



运达股份
WINDY

CHINA
WINDPOWER
2020 14-16 October
Beijing, China

股票名称：运达股份
股票代码：300772

高塔技术助力分散式风电平价上网

罗勇水

浙江运达风电股份有限公司



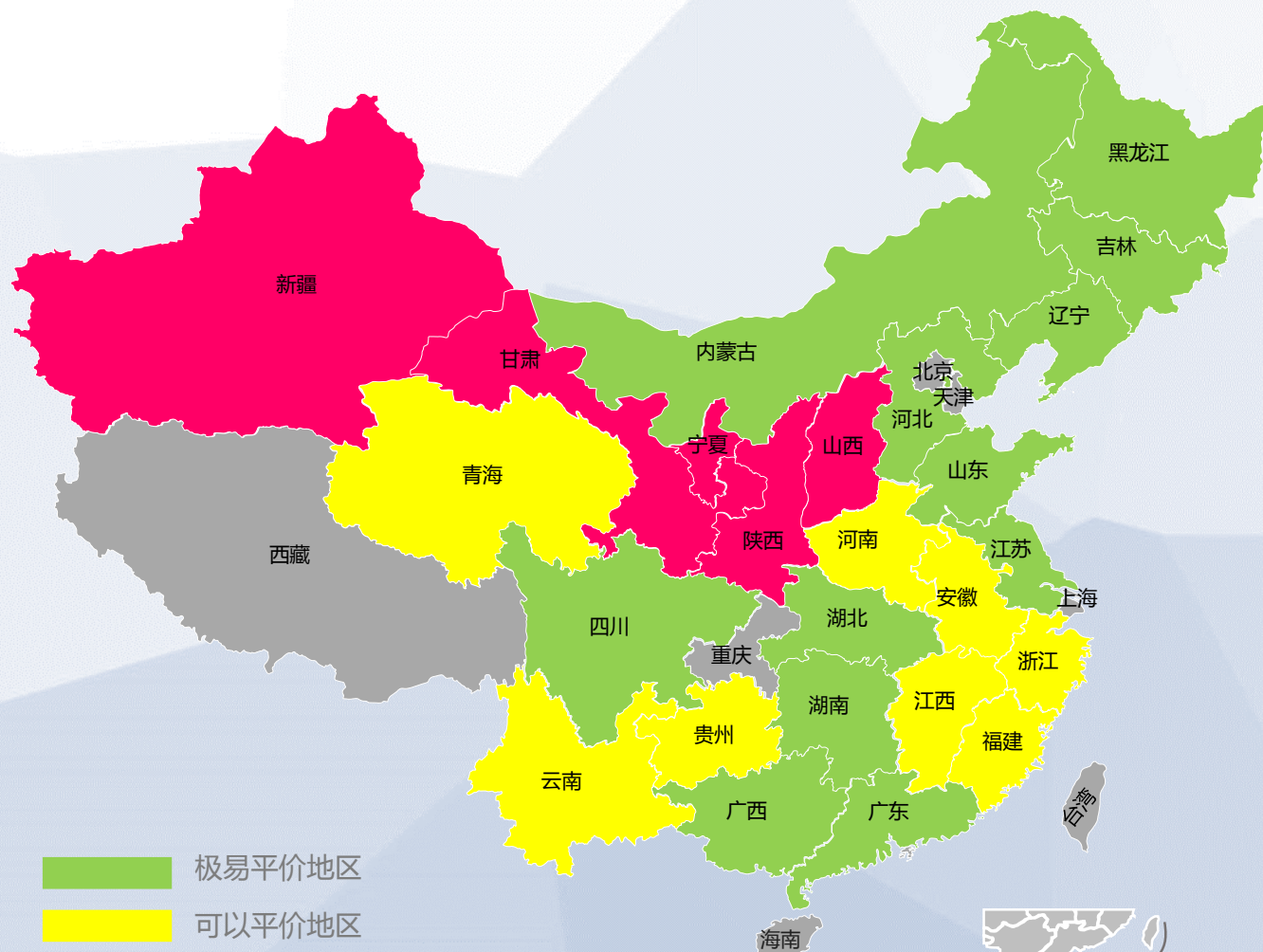
运达股份
WINDY



- 一、高塔技术发展需求
- 二、柔塔安全关键技术
- 三、超高塔架技术未来展望

高塔技术发展需求

风电平价地图

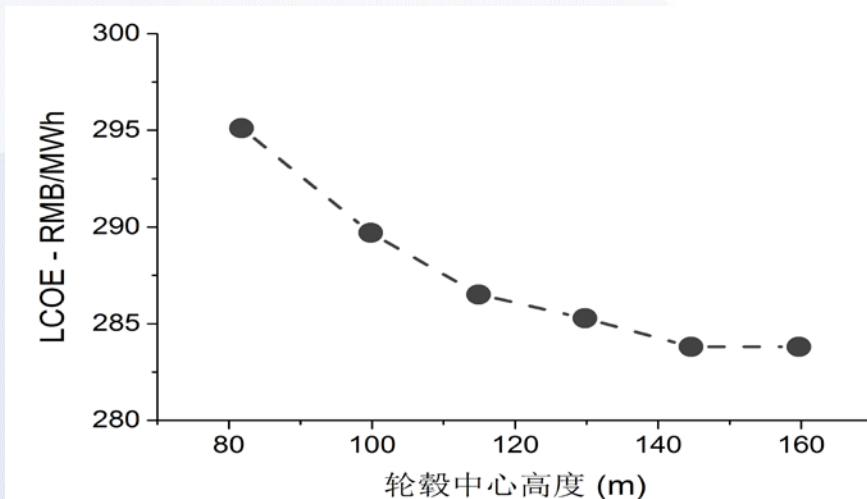
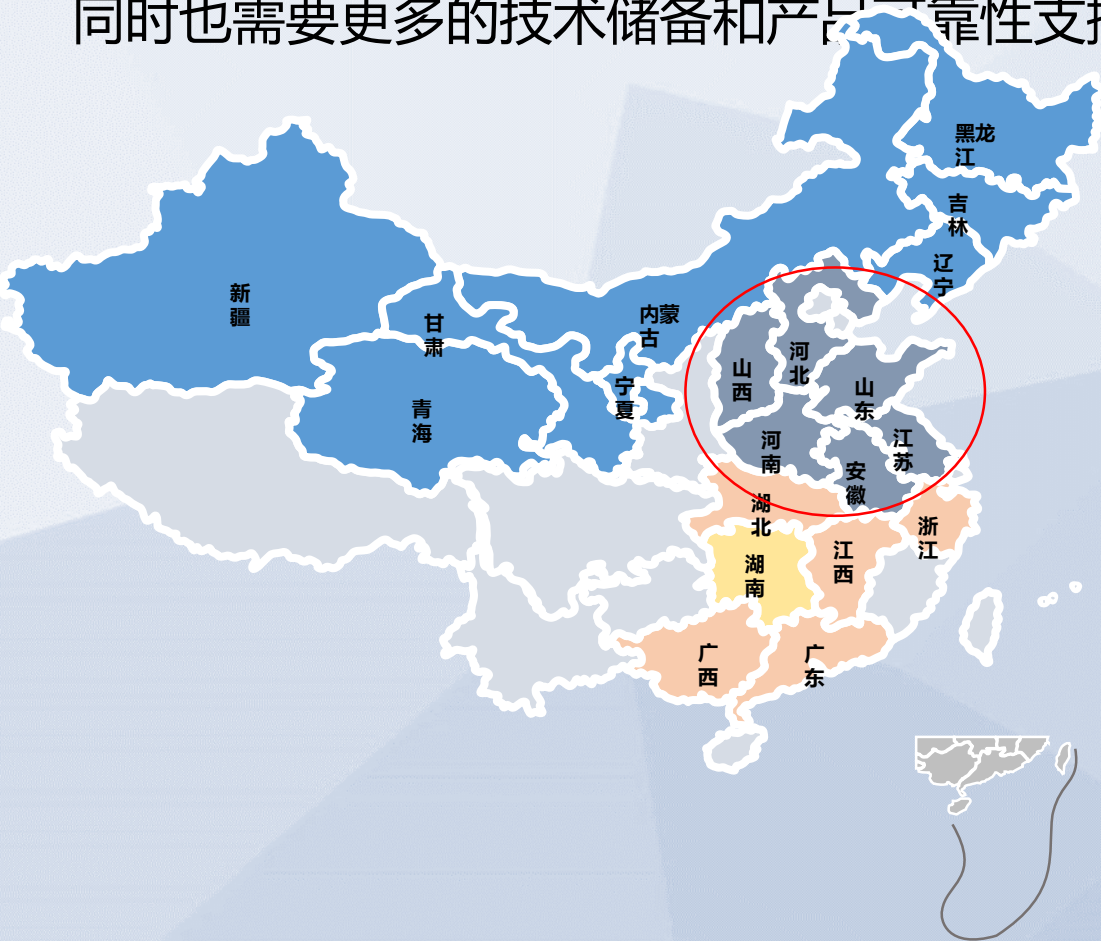


