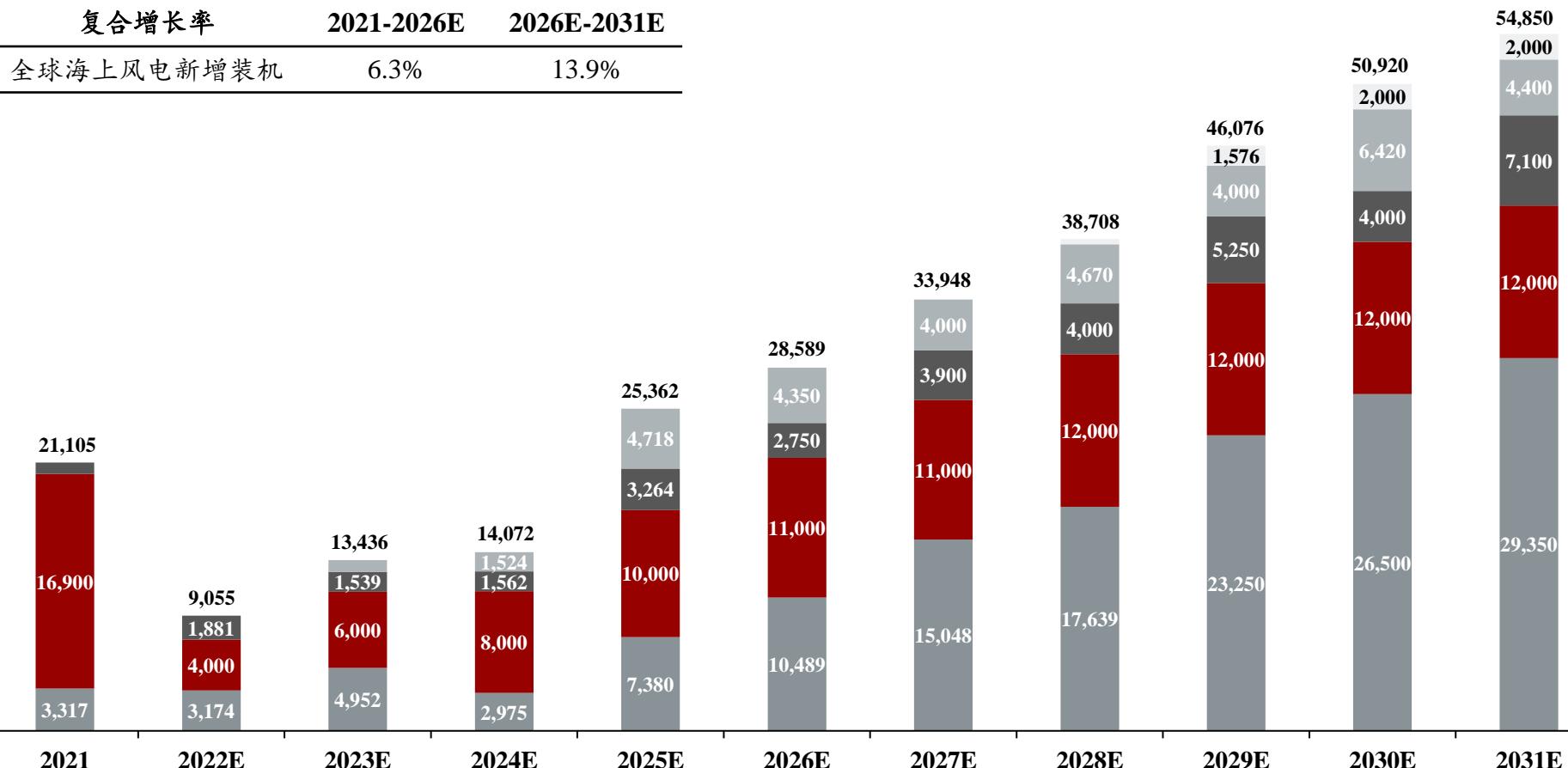
未来十年全球海上风电增长主要来自亚洲和欧洲

单位：MW

■ 欧洲 ■ 中国 ■ 亚洲除中国 ■ 北美 ■ 其他

复合增长率 2021-2026E 2026E-2031E

全球海上风电新增装机 6.3% 13.9%



头豹洞察：

- 海上风电与陆上风电相比，存在稳定性高、风速大、易消纳的特点。离岸海上风速通常比沿岸高出20%，且相比陆上很少有静风期，发电时间更长。
- 根据IEA及IRENA的碳减排路线，如果要在2050年顺利完成零碳排放目标，海上风电作为全球减碳的核心之一将大幅扩大规模以支持减碳目标。
