



无锡风电设计研究院有限公司
江苏省风力机设计高技术研究
重点实验室

Cooperative Strategy
Win-win Thinking
Professional Technology
Independent Service

无锡风电设计研究院有限公司是南京航空航天大学在无锡市成立的产学研研究设计平台。公司位于江苏省无锡市，是一家专业的风电技术服务公司，无锡市首家通过高新技术企业认定的设计与咨询单位，主要为风电行业各相关企事业单位、国家能源领域集团公司等提供风力发电机组设计、机械结构校核、叶片气动结构设计、风电设备设计研发、风场运维、叶片工艺设计与实施以及风电科学技术研究等服务。

团队自上世纪七十年代末开始研究风力机气动设计至今已有 40 年的风电技术积累，在上世纪八十年代获得国家科技攻关奖、国家科学技术进步二等奖。

无锡风电-南航团队建设有江苏省风力机设计高技术研究重点实验室，主持了两项国家重点基础研究发展计划（973 计划）项目“大型风力机的空气动力学基础研究”和“大型风力机的关键力学问题研究及设计实现”。形成了一支以中青年骨干为主体，以学科领军人物、学术骨干组成的层次结构合理的人才团队。其中 2 位国家重点计划负责人，3 位国家优青/青长/千人获得者，3 位青年海外高层次人才，2 位自然科学基金重点项目负责人，6 位省部级人才计划。

近五年，组织和参与的国家和省级科研项目 70 余项。获得国家科学技术进步奖 4 项、江苏省科学技术奖、可再生能源学会奖3项。

合作
共赢
专业
独立

致力于打造“国家风力机技术第三方独立公共服务平台”



高新技术企业



江苏省第一个风电重点实验室：
风力机设计高技术研究重点实验室



无锡市重大创新载体
无锡南航风电设计研究院



无锡风电与 TÜV NORD 技术培训中心



重点实验室与金风科研及教学培训平台



电力科技创新奖二等奖



江苏省科学技术奖一等奖



质量管理体系认证



环境管理体系认证



职业健康安全管理体系认证

无锡风电-南航团队拥有一支涵盖空气动力学、结构、强度、材料、结构动力学、气动弹性力学、控制、机械设计等多个专业领域的专家团队，围绕国家能源战略的重大需求，解决风能利用中的关键科学技术问题。

王同光 教授，博士生导师

无锡风电设计研究院有限公司首席科学家

国家重点研发计划总体专家组专家

中国风能专委会主任，中国风能协会主席

主持和承担了国家973项目、863项目、国家科技支撑计划项目、江苏省创新学者攀登项目多项研究。发表论文150余篇，出版专著4部。获江苏省2018年科学技术奖一等奖（排名1）

赵宁 教授，博士生导师

无锡风电设计研究院有限公司董事长

中国空气动力学学会副理事长，中国力学学会常务理事，流体力学专业委员会副主任，江苏省力学学会常务理事，国家自然科学基金数理学部评议专家

主持国家自然科学基金重点和面上项目、国家973计划课题、国防973项目、国防预研等十余项重点科研课题，发表论文180余篇。获国防科学技术二等奖、全国优秀骨干教师、江苏省青蓝工程中青年学术带头人、江苏省科学技术奖一等奖（排名2）

朱春玲 教授，博士生导师

无锡风电设计研究院有限公司总经理

江苏省风力机设计高技术研究重点实验室主任

国家科技进步奖评审专家

组织了无锡重大创新载体“无锡南航风电设计研究院”的建设实施，实现了100余项成果的技术转化和服务。研究成果发表论文150余篇，出版专著和国防科工委“十五”重点教材各1部。国防科学技术进步奖4项。获江苏省2018年科学技术奖一等奖（排名3）

包洪兵 博士，教授级高级工程师

无锡风电设计研究院有限公司副总经理

中国风能专委会委员

江苏省“333高层次人才培养工程”培养对象

主持江苏省重点研发项目计划。获江苏省科学技术奖一等奖

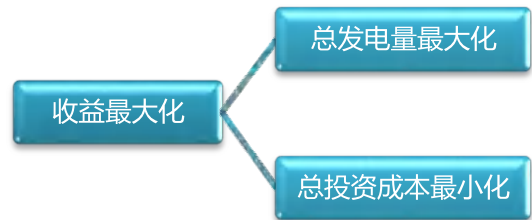
风资源评估

<p>真实运行 条件下</p>	<p>强非定常、多尺度耦合、流动分离 等空气动力学领域复杂问题</p>
	<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> 大气热力-动力驱动湍流 <input type="checkbox"/> 大型旋转部件尾流 <input type="checkbox"/> 风电场多尺度混合尾流 <input type="checkbox"/> 复杂地形分离流  </div>

风力机/风电场旋转尾流的准确预测面临巨大挑战

考虑大气边界层演化对来流条件的影响；结合地形地貌以及机组间尾流效应对风场风资源的影响，以提高风电场的总发电量同时降低风电场的建设成本为目标，对大基地建设选址和风电场布局提出建设性建议。

目标和关键问题



叶片设计

背景与挑战

超大复材叶片具有强几何非线性和弯扭耦合大变形特征，与整机形成了刚-柔耦合多体动力学系统，复杂和极端大气环境产生近万种载荷工况，快速准确获取叶片和整机动力学特性，形成叶片和整机设计的关键技术难题。

