

海上风电竞价上网技术降本增效措施

新疆金风科技股份有限公司

中国·北京

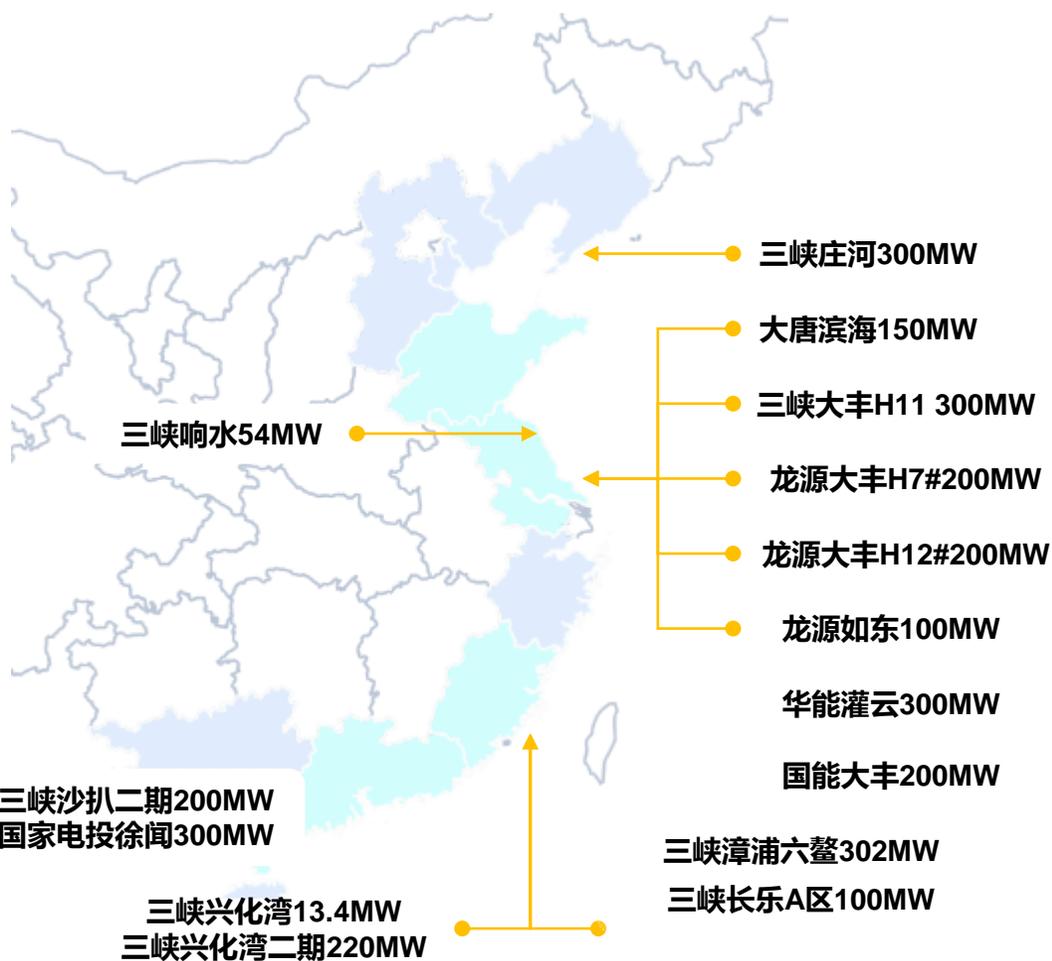
2019.11

数据看金风

21 年	1998年成立，中国最早从事风力发电的企业之一。
51+ GW	全球超过51,000MW的风电装机量。
31,000+ 台风机	全球超过31,000台风力发电机组的运营业绩。（直驱机组超过27,000台）
815 亿元	总资产超过¥815亿元。
两地 上市	深证A股股票代码: 002202，香港H股股票代码: 2208。
8,000+ 员工	全球8,000余名员工，其中2,000余名研发和技术人员。
2nd 全球排名	2018年全球风机制造商排名第二（根据BNEF装机统计）。
1st 中国排名	2018年中国风机制造商排名第一（根据CWEA装机统计）。

全球7大研发中心

金风海上风电业绩一览表



省份	项目名称	中标容量 (MW)	项目状态
辽宁	中海油辽宁试验海上风电样机	1.5	退役
江苏	龙源江苏如东潮间带试验风场	2.5	建成
江苏	三峡江苏响水潮间带样机项目	5.5	建成
江苏	龙源江苏如东潮间带示范风电场	50	建成
江苏	龙源江苏如东潮间带示范风电场增容5万项目	50	建成
江苏	江苏大丰3MW样机	3	建成
江苏	江苏大丰6MW样机	6	建成
江苏	三峡江苏响水近海风电场项目	54	建成
福建	三峡福建兴化湾样机项目	13.4	建成
江苏	龙源江苏大丰H12 200MW海上风电项目	200	建成
辽宁	三峡辽宁大连庄河30万千瓦项目 (第一批)	200	建成
江苏	三峡江苏大丰H11#30万千瓦项目	300	建成
江苏	江苏滨海300MW海上风电项目	150	建成
辽宁	三峡辽宁大连庄河30万千瓦项目 (第二批)	98	在建
江苏	国家能投江苏大丰H7#20万千瓦项目	200	建成
福建	三峡福建福清兴化湾海上风电场	220	在建
江苏	华能江苏灌云海上风电项目	300	在建
福建	三峡福建漳浦六鳌海上风电场D区一标段	202	中标
福建	三峡福建漳浦六鳌海上风电场D区三标段	100	中标
广东	三峡新能源阳西沙扒二期海上风电项目二标段	200	中标
福建	三峡长乐外海海上风电场A区项目 (第一批)	100	中标
江苏	盐城国能大丰海上风电项目	200	中标
广东	国家电投广东徐闻海上风电场项目	300	中标
合计		2955.9	