- 凭借政策支持、技术特点匹配未来发展路径、可开发潜力大；海上风电将成为中游风电叶片市场需求新增量
- 同时，海上风电的巨大发展潜力，将推动中上游风电叶片生产厂商技术转型，推出更多的海上风电专用的风电叶片产品。这也是未来风电叶片生产厂商未来的发展趋势

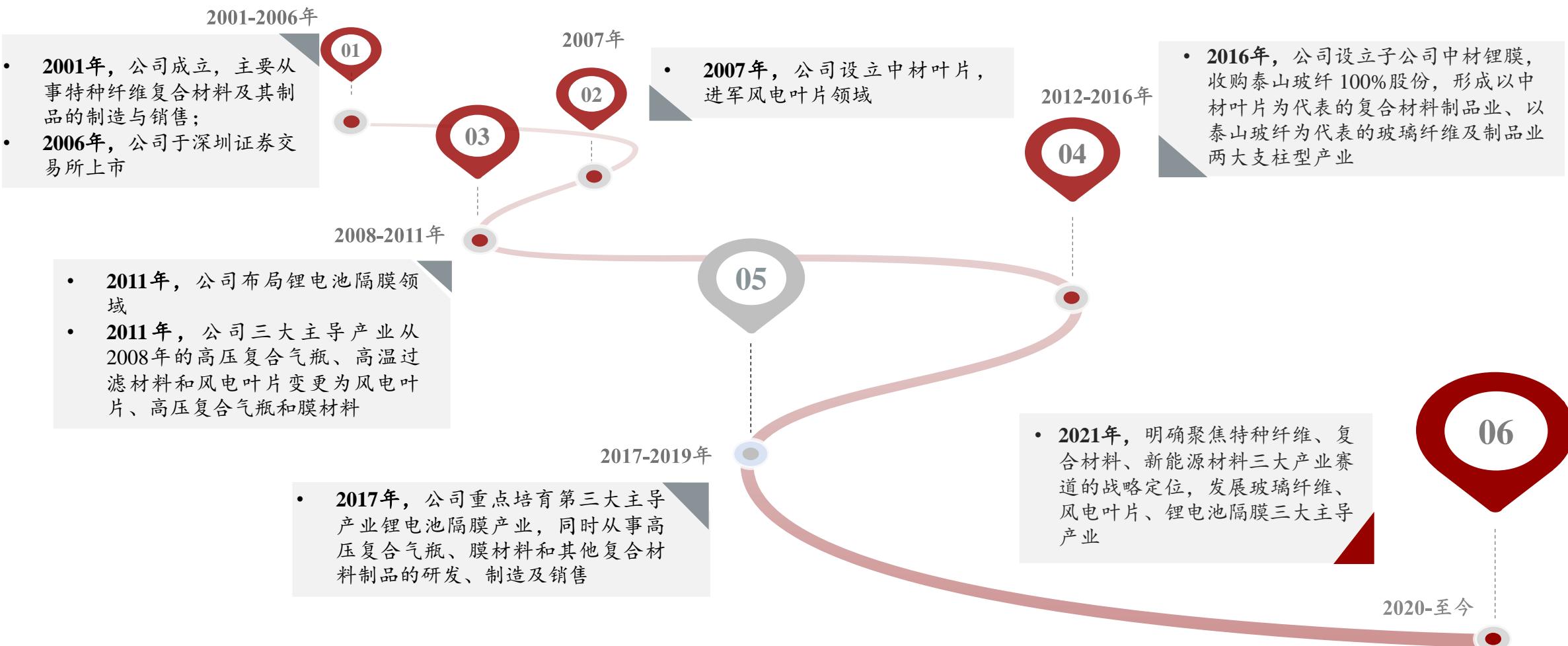
第六部分：重点关注企业（中材科技）

主要观点：

- 公司为国内叶片龙头企业，围绕新能源、新材料、节能减排等战略性新兴产业方向，聚焦特种纤维、复合材料、新能源材料三大赛道
- 公司深度绑定下游主机厂，依靠高研发投入保持公司产品及技术满足下游主机市场需求，公司同时涉足风电叶片上游玻璃纤维业务大量降低生产成本使公司毛利率显著高于同行公司，保持公司业内龙头地位