解决方案

发展了大型柔性叶片非定常气动-几何非线性大变形强耦合协同设计方法

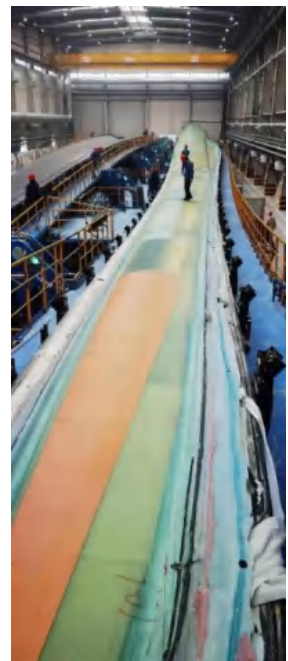
1. 风力机整机复杂刚-柔耦合多体动力学仿真分析：
超长柔性叶片强几何非线性及与整机形成复杂刚-柔耦合系统



2. 超长柔性叶片新型气弹降载技术：
叶片三自由度弯扭/后掠耦合降载

3. 超长柔性叶片非定常气动载荷和结构非线性大变形强耦合协同设计

- 开展了叶片的参数化建模，针对主要设计目标和关键约束条件建立了数学模型，结合高性能多目标进化算法和叶片极限载荷计算方法，建立了适合于大型叶片的气动-结构-载荷一体化优化设计方法
- 近三年完成了4MW~15MW范围内十余款超大柔性叶片高效低载设计，叶片长度为76米~127米



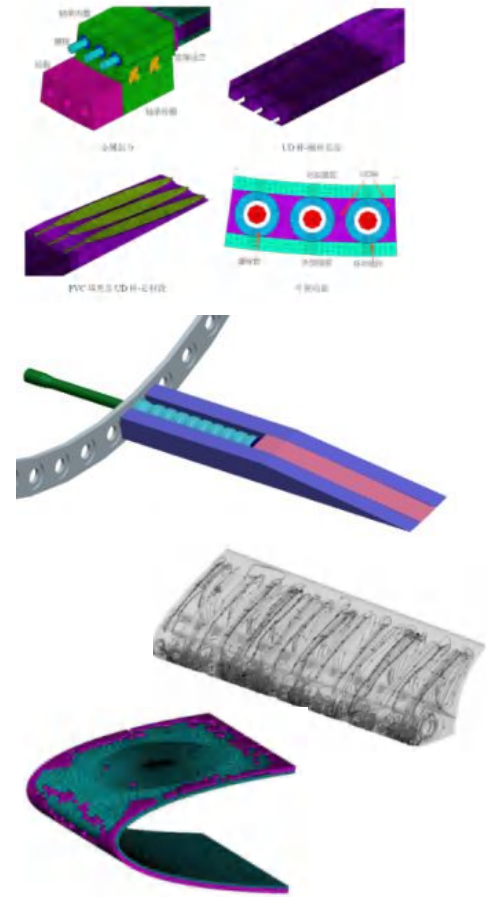
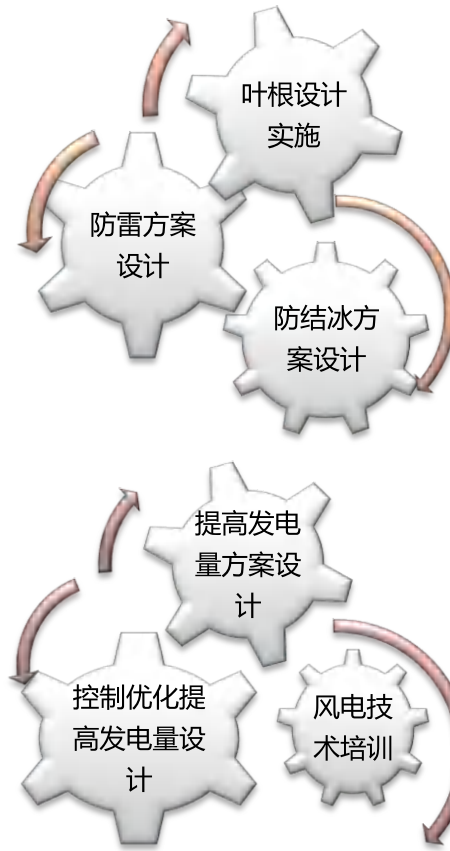
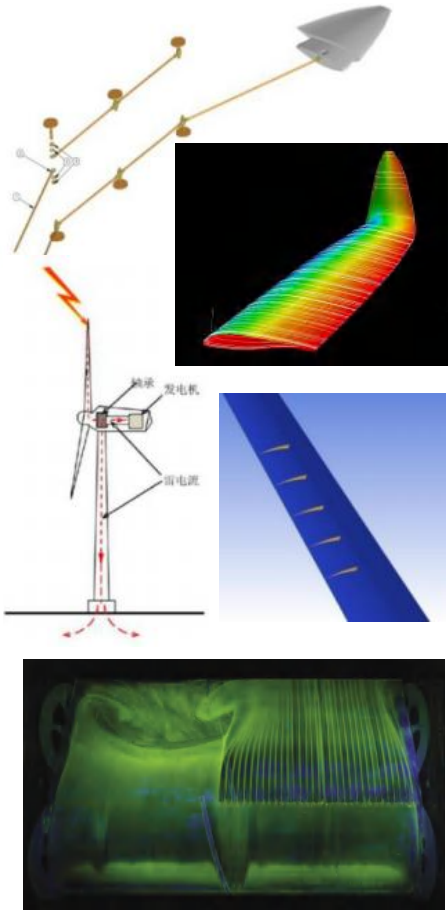
大型叶片设计图