目录 | CONTENTS

一、中国海上风电发展现状与趋势

二、中国海上风电竞价上网降价目标

三、中国海上风电竞价上网技术降价路径与措施

四、未来发展展望

中国海上风电政策沿革

2009

国家能源局组织沿海各省份开展海上风电规划工作

2010

中国第一个海上风电场——上海东海大桥海上风电场一期并网

2012

《风电发展“十二五”规划》提出海上风电的发展目标和任务

2014

明确近海风电每千瓦时0.85元、潮间带风电每千瓦时0.75元的上网电价

2016

《风电发展“十三五”规划》提出海上风电的发展目标和任务

2018

国家能源局发布《关于2018年度风电建设管理有关要求的通知》，推行竞争方式配置风电项目

2019

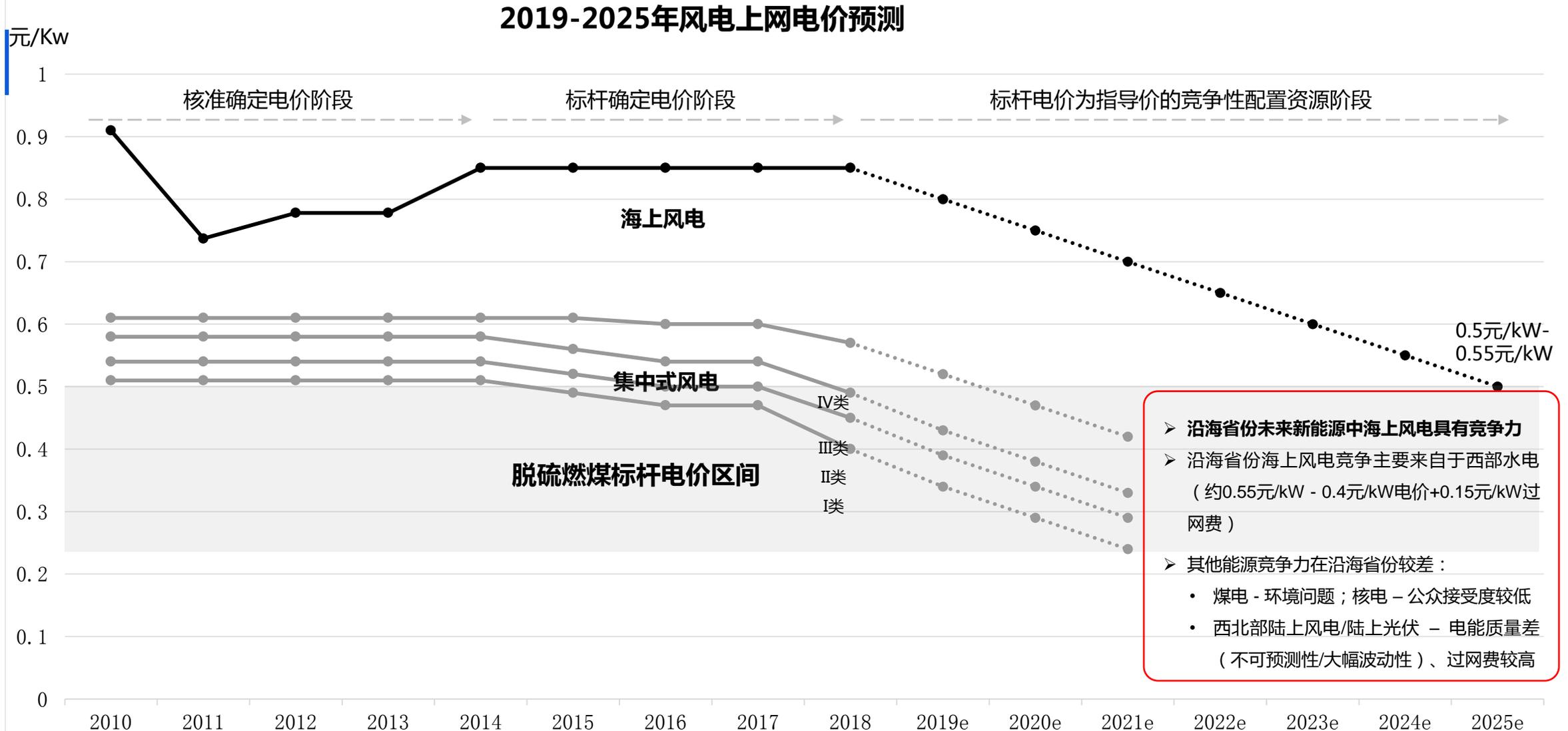
国家能源局发布《关于完善风电上网电价政策的通知》（发改价格[2019]882号），明确施行“**竞价上网**”时间计划。

各省海上风电规划动态调整

省份	批复年份	批复规模 (万kW)	调整后规模 (万kW)	主要规划区域
江苏	2012	1255	约1460, 2020年建成350万	如东、东台、大丰、射阳、滨海
浙江	2016	647	-	嘉兴、宁波、舟山、台州、温州
福建	2017.03	1330	-	长乐、福清、连江外海
广东	2018	6685	2020年开工1200, 投产200; 2030年投产3000	汕头、揭阳、汕尾、惠州、珠海、江门、阳江、湛江
海南	2014.11	395	-	东方、乐东、临高、儋州、文昌
山东	2012.04	1275	2022年建设300	鲁北、莱州湾、渤中、长岛、半岛北、半岛南
上海	2011.08	595(不含沪浙65万)	615 (不含沪浙65万)	东海大桥、奉贤、南汇、横沙、崇明
河北	2012.05	560	-	唐山、沧州
辽宁(大连)	2013.07	190	-	花园口、庄河



预计未来国内海上风电平价上网电价在0.5元/kW-0.55元/kW



- 沿海省份未来新能源中海上风电具有竞争力
- 沿海省份海上风电竞争主要来自于西部水电 (约0.55元/kW - 0.4元/kW电价+0.15元/kW过网费)
- 其他能源竞争力在沿海省份较差：
 - 煤电 - 环境问题；核电 - 公众接受度较低
 - 西北部陆上风电/陆上光伏 - 电能质量差 (不可预测性/大幅波动性)、过网费较高