- 极易平价地区
- 可以平价地区
- 部分平价地区

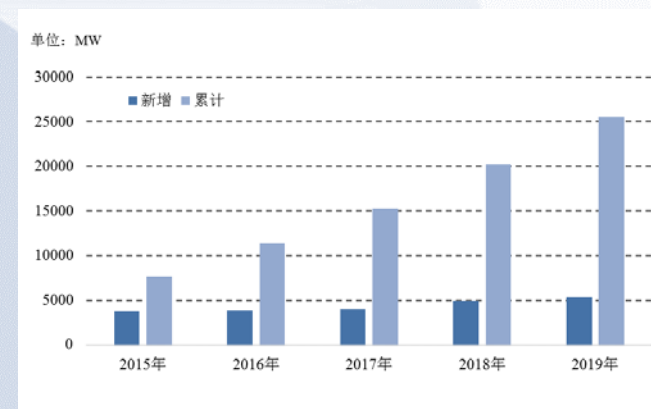
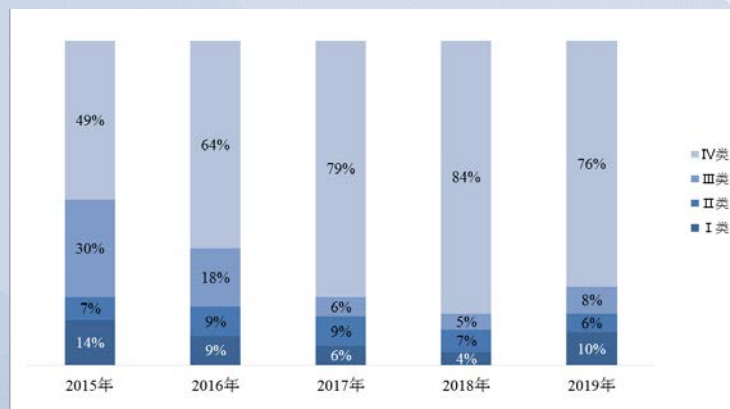
地域	参考平价地图		
	单位千瓦投资 (元/千瓦)	等效小时数 (h)	脱硫标杆电价 (元/千瓦)
广东	7300	2238	0.453
湖南	7300	2252	0.45
广西	7300	2410	0.4207
山东	7300	2566	0.3949
福建	7300	2578	0.3932
河南	7300	2682	0.3779
冀北	6000	2285	0.372
云南	7000	2906	0.3358
山西	7300	3054	0.332
蒙东	6000	2800	0.3035
蒙西	6000	3003	0.2829
黑龙江	6500	2440	0.374
吉林	6500	2446	0.3731
辽宁	6500	2435	0.3749
天津	6500	2498	0.3655
陕西	7000	2752	0.3545
宁夏	6000	3275	0.2595
甘肃	6000	2760	0.3078
新疆	6000	3400	0.25
湖北	7300	2436	0.4161
江苏	7300	2592	0.391
安徽	7300	2637	0.3844
浙江	7300	2440	0.4153
福建	7300	2578	0.3932
江西	7300	2447	0.4143
海南	7300	2358	0.4298
四川	7300	2526	0.4012
贵州	7500	2955	0.3515
青海	6000	2617	

中部平原市场需求

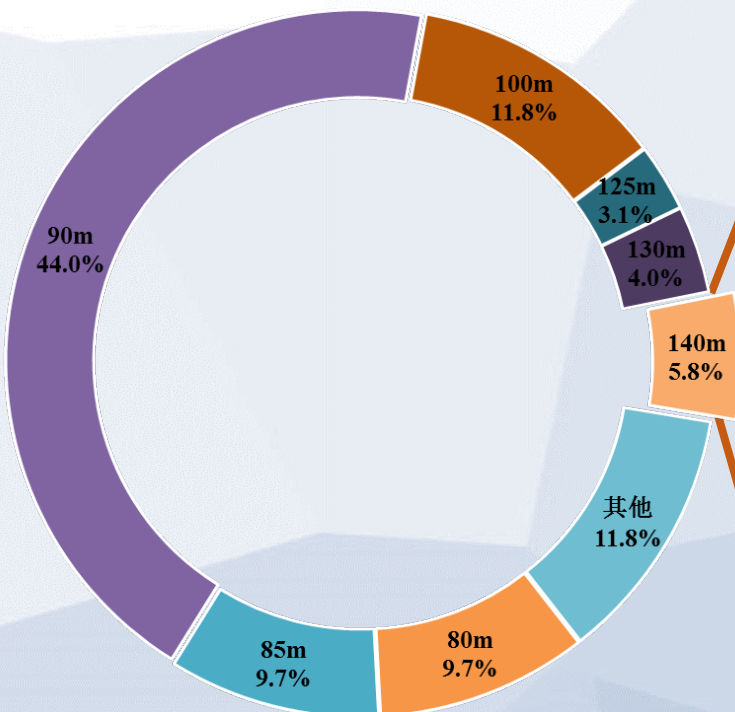
中部平原风电场，风速低、风切变大，高塔技术及产品应运发展起来。更高的塔架提供更好的发电量，LCOE也更低，同时也需要更多的技术储备和产品可靠性支撑。



