

陆风稳步前行，海风方兴未艾

——风电产业全景图

平安证券研究所绿色能源与前瞻性产业研究团队

皮秀 证券投资咨询资格 S1060517070004

邮箱 pixiu809@pingan.com.cn

2023年6月11日



要点总结

- **陆上风电需求仍具增长空间，风机价格竞争激烈。**2022年国内陆上新增吊装规模44.6GW，陆上风机招标规模达到83.8GW，未来陆上风电开发集中式与分散式并举，乡村分散式风电、风电制氢等应用场景具有较大发展空间，预计2025年国内陆上风电新增装机相对2022年具有翻倍潜力。根据全球风能协会的统计，2022年海外市场陆上风电新增装机约36.2GW，同比有所下滑，到2025年，海外陆上风电新增装机有望达到49GW，2022-2025年复合增速约10.5%。受多重因素影响，国内陆上风机企业竞争激烈，陆上风机价格持续下行，2023年主要风机企业的陆上风机业务仍将面临较大的盈利水平压力。
- **全球海上风电蓬勃发展，需求快速增长。**国内方面，2022年国补退出，新增装机仅5.2GW，但招标量超过14GW，沿海主要省份大力推动海风发展，国管海域海风项目竞配即将开启，我们预计2023-2025年国内海上风电新增装机有望实现40%及以上的复合增长。2022年英国第四轮差价合约拍卖的海上风电项目的上网电价为37.35英镑/MWh，凸显欧洲海上风电的经济性，多个国家更新或上调了海上风电发展目标，欧洲各国规划的2030年海上风电累计装机容量达到160GW，而截至2022年底累计装机仅30GW。亚太地区加快海风发展步伐，美国制定了2030年部署30GW的海上风电项目的目标，按照全球风能协会预测，未来五年（2023-2027）中国台湾、韩国、越南、日本有望投运合计12.3GW的海上风电项目，北美市场2023-2025年海上风电新增装机分别达到0.5、1.7、3.8GW。
- **海风产业链主要环节发展趋势和竞争格局。****风电整机：**大型化是明确的趋势，国内主流企业已经推出单机容量16-18MW的海风机组；技术路线方面，国内以半直驱为主流，海外直驱与半直驱并行；明阳智能在国内份额以及出口方面领先。**海缆：**送出海缆价值量与离岸距离强相关，集电海缆与送出海缆技术方案持续迭代，柔直外送渐成趋势；不同省份竞争格局分化，本地企业优势明显，头部海缆企业开始斩获欧洲海风订单。**管桩：**以单桩和导管架为主，用量差异较大；越来越多的传统海工船舶企业涉足到海上风电单桩和导管架的生产，国内格局尚不明朗，以大金重工为代表的头部企业积极寻求出海并获得批量订单。
- **投资建议。**海上风电高景气，国内外海上风电新增装机有望持续较快增长，建议重点关注四个细分领域的投资机会：1) 海上风电产业链出口，看好目前在出口方面具备先发优势的管桩、海缆、整机企业；2) 海上风电离岸化和柔性直流趋势。直流海缆、换流阀等将受益，海缆环节的竞争格局有望得以优化；3) 海上风电深水化和漂浮式趋势。全球力推漂浮式海风，国内百兆瓦级大型项目开启建设，平价并不遥远，锚固系统、双转子风机等有望深度受益；4) 风电整机的格局优化。目前陆上风机步入深度价格战，各家企业应对价格战的能力不同，有望推动整机环节的逐步出清和格局优化。推荐明阳智能、大金重工、东方电缆、亚星锚链等核心标的。
- **风险提示。**1) 全球海上风电的发展受政策等诸多因素影响，存在需求不及预期的风险。2) 部分制造环节可能存在竞争加剧和盈利水平不及预期的风险。3) 贸易保护导致海风产业链出口节奏不及预期风险。4) 漂浮式海上风电技术进步和降本速度不及预期风险。

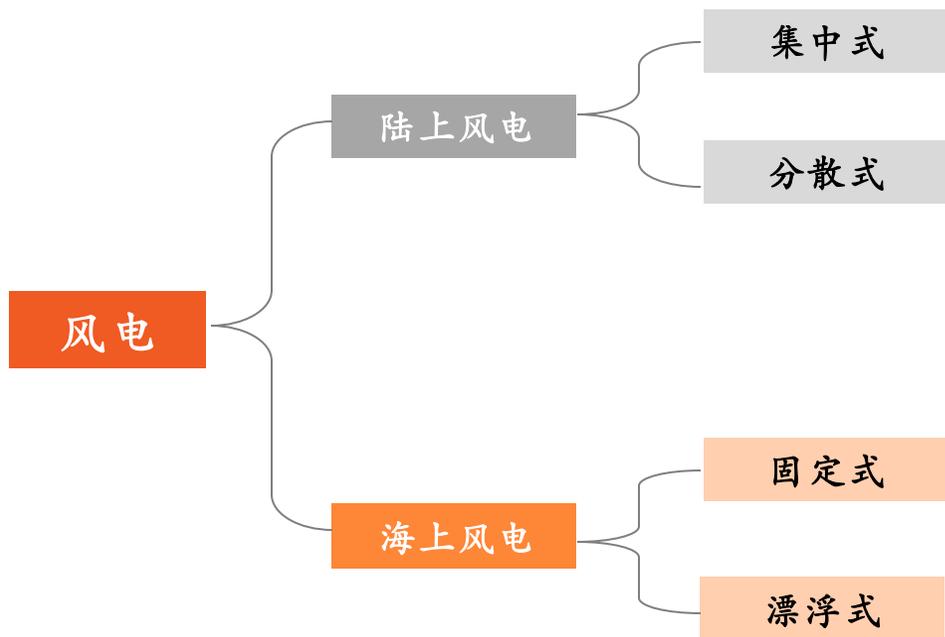
CONTENT 目录

- ① 一、风电产业链概览
- ② 二、陆上风电需求及产业形势
- ③ 三、国内海上风电需求研判
- ④ 四、海外市场海上风电需求研判
- ⑤ 五、海风产业链主要环节价值量及格局分析
- ⑥ 六、海风新兴产业趋势一：离岸化和柔性直流外送
- ⑦ 七、海风新兴产业趋势二：深水化与漂浮式
- ⑧ 八、投资建议与风险提示

1.1 风电应用场景主要包含海上和陆上两类

- 风电按照地理位置可区分为海上风力发电与陆上风力发电，风电场包括陆上风电场和海上风电场两类。其中，陆上风电可分为集中式和分散式；海上风电可分为固定式和漂浮式。

风电的主要应用场景分类



陆上及固定式海上风电系统示意图



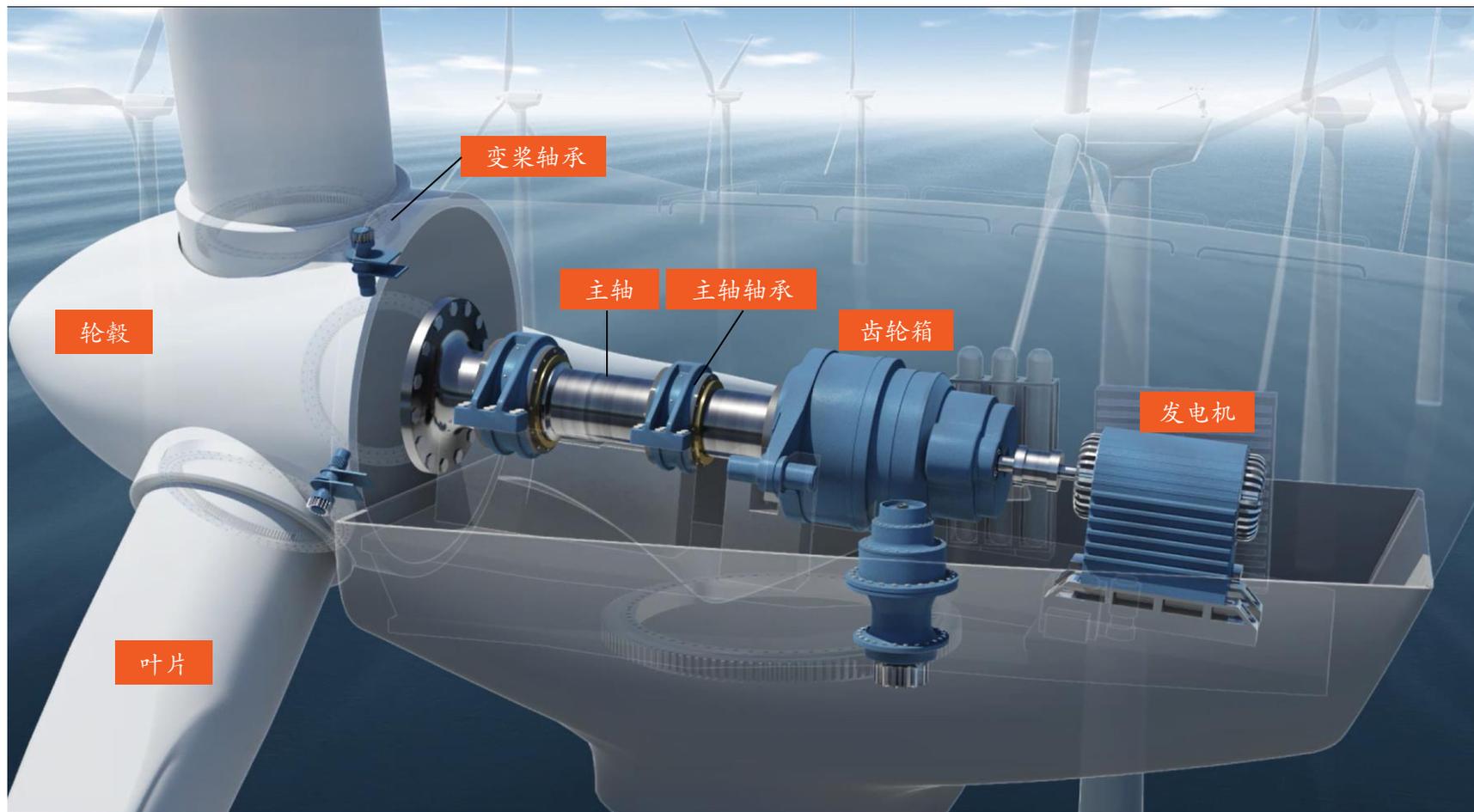
漂浮式海上风电系统示意图





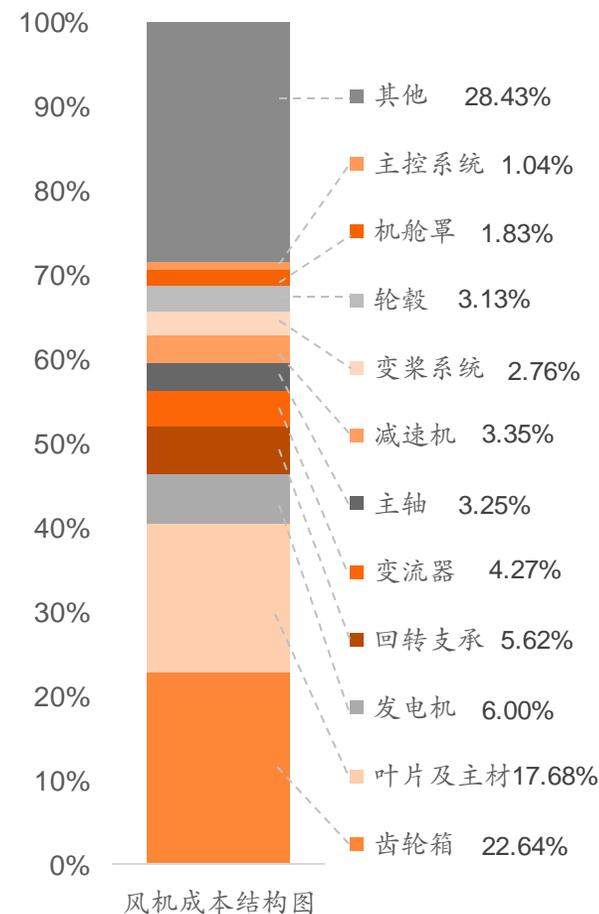
1.3 风电机组主要部件及成本结构

风机内部结构示意图



风机成本结构图

(以三一重能2020年为例)

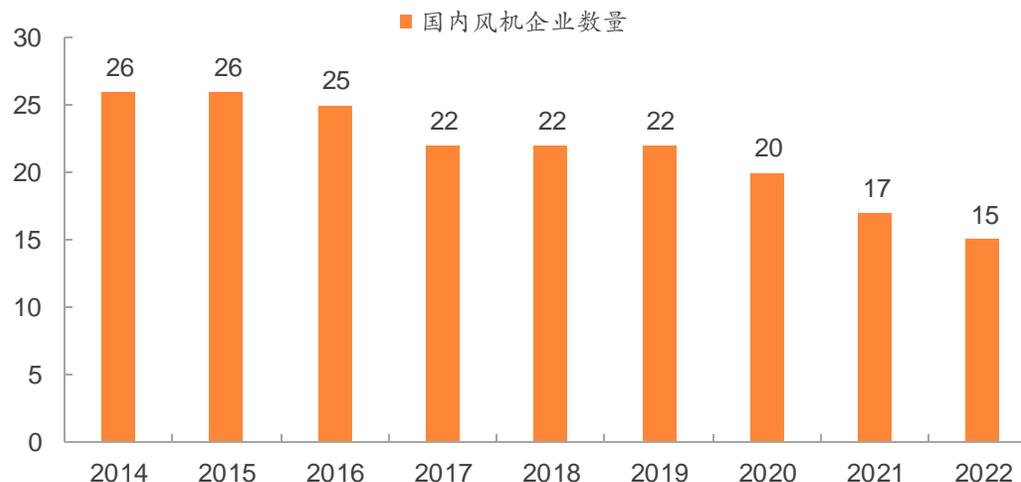


1.4 风电机组：国内集中度持续提升

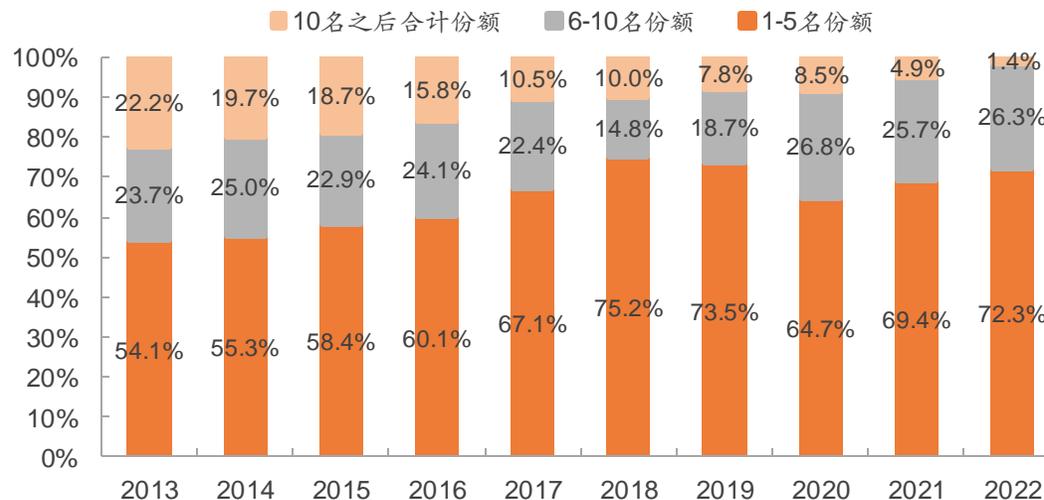
2022年国内风机出货量排名

	2022年新增装机 (万千瓦)	份额
金风科技	1136	22.8%
远景能源	782	15.7%
明阳智能	621	12.5%
运达股份	610	12.2%
三一重能	452	9.1%
中国中车	374	7.5%
中国海装	336	6.7%
电气风电	325	6.5%
东方电气	184	3.7%
联合动力	92	1.8%
华锐风电	30	0.6%
哈电风能	23	0.5%
许继电气	10	0.2%
维斯塔斯	5.25	0.1%
GE	2.25	0.0%

国内历年具有风机销售业绩的风机企业数量



国内风机行业集中度变化趋势



1.4 风电机组：双馈和半直驱占主流

风机传动链结构

双馈：高速齿轮箱+双馈异步发电机，在陆上占据主流

直驱：无齿轮箱+永磁同步发电机

半直驱（中速永磁）：中速齿轮箱+永磁同步发电机，在海上占据主流

双馈异步风力发电系统示意图



半直驱风力发电系统示意图



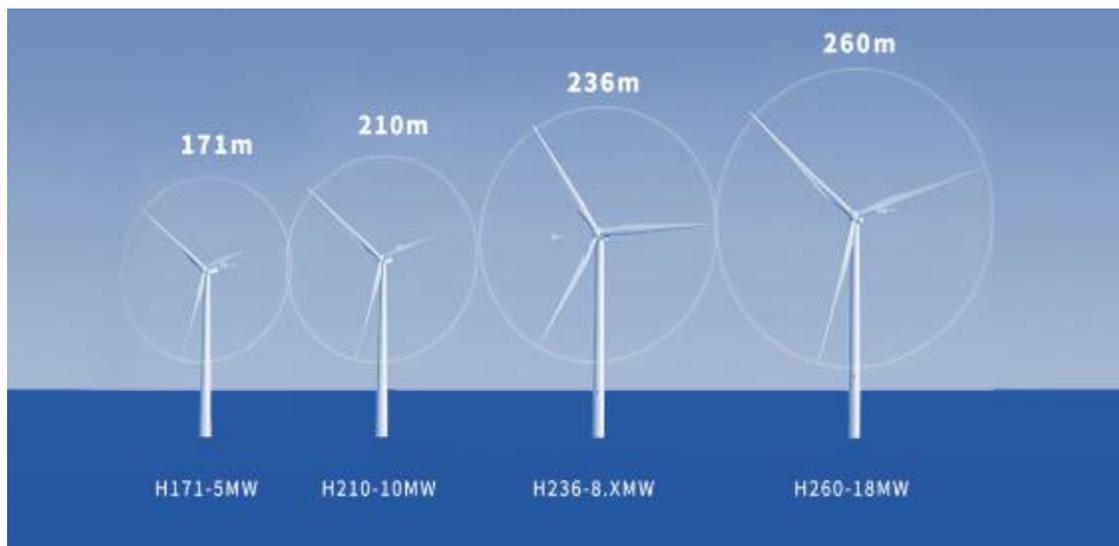
直驱风力发电系统示意图



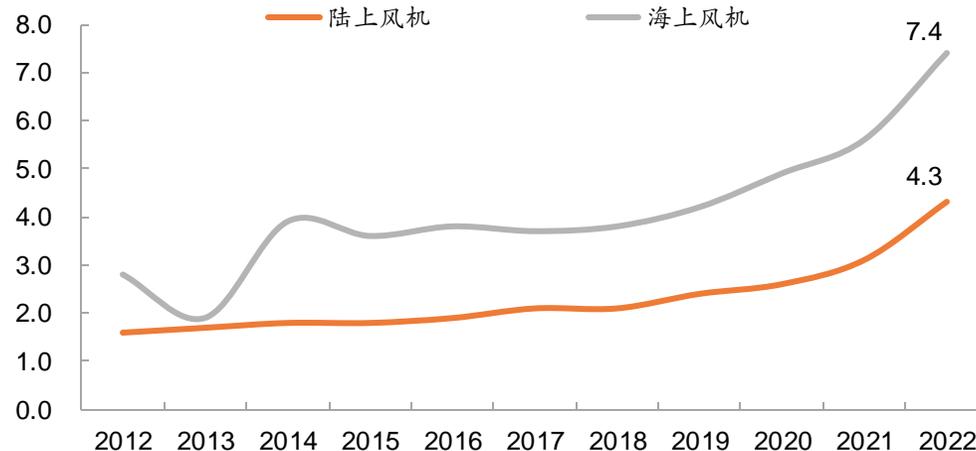
1.4 风电机组：大型化趋势明显

- 风机大型化是降本的重要抓手，近年风机大型化的速度加快，2022年新增装机的单机容量同比明显增长。
- 展望未来，风机大型化还将更进一步，目前风机企业已经推出10MW左右的陆上机组，并即将批量应用，头部风机企业已经开始着手研发12-15MW单机容量的陆上机组；海上方面，头部的海上风机企业已经推出16-18MW的海上机组，后续推出单机容量20MW以上的机组可期。

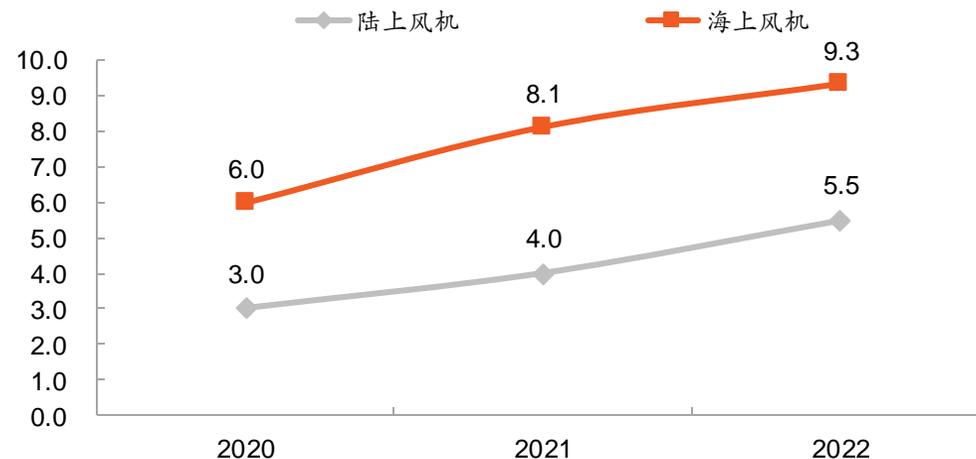
中国海装海上风机往大型化方向迭代的示意图



国内陆上和海上新增装机的平均单机容量 (MW)



国内陆上和海上风机订单的平均单机容量 (MW)



1.4.1 风电机组之叶片：向长叶片和轻量化方向发展

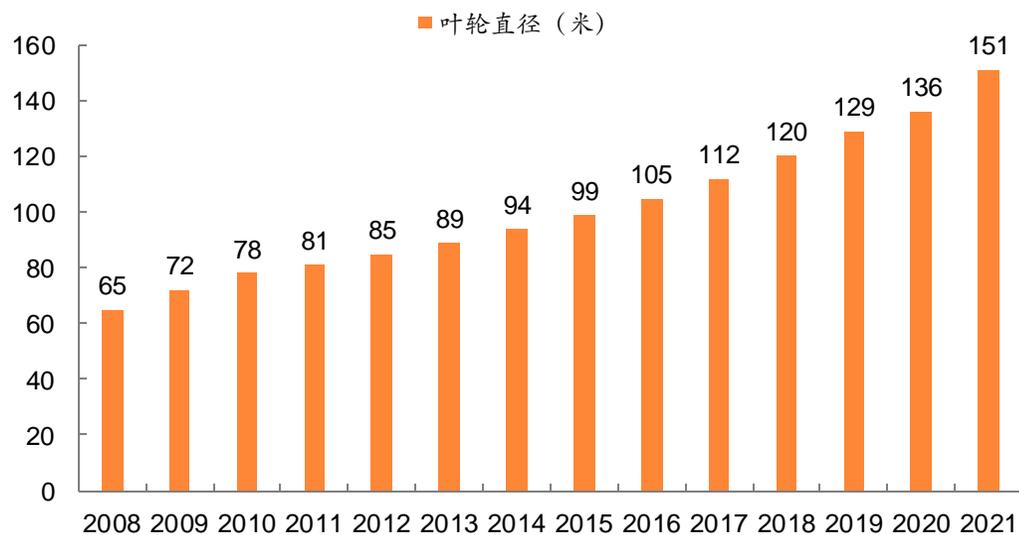
• 主要参与者

- 1) 专业化生产企业：中材叶片、时代新材、中复连众、艾朗科技、中科宇能、天顺风能等；海外LM、TPI等；整体参与者较多，竞争较为激烈，近年叶片盈利水平走低。
- 2) 主机厂：明阳智能、三一重能、东方电气等。

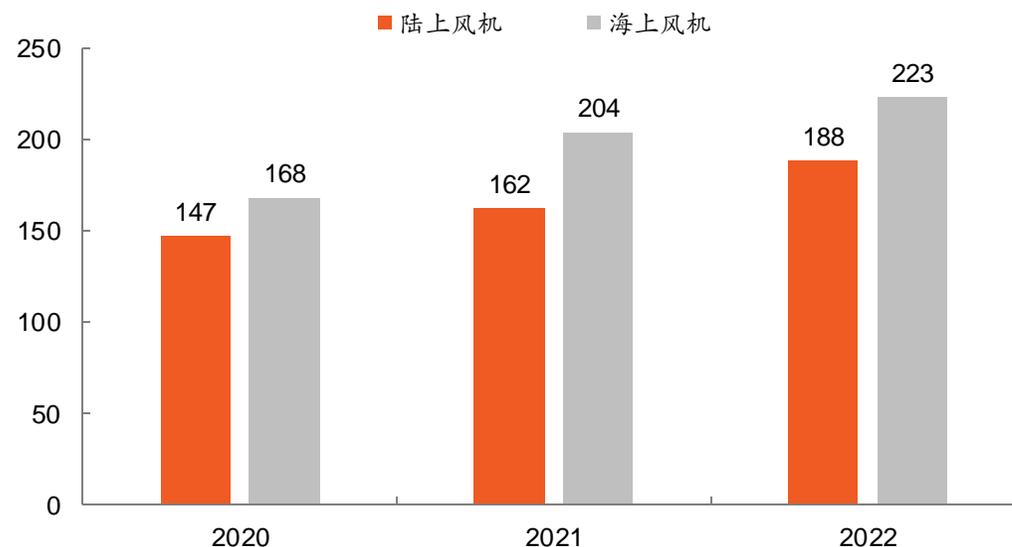
• 发展趋势

- 1) 大型化：近年叶片长度快速增长，目前海上风机最大叶轮直径达到260米，陆风风电最大叶轮直径达到230米，未来还将进一步增长。
- 2) 轻量化：碳纤维对玻纤的替代，实现叶片的轻量化。

国内历年风电新增装机平均叶轮直径



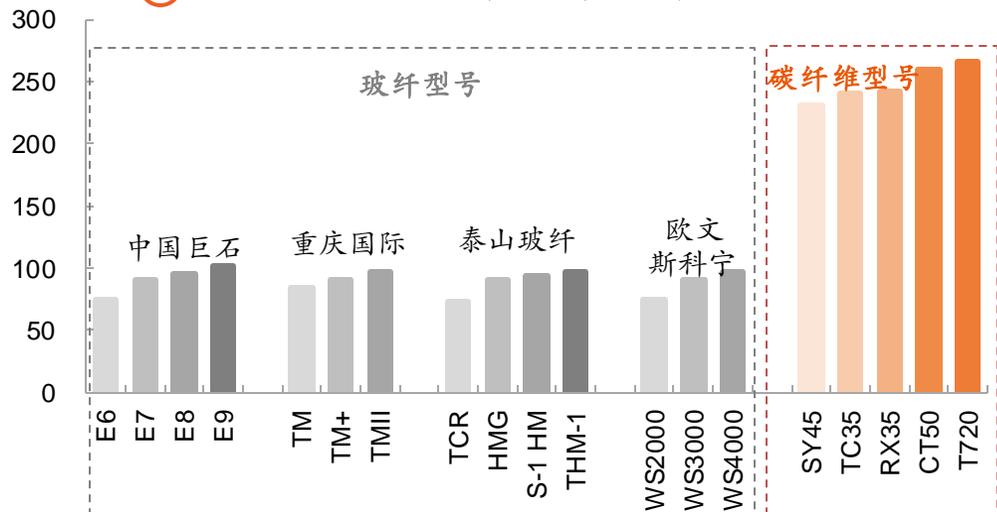
近年国内新增风机订单的平均叶轮直径(米)



1.4.1 风电机组之叶片：玻纤主流，碳纤有望渗透

- 玻纤仍是当前主流，占叶片增强材料比例超90%
 - 1) 代表企业：中国巨石、泰山玻纤、重庆国际等。
 - 2) 玻纤产品持续迭代，拉挤成型工艺成熟，模量、强度均有提升，玻纤性能持续优化，短期难以被完全取代。
- 碳纤维具有高模量、质量轻优点，有望在海上风电领域加快渗透
 - 1) 代表企业：光威复材、中复神鹰、吉林化纤、上海石化、恒神股份等。
 - 2) 海风机组持续大型化，采用碳纤主梁叶片可减重20-30%，目前碳纤维已经在海风机组叶片较大规模应用。
 - 3) T300级碳纤维价格处于下行趋势，根据中国风能协会预测，T300价格降至70-100元/公斤时，碳纤在风电领域的渗透大幅提速。

不同型号风电用玻纤和碳纤维拉伸模量对比 (GPa)



玻纤和碳纤维性能对比

材料	型号	密度g/cm ³	拉伸强度MPa	拉伸模量GPa
玻纤	ECR	2.54-2.60	2100-2500	73-79
	ECT	2.52-2.60	2300-2700	80-82
	TM	2.59-2.63	3000-3200	84-86
	E9	2.52-2.60	3100-3500	100-103
碳纤维	T300	1.76	3530	230-250
	T700	1.80	4900	230-250

1.4.2 风电机组之齿轮箱、发电机：向大型化和高功率密度发展

• 齿轮箱主要参与者：

- 1) 国内主要的生产企业是南高齿，另外包括德力佳、重齿、南方宇航、杭齿等生产企业，以远景能源为代表的整机企业开始涉足齿轮箱的自主生产；
 - 2) 海外：主要生产企业为采埃孚和威能极。
- **发展趋势：**高扭矩密度和轻量化，目前头部企业扭矩密度超过200Nm/kg，在高扭矩密度和轻量化的同时实现高可靠性。

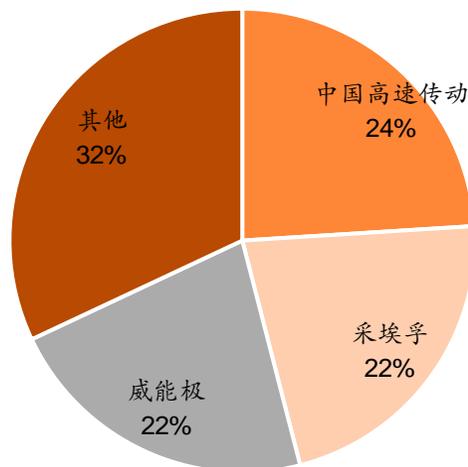
• 发电机主要参与者：

- 1) 国内：主要的生产企业西安中车永济电机、江苏中车、南京汽轮电机集团等，以三一重能为代表的整机企业开始涉足发电机的自主生产；
 - 2) 海外：主要的风机企业具备发电机生产能力。
- **发展趋势：**向大型化发展，主要企业已开展研发20MW及以上的发电机及漂浮式海风发电机。

⊙ 风电齿轮箱示意图



⊙ 2019年全球风电齿轮箱市场份额情况



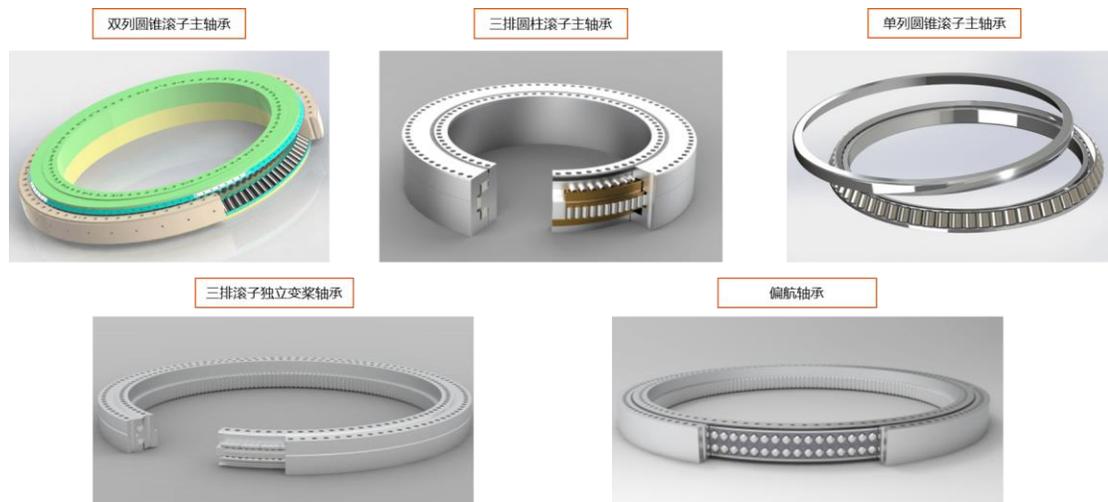
⊙ 中车永济电机18MW风力发电机



1.4.3 风电机组之轴承：技术路线多元

- 一台风电机组包含五类主要的风电轴承：主轴承、变桨轴承、偏航轴承、齿轮箱轴承和发电机轴承。一般一台风机需要主轴轴承1-2个，偏航轴承1个，变桨轴承3个；此外，在风电机组的两大关键部件齿轮箱和发电机中，也包含多个轴承。每种类型的轴承又包括多种形式，例如主轴轴承可分为调心滚子轴承、圆锥滚子轴承、圆柱滚子轴承等；近年滑动轴承也开始在风电机组上逐步得到应用。
- 主轴轴承的发展趋势与风电机组传动链的演变趋势强相关，随着风机向大型化发展，未来采用圆锥滚子主轴轴承的比例可能增加，变桨轴承则朝独立变桨方向发展。

