

容知日新灵芝设备智能运维平台

--面向石化、煤炭等行业的“设备医生”

引言：当前，我国正在由“制造大国”向“智造强国”转变，借助物联网、大数据、人工智能等先进技术构建智能工厂已经成为制造业转型升级的必然趋势。

《“十四五”智能制造发展规划》指出，“到 2025 年，规模以上制造业企业大部分实现数字化网络化，重点行业骨干企业初步应用智能化；到 2035 年，规模以上制造业企业全面普及数字化网络化，重点行业骨干企业基本实现智能化。”设备是最基础的生产要素，如果无法保障设备的连续安全稳定运行，智能化的目标就无从谈起，因此设备智能运维已成为数字化转型的重要内容。

目前，我国工业设备运维发展进度滞后，仍有大量企业采用以人为核心的预防性维修方式，依赖专家经验和复杂的流程体制，运维效果不稳定，运维费用较高，存在设备非计划停机甚至安全事故。随着人口老龄化加速，人口红利逐渐消失，工业企业面临技术人员短缺的困扰。并且，在现场技术作业中，设备运维是最辛苦、最危险的工作之一，企业员工对传统运维工作的认同感越来越低，对于美好工业生活的向往也愈发强烈。

对此，加快工业设备运维模式转型，降低设备运维成本、提高生产效率、保障生产安全、改善技术人员作业环境，从而构建更加美好的工业，已成为工业企业的“刚需”。

一、项目概况

容知日新公司成立于 2007 年，致力于构建工业客户设备运维的全新生态。结合十多年的行业经验和业内一流团队，容知日新自主研发的灵芝设备智能运维平台，已成功应用于石化、煤炭、电力、钢铁、水泥等十多个行业。

1. 项目背景

设备智能运维，是集设备状态监测、故障诊断和预测、维修决策支持和维修活动于一体的主动维护方式，是对传统的“预防性维修”模式的颠覆，被誉为工业互联网的“杀手级”应用。通过对设备状态进行连续测量和数据分析，实现设备故障的诊断以及设备状态发展趋势的预测，制定最优维护方案，帮助设备管理者实现精准修理，从而实现降本增效、少人无人、安全生产，积极推动企业向“智能工厂”转变。

2. 项目简介

容知日新灵芝设备智能运维平台面向制造业数字化、网络化、智能化需求，构建基于云平台的海量数据采集、汇聚、分析服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置。平台具有极强的普适性和包容性，不对服务对象设置门槛，任何使用机械设备的行业都可以接入系统进行监控和管理。由互联网技术支撑的推送服务，使得装备健康管理服务变得无处不在，随时随地，只要用户接入网络，设备状态尽在掌握。这种快捷方便的可复制性服务代表着行业未来的发展方向和潮流。

3. 项目目标

借助容知日新灵芝设备智能运维平台，引领工业设备运维模式迭代升级，当好工业设备的“专科医生”。在此基础上，不断优化的智能化应用培育出符合工业互联网环境下服务业与制造业融合发展的新模式、新路径，打造国内首个设备智能运维领域的国家级专业技术型工业互联网平台，推动制造服务业高质量发展，带动产业链上下游企业、行业内企业、平台参与企业共同提升，形成融合发展的设备智能运维生态圈。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容

(1) 总体架构

容知日新灵芝设备智能运维平台采用 Abp.vNext 框架为基础,以领域驱动设计为核心,按微服务划分模块的中心思想构建平台服务,以能跨平台部署、能分布式部署、能单机部署、能公有云部署、能私有云部署为整体目标,在 Abp.vNext 的基础上再封装成更易于使用。

