

CHINA  
WINDPOWER  
2020 14-16 October  
Beijing, China

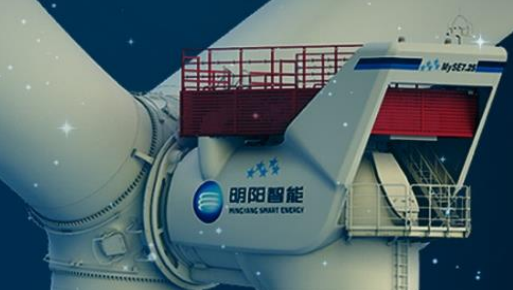


MINGYANG SMART ENERGY  
明阳智能

2020北京国际风能大会暨展览会

# 数据驱动的风电机组 技改提效

演讲人：刘昊





MINGYANG SMART ENERGY  
明阳智能

2020北京国际风能大会暨展览会

# CATALOG

目录

风电后市场介绍

Part1

发电性能提升

Part2

安全可靠提升

Part3

总结

Part4



# Part1

## 风电后市场介绍

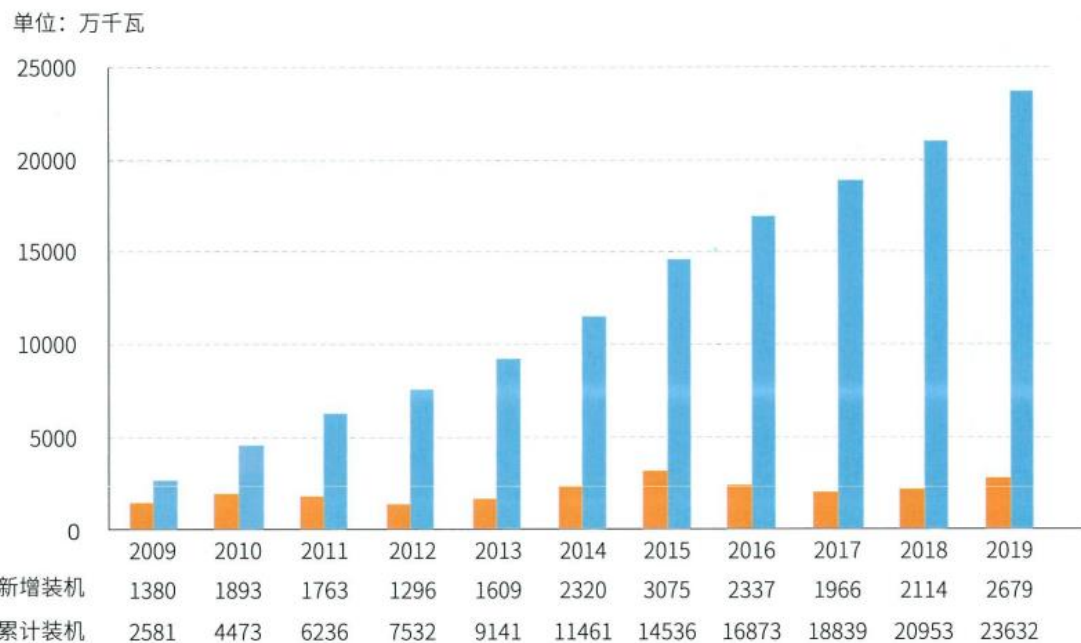


# 风电后市场规模



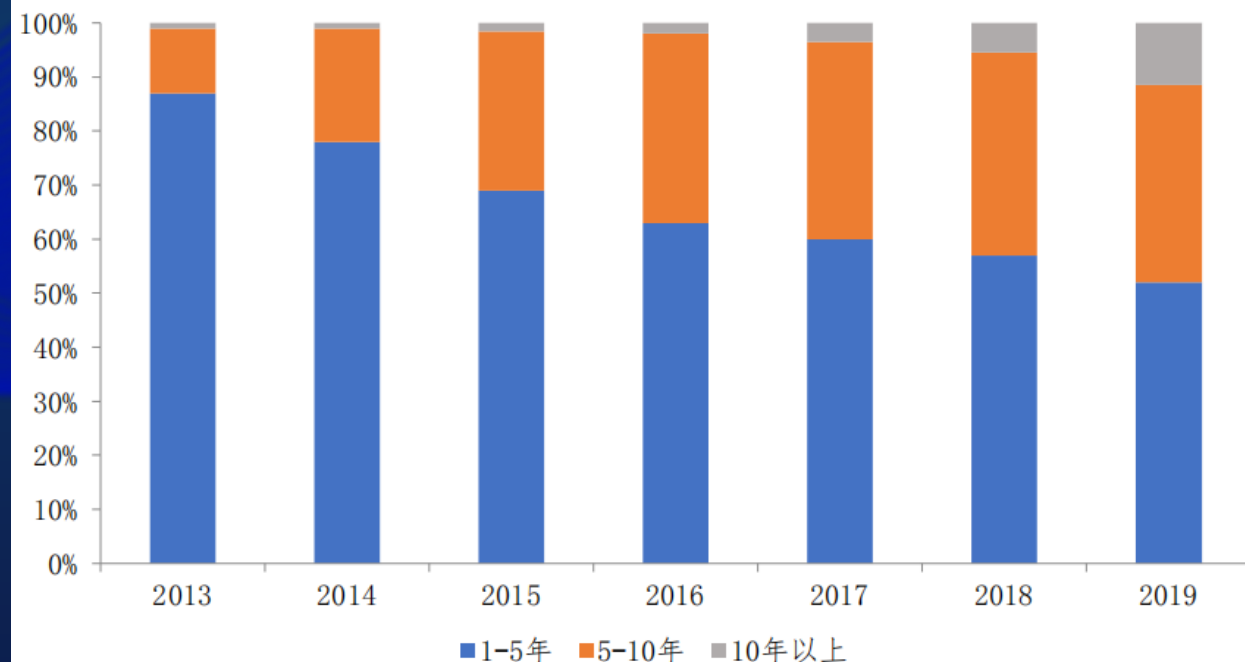
截至2019年，全国累计陆上和海上累计装机容量为236.32GW达到全球累计装机容量637.4GW的37%。（数据来源：CWEA）

中国风电新增及累计装机容量 单位：万千瓦



截至2019年，我国运行超过5年的机组容量约110GW，2020年运行超过5年机组将超过50%。（数据来源：CWEEA）

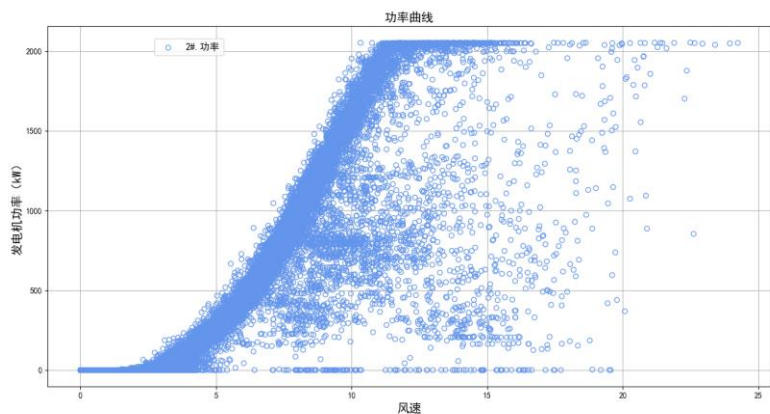
中国风电装机运行时间占比 单位：%



# 老旧机组面临的问题

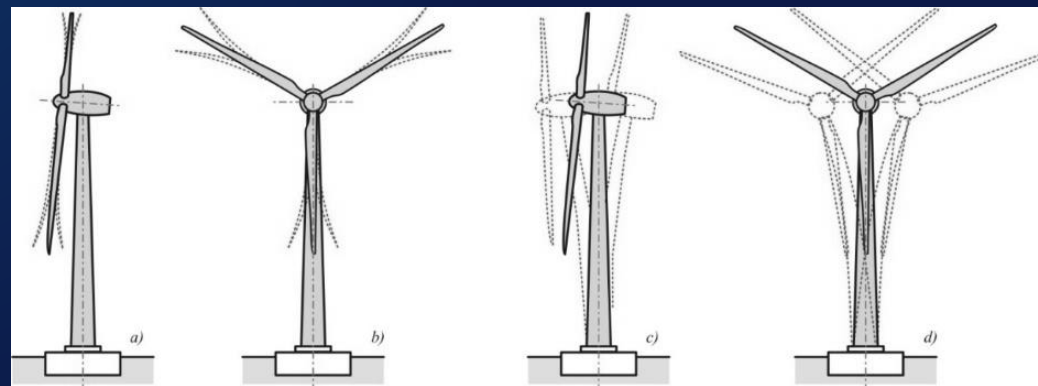


← 事故频发 →



← 发电效率低

可靠性差 →



# 技改方案清单



MINGYANG SMART ENERGY  
明阳智能

## 中国风电后市场发展报告2018

中国农业机械工业协会风力机械分会  
2019.06

### 第二节 风电后市场机组技术升级改造清单

名称	技改项	价值
慧能	主程序定制化优化升级	提升安全性和稳定性,降低故障率。
慧能	高电压穿越功能升级改造	提高机组的电网适应性及运行可靠性,满足电网政策要求。
慧能	变频器可靠性深度综合治理	1.降低过温故障率和备件消耗,提升机组稳定性。 2.提前检查和处理,提升变频器工作可靠性,延长设备使用寿命,降低风电场运维成本。
慧能	水冷三通阀升级改造	降低相应水冷故障率和现场维护量,提高机组的运行稳定性。
慧能	变频器机侧断路器温度控制升级改造	保证断路器运行温度,降低断路器吸合异常故障率和相关维护量,提升机组运行的运行稳定性。
慧能	动力电缆防护升级改造	提升电缆的防护效果,提高了日常维护的便捷性,增加机组运行安全性。
慧能	变桨备电系统可靠性深度综合治理	提前评估和制定计划,降低超级电容的相关故障率、备件消耗及能量异常带来的安全隐患,保证机组运行的安全性。
慧能	变桨系统刹车控制优化升级	降低变桨故障率及备件消耗,保证叶片停在安全位置、保证齿形带不被拉断、保证机组安全提高机组运行稳定性。
慧能	侧风防飞车	能有效防止飞车风险,增加了机组安全性。
慧能	高温低速叶片温度高故障	能及时预报高温叶片温度高故障,避免因高温异常摩擦引起的火灾。
慧能	小风停机不用叶尖技改	自由停机时能减少90%的用叶尖次数,有效减少叶尖和液压系统动作次数,延长叶尖和液压系统使用寿命。