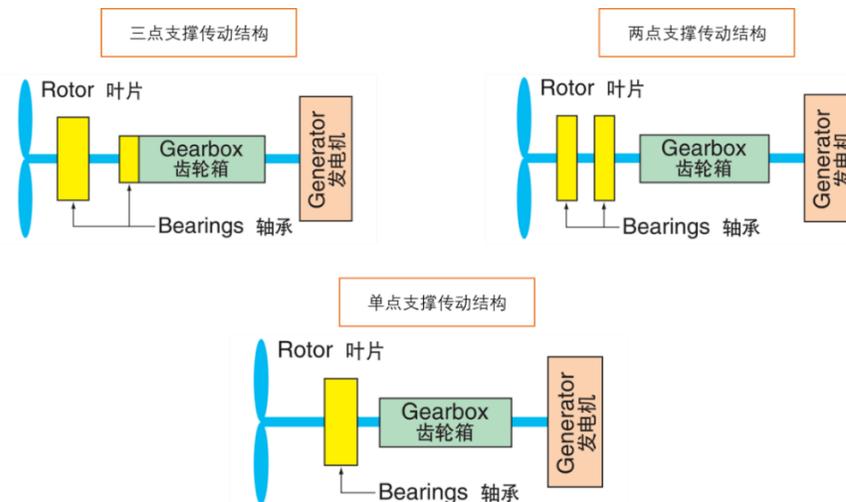
主要的风电轴承产品类型



不同类型轴承的性能对比

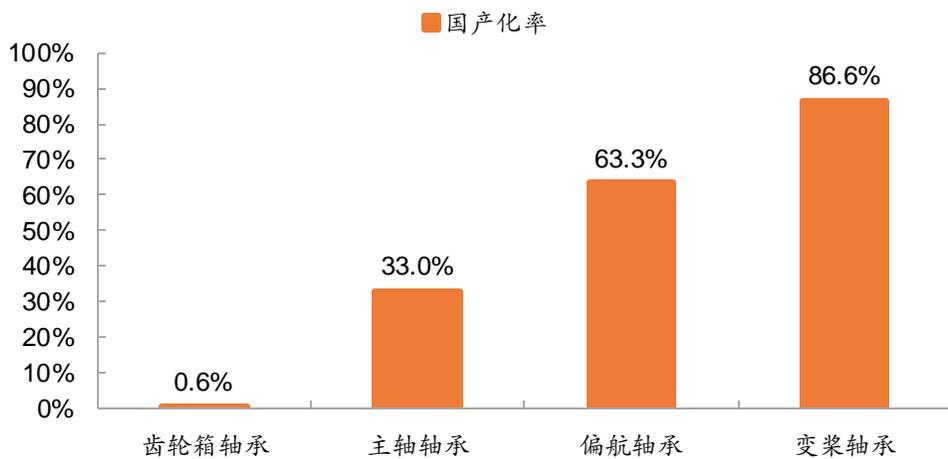
	调心滚子	单列圆锥滚子	双列圆锥滚子	三排圆锥滚子
结构形式				
轴向承载能力	极强	强	极强	极强
径向承载能力	普通 (可双向承载)	强 (单向承载强)	极强 (可双向承载)	极强 (可双向承载)
刚性	/	强	极强	极强
调心性	极强	弱	弱	弱
高速运载能力	普通	普通	普通	/

三种风机传动系统支撑方式示意图

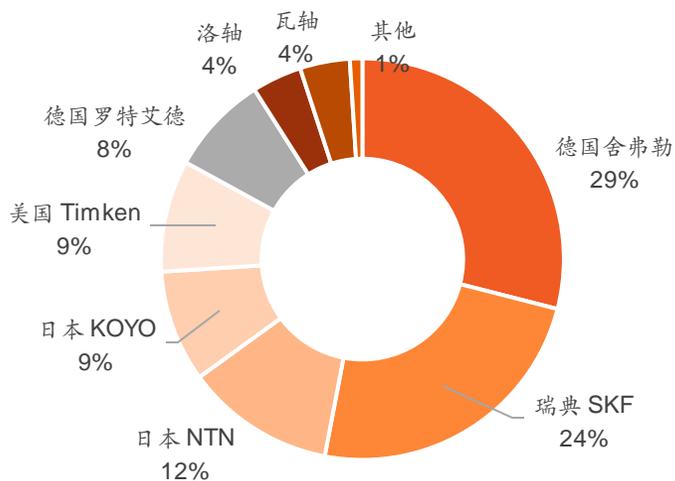


1.4.3 风电机组之轴承：对外依存度较高

2020年国内各类风电轴承的国产化率



2019年全球风电轴承市占份额情况



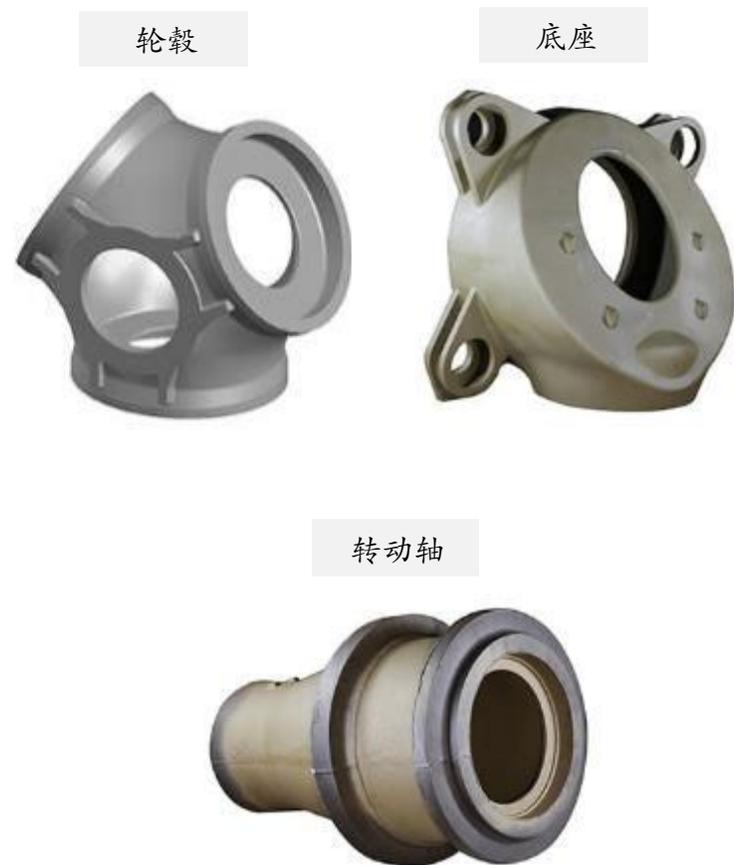
国内主要风电轴承企业及其轴承产品进展

企业	轴承产品进展
新强联	2020年成功试制7MW直驱式双支承单列圆锥滚子主轴承。具备7-12MW无软带圆锥滚子轴承生产能力。2022年7月，“12MW海上抗台风型风力发电机组主轴承”成功下线，并通过中国轴承质量检测中心检测。
瓦轴	2021年完成4.XMW平台风机单列圆锥主轴承的研制。2021年大型深沟球轴承和大型圆柱滚子轴承顺利出产，通过客户验收并供货，替代进口填补国内空白。
洛轴	2021年10月直径11.5米的整体式转盘轴承下线。2022年9月国内首套16MW平台风电主轴承下线。
天马轴承	2021年10月，研制的国内首台8MW海上风电主轴承正式下线。
京冶轴承	截至2021年，已完成3.0MW主轴承的首批研制，并交付用户安装使用；5.5-7MW主轴承已研制完成。2022年1月完成海上风电5.5/7.0MW主轴承产品鉴定。
轴研所	2021年9月，7MW级海上风电主轴承研制成功，完成安装调试，2022年1月装机运行。2022年10月，完成国产首台最大尺寸TRB海上风电主轴承装机应用，可满足16MW海上风力发电机组主轴承使用需求。2022年12月，顺利完成国产首台最大尺寸调心滚子风电主轴承装机应用，该套SRB风电主轴承240/1180，内径为1180mm，外径为1660mm，可满足5~8MW陆地风力发电机组主轴承的使用需求。
恒润股份	截至2022底，6MW三排独立变桨轴承于第四季度实现批量生产，8MW独立变桨轴承处于台架试验认证阶段

1.4.4 风电机组之铸件：适应大兆瓦风机对铸件的大型化和低成本需求

- 铸件主要应用于风电机组的轮毂、底座、铸造主轴，以及齿轮箱的行星架等部位，生产过程包括毛坯铸造和精加工等环节，主要原材料是生铁和废钢。
- 生产企业：**主要包括日月股份、龙马重工、豪迈科技、吉鑫科技、金雷股份、大连重工、广大特材等多家企业，近年参与者有所增加，整体呈现竞争加剧的态势。
- 发展趋势：**适应大兆瓦风机对铸件的大型化和低成本需求，大型铸件的生产 and 运输难度明显加大。

典型风电铸件产品示意图



龙头企业日月股份历年的风电铸件业务财务数据

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
单吨收入 (元/吨)	9658	9986	9560	9841	10524	11190	11760	11285
单吨成本 (元/吨)	6804	6342	6254	7534	8249	8315	8121	9001
其中：直接材料	4082	3307	3169	4945	5594	4871	4656	5600
人工	642	646	769	710	789	859	792	866
制造费用	931	909	780	735	728	948	921	1053
外协加工	1148	1480	1536	1144	1138	1637	1752	1198
毛利率 (%)	29.6	36.5	34.6	23.4	21.6	25.7	30.9	20.24
销量 (万吨)	9.64	14.72	12.27	11.93	15.09	25.53	37.88	33.14
收入(亿元)	9.3	14.7	11.7	11.7	15.9	28.6	44.5	37.4

1.5 风电塔筒/管桩：大型化和混塔渐成趋势

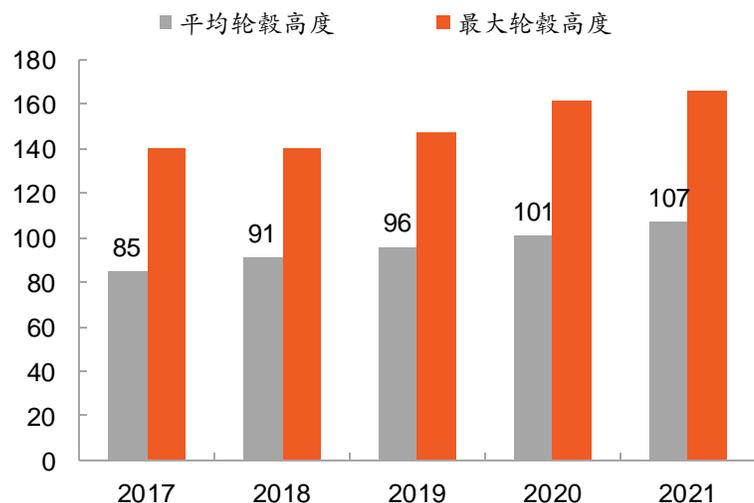
• 主要参与者

- 1) 塔筒：国内包括天顺风能、大金重工、天能重工、泰胜风能，以及众多其他中小公司，行业集中度较低；海外包括韩国重山等企业。
- 2) 管桩：分为单桩、导管架、吸力筒等多种类型，国内参与者包括天顺风能、大金重工、天能重工、泰胜风能、海力风电、润邦股份、中信重工等多家企业，海外包括SIF、EEW等。

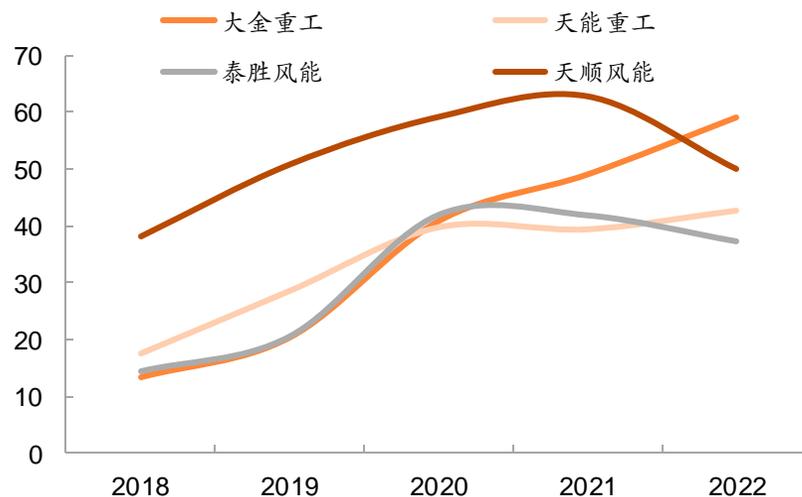
• 发展趋势

- 陆上塔筒和海风管桩均向大直径、大型化方向发展；陆上塔筒方面，多家风机企业着力研究混凝土和钢塔结合的混塔方案，行业内已实现170米超高混塔风电机组的吊装。

◎ 近年国内风机平均/最大轮毂高度（米）



◎ 四家主要塔筒/管桩企业销量比较（万吨）



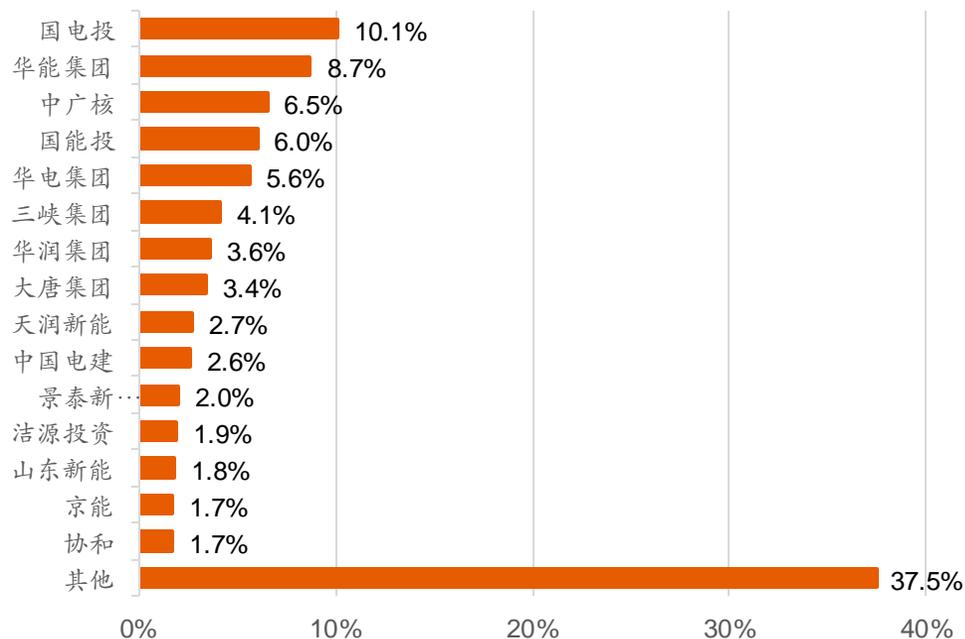
◎ 典型企业近年塔筒成本结构（元/吨）

	2019	2020	2021	2022
原材料	6489	5800	6305	6075
人工工资	483	420	316	293
制造费用	276	336	311	338
运费	454	521	333	282
合计	7702	7078	7266	6989

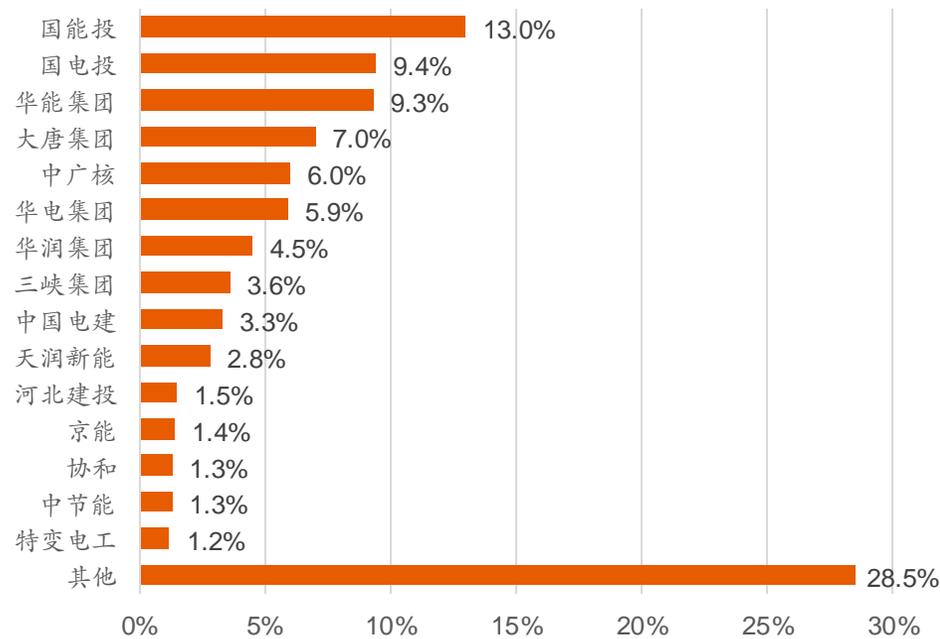
1.6 风电运营商：央国企主导

- 2022年，国内有新增装机的风电开发企业超过200家，其中前15家合计的新增装机容量占比62.5%；截至2022年底，前15家开发企业累计装机容量合计占比71.5%。
- 国内主要的风电开发和运营企业为央国企发电集团。近年，随着地方政府在授予风电开发资源时更加重视本地的产业配置，以金风科技、远景能源、明阳智能、三一重能等风电整机企业为代表的风电制造企业成为风电场开发运营的重要参与主体。

2022年国内风电开发企业新增容量占比



截至2022年国内风电运营商累计份额



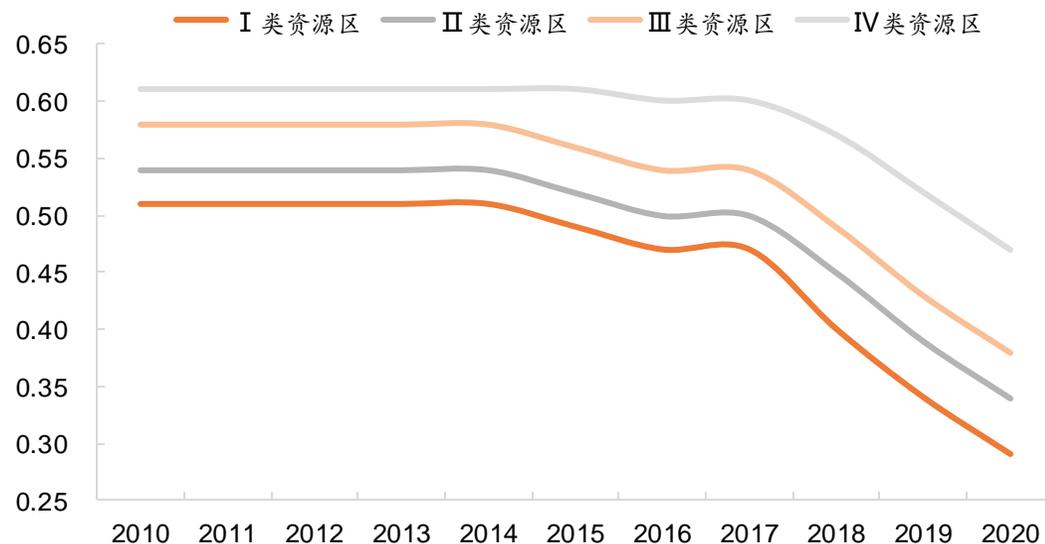
CONTENT 目录

- ① 一、风电产业链概览
- ② 二、陆上风电需求及产业形势
- ③ 三、国内海上风电需求研判
- ④ 四、海外市场海上风电需求研判
- ⑤ 五、海风产业链主要环节价值量及格局分析
- ⑥ 六、海风新兴产业趋势一：离岸化和柔性直流外送
- ⑦ 七、海风新兴产业趋势二：深水化与漂浮式
- ⑧ 八、投资建议与风险提示

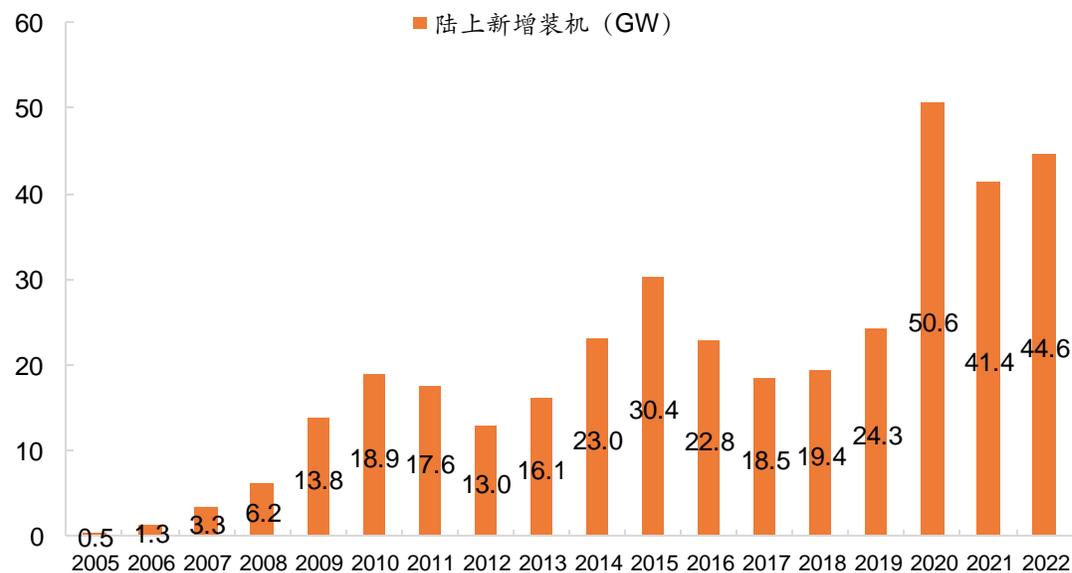
2.1 国内陆上风电历经补贴时代，实现全面平价

- **2010年之前**：风电行业发展初期，受益于政策推动，新增装机呈现爆发式发展。
- **2011-2020年**：受弃风问题及补贴退坡等因素影响，国内风电新增装机规模呈现周期波动；2020年陆上风电大抢装，当年风电新增装机达到历史高点54.4GW，其中陆上风电新增装机50.6GW。
- **2021年以来**：陆上风电进入平价/低价（相对燃煤基准电价）时代，2021-2022年国内陆上风电新增吊装规模较2020年有所回落，但仍处于历史较高水平。

补贴时代的国内陆上风电标杆电价（元/kWh）



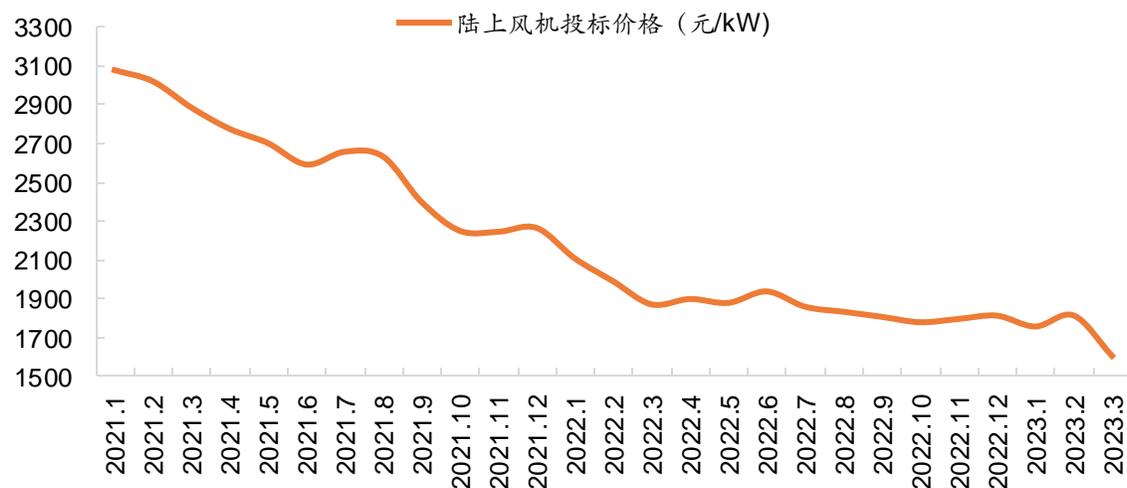
国内历年风电新增吊装规模



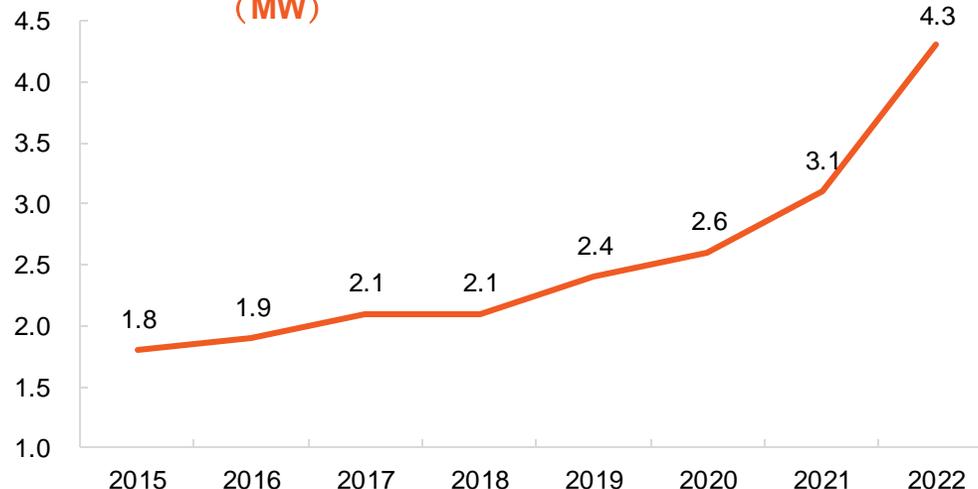
2.2 风机大型化推动近年风机价格下行和招标放量

- 2021年以来陆上风机快速大型化，2022年新建项目平均单机容量4.3MW，同比增长39%；2022年招标的陆风项目平均单机容量达到5.5MW，目前三北地区7MW以上的陆上风机已经开始较大规模招标，头部风机企业均已推出10MW左右的机型，在研产品单机容量达到12-15MW。
- 风机大型化导致招标价格继续下探，2023年3月的平均投标价格达到1600元/kW左右，未来大概率还将继续下行。
- 2022年国内陆上风机招标量达83.8GW，创历史新高。

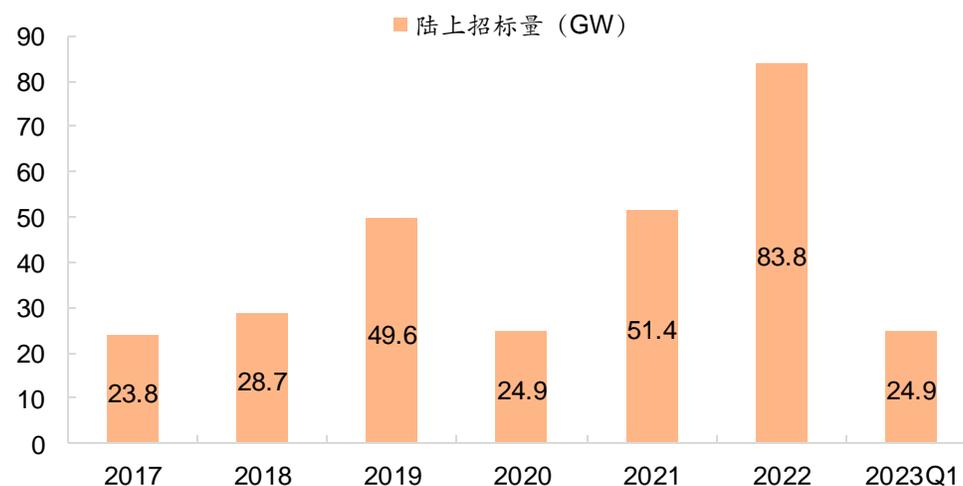
国内陆上风机月度投标均价（元/kW）



近年国内陆上风机新增装机的单机容量 (MW)



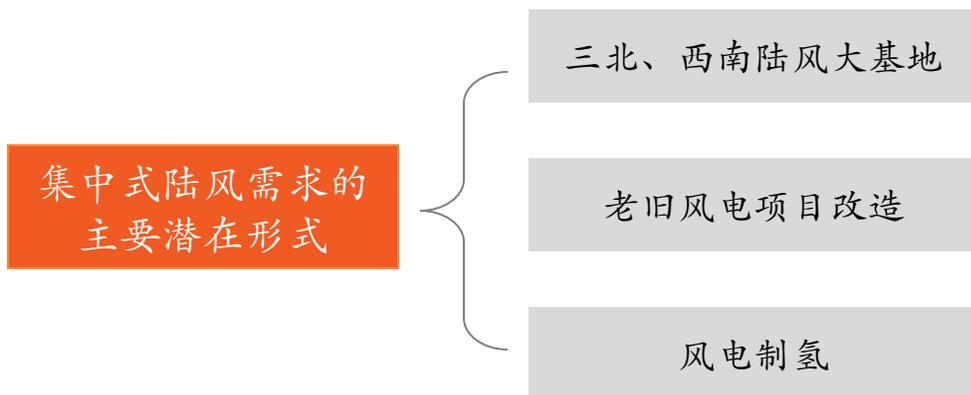
近年国内陆上风电新增招标规模 (GW)



2.3 集中式与分布式并举

- 近年，风电投资成本下降和经济性的提升推动各类应用场景快速发展，参照《“十四五”可再生能源发展规划》，十四五期间国内陆上风电开发集中式与分散式并举。
- 在风能资源禀赋较好、建设条件优越、具备持续规模化开发条件的地区，重点建设新疆、黄河上游、河西走廊、黄河几字弯、冀北、松辽、黄河下游新能源基地。在符合区域生态环境保护要求的前提下，因地制宜推进中东南部风电就地就近开发，实施“千乡万村驭风行动”，大力推进乡村风电开发。

集中式陆上风电开发的主要形式



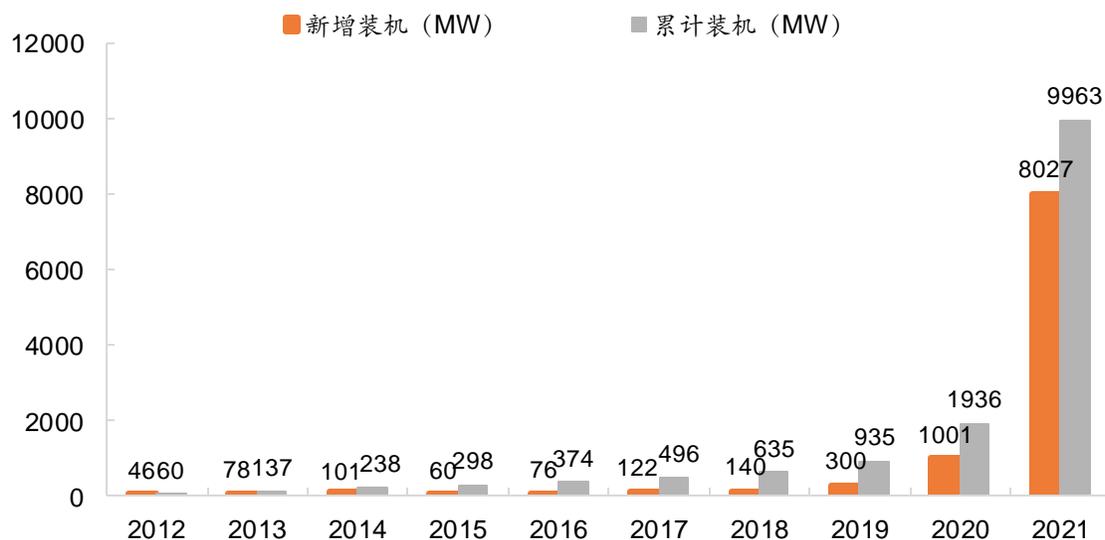
未来的国内风电开发格局



2.4 分散式风电极具发展潜力

- 在前期的政策推动之下，2021年成为分散式风电的抢装年，2021年国内分散式风电新增装机802.7万千瓦，同比大幅增长702%，其中河南省新增分散式风电装机容量达238万千瓦，占比29.6%；截至2021年年底，中国分散式风电累计装机容量接近1000万千瓦。2022年，经历抢装之后国内分散式风电需求回落，但政策层面对分散式风电的支持力度加强。
- 2022年5月，国家发改委发布《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》，分散式风电商业模式逐步清晰。土地和利益共享机制：鼓励村集体依法利用存量集体土地通过作价入股，采用收益共享等机制参与新能源项目开发；资源评估与测风：开展全国新能源资源勘查与评价，建立可开发资源数据库，形成县级以上行政区域内各类新能源资源详查评价成果和图谱并向社会发布，建立测风塔及测风数据共享机制；审批流程：推动风电项目由核准制调整为备案制。