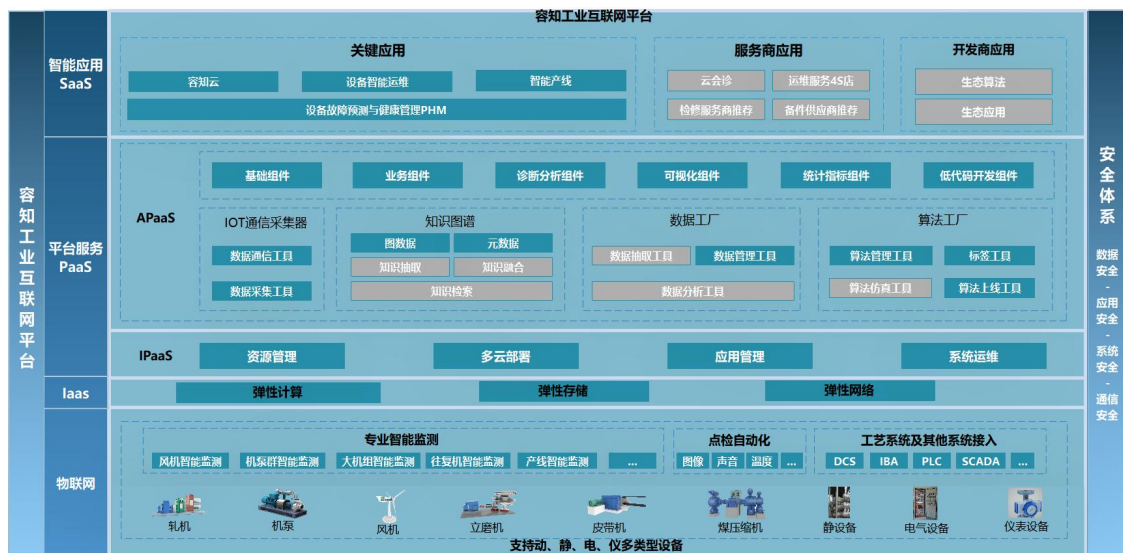


图 1 容知日新灵芝设备智能运维平台架构

(2) 物联网层

在物联网层,通过无线、在线、智能视频、智能声音等状态智能监测手段,构建专业智能监测以及点检自动化等其他智能监测应用方案,同时通过硬件协作开放,研发与集成更多如机器人、电气监测等监测方案,支持多元数据。通过“IOT通信采集器”实现多源异构数据接入、协议自动转换、边缘智能计算等功能。

(3) Paas 层

构建工业互联网专用的 Paas 层能力,为企业完整的 IT 能力和架构能力。

在 IPaaS 层,容知日新灵芝设备智能运维平台采用 CNCF 认证的云原生技术,支持资源管理、系统监控、安全管理等 IT 运维能力,基于 Helm3 技术的应用程序商店,可以广泛容纳第三方应用;基于 10 年以上工业信息化解决方案的经验,平台自带大量工业应用所需的 IT 组件,覆盖数据库、存储、大数据、分布式计

算等各个方面，并提供优化的配置参数，满足第三方应用对 IT 基础设施的需求；广泛的适应性和架构灵活性，可以和企业基于云原生的 PaaS 平台进行整合，符合企业统一平台的要求。

在 APaaS 层，平台融合业务机理、机器学习和大数据技术形成基于模型、算法、数据的工业设备智能引擎；基于工业设备场景算法最佳实践自研的算法管理平台，帮助企业构建从算法预研、样本库建立、算法训练、仿真、上线、管理、评价等开发过程及工具；基于大数据技术的数据管理平台，帮助企业构建数据湖、数据分析、数据清洗、数据可视化等能力。

（4）应用层

在 PaaS 层能力基础上构建一系列的工业 APP，以设备故障预测与健康管理的 PHM 为核心，从设备级的状态场景到产线级的状态场景应用，逐步探索提升设备智能运维的状态智能预知能力，通过状态的智能预知覆盖面逐步扩大，不断提升设备智能运维的成熟度水平。

在设备与产线级智能运维业务上，通过智能预知状态及标准数据支持，智能生成检、维修任务，智能进行运维专业人力匹配、任务排程及任务跟踪闭环；通过过程数字可对所需运维备件进行数量、寿命及运维成本预测；自动完成故障的 PDCA 管理；提供离线精密检测应用做为运维实际检验活动的补充，满足离线检测应用场景；在设备启停机应用场景上需要解决设备启停机管理、检修后评估、启机后评估、设备运转效率等应用；在运维过程中对人员安全、现场安全等提供场景解决方案应用；最终自动为设备资产提供全生命履历数据。