序号	企业名称	技改项	价值
178	运达风电	风资源选址优化、局部地形改造	改善风资源,提高发电效率
179	运达风电	变桨系统	变桨控制PLC+DI改造
180	运达风电	变桨系统	穆格直流变桨系统改交流变桨系统方案
181	运达风电	变桨系统	蓄电池更换超级电容
182	运达风电	变桨系统	变桨铅酸蓄电池更换超级电容
183	运达风电	变桨系统	直流变桨电机定期维护保养
184	运达风电	变桨系统	变桨控制器CPU风扇改造
185	运达风电	变桨系统	蓄电池在线监测
186	运达风电	变桨系统	蓄电池更改超级电容
187	运达风电	变桨系统	变桨系统精维护
188	运达风电	变桨系统	直流变桨系统功能性改造服务
189	运达风电	变桨系统	直流变桨系统安全锁改造服务
190	运达风电	整体优化	风电机组增容方案
191	运达风电	控制优化	风电机组程序优化增效服务
192	西安风创	机组安全性能测试	对机组安全性能进行测试评估并给出建议与解决方案
193	西安风创	叶片检测及处理	叶片外观及内部检查,并根据检查结果进行建议并提出解决方案
194	西安风创	齿轮箱内窥镜检测	检测齿轮箱内部缺陷与问题,给出运行建议与解决方案
195	西安风创	发电机检查与维修	发电机组对中检测消除不同轴、发电机绝缘测试、绕组引线修复、轴承高温处理及更换
196	西安风创	电缆扭缆部分及护套解决方案	解决机组运行时偏航扭缆护套脱落的安全隐患

2018年: 196个技改方案

来源: 《中国风电后市场发展报告2018》- CWEEA

## 中国风电后市场发展报告 (2019-2020)

### 第二节 风电后市场机组技术升级改造清单

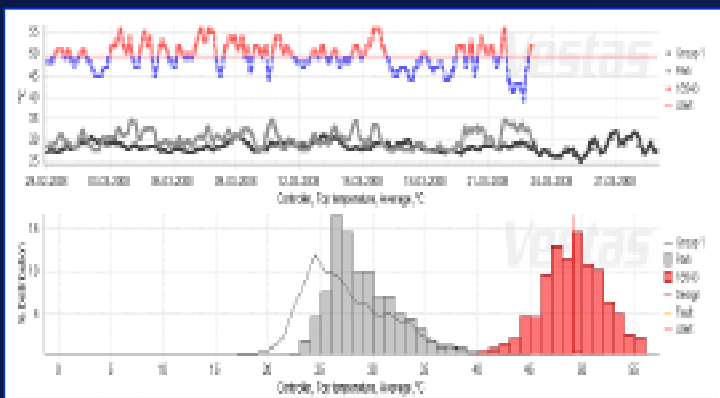
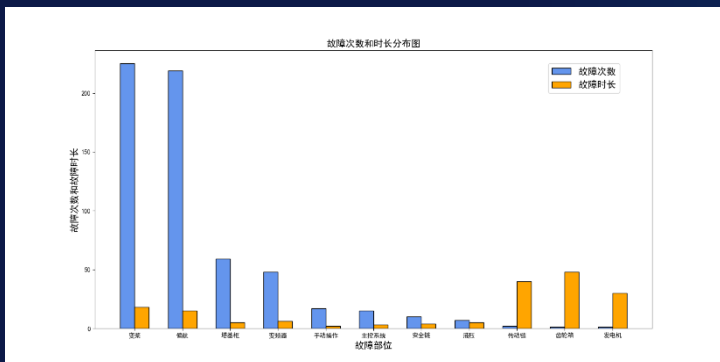
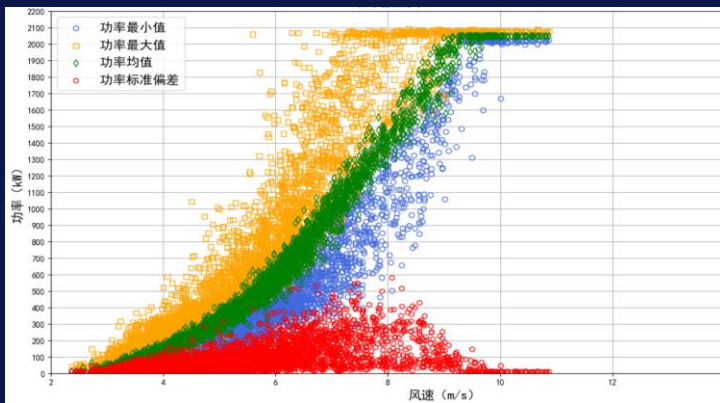
序号	企业名称	类别	技改项	价值
1	金风科技	安全性	提升电缆的防护效果,提高了日常维护的便捷性,增加机组运行安全性。	
2	金风科技	安全性	能有效防止飞车风险,增加了机组安全性。	
3	金风科技	安全性	能及时发现高温叶片温度高故障,避免因高温异常摩擦引起的火灾。	
4	金风科技	安全性	小风停机不用叶尖技改	自由停机时能减少90%的用叶尖次数,有效减少叶尖和液压系统动作次数,延长叶尖和液压系统使用寿命。

序号	企业名称	类别	技改项	价值
324	科前风电	变流器	变频器柜体及备件升级改造	提升变频器的防护效果,增加机组运行安全性,进一步减少电网穿越量,优化变频器运行环境,提高变频器运行稳定性。
325	科前风电	变桨系统	变桨备电电源升级改造	提升变桨备电电源的可靠性和稳定性,提高机组运行的安全性,防止飞车风险。
326	科前风电	变桨系统	变桨系统改造	提供更可靠的变桨电控方案,减少变桨系统的故障率,提升机组运行的安全性和稳定性。
327	科前风电	变桨系统	变桨系统可靠性深度综合治理	降低变桨系统故障率和备件消耗,提高叶片运转稳定性,增加机组的安全性和运行的稳定性。
328	科前风电	深度维护	风场整体运维	提供风场的整体运维服务,能够有效提升风场的可利用小时数、MTBF和发电量。
329	科前风电	深度维护	整机深度维护(每半年)	对整机全部机械结构、外观设施、电气系统进行深度巡检、保养和优化,可大幅度降低机组故障率,提升可利用小时数和发电量。
340	泰胜风能	风塔	双环CO2气保焊技术在塔架门框焊接中的应用	提高焊接效率,降低塔架生产周期
341	泰胜风能	风塔	模块化塔架分片式塔架新产品开发	1. 分片式塔架制作关键技术开发,提升企业市场竞争力。 2. 提升塔架效率,适应市场需要。 3. 解决塔架重量超标和塔架不平等问题。
342	泰胜风能	风塔	斜拉索风塔塔架新产品工艺开发	1. 斜拉索塔架制作关键技术开发,提升企业市场竞争力。 2. 斜拉索塔架有效解决减少塔架塔架的塔架,可有效提高塔架高度,并提高风力发电机的容量。
343	泰胜风能	管理平台	风机塔架一生产运营信息化管理平台	1. 风力发电塔架制造工业互联网平台建设,符合国家中长期发展规划目标和产业政策导向,对企业的整体发展有较为积极的意义。 2. 项目的实施,实现了生产制造流程的实时监控与信息化,优化了生产运营流程,优化了产品结构,产品质量可控,提高了生产效率,降低了原材料的浪费。 3. 改变了公司原有生产管理运作模式,提升产品市场竞争力,实现公司跨越式发展,保持公司在风电塔架内市场的核心竞争力。
344	泰胜风能	风塔	塔架内环双环双环塔架	1. 提高塔架效率,降低塔架生产周期。 2. 提升塔架一次合格率,降低生产成本。

2019年: 344个技改方案

来源: 《中国风电后市场发展报告2019-2020》- CWEEA

# 数据分析流程



## 发电性能提升

风电场设计资料

百站测风数据

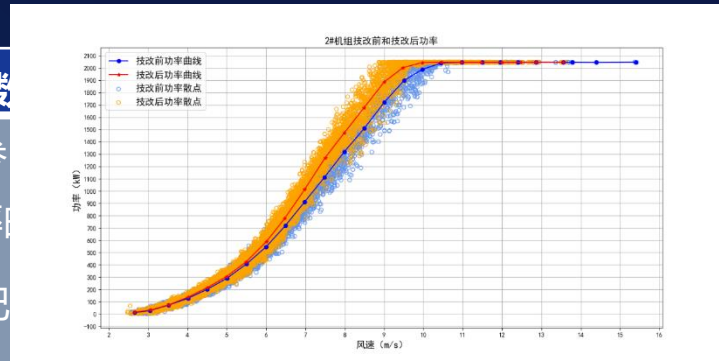
初设/可研报告

微观选址与复核报告

气象数据

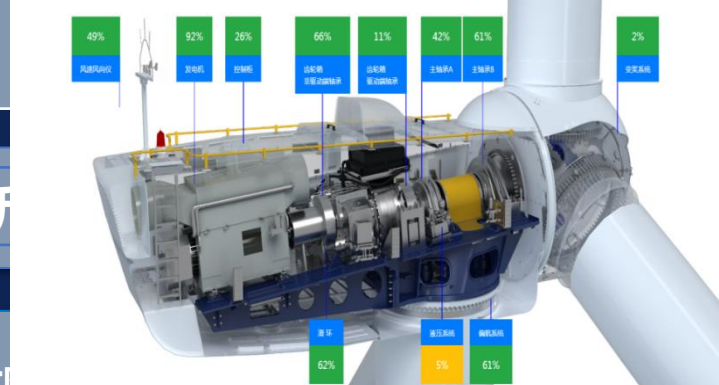
叶片加长  
叶片气动优化  
偏航对风优化  
控制策略优化  
.....

