



MINGYANG SMART ENERGY
明阳智能

中国海上风电未来发展趋势 及当前行业政策影响

贺小兵

总工程师

明阳智慧能源集团股份有限公司

CONTENTS 目录



MINGYANG SMART ENERGY
明阳智能

海上风电发展潜力及未来发展趋势

行业政策影响及明阳适应性海上机型介绍

明阳海上风电案例与市场业绩



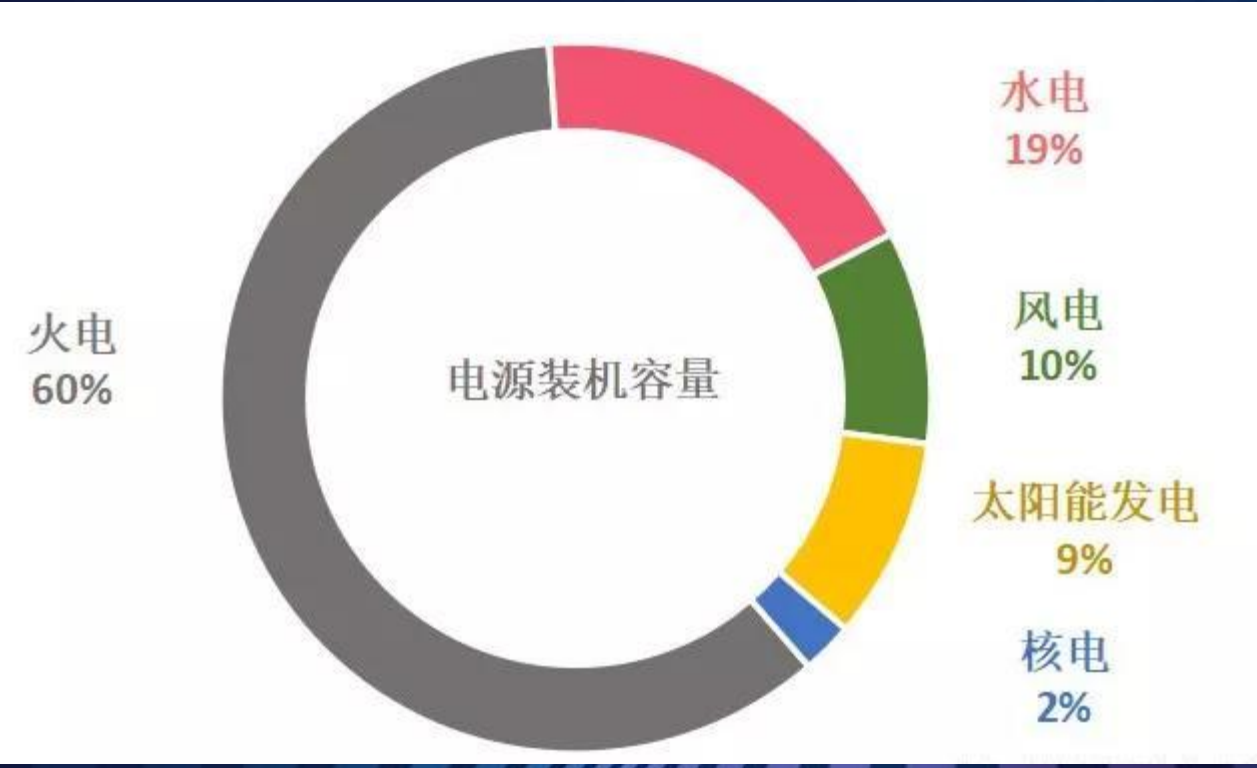
CONTENTS 目录



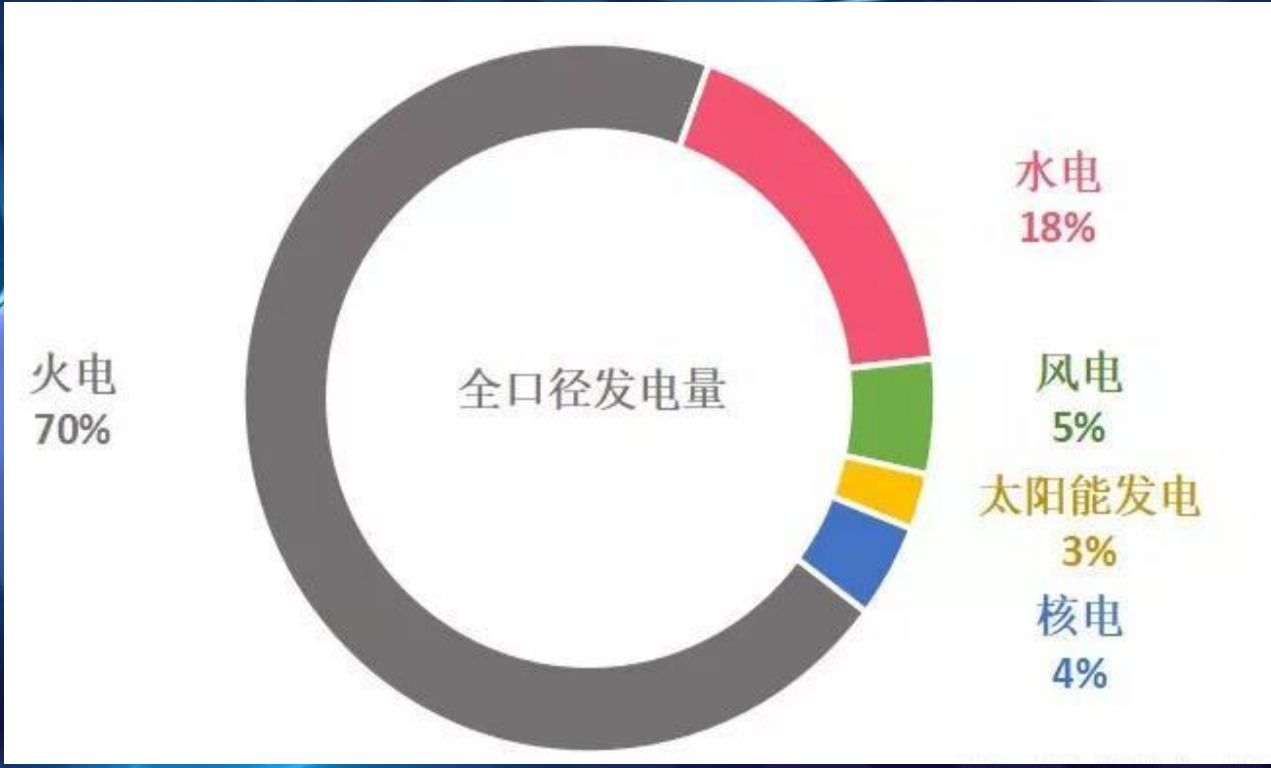
MINGYANG SMART ENERGY
明阳智能

海上风电发展潜力及未来发展趋势

截止到2018年底，全国电源总装机容量189948万千瓦，全年全口径发电量69940亿千瓦时。



从装机容量看，风电18426万千瓦，占比约10%。



从发电量看，风电发电量3660亿千瓦时，占比约5%。



2018年全国部分省份发用电量

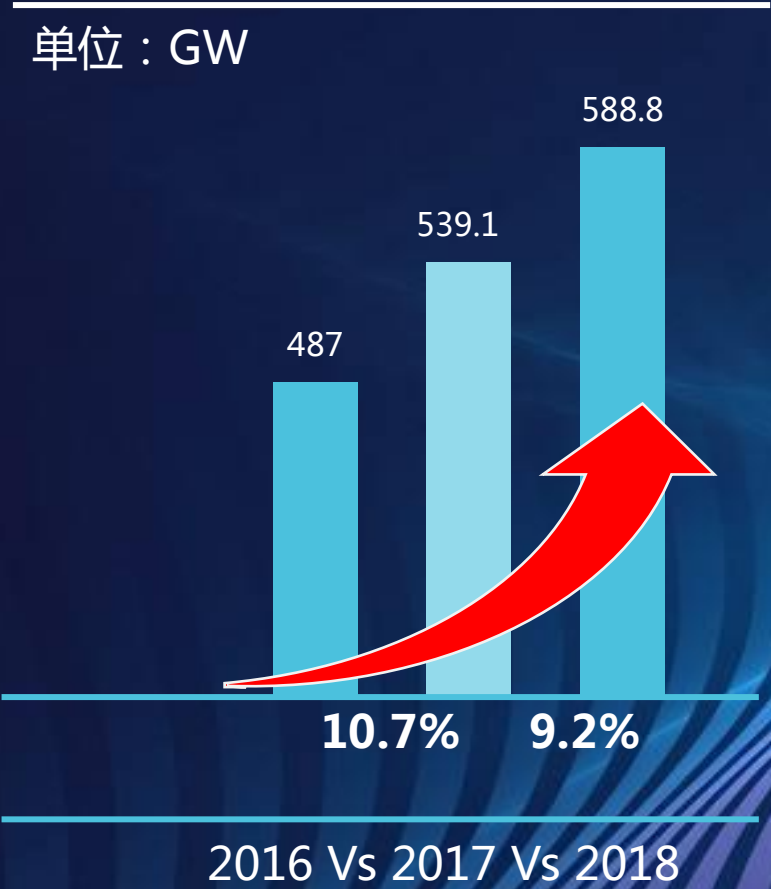
单位：亿千瓦时									
排名	省份地区	用电量	发电量	区外用电	排名	省份地区	用电量	发电量	区外用电
1	广东	6323.4	4369.6	1953.8	16	青海	738.3	717.4	20.9
2	江苏	6128.0	4933.5	1194.5	17	福建	2313.8	2356.9	-43.1
3	浙江	4532.8	3352.8	1180.0	18	吉林	750.6	822.9	-72.3
4	上海	1566.7	824.7	742.0	19	甘肃	1289.5	1427.3	-137.8
5	北京	1142.4	437.0	705.4	20	黑龙江	763.0	1008.2	-245.2
6	河南	3417.7	2916.2	501.5	21	陕西	1384.8	1782.2	-397.4
7	山东	6083.9	5608.2	475.7	22	贵州	1482.1	1945.3	-463.2
8	辽宁	2302.4	1898.0	404.4	23	安徽	2135.1	2622.8	-487.7
9	重庆	1114.0	756.6	357.4	24	宁夏	935.2	1525.7	-590.5
10	湖南	1745.2	1418.8	326.4	25	湖北	2071.4	2773	-701.6
11	河北	3366.3	3048.4	317.9	26	山西	2160.5	3041.7	-881.2
12	江西	1428.8	1192.5	236.3	27	新疆	2138.3	3147.6	-1009.3
13	天津	861.4	699.3	162.1	28	四川	2459.0	3498.6	-1039.6
14	广西	1702.8	1591.3	111.5	29	云南	1679.1	3006.7	-1327.6
15	海南	326.8	301.9	24.9	30	内蒙古	3353.0	4828.3	-1475.3

- 从各省（市）发用电量来看，2018年各省区外受电量总和8723亿千瓦时，占当地总发电量20.4%。
- 广东、江苏、山东省用电量位居前三。
- 山东、江苏、内蒙古发电量位居前三。
- 广东、江苏、浙江省区外受电量位居前三。
- 北京、上海、重庆区外受电占用电量的比重位居前三。