大型叶片模具



设计的10MW大型叶片下线



叶片系列化开发

750kW 叶片外形



800kW 叶片外形



1.25MW 叶片外形



1.5MW 叶片外形



2.0MW 叶片外形

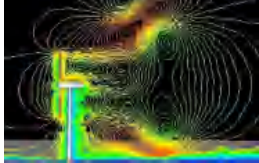

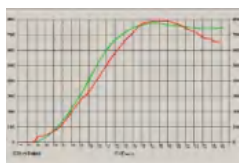

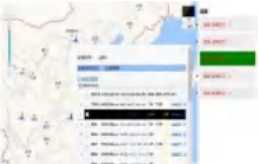





2.0MW 加长型叶片外形



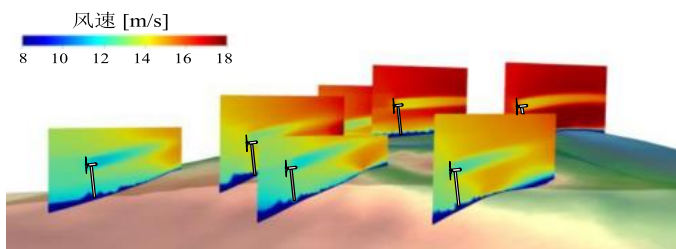
- 750kW-WB22.0
- 800kW-WB25.0
- 1.25MW-WB31.0
- 1.5MW-WB41.0/WB44.0
/WB45.3/WB47.5/WB48.8
- 2.XMW-WB45.3/WB58.0/WB73
- 3.XMW-WB58.5/WB60.0/WB66.2
/WB68.2/WB69 /WB71/ WB76/ WB78.4
- 4.XMW-WB76
- 6.0MW-WB75.0

运维支持

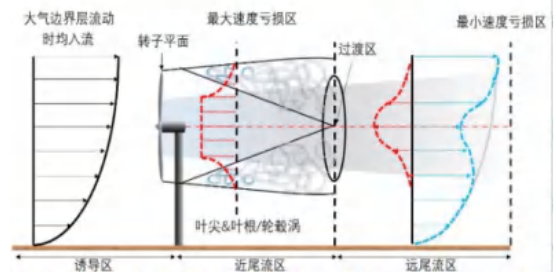
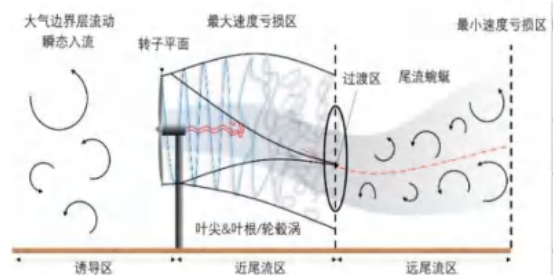
行业痛点	 <p>来流复杂且随时间变化 系统发电量准确预报难</p>	 <p>叶片损伤演变机制复杂 损伤监测和维护成本高</p>	 <p>产能低、噪声大</p>	 <p>叶片结冰导致 发电量损失、次生灾害</p>
需求	风资源监测 与发电量预报	叶片/整机运行监测 维修方案	叶片气动 增功增效降噪	叶片结冰防护系统方案
解决方案	 <p>风资源远程监测与预报</p>	 <p>叶片/整机健康监测</p>	 <p>涡发生器/叶尖小翼/ 降噪</p>	 <p>叶片除冰系统</p>

风资源监测与发电量预报

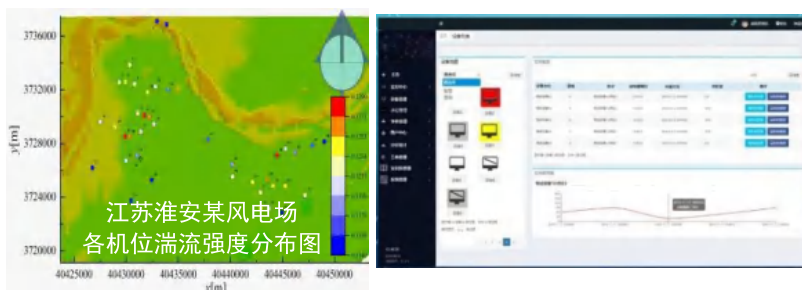
利用自主开发的快速高精度风资源评估软件，结合风场气象站数据和气象预报数据，实时监测记录风资源信息，精细化预报未来短期和长期发电量，为电网和电价平衡提供准确数据。