国内分散式风电新增装机和累计装机规模



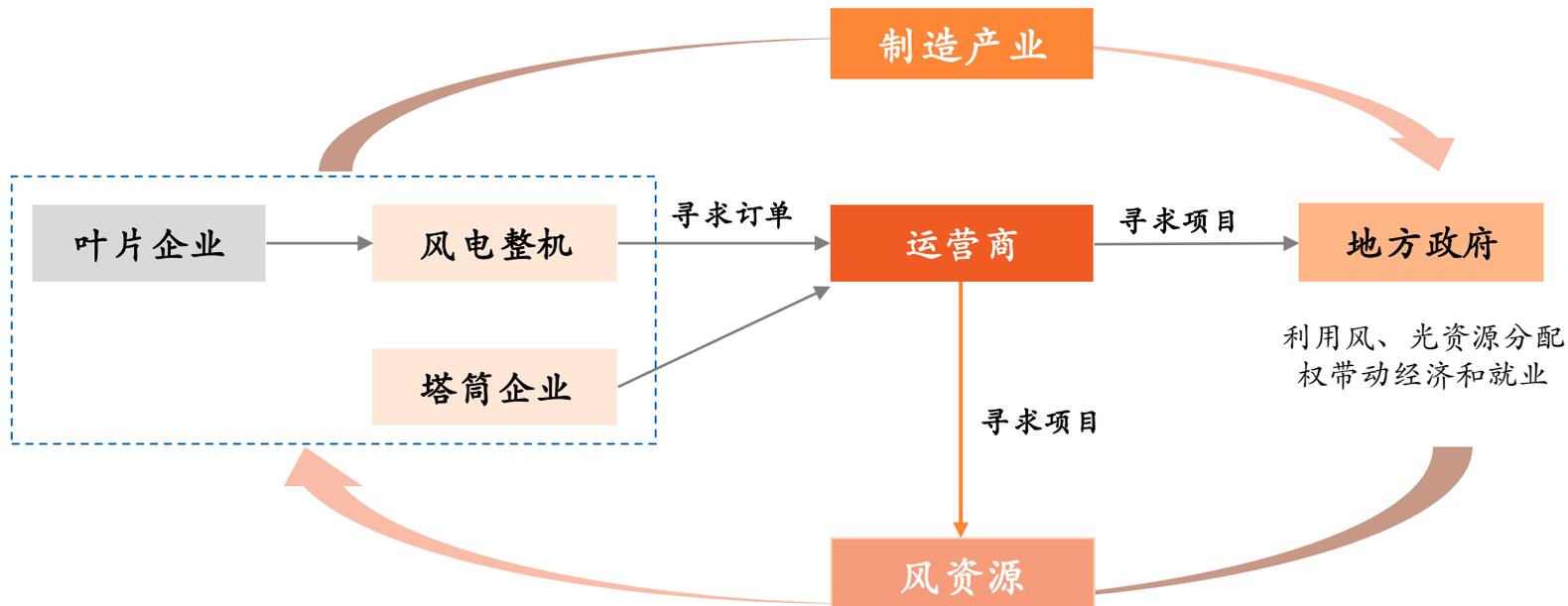
典型的分散式风电项目



2.5 陆上风资源授予模式有所变化

- 在双碳大背景下，风、光资源的争夺日趋激烈，多个地方明确希望投资方能够在当地配套产业，通过风电、光伏资源开发带动本地制造产业、促进经济发展。
- 国内风电运营商以央国企发电集团为主，一般不持有强的风电制造产业，风电制造企业能够较好的满足地方政府诉求，因此，原先的风电制造企业与运营商的关系发生变化，整体而言，风电制造企业越来越多地参与风电场资源的争夺，尤其是整机、叶片和塔筒企业。近年，主要的塔筒上市公司、民营叶片企业、整机企业都加大了风电运营业务的拓展力度，多地零碳产业园兴起。

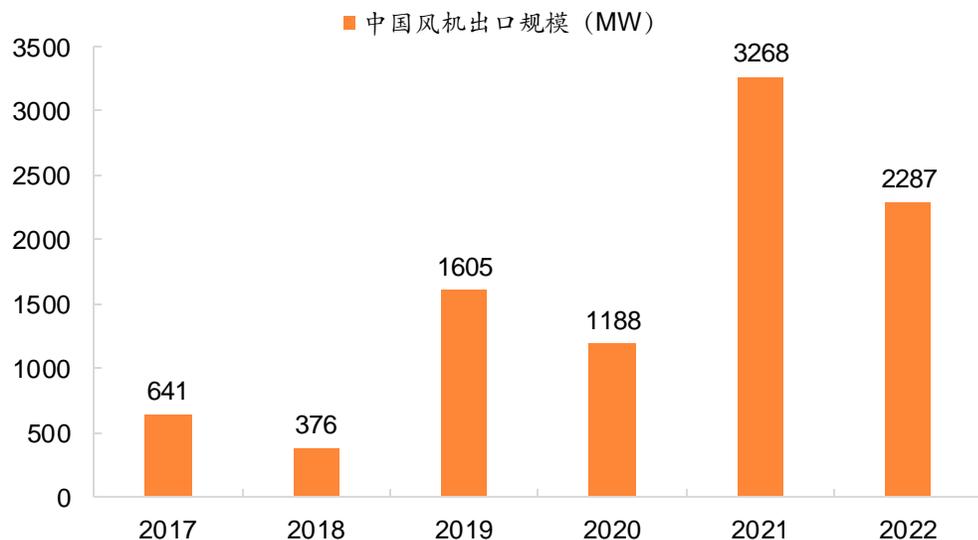
陆上风资源授予相关主体关联示意图



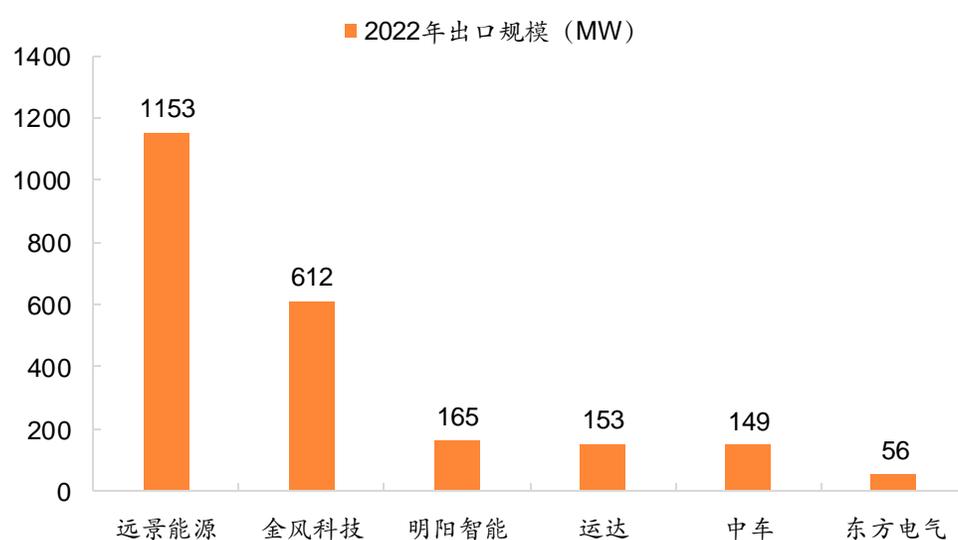
2.6 陆上风机出口呈现明显增长趋势

- 整体来看，近年国内风机出口明显呈现增长的趋势。2022年，国内风机出口2.3GW，因疫情等因素同比有所下降，其中陆上风机出口2.12GW，海上风机出口165MW。
- 我国风机出口以面向新兴市场为主，2022年我国风机出口至21个国家，排名前五的分别是印度、哈萨克斯坦、越南、巴西、乌兹别克斯坦。
- 国内风机出口集中度较高，金风和远景在出口方面占据优势，2022年两家合计出口占总出口规模的77%；其他仅有明阳、运达、中车、三一等企业具有一定规模的出口。

近年国内风机出口规模



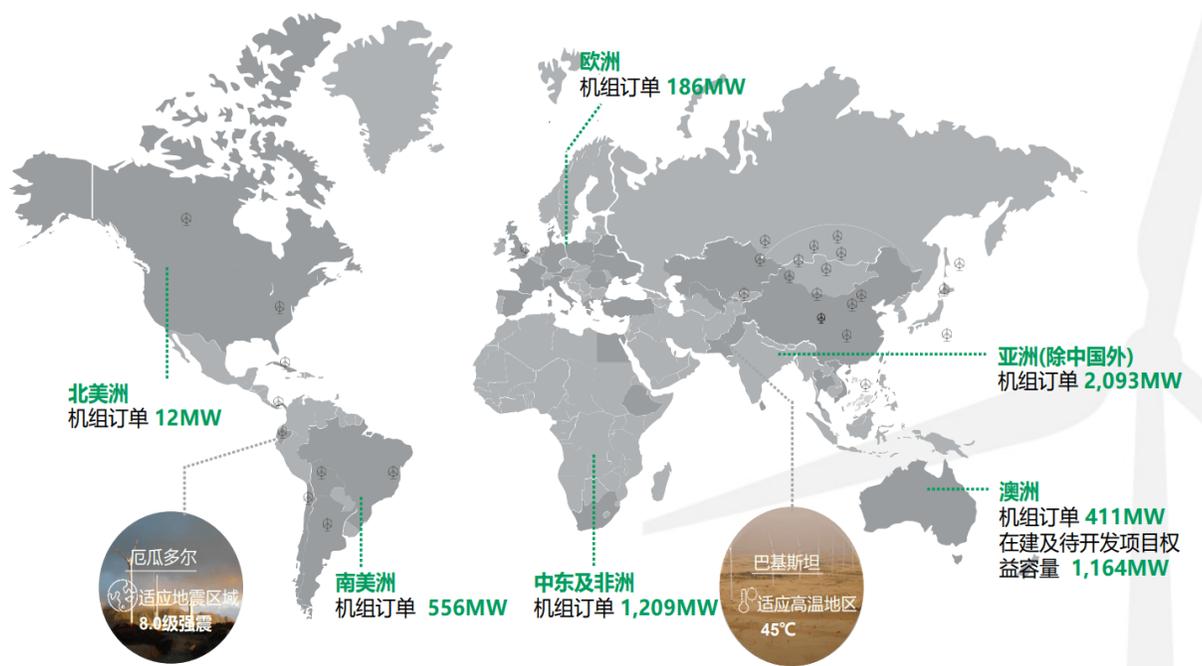
2022年主要风机企业的出口量



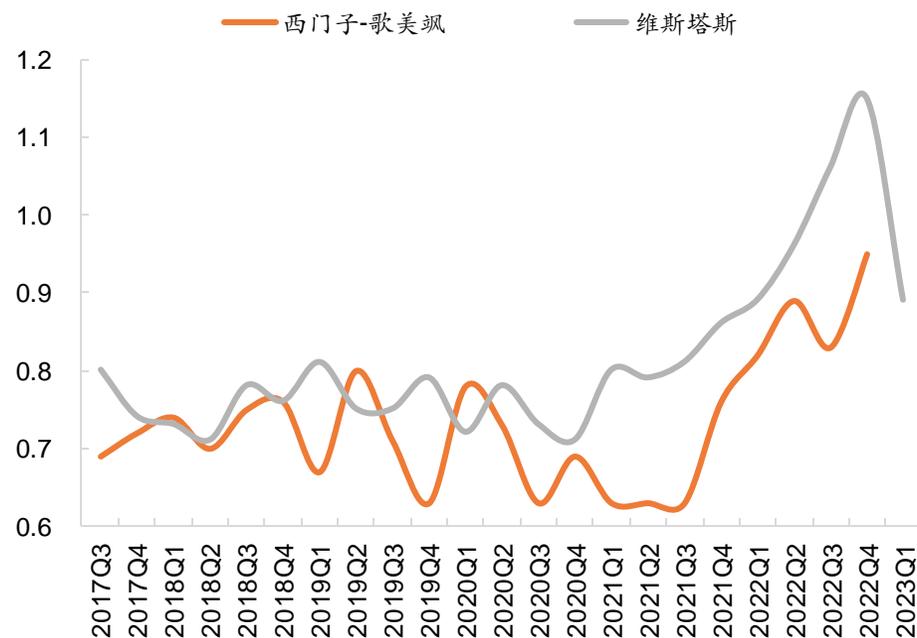
2.6 高性价比支撑国内陆上风机出海

- 2021年以来，国内风机大型化推动风机价格的大幅下降，海外风机价格明显高于国内，国内风机企业的竞争力相对海外主要竞争对手呈现边际提升；另外，中国的优质供给推动海外市场风电投资成本的快速下降，进而刺激海外风电装机需求，越来越多的一带一路沿线国家加大了陆上风电发展力度。
- 以金风科技为例，截至2022年底，公司海外在手外部订单共计4467MW，同比增长96%，主要分布在越南、智利、埃及、乌兹别克斯坦、南非等国，占金风当期累计在手订单的16.8%；2022年远景能源获得超过6GW的海外风机订单。

金风科技截至2022年底的海外在手订单区域分布



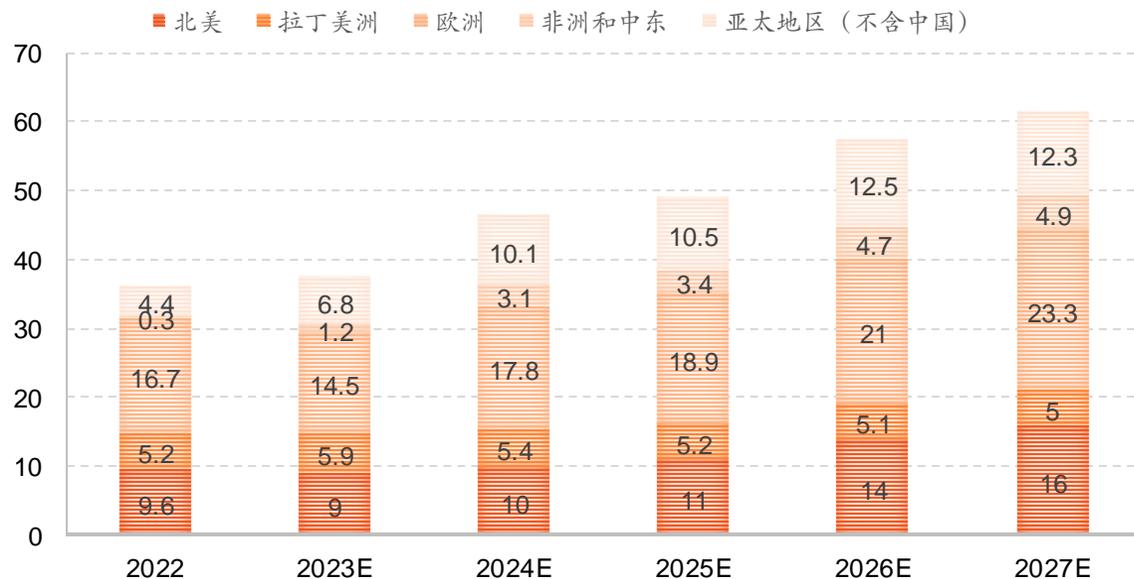
维斯塔斯和西门子-歌美飒陆上风机价格走势 (欧元/MW)



2.6 海外陆上风电市场需求有望稳步增长

- 根据全球风能协会的统计，2022年中国以外区域陆上风电新增装机约36.2GW，同比有所下滑，其中欧洲、美国、巴西、印度、澳大利亚等为主要海外陆上风电市场。
- 按照全球风能协会的预测，未来海外陆上风电市场规模有望稳步增长，到2025年，海外陆上风电新增装机有望达到49GW，2022-2025年复合增速约10.5%。

海外市场各区域陆上风电装机预测 (GW)



海外市场近年陆上风机装机情况 (MW)

	2021新增	2022新增	2022累计
美洲	19243	14829	204134
美国	12747	8612	144184
加拿大	677	1006	15261
巴西	3830	4065	25632
墨西哥	473	158	7317
阿根廷	669	18	3309
智利	615	824	4268
其他	232	146	4165
欧洲	14095	16667	225204
德国	1925	2403	58951
法国	1192	1590	20653
瑞典	2104	2441	14393
英国	328	502	14575
西班牙	750	1659	29793
芬兰	671	2430	5607
荷兰	952	933	6223
土耳其	1400	867	11969
其他	4773	3842	63040
非洲和中东	1809	349	9708
亚太地区	6682	4391	68854
印度	1459	1847	41930
澳大利亚	1746	1412	10537
越南	2717	0	3102
全球 (不含中国)	41829	36236	507900

2.7 国内陆上风机竞争趋于白热化

- 受多重因素影响，国内陆上风机企业竞争激烈，陆上风机价格持续下行；从报表端看，风机企业的陆上风机盈利水平呈现明显下降的趋势。第一梯队的金风科技2022年主要陆上风机产品的毛利率低于10%，三一重能和运达股份2022年陆上风机毛利率相对较高，但2022年单瓦收入超过2.2元/W，后续产品销售价格还具有较大下行空间。第二梯队的风机企业2022年则处于亏损或微利状态。
- 考虑风机销售价格的下降，2023年主要风机企业的陆上风机业务仍将面临较明显的盈利水平压力，且一定程度将压力向上游零部件传导。头部风机企业由于拥有风电场运营/转让、海上风机等更多的盈利来源，能够更从容地应对陆上风机的价格竞争；预计陆上风机的价格战仍将持续，并有望推动陆上风机行业逐步出清和格局优化。

金风科技近年主要陆上风机产品销售明细

产品类型		2019	2020	2021	2022
2S	收入(亿元)	225.98	341.81	132.46	29.88
	毛利率(%)	11.58	13.85	13.66	5.02
	销量(MW)	7085.9	10714.3	4114.4	1098.2
	每瓦成本(元)	2.82	2.75	2.78	2.58
	每瓦收入(元)	3.19	3.19	3.22	2.72
3/4S	收入(亿元)	25.86	58.91	130.72	101.06
	毛利率(%)	13.98	14.11	13.17	8.76
	销量(MW)	701.0	1434.06	4449.42	3778.7
	每瓦成本(元)	3.17	3.53	2.55	2.44
	每瓦收入(元)	3.69	4.11	2.94	2.67
MSPM	收入(亿元)			2.1	154.47
	毛利率(%)			7.26	3.0
	销量(MW)			108.5	8622.7
	每瓦成本(元)			1.79	1.74
	每瓦收入(元)			1.94	1.79

东方风电、中国海装、联合动力近年的业绩情况

联合动力		
	收入(亿元)	净利润(亿元)
2020	60.4	-6.8
2021	29.8	-16.8
2022	31.1	-15.7
中国海装		
	收入(亿元)	净利润(亿元)
2020	114.6	1.5
2021	147.2	1.7
2022	140.9	1.5
东方风电		
	收入(亿元)	净利润(亿元)
2020	75.4	1.5
2021	125.3	0.9
2022	126	0.6

CONTENT 目录

- ① 一、风电产业链概览
- ② 二、陆上风电需求及产业形势
- ③ 三、国内海上风电需求研判
- ④ 四、海外市场海上风电需求研判
- ⑤ 五、海风产业链主要环节价值量及格局分析
- ⑥ 六、海风新兴产业趋势一：离岸化和柔性直流外送
- ⑦ 七、海风新兴产业趋势二：深水化与漂浮式
- ⑧ 八、投资建议与风险提示

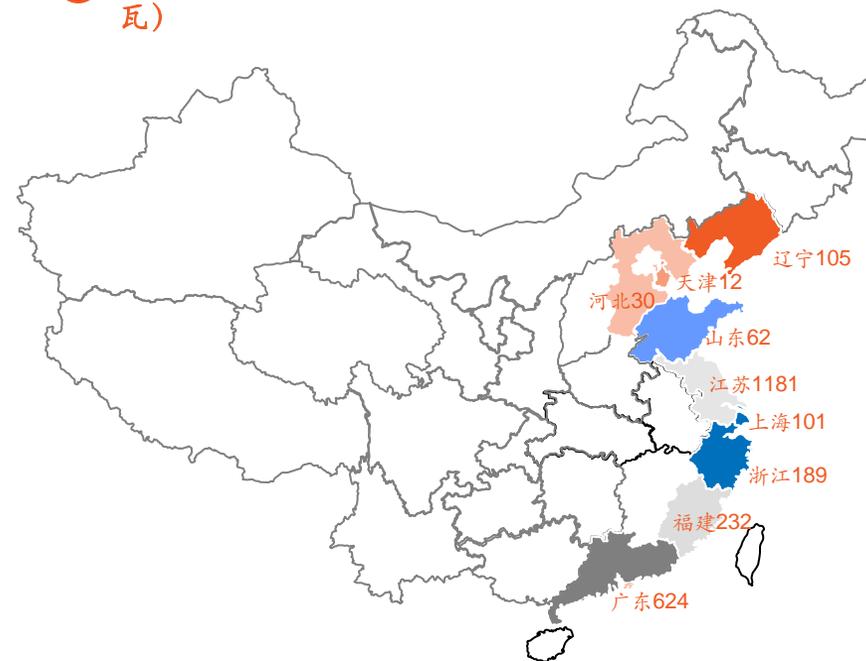
3.1 2022年海风国补全面退出，平价时代来临

- 2014年6月，国家发改委发布《关于海上风电上网电价政策的通知》，明确潮间带风电项目含税上网电价为每千瓦时0.75元，近海风电项目每千瓦时0.85元；标杆电价的出台对我国海上风电发展起到极大的推动作用，从此，国内海上风电发展步入快车道。2021年是中央财政对海上风电补贴的最后一年，也是国内海上风电的抢装年，当年新增吊装规模14.5GW，创历史新高。从2022年开始，国补退出，部分省份出台了省级补贴政策，国内海上风电整体步入平价时代。
- 2022年，国内新增吊装的海上风电装机规模5.16GW，同比下降约64%，截至2022年底，国内海上风电累计装机规模3051万千瓦，占国内风电累计装机的7.7%。

国内历年海上风电新增装机规模



截至2021年底各省海上风电累计装机示意图 (万千瓦)



3.2 沿海各省十四五海上风电发展规划概览

- 截至2022年底，沿海11省市都出台了海上风电装机目标相关规划，各省规划的十四五期间拟建成投运的海上风电项目规模超过53GW，按照当前海风推进节奏，预计十四五期间国内新增的海上风电装机超过60GW。2022年，地方政府对海上风电展现了极大的热情，海上风电被定位为重要的新兴产业。

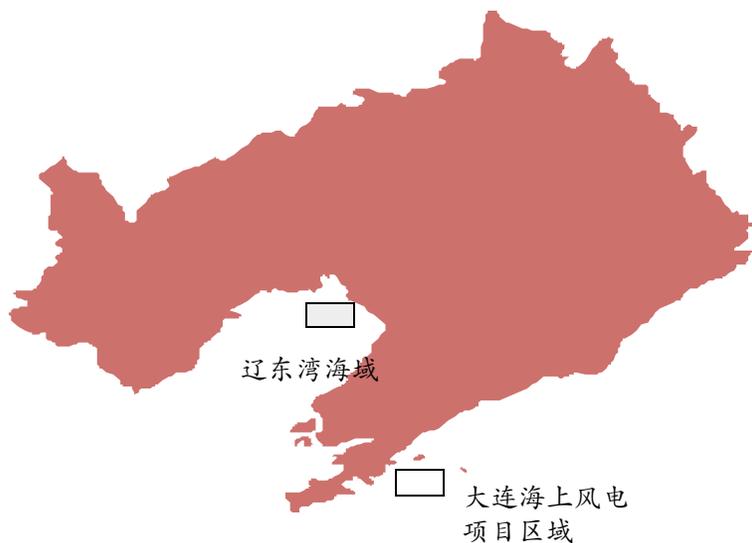
各省十四五海上风电规划情况

省份	政策文件	海上风电相关的规划内容
广东	《广东省能源发展“十四五”规划》	十四五期间新增海上风电装机容量约1700万千瓦。
浙江	《浙江省可再生能源发展“十四五”规划》	“十四五”期间，全省海上风电力争新增装机容量450万千瓦以上，累计装机容量达到500万千瓦以上。
江苏	《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划》	到2025年海上风电累计1500万千瓦以上，即“十四五”期间新增927万千瓦以上。
山东	《能源保障网建设行动计划》	到2025年，开工1200万千瓦，建成800万千瓦。
海南	《海南省海洋经济发展“十四五”规划（2021-2025年）》	优选5处海上风电开发示范项目场址，总装机容量300万千瓦，2025年实现投产规模约120万千瓦
广西	《广西能源发展“十四五”规划》	全区核准开工海上风电装机750万千瓦，其中力争新增并网装机300万千瓦
福建	《福建省“十四五”能源发展专项规划》	“十四五”期间增加并网装机410万千瓦，新增开发省管海域海上风电规模约1030万千瓦，力争推动深远海风电开工480万千瓦。
辽宁	《辽宁省“十四五”海洋经济发展规划》	到2025年，力争海上风电累计并网装机容量达到4.05GW。
上海	《上海市能源发展“十四五”规划》	近海风电重点推进奉贤、南汇和金山三大海域风电开发，探索实施深远海域和陆上分散式风电示范试点，力争新增规模180万千瓦。
天津	《天津市可再生能源发展“十四五”规划》	加快推进远海90万千瓦海上风电项目前期工作。
河北	《唐山市海上风电发展规划（2022-2035年）》	到2025年，唐山市累计新开工建设海上风电项目2-3个，装机容量300万千瓦。

3.2.1 辽宁：开发重心从大连庄河向其他区域扩展

- 2013年7月，国家能源局批复《大连市海上风电工程规划报告》，在庄河、花园口海域布局海上风电项目，规划总装机容量190万千瓦。截至2021年底，共建成4个项目，合计规模1.05GW。按照辽宁省海上风电规模，到2025年累计并网装机规模达到4.05GW。
- 目前大连在推进的海风项目2个，分别是华能大连庄河海上风电IV2场址（2022年完成风机招标）和大连庄河海上风电场址V（已开工并完成风机招标），合计规模450MW。
- 展望未来，辽东湾海域有望成为新的开发重心。根据披露信息，辽东湾#1、Y1、Y2场址规划的规模4.6GW，其中华能2.05GW项目已经开始可研招标。

◎ 辽宁规划的海上风电项目布局



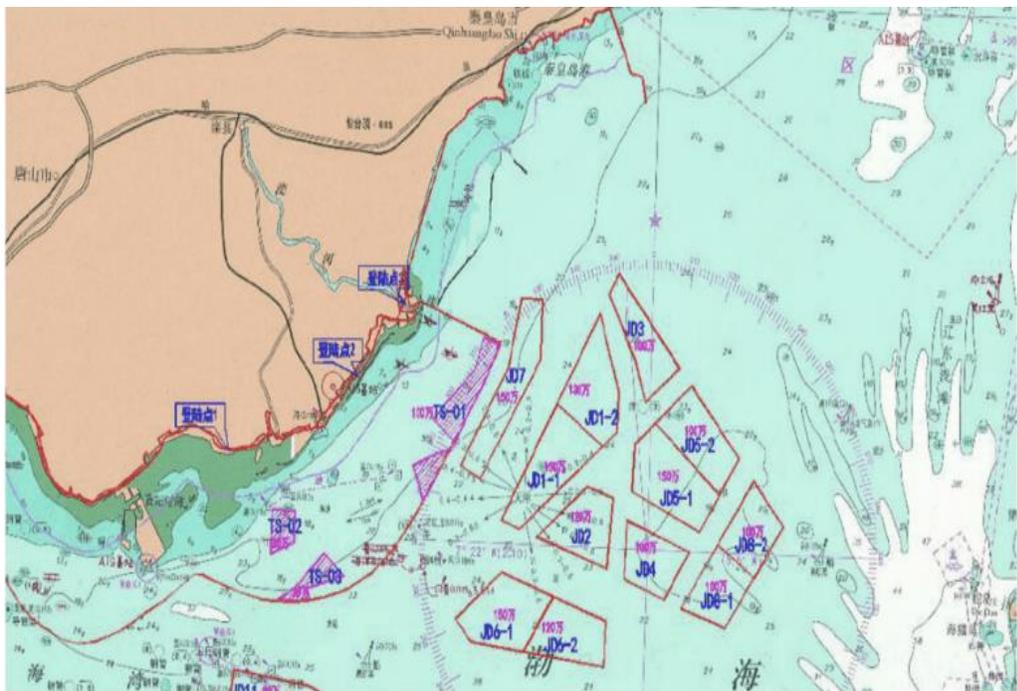
◎ 辽宁省已投运和在建的海上风电项目

序号	项目名称	开发商	容量 (MW)
1	三峡新能源大连庄河300MW项目	三峡能源	300
2	华能大连庄河海上风电场址II项目	华能集团	300
3	华能大连市河海上风电场址IV1项目	华能集团	350
4	大唐大连庄河海上风电场址I项目	大唐集团	98.8
5	大连庄河海上风电场址V	大连太平湾新能源投资发展有限公司	250
6	华能大连庄河海上风电IV2场址	华能集团	200

3.2.2 河北：唐山大力发展，秦皇岛积极推进

- 2020年河北首个海上风电项目——唐山乐亭菩提岛海上风电场全容量并网，该项目装机总容量300兆瓦。
- 唐山：按照2022年发布的《唐山市海上风电发展规划（2022-2035年）》，唐山市近海风能资源可达120万千瓦，深远海风能资源可达1550万千瓦，到2025年，唐山市累计新开工建设海上风电项目2-3个，装机容量300万千瓦；到2035年，累计装机容量达到1300万千瓦以上。
- 秦皇岛：山海关海上风电项目规模1GW，一期500MW于2022年11月获得核准。

唐山市规划的海上风电项目场址及具体参数



	场址区域	场址中心离岸距 (km)	水深 (m)	风速 (m/s)	规划容量 (万千瓦)
国管区域	JD1-1	55	23-25	7.5	150
	JD1-2	55	23-25	7.5	130
	JD2	63	23-26	7.5	120
	JD3	70	24-26	7.5	100
	JD4	83	19-22	7.5	100
	JD5-1	80	20-24	7.6	150
	JD5-2	80	20-24	7.6	100
	JD6-1	62	23-26	7.5	150
	JD6-2	75	23-26	7.5	120
	JD7	32	16-22	7.4	150
	JD8-1	93	19-22	7.5	100
JD8-2	93	19-22	7.5	100	
JD11	50	21-25	7.4	80	
	合计				1550
省管区域	TS-01	26	18-20	7.4	100
	TS-02	18	14-20	7.2	30
	TS-03	32	18-23	7.3	35
	合计				165

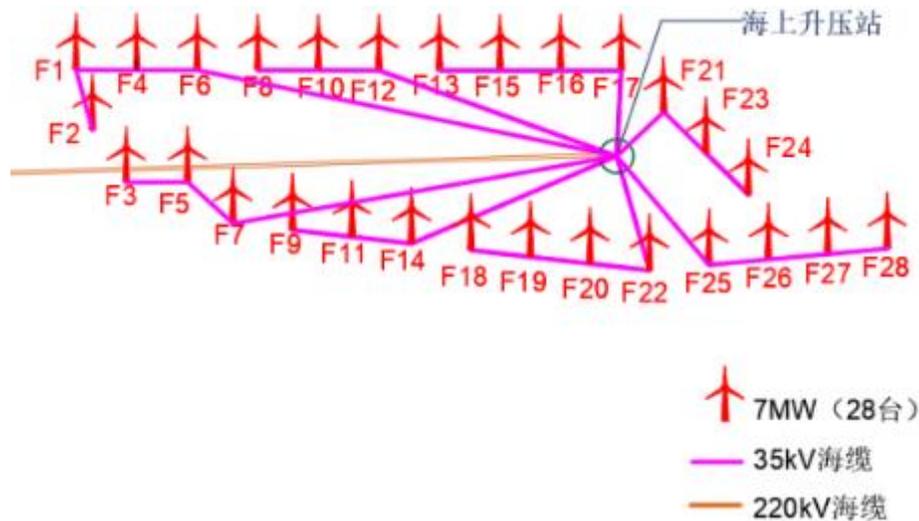
3.2.3 天津：首个近海海风项目获得用海预审意见

- 根据《天津市可再生能源发展“十四五”规划》，海上风电优先发展离岸距离不少于10公里、滩涂宽度超过10公里时海域水深不少于10米的海域；加快推进远海90万千瓦海上风电项目前期工作。
- 2022年，三峡天津南港海上风电示范项目在天津市滨海新区行政审批局取得核准批复，该项目位于天津市滨海新区南港工业区以东海域，建设规模约200MW，场址中心离岸约28公里，水深在10~12米之间，项目总投资约29亿元，建成投产后预计年上网电量约5.98亿千瓦时。

