



选题2

# 风电板块 未来发展

UFA “财经洞悉” 参赛作品

队伍名称：独孤九剑

圣路易斯华盛顿大学 仲寒泉

# 目录/Contents

---

1. 风电行业发展现状
2. 风电行业产业链分析
3. 风电行业增长空间
4. 下半年风电板块投资展望
5. 风电的优劣势——对比光伏
6. 风电的增长核心



## 1.1. 风电行业现状总览：发展迅速、潜力巨大

---

风电是**资源潜力巨大、技术成熟的可再生能源**，在全球温室气体减排的新形势下，越来越受到世界各国的重视，并已在全球大规模开发利用。“十一五”到“十二五”期间，我国风电经历了飞速发展的10年，成为国内继火电、水电之后的第三大电源。如今，随着“**碳中和**”政策正当时，风电等新能源发电产业得以继续蓬勃发展，成为政策和市场的热点。

## 1.2 今年上半年风电行业发展形势乐观

7月19日，国家能源局发布1-6月份全国电力工业统计数据。其中，风力发电装机容量同比增长**17.2%**，已经占据全国发电装机容量的**14.02%**。无论从**现有装机总量**还是**同比增长速度**来看，风电产业都已经成为了能源产业中耀眼的一颗新星。

图：截至今年上半年，风力发电累计装机容量占比可观，同比增长速度较快

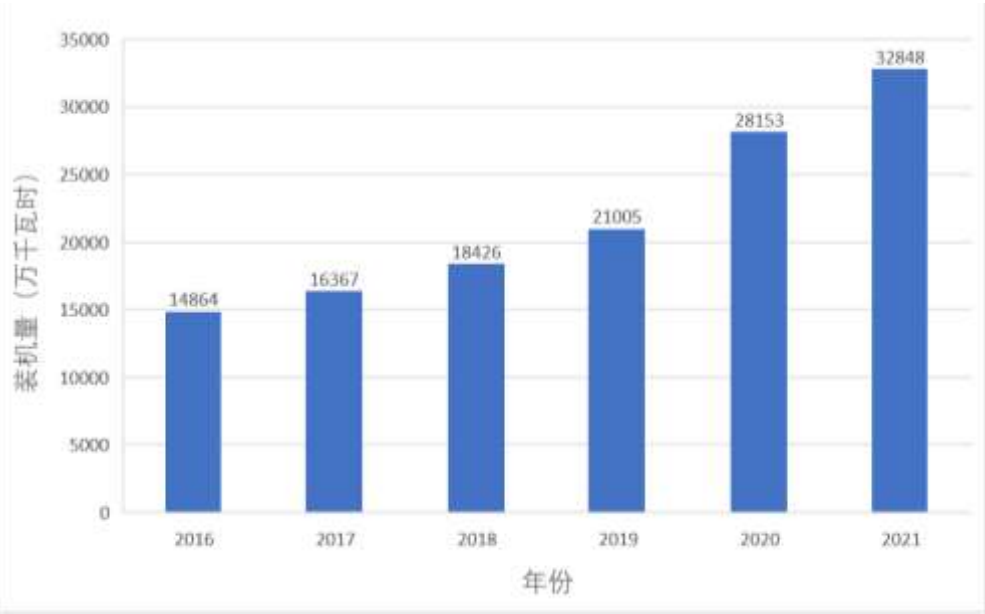
全国发电装机容量	单位	1-6月累计	占比（%）	同比增长（%）
水电	万千瓦	39999	16.39	5.9
火电	万千瓦	130496	53.46	2.9
核电	万千瓦	5553	2.27	6.5
<b>风电</b>	<b>万千瓦</b>	<b>34224</b>	<b>14.02</b>	<b>17.2</b>
太阳能发电	万千瓦	33677	13.80	25.8

资料来源：国家能源局

### 1.3. 2016年以来风电产业逐年稳定增长

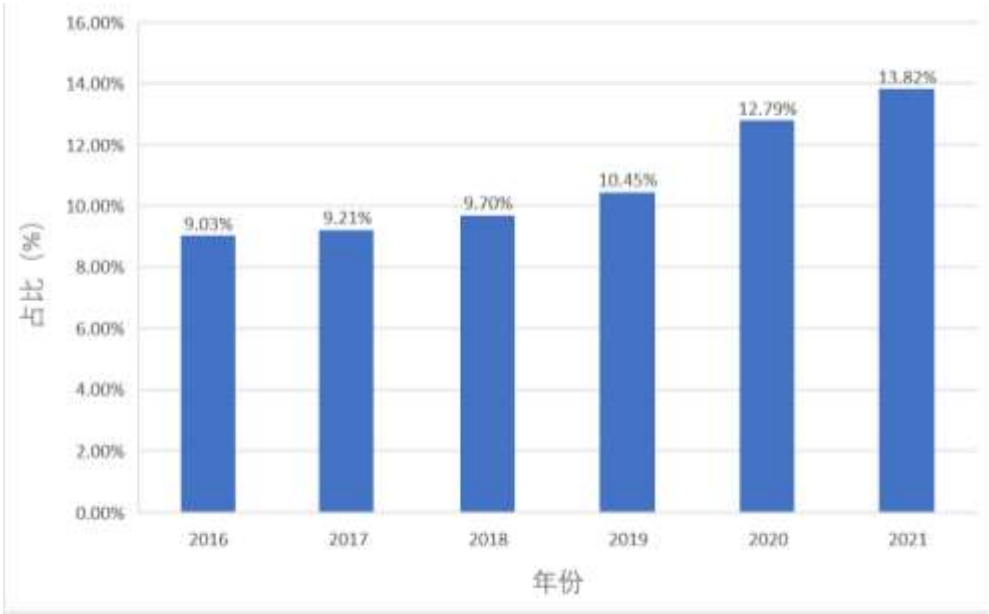
从历史数据来看，风电同样发展迅速。从国家能源局年度电力工业统计数据中出现风电以来（2016年），风电**总装机容量**和风电**装机容量占全部装机容量百分比**都在**稳步上升**，这说明了现在的风电产业整体**走势向上**，处在**蓬勃发展的阶段**。