平准化度电成本与轮毂高度关系示意图 数据来源：Wood Mackenzie

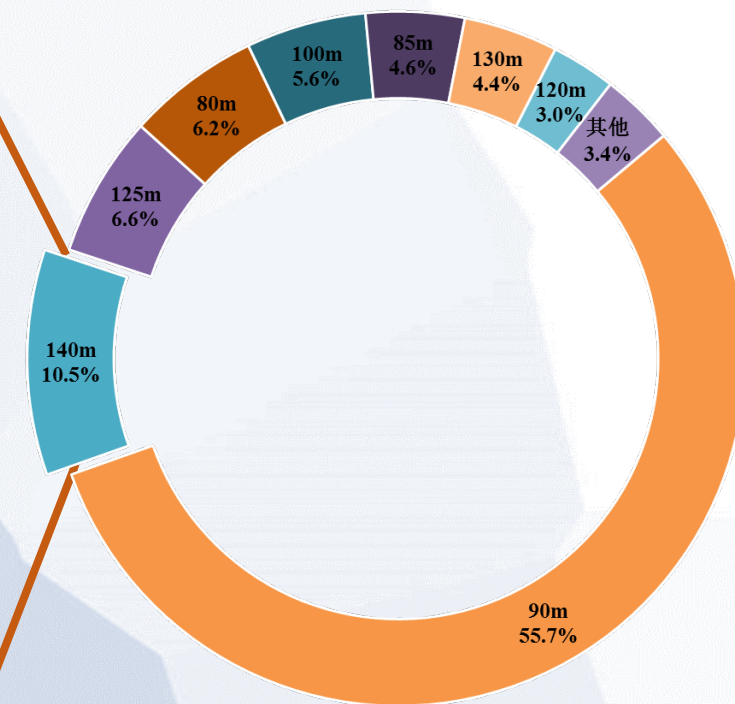


140米—低风速时代的中流砥柱



2019年全国新增风电机组
轮毂高度分布

数据来源：CWEP

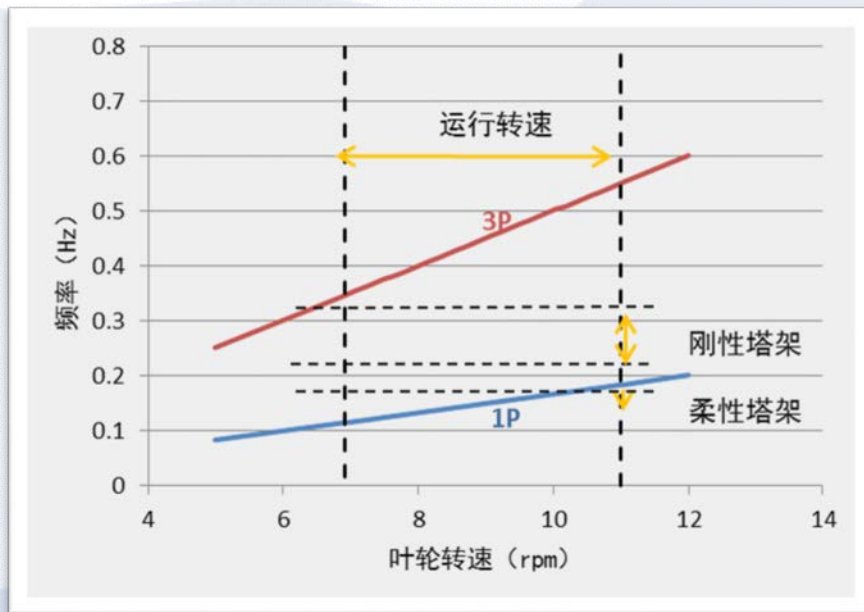


2019年全国新增2.1~2.9MW风电
机组轮毂高度分布

数据来源：CWEP

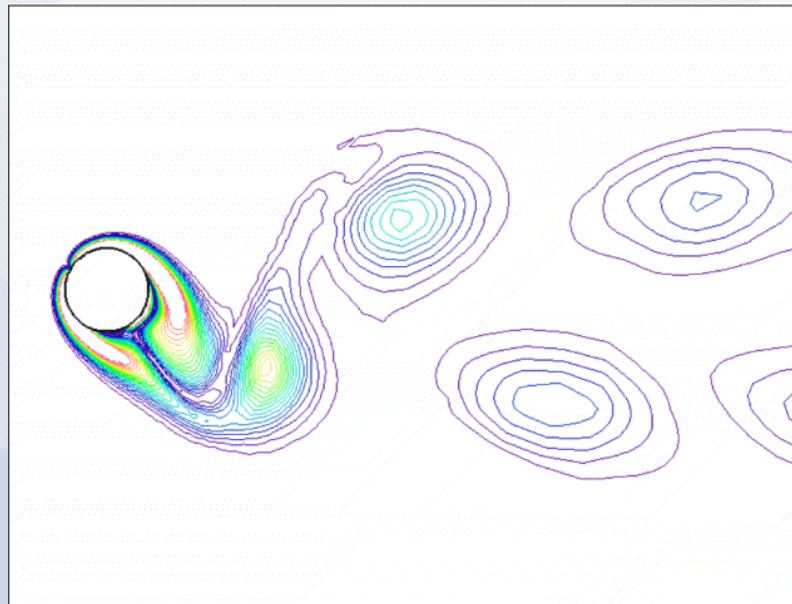
柔性塔架安全关键技术

一、共振穿越技术



- 塔架一阶固有频率与机组1P相交

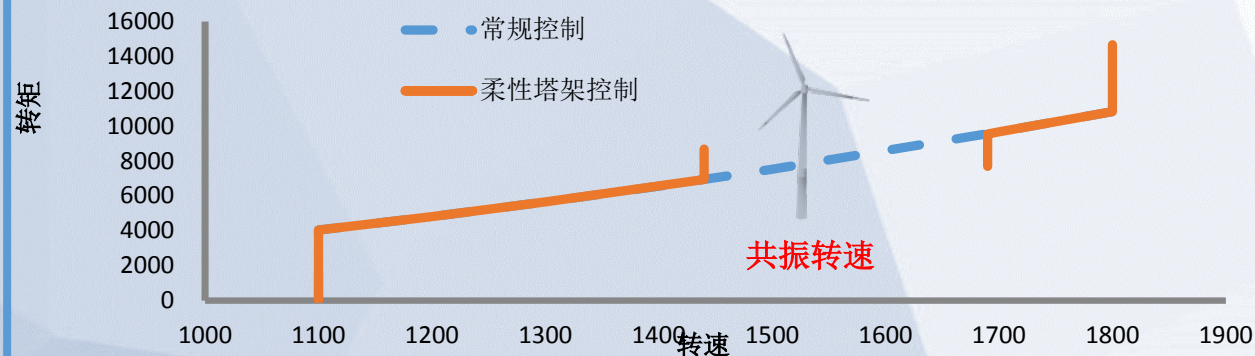
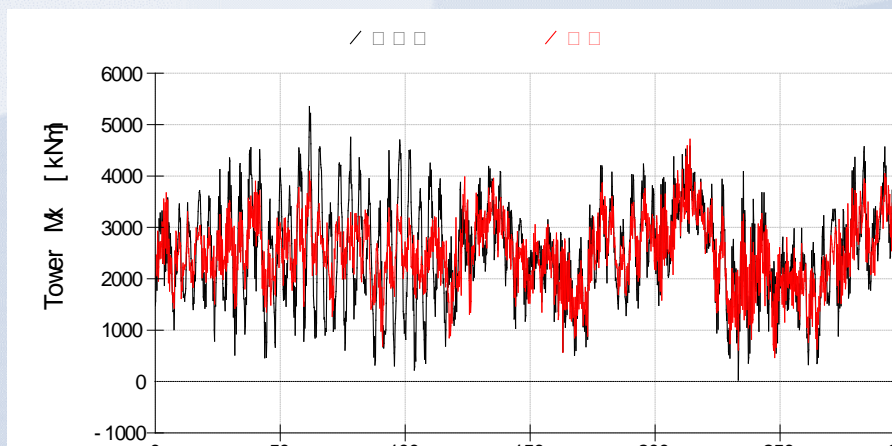