天津南港海上风电项目位置示意图



天津南港海上风电项目风机及海缆布置图



3.2.4 山东：规划35GW，出台省级补贴

- 根据2022年印发的《山东海上风电发展规划（2021-2030年）》，山东规划了渤中、半岛南、半岛北三大基地，共计3500万千瓦，其中渤中950万千瓦，半岛北为850万千瓦，半岛南为1700万千瓦。截至2021年底，山东建成海上风电0.6GW。
- 山东出台了海上风电省级补贴政策，对2022-2024年建成并网的“十四五”海上风电项目，山东省财政分别按照每千瓦800元、500元、300元的标准给予补贴，补贴规模分别不超过200万千瓦、340万千瓦、160万千瓦。
- 按照前期计划，2022年山东海上风电开工500万千瓦，建成200万千瓦左右。到2025年，开工1200万千瓦，建成800万千瓦；到2030年，建成3500万千瓦。

山东规划的三大海上风电集群所在区域



2022年以来山东已经完成风机招标的海风项目

序号	项目名称	开发商	容量 (MW)	风机供应商
1	昌邑莱州湾一期	三峡能源	300	金风科技
2	山东能源集团渤中海上风电A场址	山东能源	501	中国海装
3	国华投资山东公司渤中海上风电项目	国华能源	500	金风科技
4	国家电投山东半岛南海上风电基地V场址项目	国家电投	500	远景能源
5	山东能源集团渤中海上风电B场址	山东能源	400	电气风电
6	中广核莱州海上风电与海洋牧场融合发展研究试验项目	中广核	304	中国海装
7	国华投资山东渤中B2	国华能源	500	电气风电
8	国家电投山东半岛南U场址一期	国家电投	450	明阳智能
9	华能山东半岛北BW场址	华能集团	510	明阳智能
10	三峡能源牟平BDB6#一期	三峡能源	300	金风科技
11	国华投资半岛南U2场址	国华能源	600	远景能源
12	山东海卫半岛南U场址450MW海上风电项目	国家电投	450	中车、明阳
13	山东能源渤中400MW海上风电项目	山东能源	400	中国海装

3.2.5 江苏：2022年以来推进节奏较慢

- 截至2021年底，江苏海风并网规模达到11.8GW，是国内海上风电存量规模最大的省份。根据《江苏省“十四五”可再生能源发展专项规划》》，到十四五末江苏海上风电累计并网达到15GW以上。
- 2022年以来，江苏海风推进相对较慢，仅十三五期间结转的2.65GW项目完成竞配；截至目前，江苏省十四五海上风电专项规划尚未对外披露；部分地级市出台了相关规划，根据《盐城市加快建设绿色能源之城行动方案》，盐城力争年均新增近远海海上风电装机规模300万千瓦。
- 2022年江苏完成竞配的三个项目为大丰85万千瓦、大丰80万千瓦和射阳100万千瓦海上风电，其中龙源射阳100万千瓦海上风电项目推进速度相对较快，已经完成风机和海缆等核心设备的招标；短期内江苏主要围绕上述3个海风项目进行开发，中长期看江苏的海风开发潜力较大。

“十四五”期间江苏省可再生能源发展目标

江苏2022年完成竞配的三个海风项目情况

项目	指标	单位	利用规模		属性
			2020年	2025年	
	可再生能源装机占比	%	24.6	34	预期性
	可再生能源电力装机	万千瓦	3478	6600	预期性
	其中:风力发电	万千瓦	1547	2800	预期性
发电装机	光伏发电	万千瓦	1684	3500	预期性
	生物质发电	万千瓦	242	300	预期性
	常规水电	万千瓦	4.5	4.5	预期性
	抽水蓄能电站装机	万千瓦	260	328	预期性

序号	项目名称	开发商	容量 (MW)	风机供应商
1	射阳100万千瓦海上风电项目	国家能投	1000	远景能源
2	大丰85万千瓦海上风电	江苏国信	850	尚未招标
3	大丰80万千瓦海上风电项目	三峡集团	800	尚未招标

3.2.6 上海：2022年以来1.1GW海风项目完成竞配

- 2022年3月，上海市发改委下发《关于金山海上风电场一期项目竞争配置结果》，项目规模300MW，上网电价约0.302元/度电。
- 2022年11月，上海市发改委印发《杭州湾海上风电项目竞争配置工作方案》，包括金山海上风电场二期、东海大桥海上风电场三期、奉贤海上风电场二期、奉贤海上风电场四期等4个项目，合计规模800MW，明确要求配套建设电化学等储能装置。2023年3月，上海发改委发布《关于公布杭州湾海上风电项目竞争配置结果的通知》，上海电力联合体、申能股份联合体中标，上网电价为0.207-0.247元/kWh。
- 按照《上海市可再生能源和新能源发展专项资金扶持办法》，上海对深远海风电和场址中心离岸距离大于等于50公里近海风电项目，按每千瓦500元奖励。

上海2022年以来开展竞配的海风项目

序号	项目名称	开发商	容量 (MW)	上网电价 (元/kWh)
1	金山海上风电场一期	三峡联合体	300	0.302
2	金山二期	上海电力联合体	200	0.247
3	东海大桥三期	申能股份联合体	150	0.236
4	奉贤二期	上海电力联合体	250	0.207
5	奉贤四期	申能股份联合体	200	0.235

3.2.7 浙江：约2GW无国补项目完成风机招标

- 截至2021年底浙江省海上风电装机规模1.9GW左右，按照浙江省规划，到2025年浙江海上风电累计并网规模超过5GW。目前浙江省十四五海风专项规划尚未对外披露。
- 浙江也出台了海上风电省级补贴政策，2022年和2023年，浙江享受海上风电省级补贴规模分别按60万千瓦和150万千瓦控制、补贴标准分别为0.03元/千瓦时和0.015元/千瓦时；以项目全容量并网年份确定相应的补贴标准，按照“先建先得”原则确定享受省级补贴的项目，项目补贴期限为10年，从项目全容量并网的第二年开始，按等效年利用小时数2600小时进行补贴。
- 截至目前，浙江完成风机招标的无国补项目6个，合计规模2.08GW。2023年以来，华润电力苍南1号、华能玉环2号、平阳1号等海上风电项目获得核准。

◎ 2021年底以来浙江完成风机招标的无国补海风项目

序号	项目名称	开发商	容量 (MW)	风机供应商
1	华润电力苍南1#海上风电场	华润集团	400	中国海装
2	中广核象山涂茨海上风电场	中广核	280	中国海装
3	华能苍南2号	华能集团	300	远景能源
4	华能岱山1号海上风电场项目	华能集团	304	电气风电、远景能源
5	国电电力象山1#海上风电场(二期)	国家能投	500	运达股份
6	浙能台州1号	浙能	300	东方电气

3.2.8 福建：已规模化开启海风项目竞配

- 截至2021年底福建省海上风电装机规模2.3GW左右，按照福建省规划，“十四五”期间增加并网装机410万千瓦，新增开发省管海域海上风电规模约1030万千瓦，力争推动深远海风电开工480万千瓦。
- 2022年以来，福建陆续开展海上风电项目竞配，包括连江外海700MW、马祖岛外300MW、平潭A区450MW、平潭B区及平潭草屿750MW等合计2.2GW海风项目；完成2个项目合计400MW的风机招标，其中漳浦六鳌海上风电场二期采用了单机容量16MW的海风机组。
- 福建十四五海上风电专项规划尚未对外披露，漳州提出了50GW的海上风电开发目标。福建海上风资源条件突出，海上风电开发具有较好的经济性，部分竞配项目的上网电价低至0.2元/kWh左右。

福建省目前正在推进的无补贴海风项目

序号	项目名称	开发商	容量 (MW)	风机供应商
1	平潭外海海上风电场项目	三峡集团	100	金风科技、东方电气
2	连江外海海上风电场	华润电力	700	尚未招标
3	马祖岛外海上风电场	国家能投	300	尚未招标
4	漳浦六鳌海上风电场二期	三峡集团	400	金风科技、东方电气
5	宁德霞浦海上风电场B区	霞浦闽东海上风电有限公司	300	尚未招标
6	平潭A区海上风电项目	中国能建	450	尚未招标
7	平潭B区及平潭草屿项目	华润新能源	750	尚未招标

3.2.9 广东：在推项目规模较大

- 截至2021年底广东海上风电装机规模6.2GW左右，其中约4.9GW在2021年建成投运；按照广东省规划，“十四五”期间新增海上风电装机17GW。2021年广东出台海风省级补贴政策，补贴范围为2018年底前已完成核准、2022-2024年全容量并网的省管海域项目，2022-2024年全容量并网项目每千瓦分别补贴1500元、1000元和500元。
- 根据广东省披露的2022年重点建设项目，在建和待建（纳入广东2022年重点建设预备项目）项目规模30.4GW，其中粤东项目推进速度相对较慢。2023年1月，阳江三山岛海上风电场址（1000万千瓦）经国家能源局批复同意，纳入广东省海上风电规划；整体看，粤西和粤东海上风电开发仍具较大空间。

广东2021年底以来实质推进的无国补项目

序号	项目名称	开发商	容量 (MW)	风机供应商
1	中广核汕尾甲子一 (2022年投运)	中广核	500	明阳
2	中广核汕尾甲子二 (2022年投运)	中广核	400	明阳
3	国电投揭阳神泉二 (2022年投运)	国家电投	502	上海电气+明阳
4	中广核阳江帆石一	中广核	1000	明阳、金风
5	中广核阳江帆石二	中广核	1000	
6	三峡阳江青洲五	三峡集团	1000	
7	三峡阳江青洲六	三峡集团	1000	明阳、金风、东方电气
8	三峡阳江青洲七	三峡集团	1000	
9	粤电阳江青洲一	粤电集团	400	明阳
10	粤电阳江青洲二	粤电集团	600	明阳
11	明阳阳江青洲四	明阳智能	500	明阳
12	中广核惠州港口二PA	中广核	450	明阳、远景
13	中广核惠州港口二PB	中广核	300	明阳
14	华能汕头勒门 (二)	华能集团	594	上海电气
15	大唐南澳勒门 I 海上风电扩建项目	大唐集团	352	上海电气
16	国电投湛江徐闻扩建项目	国家电投	300	明阳智能

粤东待推进的海风项目

序号	项目名称	容量 (MW)
1	三峡汕头海门(场址一)	700
2	华能汕头海门(场址二、场址三)海上风电项目	550
3	三峡汕头洋东海上风电项目	300
4	汕头芹澎海上风电项	3500
5	汕头南澎海上风电项目	3000
6	汕头中澎海上风电项目	3000
7	中广核汕尾碣石海上风电场项目	3000
8	中广核汕尾甲子三海上风电场	600
9	国家电投揭阳靖海	400
10	揭阳惠来海上风电项目	3800
11	揭阳前詹海上风电项目	1700

3.2.9 广东：2023年开启竞配，国管海域项目启动

- 2023年5月，广东省发布《广东省2023年海上风电项目竞争配置工作方案》，竞配规模合计23GW。其中，省管海域项目15个，对应的装机容量7GW，包括湛江市2个、70万千瓦，阳江市6个、300万千瓦，江门市2个、80万千瓦，珠海市2个、100万千瓦，汕尾市3个、150万千瓦；国管海域项目15个，装机规模16GW，其中汕头5个、500万千瓦，汕尾4个、400万千瓦，揭阳3个、400万千瓦，潮州3个、300万千瓦。
- 本轮竞配不以上网电价作为竞配因素，参与配置的海上风电项目上网电价执行广东省燃煤发电基准价。

广东2023年省管海域竞配项目

所在市	项目名称	竞配规模 (万千瓦)
湛江市	湛江徐闻东一	40
湛江市	湛江徐闻东二	30
阳江市	阳江三山岛一	50
阳江市	阳江三山岛二	50
阳江市	阳江三山岛三	50
阳江市	阳江三山岛四	50
阳江市	阳江三山岛五	50
阳江市	阳江三山岛六	50
江门市	江门川岛一	40
江门市	江门川岛二	40
珠海市	珠海高栏一	50
珠海市	珠海高栏二	50
汕尾市	汕尾红海湾三	50
汕尾市	汕尾红海湾五	50
汕尾市	汕尾红海湾六	50
	合计	700

广东2023年国管海域竞配项目

所在市	项目名称	竞配规模 (万千瓦)
汕尾市	粤东海上风电基地1-1项目	60
汕尾市	粤东海上风电基地1-2项目	100
汕尾市	粤东海上风电基地1-3项目	140
汕尾市	粤东海上风电基地1-4项目	100
揭阳市	粤东海上风电基地2-1项目	170
揭阳市	粤东海上风电基地2-2项目	130
揭阳市	粤东海上风电基地2-3项目	100
汕头市	粤东海上风电基地3-1项目	100
汕头市	粤东海上风电基地3-2项目	100
汕头市	粤东海上风电基地3-3项目	100
汕头市	粤东海上风电基地3-4项目	100
汕头市	粤东海上风电基地3-5项目	100
潮州市	粤东海上风电基地4-1项目	100
潮州市	粤东海上风电基地4-2项目	100
潮州市	粤东海上风电基地4-3项目	100
	合计	1600

广西：2023年有望实质性推进

- 广西是海上风电领域的新兵，参照相关规划，“十四五”期间，广西计划核准开工海上风电装机750万千瓦，力争新增并网装机300万千瓦。广西海上风电近期可以开发资源容量达2350万千瓦。
- 2022年，广西开展了2个合计规模2.7GW的项目竞配，确定了项目开发商，其中防城港海上风电项目计划在2023年一季度开工并在年内完成首批机组并网，实现当年动工、当年并网发电目标。
- 目前，防城港海上风电示范项目和钦州海上风电示范项目均已开启风机招标，明阳、远景、中国海装成为两个项目的风机供应商，其中明阳获得46.05万千瓦的订单，中标机型分别为MySE8.5-230和MySE10-242。上述三家企业（或关联企业）均在广西投建海上风电装备制造基地。

广西已经完成竞配的两个项目情况

序号	项目名称	开发商	容量 (MW)	风机供应商
1	防城港海上风电示范项目	广西投资集团	1800	明阳、远景、海装
2	钦州海上风电示范项目	国家电投	900	明阳、远景、海装

海南：海风的新热土

- 根据海南省海上风电专项规划，海南“十四五”期间规划11个场址，分别位于临高西北部、儋州西北部、东方西部、乐东西部和万宁东南部海域，总开发容量为1230万千瓦；其中，示范项目3个，共420万千瓦，其他项目810万千瓦规模资源采用招商(竞争性配置)分配到各开发企业。
- 截至目前，已有至少6个项目获得核准，CZ2项目在2022年开展了600MW的风机招标，CZ8项目已完成风机招标，CZ9项目和万宁漂浮式海风项目一期200MW工程已经开工。

海南省海上风电规划情况

项目	区域	场址	装机容量 (万千瓦)	平均水深 (m)	离岸距离 (km)
CZ1	临高西北部	CZ1-1	60	10	25
CZ2	儋州西北部	示范项目	120	14	26
CZ3	儋州西北部	CZ3-1	60	18	27
		CZ3-2	60	18	27
CZ4	儋州西北部	CZ4-1	60	25	36
		CZ4-2	60	25	36
CZ5	东方西部	CZ5-1	60	36	36
		CZ5-2	60	36	36
CZ6	东方西部	CZ6-1	60	35	47
	东方西部	CZ6-2	60	35	47
CZ7	东方西部	示范项目	150	20	36
CZ8	东方西部	CZ8	50	10	10
CZ9	东方、乐东西部	示范项目	150	20	28
CZ10	乐东西部	CZ10-1	60	42	39
	乐东西部	CZ10-2	60	42	39
PFS	万宁东南部(漂浮式)	PFS-1	50	90	33
		PFS-2	50	90	33
合计			1230		

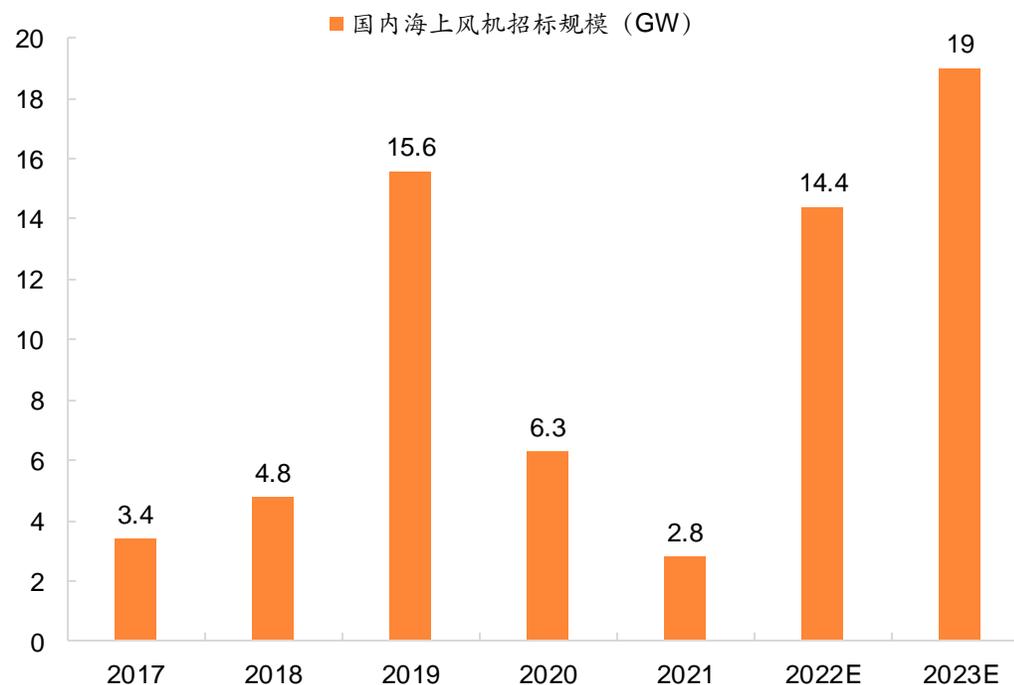
3.3 国内海上风机招标规模预测及拆分

- 据我们不完全统计，2022年国内海上风机招标规模约14.4GW（广东等市场的招标规模统计可能存在一定偏差），广东和山东是两大主要市场。
- 结合各省海上风电项目推进情况，尽管年初以来国内海上风机招标数据平淡，我们预计2023年全年国内海上风机招标规模仍有望达到19.0GW，增量主要来自广东和山东之外的市场。

国内海上风机招标规模估算与拆分 (GW)

	2022	2023E
辽宁	0.2	0.5
河北	0	1
天津	0	0.2
山东	4.3	3.5
江苏	1	1.7
上海	0	0.6
浙江	1.4	1.4
福建	0.4	1.5
广东	6.5	5
广西	0	1.6
海南	0.6	2
合计	14.4	19.0

历年的国内海上风机招标规模 (GW)



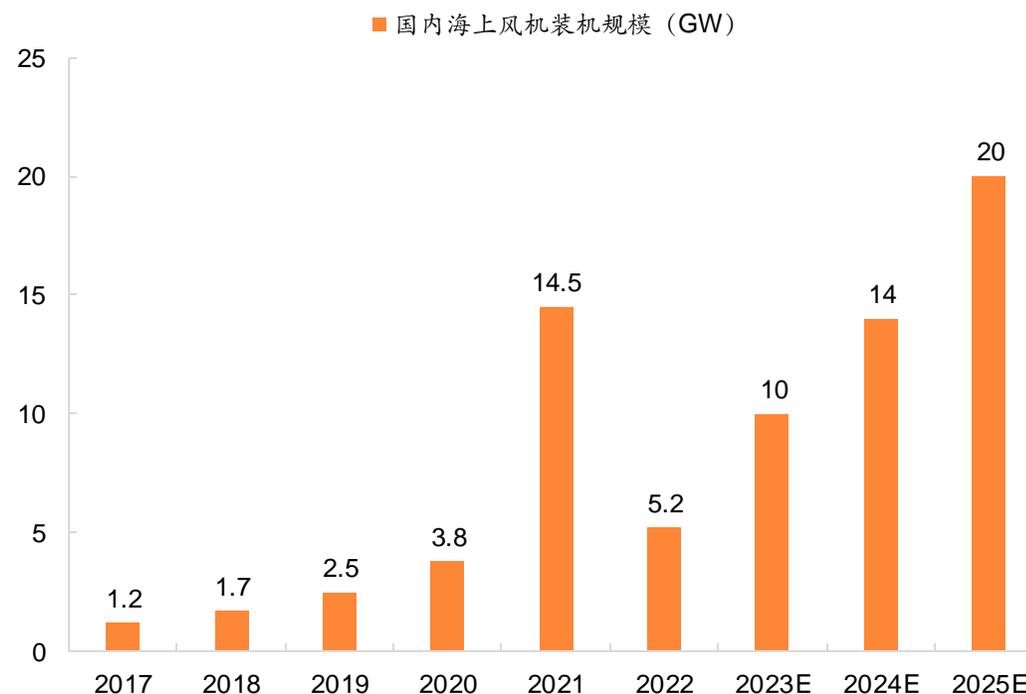
3.3 国内海上风机吊装规模预测及拆分

- 根据中国风能协会披露数据，2022年国内海上风电吊装规模5.2GW左右，估计主要分布在广东、山东、浙江、福建等区域。
- 结合各省海上风电规划和推进节奏，到2025年，我们预计国内海上风电新增装机有望达到20GW，沿海各省全面开花。

国内新增海上风电吊装规模估算与拆分 (GW)

	2022	2023E
辽宁	0	0.5
河北	0	0.2
天津	0	0
山东	2	2.4
江苏	0	0.4
上海	0	0
浙江	0.7	1.4
福建	0.5	0.5
广东	2.0	3.8
广西	0	0.2
海南	0	0.6
合计	5.2	10

国内新增海上风电吊装规模预期 (GW)



CONTENT 目录

- ① 一、风电产业链概览
- ② 二、陆上风电需求及产业形势
- ③ 三、国内海上风电需求研判
- ④ 四、海外市场海上风电需求研判
- ⑤ 五、海风产业链主要环节价值量及格局分析
- ⑥ 六、海风新兴产业趋势一：离岸化和柔性直流外送
- ⑦ 七、海风新兴产业趋势二：深水化与漂浮式
- ⑧ 八、投资建议与风险提示

4.1 海外：主要的存量海风市场是欧洲

- 2022年欧洲新增海风装机2.5GW，英国、德国、法国、荷兰是主要的新增市场。累计装机方面，截至2022年底，英国和波罗的海四国（德国、比利时、丹麦、荷兰）装机规模占欧洲的97%。
- 亚太地区的中国台湾、越南等市场呈现兴起之势，美国、日韩等市场尚未起量，仍处发展初期。

近年全球海上风电装机情况 (MW)

	2021年新增装机	2022年新增装机	截至2022年累计装机
欧洲地区	3317	2460	30272
英国	2317	1179	13918
德国	0	342	8055
法国	0	480	482
丹麦	605	0	2308
荷兰	392	369	2829
比利时	00	0	2262
其他欧洲国家	4	90	418
亚太地区	17788	6311	34006
中国大陆	16900	5052	31442
韩国	0	0	142
日本	0	84	136
越南	779	0	874
中国台湾	109	1175	1412
美洲地区	0	0	42
美国	0	0	42
合计	21106	8771	64320

4.2 欧洲：海上风电已经具备非常突出的经济性

- 英国第四轮海上风电拍卖规模7GW，共包含5个海风项目。在本轮拍卖的所有可再生能源项目中，海上风电项目的上网电价为37.35英镑/MWh（折合人民币约0.303元/千瓦时、4.4欧分/千瓦时），属于上网电价最低的类型，低于陆上风电的42.47英镑/MWh和光伏的45.99英镑/MWh。

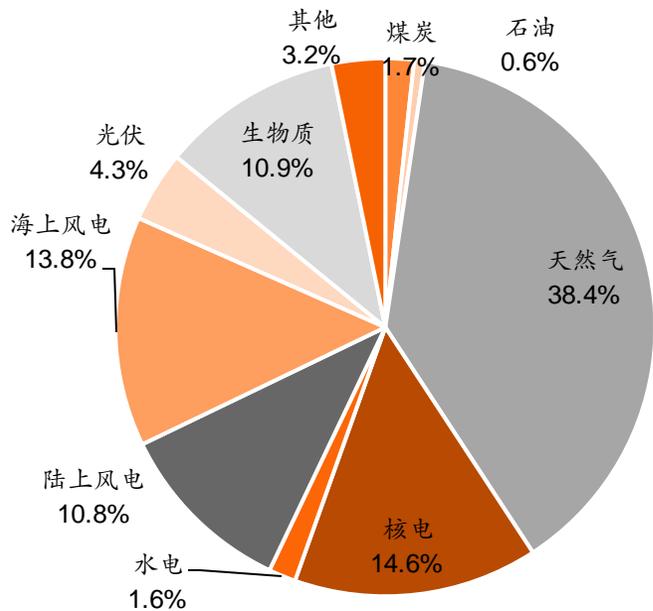
英国近年的海上风电拍卖结果

	项目名称	开发商	容量 (MW)	中标电价 (英镑/MWh)	投运时间
首轮CfD (2015.2发布拍卖结果)	East Anglia ONE	Scottishpower Renewables (UK) Limited	714	119.89	2017/18
	Neart na Gaoithe	Neart na Gaoithe Offshore Wind Limited	448	114.39	2018/19
第二轮CfD (2017.9发布拍卖结果)	Triton Knoll	Triton Knoll Offshore Wind Farm Limited	860	74.75	2021/22
	Hornsea Project 2	Breesea Limited	1386	57.5	2022/23
	Moray	Moray Offshore Windfarm (East) Limited	950	57.5	2022/23
	Doggerbank Creyke Beck A P1	Dogger bank Offshore WindFarm Project1 Projco Limited	1200	39.65	2023/24
	Doggerbank Creyke Beck B P1	Dogger bank Offshore WindFarm Project2 Projco Limited	1200	41.611	2024/25
第三轮CfD (2019.9发布拍卖结果)	Doggerbank Teeside A P1	Dogger bank Offshore WindFarm Project3 Projco Limited	1200	41.611	2024/25
	Forthwind	Forthwind Limited	12	39.65	2023/24
	Seagreen Phase 1	Seagreen Wind Energy Limited	454	41.611	2024/25
	Sofia Offshore Wind Farm Phase 1	Sofia Offshore Wind Farm Limited	1400	39.65	2023/24
第四轮CfD (2022.7发布拍卖结果)	Inch Cape Phase 1	INCH CAPE OFFSHORE LIMITED	1080	37.35	2026/27
	EA3, Phase 1	EAST ANGLIA THREE LIMITED	1372.34	37.35	2026/27
	Norfolk Boreas (Phase 1)	NORFOLK BOREAS LIMITED	1396	37.35	2026/27
	Hornsea Project Three Offshore Wind Farm	ORSTED HORNSEA PROJECT THREE (UK) LIMITED	2852	37.35	2026/27
	Moray West Offshore Wind Farm	MORAY OFFSHORE WINDFARM (WEST) LIMITED	294	37.35	2026/27

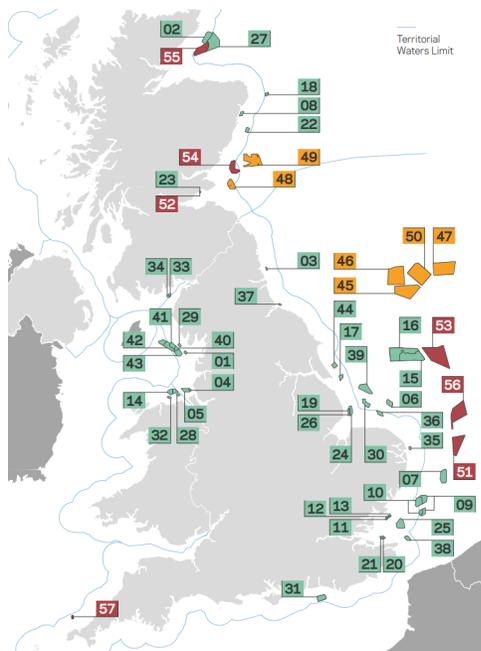
4.2 欧洲：英国是欧洲海风发展的典范

- 2022年，英国海上风电发电量约450亿千瓦时，占全国总发电量的13.8%；2023年英国海上风电发电量有望超过510亿千瓦时，发电量占比进一步攀升。截至2022年底，英国海上风电装机量接近14GW，在建和已获得差价合约合同的项目近15GW。
- 根据英国规划，2030年英国海上风电装机规模达到50GW，到2050年，英国海上风电装机量有望达到140GW。
- 英国海上风电做到高渗透率有其优越的地理条件作支撑，英国海岸线长，有足够多的海域去布局海上风电项目，这也为其他沿海地区提供了能源发展思路。

2022年英国各类电源发电量占比



截至2022年底英国已投运和在建、待建项目情况



已投运项目 (MW)		在建项目 (MW)		
01	Barrow	90		
02	Beatrice ²	588		
03	Blyth Demonstration (Phase 1)	42		
04	Burbo Bank	90		
05	Burbo Bank Extension	259		
06	Dudgeon	402		
07	East Anglia ONE	714		
08	European Offshore Wind Deployment Centre ²	97		
09	Galloper	353		
10	Greater Gabbard	504		
11	Gunfleet Sands Demonstration	12		
12	Gunfleet Sands I	108		
13	Gunfleet Sands II	65		
14	Gwynt y Môr	576		
15	Hornsea 1	1,218		
16	Hornsea 2	1,386		
17	Humber Gateway	219		
18	Hywind Scotland ²	30		
19	Inner Dowsing	97		
20	Kentish Flats	90		
21	Kentish Flats Extension	50		
22	Kincardine ²	50		
23	Levenmouth Demonstration ²	7		
24	Lincs	270		
25	London Array	630		
26	Lynn	97		
27	Moray East ²	953		
28	North Hoyle	60		
29	Ormonde	150		
30	Race Bank	573		
31	Rampion	400		
32	Rhyl Flats	90		
33	Robin Rigg East ²	84		
34	Robin Rigg West ²	90		
35	Scroby Sands	60		
36	Sheringham Shoal	317		
37	Teesside	62		
38	Thanet	300		
39	Triton Knoll	857		
40	Walney 1	184		
41	Walney 2	184		
42	Walney Extension	659		
43	West of Duddon Sands	389		
44	Westermost Rough	210		
Total	13,666			
		已获得CfD的待建项目 (MW)		
		45	Dogger Bank A	1,235
		46	Dogger Bank B	1,235
		47	Dogger Bank C	1,200
		48	Neart na Gaobha ²	440
		49	Swansea Flowe 1 ²	1,140
		50	Cefn Offshore Wind Farm	1,400
		Total	6,858	
		51	East Anglia THREE	1,480
		52	Forthwind ²	12
		53	Hornsea 3	3,000
		54	Inch Cape ²	1,008
		55	Moray West ²	882
		56	Norfolk Boreas	1,800
		57	Wave Hub	30
		Total	8,212	

4.2 欧洲：德国2023年海风项目竞配规模有望大幅增长

- 2022年4月，德国修改海上风能法案（Offshore Wind Energy Act），上调了海上风电装机目标，2030、2035、2050年海上风电装机规模有望达到30GW、40GW、70GW。
- 2017年海上风电法案（WindSeeG,2017）发布后，德国联邦网络局（BNetzA）在2017年和2018年进行两轮过渡期竞标，分别对1490MW和1610MW海上风电项目进行拍卖；2021年进行第一次集中式竞标，总容量958MW，拍卖的三个项目均为零补贴；2022年9月启动第二次集中式竞标，拍卖项目为容量980MW的N-7.2，Vattenfall以零补贴方式获得在N-7.2区域的开发权。2023年，预期德国共有8.8GW项目将进行招标，包括1.8GW的常规项目招标和7GW的特别招标。