来源：中国海洋工程协会海上风电分会



目录 | CONTENTS

一、中国海上风电发展现状与趋势

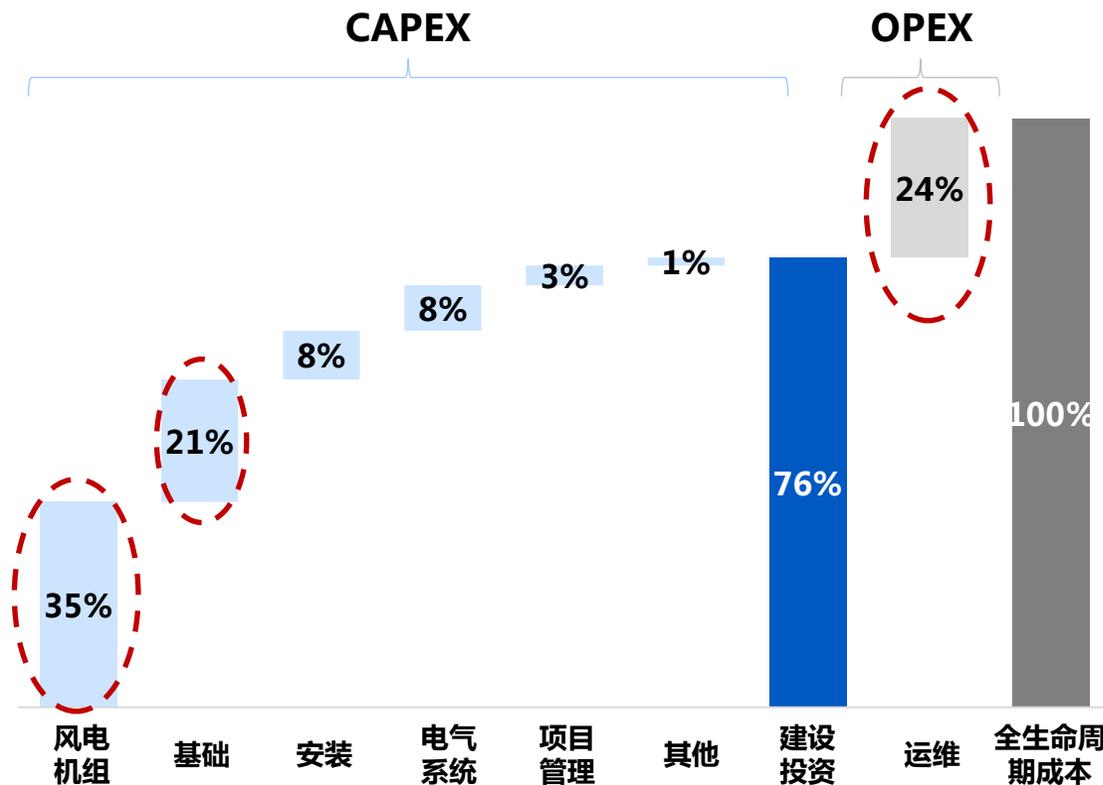
二、中国海上风电竞价上网降价目标

三、中国海上风电竞价上网技术降价路径与措施

四、未来发展展望

海上风电场工程生命周期成本构成

- 海上风电全生命周期成本以机组、海洋工程及运维为主；
- 通过机组、工程、运维降本实现海上风电场LCOE最优



注：

- 1) 基础包括风机、升压站等基础（含施工费）及其他建筑、施工辅助工程；
- 2) 安装包括风机、升压站等安装费；
- 3) 电气系统包括升压站、海缆（含施工）等费用；
- 4) 项目管理为项目建设管理费包含工程前期费、工程建设管理/监理费、工程保险费等；
- 5) 运维指风电场的运维成本（包含风机及升压站等运维）。

2025年，以脱硫煤标杆电价为平价标准，需要提升年发电量及降低整机、工程、运维价格达到平价

以III类风区项目、10%收益率反算可利用小时数及单千瓦投资。

III类风区（江苏以北）							
项目	单位	数值					
时间	年	2020	2021	2022	2023	2024	2025
上网电价	元/kw.h	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55	0.38
海上风电场容量	MW	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
年等效利用小时数	h	3100.00	3200.00	3300.00	3400.00	3500.00	3600.00
单位千瓦造价	元/kw	16344.49	15712.46	15003.23	14346.66	13506.74	9436.48
整机价格（不含塔架）	元/kw	6047.46	5970.74	5851.26	5738.66	5537.76	5050.00
LCOE（不含税）	元/kw.h	0.4297	0.4023	0.3748	0.3500	0.3229	0.2335
LCOE（含税）	元/kw.h	0.6188	0.5792	0.5397	0.5040	0.4650	0.3363
全投资 IRR	%	10.00%					