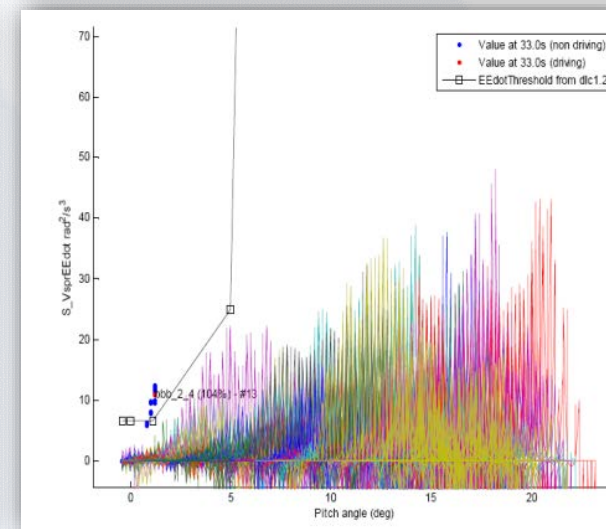
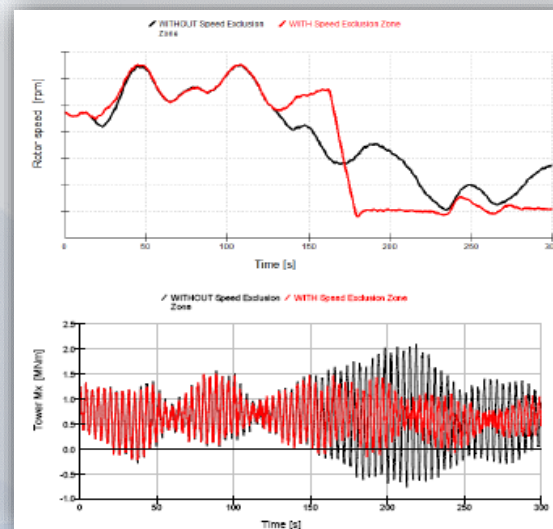
二、涡激共振技术及抑制研究

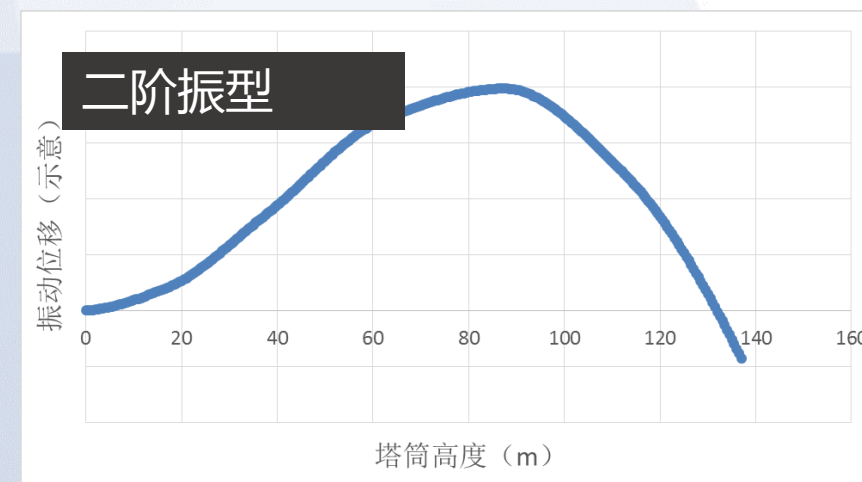
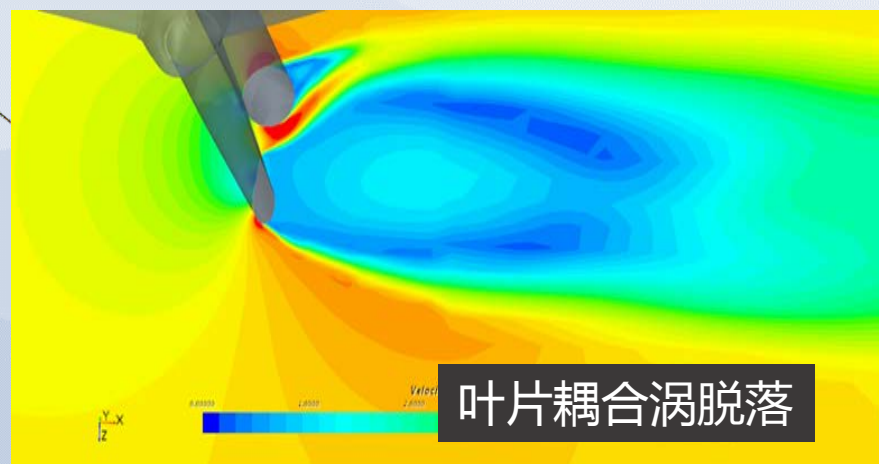
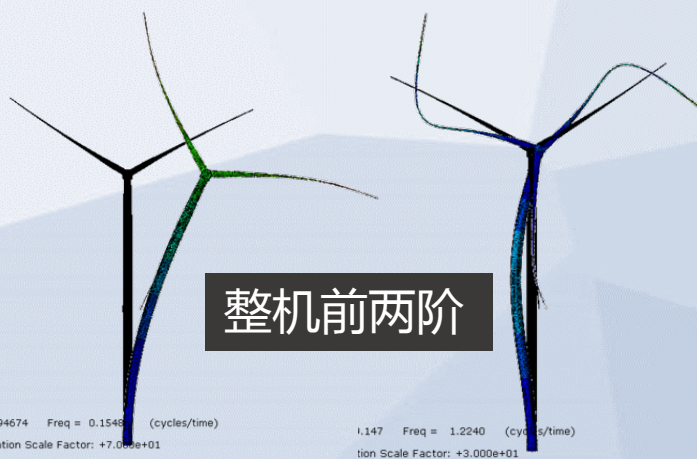
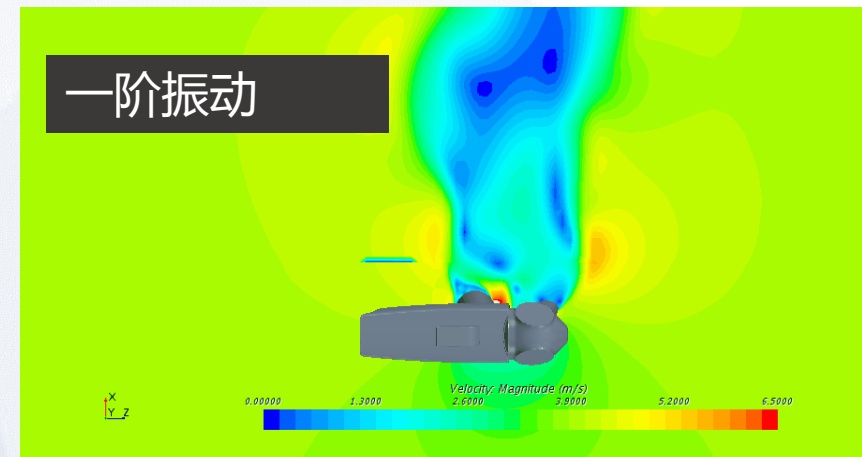
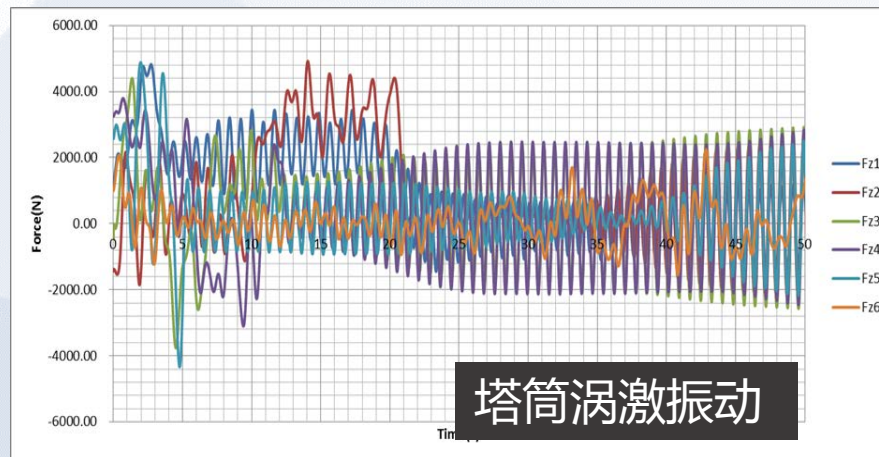
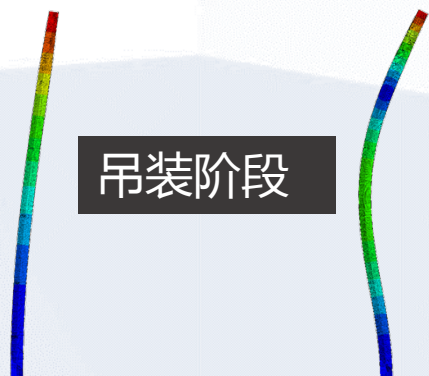