📍 2017-2022年德国海上风电已招标项目

海域	项目名称	开发商	容量 (MW)	中标电价 € ct/KWh	投运时间	技术类型
德国第一轮海上风电拍卖 (2017.04)						
北海	OWP West	Ørsted	240	零补贴	2024	Grounded: Monopile
	Borkum Riffgrund West 2	Ørsted	240	零补贴	2024	Grounded: Monopile
	Gode Wind 3	Ørsted	110	6	2024	Grounded: Monopile
	EnBW He Dreiht	EnBW	900	零补贴	2024	Grounded: Monopile
合计			1490			
德国第二轮海上风电拍卖 (2018.04)						
北海	Kaskasi II	Innogy	325	unknown	2022	Grounded: Monopile
	Borkum Riffgrund West 1	Ørsted	420	零补贴	2024/25	Grounded: Monopile
	Gode Wind 4	Ørsted	131.75	9.83	2024/25	
波罗的海	Arcadis Ost 1	Parkwind NV	247.25	unknown	2023	Grounded: Monopile
	Baltic Eagle	Iberdrola	476.25	6.46	2024	Grounded: Monopile
	Wikinger Süd	Iberdrola	10	零补贴		Grounded: Not Specified
合计			1610.25			
德国2021年海上风电招标 (2021.09)						
北海	N-3.7	RWE	225	零补贴	2026	Grounded: Not Specified
	N-3.8 (Nordsee Two)	EDF	433	零补贴	2026	
波罗的海	O-1.3 (Windanker)	RWE	300	零补贴	2026	Grounded: Monopile
合计			958			
德国2022年海上风电招标 (2022.09)						
北海	N-7.2 (Nordlicht I)	Vattenfall	980	零补贴	2027	Grounded: Monopile
合计			980			

📍 截至2022年底德国海上风电项目分布



4.2 欧洲：海上风电新增装机增长潜力较大

- 在俄乌冲突背景下，欧洲海风发展提速。2022年，英国政府发布《英国能源安全战略》，将2030年英国海上风电装机目标从原有的40GW调增到50GW。2022年5月，北海四国丹麦、比利时、荷兰、德国首脑在“北海海上风电峰会”上联合签署一份文件，承诺到2030年，四国海上风电总装机量达到65GW，其中德国30GW。2022年2月，法国总统马克龙宣布到2050年法国将建成50个海上风力发电场并实现40GW的装机规模。2021年波兰政府通过海上风电相关法案，到2027年在运和在运的海上风电装机容量将达到10.9GW。2022年初，挪威政府透露将在Srlige Nordsj II和Utsira Nord地区启动4.5GW的海上风电招标，到2040年实现30GW的海上风电装机。
- 根据全球风能协会统计，欧洲各国规划的2030年海上风电累计装机容量达到160GW，而截至2022年底累计装机仅30GW。

欧洲海上风电新增装机预测 (MW)

	2022	2023E	2024E	2025E	2026E	2027E
比利时					500	500
丹麦		350	190	210	800	900
法国	480	990	530	990	300	800
德国	342	250	1630	900	1420	2210
爱尔兰						560
意大利	30				250	520
荷兰	369	1910	350	700	350	1000
波兰					920	1090
西班牙						160
挪威	60	40		10		
英国	1179	1420	1670	1900	3890	3820
合计	2460	4960	4370	4710	8430	11560

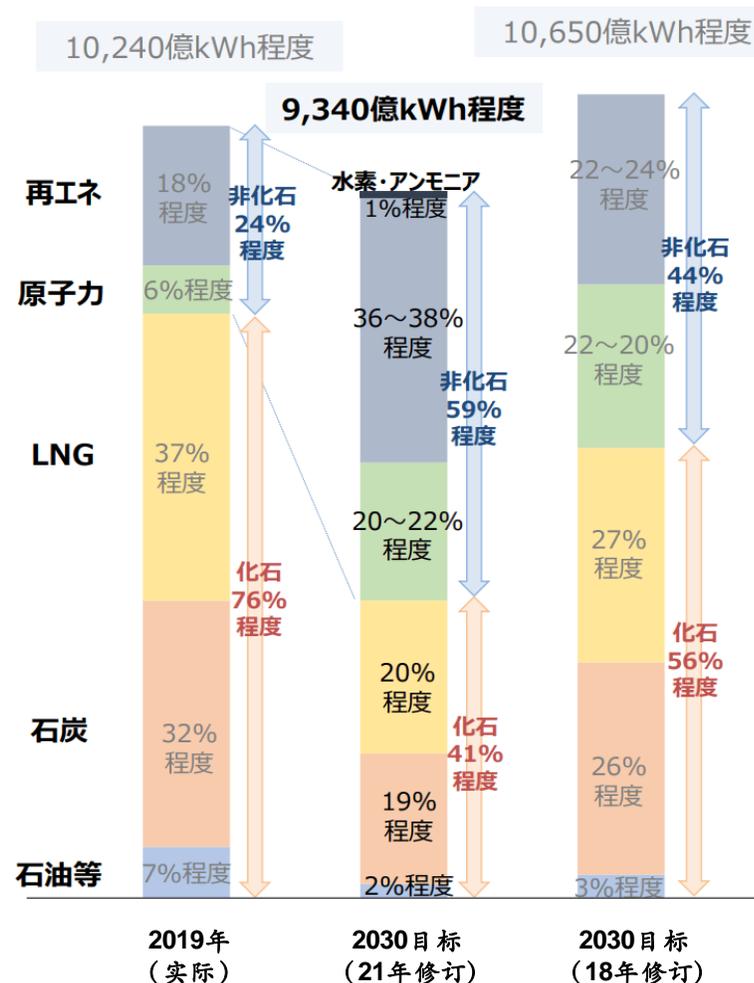
4.3 亚太地区：能源安全与能源转型驱动海风发展

- 日本、韩国、中国台湾等地区能源矿产资源相对匮乏，尽管气电和煤电是这些地区的主力电源品种，但天然气和煤炭几乎完全依赖进口，存在较为严重的能源对外依存度高的问题，同时也面临能源低碳转型的压力。2021年日本修订了《能源基本计划》，上调2030年可再生能源发电量占比目标。
- 日本、韩国等亚太地区主要经济体土地资源相对紧缺，而海岸线资源丰富，与英国类似，具有发展海上风电的有利条件。
- 由于日本、韩国、越南、中国台湾、菲律宾等地区用电量较大，未来新能源替代传统能源的空间也较大，这些市场海上风电开发潜力突出。

日本、韩国、中国台湾、越南2021年发电量结构（亿千瓦时）

	石油	气电	煤电	核电	水电	可再生能源	其他	合计
日本	313	3261	3019	612	776	1303	913	10197
韩国	70	1764	2117	1580	31	402	41	6004
中国台湾	53	1083	1289	278	35	121	50	2909
越南	2	262	1141	0	759	283	0	2448

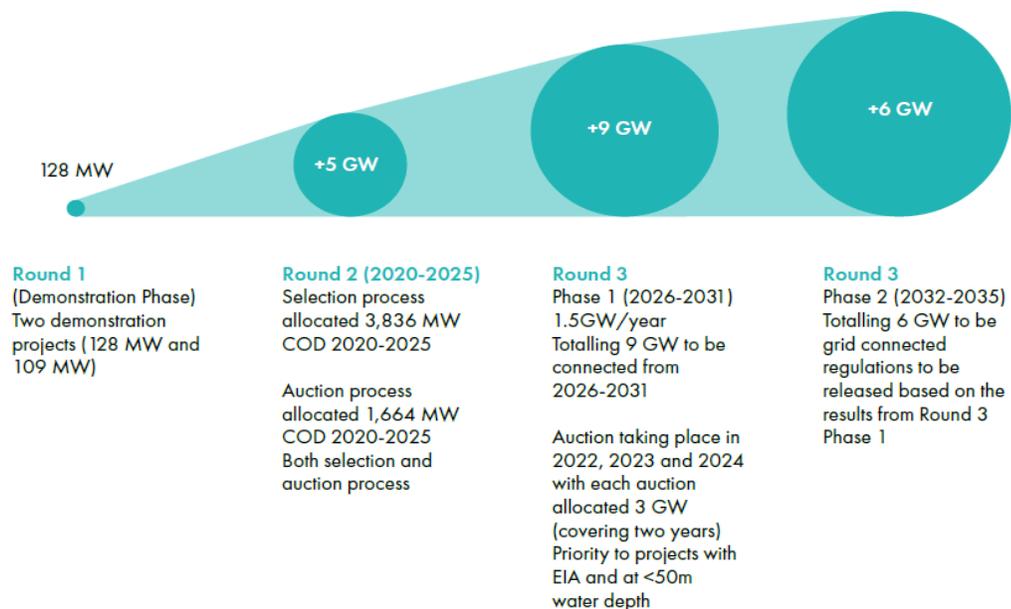
日本2021年修订的2030年电力结构目标



4.3 亚太地区：中国台湾发展迅猛，是新兴市场的典范

- 自2019年首个商业化项目投产以来，中国台湾通过固定价格购电协议补贴机制，共出台约5.5GW项目以促进海上风电发展。
- 中国台湾第三阶段规划的海上风电项目规模15GW，其中2026-2031年拟开发的9GW项目投标价格上限为2.49新台币/千瓦时（约合人民币0.56元/千瓦时），下限为0（即零补贴）。2023年初，中国台湾正式宣布了第三阶段第一轮拍卖结果——遴选8家企业作为7个项目总容量约3GW的海上风电开发商，这些项目全部为无补贴项目，后期依托购电协议运营，计划于2026-2027年投运。

中国台湾规划的海风开发节奏



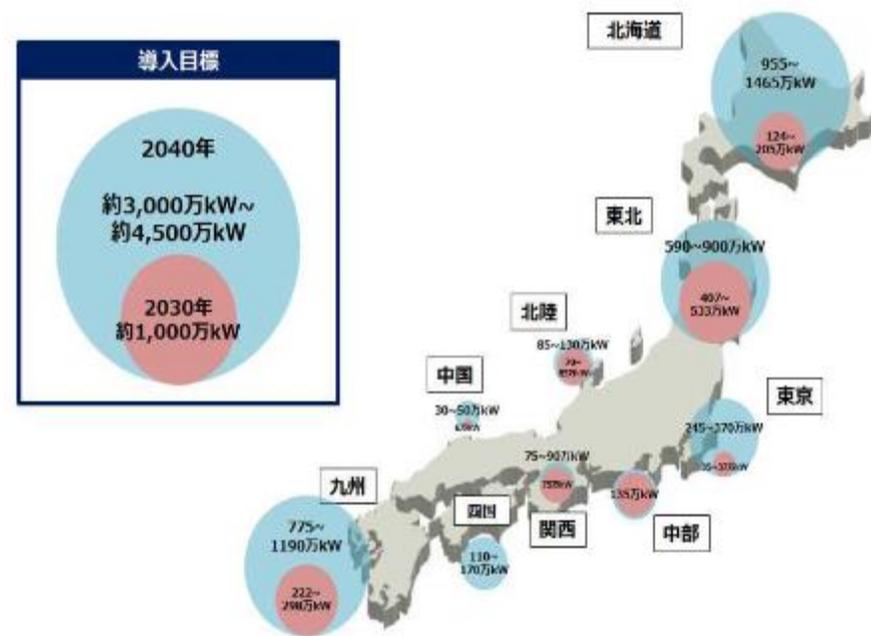
中国台湾Round 3 Phase1-1海上风电拍卖结果

项目名称	开发商	容量 (MW)	投运时间
Changhua Datian	Datian Wind Power Generation Co., Ltd. Preparation Office	165	2027
Hai Sheng - Formosa 4	Synera Renewable Energy	495	2027
Haiding 2 - Formosa III	Haiding II Wind Power Generation Co., Ltd.	760	2026
Haixia	Skyborn Renewables, Lealea	300	2026
Huan Yang	Taiwan Wind Holdings Co., Ltd.	440	2027
Jia Neng (Can Wind)	Jia Neng Offshore Wind Power Co., Ltd. Preparation Office	500	2027
Taichung Fengmiao	Copenhagen Infrastructure Partners	500	2027
合计		3160	

4.3 亚太地区：日本蓄势待发，正在开启第二轮海上风电拍卖

- 日本规划到2030年实现10GW海上风电装机目标，到2040年安装30-45GW的海上风电。Akita Noshiro海上风电项目是日本首个商业化运行的大型海上风电项目，装机规模140MW，采用33台Vestas V117-4.2MW，已于2022年底和2023年初分批投运。
- 2021年下半年，日本首次固定式海上风电招标结果出炉，由三菱牵头的联合体中标全部3个项目，总装机容量为1688.4MW。这3个项目分别是Yurihonjo项目（819MW）、Noshiro Mitane Oga项目（478.8MW）、Choshi项目（390.6MW），全部使用GE Haliade-X 12MW机型。Yurihonjo项目中标电价为11.99日元/千瓦时（约合人民币0.61元/千瓦时），计划于2030年12月投产；Noshiro Mitane Oga项目中标电价为13.26日元/千瓦时（约合人民币0.68元/千瓦时），计划于2028年12月投产；Choshi项目中标电价为16.48日元/千瓦时（约合人民币0.84元/千瓦时），计划于2028年9月投产。
- 日本政府已于2022年12月底启动了第二轮海上风电拍卖，新一轮拍卖共四个不同海域，可提供至少1.8GW的海上风电容量，预计将于2023年底至2024年3月之间宣布中选者。

日本海上风电规划情况



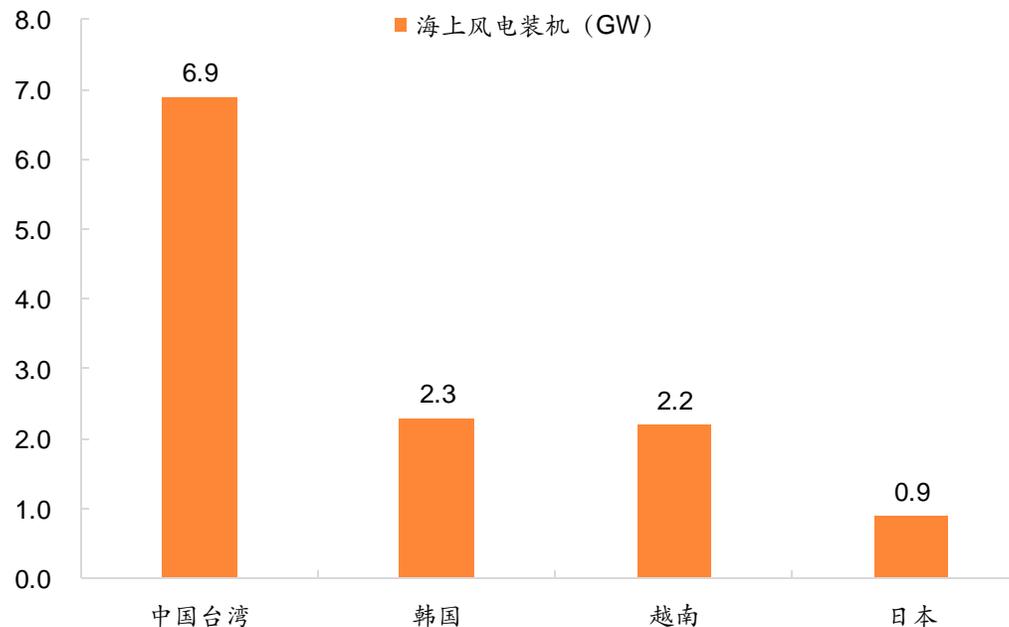
4.3 亚太地区：韩国和越南明确2030发展目标

- 韩国规划到2030年实现海上风电装机12GW。2020年，韩国政府决定将在全罗北道开发2.4GW海上风电项目；2021年初，韩国宣布在Shinan海岸建设世界上最大的8.2GW海上风电项目，预计到2030年并网发电；2021年5月，韩国政府在Ulsan海岸规划6GW漂浮式海上风电综合设施。
- 2023年5月，越南政府批准了《2021-2030年阶段和至2050年远景展望国家电力发展规划》（第八个电力规划，PDP8），按照PDP8，到2030年，越南海上风电装机规模达到600万千瓦，到2050年至少达到7000万千瓦。
- 根据全球风能协会的预测，未来五年（2023-2027），中国台湾、韩国、越南、日本有望投运合计12.3GW的海上风电项目。

韩国规划的海上风电项目及区域



2023-2027年海上风电累计新增装机预测



4.4 美国：拜登政府加快推动海风发展

- 2021年3月，拜登政府宣布到2030年美国将部署30GW的海上风电项目，2022年9月，拜登政府宣布了一项到2035年安装15GW漂浮式海上风力发电装置的计划。截至2022年底美国海上风电装机规模仅42MW。
- 截至2022年底，美国有合计达51.4GW的32个租约项目（已完成海床租赁）处于开发流程当中，其中，处于早期开发（Early development）过程的项目33.9GW，已经进入到后期开发（Advanced development）阶段的项目约16.6GW（纽约州、新泽西州、马萨诸塞州位列前三，分别为4.4GW、3.8GW、3.2GW）。目前在建的项目主要是装机容量806MW的Vineyard Wind项目和132MW的South Fork Wind Farm项目。按照全球风能协会预测，北美市场2023-2025年海上风电新增装机分别为0.5、1.7、3.8GW。

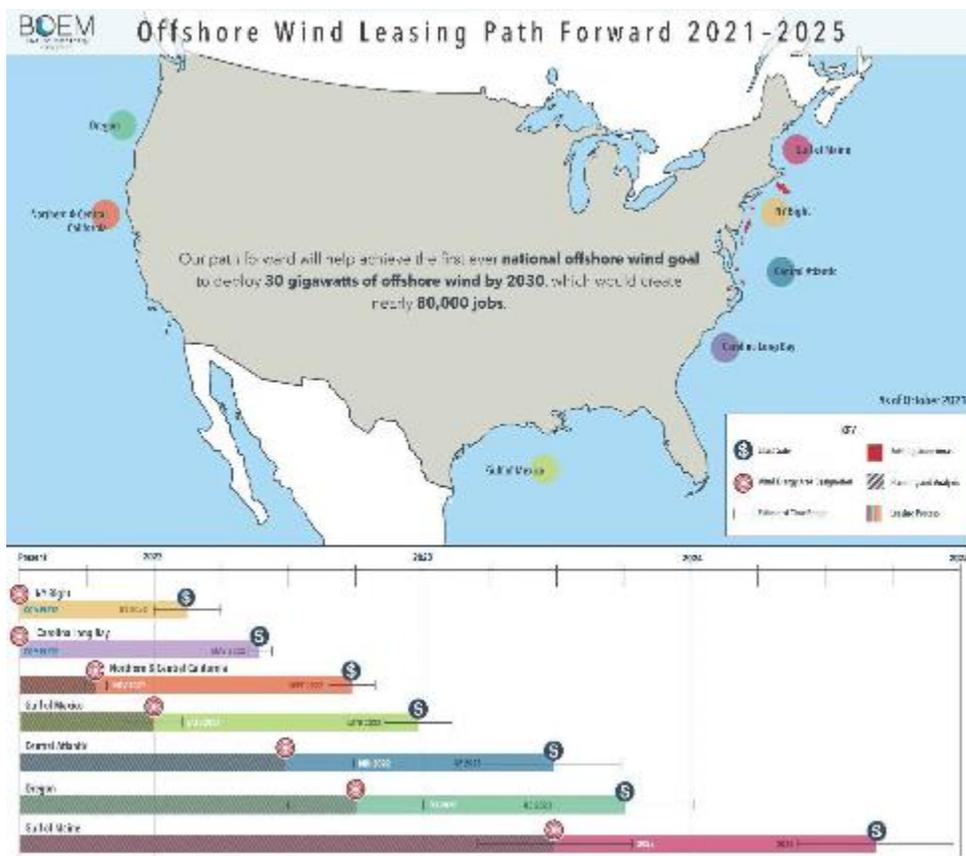
美国处于Advanced development阶段的海上风电项目情况

序号	海床租赁号	项目名称	区域	规模 (MW)	开发商	项目状态	投运年份
1	OCS-A 0517	South Fork Wind Farm	NY	132	Ørsted, Eversource	Under Construction	2023
2	OCS-A 0501	Vineyard Wind	MA	806	Avangrid, Copenhagen Infrastructure Partners	Under Construction	2023
3	OCS-A 0498	Ocean Wind 1	NJ	1100	Ørsted	Advanced Development	2024
4	OCS-A 0486	Revolution Wind	CT, RI	704	Ørsted, Eversource	Advanced Development	2025
5	OCS-A 0487	Sunrise Wind	NY	924	Ørsted, Eversource	Advanced Development	2025
6	OCS-A 0490	Marwin; Momentum Wind	MD	270+808.5	U.S. Wind	Advanced Development	2026
7	OCS-A 0483	Coastal Virginia Offshore Wind	VA	2587	Dominion Energy	Advanced Development	2026
8	OCS-A 0519	Skipjack Wind 1; Skipjack Wind 2	MD	120+846	Ørsted	Advanced Development	2026
9	OCS-A 0512	Empire Wind 1; Empire Wind 2	NY	816+1260	bp, Equinor	Advanced Development	2026-2027
10	OCS-A 0499	Atlantic Shores Offshore Wind	NJ	1510	EDF, Shell	Advanced Development	2027
11	OCS-A 0534	Park City Wind; Commonwealth Wind	CT; MA	804+1232	Avangrid	Advanced Development	2027-2028
12	OCS-A 0520	Beacon Wind	NY	1230	bp, Equinor	Advanced Development	2028
13	OCS-A 0521	SouthCoast Wind	MA	1204	EDP, ENGIE, Shell	Advanced Development	2028

4.4 美国：继续推进海床租赁和释放储备项目

- 2021年10月，美国海洋能源管理局（BOEM）发布了“Offshore Wind Farm Leasing Path Forward 2021-2025”，计划对美国沿海七片海上风电场海床租赁拍卖。2022年，已完成New York Bight、Carolina Long Bay、Northern and Central California等三片海床区域的租赁，2023-2024年计划完成剩下四片区域的海床租赁，进一步释放储备项目。

美国海上风电海床租赁计划



美国2022年海床租赁对应的海风项目情况

Lease Number	Purchaser	Developer	Area (km2)	Capacity (MW)
New York Bight Lease Area Auction Results (2022.01)				
OCS-A 0544	Mid-Atlantic Offshore Wind LLC	CIP	174	523
OCS-A 0537	OW Ocean Winds East LLC	EDPR and Engie	289	868
OCS-A 0538	Attentive Energy LLC	Total Energies	321	964
OCS-A 0539	Bight Wind Holdings LLC	RWE and National Grid	462	1387
OCS-A 0541	Atlantic Shores Offshore Wind Bight LLC	Shell and EDF	308	924
OCS-A 0542	Invenergy Wind Offshore Wind LCC	Invenergy and EnergyRE	311	934
			合计	5600
Carolina Long Bay Lease Area Auction Results (2022.05)				
OCS-A 0545	Total Energies Renewables USA LLC		222	667
OCS-A 0546	Duke Energies Renewable Wind LLC		223	670
			合计	1337
California Offshore Wind Energy Auction Results (2022.12) 漂浮式				
OCS-P 0561	RWE Offshore Wind Holdings, LLC		256	769
OCS-P 0562	California North Floating, LLC		279	838
OCS-P 0563	Equinor Wind US, LLC		324	972
OCS-P 0564	Central California Offshore Wind, LLC		325	976
OCS-P 0565	Invenergy California Offshore LLC		325	976
			合计	4532

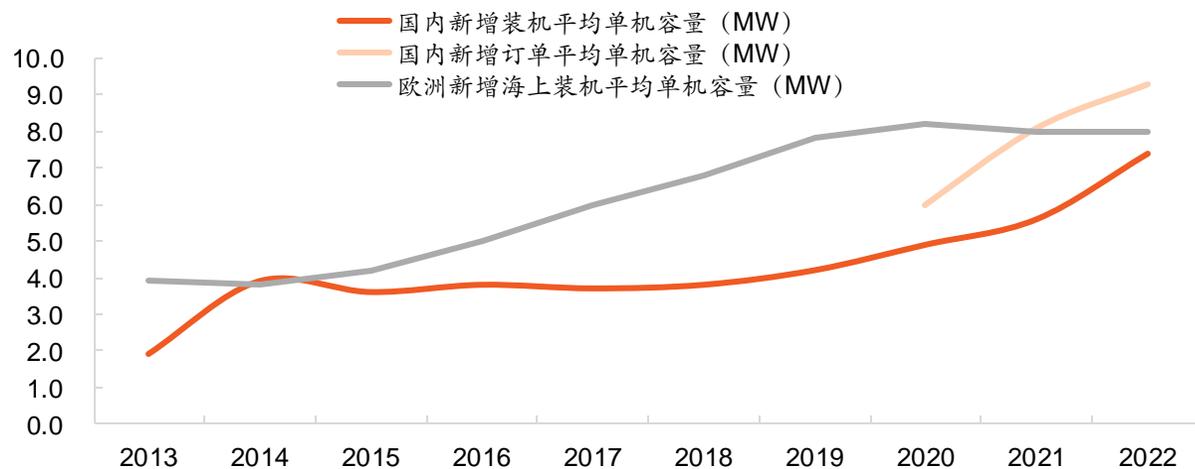
CONTENT 目录

- ① 一、风电产业链概览
- ② 二、陆上风电需求及产业形势
- ③ 三、国内海上风电需求研判
- ④ 四、海外市场海上风电需求研判
- ⑤ 五、海风产业链主要环节价值量及格局分析
- ⑥ 六、海风新兴产业趋势一：离岸化和柔性直流外送
- ⑦ 七、海风新兴产业趋势二：深水化与漂浮式
- ⑧ 八、投资建议与风险提示

5.1 风电整机：大型化是明确的趋势

- 近年国内海上风机单机容量快速提升，2022年国内新增海风项目平均单机容量7.4MW，海上风机订单的平均单机容量9.3MW。海外的趋势类似，但海外近年单机容量提升的速度慢于国内。
- 南北地区采用的单机容量差异明显，浙江及以北地区主要采用8-9MW单机容量的海上风机；福建、广东等风速相对较高的区域则已经批量采购12MW及以上的风机，其中福建已经有在建项目采用16MW机组。
- 国内主流企业已经推出单机容量16-18MW的海风机组，叶轮直径超过250米，海外15MW机组已经获得批量订单，海上风机大型化仍具较大发展空间。

国内及欧洲海风机组单机容量的变化情况



2022年以来主要省份风机招标的单机容量情况

2022年以来招标项目单机容量情况	
辽宁	8-9MW 机组
山东	以8.5MW左右的机组为主
江苏	7-8.5MW 机组
浙江	7.5-9MW 机组
福建	13-16MW
广东	以11-14MW 机组为主
海南	单机容量10MW及以上
广西	8.5-10MW 机组

截至2022上半年欧洲在建大型海风项目机型情况

国家	海上风电项目	项目规模(MW)	采用的机型
英国	Hornsea Two	1386	SG 8.4-167 DD
德国	Kaskasi	342	SG 8.0-167 DD
荷兰	Hollandse Kust Zuid (1&2)	760	SG 11.0-200 DD
荷兰	Hollandse Kust Zuid (3&4)	760	SG 11.0-200 DD
法国	Saint Nazaire	480	Haliade 150-6MW

5.1 风电整机：国内半直驱主流，海外直驱与半直驱并行

- 明阳、电气风电、远景、金风、海装是当前国内份额排名前五的海上风机企业，2022年以来这些风机企业陆续推出（或研制）大兆瓦机型，全部采用半直驱技术方案。明阳的海上风机产品一直延续半直驱路线，金风、远景、电气风电、海装的海上风机产品均从高速齿轮箱或直驱方案切换至半直驱。国内仍有少数企业的海上风机产品采用直驱方案，包括东方电气以及电气风电的海燕平台（EW11.0-208）。国内海上风机的新进者中车风电首款风机采用半直驱路线，而运达和三一重能则采用双馈方案，根据公开信息，运达在研的15MW平台产品已选用半直驱的传动链方案。海外主要的海上风机企业是西门子、维斯塔斯和GE，维斯塔斯采用半直驱技术路线，而西门子和GE则采用直驱方案。

国内外主要海上风机企业的典型产品及技术路线

风机企业	典型海上风机产品	单机容量 (MW)	技术路线
金风科技	GWH252-16MW	16	半直驱
远景能源	EN-252/14	14	半直驱
明阳智能	MySE18.X-28X	18	半直驱
中国海装	H260-18MW	18	半直驱
电气风电	12MW及以上产品(在研)	>12	半直驱
东方电气	13MW产品(已获订单)	13	直驱
中车风电	首台海风机组	8-12	半直驱
运达股份	WD225-9000(海鹈平台)	9	双馈
	15MW平台(在研)	15	半直驱
三一重能	9MW海上风电机组	9	双馈
维斯塔斯	V236-15.0MW	15	半直驱
西门子	SG 14-222 DD	14	直驱
GE	Haliade-X 14MW	14	直驱

5.1 风电整机：含塔筒价格跌至4000元/千瓦以内

2022年以来海上风机的招标价格情况

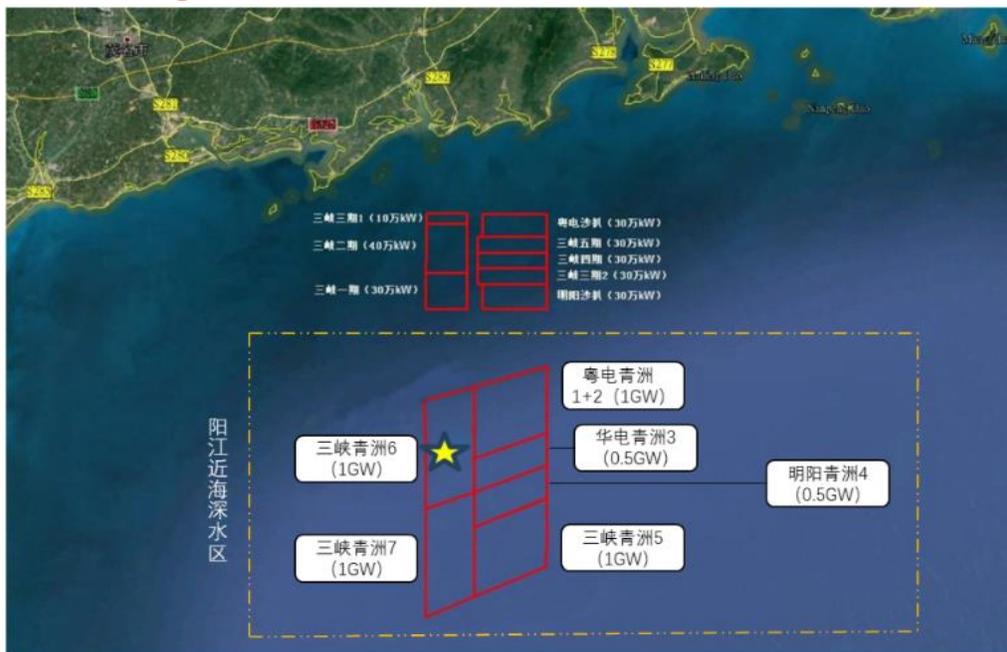
项目名称	开发商	规模 (MW)	中标企业	单机容量	中标金额 (亿元)	单价 (元/kW)	中标时间	备注
三峡昌邑莱州湾一期	三峡集团	300	金风科技	>6MW	13.43	4477	2022.1	含塔筒
中广核象山涂茨海上风电场	中广核	280	中国海装		10.72	3830	2022.3	
国华投资山东渤中海上风电项目	国华能源	500	金风科技	7-8.5MW	19.14	3828	2022.4	
华能汕头勒门(二)	华能集团	594	电气风电	>=11MW	27.29	4595	2022.5	含塔筒
浙能台州1号	浙能集团	300	东方电气	7.5MW	10.64	3548	2022.6	含塔筒
华能苍南2号	华能集团	300	远景能源		11.76	3921	2022.7	含塔筒
中广核惠州港口二PA(北区)	中广核	210	远景能源	>=8MW	8.63	4109	2022.7	含塔筒
中广核惠州港口二PA(北区)	中广核	240	明阳智能	>=10MW	10.49	4372	2022.7	含塔筒
中广核惠州港口二PB	中广核	300	明阳智能	>=10MW	13.12	4372	2022.7	含塔筒
国华投资山东渤中B2	国华能源	500	电气风电	>=8.5MW	19.06	3811	2022.8	含塔筒
国电投湛江徐闻海风增容项目	国家电投	300	明阳智能		10.4	3468	2022.8	
国电电力象山1#海上风电场(二期)	国家能源集团	500	运达股份	8-9MW	16.53	3306	2022.8	含塔筒
华能大连庄河海上风电IV2场址	华能集团	200	中国海装	>=8MW	7.3	3650	2022.10	含塔筒
国家电投山东半岛南U场址一期	国家电投	450	明阳智能	>=8.5MW	16.16	3591	2022.11	含塔筒
中广核阳江帆石一	中广核	300	金风科技	>=10MW	11.67	3890	2022.11	含塔筒
中广核阳江帆石一	中广核	700	明阳智能	>=10MW	28.99	4067	2022.11	含塔筒
华能岱山1号(I标段)	华能集团	255	电气风电	>=8MW	9.6	3765	2022.11	含塔筒
龙源射阳1GW海上风电项目	国家能源集团	1000	远景能源	>=7MW	37.06	3706	2022.11	含塔筒
华能山东半岛北BW场址	华能集团	510	明阳智能	8.5	17.38	3407	2022.11	含塔筒
大唐南澳勒门海上风电扩建项目	大唐集团	352	电气风电	>=11MW	11.72	3329	2022.12	
三峡能源山东牟平BDB6#一期	三峡集团	300	金风科技	>=8.35MW	11.3	3767	2022.12	含塔筒
中能海南CZ2示范项目标段一	中能集团	600	电气风电	>=8MW	22.93	3822	2022.12	含塔筒
漳浦六鳌海上风电场二期	三峡集团	200	金风科技	>=10MW	7.4	3701	2023.1	含塔筒
漳浦六鳌海上风电场二期	三峡集团	100	东方电气	>=10MW	3.92	3921	2023.1	含塔筒
国华时代半岛南U2场址	国家能源集团	600	远景能源	8.5 MW	21.67	3611	2023.2	含塔筒
龙源电力海南东方CZ8场址	国家能源集团	500	明阳智能	>=10MW	18.69	3737	2023.3	含塔筒
华能岱山1号(II标段)	华能集团	51	远景能源	8.5 MW	1.83	3580	2023.3	含塔筒
山东能源渤中海上风电标段一	山东能源	400	中国海装	9-10MW	12.8	3200	2023.4	含塔筒
山东海卫半岛南U场址标段一	国家电投	225	中车风电	>=8.5MW	7.57	3364	2023.4	含塔筒
山东海卫半岛南U场址标段二	国家电投	225	明阳智能	>=8.5MW	7.93	3524	2023.4	含塔筒
大连庄河海上风电场址V项目	三峡集团	250	运达股份	>=8.5MW	8.82	3528	2023.4	含塔筒

