



风力发电机组塔筒 智能监测系统技术方案

安徽容知日新科技股份有限公司 编制

2021 年 6 月



目录

第一章 项目背景	3
1.1 风力发电机组维护现状概述	3
1.2 风力发电机组塔筒智能监测系统建设价值	3
第二章 系统简介	4
2.1 系统网络架构	6
2.2 塔筒监测测点配置	7
2.3 硬件介绍	7
2.4 系统可监测的故障类型	7
第三章 现场实施方案	8
3.1 系统硬件架构	8
3.2 硬件产品安装	8
3.3 硬件产品安装工艺要求	8
第四章 云诊断服务	12
4.1 服务模式	13
4.2 服务内容	13
4.3 诊断服务团队	13
第五章 目实施及培训	16
5.1 项目实施	16
5.2 技术培训	19
5.3 售后服务	20

第一章 项目背景

1.1 风力发电机组维护现状概述

风力发电机组二十年的寿命周期内，机组的稳定、可靠运行是保证风电场经济效益最直接的保证。随着风电机组安装规模不断扩大，风电机组的安全运行已成为决定风场整体经济效益的关键。风机塔筒形态的变化同风机基础的设计以及厂址地形条件关系密切。我国大部分风电风场地处草原、丘陵、沙漠、沿海等区域。盐碱重、潮湿、风沙大、地质条件复杂的地方。并且随着风电行业的不断发展，风机的厂址条件越来越恶劣，运行状态也越来越复杂。

风电机组基础的安全稳定成为风场运行监测得一个重要环节。风电机组装机不断增加，风电机组水平测量的工作量也在逐年增加。这些地方的风机基准预留点很容易磨损，影响测量的准确性，并不能精准的反映风机自安装以来的累积沉降，并且现在的测量方法需要专业人员进行，大大增加了风场的人力和财力的投入，对风场的运营提出了越来越苛刻的要求。为了弥补该系统在这一方面的不足，加装风力发电机组塔筒智能监测系统存在现实必要性。

1.2 风力发电机组塔筒智能监测系统建设价值

风力发电机组塔筒智能监测系统通过实时获取风力发电机组在运行过程中的倾角、振动、陀螺仪等信号，按照既定的数据采集、报警策略，一旦状态异常，系统可实现自动触发设备异常报警机制，并通过即时短信、邮件等方式通知风机管理人员和诊断专家，实现风力发电机组运行状态的判断。基于此，风力发电机组塔筒智能监测系统是解决风机大部件故障的最佳方案，通过加装风力发电机组塔筒智能监测系统具有以下现实的经济意义：

帮助企业发现故障的早期征兆，以便企业采取有效的维护计划，避免重大安全事故的发生，提升发电量可利用率。

场群集中监控、区域服务共享，实现风场无人值班、少人值守的运营模式；通过对设备故障原因的分析，确定故障根源以及损伤部件的使用寿命的预测，避免检维修造成的资源浪费，协助企业合理制定检维修计划。

通过长期有效的监测，以智能故障诊断、大数据预警为核心的预防性维护，

确保风机的健康高效运转，直接降低风电场年平均备件消耗，并大幅度降低机组停机时间；

协助企业实现风力发电机组的健康状态体检，以及第三方检修效果的验证，避免潜在风险。

帮助企业积累机组运行数据，建立机组部件失效模式，改进后续设计。

第二章 系统简介

塔筒顶部安装倾覆系统，塔基安装一个倾角传感器。集设备运行的倾角、振动、陀螺仪等数据。数据从倾覆系统通过通讯模块接入风场环网，存储到服务器中，数据存储在服务器，在服务器上部署软件，相应的算法、模型。搭建根据振动信号并结合机器学习算法对风电机组塔筒振动异常进行分析的模型，对塔筒断裂事故进行预警；究根据振动信号并结合机器学习算法对塔基振动特性的变化进行识别，对塔基开裂问题进行预警，评估裂缝对塔基的影响程度；基于塔基倾角数据，实现对塔基不均匀沉降的预警。数据经过物理隔离可以传输到容知云诊断中心，容知专家对疑难杂症进行精密分析判断。