通过设备智能运维驾驶舱，实时监控设备健康状态和运维情况，为集控中心运维控制人员提供设备状态预知、运维决策与远程运维协同。

2. 网络、平台或安全互联架构

（1）平台基础服务

基础服务主要由外部使用的第三方系统组成。

（2）平台驾驶舱

支持满足不同用户可视化呈现效果需求，通过集团、厂区、产线、设备可视化建模，结合设备状态重要指标数据进行综合展示，让各级设备领导、管理者掌

握现场运营动态，随时分析生产设备运营整体状况。



图2 容知日新灵芝设备智能运维平台驾驶舱

(3) 平台功能

1) 数据分析

提供数据提取工具，从数据湖中提取需要的数据，并提供数据分析工具对数据机型分析，获取模型以及算法开发思路。

2) 报警管理

针对不同行业、不同设备配置不同预警模型算法，对设备异常进行提前预警，部分通用设备报警的同时可输出智能诊断结论与检维修建议；报警可进行处理，输入报警结论、检维修建议，并把处理结果推送给不同用户，接收人可进行报警结论确认，报警闭环。

3) 故障管理

故障案例生成后，可持续进行跟踪反馈，进行详细的专家诊断分析，获取文字、图片、表单等形式的检修验证、反馈信息，直到故障消缺，设备恢复正常，案例闭环；另外可根据案例结果，优化设备模型和智能预警算法。

4) 设备管理

将企业的设备资产进行全面数字化管理，结合预测性维护的精准设备状态数据，实现以数据为驱动的涵盖设备“投资立项、招标采购、合同结算、设备转固、点检、运行、维护、检修、安全、物料、封存调拨、报废”的全生命周期的

体系管理。

5) 系统管理

支持对人、岗位、部门、设备、产线、企业、设备、物联网系统、甚至业务的各类权限管理和设置，帮助企业根据自身管理方法构建专有运维体系。

6) 点检管理

系统在实现远程实时状态监测的同时兼顾现场人员巡检自动化。通过专用点检设备现场人员可以将点检工作纳入平台，实现现场人员对设备异常和“跑冒滴漏”等各类问题的快速上报，统一管理和云边协同。

7) 综合监测

针对特种设备和特殊场景应用专用监测技术，例如声音、图像等进行综合分析的功能。

8) 算法平台。

智能运维是一个长期建设过程，智能算法能力的成长作为智能运维的核心一环需要很长时间来进行积累，在这个过程中通过开放算法工具、培养企业算法人员、积累数据逐步实现企业自主算法开发能力，算法平台中的各类低代码工具可以帮助企业循序渐进的快速掌握算法开发孵化能力。

9) 集成功能

平台具备极强的灵活性和丰富的接口，可以向上向下进行兼容，通过对电气、液压等专业平台进行功能集成，平台将能够具备更全面的运维能力。

10) 移动 APP



图 3 容知日新灵芝设备智能运维平台已有 33 个 APP

3. 具体应用场景和应用模式

2021 年，容知日新在科创板上市，成为中国设备状态监测与故障诊断第一股。目前，灵芝平台具备多样化的成熟商业模式，在石化、煤炭、电力、钢铁、水泥等重点行业，得到了客户和市场的广泛认可。

(1) 石化行业应用（以“某石化集团华东炼化分公司”为例）

1) 用户背景

该企业是我国最大炼化基地，也是最大的原油加工基地、进口原油加工基地、含硫原油加工基地、成品油出口基地和重要的原油集散基地。

2) 用户需求

设备状态全面掌控，希望采用在线监测方式，逐渐实现关键设备状态实时监测，全面掌握设备运行状态；高效管理，提升人均看护量，设备数量多，专业状态监测管理人员有限，希望通过统一的管理平台，加强关键设备集中管控，实现