资料来源：各发电集团，平安证券研究所

5.2 离岸距离和水深：部分地区已呈现离岸化和深水化特征

- 海上风电开发由近及远、由浅及深是整体趋势，广东和江苏的海风开发较早，两省新的海风项目已经呈现了离岸化和深水化特征，尤其是以阳江为代表的粤西地区。
- 目前，阳江青洲区域的海风项目离岸距离50-80公里，水深可达40米；江苏2022年竞配的项目尽管水深不大，但平均的离岸距离超过50公里。

◎ 阳江区域海上风电开发由近海向深远海发展



◎ 2022年广东和江苏完成风机招标项目的离岸距离和水深情况

项目名称	平均水深 (米)	离岸距离 (千米)
中广核汕尾甲子一 (2022年投运)	33-39	25
中广核汕尾甲子二 (2022年投运)	33-39	25
国电投揭阳神泉二 (2022年投运)	34-39	25
中广核阳江帆石一	40-50	60
中广核阳江帆石二	46-53	70
三峡阳江青洲五	46.5-52.5	77
三峡阳江青洲六	35-45	57
三峡阳江青洲七	45-53	75
粤电阳江青洲一	35-38	50
粤电阳江青洲二	37-43	55
明阳阳江青洲四	41-46	55
中广核惠州港口二PA	30-43	22
中广核惠州港口二PB	30-36	22
华能汕头勒门 (二)		14-18.5
大唐南澳勒门I海上风电扩建项目	21	18
国电投湛江徐闻扩建项目	5-26	27
射阳100万千瓦海上风电项目	9-20	65
大丰85万千瓦海上风电	最大水深近42米	33
江苏 H8-1#场址	9-18	80
大丰80万千瓦项目 H9#场址	7-15	75
H15#场址	7-15	71
H17#场址	0-15	47

5.2 离岸距离和水深：其他区域离岸化和深水化暂不明显

- 除了广东和江苏以外，其他省份的海上风电开发规模尚小，离岸化和深水化特征暂不明显；山东个别项目离岸距离达到50公里，浙江近期核准的平阳1号海上风电项目离岸距离超过70公里。

福建、浙江、上海、广西部分项目的离岸距离和水深情况

	项目名称	平均水深 (米)	离岸距离 (千米)
福建	平潭外海海上风电场项目	40-43	35
	连江外海海上风电场	38-43	25-40
	漳浦六鳌海上风电场二期	26-42	33.2
	宁德霞浦海上风电场B区	19-23	20
	华润电力苍南1#海上风电场	15-24	26
浙江	中广核象山涂茨海上风电场	6.9-11.3	8.2
	华能苍南2号	20-29	23
	华能岱山1号海上风电场项目		24
	国电电力象山1#海上风电场(二期)	12-15	25
上海	浙能台州1号	10-14	16.5
	金山海上风电场一期	7.8-10.5	19.5
	金山二期	8-9	12.5
	东海大桥三期	8	12
	奉贤二期	7.8-8.5	12
广西	防城港海上风电示范项目 A场址	18-25	15-18
	F1、F2场址	24-31	32-51
	钦州海上风电示范项目 C1、C2场址	10-20	10-35

山东和海南项目的离岸距离和水深情况

	项目名称	平均水深 (米)	离岸距离 (千米)	
山东	昌邑莱州湾一期	6.43-9	14-18	
	山东能源集团渤中海上风电A场址	10-15	20	
	国华投资山东公司渤中海上风电项目	17-19	19	
	国家电投山东半岛南海上风电基地V场址项目	18-28	26	
	山东能源集团渤中海上风电B场址	17-19	19	
	中广核莱州海上风电与海洋牧场融合发展试验项目	6.2-8.2	12	
	国华投资山东渤中B2	17-19	19	
	国家电投山东半岛南U场址一期	26-32	24	
	华能山东半岛北BW场址	14-16	15	
	三峡能源牟平BDB6#一期	33-40	50	
	国华投资半岛南U2场址	30-32	32	
海南	山东海卫半岛南U场址450MW海上风电项目	27-29	22	
	CZ1 (临高西北部) CZ-1场址	10	25	
	CZ2 (儋州西北部) 示范项目	14	26	
	CZ3 (儋州西北部)	CZ3-1	18	27
		CZ3-2	18	27
	CZ4 (儋州西北部)	CZ4-1	25	36
		CZ4-2	25	36
	CZ5 (东方西部)	CZ5-1	36	36
		CZ5-2	36	36
	CZ6 (东方西部) CZ6-1	35	47	
CZ7 (东方西部) 示范项目	20	36		
CZ8 (东方西部) CZ8	10	10		
CZ9 (东方、乐东西部) 示范项目	20	28		
CZ10 (乐东西部) CZ10-1	42	39		
PFS (万宁东南部 (漂浮式)) PFS-1	90	33		

5.3 海缆：交流送出方案的价值量与离岸距离强相关

- 目前，35kV集电+220kV送出仍是主流的海缆配置模式，广东阳江海域项目由于规模大、离岸距离远，部分项目采用330kV三芯交流、500kV三芯交流、±500kV柔性直流等送出方案。
- **典型35kV集电+220kV送出方案**：2022年11月，亨通中标龙源射阳1GW项目的220kV送出海缆（4回，2×85.7km+2×90.6km，3×630mm²）和35kV集电海缆，其中35kV集电海缆4.84亿元，送出海缆17.82亿元。220kV海缆的价格为480万元/公里，单回输送容量约250MW。
- **典型66kV集电+330kV送出方案**：2022年7月，东方电缆中标三峡阳江青州六外送海缆和敷设，该项目规模1GW，采用66kV集电海缆和330kV交流送出海缆（3回，单回长度约70km），估算送出海缆（含敷设）价格约18.9亿元，对应每GW项目外送海缆造价15.8亿元（按照敷设占海缆造价20%估算），对应330千伏交流送出海缆价格约752万元/公里，单回输送容量约340MW。
- **典型66kV集电+500kV送出方案**：2022年3月，东方电缆中标粤电青洲一、二项目的海缆和敷设，该项目900MW，采用66kV集电海缆和500kV交流送出海缆（2回，单回长度约56.5km），集电海缆及敷设价格5.7亿元，对应单价6.3亿元/GW，送出海缆及敷设价格17亿元，对应单价18.9亿元/GW。500kV三芯交流海缆的价格为1253万元/公里，单回输送容量约500MW。

2022年部分典型交流送出方案的海缆造价估算（不含敷设）

方案	场址中心离岸距离 (km)	集电海缆 (亿元 /GW)	单回送出海缆长度 (km)	1GW所需送出海缆回路数	送出海缆 (亿元 /GW)	合计海缆造价 (亿元 /GW)
35kV集电+220kV送出	30	5	40	4	7.7	12.7
	60	5	80	4	15.5	20.5
66kV集电+330kV送出	30	5	40	3	9.0	14.0
	60	5	80	3	18.0	23.0
66kV集电+500kV送出	30	5	40	2	10.0	15.0
	60	5	80	2	20.0	25.0

5.4 管桩：以单桩和导管架为主，用量差异较大

- 从形式上看，单桩和导管架是国内海上风电基础的主要形式，浙江及以北地区普遍采用单桩形式，导管架适用于水深相对较深的区域，主要应用在广东、福建等区域，包括四桩导管架、吸力筒导管架等形式，广东阳江青洲区域的海风项目主要采用四桩导管架形式，三峡能源牟平BDB6#一期等北方地区水深较深项目也采用导管架形式。
- 国内单桩应用最为常见，水深和地质条件、单机容量都会影响单桩用量，例如，广西钦州海上风电示范项目采用10MW机组，平均每根单桩重量在1400吨左右，而浙江华能苍南2号项目采用单机容量8.5MW机组，单桩基础可达2000吨以上。
- 整体来看，粤电青洲一、二等适用于四桩导管架的海上风电项目的风机基础用钢强度（每GW项目的风机基础用钢量）明显高于常规海上风电项目；另外，浙江区域的单桩基础用钢强度也相对较高。

2022年以来各省推进的典型项目塔筒/管桩用量估算

	山东能源渤中海上风电A 场址	龙源射阳100万千瓦项目	钦州海上风电示范项目	海南CZ8项目	华能汕头勒门（二）	粤电青洲一、二
项目所处省份	山东	江苏	广西	海南	广东	广东
装机规模（MW）	500	1000	900	500	594	900
单机容量（MW）	60台8.35MW	43台7MW+63台8.5MW	90台10MW	59台8.5MW	54台11MW	92台11MW
场址中心离岸距离（m）	20	65	10-35	10	14-18.5	50-55
水深（m）	10-15	9-20	10-20	12-26.5		35-43
基础类型	单桩	单桩	单桩	单桩	单桩	四桩导管架
塔筒用量（吨/MW）	63	59	65	61	60	65
导管架用量（吨/MW）						127
钢管桩用量（吨/MW）	173	161	140	193	166	100
塔筒和管桩合计用量（万吨/GW）	23.6	22.1	20.5	25.4	22.6	29.2

5.5 EPC造价：北方区域可低至10元/W

- 目前，山东、江苏等地的海上风电项目的EPC价格有条件做到10元/W以内，估计广东、福建的海上风电项目EPC造价有条件做到13元/W以内。2022年11月，龙源射阳1GW项目EPC开标，中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司中标，尽管该项目场址中心离岸距离达65公里，中国电建集团华东勘测设计研究院的报价仅为99.7亿元，对应单价9.97元/W。
- 按照当前的EPC造价水平，结合各地利用小时和燃煤基准电价情况，全国主要区域的海上风电项目基本能够在平价条件下获得6%及以上的全投资IRR；2022年以来福建、上海地区开展海上风电项目竞配，获得的上网电价明显低于当地燃煤基准电价。

2022年部分EPC招标项目的价格情况

项目名称	规模 (MW)	EPC价格 (元/W)
三峡昌邑莱州湾一期	300	10.17
山东能源集团渤中海上风电A场址	500	11.26
山东能源集团渤中海上风电B场址	400	9.73
国家电投山东半岛南海上风电基地V场址项目	500	10.4
浙能台州1号	300	11.69
三峡阳江青洲五	1000	14.17
三峡阳江青洲六	1000	14.28
三峡阳江青洲七	1000	14.17
国家电投山东半岛南海上风电基地U场址一期	450	9.52
龙源江苏射阳1GW海上风电项目	1000	9.97

“属地化”是影响海风制造供给端格局的重要因素

- 地方政府在积极推动本地海上风资源开发的同时，希望能够引进海上风电装备制造企业到当地投资设厂，从而带动就业和经济。当地设备企业或者计划到当地投资建厂的设备企业在获得当地海风项目的设备订单时具有一定优势，即“属地化”特征，这一特征有利于地方政府招商引资。
- 由于属地化因素，设备企业如果希望获得足够大的市占份额，就需要在大的海风市场投资生产基地。在广东、山东这样的海风大市场，整机、海缆、管桩制造企业纷纷希望前往投资建厂，但海缆、管桩的生产基地都需要岸线资源，而优质岸线资源可能稀缺，进而影响设备企业的投资和竞争格局。

● 属地化对应到沿海具体的省份及地级市



● 蓬莱大金海上风电管桩生产基地

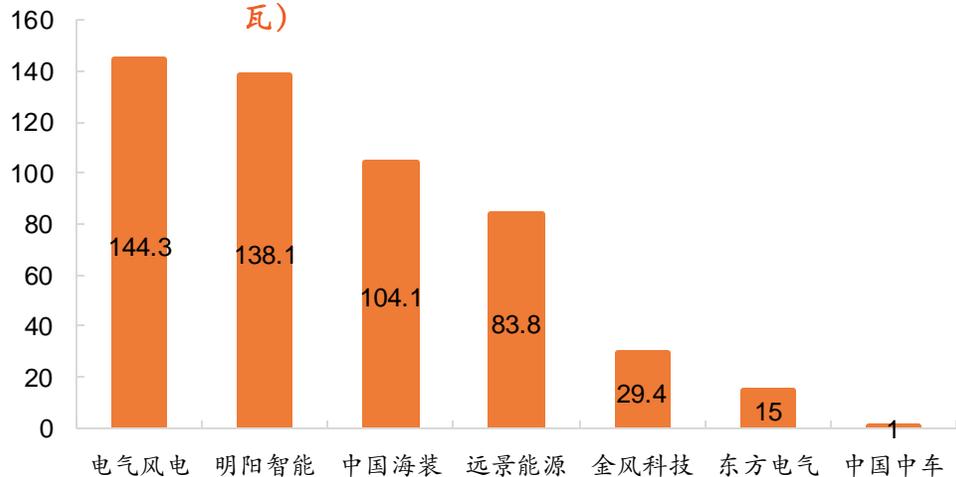


● 东方电缆宁波北仑海缆生产基地

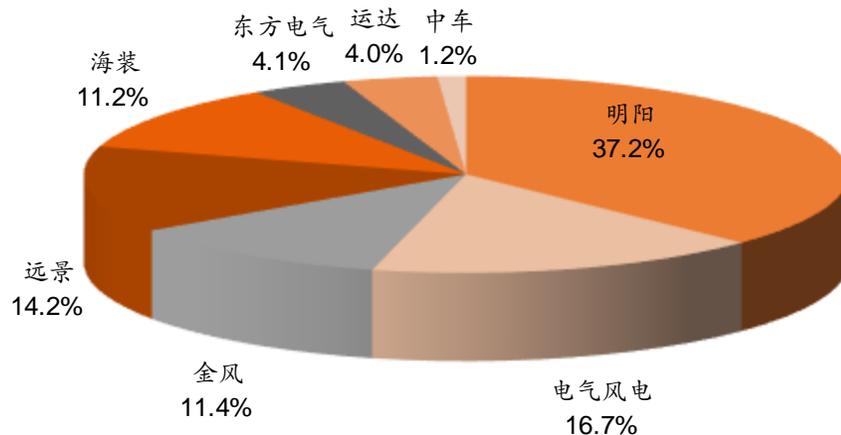


5.7 风电整机：明阳份额相对领先

2022年海上风机出货量排序（万千瓦）



自2021年底以来开标的无国补项目的份额情况



自2021年底以来开标的无国补海风项目的风机份额明细（不完全统计）

省份	中标量 (MW)	明阳	电气风电	金风	远景	海装	东方电气	运达	中车	份额
辽宁	450					200		250		海装44%、运达56%
山东	5715	1185	900	1100	1100	1205			225	明阳21%、海装21%、电气风电16%、金风19%、远景19%、中车4%
江苏	1000				1000					远景100%
浙江	2135		304		351	680	300	500		海装32%、运达23%、电气风电14%、远景16%、东方电气14%
福建	400			240			160			金风60%、东方电气40%
广东	7891	5272	1320	790	210		299			明阳67%、电气风电17%、金风10%、东方电气4%、远景3%
海南	1100	500	600							电气风电55%、明阳45%
合计	18691	6957	3124	2130	2661	2085	759	750	225	

5.7 风电整机：头部企业已经开始布局海外市场

- 目前具有公开海外海上风机销售业绩和订单的风机企业主要是明阳智能。与海外海上风机巨头相比，国内海上风机价格具有明显的优势。
- 明阳已经在意大利、日本、越南、英国等市场获得海风风机订单，尽管规模不大，考虑这些海外市场具有较大的发展潜力，未来海上风机出口值得期待。除此以外，明阳在巴西、菲律宾、韩国等市场也在进行布局，未来具有较大拓展潜力。

◎ 西门子-歌美飒历年的海上风机订单情况

财年	容量 (MW)	订单金额 (亿欧元)	单价 (欧元/kW)
2018	2272	27.95	1230
2019	2076	31.00	1493
2020	4139	50.53	1221
2021	3478	40.68	1170
2022前三季度	2853	37.19	1304

◎ 明阳智能海外海上风机订单情况

国家	项目名称	交付时间	机型	台数	容量
意大利	Beleolico 30MW海上风电项目	2021	MySE 3.0-135	10	30MW
日本	入善町海上风电项目	2023.3	MySE-3.0	3	9MW
越南	金瓯350MW海上风电	2022.3至今	MySE50-166	75	350MW
英国	TwinHub项目	2025年	MySE8.0-180	2	16MW

◎ 明阳智能在其他的海外海上风电新兴市场的布局情况

国家	时间	事件
巴西	2023.4	巴西塞阿拉州(Ceará)政府与明阳智能签署了MoU
韩国	2023.5	与韩国风机制造厂商、风力发电企业Unison有限公司签署本地化合作协议，明阳拟投资4000亿韩元（约合20亿人民币）加强推进韩国和全球业务
菲律宾	2023.1	作为唯一的风电整机装备制造制造商应邀参与与菲律宾总统的座谈会

5.8 海缆：扩产周期较长

- 海缆产品结构较为复杂，对生产设备要求较高，通常涉及VCV立塔交联生产线、CCV悬链交联生产线、盘框绞机等设备，其中VCV交联生产线主要设备依赖国外进口。此外，海缆属于重型部件，需要通过专门的海缆敷设船进行运输，通常要求海缆企业靠近江河湖海等水域，由于码头岸线资源日益稀缺，对新进入企业或行业内原有企业扩产形成一定的壁垒。正因为如此，海缆新建生产基地的建设周期较长，近年，东方电缆北仑基地、东方电缆阳江基地、中天科技汕尾基地、宝胜股份扬州基地等新建的海缆生产基地的建设期均在2年及以上，考虑前期准备工作，建设的周期更长。
- 2022年，头部的海缆企业积极推动新的海缆生产基地建设，包括东方电缆的阳江生产基地、中天科技的江苏大丰生产基地、亨通的江苏射阳生产基地以及汉缆的青岛即墨生产基地；根据公开信息，年内仅有汉缆青岛即墨生产基地开始试运行。

典型海缆生产基地项目的建设期情况

海缆基地	建设进展
宝胜股份扬州基地	2016年开工，2018年取得港口岸线批复，2019年3月建筑工程发生事故，2019年底建筑工程项目封顶，2020年下半年实现规模化的营收。
东方电缆北仑基地	东方电缆2017年实施定增，计划在舟山新建海缆基地；2018年因舟山港口规划调整，募投项目拟建码头审批存在障碍，因此将募投项目地点变更至宁波北仑，北仑基地于2021年正式投运。
东方电缆阳江基地	2018年成立阳江子公司，2020年公告投资建设南方海缆产业基地，预计2024年投产。
中天科技汕尾基地	2019年11月，汕尾海洋工程基地（陆丰）正式开工奠基，目前处于逐步投产阶段。

5.8 海缆：技术方案持续迭代

- 海上风电的离岸化和大型化推动集电海缆和送出海缆向电压等级更高和输送容量更大的方向发展。集电海缆从35kV升级至66kV的趋势已经较为明朗；送出海缆方面，交流220kV是过去主流的电压等级，2022年以来广东阳江区域大型海风项目开始采用三芯330kV交流、三芯500kV交流等形式，浙江区域新近核准的平阳1号海上风电项目离岸距离74公里，计划采用三芯500kV交流外送。
- 柔性直流外送方案的国内案例不多，但有望逐步成为趋势，国内已有±400kV的海风柔直项目投运，拟建的三峡阳江青洲五、七项目计划采用±500kV柔直外送方案。

典型项目的海缆设计方案



5.8 海缆：不同省份竞争格局分化，本地企业优势明显

- 2022年以来，广东市场海风项目海缆招标规模明显领先，广东海缆市场主要由东缆、中天和亨通主导，其中东缆在粤西阳江市场明显占优，中天和亨通在粤东市场占优。
- 江苏市场海缆招标较少，仅一个项目由亨通获得全部订单；东缆依托区位优势在浙江市场占据主导，份额达到77%。
- 山东市场参与者较多，主要的一线和二线海缆企业均在山东市场收获订单，整体格局较为分散。

2022年以来部分无国补项目的海缆中标情况

2022年以来部分无国补项目的海缆中标情况				2022年以来部分无国补项目的海缆中标情况						
项目名称	标段	中标人	中标价格 (亿元)	项目名称	标段	中标人	中标价格 (亿元)			
山东	昌邑莱州湾一期	220kV海缆及敷设	汉缆股份	2.90	浙江	华润电力苍南1#海上风电场	35kV海缆及敷设	东方电缆	2.39	
		35kV海缆及敷设	万达海缆	2.15			220kV海缆及敷设	汉缆股份	2.71	
	山东能源集团渤中海上风电A场址	35kV海缆	万达海缆			中广核象山涂茨海上风电场	66kV海缆	东方电缆	2.39	
		220kV海缆	亨通、中天			华能苍南2号	35kV海缆	起帆电缆	0.95	
	国华投资山东公司渤中海上风电项目	35kV海缆	中天、宝胜	2.59、1.77			220kV海缆	东方电缆	1.73	
		220kV海缆及敷设	汉缆股份	2.95		国电电力象山1#海上风电场(二期)	220kV海缆、35kV海缆及敷设	东方电缆	4.88	
	国家电投山东半岛南海上风电基地V场址项目	220kV海缆	亨通、宝胜			华能岱山1号	220kV海缆及敷设	东方电缆	1.76	
		35kV海缆	汉缆股份				35kV海缆及敷设	起帆电缆	0.92	
	山东能源集团渤中海上风电B场址	220kV海缆	汉缆股份			浙能台州1号	220kV与35kV海缆及敷设	东方电缆	2.49	
		35kV海缆	万达海缆			江苏	射阳100万千瓦海上风电项目	220kV海缆、35kV海缆	亨通光电	22.66
	三峡能源山东分公司牟平BDB6#一期	35kV海缆	东方电缆	0.88				500kV海缆及敷设	东方电缆	17
		220kV海缆	汉缆股份	3.08		广东	粤电青洲一、二	66kV海缆及敷设(A标段)	东方电缆	2.98
华能山东半岛北BW场址	35kV海缆	万达海缆	1.73		66kV海缆及敷设(B标段)		汉缆股份	2.7		
	220kV海缆	起帆、宝胜	1.2、1.15		三峡阳江青州六		330kV海缆	中天科技		
国华半岛南U2场址	35kV海缆及敷设	中天科技	3.97		330kV海缆及施工		东方电缆	13.81		
	220kV海缆及敷设	中天科技	4.21		明阳青洲四		220kV、35kV海缆(包2)	东方电缆	4.65	
国华投资山东渤中B2	35kV海缆	宝胜股份	1.77		国电投湛江徐闻扩建项目		220kV、66kV海缆	亨通光电	2.17	
	220kV海缆及施工	中天科技	2.90		国电投揭阳神泉二	220kV、66kV海缆及施工	亨通光电	7.02		
广西 防城港海上风电示范项目A场址	220kV海缆	东方电缆	4.6		华能汕头勒门(二)	220kV、66kV海缆	亨通光电	5.03		
海南	CZ8场址	220kV海缆	宝胜股份	1.91		中广核惠州港口二 PA	220kV、66kV海缆及敷设	中天科技	9.68	
		66kV海缆	汉缆股份	1.5		中广核惠州港口二 PB	66kV海缆及敷设	中天科技	1.18	

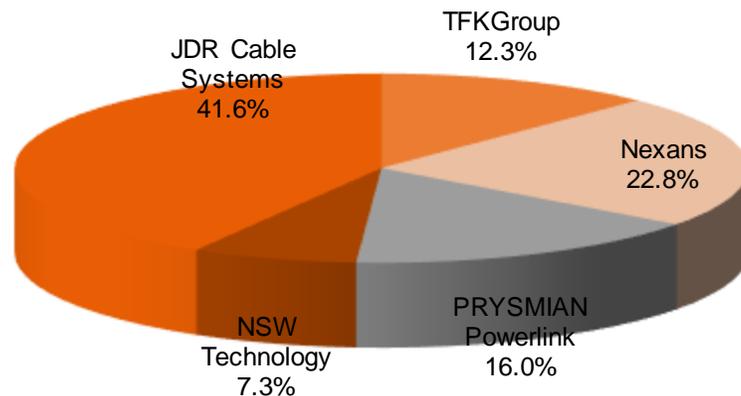
5.8 海缆：国内头部企业开始斩获欧洲海风订单

- 欧洲作为成熟的海上风电市场，具备完善的海缆产业，送出海缆的主要供应商包括丹麦的安凯特（NKT Group）、法国的耐克森（Nexans）、意大利的普瑞斯曼、韩国的LS等，集电海缆的主要供应商包括英国的JDR、法国的Nexans、意大利的普瑞斯曼等；整体看，欧洲海缆产业起步较早，具有较强的竞争力。
- 随着国内海风大发展和海缆产业竞争力提升，头部海缆企业开始拓展欧洲市场并获得订单；2023年5月，中天和东缆分别获得Baltica 2海上风电项目的送出海缆和集电海缆订单，表明国内海缆企业已经获得以欧洲主流海上风电开发商和输电巨头的认可。

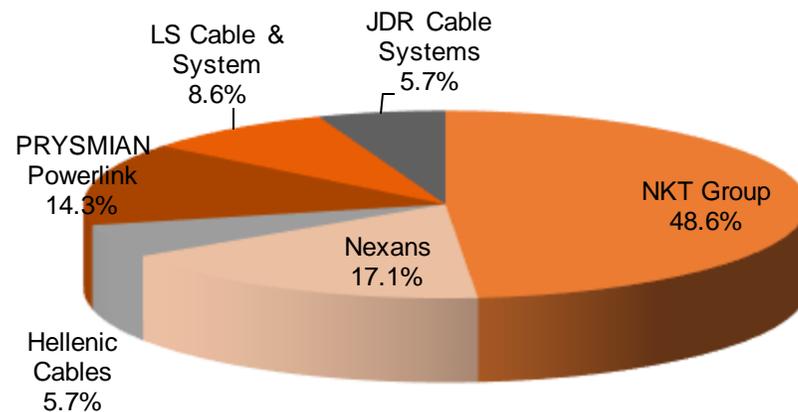
2022年以来国内海缆企业获得的欧洲海风项目海缆订单情况

	中标时间	项目及中标产品	客户	中标金额 (亿元)
东方电缆	2022.3	Hollandse Kust West Beta海上风电项目220kV海底电缆、66kV海底电缆	欧洲输电网运营商TenneT	5.3
东方电缆	2023Q1	Inch Cape 海上风电项目（总规划装机容量108万千瓦）输出缆供应前期工程协议	INCH CAPE OFFSHORE LIMITED	0.14
东方电缆	2023.5	Baltica 2海上风电项目整个风场66kV海缆及配套附件	Orsted-沃旭和PGE-波兰电网的合资公司下属项目公司	3.5
中天科技	2023.5	Baltica 2 海上风电项目275kV 高压交流海底光电复合缆以及配套附件	Orsted Wind Power A/S	12.1

2018-2020年欧洲市场集电海缆格局



2018-2020年欧洲市场送出海缆格局



5.9 管桩：国内格局尚不明朗

- 管桩环节，目前大金重工、海力风电、天顺风能（长风）等第一梯队的专业化管桩生产企业的海工产能规模超过50万吨，且还在进一步扩张，预计到2024年上述企业产能规模均超过100万吨。
- 由于海上风电的高景气，越来越多的传统海工船舶企业涉足到海上风电单桩和导管架的生产，包括中集来福士、文船重工等，国内海上风电管桩市场的竞争格局仍待进一步观察。

◎ 各省主要的海上风电管桩/塔筒生产基地

省份	在运营的企业及生产基地	在建或计划投资建设的基地
辽宁	天能重工大连基地：8万吨	大金重工盘锦基地
河北		大金重工曹妃甸基地
山东	大金重工蓬莱基地：约50万吨	天能重工东营基地 海力风电东营基地 海力风电乳山基地
江苏	海力风电多个生产基地：50万吨 天能重工盐城基地：10万吨 泰胜蓝岛启东海工基地：约20万吨 润邦股份南通基地：约20万吨 江苏长风射阳、通州湾基地：40万吨 振华重工南通基地	海力风电启东基地
浙江	泰胜蓝岛（舟山）海上风电装备制造基地	
福建	福船一帆 中信重工漳州基地	
广东	中国水电四局（阳江）海工装备有限公司 广东粤水电新能源装备有限公司 文船重工中山基地 广东中远海运重工 天能重工汕尾基地：10万吨 大金重工阳江生产基地：20万吨 长风汕尾基地：20万吨	大金重工汕头生产基地 天顺风能阳江生产基地 天顺风能揭阳生产基地 泰胜风能广东生产基地
广西		文船重工钦州生产基地
海南		海力风电儋州洋浦基地

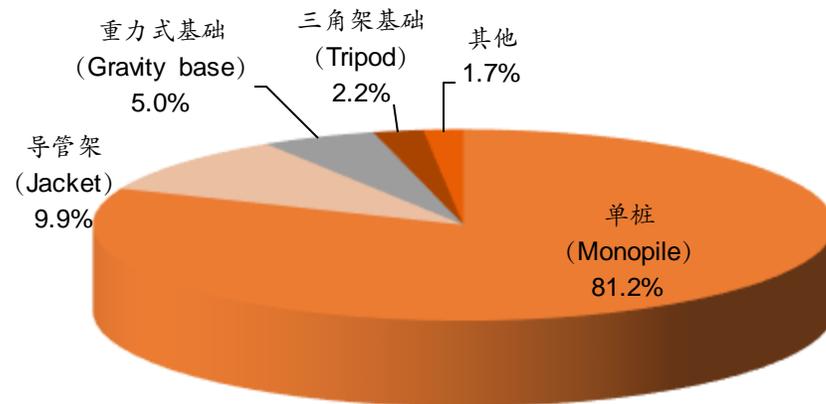
5.9 管桩：头部企业积极寻求出海并获得批量订单

- 截至2020年底，欧洲81%的海风基础采用单桩形式，欧洲单桩基础的供应格局较为集中，荷兰的Sif以及德国的EEW合计的市占份额接近90%；除了Sif和EEW以外，还包括丹麦的Bladt、德国的Steelwind等。随着欧洲海上风电的大发展，欧洲管桩生产企业参与者有所增加，头部企业开启大规模扩产。
- 国内海风管桩生产相对欧洲具有较明显的成本优势，但开拓欧洲市场也面临较高的运输成本，同时国内管桩企业的交付能力较强。近年来，以大金重工为代表的国内管桩企业开始拓展欧美市场并获得大量订单，2023年以来大金重工连续与欧洲能源开发企业签署海风项目单桩供应合同，合计合同金额7.43亿欧元。

