

风电场加装 CMS 系统 可行性分析报告



安徽容知日新信息技术有限公司

2015年8月

目 录

1 风力发电机组加装 CMS 系统的必要性.....	3
1.1 风电机组加装 CMS 系统的政策背景.....	3
1.2 风电机组加装 CMS 系统的价值点.....	3
2 在线状态监测的实现目标	5
3 风场加装 CMS 系统价值点分析	6
3.1 CMS 系统对齿轮箱维护的价值	7
3.2 CMS 系统对发电机维护的价值	8
4 风电场加装 CMS 系统投资价值分析.....	9
5 加装 CMS 系统投资预算	15
6 CMS 系统实现方式	16
6.1 系统架构.....	16
6.2 测点配置.....	17
6.3 远程诊断服务	18
7 选择容知 windCMS 系统的理由.....	19
8 容知公司资质证书（部分）	20

1 风力发电机组加装 CMS 系统的必要性

1.1 风电机组加装 CMS 系统的政策背景

2011 年 8 月，国家能源局正式发布《风力发电机组振动状态监测导则》。《导则》对风电机组振动状态监测系统的选择作出了规定：海上风电机组应选择采用固定安装系统，陆上 2 兆瓦(及以上)风电机组选择采用固定安装系统，陆上 2 兆瓦以下风电机组可选择半固定安装系统或便携式系统；风电机组质保期满进行验收时，应出具风电机组振动状态监测系统提供的振动状态报告。《导则》对风电机组震动状态监测系统作出了极其详细的规定，对风电振动状态监测环节进行统一，可以更精细化的掌握机组的运行状态，合理安排检修时间，减少风机事故。

《导则》是非强制性的，而是建议性的。但是由于强制性标准和推荐性标准都是由政府发布的，我国行业一般把国家标准作为最低标准，因此即使是推荐性标准几乎也是强制执行的。这就意味着我国 2 兆瓦以上的风机都要安装振动状态监测系统。对于 2MW 以下的机组，前几年在风电爆发性增长阶段，国内主机厂商主要购买国外风机技术。由于技术消化不彻底，片面追求风机装机容量，对于风机质量的关注甚少，导致风机安装之后机组故障频发，给风电投资方带来一系列的困扰。正是基于目前各地风机频繁出现各种质量问题，目前新建风场的风机在主机出场时配套 CMS 系统已经成为风电行业的共识，CMS 系统已经成为风机的标配。与此同时，华电、国电、大唐等主要风电投资方针对其系统内已经投产，但未装 CMS 的风电场，正在陆续开展风机 CMS 系统的技改项目。

1.2 风电机组加装 CMS 系统的价值点

在风力发电机组二十年的使用寿命周期内，机组的正常稳定可靠运行是保证风电场经济效益最直接的保证。目前风电场多采用传统的事后维修和日常点巡检相结合的方式，这种传统的检维修方式存在以下几方面问题：

- ◆ 因点巡检的频次及数据量不够，而导致风机大故障、安全事故时有发生，难以避免；
- ◆ 因为不知道风机何时发生故障，风机备件库存多，占用较多的库存资金；

- ◆ 较多的风机内部机械故障，现有 SCADA 系统及人工定检难以发现，进而演变成大故障甚至事故；
- ◆ 人工点巡检需要较多的人力且人工工作量大；
- ◆ 存在风机过度维修和失修风险；
- ◆ 易导致风机非计划停机，对于生产影响大，直接影响经济效益。

存在以上问题的最根本原因在于缺少风机运行实时状态数据，因此无法了解风机历史运行状态，对于早期故障不能及时发现，也无法知晓风机当前的故障程度和部位，对于风机故障下一步的劣化趋势也不能做出准确预测。风机虽然都配有风机主控系统（SCADA），通过该系统可以远程操控风机，同时监控功率、风速、电流、电压以及温度、压力等信号，总的来讲监控更偏重于电气信号。由于风机大部件早期的机械损伤，对 SCADA 系统监控的众多电气信号基本没有影响，因此 SCADA 在监控风机大部件机械损伤方面处于失灵状态。为了弥补 SCADA 系统在风机大部件机械损伤监控方面的不足，加装风力发电机组状态监测系统（CMS）存在现实必要性。

风力发电机状态监测系统（CMS）通过实时获取风力发电机组在运行过程中的振动、转速等信号，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远程诊断专家，实现风力发电机组运行状态的判断。基于此，风力发电机组在线实时状态监测系统是解决风机大部件故障的最佳方案，通过加装 CMS 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。
- ◆ 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，优化设备检维修工作计划，统筹安排人力与吊车以及备件的准备，降低资产管理和备件的库存成本。
- ◆ 通过在线监测的预知维修实现前瞻性维护，避免非计划停机，提高设备的可利用率，避免因此造成的发电损失和维修成本；
- ◆ 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。

