



# 风力电机叶片侵蚀和钢结构腐蚀 在线监测系统

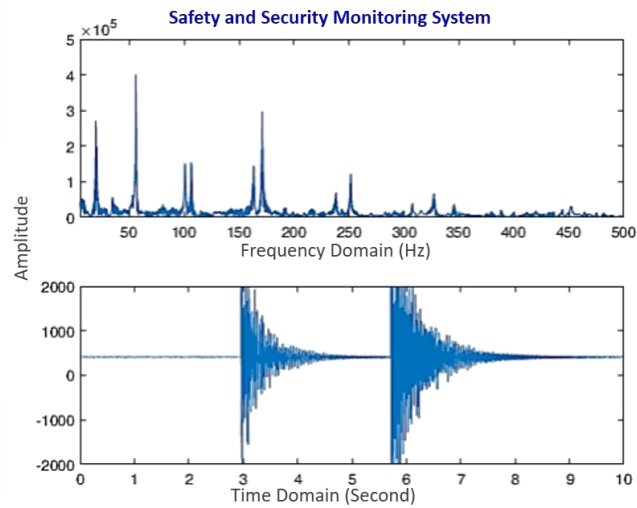
Online Monitoring Systems for Wind Turbine Rotor Blade Erosion and Steel Structural Corrosion

保护风电基础设施，免受风机叶片的风化侵蚀，以及单桩和钢支撑结构的腐蚀，对确保低运作成本至关重要：

- 海上和陆上风力发电正成为再生能源的重要组合，而再生能源也正成为世界经济的重要组成部分。
- 环氧纤维风机叶片需要 1-2 年内不断检查和维护。
- 在某些情况下，海上钢支撑结构在不到 12 个月的时间内就开始出现明显的腐蚀。
- 长时间运转后，腐蚀损坏对电气和机械系统也很重要。

在线监测侵蚀和腐蚀损坏，并对疲劳和机械损坏引起的应力异常，发出潜在危险信号警报，并提供及时维护并防止灾难性故障：

- 风机叶片前缘厚度损耗监测与随时间推移的降雨强度累积效应相结合，可实现预测性维护。
- 随着时间的推移，对单桩和其他因腐蚀而导致的厚度损耗进行监测，从而提供预测性维护。
- 对风机叶片和支撑结构进行风浪强度、应力应变和振动频谱监测，以实现异常关联和警报。



应力应变和振动响应谱，以及侵蚀和腐蚀损坏监测，以提高运作效率和安全性。 Real-time Stress-strain and mechanical spectrum monitoring along with erosion and corrosion damages for operational efficiency and safety.



## 侵蝕和腐蝕速率監測系統 Erosion and Corrosion Rate Monitoring System

- 腐蝕和腐蝕速率隨厚度損耗的變化 Corrosion and corrosion rate with thickness depletion
- 使用量化資料製定維護計劃 Maintenance planning with quantitative data
- 線上和即時監控機械振動光譜響應和應力應變響應的異常可實現及時修復 Mechanical Vibrational Spectral Response and Stress-Strain Response Exceptions from Online and Real-Time Monitoring Enable Timely Repairs

### AVANTE MICROMONITOR™ 腐蝕速率監測系統是 AVANTE 整體風力渦輪機完整性監測系統的一部分：

- 环氧纤维复合材料和保护涂层的紫外线降解以及累积降雨影响导致的风机叶片腐蚀因特定的叶片位置而异。
- 单桩和其他钢制风力涡轮机结构的腐蚀会导致其强度减弱，并且维修和维护成本高昂。对于飞溅区、飞溅区上方和下方，缓慢变薄的发生方式不同且速率不同。
- AVANTE MICROMONITOR™ 腐蝕速率監測系統是一種厚度自主測量系統，每個單元部署 4 個或更多探頭，分佈在結構的一部分上。
- 随着时间的推移，自动监测钢腐蚀引起的单桩和其他支撑结构的损耗，以提供腐蚀率，从而在灾难发生前提供预测性维护。
- 耦合相关传感器模块包括：
  - SPECTROMECHANIC™ 風機葉片和支撐結構的振動頻譜監測系統
  - 钢支撑结构应力应变监测系统
  - 雨量累积感知器模块
  - 海浪强度累积传感器模块
  - 用于润滑油和变速箱油的 ELECTROSENSOR™ 小泄漏检测和定位系统

### AVANTE MICROMONITOR™ 侵蝕和腐蝕速率监测系统是整体 AVANTE 风力涡轮机完整性监测系统的一部分，用于监测风机叶片和钢结构的侵蝕和腐蝕減薄：

#### • 侵蝕速率的数字化：

人工和智能无人机的检查只能定期、定性地进行。风机叶片的腐蚀速率是由紫外线照射引发的，并且随着表面退化而增加速率，因此随着时间的推移，速率不太可能呈线性。因此，检查之间的合适持续时间可能难以衡量。最重要的是，人工的判断往往不能令人满意地预测灾难性故障的可能性。

