



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

工业互联网网络优秀解决方案

(2018)

工业互联网产业联盟 (AII)

2018年10月

工业互联网网络优秀解决方案

(2018)



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

工业互联网产业联盟 (AII)

2018 年 10 月

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。



工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aai@caict.ac.cn

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）》、《工业互联网专项工作组2018年工作计划》相关要求，促进工业企业内、外网络互联、数据互通、网络应用创新，推动工业互联网网络基础设施建设，提升我国工业网络化水平，2018年6月工业互联网产业联盟（以下简称“联盟/AII”）启动了“工业互联网网络优秀解决方案”征集活动。本次活动受到联盟成员单位高度重视，在为期一个月的征集期内联盟共收到25家单位共计38个解决方案。方案内容涵盖工业互联网企业内外网络改造、IPv6改造以及网络行业应用等领域。

经过两轮专家评审后，联盟特将以下入选的工业互联网网络优秀解决方案汇编成册，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。

目 录

一、网络技术改造篇

成熟技术/工厂内网改造

ADNET 智能工厂网络建设方案	1
基于工业 PON 的智慧工厂内网建设	16
智能工厂工业 PON 网络与数据采集解决方案	29
基于免授权频谱的 LTE 工业无线互联专网宽带方案	36
基于免授权频谱的 LTE 工业无线互联专网窄带方案	54
智能工厂 IT/OT 网络融合	80

成熟技术/工厂外网改造

SD-WAN 解决方案	90
基于 SD-WAN 的工厂外部网络互联及安全解决方案	99

前沿技术/工厂内网改造

基于 TSN 技术的工业网络解决方案	112
基于 TSN 与边缘智能的设备监测及管理解决方案	120
基于 5G 蜂窝技术的工业传输解决方案	127
基于 5G 和人工智能技术的产品质量实时检测和优化方案	139

前沿技术/工厂外网改造

5G 工业互联网汽车企业外网改造集成应用项目	151
面向服务可保证的工业互联网网络切片	163

前沿技术/其他

工业领域 IPV6 改造升级解决方案	173
企业 IPv6 升级解决方案	187

二、网络行业应用篇

智能化生产

基于工业互联网的智能计量解决方案	199
基于工业互联网网络的太阳能光热解决方案	213

EC-IoT 解决方案	223
铸管行业生产线智能管控系统解决方案	232
设备监控与维护	
基于工业物联网的 Plantweb 数字生态系统	246
智能监测解决方案	260
锅炉综合智能服务管理平台	272
基于工业互联网的水电设备安全预警平台	289
工业以太网在综合管廊弱电系统中的应用	306
基于工业互联网的空压机能源管理方案	320
基于物联感控技术的通用物联网解决方案	331
制造业工业互联网解决方案	345
基于信息新技术的燃机机群监测诊断私有云平台	356
网络安全	
钢铁行业工业互联网安全解决方案	368
三、附录	
解决方案供应商介绍	387

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

ADNET 智能工厂网络建设方案

新华三技术有限公司

网络改造技术篇/成熟技术/工厂内网改造

1 概述

本方案旨在为制造业企业提供一套可靠的智能工厂网络建设方案。方案利用工业物联网、SDN、IPv6 等新兴技术，实现工业场景下人员、设备、物料、产品的海量互联，为工厂实现智能生产、协同制造和柔性制造提供网络支撑。

1.1 背景

近年来，制造业企业正面临着供给侧改革的时代命题，转型升级的需求十分迫切。而传统工厂 IT 系统与工控系统间的通信往往存在较多障碍，具体表现在：

- 1) 工业控制协议标准各异，各厂家设备难以互通；
- 2) 工业现场存在很多信息孤岛，网络性能亟待提高。

这些问题导致现有工厂网络无法支撑数字经济下的制造业生产运营模式。随着物联网、SDN、IPv6 技术的日渐成熟，ADNET 智能工厂网络建设方案（ADNET 即应用驱动网络）的提出，帮助制造业企业完成工厂网络的升级改造。

1.2 实施目标

- 1) 实现工厂有线无线网络全覆盖，解决信息孤岛的问题。

有线网络的时延、稳定性达到工业现场要求，同时兼容 IPv4/IPv6 双栈。无线网络根据工厂实际需求支持 Wi-Fi、

RFID、4G/5G、NB-IoT、LoRa、ZigBee、蓝牙等信号中的一种或几种，同时无线信号质量高，满足场景要求。

- 2) 对主流工业现场总线协议进行适配，实现生产网和信息网的双网融合互通。
- 3) 基于 SDN 技术部署工厂网络，向上对接工厂云平台，实现网络设备自动配置和业务快速部署，提升产线效率，减少人力投入。
- 4) 建立工厂网络安全保障系统，实现人、机、物、系统的可控接入和行为审计，保证工厂的设备安全、网络安全、控制安全、应用安全和数据安全。

1.3 适用范围

该解决方案适用于制造业工厂内网络的建设和升级改造，建设完成后的网络能够满足工厂柔性制造、协同生产、个性化定制的业务需求。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

该解决方案属于工厂内网络建设方案，在下图所示位置包含 1、2、3、4、5、6 六部分的内容。

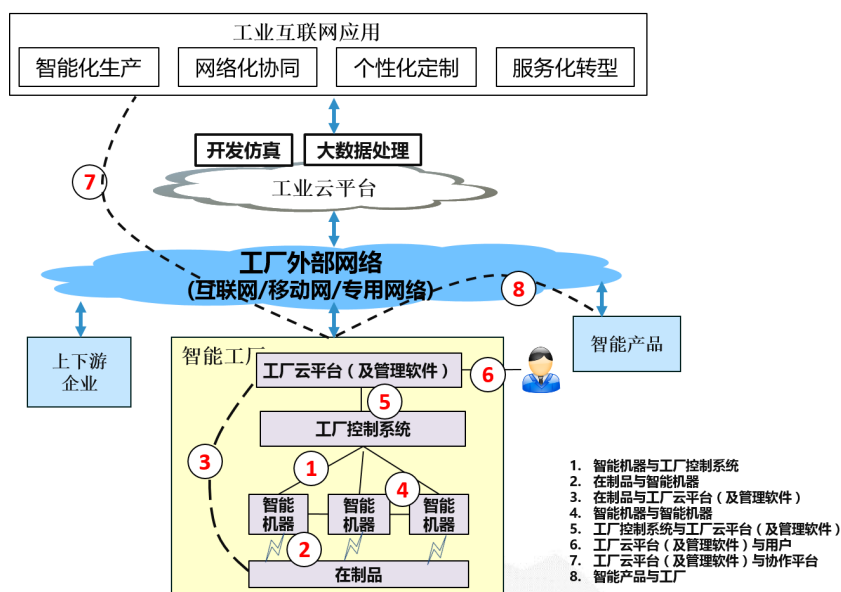


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

传统的工业网络存在以下问题：

- 1) 工业现场总线协议标准各异，不同厂家设备无法互通，存在数据孤岛；
- 2) 数据孤岛的存在使设备状态无法得到有效监控，进而导致企业需要在计划排产、物料配送、生产协同、质量控制、设备检测等环节投入大量的人力物力；
- 3) 传统 IP 网络采用尽力而为的传输机制，时延不稳定且存在丢包，因此在一些时间敏感型场景无法使用；
- 4) 网络安全问题层出不穷，工控设备普遍不打补丁，一旦设备联外网就容易遭到入侵攻击，导致工厂大面积瘫痪；
- 5) 生产区域的任意设备都可以随意接入网络，缺乏接入管控；

智能工厂网络的建设目的是构建连接人、机、物、系统的高性能泛在互联网，实现工业数据的充分流动和处理。为此，

需要解决如下问题：

- 1) 传统工控协议的适配问题
- 2) 设备物料的泛在接入问题
- 3) 数据稳定低时延传输问题
- 4) 网络智能化运维管理
- 5) 网络安全可控、终端准入

3 解决方案

3.1 系统架构

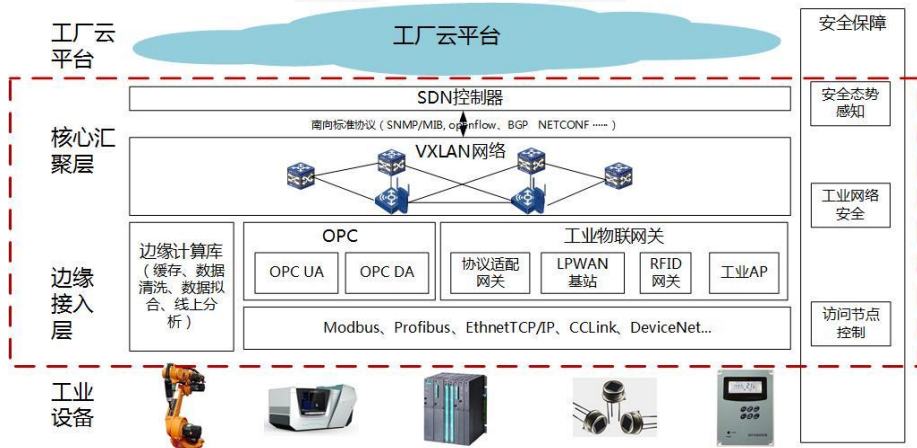


图 2 工厂内网络逻辑架构图

ADNET 智能工厂网络的建设内容位于上图红框中，含边缘接入层、核心汇聚层和安全保障三部分，其中：

- **边缘接入层：**主要负责边缘设备接入、数据采集与边缘计算。边缘接入设备应支持海量物联网传感器和智能硬件的快速接入和数据服务，满足物联网领域的设备连接、协议适配、数据存储、数据安全、数据分析等服务需求。
- **核心汇聚层：**本次方案采用 SDN VxLAN 技术设计工厂内核心汇聚层网络，网络可以抽象为物理承载网络和面向应用的 Overlay 网络。这种网络设计方式的两大特征是柔

性网络和软件定义。柔性一方面指网络架构灵活，业务部署（应用/终端）与位置无关；另一方面指以人和业务应用为核心，所有网络资源根据人和业务需要移动。软件定义指基于 SDN 思想将网络控制平面集中，实现网络设备的自动部署、业务按需交付，将运维人员从重复劳动中解放出来。

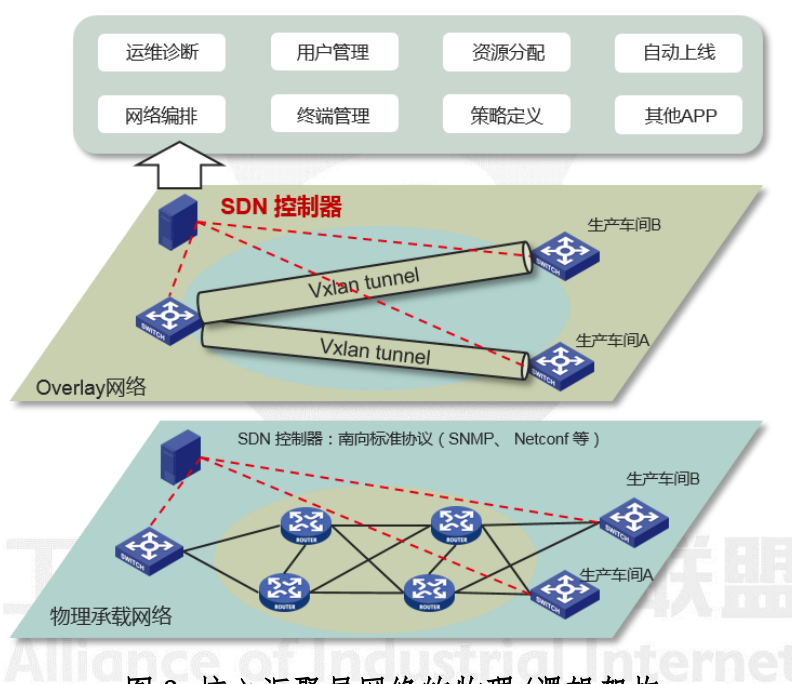


图 3 核心汇聚层网络的物理/逻辑架构

- **安全保障：**网络安全是工厂业务平稳运行的基础，ADNET 智能工厂网络方案具备完整的安全防护体系，包括安全态势感知、网络安全保护、数据节点接入控制，保证工厂 IT 基础设施安全、业务系统安全、资产安全。

3.2 网络拓扑设计

根据上述系统架构，工厂实际部署的网络拓扑如图 4 所示，根据地理位置可分为生产车间网络、办公接入网、核心汇聚网三部分：

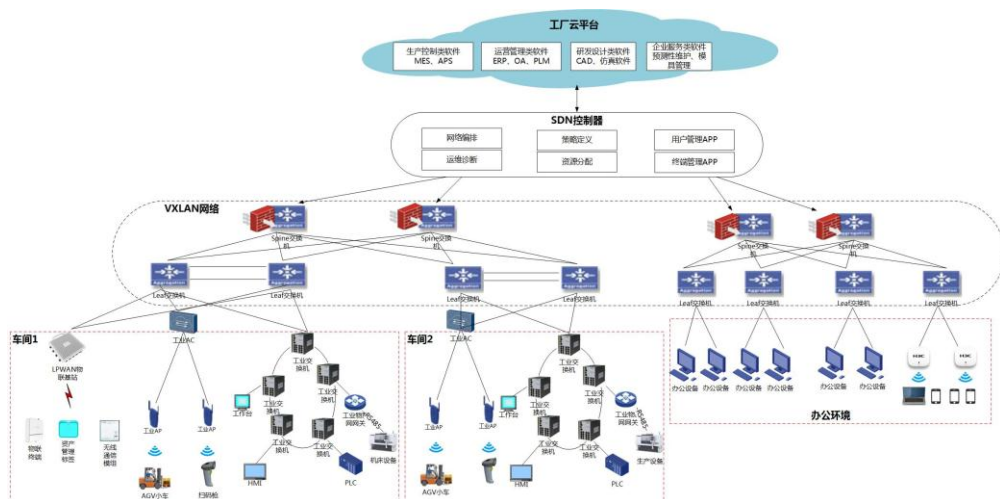


图 4 ADNET 智能工厂网络实际拓扑图

1) 生产车间网络

● 边缘接入

在工业现场，数据接入方式有：传感器类型的离散点(I/O 信号，模拟信号)采集接入、设备工业现场总线协议或专有协议类型接入和网络 TCP/IP 直接数字接入。目前，ADNET 智能工厂网络方案涉及的工业物联网设备已具备 GB/T 33474-2016 感知控制域中所列举的数据接入能力。

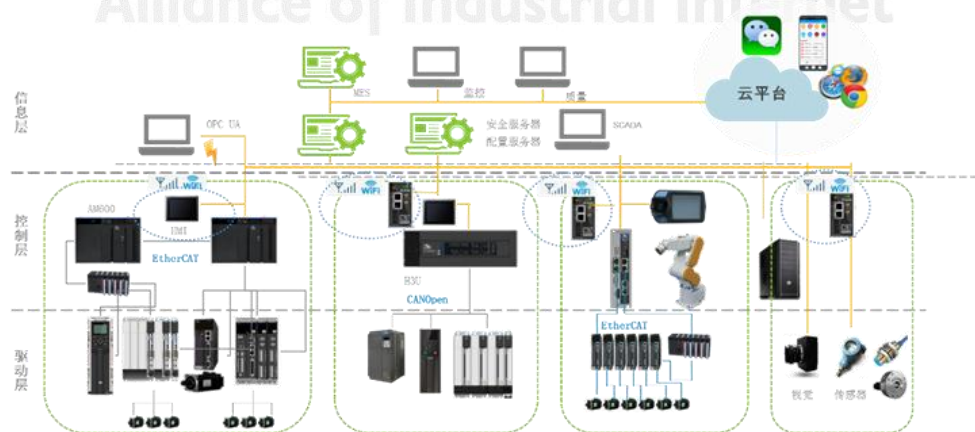


图 5 数据采集接入示意图

针对工业协议的适配，方案采用工业网关完成不同现场总线的接入转换，实现 Modbus、PROFIBUS、EtherNet/IP、SIEMENS S7Comm 等协议的接入适配。

另一方面，方案也支持采用 OPC UA 的采集接入方式。OPC UA 技术为工业生产各系统提供了统一接口标准。其中，OPC UA 服务器和客户端是系统实现数据采集的核心环节。OPC UA 服务器负责对底层设备数据进行采集封装，并将历史数据存放于外加的数据库内，使多个客户端以统一的方式获取不同底层设备的数据。OPC UA 客户端的主要功能是搜索并连接 OPC UA 服务器，浏览服务器的地址空间并读取其中存放的实时数据和历史数据，并通过客户端显示界面将数据以图表的形式展示给工作人员。

● 工业以太网

工厂生产线上温湿度、电磁干扰等环境相对复杂，方案拟在接入密度较高的区域采用机架式工业交换机，交换机支持 Modbus TCP/IP、ProfINet、Ethernet/IP 等工业以太网协议。另外，在一些特定场景将卡轨式工业交换机直接安装在电器柜，交换机从电器柜内取电。工业交换机按照产线做 RRPP 环路部署。按照这种部署方式，关闭生产线上的任一台工业交换机，除直连到该交换机的设备网络不通，其他网络不受影响。

● 工业无线网

WLAN 网络：针对工业无线网的需求，方案基于 802.11ac 技术，采用无线控制器 AC+瘦 AP 的部署方式构建无线网络。其中，Wi-Fi 信号质量和漫游问题是部署过程中的两个难点。为保证 WLAN 网络的信号覆盖质量，需要依据实际环境设计交付方案并进行测试，最终完成部署。空旷区域部署室外 AP，用 POE 供电盒供电。对信号要求无死角的区域，部署放装 AP。针对漫游问

题，可提供二层漫游、三层漫游、跨 AC 漫游三种方案，其中跨 AC 漫游的最大延迟时间为 50ms。

LPWAN 网络：在 NB-IoT 领域，方案拟提供 NB-IoT/eMTC/E-GPRS 基站实现物联终端接入，通过内置 LPWAN 通信模组将终端联网。管道方面，基站部署方式灵活，有三种模式可供选择（独立部署、保护带部署、带内部署）。

在 LoRa 领域，方案提供 LoRa 基站、终端、模组，其中基站的有效覆盖范围为 2~3KM，支持 10 万终端并发，用于工厂电力抄表，水力抄表及温湿度环境监控等远距传输控制。方案支持超高频无源 RFID，用于仓储物流定位场景。

2) 办公接入网

● 办公有线

由于办公楼宇规模不一，配线间数量不定，所以每个配线间接入设备数量在 2-X 台不等。为了节省光纤，简化管理，接入层设备采用 IRF2 多虚一技术，将每个配线间的设备虚拟化一台设备后通过 10G 带宽上行至汇聚层设备。

● 办公无线

在建筑物内，每层建筑楼根据使用功能部署 AP 数量，方案拟部署的无线 AP 支持最新无线传输 802.11n 协议，提供理论上 300M 传输带宽。为建设高可靠、高性能的无线网络系统，室内无线 AP 采用 POE 供电。通过在每层楼部署千兆 POE 交换机，为无线 AP 提供千兆接入的同时，还能通过以太网线对无线 AP 供电。无线系统采用瘦 AP (FIT) + 无线控制器部署方案。无线控制器部署采用在核心交换机上部署 1 块无线控制器功能板卡，

实现无线网络系统的高可靠性。

3) 核心汇聚网络

整个工厂网络由核心、汇聚、接入三层设备组成，再搭配园区 SDN 控制器。其中接入层设备部署在生产线附近，而汇聚、核心设备之间则构建 overlay 网络，同时采用分布式 L3 网关并通过可靠机制来抑制广播风暴。接入层设备采用不同的 VLAN 进行接入位置的标识，通过 TRUNK 的方式上行到汇聚层，汇聚层完成 VLAN 到 VxLAN 的映射。

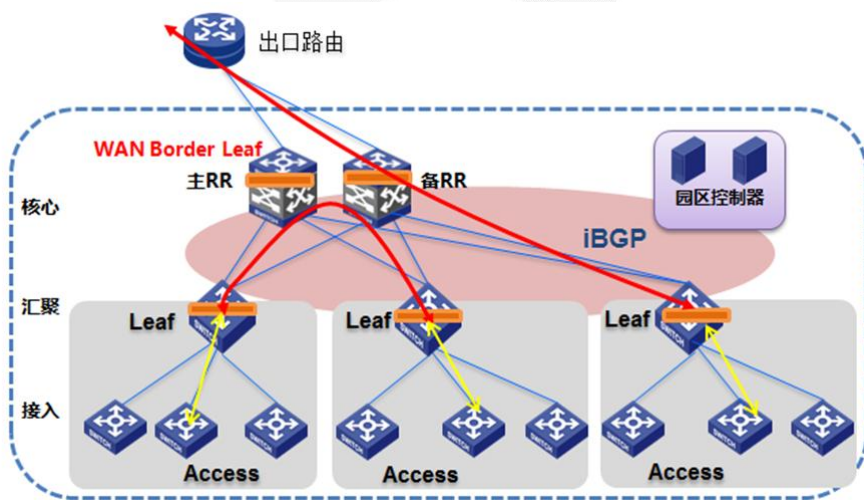


图 6 工厂核心汇聚层 VxLAN 网络示意图

该网络方案的核心是 SDN 控制器。所有网络自动化上线，接入管理，用户组/策略管理，业务配置管理，网络运维管理全部在控制器上通过直观的图形化界面完成。同时通过开放控制器接口，允许第三方进行业务定制开发，满足用户个性化、定制化、可编程的需求。

该网络方案的另一大特性是实现有线无线一体化管理。传统有线/无线网络存在管理不统一、转发不统一、策略控制不统一的问题(比如跨 L3 网段漫游要么支持不了，要么需要在 AC 之

间打隧道,增加成本),而方案通过 SDN 控制器极大解放了 AC 和 AP,真正实现有线无线的统一管理、统一转发、统一认证和统一拓扑展示。

4) 整体安全保障系统设计

● 终端接入管控

在工厂内部署一套终端准入控制系统,与防病毒软件、WSUS 补丁管理相配合。防病毒软件、WSUS 负责专业杀毒、补丁下载,终端准入控制系统采用接入层 802.1x 部署方案,与交换机配合实现网络接入控制、桌面管理、用户行为审计和终端安全管理。

● 网络安全设计

工厂网络安全涉及到南北向安全防护和东西向安全防护。网络部署中的安全资源可以是软/硬件安全资源,也可以是虚拟化的安全资源。

南北向安全防护:负责处理南北向的业务流量,涉及 DDoS、IPS、防火墙等安全设备,以及负载均衡设备做流量分配。每个安全服务模块中涉及硬件安全设备和软件形态 NFV 设备。对于不同等级的用户分配不同的安全资源,高等级用户分配硬件安全资源,低等级用户分配软件形态 NFV 安全资源。

一个开启全功能安全服务的互联网租户与半安全域交互的流量会依次经过 DDoS、IPS、LLB、防火墙、WAF 等安全设备,最终来到安全域。

东西向安全防护:东西向服务链负责工厂内部不同安全域安全流量处理。

● 安全态势感知

为了做到对工厂网络风险的主动发现和提前防御，工厂需要采集安全日志、网络流量、用户行为、终端日志、业务数据、资产状态等数据。结合外部情报，通过安全态势感知系统对攻击趋势分析、异常流量判断和终端行为检测，实现“安全趋势可预测”；通过对未知威胁的智能检测识别、流量/行为/资产的状态监控和多维度风险分析，实现“安全风险可感应”；通过对攻击溯源取证、云网端协同联动、工单流程闭环处理和设备策略自适应调整，实现“风险行为可管控”。

5) 工厂网络整体 IPv6 升级思路

目前大量工厂网络都是 IPv4 网络，随着 IPv6 逐渐部署，很长一段时间是 IPv4 与 IPv6 共存的过渡阶段。过渡阶段所采用的过渡技术主要包括：

- 双栈技术：双栈节点与 IPv4 节点通讯时使用 IPv4 协议栈，与 IPv6 节点通讯时使用 IPv6 协议栈。
- 隧道技术：提供了两个 IPv6 站点之间通过 IPv4 网络实现通讯连接，以及两个 IPv4 站点之间通过 IPv6 网络实现通讯连接的技术。
- IPv4/IPv6 协议转换技术：提供了 IPv4 网络与 IPv6 网络之间的互访技术。

对于小型工厂，方案推荐通过 IPv4/IPv6 双协议栈部署 IPv6 网络。这种方式可以同时提供 IPv4 应用和 IPv6 应用，但缺点是需要所有网络节点支持 IPv4 和 IPv6 路由协议。因此对于大型旧工厂，升级工作量大。

如果企业需要跨越 IPv4 网络连接不同的 IPv6 域，则需要通过隧道技术部署 IPv6。这种场景需要设备提供 IPv6 DNS 查询功能，同时边界路由器需要支持 6 Over 4 隧道。这种方式投资和风险很小。缺点是使用隧道使网络拓扑复杂，不易管理，出现问题难以定位。另外，由于使用隧道封装，对转发效率有一定影响。

3.3 功能设计

1) 设备物料的泛在接入能力

智能工厂网络提供多种 OT 终端接入能力，包括以太网有线接入、无线接入（Wi-Fi/IEEE 802.15.4/ ISA100.11a/ WIA-FA/IoT/LTE/5G/蓝牙等）、PON 接入；支持 Modbus、PROFIBUS、EtherNet/IP 等主流工业以太网协议，提供海量终端的接入能力。

2) 无阻塞、易扩展的网络架构设计

基于 SDN 的（ACCESS/LEAF/SPINE）三级网络架构，构建无阻塞工业网络。根据企业接入能力不同选择两级或者三级架构部署，每层网络可以横向无限扩展，配合 SDN 实现扩展自动化，减少人力投入。

3) 自动化部署

通过 SDN 控制器对网络设备分类，不同的设备采用和角色对应的配置文件，设备初始上线后，根据拓扑连接关系、角色从控制器下拉基础配置文件，保证设备实现批量自动上线，减少管理员操作。

4) 一体化运维

通过控制器实现端到端业务编排，并配合工业控制系统实

现网络资源的按需调度；通过控制器对网络设备进行监控，建立统一的拓扑、统一的管理平台。

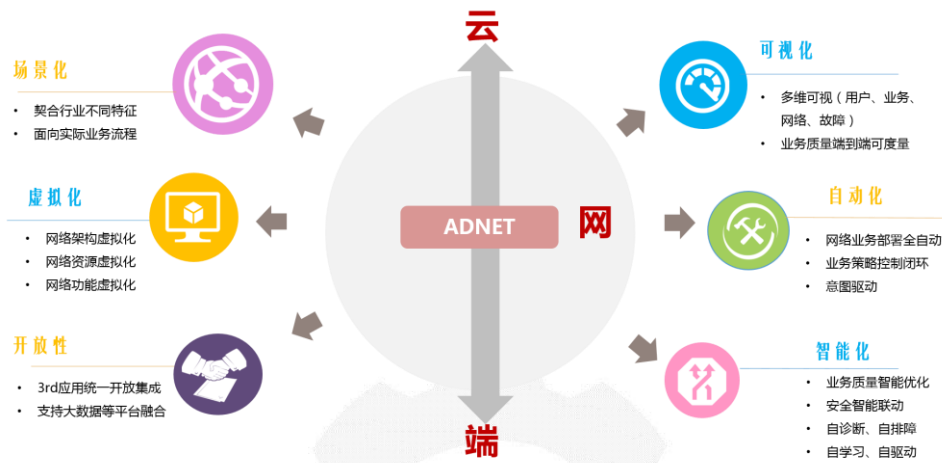


图 7 ADNET 智能工厂网络能力特征

3.4 安全及可靠性

● 高可靠

工厂网络建设对设备可靠性要求很高。一旦网络系统运行不正常或者出现故障中断将直接导致工厂业务的中断。因此需要从设备自身和网络架构角度确保网络系统的稳定性。从设备自身角度，核心汇聚层设备采用多级交换架构设备，利用引擎、交换矩阵关键部件的分离提高物理可靠性；从架构方面，两台物理设备利用智能虚拟化或者堆叠技术提高故障的切换速度。

● 系统化的安全防护

工厂网络安全保障方案不应该是孤立的设备堆砌，而是从工厂的实际情况出发构建系统的安全防护体系。在此体系中，使用者、生产设备、产品、个人终端、网络设备、安全设备、态势感知系统充分协同，在安全事件出现前极力规避、预警，出现时能够及时发现，并具备依据事先制定好的应急方法进行

自动化处理的能力，最后输出完整的安全防护日志报表，供管理人员查看、分析并进行策略调整。

4 成功案例

本解决方案已经在中车株机轨道交通车辆转向架智能制造车间项目中应用。转向架作为轨道车辆最为重要的零部件之一，起着导向、支撑车体、减震运行的作用，对轨道交通产品的安全平稳运行至关重要。基于 ADNET 智能工厂网络方案，为中车株机公司转向架车间建设互联网络，具体建设情况如下：

1) 核心层设备采用高性能网络交换机，做横向虚拟化。汇聚层将生产网和办公网的交换机配置模块进行堆叠，将汇聚交换机虚拟化为一台。接入层办公网保持不变，生产网增加工业交换机。

2) 生产线上，采用工业交换机按照产线做环路部署。无线生产网部署满足工厂电磁环境的室外 AP，配置定向天线。

3) 安全方面，在核心汇聚与生产区域之间部署一对防火墙，保护生产区域，同时将服务器区设置为防火墙 DMZ 区。另外，在服务器区部署堡垒机，实现对所有服务器及交换机操作进行监控、管理以及回溯。

4) 软件层面，增加管理软件，对工厂网络设备进行统一监控管理；增加无线管理组件，实现整网无线统一管理；增加接入认证组件，对生产网终端接入进行认证；增加 IP 地址管理软件，对现网 IP 地址进行规划。

通过互联网络的建设，中车株机转向架车间网络的稳定性大大提升，设备故障切换时间由秒级提升为毫秒级。车间无线

信号的覆盖状况大大提升，保证 AGV 小车等无线需求高的工业设备平稳运行。高可靠网络为中车株机转向架生产业务提供了保障，大大提高了工控系统的生产效率。在安全性上，工业安全软件统一接入和管理信息点，并监管工厂所有网络设备。同时加入网络安全设备，有效减少了工厂网络病毒木马造成的工业数据丢失、泄密风险。



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

基于工业 PON 的智慧工厂内网建设

中国联合网络通信有限公司江苏省分公司

网络改造技术篇/成熟技术/工厂内网改造

1 概述

1.1 背景

2017 年 10 月 30 日，国务院常务会审议通过《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》。《意见》指出，要深入贯彻落实党的十九大精神，以全面支撑制造强国和网络强国建设为目标，围绕推动互联网和实体经济深度融合，增强工业互联网产业供给能力，持续提升我国工业互联网发展水平，形成实体经济与网络相互促进、同步提升的良好格局，推动实体经济转型升级，打造制造强国、网络强国。

工业互联网是新一代信息技术与工业系统全方位深度融合的产物，是新工业革命的关键支撑和智能制造的重要基石。其本质是以机器、原材料、控制系统、信息系统、产品以及人之间的网络互联为基础，通过对工业数据的全面深度感知、实施传输交换、快速计算处理和高级建模分析，实现智能控制、运营优化和生产组织方式变革，推动、保障工业智能化的发展。

工业互联网可以重点从“网络”、“数据”和“安全”三个方面来理解。其中，网络是基础，通过物联网、互联网等技术实现工业全系统的互联互通，促进工业数据的充分流动和无缝集成。在工业互联网网络建设中，需要围绕工业企业的业务发

展需求，充分发挥我国在信息通信领域的优势，借助工业企业内网和工业企业外网的更新换代，加快新技术的部署应用，打造国际先进的工业互联网网络基础设施，全面提升工业企业的网络化水平。

随着无源光网络（PON）技术在电信、电力行业的广泛应用，工业 PON 网络已成为车间数据采集组网技术的一种全新的可选方案。工业 PON 解决方案是基于《意见》中工业网络指导意见，将先进成熟的光通信 PON 技术应用于制造领域的数据采集、监测、生产控制等场景，建设制造车间生产制造自动化和智能化的基础高速通信网络，为企业改造升级调整最终迈向智能制造打下信息化基础。

1.2 实施目标

工业 PON 网络系统是在对传统工业交换机系统研究基础上，结合无源光网络通讯技术的发展，推出的一套安全、可靠、融合、先进的综合解决方案。工业 PON 系统是应用在工业环境的全光 PON 网络系统，是采用光纤传输技术的接入网，泛指端局或远端模块与用户之间采用光纤或部分采用光纤做为传输媒体的系统，采用基带数字传输技术传输双向交互式业务。

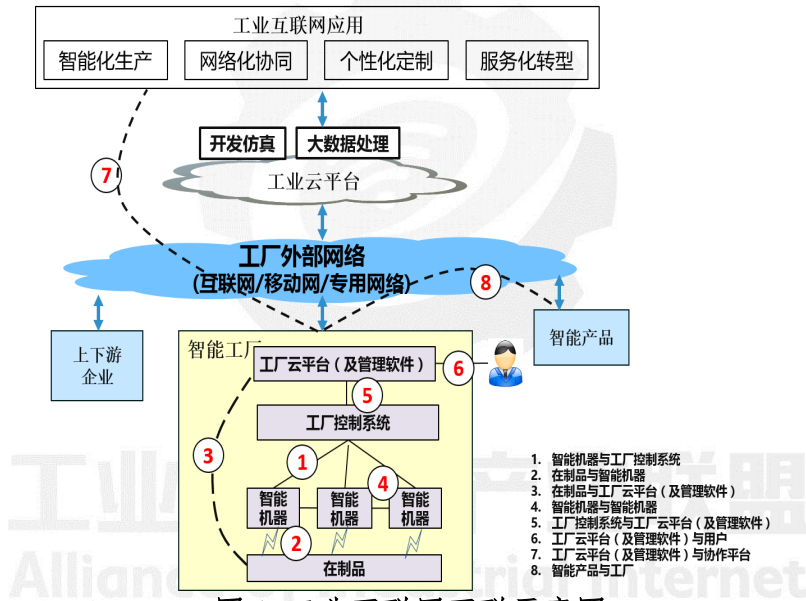
工业 PON 可以实现现场设备与上层实体（如服务器、SCADA 系统等）的连接，支持数据采集、生产指令下达、传感数据采集、厂区视频监控等功能。工业 PON 网络是各种信息集成的基础通道，是智能制造纵向集成的基础，基于 PON 技术的工业网络平台将产品设计研发、制造生产、销售、物流、售后各工业化环节融合集成，最终实现企业 CRM、MES、ERP、SCM、SCADA

等系统信息的统一控制和管理。

1.3 适用范围

根据不同企业工厂的实际网络建设情况，工业 PON 解决方案适用于各类新建车间和生产线智能制造的信息化建设，也适合于自动化程度不高的企业进行自动化、数字化改造，也可针对自动化程度较高需要开展有智能化和新业务场景的网络建设。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置



本解决方案主要应用于工厂内部网络建设，主要适用于 1、2、3、4、5 方向，实现底层设备数据传输及数据采集，可实现高可靠、高安全、高效率的组网，支持提供工厂内有线网络、无线网络，是各种信息集成的基础通道，是智能制造纵向集成的基础。

2 需求分析

工业互联网网络包括工厂内部网络和工厂外部网络，工厂内部网络实现工厂内生产装备、信息采集设备、生产管理系统

和人等生产要素的广泛互联；工厂外部网络实现生产企业与智能产品、用户、协作企业等工业全环节的广泛互联。《关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》提出了工业网络指导意见。工厂内网络改造的目标是在 2018-2020 年三年起步阶段，初步建成低时延、高可靠、广覆盖的工业互联网网络基础设施，到本世纪中叶，工业互联网网络基础设施全面支撑经济社会发展。工厂内网络改造的方向是推进工业企业内网的 IP（互联网协议）化、扁平化、柔性化技术改造和建设部署。工厂内网络改造的模式是支持工业企业以 IPv6、工业无源光网络（PON）、工业无线等技术改造工业企业内网，以 IPv6、软件定义网络（SDN）以及新型蜂窝移动通信技术对工业企业外网进行升级改造。

由于我国工业企业发展水平差异较大，相当一部分企业特别是中小企业的数字化、网络化基础薄弱，欠缺发展智能化生产、网络化协同等新模式新业态的基础环境，因此开展工业企业内网络改造是首要任务，也是长期任务。通过分步骤、分行业推进 IP 化、扁平化、柔性化的技术改造和网络部署，逐步推进打造先进制造的基础生产网络环境。目前，部分工业企业已经计划或正在实施工业企业内网改造升级，在智能设备与业务分析平台之间建立网络联网，从而实现智能设备指令数据远程下发控制及监控数据采集能力。

在工厂内网络方面，目前工业以太网是工厂内主流的信息承载技术，但工业以太网在厂区和车间的局限性也日益凸显：

- 1) 带宽提升困难；

- 2) 大量铜线部署和重复投资导致建设成本高；
- 3) 能耗和空间占用高，需要大量电力、空调供应和机房占地；
- 4) 需要较高的业务支撑能力，WLAN 网络、语音网络、办公网络，多网并行，网络维护复杂，对企业的业务支撑能力要求高。
- 5) 传统工业现场总线、工业以太网等网络技术、标准和产品主要集中于少数发达国家。

近年来，我国提出了工厂自动化以太网（EPA）、工业过程/工厂自动化无线网络（WIA-PA/FA）等技术，但产业化和商用水平低。同时，国际产业界也正在关注研究时间敏感网络（TSN）、工业软件定义网络（SDN）等新技术。随着 PON 技术在电信、电力行业的广泛应用，工业 PON 网络已成为车间数据采集组网技术的一种全新的可选方案。工业 PON 网络利用多种接口及协议实现底层设备数据传输及数据采集，可实现高可靠、高安全、高效率的组网。工业 PON 继承 PON 网络大带宽、扁平架构、业务融合等技术优势，并在安全、可靠、易维、接口、环境适应等方面有所增强，全面适配工业制造现场要求，成为工业级网络连接的优选方案。

3 解决方案

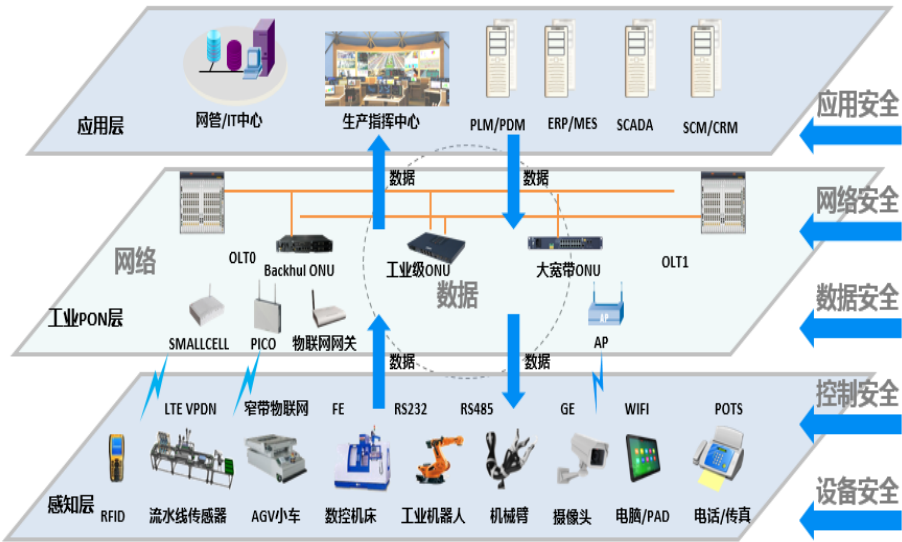
3.1 方案介绍

工业 PON 处于车间级网络位置，通过工业级 ONU 设备实现光网络到设备层的连接，通过光分配网络（ODN），实现工业设备数据、生产数据等到 OLT 的汇聚，最终通过 OLT 与企业网络

的对接，从而实现产线数据到工厂/企业 IT 系统的可靠有效地传输。

工业 PON 是车间级网络，对生产线设备（如数控机床）有线网络覆盖，同时通过对无线网络承载实现车间有线无线一体化网络覆盖。工业 PON 针对工业各类应用场景，满足工业场景下的各种工业控制总线场景要求，提供工业场景类型接口。可为工业控制、信号量监控、数据传输、语音通信、视频监控等各种业务应用提供支持。各业务流通过 PON 系统上行后，由 OLT 汇聚上联 GE/FE 接口连接到工厂级网络，实现智能制造 MES、ERP、PLM 等系统和下层物理设备的对接，从而实现工业控制、数据采集分析、视频监控等功能。

3.2 系统架构



3.3 网络拓扑设计

工业 PON 在工业场景下最常用的组网方式是基于 Type D 保护方式的手拉手保护链型组网和星型组网，实现全光路保护，提高了车间通信网络的可靠性，为制造企业的通信可靠性提供

了坚实的保障。具体的组网方式可根据工厂实际情况进行选择。

工业 PON 手拉手保护的链型组网示意如下图：

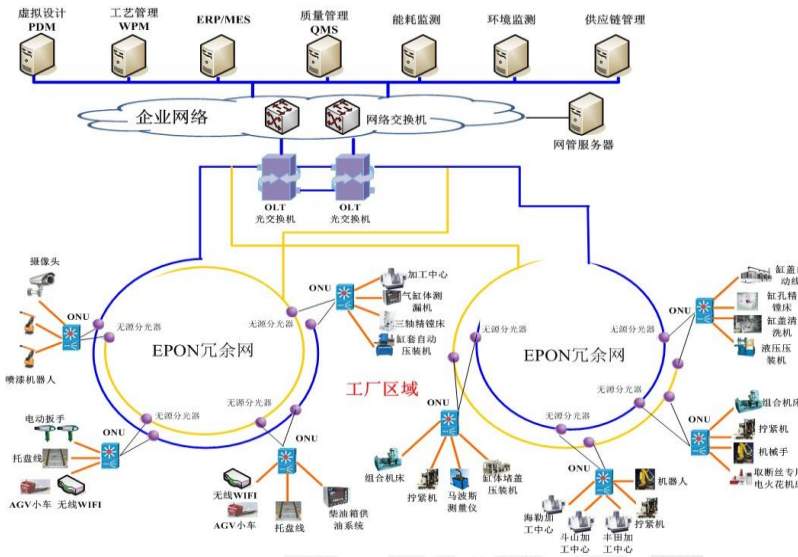


图 3 工业 PON 手拉手保护的链型组网示意图

工业 PON 星型组网示意如下图：

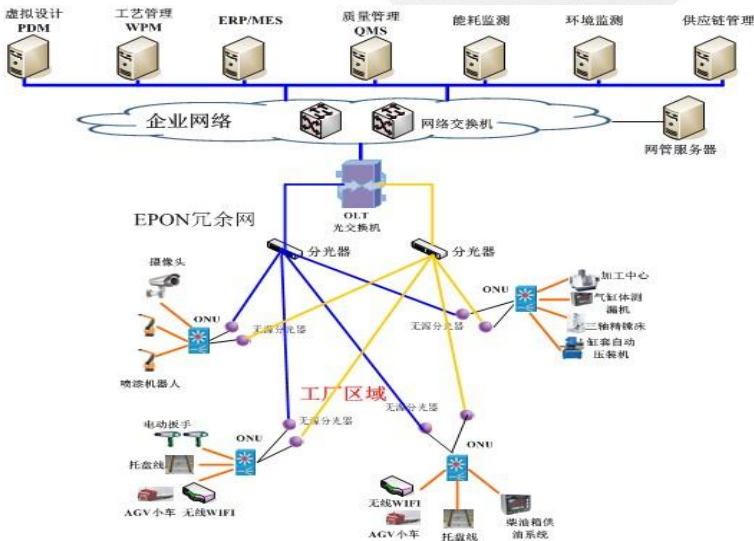


图 4 工业 PON 手拉手保护的星型组网示意图

3.4 功能设计

根据不同企业工厂的实际网络建设情况，工业 PON 解决方案适用于各类新建车间和生产线智能制造的信息化建设，也适合于自动化程度不高的企业进行自动化、数字化改造，也可针对自动化程度较高需要开展有智能化和新业务场景的网络建设。

1) 新建厂房、生产车间，或新增生产线，需对机床、机器人、流水线等设备部署信息自动化采集点。

在这种场景下，生产车间需要新建，这种场景的特点是车间内没有以太局域网，需要重新部署网络。在这种场景下可以完全通过工业 PON 网络搭建车间内的数据采集网络，工业级 ONU 直接连接机器或数据采集设备。通过事先规划/现有的智能设备/流水线位置，规划布线及 ONU 放置位置及数量。通过厂区内工业 PON 系统的部署，实现厂区工业生产信息或用户信息的采集、控制业务的接入承载，为工业生产中的采集控制终端与业务层的各个应用系统提供安全可靠的通信连接。

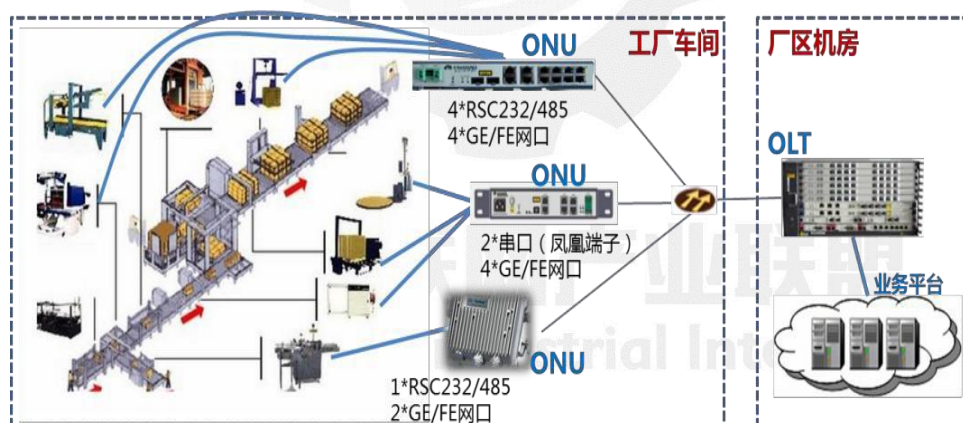


图 5 工业 PON 应用场景 1 示意图

工业生产网主要做提取相关数据和承载相关软件用途，需要网络覆盖范围广、网络设备可提供多种接口能力、带宽高、扩展性强、兼容性好。因此，通过选用工业 PON 网络，采用点到多点结构，在网络上可以提供多种业务并集成无线覆盖。通过 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。

2) 原有车间仅部署了近端工业机床信息化操作，尚未将相

关数据及控制指令远程化及自动采集化，车间生产线需要进行加强自动信息化能力。

这种场景的特点是车间生产线已有现场到工位的信息化网络，但需要将数据采集到远端进行监控。在这种场景下可以通过工业 PON 网络搭建车间内的数据采集网络，将分散在各个工位的信息化数据进行汇聚。由于各个工位/产线已有近端的以太网网络，因此可通过 ONU 与车间内近端布设的以太网交换机连接，实现数据的汇聚。

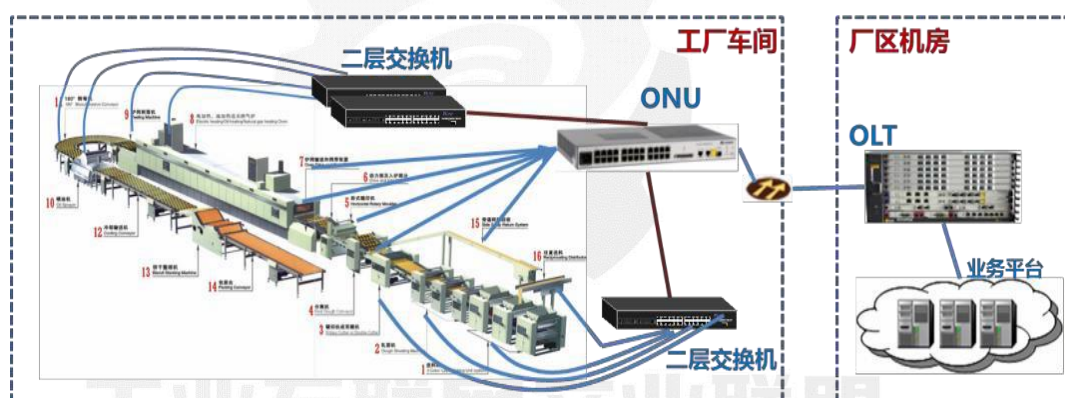


图 6 工业 PON 应用场景 2 示意图

3) 厂区车间内已部署了工业以太网局域网，但是其他拓展业务，如能源监控、视频安防、WiFi 覆盖等需要部署，需要对多种应用进行网络安全隔离（物理及逻辑双重）。

这种场景的特点是车间生产线已有信息化网络，辅助设备及业务需要重新部署网络，在这种场景下可以通过工业 PON 网络连接新的业务设备，并与原有的工厂工业以太网隔离。

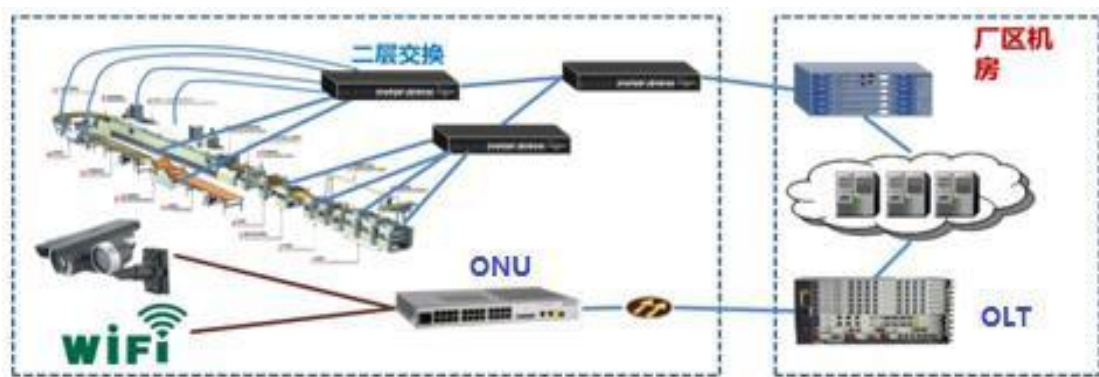


图 7 工业 PON 应用场景 3 示意图

基于工业 PON，提供设备联网、视频监控、能耗管控等应用。

1) 设备联网

支持提供 RS232/RS485、GE/FE 工业现场通信接口，实现 PLC 设备、数据采集器、工位前置机等 I/O 控制、数据采集、设备集成，以及基于条形码/RFID 的现场数据实时采集。

2) 能耗管控

支持重点用能设备、车间级、工厂级、企业级的水、电、气等能源的监控，通过智能电表、水表、流量计等智能仪表的新增与改造、工业总线的连接与上传，实现能耗的实时监控与管理。

3) 安防监控

通过智能摄像机对前端视频图像信号的采集处理，实现对远程图像的实时监控、录像、回放、联动报警、监控策略制定、应急指挥等应用，全面满足交通、水利、油田、银行、电信等各个领域的安防监控的需求。

3.5 安全及可靠性

1) 组网安全

为了提高网络可靠性和生存性，工业 PON 系统中采用光链

路保护倒换机制。工业 PON 光链路保护可采用 TYPE D 方式（双 OLT/单 OLT 双 PON 口，ONU 双 PON 口，主干光纤、光分路器和配线光纤均双路冗余）。具体实现方式包括 OLT 同一 PON 板内同一 PON MAC 芯片（一个 PON MAC 芯片支持多个 PON 口的情况下）、同一 PON 板内不同 PON MAC 芯片、PON 板间和不同 OLT 间的 PON 口保护等四种。这种方式支持不同的 ONU 分别工作于同一/不同 OLT 的主用和备用 PON 接口。组网方式可采用星型网络或者链型手拉手保护。

2) 设备安全

工业 PON 局端设备 OLT 的核心控制和交换模块、电源模块、管理板、上行板等关键板件冗余备份，保证设备稳定运行。

当 OLT 主用主控板在检测到软件异常、硬件异常、拔板、网管强制命令倒换等情况下发生自动倒换，将全部业务配置倒换到备用主控板。主控板倒换时间小于 50ms；支持 40ms 的 Dying gasp 保护；工业级 ONU 寿命 50 年。

3) 现场环境安全

工业 PON 系统满足各种复杂生产制造环境需要。工业 PON 系统为无源系统、适用于生产制造车间强电磁干扰、强振动场景，工业级 ONU 设备支持抗强电磁干扰达到 EMC 4 级、抗强振动、宽高温（-40℃~85℃）宽湿度（5%~95%），用户端口防雷 6KV 等可满足各种工业制造复杂环境要求。

4) 数据安全

工业 PON 支持三重搅动加密，支持 DHCPv4、DHCPv6、DHCPv6-PD 用户认证方式，OLT 支持 OLT 的 PON 接口与 ONU（物

理标识或逻辑标识) 之间的绑定功能, 即特定物理标识或者逻辑标识的 ONU 只能在特定的 PON 口上注册。

5) 业务安全

数据业务侧实现完善的数据加密功能、业务优先级保护和防攻击保护。支持多种 VLAN, 支持工厂各种专网隔离。

4 成功案例

本解决方案已经在徐州重型机械有限公司进行实施。徐州重型机械有限公司占地 60 万平方米, 建筑面积 40 万平方米, 年制造能力 15000 台, 是中国大型臂架机械行业标志性企业。



图 8 徐州重型机械有限公司车间

4.1 新建网络诉求

- 满足生产作业现场可视化规划需求;
- 模组机床和智能设备联网规划需求;
- 满足智能物流、数字监控、可视化调度中心等功能需求;
- 生产现场将以有线网络为主无线网络为辅 (布线困难地方采用无线网络作为补充);

4.2 布点需求预估

表 1 企业布点需求

序号	区域名称	数据信息点位数	语音信息点位数	24GE+24POTS 口 ONU	4GE+4 串口 ONU
1	办公楼	1883	1226	79	0
2	工程中心	349	135	15	0
3	零部件分厂	372	237	12	23
4	总计	2604	1598	106	23

4.3 新建工业 PON 网络优势

- 实现了网络扁平化

全光纤组网，采用二层扁平架构，实现弹性扩容。

- 满足了多业务承载

支持多业务接口，满足智能制造生产控制、数据采集、无线专网承载、行政办公各种应用场景。

- 提高了网络稳定性

抗电磁干扰能力强，采用无源设备，组网简单，提高了网络稳定性。

- 达到了千兆高带宽

实现低时延、大流量，满足承载工业控制、数据采集、无线承载等各种业务工厂实际应用需求。

- 增强了网络安全性

通过双路光纤保护、双机热备、工业级 ONU 满足了厂区安全性要求。

4.4 新建工业 PON 网络预估成效

表 2 企业布点需求

对比项	工业 PON 建成前	工业 PON 建成后
网络	区域覆盖差、网速慢	全覆盖、网速快
终端机数量	整个车间只有几台能正常使用	每个工位至少一台
MES 报工方式	空闲时间集中报工	实时报工
关重件采集支持	空闲时间集中采集	实时采集
现场看图、通知支持	借阅纸质图纸、通知	可在生产现场随时查看

智能工厂工业 PON 网络与数据采集解决方案

中国电信集团有限公司

网络改造技术篇/成熟技术/工厂内网改造

1 概述

1.1 背景

随着无源光网络（PON）技术在电信、电力行业的广泛应用，工业 PON 网络已成为工业数据采集领域的一种新型组网技术。PON 网络是串联车间各项业务、各类生产设备与控制系统，实现信息交互等工作的基础。通过 PON 可以完成智能设备与业务分析平台之间的网络连接，从而实现智能设备指令数据远程下发控制及监控数据采集能力。

1.2 实施目标

智能工厂工业 PON 网络与数据采集解决方案旨在提供工业设备智慧互联、适配多种工业设备 PLC 接口的工业数据采集、工业数据分析应用与技术方案。包括：

- 工业 PON 网络：建设符合工业标准的车间网络，将智能工厂的设备联网；
- 工业数据采集：适配各种 PLC 及数控机床，采集设备数据；
- 工业数据分析：实现设备的预测性维护分析，设备效率分析及产品过程质量分析等。

1.3 适用范围

本解决方案前期已经在工业互联网产业联盟第一批测试床

进行验证通过（测试床名称为：02 工业网络互联与数据采集），该测试床将工业 PON 技术、工业数据采集技术及工业数据分析技术在某制造企业的发动机制造工厂进行了试点，验证了该解决方案可以适用于典型的离散制造业工业互联网场景，未来可以在离散型制造业企业进行推广应用，具有良好的可复制性。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

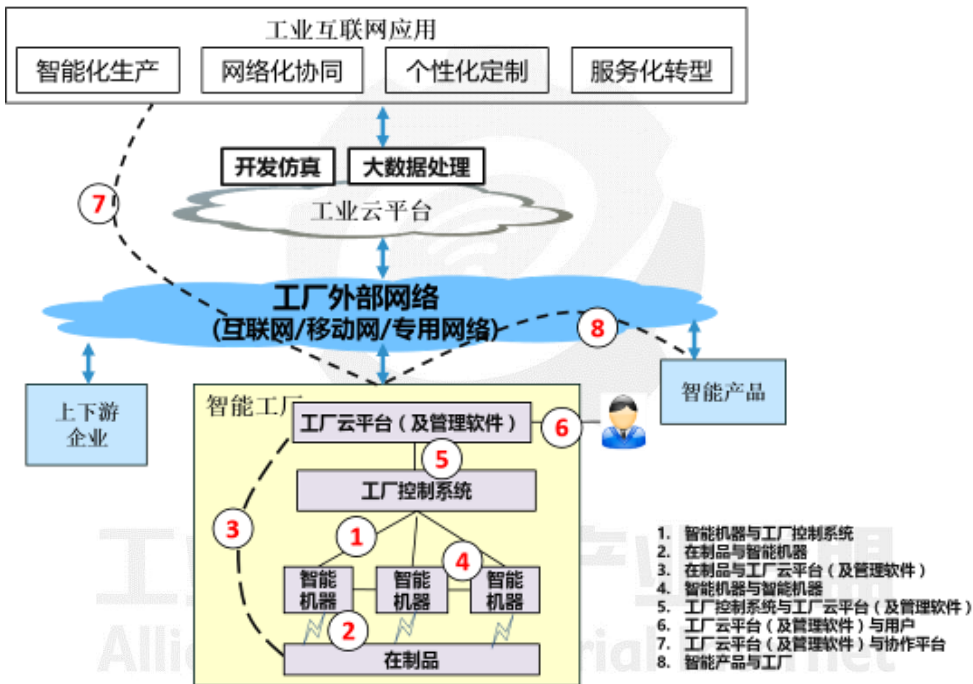


图 1 工业互联网互联示意图

本解决方案属于工业互联网网络体系架构中的智能工厂内部网络，具体对应上面架构图中的 1、2、3、5 种网络连接。采用工业 PON 网络对工厂车间生产线的所有设备进行网络互联，然后对设备进行工业数据采集，并传输到控制中心，并在控制中心对工厂设备运行状态进行展示和预测分析。

2 需求分析

目前工厂内部网络“两层三级”技术体系和网络结构相互隔离的状况使 IT 系统与生产现场之间的通信存在较多障碍。

一是工业控制网络与工厂信息网络的技术标准各异，难以融合互通。二是工业生产全流程存在大量“信息死角”，亟需实现网络全覆盖。同时，在工业大数据的实施过程中，企业数据源较差，尤其是对于机器设备、生产线等实时生产数据采集数量、类型、精度以及频率方面存在较大提升空间，因此对于工业数据采集网络传输的质量提出了新的要求。

现有车间生产信息网常用通信技术为无线和有线通信技术，由于有线通信技术可满足未来智能设备之间双向交互、高带宽、低时延等需求，已广泛应用。现阶段有线技术有工业 PON 网络技术和工业以太网技术为主流技术，工业 PON 网络与工业以太网相比，工业 PON 网络技术在组网可靠性、安全性、带宽分配、维护成本、网络可扩展等方面均有优势，适合在高温、高强电等车间环境下接入使用。

3 解决方案

3.1 方案介绍

智能工厂工业 PON 网络与数据采集解决方案首先对工厂车间的工业设备，采用工业 PON 网络进行网络互联，然后对设备进行工业数据采集，并传输到控制中心，并在控制中心对工厂设备运行状态进行展示和预测分析。

3.2 系统架构

智能工厂工业 PON 网络与数据采集解决方案采用新型工业互联网网络架构，采用工业级 PON 网络技术实现工厂内数据采集网络和多种工业互联网协议适配，支持 RS232/485 串口、以太网等多种工业设备接口和通信协议。系统架构如下图所示：

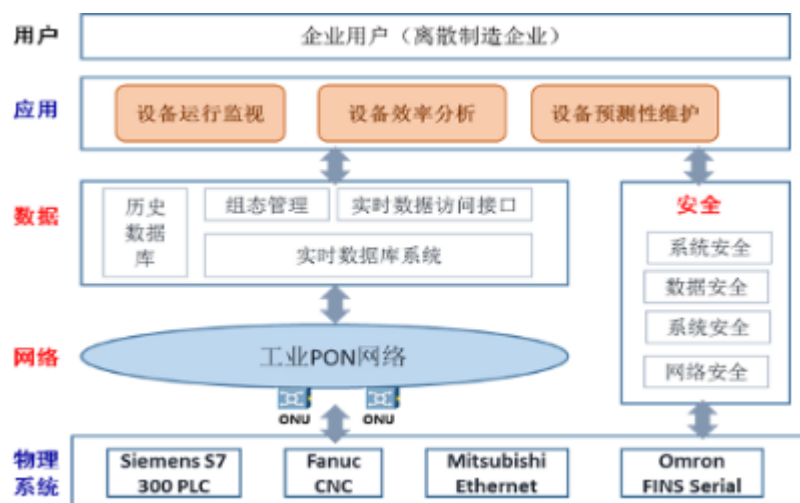


图 2 智能工厂工业 PON 网络与数据采集解决方案系统架构

3.3 网络拓扑设计

工业 PON 网络通过灵活的网络配置，完成对工业设备数据采集和传输，以实现生产设备监控、信息集采、生产控制等功能。

工业 PON 网络的拓扑结构可与各车间信息节点无缝结合，可根据需要组成多链路备份的树形结构、环形结构等传送网络。网络拓扑图如下所示：

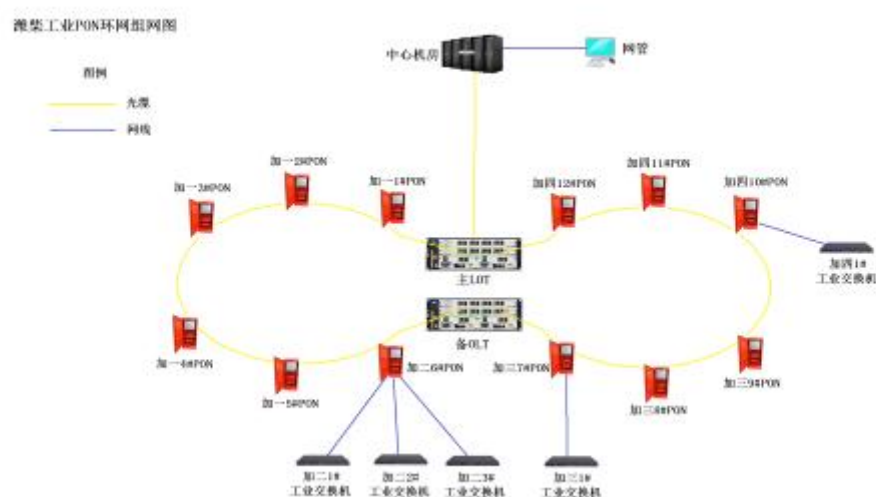


图 3 智能工厂工业 PON 网络与数据采集解决方案网络拓扑

- 1) 在车间布放 ONU；

- 2) 将各个车间的生产设备通过网线、双绞屏蔽线连接到 ONU;
- 3) OLT 汇聚管理设备部署于通讯机房, 为各车间 ONU 提供业务汇聚和传送;
- 4) OLT 通过 $n \times \text{GE}$ 上联接口连接到中心机房, 工业 PON 网络将各生产设备端口透传到网管上的管理平台, 对所有设备统一管理。

3.4 功能设计

主要系统功能包括 :

- 车间工业互联网基础网络建设, 对工厂车间生产线的所有设备, 通过工业 PON 网络进行网络互联;
- 全业务通信整合能力: 系统提供 FE、GE、CAN、RS485、CVBS (BNC 接头) 等多种业务接口, 满足各种业务的接入;
- 车间工业互联网设备数据采集建设, 对设备进行工业数据采集, 并传输到控制中心;
- 在控制中心对工厂设备运行状态进行展示和预测分析。

3.5 安全及可靠性

- 采用安全易维护设备: 两套 OLT 最多可以组 30 个独立的 ODN 环网, 可以把各业务或者站点组到不同的环网中, 提供安全性; ONU 设备支持远程调试、检测, 不需要维护人员亲临现场。
- 多种保护方式提高安全性: 汇聚设备 OLT 和 ONU 接入器使用单纤双向环网技术, 主备链路快速切换; 设备的关键模块都使用双备份, 在主用板发生故障情况下, 系统

会快速自动切换，不影响业务使用；使用主备电源供电；ONU 接入器具备自交换能力，在设备两边的光纤全部断掉的情况下，这个点上的设备之间仍可以通讯。

4 成功案例

本方案在潍柴智能工厂工业设备联网与数据采集项目中得到了成功应用。潍柴车间内设备种类繁多，各种设备接口及协议不统一，导致数据采集困难。该项目采用工业 PON 网络技术，在潍柴 1 号工厂进行智能车间改造试点，在总装车间、试车车间等 8 个车间部署工业 PON 网络，涵盖了加工、装配、试车、涂装四个部分试点整套装备系统，对 420 余台智能设备进行网络联网，实现了 RS232/485 串口、以太网等多种工业设备接口接入，并通过集成各种主流的工业协议（Profibus/Profinet、Modbus、OPC DA/UA 等），为潍柴实现了各种先进制造设备的数据采集，为潍柴智能工业互联网建设打下坚实的网络基础。网络架构如下图所示。

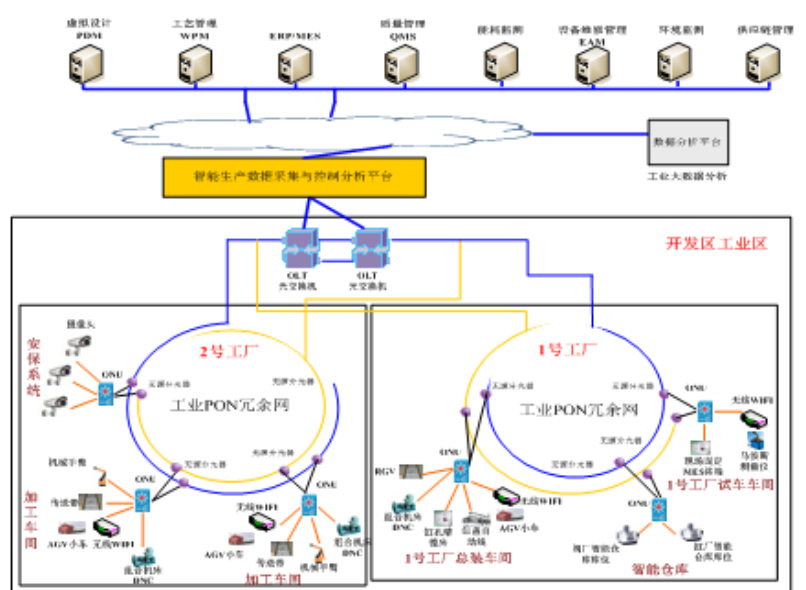


图 4 潍柴智能工厂工业设备联网与数据采集网络架构

该项目通过工业 PON 及数据采集技术，将制造车间产线、制造质量工艺等数据通过网络传输至本地服务器存储。工业互联网大数据平台定期远程采集到存储在服务器中的原始数据，获取之后进行对原始数据的采集、清洗并完成入库操作。通过数据采集后对螺栓拧紧的拧紧方式、参数进行分析，从扭矩、角度、斜率等结果来判断螺栓一致性，从而可以及时发现螺栓拧紧中出现的问题，降低了产品的缺陷率，提升了产线生产效率。

通过该项目实施，潍柴实现了试点车间内的设备的联网及数据采集，通过利用生产数据进行预测性维护分析及产品过程质量分析等应用分析，提高产线生产效率 10%，降低缺陷产品率 40%，降低设备故障停机时间 50%，取得了良好应用效果。

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

基于免授权频谱的 LTE 工业无线互联专网宽带方案

华为技术有限公司

网络改造技术篇/成熟技术/工厂内网改造

1 概述

当前行业无线网络应用中，基于 Unlicensed 频谱的 WiFi 是主流无线网络技术，但 Wifi 有诸多问题，制约行业无线的应用发展，比如 WiFi 在非视距场景下覆盖难以满足；在移动或高密场景时延不稳定；自干扰系统连接不可靠；覆盖距离短导致 AP 站点数量众多，选址和安装都存在困难，维护成本高等。

随着 LTE 技术在移动宽带的广泛应用，行业逐步引入 LTE 技术提升网络性能，但 Licensed 频谱资源有限，基于 Licensed 频谱的 LTE 技术无法广泛应用，基于 Unlicensed 频谱的 LTE 技术应运而生，采用 Unlicensed 频谱提供 LTE 无线网络覆盖，兼有 Wifi 的组网便捷性和 LTE 的稳定可靠的高性能，重点解决生产业务流中的“痛点”：覆盖、连接高可靠、抗干扰，成为承载企业园区和工厂内网无线工业互联更优质的解决方案。

1.1 背景

随着行业数字化的持续深入，工业领域对连接的诉求越来越高，虽然现场总线、工业以太网以及基于 Wifi、RFID 等的无线技术的使用，实现了部分工业设备的连接，但更大部分的工业设备还属于没有任何连接的哑设备。据 HMS 公司分析，在工业领域的已连接部分，工业以太网和工业无线持续发展，至 2018 年

初，工业以太网新增至 52%的份额（年度首次超过现场总线的 42%），无线连接也以 32%的增长率快速增长（但无线连接还仅占到 6%左右的份额），随着工厂智能化的持续发展，工业领域对无线通信的期望越来越高。

但工业厂矿园区分布零散，场景复杂，不具备建设一张无线通信大网的条件，也很难获取区域性专用通信频谱；而基于免授权频谱的 Wifi 技术在工业领域的应用中，逐步暴露出**可靠性、安全性、稳定性、移动性**等方面的不足，难以胜任更高性能的工业无线通信需求。

1.2 实施目标

针对工业园区难以申请专用频谱，Wifi 性能又无法满足需求的状况，基于免授权频谱引入高性能 4G/5G 蜂窝无线技术，提升工业无线网络性能，匹配工业互联业务诉求，加快行业数字化进程，助力工业领域产业升级，推进加快中国智能制造 2025 宏伟目标的进程。

1.3 适用范围

eLTE-U 蜂窝无线专网解决方案主要适用于：

智能制造、仓储物流领域智能装备（AGV、UAV 等）的无线通信、生产管理人员移动办公等业务；智能工厂、智慧医疗、无人商店等领域的机器人无线通信业务；工业园区的移动巡检、移动视频、数据回传等业务；港口码头 AGV 转运车调度控制、RCMS 吊机检测、堆场管理等 TOS（港口运营管理）业务；轨道交通生产领域的 CBTC 业务、PIS 业务、CCTV 等车地无线业务等。

表 1 业务应用及场景特点

业务应用	场景特点
各类型 AGV 控制通信	仓储分拣 AGV：小型空旷环境，AGV 密度大，网络容量要求高； 工厂、仓储搬运 AGV：无线环境复杂，工程复杂，移动范围较广，通信可靠性、稳定性要求高，对时延有要求
机器人无线控制通信	活动范围大小不一，移动性要求高，自主控制类机器人要求具备点对点通信能力；
工控类无线通信业务	主要承载生产网安全控制数据，要求超低时延、高可靠性，通信速率要求不高；
无线视频监控业务	摄像头分布散，距离远，走线困难的场景是优势场景； 环境恶劣，要求设备支持高防护等级；
移动巡检业务	电力变电站无人巡检：要求无缝覆盖以支持机器人无人自动巡检，站内不能安装无线设备，设备仅能安装在周边。 工业园区巡检：终端需支持数据回传、视频回传以及 RFID 等近距离无线采集能力，油气石化等特殊行业有防爆要求；
港口 TOS 业务	港口泊位区金属遮挡严重，堆场区面积大，巷道长，干扰多，主要可视距传输，部分场景会有遮挡，无线基站只能安装于灯塔等设施，近海场景，需抗盐雾腐蚀。
地铁车地业务	要求支持高速移动（最高支持 120km/h）条件下稳定高可靠通信（CCTV 业务），和无线大带宽需求（上行 CCTV，下行 PIS 等业务）、轨旁设备状态回传要求大容量接入能力等。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

eLTE-U 无线专网解决方案主要针对《工业互联网体系架构》内的工厂内网场景，承载智能机器（如 AGV 等）与工厂控制系统、智能机器与智能机器、工厂控制系统与工厂云平台等之间的信息交互与通信需求。eLTE-U 通信技术提供的高可靠、高性能、可移动的数据传输能力，可以减少工厂内网复杂环境下有线传输线缆的部署，适用于多种工厂内网环境的无线通信需求场景。

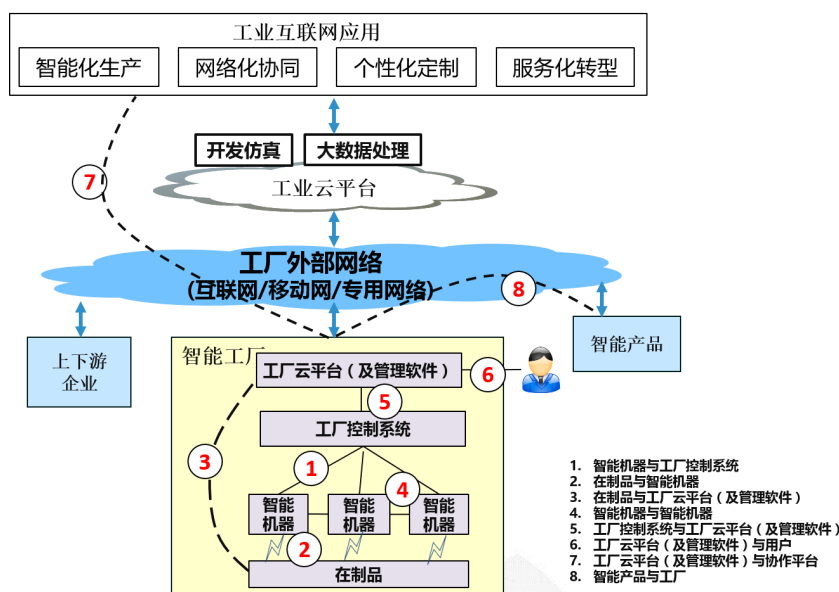


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

2.1 智能制造、仓储物流等 AGV 业务需求

AGV: (Automated Guided Vehicle) 是智能工厂/智慧仓储的重要装备，已经被越来越广泛地应用在各个行业中，不同种类 AGV 的应用场景差异较大，综合而言，AGV 对无线通信的需求主要体现在以下几个方面：抗干扰、支持移动性，通信性能稳定（时延<100ms），分拣仓库等特殊场景要求支持较大容量（单小区支持超过 100 台 AGV）等。

2.2 工业和服务机器人业务需求

机器人通信业务，除了和 AGV 类似的抗干扰、支持移动性、稳定性等方面的需求，为实现智能工厂、智慧医院、无人商店等场景服务机器人之间的信息实时交互，还要考虑支持机器人两两之间的点对点通信，便于由当前主流的集中式控制机器人向更高级、更智能的自主控制机器人发展演进。

2.3 港口 TOS 系统业务需求

可以按照场景分为两大类：场景 1：地面深度覆盖（AGV）场景，主要需求：移动性、小带宽、低时延、可靠连接（中低速移动：约 30Km/h, 时延：<100ms；带宽：下行<100Kbps；上行：100~150Kbps；高可靠性：普遍要求网络和设备冗余，保障业务的连续性）；场景 2：上行大容量（CCTV&视频监控类）场景，主要特点：上行带宽要求高、低时延、抗干扰和高可靠性（低时延：<150ms，上行大带宽：单用户上行带宽典型 10+Mbps，支持 3~10 路视频的回传和监控；抗干扰和高可靠性：优于 WiFi 的抗干扰的连接，需要考虑网络备份和冗余）。

2.4 轨道交通业务需求

CCTV 视频监控业务需求：

- 1) 要求每小区可同时进行上行至少 2 路视频传输；
- 2) 要求每路视频传输速率至多 2Mbps；
- 3) 要求传输时延不超过 500ms 概率不小于 98%；
- 4) 要求丢包率不大于 1%。

PIS 业务需求：

- 1) 要求支持广播或组播通信；
- 2) 要求能够传输图像分辨率为标清或高清的视频，要求传输速率为下行 2~8Mbps；
- 3) 要求传输时延不超过 500ms 的概率不小于 98%；
- 4) 要求丢包率不大于 1%。

3 解决方案

3.1 方案介绍

eLTE-U 解决方案是给企业提供的面向生产业务的工业级宽

带无线互联网络解决方案，包含有企业业务引擎 eCore 核心网，unlicense 网络接入基站 AirNode，接入终端 CPE 和可以集成到行业终端的 MiniPCIe 数据卡。

eLTE-U 解决方案主要包含有以下网元和设备：

eCore 核心网：eCore 作为业务控制核心网络设备，为业务提供高可靠的核心接入控制和数据交换处理功能，通过 SGi 接口通过 IP 网络接入客户业务平台。

基站 AirNode：eLTE-U 室外型基站 AirNode，提供 unlicense 频谱的无线接入设备，AirNode 采用 POE 供电和传输，既支持内置天线，也可以 N 型射频接头外接射频天线，支持抱杆和挂墙安装。

CPE/ MiniPCIe 卡：CPE 提供对应的 unlicense 频段的接入功能，可以和客户视频摄像头、交换设备连接，支持 POE 供电和 IP 接口传输。MiniPCIe 卡可以集成到行业终端，为行业终端提供数据接入业务。

网管：完成对企业无线网络设备的管理和控制，对设备进行远程维护升级和监控功能。

3.2 系统架构和网络拓扑

eLTE-U 无线工业互联网络解决方案的基本组网系统架构如下图所示：

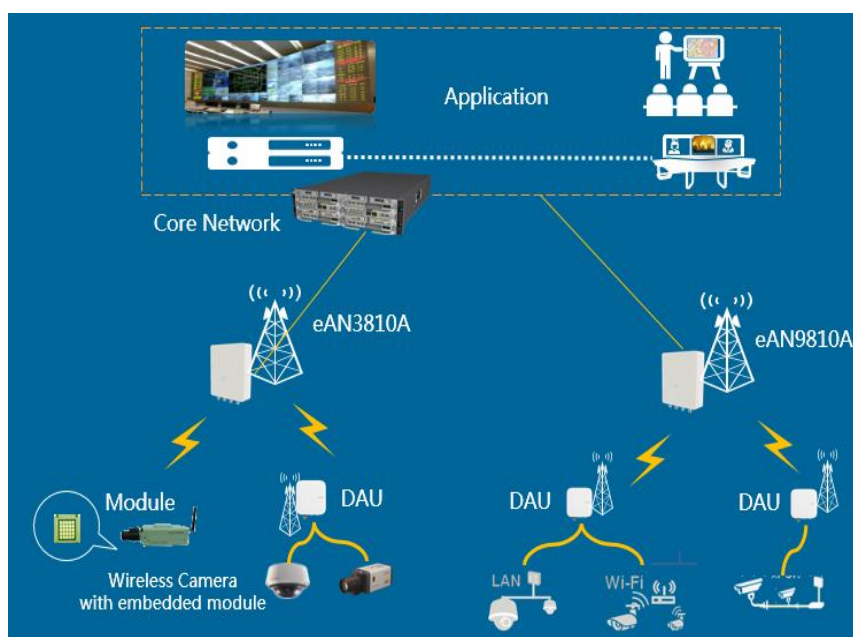


图 2 基本组网系统架构

网络整体自上而下分为三层：最上层是业务应用层，中间是有 eCore 核心网和基站 Airnode 按星型组网组成的网络层，最下层是终端接入层，业务应用层和网络层之间通过 IP 有线连接按照开放的 API 互通，网络层和终端接入层之间通过无线空口连接。

eLTE-U 解决方案有两种组网方式，一种是上图左边的组网：核心网+AirNode e+终端，另一种是上图中右边的组网：兼有核心网和基站功能的 AirEdge +终端。

两种组网方式的区别如下：

表 2 eLTE-U 解决方案组网比较

组网	核心网+AirNode +终端	AirEdge +终端
特点	AireNode 连接核心网，核心网再连接应用服务器，支持跨基站切换，支持完整的 QoS 控制和数据路由等功能	无须核心网，AirEdge 通过网口连接应用服务器，不支持跨基站切换和 QoS 控制等核心网等功能

3.3 功能设计

eLTE-U 无线专网支持如下功能特性：

在 5.8GHz 免授权频谱上使用 LTE 宽带技术，支持高速数据宽带网络接入，支持数据回传和视频监控，行业终端设备可以通过网线连接到 eLTE-U 的终端 CPE，也可以集成 MiniPCIe 卡，在网络覆盖区内，提供稳定、可靠数据通信服务。

- 公共业务：完成对用户签约信息的管理和网元间的同步；完成用户的开机注册、关机注销；终端 Idle 状态下的移动性管理和周期性发起跟踪区更新等。
- 数据业务：完成各种速率数据业务，完成移动状态下的业务跨小区、跨基站的切换，完成数据业务漫游等功能。
- 组网功能：支持 VLAN；支持配置 IPV4 路由；支持基站星型组网等。
- O&M 功能：支持进行各项操作维护。如：设备维护时支持单板复位等。
- 传输业务功能：支持多基站配置；减少端到端信道时延；完成多个基站星型组网时的数据转发。
- 传输配置功能
 - 实现网口参数配置，如通过 MML 可以配置速率，双工模式，自适应等参数。
 - VLAN 参数配置，通过 MML 可设置网口的 VLAN ID 和 VLAN 优先级。
 - 支持通过 MML 配置、删除、查询 IPV4 路由。
- 终端 CPE 支持防火墙服务：
 - 防火墙开关：启用或禁用网络连接的防火墙。

- 局域网 MAC 地址过滤：通过 MAC 地址限制局域网内的特定设备访问网络。
- 局域网 IP 过滤：阻止特定的 IP 地址访问在本地网络的计算机。
- URL 过滤：禁止局域网内设备访问特定的 URL。
- MiniPCIe 数据模块，可应用于行业客户进行终端二次开发。该模块集成到终端中，作为 LTE Modem 使用，提供无线数据接口，实现空口数据传输功能。

3.4 关键技术

3.4.1 IRC 抗干扰算法

IRC(Interference Rejection Combining 干扰抑制合并)是一种分集合并技术，能够消除干扰。与采用了 MRC 的分集式天线相比，采用 IRC 的分集式天线能够消除干扰信号，只选择“好的”信号进行接收(如下图所示)。在干扰受限的区域，与 MRC 相比，IRC 能产生将更大的增益。这一增益能够带来网络质量的提高和更好的室内覆盖。IRC 接收机信号接收示意图如下。

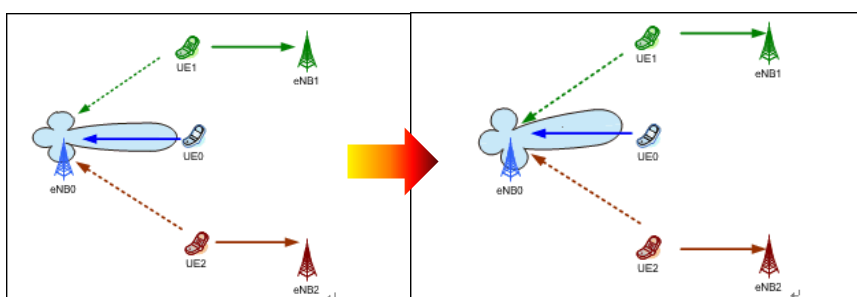


图 3 IRC 接收机信号接收

IRC 增益：IRC 接收机旨在提高接收信号中的发送信号成分与噪声成分的功率比，获得分集增益和阵列增益，从而提高系

统性能。除此以外，IRC 接收机还可以提供额外的干扰消除增益，达到进一步提高系统性能的目的。IRC 利用干扰的空间有色特性抑制同频干扰，增强覆盖。IRC 要求有多个接收天线，单天线接收是无法获得 IRC 增益的。

3.4.2 DL power boosting 覆盖增强技术

DL Power Boosting 是一种增强 LTE 下行覆盖的一种调度方式，当 UE 处于小区边缘并且低速率业务要求时，通过 power boosting 调整每个被调度下行资源块组（RBG）的发射功率，使得 RBG 组的功率集中在一个 PRB 发射，提升单个 PRB 的功率谱密度，可有效提升小区边缘低速率业务用户的解调性能，增强下行覆盖。

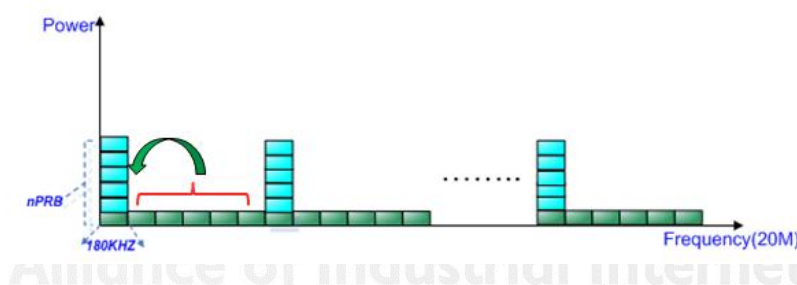


图 4 DL power boosting 示意图

3.4.3 DL TTI Bundling 下行覆盖增强技术

DL TTI Bundling 是指在 N 个连续的 TTI 上传输同一个数据块，N 个绑定的 TTI 作为同一个资源进行处理，不同的 TTI 传输同一个数据块的不同 HARQ 冗余版本。对小区边缘的下行 SINR 较低，位于小区边缘的终端可以通过 TTI Bundling 特性在连续子帧中发送相同的数据块，减少重传，降低 RTT 传输所需要的时间，充分利用 HARQ 合并的增益，提高 LTE 下行覆盖。

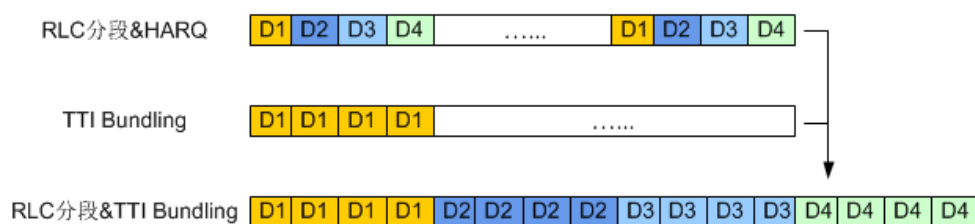


图 5 TTI Bundling 示意图

3.4.4 MIMO 容量增强技术

多入多出 (MIMO: Multi-Input Multi-Output) 或多发多收天线 (MTMRA) 技术是无线移动通信领域智能天线技术的重大突破。MIMO 技术能在不增加带宽的情况下成倍地提高通信系统的容量和频谱利用率，也是第四代移动通信系统采用的关键技术。

MIMO 系统在发射端和接收端均采用多天线和多通道。根据收发两端天线数量，MIMO 还可以包括 SIMO (Single-Input Multiple-Output) 系统和 MISO (Multiple-Input Single-Output) 系统。本质上来讲，如果每对发送接收天线之间的衰落是独立的，这样就产生多个并行的子信道。在发射端，传输信息流经过空时编码形成 N 个信息子流。这 N 个子流由 N 个天线发射出去，经空间信道后由 M 个接收天线接收。多天线接收机根据各数据流的空间特性，利用先进的空时编码处理能够分开并解码这些数据子流。这样在这些并行的子信道上传输不同的信息流，使得同样的频率带宽下，传输速率倍增。示意图如图 6。

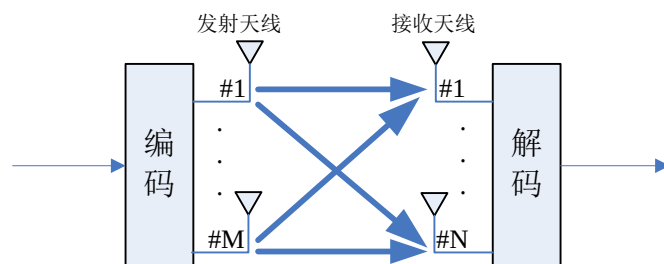


图 6 通用的 MIMO 形式

3.4.5 上行 64QAM 容量增强技术

上行 64QAM 是 QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 和 16QAM 的一个补充调制方案。UL 64QAM 旨在增加好信道条件下 UE 的比特率。使用 QPSK 时，每符号承载两信息比特；使用 16QAM 时，每符号承载四信息比特。使用 64QAM 时，每符号可以进行六信息比特调制。因此，64QAM 可以极大提高上行的系统容量。

根据无线环境的质量，eNodeB 可以选择不同阶次的 QAM 调制方案。如果 UE 离 eNodeB 非常近或是处在一个好的无线环境下，那么 eNodeB 能够选择最高阶 QAM 调制（64QAM 方式）和较大的传输块进行上行传输，从而实现更高的数据速率。

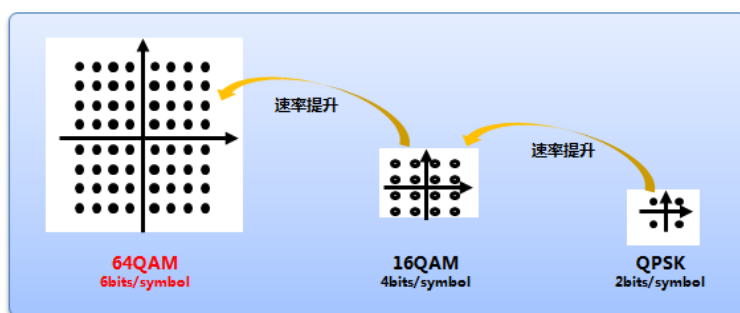


图 7 上行 64QAM 方式

3.5 安全及可靠性

3.5.1 安全性

LTE 支持终端和基站之间的双向认证保证终端和基站的合法

性，控制信令支持 NAS 加密保证信令安全。

- 设备和基站之间的双向认证。
- AES128 / 256 位空中接口加密。
- IPSec 确保基站与视频平台之间的安全。

3.5.2 可靠性

基站可靠性：

- 支持全面故障检测功能，包括硬件、软件、天线、传输、小区。
- 支持故障隔离和自愈功能，确保局部故障不影响系统中的其他部分。此外，还支持降规格建立小区，将故障对业务的影响降至最低限度。

eLTE-U 核心网具有以下软、硬件可靠性：

- 分布式设计：采用分布式的硬件结构，通过功能的模块化设计实现分布式处理，各模块功能相对独立，并分别由不同的处理机负责控制，一个处理机的故障不会影响整个系统的正常运行。
- 冗余设计：硬件广泛采用主备用、负荷分担、冗余配置等可靠性设计方法，确保了硬件系统的可靠性；关键部件均采用多处理机冗余技术，采用主备进程运行方式。在正常情况下，主用处理机控制模块的运行，备用处理机则实时与主用处理机保持同步；一旦主用处理机故障，备用处理机将立即投入运行接替主用处理机控制模块，从而保证系统的业务不中断。业务模块与接口模块采用负荷分担的设计方式，两块或多块模块在正常工作时，

均承担相同的处理功能，而当其中一个模块出现故障时，在保证一定性能指标（如呼损）的前提下，由其它模块完成故障模块的处理任务，不影响系统正常工作。IP 接口支持物理备份，确保与 IP 承载网之间的 IP 路由的可靠性。