图：近五年风电总装机容量逐年稳定上升



资料来源：国家能源局

图：近五年风电装机容量占比逐年稳定上升



资料来源：国家能源局

# 目录/Contents

---

1. 风电行业发展现状
2. 风电行业产业链分析
3. 风电行业增长空间
4. 下半年风电板块投资展望
5. 风电的优劣势——对比光伏
6. 风电的增长核心



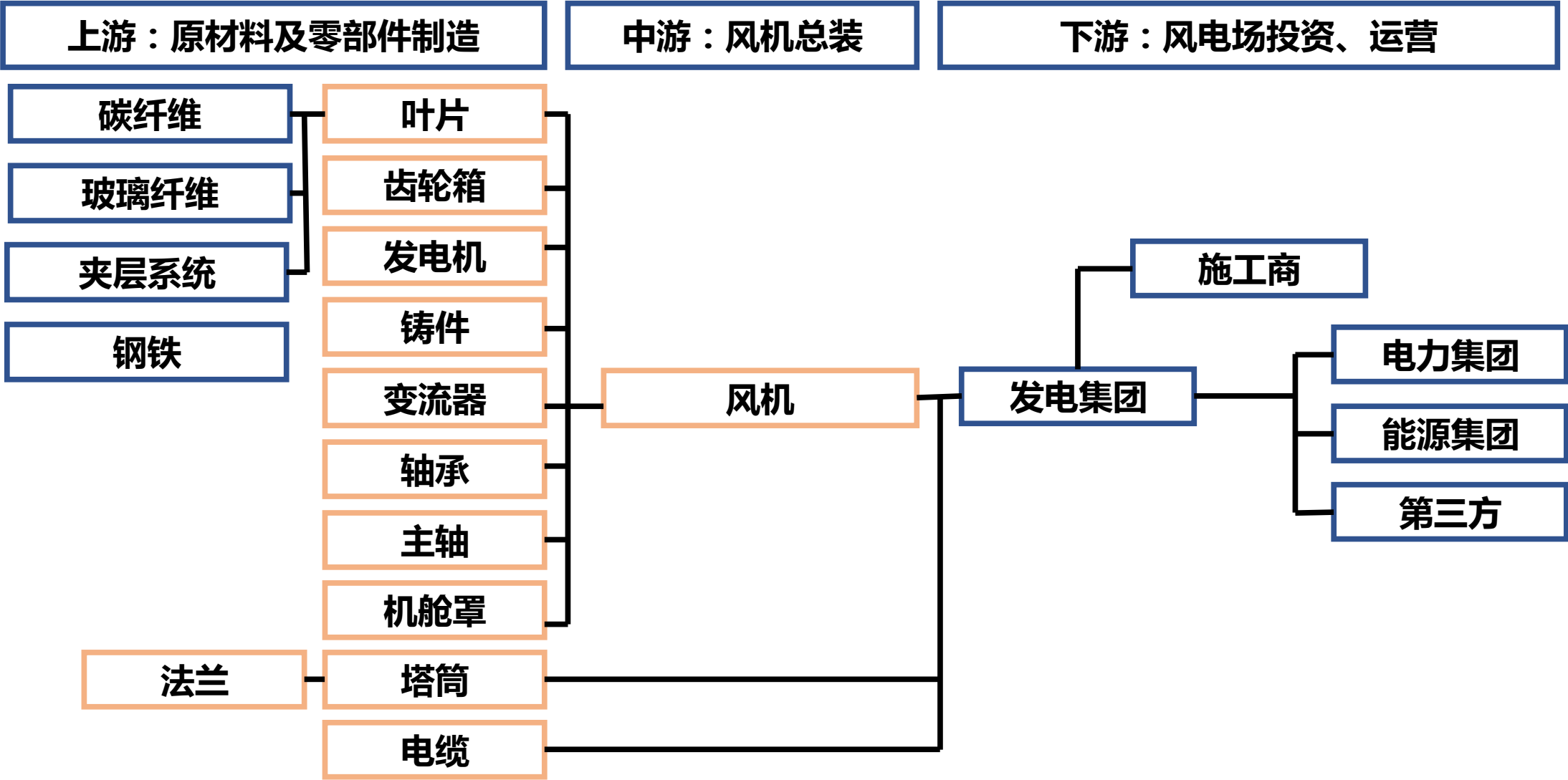
## 2.1. 风电产业链总览：需求稳定，零部件专业性强

---

- ◆产业链的上游为原材料和零部件厂商。风电核心设备——**风机**的核心零部件包括**齿轮箱、发电机、轴承、叶片**等，这些零部件的生产专业性较强，国内专业化生产技术成熟。除个别关键轴承需要进口之外，风电设备的零部件国内供应充足。风机制造企业处于行业中游，市场集中度较高。风电产业链的下游客户主要由以**大型国有发电集团**为代表的投资商组成。受必须配比一定比例的风电等清洁能源的政策规定影响，总体来说，除受个别年份投资进度影响以外，风电的总体需求稳定增长。
- ◆从毛利率上来说，下游投资运营商>上游零部件制造商>中游整机商。风电产业链的制造端，零部件中的主轴、轴承、法兰、电缆、变流器毛利率较高，塔筒、叶片其次，整机环节处于制造端最低。



## 2.2.风电产业链示意图





# 目录/Contents

---

1. 风电行业发展现状
2. 风电行业产业链分析
3. 风电行业增长空间
4. 下半年风电板块投资展望
5. 风电的优劣势——对比光伏
6. 风电的增长核心



### 3.1. 总览：政策支持，技术攻坚

---

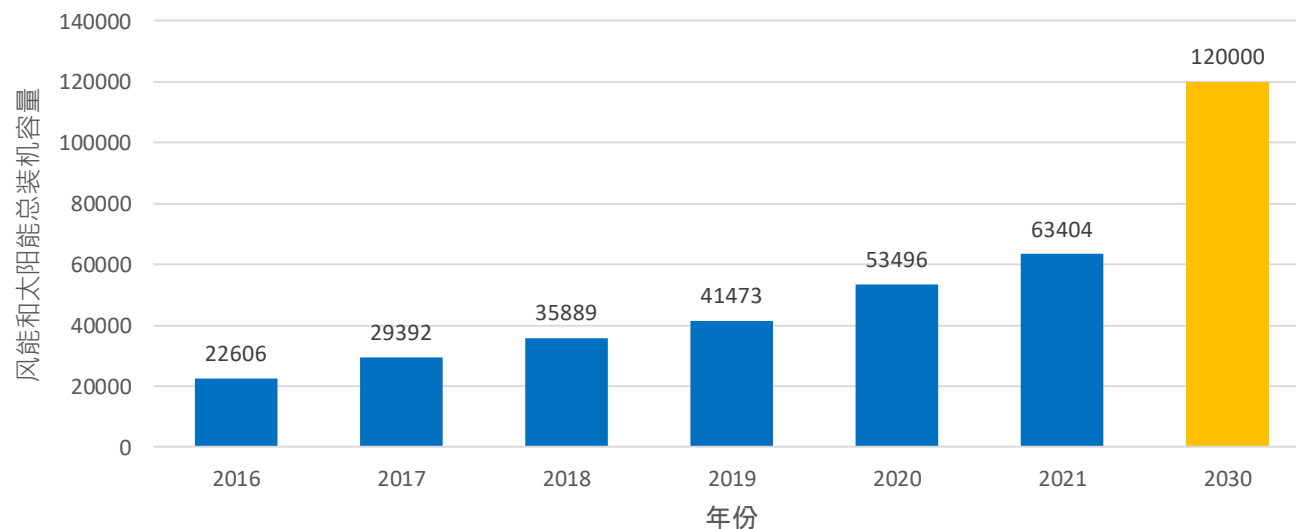
根据国家能源局科学技术部于2021年12月印发的《**“十四五”能源领域科技创新规划**》，风电等可再生能源行业被列为了未来发展的重点任务。其中，对于风力发电技术的重点放在了**（1）深远海域海上风电开发及超大型海上风机技术；（2）退役风电机组回收与再利用技术**。《规划》提出集中攻关**超长叶片、大型结构件、变流器、主轴**等关键部件设计制造技术，以及**超大型海上风电机组**的设计、集成和测试工作。