复杂地形条件下风电场机组尾流



风力机尾流结构的工程化应用推导



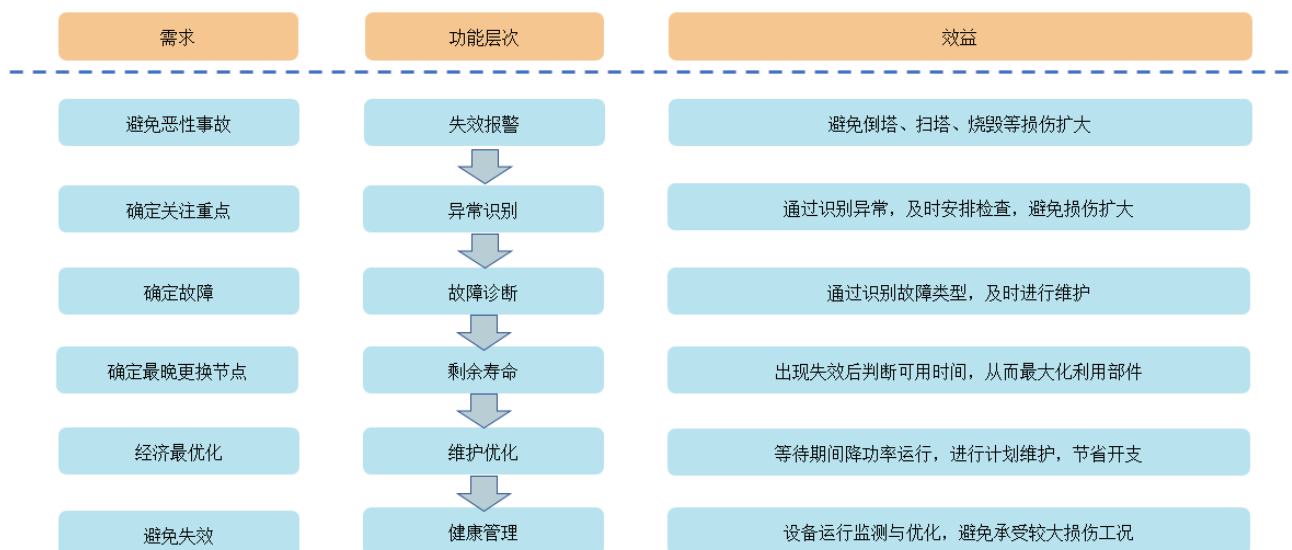
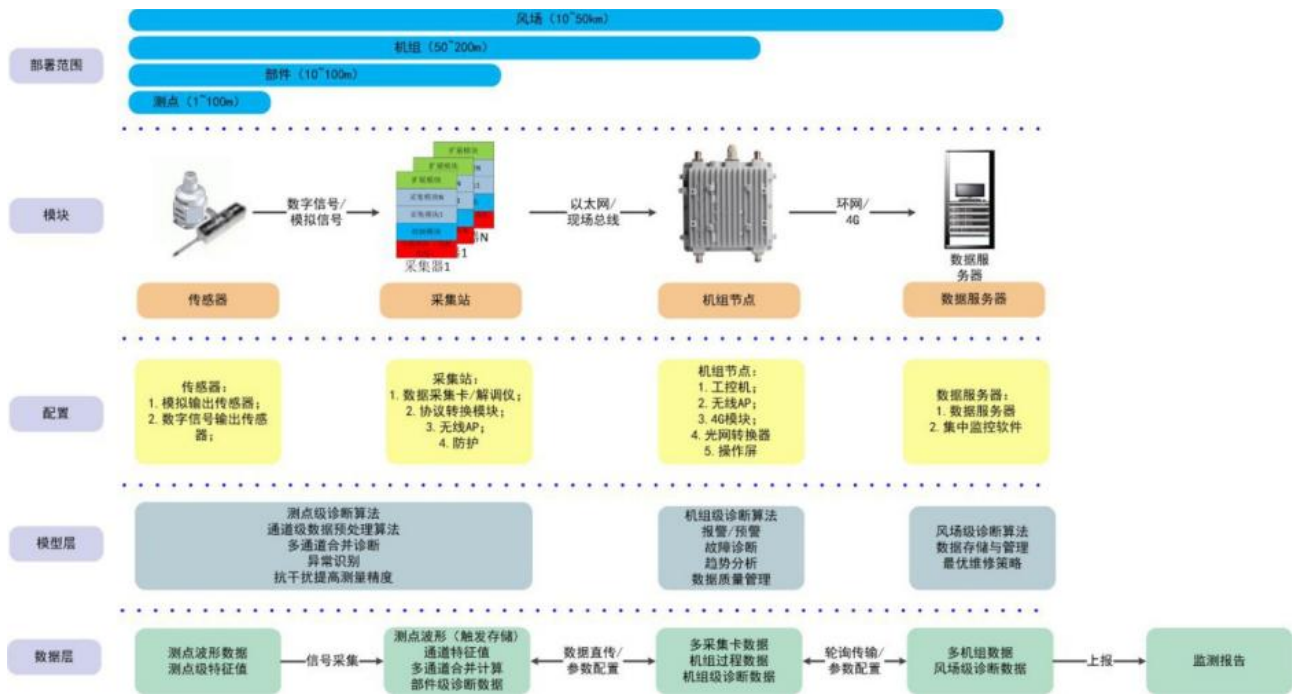
风电场建模与风资源精细化评估
软件的工程实际应用