发电效率提升



风电机组故障录波数据

维护工作总结表



## 安全可靠性能提升

风险评估

机组防超速  
机组防振动  
机组防火灾  
机组可靠性技改  
.....

安全风险降低

1、运行状态分析, 分析机组的运行状态, 故障、可靠性等

2、发电量分析, 对比每个机位发电量

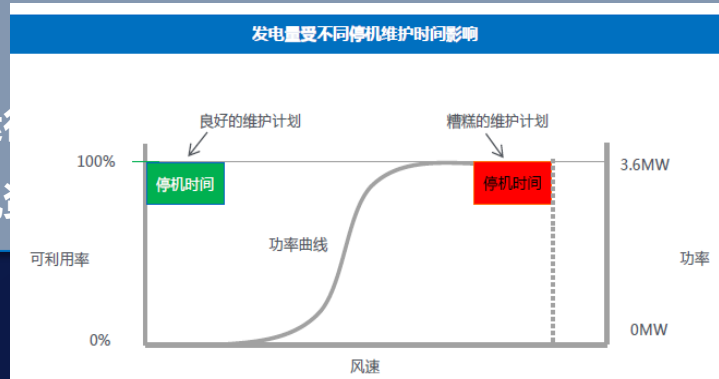
## 运维管理优化

运维规律总结

原因分析

预防性维护策略  
备件优化策略  
.....