## 3.2. 未来10年风电增长空间较大

◆在总装机容量以及装机容量占比方面，国家能源局在2021年5月制发的《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》中也有所提及。《通知》中提出确保2025年非化石能源占一次能源消费比重达到**20%**，2030年达到**25%**，同时落实2030年风电太阳能发电总装机容量达到**12亿千瓦**等任务。

◆从目前的发展情况看，如果要完成2030年的目标，风能和太阳能总装机容量在未来10年内会达到**7.35%**的年化增长率，有很大的增长空间。

图：从现有风电和太阳能总装机容量和目标看，未来10年风电有很大的增长空间

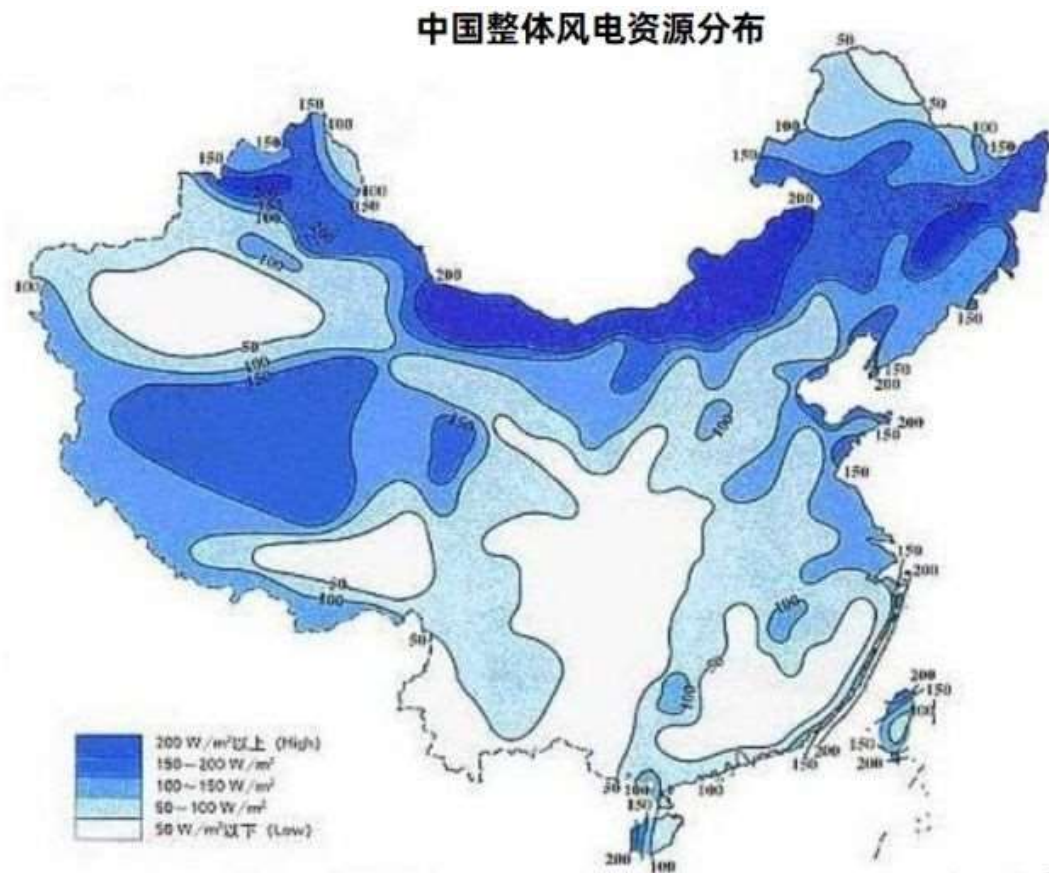


资料来源：国家能源局（单位：万千瓦时）

### 3.3. 我国风能资源具有地理优势

从我国的地形分析，长期来看，我国的风能资源潜力依然巨大，主要集中在北部和沿海。据估计，以我国现在的风电技术，足够支撑**2000GW**以上的风电装机。而到2030年计划的风电装机总量在**1200GW**左右。仅仅以现在的风力发电效率计算，2030年完成计划之后，我国风电总装机量仍然有**60%**左右的增长空间。

图：我国风能资源主要集中在北部和沿海，潜力巨大



资料来源：北极星风力发电网

# 目录/Contents

---

1. 风电行业发展现状
2. 风电行业产业链分析
3. 风电行业增长空间
4. 下半年风电板块投资展望
5. 风电的优劣势——对比光伏
6. 风电的增长核心



## 4.1. 总览:板块位置较高，风险大于收益

---

- ◆ 无论是从大环境还是板块走势来说，风电板块下半年**风险大于潜在收益**，不建议参与。尽管以风电、光伏板块为代表的新能源发电板块具有**长期**的投资价值，但是自四月底以来二季度的大幅反弹以及市场自2021年年初以来频繁轮动的结构性行情都让风电板块的短期投资充满了风险与不确定性。放眼全球，美联储加息带来的新一轮通胀周期、地缘动荡带来的国际能源市场震动以及尚未完全结束的疫情都可能导致A股在下半年的走势更加扑朔迷离，因此风电等赛道股的炒作须谨慎看待。
- ◆ 风电板块近期的异动主要来源于题材的炒作，而不是业绩的增长，因此如果仅仅以下半年**短期赚取超额收益**为目标。风电板块需要谨慎入场。中长期的基本面前文已经基本分析完毕，对于以下半年为目标的中短期投资，下文将主要从**技术面**分析高风险的元音，并提出一些下半年风电板块可能存在的投资机会。



## 4.2. 从月线级别看：处于下跌趋势中，仍有较大下行风险

首先从月线级别来看，在四月底开始的反弹行情中，风电板块表现**比较强势**，一度在8月逼近前高。但在突破**关键压力位**2400点失败后，叠加近期较多利空，开始了大幅回调，目前已经从高点下跌了大约15个百分点。目前风电板块**依然没有止跌的迹象**，且**下方空间较大**。从现在的2030点左右，到较强支撑线1600点，**依然有20个百分点左右的跌幅空间**。因此，中期风电板块依然处于下跌趋势中，**风险较大**。