风场机组发电量预报状态

叶片/整机运行监测方案

利用长期积累的复合材料损伤特性数据库，结合自主开发的叶片/整机远程运行状态监测系统，开发了系统全寿命运行故障诊断软件，在部件损坏之前发出故障报警，保障系统安全运行。

模块化/ 智能化/ 精准化监测系统，实现测试参数任意组合，测量精度高，升压站远程实时监测。



主要业务

叶片健康监测软硬件

采集数据直接刷内存，减少CPU 负荷，环形缓冲算法实现长期数据持续监测。



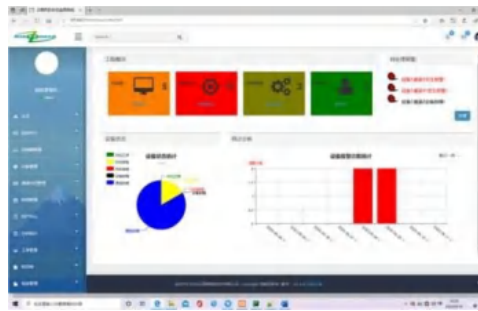
高速采集器



控制器



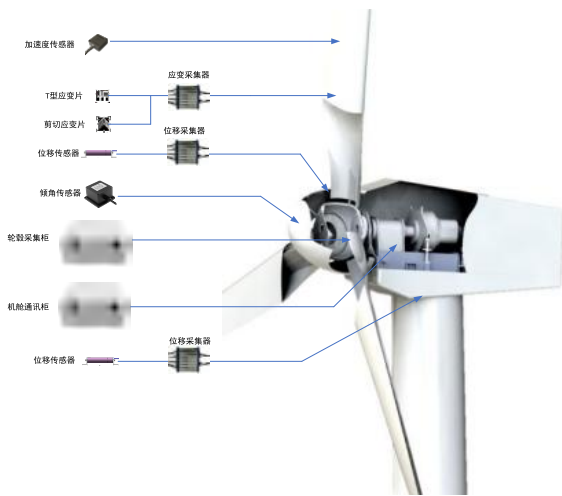
预测维护软件平台



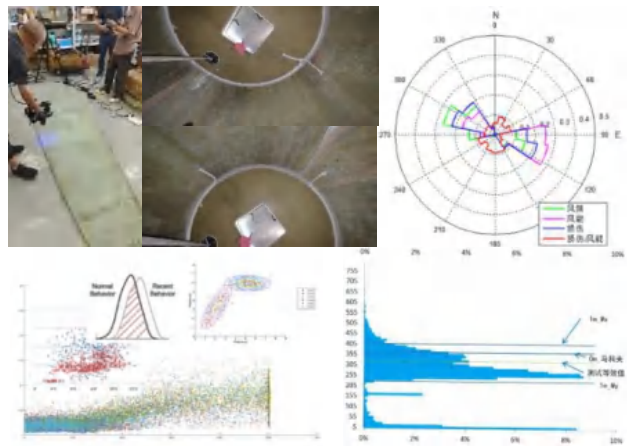
软件界面

解决方案

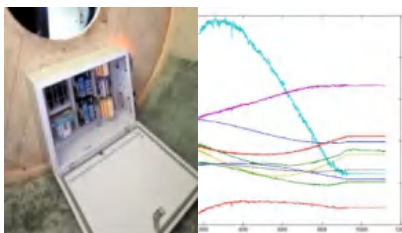
为客户提供全套解决方案定制化开发



监测系统部署图



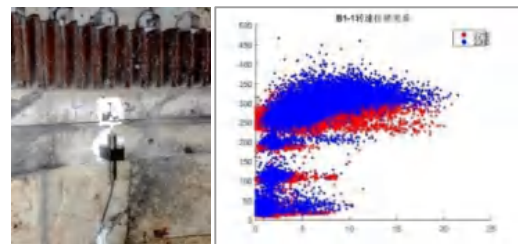
叶片在线监测



叶片流转监测方案



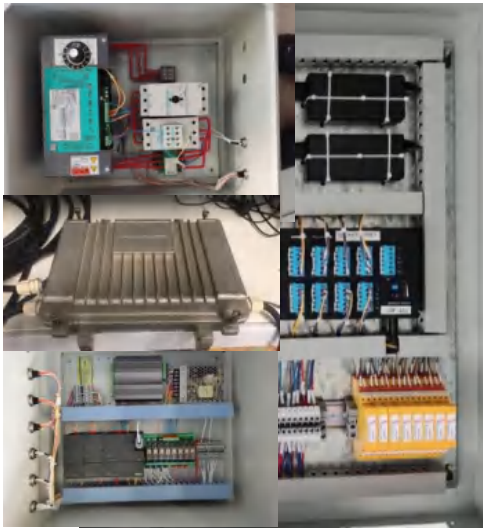
传动链振动监测



法兰间隙监测

配套服务

- 资质齐全，团队稳定，监测系统采购、集成、测试、安装、分析全流程一条龙服务；
- 丰富技改经验：VG、小翼、降噪；
- 丰富设计经验：缺陷识别、治理与评估；
- 科技项目支持：在专利、论文、评奖等方面有丰富成果；
- 技术培训：可开展各类形式多种学科的技术培训。