- 吊装阶段涡激振动；
- 整机并网前涡激振动；
- 整机并网后20年周期内：风场断电、偏航故障、大部件检修、台风天气等



- ① 快速穿越共振转速的控制技术
- ② 塔架主动阻尼控制技术
- ③ 动态推力削减控制技术
- ④ 载荷最优停机控制策略





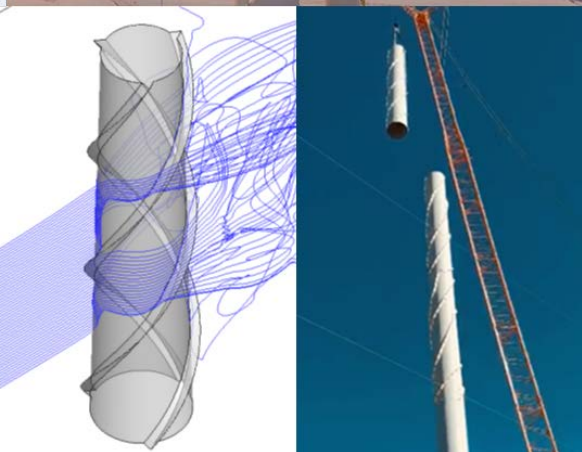
结构模态分析

激发风速分析

流固耦合分析

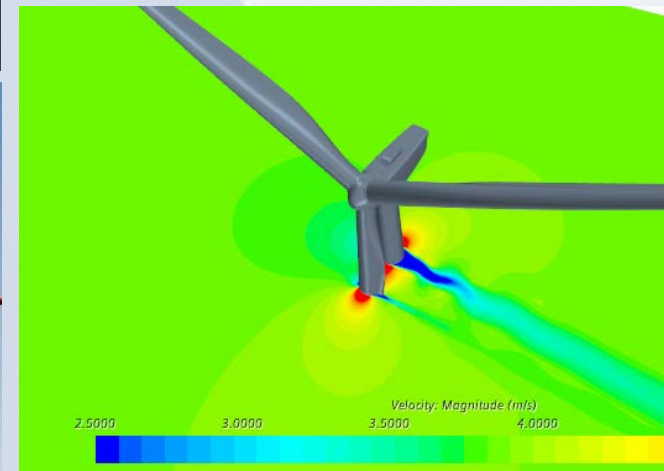
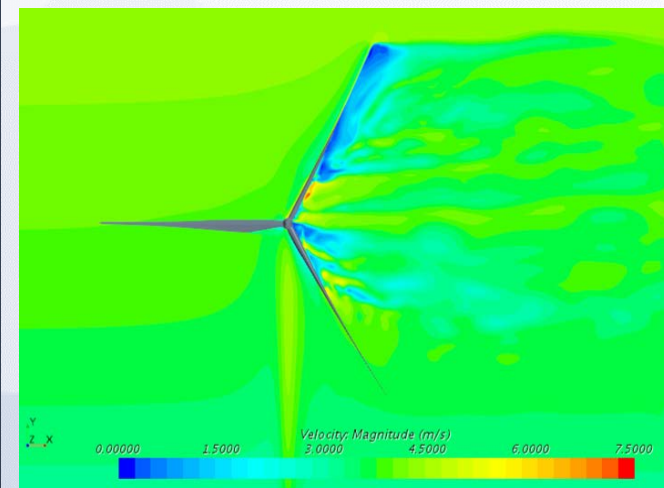
扰流条

