编写说明

工业互联网作为第四次工业革命的重要基石，正在加快推动工业经济全要素、全价值链、全产业链全面链接，构建全新的工业生产制造和服务体系，改造提升传统产业，培植新兴动能，助力供给侧改革，促进经济高质量发展。工业互联网产业联盟（以下简称“AII”）自2016年起持续开展案例征集活动，为新技术、新产品、新标准、新模式开展前期测试和试验提供支持，持续跟踪和发现产业界典型应用案例和解决方案，探索形成可复制可推广的经验，形成标杆示范引领作用，推动工业互联网加快发展。截至目前已遴选出55个测试床、163个应用案例、36个网络优秀解决方案、13个安全典型解决方案。

2019年，AII依托各工作组，通过专家层层把关，继续遴选出一批测试床、应用案例、解决方案，其中涵盖网络、平台、安全三大功能体系，5G+工业互联网、TSN、边缘计算、工业大数据、工业智能、VR/AR/XR、工业区块链等多种技术，以及工业互联网在轻工家电、船舶、机械、纺织、石化、电子信息、航空航天、钢铁、医疗等行业领域应用，工业APP、工业数据中心典型案例等。希望通过本报告的发布，持续为业界开展工业互联网相关技术、产业研究和实施部署提供参考和借鉴。

说明：因篇幅限制，工业互联网APP应用案例和垂直行业应用案例将单独成册发布。

目　录

工业互联网测试床

1、海尔智能工厂基于 SDN+TSN 融合网络测试床 ……3
2、基于大规模定制的智能+5G 验证测试平台 …… 10
3、基于开源白盒的工业互联云专网 综合能力测试床…… 28
4、基于轻量化边缘计算平台的 工业互联网场景安全测试床 …… 45
5、基于工业物联的边缘智能一体机 INDICSEDGE 8000 …… 79
6、基于“AI+Dynamo”的装配式建筑 智能模型设计平台验证测试床 …… 92

工业互联网应用案例

1、基于主动防御的电子制造基地安全方案 ……108
2、基于工业互联网的能源生产调度中心 ——煤炭供应及燃烧优化、闭环应急能力建设 ……119
3、智能产线大幅提升生产效能 “伽利略”挑战高原工厂成就技术极限……132
4、海链加速衣联网生态引爆 ——链群合约平台……145
5、基于工业互联网的大数据分析平台 ——钢结构制造全过程成本分析与工艺优化 ……152
6、某发动机制造企业 SD-WAN 工业专网安全解决方案 ——低成本易管理的云、网和安全一体化解决方案……174
7、基于边缘计算的沼气发电效率优化系统 ——沼气发电机组有功功率与沼气浓度匹配，让发电量最优……180
8、国华电力大数据应用案例 火力发电大数据集成应用暨工业互联网示范工程 192

9、火电集中监测与分析专家系统(CSASS) 开发大数据分析技术，建设世界一流平台 ……217
10、SaaS 软件订阅模式的实践 ——工业互联网商业模式在运营商的落地实践……243
11、可快速部署的低成本多源异构数据采集和可视化解决方案 —— 基于宜科边缘控制器和 IoTHub 平台的设备智能管理应用……249
12、北控水务 BECloudTM 智慧水务云平台 ……258
13、数控装备工业互联通讯协议(NC-Link)及应用 ——简单高效、自主可控、异构工控设备互联互通 ……272
14、联想工业互联网平台（iLeapCloud）建设与实践……289
15、融合互联 智慧冶炼……314
16、某通信管理局典型安全解决方案 ——工业互联网安全监测与态势感知解决方案……326
17、石油天然气管道工控系统安全监测与态势感知 ——保障国家关键基础设施安全……334
18、中车株所工业数据智能安全云平台 ……342
19、光仪表云 ——智能测试无间断……353
20、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……362
21、基于工业互联网的水电主设备指标监测 ——全过程指标监测、分析研究技术服务……375
22、iSESOL 工业互联网平台及智能边缘网关行业应用案例 ……392
23、5G 云 XR 多人协同在列车制造运营领域的应用……403
24、地铁信号系统等级保护（三级） 实施方案 ——基于 CBTC 系统的工控防护解决方案……411

工业互联网网络解决方案

1、基于华为 AirEngine Wi-Fi 6 AGV 无损漫游无线通信方案
华为技术有限公司&上海快仓智能科技有限公司 ……422

2、工业 PON 解决工厂设备连接方案
中国电信股份有限公司 ……432
3、海尔 AD-WAN 解决方案
青岛海尔工业智能研究院有限公司&新华三技术有限公司……440
4、基于 SDN 技术的工业网络互联及协同平台解决方案
南京未来网络产业创新有限公司 ……449
5、多业务工业互联网光传输系统
上海邮电设计咨询研究院有限公司 ……457
6、基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用
富士康工业互联网股份有限公司&富华科精密工业（深圳）有限公司&
中国联合网络通信有限公司深圳市分公司 ……467

工业智能应用案例

1、六国化工磷化工行业“工业-环境大脑”项目 ……479
2、基于机器视觉和数据挖掘技术的水泥智慧工厂 ……481
3、基于人工智能技术的风力发电场远程集中控制系统 ……484
4、基于人工智能的输电线路机器巡检前端智能分析技 ……487
5、基于深度学习的汽车装配在线检测案例 ……493
6、东华水泥“工业大脑”项目 ……498
7、攀钢钢铁大脑 ……500
8、基于人工智能的自动缺陷分类系统……504

工业区块链应用案例

1、工业区块链应用白皮书案例模板……511
2、工业区块链应用白皮书案例……515
3、工业区块链应用白皮书案例模板……520

工业数据中心应用案例

1、车间信息化改造系统数据中心

青岛元启工业技术有限公司 ……527

2、酒钢数据中心

酒泉钢铁（集团）有限责任公司 ……532

3、威奥智能制造大数据中心

青岛威奥轨道股份有限公司 ……547

4、财务大数据云平台与边缘中心

南京桂瑞得信息科技有限公司 ……555

5、SGM 云计算数据中心二期项目

上汽通用汽车有限公司& 新华三技术有限公司（合作） ……562

6、中国石化润滑油北京有限责任公司数据中心

中国石化润滑油北京有限责任公司 ……568

7、华友新能源智能工厂大数据中心

华友新能源科技（衢州）有限公司 ……574

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网测试床

编写说明

为加速孵化与推进优秀工业互联网解决方案，促进物联网、云计算、大数据、人工智能等技术在工业领域的创新与应用，自 2016 年工业互联网产业联盟成立后，已陆续征集了八期测试床项目，旨在通过联盟树立创新样板点，辐射影响力，推动形成示范应用，加速优秀工业互联网创新实践的推广与复制。

2019 年是联盟迅速发展的一年，联盟的测试床也在呈现多元化发展的特色与趋势；在制造业垂直行业、基础共性技术、智慧港口等方面都有相关实践。目前已有 55 个测试床项目通过立项，其中 15 个测试床项目已完成结题。

本次汇编收录 2019 年立项的 7 个测试床，重点展示各测试床创新技术及创新的方案；通过对测试应用场景的分析与展现，发展行业生态，形成示范样板点，带动产业发展。

指导编写单位：工业和信息化部信息化和软件服务司

牵头编写单位：华为技术有限公司，中国信息通信研究院

组织编写单位：工业互联网产业联盟测试床组

主要编写人员：蒋旺成、万恒、王元、段世惠

参与编写单位及成员：

北京建谊投资发展（集团）有限公司：孙永升

华为技术有限公司：彭祖炜、朱锦涛

青岛海尔工业智能研究院有限公司：孙明、石恒、鲁效平、黄玉宝、王强、景大智、曲德双、张涛、荣亮

新华三技术有限公司： 巩飞、郭晓军、冯天伟

中国联合网络通信有限公司网络技术研究院：唐雄燕、杨剑键、王友祥、曹畅、邱晨、刘斯奇

北京博上网络科技有限公司：贺宝磊

中科诺维（北京）科技有限公司：于萍、葛建宏

三联虹普数据科技有限公司：沈晖

中国科学院沈阳自动化研究所：王挺

浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司：邵黎勋，岑天哲

北京航天智造科技发展有限公司：石伟、唐辉

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

海尔智能工厂基于 SDN+TSN 融合网络测试床

为了适应工厂数字化、网络化、智能化的业务发展需求，海尔拟在新建工业园区网络中引入 TSN、IPv6、SDN 等新型网络技术，构建一张灵活定义、多维可视、质量保障、安全可靠的园区网络，实现工业场景下人员、设备、物料、产品各生产要素的互联，为工厂实现智能生产、协同制造和柔性制造提供网络支撑，为 M2M、安全巡检、设备监测、视频监控等业务应用提供支撑，并形成针对典型工业场景化园区网络的基线标准。

一、关键词

SDN 控制器，TSN 网络

二、发起公司和主要联系人联系方式

海尔集团 张涛 13385320088

新华三技术有限公司 巩飞 13210037171

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

三、合作公司

该测试床由以下参与方共同建设：

海尔集团

新华三技术有限公司

四、测试床项目目标和概述

该测试床适用于制造业工厂内网络的建设和升级改造，建成后的网络能够满足海尔柔性制造、协同生产、个性化定制的业务需求。

测试床的主要测试目标包括：

1. 基于 SDN 技术部署工厂有线无线网络，SDN 控制器北向对接 COSMO 平台的功能组件，南向对网络的 spine、leaf 节点进行管理，实现网络设备自动配置和业务快速部署，提升 IT 人员工作效率，减少人力投入。

2. 通过 SDN 控制器纳管产线部署的 TSN 交换机，构建 TSN 网络的流量模型，满足产线指令信息确定性、低时延的传输要求。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

本次测试床部署在海尔新建工厂内，测试床拟选取工厂的部分产线部署 TSN 网络，产线 TSN 交换机通过千兆/万兆链路上行接入汇聚/核心交换机，构成整个厂区有线网络。工厂厂区弱电机房部署 SDN 控制器和相关安全设备。

(二) 测试床重点技术

1. 交换机通过 802.11AS 协议保证全网时钟的精度同步，在测试床验收测试环节将测试全网 TSN 交换机的时钟精度。

2. 在全网设备的时钟同步后，交换机通过 802.1Qbv、802.1Qbu 协议对特定信息流预留带宽资源并提供优先保证。

3. 整个厂区采用 SDN 方案组 Vxlan 大二层网络，TSN 交换机作为 SDN 方案中的 access 节点被控制器统一纳管，方便了厂区 IT 人员的运维，实现了对厂区各种 IP 终端（摄像头、打印机）的接入管理和流量监控。

(三) 技术创新性及先进性

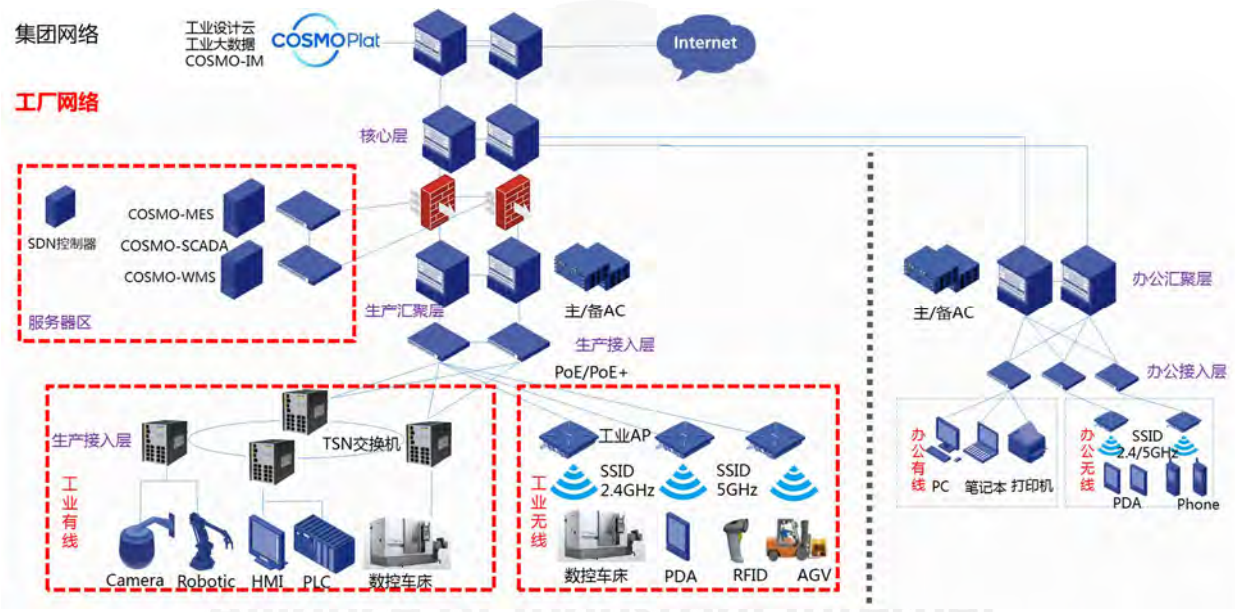
本次测试床主要是在三个方面进行探索：

1. TSN 交换机如何经济有效地部署在厂区网络中。因为 TSN 交换机的芯片成本较高，所以从成本考虑不建议核心、汇聚交换机都要支持 TSN 相关协议。那么如何在组网层面进行设计，兼顾生产需求和部署成本，就是测试床创新的第一个方面。

2. 厂区物联终端全生命周期的管理。厂区当中存在多种 IP 终端，包括 PC、Pad、摄像头、扫码枪，AGV 小车等等。测试床网络方案中支持通过 SDN 控制器中的自动分拣引擎 ASE 来识别物联终端类型（识别方式主要通过 Mac OUI 字段、DHCP 报文、HTTP 报文），识别终端类型后自动下发对应的网络策略。同时，通过终端探测系统 EPS，实现对接入网络终端的安全扫描和精细监控。

3. TSN 交换机纳入整个厂区 SDN 组网方案中，这在国内属于先行探索阶段，我们也会定期反馈实施过程中遇到的技术问题。

(四) 测试床解决方案架构



上图是海尔新建工厂网络的整体部署架构，测试床的重点在上图左下角的产线 TSN 交换机环网上，根据产线信息点的点位情况，TSN 交换机的数量、布放位置、组网会有微调。

在厂区建设一个小型弱电机房，除了部署海尔自有的 Cosmo-MES、Cosmo-SCADA 等软件外，部署 SDN 控制器软件，SDN 组网方案选择 EVPN+VxLAN 的方式，核心交换机和汇聚交换机应支持 VxLAN 特性。同时为了满足厂区大量 IP 终端的管理需要，部署相应的终端管理软件。

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项

1. 全网 TSN 交换机的时钟同步精度预期保持在 200ns 内，全网 TSN 交换机网络的端到端时延（最大 7 跳）小于 1ms。

2. 通过 SDN 控制器，能够实现全网网络设备的统一纳管，支持一键下发相关配置，减轻运维工作量。同时 SDN 控制器和终端管理软件能够实现对厂区各类 IP 终端的类型识别，配置自动下发和精细监控。

3. 通过 SDN 控制器，对工厂网络资源进行集中管控，从全局的视角进行资源调度，灵活、合理地为不同网络需求的业务进行智能选路。同时根据网络的运行状况和流量变化，对网络路径进行动态调整，持续优化网络流量分布，在提高网络利用率的同时保障时间敏感应用的实时性需求，实现实时数据与非实时数据在同一网络中传输。

(二) 商业价值

1.为产线工作人员提供一套低时延、高可靠的网络，整网可靠性达到 99.995%，产线接入环网端到端时延（最大 7 跳）小于 1ms。

2.为工厂 IT 运维人员提供一套能够快速部署和易运维的柔性网络，整网部署时间大大缩短，同时产线网络可以根据产线生产设备的位置变动针对场景的无线需求（PDA、AGV 小车或是工厂不适合部有线网络的区域），提供高效的无线覆盖，移动漫游时间缩短到 30ms 内。

3.为海尔 Cosmoplat 平台提供开发的 Restful API 接口，使得 Cosmoplat 的多个软件组件可以快速对接 SDN 控制器，为应用驱动网络奠定基础。

(三) 经济效益

基于 SDN 的柔性网络迎合了海尔大规模定制化的需要，使得工厂整定制化订单交付周期大大缩短。整网时延、可靠性等各项性能得到进一步提升，将 IT 运维人员从重复工作中剥离出来，提升 IT 运维人员的工作效率，减少部署或排除故障的时间。

(四) 社会价值

目前国内 TSN 网络在产线的部署才刚开始，需要有比较好的最佳实践作为其他工厂的建设参考。本次测试床的价值就是探索一套性价比高的部署方案，为 TSN 网络在国内大规模部署提供实践依据。

七、测试床技术可行性

海尔负责提供产线测试环境和产线生产设备，H3C 负责提供网络设备和相关的 SDN 控制器、终端管理软件。整个测试床方案所用到的产品已基本研发完成，测试环境已具备，整个测试床实施可行性较高。

(一) 物理平台

序列	设备名称	设备用途
1	服务器	承载 COSMO 平台对应的 MES、SCADA、WMS 等软件，同时部署 SDN 控制器软件、终端控制软件。
2	TSN 交换机	部署于产线信息点附近的电器柜或机柜中，以兆链路组环网
3	核心/汇聚交换机	部署于厂区机房
3	防火墙	部署于厂区机房

(二) 软件平台

序列	设备名称	设备用途
1	SDN 控制器	部署于厂区机房服务器中，实现对全网设备的管理运维。
2	终端管理软件	部署于厂区机房服务器中，负责对厂区 IP 物联终端进行管理
3	工业软件	COSMOPlat-MES 、COSMOPlat-SCADA、COSMOPlat-WMS 等等

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

该测试床遵循 AII 发布的工业互联网体系架构，在海尔工厂智能工厂内网络的建设符合数字化工厂网络需求。测试平台将在网络框架的建设过程中提供反馈，以报告的

形式分享经验。

(二) 与已存在 AII 测试床的关系

该测试床项目与之前已经审批的测试床无任何关联。

九、交付件

测试床的交付件包括：

1) 测试床项目计划书
2) 测试床部署实施方案
3) 测试用例清单
4) 测试床结题报告

十、测试床使用者

该测试床是海尔集团基于新建工厂的 SDN+TSN 工厂网络部署实践，利用 TSN、SDN、IPv6 等新兴技术，支撑海尔大规模定制的柔性制造需求。第三方的企业与用户如需参观访问该测试床，可向海尔集团提出书面申请，海尔集团将在保障工厂安全生产与不影响自身业务的前提下，酌情接洽，开展访问、交流事宜。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

十一、 知识产权说明

该测试床由海尔集团和新华三技术有限公司设计、建设、运营，其过程中产生的开发成果及其知识产权，包括但不限于专利申请权、专利权、版权、商业秘密，均归海尔集团和新华三技术有限公司所有。

十二、 部署，操作和访问使用

测试床部署方案如下：

产线接入层，根据现场信息点的点位部署工业 TSN 交换机，拟部署 7 台以上 TSN 交换机，根据现场位置组环网。TSN 交换机万兆上行至生产汇聚交换机。

安全方面，在核心交换机与生产汇聚交换机间部署一对防火墙，保护生产区域，同时将服务器区设置为防火墙 DMZ 区。

软件层面，增加 SDN 管理软件，对工厂网络设备进行统一监控和管理；增加无线管理组件，对整网无线进行统一管理；增加终端管理组件，对生产网 IP 终端进行接入认证。

十三、 资金

本测试床项目所需资金约 200 万元，由海尔集团自行筹措并展开建设。

十四、 时间轴

2020 年 1 月，在海尔试点完成测试基础网络环境搭建，并部署 SDN 管理软件。

2020 年 3 月，完成测试用例设计，测试用例包括网络性能测试、与 Cosmoplat 平台对接测试、功能性测试等方面。

2020 年 6 月，按用例要求进行第一阶段测试，测试内容主要包括 TSN 网络的传输时延，与 SDN 控制器的对接情况。

2020 年 11 月，进行第二阶段测试，主要测试内容是基于 SDN 控制器实现全网的流量调度，以保证工业指令的确定性传输。

十五、 附加信息

该测试床以海尔新建工厂为基础进行实践，可满足多行业智能工厂需求，适用于制造业工厂内网络的建设和升级改造。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

基于大规模定制的智能+5G 验证测试平台

引言/导读

海尔工业智能研究院将构建全球工业智能领域一流资源共创共赢的生态系统，创造出满足用户最佳体验的领先产品与模式，在制造业的转型升级方面实现引领。通过整合优势资源、构筑工业智能、建立技术转化平台、产业孵化平台， 海尔工业智能研究院将被建成“立足家电业、面向消费品、辐射制造业”的互联网型工业智能研究院，成为行业引领的共创共赢平台。

网络技术作为实现工业互联与智能制造的基石，也正在经历转变。传统来说，工业数据和控制信号传输采用线缆来传输，但由于工业现场的复杂多样，移动的设备数据传输往往会遇到困难。以 5G 为代表的新一代无线网络具备有线解决方案的许多优势，并增加了许多新的可能性，例如更高的移动性、灵活性，更简单的网络管理以及更低的构建成本，是未来工厂柔性化、数字化、智能化的重要支撑网络是工业互联网的基础。为了推进 5G 等无线技术的工业落地应用，海尔工业智能研究院牵头建设智能+5G 大规模定制验证测试平台，融合了各类先进智能制造技术及第五代移动通信技术，输出 5G 环境下的智能制造升级解决方案，为 COSMOPlat 平台提供技术能力支撑，满足全球用户最佳定制体验提出智能+5G 大规模定制验证测试平台建设规划。

一、 关键词

大规模定制、工业智能、5G、MEC

二、 测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

青岛海尔智能制造研究院 技术总监 石恒 shiheng@haier.com

2.2. 合作公司

中国信息通信研究院

中国移动通信集团有限公司

中国联合网络通信集团有限公司

中国电信集团有限公司

华为技术有限公司

清华大学

同济大学

杭州汇萃智能科技有限公司

联合合作方	职责
中国信息通信研究院	5G工业场景指导及测试结果评定
中国移动通信集团有限公司	5G应用场景搭建和技术测试
中国联合网络通信集团有限公司	5G应用场景搭建和技术测试
中国电信集团有限公司	5G应用场景搭建和技术测试
华为技术有限公司	应用于工业场景的5G产品，后期的MEC设备等
清华大学	基于5G的智能运维和大数据分析
同济大学	基于5G的虚实融合验证测试
杭州汇萃	基于工业无线的智能检测系统技术测试
海尔工业智能研究院	发起单位，资料汇编和测试床建设

图 1 项目合作职责

三、 测试床项目目标

1、 目标

智能+5G 大规模定制验证测试平台拟在工业应用方向推进 5G 和工业智能技术的深度融合应用，凸显大规模定制模式的引领性，加快形成制造业网络化产业生态体系，能够带动全产业链生态系统技术能力提高、应用模式普及和产业升级。

2、 概述

智能制造是《中国制造 2025》重点实施工程之一，发展智能制造是推动中国制造业由大变强的根本途径。新一代信息技术如人工智能、大数据、工业互联网、5G、MEC（Multi-access Edge Computing）等与制造业深度融合，正在引发影响深远的产业变革，形成新的生产方式、产业形态、商业模式和经济增长点。智能+5G 大规模定制验证测试平台以家电制造行业为基础，并在 COSMOPlat 平台的支撑下进行跨行业复制，万物互联的智能制造无疑将为其带来极大程度的革新。

在制造业工厂内部，传统工业数据和控制信号传输采用线缆来传输，由于工业现场的复杂多样，设备数据的传输往往会遇到困难。以海尔为例，生产线联网大多依赖有线电缆传输，不便于后期扩展及移动，移动终端如扫描枪在行走过程中时常与现有的 WiFi 网络断开连接。现有的 WiFi 方案亦难以很好的满足大数量的终端连接。此外，现有网络还有以下几个挑战：

1）柔性生产对制造设备的数字化和互联互通有较高需求。随着制造企业生产需求的柔性变化，工业无线网络中的节点会新增、失效或者移动，如何在恶劣的现场通信环境中提供高可靠性的无线连接成为一大挑战，当前制造业中设备的联网节点比例小于 5%，生产过程的数据标记比例小于 3%，导致生产状态无法实时观察，生产效率无法评估，设备间的数据无法统计等问题。此外，生产线联网大多依赖有线电缆传输，不便于后期扩展及移动，严重影响了智能制造的发展。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

2）关键生产设备的移动性需要有安全可靠的网络保障。目前很多车间采用 WiFi 等无线网络满足设备移动性的联网要求，然而当多个 WiFi 接入点覆盖同一设备的同一信道时，接入点就会因为过度部署而产生性能降低的情况；且 WiFi 连续覆盖存在中间切换失败、时延过大、人员密集区域无法接入上网等问题。稳定性可靠性是工业网络的基本要求，当前制造业的无线解决方案为了满足其要求，导致网络越来越复杂，给后续维护带来困难。

3） 生产车间的网络安全性要求高，当前的 WiFi 无法满足需求。目前的 WiFi 网络安全性比较低，服务器只根据发送数据的用户 IP 进行识别，未对用户身份进行合法性校验。在同一子网的 WiFi 环境下，攻击者可以很容易通过 ARP

扫描，探测到其他上网设备的 IP 和 MAC 地址进行攻击，轻易的造成大面积断网。

4） 企业的从业人员培训成本高，培训形式传统，需要有新技术进行替代。当前制造业的从业人员普遍年轻，流动性高，经验相对匮乏，对企业而言不论是培训成本、或是聘用外部专家的成本都非常高。同时，企业的培训机制仍是传统的师徒教学，生产过程遇到问题需要依赖于外部专家支持，不利于企业内部沉淀自有知识库，急需一种全新的人机对话与交互形式，满足企业培训效率的提升。

5） 随着行业的发展，机器视觉对网络带宽、实时性提出较高要求，现有 WiFi 能力不足。机器视觉服务于自动化生产线，为了实现 PLC 和机械手通用连接，GigE Vison 通信协议和新的软件平台对网络带宽、实时性提出较高要求，现有 WIFI 网络对于支持高帧图像分析在速度和时延方面略显不足，对自动化专用传输协议依赖的网络传输可靠性无法满足；有线传输则在工厂布线、传输距离、日常维护方面有较大壁垒。

而 5G 网络相比以前的有线网络、WIFI 或 4G 网络具备了更多优势，例如更高的移动性、灵活性，更简单的网络管理以及更低的构建成本。作为新一代无线通信技术，5G 技术的迅猛发展切合了传统制造企业在智能制造转型过程中对无线网络的应用需求，其具备的高带宽、低延时的特性，能更好的满足工业环境下的设备互联和远程交互等厂内应用需求，并且为 MEC 边缘计算等能力提供了更好的网络支持，为企业构建统一的无线网络提供了可能。

智能+5G 大规模定制验证测试平台以“应用落地”为目标，结合企业当前网络痛点和创新技术应用，运用 5G+MEC 为基础网络架构、AR、机器视觉等新技术能力为客户提供以定制、交互、柔性制造模式为核心的验证测试平台。同时，该平台可以在家电制造行业及更多的制造企业进行快速复制和推广，推进制造业的网络化、数字化和智能化转型，以柔性化、定制化和智能化生产模式满足更广阔市场需求。

四、 测试床方案架构

4.1. 测试床架构

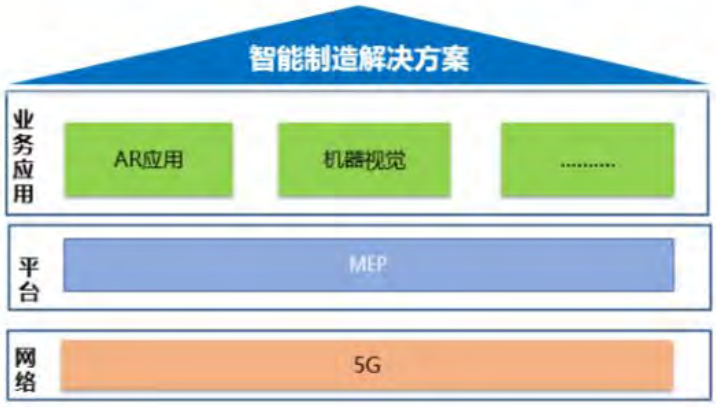
测试床遵循 AII 总体架构进行搭建，重点测试 5G 技术和工业智能的融合应用。



图 2 解决方案架构

4.2. 测试床方案

以 5G+MEC 边缘计算能力为网络基础，选取 AR 及机器视觉为主要上层应用，形成端到端的整体解决方案，为典型制造企业提供 5G 智慧工厂整体解决方案和产品能力。



以下从网络层、平台层、应用层分别介绍测试床，

1. 网络层

5G 网络广覆盖，实现万物互联，满足生产设备/移动终端的高可靠性连接要求。

1）本项目中，5G 提供比现有 WIFI 更广覆盖范围的无线连接服务。WIFI 的室内覆盖范围只有 20-50 米，5G 可以提供 3 倍的覆盖范围。

2）5G 的干扰监测粒度是 WiFi 的 25 倍，再多设备连接时，也不存在类似 WIFI 的同频干扰问题。

3）在不同基站间的切换时延小于 50ms，0 丢包，以往 WIFI 连接中经常掉线的现象已经彻底解决。

4）5G 连接的终端与网络间进行采用双向认证，整个数据传输过程中使用 IPSEC，HTTPS 等协议保障网元间连接安全，有效防止网络攻击保护数据安全。

2. 平台层

基于 5G 边缘计算（MEC）打造“虚拟 5G 专网”，确保生产网络安全和生产数据安全。MEC 是 5G 网络新增加的一个重要功能，可以将生产过程数据的传输范围控制在企业工厂内，满足生产数据安全性要求。本项目的 5G MEC 部署在工厂附近的移动机房，为海尔打造“虚拟 5G

1）通过 MEC 的本地分流功能和新增单独的 APN，从技术上实现所有生产数据在工厂内卸载不出园区，确保数据安全。

2）5G MEC 服务器为工厂提供灵活的计算能力。生产应用 APP 可以根据不同的业务需要，通过 MEP 平台直接调用 MEC 的强计算、AI 等能力满足自己对硬件服务器的要求，从而替代本地服务器。

3）由于 MEC 距离终端或信息源非常近，网络响应用户请求的时延大大减小，满足各种创新应用对低时延和大带宽的要求。

4）MEC 将企业的内部生产数据在本地园区闭环，避免传递到公网上，对传输网和核心网造成网络拥塞。

5）位于网络边缘的 MEC 能够实时获取例如基站 ID、可用带宽等网络数据以及与用户位置相关的信息，为各种生产应用提供网络开发能力，极大地改善用户的服务质量体验。

3. 应用层

（1） 5G 赋能 AR 技术在工厂应用

在 5G 网络的支撑下，本项目在海尔打造一个覆盖设计、巡检、维修、培训等制造流程及工业园区安全管理的 AR 应用平台。在 5G 低时延、大带宽、广连接的助力下，AR 的计算能力将不再限制于本地设备，极大地迁移到云端，算力明显提升。同时，在工厂应用时，5G 将支持 AR 大规模传输三维信息，满足远程协作低时延的急迫需求。以往使用 AR 应用容易产生眩晕感的情况将被改善，5G 的低时延特性将极大提升 AR 的使用感受。同时，AR 以提升人的感知能力、认知能力与执行能力为核心，将新一代的信息技术与制造业场景深度融合，实现降本增效，助力企业生产管理的精益化、信息化改革。

AR 平台功能包括以下几个部分：

1）基于海尔智能制造示范线，与园区 5G 网络连通，实现 AR 虚拟产品设计、车间 AR 可视化管理、AR 远程专家协作。

2）基于海尔生产线，接入园区 5G 网络，实现 AR 员工操作培训。员工培训由两部分培训内容组成，分别是系统零件识别，与系统模块组织培训。AR 员工操作培训可提升员工培训效率，降低培训成本，同时减少质量问题出现的频次。

3）基于海尔黄岛工业园区，将 AR 人脸识别服务与 5G 结合，实现对园区内海尔员工的内部管理。搭建园区的员工信息管理后台，园区的管理人员佩戴 AR 眼镜进行园区日常巡检时，可识别园区中员工的相关信息，或及时发现园区内是否有外来人员，第一时间进行问询，保证园区的安全管理。

（2）5G 助力机器视觉在工业检测应用

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

工业园区 5G 网络的部署实现，提供了宽管道、实时性高传输路径，保证工业相机、视觉处理器、PLC、机械手具备无线连接条件。实现助力工厂全线自动化改造，降低企业成本，提供产品质量。

1）通过覆盖 5G 网络，机器视觉系统实现以移代固。

将视觉系统单元配置为无线传输，替代传统有线连接方式，图像采集可自由分布于多个工位，共享图像处理单元，实现高速，低成本自动化检测生产线。

2）基于 5G 虚拟专网和万物互联部署，机器视觉系统实时远程监测功能。

依托 5G 高速率、大连接特性，不用进车间即可通过移动终端和便携终端监视 MES 系统，获取视觉检测系统的运行状态（正常运行时间，有效运行时间，故障原因），生产报表（生产数量，生产良品率），方便工厂设备管理人员、技术人员对视觉检测系统提出参数优化方案（如公差控制，检测关键点控制）、生产设备提出整改优化方案（如生产设备运行指标优化，工作环境优化）。

智能+5G 大规模定制验证测试平台颠覆传统制造模式，以用户为中心，体现智能产品-智能生产-智能服务的互联工厂模式的测试平台，能够践行全球引领的大规模个性化定制模式，具有高精度和高效率特点，并承载全流程、全价值链和产品全生命周期的展示功能。验证测试平台同时是自适应高柔性生产线，根据用户定制信息，可快速换产，生产冰箱和洗衣机等模型产品，具备智能产品全过程互联技术、智能生产相关软硬件供应链上下游集成技术和智能服务全过程贯通技术和能力。

AII 工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

4.3. 方案自主研发性、创新性及先进性

1、技术创新性

以解决工业痛点满足行业需求为目标，将 5G 技术定义的三大特性与实际工业场景相结合，满足和解决工业环境下的设备互联和远程交互应用需求，为企业构建统一的无线网络提供了可能。

（1）建立了综合试验测试体系架构和标准，创造性的开发产业统一新技术试验测试标准，解决了目前各项技术不统一的问题；

（2）将 5G 技术与当前的 AR、机器视觉、AGV 等新技术热点相结合，提供模块化、柔性化、定制化的测试场景；

（3）使制造企业摆脱了以往无线网络技术较为混乱的应用状态，这对于推动工业互联网的实施以及智能制造的深化转型有着积极的意义。

2、商业模式创新性

（1）打破传统移动通信 2C 的流量收费模式，对网络流量和 MEC 等核心资源进行收费；

（2）创造互利共赢的运营模式，企业参与 5G 网络的建设和运营；

（3）实现端边云协同互操作，应用及核心算法上云，实现降本增效。

3、应用创新性

智能+5G 大规模定制验证测试平台通过 5G 和 MEC 边缘计算能力为智研院和工业现场提供一个虚拟无线专网，从终端到网络接入、工业园区的应用等可以实现端到端的安全和高可靠性。同时，MEC 平台为 AR/VR、机器视觉等业务场景提供可扩展的计算能力，AI 分析能力等.在不需要增加硬件的情况下，灵活的调整各种能力，满足企业应用快速部署。整体项目优势主要体现在下面几点：

1）网络连接可靠：

采用运营商 5G 无线基站覆盖替代 WIFI，信号稳定，空口带宽可根据业务需求设置，移动终端切换基站或网关接入，用户持续在线，业务不中断。

2）网络体验好：

企业业务本地分流至内部服务器，不经过移动核心网，降低传输时延，满足企业人与人、人机之间网络通信低时延、大带宽的业务需求。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

3）安全性高：

基于运营商 5G 网络建网，接入、传输均采用标准加密协议，保密性高，企业专网业务与大网传输相隔离，不经过互联网，保证企业数据的安全和专用性 。

4）极简部署：

5G MEC 平台满足企业应用快速部署。根据园区的本地应用需求，以往部署一个应用需要添加高性能服务器、部署人工、协调电源、机房等一般在 30 天-60 天的时间。而采用 5G 网络，仅需要将终端增加 SIM，在 MEC 平台上集成相应即可。整个部署时间可以压缩到 2 天。

5）极简运维：

生产设备通过 5G 连接，实时监控其运行状态，可远程轻松访问车间产线数据，设备运维状况，原材料品质，产品良品率等，对生产设备可以实现远程集中运维、集中管控，降低服务费用。

先进性：

1、作为新一代无线通信技术，5G 技术的迅猛发展正好切合了传统制造企业智能制造转型对无线网络的应用需求。

2、从行业来看，5G 技术定义的三大场景不但覆盖了高带宽、低延时等传统应用场景，而且还能满足工业环境下的设备互联和远程交互应用需求，这种广域网全覆盖的特点为企业构建统一的无线网络提供了可能。

3、5G 技术的发展可以帮助制造企业摆脱以往无线网络技术较为混乱的应用状态, 这对于推动工业互联网的实施以及智能制造的深化转型有着积极的意义。

4、智能+5G 大规模定制验证测试平台在应用场景方面的先进性体现在：

1）智能+5G+AR 的应用

AR 应用的人脸、物体等目标识别与检测、模型渲染、3D 数据传输等工作结合 5G 边缘计算（MEC），在保障生产制造的安全性同时，借用边缘计算能力 AR 终端设备计算力加强，使用“AR 工业工具”的工作人员体验得到优化，工作效率得以明显提升，降低了企业的人力成本、资源成本，促进向智能制造的转型升级。

2）智能+5G+机器视觉的应用

机器视觉将单机系统分解为分布检测系统，可多个工位远距离共享计算单元，为企业安装调试简单，从繁琐电气布线到无线连接，降低日常维护投入和物理损耗。如当前机械手抓取，一方面，在布线距离上有限制，需要使用特殊网线，长时间随动运转后易磨损，跟换 1 次至少需要停机时间 3 小时，而 5G 部署，从视觉部署应用而言，可降低前期投入和运维成本。同时，在工业园区可远程轻松访问车间产线数据，设备运维状况，原材料品质，产品良品率等。工程师可在办公室完成参数配置，工艺参数调整，公差控制。

3）视觉系统轻量化，从每个检测点需单独配置的视觉处理器，到共享计算平台，总项目的实施成本降低 40%，现有算法库集成了 67 个模块算法，新算法可在云端训练并更新、下发到处理端的算法库，并进行统一运维。

五、 测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

智能+5G 大规模定制验证测试平台的建设应用，为企业新技术的应用提供了先行先试的平台，降低了企业技术升级的试错成本和门槛。结合之前的粗放式技术升级，经智能+5G 大规模定制验证测试平台测试验证后的技术升级，可以为工厂节约 35%以上的升级成本。

对比之前的智能化升级，5G 出现后，解决了企业的生产数据和生产过程在云端部署的难题。在将来的智能工厂中，低时延高可靠的无线网络技术不仅能极大提高工厂内生产效率，更能高效满足企业对工厂现场的运营管理需求。5G 网络移动便捷的部署方式以及高可靠低时延的网络特性将成为未来智能工厂的首选无线通信技术，并且在网络部署成本上有大幅度的降低。

以机器视觉为例，通过机器视觉+5G+MEC 的处理方式，基于 5G 无线传输取代有线千兆网传输，打破了有线传输有效距离近的限制，为实现算法处理层从设备端上升到边缘端打通了传输路径，算法处理统一规划到 MEC 当中，可以根据工厂的实际的处理量统一配置计算能力。该方案实现设备端轻量化，产线机器视觉应用点只保留工业相机，取消单独的工控机，工厂或园区统一部署 MEC，总体方案降低布线成本、硬件及算力浪费，便于统一运维及算法的更新迭代。海尔的家电生产工厂中，工厂机器视觉应用量大，合计工厂约 100+家，平均每家工厂 4 条总装线，平均每条总装线 5 个机器视觉应用点，每个应用点需要 4-5 个工业相机，至少需要 1 台工控机。按一套工控机（包含视觉处理算法）10 万，一条相机网线成本 0.02 万计算，一个工厂的算力、布线成本：4*5*（10+5*0.02）=202 万，全部工厂的成本：202*100=20200 万。

再以 5G+AR 应用为例，加入 AR 体验，不仅丰富了企业培训的方式与形态，同时与云计算打通，降低 AR 眼镜的成本，通过云渲染可以将 AR 眼镜的渲染部分去除，降低成本 25%以上。画面清晰度提升 60%。

AR 依托 5G 的 MEC 渲染平台通过云化渲染技术，在保证视频码流稳定传输和高精度图像显示的前提下，降低了对 AR 头显终端硬件计算能力的要求，既降低了硬件的成本，同时使 AR 眼镜更轻便，使 AR 消费门槛下降 70~80%。从而

解决了当前 AR 市场的功耗大待机时间端、图像不清晰等问题。为 AR 在工业中的普及提供了基本条件。

AR 员工操作训练方面，以某工厂 500 人的员工离职率 10%来计算，一年合计招募人员 600 人，新的方式减少人员培训时间 3 天，合计 1800 人天，换算为 60 人月，每月工资 5000，合计为收益为 30 万/年。同时正常作业大概 2%的每天不良，约 60 件，需要维修工人 10 人，人员熟练度不足的作业不良会增加 1%，增加 5 人的维修工作量，每年的人工费用 5*5000*12 月=30 万/年。后续推广到其它的互联工厂，合计节省培训费用 35*30 万=1140 万。

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

（1） 输出 5G 应用的解决方案和软硬件产品

（2） 对外复制验证测试平台，形成模块化产品

（3） 网络传输效率提升 85%，准确性提升 20 倍

（4） 终端轻量化，成本降低 60%

（5） 远程运维和协同研发人力成本节省 30%

6.3. 测试床的社会价值

在 2019 的汉诺威工博会上，海尔发布全球首创智能+5G 大规模定制验证平台，再度成为全球焦点。凯姆尼茨大学穆勒教授在参观了海尔 COSMOPlat 展区后认为，COSMOPlat 是现有工业互联网平台中唯一物联网概念已经进入实操阶段，并且取得成果的平台。也就是说，海尔的技术能力又上升了一个大台阶，并处于世界领先地位。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



图 5 专家高度认可

从国家层面来说，工业制造业作为我国实体经济的压舱石，工业互联网等新兴技术的发展受到国家政策的高度支持。2017 年底政府发布《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》。2019 年初《政府工作报告》指出，要坚持创新引领发展，培育壮大新动能，打造工业互联网平台，拓展“智能+”，为制造业转型升级赋能。

从产业层面来说，随着移动互联网向智能制造产业的高速渗透和融合，5G 技术低延时、高可靠、高密度链接的网络特性将为制造业提供更为强大的通信能力，将为制造业带来全新的变革和机遇：

（1）制造业正逐渐走向服务化。企业正在从基于销售“盒子”的有形产品转向销售产品附加的增值服务。通过被 5G 无线连接的产品收集和上报用户消费行为数据，企业基于此大数据分析获取消费者使用习惯、消费新需求，实现大数据精准营销和再次销售。

（2）智能制造赋能精益生产。现有制造业机制的产能过剩、供需不平衡的矛盾日益突出。通过 5G 的广覆盖、多连接，工业设备和物流装备在采购、设计、生产、物流等环节中实现互联互通，让设备赋能数字化，可以被系统精确的识别、协调和管理。

从目前的调查分析，工业制造领域还有 80%的企业没有实现数字化转型。究其原因是因为公有云的安全性和可靠性不满足企业数字化上云的要求。通过 5G 的大带宽 MEC 的数据不出园区，企业逐步可以实现精准生产、精准供应、最终提高生产效率，从而推动企业的数字化进展。

从企业来说，项目技术成果在海尔的应用，可完善人单合一商业模式驱动下的大规模定制模式，降低后市场维护成本，大幅提高海尔的口碑，提升海尔品牌形象，创造企业价值，加速海尔战略转型升级步伐。同时对于生态圈内的企业也可以实现赋能，资源共享，从而达到降低坏件率、降低资源浪费、提高整体生产效率的目的。

六、 测试床成果验证

7.1. 测试床成果验证计划

本项目第一阶段重点落地 AR 应用和机器视觉应用。后续阶段还会将 AGV、视频安防、数据采集、数字仿真等重点应用与 5G 结合，通过智能+5G 技术支撑互联工厂，真正实现生产效率、制造成本、不入库率等产能指标的极大优化，搭建跨界融合、生态共赢、技术迭代的创新体系，全面赋能网器交互、设计、体验、预售、制造、迭代等生态场景。

同时，当前 5G R16 的标准还未冻结，随着 5G 标准的发展演进，该项目也会持续迭代更新：

（1）5G 模组集成后的应用落地

目前的测试采用 CPE 等方式接入 5G，应用 5G 模组集成后测试效率和结果会得到显著改善；

（2）单点应用向“集群”转移

目前测试都是完成单点验证，随着 5G SA 标准的确定，SA 网络的成熟，我们将逐步从单点向“集群”转移，以达到实际工业需求的多点接入；

（3）继续坚持开放性

平台的目标是加快形成制造业网络化产业生态体系，能够带动全产业链生态系统技术能力提高、应用模式普及和产业升级。继续深化融合，将各种新技术和各行各业的需求融合进来。

（4）5G 网络安全方面

随工厂面向数字化、网络化、智能化快速发展，工厂数据的安全性和私密性成为用户最关心的问题之一，5G 为工厂数据的安全提供了多种类型保障措施，具有逻辑隔离和物理隔离两种方案，5G 网络采用端到端网络切片方式为工厂数据分配专属资源，放弃其他类型用户访问，保护数据安全；对于数据安全要求更严格的行业，可以通引入 5G 本地分流技术，将工厂采集的数据不经过 5G 核心网，直接传送至工厂私有云，实现数据不出工厂园区，保护数据安全和私密性；对于安全性要求极高的航空、电力等关键行业和设施，可采用新建行业专网方式，使得运行、生产数据闭环流转，确保数据安全。

7.2. 测试床成果验证方案

测试床以解决解决各产业共性问题为目标，测试床输出多项 5G 应用解决方案，并在行业有成熟应用，同时交付相关专利软著和测试报告；平台测试的

7 类技术在工厂落地 25 个场景，所有 5G 技术通过平台的测试验证，能够大幅提高生产效率和产品质量；



（1）建立 5G 实验基地

把工厂生产创新中心作为工厂一个 5G 实验基地，5G 结合 AR 增强现实与 VR 虚拟现实融合,所实施的项目在 5G 实验基地进行验证，实验基地建设在车间内，以工厂可应用范围作为实验方向，在 5G 实验基地测试、模拟工厂，在此区域验证的主要项目有 5G 结合 AR/VR,5G 机器视觉，5G 应用于 8K 视频传输，5G 应用于机器人控制，5G 应用于安防，5G 应用于远程维修，5G 应用于工厂大数据等，验证合格应用于工厂。

（2）实施智能视觉检测项目

构建 5G+MEC 的视觉云台，工厂已经落地的主要项目有箱体外观检测、整机外观检测、VIP 检测等视觉检测项目，其中 VIP 检测项目是国内领先视觉检测项目，通过 5G 技术，将数据回传到 MEC 的机器视觉检测云平台，对采集的数据进行分析，箱体外观检测包括三个方面，a.箱体侧板检测，通过蓝光视觉检测技术，通过 5G 技术，实现数据的采集到云平台进行分析，b.箱体在线 3D 检测技术，是全球首家 3D 在线检测项目，主要检测冰箱的外观 3D 尺寸，主要的检测项超过 10 项，分析冰箱的尺寸，c.箱体正面的配合尺寸检测，检测冰箱尺寸的可靠性，通过 5G 传输到视觉云平台进行分析统计控制.整机视觉检测项目主要包含 2 个方面，a.整机的侧面检测，通过 5G 技术，实现数据的采集到云平台进行分析，b.整机的正面检测，主要有门体的安装配合尺寸，门体是否有划伤等缺陷，通过数据积累，实现智能判断决策。

（3）基于 5G 技术的安防管理平台

为了加强工厂的安全管控，尤其是对人员的管控，利用 5G 技术，将安防管理平台放在 MEC 边缘端，使用 AR\Pad 等设备完成安防人脸识别或工夫识别等，对车间内人员，包含内、外、不明人员，可迅速发现可以人员，预警报警。另外也可自动识别安全帽佩戴，异常报警提示。

（4）基于 5G 的 AR 远程协作系统

5G 应用于 AR 远程协作维修，在线共享专家，出现设备问题后，连线专家快速处理，与国外共同讨论关键设备问题，节省出差费用，节省时间成本，真正实现了现场维护人员和专家的“零距离”沟通。

七、 测试床成果交付

9.1. 测试床可复制性

5G MEC 样板在海尔的工厂的应用场景不断增加，技术模块的可移植性不断增强，这给海尔的全球战略带来了历史性变革，同时也为中国加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能同实体经济深度融合提供了可复制的“海尔模式”。

目前，国家从各个层面引导企业、政府和行业积极参与 5G 建设，5G 生态中。所以从 5G 的基站、生态应用到最终应用，未来 5G 的规模推广不会存在问题。从支持无线的生产设备情况来看，根据业界调查机构预测，未来无线通信连接会快速增长，特别是随着 5G 模组的陆续上市，各种支持无线连接的生产设备会有一个爆发式发展。

因此，该项目所展示的“智能+5G”必将体现出巨大的优势，发挥出灵活多变、个性化定制的特点。目前项目的实施过程中，以“模块化、柔性化、定制化”的特点为根基，可复制性、可移植性为导向。逐步拓展不同应用领域，目前已在家电、模具、建陶、化工等领域已开始部署应用，由传统提供单一网络能力，逐步向平台化管理、一体化方案、生态化发展的方向转变，向垂直行业客户提供整体解决方案。

随着人工被机器取代，服务方式也发生了变化。服务方式由原来的现场服务可以实现在线服务，远程指导服务等。同时，AR 及视觉检测等应用助力企业为客户提供定制、交互、柔性的产品+服务。

9.2. 测试床开放性

1、 技术开放性

终端接入 5G 网络：

系统方案设计考虑后期 5G+工业互联网 场景的丰富和多样性，同时考虑到当前 5G 终端模组的市场情况，现场采用 5G CPE 作为场景设备接入 5G 网络的终端。后期新增设备可随时、简便的接入，新业务新场景接入对整体网络影响小。

平台开放性：

目前 MEC 平台支持 WINS/Linux 等多种操作系统，软件/APP 等可部署在 MEC 平台虚机上，与终端软硬件设备实时交互，实现丰富的系统集成功能。

计划开放性：

已规划 2020 年 Q1 完成基于 5G 模组的场景验证测试。

2、 生态开放性

测试床的目标是加快形成制造业网络化产业生态体系，能够带动全产业链生态系统技术能力提高、应用模式普及和产业升级。继续深化融合，将各种新技术和各行各业的需求融合进来

八、 其他信息

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

10.1. 测试床使用者

海尔集团以及各产业，并将成熟方案对外推广。

10.2. 测试床知识产权说明

青岛海尔工业智能研究院有限公司对该测试床的建设、运营以及使用拥有产权及相关知识产权。

10.3. 测试床运营及访问使用

验证测试平台目前已经大规模定制示范线的建设，可以通过电话和邮件预约的方式来进行工业智能相关技术验证测试，5G 网络环境已建设完成，场景测试进行中。

10.4. 测试床资金

预估资金 850 万元，自筹

10.5. 测试床时间轴

建设期	**2019H1**	**5G 测试基站联合建设，大规模定制示范线升级**
应用期	2019~2020	已规划和扩展测试项目进行验证测试，输出测试报告和技术应用白皮书
推广期	2021	向跨行业、跨领域推广技术测试验证平台和大规模定制模式

10.6. 附加信息

【请列出其他有价值的信息以便委员会更好的对测试床提案申请进行评估和决策，如可应用复制的行业等。】

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于开源白盒的工业互联云专网综合能力测试床

引言/导读

在未来网络的研究与发展进程中，开源软件起到了巨大的作用。开源软件以快速迭代、开放、灵活可定制等特性受到了广大研究人员的青睐，具有很强的前瞻性。在信息网络的研究中，开源软件涉及从单个设备的软件实现到平台级软件系统的方方面面。中国联通网络技术研究院在《CUBENet 集成验证平台研发》基础上升级完成最新版开源开放 CUBE-Platform 部署，并在 2018 年 MWCS 进行了发布。该平台是一套基于 ONF 社区 M-CORD 项目的电信边缘云能力服务系统，遵循 Apache2.0 相关协议，是国内首个基于 M-CORD 架构部署的开源平台项目，也是网研院在云计算领域首批获得著作权的软件产品，更是中国联通在网络开源研究领域软件研发的重要成果。

一、 关键词

开源、白盒、行业专网、边缘云

二、 测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

中国联合网络通信有限公司网络技术研究院 刘斯奇 18601102792

2.2. 合作公司

北京博上网络科技有限公司

中科诺维（北京）科技有限公司

三、 测试床项目目标

运营商方面，伴随云计算、SDN、NFV 等技术兴起，国内外运营商都相继提出中远期网络重构的战略目标，一方面是想借助新技术产生新的业务模式，积极应对互联网公司 OTT 服务对电信传统业务造成的强力冲击。另一方面希望依托新技术构建新的网络架构，努力摆脱多年形成的僵化网络对自身运维效率提升带来的巨大阻碍。ONF（Open Networking Foundation）开放网络基金会是2011 年由运营商主导成立的国际开放联盟组织，通过利用 SDN、NFV 和云化技术等方式围绕网络软硬件解耦、白盒设备、开源软件和软件定义标准来构建解决方案，进而推动网络基础设施和运营商业务模式的转型，帮助整个生态系统大幅降低 Capex 和 Opex 成本，包括 5G 移动网络，超级宽带和其他新一代的网络技术。CORD 的核心就是用 IT/互联网运营商的技术思路/运维方法来解决电信运营商的技术、商业、管理、运维等问题。用开源软件和白盒硬件来构建技术模块，用通用的数据中心基础设施规模来降低成本。中国联通于 2016 年发起成立的“中国 CORD 产业联盟”，也是意在整合传统运营商、CORD 制造商、芯片厂商、软件服务商等各方优势资源的同时，将开源开放的理念引入到合作中。基于开源社区组织的体系架构和软件技术，依托产业联盟，加强开源开发能力的建设，实现协同创新和合作共赢，共同推动 CORD 在中国的商用部署，加快向新一代网络架构转型。

垂直行业方面，当前能源电力行业集中度高、价值大、产业渗透面广，且正在进入数字化转型爆发期，部分发电企业仍存在人工作业环境恶劣及高危险系数等工作因素。发电厂工作区域范围大、环境相对较差，传统的巡视主要是通过人工方式，综合运用感官以及一些配套的检测仪器对设备进行以简单定性判断为主的检查，该方式存在劳动强度大、检测质量分散、主观因素多、巡视不到位且难以全面监控、巡视结果数字化不便等缺陷。单纯依靠传统的传感器及摄像头监控会由于安装环境等问题导致监控范围和监控角度无法全覆盖，而要保证全方位无死角的监控，又需要安装过多的传感器、摄像头才能完成，在投入上会造成巨大的浪费，同时由于过多的传感器需要维护，造成整体解决方案性价比低。

四、 测试床方案架构

4.1. 测试床应用场景

以能源行业火力发电厂为例，其中输煤系统是火力发电厂的重要辅助系统之一，输煤栈桥内的皮带机、滚轴筛、碎煤机、三通、犁煤器、除尘器、除铁器等主要设备，速度监测、跑偏、撕裂、拉绳等保护设备以及电缆、排水、通风、供电、照明、消防、通讯附属设备数量多、分布点多、总里程长，给人工巡检带来了繁重的劳动强度；同时输煤栈桥存在易产生粉尘、噪声大、空气不易流通、散热较慢等环境恶劣的问题，对日常巡检提出了更高要求，也增加了人工巡检的危险性。虽然当前大部分发电厂采用以固定点安装监控视频来检测输煤系统的环境及设备情况，通过人员携带便携式仪器进行现场巡检，然而固定式的监控灵活性差，存在监控死角，人员巡检处于恶劣工作环境下，劳动强度大，外加现场为高空作业，易引发安全事故。目前多数工业园区虽通过 WiFi 进行无线接入，但 WiFi 在安全认证、抗干扰、信道利用率、QoS、业务连续性等方面无法进行保障，难以满足工业需求。

4.2. 测试床架构

测试床架构是平台的核心，涉及工业互联网体系架构中的网络、数据及安全等重要因素。基于开源 M-CORD 平台实现，考虑到 CORD 开源社区的平台中集成的为 eNodeB 和 UE 模拟器，因此在实际部署验证时需要替换为真实的 eNodeB 和 UE，本系统中一体化小基站即为 eNodeB，位于机器人中的 LTE CPE 为 UE。另外，CORD 开源社区中使用了白盒交换机来模拟实际网络中的 Leaf-Spine 网络，而在本项目中，均部署运行在发电厂，不需要负载的传输网络，因此，在项目中可以精简白盒交换机的数量，通过一台白盒交换机作为汇聚即可。

CORD 开源社区中使用了开源的 EPC，无论是在配置、稳定性和性能方面都存在一些不足，因此，在具体实施过程中，可以替换其中的开源 EPC 以提升整体系统的易用性、稳定性和性能。

综上，测试床架构设计如下：

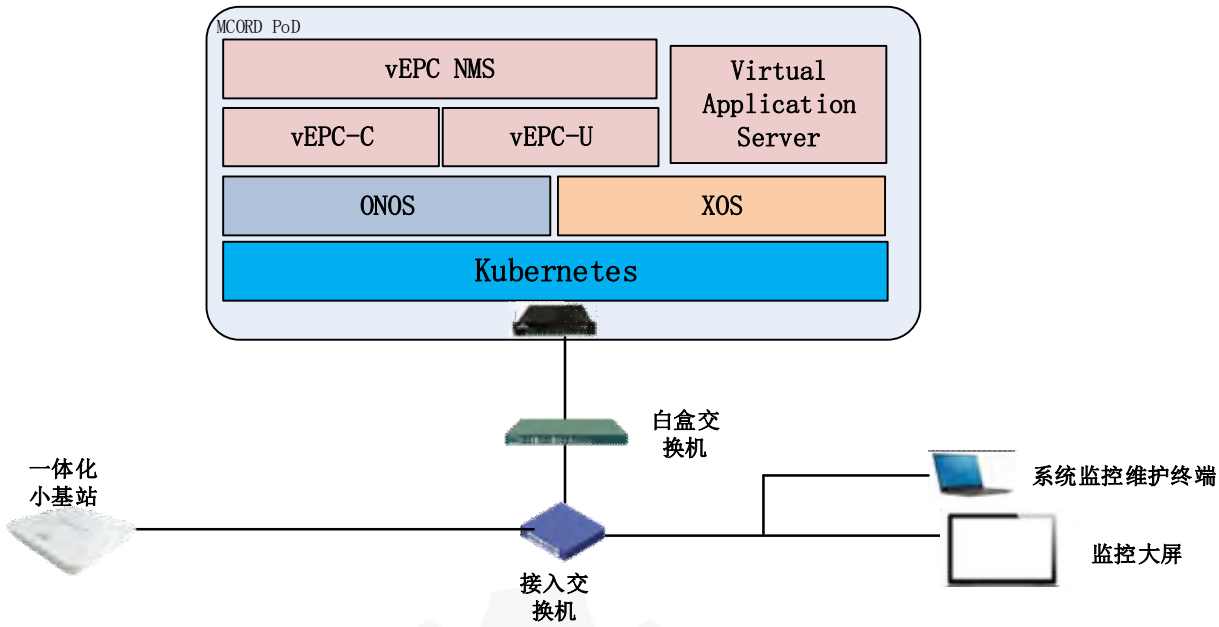


图 1 测试床架构

4.3. 测试床方案

经过对电厂业务的调研发现，选取晋能离石大土河电厂的五号输煤管线作为智能监控试点进行实施自动化巡检探索。即在五号输煤管线上方安装一巡检机器人导轨，在巡检机器人上安装高清摄像头、红外热成像仪、高清晰拾音器、激光雷达设备，这些设备将采集高清视频图像、音频、热成像等数据，数据通过机器人中集成的 LTE 无线通信模组以及管线附近安装的 LTE 基站设备传送到电厂核心机房的 CORD 监控平台，CORD 监控平台中的监控应用服务程序对采集到的数据进行分析处理，将分析处理后的结果呈现到监控大屏上。

如下图，为系统整体拓扑图。



图 2 总体方案拓扑图

整体系统分为 4 大块，即智能巡检机器人、一体化小基站、巡检平台系统、监控与运维中心。

4.3.1　智能巡检机器人

在智能巡检机器人上安装 5 大组件：CPE 通讯模块、高清摄像头、高清拾音器、红外热成像仪、激光雷达。如下图所示：

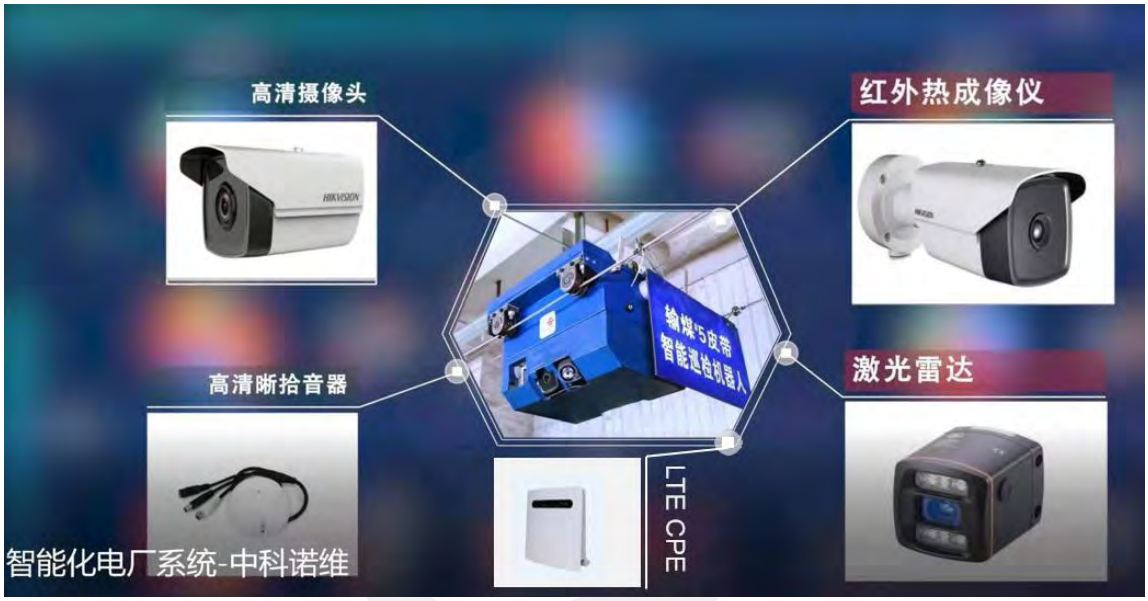


图 3 智能巡检机器人

其中 LTE CPE 作为 4G LTE 无线通讯模组，提供基础的 LTE 网络连接服务，将采集设备收集到的数据通过该模组在 LTE 无线网络上传送， LTE CPE 的工作频段应与下节中一体化小基站的工作频段相对应。

考虑到机器人的工作环境比较恶劣，如高粉尘、洒水清扫等因素，因此上述的整体部件将整体加封一个防尘、防水外壳，各组件在外壳内按照预先设计好的位置安装固定。特别说明的是，LTE CPE 需要与基站建立无线连接，而铁质外壳可能对 LTE 型号有所遮挡损耗，因此，在外壳上预留两根天线接口，将 LTE CPE 的内置天线改装为外置天线。

4.3.2　一体化基站

基站具有一体化、精确覆盖、灵活部署等特性，在本项目中作为无线接入点，为机器人中的 LTE CPE 提供 LTE 无线接入服务。在小基站的选择上需考虑如下因素：

1、覆盖：5 号输煤管线总长约为 130 米，机器人将在预置路线上来回移动进行监控，小基站所发出的信号需要覆盖机器人的移动路线，确保机器人中的 LTE CPE 能够正常工作。

2、安装位置：实际上也与上面一条覆盖相关，若能安装的管线中央，则可节省小基站的发射功率。但还需要考虑现场实地情况，包括固定位置是否有空间、是否能够方便取电以及链接核心网的光纤/网线连接。

3、工作频段：本次项目为了验证中国联通提出的开源平台能否应用到垂直行业中，因此，首选考虑使用中国联通的无线频谱资源。此外，由于 M-CORD 系统与中国联通的公网之间无任何连接，因此需要考虑将本小基站的工作频段与公网的频段错开，以防对公网用户造成影响。

4、防护：同机器人的安装环境，需要能够防尘、防水。

4.3.3 行业专网及边缘云综合能力平台（先期实现巡检监控功能）

行业专网及边缘云综合能力平台架构参考“4.2 测试床架构”。

4.3.4 监控和维护中心

分为两个部分：监控大厅和维护终端。

采集到的数据通过巡检监控平台中的虚拟应用服务器处理后，得到分析后的结果，包括原始高清视频图像、热成像图像、粉尘噪音指数、不合规着装人员等预警信息，这些结果信息均反馈到监控大厅的监控大屏上。具体的监控大厅只要能够通过 Http 访问 M-CORD 巡检监控平台中的虚拟监控应用服务器即可。

维护终端用于维护整个监控系统的运行，处理一些故障和修改一些配置使用。而系统的核心监控平台所使用的服务器、交换机等设备位于中心机房，设备噪音、空调低温以及操作台受限，因此可在监控平台的交换机上预留端口，通过此端口引出到操作间的维护终端。维护终端可以对系统平台的一体化小基站、CORD 服务器、接入交换机以及 CORD 平台中各虚拟网元设备进行配置和运行状态监控。

4.4. 方案重点技术

本测试床方案重点技术主要围绕开源软件、白盒硬件及提供专网服务能力来开展：

4.4.1 开源软件平台

CORD 项目（Central Office Re-architected as a DataCenter）是 ONF 发起并管理的 SDN 领域开源项目，是建立和构建边缘云概念的理想平台，最新发布的版本已经完全支持云原生应用 Kubernetes。CORD 除可支持对运营商的 CO(Central Office)机房进行改造为云数据中心外，也可对运营商及企业的边缘机房进行云化改造为具备边缘接入能力的基础平台，其目标是提供一个网络运营商服务交付平台的参考实现，其核心输出包括一个软件平台、系列硬件规范和服务模型等。CORD 项目整合了一系列开源项目，包括 OpenStack、Docker 和 ONOS®，并利用 DevOps 的应用开发模型为网络运营商建立一个开放、可编程且敏捷的平台。CORD 的场景主要分为家庭接入业务（R-CORD）、企业业务（E-CORD）和移动业务（M-CORD）。

目前国际上开源社区在边缘计算领域涉及的项目主要围绕 Akraino、StarlingX、vco 和 CORD 四个项目。

Akraino 是一个 Linux 基金会项目，支持针对边缘计算系统和应用程序优化的高可用性云服务。该项目成员有 ARM、AT&T、戴尔 EMC、爱立信、华为、英特尔公司、inwinSTACK、瞻博网络、诺基亚、高通、Radisys、红帽和风河等。它既包括了顶层边缘应用程序或 VNF，也包括了中间与底层基础架构框架交互的中间件和边缘 API，当然也包括了管理底层基础架构的 Edge Stack，以及相应的生存周期管理、CI/CD 和工具集。

StarlingX 项目是 OpenStack 基金会启动的另一个独立的开源项目，它使用了许多 OpenStack 服务来提供核心的计算、存储和网络功能。它基于英特尔和风河贡献的种子代码，并将自己的组件与 OpenStack、Ceph 和 OVS 等领先的开源项目结合在一起，组成一套完美的软件方案。同时，StarlingX 也是在 Akraino 的框架下，但它大多基于 OpenStack 架构而来，并且向上层提供了一系列虚拟网络化功能（Virtual Network Functions），方便上层的编排器来调用 IaaS 层的资源，而底层则是使用目前云计算平台的 Best Practice，即控制服务、计算服务（kvm）、网络服务（ovs）、存储服务（ceph）来完成。另外还会发现，StarlingX 除了拥有 OpenStack 组件外，还增加了很多中间件如 Software Management Service,、Fault Management Service, Host Management Service 等，提供了更多的底层 API，比 OpenStack 支持的功能点更多。

vCO 是 OPNFV 社区的项目，该项目提供了住宅和企业的 vCPE 服务，展示了使用 OpenStack 云、OpenDaylight SDN 控制器、OpenCompute 平台(OCP)兼容硬件开发的平台及加载的一系列提供端到端服务的 VNF。该演示表明，这一网络服务支持现场配置连接和 vCPE，具有实时远程监测和分析、故障管理和服务保证等功能。vCO 的组件与 CORD 不同，vCO 是以 OpenStack 为基础建立的，而 CORD 是建立在 OpenStack 或 Docker 容器之上。vCO 使用 OpenDaylight 控制器，CORD 使用 XOS 操作系统和 ONOS 控制器。

	Akraino(Including StarlingX/Airship)	vCO	CORD
Mission	The Akraino Edge Stack is designed to improve the state of edge cloud infrastructure for enterprise edge, OTT edge, and carrier edge networks.	The goal of the Virtual Central Office project is to produce an OpenDaylight-based reference architecture that, when combined with other functional elements (such as NFV and Orchestration software stacks) can support the delivery of Residential, Business and Mobile Services.	To build an open reference implementation of CORD, bringing datacenter economies and cloud agility to service provider networks.
Foundation	Akraino : Linux Foundation Airship : OpenStack Foundation StarlingX: OpenStack Foundation	Linux Foundation→ OPNFV	Linux Foundation → ONF → CORD (?)
Edge Mano	ONAP/Tacker	ONAP(Started from v2.0)/Tacker	XOS
SDN	ODL/Commercial/	ODL	ONOS
Open VNF	n/a	n/a	Provide Open vEPC/vOLT and etc (*)
Since from	2018	2018	2016
Latest Version	1.0	2.0	6.0
HW Preference	n/a	White Box+Open Rack	White Box+Open Rack
Sub Projects	Airship, StarlingX	n/a	R-CORD/M-CORD/E-CORD
Edge Infra	OpenStack on Kubernetes (OOK),	OpenStack	OpenStack/K8S
Source Code	https://git.starlingx.io/cgit StarlingX https://git.airshipit.org/cgit Airship	No source code yet POF demo only	https://gerrit.opencord.org/#/q/status:open

图 4 CORD 与现有国内外技术对比

基于开源软件的开放性特点，测试床也可根据行业需求对平台需要做定制开发。

4.4.2 白盒硬件

白盒设备通过部署在通用硬件系统，可以轻松拓展，部署在各种工业物联网场景中。白盒设备也为测试床项目提供了极高的可复制性，为垂直行业数字化转型、智能化转型，提供了模版方案。本测试床涉及的白盒设备形态主要可分为承载核心网软件功能通用服务器设备、白盒网络设备（交换机）、白盒基站。白盒硬件和传统与之相对立的黑盒设备其主要区别就是功能开放，包含三个层面：接口开放、架构开放及能力开放。

只有开放接口才能丰富整个产业链，产业链各方也可以更加专心“各司其职”，通过竞争催化创新，推动技术进步，增加兼容及可扩展性。与此同时，接口开放也为未来更好地共建、共享网络，减少 opex/capex 提供强有力支撑。

对于架构的开放，可在未来行业或企业的应用中，通过软件功能虚拟化形式和企业网关、业务网关及云接入网关设备共设，为企业提供可本地部署的边缘计算能力。

对于能力开放，可尝试将 API 接口提供给第三方应用，从而为企业及个人用户提供更多的应用体验服务。

4.4.3 专网能力

专网用于承载隔离性要求极高的行业应用，在园区内采用独立的无线设备、频率资源、承载网和核心网，与公网无线、承载网、核心网完全隔离的通道，公网业务变化完全不会影响专网数据传输质量，形成严格隔离的行业专网。

独立专网架构具有高隔离性，性能灵活定制等能力，但所有设备都需要单独建设，成本高。此外，对于语音、短信等通信需求，独立专网还需要单独建设 IMS、短信平台等，增加额外投资。

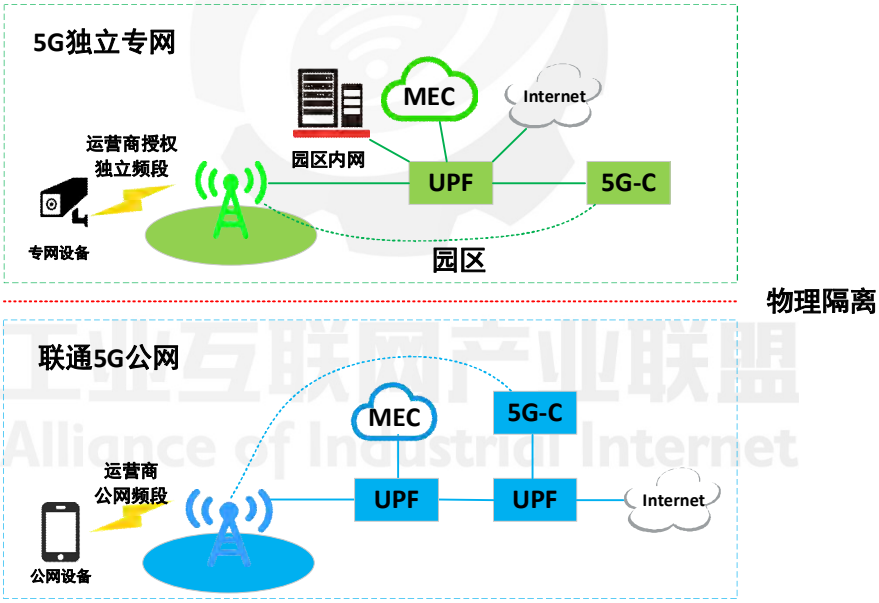


图 5 独立专网架构：独立基站、频率、承载网、核心网 U 面、C 面

为园区分配独立的频段，建设独立基站、承载网、核心网 U 面和 C 面设备。园区内的应用流量通过独立频段的空口接入独立基站，在园区本地通过 UPF 分流，直接流向园区内网的应用平台/园区私有云/IDC，或园区内承载应用平台的边缘云（MEC），相比公网流量，大大降低了传输时延，并保证园区内网流量不出园区，实现严格的数据隔离。

如果有访问互联网的需求，可通过园区内的 UPF 经安全设备（防火墙、抗 DDoS 等，没有直接画出）后接入互联网。如果没有访问互联网的需求，则不需要通过 UPF 接入互联网。

用户可以根据不同应用的需求，调整专网相应位置基站的上下行带宽配比，管理终端的接入权限，配置终端 IP 地址池等网络运营维护的操作。

任何公网的调整不会影响到专网业务。

4.5. 方案自主研发性、创新性及先进性

本方案以基于开源的电信边缘云平台作为面向电厂智能巡检机器人的 4/5G 承载接入方案，平台采用 ONF 社区最新的开源项目架构进行二次开发、集成智能机器人及相关基站组件，为电厂提供边缘及专网接入的联合创新型综合能力平台。

该综合能力平台通过使用开源 CORD 项目作为基础接入架构，实现软硬件解耦、设备白盒化、网络虚拟化；并可集成电厂行业应用系统，为已有行业应用系统提供运行的平台载体，同时还可以基于该平台所提供的网络能力进行新型应用系统的创新开发。

本方案利用无线机器人上搭载的激光测试仪及相关智能传感器，对皮带机、周围环境进行视频、红外、声音、气体的监测和采集，采集到的数据通过无线基站设备送至平台中集成的电厂应用分析系统，分析系统对采集到数据进行加工处理、基于 AI 人工智能的机器学习及模型训练，最后将分析处理结果发送给中心管理平台进行存储、分析和处理，给出预警及其告警信息，为能源电力行业提供了可参考的智慧化改造案例及经验。

4.6. 方案安全风险控制

由于厂区数据要求本地加载，不基于公网进行回传，故本方案采用端到端的专网解决方案，起到了与公网数据的良好隔离，保证了数据的安全及私密性并有效的规避了外网攻击的风险性。

五、 测试床实施部署

5.1. 测试床实施规划

序号	阶段名称	时间	主 要 工 作 内 容
1	可行性研究阶段	20XX.X-20XX.X+1	（1）沟通交流，行业调研； （2）深度对接，达成初步意向； （3）与行业客户明确战略合作框架，确定价值场景范围(可签署战略合作框架协议)。
2	设计阶段	20XX.X+1-20XX.X+3	（1）需求对接，联合创新，积极探索示范试点项目； （2）联合供应商，完善平台设计及设备选型；在主语实验室完成设备内场测试联调及对接。
3	施工部署阶段	20XX.X+3-20XX.X+8	设备入场施工部署调测
4	运行验收阶段	20XX.X+9-20XX.X+10	根据客户需求，实现平台相关功能及运行稳定性
5	宣传推广阶段	20XX.X+11-20XX.X+12	（1）尝试输出白皮书，引导行业水平参考架构设计； （2）建设标准体系，扩大产业可复制空间； （3）营造生态体系，构筑商业粘性； （4）打造产业样板间，进一步构筑商业粘性。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

5.2. 测试床实施的技术支撑及保障措施

主要围绕上游社区-联通-行业客户三大块合作模式开展相关工作，依托网研院资源牵头成立开放合作实验室，联合生态合作伙伴去做项目导入，来为整体方案的部署实施提供技术支撑，并和其他合作实验室和行业客户开展相关的生态建设。中国联通以成员角色参与开源社区，借助社区进一步提供技术驱动，在研究内容满足部署的情况下，通过行业客户提供的应用场景去进行试点应用和落地，并最终为社区提供案例反馈，形成完整闭环机制。

5.3. 测试床实施的自主可控性

充分利用开源软件的快速迭代、开放、灵活可定制等特性，基于社区开放源代码基础进行二次编译和开发，按需求进行调整及性能优化，推动方案平台形成技术成果及相关软件注册权。

六、 测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

输出基于行业专网及边缘云综合能力平台的“电信边缘云能力服务系统”，并取得相关软件注册权。

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

结合能源行业部分中大型企业厂区存在信息化改造需求，且企业数据相对封闭，不宜接入公网环境，需引导性挖掘企业需求（企业提供对接环境场景）；联合合作伙伴（设备厂家提供未来网络终端模组、接入设备及 VNF 网元、核心网设备 VNF 网元）；结合自建边缘及专网新技术平台并提供网络接入许可及频率资源，为企业提供边缘及专网能力服务，后期让企业对接联通集团或分公司政企大客户部门，建立联通和企业客户之间新业务合作商业机制，进一步尝试探索传统电信运营商基于新技术平台为企业提供边缘及专网运营合作的新业务模式。

Alliance of Industrial Internet

6.3. 测试床的社会价值

该测试床方案，联通作为通信运营商提供了关键的通信和服务资源、专业的网络技术团队支撑、配套的产业链整合能力及网络测试实验环境，对接能源行业的具体应用落地场景，通过开源技术带来的这种灵活性为整个通信和相关行业信息系统的融合奠定了基础，推进了新兴 ICT 技术与能源行业结合的创新应用落地，创造了可持续发展的良性生态环境，同时，也为未来 5G 专网运营积累了相关宝贵经验。

6.4. 测试床初步推广应用案例

山西晋能集团有限公司是成立于 1999 年 9 月，公司注册资本 6.46 亿元，总资产 51.5 亿元，主要经营业务涉及煤—电—冶金、煤-电-铝产业及国际贸易和高新技术产业。晋能离石大土河电厂是山西吕梁市实现市区集中供热的主要热源，也是山西省铝循环产业园区局域电网运营试点方案批复的主要电源点，厂内具有超临界机组、燃用低热值煤、使用城市中水、热电联产、区域电网主要电源、节能减排等特点。电厂的建设，不仅能够破解吕梁城区集中供热热源不足的历史难题，同时对于推进吕梁煤、电、网、铝协同发展，吕梁产业结构转型升级、提高能源综合利用效率、加快循环经济发展、淘汰落后产能、促进大区污染防治、解决当地群众就业等意义重大。

晋能离石大土河电厂作为火力发电厂（场景需求参考“4.1 测试床应用场景”），存在相关信息化改造需求，为此，中国联通网络技术研究院基于开源 CORD 平台，集成智能机器人及相关基站组件，研发了电厂智能巡检解决方案，支持 4G/5G 无线接入，不但实现了巡检机器人大带宽、高稳定的无线连接，满足激光测试仪及相关智能传感器的数据实时回传要求以及电厂环境中的高防尘要求，还利用部署在平台中的电厂应用分析系统和边缘人工智能技术，对相关的数据进行智能处理和分析，实现了电厂管理的智能化和可视化，为能源电力行业的智能化转型提供了可参考的范例及经验。

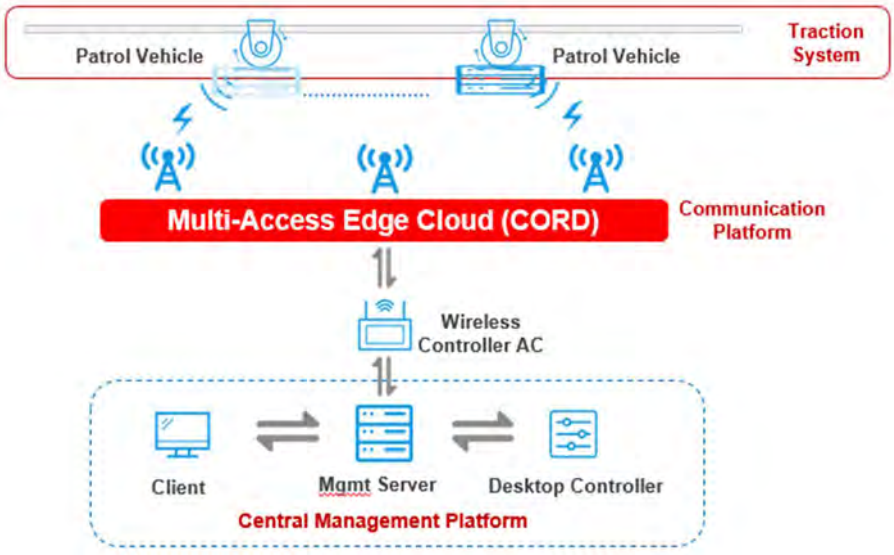


图 6 测试床应用案例系统图

七、 测试床成果验证

7.1. 测试床成果验证计划

测试床成果验证计划主要包括无线性能和端到端业务验证两方面。

7.2. 测试床成果验证方案

7.2.1 无线性能

主要测试无线通信的性能指标，主要包括无线覆盖、E2E 时延。验证工作如下：

测试项目：无线网络性能测试
测试目的：验证监控机器人运行路线上信号覆盖强度、E2E 时延
预置条件： a) 一体化基站上电，连接核心网，小区激活。 b) M-CORD的vEPC中为测试USIM卡开卡，确保该卡终端能够接入。 c) 测试终端上安装无线信号测试工具Celluar-Z和Ping工具
测试步骤： 1) 找一个Android测试手机，插入新开户的USIM卡。 2) 测试手机预先下载并安装好Celluar-Z工具和PING工具 3) 测试手机沿着机器人轨道的行经录像移动，通过Celluar-Z工具观察RSRP 4) 测试手机ping监控服务器，观察E2E ping 时延
预期结果： a) 测试手机成功接入网络。 b) 当测试手机沿着机器人轨道路线移动时，RSRP在-110内。 c) 当测试手机沿着机器人轨道路线移动时，ping监控服务器时延小于100ms。
测试结果：
结论：

7.2.2 E2E 业务验证

主要测试整个智能巡检系统是否能够正常工作，满足日常的智能巡检需求。验证工作如下：

测试项目：E2E 业务验证
测试目的：验证能巡检系统是否能够满足日常的智能巡检需求
预置条件： a) 智能机器人系统启动，使之沿着轨道正常工作。 b) 观察监控大屏，监控结果能否正常显示。
测试步骤： 1) 启动智能机器人。 2) 观察监控大屏，查看高清视频图像是否有延迟，热成像图像生成是否正确、合理。
预期结果： a) 前端机器人采集回来的高清视频图像顺畅、无卡顿。 b) 热成像图像生成正确、合理。 c) 当未佩戴安全帽人员进入监控区域时有告警产生
测试结果：
结论：

八、 与已存在 AII 测试床的关系

无

九、 测试床成果交付

9.1. 测试床成果交付件

序号	名称	类别
1	基于开源白盒的工业互联云专网综合能力测试床	系统平台
2	电信边缘云能力服务系统 V1.0	计算机软件注册权登记证书
3	基于开源白盒的工业互联云专网综合能力测试床—设计方案及部署说明	技术方案，成果性输出文档

9.2. 测试床可复制性

该测试床可为电厂信息化改造提供有力支撑，可将该解决方案打造成能源行业智能化改造的样板，为行业内相关场景的适配提供参考依据，适用于中大型企业园区有边缘接入、专网服务及安全生产代替高危人工作业的移动巡检类场景。

9.3. 测试床开放性

该测试床基于开源项目构建，本身具备良好的开放及兼容能力，可以与企业的软件系统进行平滑对接。由于测试床部署在开放通用硬件平台上，可以拓展到相关场景开放环境中。

十、 其他信息

10.1. 测试床使用者

【明确非发起方的公司可以使用测试床程度，以及相关的要求和限制条件。】

10.2. 测试床知识产权说明

【请清晰说明谁对测试床的建设、运营以及使用拥有产权。】

中国联通

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

10.3. 测试床运营及访问使用

建设初期通过专网解决方案模式推进，联通牵头相关设备厂家负责整体系统集成及平台的部署、及运营。建设后期行业客户可基于平台进行业务访问及简单的操作及维护，相关技术难点及故障维护可通过维保服务由联通地方分公司进行跟进支撑及解决。

10.4. 测试床资金

序号	预算科目名称	合计（万元）	备注
	（1）	（2）	（3）
1	一、成本费用支出	125.7	
2	1、差旅费	5.7	

3	2、办公费	0	
4	（1）耗材配件	0	
5	（2）技术资料费	0	
6	（3）文印费	0	
7	3、低值易耗品	0	
8	4、通信费	0	
9	5、车辆租赁费	0	
10	**6、技术服务费**	**120**	
11	7、设备租赁费	0	
12	**二、资本化支出**	**61**	
	合计	**186.7**	

10.5. 测试床时间轴

序号	措施	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1	沟通交流，行业调研												
2	深度对接，达成初步意向												
3	确定价值场景范围												
4	需求对接，联合创新，积极探索示范试点项目												
5	输出白皮书，引导行业水平参考架构设计												
6	建设标准体系，扩大产业可复制空间												
7	营造生态体系，构筑商业粘性												
8	打造产业样板间，进一步构筑商业粘性												

基于轻量化边缘计算平台的工业互联网场景安全测试床

引言/导读

华为创立于 1987 年，是全球领先的 ICT（信息与通信）基础设施和智能终端提供商，致力于把数字世界带入每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界。目前华为有 19.4 万员工，业务遍及 170 多个国家和地区，服务 30 多亿人口。华为在通信网络、IT、智能终端和云服务等领域为客户提供有竞争力、安全可信赖的产品、解决方案与服务，与生态伙伴开放合作，持续为客户创造价值，释放个人潜能，丰富家庭生活，激发组织创新。华为坚持围绕客户需求持续创新，加大基础研究投入，厚积薄发，推动世界进步。

北京三联虹普新合纤技术服务股份有限公司（股票代码：300384）——国际一流的聚酰胺新材料工程技术服务公司。公司创立于 1999 年，是一家专注于合成纤维及其原料生产技术及装备领域的高新技术企业，公司集工艺技术开发、工程方案提供、主工艺设备制造及技术服务为一体，提供专业化“交钥匙”工程技术服务，是国内提供高品质锦纶聚合及纺丝整体技术解决方案的工程公司。公司于 2014 年 8 月 1 日在深交所挂牌上市。三联虹普数据科技有限公司为北京三联虹普新合纤技术服务股份有限公司与日本 TMT 机械株式会社成立的合资公司，其目的是以两家公司全面覆盖合成纤维行业聚酯、聚酰胺两大行业纤维及原材料领域具备技术壁垒的关键工艺技术，核心装备为基础，借助工业大数据、人工智能解决方案能力，构筑合成纤维工业互联网平台。

面向未来，客户差异化定制需求日益增多，对产品品质的一致性要求更高，但当前化纤行业生产过程中预测能力欠缺，人工抽检难度大，严重影响化纤产业高质量发展。随着人工智能、大数据、云计算、边缘计算、机器视觉等新兴技术蓬勃发展，业界亟需构建有预测能力的数字化基础设施支撑未来化纤行业的快速发展。通过工业技术（OT）与新一代信息通信技术（ICT）深度融合，推

进化纤行业数字化转型——依托智能装备、工业互联网与大数据技术打造端-边-云协同智能化纤产线。

一、关键词

边缘计算、安全、化纤工业

二、发起公司和主要联系人联系方式

华为技术有限公司，联系人：朱锦涛，17791596167，jintao.zhu@huawei.com

三联虹普数据科技有限公司，联系人：沈晖，18610686310，shenhui@slhpcn.com

三、合作公司

中国科学院沈阳自动化研究所，联系人：王挺，18204015560，wangting1@sia.cn

四、测试床项目目标和概述

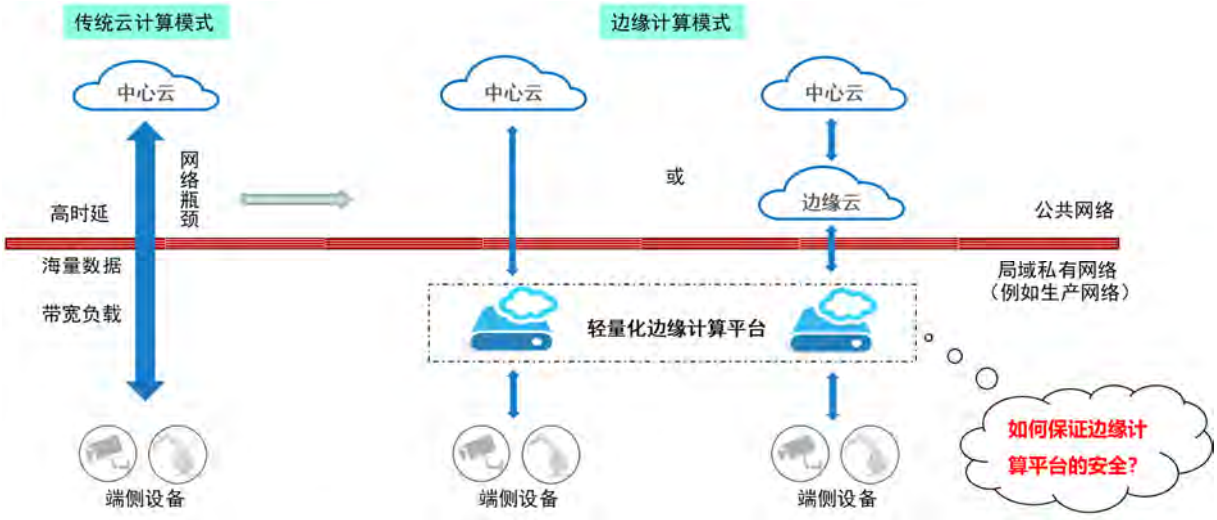
化纤行业的传统实践是统一标准体系下的中心控制机制，但是这一机制在应对需求更加多变、细分的需求时已经显得困难。例如：

1. 客户定制化风格要求多：质量标准单一无法满足高端客户差异化需求；

2. 人工抽检负担重：产能规模大，用工多，检测效率低，无法在线检测；

3. 产品品质一致性要求高：化纤产品不同批次间质量波动不可控。

上述需求通过传统的中心化云计算模式难以妥善解决，因此通过引入端边云协同的“化纤工业智能体“来解决上述的需求。



本测试床基于“化纤工业智能体”业务相关的端-边-云协同总体架构，并且着重测试其中的轻量化边缘计算平台的安全性。本测试床使用的轻量化边缘计算平台为华为 Atlas500 智能小站。

Atlas 500 智能小站是一款性能强大，能在边缘进行实时处理的边缘计算产品，机顶盒大小的机身可以提供 16 TOPS INT8 的处理能力，同时功耗极低。Atlas 500 集成了 WIFI 和 LTE 两种无线数据接口，通过与私有云、公有云协同，云端推送应用、更新算法云端统一进行设备管理和固件升级。Atlas 500 在业界第一个在边缘计算产品中大规模应用 TEC（Thermo-electric Cooling）半导体制冷散热技术，使其支持严苛部署环境，在极端温度下，Atlas 500 都可以稳定运行。因此其对部署环境的要求极低，可以实现轻量化的部署与管理，同时满足了化纤行业场景下对于边缘计算的性能要求。

业界边缘计算方案提出了一段时间，但是对于边缘计算方案的安全如何保证，尤其是如何应用于化纤行业解决当前面临的安全挑战的业界实践是空白，因此本测试床的主要目标就是通过展示该边缘计算方案的安全能力，给化纤行业乃至流程制造的相关行业提供参考。

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

测试床的应用场景主要是面向化纤行业流程生产场景下端边云整体解决方案中轻量化边缘计算平台面临的安全风险，给出合理的安全保护方案，并给出测试床的测试建议。

安全风险主要可以将归纳为：

1. 安全性风险：边缘设备部署在产线旁，存在潜在的**生产敏感数据泄露、被篡改的风险。**
2. 可靠性风险：部署在物理环境中的边缘设备长期运行存在**业务失效的风险。**
3. 可用性风险：边缘计算平台被**恶意攻击**或自**运行出现故障时，存在业务中断的风险**。
4. 数据隐私风险：工厂内生产制造关键工艺参数、生产状态参数存在**被窃取风险**。

(二) 测试床重点技术

针对前述的化纤行业基于边缘计算平台工业互联网的不同测试床应用场景，本测试床项目提供的重点技术包括：安全性、数据隐私性、可用性和网关安全的相关关键技术及其测试项。

	创新点	**描述**
可用性	双机热备	双机热备，保证用户业务不中断；对外呈现只有一个 IP，上层业务平台不感知；
	无状态运维	更换设备，使用设备克隆技术，实现业务无感知。
安全性	数据加密	边缘侧业务数据加密，防数据丢失、防篡改
	安全启动	完善 Atlas 边缘产品的安全启动机制，支持客户自定义开发场景下的安全启动。
隐私性	联邦学习	产线与云端只传递模型参数，所有数据留在本地，保证数据隐私性
网关安全性	协议控制安全策略配置	南北向接口丰富，微服务灵活裁剪，安全可靠

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

(三) 技术创新性及先进性

本测试床的相关技术均为化纤行业端边云解决方案中的创新性解决方案。例如：为保障数据隐私性的联邦学习机制，目前已经申请专利（US62897808）。而其它测试床重点技术也都是基于业界领先的安全可信的相关理念进行的特性设计，在业内的边缘计算平台防护上都属于较为先进的技术方案。

(四) 测试床解决方案架构



化纤行业基于轻量化边缘计算平台的工业互联网场景安全测试床解决方案总体架构核心是：一站式数据采集+全景可视化监控+人工智能分析应用。具体包括如下几个流程：

1. 自动化产线数据采集、传输与汇聚，包括纺丝、卷绕、落筒、质检、包装和仓储；
2. 网关收集产线数据，并进行协议转换，将转换后的数据发往边缘计算平台；
3. 边缘计算平台将产线数据安全上传至云端（特征提取、脱敏、加密）；
4. 云端对于产线数据进行大数据分析及模型训练；
5. 云端将训练优化后的模型推送至边缘计算平台；
6. 边缘计算平台基于训练模型对于本地数据处理进行进一步的处理；
7. 边缘计算平台将推理结果反推回产线，优化产线的决策。

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项（重点）

本测试床针对基于化纤行业轻量化边缘计算平台的工业互联网的 4 大类安全场景安全性、可靠性、可用性、韧性进行测试，下表列举了本测试床项目的潜在测试项，但是具体的测试项可能随项目的实际进展和测试条件变动而有所调整。

1. 安全性

测试项	描述
安全启动	补齐边缘设备安全启动能力，系统启动全流程逐级校验，确保启动文件合法。
处理器提供加解密能力	• 硬件实现多种加解密算法、签名校验算法、防篡改算法和 HASH 算法 • 内部集成 32KBit OTP 存储空间和硬件随机数发生器 • 提供加解密引擎 API 应用接口
本地敏感数据保护	• Atlas 500 对涉及密码、密钥的所有敏感数据都进行了加密保护，防止敏感信息泄露。 • Atlas 500 支持升级包的签名保护，防止升级包内容被篡改，保证升级包的完整性。 • 除了加密保护，Atlas 500 对 Linux shell 进行了封装，用户通过 SSH 登录后无法直接访问文件系统中的文件，防止文件被破坏及文件信息泄露。 • Atlas 500 支持对关键数据文件进行备份及计算并保存文件校验和，并提供了文件校验失败的备份恢复机制，防止因系统异常掉电导致的数据文件破坏，保护数据文件的可用性和完整性。
密钥管理	Atlas 500 密钥管理采用“根密钥 + 工作密钥”的“两层密钥管理结构”，根密钥用来对工作密钥进行加密，工作密钥对被保护数据进行加密。 • 密钥生成：根密钥由安全随机数生成。工作密钥使用安全随机数

	生成。 • 密钥使用：密钥用途单一，每个密钥只用于一种用途。 • 密钥存储：根密钥分成多个组件分开保存，进行权限控制。工作密钥使用根密钥加密后保存。
传输安全	外部接入访问默认使用 SSH、HTTPS 方式，传输通道通过使用安全协议进行加密。不安全协议 HTTP 默认关闭。 各种安全传输协议的特性如下： • SSH：支持用户密码认证。支持 SSH V2。 • HTTPS：默认开启 TLS1.2。支持安全的加密算法。
系统安全加固	• 系统最小化安装，Atlas 500 对嵌入式 Linux 系统进行裁剪，只安装系统必须的组件，不使用的组件和命令都被删除。 • 对 Linux shell 命令行进行了封装加固，屏蔽了一些 Linux 系统命令，只能执行白名单定义的命令，降低攻击风险。 • 对系统中 SSH、Restful 等服务端进行安全配置加固，只支持安全的算法，不安全的协议和端口默认关闭。 • 下行命令防护
账号安全	Atlas 500 支持 Web、Redfish、WebSocket 等管理接口，并提供了统一的用户管理功能。只支持 1 个外部可登录用户，不支持增加、删除用户。帐号安全措施包括：密码复杂度检查、密码有效期和帐号防暴力破解。
认证管理	用户通过 Web、CLI 访问时需要进行认证，支持“用户名 + 密码”的认证方式。认证通过后才能进行设备的管理配置和信息查询等操作。
证书管理	• 证书是指 SSL 证书，在建立 Web HTTPS 连接时使用，用于证明 Web 站点的身份。 • 证书管理就是指对 SSL 证书的各种管理操作，包括查看当前证书信息（证书的使用者、颁发者、有效期、序列号）、生成 CSR 文件、导入由 CSR 生成的签名证书、导入自定义证书，证书格式只支持 X.509 格式。 • Atlas 500 的 SSL 证书默认使用自签名 SSL 证书，证书的签名算法

工业互联网安全产业联盟 Alliance of Industrial Internet

	使用 SHA256 RSA（2048 位）。支持用户导入自己的证书来替换系统中默认的自定义证书，Atlas 500 支持两种替换自签名证书的方法
会话管理	• 会话标识使用安全随机数生成，禁止同一个用户同时建立多个会话。 • 对于 Web、SSH 等长连接会话实现了静默超时断连机制，超过超时时间没有操作则会自动断开会话。 • 用户主动发起请求终止当前会话。 • 管理员可以主动终止其它会话。
用户权限控制	Atlas 500 系统内部创建了不可登录的普通用户帐号，用于运行非关键进程。管理员账号，默认只有普通用户权限，降低管理员账号泄露带来的安全风险。
双向认证	创建边缘节点时，边缘节点绑定唯一证书。与云上通信时，云端校验边缘节点证书，防止边缘节点被仿冒。同时边缘节点校验云上证书，防止云上应用被仿冒。即通过 HTTPS 双向证书认证，保证数据通道安全。（需边云联动测试，边缘侧单独无法完成）

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

2. 韧性

方案	描述
容器安全隔离	支持指定每个容器可使用的 CPU、内存等资源，限制每个容器可访问的磁盘空间，单个容器异常不影响系统整体功能。
系统重启	系统和关键进程异常都可被看门狗复位拉起。
边缘自治	中心网管中断不影响边缘软件继续运行；提供边缘 WEBUI 近端管理能力。

3. 可用性

方案	描述
双机备份	支持两台智能小站组成双机备份系统，提供双机软件平台，支持快速倒换（2s），支持主备仲裁，自动防双主、双备。

软硬件故障主动上报	提供丰富的故障检测功能，精确定位硬件故障，并支持发现容器服务异常，上报硬件/软件告警。
容器故障修复	当边缘部署的容器运行出现故障时，可以通过容器引擎重启该容器。
进程黑匣子	在芯片中保存关键日志，以便系统或设备意外宕机时远程获取黑匣子日志。
一键恢复出厂设置	提供一键恢复出厂设备功能，将系统固件、配置恢复到出厂状态。

4. 可靠性

方案	描述
审计日志自动备份	Atlas 500 日志保存在 Flash 文件系统中，当日志文件达到指定大小后会自动进行日志文件备份。
固件、系统双备份	支持 uboot、MCU 固件双备份，以及操作系统、驱动软件双备份，固件、系统损坏情况下自动切换备区运行，并保持原有配置不丢失。

(二) 商业价值

本项目研究成果可提高基于边缘计算平台的纺丝工业互联网生产系统安全运行的可靠性，降低安全事件造成的经济损失。本项目成果为边缘计算平台在化纤行业的应用提供综合的安全防护方案，增强纺丝工业互联网系统防范网络安全攻击的能力，保障生产系统的安全稳定运行并减少安全事件造成的损失，为用户带来显著的经济效益。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

(三) 经济效益

本安全测试床项目研究成果可做为纺丝工业智能体产品的重要组成部分，为基于边缘计算平台的纺丝工业互联网产线提供安全防护。

在实际生产环境中，每套纺丝工业智能体产品可为约 40 条卷绕机位产线提供服务，每条卷绕机位产线价值约 10 万美元，因此本项目研究成果每套可为价值约 400 万美元的产线提供安全防护，保障生产系统的安全稳定运行。

方案可在合成纤维行业、纺织行业推广使用。

(四) 社会价值

本项目的设计思想、核心技术、相关成果不仅适用于化纤行业的工业互联网场景，对其他行业和相关系统也具有示范作用。通过本项目积累高等级工业

互联网生产系统安全防护体系的建设经验，可供其他行业参考借鉴，对工业互联网整体数字化水平的提升具有重要意义，满足国家高质量发展的需求，也为国家网络空间安全战略提供支撑。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

本次测试床所涉及的边缘计算平台硬件基于华为 Atlas 500 智能小站。Atlas 500 是一款性能强大，能在边缘进行实时处理的边缘计算产品，单台可提供 16 TOPS INT8 的处理能力，同时功耗极低，每天耗能小于一度电。Atlas 500 集成了 WIFI 和 LTE 两种无线数据接口，提供灵活的网络接入和数据传输方案。Atlas500 小站大小与电视机顶盒相近，免风扇设计，通过业界第一个在边缘计算产品中大规模应用 TEC 散热技术，使其可以在-40℃~70℃稳定运行。



(二) 软件平台

本次测试床所涉及的边缘计算平台 Atals500 智能小站软件基于 EulerOS。EulerOS 是基于开源技术的开放的企业级 Linux 操作系统软件，具备高安全性、高可扩展性、高性能等技术特性，能够满足客户 IT 基础设施和云计算服务等多业务场景需求。

通过部署于 Atlas500 小站上的智能边缘平台 IEF（Intelligent EdgeFabric ）满足客户对边缘计算资源的远程管控、数据处理、分析决策、智能化的诉求， 为

用户提供完整的边缘和云协同的一体化服务。实现隐私数据本地化、业务处理低时延、数据智能化，驱动企业数字化转型。IEF 提供海量边缘节点安全接入、边缘应用生命周期管理、安全可靠的边云数据通道、丰富的边缘 AI 算法等关键能力。

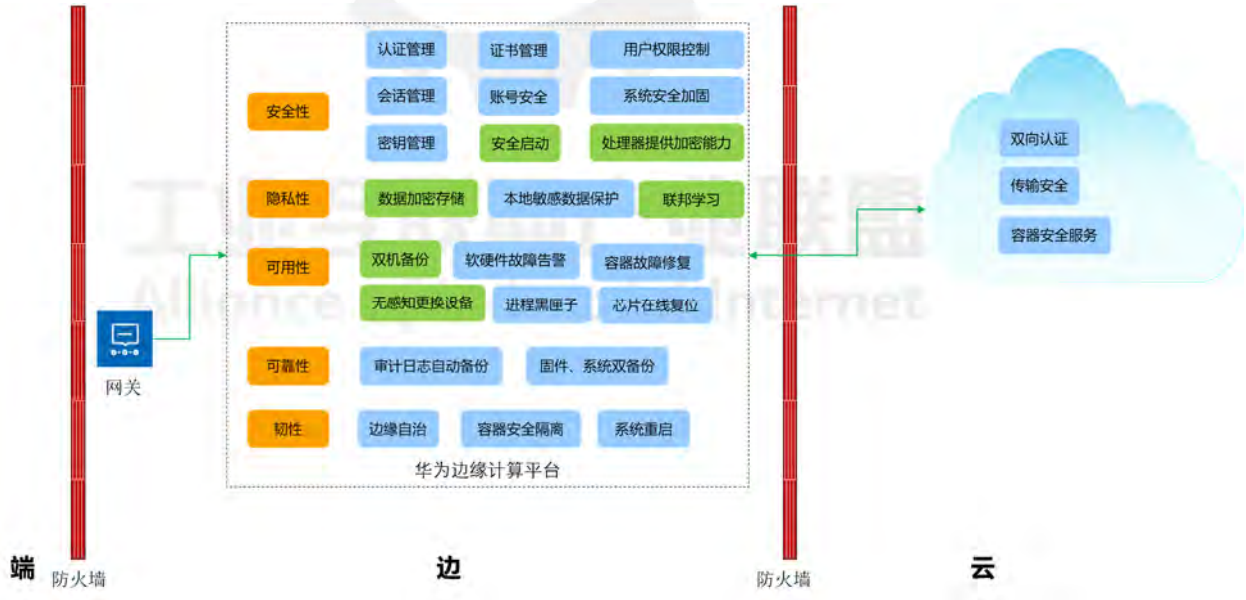
八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

本测试床符合 AII 总体架构，主要验证内容属于边缘计算特设组与安全组工作范畴。

(二) AII 安全（可选）

本测试床项目将化纤行业生产过程中边缘计算面临的安全问题作为核心测试因素，因而设计了基于边缘计算平台的整体安全能力解决方案，包括安全性、隐私性、可用性、可靠性和韧性等多种特性，如下图所示：



(三) 详细清单（可选）

参与方	物料信息
华为	提供边缘计算平台； 提供公有云训练平台； 完成边缘安全技术的创新。
沈自所	提供工业网关，完成工业私有协议的向上转换。

三联虹普	提出业务安全需求； 提供测试床相关生产检测环境。
日本 TMT	提供卷绕机等生产设备。

(四) 安全联系人

华为技术有限公司，联系人：朱锦涛，17791596167，jintao.zhu@huawei.com

(五) 与已存在 AII 测试床的关系

本测试床定位面向工业互联网流程中的边缘计算平台的安全能力测试，与现有其他测试床之间存在一定互补关系，暂未见到在应用领域上存在重复的情况。

九、交付件

测试床交付物包括前述包含边缘计算平台的安全解决方案以及“预期成果”中的相关测试项测试结果报告。

十、测试床使用者

本测试床欢迎更多合作伙伴加入安源安全测试验证。非发起方的参与者可以使用验证示范平台的所有操作功能，但仅限于功能的操作使用，禁止泄露给同行业的第三方。

十一、知识产权说明

项目合作过程中产生的全部开发成果及其知识产权，包括但不限于申请专利的权利、专利申请权、专利权、版权、商业秘密，均归发起方共有；未经一方书面同意，另一方不可将本协议项目合作过程中产生的任何知识产权转让、许可给任何第三方。

十二、 部署，操作和访问使用

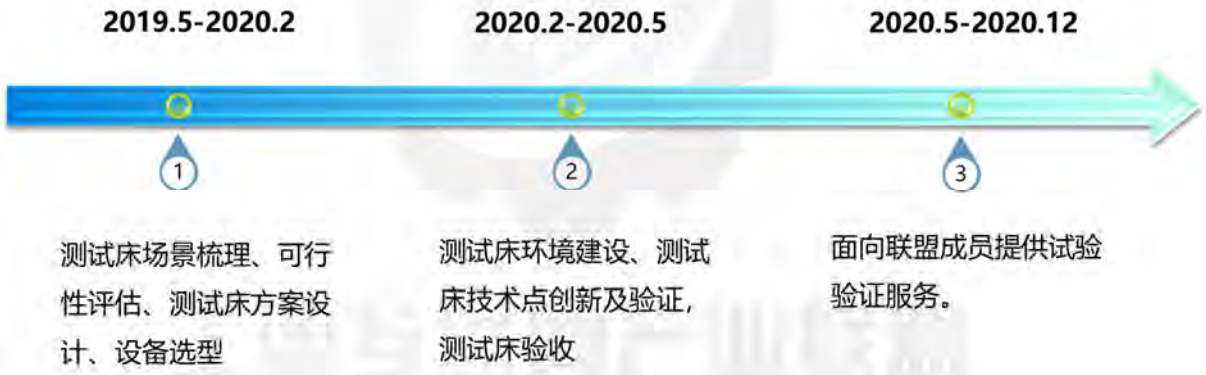
本次测试部署于三联虹普数据科技有限公司的纺丝智能试点产线，测试床资源由三联虹普数据科技有限公司负责运营。

十三、 资金

本安全测试床项目总投资 xxx 万元人民币，全部由参与单位自筹。其中，科研投资约 60%，试点示范单位工程费用投资估算 40%。

十四、 时间轴

本方案验证分为三个阶段：



Alliance of Industrial Internet

十五、 附加信息

本测试床成果将不仅应用于化纤行业的工业互联网场景，未来测试床还可以广泛复制到各种对边缘计算有需求的行业的工业互联网场景中，具备规模复制性。在提升其流程建模分析效率，找出降低生产质量的因素，进而提升良品率的基础之上，保障了其生产过程中的安全性。

5G&机器视觉在水泥行业智能工厂应用

引言/导读

红狮控股集团，是国家重点支持十二家全国性大型水泥企业之一，是中国企业 500 强和中国最大民营建材企业。水泥生产的工艺、技术、装备和环保处于国际一流水平，产能 1 亿吨，在 10 个省拥有 40 余家大型水泥企业；在老挝、尼泊尔、印尼、缅甸建设 5 个大型水泥项目。

本测试床在集团（兰溪）和分厂（桐庐）构建 5G 应用网络，采用 supOS 工业互联网平台构建人工智能平台，对 5G 网络(大带宽，低时延)实时回传的高清视频进行智能分析，生产异常情况及时预警；同时搭建工业大数据集成平台，将工厂运维过程中的生产数据、操作数据和管理数据进行有效融合，为工业大数据的分析和挖掘奠定基础，从而构建水泥行业互联互通的智能工厂应用。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、 关键词

通过工业互联网平台与 5G 的融合应用，优化水泥行业智能工厂的建设方案，提升水泥行业在生产管控，日常运维等方面的智能化水平。

二、 测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司　岑天哲　13105585018

浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司　尹晓峰　13858034515

2.2. 合作公司

中国电信　5G 运营商

中兴通讯　5G 网络设备供应商

三、 测试床项目目标

集团：

基于 supOS 工业互联网平台建立工业大数据集成平台：满足分厂的量化成本考核和安全作业监管，实现工业数据的统一集成，分级治理，元数据标准化和系统之间的互联互通。

桐庐分厂：

利用 supOS 工业互联网平台人工智能的能力(机器视觉)、5G、大数据分析等技术实现企业在生产管控、设备运行维护、工艺方案优化和产品质量控制方面的精细化管理。

四、 测试床方案架构

4.1. 测试床应用场景

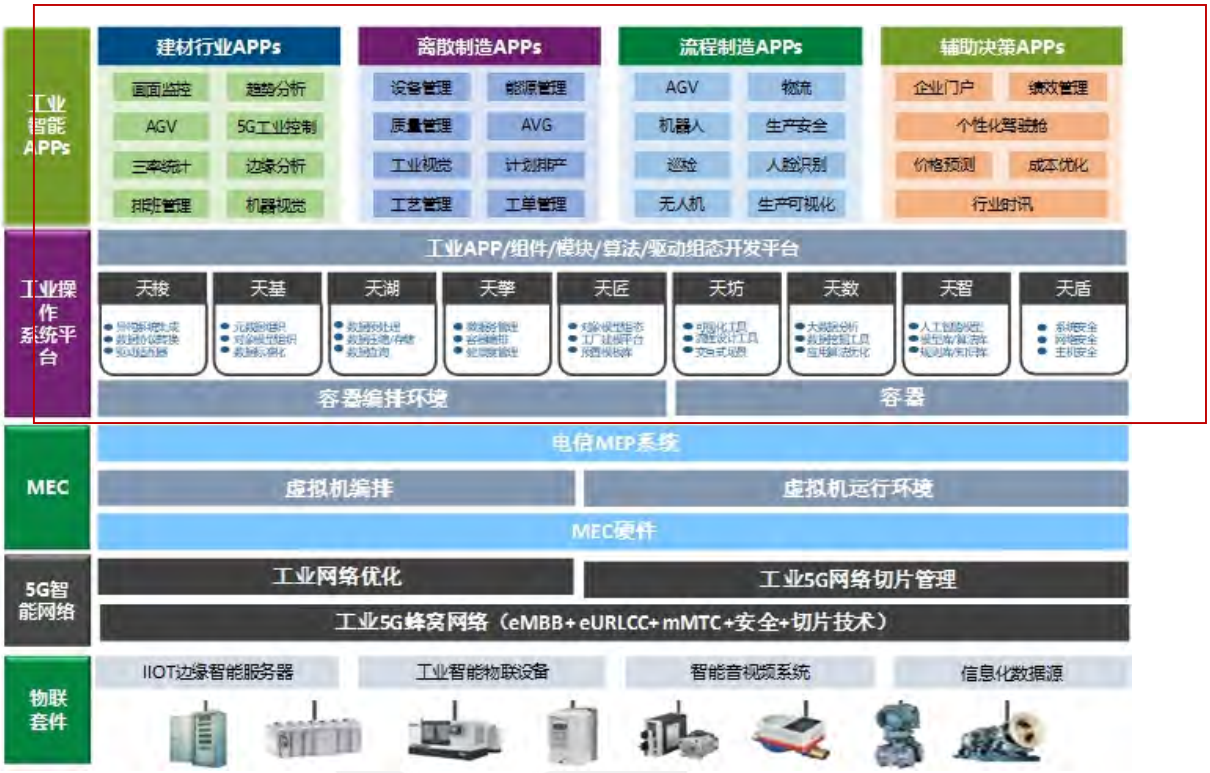
水泥行业智能工厂建设过程中有如下几点诉求：

- 生产装置区机器视觉技术解决生产管控及人员安全问题是最优的技术手段。部署外设成本高，且后期运维复杂；
- 动设备在线诊断数据也需要同步传输，需无线技术保证工业数据与高清码流的优先级；
- 现有的 4G LTE、WIFI、NB-IoT 技术在带宽，时延，业务优先级保证 QoS 均存在不同程度的问题，导致上述几种技术未在水泥行业大面积应用。

所以本测试床项目重点验证如下场景：

1. 5G 技术大带宽、低时延、工业切片关键特性实现生产装置现场高清视频与工业数据的统一承载，可靠实时回传；
2. 基于 supOS+5G MEC 融合实现机器视觉在水泥智能行业生产管控的应用。

4.2. 测试床整体方案架构



5G+MEC+网络切片+supOS 工业互联网平台总体架构图

supOS 工业互联网平台基于 5G 网络，负责对不同类型的设备和系统进行数据采集；对数据进行多元分析、处理、存储和应用；提供统一的应用程序管理界面，以帮助企业实现工厂区域的信息全集成为突破口，搭建多位一体的工业数据中台；以集成化、数字化和智能化手段解决生产控制、生产管理和企业经营的综合问题。

基于 supOS 开发的工业智能 APPS 完成生产监控，视觉分析展示，报警管理，领导驾驶舱等核心应用。

4.3. 方案重点技术

4.3.1supOS 工业互联网平台关键技术(自主知识产权)

工业互联网平台工业数据采集使用基于了 5G 的无线网络，主要负责对不同类型的设备和系统进行数据采集，支持多种工业设备通讯协议的转换和数据接入，可自由连接业界主流的 RTU、PLC、DCS 等系统，实现数据的远程采集和

通讯，在数据传输过程中通过数据加密进行数据安全防护。支持热备冗余、自动重连和断线回补机制，保证数据传输的可靠性和完整性。

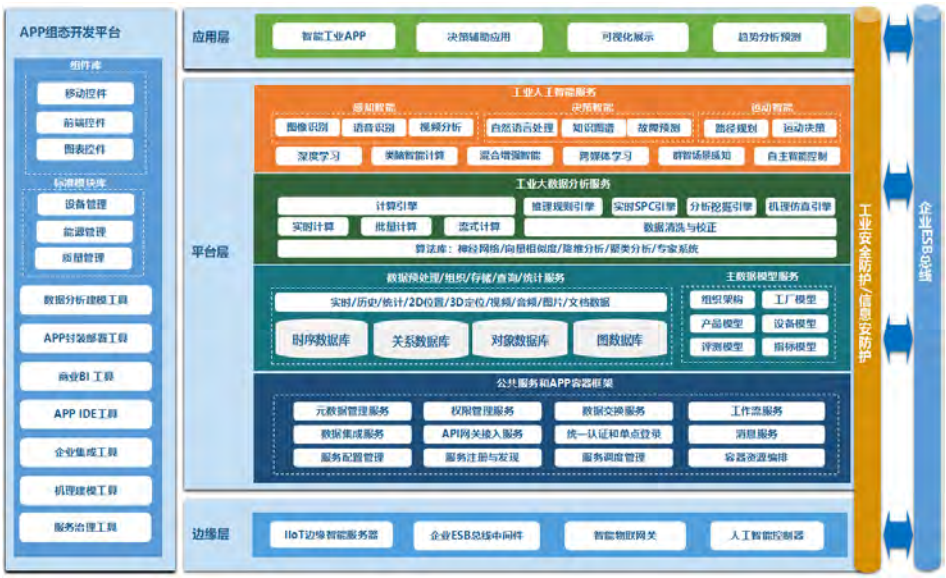
工业数据湖软件保证采集的多元数据进行分析、处理、存储和应用。包括采集接口组件、权限管理组件、组态服务组件、实时数据处理组件、磁盘历史数据库、网络服务组件和日志服务组件等。

由于采用微服务和容器技术，使得工业互联网平台 supOS 在 MEC 的部署上非常方便。它可以和 IaaS 平台提供无缝的整合。对于中小企业的应用程序的部署上，工业互联网平台采用了一键式的应用商店下载和部署方法，并提供统一的应用程序管理界面管理应用，并能无缝集成在 MEC 上提供的其他增值微服务，给用户带来的极大的方便。

工业互联网平台以帮助企业实现工厂区域的信息全集成为突破口，搭建集工业大数据全集成平台、工业智能 APP 组态开发平台、工业大数据分析平台、工业人工智能引擎服务、工业智能 APP 多位一体的工业操作系统平台，实现云（云互联网平台）、企（工厂互联网平台）、端（边缘计算节点）三层架构的有机统一，从而实现管控一体化交互。赋能用户，以集成化、数字化和智能化手段解决生产控制、生产管理和企业经营的综合问题。

本测试床目标是通过工业互联网、大数据和人工智能等技术，打造工厂全信息集成平台，实现工厂中的控制数据、工艺数据、运营数据、经营数据的标准化表示，打破系统之间的信息壁垒，提供跨行业跨领域连接工业企业的解决方案，帮助企业实现业务流程去中心化。通过模型化的内容组织形式，构建集操作行为、生产数据、工艺参数、质量标准、安全环保、经营策略与一体的工厂全信息平台，助力企业实现工艺寻优、操作寻优和运营优化的目标。通过实现异构数据管理并基于异构数据开发工业机理模型，建设工业 APP 和微组件资源池，建设开发者社区。

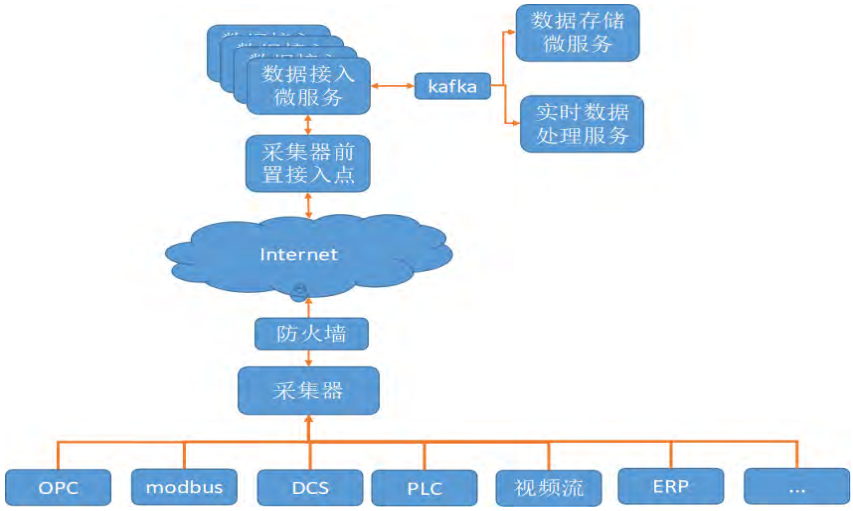
工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



工业互联网平台 supOS 作为工业操作系统，可实现系统数据接入；数据标准化和对象信息模型的运行期管理；多元数据预处理、存储、压缩处理，提供实时和历史数据查询服务；计算资源管理和服务治理；业务流搭建，提供一个信息融合、多元数据混合的快速构建平台；工业大数据分析，提供大数据挖掘和分析的常用算法库，大数据云存储和分析服务；人工智能应用，提供智能优化算法、机器学习和深度学习等功能，实现人工智能技术在工业领域的深度应用；提供信息安全防护，提供从云、企、端全方位的信息安全防护方案，实现数据安全、信息安全和物理安全等。

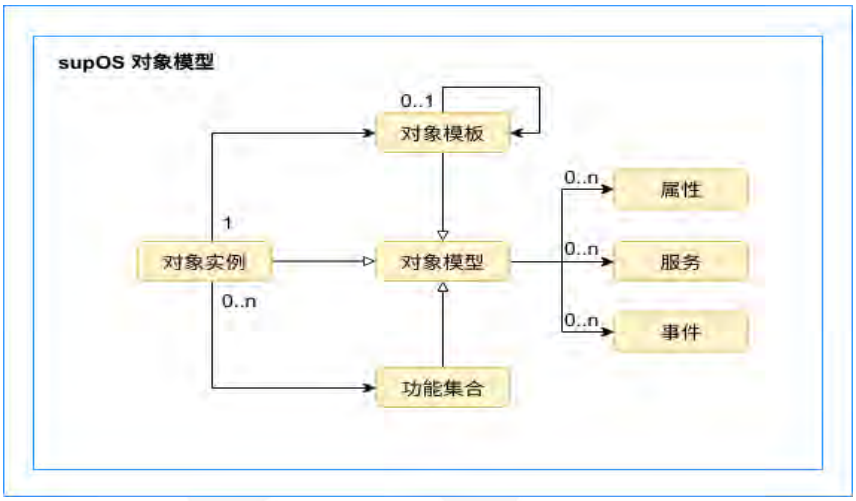
本测试床的工业互联网平台功能有：

设备层：包括现场装备、DCS、工业互联网平台的前端数据采集模块。

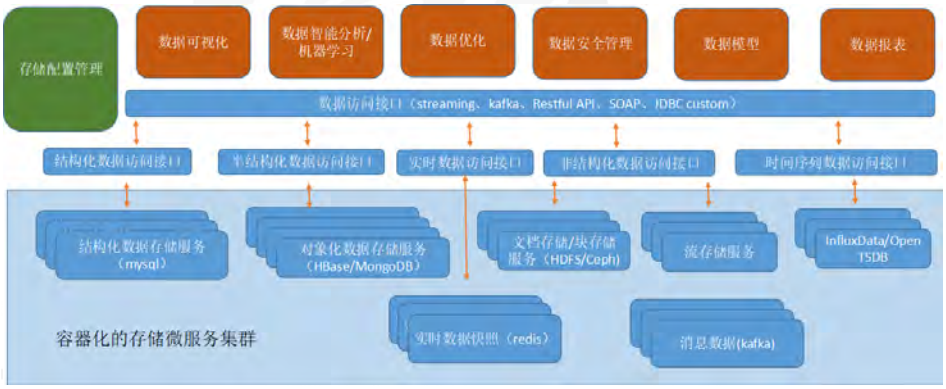


工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

平台层：工业互联网平台提供数据接入、数据存储、数据管理、数据分析等基础功能，同时提供可扩展的工业机理模型、工业微服务等功能，为上层应用开发提供通用功能。



对象模型



微服务架构

平台提供机器视觉分析服务，涵盖机器视觉、图像处理、模式识别、深度学习等技术，能模拟人类感知与观察的过程，利用监控摄像和计算机代替人眼对目标进行识别、跟踪和测量，提供从图像、视频等高维数据中感知“信息”的能力。支持 CNN 等先进的机器视觉分析算法，可以快速获取大量信息，并进行自动处理，在生产过程中，用于工况检测、成品检验和质量控制等领域。

supOS 平台内置可扩展的视频智能识别模块，视频智能识别模块中集成了先进的图像预处理、滤波、目标特征检测、背景提取、机器学习、深度学习（人工神经网络、卷积神经网络、循环神经网络等）等技术，可对工业现场的物体状态(如输送带，皮带驱动轮等)进行智能识别。

应用层：通过对平台提供的大数据技术、工业机理模型、工业微服务等功能的综合调用，实现设备状态预测、工艺寻优、操作寻优和运营优化等。



工业微服务与工业 APP 部署

4.3.25G+MEC+网络切片关键技术

工业企业内部目前存在生产网、视频监控网、办公网等复杂的多元化网络。现有的工业总线存在产业封闭、发展缓慢、技术落后等问题，严重制约企业的发展。随着人工成本的快速上升，企业自动化、智能化转型迫在眉睫。现有网络以有线和 WIFI 的方式传输，有线网络布线成本高、周期长、走线难，严重限制了设备的移动范围，影响产线柔性化，难以解决工业互联网进程中不断新增大量物联网设备的灵活接入、大范围移动的需求；采用 WIFI 也是无奈之选，移动范围有限、抗干扰差、切换性能差、容量受限。5G 作为最优的无线技术，可凭借高带宽、高可靠、低时延、移动性助力企业向无线化、自动化、智能化、柔性制造方向演进，5G 的网络切片和边缘计算能力可以做到更低时延，提供更好的灵活性和安全性。

根据工业制造对无线通信的严格需求，基于 5G 网络+ MEC 的全新服务化架构，以及 eMBB、URLLC、mMTC 和网络切片等关键技术，实现制造企业内网无线接入网络和传输网络。同时解耦 5G 网络功能为服务化组件，调用轻量级组件

开放接口，满足工业企业实现按需、动态、弹缩和高可靠的网络分配、运维和管理的需求，全方位构建满足工业制造需求的 5G 通信系统。

本测试床中，为了满足工业制造的需求，5G 通信系统设计方案如下：

1.5G 无线网络支持 AAU/CU/DU 的灵活切分和部署，满足不同场景下的切片组网需求。CU 可云化部署，便于无线资源集中管理，或 CU 下沉到边缘部署，降低传输时延，满足工业低时延需求。

2.为了满足工业制造对无线通信网络在端到端延时、吞吐量、连接数密度、可靠性、能源效率等性能指标，5G 通信系统采用了高频段传输、多天线传输、同时同频全双工、D2D、密集网络以及新型网络架构等关键技术。

3.5G 传输网切片运用虚拟化技术，实现网络拓扑资源虚拟化，构建虚拟网络。支持多层次的切片隔离技术，如： FlexE、LDP、LSP 等技术，满足不同隔离要求下的切片需求，实现工业高隔离要求下的底层快速转发。

4.5G 网络采用 SDN 架构的层次化控制器，实现物理网络和切片网络的端到端统一控制和管理，满足不同类型工业业务对传输的不同要求。

5.5G 网络基于多层次的切片技术和 MEC 边缘计算技术，从接入安全、网络安全，外网访问安全三个方面，为工业领域的不同业务提供差异化的隔离服务和安全保障。

6.5G 网络通过统一的智能化系统，实现切片的端到端编排管理。电信级 DevOps 平台跨越切片的设计域和运行域，实现从设计、测试、部署到运行监控，以及动态优化的切片全生命周期管理自动化闭环，通过全流程模型化驱动，具备较为完备的网络管理能力和北向接口能力，实现业务需求和网络资源的灵活匹配，满足工业场景下快速定制和部署需求。

4.3.3MEC 电信边缘计算单元

5G 网络架构灵活，采用虚拟化架构，UPF 下沉至网络边缘，UPF 和 MEC 可以共虚拟化平台部署，便于 MEC 共部署，解决计费和安全问题.用户数据可由 UPF 转发接入 MEC，计费和安全可由 UPF 完成， MEC 实现对 APP 的安全认证及 APP/ API 计费。

而 5G +MEC 可实现精准计费与安全侦听：

1）5GC 采用虚拟化架构，UPF 下沉至网络边缘，便于 MEC 共部署，解决计费和安全问题

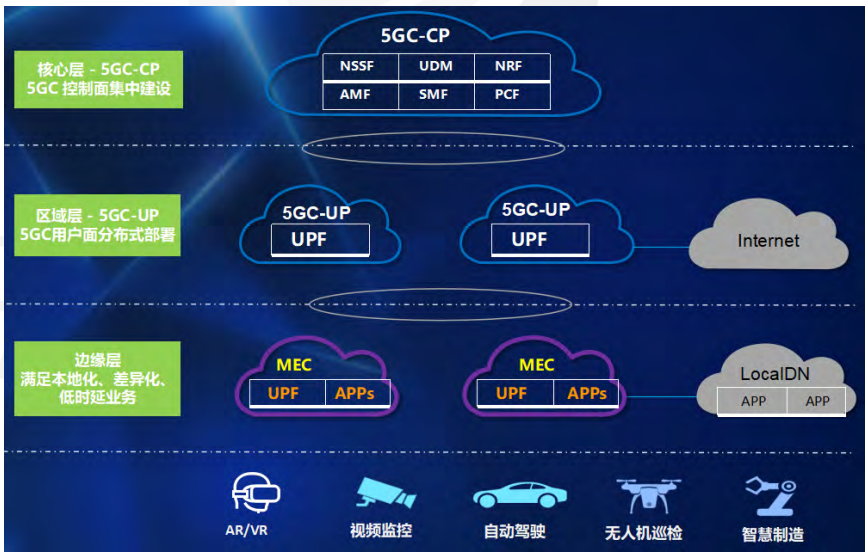
2）5G CU 可以分离及云化架构，实现 MEC 和 CU 的共部署

3）5G 网络灵活，支持网络切片，更好支持新业务

5G+MEC 主要在边缘层与 UPF/CU/ APPs 共平台部署，在本地流量卸载、业务使能管理、网络能力开放是 5G MEC 的主要价值。

MEC 部署方案：边缘层 UPF/MEC/APPs 共平台部署。核心网业务面按需分布式建设，控制面集中建设，是适应 5G 新业务的必然趋势；业务本地化、差异化、低时延成为主要需求；

本地流量卸载、业务使能管理、网络能力开放助力 5G 提升商用价值。



MEC 部署方案

4.3.4 方案自主研发性、创新性及先进性

supOS 是国内首个具有自主知识产权的工业操作系统，流程行业的工业互联网平台。

在水泥行业将工业互联网，人工智能与 5G MEC 技术结合，并成功落地的在国内是第一家，并成功申报工信部工业互联网 5G 国家项目。

五、 测试床实施部署

5.1. 测试床实施规划

2019.9 进场调研

2019.10 明确第一期建设场景

2019.12 第一期建设方案进场实施

2020.1 第一期上线正式运营

2020.4 第二期建设方案明确

2020.6 第二期方案实施

2020.7 第二期方案上线运营

5.2. 测试床实施的技术支撑及保障措施

5G 边缘计算：内容与应用下沉，降时延省成本。核心网集中式部署不能满足新业务需求，网络随业务流向边缘迁移是产业趋势。5G+MEC 主要在边缘层与 UPF/CU/ APPs 共平台部署，在本地流量卸载、业务使能管理、网络能力开放是 5G MEC 的主要价值。

5.2.15G 网络实施

红狮水泥外场环境：

指标	红狮水泥 5G 网络外场
现有网络	2 个宏站
需求网络	2 个宏站
建设计划	完成建设 2 个宏站+MEC 一个+5 个模组(后期按照需要增加)+supOS 工业互联网环境+若干融合应用

宁波工业研究院（蓝卓所在研发中心）实验环境：

指标	宁波市工业互联网研究院
现有网络	无
需求网络	2 个宏站+1 个室分
建设计划	2 个宏站+1 个室分 + MEC 一个 + 5 个模组(后期按照需要增加) + 工业互联网环境 + 若干融合应用。

5.1.2 工业互联网平台实施

蓝卓 5G 工业互联网平台目标分三个阶段实施，具体实施计划如下：

第一阶段完成数据全集成平台、公共服务和容器框架平台以及 APP 组态开发平台的研发、测试验证工作。支持基于 5G 无线网络的工业数据收集，包括工业数据，物联网数据，音视频数据和信息化数据。满足典型项目的定制应用；

第二阶段定位于满足企业数据采集、生产管理信息化需求，完成产品研发及 5G 网络的测试验证工作。工程基于平台可定制化组态数据分析和智能应用；

第三阶段基于 5G 网络采集的数据，完成工业大数据分析服务和工业人工智能服务的研发，开放 APP 开发平台、工业数据接口以及平台服务，积累行业应用。完成 5G 网络化推广公共服务平台的构建，G 与工业互联网融合应用解决方案库，存放在 AppStore、网络建设模式知识库(开发者论坛)及 5G 培训中心（在线视频教学或则是离线的培训中信）等，为中小企业 5G 应用的研发及部署提供技术咨询及培训服务（在线的人工服务和离线的厂家指导）。

5.1.3 水泥行业应用实施

桐庐红狮项目分三个阶段实施，具体实施计划如下：

第一阶段：项目准备，工作内容：本阶段为项目准备阶段，主要是建立组织架构，明确人员安排，明确阶段任务及工作分工，在以上组织和人员明确的前提下，制定切实的工作计划和时间安排。完成关键用户培训。

结束标志：明确双方项目组织架构和人员和分工责任完成项目计划。完成关键用户培训与业务流程梳理。

第二阶段业务蓝图和实现过程

业务蓝图工作内容：本阶段为需求调研阶段，主要是完成需求调研，为上线前工作提供充分的数据和支持。对信息系统需求进行分析，确定实现关键业务需求的最小资源需求，排出关键需求优先级，并搭建好项目环境。

结束标志：双方明确《实施方案》、《接口开发方案》。

实现过程工作内容：本阶段为项目实施阶段，主要是按实施方案进行具体配置，双方完成数据准备工作，蓝卓进行接口开发，为上线准备工作提供数据准备支持，并完成项目联调测试。

结束标志：蓝卓内部测试通过，达到项目质量标准。

第三阶段上线和运行维护

上线的工作内容有完成最终用户培训、用户测试，完成上线方案确认工作。结束标志：《用户测试报告》、《上线方案》。

运行维护工作内容：本阶段为项目验收阶段，主要是上线后维护工作，主要内容为对前期的工作结论、信息系统实施情况进行检查和验收。结束标志：《项目验收报告》。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

六、 测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

本测试床将制定行业 5G+工业互联网产业化组织团体标准或则工业行业的国家标准或则相关的测试标准。网络建设改造维护支撑及 5G 知识线上线下培训中心等，并通过集中宣讲、推介沙龙等形式为 500 家中小型企业提供 5G 网络及应用咨询及培训服务。计划在中国电信杭州 5G 创新中心和蓝卓公司所在的宁波工业研究院成立 5G 网络和应用咨询和培训一体的培训中心。预计在 2021 年 3 月以前完成。本测试床应用范围将被逐步扩展，从单个企业到整个园区、从一个

行业到多个行业、从少量企业到大量企业。为实现推广目标，本测试床 5G+工业互联网平台推广计划分三步实施：

1、从单个企业向大型集团型企业、垂直行业平台推广。

在完成单个企业的 5G+工业互联网平台验证测试后，将充分利用联合体成员对建材，石化、化工领域业务的了解、以及对市场的绝对优势，本测试床将从企业集团层面大客户入手，将单个企业的最佳实践逐步推广到集团内其他兄弟公司。协助企业实现数字化、网络化、智能化转型。

2、从大型集团型企业向工业产业园区推广。

大型集团型企业可作为小型工业产业园区的雏形，本测试床将集团型企业的应用经验推广到工业产业园区应用，同时不断完善面向工业园区的应用场景测试案例。

3、对外开放，推向海量中小型工业企业。

5G+工业互联网平台对外开放服务，降低了中小型工业企业应用成本，必将加速各行各业中小企业使用 5G+工业互联网平台。搭建开发者社区，激活平台生态系统。不断引入平台在线开发者用户，通过激励手段，保持用户活跃度。

6.1.1 标准的制定

当前工信部正在综合推进工业互联网标准体系架构以及 5G 新型网络技术标准的制定和应用，5G 作为未来工业互联网中一个重要的通信基础设施，能够利用其优势衍生出很多新型应用场景，各方将联合体提出新的工业通信技术及其应用标准，包括：

1 《工业 5G 总线标准》

2 《工业 5G 安全防护标准》

3 《工业 5G 安全检测标准》

4 《工业 5G 终端设备测试标准》

5 《工业 5G 应用设计规范》

致力于成为推动 5G 工业标准制定的重要力量。通过测试床项目创新，将在 5G+工业互联网平台取得多项关键技术的自主知识产权。

6.1.2 对外服务和宣传推广的方案

5G 网络化推广公共服务平台是构建 5G 与工业互联网融合应用解决方案库、网络建设模式知识库及 5G 培训中心等，为中小企业 5G 应用的研发及部署提供技术咨询及培训服务。具体内容包括：

- 5G 网络化推广公共服务平台是构建 5G 与工业互联网融合应用解决方案库：

《5G 基站建设，MEC 和工业互联网融合方案》 《5G 融合应用方案大全》	提供线下的培训，争取为 500 家企业提供 5G 网络和工业互联网相关的培训。

- 网络建设模式知识库：

《总体 5G 网络建设》 《切片配置规范》 《高带宽切片配置指导》 《低延时切片配置指导》 《海量连接切片配置指导》 《安全配置指导》 《MEC 安装手册》 《工业互联网 supOS 安装手册》 《工业互联网 supOS 使用手册》 《视频类应用集合安装使用手册》	提供线下的培训，争取为 500 家企业提供 5G 网络和工业互联网相关的培训。

6.1.3 线上推广

浙江电信联合浙江蓝卓工业互联网信息有限公司，线上的方案主要是蓝卓搭建的开发者社区应用商店为主，以及各种网络手段，比如微信公众号、微博和软文等形式。



平台包含行业应用解决方案、网络建设改造维护支撑及 5G 知识线上线下培训中心等，并通过集中宣讲、推介沙龙等形式为多家中小型企业提供 5G 网络及应用咨询及培训服务。