图：月线级别风电板块处于下行趋势中



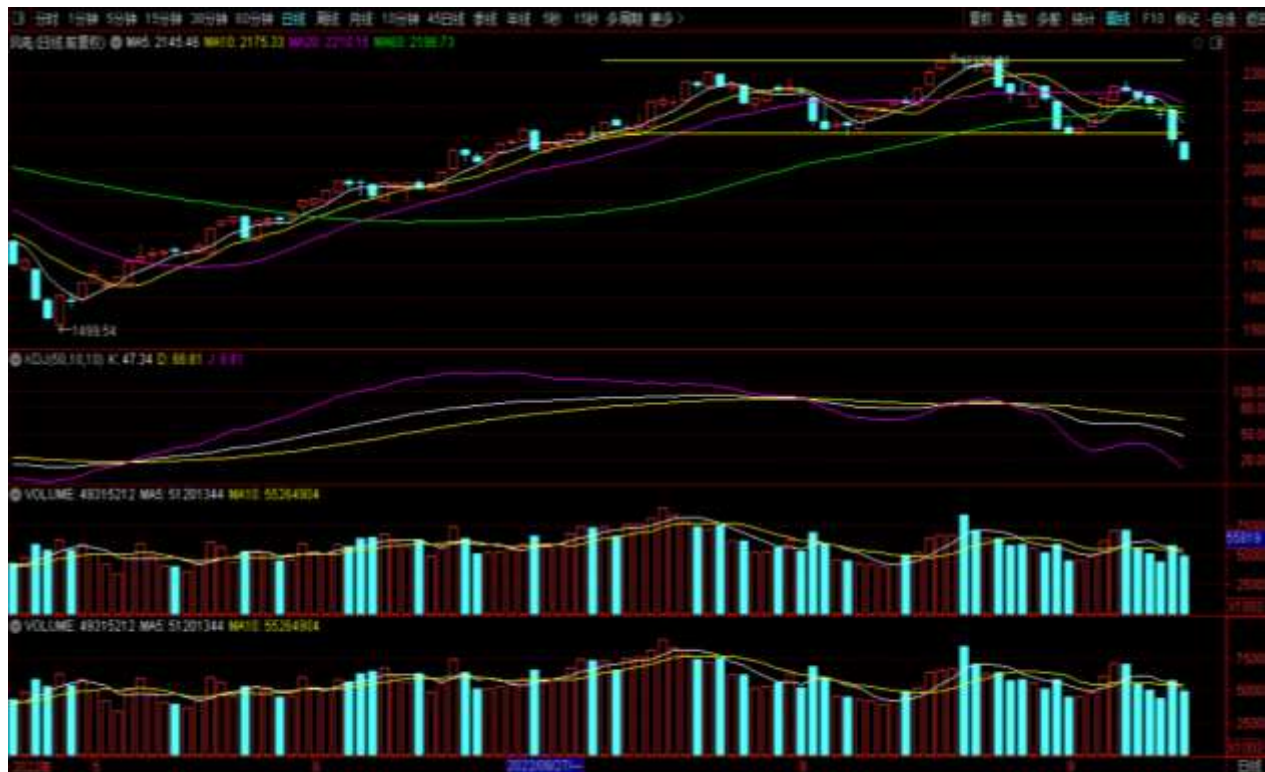
资料来源：南京证券（数据截至9月16日）



### 4.3. 从日线级别看：跌破重要支撑，未出现止跌信号

从日线级别来看，风电板块短期的走势也**并不乐观**。在成交量走出六连阴以后，风电板块也在周四（9月15日）向下击穿了重要支撑位（2100点附近），结束高位震荡开始下行。从超短线来看可能会有**超跌反弹**行情，但是对于中长线投资者**风险依然较大**，不建议参与。

图：日线级别已击穿支撑位，后续下行空间或较大



资料来源：南京证券（数据截至9月16日）

## 4.4 风电板块投资建议：关注产业链中下游优质企业

---

- ◆4.5板块将列出风电板块部分**市场占有率较高、业绩较好的公司**，市盈率**较高**( $>50$ )的用**红色**标出，**较低的**( $<25$ )用**绿色**标出,供参考。尽管下半年从板块上风电概念有**很大的风险**，但是在这之中，还是有部分公司，尤其是**产业链中下游**的公司，处于较为低估的状态，可以**适当关注**。上游的龙头公司，尤其是前期经过爆炒的部分个股（例如大连重工），需要谨慎参与。
- ◆需要注意的是，虽然短期风险较高，且走势并不乐观，考虑到风电板块中长期的发展前景依然广阔，对于列表中的优质标的，可以持续关注，在回调到合适位置的时候适当低吸。

## 4.5 风电板块优质企业

图：风电概念优质投资标的

产业链	代码	名称	主营业务	市值（万亿/9.16）	市盈率（9.16）	备注
上游	002080	中材科技	玻璃纤维、风电叶片	357.44	10.52	风电叶片龙头
	600458	时代新材	风电叶片	71.13	37.70	风电占三分之一左右
	002531	天顺风能	风塔（60%）、叶片（20%）	238.83	31.25	风塔龙头
	300129	泰胜风能	塔架	66.66	36.94	陆海各占业务一半
	002487	大金重工	风塔	225.93	41.28	
	300569	天能重工	塔筒	81.44	27.46	
	002204	大连重工	齿轮箱	110.47	49.74	齿轮箱龙头
	002164	宁波东力	齿轮箱	31.03	3.31	
	601177	杭齿前进	齿轮箱	32.16	24.51	
	603218	日月股份	铸件、轴承	211.52	70.29	
	300850	新强联	风电主轴	260.8	44.84	回转支承龙头
	601218	吉鑫科技	锻件	43.1	22.05	轮毂、底座，龙头
	300443	金雷股份	风电主轴	105.17	30.35	风电主轴生产龙头
	300185	通裕重工	铸件、风电主轴、其他锻件	100.15	51.4	高端铸件龙头

资料来源：Wind、富途证券

## 4.5 风电板块优质企业

图：风电概念优质投资标的（续）

产业链	代码	名称	主营业务	市值（万亿/9.16）	市盈率（9.16）	备注
上游	603063	禾望电气	变流器	129.58	44.00	新能源电控龙头
	603985	恒润股份	法兰	112.15	46.51	
	603606	东方电缆	电缆	534.84	49.79	陆海各占业务一半
	600522	中天科技	电缆	767.57	43.92	贸易业务较多，较强
	002498	汉缆股份	电缆	133.4	16.85	
	600487	亨通光电	电缆	402.52	24.77	其他各类业务较多
中游	002202	金风科技	风机及相关配件销售	505.74	15.15	陆上风电龙头
	601615	明阳智能	风机及相关配件销售	560.07	12.56	海上风电龙头
	600875	东方电气	风机整机	687.70	25.32	
	300772	运达股份	风机整机	107.96	18.55	
下游	600905	三峡能源	风能、其他电力（下游）	1625.64	23.28	风力占三分之二左右
	601016	节能风电	电力运营商	229.57	22.56	

资料来源：Wind、富途证券

# 目录/Contents

---

1. 风电行业发展现状
2. 风电行业产业链分析
3. 风电行业增长空间
4. 下半年风电板块投资展望
5. 风电的优劣势——对比  
光伏
6. 风电的增长核心



## 5.1.1. 风机基础原料近期价格下降

◆ **风机的主要基础原料一般是钢铁、玻璃纤维、碳纤维等**，其中玻璃纤维与碳纤维为部分替代关系。这三样材料目前国内的生产技术都已经非常成熟，近期市场价格也相对稳定。

