|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **智慧风场综合运营管理平台设计方案** | **日期Date** |
| **2021-04-09** |
| **智慧风场综合运营管理平台**  **设计方案**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **编制Prepared by**  **王德坤** | **校对Checked by**  **张瑞** | **标准化Standardized by**  **张敏仪** | **批准Approved by**  **孙启涛** | **发布Released by**  **陈思范** | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **文件号Document No.** | **M0B00018297** | **版本Revision** | **A** | | **密级Classification** | | **页码Number of pages** | **11** | | **□绝密Strictly Confidential □机密Confidential □秘密 Secret ■内部 Internal □公开 Published** | | | | | | |

|  |
| --- |
| **注意事项和声明**  **Notification and disclaimer**  本文件中所有的事项尽可能的全面和准确，但本文件可能还需要进一步修正。未经明阳智慧能源集团股份公司确认和许可而依据此文件进行制造和其他用途时，明阳智慧能源集团股份公司将不负责因此所产生的风险。  任何发现有关本文件的不足和错误之处，请文件使用者立即反馈给版权所有者。  本文件仅在接收方同意以上条件时才给予提交。当文本有歧义时，请以中文为准。  This document may still be undergoing checking by the institution responsible, Although all work has been carried out very thoroughly; this document is still subject to changes. Without permission from MINGYANG, the risk of manufacturing that in accordance to this document or other uses is not in the responsibility of MINGYANG.  Should any information in this document be not complete, incomprehensible or faulty, it is the responsibility of the user of this document to immediately clarify the facts with the author and the client.  This document is only submitted under the assumption that the receiver accepts the above conditions. In case of any divergence of interpretations, the Chinese version shall prevail. |

**有效附件List of Valid Documents**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号**  **Item** | **文件名**  **Document Name** | **文件号**  **Document No.** | **版本**  **Rev.** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

**更改记录表**

**List of Alterations**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号**  **Item** | **版本**  **Rev.** | **所在页**  **Modified Pages** | **更改内容**  **Modifications** | **日期**  **Date** |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

**目 录**

**Content**

[1 编写说明 2](#_Toc24807)

[2 概述 2](#_Toc11755)

[2.1 项目信息 2](#_Toc27673)

[2.2 建设目标 2](#_Toc18766)

[2.3 总体功能 3](#_Toc5153)

[3项目范围 4](#_Toc20285)

[3.1 集中监控系统 4](#_Toc16990)

[3.2 辅助监控系统 4](#_Toc22030)

[3.3 场群智慧整体控制系统 4](#_Toc1137)

[3.4 能量管理系统 4](#_Toc27360)

[3.5 大数据健康管理系统 4](#_Toc6397)

[3.6 数字化运维系统 5](#_Toc2013)

[3.7 业务可视化系统 6](#_Toc14153)

[3.8 手持移动终端 6](#_Toc15819)

[4项目计划 7](#_Toc4383)

[5实施要求 7](#_Toc13063)

# 1 编写说明

本文是以中航雷高风电场为依托，以打造智慧风场综合运营管理平台的设计方案。平台涵盖集中监控系统、辅助监控系统、场群智慧整体控制系统、能量管理系统、大数据健康管理系统、数字化运维系统、业务可视化系统、手机APP共8个功能项。通过一体化应用平台建设，实现多个管理系统无缝衔接，打通数据间的“壁垒”，实现风场运作的信息化、智能化、精细化管理，从而提高发电量、降低成本、延长风场寿命、全方位保障风电场安全。全文包括系统功能、项目实施计划、实施要求等内容。

# 2 概述

随着风电行业的发展，风电生产运营的模式也发生了改变，正在向集中化、共享化和智能化方向发展。物联网、大数据、人工智能等技术在风电场的应用，催生了智慧风场管理的需求。智慧风场综合运营管理平台打通了风场运行、后台监控、运营维护等单元节点，逐渐减少人员的参与，让风电场能够自己“思考”和自我“管理”，逐步实现运营自动化、智慧化，将风场打造为“少人值守，无人值守”的目标逐步成为现实。一系列的案例证实智慧风场管理的模式可以给运营商带来效益的显著提升。