运维效率提升



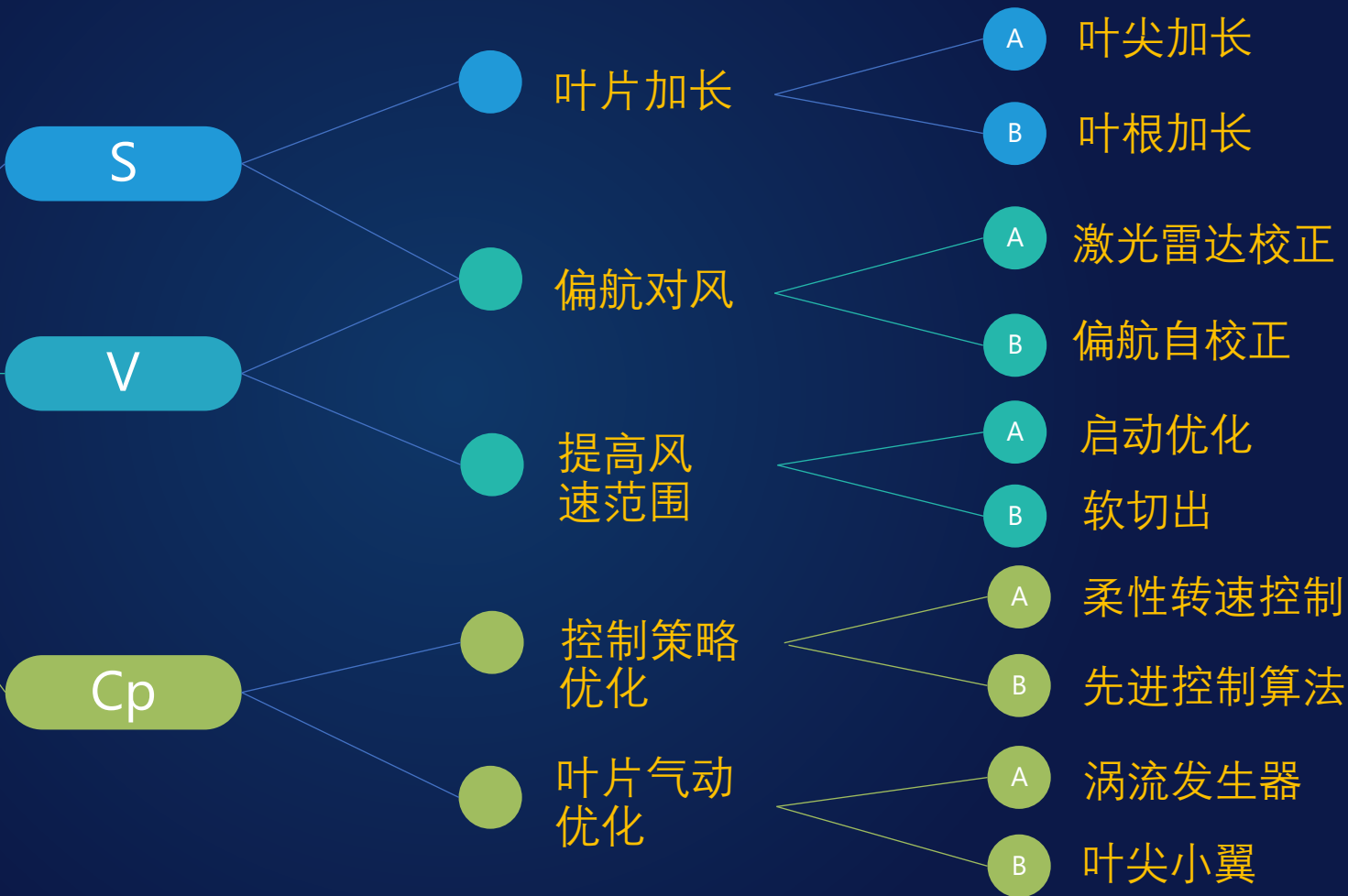
# Part2

## 发电性能提升





$$P = \frac{1}{2} \rho S v^3 C_p$$



# 发电性能提升

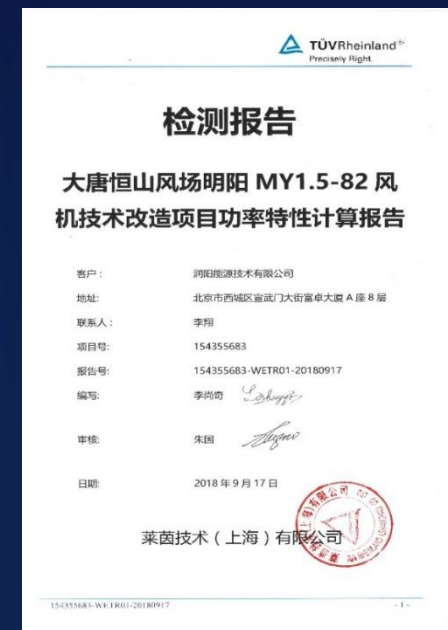
## 叶片加长-叶尖加长



测试和安全验证：  
样品研发经过系列强度  
实验、包括疲劳和粘接  
部位强度试验，以确保  
安全

### 可靠测试能力

静载试验



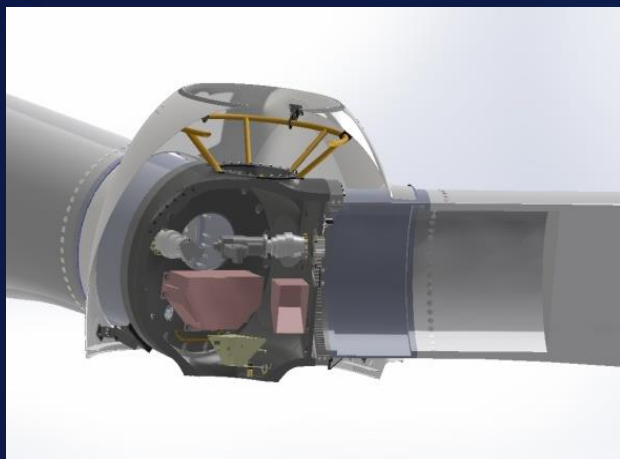
疲劳试验

### 某风电场技改项目

- MY1.5/82风机叶尖加长2m提效项目
- 经国际第三方认证机构TUV评估，此项技改提效达到10%。

# 发电性能提升

## 叶片加长-叶根加长



## 设计



## 现场施工

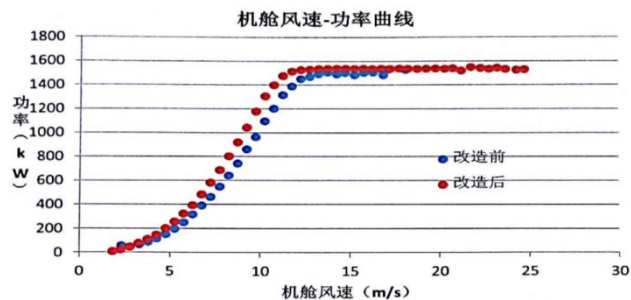
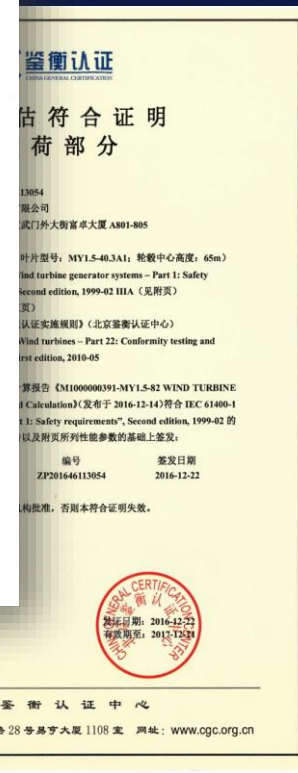
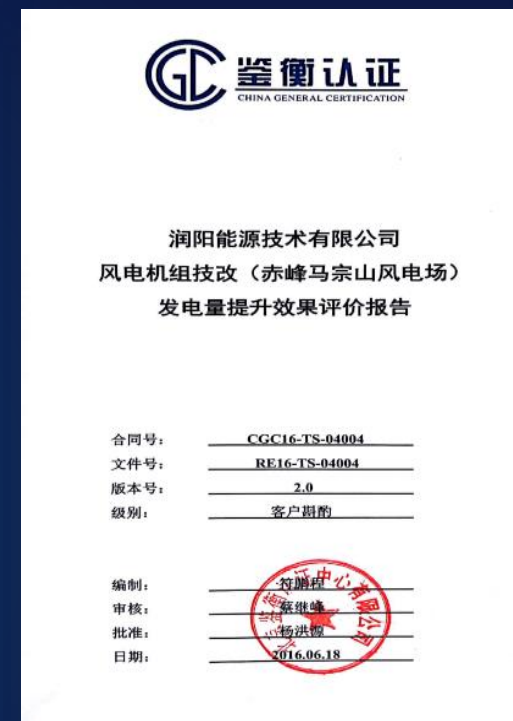


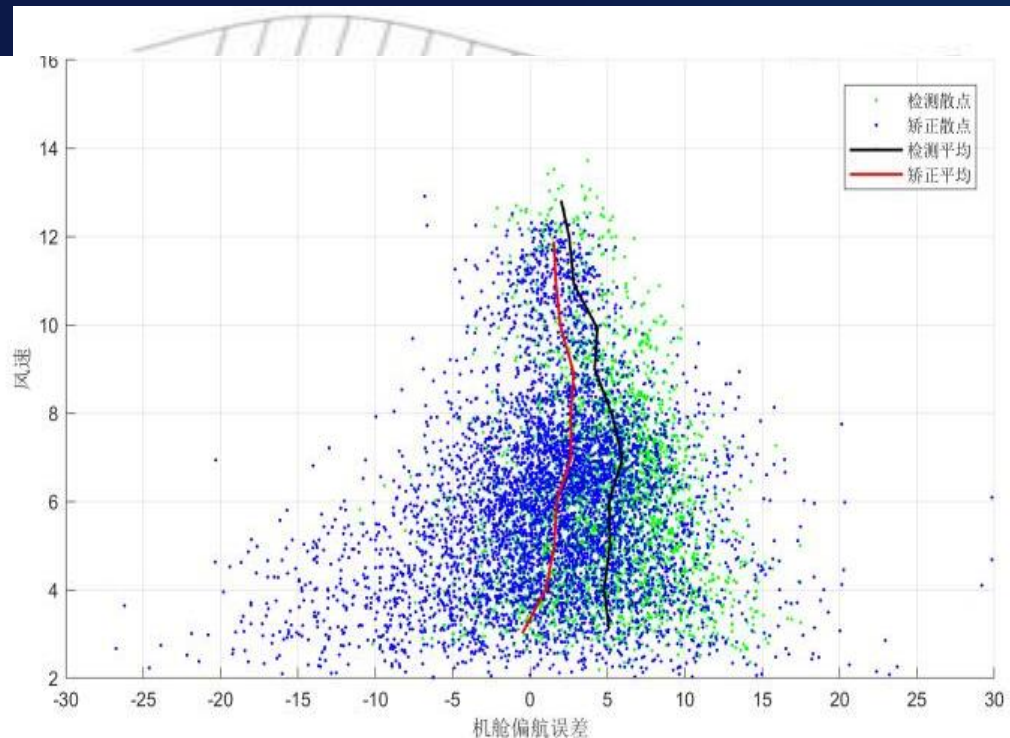
图 3-4a 28#机组机舱风速-功率曲线



某风电场项目: MY1.5/82风机叶根加长2米技改  
提效项目, 实测提效达到10%, 并获得了北京鉴  
衡认证中心评估证明。

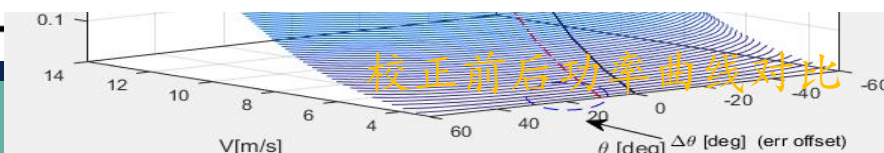
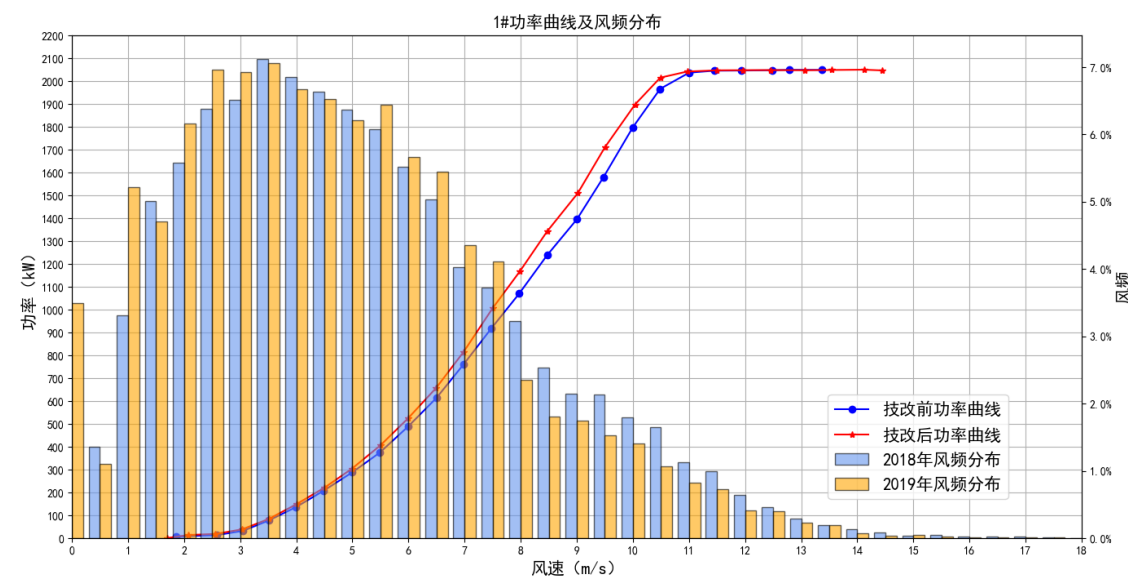
# 发电性能提升

## 偏航对风-激光雷达校正



偏航偏差	效率下降
4°	0.7%
6°	1.6%
8°	2.9%
10°	4.5%

发电量提升1%-5%



校正前后偏航对风偏差对比  
机舱式测风激光雷达安装在风机顶部，向风机前方以速度与风向。由于此处的风速与风向未受到风机风轮的影响，可以准确测量到风轮面处的风况。  
校正前后功率曲线对比  
发电功率与偏航误差偏差之间的关系  
0米处的风