◆ **钢铁主要用于风塔（Q345E钢）以及主轴、齿轮箱等部分零部件。**上期所螺纹钢期货价格近两年处于震荡下行态势，其他钢种价格走势基本类似。

图：上交所螺纹钢期货价格近期处于下降态势



资料来源：金投网

### 5.1.1. 风机基础原料近期价格下降

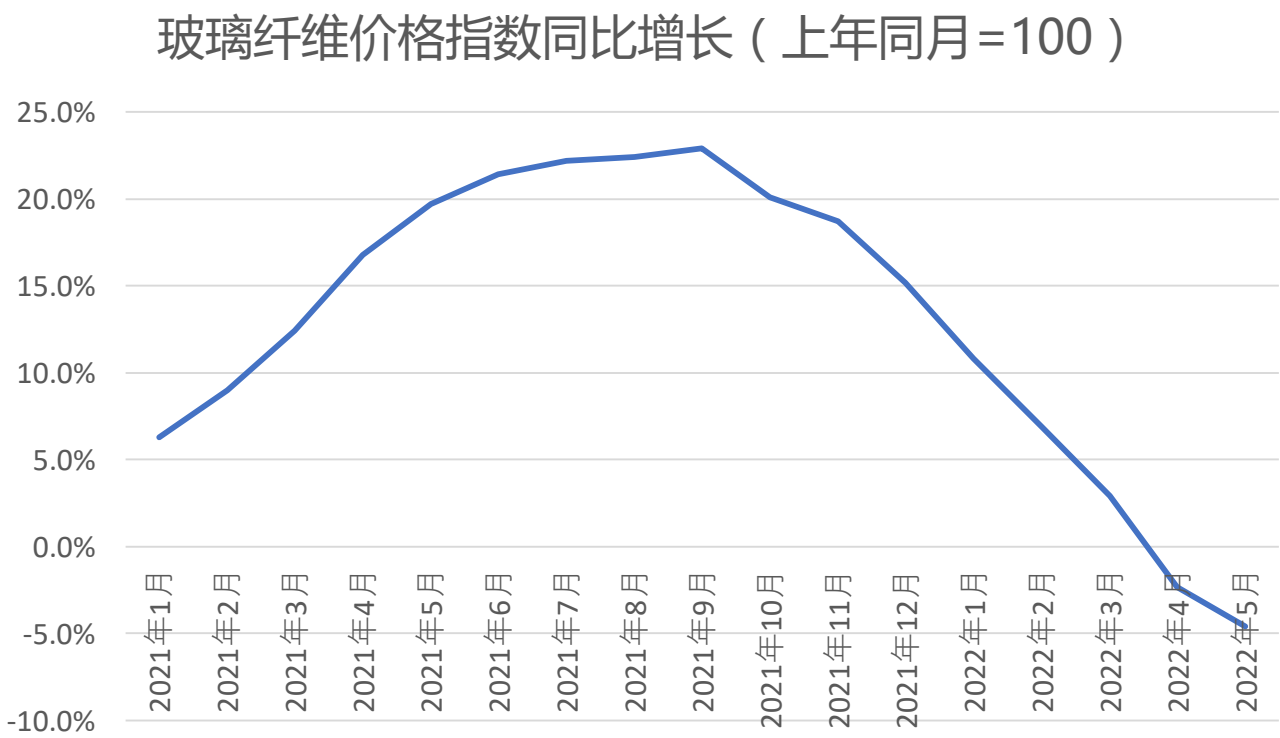
图：玻璃纤维价格指数变化

时间	价格指数	同比增长
2021年1月	106.3	6.3%
2021年2月	109	9.0%
2021年3月	112.4	12.4%
2021年4月	116.8	16.8%
2021年5月	119.7	19.7%
2021年6月	121.4	21.4%
2021年7月	122.2	22.2%
2021年8月	122.4	22.4%
2021年9月	122.9	22.9%
2021年10月	120.1	20.1%
2021年11月	118.7	18.7%
2021年12月	115.2	15.2%
2022年1月	110.8	10.8%
2022年2月	106.9	6.9%
2022年3月	102.9	2.9%
2022年4月	97.7	-2.3%
2022年5月	95.4	-4.6%

资料来源：全国玻璃纤维专业情报信息网

玻璃纤维目前广泛用于风电叶片。目前玻璃纤维价格指数也在走低。

图：玻璃纤维价格指数近期走低



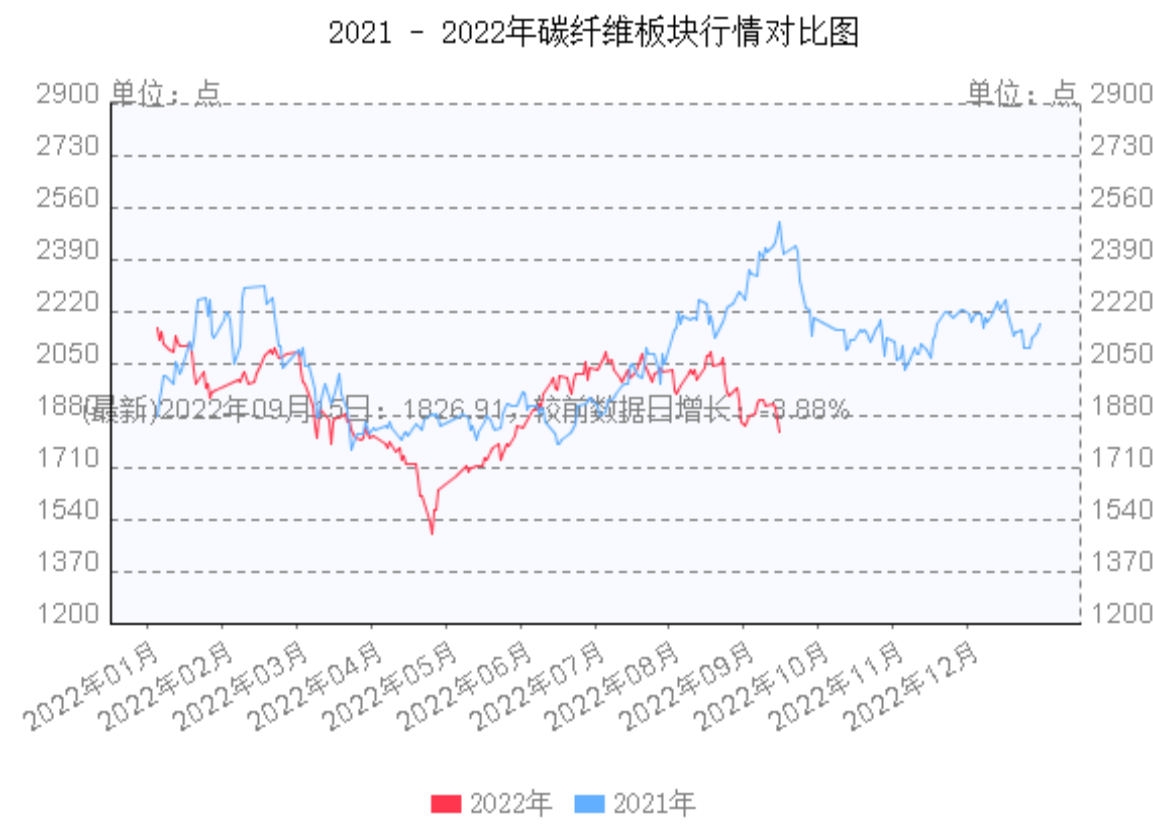
(根据左图 ‘同比增长’ 栏绘制)



### 5.1.1. 风机基础原料近期价格下降

同样作为风电叶片材料的**碳纤维**虽然从5月到8月迎来了一波较大幅度的上涨，但是近期又有所回落，且从中期来看依然处于震荡态势。同时，当下风电叶片大部分依然采用玻璃纤维，碳纤维作为能够减重、提高发电效率的**替代品**，正在进行逐渐替代玻璃纤维，但是市场需求量目前依然**不及**玻璃纤维。