- 吊装阶段

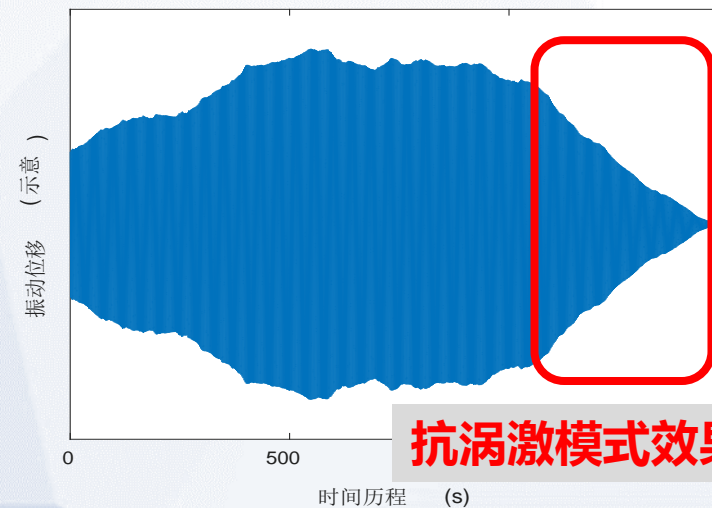
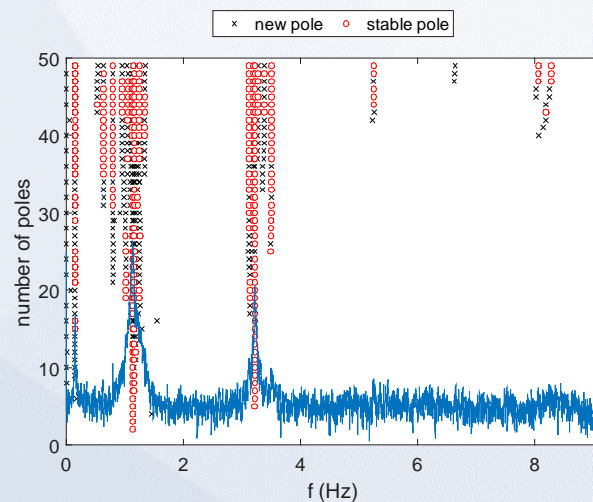


运达抗涡激运行模式

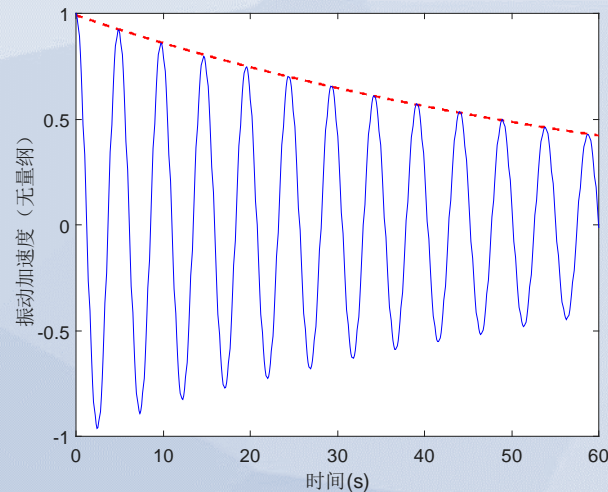
- 整机并网前
- 整机并网后
 - ✓ 机组断电
 - ✓ 偏航故障
 - ✓ 大部件检修
 - ✓ 维护、维修
 - ✓ 研发测试
- 大风时切出



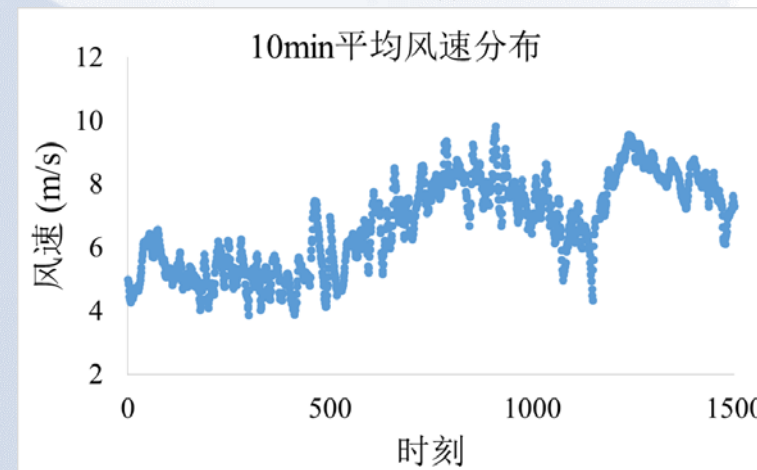
机理--测试研究



抗涡激模式效果



结构阻尼测试

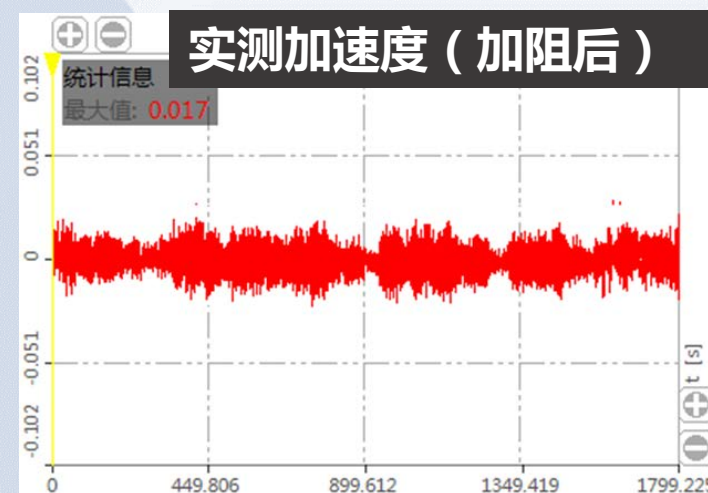
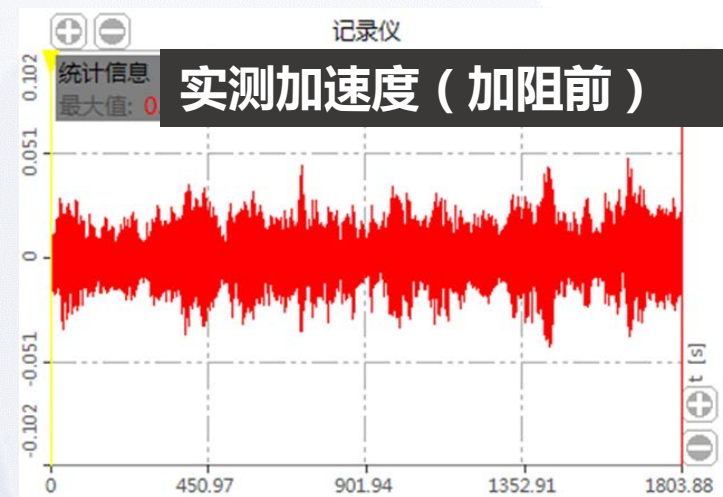
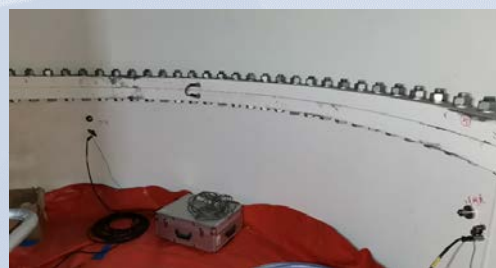
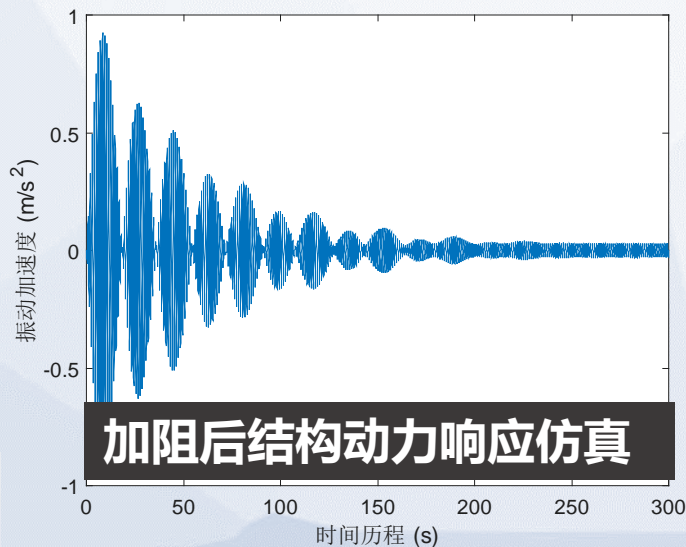
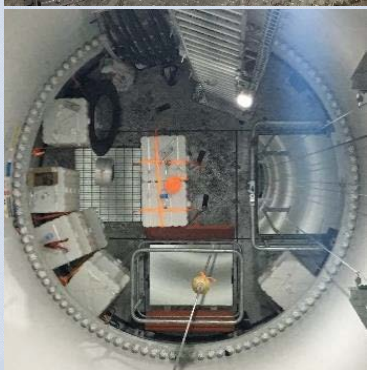