■ 从2018年全国部分省份发用电量来看，拥有海上风资源的沿海城市所发电量并不能完全满足当地用电需求，海上风电具备一定的发展前景。

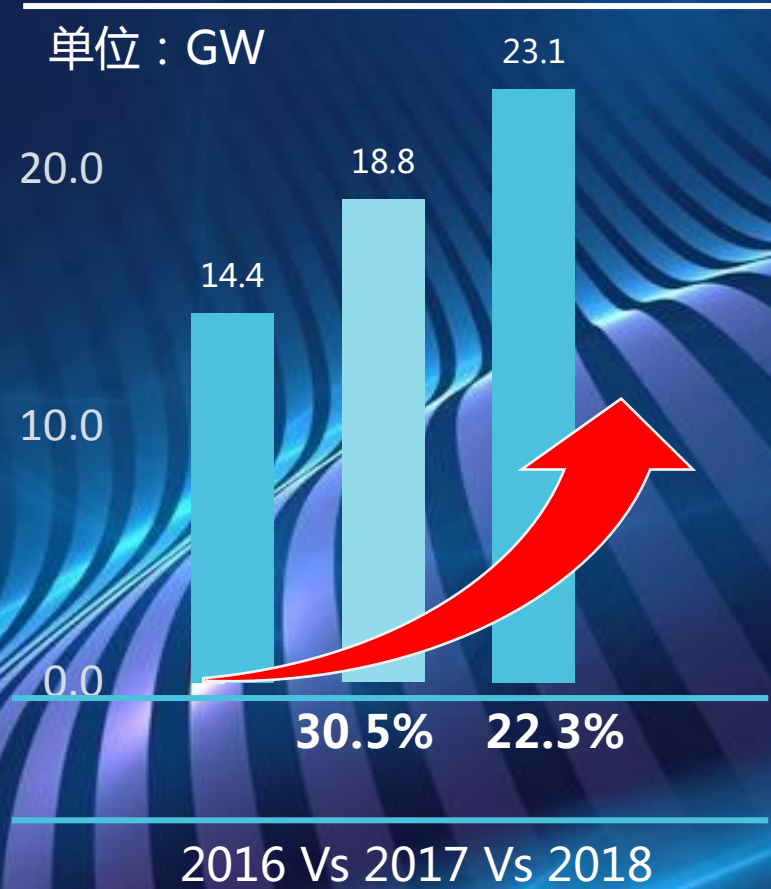
全球累计装机量

单位：GW



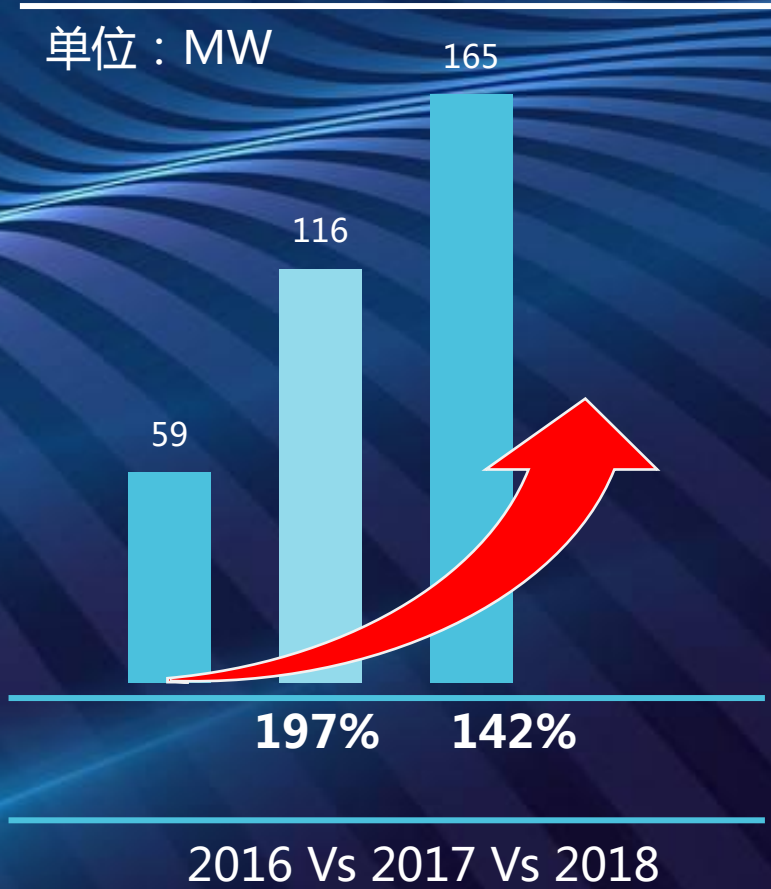
全球海上风机累计装机量

单位：GW



中国海上新增装机量

单位：MW



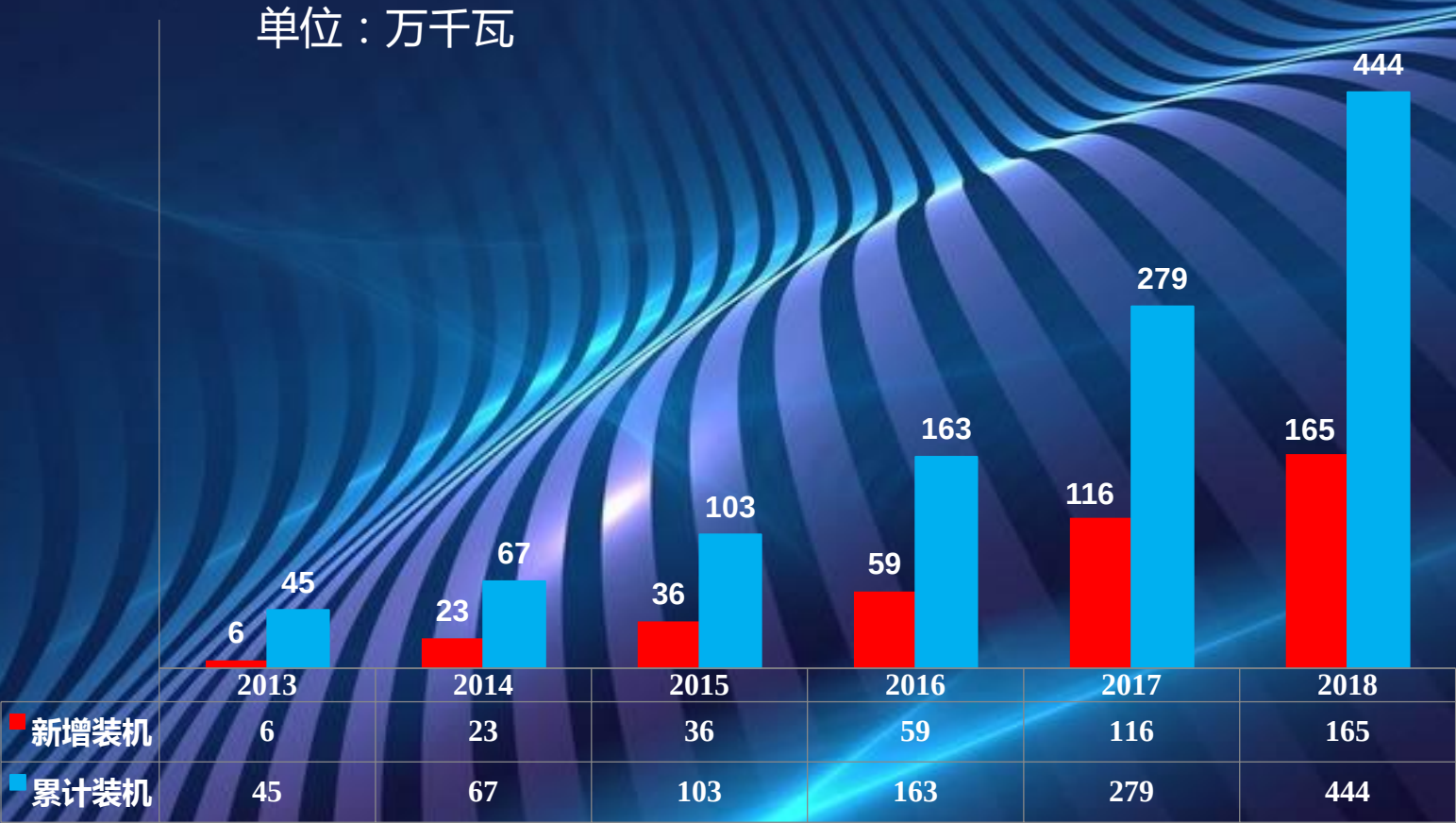
“在全球很多市场中，风电是目前最具价格竞争优势的技术之一”