图：碳纤维近期价格处于震荡区间

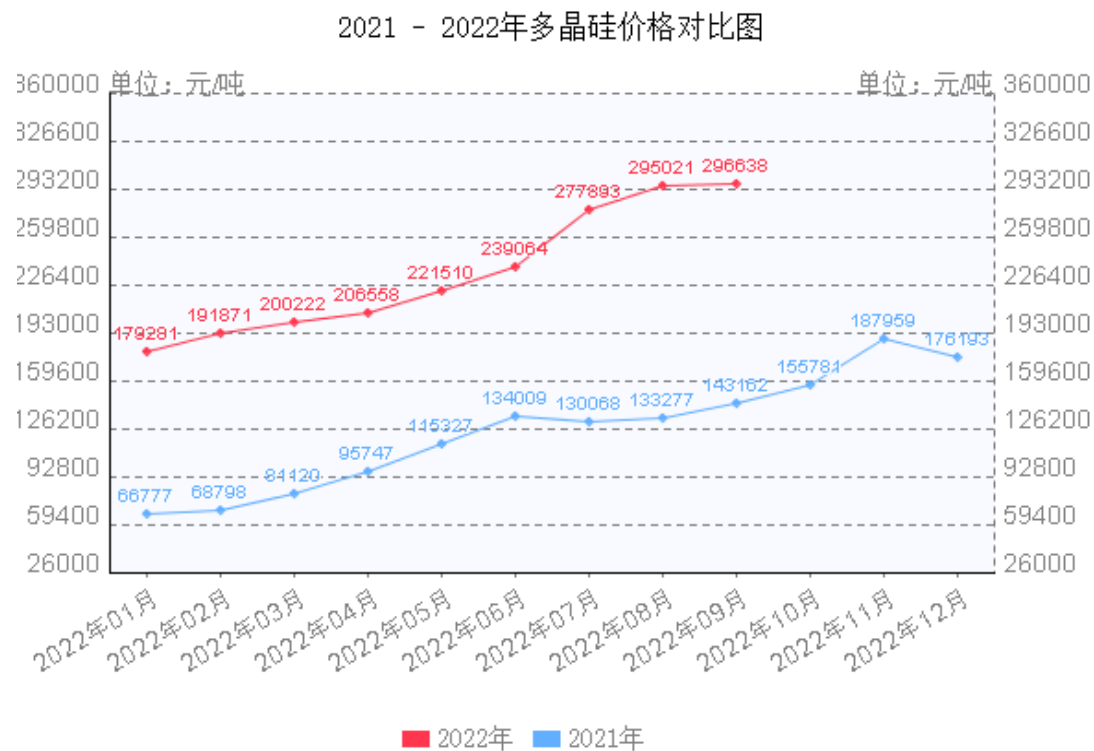


资料来源：野天鹅网

## 5.1.2. 光伏关键原料硅料近期价格上升

反观光伏行业，光伏发电的关键原材料，**单晶硅的制备来源——多晶硅**的市场价格在近两年持续走高。这使得近两年光伏发电的**原材料成本不断提升**。由于硅料目前几乎无可替代材料，因此光伏电站也无法用更便宜的原材料替代多晶硅。

图：多晶硅市场价格近两年持续走高



资料来源：野天鹅网

## 5.2.海上风电更具土地优势，同规模光伏电站土地利用率相比陆上风电场高

右图选取了部分各个规模，各个时期的光伏和风电项目。从土地利用率上来说，海上风电相对占据优势。由于海上光伏项目大多只能分布在**滩涂**，能够布置在**更深海域的海上风电项目**使得风电**整体可利用海洋面积**远远超过了光伏。但在**同等规模**的情况下，光伏发电的**土地利用率**相比陆上风电更高。与此同时，从小规模到大规模，风电相比**光伏土地利用率的下降速度**要快得多。然而，在对比的同时需要注意的是，部分项目的占地面积**包括了其他综合项目**，例如全产业链生产厂、储能设备等，因此土地成本的计算相对复杂，上述给出的比率只能作为参考。此外，光伏2018年起在政策督促下就开始逐渐加快更新换代、降低成本的进程，而风电才刚刚起步。

图：我国部分已建成风电场和光伏电站

发电站名称	类型	装机容量	占地面积	装机容量与占地面积比
中民投宁夏(盐池)新能源综合示范区电站	光伏	200	40.2	4.98
龙羊峡水光互补并网光伏电站	光伏	85	25	3.40
黄河格尔木光伏电站	光伏	721	721	1.00
青海塔拉滩光伏电站	光伏	149	609	0.24
山西大同熊猫电站	光伏	5	6.07	0.82
乌兰察布风电基地	陆上风电	600	2072	0.29
中电建新能源新疆哈密风电基地	陆上风电	60	86	0.70
甘肃酒泉风电基地	陆上风电	925	3138	0.29
达坂城风力发电站	陆上风电	12.5	0.0569	219.68
上海东海大桥风电场	海上风电	10	0.00315	3174.60

资料来源：互联网数据、相关新闻报道整理  
(装机容量单位万千瓦时，占地面积单位平方公里)

### 5.3.风电理论人力成本较光伏低，但无法单一直接比较

从数据看，风电人力成本较低，但人力成本统计因素较多，无法单独比较判断。国际可再生能源机构2020年报告指出，截至2020年，中国光伏行业从业人数约220万人，风电行业从业人数约52万人。从数据可以看出，风电的人力成本相较于光伏在相同装机容量的前提下显著**较低**。但是，对于人力成本的统计无法做到完全的精确。风电和光伏的全产业链都十分复杂，国际可再生能源机构很有可能只统计了风电和光伏行业的直接从业人员。因此，人力和土地成本一样，只能作为大致的参考。

图：2020年风电和太阳能装机容量及从业人数一览

类型	风电	太阳能
装机容量	28153	25343
从业人数	52	220
容量人数比	541.40	115.20

资料来源：国家能源局、IRENA  
(装机容量单位：万千瓦时，人数单位：万人)

### 5.4.1.风电叶片全球回收形势严峻

---

在装机容量越来越大，发电效率越来越高的同时，全球风电和光伏产业都面临着一个重大问题：废弃发电材料的处理。风塔、叶片和太阳能电池板的设计寿命都在20-25年左右，也就是说，**2040年左右**，中国就会迎来第一批密集发电设备报废期。因此，材料回收率和环保问题也将会是未来新能源产业的重点之一。风电和光伏产业废弃材料处理的重点分别是**叶片**和**电池板**。

### 5.4.1.风电叶片全球回收形势严峻

风电叶片作为整个风机零部件成本15%-20%的关键部件，造价昂贵，回收也成为了**全球性的难题**。目前我国存在三种较为主流的叶片回收方式：第一种是将叶片进行拆解，用于**市政建设**等领域；第二种是将叶片打碎，回收后添加进**建筑材料**；第三种是进行**化学回收**，分解再利用。然而，无论哪种回收方式相对于废料缺口来说都是**杯水车薪**。以目前大规模推广的技术，叶片的整体材料回收率大概在15-20%左右，这远远不能满足生产的需求。右图为荷兰公司Superuse Studios于2012年用废弃风机叶片打造的公园座椅。