#### • 腐蝕速率的数字化：

同样，海水线以上和以下的钢结构的腐蚀，特别是飞溅区周围的腐蚀速率也有很大不同。腐蚀引起的结构缓慢稀疏和稀疏率，为更换补救措施提供了预测能力。AVANTE 钢结构厚度监测系统用于在不知道原始壁厚的情况下对输送管道进行腐蚀减薄。典型精度或分辨率取决于整体厚度，在大多数情况下优于 0.01 毫米。

#### • 影响侵蝕和腐蝕速率的因素数字化：

- 侵蝕速率由一段时间内的累积降雨强度所决定，提供量值数据的能力有助于预测侵蝕速率。
- 飞溅区和海水线上方和下方的腐蚀速率不同。

#### • 机械反应的数字化有助于在灾难性故障之前提供及时修复：

- 在线实时监测振动频谱响应，提供异常实时警报。
- 在线实时监测应力应变异常，提供及时修复提供可能。

### Erosion and Corrosion Thickness Sensors and Correlation Sensor Modules Specifications

#### Thickness Ranges and Shapes Limitation

- 0.01mm (10 micron) thickness accuracy for erosion monitoring for wind turbine rotor blade.
- 0.01mm (10 micron) thickness accuracy for corrosion monitoring for wind turbine steel monopile and support structures.
- Each module consists of 4-20 sensors for wide area corrosion monitoring

#### Corrosion Rate Reporting Time

- Autonomous daily (customizable) measurement
- Erosion and Corrosion reporting for each distributed sensor

#### Operating Environment and Temperature

- 40 to 50°C for typical sensors
- 40 to 85°C and IP67 for monitoring and communication module

#### MICROMONITOR™ Sensor Placement Location

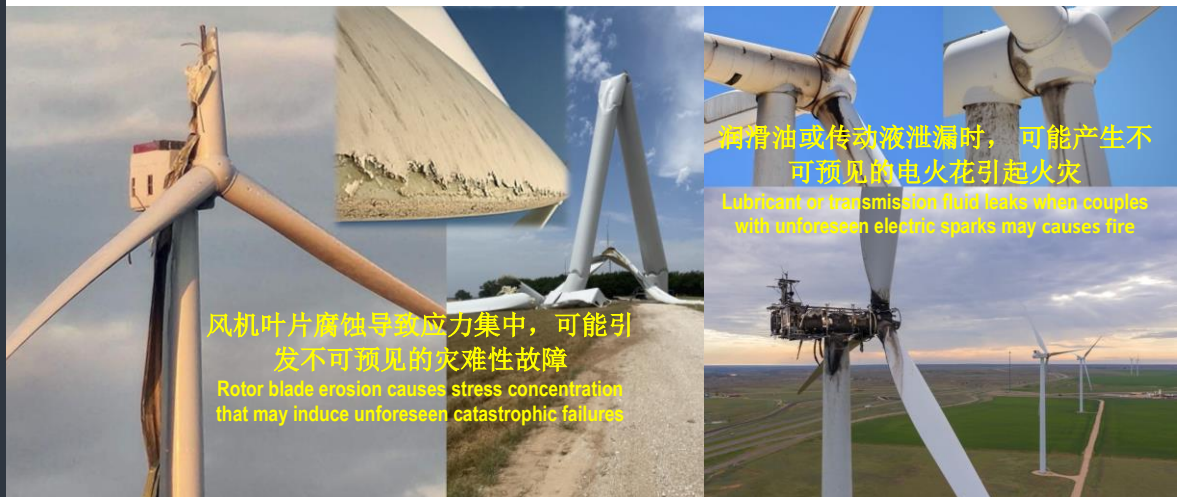
- Leading edge of the rotor blade to cover representative sections
- Circumferential areas on splash zone as primary area susceptible for corrosion. Steel supporting structures below or above grades or underwater

#### Correlation Sensor Modules

- Stress-strain sensor modules
- Vibration spectral sensor modules
- Lubricant and transmission fluid leakage detection Module
- Rain-Intensity cumulative sensor modules
- Sea Wave Intensity cumulative sensor module

#### Usage Life

- More than 10 years in ambient, underground or under seawater line





# 侵蚀和腐蚀速率监测系统 Erosion and Corrosion Rate Monitoring System

- 腐蚀和腐蚀速率随厚度损耗的变化 Corrosion and corrosion rate with thickness depletion
- 使用量化数据制定维护计划 Maintenance planning with quantitative data
- 在线和实时监控的机械振动光谱响应和应力应变响应异常可实现及时修复 Mechanical Vibrational Spectral Response and Stress-Strain Response Exceptions from Online and Real-Time Monitoring Enable