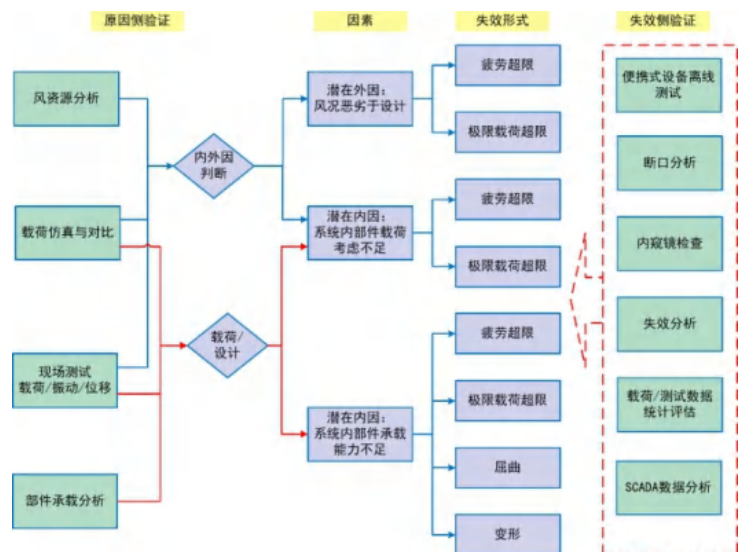


定制化监测系统

- 电气控制柜设计、集成、装配与调试；
- 根据高温、振动、易燃易爆、粉尘等特殊使用环境定制化开发；
- 控制系统设计与装配；
- 根据需求配置搭配传感器与采集模块；
- 设计、搭建、安装、调试与分析一整套解决方案。