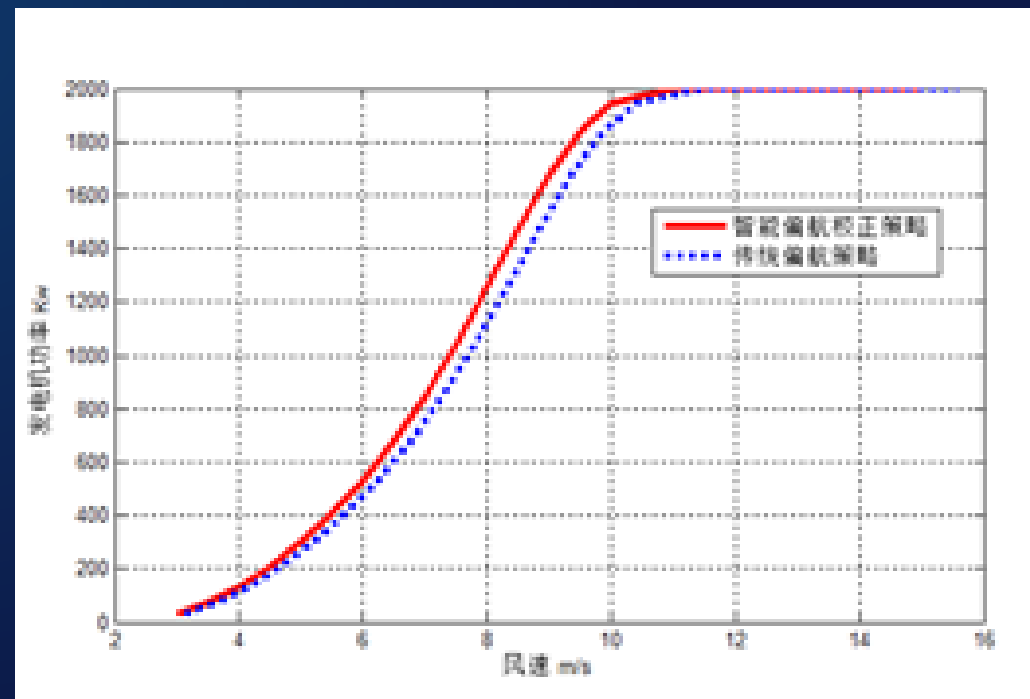
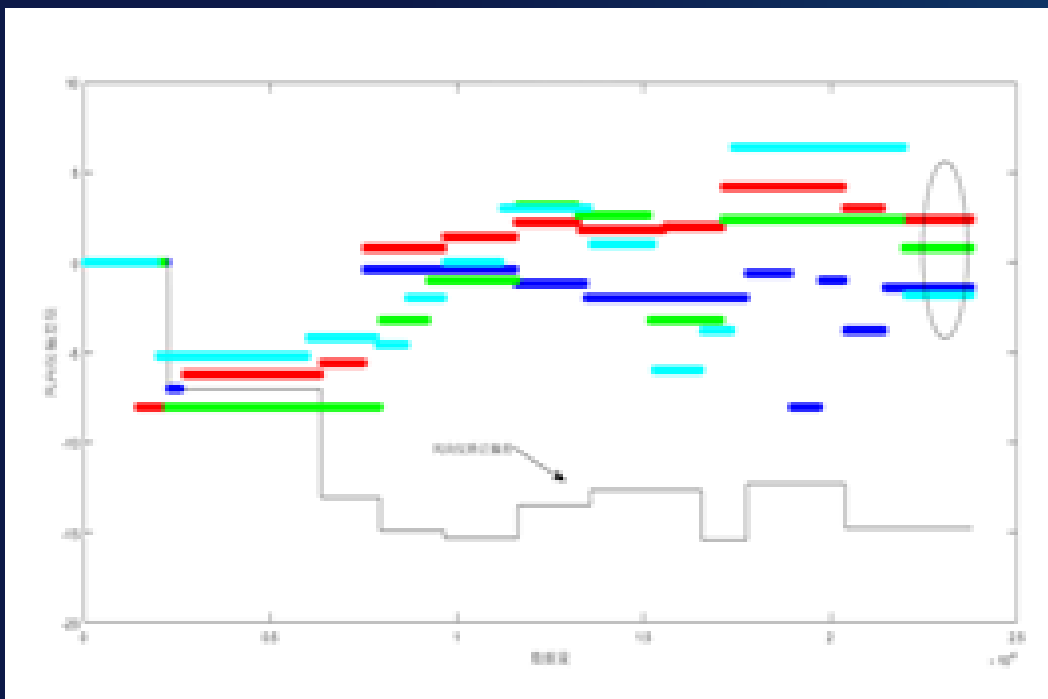
## 偏航对风-偏航自校正

