



全应智慧热电云管理系统

首个面向热电行业的工业互联网系统

热力能源是工业发展和居民生活必需的能源之一，热力能源生产企业由于行业特点，普遍存在“散、乱、污、小”的情况，行业整体信息化水平低，安全隐患严重、能源效率低下、管理经营落后。全应智慧热电云是首个面向热力行业的工业互联网云系统，将分散而规模小的热力生产企业广泛接入，为每个企业提供生产过程和生产管理优化等服务。

对于每家热力生产企业，全面接入热力生产全过程的数据，在数字空间建立物理世界的数字孪生以及从数字孪生不同侧面描述运作机制的工业机理、专家知识、机器学习、深度学习等模型。利用数字孪生的仿真、预测、诊断等能力，为热力生产企业提供智能司炉、生产监控、管网平衡、设备管理、经营分析等综合智能化解决方案，为企业实现安全生产、效益提升、节能环保、智慧化运营、信息化管理等综效。

一、项目概况

1. 项目背景

我国工业蒸汽和居民供热主要采用煤炭作为一次能源，现存的燃煤锅炉达46万台，年燃煤量高达4亿吨标煤。我国工业锅炉具有“数量大、容量小、燃煤为主”的特点，自动化程度低、运营水平差、能效低、污染大、管损严重等问题是热力能源行业污染大、成本高、依赖人工的主要原因。

随着最严环境保护法的出台，抗击雾霾、保卫蓝天成为最大的民生工程，全

面推进热能行业朝高效、清洁、环保方向发展已成为必然。

2. 项目简介

构建一套面向热力能源行业的工业互联网云平台，以云计算、物联网、大数据、移动计算技术为基础，通过实时物联网数据采集、异构子系统数据深度整合、高可靠低时延数据传输、海量数据存储与管理、智能大数据分析、矢量组态报表、360°超高清晰数据可视化及分布式多屏显示联动等一整套技术，为企业用户提供机器设备实时监控与运维、生产安全实时告警、生产流程信息化管理、人工智能辅助生产、经营分析实时可视化表达等，提高热力生产企业的数字化、信息化水平，让企业运营管理人员全面掌握企业运行状态，及时做出智慧决策，从而全面优化企业运行效率，帮助企业节能减排，促进企业安全生产，有效提高企业运营效率。

项目建成后，在项目中积累的智能化改造和施工方案、面向热力能源行业的工业互联网平台（包括大数据平台、微服务平台、客户端应用等）、智能司炉模型、管理信息化系统、组态可视化、告警模板等一系列面向行业的工业互联网平台内容均可行业内直接复制使用。同时，在热力能源行业的工业互联网开发和实践模式可水平推广到其他行业。

3. 项目目标

将大型热力生产中心经智能化改造后统一纳入综合监控管理平台，实现热能生产过程、生产环境、生产设备、生产用能、和热能消费的实时监控，构建热能生产与消费数字模型，实时分析生产与运营数据，动态调整生产工艺参数，保障供热站安全生产、燃煤能效提升、蒸汽损耗减少、运营效率提高、和工作流程合规，实现全国分布的集中供热中心集中化监控、数字化运营、精细化管理、和集团化企业总部管理层的智慧化决策等综合效益，达到减员增效、节省燃煤、降低成本、绿色环保、管理规范的目标，打造合规、安全、绿色、高效、智慧的煤炭热能产业。具体指标包括：

- ◇ 生产数据接入：将整个热力生产系统主要的 2500+个生产过程数据点接入到工业互联网平台，进行集中存储和检索；

- ◇ 生产监控：为热力生产过程的 10+ 个生产过程子系统提供形象化的监控组态图，支持通过 PC、手机、电视、大屏幕进行查看；
- ◇ 故障预警与诊断：提供热力生产过程常见 30 种故障的预警、故障诊断和故障恢复建议；
- ◇ 智能化生产：提供智能司炉机器人、智能化管网平衡、智能设备运维管理等智能化服务，辅助人工进行生产过程控制和生产管理，将锅炉燃效提升 10% 以上、设备故障率降低 50% 以上；
- ◇ 管理信息化：提供工单管理、巡检管理、能源管理、生产经营分析等信息化管理功能，替代现有的手工纸本作业，人工作业效率提升 30%；