高效管理。精准检修，提升效率，基于故障预测，提高检修精准度，减少过修、避免欠修。

3) 解决方案

关键设备在线监测：对各分厂区关键设备部署在线监测系统，实时监测设备状态数据，提前发现关键设备异常，精确定位故障部位与劣化程度，并进行趋势管理。

5G 保障数据传输：结合 5G 通信技术构建快速稳定的数据传输通道，有效保障数据传输的及时性，设备异常报警的有效性。

在线监测 + 远程专家看护服务：通过在线监测系统，结合现场专家资源及容知日新设备远程运维中心资源，实现对设备的状态评估、故障诊断和预测，提前发现设备故障，合理安排设备的检维修计划，提高检修精准度。

4) 应用价值

逐步实现设备预测性维护：该企业自 2019 年 5 月开始进行关键机泵远程监测，目前实时看护设备近 2000 台，涵盖 10 个作业部、73 个装置，产生设备异常提前预警近千次，现场检维护 200+次，逐步实现预测性维护。

提质降耗，精准管控：提前发现设备早期故障并进行针对性的检维护，保证设备长周期健康运行，千台机泵密封消耗量相较往年有明显下降。

全厂关键设备纳入预测性维护：正逐步建设全厂关键设备在线监测，从预防性维护的管理模式向预测性维护的管理模式的转变。

(2) 煤炭行业应用（以“柠条塔矿业”为例）

1) 项目概述

开始实施时间：2021 年 5 月

陕煤集团神木柠条塔矿业有限公司成立于 2005 年，是由陕西煤业集团有限责任公司铜川矿业公司、榆林市国有资本运营公司和神木县国有资产运营公司共同出资设立。柠条塔矿井位于陕西省神木县柠条塔工业园区，是国家在神府矿区南区总体规划的四个井田之一。

柠条塔矿业的需求主要包括智能化建设、安全生产、设备故障精准诊断三个方面。其中。大型设备面临设备管理方式变革的挑战，希望通过实时监测，精准故障诊断，实现故障提前预知，故障精准判定，减少维修时间，降低人员劳动强

度。在安全生产方面，希望通过平台实现设备可控，提高设备可用性、可靠性和可维修性，避免非计划停机或停工事件发生造成经济、安全、环境等各方面带来的经济损失。

2) 整体方案

容知日新协助柠条塔矿业有限公司搭建了公司级平台，集设备状态集中管控、专家+AI 智能诊断为一体，并与容知日新灵芝设备智能运维平台打通，实现预测故障、延长设备寿命、降低非计划停机、达到减员增效等目标。

其中，对皮带机、水泵房、空压机、主通风机多种关键设备部署近 700 测点，实时获取设备状态数据，提前发现关键设备异常，精确定位故障部位与劣化程度；对现场综采面的运输机、破碎机、转载机、顺槽胶带机进行监测，保障综采面设备安全连续生产，助力智能矿山建设。

3) 完成情况

项目建成后，容知日新为机电设备提供 24 小时不间断监测和看护服务，自 2021 年 5 月纳入监控，共监测 157 台设备，涵盖皮带机、通风机、压风机、主排水泵等多种设备。截至 2022 年 3 月份已出具 15 期体检报告，已积累案例 12 起，包括齿轮箱轴承、联轴器不对中、润和不良等不同类型案例，估计避免非计划停机 30 小时左右，多次成功指导客户进行检修与维护，取得较好的经济和社会效益。