6.1.4 线下推广

为深入推广 5G 与工业互联网融合应用平台，项目计划从品牌推广、用户培育和合作伙伴拓展三个方面进行推广。

1、品牌推广

针对不同区域和行业的企业，制定特定的品牌推广、市场活动及媒介传播策略，提升平台在浙江省区域内的品牌影响力和知名度。

c）三年内借助不同宣传媒介，宣传推广平台及优秀解决案例不少于 50 次以上。

2、用户培育

针对企业规模与发展现状，制定合适的市场切入方案，线上线下同时进行目标用户培育。

3、合作伙伴拓展

整合线上线下市场资源，包括合作伙伴资源、媒体资源、技术圈子、行业协会及社群等，形成合作生态圈，建设合作伙伴生态体系，支持合作伙伴及用

户构建基于平台的成功业务实践和解决方案来持续提升平台功能。 同时梳理、提炼一套标准化的合作伙伴联合推广策略，借助合作伙伴来为快速复制市场提供支撑。

4、建立的 5G 外场测试环境，培训中心和网络测试环境。同时具有参观功能和联合培养功能。

基地	服务内容
红狮水泥桐庐外场环境	提供建材行业流程行业的外场测试环境。
浙江蓝卓 5G+工业互联网培训中心	提供线下的培训，为多家企业提供 5G 网络和工业互联网相关的培训。
浙江蓝卓 5G 网络测试环境	提供实验室开发测试环境，包括了网络建设，网络配置，优化，模组，MEC，工业互联网平台的搭建，应用的部署和 5G 网络的各大个性，端到端的测试。

本测试床围绕“5G+工业互联网”工业互联网创新发展工程，浙江电信、浙江蓝卓、红狮水泥组成“产、学、研、用”的研发应用推广项目联合体，围绕5G+工业互联网网络建设的特定需求，聚焦特定工业场景下的 5G 网络建设和工业互联网平台应用创新，加速 5G 网络在工业企业不同工业场景下的推广及应用。

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

1、帮助企业设备安装调试周期和成本降低 28%。

2、帮助企业后期运营成本降低 25%。

3、生产过程波动减少 10%，设备能源利用率提高 2%以上。

6.3. 测试床的社会价值

本测试床的成功应用，将推进水泥企业的智能化转型，进而实现绿色工厂和安全工厂。5G+工业互联网融合新技术的成功引入和实践，可提升综合生产效率，优化生产管理流程，有利于社会资源的合理分配和整合。

6.4. 测试床初步推广应用案例

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

5G 应用场景在南方水泥，兆丰机电等项目中进行推广。

七、 测试床成果验证

7.1. 测试床成果验证计划[xy1]

2019.4 工业互联网+5G 方案构想

2019.5 工业互联网+5G 方案设计开发

2019.6 5G 基础网络搭建部署

2019.9 5G+应用场景深入调研

2019.12 5G+应用系统现场部署

2020.1 5G+工业互联网系统上线运营

7.2. 测试床成果验证方案

搭建 5G+工业互联网平台整体方案验证环境，对下述场景进行验证。

7.2.1 网络验证环境

工业企业对 5G 用于实际生产环境，对可靠性与安全性普遍存在顾虑，目前尚未把工业典型场景的量化需求用于 5G 产品测试与优化。一方面，衡量 5G 能力与工业需求匹配度测试数据集可用于指导 5G 协议和设备层级优化和实际网络部署，另一方面，增强工业客户对 5G 信心，提供 5G+智能制造测试环境鼓励工业企业将其传统应用迁移至 5G 环境。主要验证如下几点：

1、5G 连通性测试。

如何建设小型工业测试环境，包含现场工业设备应用，基于 5G 网络做端到端工业测试输出测试报告,包含性能、时延、抖动，与 WIFI 等其它网络的对比分析。

2、工业应用与 5G，MEC、边缘云融合性测试。

如何将工业应用部署在 5G 边缘云，是否满足工业客户对实时性和安全性的苛刻需求，验证时延的改善效果。

7.2.15GMEC+机器视觉+工业数据采集场景验证

用例名	红狮工业数据采集分析
用例编号	TS_0007
主执行者	测试工程师
用例概述	测试 eMBB 大带宽在工业数据采集领域的使用
层次	使用 5G 模组测试
范围	红狮水泥生产区域
前置条件	网络完成搭建，eMBB 切片配置完成
后置条件	无
步骤	1、使用 CQT 测试网络覆盖情况 2、使用 3 台 5G 终端测试上行速率指标
扩展	无
期望结果	满足 3 个 5G 终端速率，小区吞吐量达到 100Mbps。 5G 与工业互联网融合网络试验环境支持融合应用端到端时延测试精度达到 ms 级，时延抖动 us 级，可靠性测试精度满足 99.999%需求，功耗测试能力达到 mw 级；
异常	
规则与约束	静态设备类型，范围在 200 平方内，一个基站连接终端数量要求是不超过 3 个
备注	提供测试报告 1 份

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

用例名	红狮水泥机器视觉应用
用例编号	TS_0008
主执行者	测试工程师
用例概述	测试 eMBB&uRLLC 在机器视觉的应用
层次	使用 5G 模组测试
范围	红狮水泥生产区域
前置条件	网络完成搭建，eMBB&uRLLC 切片配置完成，工业互联网平台在 MEC 部署
后置条件	无
步骤	1、使用 CQT 测试网络覆盖情况 2、使用 3 台 5G 终端测试上行速率指标 3、使用 5G 终端测试时延指标。

扩展	无
期望结果	满足 3 台终端测试达到 90Mbps 上传速率，且响应时延低于 5ms。 5G 与工业互联网融合网络试验环境支持融合应用端到端时延测试精度达到 ms 级，时延抖动 us 级，可靠性测试精度满足 99.999%需求，功耗测试能力达到 mw 级；
异常	
规则与约束	静态设备类型，范围在 200 平方内，一个基站连接终端数量要求是不超过 3 个
备注	提供测试报告 1 份

用例名	红狮皮带轮跑偏检测
用例编号	TS_0011
主执行者	测试工程师
用例概述	测试 eMBB&uRLLC 在机器视觉的应用
层次	使用 5G 模组测试
范围	红狮水泥生产区域
前置条件	网络完成搭建，eMBB&uRLLC 切片配置完成
后置条件	无
步骤	1、使用 CQT 测试网络覆盖情况 2、使用 3 台 5G 终端测试上行速率指标 3、使用 5G 终端测试时延指标
扩展	无
期望结果	满足 3 台终端测试达到 60Mbps 上传速率，且响应时延低于 5ms。 5G 与工业互联网融合网络试验环境支持融合应用端到端时延测试精度达到 ms 级，时延抖动 us 级，可靠性测试精度满足 99.999%需求，功耗测试能力达到 mw 级；
异常	
规则与约束	静态态类型，链接范围在 200 平方内， URLLC（延时小于 5ms），一个基站连接终端数量要求是不超过 50 个
备注	提供测试报告 1 份

八、 与已存在 AII 测试床的关系

暂无

九、 测试床成果交付

9.1. 测试床成果交付件

交付件：

- supOS 工业操作系统软件光盘（内含软件授权和产品使用说明书）
- 水泥行业工业智能 APP 软件包（内含软件授权和产品使用说明书）
- 测试床项目蓝图设计说明书
- 测试床项目软件平台维护说明书
- 测试床项目竣工报告

应用系统：

supOS 工业互联网平台，水泥行业应用 APP 线上运行

9.2. 测试床可复制性

建材制造行业 5G+应用场景。

其他流程行业(如：石化，化工等)在 5G+应用场景方面也可借鉴。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

十、 其他信息

10.1. 测试床使用者

同类场景的企业客户可以使用。

10.2. 测试床知识产权说明

本测试床由浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司发起， supOS 工业操作系统相关产品及 5G 应用场景知识产权归浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司所有，企业客户拥有使用权。在测试床建设过程中产生的相关基于 5G 场景的工业 APP 知识产权由浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司和企业客户协商而定，企业客户拥有使用权。

10.3. 测试床运营及访问使用

1） supOS 工业操作系统需在企业的数据中心进行部署，平台软件支持一键部署，部署完之后需要根据实际项目进行进行工程配置服务。

2） 工厂相关岗位人员（技术，生产，管理等）可通过 PC 机、云桌面瘦终端、移动终端登录系统，根据权限进行访问、配置和修改等操作。

10.4. 测试床资金

用于工业互联网平台及 5G 网络的搭建，与工厂既有系统的对接，方案验证。

来源国家工信部 5G 工业互联网平台项目。

10.5. 附加信息

在流程工业中建材行业的应用要求和智能工厂建设方案具有典型性，特别是数据平台的建设及 5G 全场景行业应用具有通用性，不同行业的工业智能 APP 需要在行业应用时进行积累，后续可向化工、电力、冶金、医药、食品、造纸等流程行业进行复制和推广。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于工业物联的边缘智能一体机
INDICSEDGE 8000

引言/导读

北京航天智造科技有限公司（以下简称“航天云网天智公司”）隶属于中国航天科工集团有限公司，是航天云网科技发展有限责任公司的总体部与技术研究院。公司以“互联网+智能制造”为核心业务，在虚拟样机工程技术、复杂产品智能制造总体技术、智能制造系统支撑平台等制造业信息化技术及应用方面拥有深厚科研基础，同时建设和运营工业互联网平台-INDICS 平台。

2015 年 3 月 5 日，李克强在全国两会上作《政府工作报告》时首次提出“中国制造 2025”的宏大计划，对我国制造业转型升级提供了利好机会。要实现传统制造业智能化转型升级，重要前提是应用工业互联网。工业互联网平台是设备接入平台运行的基础，海量多源异构的工业现场数据需要通过网络上传到工业互联网平台上，使网络带宽、延时控制以及计算存储等方面都面临着巨大的挑战，所以在接近数据源的边缘设备上执行部分或全部计算是适应万物互联应用需求的新兴计算模式。

基于工业物联的边缘智能一体机-INDICS EDGE 8000 是基于上述场景而设计开发的一款高性能工业网关（辅）+工业 APP 产品（主），是 INDICS 平台在工业物联网层的关键核心产品。它既可以满足基本的感知层低时延、异构多接入数据的采集、存储与处理；又可以提供集成算法模型，满足大量的数据处理、分析与决策，对工业互联网平台建设和持续发展具有重要意义。

一、 关键词

工业物联、边缘智能一体机、多源异构数据处理、边缘计算

二、 测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

发起公司：北京航天智造科技发展有限公司

联系人：石伟

手机：13811708055

邮箱：shiwei142@163.com

2.2. 合作公司

华为技术有限公司

航天科工二院物资部

三、 测试床项目目标

本测试床提供了一款基于“工业互联网平台+工业企业现场应用”的多用途智能一体机，即 INDICSEDGE 8000。该一体机适用于数字化转型的工业企业尤其是制造业企业，主要针对企业数字化转型中的设备协议不统一、数据信息孤岛、数据安全管理等痛点，综合采用边缘计算和人工智能等技术，促进企业内外数据融通，提升企业的数字化水平，为企业数字价值赋能。

四、 测试床方案架构

4.1. 测试床应用场景

以接入工业现场设备为基础，在边缘侧的边缘节点搭载丰富的人工智能分析与决策算法，为开发者提供快速应用开发与环境部署功能，再由云端进行统一调度管理。该模式是“云制造+边缘制造”模式中实现云平台与边缘侧协同的关键，是云制造应用服务在边缘侧提供现场快速响应与决策的重要途径，可支持视频智能分析、大数据流处理、消息路由、函数服务等智能服务，就近提供实时边缘智能服务。

本测试床主要面向三大应用场景，包括设备运维智能服务、工业现场视觉检测、虚拟工厂等场景。

（1）设备运维智能服务场景

利用边缘节点的工业网关，通过数采接口采集设备的振动、电流、压力、开关、转速等多源异构的数据信号，在边缘侧的计算架构数据池中对采集到的数据进行治理，再结合工业互联网云平台机器学习与深度学习能力，持续优化建模，反将模型推送给边缘侧执行，用以挖掘设备运行数据隐藏的故障源与机理，实现现场设备精细化管理、部件/系统故障诊断以及在线监控，提高预测性维护准确率和产品设计能力。

云平台与边缘侧发挥各自数据处理优势，通过互补反馈优化形成设备运行检测维护闭环控制，进而提高设备产出产品的合格率和现场工作效率，降低因设备异常故障而导致的生产损失。

（2）工业现场视觉检测场景

通过边缘节点接入视频数据，并在边缘侧进行视频预分析实现现场感知决策，如现场异常事件实时感知、生产过程视觉检测等，实现事前预判、集中可视指挥调度、回溯取证等业务管控。

边缘节点设备可兼容多种协议接口，能够实时采集分析大量现场数据，并可以向现场连接的设备发送控制命令，可替代并扩展提升 SCADA 系统执行现场数据采集与监视控制服务，并支持云平台 APP 在扩展现场应用服务。

（3）虚拟工厂场景

通过边缘节点网关设备实现设备、产线数据实时采集处理，建立基于 CPS 的虚拟产线仿真虚实结合的枢纽，经过网关动态联接物理产线，通过实时数据驱动虚拟产线运行，评估生产线布局、优化生产流程，并基于大数据监控和诊断设备，自动生成决策控制指令，在通过虚拟工厂验证后，通过网关向物理产线反馈，以虚实高度融合的方式实现产品全生命周期的分布式协同、智能生产和服务。

4.2. 测试床架构

INDICS EDGE 8000 一体机具备通信、存储、计算等一系列方面的高扩展能力，使其能更适应复杂多样的工业现场环境，和日新月异的物联网技术发

展。为此，基于松耦合、微服务的思想对 INDICS EDGE 8000 一体机的技术架构设计如下图 4-1：

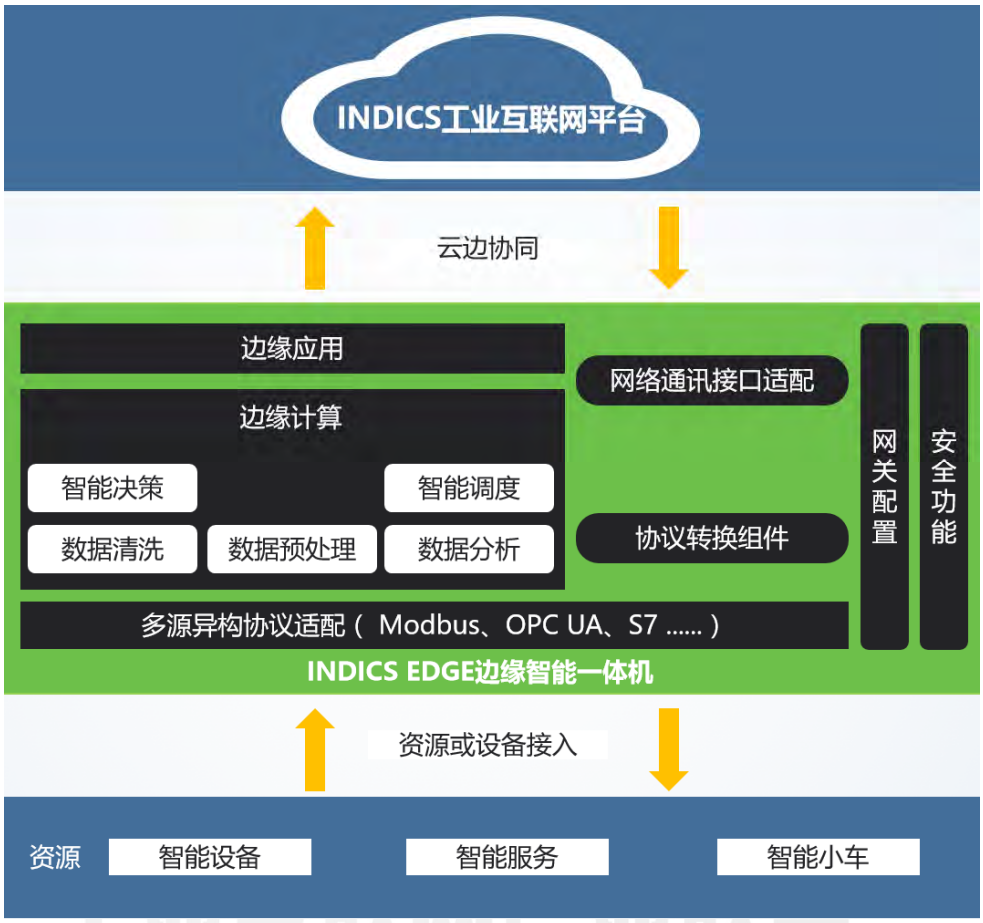


图 4-1 INDICS EDGE 8000 一体机技术架构图

4.3. 测试床方案

INDICS EDGE 8000 一体机的目标是实现将网关设备等边缘节点及其上运行的各类应用 APP 与服务进行统一管理。

云边协同涉及云端的边缘节点组件和边缘云服务管理系统两部分，其中边缘节点提供应用部署与运行环境，安装边缘节点组件建立与云端管理交互的通道，配合云端对节点和应用的生命周期进行管理调度；边缘云服务管理系统则提供边缘节点以及应用的生命周期管理能力。通过边缘云服务管理系统将函数计算、流数据分析、事件管理、机理/训练模型及其他应用以容器的方式下发部署到边缘节点，边缘节点通过各种组件对数据进行初步处理后将处理结果与数据上传到云平台进行进一步分析和管理。

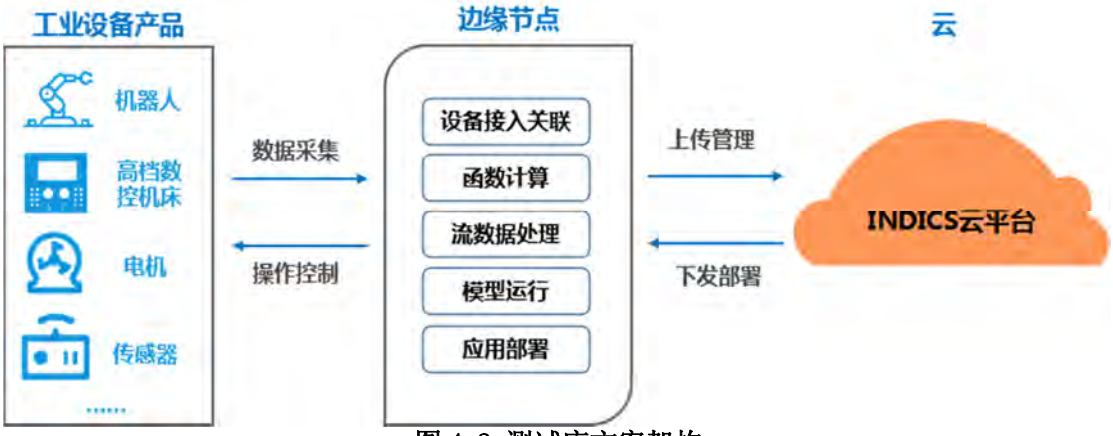


图 4-2 测试床方案架构

边缘云服务管理系统功能包括资源管理、函数管理、数据分析任务管理、应用管理、网关配置等。

边缘节点运行的组件主要包括边缘节点组件、运行环境组件、数据存储组件、安全防护组件和开放 API。

边缘云服务管理系统与边缘节点交互依赖边缘节点组件中的 EdgeHub 模块，基于 MQTT 协议。

4.4. 方案重点技术

（1）云端与边缘侧协同一致性

云端与边缘侧协同一致性主要包括设备接入一致性、容器应用一致性、数据服务一致性三个方面。设备接入一致性主要包括设备接入模型、元数据、配置信息等方面保持一致，能够快速同步，为用户提供一致的设备接入服务；容器应用一致性主要包括边缘侧与云端的容器技术与镜像管理等方面保持一致，方便用户快速获取部署应用；数据服务一致性主要包括云端模型训练与边缘侧模型运行环境保持一致、云端大数据分析服务和边缘侧数据分析协同一致，使用户可以灵活的编排数据分析处理任务。

（2）云端管理组件

管理边缘节点的云端管理组件是构建边缘智能平台的核心，需要深入研究，华为基于 Kubernetes 设计 KubeEdge 并开源，包括云端部分 Edge-controller 和边缘节点 Edge part 两部分，为 IoT/Edge 工作负载提供基础架构和基本功能[7]，包括：

使用 K8s 通过 kubectl 从云端向边缘节点部署应用；

使用 K8s ConfigMap 和 Secret 通过 kubectl 从云端对边缘节点和 Pod 中的应用进行配置管理和密钥管理；

云和边缘节点之间的双向和多路网络通信；

K8s Pod 和 Node 状态通过云端 kubectl 查询，从边缘端收集/报告数据；

边缘节点在脱机时自动恢复，并重新连接云端；

支持 IoT 设备通过设备孪生和 MQTT 协议与边缘节点通信。

（3）边缘侧 Edge 框架

INDICS 工业物联网边缘智能平台具有开放性、可扩展行，希望能够通过云边协同服务、软硬件解耦、开放 API 等建立工业物联网生态。在已有 SmartIOT 基础上，构建 Edge 框架，使边缘节点组件、运行环境组件、数据服务组件、安全组件及边缘应用能够高效交互运行，为用户和开发者提供开放 API 构建第三方应用，并能够支持边缘能力扩展，更好的适应复杂变化的工业应用场景。

4.5. 方案自主研发性、创新性及先进性

（1）丰富的物联网通讯端口和协议

涵盖 RS232、RS485、CAN 等工业常见硬件通讯端口；支持 LAN、WIFI、5G 等有线和无线通讯方式；兼容 modbus RTU、modbus TCP、s7、OPC UA、http、https、mqtt 等工业现场总线及网络传输协议。

（2）高扩展能力

预留 mini-PCIe、PCI、PCIe、SATA、Micro-SD slot 等扩展接口，可对采集模块、通讯模块、计算模块、存储模块进行扩展。

（3）高度集成的云边协同能力

在 INDICS 平台实现对网关应用的全生命周期管理，完成对网关配置，边缘侧数据处理策略编排及计算模型训练，并下发给网关更新和执行；同时，还可对网关及接入设备进行实时监控和日志采集。

（4）强大的边缘计算能力

配备 Core i3 四核处理器，16G 内存。支持 20 种通用运算模型，通过集成丰富的数据分析算法，可视化规则引擎编辑工具，编排数据的本地实时处理逻辑，并同时具备 C、C++、JAVA、Python 等多种高级编程语言解析和运行环境，以支撑本地数据的更高阶应用数据分析和数据处理能力。

（5）互联互通的网络能力

打破原有的烟囱式通讯模式，建立网关与云平台、设备、网关、本地 IT 系统的互联互通，支持 SSH、FTP、Telnet、VPN 等多种网络服务，实现对网关及下位机程序的远程更新和调试。

4.6. 方案安全风险控制

工控系统不允许直接连接互联网，INDICS EDGE 8000 一体机可以满足本地局域网、涉密网等网络环境访问并提供本地存储能力。

五、 测试床实施部署

5.1. 测试床实施规划

于 2019 年 11 月-2020 年 6 月，对航天科工二院物资部的 2 台立体库设备、10 台回转库设备及 2 台水刀切割机进行项目实施，其总体实施规划如图 5-1 所示。

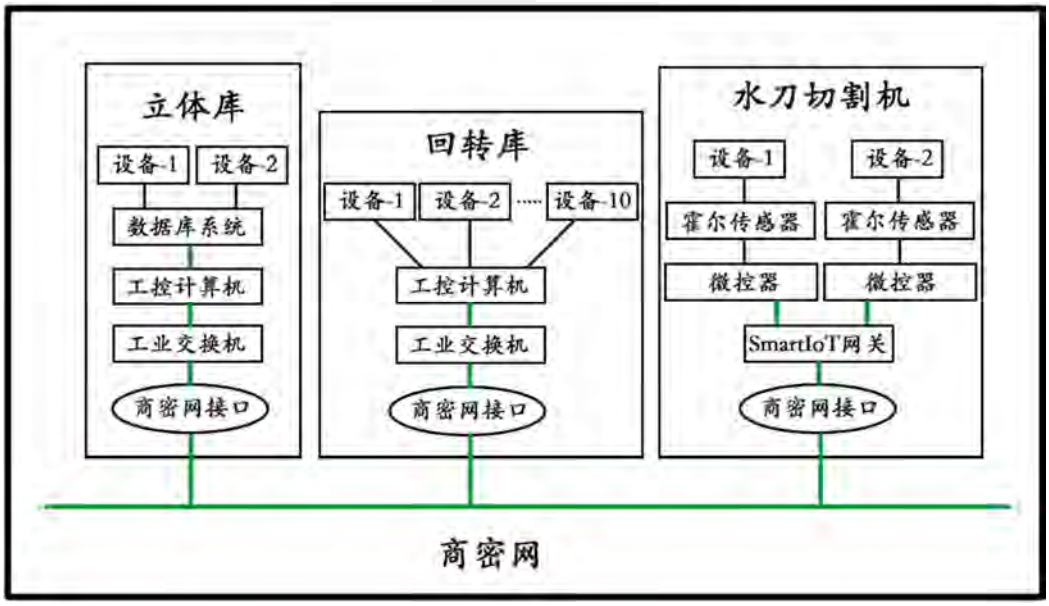


图 5-1 实施方案架构图

5.2. 测试床实施的自主可控性

INDICS EDGE 8000 一体机内嵌安全的边缘系统 INDICS 云平台，即支持自主可控安全操作系统。

六、 测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

基于边缘智能一体机的 INDICS EDGE 8000 作为感知层与网络层之间的媒介，为数字化转型的工业企业尤其是制造业企业提供便捷的连接工业现场边缘侧设备，实现对多源异构数据采集，促进企业的信息化系统与自动化系统数据融通，并通过数据分级配置管理，方便企业灵活配置连接或不连接云平台，如图 6-1 和图 6-2。



图 6-1 设备状态监控页面



图 6-2 设备大数据分析界面

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

INDICS EDGE 8000 一体机实现了数据的清洗、转换、分发、边缘实时计算接口、边缘非实时计算平台、边缘逻辑控制平台等边缘智能的一系列功能；实现了工业现场的边缘计算和云计算服务结合应用，降低数据传输量及占用的网络带宽，应用更加具有实时性和智能，为企业带来潜在的商业价值和可观的经济效益。

6.3. 测试床的社会价值

INDICS EDGE 8000 一体机为缓解云平台面对多源设备接入、海量异构数据传输压力提供了一种有效的解决途径。不仅有利于促进工业互联网生态系统的快速发展，还将数据在边缘端处理地更加安全稳固，打消了众多企业在数据上云安全方面的顾虑，从而有助于推进制造强国和网络强国战略实施，加快工业互联网生态的快速发展，助力我国制造业转型升级。

6.4. 测试床初步推广应用案例

航天科工二院物资部的设备入云项目作为本一体机的应用案例，将物流仓储和设备的管理模式和方法进行了改造升级。该项目以互联网为网络媒介，物资部计划将物流中心立体库设备、回转库设备和水刀切割机等设备接入 INDICS 平台，以便提高物流中心仓储及设备的整体利用效率。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

七、 测试床成果验证

7.1. 测试床成果验证计划

（1）立体库需提供能够接入互联网的终端设备（计算机或服务器）；需要提供确定的接入 INDICS 平台的 Excel 数据表格。

（2）回转库需提供能够接入互联网的终端设备（计算机或服务器）；需要提供确定的接入 INDICS 平台的 Excel 数据表格。

（3）水刀切割机需提供互联网入口（RJ45 电口）。

7.2. 测试床成果验证方案

（1）硬件验证方案

①对于立体库和回转库，确定设备接入的数据格式、Excel 表格和终板定型（相关设备厂家进行配合）。

②对于水刀切割机，需要设备厂家配合在电气控制系统中抽点采样。

（2）软件验证方案

①对于立体库和回转库系统，通过相应的软件开发（软件架构已搭建完成），将互联网终端设备上的 Excel 表中的设备数据上传到 INDICS 平台，并在互联网的页面中进行数据展示。

②对于水刀切割机，通过对研华网关进行开发配置，将数据上传到 INDICS 平台并在互联网的页面中进行数据展示。

八、 与已存在 AII 测试床的关系

本测试床项目符合 AII 工业互联网总体架构以及在网络体系、数据体系和安全体系等方面的架构。

本测试床项目与之前已经审批的测试床项目无任何关联。

九、 测试床成果交付

9.1. 测试床成果交付件

INDICS EDGE 8000 一体机硬件产品 1 套（图 9-1）、软件 2 套(图 9-2、图 9-3)和 INDICS EDGE 8000 商标 1 项。



图 9-1 INDICS EDGE 8000

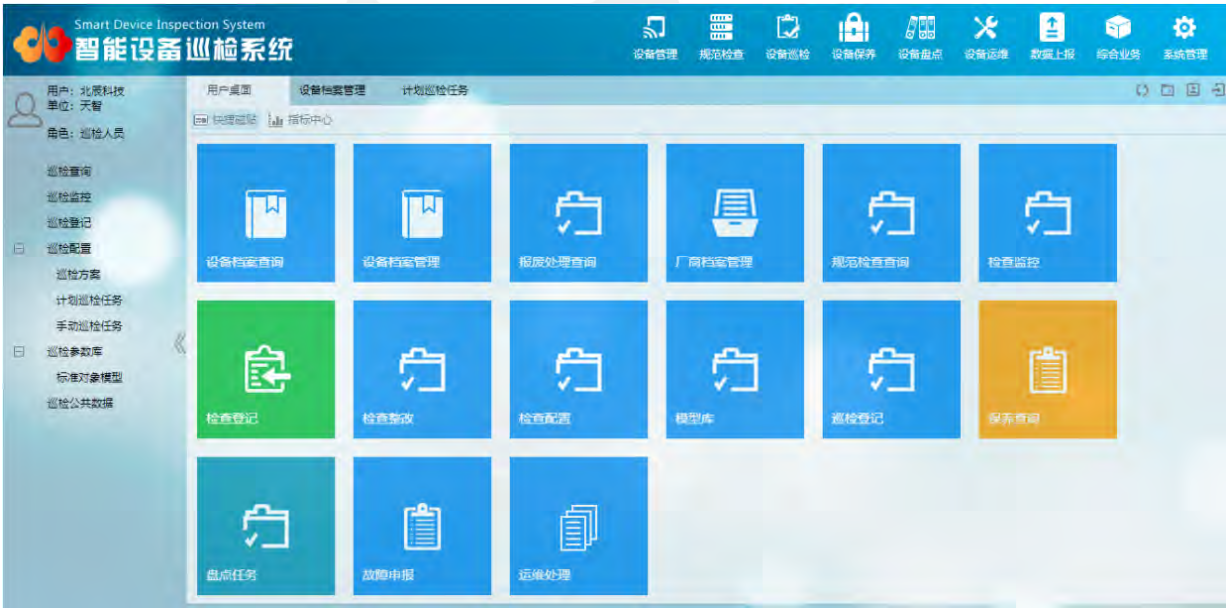


图 9-2 智能设备巡检系统

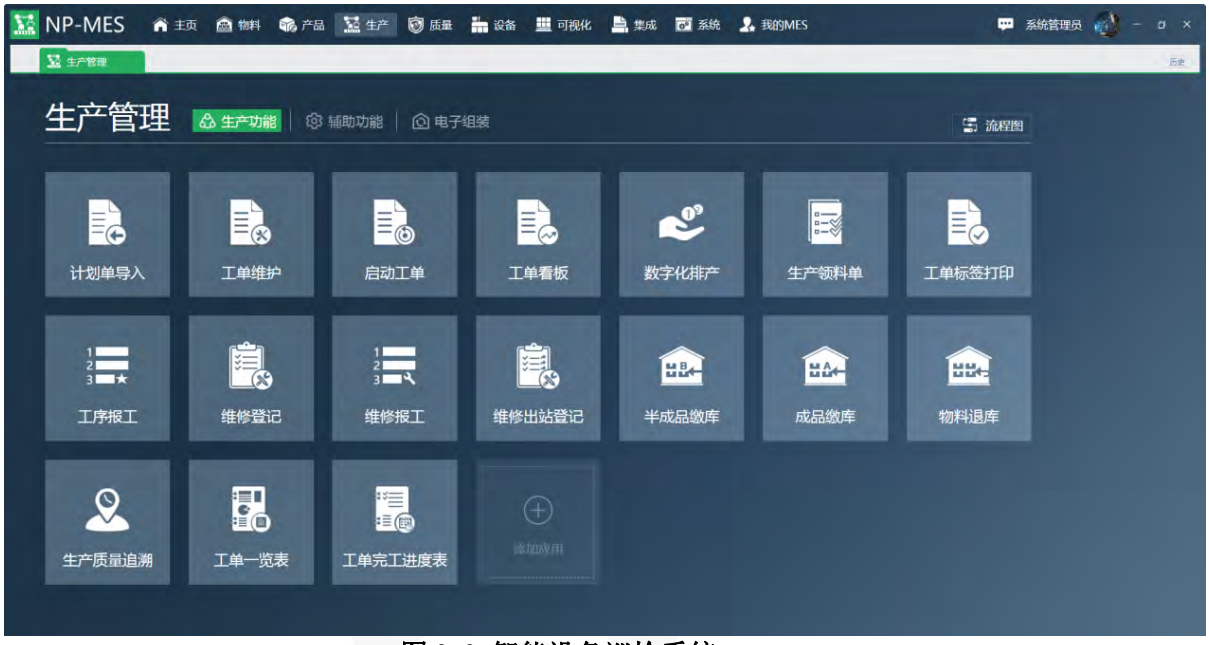


图 9-3 智能设备巡检系统

9.2. 测试床可复制性

可复制的行业及应用场景：亟需数字化转型的工业企业尤其是制造业企业及其工业现场的设备接入及设备采集、治理和分析。

9.3. 测试床开放性

具有开放普适的测试环境：强大的物理环境支撑，如工业现场设备、有线/无线网络、电力条件等；开放且统一的工业互联网云平台 API 接口；标准的设备接入及数据采集接口；多领域工业应用 APP，如 MES、ERP 等。

十、 其他信息

10.1. 测试床使用者

航天科工二院物资部

10.2. 测试床知识产权说明

北京航天智造科技发展有限公司拥有对基于工业物联的边缘智能一体机-INDICS EDGE 8000 的建设、运营以及使用权和相关知识产权。

10.3. 测试床运营及访问使用

1. 运行环境

- 硬件环境：INDICS EDGE 8000 一体机
- 系统环境：Linux（yocto）
- 软件环境：无

2. 部署步骤

- 将边缘智能网关程序、config 程序、sntp 程序全部拷贝到“/home/root/边缘智能网关/”。
- 将边缘智能网关.sh 脚本放置“/etc/init.d/”。
- 重启 INDICS EDGE 8000 一体机即可。

10.4. 测试床资金

本测试床项目的建设为自筹资金，200 万元人民币，同时也会争取专项资金支持。

10.5. 测试床时间轴

序号	开始日期	结束日期	工作内容	验收标准
1	2019.4.1	2019.4.30	完成产品硬件定制。	硬件一套
2	2019.5.1	2019.5.30	搭建边缘智能系统框架。	源代码
3	2019.6.1	2019.6.30	完成通信协议栈功能模块。	源代码
4	2019.7.1	2019.8.30	完成本地存储、数据交互等功能模块。	源代码
5	2019.9.1	2019.11.30	完成线上配置工具开发。	源代码
6	2019.12.1	2019.12.30	完成算法模型编排工具开发，发布边缘智能网关产品。	源代码

基于“AI+Dynamo”的装配式建筑智能模型设计平台验证测试床

企业简介

北京建谊投资发展（集团）有限公司：创始于 1992 年，是一家涉及建筑全产业链的产业化集团公司。建谊集团秉持“智建天下，让人人都有宜居好住的房子”使命，以实现国家产业规划和相关政策导向为起点，以大力推动建筑产业工业化为己任，以带动全产业链的繁荣发展为初心，以建筑产业面临的日益增长的大规模个性化定制建筑、建筑全产业链协同网络、从线上虚拟建造到线下智能建造的建筑全生命周期管理、建筑产业全球化协作等四大需求为着力点，坚持“平台化、数字化、全球化”的发展战略，携手全球合作伙伴，打造建筑产业工业互联网平台（CIIP.COM），致力于“让天下人都有宜居好住的房子”。

华为技术有限公司：华为是全球领先的信息与通信解决方案供应商，过去 30 多年，华为抓住中国改革开放和 ICT 行业高速发展带来的历史机遇，坚持以客户为中心，以奋斗者为本，基于客户需求持续创新，赢得了客户的尊重和信赖，从一家立足于中国深圳特区，初始资本只有 21,000 人民币的民营企业，稳健成长为年销售规模 7000 多亿人民币的世界 500 强公司(2018 年财富 500，华为上升至 72 位)。目前，华为的电信网络设备、IT 设备和解决方案以及智能终端已应用于全球 170 多个国家和地区。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

引言/导读

从 2014 年开始，在住建部的大力推动下，各省市政策相继出台建筑信息模型（BIM）技术推广应用文件，到目前我国已初步形成建筑信息模型（BIM）技术应用标准和政策体系，为 BIM 的快速发展奠定了坚实的基础。为加快建筑信息模型（BIM）技术在建筑行业中的发展，真正实现在全国范围内的普及应用。

2019 年以来，国家连续出台了 3 个 BIM 相关的扶持政策。

2019 年 2 月 15 日：住房和城乡建设部发布“关于印发《住房和城乡建设部工程质量安全监管司 2019 年工作要点》的通知”，要点指出：推进 BIM 技术集成应用。支持推动 BIM 自主知识产权底层平台软件的研发。组织开展 BIM 工程应用评价指标体系和评价方法研究，进一步推进 BIM 技术在设计、施工和运营维护全过程的集成应用。

2019 年 3 月 15 日：国家发展改革委与住房城乡建设部联合发布“关于推进全过程工程咨询服务发展的指导意见”，意见指出：大力开发和利用建筑信息模型（BIM）、大数据、物联网等现代信息技术和资源，努力提高信息化管理与应用水平，为开展全过程工程咨询业务提供保障。

2019 年 3 月 27 日：住房和城乡建设部办公厅发布“关于行业标准《装配式内装修技术标准（征求意见稿）》公开征求意见的通知”，征求意见稿中指出：装配式内装修工程宜依托建筑信息模型(BIM)技术，实现全过程的信息化管理和专业协同，保证工程信息传递的准确性与质量可追溯性。

知识背景

“Dynamo”是建立在传统参数化建模基础上的新一代程序化动态建模语言与工具，它是 Autodesk2016 年推出的可视化编程语言与编程工具的统称，也是新一代自动建模语言的代称，它是免费且开源的系统，使用 Apache 2.0 授权协议。

AI：（Artificial Intelligence）人工智能。人工智能是计算机科学的一个分支，它企图了解智能的实质，并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器。人工智能是一门极富挑战性的科学，其包括十分广泛的科学，它由不同的领域组成，如机器学习，计算机视觉等等，人工智能研究的一个主要目标是使机器能够胜任一些通常需要人类智能才能完成的复杂工作。

一、关键词

人工智能、AI、 编程建模语言、Dynamo、装配式建筑、智能建模、建筑信息模型（BIM）、平台

二、发起公司和主要联系人联系方式

发起公司：

北京建谊投资发展（集团）有限公司

孙永升	18911307121	sunyongsheng@bjjy.com
王宇	13466558736	wangyu@bjjy.com

华为技术有限公司

殷宏	18665363625	yinhong@huawei.com

三、合作公司

北京市建筑设计研究院有限公司、北京高能筑博建筑设计有限公司

四、测试床项目目标和概述

本测试床满足基于建筑产业工业互联网平台的装配式建筑（特别是装配式住宅建筑）项目前期的快速方案选型和建筑信息模型画图的需求，利用人工智能和自动建模技术实现建筑信息模型的自动化设计（建模、画图），提高建筑项目前期设计的效率和设计质量，降低企业在工期冗长或延误造成资金损失，促进企业进行数字化转型升级，共同推进装配式建筑行业规范化、标准化、精细化、智能化的发展态势，打造装配式建筑行业的示范样板和行业标杆，并有广泛适用性，未来可在行业中大范围推广应用。

本测试床的目的是基于建筑产业工业互联网平台，结合建筑行业大量的历史数据资料，通过人工智能算法进行大数据建模分析，实现对装配式建筑（特别是装配式住宅类建筑）的建筑信息模型的智能设计和自动出图，代替大量的人工重复性劳动，提高项目设计阶段的效率，以达到降低项目成本的目的。

测试床验证点：

验证智能模型设计的可靠性

验证基于 AI 算法对建筑设计规则的识别，驱动 Dynamo 进行数字建筑模型建模的可靠性。

验证智能模型设计过程的可控性

提炼和设置 AI 算法控制的关键参数，以控制性详细规划、修建性详细规划和用户需求，三个限制性输入条件要求下，满足设计要求的能力。

验证智能模型设计的效率

通过优化 AI 模型，简化控制逻辑，优化系统的同步运行效率，提高模型的输出效率。

难点和挑战：

1．AI 企业人工智能算法用于建筑信息模型的设计尚无先例，构建满足实际需求的算法模型会面对诸多未知因素，课题参与企业需要较多的摸索过程。

2．建筑模型数量与消费互联网或工业大数据相比，存在着数量较少现状，需要采用合适增强算法或数据补全算法作为弥补。

3．建筑行业当前仍然是采用人工建模的方式，尚无使用自动建模的案例，智能建模对于行业的接受度和普及过程尚有诸多不确定性因素。

4．建筑信息模型是模型+数据的综合体，本身的信息扩展性非常强，智能建模技术为了弥合实际模型需求，可能需要关联和计算大量的相关数据，可能造成建模的效率低下，不能达到理想效果。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

五、测试床解决方案架构

(一) 测试床应用场景

建筑项目从全生命周期角度，主要分为立项、设计、生产、施工、运维五个阶段，其中设计阶段是整个项目执行的龙头环节，起到关键性的作用，它主要通过协调成本控制、可行性方案、采购可行性、时间周期、可施工性、质量控制、安全控制等因素，输出最后最优方案和指导模型，起到对项目的把控和指导作用。该设计阶段，属于本测试床的主要应用场景。

本测试床验证通过人工智能算法模型驱动自动建模语言代替人工建模，实现机器建模，其利用人工智能算法进行推理运算，自动输出选型方案和建筑信息模型，满足基于建筑产业工业互联网平台的装配式建筑（特别是装配式住宅建筑）项目前期的快速方案选型和建筑信息模型设计的需求，提高整个建筑项目运行的效率和运行质量，降低企业在工期冗长或延误造成资金损失，促进企业进行数字化转型升级，共同推进装配式建筑行业规范化、标准化、精细化、智能化的发展态势，打造装配式建筑行业的示范样板和行业标杆，并有广泛适用性，未来可在行业中大范围推广应用。

(二) 测试床重点技术

本测试床采用的重点技术包括人工智能技术、编程建模技术等。

人工智能技术，以大量建筑项目方案和模型的数据采集，以及对建筑设计规则的人工标记，利用人工智能的机器学习算法，构建机器建模的算法模型，以机器智能推理算法模拟人工建模做法。以建筑规则的关键控制特征为输入性控制条件，如轴距、户型、限高、层数、层高、容积率、绿化率、净空等等，快速构建建筑信息模型的设计方案，并将人工智能模型的算法转化为建模语言的控制指令，控制编程建模语言进行自动化的建筑信息模型的设计和输出，进而实现智能化的方案选取和自动化的建筑信息模型的设计。

编程建模技术，是以编程脚本 DesignScript 进行模型建造的方法，在数据处理方面，运算效率更佳，且能够同时管理建筑信息，数据结构灵活性强。其具有 Analyze 分析库、Builtin 内置操作库、Core 核心函数库、Display 显示库、Geometry 几何图形库、Office 交互库、Operators 运算符库等丰富操作指令集，还能够嵌入 Python 等其他语言 Script 脚本执行，扩展性强，因此拥有强大的建筑信息模型建造与模型计算能力，通过编程指令，还可延伸性输出施工图、工程量统计单、造价单、采购清单、经济技术指标报告、结构分析报告、碰撞分析报告、净空分析报告等一系列内容，充分的满足建筑项目设计阶段的业务需求。

通过人工智能+编程建模技术对建筑信息模型设计过程的分析和洞察，给出建筑信息模型智能化和自动化输出的解决方案。

(三) 技术创新性及先进性

本测试床项目利用互联网平台，基于 AI 和 Dynamo 技术，对建筑信息模型的智能设计技术进行全面系统的分析和解决，做出开拓性的尝试，实现基于人工智能的建筑信息模型的智能设计与自动出图，从而大幅降低人工性重复性的工作劳动强度，并大幅提高了对建筑项目全过程信息进行规范化建模的效率和准确率。

本测试床项目还将利用 AI 和 Dynamo 技术强大的算法和算力优势，实现“一步出图、一步算量、一步出价、一步出清单、一步出分析”的深度应用，以达到一专多能的应用效果，充分的满足实际业务需求场景。

目前在建筑工程领域， Dynamo 技术是当前最新出现的自动建模编程语言，基于人工智能技术的智能模型设计应用尚在探索阶段，行业内尚未出现大规模、规范化的应用，在建筑工程领域的应用属于前列，因此具有较好的先进性。

(四) 测试床解决方案架构

本测试床系统的设计原理如下图 1 所示，由地块数据+需求数据+控规数据+详规数据+户型结果等信息构成训练数据，AI 算法通过对训练数据的大量计算和分析，学习建模规则并建立建模算法模型，算法模型计算结果实时与建筑设计规范进行验证反馈，实现算法的自我评价与自我迭代，当用户输入需求条件，算法模型根据建模规则输出户型方案，户型方案经 Dynamo 解析与绘图输出，则形成模型方案。户型是住宅类建筑的基本单元，户型的组合构成建筑单体，建筑单体的组合构成了园区层面方案，依次形成“户型-单体-园区”智能设计系统迭代演化的升维路径，最终达到完整的满足建模需求的目标。



图 1-原理图

通过 AI+大数据+Dynamo 技术对建筑信息模型设计过程的分析、洞察和全面优化，给出系统性的智能建模和自动出图解决方案，是本测试床项目聚焦的方向。

六、预期成果

(一) 测试床的预期测试结果，针对测试项（重点）

基于“AI+Dynamo”技术的装配式建筑智能模型设计验证测试床预期的测试结果包括三个方面：

1．基于 AI 算法驱动 Dynamo 进行数字建筑模型进行设计的可靠性达到 95%以上。

2．提炼和设置 AI 算法控制的关键参数，以控制性详细规划和修建性详细规划两个限制性输入条件要求下，设计可控性的满足度达到 80%以上。

3．通过优化 AI 模型，简化控制逻辑，优化系统的同步运行效率，实现单一模型方案的输出时间不超过 30 分钟。

(二) 商业价值

联合行业友商推进建筑项目全过程信息建模的智能化和规范化，共同打造装配式建筑的智能化建模的示范样板和行业标杆，有广泛适用性，未来可在建筑和其它制造行业中大范围推广应用。

(三) 经济效益

替代人工建模，设计节时 70%，每年节约建模成本 100 亿元以上。

(四) 社会价值

建筑项目的设计过程是建筑成本管控、质量管控、时间管控的关键环节，是提升装配式建筑质量的关键手段，建筑信息模型是国际国家推动装配式发展的关键技术手段，建设智能建模验证测试床，有助于推动我国装配式建筑持续、稳步、健康发展，促进建筑产业工业互联网平台从硬件到软件的自主研发、生产、升级、维护的全程可控产业链的建立。

七、测试床技术可行性

(一) 物理平台

本测试床项目设计的物理设备包括：

1. 运行测试床 SaaS 层服务的服务器、存储设备及网络设备
2. 本地建筑信息模型验证的图形工作站
3. 运行大数据及人工智能引擎所需的服务器、存储设备及网络设备

(二) 软件平台

本测试床项目运行于软件平台包括：

建筑产业工业互联网平台（CIIP.COM）：建谊集团自主研发的建筑产业工业互联网平台，将装配式建筑设计、生产、施工、运维全生命进行打通，通过平台实现装配式建筑生产全过程协同、全产业协作、全要素参与，提供训练建模算法所需的模型大数据资源，同时平台内提供人工智能算法库和微服务开发环境，为装配式建筑的建筑信息模型的建模和出图提供支持，完成智能化的建筑项目方案的智能出图目标。

八、和 AII 技术的关系

(一) 与 AII 总体架构的关系

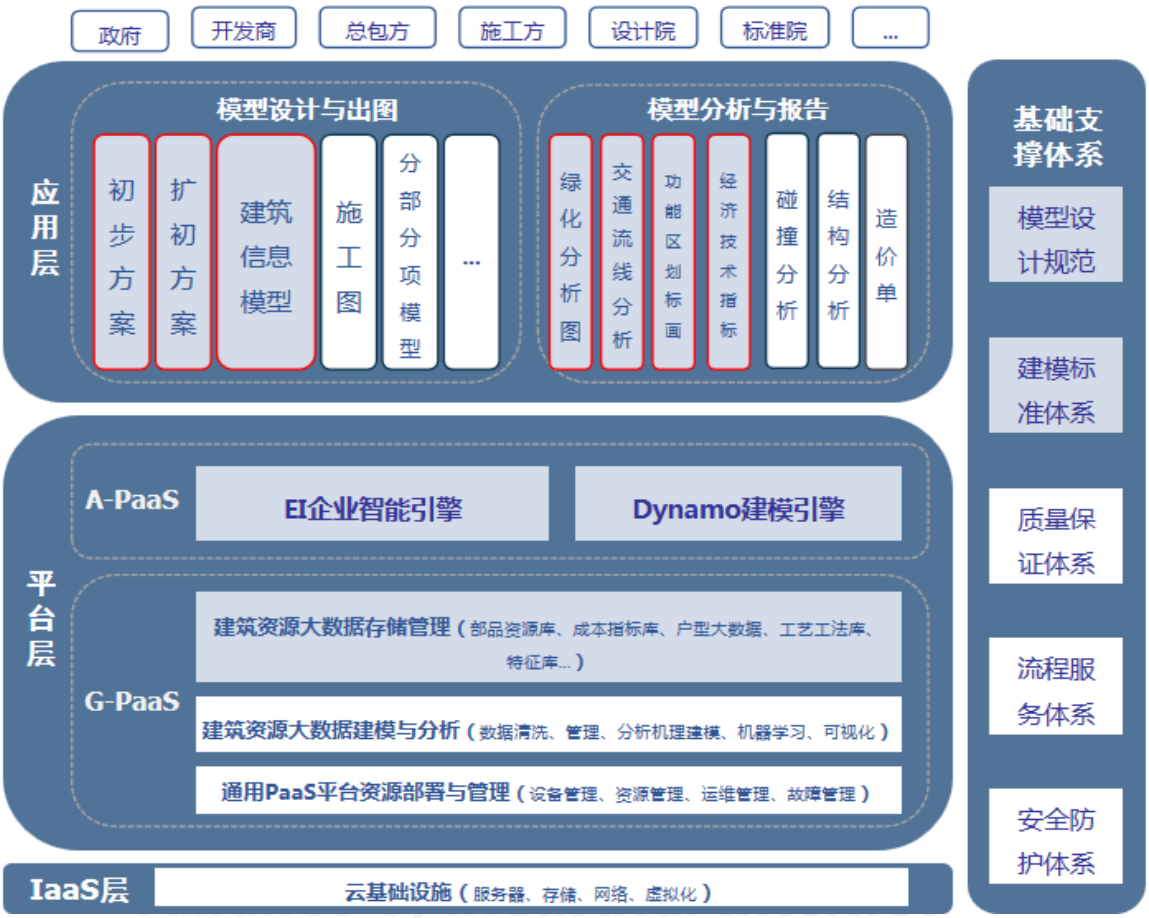


图 3-技术架构图

本测试床项目基于总体架构的指导，遵从 4 层技术架构，从建筑资源大数据资源存储、建模与分析，AI 企业人工智能引擎和 Dynamo 建模引擎，模型设计与出图服务，到模型分析与报告，最终实现机器建模和自动化出图，优化设计效率与质量，提升装配式建筑项目的运行效率。测试床重点测试的技术包括 AI 企业人工智能算法建模技术、Dynamo 编程建模技术和大数据存储管理挖掘技术等，属于总体架构中数据集成处理、数据建模仿真与分析、智能化应用的范围。

(二) AII 安全

验证示范平台将遵循工业互联网产业联盟提供的安全指导原则进行安全设计、实现和测试。将和 AII 安全组密切合作，邀请安全组成员参加验证示范平台项目评审。

本验证示范平台安全设计原则：

基本假设：所有网络系统会都受到内或外的攻击。

本平台中各系统可实现系统安全措施以适用于存在的潜在安全风险：

1）系统具备标准安全协议 (例如 SSL、 SSH，VPN 连接)，对系统的访问总是进行身份验证，并与授权系统相关联。

2）设计中系统间通信包含敏感数据时通过标准安全协议确保安全

3）系统设计原则是不留下任何未受保护或未使用的开放端口，并且在利用公有云的防火墙规则，系统在 VPC 环境中部署。

4）系统所有 API 执行身份验证

5）系统对安全凭据存储加密

6）各系统访问可追溯，并进行敏感系统与多因素身份验证。

7）系统对敏感数据单独加密 （包括隐私）

8）系统对安全密钥实施轮换政策

9）网关采用数据加密交互。采用白名单指令设置。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

(三) 详细清单（可选）

(四) 安全联系人

安全联系人：孙永升 北京建谊投资发展（集团）有限公司 平台产品总监

(五) 与已存在 AII 测试床的关系

该验证示范平台与之前的验证示范平台无任何关联。

九、交付件

验证示范平台的交付主要包括:

（1）项目设计方案书

（2）在应用 AII 架构过程中有关进度、经验和教训的技术报告

（3）验证报告

十、测试床使用者

非发起方的平台参与者可以使用验证示范平台的所有操作功能，但仅限于功能的操作使用，禁止泄露给同行业的第三方。

十一、 知识产权说明

项目合作过程中产生的全部开发成果及其知识产权，包括但不限于申请专利的权利、专利申请权、专利权、版权、商业秘密，均归发起方所有；未经一方书面同意，另一方不可将本协议项目合作过程中产生的任何知识产权转让、许可给任何第三方。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

十二、 部署，操作和访问使用

部 署

服务：软件平台部署在华为云。华为云为软件平台的运营提供支持，

运营：北京建谊投资发展（集团）有限公司负责平台的运营。

访问

参与的公司能够访问系统和对应角色的数据（考虑客户数据的敏感性）；

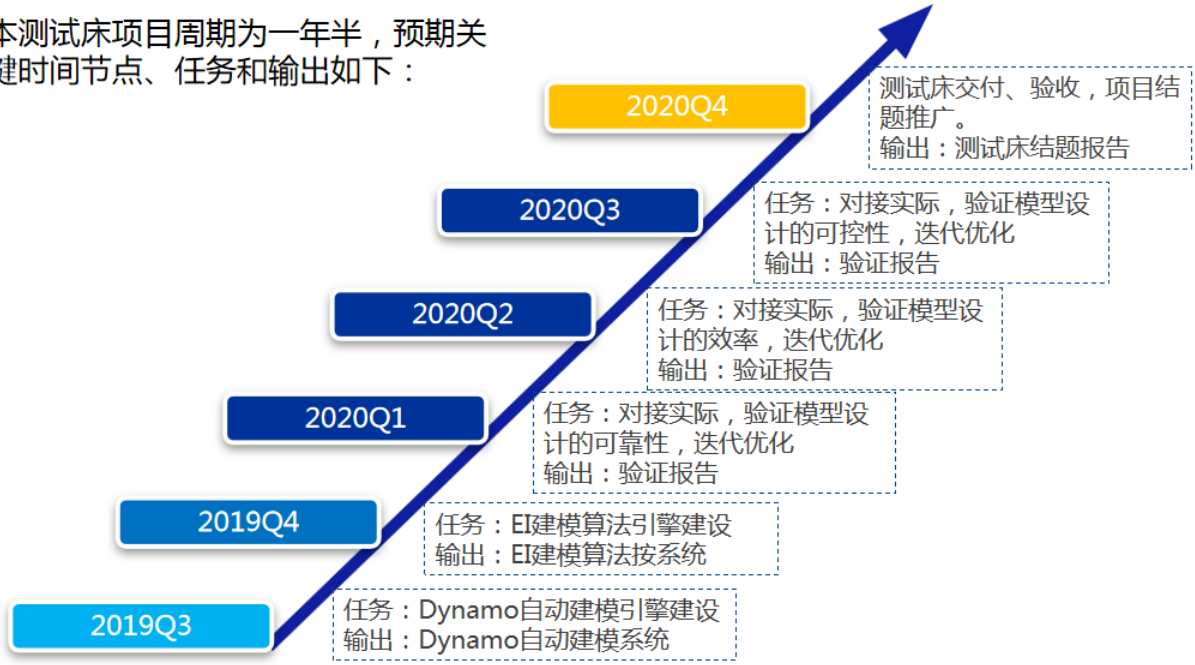
非参与公司无法访问系统。

十三、 资金

建设验证示范平台的资金由参加者提供。

十四、 时间轴

本测试床项目周期为一年半，预期关键时间节点、任务和输出如下：



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

十五、 附加信息

无。

工业互联网应用案例

编写说明

当前，互联网创新发展与新工业革命正处于历史交汇期，互联网从消费领域向生产领域、从虚拟经济向实体经济快速延伸，工业经济由数字化向网络化、智能化深度拓展，工业互联网正成为推动互联网、大数据、人工智能和实体经济融合发展的突破口。党中央国务院高度重视工业互联网发展，习近平总书记指出，要深入实施工业互联网创新发展战略。在工业互联网产业联盟的指导下，产业发展组连续四年面向联盟成员及全社会开展了优秀应用案例滚动征集工作，旨在发现我国工业互联网新技术、新应用、新业态、新模式的最佳实践，加快优秀案例的宣传推广和规模化应用，助推我国工业互联网产业和应用体系加速形成，贯彻落实《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》。通过联盟专家组的四轮评审，2019 年共评选出了 25 个优秀案例，并由产业发展组组长和副组长单位牵头编写了优秀案例集。

牵头编写单位：中国电信，中国信息通信研究院

参与编写单位：华为技术有限公司、浙江省能源集团有限公司、太极计算机股份有限公司、思为交互科技、海尔数字科技有限公司、青岛海链数字科技有限公司、中建钢构广东有限公司、中国电信股份有限公司惠州分公司、上海理想信息产业（集团）有限公司、中国移动（上海）产业研究院、深圳市智物联网络有限公司、中国大唐集团有限公司、中国神华股份有限公司国华电力分公司、中国电力科学研究院有限公司、华润电力控股有限公司、西安中服软件有限公司、宜科（天津）电子有限公司、北控水务（中国）投资有限公司、和利时科技集团、武汉华中数控股份有限公司、华中科技大学、联想（北京）有限公司、江铜集团贵溪冶炼厂、用友网络科技股份有限公司、南京中新赛克科技有限责任公司、奇安信科技集团股份有限公司、江苏敏捷科技股份有限公司、上海全应科技有限公司、国网新源控股有限公司、智能云科信息科技有限公司、中兴通讯股份有限公司、江苏中车数字科技有限公司、中国移动通信集团江苏有限公司南京分公司、长扬科技（北京）有限公司

编写作者：

中国电信：孙健、张东、徐敏捷、周骏、杨震、高志峰、杨丹、王晶、刘丹蓉、季楠

中国信息通信研究院：余晓晖、冯旭、朱敏、刘默、李铮、杨楠、袁林

华为技术有限公司：周亚灵、李汉国

太极计算机股份有限公司：王建强、孙勇、宋锐

思为交互科技：谭畅

海尔数字科技有限公司：赵晨

中建钢构广东有限公司：田建方

中国移动（上海）产业研究院：杨天乐

深圳市智物联网络有限公司：国承斌

中国大唐集团有限公司：陈荣敏

中国神华股份有限公司国华电力分公司：王文彬

华润电力控股有限公司：姜利辉

西安中服软件有限公司：冉易谷、张珊珊

宜科（天津）电子有限公司：周兴

和利时科技集团：胡桥华

武汉华中数控股份有限公司：惠恩明

联想（北京）有限公司：黄卓磊

用友网络科技股份有限公司：马春枚

南京中新赛克科技有限责任公司：孙浩

奇安信科技集团股份有限公司：王弢

江苏敏捷科技股份有限公司：倪海燕

上海全应科技有限公司：乐毅、石红生

智能云科信息科技有限公司：白欧

中兴通讯股份有限公司：周琦、江洪峰

长扬科技（北京）有限公司：王雪寒

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 1

华为技术有限公司

基于主动防御的电子制造基地安全方案

一、项目概况

1. 项目背景

该电子制造企业既有自己的工厂又有众多的外协工厂，且外协工厂分布式在全世界多个国家。目前该企业已经实现“云上办公”和“生产管理系统上云”，企业各园区之间采用企业专网进行通信，生产基地和外协厂基本上通过租借的专网进行通信，部分供应商采用 TLS VPN 进行通信，厂区内部还根据不同的应用场景采用不同的通信方式，除了有线通信之外，还有 WiFi 和 eLTE 等无线通信方式，工厂和外协工厂之间通过该企业的云平台实现生产协同

正是企业制造智能化和管理 IT 化的水平比较高，使其制造业务的面临安全挑战非常大，且制造业务的安全要求和公司的通用 IT 安全要求有所不同，前者重点是保障业务的连续性和可靠性，后者重点是确保数据的安全性和可控性。因此制造业务部门在基于公司通用的 IT 安全部署和安全管理之上，提出制造基地独立的安全防护体系和安全管理机制。

2. 项目简介

该电子制造基地的安全实施，以保证业务连续性为目标，采取管理约束和技术保证双管齐下的策略，根据生产实际述求，本着先改造 IT 后增强 OT 的安全实施理念，提出了被动的静态防御和主动防御相结合的安全部署方式， 通过严

格的安全隔离和访问控制机制等传统的静态防御手段，为生产基地构建独立的网络安全防护围墙；在此基础上，引入主动防御的安全工具，通过先进的安全防御工具，来弥补攻防的不对称问题，提高应对未知威胁的反应能力和预警能力，确保工控系统运行环境的安全性。

3. 项目目标

项目的安全目标是确保业务的连续性，避免因攻击事件造成生产线的停机。项目安全方案的前提条件是不对工控系统的可用性、实时性和可靠性产生任何影响，制造基地的数据安全保护已经由公司的云平台安全保护体系进行保护，不在本项目考虑之内。

目在增强传统的静态防御手段基础上，采用“先提高 IT 免疫力，后增强 OT 安全”的思想，分两期部署主动安全防御系统：第一期主要给制造基地 IT 网络和 OT 边缘区增加主动防御，建立数据交换区来隔离安全风险，车间内的数据以安全监控为主；第二期，将主动防御系统的行为建模能力扩展到 OT 网络和工业协议，实现 OT、IT 和 CT 网络的全方位监控。通过这两期的安全方案部署，加强了网络安全纵深防御和联动协防能力，建立有效应对 APT 攻击防御的全网协同的智能“自我免疫”的安全防御体系，实现对全网威胁的态势感知。实现网络安全“智能检测”、“智能处置”和“智能运维”，从被动、单点防御到主动、整网防御，从人工运维到智能运维。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

二、项目实施概况

1.项目的面临的挑战和对策

- **主要挑战**

  终端安全手段难以部署，停机维护不可接受；生产线无人值守，工控设备高自动低智能；生产网络是专用的封闭系统，与外部情报共享不方便；另外面对 APT 高级持续威胁和 WannaCry 等这种新型勒索病毒，传统单点和静态防护手段常常束手无策，等到攻击事件爆发时才知道已经为时已。

- **应对策略**

  采用不依赖终端的网络旁路部署方案；威胁检测不依赖威胁情报，而是基于 AI 和业务环境自适应的智能检测与响应技术；通过建立数据交换区，最大限度避免外部攻击和威胁直接进入生产网，部署诱捕网络，与智能检测与响应系统进行联动，提高对未知威胁的攻击意图分析能力和全网的动态安全响应能力。

2. 项目总体架构和主要安全部署策略

项目采用静态安全防护和主动安全防御相结合的方案，安全解决总体解决方案示意图如图 1 所示，项目采取下面的安全部署策略：

- 多层次的安全隔离措施：在企业的大专网中，划分一个生产专网，将办公网络和生产网络区分开，在生产网络中再进一步划分若干个子网；生产区根据设备和业务特点，划分不同安全区域，每个区域对应一个网络子网。通过严格的安全隔离措施，来弥补工控系统自身防护能力弱的问题。

- 严格的网络访问控制：每个子网分配私有 IP 地址段，子网之间通信需要通过网关进行访问控制；设备接入生产大专网时，采用设备和用户的双因子鉴权机制，设备需要先通过云的合规性和杀毒检测等常规性健康检查之外，进入生产区还需要进行未知威胁的检测；各生产子网的访问权限由云平台统一管理，实现全局访问监控。

- 定义数据交换的专门安全隔离区域：在生产大网前面，专门设计一个安全隔离区，作为 OT 网络和 IT 网络之间的数据交换的唯一场所，也是新来的设备和文件进入 OT 网络前的健康检查区域，设立该安全隔离区目的是尽量将外部攻击阻止在该隔离区，避免其进入 OT 网络。

- 部署主动防御系统：在保留原有的防火墙和 IDS 的安全能力上，叠加一个动态的安全防护系统，来提高安全检测和响应能力，并在安全隔离区专门设立一个诱捕网络，通过诱捕网络来分析攻击意图

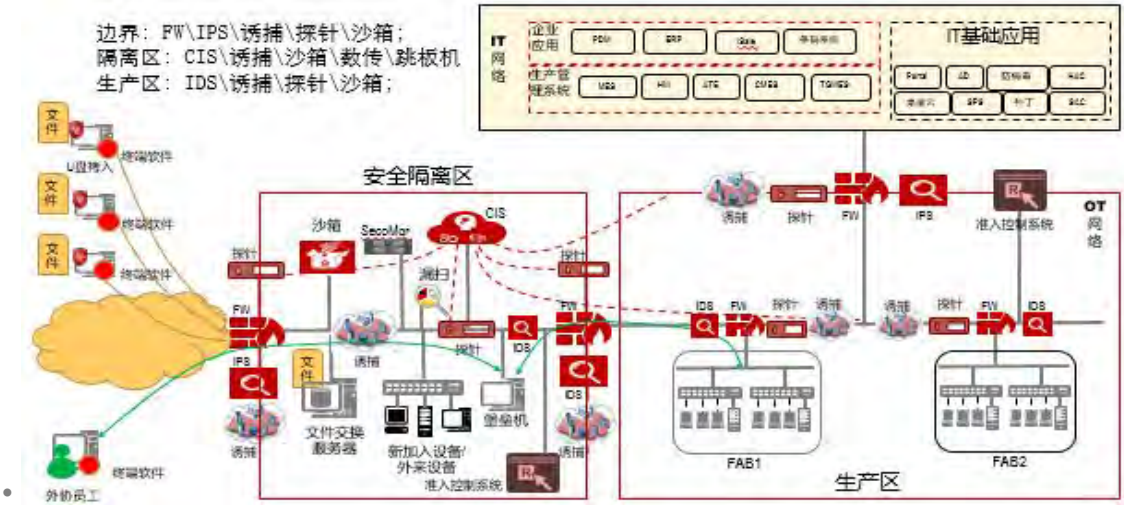


图 1 主动防御系统的部署总体示意图

. 3 方案的关键组件

该项目的主动安全防御方案均采用华为的安全产品进行部署，关键组件之间的关系如图 2 所示：

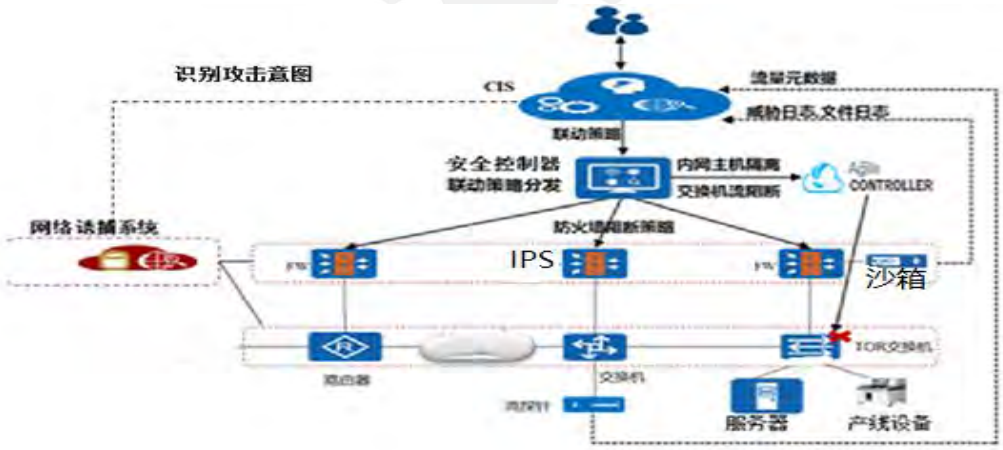


图 2 主动防御系统各组件之间关系图

- CIS：基于 AI 技术的智能安全分析器，通过检测探针上报的流量特征和日志、终端行为等数据分析，识别未知威胁，并联动安全控制器下发安全策略
- SecoManager：智能的安全控制，实现安全设备和网络设备的统一调度，提高全网联动能力，安全控制器接受安全分析器的安全处置措施，编排成为

设备可执行的策略，并自动下发给安全执行器进行执行，是全网的主动防御系统的安全资源调配中心。

- 安全执行器，包含防火墙和 IPS，一方面向分析器提供安全分析的数据输入，另一方面接收控制器下发的具体指令，执行安全策略的实施，实现安全处置闭环，同时对接 CIS，实现本地信誉升级。

- 探针：流量探针部署在各子网关口处和网络边界处，探测流量的行为特征和用户行为，日志探针采集交换机、防火墙和 IPS 的安全日志，并上报 CIS。

- 沙箱：检测未知的恶意代码，与防火墙和 IPS 具备联动功能，防火墙和 IPS 从流量中提取可疑文件，送到沙箱检测。 所有新文件和新设备都需要进行沙箱检测。

- 网络诱捕系统：向攻击者呈现虚假资源，诱导攻击，把攻击引入蜜罐，与攻击者交互，通过某些技术手段，确认攻击意图，以便采取对应措施。

- 堡垒机：对各种资源的帐号、认证、授权和审计的集中管理和控制，部署在安全隔离区，所有对生产区的设备运维，都需要堡垒机进行集中管控。

4.方案部署的关键要点

1.对原有的防火墙和 IPS 进行升级，在保留原有的安全防护能力基础上，使其能支持与安全分析器、安全控制器和沙箱等进行联动，成为安全执行器。

2、所有子网的边界处部署流量探针，防火墙、IPS、路由器和交换机部署日志探针。

3. 在安全隔离区安全部署一台 CIS 和 SecoManager，CIS 和生产区内外的探针进行对接，并和 SecoManager 进行联动，由 SecoManager 来统一调配安全隔离区和边界处的安全资源。

4.在安全隔离区部署专门的诱捕网络，禁止在生产网络的系统中安装 TeamViewer 等远程控制软件，所有生产网络和外部网络的数据和文件都需要经过诱捕网络。

4.在安全隔离区专门部署文件交换服务器，同时部署沙箱，所有文件进入生产网

络之前，需要先经过常规 IT 检测、诱捕网络和沙箱的检测，然后才能上载在文件交换服务器，只有经过安全检测的设备才能在文件交换服务器进行下载。

5. 在安全隔离区部署堡垒机和跳板机，通过跳板实现，外部的运维方对生产区进行运维时，需要先经过跳板机，登录到堡垒机进行用户行为审计，然后才能运维生产设备。

5.方案的应用

- 场景 1：U 盘管理/文件传输时的安全保障

如图 3 所示，U 盘拷入文件服务器的文件需经过主机病毒扫描，网络防火墙病毒扫描，沙箱未知病毒、木马程序扫描，同时经过漏洞扫描系统漏扫测试。在文件传输过程还要经过诱捕系统进行诱捕异常扫描、嗅探侦测网络行为的检测。

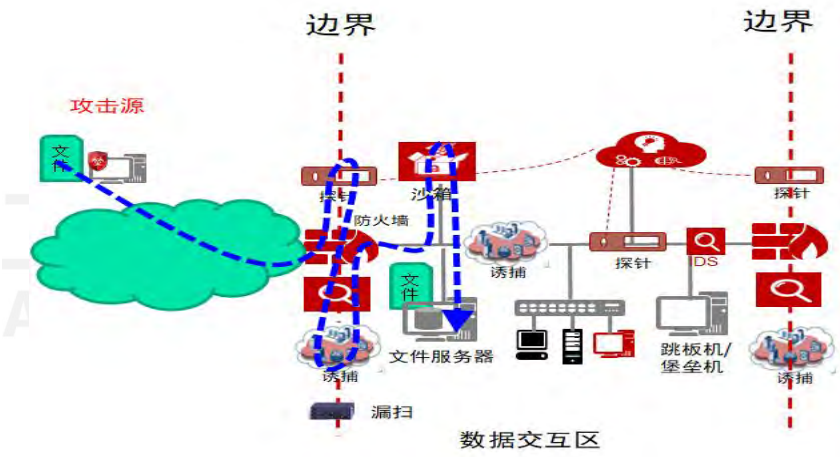


图 3　U 盘和文件的传输管理时的安全保障

- 场景 2：外来供应商运维管理或者外来电脑管理

如图 4 所示，外来厂家的运维管理，首先要登录到数据交互区的跳板机，通过跳板机再登录堡垒机，运维人员行为经过堡垒机审计，对于非法远程控制软件行为进行禁止。

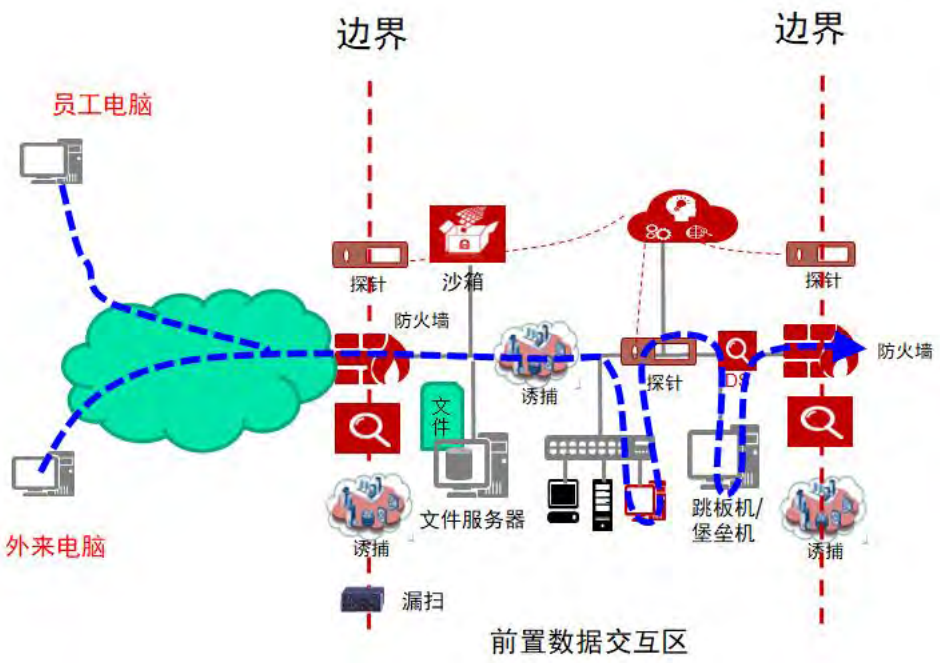


图 4　设备运维时的安全保障

- 场景 3，新机台接入网络的安全保障

如图 5 所示，新机台接入生产区之前需要先接入数据交互区，机台潜伏的病毒经过数据交换区的异常流量检测模型，诱捕系统识别并控制在数据交换区；在数据交互区 48 小时后，检测异常或者学习到正常基线，无风险的机台正式接入生产网络区。

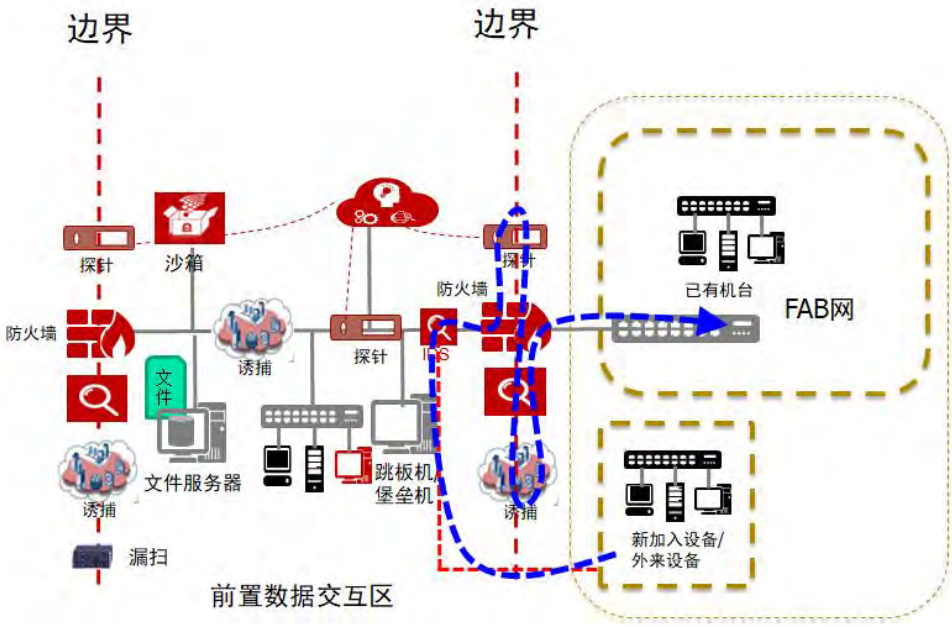


图 5　新设备加入生产区的安全保障

- 场景 4，机台和设备的准入控制

为了防止假冒机台和设备接入网络，或者为经过健康检查的设备和机台非法接入网络，需要进行准入控制，新设备在数据隔离区 48 小时后，需要经过准入控制检查后才能接入生产区。

如图 6 所示，部署网络安全准入系统做终端和机台的准入控制，终端、机台接入前的健康度检查、补丁安装巡检、合规检测等。各设备接入准入系统时，需要强制进行漏洞修复，对于特定终端，如哑终端，无法进行正常的健康检查，由准入系统进行白名单检查。

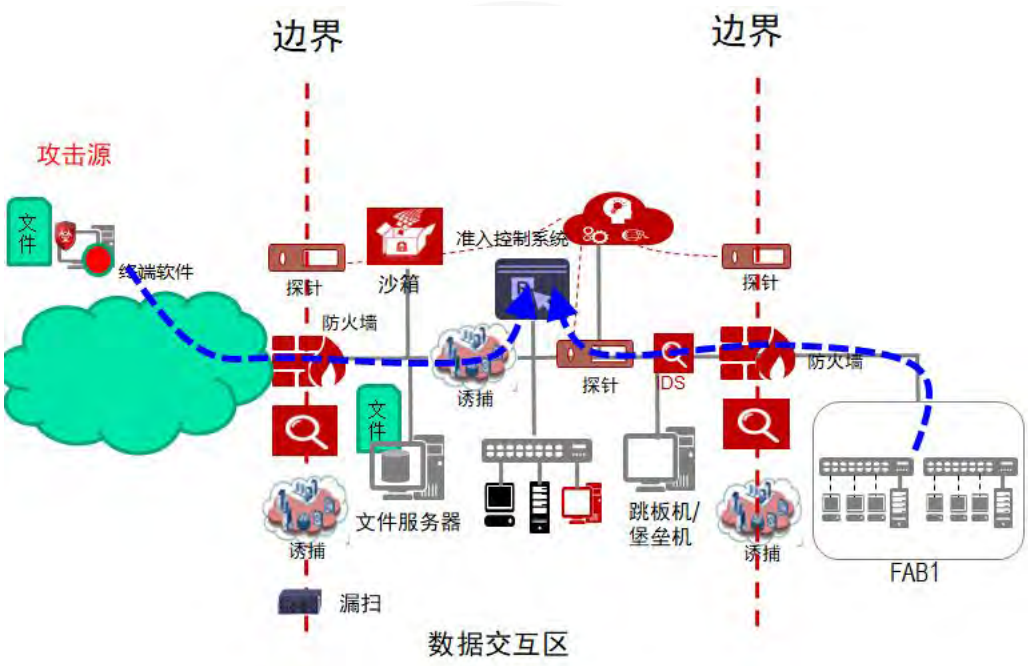


图 6　设备的准入安全控制。

- 场景 5，生产区间的行为检查和隔离措施

新机台之间有相互感染风险，一台机台感染病毒，会传播到其他机台，攻击者会利用机台已知漏洞进行攻击。

如图 7 所示，机台之间通过交换机 Muxvlan 技术进行隔离，不需要传输数据的机台之间进行隔离；需要进行交互的机台交互数据通过防火墙进行隔离，通过漏洞检测和防护，过滤已知漏洞。

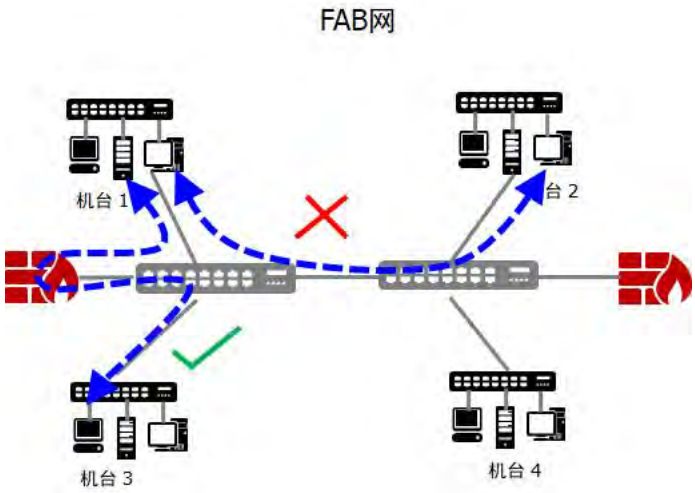


图 7　生产区的设备的隔离措施

三、下一步实施计划

1. 将主动防御系统进一步延伸到 OT 网络中，主动防御系统的行为建模能力扩展到 OT 网络和工业协议。

2.推广该安全实践经验和解决方案，将方案推广到其他行业的制造基地，目前已经和某芯片先进制造企业进行联合研究，将方案部署到其芯片制造基地

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

- 首创提出安全隔离区是新文件和新设备进入生产区 OT 网络的唯一通道。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

- 基于 AI 建立行为基线，检测未知攻击，通过构建安全威胁态势感知、安全策略智能管理和网络诱捕系统，形成“三位一体”的主动防御体系，提高未知威胁感知能力和响应能力；
- 无需对现有网络和设备进行大规模改造，主动防御体系不影响现有生产网数据通信，项目方案可以复制性强，可以复制到其他行业的生产基地。

2. 实施效果

安全方案全面覆盖了工业互联网 TOP10 安全风险，具体风险处置应对措施如下：

No.	安全风险	应对方案	残余风险
1	外来U盘带入病毒风险，供应商或者员工使用 U 盘拷贝文件，容易遭受病毒或摆渡攻击，将威胁带入 IT 或 OT 网络。	所有 U 盘数据只能先拷贝到安全隔离区，通过沙箱对已知和未知威胁检测通过后才能传入 IT 或 OT 网络	有病毒漏报风险，如有漏报，还有事中检测的方案
2	外来电脑带入病毒风险，供应商或者第三方运维人员通过外来便携电脑直接接入网络，将威胁带入 IT 或 OT 网络。	所有外来电脑只能接入安全隔离区，通过安全健康检查后才能使用	有病毒漏报风险，如有漏报，还有事中检测的方案
3	新机台带入病毒风险，供应商新机台存在病毒，接入 OT 网络后扩散到整个网络。	供应商的新机台需要接入安全隔离区运行规定时间（通常建议三个月），确认安全无毒之后才能正式切换到直接接入 OT 网络	可能存在长时间潜伏的威胁，还有事中检测的方案
4	双网卡办公电脑风险，办公人员为了方便，同一台电脑同时接入 IT 和 OT 网络，容易成为跳板攻击 OT 网络。	禁止采用双网卡同时接入 IT 和 OT 网络，应通过远程桌面连接到部署在 IT 网络的桌面云进行日常办公操作	可能存在漏网之鱼，还有事中检测的方案
5	工控操作系统老旧风险，工控计算机所使用的系统多为 Windows 或 Linux 的早期版本，存在漏洞容易被攻击。	在网关防火墙处针对 OS 已知漏洞部署 IPS 规则（虚拟补丁），防范跨防火墙针对已知漏洞发动的网络攻击	可能 IPS 规则库更新不及时，如条件允许可考虑及时升级补丁
6	工控软件系统老旧风险，现网多数工控软件系统版本老旧，存在漏洞容易被攻击	在网关防火墙处针对 OS 已知漏洞部署 IPS 规则（虚拟补丁），防范跨防火墙针对已知漏洞发动的网络攻击	可能 IPS 规则库更新不及时，如条件允许可考虑及时升级补丁
7	运维人员特权操作风险，运维人员误操作、违规操作或恶意操作易导致系统异常或敏感信息泄露等问题，难回溯。	在特定区域接入安全隔离区，通过登录部署在安全隔离区的堡垒机对 OT 网络设备进行运维操作	可能存在无需登录堡垒机也能运维的情况，如果存在需要优化安全策略

No.	安全风险	应对方案	残余风险
8	装远程控制软件风险，在系统中安装TeamViewer等远程控制软件，容易绕过边界安全防护措施，带来安全风险。	原则上禁止在 OT 网络的系统中安装TeamViewer等远程控制软件，避免绕过边界安全防护措施，带来安全风险；如需远程运维，建议采用 VPN 接入安全隔离区，通过登录堡垒机对网内设备进行运维操作	可能存在漏网之鱼，可以可考虑在相应边界防火墙设置策略阻断相关远程连接端口
9	缺乏合理安全区域风险，生产区网络没有划分合理的安全区域并实施边界保护，病毒一旦爆发波及整个网络。	将安全区域划分为最小单位（推荐以一个车间为单位），有病毒入侵时将威胁控制在特定区域，防止整网扩散	区域划分最小颗粒但还是扩散风险，但还有事中检测方案
10	来自外部网络攻击风险，合作伙伴网络受攻击后，做为跳板攻击 IT 或者 OT 网络。	在与合作伙伴外部网络互联的边界部署防火墙、IPS、网络探针和诱捕系统实现该区域边界保护	可能存在安全策略配置不到位风险，建议定期评估安全策略有效性

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 2

浙江省能源集团有限公司、太极计算机股份有限公司

基于工业互联网的能源生产调度中心
——煤炭供应及燃烧优化、闭环应急能力建设

引 言

浙江省能源集团有限公司成立于 2001 年，总部位于中国杭州，主要从事电源建设、电力热力生产、石油煤炭天然气开发贸易流通、能源服务和能源金融等业务。截至 2018 年 7 月，浙能集团在职员工 23000 人，其中本科以上学历占 46.9%，中高级职称占 18%。总资产 2005 亿元，所有者权益 1067 亿元；控股浙能电力和宁波海运两家 A 股上市公司，管理企业 200 余家。通过近几年的发展，浙能集团已形成由电力、天然气、石油、煤炭及运输、可再生能源、能源化工组成的能源主业，以及由金融产业和能源服务业组成的支持性产业，集团已成长为全国资产规模最大、能源产业门类最全、盈利能力最强、电力装机容量最大的省级能源企业，成为集电、煤、油、气、冷、热等多能为一体的综合能源供应服务商。

太极股份致力于“做中国最优秀的数字化服务提供商”，率先推出 TECO（Taiji Energy Cloud EcOsystem）工业互联网平台，牵手众多的生态合作伙伴，面向工业行业和企业的价值需求，提供工业互联网业务顶层设计、平台建设、工业大数据服务、算法模型开发、云平台运营等服务，多年来电力、钢铁、煤炭、化工、军工制造等工业领域有着众多的客户、丰富的业务实践和案例。

随着浙能集团能源产业规模的快速扩张，对集团生产安全工作信息化提出更

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

高了要求，建设以生产数据为基础的调度中心，实现生产实时监控、设备运行优化、产业链协同、应急指挥等功能，是集团保障生产、安全、提高竞争力的重要抓手，也是展示生产经营、改革发展成果的重要窗口。另一方面，云计算、大数据、物联网、移动计算、人工智能等信息技术飞速发展，工业互联网平台技术在国内外能源企业已成功实践。

在此背景下，2018 年，浙江省能源集团委托太极计算机股份有限公司开展浙能集团调度中心建设，采用太极 TECO 工业互联网平台技术，以全面保障生产安全为重要基础，以生产优化、应急调度指挥中心应用为抓手，建设形成“一级调度多级联动”的“一体化调度指挥体系”，旨在提升浙能集团生产、安全管理水平和效率，并助推浙能集团“数字浙能”的全面建设。

本项目在工业大数据、云计算、工业应用、工业设备数据采集、工业设备机理模型、人工智能、可视化 BI 等层面具有深厚的技术积累和丰富的实践经验。通过探索新技术应用，逐步构建“数据-信息-知识-智慧”完整的信息价值链，推进生产调度和安全管理工作的数字化、精益化和智能化，为建设“数字型”浙能集团创造条件。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、项目概况

项目以浙能集团现有及未来业务战略发展为导向，借鉴国内相关能源行业生产调度及应急指挥的最佳实践，建设浙能集团调度中心，以搭建工业互联网平台为基础，建设生产安全监控和应急指挥系统，实现煤炭供应链和锅炉燃烧优化等生产调度优化应用以及闭环的应急能力建设应用。

1. 项目背景

当前，我国经济已步入新常态。在新常态下，科技创新已成为能源企业提高竞争力的重要抓手，为此，国家也陆续出台了“互联网+”、“两化融合”、“中国制造 2025”等国家战略。

浙能集团深入贯彻习近平总书记“四个革命、一个合作”的能源战略思想和“五大发展”理念，深入推进“能源立业、科技兴业、金融富业、海外创业”的

“四业”发展路径，调整结构、补齐短板，抢抓机遇、开拓进取。在浙能集团“四业”发展的战略转型过程中，保障生产、安全是其中的重要基础环节，建设以生产数据为基础的生产调度中心，实现生产监控、供应链协同、设备运行优化、应急指挥等功能，是集团保障安全生产、提高竞争力的重要抓手，也是展示生产经营、改革发展成果的重要窗口。目前，云计算、大数据、物联网、移动计算、人工智能等信息技术飞速发展，工业互联网平台技术在国内外能源企业已成功实践。在此背景下，基于工业互联网的浙能集团应急调度指挥中心已具备建设条件。

2. 项目简介

项目基于工业互联网平台，建设了覆盖集团全产业、生产各专业的纵向贯通、横向协同的生产安全监控系统和应急指挥系统，实现了煤炭供应链调度和燃烧优化应用以及应急管理全流程应用等创新型应用。项目简介如下：

（1）搭建工业互联网平台，汇集全量生产实时和历史数据、生产相关的管理数据和外部数据，建立海量数据的采集、汇聚、治理、存储、分析、访问和管理的大数据服务体系；提供开发平台和应用市场平台，支持算法、模型、应用的二次开发和集成，为开展应用提供平台支撑。

（2）实现各产业重要指标、运行参数和生产工艺流程的实时在线监视，提供综合展示、生产运行监控、安全监控、环保监控等功能，开展煤炭供应及燃烧优化等生产调度和工艺优化应用的建设。

（3）实现覆盖突发事件的预防、准备、响应、恢复的整个应急全流程的闭环应急能力建设应用。统一接报、收集公司系统各类突发事件信息，统一向集团公司系统发布预警信息，提供事态影响分析、预案推演与应急演练、视讯指挥调度、数字预案、资源共享调配、应急评估和案例归档等功能。

3. 项目目标

以集团现有及未来业务战略发展为导向，参考各行业生产调度及应急指挥的最佳实践，采用工业互联网的视野及思维，引入大数据分析挖掘等技术，充分利用和整合现有资源和数据，以安全生产监控和应急指挥为应用方向，实现设备运行监控、综合分析、产业协同、性能优化、风险布控、研判会商、指挥调度、应急演练等主要功能。通过本项目的实施，降低企业生产运行成本，提高生产安全

管理水平和管理效率，同时提升浙能集团整体智能化水平。

二、项目实施概况

本项目采用物联网、云计算、大数据、微服务等工业互联网平台技术，汇集集团下属各产业约 200 余家生产企业的生产实时数据和生产相关经营管理数据以及外部的气象、船舶 AIS、煤炭价格数据，建成集采集、治理、存储、分析、访问为一体的工业大数据中心和工业 PaaS 平台；并基于工业互联网平台，开发了生产安全监控系统、应急指挥系统。其中，采用基于大数据的机器学习算法，解决了煤炭供应链优化、锅炉燃烧优化等生产优化问题，降低企业运行成本，提高企业经营效益；建立了集自动监测预警、智能研判、科学调度、评估完善等为一体的应急管理应用，初步实现了闭环的应急能力建设体系，提高了企业安全管理水平。

1. 项目总体架构

浙能集团调度中心采用分布式、多层体系架构，自顶向下分为展示层、业务应用层、平台层、基础层、接入层（采集层），建立在统一的标准规范体系、安全管理体系、运维保障体系下。

系统总体架构图示如下：



图 1 系统总体架构图

（1）数据源层

通过数据接入服务，适配 Pi、OPC、modbus 等设备协议，接入不同来源、异构的生产实时数据；通过 ETL、Webservice 接入 ERP、安健环等经营管理数据；通过 http、爬虫等接入气象、煤价等外部数据。

（2）基础设施层

基于集团现有私有云环境为项目提供网络、服务器、存储以及系统软件（操作系统）支持。

（3）平台层

建立浙能集团生产大数据中心和工业 PaaS 平台。生产大数据中心由时序数据库、MPP 数据库、HDFS 等组成；工业 PaaS 平台由数据建模和分析、GIS 平台、应用开发和微服务框架、微服务组件、应用市场组成。

平台层提供数据采集、治理、分析、访问、管理等数据服务，提供数据建模、算法分析、可视化等服务，基于微服务架构支撑能源工业领域模型、深度应用、个性化应用的开发和运行，提供应用市场支撑算法、模型、应用的二次开发/集成、共享。

（4）业务应用层

应用层：包括实时监测、产业协同、性能优化、运行分析、环保分析、节能分析、可靠性分析等生产监控应用，包括风险防控、监控预警、预案管理、应急演练、分析研判、辅助决策、指挥调度、应急评估等应急管理应用。

（5）门户层

提供大屏、桌面、移动多种门户；提供应用市场，支持数据、算法、模型、应用的分享和运营。

2. 项目物理架构

项目物理架构图示如下：

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

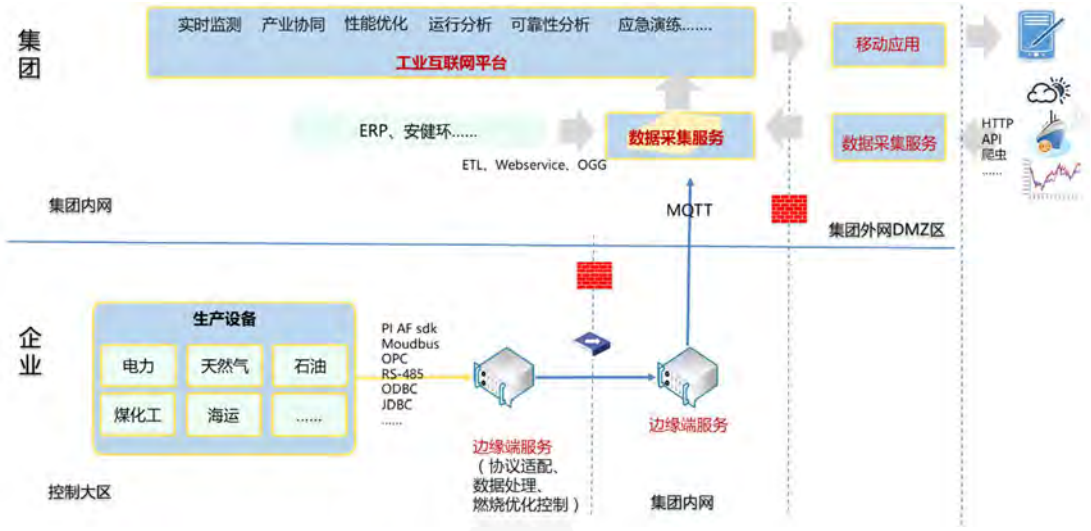


图 2 物理架构示意

工业互联网平台和生产安全监控、应急指挥系统部署到集团数据中心，分为集团内网、外网两部分。外网部分部署到集团安全隔离 DMZ 区，面向移动用户提供 APP 服务。

在集团工业互联网平台中，部署数据采集服务，接入内网的 ERP、安健环等经营管理类数据，接入通过单向隔离网闸摆渡的生产实时数据和外部数据。通过企业端部署的边缘端服务安全地采集生产实时数据；通过外网 DMZ 部署的数据采集服务，安全接入外部的气象、船舶 AIS、煤炭价格指数等数据。

3. 具体应用场景和应用模式

（1）热电全流程智能协调优化（生产工艺优化方向）

在项目中，开展了燃煤电厂燃烧装置的自动优化控制研究，实现了热电全流程智能协同优化。通过优化，使燃料充分燃烧，低氮燃烧，在一定程度上抑制污染物的排放，降低污染物后处理费用；降低产汽煤耗或发电煤耗，显著提高生产效率。

① 问题提出

在锅炉热效率损失中，主要因素包括：排出烟气所带走的热量、化学不完全燃烧热损失、机械不完全燃烧热损失，见下图通用燃烧曲线：

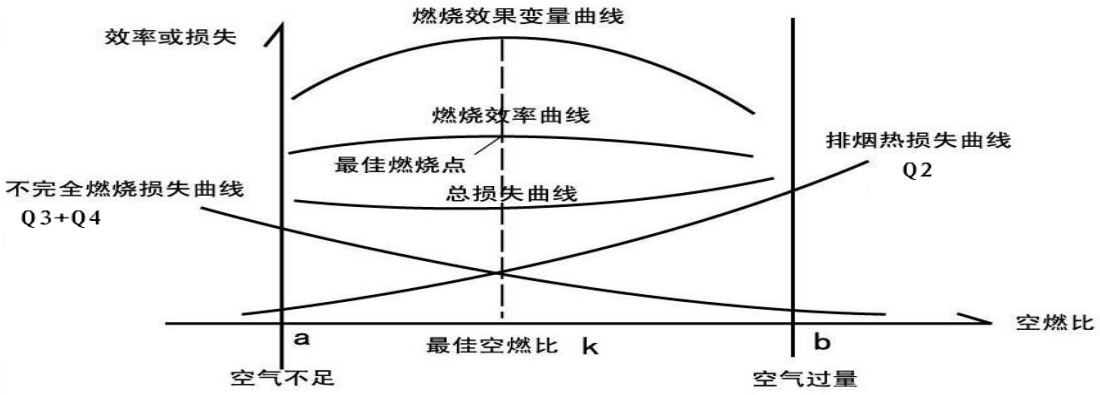


图 3 通用燃烧曲线

因此，我们重点针对这些主要因素开展优化工作。

② 解决方案

通过以下路径，进行优化设计：

保证燃烧装置负荷稳定的情况下，寻找最少的燃料消耗（燃料优化）；

在燃料的热值、水分发生变化的情况下，寻找最匹配的助燃风量（风量优化）；

在负荷、设备性能发生变化的情况下，寻找最佳的控制点（控制点优化）。

③ 采用技术

基于先进的动态专家系统、燃烧效果软测量模型、多维动态优化模型以及大系统协调优化技术等实现了锅炉侧负荷快速响应与稳定功能、最少燃料量和最佳二次风量自寻优及滚动优化功能、最佳负荷自动分配以及运行炉与调节炉的自动转换功能等。优化模式下的负荷控制点（多炉母管制系统）、床温控制点、氧含量控制点、二次风量控制点等随工况而浮动。

④ 模型构建和应用模式

图示如下：



图 4 模型构建和应用过程

边缘端服务负责采集生产实时数据（负荷、给煤量、主蒸汽压力等），并通过单向隔离网闸接入数据到集团工业互联网平台。在集团工业互联网平台端，基于历史和新增生产实时数据进行建模和训练；并通过仿真手段，与实时数据进行比较验证。一致时，表示通过验证。

当模型验证通过后，在边缘端发布模型，启动锅炉燃烧优化控制程序。

⑤ 优化结果

煤量优化爬山图：寻找最少的燃料量

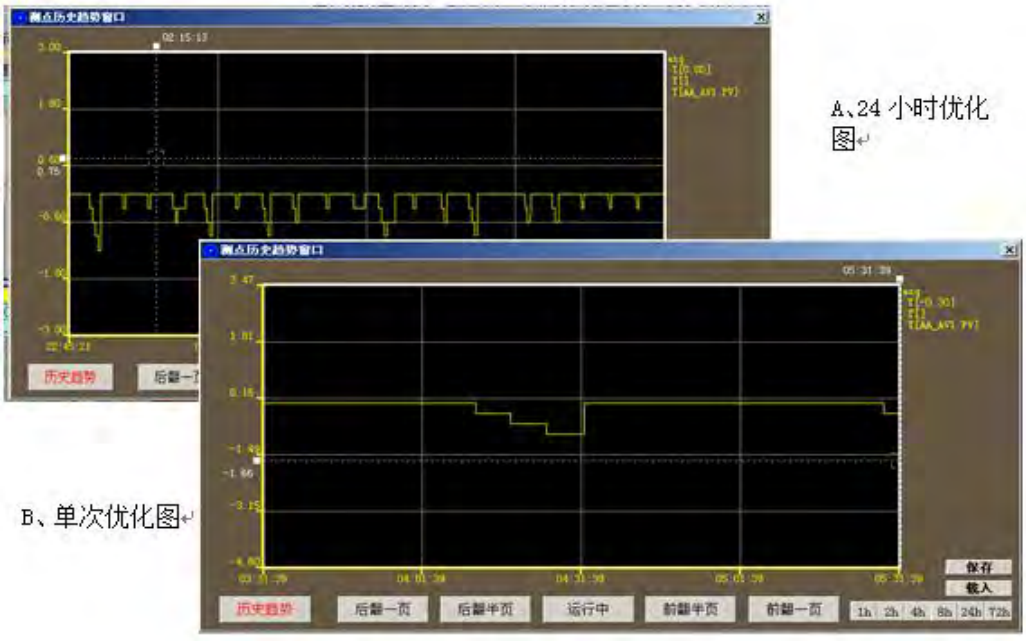


图 5 煤量优化爬山图（寻找最少的燃料量）

风量优化爬山图：寻找最佳的风煤配比

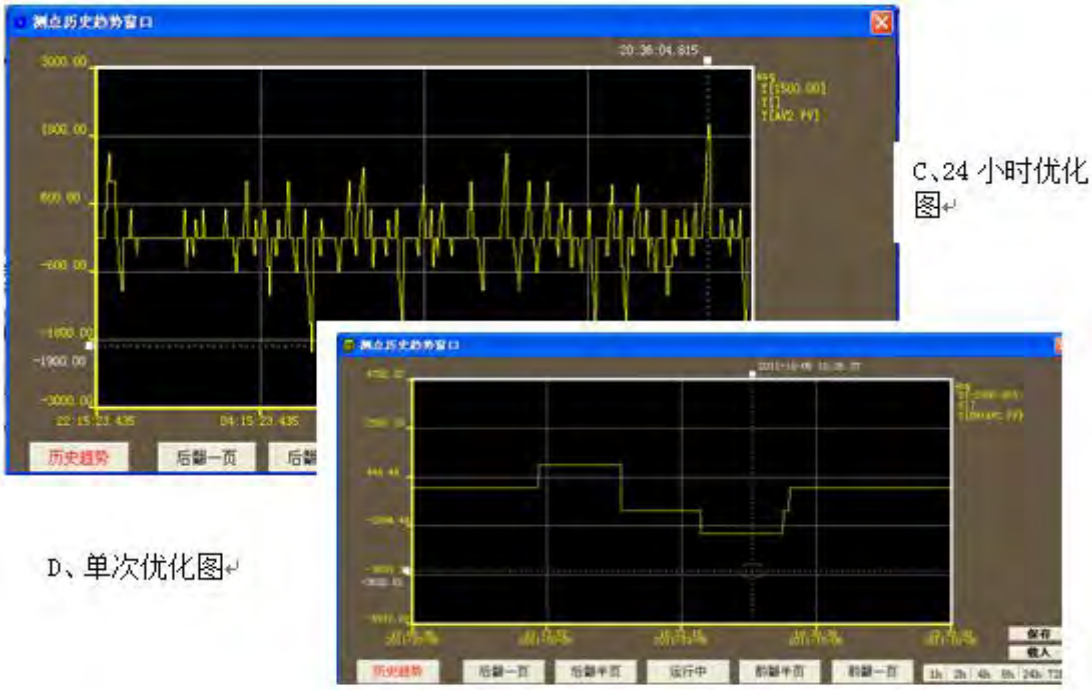


图 6 风量优化爬山图—寻找最佳的风煤配比

（2）打通集团各产业链，实现煤电供应链的协同优化

由于煤电企业的特殊性，一方面，煤电生产对煤炭安全库存提出较高要求，另一方面，电煤成本占燃煤电厂发电成本在 80%左右。因此，为降低企业电煤资金占用，提出优化需求：优化煤炭供应链，实现集团电煤的最优库存。

在集团产业板块中，煤炭产业板块负责集团核心电力主业的上游延伸业务，依托旗下营运企业在港口、岸线、市场、海运资源优势和管理优势，负责煤炭采购、运输、煤检、储存、掺配、港口码头及中转设计管理，并在满足集团对电煤安全库存要求的前提下，开展煤炭的市场化销售工作。因此，煤炭供应链优化即优化煤炭产业各企业的生产调度流程，基于最优库存形成各企业的最优生产调度计划。

上述问题是一个典型的多目标调度优化问题，采用基于大数据的多目标优化的动态规划模型实现。

输入：1）煤炭库存，包括各电厂煤炭库存、港口堆存及海运船只在途库存；2）企业生产计划和能力，包括各燃煤电厂的发电计划、运力（海运、内河运输）、港口泊位和堆存能力、煤炭检验能力；3）外部行情数据，包括煤炭价格指数（CCI/CCTD/NEWC）、运价指数等，并综合特殊季节特殊需求等因素。

输出：综合厂存量、市场价格趋势及堆存能力、运输能力等情况，采用基于大数据的多目标优化模型，预测最优可用库存天数，优化并生成煤炭经营企业的采购计划、电煤保供计划、销售计划，生成煤炭运输企业的海运和内河运输计划，生成港口企业的靠离泊计划和装卸计划以及配煤作业计划，生成煤检企业的煤检计划和电厂的装卸计划。

通过煤炭供应链优化模型的应用，实现最优的安全可用库存，极大减少燃料资金占用成本。同时，在保障电煤供应的前提下，煤炭板块可以进行市场售煤，获取最大运营效益。

（3）覆盖应急全流程的闭环应急能力建设体系（安全管理优化）

项目建成了覆盖集团各层级、全产业的应急管理、指挥体系，实现涵盖突发事件的预防、准备、响应、恢复的整个全流程的应急管理系统。以大数据驱动的工业互联网平台为支撑，利用其丰富的智能算法，实现各类重大风险的预测预警，并以桌面、大屏、移动端等多种告警方式及时、自动通知到各级调度中心领导和应急值守人员；基于应急预案和各类应急资源数据，结合产业领域知识，建立智能研判模型，提供抢险救援方案以支撑应急指挥决策；实现了 GIS、音视频等多媒体手段，来提供可视化的应急资源调配、应急响应调度和全程可追溯；并通过应急恢复阶段的评估分析、案例归档来完善应急管理体系。因此，通过应急指挥系统，建立起涵盖从监测预警到研判、响应、总结的闭环的应急能力建设体系。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



图 7 从监测预警到研判、响应、总结的闭环能力建设体系

通过项目建设，支撑起集团各行业的差异化预警和响应处置需求，形成覆盖全集团企业的应急预警和处置“一张网”，建成集团统一的监测预警中心、应急发布中心、应急指挥中心、应急值守中心；依托大数据、工业互联网技术、移动APP、现场移动终端等手段，打通信息共享、调度协同的“最后一公里”，实现自动预警、科学决策和无延时、零距离的精准调度。

4. 安全及可靠性

项目建立在集团统一的信息安全体系下，集团信息网内系统符合信息安全二级等保要求，生产控制网系统符合信息安全三级等保要求，从生产控制网采集数据严格符合单向传输的安全要求。项目采用基于角色的访问控制、访问控制黑白名单以及基于端口的管控，实现细粒度的的访问授权和控制，实现了设备接入、平台和应用的安全访问控制，保障数据在采集、传输、存储、访问中的安全性。

平台采用 Hadoop 分布式文件系统(HDFS)，提供高可用、高可靠性；基于微服务架构和容器技术，支撑应用的高可用和高可扩展性。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

三、下一步实施计划

针对本项目应用成果，开展延伸建设和推广工作。

1. 热电全流程智能协调优化的推广建设

（1）目前应用到一个火电厂；

（2）今年推广到集团 20 多个燃煤电厂；

（3）明年推广到其它集团燃煤电厂。

2. 应急指挥系统的延伸和推广建设

（1）已完成 3 类突发事件的应急管理体系建设；

（2）今年延伸到集团重点关注的其它 13 类突发事件；

（3）明年推广到其它能源企业。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

1) 实现泛在感知能力。

利用物联网、数据交换等技术，泛在连接各类设备、设施、系统信息，进行高效采集和云端汇聚，实现从板块、行业、设备类型等多维度的全景展示，以电子地图等方式直观展示具体设备、设施的实时信息。

2) 提升综合分析能力。

在设备管理、生产安全、运行优化、风险评估及决策方面，应用大数据计算能力、知识图谱分析能力、分析挖掘能力、自助式分析能力，实现电力、石油、天然气、化工、海运、港口等行业生产决策和安全应急的智能应用。

3) 提升管控决策能力。

基于大数据、机器学习算法建立了煤炭供应链优化和锅炉燃烧优化的数据和机理模型，优化了煤电生产工艺和产业协同水平，提升集团生产经营工作的管控决策能力。

4) 打造应用创新能力。

采用工业互联网平台技术，将云计算、大数据、物联网、移动计算、人工智能、微服务开发等先进技术融为一体，实现一个开放的应用创新载体，提供平台级的数据服务、算法服务、模型开发服务、应用运行服务、跨企业工业知识共享服务，降低企业应用创新门槛，为各专业创新应用的开发、建设、运行、分享构建起良性发展生态圈。以平台为支撑，各板块、营运企业可发挥各自积累的专业化优势，不断开发各类智能化微应用，积聚起日益丰富的专家知识库、经验库、计算规则库、应用算法模型库，并随着各领域知识在整个集团的不断分享、应用，打造出整个集团的全面创新能力。

2. 实施效果

（1）促进生产的稳定运行、经济运行

通过热电全流程智能协调优化，实现了以下经济技术指标：

①主汽温度控制精度：R±2℃；

②主汽压力控制精度：R±R*3% (90%时间)；

③二氧化硫和 NOx 每小时均值的控制指标在 R±5mg/m3，实现卡边运行并使脱硫剂和脱硝剂减少 5~10%以上；

④综合能耗降低 0.5%以上(60 万以上机组)；

⑤使 AGC 或 ACE 的调峰速度和精度提高一倍以上；

⑥长期可用率大于 90%，人工效率提高 100%以上。

（2）降低发电运营成本，提高煤炭产业经营效益

通过煤炭板块各企业的生产调度优化，实现集团电煤供应链优化，在保电前提下，实现最优化电煤库存，最大限度降低电煤资金占用，从而减小发电运营成本。同时，适时市场售煤，获取经营收益最大化。

通过煤炭供应链优化应用，集团安全库存从过去的 14 天降低到目前的 7 天左右。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 3

思为交互科技

智能产线大幅提升生产效能

“伽利略”挑战高原工厂成就技术极限

一、 项目概况

1、项目背景

高争建材股份作为西藏自治区规模最大的国资控股建材集团，拥有员工3000余人，2018年度，集团主业水泥生产已实现产值十多亿元，各业务产值总和已突破20亿元。

随着国家“供给侧改革”和“中国制造2025”战略的推进，高争建材作为水泥行业的优秀代表，也必然要向集约型生产持续迈进。通过精益生产的方式解决“高原病”即是响应国家“中国制造2025”的号召，也是高争建材股份提高效能，增加产品供给，提升业务产值的现实需要。

“高原病”引起的产线老化是一种特殊的老化，关键设备的一些部件产生了急剧磨损（或非磨损的机械损伤）同时，其它结构部件处于全新状态。这给基于设备结构知识进行监测状态推断的方式提出了极大的挑战：依据公式和信号变化的算法，报不准成为常态。

通过对全国“工业智能”相关公司的比对，高争建材股份选择了与思为交互科技一起应用“伽利略智慧工厂”平台的 IAP（Industrial Assets Plan，“工业资产计划”系统）解决方案来实现智慧工厂和产能的提升。

2、项目目标

思为交互科技为高争建材股份设计的方案，基于“实现产线保值，维护生产稳定，提升生产效能，控制投资成本”的原则进行，应用思为交互科技的“伽利略智慧工厂”平台中，基于过程型 MRO 的 IAP 解决方案实现。

“伽利略”是思为交互科技基于数据发现的行业级智慧工厂平台。包含（1）基于过程型 MRO，用于维护产线稳定（维持产线准全新状态）和提升生产效能、实现产线保值的 IAP 解决方案；（2）基于工艺关联挖掘和数据关系发现的智能决策与 BI 解决方案；（3）基于异常溯源与注重快速排障的故障快速处理解决方案。

高争建材“伽利略智慧工厂”IAP 解决方案的目标设定：

产线保值	实施 IAP 解决方案，建立过程型 MRO，提高产线稳定性，维护产线达到准全新状态
降低维修维护费用	转变原基于计划性的维修保养，实施基于工业智能排障的常新维护，降低维修维护费用
提高生产效率	减少停产减产损失，提高稼动率。通过调优产线状态，减少非主观因素导致的工艺段不良率，提升有效稼动率，从而实现提高整体生产效率和产值

二、 项目实施

作为工业互联网的资深参与者，思为交互科技已有 5 年以上的工业智能相关经验，是首批基于实际工业场景，将产线实际情况和人工智能技术进行深度融合的公司，也是为数不多的将互联网和人工智能用于解决实际生产问题（而非监测）

的公司。高争建材基于工业智能的“伽利略”IAP 方案，在资产维护与备件计划、提升有效稼动率，和产线保值上具有实际的意义。

1、场景特征

高争建材股份高原产线所遇到的“高原病”有其特殊的复杂度。与通常产线的老化相对照，即有特殊性，也有共性：

①高原产线的设备损耗，与高老化产线中的设备磨损表现出一致的性状，是同类问题。该类问题不会有一个标准的公式可遵循，是业界普遍反映，高老化产线预测准确率不足 30%的原因所在。“伽利略”平台通过工业人工智能，以自由向量模型，经过机器学习后，能成功将准确率提高到 99%。

②高原产线的设备损耗，属于新设备的部份部件损耗，该损耗方式与高老化损耗虽然类似，可以适用相似的计算模型，但在自由向量的实现上，具有一致意义的参考点变少，需要通过更大范围变量的选取并进行变换后作为输入量，才能更好的反映这种全新设备部份损耗的情况；

③在高复杂度的情况下，厂方对投资成本可控的要求，需要采用可扩展架构实现。在前期试点工程将计算集中到数据中心，避免大规模的网络部署。在取得良好收益后，通过扩展部署，而无需任何体系架构上的变革，即可实现全面覆盖的目标。

作为工业互联网智慧工厂领域先行者的思为交互科技，不仅具有工业互联网通用场景的应用能力，在高老化产线等挑战技术极限的领域也有着不俗的实力。双方决定基于高原产线这一极限场景进行技术合作。

2、模式路径

基于高争建材高原产线的稳定性、设备老化和维护难题，以及投资可控性的要求，双方确认了“伽利略”IAP 解决方案的实施路径如下图。



具体实施模块包含：

①建立过程型 MRO，提高产线稳定性：不同于国内平台型 MRO（实际上的维修部件大宗商品集采平台），“伽利略 IAP”的过程型 MRO 理念源自“工业 4.0”。注重的是设备运行状态（Operations）的监测，以及进行早期维护和维修（Maintenance ＆ Repair）的介入。在技术选型上，“伽利略”对标美国艾默生基于工业智能的预测技术，避免了单纯依据设备知识的算法化造成适应性不足的情况（对高老化产线和新设备部份老化的高原产线基本无法预测）。基于工业智能的过程型 MRO，能有效提高生产的精益性和集约性，达到稳定生产，提高有效稼动率的目的。此外，在无法停机的情况下，过程型 MRO 对不良工况设备保持持续监测，并及时的维护改善设备的运行状态，也是提高产线稳定性和避免意外停机的核心功能。

②聚焦 IAP，降低维修维护资金损耗：高老化产线和高原产线共同的损耗特点，是处于不良工况的非主要设备和前序设备给核心设备带来乘积倍增的负面影响。核心设备不规律的功率补偿和偏向运转是故障的主要诱因。传统技术手段下，非核心设备的不良工况不是损坏，不能被识别，累积传导到关键设备后维修费用高昂。IAP 渐成主流，其核心作用体现在两方面：首先是基于工业智能可准确定位问题源点（往往是一些小的辅助设备），通过源头维护，极大降低核心设备的故障和机率，减少维护维修费用；其次，是依托 MRO 过程和历史动态曲线，准确给出备品备件建议，大幅释放备品备件占用的资金。IAP 灵敏度级别越高，监

测程度就会越细致，产线会更稳定维修维护费用也会更低，但同时也会消耗更多的人力。一个合适的 IAP 级别需要根据企业的生产情况仔细调节。

③贯彻“常新维护”（keep brand new），实现产线保值：“常新维护”是飞机制造行业应用到工业中的理念。在飞机维护中，任何一个工况不良的末梢设备都能得到及时的维护或更换，使飞机的所有设备都运行在理想工况下，从而使整架飞机维持在接近出厂时的准全新状态。“常新维护”意味着产线的维护方式，从原来基于时间估算，依赖经验巡检，对设备进行强制报废和更换的“预防性维护”，向注重处理 IAP 汇报的问题源点，结合关键工序日常维护的“预测性维护”转变。已有成功案例证明，维护方式的转变在保持产线长新，使产线保值的同时，也具有提升人效的作用。

④可伸缩性（Scalability）计算，实现投资成本的可控性：“伽利略”IAP 平台是一个基于“末敏感知、边缘计算、工业微服务、神经网络”的分层人工智能构架。

边缘计算层：末梢传感器和边缘网关共同组成边缘计算层。边缘网关内嵌支持常见工业协议的数据采集，采集速率可达毫秒级。除此外，IAP 边缘网关还是“伽利略”智慧工厂智能能力的延伸执行装置。对单个传感器历史数据进行健康监测的智能单体监测单元可运行在边缘网关中，极大分担私有云的计算压力，提升云端监测的反应速度，减少响应时间。此外，依托于在地网的边缘服务器具有更高的传输稳定性，能有效避免网络抖动对数据传输的影响，对故障或维护需求高速响应，并在尽可能快的第一时间通知管理人员。

工业级微服务：“伽利略”IAP 的工业微服务依托“蜂巢工业云”自动实现。相对于 GE 的 Predix 将工业微服务定义为可编排的，实现一些功能的微服务组件，“蜂巢工业云”将工业微服务定义为微服务的高可用和自我克隆。工业上对稳定性的追求，在“蜂巢工业云”定义下的工业微服务，可通过简单的鼠标点击进行设置，即可实现微服务的多机集群，达到秒级切换，在微服务都不可用时，“蜂巢工业云”还因可迅速克隆，保障产线正常运转的功能而受到好评。

神经网络：“伽利略”的计算核心采用的是神经网络，可随时添加节点增加计算能力，同时将智能单体监测单元下发到边缘服务器运行，使得神经网络消耗的服务器资源更少，反应更及时。除了神经网络技术本身以外，“伽利略”依托“蜂巢工业云”的工业微服务体系还实现了运算能力的动态调度，在前期不部署

边缘网关和末敏感知设备的情况下，可将智能单体监测单元收到服务器上集中运行，在前期监测工艺段不多的实验情况下能够达到要求，很好的解决了前期计算能力有限和大规模部署之间的矛盾。在全面部署时，增加边缘网关，并通过下发末敏计算单元，即可从目前的中心计算模式扩展到整个网络的全产线覆盖模式。

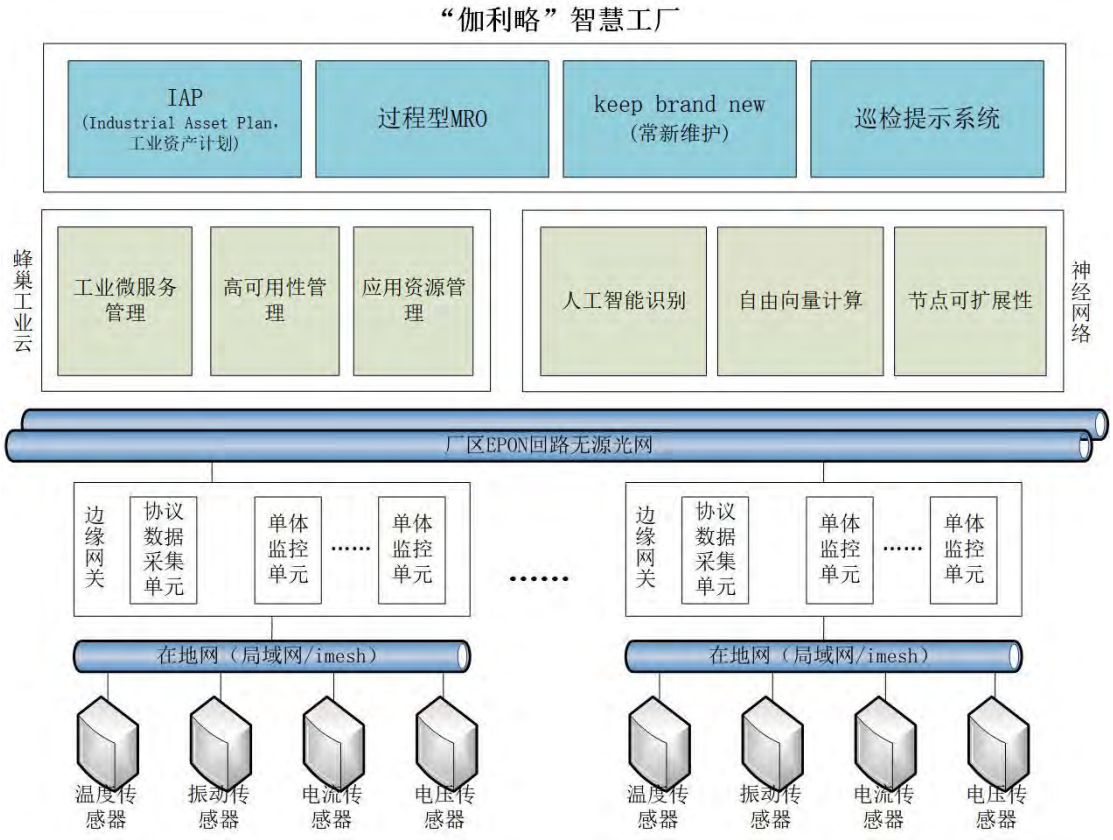
考虑到前期计算能力受限的情况，高争建材“伽利略”IAP 实验项目的实施采取中心部署，因算力限制首先覆盖窑头窑尾环节，以“蜂巢工业云”实现可伸缩性的实现路径，获得了高争建材的满意。

3、技术实现

①功能架构

高争建材“伽利略”IAP 基于可伸缩构架，在末敏/边缘层、工业微服务层、神经网络层进行了设计，考虑到一期项目的试点性质，末敏层采用中心部署方式，融合在工业微服务层，取消边缘网关进行实现。

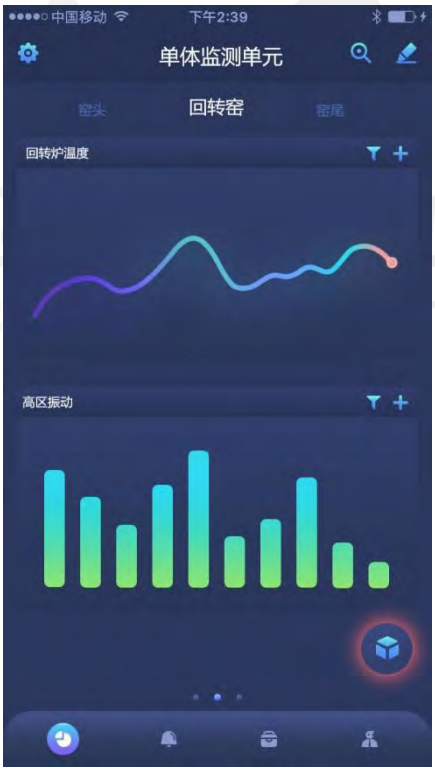
功能架构图示：



②功能架构的技术解释

(A)数据采集单元：基于硬件协议的数据采集，部署于边缘网关内，已对接 modbus、profibus 及 ABB、西门子、罗克韦尔、施耐德等主流硬件控制协议，具有极高的采集效率（可达毫秒级别）。本项目一期工程未部署边缘网关，采集功能由 OPC 采集服务器实现，并作为应用服务器，由“蜂巢工业云”管理和保持高可用。

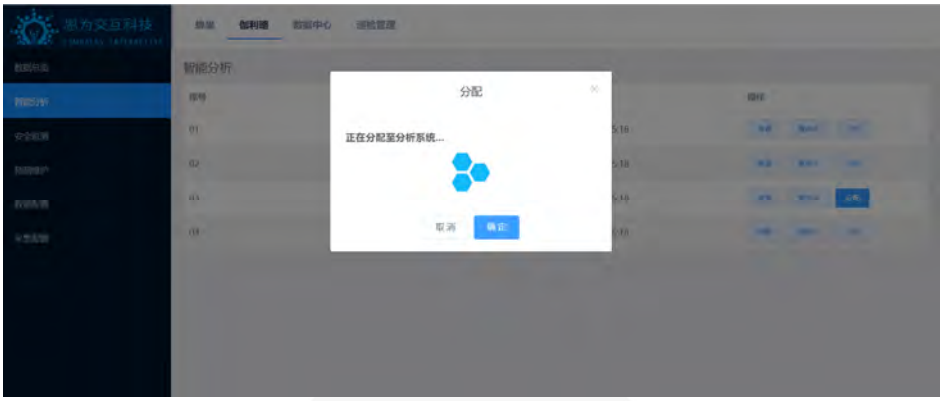
(B)单体监测单元：基于单个变量的设备部件健康情况监测单元。“伽利略” IAP 是基于多层次、自由向量的智能产线健康监测。单体监测单元基于单个传感器历史数据，依据多个基础人工智能模型进行多维度监测。单体传感器的前置计算极大减少神经网络的计算量，使神经网络能够使用较少的节点，做到快速高效的监测。同时，单体监测单元在较粗的粒度上迅速发现问题，明显的问题无需经过神经网络的计算周期就能直接通知系统作出反应，是“伽利略”智能产线的专有技术。



数据采集单元示意图

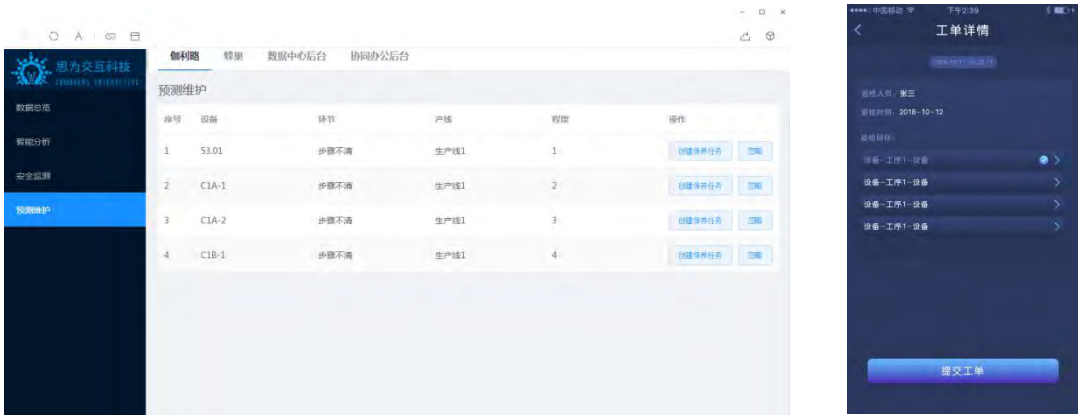
(C) IAP（工业资产计划）系统：基于神经网络，对全产线设备进行监测。通过独有的自由向量技术，将产线全部数据视为多层架构的同一整体，解决了高老化产线/高原产线单纯基于设备本身数据测不准的行业难题，将高老化产线/高原

产线设备损耗的发现的准确率从不足 30%提升到 99%。在准确预测的基础上，系统智能给出备品备件建议，与仓库管理系统衔接后，极大释放备品备件的资金占用率。



IAP 系统将智能监测结果传递到仓库管理系统进行备品备件的智能分析

(D)巡检维护系统：“伽利略”IAP 的巡检维护系统与普通维护系统的区别，在于普通维护系统重巡检，通过人力的巡检发现问题，才能进行维护。而“伽利略”IAP 的巡检维护系统是 IAP 的执行系统，其主要工作量偏向于维护，维护需求由“伽利略”IAP 发现并实时给出。对不需要产线停机的设备，IAP 向巡检系统给出更换建议；对需要产线停机的设备，IAP 给出维护建议。“伽利略”IAP 的巡检维护系统在巡检环节更多结合了 IAP 的人工智能，而主要工作量转移到辅助设备的源头维护上，只在必要的时候辅以人工巡检，极大提高了维护部门的人效。当前高争建材基于部门适应性考虑，首期率先采用的是该维护系统的提示部份，通过维护派单方式，仍然达到了“30 人做了接近 100 个人的工作”的效果。



“伽利略”IAP 巡检需求和智能巡检 APP 界面示意图

(E)常新维护：通过“伽利略”智慧工厂 IAP 的实施（含过程型 MRO），高争水泥产线辅助/末端设备维修维护量提升至 280%，核心设备故障率下降至 60%，

考虑一期工程的实验性质，在无边缘网关部署，IAP 灵敏度级别较低的现实情况，可认为已很好的实现了“产线保值”和“产线长新”的目标。

三、价值成效

1、项目创新点

高争建材股份 IAP 的实施，是“伽利略智慧工厂”IAP 在攻克高老化产线的人工智能产线保值技术高地外，对高原产线独特的损耗模型难题又一次成功的攻克。通过高争建材 IAP 的实施，“伽利略智慧工厂”IAP 全面建立了正常产线（5 年以内产线）、高老化产线（5 年以上产线）及高原产线全部产线类型全面的覆盖能力。本项目具有如下创新点：

①是国内为少有的基于过程型 MRO 的工业资产计划系统，释放大量备品备件占用资金；

②基于自由向量的人工智能监测模型，突破了高原产线设备维护的难题；

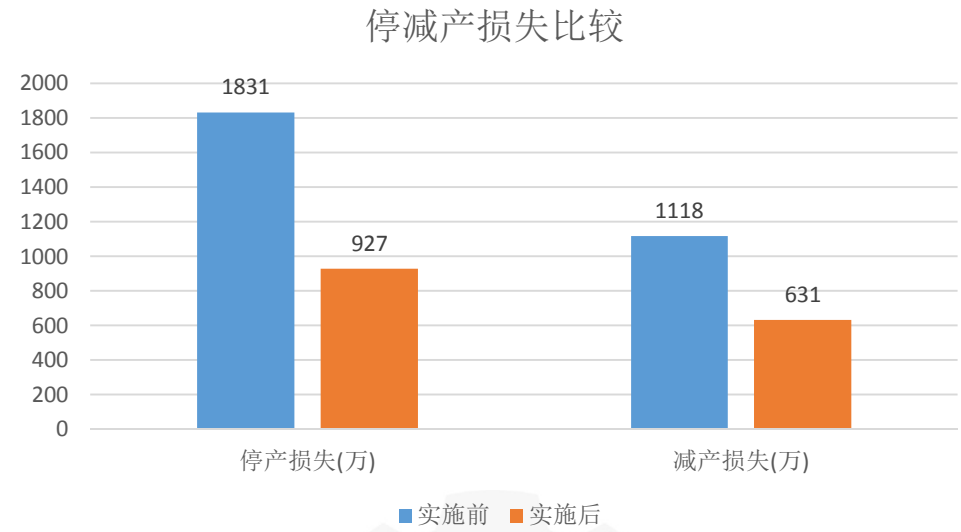
③是响应“工业 2025”精益生产要求，率先实现 IAP 资产计划的项目，6 个月减少停减产损失约 1400 万元（按年计算 2700 余万元），减少标号损失约 1700 万元（按年计算 3400 余万元）；

④是国内首批基于“常新维护”实现“产线保值”的项目。

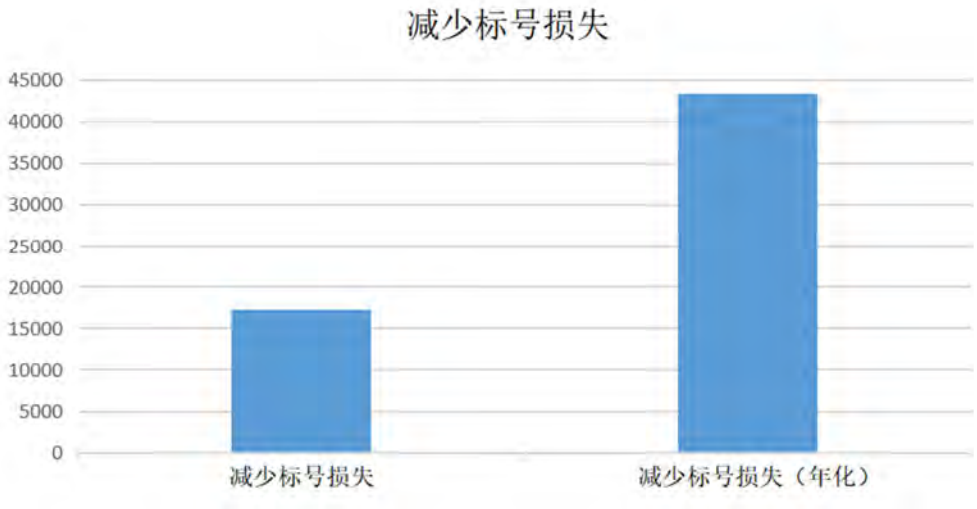
2、应用成效

除开前 6 个月准备工作，高争建材在正式运行“伽利略智慧工厂”IAP 的 6 个月内，对比上年同期减少停产、减产 15 次，减少停产、减产损失近 1400 万元，年化减少停减产 2700 余万元。各工艺段的核心设备故障率相比上年同期减少 40%以上（未部署末敏层情况下取得）；减少工艺段的标号损失约 1700 万元，年化 3400 万元。

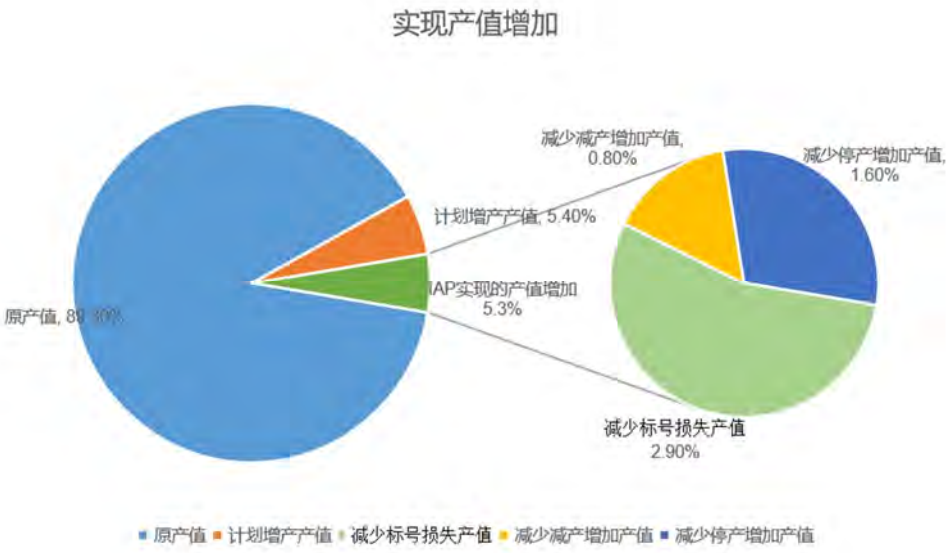
①减少停减产损失



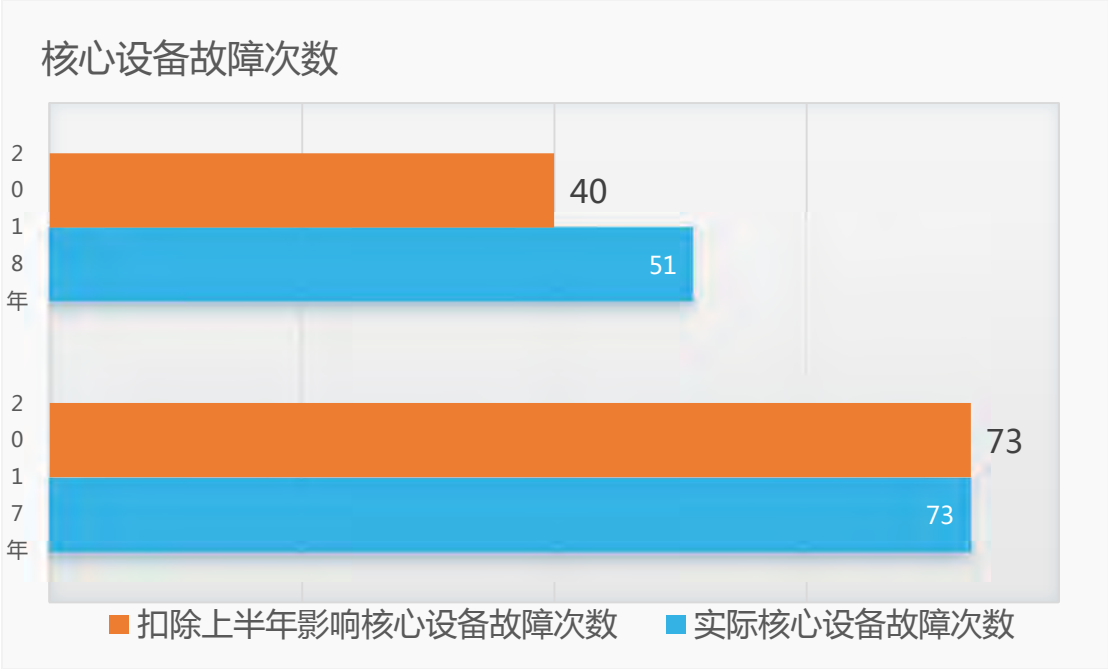
②减少标号损失



③实现产值增加



④产线核心设备故障率大幅下降，产线维持长新状态，实现产线保值



四、下一步实施计划

高争建材股份 IAP 一期实验项目已取得较好的效果，但限于覆盖规模，“伽利略智慧工厂”IAP 的完整功能并未完全得到应用。主要仍有以下几个方面的提升需要：

1、部署边缘计算层，提升 IAP 灵敏度

考虑到一期的实验性质，项目在数据采集上采取基于 OPC 的中心采集模式。基于 OPC 服务器运行压力大的原因，数据采集周期设置较长（15 秒），导致大量数据细节丢失，且由于不可避免的 OPC 和厂区网络的抖动，所采集到的数据错误率较高（最高的数据点单日错误率可达 40%），所幸的是监测范围集中在窑头窑尾工艺段，采集数据量尚处于可控范围，基于以上考虑，IAP 灵敏度仅设置为中低级。这也是当前故障率只控制到上一年同期水平 60%的原因。