图：Superuse Studios用废弃风机叶片打造的公园座椅



资料来源：互联网

## 5.4.2.我国近几年重视风电叶片回收

---

**近年来，中国对于风电叶片的回收逐渐重视。**2021年7月27日，由鉴衡认证中心、金风科技、中材叶片等公司联合发起的**风电叶片绿色回收与应用联合体**正式成立，联合体一方面通过制定叶片及玻璃钢制品与退役回收相关工作环节的评价标准，实现叶片退役回收与各项现行工作的规范对接，为叶片再利用和回收提供支持和动力；另一方面将成立合作工作组，在专项资金的支持下进行技术攻关与项目示范，推动产业升级进步。叶片回收目前依然处于刚刚起步的阶段。

资料来源：国际风力发电网



### 5.4.3. 光伏电池板国际回收技术发展较早，回收率较高

---

- ◆与风电叶片相比，太阳能电池板的回收已经取得了**关键技术突破和显著成效**。在法国南部的Roosset市，该公司与欧洲光伏组件回收组织PVCycle、法国可再生能源工会（Syndicat des énergies renouvelables）合作，欧洲首座太阳能电池板回收工厂正式投入运营。该工厂在2018年回收了1300吨太阳能板，并设立了2022年回收4000吨的目标。
- ◆该回收厂专门处理寿终正寝的“晶体硅”光伏板。典型的晶体硅太阳能电池板由65 - 75%的玻璃、10 - 15%的铝制框架、10%的塑料和3 - 5%的硅制成。回收厂可以对其95%的材料进行分拆、分拣、处理和回收。同时为保障效率及安全性，该工厂使用自动机器人来完成太阳能电池板的拆解与分拣工作。

资料来源：北极星太阳能光伏网

#### 5.4.4. 光伏电池板我国回收技术尚不成熟，但已有较大技术突破

---

- ◆ 我国具备光伏产业的全产业链生产工艺，但太阳能电池板资源化回收行业，在产业布局、回收技术研究和标准建设等方面，均落后于欧美国家。早在2019年，国家重点研发计划“**可再生能源与氢能技术**”专项已将光伏组件回收处理成套技术和装备列入指南，旨在研究低成本绿色拆解技术，实现主要高价值组成材料的再利用。
- ◆ 目前光伏电池板回收的技术突破主要集中在通过**液电原理**替代传统的拆解流程。液电效应的原理是，高压电脉冲把较小功率的能量以较长时间慢慢输入到中间储能装置中储存起来，然后压缩与转换能量，通过脉冲形成系统在极短的时间内以极高的功率密度向负载释放能量形成冲击波。此项新技术具有**环境污染小、能耗低、经济收益高**等优点。

资料来源：中国科学院青岛生物能源与过程研究所

# 目录/Contents

---

1. 风电行业发展现状
2. 风电行业产业链分析
3. 风电行业增长空间
4. 下半年风电板块投资展望
5. 风电的优劣势——对比光伏
6. 风电的增长核心



## 6.1.总览：增长核心在于更高的风塔和更大的叶片

---

在第三部分中，我们通过比较宏观的方式简单说明了风电板块的增长空间。无论是从**中国的地理特点**还是**国家的政策计划**来说，风电板块在未来几十年都有非常大的长期增长潜力。这一部分，我们将从技术细节出发，具体分析风电未来的增长核心。简单来说，提高风力发电效率，目前主要的增长空间在于**风机高度**和**叶片长度**。

## 6.2.1.风机高度越高，发电效率越高

---

据相关学科研究结果表明，风速 $V$ 与高度 $H$ 有如下关系式：

$$V=V_0(H/H_0)^n$$

- ◆其中， $V$ 为高度 $H$ 处风速； $V_0$ 为高度 $H_0$ 处风速； $H_0$ 为基准高度，一般为10米； $n$ 为地表摩擦系数，一般在0.1-0.4之间。
- ◆在 $H$ 数值较大，即高度很高的时候， $(H/H_0)^n$ 一定大于1。也就是说，在高度达到一定数值以后，**高度越高，风速越大，潜在的风能也就越强**。因此，在技术允许的范围内，**风塔的高度越高，发电效率越高**。
- ◆对于160米级别以上超高风机，目前国内的主流风电整机商主要使用的是“**混塔**”技术，即上部为传统的钢塔筒结构，下部为多层嵌套的多边形混凝土结构。目前全球陆上最高的风电机组高达**230米**，也采用的是**上部钢结构，下部混凝土**的混塔技术方案。

## 6.2.2.我国已具备建造较高风机的能力，高风机技术不断突破

---

- ◆ 2021年6月24日，在国家电投平顶山鲁阳风电场，许继风电生产的XW3600/155风电机组正式落地，这使得中国风机的最高高度来到了**170米**。到目前为止，各地风电场陆续试点落地了多台170米超高风力发电机组，均大获成功。
- ◆ 根据鲁阳风电场现场的运行数据测算，170米风力发电机组比同地区常见的100米风力发电机组的平均发电量提升最高可达**20%**，使得度电成本进一步下降。

图：XW3600/155风电机组

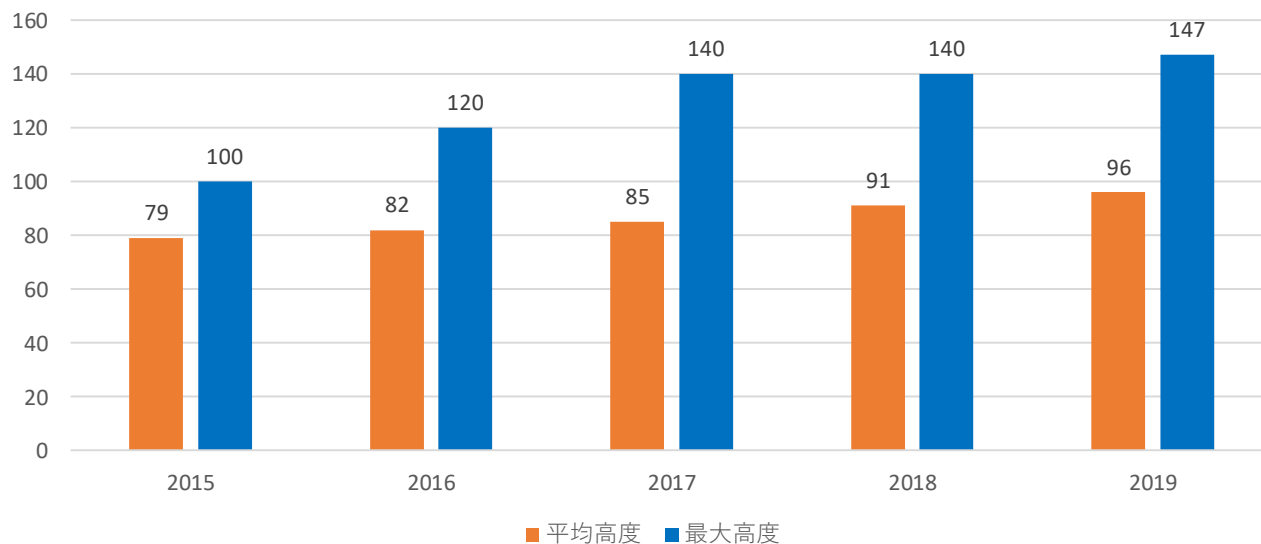


资料来源：河南日报

## 6.2.2.我国已具备建造较高风机的能力，高风机技术不断突破

- ◆近年来我国在风机高度上不断取得突破，但未来，风电机组的高度将不止于此。风机高度带来的挑战除了**塔筒的材料和结构**，吊装需要的塔吊大小和现场施工要求都会有对应的提升。但是无论面对怎样的困难，为了装配更大的叶片，提高发电效率，风机高度的提高是技术进步、产能提升的必然要求，也必然是未来增长的核心。
- ◆风能协会数据显示，随着技术的逐步成熟，风电机组的平均高度和最高高度逐年稳步提升。这体现出我国高风塔设计和批量生产技术正在不断突破。