共振响应测试

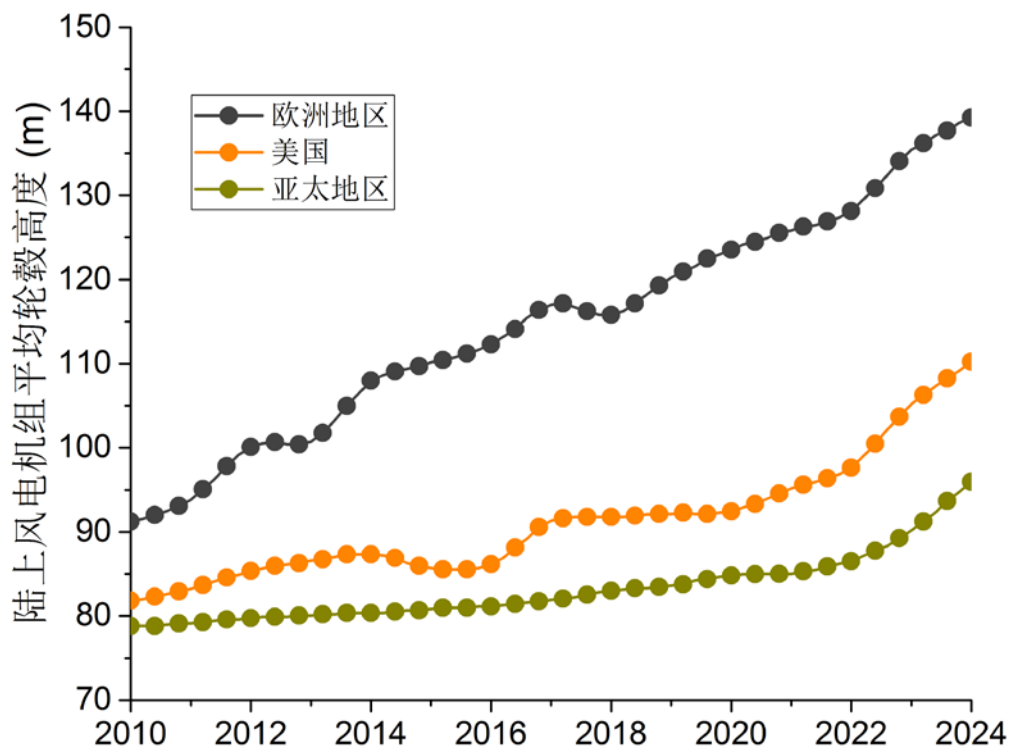


二阶阻尼器

- 塔筒厂内预装
- 抑制整机二阶振动
- 分为TMD和TLD



超高塔架技术未来展望



全球风电塔架高度趋势

数据来源：Wood Mackenzie

涡激风险升高

结构频率降低，激发风速下降，涡激振动尤其是二阶振动更容易发生

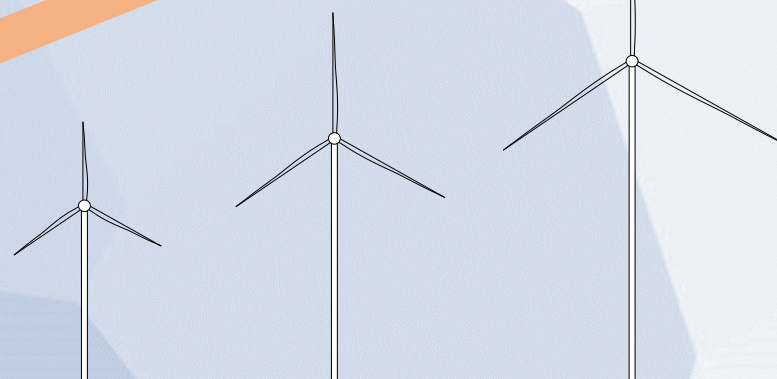
共振风险增加

随着塔架频率降低，大部件共振更容易发生

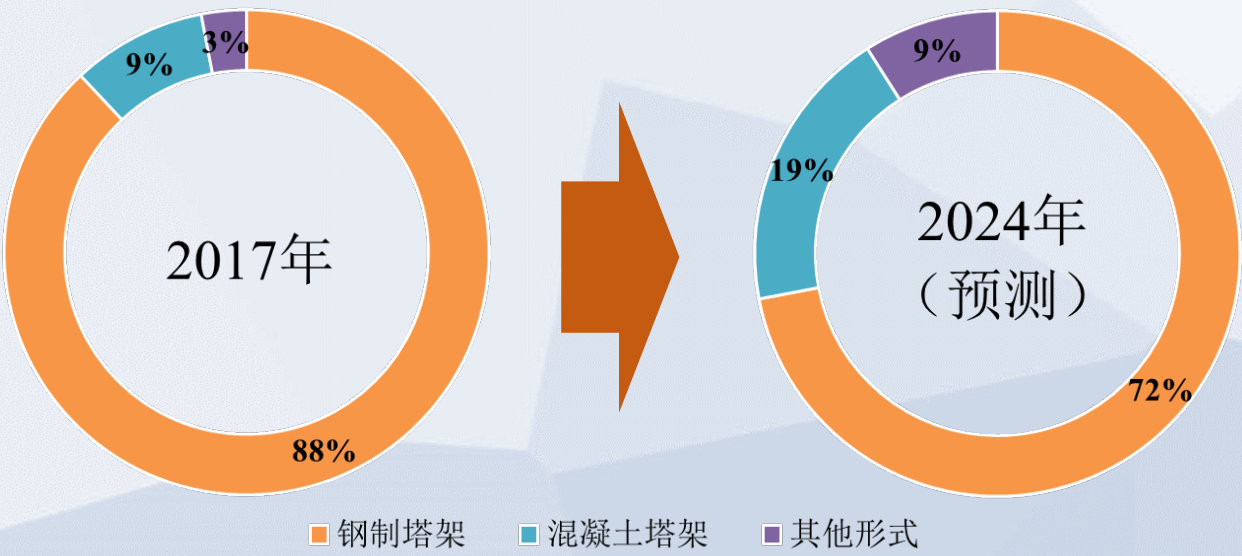
运行条件更恶劣

塔架更高，采用柔塔方案塔顶晃动较大，尤其是在遭遇高空急流时

其他的未知风险...