假设：

- 年等效利用小时数逐年以100小时的速度递增。
- 项目全投资收益率10%

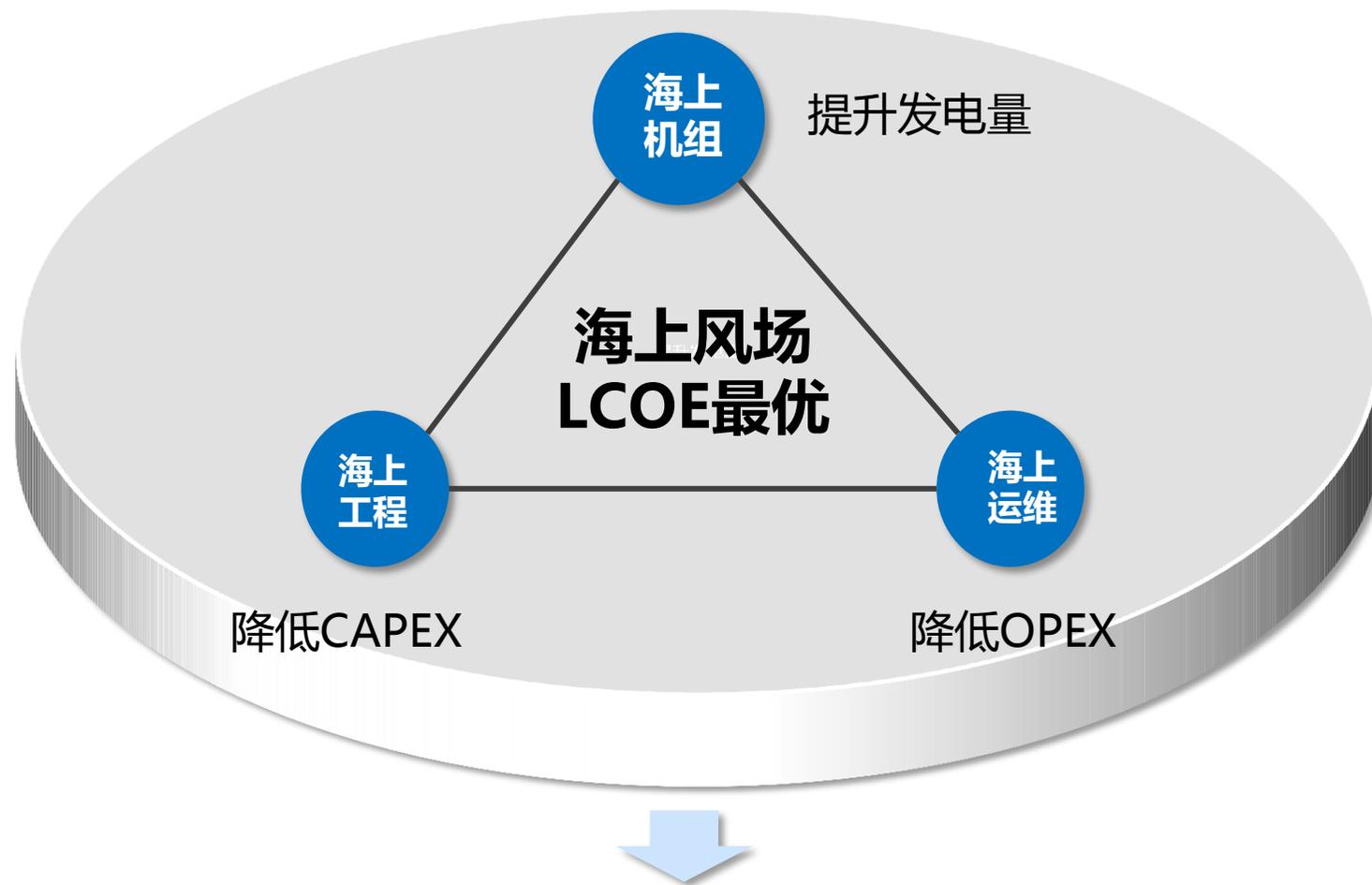
结论：

为达到2025年平价要求：

- 年等效利用小时数需提升500小时
- 单位千瓦造价降幅达到（如右图所示）：

降幅	主机 (元/kW)	非主机 (元/kW)	合计 (元/kW)
I类	1878	5234	7113
S类	1849	3657	5507
III类	997	5911	6908

通过“海上机组、海上工程及海上运维”实现海上风电LCOE最优



海上风场最优整体解决方案



目录 | CONTENTS

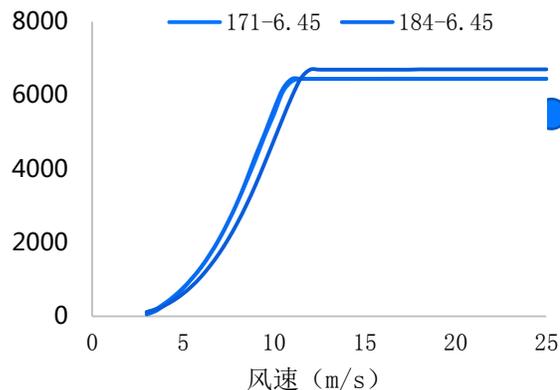
一、中国海上风电发展现状与趋势

二、中国海上风电竞价上网降价目标

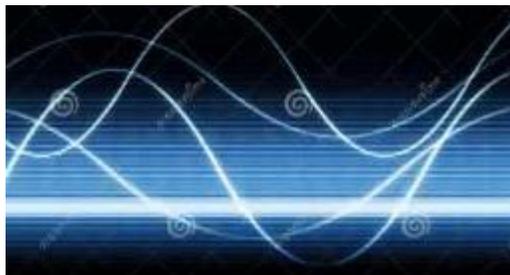
三、中国海上风电竞价上网技术降价路径与措施

四、未来发展展望

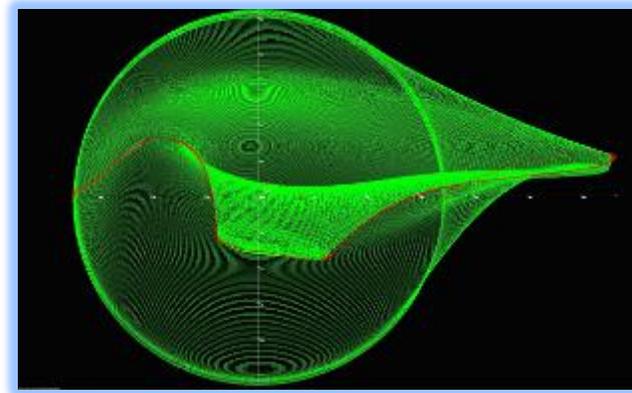
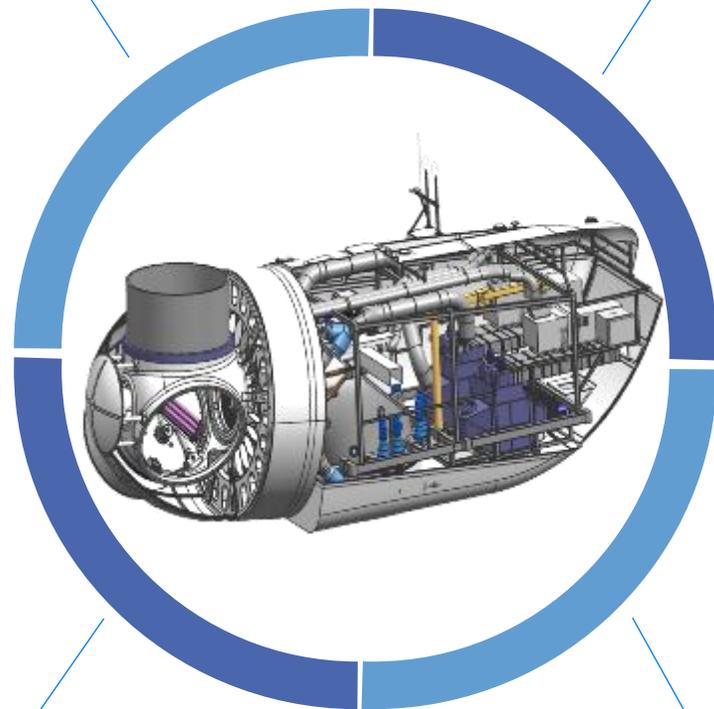
降价途径一：提升机组发电量