下一步在增加边缘计算层（边缘网关和必要的末敏传感器，主要是缺失的振动传感器）的情况下，单体监测单元可下发到边缘网关运行，不占用服务器运算

能力，且边缘网关依托于在地网直接对协议进行解释，也避免了当前采用 OPC 采集方式因厂区网的抖动和 OPC 服务器能力不足所产生的大量坏数据问题。

在合理增加边缘计算层的情况下，通过适当的重新训练，可将核心设备故障率控制在 20%（与系统实施前相对照）以内。

2、扩大监测范围

影响水泥产品质量的各大工序还包括原料化验、粉碎、生料、熟料、研磨等。一期项目虽然已经对水泥生产核心的窑环节进行了完整的监测，但除更多依托人工的化验环节外，其它各工艺段仍未纳入系统监测范围。

下一步将在增加 IAP 灵敏度级别的同时，增加“伽利略智慧工厂”IAP 对全工艺段的覆盖，实现全产线的“全新维护”和“产线保值”。将主要设备故障率控制在 20%以下（与系统实施前相对照），将产线的有效稼动率和实现产值提高 15%以上（与系统实施前相对照）。

3、实施完整的巡检维护系统

“伽利略智慧工厂”IAP 的巡检维护系统的提示功能在高争建材的应用中，与传统方式相比已取得良好成效，但由于衔接问题，仍存在维护不及时、信息更新不及时、漏维护、重复维护等现象，极大制约了 IAP 效用的发挥，具有完整功能的巡检维护系统的实施已刻不容缓。

4、厂区无源光网(EPON)的双向回路改造

当前基于 OPC 数据采集发生大量数据错误的原因，除了 OPC 服务器性能不足外，单向光纤网络的抖动也是一个主要原因。通过协助厂方对厂区无源光网进行双向改造，可在发生网络阻塞或部分损坏时，具有稳定的回路可用，保障数据的传输，从而保障生产的安全性和稳定性。

五、总结

高争建材股份“伽利略智慧工厂”IAP 项目的实施和良好的生产效能提升效果，标志着思为交互科技的“伽利略智慧工厂”平台除了已适应 5 年内的正常产线的管理外，在 5 年以上的高老化产线和高原产线两个极端领域也进行了完全的覆盖。“伽利略智慧工厂”平台通过对极限的挑战，成就了工业人工智能的技术典范。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 4

海尔数字科技有限公司

海链加速衣联网生态引爆

——链群合约平台

合作企业：青岛海链数字科技有限公司

引言

为了加速集团链群探索，海尔基于区块链技术打造了链群合约平台，实现了产业全流程 “人单合一、用户付薪”理念的落地实践，通过重塑海尔各产业价值模式，将原有产业链中与最终用户脱节的节点，建立起用户链接，与产业全节点统一“创用户最佳体验”的最终目标。链群合约平台是海尔在工业 4.0 时代企业管理方面新的探索和引领，在企业内部以及企业间合作中充分降低信任成本，减少合作摩擦，激活每个节点积极性，紧盯最终目标，持续迭代用户最佳体验。

方案概述

链群合约平台基于海链平台（以太坊为基础改良的完全自主产权的区块链平台），采用 POA（proof-of-authority）共识，将完全开放式的共识机制范围收缩，将权利赋予更加具有管理能力的联盟成员，保证了区块链系统更加健康的运行，同时提升整个联盟链网络的交易处理效率。

海尔链群合约的方案是基于业务链条需要，设立弱中心化系统管理，具体设

计从两个方面入手。第一，节点管理：对有业务主导能力、系统运维能力的节点开放区块打包权限；没有管理能力的，只赋予节点数据同步权限。同时，对于节点权限的任免，附加投票机制，让联盟节点参与投票。大家各司其职，共同保障联盟链的健康稳定的运行；第二，权限管理。将用户的业务控制权限提交给账本，实现分散权限控制。

一、功能架构

链群合约平台分为前台、中台和后台，平台的总体功能架构如图 1 所示。



海尔链群合约的前中后台

图片来源：海尔集团

后台通过集成企业内部业务数据上链，打通全场景可信数据流，结合抢单目标数据，实现合约全流程数据可追溯、可验证。

中台是基于海链的链端到端合约管理体系，包含三个“自驱动”体系以及平台治理模型的实现。

前台提供 WEB 端+APP 端的全流程用户体验能力，实现简单、灵活、实时的用户操作。

二、业务流程

海尔链群合约平台从 2019 年 6 月做试点，到现在已经全面推广，通过区块链技术的应用，以爆款产品为切入，全流程节点抢入爆款竞争力目标，改变原来“自上而下”分目标，为“自下而上”抢目标；改变原来中心节点，倒逼各节点关差，为链群各节点相互倒逼咬合自关差；改变原来增值分享层层审批，为目标实时追溯、自动验证核算和自动兑现。

首先，抢入的目标竞争力越强增值分享越高，通过对目标达成情况的实时显示，全流程节点相互倒逼关差，目标达成全过程全节点监督，公开、透明。

其次，根据目标达成情况，对各节点自动评价（算力评估）以及事前签订的智能合约自动分享到全流程节点，评价结果自动带入下一合约周期，高算力节点拥有优先抢入权。

智能合约平台支持产业全流程从设计、研发、生产、市场、渠道、销售等节点以及物联网生态各攸关方自抢入竞争力目标形成链群组织、链群目标和分享价值，当目标达成就自动对全流程节点按照事前约定的分享价值进行实时兑现，以达到充分激活产业全链路参与者积极性，减少合作摩擦、统一最终目标和增加生态收入的效果。

链群合约平台的总体业务流程设计如图 2 所示。



可以看到，现在链群合约主要是针对产品的销量，链群主把单亮出来，各节点围绕目标抢单。比如在郑州亮的 10 月份目标是两个亿，针对利润率和销量，会倒逼出成本、质量、交货期等节点目标，这个单亮出来之后，所有人都能看到，

如果认为自己能承接目标，就抢进来。郑州往下有 80+个区域网格，这些网格主同样通过对自己负责区域的人群分析等，确定自己要抢多少的目标，抢的越多，完成的越多，增值分享就越高，最后抢单目标高于亮单目标，契约就成立；如果达不成，这个链群合约就会失效。

三、痛点解决

在互联网时代背景下，依靠传统的＂低成本＂思维发展起来的中国制造业一旦资源优势丧失，势必会导致制造企业的整体发展受制于人，所以传统制造业要向信息化、互联网化、平台化创新型企业转型，而″互联网+″背景下制造企业转型升级机制尚有待挖掘。

2019 年，海尔开始探索生态链小微群的组织体系，每个“链群”都要创建与社群对应的生态圈，实现利益攸关方的增值分享。“链群”是开放的、动态的和共创共赢的，致力于改变以往小微间的各自为政。通过创建与社群对应的生态圈，彼此独立的小微因为满足用户特定需求并联起来了。

为了加速集团链群探索，海尔基于区块链技术打造了链群合约平台，实现了产业全流程 “人单合一、用户付薪”理念的落地实践，通过重塑海尔各产业价值模式，将原有产业链中与最终用户脱节的节点，建立起用户链接，与产业全节点统一“创用户最佳体验”的最终目标。

链群合约平台是海尔在工业 4.0 时代企业管理方面新的探索和引领，在企业内部以及企业间合作中充分降低信任成本，减少合作摩擦，激活每个节点积极性、紧盯最终目标，持续迭代用户最佳体验。

链群合约平台的总体业务架构设计如图 3 所示。



基于人单合一，搭建三大体系。

图片来源：海尔集团。

简单来说，就是搭建了三个体系，第一个是自驱动的目标体系，第二个是自驱动的显关差体系，第三个是自驱动的增值分享体系。

自驱动的目标体系，是要确认这个合约需要哪些小微负责，才能达成目标，并承诺一个收入和销量的共同目标。

以海尔旗下郑州冰箱为例，假如郑州冰箱在 10 月份要完成两个亿的目标，这两个亿的目标需要分解到各个小微，进行对赌，如果达成目标就进行增值分享。所谓增值分享，就是如果抢单目标是 11 个亿，实际做到了 12 个亿，多出来的 1 个亿的增值空间，每个节点都可以分享。所以需要在事前确定每一个节点对总体目标来说，要提供多少有竞争力的目标，最后能分到多少钱。如果事前显示能达到总体目标，就会形成链群，或着说区块链里的智能合约。

自驱动的显关差体系，是针对增值空间的，在事中能看到每个节点对自身经济利益的影响，做的好，薪酬包就大，做的不好，薪酬包就小，从而形成倒逼体系。

需要分析每个节点差在哪里，需要怎么配合，或者确定某个节点不行，就直接替换掉，换新的人。每一个节点都有自己的账号，承诺的目标完成了就是四星，超额完成就是五星，没有完成就是一星，如果是一星或者连续两个月是两星，就会被淘汰。

自驱动的增值分享体系，是事后的增值空间，会自动通过区块链的智能合约分到每个人的账号里。

链群合约平台目前已在海尔集团内部链群开展广泛试点，链上签约链群达 30 个，覆盖领域包括：原材料、生产、质量、设计、服务、销售、体验等广泛的用户服务群体。以海尔制冷产业为例，8 月份全流程节点抢入郑州区域爆款，实现收入增幅 25.1%，利润同比增长 28.9%，创增值空间 200 多万元。

四、创新亮点

链群合约是区块链技术首次在企业管理中的落地实践，完全没有可参照的母本，实践的过程也是不断摸索试错的过程。之所以用区块链的技术，是因为海尔的品牌定位是物联网生态，生态圈要达成的目标是各家盈利，而盈利的基础是解决信任问题，区块链技术的出现完美契合了生态链群建设的需要。

一方面，减少了为降低成本和供应商谈判的博弈过程，如果产品的市场反馈比较好，供应商可以从海尔挣到钱，创造了共创共赢的环境。

另一方面，因为区块链平台有加密防篡改的特性，把供应商和客户拉到链群合约中后，供应商可以放心地把数据放在区块链平台上。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

五、应用成果

链群合约平台在 2019 年 11 月由中国信息通信研究院召开的“2019 可信区块链峰会”上，被评为“2019 可信区块链十大最具潜力应用案例”。

目前链群合约已经在海尔集团内部全面复制推广，覆盖 3 大领域 10+产业平台。以冰箱“郑合”链群为样板，通过链群自驱体系实现用户体验的持续升级，带动平台整体逆势增长、行业领先优势持续扩大。链群合约及增值分享机制驱动人员抢高单，实现了平均 20%以上的收入增幅，同时极大提升了终端人员的积极性，创造了人人抢高单，人人创造增值分享的氛围。

链群合约改变了很多东西，从以前的线性管理到现在的非线性管理，所有人

都是并联在一起的，从以前的中心化到现在的去中心化，对管理模式的颠覆是非常大的。目前链群智能合约项目已经迭代到 V4.0，未来还将持续迭代，助力业务成为物联网时代用户智慧生活的引领者。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 5

中建钢构广东有限公司

基于工业互联网的大数据分析平台

——钢结构制造全过程成本分析与工艺优化

引言：中建钢构广东有限公司是国家高新技术企业，是中国最大的钢结构产业集团——中建钢构有限公司的隶属子公司，年加工钢结构能力 20 万吨，是国内制造特级的大型钢结构企业，是国内首批取得国内外双认证（欧标、美标）的钢结构企业。中建钢构具有行业领先的建筑信息化、智能化产品，自主研发了国际领先的钢结构全生命周期管理平台，开发了 ERP、设备能像管理系统、库存管理系统等信息系统，搭建了基于工业互联网的大数据分析管理平台。同时，公司正实施建设全球首条钢结构智能制造生产线，实现涵盖切割、分拣、搬运、焊接、仓储、物流、信息化的智能化生产。该产线获批成为 2017 年国家工信部智能制造新模式应用项目，并被科技部立项作为国家“十三五”重点课题。中建钢构广东有限公司率先践行“中国制造 2025”，成为国内装配式建筑领域首个智能化工厂，并获得 2018 年广东省工程技术研发中心、2018 年广东省两化融合试点企业；2018 年广东省级企业技术中心；2017 年广东省智能制造试点示范项目； 2017 年广东省制造业与互联网融合试点示范。

一、项目概况

目前中建钢构遇到的问题最重要的原因是产线、设备的数据缺失、以及业务系统各自独立。因此我们采用新型工业互联网架构来分四步解决这个问题，第一步采集与可靠传输产线设备的实时数据解决机台间的信息孤岛与网络传输问题；第二步利用工业大数据平台汇聚现有业务系统数据，解决系统间的信息孤岛问题；第三步利用系统与设备数据根据需求做相应的功能应用与可视化呈现解决各部门间信息不一致与工厂透明化的问题；第四步依靠大数据平台能力实现成本维度的大数据分析应用解决生产成本缺乏精细化管理的问题。

1. 项目背景

作为钢结构行业工业互联网的切入点，我们希望通过本次基于智能产线上的试点项目，以降本增效为目的，为生产、商务、财务等相关的业务部门提供实际的决策支撑作用。上层系统中的业务管理数据相打通，实现业务系统和生产系统联动，达到产线级的 IT/ OT 系统融合。并且通过多种形式的展示，完成对产线数据的可视化呈现，以及围绕成本这一重要维度的大数据分析应用，推动成本与工艺优化从而实现降本增效的目的。

2. 项目简介

根据“数字化、信息化、智能化”的设计理念，充分利用工业 PON 网络、智能生产管理系统、工业大数据平台等先进技术，构建基于云架构的大数据分析平台。通过建立工业互联网大数据分析平台，通过数据采集、分析、决策，优化提升可制造性和可服务性，形成企业智能管控闭环，提供生产效率，降低运营成本。

1、 设备数据采集：通过智能网关硬件设备，实现数据采集、通讯协议转换、数据清洗、边缘计算以及数据上传等功能，把中建钢构广东有限公司二期（简称“工厂”）中试点示范产线的关键设备中运行状态、工艺参数及加工信息等数据采集上来。

2、 工业 PON 网络设计与建设：完成工厂内无源光纤网络建设、通过使用工业 PON 通讯方式，把数采设备采集到的数据传输到云平台，建立云平台

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

和设备之间的数据通讯管道。

3、网关管理平台：建设部署智能网关管理平台，对负责数据采集的智能网关、工业 PON 网络设备以及所接入的工业网络，提供包括网络层、传输层在内的端到端监控和管理的服务。

4、工业大数据平台建设：在中建钢构部署工业大数据平台，用来汇聚集成设备采集的数据、业务系统中数据（BIM 系统、业财系统、能像系统、下料集成系统），对数据进行建模、存储、计算。为数据的分析、应用开发以及可视化展示提供对应支撑能力。

5、功能应用开发：根据客户需求、基于工业大数据平台完成产线看板、作业中心、设备详情、产品追溯、能耗管理、告警管理、权限管理等功能的应用开发工作。

6、可视化展现：形象化的展示工厂整体生产运行情况，在有效地整合 IT 与 OT 的数据源后，可以从经典的制造管理视角，将数据以清晰的结构和层次呈现给管理和使用者，如订单执行进度、生产工序执行情况、生产设备运行情况以及多角度的统计分析图表等。

7、大数据分析应用：通过已采集的设备数据、BIM 系统、业财系统、能像系统、下料集成系统数据作为基础，充分利用机器学习、数据分析等技术，针对生产运营中所需要的应用，建立数学模型，帮助工厂提升运营效益。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

3. 项目目标

通过本次项目的实施，工厂实现“三个优化与一个管理”的目标，项目执行团队具备“六种能力”。

1、三个优化：制造项目成本优化、产线成本优化、工艺参数优化。

2、一个管理：易耗件预测性维护与成本管理。

3、六种能力：采集技术及能力、传输技术及能力、云端平台技术及能力、基于平台的应用能力、可视化展现能力、大数据分析能力。

二、项目实施概况

本次项目将从设备折旧、生产能耗、备品备件等数据源中，利用线性回归、聚类分析等大数据分析模型，按照项目批次、生产构件等维度精细化分析生产成本，从而实现精细化报价、优化生产排程以及提供管理决策的数据依据。

1. 项目总体架构和主要内容

1) 总体功能架构

中建钢构工业互联网平台是由中建钢构广东有限公司与中国电信上海理想集团共同联合打造的。该平台一方面通过智能网关获取产线的关键设备的实时数据，另一方面对接了中建钢构 BIM、能像、业财、下料集成等多个相关业务系统，实现了产线级 IT/OT 的联动和设备数据的萃取、分析、同时采用大数据可视化系统进行多维度的展示。如图 1 所示。



图 1　总体功能架构

平台充分应用工业大数据相关技术，围绕着成本精细化管理、产线成本优化分析、设备工艺参数优化、设备易损件管理等四个维度进行深度数据分析。

2) 建设内容详细介绍

1、设备数据采集

本次项目中我们采用霍尼韦尔提供的智能网关，实现数据采集、通讯协议转换、数据清洗、边缘计算以及数据上传等必要功能。通过智能网关帮助用户

打通工业信息孤岛，实现设备、工艺互联；实时在现场级掌握所需的关键决策辅助性信息；合理规划现场应用与上级应用的混合部署；同时又确保了数据安全。

采集对象：智能产线的关键生产设备

设备名称	设备数量	设备商
牛腿机器人焊接工作站	2	唐山开元
卧式埋弧焊接生产线	1	唐山开元

采集内容：对应设备的常规参数与工艺参数

设备名称	**常规参数**	**需采集数据项（工艺参数）**
牛腿机器人焊接工作站	状态、PLC 计数、故障信息	备品备 ID，更换日期，备品备件名称，备品备件编码，机器人 id，开机时间，关机时间，再生状态，再生时间，电弧发生累计时间，电弧发生率，电弧 ON 累计时间 电弧 ON 率，暂时停止累计时间，再生主程序号，再生程序号，再生步骤，再生位置，再生主层数，再生主层数，设定焊接电流，实际焊接电流，设定焊接电压，实际焊接电压，设定焊接速度，实际焊接速度，实际移动速度，设定送丝速度，实际送丝速度，送丝负荷，工件焊接开始时间，工件焊接结束时间，焊接时间，焊丝消耗，错误时间，错误编号，错误等级，故障信息
卧式埋弧焊接生产线	状态、PLC 计数、故障信息	焊接参数的起弧规范（起弧电流，起弧电压，起弧时间） 焊接参数的收弧规范（起弧电流，起弧电压，起弧时间） 焊接参数的焊接规范（焊接电流,焊接电压,回烧时间，焊接速度） 焊接时的实时电流,实时电压 焊接时的焊接速度 规范微调数据：枪电流，枪电压，枪电流，枪电压，焊接速度 焊接时的跟踪控制器状态 跟踪速度数据, Y 轴偏移量，Z 轴偏移量 Y 轴横轴实际位置，跟踪目标位置，起点目标位置 Z 轴纵轴实际位置，跟踪目标位置，起点目标位置 X 轴台车实际位置，起点目标位置，终点目标位置 X 轴起始偏移量，X 轴结束偏移量，Y 轴偏移量，Z 轴便宜量，X 轴角度，Y 轴角度 上料 1 区，上料 2 区，下料区，RGV 车，翻转区的报警信息、限位信号、焊接状态

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

采集方式：西门子 PLCS7-200/S7-1200、欧姆龙 PLC CP1H 控制设备的数据采集，如图 2。

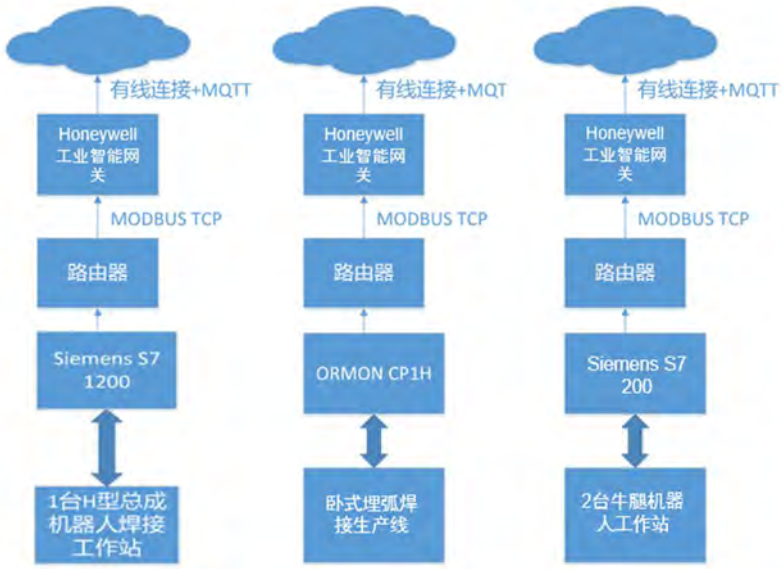


图 2　西门子、欧姆龙参数采集

2、工业 PON 网络设计与建设

根据与用户的沟通和实际情况的勘察，工厂对网络的适应性要求比较高，拟选用工业 PON 的组网方式来满足需求。PON 采用“一到多”结构，无源光纤传输方式，在以太网上提供多种业务并可集成无线覆盖，PON 组网可实现冗余切换，保证了网络的高可用性和设备的健硕性。基于对工业设备网络升级需要，要求对中建钢构阳光厂二期（车间）原有的网络进行线缆的扩容及升级改造。本次工厂的信息点需求分布如下：

车间号	区域	ONU 数量	备注
1 号车间	部件加工中心	2	FD3、FD13
	智能下料中心	3	FD1、FD2、FD14
2 号车间 A 区	自动铣磨中心	1	FD4
	自动组焊矫中心	2	FD5、FD11
	锯钻锁中心	2	FD6、FD12
	机器人焊装中心	1	FD7
4 号车间	抛丸喷涂中心	3	FD8、FD9、FD10
合计		14	

考虑到流水线工业 PON 网络工作的稳定、可靠、可扩展性及性价比，本次组网采用华为设备，组网方式采用保护方式，如下图 3 所示。

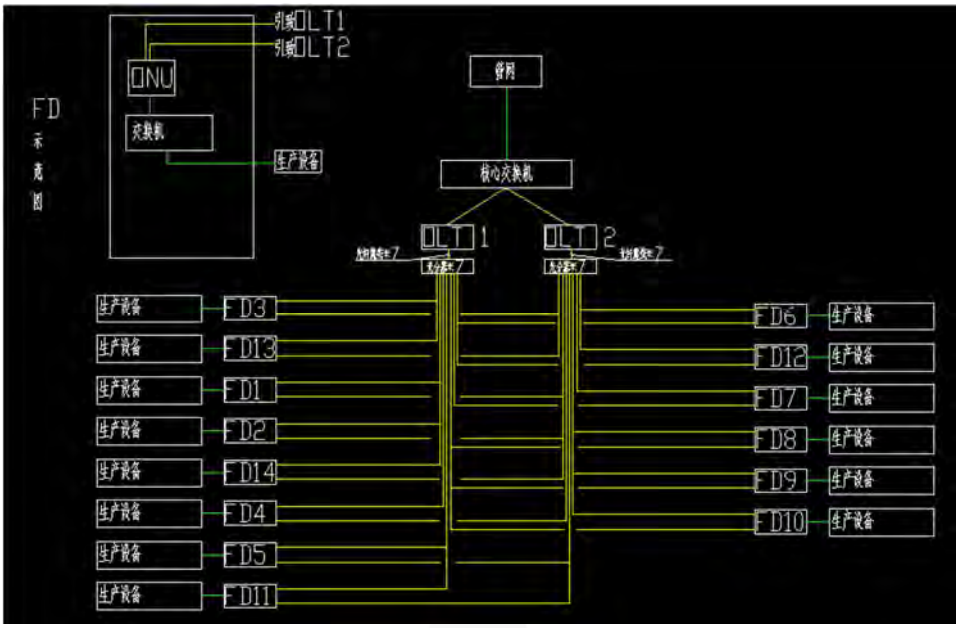


图 3　工业 PON 组网方式

工厂施工已完成如下图 4 所示。

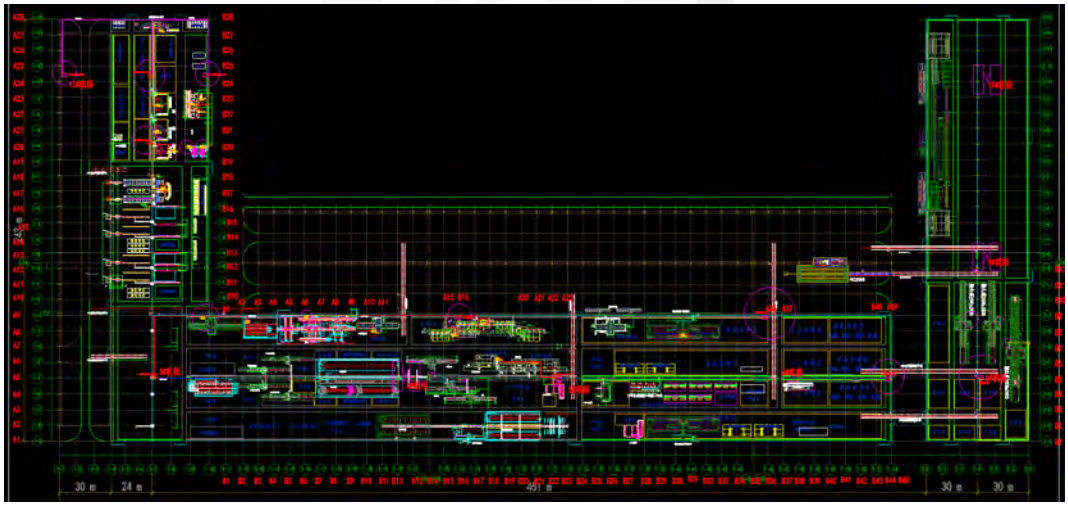


图 4　工业 PON 实施部署图

3、网关管理平台

在本次项目中部署了中国电信工业版“网管专家平台”，是利用中国电信统一建立的基于 SNMP 技术的平台，对包括数据采集的智能网关、工业 PON 网络设备在内的客户广域网络或互联网接入提供包括网络层、传输层在内的端到端监控和管理的业务。



图 5　网管专家平台

设备通断检测：实时监测设备通断情况

a) 设备性能监测及告警：可监测设备的 CPU 利用率、剩余可用内存、设备可达性和在线时长等性能指标

b) 流量利用率监测及告警：通信流量、包、利用率等监测与阈值告警

c) 故障告警及时处理和通知：主动发现电路和设备的告警和故障情况，及时处理并以短信或 Email 等方式将故障及时主动的通知客户，整个故障处理过程客户可以通过 WEB 方式实时了解和跟踪

d) 监测报告（月度、半年度）：以 Email 或 Web 方式定期提供客户 PON 网络/服务器监测运行报告

e) 运行报告（月度、季度、半年度）：在监测报告基础上，结合故障处理情况，专业工程师对监测数据分析和故障分析，给出优化建议。

该平台由四部分构成：数采网关设备、工业 PON 网络接入部分、业务处理部分和业务展现部分。其中业务处理部分由数据采集与处理系统、故障跟踪处理系统组成；业务展现部分由故障告警展现系统和客户服务信息系统组成。

4、工业大数据平台建设

a) 功能架构

工业互联网的数据体系，主要有数据采集与交换、数据集成与处理、数据建模与分析和数据驱动下的决策与控制应用四个层次组成。

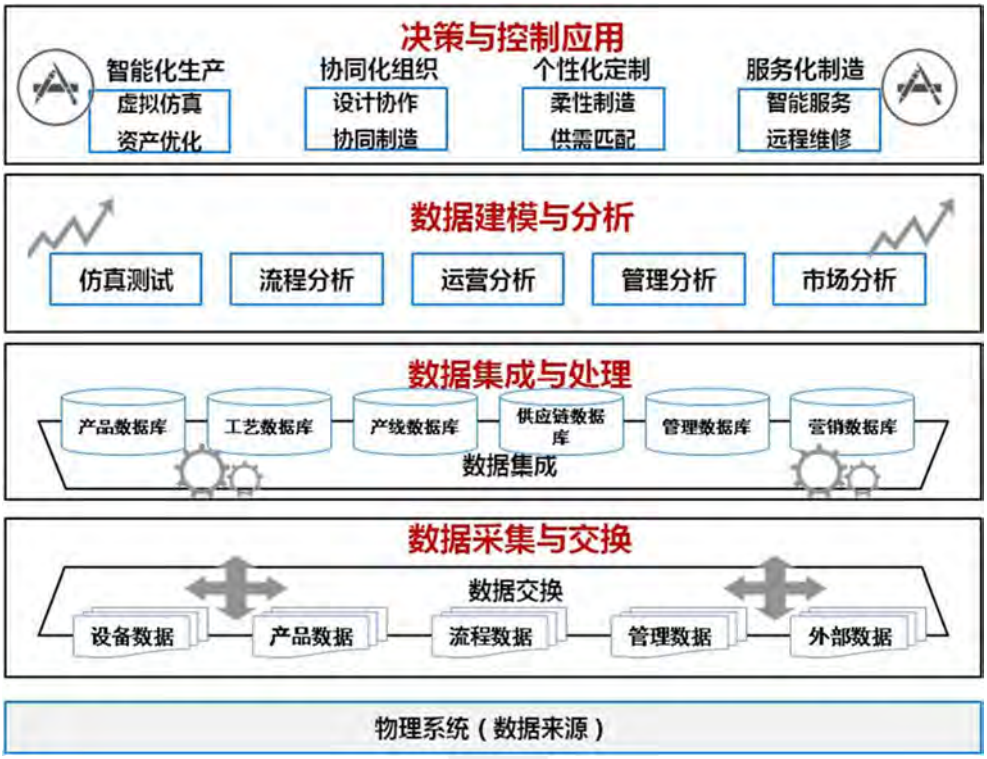


图 6　工业大数据功能架构



图 7　工业大数据技术架构

采集交换层：主要完成数据从传感器、SCADA、MES、ERP 等内部系统，以及企业外部数据源获取数据的功能，并实现在不同系统之间数据的交换。

集成处理层：从功能上，主要将物理系统实体的抽象和虚拟化，建立产品、产线、供应链等各种主题数据库，将清洗转换后的数据与虚拟制造中的产品、设备、产线等实体相互关联起来。从技术上，实现原始数据的清洗转换和存储管理，提供计算引擎服务，完成海量数据的交互查询、批量计算、流式计算和机器学习等计算任务，并对上层建模工具提供数据访问和计算接口。

建模分析层：功能上主要是在虚拟化的实体之上构建仿真测试、流程分析、运营分析等分析模型，用于在原始数据中提取特定的模式和知识，为各类决策的产生提供支持。从技术上，主要提供数据报表、可视化、知识库、机器学习、统计分析和规则引擎等数据分析工具。

决策控制层：基于数据分析结果，生成描述、诊断、预测、决策、控制等不同应用，形成优化决策建议或产生直接控制指令，从而对工业系统施加影响，实现个性化定制、智能化生产、协同化组织和服务化制造等创新模式，最终构成从数据采集到设备、生产现场及企业运营管理优化的闭环。

b) 数据采集与交换

将工业互联网中各组件、各层级的数据汇聚在一起，是大数据应用的前提。要实现数据从底层向上层的汇集，以及在同层不同系统见传递，需要完善的数据采集交换技术支持。工业互联网系统是一个分布式系统，有众多不同的组件组成，为了避免在不同系统间建立连接导致的 N 平方复杂性，一般采取消息中间件（Message-oriented middleware）技术来实现。消息中间件的主要功能是实现消息传输管理、队列管理、协议转换等功能。

工业大数据平台从工业网关、传感器、机器设备中采集相应的生产数据，通过工业大数据平台的数据采集子系统，能够方便的配置新的采集源、采集作业，完成对采集作业的调度、监控。数据采集到后上送至存储平台中用于后续的数据建模和分析展示。目前平台支持 MQTT、kafka 消息队列方式。

同时，平台提供了开发式的 RestAPI/Socket 接口，用于满足一些特殊协议的设备或者传感器的数据采集，Rest API/Socket 接口的主要功能如下：

建立和管理与工业大数据平台的连接。包括 SSL 加密、用户认证、项目认

证和连接维护。在网络断开又恢复的情况下，重新连接服务器。

实现智能设备和平台设备模型的属性、事件和服务的对接，当服务器向设备下发请求时，实现设备函数和方法的调用，以更新设备的属性、参数或服务。

c) 数据集成与处理

工业大数据集成处理层，涉及数据的清洗转换加载（ETL）技术、数据存储管理技术、数据查询与计算技术，以及响应的数据安全管理和数据质量管理等支撑技术。

平台通过数据采集适配器对数据源进行管理，对添加的数据源数据进行增删改查的操作。适配器使用了实时采集、批量采集两种采集方式，通过不同的采集技术来实现相应的需求，保证数据采集的效率。

平台通过 Kakfa 消息队列、Storm 流式处理以及 Spark-Streaming 实时计算方式，实现实时数据采集；通过 Flume 实现批量数据采集。由于不同采集技术对不同的采集方式都具备良好的可靠性及扩展性，考虑数据采集应用场景的多样性，平台支持各种采集方式，满足不同采集方式的要求。通过工具针对的特征，保证其采集的效率。

d) 数据建模与分析

工业大数据平台支持可视化方式建立数据资产模型。工业数据资产分为以下几类：

设备域：跟具体工业设备中的信息相关的数据，如型号、厂商等；

人域：与具体人员或者组织相关的数据信息；

传输域：跟物联网、传感器、嗅探等传输相关的数据；

环境域：跟天气、噪音等相关的数据；

状态域：跟设备运行过程中产生的数据相关的，包括转速、能耗、振动频次；

服务域：来自信息系统的数据。

把来自各种数据源的数据按照类别划分，并记录数据源实际存放的地址，便于用户在使用时系统能够关系到实际的数据。

平台集成多种数据分析算法和引擎，主要使用以下几种数据分析算法：

流数据分析引擎 – Spark

流数据处理引擎 – Storm

离线批量分析处理引擎 – MapReduce

分布式计算引擎 – Hive

通过建模和分析算法整理完成的设备、系统数据通过使用可视化开发工具在电脑、移动终端、大屏等界面上展示出来。分析平台提供可视化的报表定义工具、综合查询统计、大屏展示开发工具等，通过这些工具的使用，配合 Java、Javascript、Node.js 等界面开发技术，实现符合 H5 页面规范的应用页面。

e) 决策与控制应用

根据数据分析的结果产生决策，从而指导工业系统采取行动，是工业大数据应用的最终目的。工业大数据应用可以分为以下 5 大类：

描述类（descriptive）应用：主要利用报表、可视化等技术，汇总展现工业互联网各个子系统的状态，使得操作管理人员可以在一个仪表盘（dashboard）上总览全局状态。此类应用一般不给出明确的决策建议，完全依靠人来做出决策。

诊断类（diagnostic)应用：主要利用规则引擎、归因分析等，对工业系统中的故障给出告警并提示故障可能的原因，辅助人工决策。

预测类（predictive）应用：主要是利用逻辑回归、决策树等，预测未来系统状态，并给出建议。

决策类（deceive）应用：主要是利用随机森林、决策树等方法，提出经营管理方面的决策建议。

控制类（control）应用：根据高度确定的规则，直接通过数据分析产生行动指令，控制生产系统采取行动。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于大数据的工业决策控制技术的框架如下图 8 所示。

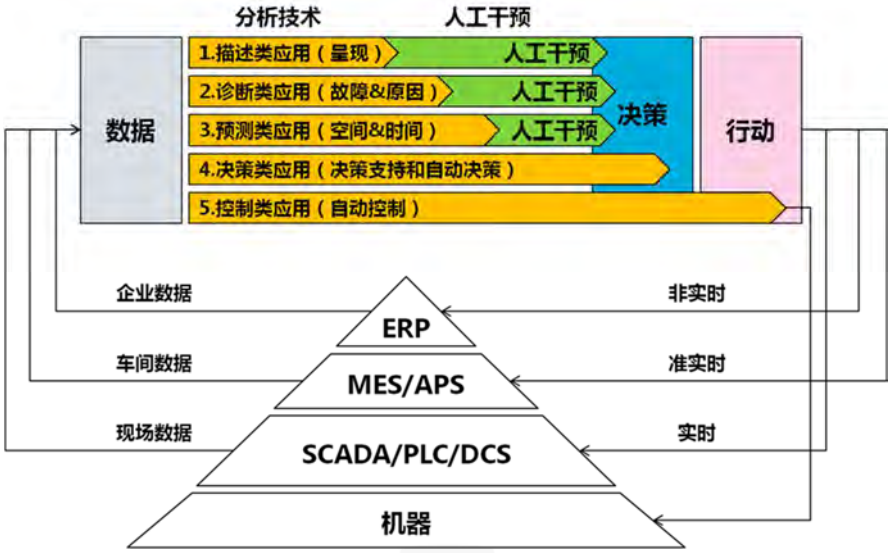


图 8　工业大数据决策与控制应用技术

在本项目中，以描述类、诊断类应用为主。后续按实际需要逐步推进预测类、决策类的应用能力。

5、功能应用开发

基于平台实现如下功能模块：

功能	子模块	描述
产线看板	整体状态	实现生产线上所有设备的统计信息， 如在线/离线/维修/故障设备数量
		实现生产相关统计信息，当前生产的构建型号，对应订单，
		当日产量
		在产构建/订单
	作业中心	实现各作业中心在生产线中的上下游关系
		各作业中心状态统计信息，可下钻到设备信息查看
	能耗总览	产线整体能耗（当日）
		产线分时能耗，实现所选择时段（以小时为单位）的能耗
		产线分日能耗，实现所选中日期当天的能耗
		下钻跳转至作业中心/设备能耗
作业中心	作业中心设备信息	实现所选中的作业中心相关信息，如所包含设备，在产构建，当日能耗等
	作业中心产量	实现所选中的作业中心产量（当日）

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

	作业中心能耗	实现所选中的作业中心能耗（当日）
	在产构件信息	实现所选中的作业中心在产构件，点击可查看构件详细信息
	生产历史查询	查询该作业中心的历史生产记录，以天为单位
设备详情	设备详情	实现设备的详细信息，包括型号，所在作业中心，维保信息等
	设备告警	实现该设备上报的告警信息
	实时状态数据	实现设备运行时的实时状态信息，包括采集到的电压/电流/转速等
	设备产量	实现所选中的设备产量（当日）
	设备能耗	实现所选中的设备能耗（当日）
	在产构件信息	实现所选中的设备在产构件，点击可查看构件详细信息
	生产历史查询	查询该设备的历史生产记录，以天为单位
产品追溯	按构件编号	根据构件编号查询所有的工艺流程的具体信息
	按构件类型	查询单个设备在一段时间内生产的某种类型的构件的信息（包括类型，编号，时间）列表和数量
	按生产设备	
	按生产时间	
	按生产订单	查询某个订单的所有构件的具体信息（包括类型，编号，时间）
能耗管理	总体能耗实现	按照时间（例如当日，近 3 天，本周，本月，本年）查询能耗总量
	按作业中心	查询单个作业中心的所有设备能耗
	按设备	查询单个设备的能耗
	按构建	查询单个构件所有工艺的设备生产时的能耗
	按时间	实现能耗随时间的变化图标
告警管理	实时告警信息实现	实时告警的高亮显示
	历史告警信息列表	历史告警列表信息
	告警信息详情	单个告警的具体信息（发生时间，级别，详情）
平台基础功能	用户登录/退出	登录界面和退出按钮
	用户创建	增加用户
	用户管理	用户列表
	权限管理	修改单个权限的用户列表（增加或删除）
	用户信息	查看和修改用户信息并保存

6、可视化展现

生产线状态可视化展示，将整个产线级的生产状态作总体呈现，其中包含产线设备加工过程模拟、设备告警信息的高亮显示、当日产量与订单信息和能耗总览。总体看板也是其他分支功能模块的总入口，可以通过点击各信息进行不同维度的下钻。主要内容包含：

- 产线级别、整体生产状态总览
- 告警信息高亮提示
- 产线工艺流程模型
- 当日产量与产品/订单信息
- 能耗总览

作业中心信息展示，是整体可视化平台以设备管理为维度的功能下钻。作业中心模块分为产线实况、设备列表和生产历史三大展示功能。产线实况可以查看产线总体的生产情况，并可以下钻到加工中心或设备维度查看实时产量、生产参数和能耗情况。主要内容包含：

- 作业中心生产信息总览
- 设备维度详情
- 整合构建、设备、产量等主要生产信息

产品管理信息展示，是产线所生产的产品信息的综合呈现，可从构件和订单两个维度查看实时和历史信息。其中，构件列表功能提供了所有已记录构件信息的生产情况。在同一构件下，可以向不同实例信息下层展开查看具体细节，包含当前生产进度以及在整个工艺流程中智能生产设备的利用率，评估智能产线整体利用效率。主要内容包含：

- 以产线生产产品维度整合信息
- 订单显示维度
- 构件/工包显示维度
- 工件生产工艺流程追溯

告警功能信息展示，将提供设备异常告警信息的高亮显示，通过显示告警详情故障代码，提示相应操作员和运维人员进行及时处理和维保服务，并在处理报警信息时记录处理时间供后续进行历史信息检索。对历史告警信息的检索页可以

通过设备、时间等多个维度进行。主要内容包含：

- 告警信息通知整合
- 告警详情查看
- 处理时间记录
- 历史告警信息检索

能耗管理信息展示，可以提供以设备和时间为维度的实时和历史能耗数据的查看，并以这两个维度来进行相应的检索与横向对比，找出高能耗设备和高能耗时间段，从而发现能耗异常并告警。主要内容包含：

- 多维度能耗信息整合
- 产线能耗总览
- 作业中心/设备维度能耗详情
- 构件/产品维度能耗详情
- 高能耗报警提示

用户管理信息展示，包括基本的用户登录界面、用户添加和删减，以及不同用户的权限管理功能。

7、大数据分析应用

通过已采集的设备数据、BIM 系统数据、业财系统数据、能像系统数据、下料集成系统数据作为基础，从设备折旧、生产能耗、备品备件、生产工艺等角度，按照项目成本精细化管理、产线成本优化分析、设备工艺参数优化、设备易损件管理等四个维度进行工业大数据的试点应用。这四个部分通过数理统计、机器学习、人工智能 AI 算法等方法，将成本在智能产线中的不同维度清晰地呈现出来，并给出具体的优化管理方法。

- 以项目为维度剖析成本结构管理

  按成本类型（能耗、耗材、折旧）、设备种类、加工时间分析成本结构；

  辅助项目精细化报价，找到高成本瓶颈设备、瓶颈耗材；

- 产线成本优化分析

  分别以构件、设备为维度进行成本消耗分析，找到高成本设备与高成本构件；

通过同等生产条件横向对比，找出高成本问题工位、问题设备；

- 设备工艺参数优化（埋弧焊机试点）

保证焊接质量的前提下给出最小能耗智能焊接参数；

焊接成本智能预测；

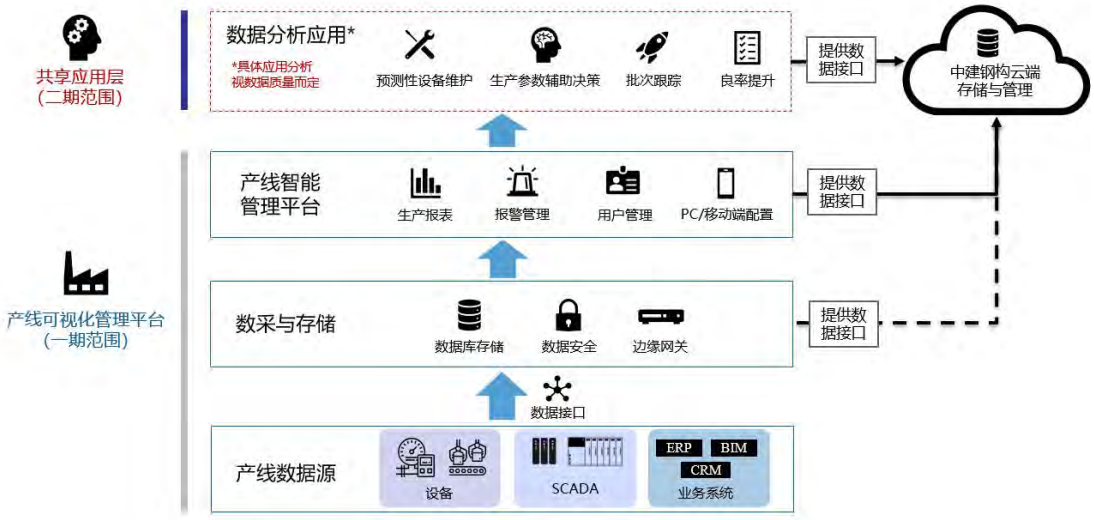
- 设备易损件管理（数控钻床钻头试点）

钻头刀具寿命预测；

钻头优化使用智能加工参数推荐。

三、下一步实施计划

1. 平台覆盖范围扩大与共享应用细化



项目整体实施计划分为两步：一期产线可视化管理平台搭建、二期共享应用层开发。

目前已完成一期范围内主要功能开发与测试工作，各功能模块基本完成并开展试运行工作，数据采集、整合、分析、验证工作稳步推进。

后续计划：

1、扩大系统覆盖范围，将工厂内所有产线、设备全部纳入系统服务范围，全面覆盖工厂所有制造过程数据；

2、细化共享应用功能，在全面覆盖工厂产线、设备、制造过程数据的基础

上，围绕成本计算，深入发掘业务功能需求，推动一线工位操作模式升级；深入挖掘数据潜藏价值，推动上层业务管控模式升级与效能提升。

2. 项目经验总结与成果转化

全面总结项目实施全过程的经验，优化、完善项目实施方案。优先在集团内部其余四个制造厂推广应用，促进其产线升级增效。在此基础上，实现集团制造板块业务全面平台化，实现跨区域的制造板块工业互联网化，进一步推动集团内制造任务协调优化，资源配置均衡高效。强化集团制造板块整体过程管控能力用户效率。

本次项目实施经验，已向中昆建和智能工厂、雄安新区钢结构智慧工厂进行试点推广。项目组将持续跟进相关事宜，针对推广过程中出现的问题进行及时指导并据此对整体方案予以完善，增强整体方案的适用性与可复制性。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

形成了包含设备数采解决方案、信息端点部署方案、数据集成分析方案在内的钢结构行业工业互联网整体解决方案，并在此基础上初步建立起钢结构智能制造标准体系。本项目中涵盖的 H 型钢智能产线获批成为 2017 年国家工信部智能制造新模式应用项目，获批 2017 年广东省智能制造试点示范项目。

设备数采解决方案，针对不同信息化程度的设备，通过增加标准化的边缘智能网关及必要的传感器，提取、计算设备各项状态信息数据，实现对设备状态、生产过程数据的监测。

信息端点部署方案，针对不同车间场景，统筹规划信息点位，合理设计信息交互方式与流程，确保制造过程数据的实时归集与上报、确保上层管理业务数据直达对应生产工位。

数据集成分析方案，全面梳理企业信息数据情况，整合、串联分散在不同信息系统中的数据项，形成完整、统一的数据流，编织覆盖纵向数据（从管理

层到工位）与横向数据（联动设计、生产、设备、库存、车间等各相关方）的数据网，深入分析数据关联关系，充分挖掘数据内在价值。

2. 实施效果

1）工业互联网平台第一期初步试运行，由中建钢构与中国电信联合研发，全面集成了业财、BIM、能像、设备数据。



2）在统一的平台上建立针对不同业务人员的业务看板。

生产线状态看板：



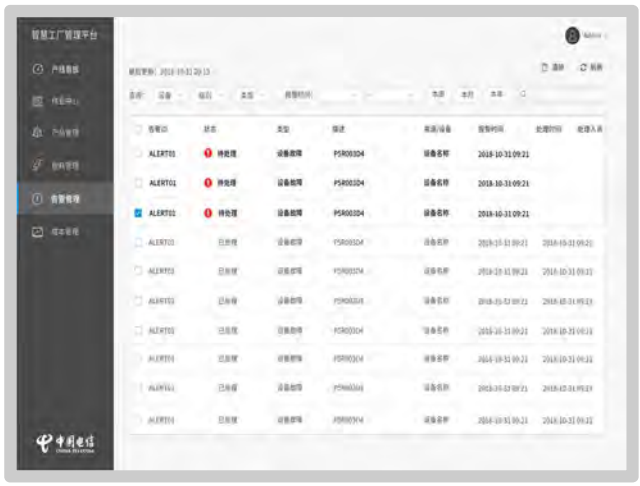
作业中心管理界面：



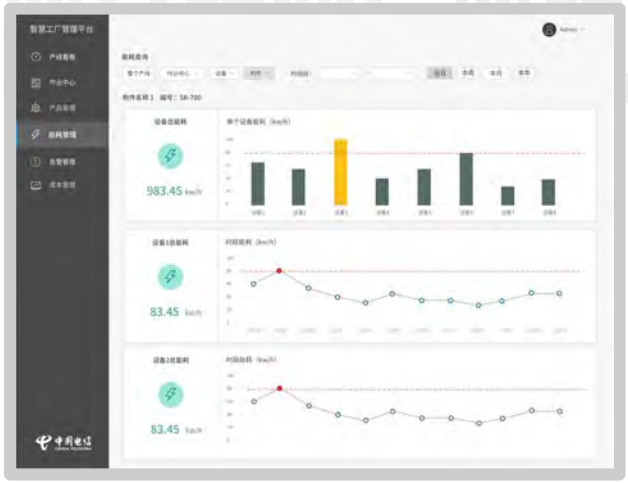
产品管理功能界面：



告警功能管理界面：



能耗管理界面：



工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

3）成本管理之项目成本精细化管理

✓ 以项目为维度剖析成本结构管理

✓ 按成本类型（能耗、耗材、折旧）、设备种类、加工时间分析成本结构

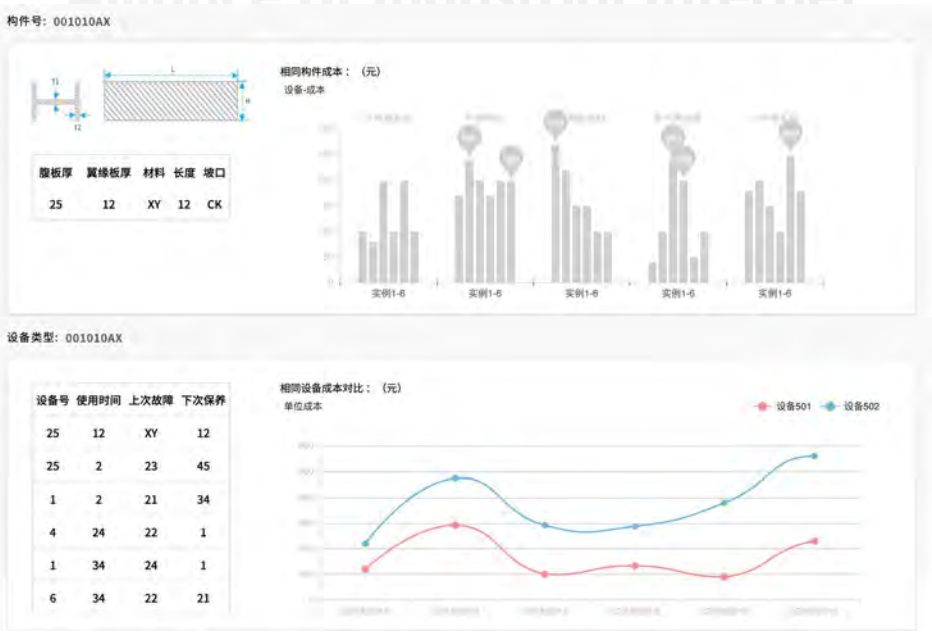
✓ 辅助项目精细化报价，找到高成本瓶颈设备、瓶颈耗材



4）成本管理之产线成本优化分析

✓ 分别以构件、设备为维度进行成本消耗分析，找到高成本设备与高成本构件

✓ 通过同等生产条件横向对比，找出高成本问题工位、问题设备



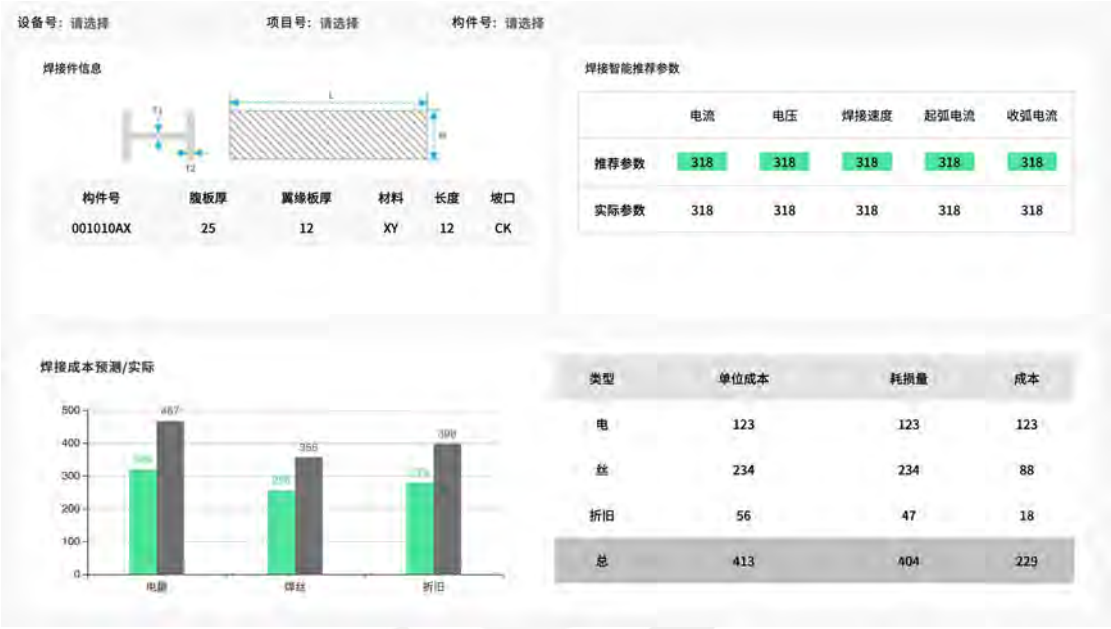
工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

5）成本管理之设备工艺参数优化

✓ 以卧式埋弧焊机为分析试点

✓ 保证焊接质量的前提下给出最小能耗智能焊接参数

✓ 焊接成本智能预测

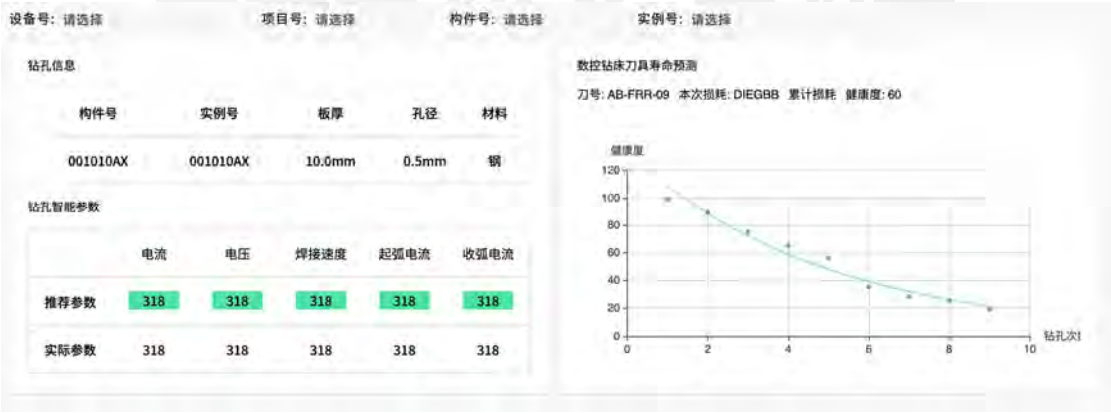


6）成本管理之易损件成本管理

✓ 以数控钻床钻头为分析试点

✓ 钻头刀具寿命预测

✓ 钻头优化使用智能加工参数推荐



工业互联网产业联盟

案例 6

中国移动政企客户分公司

某发动机制造企业 SD-WAN 工业专网安全解决方案

——低成本易管理的云、网和安全一体化解决方案

引言：中国移动通信集团公司政企客户分公司（简称政企分公司），前身为中国移动总部集团客户部，成立于 2012 年 8 月，是中国移动通信集团公司下属经营集团客户市场的专业化分公司。

集团客户市场是当今全球信息通信行业发展的重要蓝海。截至 2014 年 1 月，中国移动集团客户数已超过 320 万家，覆盖了全国逾 40%的法人和产业活动单位，集团成员达 2.3 亿户，集团客户的整体收入已超过中国移动整体收入的 40%。开展集团客户市场的专业化运营，已经成为推动我国信息化事业持续健康发展的必然趋势。

按照中国移动的整体战略部署，政企分公司主要提供面向政府、大型企业等重要集团客户的销售和端到端服务；负责面向全国的集团客户产品整合和产品推广；统筹各方资源，组织协调跨省跨国业务的支撑和调度。

政企分公司将依托于中国移动在网络、客户、渠道、业务和产业链等方面的整体优势，紧密围绕“移动改变生活”的发展愿景，持续地提升面向各行各业的信息服务份额，做质量更好、服务更优、创新更强、价值更高、管理更有效的运营商和现代服务企业。

一、项目概况

1. 项目背景

随着近几年工业互联网的发展，传统的工业网络正在向扁平化、IP 化演进，越来越多的工厂内设备接入工业专网，并通过互联网进行跨区域数据传输。同时企业上云已经成为共识，通过结合公有云与私有云，打造企业混合云成为未来一段时间内的大趋势。因此工业企业各机构、厂区以及云数据中心间面临不同于以往的网络互联和网络安全挑战。传统的网络设备和网管系统使用复杂、技术要求高，不能满足工业企业对网络的便捷有效管理需求。同时为保证网络安全，需要在网关处堆叠多种不同类型的安全设备，不但组网复杂，管理维护难度大，也自然造成设备采购和运维成本高。工业企业亟需一套成本较低且易于管理的云、网及安全一体化解决方案。

2. 项目简介

本项目将中国移动的 SD-WAN 产品用于某发动机制造企业的工厂外网络建设中，利用 SDN 与 NFV 技术，通过位于云端的集中管理平台解决运维管理难题，通过多功能一体化的安全网关降低设备采购成本。该发动机制造企业所面临的具体问题如下：

1、企业总部厂区目前在进行智慧工厂改造，厂区内生产设备逐步联入企业内网并将数据上传至 MES 系统，一些敏感设备数据存在跨区域传输需要。企业现有的跨区域传输手段是租用运营商的传输专线，因此没有建设接入互联网所必须的防火墙、入侵保护等安全防护措施，难以实现工厂内网与工厂外网的隔离，也就无法保证生产运营数据的安全存储和防止关键数据外泄。目前企业需要运用上述的安全措施在总部厂区，工程研究院和欧洲研发中心之间组建跨区域的工厂外网专网。

2、企业在智慧工厂改造过程中，组建企业内部私有云平台，将关键生产系统部署于私有云上，同时部分企业应用部署于公有云，但企业缺乏组建安全的混合云网络的手段。

3、企业管理人员缺乏统一的管理平台对网络和节点进行集中管控，无法及时对网络异常状态进行有效处理，无法对设备进行远程管理维护。

3. 项目目标

本项目即着眼于通过一套 SD-WAN 方案，解决上述该发动机制造企业所面临的网络和安全问题。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构

该发动机制造企业通过部署基于 SDN/NFV 技术的 SD-WAN 网络实现工厂外网专网的组建，并保证专网安全。SD-WAN 网络由集中管理平台与安全网关组成，集中管理平台在中国移动的公有云端进行部署，可对整个网络进行统一管理；安全网关部署于企业内部，通过虚拟化的方式灵活承载网络功能，来提供企业工业专网所需的各种网络安全特性，同时安全网关支持通过 TD-LTE 网络进行数据传输。

该企业的 SD-WAN 工业专网解决方案如下图所示：

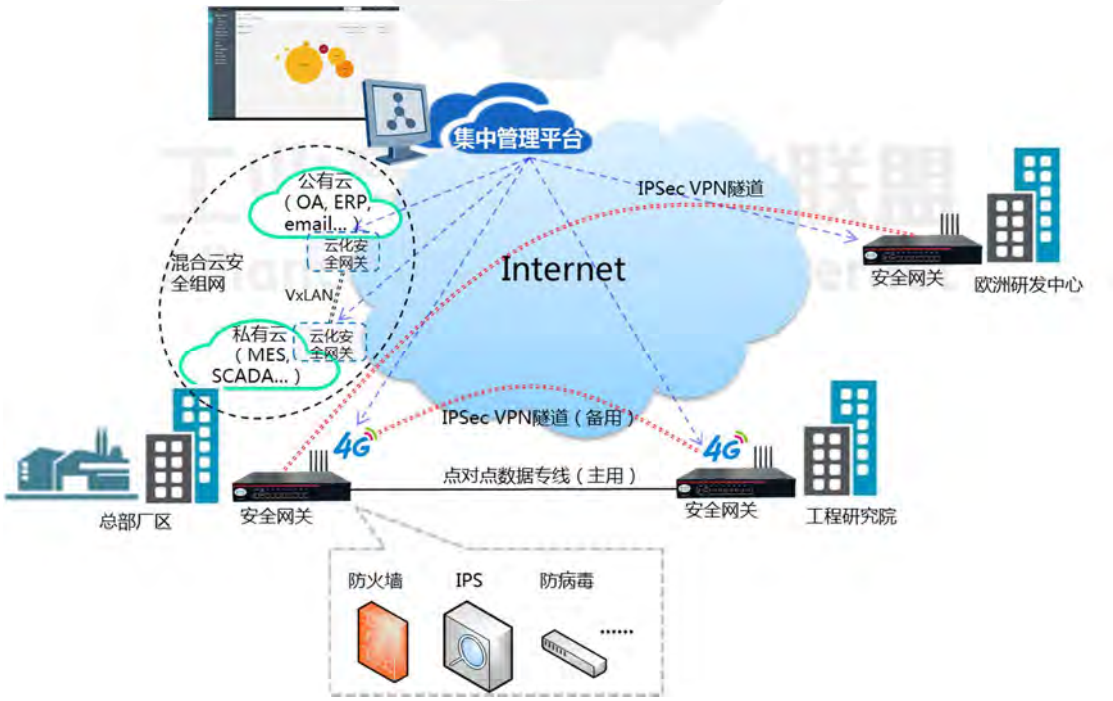


图 1　某发动机企业 SD-WAN 工业专网组网示意图

2. 项目主要内容

（1）网络互联

在该企业总部厂区与工程研究院之间各部署一台安全网关，通过安全网关在两点间部署主备两条数据链路进行数据传输，主用链路为一条点对点数据专线，该链路为企业专用，与 Internet 物理隔离。备用链路为使用安全网关建立的一条加密的 IPSec VPN 隧道，通过 TD-LTE 无线网络进行数据传输。基于 IPSec 的加密功能，可以保证数据的端到端安全传输。安全网关支持 TD-LTE 通信功能，在不额外增加物理链路的情况下，快速完成备用链路的部署。在主链路故障时，业务会自动切换至 TD-LTE 链路。

在该企业的欧洲研发中心中部署安全网关，并与总部厂区基于 Internet 建立加密的跨国 IPSec VPN 隧道，在原有互联网数据传输基础上保证数据的传输安全。

（2）网络安全

安全网关采用通用硬件架构，以虚拟化的方式构建网络功能。该企业通过安全网关的状态化防火墙功能，根据流量上下文对流量进行管理和控制,并对防火墙安全区域和安全等级进行划分。

安全网关支持 L3~L4 的防攻击功能，防 DoS/DDoS 攻击功能，支持防端口扫描功能，防止其它设备或者应用的恶意端口扫描。安全网关能实现主动入侵防御功能，通过本功能，防火墙可以识别并阻止 L7 的异常流量和攻击，提高网络可靠性。

安全网关支持防病毒功能，可以检测压缩包内的文件，并提供病毒阻断功能，防止带毒文件被下载到本地。支持对 HTTP、POP3、SMTP、IMAP 和 FTP 协议报文中的木马、病毒、广告程序、蠕虫和其他恶意程序的检测和阻挡；支持对 ZIP 或者 RAR 数据包的内容扫描功能，可以智能跳过指定大小的压缩包或者带密码的压缩包；检测到病毒之后，发送告警信息至平台。

安全网关通过 DPI 检测流量类型，对生产办公类数据精细化管理，并优先保障关键流量的传输。

（3）混合云安全组网

在该企业的公有云和私有云的虚拟机上分别云化部署安全网关，并通过网关支持的 VxLAN 功能，打通公有云和私有云间的大二层网络，同时使用网关的安全功能保证混合云网络安全。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

（4）网络管理

该企业网关人员通过集中管理平台对全网设备、网络功能、业务流量和安全态势进行统一管理，可视化管理方式使网络管理便捷高效。

三、下一步实施计划

下一步计划在该企业扩展 SD-WAN 的部署规模，使工业专网逐步覆盖企业所有厂区、办公区、服务网点等分支机构。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

技术创新点：

（1）本项目中使用了基于 SDN 和 NFV 技术的 SD-WAN 安全网关，网关集网络与安全功能于一体，大大降低了企业组建安全的工业专网所需的网元数量，简化了网络拓扑结构，并降低硬件采购成本。

（2）通过部署于中国移动公有云端的集中管理平台对企业工业专网进行统一管理，一套平台即可实现对网络状态和安全态势的实时监控，并为企业节省了部署网管服务器的投资，同时可视化的操作方式大大降低了对网管人员的技术要求。

（3）通过云化部署网关软件，非常便捷的打通了企业云、网连接，同时利用网关的安全功能充分保障云安全。

商业模式创新点：

（1）融合网络与安全的一体化解决方案。

（2）以服务的形式向客户提供安全可靠的工厂外网络，客户通过月租费的形式支付费用，降低一次性投资。

可复制推广性：

本项目可面向工业行业内的所有企业，在工厂外网络的联网和安全领域进行复制推广。

2. 实施效果

本项目实施后完全达到了预期目标，解决了前述该发动机制造企业面临的三个主要网络和安全痛点。根据测算，本项目共帮助企业减少了 50%的网络和安全设备投资，降低了 70%的运维成本。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 7

深圳市智物联网络有限公司

基于边缘计算的沼气发电效率优化系统

——沼气发电机组有功功率与沼气浓度匹配，让发电量最优

深圳市智物联网络有限公司，成立于 2014 年，是工业互联网平台、解决方案及大数据服务提供商。2016 年全面布局工业物联网解决方案，2017 年发布工业大数据平台，2018 年发布 MixIOT 工业互联网云平台，入选 2018 年广东省工业企业“上云上平台“试点示范”供应商。

MixIOT 工业互联网云平台 ,相当于工业互联网的安卓 ,为各工业设备厂商、设备服务商、工业现场提供物联网基础底层平台，包括物联网数据接收、数据存储 ,数据处理 ,以及数据应用接口。能够拉低产业进入的门槛、降低研发的难度、减少项目部署的周期，帮助更多的企业加入工业互联网产业中，构建起一个完善的生态链，让产业更加发展壮大。

一、项目概况

1. 项目背景

中油济柴是我国最早生产柴油机的厂家之一，济柴设备种类，一是外购的小

型机，用于组装；二是自研发电机，用在军舰、沙漠打井等，用于定制化设备比较多，提供动力或电力资源。其对系统安全的要求非常严格，需采用具有高可靠性的产品和结构，希望把遍布世界的发电机组集中监控管理，但其生产数据采集与应用、产品远程监测与技术服务无法满足现有远程监控、预测、大数据分析等业务应用要求。

2. 项目简介

本方案沼气发电效率优化 Megeo（(Methane Generator Edge Optimizer)）主要由智物联的边缘计算控制器（APIECO）和工业互联网平台（MixIOT）组成，边缘计算控制器工作在设备端，一方面采集设备运行相关参数，一方面用内部算法模型自动匹配不同的甲烷浓度对应的最佳功率值，并自动调节功率，让机组发电效率达到最优。这些设备运行参数，以及通过优化后机组发电量的增量，边缘计算控制器除了在界面进行展示之外，还将这些数据上报到 MixIOT 平台。MixIOT 一方面展示设备运行参数以及设备功率优化效果，另一方面对所有设备进行集中管理以及策略优化。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

3. 项目目标

（1）实现设备安全运行

把原来杂乱的数据统计报表、功率、机组、发电量、达产率等数据统筹，实时统计并反馈在 PC 端、APP 和大屏，实时了解所有机组及关联设备的运行数据，保障机组稳定运行。

（2）实现发电机异常停机判断与保护边缘计算

发电机发生停机时，能够准确的识别出异常停机并对其采取保护措施，使发电机完成正常停机过程，延长其使用寿命。

（3）沼气发电机功率自动调整

系统根据沼气（甲烷）浓度来实时计算出发电机组有功功率最优值，并下发调整，帮助客户提升发电能效，提高发电收益。

二、项目实施概况

沼气发电站的所有机组的气源来自沼气，由预处理装置对原有沼气进行过滤、脱水、加压等工艺过程后，分配沼气到每一个机组，绝大多数预处理装置并不具备沼气提纯，因而无法控制沼气的甲烷浓度变化。沼气发电机组能否稳定高效的运行，母排能否输出达标电量，取决于沼气浓度和发电机组有功功率值的匹配：当沼气浓度较高，而有功功率较低时，发电量低，会造成沼气浪费；当沼气浓度较低，而有功功率偏高时，会造成发电机运行不稳定，母排并网电量不达标，并有可能导致意外停机。传统的匹配方式一般都是由有经验的人员手工对参数进行调节，但手工调节存在以下几个关键痛点：人工效率低，优化效果差，试错成本高，安全有隐患，增产无数据等。Megeo 可以提高沼气发电机组发电效率，对发电机组及其相关设备进行集中管理，减少因故障对电站带来的损失，优化使用策略。

1. 项目总体架构和主要内容

（1）项目总体技术方案

本方案 Megeo 的内部算法模型会自动匹配不同的甲烷浓度对应的最佳功率值，通过自动调节功率值，让机组发电效率达到最优。



图 1　项目总体技术方案

（2）项目总体架构

本方案采用工业互联网分层架构体系，分别是数据采集层、数据处理层和数据应用层。它向下通过可编程的适配器，可连接各种类型的工业设备和传感器；中间 MixIOT 的核心层则对采集上来的各种数据进行路由、分类和存储；向上则提供了标准的数据开放接口和适配典型行业场景的开发套件，可让软件开发商方便、专注的进行行业应用开发。同时 MixIOT 还提供了各种基础的数据分析和边缘计算的工具包，可帮助使用者进一步挖掘工业物联网系统的客户价值和数据价值。系统总体架构如图所示：

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

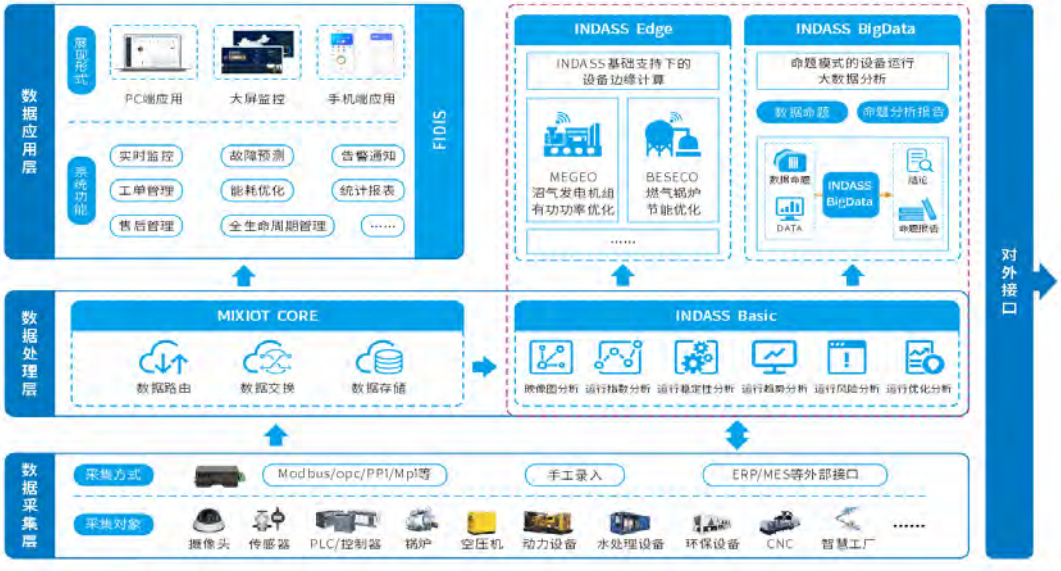


图 2　项目总体架构

在整个 MixIOT 系统架构中，边缘优化产品是其中的一部分，而沼气发电效率优化产品 Megeo 又是边缘优化产品中的一员。

如图 3 是 Megeo 产品中边缘控制器展示的界面，总共三部分数据，一部分是所有数据的实时状态展示（图中显示不全，界面还可以下拉），一部分是重要参数甲烷浓度和有功功率设定值/优化值的实时和历史数据展示，还有一部分是优化策略下的各个指数。



图 3：Megeo 展示界面

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

详细解释：

Total AP：总功率，例如开启 3 台发电机组，每台机组设置的有功功率 800KW，总功率 2400KW；

Balance：平衡度，表示一段时间内优化后值的平衡程度，100%为最平衡，往下是相对不平衡，表示优化对于机器是否起较稳定的作用，越不平衡表示优化的次数与幅度改变较多，属于优化初始阶段；

Optimized：可优化度，优化改变程度，一方面表示是否在优化，另一方面表示需要优化的大小程度，即该值越大，需要优化或者说能优化的力度越大；

Overlap：状态重合率，表示机器优化前与优化后两者的运行状态的相似程度，100%为最相似越相似，说明优化前后机器耗损越一致，机器不会因为优化措施造成人为机器损耗；

Prod Gain：获得率，表示优化后比优化前单位时间多发点的百分比；

Cumulative Gain：累积获得量，表示优化后比优化前多获得发电量；

Target：厂家原始设置的有功功率值；

Alternative：替换建议值，即优化方案值；

Detected CH4：甲烷浓度值；

在 Megeo 产品中，需要由边缘计算控制器（APIECO）跟工业互联网云平台（MixIOT）紧密配合。

- **边缘计算控制器（APIECO）**

APIECO 是一个功能强大的边缘计算控制器，同时也是一个数据采集器。

当作为数据采集器的时候，APIECO 能采集的数据量达到 2000 个，如果对数据实时性要求不高的时候甚至可以更多，APIECO 采集数据的功能可以让用户自己配置，对于不同数据上报到云端的策略都可以自己调整，比如 5 秒上报一次，10 秒上报，20 秒上报一次等等，本方案通过在 web 端做了配置工具供用户使用，让不懂编程的人也能通过简单的配置完成数据采集。

当作为边缘计算控制器，APIECO 内部算法会定期监测一次设备运行状况，比如 5 分钟一次，10 分钟一次，15 分钟一次等等，用户可以自行调节。在 Megeo 产品中，APIECO 默认每五分钟监测一次发电效率是否达到最优，如果没有达到，就要通过调整机组功率到合适的值，从而提高设备的发电效率。APIECO 同时会每 5 秒钟监测一次设备关键数据，必要时再做出决策。



图 4 硬件接口

在数据采集方面，APIECO 物理接口支持 232/485/LAN/CAN；在数据传输方面，APIECO 支持 2G/4G/WIFI/网口，不同的接口和网络传输方式，都有对应的产品型号，用户可以根据自己的应用场景进行挑选。

- **APIECO 优化原理**

1）调整目标

在恒定的条件下，每一个甲烷浓度都会对应一个最佳发电总功率，总功率是所有机台有功功率总和，理想情况下对总功率按机台总数平均即可得到各台发电机的最优发电功率，按机器最大发电能力换算可得到负载，例如，电机最大发电能力为 1000KW，需要设置的功率为 800KW，则负载为 80%。

实际上涉及到外界条件对发电机的影响，在满负荷的情况下，发电机的有功功率有可能不会同样达到最佳功率，会受一些约束条件影响导致发电机保证约束条件满足下调整上限不一致，各个发电机分配的有功功率不会一致。调整使用的是 5 分钟一调的自动反向控制策略，以当前功率为基准，以 10KW 为最大步长靠近最优发电功率值，以此保证机台不会因为大幅度频繁调整而导致的设备损耗或者不稳定现象。

无论在满负荷情况下还是正常情况下，都会有保证安全的约束条件，而这些约束都是上限值，也就是降载到一定程度就能保证满足约束条件。同时要保证能靠近最优发电功率。

2）监控机制

监控机制与调整策略不同，是以 5 秒钟的间隔检测，一旦检测到不满足约束条件则立即降载，直至满足约束条件为止。

工业互联网云平台（MixIOT）

MixIOT 根据不同的功能需要扮演了几个角色：

1.MixIOT 相当于一个数据监控中心。将通过 APIECO 采集到的沼气发电机组工作数据和优化结果、优化统计上报到 MixIOT，最终由 MixIOT 进行数据运算和呈现、统计。

2. MixIOT 相当于一个云端的中控，可以下发各种策略给边缘计算控制器，比如针对不同的设备，MixIOT 可以根据客户选择、也可以通过历史大数据分析决定该设备的优化策略是以安全优先，还是产量优先。如果是以安全优先，那么就要下发较为保守的策略；如果是产量优先，则可能会下发较为激进的策略给边缘计算控制器。

3. MixIOT 还提供了规则配置工具。当用户要对边缘端的采集数据进行调整，比如修改采集参数，修改参数上报策略等，无需进行任何代码编写，只需通过 MixIOT 的规则工具进行配置，然后下发到 APIECO 即可，极大的方便了客户。

（3）与联盟体系架构的对应关系

本解决方案与联盟体系架构的对应关系主要作用于连接 7，即工厂云平台

（及管理软件）与协作平台。

2. 网络架构方案和应用

本方案采用云平台+本地部署的方式提供工业互联网方案，将商业数据和设备原始数据分离存储，既实现了系统对大数据的高效处理，又从根本上保护了用户的数据安全。同时根据项目具体情况，支持本地化部署。

本方案通过适配器实现多源异构数据采集、远程控制执行、集中智能控制、以及边缘计算服务。针对发电机（组）设备使用场景及地域，本项目提供不同版本的适配器，包括 APRUS II 和 APRUS III（第二代、第三代可编程工业互联网适配器）、APIECO（可编程工业互联网边缘计算控制器）。APRUS II 和 APRUS III 适用于大多数工业设备，通过可编程方法，决定使用不同物理接口、使用不同数据交互协议、与不同平台交互，可广泛适配各自不同工业设备。APIECO 除了兼有 APRUS 系列的数据采集功能外，还可以实现边缘计算，以及复杂装置的联动智能控制。数据传输支持 2G、4G 及 wifi 传输，保障客户数据的实时获取。



图 4 系统连接示意图

3. 安全及可靠性

智物联的边缘计算控制器当发生影响设备安全运行的参数变化时，可自动调整有功功率值，保证设备安全平稳运行。

MixIOT 工业互联网构架，从数据精确采集到传输、处理、展现，每个环节都通过不同加密方式进行数据加密，确保数据传输的安全性；企业运营数据及商业信息全部存储在中石油济柴本地服务器，商业数据于工业数据的有效分离让企业管理“高枕无忧”。

4. 其他亮点

(1)人为操作多台机器时存在不及时、主观性强、失误率高的情况，自动调节控制可保证准确性和及时性，省去了人工调节的人力资源和时间成本；

(2)各个设备稳定与否是难以预测的，各个设备应调节的功率值也因稳定性而定，原平均分配总功率的方式会造成异常风险发生的概率大，自动控制算法可实时检测稳定性及合理分配，保证所有设备长时间正常运行。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

三、下一步实施计划

1. 计划 1

目前智物联正在跟济柴做深度合作，和济柴发电机组专家对接，研究机理、预测故障的准确度。虽然发电机组的运作原理大同小异，但随着我们深入研究发电机组，预测率、准确率不断提高，未来将会提高整个行业的故障预测的准确度，推动整个行业的变革。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）发电机组异常停机判断与保护边缘计算

沼气发电机组在工作过程中，由于沼气的燃烧速度很慢，所以对沼气发动机有较高的要求。若发生异常停机，在高温下熄火，可能直接导致在下次发电机启动时，摩擦表面缺失润滑油，加剧机械部件磨损，从而影响到发电机的使用寿命。本方案通过获取的停机时段的关键参数数据，判断是否是异常停机，若发生异常停机，则启动该边缘计算的保护机制，使发电机完成正常停机过程，对发电机起到保护作用，延长其使用寿命。

（2）沼气发电机组功率自动调整

传统的电站，是凭着工作人员的经验来调整机组功率，比如，根据经验某个电站的机组在某种沼气浓度下设置 800KW 的功率比较合适。但是一方面经验值是很难传承的，换一个工作人员可能就会得出另外的经验；另一方面人通常出于保守考虑会将经验值放低，以防出现安全事故。这样，无形当中都会降低了机组的发电效率。本方案通过自动匹配不同的甲烷浓度对应的最佳功率值，通过自动调节功率值，让机组发电效率达到最优。

2. 实施效果

在成功采集济柴沼气发电机组设备运行数据后，智物联 MixIOT 收集大量数据样本，对此类数据样本进行分析、处理、计算，同时与济柴进行合作，建立符合实际生产场景的数学模型，并应用于中油济柴的客户胶州百川电厂的沼气发电

机组，在实际生产场景中，系统可以根据沼气（甲烷）浓度来实时计算出发电机组有功功率最优值，帮助客户提升发电能效，提高发电收益。

（1）通过使用 Megeo，提升百川电厂有效发电效率 15%；

（2）按每台发电机原本一天发电 18000 度计算 ,实际每台发电机提升收益 8-10 万/年；

（3）合理掌控设备运行状态和一线管理人员工作状态；

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 8

国家能源集团·国华电力公司

国华电力大数据应用案例

火力发电大数据集成应用暨工业互联网示范工程

引言：工业互联网作为新一代信息技术与工业技术、制造技术深度融合的产物，日益成为新工业革命和中国制造 2025 的重要基石，不仅是实现两化融合和智能制造的重要依托，也是落实国务院发改委关于深化“互联网+”智慧能源指导意见的重要举措。为进一步实现管控模式、管理手段、生产方式、生产技术的全面创新，融入能源互联网，建设“能量-信息-价值”互联互通的智能电力企业，在国家能源集团的领导和支持下，国华电力公司构建了电力生产大数据平台，并开展工业互联网的应用研究。

一、项目概况

国华电力公司通过对海量数据进行高效的存储组织和有效管理，为数据访问提供统一透明通道，来满足各类业务应用需求。大数据平台的建立，提升了公司大数据处理能力，可全面满足发电生产运行信息、能耗信息、电量信息、设备状态信息等数据服务与管理，为优化运行、状态评估、故障预警、发电生产集控运行等应用奠定基础。

1. 项目背景

国家能源集团的发展目标是成为“技术领先、管理先进、创新驱动、价值创造”的世界一流清洁能源供应商。在电力板块，集团以持续创造价值为宗旨，提出建设智能电力，打造全绿色电力。智能电力离不开，智能化电站，智能化电站是在数字化电站基础上发展起来的，综合运用了各种数字化、自动化、信息化技术手段，形成的以数据分析处理技术为核心的新型电站。电站智能化水平的提升，导致现场总线、智能仪表、传感器、摄像头等新型技术和智能设备的大量应用，造成了数据采集量的急剧增大，数据采集的多样化与多源化的情况日益显现，在智能化电站产生了，数据采集的范围越来越广，采集频率越来越高，数据类型越来越多，数据量越来越大，数据产生速度越来越快的现象，为大数据应用奠定了基础。

2. 项目简介

1、电厂面对大规模且种类多样的现场数据，传统的应用软件已经很难处理。有必要运用大数据管理、大数据分析与挖掘技术，通过在智能化电站的体系中，进一步强化和拓展数据的利用范围与利用方式，让数据赋予电站新的生产运营能力，并从中发现新的认知，创造新的价值，满足智能电站的生产与运营。

2、本项目通过构建国华电力公司大数据分析平台，对电力大数据分析与应用的关键技术路径、核心技术内涵及其应用方向的研究，实现数据集成与治理服务，为国华公司建设以大数据为核心的系统集成服务、大数据开发、应用、发布服务提供基础支撑，为电厂本质安全提升、智能诊断、运行优化、经营决策等业务领域的软课题研究提供实践环境。

3. 项目目标

1、探索从以流程为中心向以数据为中心转变的信息化建设模式。建立以大数据为核心的工业互联网平台，汇聚全业务、全类型数据资源，通过数据“存储、整合、建模、分析”，全面支撑国华电力数据应用需求，为电厂提供设备全生命周期管理、生产运行工况、经营决策提供分析诊断和决策支持服务。支持电厂海量设备高并发接入、支持微服务形式的应用开发、支持关键应用的垂直服务，切实帮助企业降低成本，提升工作效率，增强管理水平，为员工提供灵活、多样的个性化服务。在此基础上，构建开放、

共享、共赢的工业互联网生态体系，为实现智慧发电的根本目标奠定基础。

2、同时，为国华电力公司建设统一的大数据应用平台，进行大数据的统一存储、统一管理，以及应用的统一开发和部署。在国华电厂建设分布式大数据应用站点，进行电厂大数据的采集、预处理、大数据分节点计算，以及大数据应用结果的展示。

二、项目实施概况

本项目在建设，将大数据分析技术与火力发电厂运维管理相融合，实现业务应用快速、灵活的标准化开发，汇集数据资产、创新管理模式，促进工业技术/知识信息化产业模式形成，奠定了国华公司工业互联网平台（Smart IIP）的基础架构，为实现智慧企业应用生态链提供良好开端。

基于该方案，公司打造了统一开发、统一运维、大数据处理，边缘计算四位一体的平台体系，实现了企业 IT 基础设施云化、数据集中统一分析利用、“微服务”应用的创新开发模式。

平台接入各级实时、准实时生产经营数据 32 亿条，连通 4 家电厂共 10 台煤电机组，部署服务 14 个，应用 18 个，完成各类机器学习模型 20 个。在平台之上部署了基于大数据分析的机组运行优化和设备故障预警等应用。

1. 项目总体架构和主要内容

（1）平台整体架构

平台整体架构如。如图 1 所示：

资源中心部分由国华公司大数据中心和电厂边缘计算中心组成，国华公司大数据中心部署 IaaS 平台，提供虚拟化资源、Hadoop 数据存储及计算组件、时间序列数据库和 RDB，用于支撑大数据平台基础功能及上层业务应用；电厂部署 IaaS 基础资源池，提供虚拟化资源、RDB 资源，支持大数据平台和应用的构建。

数据中台部分在整个大数据平台中起到承上启下的作用。通过连接 IaaS 平台的虚拟化资源，并利用 PaaS 的基础服务功能，为上层的 SaaS 应用提供

基础支撑功能。PaaS 平台又分为 3 层：公共服务层、支撑组件层和数据平台层。

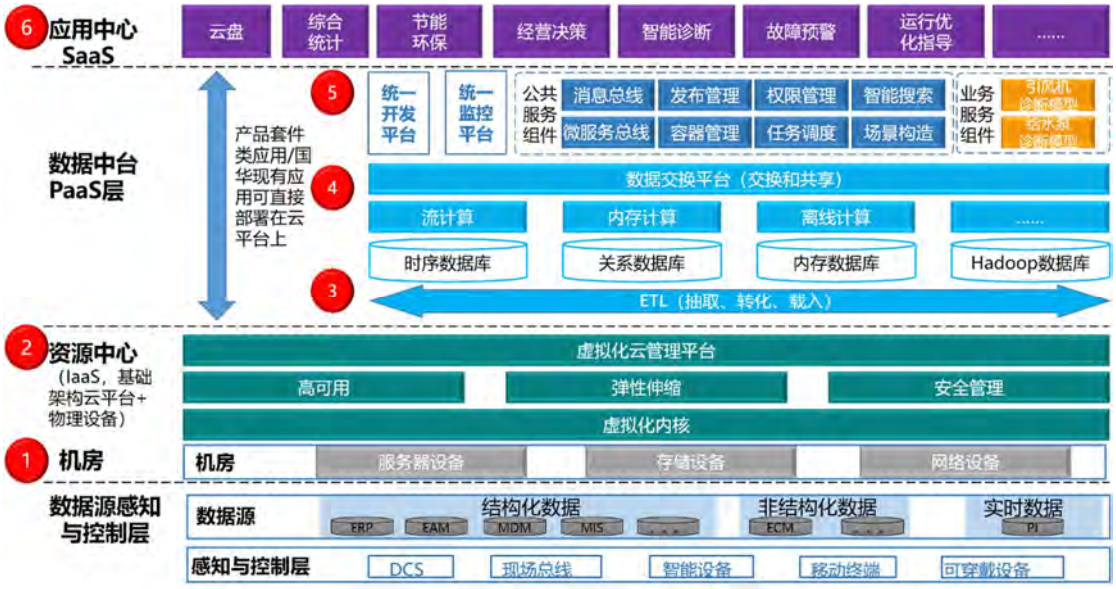


图 1　国华大数据平台整体架构

应用中心汇集了大数据应用的成果。该中心不仅包括国华公司大数据平台工业互联网门户，还包括已经开发完成的经营决策系统、运行优化指导系统、故障预警及智能诊断系统。未来，国华公司新增的业务应用，如智慧班组、知识管理等系统，都将在大数据中心进行统一部署。

（2）门户及应用展示



图 2　国华公司工业互联网门户展现 1



图 3　国华公司工业互联网门户展现 2

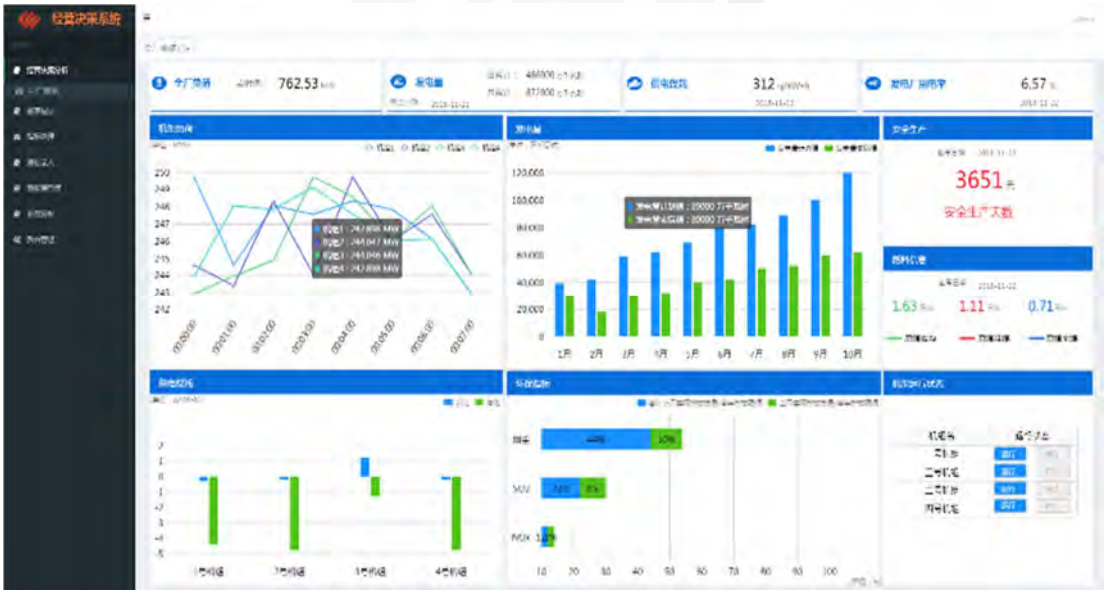


图 4　经营决策大数据应用



图 5 运行优化指导大数据应用



图 6 故障预警大数据应用

2. 微服务框架

微服务框架(Cloud Service Framework)是企业级微服务应用管理平台，包含服务注册、配置和治理中心，帮助国华公司实现微服务应用的快速构建、实时监控和高可用保障。兼容主流开源生态，不绑定特定开发框架和平台，支持已有应用业务代码零修改接入。

微服务框架的建立使得我们可以将一个大型独立的应用系统拆分成多个微服务，被拆分成的每一个微服务都围绕着系统中的特定业务功能构建，且维护自身的数据存储、业务开发、自动化测试案例以及独立部署机制。这些微服务在各自独立的进程中运行，不同的应用可以根据需要创建相应微服务进程，服务之间

通过基于 HTTP 的 RESTful API 或私有 RPC 协议进行协作。

（1）微服务开发框架

支持 REST，gRPC、Apache Thrift ™ 等微服务 RPC 框架。提供微服务的注册、发现、通信、路由、重试等基础能力。

（2）微服务治理中心

微服务治理中心是整个微服务架构的核心，为整个微服务架构提供微服务的负载均衡、限流、降级、容错、熔断、灰度发布、回滚等服务管理功能。

（3）微服务监控和跟踪

支持微服务实例和接口级的实时 QPS、响应时间、出错率等监控统计。并能实时分析系统内每一次服务调用链的情况，精准发现系统的瓶颈和隐患。调用链详情包括应用名、IP、调用类型（Dubbo、gRPC 等）、被调用服务、状态、响应时间、网络流量，支持按应用名、时间范围、调用类型、响应阈值等条件进行查询。

3. 大数据应用

（1）智能诊断应用

智能诊断应用以大数据技术为依托，以转动设备为研究对象，凭借大数据模，实时计算预测设备运行状态，实现系统、设备、参数级的早期预警及诊断，构建以数据驱动为中心的共享服务，提高设备健康水平。

智能诊断应用目前涵盖了引风机、空预器、汽动给水泵和汽轮机四类主机和辅机设备，依托机器学习和大数据技术实现设备的智能故障诊断和设备预警。主要功能包括：设备诊断概览、设备对比分析、设备诊断分析、设备数据管理、设备诊断模型配置、智能诊断计算调度，设备故障知识库及系统管理等。

- 设备诊断概览：主要显示系统所有设备的整体状态。通过可视化的方式展示智能诊断应用结果，多维度分析设备的当前运行状况和健康状态



图 7 系统总览页面

- 设备对比分析：同类型设备进行横向对比分析，找出设备之间的健康状态差异并分析故障预警数据。



图 8 引风机设备对比分析

- 设备诊断分析：主要从设备级、参数级和机理级三个维度对设备进行实时故障诊断，并汇总分析设备健康状态，以引风机为例进行说明。下图是 1 号机组 11 引风机的整体诊断分析及健康状态分析，以及设备级机器学习诊断和参数级设备预警的诊断结果。



图 9 引风机的整体诊断分析及健康状态分析

- 设备状态监视：实时展示设备的运行状况以及健康状态，主要是对机器学习诊断及设备参数诊断的实时监视。

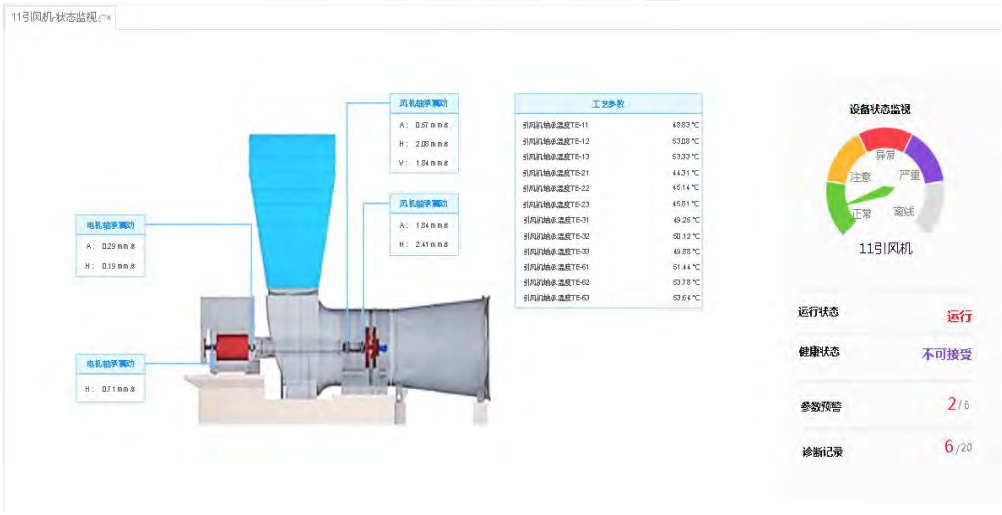


图 10 引风机状态监视

- 设备的参数预警诊断：通过关键参数进行训练学习，形成不同的异常检测算法模型和能反应设备健康状况的主要参数历史变化曲线，并可通过不断的数据积累优化算法模型。通过对参数进行诊断分析之后，形成参数的预警结果供用户分析使用。



图 11 设备参数分析

- 设备的机理分析：以引风机为例，引风机的运行特性通常用引风机全压、轴功率、效率与风机体积流量 Q 之间的关系曲线来表示。通过对引风机实时状态参数和特性曲线进行比较分析，可对如喘振、失速等明显的故障风险进行分析预警，同时可与机器学习、参数诊断等模型对比验证。

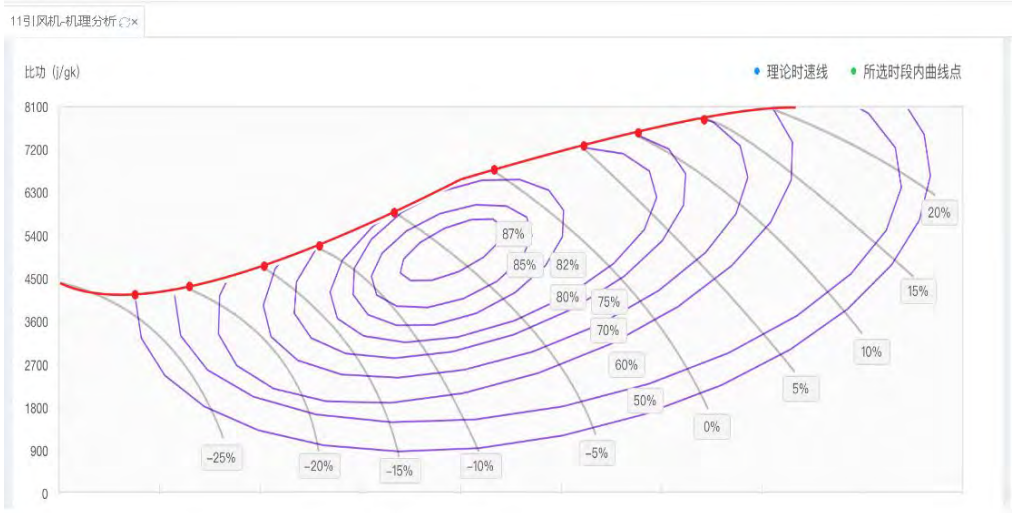


图 12 设备机理分析

- 设备诊断模型：通过对原始数据建立样本数据，进行数据处理和数据标签后形成训练集数据，然后结合机器学习算法进行模型训练和学习，形成不同的算法模块。随着数据不断积累更新后，通过训练学习，对已有的算法模块的参数进行优化，从而逐渐优化该设备的诊断模型。



图 13 诊断算法模型汇总

- 设备故障知识库：通过对设备相关数据进行分析汇总，结合 ERP 系统故障数据、DCS 报警信息及操作日志、设备巡检记录等，汇总设备所有相关的故障特征和故障原因，建立设备、故障、原因三者的关联关系，形成典型故障知识库，支持对设备故障数据的大数据分析。

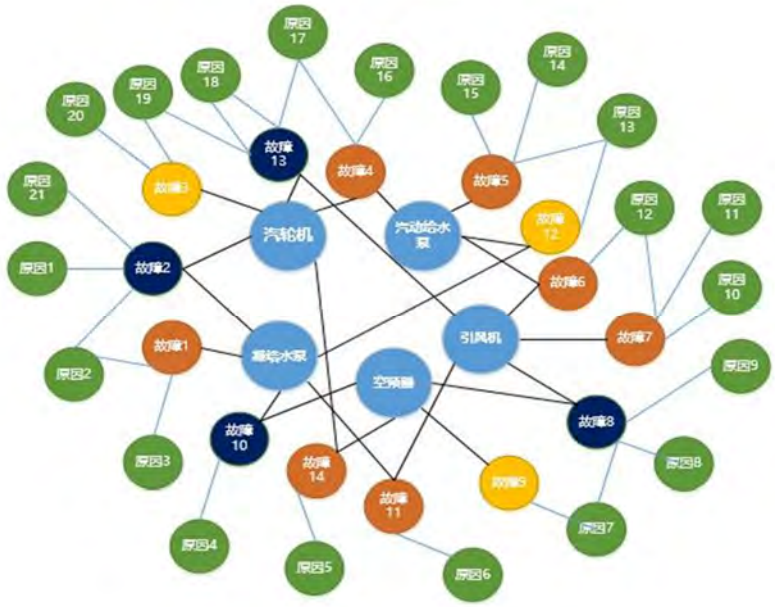


图 14 诊断算法模型汇总

（2）机组运行优化应用

机组运行优化主要是针对国华公司宁海电厂、定州电厂，台山电厂的

各 2 台 600MW 燃煤机组，依托机器学习和大数据技术进行机组的运行经济性优化，以降低供电煤耗为主要优化方向。机组运行优化的功能包括机组运行概览、机组指标计算、机组工况寻优、机组经济性分析、机组操作指导、工况对比分析及系统管理等功能。

- 机组运行优化概览：主要展示机组当前的工况及经济性指标和主要辅机的状态。



图 15 机组概况

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

- 实时性能指标计算：通过图形化的方式，展现性能计算的主要指标，包括机组供电煤耗，锅炉、汽机效率等实时经济性指标。

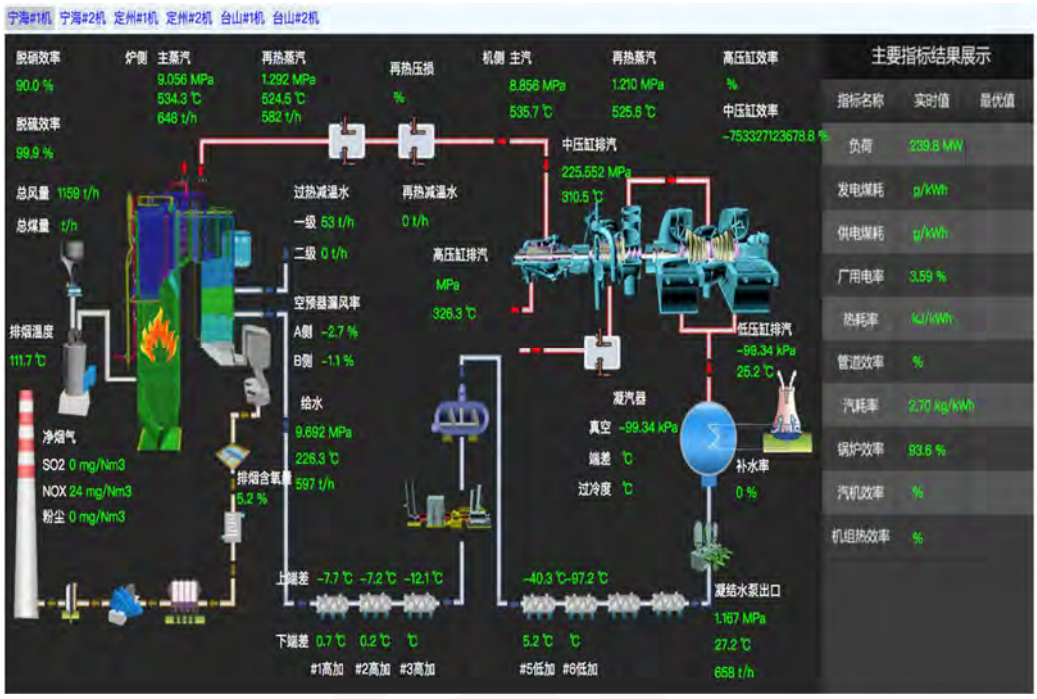


图 16 实时性能指标计算

- 机组工况寻优：以机器学习算法为基础，寻找历史机组运行最优工况，继而对现有工况中与历史最优工况进行智能聚类分析，寻找最佳可控参数，实现工况逐步优化。根据机组工况分类情况，从六个维度对机组进行颗粒度细分，包括机组负荷、循环水温、环境文件、燃煤热值、锅炉吹灰及机组供热，工况组合至少在 50000 种以上，如下所示。

机组工况

机组名称	国华宁海-1号机组	国华宁海-2号机组	国华定州-1号机组
机组负荷工况	300MW-330MW	300MW-330MW	300MW-330MW
循环水温度	20 ℃	20 ℃	22 ℃
燃煤低位热值	21000-21200kj/kg	21000-21200kj/kg	21000-21200kj/kg
环境温度	30 ℃	30 ℃	30 ℃
锅炉吹灰	否	否	否
机组供热	是	是	是

图 17 机组工况寻优

- 机组经济性分析：通过对每种工况得到的寻优结果进行逐层分析，分析

影响煤耗经济性的主要原因并量化，对供电煤耗进行了基于反平衡计算的逐层分解计算和分析。如下图所示：

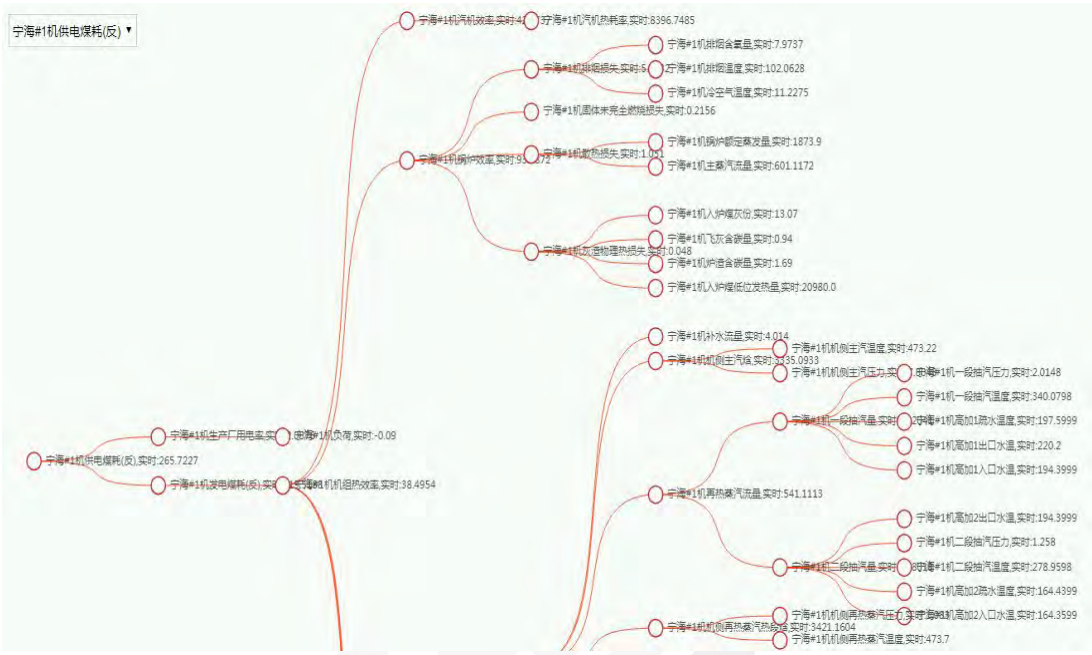


图 18 机组经济性分析

- 运行操作指导：根据寻优结果，对工况进行优化指导，提出操作建议供运行参考。

宁海#1机 宁海#2机 定州#1机 定州#2机 台山#1机 台山#2机

指标描述	单位	实时值	最优工况值	偏差(基准)	调整因素	经验积累
#1机供电标准煤耗反	g/kWh	265.7227		265.7227	查看	查看
#1机发电标准煤耗反	无	319.5188		319.5188	查看	查看
宁海#1机锅炉效率	%	93.0872		93.0872	查看	查看
宁海#1机排烟温度	无	102.0628	102.0628	0.0000	查看	查看
宁海#1机A空预器入口氧量	无	7.9125		7.9125	查看	查看
宁海#1机B空预器入口氧量	%	7.8317		7.8317	查看	查看
宁海#1机炉侧主汽压力	MPa	8.17		8.17	查看	查看
宁海#1机炉侧主汽温度	℃	465.3699		465.3699	查看	查看
宁海#1机过热减温水流量	t/h	78.924	30	48.924	查看	查看
宁海#1机再热减温水流量	t/h	0	0.5	-0.5	查看	查看
宁海#1机汽机效率	%	42.8737		42.8737	查看	查看
宁海#1机机侧主汽压力	MPa	7.8048		7.8048	查看	查看
宁海#1机机侧主汽温度	℃	473.22	538	-64.78	查看	查看
宁海#1机机侧再热蒸汽温度	℃	473.7	566	-92.3	查看	查看
宁海#1机给水温度	℃	220.6799	224.2783	-3.5984	查看	查看
宁海#1机真空	kPa	-99.27	2.3459	-101.6159	查看	查看
宁海#1机过冷度	℃		0.5	-0.5	查看	查看
宁海#1机补水率瞬时	%	0.6678	0.8	-0.1322	查看	查看
#1机生产厂用电率	%	2.0876	4	-1.9124	查看	查看
宁海#1机引风机耗电率	%	1.6309		1.6309	查看	查看
宁海#1机送风机耗电率	%	0.3372		0.3372	查看	查看
宁海#1机一次风机耗电率	%	0.6465		0.6465	查看	查看



图 19 运行优化指导

- 工况对比分析：以机组为单位，通过各工况组合维度对各项数据进行对比，展示出关键数据，从而清晰看出各机组的差异性。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



图 20 工况对比分析

（3）经营决策应用

- 经营决策应用实现了全厂指标的实时展示分析（如图 21 所示）。



图 21 经营分析主页

- 实现了灵活可视化的指标配置，支持多种算法。



图 22 指标自定义

- 看板设计器可以方便的定义管理数据看板，通过图形化的表现方式让数据更直观、易懂。

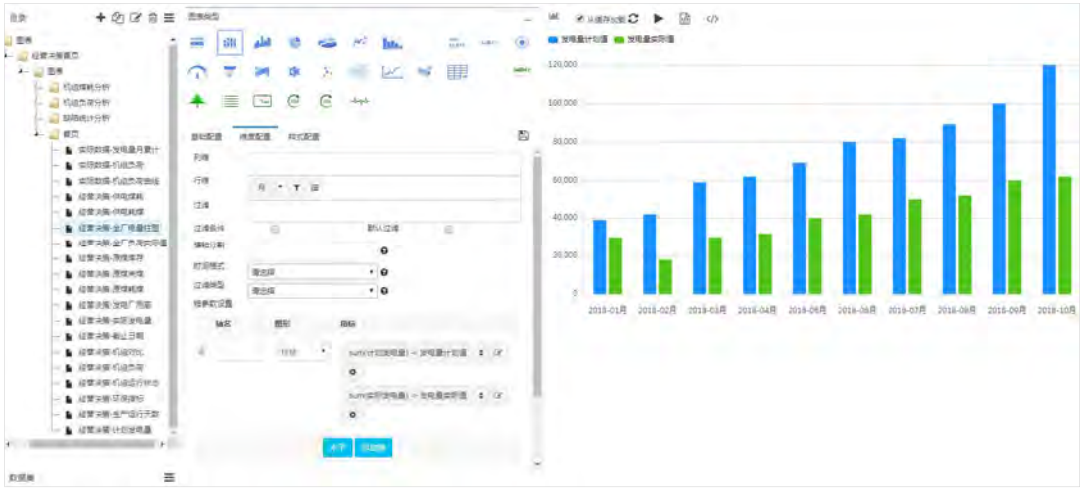


图 23 看板设计器

- 便捷易用的报表设计器，可以帮助电厂可以按照需求快速定义报表

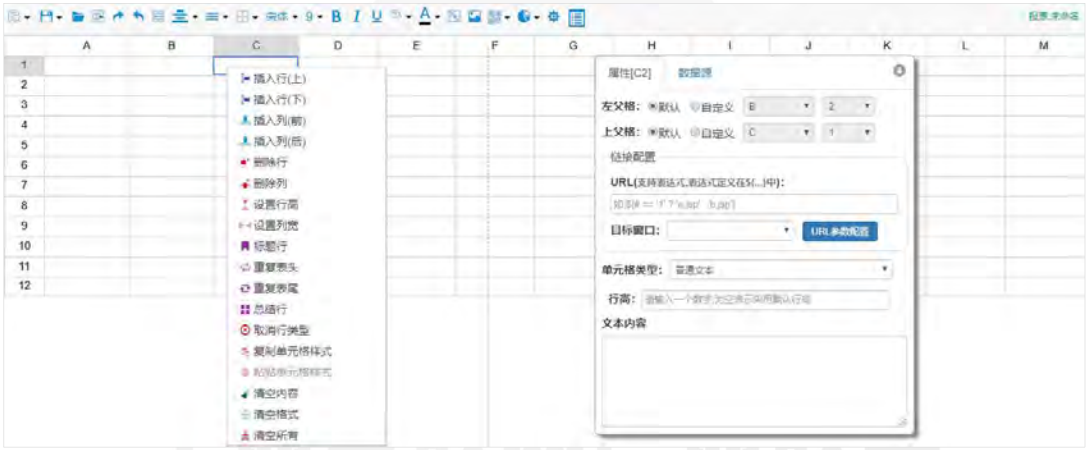


图 24 报表设计器

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

4. 基于大数据平台的机器学习技术

平台将 SaaS 应用相关测点数据及训练集数据存储在 Hadoop 大数据仓库中。目前公司的 Hadoop 平台已经存储了 10 年以上历史测点数据，实时数据会以准实时的方式进行同步，实现了纯 Python 开发调用 Python 科学计算库建立机器学习模型，以及通过 Pyspark 开发基于 Spark ML 库支持分布式计算的机器学习模型，可以支持多种技术路线的机器学习模式。

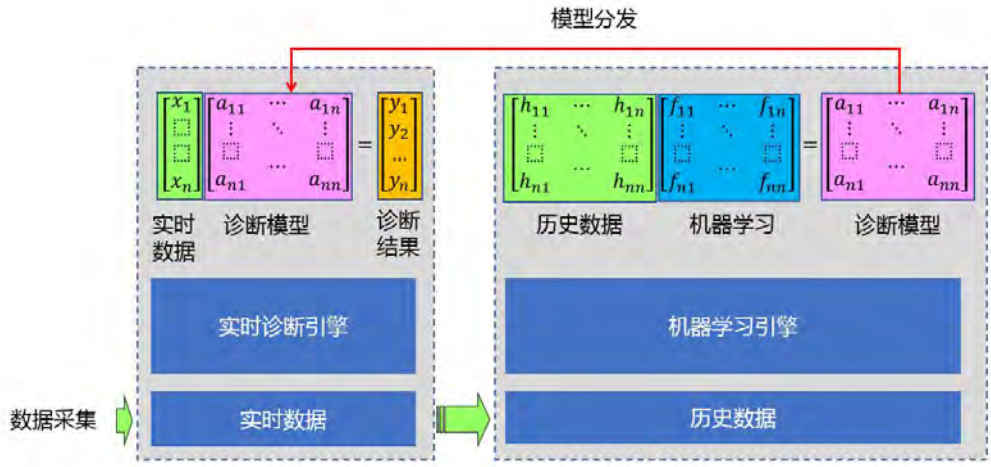


图 25　分布式计算模型

如上图所示，通过将历史数据的机器学习和实时数据的实时诊断计算结合起来，实现业务应用。

平台还集成了大量的算法模型，如基于随机最速下降法（SGD）算法，通过执行算法找到海量数据和维度构成的数据中的极值、最大或最小值。如下图所示：

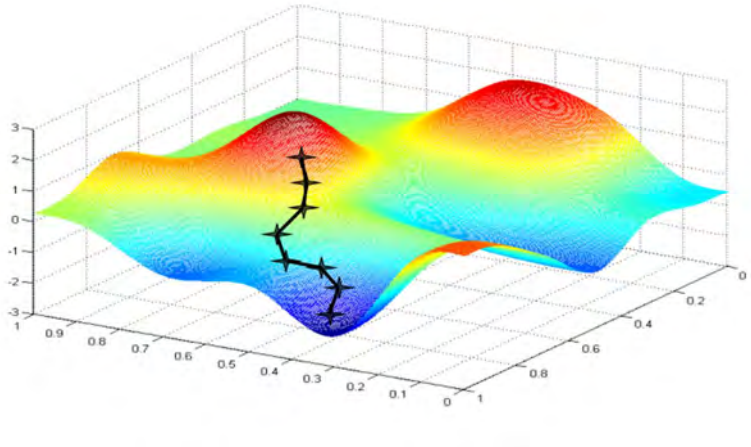


图 26 SGD 算法模型

5. 社会经济效益分析

(1) 生产数据的高度集成，生产管理精细化。

(2) 电力行业工业化和信息化深度结合的示范。

(3) 填补了行业该方面的空白，成为行业参考模板。

(4) 节能减排：通过对机组的优化，使得资源配置得到优化，能源利用率得到提升。

(5) 降低成本：通过大数据技术的应用，不断优化机组的运行状态，降低煤耗，降低工作强度，有助于人力维护成本下降。

三、下一步实施计划

未来我们从 3 个阶段逐步完善国华工业互联网平台，第一阶段我们注重在搭平台，目前平台建设基本完成，进入第二阶段建应用，主要巩固平台建设，接入国华所有机组得 数据，逐步开发国华各类应用，未来到 2025 年我们将全面打造国华工业互联网生态体系。引领创新和提升企业竞争力。

1. 阶段一

- 完成大数据机房建设
- 开展大数据平台建设
- 试点电厂数据接入大数据平台，并完成数据治理。
- 开发试点应用进行平台测试。
- 应用开发标准规范
- 微服务接口、开发、管理规范
- 第三方应用开发验证

目前该阶段大部分工作已经进入收尾阶段，当前主要的任务是查缺堵漏，提高平台应用的成熟度。

2. 阶段二

- 巩固大数据平台建设，逐步接入国华所有发电机组数据；
- 逐步在大数据平台上开发部署智慧党建领航、智慧安全监察、智慧生

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

产调度、智慧经营决策、智慧工程管理、智慧资源共享等六类应用。

该阶段工作已经完成了总体规划，正在有序的向底层详细设计方案推进，部分工程有望在年内开工实施。整个阶段预计 3-5 年内完成。

3. 阶段三

- 全面实现公司工业互联网平台生态体系建设，持续提升平台赋能、赋智能力，在整个工业领域具有创新引领能力和明显竞争优势，整体水平国内领先。

在第二阶段工作的基础上，进一步完善平台体系建设，全面整合公司 IT 和数据资源，用 5-8 年的时间，实现一个技术领先、功能完备的国内工业互联网平台生态体系。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

(1) 系统依托大数据平台，建立数据治理的体系和标准规范，共享数据来源及应用成果。

(2) 建立了“一平台，多站点”的设计模式，即依托一个平台，机器学习等大量历史数据功能部署在总部，实时计算等实时性要求高的部分部署在边缘计算侧的各电厂，实现了云边协同发展。

(3) 独创基于 HTML5 的 SVG 的 B/S 组态技术，提高用户组态实时监视画面效率，支持共享和在线创建、修改和删除。

(4) 首次在火电行业规模应用多维看板分析技术，实现组件化的报表开发。

(5) 基于 SGD 机器学习算法的技术，首次在跨电厂和机组的工况寻优应用中使用，基于聚类算法的工况分类技术，通过对历史工况的机器学习，将常规固定步长的工况分类方式，改变为不等步长的分类方式，优化了机组工况的组合针对性，提高了计算效率和工况价值。

(6) 建立融合传统机理分析和大数据机器学习算法在引风机等 5 类转机设备上的智能诊断和设备故障预警，提供了设备预警和诊断的新模式新思路。

2. 实施效果

目前，国华工业互联网平台已经完成从机房建设、平台建设、数据治理到应用中心建设的过程，随着 4 个电厂的数据接入，应用中心开始落地使用，以及后续智能智慧化建设，工业互联网平台的规模和价值将愈发凸显。

（1）本项目带来的企业经济效益

通过国华工业互联网的建设，为企业效益带来了提升，包括：

① 实现了工业互联网生态环境的打造。

② 实现了生产数据的高度集成，生产管理精细化。

③ 完成了电力行业工业化和信息化深度结合的示范。

④ 填补了行业该方面的空白，成为行业参考模板。

⑤ 节能减排：通过对机组的优化等应用，使得资源配置得到优化，能源利用率得到提升。

⑥ 降低成本：通过大数据技术的应用，不但降低了后续的 IT 建设和运维成本，而且可以优化机组的运行状态，降低煤耗，降低工作强度，有助于人力维护成本下降。

（2）技术成果应用说明

（一）数据中心建设成果

国华大数据中心主节点部署在高安屯电厂新建数据机房内，机房整体采用模块化设计，并留有较大扩容空间，项目一期目前已部署关系型数据库服务器 2 台、时序数据库服务器 4 台、Hadoop 服务器 9 台、OpenStack 服务器 14 台。目前整体建设情况如下：

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

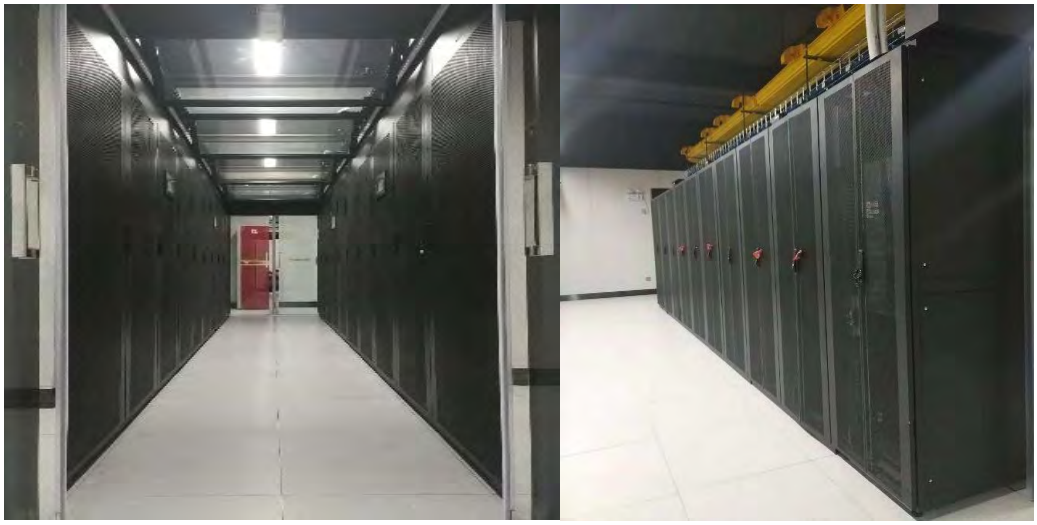


图 27 国华大数据机房总览



图 28 机房上走线桥架&线缆

（二）建成了 IaaS、PaaS 及 SaaS 平台

资源中心（IaaS 平台）也已经部署完毕并投入使用。在本期项目为了验证平台的开放性和可扩展性，添加了国华原有 2 台利旧服务器加入到云平台中。可通过主节点统一监控和管理各电厂边缘计算节点资源。

PaaS 平台，建成了包括微服务架构的服务总线、消息总线，容器管理，发布管理，权限管理，调度管理，智能搜索等服务组件，以及关系数据库，时序数据库，Hadoop 平台，以及相关的统一监控平台和统计开发平台。

应用中心（SaaS 平台）已经完成基于大数据技术和机器学习技术的四个应用的落地，包括经营决策系统，智能诊断应用，设备故障预警和机组运行优化。

（三）建成了国华数据治理体系和标准

形成了国华的数据治理系统和数据治理标准，形成了 7 类主数据，完成了超过 12 类系统的数据接入和治理，在接入 4 个厂数据情况下已经形成了约 56T 数据，并在继续增加。

（四）应用：智能诊断应用

该应用通过结合机理分析、参数分析和机器学习，实现了对引风机、空预器、汽动给水泵、凝结水泵转机设备的诊断分析和预警，并建立了设备的故障知识库，通过应用建立了设备的基于 PHM 的健康状态指数，便于设备管理和维护，提高了设备管理水平。应用通过总部的历史数据进行机器学习模型训练，在电厂边缘计算平台进行实时诊断计算，也实践了云边协同的技术模式。

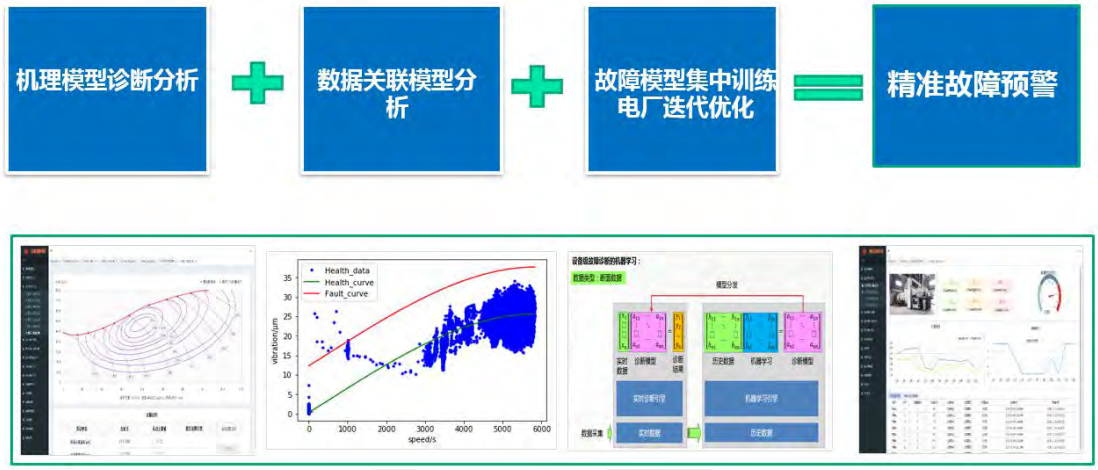


图 29 智能诊断预警模型

（五）应用：机组运行优化

该应用对每台机组，从 6 个维度来定位唯一工况，形成机组的细颗粒工况模型，便于工况优化、断面分析等。相对于传统主要以机组负荷为工况区分标准，通过 6 个维度作为工况模型标准，更符合实际情况和统一工况基准，以工况模型为基准，可以进行工况寻优，对比分析，性能评定，耗差分析，指标考核等；以工况断面为基准，可以分析其它相关辅机状态和断面参数，为操作指导提供依据；也可以为配煤掺烧、脱硫优化、脱硝优化等提供工况基础数据和分析依据。通过应用可以明确机组在各工况下的最佳工况数据，包括供电煤耗等经济指标，以及当前工况与对应最优工况的差异，以便调整机组操作参数，优化运行经济性。

序号	工况维度	参数范围	参数间隔	分段数量
1	机组负荷	180MW-630MW	30MW	15
2	环境温度	-20-40℃	1℃	60
3	燃煤低位热值	18.9-23MJ/kg	0.1MJ/kg	41
4	循环水进水温度	5-35℃	1℃	30
5	锅炉吹灰	是/否	是/否	2
6	机组供热	是/否	是/否	2
	工况组合合计			4428000

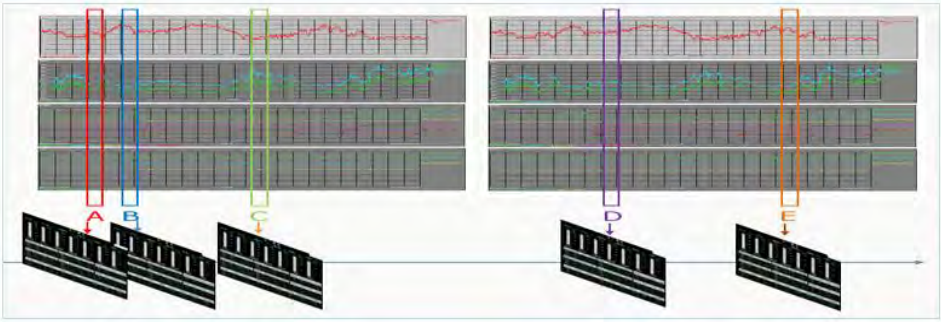


图 30 机组运行优化工况组合

（六）应用：经营决策系统

通过该应用，建立指标计算中心，统计报表中心和多维分析中心，来电厂业务提供支持，解决数据重复录入、统计计算口径不一、数据传递复杂等问题，提高数据共享，简化报表配置，支持多维分析，提供决策支持。



图 31 经营决策多维分析支持

案例 9

华润电力技术研究院

火电集中监测与分析专家系统(CSASS)开发大数据分析技术，建设世界一流平台

引言：华润电力控股有限公司（简称“华润电力”）是中国效率最高、效益最好的综合能源公司之一，业态涉及火电、煤炭、风电、水电、分布式能源、核电、光伏发电等领域。十九大报告指出，要推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。能源技术与物联网、云计算、大数据分析、人工智能等技术的深度融合，正在推动火力发电行业和电力企业的数字化转型。为有效应对电力市场改革深化、煤炭成本居高不下、环保标准日益严苛等外部条件的挑战，应用先进的云计算、大数据、物联网、移动互联、人工智能等技术建设一套贯通生产、服务运营、提升价值的火电集中监测与分析专家系统（简称：CSASS）成为华润电力卓越运营“1211”战略的重要平台。

一、项目概况

世界能源格局深刻调整、我国电力供需总体宽松、环境资源约束不断加强的新时期，电力工业发展面临一系列新形势、新挑战。构建以数据为核心的数字化平台，成为火电企业应对颠覆环境下激烈竞争的共同之道。华润电力将分布于不同地域、不同项目电厂的数据进行集中采集、处理、存储、挖掘并进行集中监测与分析，形成工业互联网大数据平台。利用人工智能、机器学习等先进大数据算法，打通、整合、协同产业链，从而提升企业产业集群效率。CSASS 是华润电力

落实华润集团“华润汇”战略，打造行业安全可靠生产、高效运行、绿色环保的标杆，构建专业知识和能力高地，引领行业业务模式创新的重要抓手。

1. 项目背景

当前，全球新一轮能源变革正在兴起，加快能源行业向清洁、低碳、高效的方向转型发展，已经成为世界各国的自觉行动。在中国经济发展新常态下，对于以火电装机为主的发电企业，面临市场需求放缓、设备利用小时降低、电价下滑、燃煤成本不断攀升、资产运维日益复杂、节能环保要求更加严格等巨大挑战。在面临挑战的同时，火力发电企业也迎来了电力市场化改革的机遇。十三五"是电力工业加快转型发展的重要机遇期。在世界能源格局深刻调整、我国电力供需总体宽松、环境资源约束不断加强的新时期，电力工业发展面临一系列新形势、新挑战。随着经济发展进入新常态，增长速度换挡，结构调整加快，发展动力转换，节能意识增强，全社会用电增速明显放缓。局部地区电力供过于求，设备利用小时数偏低，电力系统整体利用效率下降。电力供应将进入持续宽松的新阶段。

对于火力发电行业，技术创新与融合将是能源转型的重要推动力量。能源技术与物联网、云计算、大数据分析、人工智能等技术的深度融合，正在推动火力发电行业和电力企业的数字化转型。构建以数据为核心的数字化平台，成为火电企业应对颠覆环境下激烈竞争的共同之道。

中国政府在 2015 年正式提出了“中国制造 2025 造和“互联网+联的概念，为中国制造业升级和数字化转型提供了政策支持。国务院印发《中国制造 2025》提出了“通过‘三步走’实现制造强国的战略目标”，并将“推进信息化与工业化深度融合”纳入战略任务重点，电力装备是十大重点发展领域之一。国务院印发《深化制造业与互联网融合发展的指导意见》指出，围绕制造业与互联网融合关键环节，积极培育新模式新业态，强化信息技术产业支撑，完善信息安全保障，夯实融合发展基础，营造融合发展新生态，充分释放“互联网+联的力量，发展新经济，加快推动“中国制造”提质增效升级。当前全球主要国家掀起了新一轮以“信息技术与制造业融合”为共同特征的工业革命，加速发展新一代信息技术，并推动其与全球工业系统的深入融合，以期抢占新一轮产业竞争的制高点。无论是欧美老牌国家制造业的重振，还是中国制造业的转型，工业大数据都将发挥重要作用。创新发展工业大数据必将成为未来提升制造业生产力和竞争力的关键要

素。竞争形态的日趋激烈、商业模式的瞬息万变、对信息透明和网络信息安全史无前例的要求数字化带来的这一切既是企业的巨大挑战又是千载难逢的机遇。如何充分利用这些海量数据，来创造价值，是每一个现代化行业和企业成功的关键因素。

2. 项目简介

1、华润电力在多年的企业发展过程中，形成了“火电为主、控制上下游、多业态协同、实现低成本竞争”的发展模式。在新的市场竞争条件下，华润电力迫切需要推进创新转型发展，打造企业核心竞争力。火电 CSASS 分析专家系统是华润电力落实集团“华润汇”战略，打造行业安全可靠生产、高效运行、绿色环保的标杆，构建专业知识和能力高地，引领行业业务模式创新的重要抓手。

2、CSASS 是基于设备管理、服务运营管理的工业大数据分析与诊断云平台。通过汇集海量生产数据，采用机器学习、人工智能等先进算法，结合行业经验和华润电力的技术积淀，全方位、多维度对机组运行状态进行实时监测、分析与诊断，为机组安全、经济、环保运行提供建议和优化方案。专家系统的特点在于它能够感知人类无法达到的细度，并实现辅助人的判断，我们相信随着技术的发展 CSASS 最终能够代替人实现分析与诊断。

3、CSASS 系统整体实施采用工业互联网平台功能架构，利用工业大数据处理、分析技术，采用微服务框架，基于工业大数据系统，PaaS 层得以实现对边缘层、IaaS 层产生的电厂海量数据进行高质量的传输、存储与管理。另一方面，利用工业数据建模与分析技术，将现场海量数据进行模型搭建，支撑电厂各种分析应用场景的实现。通过传感器与数据分析技术，对电厂运行状况、设备自身状态进行实施采集、建模、分析，从而实现在线监测、故障诊断预警等服务，创造新的价值，实现企业转型。

3. 项目目标

1、在“十三五”业务战略规划指引下，为了更好的应对电力市场改革，打造华润电力核心竞争力。当下阶段必须要推动创新，在电力领域建立标杆示范作用，引领电力行业的运营管理，促进华润电力实现电力生产的有效管控和高效运营。

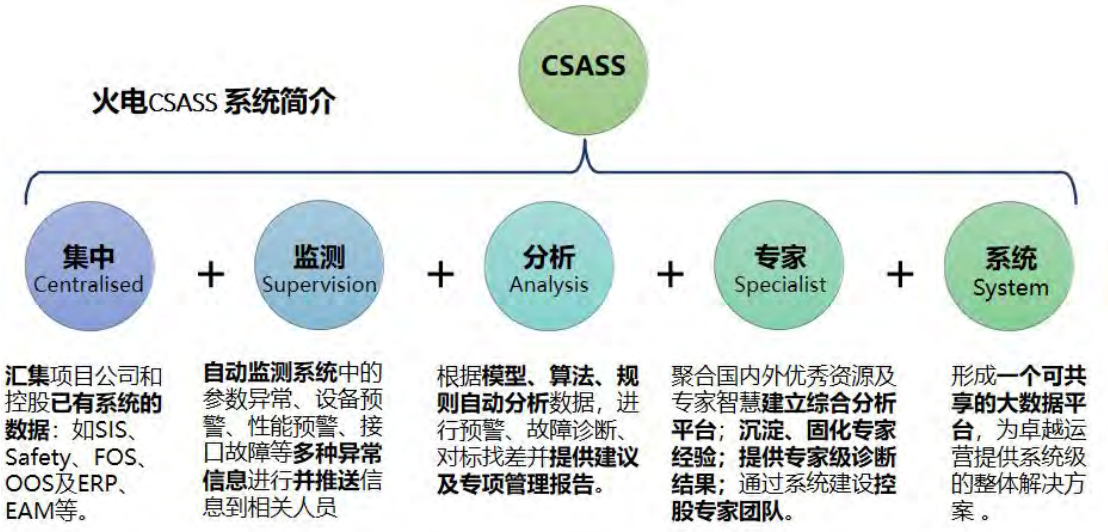
通过建设一个汇集各项目公司离散数据的统一集中监测数据平台，并运用大数据分析、人工智能等高级人工智能算法来辅助专家团队进行集中监测与分析，从而有效推动华润电力运营管理的流程化、 标准化、专业化、信息化、移动化、开放化、智能化，达到提升效益、提高效率的目标。

2、CSASS 分析专家系统依托云平台设计了设备预警、高级诊断、RCM、自动优化、能耗分析、负荷优化、燃料分析、技术监控等 8 大功能应用模块和一个大数据分析模块，功能应用模块围绕提高机组运行的经济性、可靠性和快速性等方面设置，使得机组能够在确保安全、环保性的同时提高运营管理水平。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容

火电 CSASS 是一套贯通生产、管理的具备自成长能力系统，通过构建海量数据的云平台，汇集国内外专家经验和华润电力的技术沉淀，采用机器学习、人工智能等先进算法进行大数据分析，多参数、多维度实时监测机组运行数据，为机组安全经济运行提供建议和优化方案，为控股、大区、项目公司运营提供综合报告和决策支持。



按照方案合理、责任明确、经济高效、客观务实、便于操作的原则，将 CSASS 划分为下面三个部分：

第一部分、（CSASS 平台-数据采集与集中监测系统）：负责实时数据平台建

设（包括数据接口、数据采集、专用软硬件、画面等），原有实时数据库扩容。

第二部分、（CSASS 平台-系统集成与展示）：负责关系型数据平台建设（包括数据接口、数据整合、专用软硬件等），实现平台整合、环保预警诊断、实时交互系统、实时成本核算、展示、综合报表，含存储、 服务器、虚拟化软件等通用软硬件采购。

第三部分、（CSASS 平台-分析专家系统）：负责非结构型数据处理、数据编码原则及编码清单，完成与数据采集与集中监测系统和系统集成与展示体统的数据接口，实现大数据分析、技术监控、设备预警诊断、以可靠性为中心的维护（RCM）、性能分析及优化、燃料分析及优化、自动品质评估、实时负荷调度等功能。