图：2015-2019全国风塔平均高度和最大高度逐年递增



资料来源：全国风能委员会，单位：米



### 6.3.1.我国大叶片技术日趋成熟，材料逐渐从玻璃纤维过渡到碳纤维

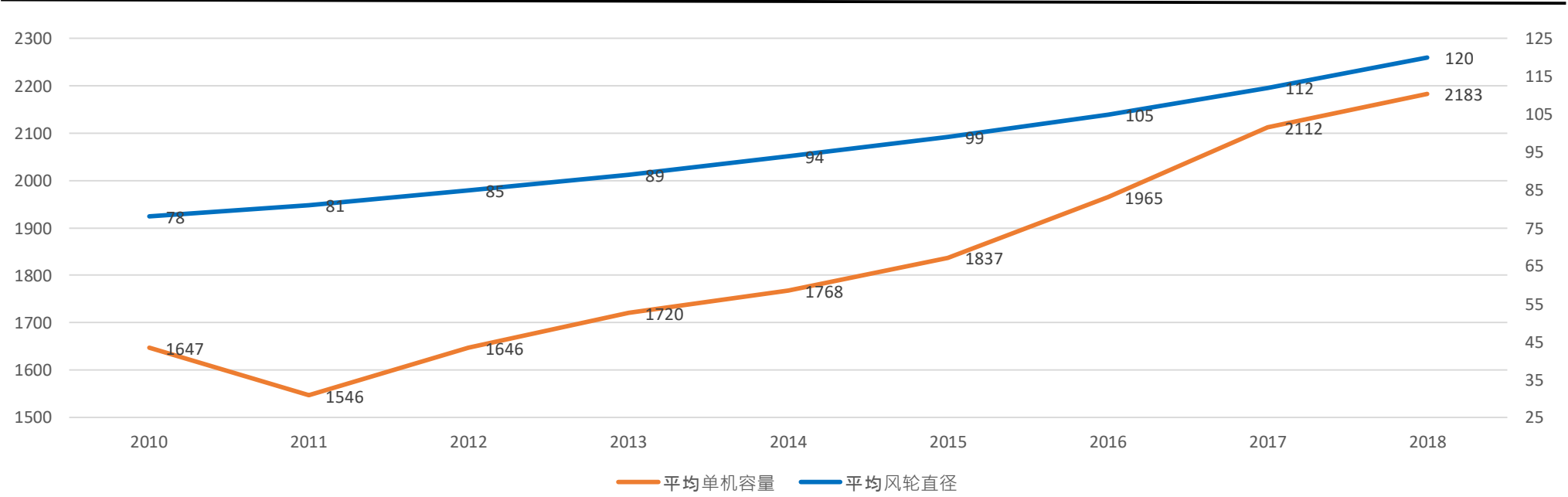
---

- ◆和风塔高度一样，叶片长度也和发电效率有着正相关的关系。据相关研究表明，风机叶片直径每增大6%，风能利用率可增加约12%。因此，另一个重要的技术发展方向就是**风电叶片大型化**。
- ◆由于叶片长度增加会增加自重，也会对风机结构安全造成负担，对叶片材料的**刚性、强度、拉伸模量**都提出了更高的要求。而传统叶片的制造材料——**玻璃纤维**已经逐渐无法满足大叶片的要求。因此，密度更低、强度更高的**碳纤维复合材料**成为了风电叶片大型化、轻量化的首选材料。
- ◆关于碳纤维的一个好消息是，由于碳纤维除了大型风电叶片，在航空航天等领域也有重要作用。因此，对于碳纤维的研究在大型风电叶片的需求出现前就逐渐开始了。例如专注航空航天高性能碳纤维的**中简科技（SZ.300777）**，我国最早实施碳纤维国产化的民营企业**光威复材(SZ.300699)**等，使得大型风电叶片的原材料生产技术已经趋于成熟。

## 6.3.2.我国风电叶片平均大小逐年增加

◆和风机高度一样，风机叶片的长度在过去发展的过程中一直在**不断变长**。随着大叶片技术不断突破，实际装机的批量化生产风机叶片大小也在**不断提升**。

图：2010-2018年我国风机平均单机容量和平均风轮直径逐年上升



资料来源：国际风力发电网（单机容量单位：千瓦时，风轮直径单位：米）

### 6.3.3.大型风电叶片产能扩张仍有难题，优质风电叶片企业未来可期

- ◆**大叶片的产能扩张并不容易。**大叶片除了自重加大、叶片疲劳情况更严重等问题以外，在生产流程中还会遇到其他的问题。叶片生产流程中的关键之一是**叶片模具**。然而，大型叶片研发完成后，到开始批量生产还有很长一段流程要走。大叶片设计完成后，需要通过整机厂的**挂机测试**，仅这一项就需约一年时间，之后进入**小批量生产**，再采购模具进行调试，然后才能进入**大批量生产**。其中，模具的采购和运输周期在6个月左右，产线到厂后还要经过几个月的调试才能达到稳定、高速的生产状态。整个过程时间漫长。
- ◆随着叶片的升级换代，厂房规划也需要随之变更。大叶片模具的占地面积变大，意味着所需的库房空间也要相应变大，叶片企业可能需要在某些情况下对厂房进行重新布局。此外，由于叶片生产**自动化程度较低，比较依赖人工**，铺设玻璃纤维、芯材以及灌注环氧树脂等工序都非常耗费人力和时间。因此，在正式生产阶段，单位时间所对应的产能也会相对变少。正是由于以上原因，使得叶片在升级换代的过程中会发生**需求与供给的结构性错配**，从而导致**初期的产能供给出现阶段性紧张**。
- ◆尽管如此，目前风电叶片毛利率在风电产业链中相对较高。**中材科技、天顺风能**等风电叶片龙头企业能够通过大规模生产降低生产成本，同时通过先进的研发团队和较高的市场占有率保证研发、测试和批量生产流程顺利进行。随着风电产业和相关企业的不断发展，风电叶片大型化有望迎来新的突破。

A scenic view of a wind farm with several large white wind turbines with three blades each, situated on a mountain ridge. The turbines are set against a clear blue sky. The foreground and middle ground are filled with lush green trees and vegetation. The text '谢谢观看' is overlaid in the center of the image.

谢谢观看