缺陷评估

- 从设计正向角度进行评估；
- 从失效现象逆向评估；
- 考虑风资源、结构强度、机械装配、测试等多个方面；
- 查找根因并进行原因量化，从而为治理打下基础。

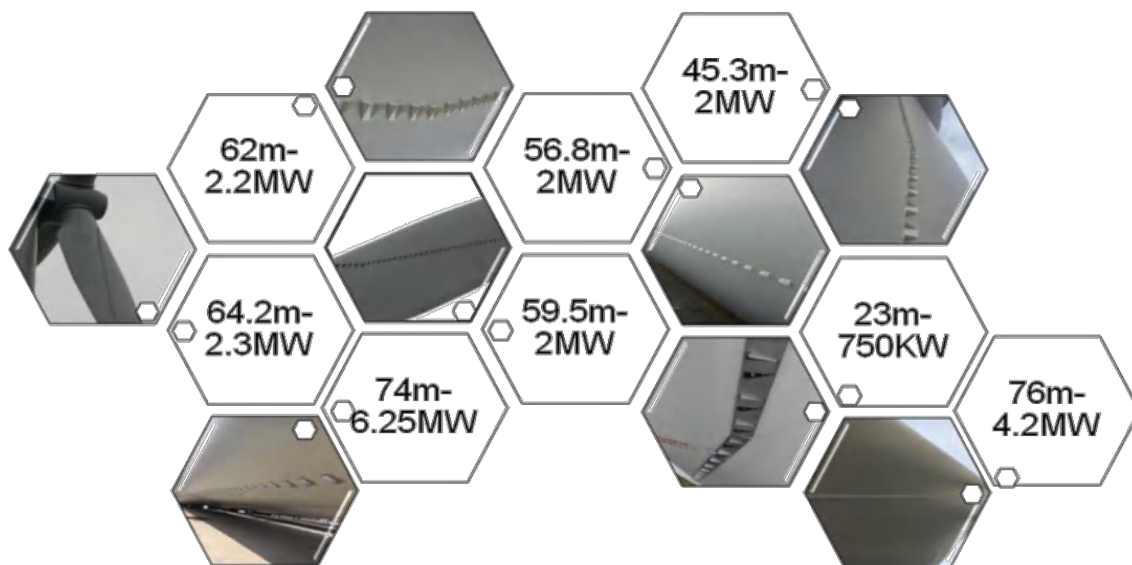


叶片气动增功增效降噪

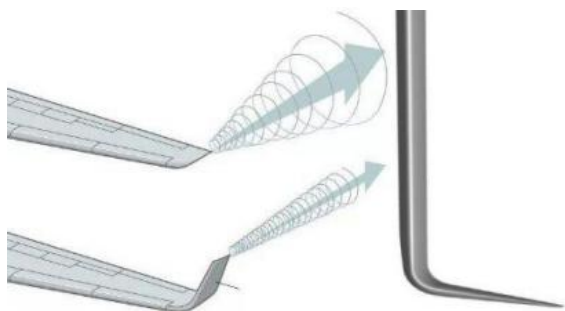
精细化分析风力机气动特征，在叶根处合理布置**涡流发生器**改善流动分离状况；

设计**叶尖小翼**，削弱叶尖涡，提高气动效率；

设计并合理布置**尾缘降噪装置**降低气动噪声。



设计的涡发生器成为多家风力机的标配产品



对多个风电机组改装叶尖小翼，获得显著经济效益



改装的叶片降噪条
出口韩国等，提高整机销售量

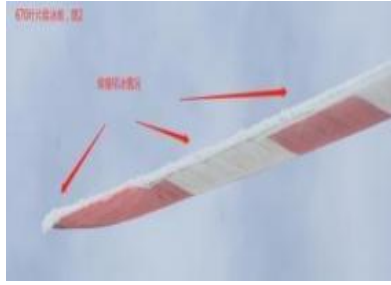
叶片结冰防护系统方案

专业定制化设计叶片结冰防护系统，合理布置防护范围和能量供给布局，实现不停机状态下快速高效除冰，最大限度保证机组在结冰气象条件下安全高效运行。

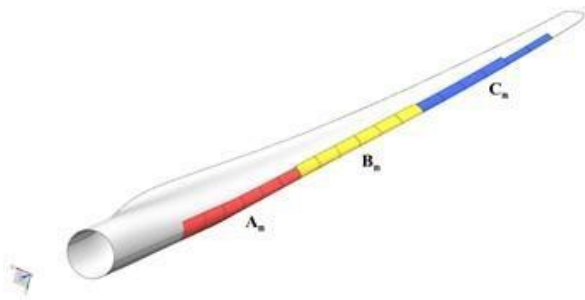
某风场叶片结冰照片



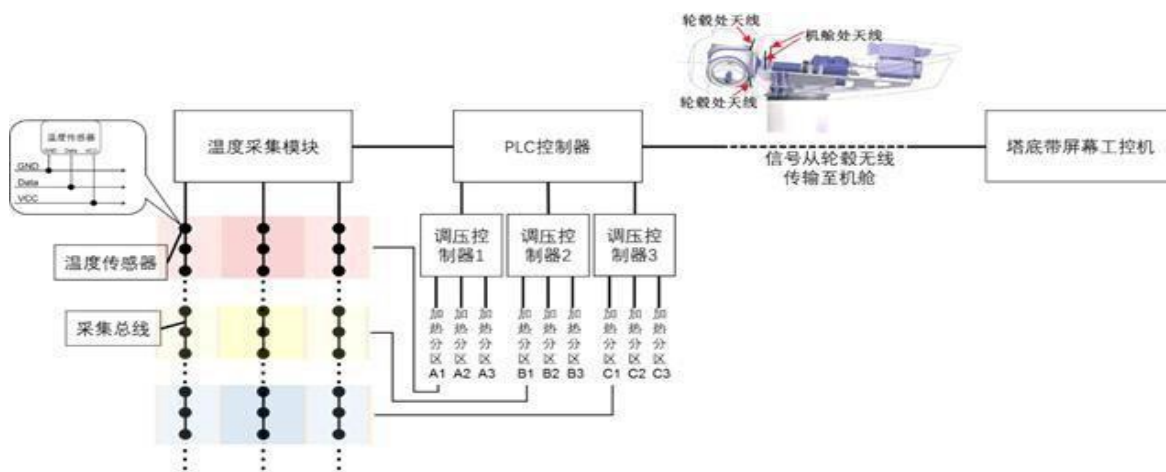
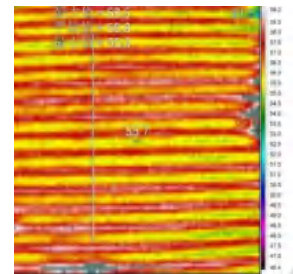
除冰前



除冰后



叶片结冰防护组件布局



自主研发的叶片防除冰系统

- ❑ 实现了耗能小、响应快、加热均匀、精确控制的叶片防除冰
- ❑ 自主研发的结冰探测技术测量精度达到 0.4mm
- ❑ 有望突破风力机防除冰技术这一公认的世界难题

技术培训



提高行业水平，培养专业技能的完美平台

2011年08月	第八届全国风能应用技术年会
.....	
2012年08月	“风力机整机与叶片技术专题培训”
.....	
2014年08月	风电行业技术研讨会
.....	
2016年05月	风电行业技术研讨会
2016年08月	风力机认证结构疲劳分析技术培训
2016年12月	风力机气动与载荷计算培训
.....	
2017年03月	风力机气动与载荷计算培训
2017年05月	风力机叶片有限元建模计算及认证流程培训
2017年09月	基于认证的风力机机舱罩导流罩分析理论与应用
2017年11月	风力机气动设计与载荷计算流程初级培训
2017年12月	TPI 叶片结构专题培训
.....	
2018年05月	风电行业技术研讨会
2018年10月	基于CFD技术的风力机气动性能计算及风电场评估
2018年08月	风力机气动噪声机理及数值模拟方法
.....	
2019年09月	无锡风电10周年暨技术研讨会
2019年10月	风力机气动设计与载荷计算培训
.....	
2021年03月	风力机风力机气动设计与载荷计算培训
2021年04月	复合材料叶片设计分析与运维技术
2021年06月	风力机气动设计中级培训
2021年09月	基于认证的风力机机舱罩导流罩分析理论与应用培训
.....	
2023年03月	风力机气动设计与载荷计算流程初级培训