## AVANTE 整体风力发电机完整性监测系统:

- 在线监测系统，用于定量测量削弱风力涡轮机的侵蚀和腐蚀。
- 在线实时监测振动谱响应和过度应变异常警报，以便及时响应。
- 用于无线和/或有线通信的多通道通信，收集数据和报告以及远程控制。
- 基于人工智能的机械光谱数据随时间的分析，以提供异常报告。
- 24/7/365 数字化监测侵蚀、腐蚀、雨水影响、海浪影响、振动和应变响应异常、润滑油和传动液漏油。

## AVANTE 整体风力发电机完整性监测系统，用于风机叶片和钢支撑结构的可视性和管理:

风机叶片和风力涡轮机支撑结构的综合侵蚀和腐蚀速率以及状态可以对风力涡轮机的完整性进行定量和客观的评估。

与导致转子叶片腐蚀的外部应力相结合，提供了退化率及预测性维护的能力。

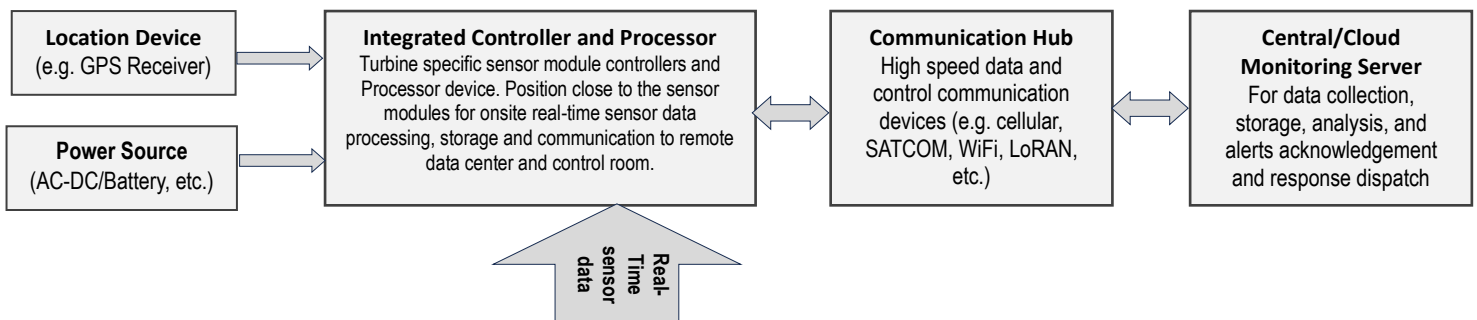
分别在线实时监测风机叶片和支撑结构的机械结构响应有助于提供由突然发生的应力集中或疲劳引起的频谱行为异常。

AVANTE 正在申请专利的风力涡轮机完整性监测系统包含定量传感器模块，这些模块可以经济及高效且非侵入式地安装在风机叶片前缘的内表面上以及沿着支撑结构，以监控可能损坏风力涡轮机的所有潜在危险。

AVANTE 微量泄漏侦测系统，针对任何不利于正常运作和潜在火灾危险的润滑剂和变速箱油泄漏，提供即时警报。

AVANTE Erosion and Corrosion Rate Monitoring and Communication Module	
<b>Detection and Reporting Performance</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Each module monitoring up to 1 kilometer pipeline</li> <li>▪ Autonomous monitoring based on schedule</li> </ul>	
<b>Processor</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 500MHz dual-core SoC and 32bit microcontroller at 100MHz</li> </ul>	
<b>Memory and Interactive Options</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Up to 32GB SD Card storage</li> </ul>	
<b>Communications</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cellular with Satellite Communication option</li> <li>• Other communication options include Ethernet, Wi-Fi, CAN BUS, MOD BUS, LoRa</li> </ul>	
<b>Electrical Parameters</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 100-240VAC or 9-24VDC, &lt;10W</li> <li>▪ Battery powered with solar charging available</li> </ul>	
<b>Environmental Specifications</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ -40°C to 85°C</li> <li>▪ IP67 for outdoor use with proprietary UV resistant coating</li> </ul>	
<b>Usage Flexibility</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Remotely Programmable</li> </ul>	
<b>Security Provision</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Each Module embedded with unique MAC address identifier</li> </ul>	
<b>Compliance</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ FCC Part 15, sub-part C compliant</li> </ul>	
<b>Sensors</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Other complementary AVANTE WTIMS Sensor Modules</li> </ul>	
<b>Usage Life</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ More than 10 years</li> </ul>	

## AVANTE 24/7/365 WIND TURBINE INTEGRITY MONITORING SYSTEM



### Integrated Sensor Modules Attached onto or Proximate to Appropriate Elements of the Individual Wind Turbine Structure