数据来源：CWEA, BNEF



2018年，中国海上风电高歌猛进，新增装机容量达到165万千瓦，环比增长60%；累计装机达到444万千瓦。

自2013年起，历年我国海上风电环比增长率分别为：51.1%、53.7%、57.3%、71.2%、60%，一直保持着高速稳定的发展。

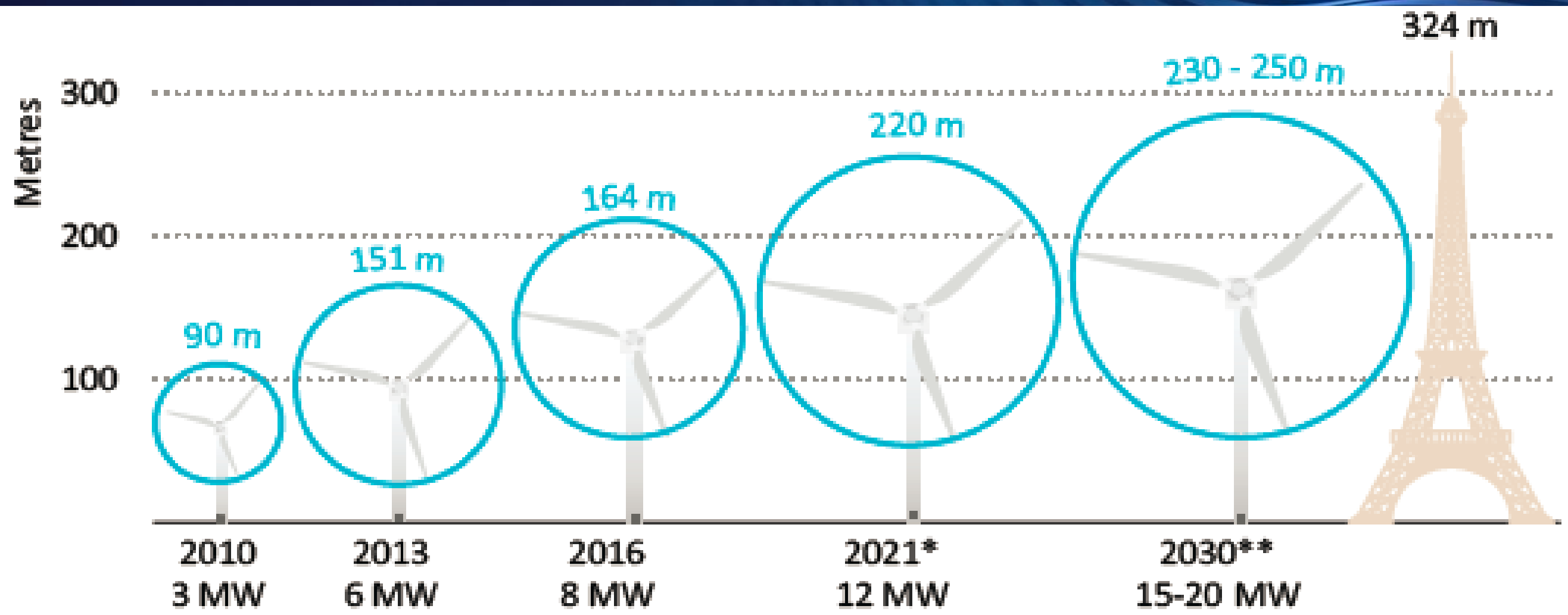


数据来源：CWEA,BNEF

放眼未来，海上风电机组将继续呈现大型化发展趋势，并最终走向深海。

目前，世界上最大的海上风电机组单机容量已达到12MW，叶轮直径220m。

预计到2030年，将会出现单机容量为15MW的海上风电机组，叶轮直径将达到230~250m。



CONTENTS 目录



MINGYANG SMART ENERGY
明阳智能

行业政策影响及明阳适应性海上机型介绍



初步测算，2018年底新能源补贴缺口累计约

2000亿。



对于2019-2020年仍需要补贴的竞价新能源项目，政策导向是“以收定支”，减少增量项目对于补贴的需求。



拟从2022年开始，停止新建海上风电项目的中央补贴，鼓励地方政府自行补贴，支持本地海上风电项目的建设。



基于财政补贴压力，国内新能源规划、电价、财政补贴政策连续调整。尤其是新能源电价政策，从标杆电价到竞价、平价，政策调整的节奏比预期快很多。



中华人民共和国国家发展和改革委员会 National Development and Reform Commission

请输入关键字

热门搜索： 油价 产业结构调整指导目录 特色小镇

首页 > 政策发布中心 > 通知

国家发展改革委关于完善风电 上网电价政策的通知

发改价格〔2019〕882号

关于海上风电上网电价：

- （一）将海上风电标杆上网电价改为指导价，新核准海上风电项目全部通过竞争方式确定上网电价。
- （二）2019年符合规划、纳入财政补贴年度规模管理的新核准近海风电指导价调整为每千瓦时0.8元，2020年调整为每千瓦时0.75元。新核准近海风电项目通过竞争方式确定的上网电价，不得高于上述指导价。
- （三）新核准潮间带风电项目通过竞争方式确定的上网电价，不得高于项目所在资源区陆上风电指导价。
- （四）对2018年底前已核准的海上风电项目，如在2021年底前全部机组完成并网的，执行核准时的上网电价；2022年及以后全部机组完成并网的，执行并网年份的指导价。



着眼当下

如何在特定时期选择合适的机组？

电价政策调整，标杆电价下滑

补贴缺口巨大，加速去补贴

建设成本仍偏高。（供应链成本，建筑安装工程费用.....）



海上风电机组选型并非越大越好，应结合海上风资源、风机机型技术成熟度、机组效率、风机设备的运输安装和易维护性以及市场情况等条件综合比较，选择有代表性的风机及不同风机组合。



中国大陆近海典型海域平均风速情况

省市	平均风速 (m/s)	50年一遇最大风速 (m/s)	综合风速对应 IEC等级
福建	7.1~10.2	> 50	IEC S
广东	6.5~8.5	> 50	IEC S
浙江	6.8~8.0	> 50	IEC S
江苏	7.2~7.8	< 45	IEC S
上海	6.8~7.6	< 45	IEC S
山东	6.9~7.8	< 37.5	IEC III
辽宁	6.9~7.5	< 37.5	IEC III
河北	6.5~8.0	< 37.5	IEC III
海南	6.5~9.0	37.5~42.5	IEC S

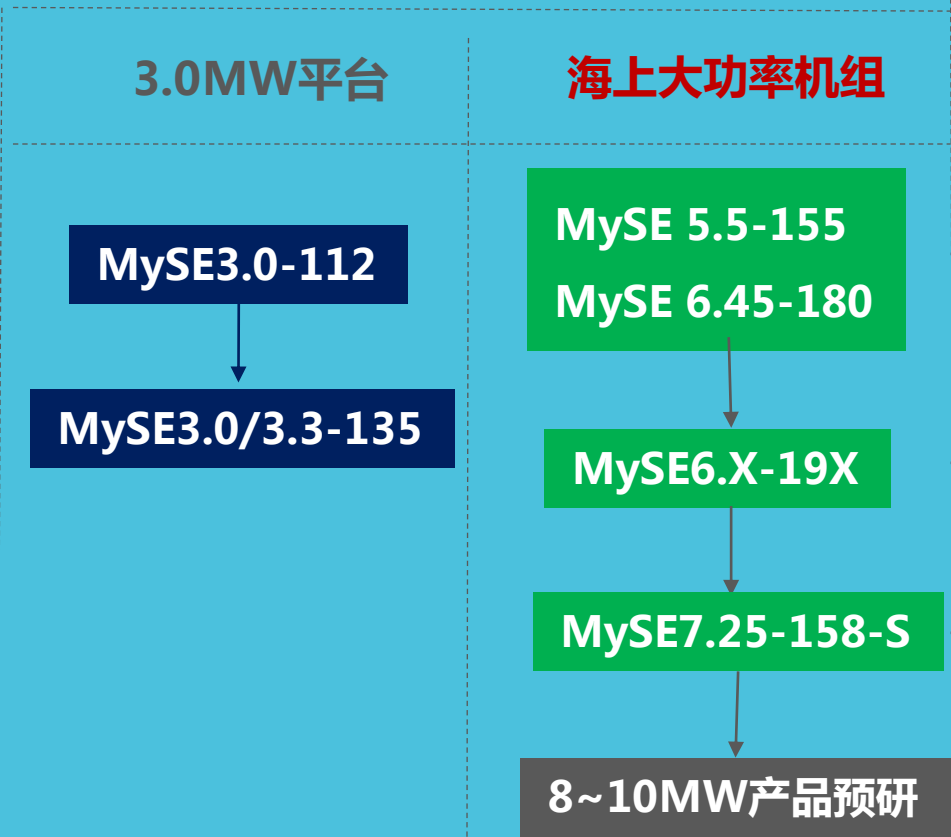
IRR≥8%		建设成本（元/kW）			
地域	2018脱硫标杆电价 （元/kWh）	17000	15000	13000	10000
		等效小时数（h）	等效小时数（h）	等效小时数（h）	等效小时数
广东	0.453	≥4305	≥3835	≥3367	/
福建	0.3932	≥4956	≥4418	≥3879	/
浙江	0.4153	≥4692	≥4182	≥3672	/
江苏	0.391	≥4984	≥4442	≥3900	3158
山东	0.3939	≥4900	≥4365	≥3826	3107
2020年海上标杆电价	0.75	≥2600	≥2316	≥2035	/

随着技术进步及批量化效应，海上风电建设成本将会逐步下降。未来5年，广东、福建、浙江等地有望降至13000元/kW左右，江苏、山东等建设条件较好的地区，有望降至10000元/kW左右。



综合考虑当前行业形式及政策影响，针对不同区域风资源条件，明阳定制化开发了MySE半直驱海上系列机组。

明阳海上风电产品线



广东，浙江，海南等低风速，有台风风险区域

江苏，河北等长江以北，低风速区域

福建，台湾海峡周边高风速海区





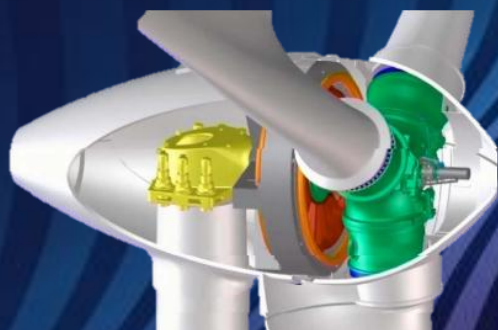
机组型号	MySE5.5-155-S	MySE6.45-180-S	MySE7.25-158-S	MySE6.X-19X-S
额定功率	5500kW	6450kW	7250kW	6.XMW
叶轮直径	158m	178m	158m	19Xm
切入风速	3 m/s	3m/s	3 m/s	3m/s
额定风速	10.1m/s	10.5m/s	11.1m/s	8.9m/s
切出风速	25m/s	25 m/s	25m/s	25 m/s
生存风速	77.28m/s	77.28m/s	77.28m/s	56m/s
设计平均风速	10 m/s	9 m/s	10 m/s	8m/s
设计湍流强度	0.14	0.14	0.14	0.14
设计寿命	25年	25年	25年	25年
机舱外形	9.7×5.4×9.2(m)			
机舱重量	240T	254T	250T	254T
适用区域	广东，浙江，海南等低风速，有台风风险区域		福建，台湾海峡等高风险，有台风风险区域	江苏，山东，辽宁，河北等长江以北，低风速，无台风区域