2 在线状态监测的实现目标

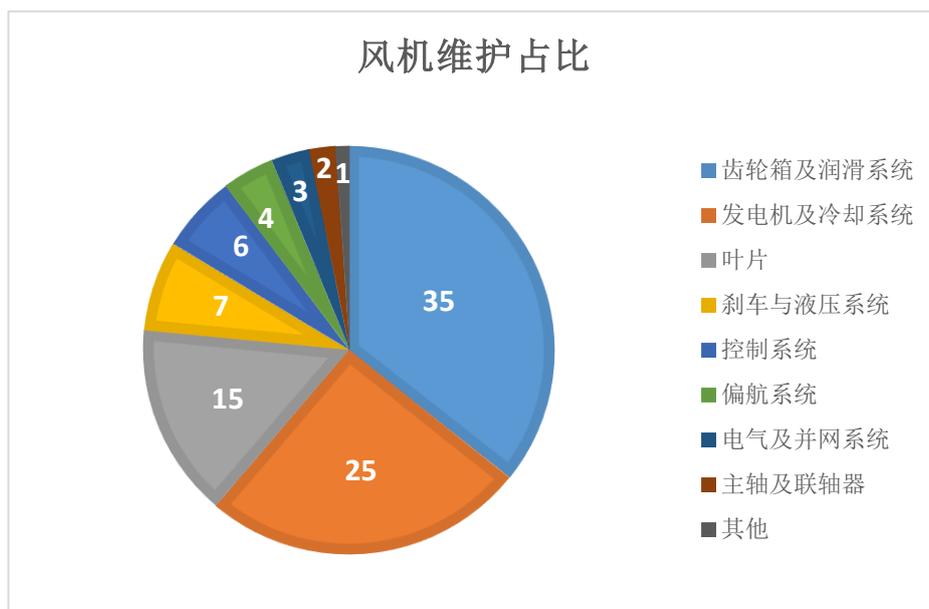
风力发电机在线状态监测系统可实现如下表所示故障的实时监测、诊断和故障预测：

序号	故障类型	故障部位	故障描述
1	发电机故障	电机轴承	轴承内、外圈剥落；滚动体剥落；保持架刮擦、断裂；轴承动静磨碰；内外圈旋转松动、配合松动轴电流等缺陷产生的根源的分析与寿命的预测
		定子绕组	定子叠片短损或铁芯松动、定子偏心、定子绕组松动等
		转子绕组	转子笼条松动、断裂、转子偏心、转子热态变形等
2	基础故障	发电机、齿轮箱、主轴	电机、齿轮箱、主轴基础地脚松动、结构松动、结构共振
3	不平衡	电机转子、齿轮轴、叶片	电机转子、齿轮箱高速轴齿轮、行星轮齿轮、叶片的不平衡
4	不对中	电机、增速机、主轴	轴系轴心线不重合
5	共振故障	电机、齿轮箱、主轴、塔筒、叶片	故障、运行频率与部件共振频率一致引起的共振
6	齿轮箱	齿轮箱轴支撑轴承、行星架上轴承	轴承内、外圈剥落；滚动体剥落；保持架刮擦、断裂；轴承动静磨碰；内外圈跑圈；旋转松动、配合松动缺陷的判断，缺陷产生的根源的分析与使用寿命的预测
		齿轮箱行星齿、平行齿	啮合不良、断齿、偏磨、窜动等故障
7	主轴轴承	主轴两端的支撑轴承	轴承内、外圈剥落；滚动体剥落；保持架刮擦、断裂；轴承动静磨碰；内外圈跑圈；旋转松动、

			配合松动缺陷的判断，缺陷产生的根源的分析与使用寿命的预测
8	主轴	轴弯曲	轴弯曲
9	轴系	联轴器、轴	联轴器磨损、转轴窜动

3 风场加装 CMS 系统价值点分析

风力发电机组设计运行寿命一般在 20 年，在设计寿命周期内，维护费用大致包括 9 个方面，分别为：发电机及冷却系统、齿轮箱及润滑系统、叶片、刹车与液压系统、控制系统、偏航系统、电气及并网系统、主轴及联轴器、其他部件。根据风电业内的平均运维水平，每个系统的维护费用占比如下图所示：



从图表中不难看出，风力发电机组的发电机、齿轮箱维护费用占比较高，合计约占到风机全部维护费用的 60% 以上。可以预见，如果通过在线状态监测方式实现对风机主传动链系统部件的监控与预测维修，对于风电场整体的运维成本的管控起到举足轻重的作用。

故障维护根据维护方式，大致可分为健康维修、状态维修和事后维修。健康维修主要是在故障潜在时刻进行的维护方式，大致内容包括螺栓紧固和润滑环境的调整，工作量少，操作简单，耗时短，不影响机组运行，维护费用基本为 0；状态维修主要是在故障可控时期，结合现场设备管理模式，合理安排检修计划，

主要是针对故障部件进行针对性更换和有效的根源处理，工作量较少，由于维修方向明确，可在风力发电机组机舱内完成，耗时一般为 1-2 个工作日，对现场正常生产影响小；事后维修主要是功能性故障维修，简单理解即为由于单一部件损伤的非及时处理，而引发的部件整体系统性功能丧失，此时单纯的部件更换已经无法解决系统问题，此类检修工作复杂，耗时长，生产影响大，发电量损失大。

下面以风力发电机组中主要故障部件：发电机、齿轮箱为例，分别对基于在线状态监测技术的状态维修和事后维修模式进行维护成本的对比分析，其中数据根据业内平均运维水平进行计算，与单个风场实际运维数据可能存在差异。

3.1 CMS 系统对齿轮箱维护的价值

风力发电机组齿轮箱，高速轴齿轮故障，如果利用风力发电机组状态监测技术发现及时，齿轮故障可通过齿面打磨、齿面修复等方式进行故障维修，在机舱内即可进行，严重者在机舱内进行齿轮更换，延缓故障劣化趋势，提高机组可利用率。如果没有安装在线状态监测系统，齿轮箱高速轴齿轮故障难以及时发现，轮齿或轴承严重劣化，将引起齿轮箱低速机啮合故障，出现低速轴内齿圈的断齿或裂纹故障。此类故障在机舱内不可修复，需整体吊装更换整个齿轮箱部件。部分齿轮箱内齿圈断齿可能导致整个传动链卡死，动用 2 台吊车才能实现齿轮箱整体更换。下面以动用 1 台吊车对整个齿轮箱更换成本进行分析如下：

◆ 基于 CMS 系统的状态检修带来的成本节约

如果采用基于 CMS 系统技术的状态维护，通过数据实时在线分析，可以在齿轮箱内齿圈磨损或点蚀阶段，即可提前发现缺陷。此早期缺陷可在机舱内进行相关润滑或修复作业，从而延缓内齿圈故障的劣化，延长齿轮箱整体寿命。此类早期缺陷的润滑维护作业，人员投入数量 2 人，维护周期 1 个工作日，无需吊车费用，由于合理安排检修计划，可安排在小风或无风时段进行维护，避免了非计划停机，对生产基本无影响。