- 供电可靠性:采用分布式供电方案，冗余备份的双供电系统，具有防雷、断电保护、电压和电流的过高过低保护等功能。若系统掉电，系统支持整机掉电重启时间小于 5 分钟。机框的电源模块采用 1+1 备份的冗余设计，确保在一个电源模块出现故障时，不影响系统的正常工作。
- 容错能力:通过对关键软件资源定时检测、实时任务监控、存储保护、数据校验、操作日志信息保存等手段，可有效地防止小软件故障对系统所造成的冲击，提高软件系统的容错能力（即软件错误情况下的自愈能力）。
- 故障监视及处理:核心网具备自动检测与诊断系统软硬件故障的功能，可对故障硬件实施自动隔离、倒换、重新启动、重新加载等处理。
- 支持热补丁:在设备的运行过程中，支持对主机软件打热补丁的功能，可以在不影响系统业务的情况下实现对主机软件的动态在线升级，有利于提高通信服务质量。

3.5.3 系统可靠性指标

系统可靠性指标如表 3 所示。

表 3 系统可靠性指标

指标名称	指标值
典型配置系统可用度	≥99.999%
系统平均故障间隔时间 MTBF	≥24 年（满配置） ≥42 年（单框）
系统平均故障修复时间 MTTR	≤1 小时（不含准备时间）
冗余备份机制	1+1 备份

3.6 解决方案亮点

3.6.1 抗干扰能力强

干扰检测：

- 检测及时：最快 1ms 级别的检测。
- 检测全面、精细：全系统检测、系统内子带宽级（180KHz）的信道监测。

干扰抑制：

- Turbo 纠错编码。
- HARQ 重传机制，增加抗干扰能力。
- UL IRC，干扰最小化的合并，有效抑制各类干扰。

干扰控制：

- 支持 MCS0~MCS28 共 29 阶调度，适应更多不同程度的干扰场景。
- MCS 自适应调整，有效利用非(弱)干扰资源。
- 下行固定/动态功控；上行开环/闭环功控算法，避免产生网络自干扰。

干扰躲避：

- （上/下行）频选调度：根据每个终端的信道状况，优先

分配干扰小，信号质量高的子带频率资源。

- 子带级资源分配，避免干扰，有效利用非干扰资源。
- GPS 同步，整网同步的上下行独立调度，TDD OFDMA 高效全双工。

3.6.2 覆盖距离更远

eLTE-U 的覆盖距离是 Wi-Fi 的 2~3 倍。主要原因是 eLTE-U 的接收灵敏度相比 Wi-Fi 高 10dB，并且采用了 Power boosting 技术。

3.6.3 移动性更好

eLTE-U 基于蜂窝通信系统设计，有完善的切换机制，切换时延可以控制在 50ms 以内，不丢包。而且，eLTE-U 支持自动频率校正 AFC 技术，能够消除快速移动引起的频率偏移，eLTE-U 的功率控制和信号检测更加精细，适应快速移动时信号的快速变化，尤其适用于地铁车地通信等高速移动的场景，可以支持 160 公里/小时的移动速度。

3.6.4 同时在线用户更多

eLTE-U 可以支持 100 个以上的用户，并不会降低小区整个吞吐率速率。LTE 5 用户小区吞吐量比 WiFi 的高 93%，传输时延低 80%。LTE 多用户的小区吞吐量相对单用户基本持平，WiFi 随着用户数增多，小区吞吐量快速下降。

3.6.5 QoS 保障机制完善

为了满足不同业务类型和用户等级对不同传输性能（例如带宽，优先级，时延和吞吐量）的要求，eLTE 解决方案为用户提供端到端 QoS 保证机制，确保服务质量合理利用网络资源。

eLTE-U QoS 保证机制可以根据用户最大速度，最小速度，传输延迟，丢包率和一系列 QoS 指标的服务要求，确定用户特定的 QoS 等级。通过高级访问控制，无线资源管理，传输资源管理算法确保系统性能，并保证差异化服务和用户的信号传输质量。

3.6.6 传输时延更低

传输时延最小 20ms。跨小区切换时延小于 50ms。洋山港项目实测，单小区多用户（>60 用户/小区）调度状况下，单用户端到端平均传输时延稳定在 50ms 左右。

4 成功案例

eLTE-U 网络解决方案已于 2017 年成功服务于华为东莞松山湖 HUB 仓自动化物流项目，海康机器人公司基于华为创新的 5.8GHz 免授权频谱 eLTE-U 无线专网方案，为该仓库提供智能仓储 AGV 及配套设备，实现仓库 7000 平方米的自动物流运输，大幅度的提高仓库运作效率。



图 8 现场设置

由华为 eLTE-U 工业级蜂窝无线网络、海康智能仓储机器人、机器人调度系统（RCS）和智能仓储管理系统（iWMS）四大核心模块组成的智能仓储解决方案，以机器换人为核心理念，工人

只需在工作台操作终端进行必要的操作，就实现了仓库“货到人”的先进技术，提升了仓库整体运作效率。

eLTE-U 商用组网的另一个典型案例是上海洋山港四期自动化码头项目。上海洋山港是我国最大的集装箱深水港，洋山港四期项目中，华为公司联合振华重工集团建设了覆盖洋山四期全码头的 eLTE-U 无线专网，将港口 TOS 业务系统、集装箱水平运输系统和安全监控系统等无缝融合，引入大型 AGV 集装箱自动化搬运技术，实现集装箱搬运“无人化”作业，集装箱在码头的搬运全部靠无人驾驶的大型 AGV 车完成。洋山四期码头自 2017 年 12 月 10 日商用开港以来，没有发生过一次因为网络问题而导致的业务停摆，可靠性得到充分检验和验证，助力洋四码头以全球最大的全自动化集装箱码头贯彻国家“一带一路”战略，并通过经验分享，模式复制，引领全球全自动化码头建设。



图 9 上海洋山港设备布设

1 概述

物联网技术是个很大的范畴，任何物与物的联接都可以纳入物联网的概念。从速率的维度其大概可以分为三大类：

- 低速率 (<100kbps)，主要网络技术包括 LPWA、ZigBee、蓝牙等，其典型业务为抄表、传感监测、智能停车等场景
- 中速率 (<1Mbps)，主要网络接入技术为 GSM/GPRS/CDMA 和 LTE MTC(R12, R13 Machine Type Communication, 3GPP 中 M2M 被称为 MTC)，典型业务为可穿戴、智能家居等应用
- 高速率 (>10Mbps)：即目前主流的 3G、4G 技术和 WiFi 技术，其典型业务为视频监控、车联网、智慧医疗等

其中，RFID（射频身份识别），ZigBee（IEEE 802.15.4X）是上个世纪 90 年的物联技术，属于上述的“低速率<100kbps”，且覆盖距离短（一般 10 米~100 米），主要用于室内物联（如物流，智能家居）。

eLTE-IoT 是一种 LPWA（Low Power Wide Area）技术，属于上述的“低速率<100kbps”应用场景。LPWA 技术是近几年出现的新的物联网技术，主要技术特点是低速率、低功耗、远距离

覆盖、海量连接，类似的技术有 NB-IoT、SigFox、LoRa。其中，NB-IoT 是 3GPP 标准定义的基于 license 频谱的 LPWA 技术，适合运营商或有 license 频谱的客户部署；sigFox、LoRa、eLTE-IoT 是基于免授权频谱的 LPWA 技术，适合无法获取频谱的企业客户使用。

此外，3GPP 标准除了 NB-IoT 还定义了 eMTC 和 EC-GSM 物联技术，其中 EC-GSM 是基于 GSM 系统演进的 IOT 物联技术；eMTC 是基于 LTE 演进的 IOT 物联技术，且 eMTC 是 LTE 宽带系统的一个特性，最小系统带宽是 1.4MHZ；而 NB IOT 支持窄带系统带宽 200KHZ。

1.1 背景

3GPP 标准定义了基于授权频谱的蜂窝 IoT 技术，包括 NB-IoT，EC-GSM 和 eMTC，具体的演进路标如下：

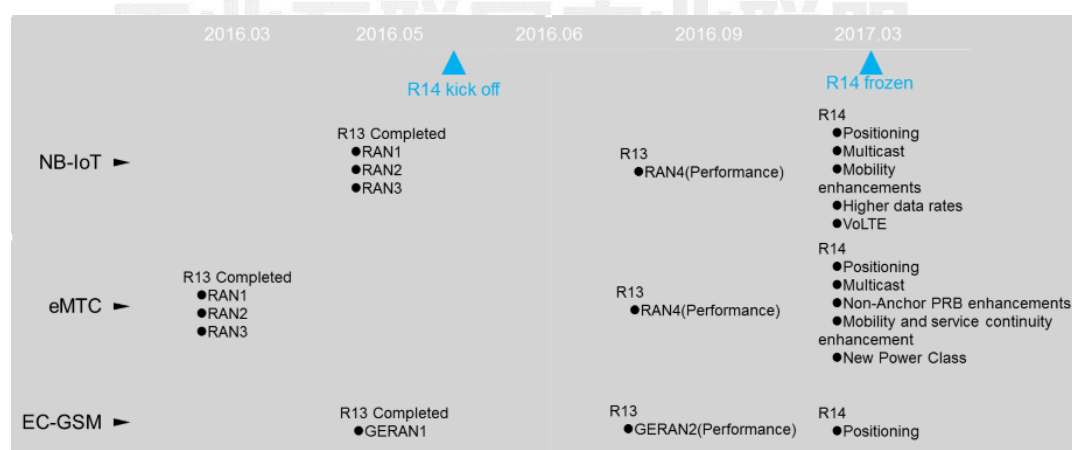


图 1 NB-IoT、eMTC 及 EC-GSM 演进路线

对应的终端类型包括：R12 定义了 cat-0 (MTC), R13 定义了 cat-M1 (eMTC)，以及 cat-NB1 (NB-IoT)。

	LTE Rel-8 Cat-1	LTE Rel-12 Cat-0	LTE Rel-13 Cat-M1	NB-IoT Rel-13	EC-GSM-IoT Rel-13
DL peak rate	10 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	~0.2 Mbps	~0.5 Mbps
UL peak rate	5 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	~0.2 Mbps	~0.5 Mbps
Duplex mode	Full	Half or full	Half or full	Half	Half
UE bandwidth	20 MHz	20 MHz	1.4 MHz	0.18 MHz	0.2 MHz
Maximum transmit power	23 dBm	23 dBm	20 or 23 dBm	23 dBm	23 or 33 dBm
Relative modem complexity	100%	50%	20-25%	10%	Not evaluated
Note: peak data rates refer to full duplex operation for Cat-0 and Cat-M1					

图 2 终端类型及性能

1.2 实施目标

因为企业用户普遍没有 3GPP 授权频谱，而非 3GPP 物联网方案又普遍 QoS 较难保证；本 eLTE-IoT 解决方案，基于免授权频谱引入高性能 4G/5G 蜂窝无线技术，提升工业无线网络性能，匹配工业互联业务诉求，加快行业数字化进程，助力工业领域产业升级，推进加快中国智能制造 2025 宏伟目标的进程。

1.3 适用范围

eLTE-IoT 蜂窝无线专网解决方案主要适用于以下领域（见图 3）：

- | | | | |
|---|---|--|--|
| 1、公共事业 <ul style="list-style-type: none"> ● 智能水表 ● 智慧水务 ● 智能气表 ● 智能热表 | 2、智慧城市 <ul style="list-style-type: none"> ● 智能停车 ● 智能路灯 ● 智能垃圾桶 ● 智能井盖 | 3、消费电子 <ul style="list-style-type: none"> ● 独立可穿戴设备 ● 智能自行车 ● 慢病管理系统 ● 老人小孩宠物管理 | 4、设备管理 <ul style="list-style-type: none"> ● 设备状态监控 ● 白色家电管理 ● 大型公共基础设施 ● 管道管廊安全监控 |
| 5、智能建筑 <ul style="list-style-type: none"> ● 环境报警系统 ● 中央空调监管 ● 电梯物联网 ● 人防空间覆盖 | 6、智慧物流 <ul style="list-style-type: none"> ● 冷链物流 ● 集装箱跟踪 ● 固定资产跟踪 ● 金融资产跟踪 | 7、农业与环境 <ul style="list-style-type: none"> ● 农业物联网 ● 畜牧业养殖 ● 空气实时监控 ● 水质实时监控 | 8、其它应用 <ul style="list-style-type: none"> ● 移动支付 ● 智慧社区 ● 智能家居 ● 文物保护 |

图 3 eLTE-IoT 蜂窝无线专网解决方案适用领域

eLTE-IoT 技术可满足对低功耗、长待机、深覆盖、大容量有所要求的低速率业务，更适合静态业务、对时延低敏感、非

连续移动、弱实时传输数据的业务场景。

1、自主异常报告业务类型：

如烟雾报警探测器、设备工作异常等，上行极小数据量(十字字节量级)，周期多以年、月为单位。

2、自主周期报告业务类型：

如公共事业的远程抄表、环境监测等，上行较小数据量(百字节量级)，周期多以天、小时为单位。

3、远程控制指令业务类型：

如设备远程开启/关闭、设备触发发送上行报告，下行极小数据量(十字字节量级)，周期多以天、小时为单位。

4、软件远程更新业务类型：

如软件补丁/更新，上行下行较大数据量需求(千字节量级)，周期多以月、年为单位。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

eLTE-IoT 无线专网解决方案除了用于智慧城市之外，在工业园区，针对《工业互联网体系架构》内的工厂内网场景，通过为传感器提供物联网连接，进行信息采集，实现工人、机器、物料的跟踪与监控，最终支撑生产自动化、无人工厂、无人货架和无人码头等的落地。

通过无线组网，避免了布线的麻烦，特别是解决了机器、人员、资产等的移动跟踪问题，提升了工业领域的实时管理能力。

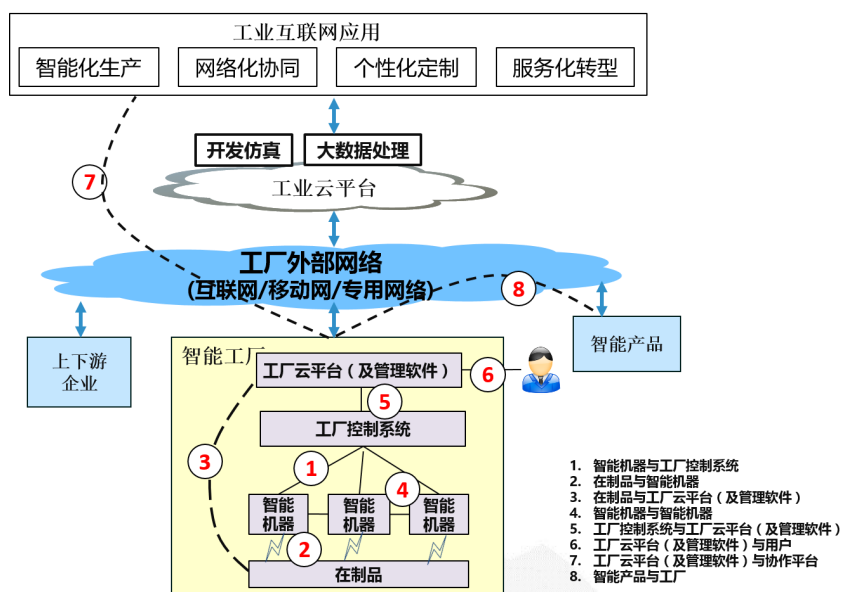


图 4 工业互联网互联示意图

2 需求分析

2.1 智能仓储

库存管理：MES 系统将物料、载具、栈板等的标码与 eLTE-IoT 模块匹配，根据 eLTE-IoT 上报信息完成库存管理、物料查找、盘点等业务

自动出入库：借助物联网提供的资产跟踪功能，管理平台根据物品上报的精确位置信息的变更，自动完成物料出入库流程。

2.2 智造工厂生产可视化

生产可视化的典型应用：

- 可视化产线：结合 3D 建模，全场景呈现生产线实际状态，实现设备信息、生产数据等实时呈现
- 预防性维护：实时监测 I/O、能耗等数据，实现预防性维护和节能降耗
- 远程诊断：通过远程视频回传，实现现场疑难问题专家

远程定位，提升效率

为实现上述功能，需要把物联网 IoT 模组嵌入现场设备内部或对接控制器；设备的 I/O、能耗等信息上传，最终能实时监控设备状态；低功耗物联技术，实现生产物料和设备、甚至生产人员的海量联接和监控。

2.3 智慧路灯

智慧路灯的基础应用是智能照明，即利用物联网实现对路灯的远程控制，如路灯的开关控制和调光控制。除此之外，能够对电压、电流、功率因数、亮度、亮灯率、温度进行监控，在用户计算机上自动获得路灯的各种参数状态，实现自动巡检，可以判别出路灯的故障状况、老化程度、亮灯状况等。

除了智能照明外，充分利用灯杆资源，部署摄像头、基站、广告牌等设备，从而实现了城市监控、公共传媒等功能，为城区居民、从业者和商家提供服务，产生更大的社会和经济价值。

2.4 智慧消防

智慧消防物联网监测系统采用采用物联网和多传感器信息融合技术，实现关键消防设施的实时监测，起到保证关键消防设备完好率以及火灾隐患探测与预警的作用。

物联感知层通过传感器判断烟雾浓度及消防栓水压来确认是否触发告警，一旦触发，数据流通过物联网传输至消防云平台，平台根据业务需求以 TTS 语音或微信的形式推送给相关责任人，并根据需要推送消防接处警平台进行联动。

2.5 智慧水务

智慧水务是通过数采仪、无线网络、水质水压表等在线监

测设备实时感知城区供排水系统运行状态和水文信息，采用可视化的方式有机整合水务管理部门与供排水设施，实时监测水库河道信息，并可将收集的水务信息进行及时分析与处理，并做出相应的处理结果辅助决策建议。智慧水务提供智能抄表、水位监测等应用。

1) 智能抄表

传统的人工抄表费时费力、误差大、效率低，造成电网利润流失等缺点，智能抄表可用于实时数据采集、故障判断、数据传输等。使用 eLTE-IoT 物联网络无线回传方式替代人工抄表和其他短距离回传方式，在降低人力成本的同时，通过实时高效的数据采集，可以更合理的实现能源分配，提高能源使用效率。

2) 水位监测

通过 eLTE-IoT 物联网络，实时监测动态水位变化，保存历史记录，实时曲线显示，历史曲线，历史报表，支持水资源调配决策，实现以水源取水、输水、供水、用水、耗水和排水等水资源开发利用主要环节的监测和水资源信息的交换与共享。

3 解决方案

3.1 方案介绍

eLTE-IoT 解决方案整体网络架构包含四个部分：终端接入层、网络接入层、业务引擎、第三方应用平台，网络拓扑如下：



图 5 eLTE-IoT 网络拓扑

业务引擎 Service Engine (eSE6201) 包括三大功能，即接入认证管理、操作维护管理和应用接口管理三大功能。其中接入认证管理功能模块主要用于基站的接入控制、认证和鉴权，信令和数据处理，操作维护等功能。应用接口管理主要负责提供与上层物联网平台或者行业应用之间的接口。Service Engine 对外可提供基于标准的 IoT 接口 (MQTT/IP 转发) 对接上层物联网平台，起到数据转发、IP 代理的功能。操作维护管理指的是对于下辖的 AirNode、CPE 进行管理的能力。

eLTE-IoT 室外型基站 eAN3710A 外接高增益天线，支持抱杆安装。AirNode 支持有线方式和 Service Engine 直连，也可通过外置 3G/4G 无线回传模块 (第三方提供) 通过无线网络回传，或 eLTE CPE 专网无线回传。

终端接入层包含了两种形态：模组以及 CPE。

eLTE-IoT CPE (eA300-8a) 是窄带 CPE，最大支持的上行吞吐率为 10kbps，下行 10kbps，用于通过 RJ45 接口或者串口

(RS485) 对接低速率的集中器或电力框表。

eLTE-IoT 模组（eM300）数据模块主要提供给行业客户进行终端的二次开发。模组提供串口及 AT 命令集，支持被集成到不同类型的终端中以接入 eLTE-IoT 网络。

3.2 系统架构和网络拓扑

eLTE-IoT 基于 3GPP NB-IOT 技术，并增加适配免授权频谱法规约束的新特性。

其网络架构和协议栈如下：

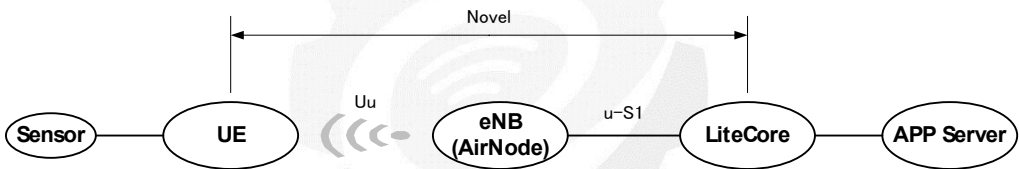


图 6 eLTE-IoT 网络架构

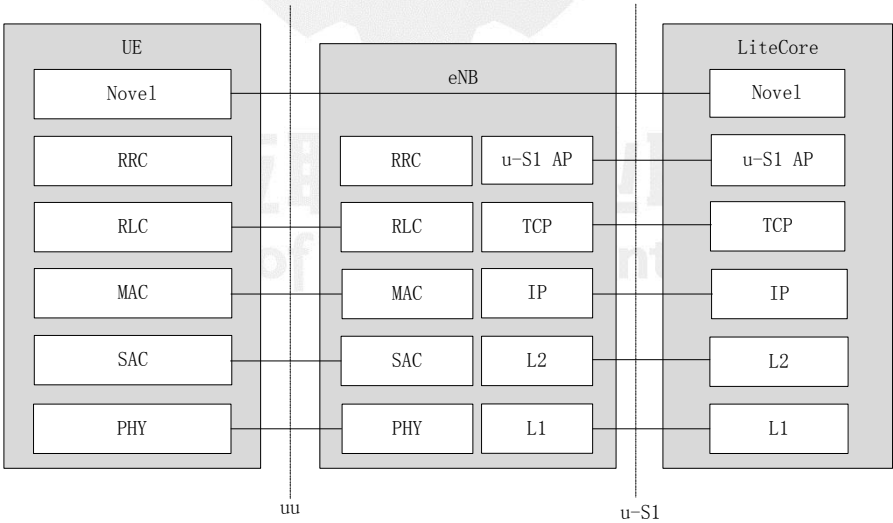


图 7 eLTE-IoT 协议栈

表 1 eLTE-IoT 网元功能

网元	功能	接口
UE	空口广播、接入/释放、数据传输、小区更新等	Uu
	接入/释放、TAU、数据传输	Novel
eNB	空口广播、接入/释放、数据传输、小区更新等	Uu
	S1 连接建立、释放	u-S1
LiteCore（业务引擎）	S1 连接建立、释放	u-S1
	接入/释放、TAU、数据传输	Novel

SAC 层为业务适配层，以实现灵活配置物理层资源，适配不同速率和覆盖的应用场景。

eLTE-IoT 的关键技术如表 2 所示：

表 2 eLTE-IoT 关键技术

领域	关键技术	备注
3GPP NB-IOT 物理层基础技术	采样率： 1.92MHz 上行/下行： OFDM 子载波：上行 3.75kHz， 下行 15kHz OFDM 符号： Normal/Extended CP 调制编码： 3GPP LTE 标准调制编码 时隙划分： 0.5ms/2ms	完全重用 3GPP NB-IOT 的芯片硬件（目前基于海思芯片 Boudica V120）
法规和频谱适配增强技术	跳频 FH-OFDM UL 竞争式数据发送 SLOT ALOHA TDD 帧结构 Duty cycle 控制	跳频同时具备提升覆盖和抗干扰能力； SLOT ALOHA 同时具备提升系统连接数的作用
长距覆盖 10Km	跳频频率分集，时间分集，子帧间循环移位， 时域重复增强信噪比，蜂窝技术的无线链路技术（卷积码和 Turbo 码，BPSK/QPSK 相位调制， HARQ/ARQ 传输控制）	
海量链接 50K	多个窄带 channel 自适应速率适配	
低功耗 10 年	PSM 低功耗模式； eDRX 低功耗 Paging 唤醒模式	同 3GPP NB IoT
可靠链接 & 抗干扰	强 FEC+两级重传 (HARQ+ARQ)，小包快传，UL 功控	

3.3 功能设计

物联网时代将有数百亿物体接入网络中，传统的接入技术有近距离无线接入技术和移动蜂窝网技术两类，这两类技术都有其优势与不足。如 WiFi、蓝牙、ZigBee 等近距离无线接入技术在特定空间范围下拥有稳定性高、接入速度快等优势，但其覆盖能力有限，对回传网络依赖严重，又因为抗干扰能力不足以及机制设计等因素，使得终端功耗较大，无法长时间使用。而移动蜂窝网技术，虽然可以满足大范围或者移动性的应用需求，但其最大的问题是系统容量的限制，物联网应用的接入与公众用户的接入无法完全隔离，在容量上相互制约，后续难以

独立应对物联网市场的迅猛发展，并且其是依托移动核心网进行终端节点的管理，对号码资源消耗量过大。同时，无论是 2G、3G 还是 4G 的物联网终端仍然存在模块成本高与电池使用寿命短的问题。事实上，物与物的通信并不像人与人的通信一样总是要追求高速率带宽的方式，大量设备接入网络后仅需少量的数据传输或数据传输频率很低；也不像人与人的通信要频繁进行充电，很多设备因其所处环境的特殊性和数量巨大，对支撑其通信的功耗需求较低，例如大量的水表抄表、烟雾报警、路灯控制、水文监测、智能停车、环境监测等，对于这些传感装置的联网要求选择一个低带宽、低功耗且大范围覆盖的网络是其最有效的解决方案。

LPWA (Low Power Wide Area, 低功耗广域技术) 是一种能适配 M2M 的业务，具有流量小、连接数量大等特性的新型无线接入技术，可形成一张广覆盖、低速率、低功耗和低成本的无线接入网络，目前 LPWA 主流技术是以 3GPP 为代表的 NB-IoT 技术。华为 eLTE-IoT 解决方案基于 3GPP NB-IoT 技术标准，采用灵活易部署的轻量化设备，支持标准物联网协议与企业上层应用平台进行对接，并基于 1GHz 以下的 ISM 免授权频谱进行了法规适配，无需授权频谱即可快速部署广域物联网络。主要技术特点如下。

1) 长距覆盖

eLTE-IoT 通过窄带频域占用以适配法规要求，通过提升功率谱密度来提升覆盖，同时将待发送的数据调制后在多个时域内进行重复发送，在接收机侧会将重复的信号进行累积从而获

得更高的信噪比，从而提升灵敏度和覆盖范围。最远可实现 10Km 的覆盖能力。

2) 海量连接

因每个终端的物联业务数据包并不是很多大，所以 eLTE-IoT 提供更小的资源分配粒度，特别是上行，每个信道 30 kHz，这样单位带宽内可以有更多的上行信道，支持并发，而且为了提供海量联接，允许多个用户复用信道，并使用 Slot ALOHA 机制时分复用，大大提高信道利用效率和接入容量，最大可支持每小区 5 万连接接入。

3) 低功耗

终端发送完数据后，就进入 PSM 低功耗休眠态，待机电流 uA 级。对于 1 天 1 次，或半小时 1 次的物联业务，PSM 模式极大的降低了功耗，最长可支持 10 年的电池寿命。如果终端进入休眠后，可能会有下行的业务下发，此时通过寻呼机制唤醒终端，同时为了降低功耗，采用 eDRX 机制，即终端在给定的窗口内检测寻呼消息，该窗口接收后进入 PSM 休眠态，然后直到下次寻呼接收窗口到来。这种方式相比以前一直保持能侦听寻呼 paging 的状态，加入了一个 PSM 状态，使得终端有更多的时间处于低功耗模式，从而达到省电的目的。

4) 可靠连接

无线信道在传播过程中会受到系统内，系统外的各类干扰，所以 FEC（前向纠错编码）技术具备超强的纠错能力，将收干扰影响的信号纠正过来，从而提供可靠的链接。本系统的 FEC 技术采用 3GPP 的 Turbo 编码技术，纠错能力强，抗干扰效果好。

对于超出 FEC 能力范围，发生输出错误时，系统将采用 HARQ 以及 ARQ 机制进行重传。eLTE-IoT 支持上行物理层快速反馈特性，可在一个上行传输时隙完成后对上行信道数据传输是否正确进行反馈。通过快速反馈可确保空口的丢包率满足可靠性要求。但由于重传会带来时延的增加，eLTE-IoT 可通过配置上行信道是否支持 HARQ 来适配不同的业务可靠性诉求，达到时延与丢包率的权衡。该特性的配置可针对每个信道组（上行虚拟信道组合）进行单独配置。

5) 安全性

eLTE-IoT 继承了 LTE 系统的端到端加密算法，并结合物联网业务进行增强。在免 SIM 卡的情况下，空口侧通过通信模块内的专用存储来实现端到端鉴权、认证和加密，在基站与业务引擎之间的传输也有 TCP+SSL 的加密保护机制，同时支持加密算法的客户化定制，保障易受攻击的物联网业务安全通信

6) 行业适配性

eLTE-IoT 不仅支持上报类业务，还支持查询类、控制类业务，TDD 帧结构设计为行业应用提供更好的业务响应，更好适配行业需求，而现有的其它私有技术以上行业业务为主，且速率和传输效率的缺失，使其在应用场景（容量、速率、上下行并发业务等）受限，无法满足各行业规模使用的需求。提供 MQTT 等外部接口，用于跟各行业的应用服务对接。

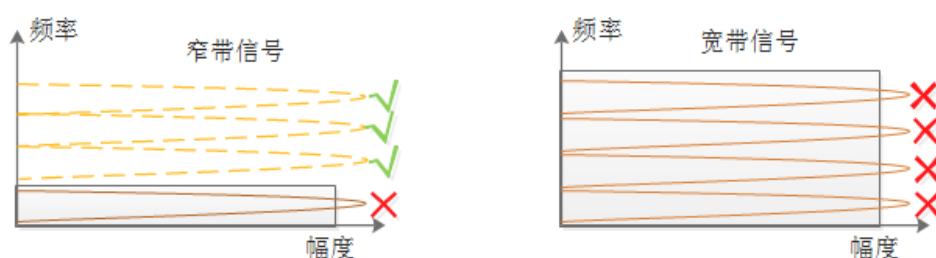
3.4 关键技术

3.4.1 抗干扰技术

1) 窄带频谱

在无线领域有多种抗干扰技术，而窄带跳频被多数厂商公认为最行之有效的抗干扰技术。

窄带信号的使用不仅可以降低对网络中其他系统的影响，同时降低了在频域上被干扰的概率，如下图所示：



从上图可以看出，当窄带干扰信号在任意频率数出现的概率相等时，干扰信号落在窄带信号内的机会将要小于宽带信号。

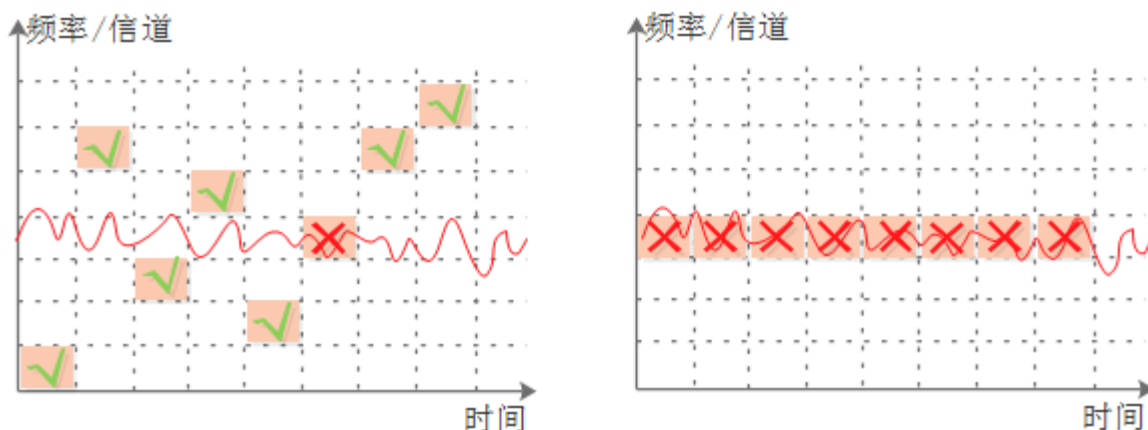
2) 跳频

跳频，通过在多个信道间进行随机选择信道进行数据发送，通过跳频技术可以解决突发的随机干扰，获得抗干扰增益。

eLTE-IoT 系统包含了上行跳频以及下行跳频两大特性。

系统将时域资源划分为多个时间窗，终端在每个发送机会窗里，都根据伪随机的跳频机制，在系统所配置的信道范围内，选取一个信道来发送，从而实现上行跳频；

通过跳频，数据发送时使用的频率资源不断发生变化，避免在某个频率存在干扰时被持续干扰，出现连续数传失败；同时在不同的频率信道上发送，在接收端可以获得频率分集增益，利于提升覆盖。



3) eFEC

FEC（前向纠错编码）技术具备超强的纠错能力，在无线传输过程中，由于干扰存在可能导致数据发生比特位翻转，通过 FEC 技术可以对收干扰影响的数据进行纠正，从而提供可靠的链接。本系统的 FEC 技术采用 3GPP 的 turbo 编码技术，纠错能力强，抗干扰效果好。



4) 两级重传技术

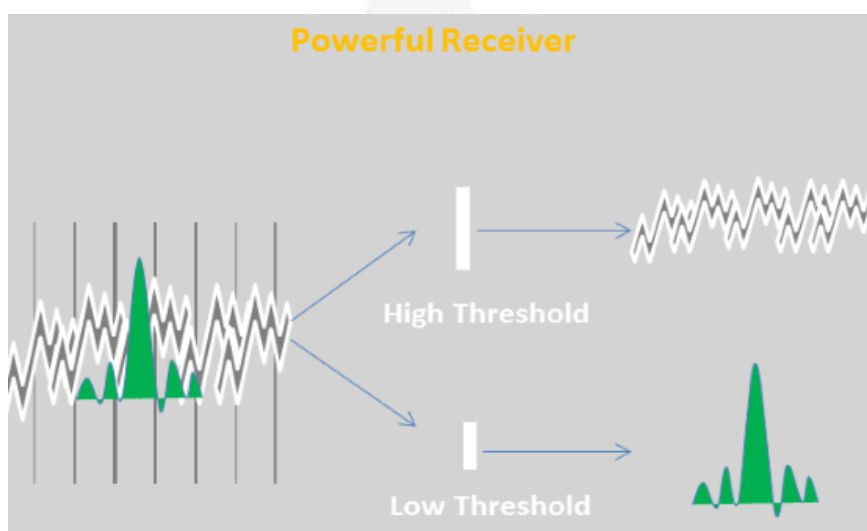
适配物联网行业上行业务为主的特性，eLTE-IoT 支持上行物理层 HARQ，确保通信底层每个数据传输的正确性，对于物理层除传错误的数据包进行再次重传，确保正确率。

eLTE-IoT 同时支持上下行信道的 ARQ 特性，即一个完整应用数据传输完成后发送状态指示，标示每个分片是否传输正确，传输失败的数据将进行重传，进一步确保数据的准确性，降低

由于干扰导致数据错误的比例。eLTE-IoT 支持对上下行信道是否开启 ARQ 特性进行配置，满足不同业务可靠性要求。

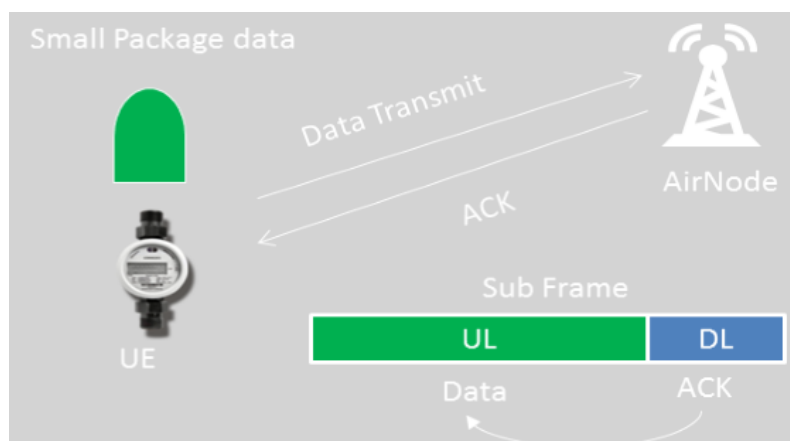
5) 低解调门限

eLTE-IoT 引入重复+合并解调技术，降低了信号解调的信噪比要求，理论上有用信号可以比噪声低 10dB 以上，即干扰信号可以比有用信号的功率大 10 倍，可以解决由于干扰导致的底噪抬升问题。



同时重复与合并引入，在时间上离散了干扰信号，突发的干扰信号仅影响一个或者部分重复分片，通过合并仍可解调出正确信号，极大的提升了抗突发干扰能力。

6) 小包快传

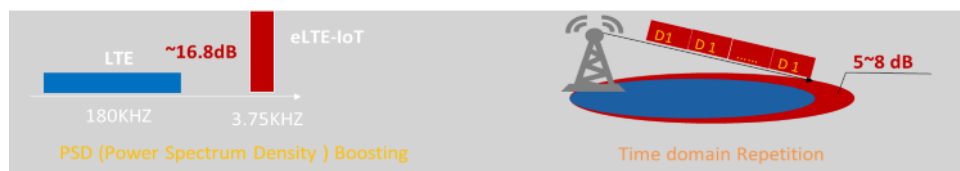


为了保证终端发送的业务包在无线传输过程中的可靠性，一般都会进行纠错编码，并且针对传错的包都会进行重传；如果无线链路中发送的包很长，即使其中只错了一两个比特，还是要重传整个包，从而使系统做了很多无效工作。

所以本系统采用小包快传机制，即将将无线链路发送的包长控制在较小的范围，一般是几十字节，然后针对每个小包，基站快速反馈其是否成功接收（一般几毫秒内就可反馈），如果失败，则终端重传；否则继续发送。

小包快传机制，控制了发包长度，减少数据包发送过程中的被干扰的概率，同是快速反馈接收结果，从而提升了上行的传输效率，缩短了终端的发送时间，也进而降低了终端功耗。

3.4.1.1 长距覆盖



● 窄带 power boosting

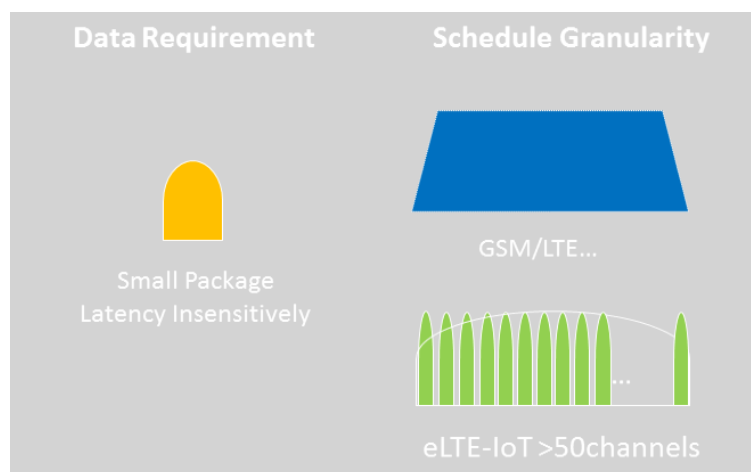
频域信道窄，适配法规要求，同时提升功率谱密度从而提升覆盖，相对底噪获得更好的工作信噪比，结合低解调门限，进而获得更大的 MCL；结合 OFDM 技术，提升系统频谱效率，并且具有抗多径干扰的能力。

● 时域重复

将待发送的数据调制后进行多次重复，在接收机侧，会将重复的信号进行累积从而获得更高的信噪比，从而提升灵敏度和覆盖范围。

3.4.1.2 海量链接

- OFDM 窄带信道



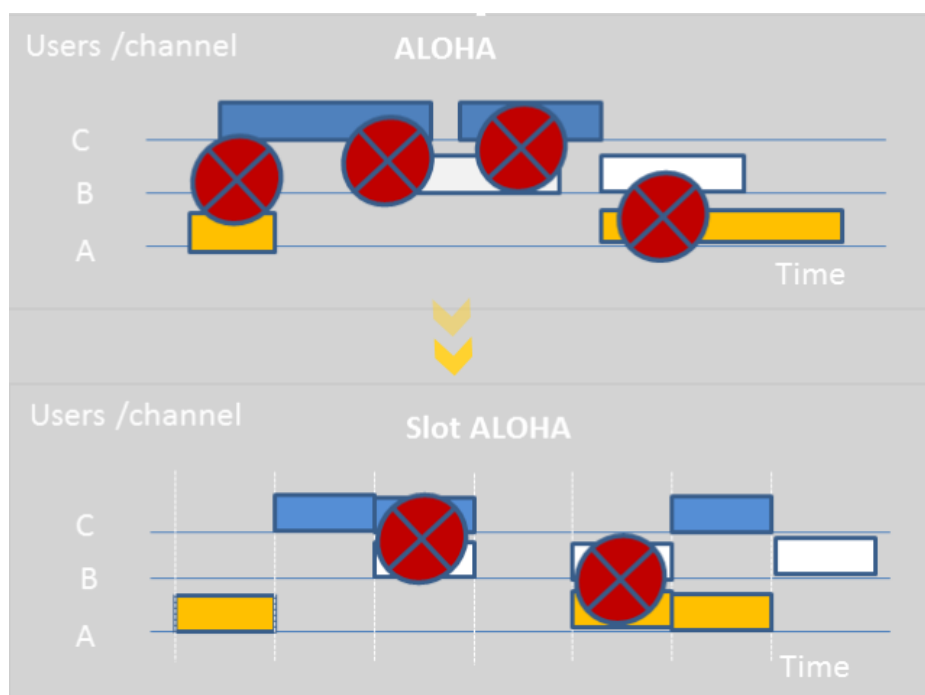
eLTE-IoT 提供更小的资源分配粒度，定义了窄带信道，这样单位带宽内可以有更多的上行信道，支持并发，而且为了提供海量链接，允许多个用户复用一個信道；

引入 OFDM 技术，在相同的频谱上通过正交的方式获得更多的载波资源，更高效地利用了频率资源，提供更多信道。

- Slot ALOHA

eLTE-IoT 终端采用竞争接入的方式发起上行业务，这样相比基站调度的方式，可以进一步减少下行调度指令的开销和复杂度，减少时延，适合 IOT 业务。（另外，FCC 法规不允许中心调度模式）。

当终端有上行数据要发时，随机获取上行发送机会；各终端之间的竞争机制是 Slot-ALOHA，比完全随机的 ALOHA 系统频谱效率提升一倍，最终转化为系统容量的增加。



对于一个基站下的多个用户，且多个用户随机发起上行业务；如果多个用户在同一个时频资源上发送数据时，就会冲突，导致基站无法正常解调数据，且导致系统资源浪费；为了降低多个 UE 随机发送数据时的碰撞冲突概率，本系统采用 slot ALOHA 机制，即基于同步的竞争接入，可提升上行系统效率。

采用 slot ALOHA 机制，终端所竞争的在时域上的发送机会窗，都是以一定的时间粒度为单位的，对于一个给定的上行信道，该时间粒度是固定的，不同的上行信道可以配置不同的时间粒度。当终端有很多数据要发，一次竞争最多只能占用一个时间粒度，后续数据还需继续竞争；且每次竞争的时间窗的起始都是一个完整的时间粒度的起始；该起始的时间点由系统的同步信道提供。

本系统上行信道支持两种反馈/退避方式：

- UL confirm 模式

如果终端所选取的上行信道是 confirm 信道，即基站针对

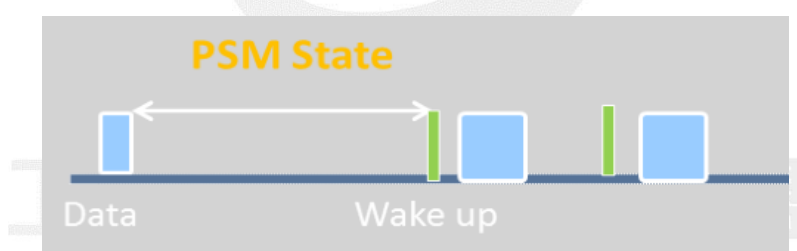
物理层的每个数据包都会反馈 ACK/NACK 给终端时；如果前一个上行包反馈 ACK（即当前没有用户与之竞争），则终端可以继续发送下一个包，反之，如果前一个包反馈 NACK（即可能发生了冲突），则要退避一段时间后，再继续发送；

- UL Unconfirm 模式

如果终端所选取的上行信道是 Unconfirm 信道，即基站针对物理层的每个数据包都不会反馈 ACK/NACK 给终端时；因没有反馈，无法判断是否发送碰撞，所以终端在发送每个上行数据包之前，都要随机退避，以避免多个用户同时发起导致冲突。

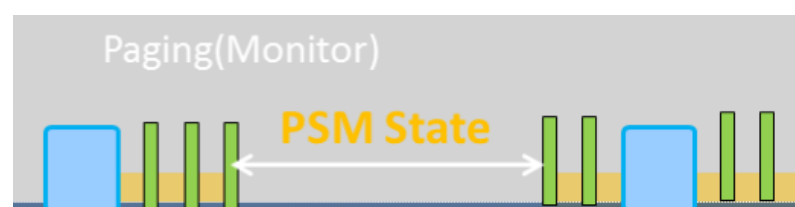
3.4.1.3 低功耗

- PSM 低功耗模式



终端发送完数据后，就进入 PSM 低功耗休眠态，待机电流 uA 级。对于 1 天 1 次，或半小时 1 次的物联业务模型，PSM 模式极大的降低了功耗。

- eDRX 低功耗 Paging 唤醒模式

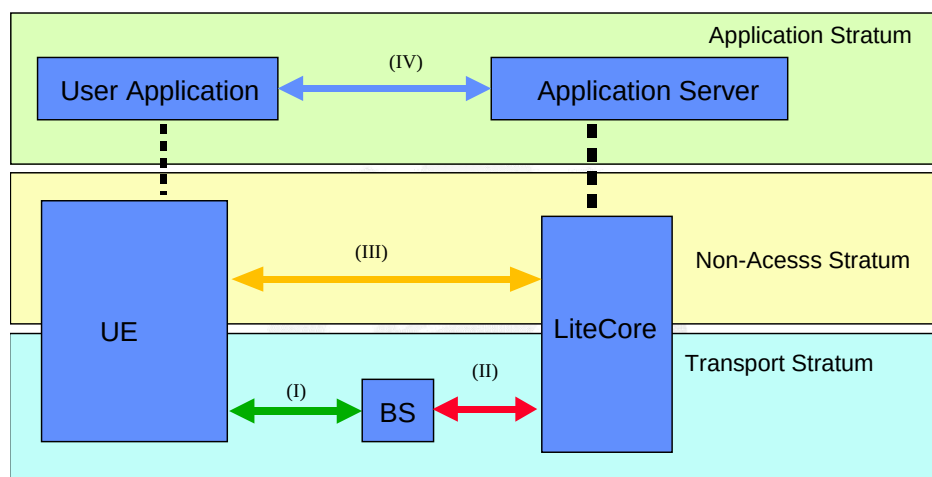


如果终端进入休眠后，可能会有下行的业务下发，此时通过 paging 机制唤醒终端，同时为了降低功耗，采用 eDRX 机制，即终端在给定的窗口内检测 paging 消息，该窗口接收后进入

PSM 休眠态，然后直到下次 paging 接收窗口到来。这种方式相比以前一直保持能侦听 paging 的状态，加入了一个 PSM 状态，使得终端有更多的时间处于低功耗模式，从而达到省电的目的。

3.5 安全及可靠性

3.5.1 安全性



在上述典型的安全架构中，针对物联网 IoT 终端成本低、处理能力弱，且每个终端的信息量有限的特点，物联网网络主要提供接口 III, 接口 II 的安全；解决 UE 入网鉴权、E2E 信息安全，以及基站的入网鉴权和基站与 Litecore 之间的信息安全；

- Network access security (I)：空口安全，由于大部分安全由高层保证，空口安全优先级较低。
- Network domain security (II)：u-S1 接口安全，经由有线和无线回传公共网络，安全主要由回传网络安全机制保证，如 SSL/TCP。
- Network Non-Access Stratum security (III)：UE 和 LiteCore 之间的安全通道，尤其防护 Novel 信令攻击。是 eLTE-IoT 解决方案主要的安全防护通道。
- Application domain security (IV)：应用层安全，在

本解决方案中不涉及。

eLTE-IoT 业务面安全亮点特性：

- 1) 免 SIM 卡安全机制，即在不使用硬 SIM 卡的方式下，仍然支持安全机制，（支持更低成本，更低功耗）
- 2) 电信级的安全机制，包括用户身份双向鉴权，用户数据 E2E 加密及完整性保护
- 3) 安全机制所使用的根密钥，支持由客户写入（每个终端都使用独立的根密钥），即客户可以从根本上控制每个 IOT 链接的安全能力
- 4) 硬件化的安全核，内置于海思芯片内，完成密钥写入/存储，以及加密/解密操作，确保信息安全
- 5) 安全算法：信令和数据同时加密，端到端安全（终端侧信息加密，直到核心网侧才进行解密，中间的无线网络以及传输过程中都是加密后的密文），128-EEA2（3GPP TS38.401）
- 6) 完整性算法：信令和数据同时保护，端到端完整性保护，128-EIA2（3GPP TS33.401）

3.5.2 可靠性

● 基站可靠性：

支持全面故障检测功能，包括硬件、软件、天线、传输、小区。

支持故障隔离和自愈功能，确保局部故障不影响系统中的其他部分。此外，还支持降规格建立小区，将故障对业务的影响降至最低限度。

● 核心网可靠性

eLTE-IoT 核心网具有以下软、硬件可靠性：

1) 分布式设计：采用分布式的硬件结构，通过功能的模块化设计实现分布式处理，各模块功能相对独立，并分别由不同的处理机负责控制，一个处理机的故障不会影响整个系统的正常运行。

2) 冗余设计：硬件广泛采用主备用、负荷分担、冗余配置等可靠性设计方法，确保了硬件系统的可靠性；关键部件均采用多处理机冗余技术，采用主备进程运行方式。在正常情况下，主用处理机控制模块的运行，备用处理机则实时与主用处理机保持同步；一旦主用处理机故障，备用处理机将立即投入运行接替主用处理机控制模块，从而保证系统的业务不中断。业务模块与接口模块采用负荷分担的设计方式，两块或多块模块在正常工作时，均承担相同的处理功能，而当其中一个模块出现故障时，在保证一定性能指标（如呼损）的前提下，由其它模块完成故障模块的处理任务，不影响系统正常工作。IP 接口支持物理备份，确保与 IP 承载网之间的 IP 路由的可靠性。

3) 供电可靠性：采用分布式供电方案，冗余备份的双供电系统，具有防雷、断电保护、电压和电流的过高过低保护等功能。若系统掉电，系统支持整机掉电重启时间小于 5 分钟。机框的电源模块采用 1+1 备份的冗余设计，确保在一个电源模块出现故障时，不影响系统的正常工作。

4) 容错能力：通过对关键软件资源定时检测、实时任务监控、存储保护、数据校验、操作日志信息保存等手段，可有效

地防止小软件故障对系统所造成的冲击，提高软件系统的容错能力（即软件错误情况下的自愈能力）。

5) 故障监视及处理:核心网具备自动检测与诊断系统软硬件故障的功能，可对故障硬件实施自动隔离、倒换、重新启动、重新加载等处理。

6) 支持热补丁:在设备的运行过程中，支持对主机软件打热补丁的功能，可以在不影响系统业务的情况下实现对主机软件的动态在线升级，有利于提高通信服务质量。

3.5.3 系统可靠性指标:

指标名称	指标值
典型配置系统可用度	$\geq 99.999\%$
系统平均故障间隔时间 MTBF	≥ 24 年（满配置） ≥ 42 年（单框）
系统平均故障修复时间 MTTR	≤ 1 小时（不含准备时间）
冗余备份机制	1+1 备份

3.6 解决方案亮点

3.6.1 双向认证，更安全

eLTE-IoT 解决方案，通过如下关键技术手段确保具备更高的安全性：

- 双向鉴权：终端与业务引擎/核心网之间双向鉴权，任何一方未通过鉴权则拒绝接入。防止伪基站等方式骗取用户信息。
- 先进算法：支持 AES 加密算法，支持数据和信令端到端加密，保障全流程网络数据安全。

- 创新协议：专为企业物联网定制的轻量级 Novel 协议，更好满足 UE 与 eSE 之间安全通信的同时，提升通信效率。

3.6.2 覆盖距离更远

同等配置和安装条件下，eLTE-IoT 实测的覆盖距离是竞争方案的 1.2 倍，有利于在工业园区、车间内部面临建筑物和设备遮挡的情况下，仍获得良好的覆盖。

3.6.3 容量更大

单站能支持高达 50000 个链接，能同时接入各种类型的终端，有效降低工业园区、智慧城市的物联网建网成本。

3.6.4 支持永久在线与低时延二种工作模式

其他技术如 LoRa 等方案，只支持高时延的低功耗模式。

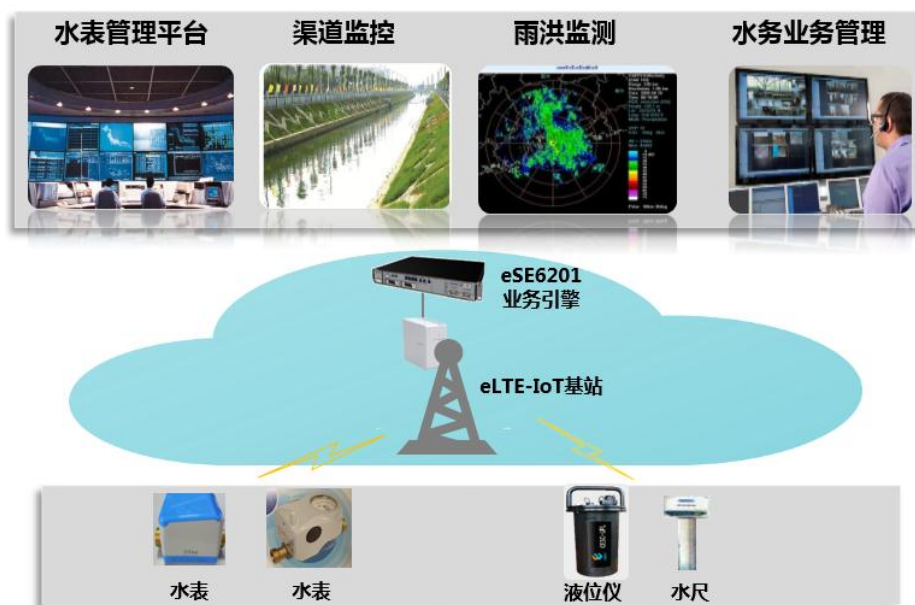
而 eLTE-IoT 除支持低功耗模式外，还支持永久在线工作模式。永久在线工作模式适合有交流供电，但要求低时延以便快速响应的场景，例如开关控制。

4 成功案例

eLTE-IoT 网络解决方案已成功服务于山东省淄博市高青智慧城市项目，用于一跳远程抄表和城市防涝监控等。并助力高青获得 2017 中国智慧城市示范城市奖。

直接收益：

- 700 多村头机械表智能化改造，节省成本 60 万元/年
- 抄表频率由每月缩短至每小时，及时发现管网漏损
- 水资源、水环境、水安全可视化管理，防洪排涝提前预警



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

1 概述

1.1 背景

随着工业 4.0 概念的火热以及“中国制造 2025”行动纲领的提出，越来越多的新技术、新概念呈现在我们面前。其中“智能制造”“柔性制造”“个性化定制”是被提及最多的几个，同时这也是各大制造厂商升级和转型中的重点方向。那么，提到以上这些新兴名词时，就不得不提多年以来不变的一个话题，也是制造厂商一直的痛点：“IT 和 OT 的融合”，由于现有以太网技术的局限性，使得自动化工厂面临一个尴尬的局面就是 IT 和 OT 不能完全融合在一起。而随着工业 4.0 的步伐越走越快，IT 和 OT 的融合又是一个不可避免的形势。因此，如何将 IT 和 OT 很好的融合，成了摆在各个做工厂自动化的厂商面前的一个问题。

1.1.1 IDN 网络定义

那什么是 IDN 网络？在解释这个问题前，我们要先提出一个全新的概念：EOE（Ethernet over Ethernet）假如我们将通信看成在公路上开车，传统的以太网只标记这辆车（网络接入设备），但 EOE 网络将车和路（交换机）都进行了标记。应用 EOE 技术实现的网络就是智确定性网络 IDN(Intelligent

Deterministic Network)。



图 1 EOE 数据帧格式

1.1.2 IDN 网络工作原理

IDN 网络工作原理流程如图 2：

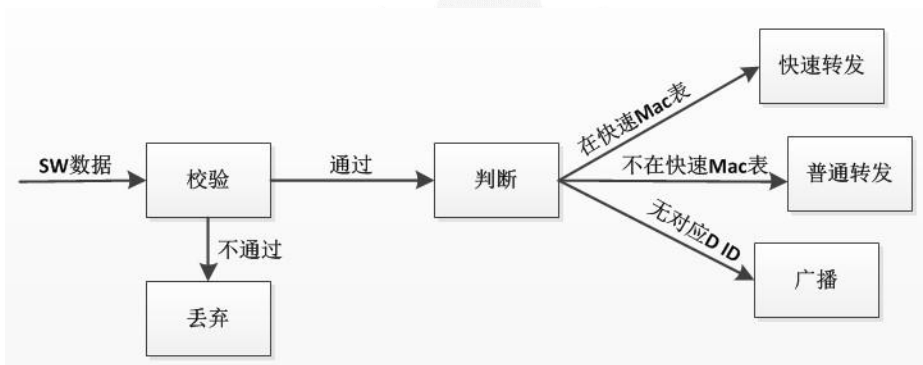


图 2 IDN 网络工作原理流程

工作过程：SW 模块数据传输上来后首先会添加 EOE 私有帧头，然后会对其进行校验，校验失败，会丢弃此数据，校验通过后，转给判断模块，判断模块对私有帧头部分进行判断，来决定数据的去向。

判断模块的逻辑框图如下：

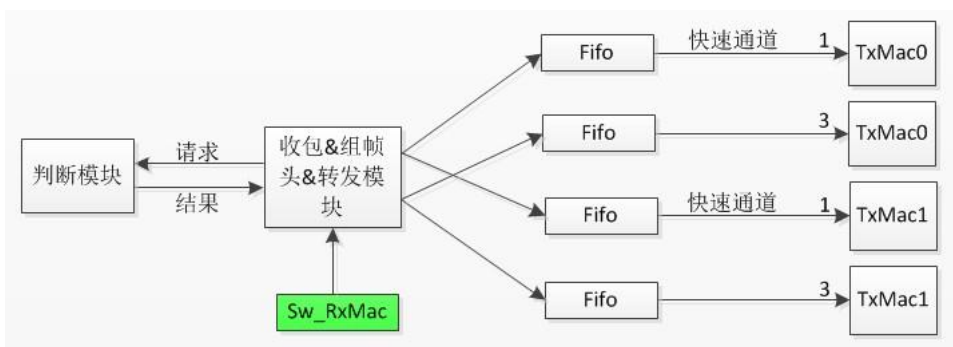


图 3 判断模块的逻辑框图

IDN 网络的通讯逻辑：标准的数据帧从交换机模块送入，上

EOE 网络前会加上私有的 8 个字节的帧头组成私有协议的帧，向判断模块发出请求，由判断模块给出判断结果，再由转发模块发向环网模块的两个端口。

1.1.3 IDN 与现有实时网络对比

表 1 IDN 与 TSN 网络对比

对比项	IDN 网络	TSN 网络	区别
在 IOS 七层结构中的位置	第二层，数据链路层	第二层，数据链路层	IDN 与 TSN 相同，也仅是对 MAC 层定义。区别在于需重新定义的范围，TSN 需重新定义 MAC 的设备是所有设备，包括数据发送端、交换机、数据接受端。 IDN 仅重新定义交换机的 MAC 层，数据发送与接受不需要重新定义。
核心任务	(1) IDN 的核心是“智能路由”，时钟同步不是必须前提。但 IDN 为用户提供时钟同步解决方案。 (2) IDN 通过通道机制实现高带宽与低时延 (3) IDN 将路由算法集成到交换机的芯片中，用户系统实现“零”配置	1) . 所有通信问题均基于时钟，确保时钟同步精度是最为基础的问题，TSN 工作组开发基于 IEEE1588 的时钟 (2) . 数据调度机制：为数据的传输制定相应的机制，以确保实现高带宽与低延时的网络传输。 (3) . 系统配置方法与标准，为了让用户易于配置网络	IDN 技术体系不依赖于对时系统，对于以往没有对时功能的用户系统，易用性大大增强。 用户终端也不用为了配合 TSN 的调度算法而增加接入模块以及业务流程修改。
组网结构	任意组网	目前仍是传统的二层组网；如星型，总线	就目前 TSN 形成的标准来看，并没有增加二层组网能力的描述，集成传统二层组

		型，环型	网的局限性。 IDN 的智能路由打破组网的局限性，可以任意组网。在用户系统中，可以根据实际设备的布置、距离、要求，灵活调整。
精准时间同步	用户接口是 B 码接入、输出。支持冗余路径以及冗余主站	基于 1588 对时方式（IEEE802.1ASrev-）增加对聚合链路的支持以及冗余路径和冗余主站	1588 协议是相当复杂的协议，用户需要一定的研发实力以及投入才能完成。并且 1588 需要硬件的支持，提高设备成本。 B 码对时已普遍应用，可直接集成成熟模块，基本没有研发投入。
确定性网络实现	通道机制	IEEE802.1Qbv 时间感知队列；IEEE802.1Qbu & IEEE802.3br 转发与队列机制 时间调度表	TSN:简单说，就是说有设备先把时间调整到一致，仲裁机构为所有设备分发时间表。设备只有在被安排的时间段才能发数据。 当高优先级的数据与低优先级设备碰撞时，低优先级的数据将被丢弃，然后重发。 IDN: 在数据进入到网络之前，已经被放入不同的通道；快速通道的数据可以截断普通通道数据，快速数据在网络中所有节点都没有等待、排队的时间，所有时延以及抖动是可以保障的。 与 TSN 不同是，普通通道的数据虽然被截断，但不需要重发，碎片将在邻近的交换机进行重组，不浪费带宽以及普通数据的性能。
数据冗余	多路径传输方式，不止 2 条路径，实现零自愈	IEEE802.1CB 冗余数据传输 双路径（HSR、PRP）传输方式 实现零自愈	TSN 的时间调度机制与双路径 HSR\PRP 的结合方式还没有明确的方法，只提了一个方向，能否完美实现还需大量验证。 IDN 不是简单双路径，而是多路径。双路径只能用在单一环网上，不需要智能路由算法；多路径可应用在所有组网拓扑上，需要完备的智能路由算法。

1.2 实施目标

在传统的以太网中，IT 和 OT 并非整的不可以融合的，而是工厂“不敢”把 IT 和 OT 融合到一起。原因是传统网络是以“尽力服务”的方式在工作的，在融合后会产生一些工厂不可以接受的弊端。例如，IT 的数据流量会影响到 OT 的控制系统。众所周知，在一个工厂中，控制系统是整个工厂的生命线，任何情况下，任何数据都不可以影响到工厂的控制系统。

在“个性化定制”的家电新模式下，将产品制造与用户联系起来，让用户全流程参与需求交互、产品设计、生产制造、物流交付等产品全过程，在这种体系下用户“既是消费者也是设计者、生产者”，用户“个性化”与制造“规模化”之间的矛盾自然也迎刃而解。而在这个用户自定义的过程中，工业以太网环节可以说起着举足轻重的作用，用户从自己设计，到车间下料生产，再到产品出厂送到用户手中，这个过程一定是实时而且准确的。那么这就要求现场生产时要考上层的软件去控制的，也就是我们所提的 IT 和 OT 的融合问题。

1.3 适用范围

IDN 网络适用于任何以以太网为数据载体的系统内，在网络架构比较大的情况先 IDN 网络优势会更加的明显，在数据“确定性”“安全性”要求较高或者很高的网络中 IDN 网络几乎是不可替代的。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

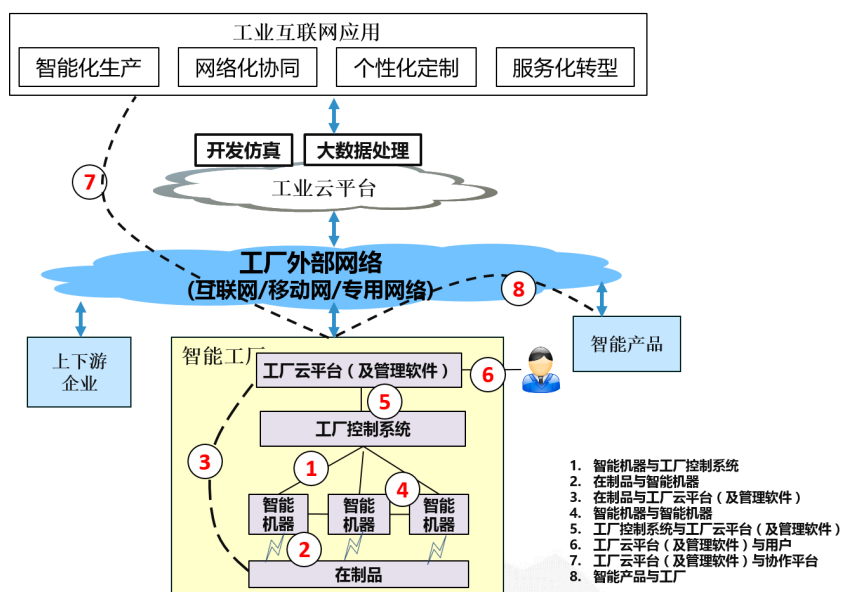


图 4 工业互联网互联示意图

在图 4 中，此解决方案属于 1、5、6 的范围。方案主要的硬件组成有：工业以太网交换机、总线交换机、服务器以及数据采集、显示软件。工业以太网交换机和总线交换机负责将 IT 数据和 OT 的数据接入到服务器或工厂云服务器（工厂云）中，进行数据处理、存储以及数据显示。实现 IT 和 OT 的融合。

2 需求分析

用户需求：工厂 IT 和 OT 的融合，是工业 4.0 的必然趋势。然而，传统的解决方案，无法实现 IT 和 OT 的融合，如前面提到的现有网络的机制问题，想要实现工厂自动化 IT 和 OT 的融合，必然是出现新的技术才能实现的。那么，IDN 网络就是这样的创新，就是迎着工业 4.0 的大风，扬帆起航的帆船。

3 解决方案

3.1 方案介绍

在工业现场，IT 和 OT 的融合，存在着诸多的挑战和壁垒，想要突破这些壁垒，现有的技术是行不通的，所以必定要用新

的技术来实现。那么，IDN 网络在 IT 和 OT 融合的解决具有很大的优势，这也是现在自动化工厂转型所真正需要的网络架构。

IDN 网络，具备 6 项特征：

- 1) 双通道机制：确保 IT 和 OT 的数据互不影响，并可以协同工作，达到融合的目的。
- 2) 数据传输多路径：确保整个网络数据多条路径可达，在某条路径，或多条路径出现问题时不影响设备的正常工作。
- 3) 精准对时作为网络服务无处不在、无时不在：为工业大数据所采集的信息加了一个时间的维度，这在数据分析意义重大。
- 4) 整体网络趋向二层传输，提升网络效率：提高网络的带宽，给工厂提供更有效的网络服务。
- 5) 复杂的拓扑：让工厂的网络更加安全可靠。
- 6) 零配置组网：让工厂的施工更加简单易用。

以上的这些网络的特性，是现有网络所不完全具备的，因此要想实现真正的网络融合，网络的这些特性是必不可少的。有了 IDN 网络让厂商做工厂自动化的 IT 和 OT 的融合成为了可能。因此，中国制造 2025、“智能制造”“柔性制造”“个性化定制”就在我们的眼前了。

3.2 网络拓扑设计

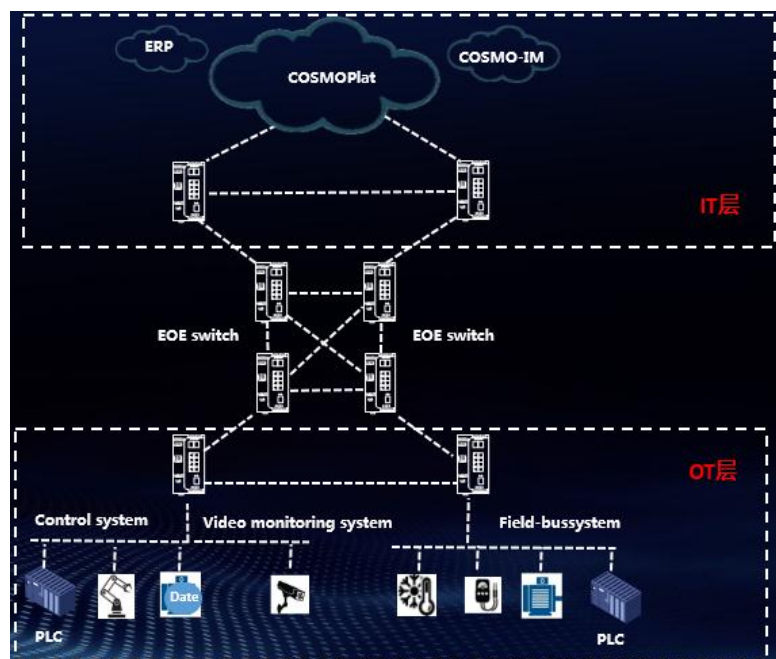


图 5 网络架构

如图所示，IT 层的网络和 OT 层的网络通过 IND 网络融合到了一起，就网络架构观察，整个网络方案不仅提供了线路冗余，同时也提供了设备冗余。

3.3 功能设计

OT 的数据有很多为 PLC 的控制数据，对网络的要求相对很高，那么它在 IDN 网络中的优先级可以设为“快速数据”，这样它在 IND 的网络中将“畅通无阻”，经过每一条交换机的时延在 0.8us 到 3us 之间。而 IT 的数据，是相对对确定性要求不那么高的数据，但是 IDN 网络在保证“快速数据”确定的情况下，不影响 IT 数据的工作。

复杂的网络拓扑，让网络的可靠性大大的增加，数据多路径的传输，让数据几乎可以说是零丢失的。如此复杂的网络是由全二层的网络搭建成的，这在业界更是“不可思议”的事情，这位客户节省了布置网络的成本。

组网的零配置，使工厂的网络建设再也没有难度，不需要专业的网络工程师，只要电工就可以为您组一套这样的安全、可好、实用的网络。

3.4 网络安全

网络安全一直是工业互联网火热的话题之一，IND 网络提供了白名单锁定的安全保护机制，在工业现场布置完成之后，工厂网络趋于稳态，可以将用户认证过的 MAC 地址加入到白名单中，然后锁定交换机的白名单，这样，除去这些认证过的 MAC 地址的数据可以上 IDN 网络以外，其他没有认证的数据统统丢掉。

4 成功案例

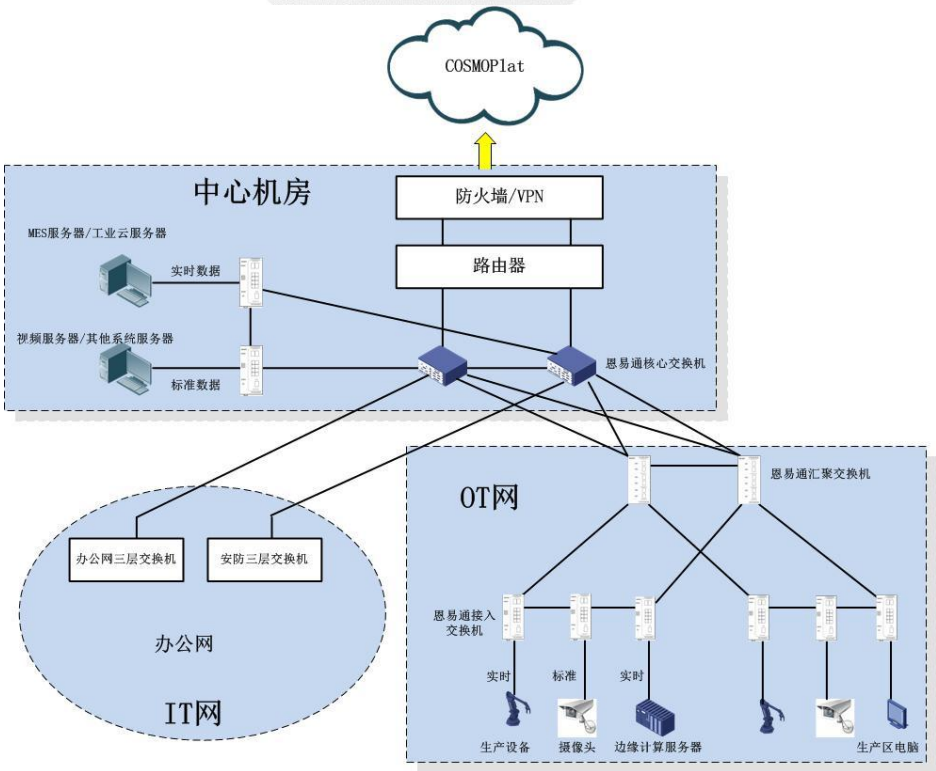


图 6 海尔滚筒洗衣机生产工厂网络拓扑

海尔滚筒洗衣机工厂，厂区的网络采用了 IDN 技术的 IND 网络，实现了 IT 和 OT 的融合，在不影响生产的情况下，办公网

和 MES 以及视频服务器都在互联互通。

采用 IND 网络给海尔工厂带来的好处是，在原有 3 套网络的方案，缩减为 1 套网。多网的融合，让 MES 系统更加实时的计划排程管理、生产调度管理、库存管理、质量管理。



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

SD-WAN 解决方案

华为技术有限公司

网络改造技术篇/成熟技术/工厂外网改造

1 概述

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，传统企业的 WAN 网络正在经历着深刻的变化。

传统的企业 WAN 网络通常租用运营商的物理专线或者 MPLS VPN 专线来实现企业分支的广域互联，保证网络的服务质量，因此企业 WAN 业务开通依赖运营商，业务开通时间较长且价格也比较昂贵，另外传统企业采取自建数据中心的方式来承载企业 IT 关键资产，企业网络架构是封闭的，开放性不足导致业务发放效率低。

随着 Internet 的普及以及云计算等新技术的兴起，传统企业网络架构正在经历革命性的变化，首先全球范围内 internet 的快速普及，无论从覆盖范围还是到网络质量，都有了质的提高，除了传统的专线互联技术外，Internet 成为传统企业的分支互联以及全球化推进的一个新的重要选择；此外，云计算技术风起云涌，AWS 等公有云的崛起和流行，引导企业 DC 等基础设施云化，从而打破了企业 IT 传统的封闭架构，引导企业网络架构走向开放之路，越来越多的企业选择公有云服务；此外，就是企业的关键应用的云化，企业的重要应用也逐渐被应用提

供应商改以 SaaS 云化方式提供，企业连接 SaaS 云业务逐年增长。

1.2 实施目标

本解决方案的实施目标：

- 1) 零配置开局，设备即插即用；
- 2) 快速的发放连接业务，实现分支 CPE 即插即用以及园区/分支和云的按需快速互连；
- 3) 借助低价值的 Internet 链路进行更广泛的互联并且保证关键应用的体验不受影响；
- 4) 能够以云的方式提供管理手段，让企业用户更加方便快捷的自助定义新业务和进行网络管理。

1.3 适用范围

SD-WAN 解决方案帮助制造企业实现未来较长一段时期的 SD-WAN 业务运营需求，主要包含如下场景的网络访问服务：

- 1) 零配置开局，设备即插即用
- 2) Site to Site 访问：为企业客户提供企业分支之间的互访服务。
- 3) Site to Internet 访问：为企业客户提供企业分支内到 Internet 的访问服务（含安全策略管理）。
- 4) Site to Legacy Network：为企业客户提供企业分支到传统网络（非 SD-WAN 网络）的访问服务。
- 5) 基于应用/应用质量的智能选路：如关键业务走高质量专线、普通业务走低质量；同时可以互为备份
- 6) 支持基于链路、应用、流量的可视化分析

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

SD-WAN 解决方案适用于图 1 中 6, 7, 8 场景。基于本解决方案提供的高可靠、低时延的数据传输保障, 并通过应用级智能选路与智能加速、VAS 业务按需获取和智能运维, 构建极致业务体验, 重塑企业专线全流程的业务体验。可以减少数据传输线路的部署、适用于多种环境以及设备移动的场景。

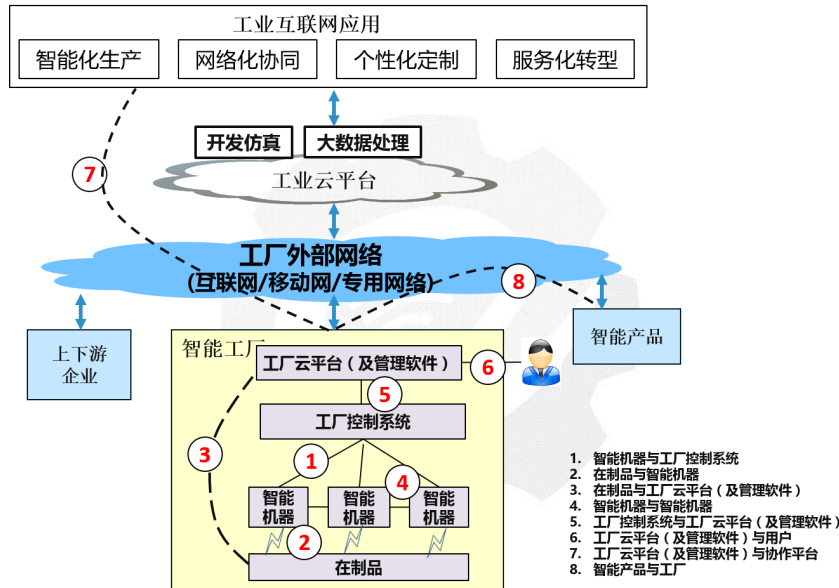


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

由于业务云化, 工业制造企业需频繁与工业云互动, 这就需要更高的网络带宽, 为了保证服务质量, 工业制造企业 WAN 网络互联通常采用运营商 MPLS 专线, 虽然专线网络质量有保障, 但价格过于昂贵, 平均占企业 OPEX 达 50% 以上, 随着 Internet 的普及, 其网络的覆盖范围和网络质量有了很大的提高, Internet 成为许多工业制造企业除了传统专线之外新的重要选择, 但是 Internet 网络本身并不保障服务质量, 此外传统网络对业务不感知, 无法获知应用的状态, 当遭遇突发流量链路拥塞或质量劣化的时候, 往往会造成关键业务体验无法保障; 云

化趋势下，工业制造企业业务更新发展迅速，当前网络难以满足快速上线要求；传统专线需要专人到现场对设备进行维护，但随着企业分支跨地域分布越来越广泛，数量激增，导致维护难度大、成本高；此外随着业务不断增多和业务云化，WAN 网络中分支到分支、公有云、私有云的流向更加复杂，传统的网络运维方式已经难以适应业务的发展。

3 解决方案

3.1 方案介绍

SD-WAN 解决方案主要包含以下创新点：

1) 全场景互联

支持 MPLS、Internet 等多种类型 WAN 链路（xDSL，LTE/4G 等）灵活捆绑；提供支持单/ 双 CPE、单双 Hub、SaaS 接入等丰富的组网接入，实现低成本的 Internet 链路和专线链路的混合接入；支持云端部署 vCPE，优化云业务访问体验。在保证关键业务质量的同时可节省 50% 的广域网带宽租用成本。

2) 应用体验优化

支持 6000+ 已知应用识别，并可以通过用户自定义应用，灵活识别行业特殊应用；通过 IP FPM 链路检测、SPR 智能选路、三级 QoS 流量调度等技术，实现业务智能感知和应用的智能流量调度，优先保障关键应用优质体验；通过传输优化、应用优化等多种广域优化手段，实现关键应用智能加速，提升和业务体验。

3) VAS 业务随需

基于 X86/ARM 架构的系列化开放 uCPE，覆盖不同规模的分

支场景；支持 10+ 业界主流 VAS （vFW、vWoC 等），业务按需扩展；VNFs 全生命周期管理及业务链自动化编排，VAS 业务分钟级获取。

4) 智能运维

邮件、U 盘等多种开局方式，设备即插即用；业务策略配置、增值服务编排及 VPN 动态连接等全业务自动化配置，简化分支网络部署；应用与链路的可视化管理，自定义报表按需呈现，支持故障预知及快速定位。

3.2 系统架构

本解决方案的总体架构如图 2 所示：

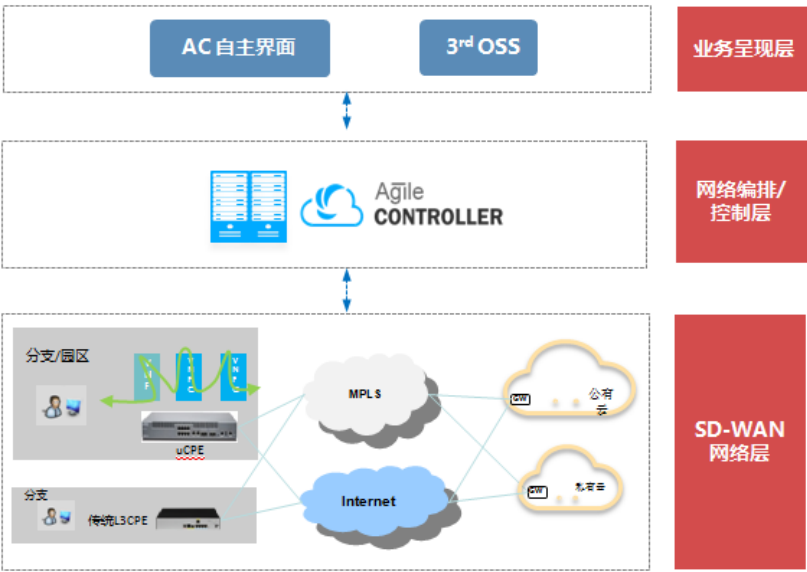


图 2 SD-WAN 解决方案总体架构

业务呈现层：

- 1) 面向运营商、MSP、大企业的自研 Portal；
- 2) 提供业务灵活定制化界面。

网络编排/控制层：

- 1) 网络控制平台 (SDN Controller) - 华为 Agile

Controller，完成网络业务编排以及网络业务发放；

- 2) 北向支持开放 API 接口，实现业务快速定制和自动发放；
- 3) 南向支持Netconf/Http2/SNMP等接口，统一管理控制物理和虚拟网络。

网络层：

- 1) 由物理和虚拟设备组成的企业 WAN 的基础物理组网，主要包括 uCPE/vCPE, vFW，第三方 VAS 等；
- 2) 基于 DSVPN 隧道提供灵活 Overlay 组网。

3.3 网络拓扑设计

SD-WAN Site:企业的办公场所或者关键 IT 设施部署点，业务上需要彼此通过 WAN 网络互联，实现互访：

- 1) 每个站点通常具备一个或者多个出口 CPE，不同站点的 CPE 通过 IP Overlay 隧道方式进行互联；
- 2) 常见的站点类型：企业分支、园区、DC、公有云 VPC。

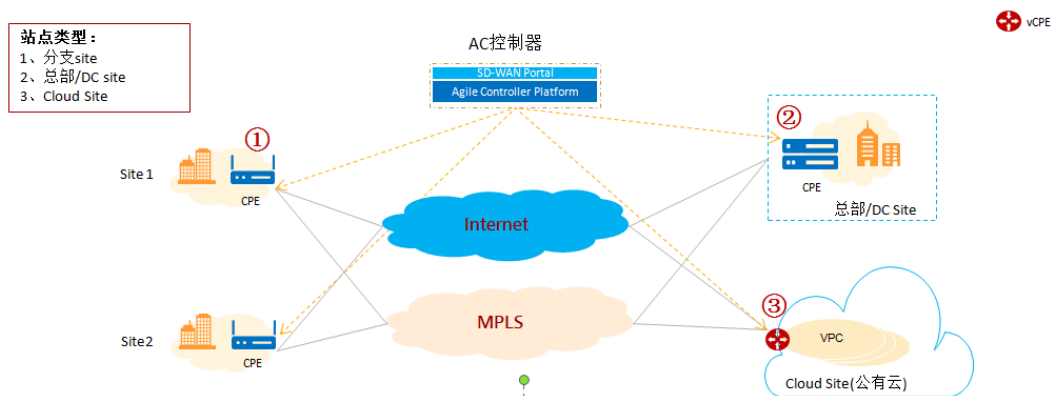


图 3 SD-WAN 解决方案拓扑结构

3.4 功能设计

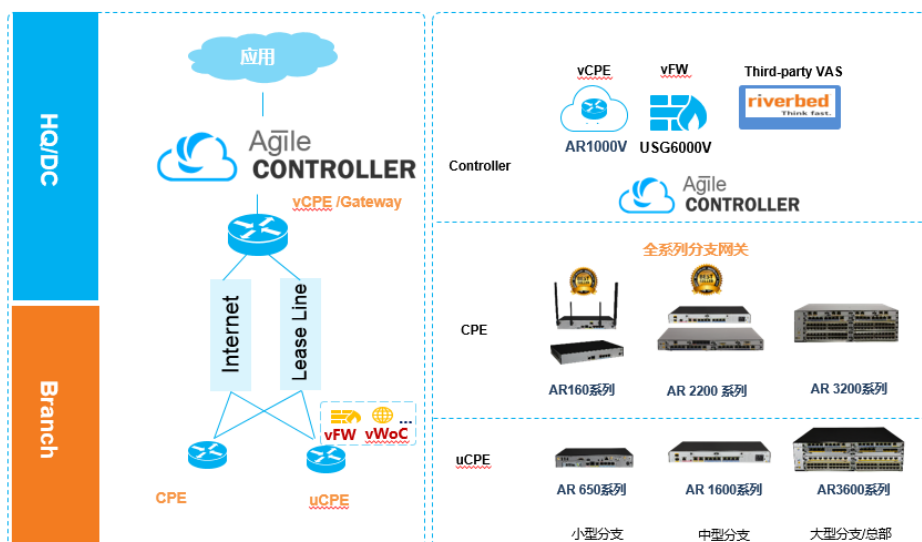


图 4 SD-WAN 解决方案全家福

SD-WAN 解决方案产品主要包含 AC 控制器、CPE/uCPE、vCPE、VAS (vFW、第三方 VAS) 组成，各部件功能简介如下：

表 1 EC-IoT 解决方案组成

部件	产品	功能说明
控制器	Agile controller-Campus	1、网络基础服务/南北向标准化，开放对接第三方构建生态系统 2、面向商用，构筑高可靠性/高性能/安全性
VAS	包含： 华为自研 vFW：USG6000v 第三方软件，如 riverbed 的广域加速等	虚拟化网络功能，独立软件
CPE	AR 系列的传统 CPE，如 AR161EW，AR3260	传统 AR 设备支持向 SD-WAN 演进
uCPE	AR3600 系列，AR650 系列	可安装 VNF 的 CPE 设备
vCPE	AR1000V	1、架构领先：AR1000v 支持单 VM 单 vCPU 和单 VM 多 vCPU 绑定方式 2、性能强劲：单 VM 多 vCPU 部署方式，转发进程和安全进程独占 vCPU，可显著提升系统的性能 3、兼容性强：可运行于 KVM、FusionSphere 和 Vmware vSphere 等多个平台

3.5 安全及可靠性

SD-WAN 端到端安全解决方案：

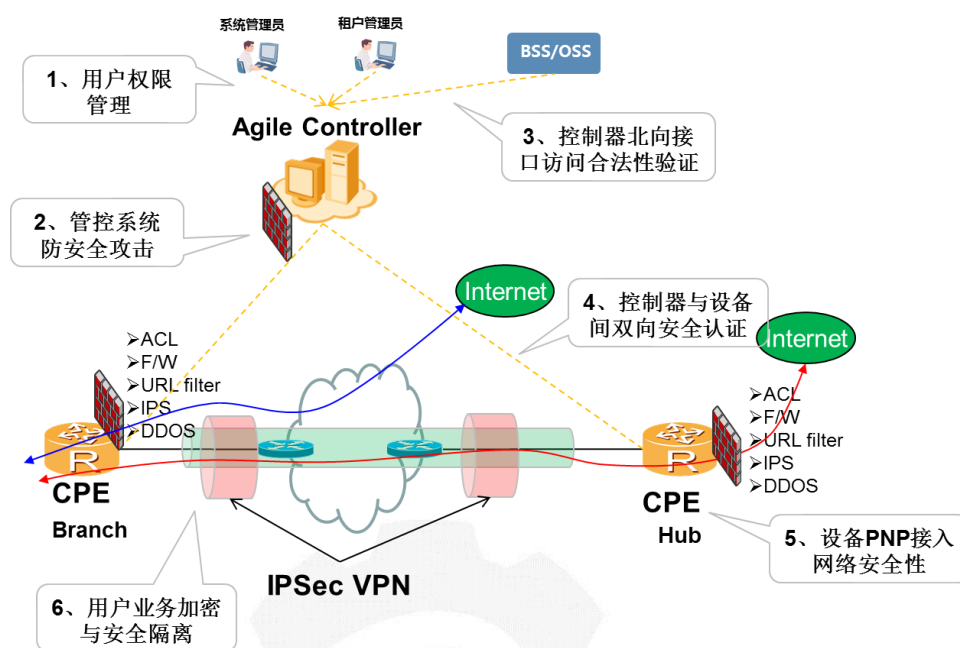


图 5 SD-WAN 解决安全解决方案

综上所述，通过确保集中的管理控制系统(控制器)的安全性、用户接入设备(CPE)的安全性、用户业务隔离以及报文数据安全性以及用户接入 SD-WAN 网络的安全性，确保 SD-WAN 解决方案系统的机密性、完整性、可用性和可追溯性，从而保证整个 SD-WAN 解决方案业务的安全和正常运转。

3.6 开放性设计

本解决方案符合 SDN 的目标，即将管理和控制功能与数据平面网络分开。这个目标的一个关键因素是开放性，以确保整个生态系统的互操作性。

- 1) 敏捷控制器北向接口通过 Restconf 接口（RFC6020，draft-ietf-netconf-restconf-03（Yang））与 Orchestrator 进行通信，并通过传输层安全（TLS）传输。
- 2) SDN 解决方案支持 OpenFlow，OVSD，SNMP，Netconf，PCEP，IGP，BGP-LS 等覆盖和底层组网的多个南向接口，

当与网络基础设施接口时，SDN 控制器使用 YANG 模型的接口和参数，可以根据需要非常灵活的创建新策略，修改原始策略。

- 3) 敏捷控制器实现了全面的 Neutron API 接口，可以与标准的 Openstack 和自有的 Openstack 分布式 Fusionsphere 集成。在 Openstack 社区提供 ML2 驱动，L3 代理，FW 和 VPN 插件。这些插件或驱动程序提供网络，子网，端口，安全组，路由器，EIP，SNAT 和 IPSEC VPN 等的管理。

4 成功案例

SD-WAN 解决方案在日本软银，瑞士电信等项目中规模部署。

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

基于 SD-WAN 的工厂外部网络互联及安全解决方案

中国移动通信集团公司政企客户分公司

网络改造技术篇/成熟技术/工厂外网改造

1 概述

1.1 背景

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。

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。

为了解决这些问题，我们提出了基于 SD-WAN 的工厂外部网络互联及安全解决方案。

1.2 实施目标

传统工厂外部网络的控制逻辑与硬件密切耦合，网络内如果引入异厂家设备，用户就不得不维护多个管理系统，形成烟囱式的管理模式。这种模式操作复杂，企业运营成本高。在此背景下，本文提出基于 SD-WAN 的工厂外部网络互联及安全解决