机组出力（发电机功率）

风速

风向数据

不同风向下的出力  $\longrightarrow$  自动校正偏航误差

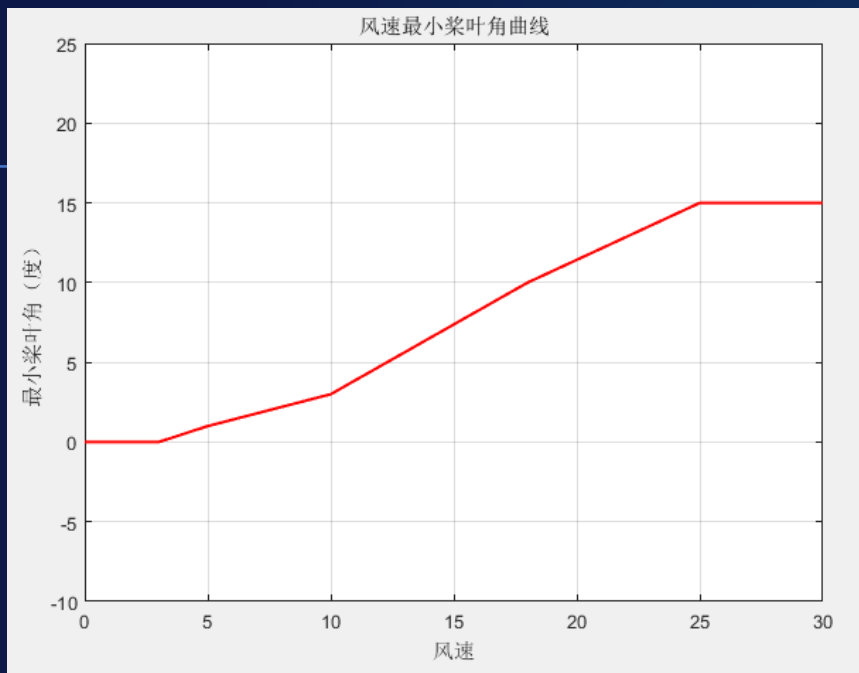


## 提高风速范围

1. 待风模式优化
2. 并网速度优化

01

启动优化

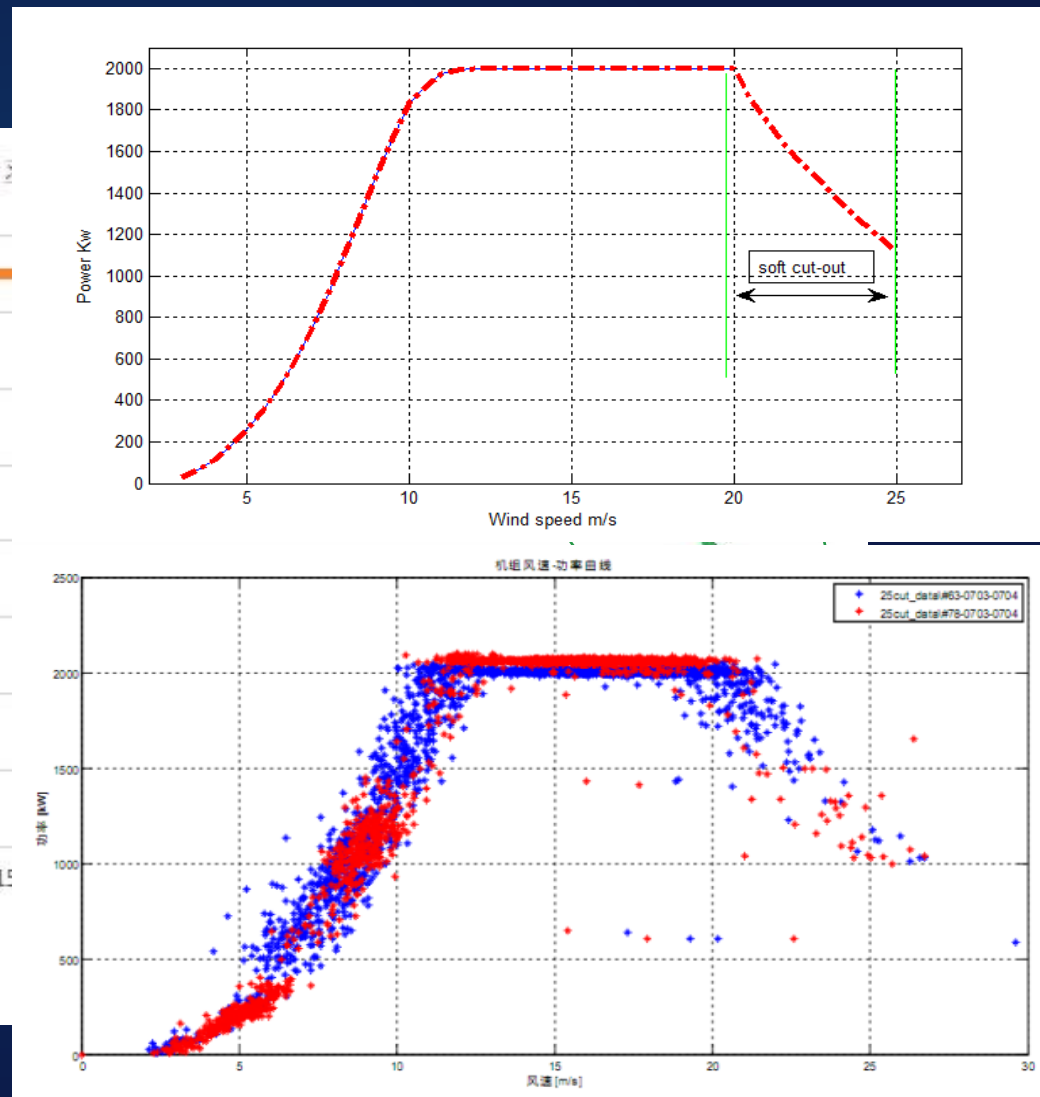


基于风速最小桨叶角的快速启机  
并网策略

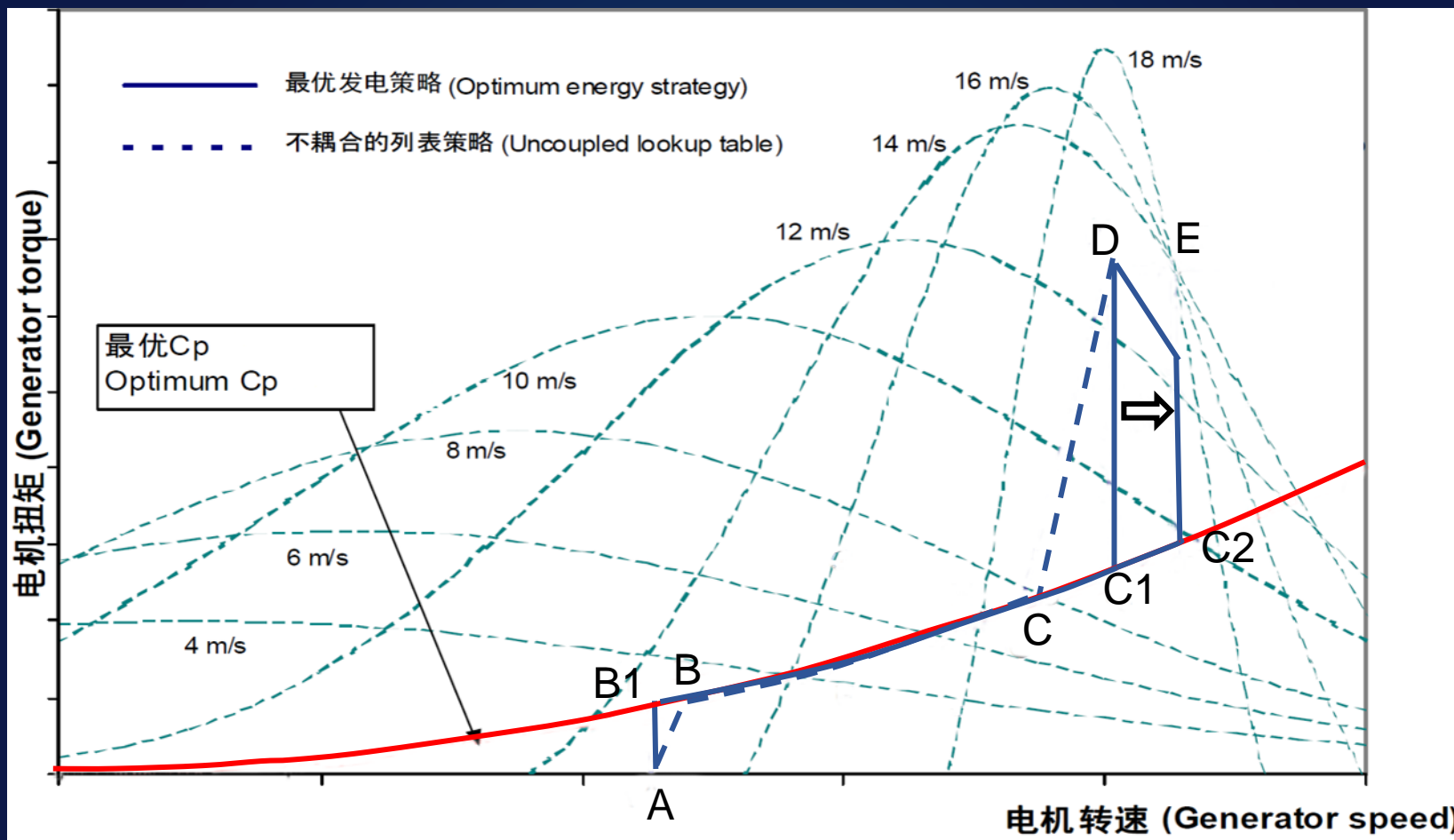
13.5 14.5 15

02

软切出



## 控制策略优化-柔性转速控制



## 控制策略优化-先进控制算法

- 基于先进控制平台和智能技术
- 根据风况环境、机位地形、电网情况提出智能控制策略
- 针对机组个性，精准控制



- 机器学习算法
- 自行控制策略及参数整定和寻优
- 提升鲁棒性、实现自主控制
- 提升利润和收益率

## 主要方式

1  
最优转矩控制

2  
最优 $C_p$ - $\lambda$ 跟踪控制

3  
最优 $K_{opt}$ 控制

4  
基于超短期风预测  
的智能控制

5  
自适应寻优控制

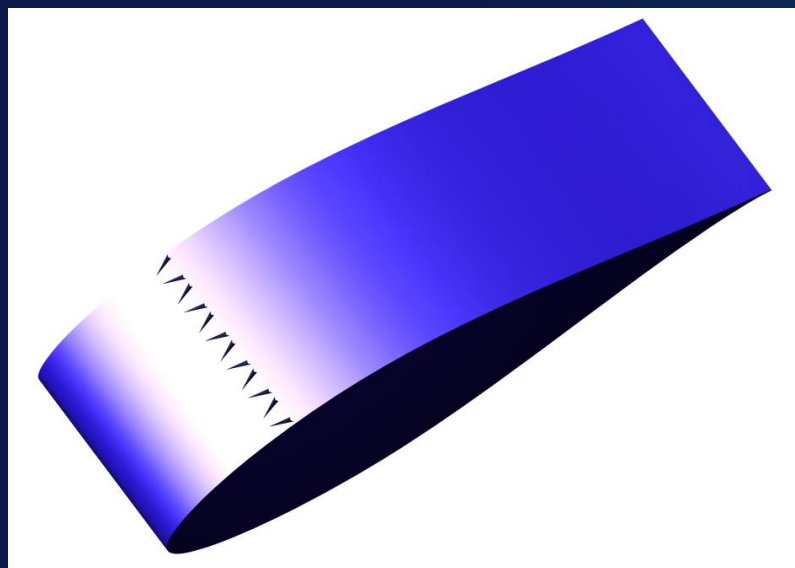
6  
智能辅助控制

7  
降载控制

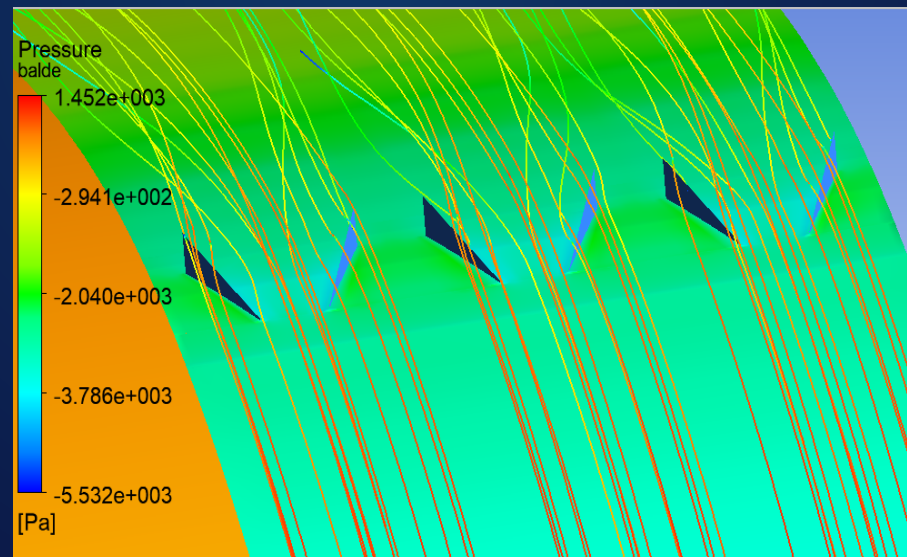


## 叶片气动优化-涡流发生器

- 叶片运转过程中，涡流发生器会在叶片表面附近的流体区域产生高强度的翼尖涡，这种高能量的翼尖涡与其下游的低能量边界层流动混合后，把能量传递给了边界层，使处于逆压梯度中的边界层流场获得附加能量后能够继续贴附在叶片表面，可抑制叶片表面的气流分离，以达到增加叶片表面升力从而提高风电机组发电量。
- 风力发电机组叶片加装涡流发生器后，年发电量可以增长0.5%~2%。



涡流发生器翼型



仿真模拟分析

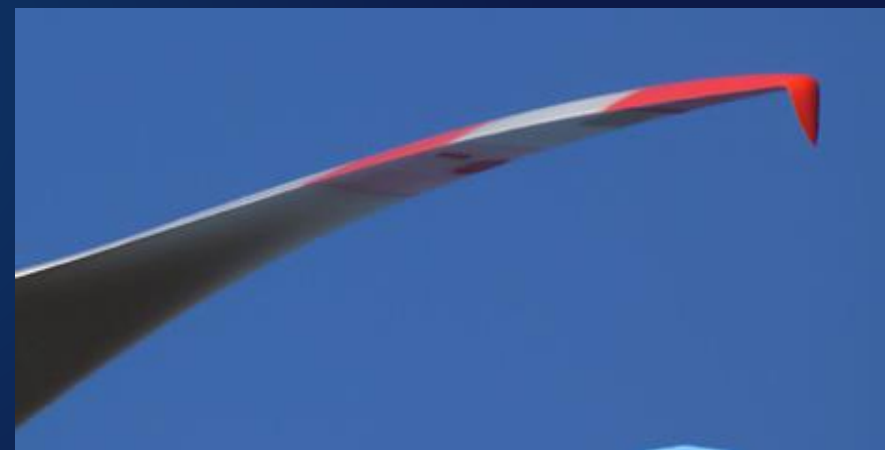
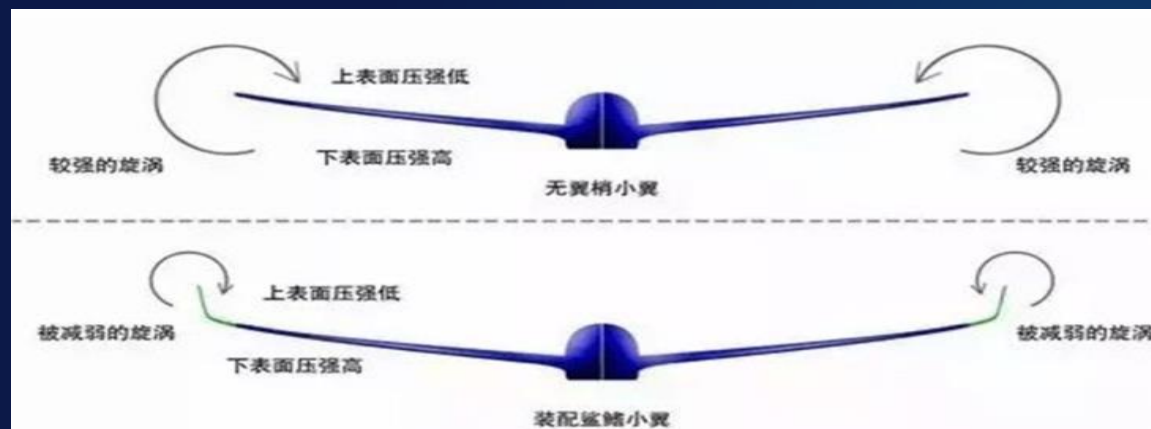