如果采用事后维修，齿轮箱内齿圈故障发现时多数已处于晚期故障，比如常见的内齿圈断齿或裂纹故障，出现此类故障时，现场只能停机等待齿轮箱备件到货后，安排齿轮箱整体更换。因为需要动用至少 1 台吊车，齿轮箱更换主要成本（万元）如下：

序号	名称	费用
1	齿轮箱	80
2	吊装费	18

其中：齿轮箱吊车费用以 6 万元/天估算；上述的维修费用是一个经验值，含下雨、路况、大风等影响维修时间的不可控因素，预估维修时间 3 天。

从前文可知，基于 CMS 系统状态检修可及时发现内齿圈早期缺陷，可通过润滑、维护等延缓劣化，延长齿轮箱寿命，此部分成本较低，可基本忽略不计。

因此，CMS 系统合计产生的成本节约为：80+18=98 万元。

◆ 基于 CMS 系统的状态检修的间接收益

整体更换齿轮箱，在齿轮箱备件到场期间，机组需要停机等待齿轮箱到场。假设现场需等待 10 天左右，这样状态维修可以带来 10 天的发电量收益，以 1MW 机组全天满发为例估算如下：

单台风力发电机组，通过状态维修可增加发电量： $1000*24*10=240000$ ；

以风电上网电均价：0.54 元/度为例，单台风机通过状态维修可带来电力收益约折合： $0.54*240000=129600$ 元，约合 12960 元/天。

3.2 CMS 系统对发电机维护的价值

风力发电机维护从前文可知，故障主要集中在发电机轴承故障。如果利用风力发电机组状态监测技术及时发现轴承故障，在机舱内即可对故障轴承进行更换。如果缺少在线状态监测系统，不能及时发现轴承早期故障，轴承故障严重时可引起保持架断裂，导致发电机抱轴事故发生，轻者发电机损毁，严重者风机失火，威胁人员及国家电网安全。发电机损毁后，需整体更换发电机，更换用约在 30 万元左右。从为风场创造的价值而言，CMS 系统可为现场带来的具体收益如下：

◆ 基于 CMS 系统的状态检修带来的直接成本节约

如果采用状态维护方式，只需更换发电机轴承即可，维修人员数量 2 人，检修周期约需 1 个工作日，无需吊车费用，由于合理安排检修计划，避免非计划停机，对生产无影响。

状态维修成本分析（万元）：

序号	名称	费用
1	轴承	1
2	人工	0.2/人/天

轴承更换费用合计： $2 \times 0.2 \times 1 + 1 = 1.4$ 万元；

如果缺少 CMS 在线状态监测，发电机轴承故障持续劣化，直至发电机保持架断裂，导致发电机抱轴事故。类似的故障存在引发风机失火和整台机组报废的风险，危及国家电网和人员生命安全。发电机出现抱轴故障，整台机组出现功能性故障，须整体更换发电机才能恢复风机正常运行，更换发电机主要成本分析如下：

单位：万元：

序号	名称	费用
1	发电机	20
2	吊装费	9

其中：吊车费用以 3 万元/天计算；预计吊装 3 天完成。忽略人工、运输等成本。

发电机更换费用合计：29 万元。

因此，通过基于 CMS 系统的状态检修，在发电机层面，可直接为现场节约损失： $29 \text{ 万} - 1.4 \text{ 万元} = 27.6 \text{ 元}$ 。

◆ 基于 CMS 系统的状态检修的发电量收益

状态维护与事后维修相比，可避免发电机更换，检维护工作在机舱内完成。发电机备件准备时间，假设以 10 天左右计算，至少影响 10 天左右的发电量；而通过 CMS 系统监测，单独更换发电机轴承可在监控下运行，无需停机等待备件，预计只影响 1 天的发电时间。因此以上假设估算，通过 CMS 系统监测可有效节省发电机维修时间 9 天，带来的间接收益主要表现在发电量方面，以 1MW 机组全天满发为例：

单台风力发电机组，通过状态维修可增加发电量： $1500 \times 24 \times 9 = 324000$ 度；

以风电上网电均价：0.54 元/度为例，单台风机通过 CMS 状态维修可带来发电量收益约折合： $0.54 \times 324000 = 174960$ 元，约折合 19440 元/天。

4 风电场加装 CMS 系统投资价值分析

在风机 20 年的设计寿命中，前几年的盈利水平很低，甚至处于亏损状态。对一个风场利润的关键，在于风机是否能够在设计寿命内保持连续可靠稳定的运行，尤其是风场连续运行 5 年之后，风机的实际状态将直接决定整个风场的利润

水平。随着风机运行时间的延长，风场固定资产投资逐渐摊薄，后续每年的盈利水平会逐渐提升。但是这种推测，基于一个基本前提，即是在风机后续的 10-15 设计寿命内，占风机成本绝大多数的大部件的故障率要控制在较低的水平，且为了保持正常的盈利，大部件更换需要尽量规避。可以想象一台风机在前几年的运行期间，由于固定资产投资的原因，盈利水平很低，甚至没有盈利。5 年质保期之后，如果存在大部件损坏需要整体更换，从风场维持运行的角度看，需要投资更换大部件，以保持风机正常运行。但是从更长远角度，考虑风机 20 年折旧，以及大部件更换实际投入的成本，后期风机大部件的更换势必拉低风场盈利水平，甚至导致风机全生命周期内产生亏损。

因此通过加装 CMS 系统，以实现对外风机大部件的实时在线看护，及时发现大部件的早期缺陷，通过采用润滑、修复等维护方式，延缓大部件故障劣化速度、延长风机寿命、最大限度减少大部件整体更换的几率，保障风场出质保之后的利润水平，都至关重要。

下面以 5 万 kW、33 台 1.5MW 风机构建的风场为例，对该风场加装 CMS 系统的经济性进行如下分析：

以每台风机每年平均运维成本 37 元/kw（行业平均数）计，49.5MW 容量，每年的运维成本约为 $37 \times 49500 = 1831500$ 元，约为 183 万。