系统主要内容如图 1 所示：

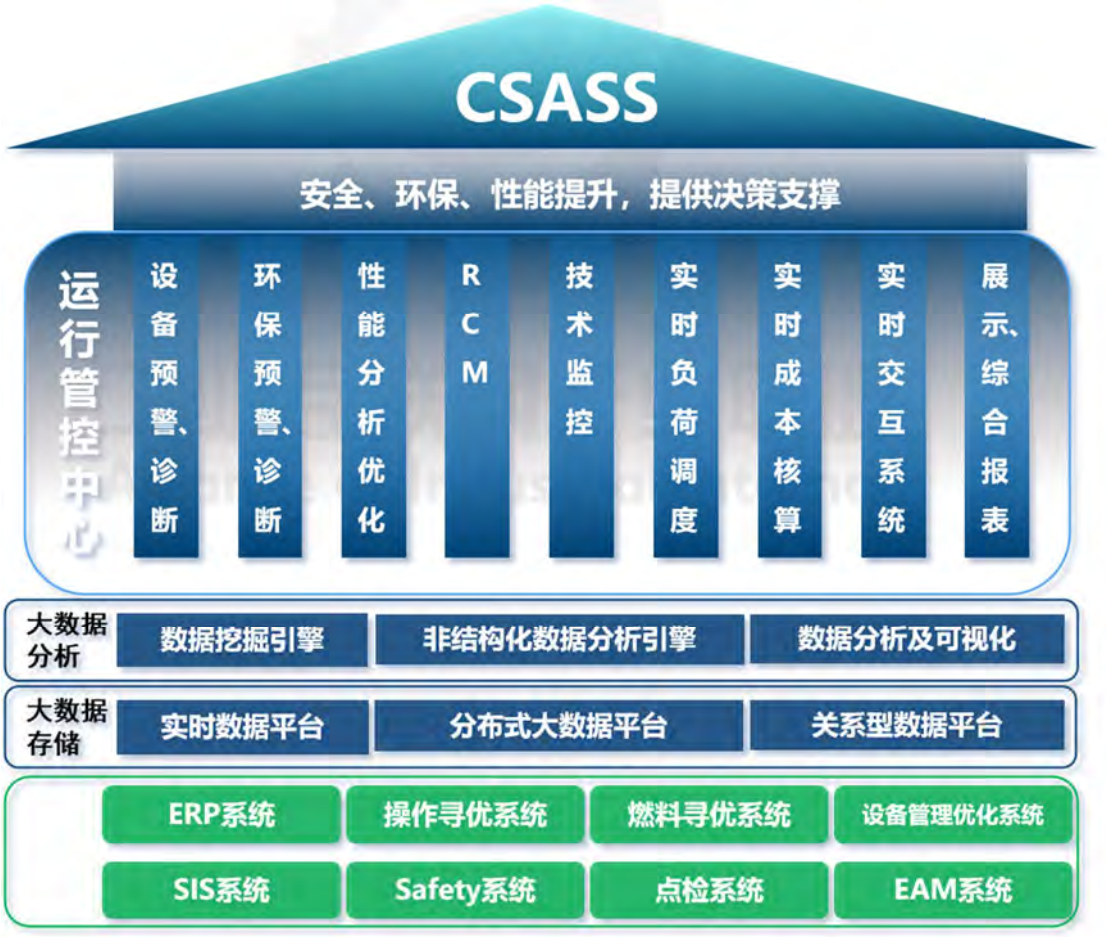


图 1 CSASS 系统架构图

展示层提供 WEB 的统一访问入口；平台服务层主要包括运维专业的智能服务、流程服务以及报表服务；数据层主要包括实施数据服务、关系数据仓库、非

结构化数据集中储存、以及服务系统数据部分，此外，服务层还实现于企业各种基础信息系统资源的集成和利用，提高了服务的使用价值和运维工作的协作性。主体技术架构如图 2 所示：

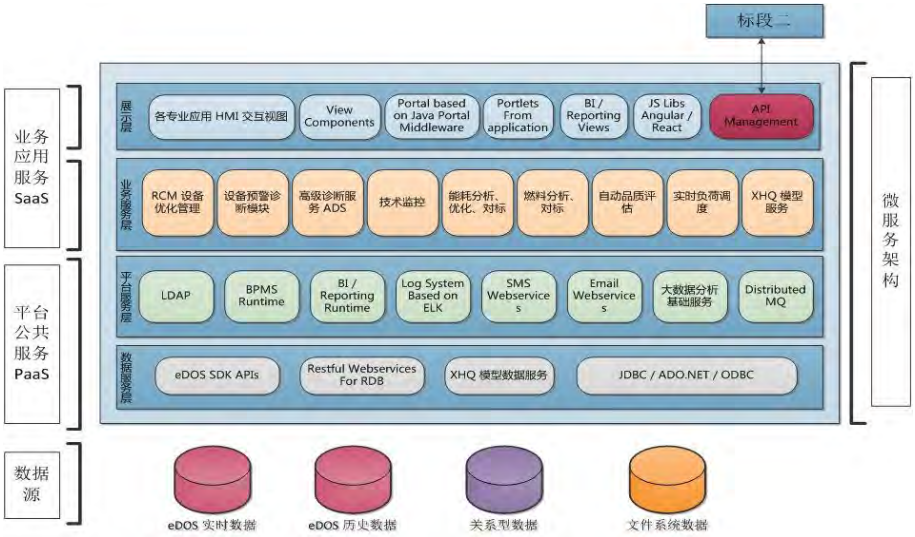


图 2 CSASS 工业互联网平台功能架构图

数据技术架构层级上具体划分如下：

数据采集层，包括时序数据采集与治理、结构化数据采集与治理和非结构化数据采集与实时处理。海量工业时序数据具有 7*24 小时持续发送，存在峰值和滞后等波动，质量问题突出等特点。针对结构化与非结构化数据，需要构建同时兼顾可扩展性和处理性能的数据采集系统。

数据存储与管理层，包括大数据存储技术和管理功能，构建数据模型管理、数据质量管理、数据资产管理、数据安全管理和数据共享管理技术体系。

数据分析层，包括基础大数据计算技术和大数据分析服务功能，其中基础大数据计算技术包括并行计算技术、流计算技术和数据科学计算技术。在此之上构建完善的大数据分析服务功能来管理和调度工业大数据分析。

数据服务层是利用工业大数据技术对外提供服务的功能层。包括数据访问服务和数据分析服务。其中数据访问服务对外提供大数据平台内所有原始数据、加工数据和分析结果数据的服务化访问接口和功能；数据分析服务对外提供大数据平台上积累的实时流处理模型、机理模型、统计模型和机器学习模型的服务化接口。数据服务层提供平台各类数据源与外界系统和应用程序的访问共享接口，其目标是实现工业大数据平台的各类原始、加工和分析结果数据与数据应用和外部系统的对接集成。

数据应用层，主要面向工业大数据的应用技术，包括数据可视化技术和数据应用开发技术。综合原始数据、加工数据和分析结果数据，通过可视化技术，将多来源、多层次、多维度数据以更为直观简洁的方式展示出来，易于理解分析，提高决策效率。综合利用微服务开发框架，基于工业大数据管理、分析技术快速实现工业大数据应用的开发与迭代，构建面向实际业务需求的，数据驱动的工业大数据应用，实现提质降本与增效。数据应用层生成可视化、告警、预测决策、控制等不同的应用，从而实现智能化设计、智能化生产、网络化协同制造、智能化服务和个性化定制。

CSASS 分析专家系统主要技术方案如图 3~图 11 所示：

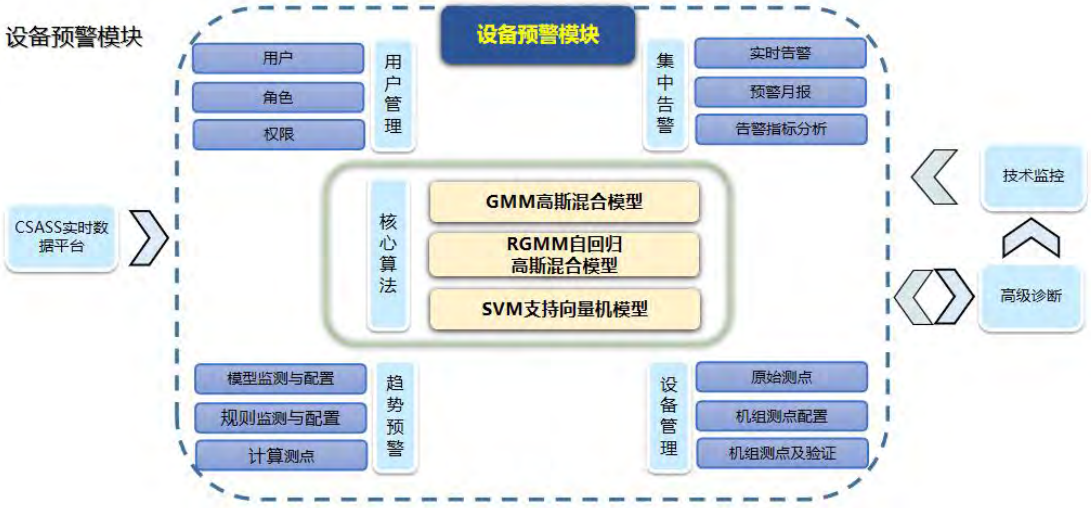


图 3 设备预警模块技术方案

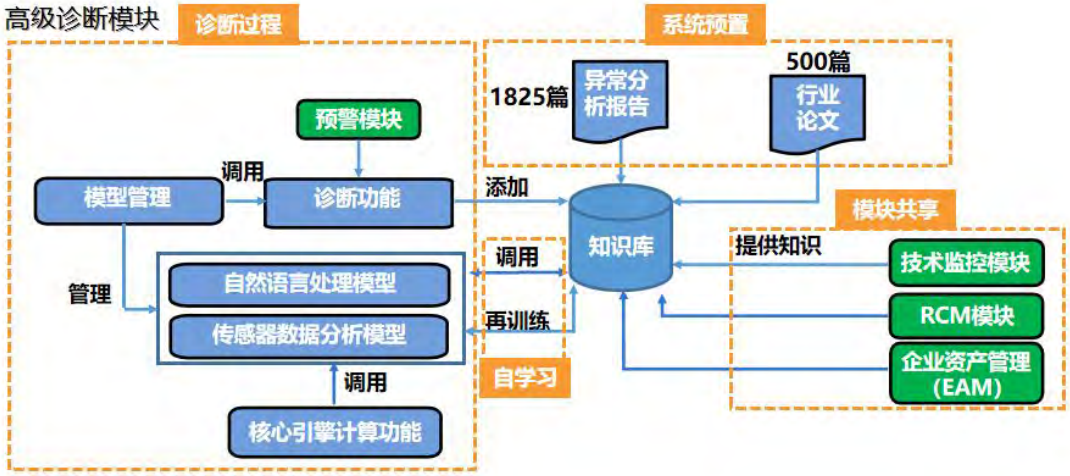


图 4 高级诊断技术方案

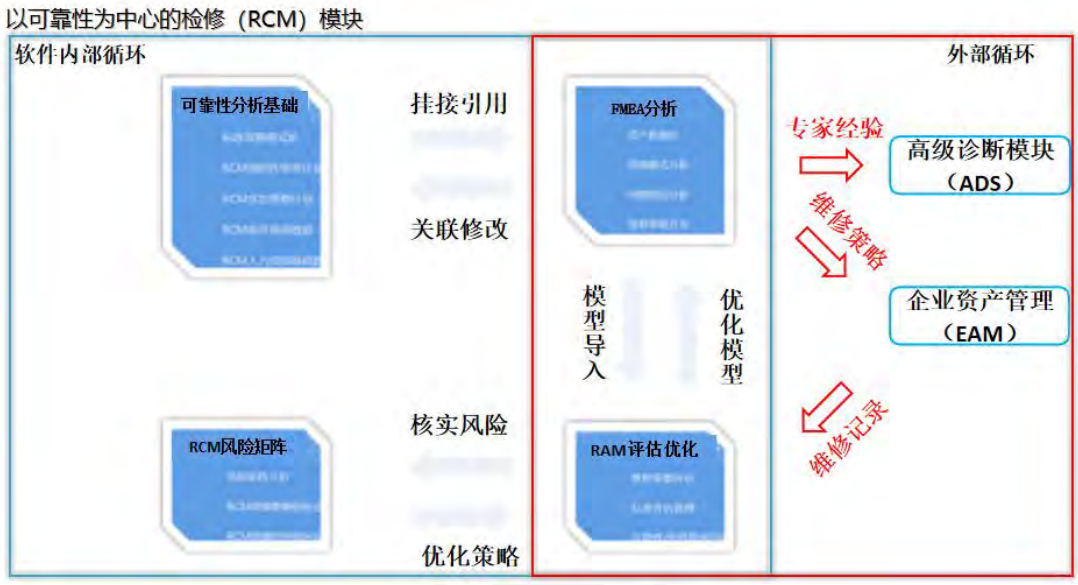


图 5 RCM 模块技术方案

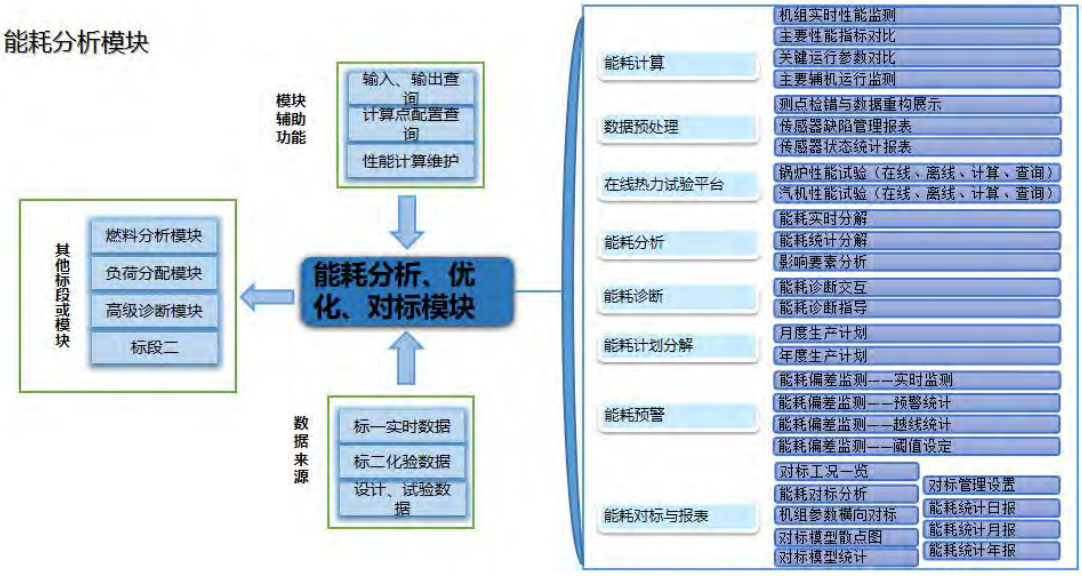


图 6 能耗分析模块技术方案

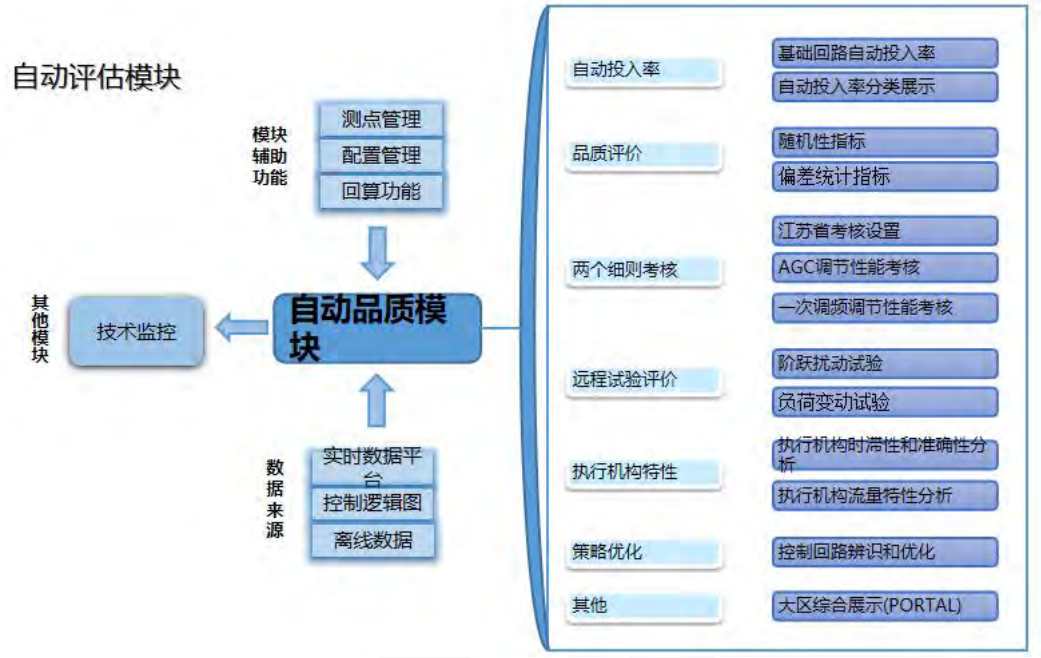


图 7 自动评估模块技术方案

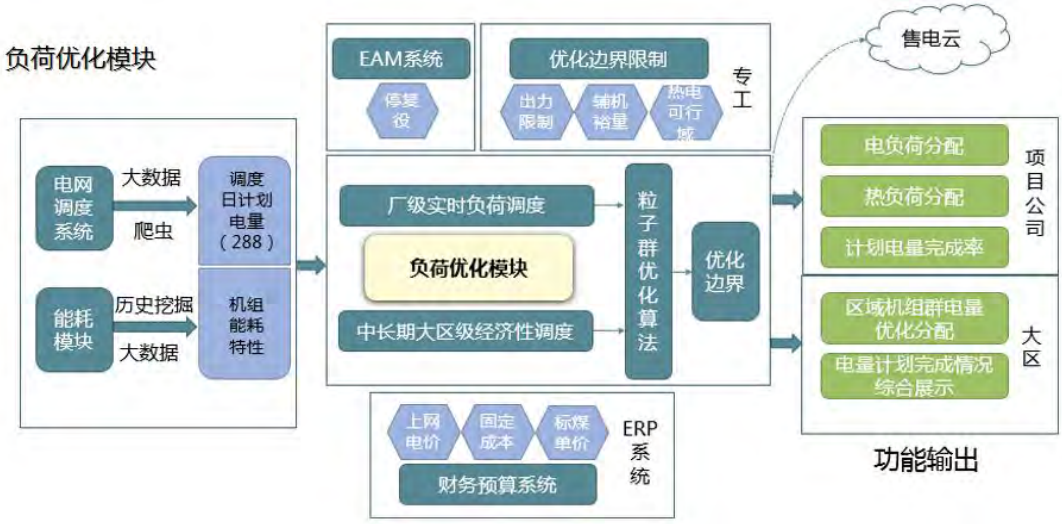


图 8 负荷优化模块技术方案

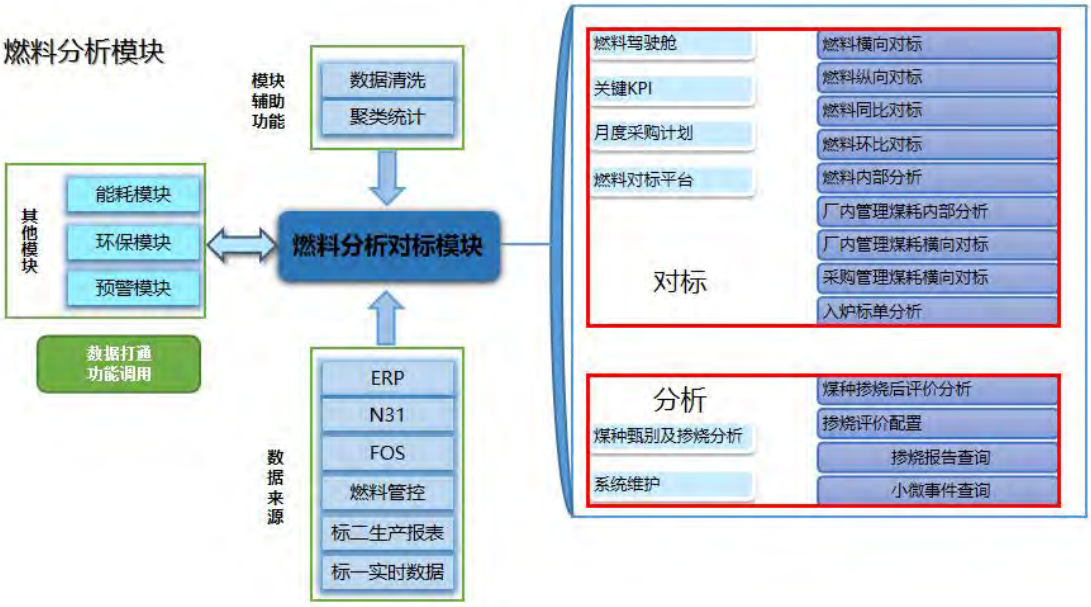


图 9 燃料分析模块技术方案



图 10 技术监控模块技术方案

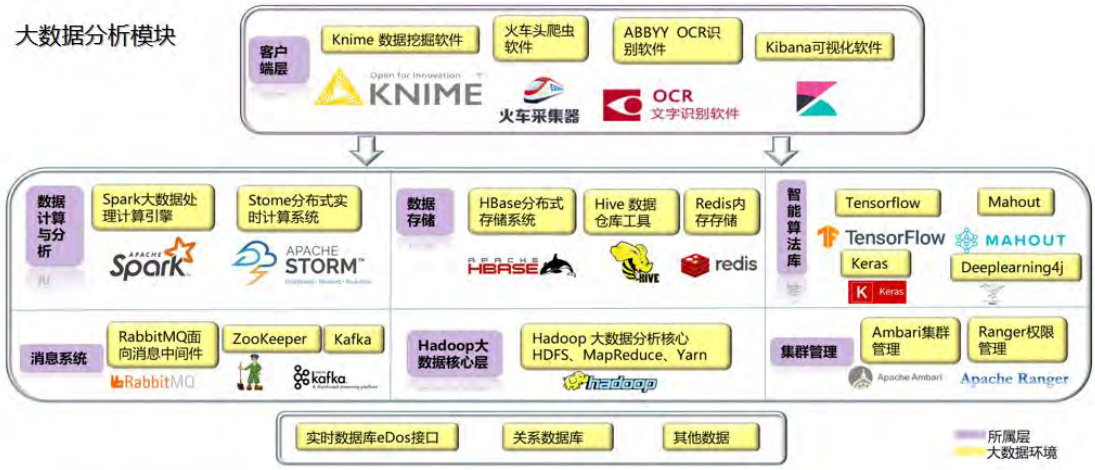


图 11 大数据分析模块技术方案

2. 关键技术及重点解决问题

CSASS 系统重点解决的问题和采用的核心技术

项目重点解决的问题和采用的核心技术包括：

1、通过阈值调优算法及设备模型拆分降低预警系统漏报率、误报率，不断减轻人员工作强度；

2、通过 NLP、SDA 和规则诊断结合的方法，并不断丰富案例库，以合并诊断来提高诊断准确率；

3、通过多重数据重构方法提高性能指标计算的准确率；

4、通过自动回路在线闭环辨识方法建立控制回路仿真提高自动回路参数整定有效性；

5、通过基于实时对照的启停评价方法建立机组启停模型，评价机组启停过程；

6、通过采用粒子群（PSO）等算法对多级在线热负荷分配，满足多目标优化；

7、通过历史检修案例与在线数据结合的方法对火电设备可靠度在线计算，实现设备可靠度在线评估。

并且在后续逐步研究：

8、锅炉结焦预警建模技术；

9、基于故障模式的合并诊断技术；

10、基于历史数据挖掘的动态标杆寻优技术；

11、机组复杂回路在线闭环建模技术；

12、机组在线健康度评价技术；

13、设备模型自适应调优技术；

14、基于数据驱动与规则模型融合的在线诊断技术；

15、机组自动调节回路在线评估技术；

CSASS 系统采用当前人工智能领域的最新成果，融合自然语言处理、智能数据预处理、深度学习等技术，与传统的统计学算法、机理分析相结合，在机组可靠性与经济性两大主线所包含的诸多应用功能中，取得设备预警、高级诊断、以可靠性为中心的维护、数据重构、自动优化、负荷优化等多项行业内的技术突

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

破，并以技术监控为抓手，实现技术与运营的深度融合。后续系统还将逐步迁移到国际上先进的基于工业物联网工业云平台——MindSphere 平台上，建立实际物理设备与数字对象之间的映射关系，构建实际与虚拟世界的数字双胞胎模型，并以微服务和 MindApp 的形式将各业务功能迁移到 MindSphere 平台上。

3. 应用场景和应用效果

应用案例一：

CSASS 系统目前已完成目前 CSASS 项目数据采集与集中监测、系统集成与展示已完成华润电力九个大区共 28 家电厂 69 台机组的数据接入，形成了电力行业世界领先的实时大数据平台，形成统一的实时大数据平台，破除了项目公司间的数据孤岛。数据时间跨度涵盖了一个机组大修周期，并且与 SIS、ERP、FOS、财务预算等系统建立关系型数据库接口，接入项目公司现场测点、燃料、财务等数据。



图 12 数据集成与展示

通过设备预警、以可靠性为中心的维护、环保预警等功能提高设备安全可靠性，探索状态检修及全周期寿命管理，取得初步成果。

通过燃料分析、能耗分析、负荷优化等模块对提高机组经济性，探索新技术路线对节能的促进作用，积累了相关应用经验。

通过自动优化、高级诊断、综合报表等实现了机组的灵活性提高，并降低现场工作人员劳动强度。

针对现场实际存在的痛点问题，采取了一系列突破性的技术创新，并取得了初步的成果。如图 13 所示：

模块名称	难 点	解决措施	技术创新
设备预警模块	降低漏报率、误报率	设备模型拆分、不断调优阈值	阈值调优算法
高级诊断模块	提高诊断准确率	丰富案例库，合并诊断	NLP、SDA和规则诊断结合
能耗分析、优化与诊断模块	提高性能指标计算准确率	数据重构	多重数据重构方法
自动控制回路优化模块	提高自动回路参数整定有效性	建立控制回路仿真	自动回路在线闭环辨识方法
技术监控模块	如何评价机组启停过程	建立机组启停模型	基于实时对照的启停评价方法
燃料分析模块	如何评价锅炉掺烧效果	分解掺烧评价指标	基于三维指标体系评价掺烧方法
负荷优化分配模块	如何满足多目标优化	采用粒子群（PSO）算法	多级在线热负荷分配方法
RCM模块	如何实现设备可靠度在线计算	历史检修案例与在线数据结合	火电设备可靠度在线计算方法

图 13 CSASS 系统取得的初步成果

应用案例二：

通过机器学习、深度学习（SVM、GMM、RGMM）等高级人工智能算法建立火电厂各设备、系统不同参数之间的关联关系，并形成实时预警监视，当设备或系统的参数出现与正常规律不一致的情况，产生预警，可以比人更早的发现一些设备早期的故障征兆，对于提早发现设备故障、提早处理，防止问题扩大具有显著的作用。

目前设备预警模块已经对华润电力内部多家项目公司的设备早期故障提出了预警信息，模型误报率达到 30%以内，漏报率 0 次/年。防止了多起设备故障的扩大，避免了进一步的经济损失，为设备的可靠性提供了保障。



图 14 提前 8 小时发现空预器

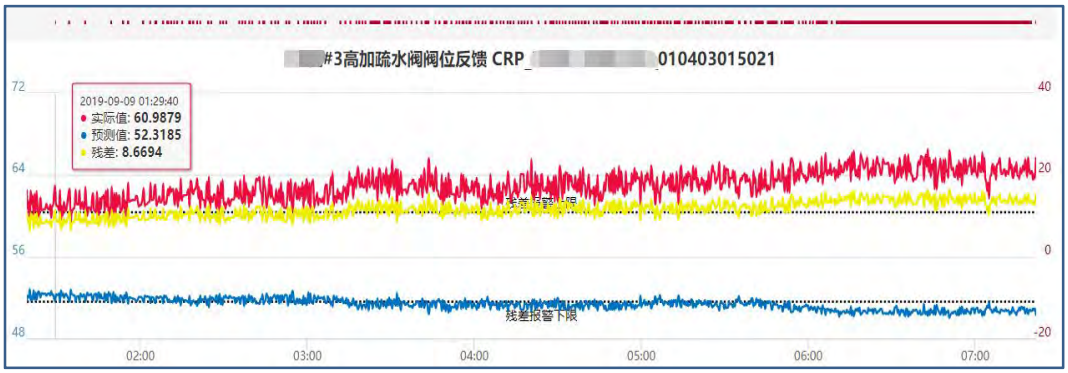


图 15 提前 6 小时发现#3 高加泄漏故障

应用案例三：

诊断模块应用：

（1） 电机轴承温度高

南京化学工业园热电有限公司 2018 年 10 月 29 日从预警系统推送至诊断系统一条告警信息：“前置泵电机轴承温度高”，诊断系统根据告警信息推荐的案例中详细介绍了前置泵电机轴承温度高的主要原因与处理方法，用户参考推荐案例，判断轴承温度高的原因为润滑油过量，通过调整自动加油装置的加油频率解决了该问题，而这一案例也作为新的案例进入了知识库，当该问题再次发生时，诊断系统会立即推送该案例给用户，起到知识传承的作用，诊断过程参见图 16。



图 16 电机轴承温度高诊断案例

（2） 低加疏水阀位反馈异常

告警描述：17#低压加热器正常疏水调节门阀位反馈高。

原因分析：负荷快速变化，凝结水流量快速变化，导致低加水位快速波动，低加正常疏水调阀调节速率跟不上。

解决方案：

①负荷变化时加强调整，减少凝结水波动。

②关注低加水位跟踪情况，若正常疏水调阀调节滞后，安排就地对调阀进行检查。

③做好事故预想，防止低加跳闸。

具体诊断过程参见图 17。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet



图 17 低加疏水阀位反馈异常诊断

（3） 一次风机轴承振动大

告警描述：一次风机轴承 X、Y 方向振动大；一次风机电机轴承 X、Y 方向振动大。

原因分析：低负荷时两侧风机并列运行，调整时偶有抢风现象，导致振动小幅波动，目前已正常。

解决方案：运行人员在机组低负荷时，加强对风烟系统设备的运行参数监视，及时调整两侧风机运行风量。

具体诊断过程参见图 18。



图 18 一次风机轴承振动大

应用案例四：

通过制定各设备的拆解结构关系，失效原因分类，不同部件的可靠性寿命时间，检修成本等，并与实际检修记录相结合，建立以可靠性为中心的维护优化策略，通过调整和比对不同的检修方案，优化现有的检修策略，达到消除设备欠修，避免设备过修的目的，在整体保障设备可靠性的同时，降低检修费用。为设备的经济性提供了支撑。



机组费用概览 返回到索引

		#51循环水泵
维修 & 资源	¥/yr	283861.27
● 修复性维修(CM)	¥/yr	12487.50
▶ 维修费用	¥/yr	12487.50
○ 备件	¥/yr	0.80
201010102117循泵-循泵叶轮密封环 88LKXA-28.8-0022B	¥/yr	0.00
提供的平均零件数		0.0045
采购费用	¥/yr	0.00
000000000000-循泵-叶轮	¥/yr	0.00
提供的平均零件数		0.0013
采购费用	¥/yr	0.00
201010102687循泵-循泵轴套 XB16B-2006-245-1	¥/yr	0.00
提供的平均零件数		0.0003
采购费用	¥/yr	0.00
201010102688循泵-循泵填料轴套 XB17-2006-245	¥/yr	0.12
提供的平均零件数		0.1188
采购费用	¥/yr	0.12
000000000000-循泵-连接键	¥/yr	0.08
提供的平均零件数		0.0765

图 19 调整循环水泵的检修项目，对检修费用进行优化

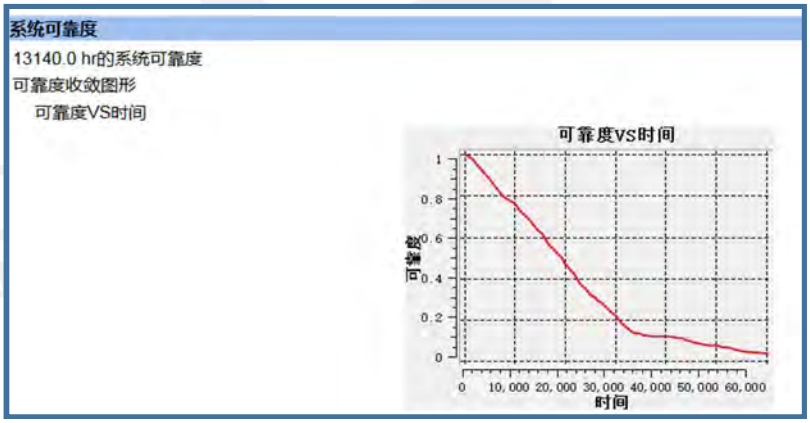


图 20 对比优化后的设备可靠度随时间变化的关系

应用案例四：

通过建立热控调节回路模型，对电厂的控制回路参数进行在线辨识及优化，实现解决调节回路无法投入或调节效果不佳的问题。使机组调节更迅速、准确，提高机组的安全稳定性、经济性与灵活性。

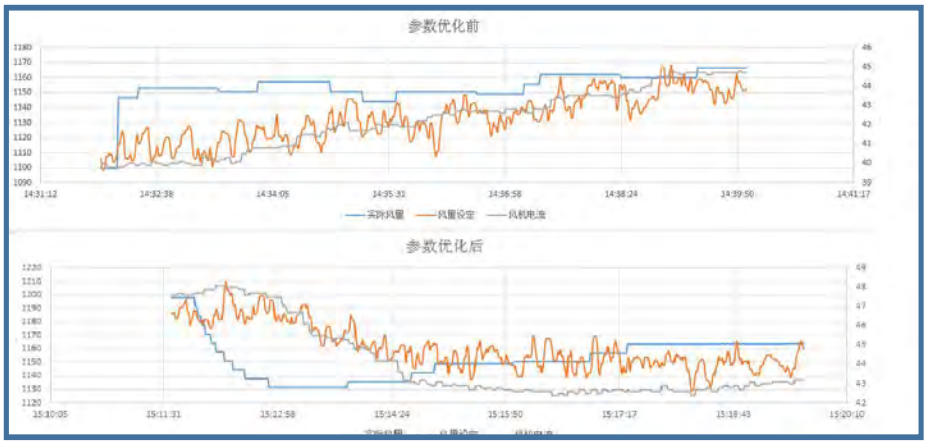


图 21 优化前与优化后的调节性能变化，调节更迅速准确

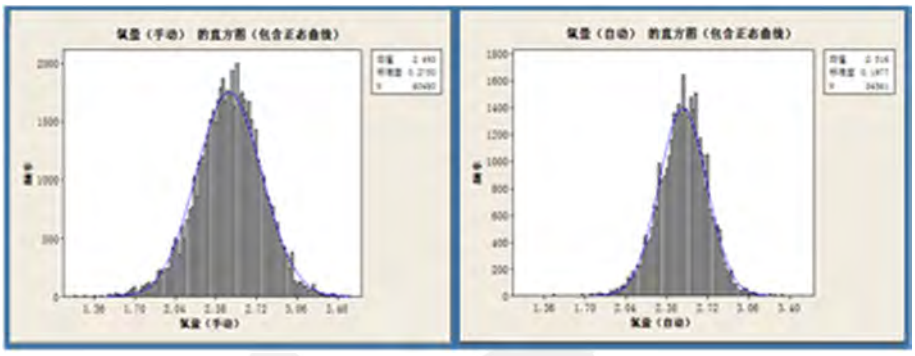


图 22 优化前后的氧量分布，优化后氧量控制更准确

应用案例五：

负荷分配采用粒子群算法对负荷进行优化分配，从而获得最优的负荷分配，现阶段各厂采用等微增的方式对负荷进行分配，但等微增方式无法对多个优化目标进行分配输出，且要求分配函数单调，容易陷入局部最优，粒子群算法则可以实现多目标优化，且能够更大限度的寻找到全局最优。针对江苏电网暂不能实现厂级电负荷调度情况，专门开发了锁定电负荷，分配热负荷的优化模式，以满足供热机组节能要求。负荷分配模块还可根据大区各机组进行自定义配置，灵活划分机组群，以实现负荷的灵活分配。

实时负荷分配模块 2019 年 8 月 22 日在化工园的#4 和#5 机组进行了实时负荷分配的试验，分别进行了单机电负荷 210MW、230MW 下供热负荷转移的实时负荷优化效果验证。试验效果如下表所示，结果表明：扣除供热变化因素，优化节能量折合标煤 1.8t/h，210MW 下供热负荷转移的试验结果，优化后的约合全厂发电煤耗下降 4.25g/kWh，230MW 下供热负荷转移的试验结果表明，优化后的约合全厂发电煤耗下降 2.05g/kWh。实际节能量根据负荷、工况不同，较平均

分配有 1~5g/kWh 的下降。

第一次验证	单位	#4机组		#5机组	
		调整前	调整后	调整前	调整后
电功率	MW	211.5	211.5	212	212
一级供热流量	t/h	84.2	131.3	113.9	69.9
二级供热流量	t/h	69.9	109.9	166.7	156.3
机组平均热耗率	kJ/kWh	7935.9	7580.6	7717.0	7481.5
机组发电煤耗	g/kWh	292.14	279.30	285.57	276.48

图 23 第一次验证图

第二次验证	单位	#4机组		#5机组	
		调整前	调整后	调整前	调整后
电功率	MW	230.5	230.5	230.3	230.2
一级供热流量	t/h	98.2	133.7	96.3	62.4
二级供热流量	t/h	74.6	118.5	168.3	130.7
机组平均热耗率	kJ/kWh	7686.6	7322.2	7328.57	7585.1
机组发电煤耗	g/kWh	283.15	270.53	270.99	280.85

图 24 第二次验证图

应用案例六：

CSASS 技术监控模块收录现行常用技术监督标准 851 项，和 ADS 模块共享经验 2668 条，为用户提供快速高效资料支撑。辅助项目公司完成线上问题闭环管理 1805 项。完成线上重要离线数据报告填报共 1079 项。项目公司进行线上技术监督活动或会议共 628 次，完成会议待办任务建立和跟踪 105 项。



图 25 计划执行情况对比图及速报数量对比

三、下一步实施计划

1. 计划 1

后续系统还将逐步迁移到国际上先进的基于工业物联网工业云平台——MindSphere 平台上，建立实际物理设备与数字对象之间的映射关系，构建实际与虚拟世界的数字双胞胎模型，并以微服务和 MindApp 的形式将各业务功能迁移到 MindSphere 平台上。

2. 计划 2

将推广 CSASS 至华润电力全部大区，实现作业网络协同化，监督管理统一化，数据创值智能化，提升华润电力整体效益和效率。

3. 计划 3

目前已对现有 2400 多个预警模型进行归纳、分析，总结出相对标准化的设备模型，可作为以后扩展电厂的建模的指导，提高建模的质量、速度，便于新建机组建模人员的水平快速提高。同时随着更多电厂人员加入预警建模工程，将预警模型的标准化工作持续推进，实现模型质量的螺旋式上升，持续改善模型质量，以更好地服务于现场生产过程的智能化监测。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

1、企业级工业互联网大数据平台，实现海量数据采集、处理、分析、存储、展示一体化。

2、CSASS 项目整体基于先进的工业物联网云平台-MindSphere 平台构建，拥有开放的标准和接口，供用户进行数据的深度分析和价值提炼。

3、突破传统技术监督局限，在线监督国家、行业标准的执行情况，创新性地融合 CSASS 各功能模块输出，实时监测和分析与关键设备健康有关的参数、指标，保障火电机组安全、优质、经济运行。

4、技术进步带动管理理念的创新，构建智能智慧电厂。

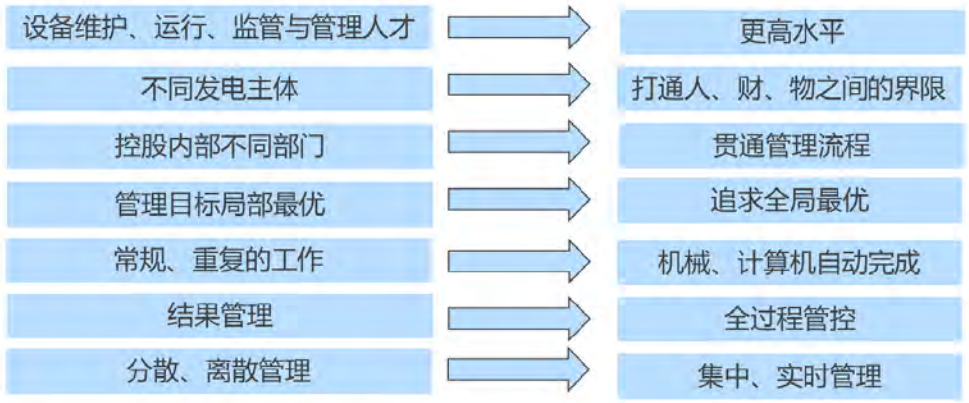


图 26 管理理念的创新

5、整合现有资源，形成统一互联网平台，完成数据驱动、功能融合的统一管控、整合原有系统并开发统一系统、实现集团级智能化电厂的解决方案、电厂虚拟化指导生产。

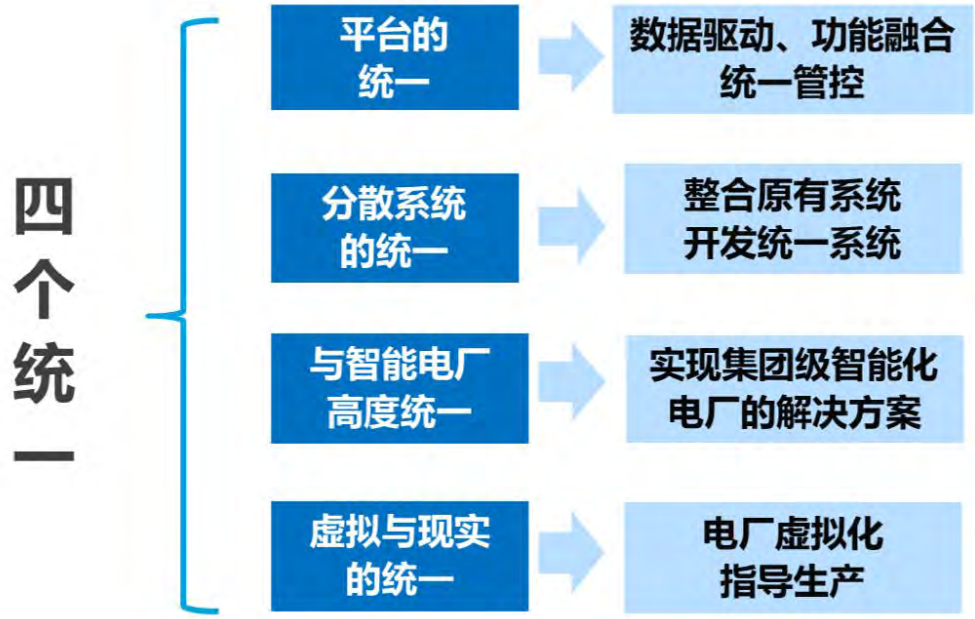


图 27 四个统一

2. 实施效果

一、 应用效果

1、提高设备运行可靠性：

保证生产稳定可靠是第一要务，设备预警模块模块采用多种人工智能算法，利用正常运行的历史数据建立预警模型，当数据间联系发生异常时就预示

着故障的可能性。它的优势在于能比人更早地发现潜在的问题征兆，并能总体提前预警 1 小时至数天，为调整与处置或者提前准备检修创造条件，避免故障扩大，造成更大的损失。

预警模型搭建趋势模型超 2400 个，规则模型 1000 个，模型上线率达 90%，误报率 30%以内，故障漏报率为 0，形成预警报警信息 25 万条，正确预测设备劣化超 550 例以上，其中化工园、南热、铜山等项目公司成功的预测出空预器密封片碰磨、高加泄漏、旁路泄漏、疏水阀内漏、空预器堵塞、振动异常、轴承温度异常等早期劣化现象，将设备异常消灭在萌芽状态。正确预测较大设备劣化超过 500 例；诊断系统知识库案例数量超过 2600 个，形成规则数量 750 个，理论上可诊断 278 种设备故障；预测 22 类设备可靠性的发展趋势。

（1）减少键盘人员，降低劳动强度，预警模块实现辅助键盘功能，可减少每年每家项目公司运行人员 1 人。

（2）减少设备的检修及备件费用。预警诊断模块 2019 年在江苏大区共提前预警 500 多次事故隐患。

（3）减少机组非计划停运次数。江苏大区 2018 年非计划停运次数 8 次，2019 年非计划停运 5 次。

除了发现潜在的问题外，系统还希望能够帮助技术人员进一步找出“病因”并开出“药方”。高级诊断模块中采用了自然语言处理（NLP）、词向量、传感器数据分析（SDA）等智能诊断技术的最新成果，以“中西医结合”的方法实现对故障的诊断，并推荐以往处理方案。目前的诊断成功率超过 85%，通过诊断系统的应用，形成华润电力统一的知识库，使知识得以分享和传承。

既要保证系统可靠性，又要降低检修费用，是 RCM 模块所需要解决的问题。模块采用统计方法对检修历史数据分析，结合设备结构分析不同故障的可能性和设备总体可靠性，并能够采用模拟的方法计算不同检修方案的费用及可靠度变化情况，以风险矩阵的方式提示不同检修方案处于的欠修或过修状态，为设备检修提供量化的数据支撑。

通过对给水泵在线模拟不同的检修方案，按照风险矩阵的提示状态，发现在现有的检修方案基础上，还可以进一步优化检修策略，实现更好的综合经济效益。

2、经济性：

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

通过经济性线相关模块实施与应用，一方面降低江苏电网的考核费；同时，江苏大区各项目公司煤耗普遍下降，循泵优化模型为每家项目公司带来节能收益约 20 万元/年。低省优化模型为一台 60 万机组降低煤耗 0.2g/kWh。建立对标或优化模型近 10 类，其中 4 类已产生明显效果。其中板桥减温水优化模型投运后，煤耗下降 0.7g/KWh，化工园负荷分配优化模型，煤耗下降 4.25g/kWh。

经济性的基础起源于能耗分析模块，模块通过统一算法，给出各机组较为全面的实时能耗数据，并向其它模块输出。模块提供了灵活开放的二次计算能力和全面的对标能力，为项目公司提供能耗横向、纵向对标工具及问题深入分析的手段。已在多机组供热分配优化、循环水泵运行优化等问题上取得较好的效果。

经济性更大的效益空间来自未来的电力现货交易，负荷优化模块提前为这一趋势而准备，模块通过大数据挖掘产生机组历史能耗规律，结合机组电、热负荷的可运行区域及安全、环保约束条件，对不同机组的电、热负荷分配方案进行在线优化。通过对大量历史数据的分析，某一供热机组按照优化后的热负荷分配方案，进行实际切换，并由在线能耗计算发现能耗降低约 1%。

燃料分析模块提供不同项目公司的燃料对标平台，通过对关键燃料指标的对比，促进燃料管理水平提高。同时，通过采集各模块的安全、环保、经济数据，建立各机组的不同掺烧方式的事后评价档案，帮助项目公司积累经验，优化掺烧方案。

3、响应快速性：

改善各机组自动回路投运效果，提高 AGC 变负荷率；自动生成生产需要的各类报表，提高工作效率；实时制定设备检修策略，能更快出具故障诊断方案。机组自动投入率从 82%提升到 89%，提高机组自动化水平，使机组调节更灵活快速。提前数分钟至数天发现设备或系统存在的隐患，快速发现设备异常。快速获取全控股专家经验，迅速给出故障原因以及解决方案。

（1）机组反应的快速性

技术监控模块将传统的技术监督工作与线上数据相结合，创造性地提升了固有的技术监督模式。模块提供专业知识、资料支持；自动生成各项监督任务并实现全程管理；通过采集数据完善监督指标数据和实时告警体系；通过捕捉

重点指标，在线分析重要设备的劣化趋势状态；在线比对优化机组启动过程数据，在保证启动安全性的同时，控制启动消耗；建立设备健康档案，实现设备全寿命周期健康管理。保证机组处于健康状态，随时准备应对升降负荷。一方面，提高项目公司运行水平，另一方面提高机组设备监测维护水平。

利用能耗模块搭建不同设备配合模型，合理切换设备，提升现场人员操作水平，提升机组反应速度。利用自动模块提高机组自动投入率，使机组使机组自动化水平，使机组调节更灵活快速。

（2）运营效率的快速性

企业级工业互联网大数据平台，实现海量数据采集、处理、分析、存储、展示一体化。自动报表、自动报告等减轻日常的工作量。对标工具、自定义组件等加快用户的使用效率。CSASS 平台多个远程离线试验平台，用户可以利用工具快速获发起试验并得出结果。自动生成工作任务计划功能、系统间自动流转。

（3）售电反应的快速性

系统已经和后续的售电等环节对接，从一开始就考虑到了相关信息化的共享与打通。准确、及时计算生产成本提高机组响应快速性，并给售电云提供全面支撑，为开拓电力市场打牢基础。

通过系统快速计算每台机组每个项目公司的度电成本，缩短成本核算周期，为售电市场开辟提供有力支撑，提高对市场变化反应的快速性，有效提高售电的竞争力。

4、运营管理水平：

建立项目公司与控股之间线上实时业务通道，提升管理效率 50%左右；CSASS 已辅助项目公司完成线上问题闭环管理 1805 项，降低了管理成本。建立了规范的工作标准与流程，全控股共享的知识库、策略库、案例库，辅助运营管理智慧决策。构建数据中心，便于数据统一管理监控。CSASS 各功能与现场岗位职责相结合，形成 CSASS 标准应用场景，并结合日志对系统使用人员进行监督管理。无人干预下发现技术监督隐患，并依托平台实现问题的闭环管理，降低管理成本。

（1）认知与应用深化

通过认知培训、操作培训、实际应用、使用验证、理论培训、使用优化提

升项目公司用户管理水平、技术水平。

（2）组织与管理的探索

以预警模块为例，通过实践+经验分享模式探讨，统一采用专工+模型主人的管理方式，让具有技术高度、模型统一有责任人落实、模型具有生命力。

（3）克服固有习惯

采用管理指标、激励机制、员工培训三种方式克服一些固有的习惯。

管理指标包括案例、经验贡献量、预警诊断问题处理及时率、自动投入率、设备性能指标。

激励机制包括展示工作标兵、树立学习标杆、量化工作、物质奖励、模型经验冠名实施精神鼓励。

员工培训包括副监控中心培训、项目公司分模块，分阶段培训、项目公司全员培训等。

（4）管理路径缩短

以往技术信息获取通过异常发生-运行人员确认-专业获知及确认-领导获知及指挥-控股、大区获知的方式。通过 CSASS 系统，信息获取方式得到优化，各级可根据权限不同及时有效获取信息。通过系统的自动获取、处理及分发，管理者可以更快速的获取到各项目公司的生产技术数据、状态等信息，提高了管理层获取重要信息的便捷程度，较之以往的逐级信息传递更快速，能够帮助对现场的管理更全面、更扁平。

二、综合效果

分析专家系统功能来源于机组实际运行需求，能有效提高设备运行的可靠性和经济性，提高运营响应的快速性。

预警模块：全面、全时监测、预警，提前发现设备运行隐患。

高级诊断模块：在线分析预警原因，制定对策。

以可靠性为中心的检修：优化检修策略，减少检修费用。

能耗分析模块：设备性能计算，性能劣化分析、诊断，运行优化指导。能耗计算实现线上试验比对，试验工况计算精度小于 1%，并验证了标杆库的有效性。实时分析电网辅助服务指标，帮助项目公司减少考核损失，提高经济效益。采用仿真优化的技术路线替代人工经验，实现控制回路参数优化。

自动模块：提高自动控制回路调节品质，参数稳定，达到设计值；提高机

组变负荷性能，减少两个细则（一次调频、自动发电控制（AGC））被考核量)。提高自动控制回路调节品质，提高机组变负荷性能，在辅助服务中创造更大价值；为电力市场竞争提供强大支撑。

负荷优化模块：区域、厂内电负荷、热负荷优化调度，减少整体煤耗。

燃料分析模块：指标对比，降低管理煤耗；在线评价掺烧方案；给燃料采购提供耗用量预测。

技术监控模块：在线监督、评价生产过程主要参数和指标，数据、指标准确、及时，提高运营决策快速性。在线监督、评价生产过程主要参数和指标，避免设备故障。突破传统技术监督局限，在线监督国家、行业标准的执行情况，创新性地融合 CSASS 各功能模块输出，实时监测和分析与关键设备健康有关的参数、指标，保障火电机组安全、优质、经济运行。

（1）本产品的应用，为发电行业设备状态监测与故障诊断专家系统的应用提供了一个标杆，特别是基于大数据机器学习算法（GMM、RGMM、SVM 核心算法模型）改变了传统的依靠人员管理经验进行设备状态监测与故障诊断，在系统使用过程中专家经验得到继承与发展。

（2）发电部、技术支持部专工对于设备状态监测的实时性提高，及早发现设备隐患，并通过运行调整、设备维护、设备检修等快速反映提高隐患处理的周期，避免异常的扩大，较少检修的工作量，工作效率得以提高。

（3）帮助火电厂提高了设备劣化、缺陷监测与故障诊断水平，从而提高发电设备的可靠性，减少机组非计划停运事件的发生。

（4）构建了火力发电行业的知识库，使得专家经验得以继承与发展，为后续人才培训提供了丰富的案例资源。

CSASS 系统已汇集华润电力火电项目多年生产实时数据，形成了统一大数据平台，体现了工业互联网发展方向。通过汇集各系统不同数据，建立统一、标准的指标库，采用商业智能技术，通过图形化分析工具，实现快速智能分析。

CSASS 系统采用当前人工智能领域的最新成果，融合自然语言处理、智能数据预处理、深度学习等技术，与传统的统计学算法、机理分析相结合，在机组可靠性与经济性两大主线所包含的诸多应用功能中，取得设备预警、高级诊

断、以可靠性为中心的维护、数据重构、自动优化、负荷优化等多项行业内的技术突破，并以技术监控为抓手，实现技术与运营的深度融合。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例10

西安工业云

SaaS 软件订阅模式的实践

——工业互联网商业模式在运营商的落地实践

【公司简介】西安中服软件有限公司（CServer）成立于 2008 年，长期致力于云计算平台及相关产品研发和服务，是国内专业的云平台提供商和服务商，也是工业互联网平台主要厂商。通过多年专业的研究、开发、应用，形成了自主的“一网四平台”产品体系，“一网”指中服工业互联网平台（CServer IIP），“四平台”指中服 CServer PaaS 平台、Cserver IoT 物联网平台、CServer BDPaaS 大数据平台和 CServer SaaS 应用超市平台。

中服工业互联网平台以边缘物联网络为基础、以大数据治理为支撑、以 PaaS 智能管理为核心、以全流程应用服务超市为关键，经多年项目实践验证，是能够持续运营、演进生态的跨区域跨行业平台，于 2018 年获得工信部工业互联网平台可信服务评估认定。

中服云向区域级工业互联网平台延展、向行业级工业互联网平台纵深，助力西安、长治、普洱等多个二十多个区域实现企业上云、众包发展、产业协同，赋能军工、电力、钢铁等设备制造行业实现设备上云、云端维护、预警预测。

一、项目概况

西安工业云平台为西安乃至全国 IT 供应商、服务商、使用者创建的网上在线平台，聚集优质资源，打造供需生态圈，加速工业企业、信息产业融合转型升

级。

1. 项目背景

原西安市工业和信息化委员会指导和支持下，西安中服软件有限公司与中国电信股份有限公司西安分公司深度合作，以“政府主导、市场推动、优势互补、合作共赢”的原则，共同推动并完成了西安工业云平台的建设。

电信运营商具有广大的企业客户服务群体，工业互联网平台通过赋能电信运营商开展运营，拓展在线软件订阅（租赁）方面新业务，对于工业互联网产业发展具有重大且实际的意义。

2. 项目简介

西安工业云平台包含软件超市、解决方案、供需对接、工业资源库、工业品发布、政务通道等模块，为企业提供“一站式”综合信息化服务。

3. 项目目标

（1）为政府和企业提供网上通道，便于迅速掌握企业经营状况，科学规划、布局和决策，提升政府服务能力；

（2）为工业企业提供高标准在线软件超市，大大降低软件产品的使用成本，促进工业信息化，助力企业上云；

（3）为软件企业提供入口，帮助优秀软件云化，快速上云，服务大众，提升软件产品使用率，大大提升软件产品的交付效率，助力软件上云，促进工业软件服务业发展；

（4）为供应商和服务商拓展企业销售渠道，提升精准营销能力；

（5）为创业者提供便捷、优质、开放的开发环境与工具，助力优秀工业软件产生。

二、项目实施概况

西安工业云平台依托中服工业互联网平台，汇聚数十家国内知名软件服务商共计百余款产品，为广大企业提供了自助、廉价、易用、高标准的在线设计、工程、仿真、生产、销售、管理等方面的软件服务，极大提升了软件产品的交付效率，有效降低了软件成本和使用门槛，促进工业软件服务业发展，助力企业上云。

1. 项目总体架构和主要内容

（1）平台整体架构

西安工业云平台包括 IaaS 基础层、PaaS 平台层、SaaS 应用层、门户层四层，IaaS 层依托中国电信天翼云搭建 VPC 专属云资源池，PaaS 层依托中服软件组件化 PaaS 和 docker PaaS 提供底层支撑和资源调度和监控，SaaS 应用层以中服软件“软件超市平台”为基础搭建，汇聚各类应用并提供运营管理功能，门户层构建了门户首页、解决方案、供需对接、工业资源库、工业品发布、政企通道等服务板块。



图 1-西安工业云整体框架图

（2）项目主要内容

西安工业云项目主要包括软件超市、解决方案、供需对接、工业资源库、工业品发布、政企通道等主要版块建设内容。分别是：

1）软件超市：为中小企业提供设计、制造、工程、销售、管理、流通、大数据等全方位的软件云服务，用新的应用模式提供优质服务，降低企业信息化成本，提高企业竞争力。

2）解决方案：接入并提供企业信息化智能化解决方案，主要针对于目前中

小企业所面临的一些现实中存在的问题，提出的一种切实可行且能降低成本、提高效率的有效问题解决方案，帮助客户作出更明智的决定，取得更有效的管理成果。

3）供需对接：专注制造服务，促进供需有效对接，以制造资源和能力为契机拓展制造服务商机，降低企业的宣传推广成本，提高企业的工作效率。

4）工业资源库：为中小企业提供海量工业领域的模型、文献、标准、专业等设计资源，提高设计效率、缩短研发周期，构建西安本地工业零件库，整合西安工业资源，建设工业生态圈。

5）工业品发布：企业可开设店铺，发布自身的产品和服务，展示企业形象，助力互联网产品展示、产品营销。

6）政企通道：对接原西安市工业和信息化委员会，有在线办事、运行监控、通知公告、工业经济运行监测系统、工业项目申报服务系统等五个模块，贯彻国家“让百姓少跑路，让数据多跑路”的政策，为企业用户提供便捷的政府通道，利于企业了解政府动态及文件，简化政府单位办公流程，便于企业与政府机关沟通。

3. 具体应用场景和应用模式

（1）通用化 SaaS 软件体验式营销，在线开通在线订阅

基于中服组件化 PaaS 和 docker PaaS 平台，实现应用的快速自助接入，构建了在线开通、弹性伸缩的在线 SaaS 软件超市平台，SaaS 应用两分钟内在线开通，在线免费体验一个月，为广大企业提供软件系统的体验式消费环境，汇聚精品应用，降低选择风险，在线订阅方便快捷。

（2）个性化软件需求按需组装、即租即用

中服软件超市平台国内首创的完成了软件系统按需组装的应用效果，为广大中小企业阶段性、一体化实施信息化提供了良好支撑。

（3）应用间集成，提供数据源接口和数据可视化以及工作流引擎等工具组件

西安工业云平台实现了平台上所有应用统一身份认证单点登录，应用间可按照约定开放数据源接口，借助平台提供的数据可视化工具组件实现各类数据的集

成统计分析展示，借助平台提供的工作流引擎实现应用间的流程集成。

4. 安全及可靠性

平台借助中国电信天翼云平台，严格按照国家信息系统安全等级保护四级相关标准配备相应的安全设备、技术防护手段及安全保障服务。从云平台的互联网接口安全、租户网络的互联网安全、云平台和租户之间的安全、云平台内部安全、租户网络内部安全以及运维安全六个层次建立稳固、深度和自动防御系统，保障用户用云安全。



图 2-西安工业云安全体系图

三、下一步实施计划

1.不断增加 SaaS 云化软件数量和种类

SaaS 软件订阅模式的开展依赖于平台具有行业刚需、企业刚需的应用软件，目前平台已经汇聚了数百款应用，但在深入工厂内部，深入行业的强工业属性的工业物联网应用数量还不够丰富，需要通过多种途径培育和云化接入。

2.与西安本土丰富的教育科研资源合作，培育工业 APP 生态

西安工业云平台构建起了可盈利的订阅模式环境，但整个平台的运营需要企业管理全链条的应用软件提供商和创新创业者支持，特别是对工业有深度应用价值的 SaaS 化应用还是比较少，借助西安本土丰富的高校、研究所等教育科研机构资源，以开发大赛、行业 APP 评选为途径培育工业 APP 生态，保障平台持续运营增长。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

西安工业云平台以软件订阅模式的落地实施为核心，为运营商开辟了 SaaS 软件订阅（租赁）新兴业务板块，为企业提供了个性化软件需求的在线按需组装、即租即用的创新体验效果，获得广大企事业单位的广泛认可。

2. 实施效果

西安工业云平台 SaaS 软件订阅（租赁）新兴业务板块，实现了传统运营商 DICT 项目的平台化和标准化输出和交付，带动了运营商云专线、云主机、云存储、移动终端、物联网卡等业务新增长，大大提高了信息化综合服务的水平和效率，推动了工业互联网平台应用向企业的快速推广和售卖，截至 2018 年 12 月 12 日累计营业收入超过 2000 万元。

随着物联网各类应用的不断丰富，预计 2019 年 12 月平台营收将突破 3500 万元实现投入产出持平，进入正式盈利阶段。

案例 11

宜科（天津）电子有限公司

可快速部署的低成本多源异构数据采集和可视化解决方案

—— 基于宜科边缘控制器和 IoTHub 平台的设备智能管理应用

宜科（天津）电子有限公司成立于 2003 年，位于天津市西青经济开发区，在中国天津和德国德累斯顿设有研发中心。公司将“自动化技术+数字化工厂+工业互联网”定义为重要的发展战略，围绕工业互联网和智能制造业务持续发力，在工业互联网、智能制造、工业软件等方面积累了大量项目案例和实施经验，在工业互联网领域拥有核心产品和方案，在系统集成解决方案领域处于国内领先地位。

一、项目概况

宜科边缘控制器利用宜科 IoTHub™ 工业互联网赋能平台和 Workbench 工业 APP 快速开发工具，提供“设备连接+数据可视化”应用模式，将成为中小企业管理者直观了解工厂运行状态的最有效方式。

1. 项目背景

工业互联网平台是工业互联网建设的核心。工业设备上云正成为牵引工业互联网平台发展的先导性应用，也是当前工业互联网平台建设的切入点。

工业设备上云就是通过建立实时、系统、全面的工业设备数据采集体系。构建基于云计算的数据汇聚、分析和服务平台，实现工业设备状态监测、预测预警、性能优化，引导带来工业互联网平台的功能演进和规模商用。工业设备种类繁杂、数量多、通信协议与数据格式各异，当前尚缺乏有效的技术手段能够低成本、便捷地实现工业设备快速接入平台，导致绝大部分平台的设备接入数量有限。

2. 项目简介

基于宜科边缘控制器，提供**“数据+应用”**的服务，充分利用 IoTHub™ 工业互联网赋能平台 IaaS 和 PaaS 资源，以及边缘计算设备的性能，提供数据采集能力和数据可视化应用。

数据：系统提供多种协议接口，支持典型的工业控制器、传感器、物联网采集监控终端，并提供协议连接及数据交互操作。

应用：工业 APP 开发工具，方便提供生产过程监控、调试维护配置、报警相应及处理、报表实时更新及显示生成等功能，方便平台应用。

数据+应用=服务

3. 项目目标

面向工业互联网应用，支持市场二十种以上主流工业协议解析，支持二十万台设备并发连接，提供面向工业现场的图形化、拖拽式和低代码快速开发 APP 工具，支持本地、私有云、共有云混合或单一部署，提供多个重点垂直领域的基础应用 APP。

在汽车整车及零部件、装备制造、冶金、电子信息领域发展客户上千家，设备连接数超百万。在设备监控、设备预测性维护、生产现场数据可视化、数据分析、实时报警等方面，帮助广大中小制造业企业解决“数据之痛”，提升生产效率，降低运营成本，提高管理水平，助力企业做大做强。

二、项目实施概况

针对于广大中小企业，提供数据采集+可视化方案，直接将现场采集数据经由 IoTHub 平台转换处分析后，通过高度定制化的工业 APP 和 Dashboard 客户端呈现给客户，与市场同类产品相比，产品价格和部署周期有巨大优势。

1. 项目总体架构和主要内容

面向中小企业制造过程最重要的数据化环节，融合工业互联网技术及平台理念，提供智能现场连接采集系统，实现边缘处理以及工业 APP 微服务。

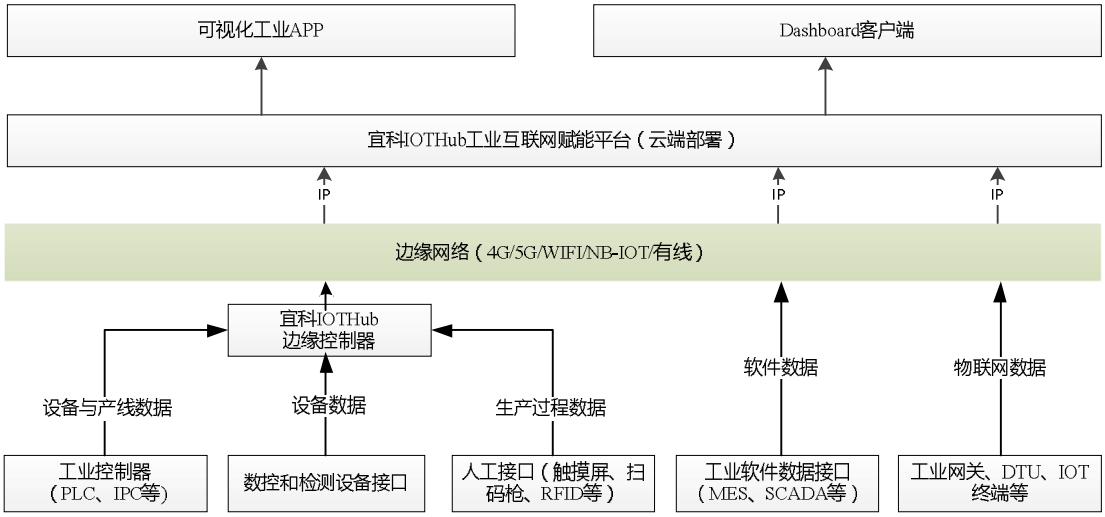


图 1 项目总体架构

2.边缘部署架构和主要内容

宜科 IoTHub™ 是由宜科德国研发中心与宜科中国研发团队联合打造的一款面向工业 4.0 智能制造应用、物联网连接管理应用、工业互联网平台赋能的边缘层设备平台，可结合不同的应用场景及部署环境，实现多种应用属性，面向工业制造业，融合工业互联网技术及平台理念，作为工业互联网平台边缘层、PaaS 层、SaaS 层提供赋能应用支撑。同时，面向制造业智能制造过程最重要的数据化环节，提供智能现场连接采集系统，实现边缘处理以及工业 APP 微服务。

（1）边缘数据采集和可视化主要内容

将工业现场的工业控制器、数控与检测设备、人工数据通过 IoTHub 边缘控

制器进行异构协议解析和转换后，形成统一的 IP 数据与软件数据和物联网数据上传到云端。基于 IoTHub 平台自身内置的逻辑交互及规则引擎，提供轻量化 MES 系统的功能，用户应用界面通过工业 APP 实现数据的应用。通过微服务的方式，主要解决工业制造领域各个场景下各类机器及设备的控制器、传感器、物联网智能终端与本地或云端数据库，以及现场操作及远程操作人员之间的互联互通。作为工业互联网平台解决方案的初级配置，适用于典型的制造业落地应用。

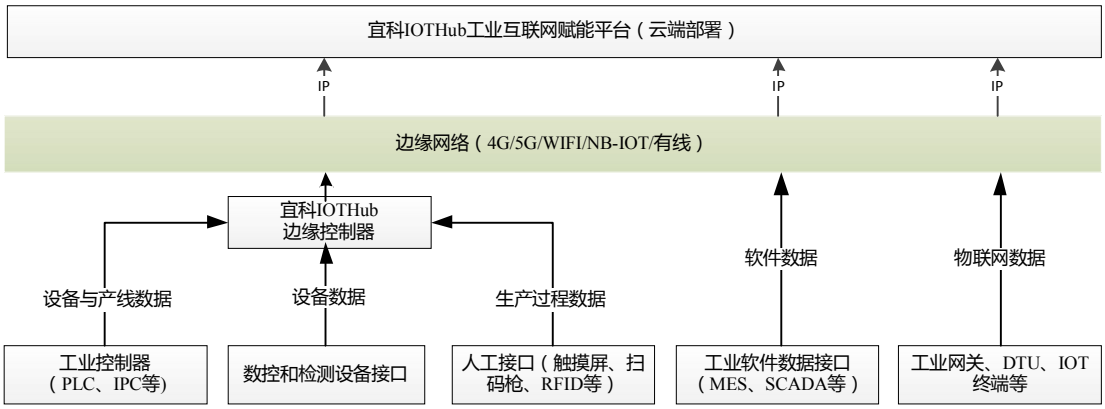


图 2 数据采集和可视化总体架构

（2）宜科边缘控制器

IoTHub 边缘控制器是 IT 和 OT 之间的物理接口，实现工业互联网应用的南向与北向“互联互通”。IoTHub 边缘控制器产品（图 3）包括 IoTHub Agent 边缘采集网关、工控机等。结合不同的采集、处理及存储需求，边缘控制涵盖 ARM 架构、X86 架构的处理器，支持 Linux 及 Windows 操作系统，结合工业现场典型的数据接口类型，典型的南向物理接口包括 RJ45（LAN）、RS232、RS485、GPIO 等接口，支持主流的 PLC 协议及数控协议，用于连接边缘层设备。北向提供 RJ45（WAN）、4G、WiFi 等网络接口，支持标准 TCP/IP、MQTT 等网络协议，用于连接工业互联网平台或工业互联网赋能平台（图 4），完成 IT 与 OT 的物理融合。



图 3 宜科 IoTHub 边缘控制器

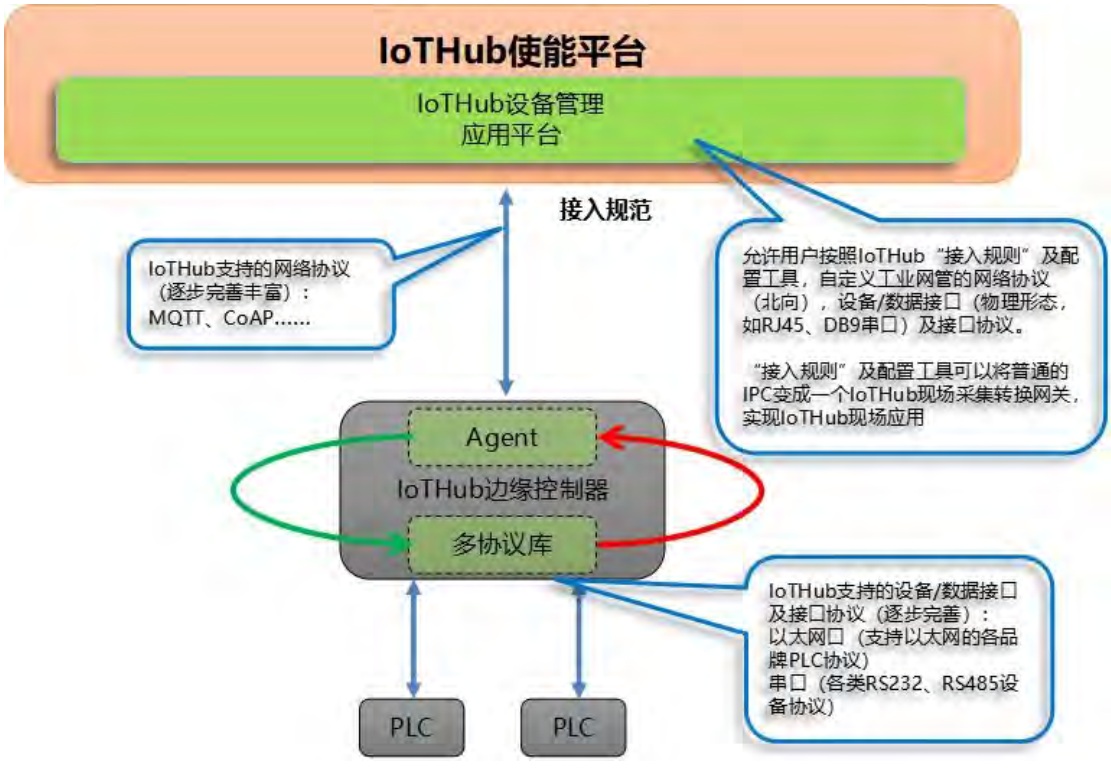


图 4 宜科 IoTHub 边缘控制器部署方式

（3）基于 IoTHub 的新型自动化上位 App 开发环境



图 5 基于 IoTHub 的新型自动化上位 App 开发环境

通用开发环境主要用于开发工业 APP。工业 APP 分成两类：边缘层 APP（图 6） 和应用层 APP（图 7）。通用开发环境基于宜科 WorkBench 工业 APP 开发工具构建，能够实现图形化低代码快速开发和一键式部署，并提供工业 APP 应用商场。

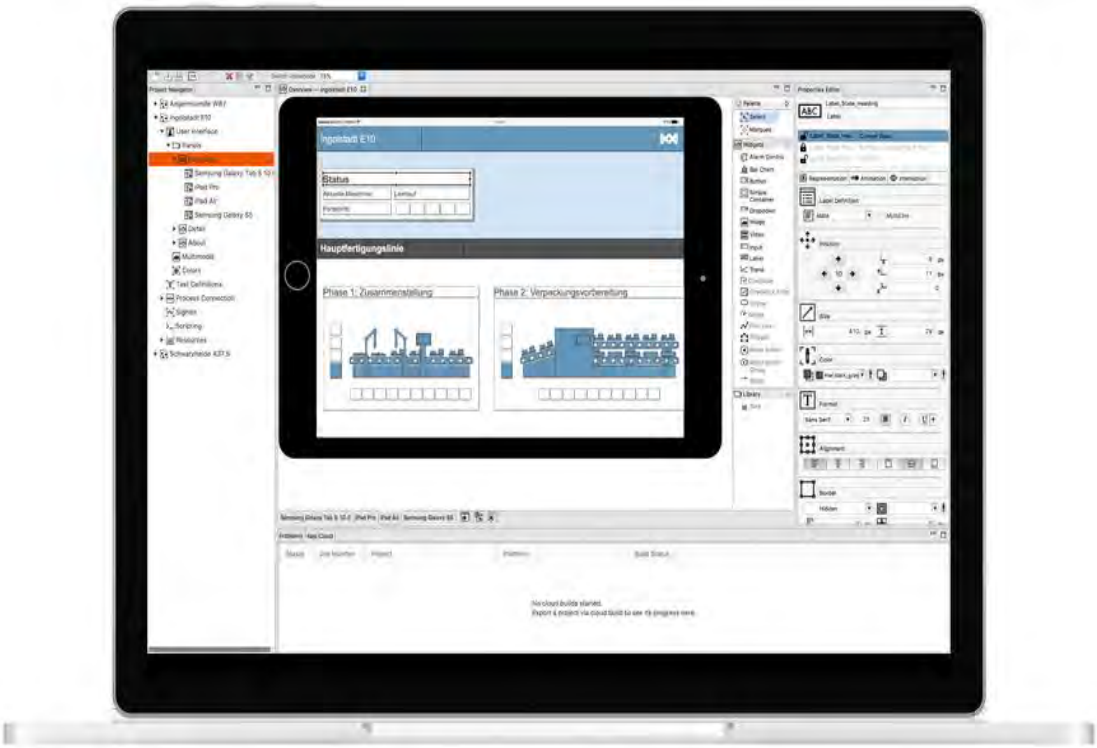


图 6 应用层 App 开发环境界面

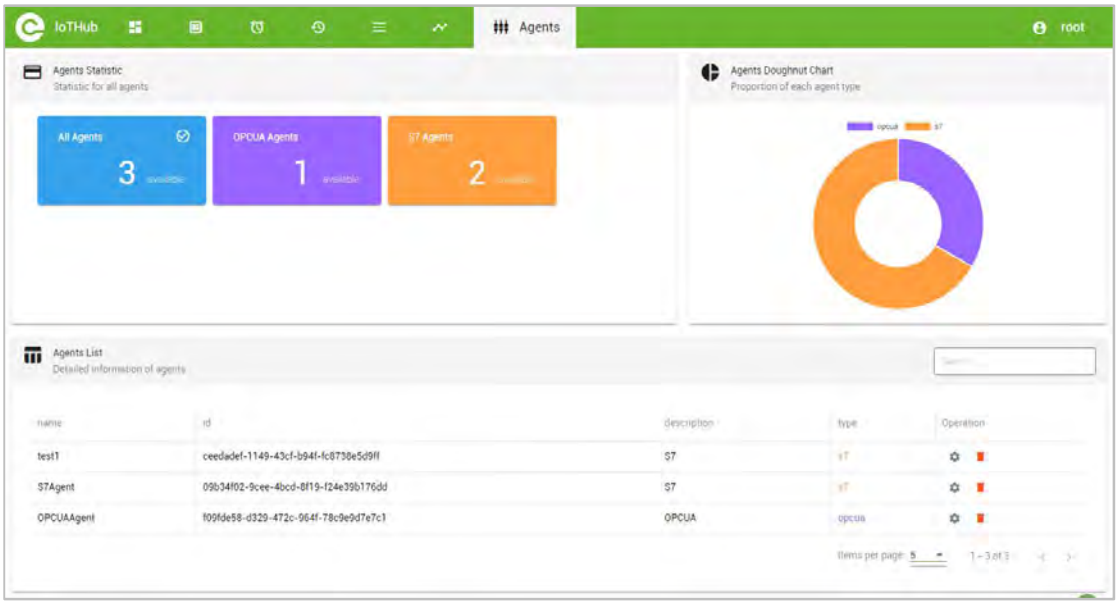


图 7 边缘层 App 开发环境界面

3. 具体应用场景和应用模式

（1）应用场景

设备可视化：对企业设备进行几何建模，可以直观、真实、精确地展示设备分布、设备运行状况，同时将设备模型与实时、档案等基础数据绑定，实现设备在二维场景中的快速定位与基础信息查询。

设备预测性维护：通过对设备的集中式管理，人员分权限使用，可以实现远程开关机、远程设置参数；远程设置策略，批量、定时定点操作；设备视频集成、远程呼叫。

数据分析：通过采集设备的原始数据：如电流电压等；或者采集设备的结果数据：如报警，故障等，积累设备运行大数据，设备运行分析报告，设备经济运行报告等。

实时报警：制造商自动化水平越来越高，很多岗位实现了全自动无人生产，甚至往黑灯工厂。针对设备故障后无人在现场不能被及时发现，现在通过实时报警系统及时显示设备故障并主动推送。

（2）应用模式

针对于广大中小企业，提供数据采集+可视化方案，直接将现场采集数据经由 IoTHub 平台转换处分析后，通过高度定制化的工业 APP 和 Dashboard 客户端呈现给客户。

4.安全及可靠性

（1）安全机制

通过开发示例性协议过滤器组件（MQTT），开发 Android 应用程序的安全执行套件，建立应用程序隔离机制；建立虚拟机移动到组件的安全隔离机制，满足本地和云端平台安全访问需求。

（2）可靠性

产品基于 Kafka 事件处理总线流处理平台，具有高可靠性、高扩展性、搞数据吞吐能力的特性，满足 IoTHub 内部模块之间快速、安全、可靠和可伸缩的数据交换。

三、下一步实施计划

1. 计划 1 丰富协议支持种类

继续完善设备连接管理能力，最终达到支持市场全部主流设备管理协议的目标。

2. 计划 2 拓展垂直行业应用

在现有汽车整车和零部件行业应用的基础上，深耕垂直行业应用，拓展机械制造、新能源、冶金、电子信息等行业解决方案。

3. 计划 3 建立生态体系

针对不用用户特性及资源需求，整合合作伙伴解决方案，包括对于云资源、网络资源、采集硬件的系统认证模式，为用户提供稳定可靠的参考方案。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）多源异构协议兼容的数据集成

采用可扩展异构协议解析器，接入工业控制器、数控设备、人工接口、物联网终端、工业软件等五种现场数据源。

（2）图形化低代码通用集成开发环境

建立图形化低代码通用集成开发环境，实现图形化编辑、自动代码生成、分布式编译、一键式部署和工业 APP 应用商店的集成，能够有效提高工业 APP 开发部署效率。

（3）可视化垂直闭环应用

以简单的设备接入和分布式 APP 为展现形式，打通从数据采集到设备管理可视化的垂直闭环应用链。

2. 实施效果

IoTHub 边缘控制器的核心是能够有效解决工业互联网落地过程中的困难及问题，能够切实有效的实现工业制造业与工业互联网、使用云平台及大数据分析等先进制造增值服务技术融合应用。特别是无法负担或接受通过对于企业进行 MES 系统实施提升企业数据化的中小微企业，从工业企业发展现状进行分析，总结宜科过往的案例与实践，针对中小企业在“人、机、料、法、环”各个环节都普遍存在的“痛点”，包括如何实现多源设备、异构系统、运营环境、人等要素间信息实时高效采集和互动，从而实现工业互联网的基础工作——数据化。

面向智能制造现场的连接采集应用，针对制造业现场各种类型的设备、控制器、数据库，以及人员的连接及数据采集提供快速便捷的接入管理方案，并基于宜科自身内置的逻辑交互及规则引擎，提供轻量化 MES 系统的功能，用户应用界面通过工业 APP 实现数据的应用。通过微服务的方式，主要解决工业制造领域各个场景下各类机器及设备的控制器、传感器、物联网智能终端与本地或云端数据库，以及现场操作及远程操作人员之间的互联互通。作为数据化解决方案的初级配置，适用于典型的制造业落地应用，快速实施快速应用，为智能制造解决方案系统集成商提供了快速开发、部署以及管理应用的系统平台，以较小的基础设施扩展、数据管理和归集投入，便捷的通讯协议接入及配置实现数据化应用，降低开发成本、大大缩短开发时间。

案例12

北控水务（中国）投资有限公司

和利时科技集团

北控水务 BECloud™ 智慧水务云平台

北控水务集团是北京控股集团有限公司旗下专注于水资源循环利用和水生态环境保护事业的旗舰企业。北控水务集产业投资、设计、建设、运营、技术服务与资本运作为一体，是综合性、全产业链、领先的专业化水务环境综合服务商，业务涵盖市政水、流域水、工业水、村镇水、海淡水及环卫固废、科技服务、金融服务、清洁能源等领域。2017 年起，集团将全面创新提到集团战略层面，在行业内率先践行智慧化运营管理理念，通过将行业专业理论经验与和工业互联网平台以及云计算、大数据、机器学习等 IT 与 OT 技术的融合，链接水务行业的实际需要导向和技术领域的可能性，引领开发了包括智慧水务运营管理平台 BECloud™、数字双胞胎、全流程智能控制系统等智慧化的大数据解决方案，紧扣水厂关键工艺环节智能化、生产过程智能优化控制、建设水务行业智能水厂，建立智能水厂标准体系和信息安全标准体系，推动水务行业的整体提升与大跨步发展。

和利时作为中国领先的自动化解决方案供应商，20 多年来始终围绕工业现场生产制造和企业运营提供技术、产品和服务，累计实施了几万个各类工业自动化项目，包括流程、离散和运营等不同类型工业领域和门类，深刻理解企业面临的生产和运营问题。随着云计算、大数据、人工智能、物联网、边缘计算等新一代信息技术的迅猛发展，和利时不断开发出融合新 ICT 技术或顺应技术发展趋势的产品，今天已经基本形成了包括边缘控制器、边缘智能控制系统、边缘网关、数字化工厂生产运营管理系统、工业云为一体的工业互联网平台（数字工厂操作系统 HolliCube），并基于该平台实现了中药调剂设备云、通用设备云、智慧水务

运营管理平台、轨道交通综合运维管理平台等多个典型行业和示范性应用。和利时通过 HolliCube 产品、智能制造解决方案和数字化服务，助力客户打破各种自动化信息孤岛，实现两化深度融合和数字化转型，引领和满足市场对数字化、智能化的新需求。在此背景下，和利时与北控水务强强联合，基于和利时 HolliCube 打造了智慧水务运营管理云平台 BECloud™。

一、项目概况

基于北控水务在行业内专业理论经验及和利时 HolliCube 数字工厂操作系统，建立智慧水务运营管理平台 BECloud™，构建海量工业数据采集、处理、存储、汇聚、分析和服务体系，支持水务企业数字化能力的快速提升，引领水务行业发展，探索水务行业业务新模式，形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的水务行业服务新生态。

1. 项目背景

近年来，水务行业的大跨步发展给全体从业者即带来了挑战和机遇，在十九大上提出开启生态文明建设新时代，行业标准逐年提升，社会关注度不断增强，市场竞争日趋充分，各业态趋向“一张图”统一管理，业务技术能力提升需要突破，经济效益与社会效益统筹协调，企业发展与行业发展方向一致，行业实现与高新技术创新融合。

水务行业的模式转型，需要从数字化转型入手，专业、高效、开放的行业工业互联网平台，容易被行业普遍接收和使用，助力行业的数字化转型，实现高效可复制的行业新模式。

无论何种平台亦或是创新模式，都脱离不开业务背景。目前大多数水厂运行与管理严重依赖经验，该方式调控粗放，控制精度低，时效性弱，造成电、药的大量浪费，使水厂运行成本居高不下。开发可有效实现污水厂稳定、低碳、高效运行的全流程智能控制策略变得日益迫切。然而，智能控制技术要以大量水厂实际运行数据为依托。目前各地水厂数据管理松散，各地区各水厂各自为战，数据存储形式各不相同。阻碍了标准智能控制技术的推广。水厂数据质量参差不齐，严重影响了水厂的现代化管理和生产。解决这一问题的根本就在于形成面向水务

行业的数字化、网络化、智能化需求，构建基于海量数据采集、汇聚、分析和服务体系，支撑制造资源泛在连接、弹性供给、高效配置的开放式平台。

2. 项目简介

北控水务面向水行业数字化、网络化、智能化需求，建设智慧水务运营管理平台 BECloud™，构建基于海量数据采集、汇聚、分析和服务体系，支撑水行业业务能力提升、资源配置的开放式平台，构建水务行业生态体系的核心。其本质是通过构建精准、实时、高效的数据采集互联体系，建立面向工业大数据存储、集成、访问、分析、管理的开发环境，实现工业技术、经验、知识的模型化、标准化、软件化、复用化，不断优化研发设计、生产制造、运营管理等资源配置效率，形成资源富集、多方参与、合作共赢、协同演进的水务行业新生态。

3. 项目目标

通过云计算、大数据和人工智能等新一代的互联网 IT 技术，叠加上北控水务多年积累的行业知识和工艺技术，以及结合北控水务的卓越运营管理理念，开发出一套面向水务行业的智慧水务运营管理平台 BECloud™，面向北控水务集团的水厂，建立“数字化”应用和标准化运营体系，实现运营管理能力的深度提升。未来将运营管理平台从集团内，推动集团外，不仅提升集团智慧水务核心竞争能力，同时还赋能给同行企业，提高整体水务行业的运营水平。

通过智慧水务运营管理平台 BECloud™ 的建设，能够在污水处理环节快速、全面融入北控水务在运营管理上的成熟理念和丰富经验，利用人工智能和大数据、云平台等先进技术，配套建设、应用集智能感知、智能预警、智能调度、智能处置和智能服务等智慧化功能于一体智慧水务运管系统；通过将水务机理模型和大数据科学相结合，深入发掘海量工业数据，揭示传统技术方式难以展现的关联关系，提升整体数据分析能力，为有效处理复杂运管问题提供新的手段，实现水厂智能预测和决策支持、工艺优化、精确控制、无人值守等功能提供平台支撑。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容

（1）系统总体架构设计

智慧水务运营管理平台在技术创新上采用了融合边缘计算和云计算的基础架构，包括设备层、PaaS 层和 SaaS 层和模式层。

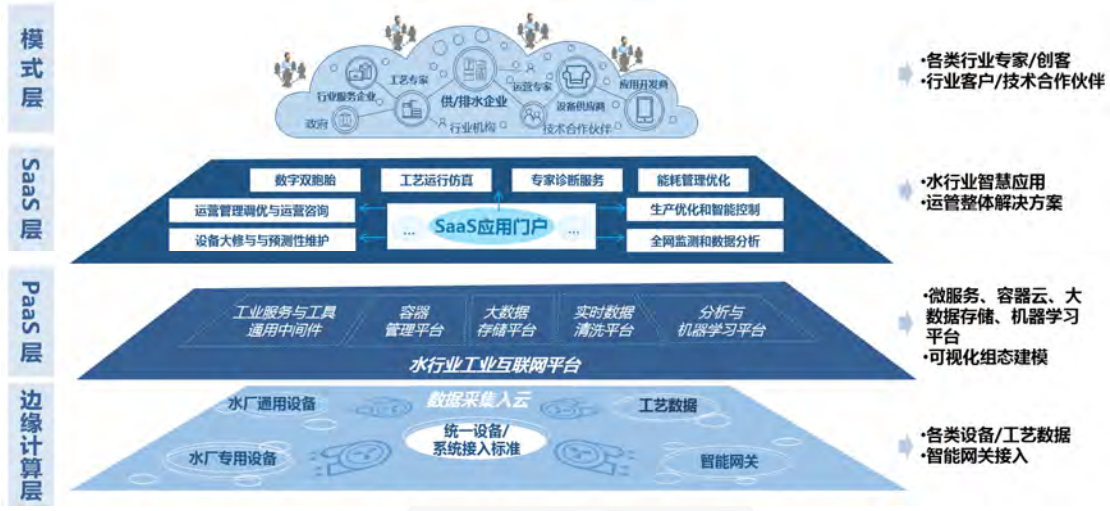


图 1　系统总体架构图

边缘计算层在靠近物或数据源头的边缘侧，通过大范围、深层次的数据采集，以及异构数据的协议转换与边缘处理，构建智慧水务运营管理平台 BECloud^{TM} 的数据基础，包括通过各类通信手段接入不同的设备、系统和产品，采集海量数据，以及依托协议转换技术实现多源异构数据的归一化和边缘集成；

工业 PaaS 层在通用 PaaS 层之上叠加工业模型、数据管理、大数据处理、工业数据分析、工业微服务等创新功能，构建可扩展的开放式云操作系统。工业 PaaS 层主要有以下三个功能：一是提供工业数据管理能力，将数据科学与工业机理结合，帮助水务企业构建工业数据分析能力，实现数据价值挖掘；二是将大量的工业技术原理、行业知识、基础工艺、模型工具等规则化、软件化、模型化，封装成为微服务组件，可重复使用；三是构建应用开发环境，借助微服务组件和工业建模和应用开发工具，帮助用户快速构建定制化的工业 APP。

SaaS 层针对水务行业场景，开发业务逻辑功能，通过调用边缘层和平台层的微服务，推动工业技术、经验、知识和最佳实践的模型化、软件化和再封装，从而形成满足不同场景的工业 APP，包括数字双胞胎、工艺运行仿真、专家诊断服务、能耗管理优化、运营管理调优与运营咨询、生产优化和智能控制、设备大修与预测性维护、全网监测与数据分析等，从而形成智慧水务运营

管理平台 BECloud^{TM} 的最终使用价值。

通过打造智慧水务运营管理平台 BECloud^{TM}，创造新的业务开发和商业模式：开发沉淀专业模型以平台服务的模式开放，建立服务盈利模式，并通过基于模型开发的专业 APP，建立流量盈利模式；打造开发者社区，激发创新活力，部分专业激励算法模型开源，吸引行业开发者共同迭代，提升开发效率；探索数据商品化，将运营数据脱敏后以平台资源模式开放。

（2）主要内容

- 水务行业工业互联网平台构建整体规划；
- 建立水厂数据的统一编码、标识规则和元数据模型；
- 基于 OPC UA 构建水厂信息模型、各类设备模型以及工艺模型；
- 分布在全国各地的污水、供水、水环境、村镇污水等数据的接入和预处理；
- 水务行业工业互联网平台 IaaS、通用 PaaS、工业 PaaS 服务的建立和部署；
- 数据清洗和大数据分析平台的建立和部署；
- 开发面向水务生产运营管理的典型 APP，包括生产过程远程监视、多水厂 KPI 指标分析、综合运营管理驾驶舱等工作。

2. 平台数采/数据存储架构

（1）数据采集方案设计

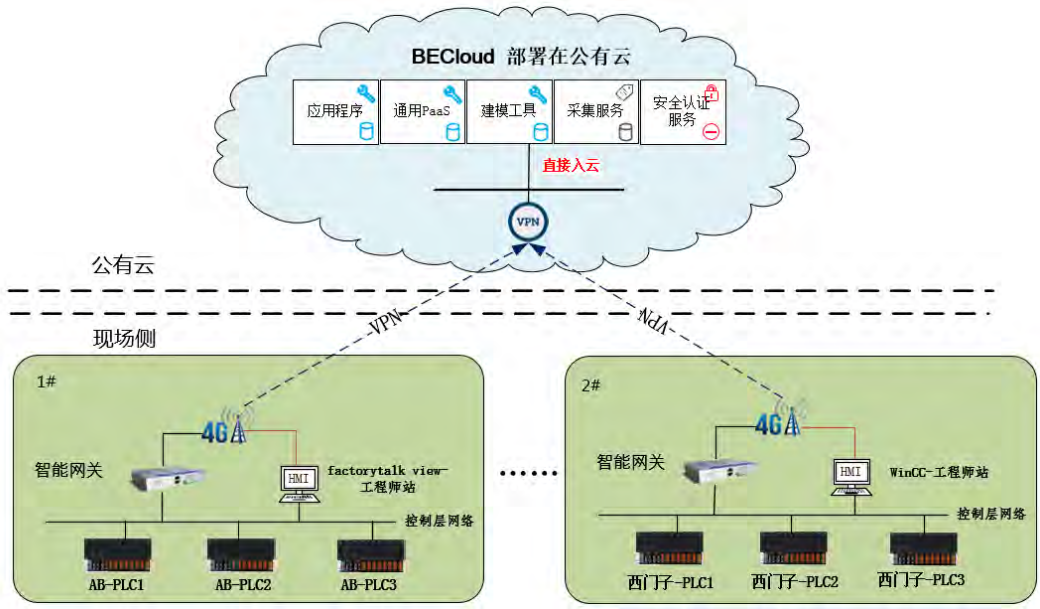


图 2　数据采集方案设计

- 在水厂侧部署智能网关，支持多品牌 PLC 协议接入，设备接入协议可定制开发。
- 智能网关通过 4G 将数据直接传输入云。
- 数据传输过程中通过 VPN 等手段进行安全加密。
- 云平台端通过标准协议支持更多厂家智能网关接入，提供接口开发 SDK

（2）数据存储架构设计

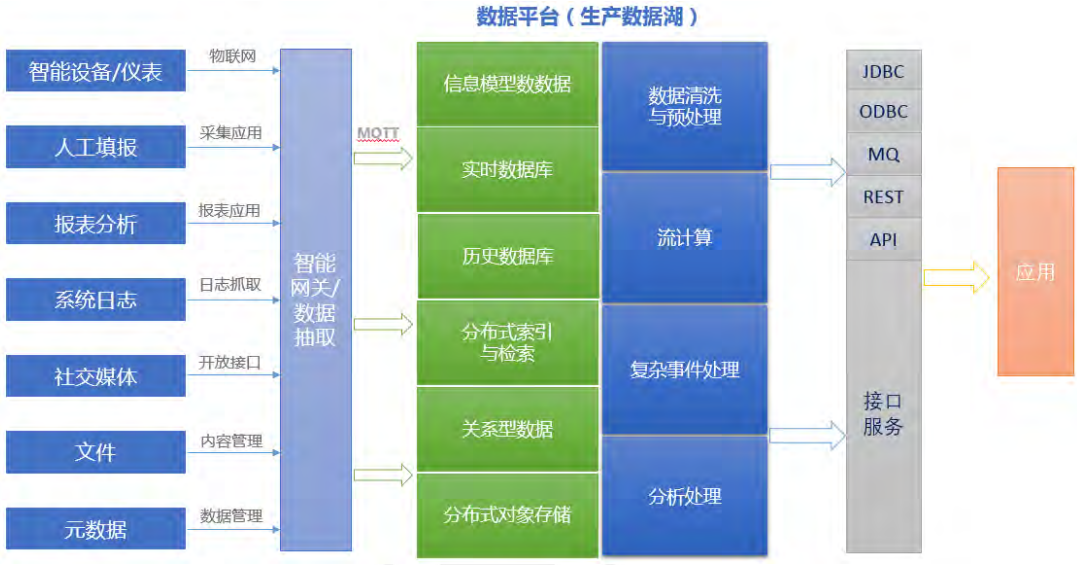


图 3　数据存储架构设计

针对工业数据异构性、海量规模的特点，根据每种数据特性选择合适的存储方式，采用数据湖技术(SQL/NoSQL/NewSQL/图关系/分布式索引/内存数据/文件数据等)实现数据统一存储方案，满足了水务行业场景下异构、海量数据高并发、高吞吐、低延时、高可用的数据使用要求。

3. 具体应用场景和应用模式

（1）基于物联网平台功能和专业数据模型管理，实现工业实时大数据的采集、监控和分析

对污水处理厂不同种工艺段图形化展示，可以实时展示每种工艺段中设备实时状态和仪表实时数据。提高数据反馈时效性，将实时数据最新的变化情况及时展示，当现场出现设备或仪表的告警时，可实时获取这些告警信息，在第一时间展示给现场操作人员。

将关键工艺参数以趋势曲线方式展示数据实时情况，分析实时数据当前及过去曲线走势，可以对同一个数据指标进行环比和同比数据分析，通过分析数据对现场的设备和仪表运行维护提供数据分析支持。

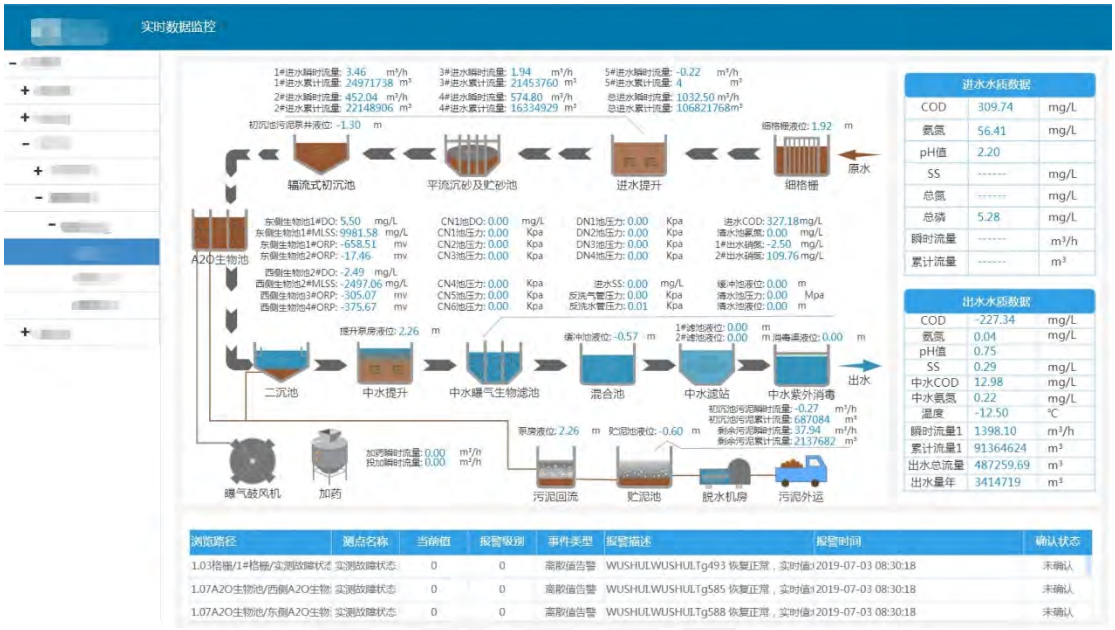


图 4　工艺流程及实时监控图

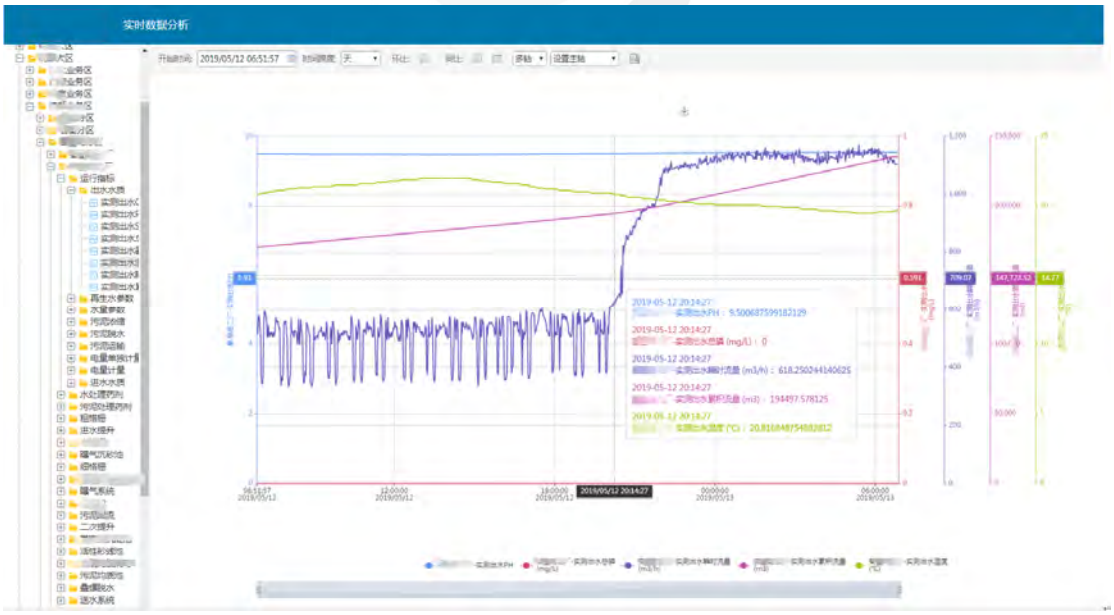


图 5　实时数据分析

（2）基于大数据分析技术，实现数据质量判别和清洗

判别异常的数据通图形化方式展示，通过对异常数据的统计分析，延长设备和仪表使用寿命，降低设备维护成本，择优选择更可靠的品牌产品。在地图上看到所有污水厂分布以及在线情况，多维度对异常数据进行统计，全方位剖

析数据异常统计情况。

平台能够实现按照各类清洗规则对大数据的清洗功能，为大数据分析、实现数据挖掘、开发大数据模型等创造数据条件。

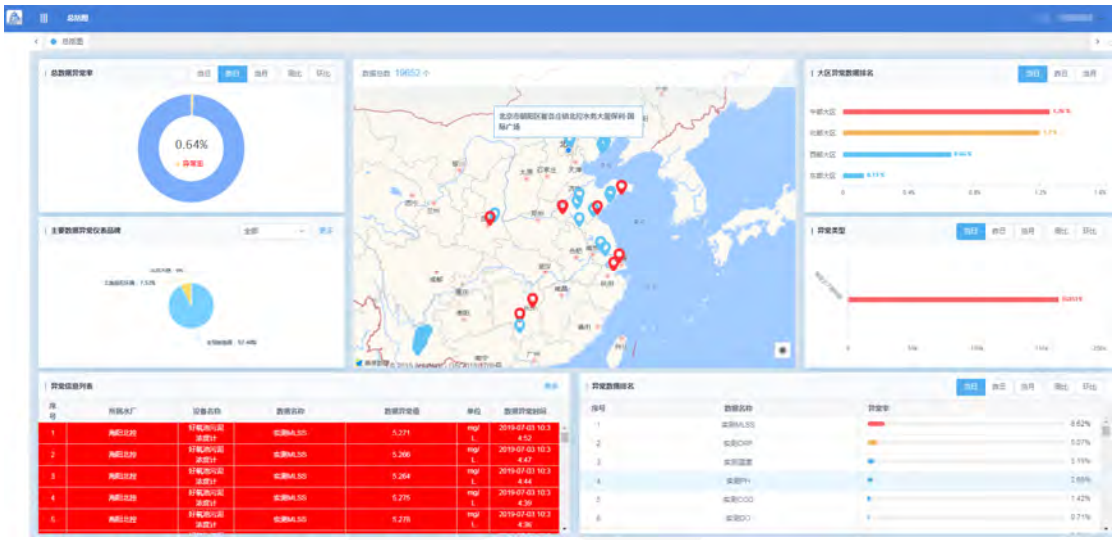


图 6　生产数据质量判别与清洗

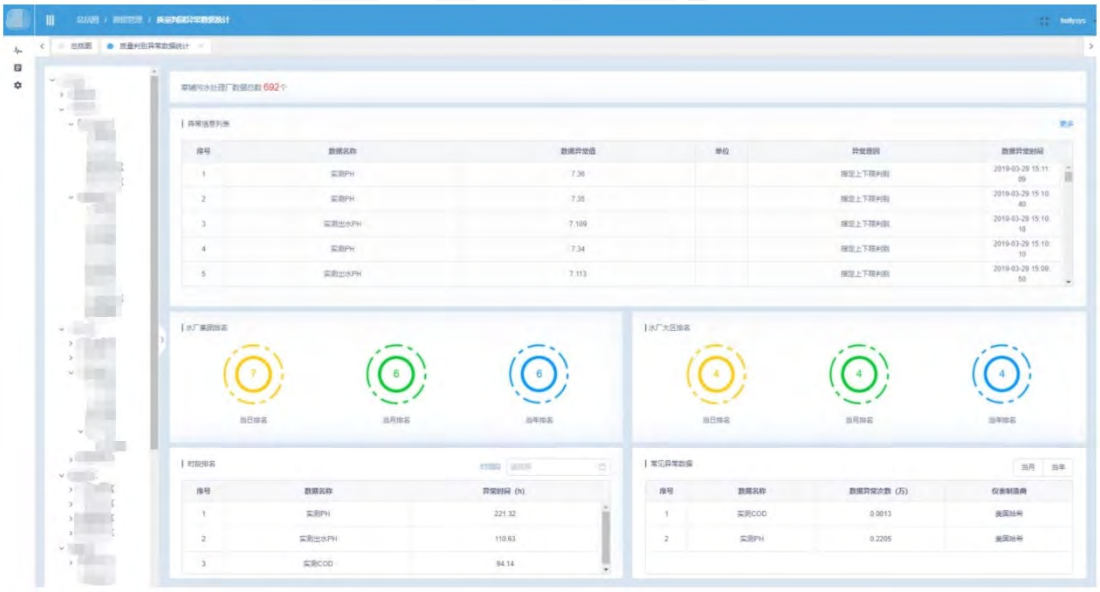


图 7　生产数据质量判别统计分析

（3）基于平台，整合数据、模型、工具，开发实现污水厂数字双胞胎

作为北控水务集团卓越运行“智慧大脑”的核心模块，数字双胞胎其实质是通过 BECloud™ 将水厂实时数据、静态数据与机理模型、BIM 模型进行整合开发，实现物理资产及其运营状态的数字全方位透彻可感知的呈现。结合水厂业务和大数据分析技术，通过建模和数据挖掘，将水厂的数据分析、水质预测、生化分析、控制参数优化、设备状态监测、能效分析等进行深入剖析和可视化展示，结合各类工况预测、仿真模拟和控制优化等功能，为水厂的运营管

理提供全方位的运营辅助决策，并探索基于云端的实时控制，追求实现极致的高效、稳定运行和人工的最优化利用。数字双胞胎将为北控水务建立起集团的卓越运营模式，提升运营管理能力提供工具支撑。

2018 年 4 月 22 日，在第八届中国水业院士论坛上，北控水务将自主开发的“污水厂数字双胞胎”概念版向水行业内进行了发布，以三维虚拟水厂为基础的数据可视化形式，基于企业云及 IoT、大数据的高效数据/业务流转体系，创新的运用在线模拟与大数据分析技术打造该系统智慧内核，实现数据转化为信息，辅助人员决策，引起与会者浓厚的兴趣与强烈反响。

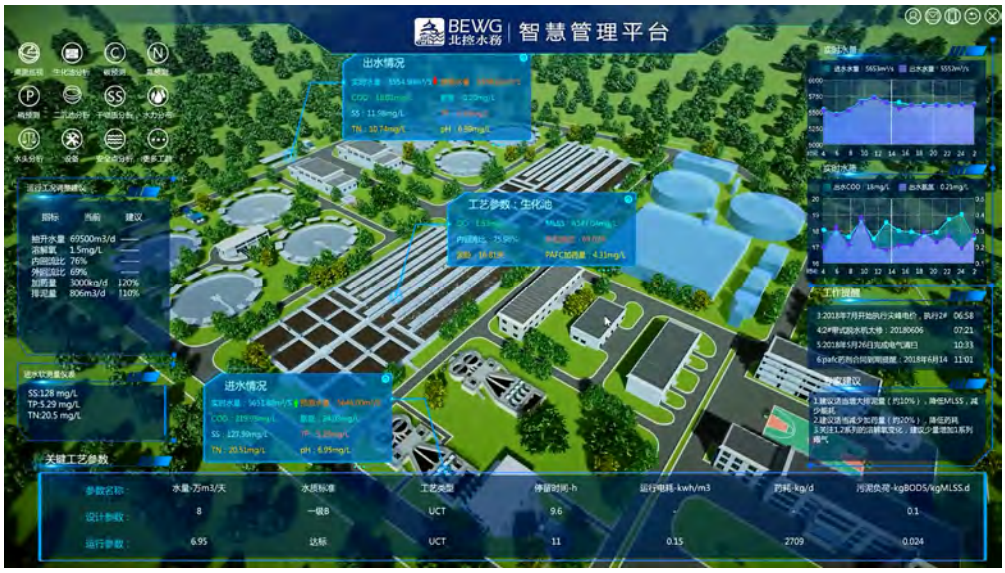


图 8　污水厂数字双胞胎

（4）开发全套云化管理系统，实现大集团高效数字化全业态管控模式

基于 BECloud^{TM}，北控水务开发部署了污水厂运营管理成套系统、村镇污水智慧化管理系统、供水业务运营管理成套系统、水环境运营管理系统、统一数据管控系统、自控专业化管控系统等运营管理全套云化系统，并基于系统的快速应用，探索、实现了广东数字化“组团式”管理模式、广西贵港供水“全打通”管理模式、鹤山“六个一体化”管理模式及秦皇岛“厂网一体化”管理模式等行业先进管理理念的试点，并依托 BECloud^{TM}，开始推进各类先进管理模式的快速复制。

（5）基于大数据、人工智能等技术，结合平台实现各类业务解决方案

北控水务将大数据、人工智能等技术与业务理论和经验相结合，开发污水生化全流程智能控制解决方案，实现精准保证厌氧、缺氧、好氧等各工艺段的工艺环境；利用大数据技术与业务数据的合理关联，对水厂进水流量进行精准

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

预测，实现智能提升控制；开发总磷虚拟仪表，实现对生化除磷的精确预测和智能加药控制；基于人工智能及其识别基础，开发虫脸识别系统，对活性污泥中的指示性生物进行分析判别为工艺人员提供水厂运行依据，为水厂运行提供预判信息。

（6）搭建远程协助平台，实现远程指导设备运维模式

水厂和村污工作人员缺乏专业技术能力，难以独立开展设备的日常运维，如对专业设备维修等，需要专业人员的远程指导和实时监督。

结合 AR、远程协助和及其识别等技术，配合成套辅助工具实现远程实时指导系统，针对水厂、村污、乡镇泵站的远程维护和日常巡检，提供远程视频指导，富媒体双向推送，增强现实（AR）指导等创新交互。



4. 安全及可靠性

（1）租户管理安全

平台基于 OAuth2 在应用与服务访问控制安全方面提供用户统一认证与授权服务。

（2）漏洞扫描安全

平台的镜像库服务基于 Clair 技术提供了镜像漏洞扫描安全服务功能，对平台中容器镜像安全漏洞进行扫描，扫描内容包括操作系统补丁、常用端口服务等，可以帮助用户发现容器镜像中的安全漏洞，及时采取防范措施。

（3）数据存储安全

平台的数据存储主要包括容器平台层的数据存储与大数据平台的工业数据存储，均采用分布式数据存储技术，缺省启用了多复本存储机制，保证了数据存储安全：

（4）通信传输安全

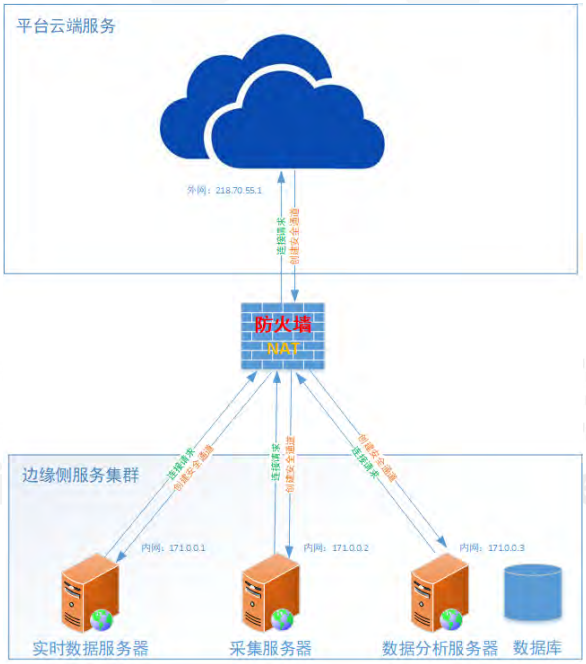
平台支持用 SSL/TSL 等安全传输协议等相关技术手段来保证通信传输过程中的机密性、完整性和有效性，防止数据在网络传输过程中被窃取或篡改，并保证合法用户对信息和资源的有效使用。

（5）应用与服务访问安全

平台基于 OAuth2 在应用与服务访问控制安全方面提供用户统一认证与授权服务。

（6）反向连接

提供 NAT 或防火墙应用场景下边云互连的解决方案：在互联网环境下，处于 NAT 或防火墙后端的边缘侧服务不能暴露于公网或需与外界做单向的安全隔离，这就要求边缘侧和云端不能采用常规的互连机制，平台使用反向连接技术，由边缘侧向云端主动发起连接请求，然后服务端在此通道基础上构建安全连接，从而跨越防火墙或 NAT 连接障碍，同时又不降低连接的安全性。



5. 边云协同

模型同步：平台提供统一的建模工具，对物理世界的对象抽象化和数字化，通过模型信息下发机制，使边缘侧和云端可共享统一的模型结构。边缘侧也可根据物联设备的接入情况，上报物联设备模型，云端根据上传信息自动创建对应的设备实例，实现物联接入的即插即用。

数据同步：边缘侧提供实时数据采集、实时报警管理、实时计算等功能，

其实时性、短周期、局部性的特点可更好地支撑本地业务的实时智能化决策与执行，同时通过 MQTT、OPC UA、WebAPI 等多种协议或接口方式，将边缘端的短周期数据上报云端，充分利用云端提供的大数据分析与处理能力，将优化和分析后的决策数据下发至边缘侧，从而实现边云的数据共享和协同。

6. 其他亮点

- 通过打造集团级生产数据物联采集平台，支持各水厂多厂家控制系统的数据接入，形成数据采集标准体系，统一提供数据给应用开发+数据挖掘。
- 平台提供了一套开发、测试和生产运行环境，提供了通用服务和工业服务，大大提高开发效率。
- 提供统一身份管理和单点登录，集团的用户、角色、组织机构在平台统一维护。
- 沉淀水行业设备模型+工艺模型+工厂模型（可扩展、可复用），支持 600 家以上不同工艺水厂数据上云。
- 通过建模+可视化应用开发工具+算法编排工具+数据质量判别及清洗工具，无需开发经验，工程人员即可完成应用的开发。
- 提供了机器学习与数据分析平台，为水务集团基于行业大数据分析提供支撑。
- 提供一套“数、用”分离的工业互联网平台。即基于统一标准，集成商完成数据入云，建模。应用开发商使用服务、工具、基于数据开发各类创新应用。解决数据应用都由一个开发商完成的壁垒。

三、下一步实施计划

1. 生产数据的全面采集

未来集团下属的市政污水厂、村镇污水厂、再生水厂、供水厂、污水提升泵站的生产数据的全面收集。

2. 水行业应用推广

将紧密围绕智慧水务开发行业 APP，在完成集团数字化转型之后，将能力向行业输出，为中小型水务公司提供一体化运营服务。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1） 先进性

充分融合机理模型、数据模型，构建数据至价值的高效转化体系，充分发挥大数据、云计算等前沿技术在水务行业的效能，打造水行业第一个行业云平台，聚合水务行业 IT 开发能力，快速形成能够承接水务行业需求的开发生态，构建以数据驱动为核心的生态联动体系，打造开发及应用为一体化的平台，实现互生共赢，同时为全面提升水务行业运营管理水平提供各类工具。

- 平台针对工业互联网应用场景，提供了特色的工业服务，比如模型服务、时序服务，工业事件服务；
- 构建了边云协同的一体化运营管理平台；
- 预置通用服务，应用使用一键订阅即部署，方便快速完成应用开发；
- 预置机器学习与深度学习的算法/模型及复用机制，提高数据分析工作效率；
- 可视化建模及应用快速开发工具，无开发经验也可作创新应用的开发。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

（2）创新点：

依托北控水务多年运营数据及运营管理经验，通过横向打造基于数据联动的 1+N 管控体系、纵向打造基于智能控制的全流程控制体系，形成水行业智慧转型顶层框架，通过技术创新与模式创新结合，实现水务企业卓越运营，同时依托能力输出及服务外溢，实现水务行业管理水平的全面提升。

- 开发沉淀专业模型以平台服务的模式开放，建立服务盈利模式
- 研发基于模型开发的专业 APP，建立流量盈利模式
- 将水行业算法模型开源，吸引行业开发者共同迭代，提升开发效率
- 探索数据商品化，将运营数据脱敏后以平台资源模式开放

- 不仅给本企业带来运营管理提升，而且通过平台将行业工厂模型、数据、机理模型等能力输出，让水行业企业快速复制提升。

2. 实施效果

通过智慧水务运营管理平台 BECloud™ 的建设，实现运营大数据的收集；通过大数据分析开发出与项目实际条件和工况相适应的管理模型和机理模型，建立厂级数字双胞胎和专家系统，实现运营辅助决策和精确控制；应用智慧化全业务管理系统，建立高效流转的运营管理体系，实现一体化、组团式管理模式；基于人机协同的全方位可靠性配套方案，打造固若金汤的水厂智慧化安全管理模式。

例如广州东莞数字化水厂项目启动试运行，通过污水厂全流程的智能管控，区域中心的集中监控，移动巡检的智能管理，运维平台的信息化管理，实现以自控系统代替人的工作，曝气、提升、加药等重点工艺智能控制，运营、设备、设施、巡检、维修等流程互联互通，打破信息孤岛。全厂移动化、无纸化的办公方式，极大提高一线工作效率的同时，也实现总部、大区及水厂的有效协同。该案例最终节省人力 30%，综合运营成本减少 6%。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例13

武汉华中数控股份有限公司

数控装备工业互联通讯协议(NC-Link)及应用

——简单高效、自主可控、异构工控设备互联互通

引言：武汉华中数控股份有限公司（以下简称“华中数控”）是我国数控系统行业的首家上市公司，是首批国家级“创新企业”、全国机械工业先进集体，并于 2016 年成为工信部指定的首批智能制造产品供应商。

在 2016 年国家工信部智能制造综合标准化与新模式应用项目的推动下，华中数控牵头成立了“数控机床互联通讯协议标准与试验验证”项目，旨在突破互联协议的参考模型、数据规范、接口规范、安全性和评价标准等关键技术，建立统一的数控机床互联互通协议标准（NC-Link），实现多源异构数据采集、集成、处理、分析和反馈控制。项目的实施在数控机床互联互通技术上，有效缩短我国与国外的差距，降低国产异构数控机床的整合难度，提升国产数控装备的竞争力，对中国制造业的智能化转型升级具备巨大的推动作用。NC-Link 具备完全自主可控的软硬件技术，在我国国防安全方面具有重大意义。

一、项目概况

1. 项目背景

随着德国“工业 4.0”、美国“互联网+”计划、以及 中国“智能制造 2025”

的推进与实施，发展智能制造已经上升为国家战略。智能制造的实质是以数据驱动的全方位的数字化，关键基础是数控机床（包括机器人、量仪、传感器等）的智能互联互通。但是，国内外主流数控系统大多数都是封闭专用的系统，具备特有的外部通讯接口与协议。为推进数控机床的互联互通，国外已推出 MTConnect 协议和 OPC UA 协议，而我国在 2016 年还没有统一的数控机床互联互通协议标准，数控机床和相关装备之间信息沟通不畅，对我国智能制造的发展造成了极大的阻碍，当时国内基本上所有的企业在进行智能工厂升级的时候都遇到相同的问题：如何将多种设备连接在一起，协同运作。

为解决我国异构工控设备互联互通的难题，2016 年 5 月 17 日，华中数控联合其他 14 家企事业单位、研究机构与高校成立**数控机床互联通讯协议标准联盟**，联盟的宗旨是：**整合行业内优势企业和研究机构的技术资源，围绕智能制造的需求，制定具有国际先进水平的数控机床互联通讯协议标准，并加以验证与推广**。2016 年 5 月 23 日，国家工信部发布开展**智能制造综合标准化与新模式应用项目**。华中数控围绕其中的“智能制造综合标准化试验验证”，依托数控机床互联通讯协议标准联盟，启动项目“数控机床互联通讯协议标准与试验验证”，研究制定数控机床互联互通协议标准 NC-Link，实现异构工控设备互联以及异构数据采集、处理与应用。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

2. 项目简介

（1）开发数控机床互联通讯协议（NC-Link），完成 NC-Link 协议标准的制定，编写 NC-Link 协议标准的规范手册；

（2）针对 NC-Link 协议开展试验验证，验证协议标准的可行性与可靠性；

（3）基于新型工业互联网网络，实现多源异构数据采集、集成、分析和反馈控制，有效助力国内智能工厂的建设与发展；

（4）指导国内制造企业建立机床互联机制，形成 NC-Link 协议标准应用示范基地，将 NC-Link 协议在实际生产环境中进行应用与验证。

（5）基于 NC-Link 协议构建工业大数据平台，将**海量、异构**工业大数据进行有效组织与存储管理，并为各种数据智能的实现提供接口服务；

（6）通过 NC-Link 协议和工业大数据平台，构建工业互联网系统，开展工业大数据的分析挖掘研究，开发工业智能应用，实现设备生产过程优化、生产效

率提升、以及远程运维系统等。

3. 项目目标

（1）针对国家对智能制造的迫切需求，以国际先进水平的数控机床互联互通协议为标靶，突破互联协议的参考模型、数据规范、接口规范、安全性等关键技术；

（2）制定数控机床互联通讯协议标准 NC-Link，包括 NC-Link 通用技术条件、NC-Link 机床模型定义、NC-Link 数据项定义、NC-Link 终端及接口定义、NC-Link 安全性等 5 项国家标准；

（3）在数控机床、生产线、工厂等不同层次对 NC-Link 及其标准进行示范应用验证。

（4）基于 NC-Link 构建工业大数据平台，实现工业应用的开发创新与集成。

（5）通过 NC-Link 的异构数据集成能力，为“中国制造 2025”的顺利实施提供支撑技术，促进中国制造业的智能化转型升级。

二、项目实施概况

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

1. 项目总体架构和主要内容

（1）NC-Link 架构体系

NC-Link 协议由以下 5 部分构成：通用要求、机床模型定义、数据项定义、终端与接口、安全要求，如图 2-1 所示。

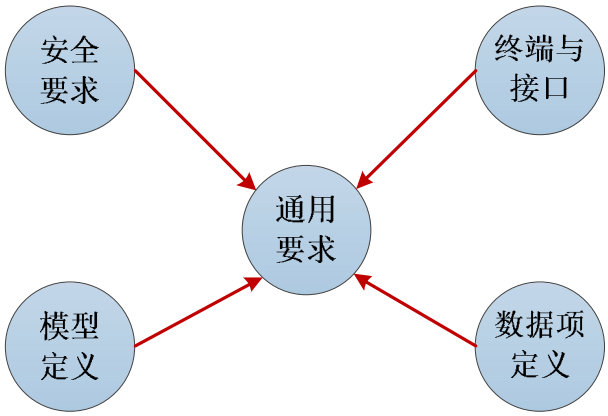
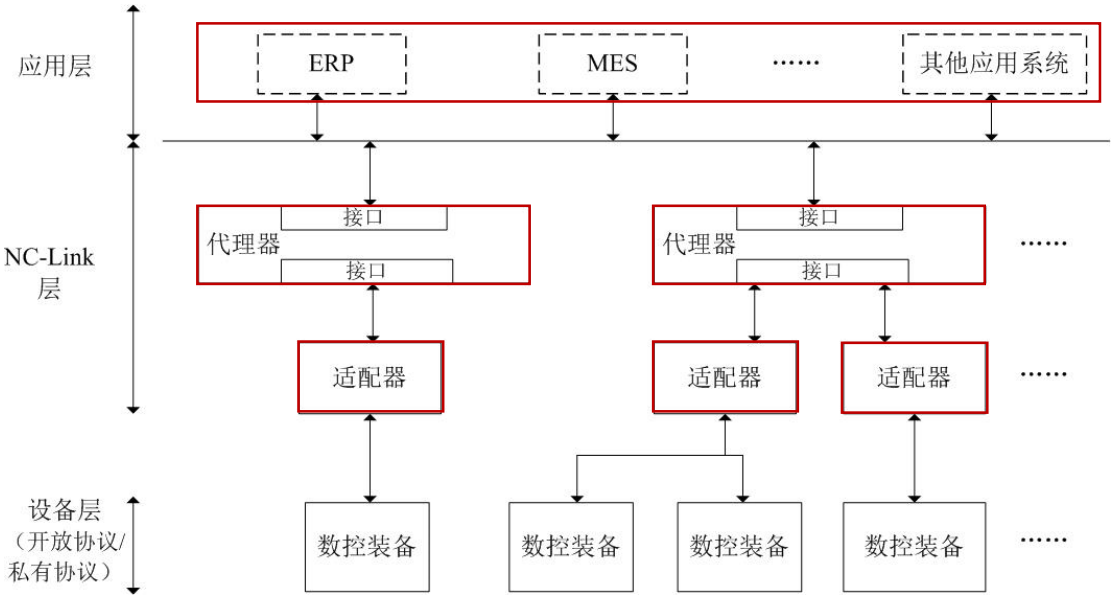


图 2-1 NC-Link 协议标准组成结构

1）通用要求

通用要求是 NC-Link 协议标准的基础，用以对标准的定位、组成、基础软硬件环境做整体描述。NC-Link 协议体系架构设计为**适配器、代理器和应用系统**三个部分，如图 2-2 中所标识。其中，适配器负责将从数控设备采集到的数据转换为 NC-Link 协议格式并发送到代理器，或者将控制信息转换为设备可识别的信息，从代理器发送至数控设备。代理器负责适配器与应用系统之间的数据转发。因此，NC-Link 协议的系统实施架构如图 2-2 所示：设备层、NC-Link 层和应用层。



Alliance of Industrial Internet

图 2-2 NC-Link 协议实施架构

设备层由具体的异构数控装备组成，数控装备是指数控机床或者工业用机器人，包括能与外部进行通信的能力控制器和执行部件，数控装备与适配器通信的协议可以是任意协议，例如开放协议或私有协议。设备层也包含第三方的信息化系统/平台，包括 MES、ERP、CAPP 等。

NC-Link 层由适配器层和代理器层组成。每个适配器可以和多个数控装备相连，但是一个数控装备只能连接一个适配器；每个适配器必须连接一个代理器，且只能连接一个代理器；每个代理器支持多个应用系统，也可和多个适配器连接。

2）机床模型定义

机床模型是 NC-Link 标准的核心，定义了机床模型的数字化描述方法，即对物理设备的逻辑描述，反映了真实物理设备的各种配置信息、能力、组件及组件的子组件等信息。机床模型文件由 JSON 语言描述，包括根对象、设备对象、

组件对象、数据对象和采样通道对象组成，如图 2-3 所示。

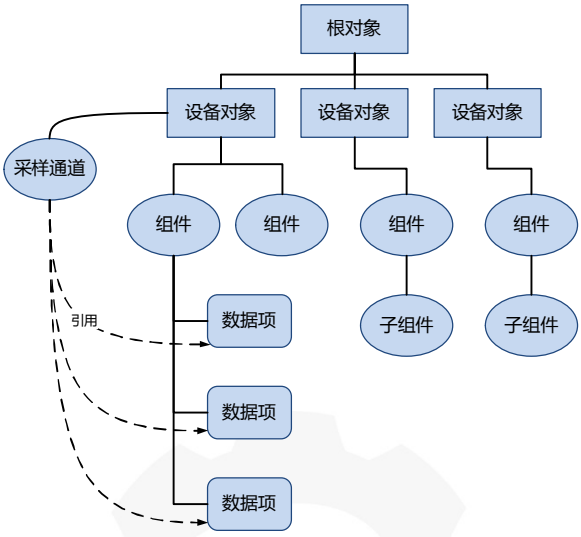


图 2-3 NC-Link 协议机床模型结构定义

3）数据项定义

数据项定义也称为“数据字典”，是 NC-Link 数据设计规范，描述了数据的层次结构和语义表达。设备终端或系统应用根据机床模型文件描述的语义信息，结合数据字典，便可准确掌握数控机床的组成、能力、配置等信息，以及其能提供什么运行数据等。

4）终端与接口

NC-Link 协议采用订阅/发布（Publish/Subscribe）与请求/响应（Request/Response）相结合的通讯模式，提供设备侦测、设备注册、设备发现、数据查询、数据采样等接口，如图 2-4 所示。

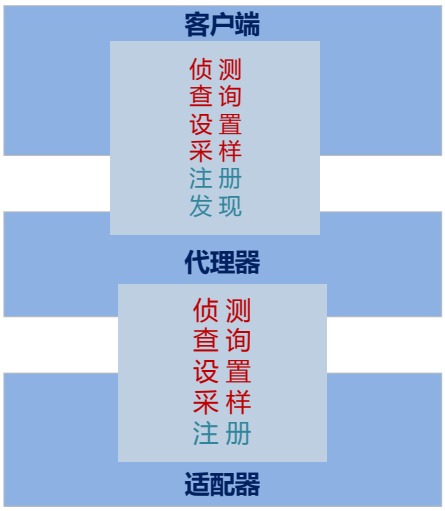


图 2-4 NC-Link 协议接口模型

5）协议安全要求

NC-Link 协议在协议安全上设置了设备接入认证和数据权限分层，确保设备安全运行，具备很高的数据防密性。

（2）基于 NC-Link 协议的大数据平台（iNC-Cloud）体系架构

该项目基于 NC-Link 协议构建了 iNC-Cloud 平台，真正实现了多源异构数据的采集、存储、融合、共享与反馈应用。iNC-Cloud 体系架构分为 5 个功能层：数据采集、数据存储、数据计算、数据访问和数据应用，如图 2-5 所示，**每个层之间的信息交互均基于 NC-Link 协议实现**。

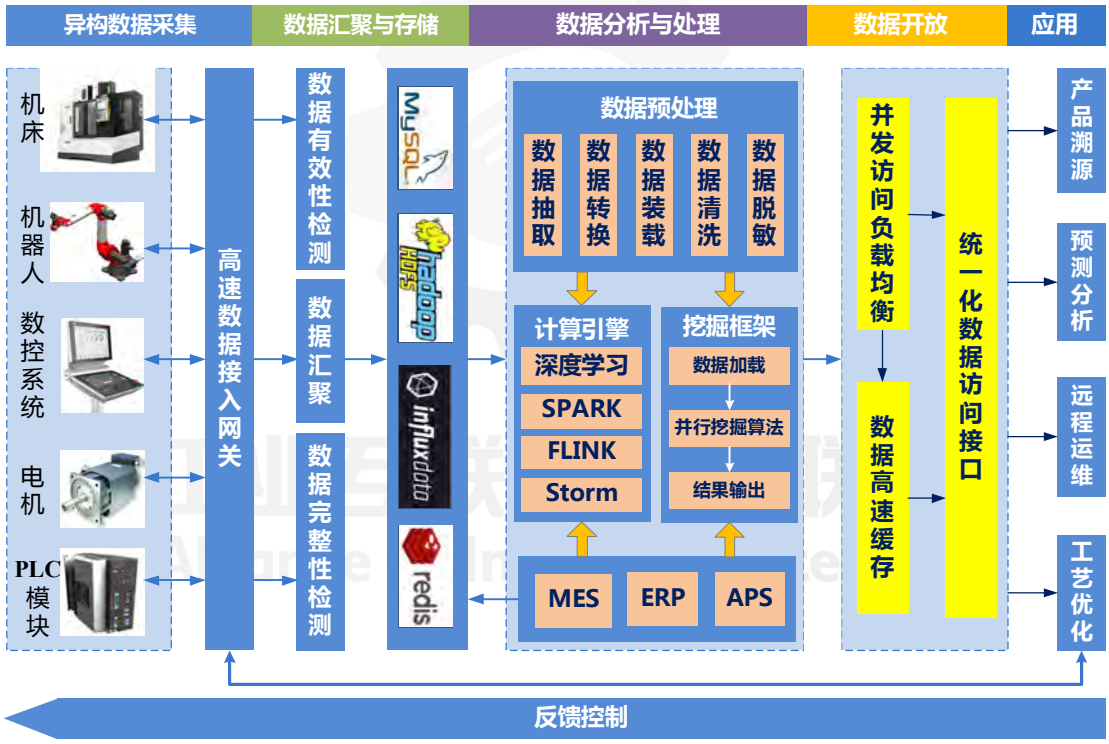


图 2-5 基于 NC-Link 协议的大数据平台（iNC-Cloud）体系架构

数据采集层：

基于 NC-Link 协议，实现异构工业设备/模块/系统/平台的互联互通，覆盖整个车间/工厂的各种智能设备（包括数控机床、机器人、PLC、边缘计算模块等）以及各种移动设备（如物料小车、工作手机、平板电脑等），并将异构多源数据进行统一解析与转换，从设备终端采集到数据网关（代理器）。

数据存储层：

数据汇聚模块通过 NC-Link 协议将数据从数据网关驱动至云端数据库，云端基于多类型数据库协同机制，采用分布存储、集中管理的架构，实现多应用终

端差异化信息服务，并基于高速缓存数据库实现高频、高效、高实时的数据服务。

数据计算层：

基于智能车间中的核心设备，以及 MES、CAPP、ERP、APS 等工业实现智能数控系统与制造装备领域中的数据纵向集成，构建面向数据采集、存储、分析挖掘、智能反馈等全流程信息物理融合系统（CPS）的数据并行处理与分析挖掘服务框架，提供高性能计算环境与机器学习算法库，提供终端互联、安全通信、清洗与存储，并行编程模型与实时处理、智能算法插件式开发环境等技术服务。

数据访问层：

数据访问层为智能应用提供统一的数据访问接口，包括数据查询、数据抽取、数据标注等，并基于数据计算层开放智能算法接口，实现智能应用的高效开发。

数据应用层：

数据应用层是工业数据从抽象到实例化的映射过程，是数据发挥自身价值的支撑性手段，其通过访问接口从存储资源池获取所需数据，基于这些数据的分析处理结果，实现工业智能化应用的创新与集成。

2. 网络互联架构

（1）基于 NC-Link 协议的设备互联架构

网络互连体系是各类设备、系统的连接与数据集成的基础，基于 NC-Link 协议的设备互联架构如图 2-6 所示，横向连接所有生产过程、纵向打通客户到供应商全价值链连接。

设备互联网络：负责异构工控设备（机床、机器人、伺服电机、传感器、物料小车等）到云数据网关（NC-Link 代理器）的数据交互，网络接入方式包括：**有线网络、无线网络、移动网络（4G/5G）、窄带物联网、二维码**。

平台互联网络：负责 iNC-Cloud 平台与第三方信息化平台的互联互通，接入方式包括：**有线网络、无线网络、移动网络（4G/5G）**。

数据融合网络：负责工业流式数据从数据网络到 iNC-Cloud 平台的汇聚融合，由于该层的数据流通量较大，网络建设首选**有线网络和无线网络**。

设备互联网络、平台互联网络和数据融合网络在之间设置物理网络隔离，并在最终的网络融合层实现信息交换和资源共享。



图 2-6 基于 NC-Link 协议的设备互联架构

（2）iNC-Cloud 平台网络互联架构

iNC-Cloud 平台采用“**三级云数据中心**”进行数据分布式存储与管理，分别为**系统厂云数据中心、机床厂云数据中心和用户厂云数据中心**，如图 2-7 所示，平台网络互联设计理念为：

1）所有设备都需要向系统厂进行注册，形成机床厂分组或用户厂分组，设备直接与用户厂云数据中心实施网络互联；

2）一个用户厂分组包含若干个工业设备，一个机床厂分组又可包含一个或多个用户厂分组；

3）设备数据通过用户厂云数据中心，上传至机床厂云数据中心，继而传输到系统厂云数据中心；

4）用户厂具备最高的数据访问和管理权限，可设置向机床厂或系统厂开放的数据类型，如报警信息、状态信息、调机信息、设备位置等，从而保护机密生产信息，如加工件数、G 代码文件等。

5） 机床厂具备二级数据访问和管理权限，也可设置向系统厂开放的数据类

型，如出厂检测信息、工艺知识库，从而同样达到保护机密数据的目的。

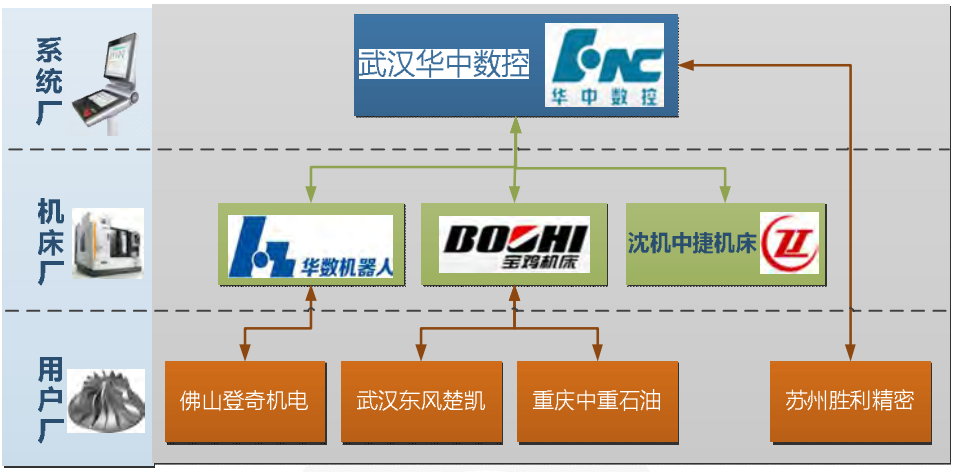


图 2-7 iNC-Cloud 平台网络互联架构

3. 具体应用场景和应用模式



图 3-1 项目典型应用场景和应用模式

（1）依托 NC-Link 技术，实现异构设备、系统的连接与多源异构数据集成，打破因工业设备通讯接口相异造成的“信息孤岛”，构建面向整个工厂、产线或车间的工业大数据平台，实现工业生产信息的高度共享。