现场安装

## 叶片气动优化-叶尖小翼

### ➤ 原理简介:

叶尖小翼增效技术原理是借鉴飞机机翼解决翼尖涡的经验，加装类似飞机翼梢小翼，可以重整通过叶尖流场的气流，有效地降低叶尖处诱导阻力，减少叶尖能量损失，从而提高机组的发电量。



- 相比于单纯通过延长叶片的手段提高机组发电量，叶尖小翼在同样发电量提升的前提下，能使叶片结构承受更小的负荷，有利于叶片和机组的安全性。
- 理论上，叶尖小翼0.5m~2m，发电量可提升1.5%~6%。

# Part3

## 安全可靠提升



## 安全可靠 技改

防超速

1 变桨防超速

2 应急偏航

3 桨叶互锁

防振动

1 塔架加阻

2 振动滤波

防火灾

1 自动消防

可靠性

1 黑启动后备电源

2 变流器联跳

3 叶片锁

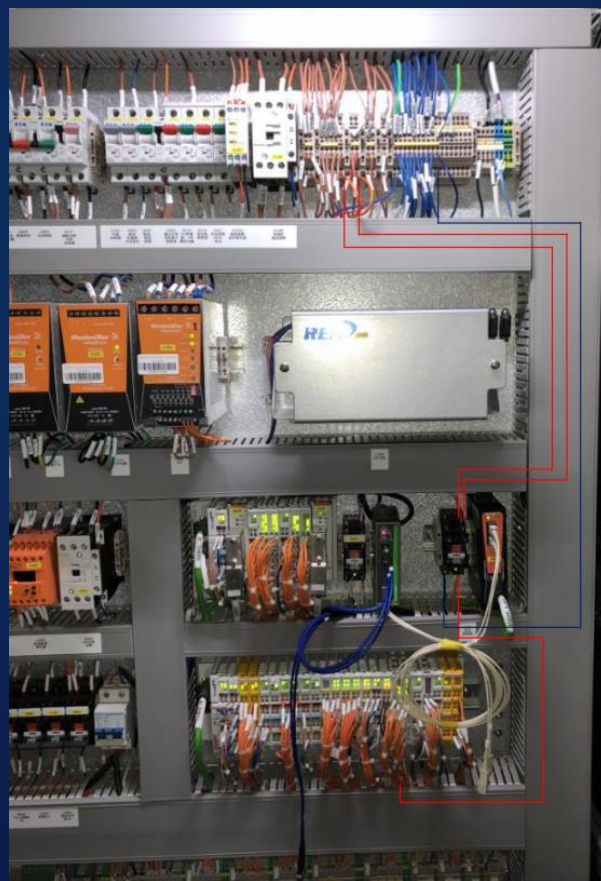
## 防超速技改

针对机组超速问题，进行相应技改，提高机组安全性。

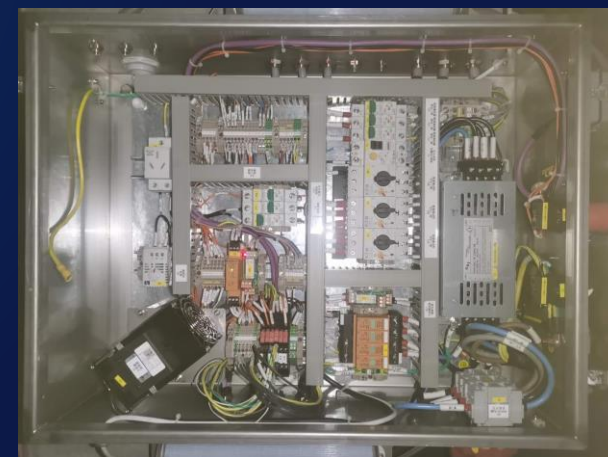
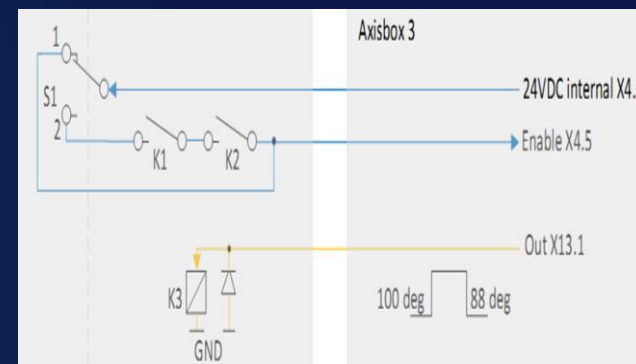
变桨防超速改造