二、项目实施概况

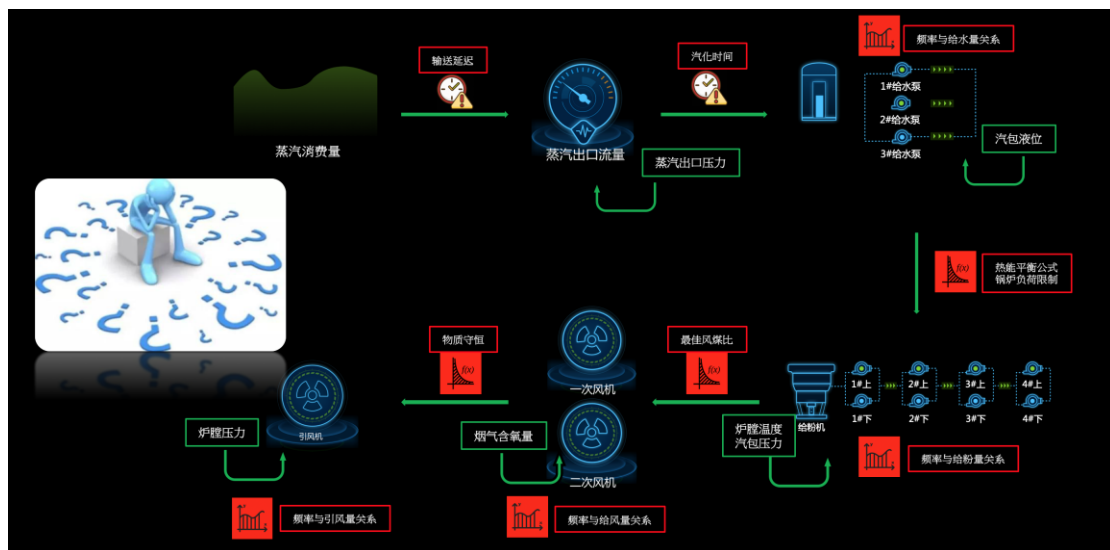
1 需求分析

2017 年中国的热能需求是 55 万蒸吨/小时，全年热能消费量为 48 亿吨。随着 GDP 的增长，年工业热能需求量增长 5.2%，到 2022 年工业热能需求为 69 万蒸吨/小时。中国现存工业锅炉 70 万台，其中燃煤锅炉 46 万台，燃气/油/电锅炉 10 万台，其余为生物质、地热等新能源锅炉。

锅炉的生产控制是整个热能生产的核心环节，也是最复杂的生产工艺过程，如下图展示了锅炉控制的核心抽象：



整个锅炉控制过程是一个“非线性、强耦合、大延迟”的系统，这种问题对于人的理解和优化操作是无法实现的，即使是使用基于机理的计算模型也很难计算的很清楚，如下图展示了锅炉控制的分解环节机器困难点：



目前的热能生产控制普遍依赖于人工经验和手工作业，在以下几个方面问题突出：

1) 粗放式锅炉控制导致能源浪费

目前热力中心基本都已实现了基于 DCS 或 PLC 的集中式自动控制，然而最关键的燃料供给、配风、给水等核心的锅炉控制操作仍旧依赖于人工。司炉工的经验高低严重影响了锅炉的燃烧效率。目前行业平均的锅炉燃烧效率在

70%~75%，距离锅炉额定效率 90%仍有较大空间，由于控制不精细导致了 15%以上的燃料浪费。

2) 人工环保控制导致环保指标不稳定

环保问题越来越成为社会关注的焦点，热力中心的环保执行已基本实现自动控制，然而大多数的加药操作仍旧依赖于人工。“在什么时候加？加多少？”完全依赖于人工的经验和责任心。由于人工操作的不确定性导致环保排放指标会出现较大波动，给环保监管部门造成工作负担，同时增加了热力中心的环保开支。

3) 安全保障缺乏系统性体制

热力生产是一个对安全性要求极高的行业，热力生产安全风险项也非常繁多，并且热力中心的生产事故不仅影响热力中心自身同时也会带来非常恶劣的社会影响。目前，行业中普遍缺乏系统性的安全管理体制和标准，每个热力生产企业根据管理者的经验自行策划和制定安全生产管理制度。“安全风险项识别不足”、“安全管理制度不健全”、“应急管理手段缺乏”等问题普遍存在。同时，由于没有系统性的安全管理体制，导致安全专项资金并没有被合理的利用。