风力发电机组传动链结构

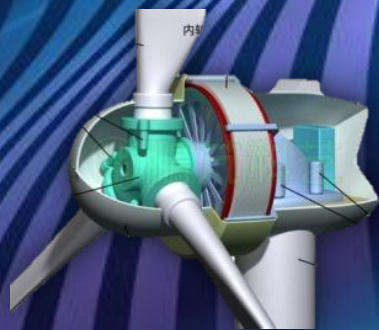
直接传动（直驱）

- ◆--◆ 永磁发电机+全功率变流器
- ◆--◆ 电励磁同步发电机+全功率变流器



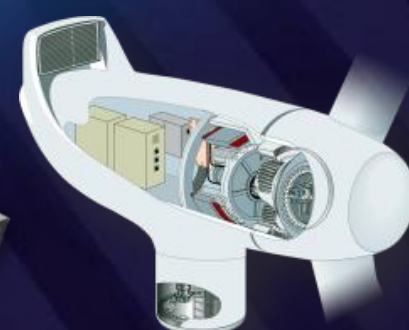
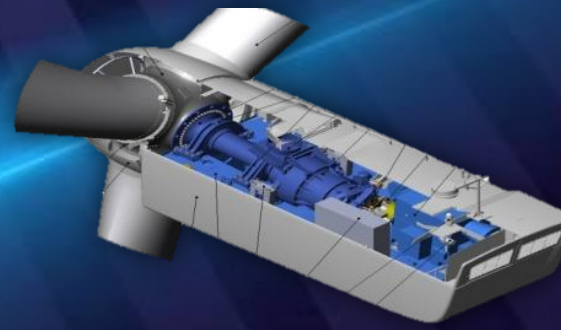
混合传动（半直驱）