应急偏航改造

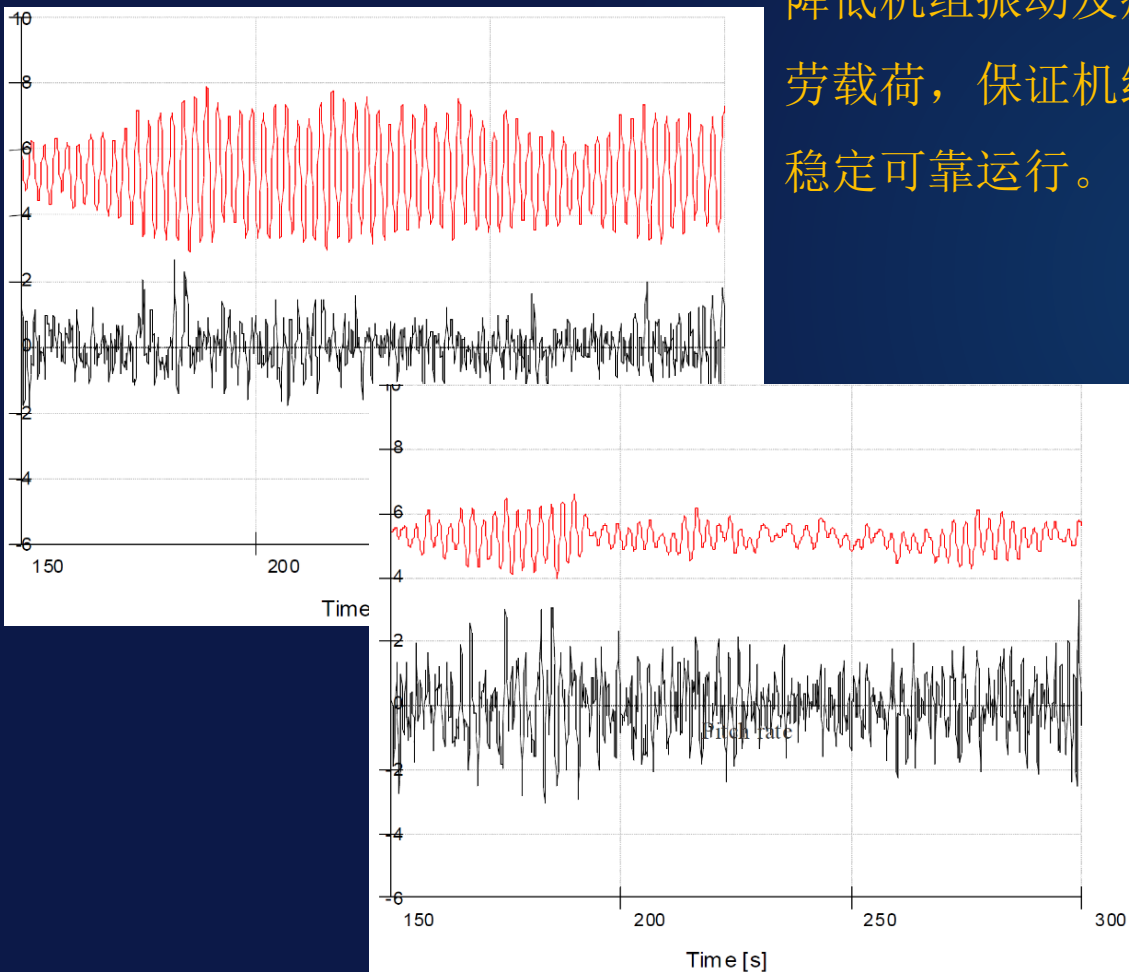


变桨系统桨叶互锁改造

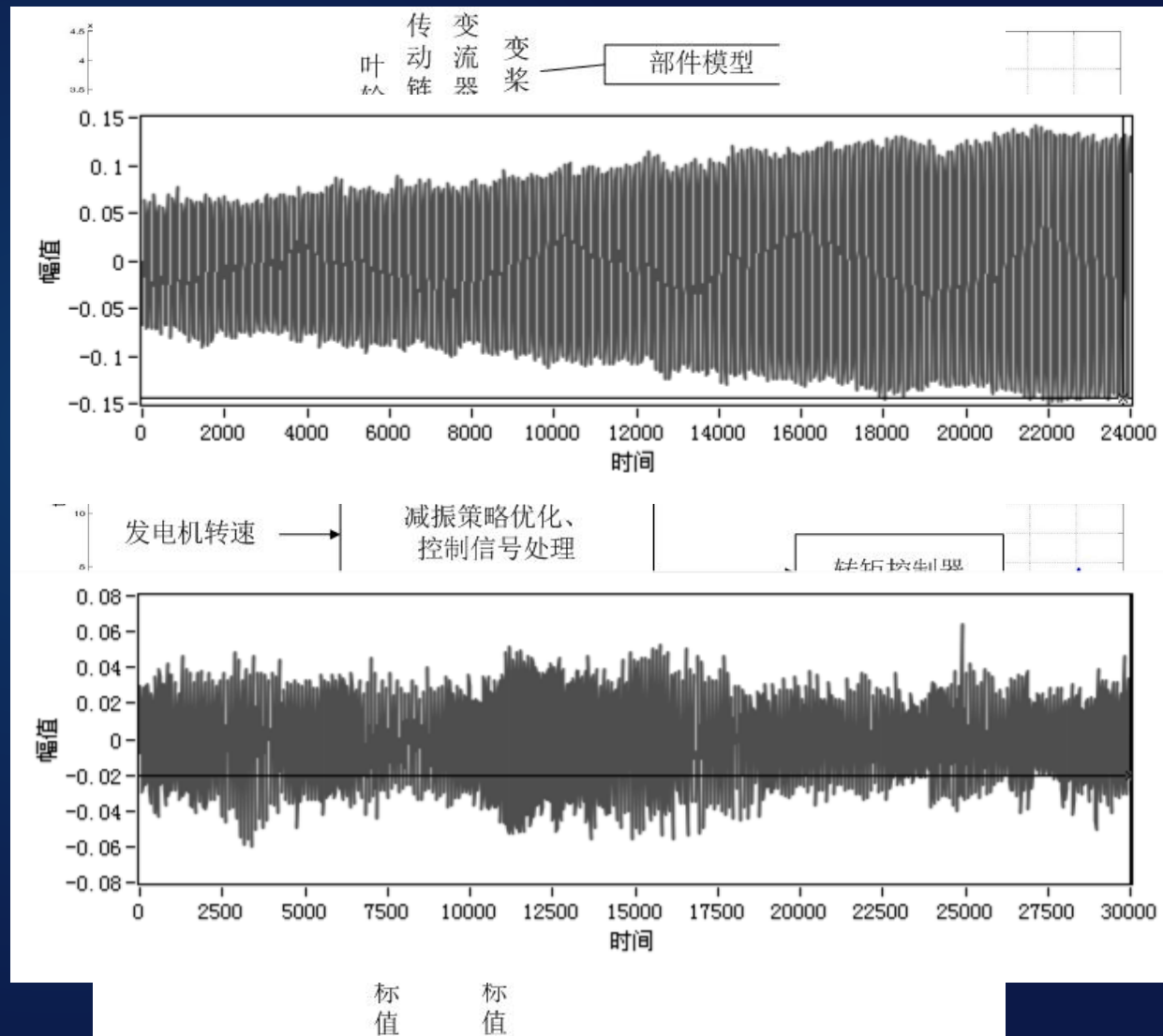


## 防振动技改

### 塔架加阻



## 振动滤波

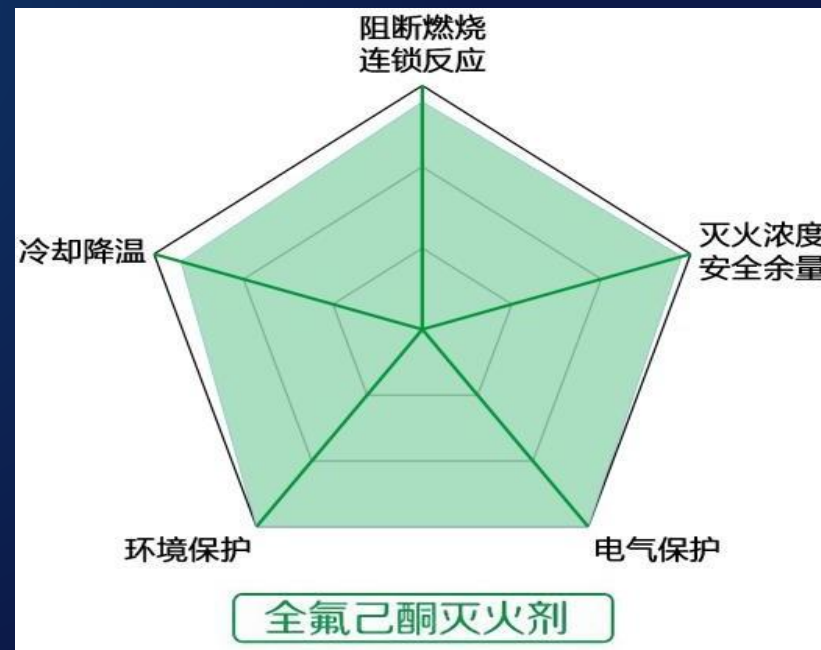


## 防火灾技改-自动消防



### 全氟己酮气体灭火介质

- 全氟己酮，透明、无色、无嗅、清洁、绝缘，新一代环保型气体灭火剂；
- 常温为液态，48°C以上为气态；
- 灭火浓度4%~6%，通过快速吸热降温，抑制、阻断燃烧链式反应，实现高效灭火和抗复燃；
- 不导电，110kV绝缘，性能最优；
- 气化后快速分解。无残留、无腐蚀、安全环保；



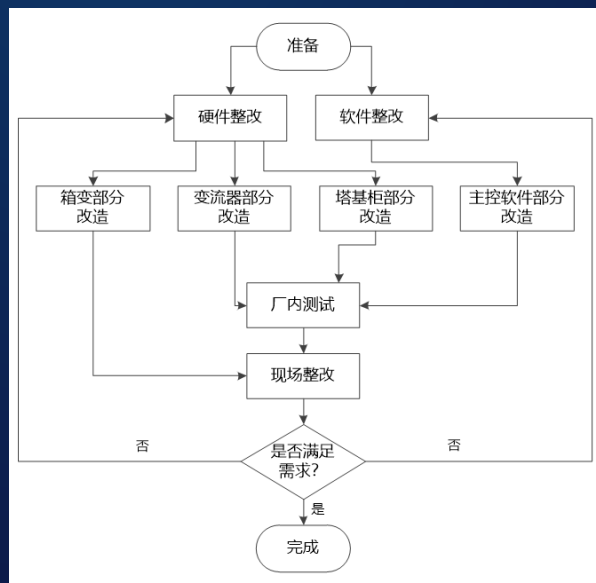
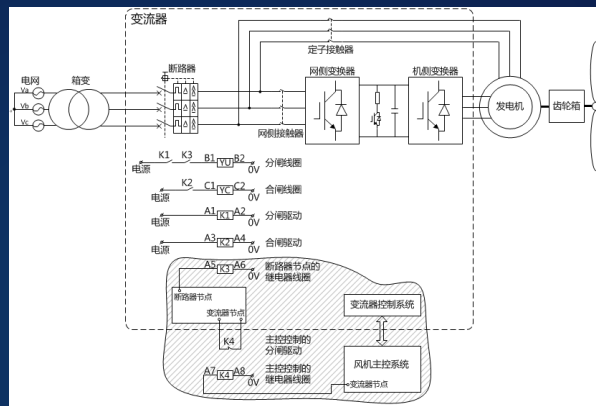
## 可靠性技改

通过远程控制，保证机组、变流器、叶片等可靠性

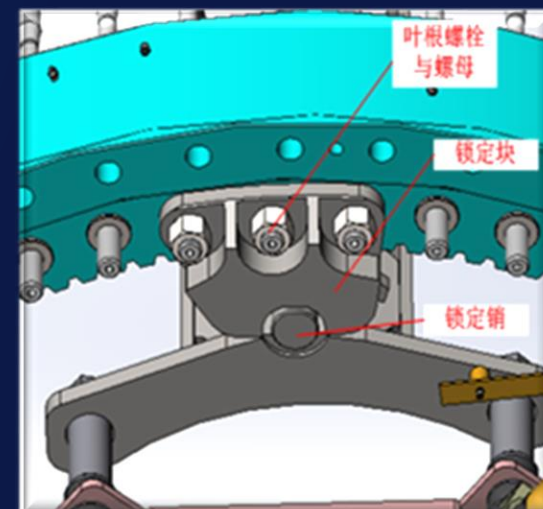
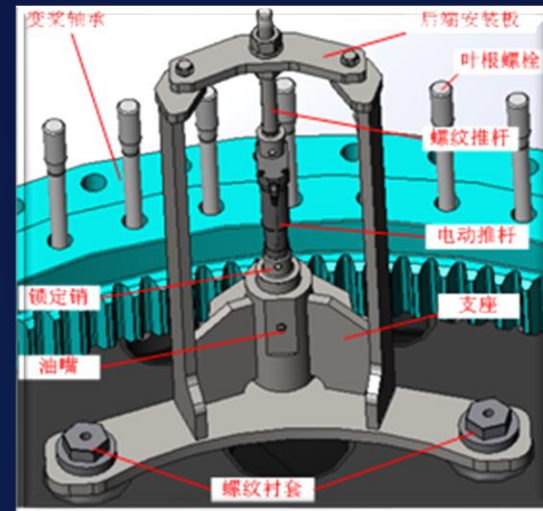
黑启动后备电源



## 变流器主断路器联跳改造



## 远程叶片锁定改造





# Part4

## 总结



- 1、老旧机组数量比例不断增加、问题凸显
- 2、技改方案数量繁杂，选择困难
- 3、数据驱动的技改提效方案更有针对性

共  
赢

# 润阳能源技术有限公司

## 感谢各位的聆听

刘昊

手机：13811616661

润阳能源技术有限公司是明阳智慧能源集团股份公司（股票代码：601615）旗下，风电场全生命周期价值管理和服务提供商。

- ✓ 老旧风场深度改造
- ✓ 风电场技改提效服务
- ✓ 风电EPC工程总包
- ✓ 风电场综合运维服务
- ✓ e联储备件共享平台
- ✓ 风机部件维修再造
- ✓ 大部件保障业务
- ✓ 风机与风场后评估、再检测
- ✓ 风电职业技能与专项培训