超高塔架—新高度催生技术变革



全球风电塔架技术趋势

数据来源：Wood Mackenzie



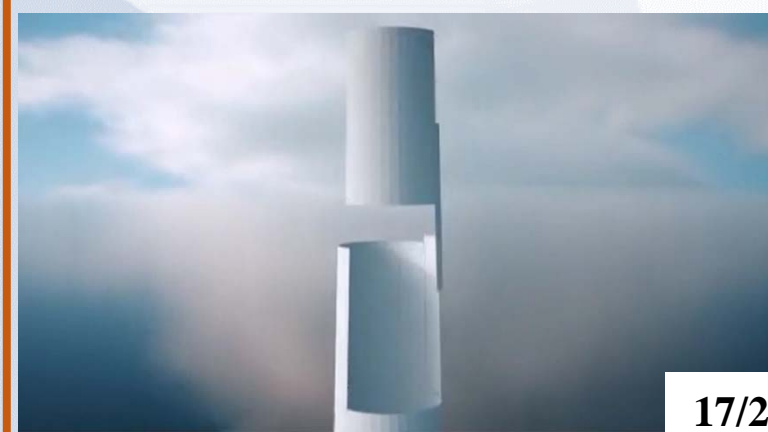
◆ 混凝土塔架



◆ 桁架式塔架



◆ 分片式塔架



◆运达166米高度混塔机组



宣传图

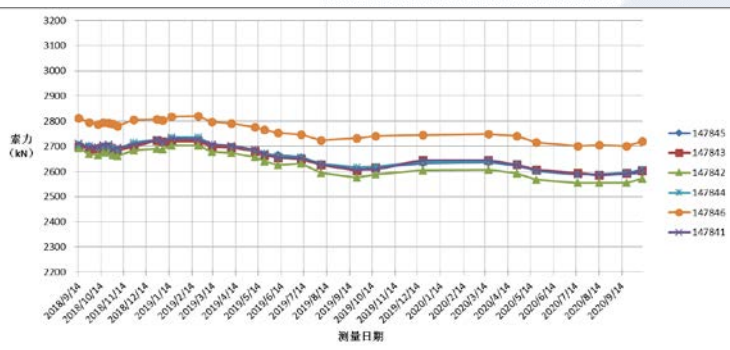
安全性高，且20年免维护

箱变内置，减少征地投资

**高度可变160~170米，以
匹配不同具体项目及机型，
获得最优经济性**

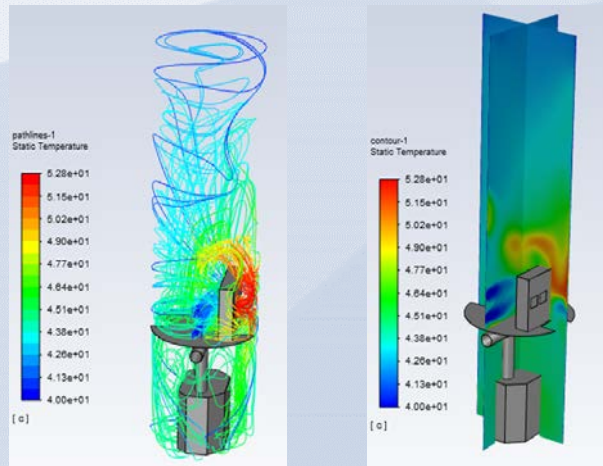
超高塔架——新高度催生技术变革

① 20年免维护



锚索索力变化趋势图

② 箱变内置

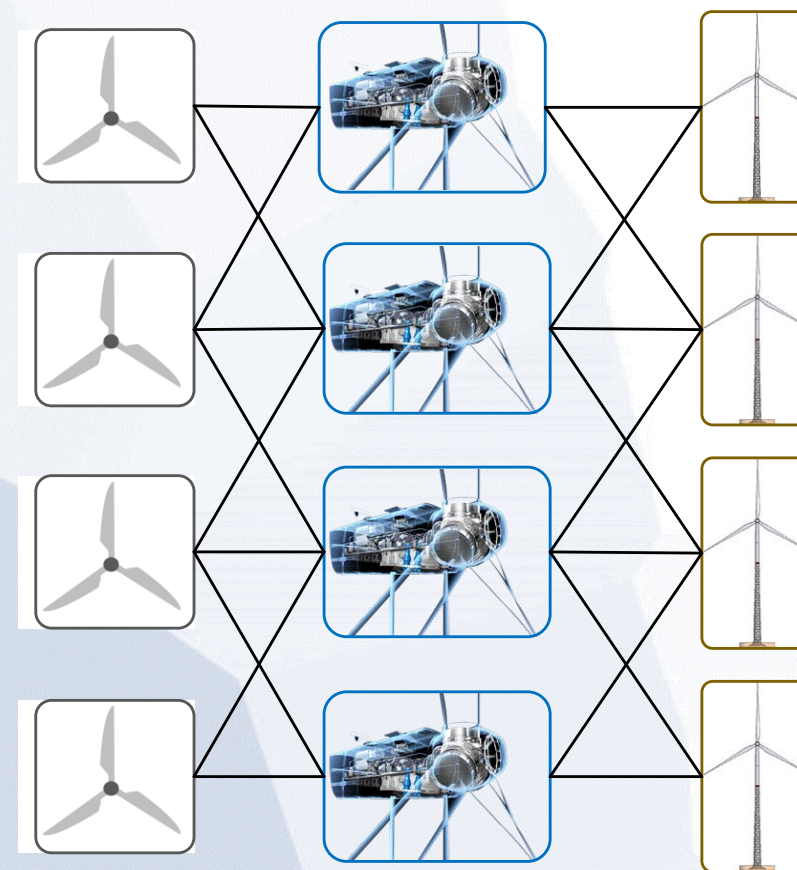


塔筒热流场仿真

③ 模块化配置

机型	3.XMW	4.XMW
额定功率	3000-4000kW	4500-5000kW
电压等级	三电平1140V	三电平1140V
切入风速	3 m/s	3 m/s
切出风速	20 m/s	20 m/s
风区等级	GL IIC\IIIC\B	GL IIC\IIIC\B
风轮直径	156-164m	156-175m
塔架高度	140米柔塔 166米混塔	140米柔塔 166米混塔
发电类型	双馈	全功率鼠笼
机舱重量	单千瓦重量<30kG	单千瓦重量<25KG

运达新一代3.X和4.X机组



模块化平台组建，不同风轮、不同
机型、不同塔筒高度相互匹配

谢谢大家！