4) 经营管理信息化水平低

热力生产企业由于单体规模小、分布比较分散等特点，普遍在信息化建设上缺乏投入，大量的工作仍然依赖于手工和纸本作业。管理流程仍然是纸本流转方式，经营管理数据靠人工汇总上报。作业效率低、管理风险大、经营数据滞后。

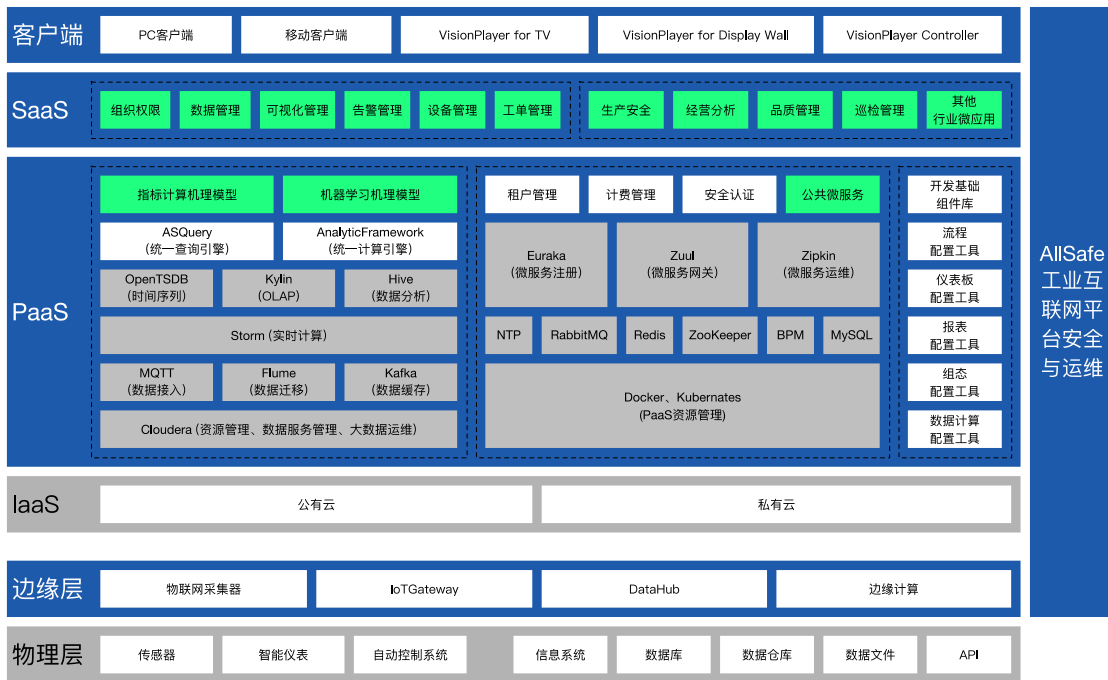
随着国家政策对节能降耗和环境保护要求的提高，以及行业竞争的加剧，以上这些问题已经成为严重制约行业企业发展的的问题。热力生产企业亟待解决。

2 系统架构

系统全面获取生产工艺全过程的关键数据，在云端对生产过程进行数字化建模，再基于数字模型为一线生产执行人员和上层生产管理人员提供各个维度的可视化展示，指导进行生产优化，如下图所示：