- 大兆瓦/大叶轮机组开发
- Etop技术降低电缆损耗



- 风机传感及控制技术
- 柔性功率控制
- 风电场群智能控制

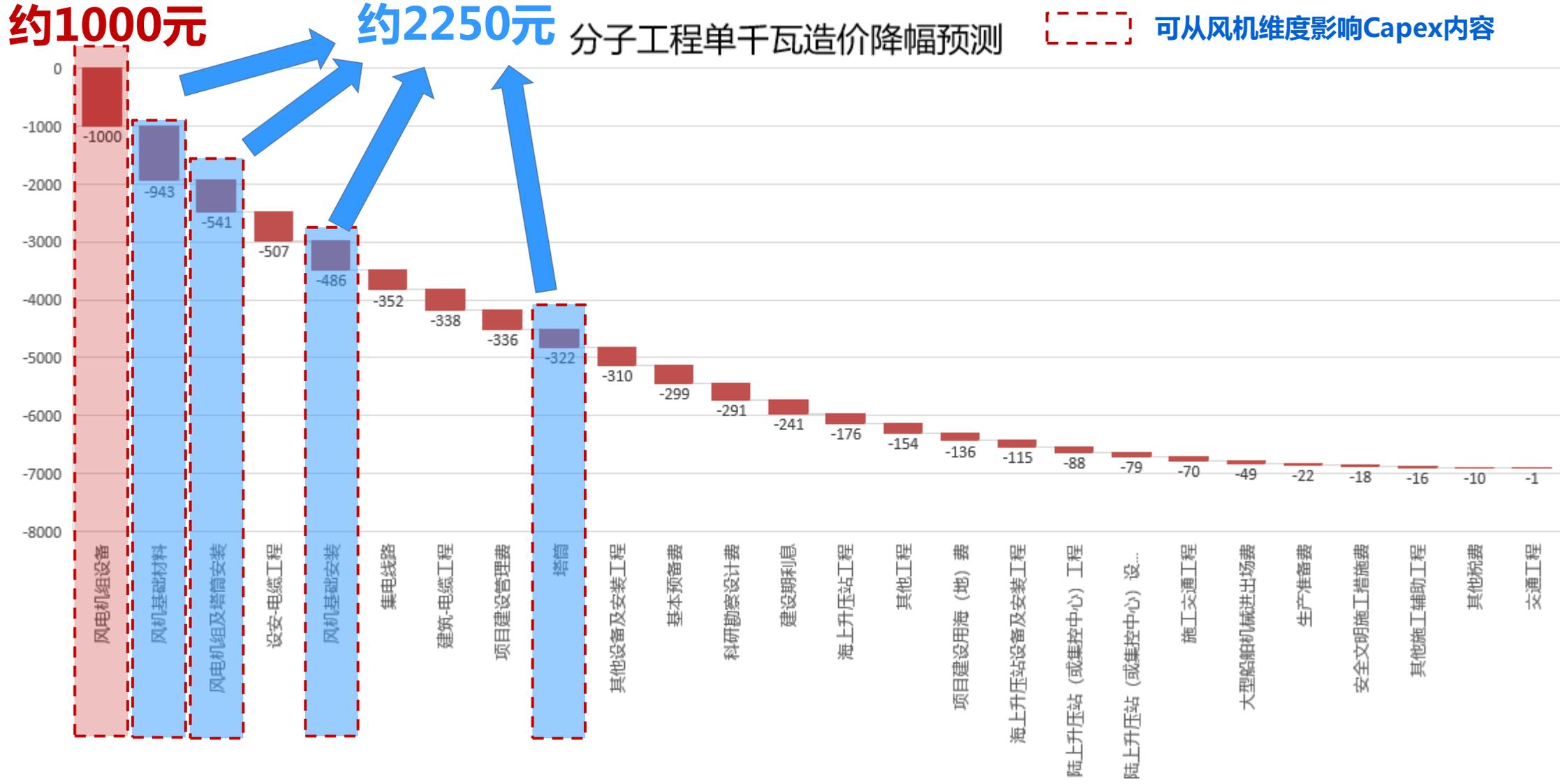


- 叶片技术：升阻力翼型、平脊化设计，VX等新技术
- 冗余设计技术
- 配备高风穿越功能



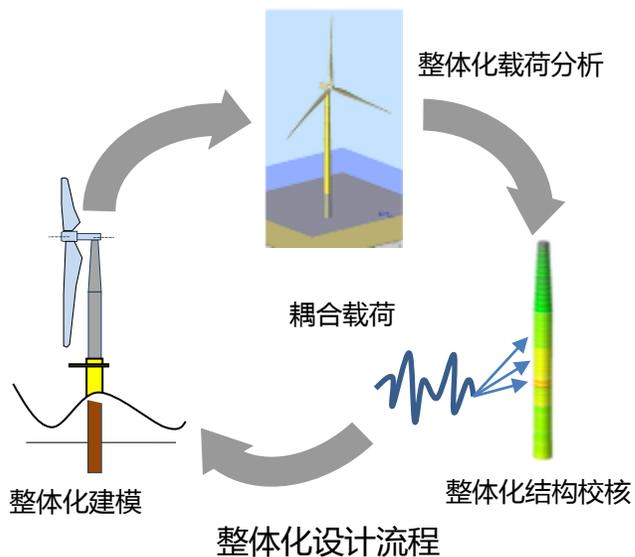
- 柔性直流技术
- 未来其他新技术

降价途径二：降低CAPEX-成本降幅预测



III类风区为例

降价途径二：通过工程设计优化降低CAPEX



工程造价降低成果

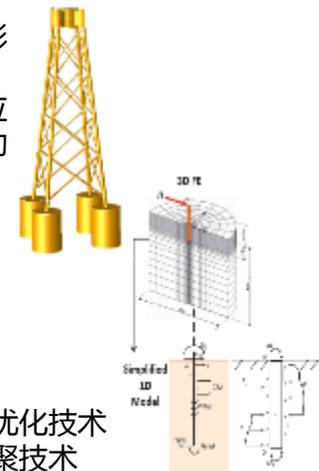
- 2012~2018，通过改进勘察技术、降载及结构优化技术，对塔架、基础进行定制化，从3336元/kW下降到3039元/kW，设计效率提升30%。

海上风电工程设计专项技术创新

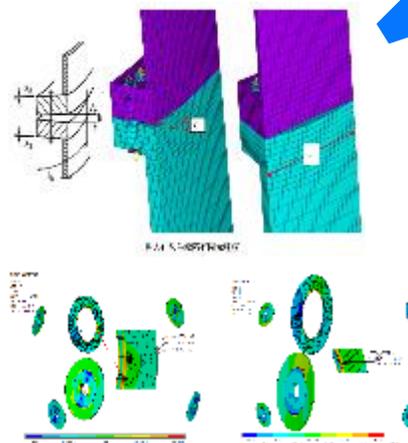
- 构型直径及分段长度精细化设计
- 新型数值屈曲及疲劳算法技术
- 门框优化技术
- 新型内附件连接技术
- 法兰优化设计技术
- 新材料设计技术

基础及 岩土

- 大直径单桩泥面累积变形
- 负压筒基础设计
- 大直径单桩桩土三维效应
- 基于边界层理论的桩土动力学设计
- 海上CPT测试
- 室内高级土力学实验

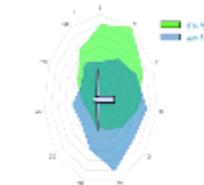
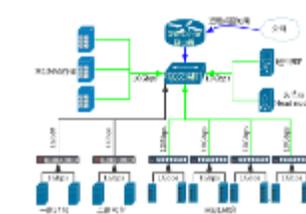


塔架



载荷

- 高级水动力优化技术
- 波浪分频凝聚技术
- 风浪方向联合分布技术
- 支撑结构阻尼技术
- 极端环境（台风、地震、冰）载荷技术
- 控制降载技术
- 快速计算平台LCC





