

“驭风者”

风机扇叶检修小车







## 01

### 就业市场变革

随着新能源的兴起，风机的运用更加广泛，但其维修难度大且费用高，且人工维修效率很低，创造新的巡检小车可以提高整体效率。

## 02

### 影响与优势

巡检小车的创造，可以极大程度上减少资金浪费，提高整体效率，有助于提高风机整体寿命。

## 03

### 行业标准与安全规范

随着风机的广泛运用，其维修也得到了很大程度的重视，各国开始制定相关安全规范，确保风机以及周边环境的安全。

## 04

### 政策与发展

目前市场暂未提出与该项目有关的成品，但国家极力倡导该类型行业的发展





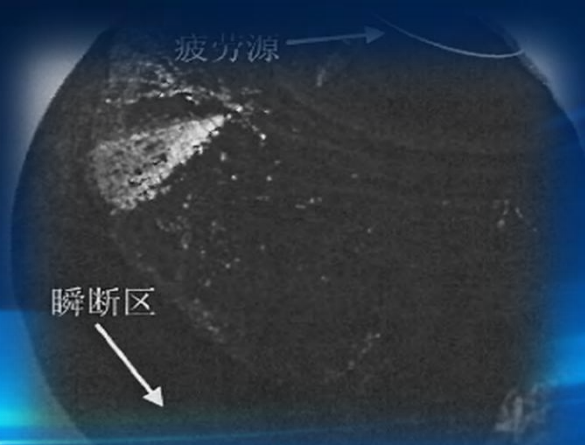
PART--01

项目背景

## 市场背景：扇叶损坏类型

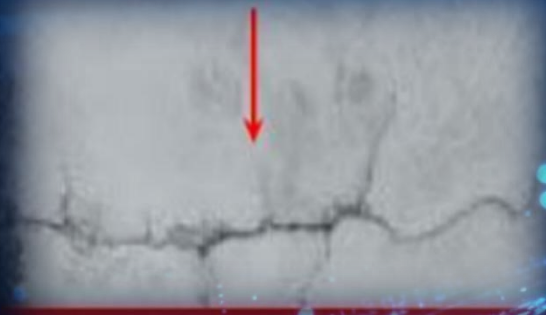


表层脱落



瞬断区

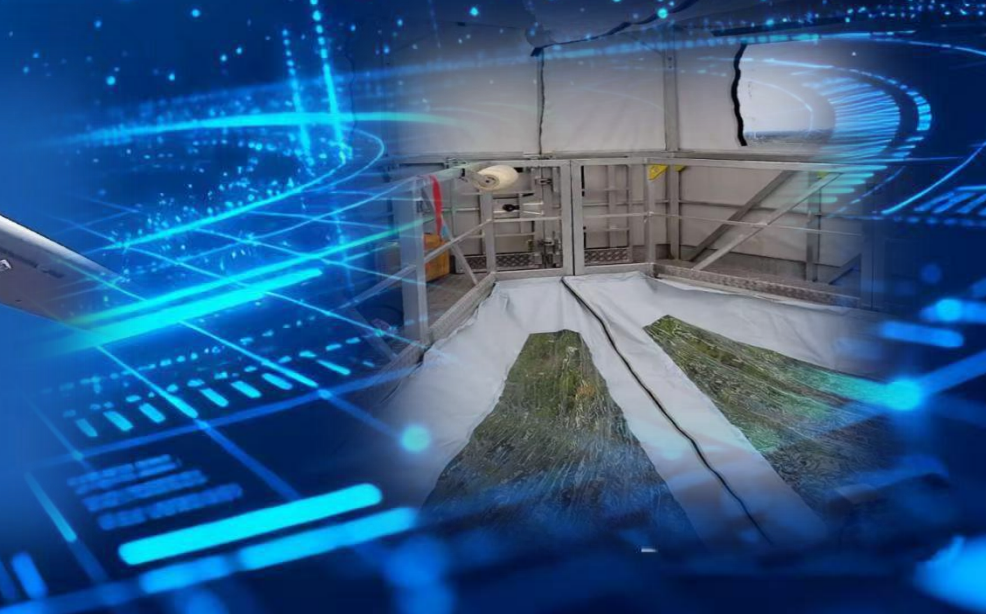
断裂



裂纹

### 扇叶损坏严重其人工维修难

1. 维修难度大，费用高；
2. 检修不完全，易产生遗漏；
3. 不易保障维修人员安全，且维修效率低







本装置是一款专为风电叶片内腔检测设计的紧凑型自主/半自主巡检小车，聚焦40-100+米

全尺寸叶片内腔场景，核心解决“窄空间通过、陡坡攀爬、全视角观测、安全回收”四大行业痛点，替代传统人工巡检，实现叶片深部区域（ $\geq 60$ 米）高效检测。







## PART--02 项目介绍

# 解决四大行业痛点，替代传统人工巡检

### 解决窄空间通过问题

采用窄空间专用履带行走系统，履带宽度仅0.15米，适配0.6米宽叶片中段空间，独立悬架支持 $\pm 3\text{cm}$ 高度调节，可跨越内腔加强筋，解决窄空间通过难题。

### 解决全视角观测问题

配备“前视旋转摄像头+后视固定摄像头”双视场组件，搭配前后LED照明，实现内腔表面无死角观测，解决全视角观测痛点。

### 解决陡坡攀爬问题

动力系统搭载双电机驱动履带，支持 $\geq 37^\circ$ 陡坡稳定攀爬，突破叶片内腔倾斜结构限制，三角履带接触面积大，增强陡坡抓地力。

### 解决安全回收问题

“线缆-拖拽”一体化集成设计，将应急拖拽钢丝绳内嵌于供电/通信电缆中，当小车卡滞时可通过卷线盘拉动钢丝绳回收，解决安全回收问题。







# 工作场景



## 覆盖全尺寸叶片

该巡检小车聚焦40 - 100+米全尺寸叶片内腔场景，无论是40 - 60米的小型叶片，还是80 - 100+米的大型叶片，都能对其内腔进行有效检测。



## 适应不同内腔环境

小车通过跨型号叶片快速适配方案，如模块化履带轮组和可调节摄像头支架，能适应不同尺寸叶片内腔的差异，满足全尺寸叶片内腔检测需求。





## PART--03

### 项目基础



#### 小车适配狭窄空间

小车采用“扁平化模块化”设计，整体尺寸严格控制在长 $\leq 1.0$ 米、宽 $\leq 0.5$ 米、高 $\leq 0.4$ 米，能完美适配中型（60 - 80米）、大型（80 - 100 + 米）叶片中段0.6 - 0.8米宽的狭窄空间。



#### 动力系统支持陡坡攀爬

动力系统搭载双电机驱动履带，支持 $\geq 37^\circ$ 陡坡稳定攀爬，可突破叶片内腔倾斜结构限制，为在复杂的叶片内腔环境中巡检提供了有力保障。



#### 双视场组件与照明实现无死角观测

配备“前视旋转摄像头 + 后视固定摄像头”双视场组件，搭配前后LED照明，能实现内腔表面无死角观测，便于全面检测叶片内腔情况。



#### 集成功能解决救援与定位问题

同步集成“细钢丝绳应急拖拽 + 自动收放线”功能，解决小车卡滞救援与线缆缠绕问题，还可通过遥控手柄或工控器远程控制，完成高清拍照、录像及缺陷定位（基于电缆长度估算）。





## “线缆 - 拖拽”一体化集成设计



### 内嵌应急拖拽钢丝绳

将“应急拖拽钢丝绳”内嵌于供电/通信电缆中，电缆直径 $\leq 10\text{mm}$ ，钢丝绳承重 $\geq 50\text{kg}$ ，当小车在60米深部卡滞时，可通过卷线盘直接拉动钢丝绳回收小车，无需额外布设救援线缆。

### 自动收放系统

将手动电缆盘升级为“电机驱动+张力感应”自动收放系统，根据小车移动速度（ $0.1 - 0.3\text{m/s}$ ）实时调节线缆长度，避免拉扯断裂或堆积缠绕，提高了线缆管理的效率和可靠性。

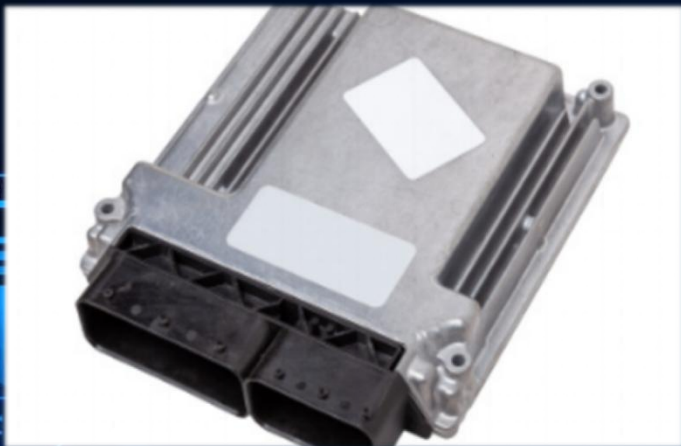






## PART--03 项目基础

# 轻量化高集成电控模块



## 集成多种功能于控制板

将主控、通信、影像控制功能集成于一块尺寸 $\leq 20\text{cm} \times 15\text{cm}$ 的工业级控制板，重量仅0.8kg，大幅压缩小车内部空间，实现了小车的轻量化和高集成化。



## 精准标记缺陷坐标

开发“线缆长度 - 缺陷位置”联动算法，通过收放线电机转动圈数（每圈对应线缆0.4米）自动计算小车位置，精准标记缺陷坐标，解决传统“影像与位置脱节”的分析难题。





## PART--03 项目基础

# 电控与影像系统开发



### 控制单元开发

主控芯片选用STM32H7系列工业级MCU，支持多串口通信，可连接电机、摄像头、遥控手柄，实现对小车各部件的有效控制。



### 遥控系统

采用433MHz无线频段，抗金属遮挡，有效控制距离 $\geq 100$ 米，支持前进、后退、转向、摄像头旋转、灯光调节等功能，方便操作人员远程操控。



### 位置算法

编写线缆长度计算程序，通过电机编码器记录转动圈数，实时输出小车位置，精度 $\pm 0.3$ 米，能准确掌握小车在叶片内腔的位置。



### 影像与照明系统

前视摄像头为200万像素1080P工业相机，搭配360°微型云台，支持手动对焦；后视摄像头为130万像素固定相机，视角 $\geq 130^\circ$ 。前后各安装2组5W LED射灯，支持3档亮度调节。通信测试要求丢包率 $\leq 1\%$ ，若有盲区增加线缆中继器。