加装 CMS 系统后，可以基于 CMS 软硬件系统以及强大的诊断团队，CMS 系统厂家可提供智能诊断服务，通过智能诊断服务至少可带来如下价值点：

- 一、实现主轴、齿轮箱、发电机等主传动链关键部件的实时在线看护，实现大部件的预知性维修；
- 二、通过对风机 24 小时实时监控，及时提醒现场风机异常，避免风机事故；
- 三、实现风场基于状态的检修，降低现场的非计划停机时间，提高设备可利用效率，进而提升发电量。
- 四、通过实时在线监测，由容知公司专家团队实时看护风电资产，针对性开展检修，可减少现场点巡检人员数量，节约人力成本。

风电场加装 CMS 系统除了可以提高设备可利用效率、降低大部件事后维修风险外，对于提升风电场管理水平的提升意义重大。从检修管理层面，容知 CMS 系统将助力风电场实现从故障后维修和计划检修向状态检修过渡，状态检修基于风

发电机组的实时运行状态，所有针对风机的实际动作，都是基于风机的实际状态，使维护措施和维修动作更加科学合理，对于现场更有价值。

因为每个风场的管理水平和风机质量水平参差不齐，CMS 系统对于各风场运维成本的实际价值，存在差异。下面以容知 CMS 系统智能服务的两个实际客户，在加装 CMS 系统前后的实际价值对比，来印证容知 CMS 系统对于风场的价值。

◆ 容知 CMS 系统智能服务应用案例一：甘肃华电瓜州风电场

基于容知 CMS 系统的装备健康智能服务可预知设备故障，避免恶性事故造成的经济损失。例如，华电甘肃瓜州风电场共计 134 台某知名品牌 1.5MW 机组，2013 年 6 月，首批 34 台风机使用容知装备健康智能服务；2013 年 12 月，二期 100 台风机接入容知装备健康智能平台。截至 2015 年 4 月，容知已为现场提供 20 个月智能健康管理服务。包含推送 19 份月度体检报告和 17 份故障诊断报告，系统应用成功案例 17 起。CMS 系统实施效果前后对比见表 3.1。

表 4.1 实施效果前后对比

容知智能在线监测系统应用前后价值对比				
年份	风场运维成本支出/节约情况			
	故障类型	案例数量	成本支出/节约(万元)	
2013年(智能诊断服务应用前)	发电机抱轴故障	20起	600	无监控，直接导致发电机抱轴损失，以单台电机30万计。
2014年(智能诊断服务应用后)	联轴器故障	1例x6	-30	以6台联轴器问题，联轴器成本估算，避免恶性事故价值巨大，难以量化。
	发电机轴承故障	15例	-450	与2013年相比，提前发现轴承故障，避免发电机抱轴故障。
	齿轮箱高速轴断齿	1例	-10	高速轴更换节约10万元。
说明：成本支出/节约单元格中，正值表示客户支出成本；负值表示智能诊断服务应用为现场带来的成本节约。				

表 4.1 给出的仅是最直接的部件采购数据。因采用了装备健康智能服务，该风场避免了类似 2013 年批量发生的发电机抱轴这类恶性事故，因此也避免了因更换发电机而导致的发电量损失。

售后服务评价反馈表

尊敬的客户，
衷心感谢您一直以来对安徽容知日新信息技术有限公司的肯定与支持，您的满意是我们最大的鼓励。为了给您提供更加优质的产品与服务，我们希望能听到您宝贵的意见，请您结合2013年至2014年度的现场监测实际应用情况，对我们的产品和服务给予评价。

用户名称	中国华电集团物资有限公司		
项目名称	华电甘肃分公司瓜州千七风电场		
用户现场项目负责人		联系电话	
项目应用概况	<p>华电瓜州千七风电场振动在线监测系统共监测 134# 台 1.5MW 华能风机，分两期项目进行。一期项目实施 34# 台，于 2013 年 6 月安装并调试完毕，二期项目 100 台，在线监测系统的硬件（传感器、监测站）在 2013 年底已安装完毕。</p> <p>华电瓜州风电场自 2013 年 6 月建正式纳入在线监测系统，目前监测总时长：16 个月。出具设备月度体检报告 16 份，故障诊断报告 17 份。监测以来有 17 起成功案例，分别为 49# 高速轴剥落故障，28# 联轴器故障，4#、27#、28#、34#、49#、56#、61#、65#、79#、80#、82#、101#、102#、112#、117# 轮毂发电机中行星轴电流、轴承大量积粉脱落故障。为用户提供了设备的可靠运行，避免一些严重故障的发生。36# 及 104# 发电机缺陷程度判断不精确，已经剔除，并对同类型设备进行重新评价。另外我方还建立与华电甘肃分公司领导的反馈机制，不断了解并响应客户对于我们产品及诊断服务的意见和需求，努力完善自己的产品和服务水平。</p>		
项目实施满意度	<input checked="" type="checkbox"/> 非常满意	<input type="checkbox"/> 满意	<input type="checkbox"/> 一般
产品质量满意度	<input type="checkbox"/> 非常满意	<input checked="" type="checkbox"/> 满意	<input type="checkbox"/> 一般
售后服务满意度	<input checked="" type="checkbox"/> 非常满意	<input type="checkbox"/> 满意	<input type="checkbox"/> 一般
用户反馈问题响应速度	<input checked="" type="checkbox"/> 非常满意	<input type="checkbox"/> 满意	<input type="checkbox"/> 一般
综合应用评价	系统运行稳定，数据准确可靠，能及时发现设备的高压隐患，能及时发现设备的异常。		
希望与需求	继续增强对故障的全面诊断能力，继续开发新的应用方式。		
用户签字 (盖章)			

图 4.1 客户服务认可反馈单

◆ 容知 CMS 系统智能服务应用案例二：河北建投空中草原风电场

河北建投空中草原项目，共计 33 台某知名品牌 1.5MW 风机使用容知装备健康智能服务。截至 2015 年 3 月份，共为现场推送设备状态报告 8 份，基于精确故障诊断服务的故障诊断报告 6 份，故障案例全部成功验证。实施效果见表 4.2，某故障现场反馈见图 4.2 和图 4.3、4.4。