目录 | CONTENTS

一、中国海上风电发展现状与趋势

二、中国海上风电竞价上网降价目标

三、中国海上风电竞价上网技术降价路径与措施

四、未来展望

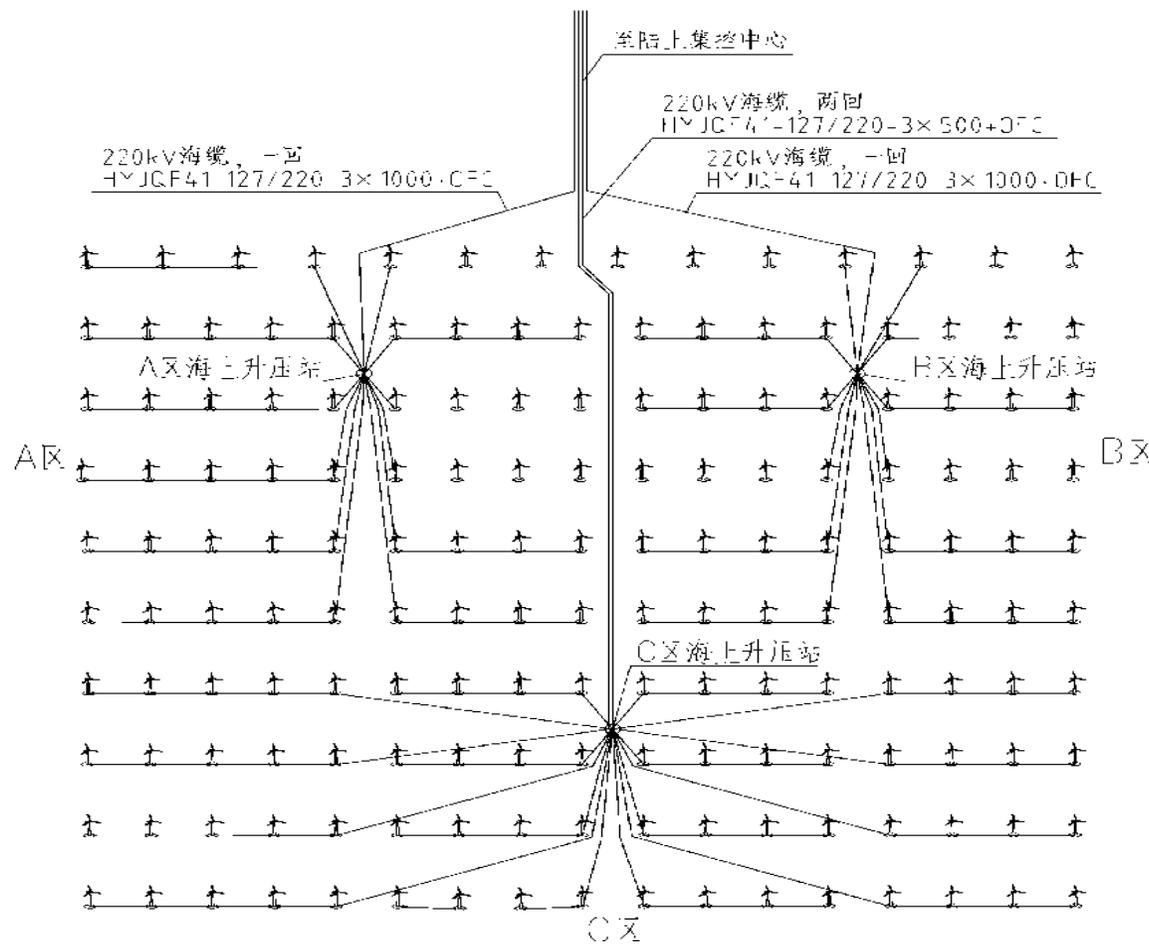
未来模式：“竞价上网”促进产业联盟，打造利益共同体

2018年5月18日国家能源局出台的“竞价上网”政策，将促使风电项目开发核心环节进一步前移。

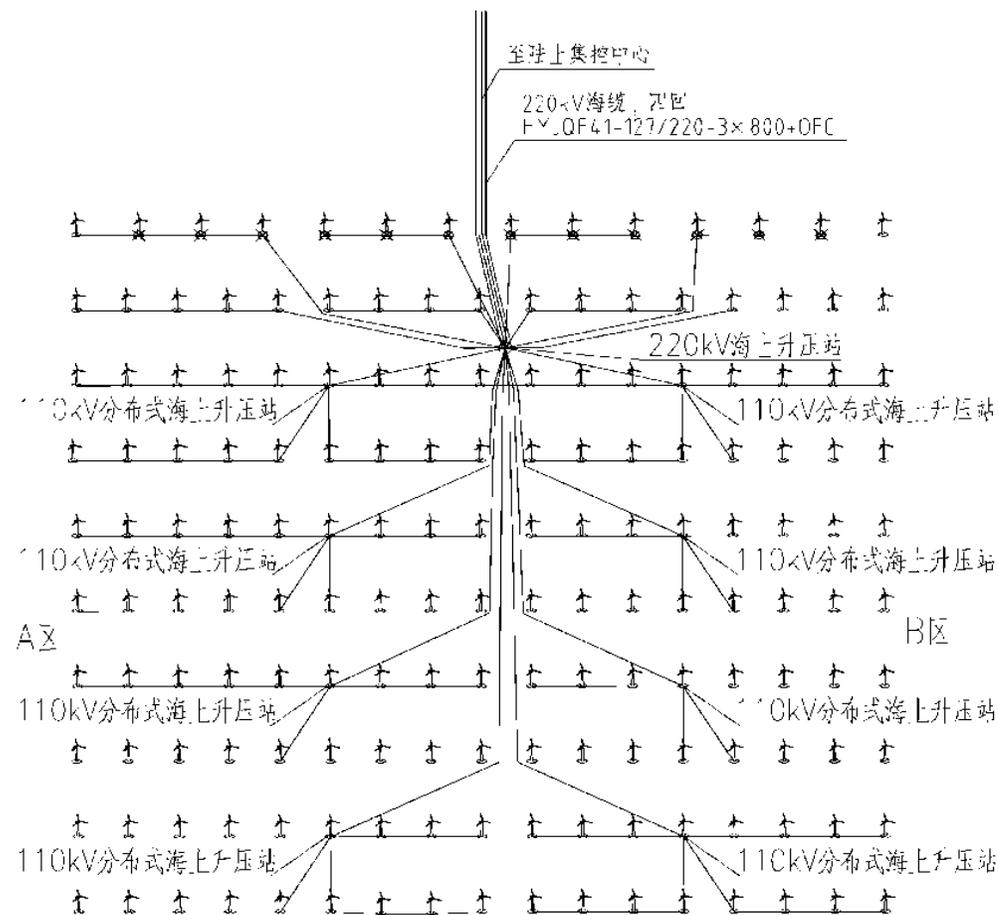


未来技术展望：集中连片开发

集中连片规模化开发海上风电最佳经济技术规模的确定及微观选址优化。



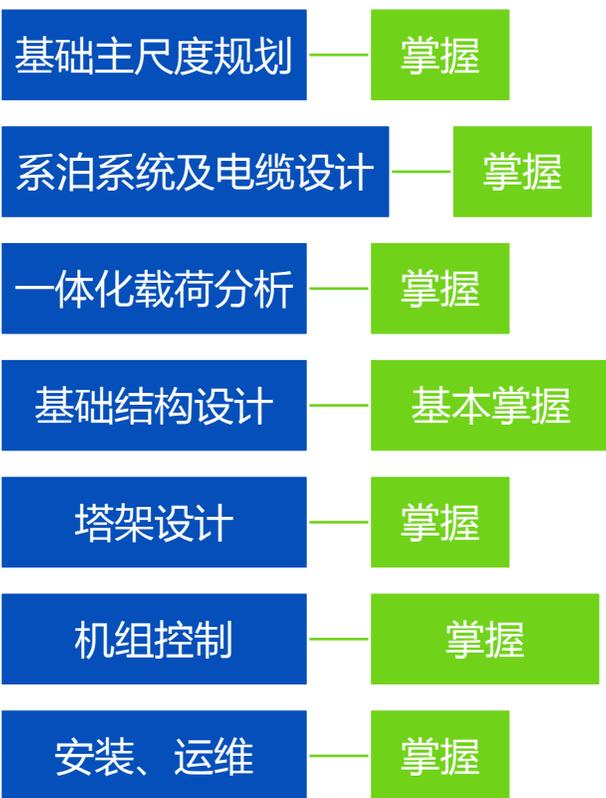
独立开发



集中连片开发

未来技术展望：探索深远海漂浮式风机技术

浮式风机开发关键技术



横摇和垂荡小
度电成本低
大功率海上机组

方案优势



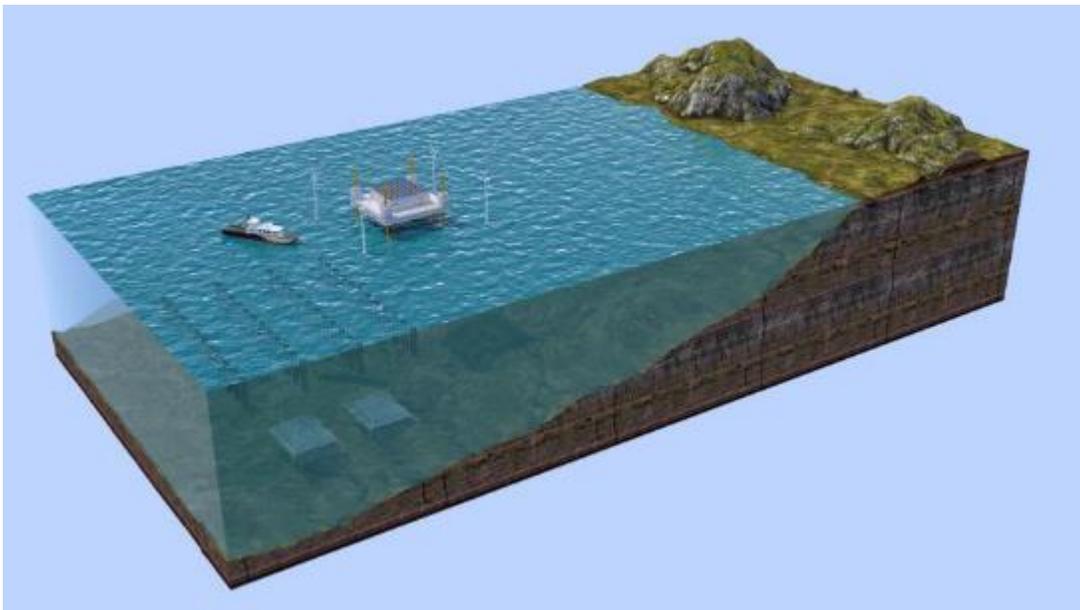