- ◆--◆ 中速齿轮箱+永磁发电机+全功率变流器



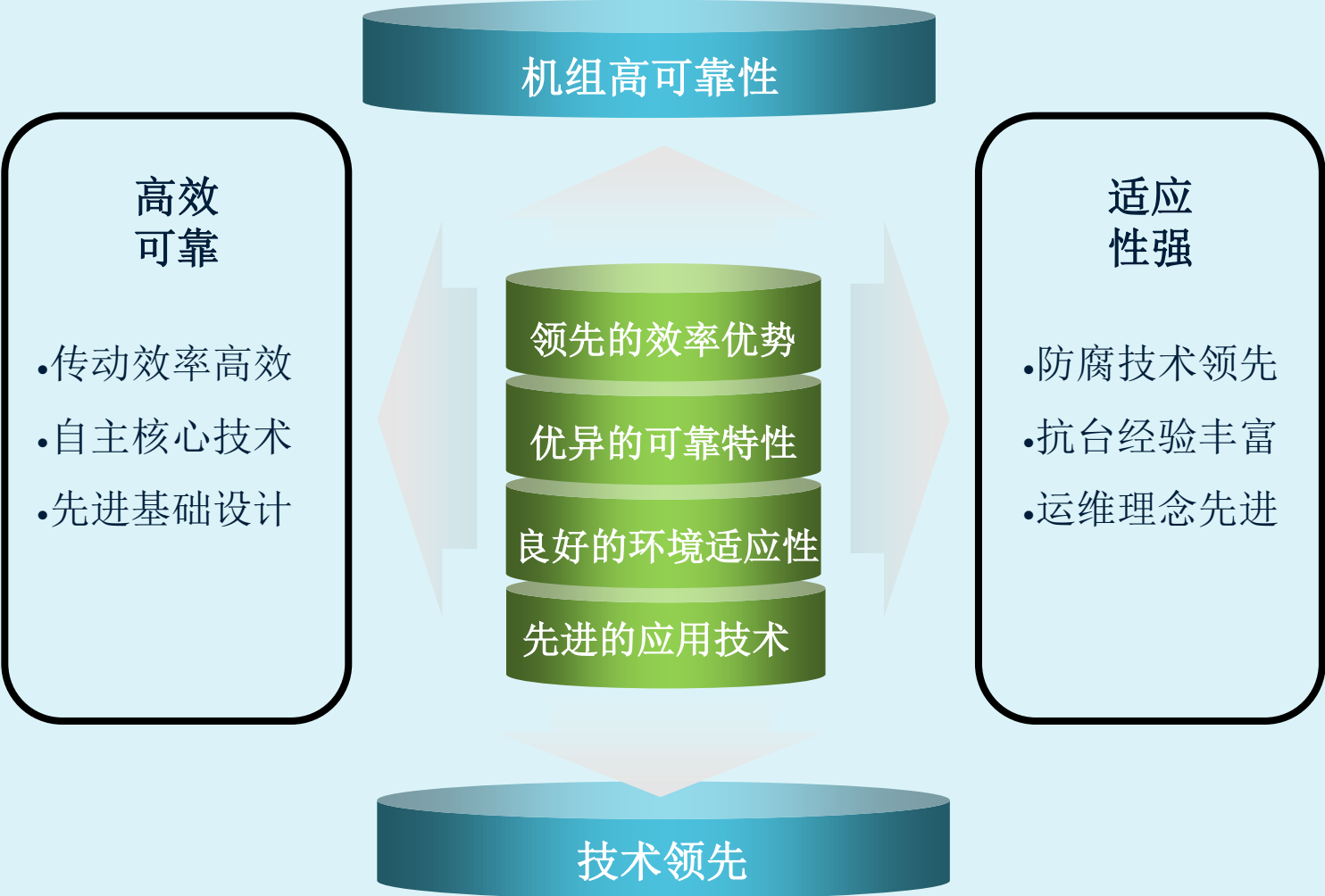
增速传动（齿轮箱+发电机）

- ◆--◆ 高速齿轮箱+双馈发电机+双馈变流器
- ◆--◆ 高速齿轮箱+鼠笼发电机+全功率变流器
- ◆--◆ 高速齿轮箱+永磁发电机+全功率变流器





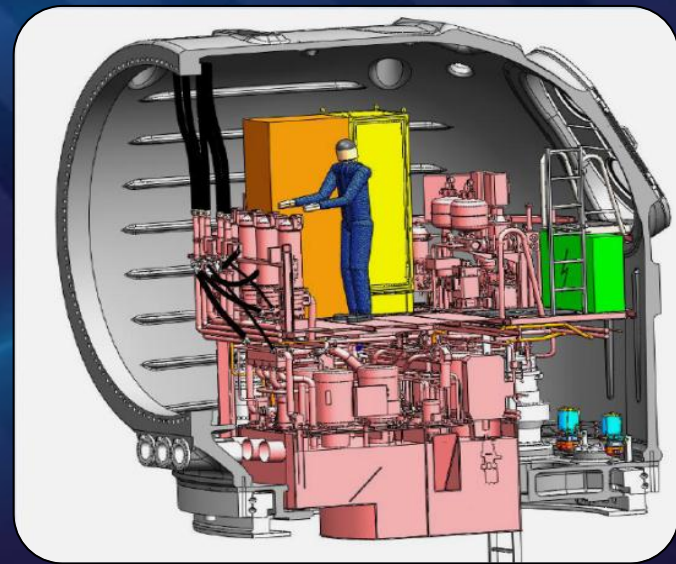
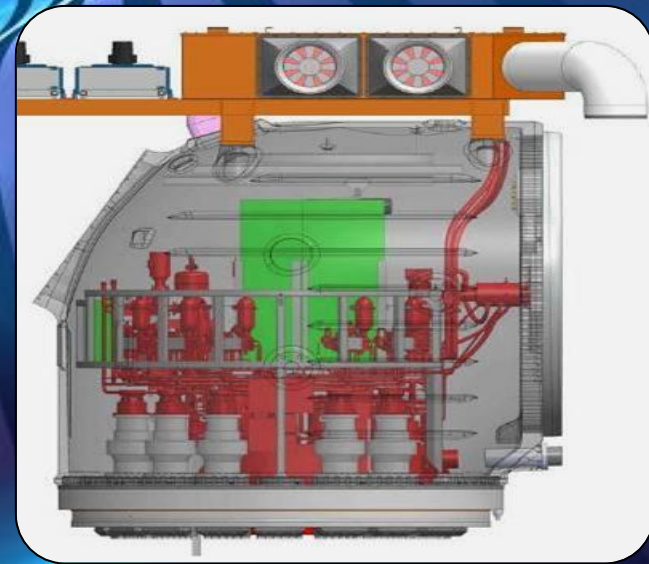
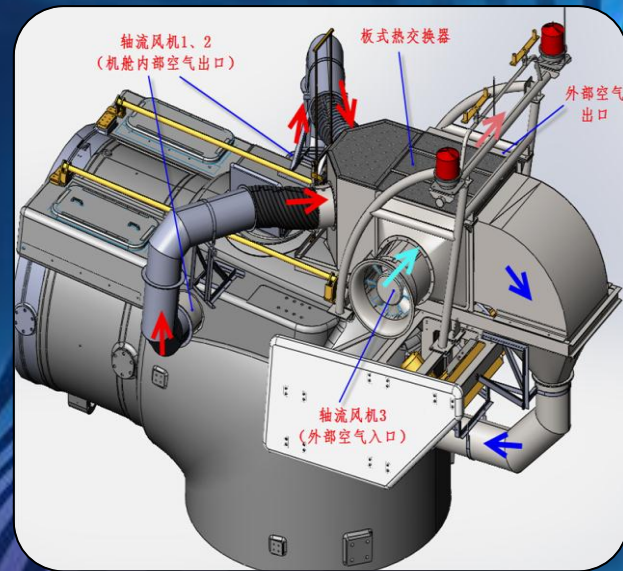
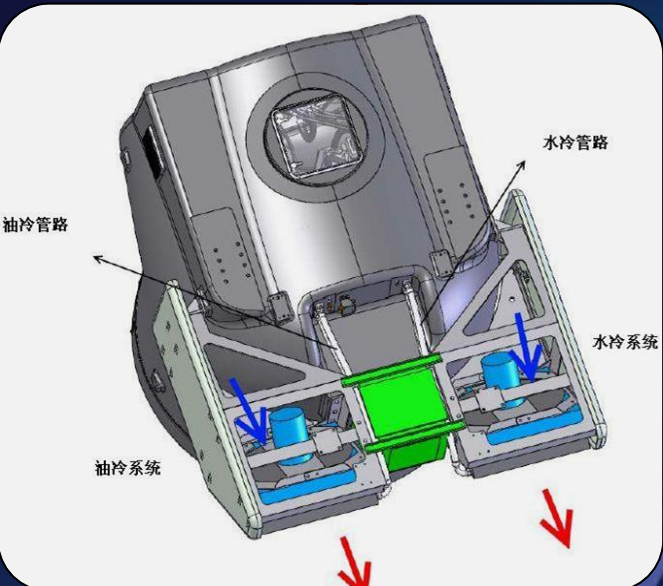
高效、可靠、环境适应性强.....





优秀 的防腐能力

MySE机组对机舱及轮毂进行了空气隔绝处理，风机内部的空气都经过空气过滤处理器把水分、盐分及沙尘隔绝掉避免腐蚀；发电机、液压系统和发电机整流柜都采用同一套水冷回路，它通过一个适当的水/空气热交换器将最后的热量交换给外界空气。





从明年1月1日起，取消煤电价格联动机制，将现行标杆上网电价机制，改为“**基准价+上下浮动**”的**市场化机制**。

基准价按各地现行燃煤发电标杆上网电价确定，**浮动范围为上浮不超过10%、下浮原则上不超过15%**，具体电价由发电企业、售电公司、电力用户等通过协商或竞价确定。