（2）对生产过程的实时监测，根据生产数据的分析结果，建立高效的反馈控制机制，以此优化生产过程，提高工件加工质量与加工效率，比如刀具寿命管

理、断刀检测、工艺参数优化等智能应用，实现制造过程的自主感知、自主优化、自动决策、自主控制，形成企业向智能制造转型升级的基础性支撑体系。

（3）建立产品全生命周期的追溯机制，记录设备全生命周期（出厂、使用、维护、回收）的过程数据，包括系统信息、关键功能部件信息、维修保养信息等，形成产品全生命周期信息知识库，为系统或设备的性能优化、功能改进、运维保养等提供支持。

（4）建立可视化车间生产管理系统，实时监测设备生产状态（运行、待机、离线、报警），在云端生成企业生产画像，统计设备的开机率、运行率、产量/产值等信息，并通过饼状图、柱状图、折线图、时序图等方式进行可视化展示，将车间生产“黑箱”透明化，及时反馈企业车间的生产状况，为车间的高效排产提供信息依据。

（5）通过建立设备生产过程画像，分析设备及其关键功能部件的健康状态，实现设备的预测性运维。

- **维保计划**

以指令域分析为基础提取相关加工过程数据的特征值，并通过 iNC-Cloud 接口层做相关聚类和可视化处理，输出数控机床进给轴、主轴和整机的健康指数，跟踪机床全生命周期的性能变化，为机床提供定制化保养计划。

- **预测性分析**

根据设备状态变化趋势生成健康指数，直观的指出当前机床状态与基准状态之间的差距，对关键功能部件（刀具、主轴、进给轴等）的状态进行实时监测感知，判断其当前的磨损状况，预测其潜在的故障风险。

（6）根据设备报警信息，构建设备远程运维体系，提高设备运维效率。

- **故障报修**

通过设备故障在线报修，将故障信息远程提交至设备厂/系统厂；设备厂/系统厂及时对故障订单进行在线派遣，并由维修工程师快速跟进。该系统集故障报修、派遣、跟踪、完成、评价、回访等全流程服务于一体，打破了传统售后申请步骤繁琐的局限，提高设备运维效率。

- **自主维修**

构建常见故障案例知识库，为用户提供故障案例解决方案的快速获取通道，

支持用户根据指导信息自行解决故障，在降低设备厂/系统厂运维成本的同时，也极大地缩短设备停机时间，降低企业因设备故障造成的经济损失。

4. 安全及可靠性

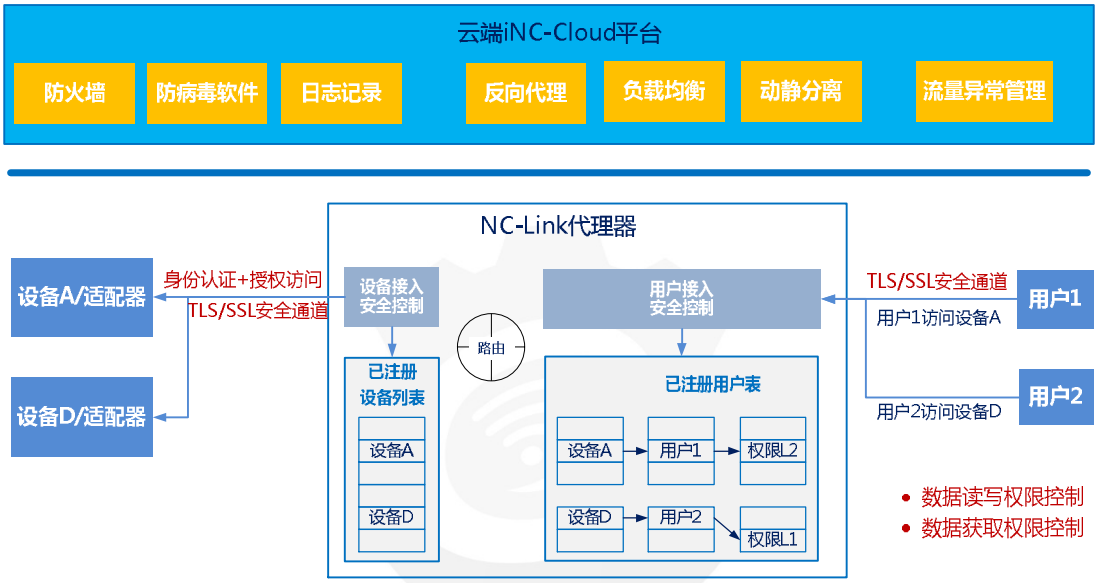


图 4-1 项目安全性实施体系架构

（1）NC-Link 协议的安全策略

1）基于 NC-Link 协议的数据接入安全

NC-Link 代理器设计有协议数据的路由、转发、设备和应用的安全接入、用户认证和授权，数控装备在与应用层传输数据之前必须向代理器进行身份认证。

- **数控装备身份认证信息**

数控装备具备唯一的身份认证信息，包括但不限于设备序列号、MAC 地址，或其他不可仿制和更改的信息。

- **数控装备身份认证机制**

代理层建立数控装备认证信息数据库，数控装备通过适配器向代理层发送认证请求，代理层响应认证请求对数控装备进行身份认证。只有通过身份认证的数控装备才能成功接入代理层，并进行信息交互。

- **数控装备安全连接通道**

① 有线连接方式：采用专用网络或建立加密通道方式保护数据通信。

② 无线连接方式：采用专用无线网络或通道，并在采用公共移动通信网络时，建立虚拟专用拨号网（VPDN）或接入点（APN）。数控装备以间接接入方

式连接安全接入系统，满足以下条件：第一、网关与安全接入系统均不应旁路；第二、网关能对数控装备的接入进行管理。

2）基于 NC-Link 协议的数据传输安全

NC-Link 适配器与代理器之间、代理器与应用系统之间均通过安全通道（TLS/SSL）来实现数据传输安全，保证了数据保密性、数据完整性、数据时效性、数据不可抵赖性。

3）基于 NC-Link 协议的数据访问安全

在设备端对数据访问进行权限控制，包括**读写权限和获取权限**。

读写权限：一般用户不具备数据写入权限，只有最高权限用户发出的控制命令才能被设备端接受，有效防止工控系统信息被恶意篡改。

获取权限：按照数据信息的敏感程度，对数据请求设置严格的身份鉴别与权限控制，以“最小授权”向用户开放数据获取权限。一般用户只能请求到设备的基本数据，如运行状态、报警内容等，而对于加工件数、加工程序、采样数据等生产信息，则需要更高级别的授权，特别是对于寄存器信息，必需以最高权限才能获取。

（2）云端 iNC-Cloud 平台安全策略

- **入侵监测**

iNC-Cloud 通过防火墙联动、日志数据库记录等方式进行动态防御，并在全系统部署统一的防病毒软件。

- **反向代理**

iNC-Cloud 设置有反向代理（Nginx），对外屏蔽服务器的信息，防止主服务器被恶意攻击，并实现平台的负载均衡和动静分离。

- **流量异常管理**

iNC-Cloud 实时监测各个用户终端（基于用户 IP）的流量，对异常的和疑似攻击的 IP 进行实时拦截，有效抵御 DDOS 等各种病毒攻击。

5. 其他亮点

（1）依靠强大的产业联盟，推广和应用标准

2016 年 5 月 17 日，数控行业 19 家企事业单位、研究机构与高校在武汉成

立了数控机床互联通讯协议标准联盟。通过了章程、协议、组织构架、工作计划。联盟下设工作组，协调互联标准研发和应用工作。联盟理事长单位为**中国机床工具工业协会**，中国机床工具工业协会（英文简称 CMTBA），于 1988 年 3 月经中华人民共和国民政部批准成立，是具有社会团体法人资格的全国性、行业性、非营利性社会组织，常设机构设在北京。目前拥有包括金属切削机床、金属成型机床、铸造机械、木工机床、数控系统、工业机器人、量刃具、磨料磨具、机床附件（含机床功能部件）、机床电器等领域的会员单位 1700 多家。协会下设 28 个分会和 6 个工作委员会，是机床行业最具影响力的产业机构。

迄今为止，联盟成员已达 30 家左右，主要由数控行业的排头企业构成。其中：**数控系统有**武汉华中数控股份有限公司、广州数控设备有限公司、沈阳高精数控等；**数控机床有**沈阳机床集团有限公司、大连科德数控有限公司、大连机床有限公司等，机器人有佛山智能研究院、沈机机器人等，此外还有 3 家高校、2 家网络安全公司、2 家工业软件公司。联盟具有广泛的行业代表性和影响力。

（2）基于 NC-Link 协议标准的工控协议，实施多源异构数据采集与汇聚

在 iNC-Cloud 研发过程中全部采用了 NC-Link 标准构建数据采集、数据传输、数据存储、数据访问等环节。NC-Link 标准协议为系统提供了标准化的接口、标准化的数据结构，使得系统具有高度标准化、高度弹性等优点。

（3）基于工业大数据的主动型客服精准服务

基于 iNC-Cloud 进一步研发了数控机床远程运维系统，通过设备联网，大大降低了信息获取、信息整理等成本，缩短了设备故障处理周期；同时，建立了数控系统、数控机床客服运维中心，客服中心通过设备报警分析、客户故障上报等技术手段及时发现、处理设备故障，并为客户提供主动且精准的服务，提升了客户满意度。

三、下一步实施计划

1. NC-Link 协议应用推广和宣传

NC-Link 已经在国内数控行业进行了应用，取得很好反响，下一步将通过如下措施进一步推广 NC-Link：

（1）建立更多 NC-Link 大数据平台。以中国机床工具工业协会为依托，在国内建立更多互联的 NC-Link 大数据云平台，每个 NC-Link 平台连接多个智能工厂和智能生产线。在全国范围内进行设备互联。

（2）建立 NC-Link 技术平台。提供 NC-Link 标准草案、案例分享、第三方软硬件开发工具、技术交流论坛，提供基于云计算的 NC-Link 软件服务。

（3）建立 NC-Link 产品认证中心。

（4）通过会议、机床展等多种形式，宣传 NC-Link。

（5）把 NC-Link 推广到数控机床以外的行业。

2. 申请国际标准

为了占领国际制高点，掌握工业互联网的核心技术，下一步拟将 NC-Link 申请国际标准。主要规划如下：

（1）利用一带一路政策，在其他国家和地区推广 NC-Link，建立 NC-Link 国际应用示范项目。

（2）利用国际机床展和其他国家机床协会进行技术交流，进而把 NC-Link 和世界上主要的数据交互标准（包括 MTConnect 和 UMATI）进行互联互通验证和试验。

（3）向国家标准化组织 ISO 或 IEC 提交 NC-Link 国际标准草案。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）独特的数控装备信息模型设计

相较于其他异构设备互联协议（如 OPC UA、MTConnect），NC-Link 协议定义的数控装备模型采用 JSON 树状结构化模型文件，更加贴切地反映出了机床及其各个功能部件的逻辑关系。JSON 具备丰富的数据类型，可完全覆盖数控机床各类信息的描述需求，因此 NC-Link 信息模型能够描述更多的设备数据，输出

更多地设备及生产信息。

（2）支持自定义的组合数据，为指令域数据分析提供关键性支撑技术

NC-Link 支持自定义的数据关联机制，即以多种标准在数控装备端把同一时间段（或者其他形式对齐方式）产生的一组数据组成一组数据块，在数据块内数据自然对齐，从而可以大大提高数据传输效率，也为数据的关联分析提供基础。例如：以 G 代码对齐的组合数据，可以把某一条加工代码相关的不同轴的电流等数据进行组合，并通过多轴电流数据的分析，优化对应的工艺参数，从而提供加工质量与加工效率。

（3）简单的接口形式

NC-Link 协议接口形式非常简单，只有侦测、查询、设置、采样等四个基本接口，非常易于实现，极大地降低工业智能应用的开发难度，提升智能化生产车间的建设进度。

（4）轻量级数据交换格式

本项目标准中采用弱类型的 JSON（Java Script Notation）进行模型描述与数据传输，保证了数据内容的可读性，带宽压力低，实时性强，也决定了 NC-Link 实时双向控制的特性。

（5）对异构设备或平台的高度兼容性

NC-Link 信息模型具备高灵活性和可扩充性，因此 NC-Link 协议可以兼容现有的主流工业互联的数据交互协议，包括 OPC UA、MTConnect、UMATI 等。在本项目中已经实现了与如下数控系统的互联：华中数控、广州数控、科德数控、沈阳机床 i5 数控、西门子数控、发那科数控、倍福数控等，这是其他异构设备互联协议不具备的性能。

（6）独特的安全性设计

NC-Link 协议支持数控装备端到端的安全通讯，保障数据传输的安全性，在实现了设备与终端的接入安全、权限控制，以及数据传输安全，并在设备端对数据操作权限实施严格的权限控制与身份授权。

（7）基于 NC-Link 协议，以工控设备为核心，通过数字双胞胎技术，实现智能化应用的创新与集成。

基于 NC-Link 协议采集工控设备的物理模型、传感器、运行历史等数据，

在 iNC-Cloud 平台完成工控设备在云端虚拟空间的数字化映射，建立实体装备全生命周期的追溯体系，完成预测性分析、远程故障诊断、工艺参数评估等业务实现，以及制造装备在线检测分析，并通过反馈控制实时优化生产过程。

2. 实施效果

（1）经济效益

该项目已在武汉、苏州、东莞、西安等地建立了 iNC-Cloud 大数据中心，搭配自主研发的 NB-IoT、4G 等通讯装置，在近百家企业及高校（包括华中数控、华数机器人、苏州胜利精密、东莞劲胜、东风楚凯、宝鸡机床、吉通、华中科技大学等）实施了 NC-Link 协议，每天汇聚并处理上亿条数据，采集数控设备中上千个点位信息，涵盖设备状态、报警信息、加工计件、采样数据等各种工况。其中，由胜利精密国家智能制造示范工厂是 3C 加工领域华东地区第一条智能制造示范线，并于 2018 年获批国家智能制造试点示范项目。

该项目的实施为企业提供了多种故障解决方案途径，包括预测性维护、自主维修远程指导、故障远程报修等，一方面降低设备厂/系统厂的运维成本，另一方面极大地缩短用户因设备报警或故障导致的停机时间，其中典型的有：

- **宝鸡机床厂**：借助该项目的远程运维平台，使其运维周期减少了 50%。
- **华中数控**：提高了产品的加工质量和生产效率，降低了能耗和成本，产线的生产效率提高了 20%以上，生产成本降低 24%，产品研发周期缩短 39%，产品不良率下降 37%，能源利用率提高 23%。

通过采用自主研发的 NB-IoT 通讯装置，与市面传统工控设备通讯装置相比，每台设备入网成本平均降低了 60%，有效推动企业的数据融合与信息共享体系建设，促进企业向智能制造的转型升级。

（2）社会效益

NC-Link 具有较强的通用性，除数控机床产业外，还可以为其他相关的工控产业提供技术借鉴和参考，为其提供重要的技术支撑。因此，NC-Link 具有重要的示范效应，**在其他相关行业的转型升级进程中起到一定的引领和带动作用**。

而且，相较于国际上广泛使用的 MTConnect 和 OPC UA，NC-Link 不仅实现了技术上的超越，使得我国数控机床产业享受到先进的技术成果，更为关键的是

实现了互联互通技术的自主可控，可以改变市场竞争中受制于人的被动局面，在项目实施过程中展现出了重要的社会效益。

（3）国防安全

该项目已在中国航天三院、解放军火炮备件制件厂、华飞智能科技有限公司等具备军工背景的企业进行了实施，通过 NC-Link 完全自主可控的特性，建立高可靠性的多源异构数据融合系统，并通过 iNC-Cloud 开放统一的数据接口，极大地提升了我国军工类数据传输与存储的安全性，从根本上保护产业的技术、产品、信息和网络安全，**驱动军工类智能应用的开发及集成，对推动我国国防安全建设发挥了重要作用**。

（4）人才培养

通过 NC-Link 和 iNC-Cloud 技术，为华中科技大学、西安交通大学、新疆大学等高校建立虚拟仿真实训基地，用于科学有效地培养“数据采集、数据分析、数据应用”的三位一体化数据行高级技术人才，利用实训平台对多源异构数据的刺激与融合能力优势，**将高校实训效率提升了 30%，促进学生与企业的无缝对接、快速上岗**。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例14

联想（北京）有限公司

联想工业互联网平台（iLeapCloud）建设与实践

引言：联想（北京）有限公司（以下简称“联想”），是联想集团（香港上市）的主体法人，《财富》世界 500 企业，拥有 57，000 名员工。为实现“智能，为每一个可能”的公司愿景，联想致力于开发创新技术，建设一个更加包容、值得信赖和可持续发展的数字化社会，持续研究、设计与制造全球最完备的端到端智能设备与智能基础架构产品组合，引领和赋能智能化新时代的转型变革，为全球亿万消费者打造更好的体验和机遇，携手成就未来。

作为全球最大的电子设备制造商之一，联想以自身“互联网+先进制造”转型为切入点，积极开展联想自身的智能制造，打造了契合自身战略需要，具有自主知识产权，安全可靠的工业互联网平台—iLeapCloud（以下简称“iLeapCloud 平台”）。自 2011 年启动以来，iLeapCloud 平台已在联想内部，为分布在全球的 31 家工厂提供了智能制造基础设施、产品及解决方案服务，实现了超过 70%联想产品的“七日内交付式个性化定制”，实现了全球超过 2 亿台联想设备运行状态的全面上云，全面提升了新品研制周期和产品后服务体验，新品预测准确率提升了 90%，形成了包括个性化定制、网络化协同、智能化生产和服务化转型的新制造能力。

自 2016 年起，联想以自身基于 iLeapCloud 形成的实践经验和产品解决方案体系，开展对外服务。截至目前，已累计为超过 100 家国内制造业 500 强企业提供了包括全域数据联动、弹性系统调优、规模定制协同在内的安全可靠产品及解

决方案；接入了 336559 台工业设备、支持 33 种主流工业协议，聚集了 193 个机理模型和 1116 个工业 APP。形成了覆盖电子设备、汽车制造、石油化工、机械加工、家电五个行业的超过千家产业链上下游企业用户。

一、项目概况

作为全球最大的电子设备制造商之一，联想以自身“互联网+先进制造”转型为切入点，积极开展联想自身的智能制造，打造了契合自身战略需要，具有自主知识产权，安全可靠的工业互联网平台—iLeapCloud（以下简称“iLeapCloud 平台”或“联想工业互联网平台”）。经过了超过 7 年的积累和发展，iLeapCloud 平台在内外部广泛实践的基础上，发展出如下平台亮点：全域数据联动、弹性系统调优、规模定制协同，并依托芯片增强安全（TCM 芯片）的工业核心数据和工艺参数的完备安全管理能力，广泛应用于汽车制造、石油化工、电子设备、机械加工、家电等行业，为客户带来诸多价值。

iLeapCloud 平台已在联想内部，为分布在全球的 31 家工厂提供了智能制造基础设施、产品及解决方案服务，实现了超过 70%联想产品的“七日内交付式个性化定制”，实现了全球超过 2 亿台联想设备运行状态的全面上云，全面提升了新品研制周期和产品后服务体验，新品预测准确率提升了 90%，形成了包括个性化定制、网络化协同、智能化生产和服务化转型的新制造能力。

自 2016 年起，联想以自身基于 iLeapCloud 形成的实践经验和产品解决方案体系，开展对外服务。截至目前，已累计为超过 100 家国内制造业 500 强企业提供了包括全域数据联动、弹性系统调优、规模定制协同在内的安全可靠产品及解决方案；接入了 336559 台工业设备、支持 33 种主流工业协议，聚集了 193 个机理模型和 1116 个工业 APP。形成了覆盖电子设备、汽车制造、石油化工、机械加工、家电五个行业的超过千家产业链上下游企业用户。

1.项目背景

经济新常态下，我国工业产业在供给侧面临着人口红利持续减退、普遍的产能过剩以及同质化竞争的挤压，工业产业亟需通过建设可用好用的工业互联网平台，以充分发挥工业装备、工艺和材料潜能，提高生产效率和产品品质、优化资

源配置效率、创造差异化产品、改善服务体验、提升产品附加值，实现智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化转型。

作为全球最大的电子信息产品制造商之一，联想每年设计、生产、销售个人电脑，手机和服务器等产品超过 1 亿台，在全球拥有超过 3 亿用户。在全球拥有 31 家智能工厂，280 万家分销商和渠道商，3000 余家零部件供应商，整个产品系列的 SKU 种类超过 20 万种，是 Gartner 评选的唯一连续五年进入全球供应链前 25 名的中国企业。

作为电子信息制造行业的代表企业，随着竞争的日益激烈，产品同质化带来产品附加值和利润的逐步降低，以及复杂供应链带来的进一步效率提升困难，解决以下共性问题，实现平台互联互通，推动工业资源、知识和能力的固化、复用和推广，建设面向解决多行业、多领域、多场景基础共性问题的工业互联网平台，将是推动物联网、大数据、云计算、人工智能与传统工业应用深入融合，落实国家振兴实体经济战略部署的重要措施，加速全产业链转型升级，服务联想垂直智能战略，实现“智能，为每一个可能”的联想愿景的重要抓手：

（1）如何解决联想全球 31 家工厂上千种制造、检测和装配设备的实时工艺和工况数据全球实时采集，实现对电子设备制造过程 15000 余种工况的有效管理以及工艺的智能化提升，提高产品质量和生产效率，实现智能化生产；

（2）如何通过对不同类型企业复杂信息系统和控制系统数据的有效整合以及分析，实现联想产业链上下游 3000 余家供应商、280 万家分销商和渠道商的网络化协同；

（3）如何通过数据驱动的人工智能创新，重塑企业的产品研发，实现产品的研发创新和个性化定制；

（4）如何通过企业全价值链协同促进服务模式创新，改善用户对产品的使用体验和用户满意度，实现电子设备制造行业的服务化转型；

（5）如何基于自身的成功实践经验，开展对外赋能，推动基于全域数据联动、弹性系统调优、规模性质协同的，安全可靠的个性化定制、网络化协同、智能化生产和服务化转型。

2. 项目简介

联想工业互联网平台建设与时间以 iLeapCloud 工业互联网平台建设运营为

基础，面向汽车、电子、石化、家电、机加行业，研制跨平台跨领域的产品及解决方案。通过建立和丰富平台知识库、用例库、模型库，开展垂直行业的多领域智能化赋能，进一步丰富平台功能完整性、可靠性、兼容性、安全性。通过对产品及解决方案的持续迭代和验证，丰富和完善平台在边缘计算与优化、通用 PaaS、工业数据建模分析、机理模型与微服务组件开发应用、APP 开发、平台互联互通和芯片级硬安全方面的能力，不断丰富和完善平台应用生态。

iLeapCloud 平台建设内容包括以下 5 个部分：

（1）工业互联网平台基础环境建设

建设普适可靠的工业互联网的基础环境，形成基于 iLeapCloud 的平台规范，形成支持工具库，知识库、用例库建设的基础设施。

（2）工业互联网平台设计与实施

形成测试用例集，形成完整的平台测试方案，完成工业互联网平台功能完整性、可靠性、兼容性、安全性等试验测试。

（3）平台组件培育

全方位完善平台产品及解决方案体系，面向汽车、石化、电子设备、家电、机加等行业，开展基于 iLeapCloud 平台的垂直智能试验测试和部署实施，加快工业机理模型及微服务组件、云化软件、工业 APP 等平台关键组件的培育。

（4）基于工业互联网平台的垂直行业解决方案培育

面向汽车、石化、电子设备、家电、机加等行业，聚焦异构数据管理、工业数据建模分析、工业机理模型与微服务开发、工业 APP 创新等关键问题，形成推广方案。

（5）平台服务推广与生态建设

面向汽车、石化、电子设备、家电、机加行业的全域数据联动、弹性系统调优、规模定制协同等应用场景领域，开展服务推广，探索平台应用推广和生态建设，加快平台核心组件、模型、工具的快速迭代和优化。

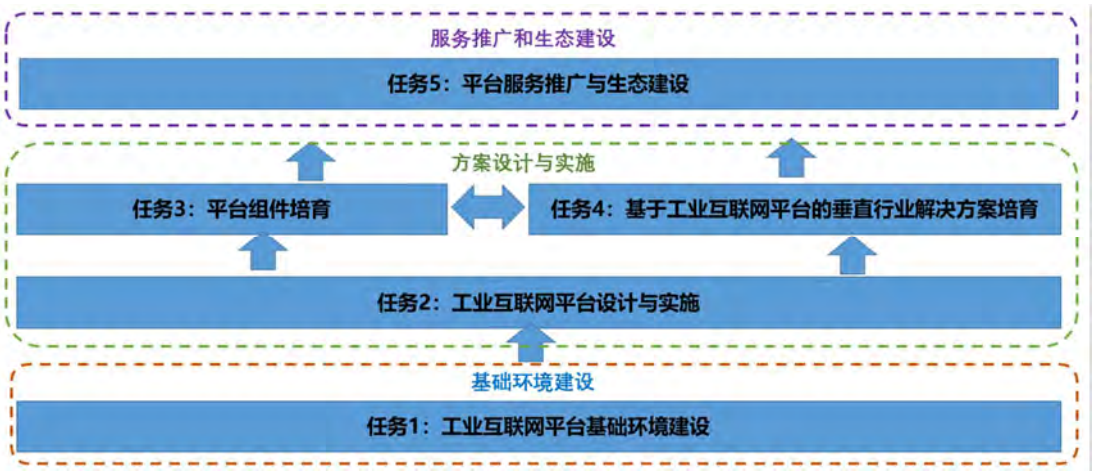


图 1 项目主要建设内容及实践路径

3. 项目目标

针对我国制造业“大而不强”的问题，围绕海量终端接入、边缘计算与优化、工业知识复用、软件开发部署、工业资源共享等基础共性问题，建设基础共性工业互联网平台试验测试环境，实现“1+3+5+5”目标：

“1”：建设一个涵盖工业互联网平台基础共性能力和生态的试验测试环境，支持适配性、功能性和可靠性的试验测试。

“3”：形成包括（1）覆盖功能完整性、可靠性、兼容性、安全性的测试用例库；（2）包含工艺及能耗管理、流程优化、生产管控、产品智能运维、供应链协同等跨领域能力在内的工业知识库；（3）形成 iLeapCloud 平台架构规范。

“5”：建立多源设备、海量数据、异构网络、多维场景的模拟环境，聚焦异构数据管理、工业数据建模分析、工业机理模型与微服务开发、工业 APP 创新、平台互联互通 5 个基础能力，通过开展垂直行业应用，促进工业设备接入、工业 APP 培育，加速平台功能迭代，持续优化核心要素。

“5”：在汽车、石化、电子设备、家电、机加等国内重点工业领域，开展推广应用，加快平台业务推广和生态建设。

二、项目实施概况

项目以 iLeapCloud 建设运营为基础，向电子、汽车、石化、机加、家电行业，建设基础共性工业互联网平台，研制跨平台跨领域的平台工具。围绕平台功能完

整性、可靠性、兼容性、安全性，持续丰富和完善平台在边缘计算与优化、通用PaaS、工业数据建模分析、机理模型与微服务组件开发应用、APP 开发、平台互联互通和芯片级硬安全方面的能力。

1. 项目总体架构和主要内容

iLeapCloud 平台架构如图 2 所示，平台具备面向多行业、多领域、多场景的设备接入能力、边缘计算与优化能力、工业知识复用能力、工业资源共享能力、工业 APP 开发能力及平台互联互通能力等关键共性能力，具有基于数字孪生的多源设备、海量数据、异构网络、多维场景的工业镜像建设能力。平台主要功能及主要建设内容简述如下：

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

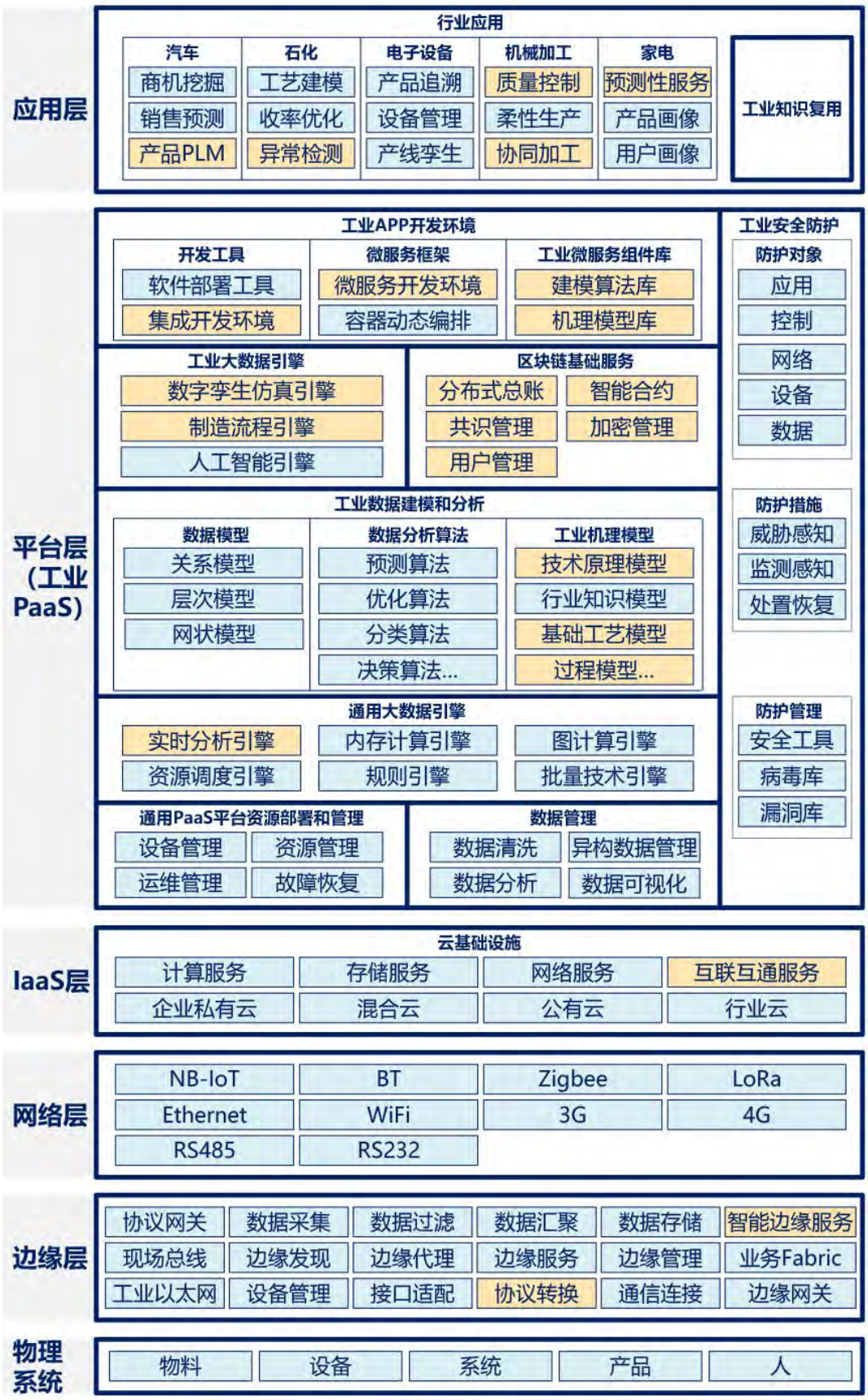

应用层
行业应用
汽车
商机挖掘
销售预测
产品PLM
石化
工艺建模
收率优化
异常检测
电子设备
产品追溯
设备管理
产线孪生
机械加工
质量控制
柔性生产
协同加工
家电
预测性服务
产品画像
用户画像
工业知识复用
平台层（工业PaaS）
工业APP开发环境
开发工具
软件部署工具
集成开发环境
微服务框架
微服务开发环境
容器动态编排
工业微服务组件库
建模算法库
机理模型库
工业大数据引擎
数字孪生仿真引擎
制造流程引擎
人工智能引擎
区块链基础服务
分布式总账
智能合约
共识管理
加密管理
用户管理
工业数据建模和分析
数据模型
关系模型
层次模型
网状模型
数据分析算法
预测算法
优化算法
分类算法
决策算法...
工业机理模型
技术原理模型
行业知识模型
基础工艺模型
过程模型...
通用大数据引擎
实时分析引擎
内存计算引擎
图计算引擎
资源调度引擎
规则引擎
批量技术引擎
通用PaaS平台资源部署和管理
设备管理
资源管理
运维管理
故障恢复
数据管理
数据清洗
异构数据管理
数据分析
数据可视化
工业安全防护
防护对象
应用
控制
网络
设备
数据
防护措施
威胁感知
监测感知
处置恢复
防护管理
安全工具
病毒库
漏洞库
IaaS层
云基础设施
计算服务
存储服务
网络服务
互联互通服务
企业私有云
混合云
公有云
行业云
网络层
NB-IoT
BT
Zigbee
LoRa
Ethernet
WiFi
3G
4G
RS485
RS232
边缘层
协议网关
数据采集
数据过滤
数据汇聚
数据存储
智能边缘服务
现场总线
边缘发现
边缘代理
边缘服务
边缘管理
业务Fabric
工业以太网
设备管理
接口适配
协议转换
通信连接
边缘网关
物理系统
物料
设备
系统
产品
人

图 2 平台总体架构

边缘层：即数据采集层，在设备接入方面具备传感器接入、设备接入、智能网关连接、协议解析适配等边缘连接能力；提供智能开发板、边缘服务器等边缘开发能力。

网络层：具备面向复杂工业应用网络环境，提供针对短中长距各类网络连接的支撑能力，提供串口总线 RS232/485、Ethernet、WiFi、2/3/4/5G WWAN、NB-IOT、BT、Zigbee、LoRa 等各类连接协议支持。

IaaS 层：提供企业私有云、公有云部署能力，通过跨云访问技术实现复杂混合多云模式下的 IaaS 协同能力，为工业资源共享与互联互通提供平台保障。

平台层（工业 PaaS 层）：提供设备管理、资源管理（弹性伸缩计算环境、容器动态编排与调度）、运维管理模块，支持平台资源部署与管理能力；提供数据清洗、异构数据管理、数据分析与数据可视化模块，支持海量异构数据的管理能力；提供批量计算引擎、实时分析引擎和资源调度引擎，支持基于数据模型、数据分析模型、工业机理模型的工业数据建模与分析能力；提供在制造流程引擎、数字孪生仿真引擎、人工智能引擎支持下，基于开发工具、微服务框架、工业微服务组件，快速形成工业 APP 的能力。

应用层（工业 SaaS 层）：提供从需求分析、产品研发、生产制造、过程控制、供应链协同到营销服务的各类工业 APP 及 APP 框架，涵盖需求画像、产品画像、行为画像、辅助设计、辅助分析、数据计算、协同仿真、工厂设计、资源计划、流程仿真、物流管理、线上实训、过程监测、运行日志、设备运维、过程优化、过程控制、供应链管理、企管财务、销售管理、资产管理、运营决策、舆情分析、智能客服、质量溯源、维修备件、远程服务等全价值链应用。以及面向用户的精准营销、智慧研发、协同制造、智慧服务、智能供应链等应用，面向供应商和开发者的用户运营、开发者社区、产业联盟协作门户等的业务综合应用。

工业安全防护：针对工业 APP，控制网络、设备、数据，提供威胁感知、监测感知、处置恢复及安全目标管理、风险评估管理和安全策略管理能力。

2. 网络、平台或安全互联架构

iLeapCloud 平台的支撑网络连接包括网络互联和数据互通两个层次。

网络互联，包括工厂内网络和工厂外网络。工厂内网络，包括 IT 网络和 OT

网络，用于连接工厂内的各种要素，包括人员（如生产人员、设计人员等）、机器（如装备、办公设备）、材料（如原材料、在制品等）、环境（如仪表、监测设备）等。通过工厂内网络，与企业数据中心及应用服务器互联，支撑工厂内的业务应用。

工厂外网络，用于连接智能工厂、分支机构、上下游协作企业、工业云数据中心、智能产品与用户等主体。

数据互通，实现数据和信息在各要素间、各系统间的无缝传递，使得异构系统在数据层面能相互“理解”，从而实现数据互操作与信息集成。数据互通的连接层，一方面支撑各种工厂要素、出厂产品等产生的底层数据向数据中心的汇聚；另一方面为上层应用提供对多源异构系统数据的访问接口，支撑工业应用的快速开发与部署。

数据管理模块所提供全图形化的数据处理工具，通过拖拽方式设计各类 ETL 过程，简便易用。通过组态编排方式提供数据冗余剔除、异常检测、归一化等方法对原始数据进行清洗，为后续存储、管理与分析提供高质量数据来源。

总体数据架构分为加载数据层/临时层、核心数据层、业务应用层，如下图所示



图 3 三层数据架构

3. 具体应用场景和应用模式

围绕 iLeapCloud 平台，联想已建设完成全球 10 个数据中心，2000 台服务器，总数据量超过 15PB。边缘计算平台已接入全球超过 2 亿台联想设备，31 家工厂和 3000 余家零部件供应商，每天汇集并处理 150 亿条数据，分析包括 15000 余种工况和工艺指标数据。平台对接了联想自身超过 200 个业务系统，集成了超

过 280 万家分销商和渠道商数据，通过 IT 和 OT 域的数据融合以及人工智能创新，构建了联想自身数百个工业智能化场景，覆盖包含研、产、供、销、服的整个价值链。

通过 8 年的对外服务，平台已接入了 336559 台工业设备、支持 33 种主流工业协议，接入的设备覆盖了全国 7 个区域的近千家企业用户；聚集了 193 个机理模型和 1116 个工业 APP。形成了覆盖电子设备、汽车制造、石油化工、机械加工、家电五个行业的工业互联网平台解决方案。产品及解决方案先后击败了 IBM、PTC、德勤、甲骨文等国外巨头，业务进入深水区。

（1）电子设备制造行业

作为全球最大的个人电脑制造商，联想设计、生产和销售的个人电脑、手机和服务器等产品总和超过 2 亿台，在全球拥有超过 3 亿名用户。联想在全球建设有 31 家智能工厂，合作伙伴包括 280 万家分销商和渠道商、3000 余家零部件供应商，整个产品系列的 SKU 种类超过 20 万种，是 Gartner 评选的唯一连续五年进入全球供应链前 25 名的中国企业。



图 4 电子设备行业平台关键组件图

通过构建联想工业互联网平台（iLeapCloud），运用物联网和边缘计算技术，全面整合 IT 数据、OT 数据和互联网数据，通过统一的大数据平台，实现研发、工艺、生产、采购、物流、销售、服务等系统的数据湖，优化企业全价值链，实现规模定制协同，最终形成了面向联想全球业务的智能化制造转型解决方案。

通过建立用户画像系统和产品画像系统，对全球用户的行为进行精准画像，以及对产品的用户需求满足度的分级画像，精准解析用户个性化需求，通过对产品实施的全生命周期精细化服务和对产品全生命周期的数据采集和分析，结合有效的工业机理模型，形成了电子设备制造行业全球个性化定制和网络化协同解决

方案。

面向网络化协同的产业链上下游管控方案，在联想实施后，覆盖超过联想 PC 产线 190,000+的产品物料（包含维保物料 60,000 件，支持每天 8,000+的服务订单）。管理供应链超过 200+个全球物流仓库，实现端到端的物流成本优化。滚动销售预测不仅仅覆盖产品全生命周期，包括末次采购期、新品导入期，也覆盖部件的临时性、季节性销售期。全生命周期预测率上升 11%，末次采购预测准确率上升 14%。

面向个性化定制的产品及用户画像方案，在联想广泛使用后，显著提升了联想对用户的远程触达能力，极大提升了新品设计、精准营销、服务优化等方面的效率。辅助新品设计、线上标签好评率达到 96.56%。双十一活动中，点击率提升 1 倍，转化率提升 8.3 倍。在联想超品日，年销售收入同比增长达 107%。通过 LBS 推送客户附近的新门店开业动态，到店用户人数提高 10%，销售量同比增长 3.4%

面向服务化转型的售前及售后业务优化方案，在联想实施后，有效地整合了原有分散在各个不同业务系统、不同渠道中的商业客户、商业行为等数据，实现了以商业信息及业务需求驱动的新商业洞察能力，并贯穿了产品从设计制造、质量跟踪到售后维保的全生命周期。例如，全球产品激活数据从数天到实时统计，商业客户的跟踪覆盖率从原有的 5%提升到 80+%，为公司每年挖掘价值数百万美金的潜在商机。产品系统/软件缺陷感知/修复时间从数周到 2~3 天，提升呼叫中心服务满意度 9 个百分点。

（2）汽车制造行业

当前，汽车行业在同质化低利润的市场环境下，为了降低成本扩大份额，需要实现多环节的协同联动，不仅需要前端供应链的全域数据，而且需要挖掘售后市场数据、用户数据、使用数据等，通过工业互联网平台，以产品全生命周期的视角，实现跨 IT/OT 领域，以及企业内部数据和外部互联网/用户数据的融合，覆盖产品全生命周期，融合生产数据、营销数据、服务数据、产品运行数据、公开信息等数据，形成全域数据全域联动，帮助企业实现面向用户的精准决策和快速响应能力，提升全要素生产率。

为了实现汽车行业的全域数据联动，联想工业互联网平台（iLeapCloud）围

绕研发设计、采购工艺、生产制造、运营管理、企业管理、仓储物流、产品服务等领域，在平台 SaaS 层开发了汽车虚拟研发系统、产品决策支持系统、生产一致性管理系统、售后管理系统等工业 APP 和方案，实现了汽车产业链的全面数据的实时感知、实时采集、实时分析，基于数据来联动管理决策和资源精准配置，帮助汽车企业进一步实现智能化制造、网络化协同、个性化定制、服务化转型。

联想在实际部署和应用中，积累了 114 种工业 APP 和微服务，连接 482 种汽车行业的各种装置设备，连接数量达到 77031 种。在汽车行业的竞争中，联想工业互联网平台通过自身对离散制造过程的深入理解，实现了对 IBM WATSON、微软、ORACLE、德勤、埃森哲等国外知名软件厂商的系统替换，实现了工业软件市场的突破。已经为北汽、广汽、重庆长安、蔚来汽车、小鹏汽车、长丰猎豹、海马汽车、新特汽车等 273 个汽车上下游企业客户提供服务。

（3）石油化工行业

全球化的原油市场，不断波动的原油价格直接快速地影响着石化衍生品的期货价格，汽油、柴油的期货价格频繁起伏，直接影响了石化企业的利润。如何快速灵活弹性的响应市场需求的变化，灵活动态的调整产品产出，获取市场波动的极优利润，是每个石化企业的梦想。当前石化企业大多部署的 Aspen 流程模拟系统，一经部署后，各个石油衍生品的产能就是固定的不变的，调整困难，验证困难，如何从影响产能的各种系统因素中找到核心关键的关联因子，建立各种石化产品的机理模型，在线动态弹性的调整各种产品的产出，是实现石化行业弹性系统调优的关键路径。

面对不断剧烈波动的产业外部环境，其传统制程软件和管理系统无法适应，联想工业互联网平台（iLeapCloud）通过大数据和人工智能技术与工业机理深度结合，围绕生产制造、运营管理、企业管理、产品服务等领域，针对石油化工行业的痛点问题，以石化产线设备边缘数据接入为技术基础，形成适应性更强的工业机理优化模型，帮助生产流程快速弹性地应对不可控的外部因素影响，实现原有工业软件和系统无法支持的在线工艺调优和在线工序编排。对海量生产过程数据，建立调优模型，经过深层次的分析挖掘，找到问题关联因子，持续改进模型，迭代模型，最终得到目标近优解。

联想深耕石化行业，持续积累了 50 种工业 APP 和微服务，连接 447 种石化

行业的各种装置设备，连接数量或采集点达到 55039 个，为 248 个石化上下游企业客户提供服务。

（4）机械加工行业

联想工业互联网平台（iLeapCloud）聚焦研发设计、采购工艺、生产制造、运营管理、企业管理、仓储物流、产品服务等领域，持续研发达 182 种工业 APP 和微服务，连接 217 种机械加工行业的各种装置设备，连接数量达到 69844 个，为 195 个机械加工上下游企业客户提供服务。iLeapCloud 机械加工行业应用以车间信息化生产为核心，面向智能化生产与服务化转型，开发产品溯源、生产管理、远程运维等智能化应用。在大数据分析处理工具平台基础上，开发并集成大数据并行分析引擎、海量数据检索与访问接口、新一代人工智能算法体系等，形成数控机床加工过程的工业机理建模，从而确定智能控制策略，实现物理世界与信息世界的相互协调、交互、动态控制，最终实现智能化生产。截至目前，iLeapCloud 已接入了全国范围内超过千台数控装备，配备数百台工业机器人，采集了每台数控设备中上千个点位信息，每天汇聚并处理上亿条数据。其中，iLeapCloud 在发那科（Fanuc）轮毂行业洞察与分析项目中，通过采集来自生产制造、设备资产管理、宏观数据、行业数据等多源异构数据，累计达到 300+TB，形成了覆盖从需求到制造全价值链的完整数据，将需求预测准确度相比传统方式提高 16% - 21%。在电子产品结构模组精密加工智能制造环节，节省 70%以上的生产人员，产品不良率降低 30%以上，设备利用率提高 25%以上，车间能源利用率提升 15%以上。

（5）家电行业

iLeapCloud 围绕研发设计、采购工艺、生产制造、运营管理、企业管理、仓储物流、产品服务等领域，持续研发达 232 种工业 APP 和微服务，连接 218 种家电行业的各种装置设备，连接数量达到 38148 个，为 135 个家电行业上下游企业客户提供服务。

家电行业工业互联网跨越工业互联网、商业互联网和消费互联网。业务焦点是用户体验、生态服务和提升质量增加效益。针对家电行业的智能化生产、网络化协同、服务化转型的业务痛点，联想推出了智能工厂方案、协同设计方案和用户画像方案，在智能家电产品的研发、生产和售后服务中得到应用，并取得良好

效果。

基于 iLeapCloud 的工业互联网智能工厂方案成为了某国家级“双跨”工业互联网平台互联互通的重要组成部分，解决了大规模制造的智能化问题，消除了规模化和个性化的矛盾，形成规模制造和个性定制的融合。实施后达到设计成效，工厂整体效率大幅提升，不入库率达到 69%，订单交付周期缩短 50%，CCC 达到-10 天。

同时，基于 iLeapCloud 平台的协同设计方案在联想智能音箱的研制过程中，收集用户反馈帮助产品进行快速迭代、优化。两个月内经过多次迭代优化，正式版智能交互体验更加完备。

用户画像方案在联想 SmartHome 方案中，依据用户特征匹配到最佳的工程师和服务流程，线上标签用户好评率从 93%提升到 96.56%；依据产品运行情况缩短工程师的问题判断时间，高优先级用户直接路由进入专家队列，提高服务响应速度。

4. 安全及可靠性

建立基于 TCM 安全芯片的工业互联网平台安全解决方案，形成行业壁垒和标准化组织深入合作，推动建立国家的大数据可信计算标准及联盟，在系统、平台、数据三层进行全方位安全保障，无安全短板。依照 ISO27001 标准的构建安全体系，建立了完备的安全扫描和加固能力，对危险程序、弱安全配置、系统缺陷及渗透等多方面进行漏洞检测与安全增强。已经部署并应用于平台安全防护的工具库、病毒库、漏洞库数量累计包含 10 个。

基于长期积累的安全风险管理和运营经验，提供了从云、网络、边缘、到设备的一体化安全防护解决方案，通过大数据分析和安全态势感知体系，提供六类工业互联网安全防护能力，即终端安全、网络安全、数据安全、运营管理安全和运维保障安全。

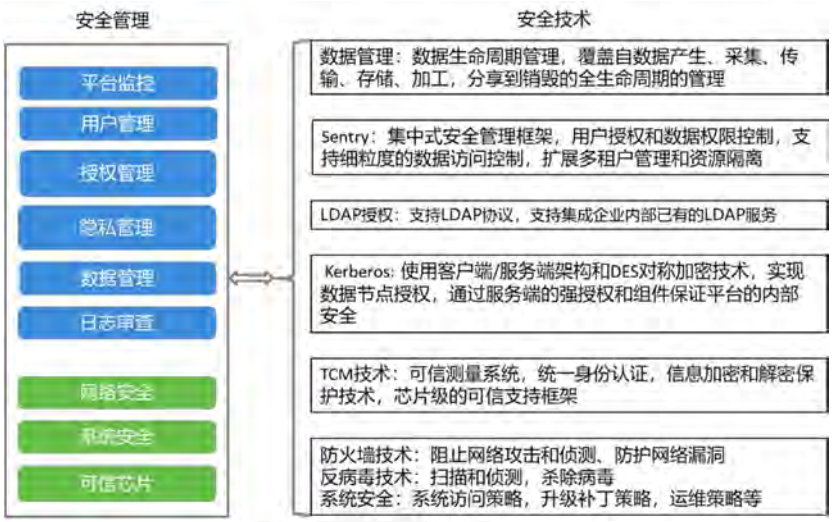


图 5 安全防护框架图

5. 其他亮点

与西门子 MindSphere，GE Predix，施耐德 Exostruture，微软 Azure，亚马逊 AWS 对比，iLeapCloud 具有以下优势和特点：

1）更为丰富的业务模式

从平台的目标和定位层面，不同于 MindSphere 和 Predix 分别聚焦于工业的生产制造过程和产品的后服务延伸，Azure 和 AWS 更聚焦于泛工业数据的采集、存储和分析，联想工业互联网平台体系侧重于为全球制造业转型升级提供 IT/OT 深度融合的端到端一体化解决方案，一方面更符合中国制造门类全、体量大、发展阶段不一的既有特点；另一方面基于更为开放的平台架构，可具备为全球范围内更多的目标客户提供从数据接入、数据分析、实时融合的制造重构、工业互联网生态培育到后服务延伸的全价值链端到端的解决方案能力。

2）更为全面的功能支撑

相比 MindSphere 聚焦于提供面向工业制造过程的 PaaS 层服务（包括 MDSP 工业工具集，工业设备模型等基础服务包等）；Predix 聚焦于提供面向工业产线的 PaaS 设备数字镜像（Digital Twin）、开发支持（DevBox, Machine SDK）地理信息引擎，安全认证与分析，边缘计算服务等基础服务包等；AWS 和 Azure 更侧重于对泛工业数据在后端的存储和分析，行业和工业属性不明显。iLeapCloud 具备了提供 IaaS、PaaS 和 SaaS 全层次的工业智能服务的能力：

i）IaaS 层已支持 33 种主流工业协议的解析和接入，通过边缘计算平台提供数据实时传递存储和边缘端的实时自决策、自优化。

ii）PaaS 层同时支持用户基于公有云、专有云和混合云架构的基础设施服务的全球化部署和泛在服务；面向工业领域，提供了支持个性化定制、网络化协同、智能化生产、智能化设计、服务化转型需求的微服务引擎、面向软件定义制造的流程仿真引擎、大数据分析引擎、数字仿真引擎和人工智能/工业机理等工业 PaaS 服务，为快速构建工业互联网平台的试验测试环境提供算力支持，同时支持平台的灵活扩展、资源自适应优化调度。

iii）SaaS 层提供 Hadoop 分布式、HBase 列式、Cassandra 时间序列等大数据存储能力以及 Storm 流式、Spark 内存计算等大数据分析能力；支持工业全量数据的按需存储和按需分析；支持 MES/ERP/SCM/CRM/CAPP 等主流工业信息系统间的互操作；支持基于可封装、可复用工业应用的智能制造全价值链场景的“所见即所得”式重构。

3）满足海量工业数据高并发场景下的并行计算支撑能力

依托联想具有完全自主知识产权的开源时序数据库 IOTDB，使联想具备了支持分布式高并发计算的能力，可有效满足工业数据的高并发、高实时、高可靠环境下的准时计算、准时响应需求。IOTDB 与当前主流时序数据库计算性能对比如下图所示：

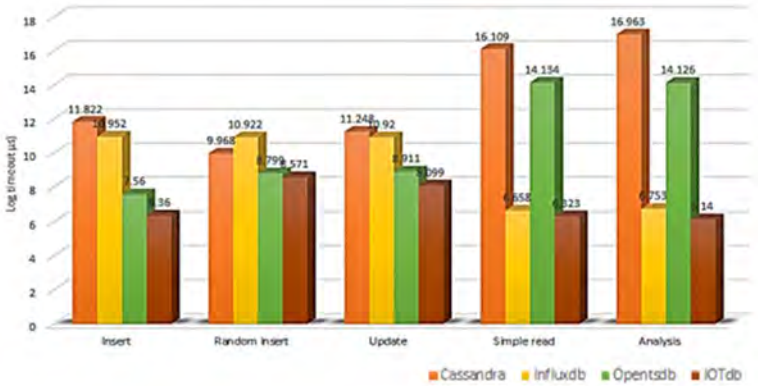


图 6 联想时序数据库与当前主流开源数据库的计算性能对比（来源：中国软件测评中心）

在时序数据处理性能方面，IOTDB 的性能高于包括 InfluxDB, OpenTSDB, Cassandra 在内的主流开源软件，已达到国际领先水平。可确保设备采集时延不长于 10ms,可有效支撑工业数字孪生、高精度、高质量、同步的时效性和可靠性

要求。

4）更广泛的平台互联互通能力

国外主流的同类工业互联网平台提供面向自身具有核心竞争力的工业软硬件产品和高价值装备的接入和工业智能服务，显著地提高了平台的接入壁垒，采用闭源模式，仅支持有限的合作伙伴定制开发。联想工业互联网平台采用开源模式，兼容主流工业协议的开放扩展，提供研发、生产、仿真试验等主要工业流程的低代码的工业服务接入能力，提供机加、电装等领域的主流工业设备接入能力，以及智能产品和智能互联产品等工业产品全要素接入能力，支持与海尔 CosmoPlat，华中数控 INC-Cloud 等多行业、多领域工业互联网平台的互操作。同时，依托工业大数据产业应用联盟和联想创投的政产学研金用协同驱动，iLeapCloud 的开源社区，将有助于实现工业智能新模式、新业态、新技术的加速孵化和推广。

二、下一步实施计划

后续，联想将继续以 iLeapCloud 为基础，持续开展技术及商业模式创新，打造“平台+产品”的快速部署、灵活组合的工业互联网产品及解决方案体系。以持续改善用户体验为核心，依托前期基础，形成为大型 B 端工业用户赋能的工业互联网整体解决方案；以及面向中小微企业的“即插即用”式工业智能产品及轻量化平台；进一步提升 iLeapCloud 平台的快速部署能力、用户需求契合度和快速改善能力，预计在未来三年，平台将从以下方面重点发力：

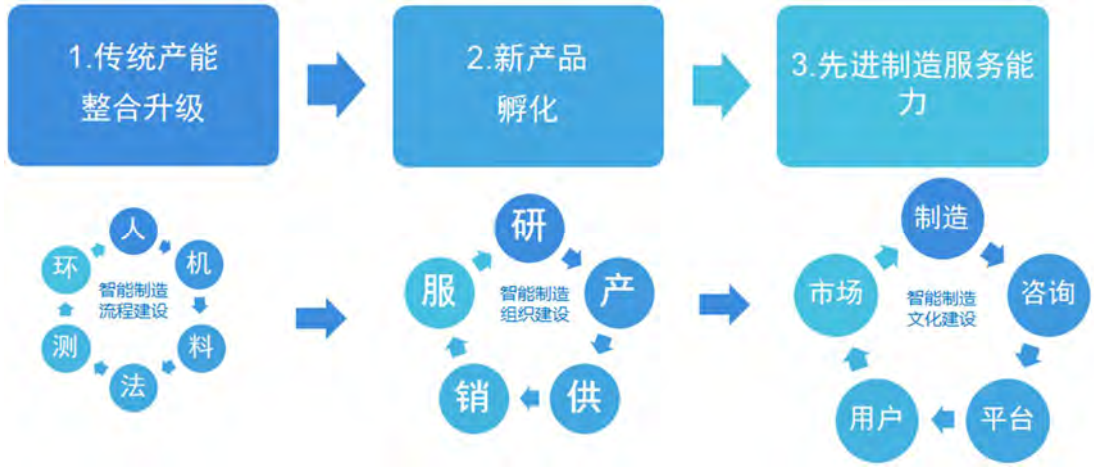


图 7 联想工业互联网平台（iLeapCloud）下一步实施计划

（1）建立多源设备、海量数据、异构网络、多维场景的模拟环境，实现基于虚实深度融合，面向生产制造过程和设备后服务的轻量级数字孪生支持平台和轻量化数字孪生产品，满足生产流程和服务模式虚拟重构的仿真需求。通过数字孪生仿真环境，开展基于工业互联网的人、机、料、法、环、测和研、产、供、销、服“双闭环”应用，持续丰富平台在虚体世界上的模板、实例的数量和质量，提升工业智能新业态、新模式的试错能力，降低智能制造实施成本和周期。

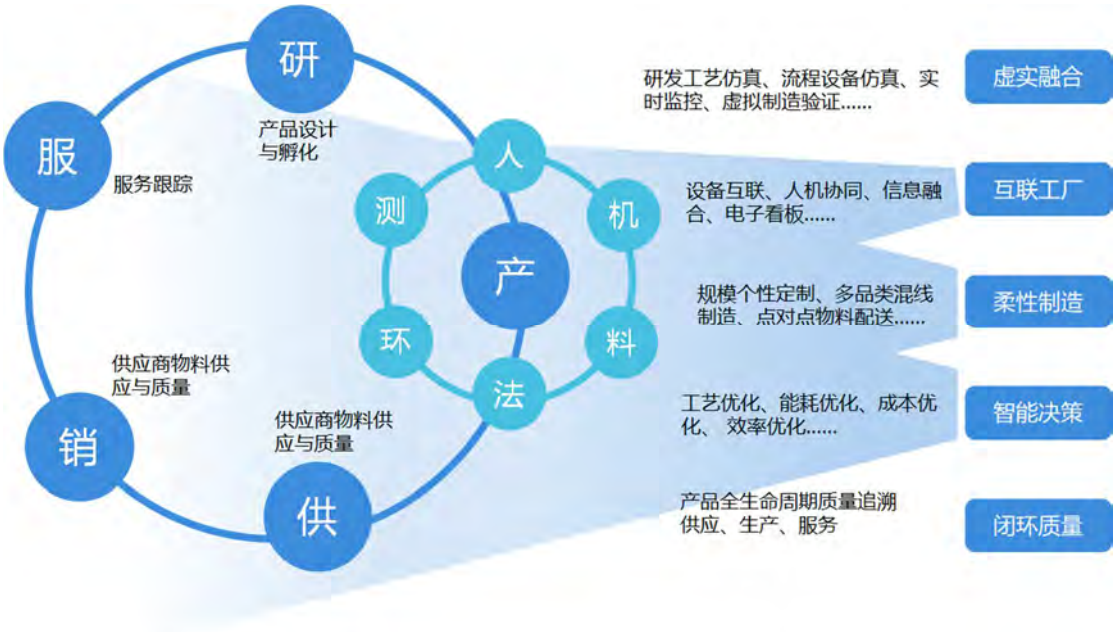


图 8 基于工业互联网平台的“智能制造双闭环”赋能模式

（2）聚焦汽车、电子信息制造、石化、家电、机械行业，建设形成轻量级物联接入解决方案，围绕人员管理、设备管理、全面质量管理、产品准时运维等核心应用场景的关键痛点，形成轻量化，“即插即用”式产品及解决方案，在未来三年内，接入不低于 50 万台套设备。

（3）建设具有即插即用、轻量化快速能力的工业互联网平台试验测试环境，形成多行业、多领域、多场景的工业互联网平台的轻量化解决方案，通过快速部署和迭代，持续丰富平台生态和 APP 数量：

- 形成不少于 1000 个工业 APP，订阅次数不少于 5 万次/年；
- 为不少于 10000 家企业提供服务，其中，中小企业占比不低于 50%；
- 形成 5000 个工业机理模型或微服务组件，建设工业 APP 和微服务资源池；
- 形成 20000 个测试用例，在 150 家企业验证应用；
- 开发超过 1000 个平台应用编程接口（API）和软件开发工具包（SDK）。

- 建设开发者社区，聚集 2 万名开发者，活跃用户超过 2000 名。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）项目先进性

全域数据联动

以联想在边缘智能领域的创新为基础，通过完善的边缘智能、全量的数据融合、深入的数据分析，形成跨企业生产系统和信息系统（IT/OT），贯穿产品生命周期，覆盖数据全域 55 项关键数据指标的全域联动和企业内外部一体化协作。通过工业互联网平台内外部实践，积累了 114 种工业 APP 和微服务，连接了汽车行业的 482 种、77031 台/套装置设备。实现了对 IBM WATSON、微软、ORACLE、德勤、埃森哲等国外知名软件厂商的系统替换，实现了工业软件市场的突破。在汽车制造行业，现已为北汽、广汽、重庆长安、蔚来汽车、小鹏汽车、长丰猎豹、海马汽车、新特汽车等 273 个汽车上下游企业客户提供服务。

弹性系统调优：面对高度不确定的外部环境，石化行业包括 Aspen 流程模拟系统等在内的传统系统已无法满足生产系统弹性调优的需求。联想通过基于边缘智能的全领域工艺优化，实现了工艺模型的自适应在线工艺调优和工序的在线编排。经过多年深耕，在相关技术领域形成了 50 种工业 APP 和微服务，连接 447 种石化行业的各种装置设备，连接数量或采集点达到 55039 个，为 248 个石化上下游企业客户提供服务，为用户实现了 0.3%-0.9%的产品收率，为用户额外形成了约 6000 万/年的收益。

规模定制协同：电子设备制造行业存在产品种类多、升级换代周期短、生产质量要求高的特点。通过联想工业互联网平台（iLeapCloud），联想对全球 31 家工厂、上千种设备、15000 余种工况、280 万家供应商数据的全贯通式管理和持续优化，提炼了 500 种产品模型、100 种用户模型，实现了超过 1000 家企业的供应链协同，帮助联想、剑桥科技、联宝等头部企业实现了 70%以上产品的个性化定制、7 天内交付。

芯片增强安全：基于 TCM 芯片构建硬件增强的安全计算平台环境，对不同价值的数据提供基于硬件的安全管控能力，帮助工业企业在数据合规的前提下，实现数据的跨部门、跨组织、跨公司、跨地域的安全协同服务。



图 9 iLeapCloud 平台技术方案先进性

（2）项目创新点

资源自组织自发布的微服务技术，为工业互联网测试验证平台的工业 APP 创新能力提供技术支撑：

基于微服务架构，充分利用容器虚拟化技术、资源标准化技术，支持对平台功能、业务流程、数据获取、计算模型、业务模型等自由组织与动态调整，形成面向跨云平台、多领域、多行业的资源统一标识、安全访问、自主编排、自主发布的应用构建能力，支持产品全生命周期管控的微服务化与云化，并实现服务与云计算架构的融合，提供弹性、高性能的试验测试环境，为工业互联网测试验证平台的工业 APP 创新能力提供技术支撑。

面向工业资源共享与平台互联互通的跨云中心的资源实施访问技术，为工业资源共享与提升平台互联互通提供技术支撑：

基于虚拟统一数据访问模型，屏蔽跨云平台异构数据访问差异，增强供应协同优化的数据获取、同步和交叉计算能力；基于能力发布、订阅及安全验证框架，提供跨云中心服务发布与访问能力；通过微服务网关提供数据访问接口规范化封装、发布部署、运行调度、路由管理、状态监控、安全审计等工具，实现对数据

访问接口的统一部署、统一管理、多维度安全审计，在提高跨平台数据访问实时性、可靠性同时，让数据流通的有据可查。这一技术的突破将为工业互联网测试验证平台的工业资源共享与提升平台互联互通提供技术支撑。

多源边缘设备数据采集与高精度数字镜像技术，为智能化生产提供技术支撑：

在实时多源全量边缘设备接入与实时全量数据采集，针对产线生产虚拟现实建模与仿真的低效率和低可信的问题,研究基于语义结构特征的虚拟生产线场景实时同步三维重建技术，实现满足时空布局和任务逻辑的智能生产线快速虚拟构建；研究大数据活化知识自适应接入、在线生产数据动态响应、复杂工艺流程多粒度物理建模、生产单元自主演化与随机交互、产线仿真可信度量技术，支撑虚实融合的生产流程在线虚拟运行。以此为工业互联网试验测试平台智能生产提供软件定义技术支撑。

基于工业数据建模与分析的产品前置性服务预测技术，平台服务化转型提供技术支撑：

基于广泛的产品数据采集，融合生产数据、营销数据、物流数据、使用数据、日志数据、维修数据、舆情数据等多源多维异构数据，利用大数据与人工智能技术，实现高精度、多维度、智能化的产品生命周期建模与画像；基于实时数据采集技术，建立全面完善的服务追踪体系，实现产品生命周期跟踪；基于多场景预测算法模型，建立服务预测体系，实现产品的前置预测服务规划。以此为工业互联网试验测试平台服务化转型提供技术支撑。

2. 实施效果

（1）平台实施整体效果

1）加快工业互联网平台产业发展，助力我国工业互联网平台生态系统繁荣。iLeapCloud 平台的应用实施可为工业互联网平台的建设发展保驾护航，使得工业互联网平台建设有章可循，借助工业互联网平台关键功能模块试验测试的反馈，明确平台建设的短板和不足及重点和方向，带动工业互联网平台发展质量和效益不断提升，以及工业互联网平台周边生态的不断繁荣；同时还可通过试验测试规范工业互联网平台发展市场，实现优胜劣汰和资源融合，促进我国形成一批有国

际竞争力的工业互联网平台。

2）帮助广大工业企业理解工业互联网平台的应用价值与应用方法，有助于企业有效应用工业互联网平台加快数字化转型。

工业互联网平台内涵丰富、机理复杂，众多制造企业对于工业互联网平台的核心价值与应用场景理解不到位，本项目将针对工业互联网的典型应用场景形成一批测试用例，所开展的试验测试工作也围绕工业互联网的典型应用场景展开，将帮助制造企业理解工业互联网平台在分布式协同制造、产能交易、设备远程维护、能源综合管控等方面的应用价值，加快工业互联网平台在各制造领域的推广应用。

3）服务于我国制造业和系统解决方案服务行业的综合竞争力建设，促进制造强国和网络强国建设。

工业互联网平台是全球各国构筑新一轮产业制高点的核心竞争焦点，本项目针对目前国内工业互联网平台发展中存在的普遍问题，通过试验测试环境的建设和试验测试工作的广泛开展，引导我国工业互联网平台不断完善自身核心功能、丰富应用、打造价值生态，另一方面积极引导制造业应用工业互联网平台加快数字化转型，能够有效服务于我国制造强国和网络强国的建设。

（2）行业实施效果

1)电子设备制造行业

面向智能化生产的 SMT 产线优化方案在联想多个制造工厂、多条产线的实施，提升 UPPH（单位人时产能）1.7%，产品 FPY（一次通过率）0.54%，OTS（工程样件）交付率 5%，每年提升产线利润 200 万美金以上。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



图 10 实施效果

面向网络化协同的产业链上下游管控方案的实施，覆盖超过联想 PC 产线 190,000+的产品物料（包含维保物料 60,000 件，支持每天 8,000+的服务订单）；管理联想供应链超 200+全球物流仓库，实现端到端物流成本优化。滚动销售预测不仅仅覆盖产品全生命周期，也覆盖部件的临时性、季节性销售期。全生命周期预测率上升 11%，末次采购预测准确率上升 14%。

面向个性化定制的产品及用户画像方案在联想的广泛使用，显著提升了联想对用户的远程触达能力，通过对客户的深度经营，大大提升了在新品设计、精准营销、服务优化等方面的效率：辅助新品设计，线上标签好评率达到到 96.56%；双十一通过精准营销点击率提升 1 倍，转化率提升 8.3 倍；联想超品日，转化率 0.66%，年销售收入同比增长达到 107%；通过 LBS 向客户推送其附近的新门店开业动态，到店用户人数提高 10%，销售量同比增长 3.4%。

面向服务化转型的售前及售后业务优化方案在联想的实施，针对商业客户，有效的整合了原有分散在各个不同业务系统、不同渠道中的商业客户、商业行为等数据，通过统一的数据治理标准，提供了对商业业务状态、交易记录、客户信息的一致性数据服务，最终构建了商业信息、业务需求、与智能洞察的正向闭环，实现了以商业信息及业务需求驱动的新商业洞察能力。针对消费客户，通过数据将原有各自独立的产品业务进行了深度融合，有效的贯穿了产品从设计制造、质量跟踪到售后维保的全生命周期。项目的实施带来如下显著效果：全球产品激活数据从数天到实时统计；商业客户的跟踪覆盖率从原有的 5%提升到 80+%，为公司每年挖掘潜在商机价值数百万美金；产品系统/软件缺陷感知/修复时间从数周

到 2~3 天；提升呼叫中心服务满意度 9 个百分点；构建科学的产品质量评价指标平均故障间隔时间（MTBF）；构建以质量数据为依据的供应商评价体系。

2）汽车制造行业

面向智能化生产的整车智能制造方案实施，在不同企业取得了明显效果：

中联重科：通过建设智能供应链协同管理系统，全面打通汽车产业链、价值链数据和业务，大大降低了时间、人力、物力和资金在生产、流通、服务环节上的浪费。实现供应商的全生命周期管理，存货自动调拨和补给，库存周转率提升 2%，供应链库存下降 40%，制造成本损失减少 5%；消除了企业内部与外部、供应链条上下游的信息不对称，合同履约率提升 30%，实现精益化生产。

长丰猎豹汽车：平台上线后人力成本下降 60%,；部署了销售分析、品质分析等应用分析功能，使得分析效率提升 40%；分析周期秒级响应。

北汽新能源：通过车辆异常数据预警、补贴未达标预警、未达标原因分析以及车辆行驶里程预测，提高补贴申领率 8%和申领成功率 5%。

海马汽车：实现了全集团数据系统互通，全国销量数据每 30 秒更新一次；通过建立存量用户画像进行精准营销定向区域广告投放，每季度为海马节约营销广告费用 500 万~800 万，销量提升约 3%~5%。

面向个性化定制的智能营销方案也起到了积极效果：

蔚来汽车：智能客户视图面对业务数据缺失或者不规范，智能匹配引擎结合互联网数据+人工智能算法，通过互联网信息获取补充缺失客户名称、地址等信息，相比人工处理方式，信息完备率最高达 97%，处理效率提高 80%。

小鹏汽车：车企存量用户画像分析系统自动筛选潜在升级产品目标客户群，可以有效提高 30%～70%二次销售命中率。系统自动查询服务到期客户，可以有效帮助企业提高 5～10%服务续约率。

舆情监控系统业务价值主要体现在危机管理、品牌宣传、产品分析三个方面。不仅帮助企业更好处理网络舆情的监测与应对，还关注如何管理危机、维护自身网络形象，同时做好汽车品牌的网络宣传与管理。

3）石油化工行业

武汉石化和天弘化学的案例表明，面向智能化生产的产品收率优化方案实现了生产工艺的持续、动态优化，对生产全过程主要异常实现了监控报警，实现了

装置的智能化生产，显著提升了产品收率，催裂化收率提升 3‰-9‰。

在福橡化工，面向智能化生产的产线装置报警预测方案实施后，有效提升了设备巡检效率，并提前发现潜在故障，降低事故发生率，减少设备过度维护，实现了对设备的远程监控和预测性维护，提高了设备的连续运行周期，保障生产的连续稳定运行。

4）机械加工行业

联想在发那科的面向个性化定制方案，积累来自生产制造、设备资产管理、宏观数据、行业数据等多源异构数据达 300+TB，形成了从需求到制造全流程的价值链数据。相比原有方式，需求预测准确度提高 16% - 21%。在电子产品结构模组精密加工智能制造环节，节省 70%以上的生产人员，产品不良率降低 30%以上，设备利用率提高 25%以上，车间能源利用率提升 15%以上。

5）家电行业

面向智能化生产的智能工厂方案在某大型家电制造企业的互联工厂项目中实施，解决了大规模制造的智能化问题，消除了规模化和个性化的矛盾，形成规模制造和个性定制的融合。实施后达到设计成效，工厂整体效率大幅提升，不入库率达到 69%，订单交付周期缩短 50%，CCC 达到-10 天。

面向网络化协同的协同设计方案在 Lenovo Smart Assistant 联想智能音箱的研制过程中，对音箱测试版，进行公开招募，在“千人众测”活动中，1000 位用户通过多种语音指令测试联想智能音箱的服务，用户的真实反馈会通过网络不断的传递到平台，帮助产品进行迭代、优化。两个月后，经过多次迭代优化的正式版上市，智能交互体验更加完备，外观款式更新颖，降噪性能更高，并提供了更为丰富的云服务，如语音滴滴叫车、语音查询路况等等。

全球统一用户画像组件由联想自主研发，获得了国家版权局计算机软件著作权（证书登记号 2019SR0076316），并在联想得到了广泛使用，显著提升了联想在客户精细化经营、精准营销、服务优化等方面的效率。在联想 SmartHome 方案中，达到如下效果：依据用户特征匹配到最佳的工程师和服务流程，线上标签用户好评率从 93%提升到 96.56%依据产品运行情况缩短工程师的问题判断时间，高优先级用户直接路由进入专家队列。

案例15

江铜集团贵溪冶炼厂

融合互联 智慧冶炼

江铜集团贵溪冶炼厂(以下简称贵冶)是位于江西省鹰潭市，是中国第一家采用世界先进闪速熔炼技术、高浓度二氧化硫转化制酸技术、倾动炉、卡尔多炉杂铜冶炼技术和ISA（艾萨法）电解精炼技术的现代化炼铜工厂，年产阴极铜百万吨以上，是中国最大的铜、硫化工、稀贵金属产品生产基地，也是世界首个单厂阴极铜产量超百万吨的炼铜工厂。职工人数3200人，占地面积3500亩。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、 项目概况

1. 项目背景

贵溪冶炼厂是目前世界上最大的单体铜冶炼工厂，经过30余年的发展，贵冶多项技术经济指标位居世界前列，管理技术水平处于行业领先地位。但我们也看到，在公司“巩固冶炼”战略要求下，贵冶基本不会进一步扩大产能，主体工艺技术也不大可能进行重大革新，进一步发展面临着原材料、人力资源等生产成本的上升；资源环境承载能力接近上限，环境约束进一步增强；自主创新能力亟待提高等一系列问题。

贵冶未来的进一步发展需要深挖内潜，在生产管理的精益化、自动化、标准化上下功夫，站在全流程的角度进行更多工序的集成优化和协同运作，最大限度的发挥工厂的潜力。以物联网、大数据、云计算为代表的新一代信息通信技术与

工业的融合创新发展，以及以智能化、网络化、自动化为核心特征的智能工厂模式正在成为产业发展和变革的重要方向，是实现工厂转型升级、提质增效、绿色发展的重要途径和支撑。基于上述背景，贵冶与用友网络合作启动“铜冶炼智能工厂”项目。

2. 项目简介

在大数据、物联网、云计算、移动互联网、人工智能等新技术的支撑下，在中国制造 2025 的政策指导下，推进贵冶“两化”深度融合。以智能装备为前提、以智能熔炼为重点、以智能监控和异常智能预警及智能分析决策为重要手段；在“生产管理、质检管理、供应链管理、设备管理、能源管理、安环管理、辅助决策”七大业务领域，实现生产装备自动化、公共服务平台化、生产过程透明化、能源管理精细化、质检管理标准化、设备管理科学化、安全环保数据化、供应管理高效化、辅助决策可视化等 9 大特征的智能工厂建设。通过感知、监测、控制、整合、协同等方式，使各工序信息实体连接和融合的更紧密，进而实现转型升级、提质增效，打造智能高效、节能环保，具有铜冶炼特色的智能工厂，实现全面的精细化、精准化、自动化的管理控制。

3. 项目目标

打造中国首家铜冶炼智能工厂，包括生产管理、供应链管理、设备管理、能源管理、安环管理、辅助决策。

- 构建智能工厂系统，打造集中集成一体化的信息系统平台 ，消除信息孤岛；
- 建设 IT 支撑平台及配套设施，实现工厂网络全覆盖，达到“数据不落地”传输，实现资源大共享；
- 充分利用大数据、人工智能技术，实现关键工序智能化、关键岗位机器人替代，完成自动化提升及智能装备试点实施，提高劳动生产率。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容

贵冶智能工厂基于用友精智工业互联网平台搭建，系统整体架构如下：



图 1 贵冶智能工厂整体架构

采集层：包括 DCS/PLC/WMS，通过各种通讯手段接入各种控制系统、数字化产品和设备、物料等，采集海量数据，实现数据向平台的汇集。

数据层：包括关系数据库和实时数据库，业务数据保存在关系数据库中，物联数据保存在实时数据库中。

技术平台：是用最新一代的 iUAP 平台，包括主数据、流程引擎、应用服务器、开发框架（移动/前端/服务端）、消息服务、调度服务等。

应用层：主要包括指标管理、生产计划、调度协同、工艺巡检、智能监视、安环管理、能源管理、作业管理、金属平衡、异常管理、质检管理、设备管理、物料管理、汽运管理、铁运管理等。

2. 网络部署方案

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

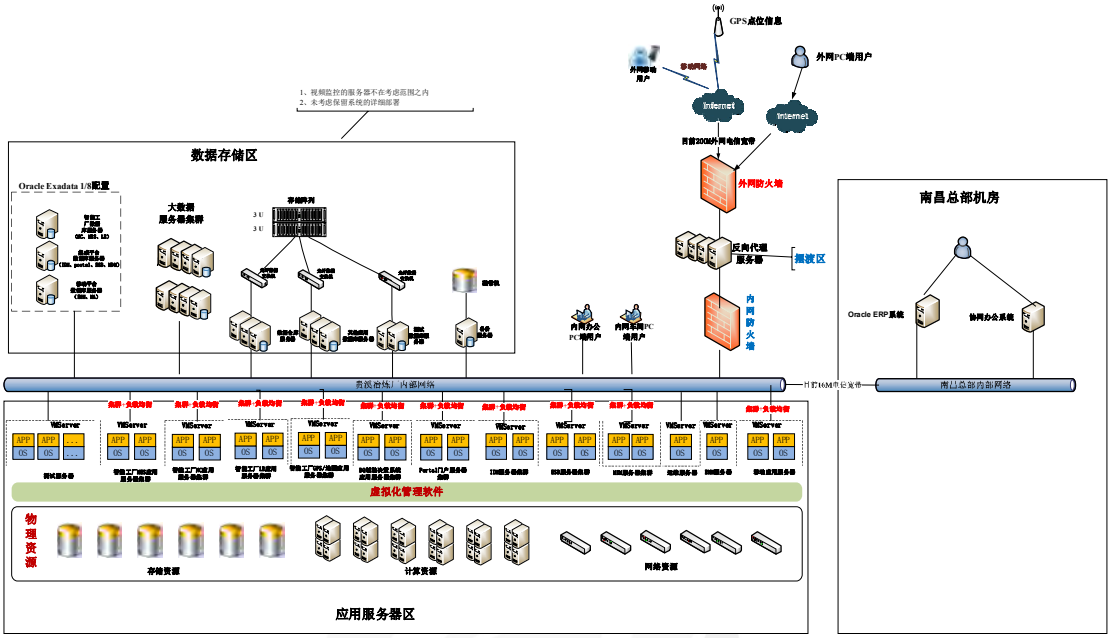


图 2 贵冶应用网络部署方案

3. 关键应用

关键应用一：智能物联

智能物联的范围包括：控制系统实时数据、质检设备数据、电子秤计量数据、汽车 GPS 数据、巡检数据、现场作业数据、调度指令及作业指令数据、视频数据等。

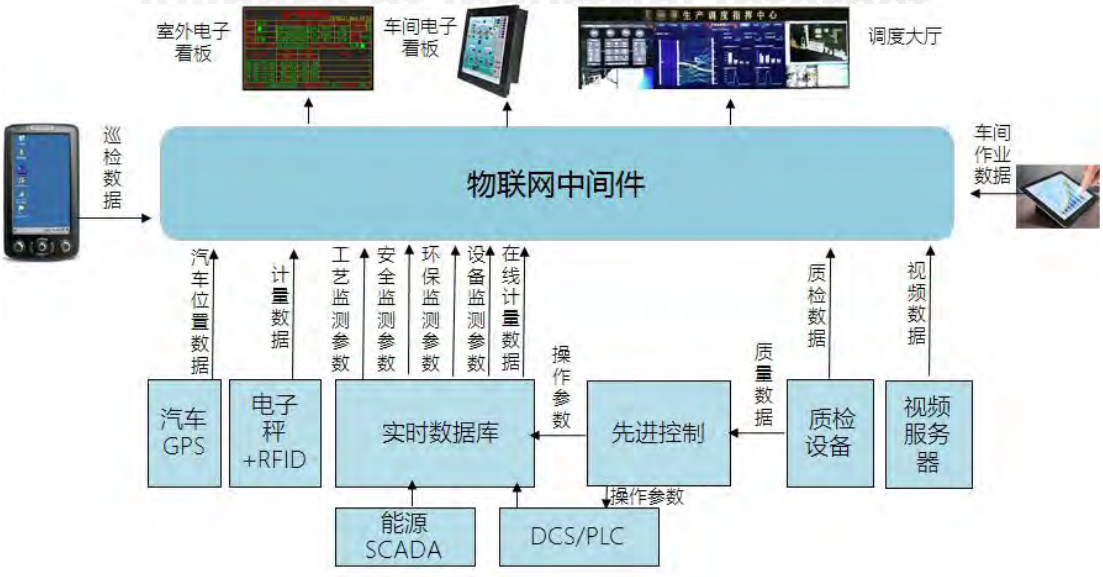


图 3 智能物联

- 系统支持从 PI 实时数据库获取实时数据；
- 系统支持将视频数据集成到系统中的多种显示终端显示；

- 进厂汽车发 GPS 定位设备，实现汽车行驶轨迹的实时监视和预警；
- 原料和中间产品、产品通过电子秤（地磅或台秤）计量，智能工厂系统从电子秤获取数据；
- 不同质检设备，有不同的接口协议，支持这些不同协议的数据转换；
- 专属接口定制不同类型的。

关键应用二：智慧监视——实现全厂综合调度指挥

通过综合调度指挥平台实现厂级的综合调度指挥能力，实时多角度监视全厂的生产、安环、能源、设备、供应链和厂级重点经济指标运行状况，尤其针对各种异常的监视、分析与处置，发挥综合调度的优势针对问题多部门现场联动分析与处置。



图 4 智能监视

关键应用三：智慧调度——流程行业高效协同

基于熔炼装备的自动化、数字化和网络化，构建智能化生产作业的熔炼系统。通过系统实时反馈作业状态，实现生产作业指令自动化，智能计算熔炼作业的物耗能耗，精准判断熔炼作业终点，实现熔炼系统全程智能化控制。



图 5 智慧调度

系统的核心包括：1）熔炼节奏智能控制；2）行车智能调度；3）铜酸协同联络；4）闪速炉智能控制（数字控制、协同作业、智能调节）；5）转炉智能吹炼（精准投料、终点预测、数字控制）；6）阳极炉智能精炼（终点预测、用能平衡、数字控制）。

关键应用四：智能物流

智能物流以贵溪冶炼厂这一生产主体为核心，以满足生产及经营需要为前提，管理包括铁路运输、汽车运输等物流业务各环节的管理应用。



图 6 智能物流

通过智能物流管理实现如下应用效果：

- 铁运资源优化提升：实现铁运全过程环节高效沟通与协同，缩短车辆驻厂时间，节约运力，加快物流周转；
- 汽运过程智能管控：通过人机监控、业务闭环，及时发现并阻止汽车违规行驶、货运作弊情况；

- 无人值守减员增效：软硬件结合优化汽车衡计量工作，自动采集磅秤数据，提高计量时效与精度，减轻司磅工作；
- 过程物料规范管理：实现全厂中间物料转运工作程序规范、作业高效、过程透明、数据精准，为生产上下游环节做好衔接服务；
- 材料备件供需统筹：实现全厂材料备件的供需平衡与统筹，减少呆滞与浪费；
- 购销存运均衡闭环：通过系统应用与信息集成，实现全厂供应链物料采购入厂、销售出厂、仓储作业、运输计量的完整闭环操作，数据共享，业务管控，过程透明，帮助企业均衡管理物资供应与生产需求，减少资金积压。

关键应用五：智能配料

通过智能配料，对不同品质的铜精矿合理搭配使用，保障产出质量稳定。库存质量发生重大变化时，主动提醒，实现配料业务主动安全。实现配料执行的对比分析，优化配料控制指标。



图 7 智能配料

智能配料系统记录配料相关的各种约束（约束条件在使用过程中进行迭代优化），动态调用最新原料的存量和元素含量，由智能算法进行原料的投入配比规划输出。

关键应用六：能源优化调度

基于企业设备、工艺明确的运行策略，通过对生产运行情况持续跟踪监视，辅助企业调度优化运行方案，帮助企业优化用能、回收利用、提高能效、节约成本等。包括：

- 总降压主变运行台数优化
- 总降压主变运行负荷优化
- 透平发电机组低压透平投运停运优化

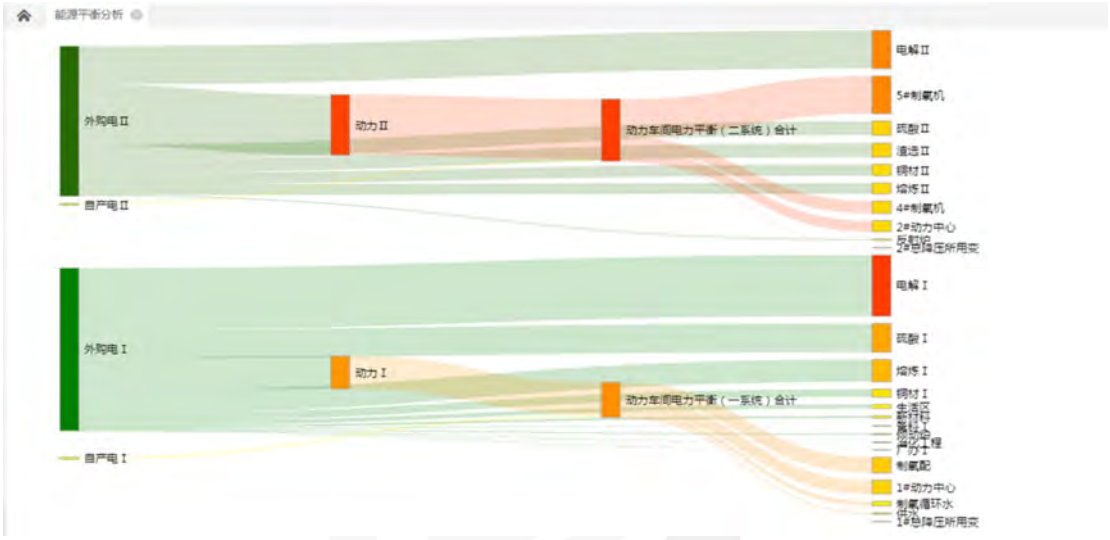


图 8 能源平衡优化

能源管理系统是智能工厂重要组成部分，通过对能源计量信息汇总平衡及计划预测数据的管理，实现企业能源运行状况、指标执行等的监视，及时发现异常、处理异常，优化能源运行调度，满足企业稳定生产提供能源保障及能源高效利用。同时，利用数据分析手段进行数据挖掘，追踪能耗影响因素，为工艺改善提供数据支撑。

关键应用七：熔炼时序节奏管理

根据熔炼作业数据自动按熔炉组实时状态形成节奏时序图，提升整个熔炼系统调度指挥管理的智能化水平，以信息共享、过程可控、科学预判为重心，构建闪速炉、转炉、阳极炉的生产管控的智能化支撑，共享三大炉完整的作业进度，及时、准确调整作业要求，实现作业预期判断和产品质量最优控制。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

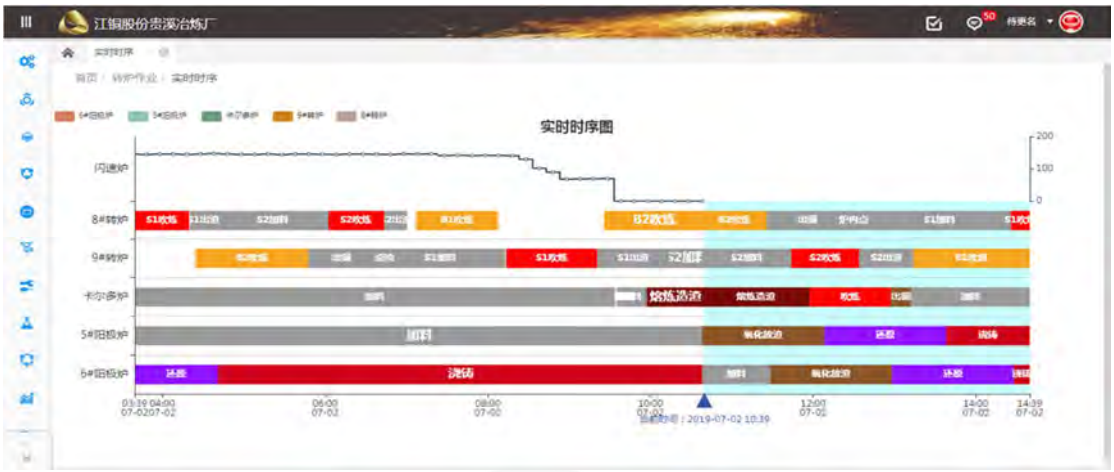


图 9 熔炼时序

4. 安全及可靠性

用友 iUAP 企业互联网开放平台承载着企业关键业务的运行，其安全性是实现服务价值的基本保障。在企业环境中，安全体系建设应该全面考虑应用安全、基础架构安全、业务安全、安全管理、安全合规等多个方面，其中应用安全是整个保障的核心。iUAP 技术平台中的安全组件及框架为应用安全架构提供了完整的解决方案，为整个安全体系建设提供必要的支撑。

4.1 安全组件及框架

iUAP 技术平台安全组件主要包括几个部分的内容：用户认证鉴权组件、服务认证鉴权组件、安全日志组件、安全编码框架、安全加解密框架。

在这些组件及框架的基础上，应用开发可以快速实现包括身份鉴别、访问控制、会话安全、数据安全、安全日志、安全审计、服务安全、编码安全等应用所需的基础安全能力。

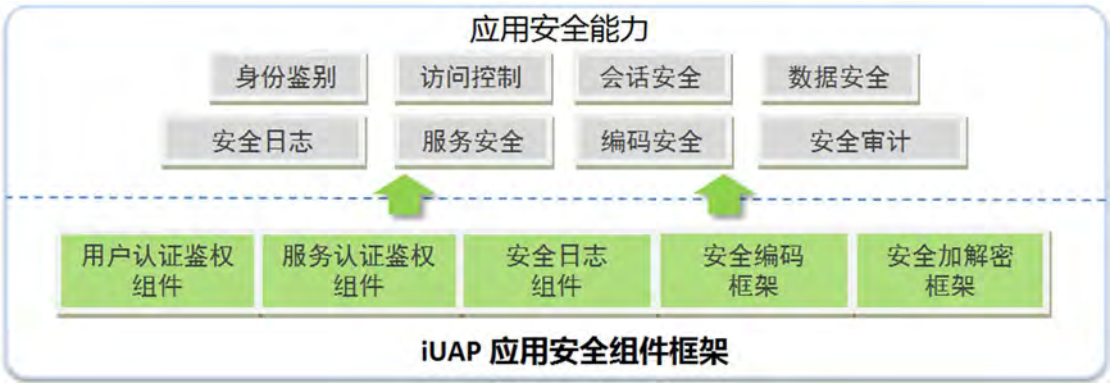


图 10 应用安全组件框架

4.2 智能工厂应用软件应用安全

应用系统的安全体现在：

- 用户、权限控制
- 数据权限控制
- 提供对在线用户的监控，记录用户操作日志，可追溯、分析、查询、统计。
- 服务器性能监控及预警

4.3 移动应用安全机制

考虑到移动应用需要在贵冶厂外使用，为应对移动化面临的安全风险，建议采用用友移动应用平台提供覆盖端到端的安全机制，具体如下：

- 通过两道防火墙，将企业的内部网络隔离为内网区、摆渡区，摆渡区中设置反向代理服务器；
- 外网移动用户无法直接访问部署内网区的移动应用服务器，需要通过部署在摆渡区的反向代理服务器，再经过内网防火墙过滤，方能访问移动应用服务器；

4.4 实时数据采集安全机制

实时数据采集有数据采集专网，数据采集专网采集数据到实时数据库。智能工厂软件从实时数据库读取数据，不主动写数据到实时数据库。只允许智能工厂应用服务器访问实时数据库，不允许其他服务器访问。

4.5 数据应用安全机制

在数据应用时要考虑数据应用的安全，数据应用安全体现在：

- 数据权限控制，不同的岗位的人员可以查看不同的数据
- 监视画面或大屏幕展示上的数据需要在组态时考虑数据安全性，保密数据或敏感数据要绘制在专用画面上，与普通画面分隔开，再控制画面的权限，避免不同非授权人员看到敏感数据。
  - 环保数据，安环数据，需要在后期配置数据时有安环部把关控制
  - 质检数据展示时需要有质量计量部把关控制
  - 金属平衡等方面的数据需要有计划部把关控制

4.6 网络安全

安全域：采用物理墙实现各功能区的安全隔离，保障各功能区的安全性

（生产数据库区、生产应用区和开发测试区）。

网络安全防护：采用虚拟防火墙技术增强功能区内部即云内应用间的隔离和访问控制。

网络安全监控：通过部署 IPS 等监控设备，提升对威胁的感知能力。

应用安全漏洞防护：通过 WEB 防火墙及入侵防御系统实现应用系统的 WEB 防护及入侵检测与防御。通过应用安全检测，发现应用安全开发或者部署漏洞。

系统前端的网络可靠性靠网络冗余来防止网络中断系统异常。

4.7 主机安全

系统后台服务器，远程在线热备方式防止主机停机给系统应用带来影响。

同时，系统基于内部专属云部署，硬盘，内存等硬件资源靠专属云保障系统的稳定可靠性。

三、下一步实施计划

完善一期：用好系统、维护好装备，坚持先固化再优化的原则，把一期建设的效果充分发挥出来。

规划二期：大数据的深化应用、打造 1-2 个具有行业代表性的数字化车间、自动化装备的推广应用。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

将 GIS 技术与汽车行驶轨迹，能源管网管理相融合，数字化可视化管理实物位置，危险发生时可以实时定位。

以工业 APP 的方式将配料相关的各种约束，动态调用最新原料的存量和元素含量，最优计算等固化在程序中，实现了工业知识的程序化沉淀。

基于神经网络优化算法，预测转炉吹炼终点，精准指导排渣、排铜等运输工具的安排。

采用云原生架构（微服务、容器云、DevOps、敏捷研发团队）保障项目技术领先性。

2. 实施效果

通过本项目实施，实现如下成果：

- 大数据应用
  - ~10 万点/秒实时数据集
- >多种类型的物联
  - DCS/PLC/能源 SCADA
  - 电子秤/天车
  - 质检设备
  - GIS 数据
  - PDA/电子看板
  - 仓库条码/……
- 生产效率、管控能力、分析判断水平大幅提高。

（1）实时时序预测监控，提高生产率，降低能耗，提供产品合格率

根据熔炼作业数据自动按熔炉组实时状态形成节奏时序图，提升整个熔炼系统调度指挥管理的智能化水平，以信息共享、过程可控、科学预判为重心，构建闪速炉、转炉、阳极炉的生产管控的智能化支撑，共享三大炉完整的作业进度，及时、准确调整作业要求，实现作业预期判断和产品质量最优控制。

（2）选矿缓冷场综合管理，提高效率减少故障

选矿车间缓冷场模块实现渣包缓冷作业管理无纸化，信息共享化，作业可视化。现在缓冷场数据统计分析方便快捷，有效降低现场人员统计时间 1 小时，降低统计错误率 100%；缓冷作业提醒与熔炼车间协同更便捷，实现熔炼车间对出炉的炉渣进行线上全过程监控，提高炉渣利用率。

（3）生产管理无纸化数字化，实时掌控现场

现场实际应用逐步实现无纸化，其中选矿车间 、硫酸车间、倾动炉车间现场已完全实现无纸化办公。交接班记录电子化后使管理者实时快捷掌握了解现场情况，辅助管理者做出正确择决。

案例16

南京中新赛克科技有限责任公司

某通信管理局典型安全解决方案——工业互联网安全监测与态势感知解决方案

南京中新赛克科技有限责任公司（简称：中新赛克）成立于 2007 年 8 月 31 日，是由深圳市创新投资集团有限公司投资控股的高新技术企业，于 2017 年在中小板成功上市。中新赛克秉承 10 多年的数据通讯技术的软硬件基础，专注于专用分流设备、无线设备、工业互联网安全、大数据、保密通信、低功耗存储服务器等产品研发和市场拓展近年来公司相继通过了涉密信息系统集成资质（甲级），ISO9001 质量体系认证，CMMI 3 认证，软件企业认证，高新技术企业认证等。

基于《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》精神，中新赛克聚焦工业网络安全产品，通过标准化产品和行业定制化开发相结合的模式，开发推出具有自主产权的基于人工智能和大数据分析技术的工业互联网安全态势感知平台，利用大数据分析技术，将主动威胁检测与被动流量分析相结合，实现对工业互联网安全事件的实时监测与预警。

公司在后续工业安全领域的产品规划中，结合公司多年的安全分流设备的技术积累，持续推动企业侧业务的扩展，目前正在进行工业探针、工业防火墙、安全管理中心等产品的研发。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

一、项目概况

通信管理局担负协调管理省内通信网、互联网、工业互联网网络信息安全的重要职责。为进一步规划统筹省内工业企业网络安全建设，推进“两化融合”进程，实现工业网络向数字化、网络化、智能化转变，某省通信管理局与中新赛克独家合作，通过在监管侧部署工业互联网安全监测与态势感知平台，实现对设备和控制的安全防护、对工业网络进行风险评估、态势感知、监测预警及应急处置。

1. 项目背景

今年来，我国从法律法规、战略规划、标准规范等多个层面对工业互联网安全做出了一系列工作部署，提出了一系列工作要求。某通信管理局在对管局侧信安系统“专线资源”进行审核时发现，省内企业基数大、工业资产类型繁杂难以实现有效地统一监管，主要存在以下几种典型的安全问题：

- 部分基础企业对互联网专线信息存在漏报、误报等问题，导致管局对专线数据监管不全，且缺少核验机制；
- 对于专线的使用仅仅存在于数据统计，缺乏数据资源获取手段和对专线数据进行深入挖掘分析的技术手段，无法发现数据的潜在价值；
- 缺少对工业互联网协议与设备的识别能力、缺少对专线中存在的工业互联网安全事件的监测预警、处置溯源能力、安全态势分析能力；
- 针对专线接入的重点用户、关键基础设施缺少安全监管和保障手段。

因此，为规范对专线监管的内容和范围，省通信管理局希望通过部署工业互联网安全监测与态势感知平台，实现对违法开办互联网信息服务进行管控、黑灰产业链监测预警、防范互联网诈骗、为工业互联网安全等工作打下基础。

2. 项目简介

本项目提出的工业互联网安全联动解决方案以工业网络安全数据、关键基础设施行业数据为基础，以包含工控设备资产指纹、漏洞信息、安全设备信息、物联网传感数据及工业网络模型等海量数据的资源池为支撑，运用自主知识产权的云计算、大数据及人工智能安全感知技术，精准定位暴露在网上的工业系统、工业云平台以及工业设备，进行全面的漏洞扫描，并通过 AI 分析网络安全威胁态

势、流量分析关联技术实现完整的网络攻击溯源取证，并具有高度可视化的界面，帮助相关主管部门对关键基础设施进行设备和控制的安全防护、对工业网络进行风险评估、态势感知、监测预警及应急处置。

本项目将公司的工业互联网探针系统与大数据安全态势感知系统联动，工业互联网流量的接入侧部署工业互联网探针设备，部署方式可串接部署也可以旁路部署。工业互联网探针支持多达 30 多种工业协议识别，支持用户自定义协议识别和元数据提取，支持协议特征库在线升级，支持实时生成工控设备流量日志，工控设备终端设备应用、行为日志，以及工控设备网关或后台管理中心日志/操作系统日志/数据库等日志。工业互联网流量在经过工业互联网探针后，工业互联网探针将生成的日志送到安全态势感知系统进行数据的分析挖掘与融合，这样可以大大减轻安全态势感知系统的处理压力，提高安全态势感知系统的性能。

3. 项目目标

本项目以进一步做好省内基础通信企业专线业务管理，强化属地网络信息安全技术监管，根据前期企业调研情况结合工作实际，扩大相关企业专线技术手段建设范围，有效完善体系化的技术保障能力为总体目标。

- 全量：全量端口全量数据，实现对省内基础运营商的数据专线类型的全量端口、全量数据全覆盖；
- 准确：准确的技术核验手段，实现对省内专线流量和企业上报数据的准确的技术核验手段，有效防止企业漏报、错报；
- 多维：多维度的数据分析，实现对省内专线流量多维度的数据分析，形成统一资源池；
- 开放：开放的能力平台，实现省通管局统一能力平台的建设，开放端口，能够为其他业务部门提供相应的业务数据支撑；
- 安全：安全保障重点用户，对省内政府、化工、能源、工控等关键行业网站的域名、IP、APP、资产信息进行重点保障。

二、项目实施概况

本项目方案提供工业互联网流量采集、流量清洗、大数据分析与挖掘、工业

设备和工业系统资产暴露情况监测、工业互联网安全漏洞扫描、异常流量分析、木马病毒等网络攻击检测与溯源等一站式的解决方案，使工业互联网安全态势感知系统更专业、更高效、更系统。

1. 项目总体架构和主要内容

（1）总体技术架构

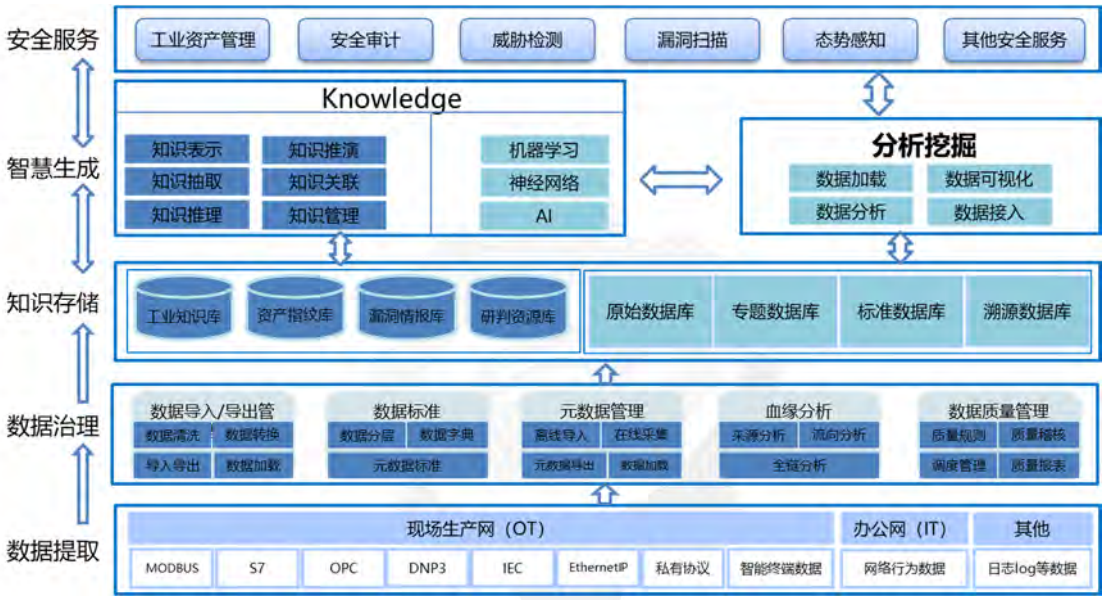


图 1 工业互联网安全态势感知系统总体技术架构

- **数据源：**通过大范围、深层次的数据采集，以及异构数据的协议转换与边缘处理，构建工业互联网平台的数据基础；
- **IaaS：**IaaS 层提供数据导入/导出管理、数据存储、数据标准、元数据管理、血缘分析、数据质量管理等服务；
- **PaaS：**PaaS 层提供资产指纹库、漏洞资源库、研判资源库、安全知识库、业务数据库、专题数据库、以及原始数据库，为 DaaS 层的数据分析提供数据库；
- **DaaS：**DaaS 层引入人工智能、机器学习以及神经网络等先进大数据分析技术对数据进行分析；
- **SaaS：**工业互联网对外开放的接口，通过 SaaS 层对工业互联网的网络安全态势进行安全监测、安全态势分析以及预警处置。

本项目充分利用公司现有技术优势，创新性的将工业互联网探针与智能大数据系统联动使用，开发了工业互联网安全联动解决方案。其中工业互联网探针部

署在工业互联网接入侧，利用其高性能的接入和处理能力，灵活的日志和流量内容识别能力，对工业互联网流量进行实时的清洗，分析与转化，将生成的日志信息提供给后面的大数据分析系统，日志的输出比大概为千分之五，即 1T 的工业互联网数据流量，经过第一级的工业互联网探针处理后，只有 5G 的流量送给后面的智能大数据分析系统进行网络安全态势的感知。此种方案解决了大数据系统普遍存在的接入能力差，处理性能较弱的问题，此外由于流量已经经过清洗与转换，大大提高了大数据分析系统的处理效率，从而提高了网络安全态势感知的实时性。



图 2 工业互联网安全态势感知平台架构

（2）安全解决方案

中新赛克工业互联网安全态势感知系统总体技术方案目标是构建工业互联网安全共同体，如图 3 所示：以行业/区域监管部门(GOV)为中心，将企业侧工控系统数据、暴露在公网的工业数据以及工业云平台数据接入政府监管部门工业互联网态势感知平台并建立工业安全漏洞数据库，进行实时分析和风险预防，对相关的工业互联网安全风险及漏洞等及时通报给各企业和平台，同时可以通过工业安全漏洞数据库将最新的漏洞、安全风险同步通知各企业、平台做好安全防护工作，从而构建工业互联网共同体。

- 在运营商核心路由器上做规则过滤，筛选出工业专线流量，并通过镜像方式将流量接入到工业互联网探针；
- 工业互联网探针支持工业协议的解析、工业设备指纹的提取等，对接入的流量进行预处理生成全息日志；
- 工业互联网安全监测与态势感知平台对全息日志进行数据治理、数据分

析，并结合人工智能等技术进行工业资产、工控漏洞、工业云平台、安全事件的监测。

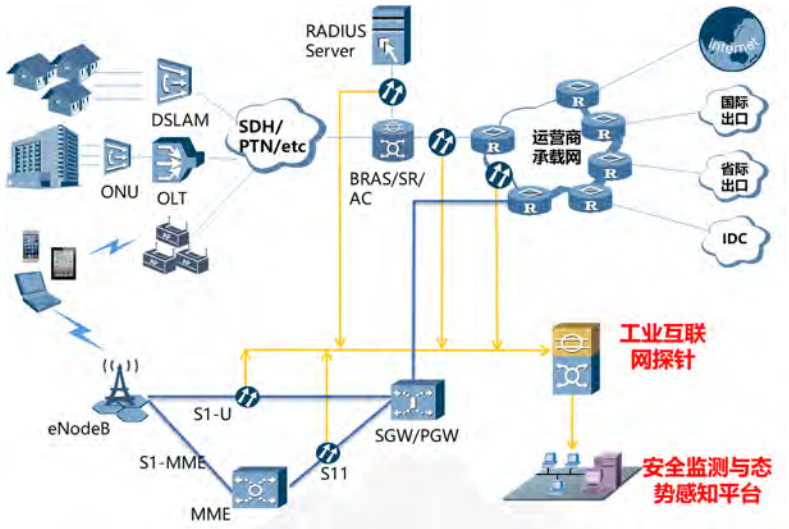


图 3 工业互联网安全联动解决方案网络架构

2. 安全及可靠性

（1）安全性

系统设计保障用户、业务、数据解耦，确保原始数据安全，同时硬件配备高性能防火墙，身份证识别设备、指纹识别设备、杀毒软件严格防护系统和网络的安全。严格控制数据访问权限，做到“事前申请、事中监控、事后备案”。建立严格的安全授权管理机制。

（2）可靠性

系统设计选用工作性能稳定的软、硬件。保证系统可靠连续 7*24 小时的无故障运行。数据备份存储，且存储系统布置容灾系统，确保数据存储可靠。

本系统可支持 7*24 小时稳定运行，软件系统全年无故障率不低于 99.999%。

三、下一步实施计划

该项目已在某省通信管理局进行部署与实施，从实施效果来看，该项目经受住了实战考验，且基本达到了预期设定的目标，得到了有关主管部门的高度认可，为工业互联网的安全保障提供了有力的支撑。下一步建设的主要内容有：

- 完善工业互联网安全联动解决方案在项目实施过程中遇到的问题，进一

步的优化此防御体系；

- 探索利用区块链、物联网等新技术在工业互联网安全防护的创新应用，有效推动解决设备、控制、网络、平台和数据等多层次安全问题；
- 进一步优化可视化界面，做到资产可视、威胁可视、攻击可视、路径可视。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1） 项目的先进性

数据采集设备采用专用硬件，采用业界领先的硬件平台架构，在硬件集成度、处理性能方面处于业界领先水平。

系统软件设计采用当前最新的分布式并行技术，使用 Docker，Hadoop，Spark，Flink，HBase，ElasticSearch，Neo4j，Tensorflow 等组件，代表了未来一段时期的技术和方案的发展趋势。系统充分利用目前先进的云计算和海量数据处理关键技术，保证系统技术的前瞻性和先进性。

（2） 项目的创新点

- 通过建立被动监测为主、主动监测为辅的采集手段、数据核验校正手段，提升省内工业资产数据的准确性、完整性，从而支撑省主管部门摸清家底，了解省内工业设备资产的真实情况；
- 该系统行为分析建模能力支持 50 多种数据建模模型、20 多种工业场景模型和机器学习自主建模，具备不依赖规则而检测低概率威胁的能力，有效检测 APT 攻击和潜伏在网络内部的未知威胁，提升整体网络安全能力；
- 海量的数据支撑：PB 级海量数据，为各类服务与分析提供了丰富的数据支持

2. 实施效果

（1）工业控制系统与设备暴露情况监测实施效果

本项目开发的工业互联网安全联动解决方案通过全面采集和分析工控设备信息，对互联网上的工业控制系统进行扫描探测，定位工控设备位置，最小粒度可定位到某省份的具体某一企业/单位，并进行高度可视化界面呈现，有利于主管部门摸清省内的资产家底。

（2）工业控制系统及设备漏洞态势感知实施效果

省通信管理局通过部署该平台，对全网的工业控制系统以及设备进行全面的扫描，捕捉开放的工控端口， PLC 设备漏洞、上位机软件漏洞与弱点、摄像头漏洞、应用程序 SQL 漏洞、系统文件上传漏洞，并将这些漏洞信息反馈给相关主管部门，再传达到企业进行漏洞的修复，部署之后，企业的网络攻击次数下降非常明显，有效的保护了企业资产，也为相关主管部门做相关决策提供支撑

（3）木马病毒攻击态势感知与溯源分析实施效果

随着工业互联网的发展，暴露在公网上的工业设备以及控制系统会越来越多，这样就给了一些不法分子通过植入病毒或者木马入侵设备和控制系统的机会。该系统的部署成功拦截了多达几十次的木马与病毒入侵事件，并且威胁溯源分析模块将终端与网关病毒信息日志进行大数据关联分析，进行病毒源精确溯源定位，抓获不法分子，从源头上快速精准消除病毒隐患，大大提高了省内的安全保障能力。

（4）企业安全运维成本实施效果

企业可将暴露在公网上的外部网络的安全维护工作交与本系统，不仅可以节约大量安全运维成本，且安全质量有保障。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例17

奇安信科技集团股份有限公司

石油天然气管道工控系统安全监测与态势感知

——保障国家关键基础设施安全

引言：

奇安信科技集团股份有限公司（以下简称“奇安信”）是中国最大的网络安全公司之一，专门为政府、军队、企业，教育、金融等机构和组织提供企业级网络安全技术、产品和服务，已覆盖 90%以上的中央政府部门、中央企业和大型银行，已在印度尼西亚、新加坡、加拿大、中国香港等国家和地区开展了安全业务。

奇安信工业互联网安全事业部基于自身在大数据、威胁情报、防病毒、安全攻防、态势感知等方面的突出优势，创新性的提出了“数据驱动工业安全”的技术发展理念，构建了层次清晰、定位明确、融合联动的工业信息安全产品体系。

石油天然气管道承担国家战略物资的传输任务，其工控系统属于国家关键基础设施。奇安信通过本项目的实施，帮助客户对管道工控系统整体安全态势进行监测和响应处置，提升了其安全与可靠性运营水平。

一、项目概况

1. 项目背景

近年来石油天然气基础设施已经成为黑客组织的攻击目标，2017 年发生的

针对沙特某石油天然气装置功能安全仪表系统（SIS）的攻击为各国网络安全主管机构和基础设施运营企业敲响了警钟。

本项目用户负责长距离输油气管道的运营管理、建设和科研，承载着国家重大战略物资输送的任务，拥有集油气管道输送技术研发、服务、培训、检测和监测为一体的专业科研机构，科研力量雄厚，科研设施完备，拥有管道核心技术研发能力，在油气储运工艺、管道完整性管理、管道化学添加剂、管道规划、信息与经济等研究领域整体处于国内领先水平。

2. 项目简介

本项目实现对客户辖区内工业网络全方位、全天候的安全监测，对工控系统的资产进行实时发现和监测，帮助用户实现工控系统的“可视化”，及时发现各类网络安全风险以及非法访问事件，实现工业信息安全的闭环管理，全面提高管道公司工业安全防护的整体水平。

3. 项目目标

用户承担着国家重大战略物资输送的任务，其油气调控系统属于国家关键信息基础设施，一旦遭受攻击，损失极大。为贯彻、落实习总书记 4.19 讲话精神，按照《网络安全法》及相关标准要求，本项目建设油气调控系统分控中心工控系统安全监测与态势感知平台，协助运营人员及时进行处置响应，提升油气传输可靠性。

Alliance of Industrial Internet

二、项目实施概况

通过前期调研了解到，各厂站端的工业流量汇聚到分控中心。为能够实时采集流量、不影响现有工业网络，采取了在交换机旁路部署工业安全监测系统（ISD）进行安全监测，在分控中心采用工业安全监测控制平台（ISDC）进行整体态势感知的解决方案。

1. 项目总体架构和主要内容

根据普渡模型，ISD 和 ISDC 总体部署模式如下图所示：

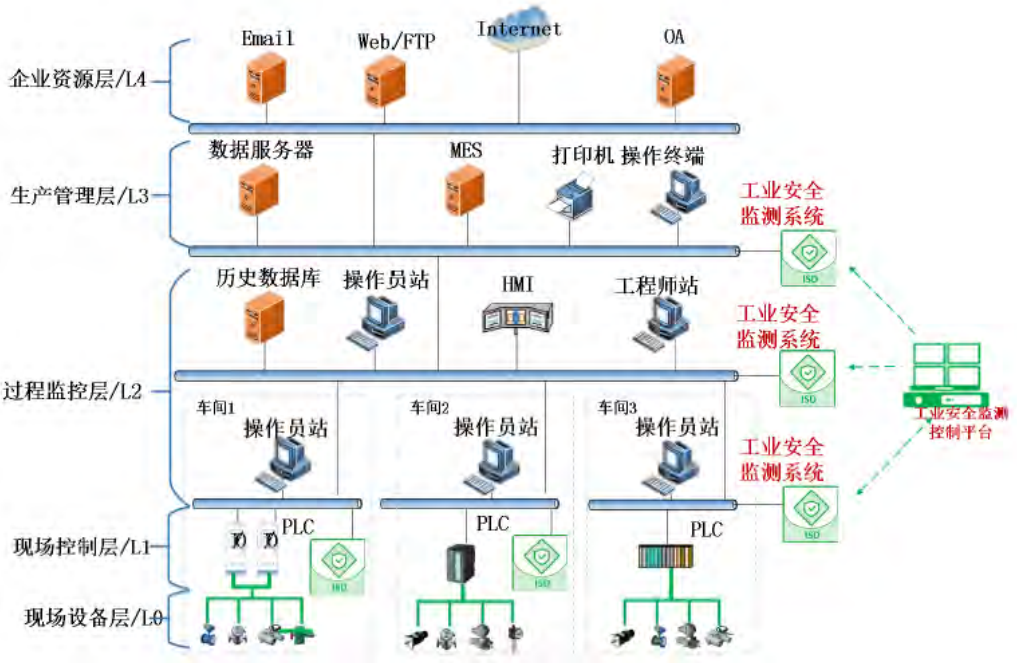


图 1　基于普渡模型的产品部署模式

工业安全监测系统（ISD）是针对工控系统网络环境进行异常监测、威胁发现和安全审计的一体化产品。产品通过旁路方式部署，对工控系统的运行数据进行被动无损采集，实时发现信息安全威胁和其造成的系统运行异常。产品可部署于生产管理层、过程监控层、现场控制层，协助运营人员及时发现问题并响应处理，提升工业生产连续性水平。

工业安全监测控制平台（ISDC）采集分布式部署在工业控制系统中的工业安全监测系统（ISD）、工业主机防护，工控防火墙相关数据，以可视化方式集中展示资产、拓扑、威胁、脆弱性和工控系统安全运行状况，对安全事件进行场景化分析、集中管理和处置跟踪。

2. 网络、平台或安全互联架构

本项目工控系统安全监测与态势感知平台部署示意如下图所示，工业安全监测系统（ISD）采用交换机旁路部署模式，工业安全监测控制平台对系统安全进行整体安全监测与态势感知。

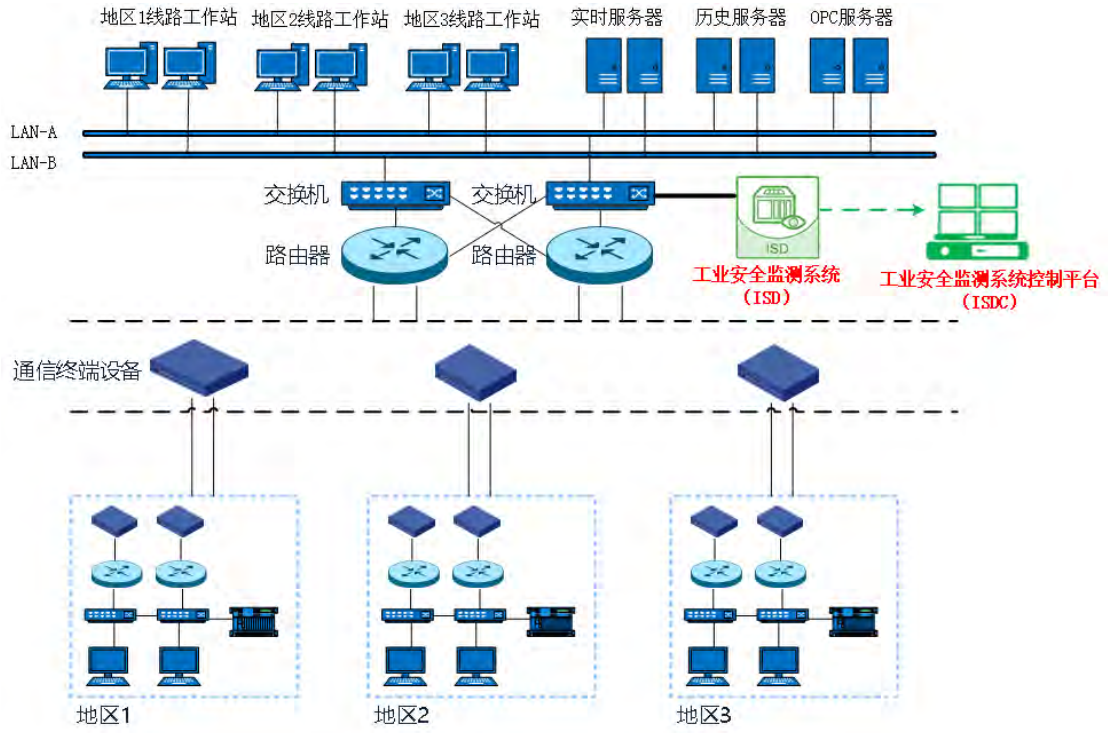


图 2　现场工业安全监测部署示意图

3. 具体应用场景和应用模式

本项目在油气调控行业背景下实现以下安全功能：

（1）自动资产发现

基于被动流量发现资产，支持多种厂商型号控制器，包括西门子，施耐德，罗克韦尔等。通过自动学习建立工控通信模型，形成资产白名单，监测非法设备接入。支持资产管理，可管理厂商名称、设备类型、设备型号、IP地址、MAC地址、使用协议、重要性等。

（2）无损漏洞识别

对识别后的资产进行脆弱性检查，包括资产所对应的漏洞信息、开放的端口和不安全的协议。其中漏洞识别支持3大漏洞库CVE，CNVD，CNNVD，覆盖220+厂商，3300+条漏洞。由于是被动的流量识别，相对于主动漏洞扫描的方式安全无损。

（3）网络威胁检测

系统内嵌IDS入侵检测引擎和AV反病毒引擎，实时检测工控系统网络中的威胁行为。IDS引擎支持缓冲区溢出、跨站脚本、拒绝服务、恶意扫描、SQL注

入、WEB攻击等。AV引擎支持对传统IT协议中传输的文本、附件内容进行解析提取。对提取后的数据进行病毒扫描，支持的协议包括HTTP、FTP、SMTP、POP3、IMAP、SMB等。

同时内置攻击检测模块，支持对Flood攻击、扫描、畸形包攻击、应用层攻击的实时检测。用户通过启用对应防护模块，有效的检测工控网络中非正常报文，提升防护能力。

（4）异常操作监测

通过搭载的数据包解析引擎对关键事件进行检测，如：工程师站组态变更、操控指令变更、PLC下装、固件升级等。本功能同时支持对OPC、Modbus TCP、S7、IEC104、CIP协议的白名单检测，可以针对各类数据包进行快速有针对性的捕获与深度解析，能够检测出数据包的有效指令、数据内容和负载信息，并结合白名单对不符合规则的流量进行告警。

（5）系统状态监测

进行流量审计，实时监测工控系统网络通信情况。可识别多种主流工业控制协议，支持2000+种IT常用应用协议识别，可识别工控系统内的违规IT应用，例如游戏、视频、社交应用。基于网络基线模块监测偏离基线的异常流量，识别设备断线、非法连接等异常。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

（6）响应工单处置

在发现高危告警后，安全管理员可将告警内容和响应建议通过工单方式发送给指定的安全事件处置人员,对告警的处理进行闭环管理、统计和分析。

（7）自动报表生成

提供灵活的报表管理功能，可以支持快速报表，实时的输出期望的报表内容，也可按照客户指定的周期自动生成报表以帮助用户周期回顾安全情况。同时系统提供了报表模板的灵活编辑，用户可以根据自身需要在数十个预置报表展示内容中选择自身需要内容，调整顺序以形成自身需要的报表。对于用户定制化的报表内容，安全团队可以根据情况进行报表定制以应对中国式报表需要。

（8）动态大屏展示

为用户提供了大屏展示模块和仪表盘功能，提供全面实时的信息展示。从资

产、协议流量、网络威胁等多个视角，结合实时曲线、动态占比、动态排行等显示模块，对工控系统网络安全状况进行直观展示。

4. 方案特点

（1）以资产为中心

产品通过资产自动识别、资产管理、资产网络关系图绘制，提供了以资产为中心的安全管理视角。工业生产流程比较固定，相较于以告警事件为中心的威胁分析方案，以资产为中心的漏洞发现与风险分析更符合工业环境管理习惯。级联无损部署方式，不影响生产。

（2）多功能合一

ISD 集流量审计、AV 检测、IDS 检测、白名单监测、工控关键操作监测引擎于一体，全面检测工业网络的病毒传播、入侵行为。兼备传统 IT 网络与工控网络安全检测能力，适合 IT/OT 混合网络环境。同时满足合规要求和安全监测的要求。

（3）直观的可视化效果

工业安全监测控制平台 ISDC 利用可视化技术，将收集的数据进行直观的可视化展现，包括 2D/3D 地图，条形统计图等各种形式，通过对数据的直观展示，用户可以清晰的了解到当前网络安全态势。

三、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）以“大数据分析”为核心的威胁发现和溯源技术

大数据时代的到来为工业信息安全提供了新的技术手段，对工业企业的业务数据和安全数据进行统一管理，将工业大数据和信息安全分析技术相结合，实现对数据的采集、分析并从功能维度进行汇总、查看、统计及处置。基于大数据处理的工业态势感知成为对工控系统安全威胁和系统状态异常分析的有力武器。利用大数据分析能够对安全态势、攻击源、攻击事件和工控资产进行可

视化展示，并通过可视化界面进行数据关联查询，及时对工控环境中未来风险进行预测、预防。最终做到“四得”：看得清用户、抓得住行为、报得准风险和响应得及时。

（2）以“积极防御”为核心的纵深防御技术

为了实现持续的安全风险管理目标，企业需要建立能够随着时间不断演进的安全架构和技术支撑体系。本平台基于网络安全滑动标尺模型进行安全防护。该标尺模型共包含五大类别，分别为架构安全、被动防御、积极防御、情报和进攻。这五大类别之间具有连续性关系，并有效展示了防御逐步提升的理念，形成纵深防护体系。

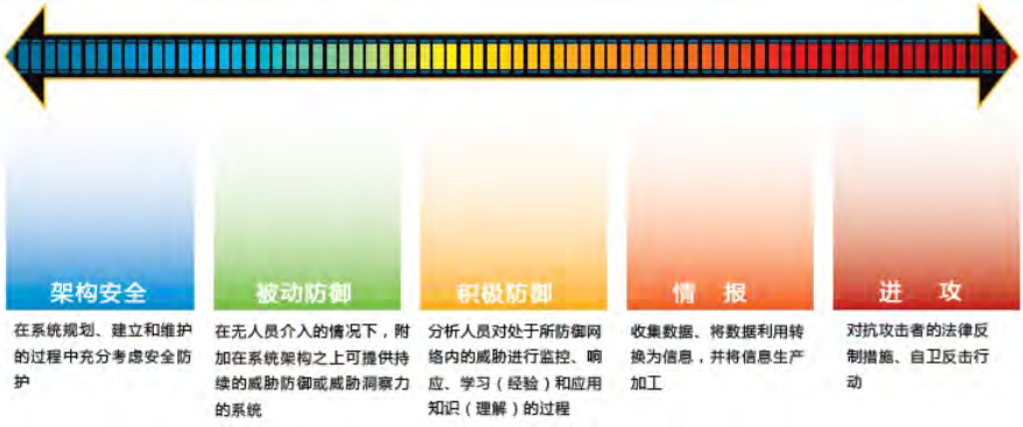


图 3　网络安全滑动标尺模型

架构安全：在系统规划、建立和维护的过程中充分考虑安全防护。

被动防御：在无人员介入的情况下，附加在系统架构之上可提供持续的威胁防御或威胁洞察力的系统。

积极防御： 分析人员对处于所防御网络内的威胁进行监控、响应、学习（经验）和应用知识（理解）的过程。

情报：收集数据、将数据利用转换为信息，并将信息生产加工为评估结果以填补已知知识缺口的过程。

进攻：在友好网络之外对攻击者采取的直接行动（按照国内网络安全法要求，对于企业来说主要是通过法律手段对攻击者进行反击）。

现阶段大多数企业的信息安全工作都聚焦于“架构安全”和“被动防御”对“积极防御”和“情报”则涉及较少，本项目建设以 “情报”驱动的“积极防御”纵深防御平台，提高企业的网络安全防护能力。

（3）以“人+机器”为核心的安全运营技术

新形势下的网络安全，本质是“三人”的对抗：人与人的对抗、人与机器的对抗、人工智能的对抗。人工智能时代，机器人可以替代一切，但不能替代网络安全工程师，因为网络安全是逆向思维、是不走寻常路，而人工智能是经验的决定。只有采用“人+机器”的方法，把人的知识驱动和机器的数据驱动结合起来，才能真正做到“谁进来？做什么？拿了什么？”，从而掌控全局。

2. 实施效果

本项目采用奇安信工业安全监测系统（ISD）和工业安全监测控制平台（ISDC）对油气调控系统进行集中监测，该项目为中石油管道系统首套大型工控系统安全监测与态势感知平台应用，提升了油气传输可靠性，降低安全运营成本，为下一步在中石油及其它大型工业企业推进奇安信倡导的工业安全监测和响应体系建设奠定基础。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例18

江苏敏捷科技股份有限公司

中车株所工业数据智能安全云平台

引言：

敏捷科技成立于 2008 年，由全球主动信息防护技术原创团队创办，是国内首家原创数据加密软件厂商，专注于为企业、政府及机构解决数据安全及数据管理难题。从 2002 年率先推出填补国内空白的自主知识产权数据加密产品，到全国首发第一套央企商业秘密保护解决方案，再到数据安全卫士系统 DGS 这一整体数据安全与管理解决方案，再到工业数据安全解决方案，敏捷产品始终引领数据安全新趋势，已服务涵盖工业互联网、智能制造、关键基础设施、党政机关等领域上万家知名用户。敏捷科技结合工信部 451 号文、《中国制造 2025》等一系列相关政策和中车株所系统安全防护的具体要求，制定针对性的项目技术路线。

一、项目概况

中车株洲电力机车研究所有限公司（中车株所）始创于 1959 年，前身是铁道部株洲电力机车研究所，现为中国中车股份有限公司一级全资子公司。2016 年，公司销售收入达到 320 亿元，位列湖南企业前 15 强，株洲市第一。中车株所具备强大的自主研发与创新能力，已构建完成在轨道交通装备牵引传动与控制系统领域的自主创新研发平台，是中国轨道交通电气系统集成解决方案的首选供应商。

在向互联化、智能制造方向发展的过程中，轨道交通产业链重构转型，利益共享、风险同担。轨道交通整车与零部件厂商协作关系越来越趋向合作竞争，在产业链发挥各自的优势；客户多样化需求促使整车制造商与模块供应商在开发、制造、服务方面的紧密合作。产业生态系统互联意味着数据的互通，数据的互通也加剧了泄露风险。近两年，全球针对制造业的数据泄露事件多达 2000 余起。为助力中国制造 2025，提升自身的信息安全水平、促进信息安全技术创新，中车株所决定依托敏捷科技在企业内部建立具有中车株所特色的工业数据智能安全云平台。

1. 项目背景

中车株所具备强大的自主研发与创新能力，从设计到生产制造、检验检测以及交付、运营，努力实现全数字化驱动。“十二五”期间，中车株洲所通过开展产品研发设计数字化工作，各新产品设计周期普遍缩短了约 30%，工程更改减少了约 20%，研发成本降低了约 10%，大大提高了企业技术创新的水平和能力。中车株所产线通过信息化和自动化手段升级，从人、机、料、法、环、测的维度进行全面质量管理，促进基础管理与技术的提升和优化，实现生产过程和生产管理的智能化。

中车株所目前已经建成涵盖轨道交通及工业领域大数据存储管理与分析挖掘业务，可支持海量工业设备数据接入的大数据平台，实现了打通设计、制造、物流、售后、质量等各个领域的关键数据，并形成闭环，产生服务价值。然而，轨道交通行业的特点是资产密集、长周期运营，而且信息非常分散，这就导致它对产品的质量和安全方面要求比较高。中车株所在追求企业转型升级的同时，对工控系统安全的认识达到了一个新的高度。积极推进企业级系统集成，实现生产和经营的无缝集成和上下游企业间的信息共享，开展基于横向价值网络的协同创新，在企业间的设计协同、制造协同方面逐步由原来的纸质信息传递，转变为以三维设计模型为核心的电子文件交换，带来了便利的同时，也带来了商业秘密泄露、图纸数据随意篡改、电子文件残留等数据安全风险，需要搭建一套轨道交通

行业数据安全云平台。

敏捷科技充分结合中车株所轨道交通工业互联网系统的实际情况，有针对性的制定具体解决方案：

（1）构建轨道交通行业面向工业设计数据全生命周期安全管理的解决方案，为企业间的高效协同提供一个安全平台。

（2）全面构筑轨道交通行业工业数据智能安全云平台，确保工业设计环境中上下游企业在高效协同的同时，减少数据泄露风险，确保轨道交通行业向数字化、智能化、绿色化安全转型升级。

（3）确保云平台上各项云应用数据全生命周期的安全可控。

2. 项目简介

本项目借助敏捷科技核心专利技术，基于我国密码标准算法构建。通过终端数据智能安全防护、网络数据安全防护、因公外出数据、云平台数据安全管控防护等数据防护作用，确保中车株所工业设计环境中上下游企业在高效协同的同时，防止商业秘密数据外泄、防止数据恶意篡改、减少图纸数据大范围分发的数据残留风险。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

3. 项目目标

1、提高中车株所工业互联网系统信息安全防护能力和高效协同管理水平。

对系统敏感数据进行智能识别、分级加密、权限管控，全方位提高自身信息安全管控能力，有效解决中车株所内部合法用户有意或者无意的信息泄漏。

2、满足合规性要求

满足工信部《工业控制系统信息安全行动计划（2018-2020 年）》及相关指南要

求，落实工控系统常态化检查评估、风险通报、事件应急等工作，同时加强工控系统使用人员的安全意识及技能培训。

3、数字中车战略目标的契合

集团先后对各子公司开展了安全性评价标准查评，并与敏捷科技合作，对系统进行数据防泄漏体系建设工作。

二、项目实施概况

本项目在工业互联网体系架构的基础上应用了基于工业控制系统的防护手段，针对工业设计数据面临的威胁，借助敏捷科技核心专利技术“电子文件安全标签”、“高速高通云存储加密技术”，基于我国密码标准算法构建，通过阅后即焚、安全云盘、数字签名、透明加密等功能，构建了面向工业设计数据全生命周期安全管理的解决方案，确保中车株所智能制造数据集中管控的同时实现安全可靠管理，有效保护中车株所的核心资产、知识产权及其它相关数据。

1. 项目总体架构和主要内容

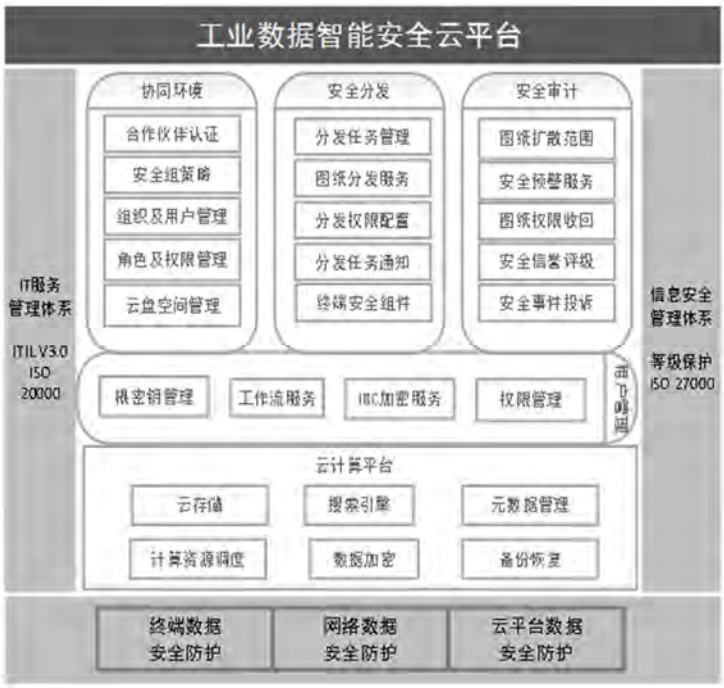


图 1　总体架构图

（1）终端数据智能安全防护：包括数据智能安全子系统、终端虚拟化桌面子系统、终端桌面安全子系统、终端外设控制子系统、文件透明加密子系统等五个子系统，有效防止机密信息泄漏。

（2）网络数据安全防护：提供虚拟安全网络子系统，确保具体业务应用系统环境的专用性和“干净性”，实现了基于具体业务应用系统的动态“专网专用”，也从安全管理角度上对网络数据进行安全精细化管理。

（3）平台数据及因公外出数据使用安全管控防护：实现对移动设备在外使用过程中全程保护，有效的杜绝外出人员主动和被动的数据泄密，实现了外出移动设备的授权使用、安全认证和电子文件的便捷高效、安全可用。

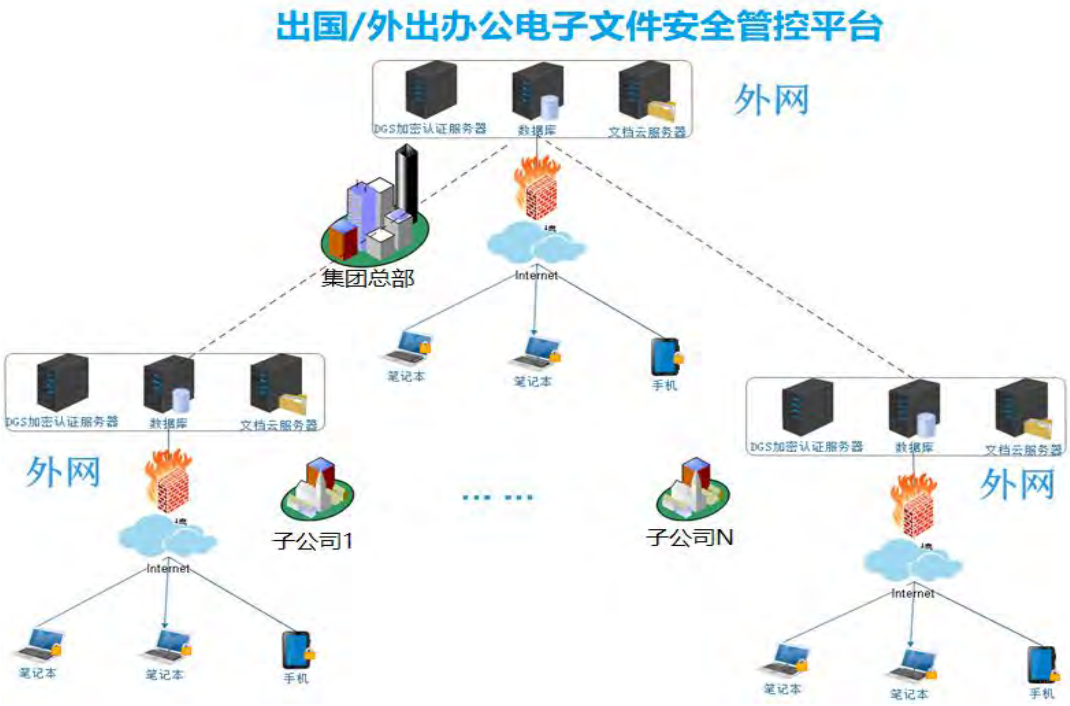


图 2　电子文件外出使用安全管控系统拓扑图

2. 应用场景

针对工业设计数据面临的三大威胁，工业数据智能安全云平台构建了面向工业设计数据全生命周期安全管理的解决方案，包括工业**图纸协同研发设计环节**的安全可控，**及图纸下单给外协方的电子商务结算环节、**出图进行资源调配确定**生产计划环节**，直至下发至智能车间**生产环节**，及后续产品发布环节的图纸安全控制问题。