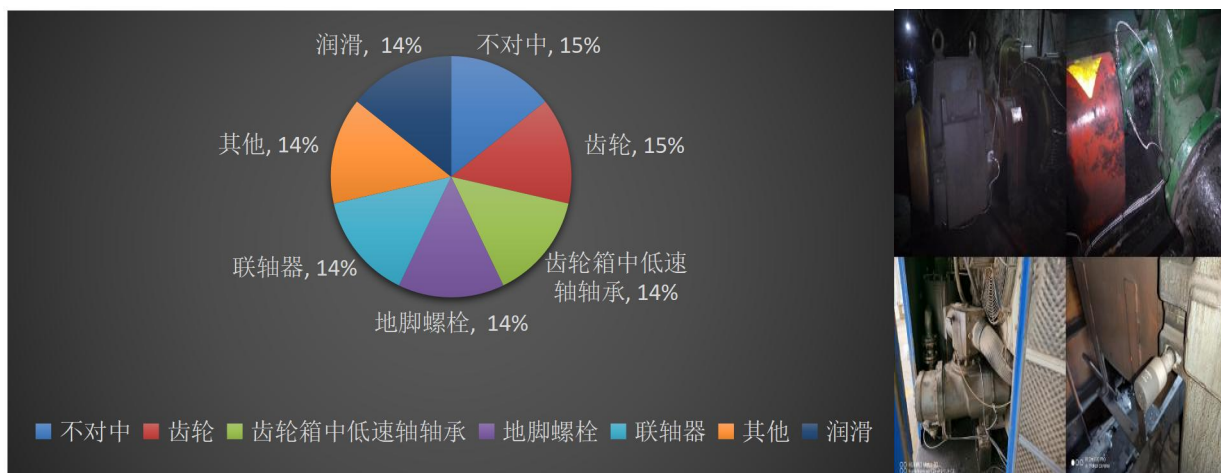


图 4 监测故障分析及典型故障案例

4. 安全及可靠性

可靠性设计包括容错技术、避错技术，系统配置方法可采用（双份、双重、

热备份、容错、集群)。目前,灵芝平台可在其多个组件故障存在的情况下不失效,仍然能够正常工作,主要通过冗余组件设计来实现。系统整体设计可靠性可达 99.99%!

容知日新具备完备的预警算法策略,充分融合了行业机理、专家知识与智能 AI 技术,并且经过了海量真实监控设备数据的打磨与验证,预警算法效果能够完美达到用户要求。目前,借助智能算法,辅以诊断分析师,灵芝平台对故障预警&诊断的准确率可达 95%!

5. 其他亮点

(1) 支持快速开发和自主编辑

由于工业现场业务定制需求较大,流程内容与产品方案出入较大,为使产品真正落地,故通过提供“所见即所得”的界面和适用于所有人员的无代码应用开发环境,通过简单赋能即可让客户进行自主快速开发,即满足客户需求,也让客户自身能力真正成长。

平台可提供包括“设备可视化建模”、“算法编辑器”、“报表编辑器”及各类运维自主编辑功能,让用户实现不懂代码也能“玩转”AI,实现对平台真正的自主可控。

(2) 多样接口与兼容能力

支持振动、温度、电流、电压、油液、扭矩等多源数据全面接入,打破信息孤岛,实现以数据为驱动的业务变革。灵芝平台采用微服务架构,前后端分离,OPC、API、Kafka 等丰富的接口可让灵芝平台灵活的向上兼容或向下兼容,并支持个性化二次开发,帮助企业有效打破信息孤岛,实现业务贯通,并且,各类接口工具我们也直接集成到平台功能当中,灵活配置,高效使用。

三、下一步实施计划

平台建设方案实施周期为 2021 年 11 月至 2023 年 11 月,进度计划如下:

1. 计划 1

第一阶段(2021 年 11 月-2022 年 8 月):为设备监测指标体系增设 1000 个

类型指标，为设备故障诊断新开发 500 个实际场景应用算法模型，申请 6 项发明专利、3 项软件著作权，进行设备预测性维护和智能诊断机理和系统建模研究，制定仪器应用技术规范，建立标准化、系统化的操作技术规程，为设备预测性维护和智能诊断产品的大规模业务应用提供保障。

2. 计划 2

第二阶段（2022 年 9 月-2023 年 2 月）：新增 50 个行业边缘智能系统与 10 个设备边缘智能系统，申请 4 项发明专利、5 项软件著作权，丰富设备状态智能监测模型，为风电、石化、冶金、水泥、煤矿等行业企业打造产业专属智能运维平台，与行业内龙头企业开展应用示范，提升产品的认知度，建立产业间的广泛协作，推动区域建立相关产业联盟，提升技术水平和协同攻关能力，共同发展。