传统锚链安装
传统锚固安装
码头整体安装
整体湿拖

风机制造商
供应链齐全
运维有保障

未来技术展望：海上风电与海洋牧场融合发展

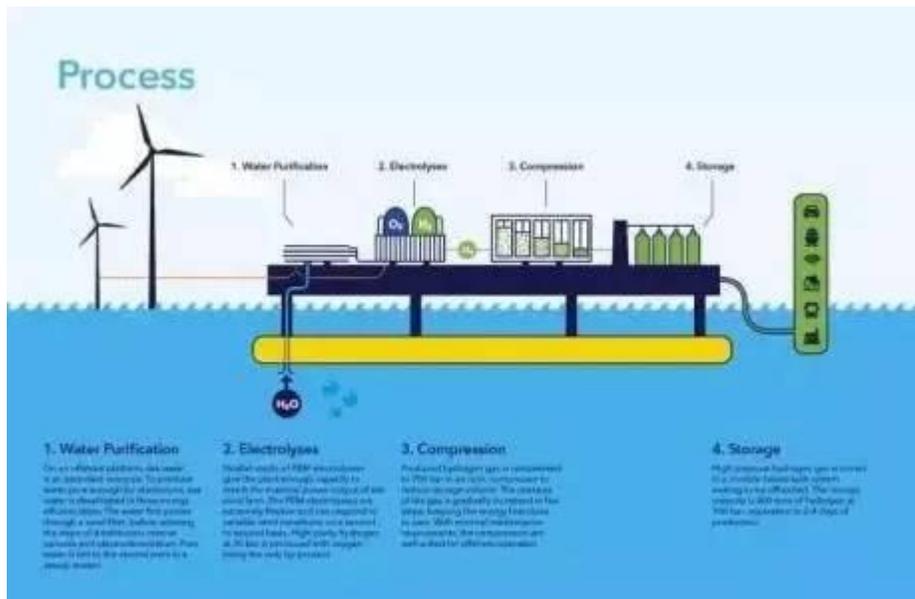
海上风电+海洋牧场+智慧管理+顶层设计=生态融合示范基地

“风、光、渔、储联合项目开发”



未来技术展望：海上风电制氢

在风资源丰富的深远海地区，用风能电力将水分子在电解槽内分解为氢气和氧气，然后将“绿色氢气（即，使用风能制成的氢气）”像石油一样通过管道或专用船只输送到世界的各个角落，这在未来会非常常见。而绿色氢气，也将成为继石油、天然气之后的世界第三大能源。由于减少风电外送环节，增加绿电使用场景，降低海上风电制造成本。



总结：海上风电平价化，需要“发、输、配、用”整个环节的综合平衡管理

- 大兆瓦/大叶轮机组开发
- 风电场群智能控制
- 叶片新材料、新设计技术
- 柔性直流技术
- . . .

- 高效运维装备设计
- 运维管理信息化、数字化、智能化
- 区域化集中运维
- 海上风电安全/技术培训、第三方专业团队培养
- . . .



- 海上风机支撑结构整体化设计、新型基础形式
- 新型施工装备及施工工艺
- 海上风电场组织管理
- 产业链技术降低设备成本
- . . .

- 漂浮式风机
- 海上风电集中连片规模化开发
- “风光渔储”综合一体化开发
- 海上风电制氢
- . . .

备注：本文更多是从发电侧的技术路径出发降成本，但海上风电平价化，不仅仅是发电侧的任务，同样输变配用环节都需要付出努力，才可支撑这一国家能源转型的平稳过渡调整。

Thanks

新疆金风科技股份有限公司

XINJIANG GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., LTD

北京金风科创风电设备有限公司

BEIJING GOLDWIND SCIENCE & CREATION WINDPOWER EQUIPMENT CO., LTD