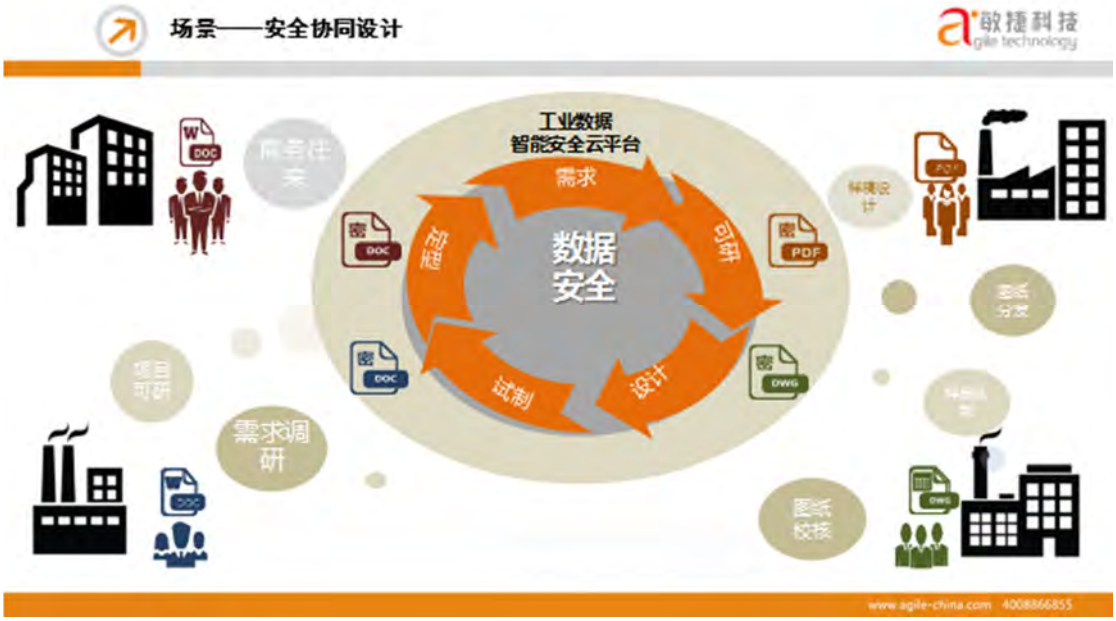


图 3 安全协同设计图

随着市场竞争的日趋激烈和中车株所信息化的发展，跨专业、跨地域的基于网络化协同设计极大地缩短产品设计和研发周期，快速研发出适应市场变化和需求的产品，提高企业的竞争能力。项目所在的上下游企业通过商务往来沟通项目设计需求调研，并进行项目可行性分析，在确认项目可行后设计人员进行样本设计，并分发给上下游企业进行图纸校验，校验无误后进行试制、定型。从需求、可研、设计、试制、定型的全过程会产生一系列数据，这些数据在项目各环节经多个上下游企业流转，中车株所工业数据智能安全云平台确保协同设计过程中数

据从产生、流转、存储和利用都处于安全管控之下，确保协同设计数据全生命周期的安全无泄漏。

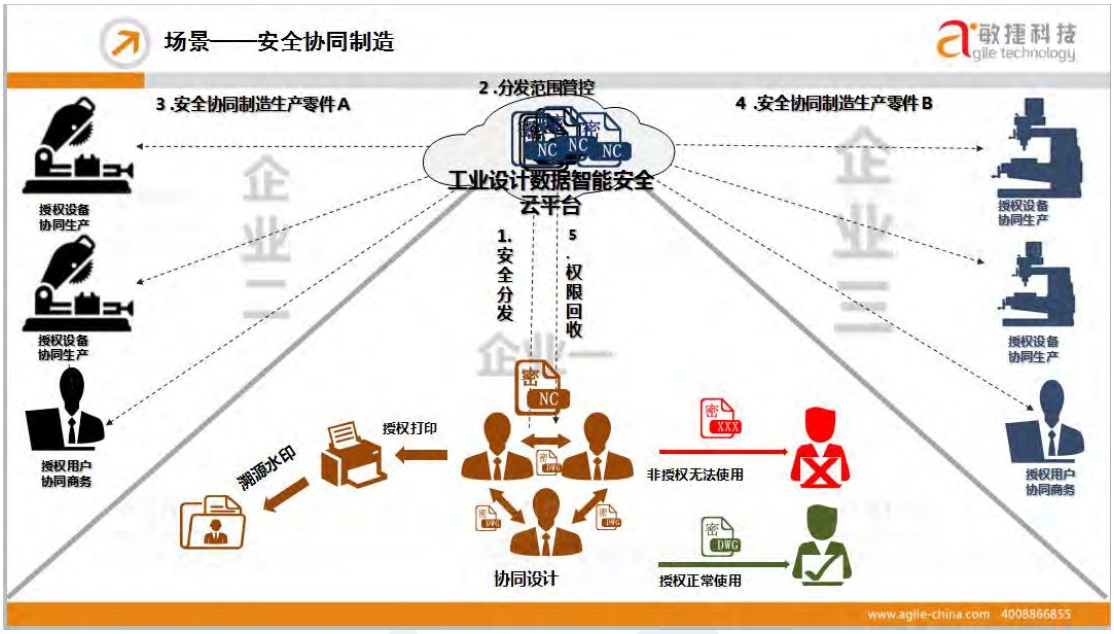


图 4 安全协同制造图

通过协同制造，中车株所各上下游企业间可以进行生产进度信息的高度、实时共享，实现其透明化。同时，项目相关企业的生产过程数据信息在网络协同制造链中顺畅流动，可以大大提升智能制造的效率。设计部门将设计图纸通过工业数据智能安全云平台安全分发给各协同制造生产零件企业进行生产制作，给外协企业的机密文件进行授权，非授权人员无法使用文件，授权时可设置时间、次数，不同的外协企业获取文件后必须通过各自特定的外发浏览插件打开外发文件，而且文件受到严格的权限控制，阻止了文件从外协企业泄密。

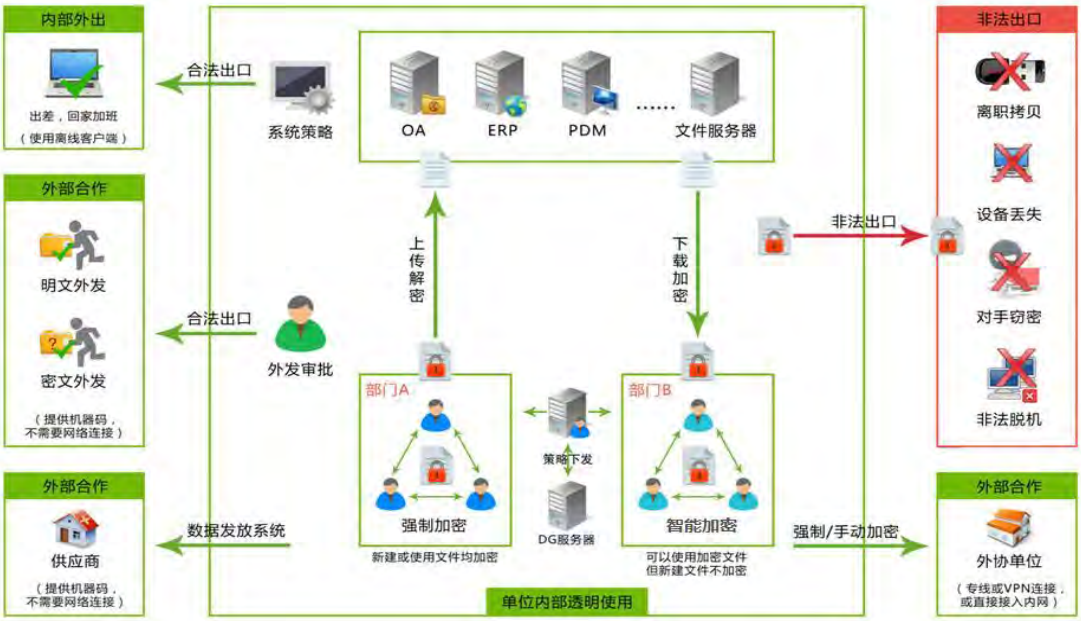


图 5 智能防泄漏应用场景



图 6 核心数据强制加密保护模式



图 7 终端数据智能防泄漏保护模式



图 8 多种系统集成模式

3.安全及可靠性

敏捷科技在数据管理及数据安全方面已经有十余年的开发经验，并积累了大量的客户案例与客户需求。本项目的研究试验将依据敏捷科技现有的大量客户基础和客户需求，采取自主创新开发模式开展。

（1）首先，我们将通过调查国内若干典型企业，充分了解企业对系统的需

求。总结已有的研究成果，吸取新的技术及新的需求，保证有一个高的技术起点而不是从零开始。

（2）其次，我们将参照有关的技术标准规范，跟踪技术最新的发展方向，为用户提供一个先进的、可扩展的、开放的数据安全平台。

（3）此外，在软件的开发方面我们将实施严格的软件工程管理，组织多家用户实施及测试，确保产品的质量。

（4）最后，我们将真正实行切实的产业化运行机制及可持续发展的技术支持。

项目所采用的内核级主动加密、应用软件指纹识别的加密槽等技术通过科技成果鉴定属国内外首创，填补了智能制造安全领域的技术空白，弥补高端和前沿研究开发方面的不足。

三、下一步实施计划

1. 加大工业互联网安全技术研发力度

大力开展工业数据安全前沿技术的攻关工作，研发自主可控且满足工业互联网特点的专用数据安全防护工具，提升工业设计协同平台数据分析能力，实现全方位感知工业数据安全态势。

2. 建立纵深防御机制

按照“双网双机、分区分域、等级防护、多层防御”的指导方针，建立健全企业信息安全纵深防御体系，防止信息网络瘫痪、防止应用系统破坏、防止业务数据丢失等，以确保信息系统安全稳定运行，确保业务数据安全。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）创新关键技术

- 数据加密技术、数据传输安全和身份认证管理。
- 数据挖掘技术、分布式索引检索技术。
- 移动办公、嵌入式技术。

（2）可以生产全系列的工业互联网数据安全产品

- 提供全系列工业互联网数据安全产品，可以满足不同工业设计系统信息安全防护项目的需要。
- 工业互联网数据安全产品覆盖了整个生产监控系统的核心部分。

（3）满足高性能要求的数据集中管控平台技术

- 提升了现有 PC 的使用效率，实现了 IT 部门对分散的 PC 的集中式管理。
- 增加了高度安全性和灵活性。
- 使用习惯的无需改变、PC 应用的无缝兼容、个性化桌面应用的灵活调用。

（4）持续的先进技术支持

- 针对云计算环境下非结构化数据与结构化数据的透明加密处理。
- 基于分区分域分级设计的云安全运维与安全管理。

2. 实施效果

敏捷科技工业数据智能安全云平台在中车株所上线应用以来，实现了企业内部及产业上下游、跨领域生产设备与信息系统的互联互通、资源共享、数据集成安全共享，提高了企业数据安全防御能力，推动株洲的轨道交通产业，企业与企业之间、企业与政府之间的良性互动，为促进全国工业互联网行业持续健康发展提供有力支撑。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例19

华为技术有限公司

光仪表云
——智能测试无间断

一、项目概况

1. 项目背景

华为技术有限公司是提供 ICT 解决方案和服务的企业，致力于把数字世界带入每个人、每个家庭、每个组织，构建万物互联的智能世界。

其中华为的光网系列产品（光传送与光接入，SDH/WDM/OTN/xPON 等）竞争力长期领先，相关产品在系统架构，光电技术，可靠性，生产和质量控制等有大量创新。本案例为华为在海量光产品生产/调试/测量方向的创新，应对制造阶段的光性能测试环节称为瓶颈的问题。

2. 项目简介

生产业务流（光仪表云）项目于 2011 年启动，2012 年上线试用，2013 年正式转产，到目前已正式运行 6 年多，期间经历了多次软件升级。

3. 项目目标

生产业务流（光仪表云）的目标有三个：一是保障生产无间断，消除仪表因素对生产的影响；二是持续缩短整体测试时间，规避人员操作因素的影响，加速产品及资金周转；三是高效利用昂贵的光仪表，既充分发挥各项功能，又实现更

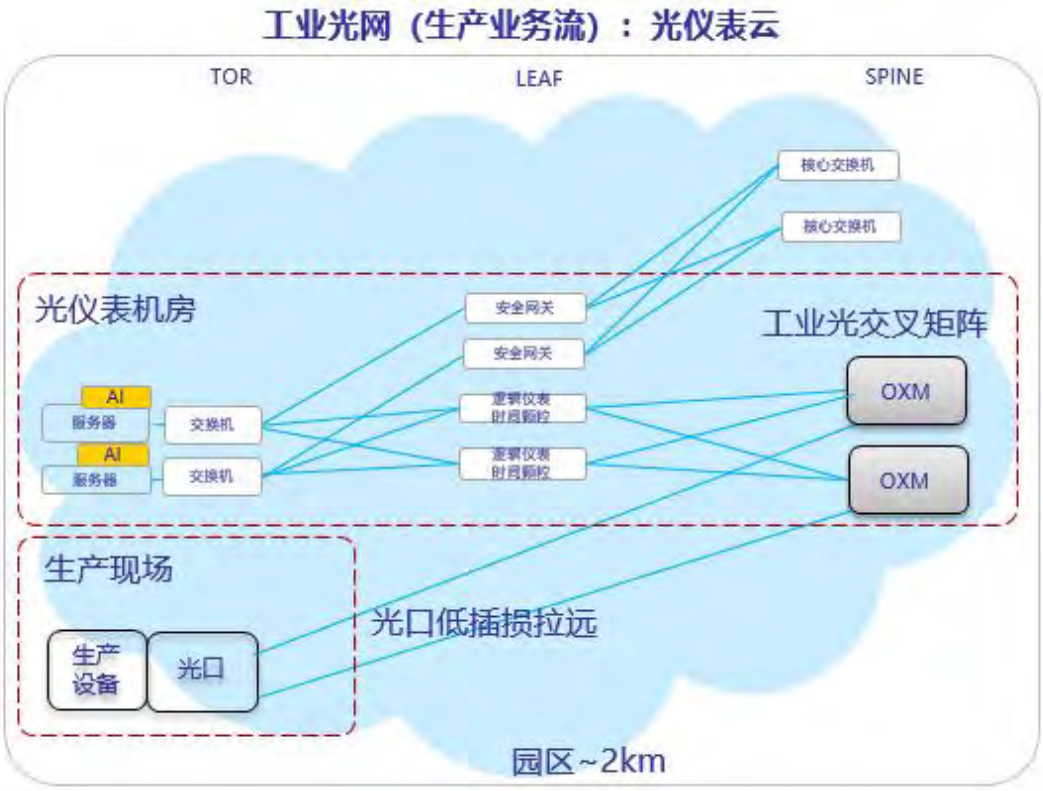
好维护保养。

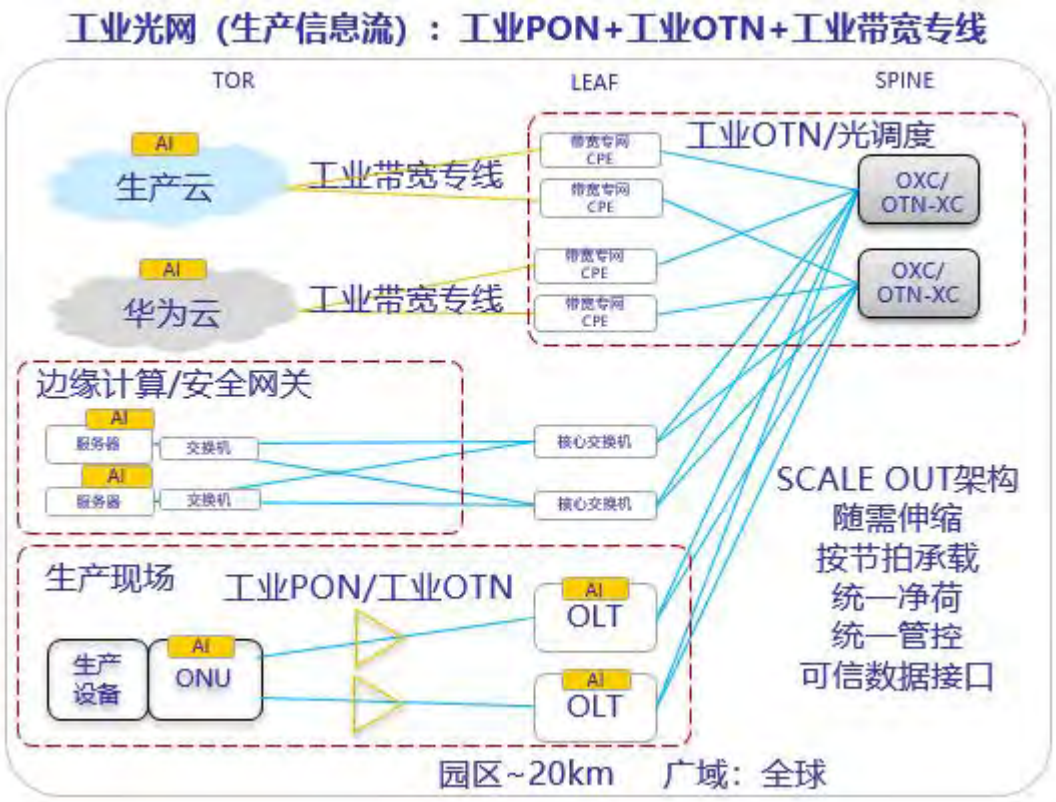
二、项目实施概况

本项目中通过集中需求，供给池化，智能编排的创新，解决了厂区内多条产线，多种测试项，多种工序对光仪表的需求，简化了人员操作，节约了测试时间。

1. 项目总体架构和主要内容

项目的整体架构采用生产业务流和生产信息流独立建设、组合使用的架构。其中光仪表云是生产信息流的一部分，用于光网络生产产品的测试。而工业 PON、工业 OTN 以及工业 OTN 宽带专线网络用于生产线数据的采集及监控等，二者共同组成工业光网，其整体架构如下：





工业光网整体上是一个类数据中心网络的 SPINE/LEAF 架构，例如在上图的架构中，生产现场网络的 OLT、带宽专网的 CPE 等设备作为 LEAF 节点，而 OXC/OTN-XC 等设备作为 SPINE 节点。SPINE/LEAF 等网络节点共同组成 SCALE OUT 架构，支持按需、弹性的伸缩，能够很好的匹配企业生产线灵活调整对网络带来的诉求。

2. 网络实施方案

● 生产业务流（光仪表云）架构及实施方案

（1）组网架构

项目总体在于将仪表资源池成云，按需调用，改善之前被测品光指标测试要经过多个工位才能完成。周转次数多，操作复杂，重复动作多的问题。在逻辑功能上可以分为仪表云本体及配套的随选光路两部分。

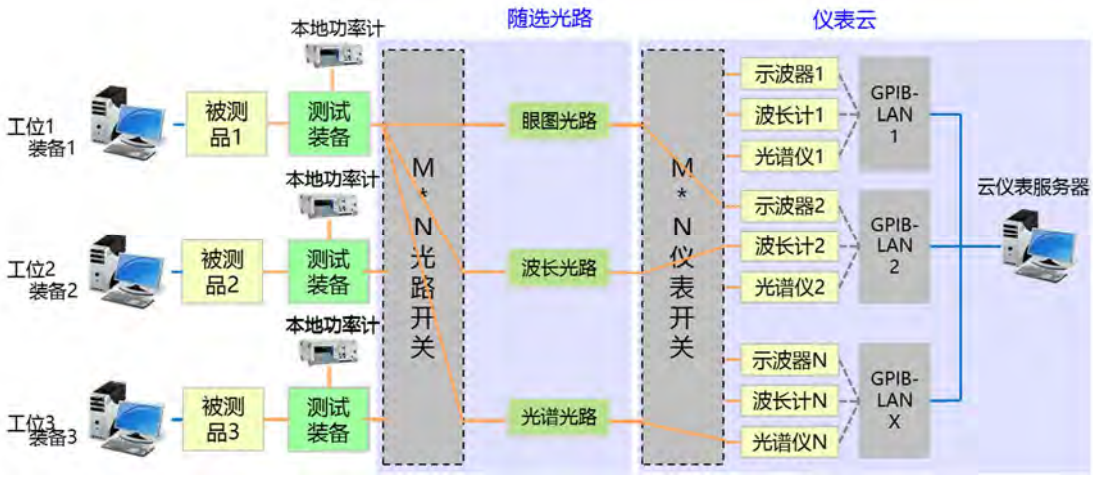


图 1　光仪表云总体架构图(光路开关和仪表开关均为 OXC 虚拟的逻辑功能)

（2）光仪表云的物理组成

物理上光仪表集中在控温控湿的仪表室，由专业人员统一管理维护及定期标定，以确保仪表处于正常工作状态。对于光纤连接采用熔接/缠绕包裹/优化 FC 连接器方式，将 2km 以内的光纤连接损耗降到 0.4dB 以内，如图 2 所示



图 2　光仪表云的物理组成

（3）将光仪表分解为独立的逻辑功能

一台光仪表具备多项功能，在测试时往往需要处理上传测试数据后才能进下一项工作，这导致在测试多项指标时出现等待，延长了整体测试时间。为此将仪表通过虚拟化，分解为多项逻辑功能。通过对多台仪表逻辑功能的小颗粒化调度，可以实现对同一设备多项指标不间断的测试，节约测试时间。同时一台仪表也可被动态调用于不同设备的测试，提高了仪表利用率，如图 3 所示：

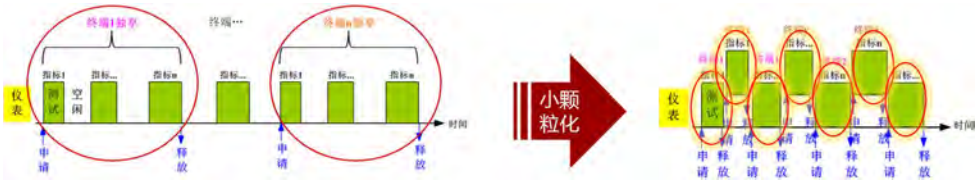
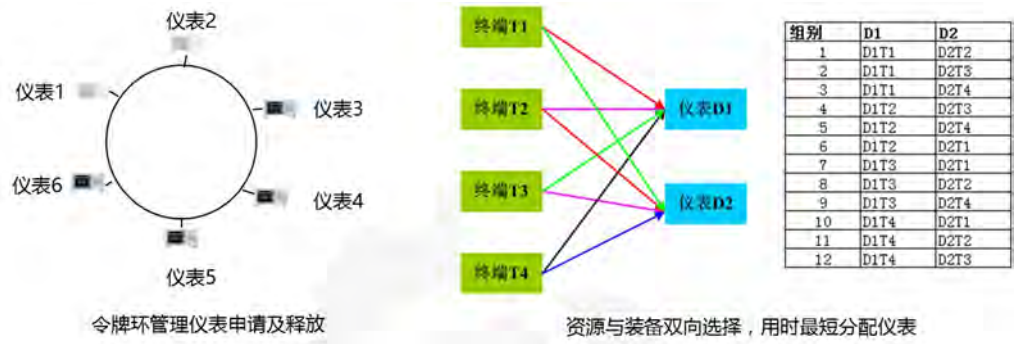


图 3　将仪表分解为独立的逻辑功能，通过分时复用节约单设备测试时间

（4）测试工序的智能编排

由于不同产线的工位数量不同，测试项目也有不同，需要结合仪表云的能力做各工序的编排，采用人工事前处理速率较慢，采用固定编排也不适应产线柔性工作工作。因此结合智能算法，通过令牌环动态分配仪表的逻辑功能、按预测总用时最短的组合编排测试过程，从而实现最优稼动率，如图 4 所示



组别	D1	D2
1	D1T1	D2T2
2	D1T1	D2T3
3	D1T1	D2T4
4	D1T2	D2T3
5	D1T2	D2T4
6	D1T2	D2T1
7	D1T3	D2T1
8	D1T3	D2T2
9	D1T3	D2T4
10	D1T4	D2T1
11	D1T4	D2T2
12	D1T4	D2T3

图 4　智能编排，节约整体测试时间

● 生产信息流网络架构及实施方案

（1）组网架构

通过在生产线部署工业 PON 网络（包括 OLT、ODN 以及 ONU 等），实现生产现场设备和监控中心/云端互联。组网架构如下：

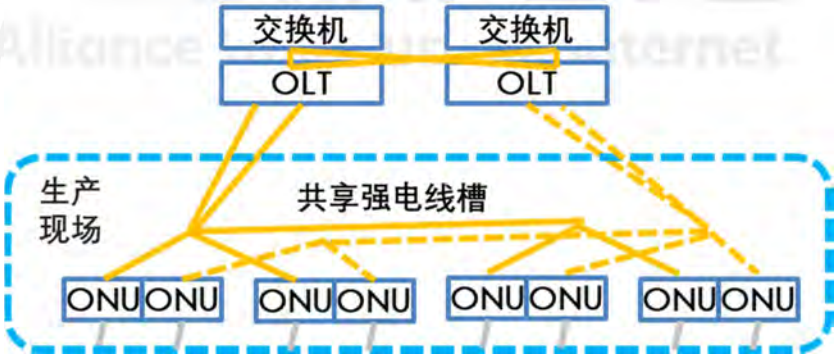


图 5　工业 PON 组网架构

其中 ONU、分光器、OLT 等设备不需要现场机柜，节省空间及投资。ODN 布线与强电共线槽，节省弱电槽投资（当然也可以部署在弱电槽）。

整体组网采用 OLT 主备端口 1+1 保护，网络故障支持 50ms 快速倒换，满足生产线高可靠性的网络诉求。

（2）生产信息流网络实现生产线数据采集及监控

生产现场通过部署 PON 网络，将生产过程现场设备（包括锡膏的印刷、焊锡检测、贴片、AOI（自动光学检查）等）产生的海量数据快速上传到智控中心/云端，实现了对生产线的监控、分析和控制。

灵活的带宽策略，能够满足部分工位（如 AOI 点）大带宽的网络诉求，使能产线按节拍生产。

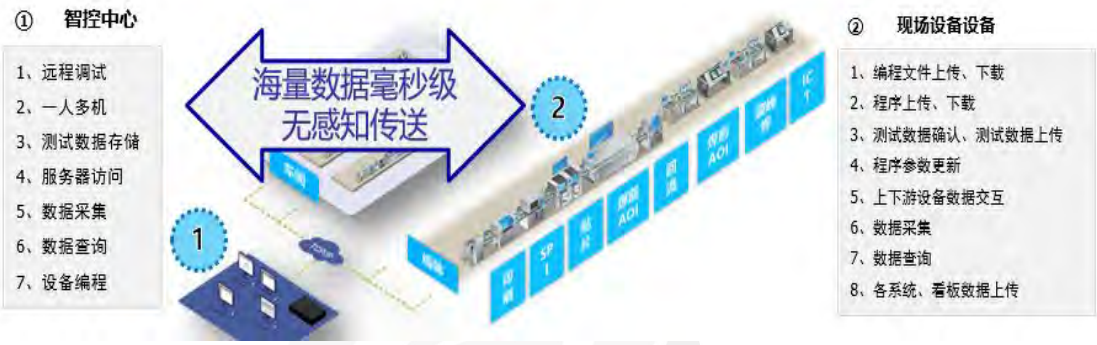


图 6　工业 PON 海量数据采集

（3）生产信息流网络极简部署

生产信息流网络（工业 PON）采用 2 级分光，OLT 到第一级分光器采用 2:8 分光，分光器部署在强电槽桥架内，OLT 到分光器采用 Type B 保护，以提升网络的可靠性。二级 1:8 分光，部署在对应槽位的立柱上，86 盒式 ONU 安装在线槽的立柱上，整体施工部署如下：

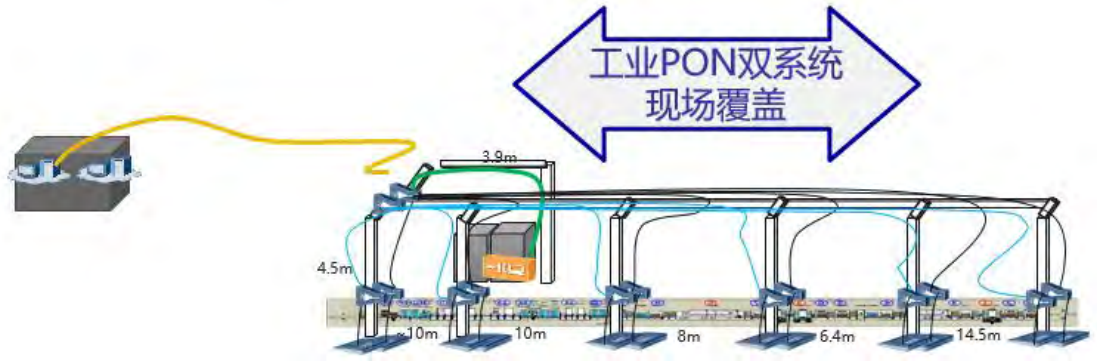


图 7　工业 PON 极简网络部署

该部署方案亮点：

- 面板式 ONU：在强电槽上以面板形式提供网口，生产运维人员使用习惯不变，易接受。同时与原有的工业以太网兼容，形成主备两张网络，增强网络健壮性。
- 两级随需分光：在末端随需扩展，不需在架空走线槽重新走线，调整快

捷简便

- 全部采用商品化 SC 光跳线和适配器：不需熔接，易于施工，更换维修
- OLT 侧支持双归保护与 COMBO PON 配置：保证可靠性，平滑升级（GPON->XGS PON）不用换 OLT 设备

3. 具体应用场景和应用模式

生产业务流（光仪表云）简化了相应的制造和测试工序，实现了：

- 测试编排智能化：仪表云自动选择总工时最短方案，节约了人力投入，保障了编排最优
- 测试过程简单化：一次连接，依次完成多项测试，并实时上报；降低了人员技能要求，提升了测试质量和效能
- 仪表排障自动化：对仪表测试结果有自动校验，检验异常会将自动定障并隔离故障仪表

具体运作流程可参见下图：

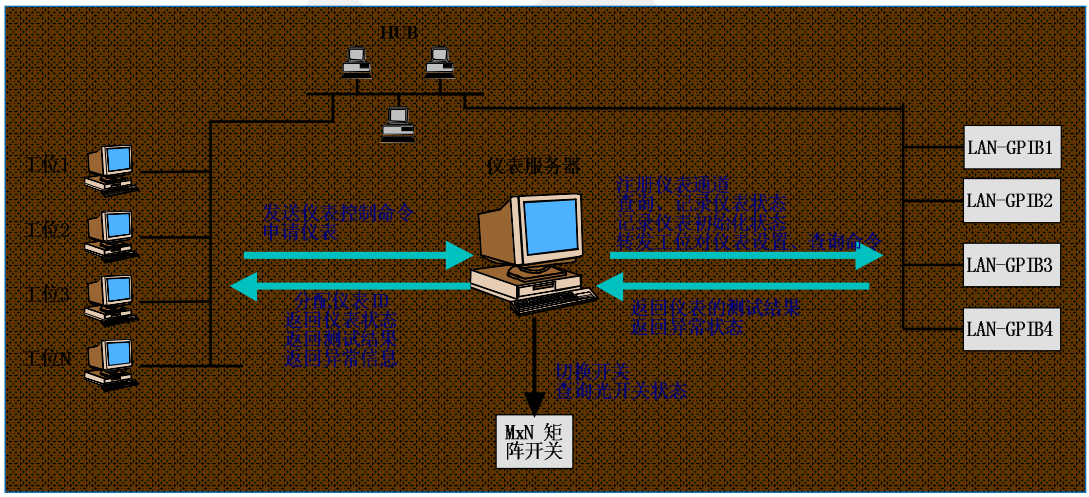




图 8　光仪表云运作流程

生产信息流网络企业提供极简数据采集、生产控制网络：

- 全光纤组网，二级结构简洁、大宽带，低时延
- 光纤“手拉手”保护，工业级 ONU 适应强电磁、高温高湿、强振动等恶劣环境

➢ 提供 RS232/RS485、GE/FE 工业现场通信接口,适应多种工业设备的接入

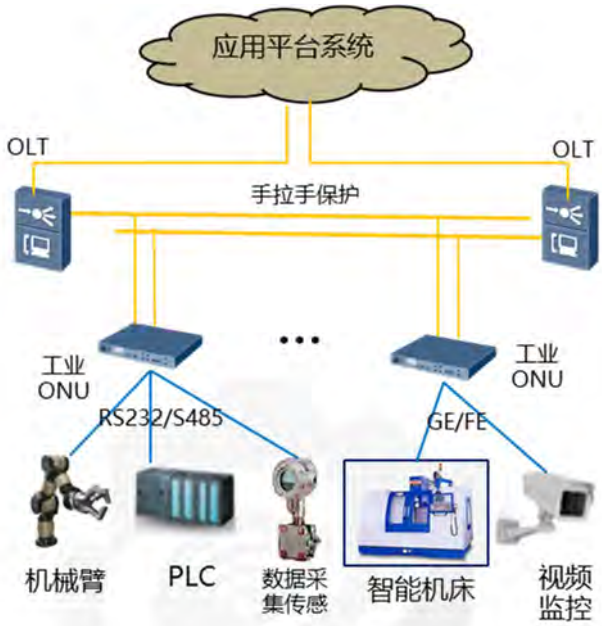


图 8　工业 PON 车间承载

4. 安全及可靠性

生产业务流（光口测试，仪表运维等）采用物理隔离的安全控制策略：

- 以低损耗光纤链路实现物理隔离，并保证路径冗余
- 以独立机房（双路供电+UPS 备电）保证设备集中部署并做安全隔离
- 以专项机房运维人员，保证人员隔离

生产信息流（远程操作，数据记录等）采用物理隔离+安全网关的组合安全控制策略：

- 工位采用独立端口，汇聚接入层单独成网，到核心层通过安全网关过滤
- 上行通过安全网关连接到边缘计算和生产云
- 核心层物理端口隔离，对外数据交互由人工用生产管理系统抽取报表实施

5. 其他亮点

光仪表有定期标定的要求，部分高端仪表还有海关监管和抽检的要求；生产业务流（光仪表云）通过资源池化，规避了这些动作对生产的影响。

三、下一步实施计划

1. 自研替代计划

针对生产信息流（光仪表云），引入自研 OXC 器件替代，保障自主能力。

2. AI 能力提升计划

引入新一代 AI 算法，持续优化光仪表云智能编排与调度，进一步节约整体测试工时；工业 PON 提供边缘计算能力，实现生产线状态的实时感知，数据及时处理，提升产线的整体效率和安全性。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

通过仪表云化，将昂贵的光仪表资源池化，规避了仪表故障/维修/保养对生产操作的影响，保证整体产线的稼动率最优。在技术上，通过低损耗光连接设计与随需光口调度，将全厂区（2km 内)光检测需求集中；通过虚拟化：将仪表分解多个可独立调度的逻辑功能，实现供给池化；通过智能随需编排功能，实现需求的自动预测与资源的自动编排，简化了操作，节约了整体测试时间。在对光口性能检测有要求的制造环节或调试环节可以复制推广

4. 实施效果

项目已实施并持续优化 6 年。

- 相应制造/测试工序无间断，因仪表原因误工次数为 0
- 平均测试时间缩短了 10%, 加快了相应产品的成本和资金周转率~2%
- 新的制造/测试工序上线时间仅为之前的 50%
- 其间相应仪表采购/维护费用节约了 60%

案例20

上海全应科技有限公司

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。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

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%；

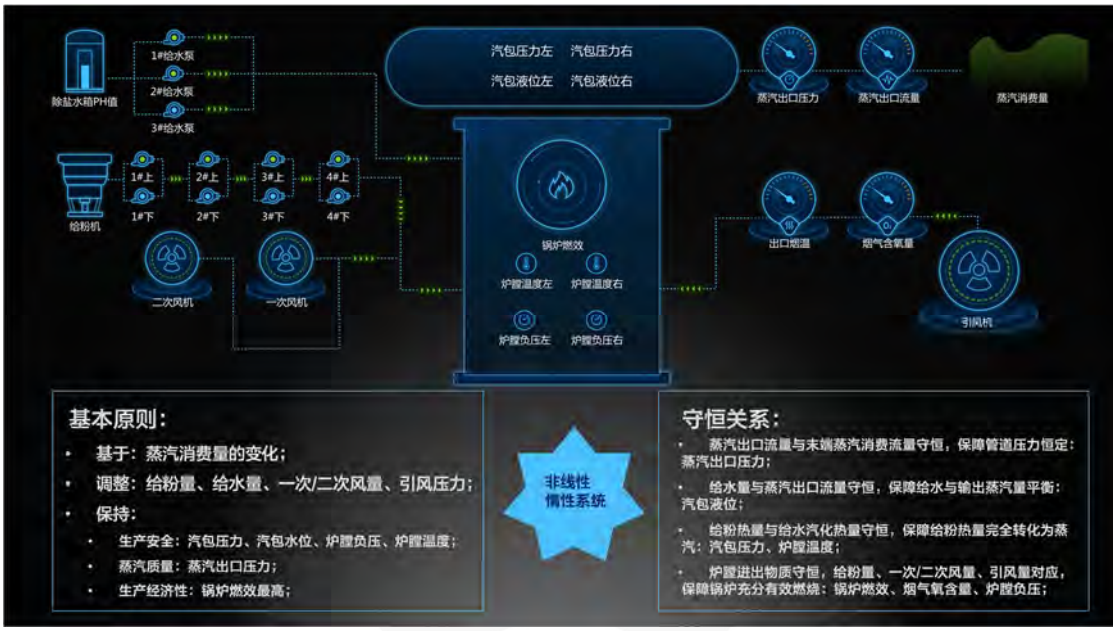
工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

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。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

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。

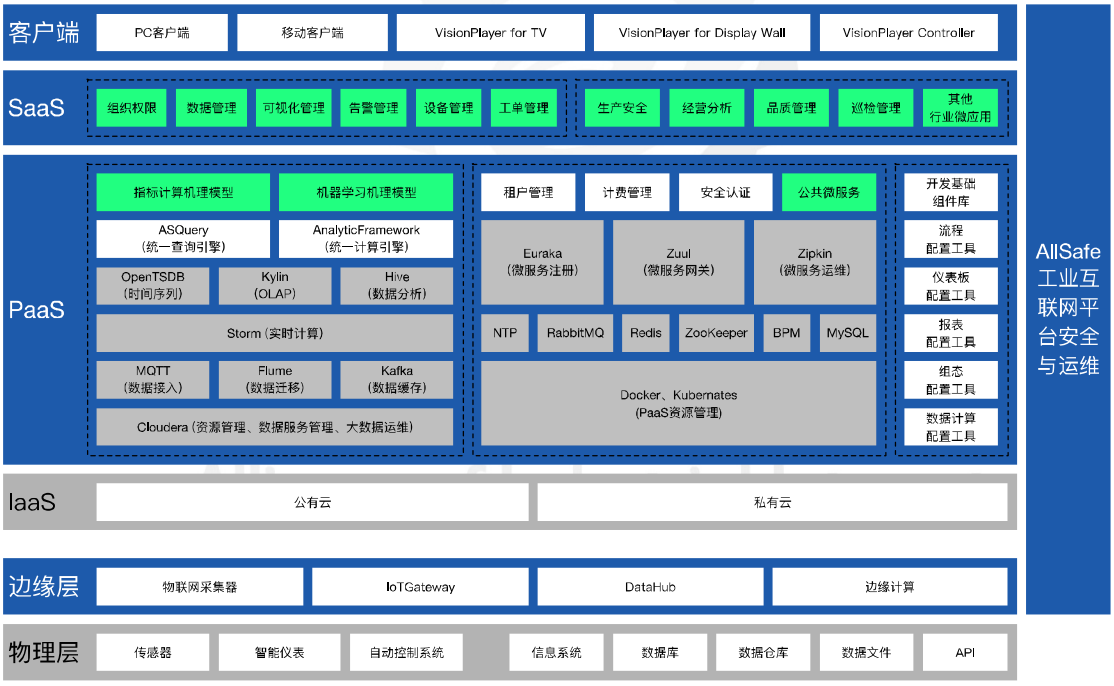
随着国家政策对节能降耗和环境保护要求的提高，以及行业竞争的加剧，以上这些问题已经成为严重制约行业企业发展的问题。热力生产企业亟待解决。

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；

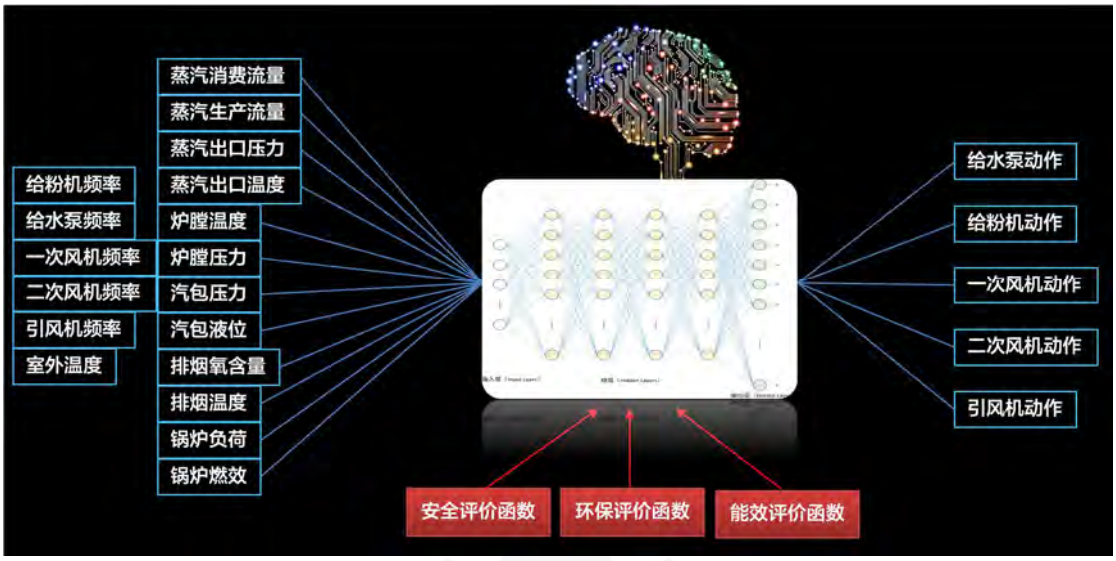
- ✧ IaaS 层是提供通用计算、网络、存储资源，可以是基于公有云虚拟化资源或基于实际物理环境搭建的私有云环境；全应智慧热电云工业互联网平台基于现有 IaaS 层技术，并不专门提供 IaaS 层设施；
- ✧ PaaS 层体现了全应智慧热电云工业互联网平台的核心能力，包含了一整套大数据平台体系、基于基础 PaaS 技术的微服务基础体系和云服务体系，以及一整套工业互联网第三方开发工具集；
- ✧ SaaS 层是一组基于 PaaS 层的应用体系，提供了一整套面向云租户和云管理员的具体应用，这里包含平台通用微应用和面向行业的微应用插件；通过将微应用进行组装可以实现多种面向不同用户的应用系统，包括云租户的工业 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：

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



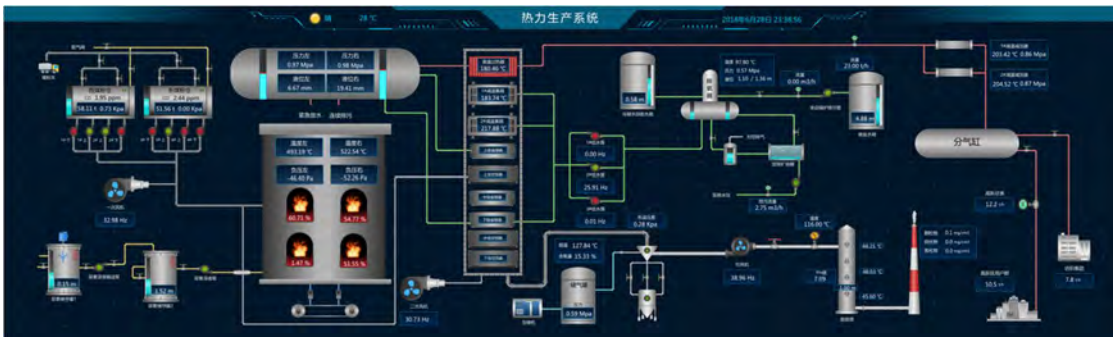
在锅炉集控室提供一套电子看板系统，在电子看板上展示司炉相关的关键参数，同时定期为司炉工展示司炉建议。如下图所示：



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；

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

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。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

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；

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

✧ 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；智能司炉是通过对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。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例21

国网新源控股有限公司、太极计算机股份有限公司

基于工业互联网的水电主设备指标监测
——全过程指标监测、分析研究技术服务

引 言

国网新源控股有限公司成立于2005年3月，注册资本金102.86亿元，目前由国家电网有限公司持股70%，中国长江三峡集团公司持股30%，与国家电网有限公司2011年9月成立的全资子公司国网新源水电有限公司实施一体化管理模式，主要负责开发建设和经营管理抽水蓄能电站和常规水电站，承担着保障电网安全、稳定、经济、清洁运行的基本使命，是全球最大的调峰调频专业运营公司。

截至目前，新源公司管理资产总额970.2亿元，管理单位60家，分布在20个省市，装机容量6020.4万千瓦，其中：抽水蓄能电站45座，装机容量5522万千瓦；常规水电厂8座，装机容量498.4万千瓦；开展可研和预可研抽水蓄能项目超过4000万千瓦。按照十三五规划，至2020年，新源公司管理运行容量2092万千瓦，在建容量4948万千瓦，可控容量7040万千瓦，初步建成抽水蓄能行业国际一流企业和水电行业示范企业，为国家电网有限公司率先建成具有全球竞争力的世界一流企业发挥重要作用。

抽水蓄能电站利用电力负荷低谷时的电能抽水至上水库，在电力负荷高峰期再放水至下水库发电的水电站，又称蓄能式水电站。在当下绿色能源大发展的背景下，抽水蓄能电站对于提高电网供电质量和电网灵活性及可靠性发挥着不可替

代的作用。但是由于抽水蓄能机组运行复杂，启动繁杂，水力、机械、电力共同作用，极有可能引起机组温度过高、并网故障、甩油故障等，从而影响整个机组的正常运行。在电力系统中，抽水蓄能机组是非常重要的组成模块，也是电力稳定、持续不间断供应的基础。因此，基于数据挖掘技术对抽水蓄能电站机组状态进行预测和判断具有重要的现实意义。

太极股份致力于“做中国最优秀的数字化服务提供商”，率先推出 TECO 工业互联网平台，牵手众多的生态合作伙伴，面向工业行业和企业的价值需求，提供工业互联网业务顶层设计、平台建设、工业大数据服务、算法模型开发、云平台运营等服务，多年来电力、钢铁、煤炭、化工、军工制造等工业领域有着众多的客户、丰富的业务实践和案例。

在此背景下，2018-2019 年，新源公司委托太极计算机股份有限公司开展，采用太极 TECO 工业互联网平台技术，基于数据挖掘，数据分析，模型建设，人工智能等技术实现各系统数据的整合、分析、清洗、建模、计算等，从而形成水电主设备全过程评价指标体系，并对设备的状态分析，异常预警提供技术手段。

一、项目概况

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

本项目依据新源公司预期的发展战略目标，借鉴国内相关行业设备状态监测与风险预测的实践过程，以工业互联网平台为基础，建设水电主设备全过程评价指标体系，并结合实际数据效果，构建水电主设备故障预警模型，从而为业务部门的决策提供科学参考，并为新设备的全过程管理提供科学依据与规范。

1. 项目背景

随着“互联网+”时代的到来，信息网络正向高速、智能、融合的下一代网络演进，信息技术的进步带动支撑了模式创新、管理创新和制度创新，市场经济竞争在信息技术高速发展的时代进入一个更加激烈的阶段，依托信息化手段建设智慧型企业是企业实现快速发展的一个必然选择。随着计算机监控和各类监测系统的不断普及，水电站安装了成千上万支传感器，每时每秒都在产生大量的数据，这些数据中蕴含了丰富的价值信息，若能有效提取利用，必定对生产运营的各个环节产生深远的影响。

新源公司广泛地建设了诸多系统，系统每天产生大量的生产基础数据和分析数据。随着设备状态监测与管理模式的不断提升，传统的数据处理方法已经不再适用，太极股份作为承建单位，需依据 TECO 工业互联网平台技术，进行数据治理与整合、建模、分析等方法，构建水电主设备全过程评价指标体系和设备故障预警模型，并实现对设备状态的监督检修，及时发出异常预警，保障设备的安全稳定运行，从而为业务部门的决策提供科学参考，也为后续新电站的建设、新设备的全过程管理提供科学依据。

目前，对于抽水蓄能机组状态监测和故障诊断系统的研究大多基于传统的信号处理方法，它是以机组的状态监测为基础，根据所获得的监测数据，提取反映水轮机运行状态的特征值，并对这些特征值进行分析诊断，判断水轮机是否存在故障。这种方法只能对故障进行事后分析，无法实现预测，而且由于故障样本数据有限，导致其适应性差，只能用于特定故障的分析诊断。国内外已有一些基于数据挖掘技术的抽水蓄能电站设备故障诊断和状态检修方面的研究，为机组状态监测分析和故障诊断提供了有益探索。利用工业互联网平台，通过对设备指标历史数据进行清洗、特征工程、打标签、数据挖掘和预测建模、模型性能测试验证，最终得出抽水蓄能机组故障预测模型。模型部署后对机组当前监测值进行对比分析，判断当前设备运行状态是否正常。

2. 项目简介

本项目基于工业互联网，建设覆盖水电主设备全过程评价指标体系，并依靠工业互联网平台强大的运算能力，实现对设备指标与状态评价数据的整理、分析、最终构建水电主设备全过程评价指标体系和设备故障预警模型，实现设备检测、指导管理等诸多效益。项目简介如下：

(1)常见的水轮发电机机组故障诊断方式，大部分是从水力因素、机械因素、天气因素和专家故障诊断方法来进行。通过多层次分析可知，依靠单一技术无法满足水轮发电机故障诊断的任务。因此，依靠工业互联网平台，将不同诊断技术结合起来，运用大数据分析海量生产实时数据和多层次神经网络人工智能等方法的混合诊断研究，是现阶段研究的发展趋势。

(2)根据故障机理、性能劣化机理，依靠 TECO 平台，建立故障的数学模型和性能劣化的评价数学模型，并根据数学模型对特征指标体系进行重构，形成可直

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

接用于故障确认和定位的可量化特征指标体系，这就是所谓的故障指标体系。

（3)采用大数据分析方法建立趋势预测,常用的方法有多元线性回归方法，该根据历史样本建立机组负荷、运行工况、温度、水头与振动、摆度、压力脉动等指标之间的回归模型，以该回归模型为基础进行预测和趋势监测，该方法的核心问题是样本数据需要足够，而且在建立模型时给出的自变量需要完整。另外结合机理知识和多种大数据挖掘模型算法如多元回归模型、SVM 回归模型、正态统计模型、相关性分析、临近算法模型(kNN)、k-Means 聚类分析、人工神经网络分析等分析方法，构建机组完整的指标值研究体系，经过故障特征指标值的记录和设备专家人工辨别、筛查和整理，最终形成针对不同机组部件的多维度混合智能诊断方法。

3. 项目目标

基于工业互联网平台强大的运算能力，利用大数据概念和故障特征分析，充分利用和整合现有资源和数据，以新源公司对抽水蓄能电站设备运行状态监控和管理应用为方向，实现基于大数据分析手段建立抽蓄机组主设备全过程评价指标体系和主设备故障预警模型的构建，实现对抽蓄机组主设备状态的实时监测、运行监控、综合分析、以及故障诊断和运营维护等主要功能。通过本项目的实施，减低企业生产运营成本，提高生产安全管理水平和管理效率，同时提升新源公司在水电主设备全过程监测工作中的智能化水平。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

二、项目实施概况

本项目采用云计算、大数据等工业互联网平台技术，汇集新源公司下属各抽水蓄能电站的生产实时数据和设备状态数据，并通过数据的治理、存储、分析、建模，建设抽蓄机组主设备全过程评价指标体系和主设备故障预警模型，并通过神经网络算法实现状态监测及风险评估。

本项目技术路线如下：

本项目研究内容包括对主设备监测数据的提取、特征指标体系的设计研究、量化评价体系的研究以及构建监测、分析、评价的展示系统等多个方面。

故障特征指标体系的设计问题。主要是根据各部件之间的关联关系以及故障机理模型、性能劣化模型建立，可真实表征机组性能分析、故障分析的特征指标，以部件为单位，逐步构建起能表征整个机组主设备性能评价、故障定位和分析的特征指标体系。

以机组负荷、运行工况、温度、工作水头做为边界参数，对测量的振动、摆度、压力脉动、气隙等特征数据进行分段预警；在机组稳定运行，而且机组状态稳定正常的情况下，当上述边界条件相同时，机组摆度、振动等特征数据满足正态分布规律，当用历史样本数据进行分段统计之后，获得振动、摆度在不同负荷、温度、运行工况下的中位值和分布的宽度，那么以这个中位值和宽度作为正常范围，监测新数据是否超出统计范围，就可以实现人大数据分析、人工智能判断的识别训练矩阵。

本项目实施概况如下：

1. 项目总体架构

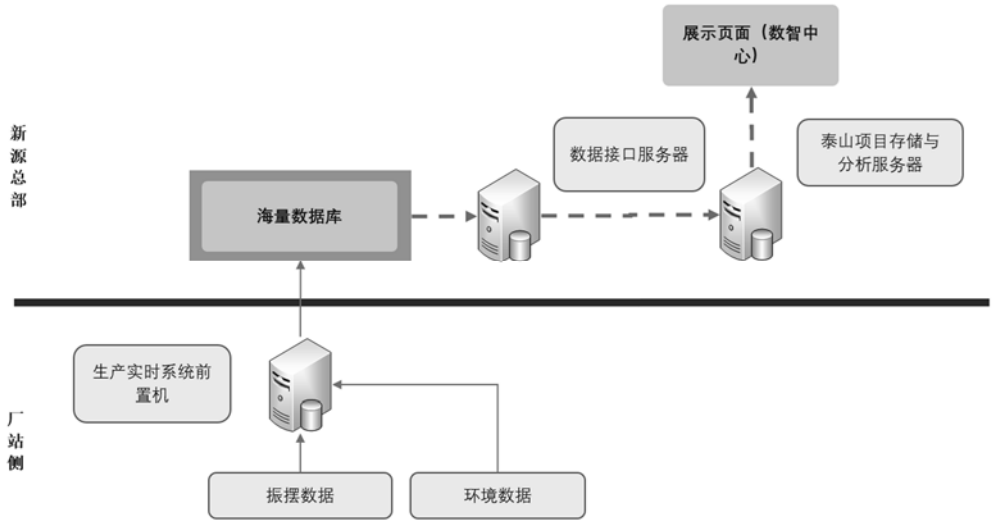
国网新源水电主设备实时分析监测系统采用分布式、多层体系架构，自顶向下分为展示层、业务应用层、平台层、基础层、接入层（采集层），建立在统一的标准规范体系、安全管理体系、运维保障体系下。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet



2. 数据接入与样本分析

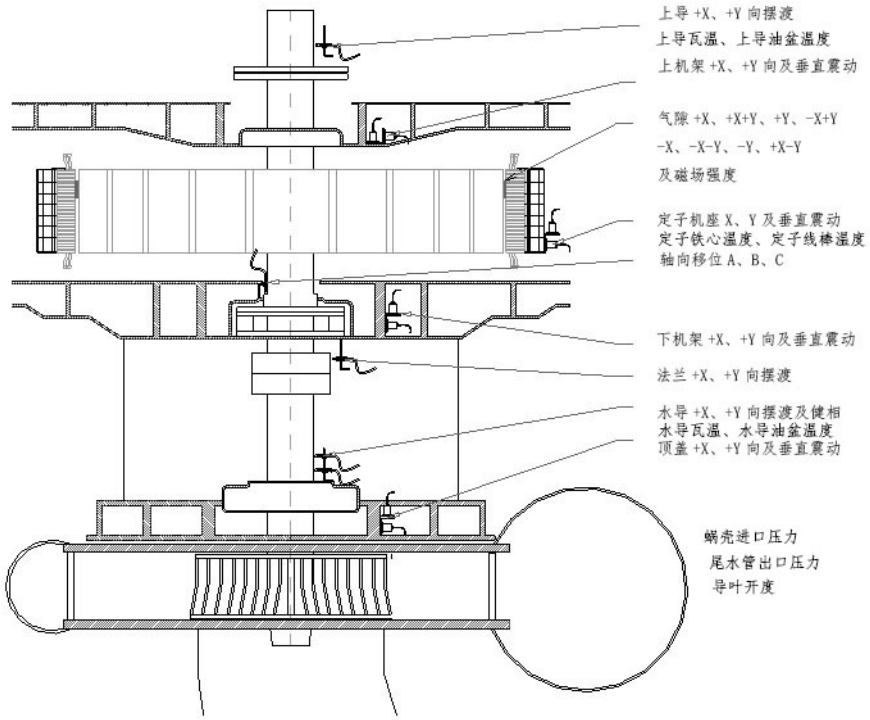
在数据质量、数据存储和应用调研结论的基础上，进行数据获取方案的制订，确定获取数据源、数据获取方式、投入资源与外部资源范围，并对数据进行采样分析，确定数据接入点位、和相关技术选型工作。对目前主流的数据接入、传输工具、软件等进行对比分析，完成对数据接入、存储和分析的一系列结构化设计与实施步骤等细节，推动数据资源管理部门的支持和配合工作。



（图 数据接入方案）

3. 主设备指标体系研究工作

根据本项目的研究内容结合水电主设备监测系统的配置情况、相关测点分布情况，综合给出项目分析需求指标列表。



（设备传感器分布图）

根据水电主设备传感器波形数据进行分析，根据机组传感器在不同工况下的数据采集规律、间隔密度等因素，对生产实时与状态检测数据进行归集，通过相关性分析方法利用历史数据，建立和分析设备各个参数之间的相关性，并整理出水轮发电机各设备部件传感器数据的相关规律，结合水轮发电机组设备树，形成设备指标关系矩阵。

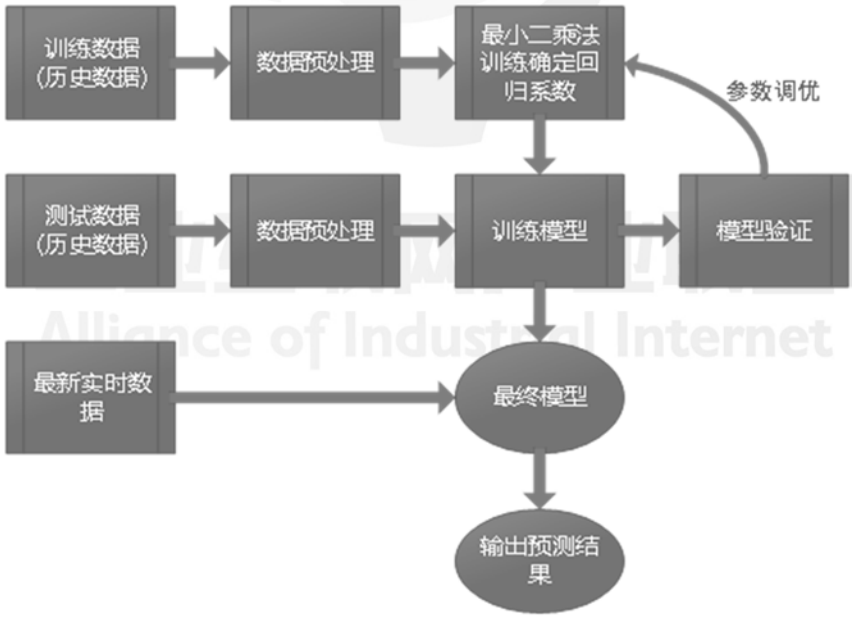
设备 / 指标	发电（电动）机定子基座	发电（电动）机定子铁芯	发电电动机定子线棒	发电（电动）机定子	磁极	发电电动机转子制动环	发电（电动）机转子（含发电机轴）	上导轴承支撑架	发电（电动）机上导轴承导瓦	上导轴承油盆	下导轴承支撑架	发电（电动）机下导轴承导瓦	下导/推力轴承油盆	发电（电动）机推力轴承	发电（电动）机推力轴承推力瓦	发电（电动）机推力轴承推力头	水泵水轮机水导油盆	（水轮导轴
上导摆度				●	●		●	●	●	●								
下导摆度							●				●	●	●	●	●	●		
水导摆度																		
上机架振动	●	●			●			●	●								●	
下机架振动			●								●	●	●	●	●	●		
顶盖振动																	●	
扰机量				●		●	●											
定子铁芯振动		●																
定子线棒振动			●															
空气间隙				●	●	●	●											
蜗壳进口压力																	●	
转轮与导叶压力																	●	
尾水出口压力																	●	
转轮与顶盖压力																	●	
转轮与底环压力																	●	
键相	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
定子铁芯_温度		●	●	●					●	●	●	●	●					
上导轴承_温度										●								
下导轴承_温度												●						
抽水工况运行时间	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
抽水调相运行时间	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
出口开关_动作次数			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
电动方向_动作次数			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
电气制动刀闸_动作次数			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
发电工况运行时间																		
发电调相运行时间																		
发电方向动作次数																		
加热器_温度1																		
空气冷却器_进口温度1		●	●	●														
空气冷却器_冷却水流量		●	●	●														
空气冷却器_冷却水出口温度1		●	●	●														
油罐交流接触器_动作次数																		

（设备指标关系矩阵）

4. 完成泰山公司水电主设备全过程指标体系梳理与建立工作

基于工业互联网平台收集整理的大量数据，构建机组完整的指标研究体系，是为了实现故障的初步定位。目前，大部分的故障诊断系统能够提取的特征指标非常有限，大部分指标都停留在原始数据的 1 次提取状态，这种指标虽然可以反映故障的发生，但对于故障定位方面则存在明显的缺陷。此时根据历史数据的分析研究，机组各个部位传感器的阈值已经确定，机组运行过程中不在指定范围内运行的数值信息即为异常。寻找发生异常指标所在的相关指标集合，并将此集合中所有的运行特征参数、边界参数，结合运用“基于大数据模型的挖掘算法”，将主设备各个相关部位传感器、运行特征进行有机结合。记录并分析相关指标集合内，所有传感器数据的相关趋势变化。通过判断是否属于测点相关性集合，来初步将故障点指向某一部件。

运用大数据分析手段、数据建模技术，推动筛查基于水电机组设备相关部件的测点中与异动测点同期产生相关性变化的指标，并结合机理知识和多种大数据挖掘模型算法，构建五级结构的指标值研究体系。



（回归模型典型数据挖掘逻辑示意图）

一级指标主要是从体系内部结构从机组监测的所有原始波形数据及环境工况数据为基础上根据波形中键相数据进行原始波形重采样计算重构波形，将重采样计算后的波形数据进行快速傅里叶变化，从而将波形从时域转换为频域计算出来的值和部分环境量的值。一级指标的作用是对监测测点原始信号进行处理解析成设备子部件故障模型诊断算法所需要的参数值，为二级指标的计算做准备。

二级指标为一级指标根据设备子部件故障模型故障诊断算法计算结果，通过

该值能够反映出该机组子部件运行状态及问题。

三级指标为通过一二级指标的计算结果，通过把指标的状态量化成优良中差或分数，通过分数反应该子部件运行的健康评价状态。

四级指标为机组轴系、发电机、水轮机、球阀、调速系统、主变压器、静止变频器等部件根据三级指标的健康评价状态，汇总计算出一组能反应机组部件健康状态的一组评价值，该值即为四级部件评价指标。

五级指标为水轮发电机组主设备的健康评价指标，通过汇总主设备内各部件的运行状态，计算得到的能反应出机组主设备的健康评价状态的指标。

5．完成泰山公司水电主设备全过程指标体系模型建设工作

基于工业互联网平台收集并整理的数据，运用工业互联网平台强大的数据运算能力，结合机理知识建设了一个评价模型、三个预警模型。

在抽蓄机组传感器阈值的研究体系中，提出采用多维正态分布对阈值范围进行研究。针对电站抽水蓄能机组的实际运行数据，使用多维正态分布，更加准确的划分安全域与不安全域，从而可以更好地监测机组本身的运行状态，为生成机组异常状态、故障趋势分析报表、未来运行趋势和相应处理措施的提出提供技术和数据支撑，更好地实现抽水蓄能电站优化运行的监控和管理。

建设了水力不平衡的故障预测模型，利用监测系统采集的数据进行自动化的特征参数辨识，进而实现故障的在线诊断和报警，这是在线预警技术发展的重要方向，也是防止机组缺陷扩大化，实现早期预警的重要手段。抽水蓄能机组的水力不平衡主要来源于气蚀对导叶转轮叶片的影响，而且这种水力不平衡还经常会表现的是发电工况与抽水工况有较大的反差。导致机组产生水电不平衡的原因较为复杂，对于这种复杂问题，我们需要把抽水蓄能机组实际运行的数据与工况相结合，进一步完善诊断机理，建立更为精确的故障模型，提高故障诊断的准确性。

建设了轴线弯曲故障诊断模型，通过挖掘部件间的相关性，同时以部件为单位，将有关联的主设备各个部位运行特征有机结合，逐步构建起能表征整个机组主设备性能评价、故障定位和分析的特征指标体系。利用大数据技术挖掘机组的特征值和指标值的变化规律，总结设备重要指标的合理运行区间，实现故障预警模型的应用。

建设了转子质量不平衡模型，通过对开机过程的机组摆度测点和机架 1X 分量的特征数据的采集，建设在线辨识算法，实现对转子质量不平衡故障的监测与预警，从而提升机组的安全稳定水平。

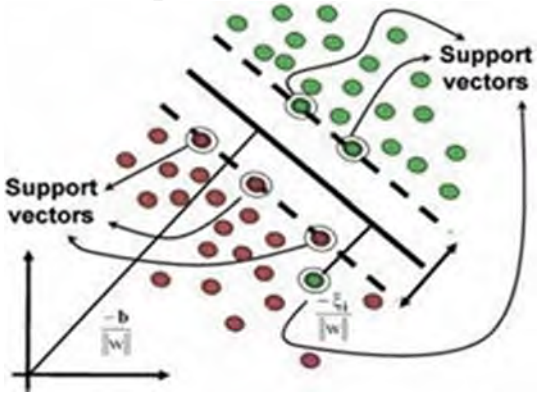
6. 完成基于人工智能技术的故障特征训练工作

数据挖掘技术和算法多样，本项目主要是尝试使用分类算法对抽水蓄能机组的状态进行分类，也就是说给定机组的运行状态值，通过模型计算得出机组状态。应用工业互联网 TECO 平台，本项目使用三种典型的数据挖掘分类算法进行机组状态预测建模：

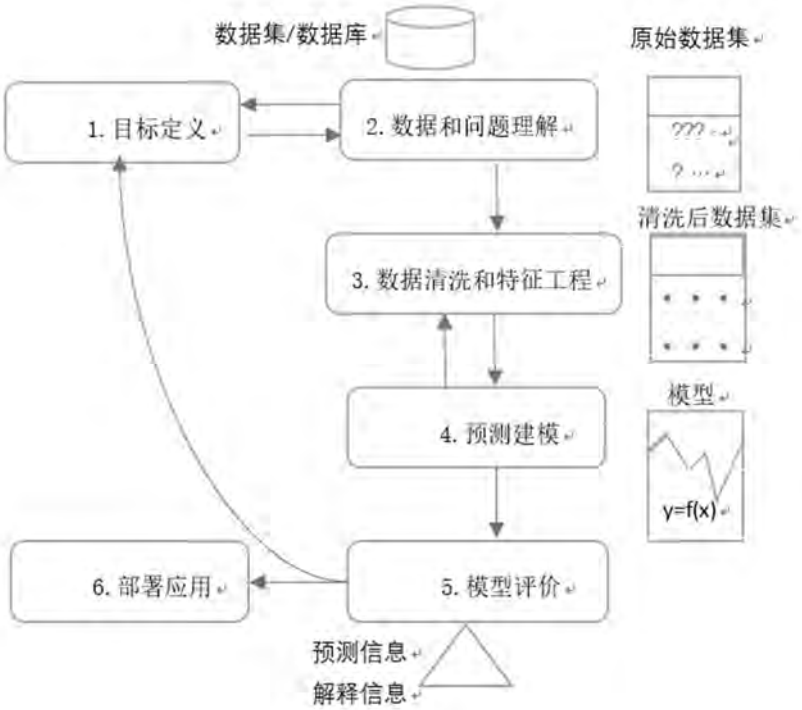
决策树（Decision Tree）是一种最常用的呈树状结构的分类算法，其创建的过程主要包括变量选择、决策树生成以及决策树修剪。首先对原始数据 进行处理，并归纳生成可读规则，然后使用决策树对新数据进行分析。本质上决策树是通过一系列规则对数据进行分类的过程。

BP 神经网络是一种应用十分广泛的神经网络，按照误差反向传播的方法对其进行训练，从而不断对权值和偏差进行反复调整，从而该算法的正确率也不断上升。

支持向量机（support vector machines）是一种二分类模型，它的目的是寻找一个超平面来对样本进行分割，分割的原则是间隔最大化，最终转化为一个凸二次规划问题来求解。



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



（数据挖掘过程模型）

实践过程中共采用了三种常见的分类算法，决策树、神经网络和 SVM（支持向量机）对近 12 万条数据进行训练和测试，通过 10-fold 交叉实验来评估预测模型的准确性。总体来看，三种分类算法都能够准确地预测机组故障和非故障状态，10-fold 准确性和 AUC 指标都比较满意，其中神经网络和决策树都取得了类似 AUC，略高于支持向量机 SVM 的绩效。

使用 BP 神经网络需要构建状态矩阵，将机组部件的状态得分与评价得分进行显性处理，以便于神经网络的计算，采取的办法是将机组的部件按照每一次开机过程进行划分，并将影响机组部件状态评价的指标按照不同的维度进行划分，并借助大数据知识对机组当次状态的评价得分，以“状态-评价”方式构建状态矩阵。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet



（机组工况参数异常示例）

基本 BP 算法包括信号的前向传播和误差的反向传播两个过程。即计算误差输出时按从输入到输出的方向进行，而调整权值和阈值则从输出到输入的方向进行。正向传播时，输入信号通过隐含层作用于输出节点，经过非线性变换，产生输出信号，若实际输出与期望输出不相符，则转入误差的反向传播过程。误差反传是将输出误差通过隐含层向输入层逐层反传，并将误差分摊给各层所有单元，以从各层获得的误差信号作为调整各单元权值的依据。通过调整输入节点与隐层节点的联接强度和隐层节点与输出节点的联接强度以及阈值，使误差沿梯度方向下降，经过反复学习训练，确定与最小误差相对应的网络参数(权值和阈值)，训练即告停止。此时经过训练的神经网络即能对类似样本的输入信息，自行处理输出误差最小的经过非线形转换的信息。

通过 BP 神经网络实现状态的分类，其突出优点就是具有很强的非线性映射能力和柔性的网络结构。网络的中间层数、各层的神经元个数可根据具体情况任意设定，并且随着结构的差异其性能也有所不同，因此对于本项目而言，使用 BP 神经网络具有较高的灵活性及较强的反应速度，同时提升了分类评价的准确性。

以上研究充分证明前面依据行业专家选择的机组状态监测特征指标，能够很好的用于故障状态预测建模，具有较强的解释力度。下表中罗列三种分类算法的绩效。

	10-fold 准确性		AUC
决策树	85.42%		0.85
神经网络	85.38%		0.85
SVM	76.53%		0.75

（分类算法准确性）

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

三、下一步实施计划

针对本项目目前的研究成果，下一步实施计划主要为开展项目成果的推广工作：

1. 基于泰山公司水电主设备全过程指标体系应用的推广工作

（1） 明年推广到新源下属所有抽水蓄能电站；

（2） 三年内推广到常规水利发电行业，并对水电主设备指标体系进行丰富与完善。

2. 基于泰山公司水电主设备全过程指标智能监测模型的推广工作

（1） 明年将模型建设覆盖面提升至抽水蓄能机组所有部件；

（2） 三年内在新源范围内进行推广应用。

3. 人工智能技术的推广工作

（1） 明年将人工智能算法覆盖面提升到所有部件；

（2） 三年内实现全行业的推广流程。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

1）行业内首次借助工业互联网平台

利用工业互联网平台的大数据承载与交换分析能力，实现抽蓄机组主设备生产实时数据的提取与存储，并运用大规模计算集群进行高效的数据挖掘与人工智能训练工作，并通过可视化技术对分析结果进行全方位展示，直观展示新源公司全局、各抽蓄电站、水轮发电机组的设备状态实时信息。

2）“大数据+机理”方式

传统的数据分析方法是将机组部件特征的数据进行收集，运用机组的机理规范对当前数据进行评价，以便确认机组部件的运行状态，此方法弊端在于：（1）效率较低，不仅各个系统数据不互通，且数据需要逐条处理，且需与人工结合造成效率低下；（2）具有滞后性，机组需要先出现问题才能发现问题，没有对数据质量可预见性，“先发生，后解决”的思路造成资源的浪费。

本项目依据工业互联网平台，创新性地采用大数据与机理相结合的方式进行模型的建设，编制抽蓄机组状态评价指标体系；基于水轮机组设备部件管理树和多元回归算法，构建抽水蓄能电站主设备全过程评价指标体系，实现对机组状态的监测与故障的预警，同时，结合大数据可以实现对故障的可预见性，实现资源的合理利用。

3）首次应用神经网络

神经网络作为人工智能的核心算法，从未在国网新源内进行使用，其主要原因是数据运算量大，要求数据质量高等，工业互联网平台具有强大的运算能力与数据储存能力，应用工业互联网平台可以实现神经网络的部署，

基于广泛水轮发电机机理知识库与机理分析数学模型结合神经网络深度学习算法，构建机组故障监测、预警模型，为设备的安全运行、异常预警、状态检修等提供技术手段，进而为业务部门的决策提供科学参考，也为后续新电站的建设、新设备的全过程管理提供科学依据。

4）提升设备管控决策能力

创新型采用大数据分析手段和机组设备部件机理特性相结合方法，编制抽蓄

机组状态评价指标体系；基于水轮机组设备部件管理树和多元回归算法，构建抽水蓄能电站主设备全过程评价指标体系；基于广泛水轮发电机机理知识库与机理分析数学模型结合神经网络深度学习算法，构建机组故障监测、预警模型，为设备的安全运行、异常预警、状态检修等提供技术手段，进而为业务部门的决策提供科学参考，也为后续新电站的建设、新设备的全过程管理提供科学依据。

2. 实施效果

（1）促进生产的稳定运行、经济运行

由于抽水蓄能电站拥有独特的运行特性和机组的优越技术性能，使其在我国大规模的建成与投运，十分有利于保障我国电力系统的安全稳定和优质经济运行。通过本项目实施，达到以下效果

① 实时监测并优化数据质量；

② 机组运行状态评价准确率 92.7%以上；

③ 提高机组潜在故障识别率；

④ 指导设备状态检修；

⑤ 降低机组运维成本；

⑥ 提高抽蓄电站效益。

（2）降低机组运维成本，提高抽蓄机组经营效益

通过项目实施过程，对抽蓄机组运行状态的实时评价与监测，对设备维护保养策略，以及备件采购的调度优化，实现新源公司抽蓄电站的供应链优化，在保障服务电网需求前提下，最大限度确保机组设备的健康度和运行稳定，从而减小设备故障、损毁带来的经济损失，同时也为管理部门经营决策提供科学参考依据。

（3） 指导运维检修，优化巡检目标，节约人力成本

通常水电站的日常运维巡检工作每日至少安排 2 次，专业巡检工作每周至少安排 2 次，巡检中重要的一点就是巡检人员通过定期与不定期数据报表，将分析数据与评估报告提供给经验丰富的技术人员分析，来预测设备可能产生的问题，把可能出现的问题做为分析结论提供给检修人员进行严格检修与维护。

我国提出水电站自动化水平提升，逐步实现水电站的少人值守，过渡到无人值守已经有近半个世纪了，直到近些年随着工业能源企业信息化、数字化转型等一些列复杂的系统工程建设，这一倡议才达到相对成熟的条件。通过本项目的实

施与应用，为抽水蓄能电站日常巡检、专业巡检工作提供信息化指导意见，在巡检过程中可依靠人工智能诊断结果，进行针对化的巡检工作安排，逐步加大传感器、监控装备的应用与维护，提高诊断结果的可靠性，从而减轻人工巡检的工作量，逐步实现少人值守、无人值班的目的，减少人力资源成本，提高电站经济效益。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例22

智能云科信息科技有限公司

iSESOL 工业互联网平台及智能边缘网关行业应用案例

引言：智能云科信息科技有限公司（简称“智能云科”）是聚焦机加工领域的工业互联网平台运营商。智能云科以“互联网+先进制造业”蓝图为指导，秉承“让制造更简单”的理念，打造 iSESOL 工业互联网平台。iSESOL 工业互联网平台通过为制造企业提供登云入网、企业上云、产能共享、工业 APP、装备全生命周期及供应链金融等服务，提高生产效率、提升装备利用率，优化产业链上下游资源整合，打造“智能终端+工业互联+云服务”的应用生态。

iSESOL BOX（“智能魔盒”）边缘网关由智能云科自主研发，具备工业现场设备运行数据及环境数据的采集、边缘计算以及边云协同等技术特点，为机加工企业的设备状态监控、生产效率提升及设备全生命周期运维等应用场景提供技术支撑。

一、项目概况

1. 项目背景

我国中小型企业机械加工企业大多是作为大中型机械厂家的外协单位，为大中型机械厂家代加工零部件。由于企业的信息化水平低、管理粗放，导致产品质量和交付期难以保证，同质化竞争严重，进一步造成设备利用率低、成本居高不

下等不利局面。智能云科 iSESOL 工业互联网平台以互联网与制造业融合的角度，从生产工艺优化、设备全生命周期管理等方面着手，为制造企业提供装备上网、企业上云、产能共享、工业 APP、装备全生命周期及供应链金融等服务，运用互联网思维，形成面向机加工领域的中小企业间协同创新的网络协同制造平台，通过平台服务提升工艺水平、产品品质和加工效率，从而提升产品附加值，推动创新资源、生产能力、市场需求的跨企业集聚与对接，实现设计、供应、制造和服务等环节的并行组织和协同优化。

2. 项目简介

智能云科信息科技有限公司自主研发的边缘计算网关——iSESOL BOX，具备工业协议适配、工业现场设备数据采集与边缘计算能力，结合 iSESOL 工业互联网平台的云服务产品，形成“云+边缘”的工业互联网技术架构及服务能力，为机加工企业提供设备状态监控、生产效率提升及设备全生命周期维护等能力支撑。

3. 项目目标

智能云科基于 iSESOL BOX 的数据集成能力，结合 iSESOL 工业互联网平台的云服务，为用户提供在线产能交易、装备全生命周期数据管理、工业 APP 等高附加值产品和服务。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容



图 1 iSESOL BOX 总体架构

本项目基于自主研发的边缘网关设备 iSESOL BOX 为用户提供数据采集、边缘计算与工业 APP 部署服务。iSESOL BOX 具备强大的兼容性，可对搭载沈阳机床 i5、发那科（FANUC）、西门子（SIEMENS）、三菱（MITSUBISHI）等数控系统的机床及工控设备提供数据采集、可视化及相应的工控应用。为数据采集提供参数管理、数据处理、报文管理、认证管理、订阅管理、配置管理、安全网关和边缘计算等服务支持，并且提供 API 接口服务对企业实现数据开放，以支持企业本地应用（如 MES、ERP 等）的业务集成。iSESOL BOX 在边缘计算层整合设备认证接入、数据边缘处理、制造策略下发以及工业 APP 部署等服务，结合云端开放平台以及大数据平台，提供对第三方服务的支撑能力，并通过数据开放与用户和合作伙伴共同打造丰富的工业 APP 应用生态。

2. 网络互联架构

iSESOL 工业互联网平台的整体网络互联架构分为两层：企业层、iSESOL 平台服务层，网络连接拓扑如图 2 所示。

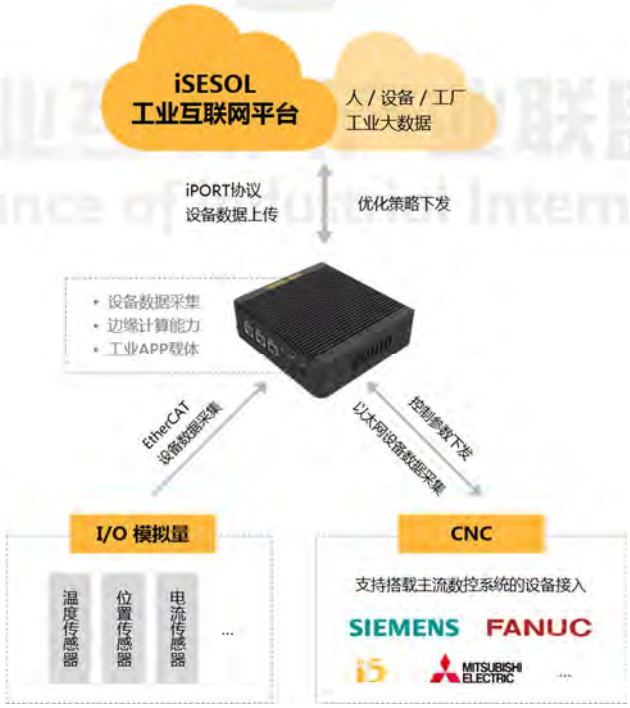


图 2 iSESOL 工业互联网平台网络连接拓扑图

（1）企业层：在企业/工厂内部，企业信息系统、数控机床、机械臂等现场设备接入边缘网关（iSESOL BOX），实现厂内生产管理、资源调度、设备监控等

功能；为保障设备数据的传输安全，企业网络与 iSESOL 平台建立加密通信，确保智能设备数据发送方的可靠性和安全性。企业通过 iSESOL BOX 连接到 iSESOL 工业互联网平台。

（2）iSESOL 平台服务层：由智能云科构建的工业服务平台，提供供需匹配、产能共享、供应链协同、开放接口、微服务、工业 APP 等产品。iSESOL 工业互联网平台部署在公有云架构上，依托公有云供应商提供的资源，包括网络资源（核心路由、外联层路由设备、通讯网络）以及服务器虚机资源等，为 iSESOL 工业服务提供保障。上下游的企业通过接入 iSESOL 平台，可以安全访问 iSESOL 工业互联网平台的相关服务应用，如产能租赁服务、设备维护保养、设备远程诊断、生产工艺优化、数据统计与服务计费等等。企业通过 iSESOL 工业互联网平台与其他企业交换产能信息、订单信息、产品和服务的品质信息，打通了机加工行业产业链上下游的信息渠道。

3. 具体应用场景和应用模式

（1）iSESOL 智能增效应用

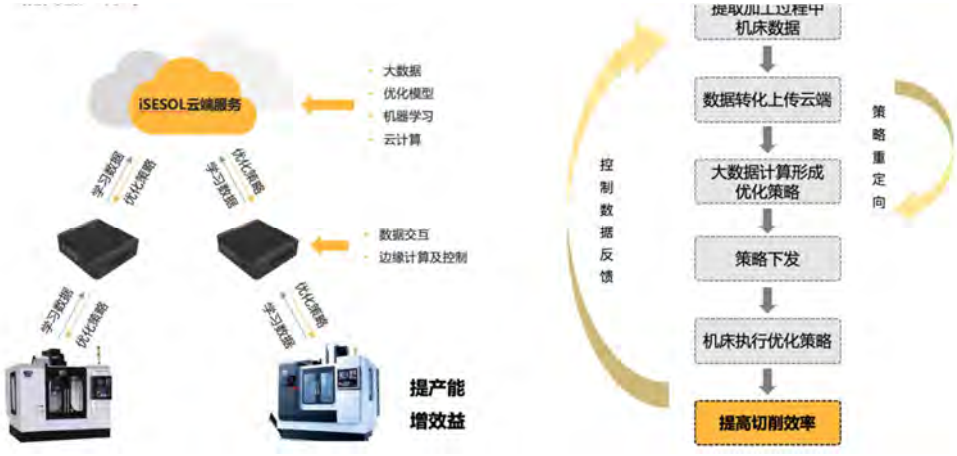


图 3 iSESOL 智能增效应用原理

iSESOL 智能增效应用在不改变原有机床加工程序的基础上，通过智能化的算法识别与学习，生成基于该工况下唯一的优化策略，通过该策略指导后续加工过程，对机床进行智能化调控，能够提升机床加工效率平均达 10%以上。通过预设的人机交互界面，终端用户可以对设备运行的多种环境因素进行录入，同时再结合实时的数据采集、学习和控制结果反馈，对优化策略不断进行归集和调整。

（2）iSESOL 机床体检应用

业内大多数机床装备采用定期更换机械部件的维护策略，而如导轨、轴承和丝杠的维护，采用这种维护策略不具有现实意义，一旦精度下降或故障出现，根本无法修复。针对这一问题，智能云科推出了 iSESOL 机床体检应用。机床体检 APP 基于海量机床状态数据，构建云端信号特征库，针对特定加工特征对应的加工状态数据进行一致性与稳定性的大数据分析与信息挖掘，从而获得机床健康状态与性能退化程度的信息。这种基于工业大数据分析的数控机床体检应用，有效解决了企业、行业面临的装备维护过度或维护不足的问题，节约了人力、物力、财力。



图 4 iSESOL 机床体检应用模式及报告展示示意图

（3）iSESOL 刀具加工过程监控应用

刀具状态监控是加工过程的关键需求之一，刀具状态监控并实时给出报警信息有助于避免意外断刀、掉刀、空切等情况持续发生。刀具预警 APP 通过智能化的检测，在每次程序加工结束后，该应用都能够识别出每一把刀在该次加工过程中的损耗程度，并可以将历史的加工数据汇聚成每把刀的寿命展示曲线。实时的记录加工次数，在刀具接近报废时进行提前预警，完成对刀具整个生命周期的检测。

4. 安全及可靠性

在物联网、智能制造背景下，联网设备的安全生产、数据的安全处理等也成

为工业领域的重点关注问题。本项目建设的安全防护体系主要分为三部分：设备终端安全、数据传输安全、云端服务安全。

设备终端安全方面，平台通过设备主数据系统授权及管理设备接入，防止非法设备的接入。使用唯一的设备识别码作为设备接入许可密钥；

数据传输安全方面，平台接入使用 VPN 专业网络,有效防范了来自互联网攻击及数据窃取；对网络中的传输数据实时加密，有效防止数据泄露。

云端服务安全方面,从访问控制、攻击防范、故障恢复等几个维度进行控制。云端访问控制通过平台访问控制协议，通过平台的用户管理功能进行管控，并由相应的管理员进行维护。

三、下一步实施计划

iSESOL BOX 将面向行业加速开发适配不同系统设备的接入协议，解决设备互联与数据互通的问题。除 i5、发那科、西门子、三菱、马扎克等数控设备接入之外，平台将面向更底层的设备如 PLC（可编程逻辑控制器）、传感器等开放数据接口，同时对 MTConnect、OPC UA、NC-Link 等业内主流的通讯协议开放数据接口。平台在边缘计算层整合设备认证接入、云端大数据学习、制造策略下发、边缘计算、控制指令输出以及工业 APP 部署等服务，形成集设备管理、数据管理和工业 APP 管理于一体的边缘设备产品—iSESOL BOX。未来，在提供边缘计算与工业 APP 部署服务的同时，iSESOL BOX 将提升对第三方服务的支撑能力，联合用户和合作伙伴共同打造丰富的工业 APP 应用生态。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）项目先进性

1） 覆盖市场主流的工业协议

除了支持目前工业领域的主流通讯协议和规约，比如 OPC，OPC UA，MTConnect 等，同时还支持主流厂商的私有协议，比如 Focas，Ezsocket 等协议。针对不同

品牌的设备建立不同的参数集和通讯报文，针对同一品牌的不同设备也能实现大类小类的灵活划分，逐步达到行业设备协议的全面覆盖。

2） 工业 APP 解决工业过程中的痛点，带来价值

本项目针对特定工业场景，实现了智能增效、设备远程维护、预测性维护系列工业 APP 的开发和验证。通过工业 APP 的应用，利用工业 APP 可存储、可计算和可升级的特性，促进工业设备数据采集以及协议转换相关模块的优化升级。同时，借助工业 APP 打造以“工业互联网平台+APP”为核心的工业互联网生态体系，可以为本项目的应用推广提供更可靠的途径，给客户带来更多价值。

3） 基于价值链分享的工业 APP 运营模式

本项目旨在打造一个工业 APP 应用生态体系，以开放平台及标准化的服务架构，为第三方及特定场景应用开发者搭建应用分享平台，为开发者能力变现提供有效渠道，打造社会化分享、社会化应用的工业 APP 服务闭环。

（2）项目创新点

1） 工业 APP 生态模式创新

传统的工业场景数据是封闭的，而 iSESOL BOX 能对设备端进行数据采集，通过自主研发的标准协议进行协议转换并上传到云端，并通过数据开放形成面向具体场景的工业 APP 应用。基于标准协议，云端所有的工业 APP 不用再关心机床的品牌和具体的通讯协议就能够打通到设备的数据链条，这样大大降低了工业企业互联网化的技术门槛，也必将吸引更多的企业、科研机构、创客参与到工业互联网的产业生态中。

2） 业务驱动的统一协议转换

为了解决数据互通的问题，很多行业协会/企业已纷纷在自己的业务范围内，为设备接入提供解决方案，以实现数据互联互通。但这种方式仍然是以技术框架和标准进行主导，比如 OPC UA 协议、MTConnect 协议等，关注的还是数据采集本身。本项目从企业业务场景需求出发，从业务层面推进互联互通标准化，并形成业务的统一协议，实现价值驱动的互联互通。基于业务的统一协议转换包括：设备参数采集、设备监控、设备远程诊断、预测性维护等。

2. 实施效果

（1）宁波某公司

- 企业介绍

宁波某公司是一家专业生产铝合金精密压铸件的股份制公司，公司服务于汽车行业，主要产品是汽车零部件，主要客户为法雷奥、博世、格特拉克等全球知名的大型跨国汽车零部件供应商。

公司多次通过国际认证机构 SGS 的质量控制体系认证，并取得 ISO14001 环境管理体系认证。目前，公司自主研发并已取得专利证书的专利 47 项，其中 2 项为发明专利。

- 服务内容

通过上门安装的方式，在该企业的发那科 ROBODRILL 钻攻中心上安装 iSESOL BOX，进行机床生产数据的实时采集；并在 BOX 的应用管家下载运用“智能增效 APP”进行生产提速。

- 增益成果

实现了设备智能化，并使该类设备在汽车零部件生产过程中获得了 9%左右的提能增效，平均每台设备每月净增收益 1996 元。



图 5 优化记录截图

（2）杭州某机械制造有限公司

- 企业介绍

杭州某机械制造有限公司成立于 2003 年，是专业从事车、铣、镗、磨、零配件精加工等生产制造厂家，公司主打产品是叉车零部件。其客户包括意大利博索尼公司、杭州汽轮机股份有限公司以及上海复盛实业有限公司等知名企业。

- 服务内容

通过 iSESOL BOX 连接搭载发那科系统的友佳立式加工中心，在 BOX 应用管家下载运用“智能增效 APP”进行生产提速。

- 增益成果

安装了 iSESOL BOX 的设备在叉车零部件生产过程中，实现了 **17%**以上的产能增效，平均每台设备每月净增收益 **4939 元**。



图 6 优化记录截图

（3）温州某机器有限公司

- 企业介绍

温州某机器有限公司坐落于国家级经济技术开发区浙江温州经济技术开发区，是一家专业生产加油机、加气机核心部件及其他石油设备的现代化企业。公司的产品包含 7 大类 40 多个品种，主打产品是加油机泵体，其产品除在国内销售外，还远销欧洲（德国、英国等），美洲（巴西、委内瑞拉等），中东（埃

及、伊朗等）等国家和地区。

- 服务内容

通过在搭载发那科系统的沈机立式加工中心和国盛立式加工中心上安装 iSESOL BOX，在 BOX 应用管家下载运用“智能增效 APP”进行生产提速。

- 增益成果

安装了 iSESOL BOX 的两类设备在生产过程中均获得了 15%以上的提能增效，平均每台设备每月净增收益 1657 元。



图 7 优化记录截图

（4）山东某集团有限公司

- 企业介绍

山东某集团有限公司是中国重要的专用车及零部件生产和出口基地。集团产业涉足专用车制造、汽车车桥生产、汽车零部件生产等多个领域，主打产品是轻、中、重卡及大型客车系列车桥，业务涉及亚洲、美洲、欧洲及非洲等多个国家和地区。

集团研发和技术力量雄厚，其技术中心被评为“国家认定企业技术中心”，拥有各类科技人员 500 多名，包括高级专家 30 余人；具备独立研制开发各种专用车、特种车辆、商用车车桥及支撑桥等零部件的能力。

集团先后荣获“强国之基-中国制造功勋奖”、“中国民营企业 500 强”、“国家工业品牌培育示范企业”等称号。

- 服务内容

通过在搭载发那科系统的青海一机立式加工中心上安装 iSESOL BOX，在 BOX 应用管家下载运用“智能增效 APP”进行生产提速。

- 增益成果

安装了 iSESOL BOX 的设备在生产过程中，实现了 **16%**以上的产能增效，平均每台设备每月净增收益 **5499 元**。



图 8 优化记录截图

案例23

中兴通讯股份有限公司

江苏中车数字科技有限公司

中国移动通信集团江苏有限公司南京分公司

5G 云 XR 多人协同在列车制造运营领域的应用

引言

中兴通讯是全球领先的综合通信解决方案提供商，为全球 160 多个国家和地区的电信运营商和行业客户提供创新技术与产品解决方案。基于在 5G、云 XR 等领域的深入理解和丰富实践，中兴通讯推出了 5G 云 XR 创新平台产品 ZTE XRExplore。

江苏中车数字科技有限公司是中国中车旗下子公司，专业为企业提 供一流智能制造全面解决方案的企业。公司拥有完善的创新和研发机制，以联接，数字，智能，效率，质量，柔性的经营理念，通过“平台+产品+服务”模式， 构建了“中车工业数字平台”以及“智能物流、智能制造、智能运营”等三大解决方案阵营。公司致力于为国内外制造企业转型升级提供全面的技术支撑、业务咨询以及 一站式，精益化，智能化，平台化服务。助力企业提高资产运营效率，推动生产力不断提升，驱动企业持续改进。

中国移动通信集团江苏有限公司南京分公司，下辖江宁、浦口、六合、溧水、高淳县（区）分公司，被评为“江苏省企业信息化建设示范企业”。

一、项目概况

1. 项目背景

5G 时代，网速限制将被彻底解除，用户可随时随地观看视频，VR、AR 等 XR 业务将走出科技馆，走向真实的行业和用户，借助沉浸式科技，用户将拥有看待世界的全新视角，看见原本看不见的，看懂原本看不懂的，做到原本不能做的。

5G 网络使得接触资源的速度加快，帮助用户高效选择出适合的资源。借助 5G 大带宽与低延时的能力，将 XR 内容云化，可以提供更加高效便捷内容分发能力。

在 5G 网络的支撑下，用户不能身处何地，都可通过网络即时获取到所需的 XR 内容资源。5G 网络的成熟，将使不同行业和类型的用户更加便捷地开展部署 XR 业务，并将促进多形态 XR 业务与内容不断丰富。

2. 项目简介

ZTE XRExplore 创新平台基于端边云架构，提供边缘识别、边缘渲染和推流，降低对终端性能要求和终端功耗，可大大提升业务质量和体验；平台提供丰富的 3D 内容展示、云 VR 沉浸式业务和 AR 增强现实业务，可应用于多人协作设计、培训、远程指导等多种场景。

江苏中车结合 ZTE XRExplore 平台在两个场景提出了具体的应用需求

1. 数字孪生场景

江苏中车面向客户进行机车产品和核心部件的市场推广和技术讨论时，大部分环节只有二维图纸和碎片化的文字介绍，无法直观，生动和快速体现机车和核心部件的价值所在，生产数据和实际运营数据脱节，无法数字化展现和打通媒介，亟需 XR 解决方案。

2. 故障检修场景

面对复杂的机车故障检修时，往往需要江苏中车技术人员，现场维修人员，机车管理人员等多角色现场参与定位和解决，需要耗费大量的人力，物力，财力以及时间成本，亟需远程解决方案。

3. 项目目标

1. 针对产品展示场景，结合 ZTE XRExplore 创新平台，存储海量数字模型，随时随地，使用多终端以数字孪生方式展现全量机车产品和核心部件的生产制造全生命周期数据，联通 PHM 系统检测实时回传数据，通过检测数据与

生产数据对比分析，提供机车改造优化的效率。

2. 应对故障检修场景，结合数字孪生功能和远程专家指导功能，使能参与故障解决的多方人员可以随时随地，使用多终端方式异地同时组会讨论，协商解决方案，实现实时 AR 远程指导，完成故障定位和检修，提高故障解决效率，节省人力，物力，财力和时间成本。

二、项目实施概况

1. 项目总体架构和主要内容

基于在 5G、XR 技术等方面的雄厚积累，中兴通讯推出了以 PAD/手机/VR 和 AR 眼镜客户端、边缘云 XR 渲染平台和中心云管理平台为主体的三级系统架构设计。系统具备故障弱化能力，在中心管理平台不可用的情况下，保证现有的边缘服务不中断。系统利用边缘云 XR 渲染平台计算能力，释放终端压力，保证 XR 顺畅运行，改善体验。

ZTE XRExplore 产品采用了端、边、云的系统设计架构，在部署时可以灵活的端、边、云分离部署，也可以合设部署。

系统架构如下：



图 1　系统架构

中心管理平台可以部署在云端（公有云或私有云），也可以部署在边缘侧。中心管理平台提供了中心门户、用户管理、内容管理、业务管理、智能运维、智能运营等功能模块；

边缘-云渲染平台采用分层架构，底层是 GPU 服务器和网络设备，通过边缘云平台为云渲染平台提供弹性计算服务、GPU 虚拟化服务、存储服务和虚拟网络服务。中间是云 XR 能力层，提供了云 XR 渲染、云 XR 推流、工作流编排、会控及媒体处理、视频流分发等能力组件。上层是面向各行业的云 XR 应用服务层，提供了门户、会议 AS、数据服务、应用服务和接口机等功能模块；

终端包括 XR 眼镜及显示屏等。XR 眼镜客户端包括 Master 角色和 Slave 角色，Master 角色的 XR 眼镜可以操控模型，Slave 角色的 XR 眼镜只能接收推流的视频。当 XR 眼镜客户端为 Master 角色时，眼镜客户端为主控客户端，其观看的 3D 模型经过云渲染后的视频流第一视角实时通过云渲染平台的云 XR 内容分发模块分发给 Slave 类型客户端进行同步观看。云 XR 推流模块分发给所有 Slave 角色客户端。

结合江苏中车的数字孪生和故障检修场景，ZTE 基于云 XR 的能力中台，研发了云 XR 协作应用，既能满足海量数字孪生模型的场景打通生产数据和检测数据，又能实现多方异地协同以 XR 方式解决复杂故障的场景。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

2. 网络架构

中兴通讯 XRExplore 产品借助于公司在其它视频类产品（如：IPTV/ OTT/ CDN、视频会议和安防等视频产品）可靠性方面的深厚积累（如在双机部署、异地容灾、N+1 备份、产品安全方面等有成熟的部署经验），在产品化规模部署和安全性方面具有显著优势。

下图为中兴通讯 XRExplore 产品的部署架构图。

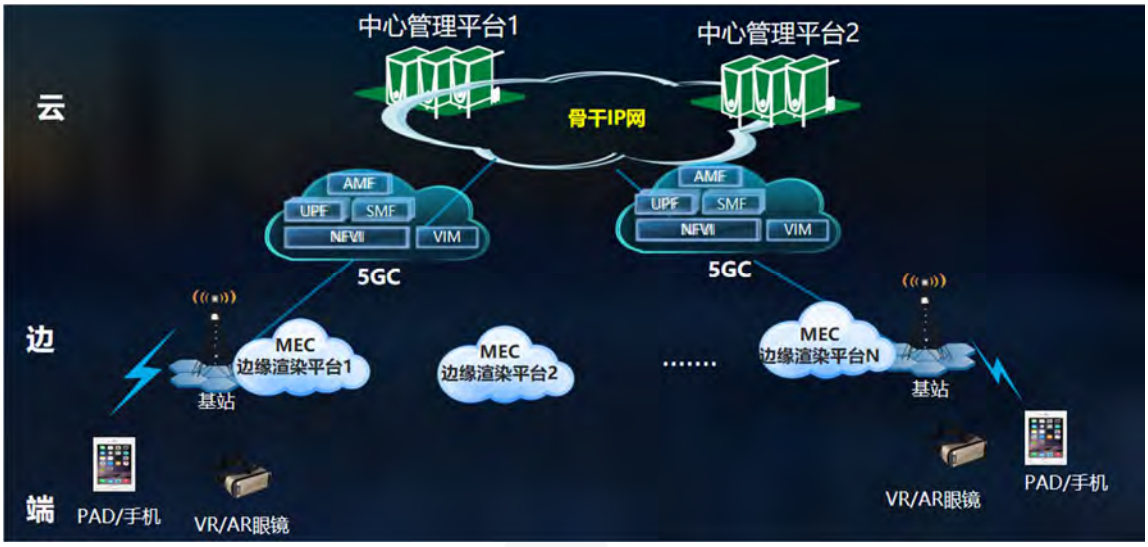


图 2　产品部署网络架构图

结合江苏中车场景，具体部署情况如下：

端侧支持各类异构胖瘦终端，通过无线网络灵活接入系统。边侧基于私有云部署，存储海量三维模型数据并提供可视化算力支持，以数字孪生方式展现机车产品和核心部件的生产制造全生命周期数据，支持拖拉、旋转、标记、涂色等多人操作。中心管理平台进行用户管理、内容管理、应用管理，为智能运维提供支持。

3. 具体应用场景和应用模式

针对产品展示场景，结合 ZTE XRExplore 创新平台，存储海量数字模型，随时随地，使用多终端以数字孪生方式展现全量机车产品和核心部件的生产制造全生命周期数据，通过检测数据与生产数据对比分析，提供机车改造优化的效率。

1）5G+XR 数字孪生系统，产品质量分析会多人同场景沉浸式协作。

主要功能和业务：

- 多人协同，提高多部门跨地域会议效率；
- 生产制造全生命周期数据管理；
- PHM（预测与健康管理）系统数据结合分析；
- 检测数据与生产数据对比分析。

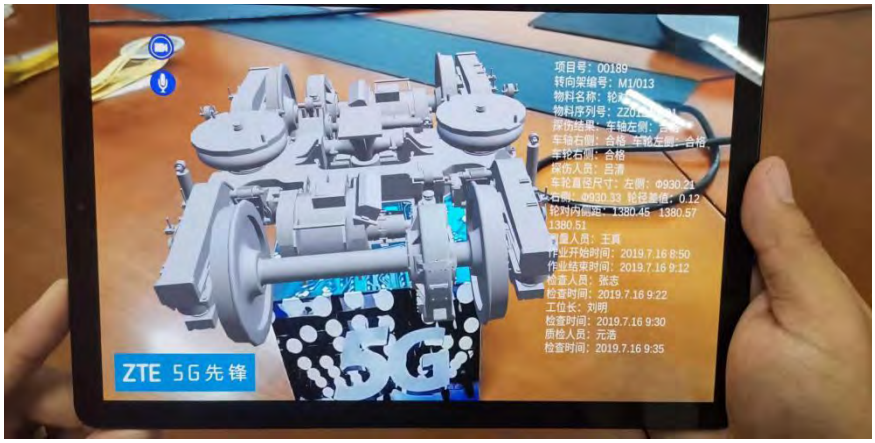


图 3 多人协作

2）XRExplore 平台在工业领域远程指导的应用

应对故障检修场景，结合数字孪生功能和远程专家指导功能，使能参与故障解决的多方人员可以随时随地，使用多终端方式异地同时组会讨论，协商解决方案，实现实时 AR 远程指导，完成故障定位和检修，提高故障解决效率，节省人力，物力，财力和时间成本。

XRExplore 平台结合 5G 与边缘计算功能后，可以充分发挥大带宽低时延特性，实时传输远程高清视频。现场人员佩戴 AR 眼镜后，可以实时回传现场结合 AR 信息的高清视频，后方专家端可以对回传信息进行冻屏、标注并结合语音信息流完成对现场的实时指导，指导效果如身临其境，大大提升了工业领域运维、装配等工作的工作效率。

三、下一步实施计划

当前阶段主要完成多人协同应用在列车产品质量分析方面的落地，后续将重点推动多人协同应用场景在列车市场推广、售后维护等环节的落地应用。

四、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

1） 端、边、云架构：基于在 5G 技术方面的雄厚积累，推出了以 VR 和 AR 眼镜客户端、边缘云 XR 渲染平台和中心云管理平台为主体的三级系统架构

设计。系统具备故障弱化能力，在中心管理平台不可用的情况下，保证现有的虚拟课堂服务不中断。无需接入头盔线缆连接，利用边缘云 XR 渲染平台计算能力，释放终端压力，保证 XR 顺畅运行改善体验。

2） 良好的终端兼容性：与核心芯片厂家包括高通，三星，Intel，瑞芯微，全志，炬力等深度合作，支持上百家 VR/AR 设备厂家，同时可以通过提供 SDK 接入其它未验证对接过的 VR 和 AR 终端。边端渲染与系统底层深度优化，与边端渲染配合终端 APP 都是基于 OpenGL 编程，效率高，功耗低，使用稳定。

3） 良好的应用兼容性：既支持 SteamVR、HTC 平台 VR 应用，也支持基于自有 SDK 开发的 VR 应用，并同时支持 AR 应用。

4） 完善的云平台管理：中心云提供学校管理，用户管理，产品管理，终端管理，内容管理等功能。边缘云提供虚拟课堂教学资源动态管理、终端统一接入和状态管理等功能。具有丰富的电信级 BOSS 系统对接运营经验。

5） 云 XR 渲染：云渲染平台支持虚拟化部署，物理资源由虚拟化平台进行动态调度和统一管理。支持一路虚机多路渲染，满足大规模并发和物理资源的充分利用。多种关键技术保障效果稳定，低时延体验。包括 STP 姿态预测, DTR 异步时间扭曲和 SLAM 技术等。

6） 云 XR 识别：云 XR 平台支持内容边端识别，在现实场景下叠加 3D 模型或者视频进行虚实融合。满足 AR 景点秀、博物馆文物识别等识别类应用的需求。

7） 云编辑和编排：支持中心云和边缘云 XR 内容的在线编辑、离线编辑和内容场景化编排，极大地增强了教学互动体验。

8） 支持音视频一体化会议：老师和学生可通过内置会议系统进行教学讨论和课堂互动，解决了佩戴头盔对环境声音不敏感的问题。

9） 灵活的教学培训模式：实现了同时支持云 VR 和云 AR 的一人互动操作 3D 模型多人观看，多人独立操作 3D 模型，多人协作针对同一 3D 模型的操作。即完美契合了集中教学的教师给学生上课演示的典型场景，也满足了独立操作及多人协作的灵活教学培训场景。

10） 丰富的内容资源：中兴通讯联合数十家业内领先的 XR 内容提供商提

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

供数千个优质的 XR 内容，支持 34 种 3D 模型格式（OBJ，FBX 等），视频，动画和图片等各种内容类型。

2. 实施效果

本项目阶段性成果

1）在 2019 年 10 月 17 日举行的世界智能制造大会上，江苏中车数字科技有限公司联合中兴通讯展示数字孪生技术在机车核心部件上的应用。



2）XR 应用场景：

实现产品质量分析多人协同评审和工业现场巡检指导的应用。

3）5G 云 XR 与传统对比方案对比 ：

- ✓ 5G 大带宽低时延，确保视频质量和视频交互的上传和分发时延。
- ✓ 云 XR 边缘渲染平台，实现计算上移，可满足满足模型的渲染和呈现，降低对终端能力的要求。
- ✓ 不同地域、不同专业多人协同分析评审，提升工作效率。
- ✓ 5G+云 XR 打通了 PHM 等平台和人机可视化交互之间的数据通道。

案例24

长扬科技（北京）有限公司

地铁信号系统等级保护（三级）实施方案

——基于 CBTC 系统的工控防护解决方案

引言：企业概况 XXX，项目建设的政策、业务创新等驱动因素等

长扬科技是北京国资委和经信委投资、指导下的创新型高新技术企业，汇集中国工业网络安全人才最集中最精英的企业，是中国工业网络事业的第一批践行者。公司聚焦工业网络安全及安全大数据领域，为客户持续提供覆盖工控系统整个生命周期的网络安全解决方案和安全服务，致力于成为工业互联网安全行业应用专家。

公司产品及解决方案主要应用于工业控制网络、物联网及关键基础设施网络安全防护领域，在石油化工、煤炭、电力、轨道交通、高铁、公共安全、军队军工、智能制造及政府教育等行业做了大量的工业网络安全行业研究和实践，对于工业网络安全场景化应用认知和落地能力业界领先。

随着计算机和网络技术的发展，特别是信息化与信号系统深度融合，CBTC 系统产品越来越多地采用通用协议、通用硬件和通用软件，以各种方式与 PIS 网络、语音广播等其他子系统互联，甚至与公共网络连接，造成病毒、木马等威胁向 CBTC 系统扩散。一旦 CBTC 系统的信息安全出现漏洞，将对城市轨道交通的稳定运行和旅客的人身安全造成重大影响。

本项目以“安全分区、网络专用、三网隔离、分级防护”为原则，以 GB/T 22239

为标准，在技术层面实现地铁基于 CBTC 的信号系统内各子系统统一技术架构和标准，建设满足信息系统安全等级（三级）要求的防护方案。

一、项目概况

地铁信号系统是保证列车安全、准点、高密度运行的重要技术装备。本方案是针对 Y 市某号线信号系统的符合等级保护（三级）要求的安全防护建设方案。

1. 项目背景

目前基于无线局域网的 CBTC 系统的可用性、可靠性等均能满足当前城市轨道交通安全高效运营的需要，是实现轨道交通高安全、高速度和高密度的最佳技术之一。但 CBTC 系统产品越来越多地采用通用协议、通用硬件和通用软件，以各种方式与 PIS 网络、语音广播等公共网络连接，造成病毒、木马等威胁向 CBTC 系统扩散，信号系统安全问题日益突出。一旦 CBTC 系统的信息安全出现漏洞，将对城市轨道交通的生产运行和国家安全造成重大隐患。

Y 市地铁运营公司在《轨道交通信息安全技术架构》中提出信息安全建设的总体目标为：全面防护、保护重点、专区专用、强化边界，旨在提升信息安全的预警能力、保障能力、检测能力、应急能力和恢复能力。要求以 GB/T 22239-2008《信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求》等相关技术标准为基础，“安全分区、网络专用、三网隔离、分级防护”为原则，在技术层面要求各系统统一技术架构和标准，按信息系统安全等级（三级）要求建设、实施。

目前 Y 市某号线信号系统是采用基于通信的列车控制系统（CBTC）。鉴于信号系统在轨道交通中的重要性，结合公安部网监和 Y 市市轨道交通有限公司的要求，将 Y 市某号线信号系统信息安全保护等级定为三级（S3A3G3）。

2. 项目简介

本方案针对 Y 市某号线信号系统，进行了符合等级保护（三级）要求的实施方案设计，提出一个基于纵深防御的分域安全防护与运维保障体系，同时它也是基于信号系统内生特性的安全防护体系。本方案在控制中心、各设备集中站、车辆段和停车场等从边界隔离防护和访问控制、入侵防御、监测审计和主机安全方面，进行了合理的安全部署设计和安全服务咨询设想，提供实际的安全防护产品

部署建议与选型建议。

3. 项目目标

依据工信部《工业控制系统信息安全防护指南》指导要求，结合信息安全等级保护（三级）符合性要求，轨道交通信号系统安全防护建设目标如下：

（1）完善轨道交通信号系统安全防护技术体系：

梳理、分析轨道网络整体情况，从网络层次划分、网络分区分域、网络边界划分、纵深防御等方面提供适用于轨道交通信号系统的网络规划思路；

（2）完善轨道交通信号系统安全防护管理体系：

梳理轨道交通信号系统安全防护方面的组织机构、管理制度、人员管理、系统建设管理、资源保障、监督检查等方面的信息，进行需求分析并提出解决思路，为轨道交通信号系统管理体系建设及整改工作提供参考；

（3）完善轨道交通信号系统安全防护运维体系：

梳理、分析轨道交通信号系统的运维体系，从运维管理制度、操作流程的规范化、关键技术控制点等方面提供运维体系建设及完善思路，挖掘运维平台潜在风险和盲区，为完善轨道交通运维平台提供解决思路。

本方案针对 Y 市某号线信号系统进行细致的分析，并结合等级保护（三级）基本要求以及信号系统的特殊安全需求提出一个基于纵深防御的分域安全防护与运维保障体系。协助客户出具《信息系统安全等级保护定级报告》、《信息系统安全等级保护备案表》并在当地公安机关完成信息系统等保备案，然后依照等级保护安全技术要求，将从网络安全、主机安全、数据安全以及应用安全四个方面对轨道交通信号系统的安全防护分别展开预评估与整改。

本项目的目标是在 Y 市地铁某号线信号系统正式开通运营之前完成一次等级保护三级测评工作。

二、项目实施概况

本节重点详尽描述，技术与业务结合，工业互联网技术如何助力业务提升与创新，如何解决企业痛点和难点，其核心价值体现在哪些方面。此处可以有几句统领性描述。

结合等级保护（三级）基本要求以及信号系统的特殊安全需求，对于 Y 市轨道交通某号线信号系统信息安全建设，以适度风险为核心，以重点保护为原则，从业务的角度出发，重点保护重要的业务系统。本方案将从网络安全、主机安全、数据安全以及应用安全四个方面对轨道交通信号系统的安全防护分别展开阐述。

1. 项目总体架构和主要内容

为提升成熟轨道交通各子系统网络安全防护能力，长扬科技在充分了解 CBTC、ISCS、AFC、PIS 等系统的网络结构和安全现状的基础上，深度融合轨交业务系统，构建从边界防护、流量检测审计、主机终端安全、持续运维安全的纵深防御技术体系。在不破坏原有网络结构情况下，轨交解决方案能切实有效的保护系统安全，防止木马、蠕虫、黑客等各种威胁和攻击，保障轨道交通安全稳定运行

（1）网络边界安全防护

CBTC、ISCS、PIS 等系系统之间存在互联接口，但缺乏可靠的技术隔离手段进行区域隔离，给整个轨道交通系统留下安全隐患，长扬科技通过在控制中心 ATS 网络与互联系统间（PIS、ISCS、PA 等）接口的网络边界位置，部署工业网闸(IAD 智能保护平台)。互联网络之间进行网络连接时，可以基于 IP 地址、MAC 地址等对请求连接主机的身份进行鉴别，禁止未通过身份鉴别的主机之间建立网络连接，互联接口具备访问控制措施，基于智能学习的白名单和黑名单的访问控制。访问控制主、客体粒度细化到 IP 地址、MAC 地址、应用协议及应用数据，包括生产数据上传和调度指令的下发； 支持 FTP、HTTP、Modbus/TCP、OPC、IEC-104、MMS、DNP3 等并且能够对各类数据包进行快速有针对性的捕获与深度解析常用工控协议传输的数据格式的鉴别与过滤。对互联网络之间的访问行为进行实时数据包抓取和分析，对异常行为进行检测，实时阻断威胁事件；涵盖了各大主流工控设备的设备及协议漏洞库，可以基于已知设备及协议的漏洞库黑名单机制保护工业控制网络避免受到已知漏洞的危害。针对外部系统边界采用专用的安全通道进行内外网信息交换，业务数据通过物理隔离、协议隔离、内容隔离等措施使外部系统网络数据及有害数据信息无法进入 ATS 网络。

在控制中心 ATS 与各区域边界位置部署工业防火墙。实现隔离与访问控制，

根据数据包的源地址、目的地址、传输层协议、应用层协议、端口（对应请求的服务类型）、时间、用户名等信息执行访问控制规则识别工控网络中已知的安全威胁。

（2）网络流量安全

外部攻击和内部误操作行是引发城市轨道交通安全问题的重要因素，长扬科技通过在关键位置控制中心、车辆段、停车场和设备集中站的维护网接入交换机处旁路部署网络工业网络监测审计平台。对全网数据流量、网络数据智能学习生成白名单规则，结合黑名单规则统一规则部署进行协议级审计，实时监控控制网络安全，发现异常行为及病毒木马。

（3）主机安全防护

在系统中工控主机不能安装杀毒软件或杀毒软件不能及时更新升级，一旦遇到新的漏洞将影响业务的安全运营，长扬科技通过在控制中心、车站、车辆段、停车场等处的工作站和服务器部署工控主机卫士终端安全防护产品，开启主机白名单安全防护，监控工控主机的进程状态、网络接口状态、USB 端口状态，以白名单的技术方式，禁止一切非法进程的加载和启动，从而使工控网络中的上位机、服务器等抵御木马、工控病毒等恶意程序的攻击。切断病毒和木马的传播与破坏路径，彻底解决主机不能安装杀毒软件或病毒库升级后影响程序运行的问题。

（4）统一安全管理

为实现对轨道交通系统防护设备的集中管理，帮助工作人员全面了解和掌握各个系统的安全状态。长扬科技通过在车辆段部署统一安全管理平台，统一管控所有工控网络安全设备与安全防护手段，将系统的工控网络安全现状实时、全面地进行监控。对于保护终端所产生的安全事件和平台系统事件进行行为关联性追踪，找到引起当前结果事件的源头事件，为分析从源头事件到结果事件的整个过程提供依据。建立工业控制网络日常行为基准，对当前网络的异常行为做实时动态的行为审计，找到控制网内符合协议规范，但不符合企业日常生产规律的隐秘异常的行为，帮助发现内部误操作，内部攻击等不易发现的安全威胁。专业的工业控制网络拓扑构建和管理工具，提供丰富的资产信息展示功能，同时关联多种安全分析工具，呈现丰富的功能视图，对拓扑管理进行颠覆式的功能改进，帮助用户最大化的了解自身工业控制网络，以及提高全面的安全态势感知能力。

信号系统网络安全部署示意图如下所示：

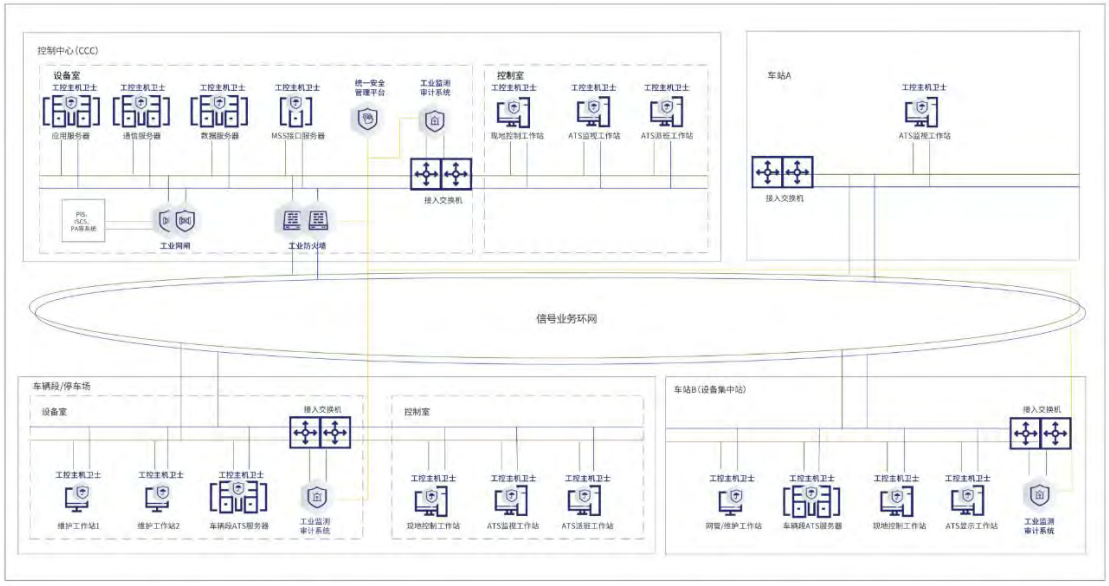


图 1　信号系统网络安全部署示意图

2.安全架构

在本项目中，在基于信号系统自身的信息采集与传输上，在不改变原有网络结构，不影响原有工控网络系统正常生产运行的情况下，基于旁路的方式部署监测审计平台旁路监听。在通信安全、传输协议和标准方面，具备专业协议深度解析，已经支持的工控协议深度解析是 GOOSE，SV，MMS，IEC104，DNP3，OPC，S7，Modbus/TCP，Profinet，Ethernet/IP 等协议，并可对协议数据包深度解析。在配置方式上，采用 WEB 配置 IP 地址，不需要串口线、CLI，方便现场实施部署。网络拓扑管理采用专业的工业控制网络拓扑构建和管理工具，提供丰富的资产信息展示功能，同时关联多种安全分析工具，呈现丰富的功能视图，对拓扑管理进行颠覆式的功能改进，帮助用户最大化的了解自身工业控制网络。

3. 安全及可靠性

本项目不仅仅是 Y 市轨道交通信号系统信息安全防护试点项目，更是为轨道交通行业的网络安全防护做出了技术示范作用，优化管理流程，切实保证了信号系统免受病毒、恶意代码等威胁，保持安全稳定运行的状态。安全框架参考《信息安全技术 信息系统等级保护安全设计技术要求》进行设计，在管理方面同时参考《GB/T 22239-2008 信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求》以及

27001 安全管理指南，使建成后的等级保护体系：

1、资产安全以资产安全为核心，资产管理包括安全设备管理、工控设备管理、网络设备管理。对网络系统内未知的设备接入、异常连接、异常流量进行实时告警，迅速发现网络系统中异常情况。保障资产按时按规定的正常运行和及时检测出资产的异常行为。

2、区域防护借鉴了纵深防御的思想，形成以边界监测、区域监测、终端监测的防护体系。

三、项目创新点和实施效果

1. 项目先进性及创新点

（1）全系列的工控安全产品

提供全系列工控安全产品，可以满足不同工控系统信息安全防护项目的需要。

（2）一键式部署

产品采用 EB 配置，不需要串口线、CLI，方便现场实施部署，所有黑名单规则、白名单规则可以统一调入到规则库，进行一键式部署，方便快捷，可自动调整安全规则及保护策略之间的冲突，简化部署过程

（3）硬件平台安全

硬件方面适应工控系统冗余、时延、可靠性、环境等各方面的要求：1) 硬件设计支持硬件加密。在现场能够实现多种灵活的安装方式，包括导轨安装、机柜安装等。2) 可以在各种行业需要的环境下运行，扩展性强，无风扇全封闭设计，达到工业级的可靠性和稳定性 MTBF 标准和工业级宽温标准。3) 支持多电源冗余和端口故障时的自动硬件旁路转换。端口设计上采用与数据网分离的管理网端口，并支持千兆以太网。

2. 实施效果

本项目实现了项目目标需求，解决了网络系统风险管理与入侵防护；在网络层面生产网边界，实现网络接口安全；通过区域隔离，结合黑\白名单的访问控

制实现恶意代码防范。对系统运用的多项先进技术，系统整体性能和安全性进行日常维护管理。完善了 Y 市轨道交通信号系统信息安全保护体系，为等保测评的顺利通过提供了安全保障。

（1）入侵检测：

对网络的当前和历史行为与事件进行工业控制安全入侵分析、检测与发现，对缓冲区溢出、SQL 注入、DoS 攻击、蠕虫病毒、木马后门、aveX、Sand-Worm、Stuxnet 等各类黑客攻击和恶意流量进行实时检测及报警，发现 APT 攻击和工业病毒的入侵痕迹，并通在安全管理平台显示、日志数据库记录，提供对应的防护修护策略

（2）工业协议深度解析：

目前已经支持的工控协议深度解析是 GOOSE，SV，MMS，IEC104，DNP3，OPC，S7，Modbus/TCP，Profinet，Ethernet/IP 等协议，为工控网络安全领域最多

（3）访问控制：

对数据流量进行管控，通过端口、地址、协议等方式对数据流量进行筛选，保证流量合法性。

（4）实时报警：

所有部署的安全设备都能由安全管理平台统一控制配置、管理安全终端，对安全终端部署安全规则，监测终端所在网络的通信流量与安全事件。对于保护终端所产生的安全事件和平台系统事件进行行为关联性追踪，找到引起当前结果事件的源头事件，为分析从源头事件到结果事件的整个过程提供依据。

（5）流量审计：

对工控网络中存在的所有活动提供协议审计、行为审计、内容审计、流量审计，生成完整记录便于事件追溯。基于工业协议的深度包解析白名单和黑名单的工控异常行为审计，协助用户发现网络中存在的违规下发的控制操作。

工业互联网网络解决方案

编写说明

为贯彻落实国务院发布《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》、《工业互联网发展行动计划（2018-2020 年）》、《工业互联网网络建设及推广指南》相关要求，打造工业互联网标杆网络，推动工业互联网网络改造与创新应用，加快工业互联网网络基础设施建设，工业互联网产业联盟（以下简称“联盟/AII”）启动了“2019 年工业互联网网络解决方案”征集活动。本次活动共计收到 13 家单位 11 个解决方案，内容涵盖工业互联网企业内外网络改造、网络行业创新应用以及网络公共服务能力建设等领域。

经过专家评审后，联盟特将以下入选的 6 个工业互联网网络解决方案汇编成册，旨在为工业企业进行网络化改造提供参考，引导和推动工业互联网网络连接的技术创新、应用实践落地，提升我国工业网络化水平，促进工业互联网基础设施的健康快速发展。

组织单位：工业互联网产业联盟

编写单位（排名不分先后）：中国信息通信研究院、华为技术有限公司、上海快仓智能科技有限公司、中国电信股份有限公司、青岛海尔工业智能研究院有限公司、新华三技术有限公司、南京未来网络产业创新有限公司、上海邮电设计咨询研究院有限公司、富士康工业互联网股份有限公司、富华科精密工业（深圳）有限公司、中国联合网络通信有限公司深圳市分公司

编写组成员（排名不分先后）：

中国信息通信研究院：陈洁、张恒升、朱瑾瑜

华为技术有限公司：白小飞、林建、黄亮

上海快仓智能科技有限公司：孙迪

中国电信股份有限公司：孙慧、金嘉亮、刘丹蓉、张德智、甘雨莹

青岛海尔工业智能研究院有限公司：曲德双、张涛、荣亮

新华三技术有限公司：巩飞、郭晓军、高翔

南京未来网络产业创新有限公司：叶迎春、陈刚、祁学豪

上海邮电设计咨询研究院有限公司：吴宇华、浦巳怡、叶长青

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

富士康工业互联网股份有限公司：高子和、桂卫峰、陈德仁、王雷、钟媛、薛聪聪、孙雨婷

富华科精密工业（深圳）有限公司：荣乐天

中国联合网络通信有限公司深圳市分公司：李卫东

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于华为 AirEngine Wi-Fi 6 AGV 无损漫游无线通信方案

华为技术有限公司&上海快仓智能科技有限公司

1 概述

随工业、物流自动化发展浪潮，全球物流 IT 投资额持续快速增长。其中仓储物流是物流产业中最重要的环节之一，也是对网络需求最多的物流子场景，仓储 IT 投资在整个物流行业中占比达 47%。从行业趋势上看，仓储物流行业向信息化、自动化、智能化发展。

物流行业需求快速发展的同时，自动机器人控制、调度对 WLAN 通信实时性、可靠性、并发能力提出了前所未有的要求。而针对传统上网或人工仓储应用的现有网络难以满足特性和规格要求，为 WLAN 自动仓储应用方案带来新的机遇和挑战。本方案采用 Wi-Fi 6 技术与 AGV 技术结合，解决了无人仓高性价比、多机高并发、低时延、高可靠无线通信的要求。未来还可以扩展至工业环境其他的 AGV 场景。

1.1 背景

随着工业、物流自动化发展的浪潮，全球物流 IT 投资额持续快速增长。其中仓储物流是物流产业中最重要的环节之一，也是对网络需求最多的物流子场景，仓储 IT 投资在整个物流行业中占比达 47%。从行业趋势上看，仓储物流行业向信息化、自动化、智能化发展，具备如下特征：

1) 电商作为强有力的驱动力，促进物流市场空间迅速增长，CAGR 超过 12%；
2) 人力成本提高及需求的不断增加促进物流产业向自动化、智能化发展；
3) 第三方物流厂商在物流产业比重不断提高，欧美最高可达 70%以上，专业性提高；
4) 电商促进冷链建设，对设备环境要求提高。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet



图1-1 仓储应用从人工操作向自动机械模式演进

从业务形态上看，呈现出传统的人工操作物流机械、扫描设备向机器人、全自动化方向快速演进（见图 1-1）。智能仓储装备成为物流行业发展的下一个风口。行业预期 5 年内世界仓储物流机器人出货量增长 15 倍，达到 62 万台，市场规模增长 11 倍达到 224 亿美金（见图 1-2）。

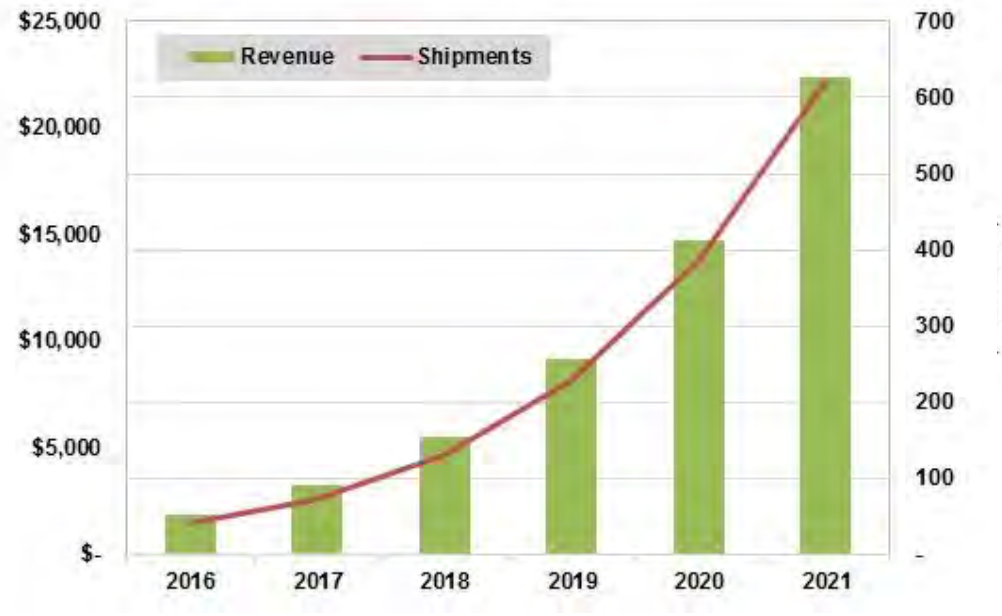


图1-2 全球仓储物流机器人出货量及市场规模

国内近年电商业务快速发展和竞争的日益激烈是推动仓储物流建设需求持续增长主要因素。同时为提升效率和降低成本，主流电商和物流平台积极推动仓储物流的自动化。例如，京东仓储规模保持每年 40%增长率（见图 1-3），其无人仓自 2017 年开始试点，首个商用全程无人分拣中心在昆山试运行。后续将逐步商用和部分替代普通仓库，预计 3 年内部署 10 万台 AGV，自动化、智能化是电商仓储的未来发展趋势。

2017 年 8 月国内目前规模最大的自动分拣仓库，在菜鸟广东惠阳分拣中心投入使用。菜鸟计划从 2017 开始逐步复制自动无人仓储模式，全国多地开始使用分拣机器人。预计 2020 年菜鸟物流预计达到 1300W 平米的仓储规模，智能仓

储是未来 5 年菜鸟物流的 4 大重点投资领域之一。

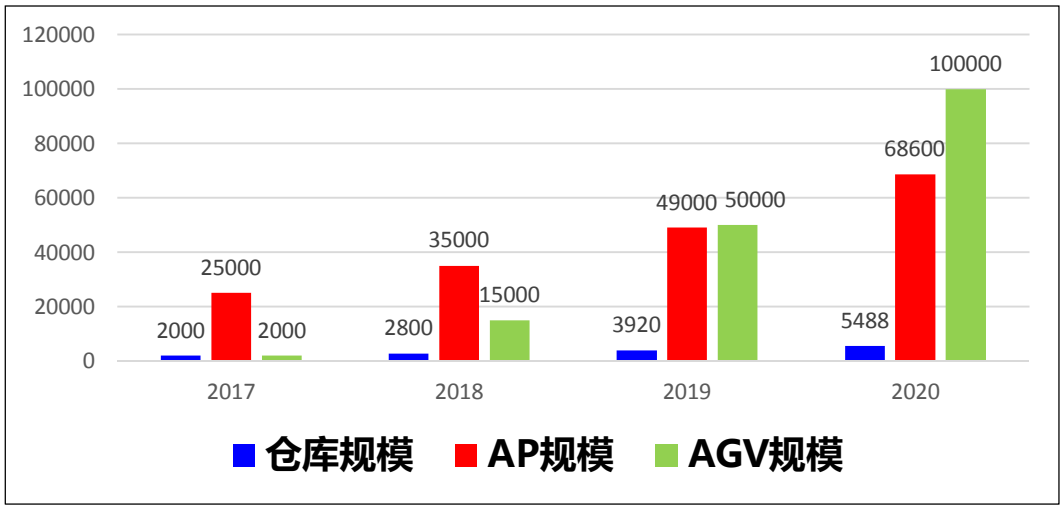


图1-3 京东仓储、智能仓储增长趋势

1.2 实施目标

本方案主要针对解决以下三个问题：

1) 目前物流仓储实际项目使用中存在的典型问题是终端与 WLAN 网络来自不同供应商，由于 WLAN 的协议没有规定终端应该在什么状态下进行漫游，因此终端的漫游行为往往依赖于芯片厂商提供的默认保守配置。这就导致在情况及其恶劣的下仍发生漫游，而此时网络连接已经极差；

2) 11k 与 11r 这两项专门用于提高漫游速度的协议并非强制，相当比例的终端并不支持，这一问题导致终端在与前一 BSS 连接断开、漫游前需进行全信道扫描，这对于连续的、延迟敏感的网络业务来说是灾难性的；

3) 工业级场景下 AP 的挂高较高，因此覆盖区域内可能存在大量小车并发的时候大量空口交互、退避，导致一定比例的终端无法得到及时调度，从而产生一片区域瘫痪的情况。

1.3 适用范围

本解决方案适用于工业互联网的仓储物流、智能生产、运输等应用场景。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

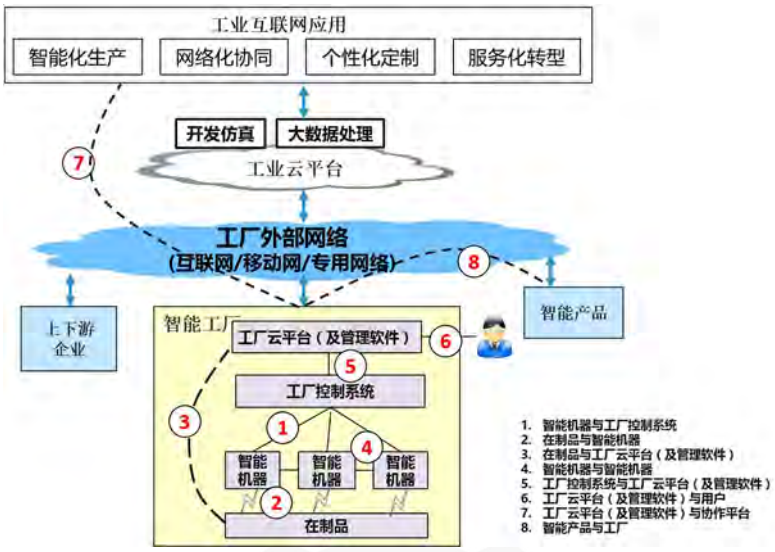


图 1-4 工业互联网互联示意图

在图 1-4 工业互联网体系架构中，处在“1 在制品和智能机器位置”，为在制品提供原料、配件、半成品、成品的自动运输和物流仓储，通过更加智能的手段，更可靠的调度和分配，节省人力物力，提高生产和物流效率。

2 需求分析

当前自动仓储主要包括三种应用场景：AGV 自动拣选、自动货架装卸、AGV 自动分拣。

1）AGV 自动拣选

传统有人仓库，货物采用人工拣选方式。即人员根据订单信息，在货架区域中寻找货物。然后将找到所有货物扫码、装框后交给打包环节。需要人力投入大、劳动强度较高、拣选效率难以满足忙时要求。



图 1-5 AGV 自动拣选

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

自动拣选由后台控制 AGV 将相应货架托举到拣选区域，排队等候完成扫码装框。提升人员拣选效率、降低工作强度，提升仓库货物吞吐量。

2）自动货架装卸

在堆货货架区域，传统采用人工或人工操作叉车取放货物。自动货架 Shuttle（见图 1-6），根据后台指令负责在立体货架区域的货物装卸操作。



图 1-6 自动货架装卸

目前，该环节不是自动物流主要效率瓶颈；目前接触的主流仓储客户暂无大规模建设的计划。且技术上有被无人叉车等其他技术替代的可能性。该场景不在本案例需求分析优化范围之内。

3）AGV 自动分拣

传统人工分拣或传送带分拣存在错误率较高、效率较低、忙时大量货物积压的情况。

AGV 自动分拣场景（见图 1-7），分拣机器人自动扫描包裹条码，将包裹和分发指令下发给分拣 AGV。AGV 自动导航到指定的分拣口，将货物投入物流框。该场景下 AGV 密度较高，1000 平米分拣库区，忙时 AGV 可达 200 台。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



图 1-7 AGV 自动分拣

对于以上提到的拣选、分拣场景，都需要通过 WLAN 网络实现 AGV 小车位置、状态信息上报，和任务、运行控制指令的下发。WLAN 网络需要保障运行控制信息实时、可靠、正确传递给目标设备。

3 解决方案

3.1 方案介绍

在本方案中，华为主要聚焦在通信管道领域，为自动仓储系统提供稳定可靠的 WLAN 通信系统解决方案，包括针对性优化网络控制算法和特性设计，需要同时提升 AGV 网卡软硬件可靠性、优化终端侧算法机制，以配合网络侧实现端到端的空口性能可靠。此外，需要 AGV 终端配合采集网络和终端运行信息、提供调测接口，以满足网络仓储自动网络的运维要求。上海快仓主要负责在端测调用接口，进行端管适配，构建完整的方案。