下图为 全应智慧热电云工业互联网平台的架构图：



全应智慧热电云工业互联网平台共分为六层：

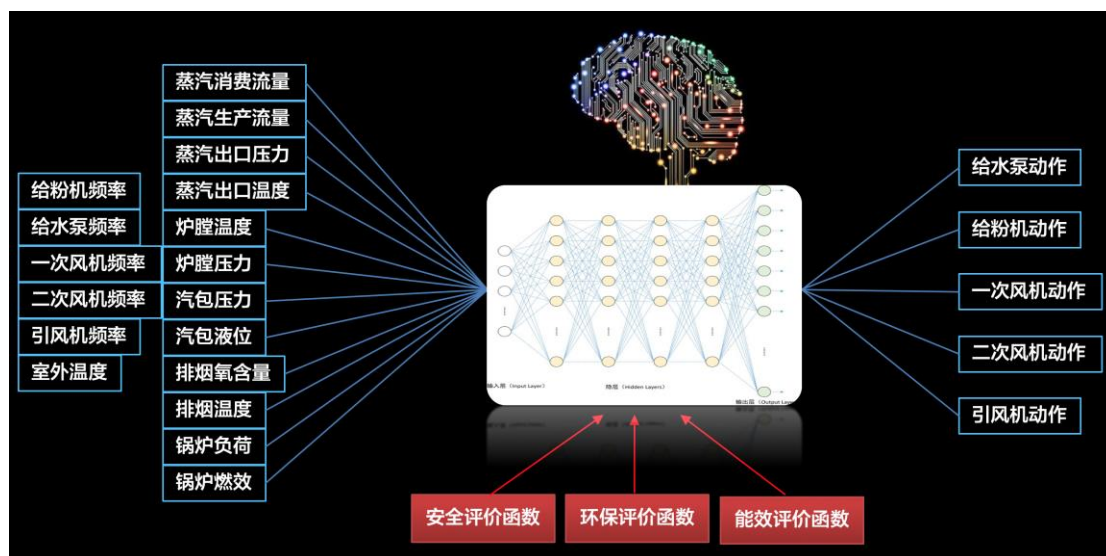
- ◇ 物理层指的是现实物理世界，包括产线、物理环境、信息化系统等，通过传感器、智能仪表、自动控制系统、信息化系统等将物理世界的事件数字化；
- ◇ 边缘层用于对接物理层的数据，对物理层数据进行采集、汇聚、编码，并基于物理层数据实现边缘控制、边缘应用等；
- ◇ IaaS层是提供通用计算、网络、存储资源，可以是基于公有云虚拟化资源或基于实际物理环境搭建的私有云环境；全应智慧热电云工业互联网平台基于现有 IaaS 层技术，并不专门提供 IaaS 层设施；

- ◇ PaaS 层体现了全应智慧热电云工业互联网平台的核心能力，包含了一整套大数据平台体系、基于基础 PaaS 技术的微服务基础体系和云服务体系，以及一整套工业互联网第三方开发工具集；
- ◇ SaaS 层是一组基于 PaaS 层的应用体系，提供了一整套面向云租户和云管理员的具体应用，这里包含平台通用微应用和面向行业的微应用插件；通过将微应用进行组装可以实现多种面向不同用户的应用系统，包括云租户的工业 APP 和面向云后台的相关管理应用；
- ◇ 客户端提供了若干面向不同用途的客户端应用运行环境，包括基于浏览器的 PC 客户端、面向手机和 Pad 的移动客户端、面向电视和电视墙的可视化播放器、以及可视化播放器的遥控器；平台的用户可以通过这些客户端对各种 SaaS 层应用进行使用；

3 应用场景

1) 智能司炉

基于热能生产关键生产工艺过程的历史运行数据，对给粉机、锅炉、管网等建立数字孪生和数据模型，能够通过模型实时对最佳锅炉参数进行预测，为司炉人员提供最优的操作建议，对各种锅炉控制进行实时最优化调整，包括：给粉机运行数量、给粉机频率、一次风机频率、二次风机频率、引风机频率、给水泵频率、减温减压水开度等。如下图是基于深度学习的锅炉控制模型：



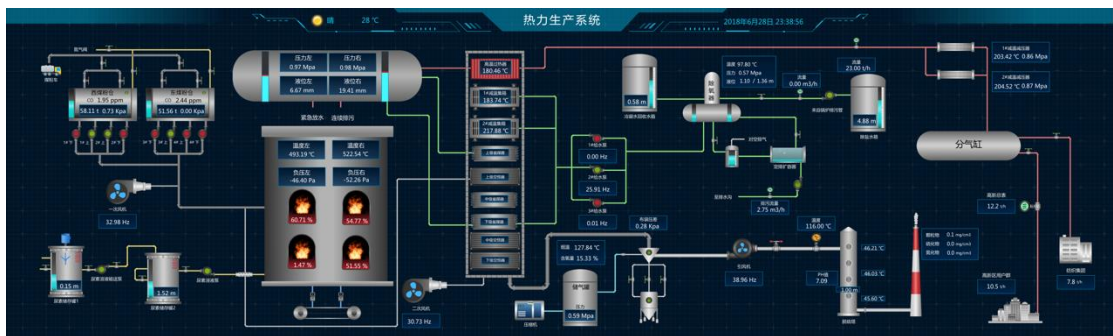
在锅炉集控室提供一套电子看板系统，在电子看板上展示司炉相关的关键参数，同时定期为司炉工展示司炉建议。如下图所示：