表 4.2 河北建投 CMS 系统实施效果

容知智能在线监测系统应用后价值创造				
年份	风电场运维成本支出/节约情况			
	故障类型	案例数量	成本支出/节约 (万元)	备注
2014年 (智能诊断服务应用后)	齿轮箱高速轴剥落	1	-10	更换高速轴，节约成本10万。
	齿轮箱内齿圈断齿	1	-120	更换齿轮箱120万，同时故障隐蔽性较强，避免了导致次生故障的风险。
	发电机轴承内圈严重轴电蚀	1	-30	及时更换轴承，避免发电机抱轴损失。
	齿轮箱内齿圈行星轮局部断齿	1	-120	整体更换齿轮箱，2次跟踪检查确认。
	齿轮箱QJ轴承内外圈严重剥落	2	-20	更换高速轴，节约成本20万。
合计价值			-300	

说明：成本支出/节约单元格中，**正值**表示客户支出成本；**负值**表示智能诊断服务应用为现场带来的成本节约。



图 4.2 建投某齿轮箱突发断齿案例验证照片

客户检修说明反馈表

客户名称	河北建投 蔚州风能有限公司 空中草原风电场	故障设备编号	空中草原二期 B56
诊断项目负责人	翟中平	联系方式	18156007659
现场检修负责人	白鹏宇	联系方式	13803133599
故障结论及检修建议	<p>故障结论: 高报警：齿轮箱内齿圈存在齿脱落或者裂纹，产生时域冲击和各种频段转矩调制特征； 检修建议: 检查齿轮箱的内齿圈一处齿齿损伤，视故障情况更换部件或齿轮箱；</p>		
现场检修情况说明	<p>2014年8月6日安排检查，发现内齿圈存在一处断齿并伴随内齿圈贯穿性裂纹，与诊断结论一致。 2014年8月31日，齿轮箱厂家安排整体更换此齿轮箱，目前该机组已恢复正常运转。</p>		
检修后设备运行情况	设备恢复正常，振动显著改善。		
诊断结论和现场检修情况是否一致？	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	
通知检修是否及时？	<input checked="" type="checkbox"/> 是	<input type="checkbox"/> 否	
评价与意见:	<p>本次故障的发现和运行维护、维修管理过程，从设备运行上，实现了低风险安全运行，从设备管理上属于根据设备状态进行的维修决策，故障及时发现和送达，避免了衍生故障带来的严重后果，保障了设备安全运行；为从容安排维修计划创造条件，部位准确为检查和维修带来方便；故障发生后，持续跟踪和评估衍生故障的风险，在当前故障到衍生故障之间建立了状态控制点，使得设备在控制下安全运行。</p> <p>本次故障诊断，为我司节省齿轮箱更换成本近120万（齿轮箱100万，吊车及人工成本20万）；同时因该故障有隐蔽性，导致衍生故障可能性大（包括齿轮箱、联轴器、机舱底板、机舱内部其它关联设备损伤等），整台机组报废的风险很高，风险成本较大。及时发现该故障，也为我司节省了上述较高的风险成本。</p> <p>容知诊断工程师诊断水平较高，服务态度良好。</p>		
	<p>2014年 7月 8日</p> <p style="text-align: right;">生产部</p>		

图 4.3 建投某齿轮箱突发断齿案例客户反馈单

安徽容知售后服务质量反馈表	
尊敬的客户： 衷心感谢您一直以来对我公司的信任与支持。在致以我们诚挚问候的同时，我们期望您对我们的工作提出宝贵的意见，以便后续为您提供更加优质的产品与服务。请您结合 2013 年至 2014 年度容知振动监测系统实际应用情况，在百忙之中填写意见反馈表，我们将不胜感激，感谢您的配合！	
用户名称：河北建投蔚州风能有限公司	
项目名称：空中草原二期风电场	
用户现场项目负责人	白鹏宇 电话：13803133599 邮箱：baipengyumail@alinyun.com
项目应用概况： 自 2014 年 7 月份，河北建投蔚州空中草原二期 33 台风机接入容知振动监测系统以来，我公司定期为监测的 33 台机组出具月度体检报告。截至目前，已累计出具体检报告 2 份，机组诊断报告 3 份（2 份已验证，1 份待验证），为现场检修工作提供了支持。目前，容知振动监测系统与现场设备检修已形成良好的关联。	
项目实施满意度： <input checked="" type="checkbox"/> 非常满意 <input type="checkbox"/> 满意 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不满意 <input type="checkbox"/> 非常不满意	
产品质量满意度： <input type="checkbox"/> 非常满意 <input checked="" type="checkbox"/> 满意 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不满意 <input type="checkbox"/> 非常不满意	
售后服务满意度	产品维护： <input checked="" type="checkbox"/> 非常满意 <input type="checkbox"/> 满意 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不满意 <input type="checkbox"/> 非常不满意
	诊断服务： <input checked="" type="checkbox"/> 非常满意 <input type="checkbox"/> 满意 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不满意 <input type="checkbox"/> 非常不满意
用户反馈问题响应速度： <input checked="" type="checkbox"/> 非常满意 <input type="checkbox"/> 满意 <input type="checkbox"/> 一般 <input type="checkbox"/> 不满意 <input type="checkbox"/> 非常不满意	
综合评价： 满足现场运行需求，对实际工作有指导性作用 有较大参考价值	
希望与要求： 继续保持后期服务和改进，深度培训 提高现场认知能力	
用户签字 (盖章)	

图 4.4 建投空中草原项目现场服务反馈表

从华电甘肃瓜州和河北建投空中草原应用容知 CMS 系统的实际价值可以看出，两个项目在安装 CMS 系统并应用 CMS 系统远程智能服务后，仅应用一年，为现场节约的成本就相当于 2 套 CMS 系统软硬件的价值。从投入产出层面分析，容知 CMS 系统的投入成本，仅用半年，客户即可收回 CMS 系统软硬件投资成本。