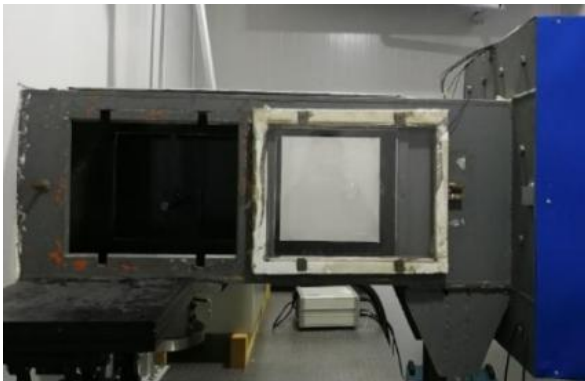
MTS810材料试验机

MTS810材料试验机为电液伺服闭环控制，静、动态多用途万能试验系统。可实现预定载荷谱加卸载试验的程序控制；能方便地进行控制与试验数据观察之间的切换，并能对试验曲线坐标进行适时变换。该机配有多种夹具、引伸仪及环境温度箱，大大提高了测试精度和材料的试验温度范围，被广泛用于各种工程材料的力学性能测试工作。

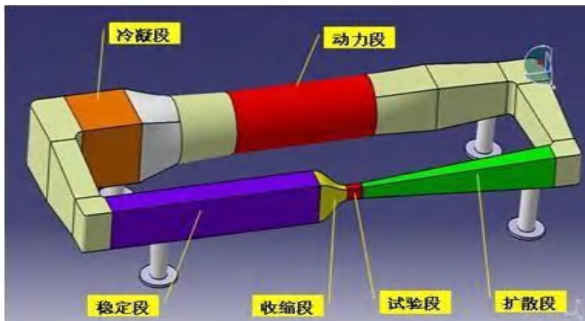


MTS拉扭材料试验系统 新型竹制材料复合材料测试

冰风洞实验室



结冰风洞试验段

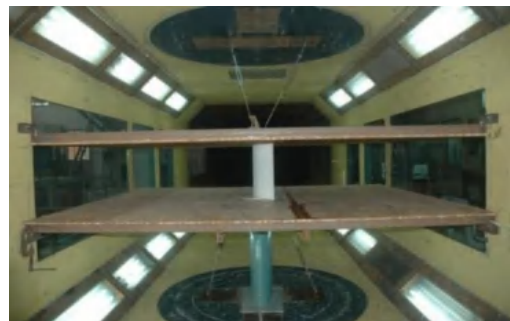


结冰风洞整体示意图

风洞实验室



风洞实验室



翼型风洞试验

主持与承担的国家级和省部级风电项目

973计划项目

- (1) 大型风力机的空气动力学基础研究 (2007CB714600)
- (2) 大型风力机的关键力学问题研究及设计实现 (2014CB046200)
- (3) 热/力传递及其耦合作用下的除冰机理与方法研究 (2015CB755804)

国家科技支撑计划项目子课题

- (1) 风电机组空气动力学性能研究及翼形开发、叶片设计分析 (2009BAA22B03-2)
- (2) 7MW级风电叶片产业化关键技术研发项目 (2012BAA01B02-2)

国家自然科学基金

- (1) 大型风力机分裂叶尖流动控制问题研究 (11172135)
- (2) 基于CFD/CSD耦合的大型风力机非线性气动弹性计算方法 (11372135)
- (3) 复杂物体湍流噪声的LBM/IBM方法研究及应用 (11272151)
- (4) 复杂环境中超大型塔架风振机理与等效静风荷载研究 (51208254)
- (5) 台风下中/小尺度模式耦合的风力机叶片颤振失稳机理研究 (51506089)
- (6) 基于等离子体激励器的风力机叶片流动控制机理及优化 (51506088)

江苏省自然科学基金和重点研发项目

- (1) 大型风力机三维旋转非定常空气动力学机理与特性研究 (省创新学者攀登项目, BK2008044)
- (2) 大型风力机的关键力学问题基础研究 (省自然科学基金重点项目, BK20140059)
- (3) 超大型冷却塔施工全过程风振机理与风荷载模 (BK20160083)
- (4) 超大型塔架风振耦合机理及气动抗风措施研究 (BK2012390)
- (5) 复杂载荷条件下大型风机叶片复合材料的力学行为研究 (BK2014040983)
- (6) 应用石墨烯电热涂层进行风力机叶片结冰防护方法及实验研究 (BM2016006)

主要获奖情况

ID	项目名称	奖项名称	奖励类别	授奖单位	获奖时间	获奖者名单
1	大型风力机设计关键技术及应用	江苏省科学技术奖	一等奖	江苏省人民政府	2018	王同光等
2	伞-载系统开伞全过程三维非定常流固耦合技术	中国航空学会科学技术奖	二等奖	工业和信息化部	2014	朱春玲等
3	高精度实用气动数值计算与应用研究	国防科学技术奖	二等奖	国防科工委	2006	赵宁等
4	FD2-100WYC, FD1.4-50WYC型风力发电机组	国家科学技术进步奖	二等奖	国务院	1985	汤瑞源等
5	Numerical investigations into the idealized diurnal cycle of atmospheric boundary layer and its impact on wind turbine's power performance	埃尼奖	提名	埃尼公司	2019	田琳琳
6	大型风力机风动试验与评估技术及应用	四川省科技进步奖	一等奖	四川省科学技术厅	2019	王同光等



无锡风电设计研究院有限公司
江苏省风力机设计高技术研究
重点实验室

地址：江苏省无锡市惠山区风电科技产业园创惠路1号

邮政编码：214174

联系电话：86-510-83570036

传真：86-510-83570038

邮箱：jswindpower@126.com

网址：<http://www.cwpi.cn>