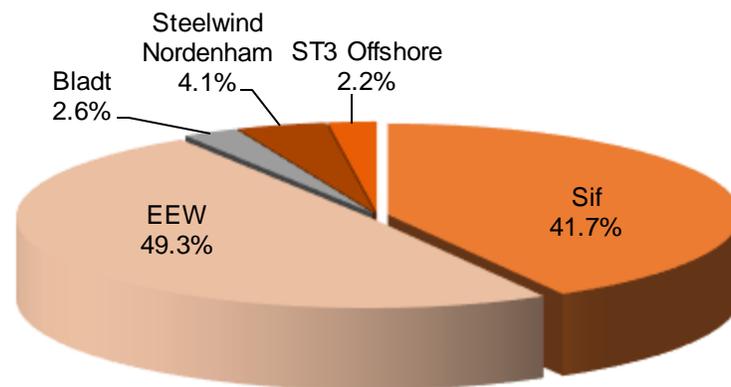
大金重工2022年以来获得的欧美海上风电管桩订单

时间	海风项目	中标内容
2022	英国MorayWest项目	48套单桩、30套过渡段、12套塔筒
2022	美国Boskalis项目	大型钢结构
2022	法国NOY-IleD'YeuetNoirmoutier项目	62套单桩
2022	英国DoggerBankB项目	41套塔筒
2023	丹麦Thor海风项目	36根单桩
2023	德国Nordseecluster项目	104套海上风机基础

截至2020年欧洲累计海风项目各类基础份额



2018-2020年欧洲海上风电单桩基础市场份额



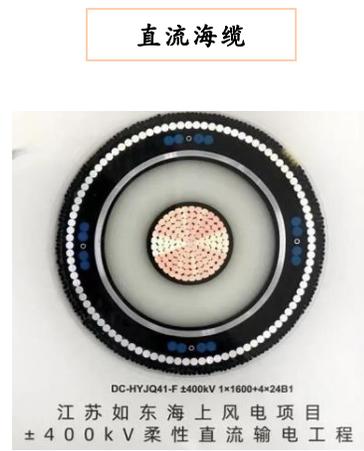
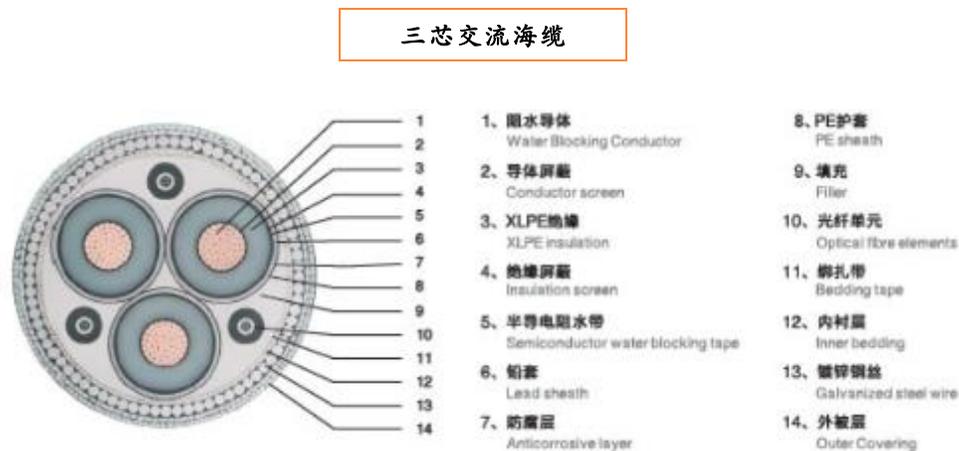
CONTENT 目录

- ① 一、风电产业链概览
- ② 二、陆上风电需求及产业形势
- ③ 三、国内海上风电需求研判
- ④ 四、海外市场海上风电需求研判
- ⑤ 五、海风产业链主要环节价值量及格局分析
- ⑥ 六、海风新兴产业趋势一：离岸化和柔性直流外送
- ⑦ 七、海风新兴产业趋势二：深水化与漂浮式
- ⑧ 八、投资建议与风险提示

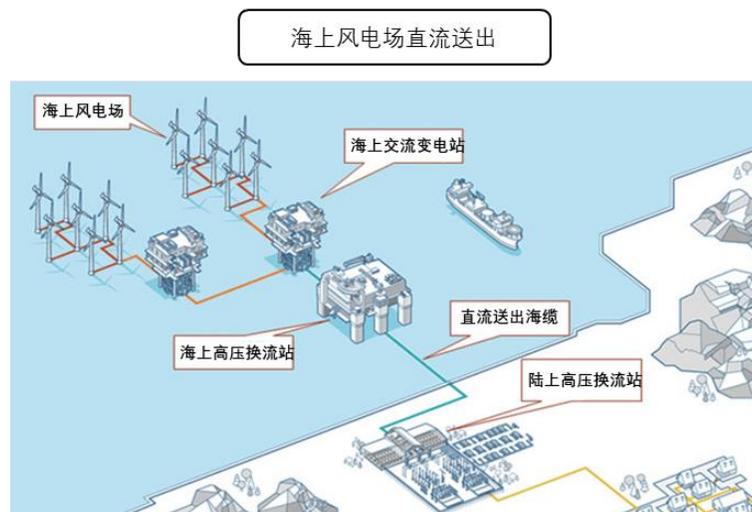
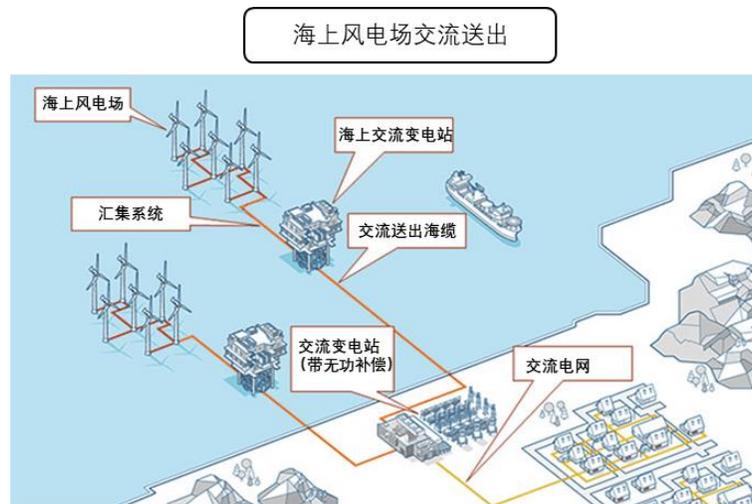
6.1 海上风电外送包括交流和直流两种模式

- 海上风电的海缆包括集电海缆和送出海缆，集电海缆将海上发电机组的电力汇集至海上升压站或换流站，一般采用交流，典型的电压等级是35kV和66kV。
- 送出海缆将海上升压站或换流站的电力传输至陆上，常见形式为三芯交流，以220kV为主，目前三芯330kV、500kV交流送出的海上风电项目也开始出现。柔性直流是外送的另一种方式，一般采用单芯的直流海缆外送，直流海缆的两端需要配置海上和陆上的换流站；目前国内采用柔直外送的海上风电项目案例较少。

三芯交流海缆和直流海缆结构示意图



典型海上风电交流送出和直流送出方案



6.2 直流海缆：国内早期应用于电网系统，欧洲已经批量应用

- 国内早期的直流海缆应用主要包括国家电网组织实施的两个孤岛联网工程，即2014年投运的舟山柔直工程和2015年投运的厦门柔直工程，两个项目分别采用了±200kV直流海缆和±320kV直流海缆，主要的直流海缆供应商包括中天科技、东方电缆和汉缆股份三家。这两个项目的实施对国内直流海缆产业的发展起到了重要推动作用。
- 欧洲海上风电柔直项目相对较多，直流海缆应用相对成熟。从国外已并网和在建海上风电的经验来看，输电距离在70km以内全部采用交流输电方式，100km以上的远距离输电采用柔直输电方式，输电距离在70-100km时综合考虑经济性和可靠性指标进行交直流方案比选分析。

德国典型的海上风电柔直送出工程情况

工程名称	直流电压/kV	容量/万kW	电缆长度/km
BorWin1	±160	40	200
DolWin1	±320	80	165
BorWin2	±300	80	200
HelWin2	±320	69	130
SylWin1	±320	86.4	205
DolWin2	±320	90	135
DolWin3	±320	90	160
DolWin6	±320	90	135

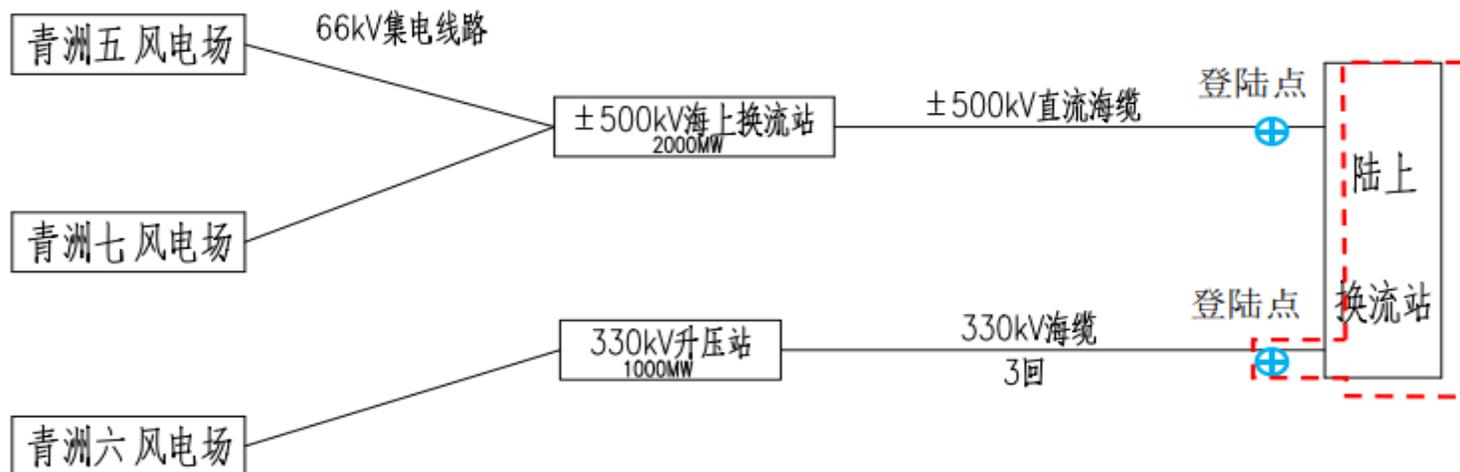
国家电网柔直工程直流海缆项目中标情况

项目名称	投运年份	海缆型号	海缆明细	长度 (km)	供应商
舟山柔性直流工程	2014	±200kV海缆	海底电缆-电压等级:DC200kV,型号:YJQ,截面积mm ² :1000,电缆芯数:1,铠装及外护套型式:41,光纤芯数:24	103.8	中天科技
		±200kV海缆	海底电缆-电压等级:DC200kV,型号:YJQ,截面积mm ² :300,电缆芯数:1,铠装及外护套型式:41,光纤芯数:24	34.2	
		±200kV海缆	海底电缆-电压等级:DC200kV,型号:YJQ,截面积mm ² :500,电缆芯数:1,铠装及外护套型式:41,光纤芯数:24	77.9	东方电缆
		±200kV海缆	海底电缆-电压等级:DC200kV,型号:YJQ,截面积mm ² :300,电缆芯数:1,铠装及外护套型式:41,光纤芯数:12	60.0	汉缆股份
厦门柔性直流工程	2015	±320kV海缆	电力电缆-电压等级:DC320kV,型号:YJLW,截面mm ² :1800,芯数:1,铠装及外护套形式:03,是否阻燃:ZC,是否纵向阻水:Z	21.8	中天科技

6.3 海风柔直项目：国内已投运1个，在建1个

- **已投运：1GW外送海风柔直项目1个。**三峡如东海上风电柔性直流输电示范项目2021年投运，该项目是目前国内唯一一个已投运的海上风电柔直外送项目。该项目送出方案如下：如东H6风电场（400MW）、H10风电（400MW）及远期拟扩建（300MW）的风电场的场区内各新建一座220kV海上交流升压站，风电机组发出的电能通过35kV海缆汇集至海上交流升压站的35kV线侧，经主变升压至220kV，每个220kV升压站均采用2回220kV交流海缆接至海上柔直换流站（离岸直线距离约70km），经海上换流站整流后采用±400kV的直流海缆接至陆上换流站。
- **在建：2GW外送海风柔直项目1个。**目前在建的柔直外送海风项目是三峡阳江青洲五、七，三峡阳江青洲五、七单体容量各1GW，经由1个容量2000MW的海上换流站及2根±500kV直流海缆连接至陆上集控中心。

◎ 三峡青洲五、六、七的送出方案示意图



6.3 柔性直流外送的换流站成本高于交流外送的变电站成本

- 以已经投运的三峡如东海上风电柔性直流输电示范项目为例，该项目直流海缆采购及敷设成本约15.1亿元，换流站相关成本（包括陆上和海上换流站施工、换流阀及控制保护、其他辅助设备）达到19.4亿元。如果以220kV交流送出方式，需要配置2座220kV升压站，三峡如东海上风电柔性直流输电示范项目的2座220kV海上升压站造价在3.3亿元左右。

◎ 三峡如东800MW海上风电项目主要环节招标采购情况（橙底标注为直流设备中标情况）

招标内容	招标时间	中标时间	中标主体	中标金额（亿元）	采购明细
勘察设计服务	2019.7	2019.8	中国电建	1.2	H6、H10 两个海上风电场项目全部工程的勘察、设计及服务工作
风力发电机组及塔筒设备	2019.7	2019.9	电气风电	50.3	装机规模800MW、单台机组容量4MW及以上的海上风力发电机组设备及配套塔筒
直流电缆采购及敷设	2019.7	2019.9	中天科技	15.1	2极总长约198km的1×1600mm ² ±400kV 直流光电复合海缆及附件、总长约18km的1×1600mm ² ±400kV 直流陆缆及附件的采购和敷设施工
柔性直流换流阀设备	2019.7	2019.9	许继集团、荣信汇科	7.45	陆上、海上换流阀及辅助设备
柔性直流控制保护系统及测量设备	2019.8	2019.10	南瑞继保	1.04	陆上站和海上站交直流控制和保护系统；监控系统、调度自动化和远动系统、测量计量装置、直流电源、通讯系统等设备
海上换流站及辅助平台建造安装工程	2019.8	2019.10	振华重工	9	一座海上换流站及导管架基础、一座海上辅助平台及导管架基础的建造及运输安装
220kV及35kV海缆采购	2019.8	2019.10	中天科技	5.43	长约12km的3×500mm ² 220kV 海底光电复合电缆及附件和长约272.9km的3×70-300mm ² 35kV海底光电复合电缆及附件
陆上换流站土建及海陆换流站辅助设备采购安装	2019.8	2019.9	中国能建	1.9	陆上换流站场平施工、土建施工、进站道路、桩基试验、临时工程、海陆换流站辅助设备采购安装等
海上升压站建造及安装	2019.8	2019.10	振华重工	3.3	两座 220kV 海上升压站的建造及安装工程
第一批次风机基础及安装工程（II标段）	2019.8	2019.10	南通海洋水建工程有限公司	13.2	H10项目300MW风机基础施工及安装，H10风电场全部35kV海缆及220kV海缆敷设施工等
第一批次风机基础及安装工程（I标段）	2019.9	2019.12	中天科技	18	H6风电场400MW风机基础施工及安装，H6风电场全部35kV海缆及220kV海缆敷设施工等
第二批次风机基础及安装工程	2021.1	2020.4	长江重庆航道工程局	4.1	H10 风电场25 个机位4MW 风机基础施工及风电机组安装涉及的全部工作

6.3 柔性直流外送的送出海缆成本明显低于交流外送

- 2019年完成海缆招标的三峡如东海上风电柔性直流输电示范项目的换流站离岸距离70km，直流海缆采购及敷设成本约15.1亿元（2根海缆，每根99km），项目总容量1100MW，对应每GW项目的送出海缆及敷设成本13.7亿元。
- 参考2022年以来完成海缆招标的龙源射阳1GW项目（采用交流三芯220kV外送）、三峡阳江青洲六（采用交流三芯330kV外送）、粤电青洲一、二（采用交流三芯500kV外送），可以推断，在相同的离岸距离情况下（如70公里），交流送出方案的送出海缆及敷设造价明显高于±400kV柔性直流外送方案。
- 综上，柔直外送相对交流在变电站环节成本更高，但在海缆环节成本较低，当离岸距离较远时，柔直外送的经济性显现。

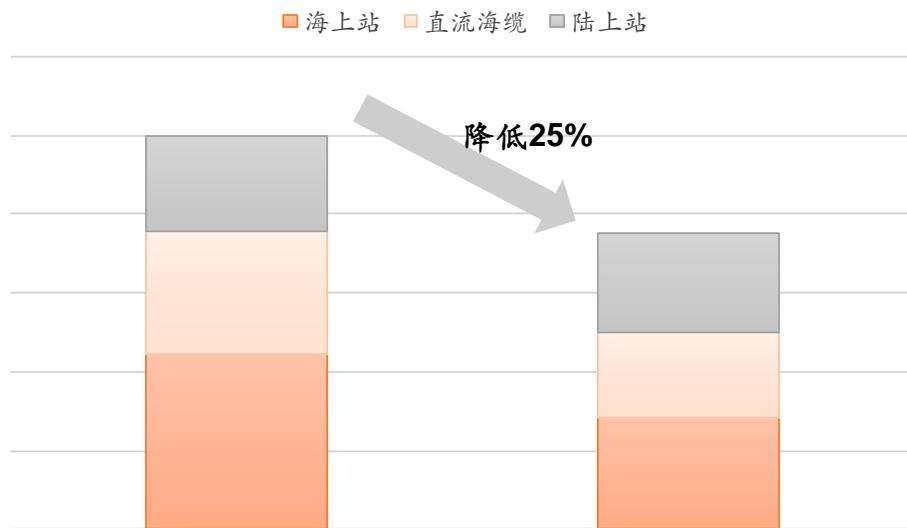
不同外送方案下1GW项目的外送海缆及敷设造价估算

	离岸距离（公里）	送出海缆及敷设造价（亿元）
±400kV/1.1GW柔性直流外送方案	70	13.7
典型220千伏交流外送方案	70	23
典型330千伏交流外送方案	70	24.5
典型500千伏交流外送方案	70	27.3

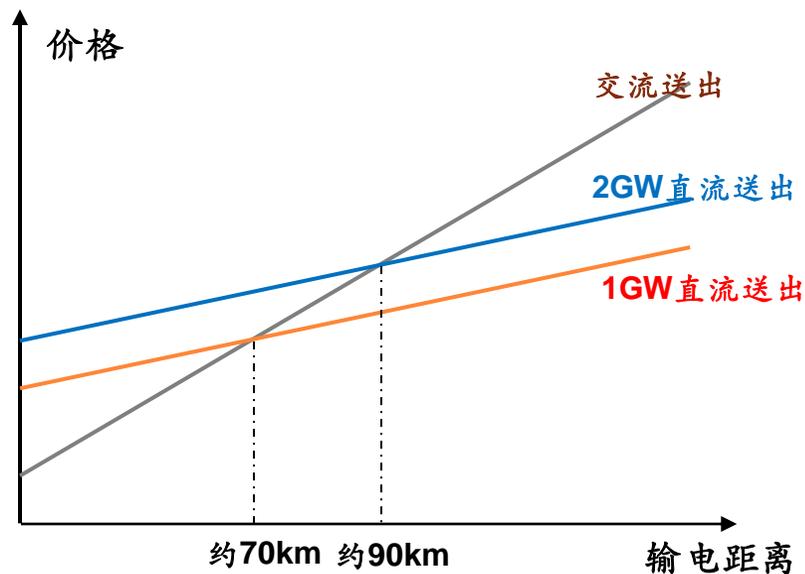
6.3 2GW外送方案进一步降低送出工程造价，缩短交直流等价距离

- 参考南方电网的研究结论，同样采用柔性直流外送方案，增加海上风电汇集送出容量能够降低单位容量送出成本，2GW柔直外送方案相较于1GW柔直外送方案，单位容量外送成本可降低25%。
- 1GW柔直外送方案与交流外送方案大致的等价距离约90公里，2GW柔直外送方案与交流外送方案的等价距离可降低至70公里。
- 三峡阳江青洲五、七的离岸距离已经超过70公里，随着海上风电开发向国管海域等离岸距离更远的海域推进，未来国内采用柔性直流外送的海上风电项目有望增加。

2GW外送柔直方案相对1GW方案的降低单位容量外送工程造价示意图



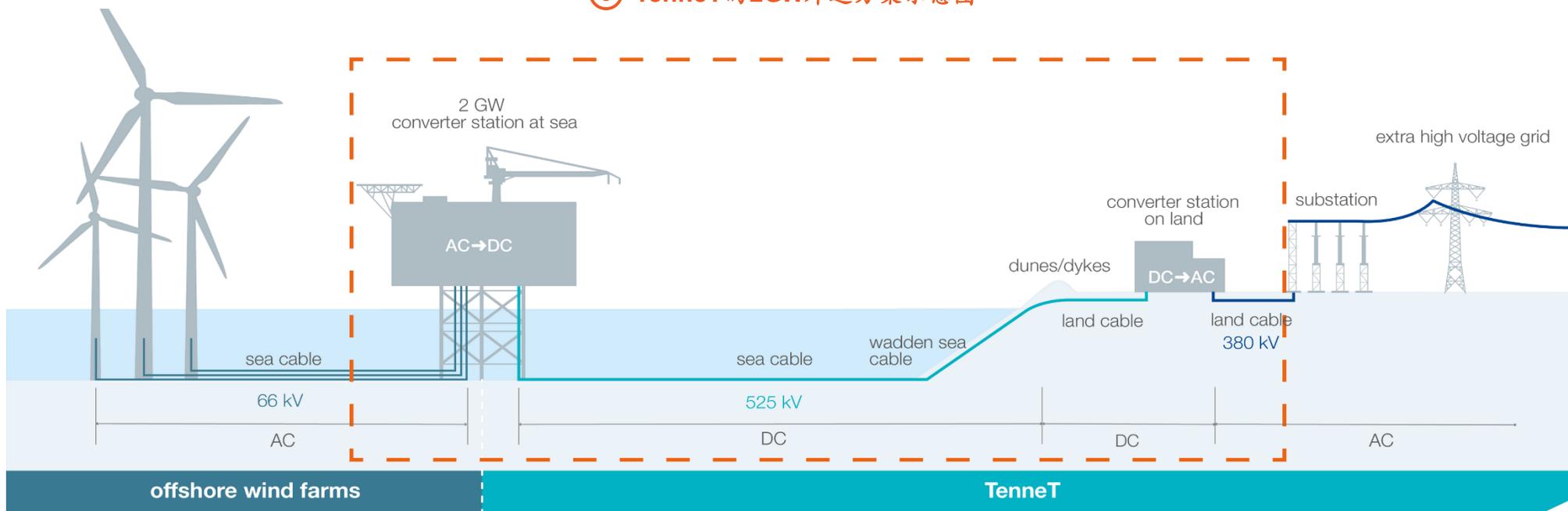
柔直外送与交流外送等价距离示意图



6.4 欧洲大力实施 “The 2GW Program”

- 欧洲正在大力推进海上风电的2GW外送方案，欧洲输电巨头TenneT推出“The 2GW Program”，即单个换流站容量2GW以及配套±525kV直流海缆外送的方案，TenneT认为“The 2GW Program”是下一代海上风电并网技术，计划将其标准化。按照TenneT的计划，在2031年之前，TenneT将在荷兰和德国北海海域部署14座高压直流换流站和直流海缆系统，每座对应的容量2GW，对应28GW的海上风电项目，部分项目外送海缆长度超过200公里。
- 2023年，荷兰和德国北海的9座高压直流（HVDC）换流站共计18GW的送出海缆招标结果公布，NKT、Nexans以及由Jan De Nul集团、LS Cable & System、Denys组成的联合体共同中标，每家将负责3座换流站525kV高压直流海缆的设计、生产和施工。

📍 TenneT的2GW外送方案示意图



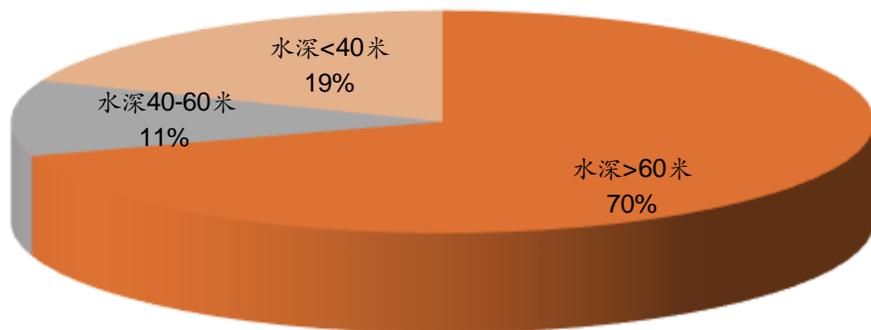
CONTENT 目录

- ① 一、风电产业链概览
- ② 二、陆上风电需求及产业形势
- ③ 三、国内海上风电需求研判
- ④ 四、海外市场海上风电需求研判
- ⑤ 五、海风产业链主要环节价值量及格局分析
- ⑥ 六、海风新兴产业趋势一：离岸化和柔性直流外送
- ⑦ 七、海风新兴产业趋势二：深水化与漂浮式
- ⑧ 八、投资建议与风险提示

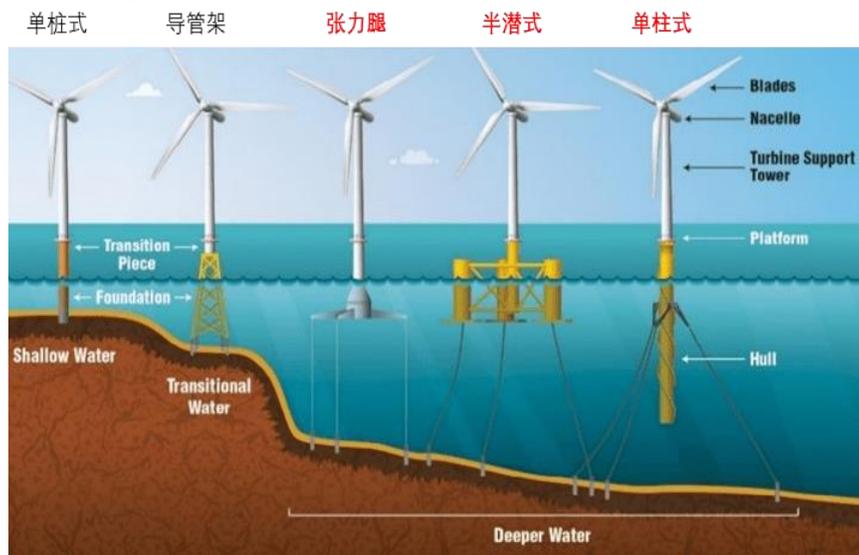
7.1 漂浮式海风：资源禀赋决定大有可为

- 海上风电的开发一般是从近海向深远海逐步推进，从资源量的角度，深远海的区域面积大、风资源好，可开发的潜力大；研究显示，全球大部分风资源位于水深超过60米的海域。
- 在迈向深远海时，传统的采用固定式基础的海上风电在技术和经济上面对的挑战增加，水深越大，固定式海上风机基础的材料用量越多，且施工难度也会提升，一般认为，当水深超过60m，漂浮式较固定式更为适用。
- 漂浮式基础通过系泊系统与海床相连，摆脱了复杂海床地形以及复杂地质的约束，受水深影响小，且同一海域的若干台风机基础可做成标准型式，可以大幅提高建造效率、降低开发成本，运维也较为便利。
- 按照美国能源部的表述，美国大约三分之二的海上风能潜力存在于“无法在海床上固定底部的风力涡轮机的水域之上”。

全球不同水深区域的海上风能开发潜力占比



适应不同水深的海上风电基础结构示意图



7.2 漂浮式海风：海外处于样机和小型试验风场验证阶段

- 漂浮式样机：**2009年，挪威国家石油公司 Equinor 率先开展了全球首台海上浮式风机样机实测项目，即 Hywind Demo 项目，该项目采用单柱型基础，距离挪威西南海岸线 10km 处，单机容量 2.3MW，水深约 200m。2011 年，WindFloat 1 投运，这是全球首台采用半潜技术方案的漂浮式样机。这两台样机的投运有力推动了漂浮式海上风电的发展，之后多个国家开启漂浮式海上样机的验证工作。
- 小型漂浮式风场：**基于多年的样机运行经验，2017 年全球首个漂浮式风电场在英国投运，截至 2022 年底，全球已经投运的漂浮式海上风电场共 3 个，均属于试验性质的小型风电场，合计规模约 105MW，还有一个风电场处于在建和即将投运状态。目前除中国以外，还没有在建的百兆瓦级的漂浮式风电场。

海外历年建成投运的漂浮式样机（部分）

项目名称	海域	投运时间	技术开发者	技术方案	浮式基础类型	容量
Hywind Demo	挪威	2009	Equinor	Hywind	立柱式	2.3MW
WindFloat 1（已拆除）	葡萄牙	2011	Principle Power	WindFloat	半潜式	2MW
Fukushima Forward phase 1	日本	2013	Mitsui Engineering & Shipbuilding	Semi-Sub	半潜式	2MW
Kabashima（已拆除）	日本	2013	Toda Corporation	Hybrid Spar	立柱式	2MW
Fukushima Forward phase 2	日本	2015	Mitsubishi Heavy Industries	V-Shape Semi-Sub	半潜式	7MW
Fukushima Forward phase 3	日本	2016	Japan Marine United	Advanced Spar	立柱式	5MW
Sakiyama	日本	2016	Toda Corporation	Hybrid Spar	立柱式	2MW
Floatgen	法国	2018	IDEOL	Damping Pool	半潜式	2MW
IDEOL Kitakyushu Demo	日本	2018	IDEOL	Damping Pool	半潜式	3MW
Ulsan Demo	韩国	2020	Mastec Heavy Industries	Semi-Sub	半潜式	0.75MW
Tetraspar Demonstration	挪威	2021	Steisdal Offshore Technologies	Tetraspar	立柱式	3.6MW
DemoSATH	西班牙	2022	Saitec	SATH	驳船式	2MW

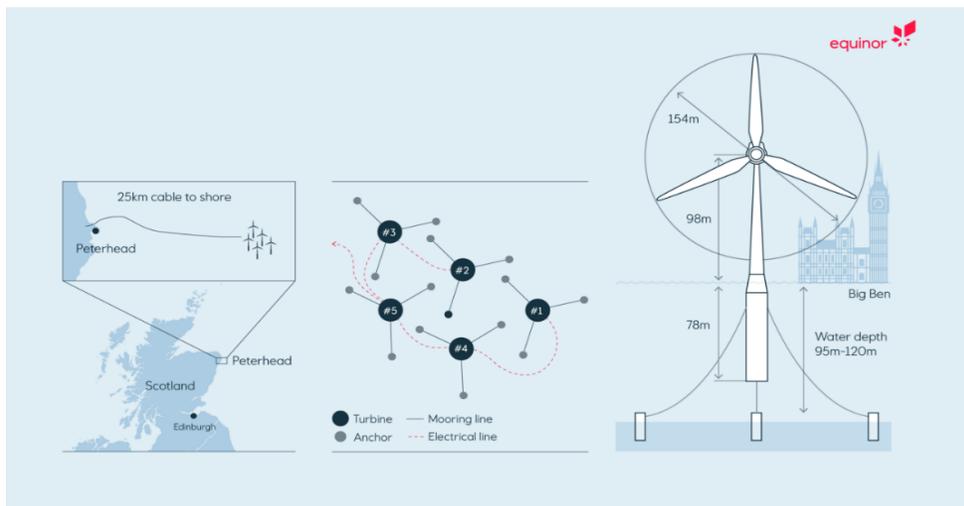
海外历年建成投运的漂浮式海上风电场

项目名称	海域	投运时间	技术开发者	技术方案	浮式基础类型	项目名称	总容量	单机容量
Hywind Scotland	英国	2017	Equinor	Equinor	Hywind	立柱式	30MW	6MW
WindFloat Atlantic	葡萄牙	2019	EDPR, ENGIE, Repsol, PPI	Principle Power	WindFloat	半潜式	25MW	8.4MW
Kincardine	英国	2021	Pilot Offshore, Cobra	Principle Power	WindFloat	半潜式	50MW	9.5MW
Hywind Tampen	挪威	2023	Equinor	Equinor	Hywind	立柱式	88MW	8MW