方案，满足工业用户对网络的 IP 化、无线化、扁平化、灵活化要求。该解决方案基于 SDN 和 NFV 技术，采用软硬件分离架构，将控制逻辑由传统的硬件侧上移到云平台侧，而硬件部分只需要完成基本的流量转发功能。云端管理平台提供图形化用户界面，展示丰富的网络信息，包括硬件部分的在/离线状态、流量告警、硬件使用率、业务流量分类等。除网络监控外，云端管理平台还允许用户自主配置工厂外部网络，例如定义带宽大小、实时性要求、安全防护、数据加密，甚至指定数据转发路径，从而选择最优的网络资源进行数据传输。基于 SD-WAN 的工厂外部网络互联及安全解决方案致力于为用户提供便捷管理工厂外部网络的途径，符合工业互联网网络的发展趋势。

1.3 适用范围

该解决方案适用于所有工业领域的多个应用场景，包括：

- 跨区域厂区互联
- 保护工业内网数据免受外部网络恶意入侵
- 集中监控和配置工厂外部网络相关参数，如带宽、路由信息、网络拓扑、访问策略等，减少网管人员投入
- 在不便于布线的厂区，将重要数据通过 4G 传输给厂内服务器处理
- 打通公有云和私有云资源，形成工业混合云
- 通过数据压缩、缓存等优化手段，提高数据传输速率
- 选择相对轻载的线路传输数据，避免流量分布不均引起的资源浪费

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

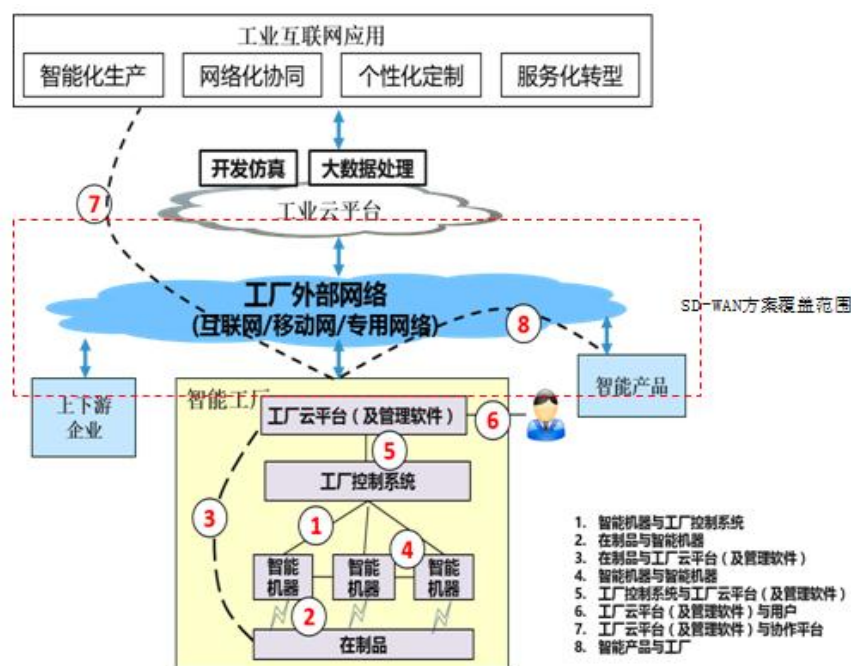


图 1 方案在工业互联网网络中的位置

基于 SD-WAN 的工厂外部网络互联及安全解决方案涉及到图 1 中的智能工厂内网边缘、工厂外部网络和工业云平台（如红色框线所示）。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集中管理平台，用户即可登录浏览器远程查看并管理网络。

2 需求分析

传统工业网络在实现工业信息化方面捉襟见肘，主要体现在：

- 1) 企业上云已成未来发展趋势，如何将公有云的便捷性和私有云的安全性相结合，建立混合云组网结构，成为企业必须解决的问题。
- 2) 工业互联网使网络从人与人互联，转变为人、物、料全面互联。这就意味着原本封闭的工厂生产环境大量曝露在互联网上，受到来自外部的恶意攻击概率大大增加。

与此同时，生产网络互联后，数据存储、传输均存在安全隐患。

- 3) 由于网络设备型号多、种类复杂，企业对网络的管理维护工作量大，出现故障时难以迅速排查。
- 4) 传统工业网络不能满足工业互联网对低时延的要求，网络时延成为影响实时性的瓶颈。
- 5) 多厂区互联采用传统的专线方式，容易造成网络成本升高，给工业企业带来沉重的经济负担。

鉴于现有网络中存在的上述问题，工业用户在数据安全防护、低成本厂区互联、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

本方案将目前最先进的 SDN/NFV 技术运用至企业广域网，形成了基于 SD-WAN 的工厂外部网络互联及安全解决方案。面向工业客户提供符合工业能源行业标准、具有安全接入功能的自动化接入网关，同时配套提供集中管理平台，实现工业专网的统一管理和运营。支持用户自服务，客户可通过平台门户对全网运行的工业专网网关终端进行统一配置与管理，自行配置网关、查询网关状态，实现网络拓扑管理、业务流量管理、异常状态处理、远程管理维护等功能。该方案不仅可以为工业制造企业提供方便、快捷、灵活的专网建设和管理办法，还可满足工业企业客户对数据安全传输和存储需求。图 2 是该解决方案

的网络示意图。

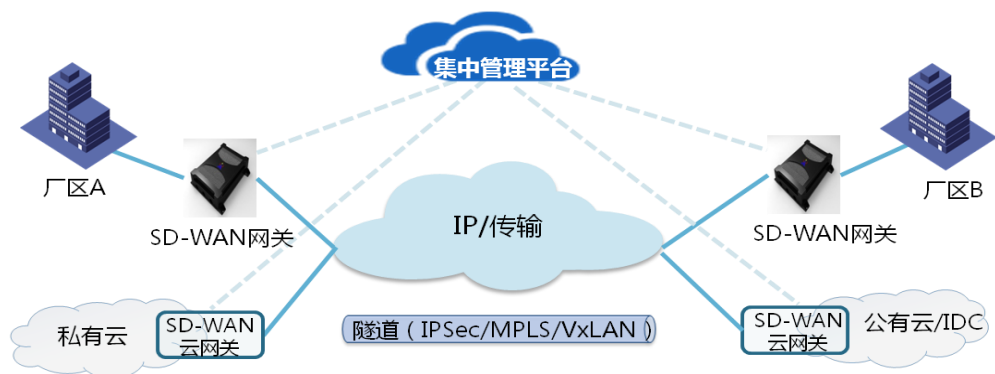


图 2 方案网络示意图

3.2 系统架构

该解决方案主要包含位于云端的集中管理平台和用户数据出口侧的网关两部分。架构设计遵从 SDN 和 NFV 技术特点。

- 1) 集中管理平台
- 集中管理平台由四部分组成：集群控制器、NFV 管理器、云网关和统一用户 Portal。平台的组成架构如图 3 所示：

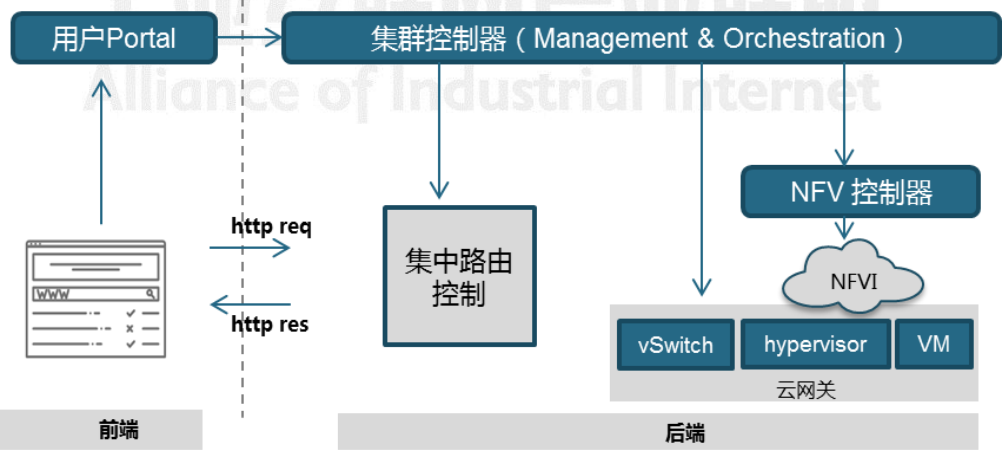


图 3 集中管理平台系统架构

集群控制器为核心控制单元，负责整个网络业务的管理和编排：

- 协调管理平台各个功能组件；
- 对硬件网关设备进行统一的接入控制管理；

- 实时管理网络拓扑；
- 集中控制全网路由。

NFV 管理器用于对云网关和硬件网关的虚拟化网络功能进行管理，各种业务配置的下发需通过 NFV 管理器进行。

云网关是部署在云端的网关节点，也是集中管理平台的数据出口，负责流量的牵引、加密推送和转发。采用 NFV 架构，内部通过 Hypervisor 将硬件资源进行抽象，分配给不同虚拟化网络功能实例(VNF)。

通过统一用户 Portal，可实现对用户的分权分域认证管理以及对全部业务功能的统一管理。

2) SD-WAN 网关

SD-WAN 网关部署在厂区数据出口，依托 X86 通用架构，多种网络功能通过虚拟机或容器方式部署至网关，实现网络功能与硬件解耦。

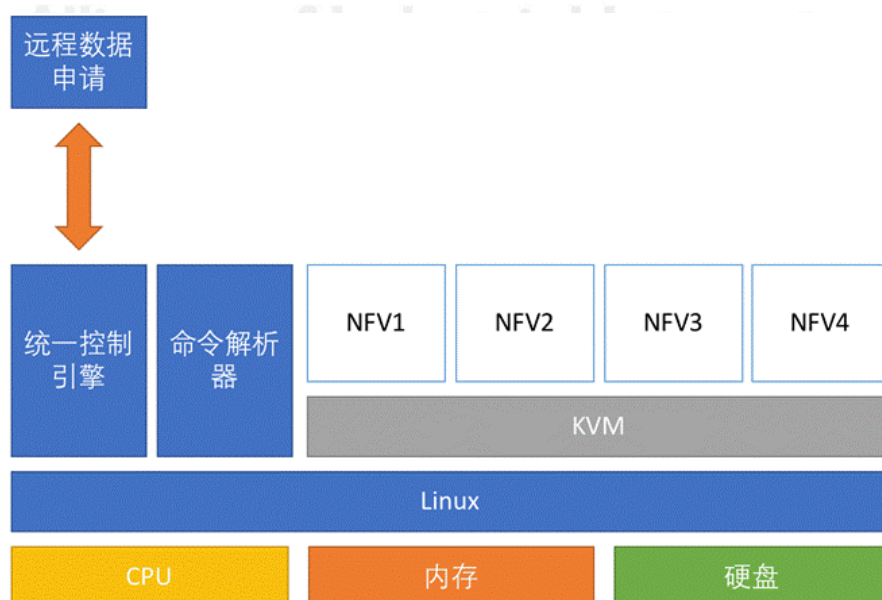


图 4 SD-WAN 网关终端架构

网关终端架构如图 4 所示，Linux 操作系统负责管理 CPU、

内存和硬盘等硬件资源。在统一控制引擎与命令解析器两个模块共同作用下，云端平台下发的控制消息被解析成适配多个协议的指令，触发相应功能模块工作运行。

3.3 网络拓扑设计

只需要在企业网络出口处布放 SD-WAN 网关，基于互联网连接，就可以实现任意两点互联互通。利用集中管理平台可对所有接入网关设备进行组网部署，支持用户根据实际需要自主设计网络拓扑，例如 hub & spoke 和 full mesh 结构。

1) hub & spoke 组网

在工业企业总部和各厂区分别部署 SD-WAN 网关设备，实现从各厂区到总部的“点到点”的连接，组成 hub & spoke 结构的工业网络。

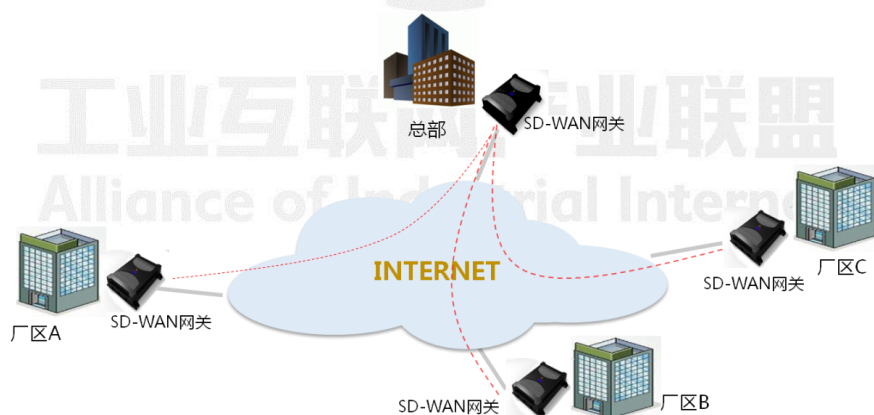


图 5 hub & spoke 网络拓扑

2) full mesh 组网

在工业企业总部和各厂区分别部署 SD-WAN 网关设备，使总部、各厂区间所有点之间互相连接，组成 full mesh 结构的工业网络。

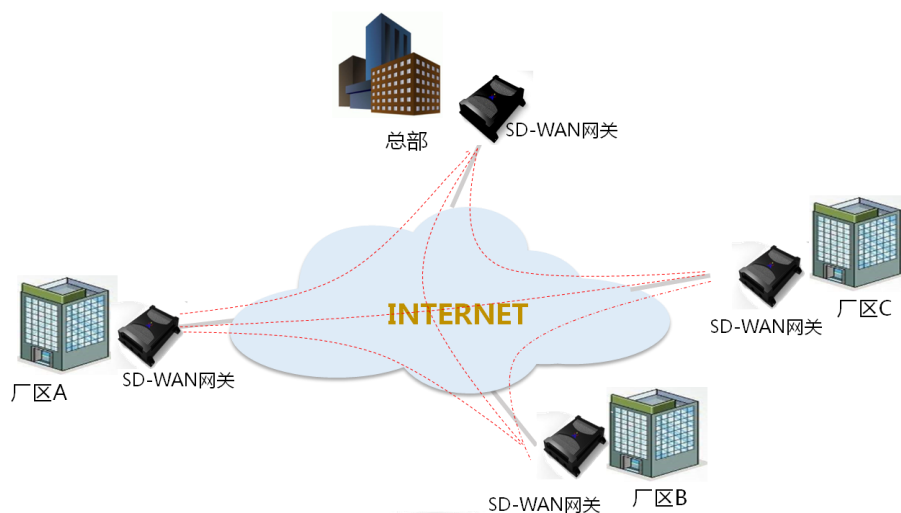


图 6 full mesh 网络拓扑

3.4 功能设计

基于工业用户网络方面的严峻挑战，我们从集中管理平台
和硬件两个维度出发，设计解决方案具备的功能特点。

1) 集中管理平台

凭借云化部署的特点，我们为用户提供了高可用、支持灵
活扩展的集中管理平台。该平台采用 portal 技术为用户呈现统
一的登录方式，支持个人电脑和手持终端无缝访问，可极大提
高用户体验，节省网络管理人员投入，真正实现网络无忧运营。
该平台支持如下功能：

- 对接入设备进行鉴权认证
- 按照角色对人员进行分权分域管理，分为超级管理员和
普通管理员，不同用户只能操作管辖范围内的网络，防
止不法登录
- 图形化展示网络状态，包括网络拓扑、业务分类、流量
大小、硬件使用、告警信息等
- 向合法接入平台的网关下发功能配置信息，包括 VPN、FW、

DPI 等

- 规划网络结构和路由信息

2) 工业网关

为了满足工业用户在多厂区间快速组网，实现点对点网络实时通信，同时保证工厂内部数据安全传输等需求，工业网关支持如下功能：

- 快速组建工业虚拟专网

在整合国密、DES、AES128 等经典加密算法基础上，网关支持 IPSec、SSL、VxLAN 等常用 VPN 策略，助力企业快速建立虚拟专网。其中 VxLAN 可在数据中心间构建大二层网络，解决逻辑网段不足、虚拟机动态迁移等问题。

- 网络安全

网关具备防火墙、防 DoS/DDoS 攻击、IDS/IPS、UTM 等多种安全功能。工业企业客户可根据自身业务需求来动态配置安全防护策略，防止外部应用对网关设备端口的恶意扫描、攻击，主动辨别入侵行为，提高工业网络安全性。

- 多种接入方式

网关支持有线/无线接入模式，其中无线接入采用 4G 技术，适用于不方便布线的 4G 信号覆盖区域，包括地理位置偏远的厂区、仓库或者移动办公点等。

- QoS 策略

网关设备支持定义 QoS 流量策略：基于 IP 地址、端口、MAC 地址等进行数据流的识别和分类，并对不同数据流进行 QoS 适配。

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) 采用冗余链路

两条接入线路采用主从（Active-Standby）模式，一旦主用线路出现问题，则自动切换至备线，不影响正常网络通信。

支持 4G 功能的网关设备自带 4G 天线作为无线 WAN 口，结合互联网专线，即可实现无线/有线双链路备份。遇到有线链路异常，可无缝切换到无线链路，最大限度减少接入线路故障引起的网络中断时长。

3) 基于动态路由协议的设备冗余

当企业出口主用网关发生异常时，通过 BGP、OSPF 等动态路由协议自动发现有效路径，数据包通过备用网关转发出去。



图 7 采用动态路由协议的网关冗余

4) 基于 VRRP 的设备冗余

通过集中管理平台开启网关的 VRRP 功能。在重要节点布设两台网关，当主网关发生故障不能转发流量时，备用路由根据预先设定的规则代替主网关进行工作。VRRP 技术不改变网络结构，在某台设备出现故障的情况下仍然提供高可靠的缺省网关，有效避免单一设备出现问题后的网络中断问题。

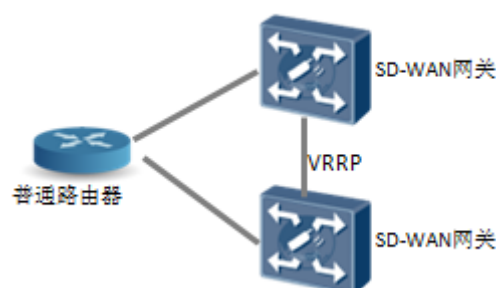


图 8 采用 VRRP 协议的网关冗余

5) 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。

4 成功案例

4.1 某发动机制造企业 SD-WAN 工业专网方案

该发动机制造企业通过部署 SD-WAN 网关实现工业专网的组建，并保证专网安全。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 SD-WAN 产

品建立的一条加密的 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。SD-WAN 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。

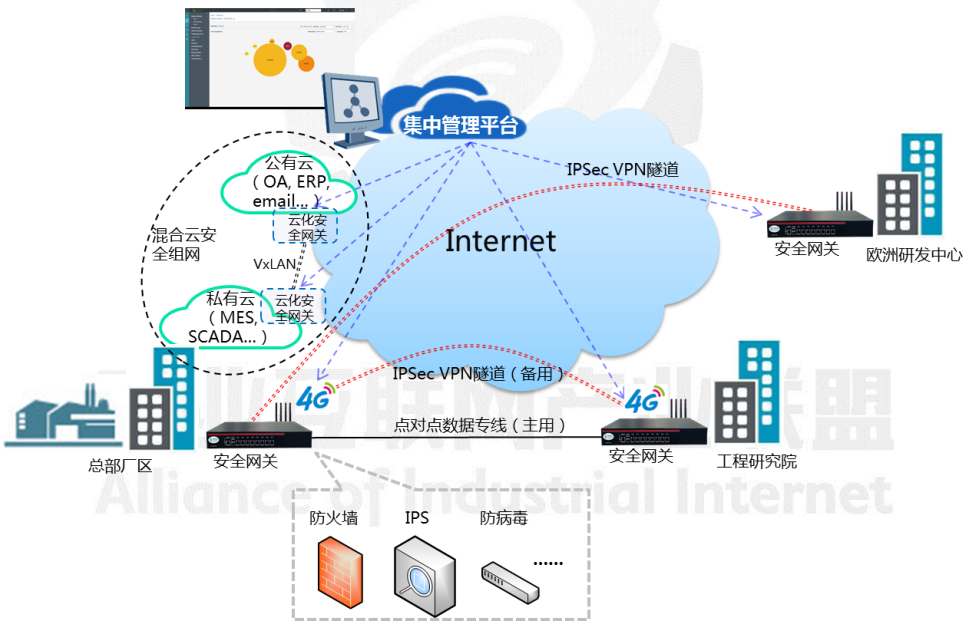


图 9 工业专网组网示意图

4.2 某面板企业数据中心提升链路可靠性方案

该面板企业的北京与合肥数据中心同时拥有两个不同运营商的互联网专线，以实现链路冗余，其中一条链路长期处于工作状态，而另一条链路只有当主链路故障被断开后时才会使用。通过采用基于 SD-WAN 的工业外部网络互联及安全解决方案，两地数据中心在互联网专线基础上建立了两条加密隧道，当其中的一条线路中断，另外的备用链路会主动接管所有流量。

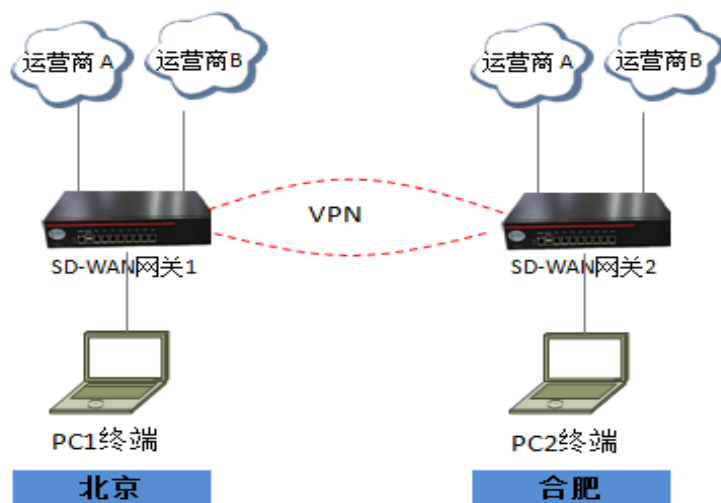


图 10 数据中心多链路组网示意图

基于 TSN 技术的工业网络解决方案

华为技术有限公司

网络改造技术篇/前沿技术/工厂内网改造

1 概述

1.1 背景

众所周知，以太网已经成为家庭、企业及数据中心网络连接和互通的最广泛的通信协议标准。然而因为其确定性、实时性、可靠性等因素，传统以太网并不适用于工业数据通讯。例如以太网存在的 CSMA/CD 机制，当网络出现冲突时需不断重发数据，这对于网络实时性带来挑战；另外，因工业现场面临恶劣的工况、严重的线间干扰等，也导致以太网可靠性大打折扣。

而工业以太网，相较于传统以太网、现场总线等在实时性、传输速率等方面都有明显的改观，并已经占据了以太网市场的半壁江山。

不过，这些专有的工业以太网协议仍然面临瓶颈，虽然它们在满足机器运动控制等方面已经绰绰有余。因为当云计算、大数据技术逐渐渗透到工业领域，工业数据通讯并不再仅限于机器到传感层，也不仅限于机器到机器之间，而是扩展到了与人、云和应用等更丰富的连接，有更多类型和更多海量的数据需要传输和处理，而对于数据处理的链条也变得更长，包括在边缘侧，包括云端，包括与企业生产系统和管理系统的逐步打通。因此，如何应对通过更高带宽进行海量数据的联接和传输，

如何做到更精准的确定性控制和更低时延，仍是工业制造面临的巨大挑战。

1.2 实施目标

TSN+OPC UA 组合提供了一个实时、高确定性并真正独立于设备厂商的通信网络，将会在带宽、安全、互操作、延迟和同步等方面带来巨大改善。

TSN 技术和 OPC-UA 相结合，可以满足工业应用的各种传输需求。通过该解决方案可以支持工业设备的联网接入，实现设备之间的互联互通。进一步的，使得生产制造系统具有高度灵活性，工厂车间网络架构可以快速调整优化，有效提升网络化协同制造与管理水平。

TSN（时间敏感网络）+ OPC UA（OPC 统一架构）成为从传感器到云端建立全面通讯基础结构的最佳拍档。

TSN 的工作原理是在传输中让关键数据包优先处理。这意味着关键数据不必等待所有的非关键数据完成传送后才开始，从而确保更确定、更快速的传输路径。本质上来说，TSN 建立了一套能使以太网具有实时性和确定性的新标准。

基于 TSN 提供的网络通信的高确定性和低时延之上，OPC UA 则提供了一个独立于平台的面向服务的体系架构，它定义了统一的标准和信息模型，可以实现设备与设备、设备和企业，以及不同厂商设备之间的交互。

TSN+OPC UA 组合提供了一个实时、高确定性并真正独立于设备厂商的通信网络，将会在带宽、安全、互操作、延迟和同步等方面带来巨大改善。

举例来说，在工厂数据采集、传输与生产运营中，都会需要对现场的机器状态、生产能耗、质量相关、生产相关参数进行采集，TSN+OPC UA 在整体上使得在工厂的各个环节的横向与纵向数据实现了透明交互，并且配置效率更高，程序与应用模块化更强。

1.3 适用范围

因为智能制造关于柔性出产提出了更高要求，以及跨渠道、跨职业的应用需求越来越多，大型实时工业通讯网络为运营者带来了严峻的应战。

基于 TSN 的通信技术，可以适用于工厂的设备层、控制层以及企业层的层间以及层内设备的高精度通信，可应用于工业的多个场景。

2 需求分析

未来工业领域将有数以百亿计的设备衔接上网，传统工业以太网无法接受巨大的数据传输量，需求一种新的架构来满意高带宽、高速率和海量衔接等方面诉求。柔性制造正得到越来越广泛的应用，它具有设备可复用性高、运行灵活及产品应变能力强的特点。一旦生产需求发生变化，需要快速调整生产系统的结构和控制系统，重置工艺流程与设备配置，以适配新的需求。

但是，工业现场网络的互联互通性，已经成为制约制造业发展的薄弱环节。通过 TSN + OPC UA 打通工业信息通信路径，加速制造行业数字化转型，提升工业现场网络的信息交互效率，实现有效信息提取和传递。

自从可编程逻辑操控器（PLCs）面世以来，工业自动化流程得到了极大优化。OT（运营技能）与 IT（信息与通讯技能）之间的交融令人兴奋，将带来特别的体会。OPC UA 和 TSN 的结合，让工业领域得以完成实时信息交流和互操作。

3 解决方案

3.1 方案介绍

基于 TSN 技术的工业传输解决方案主要包含以下创新点：

1) 基于 OPC-UA 的网络互联和传输控制机制

- 包括基于 OPC-UA 和 TSN 的集成，完成对传输的控制和传输资源的配置。

2) 基于 TSN 技术的数据传输机制

- 在工业监测场景中保障工业应用的高确定性、周期性传输业务的需求；
- 用于开展工业通信技术的高并发、可靠性、实时性等性能的测试和验证。

3.2 系统架构

基于 TSN 技术的工业传输解决方案适用于图中场景的数据通信，尤其是智能机器之间以及智能机器和工厂控制系统之间的通信。基于 TSN 通信技术提供的高可靠、低时延的数据传输保障，可以减少数据传输线路的部署、适用于多种环境以及设备的场景。

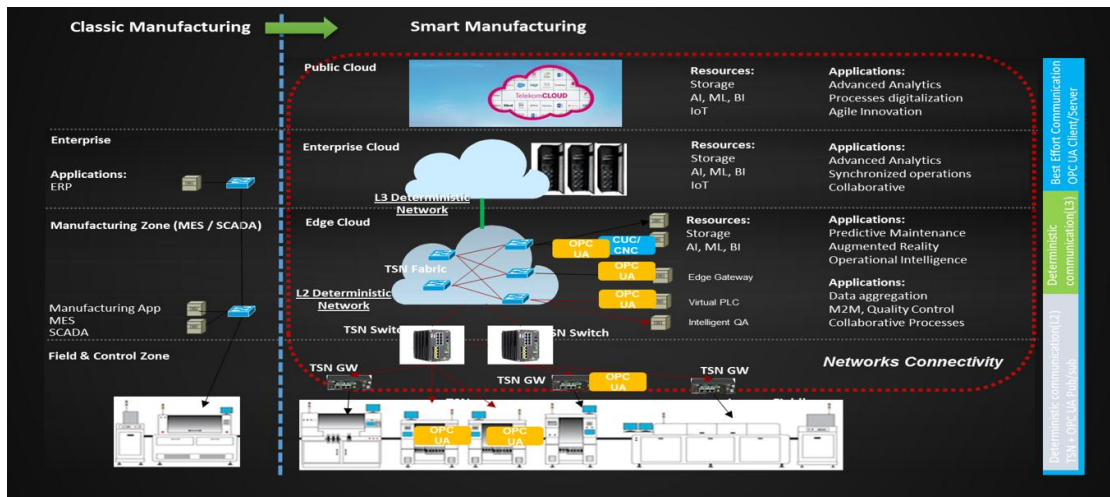


图 1 基于 TSN 技术的工业传输解决方案总体架构

其中，基于 TSN 网络进行数据传输的工业设备包含 PLC 以及各种输入输出设备。工业数据通过 TSN 网络传输时，需要集成 TSN 模块，并实现工业高层和 TSN 传输在工业设备侧的互通。

3.3 网络体系功能设计

OPC UA 和 TSN 的融合是未来的主要方向，能够提升工业现场的信息交互效率。OPCUA 提供标准语义定义，统一互操作，统一信息模型定义，M2M/M2B 协同，以及面向服务架构设计 SoA 降低软件设计难度。TSN 通过良好的互通性，改变传统七国八制局面，提供高可靠性，多路径/冗余路径技术，提供低时延： μs 级别时延，ns 级抖动，甚至更低，管理简单，即插即用。

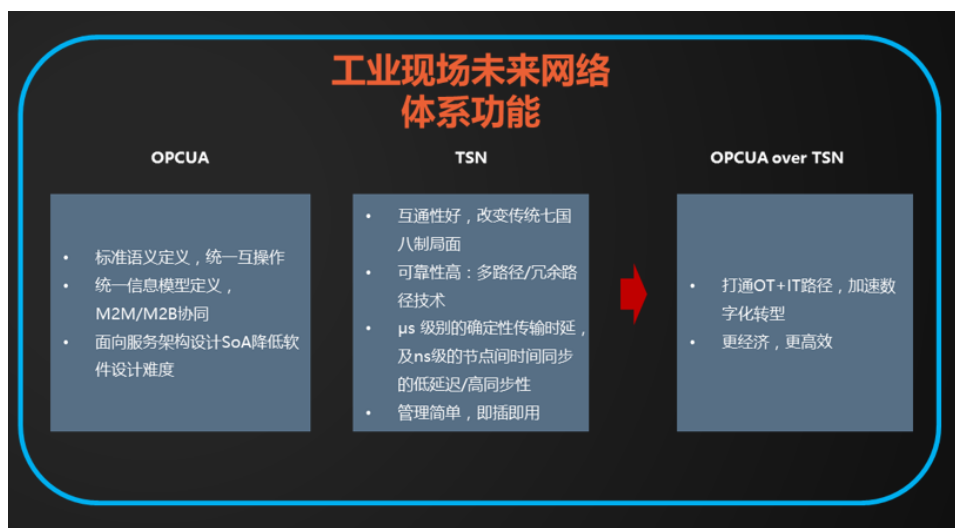


图 2 工业未来网络体系功能设计

3.4 本方案 TSN 特性

网关设备以及工业 TSN 网络设备共同构成了网络设备，主要支持的功能如下：

- 1) 低时延：时延微秒级别，抖动 ns 级别。
- 2) 高带宽：支持 1G 带宽，并支持向 10G / 100Gbps TSN 演进；
- 3) 统一 SDN 管理，支持 Netconfi/YANG 和 OPC UA 模型的统一网络管理；
- 4) 高精度时钟，支持 802.1as 和 1588V2，支持 TSN Scheduling (<8ns)
- 5) 实现 TSN+OPC UA+边缘计算平台功能，支持工业 4.0 的高精度实时软件容器环境。

3.5 TSN 网络结构

OPC-UA 是目前应用较广泛的工厂内应用使能技术，定义了一套通用的数据描述和语法表达方法（信息模型），每个系统都可以将各自的数据信息以 OPC 的格式进行组织，从而被其他系

统所获取和集成。

在基于 TSN 技术的工业传输解决方案中，通过 OPC-UA 进行网络配置、完成信息的映射，TSN 技术保障不同工业业务的传输性能，满足不同场景的业务需求。



图3 OPC-UA和TSN的集成方案

4 成功案例

华为与伙伴共同打造 OPC UA+TSN 网络五大工业互联场景，进行相关工业方案的场景验证。

- 与 AII 打造的“电机预测性维护网络（TSN for Predictive Maintenance）”
- 与美国国家仪器打造的“马达同步（Motor Synchronization）”；
- 与和利时打造的“赛车游戏（Race-Car Game）”；
- 与 Linmot 打造的“绘图运动控制（Plotter Motion Control）”；
- 与施耐德电气打造的“LED 同步（LED Synchronization）”；

- 与贝加莱打造的“OPC UA Over TSN”；

通过上述工业互联场景验证了 TSN 网络在复杂环境情况下的高确定性和低时延性，TSN+OPC UA 为工业互联网在信息提取和信息交互带来更多的数字化创新体验，是预测性维护、数据分析、机器学习和人工智能等新技术的关键推动因素。可以帮助工业企业提升效率，减少停机时间，提高互操作性和降低总体成本等。

通过收集机床的各种数据，基于时间敏感网络在边缘侧进行预测分析并通过边云协同，在云端进行深度分析，同时支持高达 50 跳的不同厂家设备进行精确协同，支持标准以太网并通过多路径和冗余路径确保可靠性，在一跳上的延迟能达到小于 10 微秒，抖动小于 0.1 微秒，并在边缘侧通过容器技术提供可视化 PLC（可编程逻辑控制器），且支持不同厂家的虚拟化 PLC 运行。

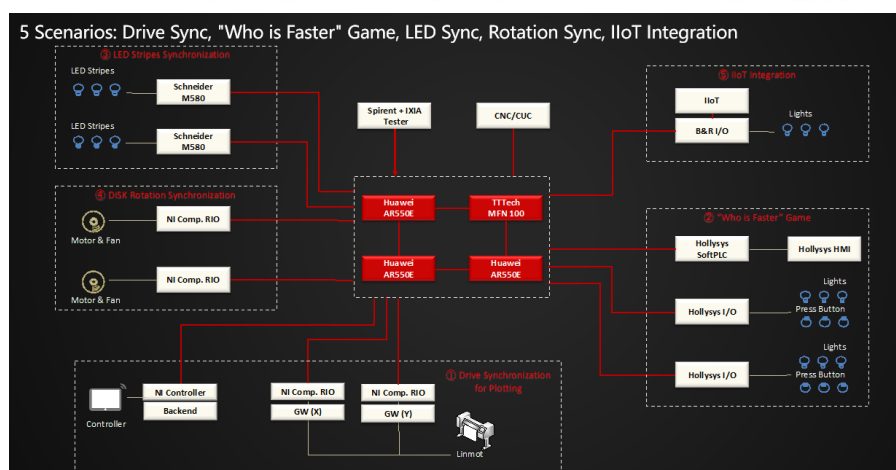


图 4 TSN 网络工业互联场景拓扑

基于 TSN 与边缘智能的设备监测及管理解决方案

中国联通研究院

网络改造技术篇/前沿技术/工厂内网改造

1 概述

随着我国智能制造和工业互联网建设的推进，传统以太网逐渐无法满足工厂实时性的要求，同时工业现场中设备的控制反馈需求也在增加，而另一方面不同协议的互通对 IT 与 OT 的融合产生了诸多的障碍，企业客户需要更为实时、可靠、安全的现场网络架构和智能边缘设备访问方法。

在传统以太网的网络架构中，带宽通常是由多个设备共享的，而且所有的发送端没有基于时间的流量控制，所以发送端总是选择尽最大可能发送数据帧的策略，这样来自不同设备的数据流就会在时间上产生重叠，所有数据流重叠/冲突的部分会遵循 QoS 优先机制进行转发，就会产生丢包的现象。基于 TSN 的网络架构可以解决精准同步和流量调度的问题，从应用场景来看，需要实时监控或是实时反馈的工业领域都需要 TSN 网络，如机器人工业、深海石油钻井以及银行业等等，TSN 还可以用于支持大数据的服务器之间的数据传输。

本文提出的方案主要应用于工厂内网或园区区域网的部署，旨在提升网络的智能与精准同步性能，可满足低时延和高控制性能的网络需求，并实现基于现场云/边缘云的远程的设备实时监测、控制与反馈。

1.1 背景

在冶金、稀土材料等工业行业，由于原材料的稀缺性，其原材料管理与原材料处理工艺对耗损及棒材良率要求更加严格，尤其在复合材料热处理、注塑、表面处理、充磁时对环境以及加工设备的状态有严谨的要求，目前这些环节很大程度依赖人工调节和现场监管。另一方面，随着工厂信息化和智能化建设的加速，以太网部署已无法满足目前对网络高可靠、高控制性能的要求，源数据丢失甚至会引起工作人员的误判，更加可靠、并且满足实时反馈的网络成为了智能制造的基础需求。

1.2 实施目标

本文的方案将通过基于 TSN 技术的网络结构支持工厂内多种传感器的实时监测与机械臂或机器人的同步调度，同时可以支持生产应用中的其他普通流量，实现控制信号和数据信号的同网络调度。另一方面，节点网关支持多厂商协议适配并提供深度协议解析。

通过提升工厂网络的同步性能和流量调度能力，以及与边缘云/现场云的对接可满足客户对园区范围内从云端对设备的状态监测与确定性时延的反馈控制。

1.3 适用范围

本文提出的方案主要应用于工厂内网络，园区范围网络，以及其他需要实时监控或实时反馈的广域工业物联网场景，例如：智能装备制造、能源电力、石油与天然气、轨道交通、车联网等工业行业中从事同步精准控制、测量、设备监测、设备维护及控制应用的需求。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本文提出的方案主要处在工厂内部网络以及相类似的网络（例如车联网的车内部网络等）中的物理层和链路层，并与边缘云/现场云对接，实现网络和边缘计算的双弹性配置，以实现从云端对设备的精准时延控制与状态监测，处于图 1 中的第 1 节，后续的应用扩展也可以覆盖到第 3、5、6、7 节，满足智能工厂内部的通信以及管理需求。

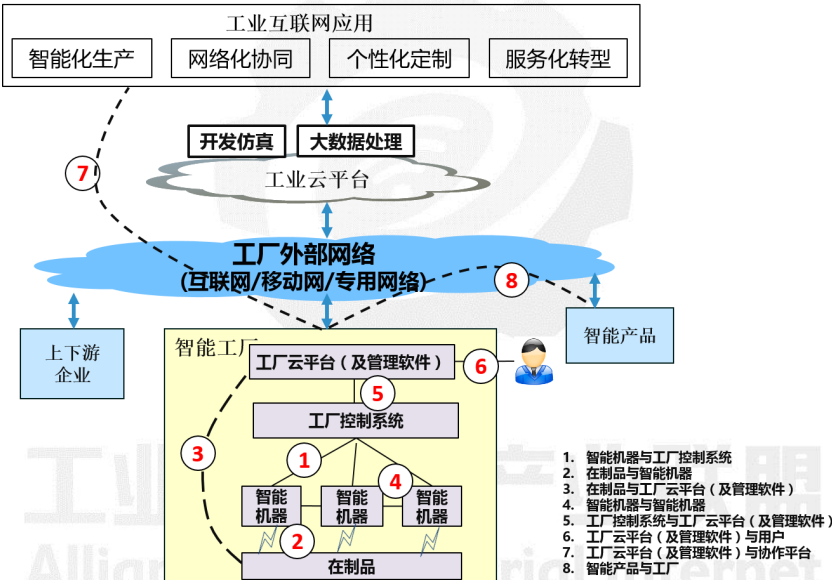


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

本文的方案是江西某企业智慧工厂的网络部分，其制造流程中主要包含的设备有真空炉，铸锭磨粉机床，热处理熔炉，机加工（含机械臂机器人）以及各类传感器（浓度、温度、热敏、光敏等）。网络部署需满足工业传感器的实时感知，以达到对设备和环境的监测，以及机械臂或机器人的确定性时延的同步调度。

3 解决方案

3.1 方案介绍

本文的方案主要针对于工业企业所面临的分布式设备的状态监控实时反馈等问题，利用时间敏感网络（TSN）和边缘计算能力对工厂网络性能进行升级，克服了传统以太网同步精度不高，不能满足工厂精准控制场景需求等，同时结合边缘智能设备将海量的设备信息和流程管理等信息进行协议深度解析和汇聚整合，为后续大数据和人工智能分析提供数据基础，充分挖掘潜在数据价值，释放潜能，帮助工业企业提升生产效率，提高产品质量，提供智慧参考决策。

3.2 系统架构

本方案提出的系统架构图如下图所示：



图 2 系统架构图

主要包含以下要素：

- 1) 边缘节点—智能边缘设备，可从几乎任何传感器和任何类型的资产收集传感数据，主要负责数据采集，原始数据分析，管理触发保存的报警和状况评估，板载文件管理以及仪器健康状况的自我监测。该设备支持 TSN，设备间通过 TSN 技术实现设备的时钟同步及流量管理，可大大提高时间同步的精准度。
- 2) 系统软件—服务器端：在服务器端完成监控设备的系统

管理和通信，同时允许用户指定监视设备的配置，提供在本地理解数据所需的可视化工具，整体管理数据量。

3) IT 基础架构—来自各个服务器的数据汇聚到企业应用程序中，以实现广泛的知识挖掘。可将数据分享或部署到云端，与边缘节点进行配合，边缘处理数据，云端实现模型的优化与重建，实现边缘与云的协同；基于汇聚数据进行大数据与人工智能分析，释放数据价值。

3.3 网络拓扑设计

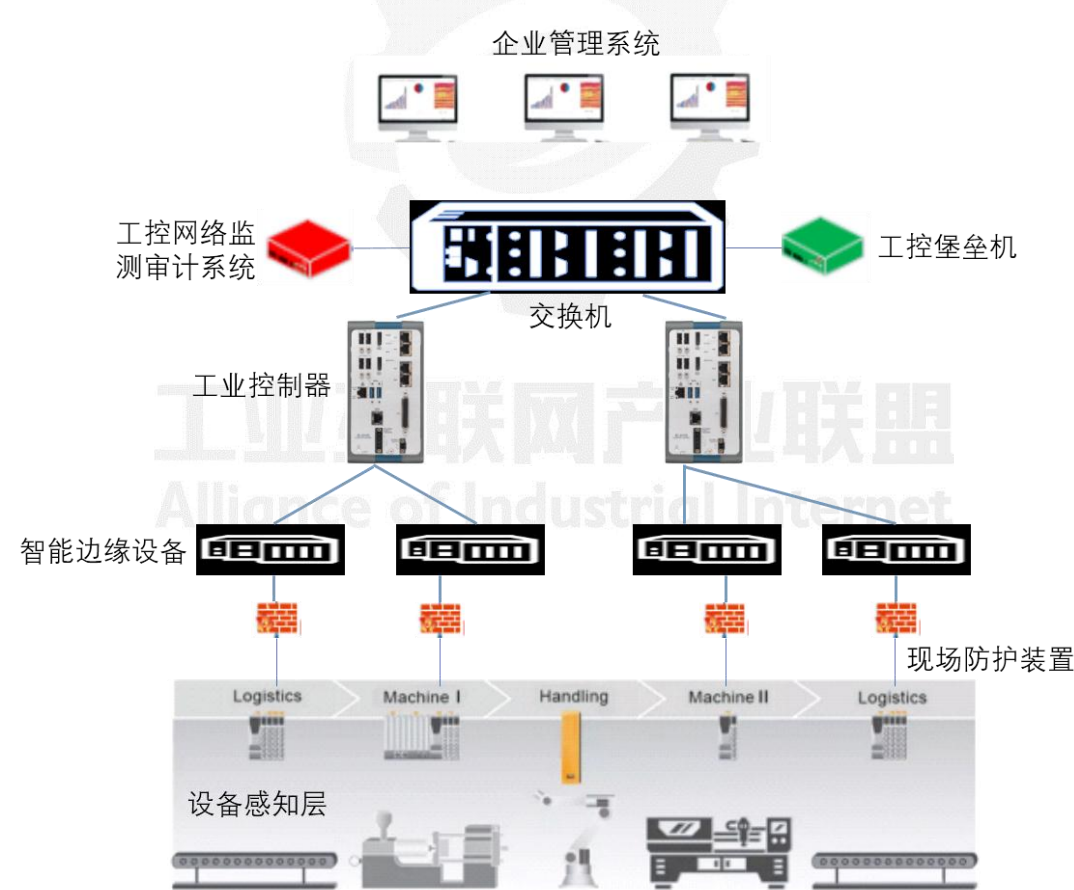


图 3 网络拓扑设计

- 设备感知层：主要包含工厂内所涉及的各种生产设备、传感器、逻辑控制器件等。
- 智能边缘设备：支持 TSN 技术，主要用于底层的数据采集，可以兼容当前的主流工业协议。

- 工业控制器：实现数据的存储，分析等功能，具有一定的边缘计算能力，主要是配合智能边缘设备完成数据的采集分析功能。
- 交换机：完成底层数据的汇聚，同样支持 TSN 技术，可以实现分布式设备间的时间精准同步。
- 交换机壳保护（堡垒机）：基于安全的考量，对交换机进行流量审计和壳保护，并在应用管理平台中进行身份验证和登陆日志管理。
- 企业管理系统：实现工厂生产经营管理，这部分可以直接对接云平台，在云平台上实现数据的积累和模型的优化。

3.4 功能设计

1) 时间精准同步

所有的设备都支持 TSN，通过 TSN 技术的引入，可以大幅提升分布式设备的时间同步精度，提升机器设备间的生产控制协同，降低故障率，提高生产效率。

2) 保证关键数据实时传输

TSN 技术的引入，确保当网络出现拥塞时，优先保证关键数据的按时传输，实现设备机器的实时精准控制，应对未来海量设备的接入。

3) 边缘与云协同

工业控制器具有一定的边缘计算能力，可以实现一些数据的快速本地化处理，同时配合云平台，依靠数据的积累，在云端对数据处理模型进行优化，实现边缘与云的协同。

4) 实现企业上云

云平台将传统的分布式工业设备和生产经营系统进行集中汇聚融合，并有效地整合和管理这些广泛不熟的工业互联网节点，实现企业向云端的迁移，通过大数据的汇聚处理，帮助企业提升效率，做出最优决策。

3.5 安全及可靠性

1) 硬件设备的坚固性，能适应恶劣测试环境。 -40 到 70°C 的工作温度， 50 g 抗冲击、 5 g 抗振动工作

2) 星型总线拓扑结构故障诊断和隔离容易。中央节点对连接线路可以逐一隔离进行故障检测和定位，单个连接点的故障只影响一个设备，不会影响全网。

3) 基于 TSN 的同步方式减少额外冗余的连线，同步精度不受线缆长度影响。

4) 利用白名单技术使用交换机壳保护，对工厂关键区域进行流量审计和监测。

4 成功案例

本文的网络方案可满足智联工厂、设备管理、现场实时排程等场景中企业客户需要更为实时、可靠、安全的现场网络架构和智能边缘设备访问需求，可为企业工业现场网络提供精准同步、流量调度方案，并可对设备进行状态监测，管理等。

基于 5G 蜂窝技术的工业传输解决方案

华为技术有限公司

网络改造技术篇/前沿技术/工厂内网改造

1 概述

1.1 背景

制造业正在向数字化、柔性化等方向发展，促进生产效率和市场规模的不断提升。而设备的广泛连接，是实现数字化和柔性化的重要一环。

在传统模式下，制造商依靠有线技术来连接应用，但由于数据网络布线、设备移动性等限制，有线设备的连接数和场景具有局限性。

近些年无线解决方案逐渐增多，Wi-Fi、蓝牙等近距通信无线技术已经在制造车间立足，随着连接需求的发展，这些无线解决方案在带宽、可靠性和安全性方面的限制，难以适应更高要求的工业传输需求。

随着移动通信技术的发展，5G 网络将从传统以人为中心的服务拓展至以物为中心的服务。根据不同的传输需求，5G 定义了三大场景：增强移动带宽（eMBB）、超高可靠低时延通信（uRLLC）和大规模机器类通信（mMTC），适用于能源、车联网、工业控制等物联网行业的不同应用场景。聚焦到工业领域，5G 致力于为工厂内的从设备层到企业层的设备提供可靠、安全、可保障的通信机制。

1.2 实施目标

本项目的目标是通过 5G 蜂窝技术承载工业应用的业务数据，提供工厂全连接的无线网络，用以满足多种工业设备的入网和通信需求。同时，通过 5G 蜂窝技术和 OPC-UA 相结合，提供工厂内由上至下的工业通信解决方案，支持多种类型工业设备的互联互通。

通过 5G 蜂窝的解决方案，能够促进工厂的智能化和数字化改造，使得生产制造系统具有高度灵活性；工厂车间的网络架构可以快速调整优化，有效提升网络化协同制造与管理水平。

1.3 适用范围

基于 5G 蜂窝技术的工业传输解决方案提供了工业领域的无线通信技术，针对 eMBB，mMTC 以及 URLLC 三类场景的解决方案，适用于制造业的以下场景中：

表 1 5G 在制造业的应用场景示例

类别	应用场景
运动控制	例如：大型打印机，数控车床，包装设备
机器间控制	多台独立机器间协作
移动面板	装配机器人（或机床），移动式起重机
工业 AR 及监控	高清视频，全高清视频
大规模连接	各种传感器连接等，传输的数据量小、连接数多
移动机器人	精准运动控制，机器间控制，协作驾驶，远程视频控制，运行路径管理

5G 蜂窝技术除了适用于上述工业设备间的通信，通过和 OPC-UA 的结合还适用于工厂的设备层、控制层和企业层之间的通信，将设备层数据直接传输到企业层或者云端，企业的生产监控设备可以实时获得设备的运行状态，及早将故障设备剥离

出生产系统，避免对生产造成的影响。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本解决方案适用于图中工厂内部和工厂外部的通信，即：智能机器与工厂控制系统、在制品与智能机器、在制品与工厂云平台、智能机器与智能机器、工厂控制系统与工厂云平台、工厂云平台与用户、工厂云平台与协作平台以及智能产品与工厂的通信。基于 5G 蜂窝通信技术提供的高可靠、低时延的数据传输保障，可以减少数据传输线路的部署、适用于多种环境以及工业设备移动的应用场景。

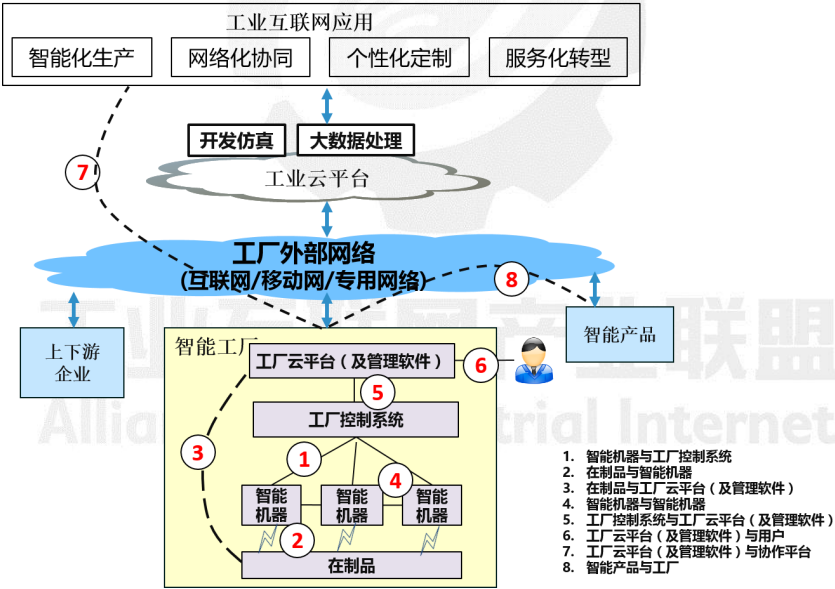


图 1 工业互联网互联示意

2 需求分析

5G 蜂窝网络应用于多种工业场景，以及单一工业场景的不同设备之间的通信时，对 5G 蜂窝网络的传输提出了不同的需求。下表列出了比较典型的工业应用的传输需求：

表 2 典型工业应用的传输需求

类别	传输需求
运动控制	运动控制类对传输网络的要求较高：传输时延小于 5ms，传输抖动为

	微秒级别；传输可靠性要求为 99.9999%，数据包小于 100 字节。
机器间控制	传输时延小于 10ms，数据包 1K 字节，传输抖动为微秒级别；传输可靠性要求通常小于 99.9999%。
移动面板	传输时延小于 10ms，数据包几百字节左右，传输抖动为毫秒级别；设备有小范围移动的需求。
工业 AR 及监控	由于是视频传输需求，业务数据包较大，传输速率需求达到 Gbps 级别，可靠性要求 99.9%左右。
大规模连接	连接数多，包含各种传感器数据的传输，传输时延要求通常在 50ms 以上。需要注意的是，大规模连接中不同设备的传输需求差异较大，该类业务中基于安全应用的传输时延要求在 10ms 以内。
移动机器人	根据移动机器人不同的应用，传输时延在 1ms~1s 的范围内，多数应用的传输可靠性要求为 99.9999%，对传输网络具有移动性的需求，移动过程中业务不要中断。

在满足上述工业传输需求的基础上，5G 蜂窝网络应用于工业场景，可以不受限于存量设备预留的数据端口限制，满足存量设备智能升级需求。通过 5G 蜂窝网络将各种工业设备数据上传到监控端，不受网络布线的限制，可以实时确定设备的健康状况，及早将故障设备剥离出生产系统，实现对工业设备的预测性维护。

3 解决方案

3.1 方案介绍

基于 5G 蜂窝网络的工业解决方案是以 5G 蜂窝网络作为工业应用的传输承载网络，完成不同工业设备之间通信的解决方案。同时，基于 5G 蜂窝网络和 OPC-UA 的结合，提供由工厂底层到高层之间的不同层之间的通信以及同一层设备之间的通信，实现工厂内设备的全连接。

基于 5G 蜂窝网络的工业解决方案包含蜂窝网络设备以及工业终端设备。其中，蜂窝网络设备还包含蜂窝网络的基站设备

和核心网设备。工业终端设备可以为 SCADA，PLC 以及各种工业输入输出设备。

工业数据通过蜂窝网络传输时，工业设备需要集成蜂窝模组，并实现工业应用和蜂窝模块的互通。

基于 5G 蜂窝网络的工业解决方案中还包含边缘计算模块，基于该模块可以实现网络 and 应用的融合，获取应用的多样数据传输需求，同时应用的边缘部署实现了对工业数据的快速分析和超低时延响应。

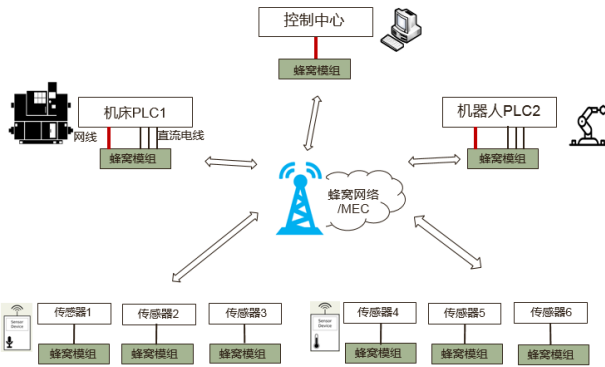


图 2 工业无线蜂窝网络部署

基于 5G 蜂窝技术的工业传输解决方案主要包含以下创新点：

● 基于 5G 蜂窝技术的数据传输机制

根据不同的工业传输需求，提供数据包传输的路径，并为不同的业务提供对应的 Qos 保障。5G 蜂窝网络既能保障传输的高确定性和可靠性，也能支持大量工业设备的连接场景。

● 基于 OPC-UA 的传输网络互连和传输控制机制

主要包括基于 OPC-UA 和蜂窝网络的映射，完成蜂窝网络对工业数据传输的支持，以及支持蜂窝网络和其他工业通信网络的互连，支持不同工业场景下传输资源的配置和对工业数据传输的控制。

进一步地，支持工业应用在边缘侧的部署，作为网络和应用融合的平台，有效提高工厂的智能化水平。

3.2 系统架构

基于 5G 蜂窝网络的工业解决方案的总体架构如图 3 所示。主要由：工业平台/应用、基于 5G 蜂窝技术的传输网络和工业终端设备组成，构成了数据采集、业务数据分析、工业设备控制的端到端总体解决方案系统。

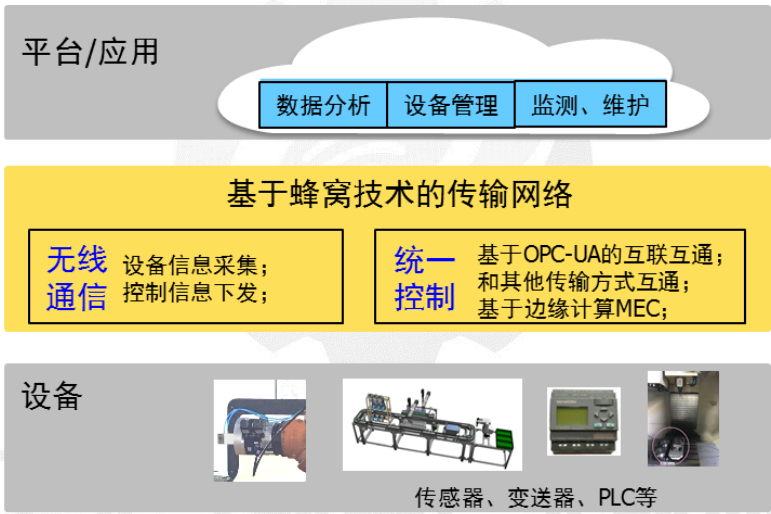


图 3 基于蜂窝技术的工业传输解决方案总体架构

3.3 网络拓扑设计

5G 蜂窝网络支持星型拓扑结构，包含一个中心（工业蜂窝网络设备）以及多个工业设备（工业蜂窝终端设备）。终端设备通过无线空口与网络设备交互完成数据通信。

其中，蜂窝网络设备是由网关设备（核心网络）、工业蜂窝网络设备（接入网络设备，基站）构成。

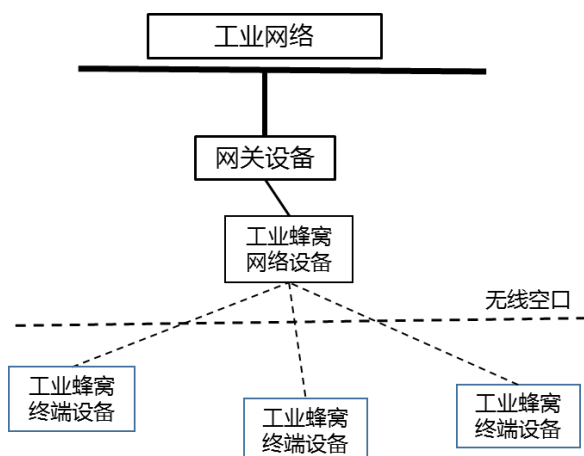


图 4 工业无线蜂窝拓扑结构

3.4 功能设计

5G 蜂窝网络中核心网络和接入网络具有不同的功能，协同完成整个蜂窝网络对传输的支持。

蜂窝网络接收到业务数据包之后，数据包在蜂窝网络内部的传输流程如下图 5 所示。从网络侧来看，业务数据包首先经过核心网络内部节点的有线传输，然后数据包通过空中接口发送到终端设备。

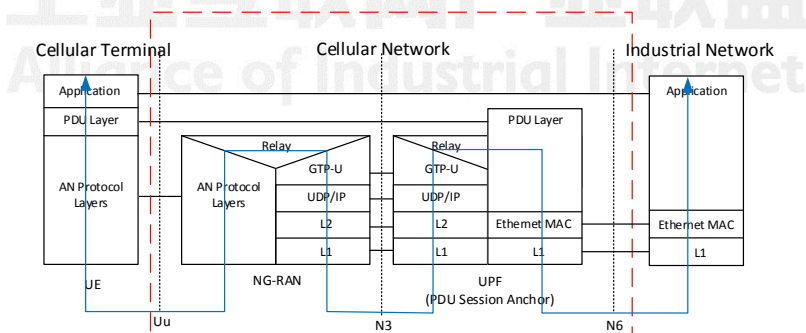


图 5 蜂窝网络的用户面数据流

作为传输网络，5G 蜂窝网络主要支持的功能如下：

- 支持数据协同和汇聚，将汇聚的数据传输到通信对端；
- 支持以 4G 移动通信、5G 移动通信等通信接入方式中的一种或多种，包含核心网和接入网功能；
- 支持对 IP 或 MAC 格式的工业数据传输；

- 支持对工业蜂窝网络设备和蜂窝终端设备的认证、设备管理安全机制；
- 支持对网络的配置和组网；
- 支持 RJ-45, RS485 等物理接口；
- 支持“即插即用”的工作方式；
- 支持版本升级失败后回退到前一个可正常工作的版本。
- 在蜂窝网络中，终端设备的主要功能如下：
- 支持将数据通过无线方式传递到蜂窝网络设备；
- 支持对工业蜂窝终端设备的认证和安全功能；
- 支持对终端设备的参数和软件的配置；
- 支持对工业蜂窝终端设备的性能和状态监测；
- 支持“即插即用”的工作方式。

3.5 蜂窝网络和 OPC-UA 的集成

OPC-UA 是目前较广泛的工厂内应用使能技术，定义了一套通用的数据描述和语法表达方法（信息模型），每种系统都可以将采用 OPC-UA 的信息模型，从而可以被其他系统所获取和集成。

在本解决方案中，通过 5G 和 OPC-UA 的结合获取业务传输需求以及完成传输协议的映射，支持 5G 对不同工业场景业务数据的传输，保障不同工业业务的传输性能，满足多种场景的业务需求。

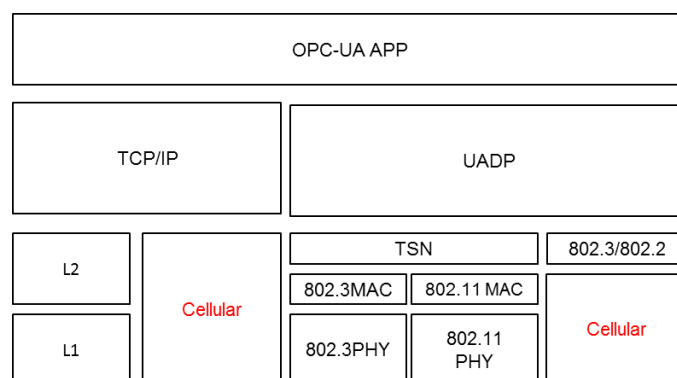


图 6 OPC-UA 和蜂窝的集成方案

基于 5G 蜂窝和 OPC-UA 的结合，5G 传输网络实时的获取待传输工业业务的传输需求，并提供对应的传输资源，更好的保障不同类别业务的传输性能。其中，图 7 给出了工业业务传输需求获取以及对应不同需求的蜂窝承载示意图。

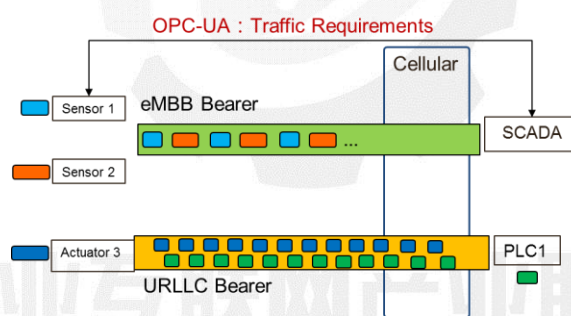


图 7 基于 OPC-UA 的业务需求获取机制

3.6 5G 蜂窝网络的安全及可靠性

1) 5G 蜂窝网络提供安全的数据传输机制

蜂窝网络提供多层次的切片安全保障，为不同类别的工业业务提供差异化的隔离服务。同时，蜂窝网络支持数据加密，完整性保护，抗重放，鉴权（认证）等功能，通过对空口数据进行加密和解密，确保数据不被窃听、篡改，保障数据传输的安全性。

2) 蜂窝网络的传输可靠性

蜂窝网络支持系统级和链路级的两类可靠性保障机制。

- 系统级可靠性保障：蜂窝网络可以提供备份链路和备份节点，保障整个蜂窝系统作为数据传输节点的工作。
- 链路级可靠性保障：数据传输过程中，网络设备提供多个数据传输链路，保障单个业务数据包在蜂窝内部传输时的高可靠性。

3.7 无缝移动性支持

蜂窝网络支持终端设备移动过程中业务数据包传输的连续性，保障无数据包的丢失。

根据终端设备移动范围的不同，分为终端设备在接入网络（AN）之间的切换和终端设备在核心网络之间的切换。

以移动过程中跨越接入网络节点为例，切换过程的流程如下：

- 1) 终端设备向源接入网络发送无线测量报告，源接入网络判断终端设备的接收质量以及移动的位置；
- 2) 源接入网络节点确定终端设备需要变更接入网络节点，则向目标接入网络节点发送终端设备信息，指示目标接入网络节点准备该终端设备的资源；
- 3) 目标接入网络节点为终端设备配置数据传输所需的资源，并向源接入网络节点确认切换准备完成；
- 4) 源接入网络节点向终端设备发送切换到目标接入网络节点命令；终端设备接入目标接入网络节点。

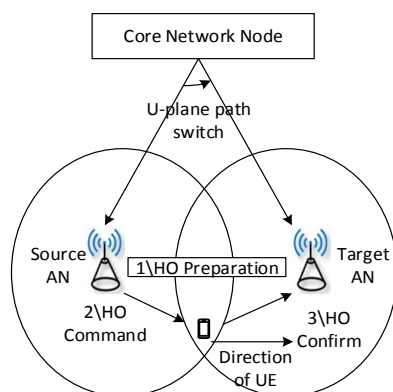


图 8 无缝移动性流程

通过上述过程，5G 蜂窝网络在不中断终端设备的现有业务的前提下，完成接入网络节点的切换，保障了工业有移动性需求的应用的数传性能。目前，5G 蜂窝网络还正在进一步的提升切换时数据传输的性能，保障终端设备在高速运动的情况下仍然能够保障数据传输的连续性，完成接入节点的切换。

4 成功案例

目前 5G 尚未商用，为了验证 5G 对工业业务的承载性能，目前正在和上海某大学的工业实验室进行基于 5G 蜂窝实验网络承载工业场景以及 5G 和 OPC-UA 结合的验证工作。预计 2019 年中验证完成，后续在相关工厂进行推广使用。

本项目中选定了流水线、机器人和机床共同组成的工业制造场景，验证 5G 蜂窝支持工厂设备和 PLC 之间、PLC 和 PLC 之间以及 PLC 和监控系统之间的通信。

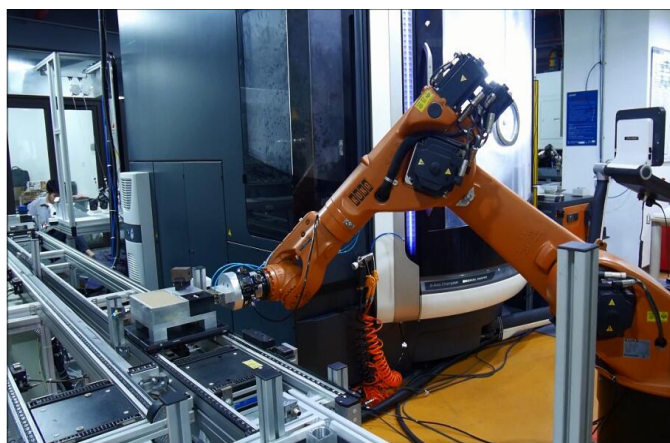


图 9 5G 蜂窝网络承载工厂内通信场景

在该实验室，机床中内置与外置的传感器用来采集信号，其中传感器包括位置传感器，温度传感器，振动传感器等等。现在工业设备常用的通信方式为 Ethernet 通信，为了验证蜂窝技术对现有设备传输保障，本方案进一步的考虑了将不同类型的 Ethernet 数据包封装为无线蜂窝数据包，通过蜂窝网络进行传输的方案，也便于后续支持存量设备的升级改造。

通过本项目，验证 5G 蜂窝网络对不同工业场景的支撑情况，同时验证 5G 蜂窝网络和 OPC-UA 的结合，实现不同层级的蜂窝设备之间的互联互通，推进工厂尤其是具有大量存量设备的工厂可以通过蜂窝技术，快速的完成数字化和智能化升级。

基于 5G 和人工智能技术的产品质量实时检测和优化方案

中国联通网络技术研究院

网络改造技术篇/前沿技术/工厂内网改造

1 概述

1.1 背景

产品质量是企业的生命，如何提高产品质量的检测效率和检测精度是企业一直关注的重点。当前产品质量缺陷的检测技术（例如汽车零部件齿轮轴等的检测）主要依赖于将产品检测图像与预定义的缺陷类型库进行对比分析，这种方法缺乏一定的学习能力和检测弹性，导致检测精度和效率低下，增加了企业生产和运营成本。

1.2 实施目标

基于 5G 和人工智能技术的产品质量实时检测和优化方案通过机器视觉、5G 蜂窝无线、人工智能、边缘计算等技术结合，实现了产品质量的实时高精度检测，通过工业云平台实现检测模型的迭代提高和共享。

1.3 适用范围

本方案的使用的工业场景为：在满足工业实时性和安全性的基础上利用机器视觉提高检测效率和精度的工业场景，优先推荐在汽车零部件加工企业中推广。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本方案在 AII 工业互联网体系架构中的位置包括智能工厂

内部及工业云平台，服务企业的智能生产任务，通过边云协同，采用机器视觉、5G 蜂窝无线、人工智能、边缘计算等新技术，实现产品实时在线高精度检测，并通过工业云平台实现检测模型的迭代提高和共享。

参考下图，本方案对应 AII 工业互联网体系架构图中的位置、作用及相关关系如下：

- 在工厂内部，通过工业相机和蜂窝网络实现在制品的实时图像采集，并将数据上传到边缘云平台，对应图 1 中的③在制品与工厂云平台（及管理软件）；
- 图像实时处理和分析 AI 算法部署在边缘云上，进行产品图像质量数据的实时分析；此外边缘云还负责将历史数据传送到中心云服务器。基于从边缘云获得数据，中心云负责 AI 模型训练、更新 AI 模型算法参数，并将 AI 模型算法参数同步至边缘云，实现边缘云质量检测算法的自我进化，对应图 1 中⑦工厂云平台与协作平台；
- 图像数据在边缘云实时处理分析后，判断产品是否合格，经过工厂控制系统和智能机器，完成残次品的剔除，对应⑤①②，控制指令从工厂云平台到智能机器、在制品之间的传输。

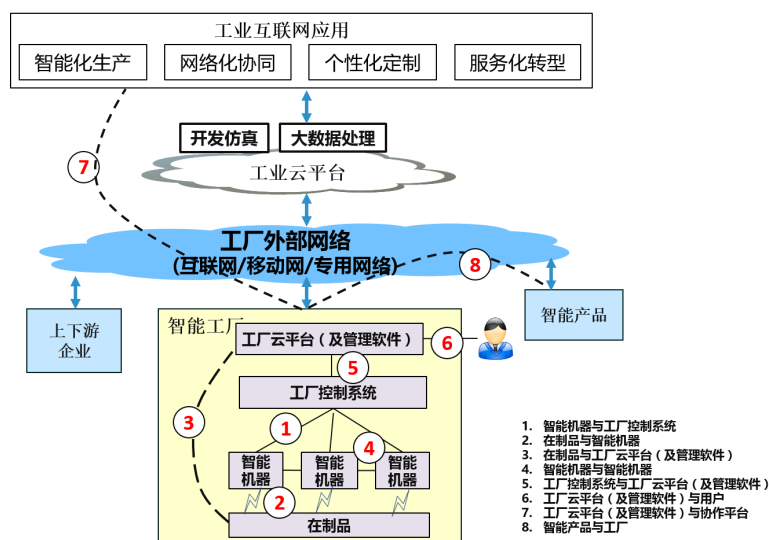


图 1 工业互联网互联示意图

此外，本方案还可支持 AII 参考体系架构（如下图所示）
演进：

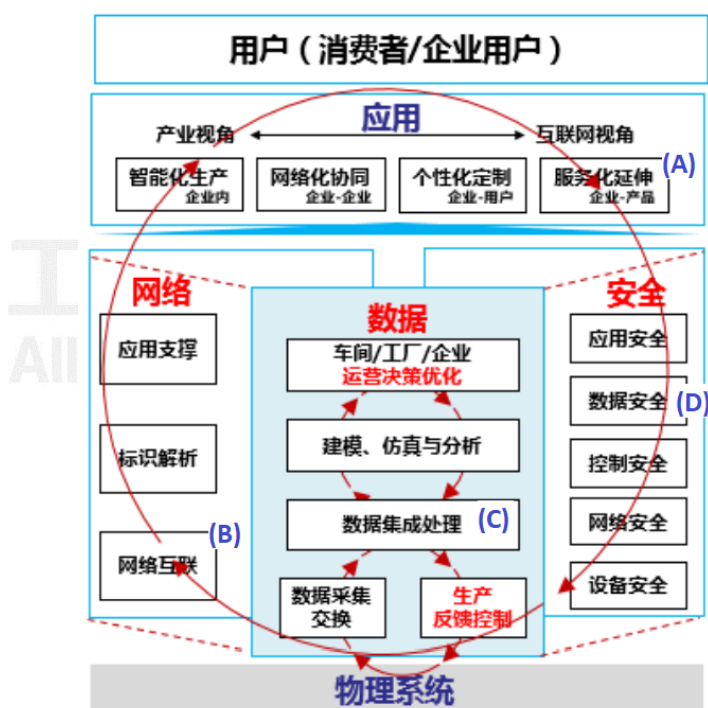


图 2 AII 参考体系架构

数据域数据采集交换：

- 试验蜂窝网络对于准实时图像数据采集、分析的支持；
- MEC 边缘云与工控机的业务协同。
- 数据域工业数据建模、仿真与分析：

- 采用机器学习对工业图像分析算法进行改进，试验多种机器学习模型；
- 试验将准实时图像分析算法部署在 MEC 边缘云上，将机器学习模块部署在中心云。

网络域应用支撑：

- 试验物联网设备管理平台在 5G MEC 边缘云上的部署以支撑低延时高可靠工业应用；
- 试验物联网设备管理平台对图像类准实时数据识别算法的支持。

安全域数据安全和控制安全：

- 实时数据在网络边缘侧完成分析处理，避免了回传到核心网，相比传统中心云处理方式，数据安全性得到有效保障；
- 网络边缘侧由于更贴近万物互联的设备，控制指令从边缘服务器发出，提高了控制安全性。

2 需求分析

当前，中国制造产品质量与国际品牌仍存在不小差距，其中一个主要因素就是中国工业产品的质检问题没有达到国际一流水平。我国现阶段工业品的质量检测基于传统人工检测手段，稍微先进一点的检测方法，将待检测产品与预定缺陷类型库进行比较，上述方法的检测精度和检测效率均无法满足现阶段高质量生产的要求。例如，在汽车零部件中，齿轮轴和万向节的质量对车辆运行安全性和持久性有很大影响，当前检测技术主要依赖于将产品检测图像与预定义的缺陷类型库进行对比分析，

缺乏一定的学习能力和检测弹性，从而导致检测精度和效率较低。



图 3 齿轮轴



图 4 万向节

要改变这种现状，必须对现有检测模式进行升级，将智能化自动质检设备大面积运用在制造业产品检测中，提高检测效率和精度。

3 解决方案

3.1 方案介绍

产品质量是企业的生命线，如何提高产品质量的检测效率和精度是企业一直关注的重点。当前产品质量缺陷检测技术主要依赖于将产品检测图像与预定义的缺陷类型库进行对比分析，缺乏一定的学习能力和检测弹性，检测精度和效率较低。本方案通过机器视觉、5G 蜂窝无线、人工智能、边缘计算等新技术的有机结合，实现产品实时在线高精度检测，并通过工业云平台实现检测模型的迭代提高和共享。

本方案的优势体现在两个方面：采用 5G 边缘云对图像数据进行实时分析，与现有中心云技术相比，边缘云可以按需部署，可部署在汇聚、综合接入等边缘机房，实现业务本地化处理，在实时性、安全性方面更好满足工业应用需要；采用 5G 技术，实现质量检测图像数据实时上传到云服务，云服务器端基于检测图像实时和历史图像数据的人工智能学习，实现算法自我进

化。

3.2 系统架构

3.2.1 整体架构实现概述

整体框架如图所示，共分为三层架构：

1) 设备层

通过工业机器视觉实现产品质量的图像实时检测，并将实时图像数据传输至边缘层进行智能分析决策，同时根据反馈结果实时操作。

2) 边缘层

边缘层接收来自工业视觉形成的产品图像数据，基于人工智能算法模型进行实时分析决策，同时将数据经过聚合后上传到中心云；同时接收经过训练的数据处理模型进行更新，以提高检测精度。

3) 中心云

接收来自边缘云聚合的数据信息，训练模型，将新模型参数输出到边缘云端，完成数据的分析和处理，中心云根据周期数据流完成模型迭代。

通过 API，中心云上的基于人工智能的检测模型可被第三方调用，实现模型的共享。

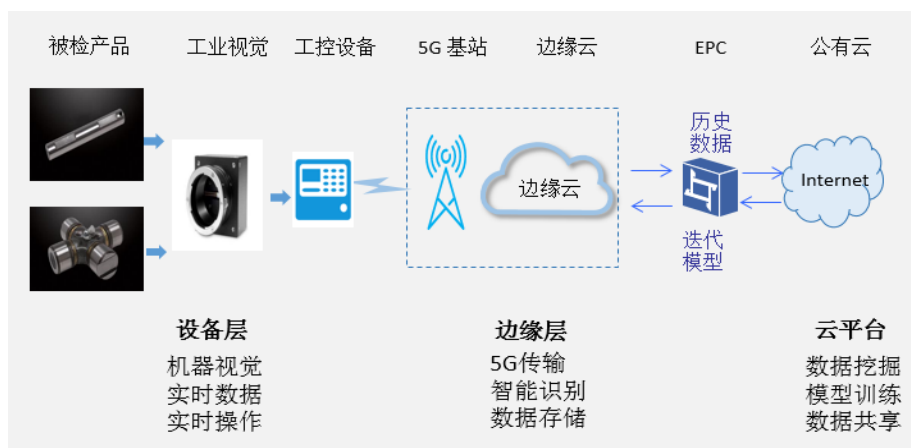


图 5 方案整体架构

3.2.2 架构特征

- 1) 实时性：由于图像数据采用 5G 边缘云技术在靠近设备的边缘侧被分析处理并即时反馈给应用方，满足了工业应用实时性的要求；
- 2) 精确性：在云端基于历史数据完成对模型的训练，训练后的算法模型在边缘层持续完成迭代更新，识别精度随着模型的训练逐步提高；
- 3) 数据安全：数据在本地边缘层进行实时分析和处理，在满足实时性的同时更大限度的保障产品数据的安全；
- 4) 模型共享：训练模型可在云端通过 API 调用的方式进行共享，提升行业整体水平。

3.2.3 边缘云部署

在本方案中，主要试验 MEC 边缘云与工控机的准实时性业务对接、与物联网设备管理平台的对接。

为解决降低开销，降低时延，自适应响应等问题，需要一种新的网络资源模型，即为边缘节点配置计算和存储能力，让其在更接近高数量增长的终端设备的同时，降低云端的计算负

载，降低服务延时，同时也可以降低整个网络的带宽开销。

5G 网络中，MEC 可作为独立设备进行灵活部署，可部署的位置（见图 6）包括边缘级、区域级、地区级。在实际部署中，需要根据业务类型、处理能力、网络规划等要求，将 MEC 部署于网络中的合适位置。本方案中，MEC 部署在接入级，位于接入机房，为客户提供业务本地处理能力。

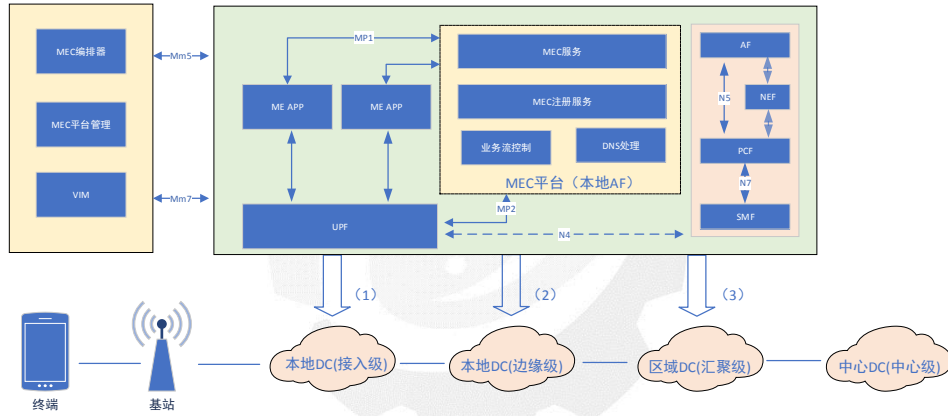


图 6 边缘云部署方案

3.3 网络拓扑设计

本方案为两级星型拓扑结构（如下图所示），第一级为工业视觉设备和工控机之间的星型组网，第二级为工控机和蜂窝基站间的星型组网。首先，多个工业视觉设备和一个工控机通过工业总线形成星型组网，完成工业产品图像数据的传输和工业残次品的剔除控制；其次，工控机和蜂窝基站形成星型组网，完成基于模型的图像实时决策判断和数据的传输。

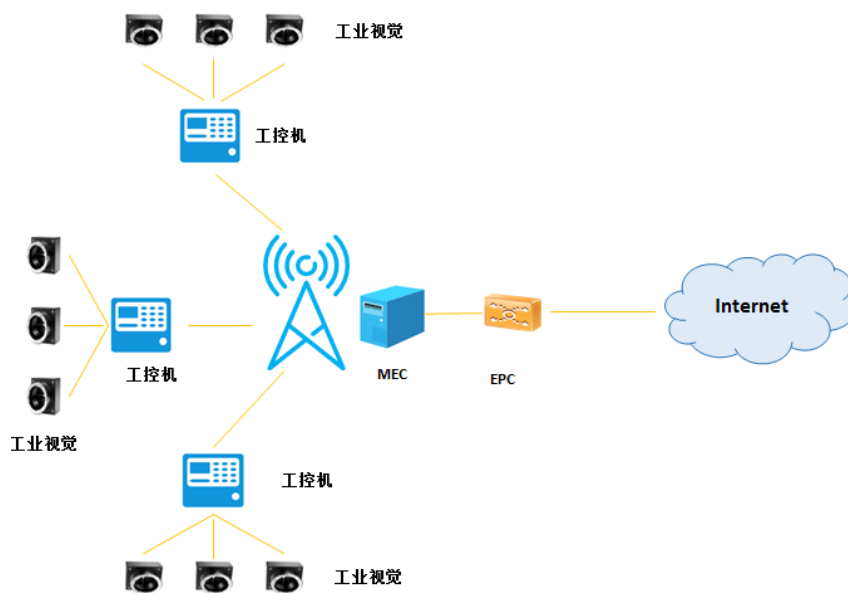


图 7 网络拓扑结构

3.4 功能设计

本方案的功能设计包括数据采集、工控机、边缘云、中心云四个功能模块。

- 数据采集：在生产设备处完成产品图像的数据采集，采用蜂窝网络将产品图像数据传输到边缘云；
- 工控机：通过产品的图像数据与模型数据的实时智能分析，完成智能控制，剔除残次品；
- 边缘云：在边缘云完成的功能包括产品图像数据的存储，数据聚合后向中心云上传，边缘侧任务的编排，边缘云资源的调度，接收来自中心云的模型数据等；
- 中心云：中心云完成数据存储、数据挖掘、模型训练、数据共享等功能。中心云接收边缘云聚合的产品数据，经过机器学习，完成模型训练，并将模型周期性发送到边缘云端。同时，该方案可在中心云通过 API 调用，实现模型的共享。

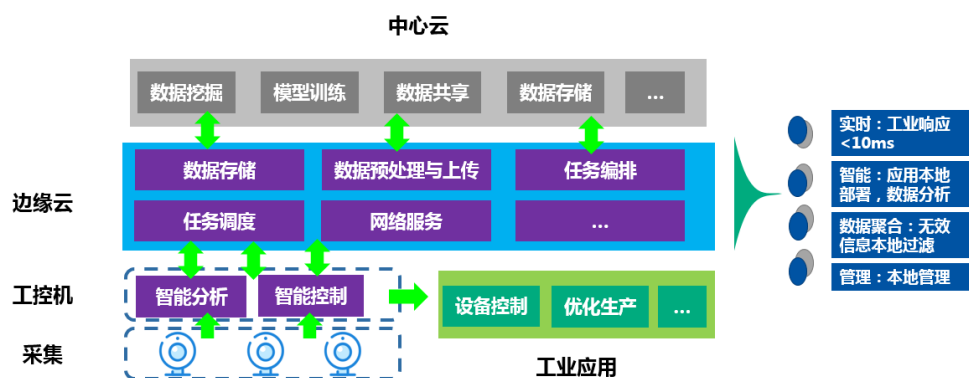


图 8 功能架构

3.5 安全及可靠性

本方案的安全及可靠性体现在以下三个方面：

- 数据接入采用蜂窝网络代替传统 WIFI 接入方案，在抗干扰、安全认证、QoS 质量保证方面提供运营商级的保障。
- 采用 MEC 边缘云技术，利用 MEC 边缘云的分流功能，将从装备采集来的原始数据在本地处理，数据无需经过核心网，大大缩短了数据在网络中的传输路径，安全性得到了提高。
- 设备、应用与平台数据交互均采用 SSL 安全加密机制，支持 128 位 AES、64 位 DES、3DES 等算法，支持设备认证鉴权，提供电信级安全保障体系。

4 成功案例

本方案已经成功应用在万向集团汽车零部件产品的检测中，帮助企业提高了检测效率，节省了成本运营成本，具有很大的商业价值和经济效益。

● 商业价值

从云与平台的角度的度：云平台可实现检测模型的调用和共享，通过训练模型术对金属表面缺陷识别、缺陷特征、缺陷规律等

进行显性化、模型化、代码化，同时可供零配件制造业 APP 开发者灵活调用，解决相关场景的核心和痛点问题，这将带来巨大的商业价值。

从数据采集及处理的角度：采用全新的设备数据重构方法，采集异质型数据非透明设备的运行数据，此采集设备能够广泛应用数字化工厂的建设，同时能够实现 MES、ERP、PLM 等企业管理软件的自动生产数据获取，设备具有很大的市场前景。

从 MEC 边缘云的通信新技术角度：基于三层架构的边缘侧服务器构建，同时让人工智能算法嵌入边缘服务器，实现半定制化的行业深度应用，此人工智能算法和产品质量改进方法具有行业普遍性，在配车零配件生产类企业中具有很大的市场推广价值。

从 5G 技术在智能制造中应用的角度：5G 在工业领域具有非常广阔的应用前景，5G 的三大场景 mMTC，URLLC，eMBB 将在工业领域助力实现全系统、全流程、全产业链、全生命周期的网络连接。日前，首个完整意义的 5G 标准正式冻结，本方案将成为 5G 在工业生产中应用的一次有益尝试，为未来 5G 大规模商用提供前期技术积累。

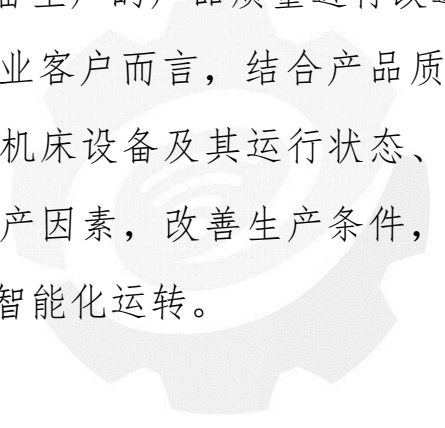
● 经济效益

利用机器视觉技术实现产品质量检测精度和检测效率的大大提升，在降低生产成本的同时提高了产品质量，从而避免了产品因质量问题带来的经济损失，同时利用机器视觉技术可对各类型的产品质量图像检测进行自主学习，大大提升了检测柔性，进一步提升了企业产品的市场竞争力，从而给企业带来巨

大的经济效益。

边缘侧采用数据重构方法，支持异质型数据非透明设备的接入，可灵活配置支持多业务场景，包括设备厂商、终端工厂、设备租赁方、维修方、代理商等等，让设备拥有者或者厂商可以远程管理自己销售出去的所有生产设备，通过本测试床使用的方法，实时获取设备运行数据和生产状态，从而基于设备的数据和统计，对设备生产的产品质量进行改进。

对于制造类企业客户而言，结合产品质量情况，同时利用车间中运行的所有机床设备及其运行状态、故障记录、产量、良品率、保养等生产因素，改善生产条件，改进工艺流程，让工厂设备可以完全智能化运转。



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

5G 工业互联网汽车企业外网改造集成应用项目

中国联合网络通信有限公司安徽省分公司

网络改造技术篇/前沿技术/工厂外网改造

1 概述

1.1 背景

国务院《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》明确要求，到 2020 年，在 5G 研究中开展面向工业互联网应用的网络技术试验，协同推进 5G 在工业企业的应用部署。

1.2 实施目标

本项目针对工业制造应用场景的需求，以 5G 和工业无线网、工业以太网融合架构及关键技术在智能制造企业中落地试点，实现智能制造关键网络设备研发及应用示范，通过和智能制造建设单位的互动，全面推动“5G+智能制造”的产业发展和技术创新。

1.3 适用范围

本解决方案适用于大型制造类企业，智能工厂内、多个厂区、厂区工业智能产品、产业链伙伴等的互联互通，完成网络建设信息采集与控制平台、资源协同平台或工业大数据分析平台开发。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本解决方案在下图中所处的位置为 8. 智能产品与工厂。

本项目适合于智能产品与工厂的工厂外部网络，利用 5G 网

络、NB-Iot、互联网、专线等网络，构建连接多个厂区、工业智能产品、产业链伙伴等的网络；利用基于边缘计算的 5G 工业网络时延优化及流量控制技术,保证关键实时业务与大量流量数据传输的 QoS。建设信息采集与控制平台、资源协同平台或工业大数据分析平台，实现企业间、企业内部部门间资源、能力和需求的协调对接，实现产品的远程监测、维护、服务和信息分析；利用 5G 网络、互联网、专线等网络，构建面向加工、装配环节的多机协作的设备移动等典型工业场景的现场试验平台，验证低延迟、高可靠的工业制造网络应用。

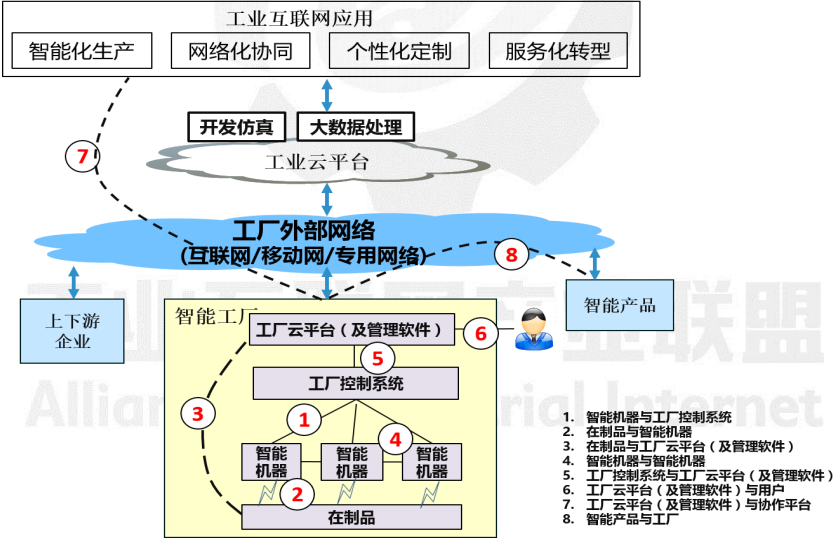


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

2017 年 10 月，国务院总理李克强主持国务院常务会议，通过《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》。

《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》明确要求，到 2020 年，在 5G 研究中开展面向工业互联网应用的网络技术试验，协同推进 5G 在工业企业的应用部署。

该项目针对工业制造应用场景的需求，将以 5G 和工业无线

网、工业以太网融合架构及关键技术研究为重点，为未来 5G 无线移动通信网在工业制造领域的应用奠定基础。

3 解决方案

3.1 方案介绍

1) 利用 NB-IoT、5G 网络、互联网、专线等网络，构建连接多个厂区、工业智能产品、产业链伙伴等的网络，开展基于 5G 网络的工厂外网络改造应用、基于 NB-IoT 的远程管理维护监测、基于带宽网络技术的业务协同应用。

2) 负责建设信息采集与控制平台、资源协同平台或工业大数据分析平台，实现企业间、企业内部部门间资源、能力和需求的协调对接，实现产品的远程监测、维护、服务和信息分析。

3) 利用 5G 网络、互联网、专线等网络，构建面向加工、装配环节的多机协作的设备移动等典型工业场景的现场试验平台，验证低延迟、高可靠的工业制造网络应用。

3.2 系统架构

3.2.1 基于5G 的智能工厂互联互通

建立工业互联网企业外网络，采用 4G/5G、宽带网络、NB-IoT 等技术，实现多个厂区、工业智能产品、产业链伙伴等的互联互通。

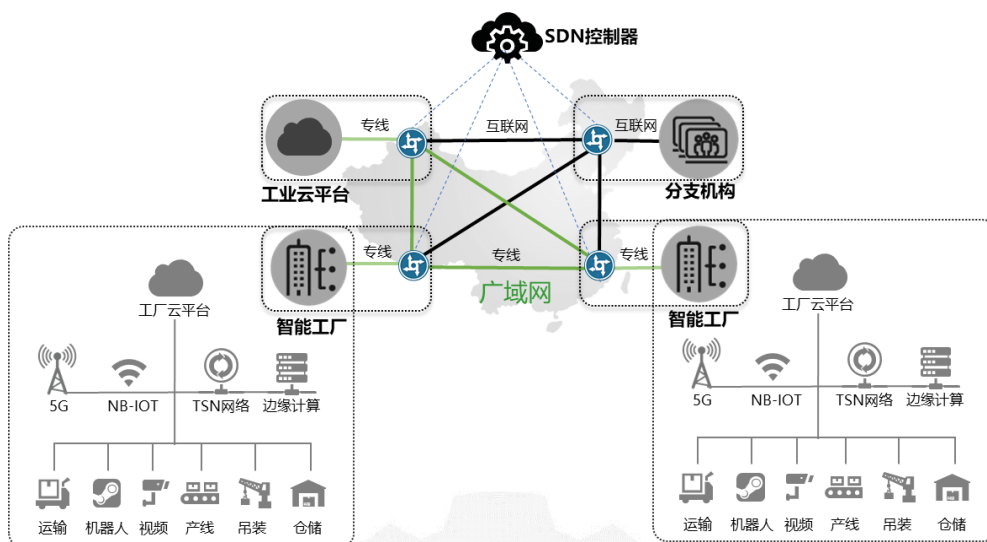


图2 面向工业制造的工厂外网络互联互通架构

3.2.2 基于5G 的智能制造应用云平台

在总部建设基于信息物理融合的智能生产中的数字化检测和多源异构数据采集、集成与融合技术平台采集和汇总各单位数据，通过能源管理中心对各生产和研发基地的相关数据进行统计、分析、评估和发布。

1) 数据通讯

- 支持带数字接口的电表、水表、燃气表、流量计、油表的数据采集。
- 数据采集可通过拨号、网络、光纤等通道连接厂站端的采集终端。

2) 数据采集

- 支持自动对系统中所有计量点数据进行自动轮询、自动采集。
- 支持自动周期采集和人工手动远程补抄，自动抄表方案可配置。
- 支持数据传输正确性检验，异常数据自动标识。

- 每日定时对所有数据采集终端自动对时。
- 支持断点续传和通信任务自动恢复。
- 能显示主站与终端通信进度和状态。

3) 数据管理

- 数据管理包含能源消耗量的管理（实物量及标准量）和能源消耗成本的管理。
- 数据来源分为数据自动采集、数据集成采集、移动终端录入及手工录入等方式实现。
- 自动采集数据、数据集成采集、利用移动终端数据扫码、手工录入数据共同生成各事业部/工厂的一套完整管理数据，作为能源管理的数据应用。
- 系统可以提供实时采集数据查询，日报、月报、年报的查询服务。提供各类报表的统计功能，报表基于EXCEL设计开发。
- 针对管理涉及主要数据，可以采用手工录入方式，例如产量、能源单价等。
- 实现消耗量与标准量的自动计算生成。
- 将系统上线前一年及上线年度的 1-本月数据录入系统。
- 历史数据查询可以按照分工厂，工厂分部门进行索引，选择需要查询的单位可以自动生成报表结果。

● 4) 数据集成

- 支持通过数据接口的方式从其它管理系统中获取能源相关数据、生产产量相关数据等。

5) 数据融合

- 自动计算各类能耗数据的最小间隔，小时，日，月，季，年用量。
- 根据要求，分时段，分线路、分班组准确快速统计计费、考核、出线等各类用量信息。
- 按日、月或任意时间段准确快速统计计算线损指标，包括线损、母线平衡、变损以及主备表误差等，并可进行多种方式的比较，可以绘制各类平衡情况的动态变化曲线。
- 支持阈值的设置，并根据计算结果自动告警，极大地提高了用能分析和用能监察的水平。
- 正确处理换表、满度归零、换互感器、旁路替代操作对用量统计的影响，计算时补充各种异常用量。
- 支持原始采集数据，经授权修补/追补数据等参与计算。
- 支持定时/事件触发的自动计算或随时手动计算。

3.2.3 基于5G 的智能制造应用示范

系统实现借助5G技术与工业互联网融合，实现海量图片的瞬时传输。同时通过智能相机及传感器相关信息，指导机器人更高效的作业。

拟引入视觉检测系统，应用在涂胶机器人作业和零部件外观检作业方面，进一步提升智能制造在汽车制造过程的应用，借助5G技术与工业互联网融合，实现海量图片的瞬时传输，通过智能相机捕捉零部件外观质量，器具位置，胶线缺陷等信息，指导机器人更高效的作业，应用场景如下：

随着汽车自动化和信息化的深化应用，汽车自动化水平不断提升，以自动化设备代替传统人工作业，提升作业效率的同时也提升了产品品质。涂胶机器人在汽车的涂装工艺、总装工艺中广泛应用，因零部件曲率变形，器具安装偏离、胶泵异常等情况导致的断胶、漏胶等情况偶有发生，由此需在涂胶工位之后设定质检工位，人工判定涂胶质量，进行补胶作业，影响生产节拍。

3D高速跟随视觉检测系统是一套视觉辅助系统，通过3D激光引导定位系统，识别车身置件的位置偏差，利用5G网络将扫描的3D成型图像传递给服务器，由服务器对车身置件的位置偏离进行计算补正，将补正后的坐标信息通过5G网络传递给涂胶机器人，指导机器人依据车身置件的差异，精准定位涂胶位置。

其系统原理如下：



图3 3D激光引导定位系统原理图

➤激光扫描定位系统：



图4 3D激光引导定位系统定位示意图

在涂胶机器人手臂加装3D激光扫描设备，智能相机和补光设备，因机器人手臂需进行灵活作业，所以数据通讯不能采用传统的网线接入的方式，同时因3D扫描数据是动态数据传输，需实时传输且数据量较大，需借助5G网络实现大数据同步传输，便于图像处理系统能依据数据实时成像，其架设示例如下：红框标注部分为3D激光扫描设备和智能相机。

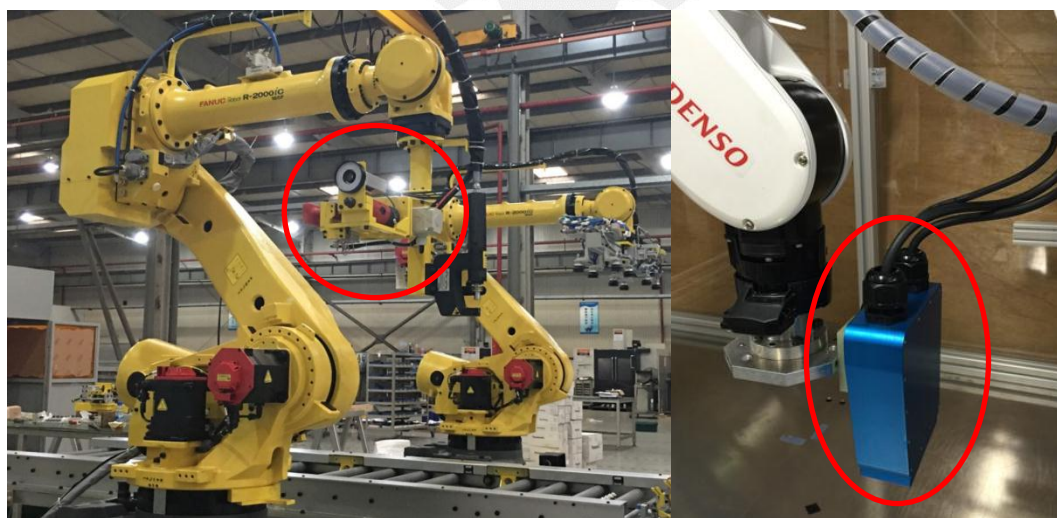


图5 3D激光引导定位系统架设示意图

高速跟拍的3D摄像头跟随涂胶机器人的胶枪，以每分钟200张照片的速度，对涂胶线进行高速跟随拍摄，并实时将图片传递给图像处理系统进行图像的识别处理，结合检验标准对涂胶位置、高度、偏差量进行判断，对断胶、拉丝、溢胶等情况进行实时检测和报警。其系统原理如下图所示：

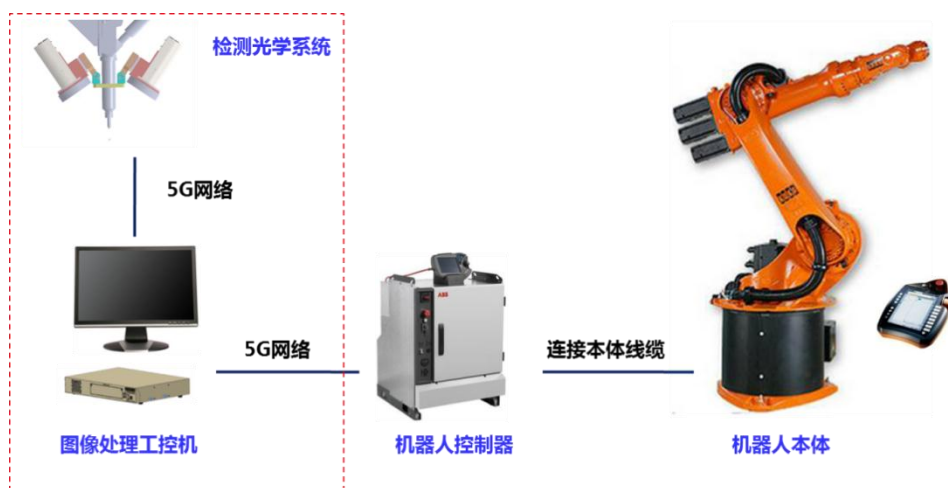


图6 3D高速跟随视觉检测系统原理图

在涂胶机器人手臂加装双摄像头，并配置补光设备，于胶枪两侧跟随胶枪移动拍摄，将海量图片通过 5G 网络传递给图像处理系统，下图是设备安装的示意图：

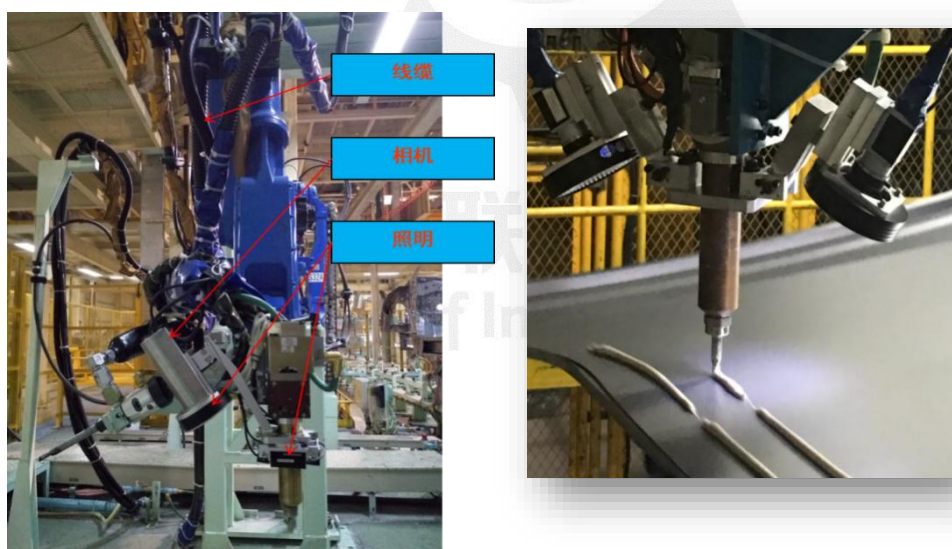


图7 3D高速跟随视觉检测系统架设示意图

图片传递给图像处理系统，图像处理系统首先对图片进行处理，确保胶线能够清晰的在图片中标识出来，如下图所示：



处理前



处理后

图8 图片处理示意图

处理后图片，系统会对图片中胶线进行定位分析，识别胶线位置，测定胶线的各项参数，并与工艺指标要求进行判定，最终给此次涂胶作业的检测结果给予判定，其检测过程如下图所示示例所示：

- 1、在拍到的图像中，对胶的位置进行定位。
- 2、根据胶的定位结果确定出涂胶检查的范围，以加快处理速度和精度。
- 3、根据胶的边界图像，提取胶的特征数据。
- 4、对胶的特征数据进行处理，测量出胶的宽度。
- 5、根据设定的检查上下限数据，判断检查结果、OK/NG。

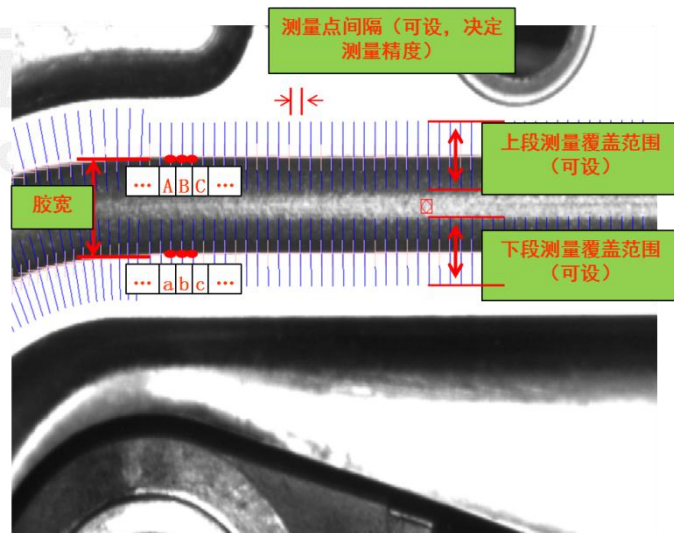


图9 检测过程示意图

检测结果通过 5G 网络传递给机运系统，通知机运系统此工位加工完毕且检验合格，机运链或划撬可以运行，开始加工下一车身置件。

整个涂胶过程需要在一个节拍内完成，因此需要在 4 分钟内完成 3D 扫描成型，激光引导定位、涂胶高速跟随拍照、图片处理、检测验证和结果判定作业。其中的技术难点是实时扫描数据、大量高清图片的实时传递，需要借助 5G 网络实现。

4 成功案例

本解决方案已经在奇瑞汽车集团企业外网络化改造集成应用项目中实施。

1) 基于 SDN、5G、NB-IOT 等技术完成奇瑞集团工厂外网互联互通系统，完成奇瑞集团一二三四五厂、汽研院、实验中心等七大核心厂区（芜湖），省外工厂（大连、鄂尔多斯），以及捷豹路虎（常州）、观致（常州）、凯翼（宜宾）、新能源（芜湖城南）四个独立品牌工厂之间的网络互联互通改造；支持专线、互联网、5G 等多种类型的互联互通方式，支持基于 SDN 的网络调度管理。基于 NB-IOT 等技术实现远程管理维护监测。基于 SDN、5G 等技术完成基于带宽网络技术的业务协同应用。

2) 完成网络建设信息采集与控制平台、资源协同平台或工业大数据分析平台开发。信息采集与控制平台：对具备联网条件的 1800 台设备进行数据互联，实现设备的产量、运行状态、可用能力等信息实时采集，并可以下发工艺参数、现场告警等信息资源协同平台：对零部件供应体系中 600 家供应商进行物料拉动、信息共享、及生产现场配送指导等；工业大数据分析平台：收集 15 条生产线的劳动效率、设备启停、人员出勤等信息，运算和分析生产线可动率、单车工时趋势等效率指标，提供给决策层作为企业效率分析依据。

3) 实现新增智能产品 90%以上联网且可管理, 实现信息采集与控制平台, 对设备进行数据互联, 实现设备的产量、运行状态、可用能力等信息实时采集, 并可以下发工艺参数、现场告警等信息。

4) 系统实现借助 5G 技术与工业互联网融合, 实现海量图片的瞬时传输。同时通过智能相机及传感器相关信息, 指导机器人更高效的作业。



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

1 概述

1.1 背景

工业互联网浪潮下，IT、CT 和 OT 技术已经出现深度融合的趋势。IT 需向 OT 注入敏捷灵活的业务应用，例如工厂网络如今普遍引入 MES、SCADA 等工业软件系统；工业生产流程正在向数字化与信息化发展；基于大数据的人工智能以及预测性分析也得到了越来越广泛的应用。CT 向 OT 注入可靠可管的网络服务，例如 CT 需满足工业网络有线或无线等接入方式的多元化需求；需要 SDN 技术实现网络灵活调度集中优化；需要 NFV 技术实现网络设备资源共享和多生态应用等，以保障低时延、高可靠、确定性的工业内外网络承载。

在垂直行业的多样化需求的促使下，运营商需要提供端到端的全方位服务。一方面，不同垂直行业存在多样化的网络接入方式以及协议标准。另一方面，不同的业务也对组网有着差异化的需求，例如 VxLAN、L2TP 等的各类隧需求、苛刻的端到端网络时延需求、极高的安全性及数据隐私保护需求和端到端的贷款保障与定制化 QoS 需求。在新型的网络需求背景下，运营商需化“管”为“保”，提供服务质量可保障的能力，张弛有度地经营共赢生态，促进行业健康有序发展。

1.2 实施目标

网络切片是从运营商网络中划分出的一部分基础设施资源以及网络/业务功能实体形成的虚拟网络及资源池。面向服务可保证的工业互联网网络切片解决方案可以为垂直行业用户提供连接、带宽、时延、安全、管理、可靠性等多样化的网络定制服务。

1.3 适用范围

本方案利用网络各层的物理和逻辑隔离技术来划分网络资源，为垂直行业提供质量可保障的基础网络服务，适用于各个垂直行业以及对网络质量有特殊需求的场景，例如低时延以及确定性时延的工业运动控制场景、企业各分部之间高安全需求的专线场景以及组网方式灵活可变的柔性制造场景等。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

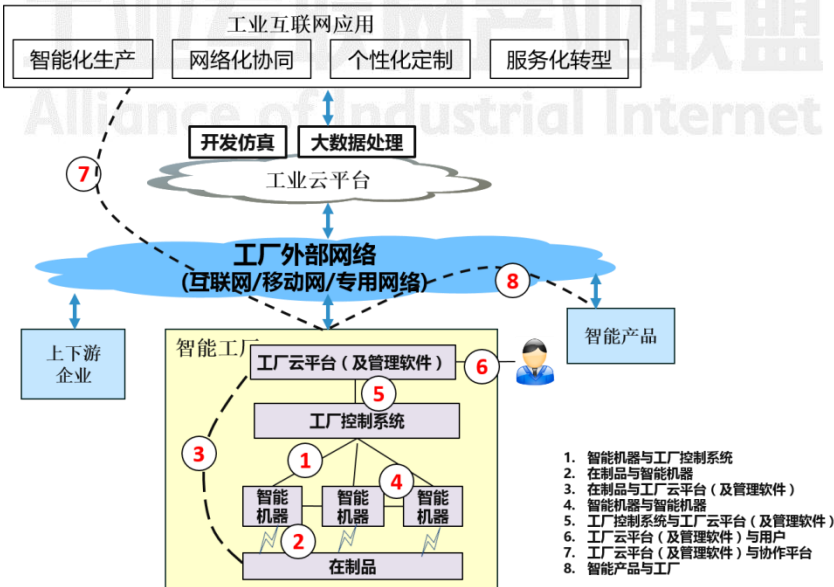


图 1 工业互联网互联示意图

本解决方案主要涉及工业互联网体系架构中的工厂外部网络（互联网/移动网/专用网络），并涉及多方面的业务流程，例如，工厂云平台与协作平台、智能产品与工厂之间数据的安全

传输问题；也可应用于智能工厂内部网络，例如智能机器与工厂控制系统的交互、智能机器之间的交互、工厂控制系统与工厂云平台交互的实时性以及可靠性问题。

2 需求分析

2.1 业务端到端时延可保证

传统业务聚焦带宽保证，现阶段承载网通过建设专网、流量优化调度和及时扩容的手段，满足业务对带宽的需求。在较高的带宽需求之外，新型业务为用户提供极致的业务体验，对网络端到端的时延也提出了新的需求，包括了极低时延和确定性时延两方面。

极低时延需求是对时延的绝对值进行优化，从数十毫秒提高到数毫秒，已经成为 IP 承载网未来技术演进的重要需求之一。在车联网、远程医疗等极端业务场景中，时延要求达到 1 毫秒以下，否则业务将无法正常运行，从而带来一系列安全性等问题。

确定性时延针对时延标准差进行优化，是端到端时延敏感型业务质量衡量的新维度，也对网络承载技术提出了更高的要求。工业控制、远程医疗、机器人等应用领域需要控制信令端到端精准的传输，例如多机械手臂联动、柔性制造，人机互动等场景下，确定性时延是多个控制系统协作的基础。

工业互联网网络发展的目标是低时延+高确定性，不仅要实现及时性，更要实现准时性。时延指标无法用设备转发能力的堆叠实现，而是需要从设备转发面、控制面的实时性，设备部署位置等维度综合考虑和优化，这将是下一代承载网面临的重

要挑战和技术难题之一。

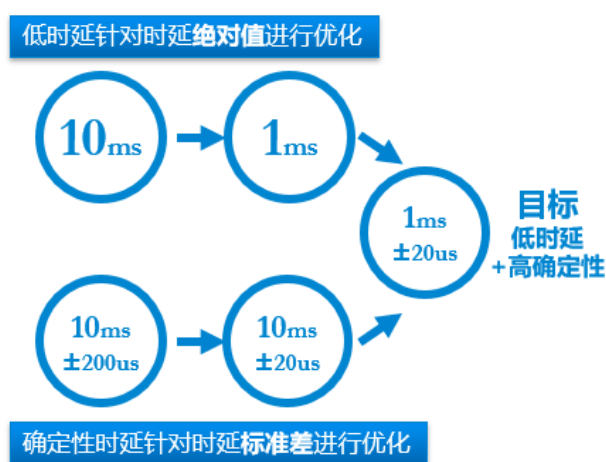


图 2 工业互联网网络时延优化目标

2.2 泛在的计算及存储资源改变流量模型

集中式 DC 部署呈现汇聚式流量模型，以主机为请求对象效率最高，流量的疏导和优化在汇聚式流量模型中呈现一定规律性，较为容易疏导。

泛在的边缘计算促使流量模型离散化，泛在的计算/存储资源是满足未来业务极致体验的必然发展方向，流量模型更加扁平化、离散化；以信息为请求对象（ICN）有利于提高网络使用效率。

网络切片可以在提供专用网络连接资源的同时，也提供定制化的相应的计算和存储资源，以满足泛在计算新型的流量模型。

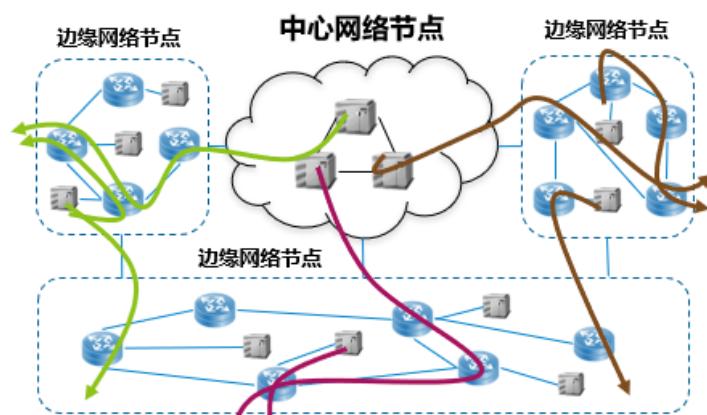


图 3 扁平、离散式的流量模型

2.3 网络及数据的安全

工业互联网的趋势下，工厂内网需要 IP 化进行互联互通，部分数据会上传至云端进行数据分析等。工厂网络互联互通为生产制造全流程自动化提供了网络基础，云网互联为大数据分析优化生产效率等提供了存储及计算资源，同时，也将会带来一定的安全风险。原本工厂层级化的组网模式可以使车间网络免受互联网攻击带来的影响，全网 IP 化为工厂全网以及各子网之间的安全性提出了更高的要求；工业数据上传至云端也带来了数据被窃取及篡改的风险，需要更加可靠和安全的专用网络传输机制也来保障工业数据的安全。

3 解决方案

3.1 方案介绍

网络切片是从运营商网络中划分出的一部分基础设施资源以及网络/业务功能实体形成的虚拟网络及资源池，满足垂直行业用户在连接、带宽、时延、安全、管理、可靠性等多样化定制需求。

在传统网络“尽力而为”的传输方式下，多种业务流数据在网络中混合传输，相互干扰，无法确切保证某种业务流的传

输需求，如图 4。网络切片可以将大网资源进行细粒度划分和专用，为不同业务提供定制化的保证能力，如同不同业务都在各自的“专网”上传输，互不干扰，具有专用性、异构性和灵活性等特点，如图 5。

专用性：网络切片实现网络资源的高隔离性来保证业务间的专用性，并可以提供带宽时延等指标的保证。

异构性：网络切片可以兼容承载网各管理域，形成全网络资源视图，实现端到端编排。

灵活性：网络切片具备随业务需求变化而灵活调整的能力，提供可定制的业务要求和体验。

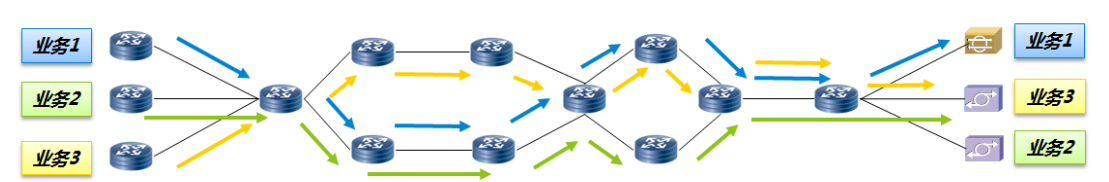


图 4 不同业务在传统网络中大多采用尽力而为的方式进行承载

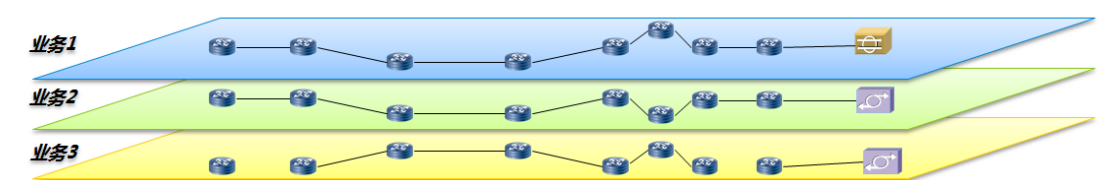


图 5 网络切片为不同业务提供隔离性强的定制化的保证能力

在网络切片服务中，运营商是典型的网络切片提供商，拥有网络基础资源及该资源上承载的各类网络/业务功能实体，基础资源和实体是网络切片的组成元素；网络切片的租户可以是虚拟运营商、行业用户及个人用户。通过运营商的切片管理系统，租户可以根据自己对基础资源及网络/业务功能的要求申请定制化切片服务。

3.2 系统架构

系统架构包含了网络切片编排器（NSO）、可用的切片相关技术管理、底层网络资源和功能等部分，并且包含了网络配置模型（NCM）和设备配置模型（DCM）等模型。切片提供者将网络切片作为服务(NSaaS)传递给用户，但是往往用户可能需要不同的切片技术来实现相关功能，这就需要网络切片的编排器来协同异构的底层网络资源。

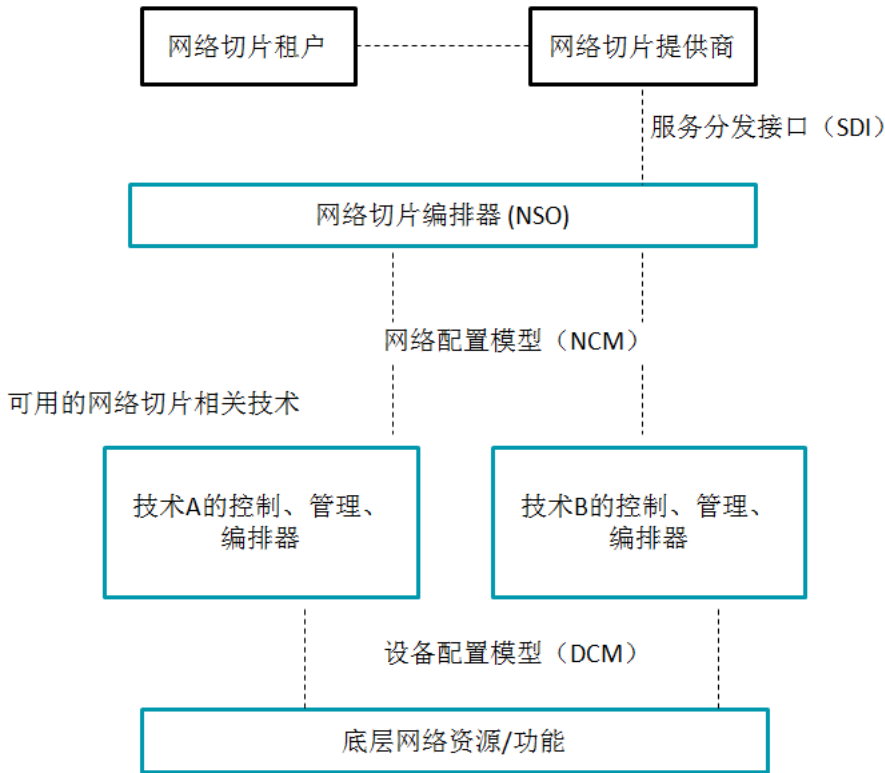


图 6 网络切片的编排架构

用户 NST 通过服务模型来请求 NSaaS,该服务模型用用户的语言来描述切片，通常为业务体验类的语言。切片提供者（运营商）将用户需求翻译给服务传递模型，这个模型可以用来描述运营商怎么使用自己的资源来提供支持业务。该传递业务模型会被发送到网络切片的编排器（NSO），并且和不同的技术来映射，进一步分解到网络配置模型中。最终在网络配置模型

(NCM) 中建立起相对应的底层设施和功能的参数，从而调用相应的底层资源建立起相应切片的服务。

3.3 网络拓扑设计

网络切片的建立及业务的访问流程如图 7 所示，主要包括参数映射、切片编排与分发、域管理控制等。参数映射模型提供将切片用户的业务需求映射为具体网络性能指标的依据，切片编排与分发器调用相应底层的连接与存储资源来实现不同指标网络切片的建立，域管理控制实现网络切片的跨域传输。

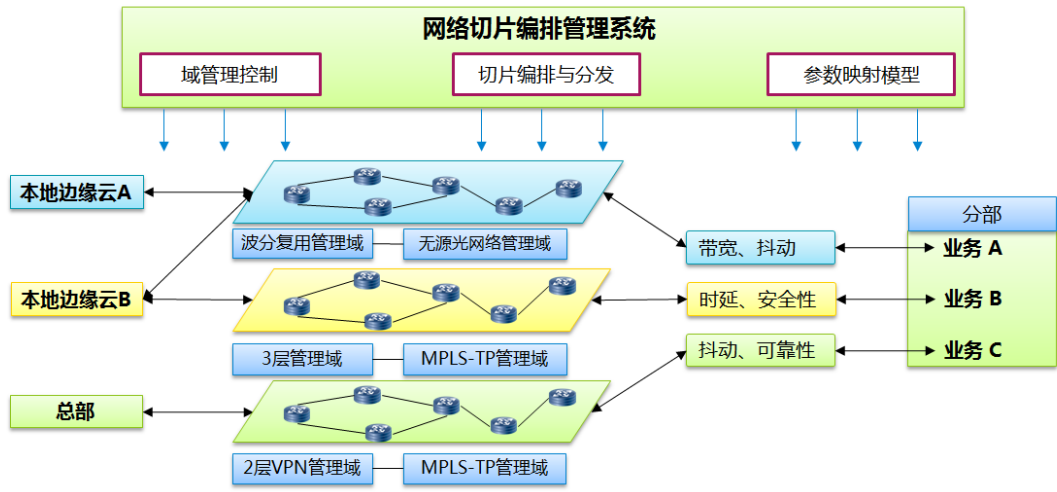


图 7 网络切片的建立及业务传输流程

3.4 功能设计

3.4.1 网络切片的智能化配置

网络切片实施的关键步骤是将用户的实际需求映射为传统网络质量需求，例如将流畅清晰地播放视频和语音，实现网络设备的即插即用以及保障 7 天 24 小时随时在线等需求，映射为网络的平均峰值带宽、时延、抖动以及故障保护等指标，从而使网络切片提供商提供相应专用、隔离、服务可保证的网络切片。并且，可以引入 AI 技术实现参数映射和迭代优化，更好的满足用户需求。

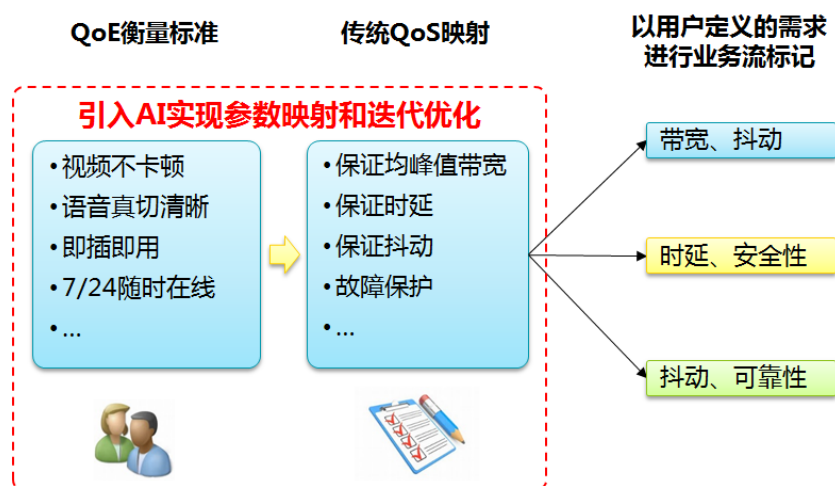


图 8 网络切片的智能化配置

3. 4. 2网络切片的跨域管理

跨管理域编排实现端到端的网络切片管理，满足不同网络拓扑、性能与功能的需求。网络数据的传输过程中，不同的业务会由不同的方式或不同的网络协议进行承载转发。例如，分支机构向总部的业务请求，可能会经过 2 层 VPN 到 3 层路由等协议，分支机构向云发送业务请求，可能会经过无源光网络到波分复用的转换等。网络切片需实现网络各层级转换的无缝衔接，保障业务数据流端到端的可识别性，从而提供专属的网络切片来进行承载和转发。

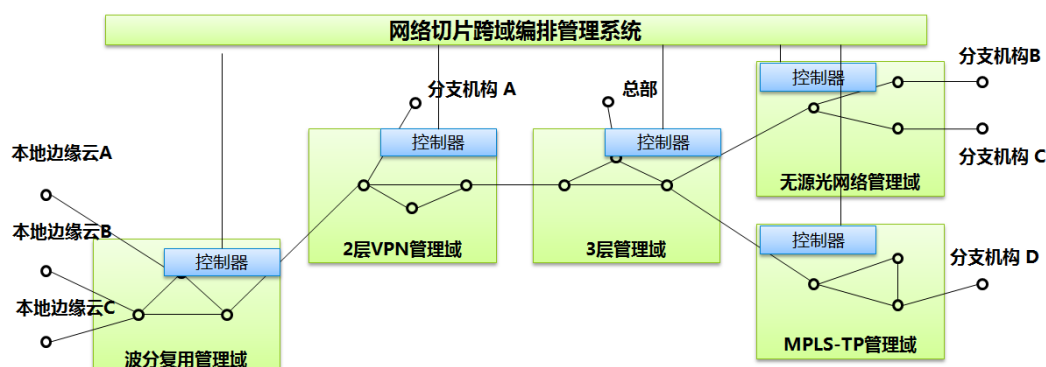


图 9 网络切片的跨域管理

3. 4. 3计算资源与连接资源统筹调度和编排

网络切片可以实现计算资源与连接资源统筹调度和编排，

满足垂直行业需求的网络与计算资源一站式服务。传统模式下，用户需要分别向云服务提供者和互联网服务提供者请求 IaaS、PaaS、SaaS 服务以及 VPN、CDN 等网络服务。网络切片可以通过仲裁服务商提供给用户集成式一体化的端到端的服务。

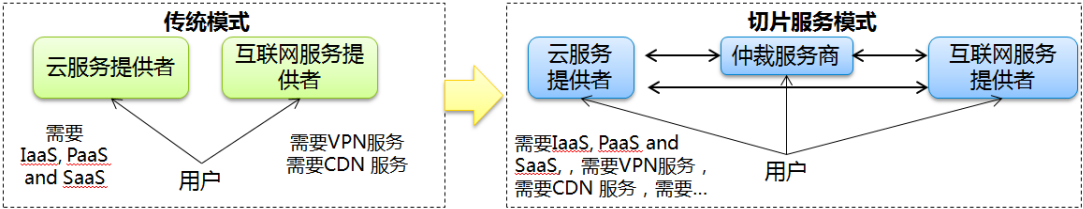


图 10 网络切片提供一站式服务

3.5 安全及可靠性

网络切片技术的安全性和可靠性在业界还有待讨论，但网络切片解决方案可以在一定程度的保障业务的安全性。网络切片将网络各层资源进行物理和逻辑上的划分，具有非常强的隔离性，各切片之间共享物理网络通道但互不干扰，某一条或几条业务流的传输失败或某个网络切片的传输异常不会对其他切片和业务造成影响，保障了业务的可靠性。同时，网络切片还可以利用加密、隧道协议等技术来保证业务流的传输安全性，避免数据被窃取识别，保障了业务的安全性。

1 概述

随着用户的数据中心、广域网、园区网络的成功运行、改造完成，网络建设规范也陆续完善起来。由于业务与用户的迅猛增长，致使双栈网络还是隧道过渡，已经不再是关注的重点。而如何能够将 IPv6 网络建设成和 IPv4 网络一样安全、可管理、可运营成为对当前用户网络新的挑战。

1.1 背景

当代中国，互联网是关系国民经济和社会发展的基础设施，深刻影响着全球经济格局、利益格局和安全格局。我国是世界上较早开展 IPv6 试验和应用的国家，在技术研发、网络建设、应用创新方面取得了重要阶段性成果，已具备大规模部署的基础和条件。抓住全球网络信息技术加速创新变革、信息基础设施快速演进升级的历史机遇，加强统筹谋划，加快推进 IPv6 规模部署，构建高速率、广普及、全覆盖、智能化的下一代互联网，是加快网络强国建设、加速国家信息化进程、助力经济社会发展、赢得未来国际竞争新优势的紧迫要求。

1.2 实施目标

在部署 IPv6 之前，我们首先应该考虑 IPv6 部署的总体方案和策略，具体考虑因素如下：

首先考虑网络设备对 IPv6 业务支持的广度。比如 IPv6 的过渡技术有手工隧道方式，自动隧道方式，有基于 MPLS VPN 技术的 6PE 方式，有基于网络地址转换技术的，IPv6 的单播路由协议有 RIPng, OSPFv3, ISISv6, BGP4+ 等等，IPv6 的组播路由协议有 PIM-DM, PIM-SM, PIM-SSM, MLDv1, MLDv2 等等。支持的业务种类越多越方便我们进行研究。

其次考虑网络设备对 IPv6 业务支持的深度。IPv6 首先应该部署在运营商网络。这是因为在 IPv6 网络里没有私网地址概念（Site local 地址类型已经被 IPv6 工作组取消），永远不出现 NAT（指类似 IPv4 私有地址访问公有地址的方式）。现阶段 IPv6 网络的复杂度应该大于 IPv4 的电信运营网络，IPv4 和 IPv6 混合组网的现象应该是当前的主旋律，也必定是一个长期演进的缓慢过程。

再次，广泛使用的用户终端设备及办公软件等对 IPv6 支持能力参差不齐。虽然移动终端系统（IOS、Android 等）、固定终端系统（PC 等）都标称已经支持了 IPv6 能力，如对于客户端获取 IP 地址的方式，IOS 支持 DHCPv6，但 Android 仅支持 ND 方式，支持和协议实现方式的不同给 IPv6 的部署和推广带来了超出预期的技术成本和改造难度。此外，基于 IPv6 的互联网应用寥寥可数，众多应用服务商并未找到合适的 IPv6 应用盈利方式，内容和应用的缺失又反过来加剧了 IPv6 发展迟缓的问题。

最后考虑 IPv6 标准发展、完善的持续性。目前 IPv6 标准中仍有许多处于草案阶段，即使已经成为 RFC 标准的，以后仍有可能进行协议扩充。

综上所述，部署 IPv6 网络的时候，应该采用平滑过渡的策略。首先完成 IPv6 基础网络承载能力建设的目标，为将来 IPv6 应用上线做好准备。其次根据现有用户实际网络及应用的实际部署情况，应用双栈技术和过渡技术，在不影响现有 IPv4 主体拓扑结构和网络架构的前提下，使得现网中需要部署 IPv6 网络的地方能够通过各种隧道和翻译技术，过渡阶段协议内、协议间的应用互访。

1.3 在工业互联网网络体系架构中的位置

工业领域 IPV6 升级/改造解决方案在下图（图 1）：工业互联网网络体系架构中处于工厂外部网络（互联网/移动网/专用网络）这个位置，关联关系为：7 工厂云平台（及管理软件）与协作平台，8 智能产品与工厂。为企业上云提供网络基础支撑。

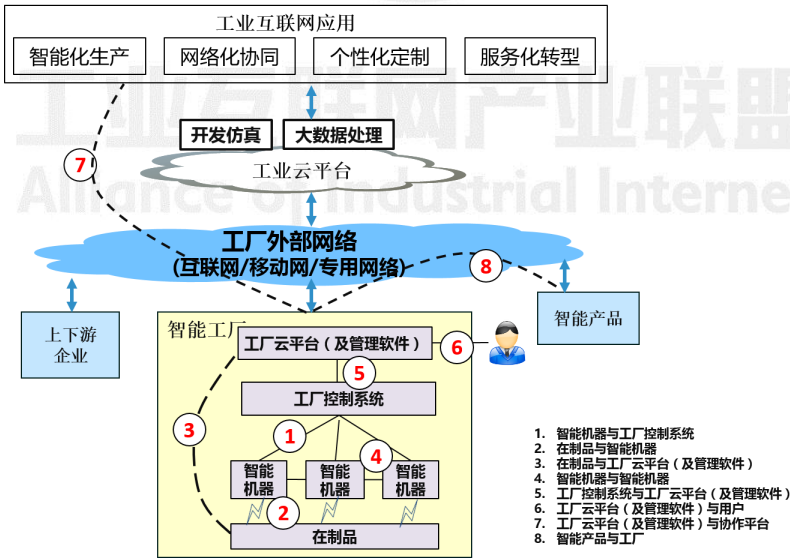


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

2.1 互联网演进升级的必然趋势

基于互联网协议第四版（IPv4）的全球互联网面临网络地

址消耗殆尽、服务质量难以保证等制约性问题，IPv6 能够提供充足的网络地址和广阔的创新空间，是全球公认的下一代互联网商业应用解决方案。大力发展基于 IPv6 的下一代互联网，有助于显著提升我国互联网的承载能力和服务水平，更好融入国际互联网，共享全球发展成果，有力支撑经济社会发展，赢得未来发展主动。

2.2 技术产业创新发展的重大契机

推进 IPv6 规模部署是互联网技术产业生态的一次全面升级，深刻影响着网络信息技术、产业、应用的创新和变革。大力发展基于 IPv6 的下一代互联网，有助于提升我国网络信息技术自主创新能力和产业高端发展水平，高效支撑移动互联网、物联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能等新兴领域快速发展，不断催生新技术新业态，促进网络应用进一步繁荣，打造先进开放的下一代互联网技术产业生态。

2.3 网络安全能力强化的迫切需要

加快 IPv6 规模应用为解决网络安全问题提供了新平台，为提高网络安全管理效率和创新网络安全机制提供了新思路。大力发展基于 IPv6 的下一代互联网，有助于进一步创新网络安全保障手段，不断完善网络安全保障体系，显著增强网络安全态势感知和快速处置能力，大幅提升重要数据资源和个人信息安全保护水平，进一步增强互联网的安全可信和综合治理能力。

2.4 目前，以 IPv4 网络为主的客户，存在如下问题：

- 1) IP 地址资源短缺，客户地址不够用
- 2) 网络地址转换（NAT）导致端到端应用受限，客户业务开

展不灵活

3) 服务质量 (QoS) 上无法实现端到端部署, 客户关键业务没有保障

面对运用 IPV4 网络的客户群体的痛点和升级改造的需要, IPv6 作为下一代网络的基础以其明显的技术优势从根源上解决了 IPv4 的问题, 并增强了未来的扩展性。

3 解决方案

作为 IPv4 协议的替代, IPv6 协议使用 128 位的地址结构解决了 IP 地址不足的问题, 同时对一些特性进行了优化处理。出现于 IPv4 时代的组播技术, 由于其有效解决了单点发送、多点接收的问题, 实现了网络中点到多点的高效数据传送, 能够大量节约网络带宽、降低网络负载, 因此在 IPv6 中的应用得到了进一步的丰富和加强:

1) 128 位 IPv6 地址让客户的每台设备都有全球可达地址, 客户不用为地址烦恼

2) IPv6 报头结构优化, 处理效率提高, 提升客户整网性能

3) IPv6 充分考虑了客户现存 IPv4 现状, 可以实现平滑过渡, 扩展性好, 保护客户投资

4) IPv6 即插即用功能提供更方便的部署方法, 简化客户网络部署

5) IPv6 流标签能力让 QoS 端到端部署可以实现, 保障客户的关键业务

6) IPv6 内置安全特性, 保护客户网络

IPV6 解决方案的整体设计主要包括: 网站 IPV6 改造, DNS

系统 IPv6 改造，服务器负载均衡 IPv6 改造，网站双栈改造，企业分支点 IPV6 改造，传统广域网 IPv6 迁移方法，IPv6 无线网部署等环节。

3.1 网站 IPv6 改造方案概述

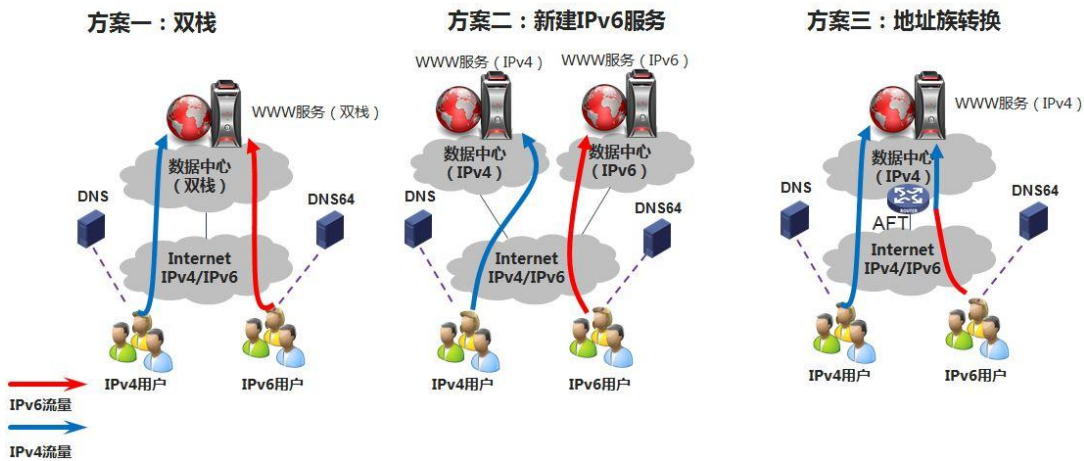


图 2 网站 IPV6 改造方案架构图

1) 双栈：全部软硬件设备同时运行 IPv4 和 IPv6 两个协议栈，能够同时处理 IPv4 和 IPv6 数据包，实现同时支持 IPv6 和 IPv4 访问。

2) 新建 IPv6 服务：不影响原有 IPv4 服务的情况下，新建 IPv6 服务平面对外提供 IPv6 服务。

3) 地址族转换：在 IPv4 网站外部，挂接一台 v4/v6 地址族转换设备，原有 IPv4 源站不需修改，把 DNS 域名解析 AAAA 记录指向转换设备配置的 IPv6 地址；IPv6 用户访问目标网站，经 DNS 解析调度后转向访问转换设备的 IPv6 地址，转换设备从 IPv4 源站读取数据，经过协议转换后发送数据给 IPv6 用户。

3.2 DNS 系统 IPv6 改造

1、DNS 系统特点：（如图 3）

1) DNS 系统提供主机名字和 IP 地址间的相互转换。DNS 采

用 C/S 模式，DNS 客户端提出查询请求，DNS 服务器负责相应请求。

2) DNS 系统是一个具有树状层次结构的，联机分布式数据库系统。

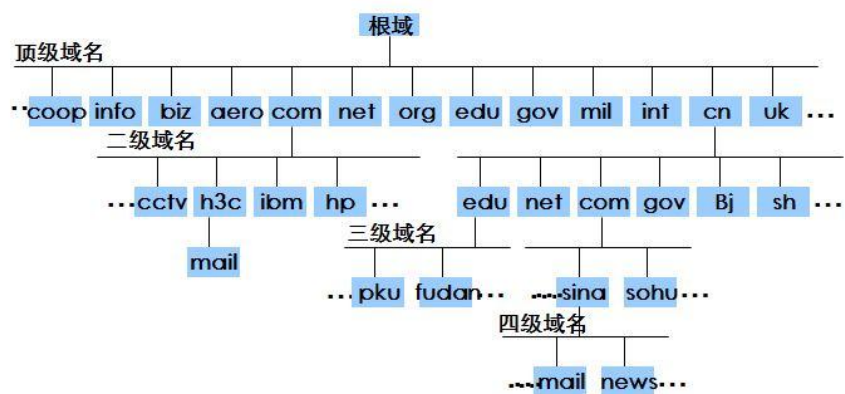


图 3 DNS 系统 IPv6 改造设计图

2、DNS 域名解析完整过程：（如图 4）

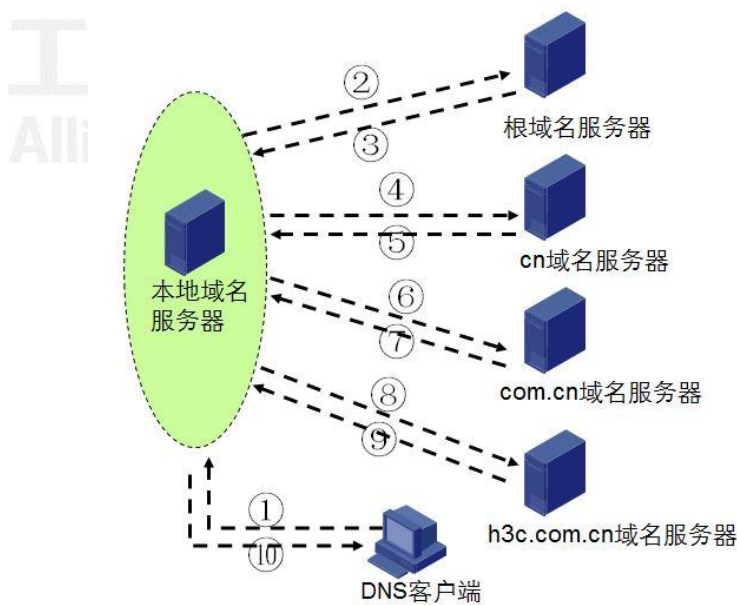


图 4 DNS 域名解析

1) 主机客户端向本地域名服务器发起 DNS 解析请求。

2) 本地域名服务器接收主机客户端 DNS 解析请求，从本地数据库查询域名对应的 IP 地址。如果从本地数据库中查询到对

应的 IP 地址，则将查询结果返回给主机客户端；如果无法从本地数据库查询到对应结果，则本地服务器必须查询其他的 DNS 服务器（类似于根服务器，二级、三级域名服务器），直到得到确认的查询结果返回主机客户端。

3、域名发布 IPv6 改造：

添加 AAAA 记录绑定域名。

1) 在域名注册服务提供商管理界面添加 AAAA 记录，由域名注册服务提供商对外通告域名解析 IPv6 地址。（如图 5）



图 5 域名发布 IPV6 改造

2) 自建 DNS 服务器添加 AAAA 记录，对外通告域名解析 IPv6 地址。

多 ISP 出口 DNS 部署（如图 6）

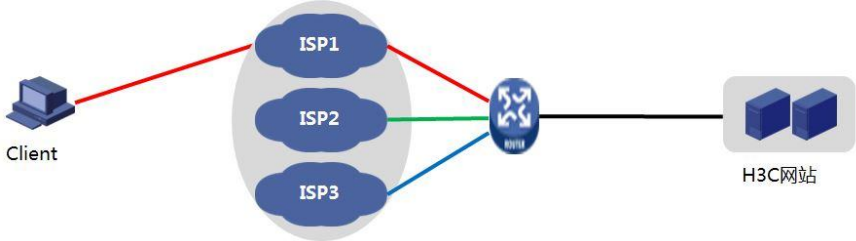


图 6 ISP 出口 DNS 部署

如图 6 显示，部分网站出口会连接多家 ISP 线路。此种多 ISP 出口场景下，可使用链路负载均衡—Inbound LLB 解决 DNS 解析问题。

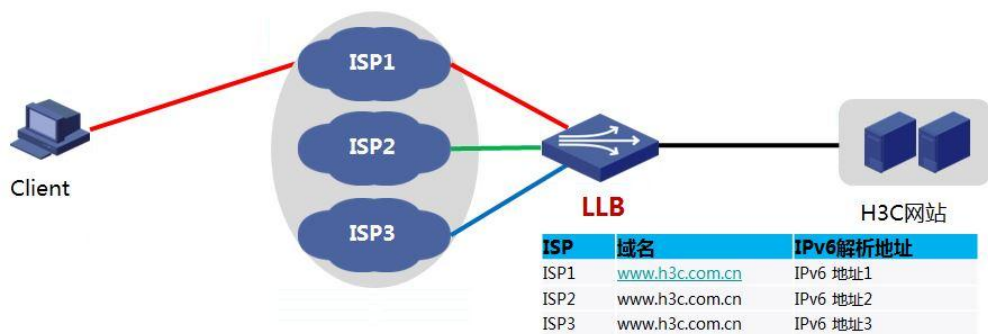


图 7 链路负载均衡—Inbound LLB 解决 DNS 解析问题

- 1) LLB作为DNS服务器对外提供DNS解析服务，针对不同运营商对外发布不同的服务IP。
- 2) LLB基于用户源地址返回相应运营商服务地址。

3.3 服务器负载均衡 IPv6 改造

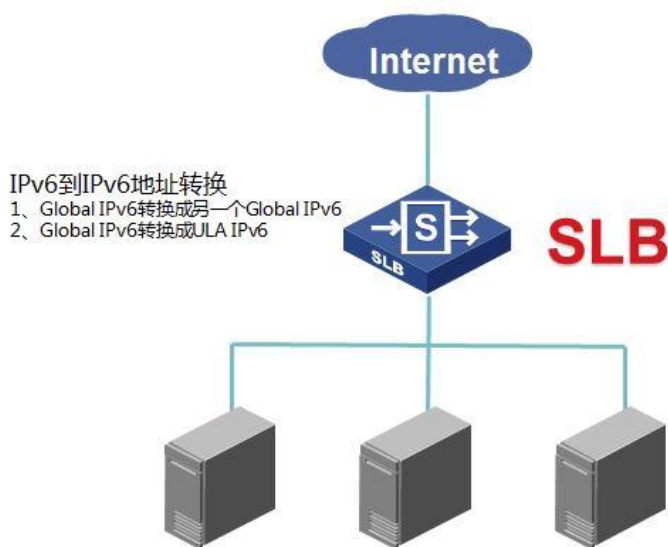


图 8 服务器负载均衡 IPv6 改造

- 1) Global IPv6 转换成其他 Global IPv6：整个网站基础架构全部使用 Global IPv6 部署。其中一部分 Global IPv6 作为对外解析的服务 IP，服务器集群使用非服务 IP 的其余 Global IPv6 地址。此场景下，服务器集群中任何一台服务器均可通过 Internet 直接访问。
- 2) Global IPv6 转换成 ULA IPv6：网站使用 Global IPv6 作为对外解析的服务 IP，服务器集群使用 ULA IPv6 进行部署。

此场景下，ULA IPv6 路由不会在公网上传播。普通客户使用 Internet 访问 web 服务，只能通过负载均衡设备将 Global IPv6 转换成 ULA IPv6 后才能进行访问。

3.4 网站双栈改造

1、评判规则：

1) 网络基础架构：拓扑结构清晰，现网设备绝大部分支持双栈。

2) 客户层面：能接受软件代码、中间件等 IPv6 适配改造的时限。

2、改造方案：

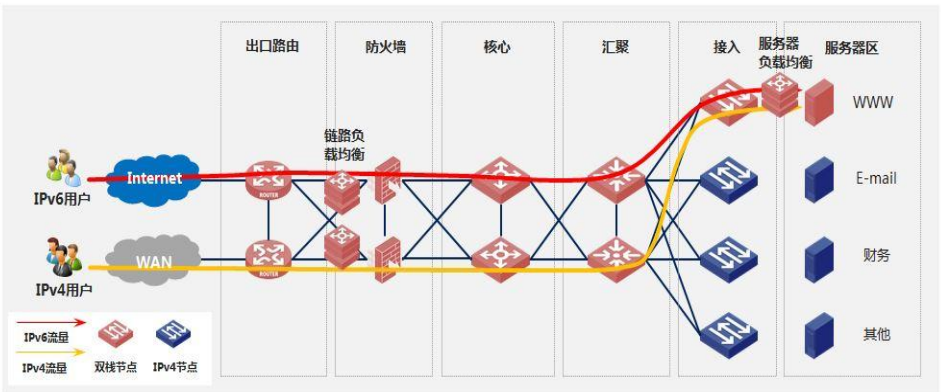


图 9 工网站双栈改造方案图

1) 网络基础架构：交换机、路由器使能双栈。重点评估设备表项能力。若设备表项能力较低，建议替换升级设备。若全网设备表项能力均较低，建议新建 IPv6 网站。

2) 服务器负载均衡：按客户需求进行改造。如果客户想要对外隐藏服务器集群 IP，建议部署 Global IPv6 转换成 ULA IPv6 服务器负载均衡。

3) DNS 系统：添加 AAAA 记录，对外发布 IPv6 解析地址。若存在多 ISP 出口，建议部署双栈链路负载均衡。

4) 应用基础、业务代码进行双栈适配改造。

3.5 网站地址族转换改造

1、评判规则：

客户层面：资金预算紧张，希望以最小代价、最短时间内完成网站 IPv6 改造。改造方案架构图：

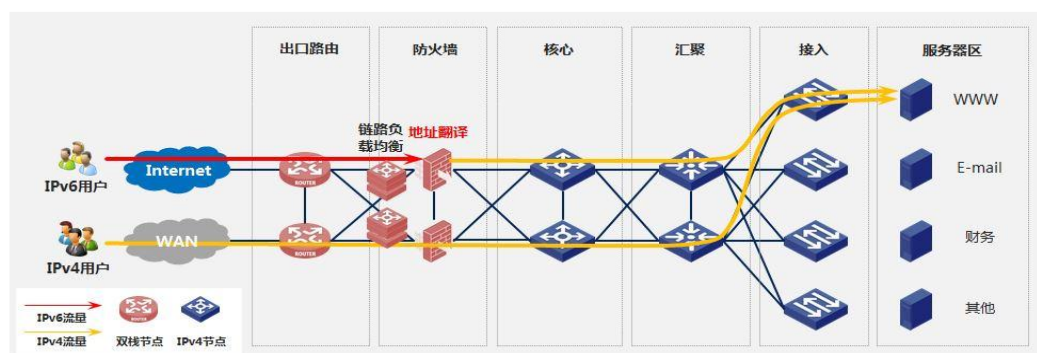


图 10 网站地址族转换改造

1) 网络基础架构：出口路由器使能双栈，防火墙使能地址族转换功能。

2) DNS 系统：添加 AAAA 记录，对外发布 IPv6 解析地址。若存在多 ISP 出口，建议部署双栈链路负载均衡。

3.6 企业分支节点 IPv6 改造方法

企业分支与总部采用星型连接，各分支出口路由器通过 N×E1 专线的方式分别汇接至企业总部汇聚路由器。

若新建部分 IPv6 分支，为了实现与分支节点的 IPv6 连接，可将企业总部作为汇聚节点的路由器设备升级为双栈。这样，原有的 IPv4 分支与总部的连接保持不变，新建的 IPv6 分支节点出口设备采用双栈路由器，可接入到总部的双栈设备上。

原有的 IPv4 分支连接保持不变，新建的 IPv6 分支采用双栈的方式接入，企业分支的出口设备与企业总部的汇聚节点设

备间采用双栈。

3.7 传统广域网 IPv6 迁移方法

1、评估现网基础架构：

- 转发平面：纯 IPv4 转发？MPLS 转发？
- 双栈支持度；
- 设备表项规格；

2、评估客户需求：

- 是否有 VPN 需求；
- 是否为客户重要生产网络；
- 是否有流量可视、路径优选需求；

IPv6 迁移策略：

新建 IPv6 广域网：1) 设备不支持双栈；2) 表项规格不满足要求；3) 承载重要生产网络流量。

双栈：1) 设备支持双栈；2) 表项规格满足要求。

6PE：1) MPLS 转发；2) PE 支持双栈；3) 无 VPN 需求。

6VPE：1) MPLS 转发；2) PE 支持双栈；3) 有 VPN 需求。

ADWAN：客户有流量可视、路径优选需求。

3.8 IPv6 无线网部署

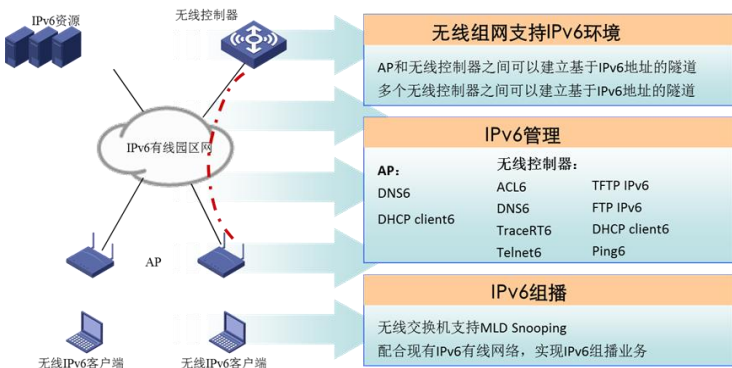


图 11 IPV6 无线网站部署

无线 IPv6 网应该具备的基本要求：

- 支持 IPv6 环境——有线网 IPv6 已经是必须技术，无线网 IPv6 是必然趋势。如果不支持 IPv6 势必造成将来改造成本再投入。H3C 通过部署 AP 与无线交换机互联基于 IPv6 的隧道，支持 IPv6 环境下的无线组网需求；
- IPv6 ACL、IPv6 组播——无线网实现 IPv6，需要对用户按照不同策略进行访问控制；IPv6 组播往往是园区 IPv6 业务的支撑技术；
- 支持 ACL6、DNS6、Tracert6、Telnet6、TFTP IPv6、FTP IPv6、DHCP client6、Ping6 实现 IPv6 有线无线网的同等管理。

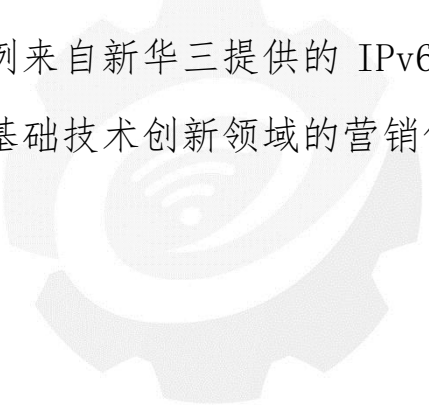
4 成功案例

新华三企业事业部中标赛尔下一代互联网创新园项目(中关村壹号创新园工程)，拿下“两办”发文《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》以来首个 IPv6 商用项目，在新的 IPv6 领域占领制高点。

赛尔网络拥有全球最大的 IPv6 活跃用户群，也是我国下一代互联网重大应用技术工程的核心承接者。赛尔旗下的下一代互联网创新园，是由清华大学、北京市和赛尔网络联合组建的产业创新服务载体，拥有 10.5 万平方米的办公空间及配套设施，聚集国家下一代互联网产业联盟等行业组织和测试认证机构，多媒体、即时通信、浏览、搜索、视频等内容提供商，以及新产品、新应用及小微开发者，推动产业链上下游互动合作，构建具有全球影响力的下一代互联网产业集群，未来将成为全国

乃至全球的下一代互联网技术创新中心，也是 IPv6 商用领域的绝对制高点。

我司中标方案为 IPv6 双栈园区网解决方案，包括 F5000 防火墙/ WX3024H/S75E/S6520EI/S5560/S5130 等一系列 IPv6 有线无线设备，是 2017 年 11 月中办国办对 IPv6 推进表态发文以来，国内首个落地的 IPv6 商用网络，并服务于全球唯一的下一代互联网技术创新产业园区。在不久的将来，全球 IPv6 领域的创新技术，将有相当比例来自新华三提供的 IPv6 开发测试环境，该项目在全球互联网基础技术创新领域的营销价值无法估量。



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

1 概述

2018 年 3 月 12 日，国资委印发了《关于做好互联网协议第六版（IPv6）部署应用有关工作的通知》，要求央企在 18 年完成门户网站和面向用户的在线服务窗口的 IPv6 改造。2018 年 5 月 3 日，工信部发布《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》通知，鼓励典型行业、重点工业企业开展工业互联网 IPv6 网络化改造，创新工业互联网应用实践，构建工业互联网 IPv6 标准体系。为响应国家 IPv6 发展，企业开展基于 IPv6 的创新业务，对网络接入、内部网络及系统提出新的需求。企业 IPv6 升级解决方案根据企业内部现有网络及系统情况，提供从内部网络 IPv6 升级改造技术路线到企业系统的 IPv6 规划、升级和部署相关解决方案，以满足企业开展 IPv6 业务，适用于工业互联网网络体系中工厂控制系统和工业云平台部分。

1.1 背景

2017 年 11 月 26 日中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》，明确了推进 IPv6 部署的重要意义，提出了部署的总体要求和主要目标，要用 5 到 10 年时间，形成下一代互联网自主技术体系和产业生态，建成全球最大规模的 IPv6 商业应用网络，实现下一代互联

在经济社会各领域深度融合应用。为贯彻落实中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》，加快网络基础设施和应用基础设施升级步伐，促进下一代互联网与经济社会各领域的融合创新，工信部发布关于贯彻落实《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》通知，积极推进内部网络和应用 IPv6 改造，加快推进企业生产管理信息系统等内部网络 and 应用的 IPv6 改造，加强 IPv6 环境下移动互联网、物联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能等研究与应用，强化 IPv6 环境下网络安全保障等。物联网、移动互联网、云计算等新兴产业的发展都需要海量的 IP 地址作为支撑，IP 地址不足已经严重制约着这些处于全球竞争前沿、具有最广阔前景的新兴产业发展。随着物联网、移动互联网、云计算等业务不断发展壮大，运营商不停地扩大网络规模，这也使 IPv4 地址枯竭的速度更快了，分配殆尽的 IPv4 地址已经成为制约我国物联网、移动互联网、云计算发展的瓶颈。

1.2 实施目标

基于互联网协议第四版（IPv4）的全球互联网面临网络地址消耗殆尽、服务质量难以保证等制约性问题，IPv6 能够提供充足的网络地址和广阔的创新空间，是全球公认的下一代互联网商业应用解决方案。大力发展基于 IPv6 的下一代互联网，有助于显著提升我国互联网的承载能力和服务水平，更好融入国际互联网，共享全球发展成果，有力支撑经济社会发展，赢得未来发展主动。

推进 IPv6 规模部署是互联网技术产业生态的一次全面升级，

深刻影响着网络信息技术、产业、应用的创新和变革。大力发展基于 IPv6 的下一代互联网，有助于提升我国网络信息技术自主创新能力和产业高端发展水平，高效支撑移动互联网、物联网、工业互联网、云计算、大数据、人工智能等新兴领域快速发展，不断催生新技术新业态，促进网络应用进一步繁荣，打造先进开放的下一代互联网技术产业生态。

1.3 适用范围

企业 IPv6 升级解决方案针对企业内部现有网络及系统情况，提供从内部网络 IPv6 升级改造技术路线到企业系统的 IPv6 规划、升级和部署相关解决方案，以满足企业开展 IPv6 业务，适用于工业互联网网络体系中工厂控制系统和工业云平台 IPv6 升级演进，可应用到企业智能网络 IPv6 组网、智能机器升级、工厂云平台 IPv6 改造升级以及工业互联网应用 IPv6 业务等。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

企业 IPv6 升级解决方案针对工厂控制系统，工业云平台 IPv6 的升级，提供相应的改造方案。在智能机器中，物品应具有 4 个特性：可识别性、可感知性、可定位性以及可控制性。这四个特性使得物联网对地址资源具有以下的需求：工业互联网需要地址资源支持海量性，因为工业互联网中存在着海量的物品，这些物品的数量将以万亿计，而任意的物品之间均可能需要互联，互联时需要网络地址用于定位，这些地址也将可能以万亿计；联网需要地址资源支持安全性，物联网将比互联网具有更高的安全需求。在工业云体系架构中，随着虚拟化技术的发展，一台物理主机上能够运行多个虚拟主机，导致云

计算所需的 IP 地址数量成比例增长，亟需海量的 IPv6 地址资源。利用主机虚拟化技术，能够在一台物理主机上运行多个虚拟主机，并且各个虚拟主机之间相互独立、互不影响，用户可以在虚拟主机上灵活的安装任何软件。通过在流量进出口的汇聚节点上部署 IPv6/IPv4 转换网关，可以面向 IPv6 用户，实现 IPv6 与 IPv4 协议转换。但在云化数据中心中，网络结构从汇聚变为扁平，流量的进出口数量不再唯一，需要在数据中心所有的流量进出口上都配备 IPv6/IPv4 转换网关，这样使得网络改造起来较为复杂。另外，转换网关需要维护处理数据中心内外所有业务的 IPv6 与 IPv4 协议转换，对其处理性能也提出了更高的要求。

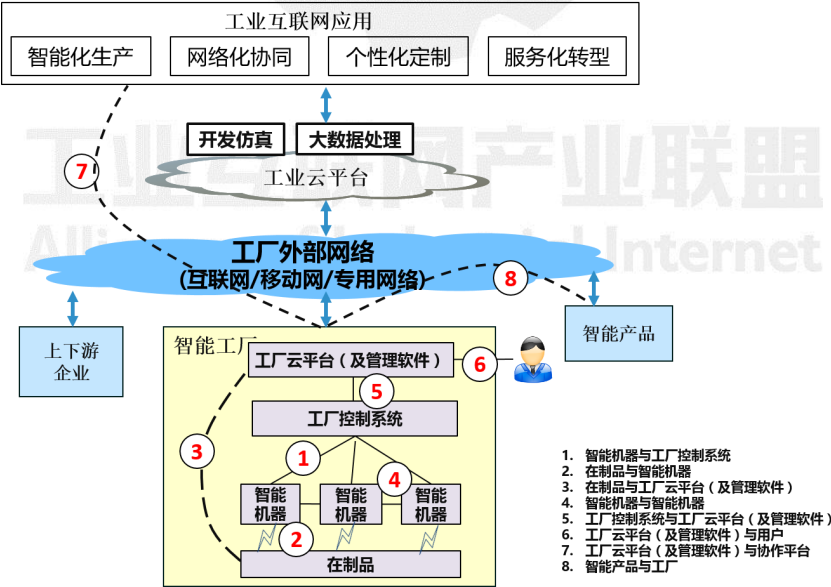


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

根据工信部关于落实贯彻《推进互联网协议第六版（IPv6）规模部署行动计划》通知，要求发展工业互联网 IPv6 应用，选择典型行业、重点企业开展工厂企业网络改造，创新工业互联

网应用，构建工业互联网 IPv6 标准体系。在智能机器中，工业互联网需要地址资源支持海量性；在工业云体系架构中，随着虚拟化技术的发展，一台物理主机上能够运行多个虚拟主机，导致云计算所需的 IP 地址数量成比例增长，亟需海量的 IPv6 地址资源。2018 年 3 月 12 日，国资委印发《关于做好互联网协议第六版（IPv6）部署应用有关工作的通知》，要求央企在 18 年完成门户网站和面向用户的在线服务窗口的 IPv6 改造。

IPv6 在设计的过程中就已经考虑到了 IPv4 到 IPv6 的过渡问题，并提供了一些特性使过渡过程简化。针对 IPv4 到 IPv6 过渡问题已经提出了许多机制，它们的实现原理和应用环境各有侧重。目前，应用比较广泛的过渡策略主要包括双栈策略、隧道策略以及翻译策略。

3 解决方案

互联网是关系国民经济和社会发展的基础设施，深刻影响着全球经济格局、利益格局和安全格局。我国是世界上较早开展 IPv6 试验和应用的国家，在技术研发、网络建设、应用创新方面取得了重要阶段性成果，已具备大规模部署的基础和条件。抓住全球网络信息技术加速创新变革、信息基础设施快速演进升级的历史机遇，加强统筹谋划，加快推进 IPv6 规模部署，构建高速率、广普及、全覆盖、智能化的下一代互联网，是加快网络强国建设、加速国家信息化进程、助力经济社会发展、赢得未来国际竞争新优势的紧迫要求。工业互联网作为新一代信息技术与实体经济深度融合的制高点，以及制造业转型升级的主攻方向，成为 IPv6 网络化改造的重点应用场景。

3.1 方案介绍

近年来，全球 IPv6 产业链条发展稳步推进。在网络上设备方面，已经覆盖了 IPv4 产品的所有类型，包括数据网、固网、移动交换网、移动核心网及安全等，能够满足网络端到端的部署需求；在应用软件方面，包括操作系统、Web 引擎、数据库、浏览器等通用软件均支持 IPv6。根据工业互联网智能工程系统架构情况，设计相应的 IPv6 升级方案，可根据实际情况通过全面技术升级，将涉及到的业务各类应用系统和设备升级成支持 IPv4 和 IPv6 双协议栈，完成基于 IPv4 和 IPv6 协议的业务互通；或通过技术改造，在 IPv6 协议和 IPv4 协议间建立映射联系，满足 IPv6 用户能够正确的获取 IPv4 资源。

3.2 IPv6 升级技术

IPv6 在设计的过程中就已经考虑到了 IPv4 到 IPv6 的过渡问题，并提供了一些特性使过渡过程简化。针对 IPv4 到 IPv6 过渡问题已经提出了许多机制，它们的实现原理和应用环境各有侧重。目前，应用比较广泛的过渡策略主要包括双栈策略、隧道策略以及翻译策略。

双栈策略是指在网络节点中同时具有 IPv4 和 IPv6 两个协议栈，这样，它既可以接收、处理、收发 IPv4 的分组，也可以接收、处理、收发 IPv6 的分组。双栈策略的优点是概念清晰，易于理解，网络规划相对简单，同时在 IPv6 逻辑网络中可以充分发挥 IPv6 协议的所有优点（如安全性、路由约束、流的支持等方面）。

隧道策略是 IPv6 升级中经常使用到的一种过渡机制。所谓

“隧道”简单地讲就是利用一种协议来传输另一种协议的数据的技术。隧道技术主要实现了在 IPv4 数据包中封装 IPv6 数据包，随着 IPv6 技术的发展和广泛应用，未来也将会出现在 IPv4 数据包中封装 IPv6 数据包的隧道技术。隧道技术能够充分利用现有的网络投资，因此在过渡初期是一种方便的选择。但是，在隧道的入口处会出现负载协议数据包的拆分，在隧道出口处会出现负载协议数据包的重组。这就增加了隧道出入口的实现复杂度，不利于大规模的应用。

翻译策略可以分为两个层面来进行，一方面是 IPv4 与 IPv6 协议层的翻译，另一方面是 IPv4 应用与 IPv6 应用之间的翻译。前者主要是通过 NAT-PT 技术实现的，后者则主要通过应用代理网关 ALG 来实现。NAT-PT 实现了网络层的协议翻译；应用代理网关则实现应用层的协议翻译，对于不同的应用，需要配置不同的应用代理网关。翻译技术的优点是不需要进行 IPv4、IPv6 节点的升级改造，缺点是 IPv4 节点访问 IPv6 节点的实现方法比较复杂，网络设备进行协议转换、地址转换的处理开销较大。因此，该策略一般是在其他互通方式无法使用的情况下使用。

3.3 企业 IPv6 演进

在 IPv4 向 IPv6 的演进过程中，为保证业务平台的平滑、稳定演进，可以采用三种方案：第一种是互通网关方案，保持业务平台现有结构不变，通过分别在 IPv4 和 IPv6 的网络边界部署网关设备，利用 IPv4/IPv6 翻译技术接入 IPv6 用户；第二种是 IPv4 和 IPv6 应用并存方案，业务平台中 IPv4 和 IPv6 应用

并存，使得平台具备同时支持 IPv4 和 IPv6 的功能；第三种是全面升级方案，完成全业务平台以及周边系统 IPv6 升级，同时要求在 IPv4 网络停止运营前，基于 IPv4 的业务平台需要继续支持 IPv4 用户。

3.3.1 互通网关方案

保持平台现有结构不变，通过协议转换机制（NAT-PT/ALGA）支持 IPv6 用户的接入。如下图所示，通过在 IPv4/IPv6 网络边界部署网关设备，当 IPv6 终端用户从 IPv6 网络接入，与互通网关建立隧道后，可以使用 IPv4 网络中的应用，类似的，当 IPv4 终端用户从 IPv4 网络接入，与互通网关建立隧道后，可以使用 IPv6 网络中的应用。

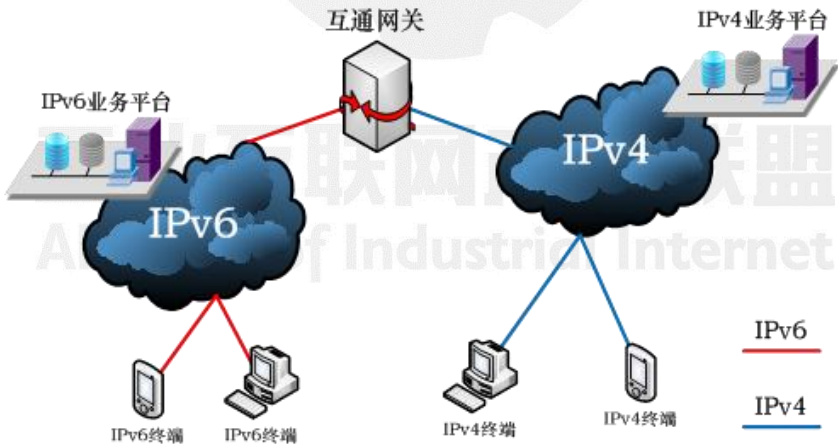


图 2 基于翻译技术的 IPv6 过渡方案

3.3.2 IPv4 和 IPv6 应用并存方案

将业务平台升级到 IPv6 后，IPv4 和 IPv6 应用将并存。如下图所示，将 IPv4 业务平台的部分应用升级到 IPv6，包括对外门户和接口、核心业务逻辑，同时为了兼容 IPv4 用户以及其它相关系统，保留原有 IPv4 业务平台的对外门户和接口暂时不变，核心业务交由 IPv6 核心业务逻辑处理。升级完成后，IPv4 对外

门户和接口为 IPv4 用户提供服务，IPv6 对外门户和接口为 IPv6 用户提供服务，核心业务逻辑升级成 IPv6 实现共用。

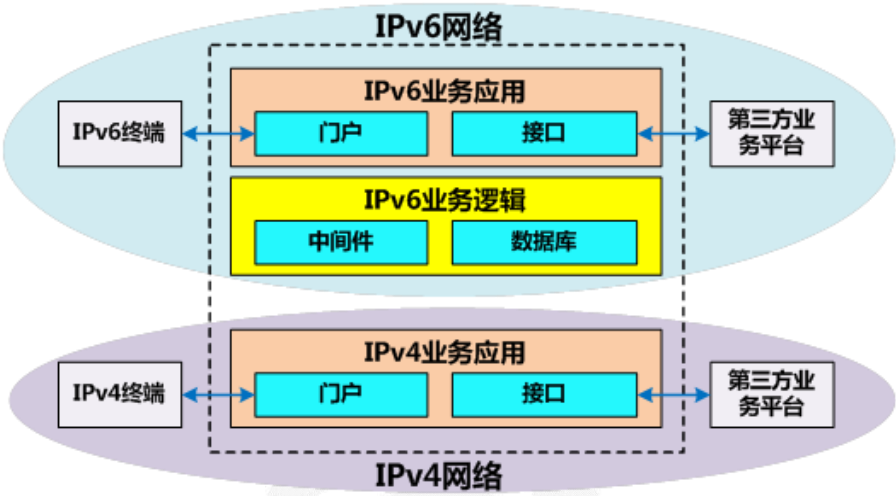


图 3 IPv4 和 IPv6 应用并存的 IPv6 过渡方案

业务平台中 IPv4 和 IPv6 应用并存，同时支持 IPv4 和 IPv6 用户的接入。

3.3.3 全面升级方案

一些企业需要满足国家政策性要求或者自身发展需求，需要大量 IP 地址，对 IPv6 网络改造有迫切需求，需要全面升级到 IPv6 网络和服务，完成所有业务平台和 SP 应用平台的 IPv6 升级改造建设，包括数据中心的所有设备、网络设备、终端系统 and 应用系统等全面支持 IPv6，同时要求在 IPv4 网络停止运营前，基于 IPv4 的业务平台需要继续支持 IPv4 用户。

3.3.4 方案对比

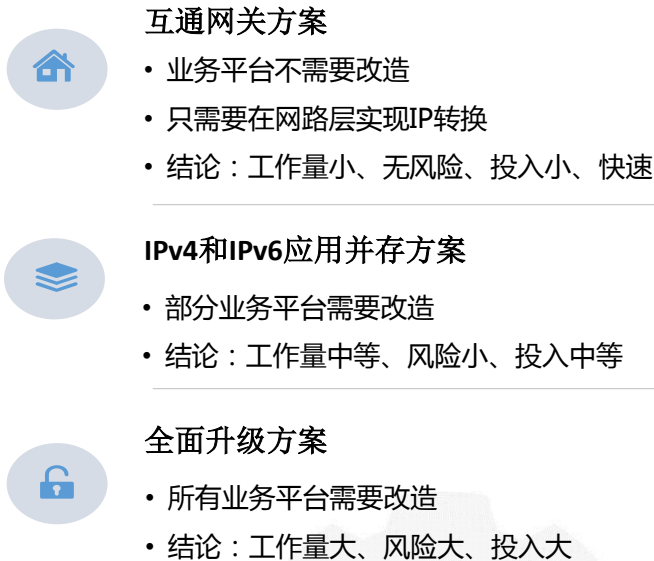


图 4 方案优劣对比

互通网关方案业务平台工作量小，无风险，投入小，能快速实施，比较适合 IPv6 试商用阶段；IPv4 和 IPv6 应用并存方案改造部分业务平台，为全面实现 IPv6 打下基础，工作量中等，风险小，投入中等，比较适合 IPv6 规模商用阶段；全面升级方案工作量大，风险大，投入大，只有在 IPv6 全面商用阶段才会出现。

4 成功案例

4.1 案例一 国家电网 IPv6 升级方案

根据国家电网 309 家国电系统单位分区域整合互联网出口，增强互联网访问的安全性，消除各分公司、子公司互联网出口带来的安全薄弱点；通过对互联网出口整合，实现用户上网流量统一管理、统一控制，合理、有效、按需分配带宽，避免带宽滥用、资源浪费，提升网络质量；通过对互联网出口整合，实现安全事件统一管理，做到事前预防、事中控制、事后追查，避免安全事件重复发生；并对国家电网 100 多个系统进行调研，

根据系统架构及中间件情况，根据国家电网内部系统的架构有针对性的进行 IPv6 升级方案，考虑到国家电网系统比较复杂，为保证国家电网能完成平滑演进，采取了分步融合方案。具备改造条件的系统采用 IPv4 和 IPv6 应用方案，采用边界升级方案，通过企业边界的防火墙等设备实现 NAT64 等地址转换，以最低成本实现 IPv6 的服务诉求。仅需要改造企业边界的防火墙、路由器/交换机、日志审计等必要设备即可，通过边界防火墙实现 IPv6 到 IPv4 的 NAT64 报文转换，使得进入企业内部的流量全部转换成 IPv4 流量，企业内部的入侵检测、WAF、网络设备、服务器和终端等设备都不需要改造。对于个别双栈终端需要访问外部的 IPv6 资源时，可以通过 ISATAP 隧道技术实现双栈终端穿越 IPv4 网络，实现 IPv6 资源的访问需求。

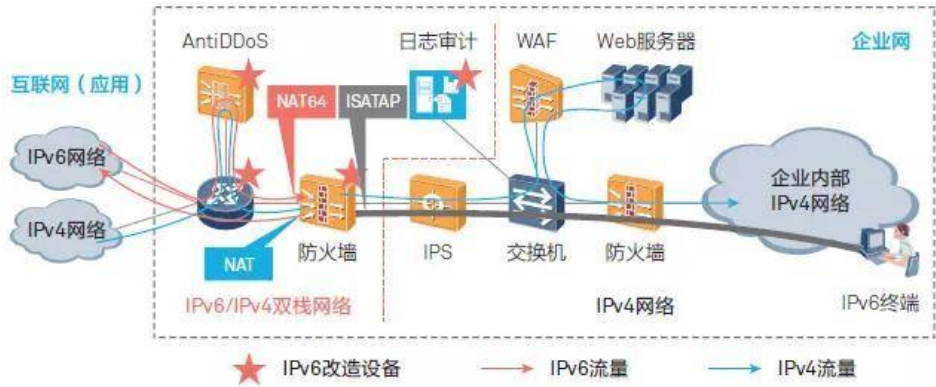


图 5 国家电网 IPv6 改造方案

4.2 案例二 中国联通企业官网 IPv6 升级方案

为了满足工信部对央企网站 IPv6 改造的需求，为用户提供 IPv6 业务，对该企业内部系统调研，根据系统情况，针对不同系统设计相应的 IPv6 升级方案，并对自己的官网提出了相应的 IPV6 升级改造要求，并采用互通网关方案。改造的重点在路由、网络结构和协议转换等方面。

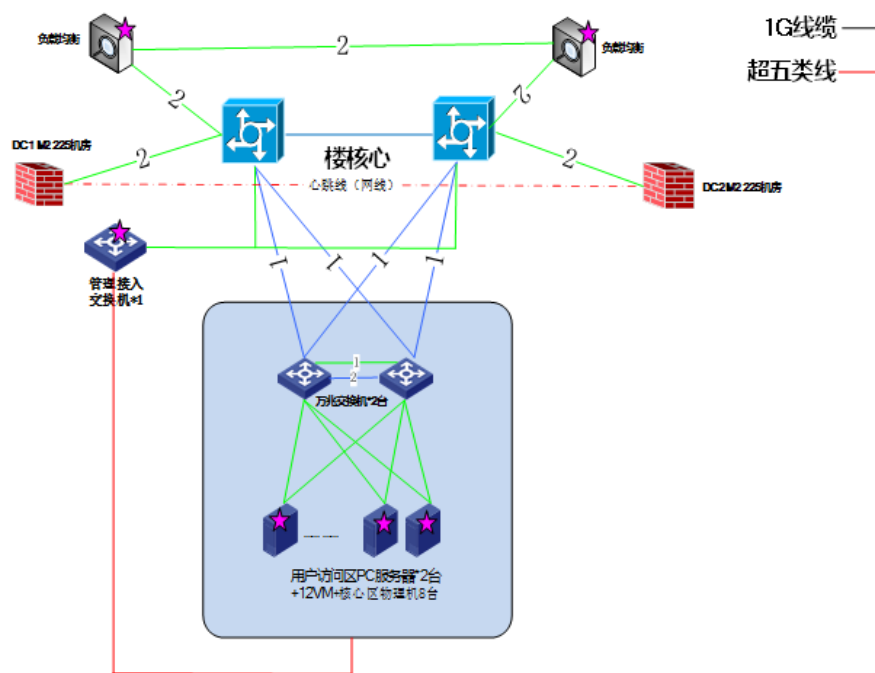


图 6 联通企业官网改造方案

路由需要的路径改造：流量从公网进入资源池核心交换机之后通过静态路由到安全等保设备，由于安全等保设备不支持 IPv6，于是需要通过添加静态路由的方式，把流量引导到直接进入负载均衡上去。在路径改造之后，为了保证网络安全，在现有网络结构上，添加一对防火墙来实现 IPv4 与 IPv6 的转换，位置旁挂于资源池核心交换机或集团门户汇聚交换机，此方案路由走向需要重新指定，并于防火墙上完成配置。

客户端以 IPv6 地址访问负载均衡（或防火墙）设备的虚地址（IPv6 类型），在负载均衡（或防火墙）设备上做源地址转换，源地址转换为 SNAT 地址池中的 IPv4 地址后再访问后端应用服务器。

基于工业互联网的智能计量解决方案

江苏金恒信息科技股份有限公司

网络行业应用篇/智能化生产

1 概述

1.1 背景

远程计量系统在生产中所处的位置十分重要,可谓是生产的眼睛,良好的产品质量离不开没有先进科学的管理制度和计量检测手段。计量管理是指协调计量行政管理、计量经济管理、计量技术管理及计量管理法制管理之间关系的总称,是计量工作中的重要组成部分。计量管理对企业提高产品质量、降低能耗、节约成本等方面都有着举足轻重的作用,通过计量管理,将企业的生产活动、经营管理活动依赖计量技术活动有机地结合,从而使生产活动、经营管理活动更有成效。在信息技术飞速发展的今天,如何增加计量工作的科技含量,是计量工作目前面临的重要内容,计量信息化、数字化已是计量事业的发展趋势。

基于工业互联网的智能计量管理系统是运用.net、J2EE、java 中间件技术等当前先进的 IT 技术,针对带有轨道衡的企业特有计量业务及流程特点,运用 UML 建模工具,创建出物联网智能计量系统的初步模型。同时,利用视频监控、远程控制、数据库管理,同计算机网络技术相结合,建立集图像、数据、现场设备控制于一体的远程称重管理系统。该系统可对多种车型自动逻辑判别,成功地将轨道衡动态自动称重、汽车衡静态

称重、视频监控、网络通讯、车号自动识别、网络数据库管理等先进技术应用与计量系统中，完整地解决了远程计量问题，实现了多个衡器现场无人值守的计量方式和数据网络传输的实时计量，整个计量过程远程控制（包括零点监控和调整、计算机、仪表重启、车号识别器重启等），无需人员到现场操作。它包括了称重、监控、数据采集、现场设备控制、信号传输、网络管理等应用，具有明显的实用性、安全性、可靠性和先进性，并大大提高工作效率，降低生产成本和运输成本。该系统技术先进、操作方便、运行速度快、运行界面友好，具有良好的通用推广性。

通过公司的信息网将数据、图像、声音传送至监控中心。系统采用称重控制数据与图像声音两套传输系统。视频、声音通过光端机用一芯光纤传送至监控中心；称重数据、车位检测信号、车号识别数据通过以另一芯光纤晶光端机传送至监控中心。监控中心每台衡有两台电脑控制，一台用于过衡计量，另一台监视现场画面，监控画面可以放大切换。数据有问题时，可通过对讲系统及时告诉监视点处理。它可以实现计量业务的现代化、提高计量管理水平、减少计量人员、提高业务处理效率、适应现代化企业的发展趋势而投资建设的智能化系统。项目上线后，可以充分整合汽车衡等计量设备，利用视频技术、IC 卡技术等多种信息手段，结合多种计量防作弊手段，利用分布式网络等技术，构建完善的远程可操控计量管理系统，并且对每个计量点安装多台全方位的视频监控设备，完成计量过程的监控、图像抓拍及计量操作过程的截图，辅助计量操作员完

成计量任务。此系统规范了计量流程、防止人为误差和作弊，而且实现了计量的自动、智能，最终形成信息化、智能化、无人化的新型计量数据管理系统。

1.2 实施目标

智能远程计量项目实施完成后，能够将钢厂各物资计量点与集中计量监控中心有机联合，通过远程监控系统使各种信息及时得到沟通和共享，进一步从整体上提高物资计量的运行效率和服务水平，形成基于工业互联网技术的信息化、智能化的新型智能计量系统。具体包括：

- 1) 建设国际先进、国内领先的企业级计量中心；
- 2) 实现汽车衡业务 95%以上的自动计量；
- 3) 提高计量业务的整体作业效率，单车自动计量处理时间<15 秒，远程计量处理时间<20 秒；
- 4) 实现远程集中管理，增加完善的防作弊功能，异常业务的接管；
- 5) 实现计量员业务负荷分配均衡、通车率均衡、设备负荷均衡；

建立远程集中计量系统监控平台与操作平台，实现智能计量与现有系统无缝对接。

1.3 适用范围

钢铁工业是国民经济的基础产业，对经济发展至关重要，其中计量作为钢铁企业中一项不可缺少的技术基础工作，对企业生产的作用和意义是非常明显的。目前大多数钢铁企业的计量依然是靠计量员在磅房现场进行计量和监控，每个计量点都需要二

十四小时驻扎人员值班,物资计量点不仅分散,而且条件差,不利于集中管理和监督,而且计量过程中也易产生人为误差或失误,特别是随着企业生产规模的不断扩大,物资计量站点也随之增多,设备增多与人员相对较少的矛盾日益明显,随着钢铁企业钢铁产量在市场需求和管理效率不断提高的情况下,产量逐年增加,物资运输量增大,厂内物流量大大增加,人工计量点的反映速度已成为企业进一步提高生产效率的瓶颈。因此企业为了优化和合理利用人力资源,提高市场竞争力必须在各个环节想办法,希望节省成本提高工作效率。从而采用计算机及现代网络监控技术为基础的远程集中计量管理系统能够减少人力成本,提高工作效率,为企业提高市场竞争力。

此外,现代化的生产需要与之相适应的信息系统支撑,远程集中计量系统是钢铁企业信息化中很重要的组成部分。为企业建立了一个适合其生产、经营、管理的信息化计量平台,实现了所有计量、计量调度业务数据的规范化、标准化、电子化和集成化。远程集中计量系统现已成为钢铁企业信息化建设中不可缺少的重要组成部分。

因此,为了适应钢铁企业现代自动化建设、改进工作效率、加强管理服务客户、提高计量水平以及业务处理效率,在原有计质量管理信息系统的基础上,建设企业基于工业互联网技术的远程计量管理系统以适应企业快速发展的需要就成了钢铁企业当前首要考虑的问题。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

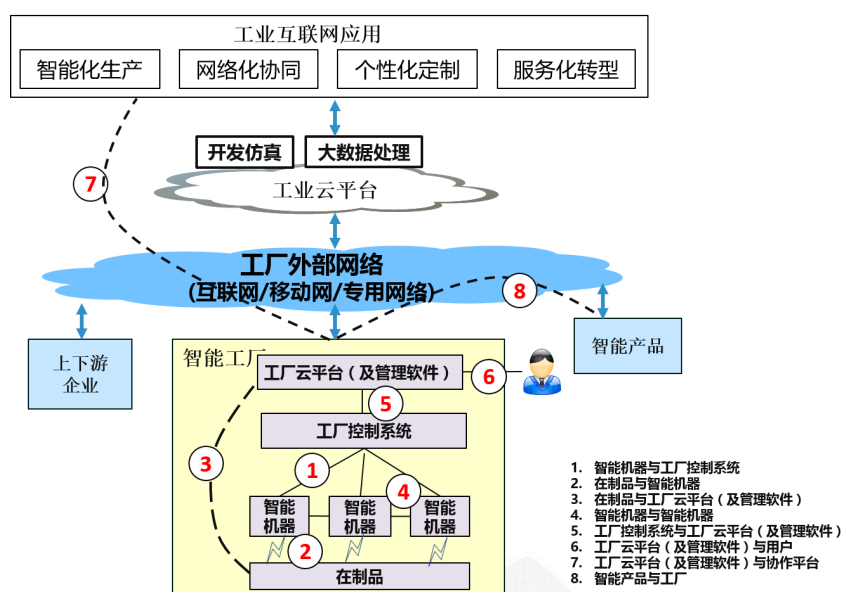


图 1 工业互联网互联示意图

基于工业互联网的智能计量解决方案，在结合钢铁行业工业互联网应用的基础上，形成成熟而行之有效的工厂管理软件解决方案，同时结合行业基础，注重在进场车辆的管控，与外部物流形成跨企业的协作平台。为了简化计量终端的应用功能，本项目还自主研发了远程计量自助一体机，实现企业与企业、企业与客户、企业与供应商间的数据互联网传输与交互，打造智能终端的轻量级应用。



图 2 远程计量系统示意图

2 需求分析

在计量数据管理体系基本建立的基础上,我国钢铁企业也相继开发了适合自身需要的计量管理系统软件以及关于计量方面的数据采集系统,基本能满足企业对于计量业务的需求。但是由于钢铁行业信息化建设诸多的个性化需求以及钢铁企业在资金、规模、管理模式等诸多方面的差异,例如某些钢企的远程计量项目,缺乏物流系统支持,大量与计量本身业务没有紧密联系的业务检查需要在计量系统中实现。增加了系统的业务复杂度,以及与 ERP 系统的接口的数量。

钢铁企业信息化结合企业自身情况,对自身的企业信息化提出了更高的要求,而且在当今计算机网络及软件应用技术的不断更新和发展的情况下,为了使钢铁企业信息化计量管理工作水平与时俱进,不断完善和提高以满足计量工作日益发展的需要,计量管理软件也必将不断完善和发展,基于工业互联网技术上研究的远程集中计量管理系统的建设使计量管理工作更加科学、严谨和高效是必要的。基于此,本项目研究开发出的基于工业互联网的远程计量管理系统,为钢铁企业实施计量管理提供了一种可行的方案,可以适应大中小型企业的发展需要,前景还是非常广阔的。

3 解决方案

3.1 方案介绍

远程监控计量系统设计思路:建立独立的计量系统,实现自动、自助、远程计量,与现有的 ERP 系统达到无缝对接。

整个系统采用集中管理、分布监控的设计模式,所有的业

务数据（数据、语音、图像、控制信号等）通过无人值守机（终端）和软件系统进行就地处理，通过计量专用光纤网络与控制中心进行交互。

系统设计采用三层架构：数据基础层、数据管理层、业务应用层，见下图：

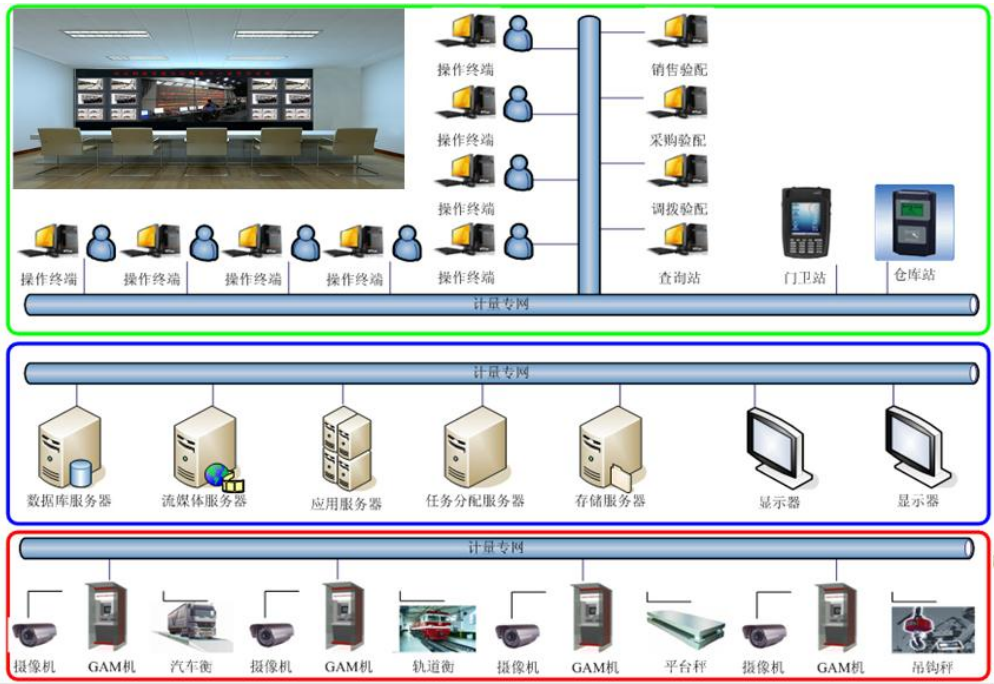


图 3 远程计量信息系统三层总体架构

● 数据基础层—各计量站点

各计量站点的基础数据包括计量仪表的重量数据读取、监控摄像机的音视频信号采集、红外监测信号采集、语音对讲信号的交互、IC 卡信息采集、仪表状态的指令控制等等，基础数据层作为系统运行的数据支撑，采用就地控制与远程控制相结合的模式设计，提高系统运行的可靠性。

● 数据管理层—计量监控中心服务器群

计量中心服务器是整个系统的核心枢纽，负责整个计量系统的管理、运行、控制以及与其它业务系统的交互。服务器包

括数据库服务器、应用服务器、任务管理服务器、存储服务器、流媒体服务器、环境监测服务器、存储矩阵等。

- 业务应用层—远程计量工作站及业务站

监控中心各计量员通过授权使用业务应用系统，实现远程计量业务操作和远程计量监控。

3.2 系统架构

为了保证设计的先进性、成熟性和可实施性，在架构设计过程中，遵循“业务驱动”的原则，系统架构是目标系统体系的蓝图，是整体解决方案的模型化，系统架构主要体现了需要建设的系统、系统实现的技术采用。

根据计量业务应用的数据特性，考虑到各主题域之间的关联度，将计量业务数据划分为计划域、组织域、计量设备域、量测域、产品域、计量点域和异常域等七大域，同时将对上述域形成支撑的公共部分组成支撑域。

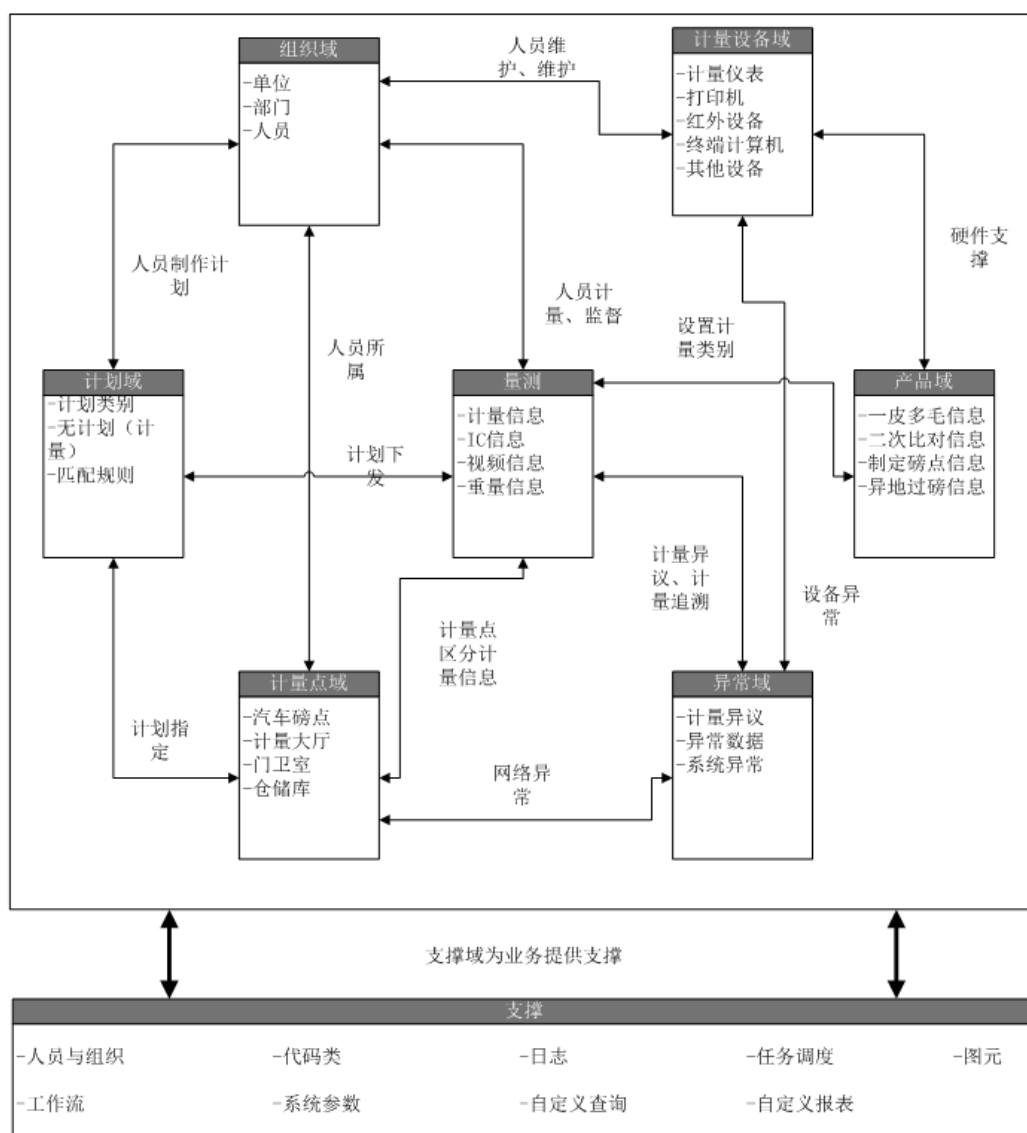


图 3 顶层概念模型

3.3 功能设计

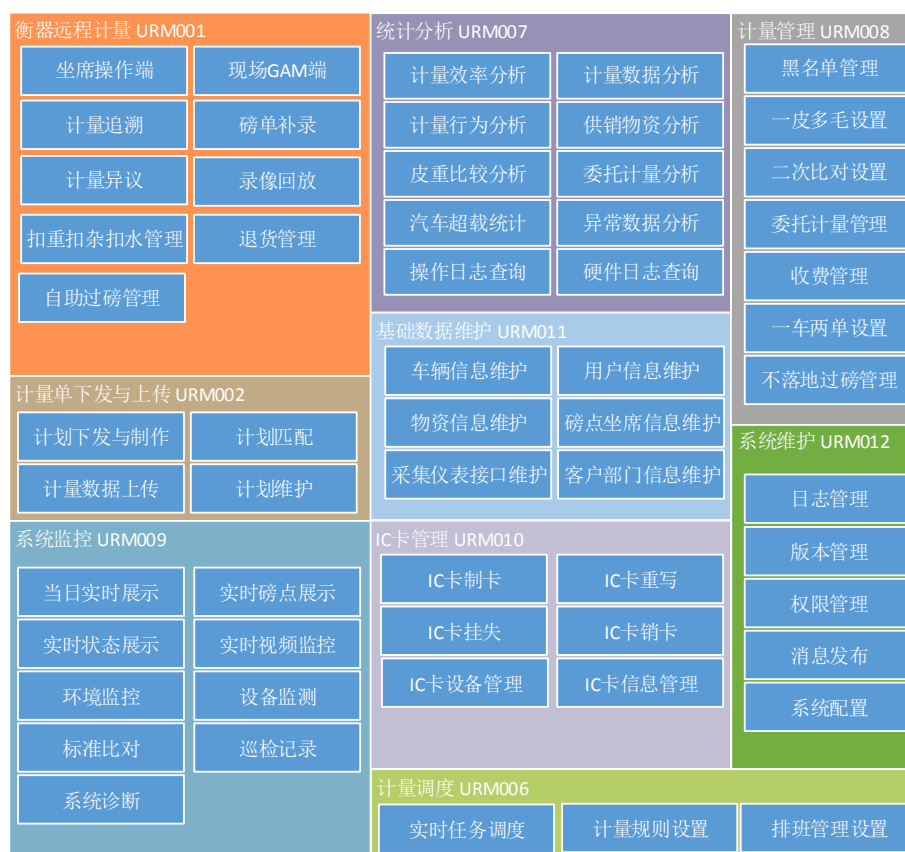


图 4 功能模型

功能描述：

序号	功能名称	描述
1	汽车衡 GAM 机过磅端	主要用于汽车磅远程过磅中的磅房端，主要包含仪表数据集成（且上传）、红外光栅集成、票据打印机集成、IC 卡读卡器集成、条码扫描头的集成、计量业务查询、业务数据上传接收、人工过磅等。
2	汽车磅坐席操作端	主要用于汽车磅坐席端的处理，包括任务接收与提示、过磅监控数据展示、过磅任务信息展示、磅房设备状态展示、皮重称重、毛重称重、过磅结果发送至任务调度等。
3	铁水计量监测	完成行车铁水过磅计划的显示和仪表数据的接收；完成过磅数据的采集、匹配计划形成完整的码单
4	磅单补录	对无法接受的计量磅单时在系统中补录
5	计量追溯	对计量历史进行追溯
6	录像回放	对计量过程有疑问时，回看录像信息
7	基础规则维护	计量基础规则维护
8	汽车磅过磅规则维护	汽车磅过磅规则维护
9	磅点维护	汽车磅、轨道衡磅点维护
10	坐席维护	汽车磅、轨道衡坐席维护
11	仪表类型维护	仪表类型维护
12	磅点硬件监测	对磅点的硬件设备进行监测
13	车队管理	车队基础信息维护
14	车辆管理	车辆基础信息维护
15	监控基础管理	监控基础信息维护

16	实时皮重库	对实时皮重进行记录
17	历史皮重库	对历史皮重进行记录
18	磅点过磅物资历史记录	记录过磅历史物资
19	IC 卡管理	IC 卡基础信息维护
20	IC 卡发卡管理	对 IC 卡发卡进行维护
21	接口表维护	接口表基础信息维护
22	计量规则号管理	计量规则号基础信息维护
23	计量系统内部计量规则	计量系统内部计量规则基础信息维护
24	接口数据监控	对接口数据进行监控
25	计量委托管理	计量委托基础信息维护
26	汽车磅计量数据异常处理	完成汽车磅过磅视频监控画面的回放和追溯、完成过磅码单数据的修改
27	计量明细查询	完成计量过磅明细数据的查询，统计和导出
28	皮重库查询	完成皮重库数据的查询，统计和导出
29	磅点及坐席监控	磅点和坐席的实时监控
31	黑名单业务规则	限制时间、限制磅点的记录、原因管理
32	汽车磅坐席实时状态	坐席状态：空闲、挂起、计量中、故障等
33	各计量点的实时状态	计量点状态：空闲、计量中、秤故障、网络中断、本地过磅等

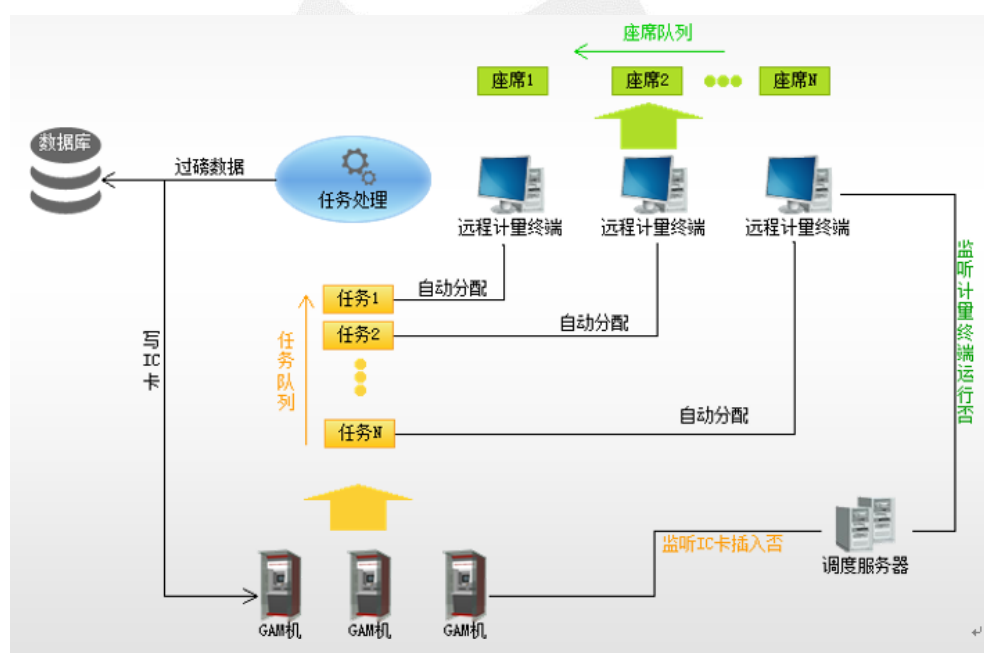


图 5 任务调度系统示意

3.4 安全及可靠性

计量业务应用的高效、顺畅、7x24 小时不间断工作，必须架构在一个高性能、高可靠、可扩展、可复用的基础设施平台上。物理架构一般情况下需要系统拓扑、服务器集群、软硬件

选择、网络带宽、所需设备数量计算等方面硬件部署规划与设计。

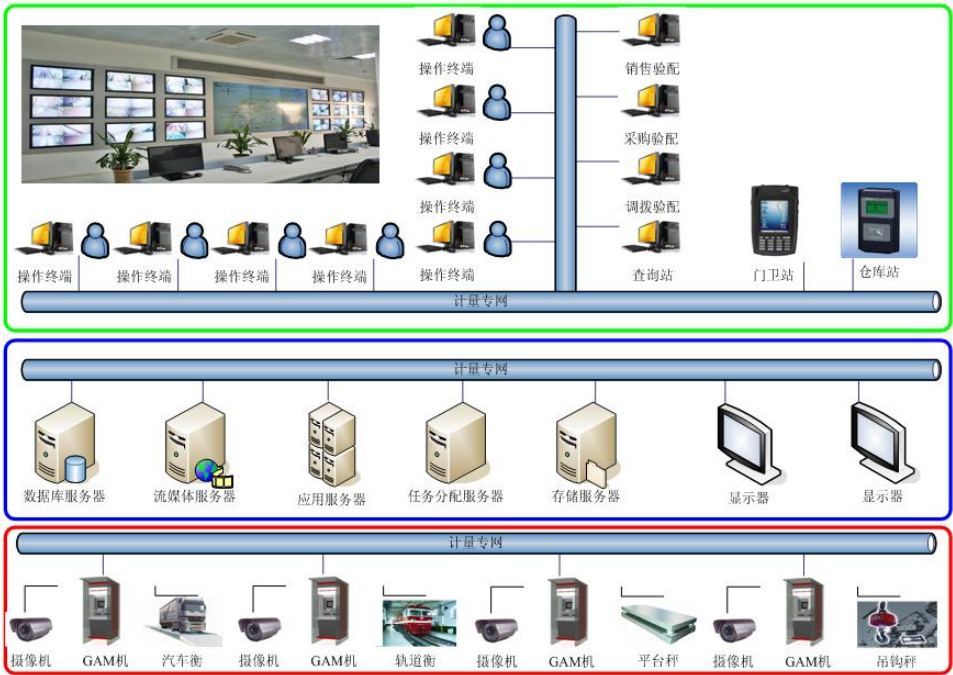


图 6 系统拓扑

遵循系统采用两层 C/S 架构设计（数据库服务器、应用服务器）。操作系统使用稳定、安全的 Windows Server 操作系统、数据库使用大型关系型 MS SQL Server 数据库以实现对大量并发及高效数据处理的需求。其中，两台数据库主机通过 MS SQL Server 实现双机热备的高可用性，并充分保证系统的稳定、可靠运行。

稳定可靠的服务 HA 技术

- 数据库 HA 有以下的特性：
- 简单易用，7x24 热备应用技术支持。
- 显著减少停机时间，允许不间断的进行系统升级和维护。
- 完备的系统数据备份及恢复途径。

- 简洁易用的管理方式，友好支持主机的保护设置和故障恢复过程。

定时备份技术

定时备份技术是数据保护的一种常见技术手段，在本项目中也会利用此技术进一步达到对远程计量系统数据保护的目的。具体备份策略如下：

数据库系统数据备份

备份方式：定时自动全备份

备份技术：采用 SQL Server 自带的镜像工具实现数据库备份工作。该技术具有以下优点：

- 为数据及数据对象提供更细微级别的选择性；
- 可以设定数据库版本号(主要是用于兼容老版本的数据库系统)；
- 并行执行；
- 预估导出作业所需要的磁盘空间；
- 支持分布式环境中通过数据库链接实现导入导出；
- 支持导入时重新映射功能(即将对象导入到新的目标数据文件，架构，表空间等)；
- 支持元数据压缩及数据采样。

4 成功案例

本项目为江苏某企业提供远程计量管理系统，通过调整、优化计量业务流程，构建完善的远程可操控计量管理系统，提升公司物资计量管控水平和信息化管理水平。

合理优化人员配置，提高人员计量效率，预计可优化人员

50%以上；

司磅员数量降低率	52.5%
人力成本下降	126 万元

1) 司磅员集中办公，便于对司磅员集中管理，提高司磅员的办公效率。

2) 现场工作环境恶劣，系统上线后，职工在计量大厅远程操作，改善和提高职工工作环境。

3) 对计量业务和数据进行集中管控，计量业务领域负责人可及时处理突发的计量异常问题。

4) 系统辅以多种计量防作弊的手段，减少司磅员与司机的直接接触，减少计量过磅作弊现象的发生。

5) 计量过程数据的全程记录，便于计量工作审计、处理计量异议时追溯计量过程

6) 通过定义过的磅业务规则，对过磅的过程进行严格规定，避免人工计量过程中失误或者作弊。

此外，为马鞍山钢铁股份有限公司提供远程智能计量系统，通过调整、优化计量业务流程，利用自动化控制技术、网络技术、多媒体技术、计算机技术、数据库技术等新技术优势，在计量中心构建完善的远程可操控计量管理系统，采用自动或远程辅助的方式完成计量，并采用包括大数据在内的多种新技术，提升其公司物资计量管控水平和信息化管理水平。

基于工业互联网网络的太阳能光热解决方案

施耐德电气（中国）有限公司

网络行业应用篇/智能化生产

1. 概述

1.1 背景

随着国家大力推进光热产业的发展建设，首批光热发电示范项目的稳步推进，中国企业开始积极在世界舞台上与海外厂商角逐海外光热发电项目，并赢得了多个项目。虽然中国正迎头追赶光热发电的世界脚步，可中国的光热发展毕竟滞后于国外，存在一系列的困难和挑战。光热发电由于是利用太阳的辐射进行聚光吸热，为了形成产业化效益往往一个电厂会有成千上万套的定日镜、集热器，传热储热介质又都是高温或者超高温的导热油、熔盐，中国国内光热的建设地环境气象等环境相当恶劣又没有可供借鉴的海外经验，所以对于整个电厂的安全、高效、精准控制、稳定监控提出了严苛的挑战。

1.2 实施目标

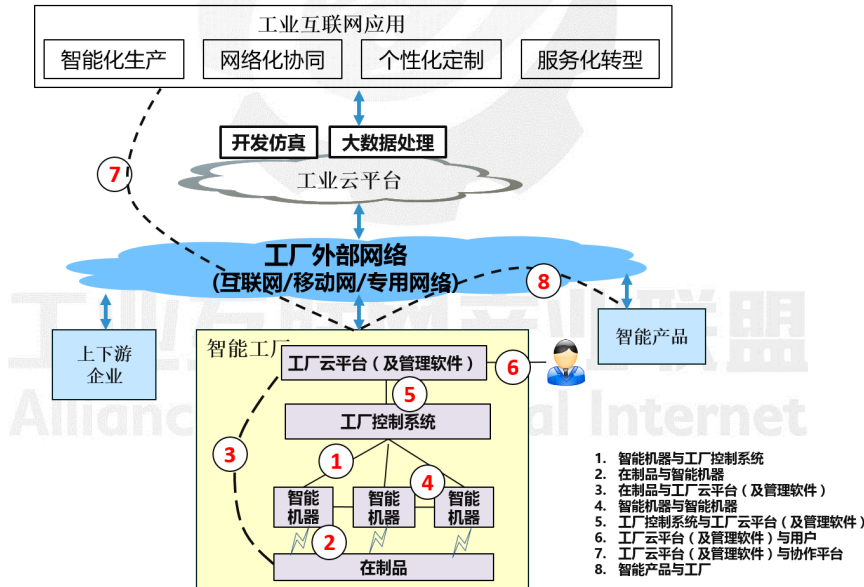
基于工业互联网的高效互联互通，依托本公司在光热行业几十年的经验提出的光热发电全厂监控、校准、优化、模拟等全套解决方案。显著提升命令执行及状态参数刷新时间，为电厂的精准监控提供保障。通过优化控制，显著提升电厂的发电量。

1.3 适用范围

本解决方案适用于槽式、塔式、菲涅尔式光热发电厂。提供了从太阳岛镜场控制、储换热控制、发电岛控制、全厂运行优化控制、仿真模拟系统以及在塔式类型电厂里的校准控制等等。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本解决方案在图 1 中处在 1, 3, 4, 5, 6 的位置。此解决方案囊括了单个镜子的控制；全镜场控制；储换热控制以及发电岛控制，以及全场的优化控制，厂务管理等等。所有的子控制系统均依托于工业互联网互联互通。



2. 需求分析

目前国内光热尚无一个符合“安、稳、长、满、优”运行的商业化光热项目，技术复杂，引进吸收还需时日。而光热电厂需要对成千上万个“镜子”协同控制，系统的快速响应及高稳定，多模式的无扰切换，极端环境下的高可靠性，追日定日的高精度性，控制系统的开放性、高可扩展性、可复制性，极

端情况下的系统保护，关键设备快速解列等等现实需求。

3. 解决方案

3.1 方案介绍

基于物联网的、开放的、具有交互性的系统化架构 EcoStruxure，从安全性、可靠性、高效性、可持续性和互联互通性方面为我们的客户提升价值。在“创新无处不在”的理念指导下，我们正在采用物联网、移动、传感、云、分析和网络安全领域中的先进技术，推动从互联互通的产品到边缘控制，再到应用、分析与服务各个层级的全面创新。全厂依托工业以太网的最新技术，实现安全性、稳定性、冗余性、快速性、精确性的互融并举，显著提升光热电厂的整体性能。

3.2 系统架构（全以太网）



图 2 光热发电系统构架

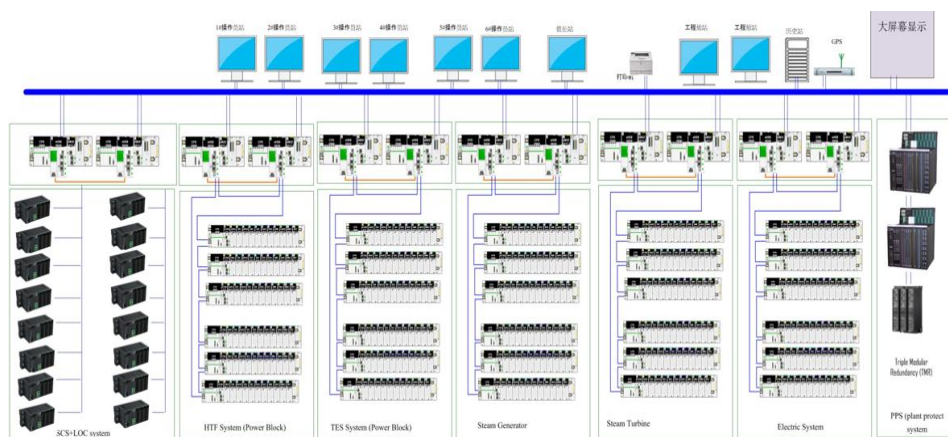


图 3 光热发电系统构架解决方案

光热发电系统构架采用全以太网设计（设备层，控制层，信息层均采用工业以太网构架），依托于 EcoStruxure 先进的技术，以满足光热电厂超大的即时信息采集处理及极高的安全可靠性能以及测控的高精度要求。

- 1) 在超大的即时信息处理方面：由于采用了工业以太网技术，在数采数控的速率方面就达到了最低百兆。倚靠 EcoStruxure 先进的技术在数据建模及网内、网际等通讯机制上采用优化宏等等模式，完美实现数据、命令的真、准、快。
- 2) 在安全可靠方面：由于光热电厂自身熔盐、导热油的高温特性，熔盐冷却后不可逆的设备损伤，必须更换特性，相关过热回路设备的多杂特性，高安全、高可靠是整个光热电厂的重中之重。国外吸热器融堆后镜场损伤过半的案例，热罐受热不均破损漏盐等等案例历历在目，需要中国引起重视。本方案依托工业互联网的性能优势，为电厂的安全测控，事故预防，事故追忆，应急机制，事故及时处理提供了全面保障。

3) 测控高精度方面：聚光（散焦）准确性、快速性对于整个发电厂的发电效能（安全保护）是极其重要的。由于采用全以太网方案，设备级一次测量及控制在每帧速率上完全不存在总线通讯的速率，布局等颈瓶，并且抗干扰能力非常强。

4) 在电厂以后扩容方面：全以太网方案，可以方便的“以搭积木”方式快速实施。

在镜场每个 LOC 的控制网络采用超五类线，在镜场区域控制节点采用多模/单模光纤与上层 Level2 级网络链接。在 Level2 与 Level3 层级及以上层级均采用光纤链接的方式。如此方式的系统构架比传统的网络构架可以节省大约 1/4 的网络布线，及其相应的辅材附件以及大量的人工时。

镜场由于系统构架分区与实际物理分区存在高度的关联，并且发电岛与太阳岛以储换热做为系统的分界，依托工业以太网的构架，可以快速的扩容，并且在更换维护上实现即插即用的便利性。

3.3 网络拓扑设计(全以太网冗余构架，控制层百兆环网，信息层千兆环网，RSTP 环网构架)

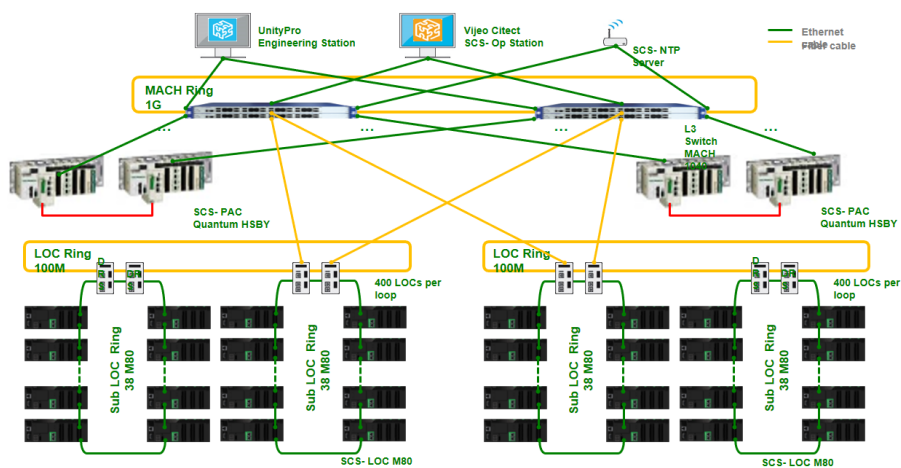


图 4 全方位网络拓扑解决方案

光热解决方案的网络拓扑结构：

- 1) 在设备 LOC 层采用 RSTP 机制的工业互联网环网构架。避免局域网中的网络环回，解决成环以太网网络的“广播风暴”问题，可以消除由于失误或者意外带来的“死循环”连接（环路网络中的增生和无限循环）。也提供了为网络提供备份连接的可能，可与 SDH 保护配合构成以太环网的双重保护以及极快的收敛速度。
- 2) 在 SCS 层采用 VRRP 边缘网络控制技术，支持特定情况下 IP 数据流量失败转移不会引起混乱，允许主机使用单路由器，以及及时在实际第一跳路由器使用失败的情形下仍能够维护路由器间的连通性，解决了局域网中配置静态网关出现单点失效现象。VRRP 还提供了优先级抢占策略，照 IP 地址大小顺序选举，高优先级的备份路由器便会剥夺当前低优先级的主控路由器而成为新的主控路由器。在安全方面，提供了两种安全认证措施：明文认证和 IP 头认证。
- 3) 在太阳岛层级采用 MRP 技术。在环网型拓扑构架中可设置多个主站，实现了通讯链路的冗余与通讯设备冗余的结合。其兼容节点可以是兼容交换机也可以是终端结点。每个兼容点都可以监测或恢复交换机内部的链路故障，也能够检测或恢复相邻节点的故障，实现了快速的网络恢复。
- 4) 在设计网络构架的时候，为了保证控制的速度及精度。

需要充分考虑到上下行数据量、命令组、各种工况以及网络负荷量，需要分散设置服务器以及定义各个冗余服务器、控制器的主要功能以及次要功能。充分模拟级计算网络最大负荷以及各种极端情况。

- 5) 由于光热电厂的工艺类型很多，规模及场地也不尽相同，所以更迫切需要在工程实施前的充分论证及实验。本公司在上海张江研发中心搭建了一套光热测试平台，不但服务于国内外的商业化项目论证也充当各种新型工艺构架及特殊需求的实验论证。

3.4 功能设计

整个光热电厂按照功能或者按照储换热系统为界分为两个区域：太阳岛及发电岛。储换热系统一般归为发电岛部分。

镜场部分按照区域划分若干个片区，每个片区里分控各个定日镜/集热器。以以太网环形链路的方式接入核心交换机。每个定日镜/集热器的控制策略/模式均受 SCS 控制系统（镜场控制系统）统一调度管理比如大风模式、紧急散焦模式、校准（塔式）模式等等。气象站等子系统挂接在 SCS 系统上。

发电岛以及储换热系统均由 DCS 系统控制，其中储换热系统使用三重冗余控制系统。

发电岛，储换热系统与镜场控制集联至中控室形成统一控制平台。

运行人员通过键盘、鼠标等手段发出的任何操作指令均在 1 秒或更短的时间内被执行。从运行人员发出操作指令到被执行完毕的确认信息在 LCD 上反映出来的时间在 2 秒内。

在数据流设计方面，由于 LOC 的数量很多，在考虑高速度的同时又要兼顾安全性。所以 LOC 与 SCS 以及 SCS 站内各个平行系统的数据交互需要精确设计，遵循数据负荷的分散，冗余原则。

在网络构架方面，尽量减少层级，扁平化。

3.5 安全及可靠性

本解决方案已经经过很多商业化电站的验证，在业内口碑很多。同时使用了本公司先进成熟可靠的一系列产品，在产品 & 网络设计的时候充分考虑了冗余性，及纠错性。所有控制器，网络，电源以及服务器等等全部采用冗余设计方案。在储换热系统使用三重冗余控制系统。

采用优化型 RSTP 环网技术；VRRP 边缘网络控制技术；MRP 技术，在满足安全可靠的同时，带来检、测、控速度的飞跃！

在信息安全方面通过了国际上及国内的权威认证。通过 Achilles 网络安全认证 (Level2)；符合 IEC62443 / ISA99；通过中国电力科学研究院关于信息安全的测试。

在工程设计之初就考虑到网络安全的设计，做到边界防护，安全域服务器，集中管理，监控预警，故障恢复，日志追溯，安全更新等等。

3.6 塔式光热电厂 Aiming 策略优化

最大限度地提高总的热输出和摄入潜力，实现均匀的吸热器温度，降低热应力并延长吸热器寿命。最大限度地加快吸热器预热时间，使电厂更快的启动。

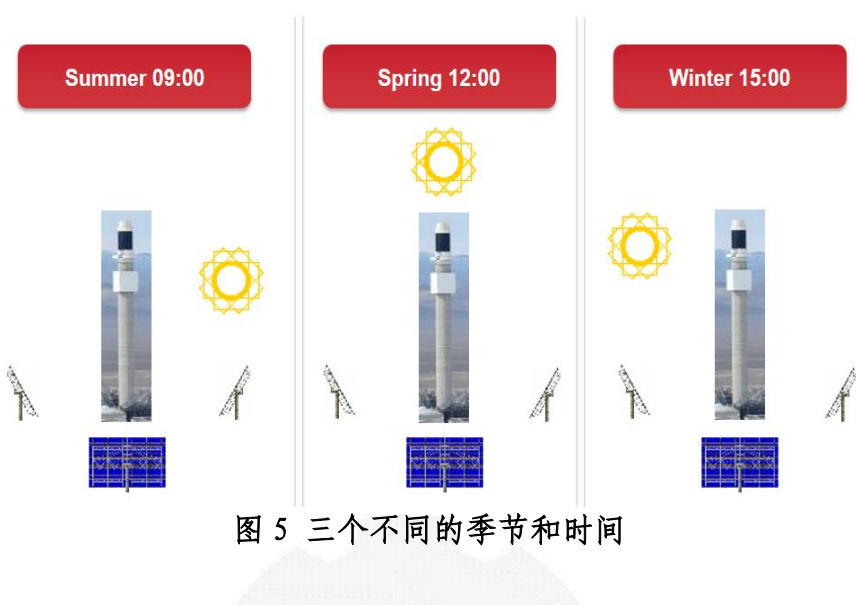


图 5 三个不同的季节和时间

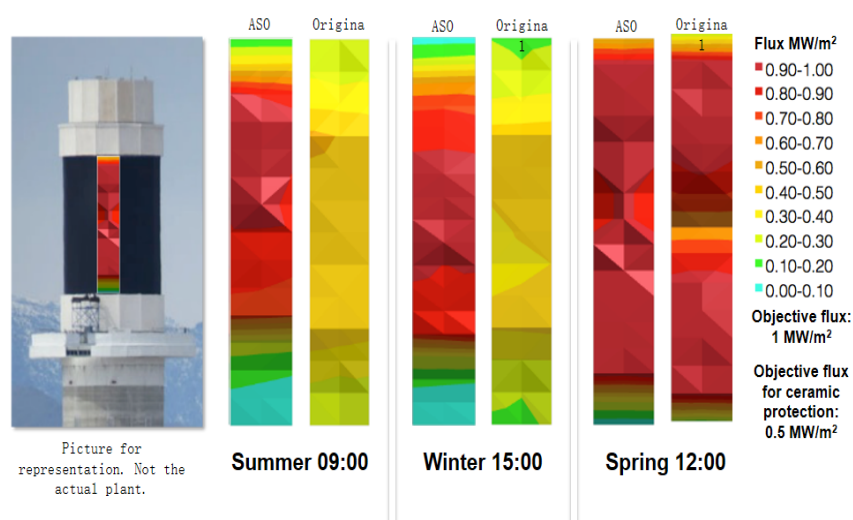


图 6 使用优化策略与常规控制的比较

4. 成功案例

作为全球光热发电控制系统的领导者，已积累大量槽式、塔式商业化项目的成功案例，如摩洛哥的 NOOR II&NOOR III，西班牙的 Gemasolar 等等。

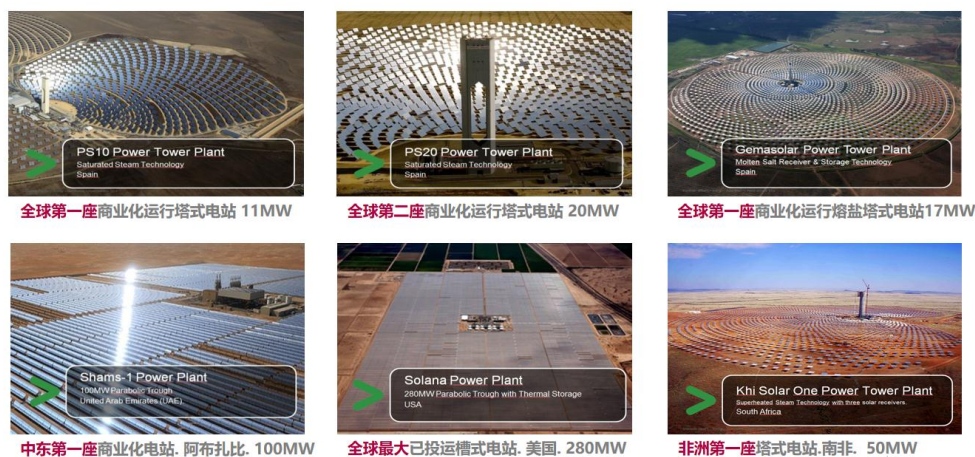


图 7 标杆性成功案例

1) 摩洛哥 NOORo II 光热工程

- 槽式导热油 200 MW (1700 集热器): 太阳岛 1700 套 MC80 + 6 套 M580 HSBY+ Citect Scada
- 发电岛及储换热系统: 8,900 IO, PES (5 套 M580 HSBY) + 207 IO, Triconex

2) 摩洛哥 NOORo III 光热工程

- 塔式熔盐 150 MW (7400 定日镜): 太阳岛 7400 套 MC80 + 35 套 M580 HSBY + Citect Scada
- 发电岛及储换热系统: 7,800 IO, PES (4 套 M580 HSBY) + 492 IO, Triconex

3) 西班牙 Gemasolar 塔式项目

- 世界上第一个采用塔式接收器和熔盐储热技术的商业规模工厂, 技术具有开创性及独特性, 开辟了新的太阳能发电技术的方式。
- 额定功率: 19.9MW; 年发电量: 80 GWh/year; 太阳岛: 2,650 个定日镜。

EC-IoT 解决方案

华为技术有限公司

网络行业应用篇/智能化生产

1 概述

1.1 背景

全球行业数字化转型的浪潮孕育兴起，掀起了新一轮产业变革浪潮。这一波浪潮的显著特点是将“物”纳入智能互联，触发产业服务及商业模式创新，并对价值链、供应链和行业生态产生深远影响；然而，物联网是一个庞大而复杂的系统，不同行业，不同应用场景各异，据第三方分析机构统计，到 2020 年将有超过 500 亿的终端与设备联网，未来超过 50%的数据需要在网络边缘侧分析、处理与储存，如何解决海量终端的联接和管理，海量数据的实时分析和处理，成为保障行业数字化转型的现实难题。

1.2 实施目标

EC-IoT 解决方案的目标是通过边缘计算网关丰富的工业接口采集工业现场设备的业务数据，网关提供丰富的虚拟化技术（VM，容器），快速集成第三方工业 APP，采用基于云管理架构的敏捷控制器对百万级网关进行统一管理，远程管理容器和 APP 应用，业务远程下发和升级，对接业界主流合作伙伴云平台（GE，IBM，霍尼韦尔等），可实现对工业产品可预测性维护方案，降低运维成本，提供创新增值业务，助力行业数字化转型。

1.3 适用范围

EC-IoT 解决方案包括终端通信模块（PLC-IoT/RF 6LowPan），边缘计算网关（AR502 系列产品），边缘计算核心板（HiGrid T1 和 EC Core-L-1）和敏捷控制器（Agile Controller），其中终端通信模块支撑终端层设备间的智能互联，边缘计算网关负责对这些设备进行智能管理，而敏捷控制器通过开放的 API 与合作伙伴们的行业应用系统进行对接，EC-IoT 解决方案主要应对两类业务场景：

- 工业物联：预测性维护，保障高价值设备安全运转，比如梯联网解决方案；
- 电力物联：从人工转为自动化，提升运营效率，增强用户体验，比如 AMI 解决方案。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

EC-IoT 解决方案适用于图 1 中 1-6 场景。基于 EC-IoT 解决方案提供的高可靠、低时延的数据传输保障，并通过丰富的虚拟化技术使能第三方工业 APP 快速部署，通过基于云管理架构的敏捷控制器对百万级网关进行统一管理。

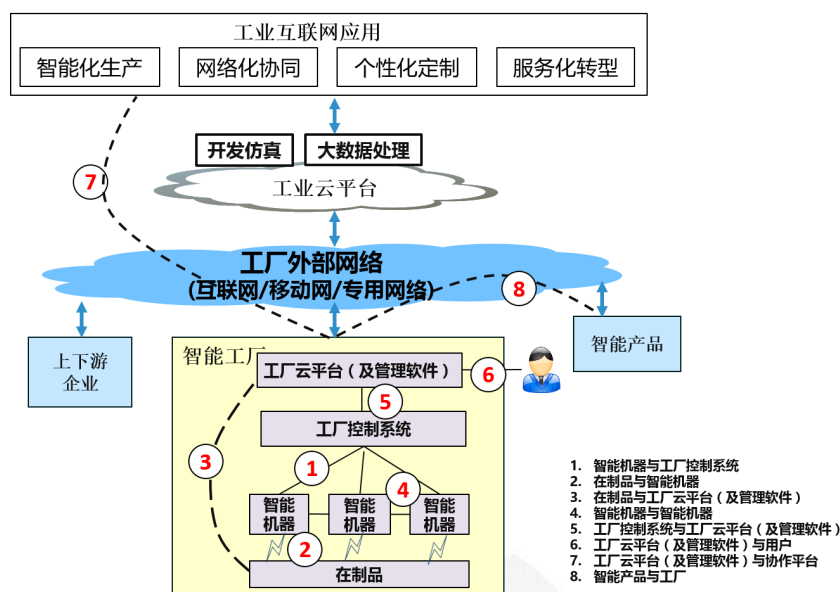


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

全球行业数字化转型掀起了万物智能互联，触发产业服务及商业模式创新，并对价值链，供应链和行业生态产生深远影响，然而，物联网是一个庞大而负责的系统，在行业规模化应用落地过程中需要解决 3 大核心问题，首先是传统网关仅具备联接功能，数据分析依赖云或者人工，缺乏边缘计算能力，第二是海量设备管理难，分布散，运维难度大，最后是部署环境复杂，特别生产现场，电力，楼宇新老设备并存环境恶劣，接口&协议各异，联接难度大。

3 解决方案

3.1 方案介绍

EC-IoT 解决方案主要包含以下创新点：

- 1) 创新应用边缘计算架构，实现业务的实时分析和智能决策,具备边缘计算能力的物联网关,可灵活搭载轻量级数据分析模型进行实时预分析 APP，第一时间进行故障隐

患预判，发现潜在故障，或者执行本地控制策略，毫秒级响应；

- 2) 百万级终端云管理，降低运营成本 50%，敏捷控制器可实现物联网关以及海量物联终端的云端管理，云管理可对物联网从规划、部署到运维的全生命周期管理，结合可视化管理组件，全网状态实时监控，海量设备即插即用，业务自动化部署，大幅缩短业务上线时间，降低运营成本 50%以上；
- 3) 丰富的工业接口和协议，广泛的行业适配性，工业级设计，适配不同行业场景，宽温，防尘放水，17+ IoT 接口&行业协议（RF/Zigbee/RS232/RS485 等），独有 PLC-IoT，支持 PLC-IoT/RF 双模，配用电设备可靠监控；
- 4) 开放生态，加速行业应用创新，EC-IoT 解决方案通过技术创新，提供丰富的开放接口 API/eSDK 和通用协议与不同合作伙伴的行业应用系统开放对接，构建广泛的行业适应性，开发更多契合行业场景，深度定制化物联网应用。另一方面，借助云管理的开放平台，也为行业客户提供了基于云服务的全新商业模式，提供远程预测性维护、增值业务运营等服务，扩展了行业价值链，加速行业智能化，服务化转型。

3.2 系统架构

本解决方案的总体架构如图 2 所示：

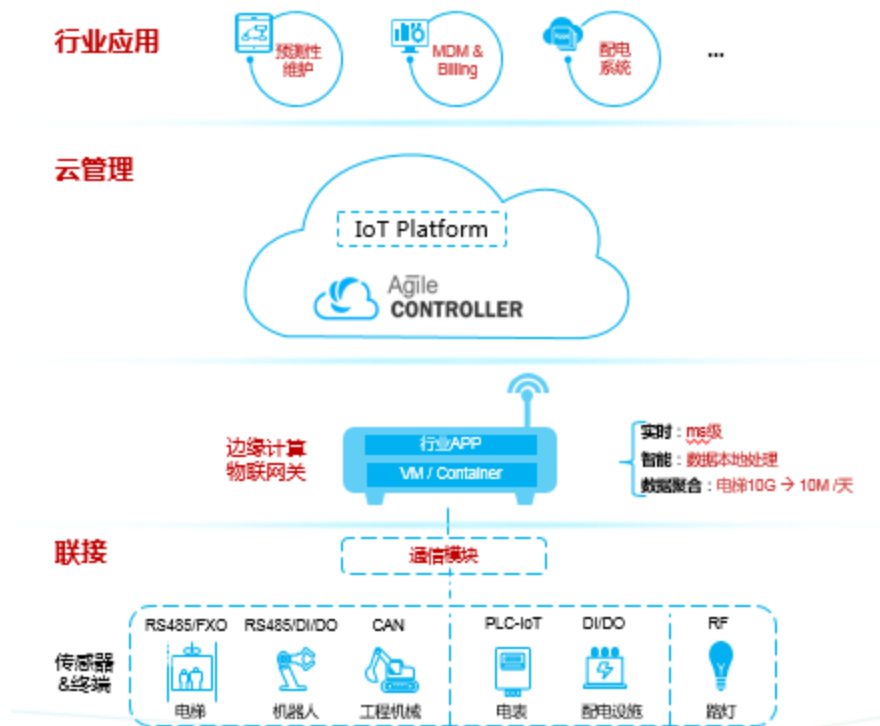


图 2 EC-IoT 解决方案总体架构

联接层：

- 通信模块（PLC-IoT，RF 等），集成在传感器和终端内，使其具备通信能力；
- 边缘计算网关联接传感器和终端，采集数据，内置虚拟化技术，支撑工业 APP 快速集成；

云管理：

- 敏捷控制器统一管理边缘计算网关，并对内部 VM 和容器以及工业 APP 进行端到端生命周期管理；
- 第三方工业云平台（GE，SAP，IBM，霍尼韦尔等），通过 API 与敏捷控制器对接；

行业应用：

- 第三方应用厂商提供的预测性维护等应用，通过控制器快速部署到边缘计算网关中，并且与云端的应用协同。

3.3 功能设计



图 3 EC-IoT 解决方案全家福

EC-IoT 解决方案产品主要包含 AC 控制器、物联网关，通信模块，如表 1 所示：

表 1 EC-IoT 解决方案组成

部件	产品	功能说明
控制器	Agile controller-Campus	千万级终端统一云管理，灵活扩容 标准开放架构，快速行业集成 行业化 IoT 组件，适配不同行业场景
全系列边缘计算网关	包含： 电力物联网：AR530/AR501C/AR501X 工业物联网：AR502/AR509/AR550/AR2500/AR1500 城市物联网：AR501L/AR501S/AR502	工业级设计，宽温运行，防尘防水，恶劣环境适应 丰富协议&接口（17+），适配不同行业应用 支持边缘计算，本地业务毫秒级响应
ARDCM 通信模块 (HUAWEI Inside)	PLC-IoT/RF 6LoWPAN	PLC-IoT，强抗干扰，2Mbps，单跳 1KM， 15级中继 灵活外置/内置通（PLC-IoT/RF/DI/DO/RS485...） 开放集成，支持二次开发，快速适配行业终端

3.4 安全及可靠性

EC-IoT 解决方案通过四重安全机制全面保障业务可靠性：

1) OS 级：系统包含多种安全组件，保障终端安全；

- 2) 芯片级：TPM 安全芯片保证设备安全启动和数据安全加密；
- 3) 管道级：构建安全的 VPN 隧道，确保数据传输安全；
- 4) 平台级：设备通过安全证书认证机制接入，保障接入有效性。

3.5 开放性设计

EC-IoT 被集成整体架构如图 4，可以分为从水平角度看被集成和从垂直行业角度看被集成两大类：

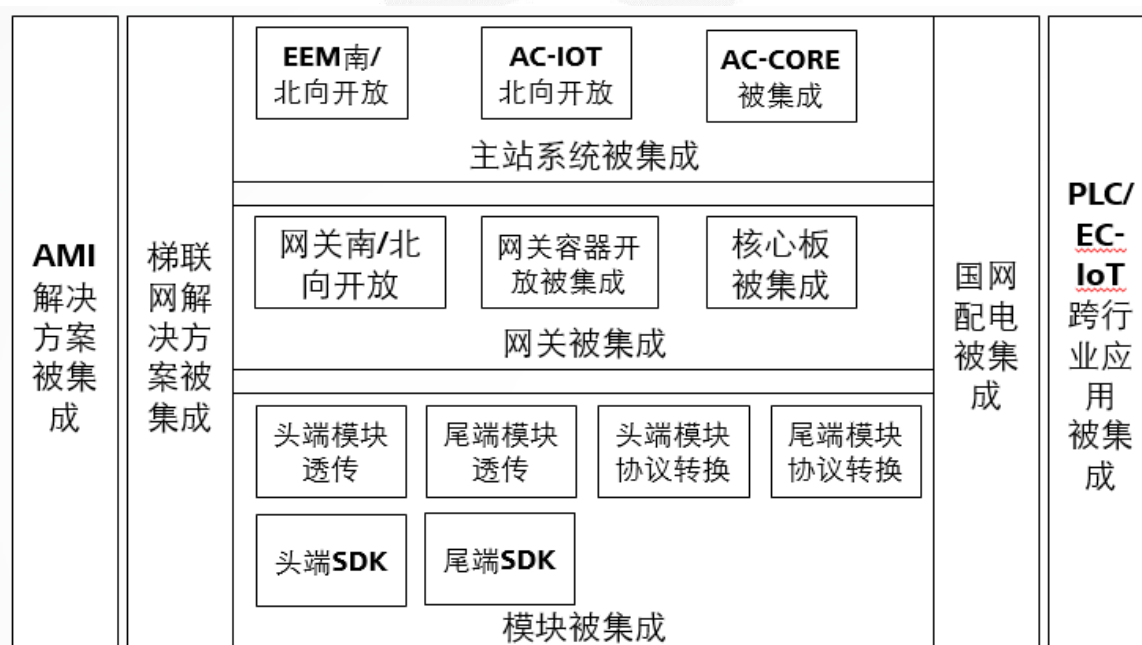


图 4 EC-IoT 被集成整体架构

从水平方案角度看被集成，可以分为：

- 1) AC-IoT 北向开放：通过 AC-IoT 的北向与第三方进行集成；
- 2) 网关容器开放被集成：网关如 AR502 系统，以整机方式，在整机上通过容器内开放接口，第三方 APP 运行在容器内的方式进行被集成；

- 3) 核心板被集成：网关不以整机方式，而是核心板给整机厂商开发硬件整机，第三方在核心板上容器内开发自己的应用；
- 4) 头端模块透传：头端模块与其他厂家的设备（如 DCU）集成，模块提供数据透传接口与底板上软件通信；
- 5) 尾端模块透传：尾端模块与其他厂家的终端（如电表）集成，尾端模块与头端模块一起提供数据透传通道，将报文透传给终端设备；
- 6) 头端 SDK：提供 SDK，供第三方厂家基于 SDK 开发自己的软件，运行在 EC-IoT 模块上；
- 7) 尾端 SDK：提供 SDK，供第三方厂家基于 SDK 开发自己的软件，运行在 EC-IoT 模块上。

从垂直行业角度看被集成，可以分为：

- 1) AMI 解决方案被集成
- 2) 梯联网解决方案被集成
- 3) 国网配变被集成
- 4) PLC-IoT 跨行业复制

4 成功案例

EC-IoT 解决方案在迅达梯联网可预测性维护等项目中规模部署：

- 1) 降低运维成本 50%。自动化的电梯运营管理，降低人工巡检次数，管理效率提升；
- 2) 业务中断时间降低 90%。从被动等待到主动上报，从人员现场排除到在线提前分析，故障排除更及时；

- 3) 前瞻性维护提升安全性，降低故障率。智能的电梯平台及网络服务，构建部署智能应用，提前对电梯健康度评估并及时保养，将安全隐患消除于萌芽，延长电梯寿命和保障乘客安全；
- 4) 开放架构，便于电梯厂商提供广告媒体及数据增值业务，为电梯厂商提供了一种新的商业模式创新。



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

铸管行业生产线智能管控系统解决方案

沈阳中科奥维科技股份有限公司

网络行业应用篇/智能化生产

1 概述

1.1 背景

工业无线网络技术兴起于 21 世纪初，通过设备间的交互过程，提供低成本、高灵活的泛在制造信息系统和环境，代表着工业物联网技术和产业发展的重点方向。我国自主研发的 WIA-PA 技术规范已成为国际 IEC 标准，在产业竞争中占得先机。

1.2 实施目标

据统计冶金行业生产设备差距并不十分明显，工厂自动化与智慧化深度融合越来越成为助力企业在市场竞争中重要因素，国家由此确立“工业 4.0”的发展目标，提出深化互联网在制造领域的应用，加快开展物联网技术研发和应用示范，培育智能监测、远程诊断管理、全产业链追溯等工业互联网新应用，实施工业云及工业大数据创新应用试点，建设一批高质量的工业云服务和工业大数据平台。

我国自主研发的物联网 WIA-PA 标准，于 2011 年 10 月被 IEC 全票通过成为国际标准，2011 年 12 月成为国家标准，使中国在国际上拥有重要的话语权。作为物联网国际标准的制定者，国内标准的引领者，本公司将会在“工业 4.0”，“一带一路”应用和发展，为企业 provide 强大的助力。

1.3 适用范围

根据覆盖区域及现场无线采集节点数量，对厂区进行 WIA-PA 网络全覆盖，新建 WIA-PA 无线传输系统智能无线网关采用分散式布置方式，与各生产车间的管理结构布局相同，这样也便于系统实施后的设备维护及设备管理。在各生产车间安放 WIA-PA 智能无线网关，负责采集该生产车间管理范围内的所有能耗仪表数据、生产过程数据、机泵振动和加速度数据、有毒气体监测数据、环境数据等。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本方案在图 1 中所处第 1、4、6 处，通过现场安装仪器仪表等智能机器，在工厂控制系统处安装无线网关，通过无线网关控制现场的无线智能机器，从而达到远程控制的目的。在现场安装无线智能机器后，智能机器可以通过现场网络之间互相关联。在现场和工厂控制系统全部安装后，和工厂云平台通过网络相连接，此时用户可以通过访问云平台到达工厂控制系统，从而控制现场智能机器。

通过本系统的示范应用，在实现系统全部功能的同时，为智能工厂建设形成生产信息标准化体系及工厂物联网标准化体系两套标准体系，标准体系的建立将聚焦企业优势领域，兼顾传统产业转型升级为出发点，按照“共性先立、急用先行”的原则，统筹标准资源、优化标准结构，重点解决当前推进智能制造工作中遇到的数据集成、互联互通等基础瓶颈问题。

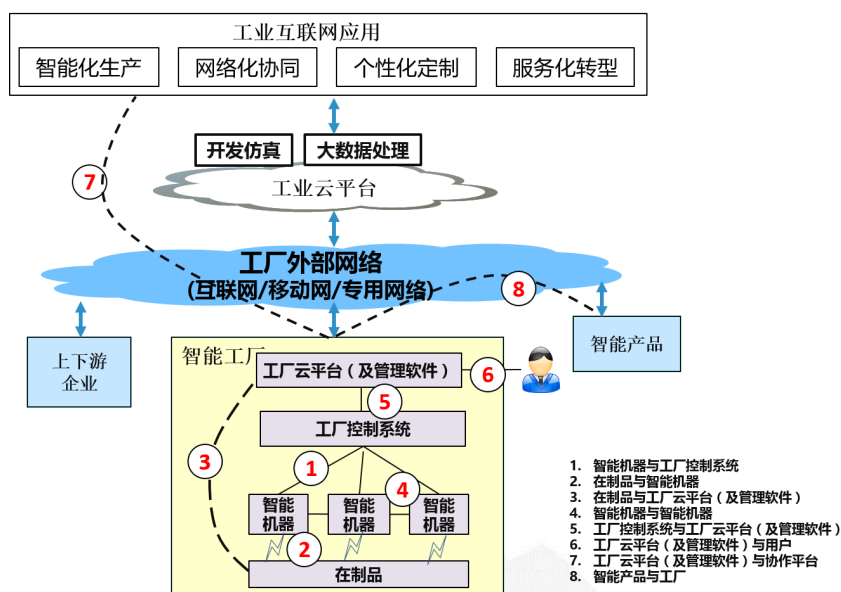


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

2.1 工厂现状

据统计铸管厂自动化及信息化水平一直较低，整个厂区面临着升级改造的紧迫问题，另外，新建生产线也面临着先进的数字化、自动化技术的引进，以全面提升生产效率，达到高效、节能、环保、稳产的基本目标。

● 能源管控不足

目前厂内风气表数据采集覆盖率约为 90%，水表数据采集覆盖率不超过 10%，电能表数据采集覆盖率约为 65%，采集能耗数据的不完整性与分散性导致无法根据生产计划实现能源的智能管控。

● 关键设备健康状态无法在线诊断

不同区域所涉及的设备和工艺不同部门负责，同时大部分工序作业，并没有相应的信息化系统参与控制，导致整个车间信息流阻塞。关键机泵运行状态采用人工定期检查的方式，没有设备健康状态实现监测及诊断系统，设备故障不能提前预判。

● 危险区域气体泄漏未实时监测

危险区域没有气体泄漏实时监测，不能实时监测危险区域是否存在有毒气体泄漏，不能全面掌控厂区内环境数据。距离实现全厂安全环保生产还有一定差距。

2.2 现状分析

钢铁行业属于资产密集型企业，该类机组结构庞大复杂，连续运行时间长、转速高，控制系统精密，制造周期长，检维修困难，一旦发生故障，轻者引起装置停产，重者会造成机毁人亡的重大恶性事故。

根据上述情况，通过引入生产线能源计量与设备健康诊断系统，可同时实现生产线智能能源管控与关键设备健康状态管控；一、通过系统应用，全面采集生产过程中所有耗能设备的“水”“电”“气”的能源消耗情况，并将能耗数据与生产产量关联起来，通过长期数据积累及能耗模型的构建，最终可实现不同投产需求下所需能耗的提前预估，为生产管理决策者提供理论依据，合理安排调度生产，进而达到节能减排、最优生产的使用效果。二、通过系统应用，对厂内的关键机泵设备健康状态实现健康监测，控系统通过在拟监测机组振动明显部位安装无线监测器或有线传感器进行设备运行数据的实时采集，同时通过在线监测系统整合已有监测系统数据，并根据机组的运行特性配置针对性的数据采集策略，抓取对分析定位机组故障有效的振动、温度数据，并借助智能报警策略，及时发现机组的运行异常状态，并实现异常状态的自动推送短信和移动 APP 报警推送。

3 解决方案

3.1 方案介绍

利用信息技术建立能源管理系统更可以为各种节能降耗手段的充分实施奠定数据基础，具有非常明显的现实意义。通过信息技术手段建立集中统一的智能能源管理子系统势在必行，对能源数据进行分析、处理和加工，工作人员能实时掌握能源运行的状态：

- 1) 全方位监控能源运行、使用与分配
- 2) 能源数据采集、能效分析
- 3) 能源供给的优化、负荷分配、负载均衡

利用智能能源管理子系统，在企业出现用能高峰或低谷时，从全局角度了解能源使用和变化。通过对能源进行合理调整，确保系统运行在最佳状态。智能能源管理子系统还有利于工作人员及时采取措施，优化其他能源调度，有效地减少高炉煤气的排放，减少了环境污染，进一步提高了能源的合理利用率。智能能源管理子系统平台解决方案从能源使用的全生命周期角度实现灵活可靠的工业能源过程监控。通过对重要的能源运行数据的集成，建立透明度更高的能源调度与管理平台，在更低能耗、更低排放的水平下获取运行优化和最大化生产力：针对冶金行业对节能增效的需求，通过动态灵活地定制报表、管理和可视化功能，对各部门用电以及其它能耗趋势、增长情况、节能情况实绩进行自动或手工操作进行记录。为节能增效提供全方位多样性的追溯手段以及各种分析工具。智能能源管理子系统解决方案从系统上改善了冶金企业能源使用的跟踪与追溯能

力。通过对能源使用的可视化改善，提供各单位对能源消耗过程以及记录的可追溯性，降低满足政府环保法规和国际标准遵从的时间成本和资金成本。从企业管理角度而言，智能能源管理子系解决方案为企业管理者提供高可视化的能源使用和消耗状况，辅助企业决策层对节能增效管理策略的制定和实施。

智能能源管理子系统将对企业能源环网采集的“水”“电”“气”数据进行汇集分析，通过使用符合 WIA-PA 技术标准的 WIA-PA 智能无线网关、WIA-PA 无线路由器、WIA-PA 无线 IO 适配器等装置，建立基于 WIA-PA 技术标准的冶金生产物联网，实现全厂未进入能源环网的能耗仪表的数据采集补全，并将能源环网与项目补充采集的能耗数据与生产产量关联起来，通过长期数据积累及能耗模型的构建，最终实现生产能耗预测，为生产管理决策者提供理论依据，合理安排调度生产，提高生产管理水平，提高产收率降低资源浪费，进而达到节能减排、最优生产的使用效果。

3.2 系统架构

生产线智能管控系统技术支持体系分为三个部分：物联网部分，大数据部分及智能生产部分。简单来说，物联网部分负责底层数据的采集及传输，主要负责将现场海量的生产过程数据、设备运行状态数据及危险告警环境数据实时采集并汇集到大数据平台上，大数据部分是通过各种算法模型将物联网部分采集上来的海量数据进行分类、统计及大数据分析，智能生产部分是对各个生产环节功能模块的大数据分析的结果关联起来加以使用，以工厂全局的角度出发有效实现企业生产的运行管

控、能源智能优化、设备智能管控及安全高效生产。

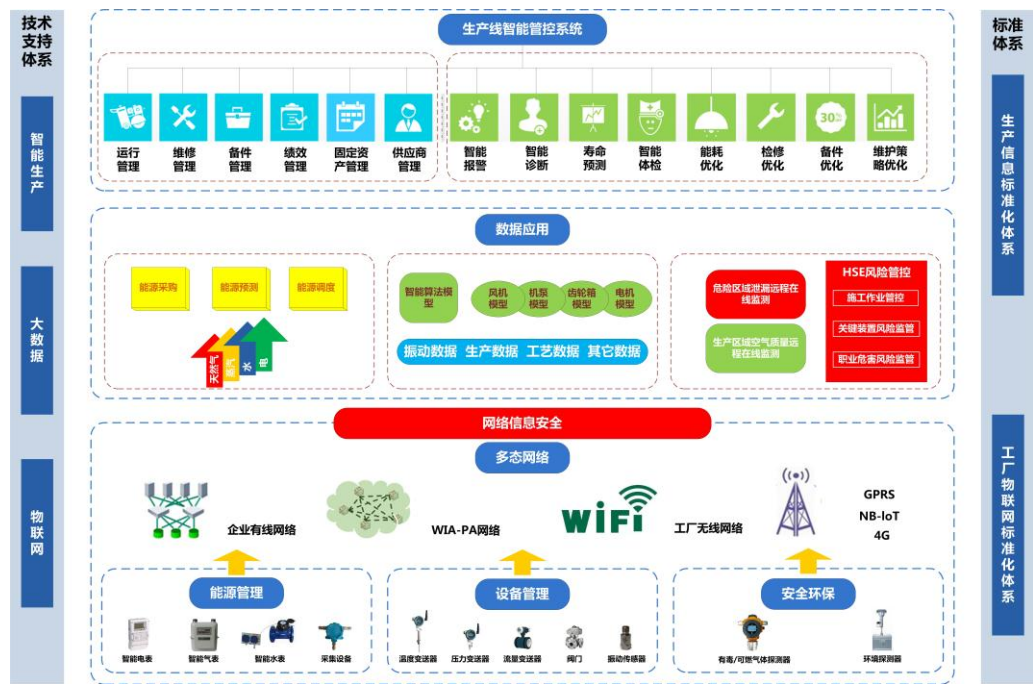


图 2 生产线智能管控系统架构

3.3 网络拓扑设计

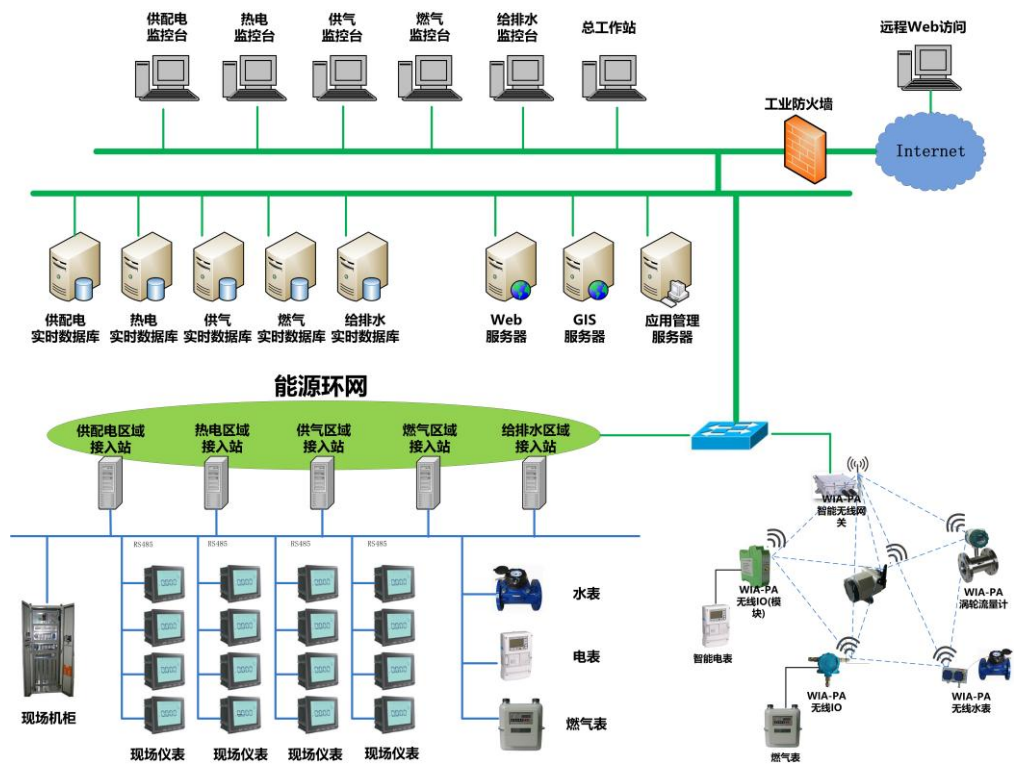


图 3 智能能源管理子系统架构

能源系统的工艺对象覆盖钢铁生产所涉及的各种大型能源

设施，如变电站、水泵站、煤气站等。能源系统采集的数据点范围遍布整个生产运行与作业区，作为实时监控与信息处理系统，其实现包括信息的实时采集、海量储存、二次加工。因此智能能源管理子系统方案立足于系统集成的高度，以信息为核心满足能源管理应用功能上的特殊性 & 能源生产利用的连续性。系统对各种能源介质进行集中监控、统一调度和平衡优化，对无人值守站所设备进行远程操作和控制的要求，充分满足过程控制、信息管理和数据库的一体化系统集成需求。整个系统充分考虑了时间、空间上的可扩充性，采用开放的体系结构，增强与第三方的可连接性。其易于扩充的平台架构，延长了系统应用的生命周期，增强了发展后劲，适应了市场激烈竞争的需要。

智能能源管理子系统与企业已建成的能源环网进行充分结合，利用能源环网的海量能源数据作为系统的数据支撑，将需要的各种一级或二级能源实时数据集成起来，以便于进行后续能源管理和分析。系统是集过程监控、能源管理、能源调度为一体的厂级管控一体化计算机系统。随着企业规模的扩大、技术不断进步、信息产业的高速发展，智能能源管理子系统面向生产运行的能源介质(包括水、电力、重油、各种煤气、天然气、蒸汽、压缩空气、氧、氮、氩等)实现能源预测、降低能耗，实时监控的综合能源信息管理平台。

调研中发现现场仍存在约 10%的气表、35%的电表、90%的水表，数据不具备远程采集功能，针对目前没有远程采集的能源仪表，通过建立工厂 WIA-PA 网络，并增加智能无线采集仪表实

现全厂能源数据的采集补全。该部分采集网络主要由 WIA-PA 无线路由器、WIA-PA 智能无线网关、WIA-PA 无线 IO、WIA-PA 涡轮流量计、WIA-PA 无线水表等设备组成，系统框架如上图右下角部分所示。

根据工厂内能源仪表分布及无线传输环境按界区布置 WIA-PA 无线数据采集系统。WIA-PA 无线设备采集现场能耗数据，并通过 WIA-PA 无线网络传输至 WIA-PA 智能无线网关内；WIA-PA 智能无线网关管理网络，汇聚采集数据，并实现数据的统一解析与存储，并通过工厂内企业通信以太网或工厂无线 WiFi 网络接入工厂局域网，多个网关的数据传输至中控室数据服务区，实现对全厂能源仪表的数据监控。另外，可根据 WIA-PA 无线网络传输条件适当增加部分 WIA-PA 无线路由节点来扩大 WIA-PA 网络的覆盖半径。

3.4 功能设计

- 工厂部署 WIA-PA 网络，实现厂内标准化工业物联网全覆盖，用于现场能源仪表数据的全面采集。
- 现场非数字电表、非数字风气表更换为数字化仪表。
- 将现场水表数字化改造或更换为流量计，并通过 WIA-PA 网络实现数据远传。
- 通过对现有数字仪表配套 WIA-PA 无线 IO，实现仪表数据的远程采集。
- 通过能源管理系统的计算功能将采集到的数据进行处理，并将结果通过报表、曲线等方式完全透明、准确地显示出来，方便用户实时查看。

- 能源管理系统可以将所有的数据、报表、曲线通过工厂局域网或 Internet 发布在公司网络上，各级用户可以按照相应的访问权限通过 IE 浏览器轻松访问到需要的信息，同时也保证了数据的同步性、可靠性。
- 能源管理系统可提供强大的报表功能，根据生产工序分级查询方式，快速查找用户所需查看点的数据，自动生成生产能耗报表，报表展开可查看各个设备的单独能耗情况，良好的人机界面用户可以方便使用。
- 依靠能源管理系统的分析模块，可以很好实现能源预测、能源成本分析，绿色能源控制、能源采购预算等。引入标准日、节假日、比率、消耗种类、产品类型等概念，分析不同车间、不同产品、不同时段、不同工段的能源需求。

3.5 安全及可靠性

我国工业控制系统面临的安全形势严峻，如图 4 所示：

- 2014 对我国影响较大的工控系统漏洞就达到 133 个。
- 2015 年 3 月国家公开工业控制系统安全漏洞共 405 个。



图 4 工业控制系统典型安全事件

安全加固方案

针对新兴铸管建立的智能管控系统，每个系统区域将与实时数据库的 MES 系统进行 OPC 通信连接，实现控制系统状态的

上报。基于 OPC 基金会与工业控制系统应急响应中心（ICS-cert）给出的解决方案的建议，在 OPC 客户端与服务器端之间，需要针对 OPC 协议增加安全防护技术，控制 OPC 客户端与服务器访问的身份、访问的权限、访问的区域、开放的端口、不正常的 OPC 数据过滤等，实现权力的正确使用及权力最小化约束。OPC 工业防火墙能有效实现以上安全防护功能，实现权力的正确使用及权力的最小化约束，功能如下：

- ANSI/ISA-99 规定的纵深防御原则，对控制系统划分为不同的安全区域，每种区域有不同的安全级别，不同区域之间的访问通过 OPC 工业防火墙进行隔离，完成对不同区域的安全隔离与保护，避免病毒的扩散；
- 认证客户端与服务器端的身份，有效的锁定 OPC 客户端与服务器的身份，控制正确的身份才能进行读/写/添加标签等操作；
- 由于 OPC 协议存在不固定分配数据传输端口的特性，需要通过 OPC 协商的协议数据流进行解析，约束 OPC 协议访问与控制的端口范围，禁止非必要端口开放；
- 不需要改变网络的拓扑结构，以透明网桥的方式接入控制系统的一个区域。
- 罗列所有 OPC 客户端与服务器列表，便于查看与管理。

技术路线

OPC 工业防火墙部署在每个控制系统数据出口，在不改变网络结构的前提下，以透明网桥的方式为每一个控制系统区域配置一个 OPC 工业防火墙，为这个区域进行安全隔离与保护，所

以对于各个控制系统区域及补充传输的无线 WIA 监控系统区域，配置 OPC 工业防火墙，同时需要配置 1 套中央管理与控制平台，集中管控各个区域的 OPC 工业防火墙。

新兴铸管厂的 OPC 工业防火墙安全防护的总体架构如图所示，OPC 工业防火墙保护每个控制系统区域，部署在控制系统区域出口，进行区域隔离，避免病毒扩散，对 OPC 协议进行解析、动态端口管理、完整性检查等，避免病毒攻击。安全管控平台为统一的集中管理 OPC 工业防火墙，部署在同 Aspen 数据库同一层，对整个工业智能控制网络进行实时监控，对报警及消息日志进行历史存储与分析。

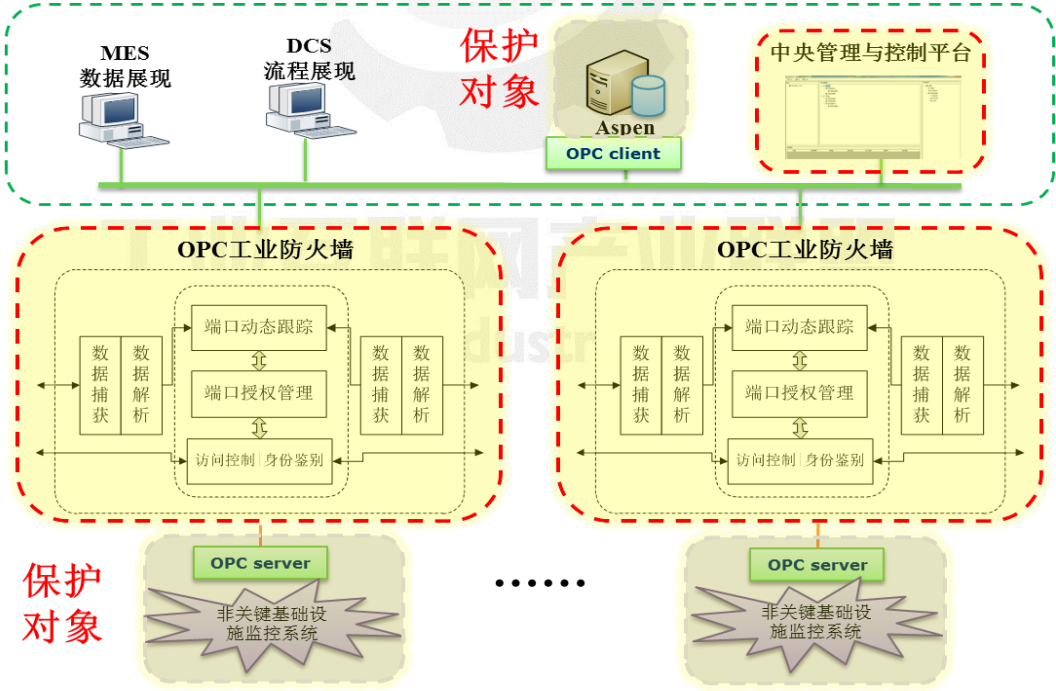


图 5 OPC 工业防火墙实施架构

4 成功案例

抚顺大乙烯实施的烯烃厂设备状态监测、能源计量与优化管理系统，其工厂存在问题是：现有 DCS 系统内物料、能源计量节点均采集瞬时流量值，DCS 内进行累加后得到累积流量值，

物料的每个计量点精度差异、4~20mA 模拟信号传输时的损耗、小信号切除计算、物料温度及密度信息缺失导致了计量值不准确，直接造成了物料不平衡，无优化分析与管理。电能源计量节点未接入 DCS 系统，需计量人员日抄表，进行平衡计算，装置区的能源甚至无计量管理。

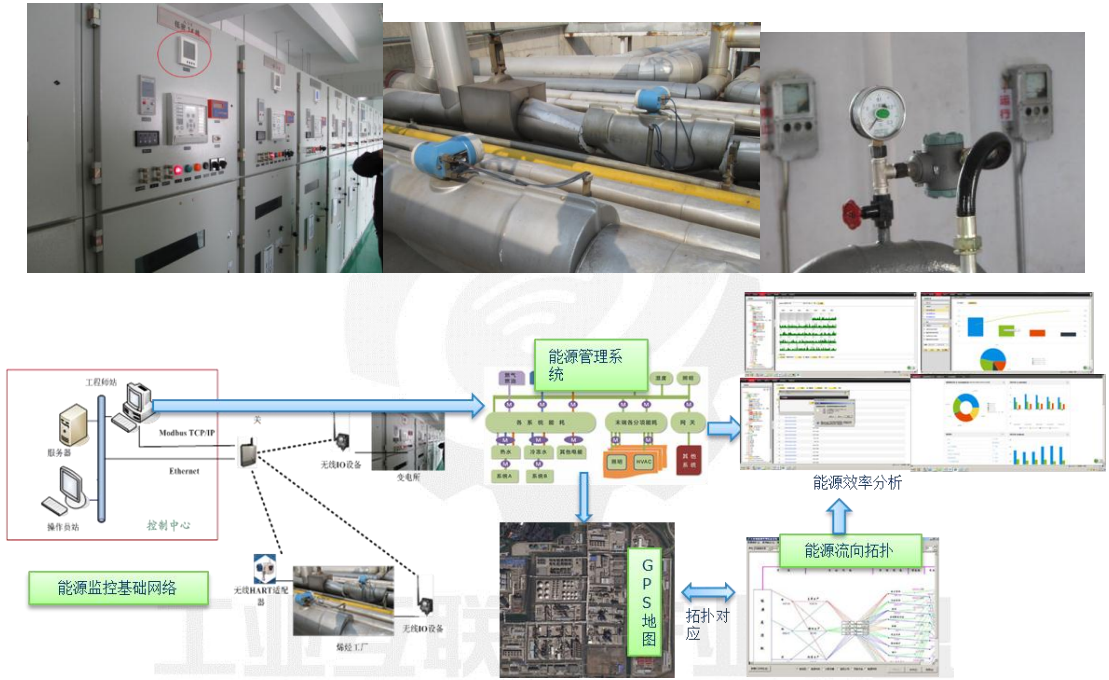


图 6 能源计量与优化管理系统应用

如上图所示，能源计量与优化管理系统实现能源精细化管理，包括：

- 1) 现有汽、水、风计量仪表安装 WIA 无线适配器，远传计量值；现有电度表安装 WIA 无线 IO 设备，远传用电计量值；
- 2) 计量值通过 WIA 无线网络汇聚至 WIA 物料计量与能源管理优化平台进行能源精细化管理并给出异常点分析；
- 3) 多样化、图形化的统计图与报表配置；
- 4) 多种能耗对比与统计模板供用户使用；

5) 支持基于私有云的系统级支撑。

高危泵密封泄漏监测主要实现压力值采集与显示、密封状态告警等功能，实现密封远程监测。



图 7 现场能源仪表数据采集设备安装照片

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

基于工业物联网的 Plantweb 数字生态系统

艾默生过程控制有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

随着工业企业自动化水平的不断的提高，许多企业已经实现了较高的产能，做到人员和流程的有效精简，可以说是达到了发展的瓶颈，然而面对当今激烈的市场竞争环境，还有哪些途径能够提升企业的收益和竞争优势呢？工业物联网的到来，使工厂可以挖掘更多的潜能，Plantweb 数字生态系统通过提高可靠性、提高效率、提高安全性和节能减排，帮助工业企业实现卓越运营，从而成为行业标杆。

1.1 背景

智能化、互联网在不知不觉中逐渐渗透到我们的日常生活中。智能汽车、智能手表、智能房屋……只要你想到的，都可以是智能的。

那么这种变化将给制造业带来怎样的影响呢？可以确定的是：制造业会成为 IoT 解决方案的主要采用者之一。这不仅仅是因为他们不想落后于潮流，而且也希望通过降低运营成本、拓展新的市场和提高生产力来提高收益。

1.2 实施目标

通过工业物联网，工业企业可将过程管理和全厂范围的管理整合到一起，消除信息孤岛，更有效地利用资源，同时将人

工纸质工作转变为自动化、数字化、基于软件、以及数据驱动的任务，从而发挥工厂运行潜能。

1.3 适用范围

工业物联网技术适用于各个行业，包括油气、石化、炼油、化工、和电力行业，也包括食品饮料、生命科学、造纸、冶金、轮胎橡胶和水处理等行业。在提高工厂运行可靠性和安全性，实现节能环保，提高运行效率方面为工厂带来了新的可能。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本解决方案在图 1 上处于 1、4、5、6、7。其可以与现有工厂架构整合，包括灵活的数据采集、安全的数据传输、智能化的数据分析和应用以及相关的咨询及服务。

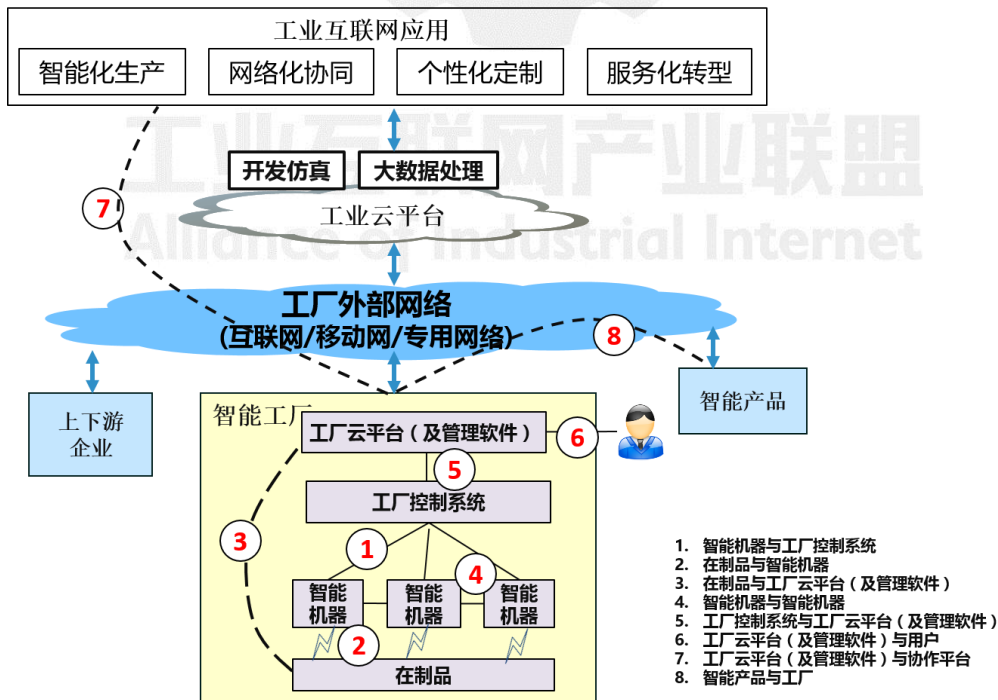


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

1) 可靠性、维护和完整性挑战

当操作人员无法确保预防性维护计划顺利进行时，现场可能会因意外的设备故障而导致计划外停机，或由于用于大修的计划内停车时间过长或太频繁，造成每年数天的生产损失。在大修期间可能无法完成检修计划，工厂或许会因为维修导致维护成本不断增加，且由于生产损失而导致机会成本上升等挑战。一些工艺设备的寿命也可能会大大缩减，这可能是被动维护方式所造成的。另一个挑战是由于管道和船舶老化而造成的效率降低损失。此外，工厂还期望在不增加人工的情况下，提升可靠性。

2) 能源和排放挑战

工厂通常会发现能耗不断增加，却找不到原因；这种挑战会随着能源价格的上涨或不稳定而不断加剧。燃烧量可能持续上升。减少二氧化碳排放的新监管法规已经颁布，工厂可能会不时地面临环保处罚，而工厂又无法雇佣更多的人手来实现能源的节省和可持续性。

3) 安全与合规挑战

虽然工厂的健康、安全及环保记录逐年有所改善，但是事故仍然发生，险兆事件频发，响应时间过长，难以满足全新 HS &E 法规的要求。工厂也会由于不合规而被处罚。同时，工厂可能无法增加新的人力来执行这些工作。

4) 生产挑战

在原油输配过程中，人工进行产品转移造成的交叉污染或不均匀的温度分布可能影响产品质量和产量。储罐和批量反应器的手动操作和利用不足可能会导致生产瓶颈。工厂必须处理

来自不同市场的原料差异，从而维持收益，例如炼油厂的机会原油。工厂需要面对不断变化的客户需求；运营成本可能由于多种原因而不断攀升；客户要求交货时间更短；随着资深员工的退休，剩下的工作人员需要完成更多的工作。

用户希望通过工业物联网获得可衡量的业务提升！但是如何通过工业物联网提升运营绩效？从何入手？以多大的规模开始？是否能利用现有资源以节省成本？是否有明确获得投资回报的应用？是否有行业实施案例可以借鉴？ 这些也都是用户希望解决的问题。

3 解决方案

实时的数据、专家知识和移动应用是工业物联网的基础，Plantweb 数字生态系统不仅包括范围广泛的传感器网络和网络安全工具，还包括软件应用、数据分析和 IIoT 相关的咨询及服务，旨在提高过程可靠性、能源效率、安全和整体运营性能，帮助企业有针对性地向着可衡量的目标，逐步实施数字化转型，实现卓越运营。

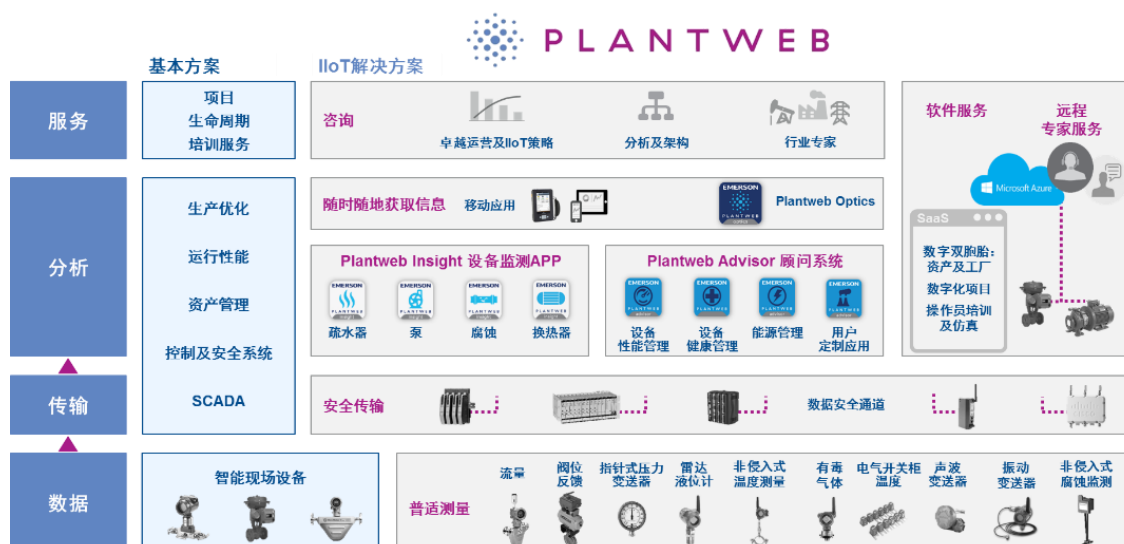


图 2 Plantweb 数字生态系统架构

1) 数据采集——普适测量

工业物联网的基础是大数据，通过传感器收集原始数据是数据驱动型数字化转型的第一步。传感器弥补了物理世界和数字世界之间的差距，没有传感器，就不存在分析，也不存在大数据。对于普通的过程数据，工厂一般已经拥有比较成熟的采集方案，但对于泵、压缩机、换热器，鼓风机、冷却塔、风冷换热器、手动阀和水箱，甚至疏水阀等工艺设备，通常都没有配备具有状态监测功能的传感器，缺少测量数据。通过为此类设备配备智能传感器，以获取缺失的测量数据，可以使其成为智能连接设备。自动数据收集速度更快，还可以提供潜在问题的早期“标记”，从而使资产管理更具预测性且效率更高。本解决方案提供范围广泛的数据采集技术，除了温压液位等传统过程变量，还包括机械设备振动监测、腐蚀及有毒有害气体监测、疏水阀泄漏监测等。普适测量模块包含有线和无线传感器，但在现有工厂中，无线传感器更易于部署。本解决方案采用符合

国际标准的 IEC62591 WirelessHART 通讯协议，确保所有仪表可以兼容工作，安全的无线网络能与任意主机系统无缝集成。

WirelessHART 是一种向后兼容，节省成本、简单易用的无线通讯技术，满足工业领域对于无线通讯的简单、可靠和安全的要求。WirelessHART 是对现有有线应用的补充，并为新的监测甚至控制应用带来诸多可能。

- 安全——5 层措施保障网络通讯

- 发送设备和接收设备的合法身份 (Authenticate)
- 数据的有效性验证 (Verify)
- 数据包的加密 (Encrypt)
- 可靠的数据访问权限管理 (Key Management)
- 应用跳频扩频 (FHSS) 和直接序列扩频 (DSSS) 技术提高抗干扰能力

- 可靠——自组织、自适应网状结构

- 不要求用户具有无线技术专门知识，网络具有自适应功能
- 网络具有连续监视通讯路径的功能，某个节点通讯性能下降时通道将自行切换至高性能通道
- 同时支持星形和网状拓扑，通过网关管理网络，自动分配最佳路径

智能无线网络每台设备的通讯路径都有冗余，数据可靠性高达 99.9%。

- 兼容

- 遵从 IEEE 802.15.4 无线标准

- 采用 2.4 GHz 通用频段

智能无线仪表可以轻松接入任何 Wireless HART 网络，任何符合 WirelessHART 标准的无线仪表均可无缝接入智能无线网络。

2) 从 OT 到 IT 的数据安全传输

Plantweb 数字生态系统不但支持传统的控制系统数据传输，也可通过工业物联网应用网关进行数据传输。采用 Secure First Mile™ 数据单向传输技术，为客户提供了从 OT 系统和工厂架构中更低层设备的连接，无需大量中间软件，以消除原来无论使用任何连接都会成为恶意攻击入口的问题，从而确保现有 OT 系统中的数据可以根据应用需要轻松、安全地连接到互联网。

Secure First Mile 提供的是一系列网络安全手段、设备 and 设计，包括网络安全服务、安全灵活的服务器、网关和数据单向传输技术，以确保数据运营技术系统中的数据可以方便安全地与基于网络的应用相连接。Secure First Mile 主要是在产生过程数据的地方将传感器或其它设备信息转化为安全的数据供英特网和云端使用。

以数据单向传输用于阀门监测为例，WirelessHART 阀门的信息通过 1410 网关传递到现场的网关，通过数据单向传输防止外部接入 OT（运营技术），Microsoft Windows 10 英特网网关将数据转化为物联网协议的数据例如 AMQP，然后通过微软 Azure 云服务发送到远程专家服务平台。这种方式采取端到端的加密。

3) 数据分析与应用

Plantweb Insight 设备监测 APP

Plantweb Insight 设备监测 APP 是针对单个类别设备监测数据进行分析的应用程序，它是独立的平台，不依赖于任何特定的控制系统或历史数据。其通过内置专业知识对具有多种测量数据的复杂工艺设备进行性能和状态监测，例如：压缩机、鼓风机、风机、泵、换热器、冷却塔、风冷换热器等，以预测并提前发现潜在问题，防止其进一步恶化而发生故障。该分析软件可支持各种来源的信息（无论监测设备是哪家供应商提供的），包括新型无线传感器、现有传感器、成套 PLC、SCADA 系统 RTU、控制系统、安全系统、机械保护系统、智能设备管理（IDM）软件以及任何历史数据库或未来的平台。反之，设备分析结果也可以传送至整个装置或工厂的其它分析应用程序中，同样，还可以集成到（AR）可视化解决方案中。



图 3 设备监测 APP

Plantweb Advisor 顾问系统

Plantweb Advisor 顾问系统针对特定应用需求，对相关监测数据进行分析，并提供可用于决策的信息。其专门为大多数使用 OSIsoft PI 系统历史数据库的工厂客户而创建。也就是说，工厂现有的历史数据库已经在使用中，无需由其它中间件平台代替，因此不需要添加其它中间件平台，从而保护工厂的投资

并降低管理成本。目前已经发布的顾问系统包括：

- Plantweb Health Advisor 机械设备健康顾问系统，可对泵、换热器、鼓风机、风冷换热器、压缩机、冷却塔等进行分析，有助于推动维护管理
- Plantweb Performance Advisor 设备性能顾问系统，可对离心压缩机、往复式压缩机、燃气轮机、蒸汽轮机、锅炉、燃烧式加热器、熔炉、HRSG、冷凝器、泵、冷却塔、风扇等许多其它设备进行分析，提高设备性能管理
- Plantweb Energy Advisor 能源监测顾问系统，是专门为过程工厂设计的能源管理信息系统（EMIS），可管理多种能源流，如：水、空气、天然气、电力、蒸汽和其它能源，并自动生成工厂、区域、单元直至设备层面的报告，方便能源经理和损失控制工程师使用。

由于这些分析软件都是基于网页浏览器的程序，因此可随时随地通过平板电脑或智能手机进行访问，历史库通常也可支持文本/短信、电子邮件以及运行数据看板，可向用户发送设备异常状态的消息，实现信息流和工作流高效协同。

除了易于使用的 Plantweb Insight 设备监测 APP 和 Plantweb Advisor 顾问系统以外，还有一些专门的预测分析专家工具，如 AMS 机械设备管理系统、腐蚀管理系统、以及能够区分许多故障模式的 ValveLink 控制阀诊断系统。这些工具甚至可以应用于单台传感器的分析和健康诊断。

随时随地获取信息

将正确的信息传递给正确的人，无论他在何处，工作人员

都能够通过手机、iPad 等移动设备安全、快捷、直观地获得关键设备的状态信息和报警，从而更高效地做作出决策。

4) 咨询与服务

远程专家服务

本解决方案与微软公司合作，推出基于 Microsoft Azure 云平台和 Windows 10 物联网技术的远程专家服务，实现从本地向云平台安全地传输数据。当现场没有足够的专家资源时，工厂可以选择基于 IIoT 技术的解决方案借助公司自有全球监测中心的远程专家对多个现场的设备进行监测，也可选择由第三方服务提供商对公司全球范围内多个现场的过程设备进行监测。目前提供的远程专家服务包括：疏水阀、旋转机械（振动）设备、静态设备、控制阀、DeltaV 系统、气相色谱仪、超声波流量计。

培训和仿真

Plantweb 数字生态系统中的数字双胞胎系统可用于测试工艺优化所需的新的控制策略和逻辑改进，尤其是批次配方优化；也可在 FAT 阶段用于组态验证和逻辑测试，以加快工艺运行；还可用于虚拟培训，通过 3D 虚拟现实（VR）仿真软件和护目镜，获得真实的现场作业体验，使操作人员在实地实践操作前及时发现不正确的作业行为，通过不断的仿真来快速提升技能。



图 4 通过动态仿真进行工艺优化的测试或虚拟培训

咨询服务

Plantweb 顾问、专家可以帮助客户部署 Plantweb 数字生态系统中的技术，帮助客户发现工厂中每个部门的潜在需求和机遇，设定运营模式转变为数字化的目标和发展蓝图，为其提供工厂运营和维护的数字化转型支持。

4 成功案例

4.1 方案收益

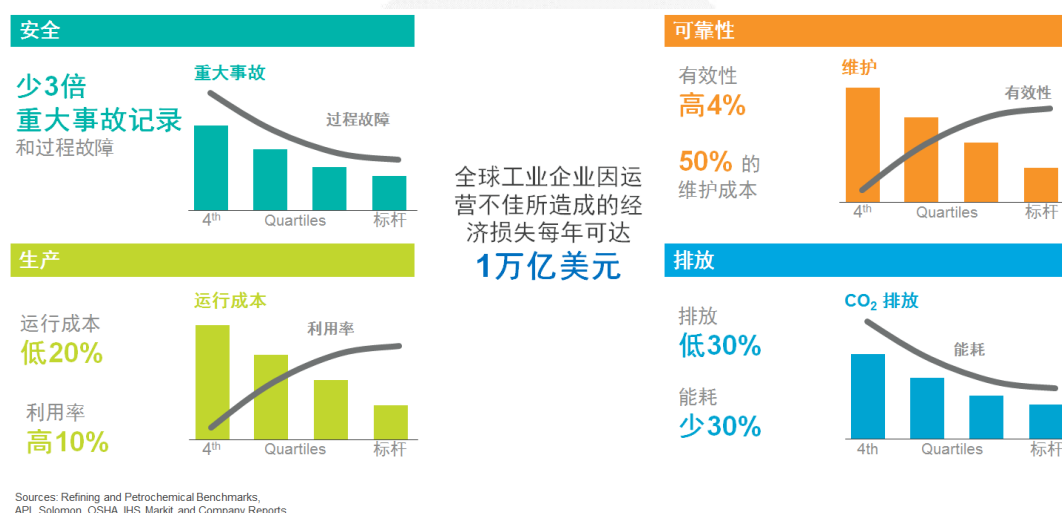


图 5 据行业分析，通过数字化转型企业将获得显著的绩效提升

1) 应对可靠性、维护和完整性挑战

提高可靠性的关键是预测性维护，丰富的数据采集设备和分析工具为用户提供完整的可操作的运行信息，利用物联网，不仅能够相关的现场工程师及时收到设备故障的预报，还能让技术专家提供远程支持和可靠性咨询服务。

中东某化工公司拥有四个大型综合工厂，通过实施完整的一体化维护计划公司的维护成本降低 12%，可用性提高 2%。以典型的日产 250,000 桶炼油厂为例，通过预测诊断实施维护

带来的成本节省单以 10 台泵的数据来看，由于运营时间更长了，工厂利润至少增加了 93,992 美元，直接成本节省了 60,300 美元，并降低了一年内的事故发生率。总收益为每年 154,292 美元。

2) 应对能源和排放的挑战

新加坡 Denka 化工厂，过去经常会发生一台疏水阀泄漏一年才被发现的情况，高达 20% 的工厂疏水阀可能随时出现故障，导致蒸汽损失或加热效率低下，从而增加能源成本。Denka 化工厂使用了基于工业物联网的疏水阀远程监测和咨询服务，根据实时监测情况及时更换故障疏水阀，从而使蒸汽的使用量降低了 7%。

3) 应对安全与合规的挑战

新加坡裕廊化工园区采用本工业物联网解决方案，布局园区安全管理、设备管理和能源管理中心，在园区覆盖工业无线网，通过增加无线监测点，加入统一的安全管理、设备管理和能源管理平台，从有害气体泄漏监测到腐蚀监测，从溢罐报警到动设备性能监测，从安全喷淋监测到人员跟踪等，有效加强安全生产的预警、预防能力。从小事故和隐患抓起，最大程度减少重大事故发生、优化能源管理、加强节能减排，强化全面环保监测管理。

4) 应对生产挑战

在现代化智能罐区的管理中，本解决方案可实现智能化的罐区调度、物流管理，订单管理、库存管理、仿真和培训、调和与配比控制、储罐计量和安全监控、相关泵区及阀组的监控、

贸易交接的审核、移动装卸控制（装卸船、火车装车或槽车装车），库区安全管理、智能设备诊断和管理，从而提高罐区运行效率和安全性，提高产品质量。

4.2 成功案例

1) Connected Services 远程专家服务案例

位于西菲律宾海区的 Shell Malampaya 海上平台，通过智能定位器实现从陆地对平台上的阀门进行监测，现场数据还能被送到企业局域网，这样 Shell 在全球的工作人员都可以登入企业内网为平台提供支持。

澳大利亚远程煤层气田需要对其正在运行的气相色谱仪进行检查，确定有哪些设备需要重新标定，一台设备停止工作每天可能会造成高达 10 万美元的损失，以前是由一名工作人员花 1 到 3 天时间到现场完成一台设备的检查，而大部分情况下设备都没有问题。现在我们可以对气相色谱仪进行远程连接，通过诊断数据判断是否需要标定，由于省去了到现场的检查每次可节省 6 千美元。

2) 新疆克拉美丽气田实现井口自动化监测案例

克拉美丽气田位于古尔班通古特沙漠，气田井数多、分布广、产量波动频繁、管理难度大，由于单井自动化水平低，RTU 远传、UPS 覆盖面较小，仅有 2 口单井井口配有 RTU 及 UPS，大多数气井无法实现远程监控及操作，员工巡检劳动强度大。此外，一旦单井井口出现突发紧急情况，员工无法第一时间及时掌握现场状况并解决问题，且处理问题时间较长，员工劳动效率低下，为气井正常生产埋下隐患。

Plantweb 数字生态系统帮助气田实现井口生产数据实时自动化监控，用户获得三大收益：保证井区安全生产- 为判断井口管线积液、冻堵及地层压力变化提供了实时参数及历史趋势数据，为安全稳定生产、优化气井操作提供了可靠的技术数据；保障人员安全- 由于可以在控制室完远程诊断和维护，减少人员在井口危险区域的操作及巡检次数，如克拉美丽沙漠冬季道路结冰和自然环境的因素（有时野狼群出没）的影响，提高了操作人员的工作效率和安全保；降低巡检维护成本- 由于可以减少人工巡井次数，劳动成本节省 50%，人工工时减少近 3000 小时，巡井路程减少近 20 万公里，相应车用油耗节省 75%。

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

智能监测解决方案

杭州东信北邮信息技术有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

1.1 背景

随着工业互联网领域信息化的加深，工业自动化转型的速度在逐步加快。当前工业领域面临着很多行业痛点，如面临着业务地域范围广人力投入成本大，特殊的工作环境对安全系数要求较高，原有的监控设备性能落后且各自运作等情况。智能监测系统采用物联网技术，顺应科技发展趋势，通过各个终端设备的互联互通，为企业实时监测各个应用场景的环境数据，发现异常情况自动告警，为企业提供智能化服务，更好的帮助企业节省生产成本、提高生产效率，降低安全隐患。

1.2 实施目标

通过智能监测系统，帮助垂直行业客户更好的解决自身痛点，为客户打造一个实时的，智能的、可视化的、可远程操控的监测管理系统。

1.3 适用范围

智能监测系统可广泛应用于工业领域内的各行各业：

- 生产监测：通过传感器和摄像头，以及设置的告警条件，来监测生产过程中是否存在异常。适用于工厂等产品制造场景。

- 缺陷监测：通过摄像头检测生产线上组装完成的产品是否存在缺陷，对良品和次品图像进行采集，根据采集的图像数据训练模型，检测出次品触发告警。可用于生产制造的产线质检。
- 环境监测：通过传感器和摄像头全方位、全天候检测环境数据，如：温度、湿度、噪音、污染物（PM2.5、PM10）、有害气体（甲醛和挥发物）等。可用于工厂、工地、库房、医院、学校、商业区等场景的环境监测。
- 冷链监测：通过温湿度、GPS 等传感器实时监测冷链车、冷链仓库和保温箱等的温湿度以及对应的位置信息，设置报警触发器，对异常情况进行报警。可用于血液、疫苗、药品、样本等存储或运输场景的冷链监测。
- 安全监测：通过传感器和摄像头，实时监控对应场所的烟感、火感、温湿度、可燃气体等环境数据，设置报警触发器，触发指定条件后能够发送告警。可用于煤矿、消防、公司机房、库房等场景。
- 仓储监测：通过摄像头实时监控当前场所的可视情况，可根据需求设置异动触发器，当触发指定条件后自动告警，可以根据触发时间和事件检索视频，支持视频图像人脸识别。适用于仓储管理、电子围栏等。
- 能源监测：通过摄像头、电流电压传感器等相关传感器监测用电、用水情况，使用图像识别的方法读取仪表盘的读数，帮助客户远程智能抄表，节省人力资源的投入。可用于能源行业，如电力、水务系统。

- 排放监测：通过一些气体传感器以及 GPS 定位装置，可监测车辆的位置、车辆运行状态、发动机状态、排放情况等。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

智能监测系统是为垂直行业用户打造的应用平台，根据客户的需求，为客户提供定制化的服务，帮助行业用户解决自身痛点。智能监测系统可以接入多种终端设备，并对设备进行管理操控，将终端设备采集到的环境数据上报至平台。通过与云平台的连接，使用大数据能力，对采集到的环境数据、设备数据、用户数据、应用数据等进行统计分析，向客户展示多种数据视图，为企业管理人员提供决策支持。

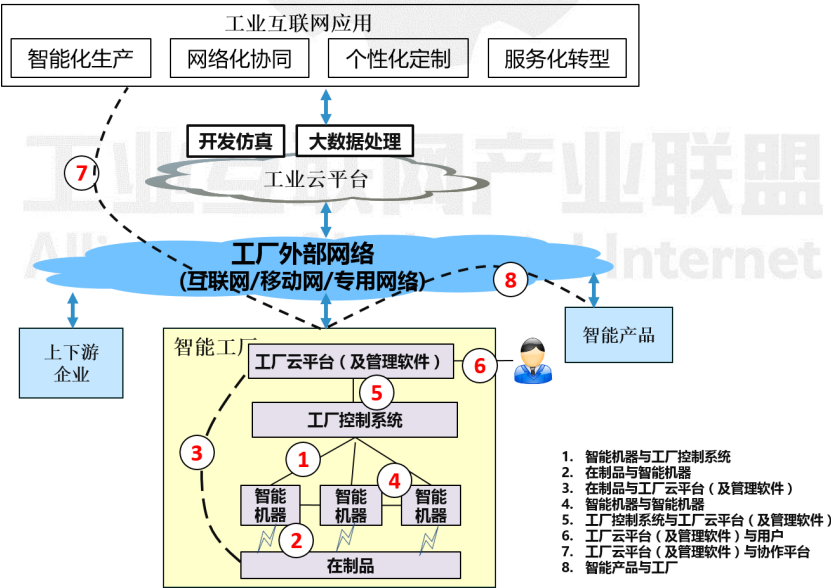


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

目前很多企业的监控手段很单一，只部署了视频监控、单一类型的传感器，或者部署了多个终端监测设备，但却各自独立运作。这类监测手段缺乏对采集视频的智能识别，缺乏对环境数据的统筹分析，缺乏贴合行业特性的智能感知与决策业务

模块。为了更好的服务客户的需求，智能监测系统在原有监测手段的基础上，提供智能监测的业务能力，不仅包含视频监控、同时新增了数据采集模块、触发器模块、视频图像 AI 处理模块以及告警与决策反馈模块等模块，为客户提供智能的监测能力。

3 解决方案

3.1 方案介绍

智能监测系统，适配 JT/T808-2011、MQTT、MODBUS 等常用的行业协议或接口，将摄像头、温湿度传感器等不同行业终端方便快捷的接入系统。通过这些行业终端设备，采用无线传输方式，实时采集监测点位的环境数据（烟雾、温度、有害气体、环境画面等）并上报至系统。采用时序数据库集群，能够存储海量的媒体、文本等数据，通过其对数据的高并发写入，极速聚合查询能力，灵活有效的对数据访问并进行统计分析，为用户形成分析视图。提供规则引擎能力，用户可根据业务需求，自定义触发器规则，在实际监测环境中发现异常情况自动告警。提供 API 引擎能力，实现多平台业务与数据的互联互通，方便用户进行业务整合。提供 Web 页面、APP 客户端、微信小程序等多终端的展示方式，方便用户随时随地，实时查看监测点位信息，远程监控管理。

3.2 系统架构

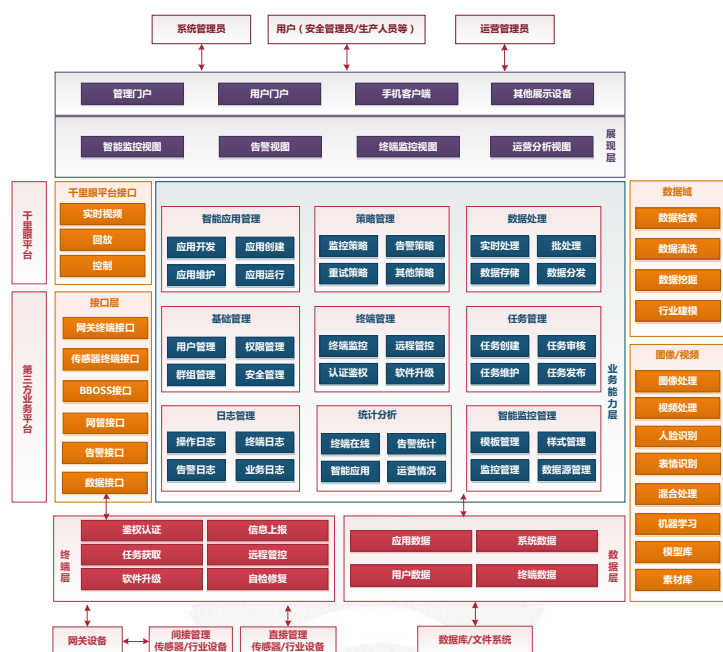
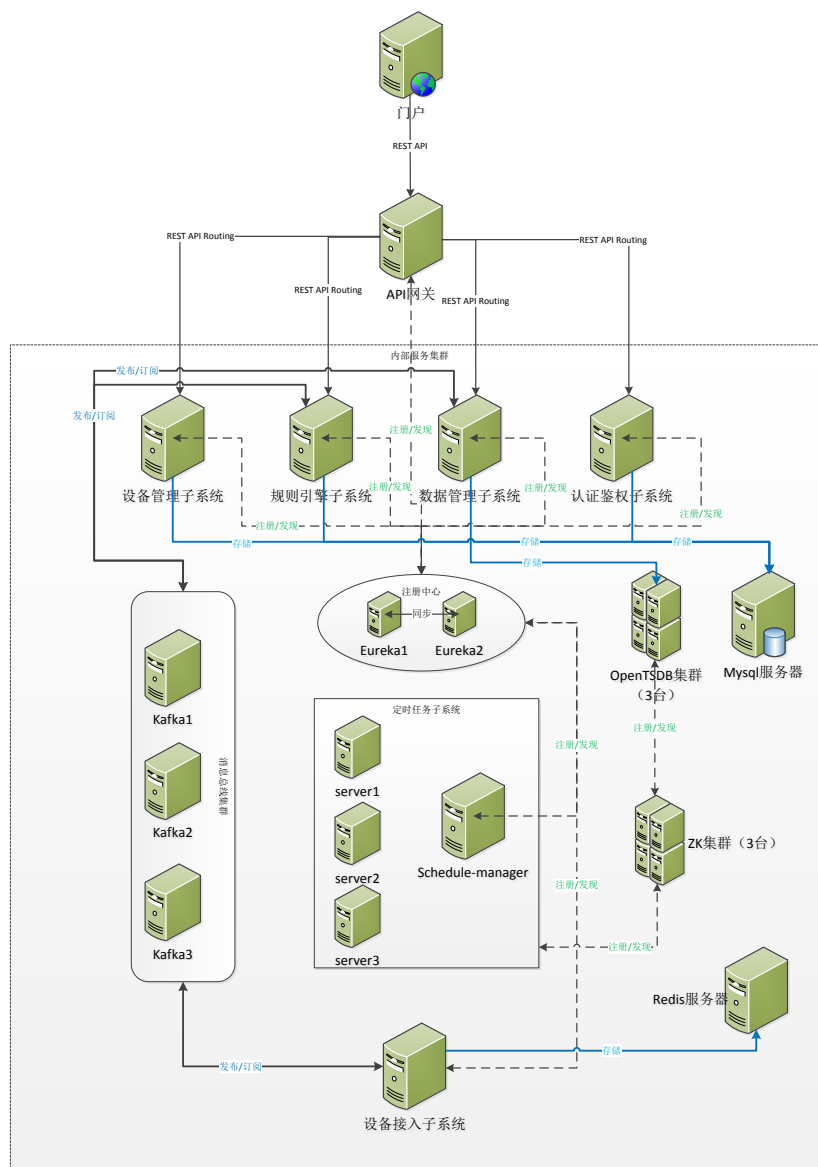


图2 智能监测系统架构图

- 终端层：终端设备统一管理，鉴权认证、信息上报、远程管控、自检修复等。
- 业务层：各业务管理模块，如应用管理、策略管理、信息处理、终端管理、日志管理、任务管理、账户管理等。
- 展现层：为用户提供监控视图、告警视图、运营分析视图等。
- 接口层：平台拥有能力开放能力，提供第三方接口，可与其他多个业务平台对接，实现平台之间业务能力与数据的互联互通。
- 数据层：平台可管理多种数据，包括应用数据、系统数据、用户数据、终端数据等。

3.3 网络拓扑设计



组网说明:

● 设备接入子系统

设备接入子系统的主要功能是依据不同的物联网终端设备（或者网关）数据通讯连接方式，提供协议适配，实现对物联网感应层的各类型终端设备的大规模接入。通过消息总线对接设备管理子系统、数据管理子系统、规则引擎子系统。

适配协议：JT/T808-2011、MQTT、RESTful API、MODBUS、EDP 等常用的行业协议或接口。

● 设备管理子系统

设备管理子系统对终端设备进行统一管理，不仅提供设备信息、设备群组、数据流等业务模型的管理功能，还提供设备控制模块，实现对设备的命令控制功能。

● 规则引擎子系统

规则引擎子系统主要是支持平台上层规则相关业务，提供规则管理、规则引擎等功能。负责支持设备触发器管理，完成平台针对设备数据流的触发规则管理功能。

● 数据管理子系统

数据管理子系统配合设备管理子系统，完成数据流对应的来自终端设备的数据收集与存储。数据管理子系统采用 HTTP 协议进行消息通信，提供安全、灵活和有效的数据访问和查看接口。

数据管理子系统提供多类型数据库以支持异构数据的集成、存储，如内存数据库 Redis、时序数据库 OpenTSDB、文档数据和异构数据存储数据库 MongoDB 等。

● 认证鉴权子系统

认证鉴权子系统提供平台用户账号管理、APIKey 管理和组织/企业信息管理，以及请求的访问控制功能。认证鉴权子系统采用 HTTP 协议进行实时消息通信，负责将用户开户数据同步，以及登陆认证等。

● 定时任务

定时任务子系统对接规则引擎子系统、设备管理子系统和设备接入子系统，主要实现触发器、数据流、指令接受模块对

消息总线的定时订阅功能。

- 数据库系统

采用 MySQL 数据库，默认每个子系统独有一个数据库实例，使用分布式数据库中间件（如 Mycat），实现数据库的分表分库。

- 文件服务器

文件服务器主要是解决终端设备上传的音视频文件的存储问题，提供设备文件的上传接口和文件的下载接口。

- 消息总线

消息总线对接设备接入子系统，主要实现终端设备数据的缓存、路由分发及负载均衡功能。支持复杂的数据结构的高速缓存，为业务高峰时期大流量终端业务数据并发接入场景提供数据缓冲服务。平台可依据业务数据的订阅关系实现数据的快速分发。平台将依据不同终端的数据类型和连接请求的类型，形成不同的服务单元，把数据流量负载分摊到相应内容的服务器，从而分散数据流量压力，实现负载均衡。

消息总线采用开源消息中间件实现，如 Kafka、RocketMQ 等。

3.4 功能设计

设备管理子系统：主要用于管理接入到平台中的所有终端类设备，包括摄像头、传感器、网关、边缘设备等。设备管理子系统包括对设备的基本信息管理、状态监控、策略管理和接入管理等。可远程操控设备，进行升级、状态检测等。

边缘计算子系统：提供边缘计算的管理与支撑功能等，包括边缘应用、协同计算、远程部署和机器学习等。

数据管理子系统：提供各类设备上报数据的管理功能，包括数据采集、数据管理、订阅分发以及数据开放等。

应用管理子系统：用户可自行创建应用，对应用及其生命周期进行操作和管理。例如可创建一个环境监测应用，管理其中的监测设备、监测数据，对应的监测视图、设置的报警触发器、告警规则及告警处理等。用户可通过可视化应用编辑界面来快速创建应用，如下图。通过拖拽左侧应用元件库的元件，在右侧选择相应的设备、数据流等进行绑定，即可完成应用的创建，简单快捷。

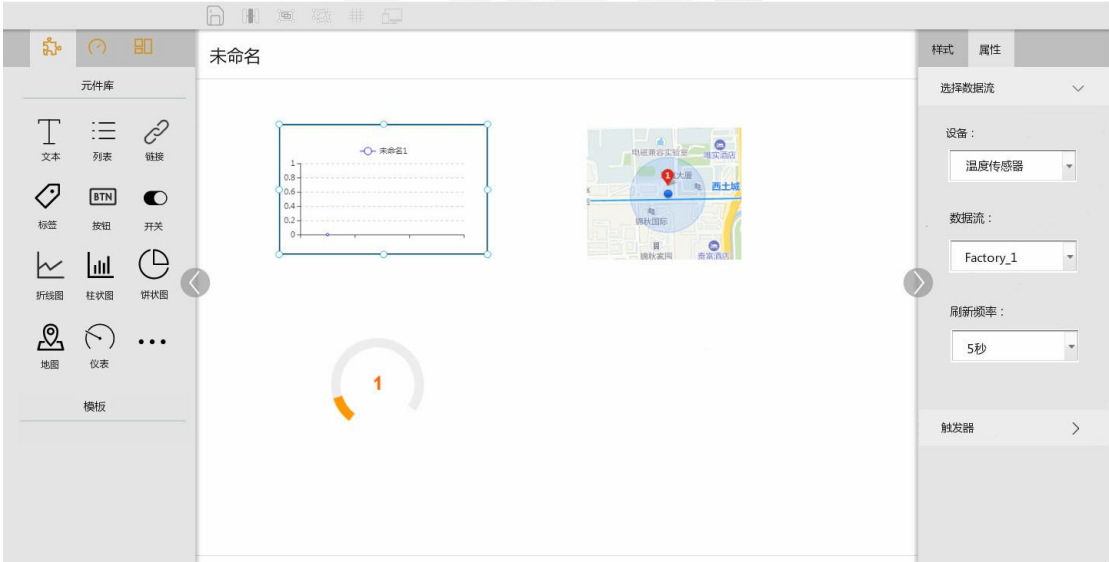


图 4 可视化应用创建

系统管理子系统：提供系统管理相关的基础功能，包括账号系统、日志系统、告警系统以及统计分析等。

视频/图像 AI 处理子系统：提供视频/图像处理相关功能，用户在平台上能够配置指定图片和图片，视频/图片和数据流的合成展示。

能力开放与集成子系统：提供第三方接口能力，用户可在平台配置对第三方平台开放的服务，第三方平台通过对应的服

务接口即可访问使用对应的服务。

3.5 系统优势

海量的数据采集：采用时序数据库集群，可存储海量的视频、音频、图像、文本的等采集数据，可实现对数据的高并发写入，极速查询能力。

多协议适配：不同的终端设备，使用的协议是不同的。平台支持主流物联网协议，如 JT/T808-2011、MQTT、RESTFul API、MODBUS、EDP 等常用的行业协议或接口，通过网关适配器，方便不同的终端设备快速接入系统，简化了连接过程。

智能服务：平台基于机器学习算法、计算机视觉、自然语言处理等技术，提供图像识别、人脸识别、视频/图像处理等功能，在一些应用场景中为用户提供智能服务。

数据的互联互通：通过平台多协议适配能力，能够使设备和设备之间，设备和平台之间的数据互联互通。通过平台的 API 引擎能力，可将平台的应用服务以及数据通过 API 接口开放给第三方平台使用，用户可在平台自己管理将哪些服务和数据开放出去，实现平台与平台之间的业务与数据的互联互通。

3.6 安全及可靠性

系统建设软硬件产品需满足企业客户安全评估要求，应用软件需具备信息安全基本保障要求，预防出现信息泄密。在系统级、应用级、网络级提供各自的安全手段和措施，为系统提供全方位、立体化的安全实施方案。在数据保密、安全措施上采取较缜密的权限与加密管理，以保证系统和数据的安全。

系统应具有成熟的应用基础，在技术服务和维护响应上同

用户积极配合，确保系统的可靠。在设备的选择和关键设备的互联时，应提供充分的冗余备份，一方面最大限度地减少故障的可能性，另一方面要保证系统能在最短时间内修复。

4 成功案例

1) 广西省玉柴厂房监控项目

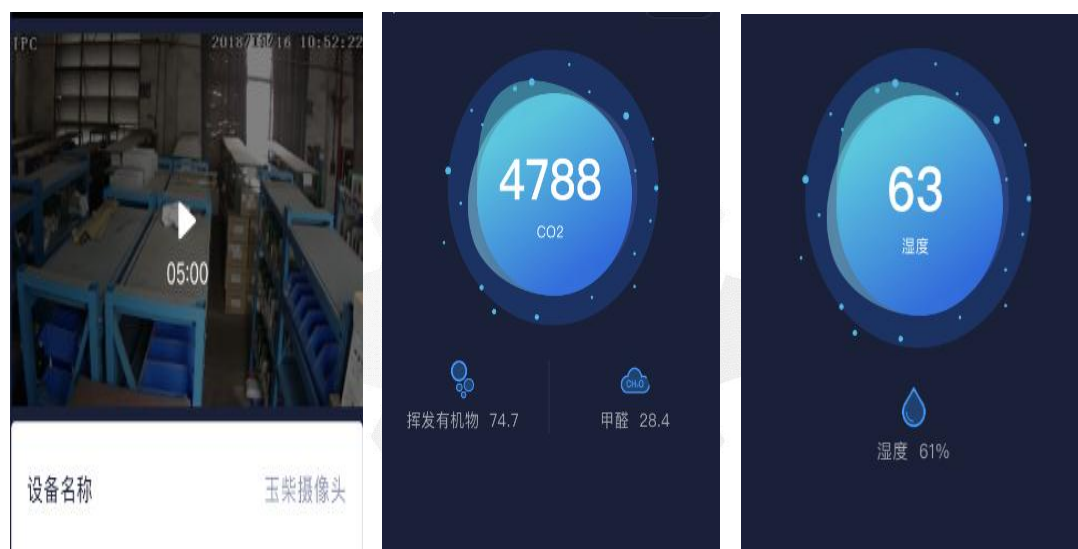


图 5 广西省玉柴厂房监控项目

通过在广西玉柴企业的仓库、喷气车间、三坐标室部署的监控摄像头和传感器。可以实时查看高清视频监控，对图像高清晰回放，提高了仓库的安全级别，节约人力成本；监测喷气车间温度、湿度、甲醛、挥发有机物、PM2.5、PM10，将数据呈现给监控人员，实现阈值报警机制，有效防止有害气体外泄，提高安全生产管理；监测三坐标室的温度、湿度等环境数据，当触发告警规则时发出通知，保证生产设备在安全范围内运作。

2) 企业机房监控项目

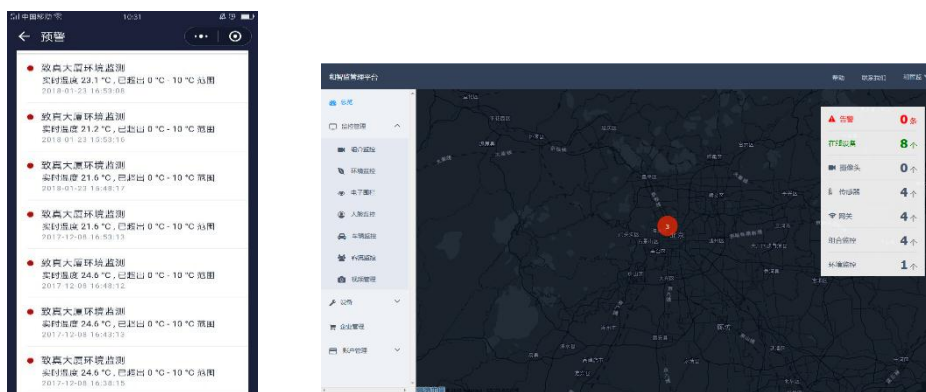


图 6 企业机房监控项目

公司机房对于企业来说是军机重地，公司的各项业务的正常运转都依赖于机房中各服务器等设备的正常运行，因此机房的安全防护尤为重要。通过在机房部署监控摄像头、温湿度传感器及烟火感传感器等，监测机房的各环境数据，通过智能监测平台实时展示给监控人员。当环境数据超出阈值，触发告警机制，通过邮件、短信、微信小程序等方式通知监控人员，以便及时处理突发状况。

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

1 概述

1.1 背景

随着我国国民经济的不断发展，锅炉制造业作为基础工业的重要组成部分，在经济发展中起着重要的作用。近年来，锅炉制造业取得了长足的进步，行业标准日益规范，技术水平逐步提高，产品品种不断增加，经济规模显著扩大，满足了当前的市场需求。

我国是当今世界锅炉生产和使用最多的国家，锅炉被广泛用于生活和工业生产中。锅炉是一种能量转换设备，向锅炉输入的能量有燃料中的化学能、电能，锅炉输出具有一定热能的蒸汽、高温水或有机热载体。锅炉产业在不断发展的同时也面临着众多问题和挑战，燃烧效率差异大、运营工作效率低、设备停产损失大、耗材配件消耗多、售后部门成本高，原厂维保率低等因素制约着行业的发展。

锅炉产业越来越受到能源政策和节能、环保要求的制约。物联网及大数据等新技术的融入为锅炉的环保事业带来了新的转机，锅炉产业与工业互联网的融合发展是大势所趋，本项目研发的锅炉综合智能服务管理平台能够提供能耗在线监测和管理，能够自动判别锅炉设备故障类型、得到设备故障风险预警

时间，实现安全生产和节能减排。

1.2 实施目标

锅炉综合智能服务管理平台应用对象包括锅炉行业设备生产商、服务商等。通过此平台，生产厂商可实现远程监控所有已联网设备的实时运行情况，同时通过大数据分析，也将在售后服务和设备升级等方面提供客观的数据支持。系统集成生产参数全程实时监控、生产实时返程控制、工艺流程监测、成本核算、市场分析以及科学探究等功能于一身的现代化工业智能化控制平台。通过获取设备实际生产、运行等管理方面的各项数据，基于云计算、大数据技术的海量工业数据的有效集成与分析，再由此建立起企业利润与资源、能源消耗以及市场环境的关系，将获取到的各种设备数据进行职能整合，建立起各个生产要素投入与产出以及利润的关系。从而为生产者、管理者、决策者提供最优建议。以满足锅炉企业向“智慧工厂”转型的迫切需求。

1.3 适用范围

本方案适用于各类工业设备制造企业，例如锅炉、空气压缩设备、发电及动力设备、PLC 工控、环保装备等；同时多应用于以项目运营、合同能源管理为主的设备运营企业。

- 1) 针对有核心控制器的工业设备，利于项目实施；
- 2) 没有相关控制器，关键数据需通过工艺改造实现数据采集，进而搭建平台。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

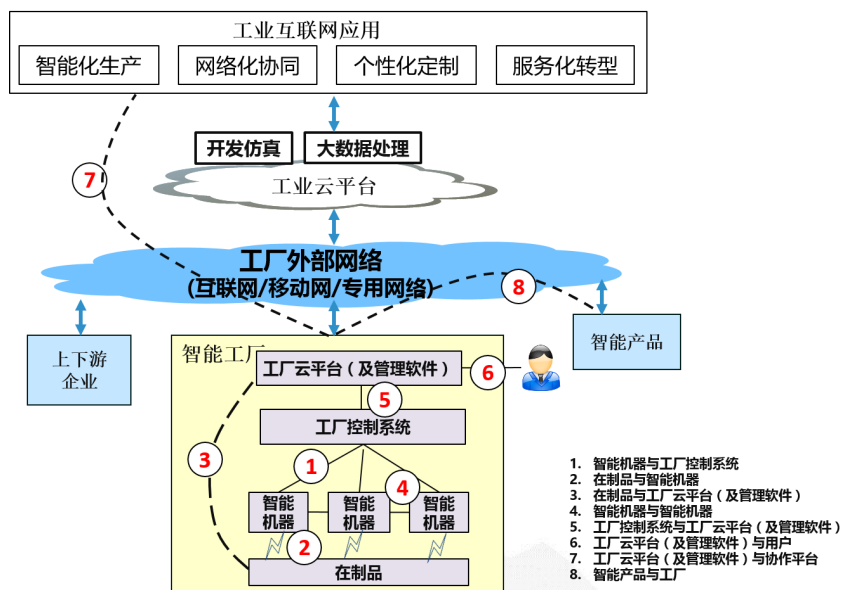


图 1 工业互联网互联示意图

连接 5 工厂控制系统与工厂云平台

- 1) 使用数据采集终端（设备），从工厂（或设备、装置、产线等生产节点）控制系统中，按制定的规范，采集主要和关键数据或信息，包括：
 - 运行状态数据，比如转速、压力、温度、电压、电流、频率等数据；
 - 运行事件，比如设备停开机、舱门打开关闭等；
 - 运行故障，比如温度传感器失灵等；
 - 运行报警，比如轴承温度高、机油压力低等；
 - 运行设定，比如 PID 等。
- 2) 把上述数据或信息，传输到工厂云平台；
- 3) 云平台结合工厂控制系统的物理连接与流程布局，对这些数据或信息进行存储、整理。
- 4) 云平台对这些数据进行分发。结合数据分析系统，通过计算、分析、统计、优化、数据挖掘，显示对设备的过

程监控、经济指标分析、设备（产线、工厂）的优化运行指导，符合分配优化、设备故障诊断等应用功能，从而起到降低能耗、节约成本，同时让设备运行无风险。

连接 6 工厂云平台与用户

云平台与用户的交互主要是权限问题，能够给不同的用户不同的权限，看到不同层次的数据，为此数据需要做如下处理：

- 1) 设备数据或信息通过云平台的分类汇总；
- 2) 把数据进行层次分离；
- 3) 各层次数据可视化处理；
- 4) 把各层次数据的可视化结果展现给各层次的用户。

连接 7 工厂云平台与协作平台

云平台和协作平台和互动，比如给系统进行数据分析和数据挖掘，比如做生命周期的管理，都需要云平台和协作平台互动。

- 1) 云平台需要提供接口规范给协作平台，方便协作平台对数据进行调用；
- 2) 云平台把层次化的数据进行分发，分发给不同需要的协同平台；
- 3) 协作平台之一是数据分析平台，对上述各层次数据进行分析；
- 4) 分析结果反馈给工厂云平台；
- 5) 工厂云平台根据分析结果，对控制过程和协同过程进行优化；
- 6) 工厂云平台把优化策略反馈给工厂控制系统；

- 7) 协作平台通过自身的业务逻辑对工厂的管理进行优化，通过工单系统进行管理任务，通过推送系统及时通知。

连接 8 智能产品与工厂

根据需要，选择与生产环节的相关的智能产品。

2 需求分析

由于锅炉行业诸多设备不具备信息化条件，工业设备生产制造厂家，几乎无一例外的遇到同一个问题：工业设备一旦出厂，设备厂家很难知道这些设备的任何情况，除非客户打电话来，但这个时候往往已经是设备出现各种故障或问题了，厂家能做的，就是去亡羊补牢。

没有信息化导致了一对矛盾：厂家需要掌握设备的信息，但实际上无从而知。比如，这些设备在哪里？每天运行多长时间？运行情况怎么样？出现过那些故障？进行过那些维修？客户使用这些设备的习惯是什么？同款设备在不同的地区、不同的季节、不同的工况条件下运行会有什么差异？设备实际运行情况跟设计的期望指标究竟有多少出入？为什么设计寿命三年的部件总会一年多就报废？设备的设计上有什么地方是不合理的需要优化的？设备出现故障前的征兆是什么？有什么办法可以在设备出现故障之前告知客户吗？设备在达到临界条件的时候，能远程控制停机吗？设备控制器的本地控制策略能升级吗？等等，这些都是行业的需求，也是行业的共同痛点。

3 解决方案

3.1 方案介绍

项目运用 IIOT 技术，包括数据采集适配器研制，大数据分

析平台以及一体化的管网监控平台研发，旨在实现锅炉设备的统一联网功能、信息共享、智能化。将安装的可编辑适配器终端在保持原有设备的前提下，通过数据采集装置和控制器，去兼容适配锅炉设备，并将搜集和梳理的数据整合处理后上报至物联网云平台，同时接收物联网云平台发送的控制指令，将控制指令信息发送至现场的锅炉工业设备，可进行远程后台对数据的实时在线分析和监控管理。后台端大数据处理量化，将以手机 APP、液晶大屏显示和电脑将信息展示在用户面前，并且平台能够自动判别锅炉设备故障类型、得到设备故障风险预警时间，实现智能化生产、定位、追踪、监控、故障报警、设备故障预警和设备一体化管理。

平台利用物联网的技术和设备监控技术加强信息管理和服
务，经应用层系统数据查看，可以清楚掌握设备运行状态和生态环境，提高生产过程的可控性、减少人工的干预、减少人员不必要的浪费（很多工作可以通过智能化的远程反向控制调节，不需要技术人员到现场处理）、即时准确地采集设备数据，进行数据的分析和管
理，为企业锅炉设备智慧生产建立起智能化基础。

3.2 系统架构

3.2.1 系统架构

锅炉综合智能服务管理平台主要划分为四层结构，分别是接入层、网络层、数据平台和应用层。系统整体架构如图所示：



图 2 平台系统架构图

系统连接示意图如下：

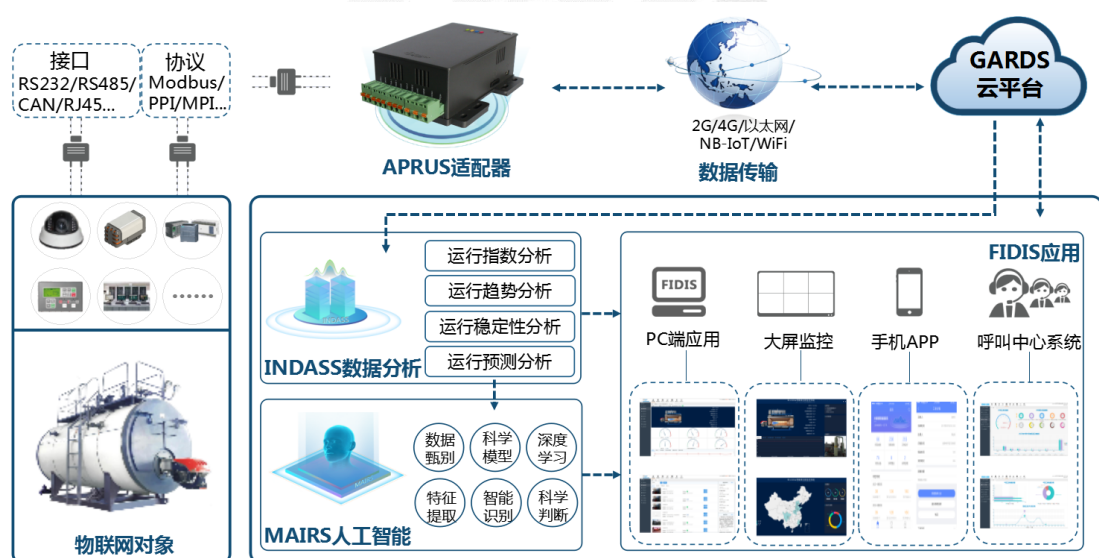


图 3 系统连接示意图

3. 2. 2网络传输及控制技术

针对锅炉设备使用场景及地域，本项目提供不同版本的适配器，支持 2G、4G、及 wifi 传输，保障客户数据的实时获取。

同时本项目基于 MQTT 的 QOS 0/1/2，设立了 QOS 3 机制，充分保障锅炉运行的安全。我们按照报文的紧急程度，分别采用不同的上报机制。在锅炉应用中，由于本身是高危设备，除普通报文外，QOS 2 使用较多，而我们在 QOS 2 的基础上，对报

文加以时间限定，在单位时间内的报文指令有效，由于其他原因造成报文上报不成功，系统将采取相应的措施处理，充分保证了系统在使用中不同种类报文的精准传达。

3.2.3 通讯协议及互联互通

国内锅炉厂家及运营商使用的 PLC 种类包括：西门子 S7/smart/1200、霍尼韦尔、施耐德等品牌；数据采集的相关通讯协议包括像 Modbus、IIC、PPi、OPC UA、Profinet、Profibus、西门子 S7 协议等，本平台都已完成采集并投入正式运营。

互联互通：

- 1) 平台通过适配器接入多类不同锅炉 PLC 数据；
- 2) 对锅炉项目的各类辅机进行数据采集（智能电表、流量计、智能水表、变频风机、变频水泵、皮带秤等）；
- 3) 针对本身已有 DCS 系统的锅炉设备及项目，例如：和利时，浙大中控，爱默生、ABB，通过 RS485 接口、modbus 协议完成对接。

3.3 网络拓扑设计

本项目采用云平台+本地部署的方式提供工业物联网方案，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。平台组网架构示意图如下：

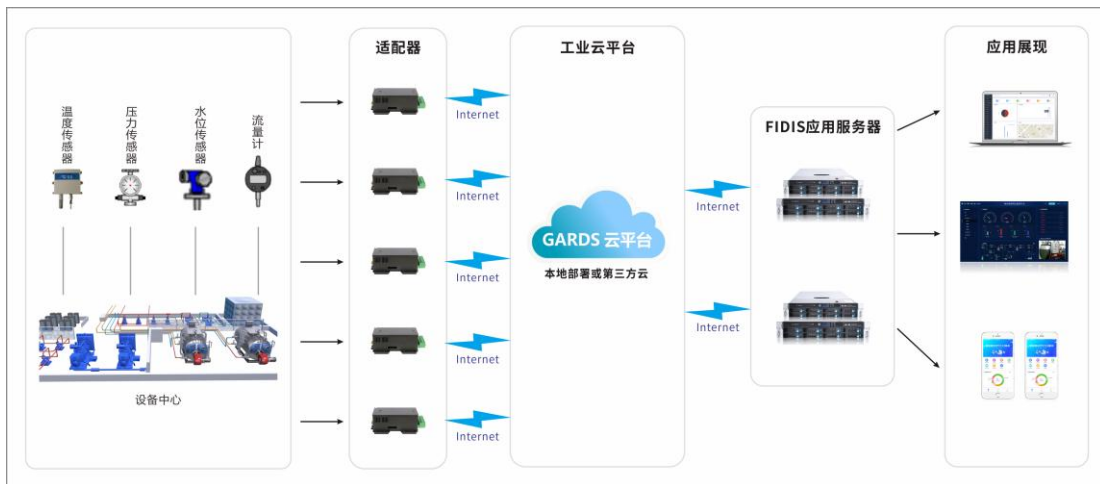


图 4 平台组网架构示意图

3.4 功能设计

3.4.1 设备监控子系统

通过 PC、APP、大屏实时监控锅炉运行状态，实现故障报警、视频监控的及时上传。

- 安全类数据：炉膛温度、炉膛负压、风量、SCR 进-出口温度、压差等。
- 经济性数据：包括锅炉效率、锅炉标准煤耗、标准煤耗率、自用电率等。
- 环保类数据：尾气污染物（SO_x、NO_x 等）指标数据。

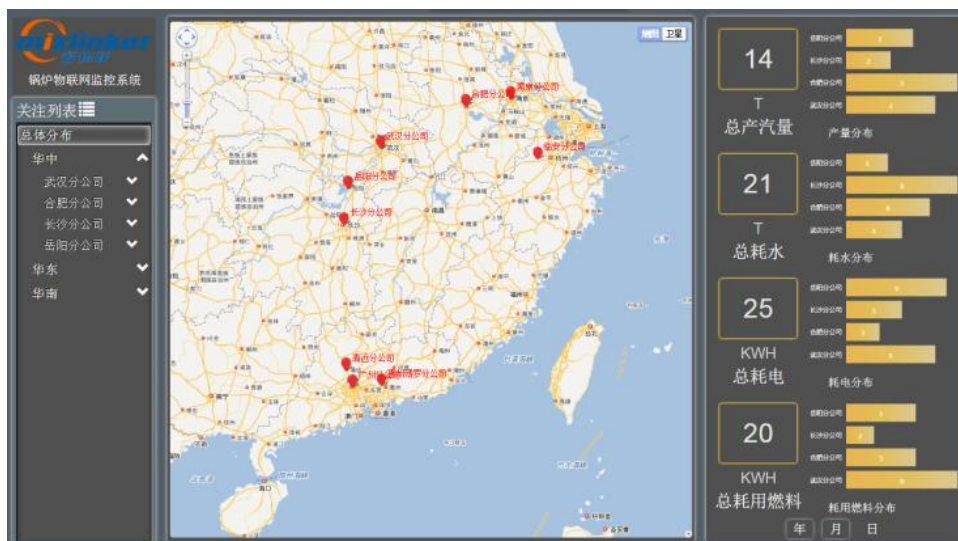
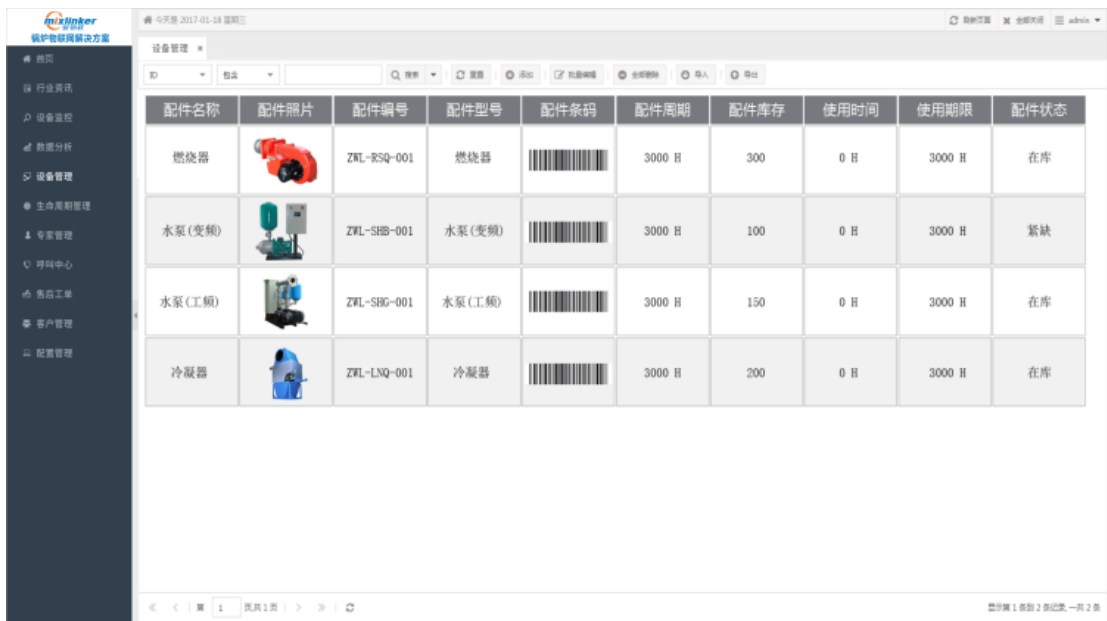


图 5 设备监控子系统界面

3.4.2 设备管理子系统

按照项目为单位，以锅炉设备为中心，分类统计各类备件数据：

- 配件(水泵、燃烧机、冷凝器等)信息
- 备品备件库存数据
- 生产厂商信息等



The screenshot displays the 'Equipment Management' (设备管理) interface. It features a sidebar with navigation options like 'Home', 'Industry News', 'Equipment Monitoring', 'Data Analysis', 'Equipment Management', 'Lifecycle Management', 'Expert Management', 'Call Center', 'Emergency Work', 'Customer Management', and 'Configuration Management'. The main area shows a table of spare parts with columns for Name, Image, ID, Model, Barcode, Cycle, Inventory, Usage Time, Usage Limit, and Status. The table lists four items: Burner, Water Pump (Variable Frequency), Water Pump (Fixed Frequency), and Condenser.

配件名称	配件照片	配件编号	配件型号	配件条码	配件周期	配件库存	使用时间	使用期限	配件状态
燃烧器		ZWL-RSQ-001	燃烧器		3000 H	300	0 H	3000 H	在库
水泵(变频)		ZWL-SHB-001	水泵(变频)		3000 H	100	0 H	3000 H	紧缺
水泵(工频)		ZWL-SHG-001	水泵(工频)		3000 H	150	0 H	3000 H	在库
冷凝器		ZWL-LNQ-001	冷凝器		3000 H	200	0 H	3000 H	在库

图 6 设备管理子系统界面

3.4.3 生命周期管理子系统

将以下信息建立，对锅炉的历史运维、故障处理等知识性文档管理、归档。

- 锅炉档案
- 锅炉名称、位置、型号、规格、图档
- 关键部件(水泵、燃烧机、冷凝器等)使用时间、更换记录
- 设备生命周期管理，引导客户更换原厂配件



图 7 生命周期管理子系统界面

3.4.4 专家管理子系统

对锅炉运行期间常见问题及处理措施，建立锅炉专家管理知识库，提升售后服务质量。

- 专家管理：知识库 + 在线服务
- 远程实时监控，掌握设备运行状态
- 维保数据准确记录



图 8 专家管理子系统页面

3.4.5 配置管理子系统

系统功能：用户管理、权限设置、 workflow 配置、二次开发管理等。

对数据灵活展现，通常复杂、个性的需求都能直接通过配置而非开发方式实现。

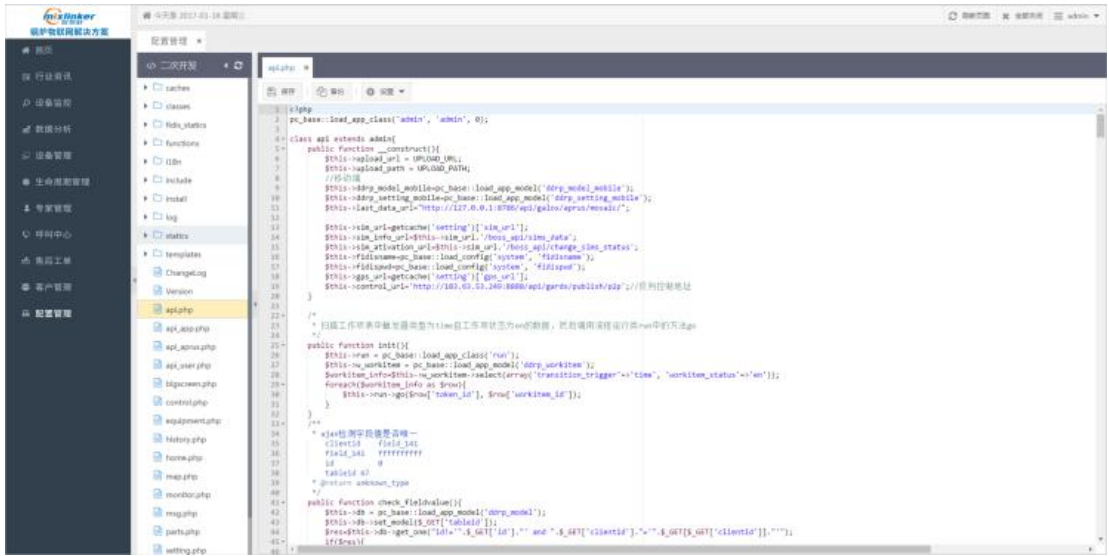


图 9 配置管理子系统界面

3.4.6 售后工单子系统

针对故障报警自动生成工单，工单处理流程：技术工程师 → 技术经理 → 技术总工。

所有工单均保存在相应设备的生命周期管理数据库，便于后期统一查询。

系统功能：创建工单、待处理工单、历史工单、工单查询等。



图 10 售后工单子系统界面

3.4.7 呼叫中心子系统

与锅炉物联网系统进行数据联动，客户来电时即可弹屏该客户对应设备信息。

系统功能：呼入控制、IVR 语音导航、座席管理、录音质检、统计报表分机管理、售后服务工单等。

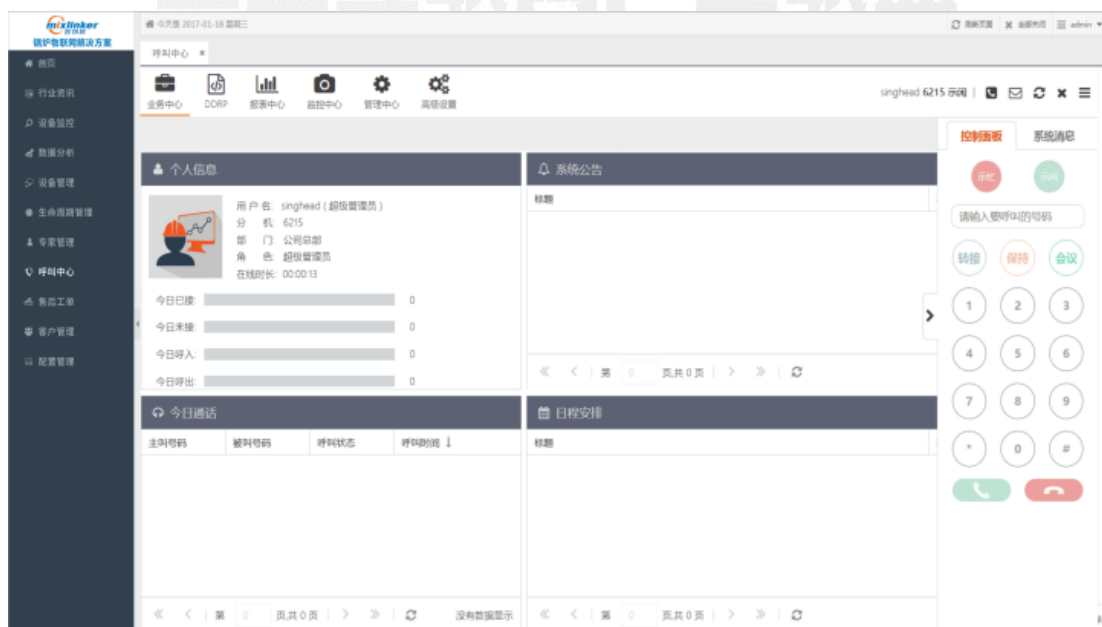


图 11 呼叫中心子系统界面

3.4.8 客户管理子系统

通过以锅炉设备为中心的数据规划，管理相应设备对应的客户统计数据。

客户项目信息：存档合同、回款情况、验收时间等。

客户设备信息：锅炉数量、位置、联系人信息等。

ID	客户组织	客户组织名称	客户名称	联系人	联系电话	地址	合同编号	经销商编号	经销商单位编号
01	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
02	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
03	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
04	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
05	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
06	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
07	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
08	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
09	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
10	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
11	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
12	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
13	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			
14	上海xxx		上海xxx	李xx	18681324xxx	上海>>市辖区>>徐...			

图 12 客户管理子系统界面

3.4.9 INDASS 工业大数据分析服务系统



图 13 INDASS 工业大数据分析服务系统界面

3.5 安全及可靠性

运用了以下措施进行安全防御：

- 1) 防火墙：生产网与管理网之间，公司内网与外围之间；
- 2) 操作系统：Linux 操作系统；抗网络攻击；企业级安全

杀毒软件、安全漏洞及时升级。

- 3) 软件系统：采用身份识别、用户权限、安全认证、数据加密传输和访问控制；采用安全加密芯片；访问规范采用标准安全模块，通过数字证书进行安全认证；采用对称加密、非对称加密技术；安全软件开发工具包（SDK）；支持HTTPS、TLS等，提供安全的数据传输通道；微服务化；实时监控、告警管理。

3.6 核心技术优势

核心优势：



图 14 核心优势

4 成功案例

1) 广东汇嵘绿色能源股份有限公司

广东汇嵘绿色能源股份有限公司是一家以资源综合利用和清洁能源管理技术为核心的高科技企业，是国家发改委促成并认定的合同能源管理（EPC）运营公司。公司专注于资源综合利

用、节能环保及互联网远程能源管理技术的研发与应用，主营开展资源化清洁能源供应和管理业务，同时提供能源评估与审计、能源环保工程、项目金融投资等综合服务。

面临问题：

- 锅炉产品同质化严重，市场竞争力单一
- 销售覆盖区域广，售后人力成本高
- 历史维护数据分散，设备改良缺乏数据支撑

客户价值：

- 大幅减少驻厂人员，降低人力成本
- 部分故障可远程调试，降低售后成本
- 客户黏性增强，原厂维保率提高 60%
- 所有投放操作均通过 GPRS 上传至平台，有效管理公司资产

2) 浙江先创能源科技股份有限公司

浙江先创是一家以“先天下、创世纪”为企业精神的环保能源装备综合服务商，为行业客户提供能源设备的研发、涉及、制造、安装调试、升级改造、工程总承包及后续增值维护等一站式服务。先创新能源的水煤浆有机热载体锅炉已经在国内市场享有非常好的口碑，市场地位遥遥领先。包揽了国内近四十家大型化纤企业的聚合工艺生产供应，并且建设了目前国内容量最大的 3 台 $2400 \times 104 \text{cal/h}$ 的水煤浆有机热载体锅炉。

面临问题：

- 各地项目的设备无法进行远程监管，没有约束力
- 售后人员工作效率低下，对公司服务口碑有负面影

响

- 客户故障管理不及时，既耽误了客户时间，也提升了售后成本

客户价值：

- 客户、设备一体化管理，设备的故障率降低 40%
- GPS 与基站定位双重保障，设备地理位置实时查看
- 基于历史数据的大数据分析，为精准营销与产品升级做数据支撑
- 实现“管、控、营”一体化，变被动售后为主动服务
- 专家对数据的分析，提升锅炉运行的效率，节省 60% 人力

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

1 概述

中国是水能资源最多的国家，根据数据显示，我国的理论资源蕴藏量有 1.6 亿 kW，技术开发量为 1.28 亿 kW，其可开发量占全国水电资源可开发量的 23%，居世界第一位。我国水电资源的开发已处于较成熟的状态，装机容量逐年上升，持续增长，但增速有放缓的趋势，水电市场规模趋于稳定。根据国家能源局《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》，至 2020 年我国水电总装机容量要达到 4.2 亿千瓦；据此测算 2020 年我国水电装机容量年度复合增长率为 5.73%，十三五期间平均每年将新增装机容量 2083 万千瓦。

近年来，随着水电能源的大力发展，国家也加大了对水电发展的扶持力度，各种扶持水电开发的政策也相继出台。国务院总理李克强主持召开国务院常务会议，部署加快推进节水供水重大水利工程建设，决定大幅增加国家创投引导资金促进新兴产业发展。会议确定，按照统筹谋划、突出重点的要求，在今明两年和“十三五”期间分步建设纳入规划的 172 项重大水利工程。国家能源局印发《水电发展“十三五”规划》指出，加强“互联网+”智能水电站建设，重点发展与信息技术的融合，推动水电工程设计、建造和管理数字化、网络化、智能化，充

分利用物联网、云计算和大数据等技术，研发和建立数字流域和数字水电，促进智能水电站、智能电网、智能能源网友好互动。围绕能源互联网开展技术创新，探索“互联网+”智能水电站和智能流域，开展建设试点。加强行业信息化管理，推动信息管理平台建设，系统监测项目建设和运行信息，建立项目全过程信息化管理体系，为流域管理和行业监管提供支撑。

1.1 背景

水力发电行业的主要生产任务是发电。从生产角度来说，主要有以下特点：

1) 发电成本低。水力发电只是利用水流所携带的能量，无需再消耗其他动力资源。而且上一级电站使用过的水流仍可为下一级电站利用。因此水电站的提高效益的主要手段是利用有限的来水量尽可能发更多的电。对于大中型水电站而言，发电量由网调给出根据流域来水和网上负荷需求给定；而对于小水电而言，在不影响电网稳定性的前提下，发电量完全可以根据电站的来水量自我调整优化，尽可能提高发电量。

2) 水电站的设备比较简单，其核心设备是水力发电机组及其附属设备。对于水电站来说保证发电机设备可靠安全、健康运行是整个生产过程的核心。虽然水电站初期间设备成本高、周期长，但是当建设完成之后，在整个运行成本中，设备的检修、维护费用成为主要的生产成本。因此，水电站运行管理的关键工作就是设备的运行、维护和检修。

3) 高效而灵活，运行工况复杂。水力发电主要动力设备的水轮发电机组，不仅效率较高而且启动、操作灵活。因此，利

用水电承担电力系统的调峰、调频、负荷备用和事故备用等任务，可以提高整个系统的经济效益。也正是如此，水电机组的工况转换频繁、复杂，对设备的冲击较大，故障率较高，因而对于设备制造、维护、检修的要求也高。

1.2 实施目标

根据水电行业的特点，对工业互联网实施的业务需求也非常明确，主要是以下三点。

1) 发电设备运行的安全预警，保证发电设备的安全运行。

近几年，国内外发生了多起水电站严重事故，例如俄罗斯撒扬水电站于 2009 年 8 月发生的事故，导致 75 人死亡，10 台机组受到不同情况的损坏，厂房被损毁，事故造成当地地区 25% 的电力缺口，直接经济损失 130 亿美元。导致此次事故的其中一个很关键的技术因素就是，电站未能振动保护系统缺失，在设备劣化初期，未能提前预警，导致重大的人员伤亡和设备损坏。

结合国内实际情况，随着我国三峡等巨型水电站的投入运行，发电机组的容量加大、水头变高、库容增大，一方面，设备事故导致的非停产生的经济效率损失巨大，另外一方面，恶性事故导致的社会危害也加大；而且，随着我国水电事业的大力发展，在各个大江大河上建立了星罗棋布的大小水电站，任何一个水电站的事故会产生较大的影响，因此对水力发电设备运行的安全预警已经提到了非常重要的地位。

因此，对运行设备进行实时监测，对设备运行数据进行挖掘，建立预警模型，实现发电设备的安全预警，对于保障发电

设备安全运行，避免恶性重大事故的发生有重要的意义。

2) 发电设备运行的优化调度，提高水能利用率和设备可用率；

对于发电站来说，在上游来水总量确定的情况下，尽可能发出更多的电量，或者在总发电量给定的情况下，尽可能地降低耗水率指标，是提高发电厂经济效益的重要目标。从目前的现状来说，对于大中型水电站而言，都已经建立了 AGC（自动发电控制）系统，来解决上述优化调度的问题，然而存在的问题是其水轮发电机效率模型一般根据设备制造厂模型机数据建立的，并非依据真机数据建立，和实际的效率模型存在差异；而对于数量巨大的小水电而言，建立机组的效率模型，并借以实现优化调度的电站少之又少。

因此，借助物联网技术采集机组负荷、效率等参数，利用大数据技术建立水轮发电机效率模型，根据来水总量和给定发电量实时计算目标负荷，并反馈到控制系统，实现机组以经济指标为最优的负荷优化分配，对于提高水能利用率有重要意义。

另外，水轮发电机组工况承担着电网的调峰、调频、负荷备用等功能，负荷调整频繁。然而不同的工况对发电设备运行稳定性影响差异较大，对设备的损伤也不一样，因此，考虑在机组调度时将设备的稳定性指标作为控制目标，实现设备的可靠运行也是延长设备寿命，提高设备可用率的目标。

因此，借助物联网技术采集机组振动、温度参数，利用大数据技术建立水轮发电机稳定性模型，根据来水总量和给定发电量实时计算目标负荷，并反馈到控制系统，实现机组以稳定

性指标为最优的负荷优化分配，对于提高发电设备可用率有重要意义。

综合上述两种优化模型，实现水电站效率和稳定性的综合最优调度，提高水能利用率和设备可用率。

3) 发电设备故障诊断，实现发电设备检修、维护指导；

关于发电设备的检修，需要解决两个问题，一个是什么时候修、该不该修，另外一个问题是修什么、如何修。第一个问题是检修触发的问题，是依据设备的可靠性原则和故障预警，进行检修决策的问题；第二个问题是依据故障定位和故障确认来进行针对性、精确检修的问题，上述两个问题是实现“状态检修”的核心为题。从现状上看，发电机组属于大型旋转机械，能够实现精确诊断的故障并不是很丰富，而且机组个性突出，采用传统故障机理建立起来的故障模型普适性并不是很好，因此，水电行业实施工业互联网，重要的一个需求就是运用机器学习、大数据分析结合传统故障机理模型，实现故障预警和故障诊断，从而为发电设备的检修决策和检修实施提供依据。

1.3 适用范围

本解决方案应用于各水力发电集团或水电站中水轮发电机组、变压器等关键设备运行的安全健康预警系统建设，实现上述设备的设备安全状态的预测、故障预警、故障诊断和状态评价，防止设备缺陷的扩大化，而为数电站设备的优化运行、检修决策和检修实施提供依据。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

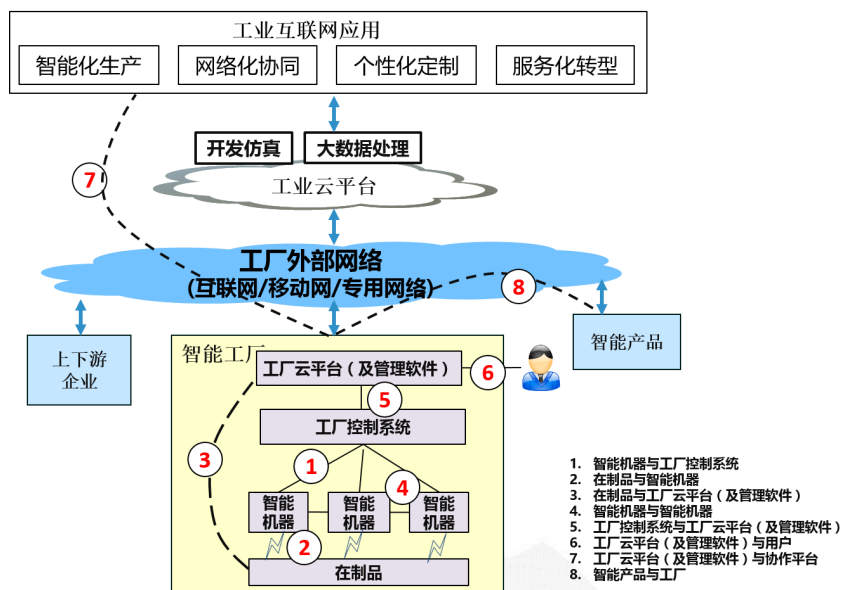


图 1 工业互联网互联示意图

本解决方案包含在电站各发电设备上部署传感器、采集处理设备，在电站部署数据挖掘、数据治理软件，以及在发电集团公司的工业云平台(私有云)上部署监测、预警、故障诊断等各类应用。对应于工业互联网网络体系架构，涉及以下多个位置：

- 智能机器与工厂控制系统：本解决方案中，传感器设备部署于电站设备上，而数据采集设备部署于设备旁边，用于采集设备的振动、温度、压力等基础数据，是实现设备智能预警、故障诊断的基础。这些数据通过网络传送到电站设备的控制系统，用于辅助优化控制，同时也传送到工厂云平台，进行数据挖掘等
- 工厂云平台(及管理软件)：在电站工厂侧云平台部署安全特征指标计算软件，用以接收传感器采集到的振动、温度、压力等数据，并融合工厂控制系统的运行控制过程数据，以上述数据为基础，实现特征指标的实时计算提

取，同时部署数据清洗软件以及数据编码转换等软件。在数据整合、治理、标准化之后，通过专用网络将特征指标数据传送到发电集团公司的工业云平台进行存储、展示、预警、评价等处理。

- 智能化生产（工业互联网应用）：在本解决方案中，智能化生产应用主要包括设备状态展示、故障预警及故障诊断、运行优化决策、检修决策等应用。上述应用的基础数据是工厂云平台传送来的的设备特征指标数据。

2 需求分析

从信息技术角度分析，水力发电设备本身信息化程度较高，大多具备物联网实现的基础条件。尤其是对于大中型水电站而言，大多已经建立了 SCADA/计算机监控系统、发电设备在线监测系统、水情监测系统、生产信息系统等，但存在的问题是，上述系统各自独立，不能实现信息共享，更不能满足机组安全预警、优化运行指导和检修决策、维修指导的功能。因此，在大中型水电站实施工业互联网的路径，打通原来各个独立的子系统，就是要在电站或者流域性发电企业内部建立一套完整的工业互联网系统，涵盖机组的运行控制、安全监测、故障预警和诊断以及检修、维修指导各生产环节。从信息安全的角度而言，水电行业有严格的网络安全控制措施，能有力地保证设备安全、网络安全、控制安全、应用安全和数据安全。

对于小水电而言，信息化程度并不高，并不具备物联网实现的基础条件，需要从边缘层开始有选择地建立数据采集、边缘计算，可以逐步在公有云上利用工业互联网平台，践行云制

造的理念。

3 解决方案

3.1 方案介绍

本方案基于工业互联网架构设计，采用大数据技术、机器学习等智能化分析技术，结合设备故障机理研究，构建水电安全状态数据的集数据采集、数据治理、预警预测和分析决策为一体的预警平台。本方案通过在水电站各设备上部署传感器、数据采集和安全特征指标计算设备进行设备安全状态的数据采集、数据治理；同时，基于大数据技术和大量水电设备数据，进行智能分析与计算，实现对水电设备的设备隐患（或故障）智能预警、设备健康状态评估、设备运行优化、设备检修决策等智能化平台应用，实现水电设备的安全状态监测和分析、运行特征挖掘；系统将根据数据整合与数据分析结果，实现可视化应用展示，为设备的安全运行、故障预警、异常诊断等系统应用提供必要支持。

3.2 系统架构

总体架构如下图 2 所示，包括边缘层、平台层、企业应用层。



图 2 水电行业设备安全预警平台总体架构

边缘层包含电站内容实现机组控制、监测等的各类现场传感器、各类工业控制系统如 PLC、SCADA、计算机控制系统、设备在线监测系统等，提供传感器数据的采集和处理，转换为数字信号，并进行初步的计算处理，形成初始的技术指标。它们分别通过不同的数据传输协议、透过网络安全隔离设备将数据上传至平台层。

平台层包含 IaaS 和 PaaS 两层。IaaS 层接受边缘层传输上来的数据，并提供数据的计算服务、存储服务、网络服务、灾备服务、安全服务等，同时 IaaS 的资源通过 APIs、入口等与 PaaS 层无缝链接，并由 PaaS 层统一管理和维护环境；PaaS 层提供数据的分析和处理工具，用以完成面向多用户的应用开发。系列的微服务组件也存放在这个区域。同时提供即插即用的微服务，如工业模型、算法，工业建模中间件等。水力发电设备的专用诊断模型和性能分析模型也作为 PaaS 层的服务提供服务。

企业应用层可提供五个模块的服务：

- 监测系统服务，提供设备状态参数的全景展示，以及基于 GIS 的设备监测等；
- 智能预警服务，通过对云平台大数据的挖掘，实现对基于设备关联性分析的安全预警服务；
- 设备的智能诊断/智能评价系统服务，提供设备的健康评价和故障诊断服务；
- 结合设备的专用分析工具，如频谱分析、轨迹分析、回归分析、聚类分析等等；
- 将知识管理系统服务，提供设备的基础知识信息、知识信息学习等服务。在企业应用的最高层，提供了设备状态的全景展示、设备安全预警和故障诊断、检修决策、运行优化等服务。

3.3 网络拓扑设计

水电设备安全运行预警平台网络拓扑设计如图 3 所示：

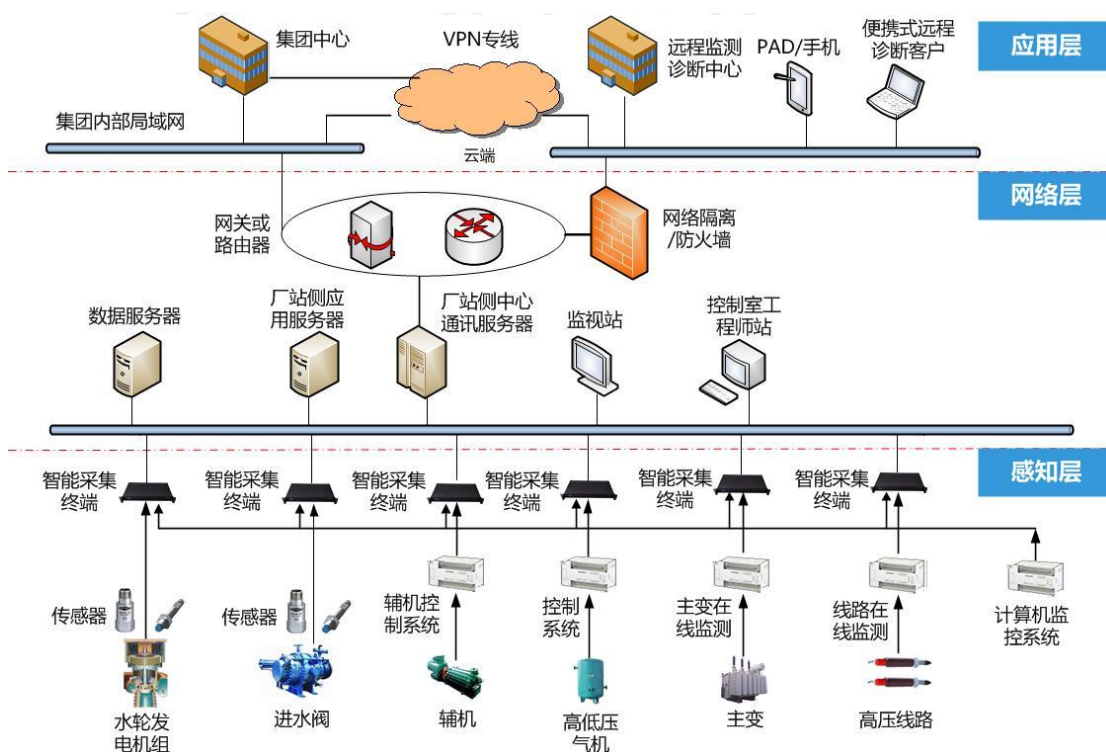


图 3 水电设备安全运行预警平台网络拓扑

平台由感知层、网络层、应用层三部分组成。

1) 感知层：数据采集、故障预警指标计算提取。由传感器、变送器、智能采集/指标计算装置等智能采集组成。设备各部位的传感器将各种物理信号转化为电信号，传送到智能采集器及特征指标计算装置，智能特征指标计算装置将这些信号采集和处理提取，得到反映机组运行状态和故障的各种特征指标等，统一存储到厂站侧局域网数据服务器。

2) 电站网络层：数据汇集、数据清洗、数据标准化。位于电站局域网（电站云平台），包括数据服务器、设备监测管理机等。主要完成感知层采集的指标数据收集、整理、清洗、标准化、存储和转发，并向位于云端的远程监测中心发送监测数据、状态特征指标数据等。

3) 应用层：可视化展示、智能预警与评价、数据挖掘、检修决策。应用层位于集团公司或者远程监测诊断中心的工业互联网云平台。借助于该云平台，水电企业在集团公司及远程监测诊断中心实现对机组的远程监测、安全故障预警和诊断。

3.4 功能设计

平台功能包括设备状态的可视化展示、智能预警与评价、设备运行优化指导、检修决策等。

1) 设备状态的全景展示功能

全景展示功能以水电站设备为中心，采用三维立体展示方式和 GIS 技术，进行设备全景信息、设备状态综合展现。

2) 智能预警与评价功能

主要基于大数据挖掘技术结合专业设备故障机理，建立设备故障预警模型，实现设备状态的预测和早期预警，提供设备的健康评价和故障诊断服务，防止设备故障导致的恶性事件的发生。包括对设备进行设备健康状态评估、故障诊断、趋势预测和风险评估等。

以下图 4 是水电站设备故障预警模型：

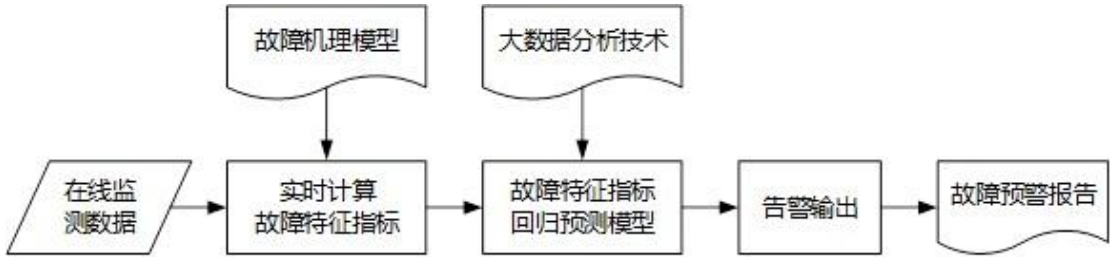


图 4 基于大数据挖掘的故障预警模型

首先，需要根据在线监测的历史数据，依据故障机理模型进行故障特征指标计算，对历史特征指标集采用大数据分析技术（如多元线性回归分析、支持向量机（SVM））等进行训练，建立故障预测模型。

然后，将训练后的预测模型应用于实时的故障特征异常检测，即根据实时采集到的设备的原始数据，在边缘侧进行故障特征指标的实时计算，根据预测模型的计算结果和实际计算结果进行比对，用以检测故障特征指标是否发生变化。当预警系统检测到特征指标发生变化时则发出告警信息，并输出告警分析报告。

3) 设备运行优化功能

以设备的运行状态和智能预警评价结果为基础，结合设备运行性能模型，提供优化运行建议，指导水电机组的安全可靠、

高效率运行。

4) 设备检修决策功能

以设备的运行状态和智能预警评价结果为依据，给出设备检修建议，实现水电设备的检修触发以及检修方案的指导决策。检修建议要求包括设备的检修项目、检修优先顺序、检修等级和检修时间，评估其检修的必要性，为实施最佳、最优检修提供决策与支持。

3.5 安全及可靠性

本方案的安全设计，包括身份鉴别、访问控制、安全审计设计、通讯完整性、保密性、抗抵赖、剩余资源保护和控制、软件容错等多个方面，确保系统安全。系统安全设计按照《电力监控系统安全防护规定》以及其他电力系统网络安全规定进行设计。

1) 电力网络安全 I、II 区与 III 区之间的数据通讯部署单向网络隔离栅，防止 III 区及以外数据侵入电力网络安全 I、II 区，引起设备控制系统的误动。

2) 身份鉴别，采用用户身份认证，保证用户的合法性。系统内的每个角色有可靠的身份识别，访问权限控制，防止对信息的非法使用、调阅、修改和破坏。

3) 采取应用系统运行日志、应用系统操作日志、系统运行监控和故障报警等手段，加强对系统运行进行监控。

4) 提供访问控制功能控制用户组/用户对系统功能和用户数据的访问。

5) 安全审计与身份鉴别、访问控制、数据完整性等安全功

能的设计紧密结合，并为下述可审计事件产生审计记录。

6) 数据通讯：采用约定通信会话方式的方法保证通信过程中数据的完整性；采用 MD5 单向加密密码技术保证通信过程中数据的完整性。

7) 剩余资源保护和控制，对系统的各类剩余资源进行监视、清理、控制。

8) 软件容错。在故障发生时，应用系统能够继续提供一部分功能，如非登录用户的公共功能。提供数据有效性检验功能；采用集群技术和备份技术，提供自动保护功能，当故障发生时自动保护当前所有状态，保证系统能够进行恢复。

4 成功案例

1) 基于预警平台的水轮发电机组不平衡故障预警案例

水轮发电机组是水电站的核心资产，保障水电机组的安全健康运行是水电站日常生产的最主要的任务。而在水轮发电机组故障中，不平衡类故障是最为常见的故障类型，包括转子质量不平衡、转轮质量不平衡、电磁拉力不平衡、水力不平衡等，也是引起机组振动最为主要的原因。对不平衡类故障实现早期预警，能解决水轮发电机组大部分的预警预测问题，为水轮发电机组的安全健康运行提供有力的保证。

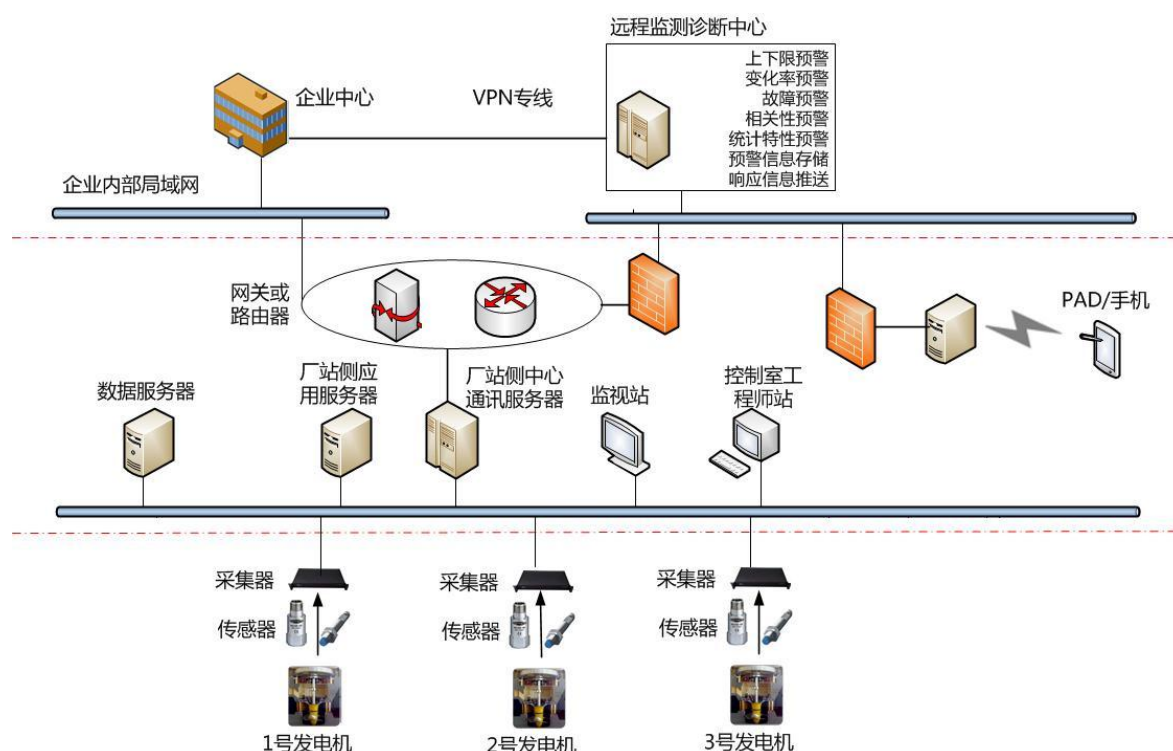


图 5 水轮发电机组不平衡故障安全预警实施架构

预警系统的工厂云平台如上图 5 所示，根据机组上部署的振动、温度、压力等各类传感器采集的基础数据，进行特征指标计算，形成状态预警指标（包括不平衡类故障指标），传送到流域或集团公司远程监测诊断中心，进行实时安全预警检测。当设备安全健康指标异常被安全预警系统检测出来后，则自动触发快速告知系统，告知系统透过网络隔离装置，根据绑定的人员信息，以短信、微信方式分级推送相应分类信息给不同的人员。同时所有预警信息以及预警判断时的相关信息，分类后存入平台数据库。现场处理人员，可以通过现场的 PC、PAD 等登陆调阅预警前后的信息。

以下是在某电站实施预警系统，提前预报水轮发电机水力不平衡故障的实际案例（其中 HAbx 是表征水轮发电机水力不平衡故障的关键特征指标）：

表 1 水力不平衡故障指标预测结果和实测结果对比表

序号	时间	HA_{bx} 的预测结果	根据实测数据计算获得的 HA_{bx}
1	2015-8-1	$\leq 5 \mu m$	$\leq 5 \mu m$
2	2015-8-2	$\leq 5 \mu m$	$\leq 5 \mu m$
3	2015-8-3	$\leq 5 \mu m$	$\leq 5 \mu m$
4	2015-8-10	$\leq 5 \mu m$	$\leq 5 \mu m$
5	2015-8-15	$\leq 5 \mu m$	$12 \mu m$
6	2015-8-23	$\leq 5 \mu m$	$23 \mu m$
7	2015-8-24	$\leq 5 \mu m$	$26 \mu m$
8	2015-8-25	$\leq 5 \mu m$	$27 \mu m$
9	2015-8-26	$\leq 5 \mu m$	$40 \mu m$
10	2015-8-28	$\leq 5 \mu m$	$121 \mu m$



图 6 水力不平衡故障指标预测结果和实测结果对比图

表 1 与图 6 为某轴流转桨式机组水力不平衡关键特征指标回归预测值与实际计算值的对比

从上述数据可以看出，发电机组水力不平衡关键特征指标 HA_{bx} 早在 2015-8-15 已经发生明显改变，系统发出预警信息。此后，该实测特征指标持续偏离预测值，到 2015-8-28 日电站停机检查，确认水轮机存在局部部件脱落问题，验证了该故障预警的正确性，也为快速确定故障性质和快速定位故障提供有

力证据。因为故障缺陷发现及时，避免了机组事故的恶性发展，降低了机组的检修成本，缩短了机组缺陷的维修时间，减小了由于非计划停运导致的发电损失。



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

工业以太网在综合管廊弱电系统中的应用

施耐德电气（中国）有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

未来 3 到 5 年，地下综合管廊的建设和运营逐步成熟，在这个过程中，具备领先技术和先进管理经验的智慧管廊系统才能符合实际的需求。智慧管廊系统的网络架构面临着开放，稳定，易维护，高度自动化等各种实际问题，采用工业以太网架构能够利用工业级成熟的网路架构完美的解决智慧管廊网络架构的问题，可以实现管廊内部机电设备互联互通和统一管理。工业以太网架构适用于管廊弱电系统工程，在地下环境中可以高效可靠的运行。

1.1 背景

我国正处在城镇化快速发展时期，地下基础设施建设滞后。推进城市地下综合管廊建设，统筹各类市政管线规划、建设和管理，解决反复开挖路面、架空线网密集、管线事故频发等问题，有利于保障城市安全、完善城市功能、美化城市景观、促进城市集约高效和转型发展，有利于提高城市综合承载能力和城镇化发展质量，有利于增加公共产品有效投资、拉动社会资本投入、打造经济发展新动力。

2015 年中央财政支持的综合管廊十个首批试点城市：包头、沈阳、哈尔滨、苏州、厦门、十堰、长沙、海口、六盘水、白

银。2016 年中央财政支持的综合管廊新增十五个试点城市石家庄市、四平市、杭州市、合肥市、平潭综合试验区、景德镇市、威海市、青岛市、郑州市、广州市、南宁市、成都市、保山市、海东市和银川市。随着城市经济的快速发展，综合管廊建设规模不足、管理水平不高等问题凸显，一些城市相继发生管线泄漏爆炸、路面塌陷、“马路拉链”等事件，严重影响着生命、财产安全和城市运行秩序。针对这些问题，综合管廊成为了一种优秀的解决方案；它是保障城市运行的重要基础设施和“生命线”。

1.2 实施目标

如何在管廊建设之初就构建一个科学的现代化的智能平台，使得未来的管廊运营管理更加高效稳定，更加智能智慧，是现在我们要攻克的一个课题。

而智慧管廊，智能平台的核心三要素：**开放的企业级平台，工业以太网架构，以及关键的边缘计算控制设备**。因此选择一个合适的网络方案，边缘控制设备，以及开放的平台，对构建智慧管廊平台总体设计是本文需要阐明的目标。

1.3 适用范围

地下综合管廊是指在城市地下用于集中敷设电力、通信、广播电视、给水、排水、热力、燃气等市政管线的公共隧道。

综合管廊弱电系统，也称为综合管廊监控与报警系统，主要由以下几部分组成：

- 管廊运管平台
- 环境与设备监控系统；

- 火灾报警系统（预警与报警系统）；
- 安全防范系统（视频监控、入侵报警等）；
- 通信系统（有线电话、无线对讲等）；

本文介绍重点是管廊运管平台和环境与设备监控系统的方案。也是基于工业以太网应用的核心方案。

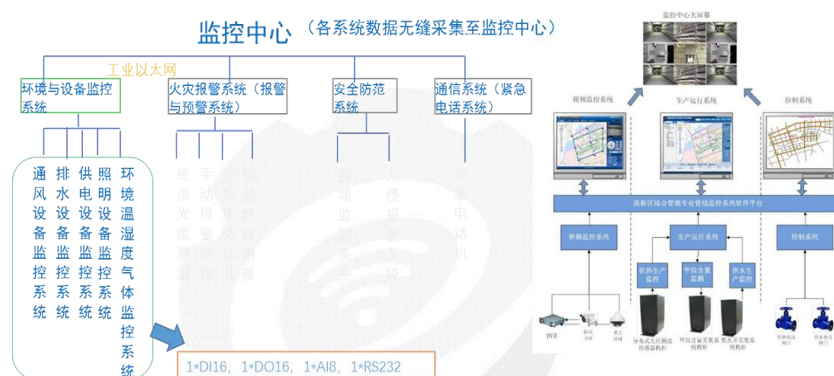


图 1 综合监控系统

根据《城市综合管廊工程技术规范 GB 50838-2015》的要求，综合管廊每 200 米划分防火分区，环境与设备监控系统在每个防火分区内会设置一台 ACU 区域控制单元，负责综合管廊现场防火分区范围内的信号采集、控制信号输出和远程通信等任务，一台 ACU 通常由工业级的可编程逻辑控制器 PLC、工业以太网交换机、UPS 和控制机柜等几部分组成。

此外，智慧管廊运管平台以保障管廊安全、稳定、高效、智慧化监控和运营为目的，基于物联网、大数据、云计算三大技术，帮助管廊业主实现集中监控和运维管理，保障安全，应急预案联动，大数据分析，持续优化运营。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本方案在工业互联网网络体系架构中，覆盖智能机器与工

厂控制系统，工厂控制系统与工厂云平台（及管理软件）。详见工业互联网体系架构图中的 1，5 两部分。

方案通过提供综合管廊内先进的基础自动化设备和硬件控制系统，保障管廊内数据和设备的监控，上传下达各种现场数据和指令，并实现与其他个子系统的联动，为管廊内的设备安全，人员安全，财产安全提供保障。

管廊的运管平台方案，是基于平台的集中监控和运维管理，确保管廊业主日常运维的安全和高效，同时通过平台内的各种应急预案的联动，大数据分析，帮助管廊业主决策支持，持续优化运营。

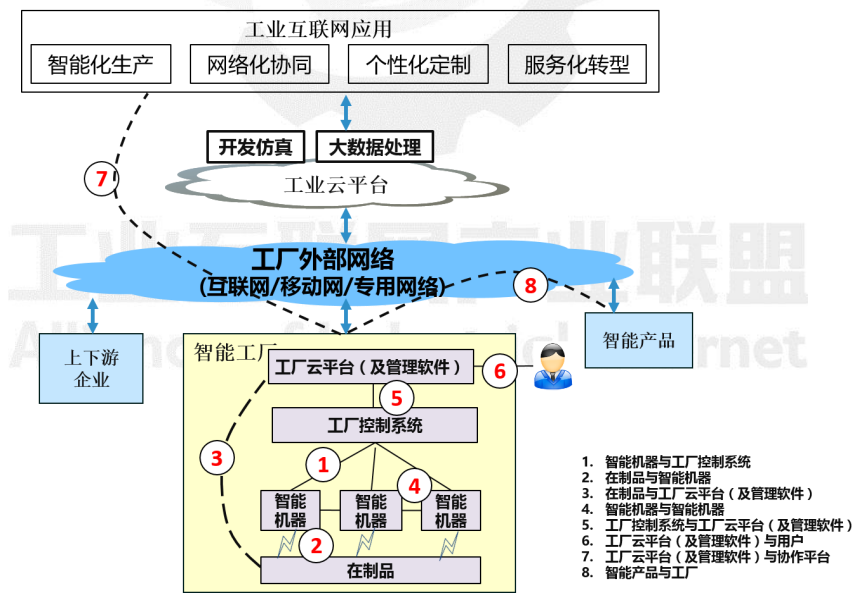


图 2 工业互联网互联示意图

2 需求分析

综合管廊的建设在国内已经掀起了高潮，除了 25 个中央财政支持的综合管廊建设试点城市之外，每个直辖市和省会城市甚至一些中小型城市都开始了综合管廊的建设或者规划。预计未来 3 到 5 年国内的城市管廊公里数将非常庞大，随之而来的

是管廊建设及运营的规范化，智能化的要求。目前管廊修建都处于示范段小范围建设或者运营阶段，问题尚未凸显，未来管廊修建的公里数逐渐累积，运营监管的范围将不再是现在的几公里规模。当管廊规模在几十公里后，设备分布的网络拓扑就已经很庞大，如果软硬件达不到一定要求，将系统将面临无法扩展的瓶颈。在管理上，如果没有同一的高效软硬件集成平台，将无法实现自动化管理运营。设想未来城市管廊的规划都在百公里以上，分散的设备和互不兼容的子系统庞大的监控数据会给管理造成多么大的困境。因此，我们现在架构的设计就要具备前瞻性，在管廊建设之初就应该构建一个从软件到硬件都符合未来应用的现代化智能平台。

3 解决方案

管廊的弱电系统（监控与报警系统）是一个深度集成的自动化平台，它集成了环境与设备监控、安全防范、视频监控、火灾报警、语音通讯、电力监控等子系统。通过集成和互联管廊内的自动化系统，为运营和维检人员提供一个完整的、统一的运管平台。

所以，管廊的运管平台，需要基于物联网、大数据、云计算三大技术，平台内核采用业界知名的成熟、稳定、可靠的工业 SCADA 软件为基础，通过大量深度开发，完美集成 GIS 技术、BIM 技术于一体，将综合感知和指挥调度、监控运营管理、维修维护管理三大基础功能模块整合于一身，为智慧管廊的建设、运营、维护、管理奠定了坚实的基础。

环境与设备监控子系统的功能是实现综合管廊全区域内

环境和设备的参数和状态实施全程监控，并将实时监控信息通过 ACU 准确、及时的传输到监控中心的统一管理平台，便于值班人员及时发现现场环境和设备的问题，排除故障以及对警情及时处理，保证管廊的正常运行。方案采用工业以太网光纤环网架构，核心关键设备采用工业级的智能交换机，工业级的边缘控制器 PLC 产品。通过这些自动化平台将工业以太网技术的诸多优势集于一身，从而确保不同控制层级之间、各系统之间和系统内设备之间协同工作更顺畅、更高效。

本文以法国某知名品牌，工业级的 SCADA 软件，以及 Modicon 边缘控制器 PLC 产品为例，介绍工业以太网在管廊运管平台和环境与设备监控子系统中的应用。

3.1 方案优点

综合管廊运管平台的各种功能，都是基于工业以太网实现的。由于以太网是以办公自动化为目标设计的，并不完全符合工业环境和标准的要求，将传统的以太网用于工业领域还存在着明显的缺陷，所以很多厂家推出了工业以太网，借助于工业以太网实现自动化与信息化的融合，从而实现一网到底。工业以太网是互联网的一种类型，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络。工业以太网是基于 IEEE 802.3 (Ethernet) 的强大的区域和单元网络。企业内部互联网 (Intranet)，外部互联网 (Extranet)，以及国际互联网 (Internet) 提供的广泛应用不但已经进入今天的办公室领域，而且还可以应用于生产和过程自动化。以太网主要用在商业环境，而工业以太网主要用在自动化设备上。自动化设备在实时性、确定性、可靠性上远远高于

商业环境。商业环境对信息的传输，延时一秒是可以接受的，而某些工业设备对实时性要求是时延不超过几十毫秒，对网络要求不同。

本方案中平台架构和软硬件的技术先进性

(1) 可靠性。系统应确保管廊数据获取、融合、传输等过程的可靠性。其中，感知数据是管廊各项应用的基础和判别依据，可靠的数据获取、融合和传输是保证管廊功能正常运行的基础。热插拔的硬件支持设备不停机维护。

(2) 可扩展性。系统应能够动态调节，为不同网络应用提供可扩展性，包括网络拓扑结构可扩展、服务内容可扩展等。

(3) 兼容性、开放性和易维护性。系统的软、硬件采用模块化、组态化设计，可以方便地进行容量的扩充和功能的维护升级。同时，系统建设基于 Web、B/S 结构，软件设置开放性网络接口，可实现将监测信息上传至监控中心和各级主管部门、单位。

(4) 安全性。监控与报警系统的安全标准要特别保护用户的信息隐私，为各政府部门、单位提供不同安全级别的网络应用。

3.2 系统架构及网络拓扑设计

根据现在综合管廊用户的使用习惯以及各专业设计院的设计要求，每两个防火分区（400 米）设置一个弱电间，弱电间内设置 1 套区域控制单元 ACU（PLC 系统），实现环境和设备的监控，系统间的联动，以及大数据采集。

各个 ACU 搭建成光纤环网，并通过接入层交换机通过光纤

环网接入监控中心核心层交换机。PLC 采用某国际知名品牌 Modicon 系列高端 PLC。结合综合管廊的应用特点，环境与设备监控系统有以下三种 PLC 控制系统架构在较为常用。

第一种常用架构，常规单机 PLC 方案（图 3），即在各分变电所/人员出入口（通常合建）、各防火分区均设置一套 PLC。有时候为了体现变电所/人员出入口的重要性，这里的 PLC 会要求采用冗余 PLC。代表管廊有：苏州吴中太湖新城综合管廊、北京大兴机场工作区综合管廊、景德镇昌南拓展区综合管廊等，这种 PLC 架构占到 60%。

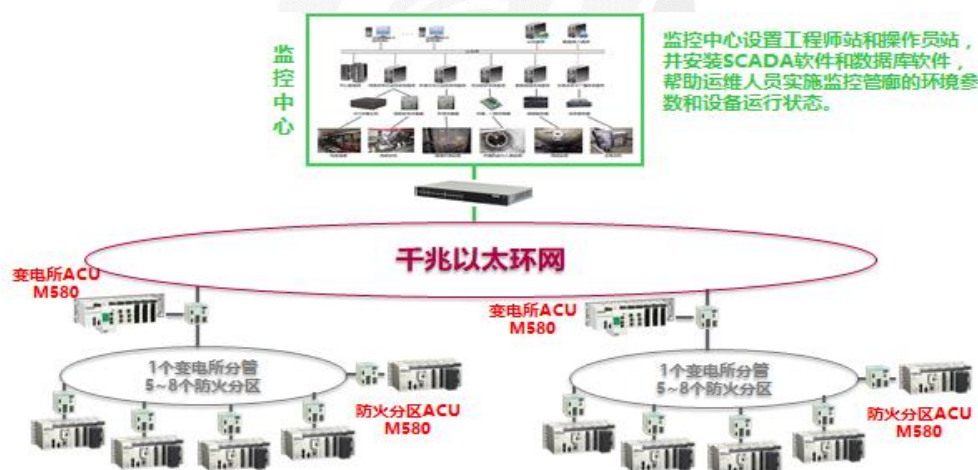


图 3 常规单机方案架构

第二种常用架构，异地冗余 PLC 方案（图 4），即在分变电所设置半套冗余 PLC，与相邻的分变电所的另半套冗余 PLC 通过光纤连接，构成一套完整的异地冗余 PLC，而在防火分区内则设置远程 I/O 站，分变电所的异地冗余 PLC 通过以太网环网将分变电所供电范围内的防火分区远程 I/O 站连接在一起，实现统一的远程监控和数据采集。代表管廊有：合肥高新区综合管廊、上海南汇新城综合管廊、吉安君华大道综合管廊等，这种 PLC 架构约占到 20%。

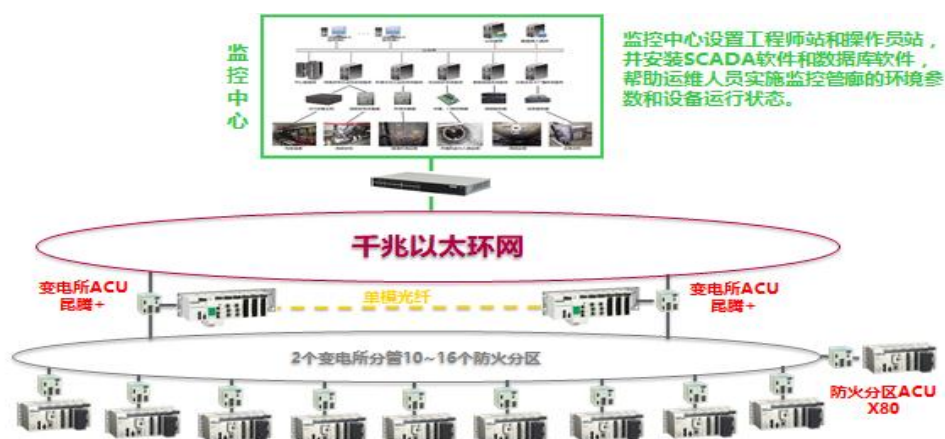


图 4 异地冗余方案架构

第三种常用架构与第二种类似，两个分变电所同样采用异地冗余 PLC，但在远程 I/O 站方面，为现场每台设备均单独设置远程站，如：排水泵远程站、排风机远程站、风阀远程站等。代表管廊有：赤峰中心城区综合管廊、南京江北新区综合管廊、西宁综合管廊等，这种 PLC 架构约占到 10%。

3.3 功能设计

每个综合管廊防火分区设计一套环境和设备监测系统（以 ACU 为核心），包括：若干台温湿度传感器、2 台氧气传感器、2 台硫化氢传感器、2 台甲烷传感器和 1 台液位传感器。温湿度、氧气、硫化氢和甲烷传感器分别安装在防火门两侧附件，靠近人员出入通道位置，监测管廊内的环境参数。同时，液位传感器安装于集水坑内，外接显示装置；该系统实现对风机，水泵，照明控制；电力监测系统，视频监控系统，火灾报警系统，管线监测系统等联动。

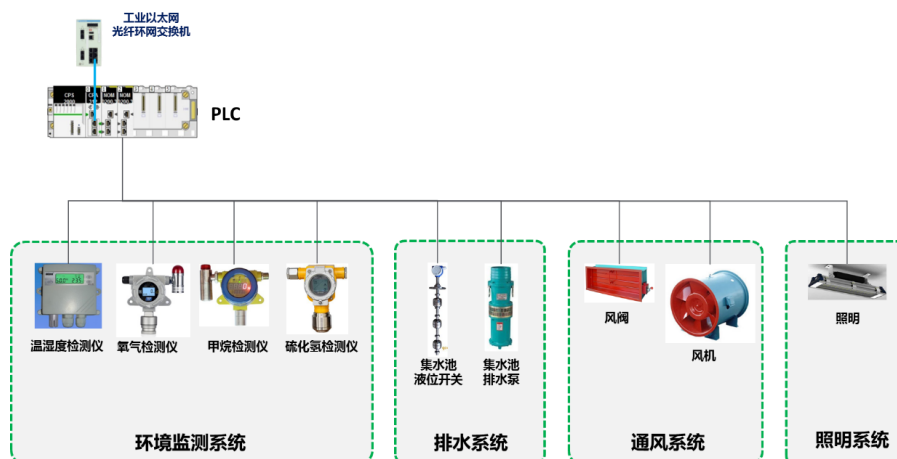


图 5 系统架构

针对综合管廊监控内部的一些管理特性，综合管廊运管平台要以整个软件为平台核心进行建设，整个综合管廊监控体系必须要具备高科技运行的软件，通过对整个监控和报警系统的建设，将三维地理信息和环境信息以及安全防范信息同视频图像进行融合，同时要融入多种其他的信息，建立统一的资源数据库，保证能够在不同的时间段内调出资源数据库，并能够结合历史数据库来进行有效的分析和预测，满足大数据的空间积累，全面进行融合。

与此同时，综合管廊运管平台应该覆盖所有的综合管廊信息领域，通过分布式方式对所有数据进行实时管理，能够有效地实现系统空间的需求，同时也能够高效集成和扩容，为用户提供高效的平台产品，满足各种不同的需求。

通过分布式实时数据，搭载系统架构等各类信息服务，以及消息总线和服务总线，提供全面的信息交换设置，与此同时，能全面实现系统安全高效的平稳运行，保证各类信息系统的融合，实现从综合管廊监控体系底层到上层的全面调配，满足现场控制到生产调度以及信息化的综合管理。

运管平台面对的用户：

- 管理层和决策者：提供管廊宏观态势感知、3D 导览、应急预案调度等功能。
- 系统维护工程师：提供工程师站，便于实现人员和权限管理，预案、规则、规程编制，日历排程，知识库维护，报表定制等。
- 管廊监控人员：提供设备设施的状态监视、远程和联动控制、报警和故障处理与分析功能。
- 管廊运维人员：提供资产设备管理、巡检、养护、维修等功能
- 管廊运维现场执行人员：提供手机或平板电脑的 App，便于导航指引、现场预案查询、维护辅助（视频、规范规程、图纸、3D 模型等）、现场记录等。

监控中心的运管平台的架构和功能如下图所示：

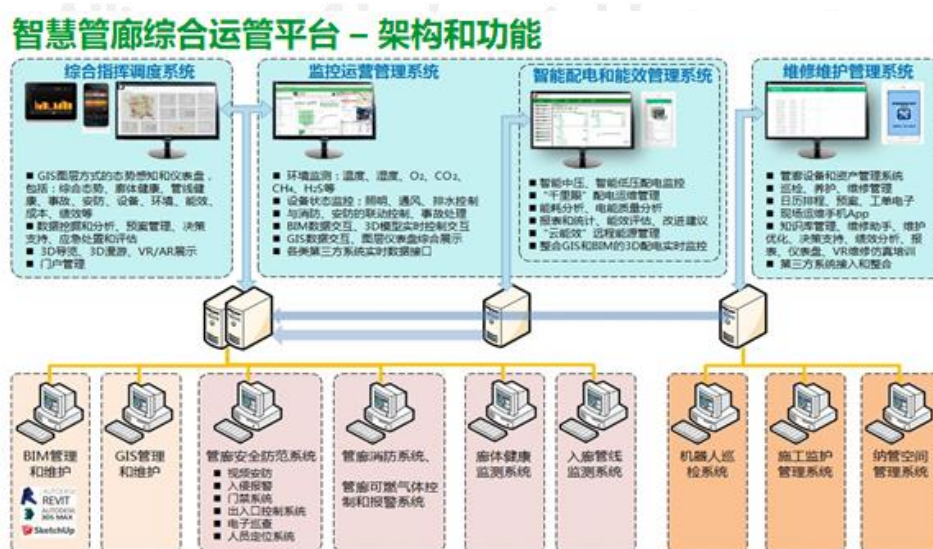


图 6 智慧管廊综合运管平台架构

3.4 安全及可靠性

本方案采用工业级以太网光纤环网方案，确保网络架构的

高效和冗余。目前在工业领域主流的工业以太网协议包括：Modbus TCP/IP 、 EtherNet/IP 、 ProfiNet 、 EtherCAT 、 POWERLINK 等。本方案中的 Modicon 系列高端 PLC 系统，全面支持 Modbus TCP/IP 和 EtherNet/IP 两大工业以太网协议。Modicon 系列 PLC 系统的设计基于开放的以太网技术，从而有效地优化了设备互连和通信。配合性能优越的 X80 通用 I/O 平台和灵活易用的 Advantys STB/ETB I/O 平台，可以完美实现系统的集成；强大的控制器提供更高水平的复杂网络通信、显示和应用控制的处理能力。

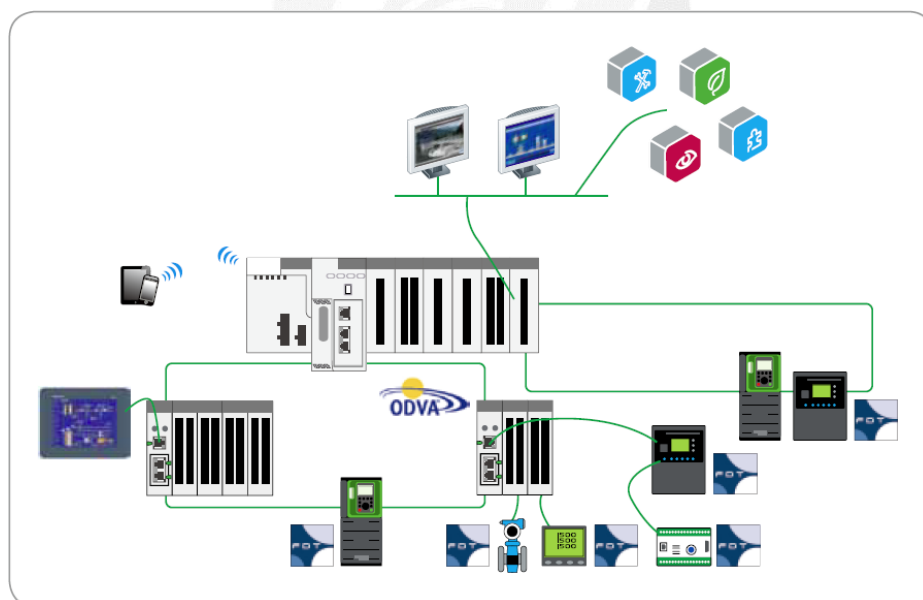


图 7 方案网络架构

4 成功案例

1) 景德镇综合管廊系统

景德镇管廊全长 5 公里，共设 28 个防火分区，是全国主要管廊试点城市，该管廊采用某国际知名品牌的边缘控制器 Modicon 系列 PLC 及 Citet 软件平台系统，采用工业以太网架构。该方案的实施给客户带来可靠稳定的系统，工程和运维的便利，

技术的先进性得到客户的一致认可。

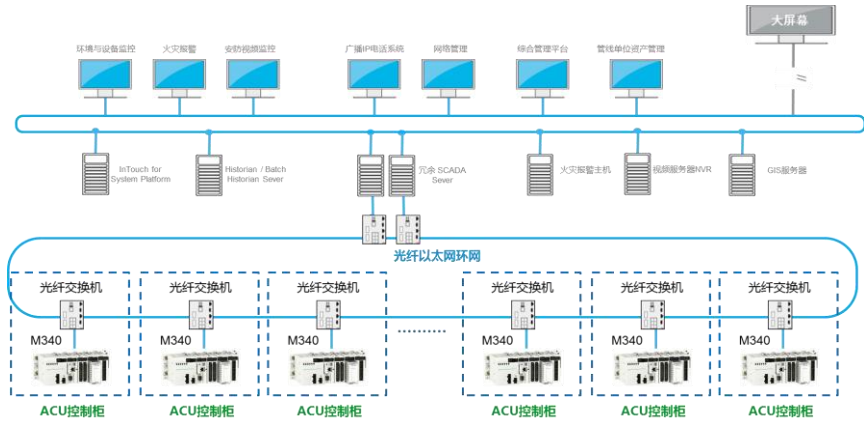


图 8 景德镇管廊系统架构

2) 首钢园区综合管廊方案

首钢园区综合管廊一期工程涵盖首钢园区秀池南街和秀池西路。首钢园区综合管廊收纳了电力、电信、给水、热力等市政管线，管廊总长约 750 米，两舱设计（综合舱、电力舱），设 1 个监控中心（含弱电机房）、14 个防火分区。综合管廊采用 M340 PLC 作为环境与设备监控系统的现地区域控制器。在管廊沿线弱电设备间内设置一台 ACU（内含一台千兆以太网交换机，一套数据采集控制单元，一套 UPS）；每个防火区间设置一套现场控制箱 ACU（内含一台千兆以太网交换机、一套数据采集控制单元、一套 UPS）。

首钢第一条自主投资设计建设的管廊项目，为客户提供完整的顾问服务帮助其建立其对管廊弱电系统的工程能力。

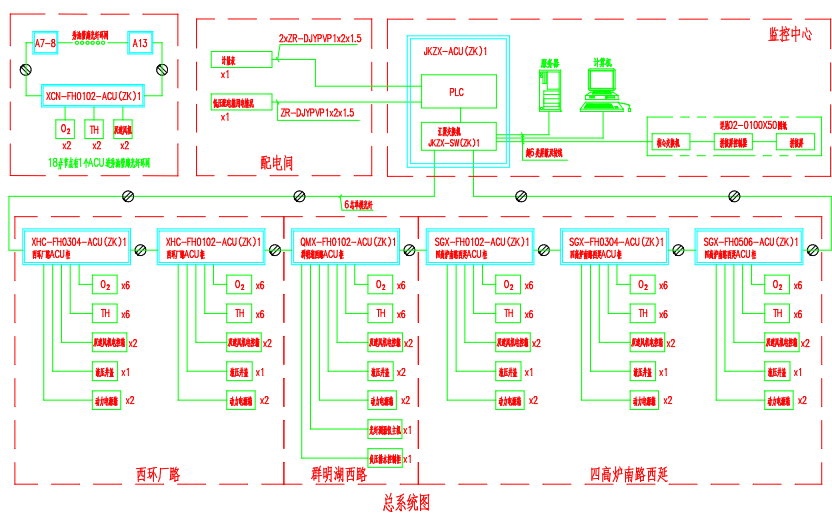


图 9 首钢园区综合管廊总系统架构

基于工业互联网的空压机能源管理方案

深圳市汇川技术股份有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

1.1 背景

空压机的作用是通过压缩空气提供动能，其应用领域和实际用途非常广泛，是现代工业重要的生产设备。同时，空压机属于能耗大户，其所消耗的电量占整个工厂耗电量的 30% 左右，在单台空压机的生命周期中，电费成本占气使用成本的 90% 左右。目前国内使用的空压机基本上能效标识为二、三级，运用工业互联网对空压机实施能源管理，可有效节能，市场潜力巨大。

空压机合同能源管理项目是一种新型的市场化节能机制，其实质就是以减少的能源费用来支付节能项目全部成本的节能业务方式，国内常见的有售气模式与租赁模式。目前实施过程中，存在以下几个关键痛点：节能量预测分析繁琐且周期长、设备维护效率低、费用结算复杂不透明、企业缴费回款不及时、合同纠纷风险大。风险控制及运维效率是成功实施空压机合同能源管理项目的关键。

1.2 实施目标

依托本公司互联网平台，促进自动化与信息化深度融合，空压机合同能源管理解决方案旨在提供一个可广泛复制的，覆盖气站改造、气站管理、业务运营三大主要环节的一站式解决

方案，帮助空压机厂商实现服务化转型，运营共享气站。

在改造阶段，通过物联网及大数据技术实现节能预测分析、建立节能模型；在管理阶段，通过物联网技术实现远程监控、远程运维、故障报警等；在业务运营阶段，通过物联网及云技术实现自动抄表、费用结算、自助缴费、报表统计等。

该方案能降低气站运营风险及运维成本，提高工作效率及客户满意度，帮助空压机厂商成功实施合同能源管理项目，实现服务化转型、创造更多利润。

1.3 适用范围

空压机行业，节能环保领域：适用于合同能源管理项目，共享气站建设及运营，气站节能改造，气站、空压机节能及后服务管理。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

在图 1 中本解决方案主要作用于连接 7，即工厂云平台（及管理软件）与协作平台。

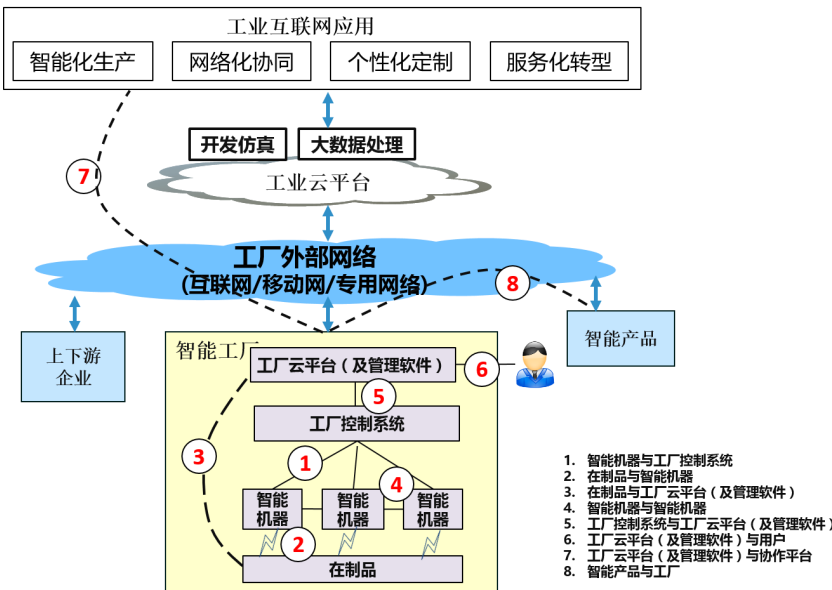


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

气站改造前，一方面空压机能耗高，其所消耗的电量占整个工厂耗电量的 30%左右。另一方面随着管道老化、管路泄露等、不同时间段供气需求不同而供气压力不变，造成能量浪费情况非常严重；所以在气站改造阶段产生的需求主要是采集历史数据、分析气站节能效益、提出节能工况模型、为气站改造提供经济效益论证。

气站管理过程，存在的问题是空压机维保大多不及时，设备发生故障维修效率低，空压机配件管理混乱。所以主要需求是空压机的设备管理，包括远程监控、远程运维、故障预警、维保提醒、配件管理等。

气站运营过程，为了确保整个气站能耗最优化，需要实时监测用气量、用电量以不断调整优化节能模型；另外，还需要实现远程抄表、透明计费、客户管理、合同管理、自助缴费、统计报表等功能。

空压机合同能源管理解决方案依托本公司工业互联网平台，实现自动化与信息化深度整合，满足气站改造、管理、运营各个环节需求，整个方案需求见表 1。

表 1 空压机合同能源管理解决方案需求

实施过程	使用物联网前问题	物联网需求
气站改造	能耗高，能量浪费，无历史数据	采集历史数据，节能预测，建立节能模型
气站管理	维保不及时，维修效率低	远程监控，远程运维，故障预警，维保提醒，配件管理

气站运营	人工抄表，客户回款不及时，费用管理不透明，运营报表无电子归档	远程抄表，透明计费，自助缴费，统计报表，电子合同，电子档案
------	--------------------------------	-------------------------------

3 解决方案

3.1 方案介绍

本方案的核心是一套端到端，即空压机设备供气端/用气端等数据采集终端端到应用端（包括手机端/Web 端）的智能物联网系统，再通过相关工业云的云端存储、大数据统计分析、数据可视化等技术实现具体业务功能。

采集端：空压机气站加装支持 Modbus RTU 的通信模块的电表和流量计；用气终端加装压力计和流量计；通过物联网智能硬件采集模块，将空压站的用电用气数据，空压机实时运行数据，用气端的数据，通过 4G/3G 上传至工业云平台，实现流量监测、用电监测、气压监测、远程抄表等应用。

云端：利用云计算与大数据技术对实时数据过滤、清洗、计算，并提供对外的 API 接口服务。

应用端：分网页端和手机 app 端。提供具体的业务功能，包括档案管理、远程监控、事件管理、售气计费等。并通过数据可视化技术实现一站式报表统计，为企业决策提供支持。

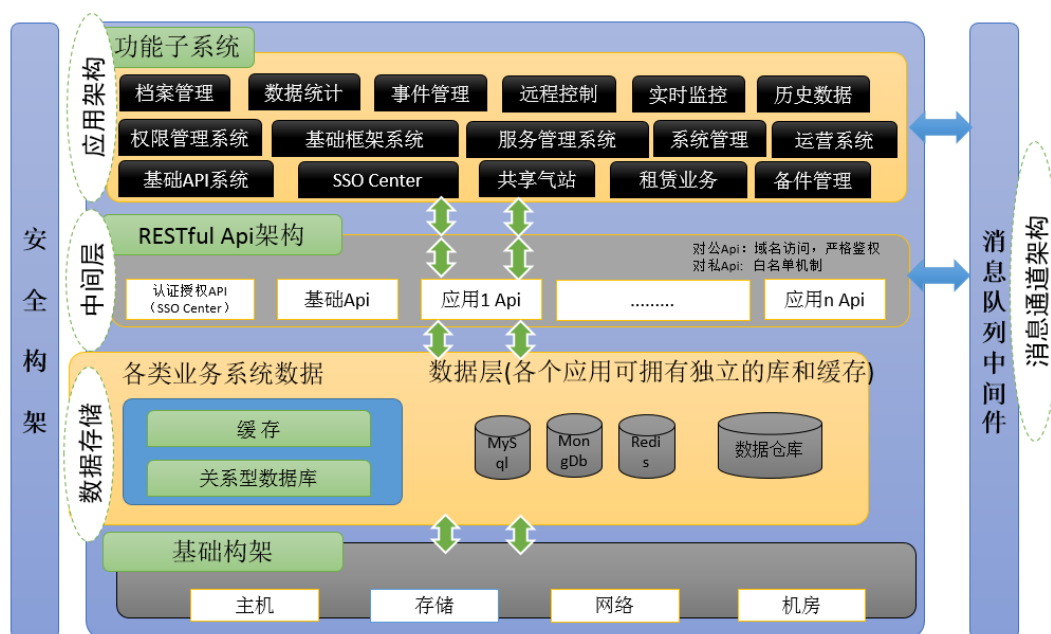


图 2 系统架构图

3.2 网络拓扑设计

如图 3 所示，方案包括供气端和用气端的数据采集和传输设备的部署。供气端（气站）接入设备包含：1 个电表、1 个流量计、含多个物联网模块；用气终端接入设备包括：多个用气端压力计，流量计（可选），1 个 Lola 网关(可选)，相关模块功能描述如下：

物联网模块（简称智能硬件）：具有 2 路标准 RS485 通信串口，支持 2G/3G/4G，以太网和 WIFI 传输数据，具备二次编程的能力，可实现数据协议的适配和转换，接入云平台。

供气端的电表、流量计：采用具备 modbus RTU 通信的电表和流量计，可采用智能硬件采集，或采用 LORA 协议模式，或 NB-IOT 协议，实现数据传输。

空压机：通过智能硬件与控制器通过 modbus RTU 连接，1 对 1 组网。

空压机和空压机连接(可选)：RS485 主从模式组网,支持联

控功能。

用气终端压力计或流量计(可选)：采集用气终端的压力/流量，可借助智能硬件、或采用 LORA 协议模式，或 NB-IOT 协议，实现数据传输。在工厂实际应用中，LORA 协议在多用气点数据采集的安装使用、成本上还是具有一定优势的。

LORA 网关（可选）：如采集端采用 LORA 协议，则选用通过 LORA 网关，实现数据的采集和传输。



图 3 工业互联网方案部署图

3.3 功能设计

本方案主要包含气站运维管理、共享气站业务运营两大功能版块。

在气站运维管理上，通过物联网监控系统对空压机、管道的实时监控，实现了以下功能：

- 1) 节能设计：取得工况数据并建立节能模型，最大限度减少能量浪费；
- 2) 气站监控：实时监控气站整体运行状况，并实现保养提醒，故障预测，异常报警，气压、温度等关键指标数据统计分析；
- 3) 档案管理：气站、空压机电子档案管理，文件、照片等

资料的上传下载；

- 4) 事件管理：空压机历史故障电子归档，保养电子签到、保养记录，维修记录等事件管理；
- 5) 配件管理：对配件进行二维码管理，识别正规配件。



图 4 Web 端气站监控页面

在气站业务运营上，主要是实现用户管理，费用管理，数据统计等功能：

- 1) 用户管理：包括用户电子档案管理，合同管理，通知推送等；
- 2) 费用管理：包括价格管理，账单管理，自助缴费，欠费停机等；
- 3) 数据统计：多维度统计气站运营数据，拖拽式BI管理。



图 5 手机 APP 界面

3.4 安全及可靠性

1) 智能硬件的安全性解决方案

在通信链路层，支持 M2M/APN 的传输模式以保证最大限度的数据安全；在通信传输层，智能硬件与服务器之间的通信支持 SSL 加密，智能硬件通过根证书采用 SSL 加密通道跟服务器通信以防止网络攻击和入侵；在通信应用层，采用本公司专利加密通信模式，通信链路的建立需要使用智能硬件的 ID 和内置的唯一安全密钥，ID 和密钥认证通过后才建立和服务器的长连接，保证了通信链路的访问安全；登录成功后，服务器会生成一个会话 ID，智能硬件使用会话 ID 作为本次通信的密钥，对业务数据采用 AES 算法进行加密后进行传输，有效的防止网络窃听和重放攻击；

2) 智能硬件接入服务安全设计

设备首次连接云端时自动注册。注册需提供一个预烧录到设备的固件中的智能硬件注册码 LoginCode 和唯一安全秘钥，每次设备连接服务器都需要验证注册码和安全秘钥，设备连接平台的 TCP 服务端口后，如不发送登陆指令而只是长期占用该端口资源，30 秒后，云端自动会断开该客户端的连接并释放该端口资源。设备在发往接收服务的数据包中，如出现格式不正确或超出允许的权限，该 TCP 连接会马上被断开，避免对平台或其它在线用户造成干扰。

3) 企业平台安全性解决方案

(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和，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。



图 6 安全架构图

4 成功案例

上海斯可洛压缩机有限公司是一家专业从事各类空气压缩设备的制造商，借助该方案成功在上海某工业园区实施空压机合同能源管理，实现共享气站运营。

4.1 经济价值

降低使用成本：该合同能源管理项目共有 20 台空压机设备，实施该方案以来，应用节能模型可使单台空压机每年减少电费 5 万元以上，整个项目每年节省电费超过 100 万。

降低运维成本：实施方案后，使用物联网远程自动抄表，核算，远程启停控制，运维人员由 5 人减少为 1 人，财务人员无需驻点收缴费用。另外，建立设备使用情况实时监控系統，对设备的状态进行有效管理，对故障问题进行远程诊断，降低出差及反复维修成本 15%以上。

4.2 商业价值

传统空压机制造厂家转型为节能服务提供商，由之前的卖设备转型为共享气站运营商，这一商业模式创新对工业企业服务化转型有重要借鉴意义，帮助企业探索以租代售等新型业务模式。

另一方面，空压机能耗巨大，能量浪费严重，本方案的成功落地对推动空压机合同能源管理发展具有一定的积极作用，实现空压机厂商与用气企业双赢。

该方案是工业互联网的典型应用，工业互联网在节能减排、降本增效、资产管理上为企业作出了的重要贡献。该案例对其他工业企业信息化建设具有一定的参考价值。



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

基于物联感控技术的通用物联网解决方案

湖南云智迅联科技发展有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

工业互联网是新一代信息通信技术与现代工业技术深度融合的产物，是制造业数字化、网络化、智能化的重要载体。工业互联网接入机器设备数量将爆炸式增长，2015 年接入规模为 26 亿件，到 2021 年，这一数字将超过 100 亿件，实现高达 25% 的年复合增长率。未来 20 年，中国工业互联网产业发展，可带来 3 万亿美元的 GDP 增量。

本公司响应国家发展工业互联网产业的重大战略需求，对标企业智能制造的现实需要。针对设备异构多型，协议复杂多样、业务的多态性、需求的多变性，致力于为客户提供快速低成本的物联感控关键技术、核心产品和基础平台，实现工业装备的在线传感监测、状态感知和健康诊断；提高制造效率，改善产品质量，降低产品成本和资源消耗，适用于多个领域行业，例如智慧城市、环境监测、工业运维、数字农业等，有助于制造企业延伸产业链，推动其向“制造+服务”提供商的升级。

1.1 背景

工业互联网是满足工业智能化发展需求，具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施，是新一代信息通信技

术与先进制造业深度融合所形成的新兴业态与应用模式，是制造强国建设的基础设施和关键支撑，制造业与互联网融合发展的关键路径。

党的十九大报告指出，“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。”

2017 年 10 月，国务院常务会审议通过《深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》，促进实体经济振兴，加快转型升级。

2018 年 5 月，工信部发布《工业互联网发展行动计划（2018-2020）》，深入实施工业互联网创新发展战略，推动实体经济和数字经济深度融合。

1.2 实施目标

基于物联感控技术的通用物联网解决方案，致力提供领先的设备联网监控业务核心产品、平台和技术方案，轻松应对设备的多样性、协议复杂多样、业务的多态性、需求的多变性，免编程的快速低成本构建出各种具体设备联网监控业务应用，实现工业数据的全面感知、动态传输和实时分析，形成科学决策与智能控制。

1.3 适用范围

本方案中的智能工业网关，新一代自主式数据处理智能工业网关，具备异构都多型设备任意接入，主流工业协议动态适配，特别是在网关层进行数据解析、过滤、汇聚等边缘计算功能，免除应用层的设备解析处理程序编写，使设备上网入云即

插即用，轻松安全。感知平台运用智能信息感知技术来观察、认知和洞察，为我们展示客观世界中物品属性、状态、演化轨迹的图景，独创“平台个性化配置”模式，应用构建安全可控、个性化的在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、安全防范、统计分析、决策支持等管理和服务功能，能广泛应用于工业运维、智慧城市、数字农业、环境监测、设备监测、公共安全、智能消防等多个领域。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

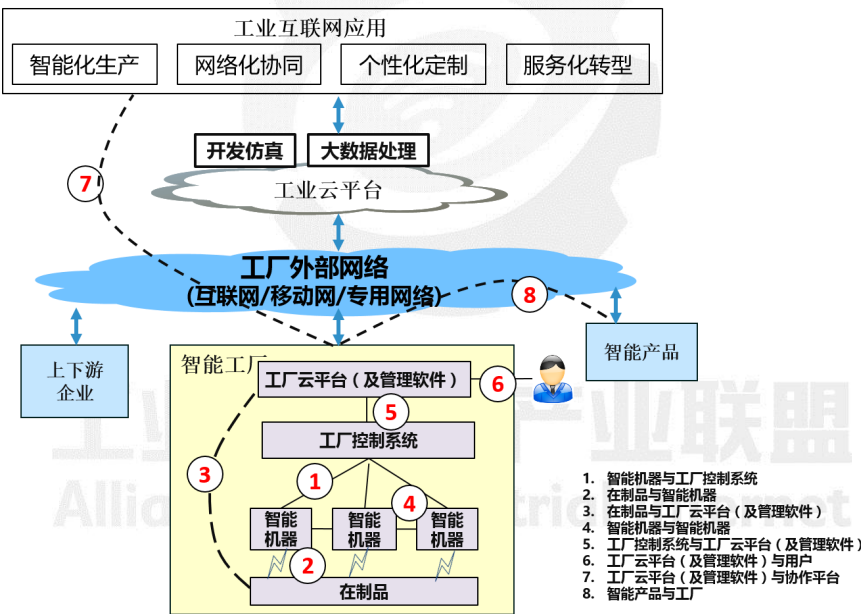


图 1 工业互联网互联示意图

本方案中的新一代智能工业网关，在工业互联网体系架构中，在①智能机器与工厂控制系统间，能承载着承上启下的作用，网关具备异构多型工业设备任意接入，主流工业通信协议动态适配，特别是在网关层对从多路传感器、控制器采集到的异构多态数据进行解析、过滤和汇聚数等边缘计算功能，将这种计算通用化和智能化，辅以配置化手段以适应于任何设备，免除应用层的设备解析处理程序编写，使设备上网入云即插即

用，轻松安全。

感知平台在⑦工业云平台（及管理软件）与协作平台间环节，独创“平台个性化配置”模式，特别是在工业领域，提供专业化的在线智能监测服务。在设备层面，通过传感器或控制器实时获取数据，实现物理设备的在线监测和状态感知；在过程层面通过数据驱动实现工业装备的健康诊断和报警联动；在管理层面通过物联网、云计算、大数据等技术构成工业互联网，实现决策支持和远程维保。感知平台有助于制造企业延伸产业链，推动硬件制造商向“制造+服务”提供商的升级。

2 需求分析

为适应智能制造发展，工厂内部网络呈现扁平化、IP化、无线化及灵活组网的发展趋势，随着网络和信息技术、服务模式发展，原来局限在工厂内的工业生产过程逐步扩展到外部网络，工业生产信息系统与互联网正在走向深度协同与融合，随着工业互联网建设和应用不断深入，数据的价值与作用越来越凸显，将向工业的各个环节渗透、预测、决策、控制等，最终构成数据采集到设备、生产现场及企业运营管理优化的闭环。然而工厂内智能机器、传感器、执行器等设备异构多型，协议复杂多样，对于不同厂家、不同类型设备及应用，需在服务器端编写专门的解析程序，导致设备入网难、成本高、周期长、不灵活；同时，现阶段的物联网应用系统、通过工业网关将采集的数据全量上传到云端，数据的解析，过滤、汇集都在云端进行、此类传统的方式使得网络数据传输量极大，对带宽的要求极高，同时对服务端的数据解析、过滤、汇聚等计算服务及

数据存储服务提出了更高的要求，在工业物联网发展的进程中，如何降低网络传输压力，降低服务端的负载压力，实现服务的负载均衡也是在工业物联网发展进程中需要积极面对与解决的问题。

3 解决方案

3.1 方案简介

工业 4.0 和工业互联网都将设备联网、工况状态获取、演化轨迹分析预测和反馈控制作为其基础设施。本解决方案通过云智网关及云智感知平台构建了一个包括设备上网入云、监测逻辑设置、可视化显示、大数据分析 & 反馈控制等完整过程的设备联网监控流程，为用户从设备底层接入，到上层应用提供了全套解决方案，使得用户无需编程即可实现设备的联网监控。基于物联感控技术的通用物联网解决方案应用体系结构如图 2 图 2

基于物联感控技术的通用物联网解决方案应用体系结构

所示。

在“联”方面，应用边缘计算理论，创新研发自主式物联传感技术，开发出真正的新一代智能工业网关，具备异构多型工业设备任意接入，主流工业协议动态适配，特别是在网关层对从多路传感器、控制器采集到的异构多态数据进行解析、过滤和汇聚数等边缘计算功能，将这种计算通用化和智能化，辅以配置化手段以适应于任何设备，免除应用层的设备解析处理程序编写，使设备上网入云即插即用，轻松安全。在“感”方面，构建了首个免编程智能生成应用的物联感知平台，通过配置化、图形化设计方式，快速实现设备在联网监测、状态感知、联动报警、健康诊断及数据分析等功能的物联网应用系统。在“控”方面，创新性地将工业网关和设备控制器合二为

图2 基于物联感控技术的通用物联网解决方案应用体系结构

基于物联感控技术的通用物联网解决方案，以物联网、大数据、云计算等技术为支持，以“基础设施设备物联化、供水时空信息互联化、运营管理服务协同化”为特点，使用云智感知平台互联网整体解决方案，形成感知服务、基础设施服务、数据服务、平台服务、应用服务及数据监测服务等能力。总体功能架构如图 3 所示：

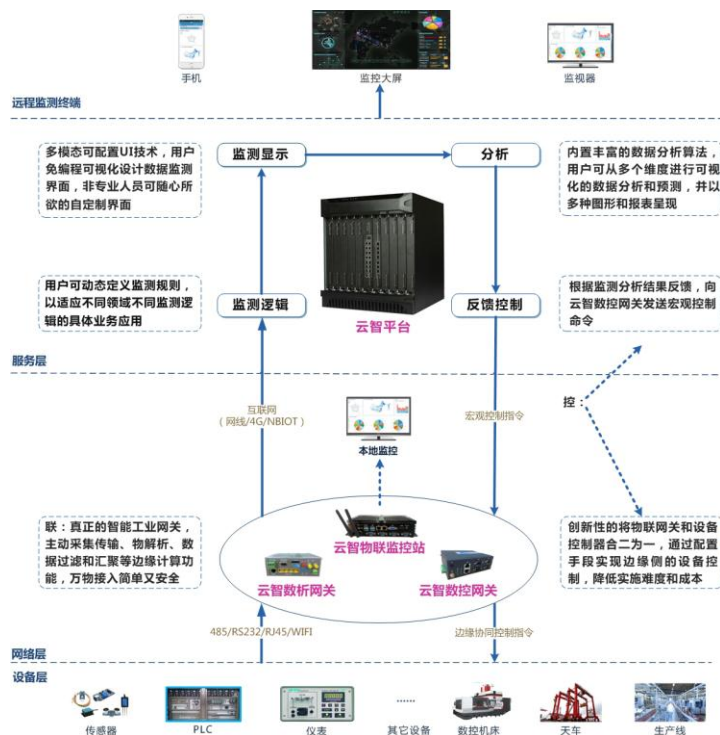


图 2 基于物联感控技术的通用物联网解决方案应用体系结构

基于物联感控技术的通用物联网解决方案，以物联网、大数据、云计算等技术为支持，以“基础设施设备物联化、供水时空信息互联化、运营管理服务协同化”为特点，使用云智感知平台互联网整体解决方案，形成感知服务、基础设施服务、数据服务、平台服务、应用服务及数据监测服务等能力。总体功能架构如图 3 所示：



图3 基于物联感控技术的通用物联网解决方案功能架构

物联感知层：利用物联网等信息技术，通过各类视频监控、传感、射频识别、条形码识别、二维码识别等方式，按通用的标准协议，把相关感知端与云中心相连接，进行信息交换和通信，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理，为相关信息化应用提供前端基础数据支撑。

基础设施层：包括机房动力与环境、计算资源池、存储资源池、网络资源池、虚拟化服务，为上层服务提供云计算基础支撑服务。

基础平台层：捷联基础平台提供通用的配置化服务，为上层应用提供数据支撑服务。

平台服务层：以捷联基础平台提供的配置化服务，通过配置化方式实现营业服务的开发。

应用服务层：通过配置化的方式，实现数据的在线监测、

联动报警、数据分析、电子看板及综合管理等服务。

展示服务层：提供可以适配不同终端、不同角色、不同用户喜好的展示服务，包括采用响应式布局、可配置化、多模态（拖曳式布局、三维可视化）展示。

3.3 网络拓扑结构

本技术解决方案网络拓扑结构如图 4 所示：

设备层：通过云智核心硬件产品—云智网关，使得异构多型工业设备任意接入，主流工业通讯协议动态适配，设备上网入云轻松安全。

平台层：通过云智感知平台，零编成、配置化方式实现数据驱动实现工业装备的报警联动、健康诊断和监察监控；

应用层：通过物联网、云计算、大数据构成工业物联网，实现分析决策。

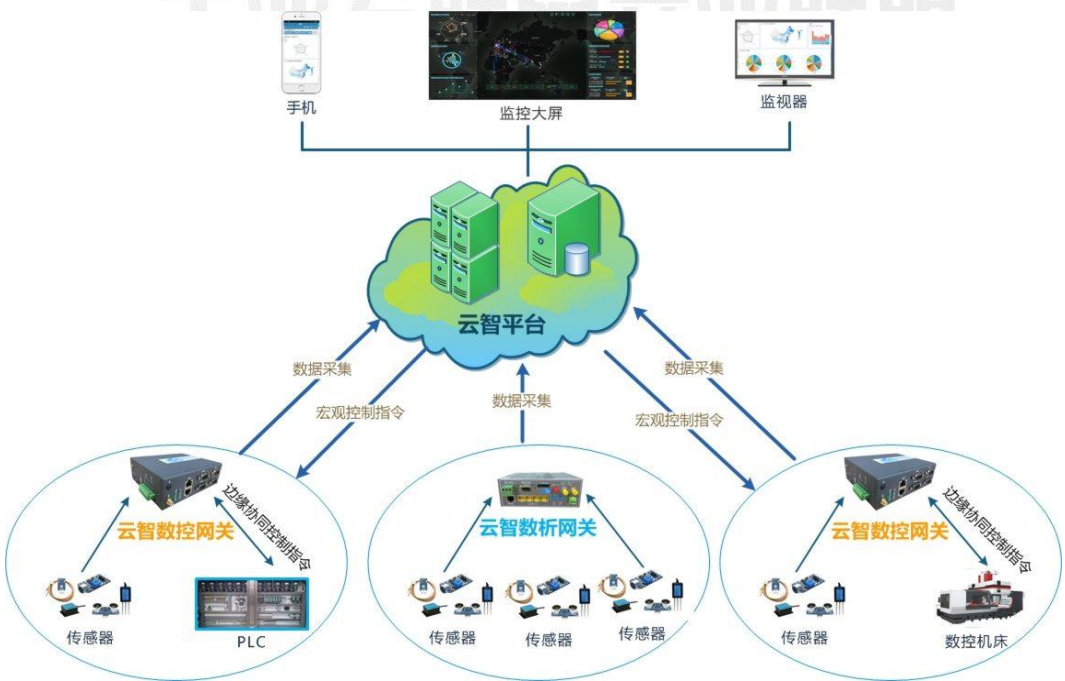


图 4 云智迅联物联网解决方案网络拓扑结构

3.4 核心功能

3.4.1 云智工业网关

全球首款自主式智能工业网关，除协议转换外，主动采集传输数据，特别是在网关层进行解析、过滤等边缘计算，免除应用层的设备解析处理程序编写，设备上网入云轻松迅速。云智智能工业网关功能如表 3 所示：

表 3 云智迅联智能网关功能列表

功能	一般工业网关	云智网关
路由交换	√	√
多协议转换	√	√
运行状态监控	√	√
主动采集与传输	×	√
动态采样频率	×	√
采集数据解析	×	√
数据自定义过滤	×	√
数据自定义汇聚	×	√
多方式同步发送	×	√
多目标同步发送	×	√

3.4.2 云智平台

云智感知平台秉承“快速低成本”理念，从互联网+视角出发，结合人工智能技术，独创“平台个性化配置”模式，可智能自动生成工业互联网中物联感知具体应用，适合于对各类型设备的快速联网及对设备工况的监测和工效、能效分析，以及设备健康管理。其具有以下独特点：

- （1）开发和应用快速低成本；
- （2）个性化配置，免编程智能生成应用；
- （3）首创自主式物联技术，接入层提供数据解析、转换、汇聚功能；

- (4) 多行业适应，监控业务规则自定义；
- (5) 多模态可配置界面免编程自定制；
- (6) 大数据洞察，多维度分析并可视化。

4 成功案例

4.1 云智感知平台智慧水务方案

客户需求：

1) 在线监控需求

提供对水库、河道、水雨情等关键位置或设备的动态监控功能，实现水位监测、视频监控以及设备运行监控。

2) 应急处置需求

实现应急预案、应急流程、应急准备、应急处置、应急值班及应急事后处理等功能。

3) 综合管理需求

实现工程管理、知识管理等综合管理。

4) 数据查询需求

实现各级用户根据不同信息种类、不同检索频度的查询。

5) 数据统计分析需求

对系统中的大量数据进行综合统计分析，提供关于不同业务主题的综合统计分析功能及统计分析结果展示功能。

6) 系统配置需求

提供组织机构、用户及权限管理等功能。

解决方案：

智慧供水平台实现对水厂管线、泵站、管网信息一体化管理。以物联网、大数据、云计算等技术为支持，以“基础设施

设备物联化、供水时空信息互联化、运营管理服务协同化”为特点，使用云智感知平台互联网整体解决方案，形成感知服务、基础设施服务、数据服务、平台服务、应用服务和展示服务六大服务能力。具体如下图 5 所示：

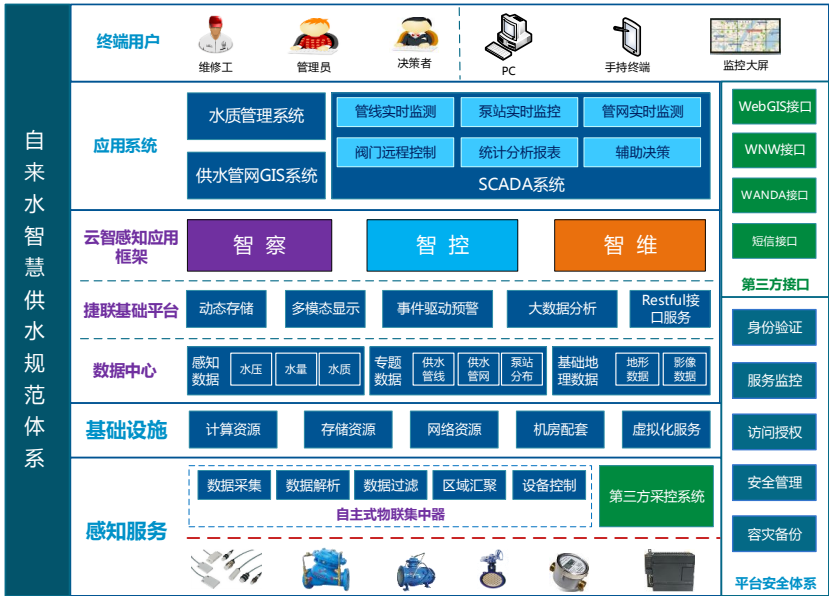


图 5 智慧供水总体架构图

- 1) 物联感知层：利用物联网等信息技术，通过各类视频监控、传感、射频识别、条形码识别、二维码识别等方式，把相关感知端与云中心相连接，进行信息交换和通信，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。
- 2) 基础设施层：包括机房动力与环境、计算资源池、存储资源池、网络资源池、虚拟化服务，为上层服务提供云计算基础支撑服务。
- 3) 数据服务层：利用公共基础数据库、主题数据库和公共视频数据库，积累沉淀城市数据资源，为上层应用提供数据支撑服务。
- 4) 平台服务层：捷联基础平台提供通用、云智感知应用框

架为基础，配置化实现。

5) 应用服务层：提供供水管网 GIS 系统、水质管理系统、SCADA 系统等功能。

6) 展示服务层：提供可以适配不同终端、不同角色、不同用户喜好的展示服务。

实际成效：

云智感知平台智慧水务方案，建立集管线、泵站、供水管网和水质的实时监测及阀门远程控制为一体的智能供水平台，为水厂的运营、调度指挥、分析决策和智能控制提供有效的数据支撑与技术手段。

- 1) 实现泵站无人值守；
- 2) 管线爆管预防及定位；
- 3) 阀门健康状况监测；
- 4) 管网水质监测；
- 5) 阀门远程智能调控；
- 6) 自动数据分析报表；

4.2 株洲天桥起重智慧云运维系统

客户需求：

- 1) 在线监控需求

提供对天桥关键位置或设备的动态监控功能，实现设备运行监控及视频监控。

- 2) 应急处置需求

实现应急预案、应急流程、应急准备、应急处置、应急值班及应急事后处理等功能。

3) 综合管理需求

实现工程管理、设备检修、知识管理等综合管理。

解决方案：

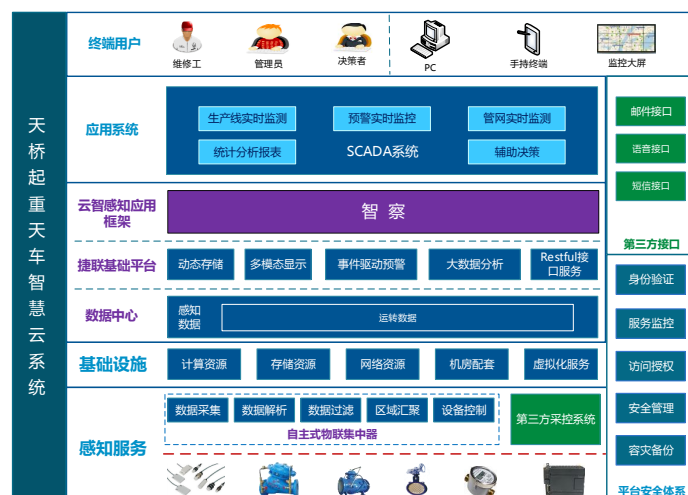


图 6 天车智慧云运维系统总体架构

1) 物联感知层：利用物联网等信息技术，通过各类视频监控、传感、射频识别等方式，按通用的标准协议，建立信息交换和通信通道，实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理。

2) 基础设施层：包括机房动力与环境、计算资源池、存储资源池、网络资源池、虚拟化服务，为上层服务提供云计算基础支撑服务。

3) 数据服务层：利用公共基础数据库、主题数据库和公共视频数据库，积累沉淀的历史数据，为上层应用提供数据支撑服务。

4) 平台服务层：捷联基础平台提供通用、云智感知应用框架为基础，配置化实现。

5) 应用服务层：提供产线监测系统、智能预警系统、统计分析 & 智能辅助决策系统、SCADA 系统等功能。

6) 展示服务层：提供可以适配不同终端、不同角色、不同

用户喜好的展示服务。

实际成效：

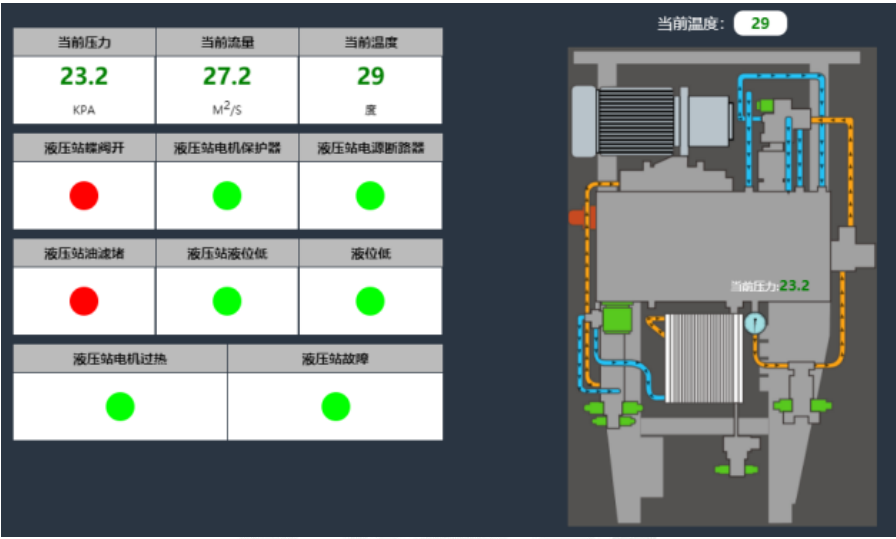


图 7 天车智慧云系统实时监控界面

通过项目实施，搭建了天车智慧云平台，基于云智感知平台搭建的天车智慧云系统，建立了集设备实时监控，智能预警，统计分析及智能辅助决策于一体的工业控制平台，为天车的运营，调度指挥，分析决策及智能运维提供了有效的数据支撑与技术支持。

制造业工业互联网解决方案

中信科技发展有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

矿物加工行业是我国经济的重要支撑行业，在国民经济中占有重要比重；而以矿山粉磨装备为代表的选矿生产在矿物加工处理行业中处于十分重要的地位，其作业工序直接影响到矿物加工生产企业的各项生产技术指标和经济效益，矿山粉磨装备电能消耗就占选厂的 45-65%左右，其生产成本约占选厂生产成本的 30-50%。可见在整个选矿成本中，矿山粉磨装备费用占很大比例。因此，面向矿物加工行业的工业互联网解决方案，对提升整个行业的产品质量和生产水平具有重要意义。

本解决方案利用信息技术和工业互联网技术，通过设备传感器收集数据，在云端对设备数据进行处理和分析。本解决方案平台提供了强大的工业设备管理能力、软件应用管理能力、良好而又灵活的用户与开发者权限管理能力、基于规则的数据治理能力等，从而实现对设备和生产线的全面监控，帮助企业进行预测性维护。特别是对于矿物加工行业，很多作业现场在矿区，距离遥远，交通又十分不便。本解决方案很好地解决了设备维护过程中的时空问题，借助 VR/AR/MR 等新技术，使得企业可以远程进行作业现场的实时巡检。结合新兴的移动互联网技术，当设备产生故障时，本解决方案的预测和告警功能可以

通过移动端应用及时通知相关人员，使得技术人员可以及时进行远程诊断并排除故障，极大地提高了企业的生产效率与竞争力。

本解决方案帮助生产制造企业在“互联网+”浪潮中，结合企业所在行业的经验，实施自动化、智能化转型。优势互补，各取所长，打造具有竞争力的产品，积极拥抱绿色发展、可持续发展，为制造企业的各类装备、工厂及矿产的生产线插上智能化的翅膀，安全、高效地实现对设备和产线的智能化监控、管理、操作和后期运维。

1.1 背景

2015年国务院常务会议强调“中国制造2025”要以信息化与工业化深度融合为主线，要强化工业基础能力，提高工艺水平和产品质量，实现制造业的绿色化和互联网化。实际上，以工业互联网为基础的信息化与工业化深度融合以及绿色制造是今后一个历史时期内，实现中国工业产业结构优化升级的必由之路，也是经济全球化背景下提高中国现代工业竞争力的必然选择。信息技术中，工业控制是实现优化产品质量，提高生产效益和节能减排的重要手段。

1.2 实施目标

通过实施本解决方案，实现设备与生产线的数字化孪生。通过设备传感数据联网，实现将设备数据上传至云端。利用云端的数据处理和分析能力，实现对端到端生产过程，包括长期运维过程的智能化监控和管理，真正做到设备管理数字化、设备操作远程化、故障诊断智能化。帮助企业实现自身的数字化

转型，降低生产成本，提高生产效率 20%以上。

1.3 适用范围

本解决方案适用于以下工业领域和场景：

- 制造行业及其所生产设备和产品数字化、智能化
- 矿产行业的生产线数字化、智能化
- 各类制造工厂生产线的数字化、智能化

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

本解决方案提供了工业互联网网络体系中端到端的方案：以工业云平台为核心，既可以连接上下游企业智能工厂的智能机器、控制系统，也可以与工厂云平台进行集成，尤其支持异构云平台集成。在工业互联网应用层，本解决方案也提供了强大的数据流式处理引擎，以事件驱动为依托加快工业应用的开发，使工业应用开发只需聚焦于自己的业务需求与用户体验。

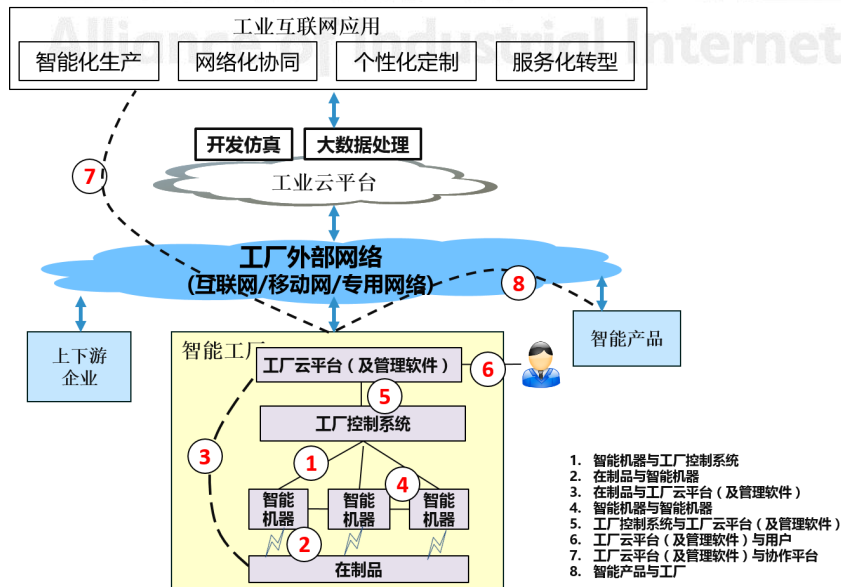


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

当前国内的大部分工业企业还处于信息化阶段，有的甚至

还未完成信息化建设。而另一方面，互联网技术迅猛发展，特别是在云计算、物联网、大数据、移动应用这四大关键领域，国内已基本与国际保持在同一技术水平上，个别领域甚至处于领先地位。在此同样背景下，国外的很多工业企业已充分利用这些新兴技术，在向新的阶段迈进，比如德国的工业 4.0 指导下的企业就是典型代表。在这样的时代和行业背景下，国内的工业企业非常具有紧迫性，需要实现自身的转型升级。

分析认为，在制造业及其延伸领域，在以下三个方面存在本解决方案所描述的需求：

2.1 制造业本身的生产设备或者生产线

制造业本身的生产设备或生产线也可能需要升级并进行数字化管理、智能化分析，这对促进企业的精细化管理、降本增效和对市场的敏捷反应，都有积极帮助。

2.2 制造业所生产设备

在市场化、全球化形势下，制造企业所生产的产品，要想被市场认可并占领市场份额，就必须具有足够的竞争力，而适应时代发展，融入工业互联网体系，充分利用云平台、工业互联网、大数据技术，无疑是最直接、也最容易被市场接受和认可的有效方式和手段。

2.3 使用已有设备的客户

经过几十年发展，工业制造领域产品已有很大市场和很多用户，这些用户的现有设备，通过本解决方案所提供的方案和技术，通过一定的技术改造和应用开发，可以快速实现转型升级。离开产品本身的功能特性，光从工业互联网技术角度看，

这样的转型升级与制造企业利用同样的方案所生产的设备产品并无多大区别。

3 解决方案

3.1 方案介绍

本解决方案分为设备端、平台、应用三层。设备端主要指客户端包含传感器的具体设备；平台指云端用来接收设备数据的工业互联网服务；应用指基于平台、根据客户业务逻辑而开发的具体业务应用。而数据作为流动的介质贯穿于从设备到应用的整个过程。在设备端，客户只需关注需要收集哪些数据；在应用层，客户只需关注需要实现哪些业务场景及其功能展现。而中间的数据分析和治理则交由平台实现。具体来说，在平台层，方案提供给用户自助式的设备接入、可视化的工业设备管理、详细灵活的用户权限管理、云端计算存储服务、基于规则的数据处理、全面的安全防护、与异构的第三方平台无缝集成、提供VR/AR/MR技术、可以调用云平台的区块链服务等功能。而在应用层，客户可实现根据自身技术条件，选择合适的技术框架和语言，利用平台提供的通用算法，实现完全定制化的开发，并通过应用实现对设备的监控管理、故障知识库管理、设备的远程操作、诊断和维护等功能。

3.2 系统架构

本方案涉及的平台是基于业界开放标准完全自主开发的，拥有100%的自主知识产权。系统以微服务为开发架构，以工业互联网平台为核心，以自服务和SaaS化为根本宗旨。根据数据的不同用途，分别保存到MySQL, Redis, MongoDB, Neo4j图数

据库。平台提供开放 API 接口，符合云计算架构规范，可以基于公有云、私有云、混合云提供服务。

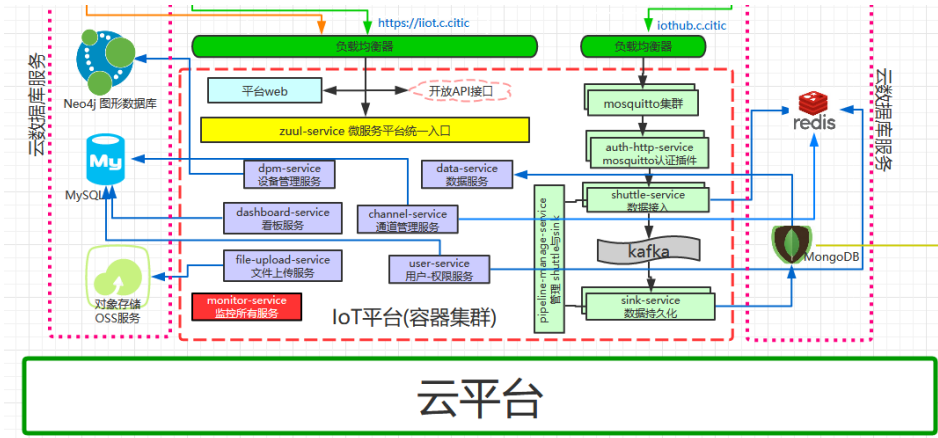
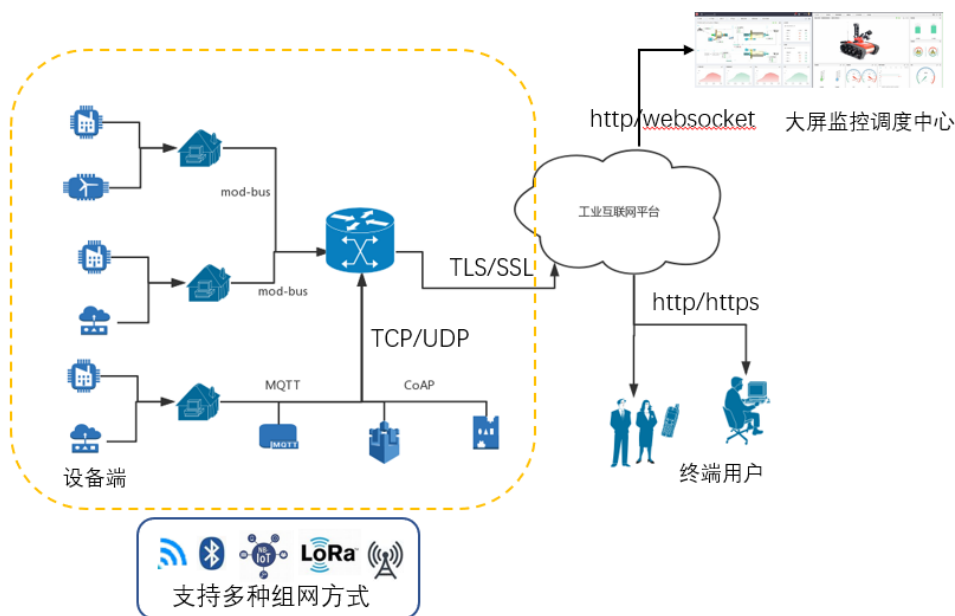


图 2 工业互联网平台系统架构

3.3 网络拓扑设计

本解决方案的设备端在地理位置上分散于客户的不同地点，通过安全的网络连接与云端的工业互联网平台进行连接，数据传输采用 SSL 加密通道。在工业互联网平台端，采用容器集群模式，微服务之间的相互调用处于同一私有网络。基于工业互联网平台所开发的具体应用系统，通过标准 API 与平台进行通讯。这些应用既可以与平台在同一云平台之上，也可以部署到跨广域网的异构云平台上。因此，本方案在总体上是一个支持广域网、低延时的工业互联网解决方案，并且具有端到端的安全的数据传输规范和手段；处于核心地位的平台则具备高可靠性、灵活的弹性伸缩等特性。

本解决方案支持 ModBus，MQTT，CoAP，TCP/UDP，TLS/SSL 等数据采集和传输协议，在云端与用户端，支持 HTTP，HTTPS，WebSocket 等主流标准协议。在网络适配方面，支持 WiFi，NB-IoT，LoRa，GPRS/3G/4G 等。



3.4 功能设计

● 应用管理

平台支持 SaaS 化应用管理，每个客户可以根据自己的需要注册并管理一个或多个应用到平台。平台已经提供了很多基础功能，能满足基本需求。如有很多的个性化需求，用户也只需以很小的成本进行快速开发。

● 连接器管理

连接器页面主要对应用内的连接器进行管理，包括对连接器的新增、查找、修改、删除、启用、停用、与设备建立关系、解除与设备关系、消息用户密码重置等操作。

● 设备中心

通过设备管理，您可以维护平台上设备的信息，查看设备的实时数据及运行状态，及控制设备。

● 用户中心

用户中心主要功能包括对应用内用户，角色，团队的管理，通过用户中心可以实现团队和物的分级管理和基于资源的权限管理。

- 规则引擎

规则引擎可以帮助用户处理数据流，通过规则的定义，实现数据按既定规则进行处理，在达到规则定义的条件时，触发相应的动作，达到事件驱动的目的。

- 监控中心

用户在监控中心可以创建自己的监控页面，并且根据实际情况创建监控点，从而实时地显示设备的运行状态和数据。

- 故障知识库

在工业领域，知识的积累十分重要，对于设备的远程诊断和智能化运维起着基础性作用。而知识库的建立正是实现了从对人的依赖转变到对标准化、可分享经验的依赖。

- 远程操作

在很多工业生产场景中，有很多人工不方便进入的场景，比如危险场所的实时巡检、偏远地区的设备操作、消防救援的特种机器人操作等，都需要设备的远程操作支持，通过从云端发送指令，实现远程设备的精准操作。

- 移动应用

平台提供了丰富的 API 接口，也支持客户根据需要快速开发属于自己的移动 APP。业务逻辑与功能实现实际上都由平台端提供，移动 APP 关注于界面展示与用户体验。

3.5 安全及可靠性

3.5.1 数据安全

本解决方案实现数据传输和数据存储的全过程加密。在设备到平台间的传输通过 SSL 加密；在应用与平台间的接口调用和数据传输也通过 SSL 加密；在用户访问业务应用系统的时候，通过 HTTPS 进行访问。所有的物和人都有身份认证，用户所有的行为操作都有审计日志。密钥的颁发和证书的管理都严格授权。平台具有完整性验证能力，并能发现是否被篡改，具备自愈能力。数据存储利用云平台的数据库服务，由云平台提供标准、可靠的备份、容灾方案。

3.5.2 系统可靠性

本解决方案在微服务架构的基础上，采用云技术和容器技术作为部署方案的一部分，所有模块都有冗余部署，通过服务发现和熔断技术，实现系统每个模块的高可靠性。在部署策略上，采用滚动发布和蓝绿部署，实现生产环境持续、不间断地提供服务。

4 成功案例

在河南某矿山粉末装备远程运维服务项目中，针对用户对矿山系统的全生命周期的关注和对运维服务要求的提升，基于工业互联网的粉磨装备状态数据(包括声音、温度、振动)获取技术、大数据挖掘技术，实现多源数据融合和知识再生，建立粉磨装备诊断的专家知识库、粉磨装备的健康评估模型和预测诊断模型，实现粉磨装备的故障诊断识别和工艺异常参数识别，并开发基于 APP 的远程运维智能终端，实现人机交互和数据可

视化。

本案例构建了互联网+矿山粉磨装备大数据云平台，针对矿山粉磨装备的电控系统、液压系统、减速器、润滑系统、磨机系统、风机系统等状态监控数据，数据采集实时性高，数据量大，而互联网有限的传输带宽限制的特点，研究有效的数据压缩、编码、以及监控和诊断预处理技术，以实现采集数据的实时高效传输。开发长时间大规模的工业运行数据采集、传输与存储、多类型设备数据采集与传输技术，以 RESTful 架构应用技术、数据虚拟桥接技术、SLB 负载均衡技术、多类型数据库（SQL、NoSQL）分散存储（HDFS）存储技术、SpringCloud 微应用云治理技术、实时消息处理技术、规则引擎技术等工业互联网技术，构建基于“互联网+”的矿山粉磨装备行业工业互联网云平台。

基于大数据的矿山粉磨工艺数字化建模及仿真。本项目针对智能优化控制目标，研究大数据分析和机器学习技术，采用机理与数据结合建模的方法，建立破碎机、半自磨机、球磨机、旋流器等关键设备的仿真数学模型，实现基于大数据的工序建模；将各个设备工序模型进行集成优化，开发整个粉磨典型工艺系统的仿真系统，构建粉磨系统回路数字双胞胎，实现基于物料总平衡的系统建模；通过大数据仿真分析和验证、优化工艺控制模型及控制参数，形成鲁棒性强的智能控制算法，实现智能控制算法的仿真优化。

基于云平台的矿山粉磨装备优化与智能控制等内容。本项目针对破碎机、半自磨机、立磨、过滤机等关键设备，在磨矿

生产过程中能耗高、生产效率低等情况，进行基于大数据的关键设备选型优化设计，基于云平台的设备性能仿真分析，及基于离散元 and 大数据的破碎机和半自磨机衬板等关键零部件优化。并研究关键零部件高效传动技术、关键零部件耐磨性技术和部件轻量化技术，以及单机智能控制技术，实现磨矿关键装备的部件优化设计和核心部件升级。



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

基于信息新技术的燃机机群监测诊断私有云平台

中国大唐集团有限公司

网络行业应用篇/设备监控与维护

1 概述

1.1 背景

当前信息通信技术对中国发电行业的贡献价值正处于量变到质变的关键节点。在全球新一轮电力科技革命和产业变革中，互联网与发电行业融合发展具有广阔前景和无限潜力。推动供给侧结构性改革，深入推进“互联网+先进制造业”，加快建设和发展工业互联网，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，已成为不可阻挡的时代潮流。

我国发电行业不断推进信息化升级改造工作，每天产生海量数据，但现有技术和管理模式对于电力数据的集成、分析和
管理技术相对落后，主要表现为：**一是、各个电厂之间数据共享不畅，信息孤岛效应较强。**各电厂存在严重的数据壁垒，单一业务、类型的数据即使体量再大，缺乏互联共享，其价值大打折扣。**二是、数据管控能力不强，缺乏对机组群的统一集中管理。**大数据时代中，数据集成度的高低、数据管控能力的强弱直接影响了数据分析的准确性和实时性。**三是、信息未能有效利用，缺乏对数据的深入挖掘利用。**目前数据库系统无法发现数据中存在的关系，预测机组性能未来变化趋势，尤其是缺乏挖掘数据背后隐藏知识的手段。**四是、信息安全风险抵御能**

力需要进一步提升。电力行业关系国家战略安全、是涉及国民经济关键领域。网络安全防护手段需要进一步加强，从目前的被动防御向多层次、主动防御转变。

本项目方案侧重于解决生产过程中的实际问题，构建企业内网络改造解决方案，采用工业以太网、边缘-中心计算等方法，实现生产装备远程诊断、传感器监控、管理系统等要素的互联互通。同时构建基于企业专线网络的私有云平台实现多个厂区的信息共享；在应用层面专注于燃机机群的人工智能监测诊断技术。

1.2 实施目标

集团公司深入分析电力信息技术和企业生产经营中的问题，建立燃机机群监测诊断私有云平台。通过企业内网络改造，利用工业以太网、边缘-中心计算等信息新技术，构建基于企业专线网络的私有云平台。推动物联网、大数据、人工智能与传统发电行业的深度融合，努力实现对燃气发电机组集群运行数据的采集、监测、分析与诊断，促进“互联网+”、云计算、大数据的混合运用。从而实现集团级燃机全生命周期管理，消除区域、行业及企业间的壁垒，为国家能源行业生产运营提供新探索与借鉴。

1.3 适用范围

本方案适用于大型能源集团对其生产过程的全集团、全过程、全要素的集中统一管理。对于电厂分布范围广，数量多，信息化基础较强的企业具有很好的适用性。实现大型发电集团对集团级生产单位机组实时进行监测预警、智能诊断、知识共

享提供范例。同时为传统发电工业向数字化、网络化、智能化转型升级，进一步深化两化融合提供先进的技术保障。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

该项目在工业互联网中的位置为：

1. 工厂控制系统及云平台（及管理软件），设备监视诊断系统可以有效的对设备运行的状态进行预警、报警和性能劣化分析。其本身属于智慧电厂的管理平台。

2. 工厂云平台与协作平台，云平台通过将各家电厂的与运行工况、设备故障库和知识库有机融合实现各电厂之间的网络化协同，诊断云平台的服务化转型和集团公司的数字化战略。

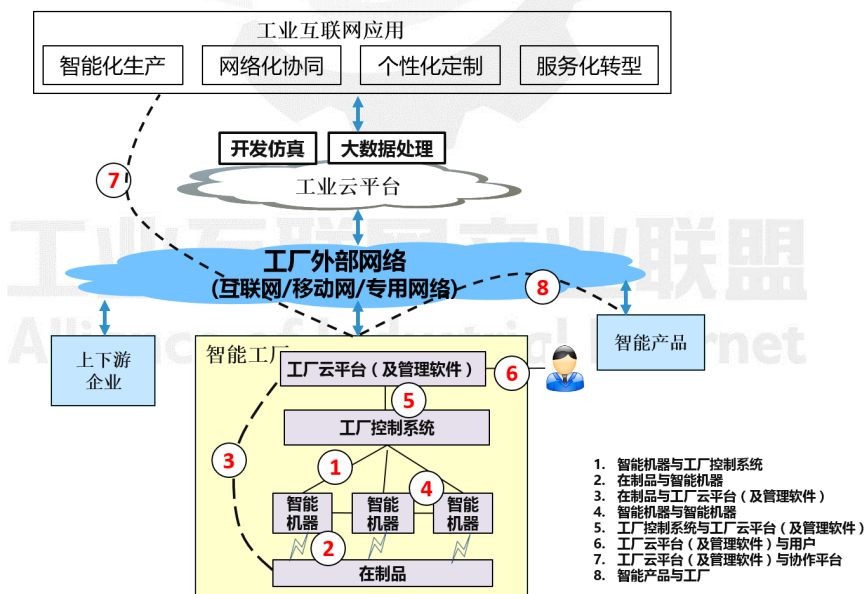


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

当前，电力行业对信息新技术与发电技术的融合认识不清晰、探索不系统，电厂大量数据未被深度挖掘、有效的利用，存在较为严重的数据壁垒；工业互联网方面，公有云由于与外部 internet 直接相连，受到攻击可能性较高，网络安全性较低，

因此采用相对安全性较高的私有云平台。当前结合互联网、云计算、大数据、物联网技术提升发电设备状态评价的广度和深度，并解决实际应用问题成为目前电力行业新的挑战。各国政府和大型企业正在逐步开展集大数据、云计算等为网络信息一体的综合数据平台的研究和建设。

2014 年德国政府推出了工业推进计划“工业 4.0”，美国也推出工业物联网、互联企业等类似概念。我国在 2015 年首次明确提出制定“互联网+”行动计划，推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合。通用电气能源集团的 Bently Nevada 诊断服务可以及时检测出设备的性能下降或即将发生的故障，防止发展成费用更加昂贵的灾难性事故，减少维护成本，限制非计划停机维修，从而使生产效率提高。国际跨国公司对该领域的研究时间较长，监测设备数量范围广，网络信息技术和工业技术结合较高且相对成熟。

西门子故障诊断系统（D3000）融合了西门子二十多年的诊断计算经验，具备了非常优秀的早期预警与故障诊断功能。该系统不仅仅能够对典型设备进行建模，还能够对系统甚至工艺过程进行建模和监视。加拿大 TransAlta 电力公司委托西门子建设了运行诊断中心，该中心于 2009 年 3 月投入使用，监视 4 个电厂的 11 台机组。

美国德克萨斯州 TXU 电力公司委托西门子建设了电力优化中心，对所属的共 24 个电厂 18300MW 机组，包括核电站、燃煤机组、燃气/燃油机组、风力发电机组进行监控，监控 22 台机组，监测点数量达 5 万个。

浙江能源集团于 2009 年开始引进并开发设备故障预警系统，较多电厂建设了发电机组在线诊断预警系统，在分析设备参数异常原因、设备异常发生的范围、各个设备异常之间的关联方面具有明显的优点，已成为发电厂设备管理专业人员、运行监控人员的一个掌握设备状况的重要工具。设备故障预警系统对解决发电机组设备问题具有很好的指导意义，为优化的状态检修提供有力的支持。专业技术人员通过借助预警系统，能够全面、系统地掌握设备运行情况，并及时发现设备问题，能最大限度地提高点检及巡检人员的工作效率。

针对上述生产过程中的实际问题，充分分析国内已有网信技术和工业技术的融合应用中的不足，集团公司开展本项目研究与实施。

3 解决方案

3.1 方案介绍

本方案主要侧重于在企业已有内网基础上进行改造解决，通过改造后的企业网络专线构建私有云平台，实现燃机机群的智能监测诊断。企业内网络改造解决方案，通过物理网闸和 VLAN 划分实现内外网分离，同时采用堡垒机、系统准入、日志审查等网络安全硬件技术建立企业专线网络的私有云平台。

燃机设备的智能监测诊断方案中，集团公司研发人员对集团燃气机组设备故障缺陷典型数据的取值、分析，形成了几百种计算方法，这些计算方法运用到发电企业的生产过程中，通过大数据计算，一旦运行数据与典型数据出现偏差而且符合预设的失效模式，系统便会报警，专业分析人员通过分析数据，

制定相应解决方案，消除缺陷，从而降低机组设备故障率，提高安全性。

项目的目的是通过发电监测、分析与诊断中心的建设，帮助集团系统内燃机避免事故停机并尽快恢复生产。设计用于提高设备可靠性、避免意外事件，快速响应各发电机组运行与维护需求，协助各发电企业做出决策，降低生产成本，提高经济效益。

3.2 系统架构

系统结构采用四层网络架构，分别是感知层、网络层、应用层和用户层，详见图 2。感知层有各种传感器和传感器网关构成，其中包括：流量、震动、温度和压力传感器；SO₂、NO₂、CO、O₂ 等气体浓度传感器。轴承温度、震动传感器等。监视设备包括电厂 6KV 以上的主要设备，主要包括，燃机、冷凝器、余热锅炉、辅机、汽轮机、发电机、冷却塔和关键电气设备。这些设备的实时工况状态将通过传感器以开关量、模拟量或脉冲量的形式传输到网路层。

网络层是为感知层信息的汇聚、集成、传递和控制提供支持，同时为数据中心物联网人机通讯交流提供信息平台。为了提高网络安全等级，监测诊断中心网络数据抽取采用单向光闸，使得数据只能从生产现场传输到数据中心，外部网络无法传输信息到生产区域。同时部署堡垒机、安全准入系统，提高网络系统的稳定性。

应用层是物联网和用户层的结构，它与电力数据监测诊断的需求结合，可实现物联网智能应用。主要功能是：1. 数据采

集与集成；2. 设备性能劣化和故障预测预警；3. 设备热效率分析；4. 电厂关键绩效指标（KPI）分析。5. 机组控制优化决策建议。6. 设备状态检修排序。

用户层主要是数据中心面向的信息输出对象，主要包括各个电厂和集团公司。对于各个电厂，数据中心输出信息主要侧重于设备故障、性能劣化和热效率分析等信息。对于集团公司的服务更加侧重于信息的集合和关键绩效指标的汇报。

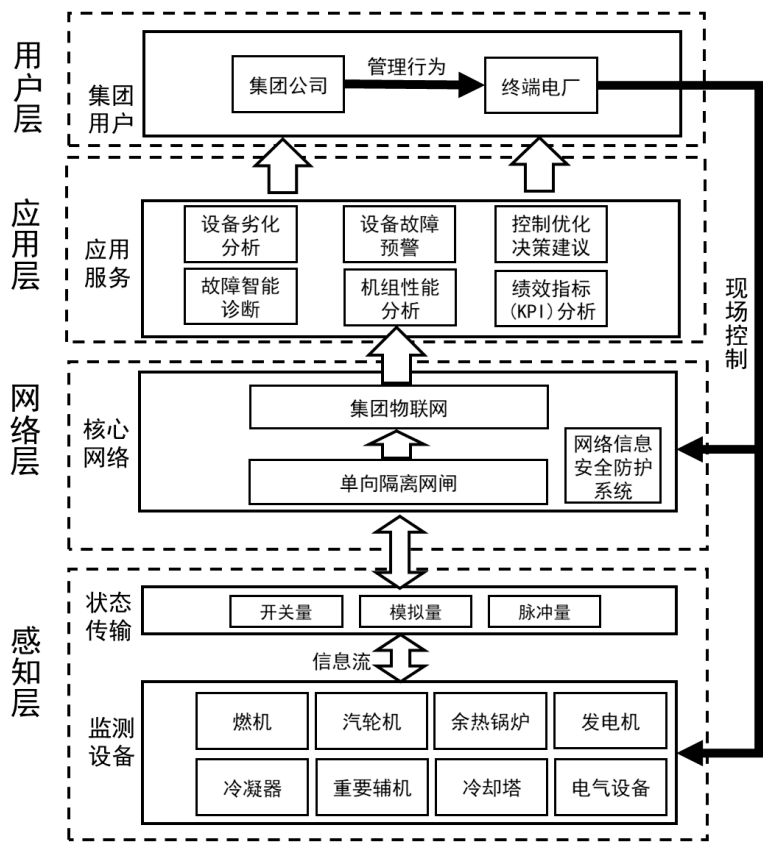


图2 基于信息新技术的燃机机群监测诊断私有云平台

3.3 功能设计

3.3.1 云加端的数据调度模式

提出了一种基于数据指令和云+端的数据调度模式（包括数据配置指令和数据调用指令），结合数据配置工具，通过数据目

录服务，实现燃机监测与诊断中心对各电厂分布存储的生产实时/历史数据、以及集中存储的预测诊断中间计算数据，进行灵活调用，实现对数万点的海量实时数据及中间计算数据进行秒级的快速读取、存储和计算。项目研发了分布-集中存储，各电厂的生产实时/历史数据，存储在各电厂的燃机 SIS 和辅机 SIS 系统里的实时/历史数据库里，实现对海量生产实时数据秒级间隔的分布存储；各电厂的预测诊断中间实时/历史计算数据，则集中存储在燃机监测与诊断中心系统数据库里，实现高效的集中存储。项目研发了边缘-中心计算，在各电厂的就地服务器中，对实时/历史数据进行过程中间计算，并将中间计算结果存储回就地服务器，利用其高效的压缩性能和压缩时间，快速响应高速数据，实现边缘计算；在燃机监测与诊断中心，通过数据指令调取各电厂分布存储的生产实时/历史数据，根据建立的诊断预测数据模型完成诊断分析和预测计算，实现中心计算。

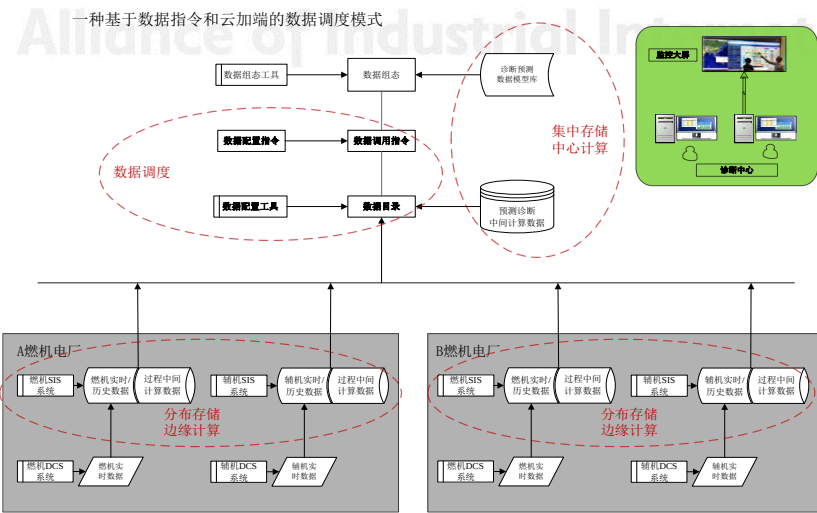


图2 基于数据指令和云加端的数据调度模式

项目构建了燃机机群预测诊断云平台，通过建立集成管理系统，实现全系统、全流程的知识创新管理。已成功对接 11 台

燃机机组，200余台设备，实现了集团级的数据集成与共享。与电厂级信息化系统相比，平台融合了大数据、人工智能以及互联网+等领域的新技术与新思路，设计并构建一个覆盖生产运营、性能及故障预警等各阶段的数字化、信息化、智能化运营管控系统，实现燃机设备的安全、经济运行。项目形成了一系列燃机机组预测诊断关键技术，实现了集团公司燃机机群关键资源与核心要素的管控，推进了互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合，将为我国智能预测诊断的建设提供技术标准与工程示范。

3.3.2 多模型耦合监测诊断技术

开发了同步采用数学模型和物理模型的监测诊断技术，基于热力学原理和设备静态参数建模分析机组性能，实现了设备故障预警与厂级性能优化的有机融合。

开发了同步采用数学模型和物理模型的监测诊断技术，基于热力学原理和设备静态参数建模分析机组性能，实现了设备故障预警与厂级性能优化的有机融合。开发了基于数学模型的监测诊断技术，针对燃机系统参数间的高耦合性，提出一种包含多传感器参数比较的动态状态空间模型，以解决复杂系统状态和故障监测结果稳定性较低的难题。该模型的建立基于相似性原理，假定设备在正常运行下工况表征参量相对稳定，相似工况下的工况表征参量具有一定相似性。把清洗后的正常工况下的运行数据输入模型并形成状态矩阵，将实时的测量数据与状态矩阵中的状态进行相似度比较，并推算出预测值，根据实测值与预测值间的残差变化，结合预定的阈值给出故障预警。

开发了基于物理模型的预测诊断技术，通过集团燃机运行历史数据搭建典型故障失效模式库，当设备出现故障通过物理模型触发报警。该技术可以在设备故障初期阶段，根据设备潜在问题识别故障。故障失效库将根据故障数据和外部故障库不断拓展完善。对于安全性要求较高的重要设备采用物理建模方法，对于种类繁多系统复杂的设备采用数学建模方法，综合运用两种互补的监测诊断技术原理，提高监测诊断的针对性、普适性和稳定性。

3.4 网络功能结构

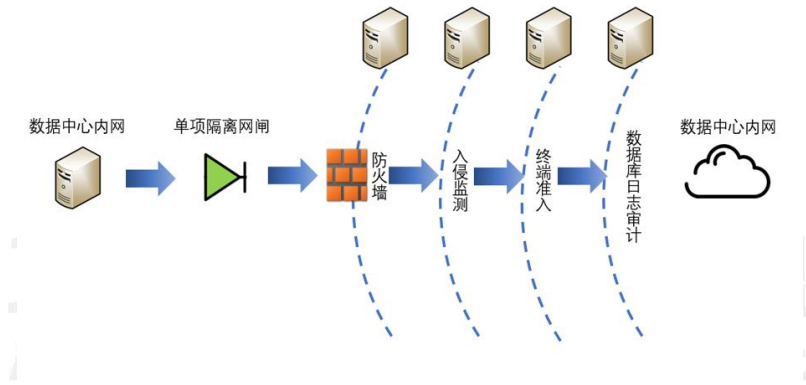


图4 燃机机群监测诊断私有云平台网络功能结构

3.5 安全及可靠性

基于设计方案与现有网络结构，原则上尽量减少对现有网络结构的改动和影响，方案规划在燃机数据中心部署两台防火墙，采用透明方式部署在现有路由器与核心交换机之间，对燃机数据中心网络提供应对网络攻击的防护；

燃机数据中心服务器需要从下级单位采集数据，由下级单位服务器通过集团广域网传输到燃机数据中心，为了保证传输过程中的安全性和保密性，在燃机数据中心侧出口路由器之前

部署纵向加密装置（中心端），在相关下级单位侧部署纵向加密装置（电厂端），实现端到端的通信加密；

在燃机数据中心内部设立安全管控区，部署安全准入系统、入侵检测系统、日志审计系统、数据库审计系统等，实现对燃机数据中心内部设备的安全管理，安全准入系统验证网络使用者的合法身份，只有通过认证的用户才可以使用燃机数据中心网络，入侵检测系统采用旁路部署，通过核心交换机将主干接口的数据流量镜像到入侵检测系统，用入侵检测系统对网络传输的数据进行安全检查，对存在的安全威胁进行报警；日志审计系统及数据库审计系统是对相应的设备的系统日志和操作日志进行详细的记录。

本项目的主要目标就是按《电力监控系统安全防护规定》以及 GB/T 22239-2008《信息安全技术 信息系统安全等级保护基本要求》的要求，为燃机数据中心建设部署专用的网络安全设备，提高燃机数据中心数据安全防护水平，保障燃机数据中心相关业务的安全稳定运行。

4 成功案例

有效防止机组非计划性停运

1) 报警概况：

12月1日早上5点14分，中心报告设备异常，1号发电机1号轴Y轴位移增大，轴震增加快速升高，同时两项参数上升幅度快速升高。5时19分数据中心发出报警(DCS未达到报警值)，1号发电机1瓦轴承金属温度由86.3℃快速升高至98℃，回油温度由66.89℃升高至74℃，润滑油压由1.87bar升至2.21bar。

2) 分析判断:

数据中心分析报警，利用智慧信号和监视诊断系统分析多测点（温度、震动、油压等）变化趋势和残差变化判断：1. 润滑油供油管路堵塞导致轴承供油短缺；2. 供油管路供油短缺导致轴承震动突升；3. 润滑油供油管路堵塞导致轴承温度升高；4. 供油系统出现故障。

3) 建议措施:

- 通知电厂值班人员，注意加强供油系统监视；
- 请电厂考虑停机检查；
- 建议组织有关专家召开现场分析会；
- 经专家组会议讨论最终决定立即申请停机处理。

4) 检查结果:

1 号润滑油过滤器出口第 1 个出口逆止阀，发现逆止阀半边密封条脱落，造成供油管堵塞。



图 1:1 瓦对口处的密封条



图 2:1 瓦对口处取出的橡胶密封条



钢铁行业工业互联网安全解决方案

上海宝信软件股份有限公司

网络行业应用篇/工业互联网安全

1 概述

1.1 背景

伴随着互联网信息技术、工业自动化技术的革命性突破和全球经济一体化的发展，工业互联网应运而生，并迅速成为热门技术，已经成为钢铁行业不断研究和持续探索的热点课题。经过近几年的发展，钢铁工业互联网的推广普及已经成为工业经济发展提供了更多的内驱力。为更好地激发工业互联网的技术潜能，引领工业互联网技术实现技术应用开发。钢铁工业互联网是满足工业智能化发展需求，具有低时延、高可靠、广覆盖特点的关键网络基础设施，是新一代信息通信技术与先进制造业深度融合所形成的新兴业态与应用模式。

网络体系是实现连接钢铁行业工业系统、全价值链、全产业链的基础，包括网络互连、标识解析、应用支撑三大体系。数据包括“采集交换-集成处理-建模分析-决策与控制”，形成优化闭环，驱动工业智能化。安全是钢铁行业工业互联网各个领域和环境的安全保障，包括设备安全、控制安全、网络安全、应用安全和数据安全等。为加速提升工业互联网的应用质量与效果，为我国的经济结构调整、动能转换贡献力量，全面推进“中国制造 2025”和“互联网+”行动计划，有必要围绕国家网

络安全法和网络安全等级保护制度加强对钢铁行业工业互联网信息安全领域解决方案的研究。

1.2 适用范围

钢铁行业工业互联网。

1.3 在工业互联网网络体系架构中的位置

本解决方案在下图所处的位置为⑦。

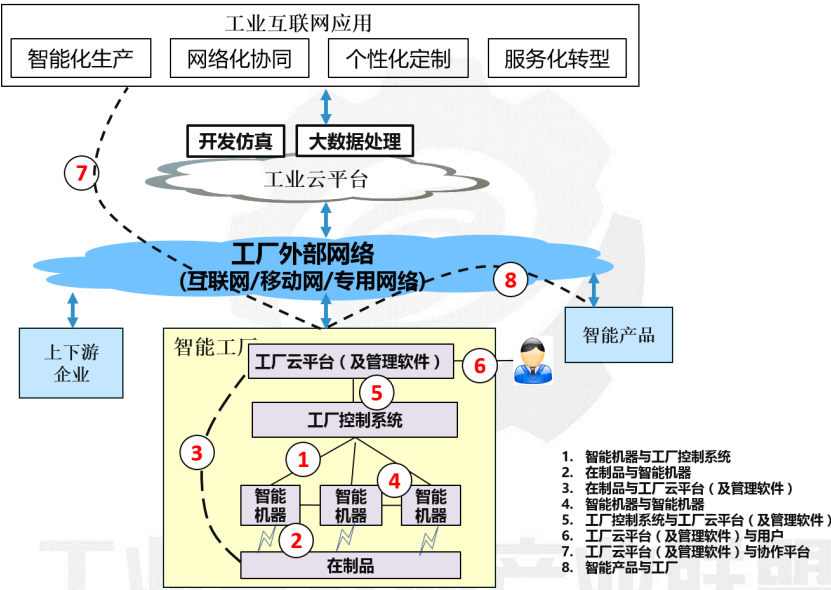


图 1 工业互联网互联示意图

2 需求分析

2.1 钢铁行业工业互联网脆弱性分析

2.1.1 操作系统漏洞

PC 与 Windows 的技术架构现已成为控制系统上位机的主流。而在控制网络中，上位机是实现与 MES 通信的主要网络结点，因此其操作系统的漏洞就成为了整个控制网络信息安全中的一个短板。操作系统漏洞频繁出现，安全事故时有发生。以 Windows XP 版本为例，就曾被发现了大量漏洞，典型的如输入法漏洞、IPC\$漏洞、RPC 漏洞、Unicode 漏洞、IDA&IDQ 缓冲区

溢出漏洞、Printer 溢出漏洞、Cookie 漏洞等等。这些漏洞大部分危害巨大，恶意代码通过这些漏洞，可以获得 Windows XP 操作站的完全控制权，甚至为所欲为。

2.1.2 工业控制系统漏洞

由于早期的钢铁行业工业控制系统都是在相对独立的网络环境下运行，在产品设计和网络部署时，只考虑了功能性和稳定性，对安全性考虑不足。随着钢铁行业工业控制系统网络之间互联互通的不断推进，以及工控系统和工业设备接入互联网的数量越来越多，通过互联网对工业控制系统实施攻击的可能性越来越高，而每年新发现的 SCADA、DCS、PLC 漏洞数量也不断增加，这些都为钢铁行业工业互联网带来巨大的安全隐患。

2.1.3 工业网络漏洞

钢铁工业控制网络的设备分布于厂区各处，由于网络基础设施的局限性，经常需要无线网络、卫星、GPRS/CDMA 等通用传输手段来实现与调度中心的连接和数据交换。这些传输手段没有足够的安全保护和加密措施，很容易出现网络窃听、数据劫持、第三人攻击等安全问题，而且攻击者还可以利用不安全传输方式作为攻击工业控制网络的入口，实现对于整个工业控制网络的渗透和控制。

2.1.4 工业云平台安全问题

在钢铁行业工业云平台中，作为底层支撑技术的虚拟化技术在带来效率提升和开销降低的同时，也带来了一系列由于物理的共享与逻辑隔离的冲突而导致的数据安全问题。在钢铁行业公有云环境下，不同机构之间物理隔离的网络被由网络虚拟化

技术构建的虚拟网络取代。这种网络资源复用模式虽然实现了网络资源的高效利用、网络流量的集中分发，但也带来了诸多安全问题。

2.2 钢铁行业工业互联网安全威胁分析

2.2.1 来自外部网络的渗透

钢铁行业工业互联网会有较多的开放服务，攻击者可以通过扫描发现开放服务，并利用开放服务中的漏洞和缺陷登录到网络服务器获取企业关键资料，同进还可以利用办公网络作为跳板，逐步渗透到控制网络中。通过对于办公网络和控制网络一系列的渗透和攻击，最终获取企业重要的生产资料、关键配方，严重的是随意更改控制仪表的开关状态，恶意修改其控制量，造成重大的生产事故。

2.2.2 帐号口令破解

由于企业有对外开放的应用系统（如邮件系统），在登录开放应用系统的时候需要进行身份认证，攻击都通过弱口令扫描、Sniffer 密码嗅探、暴力破解、信任人打探套取或社工比较合成口令等手段来获取用户的口令，这样直接获得系统或应用权限。获取了用户权限就可以调取相关资料，恶意更改相关控制设施。

2.2.3 利用移动介质攻击

当带有恶意程序的移动介质连接到工程师站或操作员站时，移动介质病毒会利用移动介质自运行功能，自动启动对控制设备进行恶意攻击或恶意指令下置。一方面造成网络病毒在企业各个网络层面自动传播和感染，靠成业务系统和控制系统性能的下降，从而影响企业监测、统筹、决策能力。另一方面会针

对特定控制系统或设备进行恶意更改其实际控制量，造成生成事故。

2.2.4 PLC 程序病毒的威胁

通过对工程师站及编程服务器的控制，感染（替换）其相关程序，当 PLC 程序的下发时，恶意程序一起被下发到 PLC 控制设备上。恶意程序一方面篡改 PLC 的实际控制流，另一方面将运算好的虚假数据发给 PLC 的输出，防止报警。通过这种方式造成现场设备的压力、温度、液位失控，但监测系统不能及时发现，造成重大的安全事故。

2.2.5 利用工业通信协议的缺陷

Modbus、DNP3、OPC 等传统工业协议缺乏身份认证、授权以及加密等安全机制，利用中间人攻击捕获和篡改数据，给设备下达恶意指令，影响生产调度，造成生产失控。

2.2.6 利用无线网络入侵

控制网络通过 DTU 无线设备通过 802.11b 协议连接到管理区的网络，通过对网络无线信息的收集，侦测 WEP 安全协议漏洞，破解无线存取设备与客户之间的通讯，分析出接入密码，从而成功接入控制网络，控制现场设备，获取机要信息，更改控制系统及设备的控制状态，造成重大影响。

3 解决方案

3.1 设计思路

钢铁行业工业互联网安全框架设计是在充分借鉴传统网络安全框架和国外工业互联网安全相关框架的基础上，结合我国钢铁行业工业互联网的特点研究并提出的，旨在指导钢铁行业

工业互联网开展安全防护体系建设，提升安全防护能力。

钢铁行业工业互联网安全防护对象是明确工业互联网安全防护工作范围的基础，并为防护工作的实施指明方向。在传统网络安全框架与工业互联网安全相关框架中，都对其防护对象做了明确界定，钢铁行业工业互联网安全体系部分也从防护对象角度提出了工业互联网安全的五大重点方向，即安全保障、平台安全、网络安全、应用安全和工控安全。

3.2 安全建设目标

为确保钢铁行业工业互联网的正常运转和安全可信，应对工业互联网设定合理的安全目标，并根据相应的安全目标进行风险评估和安全策略的选择实施。工业互联网安全目标并非单一的，需要结合工业互联网不同的安全需求进行明确。工业互联网安全包括保密性、完整性、可用性、可靠性、弹性和隐私六大目标，这些目标相互补充，共同构成了保障工业互联网安全的关键特性。

- 保密性：确保信息在存储、使用、传输过程中不会泄漏给非授权用户或实体。
- 完整性：确保信息在存储、使用、传输过程中不会被非授权用户篡改，同时还要防止授权用户对系统及信息进行不恰当的篡改，保持信息内、外部表示的一致性。
- 可用性：确保授权用户或实体对信息及资源的正常使用不会被异常拒绝，允许其可靠而及时地访问信息及资源。
- 可靠性：确保工业互联网系统在其寿命区间内以及在正常运行条件下能够正确执行指定功能。

- 弹性回复：确保工业互联网系统在受到攻击或破坏后恢复正常功能。
- 隐私安全：确保工业互联网系统内用户的隐私安全。

3.3 安全设计框架

钢铁行业工业互联网安全设计框架主要不同的防护对象部署相应的安全防护措施，根据实时监测结果发现网络中存在的或即将发生的安全问题并及时做出响应。同时加强防护管理，明确基于安全目标持续改进的管理方针，保障工业互联网的持续安全。钢铁工业互联网安全框架如下图所示。

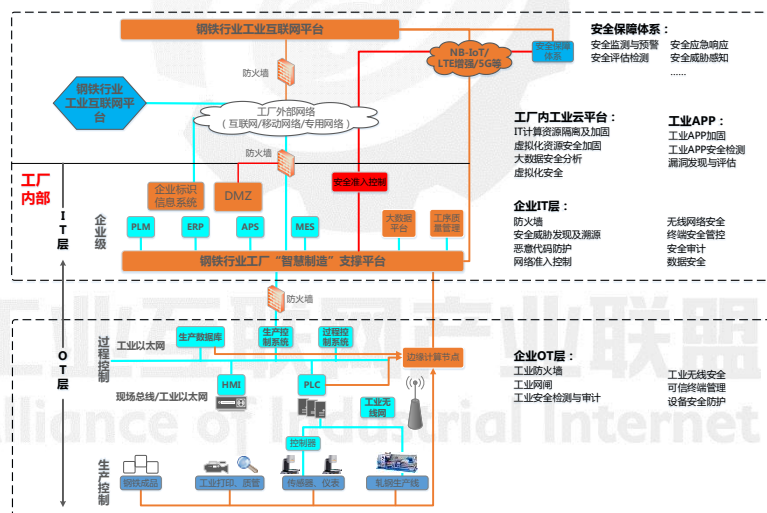


图 2 钢铁行业工业互联网安全整体架构图

钢铁行业工业互联网安全整体架构设计主要考虑钢铁行业以属地化生产业务为主，因此聚焦于工厂内网环境，主要分为5个方面内容组成，分别是安全保障体系、工业云平台、工业应用、网络安全和工业控制系统安全，其中钢铁行业 IT 层面关注于安全保障体系、工业云平台、工业应用和网络安全，OT 层面关注于工业控制系统安全。

3.4 钢铁行业 IT 层面安全建设方案

3.4.1 安全保障体系

3.4.1.1 安全评估

钢铁行业工业互联网必须以安全风险管控为切入点，必须定期对工业互联网系统的各安全要素进行风险评估。对应工业互联网整体安全目标，分析整个工业互联网系统的资产、脆弱性和威胁，评估安全隐患导致安全事件的可能性及影响，结合资产价值，明确风险的处置措施，包括预防、转移、接受、补偿、分散等，确保在工业互联网数据私密性、数据传输安全性、设备接入安全性、平台访问控制安全性、平台攻击防范安全性等方面提供可信服务，并最终形成风险评估报告。

3.4.1.2 安全监测与预警

钢铁行业工业互联网要构建一个能覆盖安全业务全生命周期的，以安全事件为核心，实现对安全事件的“预警、检测、响应”动态防御体系。能够在攻击发生前进行有效的预警和防护，在攻击中进行有效的攻击检测，在攻击后能快速定位故障，进行有效响应，避免实质损失的发生。

安全策略中描述了工业互联网总体的安全考虑，并定义了保证工业互联网日常正常运行的指导方针及安全模型。通过结合安全目标以及风险评估结果，明确当前工业互联网各方面的安全策略，包括对设备、控制、网络、应用、数据等防护对象应采取的防护措施，以及监测响应及处置恢复措施等。同时，为打造持续安全的工业互联网，面对不断出现的新的威胁，需不断完善安全策略。

3.4.1.3 安全威胁感知

钢铁行业工业互联网安全威胁监测感知是部署相应的安全监测措施，主动来自系统内外部的安全风险，具体措施包括数据采集、收集汇聚、特征提取、关联分析、状态感知等。数据采集指对工业现场网络及工业互联网平台中各类数据进行采集，为网络异常分析、设备预测性维护等提供数据来源。对于数据的收集汇聚主要分为两个方面。一是对 SCADA、MES、ERP 等工业控制系统及应用系统所产生的关键工业互联网数据进行汇聚，包括产品全生命周期的各类数据的同步采集、管理、存储及查询，为后续过程提供数据来源。二是对全网流量进行监听，并将监听过程中采集到的数据进行汇聚。特征提取是指对数据特征进行提取、筛选、分类、优先级排序、可读等处理，从而实现从数据到信息的转化过程，该过程主要是针对单个设备或单个网络的纵向数据分析。信息主要包括内容和情景两方面，内容指工业互联网中的设备信号处理结果、监控传输特性、性能曲线、健康状况、报警信息、DNC 及 SCADA 网络流量等；情景指设备的运行工况、维护保养记录、人员操作指令、人员访问状态、生产任务目标、行业销售机理等。关联分析过程通过将运行机理、运行环境、操作内容、外部威胁情报等有机结合，基于大数据进行横向大数据分析和多维分析，利用群体经验预测单个设备的安全情况，或根据历史状况和当前状态的差异发现网络及系统异常。状态感知基于关联分析过程，实现对企业工业互联网运行规律、异常情况、安全目标、安全态势、业务背景等的认知，确定安全基线，结合大数据分析技术，发现潜在威胁、预测黑客攻击。

3.4.2 工业云平台安全

对于钢铁行业工业互联网平台是业务生产稳定运行的基础保障，可采取的安全措施包括安全审计、认证授权、大数据安全分析等。并对平台公开漏洞和后门并加以修补；对恶意行为进行实时监测，以发现可疑行为并进行异常阻止，从而降低未公开漏洞产生的危害。

1) 安全审计

安全审计主要是指对平台中与安全有关的活动的相关信息识别、记录、存储和分析。平台建设过程中应考虑具备一定的安全审计功能，将平台与安全有关的信息进行有效识别、充分记录、长时间的存储和自动分析。能对平台的安全状况做到持续、动态、实时的有依据的安全审计，并向用户提供安全审计的标准和结果。

2) 认证授权

工业互联网平台用户分属不同企业，需要采取严格的认证授权机制保证不同用户能够访问不同的数据资产。同时，认证授权需要采用更加灵活的方式，确保用户间可以通过多种方式将数据资产分模块分享给不同的合作伙伴。

3) 安全隔离

平台不同用户之间应当采取必要的措施实现充分隔离，防止蠕虫病毒等安全威胁通过平台向不同用户扩散。平台不同应用之间也要采用严格的隔离措施，防止单个应用的漏洞影响其他应用甚至整个平台的安全。

4) 大数据安全监测

基于大数据安全监测技术，对平台实施集中、实时的安全监测，监测内容包括各种物理和虚拟资源的运行状态等。通过对系统运行参数（如网络流量、主机资源和存储等）以及各类日志进行分析，确保工业互联网平台提供商可执行故障管理、性能管理和自动检修管理，从而实现平台运行状态的实时监测。

5) 补丁升级

钢铁行业工业互联网平台搭建在众多底层软件和组件基础之上。由于工业生产对于运行连续性的要求较高，中断平台运行进行补丁升级的代价较大。因此平台在设计之初就应当充分考虑如何对平台进行补丁升级的问题。

6) 虚拟化安全

虚拟化是边缘计算和云计算为基础，为避免虚拟化出现安全问题影响上层平台安全，在平台安全防护中要充分考虑虚拟化安全。虚拟化安全的核心是实现不同层次及不同用户的有效隔离，其安全增强可以通过采用虚拟化加固等防护措施来实现，并增加恶意代码检测及防病毒安全体系。

3.4.3 工业应用安全

钢铁行业工业应用软件是推进智能化生产、网络化协同、个性化定制、服务化延伸等方面的重要载体。对工业应用程序而言，最大的风险来自安全漏洞，包括开发过程中编码不符合安全规范而导致的软件本身的漏洞以及由于使用不安全的第三方组件而引起的漏洞等。

1) 代码审计

代码审计指检查源代码中的缺点和错误信息，分析并找到这些问题引发的安全漏洞，并提供代码修订措施和建议。开发过程中应该进行必要的代码审计，发现代码中存在的安全缺陷并给出相应的修补建议。企业应对工业应用程序开发者进行软件源代码安全培训，包括：了解应用程序安全开发生命周期（SDL）的每个环节，如何对应用程序进行安全架构设计，具备所使用编程语言的安全编码常识，了解常见源代码安全漏洞的产生机理、导致后果及防范措施，熟悉安全开发标准，指导开发人员进行安全开发，减少开发者引入的漏洞和缺陷等，从而提高工业应用程序安全水平。

2) 漏洞发现

漏洞发现是指基于漏洞数据库，通过扫描等手段对指定工业应用程序的安全脆弱性进行检测，发现可利用漏洞的一种安全检测行为。在应用程序上线前和运行过程中，要定期对其进行漏洞发现，及时发现漏洞并采取补救措施。

3) 审核测试

对工业应用程序进行审核测试是为了发现功能和逻辑上的问题。在上线前对其进行必要的审核测试，有效避免信息泄漏、资源浪费或其他影响应用程序可用性的安全隐患。

4) 行为监测和异常阻止

对工业应用程序进行实时的行为监测，通过静态行为规则匹配或者机器学习的方法，发现异常行为，发出警告或者阻止高危行为，从而降低影响。

5) 防篡改及身份授权

工业互联网中的控制软件可归纳为数据采集软件、组态软件、过程监督与控制软件、单元监控软件、过程仿真软件、过程优化软件、专家系统、人工智能软件等类型。增加工业软件防篡改功能，保障控制软件安全的重要环节，对于控制软件应采取恶意代码检测、预防和恢复的控制措施。

3.4.4 网络安全

钢铁行业工业互联网的发展使得工厂内部网络呈现出 IP 化、无线化、组网方式灵活化与全局化的特点，工厂外网呈现出信息网络与控制网络逐渐融合、企业专网与互联网逐渐融合以及产品服务日益互联网化的特点，是造成传统互联网中的网络安全问题开始向工业互联网蔓延，钢铁行业应用过程中主要表现为以下几个方面：工业互联协议由专有协议向以太网/IP 协议转变，导致攻击门槛极大降低；工厂现有 10M/100M 工业以太网交换机性能较低；工厂网络互联、生产、运营逐渐由静态转变为动态，安全策略面临严峻挑战等。随着工厂业务的拓展和新技术的不断应用，今后还会面临 5G/SDN 等新技术引入、工厂内外网互联互通进一步深化等带来的安全风险。

工业互联网网络安全防护应面向工厂内部网络、外部网络及标识解析系统等方面，具体包括融合网络结构优化、边界安全防护、接入认证、通信内容防护、通信设备防护、安全监测审计等多种防护措施，构筑立体化的网络安全防护体系。

1) 优化网络架构

在网络规划阶段，需设计合理的网络结构。一方面通过在关键网络节点和标识解析节点采用双机热备和负载均衡等技术，

应对业务高峰时期突发的大数据流量和意外故障引发的业务连续性问题，确保网络长期稳定可靠运行。另一方面通过合理的网络结构和设置提高网络的灵活性和可扩展性，为后续网络扩容做好准备。

2) 网络边界安全

根据工业互联网中网络设备和业务系统的重要程度将整个网络划分成不同的安全域，形成纵深防御体系。安全域是一个逻辑区域，同一安全域中的设备资产具有相同或相近的安全属性，如安全级别、安全威胁、安全脆弱性等，同一安全域内的系统相互信任。在安全域之间采用网络边界控制设备，以逻辑串接的方式进行部署，对安全域边界进行监视，识别边界上的入侵行为并进行有效阻断。

3) 网络接入认证

接入网络的设备与标识解析节点应该具有唯一性标识，网络应对接入的设备与标识解析节点进行身份认证，保证合法接入和合法连接，对非法设备与标识解析节点的接入行为进行阻断与告警，形成网络可信接入机制。网络接入认证可采用基于数字证书的身份认证等机制来实现。

4) 通信和传输保护

通信和传输保护是指采用相关技术手段来保证通信过程中的机密性、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。通过加密等方式保证非法窃取的网络传输数据无法被非法用户识别和提取有效信息。增加网络传输的数据采取校验机制，确保被篡

改的信息能够被接收方有效鉴别。应确保接收方能够接收到网络数据，并且能够被合法用户正常使用。

5) 网络设备安全防护

为了提高网络设备与标识解析节点自身的安全性，保障其正常运行，网络设备与标识解析节点需要采取一系列安全防护措施，对登录网络设备与标识解析节点进行运维的用户进行身份鉴别，并确保身份鉴别信息不易被破解与冒用；对远程登录网络设备与标识解析节点的源地址进行限制；对网络设备与标识解析节点的登录过程采取完备的登录失败处理措施；启用安全的登录方式（如 SSH 或 HTTPS 等）。

6) 安全监测审计

网络安全监测指通过漏洞扫描工具等方式探测网络设备与标识解析节点的漏洞情况，并及时提供预警信息。网络安全审计指通过镜像或代理等方式分析网络与标识解析系统中的流量，并记录网络与标识解析系统中的系统活动和用户活动等各类操作行为以及设备运行信息，发现系统中现有的和潜在的安全威胁，实时分析网络与标识解析系统中发生的安全事件并告警。同时记录内部人员的错误操作和越权操作，并进行及时告警，减少内部非恶意操作导致的安全隐患。

7) 数据安全

钢铁行业工业互联网相关的数据按照其属性或特征，可以分为四大类：设备数据、业务系统数据、知识库数据、用户个人数据。根据数据敏感程度的不同，可将工业互联网数据分为一般数据、重要数据和敏感数据三种。工业互联网数据涉及数

据采集、传输、存储、处理等各个环节。随着工厂数据由少量、单一、单向向大量、多维、双向转变，工业互联网数据体量不断增大、种类不断增多、结构日趋复杂，并出现数据在工厂内部与外部网络之间的双向流动共享。由此带来的安全风险主要包括数据泄露、非授权分析、用户个人信息泄露等。对于钢铁行业工业互联网的数据安全防护，应采取明示用途、数据加密、访问控制、业务隔离、接入认证、数据脱敏等多种防护措施，覆盖包括数据收集、传输、存储、处理等在内的全生命周期的各个环节。

3.5 钢铁行业 OT 层面安全建设方案

随着钢铁行业信息化的推进，MES、EMS 的建设越来越多，原本相互独立 DCS、PLC、仪器仪表、SCADA 等控制子系统需要通过网络和信息系统连接在一起，这些子系统，负责完成对原料供配、焦化、烧结、炼铁、炼钢、除尘、连铸等控制任务，一旦受到恶性攻击、病毒感染，就会导致工控系统的控制组件和整个生产线被迫停止运转，甚至造成人员伤亡等严重后果。

3.5.1 技术保障体系

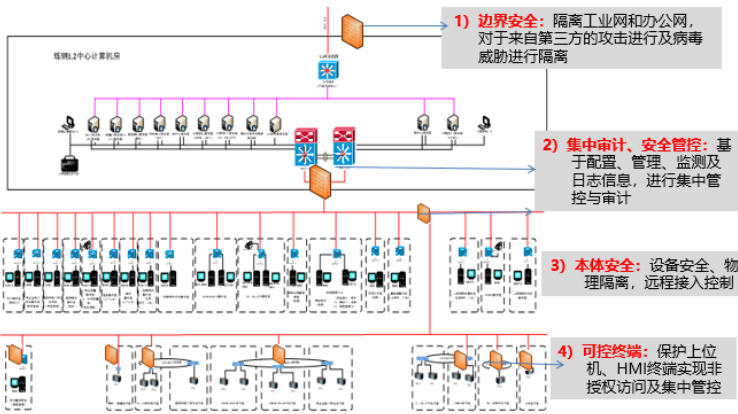


图 3 钢铁行业工业控制系统安全架构图

钢铁行业工业互联网安全主要采用分层隔离、纵深防御的模型设计，整体架构设计如上图所示。

钢铁行业工业控制系统分为五层结构，L5 是企业问的管理决策系统，L4 是面向整个企业内部管理和计划的 ERP 系统，L3 是面向生产和执行过程的 MES 系统，L2 是面向生产过程和控制的 PCS(过程控制)系统，L1 是生产设备控制系统。基于数据采集、设备控制的安全考虑，防护方案如下：

1) 边界、区域及终端防护

在 L2 与 L1 之间、L1 内部部署工业控制防火墙及网络防毒墙进行边界和终端防护，通过工业协议的深度解析确保过程控制系统与现场控制设备之间、HMI 和现场控制设备之间通讯与控制的合法性；通过“黑”、“白”名单相结合的防护机制，有效阻止网络病毒、非法入侵、恶意控制等的威胁。

2) 集中审计和安全管控

在 L2 层、L1 层部署工控监测审计终端，详细记录过程控制系统和 HMI 对现场控制设备的操作过程，实现对关键参数配置实时监测与安全审计并进行及时的预警响应。

3) 本体安全

基于工业控制系统相关设备对象，提供安全补丁升级及加固措施，对外部接入工业系统现场操作提供安全授权及访问控制措施。

4) 可控终端

工业控制系统应用场景的特殊性，通用杀毒软件无法有效对各控制系统（DCS/SCADA/PLC/SIS 等）操作站及工程师站。可

信终端可以有效识别和查杀异常威胁进程，解决了工控系统终端病毒感染、恶意代码进程启动、操作系统内核漏洞、USB 误用滥用等安全隐患，从根本上实现了对各种不安全因素的主动防御。

3.5.2 管理制度体系

依据工信部《工业控制系统安全防护指引》的要求，建立工控系统管理制度体系。

1) 恶意代码管理机制

钢铁行业需要建立工业控制系统防病毒和恶意软件入侵管理机制，对工业控制系统及临时接入的设备采用必要的安全预防措施。安全预防措施包括定期扫描病毒和恶意软件、定期更新病毒库、查杀临时接入设备（如临时接入 U 盘、移动终端等外设）等。

2) 应急响应预案

钢铁行业需要自主或委托第三方工控安全服务单位制定工控安全事件应急响应预案。预案应包括应急计划的策略和规程、应急计划培训、应急计划测试与演练、应急处理流程、事件监控措施、应急事件报告流程、应急支持资源、应急响应计划等内容。

3) 资产管理制度

钢铁行业应建设工业控制系统资产清单，明确资产责任人，以及资产使用及处置规则。完善工业控制系统资产清单，包括信息资产、软件资产、硬件资产等。明确资产责任人，建立资产使用及处置规则，定期对资产进行安全巡检，审计资产使用

记录，并检查资产运行状态，及时发现风险。

4) 工控安全管理机制

工业企业应建立健全工控安全管理机制，明确工控安全主体责任，成立由企业负责人牵头的，由信息化、生产管理、设备管理等相关部门组成的工业控制系统信息安全协调小组，负责工业控制系统全生命周期的安全防护体系建设和管理，制定工业控制系统安全管理制度，部署工控安全防护措施。

5) 变更管理制度

为了工业控制系统安全稳定，设备或者程序升级变更必须确保任何变更都是可控的，有记录并定期接受审核的。

6) 系统和软件升级制度

工控信息安全管理应定期关注工控系统相关设备或系统厂商安全问题公报以及国家漏洞库的公报，掌握补丁更新动态，及早获取补丁更新程序。并进一步地针对补丁建立起部署前测试、更新时的应急、更新后的跟踪监控的安全机制。

7) 定期安全培训

应定期对技术人员、管理人员、运行维护人员开展针对性的工控信息安全培训，提高工控信息安全技术技能，增强工控信息安全意识。

附录

解决方案供应商名录

(按拼音顺序排列)

● 艾默生过程控制有限公司

总部位于美国密苏里州圣路易斯市的 Emerson (纽约证券交易所股票代码: EMR), 是一家全球性的技术与工程公司, 为客户提供创新解决方案, 分为自动化解决方案和商住解决方案两大业务平台。

自动化解决方案业务提供行业内范围广泛的测量、控制、优化和运营技术以及专家经验, 帮助化工、油气、电力、炼油、生命科学、船舶、冶金、食品饮料、纸浆与造纸、水与废水处理、汽车及包装等过程、混合、离散行业用户解决其面临的棘手问题, 实现生产效率和运营成本的优化、提高可靠性, 并保护人员和环境安全。

自动化解决方案在中国的业务始于从 70 年代的技术转让, 公司总部设在上海浦东, 目前我们拥有 16 个生产研发及系统工程中心、5 大销售区域 43 个销售点、在 37 个城市设有服务点, 深入了解用户面临的挑战, 提供有效的解决方案, 更快响应工程服务需求。

多年来我们广泛参与了众多行业的重要项目建设, 在石化行业我们承接了中国最大规模的赛科、福建炼油乙烯等一体化项目; 在化工行业, 我们与拜耳、巴斯夫、赛拉尼斯等国际知

名公司和本土化工企业建立了良好的合作伙伴关系；在油气行业，我们参与了西气东输等重要管线建设，并为中国海洋石油渤海及其他海上石油平台提供一体化解决方案；在电力行业，我们承接了国内首个 1000 兆瓦的超超临界项目，并参与核电、风电等新能源项目以及电厂的升级改造项目。除了传统行业，艾默生一直致力于运用创新科技为用户创造价值，近年来新型煤化工行业在中国的发展风起云涌，艾默生煤化工行业解决方案，广泛运用在众多煤制烯烃、煤制气项目中，保障工厂的经济安全稳定运行。在当前数字化转型的时代中，艾默生又凭借工业物联网技术帮助过程工业创建数字化智慧工厂，在提高运行可靠性、安全环保、能源效率及生产效率等方面提供完整的解决方案，从而实现卓越运营，成为行业标杆。

● 北京恩易通科技发展有限公司

北京恩易通科技发展有限公司是一家专注于工业通信技术的高新技术企业，注册于北京市海淀区，注册资金 2000 万元人民币。

公司创始人闫晓峰先生毕业于清华大学精密仪器系，后于美国硅谷长期从事基础通信技术的研发。2008 年辞去美国知名光通信产品厂商 Avanex 公司技术高管工作，回国创立本公司。

恩易通公司早期从事的是工业 PON 技术和产品的开发，拥有国家发明专利 5 项，产品已经广泛应用于煤矿通信系统；

2014 年下半年，公司专注于下一代工业以太网通信技术的研发。经过 3 年多的努力，公司已经完成了 EOE (Ethernet

Over Ethernet）通信技术体系以及基于 EOE 技术的 IDN（智能确定性网络）网络产品的开发。IDN 技术符合目前国际上 TSN 网络和 SDN 网络的技术潮流，并有一定的国际领先性。公司可供申请的发明专利超过 20 项，已申请 4 项，获批 1 项，实审 3 项。

公司的技术已经得到海尔、京东方、中船、中车、国家电网的认可，将为智能工厂、智能装备（高铁、船舶、无人驾驶汽车等）、智慧能源（微电网、虚拟电厂等）提供有力的通信技术保障。

公司目前的核心管理团队有马飞虹、薛晓忠、陈强。CEO 马飞虹先生也是毕业于清华大学，知名天使投资人，新加坡亿胜投资集团中国区首席代表。薛晓忠和陈强均为知名 IT 上市公司华胜天成的前高级管理人员，市场与管理经验非常丰富。

优秀的技术、良好的管理团队再加上国家对自主可控核心技术的支持，2018-2019 年，北京恩易通科技发展有限公司必将取得快速的发展。

● 北京中元瑞讯科技有限公司

北京中元瑞讯科技有限公司是北京市高新技术企业、中关村高新技术企业，成立于 2010 年，注册资金 1200 万元。中元瑞讯是一家专注于旋转机械状态监测和故障诊断技术研发、设计、制造、服务的专业技术公司，公司的成立和发展沿着近二十年的国内水电站和水力发电技术的高速发展的轨道，并致力于将大型机组的状态监测和诊断分析技术拓展到多个行业和领域。截至 2018 年 5 月，中元瑞讯的产品技术和服

外 80 多家水电站、近 300 台水电机组上安装并保护机组安全运行，目前仍在以每年 50 多台大中型水电机组的速度应用到国内外用户，在水利枢纽和泵站、风力发电、石油化工、数字化油田等多个领域已有产品实施，是近几年水电状态监测行业内发展最快的企业，在 2015 年-2017 年连续三年被中关村科技园区海淀园评为的“瞪羚企业”。

中元瑞讯的主要产品设计者自 1996 年即开始和清华大学精密仪器与机械系、电机系、水利系进行合作，从事大型发电机组的在线监测系统开发和工程实现，将传感器技术、数据快速采集技术、远程网络技术、大数据分析及数据挖掘技术、故障分析定位和故障诊断技术等先进技术应用于关键设备运行状态监测和安全监测领域，多年来经过几百台机组的工程应用实践，将对于水力发电机组来讲是“锦上添花”的在线监测系统演变为目前不可或缺的必要设备，期间经历多次技术创新和产品改进，为国内外众多水电机组的安全运行起到了重要作用。自此，发电机组在线监测系统的生产制造也成为工业自动化的分支行业，目前的技术模式多数都是在此基础上的延伸。

我们致力于旋转机械状态监测系统的实用化，努力使专业化的分析诊断系统简单化，中元瑞讯研发和产品服务人员的追求是将专家参与的故障诊断分析和实验过程转化为工程师可以操作的简易软件平台，以此推动行业产品在工厂的重要地位，逐步推进行业产品的标准化。

我们有信心，将水力发电机组的成功实践，延伸应用到水泵机组、风力发电机组、汽轮机组、压缩机等各个方向，并涵

盖工业现场动设备、静设备的状态监测、安全预警和故障诊断；我们也将继续努力，将水力发电机组在线监测、测试、试验、诊断技术，提高到更高的层面，以实用化和便捷化为方向，为行业合作伙伴和用户提供优秀且品质过硬的产品。

在人工智能技术、工业互联网技术、大数据技术、边缘计算技术逐渐深化和细分的当下，数据挖掘技术在快速升级和迭代。中国企业具有广泛的工业云应用需求，如发电机组、飞机发动机、汽车、工程机械、家电等保有量居世界前列。因此，组建中国自主建立的工业云生态圈，是发展的必然。工业大数据除具有一般大数据的特征（数据量大、多样、快速和价值密度低）外，还具有时序性、强关联性、准确性、闭环性等特征。工业大数据作为大数据的一个应用行业，在具有广阔应用前景的同时，对于传统的数据管理技术与数据分析技术也提出了很大的挑战。中元瑞讯是较早研究探索将大数据技术和行业专业知识结合的团队，近几年也已经在多个大数据平台验证指标提取和模型算法，我们支持数据和平台的开放性、兼容性，这必将为用户带来真正的数据价值，也将为专业技术的进步开辟出新的快速通道。

● 湖南云智迅联科技发展有限公司

湖南云智迅联科技发展有限公司致力于为客户提供领先的设备联网监控业务核心产品、平台和技术方案，是集研发、生产与营销于一体的科技创新型企业。云智迅联秉承“助力多方，合作共赢”的核心理念，为客户创造价值，服务至上；不

断在技术创新、商业模式创新、服务创新等方面取得突破。

公司研发的全球首款智能工业网关和首创的免编程、可配置化应用平台开发部署模式，可以帮助企业快速低成本的实现设备联网入云及应用部署，工期可以节省 50%，成本可以降低 40%。

公司拥有一支汇聚了行业专家和互联网技术专家等高科技人才研发团队，有博士生导师 2 名、教授 10 名、博士 27 名、享受政府津贴专家 2 人、湖南省新世纪 121 人才工程专家 2 人、湖南省高校学科带头人 2 人。重点面向工业互联网领域，研发和推进物联感知技术在轨道交通、航空产业、工程机械、工业产线等工业装备的智能监管和运维应用。现已成功应用于南方航空工业集团、株洲天桥起重、湖南湘仪动测、南方阀门等企业，取得了显著的效果。

近年来，实验室承担了国家级项目 28 项；省部级项目 60 余项获得国家科技进步奖和湖南省科技进步奖等国家、省级奖励 10 余项；申请专利 30 余项、国家软件著作权登记 80 余项；在国内外期刊发表论文 300 余篇。





● 华为技术有限公司

华为技术有限公司成立于 1987 年，是全球领先的信息与通信技术 (ICT) 解决方案供应商。作为负责任的稳健经营者、创新的信息社会使能者、合作共赢的产业贡献者，华为致力于构建更美好的全联接世界。华为坚持围绕客户需求的持续创新，与合作伙伴开放合作，在电信网络、企业网络、终端和云计算等领域构筑了端到端的解决方案优势。通过全球专注敬业的 17 万名华为人为，致力于为运营商客户、企业客户和消费者创造最大的价值，提供有竞争力的 ICT 解决方案、产品和服务。目前，华为的业务遍及全球 170 多个国家和地区，服务全世界 1/3 以上的人口。

华为企业无线产品线重点聚焦行业政企客户，协助客户提升企业通信质量，打造企业竞争力。依托华为领先的无线技术及对客户的深入理解，向企业客户提供 eLTE 蜂窝无线专网产品解决方案，包含多媒体集群、宽带&窄带数据采集与回传、无线工业控制通信、无线视频监控、应急通信等业务，帮助企业客户提高运营效率、解决严酷环境下的无线网络部署问题，助力行业信息化发展。

华为在未来 5G 蜂窝通信，网络架构，计算和存储上持续创

新，取得重要的创新成果。同时和来自工业界、学术界、研究机构的伙伴紧密合作，引领未来网络从研究到创新实施。华为推动 WRC-15 为 IMT 新增至少 500MHz 全球频段，发布 5G 技术 Vision 白皮书；在 SAE/PCC 领域推动网络能力开放、Service Chaining 等重要议题；领跑 NFV 标准，推动 ICT 融合标准生态环境；促进 Carrier SDN 产业孵化；推动更易互联互通、适当增强的 IP/Internet 领域安全原则；引领 Flex-OTN 标准，是 100GE/400GE 以太网标准的主要贡献者。

华为是 TSN 技术的领导者，取得重要的创新成果。同时和来自工业界、学术界、研究机构的伙伴紧密合作，引领未来 TSN 网络从研究到创新实施。

华为是边缘计算产业的领导者，为促进边缘计算产业健康于可持续发展，加速推动 OT 和 ICT 产业开放协作，华为作为 6 家创始成员之一积极推动边缘计算产业生态建设，与业界 130+ 合作伙伴联合发起边缘计算产业联盟（Edge Computing Consortium），旨在搭建边缘计算产业合作平台，孵化行业应用最佳实践，以促进行业物联网应用加速创新与布局，为行业数字化转型提供更多支撑。如今，华为 EC-IoT 解决方案已经在梯联网，电力物联网，城市及照明物联网，智慧能源，智能制造，工程机械，车联网等领域有了成果的应用，EC-IoT 解决方案将成为行业数字化转型的重要抓手，使能行业数字化转型。

华为是 SD-WAN 市场的领导者，是全球最受欢迎 SD-WAN 供应商之一，是业界唯一通过 EANTC 测试的厂商（在可扩展性、CPE 和链路的业务灵活性和应用可视化三大重要领域表现优

昇），同时获得了 Right Stuff Innovation Award（华为 SD-WAN 方案在北美和各厂家同台竞技，经过严格比拼测试，最终脱颖而出，赢得领袖级分析师评委一致好评）。

● 杭州东信北邮信息技术有限公司

杭州东信北邮信息技术有限公司（以下简称“东信北邮”、“EB”）由北京邮电大学廖建新教授以其主持研发的移动智能网核心技术为基础，于 2000 年 2 月与东方通信共同创建，注册资本 5000 万元人民币。公司现有员工近 800 人，在全国二十余个省、自治区、直辖市设立了分支机构。公司有近 4000 平米的办公场地，以及投资近 3000 万元的大型系统实验室。

东信北邮致力于移动通信及移动互联网软件的研究、开发、集成及工程等服务，为电信运营商和行业客户提供提供电信业务、大数据领域、通信安全的软件开发、系统集成、运营支撑、咨询服务及解决方案。经过数年的发展，东信北邮已成为国内电信业务市场的主要系统提供商之一，也是少数拥有控制电信网络核心能力的技术和产品（智能网、4G VoLTE AS）的系统提供商之一；在电信核心领域，东信北邮的移动智能网产品占据了国内 1/3 的市场份额，市场占有率排名第二。

作为一家注重技术创新的国家高新技术企业，东信北邮通过自主研发掌握了移动智能网、业务网络智能化、大数据挖掘与支撑等一系列核心技术，拥有完全自主知识产权。现东信北邮已获得国家发明专利 40 项，另有 30 余项专利在申请中；获

得计算机软件著作权 21 项。凭借持续的技术创新和大规模的产业化，东信北邮获得了一系列国家级和省部级科技奖励，包括：2 次获得国家科技进步二等奖（2004、2009），3 次获得中国通信学会科学技术一等奖（2003、2007、2014），2 次获得教育部科技进步奖（2006、2013），1 次获得信息产业重大技术发明奖（2005），1 次获得中国专利优秀奖（2012），1 次被信息产业部评为“信息产业科技创新先进集体”（2006）；产品多次获评“中国优秀软件产品”。自主研发的“移动通信服务精细化运营中大数据关键技术”项目获得 2014 年中国通信学会科技进步奖一等奖。

东信北邮作为智慧型物联产品提供者，积极推动物联行业发展和应用推广活动，先后加入了工业互联网联盟、中国移动物联网联盟、山西联通合作伙伴计划、北京移动物联网联盟等联盟组织。

东信北邮凭借物联网方面的深厚技术实力承建了中国移动和智监解决方案项目并顺利通过验收。智能服务云中移物联网有限公司电表云端图像识别服务项目，能够一站式完成电表图像的数据收集、训练、建模、输出识别结果等服务，极大撬动了远程抄表、能源管理等行业应用生产力的发展。东信北邮智能监测方案落地玉柴集团和北京分公司机房环境，在工业生产环境里，通过摄像机+传感器方式，监控厂区和机房环境温湿度、烟感火感、压力、流量、电力、各种气体变化等，视频+数据叠加形式呈现给监控人员，实现阈值报警机制。

物联网技术的广泛应用，极大地拓宽了价值领域，其所蕴

含的市场潜力不可估量，东信北邮作为智慧型商业产品提供者，经过多年努力，公司产品已经在全国市场取得了丰硕的成果，形成了从端、核心网络平台、智能设备、增值服务等全面的端到端产品体系。东信北邮未来将继续秉承以客户为中心的理念，结合物联网时代的新挑战和新机遇，充分利用自身在电信行业和移动互联网领域实践积累业务和技术优势，面向移动互联网、电信、金融、制造、零售、广电、政府、能源等多行业，提供物联网+人工智能相结合的智能型物联产品，今后东信北邮也将继续凭借自身丰富的项目经验、稳固的技术基础、专业的人员团队和高效的运营支撑能力，在物联网领域取得更好成绩，使人们的生产、生活更加便捷和智能化。

● 江苏金恒信息科技股份有限公司

江苏金恒信息科技股份有限公司位于江苏省南京市国家级江北新区，现有人员 450 人，注册资本 10000 万元。主营业务范围为计算机、自动化、智能化、通信、机电一体化软硬件产品的研发、设计、制造、销售、安装集成及技术服务；计算机与网络工程、自动化工程、智能化工程、通信工程的设计、安装、集成及技术服务；信息技术的应用咨询等。

金恒是国家级高新技术企业，拥有 CMMI 四级、系统集成二级等多项资质，先后获得国家、省市授予的“全国信息化建设优秀单位”、“江苏省企业互联网化优秀服务机构”、“江苏省最具成长型互联网企业”、“江苏省两化深度融合创新试点企业”、“江苏省两化融合优秀贯标服务机构”、“中国两化融合突出贡

献-明星服务商”等多项荣誉称号。

金恒坚定不移地立足科技创新，汇集了一批专业技术领域的优秀人才，有着自己独立的技术队伍和健全的研发体系，设立了技术研究中心，并获得“省软件企业技术中心”荣誉称号。目前金恒已研发出多项产品，拥有 13 项实用新型及外观设计专利、12 项软件产品登记证书、27 项软件产品著作权，并与南京金陵科技学院、北京科技大学等国内外科研院所建立长期合作交流平台，共研发 24 项研发项目，转化 16 项科技成果。

● 上海宝信软件股份有限公司

宝信软件系宝钢股份控股的上市软件企业（证券代码 600845，900926），于 2001 年 4 月在上海证券交易所挂牌上市。宝信软件注册资金 3.41 亿人民币。

宝信软件前身为 1978 年成立的宝钢自动化部，凭借 30 多年服务宝钢和大型企业、政府、金融等行业信息化建设及运维的经验和技術积累，全面提供具有自主知识产权的企业信息化解决方案、信息系统集成及运行维护服务；城市智能交通综合解决方案和路桥遂、轨道交通的综合监控；机电成套设备、机电一体化产品及运行维护等。产品与服务业绩遍及钢铁、交通、服务外包、采掘、有色、石化、装备制造(含造船)、金融、公共服务等多个行业。

1) 领先的行业地位

- 科学技术部、国务院国资委、中华全国总工会联合公布的首批 103 家创新型企业试点企业

- 第 13 批国家级企业技术中心（分中心）
- 中国软件服务业首批信用评价 AAA 级企业（中国软件行业协会）
- 2012 年中国十大创新软件企业（中国软件行业协会）
- 2012 中国软件行业 IT 服务卓越供应商（中国软件行业协会）
- 2011 波兰华沙国际发明展金奖（波兰发明家及实业协会）
- 2011 中国软件研发社会责任先进机构（中国软件行业协会）
- 2011 申慧综合奖（上海市智能建筑建设协会）
- 2007~2012 年连续被评为“中国自主品牌软件产品”前十企业（工业和信息化部）
- 2007~2012 年连续被评为“中国软件收入百强”企业（工业和信息化部）
- 2010 年“中国制造业信息化工程创新之星”
- 2010 年“宝信”主商标被认定为第十四批“上海市著名商标”（上海市工商行政管理局）
- 2010 年“软件行业（制造领域）领军企业”（中国软件行业协会）

2) 完备的企业资质

- 国家规划布局内重点软件企业
- 计算机信息系统壹级集成资质
- 信息安全服务壹级资质
- 涉密信息系统集成乙级资质

- ISO 27000 管理体系认证
- 上海市高新技术企业
- ISO/IEC 20000 IT 服务管理体系认证
- ISO9001 管理体系认证
- CMM5 级，CMMI5 级
- 建筑智能设计施工一体化壹级资质
- 公路交通工程通信、监控、收费综合系统工程专业承包资质
- 增值电信业务经营许可证
- 上海市设备维修特 A 级资质
- 上海市公共安全技防范二级资质
- 增值电信业务经营许可证
- 冶金工程设计甲级
- 建筑工程设计乙级

3) 公司人才优势

公司员工总数为4900人（含分公司及控股子公司）。本科及以上学历人员占总部员工数的89.9%，其中博士34名，硕士725名。拥有各种专业技术及管理领域专家：国家级上海市领军人才 2人，宝钢技术业务专家 12人，教授高工 19人，国家一级注册建造师 33人，系统集成项目经理 33人，及PMP 236人。

4) 专业化的系统服务（IT Service）能力

秉持ISO20000的管理理念，宝信软件将服务外包的范围扩展到公共卫生、钢铁、金融、政府、智能交通等诸多领域。以此为基础构筑企业信息化、工业自动化、城市智能化的理想蓝

图。

● 施耐德电气（中国）有限公司

作为全球500强企业，全球能效管理专家施耐德电气在公司近180年的发展历程中不断开拓进取，积极创新，一路秉承“帮助人们善用其效，尽享其能”的使命。目前，施耐德电气在中国总共建立了53个办事处，30家工厂，8个物流中心，1个研修学院，3个主要研发中心，1个实验室，700多家分销商和遍布全国的销售网络。施耐德电气中国目前员工数近28,000人。通过与合作伙伴以及大量经销商的合作，施耐德电气为中国创造了成千上万个就业机会。

施耐德电气凭借先进的技术和产品，全面参与了众多中国能源和基础设施建设，其中包括为三峡工程、西气东输、南水北调、岭澳核电站，北京新机场地下综合管廊，全国50多条地铁BAS系统项目等重大工程提供设备和服务。在地下综合管廊项目中，目前施耐德的PLC产品已经应用在近20个项目中，业绩丰富，积累的行业经验非常多，在中国综合管廊项目建设的重要阶段我们全力提供产品和技术的可靠保障和优质服务，得到了客户一致好评。

2017年，施耐德电气推出了基于物联网的新一代EcoStruxure™架构与平台，面向楼宇、数据中心、工业和基础设施四大终端市场，提供配电、信息技术、楼宇、机器、工厂、电网六大专业领域的端到端解决方案，为用户与合作伙伴的数字化转型赋能。EcoStruxure兼具开放性、可扩展性和互操作性，

将推动从互联互通的产品到边缘控制，再到应用、分析与服务各个层面的全面创新。基于物联网的新一代 EcoStruxure 可以帮助合作伙伴以及最终用户开发可扩展的 IT/OT 技术融合型解决方案，将运营效率、可持续性、资产性能和员工生产力提升至全新高度。

从新一代 EcoStruxure 发布至今，已经成为一个拥有完整三层架构、楼宇、配电、信息技术、机器、工厂、电网等领域专业技术、开放生态圈和全生命周期管理工具的数字化生态。截至目前，EcoStruxure 已经部署在全球超过 48 万个安装现场，得到了超过 20000 名开发者和系统集成商的支持，正在云端管理着超过 160 万份资产。

施耐德电气致力于通过持续创新，帮助中国客户提升能效水平和在国际国内的竞争力，在做好负责的企业公民的同时，推动中国的绿色可持续发展。未来，施耐德电气将携手中国客户和合作伙伴，赋能数字化转型，领跑物联时代，让每一个人随时随地享受技术带来的便利，让人们的生活更加丰富多彩和可持续。

● 沈阳中科奥维科技股份有限公司

沈阳中科奥维科技股份有限公司是中国科学院沈阳自动化研究所下属产业化公司，于 2013 年 6 月 20 日工商注册成立。公司注册资金 5698 万元人民币。位于辽宁省沈阳市浑南区高歌路 6-2 号，占地 1776 平方米，生产经营场所共 4174 平方米。现有员工 60 人。是目前国内掌握工业物联网无线通信国家标准

WIA-PA 核心技术的企业。专业从事工业级无线通信模块、网关、路由、各类传感器设计、研发、生产，并提供整体解决方案。

公司产品主要有无线网关、RTU、无线示功仪、无线压力变送器、无线温度变送器、无线 IO、无线阀门回讯器、无线可燃气体探测器、无线中继器和无线网桥等，并且拥有自主研发的无线通信模块。

公司是国家高新技术企业和安全生产标准化企业，取得建筑电子与智能化工程专业承包二级和建筑安装机电工程专业承包三级资质；计算机信息系统集成四级资质；武器装备研制生产单位三级保密资质；对外贸易经营者、自理报检、报关资格证；GJB 国军标质量管理体系认证；ISO9001 质量管理体系认证；ISO 14001 环境管理体系认证；OHSAS 18001 职业健康安全管理体系；HSE 石油石化行业健康、安全与环境管理体系认证；建筑安全生产许可证。

● 深圳市汇川技术有限公司

深圳市汇川技术股份有限公司成立于 2003 年，2010 年 9 月在深圳证券交易所成功上市，股票代码 300124，是专门从事工业自动化和新能源相关产品研发、生产和销售的国家高新技术企业。经过 15 年的发展，公司已经从单一的变频器供应商发展成机电液综合产品及解决方案供应商，2017 年共实现销售收入 47.77 亿元人民币。

汇川技术扎根工业实践，构建汇川工业云（InoCloud）——基

于工业 PaaS 平台解决方案，提供数据采集，边缘计算，“拖拉拽”形式的 Uweb 开发平台，大数据分析等业务，打通“懂工艺、懂工业的工控人员”参与行业物联网应用的最后一公里，实现数据监控、业务管理、数据分析、预测维护在不同行业领域的物联应用和业务创新，与客户共同推进工业 4.0。截止目前，汇川工业云已实现电梯、空压机、起重机、新能源汽车等 60 多个行业，800 多个客户，接入工业设备超过 20 万台。

● 深圳市智物联网络有限公司

深圳市智物联网络有限公司（简称“智物联”）成立于 2014 年 7 月，总部位于深圳宝安区美生创谷科技创新园春谷三楼，是国内领先的工业物联网平台解决方案提供商。经认定为国家高新技术企业（证书编号：GR201744201485）、深圳市高新技术企业（证书编号：SZ20170229）、深圳市软件企业（证书编号：深 RQ-2018-0286），公司负责人国承斌先生为“深圳市高层次专业人才（证书编号：20140714981H）”。

公司主要产品是工业物联网适配终端 APRUS、工业物联网柔性集成应用系统 FIDIS 及工业物联数据云平台 GARDS、工业数据分析服务系统（INDASS）、人工智能服务（MAIRS）等，智物联已研发的技术成果均申请相关专利及软件著作权，目前申请各类知识产权达 160 多项。

公司主营业务是为各生产企业、设备运营商、大型工厂提供设备互联、工业设备数据实时采集、上报云端、并实现远程系统实时在线监控运维所有工业设备，给工业企业提供具有针

对性的智能化解决方案、定制化产品和工业物联服务。智物联致力于服务制造型企业，通过提供“设备物联”和“智慧工业”两种类型的解决方案，帮助其完成从“提供产品”向“价值服务”和“高效运营”的转型升级，达到工业 4.0 时代的要求，目前已服务超过 100 家行业客户，已有超过 80 种设备接入，平台已接入设备超过 20 万台。

公司提供的针对性智能化解决方案和定制化产品，已成功应用于多个制造行业工厂，包括空压机、PLC 工控、发电机组、变频器、消防安防、工程机械、水处理、新能源汽车、压力容器、热泵、塑料机械等十多个行业，并取得众多行业设备生产商龙头企业客户的认可与支持。目前公司于 2017 年获得 OFweek “2017 年度物联网解决方案商”奖项，于 2017 年 5 月获得广东物联网百强企业荣誉。是国家工业互联网标准委员会成员和工业互联网产业联盟成员。未来，智物联将致力于发展成为国内工业互联网标准体系建设者和规范者。

● 新华三技术有限公司

新华三技术有限公司（简称新华三）是业界领先的数字化解决方案领导者，致力于成为客户业务创新、产业升级最可信赖的合作伙伴。新华三拥有计算、存储、网络、安全等完整的数字化基础设施提供能力，提供云计算、大数据、大互联、大安全、大安防、边缘计算、人工智能、智能制造在内的一站式、全方位数字化解决方案。同时，新华三也是 HPE® 品牌的服务器、存储和技术服务的中国独家提供商。

目前，新华三拥有 13000 名员工，其中超过 50%的员工为研发人员，截至 2018 年 5 月底，新华三专利申请总量超过 8,517 件，其中 90%以上是发明专利。

新华三拥有大量商务资质，包括 ISO 9000 质量管理体系认证、ISO 14001 环境管理体系认证、OHSAS 18001 职业健康安全管理体系认证、ISO 20000 信息技术服务管理体系认证、ISO 27001 信息安全管理体系统认证、CMMI 5 级、ITSS 全权成员单位、AAA 企业信用等级、浙江省高新技术企业等一系列资质荣誉证书。

根植中国，新华三长期服务于制造业、电力、能源、运营商、政府、金融、医疗、教育、交通、互联网等各行各业，将卓越的 IT 创新与全社会共同分享，助推新经济快速发展。

2017 年新华三年销售收入超过 210 亿元，在企业网市场份额高达 33%，排名第一。在企业交换机市场份额为 35%，并列第一。在中国 WLAN 市场占据 31%的份额，位列第一。同时，新华三也在物联网、移动互联网等新领域保持领先，并展开人工智能的技术创新与实践探索。

在工业领域，新华三拥有大量的解决方案和行业实践经验，包括工业云平台建设、工业大数据、工厂互联网络建设，工业物联网等内容。已经服务的工业客户包括一汽大众、中国商飞、中联重科、京东方、长江存储、展讯、锐迪科、施耐德、ABB、富士康、沃尔沃、华晨宝马、中石油、中石化、国家电网、南方电网、武钢集团、包钢集团、美的集团、东莞 OPPO、武汉卷烟厂等行业龙头客户。

“融绘数字未来，共享美好生活”，这是新时代信息技术发展的远景，也是新华三作为数字化解决方案领导者的企业愿景。面向未来，新华三将以数字化解决方案为画笔，与广大合作伙伴共同描绘数字未来，实现人人悦享的美好生活。

● 中国大唐集团有限公司

中国大唐集团有限公司组建于 2002 年，是中央直接管理的特大型发电企业集团，员工总数 10.01 万人，资产分布在全国 31 个省、市、自治区和海外“一带一路”沿线国家。自 2010 年起，集团公司连续第八次入选世界 500 强，连续 6 年荣获国资委经营业绩考核 A 级。

目前，中国大唐总装机规模达到了 1.4 亿千瓦，约占全国总装机容量的十分之一，其中煤电 9800 万千瓦、水电 2400 万千瓦、风电 1300 万千瓦、燃机 361 万千瓦、光伏 89 万千瓦，清洁能源比例达到了 30%。集团公司拥有国内在役最大火力发电厂——内蒙古大唐国际托克托发电公司和世界最大在役风电场——内蒙古赤峰赛罕坝风电场；拥有我国已建成投产发电的最大水电站之一的大唐龙滩水电站。中国大唐始终秉承“价值思维，效益导向”核心理念，大力弘扬“务实，奉献，创新，奋进”的大唐精神，在节能减排方面做出了突出贡献。自 2002 年组建以来，中国大唐累计降低供电煤耗 64 克/千瓦时，累计节约标准煤约 3300 万吨。超低排放机组占比达到了 76.6%，居于五大发电集团之首。

集团公司对以高井热电厂为依托建设燃机监视诊断云平台

高度重视。数据中心的工作不断向前发展，已经取得阶段性成果，经过获得中国电力企业联合会成果鉴定，获得中国能源协会管理创新一等奖。项目应用形成极好的示范效应，它已经成为能源行业、电力系统的一个创新亮点，具有很高的无形价值，已经对“互联网+”在传统行业的推广与应用产生深远的推动作用。

● 中国电信集团公司

中国电信积极响应“中国制造 2025”国家战略，充分发挥在互联网、移动通信、物联网以及云计算与大数据上的优势，立足于成为工业连接主导者，数据汇聚服务者和工业平台运营者，以实施基于信息与通信网络技术融合的工业连接行动为起点，联合业界领先的合作伙伴，为工业企业提供全面的工业连接、工业数据采集和工业云解决方案，打造安全和开放的工业互联网平台与应用生态体系。同时，中国电信也将积极推进智能制造实践中相关关键技术的行业标准化工作，积极参与工业互联网产业联盟，承担产业发展的重要职责。并积极申报与实施国家智能制造示范性项目，为更好地创新与实践智能制造应用与服务奠定基础。

中国电信致力于成为工业连接的桥梁，工业生态的助推器和产业发展新动能的催化剂。从 2015 年开始，在工业互联网领域聚焦连接、云和平台等方面进行了一系列创新探索：

1) 以工业连接为起点，搭建全要素、全价值链泛在深度互联的桥梁

2016 年 7 月，中国电信集团公司与中国信息通信研究院联

合发布《工业连接计划》白皮书，提出了两类连接、四大场景、八项连接需求，涵盖了企业内外的各个连接层次，拓展了工业网络的内涵和外延、帮助制造企业、用户、智能设备、全球设计资源以及全产业全价值链之间的互联互通与高效协同。以自身运营商优势，将工业 PON、LTE 专网、NB-IoT、TSN、5G 等新一代通讯技术引入制造行业，为数字工厂提供高带宽、广覆盖、扁平化的综合性产品及解决方案，通过定制智能网关，构建边缘计算技术体系等手段，解决数据接口种类繁多，工业数据协议繁杂等问题。

2) 以云网融合为依托，助推构建安全可控的工业互联网应用生态

作为全国最大的 IDC 基础设施服务提供商，中国电信打造以“安全可信、无界连接”为特色的工业互联网安全承载云——天翼云，2017 年已完成了“2+31+X”的全国资源池布局，让用户可以一点接入、多点部署、全网服务，为不同制造企业提供“专享定制”整体服务。基于云计算、物联网、大数据等技术的集成应用，联合地方政府及合作伙伴共同打造十余个区域工业云、环保和经编等垂直行业工业云、德阳业设计云和成都标识解析云等专业云。通过工业云平台的建设和运营，聚集上千家中小制造企业用户，推进产学研用合作，深化区域及细分领域产业结构优化调整。

3) 以翼联工业互联网平台为抓手，加快催化培育产业发展新动能

中国电信自主研发的翼联工业互联网平台（“翼联”的含

义：Easy Link——容易连接、Electric Link——数字化连接、Efficient Link——高效连接），定位于跨行业、跨领域企业间数字化协作的综合赋能平台。通过研发新一代工业网络、定制工业智能网关、构建工业边缘计算等关键技术环节，帮助企业解决工业数采难题、降低数采成本。依托安全可信的天翼云，融合数字双胞胎、分布式数据库、大数据建模、人工智能、微服务等领先技术，打造创新的工业 PaaS 操作系统；同时，为开发者提供了丰富的工业应用、工业 APP 开发工具、工业微服务以及与第三方平台数据协同的接口，加快工业知识创新价值化转换，实现两化深度融合。该平台目前已实现与多个战略合作伙伴平台对接，工业应用和工业 APP 共涉及 13 个行业，用户数已突破 2000 家。

● 中国联合网络通信有限公司

中国联合网络通信有限公司（简称中国联通）是 2009 年 1 月 6 日经国务院批准在原中国网通和原中国联通的基础上合并成立的国有控股的特大型电信企业。中国联通是我国第一家综合性电信运营企业，在全国 31 个省、自治区、直辖市设立了分支机构。主要经营范围包括移动通信业务；电信增值业务；国内国际长途电话业务（接入号 193）；批准范围的本地电话业务；数据通信业务、互联网业务（接入号 165）；IP 电话业务（接入号 17910/17911）；卫星通信业务（不含卫星空间段）；以及国家批准的其它业务。

中国联通是国家控股的有限责任公司，公司实行一级法人

体制。作为中国电信改革的一面旗帜，中国联通坚持开拓创新，公司各项主营业务高速增长，成功实施了一系列资本运作，综合实力不断增强；在自身迅速发展的同时，为打破电信垄断、促进电信竞争、繁荣我国电信产业做出了贡献。中国联通是国内唯一一家同时在纽约、香港、上海三地上市的电信运营企业。2000年6月，公司在香港、纽约成功上市，筹资56.5亿美元，成为香港资本市场有史以来最大的股票首次公开发行，并进入全球首次公开发行史上的前十名。2002年10月，联通A股公司在上海证券交易所成功上市，融资115亿元，成为第一家进入国内A股市场的基础电信运营企业。2003年7月，联通A股公司入选上证180指数。2002年12月和2003年12月，公司又先后两次完成向上市公司注资，基本实现了核心业务的整体上市。

挂靠中科院博士后流动站，中国联通于2002年成立了博士后工作站，作为电信运营商成立的第一个博士后工作站。

2009年，中国联通与中国网通合并成为新的“中国联通”，符合移动和固网业务融合的发展趋势，有利于公司确立明确清晰的战略目标和定位，有利于双方整合资源和优势，发挥规模效应。新公司通过技术和产品创新，优化资本结构，巩固市场地位，提高综合竞争力，着力于长期健康发展。

2009年1月，中国联通获得了当今世界上技术最为成熟、应用最为广泛、产业链最为完善的WCDMA制式的3G牌照。2013年12月4日，中国联通获得了工业和信息化部颁发的LTE/第四代数字蜂窝移动通信业务（TD-LTE）经营许可，2015年2月

27 日，工业和信息化部向中国联通发放了 LTE FDD 经营许可。至此，中国联通成为拥有 TD-LTE 和 LTE FDD 两种 4G 牌照的“双 4G”运营商，进入 4G 发展新阶段。

2017 年下半年，中国联通混改定增方案获批，战略投资者将认购 90 亿股中国联通 A 股股份，总交易对价约为人民币 780 亿元。混改募集资金将主要用于 4G 及 5G 相关业务和创新业务建设，加快推进公司战略转型。主要包括中国联通 4G 能力提升项目，5G 组网技术验证、相关业务使能及网络试商用建设项目，创新业务建设项目三大业务。在此前公布的混改方案中，中国联通明确表示将斥资数百亿用于积极部署 5G 网络，投入力度将超预期。

在 5G 发展阶段，中国联通制定明确了面向 5G 的 4G 演进方向及关键技术，为迈向 5G 时代做了积极准备。到 2016 年底，中国联通计划完成 5G 端到端网络架构关键技术布局，并建设 5G 开放实验室来满足 5G 业务演示和单点技术性能验证；2017 年，要基于 5G 开放实验室完成 5G 实验室环境建设，完成 5G 无线、网络、传输及安全各关键技术研究；2018 年，中国联通计划在实验室完成 5G 关键技术验证，并完成联通 5G 建设方案；2019 年，计划完成 5G 外场组网验证；2020 年，计划完成 5G 网络商用目标。

● 中国联合网络通信有限公司网络技术研究院

中国联合网络通信有限公司网络技术研究院成立于 2013 年 7 月，定位于中国联通核心技术研究、业务产品开发、试验测试

和高技术人才培养与储备的综合性基地，主要服务于中国联通集团公司内部需求，以满足中国联通集团公司战略规划、管理决策和生产运营支撑需要为宗旨，主要从事前沿技术与应用跟踪、发展战略研究、市场和管理策略研究，适时开展对外合作项目研发。

中国联通的工业互联网定位就是要做工业企业创新转型领先服务提供者，同时开放联通大数据、物联网、云计算和通信网络四大能力，赋能工业企业创新转型升级。目前，联通网络技术研究院已与格力、海尔、万向、三一、富士康、航天云网等业界龙头企业合作，共同推动物联网、5G、人工智能等新技术在工业企业中的应用，为工业企业打造应用、平台、网络、智能终端一体化的端到端整体解决方案。

中国联通携手合作伙伴成立了“5G 工业互联网联盟”，将聚集产业生态力量，联合开展工业互联网技术、标准和产业等相关内容的研究，推进技术、产业与应用的研发，开展试点示范工作，实现工业互联网的新模式和新机制的共同探索。中国联通工业互联网解决方案“智能生产过程监控和分析系统”，亮相 MWC 上海展 GSMA 连接中国展区，成为了 GSMA 工业互联网展区的标杆项目。

在未来，中国联通将积极推动工业互联网的技术发展和产业应用，从技术、标准、解决方案、产业合作等方面同互联网企业、制造业企业共同努力，推动工业互联网在工业企业中的落地应用，赋能工业企业创新转型升级。

● 中国联通研究院

中国联通研究院是集团公司直属研发机构，现有员工近400人，平均年龄33岁，中国工程院院士1名、国家百千万人才3名、享受国务院政府特殊津贴专家5名、教授级高工6名、博士后9名、博士30名、海外归国留学人员近60名、国家科技专项课题负责人近40名、国际标准化组织领导人40余名。获国家级、省部级、主要标准组织及行业协会、集团级等奖项80余项，知识产权近千余项，其中：授权发明专利600余项，国际标准组织中承担项目80余项。联通研究院定位为联通集团管理决策和生产运营的高端智库以及企业研发和创新体系的核心组成部分，为联通集团的企业智库，从事战略、规划、市场、业务、经营分析、技术演进、机制研究、情报跟踪等方面的研究，全面服务于集团决策支持工作；以联通集团的基础网络资源及设施为依托，以集团发展需求为导向，以前沿技术及客户需求为双轮驱动，主要围绕大数据、云计算、物联网、终端与卡四个重点领域开展技术研发工作；围绕集团公司创新业务发展，在产业互联网热点领域提供各类“互联网+”解决方案和智慧城市顶层设计，在云计算、大数据、物联网、人工智能等领域提供一揽子信息化应用产品，与联通省分公司、专业子公司合作，推动研究院研发能力和成果向产品化、市场化方向发展。

● 中国移动研究院

中国移动研究院成立于2001年，是集团公司直属单位。研

究院以做“中国移动技术创新的引擎”为愿景，落实国家创新驱动发展战略和公司“大连接”战略，致力于成为公司权威的战略智库，深入开展技术产业引领、现网运营支撑、新型产品和重大平台研发，研究领域覆盖了无线、网络、业务、安全、物联网、大数据、实验测试、用户与市场、战略研究等。研究院拥有一支国际一流的人才队伍和领军团队，目前有员工 990 多人，平均年龄 34 岁，硕士以上超过 90%，拥有首席科学家 4 人和一大批国家级科技专项课题负责人和国际标准化组织领导人。研究院拥有国际一流的试验基地，总面积超过 1 万平方米，包括五个国家级工程实验室、两个国际组织全球测试认证基地，为行业提供了协同创新的平台。

研究院助力公司实现了移动通信领域技术与业务的跨越式发展，主导了具有我国自主知识产权的第三代 TD-SCDMA 和第四代 TD-LTE 的研发、技术标准及产业化进程，在智能网、软交换、光网络等领域创造了多个世界第一，并在 5G、下一代网络等方面实现了良好开局。创新成果获得包括国家科技进步特等奖在内的 90 多项奖励，连续实现“一人一年一专利”的申请目标，累计申请国内外专利 7200 多件，获得授权专利 3000 多件，助力公司在国内运营商中处于绝对领先地位。研究院广泛参与国际标准化工作，累计向 ITU、3GPP、NGMN、IEEE 等重要国际组织提交标准化文稿 6000 余篇，并担任国际组织领导职务 30 个，标准化影响力稳居国际运营商第一阵营。

● 中国移动通信集团公司政企客户分公司

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。

● 紫光云引擎科技（苏州）有限公司

紫光集团是清华控股旗下的大型骨干企业，中国集成电路领军企业，也是中国最大的物联网芯片设计和提供者，中国企业网云计算和大数据领先的解决方案提供商，拥有芯片专利

2873 件、云计算专利 1150 件、大数据 792 件、大互联 3773 件、大安全 870 件，具有完全自主化的 IT 技术能力，并在全国范围拥有超过 5000 人的原厂营销服务人员和 10000 余家的渠道合作力量。

2016 年 12 月紫光集团与苏州市达成的深度战略合作，双方联合成立紫光云引擎科技（苏州）有限公司（简称“紫光云引擎公司”），作为紫光集团工业互联网战略的载体，以“平台+服务+生态”的发展理念，建设紫光工业互联网平台 UNIPower，为工业企业提供全方位的工业云服务和智能制造系统解决方案，打造我国完全自主知识产权和具有国际核心竞争力的工业互联网平台，致力于成为助力“中国制造 2025”的发动机。

● 中信科技发展有限公司

拥抱互联网，中信集团积极部署“互联网+转型”战略。以技术赋能为杠杆，发挥互联网扁平化、网络化的优势，撬动整个集团产业的协作开放、创新创造的能力，推动集团产业实现横向互联、跨界协同的生态互动，催生全新的跨界应用和协同场景。

站在“互联网+”风口，2016 年中信云网有限公司成立，注册资本为 5 亿元人民币，董事长由中信集团董事长常振明兼任。中信云网下设中信科技发展有限公司。

以中信集团“互联网+”小组为指导，中信云网作为赋能服务平台，是集团产业转型的作为“连接器”，积极推动集团各职

能部门、子公司做连接，也是协同创新的“孵化器”和“助推器”，通过立示范、促转型，实现整个集团层面“经营网络化、产业生态化、管控智能化”三大“互联网+转型”目标。中信科技发展有限公司充当中信云网科技先锋，以高效的技术输出能力为集团子公司提供技术支持。以“打造有中信特色的产业互联网，助推中国产业升级”为核心目标。致力于“做连接、聚用户、生数据”三大任务，以科技创新为纽带，以核心能力+综合服务为方向，以创新孵化为先导，努力打造中信集团产业互联网赋能平台，促进中信集团与子公司及其合作伙伴的优势资源协同与整合，推进形成中信特色的“共创、共建、共生、共赢”的产业生态与开放平台，全面提升中信集团整体价值。

2016年8月云平台上线，是业内首家采用云中介模式的混合云计算平台，集“云、大、物、移、智、链”先进信息技术为一体。截止2017年10月，“中信云”集成了阿里、腾讯、百度、用友、微软和甲骨文等34个合作伙伴、113项先进技术服务，为110家企业用户提供基础设施服务、技术平台服务、软件应用服务。建立了有机融合“云大物移智链”的中信云赋能平台。

2017年10月，工业互联网平台和应用上线，助力中信工业互联网。以中信重工为试点，将中信的工业互联网开放平台及应用软件，应用到提升机、立磨机、磨机、机器人等设备上，依托中信大数据能力提供基于运行数据的生产性服务，实现远程巡检、远程诊断、故障预警、智能运维，推动中信重工向“核心制造+综合服务”转型，助力产业创新、提升效率以及

创造新价值。目前，以工业互联网平台为核心的解决方案已覆盖工业制造、仓储物流、城市治理、智能建造、交通运输、环境监测等多个领域。



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