由“计划电”向“市场电”过渡



如何在电价高时将电量卖出

电网对出力稳定性将会提出更高的要求

应具备为电力系统调频调峰的能力



明阳智能是全球首家拥有黑启动技术能力的风电整机商。

风电机组的黑启动技术，则指的是当电网完全失电后，风机作为自启动电源为电网建压，并为网内其他负载供电。

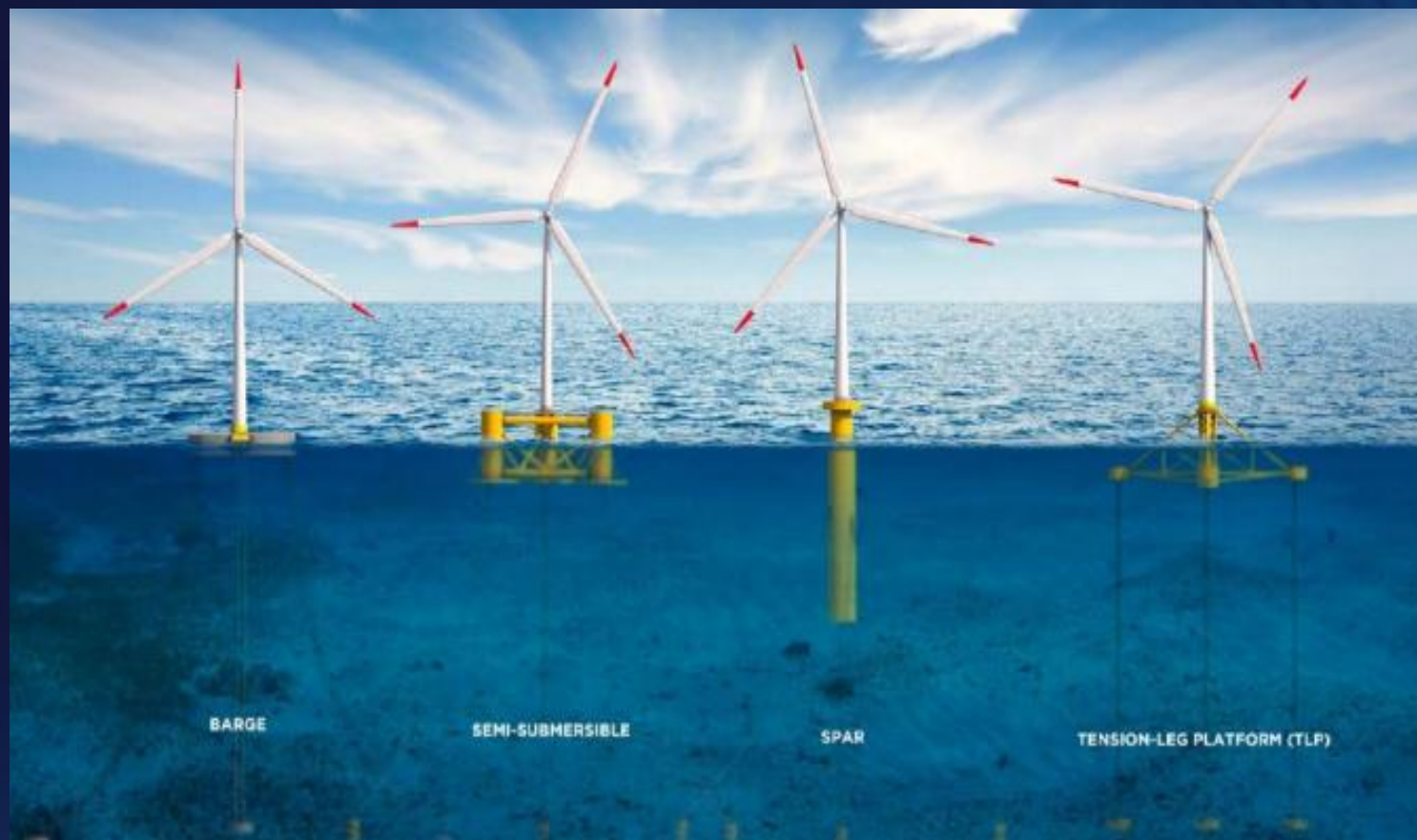


黑启动技术的意义：

- 作为动态调试电源为电网提供参考电压和能量，可提前完成风机动调，帮助业主提升收益。
- 作为电网失电后的运维电源。对于安装运行在台风海域的风机及风场尤为重要。



相关统计表明，当前全世界有30多种浮式风机概念，主要分为以下几种：**Spar形式基础、半潜形式基础、张力腿式基础(TLP)**等。



当前主要三种漂浮式基础形式：**Spar、Semi、TLP**

- **Spar 结构基础**：通过压载舱使得整个结构系统的重心位于浮心之下以保证风机的稳定，通过辐射状的系统来保持风机的位置，**世界首个全尺寸样机Hywind为Spar形式。**