智慧风场综合运营管理平台可用于既有风电场，机组自身具有先进性属性或通过加装传感器；也可用于新建风电场。风电场类型并不局限于集中式、分散式。智慧风场综合运营管理平台将不同设备、系统的数据按照统一标准进行整合，打通了风场运行、后台监控、运营维护等单元节点，实现平台对风电场的全局管控，提升风电场精益化管理能力。

智慧风场综合运营管理平台借助大数据分析及人工智能技术，构建风电场大数据分析及智能诊断系统，解决风电场分析运行能力差的问题，精准梳理机组健康问题，助力风电从事后的故障维修向事前的预防性维护过度，从运行、维护和设备健康管理上研究制定应对措施和指导意见，实现从“被动治理”到“主动预防”目标的转变，确保机组的稳定运行及风电场的发电效益提升。

## 2.1 项目信息

中航湛江雷高风电场位于广东省湛江市雷州市雷高镇境内，区域面积120Km2，风电场一期规划容量50MW，安装明阳智能单机容量为3.0MW机型18台。风电场坐标为E110°9’6.62’’~110°18’44.96’’，N20°42’6.71’’~20°49’42.74’’，海拔在5~65m之间，为沿海平原风电场。

## 2.2 建设目标

本系统的建设目标是基于风机数据采集技术，以海量风机数据为基础，对风机点表、故障代码及运行状态进行标准化处理。借助大数据分析技术及人工智能技术，构建风电场大数据分析及智能诊断系统，解决风电场分析运行能力差，精准梳理机组健康问题，助力风电场从事后的故障维修向事前的预防性维护过度，从运行、维护和设备健康管理上研究制定应对措施和指导意见，实现从“被动治理”到“主动预防”目标的转变，确保机组的稳定运行及风电场的发电效益提升。

将子系统的数据接入大数据分析系统内，提升风电场综合管理水平，实现“标准化、高质量、高效率”的管理模式，统一管理，减少运行维护成本。系统维护方便，可扩充性强，能真正促进企业自动化水平的提高，保证风电场生产运行的安全、稳定、经济运行。

智慧风电场建成后，为优化机组运行提供数据依据，洞察发电量损失因素，精准提升机组可利用率。系统实时评估风电机组部件的健康状态，为备品备件储备、人员调动安排提供依据，提前发现并解决机组隐患，结合运维安排，实现预防性维护，减少发电量损失。

## 2.3 总体功能

智慧风场综合运营管理平台包括集中监控、辅助监控、场群智慧整体控制、能量管理、大数据健康管理、数字化运维、业务可视化、手机APP共8个子系统，通过底层数据接口实现各系统间信息交换及数据共享，打通风场运行、后台监控、运营维护等单元节点，提升风电场精益化管理能力。本方案的项目平台已包含的8个子系统的目标如下：

1. 集中监控系统接入风电场风机、箱变、测风塔、运维车辆等设备运行数据，实时掌控风场设备的运行状态，掌握风电场的实时发电量等相关生产指标，并具备实时故障告警、趋势分析等功能，实现对场站的全局监控和管理。
2. 辅助监控系统将现有先进性系统（CMS、自动消防）接入，通过不同角度层面及对不同部件进行实时监控，确保风场区域安全。
3. 场群智慧整体控制系统将单机出力最佳升级为整个风电场出力最佳，通过考虑风机间尾流的影响，协同各机组的最优增益、变桨和偏航控制策略，预计将整个风电场的发电量提升2%-4%。
4. 能量管理系统实现风电场AGC、AVC控制。AGC根据调度指令自动调节风电场风机的有功输出，使变电站出口的有功功率控制在限定值。AVC根据调度指令自动调节风电场风机的无功输出，使变电站出口的无功功率控制在限定值。同时在智慧风场综合运营管理平台监视能量管理系统控制状态，分析调节速率、控制偏差、响应时间等指标。
5. 大数据健康管理系统，基于齿轮箱、叶片、发电机等大部件的历史数据和故障记录，利用主流机器学习及人工智能算法，比如逻辑回归、决策树、随机森林、神经网络、朴素贝叶斯、MSET、LSTM、GBDT、Xgboost，建立八十多个亚健康预警模型，涵盖机械、电气等多个范畴，实现设备监控隐患的提前报警。利用机组的传感器标签点从可靠度、寿命分析、异常状态等多个维度进行健康评估，构建机组整机和部件的健康评价体系。让风电机组工作过程中全局健康状态和各个关键部件监控状况透明化，评估运行风险并预测剩余寿命，及时对机组进行维护避免故障发生。同时与数字化运维系统对接，自动下发工单，实现大数据健康管理工作闭环。
6. 数字化运维系统，搭建标准化流程体系，实现运行、工单、检修、巡检等机组运维管理的工作闭环。与集中监控、大数据健康管理等系统之间进行数据交互，当机组发生故障、预警或健康度较低时，系统会自动下发相应的工单，实现运维流程的自动流转。
7. 业务可视化系统，基于风能协会KPI指标算法，建立智能报表，通过发电性能、可利用率、可靠性等方面的统计数据体现风电场的综合运营情况。同时可以根据用户实际管理需求进行报表的定制化开发。
8. 手机APP，支持Android和IOS，在移动端实现对风电场的监控和运维，利用公网接入主站系统，实现风电场监控、KPI查询、运维任务查询等功能。

# 3项目范围

## 3.1 集中监控系统

集中监控系统的设备范围包括风电场、风电机组、测风塔、箱变设备、运维车辆等。通过集中监控系统，及时掌握各期风电场情况，直观多样化展示重点指标，对风场进行统一指挥、决策、调度。

监视系统能够以列表方式、矩阵方式或者电子地图方式显示系统内所有风电场、测风塔、运维车辆的分布情况，并能够显示总装机容量、总发电量、风电场的工作状态等信息。

## 3.2 辅助监控系统

针对风电场的网络结构及特殊的风机安防需求，辅助监控系统实现对风场全方位的监测和评估，为风电场资产增值提供强大支撑，保障风电场全生命周期经济效益最优。

系统通过一体化监控平台实现所有辅控运行状态统一监测，打破辅控系统间数据壁垒，将数据进行汇集，实现数据共享，针对数据间进行横向管理分析，深度挖掘数据，找出故障隐患。通过智能辅控系统的建设，可以实现早期安全预警，实现主动预防，对风电场运行管理实现智能评估。

## 3.3 场群智慧整体控制系统

场群智慧整体控制系统可以利用先进的测量传感系统、系统在线辨识及寿命预估技术、自适应扇区管理技术、高性能工控机技术等构成的新一代风电场场群级的控制优化平台，在确保风机可靠性和关键部件寿命安全的情况下，充分挖掘机组自身发电性能的潜力，为风电场资产增值提供强力支撑。寿命预估技术包括样机载荷传感设备，运行数据与载荷数据的神经网络训练，扇区管理技术包括噪声管理，恶劣危险扇区控制，高性能工控机技术则是采用更为先进性能的工业控制平台，作为集群控制中枢大脑。

## 3.4 能量管理系统

平台综合调度需求，结合风机自身性能进行综合评估，给出最佳配比值。平台实现了展示风电场全场能量控制情况，包括各个风机的出力情况，对于全场及风机的响应时间、调节速率、偏差率得以详细了解，以图表多种形式展示功率调控结果。

## 3.5 大数据健康管理系统

根据大量历史数据分析挖掘，发现各参数与故障的关联性及参数变化的趋势性，根据每个分析结果建立对应的故障预警模型。根据风机预警模型判断机组是否运行在健康状态，并给出相应的预警信息。当机组出现亚健康隐患时，及时发出预警并安排现场运维人员排查，消除隐患，保证机组的高可靠性，降低部件损坏的概率。根据风机的不同部件开发了温度异常、高温防火、叶片结冰、叶片断裂等多个机组健康预警模型，按照部件结构标注出对应的预警数量并进行展示。预警能集成分析国内主流的威锐达、容知、国旋新力等在线振动监测系统的数据，进行大部件监控预警，并全部应用到工程运维作业过程，可以基本实现基于状态的故障预警运维。

智能健康管理是指实现风电机组工作过程中全局健康状态和各个关键部件健康状况透明化，并在故障发生前预测部件的健康、衰退征兆，通过智能算法评估运行风险并预测剩余寿命，从而及时对机组进行维护，避免故障发生。利用机组的传感器标签点进行健康评估，从可靠度、寿命分析、异常状态等多个维度进行评估。

通过对机组主要部件的模态分析计算，评估机组电气部件、机械部件的核心监测指标，从而建立风电机组整机及子部件的健康监测模型，根据风电机组子部件工作条件分析及实时状态监测进行机组子部件的健康度评估分析，通过机组主控系统、SCADA系统、集控系统三位一体对机组部件健康状态实时监测，建立整体的机组健康度监测系统。

从机组的运行数据特别是故障数据出发，挖掘机组各故障模式的关联性，对存在关联性的故障构建故障关联网络，基于传统的数理统计方法，将风机运行数据看做一个寿命试验，基于定时截尾和定数截尾两种类型，构建机组可靠度模型，并基于机器学习模型构建机组整机和12个子系统部件的健康评价体系，12个子系统分别有：发电机水冷系统、发电机、变桨系统、偏航系统、叶片、控制柜、机舱散热、变频器水冷系统、变频器本体、液压系统、齿轮箱润滑系统、齿轮箱。系统实现对机组整体和子部件的健康度监视及数据查询和展示。

## 3.6 数字化运维系统

集中监控系统的设备范围包括风电场、风电机组、测风塔、箱变设备、运维车辆等。通过集中监控系统，及时掌握各期风电场情况，直观多样化展示重点指标，对风场进行统一指挥、决策、调度。

数字化运维以项目为主线、以派工单作业、支持手持移动终端进行业务操作，实现系统范围内所有风电场项目从排产、吊装、调试、运行、维护、终验收以及已出质保的机组后运维的全生命周期信息一体化智能管理。

系统通过对运维作业过程的吊装指导手册、调试手册、定检标准、巡检标准和排查要求，进行了逐一拆分并上传到系统知识库进行电子化管理，并通过工单管理与手持移动终端进行关联与推送，使得运维人员在作业过程可以依据标准进行作业，改变以往仅凭经验运维的工作模式，实施和完善运维服务的基础管理工作，保证运维服务体系的传承性。

通过系统使用后，可保证运维作业质量，建立完整的机组作业历史档案，为机组健康评估做好数据积累。同时基于智能风场管理系统的上线应用，现场运维作业过程中规范了服务流程、加大了预防性维护、配以状态检测、严格的作业审批流程及时发现运维工程的不规范行为，避免了重点问题的发生。

任务作业下发后，运维人员可以查看工单详情。

## 3.7 业务可视化系统

风电场综合运营评价体系主要体现在发电性能、可利用率、可靠性、运维经济性4个大的层面。通过这4个层面可以有效的评价风电场的运营情况以及收益情况，上述风电机组的四大指标体系中，发电性能、可利用率和可靠性这三大类可作为某一型号风电机组运行质量的单项评价指标，运维经济性指标则可作为某一型号风电机组运行质量的综合评价指标。实际应用中，主要应用发电性能、可利用率和可靠性和这三大类。

系统运营仪表盘分不同的维度和视角对风电场的指标进行展示，提供累计发电量、指标排序、提供健康度、PBA、TBA等数据，让风场的运行结果进行直观显示。

不同的用户根据岗位能够动态、合理的展示其关注的内容，以提高系统的实用性。系统可根据用户设置项生成对应的报表（日、月、年报），也可点击子项报表查询其详细信息。

## 3.8 手持移动终端

用户可使用移动终端，随时随地的处理工作、通讯录、收发邮件、浏览信息通知、OA收发文、处理业务系统流程审批、移动监视、关键数据指标查询，充分利用碎片时间，提高管理效率。拥有权限配置功能，不同用户监视权限不同；能够展示关心的任意数据量；重要告警能够推送。通过系统可以实现如下效果：

1. 远程监测

将电站实时采集到的生产数据上传到移动应用服务器上，在移动终端上实时展示，满足管理层不在生产现场，也可以看到生产数据的需求。系统提供电站远程监测画面包含区域内风场分布图以及风机数量、风速、功率、发电量、等统计信息。

1. 报表展示

系统提供在移动端以报表、图标形式展示生产数据、指标等信息，包含风电场、分公司的生产数据日报、月报等内容，满足管理层对风电场、分公司发电情况的实时了解。

移动分析数据展示方式多样化，采用图表、曲线、棒图等多种样式展示子站运营数据和性能指标，使集团人员能够了解到及时、形象、准确、丰富的信息。

1. 移动运

工作任务流的自动推送与工单业务流程审批；

定检、巡检、技改等运维作业计划事件异常提醒；

故障提示、故障处理事件提醒；

通过系统即时将设备发生的告警和通过识别的隐患信息进行推送，推送包括告警/隐患发生时间、发生设备、告警/隐患信息描述等内容，同时根据故障知识库功能，将告警和隐患对应的解决方案向用户推送，提升用户检修处理时间，提升设备可靠性。

# 4项目计划

项目预计在2021年3月底前完成全部功能上线。具体计划安排如下表所示：

表1 项目实施计划

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | 2020年 4月至5 月 | 平台总体设计，确定技术选型、架构 |
| 2 | 2020年 5月至 6月 | 现场数据采集、数据平台标准数据处理、展示 |
| 3 | 2020年 6月至 8月 | 集控、能量管理、业务可视化系统开发测试完成 |
| 4 | 2020年 8月至 10月 | 大数据健康管理、辅控系统开发测试完成 |
| 5 | 2020年10月至11月 | 数字化运维、APP系统开发测试完成； |
|  | 2020年12月至2021年1月 | 场群智慧整体控制系统开发测试完成；系统功能集成，整体测试 |
| 6 | 2021年2月至2021年3月 | 系统部署上线 |

# 5实施要求

1）业主方配合参与及宣传项目启动、结项等关键里程碑的仪式活动；

2）业主方协助配合明阳智能进行市场宣传，提供项目使用证明、项目验收意见等相关工作；

3）业主方将箱变、测风塔、能量管理、辅助监控（自动消防、CMS等）相关设备及系统接入智慧风场综合运营管理平台时，需协调箱变、测风塔、能量管理、辅助监控等厂家开放相关数据接口。

箱变数据的接入可在智慧风场综合运营管理平台实现箱变的实时监视，当箱变跳闸或者出现其他告警信息时，可在智慧风场综合运营管理平台发出相应的告警信息，并能以接线图的形式直观的展示开关分闸等动作。

测风塔数据的接入可在智慧风场综合运营管理平台实现测风塔的实时监视，实时动态的展示测风塔各高层的风速、风向、温度、气压、湿度等信息，并可以曲线图反应各气象指标历史的趋势。

能量管理系统的接入可在智慧风场综合运营管理平台展示能量管理系统有功、无功的控制效果，包括风电场整体的目标值和实际值以及风电场每一台风机的目标值和实际值，同时，智慧风场管理平台可统计分析能量控制的相关指标来量化能量控制的效果，比如偏差率、调解率、相应时间等。

辅助监控（CMS等）的接入可在智慧风场综合运营管理平台实现早期安全预警，与预警、健康度相辅相成，实现对风机的主动预防，对风电场运行管理实现智能评估。

除上述提到的设备及系统外，业主如果有实际需求，智慧风场综合运营管理平台也支持接入升压站、电能表以及其他辅助监控系统等，前提是需要业主方协调设备及系统厂家开放相关数据接口。风电场其它设备及系统接入智慧风场综合运营管理平台，可全方位监测风电场，实现风电场的一体化智能管理。

4）业主需提供互联网实现风机、箱变、测风塔、能量管理、辅助监控（CMS等）相关设备及系统的数据传输到明阳总部，且需保证网络持续稳定，支撑系统平台的开发及各功能模块的算法迭代、模型训练及参数调优等；

5）业主需提供场地进行服务器的部署，需预留一个机柜来安装6-8台服务器；

6）业主方需配合明阳智能相关人员进场进行智慧风场相关设备的安装、调试及部署。

7）对于明阳智慧能源领导及相关方视察，业主方能够配合进行参观接待，提供交流场地；

8）智慧风场综合运营管理平台产品及相应知识产权归明阳智能所有，业主方具有使用权。未经明阳智能允许，业主方不得将成果向第三方转让、出售或者许可其他人使用产品成果。

附录D

项目总结报告模板