所有这些应用成果，有一个基本前提，即容知公司具备领先于业内的诊断技术实力，目前为客户实现全天候看护设备的容知远程诊断中心，共有 14 名专业诊断分析师，其中包含 2 名具备 20 年现场经验的诊断专家，2 名通过国际三级认证资质的诊断分析师，6 名通过国际二级认证资质的诊断分析师。在同行中，诊断团队实力遥遥领先。正是基于此，才能确保为客户看护好风电资产，为客户

源源不断创造价值，助力客户实现风机 20 年寿命周期内的价值最大化。

5 加装 CMS 系统投资预算

目前市场上一套 CMS 系统均价在 5.5 万左右，一个 33 台风机的风场技改加装 CMS 系统，软硬件投资共计 5.5 万/台*33 台=181.5 万人民币。实际成交价格根据商务谈判确定。一套 CMS 系统的主要供货清单如下：

CMS 系统主要供货清单					
序号	名称	型号	单位	使用数量	备注
成品类					
1	在线监测站（风电）	RH1000	台	1	每台风机一个监测站，根据风场风机数量调整
2	成品加速度传感器	RH113	套	6	含线缆，单台风机使用量，根据风机类型与结构调整测点数量。
		RH103	套	2	含线缆，单台风机使用量，根据风机类型与结构调整测点数量。
3	转速传感器	E2A-M30KS15-M1-C1	套	1	含固定支架，含线缆，单台风机使用量
4	服务器（含显示器）	DELL R520	台	1	正版操作系统及数据库，一个风场一台
5	配套分析软件	MOS2000	套	1	一个风场一套

CMS 系统采购后，由 CMS 系统厂家提供 1-3 年的免费诊断服务，免费诊断服务期满后，可每年以技术咨询服务的形式签署技术咨询服务合同。

6 CMS 系统实现方式

6.1 系统架构

容知 WindCMS 系统通过安装在风力发电机组上的各种传感器将主轴轴承、齿轮箱、发电机以及塔筒、叶片的振动信号采集并上传到 WindCMS 系统服务器，通过软件的辅助诊断功能触发自动报警、第一时间发现隐患，并通过局域网(Intranet) 或互联网(Internet) 及时通知现场和远程诊断中心，通过分析来诊断主轴轴承、齿轮箱、发电机、塔筒、叶片缺陷，为设备检维修提供科学的技术支撑，使设备管理人员实时、准确地掌握设备运行状态，提高企业设备管理水平，做到事前预防、预知检修，保障生产的安全、可靠和稳定运行。基于风电机组监测特点和风电场实际运行状况，容知 Wind CMS 系统基本架构如下图所示：

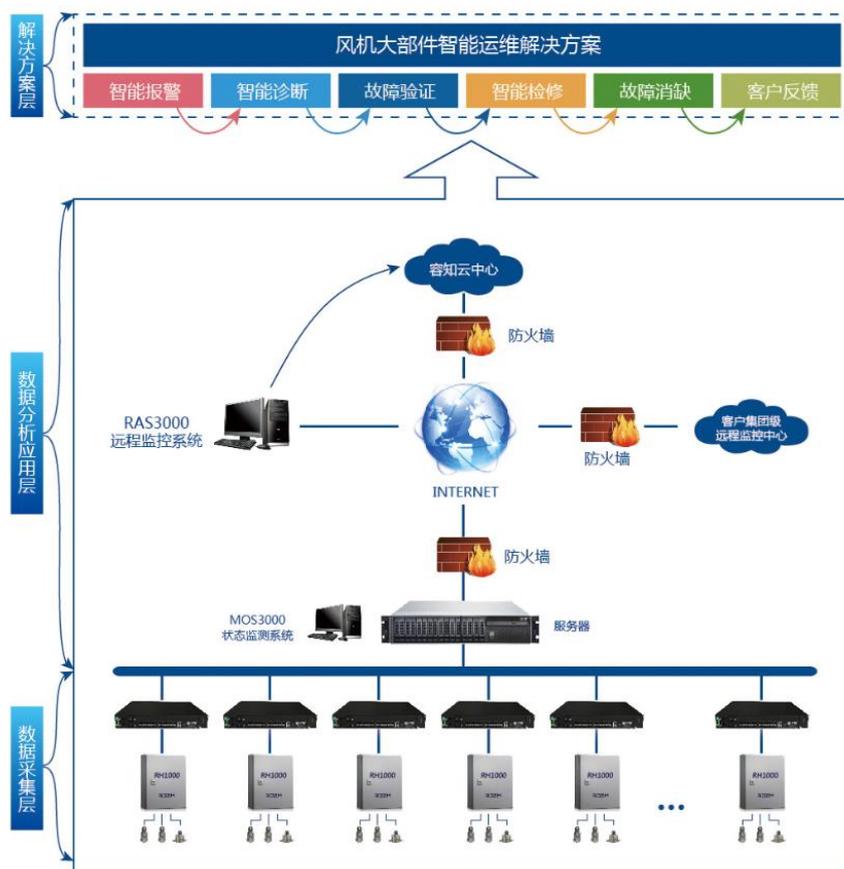


图 2-1 方案架构图

风力发电机组状态监测系统（Wind CMS）共由三级组成：

◆ 数据采集层：在风机特定的位置，根据监测需要，针对性配置加速度传感器、转速传感器、塔筒晃动传感器等，底层传感器采集的数据通过连接容知在线监测站 RH1000，对数据进行处理，并通过风场环网实现将采集的数据传输到中控室服务器上。

◆ 数据分析应用层：传感器采集的数据传输到现场服务器后，客户可通过现场 MOS3000 监控系统，对风机进行实时监控；同时，现场服务器的数据通过容知公司数据备份服务软件和互联网，将数据传输到容知公司 RAS3000 远程监控系统，以实现对风机的远程实时在线数据分析，并精确定位风机故障部位、判断故障原因，为现场提供最有价值的诊断结论和检维修建议。

◆ 大部件智能运维解决方案层：基于容知 windCMS 系统采集的大数据，围绕风机主传动链大部件机械损伤，建立智能运维检修平台，实现基于数据的状态预测、备件准备、工单触发、故障消缺等。