3. 计划 3

第三阶段（2023 年 3 月-2023 年 11 月）：继续开拓 5 个新兴行业，探索容知日新灵芝设备智能运维平台在新兴行业中的新型合作模式，针对不同行业、不同监测设备的差异性需求，在共性关键技术的基础上，加强产品个性化需求的开发，提高产品市场占有率，开拓新兴市场和应用领域；参与多项标准制定，带动设备预测性维护和智能诊断技术与装备产业发展，提高我国设备预测性维护和智能诊断领域产品的自主创新能力，激发行业活力。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）基于工业大数据和人工智能的设备状态监测技术

工业场景复杂多样化，真实案例样本的质量和数量对设备预测性维护算法至关重要，一方面容知日新已积累大量的实际运行状态监测数据，并通过专业人员实现所有标签数据的结构化，在此基础上利用数据增广技术，对各类故障的训练数据库进行有效扩大，构建了模型训练的核心基础能力。

（2）基于边缘智能算法的设备看护体系

基于边缘计算的智能看护具有分布式和超低时延的特点，设备数据产生、过

滤和分析都发生本地，海量数据无需上传至云端，大大缓解工业现场的网络传输压力。边缘采集端作为数据的第一入口，可承担多元化、异构数据的接入，植入的智能算法保证了设备异常预警和响应极低的时延，满足工业客户对于时效性的高要求。同时边缘计算性具有可定义和可调度性，边缘采集端业务逻辑并非一成不变，用户可以自定义修改和定制，同时云端可动态调度制定的边缘节点。

（3）基于多源数据的工业设备状态监测

在设备物理模型基础上，结合监测方案抽象发展了可组态的测点模型，针对主流的各类型设备，通过上位机的模型信息设置自动关联监测方案，解决物理结构和监测模型高效适配问题。同时规则引擎支持层级化的算子管理，以时序趋势算子为例，包含经典时序策略和深度学习算法的各类算子，描述缓变类、恒偏差、高频和突变类等时序故障特征，规则越向上越业务具象，泛化性越弱；规则越向下越业务抽象，泛化性越强。实际应用里支持动态修改业务规则，快速响应需求变更，经验迁移，高效的支撑算法开发和工程部署。

2. 实施效果

截至 2022 年 12 月 31 日，容知日新灵芝设备智能运维平台接入工业设备 108397 台，服务工业企业 1300 余家，看护设备资产价值超过 2000 亿元，日均采集有效数据 1.6TB，产生设备故障闭环案例 12999 个。

容知日新灵芝设备智能运维平台能够快速提升用户企业的设备运维水平，切实带来经济效益与管理效益，价值体现有：

- （1）使动设备非计划生产停机时间下降 20%-35%。
- （2）减少运行风险，降低重大事故、突发性事故发生率。
- （3）避免“欠维修”和“过维修”，防止不必要的拆卸，降低维护成本，延长设备使用寿命 10%-20%。
- （4）对齿轮故障、轴承故障、轴系故障、大电机故障等等故障准确定位位置，减少维修时间，提高生产效率。
- （5）优化备件库存，对关键备件、长周期采购备件提前预知。
- （6）降低设备运维综合成本 20%-40%。
- （7）降低人员工作量，提升效率，逐步实现少人无人化，人员减少 30%-50%

左右。

除了经济效益外，通过设备智能运维平台将各类数据上云、业务上云，现场原有的各类重复劳动可以有效减轻，尤其是现场巡检工作压力得到有效缓解，以往高、远、危场景下的巡检工作可以基本避免。例如，某石化企业 2010-2015 年发生多起设备故障引发的生产事故。自 2018 年起，该企业应用灵芝平台四年多时间，未曾发生过一起安全事故，为设备和人员安全构建了一张无形的防护网。