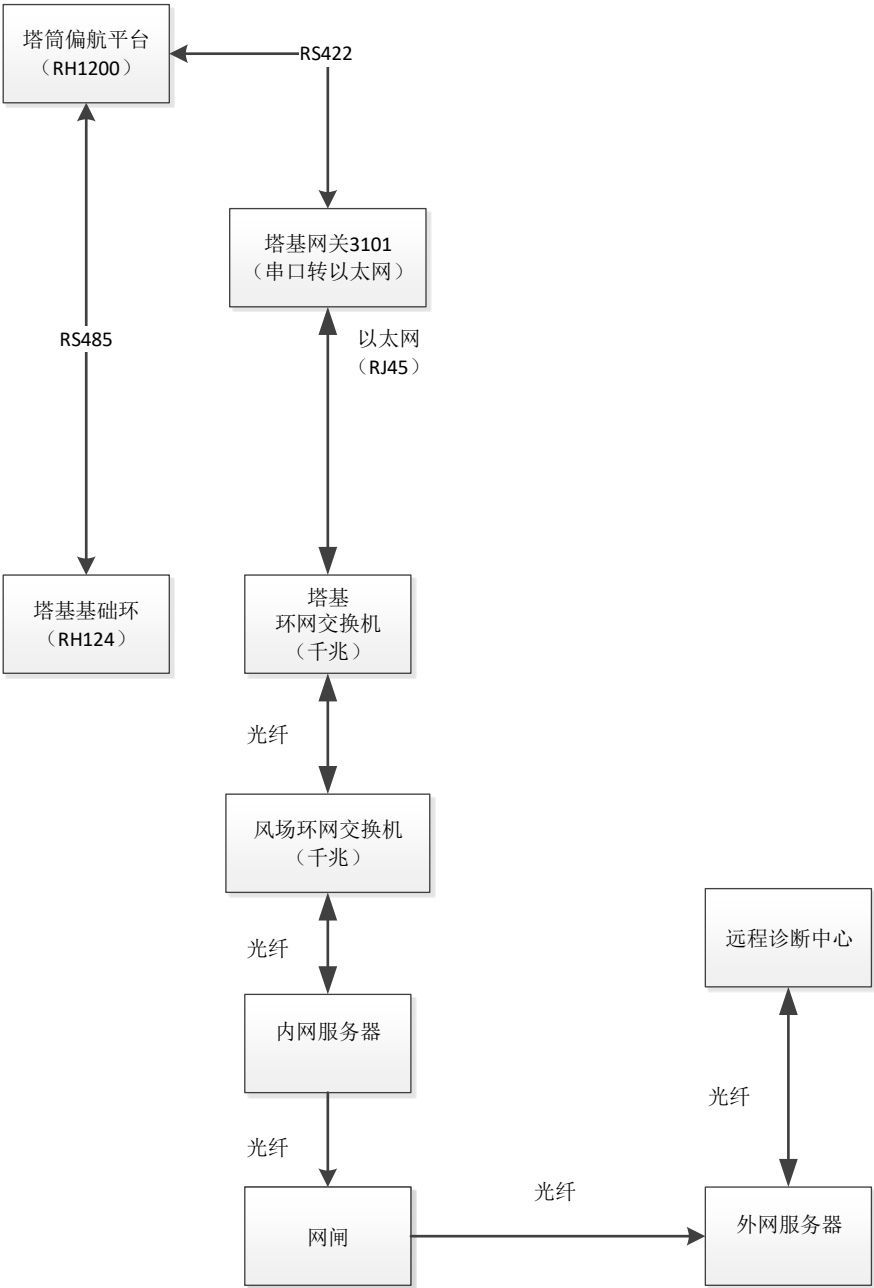
在实际环境中风机塔筒顶端，存在缓变晃动和自身振动，影响倾角传感器无法精确测量塔顶轨迹的动态变化，RH1200 需要通过低频压电传感器和陀螺仪的数据加以补偿和修正。低频压电传感器测量的加速度数据可以消除倾角传感器因振动产生的加速度分量，在塔顶的动态轨迹测量时，引入陀螺仪测量塔顶的运动角速度，并与经低频压电传感器修正后的倾角数据互补融合计算，实现塔顶动态俯仰角和横滚角的精确测量，进而合成得到塔顶的倾覆状态。

系统具备塔筒物理模型计算功能，根据原始的动态倾角数据，自动计算塔筒晃度及基础不均匀沉降监测所需主要指标，软件内集成相关物理原型和算法，多种采样值指标门限报警如塔基倾角波形总值门限、塔基倾角波形均值门限、塔基非均匀倾角门限、塔顶平衡位置 X/Y 门限、塔顶振动最大位移门限等。提供非均匀倾角、散点图、二维位移图、俯仰角横滚角波形等专用塔筒分析工具。



2.1 系统网络架构

本次风机智能监测系统网络拓扑图如下：



2.2 塔筒监测测点配置

基本配置为塔筒顶部安装倾覆系统，塔基安装一个倾角传感。

测点名称	传感器类型	传感器数量
塔顶塔筒姿态	RH1200	1
塔基倾角	RH124	1

2.3 硬件介绍

➤ RH124 倾角传感器

- 应用于塔基测量塔筒晃动及不均匀沉降
- 量程： $\pm 10^\circ$
- 综合精度： $\pm 0.005^\circ$
- 绝对线性度： $\pm 0.005^\circ$ ，分辨率： 0.001°
- 工作温度： $-40^\circ\text{C} \sim +85^\circ\text{C}$
- 防护等级：IP68
- 316L 不锈钢材质，防腐免检材质。



➤ RH1200 塔筒倾覆系统

- 可测量 X、Y 双轴倾角、双轴角速度、双轴加速度；
- 倾角量程为 $\pm 10^\circ$ ，综合精度 $\pm 0.005^\circ$ ；
- 角速度量程 $\pm 85^\circ/\text{s}$ ，综合精度 $\pm 0.01^\circ/\text{s}$ ，频响为 $0.011 \sim 480\text{Hz}$ ；
- 加速度灵敏度 $51\text{mV}/(\text{m}/\text{s}^2)$ ，频响为 $0.08 \sim 200\text{Hz}$ ；
- 双路隔离式 RS485\RS422 设计，可以用于级联设计；
- 支持过流保护，支持电源防反接功能；



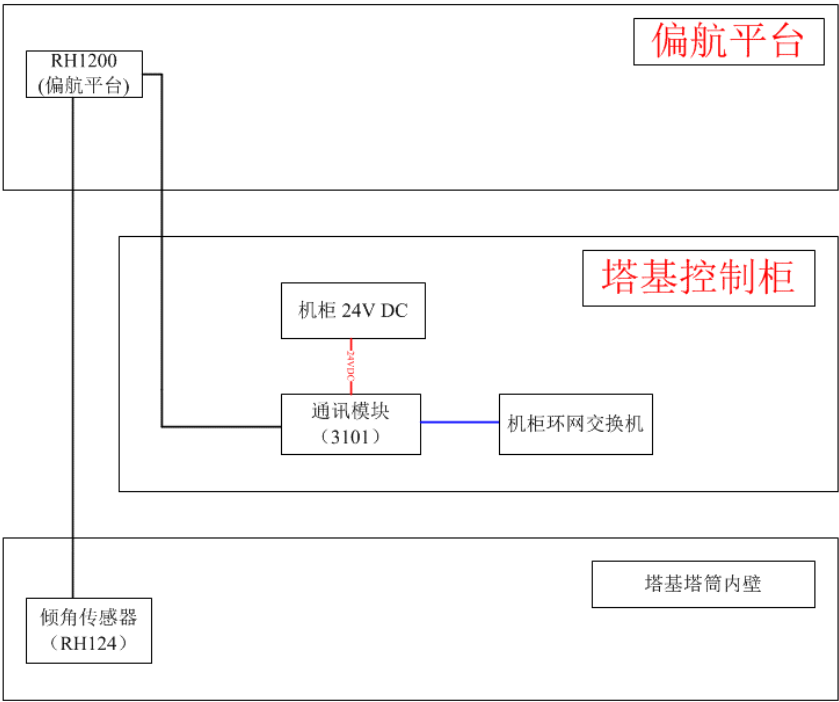
2.4 系统可监测的故障类型

塔筒智能监测系统不仅可以判断设备当前状态，也可滚动预测设备未来状态，实现设备全寿命周期中各个阶段的记录、跟踪，可实现以下故障类型的监测及预判。

故障类型	故障部位	故障描述
塔筒	塔筒	变形、焊缝开焊、螺栓松动、法兰断裂
	塔基	不均匀沉降、脱浆、地震损伤

第三章 现场实施方案

3.1 系统硬件架构



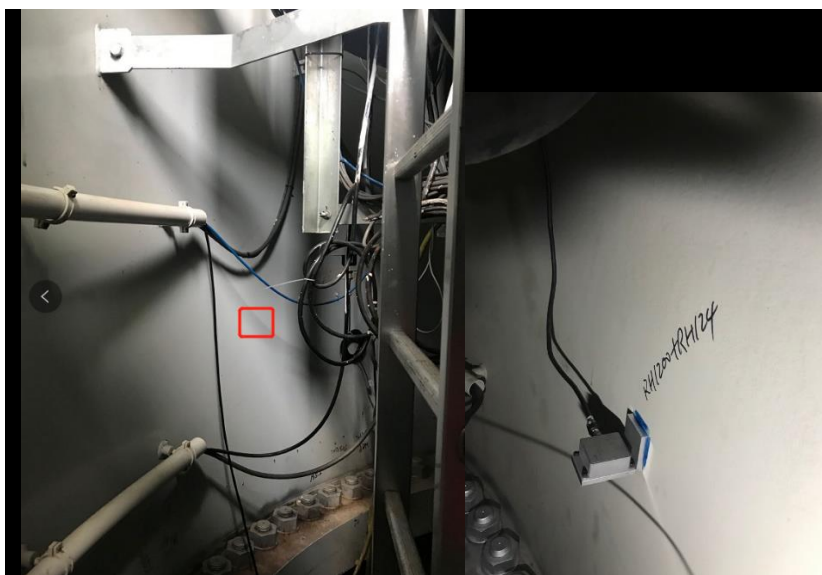
3.2 硬件产品安装

- 1) 塔筒监测系统包括 RH124 倾角传感器和 RH1200 倾覆系统，倾角传感器通过信号线与安装在偏航平台塔筒内壁的倾覆系统进行连接；
- 2) 倾覆系统通过 485 通讯线缆并接入塔基机舱通讯模块 3101 内进行数据传输，通讯模块通过网线接入环网交换机。

3.3 硬件产品安装工艺要求

- 1) 传感器安装位置
 - (1) 塔基传感器 (RH124)

传感器位于塔基塔筒内壁，与偏航平台传感器一上一下，尽量保持垂直，通常安装在登塔爬梯左侧面（人在梯子上，面对梯子时的左侧），如下图：



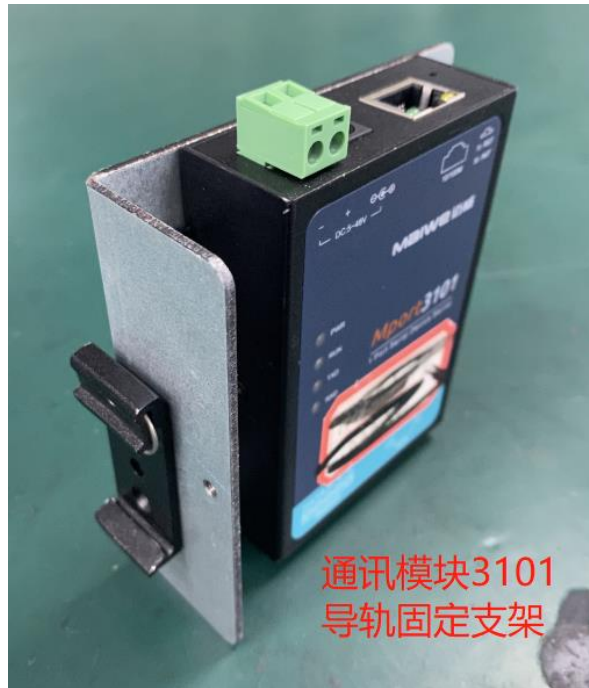
(2) 偏航平台采集传感器（RH1200）

安装于偏航平台塔筒内壁，与塔基平台传感器一上一下，尽量保持垂直，通常安装在偏航平台过人孔旁，靠近从上至下的线槽位置，如下图：

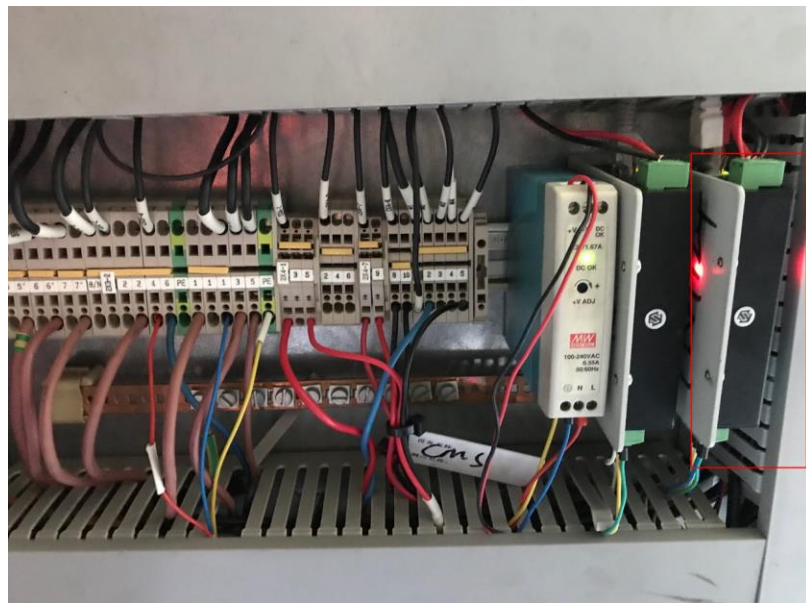


2) 塔基通讯模块 3101 安装

- 1) 通讯模块 3101 安装在塔基通讯柜内，固定在安装导轨上。（尺寸宽 5CM, 高 15CM 左右）
- 2) 在塔基机电柜内取 DC24V 电源，功耗 5W。

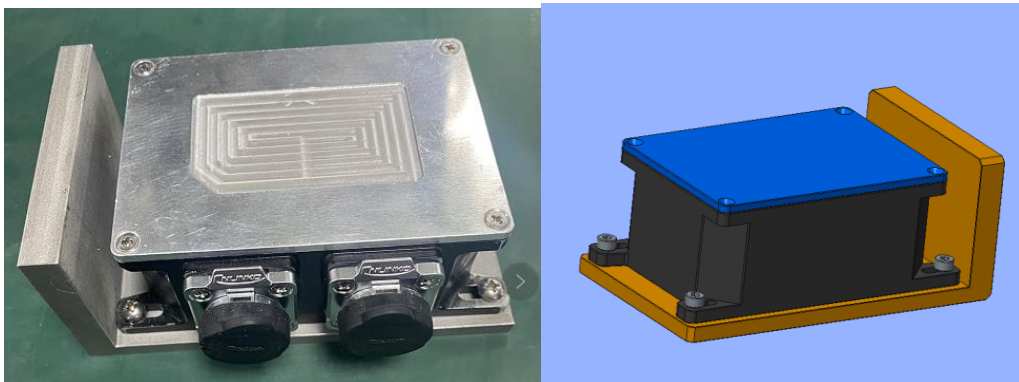


- 3) 通讯模块 3101 通过网线接入 CMS 塔基光电转换器再由一根网线接到风机交换机进行数据传输，并最终汇总至升压站继保室服务器。

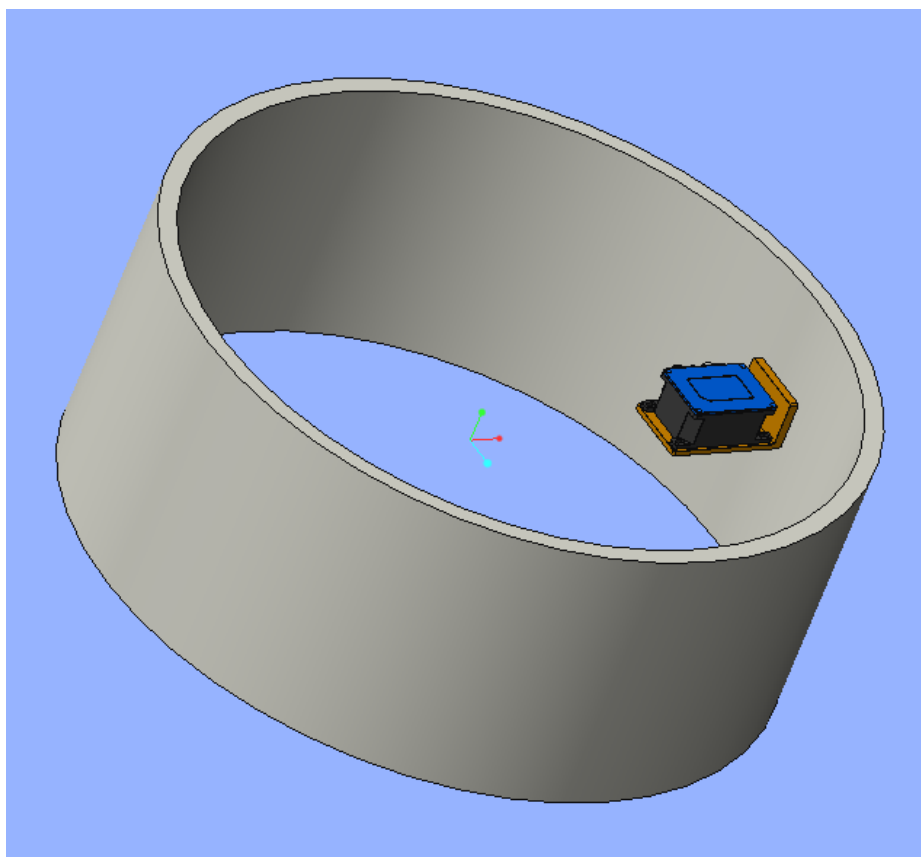


3) 传感器安装

- (1) 传感器通过 M4 螺丝与专用支架固定



(2) 支架通过磁吸、专用胶水与塔筒内壁固定



(3) 固定支架前通过干净的抹布清除内壁灰尘、油污

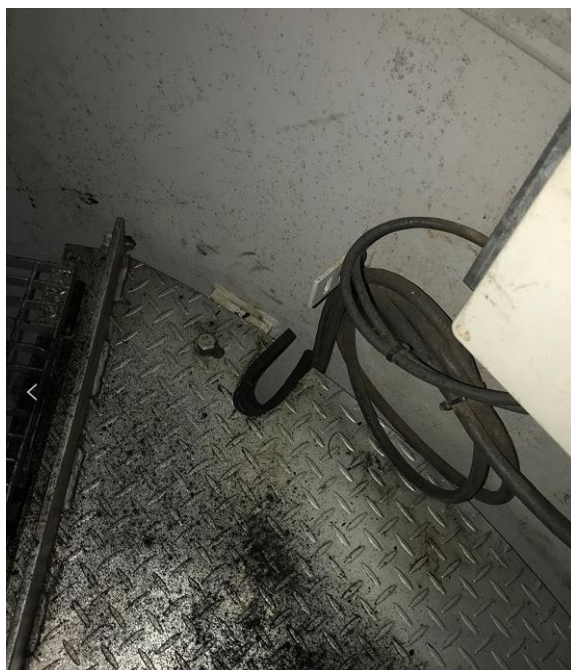
(4) 塔基传感器 RH124 离地面距离约 1.5 米（法兰端面上方约 0.5 米）、偏航平台传感器 RH1200 位于偏航齿轮下方，离偏航齿轮约 0.5 米；

(5) 两个传感器安装时，尽量保持水平角度，并记录初始安装角度（使用工具进行水平度及角度识别）

注：RH124 与 RH1200 通过登塔爬梯作为参照物，尽量保持上下垂直

4) 线缆敷设要求

- (1) 塔基传感器 RH124 至偏航平台 RH1200 信号线直接沿着塔筒内壁的走线槽进行敷设，过程使用扎带进行绑扎，保证可靠。



- (2) 偏航平台传感器 RH1200 至通讯模块 3101 线缆顺塔筒内壁的走线槽往下敷设至塔基。接入塔基机电柜通讯模块 3101。
- (3) 传感器 RH1200 与 RH124 传感器及通讯模块 3101 接线示意图：



第四章 云诊断服务

诊断分析专家，通过智能报警策略，及时发现设备异常，并通过专家会诊功能，实现机组状态的精准分析，找出问题的根源以及存在的潜在故障，避免由于潜在故障以及批量问题停机造成的巨大经济损失，同时通过对潜在故障根源的分析以及损伤部件的寿命预测，实现机械部件最大限度利用。专家通过出具体检报

告和诊断报告，进而指导现场检维修动作。

4.1 服务模式

容知为客户提供 365*24 小时不间断远程监测服务，保证机组全天候监测。结合智能报警体系及早发现机组的异常状态，尽早消缺，提升机组可靠性。

4.2 服务内容

在远程诊断服务期间，乙方会不断优化系统直到系统达到最优性能，具体服务内容如下：

- 《月度健康体检报告》：每月对所监测机组出具月度监测报告，分析所有被监机组的健康状态，为机组超前预防提供技术支撑。

- 《故障诊断报告》：对存在异常的机组提供故障诊断报告，判定故障部位，分析严重程度，分析故障根源，给出故障劣化趋势评估，并提供维护、维修指导意见。在系统发出高等级报警或客户人员认为机组存在了可能影响到安全生产运行的重大隐患或故障时，我方会在接到报警或客户通知后，经过远程诊断专家对数据的分析和故障的判断，2 小时内联系现场提供诊断结论（告知客户目前设备实际状态及运行建议）；对于可控设备故障，24 小时内通知到现场，并给出滚动寿命预测建议，并提交《设备故障诊断报告》，指导现场检维修。

- 《检修验证服务》：每次检修后，乙方将跟踪检修结果，并通过监测系统评估检修效果。

- 《专家咨询服务》：针对存在疑难问题机组，我方提供诊断专家咨询服务，协助问题解决。

- 质保期外，将根据后续服务合同（诊断服务、运维服务）提供远程诊断服务及系统运维服务，具体以后续协商签订服务合同为准。

4.3 诊断服务团队

目前诊断服务团队拥有多名具有丰富经验诊断经验的专家及诊断工程师，配备专业诊断工程师 30 多名，另有 2 名来自现场一线的具备 20 年诊断分析经验的故障诊断专家。



容知公司还与国际知名认证机构 MOBIUS 合作，能够提供国际振动分析师 I 级、II 级和 III 级培训，并能协助安排考试取证、发证，该认证在全球范围内收到认可和接受。



Anhui Rong Zhi Ri Xin Information Technology Co.,Ltd

of Hefei, Anhui, China

is recognized as an

AUTHORIZED TRAINING & EXAMINATION CENTRE

to deliver training & certification in accordance with
ISO 18436 & ISO/IEC 17024

April 27, 2016



MOBIUS INSTITUTE

140 Balmarring Beach Road, Balmarring, Victoria, 3926 Australia

www.mobiusinstitute.com

第五章 项目实施及培训

5.1 项目实施

5.1.1 实施方案设计与规划

5.1.1.1 项目调研：

项目实施方安排专业技术人员，对项目所涉及设备的特点及分布，供电，通讯等内容进行现场实地勘查，了解现场真实情况，核实现场项目信息。

5.1.1.2 施工方案设计与沟通：

在对项目现场实际情况了解的基础上，与厂方相关部门技术人员协商后，并结合现场实际需求及行业规范要求制订详细的施工方案、设计图纸、及施工规划，在双方约定的时间段内提交施工方案设计材料，经业主方认可后，作为现场实施参照依据。

5.1.2 备货与供货

5.1.2.1 备货阶段：

在业主方确认项目实施方案及供货范围后，项目实施方启动自研产品的备货和外购件的采购流程，依托内部供应链流程实现物料的快速供应和产品的出厂测试验收。

5.1.2.2 供货及到货验收阶段：

项目实施方负责将系统部件及相关配件运送至买方指定的现场或场地。出厂包装前，项目实施方要进行防锈、防潮、防水、缓冲处理，设备包装应能满足陆路运输的需要，保证防止潮湿、水淋、冷冻、撞击、生锈、野蛮装卸的损害，使货物不受损坏安全运到现场，项目实施方对由于提供不适当，不正当的包装而引起的生锈、损坏、丢失等承担责任。在设备运抵现场后，需在项目实施方技术人员在场时进行开箱检查验收。

5.1.3 施工准备

5.1.3.1 施工前准备

组建工程施工项目组，明确施工现场的管理和组织机构，并配备满足项目施

工需要的人力和物资资源。

5.1.3.2 施工开工手续办理

人员进场后，根据厂区施工管理要求，至厂区主管部门办理开工申请，提供外委单位进场施工必要的材料（资质文件扫描件、合同复印件、施工人员保险证明材料复印件、特种作业人员资质文件、施工方案、三项措施等），备齐充足、合格的安全工器具及个人防护用品供施工成员使用和查验，办理项目施工开工手续和出入厂区手续。

5.1.3.3 项目启动会

项目负责人员与现场主管部门人员联络，开展项目启动会议，汇报项目组织安排，施工计划，沟通机制，施工协作事宜。

5.1.3.4 施工场地熟悉

组织项目组成员对作业现场进行实地勘察和走访，熟悉施工场地，了解本项目工程施工相关专业的进度，根据现场情况编制详细的分项施工进度计划。

5.1.4 施工进度

项目总体实施进度如下图所示：

序号	工作内容	工期
1	项目现场调研	3 工作日
2	出具采购、实施规划方案	7 工作日
3	备货	根据项目规模
4	进行现场安装部署	根据项目规模
5	系统集成测试、联调	7 工作日
6	系统应用及培训	2 工作日
7	准备验收材料与验收	7 工作日

5.1.5 系统调试

(1) 软件部署：

服务器端部署数据库和诊断分析软件后，配置相关设备树并进行通道关联配置、采集策略的设置。

(2) 通电测试：

电源线接线完成后，进行如下操作：

- 对各设备进行送电前的状态检查；
- 进行总电源检查并送总电；
- 对各区域分支设备进行逐个上电。

(3) 参数配置：

- 对采集站/通讯站进行参数配置；
- 对无线传感器进行参数配置和上电连接测试；
- 连接上位机软件进行采集策略的下达和数据验证。

(4) 网络测试：

通过 ping 命令来检测采集站/通讯站和服务器之间的网络质量。

5.1.6 项目验收

本项目验收前需对系统的功能进行测试，并进行 72 小时稳定性测试。验收后提供系统建设项目的验收报告。项目任务完成后，交接文件、用户手册等。

5.2 技术培训

5.2.1 培训计划表

整个培训主要分为系统应用培训、故障诊断知识培训两个部分，每个部分都包括培训成果检验。培训人员由公司项目经理及 ISO 三级诊断分析师共同组成。具体的培训计划如下：

序号	培训内容	计划 天数	培训教师构成		地点	培训时间	备注
			职称	人数			
1	系统软硬件的操作使用培训	1 日	项目经理	1	现场	交工前	
2	系统维护培训		项目经理		现场	交工前	
3	设备状态监测与故障诊断基础理论培训	2 日	ISO 三级诊断分析师	1	现场	商定	
4	风机典型故障振动分析和故障诊断	2 日	ISO 三级诊断分析师	1	现场	商定	
5	设备故障诊断提升培训	2 日	ISO 三级诊断分析师	1	现场	商定	

5.2.2 培训内容

在设备安装调试过程中和交付使用后，由我方具有丰富振动分析经验的工程师对客户技术人员进行技术培训。具体培训时间由客户和我方协商确认，通过培训，保障客户相关学员能正确应用系统。培训地点包括现场的系统应用培训和专业培训基地的专业诊断基础理论和实用技术培训。

5.2.3 培训效果及评价方法

培训课程目标是充分理解系统的使用方法，安全程序，维护保养报告，定期检修，管理监控及数据采集以及部件的操作。在培训课程结束后，对相关技术人员会有综合笔试和实际操作考试。

5.3 售后服务

5.3.1 售后质保服务

质保期为系统整体交付买方后的 12 个月或者货到现场 18 个月(以先到的为准)，在此期间，如因设计、制造等原因造成的质量问题或功能上存在缺陷，我方免费予以调整、修理或更换；

如果由于客户原因造成的设备故障，我方应及时帮助处理。对于现场的劳力费用，不管多少，应当通过双方的谈判商定。

我方保证主要备品备件的长期优质供应，质保期外产品维修和更换部件，乙方仅收取相应的人工及零部件成本费用。

5.3.2 组织体系