3.2 系统架构

WLAN 仓储 AGV 通信系统由 AC、AP、AGV 网卡（或 CPE）三部分共同组成（见图 1-8）。

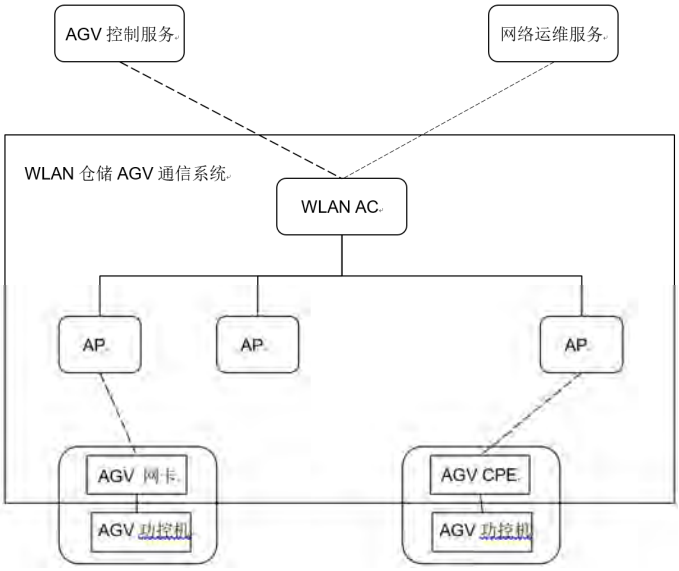


图 1-8 WLAN 仓储 AGV 通信系统模型

外部接口包括：

1）AGV 业务控制系统：

AGV 终端网络信息接口（系统获取 AGV 终端网络侧连接状态、流量统计、漫游切换等信息）。

AGV 设备信息接口（通报 sta 对应的 AGV 设备 ID、状态、位置、速度等信息）。

2）网络运维平台：

网络设备运维接口（上报网络侧统计、状态、漫游、速率、异常日志等信息）。

AGV STA 运维接口（上报 STA 链接状态、漫游切换、异常日志等信息）。

系统接口包括 AP/AGV 终端接口，主要负责 AGV 状态、网络扫描等信息上报网络，网络控制引指令、推送信息下发等功能。

3.3 网络拓扑设计

本系统网络拓扑如图 1-9 所示。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

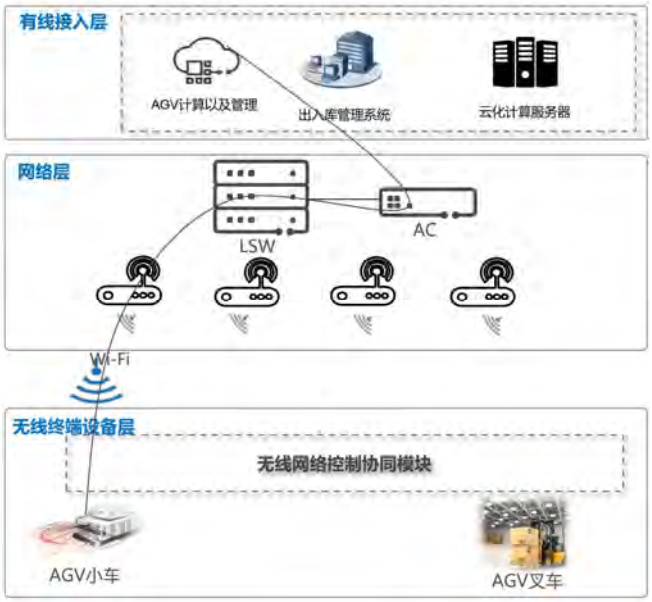


图 1-9 系统网络拓扑

3.4 功能设计

工控机的无线网络作用在于提供工控机核心运算单元到后台服务器数据链路。可通过以太网口外接独立 CPE 无线网卡获取，也可在工控机内部以 mini PCIe 或 USB 的方式增加 Wi-Fi 模块，并通过馈线与外部天线连接的方式实施。

在以太网口外接独立 CPE 无线网卡的部署方式下，共涉及两个接口，分别为电源接口与数据接口。若工控机的以太网口和 CPE 网卡支持 PoE 功能，且电压、功率都匹配，则供电接口和数据接口可归一为 RJ-45 等以太接口。否则需分别连接电源与数据，即 AGV 需为 CPE 网卡提供额外的电源接口。同时，为了保证数据链路，工控机需部署以太网络模块。从安装方式的角度来看，AGV 需为 CPE 无线网卡提供安装与固定位置、走线的固定方式，且保证 CPE 的无线网卡不被金属部件遮蔽。在这一场景下，CPE 无线网卡对工控机来说仅仅是一个网络设备，所有的传输控制、空口行为、协议栈都由 CPE 无线网卡负责，无线网卡的组成部分为 CPU、Wi-Fi 芯片；此时工控机本身无需任何处理，无线网络与操作系统完全解耦。在操作系统内网络外设拥有某一 ip 地址，CPE 无线网卡拥有 2 个 ip 地址，其中一个 ip 地址用于连接工控机，另一个 ip 地址用于网络侧通信。该场景下接口示意如图 1-10 所示。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

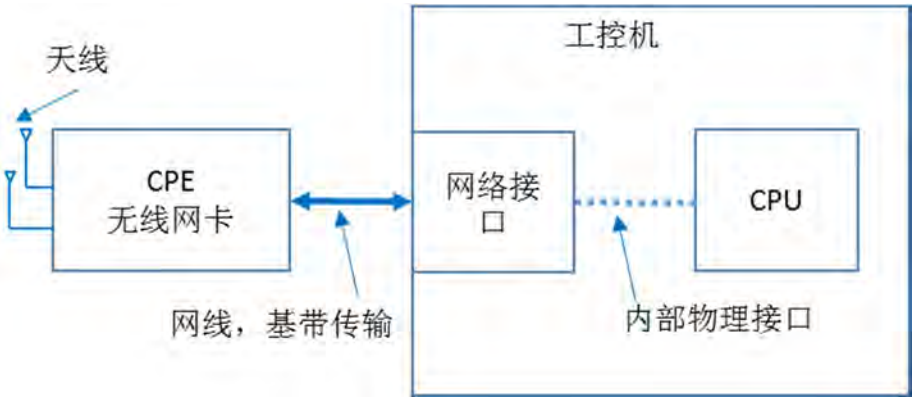


图 1-10 以太网口外接独立 CPE 无线网卡场景接口示意

在无线网卡部署于工控机内部的场景下，由于 mini PCIe 或 USB 接口都提供标准的供电能力，且提供数据接口，因此仅需考虑网络接口。工控机的核心运算单元通过高速物理接口、PCB 走线连接至无线网卡的高速物理接口，传输基带信号，由无线网卡进行调制、解调的功能。此时 CPU 即为工控机的 CPU、无线网卡仅为 Wi-Fi 芯片，协议栈部分由操作系统中的驱动部分负责。在这一场景下，无线网络与操作系统耦合较为紧密，空口行为的修改需配套对操作系统进行调整。该场景下接口示意如图 1-11 所示。



图 1-11 无线网卡部署于工控机内部场景接口示意

3.5 优化效果

在华为和快仓的端管方案和 WIFI6 AP 的助力下，经过实际测试，优化效果如图 1-12 所示。



图 1-12 方案优化对比

4 成功案例

汕头某仓库使用本方案网络升级改造后，AGV 速率提升 25%，承载 AGV 数量从 500 提升 750，网络无故障运行时间从 24 小时提升至 72 小时。运维效率提升 50%。出单成功率从 10 万单/天提升至 13 万单/天，出单率提升 30%。

从快仓的实际使用情况来看，该方案为业内最佳无线承载方案。接下来快仓计划在快仓的惠阳、汕头、无锡等仓储基地进行广泛复制。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业 PON 解决工厂设备连接方案
中国电信股份有限公司

1　概述

1.1　背景

推动互联网与工业融合创新，驱动工业网络化、数字化、智能化发展，是我国制造行业未来发展的主流方向。随着制造业规模的日趋壮大，传统的工厂内网络性能、稳定性、维护成本、业务改造升级等方面已经逐渐无法跟上制造业本身的发展步伐。同时，工业设备种类繁杂、工业通信协议格式各异，协议承载和分析的成本巨大，工业企业急需灵活、智能的协议分析解决方案。随着智能制造云化、边缘计算等新兴技术方案的兴起，搭建一张实现从现场总线到云端平台的端到端网络，实现智能制造所涉及的各类生产元素之间的互联互通，是广大制造业企业实现智能制造的基础条件。

工业 PON 技术相比传统以太网交换机技术，是一套全新的安全、可靠、融合、先进的工业网络综合解决方案，是工厂内车间数据采集组网的全新方案。同时，在工业协议转换方面，工业中各种生产线的协议多达上百种，这些协议不可能都提前预装到设备上，工业数据采集网关须以灵活的方式按需升级/安装支持各类协议转换，才能适应各种生产线的快速安装上线需求。

1.2　实施目标

基于现有已在公众客户接入网中广泛应的 PON 技术，中国电信将 PON 技术推广应用到工业制造业领域中，为工业企业提供一张高质量/高可靠/高安全性的通信网络，提供各种工业接口和工业协议对接支持，实现工厂各种工业设备的互联，以及工厂办公及和监控网络的融合承载，打通工厂生产管理网络到生产车间/现场网络之间的屏障，提升全流程生产效率、提高质量、降低成本，提高生产管理的效率和生产制造的智能化水平，达到改进行业各环节生产质量、提升行业全流程生产效率、提高全产业链协作效能的战略目标。

1.3　适用范围

本解决方案，适用于承载不同企业规模的离散型、流程型制造业的各类工厂内网络业务。通过工业 PON 终端设备提供工业场景下的不同类型物理接口，可为工业控制、信号量监控、数据传输、语音通信、视频监控、无线网络承载等各种业务应用提供支持。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

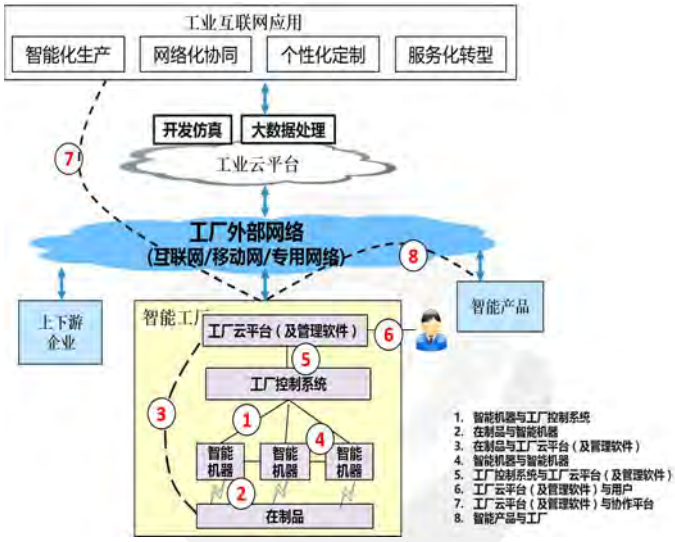


图 2-1 工业互联网互联示意图

本解决方案位于工业互联网体系架构中的智能工厂范围内，如图 2-1 所示，具体处于图中 1 和 4 所示的位置，作为工厂内车间级网络，实现工厂控制系统与智能机器之间的互联和数据采集汇聚、多个智能机器之间的互联互通等功能。

2 需求分析

随着我国企业制造业水平的提升，传统的基于以太网技术的工厂内网络，在网络性能、稳定性、维护成本、业务改造升级等方面，以及无法满足企业用户的应用需求，同时，随着企业规模的扩大，工业设备种类进一步增多，各厂商的工业设备通信协议各异，协议数据分析和解析的成本巨大，企业急需一种新型的工厂内有线承载网络，满足性能、稳定性和成本等方面的需求，同时实现有效的工业协议解析转换功能，提升企业生产制造效率。

目前基于以太网技术的工厂内网络解决方案，在网络性能、安全性、稳定性、可扩展性等方面难以满足企业的发展需求，同时缺乏相应的工业协议转换和解析功能，需要配备单独的工业数据采集分析网关，网络层级较为复杂，同时成本难以有效降低。

3 解决方案

3.1 方案介绍

基于 PON 技术的工业互联网工厂内网络解决方案，提供了一套符合各类工业场景指标需求、提供工业协议采集转换开放平台的工厂内网络连接综合解决方案，满足各种行业、各类规模企业的网络应用需求。

工业 PON 技术基于广泛应用部署的公众网络 PON 技术，在技术成熟度、产业链可控性、规模成本等方面具备优势。同时，针对工业场景的环境指标、性能功能、物理接口、安全性、网络可用性等方面的个性化需求，对 PON 设备进行针对性研发和优化，全面满足工业场景下的各类能力要求。

3.2 系统架构

基于 PON 技术的工业互联网工厂内网络解决方案，由局端设备 OLT、终端设备 ONU 以及用于连接和汇聚 ONU 设备的点到多点结构的无源光分配网络组成（见图 2-2）。

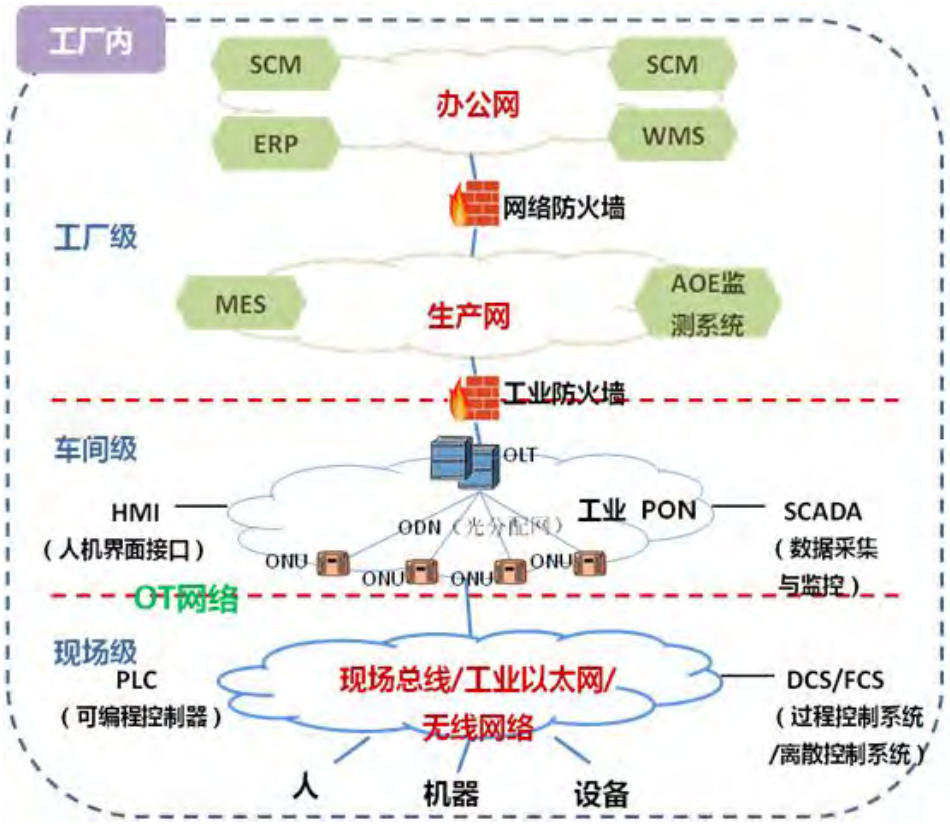


图 2-2 工业 PON 设备在工厂内网络中的位置

根据客户企业的部署和改造需求，工业 PON 目前提供了两种整体解决方案，分别为工业数据采集功能和设备外置的工业 PON 解决方案（以下简称工业 PON1.0），以及工业数据采集功能和设备内置的工业 PON 解决方案（以下简称工

业PON2.0）。两者在其他能力指标方面对于工业场景均进行了针对性优化和提升。

3.3 网络拓扑设计

工业 PON1.0 的网络拓扑架构如图 2-3 所示。

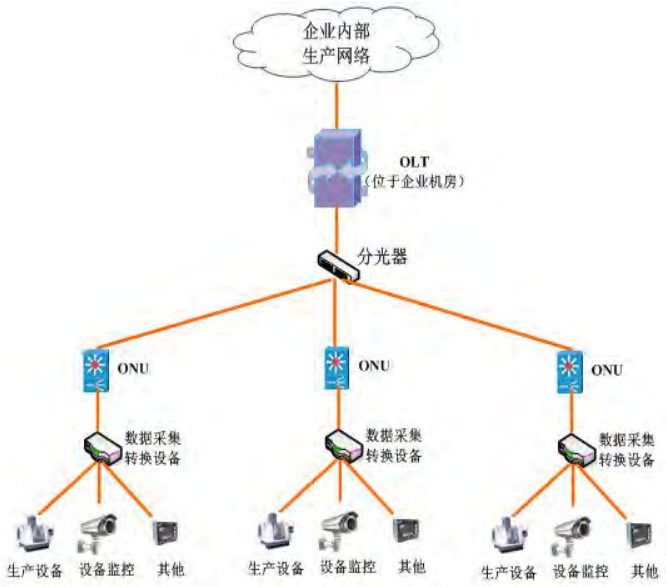


图 2-3 工业 PON1.0 的网络拓扑架构示意图

工业 PON2.0 的网络拓扑架构如图 2-4 所示。

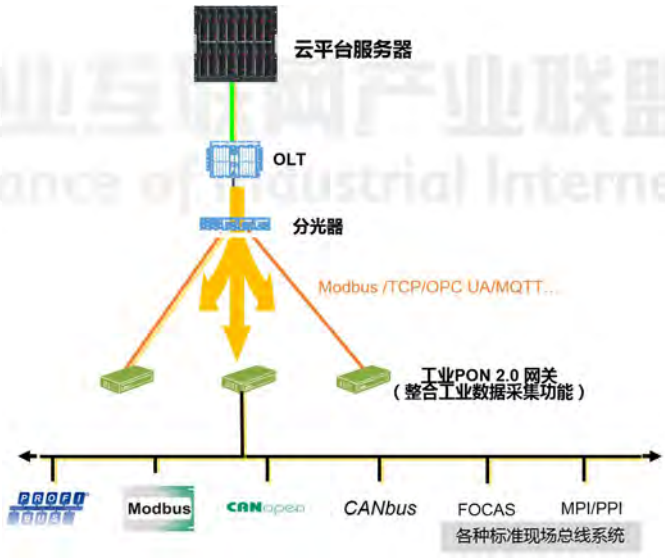


图 2-4 工业 PON2.0 的网络拓扑架构示意图

3.4 功能设计

工业 PON1.0 和工业 PON2.0 的功能设计表 2-1 所示，在满足工业场景下特殊能力要求的同时，针对工数据采集和协议解析转换功能的实现，提供了差异化的解决方案，满足了不同企业不同应用场景的部署需求。

表 2-1 工业 PON1.0 和工业 PON2.0 的功能设计

	工业 PON1.0	工业 PON2.0
共性功能	1. 工业级环境适应能力可在恶劣的工业环境下长期稳定工作，具备自然散热式，宽温域、低功耗、静音设计、高防护等级等特点，并应符合工业相关标准； 2. 强大的工业接口接入能力。支持多种工业标准的物理接口，如 GE/FE/RS232/RS485/DI/DO/CAN 等； 3. 提供各种类型保护倒换功能，实现业务快速恢复；	
个性化功能	1. 支持通过外接工业数据采集网关，实现工业协议解析能力；	1. 支持工业协议解析能力，包括 Modbus、PPI、MPI、CNC 等;总线协议：CAN、Profibus 等； 2. 支持对工业云平台或应用系统的协议对接能力；

3.5 安全及可靠性

PON 技术本身在安全性和可靠性方面，相比传统以太网技术，具备明显优势。

1) 安全认证功能：承载以太网数据包，下行采用点对多点广播方式（TDM），上行采用时分多址接入技术（TDMA ）；每个 ONU 需向 OLT 安全注册；
2) 数据安全性：在 OLT 和 ONU 之间，可通过三重搅动等加密方式进行下行加密，保证数据安全性；
3) 传输可靠性：全程传输采用无源光器件，不需电源，不受供电影响；
4) 网络自愈保护机制：支持 Type A-D 多种保护倒换方案，提供不同等级的网络自愈能力；
5) 抗多点失效能力：抵抗能力强，由于 PON 网络为无源网络且每个 ONU 为并联结构，节点间保持独立工作，即时多个节点同时失效，其余光节点仍能保持正常通信。

4 成功案例

某国内知名汽车配件研发生产公司部署工业 PON 案例分析。

4.1 项目背景及客户需求

XX 股份有限公司是国内专业从事高端汽车电子零部件电磁元器件制造和技术研发的企业。用户希望通过建设车间工业互联网实现车间生产全基础数据的采集，汇聚到车间 SCADA 系统为 MES 系统提供数据支撑。

车间工业互联网覆盖了生产物料信息采集、设备数据采集、生产工艺信息采集、人员信息采集、产品品质信息采集和车间工况信息采集等。其中设备数据采集是需要突破的难点，涉及到 Modbus TCP、Modbus RTU、MQTT、三菱 485BD 协议、西门子 PPI 协议、西门子 Profinet 协议和串口自定义协议等十余种协议，需要实现全厂包含：注塑机、插针机、绕线机、熔接机、特性检测机、熔接组装机、折弯机、激光焊接特性检测机、压装机、熔接视像检查设备和光纤激光打标机在内的全厂百余种设备的数据采集。

4.2 工业 PON 技术方案

中国电信提供了工业 PON 网络方案，通过工业 PON 网关实现设备的数据采集和高速传输，实现数据中心和设备的直连，通过设备、系统间的互联与数据采集，通过在工业互联网云平台的构建与数据汇聚，使生产设备可视化，提升产品质量。同时克服了现场焊接机等高辐射设备对信息传输的干扰。

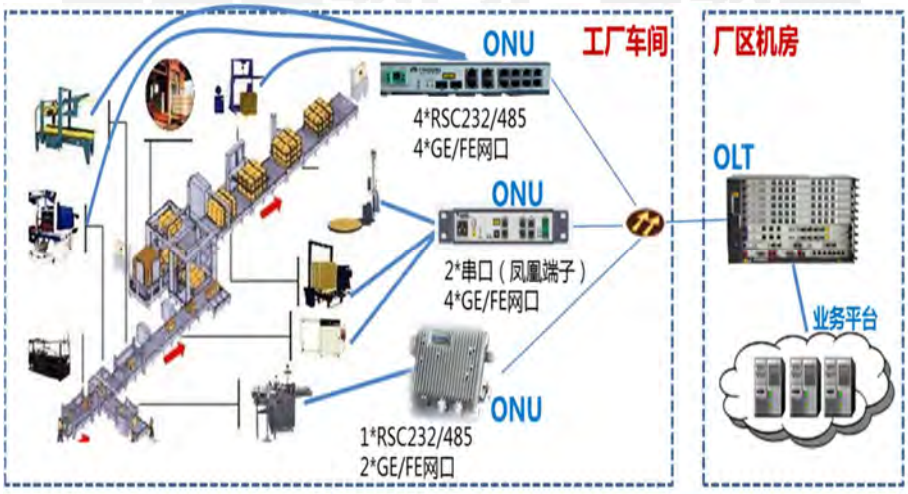


图 2-5 工业 PON 网络部署



图 2-6 工厂生产设备侧部署 ONU

4.3 工业 PON 优势

1) 实时性确定，保障相对较强，PON 网络下行采用 TDM，上行采用 TDMA 技术，在网络负荷相对较大下，可保障带宽实时性。

2) 网络支持点到多点，灵活网络扩展，最大支持 1：32。

3) 全程传输不需电源，不受供电影响；纯介质网络，不受电磁干扰和雷电影响。

4) 传输延迟时延短，所有ONU呈现并联关系，只需分光，没有经过ONU，未经过光电、电光转换环节，整个环路时延时间可控。

5) 抵抗能力强，由于 PON 网络为无源且并联，即时多个节点同时失效，环路网上其余光节点仍能保持正常通信。

4.4 项目实施价值

通过工业 PON 网络实现了工厂设备的全连接，在工厂设备侧部署 ONU 集成了数据采集和协议转换的能力，使得数据采集更加高效，在设备侧实现了数据互联互通。在此基础上数据通过分析和计算提升了生产的效率，提高了产品的质量，方便了对生产设备和订单的管理。

1) 实现了车间可视化管理，对设备、产品和生产过程进行了有效的管理，提高设备利用率和减少设备故障率，提升车间生产效率和降低生产能耗。

2) 实现了产品品质化管理，质量判定中能够实现及时的将不良产品剔除，将不良原因、不良数量记录下来，判定为重大不良，或者某一时间段内不良率达到设定警戒线时，可提示停止生产，进行现场检查、整顿。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

3) 实现了设备优化管理，通过开机时间、故障停机时间、维修点检时间等因素计算设备的使用效率，通过分析设备的空闲与忙碌的时间，寻找设备的最大化使用效率。

4) 实现了生产订单，MES 系统填写和调整生产订单，订单数据按照生产模型分配到不同的设备，现场的终端看板可同步查询。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

海尔 AD-WAN 解决方案
青岛海尔工业智能研究院有限公司&新华三技术有限公司

1 概述

1.1 背景

借助 SD-WAN 技术，广域网技术正在由传统的封闭方式向灵活、连接混合（云）多数据中心及开放方式演进。并能根本地解决传统广域网面临的一系列挑战，诸如通过集中管理和零接触部署，简化部署、管理与维护。综合利用 MPLS、MSTP、Internet、4G 等资源管道，提高传输效率，控制带宽成本。通过 DPI/流量规则（Traffic Path Rule）和网络质量的测量，实现面向业务/应用的或基于链路质量的路径选择。通过对流量的感知与统计，实现在流量与性能的可视化管理等。

1.2 实施目标

H3C 提出的 AD-WAN 广域网 SDN 解决方案是对应行业通用叫法 SD-WAN 的产品形态呈现。方案核心在于允许企业利用低成本、易获得的 Internet 接入能力，构建高性能的企业级广域网，降低对于昂贵的传统企业 WAN 连接技术的依赖性。

AD-WAN 解决方案以 SDN 思想从多维度视角综合考虑路由、流量流向、业务质量等多种关键因素，构建多维度智能调度系统，统一数据采集、分析、策略管理与下发，实现了集约的“多级网络协同”，IP 网络资源均衡与一键式流量调度；融合拓扑、QoS、路由、流量等多维信息，构建全局动态在线网络业务模型，实现了端到端延时路径动态自动化计算。满足企业大规模 IP 互联网及业务智慧运营，帮助用户实现企业 IT 数字化转型。

1.3 适用范围

H3C ADWAN 分支解决方案基础网络采用 IP 转发，支持 Hub-Spoke 两级组网架构，支持混合 WAN 链路接入，适用于分支数量多，接入位置分散的企业总部分支组网场景。可以满足企业用户的部署自动化、网络可视化、运维简单化的关键需求。典型应用场景如图 3-1 所示：

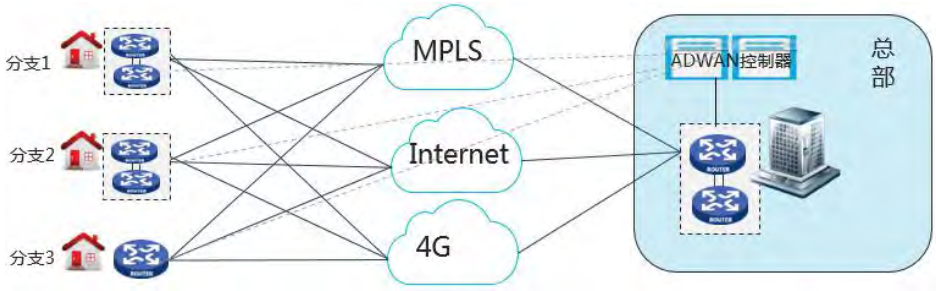


图 3-1 AD-WAN 典型应用场景

方案通过支持混合 WAN 链路接入来充分利用线路带宽。支持线路按调度策略自动化切换，以保障承载的重点业务的可靠性。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

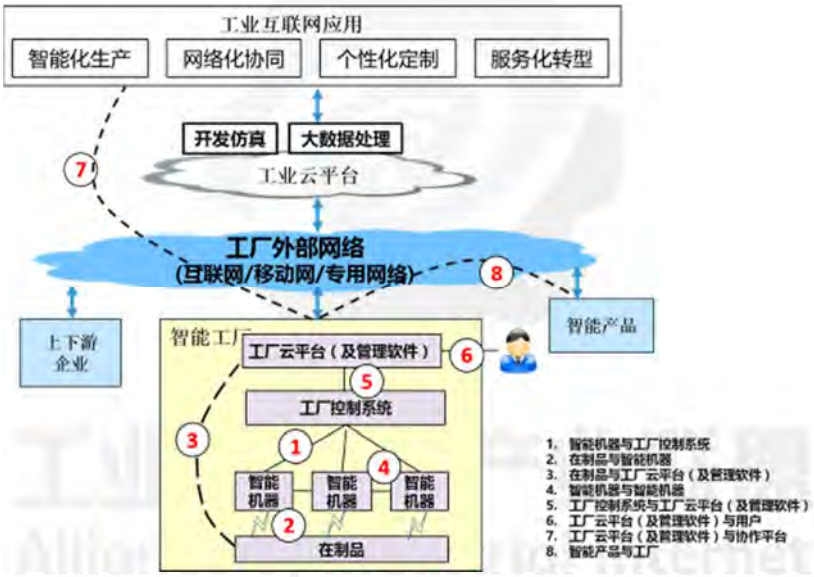


图 3-2 工业互联网互联示意图

该解决方案适用于上图 3-2 中的 6、7、8 场景，重点解决企业总部与分支机构、上下游企业等之间的互联互通，允许企业通过 Internet、MPLS 等混合 WAN链路来构建可视化、自动化及高可靠的企业级广域网，降低对于昂贵的传统企业 WAN 连接技术的依赖，以实现线路带宽的充分利用，基于业务策略的链路自动调度，以保障重点业务的传输质量。

2 需求分析

1）即插即用，网络快速部署，动态定义网络资源，分支快速上线

降低企业 IT 对分支用户的 IT 技术依赖性，即使分支机构无专业网络运维人员也可轻松完成分支机构的网络快速开局。

2）基于智能路有技术实现流量调度，保障企业核心关键业务

传统情况下，网络潮汐、业务潮汐（如双 11、618、企业网络学习），峰值业务流量较日常流量会有 200%的增长。提升广域网链路利用率，保障了业务质量与业务连续性，加强对各类业务的管控与全局负载均衡，降低广域网专线链路支出。根据不同应用选择网络资源的质量和带宽，挑选适合应用的最佳路径。根据网络变化提供自动化的流量调度，也可根据网络变化实现告警，降低运营成本。

3）深度数据分析，实现网络&业务可视化，洞察网络实时状态

提供管理人员对业务质量的实施掌握手段，能够监控企业各 IT 应用的流量带宽行为，为后续广域网链路扩容、广域网优先级业务带宽分配等工作提供准确的数据依据，实现用户从网络规划、部署实施到后期调优的全流程自动化、智能化，让日日顺物流更加聚焦于核心业务。

4）简易运维，分钟级故障响应和问题处理

广域网分支站点规模庞大，在进行新业务的全网部署往往需要进行全网的业务配置。在发生网络安全问题时，进行快速端口控制或在进行特定业务的管控配置下发与收回资源上，传统手段往往耗费大量人力且易出现配置错误。实现了对内向业务部门、员工准确反馈问题，对外方便与运营商沟通，计算SLA。在出现链路故障后可迅速锁定链路问题，将平均 4 小时的排障时间缩短至 10 分钟。

5）接入节点分布广泛、数量众多，部署周期长、维护难度大

由于网点分布广、设备数量庞大，分支前端缺乏有效的 IT 支持能力，加之传统的路由器采用命令行的配置方式，因此会造成部署周期长，全程维护能力差，变更复杂，配置难度大、风险高，等诸多问题；随着企业集中数据中心建设加快，业务向公有云、混合云的迁移，如何实现分支机构与云中虚拟数据中心的高效连接，将是网络架构师面前新的难题。

6）传统网络技术、简单僵化、难于满足业务敏捷性的要求

传统的路由方式（OSPF、PBR），只能机械、刻板地基于目标 IP 地址，而非业务内容进行路径选择；传统方式只选择所谓的最优路径，无法在诸多网络品质（带宽、延迟、丢包率等）上不对称的传输路径间进行动态、智能的流量调度，保障用户体验。

企业都在为传统的广域网的价格、性能和灵活性而苦苦挣扎，而公共云应用程序的激增更是加剧了这种情况的恶化，46%以上数用户的网络架构仍旧遵循全网统一互联网出口的模式，一方面造成访问互联网流量占据 50%-80%的 MPLS/VPN 或专线带宽，另一方面严重制约了对公有云应用的访问性能。

7）广域网带宽与性能需求迅猛，成本压力不断攀升

不断增长的带宽需求是一把双刃剑，虽然可以提升传输效率，但也会严重加剧企业 IT 的运维成本，尤其针对长途、甚至跨国的广域网。拓展带宽来源（如互联网、LTE）、优化传输性能（带宽优化、延迟优化）已经成为企业 IT 乃至公司决策层关注的关键问题。

8）缺乏网络流量与性能的实时可视化监控

传统广域网场景下，需要部署大量的广域网探针或广泛地启用 Netflow 技术，才能实现对网络流量与性能的可视化管理，因此需要大量的成本投入，并加重网络设备的工作负担，因此严重制约了广域网管理水平与使用效率。

3 解决方案

3.1 方案介绍

为了解决上述广域网的痛点，H3C 提出了 AD-WAN 广域网 SDN 解决方案。支持通用 CPE（uCPE）满足企业分支边缘的网络云化，随需部署 VAS 业务。降低企业成本，保障用户体验，助力用户数字化转型。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

3.2 系统架构



图 3-3 AD-WAN 系统架构

整个 ADWAN 分支解决方案分为网络设备、控制器+APP、管理编排三个层次

（如图 3-3 所示）：

1）网络设备层：网络设备接收 SDN 控制器的控制和管理，支持通过 SNMP、NETCONF、WEBSOCKET 等协议和控制器进行通信。支持通过 NQA、Netstream、Trap 等协议完成对各种数据的采集和上报；

2）控制器+APP 层：ADWAN 分支解决方案的 SDN 控制器基于开源的 ODL 平台，支撑各种 APP 集成；根据广域网不同的场景，比如 DCI 网络、骨干网、分支接入等，开发定制化、场景化的APP，满足用户在不同场景下的网络需求；南向通过标准南向接口协议和设备互通；北向面向用户提供定制化的 API 接口，实现和编排系统集成，满足用户差异化的业务需求；

3）管理编排层：通过调用 APP 提供的 API 接口，实现业务的策略定义、管理编排以及全网的实时监控、可视化呈现、及故障排查等，进而增强网络的可视化呈现，简化网络的运维管理。

3.3 网络拓扑设计

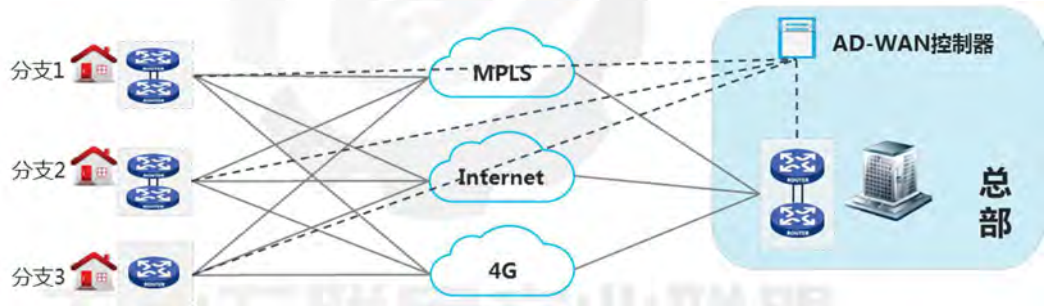


图 3-4 ADWAN 网络拓扑

3.3.1 场景说明

适用于大型企业的总部+多分支接入场景，分支方案主要包含总部和分支两个层次，支持 Internet、MPLS 专线、MSTP 专线等多种类型链路，总部与分支之间一般有多条路经（示例图中以三条线路举例说明）。

3.3.2 组网需求

- 基于专线、互联网线路的应用调度，不同应用流量走不同链路
- 线路带宽充分利用，支持线路切换，保障重点业务承载
- 当链路出现故障时，能够为应用调整路径

3.4 功能设计

3.4.1 零配置开局（ZTP）

设备开箱，上电后自动加载版本和软件配置，分支人员零只需完成基本的Internet 连接配置即可，由控制器控制完成分支设备的自动化配置上线。

当前 AD-WAN 分支解决方案支持三种设备自动化部署方式：

- U 盘自动部署
- 邮件/短信自动部署
- 公有云自动部署

3.4.2 自动化网络

1）Overlay 网络构建

基于 underlay 网络连接关系，根据应用组部署的网络范围，通过 AD-WAN 控制器自动、手动或者自定义构建 overlay 网络。

2）拓扑自动构建

在 AD-WAN 控制器上添加设备相关信息后，控制器在设备上线后自动收集设备信息和链路信息，自动呈现整网拓扑和设备、链路状态。

3.4.3 应用识别

通过 DPI（Deep Packet Inspection，深度分组检测）技术深入读取 IP 包载荷的内容来对应用层协议中的应用层信息进行重组，从而识别出 IP 包的应用层协议。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

AD-WAN 控制器可以通过将报文的内容与特征库中的特征项进行匹配来识别报文所属的应用。企业用户既可以基于系统内置的特征库来快速定义要识别的应用，也可以根据自己需求来自定义要识别的业务流量特征，为用户提供了更精细化识别和调度用户应用流量的能力。APR 特征库更是具有 3000 余种，满足主流应用的绝大部分自动识别功能，支持持续在线更新，满足企业未来 IT 升级。

3.4.4智能选路

AD-WAN 分支解决方案通过在企业分支和总部的广域网链路上进行探针下发，采集网络 SLA 信息。AD-WAN 支持基于路径优选、基于应用带宽、应用质量以及时间段策略的选路和多重功能组合的智能流量调度功能，保障应用的网络需求和用户的最佳网络体验。

- 路径优选：支持按指定链路为应用选路；
- 带宽选路：支持基于应用带宽要求进行灵活选路，当链路带宽使用率

达到指定阈值时，控制器支持自动算路方式来为业务自动选择符合应用转发要求的路径；

- 应用质量选路：支持按照应用的质量（如链路时延、抖动及丢包率）要求进行选路，基于全网路径选择满足应用质量要求的转发路径；
- 时间段策略：支持按照永久、周期以及指定时间段范围进行策略下发和选路。

3.5 安全及可靠性

3.5.1 VAS 业务随选

AD-WAN 解决方案引入了 ICT 融合网关，基于 X86 架构的企业级多业务路由器支持虚拟机、容器部署，通过 AD-WAN 的业务编排和统一生命周期管理，可以将企业需要的计算资源、安全资源（如 vIPS、vFW 等）随需部署快速在企业的边缘网络。分钟级安全策略下发，协助企业应对日益突出的网络安全事件，提升企业业务安全。灵活的软件随选服务实现方式可以为用户提供更加灵活的、可编程的、弹性的软硬件一体化解决方案。这种方案的优势是：可以根据用户的需求，提供定制化或个性化的软硬一体化基础设施服务，可以支持如 NFV 等新技术，真正为用户提供兼具可靠性、高性能以及可编程的稳健网络解决方案。

3.5.2 可靠性

AD-WAN 控制器作为整个分支广域网的控制中心，其安全可靠性至关重要。AD-WAN 解决方案提供集群 HA 部署方案，并支持控制器和网络故障逃生功能，保证控制器的高可靠性，从而提升广域网的健壮性。

3.5.2.1 控制器集群方案

AD-WAN 控制器集群由 3 台控制器组成，互为备份，通过 ODL Akka 集群机制进行集群同步。集群控制器间工作模式为 1 主 N 备，同一时刻仅有一台主控制器对外提供服务。当集群 Leader 故障后，由 ODL akka 重新选举集群 Leader，新选举的主 Leader 负责集群业务管理，其余控制器作为备份。

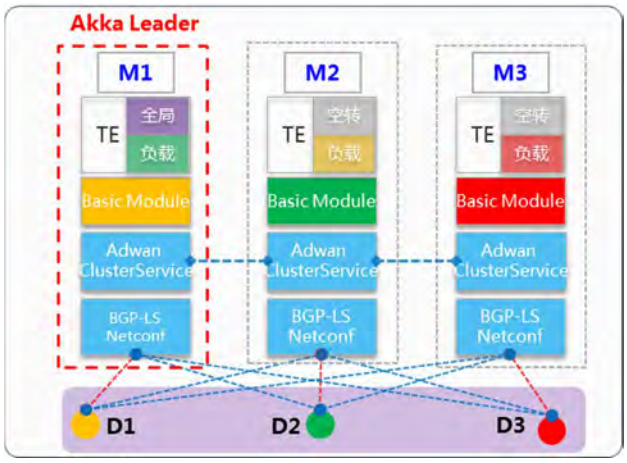


图 3-5 AD-WAN 控制器集群部署

3.5.2.2 网络可靠性方案

AD-WAN 分支解决方案是在 underlay 网络基础上叠加 overlay 的方式实现可视呈现和流量调度功能，相较于传统方式，在传统设备控制层面上叠加了 AD-WAN 对整个网络进行策略控制，数据转发支持 overlay 隧道转发和 underlay 备份路由转发，可靠性更高。

网络故障情况下设备会根据调度策略自动执行可靠性切换。

通过 RIR 技术，控制器下发调度策略到转发设备，实际策略的执行在设备上运行，即是控制器故障或者托管，仍能根据准确的执行调度策略。

4 成功案例

本方案在海尔集团智能广域网 SDN 实践中应用。

日日顺是海尔集团旗下综合服务品牌，以诚信为核心，以社群为基本单元，做有温度的触点网络，致力成为物联网时代社群最佳体验迭代生态圈。2019 年 6 月，世界品牌实验室(World Brand Lab)权威发布日日顺成功入选“中国 500 最具价值品牌”榜；2018 年，日日顺品牌价值 301.08 亿元，成为物联网时代触点迭代生态圈生态品牌；2018 年，日日顺荣获中国驰名商标。日日顺旗下有日日顺物流、日日顺乐家、日日顺乐农等产业平台和高端农特产品生态品牌—乐家诚品。

通过部署 H3C 智能广域网分支解决方案，海尔集团顺利完成物流板块全国广域网网络资源整合，将分布在全国的 136 个智慧仓、6000 家服务网点、10 万辆车连接起来，形成辐射全国的分布式三级云仓网络。掌控分布于 15 大发运基地 600 多万平米仓储信息，合理规划 3300 多条班车循环专线，初步完成了跨越

转型期可编排、快速交付、弹性收放的智能网络构建，以快速响应市场业务灵活变化的要求，形成智慧物流的可靠神经中枢。

客户收益：

- 降低成本：使用 Internet 替换原有专线接入，专线接入成本降低 30 万/月
- 快速部署：业务上线快速评估，动态调整网络资源，实现一键自动化部署
- 应用可视：基于 URL 的 DPI 应用分析识别，自动呈现订单等关键应用健康状态
- 业务保障：智能选路，灵活的策略调整，保障高优先级业务，应对双十一、618 等突发订单业务
- 简化运维：实时掌握网络运行情况，快速识别和排查故障，分钟级运维响应

海尔集团日日顺物流作为大件物流的领导品牌，携手新华三 AD-WAN 数字化解决方案，成功为企业业务发展搭建了坚实的技术基础，同时也为海尔集团加速数字化转型进程提供了更加强劲的源动力。未来，海尔集团将和新华三集团聚力合作，共同助力工业化与信息化的深度融合，加速推动智能制造行业的高质量、可持续发展。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于 SDN 技术的工业网络互联及协同平台解决方案
南京未来网络产业创新有限公司

1　概述

针对企业外网络化改造集成应用需求与挑战，聚焦基础架构设计、关键技术攻关、平台构建等，重点开展基于 SDN 技术的新型工业互联网架构设计，大规模网络操作系统、云网一体边缘计算平台、数据中心网络、网络智能运维、工业设备信息采集、工业大数据等核心关键技术，构建低时延、高可靠、广覆盖、可管控的工业互联网示范网络。

1.1　背景

伴随着企业的数字化转型以及云计算和 SDN/NFV 技术的兴起和普及，越来越多的传统企业工厂设备接入工业专网，并通过互联网进行跨区域传输，同时企业上云已经成为共识，通过结合公有云与私有云，打造企业混合云成为未来一段时间内的大趋势。

传统工业企业、厂区面临着不同于以往的网络互联和网络安全挑战。传统的网络设备和网管系统使用复杂、技术要求高，不能满足工业企业对网络的便捷有效管理需求。同时为保证网络安全，需要在网关处堆叠多种不同类型的安全设备，不但组网复杂，管理维护难度大，也自然造成设备采购和运维成本高。

1.2　实施目标

依照《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，解决互联网与实体经济深度融合过程中传统“尽力而为”网络架构难以支撑工业互联网的问题。

利用 SDN/NFV 等新技术前瞻布局工业互联网，重点设计基于 SDN 技术的新型工业互联网架构，攻克大规模网络操作系统、云网一体边缘计算平台、数据中心网络、网络智能运维等核心关键技术在工业互联网场景中的应用适配问题；

支持企业-企业、企业-平台、平台-平台的灵活组网和资源调度，实现企业间、平台间的资源协同，为企业外网络化改造集成应用提供保障;打造开放生态，

扩大接入企业的类型和数量，为地方产业转型、制造业升级改造提供支持。

1.3 适用范围

从经济视角，工业互联网采用 SDN/NFV 技术构建的基础网络设施，可以大大降低建设成本。具体表现在:一是 SDN 控制器技术，提升了网络的可编程性，简化了网络管理，降低了运营成本。二是 NFV 实现了网元功能的虚拟化，按需分配资源，弹性伸缩，自动化部署，大大缩短了新业务上线时间，提升了运营效率，减少设备投入成本。三是通过端局云化、混合云等云计算平台业务为企业提供从 ICT 基础到 IP 电话、协同软件以及人事、财务、客户管理等这些大众软件业务服务，可复用性强，通用性高。

从应用视角，由于云计算应用的用户信息资源的高度集中，存在的风险以及带来的安全事件后果也较传统应用高出很多。本方案结合软件定义安全、安全服务链、态势感知等先进的安全技术，构建成一个面向工业应用需求的全新一代云网一体化安全环境。

从运作效率视角，新型网络的灵活调度配置能力可以促使资源流动并得以优化。同时提供更全面、安全可靠、快捷的服务和应用业务流程。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

基于SDN技术的工业网络互联及协同平台解决方案适用于下图中6，7，8场景，涉及到图中的智能工厂内网边缘、工厂外部网络和工业云平台。网关将工厂内部数据收集并通过外部网络传送到位于云端的协同管理平台，用户即可登录远程查看并管理网络。

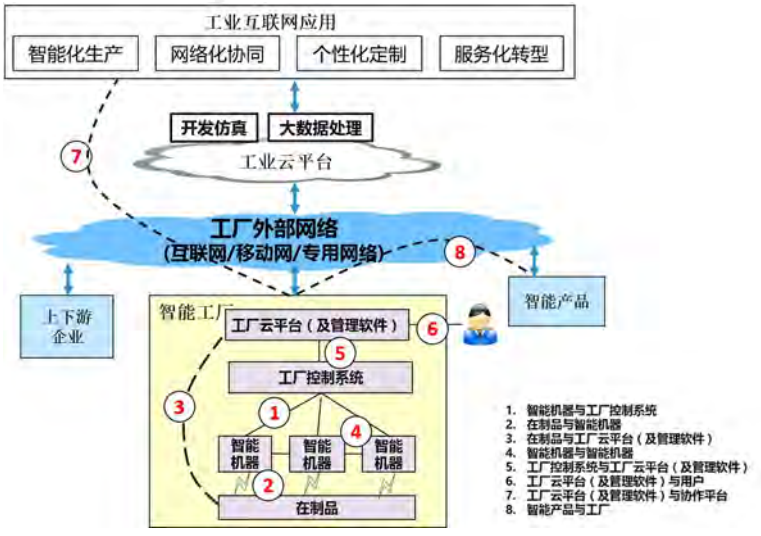


图 4-1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

企业外网络化改造集成应用需求与挑战，主要体现在：

1） 工业互联网云网一体化中存在端局网络僵化、网络封闭、业务类型单一、扩展性差等问题；

2） 工业互联网数据中心网络存在着丢包多、时延不稳定、吞吐量损失大等问题；

3） 工业互联网智能运维中存在故障定位与预测问题、网络流量优化问题；

4） 工业生产领域中面临着工业设备分布情况不可知、运行状态没有统一管理、无法获知设备运行效率、设备故障靠人工事后上报、很难远程进行调试和升级等问题。

鉴于现有网络中存在的上述问题，工业用户在云网一体化、数据中心网络、智能运维、生产领域、集中管理、混合云组网、低时延传输等方面存在迫切需求。基于 SDN/NFV 架构的工业互联网网络，能有效解决工业用户面临的难题，加速推动企业信息化转型。

3 解决方案

3.1 方案介绍

基于 SDN 技术的工业网络互联及协同平台解决方案主要包含以下：

1）基于最佳路由的低时延跨域互联技术

基于 SR 技术，通过网络操作系统根据需要和实时网络状态预先算出最佳转发路径，以灵活支持大规模的工业生产平台的多种需求，满足工业互联网对骨干网网络时延、丢包率、链路带宽等提出的高要求。

2）高可靠网络智能运维技术

探讨基于人工智能的运维技术，对网络流量、用户行为和其他参数进行分析与配置，进行主动式的网络诊断与优化，驱动网络的智能化运维，满足工业互联网对底层网络系统提出高可靠性的需求。

3）高安全性的工业互联网络

针对工业生产整个生命周期对网络提出的高安全性需求，通过边缘计算对网络源头的数据进行监控和防护，缩小受影响范围;利用大数据人工智能技术，实现网络环境全局实时监控、异常网络行为精准识别、精准智能的路径控制以

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

及自动化全网策略配置;利用软件定义服务链的技术，支持数据传输的高速加密、加密算法统一更新，防止数据中间被截获，系统更新不及时的风险。

4）基础架构层动态适配工业应用的需求

利用 Qos 控制、租户隔离、边缘计算、异构计算、多业务协同等多种技术实现基础架构资源需灵活适配，满足不同工业应用对底层基础架构资源的差异性需求，降低建设成本和维护成本。

3.2 系统架构

本解决方案的总体架构如图 4-2 所示:

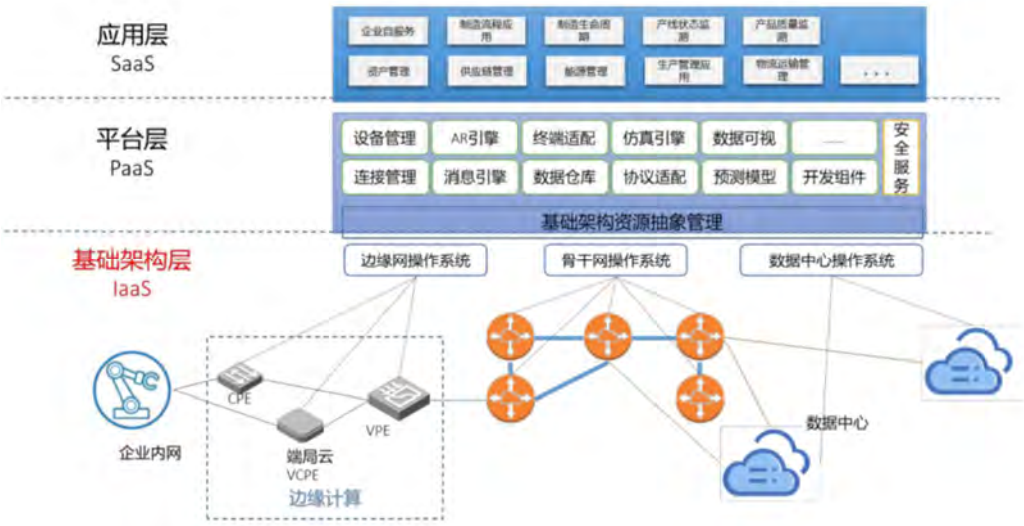


图 4-2 基于 SDN 技术的工业网络互联及协同平台解决方案总体架构

总体架构分三层：

1）基础架构层

包括 CPE、VPE、端局云、边缘计算节点、光传输链路和数据中心。实现网络、计算和存储资源的监测、配置。

2）平台层

在基础设施层之上提供对信息资源的控制功能，包括数据中心云平台、工业应用平台等。

3）应用层

为企业用户提供工业互联网应用，包括工业机器人的监测维护、工业大数据业务等服务能力。

3.3 网络拓扑

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于 SDN 和 Internet 技术，为工业外网数据传输提供优质、安全、廉价的基础网络资源，实现自适应网络变化、路径优化、安全传输和自服务管理，其网络拓扑如图 4-3 所示。

1）设备支持“即插即用”，上电自动接入“工业专网”，自动注册到 SDN 控制器并获取预配置，自动选择连接到最佳的 POP 点，自动配置接入侧的 QoS 策略，实现多地厂区/工业现场互联。

2）同时可为客户提供带宽容量、业务优先级、资费类型和安全加密等资源的自助选择服务。

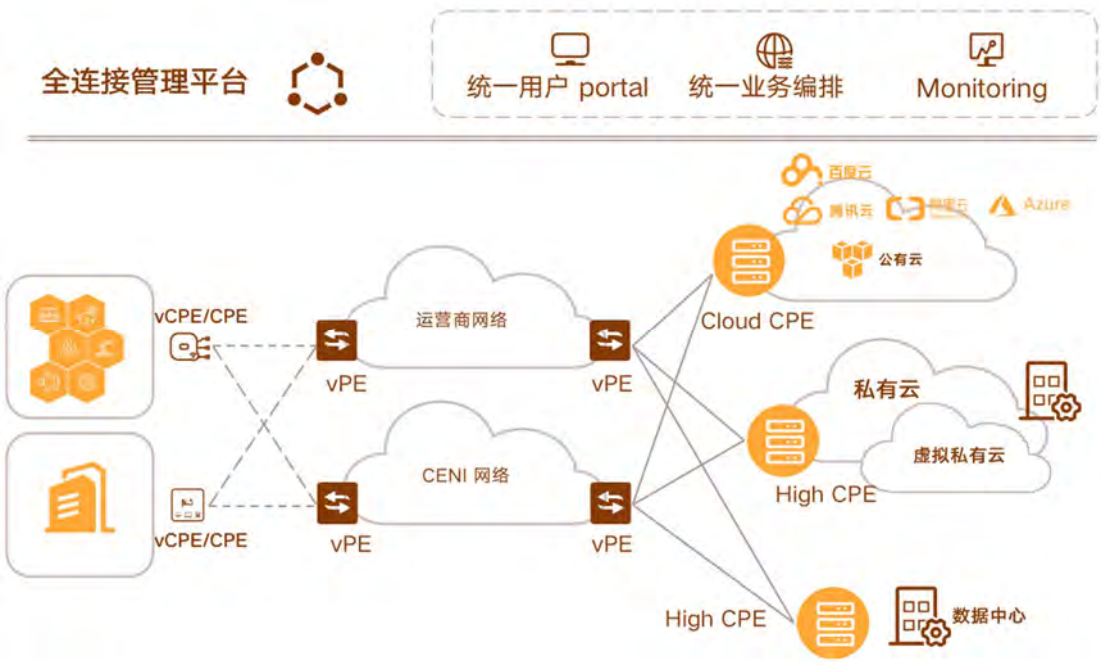


图 4-3 基于 SDN 技术的工业网络互联及协同平台解决方案拓扑

3.4 功能设计

基于 SDN 技术的工业网络互联及协同平台解决方案主要功能点包括面向工业互联网的云网一体化边缘计算、面向工业互联网的数据中心、面向工业互联网的网络智能运维、设备信息采集平台等部分。

1）面向工业互联网的云网一体化边缘计算平台

为解决端局网络僵化、网络封闭、业务类型单一、扩展性差等问题，以 SDN/NFV/Openstack 等新技术，通过软件和商用处理器平台，重构传统运营商端局接入网络设备和用户侧网络设备，解耦租户网络和物理网络，提供更灵活的多租户环境下管理计算、网络和存储资源的手段。以服务定制网络(SCN)为设计

框架，上层业务可感知和驱动下层网络，拟实现集云网融合、网络服务和边缘计算为一体的，多层解耦端局云平台。平台采用新型 SDN 网络控制体系，并兼容现有 IP 网络，可对接 Internet、企业专线、CENI 等网络类型。面向云网一体化的边缘计算平台如下图 4-4 所示。



图 4-4 面向工业互联网的云网一体化边缘计算平台

2）面向工业互联网的数据中心网络

面向工业互联网业务对低时延的性能需求，针对现有数据中心网络丢包多、时延不稳定、吞吐量损失大等问题，通过形成无丢包、无排队延时的传输控制协议、高吞吐量的流量调度机制、自动故障预测与溯源机制研究多业务识别与区分服务质量保障机制，来达到无丢包损失、无时延损失、无吞吐损失的效果，全方位支持工业互联网的高性能需求。具体架构如下图 4-5 所示。

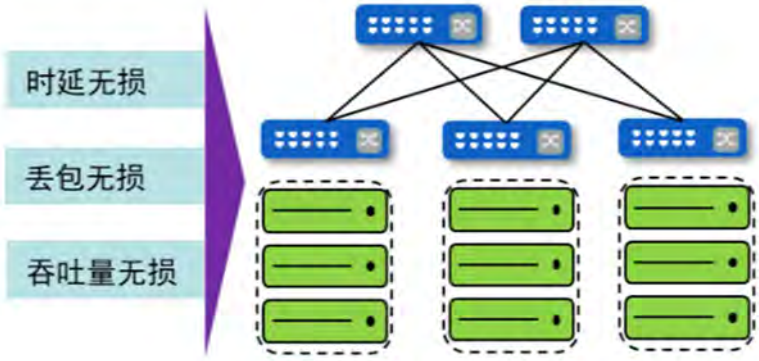


图 4-5 面向工业互联网的数据中心网络

3）面向工业互联网的网络智能运维

通过 SNMP、NetFlow 等多种技术手段对网络中的关键数据进行测量与采集。

然后，针对故障定位与预测问题，利用长短期记忆神经网络，形成长短期记忆神经网络的故障定位与预测机制;针对网络流量优化问题，利用马尔科夫模型、增强学习等手段，形成智能流量调度机制;最后，通过互联平台智能运维原型系统，并通过小型试验床和仿真来进行可行性验证和评估。网络平台智能运维如下图 4-6 所示。

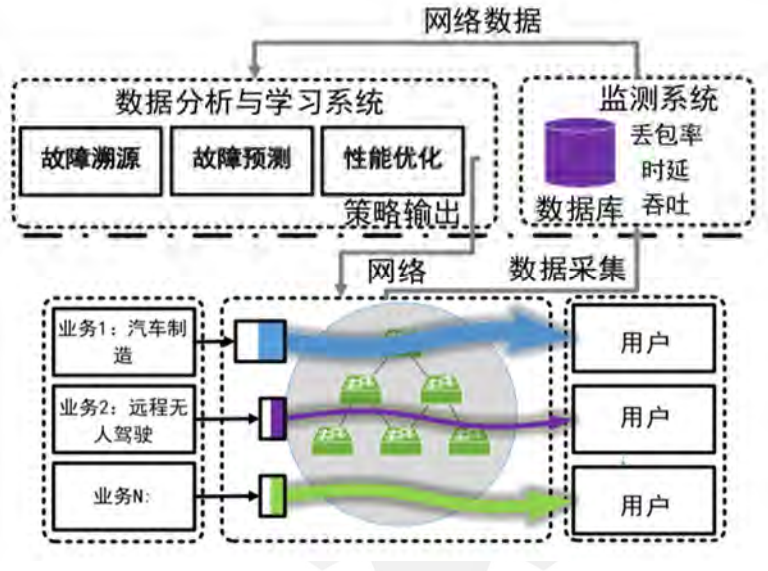


图 4-6 面向工业互联网的网络智能运维

3.5 安全及可靠性

该方案改进了传统网络管理方式，让工业用户精准掌握网络运行情况，在线定制结构和功能，节省了高额的网络成本。同时，提供了如下方法保障方案的安全性及可靠性，以防患于未然。

1）丰富的网络安全策略

网关设备同时支持防火墙、DDoS、IDS/IPS、UTM、FW 等多种网络安全功能，所有功能均可通过集中管理平台统一配置。

2）软件可靠性

硬件网关支持虚拟机高可用技术。一台 SD-WAN 网关里安装两套 VM，每套 VM 都具备完整的业务功能(VPN、UTM、NAT 等)。当主用 VM 出现故障，网关自动切换到备用 VM，实现软件层面的可靠性保护。解决方案亮点

3.6 开展基于 SDN 技术的工业网络互联及协同平台意义

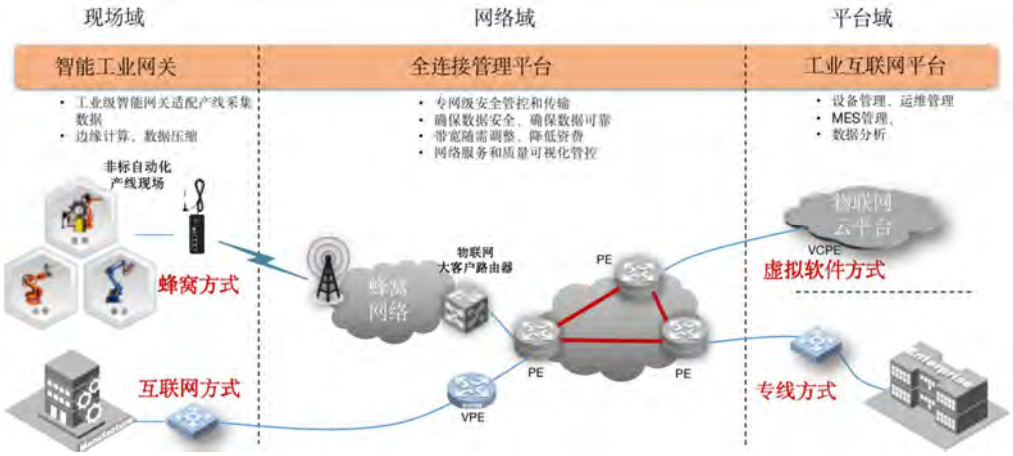
- 在服务国家战略方面:网络技术产业与工业互联网的结合是建设网络强国的首要、核心任务，工业网络互联技术为制造业的自主创新、技

术产品的超前发展、技术路线的探索与引领、民族产业的跨越发展提供了基础设施。

- 在满足产业发展新需求方面:利用基于 SDN 技术的工业网络互联技术，构建支持跨域互联、协同制造、灵活管控的跨城市工业互联示范网络，提供面向行业专业的 PaaS 云平台服务和全方位的 SaaS 软件应用服务，其相关技术成果将能够支撑互联网公司以及大中小型企业等客户对计算、存储、带宽、实时性、安全性等提出的新需求，从而将有助于支撑工业互联网的发展以及制造产业的发展，汇聚终端用户、企业等产业生态各方，有利于以企业为核心的自主产业生态系统的逐步构建和快速壮大。
- 在人才培养与创新体制机制方面:涉及到 SDN/NFV、边缘计算、数据中心、网络人工智能等众多未来网络关键技术，研究过程中将促进研究人员与工程技术人员对未来网络相关技术有着深刻的理解，从而有助于我国在未来网络领域的人才培养，推动我国未来网络学科的发展。同时，参与该项目的单位包括高等院校、科研院所、企业等，在项目研究过程中，将极大地促进各方人员的协同与成果交流，从而有助于产学研贯通，为科研的体制机制创新提供借鉴意义。

4　成功案例

某某集团公司通过部署基于 SDN 技术的工业专网确保数据安全不丢失、多种访问模式满足厂家、客户、维保单位对平台访问要求。



工业专网设计图

多业务工业互联网光传输系统
上海邮电设计咨询研究院有限公司

1　概述

1.1　背景

信息化、工业化两化融合的概念自十六大提出以来，在国民经济和社会信息化发展中占据重要及基础地位，随着我国进入“十三五”时期，为实现“工业 2025”

战略，政府提出了大力推进信息化和工业化深度融合的要求。两化深度融合的目的是借助企业信息化技术，引入“智能制造”、“智能产品”等新概念以及“云计算”、“大数据”、“物联网”等信息化工具，将信息化与企业的研发、制造、销售、管理等各个方面进行深度融合，从而完成从“企业信息化”向“信息化企业”的彻底转型，继而带动整个中国工业从根本上改变结构和格局。在这之前，党中央、国务院已先后出台《中国制造 2025》、《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》、《关于深化制造业与互联网融合发展的指导意见》、《国家信息化发展战略纲要》等系列文件。

新一代信息技术产业作为国家战略性新兴产业，其技术创新体现在硬件技术与软件技术的融合发展、产品和内容的融合不同层面；其本质是需求层次不断升级推动技术持续进步，不同程度、不同组合方式、不同应用领域的融合都会催生出新的产品和新的应用，形成新的市场机会。而当前国内外在工业环境下的信息传输，仍处于传统低速专用网络向工业以太网的演进过程中。据分析数据统计，2016 年全球工业以太网占据市场份额 38%，年增长率达到 20%。而传统现场总线仍以 58%的份额主导工业网络信号的传输，但年增长率萎缩到 7%。工业 4.0 和工业物联网的发展趋势，大大增加了对工业以太网传输的需求。未来工业级以太网传输是智慧工厂的神经网络，是有效支撑工业 4.0 发展的基础设施。

1.2　实施目标

当前国内正在进行建设的“智慧城市”如管道连廊智能化改造，其市场规模也相当惊人，据估计有 17 万亿元的建设规模。交通行业、电力航油、石油化工、冶金、煤炭、水处理等各种行业对工业级以太网传输设备都有着大量的需求。假设网络设备占有上述市场的 1%细分份额，总体也有上千亿元的规模。

因此，针对工业互联网和行业物联网对于网络传输系统的需求，在具有存在必要性和发展前瞻性的基础之上，研究开发一套多业务工业物联网络光传输系统，将高速以太网和低速现场数据总线等有效融合，配以功能完善的网管和运维系统，并具有工业级的安全可靠性和优越的实时性，可以满足工业 4.0 和物联网建设对基础传输系统的要求，从而提高生产效率，大大促进生产力的提升和推动社会经济发展进步。

1.3 适用范围

针对工业以太网传输需求不断提高，同时传统总线仍占有一席之地的工业和行业物联层传输环境下，提供适用于复杂信息传输环境的解决方案，面向市政、交通、电力、化工、冶金、煤炭、水利等各行业及各类工厂、工业园区等，以满足如下应用场景：

1）传统网络传输设备对工作环境有较高的要求，如温湿度、防静电装饰等，而工业环境下的网络层设备存在接口单一，无法满足以太网传输等缺点。因此，通过采用工业级元器件满足宽温工作范围，采用专门的防雷、防静电等芯片和良好的电磁兼容性设计，使网络传输设备具备抗电磁干扰的能力。而光纤上的信号传输更是没有电磁干扰现象、传输距离远、传输带宽大；

2）低速数据包括数据采集、传感器检测、状态控制等数据，其信息量低，一般速率为几 kbit/s，甚至更低，但是对实时性和可靠性要求高。而以太网数据速率较高，当前绝大多数为百兆和千兆接口，传输各种视频、音频及其它数据，数据量大，统计复用，实时性和可靠性较差。因此，可以通过专门设计的时隙复用方式，兼顾低速数据和以太网数据的特点，保证两种数据的有效传输。除此之外，通过 FPGA 芯片编程，可以把低速数据打包到以太网帧格式中，完成低速数据到以太网的转换，实现数据的融合互通；

3）在工业环境或其他对可靠性要求高、组网复杂的情况下，为了防备设备或光纤故障导致业务中断，本系统支持快速光纤自愈环网，自动切换时间可

以达到 30ms 以下，同时可采用多样的行业组网形式，如星型、链型、环型组网。

4） 通过 WEB 方式的管理界面，图形化显示网络拓扑和设备状态;支持 SNMPv2 标准协议，易于第三方集成开发网管系统，确保未来的可扩展性。

本解决方案可满足一个区域性工业园区的需求，也可接入到通信运营商网络从而实现跨地域性的大型工业园区或厂区的应用需求。另外，对于高速公路、桥梁、隧道、城市交通、机场、以及管廊项目，其均可作为物联层的光纤系统解决方案。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

解决方案设备提供以太网接口及低速数据接口，连接智能机器；上联光口可以和其它接入设备组成链形或环形网，通过光纤再与传输层设备的下联端口连接，实现接入层设备与传输层设备的互通光口可上联工厂控制系统、工厂云平台等，如下图中 1 所示。保证了接入层传输可靠性、实时性和可扩展性，节省了串口转换服务器等设备，减少了设备投入成本，降低了单点故障率。

传输层借鉴电信级通信光网络，形成光纤自愈环网，满足区域性工业园区的内部网络需求，也可接入到工厂外部网络实现跨地域传输，如图中 7 所示。当节点或光纤发生故障时能够在 30ms 内完成倒换保护，避免了网络信息传输中断和丢失，保证设备持续使用性。

同时提供功能完善、方便易用的汇聚层网络管理系统，对于包括光线拓扑、通断、设备供电、温度以及各种业务数据的状态均可知，在进行可靠传输的同时，更可传递丰富和完善的物联网信息，为未来物联网应用平台的数据展示、大数据分析和挖掘提供更加全面的数据信息。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

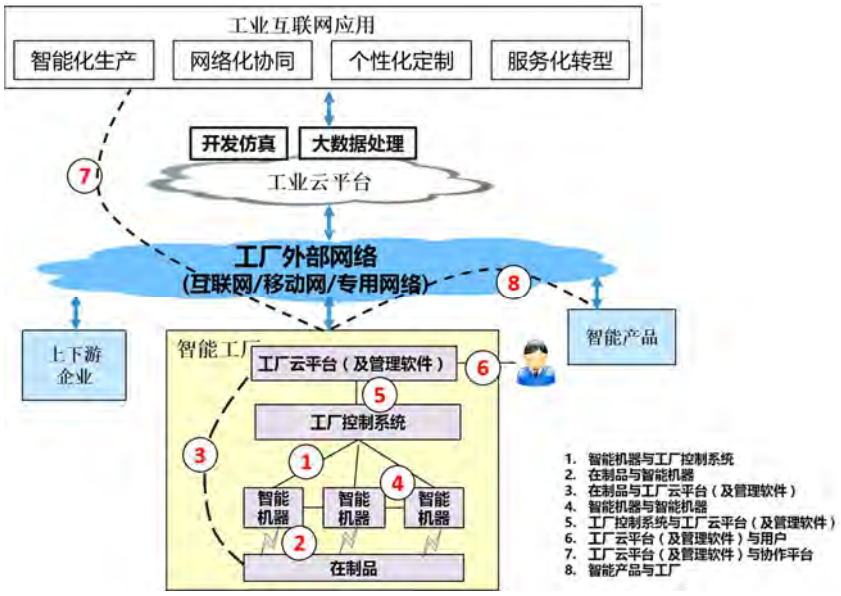


图 5-1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

随着工业现场设备的智能化以及控制方式由单点走向协同，并且工业控制由工厂应用发展到市政、安全、金融等更广阔的物联领域，现场设备之间需要进行实时、快速、可靠以及远距离的通信，而大量采集、传输的数据更呈现多样性趋势(包括控制信号、检测信号、视频、音频等)，传输数据的带宽要求也逐渐由窄带转向宽带，以上这些网络需求对于用于工业网络和智慧城市、综合管廊、城市交通等行业网络的传输设备提出了升级改造的要求，具体体现在：

1)接口(多业务，兼容多接口)

2)可靠(独立、自愈)

3)安全(各种业务数据隔离)

4)服务(并非简单的通道的传输服务，要能提供各种业务汇聚，包括网络业务汇聚、低速率数据汇聚等)

5)联动(设备自身异常或者外部告知异常出现，除了上报中心，现场要提醒及联动)

工业以太网传输设备需要满足工业现场苛刻的环境要求，保证通信的实时性、可靠性、安全性，需要能够达到较高的防尘、防水、抗干扰等级。当前普通商业级以太网设备应用相当普遍，价格便宜，产品成熟，但是不能适应工业级环境对设备的严格要求，设备的安全性和可靠性较低，不能用于工业生产环境中。此外，大部分厂家只是在原有商业级以太网交换和传输设备上做些结构

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

和高低温等方面的简单改进，远远不能满足工业信号采集和控制对实时性和可靠性的要求。并且，传统现场总线技术仍然有其生命力，将长期与以太网技术共存，现有以太网设备对原有接口的接入能力缺失。

为解决以上问题，国内外厂商绝大多数都是简单在商业级以太网设备的基础上，通过采用工业级温度范围的元器件，提升设备工作温度范围;通过以太网生成树协议进行设备和链路保护;采用网关、转换器等方式转接到以太网。这些设备仍然存在较大缺陷，如：(a)缺乏对工业环境中各种低速数据工业接口的有效支持，外置转换器增加了设备故障点，大大增加了网络复杂度，加大了网络建设成本和维护成本;(b)带宽不足，设备干线带宽为百兆到千兆;(c)保护倒换时间过长;(d)没有统一的运维和网管系统;(e)实时性欠佳等。

当前从事工业以太网相关研究开发生产的企业主要分两类，一是国外解决方案提供商，其依靠自有研发和生产实力，从协议标准等方面设置独特性，自成系统，与其它厂家的兼容性较差;二是以国内中小型产品供应商，他们往往设备简单，质量参差不齐，功能缺失，一般都没有网管系统，更不提供多业务接口。

3 解决方案

3.1 方案介绍

本项目最终提供一种面向工业互联网、物联网、大数据发展必备的多业务工业互联网光传输系统。系统定位工业和行业物联层，提供多样性接口，包括总线、低速数据、以太网、模拟量、数字开关量、无线等满足各种物联网传感器的数据接口。同时系统采用各种类数据时分复用、独立通道的方式进行传输，不但满足各类业务数据传输互不干扰性和独立性，并且满足了低时延、高传输效率以及传输可靠性的要求。

系统采用光纤为传输载体，最大限度的减少外部环境的干扰。利用电信级通信的光传输构架的先进性，结合工业制造的特点，有效的提升工业制造过程中对于通信系统的高规格需求。通过协议转换算法，使得低速数据附载到光传输上，并保障数据无丢失与低时延，从而满足工业企业和行业用户对高速以太网和低速 数据传输的需求，并能结合通信运营商的传输网络，作为其解决“最后一公里”的组网方式，大大节约了设备的投入成本，减少了交换环节，降低

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

了可能的故障环节。系统将有效的促进工业 4.0 网络的融合建设和工业互联网业务的开展。

通过功能完善、方便易用的网络管理系统，监控光纤拓扑、通断、设备供电、温度以及各种业务数据的实时状态。在保证可靠传输的同时，更提供丰富和完善的物联网信息的传递，为应用平台的数据展示、分析和挖掘提供更加全面的数据信息。

3.2 系统架构

系统整体架构分为接入层、中间传输层和汇聚层三个组网层次。

接入层解决最基本的数据采集问题，除了支持通用的一些行业设备协议外，计划引入工信部及中国电信互联网加应用基地最新制定的采集规范。接入层设备一般置于用户远端设备附近，负责直连远端设备，如数据采集传感器、可编程机床控制器、网络摄像机等。每台接入层设备可以提供 1 到 4 路低速数据业务，具体类型可以根据用户实际需求而灵活配置，可选 RS-485、RS-232、CAN-BUS 等接口类型。同时接入层设备还提供 4 路 100Mbit/s 以太网接口，用于接入以太网设备。接入层设备提供 2 个上连光口，每个速率 1.25Gbit/s，可以环形或链形组网。

传输层则负责把接入层上传的数据进行中继传输，可以实现远距离、大容量传输和自愈环网的自动保护切换。中间传输层提供4个到8个下连1.25Gbit/s光口(兼容千兆以太网光口)或千兆以太网电口，用于连接接入层设备或用户远端的千兆网口设备。同时提供2个上行光口，速率可选2.5Gbit/s或10Gbit/s。

汇聚层处于网络的核心，可以接收和汇聚各个接入设备的业务数据，并汇聚到千兆或万兆接口，再连接服务器、计算机等用户中心设备。汇聚层设备采用机架插卡结构设计，支持 12 个业务槽位，2 个核心交换槽位，双电源 1+1 备份。

业务卡有 8 路千兆电口卡、6 路千兆光口卡。

3.3 网络拓扑设计

接入层设备:连接用户的远端设备，如传感器、机床控制器、生产线机器人、网络视频摄像机等设备，把用户的低速数据和以太网数据进行时分复用后，转换为光信号，通过光纤传送给上层设备。反向完成光信号到电信号的转换，时

隙信息解析，把低速数据和以太网数据分别送给相应用户设备。

中间传输层设备:下联多个接入端设备，所以需要较大的网络带宽，可选 2.5Gbit/s 或 10Gbit/s 光纤带宽，支持双光口，可以进行环形组网，支持快速自愈环网保护倒换。

中心汇聚层设备:接收和汇聚通过多个中间传输层自愈环网上行的网络数据和专用低速数据，并通过背板汇聚到核心交换板。核心交换板可以把所有数据汇聚为 2 个千兆电口或万兆光口输出。汇聚输出口可以设置为 1+1 链路保护。系统组网结构如图 5-2 所示。

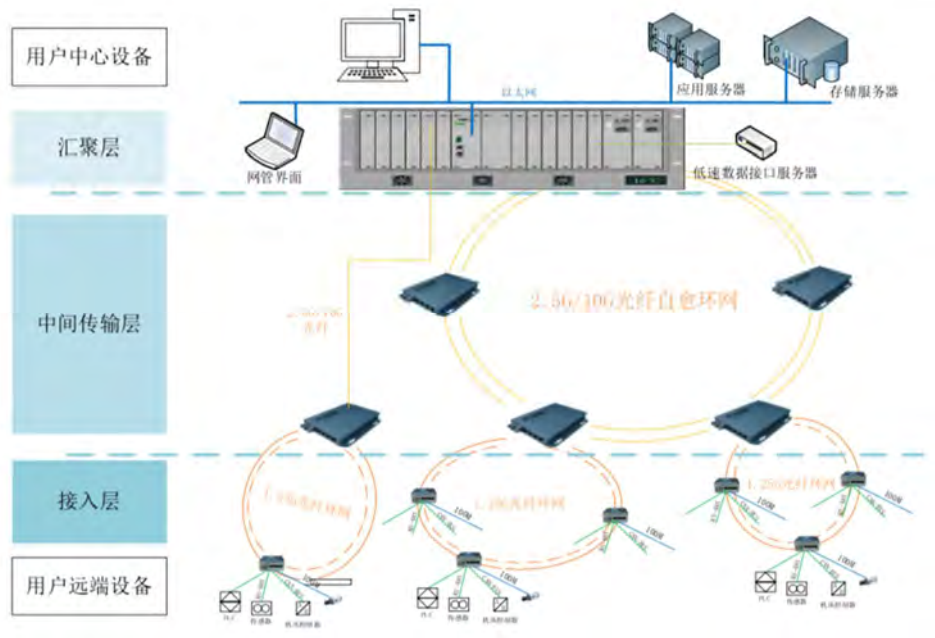


图 5-2 系统组网结构

3.4 功能设计

3.4.1 硬件设备

1)接入层设备根据端口数量不同分为多款。其信号处理原理相同，不同之处在于提供给用户的以太网接口和低速数据接口的数量。低速数据接口可以灵活配置为 RS-232、RS-485、通用输入输出接口 GPIO、开关量或 CAN-BUS 接口。接入设备提供两个上联光口，速率 1.25Gbit/s，可以和其它接入设备组成链形或环形网，通过光纤再与中间传输层设备的下联端口连接，实现接入层设备与传输层设备的互通。接入层设备功能框图如下图所示。

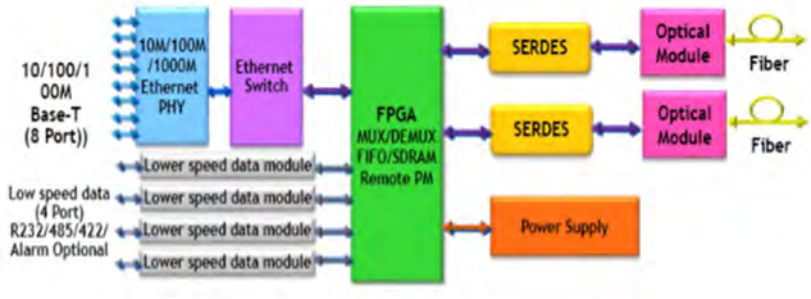


图 5-3 接入层设备功能框图

2)传输层设备硬件分为 2.5Gbit/s 和 10Gbit/s 两款，分别支持 2.5Gbit/s 光纤自愈环网 ISR-2.5G 和 10Gbit/s 光纤自愈环网 ISR-10G。其中 ISR-2.5G 设备含有 2 个 2.5Gbit/s 光纤上联接口、4 个 1.25Gbit/s 光纤下联接口和 4 个千兆电口;ISR-10G 设备含有 2 个 10Gbit/s 光纤上联接口、4 个 1.25Gbit/s 光纤下联接口和 4 个千兆电口。传输层设备的 1.25Gbit/s 光纤下联接口兼容普通千兆以太网光口。

3)汇聚层设备支 2 个或 4 个万兆光纤汇聚接口，能提供高达 48 个 1.25Gbit/s 光口(兼容千兆以太网光口)或电口的连接。所有接口统一进行线速交换。接入层设备上传的低速数据在此设备进行解析，并转换为低速数据接口输出，或者封装为 TCP/IP 数据，通过网络进行传输到专门的服务器，再进行信号的处理。

汇聚层设备采用机架式结构，共有 12 个业务插槽，2 个核心交换槽，双电源 1+1 备份。业务插槽提供下联光口或电口，与传输层设备光口或用户千兆电口设备相连。核心交换板实现所有业务的汇聚和互联互通，同时提供专用的网络管理百兆以太网接口和控制台接口。

3.4.2 软件平台

本项目的网络管理系统，用于进行整个光纤网络系统的配置、设备状态监控和网络故障管理。

整个网管系统的软件包括设备板卡级的板载控制和执行软件、设备核心交换控制卡上的控制管理软件、服务器上的管理软件和用户客户端软件。

板载嵌入式软件和核心交换控制板的软件基于 Linux 开发。Linux 系统具有实时性好、技术成熟稳定的特点，可以满足本项目对实时性和可靠性的要求。

本项目网管软件可以提供基于 WEB 的管理界面，用户通过浏览器登录网管

系统即可对整个网络进行全面管理。同时网管系统还支持标准的 SNMPv2 协议，方便第三方软件的集成和接入管理。

具体管理功能包括:

- 网络拓扑的自动发现和管理机架及插卡的管理
- 设备配置管理
- 故障管理

对于故障信息，网管系统会生成相应的故障告警并上报给系统管理者，以便用户及时采取维护措施。当网络设备发生变化时，如新的板卡插入机架、新的远端设备接入网络或有新的用户设备上线，网管系统也会生成相应的通知消息。

系统故障告警种类包括:

- 电源掉电告警
- 板卡过热告警
- 板卡下线
- 网络端口下线
- SFP 光模块移除
- 光口端口连接
- 远端接入设备下线
- 远端接入设备掉电
- 光网络主环故障
- 光网络主环断开
- 光网络次环故障

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

3.5 安全及可靠性

1）借鉴电信级通信光传输组网架构，提供更高效的多接口多业务传输通道。

组网结构采用自愈环网，当节点或光纤发生故障时能够在 30ms 内完成倒换保护，基本避免信息传输中断和丢失的可能性，保证设备持续可用。

系统支持以太网接口和低速数据接口同时接入，适用各种原有网络布线情况，同时系统支持 1.25Gbit/s 光口、2.5Gbit/s 光口或 10Gbit/s 光口上传。对于不同规模网络可以灵活选择采用全部或部分接入层、传输层和汇聚层的设

备。

系统支持星型、链型、环型等拓扑，组网灵活，可用于工业现场、高速公路、城市管廊等环境中，统一传输低速检测信号和大带宽的视频等网络数据。

2）多接口光传输设备的使用降低了整个网络单点故障发生的概率。

本系统中研制开发的多接口光传输设备直接在设备上提供低速数据接口，省去了串口转换服务器等转换设备，大大减少了传输网络中接口转换设备的数量，节约了设备的投入成本，同时也减少了可能的故障环节，降低了网络的单点故障率。

3）采用时分复用方式进行数据传输，极大程度确保低时延和传输可靠性。

系统对于各类数据，采用时分复用、独立通道的方式传输，一方面满足各数据业务传输的独立性，互不发生干扰，以确保业务中最重要的数据不会丢失；另一方面也满足了低时延、高传输效率和高传输可靠性的要求。

其中具体实现技术有：

1）采用了高速可编程 FPGA 芯片和高速工业级交换芯片相结合的方式，FPGA 处理工业控制用信息，工业级交换芯片处理以太网数据；

2）物理层通过 FPGA 对低速数据接口直接处理、打包封装、时隙复用，不受以太网数据流量的影响，有效保证了低速数据的实时性、可靠性；

3）自主设计的低速数据业务复用协议，避免了把低速数据封装为普通以太网数据导致的低效率和易丢失的风险。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用

富士康工业互联网股份有限公司&富华科精密工业（深圳）有限公司&中国联合网络通信有限公司深圳市分公司

1 概述

1.1 背景

5G 是最新一代的蜂窝移动通信技术，其最大的特征是推进人机物海量互联，具有大带宽、低延时、高可靠等特性，不只具有消费应用的前景，更能支持实体经济发展。工业互联网核心内涵是数字化、网络化、智能化。5G 赋能工业互联网，将催生全新工业生态体系，二者融合将推进制造业高质量发展。

但是如今的制造领域中的多数场景仍然采用有线通信技术，包括：专用工业以太网技术(如：serco®、PROFINET®和 EtherCAT®)和现场总线技术(如：PROFIBUS®、CC-Link®和 CAN®)。在现场级，工业现场总线被大量用于连接现场检测传感器、执行器与工业控制器。由于安全性、时延和可靠性要求较高，只是少部分场景使用无线通信技术。

1.2 实施目标

富士康工业互联网股份有限公司全力打造基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用，依托富士康跨行业跨领域工业互联网平台，通过5G+物联网技术连接设备提供海量工业实时数据，构建工业机理模型智库；通过研发设计、生产制造、运营管理的高效协同，实现全要素资源优化配置；针对精密刀具行业普遍存在的新产品研发周期长、调机补正时间长、过度依赖人工经验、人工抽检效率低、刀具使用成本高、刀具寿命管理粗放等痛点问题。从而全面提升刀具生产效率和品质，打造刀具专业云精密机加工整体解决方案。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

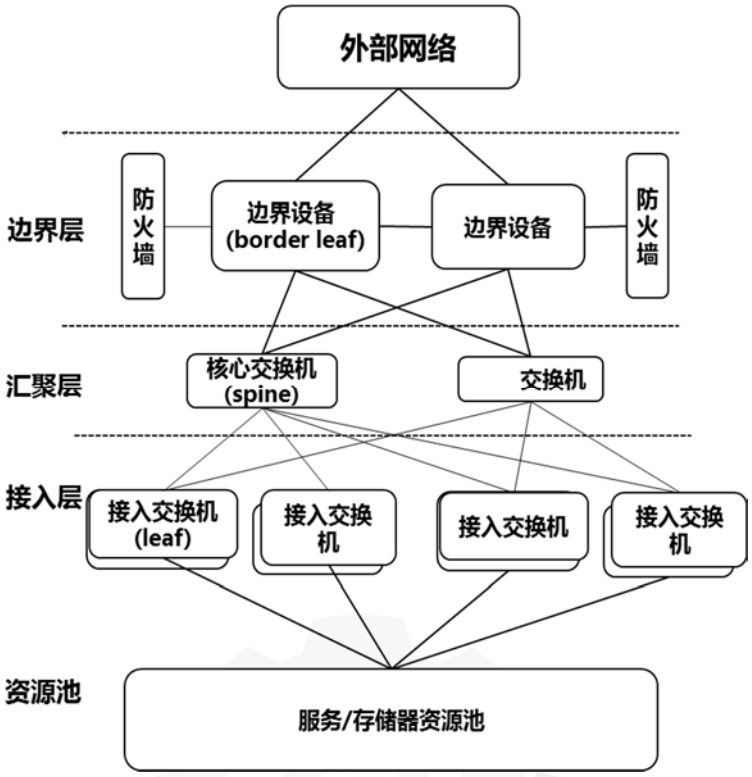


图 6-1 整体架构

1.3 适用范围

基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用，以服务精密刀具加工行业数字化转型为出发点，目前已在基准精密工业等精密刀具生产加工企业进行了实际应用，预期未来三年会推广至全国 15%的刀具生产加工企业。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

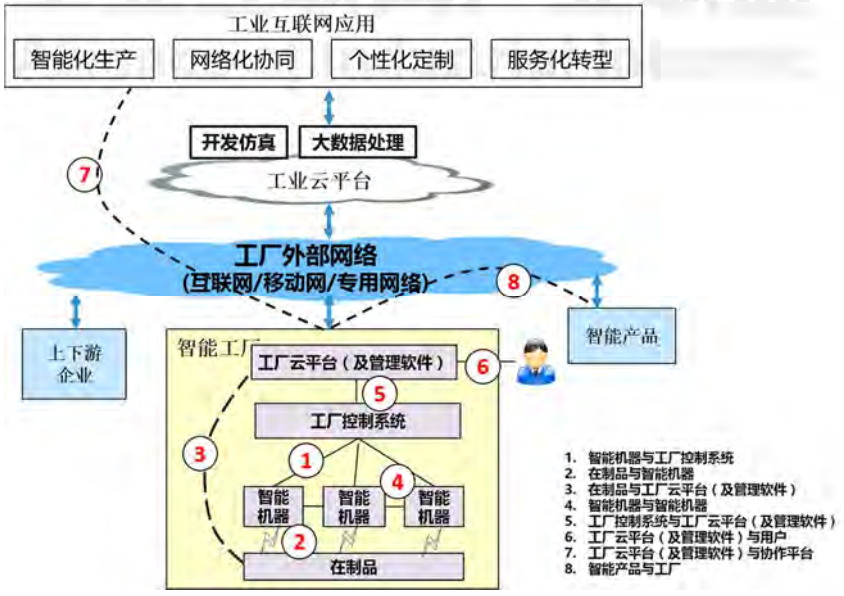


图 6-2 工业互联网互联示意图

本方案旨在利用低延时、高可靠的 5G 技术的引入，增强工业场景上行传输水平；降低工业数据传输时延与干扰；加强边缘运算效率，满足用户在计算、存储和网络资源数字化中对敏捷联接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求；并且实现通信频谱的共享，降低生产制造流程中的干扰。这有助于加速推动智能制造的关键环节与产品全生命周期管理集结，加深信息化和工业化的有机融合，实现智能制造的国家级战略目标。

本方案涉及到从设备中采集数据及与云平台算法模型交互，符合以下工厂控制系统与工厂云平台交互范畴，对应工业互联网网络体系架构中的第五点。

2 需求分析

同类型解决方案商如GE、西门子、PTC、施耐德等，在设备联网和数据采集方面过渡依赖新型数字化机台，与国内机台型号繁杂的实际情况并不相符。另外，在工业应用方面，国内外刀具行业生产制程与工艺流程各不相同。富士康经过三十多年的生产积累，接触大量国内精密工具制造上下游供应链，沉淀了海量的刀具行业工业数据和工业机理模型，利用 5G 低延时，高可靠的优点，通过物联网技术将杂乱的数据格式标准数据上传到云平台，针对实际情况对症下药，直击国内刀具制造企业痛点。

3 解决方案

3.1 方案介绍

基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用，采集刀具生产设备中关键有效微观纳米的生产信息，结合大数据的思维逻辑加以有效分析和充分应用，实现车间数据可视与智能应用决策功能，从而全面提升刀具生产效率和品质，打造刀具云精密机加工整体解决方案。刀具云整合富士康在超精密机加工领域数十年的刀具设计与使用经验，为客户提供定制化刀具设计、智能制造和刀具使用寿命智能优化的应用，包含自动出图、智能调机、寿命预测、加工参数优化等应用，降低企业的产刀用刀各方面成本。除此之外刀具云还提供精密加工过程中用到的优质原材、工具、装备以及耗材采购服务，协同办公服务等，打造以刀具为中心的全生态一站式服务。

3.1.1 5G 网络搭建原则

在建设结构合理、功能完整的网络系统的前提下，本方案从功能性设计、

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

实施和运维几个方面考虑以下内容：

（1）、高可靠性设计：选用高可靠性设备，设计合理的网络冗余拓扑结构，制订可靠的网络备份策略，提供可供实际业务使用的相对稳定的网络服务，保证网络具有故障自愈的能力。

（2）、可扩展性设计：所部署系统要具备扩容能力。

（3）、网络安全设计：从用户身份认证、设备合法性检查、传输信息加密等方面给出方案安全保障实施要点。

（4）、网络灵活设计：从对信号的控制，优化部署，人员接入便利性等角度优化网络，实现灵活易用。

（5）、可管理性设计：整个系统的设备应易于管理，易于维护，便于进行系统配置，在设备、安全性、数据流量、性能等方面得到很好的监视和控制，并可以进行远程管理和故障诊断。

3.1.2 5G 网络架构

5G 网络覆盖是本项目中最基础、最重要的方面。本项目采用 5G 室内分布系统和小基站系统两套系统来保证室内 5G 信号的连续覆盖。

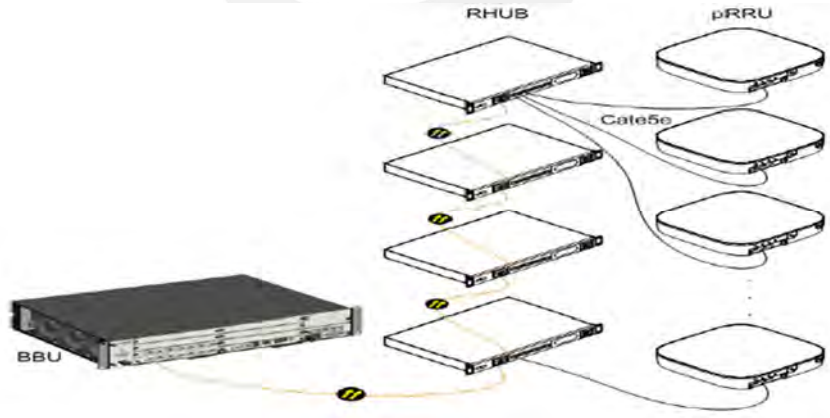


图 6-3 系统组网

系统组网连接如上图所示。RHUB 使用光电复合缆连接远端单元 RRU，RRU 含内置天线实现 5G 信号覆盖。

3.1.3 5G 小基站系统

针对不同区域的使用的不同终端需求不同，在覆盖方面尽量做到按需分配，使用包括 BBU、RHUB、RRU 等 5G 设备进行全覆盖。具体设备参数，及连接方式如图 6-4、6-5 所示。



图 6-4 5G 设备

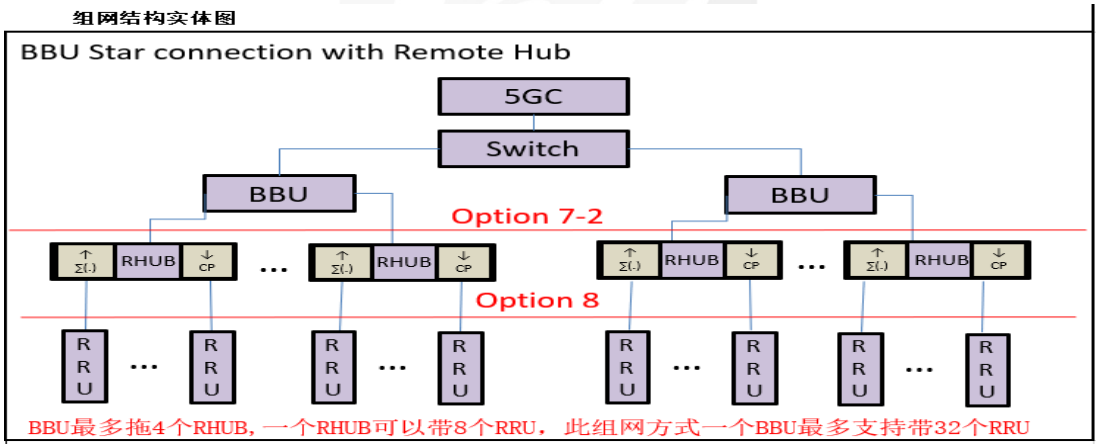


图 6-5 5G 设备组网方式

3.2 系统架构

如图 6-6 中所示，系统中的核心部件包括自主研发的 5G 工业小基站和核心网以及相关的网络管理软件。这个和基于 x86 的边缘计算平台通过有线或者无线的方式（如富士康自研的 WiGig 无线回传）。在边缘计算的平台上有专注于各种工业应用场景的 APPs 模块在独立的容器里运行。

任何这套系统通过 5G 无线终端和不同的工厂设备连接。同时，边缘计算平台也可以和工厂里已有的工业互联网 PaaS 平台以及其他工厂软件系统如 MES,ERP 和 WMS 做对接。



图 6-6 系统结构

3.3 功能设计

3.3.1 基于海量传感器接入的工厂监控

所有的传感器数据通过 5G 无线网络，发送到网络边缘节点,经过数据过滤和处理，进一步上传到云节点，并在云节点,基于生产数据进行大数据分析以及机器学习等，获取最优的管理规则和设备参数。最后将规则和参数下发回相关的边缘节点，在边缘节点处完成执行。

诊断维护是保障电子设备及生产线可靠稳定运行的重要措施。通常日常性的诊断维护工作，是由设备应用工程师在现场完成的。而对于重大、复杂的疑难问题，往往需要技术工程师深度参与，实施智能诊断维护。

智能诊断维护，是指利用大数据分析、机器学习和人工智能等技术，通过对现有经验、知识的学习，对设备运行状态进行智能化监测、诊断与预测，并给出该设备的维修、维护和改进决策。它既包括对设备日常运行状态，进行监测，并给出维护及改进建议，也包括在异常发生之后，对异常原因、部位、程度等做出判断，并进行维修决策。

智能诊断维护的依据，还也可以是现场的实时情况，即：通过 AR 眼镜，将现场实时情况通过无线网络传输到云端，利用云端的人工智能算法和专家，进行分析处理，并做出决策。例如：根据采集的数据及以往的经验数据，判断设备的某零部件即将达到使用寿命，从而给出更换指令，或者将现场不具备处理能力的异常情况，通过 AR 眼镜实时传递给云端的人工智能系统，进行分析决策。

在电子信息制造领域，存在很多采用刀具对产品进行加工的环节。为了提升刀具的使用效率和生产效率，降低产品不良率和生产成本，生产线需要精准

的在线监测或预测刀具的受损状态。刀具在实际使用过程中，通常存在：无受损状态、轻微受损状态、中度受损状态、重度受损状态四种状态。刀具在切削时，不同的受损状态产生不同大小的相对摩擦力，进而产生不同幅度和频率的振动。

3.3.2 工业 VR/A

远程协助和 AR 的结合也是我们在工厂环境中发掘的的另一个潜受欢迎的用例。它的理念是，能够通过视频流将你所看到的无线传输到另一个终端，以供其他人看到并指示相应的内容(例如:远程协助)，或在边缘计算服务器上进行进一步的处理，最终的结果被投射到视频流设备上。前者更容易实现，因为它只需要传输视频。另一方面,我们看到它在工厂环境中的普遍使用：初级工作者通常可能需要资深工作人员的帮助，而通过由初级工作者实时看到的内容可以让高级工作人员极大地帮助他们，这比传统的语音或文字交流更为快捷，此外，这种平台不要求高级工作人员现场支援初级工作人员，从而能够及时分配援助而提高工作效率。

AR 智能巡检可以大大减少巡检人力和时间投入。巡检时间、巡检线路可查可控，避免了巡检不到位的情况，提升巡检可靠性。巡检历史实时同步云端服务器，数据信息可随时调取，便于故障排查及处理。

3.4 网络安全

本解决方案基于富士康工业互联网平台提供安全测试场景、网络安全、安全漏洞检查、攻击监控、加密通讯、认证、验证码测试、认证错误码提示、锁定策略测试、认证绕过测试、找回密码测试、修改密码测试、不安全的数据传输、强口令安全测试、会话管理、身份信息维护方式测试、Cookie 存储方式测试、用户注销登录方式测试、会话超时时间测试、权限管理、横向测试、纵向测试、输入数据测试、SQL 注入测试、MML 测试、命令执行测试、跨站脚本攻击测试、GET 方式跨站脚本测试、POST 方式跨站脚本测试、自动化 Web 漏洞、AppScan application 扫描、AppScan Web Service 扫描、Fortify 代码安全规范检查、app 安全检查、绿盟安全扫描测试；方案具备备份、恢复机制可靠性。

安全防护措施如下图所示。

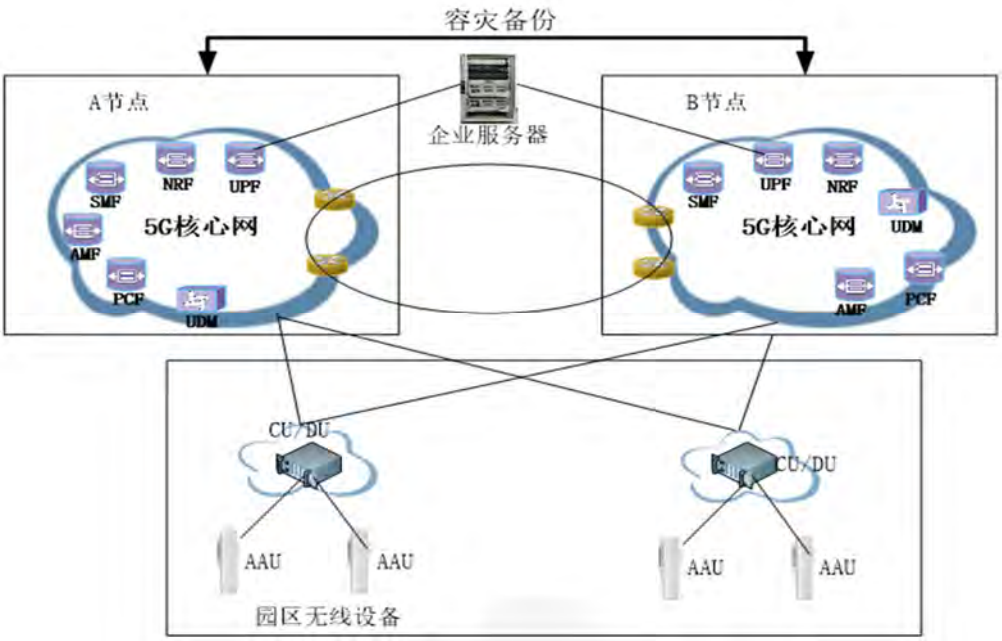


图 6-7 安全防护措施

3.5 技术先进性

3.5.1 大数据、机器学习技术驱动工业数据分析能力提升

工业互联网带来工业数据的爆发式增长，传统数学统计与拟合方法难以满足海量数据的深度挖掘，大数据与机器学习方法正在成为众多任务业互联网平台的标准配置。Spark、Hadoop、Storm 等大数据框架被广泛应用于海量数据的批处理和流处理，决策树、贝叶斯、支持向量机等各类机器学习算法，尤其是以深度学习、迁移学习、强化学习为代表的人工智能算法，正成为工业互联网平台解决各领域诊断、预测与优化问题的得力工具。该项目大数据实时计算平台专为海量数据实时处理而构建的提供基础计算能力的服务平台，从全流程的实时计算体系的角度看，整个 TRC 由核心的平台支撑层和扩展的应用层构成，支持流式数据的实时处理和分布式计算框架。随着数据量的增长，可以通过线性扩展方式实现计算性能的线性提升。该框架可以实现低延迟响应，可以支持以 SQL 的方式提供计算服务，屏蔽流式计算中复杂技术细节，主要应用于实时数据仓库、实时 BI 报表及实时在线计算等场景。

3.5.2 基于边缘计算的信息物理系统（核心物联网平台 CorePro）

无论是工业 4.0、工业互联网、还是中国制造 2025，其实质都是以 CPS 物理信息系统为核心，通过信息化与生产设备等物理实体的深度融合，实现智能

制造的生产模式。对企业来讲，将贵重的数控设备、机器人、自动化生产线等数字化设备，通过 OPC/PLC/IO/COM 等技术实现的设备联网、数据采集，无缝的链接生产设备、软件系统和操作人员，实现数字化生产设备的分布式网络化通讯、程序集中管理、设备状态的实时监控等。

作为边缘计算的具体表现形式，工业 CPS 在底层通过工业服务适配器，将现场设备封装成 web 服务;在基础设施层，通过工业无线和工业 SDN 网络将现场设备以扁平互联的方式联接到工业数据平台中;在数据平台中，根据产线的工艺和工序模型，通过服务组合对现场设备进行动态管理和组合，并与 MES 等系统对接。工业 CPS 系统能够支撑生产计划灵活适应产线资源的变化，旧的制造设备快速替换与新设备上线。

4 成功案例

基于富士康云平台 BEACON 的 5G+刀具智能生产应用成功实施，使智能系统的分析，优化产品设计方案，从而缩短开发周期30%以上；对可能出现的不良情况进行预警，从而实现设备稼动率提升 10%，直通良率提升至 99.5%，资源综合利用率提升30%；降低生产现场对人的依赖，实现自动调机、自动化生产、无人化工厂，减少现场操作人员 50%。

表 6-1 项目实施前后效果对比表

对比项	项目实施前	2017 年实施情况	2018 年实施情况
自动化	项目实施前，平均每台设备需要 1 人操作，产品的运输、上下机等都需要人员操作。	完成了产品的上下机自动化改造，采用机器人代替人工，从而节省 20%的人力。	实现车间无人化
设备补偿调整	加工过程中的补偿调整需要人工根据测量数据及经验手动输入。	完成数据采集模块的开发，并全面投入使用，用于收集加工、测试机台数据。	核心工艺智能制造系统自动根据系统中的测试数据结合智能分析对不同机台分别实现自动补偿调整。

设备维护	定期维护或设备出现明显异常时才停机维护。	收集并分析设备需要维护前的状态，完成了振动传感器的安装。	不定期维护，维护时间取决于智能主轴及振动传感器的监测情况，提前维护。
测试	人工测试，并且人工记录、分析测试数据，判断过程存在主观性。	确定了智能刀把的研究方向，明确了智能刀把的技术参数。	智能刀把自动记录测试过程，智能制造系统自动分析出测试结果。
部门协同	需要纸质档签核，无法监控各检核段得工作效率，且不利于系统化管理。	完成了网络办公改造，实现了全部业务文件的数字化。	电子化流程，KPI智能管理。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业智能应用案例

编写说明

当前，新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑国家间竞争格局，以人工智能、5G 为代表的新一代信息技术连锁突破，与先进制造技术加速融合并大规模应用，不仅正在或将催生一批新的先导产业，而且将从根本上改变传统产业的技术基础、组织模式和商业形态。

人工智能是新一轮信息技术与制造业融合发展创新最活跃、交叉最密集、渗透性最强的领域，正在成为推进供给侧结构性改革的新动能、振兴实体经济的新机遇、建设制造强国和网络强国的新引擎。习近平总书记高度重视我国人工智能的发展，发表“加快发展新一代人工智能是我们赢得全球科技竞争主动权的重要战略抓手”的重要论述。近年来，有关工业智能技术创新日趋活跃，我国在工业领域也开展了较为广泛的智能应用探索，已形成数十种细分场景。为进一步贯彻十九大报告关于“加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合”的重要精神，明确人工智能技术在工业制造领域的典型应用场景、落地推进路径等重点问题，推进制造强国建设，我们开展了人工智能在工业制造领域的典型应用案例遴选工作，并形成了若干典型案例。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

1. 案例一：六国化工磷化工行业“工业-环境大脑”项目

1.1 项目背景

六国化工是国家重点发展的大型磷复肥生产骨干企业，设立于 2000 年，现总资产 64 亿元，年销售收入 60 亿元，拥有 350 万吨/年化肥产能。

作为传统化工企业，六国化工在核心工艺磷酸萃取环节的萃取效率提升上遭遇瓶颈，主要有以下痛点：

第一，工艺突破难。磷酸提取流程涉及众多环节，从矿石的品位到磷酸的萃取过滤等，各种因素都会影响到最终磷提取的效果好坏，单凭人工经验，磷酸的萃取率难以得到有效突破。

第二，稳定控制难。生产过程中控制不稳定将带来生产波动，造成经济损失。

第三，环境保护难。磷矿石资源是不可再生资源，需对其利用最大化，减少浪费，同时降低辐射性磷石膏废渣的产生量。

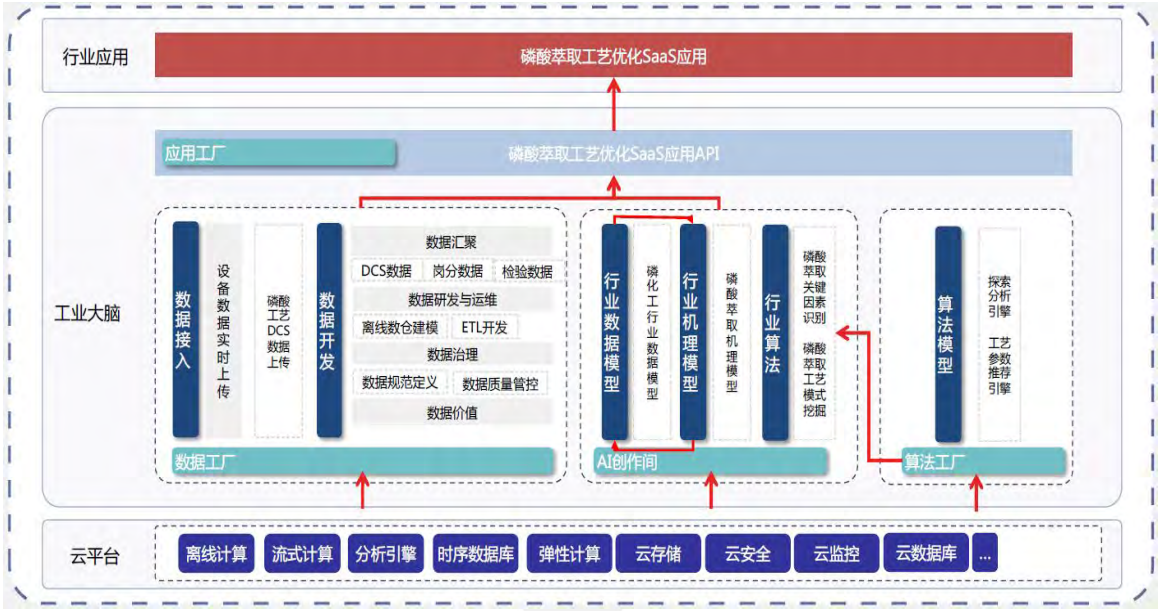


磷酸萃取效率主要影响因素

1.2 项目实施

针对上述问题，六国化工与阿里云合作，开展磷化工行业“工业-环境大脑”项目，核心思路是以生产数据为核心，将数理能力与行业机理深度结合，在数据中找到突破效率瓶颈的钥匙。

阿里云-六国化工磷化工行业“工业-环境大脑”项目技术架构图



项目实施过程，具体拆分为以下几步，

1、利用磷酸萃取生产过程数据、原材料数据等，建立磷转化率预测模型。

2、通过数据关联建模分析，分析定位出不同环节影响磷提取率的关键因素。

3、通过历史和实时数据进行模型准确性验证。基于模型反向输出协调控制和优化执行动作，在提升磷酸收率的同时，提高生产稳定性。

4、业务人员结合实际生产经验进行生产调整，最终实现提高磷提取率的目标。

1.3 实施效果

在人工智能与大数据技术的加持之下，六国化工的磷酸萃取率平均提升 0.79%（最高提升 1.2%），每年可带来直接经济效益 600 万元，节约磷矿石资源 6000 吨、减少磷石膏固废排放 10000 吨。

2. 案例二：基于机器视觉和数据挖掘技术的水泥智慧工厂

2.1 项目背景

红狮集团是国家重点支持的十二家全国性大型水泥企业之一，是中国企业500强、中国民营企业500强和中国最大民营建材企业。

集团正处于高速发展期，各分厂普遍存在生产管控信息化水平低、巡检靠人工、效率低下、能耗大、设备维护困难等问题，制约企业的发展。

2.2 项目实施

1）总体实施思路与架构

预期目标：

序号	生产领域	效果预测
1	车间组织人员	每车间减少2人以上
2	产品质量	产品合格率提升3%以上
3	能源管控	余热发电量提高3%以上，生产电耗降低1%以上

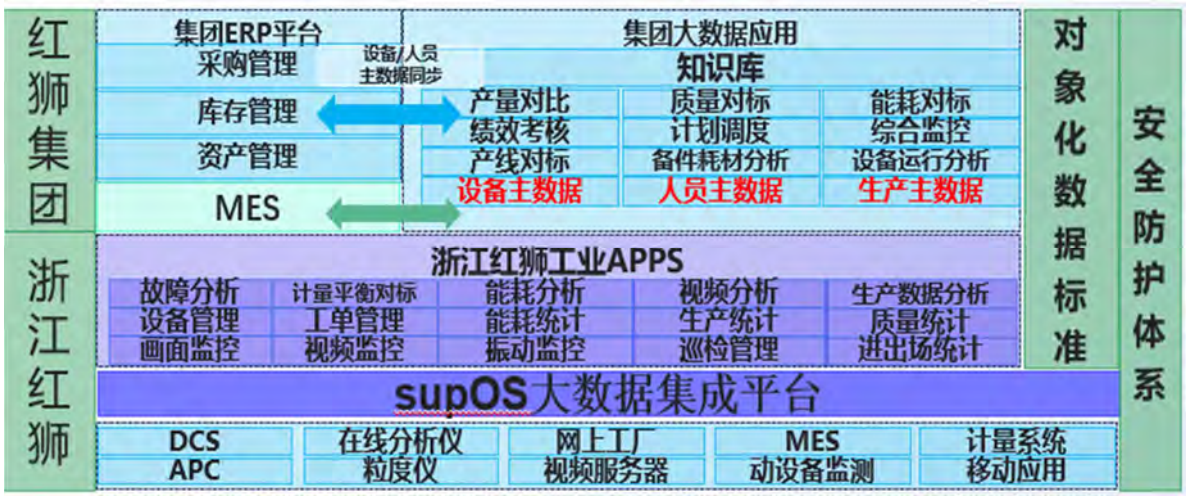
工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

实施思路：

方案采用 supOS 平台作为红狮集团各个分厂的生产管控平台，以 ERP、MES、EAM 的基础数据作为主数据，搭建多维度的工厂模型，对接 ERP 的人员、组织、岗位，EAM 的设备、附属设备、备品备件及 MES 的生产、质量以及能耗等基础数据，并对厂区的 DCS、PLC、视频及各个智能仪表、仪器进行数据实时采集。融合多维工厂模型框架黏附工厂在生产管理过程中产生的业务数据及生产运行过程中的实时数据，通过机器视觉技术对工厂在生产过程中进行实时监测、分析、预警并作出辅助性决策；通过海量的生产工艺数据及质量数据，利用大数据技术实现对水泥成品强度的预测以及对产品相关质量指标的软测量；通过专家系统提升余热发电量，降低生产能

耗，达到节能减排增效的目的。

实施架构：



2）应用场景与技术方案

（1）机器视觉：



皮带跑偏



下料口皮带断料



进料口堵塞

输送带是水泥厂解决物料转移的通用手段，存在许多异常工况，比如输送带跑偏、断料、进料口堵塞等。靠人工巡查发现这些异常存在漏检、低效率、高成本等缺点。通过机器视觉的方案对现场的高清视频码流智能分析，对生产视频实时分析，及早发现异常情况，预警并通知工作人员，减少非常正常情况的停产时间，无需人员周期巡检。

方案运用了包括特征检测、模态分析、聚类、分类、运动估计、跟踪和测量等技术。其中特征检测既包括基于深度卷积网络和监督学习的方法，也包括传统的基于设备运行机理的特征设计和传统视觉算法的方法。采集到特征，还需要利用模态分析、

聚类、分类等大数据和机器学习的方法建立设备运行的模型。在模型的基础上，结合摄像头采集的设备图像，再运用运动估计、跟踪和测量分析出设备工况的变化态势，就能够实现工况的实时检测报警、乃至预测性维护的目的。

（2）专家系统：



水泥抗压强度是确定水泥强度等级和混凝土质量等级的依据，但是胶砂抗压强度检测周期长，需要 28 天，水泥抗压强度检测的滞后性，严重影响了水泥混凝土生产、施工质量控制和进度。

影响水泥抗压强度的因素很多，比如矿物组成、数量、化学 成分、熟料的烧结状况、熟料矿物晶体的晶型。supOS 大数据分析平台，充分考虑水泥抗压强度的相关影响因素，选取 Loss、SiO2、Al2O3、Fe2O3、CaO、MgO、FCaO 等多组水泥熟料化学成分因素，收集红狮水泥多条生产线近 2 年的历史检测数据，利用机器学习和数据挖掘技术，建立水泥抗压强度预测模型，实现对水泥抗压强度的提前精准预测，提升产品的合格率。

2.3 实施效果

1）每生产车间可减员 2-3 人

2）水泥成品质量合格率提升 3.2%

3）余热发电量提高 3.5-4% (2018 年全年发电 12885 万度，提升 3.5%，按每度 7 毛钱算，产生经济价值 300 万)

4）全厂生产电耗降低 2%（2018 年全年发电 37019 万度，提升 2%，按每度 7 毛钱算，产生经济价值 500 万元)

3. 案例三：基于人工智能技术的风力发电场远程集中控制系统

3.1 项目背景

光耀电力为新能源“智慧工厂”整体解决方案的技术供应商。如何利用人工智能技术提升发电量是长期困扰公司的痛点。

3.2 项目实施

1）总体实施思路与架构

项目预期目标

通过实施大数据技术和人工智能技术，对风电机组功率再弥合、再优化后提升有效发电小时数，同时减少发电运营成本。

实施路线与架构

1、利用大数据技术，校核风机实际切入、切出风速；

2、大数据技术实现风机自动启停与节能方案；

3、大数据分析技术，时时监控风机启停对部件损耗；

4、利用大数据技术对超短期、短期和长期功率预测，调整发电区间；

5、大数据技术，分析引起风机性能下降的因素及因素关联度；

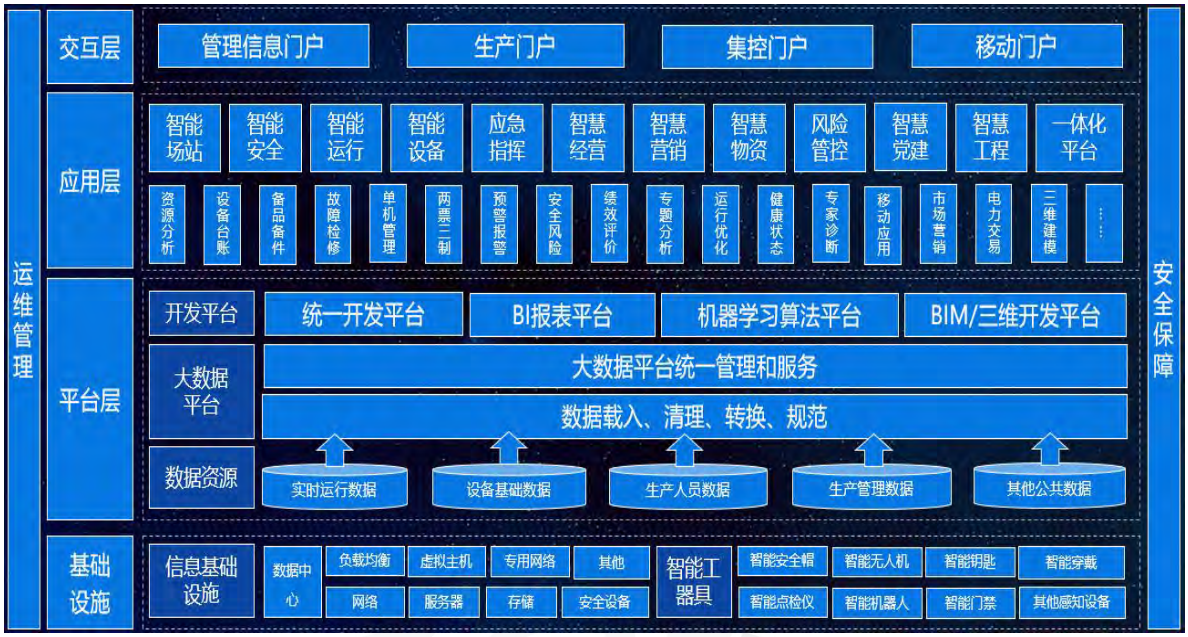
6、基于人工智能技术对风机报警智能判定与故障分析；

7、利用人工智能技术中模糊数学技术对风机健康判定；

8、利用人工智能技术完成风机备品备件的智能管理

9、利用人工智能技术完成风机预警模型与神经网络应用

10、利用人工智能寻优模型与技术，监督风机自学习习惯，提高设备运行准确率与召回率。



2）应用场景与技术方案

应用场景和领域。

历时 10 年，公司在新能源领域发电设备管控、人员认证、数字资产、环境安全等多个方面取得重大技术创新与突破，其应用场景包括基础风电场群发电数据收集、区域管理公司发电数据管理、中央集团公司发电投资决策管理等。历数 10 年服务历程公司已服务过的风力发电机总数有 12000 台，大约 350 个风场，市场占有率大约为 17%。

技术实施方案

在利用人工智能深度学习技术提升发电量方面

从风电机组实际运行数据反映的风电机组功率输出与多种不确定因素的复杂关系中找出风机的实际输入数据（控制参数）和输出数据（功率输出），挖掘两者的非线性关系。以均方误差最小为目标，建立基于神经网络技术的风电机组功率函数，以输入层、隐藏层、输出层等神经元构成该前馈神经网络，根据输入层中的风电机组控制参数和当前风速，经过各类判断与学习，通过各类学习算法确定神经网络的各类参数了，给出当前风电机组功率输出情况。

在风电场发电机组风功率曲线研究中，将数据分段求解得出风机功率的概率密度

函数，再利用最小二乘法、高斯矩阵消元法来拟合出散点的功率曲线，即拟合功率曲线对风电机组投运数据进行计算，同时，通过（同期、同比月份）、全年、投运全部数据等三个维度针对当前机组进行功率曲线的拟合分析，将多种维度拟合结果，再根据数学算法进行二次计算，得到更为准确的实际功率曲线的拟合结果，利用优化的单机实际功率曲线，在功率预测上、控制策略优化上、损失电量计算上、切入切出风速计算等多领域得到广泛应用，用以提高风电场发电量效率。并形成自主知识产权 15 项。

3.3 实施效果

通过使用自主研发的断点续传技术，强化数据采集维护显著提高了生产实时数据采集质量；利用风电场发电机组风功率曲线研究结果，指导发电优化作用控制策略、减少损失电量、优化切入切出风速，提高风电场发电量效率。通过服务中国国电集团电新能源公司，其宁夏风电场发电量由 2017 年 106563 万度、增长到 2018 年 118840 万度，提高发电量 12277 万度，提高发电量 10%以上。发电量明显提升，发电销售收入净增加 3%以上，项目全年间接带动销售收入 2.5 亿元。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

4. 案例四：基于人工智能的输电线路机器巡检前端智能分析技术研究

4.1 项目背景

鲲云科技是一家高性能人工智能芯片公司，由定制计算芯片领域的国际权威、英国皇家工程院陆永青院士、牛昕宇博士和蔡权雄博士等联合创立，致力于提供下一代人工智能计算平台，为物联网前端、边缘和后端服务器设备提供高性能、低功耗、低延时的人工智能解决方案。

鲲云科技面向物联网前端、边缘端的核心产品“雨人加速卡”搭载于无人机前端设备实测可达 90%以上的芯片理论峰值性能，延时低至 5 毫秒，具高性能、低功耗、低延时特性。无人机机载人工智能计算平台目前已在电力无人化巡检领域广泛展开应用。

架空输电线路是电网的重要组成部分，为了保障电网安全可靠的运行，需要对输电线路进行定期巡检。随着科技手段的提升，无人机巡检逐渐成为发展方向之一。然而面对海量的巡检目标，机巡作业面临全新的挑战。

目前，无人机巡检拍照主要依靠工作人员手动操作，而巡检目标物较多，需要手动操控无人机云台进行拍摄，另外，拍摄照片的质量受人为因素影响较大，容易产生部分的无效数据，增加后端数据处理的任务量。

4.2 项目实施

1）总体实施思路与架构

（1）预期目标

实现基于人工智能技术的电力无人机智能巡检、数据采集，为后端系统提供高质量的图片数据，提高巡检效率，降低巡检工作量。

（2）实施思路

通过研究适用电力无人机巡检的目标检测深度学习算法，开发适用于低功耗、低

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

载荷限制的无人机机载人工智能计算平台，研究机载人工智能计算平台与无人机系统的集成技术，提出机载人工智能计算平台与无人机的交互方案，以实现电力无人机巡检的目标智能检测识别、云台自动调整对目标部件逐个拍摄，提升巡检效率。

（3）实施架构

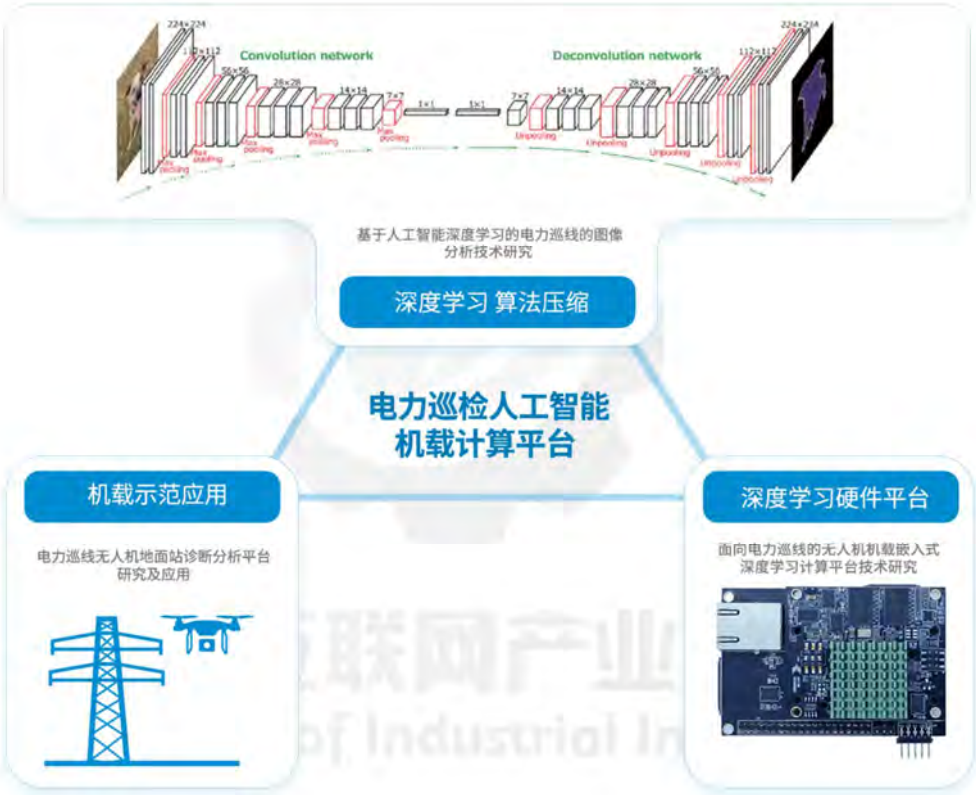


图 1 电力巡检机载人工智能计算平台

2）应用场景与技术方案

（1）应用场景和领域

参考于《工业智能白皮书（2019）》，该工业智能应用其细分应用场景属于设备运行优化，其应用领域属于生产管理优化中的安全风险分析。该应用可实现支持以下应用场景：

① 高压线路违章建筑检测：检测在高压线路附近出现的施工工地；

② ②高压塔鸟巢缺陷检测：检测在高压塔中的鸟巢目标；





③输电线路部件检测识别：检测在输电线路中的绝缘子、三角板、防震锤等；



基于相同的网络结构，通过使用不同的目标图片对模型进行训练可以拓展更多应用，可广泛应用于林业、城市监管、水利、近海岸地形测绘、地质灾害调查、国家安全等遥感遥测领域。

（2）技术实施方案

通过对比不同的物体检测算法，该案例采用适合电力巡检无人机的物体检测算法，满足高精度、高回归率、低延时的需求，对目标物进行实时检测识别并反馈目标物的位置信息；

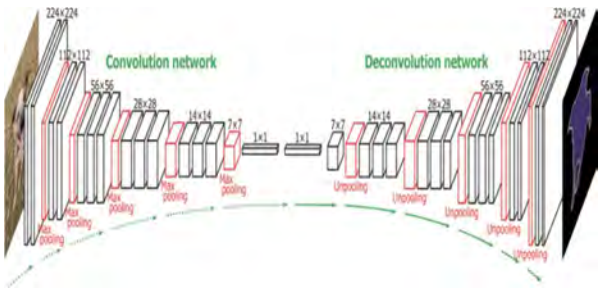


图 2 网络结构示意图

基于 FPGA 的人工智能计算平台的高性能 AI 推断加速能力，为电网深度学习网络的实时计算提供支持。另外，计算平台体积小、质量轻、功耗低，能很好的嵌入到无人机机载端，实现无人机机载端的人工智能计算；

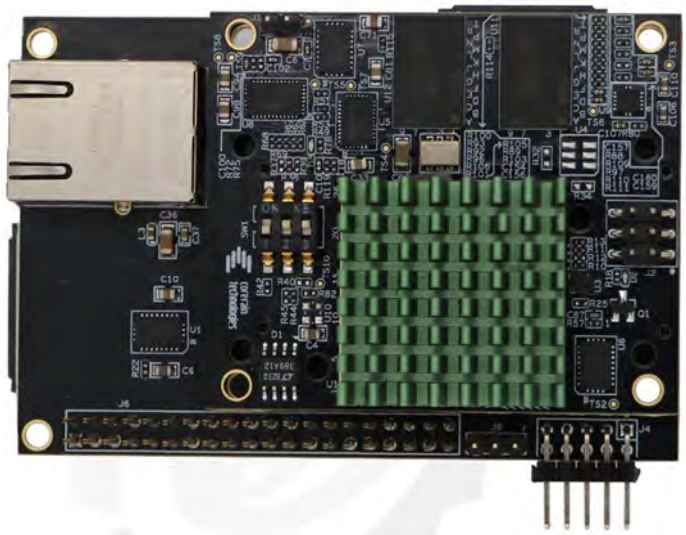


图 3 鲲云“雨人”加速卡

提出不同环境下机载人工智能计算平台与无人机的交互方案，研发电力巡线无人机云台自动控制系统，实现针对电力巡线目标的自主云台调整及拍摄，提高图片数据质量，提升巡检效率。



图 4 鲲云“雨人”加速卡嵌入电力巡线无人机

4.3 实施效果

支持基于人工智能技术的电力无人机智能巡检、数据采集，克服人工控制、无线传输半径等限制，提高巡检数据质量及巡检效率。具体如下：

1）巡检无人机能对输电线路部件（包括绝缘子、三角板、防震锤等）进行自动检测定位并精准拍照。相较于传统的人工操控无人机的图片数据采集方式，其基于人工智能技术的智能巡检和数据采集有效保证了所采集数据的质量；

2）自主云台调整拍摄，摒弃手动操作的方式，有效降低了单塔巡检时间，提高无人机单次巡检范围，提升了输电线路巡检效率；

3）后端运维人员对数据进行分析时，无效数据明显减少，无需进行数据筛选，大大减少工作量，提高人效。

综上，相较于传统的人工操作的方法，该应用大幅降低电网运营维护成本，提高输电线路巡检的自动化水平，并可推广应用至林业、城市监管、地质灾害调查等领域，实现后续人工智能技术的规模性应用推广。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

5. 案例五：基于深度学习的汽车装配在线检测案例

5.1 项目背景

简易科技定位为智能制造服务、系统与解决方案供应商，为持续提升效益提供信息化手段、工具、平台和服务，达到为客户提升效益和质量的目标。

项目解决的痛点：1、企业检测成本高，部分或全部取代人工检测；2、产品实时在线全检代替离线抽样检测，提高产品检测效率。3、产品质量检测的自动化、智能化。

5.2 项目实施

1）总体实施思路与架构（300 字以内）

预期目标：

-完成汽车零部件产品质量在线检测系统开和设计；

实施思路：

吸收国外先进的科学理论和技术，借鉴行业发展的最新成果。发挥企业技术人员的攻关能力，针对企业 的需求和痛点，展开技术攻关，通过大量的分析和研究不断升级迭代，完善了解决方案，形成了本公司的专利技术。

实施架构

第一阶段：

组织与计划：完成项目的立项、项目组织的建设、项目启动等工作。

系统规划：主要完成需求调研，形成系统的业务蓝图。

第二阶段：

系统研发：完成系统软、硬件开发，系统的测试。

上线准备：主要完成上线前的各种准备工作。

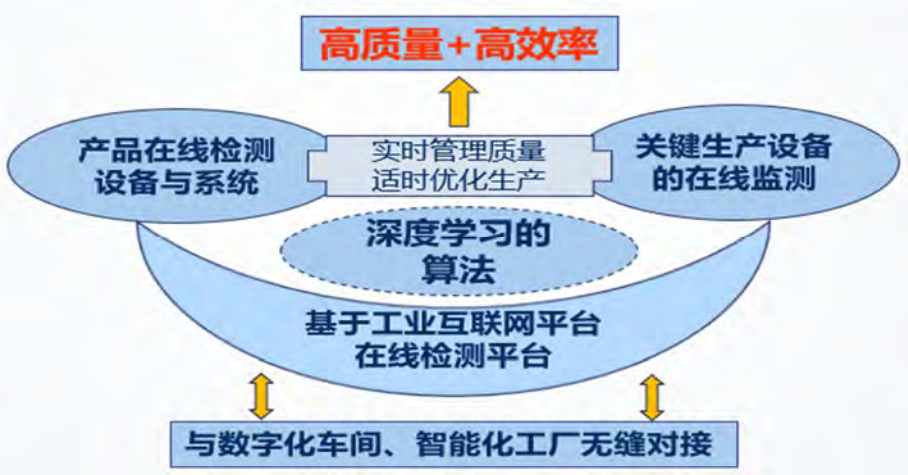
第三阶段：

系统上线：主要完成系统的正式运行，完善系统运行。

第四阶段

在业内树立良好的企业形象和信誉，形成自己的服务品牌，实现产业化。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet



2）应用场景与技术方案（400 字以内）

领域：工业，主要针对汽车制造业

本项目重点围绕质量检测需要的数据采集、数据传输以及数据处理和比对等主要环节。采集生产线电压、挤胶压力、冷却温度、牵引速度、运转速度等数据，数据流量约为 1MB/s。通过千兆高速有线传输网络，传输至大数据计算分析平台。同时采用 4 部工业摄像机对生产线末端输出机的成品进行图像拍照，每部摄像机的数据流量最大为 29.5M/s，四部摄像机的数据流量为 118M/s，每天产生的图像数据量约为 3T ，也采用千兆有线网络进行传输。经过在线质量实时判决系统分析对比，将对比分析结果数据传输至大数据计算分析平台，结合生产线采集数据进行智能决策分析。随着对存储量不断增加的数据进行挖掘分析，生成产品质量发展趋势预测和生产线状态预判，降低生产废品率，缩短生产周期，提高企业的生产管理效率。

场景：

自动化冲压产品检测：级进模冲压线异物掉入及料带拱起智能监测

检测指标：

异物的最小当量直径为 3mm；

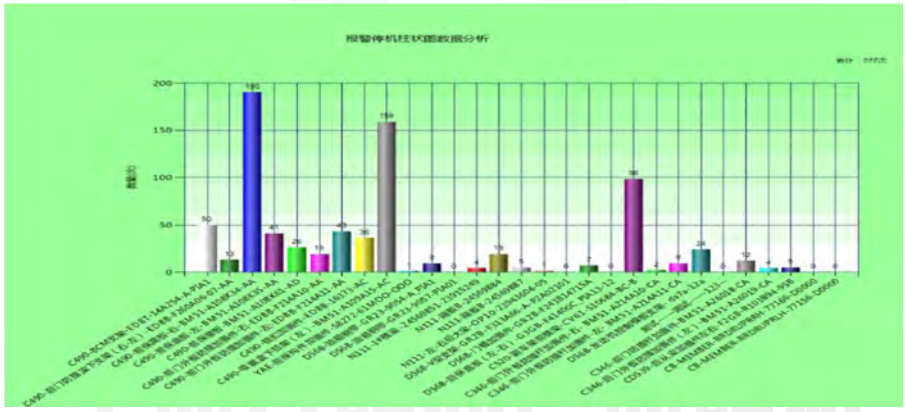
料带拱起的最小高度为 20mm；

系统从监测到异物或拱料到机床停机最大时间为 200ms；

系统每秒采集处理 40 张图片，完全满足级进模机床的最大冲压频率 60 冲次/min；

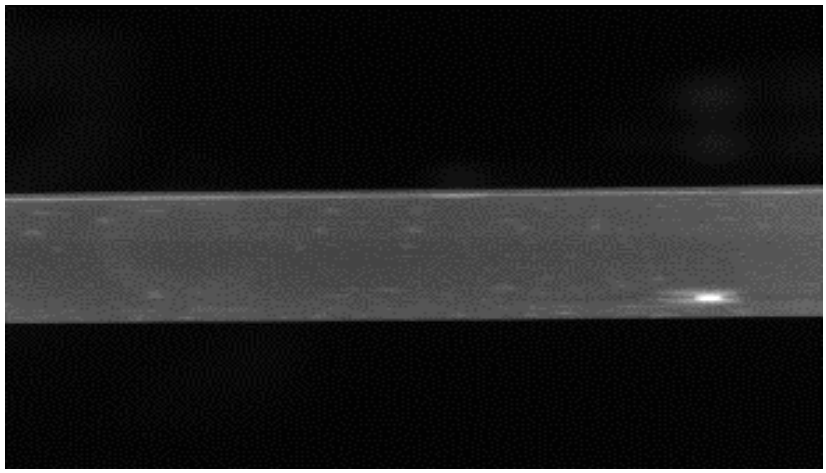
多产品数据智能分析，防止质量及安全事故发生。

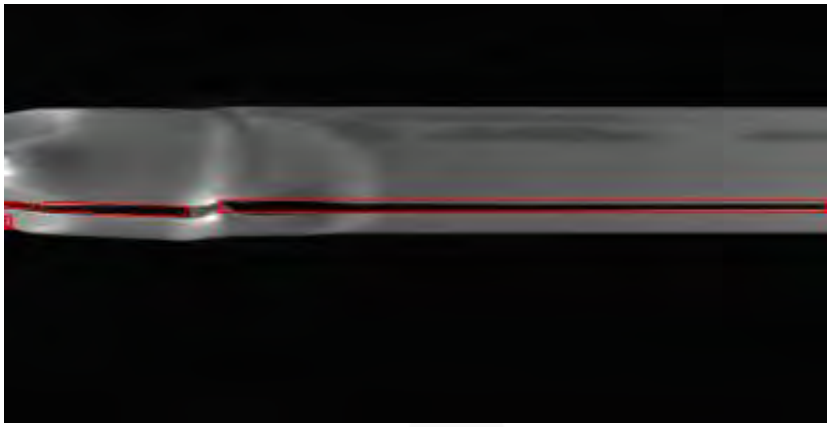




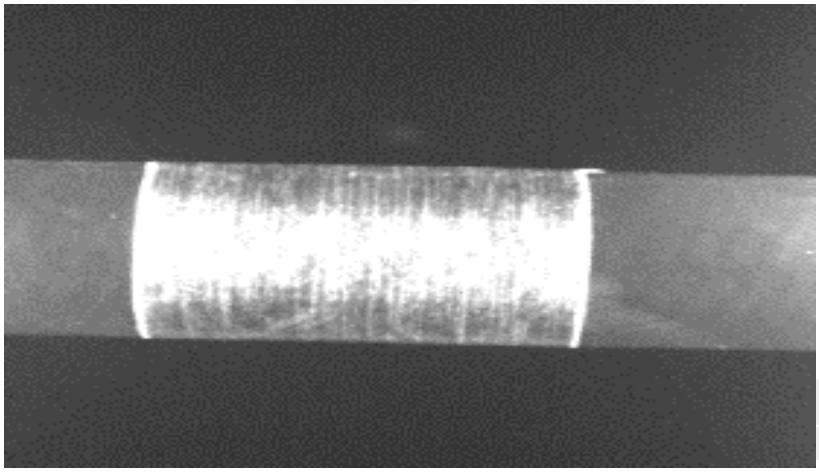
胶管表面缺陷监测

检测到的凸点





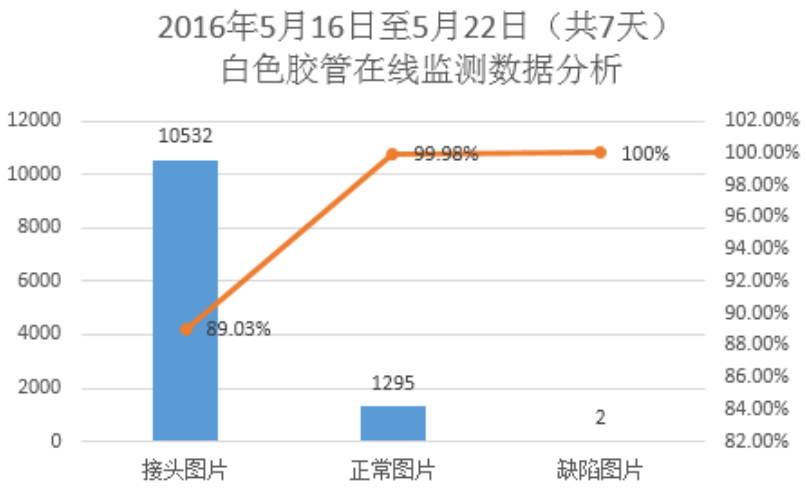
测到的划缝

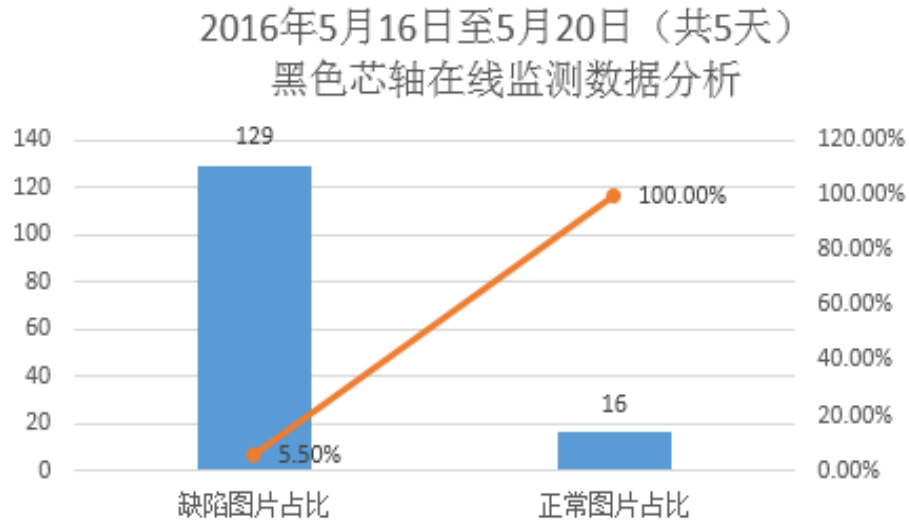


铝箔标记

Alliance of Industrial Internet







5.3 实施效果

项目实施对客户的经济效益提升较大，根据我们的客户测算，为凌云工业提升的效益如下：

效率提升，设备全局效率由 65%提升到 70%；

质量提升，合格品率有原来的 95%提升到 98%；

检测方式，有原来的抽检改为全检，对产品质量的全面把控；

减少了检测人员，每条线减少 2 个人日，合计减少 10 人年；

成本降低：人员成本和管理成本降低，废品数降低；

由于建立了监测平台，有助于优化生产和管理。

6. 案例六：东华水泥“工业大脑”项目

6.1 项目背景

当前，制造业普遍面临着人工成本上涨、能源成本上涨、环保重任艰巨等挑战。水泥行业作为能源消耗大户，面临两大核心痛点：

1） 煤和电的成本占水泥成本的40%-70%，节能降耗、减少污染排放是重要课题；

2） 由于原料、燃料、工况波动大，水泥行业始终无法实现高度自动化和智能化生产，生产质量和能耗水平严重依赖于人工经验。

水泥产线的核心工艺高度相似，生料磨、回转窑和水泥磨组成的“两磨一烧”环节是每条产线的标配，也是能耗最大、最依赖人工操作的环节。聚焦“两磨一烧”的工艺优化和自动控制，是解决水泥行业之痛的有效路径。