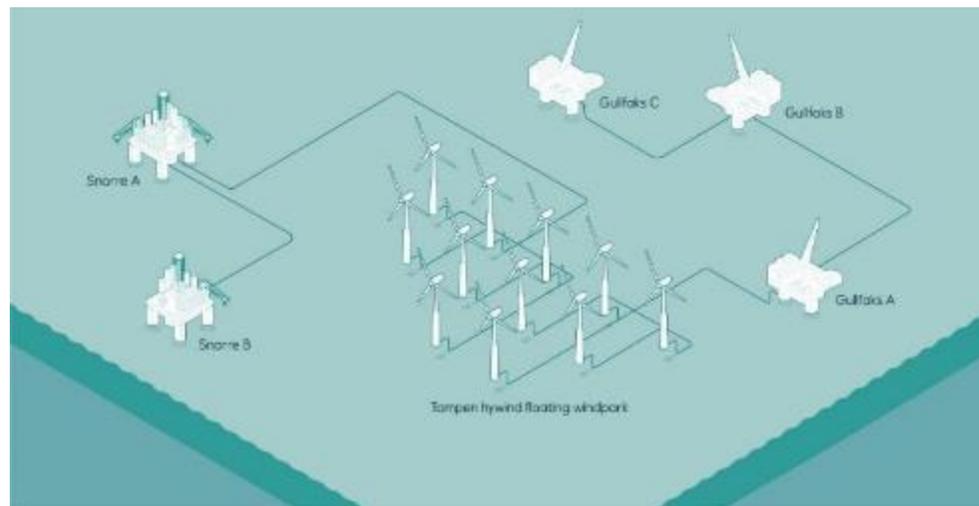
7.2 漂浮式海风：欧洲典型的漂浮式风电场

- **Hywind Scotland**是全球首个漂浮式海上风电场。该风电场是2009年投运的样机Hywind Demo经过多年运行验证之后采用同源技术的试验风电场，共包括5台单机容量6MW的风电机组，于2017年投运。该风电场由Equinor和阿联酋清洁能源投资公司Masdar合作开发，项目总投资约20亿挪威克朗。根据披露数据，该风电场运行后的前两年平均容量系数达到56%，即年均的利用小时达到4900小时，是英国容量系数最高的海上风电场。
- **Hywind Tampen**将是全球首个商业化运行的漂浮式项目。该项目同样采用Hywind技术方案，包括11台SG 8.0-167 DD风机，总容量88MW；该风电场所发电力主要供给附近的Snorre A/B、Gullfaks A/B/C等五个石油和天然气平台，能够满足这五个海上油气平台每年35%的电力需求。项目离岸140公里，所处水深260-300米，总投资近50亿挪威克朗，计划于2023年投运。

Hywind Scotland项目示意图



Hywind Tampen给油气平台供电示意图



7.2 漂浮式海风：海外主要国家政策推进力度较大

- 目前海外漂浮式海上风电发展相对领先的是欧洲和日本，韩国快速跟进，美国开始布局。在当前能源低碳转型以及能源安全备受关注的背景下，结合当前技术储备情况，漂浮式海上风电呈现加快发展的态势，部分国家推出专项资金以支持漂浮式海风发展，英国、法国、挪威、韩国等国家有望率先推出商业化运行的大型漂浮式海上风电项目。
- 2022年1月，苏格兰皇家地产局宣布了苏格兰海上风电首轮用海权招标结果，17个中标项目的拟开发容量合计24.8GW，其中漂浮式海上风电容量14.5GW；2022年12月，美国海洋能源管理局在加利福尼亚中部和北部外大陆架区域完成首次海上风电租赁销售，租赁拍卖的五个区块全部采用漂浮式技术方案，服务美国2035年15GW的漂浮式装机目标。

主要国家漂浮式海上风电发展规划和动态

国家	漂浮式海风相关规划或动态
英国	计划到2030年建设1GW及以上的漂浮式海上风电。2021年苏格兰皇家资产管理局发起ScotWind海底租赁，最终在74个申请人中选择了17个海上风电项目，总容量为24.8GW，其中漂浮式海上风电容量14.5GW。
法国	根据“法国2030”计划，法国将投入3亿欧元专项资金用于发展漂浮式海上风电，目前已有多个小型漂浮式风电场在建。法国近期宣布，启动在地中海沿岸建设两座漂浮式海上风电场的招标程序，这两座风电场项目预计将于2023年定标，2030年前投入使用，单体规模均为250MW。
挪威	挪威政府已批准两个海域的海上风电开发：Utsira Nord (1.5 GW) 和 Sørlige Nordsjø II (3 GW)，其中Utsira的平均水深为267米，适合采用漂浮式方案，Sørlige Nordsjø II的平均水深60米，漂浮式和固定式都可行。
日本	日本海域浅水区面积有限，具有较大的漂浮式发展潜力，长期以来日本推动漂浮式样机验证，但进展缓慢。2020年完成招标的GOTO浮式海上风电项目是日本政府公布《可再生海域利用法》后首次进行招标的海上风电项目，也是日本首个计划商业化运行的浮式海上风电场。日本2021年进行了约1.7GW的固定基础海上风电招标，从电价水平看，漂浮式项目电价依然明显高于固定式，日本漂浮式海上风电的发展有赖于成本的降低。
韩国	2021年5月，韩国宣布到2030年漂浮式海上风电装机规模达到6GW，欧洲诸多的油气巨头和电力巨头均在积极进军韩国漂浮式海上风电市场。
美国	2022年9月，拜登政府宣布了一项到2035年安装15GW漂浮式海上风力发电装置的计划，除了15GW的装机目标外，这项计划还旨在将漂浮式海上风电技术的成本降低70%以上，达到每兆瓦时45美元。

7.3 漂浮式海风：国内起步晚，5台样机投运或在建

- 2021年7月，由三峡集团投资建设的国内首台漂浮式海上风电平台——“三峡引领号”在广东阳江海域成功安装，该机组位于三峡阳江沙扒三期400MW海上风电场项目A1区场址内，水深28-32米，场址中心离岸距离30公里。“三峡引领号”采用三立柱半潜式平台，风机安装于其中一个立柱上，通过9根约1000米长系泊缆与9个吸力锚连接定位，最高可抗17级台风，项目整体造价约2.44亿元。
- 截至目前，国内已建成和在建的漂浮式样机共5台。

三峡引领号



三峡引领号的工程进度



我国已投运和在建的漂浮式样机情况

序号	并网时间	样机名称	投资方	单机容量	水深	基础类型	所处海域
1	2021.12	三峡引领号	三峡集团	5.5MW	约30米	半潜	广东阳江
2	2022.6	海装扶摇号	中国海装	6.2MW	50-70米	半潜	广东湛江
3	2023.5	海油观澜号	中海油	7.25MW	120米	半潜	海南文昌
4	在建	龙源漂浮式样机	龙源电力	4MW	约35米	半潜	福建莆田
5	在建	明阳青洲四样机	明阳智能	16.6MW	41-46米	半潜	广东阳江

7.3 漂浮式海风：国内率先开建百兆瓦级项目

- 万宁市漂浮式海上风电项目规划装机容量100万千瓦，分两期建设，一期工程装机容量20万千瓦，计划2025年10月建成并网，二期工程装机容量80万千瓦，计划于2027年建成并网。2022年9月，水电水利规划设计总院在北京主持召开了万宁漂浮式海上风电100万千瓦试验项目一期工程可行性研究报告评审会议；2022年12月，海南万宁漂浮式海上风电项目举行开工仪式。
- 根据披露信息，万宁市100万千瓦漂浮式海上风电项目预期的年均发电量达42亿度，对应的利用小时为4200小时，高于广东等地区采用固定式基础的海上风电项目。该项目一期工程20万千瓦，预期的投资规模50亿元，对应的单价为25元/W；二期工程80万千瓦，预期的投资规模175亿元，对应的单价21.9元/W。综合来看，万宁市100万千瓦漂浮式海上风电项目计划的单位投资为22.5元/W，在不考虑提升利用小时的情况下，投资成本再下降25%有望实现在平价条件下获得合理的投资收益率。
- 2023年6月，万宁漂浮式海上风电试验项目一期工程10万千瓦样机工程EPC总承包中标候选人公示（拟安装6台单机容量为16MW-18MW的风力发电机组，配套建设1座220kV陆上升压站，风电机组发出的电能通过2回66kV海底电缆直接接入配件的220kV陆上升压站），第一中标候选人的投标报价仅20.88亿元，即20.88元/W。

万宁漂浮式示范项目参数估算以及与典型固定式海风项目对比

	造价 (元/W)	利用小时	单机容量 (MW)	当地燃煤基准电价 (元/kWh)
广东区域常规固定式海风项目	12-13	3600-3900	11-14	0.453
山东区域常规固定式海风项目	10	3300-3400	8.5	0.3949
海南万宁漂浮式海风项目一期	25	4200	16	0.4298

万宁漂浮式海上风电试验项目一期工程10万千瓦样机工程EPC总承包中标候选人情况

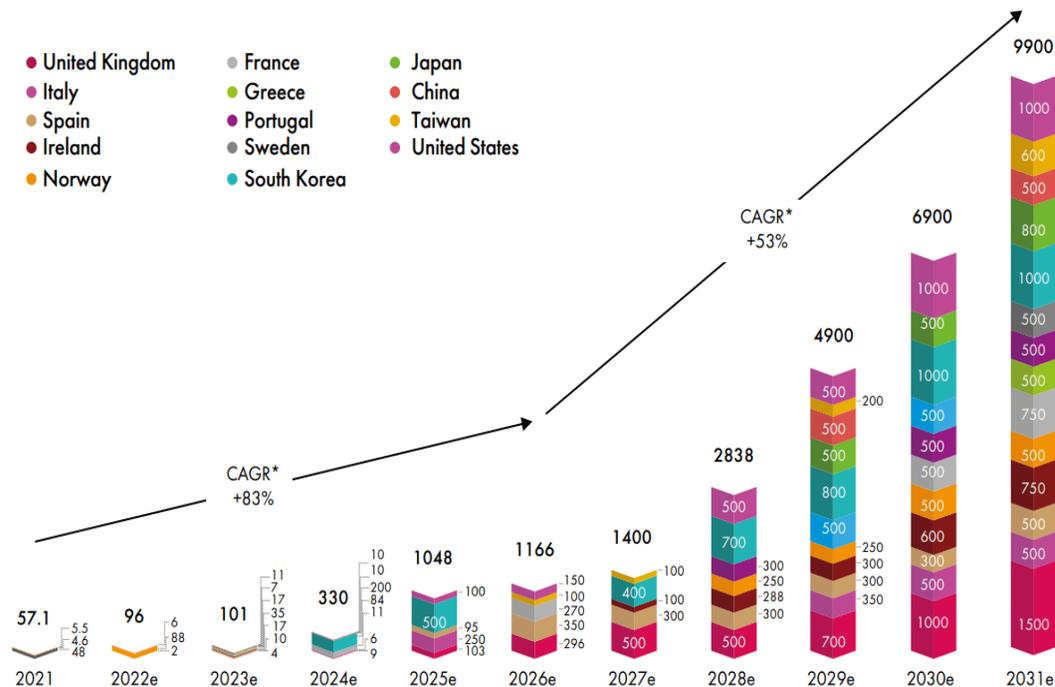
排序	中标候选人	投标报价 (亿元)
1	中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司 联合体	20.88
2	中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司	25.29
3	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	28

7.4 漂浮式海风：降本路径较为清晰，未来前景可期

- 未来主要的降本路径包括：
 - 1. 风机大型化：**单机容量提升对于漂浮式项目降本效果明显，2011年投运的WindFloat 1样机的单机容量2MW，2021年投运的Kincardine项目单机容量9.5MW，虽然后者单机容量是前者的近5倍，但漂浮式基础的重量不到前者的2倍，而深远海风资源较好，更利于机组大型化。
 - 2. 单体规模的增大和规模效应：**漂浮式风电场单体规模的增大是降本的关键，这在Hywind Demo（2.3MW）、Hywind Scotland（30MW）、Hywind Tampen（88MW）等实际项目上已经体现，随着单体规模达到200MW以上，漂浮式海上风电的单位投资成本和度电成本有望进一步快速下降。
 - 3. 浮式基础、锚固系统、风机的优化设计。**

- 按照GWEC的预测，从2025年开始，漂浮式海上风电进入新增装机达到GW级的商业化阶段，欧洲、中日韩和美国将主导全球漂浮式海上风电市场。

2022年GWEC对全球漂浮式海风新增装机的预测（MW）

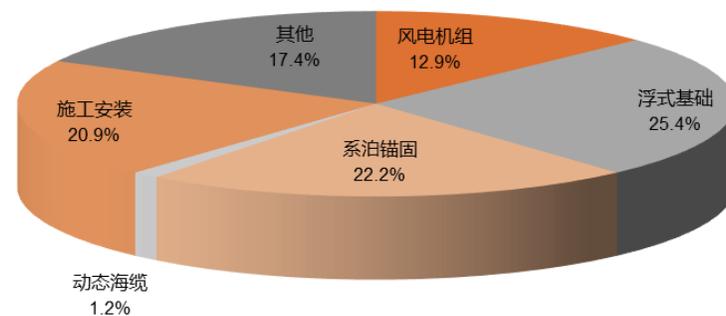


7.5 漂浮式海风：主设备及施工与固定式海风差异较大

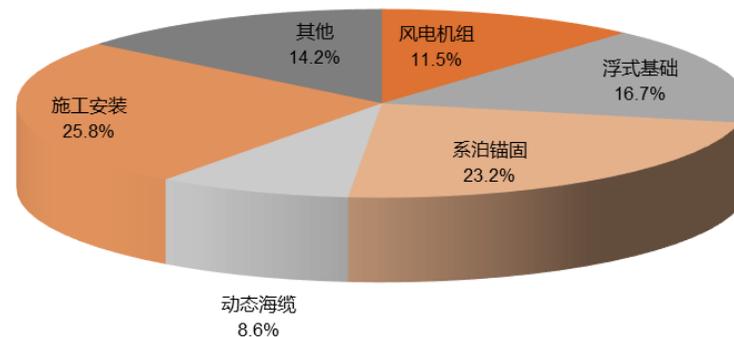
- **基础**：固定式海风基础为桩基，包括单桩、导管架等形式，而漂浮式海风相对应的是漂浮的基础平台（如半潜式）和系泊系统，固定式和漂浮式在基础方面差异明显。
- **海缆**：固定式海风采用静态海缆，海缆敷设在海底，而漂浮式海风需要采用动态海缆，部分海缆段悬浮于海中。
- **风机**：对于风电机组而言，固定式海风的风电机组摆动幅度较小，而漂浮式海风的摆动幅度相对较大，对风机的设计、控制等提出更高要求。未来漂浮式如果采用双转子风机，则与固定式差异更为明显。
- **施工**：由于省去固定式基础的打桩环节，且风机安装可在港口完成，漂浮式海风的施工相对固定式有所简化。

典型漂浮式海上风电项目成本结构估算

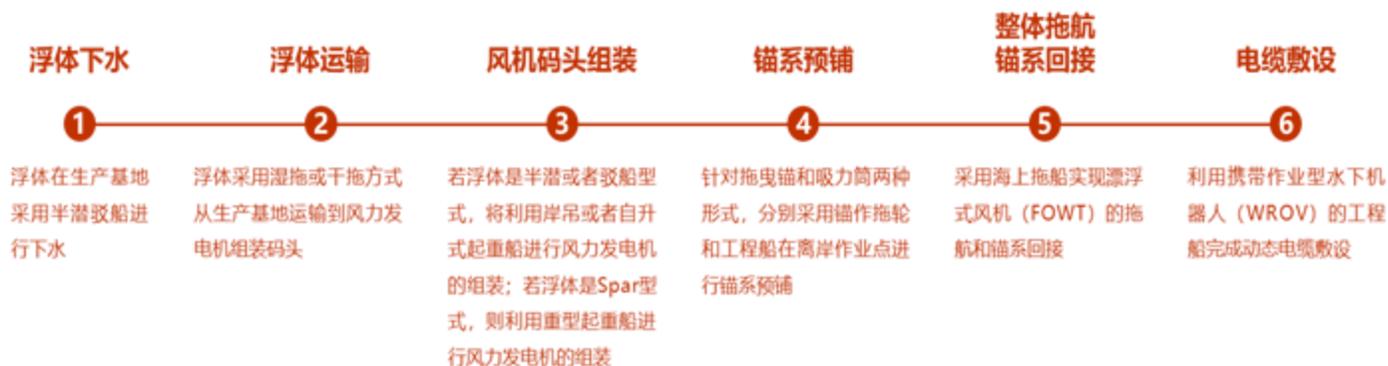
三峡引领号成本结构



海装扶摇号成本结构



漂浮式海上风电工程关键步骤



7.5 漂浮式海风：国内具有较完善的供应链体系

- **风电整机：**目前明阳智能、海装风电都具有漂浮式海上风机工程业绩，预计未来国内主流的海上风机企业都将推出漂浮式产品。
- **动态缆：**目前东方电缆在漂浮式海上风电动态缆方面具有相对丰富的工程业绩，预计未来国内其他的海缆龙头跟进。
- **浮式基础：**国内多家海工企业具备半潜式浮式基础的设计和生产能力。
- **系泊链：**亚星锚链是全球系泊链龙头，具有R6级的系泊链工程业绩，国内青岛锚链、巨力索具等企业也具备漂浮式海上风电样机系泊链工程业绩。
- **锚：**锚的技术难度较高，2022年11月，明阳青洲四漂浮式风电吸力锚制作项目在马尾造船厂点火开工，马尾造船厂此次承接了该项目6个吸力锚的生产制造。
- 国内漂浮式海上风电供应链体系在全球范围内领先，我国漂浮式海上风电实现弯道超车、后发先至的形势明朗，未来国内供应链的降本情况是全球漂浮式海风发展的关键。

国内漂浮式样机的供应商情况

项目名称	技术类型	风电机组	系泊链/索	浮式基础平台	动态缆
三峡引领号	半潜式	明阳智能	巨力索具/亚星锚链	惠生海工	东方电缆
海装扶摇号	半潜式	中国海装	亚星锚链	中船黄埔文冲	
龙源示范项目	半潜式	电气风电		金海智造&中岛建设	
中海油示范项目	半潜式	明阳智能	亚星锚链	海油工程	东方电缆

海油观澜号（7.25MW）项目主设备造价情况

招标项目	中标主体	中标金额（万元）
风力发电机组及附属设备（含塔筒）	明阳智能	4415
专用动态缆工程	东方电缆	3020
系泊缆链及附件	亚星锚链	2599

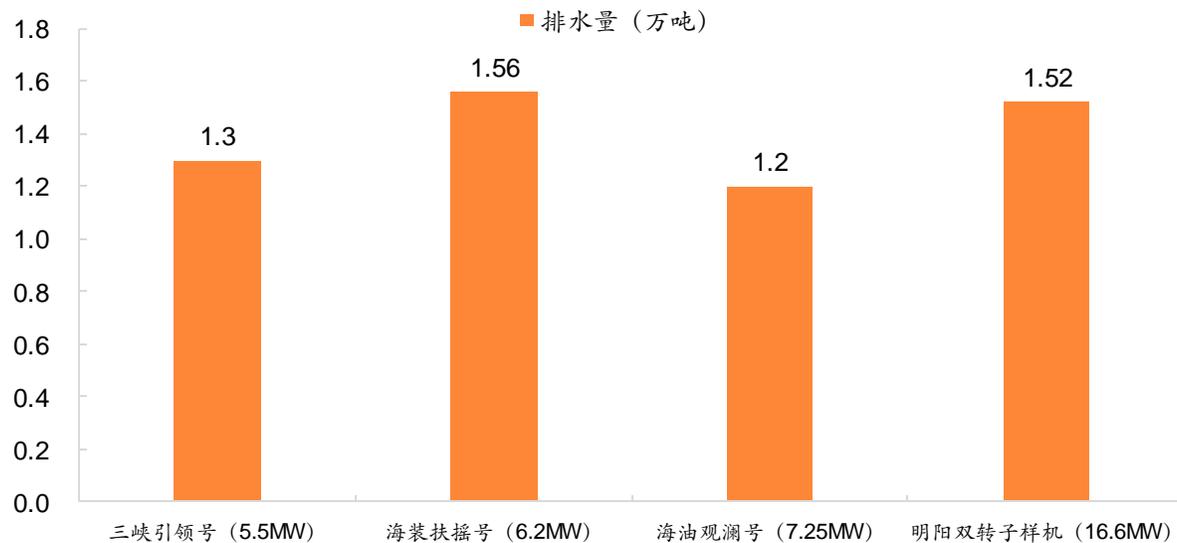
7.6 漂浮式海风：双转子风机有望引领变革

- 2022年9月，明阳智能推出了OceanX（中文名：蓝色能动）双转子漂浮式海上风力发电机，单机容量16.6兆瓦，排水量15155吨。明阳智能CTO张启应表示，从单台风机来看，两个小风轮朝相反方向转动，且叶片相对较短能降低尾流影响，实现比同样扫风面积的单个大风轮多发电4.29%的效果。目前，明阳阳江青洲四项目处于在建状态，装机总容量为50万千瓦，包含1台16.6MW的双转子漂浮式机组，预计2023年并网。
- 2022年7月，英国政府公布第四轮可再生能源差价合约拍卖结果，本次拍卖包含1个漂浮式海上风电项目，即TwinHub项目，项目规模32MW，预期的投运时间为2026-2027年，明阳智能将为该项目提供风机产品，最终拍卖的上网电价为87.3英镑/MWh（折合人民币约0.707元/千瓦时）。该项目位于英国凯尔特海域，按照英国规划，后续将在该海域大规模开发漂浮式海上风电项目，双转子漂浮式风机有望得到规模化应用。

明阳智能16.6MW双转子漂浮式风机结构示意图



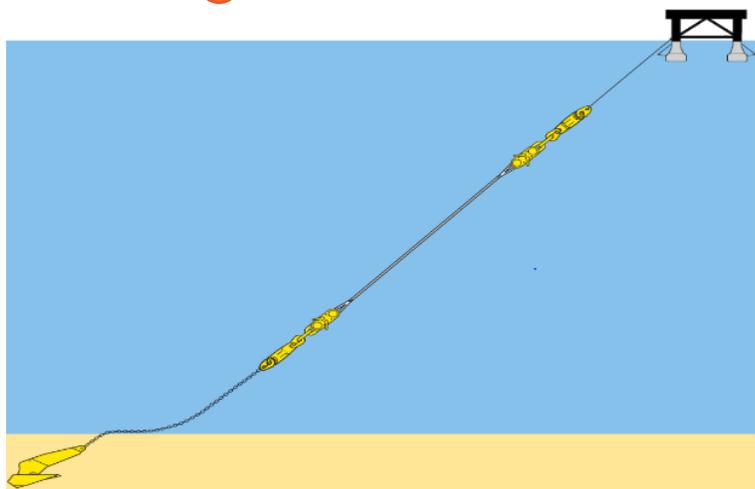
国内典型漂浮式样机排水量比较



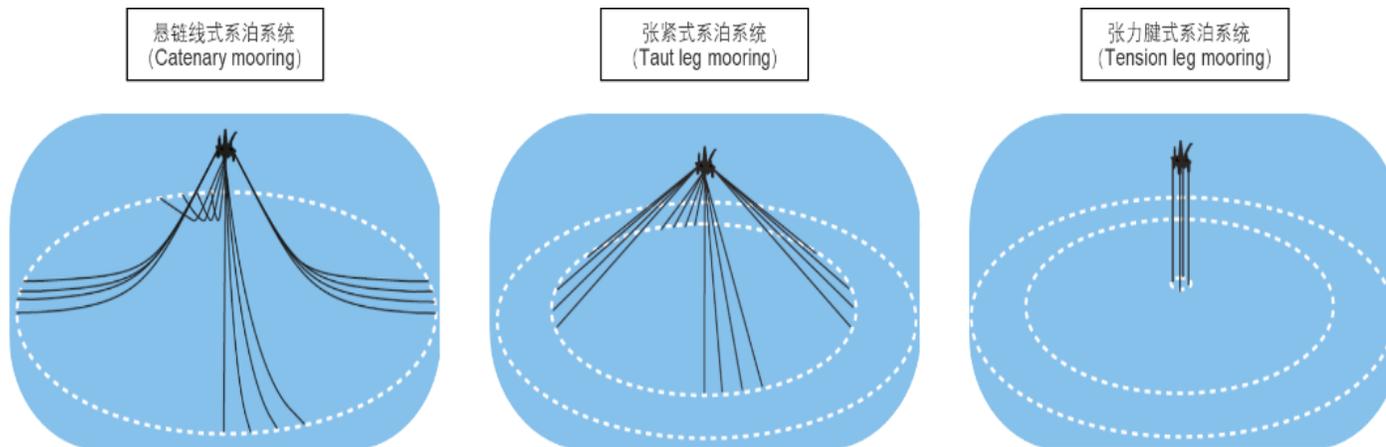
7.7 漂浮式海风：系泊链具有较高投资价值

- 漂浮式风机需要通过系泊系统进行位置和运动的约束，系泊锚固系统一般由系泊线、锚固装置、连接器等组成。在正常使用阶段，系泊锚固系统可以保证漂浮状态下浮式基础结构的稳定性；在遭遇极端海况时，系泊锚固系统能够确保浮式基础的安全性。
- 漂浮式海上风电系泊链主要有悬链线式、张紧式、张力腿式三种形式，目前国内以悬链线式为主。悬链线式系泊链的系泊线通常为锚链结构，因其制造成本低、工序简单、强度高等优点，是运用最广泛的系泊材料。系泊线的预张力主要取决于锚链的悬空段，锚链的回复力主要通过锚链悬空段的变化来实现，海床锚固装置仅承受水平力。这种系泊方式在海床上具有较长的平躺段，锚链重量随着水深增加而急剧增大。
- 系泊链的成本占比较高，海装扶摇号、海油观澜号等典型项目系泊链的价值量达到3.5元/W以上，且供给端格局较好，随着漂浮式海上风电新增装机规模的增长，国内系泊链头部企业有望深度受益。

典型系泊系统结构图



三种不同类型系泊系统结构示意图



CONTENT 目录

- ① 一、风电产业链概览
- ② 二、陆上风电需求及产业形势
- ③ 三、国内海上风电需求研判
- ④ 四、海外市场海上风电需求研判
- ⑤ 五、海风产业链主要环节价值量及格局分析
- ⑥ 六、海风新兴产业趋势一：离岸化和柔性直流外送
- ⑦ 七、海风新兴产业趋势二：深水化与漂浮式
- ⑧ 八、投资建议与风险提示

8.1 投资建议：优选具备阿尔法的四条细分主线

风电整机格局优化

目前陆上风机的竞争已经白热化，不同风机企业应对价格战的能力不同，整机已经步入逐步出清阶段

陆上风机

风机大型化和价格下行仍将持续，价格下降将导致盈利水平承压，预计2023年部分陆上风机企业亏损，双馈风机企业具备一定成本优势，价格战有望推动行业出清。**主要标的：明阳智能、三一重能、运达股份**

海上风机

明阳在国内市场的竞争优势明显，在意大利、日本、越南、英国等海外市场获得订单，且在漂浮式海上风机方面应用业绩明显领先，未来明阳在海上风机领域的竞争优势有望进一步提升。**主要标的：明阳智能**

海风产业链出口

海上风电大发展是全球性趋势，国内海风制造产业具有竞争优势，主要环节已经开始逐步出口

管桩

国内企业具有交付能力（产能）和成本优势，大金重工已经批量出口欧洲，海力风电正在建设管桩出口基地。**主要标的：大金重工、海力风电**

风电整机

国内海风整机价格明显低于欧洲，明阳智能已经获得越南、意大利、日本的海风订单，未来有望加速出海，预计单瓦盈利明显高于国内。**主要标的：明阳智能**

海缆

中天和东缆已经获得了欧洲的海上风电海缆订单，目前仍处于海外拓展的前期阶段，未来海缆出口具备较大潜力。**主要标的：东方电缆、中天科技**

8.1 投资建议：优选具备阿尔法的四条细分主线

离岸化和柔性直流

海上风电的离岸化发展是必然趋势，目前广东、浙江、河北等省离岸距离超过70公里的项目已经开始出现

海缆

离岸距离较远时，一般采用高电压等级的交流或直流海缆，高端产品准入门槛更高，利好头部海缆企业，并有望推动行业集中度的提升。**主要标的：东方电缆、中天科技**

换流阀

柔性直流外送方案的换流站成本较高，主要设备为换流阀。**主要标的：许继电气**

深水化和漂浮式

随着海上风电项目的深水化，漂浮式海上风电发展大势所趋，国内已经开启百兆瓦级项目建设，平价并不遥远

系泊链

漂浮式最为受益的环节。国内供给端格局非常好，亚星锚链主导，目前每瓦的价值量达到3.5元以上，1GW项目的系泊链市场35亿以上。部分项目也采用钢丝绳索与系泊链结合使用。**主要标的：亚星锚链、巨力索具**

动态缆

漂浮式海风的集电海缆采用动态海缆，与固定式海风的静态集电海缆相比，壁垒和价值量更高，东方电缆技术实力和工程应用业绩领先。**主要标的：东方电缆**

整机

明阳处于领先地位，推出了16MW的传统形式的漂浮式风机，以及16.6MW的双转子风机，并已获得海外订单。**主要标的：明阳智能**

8.1 投资建议：具体标的盈利预测、估值与评级

股票名称	股票代码	股票价格		EPS			P/E				评级
		2023-6-9	2022	2023E	2024E	2025E	2022	2023E	2024E	2025E	
大金重工	002487.SZ	33.79	0.71	1.46	2.12	2.91	47.6	23.1	15.9	11.6	推荐
东方电缆	603606.SH	50.73	1.22	2.16	2.81	3.54	41.6	23.5	18.1	14.3	推荐
明阳智能	601615.SH	17.12	1.52	1.97	2.58	3.42	11.3	8.7	6.6	5.0	推荐
亚星锚链	601890.SH	10.28	0.16	0.21	0.28	0.39	64.3	49.0	36.7	26.4	推荐
日月股份	603218.SH	19.03	0.33	0.84	1.10	1.36	57.7	22.7	17.3	14.0	推荐
天顺风能	002531.SZ	15.58	0.35	0.72	1.02	1.30	44.5	21.6	15.3	12.0	推荐
金风科技	002202.SZ	10.73	0.56	0.65	0.96	1.35	19.2	16.5	11.2	7.9	推荐
三一重能	688349.SH	33.00	1.39	1.83	2.37	2.92	23.7	18.0	13.9	11.3	未评级
运达股份	300772.SZ	12.91	0.88	1.09	1.30	1.71	14.7	11.8	9.9	7.5	未评级
新强联	300850.SZ	36.08	0.96	2.05	2.83	3.47	37.6	17.6	12.7	10.4	未评级

8.2 风险提示

- 全球海上风电的发展受政策、宏观环境等诸多因素影响，存在需求不及预期的风险。
- 海上风电的高景气吸引了越来越多的参与者，部分制造环节可能存在竞争加剧和盈利水平不及预期的风险。
- 国内海上风电出口形势向好，如果主要海外市场贸易保护主义抬头，可能导致海风产业链出口节奏不及预期。
- 漂浮式海上风电的发展有赖于经济性的提升，如果技术进步和降本速度不及预期，可能导致漂浮式海上风电的整体发展节奏不及预期。

平安证券综合研究所投资评级:

股票投资评级:

强烈推荐 (预计6个月内, 股价表现强于沪深300指数20%以上)

推荐 (预计6个月内, 股价表现强于沪深300指数10%至20%之间)

中性 (预计6个月内, 股价表现相对沪深300指数在±10%之间)

回避 (预计6个月内, 股价表现弱于沪深300指数10%以上)

行业投资评级:

强于大市 (预计6个月内, 行业指数表现强于沪深300指数5%以上)

中性 (预计6个月内, 行业指数表现相对沪深300指数在±5%之间)

弱于大市 (预计6个月内, 行业指数表现弱于沪深300指数5%以上)

公司声明及风险提示:

负责撰写此报告的分析师 (一人或多人) 就本研究报告确认: 本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格。

平安证券股份有限公司具备证券投资咨询业务资格。本公司研究报告是针对与公司签署服务协议的签约客户的专属研究产品, 为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考, 双方对权利与义务均有严格约定。本公司研究报告仅提供给上述特定客户, 并不面向公众发布。未经书面授权刊载或者转发的, 本公司将采取维权措施追究其侵权责任。

证券市场是一个风险无时不在的市场。您在进行证券交易时存在赢利的可能, 也存在亏损的风险。请您务必对此有清醒的认识, 认真考虑是否进行证券交易。

免责声明:

此报告旨在发给平安证券股份有限公司 (以下简称“平安证券”) 的特定客户及其他专业人士。未经平安证券事先书面明文批准, 不得更改或以任何方式传送、复印或派发此报告的材料、内容及其复印本予任何其他人。

此报告所载资料的来源及观点的出处皆被平安证券认为可靠, 但平安证券不能担保其准确性或完整性, 报告中的信息或所表达观点不构成所述证券买卖的出价或询价, 报告内容仅供参考。平安证券不对因使用此报告的材料而引致的损失而负上任何责任, 除非法律法规有明确规定。客户并不能仅依靠此报告而取代行使独立判断。

平安证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法。报告所载资料、意见及推测仅反映分析员于发出此报告日期当日的判断, 可随时更改。此报告所指的证券价格、价值及收入可跌可升。为免生疑问, 此报告所载观点并不代表平安证券的立场。

平安证券在法律许可的情况下可能参与此报告所提及的发行商的投资银行业务或投资其发行的证券。

平安证券股份有限公司2023版权所有。保留一切权利。