容知 WindCMS 系统采用分布式架构，便于风场扩容。后期如果需要将更多的风机纳入监测，只需增加数据服务器即可实现，方便了现场项目的实施，避免了资金的重复投入。

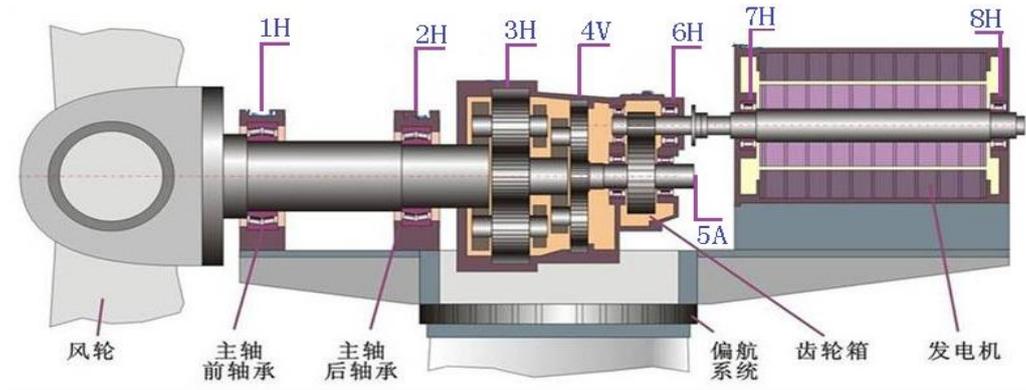
6.2 测点配置

容知结合风机传动链结构特点、并参考国家能源局《风力发电机组振动状态监测导则》（NB/T 31004-2001）采用“6+2+1（视实际选配）”监测方案，以实现对机组运行状态全面的监测，建议测点配置如下：

序号	测点位置	测点名称 安装方向	传感器类型	数量	灵敏度
1.	主轴前轴承	1H	RH113	1	500mv/g
2.	主轴后轴承	2H	RH103	1	100mv/g
3.	齿轮箱一级行星轮	3H	RH103	1	100mv/g
4.	齿轮箱二级行星轮	4V	RH103	1	100mv/g
5.	增速机低速轴输出端	5A	RH113	1	500mv/g
6.	增速机高速轴	6H	RH103	1	100mv/g
7.	发电机工作端	7H	RH103	1	100mv/g

8.	发电机自由端	8H	RH103	1	100mv/g
9.	高速轴/主轴位置		E2E - X5E1 - M1 - Z	1 个	
合计	8 个振动传感器、1 个转速传感器				
注明： 以上各测点位置和方向可根据现场实际要求进行调整					

风力发电机组传感器测点安装示意图所示：



双支撑风力发电机测点分布

测点配置示意图

转速传感器的安装位置根据现场的实际情况而定，可以安装在高速轴也可安装在低速轴，转速信号的同步采集，使得系统可以实现基于转速自动触发响应报警及采集策略，便于系统自动计算部件特征频率以及故障部位的判定。

6.3 远程诊断服务

容知公司为保证所有监控设备的安全运行，建有具备世界级诊断技术水平的远程诊断中心，现有 14 名远程诊断专家团队组成，其中包含 2 名具备 20 年现场诊断经验的专家，2 名国际三级认证资质诊断分析师，6 名国际二级认证资质诊断分析师。目前看护的设备数量已超过 4500 台，其中包含 2000 多台的风电机组，积累成功案例数 500 多起，收集案例部件近 150 件，所有这些成果均处于业内领先。

具备领先诊断技术实力的远程诊断团队，是客户设备安全稳定运行的有力保障。同时容知诊断团队针对风机运行特点以及丰富的行业经验，为风机监控量身定制、开发了 400 多个指标，并通过智能报警策略实现对风机的全方位监控，确保及时发现风机异常，为客户持续创造价值。

可以提供的远程智能诊断服务如下：

- ◆ 每月设备体检报告（定时报告）：对将纳入监测的所有设备当月及历史数据进行分析，判断设别当前状态，对于风机转动链系统中四大部件状况进行描述，并给出相应的维护意见。
- ◆ 风机异常报警故障诊断报告（实时报告）：对报警设备的数据进行精密分析，诊断出设备故障的部位和和发生故障的根源。并通过容知公司“滚动寿命周期预测”的诊断理念，对设备部件未来劣化趋势进行预测，提高设备部件的利用率，建议客户在合适的时间安排检修，更换故障部件。

7 选择容知 windCMS 系统的理由

容知公司成立于 2004 年，2010 年针对风电行业开发的 windCMS 在线监测系统投入风电应用，目前该系统已通过 CE 认证、鉴衡认证、GL 认证等国内外权威认证，是国内唯一一家同时通过以上权威认证的 CMS 厂家，证明了容知公司产品的高质量水平。容知公司监测的风电资产已超过 150 亿，监控机型已涵盖金风、联合动力、华锐、远景、东气等国内外主流风机厂家。

目前容知公司在风电领域，已与中国华能集团公司、中国大唐集团公司、中国华电集团公司、中国国电集团公司、中国电力投资集团公司等五大发电集团，国投电力、国华电力、华润电力、中广核等四小电力集团开展了深入的合作，合同业绩累计达 2000 多台，对国内外主流直驱式和双馈式风机的状态监测，拥有丰富的看护经验、完备的智能报警体系和优质的诊断服务、售后服务体系。

基于容知公司在以下方面的特点和领先的技术实力，选择容知公司作为合作伙伴，可以为客户带来更多价值：

- ◆ 国内唯一同时通过GL认证、鉴衡认证、CE认证的状态监测系统厂家；
- ◆ 强大的诊断团队实力，2名具备20年现场经验的诊断专家，2名国际三级认证资质诊断分析师、6名国际二级认证资质诊断分析师；
- ◆ 领先业内的服务理念：在容知看来，CMS系统不仅是一套软硬件产品，对客户真正有价值的是“看住设备”这个结果，因此产品只是为客户服务的载体和开端，持续的专业诊断服务才是系统真正的价值所在。因此，容知公司不仅保证优异的产品质量，在技术服务上更是持续提升，不遗余力确保客户设备安

全稳定运行；

◆ **长波形采集（容知专利技术）**：对于风电机组而言，主轴侧看护是业内公认的监测难点，容知基于自身的技术优势，针对主轴侧低速变载的运行特点，针对性地开发了长波形采集技术，单条数据最长可达4M，以20k分析频率计算，单条波形数据可连续采集81.92s（以主轴20rpm计，可持续27个主轴转频周期）。该技术对于主轴承故障的发现和精确定位十分重要。而业内同行单条数据多在ms级别，从技术角度上无法精确定位主轴承故障。基于此长波形采集专利技术的应用，容知公司领先业内破解了主轴承监测的难题，并已在多个风场成功监测多起主轴承故障；

◆ **全采样技术（容知专利技术）**：传统数据采集策略，通常为定时采集，即每隔确定的一段时间采集一条数据。对于风机而言，存在较多的启停机状况，这种传统采集方式，采集的无效数据较多，对于现场技术人员和远程诊断分析师分析定位故障带来不利影响。容知公司针对风机非稳态的运行特点，针对性开发了全采样专利技术，该技术可以实现24小时不间断采集风机运行数据，结合2种智能保存策略，第一种保存策略：风机运行有效值、峭度指标、歪度指标等指标超限后，系统自动保存有效运行数据，精确分析定位故障；第二种：与风机运行功率、风速、温度等工艺量数据结合，风机出现工艺量波动时，第一时间保存有效的风机运行数据。以上两种智能保存方式结合传统定时采集策略，确保系统准确采集风机运行的最有效数据，为后续精确分析、精准定位故障提供有效数据支撑；

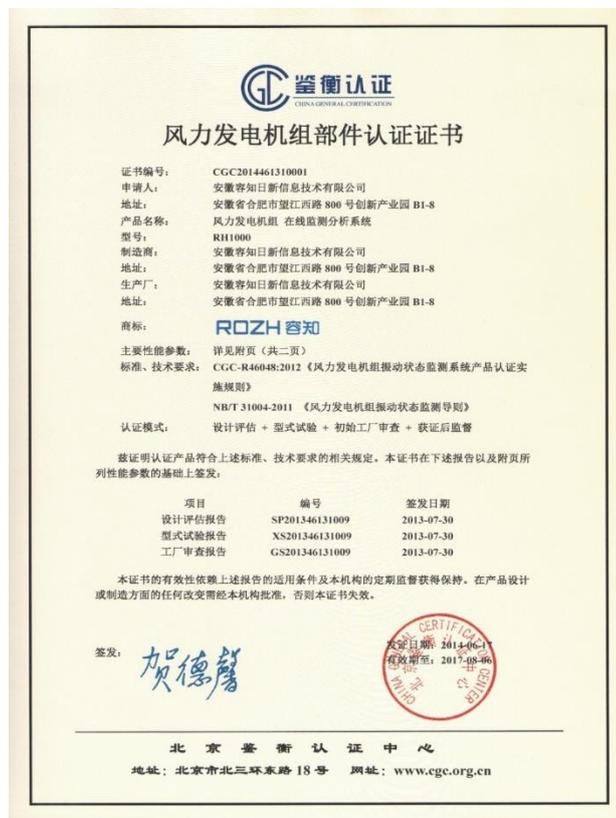
◆ **个性化“远程听筒”功能**：容知公司基于自身在长波形采集专利技术上的优势，利用智能算法针对性开发了全程听筒功能，将持续数分钟的长波形，转换成声音信号播放出来，对于辅助判断主轴、齿轮箱等低频侧故障定位有重要意义，同时远程听筒功能的开发，使得风场人员再办公室即可实现风机侧运行的监听，极大节约现场点巡检人员的工作量。

8 容知公司资质证书（部分）

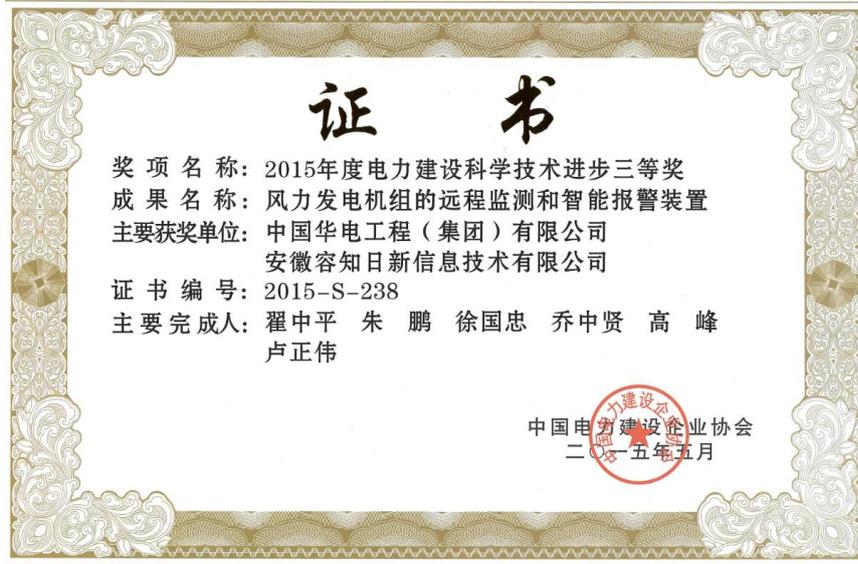
➤ GL 认证（国内唯一通过 GL 认证的 CMS 系统厂家）



➤ 鉴衡认证证书



➤ 2015年电力建设科技进步奖 (唯一获此奖项的CMS系统厂家)



➤ ISO9001 体系证书





地址：安徽省合肥市高新区望江西路 800 号动漫基地 B1 栋 8 楼

电话：0551-65335195

传真：0551-65335196

邮编：230000