东华水泥与阿里云工业大脑展开合作，在水泥行业率先落地首个水泥工业大脑项目，推动东华水泥实现数字化、智能化的升级转型。

6.2 项目实施

东华水泥“工业大脑”项目主要着眼两个方面的提升，

1） 将东华在水泥生产运营过程中所产生的原材料数据、生产过程数据、品质数据、能耗数据等进行整合，消除信息孤岛，把数据变成资产；



2） 运用这些数据资产建立能耗优化模型，并在不断的实验当中，融合工艺专家经验，对算法进行调优，最终投运到产线控制当中，帮助东华水泥在生产中节省能耗。

在具体的实施过程中，主要对“立磨机”、“回转窑”环节作重点击破：

1.“立磨机”环节：

将大块的石灰石、煤矸石（挖煤后的石头废料）、铁质原料等原料，粉碎成为石头份。在这个环节有大量的电耗。阿里云工业大脑可以实现“自动驾驶”，根据实际情况代替工控员实现对生产线的控制，达到降低电耗 2%，工控员只需要监控异常工况即可。

2.“回转窑”环节：

石头粉和煤粉经过对冲，充分燃烧，在 1400 高温下产生化学反应，生成水泥熟料。在这个环节有大量的煤耗（煤粉消耗），阿里云工业大脑同样实现“自动驾驶”，根据实际情况代替工控员。

6.3 实施效果

东华水泥每年的单产线耗电量高达 8 千万度，耗煤量高达 20 万吨标煤。通过工业大脑搭建“综合能耗优化模型”，有效帮助东华水泥实现综合能耗降低 2.13%，产生百万元的直接经济价值。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

7. 案例七：攀钢钢铁大脑

7.1 项目背景

攀钢希望能够以工业大脑技术为载体，以积微物联为平台，挖掘钢铁运营、生产过程中的数据价值，实现传统企业弯道超车的愿望，有效提升攀钢集团的行业竞争力。

经过攀钢业务工程师、积微物联技术团队与阿里云工业大脑团队数据专家的多轮讨论与实地现场考察，基于数据采集难度、项目风险性与收益等综合因素考虑，最终决定从两个场景入手：从冷轧板的表面检测与炼钢脱硫工艺优化两个场景着手工业智能的尝试。

项目痛点：

1）脱硫是钢铁生产过程中的一个重要环节，旨在降低铁水中的硫含量。而脱硫环节由于扒渣带铁（脱硫剂反应后产生的脱硫渣中含大量的铁）会带走大量金属料。经测算，每个炉次（以 220 吨计）的脱硫渣量均值为 5 吨，脱硫渣中铁损占比约为 40% - 55%，假设经过参数推荐优化后能将脱硫剂的加入量降低 10%，理论上测算可降低钢铁料消耗 0.8-1kg/吨钢。

2）冷轧钢带经过轧制、热处理等连续加工工艺后会形成长约千米的钢卷。在表面检测环节，质检员通常会在短短 5 到 10 分钟内，识别出少则十几个，多则上百个的缺陷，并在表检仪（表面检测设备）扫描完毕的 30 秒之内给出表面等级、分选度、主缺陷和是否合格等判定。检查人员长期从事的高强度、重复且又枯燥工作性质决定了其过程输出的稳定性难以得到保证，同时，检查人员在对产品标准的理解和把握上存在个人经验差异势必也会造成判定水平高下、参差不齐。最终导致的结果则是客户的使用体验与满意度变差或者质量成本提升，无疑，这些都构成企业巨大的隐性成本损失。

7.2 项目实施

1)总体实施思路与架构

1.对于炼钢脱硫工艺优化场景：通过分析建模，优化脱硫环节工艺，推荐最优的

脱硫剂加入量，提高脱硫剂利用率，降低脱 硫环节的铁损。

2.对于冷轧板的表面检测场景：面向钢铁行业冷轧板材的表面质量检测场景，构建表面质量自动判定模型，辅助人工判断产 品缺陷，降低人工依赖性、提高判定准确率。

2)应用场景与技术方案



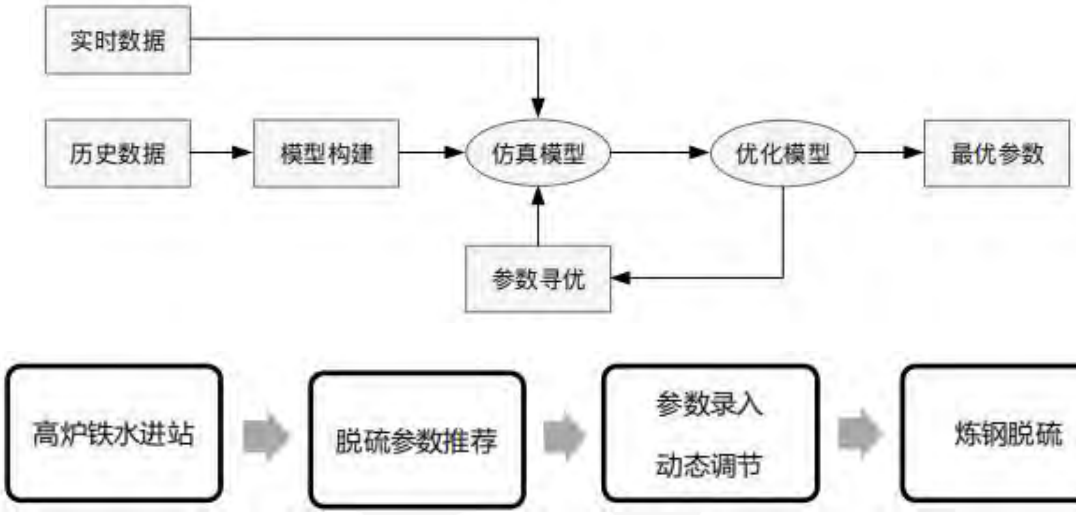
1.炼钢脱硫工艺优化场景：

采集脱硫工序流程数据，通过建模分析获得脱硫工艺优化的关键因子，结合专家知识，依靠 脱硫仿真模型与参数寻优模型寻找最优参数。

• 仿真模型：基于历史数据与实时数据，构建脱后硫预测模型。通过结合脱硫剂加入量、 喷吹速率等十多个关键参数，模拟脱硫全过程，预测出脱硫后的硫含量，并配合参数 优化模型，检验不同组参数的合理性及有效性。

• 参数寻优模型：结合机器学习与老师傅在工业控制上的经验，识别脱硫过程中的关键 因子（对脱硫结果影响最大的参数），包括钝化镁加入量，钝化石灰加入配比，平均流量，喷吹时长等，通过参数寻优模型识别参数间的最优关系。优化模型提供的多组优 化参数再回归到仿真模型中进行反复验证与优化，最终得到最优参数 – 即在

满足脱硫效果的前提下，达到最小脱硫剂加入量的那组“配方”。



2.冷轧板的表面检测场景：

首先，表检仪将非结构化数据（图片信息）结构化，将几千种产品外观缺陷归纳为 60-70 大类，例如：平整斑、翘皮、擦伤、压印、麻点、气泡等。 其次，表检数据结合 MES 数据输入到模型中进行训练，通过聚类算法、规则引擎（含用户需求识别的自学习重构功能）、缺陷严重程度量化模型等深度学习技术，对轧钢分级最初步判定。最后，再结合人工的进一步确认得出最终判定结果。



7.3 实施效果

对于炼钢脱硫工艺优化场景：铁水进站后，脱硫优化模型将提取相关数据将进行参数优化计算。脱硫操作人员将根据推送 的推荐参数，动态调节脱硫剂的加入量，减少脱硫剂的消耗。

除了脱硫工艺优化场景以外，攀钢钢铁大脑的炼钢工艺优化，还完成了提矾、转

炉、配合金、精炼、连铸等多个炼钢工艺相关模型的建立，实现吨钢生产节约1.28kg钢铁原料消耗，合金成本1.2元/吨的降低。根据实际测算，对年产值 440 万吨钢的攀钢西昌钢钒基地来说，年成本节约约为 1700万元。

对于冷轧板的表面检测场景：算法模型输出的自动定级结果与人工判定结果对比，表判码准确率达 92%以上，分选度准确率达 80%以上。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

8. 案例八：基于人工智能的自动缺陷分类系统

8.1 项目背景

格创东智科技有限公司是 TCL 集团孵化的创新型科技企业，深度融合工业技术与信息技术，依托 TCL 多年制造业积淀，进行制造业场景化复制，在 IoT 平台、人工智能、智能工厂等领域通过项目积累，迅速切入市场，对外输出智能制造产品与解决方案。

深圳市华星光电技术有限公司（简称华星光电）是 2009 年 11 月 16 日成立的行业领先的国家级高新技术企业，产品全线覆盖大尺寸电视面板和中小尺寸移动终端面板。

华星光电 9 年以来累计投资超千亿，拥有 5 座高世代面板厂，且在持续升级显示技术。从早期的窄边框、超薄、曲面，到现在的柔性、量子点和 8K，产品的种类越来越多，品质要求越来越高，与此同时市场变得短周期化，对于客制化的要求与日俱增，这些挑战都需要企业转变传统的制造思维，通过引入智能制造技术，升级智造水平来保证高效率低成本的运作。而这一项目正是双方共同探索人工智能在工业检测领域及工业互联网中应用的成果。

8.1.1 项目痛点

在液晶面板生产制程中，因为环境、工艺、设备等因素影响，会在不同制程段产生多种缺陷，各制程段 AOI 设备会锁定缺陷进行拍照，但是 AOI 无法对缺陷进行自动分类。过往的做法是由人工根据规则和经验对缺陷进行分类判定，然后再根据缺陷类型，决定该片玻璃是送去返工，重制还是报废。华星光电当前量产的每个工厂都有缺陷判定站点超过 20 多个，每个站点每天判定的图片量约 1-2 万张，采用人工分类的方式会造成以下几类问题：

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet



图 1：制造业视觉检测痛点

- 图片数量巨大且人工判定耗时较长，造成生产周期增加。
- 人力成本高企，企业需要雇佣大量人员 7*24 小时轮班工作，以配合生产。
- 人工检测的一致性低，误判高，且人工判定的准确率易受个人经验和状态影响
- 员工培训周期长，缺陷分类的准确度取决于人工的经验积累，新员工无法立刻上手。
- 工作内容单调重复，员工稳定性差，流动率高。
- 人工抽检无法覆盖到全部产品的缺陷图片，工作效率得不到保障。

8.2 项目实施

为了解决以上的问题和痛点，格创东智在华星光电导入了一套基于格创 AI 应用平台的自动缺陷分类系统，将人工智能算法与 AOI 设备结合，通过系统中的图像识别算法以及深度学习算法，对各制程多种类的缺陷图片进行学习训练及建模，开发出具备自主学习能力的检测模型，代替了大量人工，实现了无间断、高精准的缺陷自主检查判定功能。该系统也与生产良率系统对接，实现了自动判定、异常报警、自动拦截等功能。在系统管理平台中，厂商可以自主完成模型训练，模型部署和模型管理，方便后期针对新产品以及新缺陷进行模型扩展和自训。



图 2：应用架构

8.3 实施效果



图 3：自动缺陷分类 VS 人工分类

通过导入自动缺陷分类系统，代替人工完成分类工作，实现了以下目标：

- 缺陷分类站点实现 70%以上覆盖率，90%以上准确率，替代了对应比例的人力投入，并随着训练数据量的累计，覆盖率与准确率都在逐步提升。
- AOI 拍照后快速完成面板中所有缺陷判别，异常拦截提早 1-2 小时。
- 检测站点生产周期缩短 60%。
- 结合高效良率系统，实现了自动判等，自动开单，异常自动报警，自动拦货等功能。

- 仅当前项目范围即可实现人力效益超千万/年，联动潜在效益 300+万/年。

8.4 应用先进性及创新点

该项目是液晶面板行业首个成功将人工智能导入缺陷检测的案例，也是众多行业（铝型材，纺织等）中，为数不多的将机器视觉和深度学习成功结合并落地实施，在工业智能领域上做出探索的项目，具备向多行业推广的可行性。

突破了 AOI 设备的制约，形成了有机结合，弥补了 AOI 设备只能定位缺陷，无法判别缺陷类型的问题。

通过人工智能代替人眼检查的新模式，能够有效解决制造业缺陷检查工序中的高人力成本、低检出效率、人员疲劳度高、辞职流失率高的行业共性难题，能够大幅降低人力成本、显著提升产品品质、提高企业利润。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业区块链应用案例

工业区块链应用案例编写说明

2019 年 10 月 24 日，中共中央政治局就区块链组织第十八次集体学习，习近平总书记强调，要把区块链作为核心技术自主创新的重要突破口，明确主攻方向，加大投入力度，着力攻克一批关键核心技术，加快推动区块链技术和产业创新发展。

区块链作为新兴技术，为制造业在工业互联网的实践提供了创新思路和方法。目前部分工业企业开始将区块链技术应用到工业互联网中。为推动工业区块链基础核心技术研究和行业应用落地，支撑政府决策，促进区块链行业良性健康发展，提升我国工业区块链的国际影响力，工业互联网产业联盟及可信区块链推进计划联合开展工业区块链案例征集工作，并面向全社会公开征集。本次征集共收到 30 余份案例，经评审，汇编录入 3 份具有典型示范效应案例，展示区块链在工业领域的应用。

本汇编由中国信息通信研究院牵头，各案例项目参加单位联合编写。

牵头编写单位：中国信息通信研究院

参与编写单位：国网区块链科技（北京）有限公司、国网宁夏电力有限公司、国网青海省电力公司、深圳前海益链网络科技有限公司、上海聚均科技有限公司、日海智能科技股份有限公司、江苏众享金联科技有限公司

工业区块链应用白皮书案例模板

一、案例题目及单位简介

案例题目：易融云仓物联网+区块链仓库控货系统

聚均科技是聚量集团将物联网技术优势与实体经济痛点结合，创新落地应用的重要平台，是“智能+”战略的落地实践者。聚均科技旗下易融星空平台提出TECH+的生态理念，业内首创物联网技术赋能下的金融服务 TABS。相较于传统的 ABS 依托主体信用风控模式，TABS 充分将物联网技术应用于制造业、贸易企业的产成品交易过程，实现物联网+区块链对交易标的的实时全方位监控，同时通过系统对接和第三方平台数据交叉验证等方式，技术赋能下的 TABS 有效解决了目前市场上供应链金融的诸多风险隐患，全面符合银保监会对供应链金融服务实体经济的最新要求。易融星空通过 TABS 等产品和服务，聚焦解决企业资金周转效率低、应收（应付）账款账期长、融资难、融资贵等痛点，真正助力实体企业降本增效，提升企业生产活力。

二、引言（介绍项目现在的背景）

我国，动产共有 70 万亿的规模，动产贷款量约占动产总量的 60%-70%，但在我国动产融资只有 5 万亿左右，只占到总规模的 7%左右，因为市场、制度、信用环境等多种因素的综合作用，仓库动产在资金方眼中成为了“看不住”、“抢不过”和“处置难”的代名词，中小企业基于仓库动产的“融资难，融资贵”成为了行业痛点。基于此痛点，聚均科技依托于其集团旗下日海智能科技全球领先的物联网手段以及一流区块链团队的“物联网+区块链”黄金组合，推出了易融云仓物联网仓库控货系统这款物联网+区块链的仓库控货产品，通过区块链智能合约的合理设定，雷达、RFID、电子秤等物联网手段以及智能 3D 机器视觉等技术的叠加，解决了仓库“看不住”的现状； 通过对区块链可信的核心优势的利用，以及仓库作业的流程再造，减少了在互不信任场景下抢货的发生；通过区块链上真实数据的智能分析，以及基于交易信用的智能风控体系，提前预警货物风险，规避了“处置难”的风险。通过易融云仓物联网仓库控货系统的应用，极大地缓解了传统动产融资业务中各方的信任危机，为重塑行业信用体系奠定了坚实的基础，真

正意义上为仓库动产赋予了不动产属性，增强其金融场景下的信用度，解决了中小企业在此场景下“融资难，融资贵“的行业痛点。

三、案例情况概述

易融云仓物联网仓库控货系统于 2018 年 10 月发布，其功能主要包括区块链朔源、参数管理、订单控制、库内货物管理等模块功能，通过物联网+区块链+大数据的技术手段，实现交易风险管理、流动性管理以及金融平台对接为一体的仓库控货形态，为仓库内的动产赋予不动产属性。

易融云仓物联网仓库控货系统结合 RFID、雷达、电子围栏、视频监控等多种物联网手段，对仓库操作流程进行合理规划，有效控制仓库内业务操作流程，对风险进行实时分析预警，对关键节点业务数据上链，通过区块链对操作进行登记，通过智能合约控制约定操作可行性，在提升仓库操作自动化程度的同时，通过后台智能数据分析，对货物是否需要控制以及如何控制给出指令，增强仓库内货物参与金融场景的属性。

在运行管理中，聚均科技已成功上线了大屏监控系统，在大屏上实时展现区块链存证数据、库中情况、仓库运行风险、现场操作等，以便对运行情况及库内风险做实时的掌握，大屏系统还对库内数据完整度、仓库货物分布情况，动态变化曲线等进行了统计分析。

四、行业痛点和解决思路

目前，我国物流行业整体运行效率不高，新零售、互联网时代到来，消费者需求从单一化、标准化向差异化、个性化转变；物流科技不断突破，物联网、大数据、区块链、人工智能等现代信息技术成为主流，国家政策也在全方位鼓励物流科技的发展。在我国，动产共有 70 万亿的规模，动产贷款量约占动产总量的 60%-70%，但在我国动产融资只有 5 万亿左右，只占到总规模的 7%左右，动产融资业务的前景在我国异常广阔，商业银行的传统动产融资模式已经无法突破动产融资中的既有风险，要想重新在动产融资领域有所作为，必须有所创新。

针对此行业痛点，聚均科技推出了易融云仓物联网仓库控货系统这款物联网+区块链的仓库控货产品，依托集团旗下日海智能科技股份有限公司（002313）

所提供的全球领先的物联网手段，完成仓库安全智能控货的目的，并以此物联网手段作为数据抓手，通过区块链登记参与方关键节点数据，保障了数据的真实性，通过智能合约对关键操作节点进行把控，将整个业务的过程做到清晰透明、真实可靠，从而达到智能高效、真实可靠的仓库控货目的，以此可将原本在金融场景中风险较大，控制缺失的动产资料转换为过程透明，控制风险相对较小的物品。

五、（业务优化）使用区块链前后的业务逻辑对比/优化

易融云仓物联网仓库控货系统主要从以下几个方面进行了控货管理：

1.区块链存证溯源

基于区块链的可信数据存证溯源功能，可向仓库方、用户、资金方等各个环节提供产品的全链条信息，让信任无处不在。

2.实时货物物理数据区块链登记

通过 RFID、雷达等多种手段的现场传感器采集仓位货物的重量、轮廓、环境等物理属性数据，真实数据上传区块链。

3.智能 3D 机器视觉技术与算法

通过智能 3D 机器视觉技术与 AI 算法在后台绘制货物精准 3D 物理形状，通过算法检测定义货物形状变化，来进行分析与告警。

4.货物安全与状态管理

连续实时监控和采集各项环境参数与状态，瞬时风险和业务告警，提醒异常，系统可以通过实时、定时间隔和随风险事件触发这 3 类机制进行图像拍照取证。

易融云仓物联网仓库控货系统主要在如下几个方面进行了创新改进：

1. 区块链登记关键操作节点信息，参与方通过区块链进行真实的操作过程溯源，搭建多方参与的互信区块链生态圈；

2. 通过物联网手段+区块链特性，叠加大数据分析控制，为仓库内的动产赋予不动产属性，增强仓库内货物的金融概念；

3. 拓展信用体系，利用区块链对数据真实性的保证，将金融业务中主体信用为主转变为交易信用为主，将原有封闭的不可作为信用体系一环的仓库操作拓展进来；

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

4. 规范仓库操作流程，增强仓库操作信息化及自动化程度。

六、应用成果

易融云仓物联网仓库控货系统在推出市场后，迅速在多地仓库中得到了运用，对其原有仓库操作流程进行了优化，大大提升了仓库的操作效率，同时将其货物可公开信息透明的呈现给生态参与方，尤其是资金方，增强了其金融属性，未来可在多种金融方案下的仓库控货场景中加以应用。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业区块链应用白皮书案例

一、案例题目及单位简介

案例题目：基于区块链的共享储能应用平台

单位简介：

国网青海省电力公司：国网青海省电力公司成立于2002年，是国家电网有限公司全额出资的有限责任公司，以建设运营电网为核心业务，承担着保障安全、经济、清洁、可持续的电力供应的基本使命，供电面积62.2万平方公里。公司注册资本142.76亿元，资产总额432.32亿元，下属20个职能部门、8家地市公司、10家业务支撑单位，共有职工7930人。公司连续5年保持“青海企业50强”第二名。

深圳前海益链网络科技有限公司：益链科技是一家聚焦于“区块链+产业”，定位于利用区块链技术及服务，结合行业需求，整合金融等相关资源，推动场景创新及行业生态聚变的科技公司。公司拥有自主产权的区块链底层技术，核心团队来自华为、英特尔、百度、国泰君安等业内领先企业。公司已在基于区块链增信的供应链金融，溯源防伪，普惠金融，可视化政务治理，智慧能源交易，公益，体育等不同领域落地诸多创新场景。公司致力于区块链技术及相关产业级应用开发，已申请数十项中国发明专利以及国际发明专利。

二、引言（介绍项目现在的背景）

作为我国新能源最为丰富的地区之一，青海省新能源行业发展处于国内各省市区前列。截至2019年12月，青海省电力装机容量达到3182万千瓦，其中太阳能、风电装机分别为1119万千瓦和487万千瓦，新能源已成为青海第一大电源，目前装机占比已达到全省装机的50.5%。然而，与传统的火力、水力发电方式相比，风电、光伏等可再生能源出力具有间歇性、波动性和随机性，受天气条件的影响大，出力可调控能力差，短时间内极易出现功率过剩或缺额现象，给电网规划与调度运行带来挑战。储能是解决青海省新能源发电和负荷用电时空不匹配的绝佳手段，它能够将电力生产和消费在时间上进行解耦，使得传统实时平衡的“刚性”电力系统变得“柔性”。 共享储能是在能源互联网背景下产生的新

一代储能理念，具有分布广泛、应用灵活的优点，可以有效提升高渗透率下电网的稳定特性和对新能源的消纳能力，目前已成为能源互联网框架中储能应用的重要研究方向之一。

当前，共享储能尚处于起步阶段，针对共享储能交易运行技术的系统性研究还有待开展。一是研究能够配合电力系统调度以及新能源电量交易的共享储能交易机制，考虑峰谷电价和新能源补贴政策影响，构建适用于源、网、荷侧不同商业运营环境下的共享储能交易模型；二是解决共享储能的市场化交易公信力、市场交易结果精确区分和控制等问题，提高共享储能交易的公平性、透明性。区块链技术作为一种新型的分布式数据库技术，能够支持海量用户的点对点交易，以智能合约的形式自动执行交易结果的清分结算，成为共享储能交易运行的支撑技术，实现可信能源交易。

三、案例情况概述

储能作为一项新兴主体，在陆续出台的政策中逐渐被列为电力市场的参与主体，为储能实现商业化运行、充分发挥其可提供多种类服务的潜力提供了可能。通过研究并实现基于区块链的共享储能运营管理平台，应用区块链的三大功能包括数据存证、智能合约和数字通证，保障参与电力市场交易的用户的交易合法、安全、有效性，助力青海电力市场化交易实现“公开、公平、公正”的三公目标。区块链上数据不可篡改的特性可以确保链上数据的真实可信，自带的多方参与的属性可以实现数据的安全快捷的共享，通过把链上数据开放给政府、监管机构和用户来提高数据的公信力和使用价值；基于存证数据编写清分结算的智能合约，任何参与方可以核实以智能合约的形式实现的清分结算规则，检测清分结算的结果，保障清分结算的透明、可信；通过发行数字通证对清分结算的结果进行记账，既可以保证账目的清晰、安全、可追溯，又推动了电费资产的数字化，为未来开展更广阔的金融服务奠定基础。

四、行业痛点和解决思路

行业痛点：

当前，能源转型势在必行，新能源发展如日中天。然而，受其发电波动性强的影响，新能源消纳成为全球亟需突破的难题。青海作为我国新能源装机占比最

高的省份，也面临着同样的困惑，特别是 2020 年由青海送出的全国首条清洁能源特高压通道建成后，电量组织存在诸多难题亟待解决。青海省新能源电站发展起步早，目前是全国新能源装机占比最高的省域电网，弃电问题日趋严重，2019 年新能源弃电率指标达到 5.8%。

解决思路：

在能源互联网背景下，青海新能源成为发电主体，而储能系统具有灵活充放电能力，共享储能的推广应用将为减少新能源弃电，提升新能源消纳能力，提供很好解决方案。但储能系统的成本效益、价格响应等涉及的因素繁多，储能的市场和价格机制不完善，因此需要开发新的能源管理系统和分布式控制策略，进一步探索储能资源参与大规模新能源消纳的商业模式和价格激励机制，构建开放、共享、透明、公开的市场化交易环境，为更多储能企业参与辅助服务交易提供便利。

我们将区块链技术引入新能源辅助服务交易，搭建了以省电力调控中心为盟主的共享储能调峰市场交易联盟链，着力解决储能调峰交易结果数据存证、智能合约清分结算和财务通证记账以及电费资产证券化的问题，提升市场交易的公信力。

基于区块链的新能源数据存证流程：交易执行合约和结果作为交易凭据在区块链平台完成存证，依托智能合约完成交易清分和结算，查询分析。保证了交易从组织申报、出清、执行、清分、结算各个环节的安全、透明、可信。

交易量价信息上传到区块链进行存证，使用智能合约进行清分结算，得到最终的计费信息，计费信息就是在一段时间内各个电厂应该获得的收益，或者是用户需要支付的资金，也可以直接将计费信息上链存证。在区块链上可以发行通证，分别表示应付和应收，根据计费信息，利用通证转账的智能合约最终把通证转移给不同的市场主体。

五、（业务优化）使用区块链前后的业务逻辑对比/优化



应用区块链后的业务流程

共享储能系统作为新型储能应用、信息物理融合、多元市场融合的“互联网+”智慧能源产物，需要建立快速、公开、透明、安全的运营交易体系，从而实现“储能共享、多能协同、信息对称、供需分散、系统扁平、交易开放”等功能。而按照传统交易规则设计的共享运营交易平台在解决多主体间的可信认证、交易的安全性、账本记录与追溯等方面存在一定的技术限制，无法满足现有交易的需求。

区块链技术本身就在革新传统的多方交易模式，以保障信任为核心，促进交易、认证等多方面高效运行。因此，在考虑国网公司内部网络安全的前提下，以泛在电力物联网建设为契机，通过实践基于区块链技术共享储能系统商业运营与交易模式的应用。构建基于区块链联盟链架构下共享储能用户、新能源发电商、服务供应商等多主体间交易体系，并针对共享储能运营交易中的可信认证、交易执行、对账出清、结算支付、分布式数据存储与数据分析、账本记录与追溯、用户隐私保护、用户分级等问题，构建合理的共享储能交易规则，基于区块链平台完成相应功能实践应用。

六、应用成果

基于区块链技术的储能调峰市场化交易平台从 2019 年 6 月 18 日正式启动试运行。截止 2019 年 12 月底，累计组织储能参与调峰市场化交易充电电量 1648

万千瓦时，放电电量 1286 万千瓦时，区块链交易存证数据上千万条，为促进新能源消纳发挥了重要作用。这是新能源在全国落地实践的重要里程碑，国资委、能源局纷纷报道。

为何采用区块链技术，说明区块链在其中的不可替代性

（1） 融合区块链加密技术、智能合约和共识机制，将新能源受阻电力、电量与储能系统接收电力、电量通过信息技术采集过程记录在区块链上，可视化、可追溯；

（2）优化了源储两端电力、电量、电价难以精准区分、匹配的难题。基于区块链底层实现具有配合能量调度、新能源电量交易统计等功能的系统，优化了新能源电厂和储能电站的快速撮合交易实施难度大的问题，保证了交易数据安全管理、共享和对等可信传输；

（3）区块链的融入使各参与方共享数据更加安全、方便、可信。数据所有权明确：所有数据都是通过各自的节点上传，再由区块链同步各节点上传的数据，由于区块链上的数据无法篡改，所以数据所有权在上链的那一刻就得到了确定；

（4）由于其他各方所传的数据所有权明确，可以对上传数据进行交叉验证，及时的发现异常数据，避免不必要的纠纷，数据交叉验证增强了数据可信度，增加电网的公信力，最终可以实现“三公”（公平、公正、公开）的要求。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业区块链应用白皮书案例模板

一、案例题目及单位简介

国网电子商务有限公司（简称“国网电商公司”）是国家电网有限公司的全资子公司，围绕新时代发展目标，抢抓电网与互联网深度融合发展机遇，服务电网主业转型升级，全面建成“电 e 宝、国网商城、金融科技云、光伏云网、国网商旅、跨境电商、综合能源、大数据征信、国网双创”九大平台，电力能源特色互联网产业生态体系基本形成。截至 2019 年 6 月，平台注册用户数达 2.4 亿。

国网区块链科技有限公司系国网电子商务有限公司的全资子公司，聚焦区块链技术研究、产品开发、公共服务平台建设运营等业务，定位于打造泛在电力物联网建设的公共技术手段，实现万物互联的超级纽带，市场公平交易的安全防线、数字经济的信用保障。

国网区块链科技有限公司打造了国家电网系统内首个司法级可信区块链公共服务平台，作为唯一央企与北京互联网法院“天平链”互信互通，挂牌工信部区块链重点实验室电力应用实验基地，参与首个区块链国家标准的制定，并全面建成了基于自主研发可信区块链的“新能源云、电力交易、优质服务、综合能源、物资采购、智慧财务、智慧法律、数据共享、安全生产、金融科技”十大场景，形成了具备典型性、高可行性的区块链技术解决方案。

二、引言（介绍项目现在的背景）

在我国新能源产业实现从补充电源向替代电源的加速变革中，从顶层的规划建设到用户侧的运行维护，上下游业务数据信息不对等、协同效率低、难以确保其源头数据真实性等问题日益成为横亘在新能源转型升级过程中的拦路石。打破数据壁垒、实现多方协同是实现我国新能源产业向规模化、系统化转型升级的创新突破。



三、案例情况概述

在我国新能源产业实现从补充电源向替代电源的加速变革中，从顶层的规划建设到用户侧的运行维护，上下游业务数据信息不对等、协同效率低、难以确保其源头数据真实性等问题日益成为横亘在新能源转型升级过程中的拦路石。打破数据壁垒、实现多方协同是实现我国新能源产业向规模化、系统化转型升级的创新突破。

四、行业痛点和解决思路

行业痛点：在习近平总书记提出的“四个革命、一个合作”国家能源安全发展战略中，通过技术创新驱动新能源、可再生能源体系的建设成为国家能源变革的重要方向。以宁夏电网为例，截至 2019 年底，宁夏电网新能源总装机突破 2000 万千瓦，其中风电装机容量 1116.1 万千瓦，光伏装机容量 918.1 万千瓦，新能源装机占全网统调发电总装机容量的 41.2%，成功推动了宁夏能源消费结构的升级。国家政策的大力推动加速了能源供给侧多元化发展，新能源利益主体日趋呈现多元化和复杂化，由此也带来了一系列发展痛点，具体如下：

1、新能源管理模式问题：随着太阳能、风能等新能源在能源消费结构比例的提升，能源供给侧日益多元化，传统的新能源管理模式已难以支撑新能源规模化和系统化建设。

2、新能源行业上下游企业间协同效率问题：分布式新能源前期规划、设计、建设、运行、并网、交易、补贴等各环节数据信息分散在各部门信息系统中，源头数据真实性缺乏保障、数据信息共享程度不高，各环节协同效率低。

3、新能源调度与消纳问题：新能源供给侧与消费侧的信息不对等，将影响

新能源消纳水平的提升，构建多元利益主体信息共享机制成为解决问题的关键。

解决思路：该项目基于区块链分布式记账、多节点共享、防篡改、可追溯等技术优势，将新能源各环节业务数据进行上链溯源管理，打通数据壁垒，保障数据真实有效，对内实现业务的质效提升，对外实现各环节的融通发展。具体思路如下：

1.可信身份认证实现并网法律效力：基于区块链的并网签约通过将用户身份信息、合同内容等关键信息和节点的上链存证，实现电子证据即时产生、即时固化、权威背书、快捷采信等功能，在接近零成本的前提下，实现具有法律效力的线上签约，有效解决合同纠纷问题。

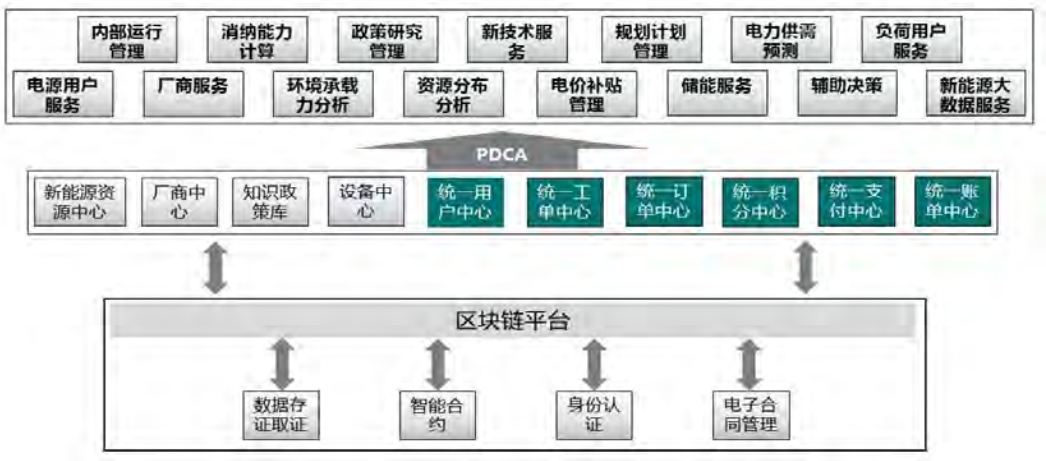
2.节点实时同步实现数据高效共享：利用区块链分布式记账、节点共享等技术，将政府部门、新能源厂商、发电企业、电力用户等各主体的关键数据上链存储，实现多主体间身份互信，达到能源系统各环节的互联互通，构建全生态、全场景的新能源服务体系。

3.隐私保护技术解决数据安全问题：区块链防窜改，可追溯技术特点将有效支撑能源 P2P 交易，将政府、电网企业、监管部门、金融机构、电力用户等多元主体作为关键节点接入新能源交易链，结合共识机制、非对称加密算法等关键技术可实现点对点实时交易，保证交易的安全性、公开透明性。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

五、（业务优化）使用区块链前后的业务逻辑对比/优化

相比之前业务，各业务纵向贯通、横向联动，提高业务效率，解决企业核心数据、关键信息泄露问题，降低企业运营成本和数字化经营带来的诉讼风险与举证成本，推动能源产业高质量发展。



六、应用成果

基于区块链的新能源云平台横向聚合政府部门、行业协会、电网公司、设备厂商、电网业主、金融机构等行业资源，纵向服务电站规划设计、政策分析、消纳计算、设备采购、电站建设、并网报装、电费结算、监测运维、金融交易等全运行环节，目前，已累计接入新能源电站 130 万座、装机容量 3.5 亿千瓦，入驻供应商 1022 家，交易规模突破 350 亿，带动产业链上下游 3000 余家企业协同发展，直接或间接带动就业超过 100 万人。在国网宁夏电力等单位的试点建设过程中实现了并网业务办理时限平均缩短 16 天，电费结算周期平均缩短 4 天，极大提升了新能源业务办理效率。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业数据中心应用案例

工业数据中心应用案例编写说明

为贯彻落实国务院《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》、工信部《工业互联网网络建设及推广指南》等相关要求，推动工业数据中心全生命周期内的产业、技术创新，工业互联网产业联盟（简称“联盟/AII”）工业数据中心特设组面向社会公开征集了 2019 年度工业数据中心优秀案例，旨在为工业界探索树立典型标杆、切实起到示范引领作用。

在 2019 年度，工业数据中心特设组面向钢铁、汽车制造、石油化工等重点工业领域收集、评分、遴选出共计 7 份优秀工业数据中心应用案例。本次评选从工业数据中心对传统工业的质量优化、成本优化、实施速度优化等多角度进行综合考量，并重点考察工业数据中心对传统工业领域的升级贡献。

本次工业数据中心应用案例汇编工作由中国信息通信研究院牵头，各参评单位联合编写。

牵头编写单位：中国信息通信研究院。

参与编写单位：青岛元启工业技术有限公司、酒泉钢铁（集团）有限责任公司、青岛威奥轨道股份有限公司、南京桂瑞得信息科技有限公司、上海通用汽车有限公司、新华三技术有限公司、中国石化润滑油北京有限责任公司、华友新能源科技（衢州）有限公司。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 1 车间信息化改造系统数据中心

青岛元启工业技术有限公司

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、企业基本情况

1、申报企业情况

<table>
<tr><td colspan="2">企业名称</td><td colspan="3">青岛元启工业技术有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">办公地址</td><td colspan="3">青岛李沧区九水东路 130 号国际特别创新区</td></tr>
<tr><td rowspan="2">联系人</td><td>姓名</td><td>殷嘉平</td><td>电话及手机</td><td>18678956386</td></tr>
<tr><td>职务</td><td>副总经理</td><td>电子邮箱</td><td>yinjiaping@yuanqitec.com</td></tr>
<tr><td colspan="2">企业简介</td><td colspan="3">（一）企业基本情况介绍
元启工业技术有限公司（“元启智造”）是一家高新技术企业，企业注册资金 1 亿元，元启智造是中国机器人产业联盟和工业互联网产业联盟会员单位，致力于服务中国企业智能制造转型升级，为制造业客户提供智能装备、云端及算法驱动的工业互联网协作系统、智能制造整体解决方案及咨询服务。
（二）企业核心竞争力介绍
公司在智能制造软硬件上有多项专利及软著并先后通过了 ISO9000 质量体系认证、CMMI-3 级软件能力成熟度模型认证、ITSS-3 级信息技术服务标准认证、软件企业及软件著作权认证（双软企业）、系统集成 3 级认证、知识产权贯标等认证。
元启智造客户覆盖全国大部分省市，针对不同客户需求，提供数字虚拟工厂、机器视觉、运动控制、机器人应用、物联网、流转检测、精密操作等技术，并依托于自有的工业互联网平台，为客户提供最具竞争力的产品和服务，提升企业生产效率、提高管理能力、降低制造成本，助推企业智能制造转型升级。
公司致力于为工业企业提供智能制造整体解决方案，将人工智能融进产品设计，工艺过程设计，生产计划调度，工艺过程控制，制造和装配等环节，为企业创造一个由“机器人”担任管理者的智慧工厂。
公司秉承“始终以顾客为中心，坚持价值创造；始终以人才为根本，坚持自我检讨；始终以品质为基础，坚持开放创新”的企业宗旨，本着“响应迅速，一次到位”的服务理念，以助力工业制造企业发展为目标，竭诚为客户提供优质的产品和服务。</td></tr>
</table>

二、工业数据中心优秀案例

1、工业数据中心简介	
数据中心名称	车间信息化改造系统数据中心
数据中心基本情况	绿色等级：运行 5A 机架数量：80 PUE 情况：1.5 网络接入情况：城域网
当地环境条件	工业用电电价：1、峰时段用电：每千瓦时=1.025 元；2、平时段用电：每千瓦时=0.725 元；3、谷时段用电：每千瓦时=0.425 元。 水价：每立方米 5.25 元。 气候条件：北温带季风区域，属温带季风气候。又具有显著的海洋性气候特点。空气湿润，雨量充沛，温度适中，四季分明。 地理环境：位于东经 119°30′～121°00′、北纬 35°35′～37°09′，东、南濒临黄海。
2、业务需求场景、技术落地场景	
业务需求场景	场景 1：电镀车间信息化改造 电镀车间一共 8 条产线，共 147 个监测点进行实时查询温度异常情况。 场景 2：机加工车间信息化平台 机加工车间一共 26 台设备。用于提高机加工车间整体运行效率，使用信息化系统取代部分原有的人工操作，使用系统中工单流转功能，取代原有的纸质订单，以实现无纸化办公为最终目的。
关键技术落地场景说明	场景 1：生产监控 产品产量、不良信息等实时看板统计；UPH 趋势及分析；产能下降预警、能耗预警、温湿度等环境因素预警；设备状态监控 场景 2：IMP 智能制造云平台 产线生产看板汇总，UPH 统计间隔设置；值班人员，休息方案，休息时间的设置；排产、订单、设备的统一管控；生产制令、日计划、计划达成率查询；对生产数据进行维护 场景 3：决策支持 统计汇总；数据推送 ；大数据支持

3、数据中心的各层架构技术模式、种类以及趋势判断	
主要技术举措（各层架构技术模式、种类）	1.操作系统：Windows 2.数据库：MYSQL 3.后台：SpringBoot、MQ、Kettle 等 4.前端：elementUI、Vue.js、webpack、Echarts 等 5.数据采集：so 动态共享库，C/C++和 python 混合编程、工业协议插件模式、通用数据模型、数据流状态机设计
趋势判断	趋势：中国制造企业急需智能制造改造升级。 中国制造业规模非常大，在 2010 年超越美国成为全球第一。但就当下中国与德国的发展对比看，中国制造企业的信息化水平普遍较低，甚至有的企业生产数据还依靠人工统计。这使得中国制造企业很难跟得上工业 4.0 的步伐。 目前中国中小型制造业企业有上千万家，其中大多数信息化水平低，亟需进行智能制造改造升级、具有广阔的应用推广价值和市场前景。
4、数据中心助力传统工业模式的改造升级应用	
传统工业模式与改造后新模式的对比描述	改造前：企业生产数据依靠人工统计、书写、整理，管理者了解生产车间现场情况需要亲自前往现场、而且现场看到情况也不全面。浪费大量人力物力财力且效果不佳。 改造后：可以通过移动端将生产情况数据报表实时推送查看，实现数据查询（包括不良率查询、生产任务查询、UPH 趋势图）、实时看板等功能，使管理者即时了解生产情况，对异常问题及时跟踪解决。提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程。节省大量人力物力。
已取得/预期取得的收益内容	1．减少时间成本：原先车间管理人员拿到车间各项汇总报表需要一周甚至更长时间，此工业数据中心启用后，可明显提升数据推送及时率，现在只需 5 分钟就可以完成。 2．减少人力资源成本：改造后的数据获取、整理、总结均由数据中心自动完成，不仅提高了数据流通过程中的正确率，而且可以节省 70%的人力资源。 3．提高计划编排准确性：数据中心从生产设备抓取的数据更加客观、准确，以此为基准制定的生产计划更加准确，从而提高生产计划编排准确性。 4．异常问题处理更加高效：改造前生产过程中出现问题时需要层层上报，费时费力，且造成大量的重复无效工作，改造后逻辑及数据清晰明确，异常问题处理变得高效。

	5. 提高管理水平：改造后所有生产相关数据更加直观、清晰、全面，可以全方位为管理者提高决策依据，为管理提供数据支撑，大幅提升管理水平。
5、其他	
其他混合场景说明	
其他专业技术融合说明	

三、案例小结：

该数据中心案例重点介绍了“青岛元启工业技术有限公司”在其数据中心优化车间信息化方面的成果。通过数据中心技术的关键落地场景如“生产监控”和“IMP 智能制造云平台”等，实现通过移动端将生产情况数据报表实时推送，实时数据查询（包括不良率查询、生产任务查询、UPH 趋势图）、实时看板，使管理者及时了解生产情况，对异常问题及时跟踪解决。有效提高生产过程可控性、减少生产线人工干预，以及合理计划排程。节省大量人力物力。

该数据中心是工业数据中心技术助力传统工业升级的典型案例，具有示范推广作用。

案例 2 酒钢数据中心

酒泉钢铁（集团）有限责任公司

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、企业基本情况

1、申报企业情况

<table>
<tr><td colspan="2">企业名称</td><td colspan="3">酒泉钢铁（集团）有限责任公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">办公地址</td><td colspan="3">甘肃省嘉峪关市雄关东路 12 号</td></tr>
<tr><td rowspan="2">联系人</td><td>姓名</td><td>冯韶华</td><td>电话及手机</td><td>0937-6718515
18009472208</td></tr>
<tr><td>职务</td><td>信息中心信息平台管理中心主任</td><td>电子邮箱</td><td>fengshaohua@jiugang.com</td></tr>
<tr><td colspan="2">企业简介</td><td colspan="3">（一）企业基本情况介绍
酒钢始建于 1958 年，是国家最早规划建设的第四家钢铁联合企业，也是我国西北地区建设最早、规模最大、黑色与有色并举的多元化现代企业集团。经过 60 多年的建设发展，酒钢已初步形成钢铁、有色、电力能源、装备制造、生产性服务业、现代农业六大产业板块协同发展的格局。钢铁产业具备年产 1000 万吨钢（其中不锈钢 120 万吨）的生产能力；有色产业已形成年产电解铝 170 万吨的生产能力，跨入国内大型铝企业第六位；同时具备一定的铜和钨生产能力；电力能源产业已形成 3446 兆瓦的自备火电装机容量。
集团公司现有职工 3.7 万人。2018 年，企业实现营业收入 960.7 亿元、利润 2 亿元，2019 年位列中国企业 500 强第 199 位，中国制造企业 500 强第 85 位。
酒钢大力实施科技创新战略、资源保障战略，实现以绿色、创新、转型、稳健为内涵的高质量发展，努力成为主业突出、治理规范、技术先进、绩效卓越、和谐发展的现代化大型企业集团。
（二）企业核心竞争力介绍
酒钢钢铁产品和生产系统已通过 ISO9001：2000 版质量管理体系和 ISO14001 环境管理体系认证，是西北地区知名品牌和全国“驰名商标”。产品主要销往西北、西南、华中、华东等国内市场及韩国等国外市场。不锈钢、碳钢冷轧板等高附加值产品已进入国内家电、汽车、电子、太阳能、石油石化等中高端领域和知名企业。
有色产业拥有嘉峪关、陇西两个电解铝生产基地和牙买加阿尔帕特氧化铝生产基地、酒钢天成彩铝深加工基地，初步形成“煤-电-氧化铝-电解铝-铝加工”完整产业链。建有 240kA、400kA、500kA 多条大型电解铝生产线，形成年产氧化铝 165 万吨、电解铝 170 万吨、铝合金铸轧卷 40 万吨的</td></tr>
</table>

	生产能力，是甘肃省最大的铝冶炼加工企业。 电力能源产业拥有 32 台（套）自备火力及余能回收发电机组，85 座 6KV 到 330KV 变电站、输配电网及相应的电力传导设施，在为集团公司钢铁、有色等产业提供电力支撑的同时，承担了嘉峪关市 93%的采暖供热。 装备制造产业重点发展成套装备、风电光电等新能源装备、重型钢结构、冶金轧辊、起重机及特种设备、粉末冶金六大类型，现已形成 10 亿元资产规模。 生产性服务业主要有物流、工程技术、酒店业等，其中物流产业形成本部、西安、兰州、乌鲁木齐四大物流基地，拥有 800 公里的自备铁路，1500 辆自备车。 现代农业主要有酒业、乳业等，其中葡萄酒产业具备 2 万吨发酵和 3 万吨贮酒能力，目前有干型葡萄酒、冰酒、利口酒、葡萄烈酒等四大系列 20 多个品种。祁牧乳业公司为国家奶牛标准化示范场，其产品涵盖巴氏杀菌奶、灭菌乳、调制乳、发酵乳、乳饮料 5 个类型，年产原乳 2.87 万吨，区域市场竞争优势明显。

二、工业数据中心优秀案例

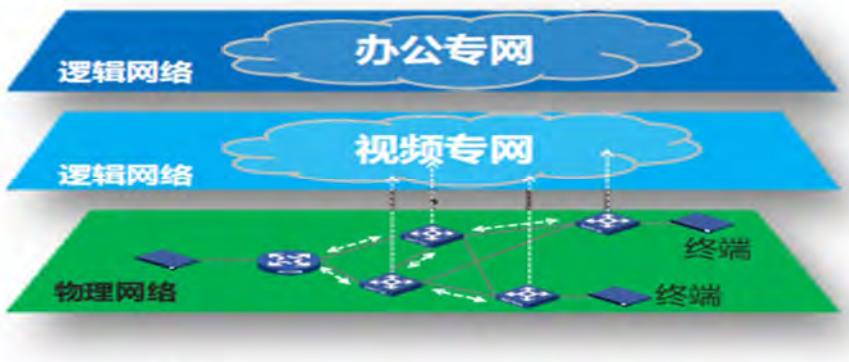
1、工业数据中心简介	
数据中心名称	酒钢数据中心
数据中心基本情况	酒钢数据中心 2014 年按照 GB50174-2008《电子信息系统机房设计规范》B 级标准建设，占地面积 286 平方米，采用双路 10kV 电源供电，建有独立的配电室并设置两台干式变压器，变压器型号均为 SCB11-630kVA/10/0.4kV，配有两路电源自动切换装置，在蓄电池室设置容量为 600AH 的蓄电池组，为一级负荷提供第三路电源。酒钢数据中心能容纳 100 面 42U 机柜，目前实际放置机柜 92 面，4 台空调下送风冷通道制冷系统，1 套自动化消防系统，具有健全的配电系统、制冷系统、消防系统及安全控制系统，同时建立机房管理、人员出入管理、值班管理等制度。 酒钢信息中心依据云计算技术架构和发展趋势，结合酒钢实际情况，为解决酒钢面临的资源利用率低、设备采购成本高、运维压力大等问题，本着先进、实用的原则，充分发挥云平台集中集约优势，整合共享资源，从 2011 年起开始尝试，2016 年和 2018 年分两期搭建完成甘肃省首家工业

	私有云平台，以用户为中心，通过服务门户和服务目录及服务交付的方式将信息化基础架构的计算、存储和网络安全能力提供给不同类型的用户，并提供安全隔离的运行环境和完善的保障服务。目前该平台为 36 家单位及分子公司提供云服务器 400 余台，承载着 162 个工业应用系统，涵盖生产、运营、物流、财务、销售、人力资源等核心业务，包括 ERP 管理系统、MES 系统、协同办公系统、计量系统、仓储物流系统、视频监控系统、炼铁大数据应用系统、储运料场管理系统等重要系统，使得酒钢数据中心真正从传统数据中心转型升级到绿色节能云工业数据中心。 酒钢信息中心在现有酒钢园区网网络架构基础上，2017 年采用软件定义网络技术对酒钢园区网进行全面改造，通过逻辑隔离，形成基于不同业务和等级的多张逻辑网络，打破传统网络 IP 地址必须按照网络区域划分的限制，建立全网统一的终端准入和管理系统，对不同种类的终端设定不同的准入策略和安全防控控制策略，实现网络中所有终端身份的唯一标识，实现全网交换设备软件设置的统一管理和下发以及安全访问控制策略的统一部署。
当地环境条件	酒钢数据中心地处嘉峪关市，属温带大陆性荒漠气候，年均气温在 6.7℃—7.7℃之间，年日照 8000 小时，自然降水量年平均 85.3 毫米，蒸发量 2149 毫米，全年无霜期 130 天左右，海拔在 1412－2722 米之间，绿洲分布于海拔 1450－1700 米之间，城区平均海拔 1600 米。 工业电价为 0.543 元/度。 水价为 3.58 元/立方米；移动、电信、联通等网络全面覆盖。
2、业务需求场景、技术落地场景	
业务需求场景	**场景 1：酒钢数据中心新建需求** 原有数据中心是 2004 年由集团公司机关办公楼 A 楼顶层的会议室和办公室改造而成，随着公司信息化的快速发展，设备增长迅速，数据中心空间逐渐满负荷，面临新增设备无处放置的问题，另外机关办公楼是按民用建筑要求设计承重也满足不了要求，数据中心存在严重安全隐患。基于以上两点，数据中心既不能满足现在工业需要，更无法适应今后企业发展，因此，2014 年新建工业数据中心势在必行。 **场景 2：数据中心整体迁移需求** 随着 2014 年新工业数据中心的建成，也面临着数据中

	心整体迁移的重大难题，在不影响所有系统稳定运行的前提下，原数据中心 5 个机房的 280 多台错综复杂的设备如何迁移到新数据中心，以及 117 套系统和 50 多 T 的存储数据如何迁移。该迁移需求涉及设备类型和系统多，关联工业业务广，系统关联关系复杂，数据量大，系统停机时间短，技术难度大，安全性要求高。 **场景 3：工业私有云建设需求** IT 的发展经过主机时代和软硬兼备时代进入了互联网和云计算时代，云计算已经成为不可逆转的主流趋势，同时 IT 已经不再是简单的信息系统维护，云计算加速 IT 角色转变：从基础设施的构建者和运营者变成服务交付的建筑师和经纪人。 2015 年 7 月 4 日，国务院印发《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》提到“互联网+”行动的第一步是赶快把企业的 IT 架构变成云计算，才能满足企业向互联网转型过程的灵活多变的需求。 随着酒钢信息化步伐加快，面临着信息化建设重复投资、采购和运维成本的巨大压力，同时存在资源利用率低下和运维压力较大的问题。 基于以上背景，2016 年酒钢建设工业私有云提上日程。 **场景 4：酒钢园区网改造需求** 酒钢园区网始建于 2002 年，通过多年的发展，已达到在线终端设备一万余个规模，覆盖集团本部、矿山、翼钢、榆钢等地，通过 VPN 技术，实现了异地 50 余家分支机构与本部的互联。酒钢园区网融合着以太网、无线网、无源光网络（GPON）等多种网络形式，承载着酒钢各类业务系统，基于传统企业园区网架构构建的酒钢园区网，在网络安全、终端管理、网络运维等方面均存在先天的缺陷和不足，难以支撑整个网络安全、稳定、高效的运行，急需寻找新的技术和措施来解决。在对新兴的下一代网络技术——软件定义网络进行充分的研究后，2017 年决定采用软件定义网络技术对酒钢园区网进行全面改造。
关键技术落地场景说明	**场景 1：酒钢数据中心建设** 酒钢数据中心按照国家 B 级标准建设，从物理机房、网络、边界、应用、数据、服务器、存储和终端等 7 个层面进行规划，并建设了配套的设施、安全防护系统及管理制度。 1.建立了《数据中心机房出入管理规定》，建立了数据

	中心基础设施设备维修维护方面的工作票管理规定，对数据中心的基础设施设备维护进行安全控制。 2.数据中心供配电采用双路 10KV 电源，室内配有 2 台 SCB11-800kVA 干式变压器，并配有 3 套 ATS（双电源自动切换装置）、2 套 UPS（不间断电源系统）分别对服务器、UPS 蓄电池、监控系统、空调系统、照明系统进行供电。 3.消防系统由烟感、温感等消防报警系统及自动灭火系统组成，服务器主机房配置了有管网七氟丙烷气体消防灭火系统，数据中心配备了火灾自动报警装置和应急广播。 4.空调及通风系统：数据中心采用 3+1 空调模块化精密空调，采取下送风、上回风的送风方式达到恒温恒湿的目的。 5.环境监控系统包括空调系统监控、UPS 系统监控、配电系统监控、漏水监测系统、温湿度监测系统。 6.数据中心配置动环监控系统、视频监控系统、指纹门禁控制系统，对数据中心重点设备和区域实时监控并进行实时图像监视和录像，对出入口实施门禁控制管理。 **场景 2：酒钢数据中心整体迁移** 信息中心成立数据中心迁移攻关组，采用多项技术，经过 5 个月的技术攻关和实施迁移，成功将原机房内的 117 套系统和 280 台设备，在保证安全的前提下，使业务系统在停机窗口内平稳过渡到新数据中心。主要技术落地情况如下： 1.由于 1 台存储连接着多个系统，存储停用会导致多个系统停机，采用存储双活技术解决了数据中心整体迁移中系统和存储迁移瓶颈问题。 2.通过虚拟化及 PtoV 技术将老旧系统进行硬件和软件的平滑迁移和优化，即节约了购买硬件的资金，解决了无应用厂商支持系统无法重新部署和迁移的风险，还节约机房空间、空调、电力等资源，管理更加方便，提高了系统和设备的可靠性及数据的安全性。 3.通过采用双机热备技术，数据库和应用分别部署，性能得到极大改善，其中任何一台主机出现故障，都可以在短时间自动切换恢复业务，保证业务连续性，数据的安全性得到很大提升，降低重要系统的迁移风险。 4.由于数据中心迁移风险大，质量控制和风险防控是迁移实施成功的关键，采用过程控制和确认的方法，加强迁移的质量和风险防控措施，对各阶段进行控制，对迁移完成

	结果等均进行确认。 **场景 3：工业私有云建设** 酒钢信息中心依据云计算技术架构和发展趋势，结合酒钢实际情况，本着先进、实用的原则，充分发挥云平台集中集约优势，整合共享资源，将酒钢现有 IT 大部分基础架构转变成基于虚拟化的私有云，通过高性能服务器组、大容量存储设备、虚拟化和云管理软件搭建成可提供 350 至 525 台虚拟机规模的工业私有云平台。 1.通过采用 VPLEX 存储虚拟化技术，实现业务系统迁移和存储资源池化。 2.通过采用物理机克隆到虚拟机技术将核心应用迁移到酒钢私有云中，有效提升核心系统的可靠性和可用性。 3.通过采用 NSX 技术的 EDGE 功能和 DLR 功能，实现私有云网络边界防护和网络虚拟化，进而达到南北向和东西向的流量控制。 4.通过采用 NSX 网络桥接技术，打通 VXLAN 和 VLAN，实现私有云平台虚拟机和物理服务器之间的互访。 5.通过采用备份 BOOST 消重技术，实现了私有云平台上核心的虚拟机的数据备份，提高了备份速度 4-10 倍和恢复速度 2-4 倍，显著提升备份恢复效率。 6.通过服务目录和工作流程实现服务请求的自动化部署，进而实现酒钢私有云自助服务模式。 7.采用基于策略控制的安全组和微分段方式实现虚拟机的安全隔离，搭建安全隔离的酒钢私有云防护模式。 **场景 4：酒钢园区网改造** 酒钢信息中心采用当前最先进的网络架构设计思路（软件定义网络），对园区网架构进行升级改造，不仅解决当前酒钢园区网存在的问题，达到网络规范、技术先进、安全可靠、管理方便的效果，使得酒钢骨干网迈入软件定义网络时代。 1.采用 SDN+VXLAN 技术，在现有网络架构基础上，部署 SDN 控制器，将现网中所有网络设备和终端全面融入 SDN 系统中，由 SDN 控制器负责全网的流量控制。 2.通过在 SDN 系统中建立不同安全域，制定不同的安全策略，针对不同业务建立不同的逻辑网络，实现各类业务的逻辑网络隔离。 3.通过配置相应的网络管理协议，通过 SDN 控制器，实现全网网络设备、网络终端的统一管理。

	4.在 SDN 系统中部署终端准入管理组件，实现用户准入管理，并针对不同用户制定不同的安全准入策略、访问控制策略。
3、数据中心的各层架构技术模式、种类以及趋势判断	
主要技术举措（各层架构技术模式、种类）	1.基础设施层面 酒钢数据中心布局分为主机房区、支持区及辅助区。主机房区放置服务器机柜、网络机柜、专用空调设备、列头配电设备。支持区包括 UPS 配电间、电池间、钢瓶间，用于布置机房辅助基础设施。辅助区为值班监控大厅和运营办公室。 酒钢数据中心基础设施分为供配电系统、空调与通风系统、消防系统、防雷接地、安防门禁及监控系统、门禁系统、综合布线系统等。机房的供配电系统为双路电源互投切换+UPS 并机冗余+输出双回路的高可靠性的供电方式。空调与通风系统由新风机、3+1 空调及排烟风机组成。主机房及 UPS 配电间采用火灾自动报警系统及管网式七氟丙烷气体灭火系统进行保护，灭火气体钢瓶集中放置于钢瓶间内。安防门禁及监控系统由视频监控系统、指纹识别门禁系统及动环监控系统构成。综合布线系统采用机柜上走线方式，吊装开放式线槽布线。 2.IT 层面（服务器网络） （1）网络架构 基于园区网一张物理网络，按照工业业务需求已承载 53 张逻辑网络。  （2）IT 架构 目前采用工业私有云架构，底层将计算、存储、网络资源进行虚拟池化，上层搭建云门户，建立服务目录和自助服务流程，按照用户需求，实现自动化部署和安全防护。

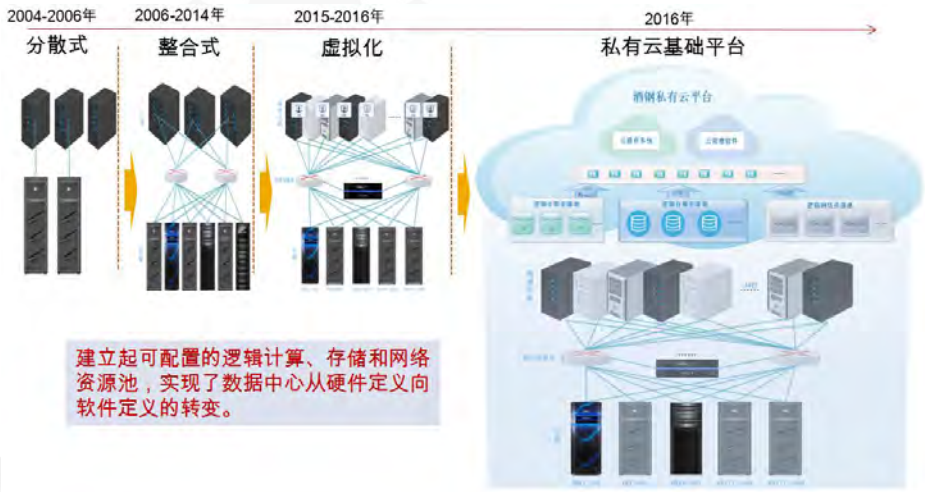
<table>
<tr>
<td></td>
<td>




3. 应用层面
酒钢十四五规划的工业应用系统总体架构图如下：


</td>
</tr>
<tr>
<td>趋势判断</td>
<td>
趋势 1：数据中心发展趋势
绿色数据中心是数据中心未来的发展方向，指通过采用自动化、资源整合与管理、虚拟化、安全以及能源管理等新技术，迎接目前数据中心普遍存在的成本快速增加、资源管理日益复杂、能源大量消耗的严峻挑战。
智能机房概念的引入让数据中心建设上了一个新台阶。在数据中心建设中引入智能机房集成管理系统，利用先进的计算机技术、控制技术和通信技术，将整个机房的各种动力、环境设备子系统集成到一个统一的监控和管理平台上。从长远来看，绿色数据中心是数据中心发展的必然，使得数据中心的 IT 系统、电源、制冷、基础建设等能取得最
</td>
</tr>
</table>

	大化的效率和最小化的环境影响。广泛采用虚拟化技术将物理资源集中在一起形成一个共享虚拟资源池,从而更加灵活和低成本地使用资源，通过服务器虚拟化、存储虚拟化、数据中心虚拟化等解决方案,降低服务器数量,还可以优化资源利用率。虚拟化是新一代数据中心中使用最为广泛的技术,也是与传统数据中心的最大差异,基于虚拟机的动态迁移,设计高效的任务调度策略是数据中心发展的又一关键问题。 趋势 2：云计算发展趋势 企业 IT 架构从传统非云架构,向目标云化架构的演进,需要经历三大里程碑阶段： 面向数据中心管理员的 IT 基础设施资源虚拟化阶段：将企业 IT 应用与底层的基础设施彻底分离解耦，通过虚拟化集群调度软件，将更多的 IT 应用复用在更少的服务器节点上，从而实现资源利用效率的提升。 面向基础设施云用户的资源服务化与管理自动化阶段：通过管理平面的基础设施标准化服务与资源调度自动化软件的引入，以及数据平面的软件定义存储和软件定义网络技术,面向企业内部的租户,将通过数据中心管理员人工干预的基础设施资源复杂的申请、释放与配置过程,转变为在必要的限定条件下（比如资源配额、权限审批等）的一键式全自动化资源发放服务过程。为企业 IT 支撑其核心业务走向敏捷，更好地应对瞬息万变的企业业务竞争与发展环境奠定了基础。 面向企业 IT 应用开发者及管理维护者的企业应用架构的分布式微服务化和企业数据架构的互联网化重构及大数据智能化阶段：企业 IT 自身的应用架构逐步从（依托于传统商业数据库和中间件商业套件，为每个业务应用领域专门设计的、烟囱式的、高复杂度的、规模庞大的）纵向扩展应用分层架构体系，走向（依托开源增强的、跨不同业务应用领域高度共享的）数据库、中间件平台服务层以及（功能更加轻量化解耦、数据与应用逻辑彻底分离的）分布式架构，从而使得企业 IT 在支撑企业业务敏捷化、智能化以及资源利用效率提升方面迈上一个新的高度和台阶，并为企业创新业务的快速迭代开发铺平了道理。 趋势 3：软件定义网络发展趋势 软件定义网络是公认的下一代网络技术，被麻省理工学院列为“改变世界的十大创新技术之一”，目前，针对软

	件定义网络的标准已经逐步成熟并趋于完善，各大网络厂商均已提出各自的软件定义网络解决方案。
4、数据中心助力传统工业模式的改造升级应用	
传统工业模式与改造后新模式的对比描述	酒钢信息中心依据云计算技术架构和发展趋势，结合酒钢实际情况，搭建完成甘肃省首家工业私有云平台，使得酒钢数据中心真正从传统数据中心转型升级到绿色节能云数据中心。 酒钢从传统数据中心向云数据中心的发展演变图如下：  工业私有云的实现是传统 IT 架构的跨越式创新，是酒钢数据中心向云数据中心转变的关键，较传统 IT 架构，其优势如下： 1. 计算资源利用率提升 10 倍：以前一台服务器上只运行一个应用，资源占用基本在 20%-30%，现在一台服务器上运行 10-15 个虚拟机和应用，资源占用在 80%左右，大大降低设备的采购成本。 2. 系统部署时间缩短 2 个月：以前实施一个信息化项目需要先采购服务器再进行业务系统部署，至少需要 2 个月时间，现在只需要几小时到几天时间即可，大大缩短系统上线时间； 3. 提升系统的可靠性和可用性，系统可用率从 2015 年的 98.56%提高到现在的 99.95%，同时数据存储在私有云平台上的虚拟存储双活资源池中，较以前本地硬盘可靠性提升明显； 4. 利用高效的备份机制实现数据高效备份，数据备份效率提升 2-4 倍； 5. 建立酒钢私有云云服务门户，用户可以通过该门户

	申请和管理私有云资源，完成了 IT 部门服务型转型； 6.实现计算、存储和网络资源申请后的自动化部署，大大提升服务效率，减少人为干预； 7.配置安全组，制定安全策略标准，实现系统之间的安全防护，大大提升私有云平台上的安全隔离，有效防止大规模病毒爆发的可能性； 8.实现私有云资源的监控和管理，同时资源警告和预警有效显示，为故障排查提供了自动化手段。
已取得/预期取得的收益内容	**1.数据中心整体迁移项目** 该项目的实施地点主要涉及原数据中心 5 个机房和新数据中心；配合实施单位有 10 几个；该项目从 2014 年 10 月开始实施到 2015 年 4 月实施结束，2015 年 5 月验收通过。 经济效益： 直接经济效益：本项目通过采用存储双活技术和存储优化整合，节省采购存储费用 113 万，节省采购光纤交换机费用 25 万；通过采用虚拟化对老旧系统实施虚拟化，节省采购网络交换机费用 70 万，节省采购主机费用 105 万；通过采用双机热备技术，将部分重要系统优化改造实施双机热备，节省采购系统和数据备份软件和设备费用 25 万；迁移时间缩短节省人工费用 55 万；合计节省费用为 383 万元。 间接效益： 该项目的成功实施，避免了老数据中心巨大隐患给系统和设备可能造成的损失，解除 58 项系统和设备隐患，将 117 套系统和 280 台设备，在保证系统和 50 多 T 数据安全的前提下，使业务系统在停机窗口内平稳过渡到新数据中心，显著提升了酒钢数据中心系统和设备的可靠性和稳定性，解除了部分重要系统的单点故障，系统和设备的平均可用率由 2014 年的 94.97%提升为 2015 年的 98.56%，大大降低了系统和设备故障率和运维成本；不仅提升了数据中心机房的专业化管理水平，为数据中心的扩展和容灾中心的建立奠定了基础；同时采用虚拟化技术成功实施老旧系统的迁移，为酒钢现场无法解决备件问题的自动化系统提供了示范解决方案。 **2.工业私有云建设项目** 酒钢私有云建设项目的总体实施起止时间：２０１６年１月－２０１８年１０月。

	其中：酒钢私有云建设一期项目“酒钢私有云基础平台建设”的实施起止时间：２０１６年1月－２０１６年１２月；酒钢私有云建设二期项目“酒钢私有云自助服务与安全防护研究与应用”的实施起止时间：２０１８年1月－２０１８年１０月。 经济效益 直接经济效益：通过实施计算资源虚拟化、迁移业务系统和利旧服务器，搭建成计算资源池，有效提升计算资源利用率，2016 年节省采购服务器成本费用 570 万元，2017 年节省采购服务器成本费用 820 万元，2018 年节省采购服务器成本费用 740 万元；通过实施存储虚拟化技术，有效提升存储资源利用率，节省存储采购成本 234 万元，节省采购光纤交换机费用 240 万元；通过实施网络虚拟化技术，节省采购网络交换机费用 24 万元；每年可节省能耗费用 105 万元；降低运维成本，每年可节省 24 万元。合计降低成本节省费用约为 2757 万元，减去私有云平台扩容费用 730 万，节省费用约 2027 万元。 间接经济效益： 该项目的成功实施，避免了业务系统因硬件系统故障问题、硬件更新换代、硬件性能不足等问题面临的停机、软件升级、新硬件采购、数据存储等诸多问题以及操作系统等软件系统升级导致的业务系统需重新开发、部署等问题，同时解决了每次新业务系统上线都面临的服务器存储网络方案设计、评审、招标、建设等问题，将 40 多套业务系统进行了资源融合，解决了单点故障、硬件故障意外停机、硬件系统维护、资源不平衡等众多问题，系统可用率从 2015 年的 98.56 提升为 2019 年的 99.95%，新业务软硬件支撑平台上线时间平均减少 2 个月（从方案设计、招标、采购到建设的时间），最快 1 天可提供部署。实施微隔离后，有效防护“集体挖矿”等病毒的的安全隔离，避免了大规模病毒爆发对酒钢数据中心业务系统的破坏。 社会效益 酒钢私有云的建成，云资源池从小规模的资源虚拟池化整合走向更大规模的资源池构建，应用范围走向多租户的基础设施服务乃至端到端的 IT 服务，实现租户按需快速资源获取，以及高度自动化部署的 IT 业务敏捷能力的支撑，从而将云资源池的规模经济效益以及弹性按需的快速资源服务的价值充分发掘出来，为用户提供灵活、快捷的资源标

	准化和按需服务。 酒钢私有云的建成，彻底改变了酒钢信息化基础架构及服务方式，有效提升资源利用率，大大降低系统平台故障率和节约设备采购及运维成本，提升了数据中心的专业化管理水平，实现了酒钢数据中心由传统数据中心向绿色节能云数据中心的转变，使得酒钢数据中心进入“云时代”，为酒钢 IT 支撑其核心业务走向敏捷，更好地应对瞬息万变的企业业务竞争与发展环境和双创平台的推进起到了关键作用。 **3.酒钢园区网改造项目** 项目启动时间为 2017 年 4 月，完成时间为 2017 年 12 月。 经济效益： （1）按照传统方式改造需要投资 810 万元，通过使用软件定义网络技术对园区网进行改造，仅投资 190 万元，节省 620 万元投资。 （2）通过软件定义网络，实现了全网安全策略的统一管理和控制，不同业务之间的安全访问控制策略完全由集中的 SDN 控制器通过软件定义的方式实现，减少约 100 万元设备投资。 （3）通过软件定义网络，所有网络传输控制由 SDN 控制器统一管理，实现了网络网络传输和控制的分离，大大减轻了网络运维工作人员的工作量和工作压力。 社会效益： （1）通过软件定义网络，基于全局视角按照业务需求快速、灵活定义安全隔离策略，实现业务之间及业务内部终端之间的安全隔离，提升酒钢网络的安全防护能力。同时酒钢网络遭遇蠕虫等主动传播型病毒入侵时，通过 SDN 平台基于全网下发安全防护策略，实现对病毒的隔离，防止在酒钢网络全面传播，保证网络安全稳定运行。 （2）酒钢骨干网使用的软件定义网络（SDN）技术被公认为下一代网络传输技术，在项目实施过程中，针对传统网络中不同年代、品牌、型号的网络设备在软件定义网络中的整合和部署形成了多方面的经验。该项目的成功实施为传统的大型园区网络向代表下一代网络发展方向的软件定义网络的过渡提供了宝贵的经验和借鉴，具有较大的推广价值。

5、其他	
其他混合场景说明	
其他专业技术融合说明	

三、案例小结：

该数据中心案例重点介绍了“酒泉钢铁”数据中心助力该企业上云、传统技术升级改造的过程，实现从传统 IT 架构向云技术架构的跨越式转变。

在工业私有云建设中，充分利用数据中心云平台技术，效益明显。通过实施“计算资源虚拟化”，节约服务器采购成本。通过实施”存储虚拟化技术”，有效提升存储资源利用率，节省存储设备采购成本，通过实施“网络虚拟化技术”，节省采购网络交换机成本。

在园区网改造项目中，有效使用先进的数据中心网络技术，效果显著。通过软件定义网络（SDN）技术，实现了全网安全策略的统一管理和控制，不同业务之间的安全访问控制策略完全由集中的 SDN 控制器通过软件定义的方式实现，减少大量设备投资。

该数据中心是工业数据中心技术助力传统工业升级的典型案例，具有示范推广作用。

案例 3　威奥智能制造大数据中心

青岛威奥轨道股份有限公司

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、企业基本情况

1、申报企业情况

<table>
<tr><td colspan="2">企业名称</td><td colspan="3">青岛威奥轨道股份有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">办公地址</td><td colspan="3">青岛市城阳区环海经济开发区兴海支路 3 号</td></tr>
<tr><td rowspan="2">联系人</td><td>姓名</td><td>王盟</td><td>电话及手机</td><td>13780696990</td></tr>
<tr><td>职务</td><td>信息总监</td><td>电子邮箱</td><td>wangmeng@victall.com</td></tr>
<tr><td colspan="2">企业简介</td><td colspan="3">（一）企业基本情况介绍
青岛威奥轨道股份有限公司（简称：威奥股份），成立于 2007 年，是一家为高速列车及城轨、地铁车辆提供内装模块化产品与零部件的专业化公司。公司能够深入配合客户实现高铁、城轨及地铁等轨道车辆产品的整体开发与集成供货。公司提供的多个模块化系统产品已在国内外诸多车型中取得领先地位，如 CRH380A、标准化动车组、庞巴迪 ZEFIRO380、慕尼黑地铁、纽约地铁、蒙特利尔地铁等等。公司现有员工 3200 名，其中研发人员 200 余名。2018 年产能为：月产短编组车型 20 列，月产值 1.5 亿。2018 年主营业务收入 151089 万元，利润总额 23,957.61 万元。
公司凭借规范的管理、过硬的技术实力、可靠的产品质量、及时交付能力和完善的售后服务体系，形成了成熟、稳定的客户群体。在国内市场，公司与长春客车、唐山客车、青岛四方等中国中车下属的主要整车制造企业建立了稳定的合作关系，多次获得客户授予的“优秀供应商”称号。在国际市场，公司现已成为庞巴迪、西门子、阿尔斯通等国外知名高速列车制造商的配套产品供应商，并分别与西门子、庞巴迪达成战略合作协议，成为其全球战略合作伙伴。公司在轨道交通配套产品领域拥有绝对的领先优势和广阔的发展空间。
（二）企业核心竞争力介绍
优势技术：公司在焊接和粘接方面拥有行业领先的优势技术。公司拥有专业的国际粘接工程师和国际焊接工程师，并通过了欧洲 15085 焊接资质认证和欧洲 DIN6701 粘接资质认证。其中焊接技术包括 MAG 机器人焊接、MIG 机器人焊接、激光焊接、搅拌摩擦焊接等新型焊接工艺，使公司基本涵盖高铁行业所有常用的焊接工艺。
人才队伍：公司拥有国家评定的高级工程师 6 位，中级工程师 60 多位，专业的国际焊接工程师 6 位，粘接工程师</td></tr>
</table>

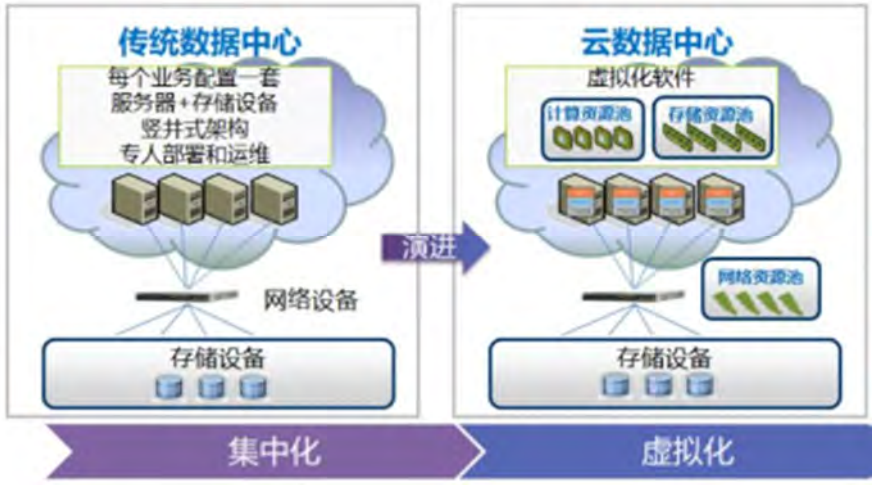
	6 位，焊接技师 20 多位，粘接技师 10 多位。公司建有以工匠、产线长、部门主管为主体的专家人才库，为各领域的专业人才提供发展个人才华的空间。公司建有完善的高级、中级、基层干部三级人才梯队，建成适应潮汐制造的三级一线员工队伍。公司制定了支持梯队建设的从选拔、培养、使用到考核、激励的完整而规范的流程和机制。 研发能力：公司是国家级高新技术企业，拥有省级技术中心，青岛市轨道车辆减震降噪专家工作站，青岛市轨道车辆可靠性工程实验室，青岛市市级工业设计中心等一系列荣誉资质，承担“国家科技部货运动车项目”长客股份北京-张家口奥运高铁内饰的工业设计任务及市级技术创新项目 20 余项，参与 3 项行标制定，制定 14 项企标。公司累计拥有有效授权专利 171 件，其中：发明专利 17 件，实用新型专利 123 件，外观专利 31 件。2018 年公司继续拓展产品模块及种类，在产品研发方面完成了以下设计能力提升和重大产品创新：照明产品设计能力提升、自动化及非标设备设计能力提升、研制整车客室电加热系统、研制货运动车组智能配载系统、2022 年北京冬奥会京张高铁产品设计等。 实施能力：公司围绕 ISO9001 和铁路行业 IRIS 体系标准建设了完善的管理体系，加强了风控问题的识别与流程前置，提前识别产品实现过程的风险进行管控，并为后期新的项目提前做好策划准备，围绕项目成本管控、产品可靠性、工艺可行性、试制和量产过程问题进行识别、梳理，确定改进方向，优化业务流程和机制。加强生产效率提升与质量管控，打造“潮汐式”智能制造系统，对人、设备、工装模具等资源进行全面预测和匹配，满足客户交付要求。应对多品种小批量生产特点，推动节拍化生产，进而形成拉动生产和 JIT 配送模式。公司进一步明确了“用户极致体验、质量风险控制、关键特性落地”的质量方针，围绕产品可靠性、工艺可行性、试制量产等核心过程进行质量风险识别与流程前置控制，建立雷区共享经验库，依据雷区经验借鉴识别产品实现过程的风险，建立关键质量特性控制计划，对产品实现过程的风险进行识别与控制。对产品实现的各关键节点进行质量门的管控，提升产品质量和产品满意度。 服务保障：为了更好的提高客户服务能力，及时反馈和解决客户提出的问题，公司下设售后服务中心，并在全球构建了完善的服务网络，其中，国内设有服务中心 20 余处，分别位于北京、上海、唐山、长春、广州、南京、杭州等；

	海外设有柏林、克雷菲尔德、维也纳、蒙特利尔等服务中心。全球化的售后服务布局可迅速有效地为客户提供一站式服务，做到对客户需求及时反应、快速解决。威奥售后服务中心以“打造企业的核心竞争力，成为轨道制作行业第一服务品牌”为目标，秉承“客户第一，服务至上”的服务理念，以“问题零延误、过程零差错、闭环零遗漏”为服务标准，发扬“迅速反映，马上解决”的服务作风，为客户提供更及时有效更优质高端的售后服务，通过全面、准确、及时处理客户为题和质量改进及时、到位、彻底的闭环，打造企业的核心竞争力打造轨道制造行业第一服务品牌。

二、工业数据中心优秀案例

1、工业数据中心简介	
数据中心名称	威奥智能制造大数据中心
数据中心基本情况	1.威奥智能制造数据中心采用两路供电，市电从变压站直接到机房，还有 UPS 电池组，保证断电后持续供电 5 小时。采用柴油机供电，保证断电后机房空调和 UPS 的持续电力。机房分两个服务器机架和一个弱电机架。机房空调和网络设备占数据中心能耗的 50%以上。 2.数据中心采用双线接入（联通、移动），保证网络双线冗余。 3. 数据中心运行威奥公司 mes、vps、wms、sap 等核心业务系统。
当地环境条件	1.威奥智能制造数据中心位于青岛城阳区双埠工业园，这里气候宜人，供电供水稳定，厂区有独立的变压站。位于青岛双埠高速路口附近，交通便利。 2.威奥智能制造数据中心采用的是封闭式机房，制冷设备使用的双台艾默生机房专用空调，机房还安置了专用灭火装置，达到恒温、恒湿、无尘的标准化机房要求。
2、业务需求场景、技术落地场景	
业务需求场景	场景 1：工业物联网生产线的数据应用 生产设备数据每隔几分钟就被采集温度、湿度、工作状态等数据，利用这些数据可以实现很多分析，比如设备状况、质量事故分析，设备开工率分析；能更好的发现制造环节的瓶颈所在，并以此解决问题。利用这些大数据，可以建立虚拟模型，后期可以进行生产过程仿真并优化生产流程。

	场景 2：供应链的分析和优化 通过 WMS 系统，采用了条码和 RFID 等电子标识技术和移动互联网技术，可以实现完整的产品供应链的大数据采集（客户数据、企业内部数据、供应商数据等），利用这些大数据，可以实现仓储、配送、发货效率的大幅提升，保证企业对客户的准时交付，同时大幅降低了库存周用，降低了管理成本。另外，基于 WMS 系统和 RFID 电子标签，实现了产品全生命周期的质量追溯管理。 场景 3：潮汐制造和生产计划、排产 针对轨道交通装备制造领域的多品种小批量、潮汐式制造的生产模式，通过历年信息化的实施，积累了众多的历史数据，根据大数据分析，发现预测和实际的偏差概率，利用 MES、APS 系统设定人员、设备、工装模具、物料的约束条件，不断优化演进算法，自动生成排产计划，通过分析生产计划和实际执行的偏差，动态的调整排产计划，并形成历史大数据，继续积累，达到智能预测、智能排产。
关键技术落地场景说明	场景 1：工业物联网生产线的数据应用 工厂设备的升级改造，老设备安装传感器，新设备本身就是智能终端，可以通过网络传输设备信息，最终数据采集到 MES 系统，产生设备信息历史库，达到设备状态监控、保养和故障报警。 通过产品信息的条码扫描和 RFID 的自动信息采集，达到数字化工厂的数据采集和分析。 场景 2：供应链分析和优化 从供应商开始，产品上贴条形码或 RFID 标签，通过手工或者设备自动采集各环节的产品信息到 WMS 系统，最后扫描发货到客户。 场景 3：潮汐制造和生产计划、排产 利用 MES 和 VPS 系统产生的历史数据，根据分析制定合理的算法，来达到智能预测、智能排产。
3、数据中心的各层架构技术模式、种类以及趋势判断	
主要技术举措（各层架构技术模式、种类）	1.威奥智能制造数据中心进行专业化机房改造，有机房 UPS 不间断供电系统、独立的地线系统、专用的空调系统、专用的气体消防系统、专用的电力系统等综合集成机房。 2.在网络方面，外网采用双线，达到对外网络冗余。机房设备万兆互联、SAN 互联等。数据中心到工厂采用的是裸

	光纤专线接入。机房核心交换机均采用万兆交换机。 3. 服务器采用的是联想超融合一体机，实现无缝横向化扩展，形成统一的资源池。硬件使用超融合一体机，采用了 vmware 的虚拟化技术，把这些一体机做成一个资源池。并且可以随时对单节点增加内存、硬盘、CPU 或者横向增加服务器实现扩容。易扩展、易管理、高性价比的 X86 服务器架构。
趋势判断	趋势 1：大数据化 各种业务数据采集和积累，历史数据和实时业务数据越来越多，怎么使用和分析数据是企业 IT 重点，通过对数据的使用，可以让各职能部门使用数据驾驶舱来进行设计、规划、预测。 趋势 2：智能化 使用数据分析和一定的算法，达到自动预警（设备维护预警、产能不足预警、排产不均衡预警等等）。使用历史数据和实际对比，实现潮汐制造，通过对设备数据、物料信息等采集，达到数字化工厂，实现自动化排产。
4、数据中心助力传统工业模式的改造升级应用	
传统工业模式与改造后新模式的对比描述	 早期的信息化是每个业务对应一套独立的硬件设备，数据是分割的，服务器也需要单独的人维护，资源完全无法共享。导致随着业务系统的增加，机房的空间、能耗、制冷系统都要增加，但是空间有限，造成扩容困难。 为了应对信息化的快速发展，提供设备的利用率，威奥智能制造数据中心采用了私有云模式。使用超融合一体机，通过虚拟化技术，实现了计算资源池、存储资源池、网络资源池，在运维、灾备建设、故障切换上有质的飞跃，实现的业务的连续性。在硬件设备不增加或者少量增加的情况下，

	实现了业务需求的增长。减少了能耗、空间，实现资源最大化利用。
已取得/预期取得的收益内容	1.随着威奥的发展，分公司和工厂越来越多，业务系统也随之增加。公司要求也是尽量快速上线。但是以往架构就需要单独采购服务器和网络设备。硬件采购有采购周期，业务系统需要考虑业务发展衡量硬件资源进行硬件规划，造成项目进度缓慢。现有威奥智能制造数据中心，在资源池内搭建虚拟服务器变的简单，硬件资源进行初期设计就可以使用，实现业务系统快速搭建，加快业务上线周期。 2.按以前架构，经常会造成几年后当时的服务器硬件资源不足，需要进行升级。升级就需要停机，造成业务中断。现有威奥智能制造数据中心，升级变得简单话，可以随时按需分配资源。保证了业务系统的服务质量，缩短了升级时间。 3.以前架构，业务系统增加必然造成服务器数量不断增加，机房的空间、电力等硬件也越来越紧张。现有威奥智能制造数据中心，有新的业务系统，只需要使用资源池里面多余的资源构建新的业务系统即可。增加了资源利用率，节省了硬件成本，也节省了机房空间、电力等成本。
5、其他	
其他混合场景说明	预测维修业务：随着动车的发展，动车运转到一定的公里数之后，就需要定期维护。动车的维修也迫在眉睫。公司产品运行在那么多动车上，维修需要很多相关的信息，才能提高服务质量。维修过程中需要技术图纸（PDM 系统）、产品制造信息（WMS、VPS、MES 系统）、售后维修信息（售后系统）。打通上面几个系统的数据孤岛，实现大数据融合，就可以做到产品保养预警、产品追随、产品维修图纸查找、维修进度等各种信息，提高客户满意度。
其他专业技术融合说明	在威奥智能制造数据中心的资源池上，建立 BI 数据仓库，通过建模，打通数据孤岛，实现数据联合。

三、案例小结：

该数据中心案例重点介绍了“青岛威奥轨道股份有限公司”数据中心助力该企业在私有云建设方面收益。

通过私有云虚拟化技术，形成了计算资源池、存储资源池、网络资源池，在运维、灾备建设、故障切换上有质的飞跃，实现业务的连

续性。在硬件设备不增加或者少量增加的情况下，支撑了业务需求的增长。减少了能耗、空间，实现资源最大化利用，效果良好。

该数据中心是工业数据中心技术助力传统工业升级的典型案例，具有示范推广作用。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 4　财务大数据云平台与边缘中心

南京桂瑞得信息科技有限公司

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、企业基本情况

1、申报企业情况

<table>
<tr><td colspan="2">企业名称</td><td colspan="3">南京桂瑞得信息科技有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">办公地址</td><td colspan="3">南京市栖霞区广月路 9-12 号</td></tr>
<tr><td rowspan="2">联系人</td><td>姓名</td><td>桂冠</td><td>电话及手机</td><td>15190490921</td></tr>
<tr><td>职务</td><td>董事长</td><td>电子邮箱</td><td>121623036@qq.com</td></tr>
<tr><td colspan="2">企业简介</td><td colspan="3">（一）企业基本情况介绍
公司成立于 2017 年 2 月，注册资本 200 万，实到资本 130 万，是一家新兴创业公司。现有员工 7 名，其中博士 3 名，研究生 2 名，本科生 2 名。主要从事人工智能、智能安全监测相关技术研发与服务。2019 年 6 月入选“创业栖霞”，并落户于栖霞区十月科技创业园。同年 8 月，公司自主研发的“智能安全监测系统”获得中国人工智能创新大赛二等奖。
截至 2019 年 11 月 26 日，公司已申请国家发明专利 3 项，软件著作权 8 项，其中 1 项关于安全监测项目的国家发明专利已公开，7 项软件著作权已授权；另获得 2 项产品检测合格证书。公司目前相关产品均在开发中，2019 年销售额 20 万。
（二）企业核心竞争力介绍
1．技术及研发优势
公司创始人拥有 6 年的海外留学及工作背景，在国内外积累了较多的科研成果，2015 年末回国至今创建了由 1 名教授、2 名副教授、4 名讲师、3 名博士后、7 名博士、32 名硕士组成的研发队伍。
公司于 2017 年搭建了自己的大数据平台，为客户大数据研究信息提供了安全保障。公司目前推出产品及服务所涉及技术、算法均为自主原创，部分技术已经向主管部门申请专利、软件著作权等。同时，公司推出的智能安全监测项目，是将深度学习的方法引进工业监测，这一技术属于行业首创，未来大规模应用后，可以有效降低行业客户安全事故发生概率，改善企业生产环境。
同时，公司创始团队拥有多项人工智能、机器视觉等专利技术，从而进一步完善公司技术储备。公司以积累的核心技术为支撑，深入挖掘现有应用领域，灵活应用各种技术组合满足客户个性化需求，进一步拓宽技术的应用领域，发掘新兴或未开发领域具备较强的技术与创新优势。</td></tr>
</table>

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

	2．综合服务能力优势 公司重视客户端技术服务，为客户配置专门的现场技术支持和新产品工程团队，向其提供产品技术支持；可以为客户提供定制化的解决方案。相比其他竞争对手，公司可以为国内客户提供更为迅速、及时的技术支持与服务，在同等技术水平下具有更强的竞争优势。 3．客户资源优势 公司创始人多年来与国电南瑞、亿阳通信等上市公司及江苏首屏信息产业有限公司等行业领先公司及高校实验室建立了稳定的合作伙伴关系，因为前期高水平的技术服务，上述知名企业正逐渐转化为公司下游客户，这些优质客户将为公司提供广阔的产品应用市场。

二、工业数据中心优秀案例

1、工业数据中心简介	
数据中心名称	财务大数据云平台与边缘中心
数据中心基本情况	财务大数据云平台：阿里云服务器-大数据网络增强型 D1NE 财务大数据边缘中心：每个边缘中心包含可移动式机架(机器人外壳)1 个、扫描仪 1 台、工作站 1 个(含 GTX1080Ti GPU1 个)
当地环境条件	财务大数据边缘中心：一般放置于各企事业单位的财务报销部门，依当地室内环境而定。上行网络带宽一般大于 10Mbps。 电价：0.62~0.67 元/千瓦时。 水价：1.69~2.07 元/吨。
2、业务需求场景、技术落地场景	
业务需求场景	场景 1：企事业单位财务部门日常人工报销效率低，报销流程长，消耗时间多，出错率极高。 人工报销发票不仅加重了财务人员的工作负担，而且会占用报销者大量额外的精力，更会加重企业的生产成本。本公司研发的基于财务大数据以及深度学习的智能财务机器人利用计算机视觉及人工智能技术识别发票实现自动、智能报销，既可以能提高报销效率，减少报销者在报销上浪费的精力和时间，也可以降低财务人员的工作负担，降低中小型企业的人力资源成本，这对促进社会发展具有重要意义。

关键技术落地场景说明	场景 2：智能财务报销机器人 将人脸识别、图像处理、文字识别、数据库存储与调用等技术整合，实现身份验证、发票传送、基于财务大数据与深度学习的发票识别和发票存储等功能。基于历史财务数据，包括大量发票的电子档等，训练深度神经网络，实现发票的精确分类、文字定位以及文字识别。
3、数据中心的各层架构技术模式、种类以及趋势判断	
主要技术举措（各层架构技术模式、种类）	1.基础设施层面 （1）总控模块 总控分为四个部分：人证合一，发票传送，发票识别，发票存储。其中发票传送又分为进票和退票两部分。 （2）机械装置概述 机械模块主要可以分成两个部分，外部框架和内部框架。 外部框架包括外框、摄像头、身份证阅读器、触摸屏、发票入口、退票口、卡票维修口、凭证出口、取票柜和滚轮等结构。内部框架包括进纸装置、扫描装置、取票柜、出票通道和打印机。 2.IT 层面（服务器网络） 边缘中心服务器与中心云平台依照星型拓扑结构部署： （1）每个边缘中心服务器都可以通过以太网与与中心云平台进行数据交换； （2）中心云平台集中收集处理来自所有边缘中心服务器的数据； （3）边缘中心服务器也可以独立进行离线工作，完成身份认证、发票识别、财务信息本地存储等部分工作。 3.应用层面 在后期大规模部署阶段，拟采用基于 Hadoop 的大数据处理框架，主要举措包括： （1）利用 Apache Flume 和 Apache Kafka 子系统，实现边缘与云中心的数据交换与数据聚合。 （2）利用 Apache Hive 和 Apache Pig 子系统，实现数据转换和数据清洗。 （3）利用 Apache Oozie 子系统实现任务编排。 （4）利用 Apache Sqoop 子系统，实现数据从数据湖向服务层的加载。 （5）在 Keras 深度学习架构上实现财务大数据智能分

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

<table>
<tr><td></td><td>析。</td></tr>
<tr><td>趋势判断</td><td>趋势 1：节省财务报销人力成本、提高效率
利用图像处理及计算机视觉技术识别发票实现智能报销的新模式，能有效提高报销效率，减少报销者在报销上浪费的精力和时间，减轻财务人员重复机械性劳动，降低中小型企业的人力资源成本。
趋势 2：全面提升财务系统智能性，助力互联网+
利用先进信号处理、人工智能、大数据、云计算、边缘计算等技术，实现智能人证合一、智能发票自动识别、智能发票真伪验证、报销单自动生成、本地部署、云端大数据分析等功能，从而将现代互联网与 IT 技术整合到传统财务报销领域。
趋势 3：依托数字货币及区块链技术，提升全社会金融结算实时性、安全性、可回溯性
将指定采购平台、差旅出行应用、信用卡、网上银行、数据加密、客户管理系统、企业财务系统、企业内部门户、人力资源系统、医保与社保系统、个人信用体系、未来数字货币、区块链、不动产、税务系统等全面深度融合，实现全社会金融结算的便利性、快捷性、安全性、可回溯性，并起到防止腐败、防金融诈骗等作用。有利于提供更可靠更及时的国民经济运行指标数据。</td></tr>
<tr><td colspan="2">4、数据中心助力传统工业模式的改造升级应用</td></tr>
<tr><td>传统工业模式与改造后新模式的对比描述</td><td>与传统人工报销方式相比，利用图像处理及计算机视觉技术识别发票实现智能报销的新模式，能有效提高报销效率（每小时报销单数提升 50%以上），减少报销者在报销上浪费的精力和时间（每次报销可至少节省 30 分钟），减轻财务人员重复机械性劳动，降低中小型企业的人力资源成本（约 30%）。与市面同类型其他公司产品对比如下表所示。
<table>
<tr><td colspan="2">公司名称
公司产品</td><td>本案例</td><td>北京文通科技有限公司</td><td>优识云创（北京）科技有限公司</td><td>杭州每刻科技有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">产品名称</td><td>智能财务报销系统</td><td>文通单据扫描识别系统</td><td>票++</td><td>每刻费用管理 SaaS 云平台</td></tr>
<tr><td>硬件</td><td>有无硬件</td><td>有</td><td>有</td><td>\</td><td>\</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td><table>
<tr><td></td><td>人证合一</td><td>有</td><td>\</td><td>\</td><td>\</td></tr>
<tr><td></td><td>发票扫描</td><td>有</td><td>有</td><td>\</td><td>\</td></tr>
<tr><td></td><td>发票存储</td><td>有</td><td>\</td><td>\</td><td>\</td></tr>
<tr><td rowspan="9">软件/云平台</td><td>发票自动分类</td><td>有</td><td>\</td><td>\</td><td>\</td></tr>
<tr><td>发票文字自动定位</td><td>有</td><td>\</td><td>\</td><td>\</td></tr>
<tr><td>报销发票种类</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td><td>1</td></tr>
<tr><td>发票文字识别</td><td>有</td><td>有</td><td>\</td><td>\</td></tr>
<tr><td>报销金额自动校对</td><td>有</td><td>\</td><td>\</td><td>\</td></tr>
<tr><td>发票真伪查验</td><td>有</td><td>\</td><td>有</td><td>有</td></tr>
<tr><td>报销单生成</td><td>有</td><td>\</td><td>有</td><td>有</td></tr>
<tr><td>是否可以部署在本地</td><td>是</td><td>是</td><td>否</td><td>否</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>已取得/预期取得的收益内容</td><td>1.提高工业效率维度
提高报销效率（每小时报销单数提升 50%以上），减少报销者在报销上浪费的精力和时间（每次报销可至少节省 30 分钟）
首张发票处理时间：8 秒
第二张及之后的发票单张处理时间：2 秒
2.质量升级维度
人证合一子系统准确率：99%
OCR 识别中文准确率：95%
OCR 识别大写金融汉字准确率：99.3%
OCR 识别数字准确率：99.5%
3.成本降低、节能维度
降低中小型企业的人力资源成本（约 30%）
由于采取无纸化报销作业流程，按单次报销节省纸张 5 张，每人每年报销 10 次计算，每中型企业每年可节省纸张 10 万张（约合木材 0.4 吨），达到节能环保目的，助力“五位一体”生态文明建设
耗电成本无明显增加</td></tr>
</table>

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

5、其他	
其他混合场景说明	
其他专业技术融合说明	

三、案例小结：

本数据中心案例重点介绍了基于“财务大数据云平台与边缘中心”的大数据技术，主要针对“企事业单位财务部门日常人工报销效率低，报销流程长，出错率极高“的问题，实施该技术后，有效地提高报销效率，减少报销者在报销上浪费的精力和时间；最大化地优化其产品特性，提升人证合一子系统准确率和 OCR 识别中文准确率，降低中小型企业的人力资源成本。

该数据中心是工业数据中心技术助力传统工业升级的典型案例，具有示范推广作用。

工业互联网产业联盟 Alliance of Industrial Internet

案例 5　SGM 云计算数据中心二期项目

上汽通用汽车有限公司&

新华三技术有限公司（合作）

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、企业基本情况

1、申报企业情况

<table>
<tr><td colspan="2">企业名称</td><td colspan="3">上汽通用汽车有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">办公地址</td><td colspan="3">中国（上海）自由贸易试验区申江路 1500 号</td></tr>
<tr><td rowspan="2">联系人</td><td>姓名</td><td>叶彪</td><td>电话及手机</td><td>021-28902890</td></tr>
<tr><td>职务</td><td>副总经理</td><td>电子邮箱</td><td>xi2_chen@shanghaigm.com</td></tr>
<tr><td colspan="2">企业简介</td><td colspan="3">（一）企业基本情况介绍
上汽通用汽车有限公司，成立于 1997 年 6 月 12 日，由上海汽车集团股份有限公司、通用汽车公司共同出资组建而成。目前拥有浦东金桥、烟台东岳、沈阳北盛和武汉分公司四大生产基地，共 4 个整车生产厂、2 个动力总成厂，是中国汽车工业的重要领军企业之一。坚持“以客户为中心、以市场为导向”的经营理念，上海通用汽车不断打造优质的产品和服务，目前已拥有别克、雪佛兰、凯迪拉克三大品牌，覆盖了从高端豪华车到经济型轿车各梯度市场，以及高性能豪华轿跑、MPV、SUV、混合动力和电动车等细分市场。
（二）企业核心竞争力介绍
研发体系：
成立之初，上海通用汽车就把研发看作企业可持续发展的可靠保障，把提升自主研发能力作为提升体系能力的重中之重。与上海通用汽车有限公司同一天成立的泛亚汽车技术中心有限公司，一直致力于消化吸收通用汽车先进的汽车开发技术和流程，并结合对中国市场的充分理解，持续提升本土汽车开发的创新能力。而通过与上海通用汽车共同构建两位一体的全业务链体系，为泛亚研发能力的快速提升提供了保证。
制造体系：
从浦东金桥，到烟台东岳，再到沈阳北盛，以及正在建设中的武汉基地，上海通用汽车前瞻规划，积极布局，精益生产和精益管理体系在不断延伸，形成了从沿海向内地延伸的全国性生产基地布局，为上海通用的未来可持续发展进一步夯实了基础。同时，上海通用汽车还不断优化现有产能，通过应用先进的信息化系统、加强产业链的高效配合和快速响应、不断技术改进提高生产节拍、合理排班排产等多方措施并举，不断提升体系效率。
服务体系：</td></tr>
</table>

	上海通用汽车是业内首个创建汽车售后服务品牌的企业。“以客户为中心、以市场为导向”，上海通用汽车始终坚持品牌、产品和服务并重，与遍布全国的三大品牌经销商一起实现品牌共建，文化共享、合作共赢，为消费者带来出色的品牌、产品和服务体验。目前，别克、雪佛兰、凯迪拉克三大品牌都形成了各自独特的、差异化的服务品牌。

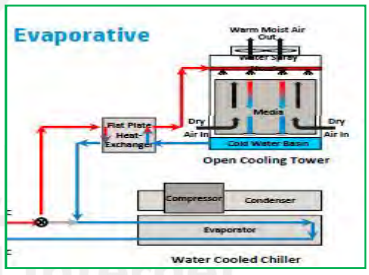
2、联合申报企业情况

企业名称		新华三技术有限公司		
办公地址		北京市朝阳区望京利星行中心 6 层		
联系人	**姓名**	詹胜春，	**电话及手机**	13910662983，
	职务	项目经理	**电子邮箱**	zhan.shengchun@h3c.com
企业简介		**（一）企业基本情况介绍** 紫光旗下新华三集团作为数字化解决方案领导者，致力于成为客户业务创新、数字化转型最可信赖的合作伙伴。 **（二）企业核心竞争力介绍** 新华三拥有计算、存储、网络、安全等全方位的数字化基础设施整体能力，提供云计算、大数据、智能联接、信息安全、新安防、物联网、边缘计算、人工智能、5G 等在内的一站式数字化解决方案，以及端到端的技术服务。		
真实性承诺		我单位申报的所有材料，均真实、完整，如有不实，愿承担相应的责任。 公章： 年　月　日		

二、工业数据中心优秀案例

1、工业数据中心简介	
数据中心名称	SGM 云计算数据中心二期项目
数据中心基本情况	上汽通用汽车有限公司成立于 1997 年 6 月 12 日，由上海汽车集团股份有限公司、 通用汽车公司共同出资组建而成。目前拥有浦东金桥、烟台东岳、沈阳北盛和武汉分公司四大生产基地，共 9 个整车生产厂、4 个动力总成厂，是中国汽车工业的重要领军企业之一。

	上汽通用云计算数据中心位于浦东金桥新泛亚园区内，楼体建筑为六层,其中一层为公用配套设备变电所、柴油发电机房等；二、三层为数据中心网络服务器机房、不间断电源 UPS 间、电池间等；四至六层为办公操作区域。总建筑面积约 16769 平方米，建筑高度为 38.5 米。 供配电总容量为 2800 KVA、机架数量 327 个,单机柜为 5.5KW,高密机房 14KW。PUE 小于 1.4。网络由多家运营商，沿不同方向接入，带宽为 100 兆。
当地环境条件	地理环境：上海浦东金桥新泛亚园区内，地理环境满足数据中心对物理位置的要求。 商业电价：0.916 元/KW.h。 水价：3.62 元/吨。 气候条件：浦东新区地处北亚热带，属于海洋性气候，四季分明，降水充沛，温度适中，年平均气温 15-22 度。 网络条件：良好，多家运营商接入。
2、业务需求场景、技术落地场景	
业务需求场景	该项目遵从上海通用汽车的“绿动未来”全方位绿色战略，以实现企业自身、企业与行业、企业与环境的和谐永续发展。为了上海通用汽车公司未来业务的发展，数据中心的设计建设成为独立先进的数据中心 IT 综合环境，用于容纳数据中心大楼的全部设备，为上汽未来 10 至 15 年的业务提供充足、安全、可靠、灵活的 IT 基础环境。
关键技术落地场景说明	场景 1：采用通道封闭技术 采用冷通道封闭和机柜级盲板封堵，完全隔离冷热气流混流，提升整体制冷效率，体现绿色技能技术的应用。 场景 2：配电系统采用分布式架构 配电系统整体架构设计采用分级分层，优点在于分散风险，降低运维管理的复杂性和难度，主要配电单元配置智能通讯接口，体现运维自动化。 场景 3：采用自主专利技术-冷冻水系统 BMS 控制系统 通过 BMS 系统实现精确制冷、高效制冷，既实现运维的自动化又降低运维成本，体现关键技术 ROI 的贡献。
3、数据中心的各层架构技术模式、种类以及趋势判断	
主要技术举措	基础设施层面

（各层架构技术模式、种类）	数据中心的分层信息，风火水电层：楼体建筑为六层，其中一层为公用配套设备变电所、柴油发电机房等；二、三层为数据中心网络服务器机房、不间断电源 UPS 间、电池间等，采用水冷冷水机组作为冷源。
趋势判断	趋势 1：边缘化 随着 5G 和边缘计算技术的成熟，企业数据中心规模随着新技术的应用需求同步向边缘化发展。 趋势 2：运维智能化 数据中心运维的复杂性和运维成本的居高不下要求数据中心的运维能达到先知先觉，让故障和隐患消除在萌芽状态，需要建立一套高度智能化的运维体系，既能减少运维人员的投入又能把运维质量提升到更高的层级。
4、数据中心助力传统工业模式的改造升级应用	
传统工业模式与改造后新模式的对比描述	传统模式  改建后新模式   传统风冷直膨 DXA  水冷冷水机组
已取得/预期取得的收益内容	1.提高工业效率维度 数据中心是新工业革命的关键支撑和智能制造的重要基石。工业互联网通过实现人、机、物的全面互联，促进制造资源泛在连接、弹性供给和高效配置， 提高企业的生产效率。 2.质量升级维度 工业生产自动化条件下，数字化工厂飞速发展，并且得到了深度应用，数据中心建成后为业务的连续性提供有

	效的支持，确保生产的稳定性、可靠性 ,确保产品的质量稳定。 3.成本降低、节能维度 改造后的模式使得数据中心的 PUE 值降低 18%（PUE 值从 1.78 降低到 1.4），每年节省电费 500 万以上。
5、其他	
其他混合场景说明	
其他专业技术融合说明	

三、案例小结：

本数据中心案例重点介绍了上汽通用汽车有限公司在云计算中心的建设实践，其配电系统采用分布式架构，优点在于分散风险，降低运维管理的复杂性和难度，主要配电单元配置智能通讯接口，体现运维自动化；其空调系统采用冷冻水系统 BMS 控制，既实现运维的自动化又降低运维成本。该数据中心在助力企业提高效率、升级质量、降低成本和节能方面均具有贡献。

该数据中心是工业数据中心技术助力传统工业升级的典型案例，具有示范推广作用。

案例 6　中国石化润滑油北京有限责任公司数据中心

中国石化润滑油北京有限责任公司

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、企业基本情况

1、申报企业情况

<table>
<tr><td colspan="2">企业名称</td><td colspan="3">中国石化润滑油北京有限责任公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">办公地址</td><td colspan="3">北京市房山区燕房东北环线羊头岗路口以北 800 米</td></tr>
<tr><td rowspan="2">联系人</td><td>姓名</td><td>周波</td><td>电话及手机</td><td>13436366210</td></tr>
<tr><td>职务</td><td>副经理</td><td>电子邮箱</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">企业简介</td><td colspan="3">（一）企业基本情况介绍
中国石化润滑油北京有限责任公司（以下简称润滑油北京有限公司）是中国石化润滑油有限公司的全资子公司。位于北京市房山区北京石化新材料产业基地，总投资 7.3 亿元，占地 350 亩。2018 年 11 月，历经两年多的建设，润滑油北京有限公司（一期）竣工投产，形成 30 万吨/年润滑油产能。北京有限公司拥有先进的润滑油全自动调合和灌装生产线，可生产内燃机油、齿轮油、液压油、涡轮机油、压缩机油等五个大类、150 多个品种的润滑油产品。
（二）企业核心竞争力介绍
润滑油北京有限公司包括二层调合厂房 1 座，灌装厂房 1 座，库房 2 座，分析楼、指挥楼各 1 栋，空压站及热交换站、消防泵房 1 座，总变配电间 1 座。基础油、成品油、添加剂及中间罐区各 1 个，合计储罐 92 座，机泵 68 台。调合设施配有 3 套 ABB 自动批量调合系统和 3 套 SMB 同步计量调合系统，两套 OCP 设备，配备基础油管汇（14 进 10 出）、成品油管汇（20 进 18 出）各 1 套。灌装厂房现有包装生产线 16 条，其中 6L 以下小包装生产线 6 条、20L 中包生产线 5 条、200L 大包装生产线 4 条及吨箱包装生产线 1 条。配置机械手 8 套，AGV 自动驾驶小车 5 台，与码垛机器人和自动输送系统相结合，实现产品从包装线到成品库房间运输的无人化操作，为提高生产效率创造了条件。配置汽车装车鹤管 2 套、地中衡 2 套，承担成品油散油装车任务，满足 OEM 客户对产品的不同需求。设置空压站一座，配套空气压机系统 2 台，承担整个厂区生产设备用气。配置热交换系统 1 套，满足整个厂区冬季供暖需要。通过 DCS、OA 等系统，将生产、办公与网络结合，按功能把厂区网络分为生产过程控制网络、生产管理网络、办公管理网络和安全监控网络，实现了信息化、智能化。产品由工业机器人自动码垛、自动无人驾驶 AGV 小车入库；实现了调合、灌装、产品入库自动化，</td></tr>
</table>

	达到了国内润滑油生产企业先进水平。 润滑油北京有限公司通过了 CNAS 国家实验室认可，具有润滑油和环保污水两个领域的分析能力,具有高温高剪切黏度测定仪、电感耦合等离子体发射光谱仪（ICP）等 80 余套仪器设备，每年检测样品量超过 10000 个。

二、工业数据中心优秀案例

1、工业数据中心简介	
数据中心名称	中国石化润滑油北京有限责任公司数据中心
数据中心基本情况	数据中心机房属于 C 类机房，主要用于工厂内部的工业控制、软件应用、数据存储。 供电容量：10KV。 机架数量：2。 服务器：6 台。 PUE 值：1.2。 网络接入：100M 光纤。
当地环境条件	工业电价：平均 0.9 元/千瓦时。 工业水价：平均 9 元/立方米。 气候：温带季风性气候。 地理环境：东经 115.7，北纬 39.4，位于华北平原北部。 网络条件：100M 光纤。
2、业务需求场景、技术落地场景	
业务需求场景	场景 1：过程控制：支撑 MACS 控制系统。 场景 2：批量控制：产品工艺和配方管理、设备互联互通。 场景 3：生产管理：控制生产设备，采集生成数据。 场景 4：储运管理：原材料及产成品仓储和发运管理。 场景 5：数据存储与计算：存储各应用系统数据，并根据元数据计算产生统计报表。
关键技术落地场景说明	场景 1：DCS：通过终端检测设备实时检测油罐数据，根据工艺和配方要求控制泵阀运行。 场景 2：MES：生产过程中采集设备数据和生产数据，产生指令控制设备按预设要求运转。 场景 3：WMS：存储动态库存变化数据，记录入出库的单据及操作记录。

	场景 4：BI：根据应用系统产生的数据进行大数据分析与计算，输出生产报表和总控指挥调度大屏。
3、数据中心的各层架构技术模式、种类以及趋势判断	
主要技术举措（各层架构技术模式、种类）	1.LOT 基础设施层主要基于 TCP/IP 协议，用来建立和管理 IP 存储设备、主机与客户机器之间的连接；基于 VPN 技术实现虚拟专用网络，用于加密通信和远程访问；采用 APM 应用性能管理来监控和管理应用软件的性能和可用性。 2.OT 控制层采用 API 应用编程接口进行软硬件数据通信，采用 OPC 技术用于过程控制，采用 PLC 可编程逻辑控制器进行设备控制。 3.目前软件应用采用三层架构模式，由于工厂并发用户数不多，所以还没有使用负载均衡，将来可扩展 Nginx 负载管理。
趋势判断	趋势 1：云部署：随着 IaaS 的发展，越来越多的应用软件和数据存储都会采用云部署的方式进行，同时云服务提供商建立大型数据中心会提供更多的扩展服务，有利于资源整合、能耗降低。 趋势 2：智能化：随着科技的发展，大数据分析、深度学习及人工智能的技术日趋成熟，设备运行趋势分析、智能 AI 监控与运维等智能化手段会逐步实现。 趋势 3：互联网化：现代网络通信速度不断提升，云服务与云计算应用普及，工业云平台面向智能制造提供强大的硬件基础设施，高标准的互联网云数据中心，具有高效可靠、快速服务、扩展灵活等特点。
4、数据中心助力传统工业模式的改造升级应用	
传统工业模式与改造后新模式的对比描述	在传统工业模式时代，在产品研发、生产、储运、销售各环节中，人工手动计算占据主导地位。 研发：传统模式里以人主导，通过不断的试错产生新产品；新的智能化虚拟设计系统应用，依靠计算机强大的运算能力，试验过程以机器为主导，极大的提升产品的研发速度和研发质量。 生产：传统模式里生产计划排程靠人工计算，最多能保障 1-3 天的排产准确性，数据中心建成后，依靠销售趋势、供应时效、设备及人力资源等大数据分析，可以准确的预测未来 7-15 天的排产计划，并可以根据临时突发情况进行动态调整。传统模式下生产车间是一个黑匣子，基本没有生产过程数据，新模式里依靠设备过程采集数据，可以实时分析

	产量、质量等数据，使得产品合格率不断提高，并可以提供给生产管理者分析数据，找到产能瓶颈，优化生产节奏。 储运：传统模式里生产具有盲目性，导致大量产品积压子在仓库内，占用企业运营成本，且产品发货时不能达到先进先出的原则，造成产品临期和报废的风险，仓储管理系统的应用，通过先进的入出库策略，准确的计算发货数据，保障库存周转率得到大幅提升，并可以形成产品流向的追溯数据。 销售：销售是企业的核心环节，在现代企业管理中，CRM系统的使用，为企业建立一个客户信息收集、管理、分析和利用的信息化系统，记录企业在市场营销和销售过程中与客户发生的各种交互行为，为企业管理者提供各种信息和数据的分析整合，为企业发现新市场机会、改善产品定价方案、提高客户忠诚度，从而提高市场占有率提供支持。
已取得/预期取得的收益内容	1.实现对制造过程的管理和优化，显著提升生产效率。 2.大幅提升新产品的开发效率，使用虚拟设计系统降低75%的设计错误。 3.计算机指令控制设备运行，精准度得到极大提升，产品合格率提升至99.9%以上。 4.储运系统有助于减少库存、提高发货效率、降低库存成本，加快市场响应速度。 5.数据中心集成统一的生产营运平台，满足工厂的信息需求，可以满足将来个性化、柔性化、多批次智能制造的标准。
5、其他	
其他混合场景说明	
其他专业技术融合说明	

三、案例小结

本数据中心案例重点介绍了中国石化润滑油北京有限责任公司在信息化方面实践，该 IDC 共 2 个机架，6 台服务器，规格相对较小。在助力传统工业升级方面，具有一定的收益：应用计算机指令控制设备运行，精准度得到极大提升；集成统一的生产营运平台，满足工厂的信息需求，满足个性化、柔性化、多批次智能制造标准，有效实现对制造过程的管理和优化。

该数据中心是工业数据中心技术助力传统工业升级的典型案例，具有示范推广作用。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

案例 7 华友新能源智能工厂大数据中心

华友新能源科技（衢州）有限公司

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

一、企业基本情况

1、申报企业情况

<table>
<tr><td colspan="2">企业名称</td><td colspan="3">华友新能源科技（衢州）有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">办公地址</td><td colspan="3">浙江省衢州市廿新路 18 号 9 幢 1 号</td></tr>
<tr><td rowspan="2">联系人</td><td>姓名</td><td>王涛</td><td>电话及手机</td><td>15695703193</td></tr>
<tr><td>职务</td><td>项目申报副主管</td><td>电子邮箱</td><td>wt@huayou.com</td></tr>
<tr><td colspan="2">企业简介</td><td colspan="3">（一）企业基本情况介绍
华友新能源科技（衢州）有限公司成立于 2016 年 5 月，是国家级高新技术企业，为上市公司浙江华友钴业股份有限公司全资子公司，注册资本 8.7 亿。主要产品为各种型号三元正极前驱体，应用于新能源汽车及储能电源领域。
目前已具备 2 万吨/年 NCM 前驱体的产能，6 条生产线全部采用国际先进水平的自动化设备，通过严格的生产技术条件和独特的工艺控制，实现产品微观形貌可控、振实密度高、粒度分布窄、杂质含量低等各项指标均达到行业中高端水平，并进入 SDI、LG、GSEM，L&F 等国际高端客户的供应链。
公司 2017 年实现销售收入 7.66 亿元，利润 1661.37 万元，研发投入 3938.67 万元，占销售收入的 5.1%；2018 年实现销售收入 17.6 亿元，利润 1836.28 万元，研发投入 8446.48 万元，占销售收入的 4.8%，企业经营状况良好。
（二）企业核心竞争力介绍
公司设有独立的技术研发中心——锂电材料工程技术研究开发中心，拥有专职研发人员 71 人，均为本科及以上人员，其中博士 4 人，硕士 28 人，具备高级职称人员 6 人，外部兼职专家 7 人，拥有 4000 余平米的研发场地，各类仪器设备价值 3000 多万元，并投资 4000 余万元建设小试、中试、大试、检测等研发平台，具备业内最先进的化学、材料研究和测试条件，以及前驱体性能的测试设备及技术，包括牛津能谱仪 EDS、场发射扫描电镜、扣式电池测试柜、电化学工作站等，为新能源动力电池正极材料前驱体及其生产工艺技术的研发提供了优越的硬件基础。研发团队实力雄厚，于 2017 年荣获“衢州市重点创新团队”称号。研发机构 2018 年被认定为衢州市市级工程技术研究开发中心、第十六批市级企业技术中心。同时，公司注重技术引进及转化，与浙江大学、中国科学院过程工程研究所、北京理工大学、合肥通</td></tr>
</table>

	用机械研究院等科研院校建立了长期友好的产学研合作关系。 公司于 2016 年设立研究所，2019 年设立锂电研究院。2018 年被认定为衢州市工程技术研究开发中心、衢州市企业技术中心，通过几年建设，研发基础设施和设备得到不断的完善和提升。目前拥有 2655 平方米的研发场地，为研究开发提供了宽敞、整洁的研究环境。 公司技术创新平台经过多年的建设，特别是在硬件科研设施方面，具备了相对完善的科研设备，能满足企业科研及检测的需求。截止 2019 年底，公司科研设备原值总额为 3093.89 万元，为新能源动力电池正极材料前驱体及其生产工艺技术的研发提供了优越的硬件基础。

二、工业数据中心优秀案例

1、工业数据中心简介	
数据中心名称	华友新能源智能工厂大数据中心
数据中心基本情况	数据中心通过整合技术、资金、人才、管理、产业链上下游等资源，建设华友新能源智能制造平台，综合应用物联网、信息化、云计算、自动化等技术，通过建设物联网车间、SAP ERP、MES、WMS、PLM、SRM、CRM、SAP BW、全面预算管理系统等信息系统并实现系统间的集成应用，打造新能源智能工厂。数据中心通过实现产业链企业间的供需协同，推动企业内部研发设计、生产制造、经营管理、仓储物流、客户关系管理等制造资源的数字化、在线化，提升华友以及产业链上下游企业的制造资源网络化配置和优化能力，大幅提升制造过程的生产效率，降低产品不良率，缩短订单交付周期，并能快速适应市场和多变的客户需求。
当地环境条件	工业电价：2.11 元/吨 水价：0.67 元/千瓦时 数据中心位于浙江省衢州市高新产技术园区华友新能源科技（衢州）有限公司主厂房内。地理位置处于江山港冲积平原，属于衢江一级阶地区。衢州地区属亚热带季风气候， 冬夏交替明显，四季分明，日照时间较长，雨量充沛，气候温暖湿润。公司运用性能更加强大的服务器系统，建立了 VMWARE 的虚拟化服务器群，为公司信息化建设打下了坚

	实的基础，网络条件优越。
2、业务需求场景、技术落地场景	
业务需求场景	场景 1：技术研发 公司需要实施产品技术创新战略，实现产品差异化竞争，有效整合企业内外资源，实现数字化协同研发，提高产品研发效率，缩短研发周期，降低研发成本，提升产品质量。这就需要公司具备产品数字化协同研发能力，具体如下： 锂电材料研究所负责公司技术研发和新产品开发工作，搭建了企业资源全方位服务的 LIMS 平台，在以强大的研发先进设备为支持的基础上，进行资源共享和优化配置，完善研发和技术标准化数据库，记录大量宝贵的检验数据并进行整合，与外部研发机构合作进行协同化产品开发，致力于生产高、精、尖的先进化产品，涉猎很多新的研发技术和领域，快速吸收并转化应用能力，不断学习和创新，提升企业竞争力。 场景 2：精细化生产运营管理 基于精细化生产制造的理念，持续改进和提高生产设备设施的数字化、网络化和智能化水平，深耕 SAPERP 企业资源计划的运用，基于核心业务的管理结构，结合 SAPERP 化工行业最佳业务实践进行优化升级。 生产方面，实现生产计划与销售计划的协同、生产调度、生产领料、生产消耗报工、产品入库以及生产进度信息跟踪等工作的系统管控，使企业管理人员及生产人员充分了解生产情况，做出及时合理的反应，从而提高生产业务管理水平；同时通过系统的集成功能，实现生产部门与其他部门的业务集成。以生产主计划协同优化为牵引，进行生产制造全过程供应链的精细化管理，提升生产过程中数据利用分析能力，提高准时交付率，降低库存，提高生产效率，彰显企业制造资源优势，助推企业综合竞争力持续进步。 质量方面，通过对质检项目、采样规则、检验计划等主数据更加规范化、标准化的管理，建立起一个高度集成的质量信息系统。质量信息与采购、生产、库存、销售无缝链接，实现产品质量记录、批次信息全过程可追溯。通过系统整合及数据集成，实现品质信息从 LIMS 系统抽取，减少质检数据的重复录入和整理，提高质量活动的工作效率；通过对质量报表的分析，帮助质量问题的持续改进，减少质量损失。 场景 3：市场精准营销 公司需要进一步整合和优化销售资源，利用信息技术

	实现对销售市场的全面、准确把控，做到对消费者的高效、精确销售。这就需要公司具备快速的市场营销能力。 就销售管理而言，通过信息系统，可以全方位的进行客户管理，包括客户信息、客户报价、客户合同等相关记录来掌握客户动态，以便客户服务中占据主动，服务更加精确到位。而且由于客户管理数据的支撑，客户分析也更加高效和智能，有利于客户管理和订单计划管理。同时，可以通过不同渠道进行信息的实时反馈，提升销售协同能力，对后续客户服务、订单追踪、信息收集、质量投诉等问题有更好处理能力。
关键技术落地场景说明	场景 1：构建集实时监控、安全管理及应急指挥一体平台 构建集实时监控、安全管理及应急指挥一体平台，打造华友智能车间，有效地对华友新能源能化整体安全环保状况进行全方位的实时监测，促进“双控”体系的有效执行，使得华友新能源能化可以掌握安全环保管理的主动权，为华友新能源能化的生产运行保驾护航。 基于 GIS 技术、视频监控技术等的企业综合监控平台，此平台作为华友新能源能化信息可视化的集中展示窗口，对华友新能源能化所有相关模块进行统一集成和数据信息展示。利用这个模块，企业安全管理或相关负责人可以 7*24 小时对当前企业各系统状态进行实时监控和运维管理，这给华友新能源能化的全局运维带来相当大的便利。当然，这样的全局监控程把序不止于安全领域，华友新能源能化也可以把其他领域的系统接入其中，打造成为园区内部的“智能地图”。 场景 2：高效的仓储管控能力 企业通过建立仓库 WMS 立库管理系统以及 WCS 自动化立体仓库监控系统统，优化货物出入库流程、货物上下架流程、数据采集存储流程、质量追溯流程、产品调度流程，降低仓储过程管理的成本、提高工作效率、降低出错率。 货物出入库流程：WMS 实现了与计算机监控调度系统（简称 WCS）无缝衔接，可以实现自动化立体仓库和普通货架库的综合管理，在对自动化立体仓库管理中，实现 WMS 可以直接将出入库的信息，下发到 WCS，由 WCS 完成出入库指令，并将出入库状态返回到 WMS。 货物上下架流程：货位精确定位管理、状态全面监控，通过终端或数据收集器实时地查看货位货量的存储情况、

	空间大小及产品的最大容量，管理货仓的区域、容量、体积和装备限度，降低货位蜂窝化现象出现的概率。在提高工作效率的同时，充分利用有限的仓储空间，提高了仓库空间利用率。 数据采集存储流程：通过与 ERP 系统对接，获取货物数据和过程管理信息，在上传到服务器系统数据库内，数据信息主要包括：物料基础信息、供应商基础信息、收货单位基础信息、入库单、出库单等。 产品存储监控流程：自动化立体仓库监控系统（WCS）由监控计算机、与 PROFIBUS 网络通讯系统、与网络交换机的网络接口、与堆垛机控制设备 PLC 的通讯接口、与输送系统 PLC 的通讯接口等组成，实现对立体仓库中自动化设备的自动运行数据采集、以及监视控制，使控制设备能够根据系统的要求高效、准确地工作，实现货物的自动存储及发送。 场景 3：高效的产业链协同 综合应用物联网、信息化、云计算、自动化等技术，通过建设 SAPERP、MES、WMS、物联网车间、PLM、SRM、CRM、SAPBW、全面预算管理系统等信息系统并实现系统间的集成应用，通过实现产业链企业间的供需协同，推动企业内部研发设计、生产制造、经营管理、仓储物流、客户关系管理等制造资源的数字化、在线化，提升华友以及产业链上下游企业的制造资源网络化配置和优化能力，大幅提升制造过程的生产效率，降低产品不良率，缩短合同履行周期，并能快速适应市场和多变的客户需求。
3、数据中心的各层架构技术模式、种类以及趋势判断	
主要技术举措（各层架构技术模式、种类）	1.华友 SAP 系统 以 SAP 系统替代原有较为分散的手工系统，整合采购、生产、销售、品质、设备、财务等部门，实现了业务财务一体化；通过信息化手段，建立覆盖业务全价值链，产品全生命周期及客户订单全过程的业务运营和支撑体系，提高企业的管理水平和运作效率，消除信息孤岛。同时，以提高执行效率和整体运营能力。 2.华友 LIMS 实验室管理系统 通过 LIMS 系统实施对业务流程进行了一次梳理，规范了生产车间和化验室之间的样品请检，结果查询流程，梳理了化验室内的样品审核衔接流程，加强了业务部门对数据

	的管理及监控，衔接了化验室和品管部之间的业务数据交互。 3.华友阿米巴管理系统 通过阿米巴系统实现公司经营化管理，确立各个与市场有直接联系的部门核算制度，以车间为最小的经营核算单位，全员参与经营，培养具有经营意识的人才，追求公司销售额最大化和经费最小化。 4.华友 OA 协同系统 通过 OA 系统代替传统的纸质签批流程，实现移动办公平台，提高流程响应速度，通过 OA 的文档上传，实现公司文件的统一管理、知识共享和快速传递。 5.华友 TMS 智能物流系统 TMS 系统能够根据用户提交的计划发运单推送到物流公司，物流公司可以快速线上派单配车。系统和 GPS 设备绑定，客户可以根据移动端随时查看当前货物运输轨迹，并且可以通过图片上传反馈货物破损情况或合理化建议。 6.华友 SPC 过程管控系统 通过 SPC 软件为公司科学的区分生产过程中的正常波动与异常波动,及时的发现异常状况，以便采取措施消除异常，恢复生产过程的稳定，达到降低质量成本，提高产品质量的目的，它强调全过程的预防。 7.华友 BO 水晶报表 通过 BO 水晶报表将 SAP 系统中的数据，以更直接、更友好的方式展现，供决策层快速经营分析。 8.华友其他系统 NC、考勤系统、E-Learning 学习平台、EOS 优时系统等。
趋势判断	趋势 1：工业自动化维度 实现全流程自动化集成，通过对于工厂原料配送、加工制造、成品入库、等各个环节的整体协同和集成，实现生产制造全流程全自动化集成。 趋势 2：信息化维度 以客户为关注焦点，以满足并超越客户需求为主线，通过继续强化或者新建 SAP ERP、MES、WMS、物联网车间、PLM、SRM、CRM、SAP BW、全面预算管理系统等，实现研发环节上的集成（如研发设计内部信息集成及协同研发），生产制造环节的集成（如采购、仓储、财务与制造环节的集成），以

	及产品全生命周期的（如产品研发、设计、计划、工艺到生产、服务的全生命周期的信息集成。通过业务模块之间横向的集成，破除企业内部信息孤岛，形成在企业内部实现所有环节信息无缝链接 和交互，这是所有智能化的另外一个基础。 趋势 3：产业链协同维度 通过整合技术、资金、人才、管理、产业链上下游等资源，建设基于产业链协同的智能制造“双创”平台，通过实现产业链企业间的供需协同，推动企业内部研发设计、生产制造、经营管理、仓储物流、客户关系管理等制造资源的数字化、在线化，提升华友以及产业链上下游企业的制造资源网络化配置和优化能力，大幅提升制造过程的生产效率，降低产品不良率，缩短合同履行周期，并能快速适应市场和多变的客户需求。
4、数据中心助力传统工业模式的改造升级应用	
传统工业模式与改造后新模式的对比描述	为打造精细化生产管理运营能力，技术实现的途径主要包括：实施 ERP SAP HANA 项目，范围主要包括生产管理 PP、销售管理 SD、采购及仓库管理 MM、质量管理 QM、财务管理 FICO、设备管理 PM、人事管理 HR 七大模块；业务流程审批由 OA 系统与之集成，在 OA 系统内实现系统流程管控；LIMS 实验室管理系统支撑质量检验数据及实验室管理。SAP、LIMS、OA 系统集成，实现信息数据共享机制。 1.OA 与 SAP 功能集成 OA 主要处理业务流程的审批，而 SAP 内部没有审批流程，OA 与 SAP 进行系统集成后，SAP 的业务流程通过业务驱动，将审批的节点信息推送到 OA 系统中，OA 系统根据固化的业务流程，完成业务各节点的审批工作。实现了流程的高效执行。 2.LIMS 与 SAP 功能集成 LIMS 系统主要服务于实验室管理，以指导 SAP 物料品质管控。产品质量管控过程中，原材料采购品质和产成品品质至关重要，而这两个环节的控制，以 LIMS 检验结果作为 SAP 质量判定依据。LIMS 系统的原始数据，通过与 SAP 进行集成，实现 SAP 与 LIMS 的无缝衔接，实现质量管理的全过程追溯。
已取得/预期取得的收益内容	1.形成高效的仓储管控能力 企业通过建立仓库 WMS 立库管理系统以及 WCS 自动化

	立体仓库监控系统统，优化货物出入库流程、货物上下架流程、数据采集存储流程、质量追溯流程、产品调度流程，降低仓储过程管理的成本、提高工作效率、降低出错率。 2.基于订单的快速市场营销能力 利用信息技术实现对销售市场的全面、准确把控，做到对消费者的高效、精确销售。通过信息系统，全方位的进行客户管理，以便在客户服务中占据主动，使服务更加精确到位。通过不同渠道进行信息的实时反馈，提升销售协同能力，对后续客户服务、订单追踪、信息收集、质量投诉等问题有更好处理能力。 3.先进的技术研发能力 通过实施产品技术创新战略，有效整合企业内外资源，实现数字化协同研发，不断提高产品研发效率，缩短研发周期，降低研发成本，提升产品质量。搭建企业资源全方位服务的LIMS平台，在以强大的研发先进设备为支持的基础上，进行资源共享和优化配置。与外部研发机构合作进行协同化产品开发，快速吸收并转化应用能力，提升企业竞争力。 4.精细化的生产运行管理能力 a.生产方面： 通过系统的集成功能，实现生产部门与其他部门的业务集成；实现生产计划与销售计划的协同，从而提高生产业务管理水平；进行生产制造全过程供应链的精细化管理，提高生产效率及准时交付率，降低库存。 b.质量方面： 通过主数据规范化、标准化管理，建立高度集成的质量信息系统；实现产品质量记录、批次信息全过程可追溯；减少质检数据的重复录入和整理，提高质量活动的工作效率。 c.优化生产计划： 通过系统实现生产计划下达、执行进度实时监控和异常预警，通过系统辅助编制生产计划； d.优化生产管理： 通过 SAP 系统的实施，采用系统内生产订单对生产执行过程进行管理，加强生产执行相关数据的集成性和实时性； e.优化成本核算： 通过系统与各模块间的数据集成，保障了数据快速传递的同时还保证了数据的准确性。
5、其他	

其他混合场景说明	无
其他专业技术融合说明	无

三、案例小结：

该数据中心案例侧重介绍云平台应用，通过建立 SAP 等系统替代原有较为分散的手工系统，整合采购、生产、销售、品质、财务等部门，实现业务财务一体化，并建立覆盖业务全价值链，产品全生命周期及客户订单全过程的业务运营和支撑体系，提高企业的管理水平和运作效率，同时提高执行效率和整体运营能力。该数据中心在助力企业提高工业效率上贡献较大。

该数据中心是工业数据中心技术助力传统工业升级的典型案例，具有示范推广作用。

工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet