

风力发电机组视频净空系统 产品说明书



山东威尔勒技术服务有限公司

目 录

1. 产品概况	2
2. 配置说明	2
3. 系统详细描述.....	2
3.1 系统原理.....	2
3.2 硬件组成.....	3
3.3 软件组成.....	4
3.4 功能说明.....	4
4. 技术参数	5
5. 接口说明	6
5.1 机械接口.....	6
5.2 电气接口.....	7
5.3 通讯接口.....	7
6. 案例介绍	7
6.1 小净空案例.....	7
6.2 叶轮不平衡案例.....	8

1.产品概况

大叶片高塔架风力发电机组在运行过程中，由于塔架为柔性塔架，叶片采用轻量化设计，极端工况下，容易出现叶片与塔架间动态净空距离小于机组设计的最小净空距离的情况。如果叶片与塔架间动态距离小于等于0时，则将发生叶片扫塔的恶性事故，轻则需要更换叶片、维修塔筒，重则整机倒塔，将会造成巨大财产损失和发电量损失，甚至可能会危及风机附近相关人员生命安全。

威尔勒视频净空系统（下文简称净空系统），型号WILL-TC120，正是为预防叶片扫塔而创新研发的产品，其智能净空图像单元安装在风力发电机组机舱内，实时采集风力发电机组运行过程中叶片运行轨迹，实时计算叶尖与塔架之间的净空距离，并将净空值实时输入风机主控，以识别机组净空安全性，从而进行机组控制保护。该系统将有效预防风电机组叶片扫塔，保障机组安全运行。

净空系统针对风电净空领域定制开发，具有高性能、高可靠性、低功耗、小型化等产品特点，搭载人工智能AI技术平台，结合深度可分离卷积和残差连接构造的轻量化CNN目标检测网络模型实现了高精度、低延迟、全天候高适应性的机器视觉净空监测手段。

2.配置说明

系统物料清单包括但不限于表1所示内容。

表 1 净空系统物料清单

序号	项目	数量
1	净空图像单元	1套
2	净空补光装置	1套
3	通讯转换模块	1套
4	柜体、线缆和附件等	1套

3.系统详细描述

3.1系统原理

净空系统可实现叶片净空的实时测量，通过高清无畸变净空图像单元采集叶片运行画面，辅以净空补光装置实现夜晚环境图像采集，在边缘侧 AI 图像处理核心对叶尖图像进行解析，最终结合标定数据和机组动态模型实时计算叶片净空值。将计算净空值实时传递到风机控制系统，通过变桨或停机等手段实现小净空（实际净空小于设计最小净空）保护，以预防叶片扫塔事故发生，保障风力发电机组安全运行。其整体系统结构图如下图所示：

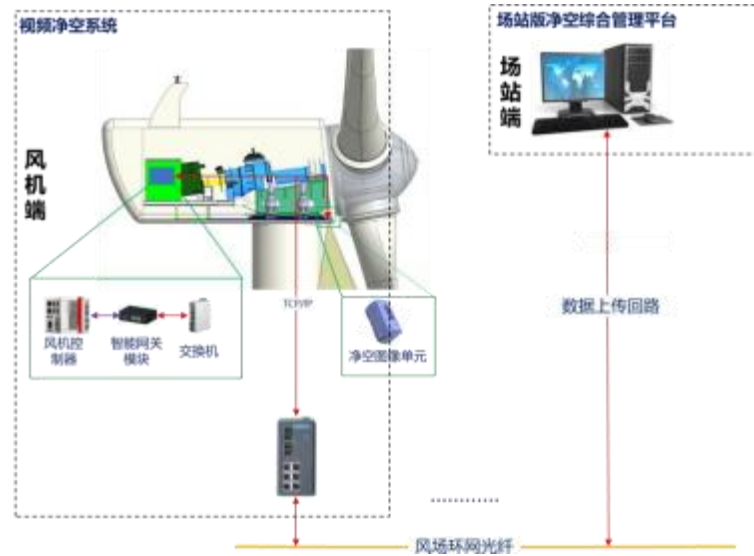


图 1 净空系统拓扑示意图

应用场景 1：风机端安装部署净空系统，系统经过计算后将净空值等相关信息通过工业总线发送给整机 PLC 控制系统，用于整机控制保护动作。

应用场景 2：在应用场景 1 的基础上通过塔筒网络和风电场环网，将净空系统数据上传到升压站服务器。具备数据展示、预警、统计分析、存储和追溯的功能，为风机运维提供可视化支撑。

3.2 硬件组成

如图 2 所示，净空系统在机舱的前端开孔后安装净空图像单元，应用计算机视觉技术，对图像进行解析，输出净空值到风机主控系统控制风机动作，技术人员可借助风机塔筒网络和风电场环网，使用终端（如笔记本电脑）进行远程监控和配置，并及时处置异常情况。如果在机舱柜空间和电源容量允许情况下，可以将净空柜体省掉，集成到机舱柜内，节省零部件，增强系统可靠性。



图 2 净空系统拓扑图

3.3 软件组成

净空系统获取风机叶片运行的连续帧图像数据，结合智能算法识别风机的叶尖坐标和动态塔筒参考点计算净空值，通过工业总线传输至风机主控系统，风机主控系统可结合净空值对风机进行控制，保证机组安全稳定运行。

系统界面采用 BS 软件架构，预览界面展示当前实时画面并计算净空值、转速值等。同时系统可在线计算机组叶轮不平衡状态。

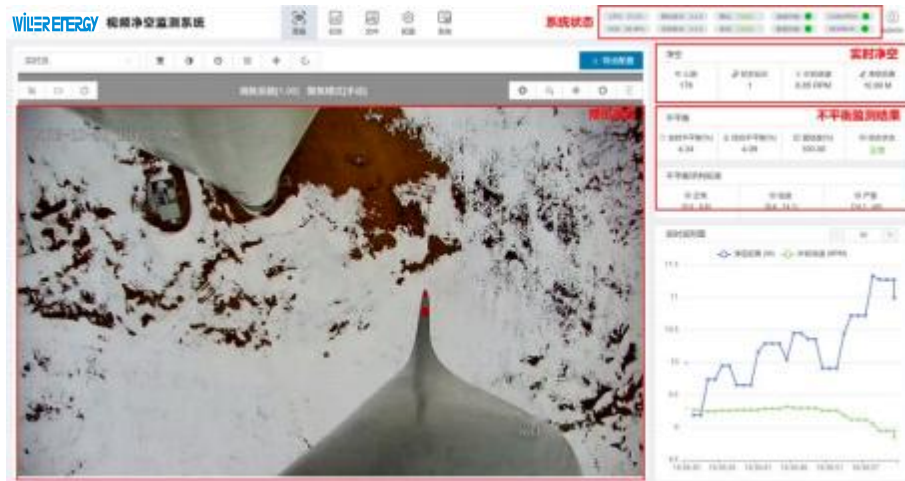


图 3 净空系统预览界面

文件界面主要针对历史数据做相关统计分析，同时可下载相关时间段历史视频、历史图像、压缩文件等。

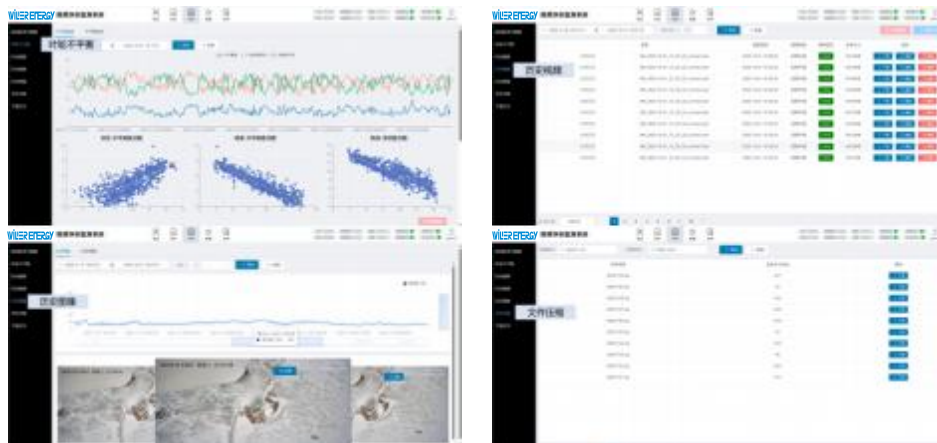


图 4 净空系统文件浏览界面

配置界面主要针对系统功能相关参数配置，例如标定参数、系统参数配置、现场信息等。系统界面主要针对系统相关的服务运行情况进行配置和日志查看等。

3.4 功能说明

净空系统能够实现以下功能模块。

表 2 净空系统功能模块

序号	功能模块
1	实时净空画面和数据预览功能
2	叶片净空监测及预警
3	叶轮气动不平衡评估功能
4	历史数据（视频和结构化数据）查看，统计和追溯功能

1) 该系统可实现叶片净空监控、叶轮气动不平衡评估等失效模式的实时自动诊断、报警及控制。

2) 算法模型具有可持续的远程管理功能，版本升级、版本回滚，支持灵活的更新迭代，以满足不同现场的实际工况需要。

3) 边缘智能软件系统运行于图像处理单元，可提供全面的边缘模型部署与管理功能，支持系统根据工况、数据质量、视频图像数据等进行条件或定时的灵活数据采集、数据分析与数据储存等功能。

4) 该系统自动记录、存储发生危险净空时刻前后共 3 分多钟的原始视频。

5) 该系统具备将视频数据自动或手动回传至升压站监控系统的功能，根据各个项目的实际情况，配置数据的自动或手动传输功能。回传的所有数据无加密，用常规免费软件查看。

6) 该系统通过实时监测机组全天候的运行净空值，并通过工业协议将净空值、心跳、算法运行状态等相关信息传递到风机控制系统，执行相关机组保护动作（收桨或停机）。预防机组出现扫塔及倒塔事故的风险。

7) 该系统的净空图像单元镜头自带雨刮功能，保证镜头清洁度，短期无需维护。

4.技术参数

关键技术参数如下表所示。

表 3 关键技术参数

序号	名称	参数要求
1	净空测量精度	≤0.5 m
2	测量距离	≥130 m
3	识别对象	叶片叶尖
4	净空测量范围	≥30m
5	图像采集频率	≥25fps
6	分辨率	不低于 1920*1080
7	最低照度	彩色 0.005 lux /黑白 0.001 lux
8	视场角	水平视场 55°±5°，纵向视角 30°±5°
9	补光角度	水平视场≥20°，纵向视场≥15°
10	支持补光类型	红外补光

11	防护等级	IP65
12	供电	220VAC 或 24VDC
13	功率	48W
14	盐雾防护等级	陆上: C3 海上: C5
15	设计寿命	10 年
16	工作温度范围	(-40~65) °C
17	生存温度范围	(-40~70) °C
18	输出协议	CANopen/Profibus-DP/Modbus TCP/Modbus RTU 等
19	功能拓展	具备叶轮不平衡量化评估, 预警视频存储, 视频离线复现功能等

表 4 系统规格参数

净空图像单元	
尺寸	≤长 360mm×宽 290mm×高 460mm
净重量	≤14.5kg
净空补光装置	
尺寸	长 360mm×宽 320mm×高 240mm
重量	≤11kg

5.接口说明

5.1机械接口

净空系统净空图像单元和净空补光装置需要在机舱罩底部开孔进行安装, 具体尺寸安装示意如下图所示。

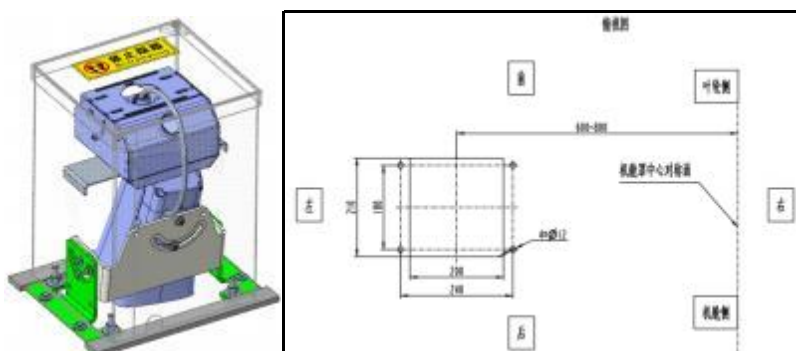


图 5 净空图像单元及支架尺寸图

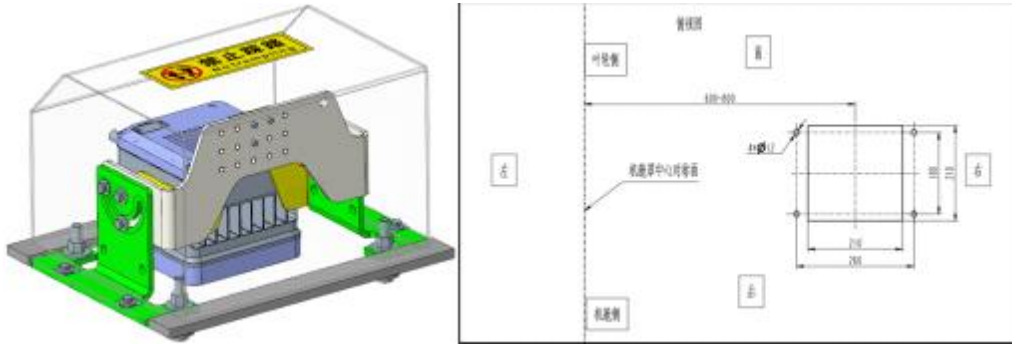


图 6 净空补光装置及开孔尺寸图

5.2 电气接口

电气接口选择充分考虑了设备的防盐雾、防护等级及设备的易安装性，净空图像单元端选用航空插头，系统对外包括以下电气接口。

表 5 电气接口表

序号	接口名称	详细内容
1	供电接口	接入风机机舱柜220VAC或24VDC电源
2	网络接口	接入机舱柜交换机
3	通讯接口	以指定通讯方式接入到风机PLC

5.3 通讯接口

目前针对国内整机厂商机组，支持多种与主控 PLC 的通讯方式，如 CANopen/Profibus-DP/Modbus TCP/Modbus RTU 等。

6. 案例介绍

6.1 小净空案例

某风电场安装视频净空系统后，机组在危险净空（实际净空小于设计净空）时能够及时做出停机保护，避免机组出现叶片扫塔事故。如图7所示，叶片净空从 4.87m 跳变下降到 1.92m，触发主控净空低于 4m 保护停机，机组开始停机收桨，第 4 张图叶片净空 11.21m，此时叶尖已经远离塔筒，有效保障了机组安全。

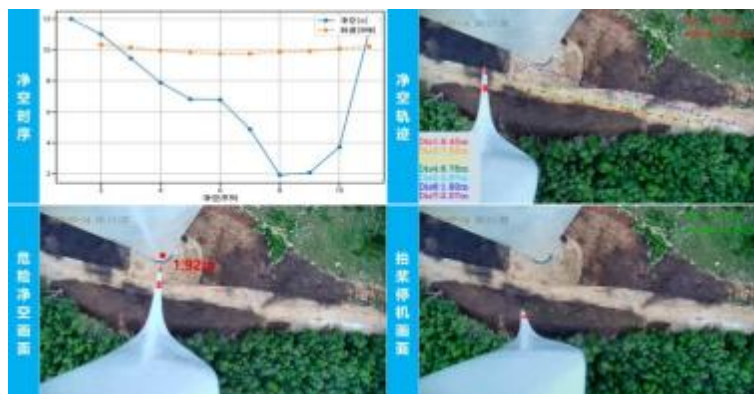


图 7 视频净空触发预警停机案例

6.2 叶轮不平衡案例

某风电场高塔架机组通过视频净空系统成功识别出叶轮严重不平衡问题，叶轮严重不平衡会劣化风机运行过程中的振动和疲劳载荷，影响机组运行稳定性和安全性，下图为叶轮运行过程中三支叶片的运行轨迹堆叠图，校准前后叶轮轨迹存在明显偏差。

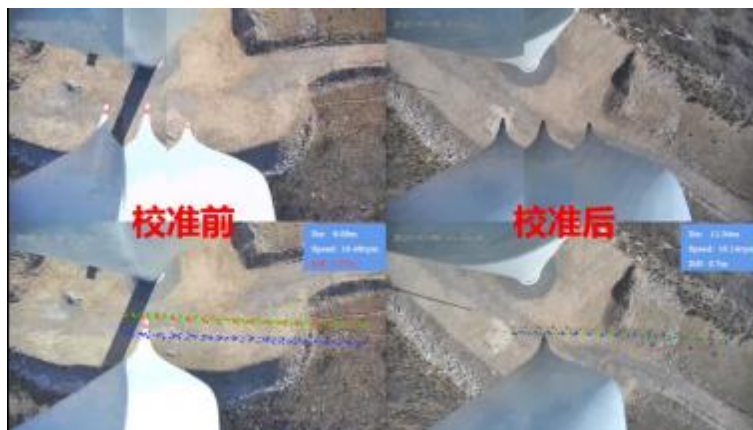


图 8 叶轮不平衡监测案例

现场人员仔细排查消缺，发现该机组一支叶片零刻度线偏差约 4.6 度，重新整改调零后，问题得到解决。



图 9 叶片零度校准案例