- **半潜式（浮筒）结构基础**：依靠自身重力和浮力的平衡及系统回复力来保证风机的稳定。半潜式（浮筒）在相同的载荷下性能中等，**全尺寸样机WindFloat为半潜式结构。**
- **TLP 结构基础**：剩余浮力提供给张力筋腱一定的预张力来保持风机的稳定。张力腿有更小的负载，但制造成本高。**目前暂无全尺寸样机。**



具体案例介绍

设计总述：

- 基础型式：三柱半潜式
- 单机容量：5.5MW
- 设计水深：50米
- 目标海域：中国广东/福建海域
- 系泊方式：悬链线式系泊（3×3）
- 设计标准：抗台风、DNVGL浮式风机基础规范

基础成本对比：

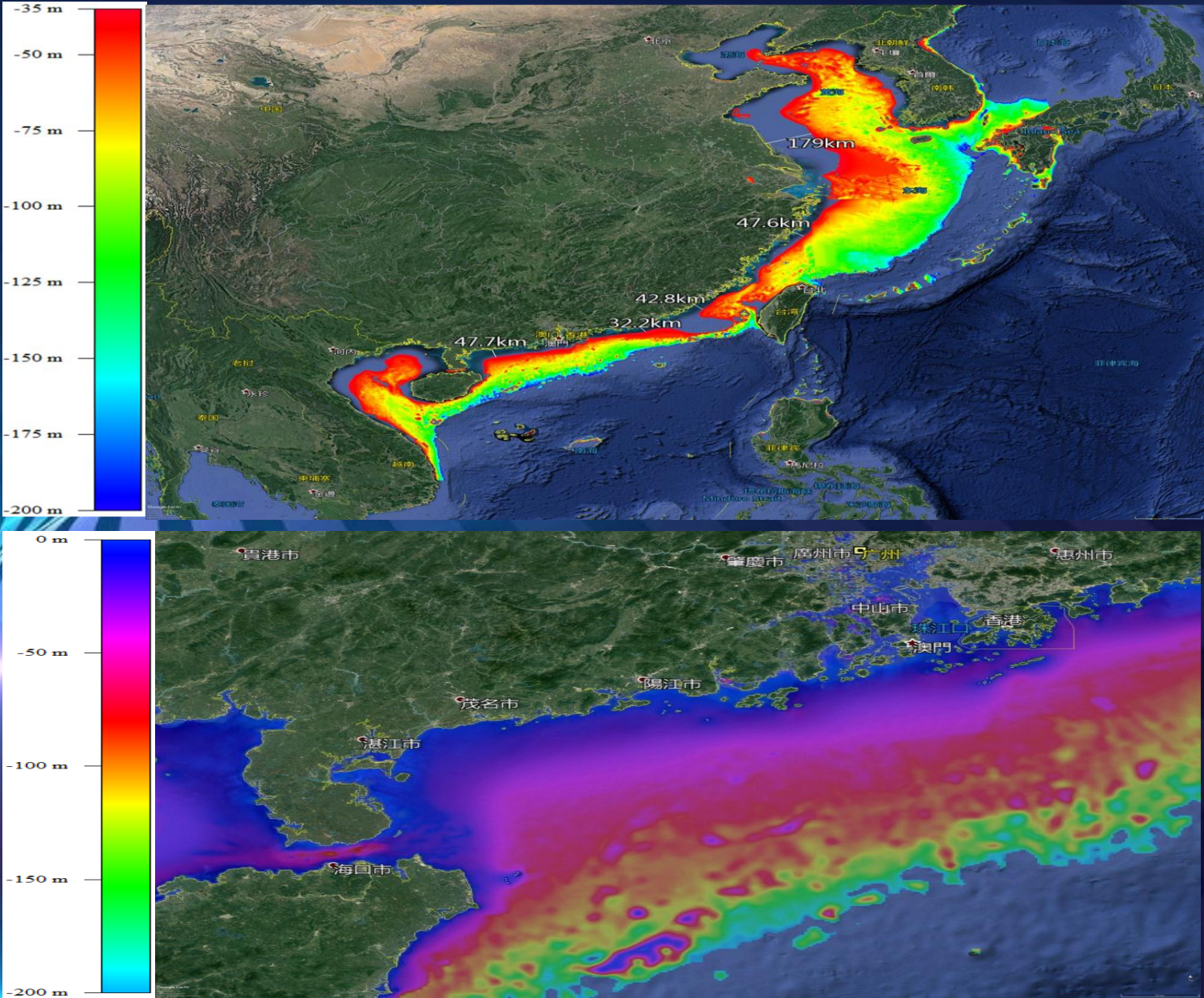
漂浮式基础：

3600万

VS

固定式基础：

5500万

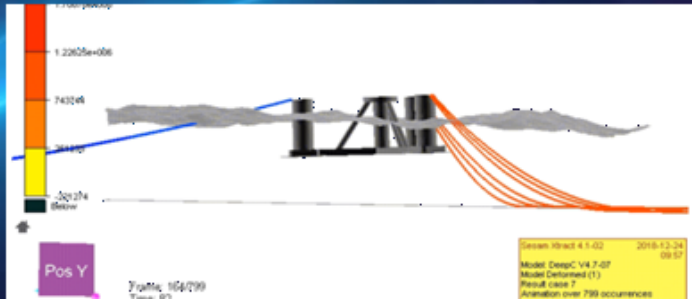
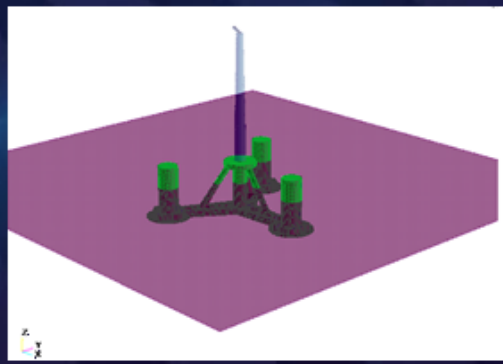
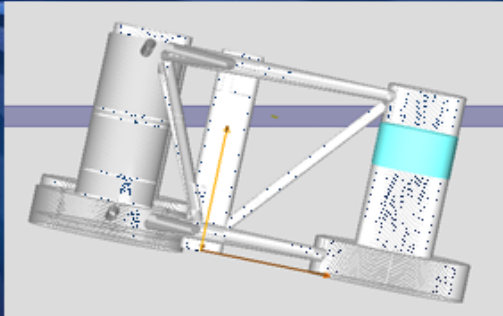
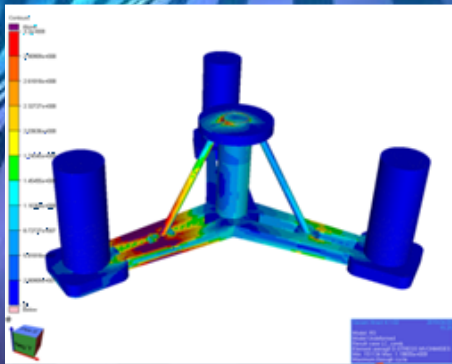
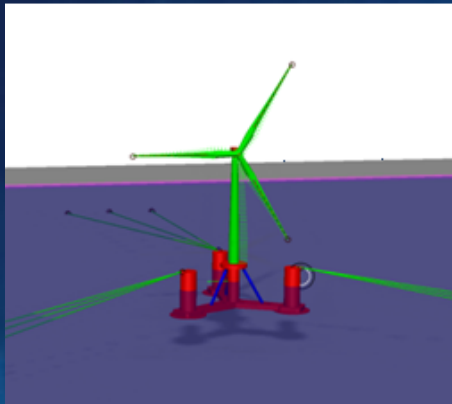


中国海域水深分布图



半潜式漂浮式基础设计关键技术

- 一：基础型式与主尺度方案
- 二：稳性分析与舱室划分
- 三：水动力性能分析
- 四：CFD仿真计算
- 五：系泊系统设计
- 六：结构设计强度计算
- 七：时域全耦合动态仿真分析



Note：中国海上环境与欧洲大不相同，设计时需要考虑台风环境和海床地质环境条件的影响。

CONTENTS 目录



MINGYANG SMART ENERGY
明阳智能

明阳海上风电案例与市场业绩

明阳智能MySE海上项目业绩



截至2019年10月，明阳智能海上风机订单量已超过478万千瓦。

序号	项目	容量/MW
1	三峡福清兴化湾海上风电场一期工程	11
2	龙源江苏海上试验样机工程	6
3	龙源江苏如东2.5MW试验机组工程	2.5
4	南网广东珠海桂山海上工程	81
5	中广核福建平潭大练海上风电场B区	55
6	广东湛江外罗海上风电工程	198
7	中广核广东阳江南鹏岛海上风电场工程	400
8	粤电广东阳江沙扒海上风电工程	300
9	三峡广东阳江阳西沙扒海上风电工程	300
10	中节能广东阳江南鹏岛海上风电工程第一批	110
11	华电福建福清海峡30万海上项目A标段工程	150
12	大唐福建平潭长江澳海上风电场工程	185
13	大唐江苏滨海海上风电项目工程（标段一）	150
14	粤电珠海金湾项目	300
15	国电投揭阳靖海项目	200
16	国电投揭阳神泉项目（二标段）	150
17	中广核汕尾后湖项目	500
18	中广核汕尾甲子项目	900
19	华能汕头勒门（二）海上风电项目	400
20	三峡广东阳江阳西沙扒二期海上风电工程	200
21	中节能广东阳江南鹏岛海上风电工程第二批	190
	总计	4788.5



粤电广东湛江外罗项目

- 2018年12月首台机组吊装成功，明阳智能海上大兆瓦机型正式进入**批量化交付安装阶段**。
- 作为国家示范工程项目和**广东省首个5MW级以上大兆瓦海上风电项目**，外罗项目的顺利实施对推动广东省及我国东南沿海海上风电规模化开发具有重要意义。



明阳广东揭阳石沃分散式项目

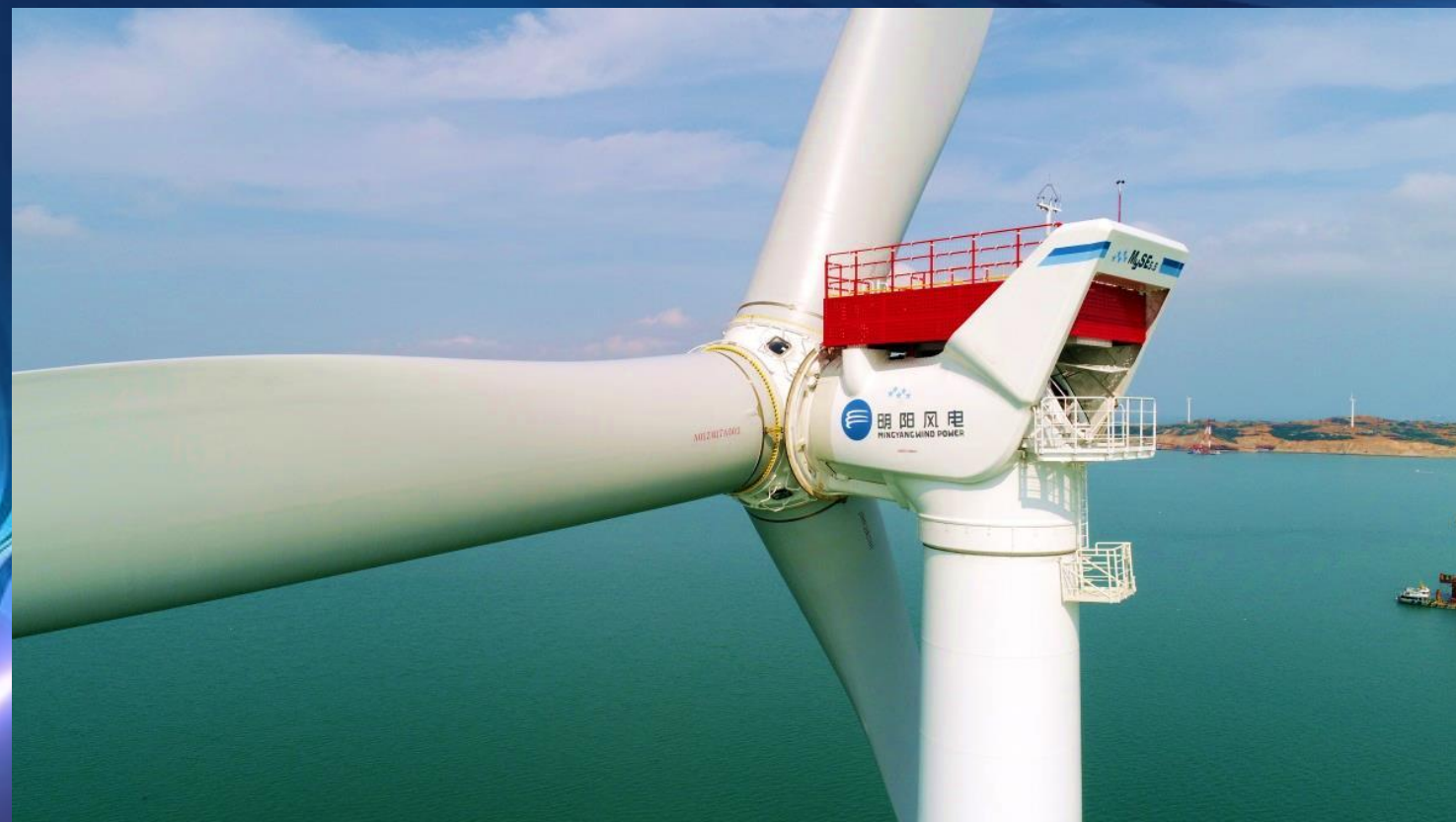
- 2019年2月在广东省揭阳市惠来县靖海镇完成吊装；
- 明阳智能MySE7.25-158机组，传承半直驱机型优势，是**全球同级别产品中重量最轻、尺寸最小的海上大兆瓦机组。**



三峡福建兴化湾海上试验风电场共安装来自国内、外8个主机厂商的14台5兆瓦及以上风电机组。

明阳智能MySE5.5/7.0MW机组，叶片最长，安装调试速度最快，**创整场最快并网记录。机组自2018年6月投运以来，多次保持月均全场发电量第一和可利用率第一。**

在2018年7月台风“玛莉亚”登陆期间，当日可利用率达100%，等效利用小时数高达19.66小时，单日发电量10.8万度，成为台风期间**全场唯一实现零电量损失、持续满发**的风电机组。





MINGYANG SMART ENERGY
明阳智能

THANKS !