中材科技发展历程

- 公司为国内叶片龙头企业，围绕新能源、新材料、节能减排等战略性新兴产业方向，聚焦特种纤维、复合材料、新能源材料三大赛道



来源：公司官网、头豹研究院整理

©2022 LeadLeo

中材科技公司核心优势

- 公司深度绑定下游主机厂，依靠高研发投入保持公司产品及技术满足下游主机市场需求，公司同时涉足风电叶片上游玻璃纤维业务大量降低生产成本使公司毛利率显著高于同行公司，保持公司业内龙头地位

深度绑定主机厂

- 因叶片自身的定制化需求，中材科技深度绑定下游主机厂，为金风科技、远景能源、运达股份的主要叶片供应商



高毛利率

- 中材科技风电叶片毛利率显著高于同行公司



来源：公司官网、头豹研究院整理

©2022 LeadLeo

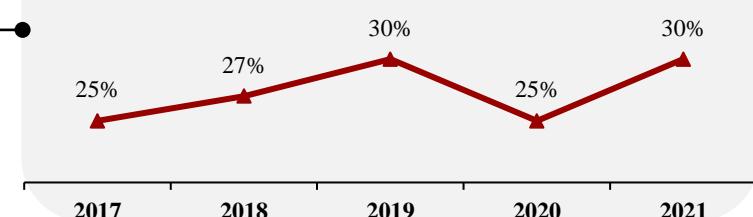
高研发投入

- 公司长期保持高研发投入紧跟市场及技术变化

年份	研发投入(亿元)	研发投入占营业收入比例	研发人员数量(人)	研发人员数量占比
2021	10.75	5.30%	2278	12.48%
2020	9.15	4.89%	2185	12.69%
2019	6.73	4.95%	2198	12.30%

高市占率

- 中材科技在风电叶片市场长期保持25%以上的市场占有率，为业内龙头企业



方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 头豹研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业发展周期，伴随着行业内企业的创立，发展，扩张，到企业上市及上市后的成熟期，头豹各行业研究员积极探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业视野解读行业的沿革。
- ◆ 头豹研究院融合传统与新型的研究方法论，采用自主研发算法，结合行业交叉大数据，通过多元化调研方法，挖掘定量数据背后根因，剖析定性内容背后的逻辑，客观真实地阐述行业现状，前瞻性地预测行业未来发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 头豹研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 头豹研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，以战略发展的视角分析行业，从执行落地的层面阐述观点，为每一位读者提供有深度有价值的研究报告。



头豹
LeadLeo

400-072-5588

法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何证券或基金投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告或证券研究报告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告或文章。头豹均不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。

头豹研究院简介

- ◆ 头豹是中国领先的原创行业研究内容平台和新型企业服务提供商。围绕“协助企业加速资本价值的挖掘、提升、传播”这一核心目标，头豹打造了一系列产品及解决方案，包括：**报告/数据库服务、行业研报服务、微估值及微尽调自动化产品、财务顾问服务、PR及IR服务**，以及其他企业为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的增长咨询服务等
- ◆ 头豹致力于以优质商业资源共享研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



备注：数据截止2022.6

四大核心服务

研究咨询服务

为企业提供定制化报告服务、管理咨询、战略调整等服务

企业价值增长服务

为处于不同发展阶段的企业，提供与之推广需求相对应的“内容+渠道投放”一站式服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、奖项评选、行业白皮书等服务

园区规划、产业规划

地方产业规划，园区企业孵化服务

研报阅读渠道

◆ 头豹官网：登录 www.leadleo.com 阅读更多研报

◆ 头豹小程序/微信小程序：搜索“头豹”手机可便捷阅读研报

◆ 头豹交流群：可添加企业微信13080197867，身份认证后邀您进群

详情咨询



客服电话

400-072-5588



上海

王先生：13611634866

李女士：13061967127



深圳

李先生：13080197867

李女士：18049912451



南京

杨先生：13120628075

唐先生：18014813521