2) 生产系统监控

为了提高生产的效益和安全，企业的生产管理人员和安全专家需要能够随时随地了解整个生产系统的实时状态，及时发现系统中的问题，及时进行优化。

生产系统监控应该能够提供对整个生产工艺过程的实时在线查看；能够以组态图的形式对化水的超滤、反渗透、混床，燃烧的水系统、锅炉系统，环保的除尘、脱硫、脱销等工艺过程展示重要参数的实时指标，同时能够以曲线的形式展示各项生产数据的实时趋势和历史变化过程。如下图所示：



基于对生产过程建立的数字孪生和数字模型，对生产过程进行实时监控和预测，对即将发生的故障进行提前预警，并对异常情况进行在线实时诊断，实现故障预警、故障诊断、故障及时恢复，降低故障发生的概率、减少故障的影响时间和范围。

3) 设备管理

整个生产厂区包含了若干重要生产设备，其中主要的设备有：

- ◇ 化水工艺中的重要设备：原水泵、超滤泵、各种过滤器、超滤膜、反渗透增加泵、各种加药泵、反渗透膜、混床等；
- ◇ 锅炉的重要设备：氮气罐、给粉机、一次风机、二次风机、引风机、给水泵、除氧器、汽包等；
- ◇ 环保系统的重要设备：除尘布袋、喷吹脉冲阀、工艺泵、搅拌泵、循环泵等；

重要设备的持续运行对整个生产过程至关重要，设备的全生命周期管理需要进行数字化、规范化的管理。对每个设备建立设备档案，从设备采购信息、保养记录、检修记录、备品备件等进行统一全面地管理。保障设备管理员和检修队能够按时准确地对设备提供保养和检修，确保设备持续稳定运行。

4) 巡检管理

生产厂区中包含需要安全生产的检查项，这其中包括安全风险检查点、设备检查点、生产工艺检查点。在生产过程中，需要定时对这些检查点进行人工巡检，确保生产安全、设备安全和工艺正常。目前的巡检管理基本依靠人工到各个巡检点进行查看，将巡检观察的结果使用纸本进行记录。由于巡检员的能力、经验和责任心的不同，容易导致巡检质量参差不齐、巡检效果不理想的问题。

为了解决巡检中存在的问题，需要一套标准化的巡检设备和巡检管理系统，达到以下效果：

- ◇ 标准化巡检路线、巡检项目、巡检操作规程，确保不同的巡检人员能够达到一致的巡检效果；
- ◇ 使用生物识别手段（如指纹）和巡检位置标识，确保指定的人在指定的时间到指定的点进行巡检；
- ◇ 当巡检完成后，将巡检结果及时上报，确保安全生产负责人能够第一时间获得巡检的结果，明确巡检中发现的问题；

三、下一步实施计划

全应智慧热电云作为面向能源行业的工业互联网平台系统，将以热力能源为切入点，继续接入越来越多的热力能源生产企业，为热力能源生产企业提供生产

和管理的全面数字化、信息化和智能化服务，并将在热力能源生产企业的实施经验复制到上下游产业及其他行业，最终成为面向整个能源行业的工业互联网云平台系统。

下一步的实施计划将分为以下几个阶段：

- ◇ 阶段一：2019年8月到2020年12月，将热力能源的工业互联网方案系统在全国进行推广，接入不少于100家热力生产企业，同时基于数据进一步优化目前方案中的管理功能和智能化功能；期间通过已接入客户逐步接触上游的燃料生产厂家；
- ◇ 阶段二：2021年1月到2021年12月，将热力能源方案在整个行业大量复制，接入不少于1000家热力生产企业；逐步形成2~3个面向能源行业不同细分领域的工业互联网解决方案；
- ◇ 阶段三：2022年1月以后，对已形成的工业互联网解决方案在整个行业中进行大量复制，同时形成面向整个能源行业的产业互联网平台，实现产业链的整体优化；