EROSION-CORROSION MICROMONITOR™ SENSOR:	STRUCTURAL INTEGRITY SPECTRAMECHANIC™ SENSOR:	STRUCTURAL INTEGRITY STRESS-STRAIN SENSOR:	RAIN IMPACT CUMULATIVE SENSOR:	SEA WAVE IMPACT CUMULATIVE SENSOR:	OIL LEAKAGE ELECTROSENSOR™:
Multi-position and distributed thickness depletion monitoring of rotor blade and steel supporting structures	Multi-position and distributed vibration-shock spectrum and anomalies of rotor blade and steel	Multi-position and distributed structural integrity monitoring of strain in relationship to wind and sea wave stresses	Cumulative digital rain impact on rotor blades in correlation to erosion	Cumulative digital sea wave impact on monopile and platform in correlation to fatigue	False alarm free direct detection of even smallest leak within 2 minutes of contact with sensor cable over the perimeter of turbine generator



- 侵蚀和振动在线监测系统
- 腐蚀与振动在线监测系统
- 波强和应变在线监测系统

作为涂层保护技术的补充，AVANTE（AIT 的姊妹公司）开发了一系列物联网和基于传感器的在线系统，用于监测侵蚀速率和腐蚀和相关损坏。侵蚀和腐蚀会导致结构弱化，加速应力集中和疲劳引起的灾难性故障，系统性地实现及时报告和警报。

众所周知，风力发电风机叶片的腐蚀是由紫外线降解和高速雨水对环氧纤维复合结构的冲击所造成的。与定期检查相比，直接监测侵蚀率可以为预防性维护提供更多的预测能力。当过度侵蚀和损伤应力集中时，加上相应的机械振动谱异常，可以在灾难性故障发生之前及时修复。

已知咸海水和盐雾和喷雾对第一离岸风力发电厂支撑风力涡轮机结构的钢结构的腐蚀。即使采用最好的防腐蚀涂层，如 AIT FLUOROSEAL® PVDF 涂层，在线监测支撑结构腐蚀退化的能力也能提供及时维修，以确保 30 年的使用寿命。

AVANTE 与 AIT 合作设计了多个在线监测系统，提供侵蚀、腐蚀、应力应变和振动冲击频谱的量化数字在线数据，从而针对可能导致不可预见的灾难性故障的异常情况提供实时警报。

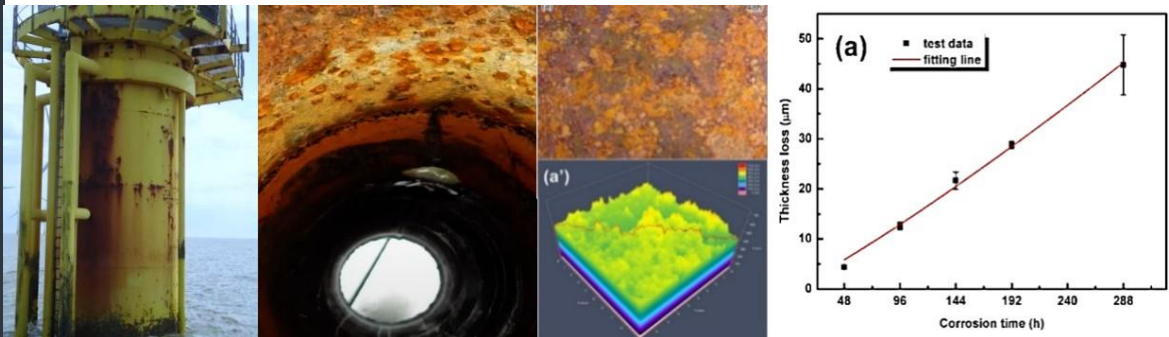
#### AVANTE 风力发电机完整性监测系统包括:

- AVANTE 在线风机叶片侵蚀应力监测系统
- AVANTE 在线结构腐蚀应力监测系统
- AVANTE 风力发电应力应变监测系统
- AVANTE 光谱机械应变监测系统
- AVANTE 微量泄漏侦测系统
- AVANTE 累积降雨影响监测系统
- AVANTE 累积海浪冲击监测系统



#### AVANTE 在线风机叶片侵蚀应力监测系统:

- 多个位置的侵蚀厚度减少监测
- 整合定量降雨强度\*风速记录
- 针对不可预见的疲劳和机械结构事件的实时振动冲击监测



#### AVANTE 在线结构腐蚀应力监测系统:

- 多个位置的腐蚀厚度减少监测
- 针对不可预见的疲劳和机械结构事件的实时振动冲击监测



#### AVANTE 风电应力应变监测系统:

- 实时风力发电应力应变时间监测
- 针对不可预见的疲劳和机械结构事件的实时振动冲击监测