四、项目创新点和实施效果

1 基于数字孪生和数据模型智能化控制和诊断

热能生产的核心控制工艺过程是“非线性、强耦合、大延迟”的多参数组合优化问题，传统的基于人工和基于计算模型的优化方法在实践中都被证实效果不理想，本项目提出了一套基于数字孪生的数据模型，将工业机理、专家知识、机器学习和深度学习技术进行有机融合，有效地对整个生产工艺过程进行个性化建模，基于模型实现生产过程的安全故障预警和诊断、生产工艺控制的智能化优化，实现安全生产、效益提升、节能环保等效果。

2 完备的行业应用体系

基于获取的数据，通过一系列专门针对热力站开发的行业APP，为客户打造了一整套完备的信息化和智能化解决方案。

1) 信息化内容

- ◇ 设备管理与维护：通过信息化手段对生产相关设备进行管理，提供设备台账、维护保养管理、检修管理等功能，帮助企业更加有序和条理化地管理设备，降低设备故障导致的生产停机；
- ◇ 生产监控：通过对整个生产工艺过程的各个环节进行全程数据监控，及时发现生产中的异常事件，及时控制和修正，降低安全事故的发生；
- ◇ 库存管理：对生产原材料和设备备品备件进行系统化管理，在保障生产的前提下最小化资金占用，帮助企业节省成本和保障生产；
- ◇ 能耗分析：通过对生产中主要能源消耗的分项计量和数据统计，发现生产中的能耗占比和趋势，及时进行针对性的改进，通过降低能源消耗降低企业的总成本；
- ◇ 巡检管理：利用信息化手段规范化巡检计划、巡检执行、巡检效果评估等环节，帮助企业管理者更好地发挥巡检在生产安全中的作用；
- ◇ 工单管理：利用信息化手段将生产中发生的安全告警、巡检中发现的安全隐患进行持续追踪和解决，提高管理的效率；
- ◇ 经营分析：将企业的生产、经营数据进行实时统计和多屏可视化展示，帮助企业各级管理者实时掌握企业的生产经营情况，及时作出决策，提高企业的管理效益；

2) 智能化内容

- ◇ 智能司炉：司炉是热力行业最核心的生产过程，司炉的优劣直接影响到安全和效益；智能司炉是通过司炉过程建立智能模型，利用大数据技术对司炉过程进行持续优化，从而提高生产的效益，降低成本；

3 成功案例

全应科技的全应智慧热电云管理系统已经于 2018 年 5 月起应用于陕西煤业化工新型能源公司。

陕西煤业化工新型能源公司是以煤炭清洁利用技术为核心，多能优势互补为原则，为工业园区及民用提供热能整体解决方案服务商。

全应科技智慧热电云管理系统，把集中供热中心经智能化改造后统一纳入云平台在线运营，实现热能生产过程、生产环境、生产设备、生产用能、和热能消费的实时监控，构建热能生产与消费数字模型，实时分析生产与运营数据，动态调整生产工艺参数，保障供热站安全生产、燃煤能效提升、蒸汽损耗减少、运营效率提高、和工作流程合规，实现全国分布的集中供热中心集中化监控、

数字化运营、精细化管理、和智慧化决策等综合效益，达到减员增效、节省燃煤、降低成本、绿色环保、管理规范的目标，打造合规、安全、绿色、高效、智慧的煤炭热能产业，实现保卫蓝天的社会责任。

- ◇ **安全性提升 50%**: 实时采集机器设备运行数据与生产环境数据，在线智能诊断生产安全指数，发现不安全因素及时报告，并预测下一阶段的生产安全性，全方位保障生产过程安全可靠。
- ◇ **燃烧效率提升 8%**: 全面收集工业生产中每道生产工序的机器执行、时间消耗、人工作业、与物料数据，构建人-机-料-法四位一体的生产数字模型。大数据系统及时发现产能瓶颈，人工智能系统实时反馈最优生产参数。全面提升生产效率。
- ◇ **损耗降低 50%**: 在线监控每道生产工序执行结果，与工艺参数实时对标，第一时间发现并锁定残次品产生的工位与原因，阻止残次品流入下一道工序，协助品管人员和产线工人快速调整与修正。全面保障高品质产品生产。
- ◇ **成本降低 15%**: 全面整合工业生产数据与企业运营数据，构建企业统一数据平台，实时分析企业运营关键指标，全方位感知企业运营状态，广域协同联动，高效运营决策；最终实现企业数字化运营，精细化管理，和智慧化决策的目标，从根本上提升企业市场竞争力。